

AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

发行包 V1.5（设计基线 V1.2-Concept） / DFM / RFQ 评审资料包（P0 未冻结，不可制造）

2026-08-31

目录

00 — Assumption Register 假设清单 AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1	5
00B — 最小补充资料清单(阻塞项)	14
P0 — 不冻结就无法进入工程阶段	15
P1 — 影响成本与选型档次	16
P2 — 影响最终外观冻结	16
建议的冻结顺序与时间点	16
在 P0 冻结前可以继续推进的事	16
索取资料时的建议措辞	17
01 — 产品定义 PRD + 模块架构 AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1	17
1.1 产品定位	18
1.2 目标用户与部署场景	18
1.3 产品需求（PRD）	19
1.4 用户动线：时间预算与失败路径	21
1.5 运营动线（补料 / 清洁 / 换耗材）	23
1.6 维护动线与分级	25
1.7 工作流程时序	27
1.8 环境条件规格（场地准入清单，交付给场地方）	28
1.9 M1-M8 模块边界：输入 / 输出 / 接口面	30
1.10 产品演化路线：设备位（Equipment Bay）策略	31
1.11 阶段计划：EVT → Pilot → 量产	33
1.12 尺寸基线（冻结，禁止 OEM 自行更改）	33
1.13 本文件仍缺的关键输入（阻塞项）	34
02 — 结构 / 机械设计计划 AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1	35
2.1 CAD 与坐标系	35
2.2 V1.2 空间基线	35
2.3 净距与维护边界	36
2.4 结构与材料	36
2.5 承载路径	37
2.6 玻璃、门与取餐口	37
2.7 公差与接口	38
2.8 管线与排水	38

2.9 放行 Gate	38
2.10 DFM / DFA 与制造约束	39
2.11 运输与现场装配	39
2.12 仍缺的关键输入	39
03 — Robot and Charging Dock Interface Control Document (ICD)	40
0. 读者、责任与放行原则	40
1. 系统边界	40
2. P0 主数据	41
3. 坐标系与数据交付	42
4. 机械接口	43
5. 电源与充电接口	43
6. 控制、状态与安全接口	44
7. 运行时序	46
8. 维护、清洁与拆换	47
9. 冻结 Gate	47
10. P0 交付清单	47
03B — Robot Working, Transition and Docking Verification	48
0. 判定边界	48
1. V1.2 静态设计基线	48
2. 本地模型可做什么	50
3. 麦轮底盘验证要求	51
4. 坐标系与动态输入	52
5. 工作与对接矩阵	52
6. 执行方法与 PASS 条件	53
7. 受控输出与重跑条件	53
04 — Food Equipment Interface Control Document (ICD)	54
0. 策略与责任边界	54
1. 设备总览与舱内布局	55
2. FE-01 软冰淇淋机 ICD	56
3. FE-02 爆米花机 ICD	57
4. FE-03 饮料 / 糖浆机 ICD	58
5. 给排水方案（无市政上下水）	58
6. 废料与垃圾处理	59
7. 耗材补给与储量核算	60
8. 清洗流程、耗时与 CIP 可行性	60
9. 食品安全分区	61
10. 设备异常状态信号接口	61
11. 设备更换的机械与电气接口标准化（EII）	62
12. 冻结节拍与待补清单	63
05 — 电气架构 / 单线图 / 功率预算 / 接地 / 急停 / 线缆 / 电控柜	63
0. 电气设计输入基线	63
1. 单线图（Single Line Diagram）	64
2. 功率预算（Power Budget）	66

3. 接地方案	69
4. 急停与安全回路设计	70
5. 线缆规格选型表	72
6. 线束编号规则与接插件选型	75
7. 电控柜布局与元件清单	76
8. 合规与认证（报价须知）	78
9. 待确认清单（本文档产生）	79
1. 系统总览	81
2. 算力需求推导与 IPC/GPU 选型	82
3. 网络架构	84
4. 控制器与 I/O 清单	85
5. 传感器清单	89
6. 显示器与点单终端	90
7. 支付终端接口	90
8. UPS 需求分析	91
9. OTA 与远程监控接口要求	92
10. 待确认清单（本文档产生）	93
07 - CMF / 灯光规范	94
受控 CMF 基线	94
红线	94
外观参考渲染（非尺寸依据）	95
样板与验收	96
08 - BOM 汇总 / Make-Buy	96
1. 当前 BOM 边界	96
2. Make / Buy 规则	96
3. 成本状态	97
4. 不在 25 件结构 BOM 内的系统	97
5. 放行门禁	97
09 - 制造 / DFM / DFA / 公差 / 表面处理 / 包装运输	97
9.1 V1.2 制造边界	98
9.2 25 件受控条目的工艺分流	98
9.3 DFM 交付物	99
9.4 建议制造流程	99
9.5 制造与装配控制点	99
9.6 材料、焊接与表面	100
9.7 包装与运输：当前 BLOCKED	100
9.8 放行矩阵	101
10 — 验证计划 / FAT / SAT / 安全 / 清洁 / 连续运行 / 故障恢复 / 维护工时	101
0. 使用说明	101
1. 阶段验证总览（EVT → Pilot → 20 台小批 → MP）	104
2. FAT — 出厂验收（OEM 厂内，整机发货前）	105
3. SAT — 现场验收（部署现场）	115
4. 安全验证专章（T-SAF）	118

5. 清洁验证 (T-CLN)	121
6. 连续运行 / 耐久测试 (T-END)	122
7. 故障恢复测试 (T-REC)	124
8. 维护时间验证 (T-MNT) —— 常见故障与维护动作清单	126
9. 验证与阶段的对应矩阵	128
10. 记录、报告与放行	128
11. 本文档已识别的关键缺失输入 (阻塞项)	129
11 - RFQ 招标包 / Request for Quotation	130
11.1 报价红线	130
11.2 文件效力与资料清单	131
11.3 当前几何报价基线	131
11.4 必须报价项	132
11.5 P0 阻塞项	133
11.6 DFM 回标要求	133
11.7 供应链责任	133
11.8 验收与放行	133
11.9 评标	134
11.10 回填规则	134
11.11 形式审查	134

00 — Assumption Register 假设清单 | AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

规则：所有“待确认”项必须在 RFQ 前由 Autolife 书面冻结，未冻结时厂家按本表占位报价，不得自行猜测。状态：ASSUMED = 本包内已按此假设建模/核算 | TBD = 必须补齐 | FROZEN = 已冻结

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A1	尺寸	总外包络 W×D×H	4500×2500×2700 mm	用户 2026-08-29 指定；2500 深度用于连续落地工作舱与后排设备区	FROZEN	Autolife / 场地
A2	尺寸	食品设备操作面 / 取餐高	设备岛 SUS 顶面 z=900-902 mm；取餐开口 z=850-1260 mm	900 mm 只用于独立设备岛上表面，不是机器人行驶台面	ASSUMED	ID / 结构
A3	机器人	型号 / Revision / 运动学 / Payload	当前 SDK HEAD 的 S1 v2.2 目录含 URDF/MJCF/SRDF 与 45 个 STL；正式 robot_v2_2.urdf 已同步当前 43-mesh revision，43 个唯一碰撞网格引用均可解析（另 2 个 STL 仅供 simplified URDF）。静态 PRECHECK 锁定该 formal URDF、43 个唯一碰撞网格及哈希。每次 G0 从 URDF 树和全部碰撞 STL 重算 q=0：实算 AABB 499.945×599.317×1681.127 mm、旋转直径 601.190 mm；manifest 向上取整声明 500×600×1682 mm、旋转直径 602 mm	650 mm 路线扫描宽度相对完整 q=0 声明旋转直径有 48 mm 总静态余量（名义每侧 24 mm）；独立 Nav2 520×370 mm 保守 footprint 对角线约 638.201 mm，对同一路宽仅有 11.799 mm 软件几何总余量（名义每侧约 5.900 mm）；设备前作业带到扫描边界仅 15 mm，Dock 接近终点仅 5 mm。均未计定位、控制、停止、地坪、模型及制造误差，只能作静态 PRECHECK，不能替代项目 Model/Revision、校准、质量/重心、Payload、工具和受控文件冻结	TBD-P0	Autolife Robotics
A4	机器人	Kiosk 集成基线	工作机器人 为麦克纳姆轮落地移动平台，无固定安装底座；Kiosk 只集成 1 个落地充电桩；机器人运行面必须连续同标高且门槛为 0	已确认的系统边界。麦轮不能跨台阶；工作位与充电位是否重合、机器人在两处的姿态仍未冻结	FROZEN	Autolife
A5	食品设备	冰淇淋/爆米花/饮料	620 ³ /700 ³ /520 ³ + 重量 90/110/45kg	占位；真实设备外形/散热/给排水差异大	TBD-P0	食品设备商
A6	食品设备	食品接触材料	SUS304 + FDA 密封条	国家法规待确认	ASSUMED	法务/合规
A7	结构	钣金	骨架 3mm Q235/SPCC，皮肤 2mm，AL6061 支架	EVT 不计成本，量产可减	ASSUMED	结构
A8	玻璃	厚度	10mm 钢化，透过率>91%	未含防爆膜	ASSUMED	OEM
A9	供电	制式与分路	场地暂按 220 V / 50 Hz 单相；Kiosk 分路对象为充电桩 / 食品设备 / 电控，不向机器人本体假设固定 48 V 供电	部署国家与充电桩输入制式均未冻结，功率与保护器件不得定型	TBD-P0	电 气 / Autolife Robotics
A10	热	环境	室内商场 15-28°C，IP20	室外则需 IP54+保温	ASSUMED	部署
A11	运输	拆分	左右侧柱、顶梁/顶冠、三个独立设备岛、玻璃/门及散件分模块；箱数、最大件和重量待 V1.2 CAD/BOM 重算	门洞/货梯和吊装方式需核	TBD-P0	制造
A12	网络	链路	有线 Ethernet 主 + 4G/5G 备份	支付/OTA 隔离	ASSUMED	软件
A13	成本	目标	TBD-P1 暂未给，EVT 不压成本	影响玻璃/屏/灯带选型	TBD-P1	商务
A14	订单量	日单	TBD-P1 暂按 200 单/日 估	决定料仓/制冷	TBD-P1	运营
A15	机器人	末端工具与 TCP	工具 STEP、法兰、质量/重心、TCP、Payload 曲线、线缆/气管包络均未提供	所有数据直接进入运动学与碰撞校核；未经冻结不得推导工具长度	TBD-P0	Autolife Robotics

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A16	机器人	可达性与碰撞判据	由真实运动学模型、关节限位、工作姿态族、工具包络和安全余量联合判定；数值均未冻结	单一球半径不能作为判据；执行方法见 03_R080T/03B_Working_Envelope_Report.md	TBD-P0	Autolife Robotics / 安全
A17	机器人	工作位与工作位姿基准	工作位数量、 τ_{kw} 位姿、允许偏差、定位/校准方式、机器人构型和重复定位能力均未提供	工作位不是机械安装面；也不得默认与充电位重合。未冻结前不能确定设备坐标与操作点	TBD-P0	Autolife Robotics / 系统集成
A18	充电桩	机械接口与安装载荷	充电桩 STEP、质量/重心、安装面/孔位、支承载荷、对接反力、允许偏差、维护包络均未提供	Kiosk 只为充电桩设计结构接口；收到供应商接口图后才能开孔、校核结构与出图	TBD-P0	Autolife Robotics / 充电桩供应商
A19	结构	地面承载工况	分别校核 Kiosk+充电桩静载、机器人进入后的运行工况、机器人轮载和正常/异常对接水平载荷	机器人与充电桩质量、重心、轮载、对接载荷和场地许用值均未提供	TBD-P0	Autolife Robotics / 结构 / 场地
A20	机器人	运动与安全参数	最大速度/加速度、停止类别、最坏停止时间/距离、失电行为、制动保持能力均未提供	决定防护边界、安全距离、工作/充电转换联锁；数值必须来自供应商受控资料	TBD-P0	Autolife Robotics
A21	运营	品项配比	冰淇淋 45% / 爆米花 30% / 饮料 25%（基于 A14 = 200 单/日）	决定耗材、给排水、补给频率全部核算	TBD-P1	运营
A22	给排水	无市政上下水方案	清水箱 100 L + 污水箱 120 L；日耗清水 50 L、产污水 61 L；每日加注/抽空 1 次，自持 2 日	场地是否有上下水为 P0；有则方案大幅简化	TBD-P0	Autolife / 场地
A23	耗材	单份用量与储量	奶浆 90 g、玉米粒 35 g、糖浆 40 ml、杯 1 只/单；独立设备岛/侧区预留 60 L 4°C 冷藏备料箱	杯（100 只储量 vs 200 只/日）与奶浆是瓶颈 →	ASSUMED	运营
A24	食品设备	清洗模型	冰淇淋机为非热处理型，需每日人工拆洗；每日人工清洁合计 ≈ 65 min；热处理机型为 P1 备选	V1 不是真无人，是”无人售卖 + 每日人工清洁”，须写进商业测算	TBD-P1	运营 / 设备商
A25	食品设备	饮料碳酸化	V1 明确不做碳酸饮料，不引入 CO ₂ 钢瓶	规避压力容器法规、气瓶更换与舱内窒息风险	ASSUMED	产品
A26	食品设备	控制与异常信号接口	Modbus RTU over RS485 + READY/BUSY/FAULT(NC)/LOW_LEVEL/DISPENSE_CMD 干	若设备无通讯需外加传感器/继电器改造，方案与 NRE 由设备商报价	ASSUMED	电控 / 设备商
A27	食品设备	EII 设备岛接口标准化	接口；爆米花超温为独立硬线 每台设备使用独立落地岛和可更换顶板/转接板；机械孔位、调平、围堰和维护开口按冻结设备一岛一图；电气/控制、水路和排风采用防呆可拆接口	不设置通用固定孔阵，也不承诺换品类时结构/配电/水路零改动；候选设备必须重新核对岛体包络、承载、热、水电、卫生和机器人完整轨迹	TBD-P0	系统集成 / 食品设备商
A28	食品安全	冷热温区隔离	V1.2 占位几何中冰淇淋机与爆米花机 实体净距 1850 mm ；冻结设备后仍须按外壳最邻近面复算，若净距 < 1500 mm 则增加经热验证的隔热/独立风道	净距不得再以中心距冒充；设备坐标还须与真实工作位 IK、路径和安全边界联合冻结	ASSUMED	结构 / 食安
A29	安全	机器人/充电桩安全状态接口	Kiosk 必须能区分工作位有效、充电位有效、已对接、充电中、充电完成、充电故障和位置无效；实际信号、PLr、失电/急停响应均未提供	AutolifeRobotGV 的地图 dock_pose 只提供导航目标，不能证明充电接触；切断 Kiosk 分路也不等于机器人安全停止	TBD-P0	Autolife Robotics / 电控 / 安全
A30	维护	机器人与充电桩维护边界	机器人经中央零门槛入口按其移动/搬运规范离开 Kiosk；充电桩从独立可达的结构、电源和信号接口拆换	不设置机器人抽屉底座或重载滑轨。救援包络、桩体拆装方向、搬运工具和 MTTR 仍待供应商资料	TBD-P0	Autolife Robotics / OEM
A31	成本	BOM 成本口径	三列成本均为 行小计、CNY 含税(13%)、出厂价 ；不含运费/现场安装；工作机器人本体不计入 Kiosk，充电桩及其集成成本单列	充电桩采购归属未冻结，报价必须显式列出包含/不含边界	TBD-P0	采购 / Autolife
A32	成本	装配工时与费率	EVT 120 h / 20 台 60 h / 100 台 40 h；综合费率 CNY 80/h	深圳东莞 Kiosk OEM 一般水平；未询价验证	ASSUMED	采购
A33	成本	OEM 制造费用+利润率	EVT 25% / @20 20% / @100 18%	行业常见 15–30%；直接决定三档目标价	ASSUMED	商务

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A34	成本	三档 Kiosk 目标成本 (不含工作机器人/软件)	EVT / 20 台 / 100 台目标值均待在充电桩型号和受控 BOM 冻结后计算	充电桩及集成、配电、传感器和验证成本目前未知	TBD-P0	商务 / 采购
A35	成本	NRE 合计	167,000 CNY (其中认证 NRE-008 60,000 为条件项; 区间 3-15 万)	认证费随部署国剧烈变化	TBD-P0	商务 / 合规
A36	成本	IPC/GPU/UPS/电源 采购归属	规格由 C/D 定, 采购与装配由 A 代办并计入 A 报价 ; 若 Autolife 自供须单列扣减	归属不清会重复计价或漏计	TBD-P1	Autolife
A37	制造	最大钣金件与喷涂炉膛	单件展开 ≤2500×1500; 喷涂炉膛有效长度需 ≥4600 mm	最可能卡死候选厂家名单的一条 ; 不足需拼接, 色差风险	ASSUMED	工程 / 采购
A38	制造	折弯半径收敛	2.0mm 板 R3.0 / 1.5mm 板 R2.0 / 3.0mm 板 R4.0, 全项目仅 3 种上模	减少换模; 厂家模具不匹配需申报	ASSUMED	结构 / OEM
A39	制造	焊接规范	碳钢 GMAW+ER50-6 断续焊 30/100; SUS304 GTAW+ER308L 连续满焊 , 层间温度 ≤150℃, 焊后酸洗钝化	SUS304 禁火焰校形、禁碳钢工具接触 (锈点主因)	ASSUMED	工艺 / OEM
A40	制造	碳钢与不锈钢物理隔离	独立下料区、独立砂轮/钢丝刷、独立台面	未隔离将在 1-3 个月出现锈点, 是食品设备常见退货原因	ASSUMED	工艺 / OEM
A41	公差	充电桩安装基准与工作/充电位容差	安装面、孔位、标高、朝向、对接允许误差及工作位重复定位容差均未提供	数值只允许来自充电桩接口图、机器人定位能力与系统误差预算	TBD-P0	Autolife Robotics / 充电桩供应商
A42	公差	玻璃安装框与外观	玻璃框 ±0.8 mm 对角差 ≤1.5; 外观间隙 2.0±0.5、面差 ≤0.5; 顶冠对接缝 ≤1.0	需专用检具 NRE-004; 无检具则 100% 靠手工, 不可量产	ASSUMED	结构 / OEM
A43	表面	哑光黑规格	RAL 9005 / 光泽 60±5 GU@60° / 膜厚 60±15 μm / 附着力 GB/T 9286 0 级 / 中性盐雾 48h (室内版)	三个数 (RAL+光泽+膜厚) 必须同时锁死, 否则一台机器几种黑	ASSUMED	ID / OEM
A44	表面	同机色差控制	同一台整机全部外露件必须同批号粉末、同炉、同工艺; 跨批需重新比色留样	唯一有效防线; ΔE ≤1.5	ASSUMED	工艺 / OEM
A45	表面	SUS304 食品面	拉丝 180 目、Ra ≤0.8 μm、焊后酸洗钝化、内角 R ≥5	具体粗糙度要求按部署地食品法规	TBD-P0	合规
A46	包装	木箱数量与规格	玻璃独立竖立成箱且禁止堆码; 其余 Kiosk 模块及充电桩的箱数/规格待运输拆分冻结	充电桩按供应商方向、防震和防潮要求包装, 工作机器人不在 Kiosk 箱单内	TBD-P0	制造 / 包装 / 充电桩供应商
A47	包装	单台材积与重量	Kiosk 包装不含工作机器人; 充电桩是否随 Kiosk 同箱及其包装要求待供应商冻结	CAD/BOM 更新后计算, OEM 首台装箱称重回填	TBD-P0	制造 / 充电桩供应商
A48	运输	集装箱装载效率	按 A46/A47 冻结后的箱规、毛重、堆码能力和充电桩运输方向重新排柜	当前不得承诺每柜台数	TBD-P0	物流
A49	运输	深度 2500 的物流代价	Kiosk 深度使部分模块/木箱逼近 40HQ 内宽, 装载方向与拆分方案必须依据 V1.2 实际拆分、箱规和重量排柜	当前只有 4500×2500×2700 mm 设计基线; 不得引用未出图的浅舱变体估算每柜台数或成本	TBD-P0	Autolife / 场地
A50	运输	包装测试	ISTA 3A (跌落 200mm / 随机振动 1h / 堆码 3 倍自重 24h); Pilot 阶段第三方做一次, 估 12,000 CNY	EVT 阶段厂内简化验证	ASSUMED	品质
A51	运输	玻璃破损率目标	<2%; 责任按冲击/倾倒指示器状态与开箱记录判定	玻璃是最高频运输损失项	ASSUMED	商务 / 品质
A52	制造	量产前过程能力	充电桩结构接口的关键尺寸及工作位基准只有在 A17/A18/A41 冻结后才能定义 CPK; 玻璃框 100% 检具检; 喷涂色差进 SPC	工作位定位性能通过系统标定和验收控制	TBD-P0	品质 / 系统集成
A53	验证	整机拼装后外形公差	±5 mm	焊接 ±1.5 mm × 3 段累积推算	ASSUMED	结构 / OEM
A54	验证	外观 Gap / Flush	2.0±0.5 mm / ±0.5 mm	外观件行业常规, 未做过样板评审	ASSUMED	ID / Autolife 签样

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A55	安全	机器人停止性能	最坏停止时间、停止距离、触发条件和各工作模式数据均未提供	直接影响 ISO 13855 安全距离以及工作位/充电位/转换路径的防护范围	TBD-P0	Autolife Robotics
A56	安全	安全控制回路性能等级	Kiosk 目标等级和机器人/充电桩接口的 PLr、类别、诊断覆盖率均待正式风险评估	不能用目标 PL d 代替机器人供应商的安全接口证明	TBD-P0	Autolife Robotics / 安全
A57	安全	机器人运行与对接安全策略	工作、离开工作位、接近充电桩、已对接、充电和离桩各状态的防护/限速/禁动策略均未定义	决定隔离边界、联锁、传感器、充电中运动限制及恢复流程	TBD-P0	Autolife Robotics / 安全
A58	安全	可触及表面温度限值	金属 ≤65°C / 涂层 ≤75°C / 玻璃 ≤65°C @ 25°C 环境	引 GB 4706.1 短时接触区间，部署地法规未定	ASSUMED	合规
A59	安全	消防/灭火配置	假设不内置；brief § 7 提及但 BOM 无对应件	爆米花机含加热，商场可能强制要求	TBD-P0	Autolife / 场地方
A60	清洁	食品区防护等级边界	食品区 IPX4，整机 IP20； 图纸上尚未划分 IPX4 区域	无区域划分则冲洗验证无判定依据	TBD-P0	Autolife + OEM
A61	清洁	清洁剂清单与兼容性	未指定；亚克力禁酒精/氨类，SUS304 禁长时接触含氯	清洁剂未定则清洁兼容性测试无法执行	TBD-P0	食品设备商 / 运营
A62	清洁	ATP 清洁合格阈	≤100 RLU	阈值随仪器品牌变化，仪器未选型	TBD-P1	运营
A63	耐久	连续运行订单基数	EVT 72h ≥600 单 / Pilot 168h ≥1400 单	由 A14 「200 单/日」推导，A14 本身是假设	ASSUMED	运营
A64	耐久	MTBF 目标	≥500 h (重大+一般故障计)	按日运营 12h、约 6 周一次现场干预倒推，无 SLA 依据	TBD-P1	运营
A65	耐久	作业与充电对接寿命	作业循环寿命、对接/离桩循环寿命、触点寿命及允许失败率均未提供	决定 EVT/Pilot 耐久测试样本量和充电桩备件策略	TBD-P0	Autolife Robotics / 充电桩供应商
A66	恢复	网络切换 / 离线自治 / 补传	有线故障后 5G 切换 ≤10 s；离线可继续出品；主链路稳定 60 s 后回切；恢复后 ≤120 s 补传且 0 丢单	依赖 D 侧实现能力，未确认	TBD-P1	软件 / 云
A67	恢复	排水液位传感器	假设存在； 现行 BOM 未列该件	无此件则溢流无保护，相关恢复测试无法通过	TBD-P0	Autolife + OEM 报 NRE
A68	恢复	UPS 是否标配	BOM 标 optional，验证按「若有」执行	决定断电策略与恢复测试是否执行	TBD-P1	Autolife
A69	维护	维护工时分档	≤10min 档 7 项须 100% 达标；≤20/≤30 档允许 20% 超时	按 brief § 8 「10-30 min」自行分档，未与运营确认	ASSUMED	运营
A70	维护	备件策略	假设提供预装镜像的 IPC 备件与备件玻璃	无预装备件则 IPC 更换必然超 30 min	TBD-P1	Autolife
A71	验证	量产抽检 AQL	GB/T 2828.1 II 级，外观 2.5 / 功能 0.65	未与 OEM 商定	TBD-P2	品质 + OEM
A72	现场	场地条件门槛	Kiosk 后中央入口净宽 800 mm、结构门槛 0 mm；Kiosk 内外机器人路线必须连续同标高。场地净空、坡度、地面摩擦/平整度和轮载仍须满足冻结机器人规范	CAD 的零门槛不能证明现场装饰面也无高差；麦轮路线不得设置台阶	TBD-P0	Autolife / 业主 / Autolife Robotics
A73	现场	Kiosk / 独立充电桩是否需固定地面（不含工作机器人）	未定	工作机器人固定底座永久禁止；仅 Kiosk 自身与独立充电桩的锚固方案待冻结，影响防倾覆、对接反力传递、场地施工和复位精度	TBD-P0	Autolife / 场地合规 / 充电桩供应商
A74	商务	报价有效期	≥60 日历日	短于此无法完成审厂+议价	ASSUMED	采购
A75	商务	付款比例	EVT 30/40/30 (预付 / FAT 通过发货前 / SAT 后 30 日)；Pilot/MP 30/60/10，MP 月结 T/T 30-60 天；质保金 5%	40% 绑 FAT 是最强质量杠杆；厂家可能要求更高前置	ASSUMED	商务 / 财务
A76	商务	逾期罚则	1%/周，上限 5%，逾期 30 日可解约	珠三角常见区间；过重会被拒标	ASSUMED	法务
A77	商务	质保期与起算	12 个月自 SAT 签收起；SAT 延迟 >60 日则自到货第 60 日起算	防止场地/机器人未就绪导致质保空转	ASSUMED	商务
A78	服务	SLA	远程 ≤4h；到场珠三角 ≤48h / 国内其他 ≤72h；常备备件 ≥12 项交付 ≤7 日；停产后续件 ≥5 年	境外部署时全部失效	ASSUMED	运营

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A79	知识产权	保密与竞业	NDA 5 年; 竞业 = 合作期 + 结束后 3 年; 违约金 ≥ 合同额 30%; 图纸/STEP 所有权归 Autolife	未经法务审; 3 年竞业在国内可执行性需评估	TBD-P1	法务
A80	变更	ECN 与调价	ECN 评估 ≤ 3 工作日; 原材料波动 ≥ 8% 方可调价, 仅适用未开工批次	钢/不锈钢/玻璃价格波动	ASSUMED	采购
A81	法务	适用法律与争议解决	中国法律; 深圳国际仲裁院仲裁	若签约主体为境外实体需改	TBD-P1	法务
A82	资质	厂家准入门槛	场地 ≥ 3000 m ² (总装 ≥ 300 m ²)、激光 ≥ 3000×1500/≥ 3kW、折弯 ≥ 1 台 3200mm、持证焊工 ≥ 3、QC ≥ 5、Kiosk 量产案例 ≥ 2	门槛定高会把 3-5 家候选压到 1-2 家	ASSUMED	工程 / 采购
A83	报价	阶梯降幅参考区间	3→20 台 8%-18%; 20 台/EVT 0.82-0.92; 1000 台/100 台 0.85-0.95	经验值, 用于识别虚高 EVT, 非硬性	ASSUMED	采购
A84	流程	投标时间表	T0 发包 → D3 澄清会 → D4 答疑截止 → D7 回标 → D8 开标 → D10 审厂 → D12 下单	12 天含审厂偏紧, 春节/展会期需顺延	ASSUMED	采购
A85	质保	运输破损责任	FAT 通过 + A 包装 + 指定承运人 → 保险/承运人; 经证明为包装设计或装箱缺陷 → A 承担	厂家普遍拒绝「玻璃破损保」	ASSUMED	商务
A86	运营	终端用户画像占比	亲子/儿童 40%、年轻客群 35%、通勤 20%、运营 5%	仅驱动人机工学与灯光取舍, 不作报价依据	ASSUMED	运营 / 市场
A87	部署	首发场景与营业时长	首发 S1 购物中心; S1 10:00-22:00(12h) / S2 枢纽 06:00-23:00(17h) / S3 写字楼 08:00-19:00(11h)	决定补料频次、器件寿命、Pilot 三台投放	TBD-P1	Autolife / 运营
A88	性能	节拍与吞吐	工程目标峰值 40 单/h、单杯 45-90 s; 实际有效节拍待调度仿真和 EVT 验证	依赖真实工作位轨迹、工作/充电调度、食品设备出料/恢复时间和失败率	TBD-P0	Autolife Robotics / 设备商 / 软件
A89	场地	空间准入	净高 ≥ 3000 (因顶冠需登高吊装); 设备运输门洞/货梯按最大模块实测冻结; 机器人运营入口为后中央净宽 800 mm、门槛 0 mm, 且内外完成面连续	运输门洞与机器人运营入口是两个不同判据; 两者均须在首台场地复测	TBD-P0	Autolife / 场地
A90	环境	光环境	环境照度 200-750 lx; 取餐区 ≥ 300 lx; 机身立面平均亮度 ≤ 500 cd/m ² ; 灯光 2700-6500 K	屏幕需 ≥ 700 nit 才可读, 屏型号未定	ASSUMED	CMF / 运营
A91	环境	噪声限值	≤ 65 dB(A)@1 m 正面 (写字楼 ≤ 60、枢纽 ≤ 70); 机器人作业、对接和离桩产生的冲击/提示音纳入整机实测	对接噪声限值需场景确认; 可触及表面温度以 A58 为准, 本条不重复定义	TBD-P1	结构 / 设备商 / 运营
A92	运营	耗材容量与补料周期	浆料 BIB 10 L×2、杯 400 只、玉米 5 kg、油/糖 2 L、盒 250 只、糖浆 5 L×3、固废 60 L; 日补 1 次 25 min + 高峰中补 10 min	与 A23 单份用量联立; 杯与浆料是瓶颈	ASSUMED	运营
A93	支付	支付方式	微信 / 支付宝 / 银联云闪付扫码; 出海版 NFC/刷卡	出海版需 P0 部署国家确认, 涉及支付终端认证	TBD-P0	软件 / 商务
A94	交互	时间预算与失败路径阈值	选品 ≤ 30 s、支付超时 60 s、制作上限 150 s、未取 90 s 提醒 / 180 s 弃单; F1-F13 处置矩阵	决定取餐口传感器、废弃通道、退款逻辑和机器人/充电桩故障反馈	ASSUMED	产品 / 软件
A95	平台	独立设备岛接口	三个后排落地岛, 岛顶 z=900、操作面朝 -Y; 固定、电源、弱电、水/排水和排风接口均按真实设备冻结, 当前不得发布统一孔阵列为制造值	V1.2 不使用跨舱连续台面; 设备更换不能侵入中央入口或机器人落地工作区	TBD-P0	系统集成
A96	阶段	EVT/Pilot/MP 目标与验收	EVT 1 台 60 天不压成本; Pilot-A 3 台 30 天可用率 ≥ 97%; Pilot-B 20 台 CPK ≥ 1.33、良率 ≥ 95%; MP 100+ 良率 ≥ 98%; 设计寿命 5 年/4000 h·年	时间为估值; 阶段门未经商务确认	TBD-P1	项目 / 商务

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A97	环境	温湿度窗口	运行 10~35 °C / 20~80% RH 非凝露; 舱内温升 ≤10 K; >40 °C 告警、>45 °C 停制冷设备; 储运 -10~+50 °C	比 A10 的 15-28 °C 更宽, 以覆盖枢纽与夏季; 两者需统一冻结	ASSUMED	需谁确认 热 / 部署
A98	结构	可选顶部静态品牌展示件 (仅静态展示, 禁止工作机器人安装) + 顶冠材料	可选顶部静态品牌展示件质量 ≤40 kg; 顶冠候选为 AL5052 1.5 mm 皮肤 + AL6063 骨架 (98 kg)	可选顶部静态品牌展示件真实质量 P0; 若采用展示机器人, 该展示件仍与工作机器人完全独立; >80 kg 需重算顶梁; 铝方案需 Autolife 批准	TBD-P0	Autolife Robotics / 结构
A99	结构	整机重量与重心	设备净重口径 = Kiosk 结构 + 充电桩 + 食品设备; 运行工况另加落地机器人、满水与耗材	须由 V1.2 CAD/BOM 计算并由 OEM 首台称重回填	TBD-P0	结 构 / Autolife Robotics
A100	场地	地面承载	Kiosk 地脚、充电桩安装区和机器人轮载/对接载荷分别校核; 楼板、地坪和饰面均需实测许用值	A19 输入未齐, 不得给出均布/点载 PASS 结论	TBD-P0	场地 / 结构
A101	安全	防倾覆与防攀爬	Kiosk 自身、机器人进入/对接冲击和人员攀爬	机器人/充电桩载荷和是否需地锚均未冻结	TBD-P0	结构 / 安全
A102	玻璃	分片与单片重量	工况分别校核; 取餐台前沿做防踩踏设计 前玻璃围绕 600×440 取餐开口分片, 后玻璃围绕 800 宽中央入口分片并设置双扇门; 各片尺寸/重量按 V1.2 图纸计算	单片目标 ≤65 kg 以满足两人吸盘更换	TBD-P0	结构 / OEM
A103	结构	型材与刚度判据	主骨架 Q235B 40×40×3, 次 30×30×2, 顶梁 80×80×3 RHS×2; 外观件挠度限值 L/500	顶梁实算 1.55 mm (L/2284)、立柱压杆安全系数 516×, 均为刚度控制	ASSUMED	结构
A104	表面	表面处理引用关系	钢 → A43 (RAL 9005 / 60±5 GU / 60±15 μm / 附着力 0 级 / 盐雾 48 h); SUS304 → A45 (180# 拉丝 Ra ≤0.8 / 酸洗钝化 / 内角 R≥5); 铝 → 阳极 15 μm 或同色粉喷; 同机色差 → A44 (ΔE ≤1.5)	本条只做引用汇总, 数值不另立, 避免与 A43/A44/A45 分叉	ASSUMED	CMF / OEM
A105	制造	焊接与一般公差	焊接一般公差 ±1.5 mm (GB/T 19804 B 级)、对角 ≤2 mm、平面度 ≤1.5 mm/m; 钣金 ±0.5/±1.0/±1.5; 激光孔位 ±0.2; CNC ±0.05; 玻璃 ±2.0 (GB 15763.2); 整机外形 ±5 mm (引 A53)。碳钢断续焊 30/100 (引 A39)	充电桩与工位基准的关键公差以 A41 冻结值为准; 入口装配后净宽不得小于 800, 底轨 0; 玻璃框以 A42 为准	ASSUMED	制造 / OEM
A106	装配	门缝与外观公差	门缝 4±1.5 mm、面差 ≤1 mm; 铰链需三维可调 ±2 mm、载荷 ≥60 kg/扇。外观件 Gap/Flush 以 A42/A54 为准 (2.0±0.5 / ≤0.5), 顶冠对接缝 ≤1.0	玻璃框按 A42 的 ±0.8 后, 单侧间隙极值 3.6~6.4 mm, 8 mm 密封条覆盖 3.2~6.8  ; 但 ±0.8 必须靠专用检具, 无检具则不可量产	ASSUMED	结构 / OEM
A107	运输	拆分、包装与限制	Kiosk 结构按现场进场路径拆分; 工作机器人不在 Kiosk 包装范围; 充电桩按供应商包装/运输方向决定独立箱或随舱固定	模块尺寸、充电桩包络和 A47 重量未冻结, 木箱数量/毛重/装柜结论待重算	TBD-P0	制造 / 场地 / 充电桩供应商
A108	装配	现场装配工时	按 V1.2 模块与装配序列由 OEM 回填; 概念阶段不发布工时承诺	必须包含入口/完成面复测、G0、真实 Dock 安装和联合调试	TBD-P1	制造 / 项目
A109	结构	V1.2 连续落地工作舱	工作舱内界 x=490..4010, y=100..2490, z=0..2270; 入口 x=2100..2900、净宽 800、净高 2100、门槛/底轨/坡道均 0; 设备岛 ICE x=640..1260、DRINK x=1420..1940、POP x=3110..3810, 操作面均为 y=1590	机器人工作区和入口均使用完成地面 z=0; 任何横跨路线的底框、踏板、线槽、排水坎或门槛均不允许	FROZEN	Autolife / 结构

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A110	电气	负载占空比与同时系数 Ks	充电桩充电功率/占空比未提供; 食品设备、IPC/显示/网络/风机、灯光、UPS 和维护插座的现有占空比仅可作为暂估	充电可能与制作开发,也可能互锁,必须由真实状态机和充电曲线决定	TBD-P0	电气 / 运营 / Autolife Robotics
A111	电气	加权功率因数 PF	按充电桩、食品设备、显示/IPC、风机和灯光的真实 PF/谐波数据计算	充电桩与食品设备数据未提供	TBD-P0	电气
A112	电气	进线容量与主开关	按 A9/A110/A111 冻结后的最大并发负载、同时系数、浪涌和场地短路容量计算	输入未冻结前不得定型主开关和进线	TBD-P0	电气 / 场地
A113	电气	功能安全等级与停止类别	停止类别、PLr、光幕/围栏选择和安全距离均未冻结; 须基于 A20/A29/A55/A56/A57 的真实数据完成风险评估	电气设计不得将切断充电桩电源视为机器人停止	TBD-P0	电气 / 安全
A114	电气	电控柜外形	700(W)×300(D)×1000(H) IP54 , 安装板 650×950; 充电桩所需功率转换设备不预设安装在柜内或柜外	需在充电桩电气接口冻结后复核空间、散热和防护	TBD-P0	电气 / 结构
A115	电子	IPC/GPU 规格边界	CPU ≥8 核 16 线程 / RAM ≥32GB / NVMe ≥1TB 工业级 / GPU ≥30 TFLOPS FP16 ≥8GB TDP≤140W ≥3 路显示 / 宽温 -10~50°C / 硬件看门狗 / 优先带 BMC; 不包含机器人或充电桩供电规格	视觉与调度算力仍为暂估; 机器人控制职责边界未冻结	TBD-P0	电子 / Autolife 软件
A116	电子	网络设备与 VLAN 划分	VLAN 10 机器人控制(不出网) / 20 运营显示 / 30 支付(仅出站白名单) / 40 管理 OOB / 50 视觉传感(不出网); 交换机 8×1G+2SFP, ≥4 口 PoE+ 预算 ≥60W, 网管型, 冗余 24V	网段为占位; PoE 预算按 3 相机×12W + 1 备用推导	ASSUMED	电子 / 软件
A117	电子	UPS 需求	1 kVA/800W 在线双变换 , 后备 ≥15 min @480 W (实算 20.6 min), 带 IPC/GPU/ 网络设备/安全 IO/点单屏	UPS 不覆盖机器人本体、充电桩和食品设备; 断电时机器人/充电桩行为必须由 A29 的接口定义处理	ASSUMED	电子 / 运营
A118	电子	广域链路	主: 商场有线 WAN ≥50/20 Mbps; 备: 工业 5G 双 SIM 双运营商, 链路切换 ≤10 s , 主链路稳定 60 s 后回切; Wi-Fi 仅维护用且默认关闭	与 A66 共用一切切换、离线自治和补传指标; 场地带宽与 5G 信号未实测	ASSUMED	电子 / 场地
A119	电子	支付终端接口预留	开孔 130×90 mm, 背深 ≥120 mm, 12VDC/2A (接 UPS), RS232+USB+Cat6 三接口预留, 读卡区非金属面板	部署国家未定, 支付方案不可冻结 ; 备选纯二维码方案可不装物理终端	ASSUMED	商务 / 电子
A120	热	制冷设备冷凝散热	冰淇淋机 平均 1550 W / 峰值 3000 W; 饮料机 平均 340 W / 峰值 620 W (按 COP 1.3 + 压缩机占空 0.5 反推)	占 Zone B 热负荷 64%, 整机热预算最大不确定源 , 设备型号未定	ASSUMED	食品设备商
A121	热	加热设备热分配	爆米花机 60% 随蒸汽/热气经顶罩直排、40% 对流+辐射进舱; 外壳热点 120 °C	型号未定; 60/40 为同类爆米花机经验分配	ASSUMED	食品设备商
A122	热	分区允许温升与总排风	电控仓 ΔT 10K / 食品舱 5K / 冷凝风道 15K / 显示柱 12K; 整机对外净排风 1485 m³/h (874 CFM)	ΔT 取值决定风机数量与开孔面积; 进风毛面积 ≥6000 cm²、排风 ≥3300 cm² 需结构落实	ASSUMED	热 / 结构

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A123	热	隔热材料与厚度	爆米花侧 30 mm 硅酸铝(λ 0.045)+铝箔+SUS304+20mm 空气层 → 外表 43.5 °C (严于 A58 的金属 ≤65 °C, 按 EN ISO 13732-1 取 45 °C 目标) ; 冷凝风道↔电控 20 mm 玻璃棉; 冷藏 40 mm PU(高湿区 50 mm) 电控仓 L1 警告 T1≥42 °C / L2 降载 T1≥47 °C / L3 硬件停机 T1≥55 °C ; 冷凝排风 T4≥70 °C ; 烟感、漏水绳硬线直断 K2	一维稳态导热计算, $h=10\text{ W/m}^2\text{K}$; 高湿部署地防结露裕度仅 2.3 K	ASSUMED	热 / 结构
A124	热/安全	过温三级保护阈值		阈值由断路器与电容降额反推; L3 必须硬件实现、不依赖 IPC; A97 的「舱内 >40 °C 告警 / >45 °C 停制冷设备」是食品舱阈值, 与本条电控仓阈值并行不冲突; 灭火配置见 A59 (TBD-P0), 本包只做烟感报警、不含灭火装置	ASSUMED	电气 / 热
A125	电气	线缆载流综合降额	0.75 (成组敷设 $0.80 \times$ 环境 40°C 0.94), 依据 GB/T 16895.6 铜芯 PVC 穿管	最终进线截面须在充电桩功率、敷设方式与现场长度冻结后重新校核	ASSUMED	电气
A126	电子	视觉负载基准	3 路 1080p 相机, 推理抽帧 $15+10+5=30\text{ fps}$, 模型 YOLO-m 级 $640 \times 640 \approx 79\text{ GFLOPs/帧}$	用于 GPU 算力推导; 真实模型与帧率由 Autolife 软件定	ASSUMED	Autolife 软件
A127	电气/电子	维护插座与分路计量	维护插座 $1 \times 10\text{A}$ 独立 30mA 型 RCBO, 同时系数 0; 分路 CT $\times 3$ + Modbus 电量模块	分路计量若非运营刚需可删 (省 ~800 CNY)	ASSUMED	电气 / 运营
A128	电气	短路容量 Icu	按前端 ≤6 kA 设计	实际由场地配电房变压器容量决定, 可能需 10 kA	ASSUMED	场地 / 电气
A129	电气	浪涌保护 SPD	室内候选 Type 2, Un 275V, In 20kA(8/20 μ s), I _{max} 40kA, Up ≤1.5 kV, 可插拔+遥信; 后备保护按 SPD 厂家、Q0 与现场短路容量配合	室外版及部署地法规可能要求 Type 1+2, 须随场地冻结	TBD-P0	电气
A130	电气	进线走线长度	场地配电点至 Kiosk 的实际路径、敷设方式与长度均未提供	现场实测后与整机电流共同完成载流、压降和短路保护校核	TBD-P0	场地
A131	电气	屏蔽与静电	网络/CAN/编码器屏蔽层 单端接地 (IPC 侧) ; 模拟信号屏蔽接现场侧; 干粉/爆米花区加 1 M Ω 静电泄放	防地环流的常规做法	ASSUMED	电气
A132	电气	模式选择开关 SA1	三位钥匙开关 AUTO/维护/清洗; 各模式下机器人、充电桩和食品设备的许可状态待 A29/A57 冻结	维护档必须通过机器人安全接口请求安全状态, 不能以断开某个 Kiosk 接触器代替	TBD-P0	电气 / 安全
A133	电气	接插件选型	充电桩电源、通信、安全状态和传感器接插件均由供应商接口图冻结	不得按通用惯例代替真实配套件	TBD-P0	电气 / 线束 / 充电桩供
A134	电气	模块间重载连接器	连接器数量、芯数、电流等级和分离位置须随 V1.2 运输拆分、电气负载与线束 ICD 冻结; 接口应具备 IP 等级、机械防呆、PE 先接后断和标识	模块数与接缝尚未冻结, 不发布连接器数量或装配工时承诺	TBD-P0	应商制造 / 电气
A135	电子/热	显示器功率与等级	86" 商用级 LCD 典型 300W/最大 450W 每台, 工作 0~50°C, 24/7 认证, 支持竖装; 点单屏 21.5" 60W/80W; 三屏额定合计 0.66 kW	消费级电视不可用; 型号冻结后以数据表更新功率与热预算	ASSUMED	电子 / 采购
A136	电气/热	灯光与 PSU 效率	灯带 $15\text{ m} \times 14.4\text{ W/m}$ + Logo 60W + 取餐腔 40W $\approx 316\text{W}$; 驱动效率 88%; 灯带必须贴铝型材 ($\geq 20 \times 15\text{mm}$); PWM $\geq 25\text{ kHz}$ 防相机频闪	长度按 CAD 边沿估; 频闪要求为视觉工程硬指标	ASSUMED	电气 / CMF

ID	类别	参数	本包取值 (ASSUMED)	来源 / 风险	状态	需谁确认
A137	热	环境设计上限	温度 35°C (空调故障工况)、湿度 40~70%RH (防结露校核到 80%)、海拔 ≤1000 m	与 A97 的运行上限 35°C/80%RH 一致 (A10 的 15~28°C 为正常运营区间, A97/A137 为设计校核上限, 三者不冲突但须一并冻结); 所有降额按 35°C 校核; >2000 m 风冷能力降约 20% 需重算	ASSUMED	热 / 场地
A138	热	配电损耗	按运行功率的 0.7% (断路器/接触器/端子/线缆), ≈30 W	工程经验值	ASSUMED	电气
A139	热	机器人与充电桩发热	工作态机器人散热、充电损耗、充电桩待机/充电发热、允许环境温度均未提供	食品舱与充电位热预算须在数据冻结后计算	TBD-P0	Autolife Robotics / 充电桩供应商
A140	热	风机系统效率与风速上限	装机后实际风量 ≈ 铭牌自由送风的 50% ; 进风面风速 ≤1.5~2 m/s, 排风 ≤2.5~3 m/s (超过风噪明显)	通用风冷设计经验; EVT 需实测修正	ASSUMED	热
A141	热	爆米花捕集罩	罩口 800×800 mm、下沿 100 mm、捕集风速 0.3 m/s (GB 50019 局排 0.25~0.5) → 691 m³/h; 离心风机 ≥900 m³/h@80Pa, 噪声 ≤48 dB(A)	离心 (非轴流) 因油网阻力高; 48 dB 为噪声预算硬指标, 超标需加消音短管	ASSUMED	热 / 食品设备商
A142	热	显示柱风道	屏背净风道 ≥25 mm, 柱内通风净截面 480×25 mm, 风速 1.78 m/s, 风机温控调速 (屏背 >40°C 全速)	86" LCD >50°C 会不可逆黑斑; 35°C 环境下裕度紧张	ASSUMED	热 / 结构
A143	食品安全	冷链温度判据	浆料 T6 >8°C 持续 30 min → 锁 SKU; >8°C 持续 4 h → 判废弃并锁定至人工确认	须按部署地食品法规确认, 阈值可能不同	ASSUMED	合规 / 运营
A144	电子	GPU 实际利用率	batch=1 推理场景取 25% (经验 20~30%)	决定 GPU 算力边界 30 TFLOPS 的取值	ASSUMED	Autolife 软件
A145	电子	带外管理 BMC/IPMI	优先选带 BMC 的 IPC, 可在 OS 挂死时远程强制重启	无人值守场景, 一次现场出车成本 > BMC 差价; 非强制但强烈建议	ASSUMED	电子 / 运营
A146	电子	风机转速反馈	14 路 EC 风机 FG 信号由汇总板采集后经 Modbus 上报, 不占 DI 点	用于风机堵转/失效与滤网堵塞检测	ASSUMED	电子
A147	电子	交互人机工学	点单屏 15° 前倾, 中心高 1150 mm; 环境光传感器自动降亮	覆盖 900~1300 交互高度且 ≤1200 满足轮椅可及; 无障碍法规随部署地	ASSUMED	ID / 合规
A148	电子	设备身份与遥测安全	MQTT v5 over TLS1.3(8883), 双向 X.509 一机一证 , 证书存 TPM2.0 或加密分区; 远程运维仅 WireGuard 主动出站, 无入站端口	远程指令白名单, 禁止任何远程机器人运动指令与安全旁路	ASSUMED	软件 / 安全
A149	结构/ID	顶部静态品牌展示件突出外包络	展示件安装接口 M1_static_brand_display_interface 顶面在 Z=2480 , 而整机外包络顶为 Z=2700 , 净空仅 220 mm 。概念效果图中的半身展示形象高约 1100 mm, 装上后整机实际最高点达 Z≈3620 , 突出外包络 920 mm	外包络 4500×2500×2700 是 A1 的冻结假设, 运输高度、货柜/货梯净高、商场净高均按 2700 核算过; 突出部分未纳入任何校核。三条出路: (a) 展示件限高 220 mm 做成小型标识; (b) 设计成可拆卸/可翻折, 运输与过门时取下; (c) 上调外包络高度并重算全部运输与场地结论	TBD-P1	ID / 结构 / 商务

A110-A148 的受控依据：05_ELECTRICAL（单线图、功率预算、热设计）与 06_ELECTRONICS（电子架构）。

最小补齐清单（P0 未齐只允许做不含尺寸和定型器件的预算，不得按占位值开孔或采购）：

1. **机器人本体包：**型号/Revision、整机与运动包络 STEP、质量/重心、运动学模型、关节限位、Reach 云图、Payload、工具/TCP、停止性能和安全接口。
2. **工作位定义：**T_KW 基准、机器人工作构型、允许偏差、定位与校准方法、工作位有效信号；工作位与充电位是否重合必须书面说明。
3. **充电桩接口包：**型号/Revision、STEP、质量/重心、安装图、对接方向与捕获范围、输入/输出电气规格、充电曲线、通信/状态、失电行为、维护包络和循环寿命。
4. **状态与安全协议：**工作位有效、充电位有效、对接、充电中、完成、故障、位置无效等语义，及急停/门开/断电/失联时机器人与充电桩的响应。
5. 冰淇淋/爆米花/饮料真实型号、外形、功率/散热、给排水、控制接口和维护空间。
6. 部署国家/地区、室内/室外、供电制式、场地进线容量与走线长度。
7. 场地入口、货梯、门洞、楼板、机器人进出路径和是否有市政上下水的实测数据。
8. 食品区 IPX4 边界、清洁剂清单、玻璃防爆膜及消防配置的属地要求。
9. 支付方案、目标成本、法务条款、采购邮箱和签约主体。
10. 02_MECHANICAL/drawings/ 的 DXF 与 06_ELECTRONICS/ 交付边界。

00B — 最小补充资料清单(阻塞项)

本清单对应 Brief 第 13 节。**每一项都直接卡住下游某个不可逆动作**(开模、下料、发 RFQ、订设备)。在对应项冻结前,该动作一律不得开始 —— 本资料包里所有 [待确认-P0] 的数字都只是占位。

状态:OPEN = 未提供 | PARTIAL = 有部分信息 | FROZEN = 已书面冻结 全部 P0 冻结前,资料包版本号停留在 **V1.2-Concept**,不得升到 V2.0-Engineering。

P0 — 不冻结就无法进入工程阶段

ID	资料	需要的具体内容	缺失时被阻塞的动作	若假设错误的返工代价	责任方	状态
I1-R	机器人本体工程包	项目使用的型号/Revision、受控文件哈希、整机/运动包络 STEP、质量/重心、DOF、运动学模型与关节限位、Payload、工具/TCP、速度/加速度、停止时间/距离、失电行为、环境与维护空间。当前 SDK HEAD 的 S1 v2.2 formal URDF 与 43 个碰撞网格可完整解析，但仅用于静态预验证；项目 Model/Revision、校准、工具和动态验收仍未冻结	工作位正式布局、运动学与碰撞放行、安全距离、热预算、维护路径	最高。当前本地预验证模型不是项目 Revision 冻结证明；错误版本会使设备坐标、防护边界和全部运动程序作废	Autolife Robotics	PARTIAL
I1-W	机器人工作位定义	Kiosk 坐标系下的工作位基准 T_KW、机器人工作构型、允许位置/角度误差、定位与校准方法、工作位有效/位置无效信号；书面说明是否与充电位重合	设备操作点冻结、工作包络、工作许可联锁、重复定位验收	最高。工作位未定义时，任何“可达”结论都没有坐标基准	Autolife Robotics / 系统集成	OPEN
I1-D	充电桩完整接口包	型号/Revision、桩体 STEP、质量/重心、安装面/孔位/公差、支承载荷与对接反力、对接方向/捕获范围/允许误差、输入/输出电压电流功率、接插件/触点、防护/温升、通信与状态、失电行为、维护包络、进出路径和循环寿命	充电桩结构开孔、配电/保护/线束、散热、对接空间、安全与维护设计	最高。充电桩接口错误会造成结构件、配电器件和线束整套返工	Autolife Robotics / 充电桩供应商	OPEN
I1-S	机器人/充电桩状态与安全协议	工作位有效、充电位有效、机器人存在、已对接、充电中、完成、故障、位置无效等状态的电气/通信映射；dock_pose 标定与 Dock/Undock action；独立的接触/充电确认源；急停、门开、断电、失联、充电中运动和异常离桩响应；目标 PLr/类别与证据	安全 PLC I/O、状态机、地图/实体 Dock 对齐、门/区域联锁、异常恢复、FAT/SAT	最高。地图位置不等于充电接触；机器人自带电源，切断充电桩电源也不能替代机器人安全停止	Autolife Robotics / 安全 / 电控	OPEN
I2	冰淇淋 / 爆米花 / 饮料设备型号	各机 W×D×H、重量、电压/额定/峰值功率、发热量、进水/排水/废料接口、清洗流程、耗材、食品接触材料、维护空间、控制接口	各设备岛顶板/转接板开孔、固定与调平、围堰、给排水路由、配电分路、散热风道、BOM 采购	高。设备外形变 → 对应设备岛顶板/围堰重做、舱内布局重排、功率与热预算重算	采购 / 食品设备商	OPEN
I3	部署国家 / 地区	国家、电压制式与插头、食品接触法规、安规认证要求(CE/UL/CCC/…)、EMC 要求	电气制式冻结、安规设计、食品材料合规、认证送检计划	高。制式变更 → 电源、配电、线缆、认证全部重来	Autolife 商务	OPEN
I4	目标场地尺寸 / 入口尺寸	场地净宽深高、门洞/货梯尺寸与载重、Kiosk 地脚承载、机器人轮载、机器人进出/救援全路径、内外完成面高差、地面平整度/坡度/摩擦、上下水与市政排水、供电容量	机器人通行/救援、运输拆分、木箱和现场装配序列	中高。V1.2 Kiosk 后中央入口为 800 mm 净宽、0 mm 结构门槛，但现场铺装产生任何台阶仍会阻断麦轮机器人	Autolife 商务 / 场地方	OPEN

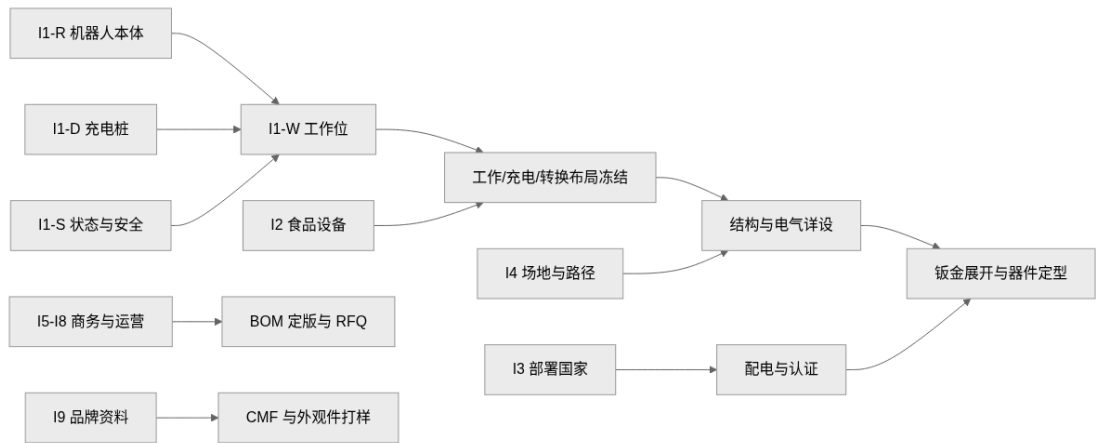
P1 — 影响成本与选型档次

ID	资料	需要的具体内容	被阻塞的动作	责任方	状态
15	目标售价 / 单台成本上限	EVT / 20 台 / 100 台三档的成本目标	材料档次、屏幕尺寸与品牌、结构用料、设备档次的取舍	Autolife 商务	OPEN
16	室内 / 室外	使用环境、是否日晒雨淋、温湿度范围	IP 等级、防腐、保温、玻璃膜层、散热设计边界	Autolife 商务	OPEN
17	每天目标订单量	峰值与日均杯数、营业时长	设备产能选型、储料容量、耗材补给频率、可靠性目标与 MTBF	Autolife 运营	OPEN
18	支付方式	扫码 / 刷卡 / 现金 / 会员、收单机构	支付终端选型、开孔、网络与安全要求、PCI 合规	Autolife 软件	OPEN

P2 — 影响最终外观冻结

ID	资料	需要的具体内容	被阻塞的动作	责任方	状态
19	品牌 Logo / 字体 / CMF	矢量 Logo、品牌字体授权、RAL/Pantone 色号、光泽度	CMF 冻结、发光字开模、丝印/移印制版、外观件打样	品牌 / ID	OPEN

建议的冻结顺序与时间点



关键结论：I1-R / I1-W / I1-D / I1-S 与 I2 是整条链路的最上游。这些项不冻结，后面所有工程动作都只能停在“参数化占位”阶段——可以继续做设计和 RFQ 准备,但不得开模、不得下料、不得向 OEM 下正式订单。

已冻结的架构事实是：**工作机器人**为麦克纳姆轮落地移动平台、**没有固定安装底座**，**Kiosk 只集成一个落地充电桩**；**工作区和中央入口必须连续同标高**，**结构门槛为 0**。

术语边界：本文“工作机器人”专指在 Kiosk 内执行作业的麦克纳姆轮平台。M1 顶冠内如配置展示机器人，仅作为可选顶部静态品牌展示件（仅静态展示，禁止工作机器人安装）；M1_static_brand_display_interface 不属于工作机器人，也不能作为工作机器人底座或工位基准。这不代表工位等于充电位，也不代表机器人在任一位置采用某种特定姿态。入口 800 mm 净宽只是 V1.2 CAD 静态设计值，仍须用冻结机器人包络和路径验证。

在 P0 冻结前可以继续推进的事

为避免整体停摆,以下工作不依赖 P0,可并行进行:

- 不含动态能力承诺的 Kiosk 外壳参数化模型，以及连续落地、零门槛、静态实体不相交的自动检查
- 模块化架构 M1-M8 的责任边界，以及待冻结接口的占位编号
- RFQ 包的非尺寸部分：厂家资质要求、报价表结构、商务条款、QA 要求
- 工艺路线、DFM/DFA 检查清单、表面处理规范
- 验证计划 FAT/SAT 的测试项设计
- 向 3-5 家 OEM 做**产能与资质预审**(不含正式报价)

V1.2 CAD 只有在自动静态检查同时证明外包络、入口净宽/门槛、连续地面、设备岛/桩体不相交和最小维护净距满足当前设计值后，才允许进入资料包。该静态 PASS **不等于** IK、全路径、真实 Dock 或真机 PASS；后四项在 I1-R/I1-W/I1-D/I1-S 冻结前仍为 **BLOCKED**。

当前 canonical STEP 的 G0 结果为 **PASS (26 PASS / 0 FAIL / 0 BLOCKED)**，证据见 build/verification/robot-clearance.{json,md,svg,png}。校核器每次从锁定的 formal URDF 与 43 个唯一碰撞 STL 重算 $q=0$ 几何：实算 AABB 499.945×599.317×1681.127 mm、旋转直径 601.190 mm，向上取整的声明包络为 500×600×1682 mm、旋转直径 602 mm。650 mm 扫掠带相对完整 $q=0$ 参考只有 48 mm 总静态余量；Nav2 保守 520×370 mm footprint 对角线约 638.201 mm，相对该路宽的软件几何总余量仅约 11.799 mm；设备前作业带和 Dock 接近终点相对扫掠边界的名义静态余量分别只有 15 mm 和 5 mm。

上述余量均未包含定位、控制、停止、现场地坪、模型偏差和制造/安装公差，不能作为动态可运行性或真实进桩结论；G1 与 G3 继续 **BLOCKED**。现场完成地面的标高、接缝、平整度、坡度和摩擦不在 STEP 内，site_floor_sat_status 仍为 **BLOCKED**。

索取资料时的建议措辞

向 Autolife Robotics 与设备供应商索取时,直接引用本表的”需要的具体内容”列,并注明:收到的是 **STEP 模型而非图片或参数表**,因为包络校核与干涉检查必须在 CAD 里做。

01 — 产品定义 PRD + 模块架构 | AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

文档状态：V1.2-Concept · 动态 P0 未冻结，仅供深圳/东莞/广州 Kiosk OEM 做 DFM 与报价，不得制造放行 **标注规则（全文强制）**：- [确定] = 已由 Autolife 冻结，OEM 必须按此执行，改动需书面 ECR - [假设] = 本包为推进工程而设定的工作值，已进入 00_REFERENCE/00_Assumption_Register.md，报价按此，冻结后差异计 ECR - [待确认 - P0/P1/P2] = 缺输入。P0 = 不补齐无法开模/下料；P1 = 影响选型与成本；P2 = 影响外观/体验 - **能力状态声明**：本表中的 [确定] 只表示产品/结构需求已经冻结，**不表示机器人能力已经验收通过**。机器人移动、IK、动态碰撞、取放动作、充电对接和真机成功率必须在真实型号/工具/TCP/目标姿态/轨迹/Dock 与现场条件齐套后，以 G1-G4、FAT/SAT 证据判定；输入未齐时统一标为 [待确认 - P0] 或 BLOCKED-P0。- 凡本文出现的尺寸、材料、功率、时间、标准号，**必须带上述之一的标注**。无标注视为文档缺陷。

1.1 产品定位

一句话：可模块化复制的机器人现制食品售卖 Kiosk——以 Autolife 工作机器人为视觉与作业主角，在室内商业空间实现无人售卖、机器人现制（每日人工清洁/补给）的冰淇淋 / 爆米花 / 饮料服务，通过更换”设备位”演化为咖啡 / 鲜榨橙汁 / 糖画等 SKU，硬件平台不变。

设计四条红线 [确定]：1. 平台与内容分离——结构骨架、外壳、玻璃、灯光、电控为平台件，跨 SKU 通用；食品设备为可换件。2. 连续落地——工作机器人是不能爬台阶的麦克纳姆轮平台，无固定安装底座；Kiosk 只集成 1 个落地充电桩。机器人工作区与后中央入口同为完成地面 z=0，结构门槛为 0 mm。3. 接口可拆换——三台食品设备分别安装在后排独立落地岛，充电桩、食品设备与电控均采用可拆接口，不设置跨舱连续台面。4. 工作机器人是主角——CMF

与灯光为工作机器人服务，不做霓虹灯箱。

1.2 目标用户与部署场景

1.2.1 终端用户画像 [假设 A86]

画像	占比目标	行为特征	对设计的约束
亲子/儿童	40%	身高 1000-1400 mm，围观时间长，会拍打玻璃	取餐口下沿 ≤ 1100 mm；玻璃需防爆膜；下部 500 mm 内无夹点
年轻情侣/学生	35%	拍照传播，愿意等待，扫码熟练	需要”可拍摄”的机器人展示角度与灯光；等待区
通勤/赶时间	20%	容忍等待 ≤ 90 s，走过即走	需要明确的”预计等待”显示与取餐叫号
运营/巡检人员	5%	每日 1-2 次到场	后中央服务入口、独立设备岛免工具补料

上述占比为运营假设，仅用于驱动人机工学与灯光取舍，不作为报价依据 [假设 A86]。

1.2.2 三类场景差异（同一硬件平台，配置差异化）

维度	S1 购物中心中庭/店铺	S2 交通枢纽(机场/高铁/地铁)	S3 写字楼大堂/园区	备注
首发优先级	首发 [假设 A87]	第二	第三	Pilot 三台各投一场景
日均订单	200 单 [假设 A14]	350 单 [假设 A14]	90 单 [假设 A14]	决定料仓与制冷容量
峰值小时单量	40 单/h [目标 A88]	70 单/h [待确认-P1]	25 单/h [目标 A88]	V1 能力待 § 1.4.3 输入冻结后验证
营业时长	10:00-22:00, 12 h [假设 A87]	06:00-23:00, 17 h [假设 A87]	08:00-19:00, 11 h [假设 A87]	影响补料频次与器件寿命
场地净高	≥ 3000 mm [假设 A89/A72]	≥ 3500 mm [假设 A89]	≥ 2900 mm [待确认-P0]	机身 2700 [确定] + 吊装/检修 300
进场路径	卸货区→货梯→中庭	卸货区→平层长距离推运	地下车库→客梯 [待确认-P0]	决定运输拆分粒度，见 02_MECHANICAL § 2.9
上下水	多数无，需内置水箱 [待确认-P0]	多数无	部分可接茶水间	见 § 1.8.4
供电	专用回路，制式与容量 [待确认-P0 A9]	需报装，周期长 [待确认-P1]	楼宇电源 [待确认-P0]	见 05_ELECTRICAL；充电桩数据冻结前不得定值

维度	S1 购物中心中庭/店铺	S2 交通枢纽 (机场/高铁/地铁)	S3 写字楼大堂/园区	备注
网络	商场 WiFi 不可靠 → 必须自带 4G/5G [假设 A12]	同左	可接楼宇有线	
噪声限值	≤ 65 dB(A) @1 m [假设 A91]	≤ 70 dB(A) [假设 A91]	≤ 60 dB(A) [假设 A91]	写字楼最严, 压缩机需隔振
环境照度	300–750 lx [假设 A90]	200–500 lx	300–500 lx	决定屏亮度与立面亮度
机身包络	4500×2500 全配版 [确定]	4500×2500 全配版	4500×2500 全配版	V1.2 连续落地工作舱不可裁掉入口或工作区
特殊合规	商场消防/装修报批	民航/铁路安检、防爆要求 [待确认-P0]	物业装修报批	由 Autolife 属地负责

结论 [假设 A87]: EVT + Pilot-A 首台投 **S1 购物中心**, 因其人流稳定、场地条件最可控、且是 100+ 台量产的主战场。

1.3 产品需求 (PRD)

需求 ID 规则: FR 功能 / PR 性能 / NR 非功能 / SR 安全。OEM 报价时须逐条回应” 满足 / 部分满足 / 不满足 + 替代方案”。

1.3.1 功能需求 FR

ID	需求	验收方式	归属模块	标注
FR-01	支持自助点单: 触摸选品、规格、数量、加料	SAT 实单 50 单	M5	[确定]
FR-02	支持扫码支付 (微信/支付宝/银联云闪付)	交易对账	M5	[假设 A93]
FR-03	支持 NFC / 刷卡 (出海版)	—	M5	[待确认-P0 部署国家]
FR-04	机器人应自动取杯 → 接料 → 递送至取餐口 (真实机器人、工具和目标姿态冻结后验证)	目标: 500 循环成功率 ≥ 99%; 当前未验证	M4	[待确认-P0 A3/A15/A17]
FR-05	同时容纳 ≥ 3 台商用食品设备, 互不干涉	CAD 干涉检查 + 实测	M4	[确定]
FR-06	取餐口带感应确认 (餐品被取走才结单)	功能测试	M5	[假设 A94]
FR-07	双侧 86" 竖屏播放菜单 / 品牌 / 运营数据	点亮 + 内容切换	M2/M3	[假设 A95]
FR-08	可选顶部静态品牌展示件 (仅静态展示, 禁止工作机器人安装; 若采用展示机器人, 仅静态/慢动作姿态)	结构承载验证	M1	[假设 A98]
FR-09	状态灯光与订单状态联动 (待机/制作/完成/故障)	四态可视	M7	[确定]
FR-10	远程监控: 料位、温度、故障、订单、开门事件上报	云端可见	M6/M8	[确定]
FR-11	免工具补料 (料袋 / 杯筒 / 玉米桶 / 糖浆)	运营演练 ≤ 10 min	M4	[假设 A92]
FR-12	单片玻璃可现场独立更换, 不拆相邻结构	维护演练 ≤ 30 min	M4	[确定]
FR-13	食品接触区可整体拆下水洗	清洁演练	M4	[确定]
FR-14	断电/断网后完成状态一致性检查并恢复服务	Kiosk 控制 ≤ 60 s; 机器人/充电桩恢复时序 [待确认-P0]	M6/M8	[待确认-P0 A29]
FR-15	食品设备位可整位更换以切换 SKU	换位演练 ≤ 90 min	M4	[假设 A95]

ID	需求	验收方式	归属模块	标注
FR-16	集成 1 个机器人充电桩，识别工作位、充电位、对接、充电和故障状态	状态机 + 对接/充电循环测试	M4/M6/M8	[确定 A4；接口待确认-P0]
FR-17	后中央入口提供机器人进出条件：结构净宽 800 mm、门槛 0 mm，入口至工作区连续同标高；机器人实际进出须在冻结整机扫掠包络、地面条件和真机路径验证后放行	CAD 自动静态检查 + 冻结机器人全路径 + 真机低速测试	M4	[确定 A4/A109；机器人动态待确认-P0]

1.3.2 性能需求 PR

ID	指标	V1 目标值	标注	备注
PR-01	单杯冰淇淋制作节拍（支付完成→可取）	45-90 s	[目标 A88]	取决于真实机器人轨迹和食品设备出料速度 [待确认-P0]
PR-02	系统峰值吞吐	≥ 40 单/h	[目标 A88]	见 § 1.4.3，当前未验证
PR-03	日订单能力（不补料）	≥ 200 单	[假设 A14/A92]	料仓容量决定
PR-04	可用率（Pilot 阶段，30 天）	≥ 97%	[假设 A96]	含补料停机
PR-05	机器人取放成功率	目标 ≥ 99.0%；当前未验证	[待确认 -P0 A3/A15/A17]	真实机器人、TCP、目标姿态和完整轨迹冻结后确认；失败自动重试 2 次
PR-06	开机自检到可接单	Kiosk 自检 ≤ 180 s；机器人/充电桩握手时间待冻结	[待确认 -P0 A29]	不含食品设备预冷/预热
PR-07	冰淇淋机预冷就绪	≤ 30 min	[待确认 -P0]	由设备厂商给
PR-08	整机噪声	≤ 65 dB(A) @1 m 正面	[假设 A91]	压缩机 + 风机 + 机器人合成
PR-09	表面温度（可触及）	金属 ≤ 65 °C / 涂层 ≤ 75 °C / 玻璃 ≤ 65 °C (@ 25 °C 环境)	[假设 A58]	引 GB 4706.1 短时接触区间；部署地法规未定 [待确认-P0]
PR-10	整机功耗（额定 / 峰值）	充电桩输入与并发策略冻结后计算	[待确认 -P0 A9/A110]	见 05_ELECTRICAL

1.3.3 非功能需求 NR

ID	需求	目标	标注
NR-01	设计寿命	5 年 / 每年 4000 h	[假设 A96]
NR-02	结构件表面处理耐候	中性盐雾 48 h 无起泡	[假设 A7]
NR-03	MTTR（L1 常见故障）	≤ 10 min	[确定]
NR-04	MTTR（L2 部件更换）	≤ 30 min	[确定]
NR-05	现场装配骨架主体（S02-S09）	≤ 4 人 × 4.5 h	[计算 A108]
NR-05b	现场全流程装配 + 电气 + 安全整定（S00-S21，不含联调）	≤ 4 人 × 2 个工作日（≈ 17 h）	[计算 A108]，与厂内装配工时 A32 为不同口径
NR-06	运输单件最大重量（叉车/2 人配合）	≤ 360 kg 毛重	[假设 A107]
NR-07	Kiosk 设备净重（结构 + 充电桩 + 食品设备，不含工作机器人和耗材）	充电桩质量冻结后计算	[待确认 -P0 A99]
NR-07b	运行满载重量（另加进入 Kiosk 的机器人、满水与耗材）	机器人/充电桩质量冻结后计算	[待确认 -P0 A99]
NR-08	界面语言	单一语言，V1 全中文；出海版全英文	[待确认 -P1]

1.3.4 安全需求 SR

ID	需求	实现	标注
SR-01	急停 ≥ 2 处（顾客侧交互区、后中央服务入口）	通过安全接口请求机器人安全停止，并隔离 Kiosk 可控危险能量；接口与停止类别待风险评估冻结	[待确认 -P0 A29/A113]
SR-02	所有可开启门/面板联锁	后双开门 $\times 2$ + 侧板 $\times 1$ ，断开即安全停	[确定]
SR-03	机器人工作、转换与充电相关危险区受控	玻璃/联锁边界结合真实进出路径和停止距离冻结	[待确认 -P0 A55/A57]
SR-04	取餐口防夹 / 防伸入	前玻璃结构开口 520×410 mm；客户可触开口、双门/传递舱、光幕和机器人禁入边界须经风险评估冻结	[待确认 -P0 A94]
SR-05	漏电保护	类型、额定与分级按部署地法规、充电桩要求及冻结功率预算选型	[待确认 -P0 A9]
SR-06	接地	独立 PE 排，接地电阻 $< 4 \Omega$ ，所有金属件跨接	[假设 A9]
SR-07	玻璃安全	钢化 + 内贴防爆膜（EVT 起标配）	[假设 A8]
SR-08	Kiosk 自身防倾覆	12 点可调地脚 + 防倾支架，抗倾安全系数 7.4（02_MECHANICAL § 2.3.3 ⑤）；是否需膨胀螺栓固定 Kiosk/独立充电桩见 A73，未定；不包含工作机器人固定	[待确认 -P0 A73/A101]
SR-09	适用标准	按部署地：中国 GB 4706.1 / GB 4706.13；欧盟 EN 60335 + EN ISO 10218；美国 UL 763 类比	[待确认 -P0 部署国家]

1.4 用户动线：时间预算与失败路径

1.4.1 正常动线时间预算 [假设 A94]

阶段	动作	目标时长	上限（超时触发）	触发的失败路径
U0	注意 / 靠近（灯光 + 屏幕吸引）	0-10 s	—	—
U1	浏览菜单、选品、选规格	≤ 30 s	120 s 无操作	会话超时 $\rightarrow$ 返回待机屏
U2	唤起支付二维码 / 刷卡	≤ 5 s	10 s	支付通道不可用 $\rightarrow$ 提示改用备用通道
U3	完成支付	≤ 15 s	60 s	支付超时 $\rightarrow$ 释放订单、不占用设备
U4	排队等待（前方订单）	0-（ $N \times 70$ s）	显示预估	预估 > 5 min 时提示“高峰，是否继续”
U5	制作（机器人 + 设备）	45-90 s	150 s	制作超时 $\rightarrow$ 见 F3/F4
U6	取餐口开启 + 叫号 + 灯带	立即	—	—
U7	用户取走	≤ 15 s	90 s 语音提醒；180 s 判定弃单	见 F6
—	单人无排队总时长	≤ 120 s	—	PR-01 派生

1.4.2 失败路径矩阵 [假设 A94]

ID	失败点	检测方式	自动处置	用户可见反馈	是否需人工	目标恢复
F1	支付超时/失败	支付网关回调	释放锁定的设备与料	“支付未完成，请重试”	否	即时
F2	缺料（料位传感器低位）	料位传感器 [待确认-P1]	该 SKU 置灰、停止售卖、告警运营	“该口味售罄”	是（补料）	≤ 10 min（人到场后）
F3	机器人取杯失败	夹爪力/位反馈 + 视觉	重试 2 次 → 换取杯位	“制作中，请稍候”	否（3 次后是）	≤ 30 s
F4	食品设备无出料 / 故障码	RS485 状态 + 称重	停该设备、退款、转其它 SKU	“设备维护中，已退款”	是	≤ 30 min
F5	递送途中掉落	视觉 + 取餐口称重	自动重做 1 次（不二次扣款）	“正在为您重做”	否	≤ 90 s
F6	用户 180 s 未取餐	取餐口光电/称重	判弃单，机器人推入废弃通道，记录凭码补取	“已为您保留取餐码 15 min”	否	即时
F7	断网	心跳丢失	本地缓存 ≤ 50 单，已支付订单照做；新支付不可用	“暂不可下单”	否	网络恢复自动同步
F8	断电	UPS 检测	UPS 维持 IPC/网络/安全控制并告警；机器人与充电桩按供应商失电时序进入定义状态 [待确认-P0]	屏幕显示停机信息（UPS 范围内）	是（若长断电）	状态一致性检查后恢复 [待确认-P0]
F9	急停被按下	硬安全回路	请求机器人安全停止，隔离 Kiosk 可控危险能量，冻结订单并告警	“设备暂停服务”	是（现场复位）	按安全恢复流程 [待确认-P0]
F10	玻璃破损 / 门被打开	联锁 + 振动传感 [待确认-P2]	请求机器人安全停止并撤销工作/充电许可，告警	“设备暂停服务”	是	L2 换玻璃 ≤ 30 min；机器人状态复核后恢复
F11	漏水	底盘漏水传感器	切食品设备水路电磁阀 + 停机	“设备暂停服务”	是	≤ 30 min
F12	超温（舱内 > 40 °C） [假设 A97]	温湿度传感器	加大排风，> 45 °C 停制冷设备	降级售卖	是	≤ 30 min
F13	工位无效 / 对接或充电故障	work_position_valid、dock_mated、charging、故障码	撤销作业/充电许可，停止接单并执行定义的退避或安全状态	“设备暂停服务”	依故障等级	[待确认-P0 A29]

1.4.3 吞吐预算（用于验证 PR-02）[待确认 -P0 A3/A17/A88]

制作节拍 $T_{\text{cycle}} = T_{\text{取杯}} + T_{\text{到设备}} + T_{\text{设备出料}} + T_{\text{到取餐口}} + T_{\text{放置与撤离}} + T_{\text{缓冲}}$

有效节拍 $T_{\text{effective}} = \text{调度仿真得到的稳态订单间隔}$

理论峰值 $= 3600 / T_{\text{effective}}$

工程吞吐 $= \text{理论峰值} \times \text{可用率} \times \text{失败/补料/设备恢复折减}$

机器人各段路径与时间必须由 03B_Working_Envelope_Report.md 验证后的真实轨迹回填；食品设备出料/恢复时间由设备商回填。两类输入未冻结前，40 单/h 与 200 单/日是产品目标，不是已验证结论。

1.5 运营动线（补料 / 清洁 / 换耗材）

1.5.1 耗材清单与补料周期 [假设 A92]

耗材	装载形式	单机容量	单份消耗	满仓可售	S1 场景补料频次	补料位置	免工具
冰淇淋浆料	Bag-in-Box 10 L ×2	20 L	90 g	222 份	1 次/日	ICE 岛后/侧维护抽屉	是 (快接口)
甜筒/纸杯	筒装 ×2 立式料塔	400 只	1	400	1 次/2 日	独立设备岛维护面顶部投入	是
爆米花玉米	5 kg 密封桶	5 kg	25 g	200 份	1 次/日	POP 岛后/侧维护漏斗	是
爆米花油/糖	2 L 瓶	2 L	8 mL	250 份	1 次/日	同上	是
爆米花纸盒	叠装	250 只	1	250	1 次/日	POP 岛侧挂料架	是
糖浆 (饮料)	5 L ×3 口味	15 L	30 mL	500 份	1 次/2 日	DRINK 岛维护仓	是 (快接)
净水	内置清水箱 100 L 或市政	100 L	日耗 ≈50 L [假设 A22]	2 日	1 次/日 (水箱版)	独立设备岛/侧区低位抽拉水箱	是
废水	直连 内置污水箱 120 L	120 L	日产 ≈61 L [假设 A22]	2 日	1 次/日	[待确认 - P0] 与清水隔离的设备岛/侧区,带满	是
固废 (渣/杯)	60 L 内桶	60 L	—	—	1 次/日	位报警 邻近设备岛抽拉桶	是
净水滤芯	PP+CTO	—	—	—	1 次/3 月	设备岛/侧区维护面	需工具 (L2)

设计要求 [确定]：所有日常补料点必须在设备岛后/侧维护面站立姿态下、高度 600–1600 mm 区间内完成，不得下蹲到 300 mm 以下或举高过 1700 mm；维护人员和打开件不得占用已许可的机器人工作区。

1.5.2 运营三班动线 [假设 A87]

班次	时间	人数	时长	内容	是否需停机
开班	07:30–08:00	1	25 min	上电自检、补全部耗材、冰淇淋机预冷、各设备岛顶面与取餐托盘消毒、玻璃外擦、灯光/屏点检	是（未营业）
高峰中补	15:00 前后	1	10 min	补杯/料/盒、清渣桶、擦取餐口	部分（限该 SKU）
收班	22:00–22:35	1	35 min	冰淇淋缸拆洗/巴氏、爆米花锅清渣、废水废渣清空、三座设备岛顶面与围堰清洁、外玻璃擦拭、日报确认	是（已闭店）

周维护（60 min，运营 + L2 各 1 人）：舱内玻璃内表面清洁、排水管路冲洗除垢、进风滤网清洗、取餐口深度消毒、灯带亮度点检。**月维护（120 min，L2 2 人）**：冷凝器翅片吹扫、净水滤芯（3 月）、按供应商 SOP 检查机器人与充电桩、清洁充电接口、门铰链润滑与门缝复调、玻璃压板扭矩复紧、接地电阻复测。

1.5.3 清洁分区（食品接触区与非食品区严格分开） [确定]

区域	范围	材质	清洁方式	频次
Z1 食品接触	杯托、出料嘴下方接盘、取餐托盘、料路快接口	SUS304 / 食品级硅胶 [假设 A6]	可拆卸 → 水槽清洗 + 消毒	每日
Z2 食品邻近	各设备岛 SUS304 顶面、围堰和独立排水盘	SUS304 2 mm 拉丝 [假设 A7]	原位擦洗；设备支承点保持水平，周边排水盘按冻结卫生方案导流 [待确认-P0]	每日
Z3 舱内非接触	玻璃内表面、设备外壳、机器人本体、充电桩	玻璃 / 设备供应商材料	按供应商清洁剂与禁水边界擦拭 [待确认-P0]	每周
Z4 外部	外壳、玻璃外表面、屏幕、点单台	喷塑 / 玻璃	擦拭	每日
Z5 设备仓	独立设备岛/侧区内电控、IPC、PSU	—	吹尘（断电后）	每季

1.6 维护动线与分级

1.6.1 维护分级 [确定]

级别	执行人	工具	允许操作	时间目标
L1	运营人员（非技术）	无工具	补料、清渣、清洁、复位急停、重启软件、更换纸杯/盒	≤ 10 min
L2	现场技师	内六角组套、十字/一字、万用表、玻璃吸盘 ×2、扭力扳手、叉车/液压车	换单片玻璃、换 86” 屏、换灯带段、换风机、换食品设备整台、换取餐口机构、换电源模块、换充电桩（若供应商定义为 L2）、清洗滤网	≤ 30 min；桩体目标待 P0
L3	工程 / 返厂	全套 + 焊接/喷涂及机器人供应商工具	骨架修复、机器人移出/故障救援、L3 充电桩维护、重新喷涂、结构改造	≥ 2 h（视情况返厂）

1.6.2 关键 MTTR 目标表（SAT 需实测验证） [假设 A96]

故障	级别	步骤要点	目标 MTTR
缺料	L1	后门 → 抽屉 → 换 BIB → 复位	5 min
渣桶满	L1	后门 → 抽拉桶 → 换袋	3 min

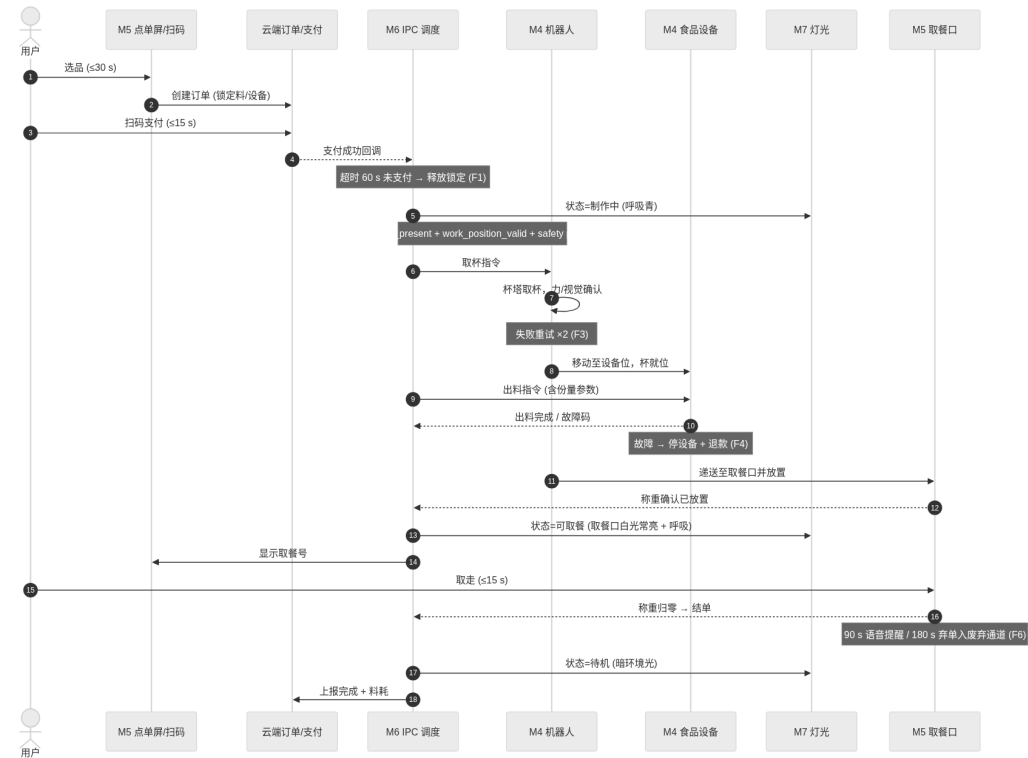
故障	级别	步骤要点	目标 MTTR
Kiosk 应用无响应	L1	停止接单并确认机器人处于冻结安全状态 → 在后维护界面执行受控应用/IPC 重启 → 完成自检后恢复	3 min [待实测]
灯带某段暗	L2	拆卡扣式灯槽盖 → 换段 (每段 ≤ 900 mm, 独立接插)	15 min
单片玻璃破损	L2	断电挂牌 → 拆内侧不锈钢压板 → 吸盘取出 → 装新片 → 复紧	30 min
86" 屏更换	L2	拆侧柱背板 → 松 VESA → 换屏 → 接线	25 min
食品设备整台更换	L2	断电断水 → 拆快接 → 松 $4 \times M8$ → 液压车移出 → 换新 → 复接	45 min (超 NR-04, 单列)
机器人移出/更换	L3	按机器人进出或故障救援流程执行; 通道与搬运工具待 P0 冻结	[待确认 - P0]
充电桩更换	L2/L3	隔离桩体电源/信号 → 按供应商方向拆出 → 复装标定 dock_pose → 对接充电验证	[待确认 - P0]
风机更换	L2	设备岛/侧区维护面 → 抽屉式风机盒	10 min

1.6.3 维护空间验证 [确定]

项	要求	本设计值	结论
后中央入口	结构净宽 ≥ 800 mm、净高 ≥ 2100 mm、门槛/底轨/坡道=0	x=2100..2900, 净宽 800 mm, 入口从 z=0 起	G0 PASS
入口至工作区连续地面	不得有台阶、底框、踏板、线槽、软管或排水坎横跨路线	q=0 实算 AABB 499.945×599.317×1681.127 mm、旋转直径 601.190 mm; 声明包络 500×600×1682 mm、旋转直径 602 mm; STEP 内三条 650 mm 宽、1682 mm 高静态扫掠路线零碰撞, 完整 q=0 参考有 48 mm 总静态宽度余量; Nav2 520×370 mm footprint 对角线约 638.201 mm, 软件几何总余量约 11.799 mm, 设备前/Dock 接近端名义余量仅 15/5 mm	G0 PASS; 未定位、控制、停止、地坪、模型及制造误差, G1/G3与现场地坪 SAT BLOCKED
机器人工作/转换/故障救援空间	以供应商扫掠包络与风险评估为准	见 03_ROBOT ICD	BLOCKED-P0
充电桩维护与拆装空间	以供应商维护包络为准	见 03_ROBOT ICD	BLOCKED-P0
食品设备维护间隙	按各设备供应商的方向性净空和门盖扫掠体	见 04_FOOD_EQUIPMENT ICD	占位静态 G0 PASS; 维护动作 BLOCKED-P0
电控柜前操作空间	≥ 700 mm [假设]	位置随 V1.2 分布式设备岛深化	BLOCKED-P0
设备移出通路	净宽 $\geq$ 设备运输宽 + 搬运余量	中央入口静态净宽 800 mm; 完整搬运路径未验证	BLOCKED-P0

1.7 工作流程时序

1.7.1 单订单主时序



1.7.2 开机 / 关机时序 [假设 A94]

阶段	步骤	时长	阻塞接单?
上电	总闸 → RCD 自检 → Kiosk 受控电源 →	60 s	是
自检	IPC 启动 门联锁、急停、区域防护、温湿度、料位、 水位、网络	30 s	是
机器人/充电桩	身份与状态握手 → 确认 work_position_ valid → 安全状态自检 → 空跑 1 循环; 步	[待确认 - P0]	是
设备	骤与时长待 P0 冻结 冰淇淋预冷 (≤ 30 min [待确认 - P0])、爆	并行	该 SKU 阻塞
就绪	米花预热、饮料制冷		
合计到可接单	屏幕进入售卖页	— Kiosk 自检目标 ≤ 180 s; 机器人/充电 桩时序待冻结	否 [待确认 - P0]
关机	停止接单 → 完成/安全中止在制订单 → 请求机器人进入供应商定义的安全/充电 状态 → 设备自清洁 → 断非必要负载 (保 留冷链)	[待确认 - P0]	—

1.8 环境条件规格（场地准入清单，交付给场地方）

1.8.1 温湿度 [假设 A97]

项	规格	说明
运行环境温度	10 °C ~ 35 °C	超出需空调；> 35 °C 制冷设备能力衰减
运行相对湿度	20% ~ 80% RH，非凝露	高湿会在玻璃内侧结露，影响观感
舱内允许温升	≤ 10 K（相对环境）	见 05_ELECTRICAL 热预算
舱内报警/停机阈值	> 40 °C 告警 / > 45 °C 停制冷类设备	对应 F12
存储/运输温度	-10 °C ~ +50 °C	木箱内
存储/运输湿度	10% ~ 90% RH，含干燥剂	ISTA 3A [假设 A11]
海拔	≤ 2000 m	超出需降容 [待确认 - P2]

1.8.2 空间与建筑 [假设 A89]

项	规格	依据
场地净高	≥ 3000 mm（严于 A72 的 2900，因顶冠需登高吊装）	机身 2700 [确定] + 300 吊装/顶部检修
占地（含营业面留白）	4500 × 2500 mm 机身 + 前场 1500 mm 顾客区 + 后入口外机器人进出/救援区 [待确认 - P0]	顾客区与后侧机器人路线不含在机身内
地面平整度	≤ ±10 mm / 3 m	地脚可调 ±25 mm [假设 A101] 可吸收
机器人进出/对接地面	Kiosk 结构门槛 0 mm、内外完成面连续同标高；平整度、坡度、摩擦、缝隙和排水按机器人/充电桩供应商规范	[确定 A4/A109；其余待确认 - P0 A18/A72]；麦轮不能爬台阶，Kiosk 地脚调平能力不能替代机器人路面要求
地面承重（均布活载）	暂定 ≥ 500 kg/m ² [待确认 - P0 A72]	Kiosk + 充电桩 + 机器人运行工况待 A19/A99 重算
地面承重（点载/轮载）	Kiosk 地脚与机器人轮载分别校核	充电桩/机器人质量、重心和轮载 [待确认 - P0]
运输进场门洞净宽	按 V1.2 最大运输模块/木箱实测冻结	与机器人运营入口的 800 mm 判据分开 [待确认 - P0 A107]
进场门洞净高	≥ 2100 mm	玻璃 A 字架 1600 mm 高
货梯	载重 ≥ 1000 kg，轿厢 ≥ 1500(W) × 2400(D) × 2200(H)，门 ≥ 1200 × 2100	[待确认 - P0]
Kiosk 模块卸货点到安装点距离	≤ 100 m；运输路线须无台阶，或使用仅供人工/叉车搬运的经批准坡道	超出需增加搬运人天；该运输条件不适用于麦轮机器人运行路线，机器人路线仍要求坡道/高差严格为 0
机器人运行/救援路线	场地可达区 → 后中央入口 → 工作位 → 充电位，以及任意失能位置 → 出口	[待确认 - P0]，以完整整机扫掠包络和停止距离验证；800 mm 入口值本身不构成 PASS

1.8.3 电气 [待确认 - P0 A9]

项	规格
进线容量	暂按 220 V / 50 Hz 单相专用回路占位；以部署国家和充电桩输入冻结值为准 整机功率、进线电流与报装容量待充电桩额定/峰值功率及同时策略冻结后计算
保护	场地与机内主保护、RCD 类型/额定/选择性均待部署地法规和充电桩要求冻结后选型
接地	独立 PE，接地电阻 < 4 Ω，场地方提供接地端子
断电频次	场地需说明；频繁断电场地必须配 UPS [待确认 - P1]

1.8.4 给排水（P0 关键，多数商场无上下水）[待确认 -P0 A22]

方案	适用	进水	排水	对运营影响
A 直连（首选）	有上下水的场地	G1/2 快接，0.15-0.4 MPa，DN15	DN40 地漏 / 排水立管	免人工换水
B 内置水箱（兜底，V1 必须支持）	无上下水	100 L 清水箱 + 泵，抽拉式 [假设 A22]	120 L 污水箱 + 满位传感 [假设 A22]	每日 1 次加注/抽空，约 10 min（自持 2 日）
C 混合	有进水无排水	直连	废水箱	每日倒废水

OEM 报价须同时报 A / B 两套水路方案的差价 [待确认 -P0]。

1.8.5 光与声 [假设 A90/A91]

项	规格	说明
环境照度	200-750 lx	屏幕需 ≥ 700 nit 才可读 [待确认 -P1]
取餐区局部照度	≥ 300 lx	舱内补光
机身立面平均亮度	≤ 500 cd/m ²	避免眩光，符合“灯是强调不是主体” [确定]
灯光色温	2700-6500 K 可调	白墨风主用 4000-5000 K [假设]
整机噪声	≤ 65 dB(A) @1 m 正前方 1.5 m 高	参 GB 3096 商业区昼间 60 dB(A) 作外部限值
冲击噪声	机器人作业、对接和离桩的峰值	纳入整机实测 [待确认 -P1 A91]
	限值待场景冻结	

1.8.6 网络 [假设 A12]

项	规格
主链路	有线以太网， ≥ 50 Mbps 下行 / 20 Mbps 上行，独立 IP
备链路	4G/5G 路由（双卡），自动切换 ≤ 30 s
隔离	机器人控制 VLAN 10 与运营/广告 VLAN 20 逻辑隔离
离线容忍	本地缓存 ≤ 50 单；离线期间新支付不可用（F7）

1.9 M1-M8 模块边界：输入 / 输出 / 接口面

本表是**责任划分与报价边界**。OEM 只对标注” OEM” 的部分负责设计与制造；标 Autolife / 设备商 / 软件的部分由对方提供，OEM 只做安装与接口。

模块	机械输入	电气/数据输入	输出	物理接口面（分界）	设计责任	现场可拆
M1 顶部品牌冠	由 M2/M3 立柱顶面 + M4 顶梁承托；可选顶部静态品牌展示件质量 ≤ 40 kg [假设 A98]	24 V DC (Logo 发光 + 氛围光)，DMX/SPI 控制线	品牌识别、夜间标识、可选顶部静态品牌展示件（仅静态展示，禁止工作机器人安装）	底面 4 处 M8×30 螺栓法兰面 (z = 2350 mm) [假设 A104]	OEM 结构；Autolife 供独立展示件	是 (2 段，需登高车)
M2 左显示柱	独立落地框	220 V 至屏电源，HDMI/网口	菜单 / AI Serving 内容显示；同	底面落地法兰 (z=0)；侧面与 M4	OEM 结构 + 装屏；软件供	是 (整柱吊出)
M3 右显示柱	同 M2	至 IPC 同 M2	运营数据 / 品牌内容；主承重立柱	顶梁连接 同 M2 (镜像)	内容 同 M2	是
M4 核心工作舱	充电桩质量/重心/对接载荷 [待确认-P0 A18]；食品设备 ≤ 3×150 kg [假设 A5]；机器人工作/转换扫描体 [待确认-P0]	充电桩输入电源/状态/安全接口 [待确认-P0]、220 V×3 (设备)、24 V (舱内灯)、RS485/Ethernet、给排水	成品送至 M5；机器人在连续地面工作、回桩和离桩	① z=0 连续机器人地面与 800 mm 后中央入口 ② 三个后排独立设备岛顶面 z=900 ③ 玻璃/门槽口 ④ 充电桩与工位基准 [待确认-P0]	OEM 结构 + 设备岛 + 玻璃/门 + 桩体集成；Autolife 供机器人/充电桩；设备商供设备	设备岛、玻璃和桩体可独立维护；机器人无固定底座并按冻结路径进出
M5 客户交互区	悬臂固定于 M4 前立面 + M6 顶面	220 V、USB/网口至 IPC，扫码器/POS 线	点单交互、支付、取餐、状态提示	前立面 z=900-1450，前伸 340 mm 托盘边界	OEM 结构；软件供 UI；支付终端由 Autolife 指定	是 (模块整体前拆)
M6 分布式设备仓	位于独立设备岛/侧柱内并各自落地；不得跨越机器人路线	场地进线、PE、网络、给排水进出 [容量待确认-P0]	充电桩受控电源 [待确认-P0]、24 V/220 V 分路；排风；废水/废渣暂存	各设备岛与侧柱的独立可拆接口；中央地面不设连续柜体	OEM 结构 + 配电；Autolife 供 IPC	分区模块独立维护
M7 灯光系统	卡入 M1/M4/M5/M6 的灯槽 (燕尾/卡扣)	24 V DC + SPI/DMX	四态状态光 + 品牌光 + 取餐区功能光	灯槽标准截面 (统一 20×15 mm 槽 [假设1])，每段 ≤ 900 mm 独立接插	OEM	是 (免拆结构换段)
M8 安全与基础设施	急停盒、门磁、区域防护与状态传感器分布在 M4/M5/M6	Kiosk 硬安全回路 + 机器人/充电桩安全接口 [待确认-P0] + 24 V	safety_stop_request、安全状态与告警	安全回路端子排及机器人/充电桩安全分界 [待确认-P0]	OEM 布线与安装；Autolife 定义安全逻辑和接口	是 (模块化端子)

接口面冻结规则 [确定]：充电桩安装/电气接口、工作位基准和设备操作 Frame 必须在结构详设前冻结；其余接口面（法兰面、槽口、定位孔、端子排）在 EVT 后冻结。模块内部改动不得改变已冻结接口面，以保证跨 SKU / 跨批次互换。

M1 的可选顶部静态品牌展示件（仅静态展示，禁止工作机器人安装；若采用展示机器人）与工作机器人、充电桩完全独立；M1_static_brand_display_interface 只服务 M1 展示件，绝不是 M4 工作机器人的固定底座，也不能作为工作机器人接口的尺寸或载荷来源。

1.10 产品演化路线：设备位（Equipment Bay）策略

1.10.1 V1.2 独立设备岛基线 [假设 A95/A109]

参数	规格	备注
设备位数量	3 个后排独立落地岛：ICE / DRINK / POP	操作面统一朝 -Y；中央入口不得被设备占用
岛体边界	ICE x=640..1260,y=1590..2210； DRINK x=1420..1940,y=1590..2110； POP x=3110..3810,y=1590..2290；基座 z=0..900、SUS 顶面 z=900..902	V1.2 CAD 静态设计值；DRINK/POP 与各自开启门扇净距 150/200 mm
占位设备	分别 620×620×860 / 520×520×720 / 700×700×920 mm，底面 z=902	真实型号未冻结，不得据此开孔
承重 定位/固定	≤ 150 kg/岛 [假设]，载荷直接经各岛骨架落地按真实设备孔位与减振要求冻结；采用可拆连接	不允许跨入口的共同承载梁 概念阶段不发布统一孔阵列为制造值
电	220 V 16 A 工业插座（IEC 60309 或国标三扁）×1/位，独立分闸	[假设 A9]
弱电	M12 8 芯航插 ×1/位：RS485 A/B + 24 V + GND + 2 路干接点	[假设 A95]
进水	G1/2 快插 ×1/位（带手动球阀 + 电磁阀）	[待确认 - P0 A22]
排水	DN25 快插 ×1/位，接舱底 5° 坡集水槽	[假设 A105]
排风/散热 换位工时	位背部 Ø150 排风短接口，接舱顶总排风管 [待确认 - P1]，含断电/断水、搬运、复接和功能测试	[假设] 必须验证设备经中央入口的完整搬运路径

1.10.2 SKU 演化矩阵

SKU	阶段	B1	B2	B3	相对 V1 的增量改动	平台改动量	NRE 量级
V1 冰淇淋 + 爆米花 + 饮料	EVT/Pilot [确定]	冰淇淋机	爆米花机	饮料/糖浆机	基线	—	基线
V2 咖啡	量产后 6 个月 [假设 A96]	全自动咖啡机	冷藏奶箱 + 制冰	杯塔 + 糖浆	需软水处理、咖啡渣抽屉 (容量 ≥ 3 L)、蒸汽排湿 果渣量大 → 需 30 L 抽拉渣仓; 果仓需 4–8 °C 制冷 + 独立门 高温热源: 需对应设备岛隔热层、局部排烟、食品邻近顶面耐温 ≥ 250 °C、防烫设计和机器人耐温工具 [待验证] 仅软件配方 + 电气分闸容量核算	仅换设备位内容 + 加 1 个渣抽屉 换设备位 + 换渣仓 + 加制冷回路 更换设备岛局部接口 + 隔热包 + 排烟	低 (≤ 5% BOM)
V3 鲜榨橙汁	量产后 6 个月 [假设 A96]	榨汁机	制冷果仓 (≥ 60 只橙)	杯塔 + 果渣仓			中 (5–10% BOM)
V4 糖画	量产后 12 个月 [假设 A96]	熬糖锅 (≈ 180–200 °C) [待确认 - P1]	绘制/冷却岛	竹签/包装仓			高 (10–15% BOM)
V5 双爆米花高峰型	按场景	爆米花机	爆米花机	饮料		无结构改动	极低

1.10.3 演化不允许触碰的平台件 [确定]

外包络 4500×2500×2700、工作舱内界 x=490..4010/y=100..2490/z=0..2270、后中央入口 x=2100..2900/净宽 800/净高 2100/门槛与底轨 0、连续 z=0 机器人地面、三设备岛边界与 SUS 顶面 z=900..902、前取餐开口 x=2130..2650/z=850..1260。充电桩真实接口、设备固定孔位和工作位基准在 P0 冻结后纳入平台基线。> 任一改动即视为 V2 平台，需重新 DFM 与开模。

1.11 阶段计划：EVT → Pilot → 量产

维度	EVT (1 台)	Pilot-A (3 台)	Pilot-B (20 台)	MP (100+ 台)
目标	验证”能不能造出来、机器人够不够得着、热和安全过不过”	验证”在真实场地能不能连续挣钱”	验证”工装/治具/工时能不能复制”	验证”成本、良率、供应链能不能扛量”
成本立场	不压成本 [确定]	控制但不优先	开始压	目标成本达成 [待确认-P1 A13]
结构工艺	手工焊 + 通用治具	增加焊接工装	全套焊接/钻孔/装配治具 + 检具	治具固化 + 部分冲压模 [待确认-P1]
关键交付	整机 1 台 + FAT 报告 + 实测 BOM + DFM 反馈清单	3 场景现场 SAT + 30 天运营数据 + 故障台账	工装清单 + 装配 SOP + 工时表 + CPK 报告	PPAP/FAI + 阶梯报价锁定 + 备件包
主要验收 (详见 10_TEST; 以下为阶段目标条件, 当前未验证; 动态条目在输入冻结前保持 BLOCKED-P0)	① W1-W7 工作路径全部通过运动学/碰撞与真机验证 [待确认-P0]② D1-D6 对接、充电、离桩和故障恢复通过 [待确认-P0]③ 连续 72 h 无重大故障 [待确认-P1]④ 舱内温升满足分区限值 [待确认-P0]⑤ 接地、RCD、急停/联锁和机器人安全接口全通 [待确认-P0]⑥ 500 取放循环成功率 ≥ 99% [待确认-P0]⑦ 充电桩循环样本量/成功率 [待确认-P0 A65]⑧ 噪声满足 A91 [待确认-P1]	① 单机 30 天可用率 ≥ 97% [待确认-P1]② 日均订单达场景目标 (S1 200 / S2 350 / S3 90) [假设 A14]③ L1 MTTR ≤ 10 min 实测 [待确认-P1]④ 玻璃换片 ≤ 30 min 实测 [待确认-P0]⑤ 3 台间性能离散 ≤ 10% [待确认-P1]	① 结构件一次合格率 ≥ 95% [待确认-P1]② 关键尺寸 CPK ≥ 1.33 (焊接框对角、玻璃槽口、设备位孔距、充电桩接口冻结特性) [待确认-P0]③ 单台装配工时 ≤ EVT 的 60% [待确认-P1]④ 20 台外观一致性 (色差 ΔE ≤ 1.5 [假设 A104])	① 一次合格率 ≥ 98% [待确认-P1]② 单台成本达标 [待确认-P1]③ 交付准时率 ≥ 95% [待确认-P1]④ 首年现场故障率 ≤ 0.3 次/台·月 [假设 A96]
时间 (下单起)	60 天 [假设 A96]	+75 天	+90 天	滚动, 月产 ≥ 30 台 [假设 A96]
阶段门	DR3 通过才开 Pilot-A	30 天数据通过才开 Pilot-B	CPK 达标才开 MP	—

阶段间必须发生的设计冻结： - EVT 后冻结：接口面 (§ 1.9)、承载路径、公差链、装配序列 - Pilot-A 后冻结：CMF、Logo 矢量、灯光配方、UI 文案 - Pilot-B 后冻结：BOM 供应商、替代料、包装方案

1.12 尺寸基线 (冻结, 禁止 OEM 自行更改)

参数	值	标注	派生关系
总宽 W	4500 mm	[确定 A1]	—
总深 D	2500 mm	[确定 A1]	连续落地工作舱 + 后排设备岛

参数	值	标注	派生关系
总高 H	2700 mm	[确定 A1]	外包络
机器人地面 / 入口门槛	z=0 / 0 mm	[确定 A4/A109]	全路径连续同标高，麦轮不可爬台阶
设备岛顶高	900 mm	[确定 A2/A109]	仅食品设备操作面，不是机器人行驶面
后中央入口	x=2100..2900，净宽 800 mm、净高 2100 mm	[确定 A109]	双扇门 90°开启停靠，底轨/门槛/坡道均 0
玻璃罩高	1450 mm	[确定]	
顶冠高	350 mm	[确定]	
侧立柱 W×D	480 × 950 mm	[确定]	×2
核心结构开口宽 / 工作舱净宽	3540 / 3520 mm	[确定 A109]	结构开口 x=480..4020；工作舱内界 x=490..4010，不可混用
设备岛位置	ICE y=1590..2210； DRINK y=1590..2110； POP y=1590..2290	[确定 A109]	各岛独立落地，SUS 顶面 z=900..902
前取餐开口	x=2130..2650； 850..1260	z= [确定 A109]	取餐模块保持在前玻璃内侧 y>=100
取餐托盘前伸	340 mm	[假设]	不计入 D
顶冠外扩	+18 mm/边	[假设]	视觉压边

1.13 本文件仍缺的关键输入（阻塞项）

优先级	缺失项	阻塞了什么	责任方
P0	项目机器人型号/Revision/受控哈希、STEP/运动学/工具/TCP/停止性能；本地 v2.2 只作 PRECHECK	工位、工作路径、节拍、安全边界	Autolife Robotics
P0	工位 T_KW、构型、定位方法/容差和有效状态	设备操作 Frame、工作许可、重复定位验收	Autolife Robotics / 系统集成
P0	充电桩 STEP、安装/载荷、对接、供电、状态、热和维护接口	M4/M6 结构与配电、对接路径、FAT/SAT	Autolife Robotics / 充电桩供应商
P0	工位/充电位关系、dock_pose 标定、真实接触/充电反馈和安全协议	整机状态机、异常恢复、风险评估	Autolife Robotics / 安全 / 软件
P0	三台食品设备真实型号与参数	§ 1.10.1 设备位规格、§ 1.4.3 节拍、热/水预算	食品设备商
P0	部署国家/地区	SR-09 适用标准、A9 供电制式、A6 食品法规	Autolife
P0	首台场地：门洞/货梯/上下水/供电实测	§ 1.8.2、§ 1.8.4、运输拆分粒度	Autolife / 场地
P0	现场后入口外地面与 Kiosk 内 z=0 完成面的高差、缝隙、坡度和平整度	麦轮进出、回桩和故障救援路径	Autolife / 场地 / Autolife Robotics
P0	场地是否有上下水（决定 A/B 水路方案）	§ 1.8.4、BOM、成本	Autolife / 场地
P1	目标售价 / 单台成本上限	§ 1.11 MP 验收、玻璃/屏/灯选型	商务
P1	UPS 是否标配 + 后备时长	F8、05_ELECTRICAL	Autolife
P1	屏幕亮度与型号（700 nit?）	§ 1.8.5、BOM	Autolife
P2	Logo 矢量 / 字体 / Pantone	07_CMF、M1 亚克力开料	品牌

02 — 结构 / 机械设计计划 | AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

文档状态: V1.2-Concept · 仅供 DFM 与分阶段报价, 不得制造放行
结构基线: 麦克纳姆轮机器人连续落地工作; 无固定机器人底座; 只有独立落地充电桩; 后排三个独立设备岛; 后中央零门槛入口
标注规则: [确定] = 已冻结架构 | [假设 An] = 工作值 | [计算] = 可复算结果 | [待确认-P0/P1/P2] = 缺输入
配套文件: cad/kiosk_v1.py、 cad/output/kiosk_v1.step、 02_MECHANICAL/drawings/、 03_ROBOT/03B_Working_Envelope_Report.md、 05_Verification/

2.1 CAD 与坐标系

项	V1.2 定义	状态
主装配	cad/output/kiosk_v1.step	G0 PASS (26/26); 只放行静态架构, 不放行制造或机器人运行设计源
参数化源	cad/kiosk_v1.py, 单位 mm	[确定]
Kiosk 坐标系 K	x=0..4500 从左到右; y=0..2500 从顾客侧到后侧; z=0 为完成地面	[确定 A1]
外包络	4500 × 2500 × 2700 mm	只表示 P0 占位, 不是制造图或真实 Dock
充电桩参考体	cad/output/robot_interface_p0_reference.step	只作静态 PRECHECK; 项目 Model/Revision、校准和工具未冻结
机器人模型	当前 SDK HEAD 的 S1 v2.2 formal URDF、43 个唯一碰撞 STL 及受控哈希	

OEM 回交 CAD 必须包含: 原生装配、STEP、独立零件、钣金展开 DXF、带尺寸/公差/材料/表面处理的 2D 图、玻璃开料图、装配/爆炸图, 以及静态干涉报告。机器人动态验证输出按 03B 单独交付。

2.2 V1.2 空间基线

2.2.1 落地区域与入口

对象	坐标 / 尺寸	机械要求
工作舱内界	x=490..4010, y=100..2490, z=0..2270	机器人地面不建底板
后中央入口	x=2100..2900, 净宽 800 mm、净高 2100 mm, 开口从 z=0 起	底轨、门槛、坡道均为 0, 不设跨口连接梁
机器人工作区	后入口至前侧作业区连续使用完成地面	不建 Kiosk 底板、台阶或抬高平台
后门	z=0 两扇玻璃门, 开启后各自在入口两侧 90° 停靠	开启扫描体和保持件不得侵入入口
前取餐开口	x=2130..2650, z=850..1260	取餐模块全部位于玻璃内侧 y>=100

零门槛硬约束 [确定 A4/A109]: 工作机器人采用麦克纳姆轮, 不能跨台阶。CAD 中入口底轨为零、Kiosk 内地面与入口外完成面标称高差为零, 完整路线连续同标高。任何线槽、软管、排水坎、门挡、紧固件头、装饰压条或临时电缆护桥均不得横跨路线。

现场铺装不属于 CAD 实体, 但属于最终验收范围。结构零门槛不等于现场已经可通行; 施工后必须复测接缝、高差、坡度、平整度和摩擦条件。

2.2.2 后排独立设备岛

三台设备操作面统一朝 -Y，机器人在设备前方的落地工作区作业。

岛 / 设备	岛体坐标	占位设备 W×D×H	设备坐标基线
ICE	x=640..1260, y=1590..2210; 基座 z=0..900、SUS 顶 z=900..902	620×620×860	x/y 同岛; 设备底面 z=902
DRINK	x=1420..1940, y=1590..2210; 基座 z=0..900、SUS 顶 z=900..902	520×520×720	同上
POP	x=3110..3810, y=1590..2290; 基座 z=0..900、SUS 顶 z=900..902	700×700×920	同上

V1.2 不设跨舱连续台面。每个设备岛独立承重、独立调平、独立围堰、独立排水、独立电气/信号快接；岛与岛之间不得用落地横梁连接。水、电、风管优先从岛后侧或上方进入，不能穿越机器人地面路线。

2.2.3 充电桩占位

P0 参考体坐标为 x=3590..4010, y=1100..1320, z=0..650，靠右侧结构落地布置。当前参考体与 POP 岛的 y 向静态净距为 270 mm。

该实体只用于确认充电桩参考体落地放置且不侵入中央入口。桩体 STEP、安装基准、支承/对接载荷、紧固、对接方向、维护包络及线缆接口未冻结，因此不得按参考体开孔、下料或判定真实 Dock PASS。Dock 不等于工作位。

2.3 净距与维护边界

检查项	V1.2 占位静态值	当前判定
左界 -ICE / ICE-DRINK / DRINK-开启左门扇	150 / 160 / 150 mm	G0 PASS; 真实门盖/抽拉 BLOCKED
开启右门扇-POP / POP-右界	200 / 200 mm	G0 PASS; 按开启门扇实体最邻近 面计算
ICE / DRINK / POP 后侧到工作 舱内界	280 / 380 / 200 mm	同上
ICE-POP 外壳最邻近面净距	1850 mm	G0 PASS; 真实型号冻结后重算
Dock 参考体-POP 岛	270 mm (y 向)	只判占位不相交; 真实维护净距 BLOCKED
中央入口	800 mm	只判结构值; 完整机器人扫掠路 径 BLOCKED

冷热距离一律按最邻近实体表面计算，不得使用设备中心距。若真实 ICE-POP 净距低于 1500 mm [假设 A28]，必须增加经温升测试验证的隔热屏和独立风道；即使净距满足，爆米花油烟也不得进入制冷设备进风。

维护空间必须用真实设备的开门、掀盖、抽屉拉出、滤网拆装、清洗和整机搬运状态验证。表中静态净距不能替代维护动作验证。

2.4 结构与材料

部位	方案	材料 / 规格	状态
侧柱 / 顶梁主骨架	独立落地焊接框架	Q235B 40×40×3 主方管; 30×30×2 次方管	[假设 A103]

部位	方案	材料 / 规格	状态
设备岛骨架	每岛独立落地框架	Q235B 40×40×3, 设备支承处局部加强	[假设 A7]
设备岛顶 / 围堰	可拆食品区组件	SUS304 2.0 mm 拉丝 180#, $R \geq 5$; 围堰和排水按真实设备冻结	[假设 A6/A45]
外壳皮肤 顶冠	激光切割 + 折弯 铝骨架 + 铝皮	SPCC 2.0 mm, RAL 9005 粉喷 AL6063 骨架 + AL5052-H32 1.5 mm	[假设 A7/A43] [待确认 - P1 A98]
玻璃	分片钢化玻璃 + 可拆压板	10 mm 钢化, 内贴防爆膜; 门与取餐开口按 V1.2 分片	[假设 A8/A102]
精密可调件	CNC / 型材连接件	AL6061-T6 / AL6063; 仅用于确有公差吸收的位置	[假设 A7]

食品区 SUS304 连续满焊、打磨至 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ 、酸洗钝化; 不得接触碳钢砂轮/钢丝刷。碳钢主框架采用对称跳焊与专用定位工装, 装饰皮肤、玻璃、屏幕和灯罩不得作为承力件。

2.5 承载路径

V1.2 有四条互不借重的承载路径:

顶冠 / 顶梁 / 玻璃 → 左右独立侧柱 → 侧柱地脚 → 场地地面
 食品设备 → 各自岛顶 → 各自岛骨架 → 各岛地脚 → 场地地面
 充电桩 → 冻结的独立安装接口 → 场地地面
 工作机器人 → 麦轮 → 场地完成面

禁止:

- 把机器人或充电桩质量计入 Kiosk 抗倾覆有利配重;
- 把设备岛用跨入口底梁连成整体;
- 把充电桩焊死在 Kiosk 或将其解释为机器人固定底座;
- 让玻璃、门轨、皮肤板、取餐托盘或装饰件承受主结构载荷;
- 在没有机器人轮载、Dock 对接反力和场地许用值时给出地坪承载 PASS。

重量、重心、地脚、抗倾、包装和吊装必须以实物称重、批准的制造 BOM、冻结的分件/吊点和现场工装数据校核。当前 V1.2 CAD/BOM 质量字段仅用于概念材料量估算, 不能用于吊牌、起重方案、包装或承运放行; 在上述数据齐套前相关 Gate 保持 TBD - P0/BLOCKED。

2.6 玻璃、门与取餐口

对象	设计要求
后中央门	双扇玻璃门, 无底轨; 开启 90° 后可靠保持在入口两侧; 门闭合密封件不得形成凸出门槛
门联锁	每扇门独立安全状态; 开门撤销机器人工作/转换许可, 具体 PLr 和停止类别 [待确认 - P0]
前玻璃 取餐托盘 分片	必须真实切出 600×440 mm 取餐开口, 而不是让托盘穿过完整玻璃实体 全部位于玻璃内侧; 可拆清洗; 不得侵入顾客侧防护边界 单片目标质量 $\leq 65 \text{ kg}$, 满足两人用吸盘更换; 最终片数和尺寸按 V1.2 Glass Schedule 冻结
压板	从安全维护侧可拆; 玻璃不得硬接触金属, 使用连续食品兼容密封条

玻璃更换、门扇拆装和取餐机构维护的 MTTR 在最终分片、铰链、压板和人员站位冻结后通过实物演练确认, 概念阶段不发布“已满足 30 min”。

2.7 公差与接口

类别	概念阶段判据
焊接框架线性尺寸	$\pm 1.5 \text{ mm}$; 对角线差 $\leq 2.0 \text{ mm}$ [假设 A105]
钣金折弯	$\pm 0.5 \text{ mm}$ (<500) / $\pm 1.0 \text{ mm}$ ($500-1500$) / $\pm 1.5 \text{ mm}$ (>1500) [假设 A105]
整机外包络	4500 ± 5 / 2500 ± 5 / $2700 \pm 5 \text{ mm}$ [假设 A53]
后中央入口	装配后净宽不得小于 800 mm 、净高不得小于 2100 mm ; CAD 标称 $x=2100..2900$
入口门槛	CAD 标称 0 mm ; 门口不允许任何凸起底轨, 现场内外完成面高差标称 0
设备岛上表面	$z=900$; 水平/排水坡按真实设备和卫生方案分别定义, 不能让整个支承面倾斜导致设备失平
玻璃开料	$\pm 2.0 \text{ mm}$ [假设 A8]; 框槽与密封条做极值公差链
充电桩接口	全部尺寸、公差、紧固与调节量 [待确认 -P0]; 占位体不产生制造尺寸

所有需要小于焊接公差的接口必须通过焊后加工、可调定位块或长圆孔实现。禁止要求焊接件直接达到 CNC 级精度。

2.8 管线与排水

机器人连续地面是不可侵入区。跨区管线按以下优先级设计:

1. 从各设备岛后侧就近接入;
2. 沿侧柱或顶梁架空跨越, 并满足维护/消防净高;
3. 通过场地预埋且检修盖与完成面齐平, 前提是场地方与机器人团队书面批准;
4. 禁止用地面明装线槽、软管、临时护桥或排水坎跨越机器人路径。

每个设备岛的漏液围堰和排水独立, 一台设备泄漏不得流入机器人工作区、Dock 或另一设备岛。排水坡、管径和清洗可达性按 04_FOOD_EQUIPMENT 冻结; 不得以抬高机器人地面解决排水。

2.9 放行 Gate

G0 — CAD 静态 Gate (打包前必须 PASS)

05_Verification/ 必须给出 JSON、Markdown 和证据图, 自动证明:

1. 外包络正确;
2. 入口净宽 800 mm 、门槛 0 mm ;
3. 入口到工作区的地面拓扑连续且无跨路实体; 锁定 formal URDF 与 43 个唯一碰撞 STL 每次重算的 $q=0$ 实算 AABB 为 $499.945 \times 599.317 \times 1681.127 \text{ mm}$ 、旋转直径为 601.190 mm , 向上取整的声明包络为 $500 \times 600 \times 1682 \text{ mm}$ 、旋转直径为 602 mm ;
4. 设备岛、设备、玻璃/门、取餐托盘和 Dock 参考体无非预期相交;
5. ICE-POP、各设备侧向、Dock-POP 等静态净距与设计值一致;
6. 工程正投影视图有效。

G0 任一项失败即禁止生成对外资料包。

当前三条路线使用 650 mm 宽、 1682 mm 高的全高扫掠体。 $650-602=48 \text{ mm}$ 是相对完整 $q=0$ 声明旋转直径的**总静态宽度余量**(名义每侧 24 mm), 不是导航安全裕量; Nav2 保守 $520 \times 370 \text{ mm}$ 矩形 footprint 的 AABB 对角线约 638.201 mm , 相对同一路宽的软件几何

总余量仅约 11.799 mm (名义每侧约 5.900 mm)。设备前作业带到设备表面为 340 mm，扣除 325 mm 扫掠半径后仅余 15 mm，Dock 接近终点对应余量仅 5 mm。这些值没有计入定位、控制、停止、地坪、模型以及制造/安装误差。

G1-G4 — 机器人动态 Gate

G0 PASS 不代表机器人能通过 800 mm 入口、能到工作位、能操作设备或能回桩；尤其 15 mm 设备前余量和 5 mm Dock 接近余量不能吸收尚未量化的动态与工程误差。以下输入未冻结前 G1/G3 及其相关动态结论全部 **BLOCKED**：项目机器人 Revision、完整碰撞体、运输/工作构型、工具/TCP、T_KW、设备 6D 操作 Frame、完整轨迹、Dock STEP/T_KD/捕获范围、停止性能和地面条件。

动态 Gate 的执行与 PASS 条件只以 03_ROBOT/03B_Working_Envelope_Report.md 为准。

2.10 DFM / DFA 与制造约束

- 三个设备岛、左右侧柱、顶梁/顶冠、玻璃/门按可独立制造和运输的模块设计；
- 入口宽度与零门槛是检具/测量项，不能靠现场切割修正；
- 门扇、岛体和 Dock 的安装顺序不得封死机器人救援出口；
- 每个模块电气连接使用防呆可拆连接器，分离面与结构分离面一致；
- 强弱电分槽，所有可拆金属件做 PE 跨接；
- 机器人工作区不布置固定脚轮、地脚、锚栓头或可脱落紧固件；
- Dock 在 P0 冻结前只报价接口深化和安装配合，不下料专用支架；
- 设备型号冻结前不加工固定孔、围堰、风道、水路开口或玻璃观察口。

2.11 运输与现场装配

V1.2 的模块数量、木箱数量、箱规、净重/毛重和集装箱装载率必须依据当前 CAD 与 BOM 计算；概念阶段未形成该证据时保持 TBD。

现场装配顺序必须满足：

1. 实测并标记 Kiosk 外包络、入口轴线和 z=0 完成面；
2. 安装独立设备岛与侧柱，锚固/地脚不得侵入机器人路线；
3. 安装顶梁、顶冠、玻璃和后中央门；
4. 复测入口净宽、底轨为零、内外完成面高差为零和工作区地面连续性；
5. 安装食品设备并复测维护净距和门盖/抽屉扫掠体；
6. P0 冻结后安装真实充电桩，标定 T_KD 与 dock_pose；
7. 完成 G0 后再进入机器人低速 G1-G4 验证。

运输路线与机器人运营路线是两个不同对象，均须实测。设备宽度接近 800 mm 时，不能仅凭入口名义宽度判定可搬入，必须计入搬运工具、包装、门扇、转弯和人员站位。

2.12 仍缺的关键输入

优先级	缺失项	阻塞内容	责任方
P0	项目机器人 Model/Revision、受控模型哈希、整机扫掠体、轮载、地面要求	800 mm 入口、工作/回桩/救援路径	Autolife Robotics

优先级	缺失项	阻塞内容	责任方
P0	T_KW、工作构型、工具/TCP、设备目标 Frame 与轨迹	IK、动态碰撞、设备最终坐标	Autolife Robotics / 系统集成
P0	充电桩 STEP、安装/载荷、对接、维护、供电/状态接口	Dock 专用接口、净距、T_KD 与对接验证	Autolife Robotics / Dock 供应商
P0	三台食品设备真实 STEP、重量/重心、固定、门盖/抽屉、维护和水电风接口	岛体尺寸、开孔、围堰、管线、搬运路径	食品设备商
P0	首台场地完成面、入口外空间、地坪承载/平整/坡度/摩擦/缝隙	麦轮通行、轮载、锚固和救援	场地方
P0	V1.2 CAD 质量属性与 BOM 更新	重量、重心、抗倾、包装和吊装	结构 / OEM
P0	部署国家与适用玻璃、机械、电气、食品安全标准	图纸和认证放行	Autolife
P1	顶冠材料、屏幕型号、CMF	详细结构和重量	Autolife / 品牌

在上述 P0 未冻结前，V1.2 可以通过 G0 静态架构检查并用于 DFM，但不得进行制造放行，也不得宣称机器人动态可行。

03 — Robot and Charging Dock Interface Control Document (ICD)

项目：AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

接口基线：工作机器人不能爬台阶的麦克纳姆轮落地平台、无固定安装底座；Kiosk 只集成 1 个落地充电桩 [确定 A4/A109]

状态：Concept / P0 接口未冻结，不得用于开孔、器件定型或运动程序发布

0. 读者、责任与放行原则

角色	责任	不得做的事
Autolife Robotics	提供机器人、工作位、充电位、充电桩及安全接口的完整工程包；对每个 P0 字段签字冻结	以效果图、口头描述或单个 Reach 数字替代工程数据
充电桩供应商	提供桩体机械/电气/通信/安全/热/维护接口和验证证据	要求 OEM 猜测孔位、触点、输入电源或对接容差
Kiosk OEM	在冻结接口内设计充电桩承载、配电、线束、防护和维护结构	为机器人增加固定底座、安装板、地脚、抽屉滑轨或固定 48V 供电
系统集成 / 安全	冻结状态机、坐标变换、工作许可与故障恢复；完成风险评估和验证	把“充电桩断电”当作“机器人已安全停止”

放行原则：所有标记 [待确认 - P0] 的字段必须来自责任方受控图纸、数据表或测试报告。未冻结时允许做接口清单和无尺寸布局，不允许为充电桩开孔、采购配电器件、固定设备操作点或发布机器人生产程序。

1. 系统边界

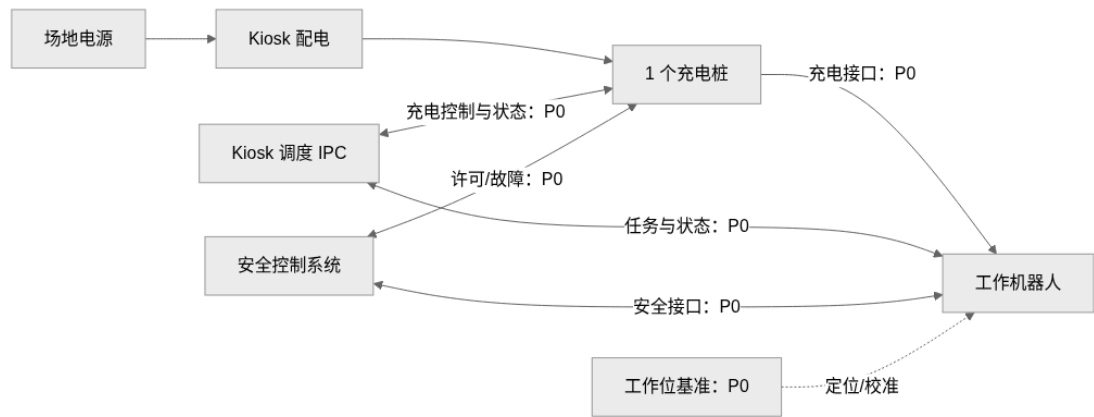
1.1 已冻结的架构事实

1. 工作机器人不是固定安装设备，Kiosk 不提供机器人承载底座或安装法兰。

2. Kiosk 集成且仅集成 1 个机器人充电桩。
3. 工作位与充电位是两个独立接口对象。二者是否重合为 [待确认-P0]，在书面冻结前按“不保证重合”处理。
4. 机器人在工作位和充电位的构型/姿态均为 [待确认-P0]；不得由名称、外观或演示动作反推。
5. Kiosk 向充电桩提供经保护的电源和所需信号；机器人本体的能量来源、充电路径及充电时是否允许运动由机器人/充电桩接口包定义。
6. 机器人运行路线必须使用连续同标高完成地面；入口结构门槛、底轨、坡道和任何横跨路线的凸起均为 0 mm。CAD 证明 Kiosk 结构，现场铺装连续性由 SAT 实测。

当前 G0 PRECHECK 每次从锁定的 formal URDF 与 43 个唯一碰撞 STL 重算 $q=0$ 几何：实算 AABB $499.945 \times 599.317 \times 1681.127$ mm、旋转直径 601.190 mm，向上取整声明 $500 \times 600 \times 1682$ mm、旋转直径 602 mm。650 mm 扫掠带相对完整 $q=0$ 声明直径有 48 mm 总静态宽度；Nav2 保守 520×370 mm 矩形 footprint 对角线约 638.201 mm，软件 footprint 相对同一路宽仅有约 11.799 mm 总几何余量。设备前作业带与 Dock 接近终点相对扫掠边界的名义余量仅 15 mm、5 mm。这些余量未计定位、控制、停止、地坪、模型和制造/安装误差，不能用于 G1 路径或 G3 进桩放行。

1.2 功能边界



图中的线表示必须定义的接口类别，不代表已选定总线、接插件、无线链路或安全等级。

2. P0 主数据

2.1 机器人本体

字段	必须提交的内容	状态
Model / Revision	唯一型号、硬件 Revision、软件/固件兼容范围	[待确认-P0]
几何	整机 STEP、各可动部件 STEP、运输/待机/工作/故障状态外形	[待确认-P0]
质量属性	整机质量、各主要部件质量、重心、允许搬运/吊	[待确认-P0]
运动学	运点 关节树、DOF、轴限位、速度/加速度/力矩限制、奇异区	[待确认-P0]
工作能力	Reach 云图、Payload 曲线、重复定位精度、路径精度	[待确认-P0]

字段	必须提交的内容	状态
末端工具	法兰图、工具 STEP、质量/重心、TCP、线缆/气管动态包络	[待确认-P0]
环境	工作/充电/存储温湿度、IP 等级、散热量、清洁限制	[待确认-P0]
安全	停止类别、最坏停止时间/距离、失电/失联行为、安全功能证明	[待确认-P0]

2.2 工作位

字段	定义	状态
工作位数量	V1 使用的工作位数量及每一工作位编号	[待确认-P0]
T_KW	Kiosk 基准系到机器人工作参考系的 6D 变换	[待确认-P0]
工作构型	机器人在工作许可成立时的本体/关节构型范围	[待确认-P0]
允许误差	X/Y/Z 与 Roll/Pitch/Yaw 容差，含重复进入误差	[待确认-P0]
定位方法	机器人如何建立/校准工作参考系，是否需要 Kiosk 标记或传感器	[待确认-P0]
有效判据	work_position_valid 的来源、阈值、刷新率、诊断与失效行为	[待确认-P0]
进出路径	进入/离开工作位的整机扫描包络与最小净空；台阶/凸起门槛允许值固定为 0 mm，坡度、缝隙、平整度、摩擦和湿滑条件须冻结	0 mm [确定]；其余 [待确认-P0]

工作位只定义机器人执行食品作业时的空间和状态接口，**不是机器人机械安装面**。

2.3 充电位与充电桩

字段	必须提交的内容	状态
充电位 T_KD	Kiosk 基准系到充电桩对接参考系的 6D 变换	[待确认-P0]
机器人充电构型	已对接时机器人参考系、外形、重心、接触/支撑状态	[待确认-P0]
Dock Model / Revision	充电桩唯一型号、硬件 Revision、配套机器人版本	[待确认-P0]
桩体几何	STEP、外包络、维护包络、接插件与指示件位置	[待确认-P0]
质量与载荷	质量/重心、静载、对接冲击/反力、最坏偏载和安全系数要求	[待确认-P0]
安装接口	安装面、孔位、紧固件、定位基准、平面度/标高/角度容差	[待确认-P0]
对接能力	接近方向、捕获范围、允许位置/角度误差、退出方向和失败退避路径	[待确认-P0]
通行条件	机器人到预对接位及离桩路径不得有台阶或凸起门槛；地面材质、平整度、摩擦、允许坡度/缝隙、排水和禁入物要求	0 mm [确定]；其余 [待确认-P0]
防护与清洁	IP/IK、触点防触及、异物/液体防护、可用清洁剂与操作步骤	[待确认-P0]

3. 坐标系与数据交付

坐标系	原点和方向	提供方
K	Kiosk 主基准；定义见整机总图	Kiosk OEM
W[n]	第 n 个机器人工作参考系	Autolife Robotics / 系统集成
D	充电桩对接参考系	充电桩供应商
R_work	机器人处于工作位时的本体参考系	Autolife Robotics
R_charge	机器人处于充电位时的本体参考系	Autolife Robotics
TCP[t]	第 t 个工具的工具中心点	Autolife Robotics

必须以 4×4 齐次变换矩阵或等价的 XYZ + RPY 数据交付，并同时声明单位、旋转顺序、右手/左手系和公差。至少冻结：

- T_KW[n]：K 到每个 W[n]；
- T_KD：K 到 D；
- T_WR_work 与 T_DR_charge；
- 各 T_flange_TCP[t]。

任何一个变换缺失，都不得用 Kiosk CAD 中的视觉中心、肩点、底面中心或充电桩外壳中心替代。

4. 机械接口

4.1 Kiosk 允许设计的接口

Kiosk OEM 只设计以下机械对象：

1. 充电桩供应商接口图指定的安装与支承结构；
2. 工作位/充电位所需的非承载定位标记或传感器支架，类型与位置均须由 P0 输入确定；
3. 机器人在工作位、充电位及二者转换时的无碰撞空间；
4. 充电桩维护拆装空间和机器人进出路径。

4.2 充电桩结构计算输入

输入	单位	冻结来源
桩体质量与重心	kg / mm	供应商受控图纸
机器人对桩静载	N / N · m	供应商载荷表
正常对接峰值载荷	N / N · m	对接测试或仿真报告
异常对接限制载荷	N / N · m	风险评估
安装面允许变形	mm / mrad	供应商接口规范
安装公差	mm / deg	供应商接口规范

这些输入未冻结前不计算板厚、紧固件、刚度或模态。结构验证对象仅为充电桩及其 Kiosk 接口。

5. 电源与充电接口

Kiosk 的电源分界位于充电桩输入端。机器人本体不设置 Kiosk 固定电源线。

字段	必须冻结的内容	状态
桩体输入	AC/DC、额定范围、频率、相数、最大电流、峰值功率、浪涌	[待确认 - P0]
保护要求	过流/短路/漏电/过温/浪涌保护、绝缘等级、PE 或 Class II	[待确认 - P0]
电能质量	PF、THD、漏电流、EMC、RCD 类型兼容性	[待确认 - P0]
充电输出	电压/电流/功率曲线、终止条件、通信握手、最大充电时长	[待确认 - P0]
触点/耦合器	型号、额定循环、带电防触及、错位/异物检测、清洁方法	[待确认 - P0]
热数据	待机/典型/峰值损耗、触点温升、降额曲线、散热方向	[待确认 - P0]

字段	必须冻结的内容	状态
断电行为	断电时触点状态、机器人是否保持/退出、恢复后的握手与人工确认要求	[待确认 - P0]

在上述字段冻结前，不指定电压、PSU、接插件、熔断器或接线盒。

6. 控制、状态与安全接口

6.1 最小语义集合

物理接口可为安全 I/O、普通 I/O 或受控通信，但以下语义必须逐项映射，不能合并成一个 READY：

语义	含义	安全属性 / 刷新率
robot_present	Kiosk 边界内检测到配套机器人	[待确认 - P0]
work_position_valid	机器人位于允许工作位且定位误差在限值内	[待确认 - P0]
charge_position_valid	机器人位于允许对接范围	[待确认 - P0]
dock_mated	机械/电气对接达到充电桩规定条件	[待确认 - P0]
charge_permitted	机器人与充电桩均允许开始充电	[待确认 - P0]
charging	正在传输充电能量	[待确认 - P0]
charge_complete	达到供应商定义的完成条件	[待确认 - P0]
dock_fault	充电桩、触点、温度、通信或对接故障	[待确认 - P0]
robot_safe_state	机器人达到风险评估规定的安全状态	[待确认 - P0]
robot_fault	机器人故障且不能接受生产任务	[待确认 - P0]
safety_stop_request	Kiosk 请求机器人执行经认证的安全停止	[待确认 - P0]

6.2 工作许可

Kiosk 只有同时满足以下条件才允许下发食品作业任务：

- Kiosk 安全回路正常；
- robot_present = true；
- work_position_valid = true；
- 机器人型号/Revision 与本机配置匹配；
- 机器人报告可接受任务，且不存在充电或对接故障；
- 真实状态机定义的其他条件全部满足。

若工作位与充电位最终冻结为同一位置，是否允许边充电边工作必须由机器人与充电桩供应商书面批准，并在风险评估、热预算和耐久测试中单独验证。默认状态为**不允许**。

6.3 安全原则

1. 机器人自带储能，急停/门联锁必须通过机器人提供的安全接口实现受控或安全停止；不得仅切断充电桩输入。
2. work_position_valid 丢失、机器人意外移动或进入未定义位置时，Kiosk 必须停止下发任务，并按风险评估触发机器人和食品设备的安全响应。
3. 充电许可必须至少受 charge_position_valid、dock_mated、温度/异物/绝缘状态和双方握手约束；实际逻辑由供应商定义。
4. 充电中运动、带载离桩、错位带电、触点过温、液体进入、通信丢失和恢复后自动重启均须有明确处置。

5. 工作、转换、对接、充电和维护各模式的防护边界与人员进入规则必须在正式风险评估中分别验证。

6.4 与现有机器人软件的对接

本地 AutolifeRobotGV 组件已经形成以下软件事实：

- docs/map_management.md 在每张地图的 maps_index.json 中维护 dock_pose = [x, y, yaw_deg]，用于回充目标，并兼任启动/切图时的默认 AMCL 初始位姿；
- ros_ws/nav2_params.yaml 使用 opennav_docking::SimpleChargingDock，配置为使用外部感知位姿；
- ros_ws/README.md 明确指出：仅到达地图坐标不足以证明充电触点接通，必须用感知或充电状态确认真实对接。

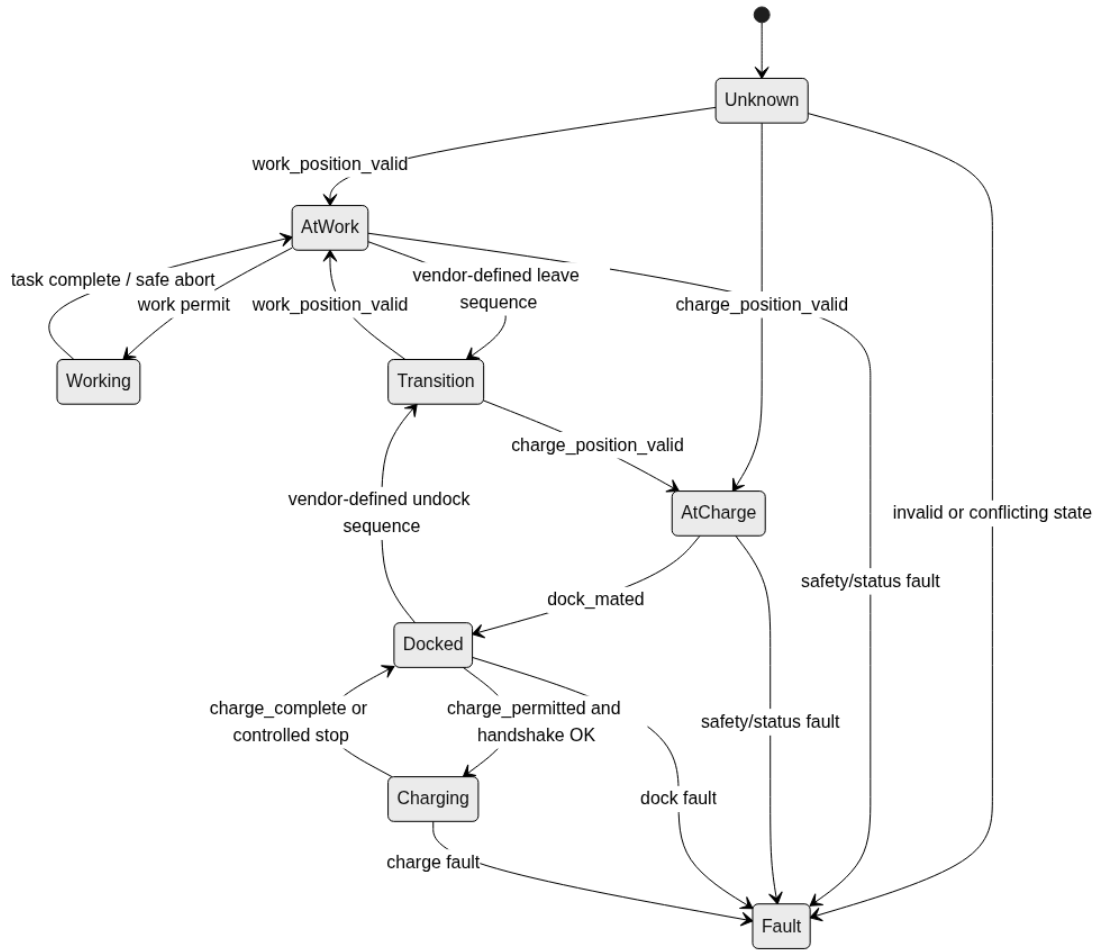
因此 Kiosk 集成必须补齐：

1. Kiosk 坐标系 K、地图坐标系 map 与 dock_pose 的标定关系及版本管理；
2. Kiosk 充电桩安装后设置/更新 dock_pose 的调试与复验流程；
3. 外部 Dock 感知位姿的来源、精度、更新率、丢失判据和安全属性；
4. 独立于地图位置的 dock_mated 与 charging 真实反馈源；
5. /dock_robot、/undock_robot 的成功、超时、重试、取消和故障码到 Kiosk 状态机的映射。

示例地图中的坐标、Nav2 阈值和后退对接方向只属于当前软件配置，**不能作为本 Kiosk 的机械尺寸、对接方向或验收阈值**。这些参数须在实物接口冻结后重新标定。

7. 运行时序

7.1 抽象状态机



该图只规定 Kiosk 必须识别的状态，不规定机器人如何移动，也不表示工作位与充电位一定分离。若两位置重合，由冻结后的状态机合并转换，但仍须保留工作许可与充电许可两个独立条件。

7.2 上电、停机与恢复

场景	Kiosk 必须做的事	供应商必须定义的行为
上电	自检配电/安全/网络；读取机器人与充电桩身份和状态；状态一致后才允许接单	机器人/充电桩启动、握手、初始状态和超时
计划停机	停止接单，完成或安全中止在制订单；请求机器人进入供应商定义的安全状态	是否返回充电位、如何对接、何时可断桩体电源
急停/门开	发出安全停止请求并隔离可控危险能量；记录当时工作/充电状态	机器人停止性能、充电触点处置、恢复条件
市电中断	IPC/安全系统按 UPS 策略记录与告警，不假设机器人归零或自动回桩	机器人与桩体失电响应、剩余储能和恢复握手
通信中断	撤销任务/充电许可，进入定义的故障处理	本地安全状态、重连和状态一致性检查

恢复后不得仅凭通信重新连通就自动恢复生产；必须重新确认工作位、工具、任务和安全状态。

8. 维护、清洁与拆换

8.1 机器人

- 机器人不与 Kiosk 结构连接；按冻结的自主移动或人工搬运流程，经零门槛入口直接移出 Kiosk。
- Kiosk 必须为机器人在维护状态下的通行包络留出路径；台阶和凸起门槛固定为 0 mm，净空、坡度、缝隙、平整度、摩擦及救援要求为 P0。
- 机器人清洁剂、禁水区域、电池隔离、救援搬运和故障失能后的移出方式由 Autolife Robotics 提供。

8.2 充电桩

- 桩体电源、信号和机械接口必须能按供应商步骤独立隔离和拆换。
- 安装结构不得被食品设备、固定玻璃或不可拆线束永久遮挡。
- 桩体触点/耦合器必须可按规定频次检查、清洁和更换。
- 拆装方向、所需工具、单件质量、搬运点和目标 MTTR 均在 P0 接口图冻结后写入维护 SOP。

9. 冻结 Gate

Gate	时间点	必须冻结的输入	未通过时禁止动作
Gate-R1	正式 RFQ 前	机器人与充电桩型号/Revision、责任边界、工作位与充电位关系、初版安全架构	发正式定价 RFQ、锁定系统方案
Gate-R2	结构/电气详设前	全部 STEP、T_KW/T_KD、安装图、载荷/公差、进出路径、桩体电源和热数据	开孔、下料、配电/线束器件定型
Gate-R3	EVT 联调前	运动学、工具/TCP、状态映射、安全接口、停止数据、运行/故障/恢复时序	发布生产运动程序、整机上电联调
Gate-R4	EVT 验收前	可达性/碰撞报告、对接与充电验证、风险评估、维护/清洁 SOP	宣称机器人集成完成或进入 Pilot

10. P0 交付清单

1. 机器人型号/Revision 与配套充电桩型号/Revision 的兼容矩阵。
2. 机器人整机、运动包络、工具和充电桩 STEP。
3. 机器人/桩体质量、重心、载荷、搬运与维护数据。
4. 工作位、充电位、机器人本体、Dock、法兰和 TCP 的坐标系文件。
5. 工作位定位/校准方法、允许误差和有效状态定义。
6. 充电桩安装图、对接捕获范围、进出路径和地面要求。
7. 充电桩输入/输出、保护、电能质量、热、触点和失电数据。
8. 状态/命令/故障字典，含更新率、超时、默认值与安全属性；同时提供 dock_pose 标定和 Dock/Undock action 映射。
9. E-stop/安全停止接口、最坏停止时间与距离、PLr/类别证据。
10. 工作、转换、对接、充电、故障、断电和恢复时序。
11. 机器人与充电桩的维护、清洁、救援和拆换说明。
12. 签字版风险评估输入及 03B_Working_Envelope_Report.md 重跑所需数据。

缺少任一与当前设计相关的 P0 项时，对应 Gate 不通过。

03B — Robot Working, Transition and Docking Verification

项目：AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

版本：V1.2-Concept

关联：03_Robot_ICD.md、00_REFERENCE/00_Assumption_Register.md、05_Verification/

当前结论：V1.2 静态 CAD G0 PASS (26 PASS / 0 FAIL / 0 BLOCKED)；现场地坪 SAT、动态 IK、完整路径、真实 Dock 和真机 Gate 均 BLOCKED

0. 判定边界

本报告把“几何放得下”和“机器人能完成任务”分成五个 Gate。低层 Gate 通过不能替代高层 Gate。

Gate	验证对象	可用输入	当前状态	允许结论
G0	Kiosk 静态 CAD	V1.2 canonical Parts STEP、受控 manifest 与预检机器人包络	PASS (26/ 26)	只判外包络、Kiosk 内无跨路实体、入口、静态相交和设计净距
G1	地面移动路径	冻结底盘 footprint、整机运输构型、地图与地面参数	BLOCKED	入口到工位、Dock、救援出口的全路径
G2	工位 IK 与全身碰撞	冻结机器人 Revision、工具/TCP、目标姿态、轨迹和环境 STEP	BLOCKED	W1-W7 每条完整动作路径
G3	进桩、充电、离桩	冻结 Dock、T_KD、捕获范围、状态与故障策略	BLOCKED	D1-D6 对接与恢复
G4	真机复现	冻结软硬件版本和实物 Kiosk	BLOCKED	EVT/FAT/SAT 放行

已冻结的架构事实 [确定 A4/A109]：

- 工作机器人是麦克纳姆轮落地移动平台，没有固定安装底座；
- Kiosk 只集成一个落地充电桩；
- 机器人工作区与后中央入口同为完成地面 $z=0$ ，结构门槛为 0 mm；
- 麦轮机器人不能爬台阶。任何门槛、底框、踏板、线槽、软管、排水坎或现场铺装高差都不得横跨运行路线。

工位与充电位是否重合、工作构型、对接方向和机器人 Revision 均未冻结。不得从“到达 Dock”“停在中央”或占位模型推导固定工作姿态。

1. V1.2 静态设计基线

Kiosk 坐标系 K： $x=0..4500$ ， $y=0$ 为顾客侧、 $y=2500$ 为后侧， $z=0$ 为完成地面。

对象	V1.2 CAD 设计值	G0 检查
整机外包络	4500 × 2500 × 2700 mm	包围盒精确匹配
工作舱内界	$x=490..4010$ ， $y=100..2490$ ， $z=0..2270$	连续地面和边界
后中央入口	$x=2100..2900$ ，净宽 800 mm、净高 2100 mm，开口从 $z=0$ 起	净宽/高、门槛、底轨、开门状态
机器人落地工作区	入口至前侧工作区为连续 $z=0$ 完成面，不设置 Kiosk 地板或跨路实体	地面连通、跨路障碍为零

对象	V1.2 CAD 设计值	G0 检查
ICE 岛/设备	x=640..1260, y=1590..2210; 基座 z=0..900、SUS 顶 z=900..902、设备从 z=902 起	与结构/设备/入口不相交
DRINK 岛/设备	x=1420..1940, y=1590..2110; 同上	与 ICE 净距 160 mm、与开启左门扇净距 150 mm
POP 岛/设备	x=3110..3810, y=1590..2290; 同上	与开启右门扇/右内界净距均为 200 mm
设备操作面 充电桩 P0 参考体	三台设备均朝 -Y, 操作面 y=1590 x=3590..4010, y=1100..1320, z=0..650	朝向与机器人工作区一致 仅检查占位体不相交; 不是 Dock 放行
前取餐开口	x=2130..2650, z=850..1260; 取餐模块位于玻璃内侧 y>=100	开口真实存在、模块不穿玻璃
q=0 机器人 PRECHECK 包络	实算 AABB 499.945×599.317×1681.127 mm、旋转直径 601.190 mm; 向上取整声明 500×600×1682 mm、旋转直径 602 mm	每次由锁定 formal URDF 与 43 个唯一碰撞 STL 重算; 不是冻结项目机器人包络

V1.2 占位几何的冰淇淋机与爆米花机实体净距为 1850 mm。这是外壳最邻近面净距，不是中心距。设备型号、门盖和维护姿态冻结后必须重算。

1.1 G0 必须自动检查

资料包内 05_Verification/ 必须包含机器可读结果、可读报告和证据图，至少覆盖：

1. 整机包围盒为 4500 × 2500 × 2700 mm;
2. 中央入口净宽不小于 800 mm，门槛等于 0 mm;
3. 从入口到机器人工作区存在连续同标高地面，不存在横跨路径的实体;
4. 三个设备岛、三台设备、充电桩参考体、玻璃、门和取餐托盘无非预期实体相交;
5. ICE-POP 实体净距、各岛侧向维护净距和 Dock-POP 占位净距与 CAD 设计值一致;
6. 顶/前/后/侧正投影视图有效，不得用透视斜视图冒充工程投影。

任一项失败即禁止打包。G0 PASS 只表示 V1.2 的静态架构硬冲突已消除，不得写成“机器人可达”“机器人能跑通”或“Dock 已验证”。

1.2 G0 实跑证据

执行命令：

```
nix develop -c python tools/verify_robot_clearance.py \
  --manifest validation/kiosk_v1.yaml \
  --parts-dir 02_MECHANICAL/parts \
  --out build/verification/robot-clearance
```

canonical STEP 实跑返回码为 0，结果为 **26 PASS / 0 FAIL / 0 BLOCKED**。机器可读、人类可读和图形证据分别为：

- build/verification/robot-clearance.json
- build/verification/robot-clearance.md
- build/verification/robot-clearance.svg
- build/verification/robot-clearance.png

关键测量为：整机包络 4500×2500×2700 mm；门槛/底轨/坡道 0/0/0 mm；后入口静态净宽 800 mm；q=0 实算 AABB 499.945×599.317×1681.127 mm、精确旋转包络直径 601.190 mm；向上取整的声明包络 500×600×1682 mm、旋转直径 602 mm；三条 650 mm 宽、1682 mm 高

路线扫掠体与 Kiosk 实体相交体积均为 0； $650-602=48$ mm 总静态宽度余量，名义每侧 24 mm。这里的 48 mm 只对应完整 $q=0$ 碰撞包络；Nav2 保守矩形 footprint 520×370 mm 的 AABB 对角线为 638.201 mm，相对同一 650 mm 路宽仅 11.799 mm 软件几何总余量（名义每侧约 5.900 mm），两者均不构成动态安全余量；ICE/DRINK/POP 的四侧最小概念净距分别为 150/150/200 mm；ICE-POP 实体净距 1850 mm。

路线候选实体的最小名义静态余量更小：设备前作业带中心距设备表面 340 mm，扣除 325 mm 扫掠半径后仅 15 mm；Dock 接近终点距 P0 参考体 330 mm，仅余 5 mm。48/15/5 mm 都只是当前 STEP 与 $q=0$ PRECHECK 几何的名义静态量，不包含定位误差、导航/控制误差、停止距离、现场地坪、机器人模型偏差或 Kiosk 制造/安装公差。

这组路线使用当前 SDK HEAD formal URDF 的零位保守包络，只证明所配置的静态扫掠体在当前 STEP 中不碰撞。正式 URDF、项目构型、定位误差、停止距离、地面条件和运动控制未冻结，因此 G1 仍为 **BLOCKED**；真实 Dock 与对接误差未冻结，5 mm 也不能用于进桩判定，因此 G3 仍为 **BLOCKED**；STEP 还不包含现场完成地面，`site_floor_sat_status` 为 **BLOCKED**。

每条 CAD 路线同时带有 `surface_profile_mm` 名义剖面，并由校核器检查站点覆盖、相邻高差、坡度、缝隙和相对 $z=0$ 的偏移。当前三条名义剖面均为全程 0，所以这只证明设计输入没有自相矛盾；它不能代表施工完成面。SAT 必须用激光水平仪/直尺和塞尺沿完整 650 mm 路廊连续巡检（含接缝、门封、线缆路径和窄台阶），并把按批准测量计划布置的入口→工作位→Dock 实测站点填入 `validation/site_floor_profile.csv`，同时附连续路线视频；仅有稀疏首尾点不能证明中途没有窄台阶。当前 manifest 的 `max_station_spacing_mm=100` 要求相邻实测站点间距不超过 100 mm；缺失、非法或超限时判 **BLOCKED**，因为宽测点间隔无法排除窄台阶。该数值是测量证据密度要求，不是允许的台阶高度，也不能替代连续巡检。再运行独立的 `tools/verify_site_floor_profile.py`。缺测/不连续为 **BLOCKED**，任何台阶、坡度、缝隙或高程偏移超过零门槛限制为 **FAIL**；麦轮不能以坡道或临时过桥补偿。该现场剖面结果与 G0 静态实体扫掠、G1 动态导航分别记录。

2. 本地模型可做什么

本机已有 S1 v2.2 的预验证资产：

- `../AutolifeRobotSDK/descriptions/autolife_s1/urdfs/robot_v2_2.urdf`;
- `../AutolifeRobotSDK/descriptions/autolife_s1/mjcfs/robot_v2_2.xml`;
- `../AutolifeRobotSDK/descriptions/autolife_s1/srdfs/robot_v2_2.srdf`;
- `../AutolifeRobotSDK/descriptions/autolife_s1/meshes/robot_v2_2/`，目录内共 45 个 STL;
- `../AutolifeRobotGV/ros_ws/nav2_params.yaml`、`nav2_params_sf.yaml` 与 `maps/maps_index.json`。

当前 `robot_v2_2.urdf` 已同步当前 SDK HEAD 的 43-mesh revision，43 个碰撞网格引用均可解析；目录共 45 个 STL，另 2 个仅供 simplified URDF。G0 预检锁定该 formal URDF、43 个唯一碰撞网格及其哈希，生成零位保守包络和地面路线静态扫掠。该来源记录在 `validation/kiosk_v1.yaml` 和 G0 JSON 中。

这些资产允许提前建立以下流水线：解析关节限位、生成预检包络、检查 Nav2 footprint 配置，并搭建 IK/全身碰撞与 dock_pose 坐标对齐流程；它们仍是预验证模型，不能替代项目 Model/Revision、校准、质量/重心、Payload、工具和受控文件冻结。

但本地存在 v2.0、v2.1、v2.2、v2.4、v2.5 等多个版本。项目尚未书面冻结所用 Revision、校准文件、末端工具和配置哈希，因此 v2.2 结果只能标为 **PRECHECK**，不能用于制造或动态放行。

3. 麦轮底盘验证要求

麦克纳姆轮可横移，不代表可以忽略通道和转身空间。G1 必须使用完整机器人在受控构型下的地面投影扫掠体，不能只用轮间距、导航 footprint 或单一外接圆。

3.1 必须冻结的输入

- 项目机器人 Model/Revision 与校准文件哈希；
- 底盘碰撞几何、满载质量、重心、单轮轮载和允许地面接触条件；
- 运输/通行构型及完整上身地面投影；
- 允许横移、原地转向和组合运动的速度/加速度；
- 最小可通过净宽、侧向余量、定位误差和安全余量；
- 台阶和凸起门槛的允许值固定为 0 mm；另须冻结允许坡度、坡度变化率、沟槽、缝隙、平整度、摩擦系数和湿滑条件；
- 失能后人工推动/牵引方法与救援包络。

3.2 必须验证的路径

ID	路径	判定内容	当前状态
P1	场地可达区 → 后中央入口	门扇、现场铺装、人员边界和整机扫掠体	BLOCKED
P2	入口 → 工作位	全路径无碰撞、无台阶、保留停止/退避空间	BLOCKED
P3	工作位 → Dock 预对接位	横移/转向全过程，不侵入设备岛和线缆	BLOCKED
P4	Dock → 工作位	离桩后的清空、转向和工作位重定位	BLOCKED
P5	任意失能位置 → 救援出口	人工救援工具、人员站位和门洞可用	BLOCKED

中央入口的 800 mm 是当前结构净宽，不是机器人通行 PASS。只有冻结整机扫掠包络、定位误差和安全余量后，G1 才能判定该宽度是否足够。

3.3 Nav2 footprint 一致性（独立 P0）

导航软件的 footprint 也必须和同一版机器人碰撞模型一致。对当前本地配置执行 tools/verify_nav2_footprint.py（输入锁定的 ../AutolifeRobotSDK/.../robot_v2_2.urdf、../AutolifeRobotGV/ros_ws/navigation.launch.py、canonical profile 和两份 Nav2 参数文件）得到以下 q=0 预检：

对象	坐标系	X 宽度	Y 深度	判定
Nav2 canonical 多边形 [-0.26..0.26] × [0.185..0.185]	base_link 映射 Link_Zero_Point	520.000 mm	370.000 mm	profile/launch/两份参数一致
Link_Ground_Vehicle 碰撞网格 (应用 URDF 固定变换后)	Link_Zero_Point	499.945 mm	346.979 mm	q=0 几何基准

对象	坐标系	X 宽度	Y 深度	判定
配置多边形相对 q=0 AABB 的最小几何 padding	Link_Zero_Point	9.969 mm	11.164 mm	名义 10 mm; 仅几何量

修正后的 canonical 多边形覆盖 q=0 底盘 AABB，且静态 footprint/profile/参数一致性审计为 **PASS**；这不是动态导航放行。原始 STL 局部轴向尺寸约为 337.820 × 499.945 × 346.979 mm，必须先应用 URDF 的固定姿态再与 base_link 比较，不能直接按文件坐标轴套 Nav2 数字。

报告中的静态 PASS 只说明 launch、canonical profile、两份 Nav2 参数和 q=0 Link_Ground_Vehicle 几何相互一致，并保留约 10 mm 的名义几何 padding。当前 robot_v2_2.urdf 与 43 个引用碰撞网格可完整解析；完整上身/工具扫掠、定位误差、停止距离、costmap inflation、现场地坪和真实 Dock 尚未验证。因此动态 G1 release gate 继续 **BLOCKED-P0**，不改变 Kiosk CAD G0 的 26 PASS / 0 FAIL / 0 BLOCKED。

审计证据 (JSON/Markdown/SVG) 由发包脚本写入 05_Verification/；可在包内复跑：

```
python tools/verify_nav2_footprint.py \
--urdf Robot_Model_Lock/urdfs/robot_v2_2.urdf \
--launch navigation.launch.py \
--profile nav2_footprint_profile.yaml \
--params nav2_params.yaml \
--params nav2_params_sf.yaml \
--out nav2-footprint-audit-rerun
```

该预检不包含定位误差、costmap inflation、控制器、停止距离、机械臂/工具或现场地坪。麦轮底盘仍要求入口到工作位和 Dock 的完成地面连续同标高：台阶、凸起门槛、横跨路线的底轨/线槽/软管/排水坎和不可控缝隙均按 0 mm 处理；现场地面必须在 SAT 实测。

4. 坐标系与动态输入

变换	用途	状态
T_KW[n]	Kiosk 主基准到第 n 个工作参考系	[待确认 - P0]
T_KD	Kiosk 主基准到 Dock 机械对接参考系	[待确认 - P0]
T_WR_work	工作参考系到机器人本体参考系	[待确认 - P0]
T_DR_charge	Dock 到机器人充电本体参考系	[待确认 - P0]
T_flange_TCP[t]	每个工具法兰到 TCP	[待确认 - P0]
T_Kmap	Kiosk 主基准到机器人地图坐标系	[待确认 - P0]

maps_index.json 中的 [x, y, yaw_deg] dock_pose 只是 2D 导航目标。它不包含 Z、Roll、Pitch、机械接触和充电状态，不能替代 T_KD、dock_mated 或实测充电电流。

每个设备操作目标必须提供 XYZ、Roll/Pitch/Yaw、允许姿态族、接近段、工艺段、退出段、速度/力窗口、工具负载和设备门盖状态。只提供一个 XYZ 点不能进行有效 IK 或碰撞放行。

5. 工作与对接矩阵

ID	动作	必须验证的完整路径	当前判定
W1	取杯/容器	预抓取 → 抓取 → 提升 → 撤离	BLOCKED
W2	冰淇淋接料	接近 → 进杯 → 保持 → 防滴漏退出	BLOCKED

ID	动作	必须验证的完整路径	当前判定
W3	爆米花接料	接近 → 进盒 → 接料 → 避热退出	BLOCKED
W4	饮料接料	接近 → 进杯 → 接液 → 防洒退出	BLOCKED
W5	成品递送	搬运 → 取餐位放置 → 空手撤离	BLOCKED
W6	废弃/清洁	投放/清洁 → 工具退出	BLOCKED
W7	工具更换（若适用）	进坞 → 释放/锁紧 → 识别 → 撤离	BLOCKED

ID	对接场景	必须验证的完整路径	当前判定
D1	工作位离开	撤销工作许可 → 安全构型 → 离开	BLOCKED
D2	到预对接位	工作区 → Dock staging pose	BLOCKED
D3	最终对接	外部感知修正 → 接近 → 机械/电气接触	BLOCKED
D4	充电确认	接触确认 → 握手 → 电流建立 → 稳态监控	BLOCKED
D5	对接失败	停止 → 退避 → 重试/取消 → 告警	BLOCKED
D6	离桩返回	停充 → 脱离 → 清空 Dock → 工作位定位	BLOCKED

6. 执行方法与 PASS 条件

6.1 G1/G2 数字验证

1. 记录 Kiosk、机器人、工具、Dock、食品设备的 Revision、哈希、单位、原点和轴向。
2. 将冻结 collision meshes 与 V1.2 Kiosk STEP 放入同一 κ 坐标系，禁止手工拖到“看起来合适”的位置后直接分析。
3. 使用机器人现有运动学/规划栈求解，不自制简化运动学引擎。
4. 对 P1-P5、W1-W7 的全轨迹逐帧检查；不能只检查终点。
5. 叠加机器人定位、工作位重定位、Kiosk 制造、设备安装和 TCP 标定误差。
6. 输出每条路径的最小环境间隙、最小自碰撞间隙、最小关节限位余量、奇异度和失败原因。

单条工作路径只有在以下条件全部满足时才可 PASS：合法 IK、工艺姿态满足、关节/速度/加速度/力矩/Payload 在限值内、机器人/工具/负载/线缆无自碰撞和环境碰撞、误差叠加后仍有冻结安全余量，并能在真机按冻结速度与负载复现。

6.2 G3/G4 实物验证

1. 在实物 Dock 上标定 T_{KD} 、地图 dock_pose 与外部感知目标。
2. 从捕获范围边界组合重复进桩，分别记录导航到位、感知锁定、机械接触、握手和充电电流时间戳。
3. 注入错位、触点异物、感知丢失、过温、通信/市电中断、急停和离桩受阻。
4. 只有机械/电气接触与实际充电反馈满足冻结判据时才可判 D3/D4 PASS；地图到点本身不能判成功。
5. 低速空载完成 P1-P5、W1-W7、D1-D6 后，再按风险评估逐级提高到生产速度和负载。

任何阈值、目标 Frame、工具、轨迹或受控 Revision 未冻结时，只能判 **BLOCKED**，不得以“目测正常”或 G0 静态 PASS 替代。

7. 受控输出与重跑条件

每次验证必须交付：输入 Revision/哈希清单、坐标变换表、环境装配 STEP、逐项结果、轨迹与速度/负载配置、静态/动态碰撞报告、最小余量、Dock 标定记录、对接原始日志、故障注入记录、视频和签字页。

以下任一项变化即重跑受影响 Gate：机器人/Dock/工具/设备 Revision，T_KW/T_KD/T_Kmap/TCP，工作或充电构型，操作 Frame/轨迹，底盘 footprint/地面条件，运动/停止限制，Dock 捕获/反馈/控制参数，或 Kiosk 玻璃、门、设备岛、桩体、线束和防护边界。

在冻结输入和相应证据齐全前，G1-G4 的唯一有效结论保持为 **BLOCKED**。

04 — Food Equipment Interface Control Document (ICD)

项目：AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1 版本：V1.2-Concept — 设备型号未冻结，禁止据此开模、下料、开孔 关联：00_REFERENCE/00_Assumption_Register.md、03_ROBOT/03B_Working_Envelope_Report.md、cad/kiosk_v1.py

0. 策略与责任边界

采购策略 (brief 第 5 节)：V1 只集成成熟商用食品设备，不要求 Kiosk 厂家重新开发冰淇淋机/爆米花机/饮料机。

角色	责任	不负责
Autolife (甲方)	选定设备品牌型号、采购、提供实测外形图/重量/功率/散热/给排水/清洗规程/食品级证书;冻结本 ICD 每台设备的所有 [待确认]	不负责 Kiosk 结构
食品设备供应商 (B 类)	提供设备本体、控制接口文档、耗材规格、清洗 SOP、备件与保修	不负责整机集成
Kiosk OEM (A 类)	安装、机械固定、供电、散热风道、给排水管路、维护空间、外观整合、线束;按本 ICD 数值做围堰/排水坡/开孔/风道	不得自研食品设备;不得自行猜测设备尺寸与接口;发现冲突必须发 RFI

标注规则：[确定] / [假设] / [待确认 - P0/P1/P2]

P0 风险声明：三台设备的 **Model / Supplier / W×D×H / Weight / Power / 水路接口** 全部为占位。在书面冻结前：**不得开设备安装孔、不得下料舱内支架与围堰、不得定制排水盘与风道钣金、不得开玻璃出料观察口**。商用食品设备实物与占位值可能相差数十毫米。每台设备使用独立岛顶板/转接板;设备冻结前开孔会导致对应顶板、固定件和围堰返工，成本与交期由 OEM 重新报价。V1.2 无跨舱连续台面。

1. 设备总览与舱内布局

位号	设备	占位 W×D×H	重量	设备/岛 X 范围	Y 范围	标注
FE-01	软冰淇淋机	620 × 620 × 860	90 kg	640-1260	岛/设备 1590-2210; 设备底 z=902	[假设 A5/A109]
FE-03	饮料/糖浆机	520 × 520 × 720	45 kg	1420-1940	岛/设备 1590-2110; 设备底 z=902	[假设 A5/A109]
FE-02	爆米花机	700 × 700 × 920	110 kg	3110-3810	岛/设备 1590-2290; 设备底 z=902	[假设 A5/A109]

- 三台设备分别安装在后排独立落地岛上，基座 $z=0\ldots900$ 、SUS 顶面 $z=900\ldots902$ ，设备操作面统一为 $y=1590$ 并朝 $-Y_0$ 。
- 后中央 $x=2100\ldots2900$ 为机器人零门槛入口，净宽 800、净高 2100，门槛/底轨/坡道均 0；任何设备、门盖、管线、围堰或维护状态不得侵入。
- 占位实体的 ICE-POP 净距为 **1850 mm**，不是中心距。冻结真实设备、门盖和隔热件后按最邻近外壳面复算。
- 当前横向静态净距依次为：左界-ICE150 mm、ICE-DRINK160 mm、DRINK-开启左门扇 150 mm、开启右门扇-POP200 mm、POP-右界 200 mm；设备后侧到工作舱内界分别为 280/380/200 mm。这些值只证明占位安装空间，不证明维护动作可完成。
- $q=0$ PRECHECK 实算机器人 AABB 为 $499.945\times599.317\times1681.127$ mm、旋转直径为 601.190 mm，路线按向上取整的 $500\times600\times1682$ mm 包络和 602 mm 旋转直径声明。设备前作业带采用 650 mm 扫掠宽度，中心距设备表面 340 mm，扣除 325 mm 扫掠半径后名义静态余量仅 15 mm；未计定位、控制、停止、地坪、模型及制造/安装误差，不能据此判定机器人能稳定操作设备。
- 所有出料口、按钮、门盖、抽屉和清洗接点的目标 Frame 均为 [待确认-P0]。在 T_{KW} 、TCP、姿态族和完整轨迹冻结前，03B 保持 **BLOCKED**。

2. FE-01 软冰淇淋机 ICD

字段	占位值	标注	影响 / 返工
Equipment Model	TBD	[待确认-P0]	决定所有下列值
Supplier	TBD (商用软冰淇淋机厂商)	[待确认-P0]	—
W × D × H	620 × 620 × 860 mm	[假设] A5	尺寸变化会使对应岛顶板固定孔/围堰返工
Weight (空机 / 满载)	90 kg / 105 kg	[假设] A5	设备岛骨架、地脚与场地承载校核
Voltage	220 V / 50 Hz 单相	[假设] A9	出口机型可能是 380V 三相 → 整机配电重做
Rated Power	1.8 kW	[假设] A5	功率预算 (05)
Peak Power	2.8 kW (压缩机启动 + 除霜)	[假设] A5	断路器与线径；三机同时启动的叠加峰值必须核
Heat Dissipation	前进后排，≈300 CFM，排热约 2.2 kW	[假设]	舱内热负荷主力。风道错向 → 热风回流，制冷能力衰减，冰淇淋出品变软
Water Inlet	G1/2 内螺纹 , 0.15–0.6 MPa	[假设]	仅清洗/预冷用；见 S 5 无市政水方案
Drain	DN25 软管 ，重力排至污水箱	[假设]	排水坡 $\geq 5^\circ$ ，不得存水段（滋生菌）
Waste	化霜冷凝水 ≈ 8 L/日；清洗废水 15 L/日	[假设] A22	进污水箱
Cleaning Procedure	每日拆洗 (非热处理型)：拆出料阀 + 搅拌轴 + 密封圈 → 泡洗消毒 → 装回 → 空转排残。≈30 min/日	[假设] A24	这是 V1 最大运营痛点，直接否定” 完全无人”
Consumables	液态奶浆 90 g/份 ；按 90 份/日 = 8.1 L/日	[假设] A21/A23	料桶容量 $2\times6\text{ L}=12\text{ L}$ → 日补 1 次 + 午间补 1 次
Food-contact Material	SUS304 缸体 + FDA 食品级硅胶密封 + 食品级 PC 料桶	[假设] A6	需提供材质证明与食品级证书

字段	占位值	标注	影响 / 返工
Service Clearance	供应商最低值占位：操作侧 500 / 左右 120 / 后 140 / 上 250	[假设]	V1.2 占位固定几何满足左右与 后侧数值；门盖开启、拉出轨迹 和人员站位仍须用真实设备验 证，未验证前不得写 PASS
Control Interface	见 § 11 EII：220V 插座 + RS485 Modbus RTU + 4 路 干接点	[假设] A26	若设备只有面板按键无通讯 → 需加装外部传感器/继电器 改造，NRE 待供应商报价

P1 评估项：可向设备商索取带热处理功能机型的清洗 SOP、允许连续运行周期、功率、包络、维护动作和当地卫生合规证明。未经型号数据和运营验证，不得假设其能免除每日人工清洁，也不得预填价格、功率或清洗周期收益。[待确认-P1] A24

3. FE-02 爆米花机 ICD

字段	占位值	标注	影响 / 返工
Equipment Model / Supplier	TBD	[待确认-P0]	—
W × D × H	700 × 700 × 920 mm	[假设] A5	舱内最大件，决定 M4 舱深 下限
Weight	110 kg	[假设] A5	设备岛承载最大点
Voltage	220 V / 50 Hz	[假设] A9	—
Rated Power	1.5 kW	[假设] A5	加热为主，功率因数接近 1
Peak Power	2.2 kW （起锅升温）	[假设] A5	与 FE-01 压缩机启动 必须 错峰 ，否则总峰值超单相 16A
Heat Dissipation	顶排，≈200 CFM，排热约 1.3 kW + 油烟	[假设]	含油烟 → 必须独立排风 + 可拆洗油网 ，不得与冰淇淋 机共风道
Water Inlet	无	[确定]	—
Drain	无水排；仅落渣盘	[假设]	—
Waste	未爆粒 + 油渣 ≈0.3 kg/日；落 渣抽屉从 POP 岛后/侧维护面 抽出	[假设] A23	落渣盘必须可单手抽出且 不洒；不得占用机器人路线
Cleaning Procedure	每日：锅体降温后擦拭 + 倒渣 + 洗落渣盘 ≈15 min ；每周： 油路深洗 30 min	[假设] A24	高温残油是最难清洁项
Consumables	玉米粒 35 g/份 → 60 份/日 = 2.1 kg/日 ；油 8 g/份 = 0.48 kg/日；糖/盐 10 g/份 = 0.6 kg/ 日	[假 设] A21/ A23	玉米粒料仓 5 kg → 2 日补 一次 ；油罐 3 L → 6 日
Food-contact Material	SUS304 锅体 + 食品级不粘涂 层 + SUS304 出料槽	[假设] A6	涂层需耐 220°C 且有食品 级认证
Service Clearance	供应商最低值占位：操作侧 400 / 左右 150 / 后 200 / 上 350 （顶部排烟 + 掀盖）	[假设]	V1.2 占位静态净距：左右各 200、后 200、上 448 mm； 仅静态值满足，掀盖和抽拉 扫掠体仍须实模验证
Control Interface	EII：220V + RS485 + 干接点 （含 超温报警 必须为独立硬 线，不经软件）	[假设] A26	超温只走软件 = 火灾风险

热安全强制项： - 锅体油温 **180–220°C** [假设] A28；机器人手臂与末端工具在取料时会靠近，需在设备与机器人取料路径之间做**隔热挡板**，工具表面温度不得超过 60°C。 - 与

FE-01 (-5°C 冷区) 的外壳最邻近面净距目标 $\geq 1500\text{ mm}$ ，否则增加经热验证的隔热与独立风道 [假设] A28。V1.2 占位实体净距为 **1850 mm**；设备型号和门盖状态变化后必须复算。- 玻璃罩内需有独立温度传感器，超 45°C 报警并停止爆米花加热。

4. FE-03 饮料 / 糖浆机 ICD

字段	占位值	标注	影响 / 返工
Equipment Model / Supplier	TBD	[待确认-P0]	—
W × D × H	520 × 520 × 720 mm	[假设] A5	最小件，安装在左侧独立设备岛
Weight	45 kg	[假设] A5	—
Voltage	220 V / 50 Hz	[假设] A9	—
Rated Power	0.6 kW	[假设] A5	制冷 + 泵
Peak Power	1.0 kW	[假设] A5	—
Heat Dissipation	侧排，≈100 CFM，排热约 0.7 kW	[假设]	侧排方向不得对着 FE-01 进风口
Water Inlet	G1/2 ，或由清水箱经增压泵供水	[假设] A22	见 § 5
Drain	DN20 滴水盘排水	[假设]	—
Waste	滴水 ≈3 L/日	[假设] A22	—
Cleaning Procedure	每日：出液嘴拆洗 ≈ 10 min ；每周：管路 CIP 冲洗 20 min	[假设] A24	糖浆管路是微生物高风险点
Consumables	糖浆 40 ml/份 → 50 份/日 = 2.0 L/日 ；稀释水 200 ml/份 = 10 L/日	[假设] A21/A23	糖浆袋 5 L → 2.5 日补一次
Food-contact Material	食品级 PE 糖浆袋 + SUS304 出液嘴 + 食品级硅胶软管	[假设] A6	—
Service Clearance	供应商最低值占位：操作侧 300 / 左右 100 / 后 150 / 上 200	[假设]	V1.2 占位固定几何满足；拆嘴、抽拉和人员站位待真实设备验证
Control Interface	EII：220V + RS485 + 干接点	[假设] A26	—
碳化	V1 不做碳酸饮料	[假设] A25	引入 CO ₂ 钢瓶会带来压力容器法规、气瓶更换、泄漏检测与舱内窒息风险，V1 明确排除

饮料出液口的 6D 目标 Frame、杯体姿态、接近/退出段和滴漏约束由设备商与机器人团队共同冻结。不得再用肩点距离或平面半径带代替 IK、自碰撞和环境碰撞验证。

5. 给排水方案（无市政上下水）

前提假设：商场岛柜位，**无市政进水与排污接口** [假设] A22。若场地实际有上下水，本节改为直连并保留水箱作为备份，方案更简单——因此 **场地水源属于 P0 待确认**。

5.1 用水核算（基于 A14 = 200 单/日，品项配比 A21：冰淇淋 45% / 爆米花 30% / 饮料 25%）

用途	日用量	来源
饮料稀释水	10 L	FE-03
FE-01 每日清洗	15 L	清洗 SOP
各设备岛顶面 / 工具 / 冲洗井	15 L	清洁点 P6

用途	日用量	来源
管路冲洗与余量	10 L	—
合计清水	≈50 L/日	[假设] A22

废水来源	日产量
上述用水回流	50 L
FE-01 化霜冷凝水	8 L
FE-03 滴水盘	3 L
合计污水	≈61 L/日

5.2 水箱配置

项	规格	标注
清水箱	100 L ，食品级 PE，带液位传感器 + 加注口（独立设备岛/侧区维护面，防误接）	[假设] A22
增压泵	隔膜泵 24V，0.3 MPa，带压力开关	[假设]
净水	5 μm PP + 活性炭前置滤芯，3 个月更换	[假设]
污水箱	120 L ，带液位传感器； ≥90% 时软件锁单 （禁止再接单，防外溢）	[假设] A22
更换/加注频率	每日 1 次 （清水加满、污水抽空），与耗材补给同一次上门	[假设] A22
自持力	满箱约 2 日 （100/50 与 120/61），留 1 日冗余应对补给延误	推导
重量影响	满载 100+120 = 220 kg 水，须分配在不侵入机器人路线的独立落地设备岛/侧区低位；载荷与重心须随 V1.2 结构重算	[假设] A19
排污方式	设备岛后/侧维护面 DN32 快接口 + 自吸泵，接移动污水桶； 禁止直排地面	[假设]

对 OEM 的硬性要求：所有排水管保持连续自排坡度、无非设计存水段且可整段拆洗；每个设备岛将水平设备支承点与周边接液盘分开，接液盘设置 **30 mm 围堰 + 导向排水坡 + Ø32 排水口**。坡度、地漏形式和是否需要存水封由设备排水 ICD 与部署地卫生规范冻结；SUS304 接液面连续满焊、打磨并钝化，不得用点焊拼接面作为卫生边界。

6. 废料与垃圾处理

类别	日产量	处理方式	责任
液体废水	61 L	污水箱 → 每日抽走	运维
爆米花未爆粒/油渣	0.3 kg	POP 岛落渣抽屉，从后/侧维护面抽出	运维
冰淇淋残料/清洗残渣	随废水	污水箱（需加粗滤网防堵泵）	运维
破损杯/试机料	少量	独立 废料口 P7 → 邻近设备岛内 20 L 密闭桶；不得在机器人地面开口	机器人投放
顾客垃圾	—	不在 Kiosk 内 ，由场地垃圾桶承担	场地

- 废料口 P7 需带**翻板盖**（防异味/防虫），机器人可单手推开；开孔边缘 R5 翻边，不锈钢一体。
- 废料桶满载报警，接 EII 干接点。
- 废料口位置与开盖姿态在设备岛及机器人工位冻结后确定；须作为 03B 的 W6 完整路径验证，当前状态 **BLOCKED**。

7. 耗材补给与储量核算

基于 A14 = 200 单/日、A21 品项配比。

耗材	单份用量	日用量	舱内储量	补给频率	标注
冰淇淋奶浆	90 g	8.1 L	料桶 2×6 = 12 L + ICE 岛/侧区冷藏 2 日	1-2 次/日	[假设] A23
玉米粒	35 g	2.1 kg	备料 料仓 5 kg	2 日 1 次	[假设] A23
食用油	8 g	0.48 kg	油罐 3 L	6 日 1 次	[假设] A23
糖/盐调味	10 g	0.6 kg	2 kg 罐	3 日 1 次	[假设] A23
糖浆	40 ml	2.0 L	5 L 袋 ×2	5 日 1 次	[假设] A23
杯 (通用)	1 只/单	200 只	杯托 2 列 ×50 = 100	2 次/日	[假设] A23
盖/勺/纸巾	1 套/单	200 套	300 套位	1 次/日	[假设]
清水	—	50 L	100 L 箱	1 次/日	A22

运营结论 (重要)： - 瓶颈是 **杯 (100 只储量 vs 200 只/日)** 与 **冰淇淋奶浆**，两者都要求**每日至少 2 次上门**。 - 若要做到”每日 1 次上门”，需把 **杯托扩到 4 列 ×60 = 240 只**、**奶浆冷藏备料箱扩到 20 L**。储料只能布置在独立设备岛或侧区，不得侵入中央入口/机器人工作区。→ **建议冻结 A14 日单量后再定，属 P1**。 - 冷藏备料需 **60 L 4°C 冷藏箱** (额外 0.2 kW，计入功率与热预算)；安装位置和维护方向 [待确认 - P0]。

8. 清洗流程、耗时与 CIP 可行性

项目	频次	耗时	是否可无人化
FE-01 拆洗 (非热处理型)	每日	30 min	✗ 必须人工
FE-02 锅体擦拭 + 倒渣	每日	15 min	✗ 必须人工
FE-03 出液嘴拆洗	每日	10 min	✗ 必须人工
设备岛顶面 / 玻璃 / 用餐口	每日	10 min	部分可由机器人擦拭 (P6 清洁点)
FE-03 管路 CIP 冲洗	每周	20 min	✓ 可自动 (加三通 + 阀 + 清洗液罐)
FE-02 油路深洗	每周	30 min	✗
每日人工清洁合计	—	≈65 min	—

CIP (Clean-in-Place) 可行性评估

设备	CIP 可行性	说明
FE-03 饮料机	可行 (推荐 V1 就做)	液体管路结构简单, 加装清洗液罐 + 三通阀 + 回流即可自动冲洗; 增量成本低
FE-01 冰淇淋机	仅热处理机型可行	普通机型缸内有搅拌轴与刮刀, CIP 无法替代拆洗; 要 CIP 必须换机型 (P1)
FE-02 爆米花机	不可行	高温残油 + 固体残渣, 只能人工

结论：按当前占位设备，V1 的运营基线是“无人售卖 + 每日人工清洁/补给”，不是全无人。每日约 65 min 清洁和 1-2 次补给均为待实机计时的测算输入。减少人工只能在候选设备清洗 SOP、当地卫生要求、耗材容量和连续运营数据齐全后重新评估；热处理机型或预制分装设备只是候选方案。[待确认 - P1] A24

9. 食品安全分区

区	范围	要求
A 区 — 清洁区 (食品接触)	出料口/取料口/出液口、杯托、机器人末端工具食品接触面、出餐托盘、各设备岛食品邻近顶面	SUS304 或食品级材料; $R \geq 5$ 圆角; 无螺钉外露; 可拆卸冲洗; 顶部禁止走线槽/线束 (滴落污染)
B 区 — 准清洁区	机器人本体与工作空间、玻璃罩内其余部分	可擦拭, 表面涂层耐清洁剂; 机器人线束全封闭
C 区 — 非清洁区	独立设备岛/侧区内的 IPC/GPU、PSU、水箱、污水箱、废料桶、控制器	与 A/B 区物理隔断; 污水箱与废料桶必须与清水箱分隔且不共用检修口 ; 不得占用机器人地面

温区分离 | 温区 | 设备 | 要求 | — | — | — | 冷区 (-5 ~ 4°C) | FE-01、独立冷藏备料箱 | 与热区实体净距 $\geq 1500\text{mm}$, 否则加经验证的隔热与独立风道 A28 | 常温 | FE-03、杯托、包材 | — | 热区 (180-220°C) | FE-02 | 独立排烟; 外壳可触及面 $\leq 60^\circ\text{C}$ |

生熟分区: V1 全部为预制/即用型原料, 无生鲜处理、无解冻、无现切, 因此不设生熟分区 —— 这大幅简化 HACCP, **建议 V1 明确不引入需要生熟分区的品类**。[假设] A6

其他 - 清水箱加注口与污水箱排放口必须**接口不兼容** (防误接), 并布置在互相隔离的设备岛/侧区维护面。- 每台设备下方围堰独立, 一台漏液不得流向另一台。- 玻璃罩上的观察/取餐开口需带挡板或风幕, 防止外部污染进入 A 区。

10. 设备异常状态信号接口

最低要求 (所有设备必须提供, 缺失则由 OEM 外加传感器改造并计入 NRE) [假设] A26

信号	类型	方向	说明
READY	干接点 NO	设备 → 系统	温度到位、可出料
BUSY	干接点 NO	设备 → 系统	正在出料, 机器人须等待
FAULT	干接点 NC (断线即报警)	设备 → 系统	任何故障
LOW_LEVEL	干接点 NO	设备 → 系统	料位低
DISPENSE_CMD	干接点	系统 → 设备	触发出一份
OVER_TEMP (仅 FE-02)	独立硬线, 直接串入安全回路	设备 → 安全 PLC	不经软件 , 超温直接断加热

推荐通讯层: RS485 / Modbus RTU, 9600-115200 8N1, 站号可设, 寄存器表由设备商提供。用于读取温度、料位、故障码、生产计数。[假设] A26

故障响应矩阵

故障	机器人动作	系统动作
单台设备 FAULT	停止取该设备的料, 其余品类继续	该品类下架, 运维告警
FE-02 OVER_TEMP	立即停止靠近该设备	硬线断加热 + 排风全开 + 全局告警
污水箱 $\geq 90\%$	完成当前订单后停机	全品类锁单
清水箱 空	停止饮料与清洁动作	饮料下架
舱内温度 $> 45^\circ\text{C}$	降速 / 暂停	停 FE-02 加热, 排风全开
断电	见 03_Robot_ICD.md § 6.1	食品设备 不接 UPS , 来电后需人工确认食品安全 (冷链断链判定) 后方可复产

冷链断链规则：FE-01 断电超过 **30 min** 后，缸内料必须废弃并清洗，**不得自动复产**。此逻辑必须写进上位机，[假设] A24。

11. 设备更换的机械与电气接口标准化（EII）

目标：在不改 Kiosk 主框架和机器人连续地面的前提下，通过更换单个设备岛顶板/转接板及局部接口适配不同品类。配电、水路、排风、安全、卫生和机器人轨迹必须逐机复核，不能承诺零改动。

11.1 Equipment Island Interface (EII) 定义 [待确认 -P0 A27]

接口层	标准
设备包络	候选设备必须放入所选岛体的冻结可用包络，并计入门盖、抽屉、接管、散热、清洗和人员维护扫掠体；当前 620/520/700 mm 占位宽度不是通用互换标准
机械固定	每个设备岛使用可更换顶板/转接板；孔位、压板、防倾和紧固扭矩按冻结供应商安装图一岛一图，设备冻结前不得开孔，不设置通用固定孔阵
减震/调平	调平脚、减震件和防位移措施按设备供应商载荷与振动要求选型；设备支承点保持水平
围堰/排水	水平设备支承点与周边接液盘分离；围堰、排水坡和排水口按泄漏量、清洗方式及部署地卫生规范冻结
电气	每设备位 1× 220V/16A 工业插座（独立分路+独立漏电保护）+ 1× M12 8-pin A-code 连接器：24V/GND、RS485 A/B、2×DI、1×DO
水路	进水： John Guest 3/8” 快插 （干断式）；排水： DN32 干断快接 ；未使用时用堵头封闭
散热	每设备位上方预留 300×200 排风接口 （法兰标准化），未用则盲板封闭；FE-02 位额外配油烟型（可拆洗油网）
通讯	Modbus RTU 站号 11/12/13 固定对应设备位 1/2/3

11.2 换品类可行性检查表（换设备时逐项过）

1. 新设备外形 ≤ 700×700×950？重量 ≤120 kg？
2. 单机额定 ≤2.0 kW、峰值 ≤3.0 kW？三机合计峰值是否仍在总配电余量内？
3. 取料/出液口是否提供完整 6D Frame、姿态容差、接近/工艺/退出段，并通过 03B 的 IK、全身碰撞和误差叠加验证？
4. 是否需要新的水/气介质（CO₂、蒸汽、压缩空气）？若需要，现有 EII 不覆盖，属重大变更。
5. 温区是否引入新的冷/热冲突？
6. 清洗方式与耗时是否改变每日运维模型？
7. 控制接口是否满足 § 10 最低信号要求？

边界：EII 将变化限制在单个设备岛和其局部接口，但每次换品类仍须重新完成承载、热、电、水、卫生、安全、IK、全身碰撞和真机验证。只有评审结果证明无需修改的部分才可沿用。

12. 冻结节拍与待补清单

Gate	时间点	必须冻结
Gate-1	RFQ 前	三台设备的 Model / Supplier / W×D×H / Weight / Voltage / Rated & Peak Power
Gate-2	对应设备岛顶板/转接板与围堰下料前	出料口 6D Frame、水口/排水口位置与规格、固定孔位、调平/防倾要求、围堰边界
Gate-3	EVT 装配前	清洗 SOP、耗材规格与包装形式、控制接口寄存器表、食品级证书、场地有无上下水

待 Autolife / 设备商交付 (P0) 1. 三台设备的**实测 3D/2D 外形图**（含出料口精确坐标与高度）2. 重量（空机 / 满载）+ 重心 3. 电气：电压制式、额定/峰值功率、启动浪涌、插头型式 4. 散热：排热量、风向、风量、允许环境温度 5. 给排水：接口型式、水压/水质要求、排水量 6. 清洗 SOP + 耗时 + 是否支持 CIP / 热处理 7. 耗材规格、包装形式、保质期、冷链要求 8. 控制接口文档（Modbus 寄存器表 / 干接点定义）9. 食品接触材料证明与食品级认证（按最终销售国） 10. **场地是否有市政上下水**（决定 § 5 整个方案）

05 — 电气架构 / 单线图 / 功率预算 / 接地 / 急停 / 线缆 / 电控柜 AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1 — Rev C / V1.2-Concept（电气报价占位）

读者：Kiosk OEM 电气工程 + 报价。本文粒度到可直接选型询价。**标注规则：**[确定] = 已冻结基线 / [假设] = 本包按此建模，可被推翻 / [待确认-P0/P1/P2] = 必须由 Autolife 书面冻结。**所有电流、线径、断路器均给出计算过程。厂家不得自行替换计算依据。** 假设编号与 00_REFERENCE/00_Assumption_Register.md 一一对应。

0. 电气设计输入基线

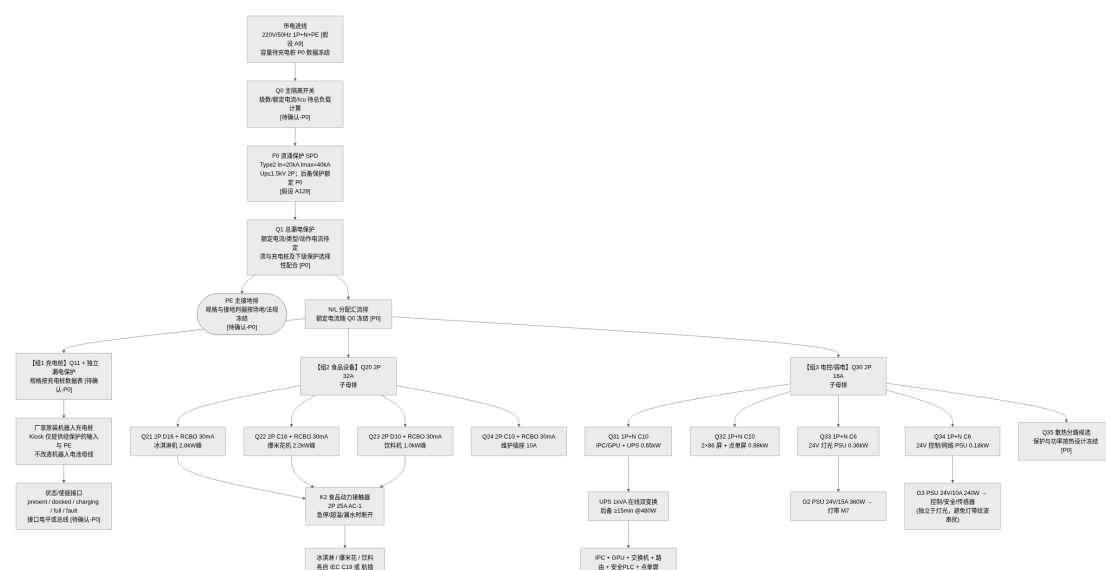
项	取值	标注
供电制式	220 V / 50 Hz 单相 TN-S	[假设 A9]， 部署国家未定，出口需改制式 [待确认-P0]
整机外包络 电控/算力 enclosure 位置	4500 × 2500 × 2700 mm 当前 CAD 未建模；须在侧柱、上部结构或独立服务 enclosure 中选址	[确定 A1] [待确认-P0]；不得侵入后入口、650 mm 通道、工作位或 Dock 接近区
机器人能源边界	机器人由自身电池供能；Kiosk 不提供固定 48 V 直供电 ，只集成机器人充电桩	[确定，产品基线]
机器人地面边界	后入口 x=2100..2900 净宽 800 mm；底轨/门槛/坡道/完成面高差均为 0；650 mm 连续通道连接入口、工作位和 Dock 候选接近区	[确定，V1.2 静态基线]；电缆、线槽、接地带和柜门不得侵入
充电桩电气输入	输入制式、额定/峰值功率、PF、浪涌、漏电保护类型、充电输出与触点安全参数均未冻结	[待确认-P0]；未冻结前不得选 Q11、RCD、线缆、主开关或报装容量
机器人/充电桩 I/O	机器人安全停止接口及通信接口待 C 冻结；充电桩至少提供 present / docked / charging / full / fault，工作位有效信号与 docked 分开定义	[待确认-P0]；不得把充电位默认当作工作位
食品设备	冰淇淋 1.8/2.8 kW、爆米花 1.5/2.2 kW、饮料 0.6/1.0 kW	[假设 A5]， 型号未定 [待确认-P0]
环境	室内商场 15–28 °C，IP20	[假设 A10]，室外版改 IP54

项	取值	标注
防护等级	整机 IP20 / 电控内柜 IP54 / 食品舱可冲 洗区局部 IP65	[假设 A10]
短路容量 Icu	按配电箱前端 ≤ 6 kA 设计	[假设 A128], 实际由场地配电房 定 [待确认-P1]
线缆载流量依据	GB/T 16895.6 (IEC 60364-5-52) 铜芯 PVC 绝缘、穿管/线槽敷设	[确定 标准]
综合降额系数	0.75 (成组敷设 $0.80 \times$ 环境 40°C 0.94 ≈ 0.75)	[假设 A125]

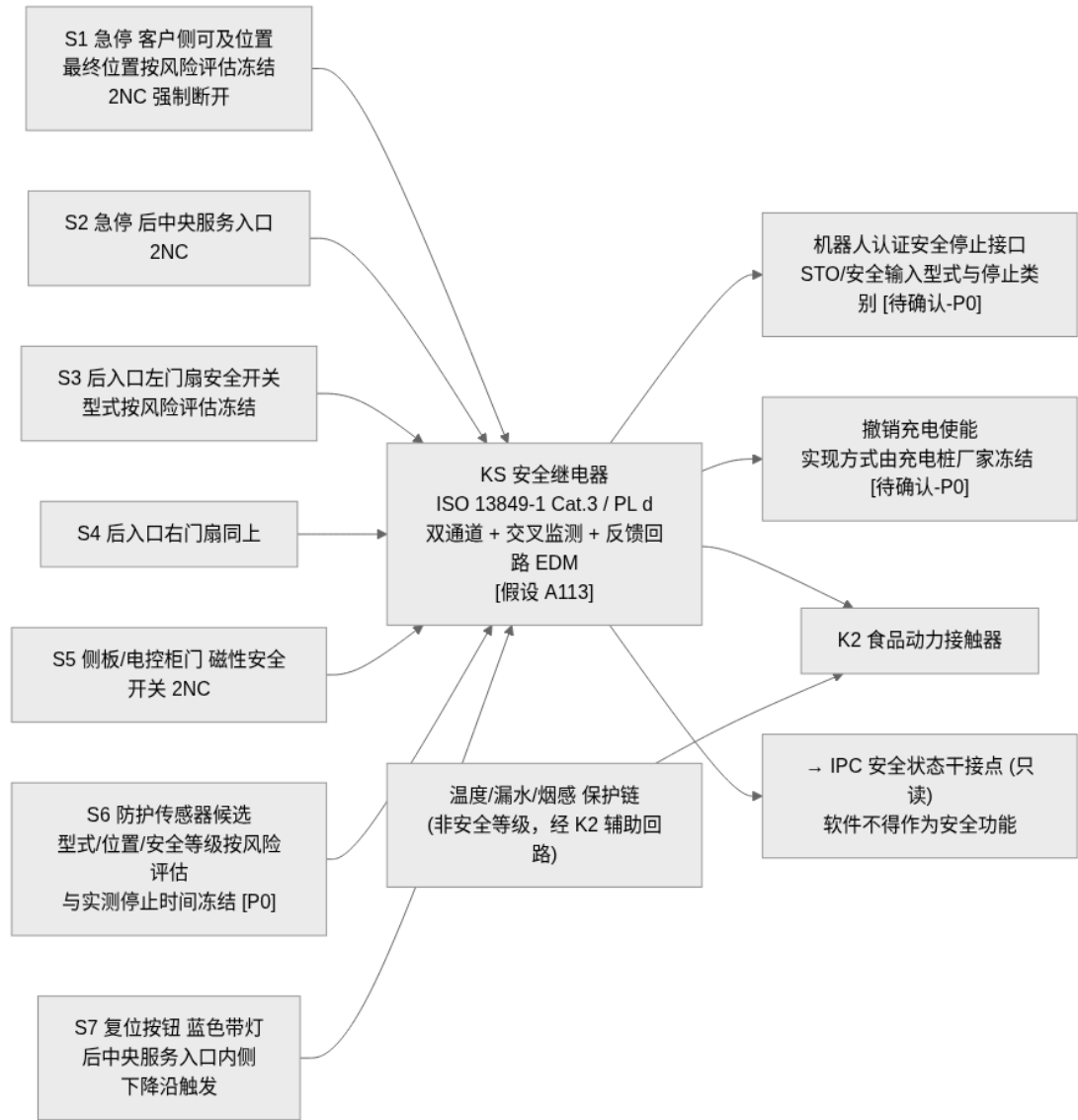
出口改制式提示（给报价用）：部署国家、场地供电制式、接地系统和适用认证尚未冻结。任何 110-120 V/60 Hz 或其他制式方案都必须依据最终负载、场地短路容量和当地法规重新完成进线、保护、线径、接地与认证设计；当前不得发布固定电流或线径。该再设计工作按 NRE 单列报价。

1. 单线图（Single Line Diagram）

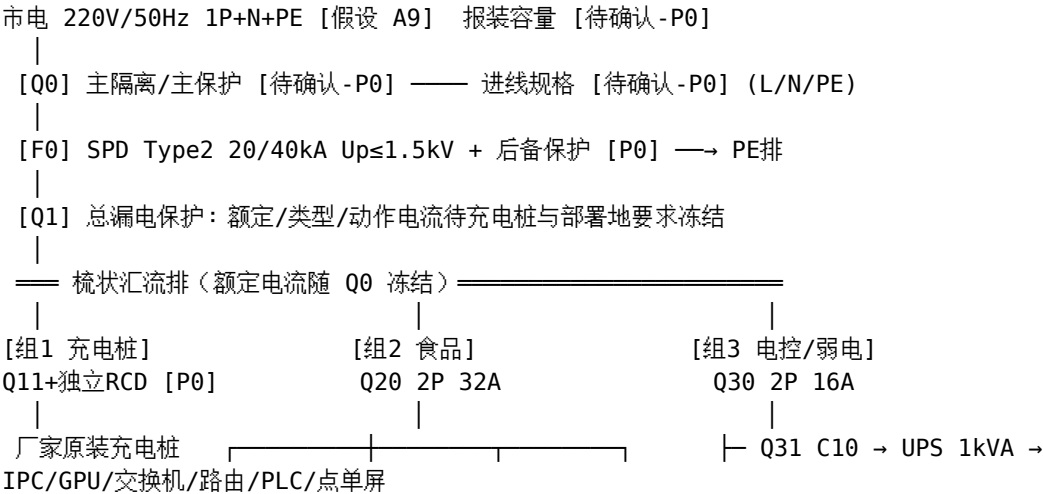
1.1 主回路 SLD



1.2 安全回路 SLD（独立于主回路绘制）



1.3 单线图 ASCII 版（供无 mermaid 环境的厂家阅读）



输入/输出均P0 Q21 Q22 Q23 Q24 ┆ Q32 C10 → 86"屏×2 + 点单屏
 状态: D16+RCB0 C16+RCB0 D10+RCB0 C10+RCB0 ┆ Q33 C6 → PSU 24V/15A
 → M7 灯带
 present/docked 冰淇淋 爆米花 饮料 维护插座 ┆ Q34 C6 → PSU 24V/10A →
 控制/安全/传感器/网络
 charging/full/ ┆ [K2]食品动力接触器 ┆ Q35 TBD → 散热系统占位(数量/功率/保护 P0)
 fault

安全回路（与主回路物理分离走线，橙色线，最小间距 50mm）：

S1 急停(前) ┆
 S2 急停(后) ┆
 S3 后门1 ┆ [KS 安全继电器 Cat.3/PL d 双通道+EDM] ┆ 机器人认证安全停止接口
 [P0]
 S4 后门2 ┆ ┆ 撤销充电使能 [P0]
 S5 侧板/柜门 ┆ S7 复位(蓝,下降沿) ┆ 断 K2 (食品动力)
 S6 防护输入P0 ┆ ┆ 干接点上报 IPC(只读)

保护链（非安全等级，串入 K2 线圈回路）：

过温 / 漏水 / 烟感（类型、测点与阈值均按设备数据和风险评估冻结） → 断 K2 + 关进水电磁阀

2. 功率预算 (Power Budget)

2.1 计算约定

- **额定功率 P_r** : 设备铭牌连续功率 [假设 A5 / 选型边界]
- **峰值功率 P_{pk}** : 压缩机堵转启动、加热全开或充电桩最大充电阶段的输入峰值
- **占空比 D** : 一个 90 s 出餐周期内该负载通电时间占比 [假设 A110]
- **同时系数 K_s** : 多台负载不同时达到额定的统计折减 [假设 A110]
- **运行功率 $P_{op} = P_r \times K_s$** , 用于选进线与热预算
- **功率因数 PF**: 阻性(加热) 1.0 / 压缩机 0.85 / 有源 PFC 开关电源 0.95 / LCD 0.95 [假设 A111]

2.2 负载明细

#	负载	安装区域	额定 kW	峰值 kW	占空比 D	同时系数 Ks	运行 kW	PF	断路器	线缆
L1	机器人充电桩 AC 输入	M4	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
L2	冰淇淋机	M4	1.80	2.80	0.70	0.70	1.26	0.85	2P D16	3×2.5 mm ²
L3	爆米花机	M4	1.50	2.20	0.50	0.50	0.75	1.00	2P C16	3×2.5 mm ²
L4	饮料/糖浆机	M4	0.60	1.00	0.50	0.50	0.30	0.85	2P D10	3×1.5 mm ²
L5	IPC + GPU	Enclosure TBD-P0	0.32	0.50	1.00	1.00	0.32	0.95	1P+N C10	3×1.5 mm ²
L6	显示 2×86" + 点单 21.5"	M2/M3/M5	0.66	0.98	1.00	1.00	0.66	0.95	1P+N C10	3×1.5 mm ²
L7	M7 灯光 24V RGBW	M7	0.25	0.36	1.00	0.90	0.23	0.95	1P+N C6	3×1.5 mm ²
L8	网络/控制/安全/传感器	Enclosure TBD-P0	0.12	0.18	1.00	1.00	0.12	0.95	1P+N C6	3×1.5 mm ²
L9	散热风机组	各独立热区	0.20	0.26	1.00	1.00	0.20	0.95	1P+N C6	3×1.5 mm ²
L10	UPS 充电	Enclosure TBD-P0	0.15	0.15	0.30	0.50	0.08	0.95	含 L5 回路	—
L11	维护插座 10A	位置 TBD-P0	(1.00)	(2.20)	0	0	0	1.00	1P+N C10 + 独立 30mA	3×2.5 mm ²
候选负载小计 (不含 L1/L11)			5.60	8.43			3.91	0.916 加权		
整机合计 (含 L1, 不含 L11)			TBD	TBD			TBD	TBD		
预留 (后续加咖啡机)			+1.00	+1.60		0	0		预留 2P C16 位	预留 2.5 mm ²

P0 阻塞：L1 是厂家原装充电桩的 AC 输入。其数据表未冻结，且 L2-L10 仍含设备/电子/散热候选值，因此 5.60/8.43/3.91 kW 只代表**当前候选非充电桩负载小计**，不得用于整机铭牌、主保护、进线、报装或热设计放行。

L11 维护插座同时系数取 0：仅在停业维护时使用，与出餐负载互斥。冻结整机容量时仍须校核“已知运行 3.91 kW + 维护插座 1.00 kW + 维护期间可能存在的充电桩负载”。

2.3 三个总功率结论

指标	数值	定义与用途
候选负载额定小计	5.60 kW	不含充电桩与维护插座；仍含未冻结设备假设，仅作清单核对
候选负载同时运行小计	3.91 kW	不含充电桩； $\Sigma(P_r \times K_s)$ ，不是实测运行值
候选负载理论峰值小计	8.43 kW	不含充电桩；不能替代整机峰值
整机额定/运行/峰值	[待确认-P0]	$5.60 + P_{dock,r} / 3.91 + P_{dock,op} / 8.43 + P_{dock,pk}$ ；须按充电策略校核时序叠加

计算过程：

候选运行功率 $P_{candidate,op} = \Sigma(P_r \times K_s)$ ，不含充电桩

$$\begin{aligned}
 &= 1.80 \times 0.70 + 1.50 \times 0.50 + 0.60 \times 0.50 + 0.32 \times 1.0 \\
 &+ 0.66 \times 1.0 + 0.25 \times 0.90 + 0.12 \times 1.0 + 0.20 \times 1.0 + 0.15 \times 0.50 \\
 &= 1.260 + 0.750 + 0.300 + 0.320 \\
 &+ 0.660 + 0.225 + 0.120 + 0.200 + 0.075 \\
 &= 3.910 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

候选负载加权功率因数 $PF_{candidate} = \Sigma(P_{op}) / \Sigma(P_{op} / PF_i)$

$$\begin{aligned}
 \text{视在功率 } S_{candidate} &= 1.260/0.85 + 0.750/1.00 + 0.300/0.85 + 0.320/0.95 \\
 &+ 0.660/0.95 + 0.225/0.95 + 0.120/0.95 + 0.200/0.95 + 0.075/0.95 \\
 &= 1.482 + 0.750 + 0.353 + 0.337 + 0.695 + 0.237 + 0.126 + 0.211 + \\
 &0.079 \\
 &= 4.270 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

$$PF_{candidate} = 3.910 / 4.270 = 0.916$$

整机功率必须在充电桩数据冻结后按以下变量回填：

$$P_{r,total} = 5.60 + P_{dock,r}$$

$$P_{op,total} = 3.91 + P_{dock,op}$$

$$P_{pk,total} = 8.43 + P_{dock,pk}$$

不得把充电桩输出功率直接当作 AC 输入功率；须使用厂家给出的输入铭牌值、效率、PF 和浪涌曲线。

2.4 进线容量与主开关选型

已知负载校核（不含充电桩，仅说明当前下限）：

$$I_{op,known} = 3910 / (220 \times 0.916) = 19.4 \text{ A}$$

$$I_{r,known} = 5600 / (220 \times 0.916) = 27.8 \text{ A}$$

$$I_{b,known} = 27.8 \times 1.2 = 33.4 \text{ A}$$

整机设计电流：

$$I_{b,total} = f(\text{充电桩额定输入电流、PF、浪涌、充电占空比、与食品设备的同时运行策略})$$

$$Q0 / Q1 / \text{进线线径} / \text{报装容量} = [\text{待确认-P0}]$$

冻结步骤：

- ① 取得充电桩输入铭牌、最大持续电流、启动/充电浪涌曲线、PF/谐波和厂家指定保护；
- ② 明确机器人工作时是否充电，以及充电与食品设备启动是否允许同时发生；

- ③ 更新 Power_Budget.csv 并重新做载流、热脱扣、瞬时脱扣、选择性与压降校核；
- ④ 完成校核前，Q0/Q1/Q11、报装容量与进线线径均保持 TBD，不得采购或作为现场条件。

负载管理说明：若冻结后的场地容量小于整机自然峰值，可评估充电桩与食品设备启动错峰；必须由充电桩/机器人供应商确认允许中断或降功率充电，并经 FAT 实测。当前不得承诺 32 A 可运行或给出节拍变化。

2.5 进线电缆计算

待 P0 输入冻结后执行：

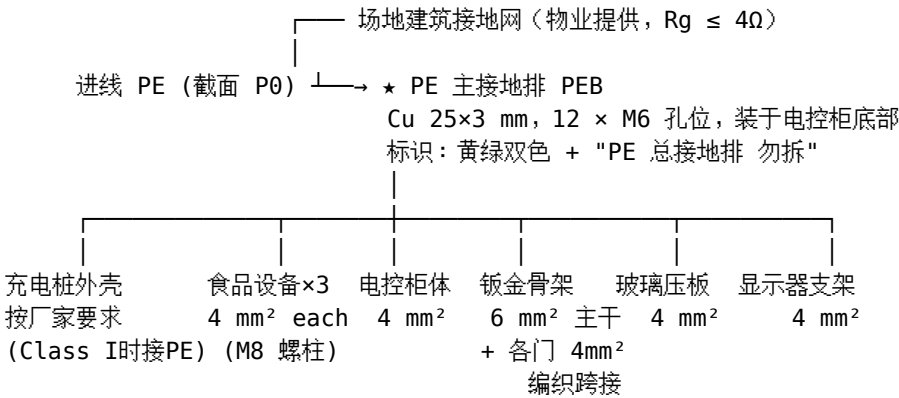
- 载流量： $I_z(\text{基准}) \times 0.75$ 综合降额 [假设 A125] $\geq$ 主保护整定 I_n
- 压降： $\Delta U = 2 \times \rho \times L \times I_{b,\text{total}} / A$ ；末端配电目标 $< 3\%$
- 短路保护：核对最小故障电流与最大预期短路电流，确保保护灵敏度与 I_{cu}/I_{cs} 足够

当前候选负载计算值 33.4 A 仅用于暴露输入缺口，不是线径下限或采购依据；充电桩及 L2-L10 的冻结数据均可能改变设计电流和漏电保护类型。

进线规格结论：[待确认-P0]。导体仍须为 L/N/PE 分离的 TN-S 阻燃铜缆；截面、主保护、RCD 与现场报装容量在充电桩数据冻结后统一发布。

3. 接地方案

3.1 接地体系 (TN-S)



3.2 具体要求

项目	要求	标注
接地制式	TN-S, PE 与 N 在建筑总配电处已分开, Kiosk 内 严禁 PE-N 再次连接	[确定 GB 50054]
接地电阻	整机 PE 排对建筑接地 $\leq 4\Omega$; 任一外露可导电部分对 PE 排 $\leq 0.1\Omega$	[确定 GB/T 5226.1 § 18.2.2]
保护导体连续性测试	10 A DC 注入, 测各点对 PE 排电压降, 换算 $R \leq 0.1\Omega$, 逐点记录	[确定 FAT 项, 见 10_TEST]
充电桩保护接地	若充电桩为 Class I, 原厂 PE 端子独立直连 PE 排, 不得以充电触点或机器人本体代替 PE; 若为 Class II, 保留双重绝缘证明且不另接 PE	[待确认-P0: 充电桩防触电等级、PE 端子与厂家线径要求]
食品设备接地	每台独立 4 mm² 到 PE 排, 星型不得菊花链 (单台拆装不影响其他)	[确定 GB 4706.1]

项目	要求	标注
等电位联结	所有铰链门、可拆侧板、抽屉式设备架 → 4 mm ² 编织跨接线 (≥ 长度余量 30%), 铰链不作为电气通路	[确定 GB/T 5226.1 § 8.2.3]
玻璃	10 mm 钢化玻璃本身绝缘, 不接地 ; 金属压板/夹具 4 mm ² 接地	[确定]
屏蔽接地	网络及冻结后的机器人有线通信屏蔽按各设备 EMC 要求处理; 模拟信号屏蔽单端接现场侧	[待确认-P0: 机器人/充电桩接口]
静电	三块独立 SUS304 岛顶按适用防触电/等电位要求处理; 点单屏面板接地; 干粉区是否需要泄放措施由风险评估冻结	[待确认-P0]
防雷	SPD Type2 装于主开关后, SPD 接地线 ≥ 6 mm ² 且走线 最短直线 ≤ 0.5 m	[确定 GB 50057]
标识	所有 PE 点贴 IEC 60417-5019 接地符号 + 打码	[确定]

室外版差异 [待确认-P1]: 若改室外, 需加独立接地极 (≥2 根 L50×5 角钢, 间距 5 m, $R_g \leq 4 \Omega$ 实测) + SPD 升 Type1+2 + 所有进出线加浪涌保护。

4. 急停与安全回路设计

4.1 安全等级评定

安全功能	危害	风险评估 (ISO 12100)	要求等级	实现	标注
SF1 急停	机器人夹伤/撞击	S2 F2 P2	PL d / Cat.3 目标	2× 急停 2NC + 安全继电器双通道 + 机器人认证安全停止接口; 接口与停止类别待 C 冻结	[待确认 - P0]
SF2 后入口门连锁	门开启时机机器人启动	S2 F1 P2	等级待风险评估	门安全开关 + 机器人安全停止接口 + 反馈确认; 锁定/逃生型式待冻结	[待确认 - P0]
SF3 前开口人体检测	顾客伸手入危险区	S2 F2 P2	PL e / Cat.4	Type 4 安全光幕, 双 OSSD	[假设 A113]
SF4 防烫	爆米花设备热表面	风险参数待设备数据	结构/控制措施待评估	隔热、防护和可触温限按设备数据、接触时间及部署法规冻结, 见 05B	[待确认 - P0]
SF5 漏电人身保护	触电	S3 F1 P2	普通终端回路 30 mA RCBO; 充电桩分路按其 DC 剩余电流特性与部署地法规单独选型	每个终端回路独立保护, 充电桩不得直接套用普通 A 型结论	[待确认 - P0: 充电桩]
SF6 超温/漏水/烟感	火灾/食安	—	非安全等级, 功能性保护	串 K2 线圈回路	[假设 A124]

4.2 急停按钮布置

编号	位置	高度	型式	说明
S1	客户侧可及位置, 不得借用不存在的连续台面	TBD-P0	红色蘑菇头、黄色背景、自锁复位; 型式随风险评估	位置、数量、可及性和防误触措施待风险评估冻结
S2	后中央服务入口内侧	1400 mm	Ø40 红蘑菇, 黄底板, 旋转复位	服务人员位置, 无护圈 (要求可快速拍下)

编号	位置	高度	型式	说明
(预 留) S2b	设备岛远端维护位置 (若 S2 不可及 [待确认 -P1])	1400 mm	同 S2	按最终风险评估与可及距离 决定; 报价时按 3 个急停预留

- 每个急停 **2NC 强制断开触点** (IEC 60947-5-5 直接断开动作), 双通道分别进安全继电器 CH1/CH2
- 急停线路使用**橙色**导线, 与动力线分槽走线, 间距 ≥ 50 mm

4.3 急停触发时断开的回路

回路	是否断开	断开方式	理由
机器人运动	请求安全停止并禁止再次使能	Kiosk 安全继电器双通道接入机器人认证安全输入; 具体 STO/SS1/保护停机类型 [待确认-P0]	机器人由自身电池供能, Kiosk 不切断其电池母线; 必须由 C 证明安全功能与停止时间
充电桩充电	撤销充电使能 ; 是否同时断开 AC 输入由厂家规定	原厂 enable 接口或经认证的接触器/控制器 [待确认-P0]	急停、dock fault、状态不一致或异常脱离时不得继续向暴露/错位触点送能
食品设备动力 (3 台)	断	K2 主接触器 2P 25A	停止加热与压缩机; 避免爆米花机干烧
进水电磁阀	断 (阀失电关闭, 常闭型)	AC-1 K2 辅助	防漏水
IPC / GPU	不断	—	需保持在线上报告警、保存订单状态、供远程诊断
网络 / 交换机 / 路由	不断	—	告警必须能出去
照明 M7 / 显示屏	不断 (切至“ESTOP”红色告警画面 + 灯带红色慢闪)	软件	维护人员需要照明; 顾客需要状态提示
散热风机	不断	—	残余热量仍需排出 (爆米花机断电后表面仍 120°C)
点单屏	不断 (软件切“暂停服务”)	软件	—

4.3.1 ★ 机器人安全停止与充电撤能时序 (P0 接口合同)

机器人由机载电池供能, Kiosk 通过认证安全接口请求停止, 不切断机器人电池母线。以下定义 Kiosk 必须达到的行为, 不预判机器人内部抱闸、STO 或 SS1 架构。

硬件安全事件 T+0: 急停 / 门连锁 / 光幕

→ KS 立即发出机器人安全停止请求并通过独立硬件路径撤销 charge-enable

功能保护事件 T+0: dock fault / 对接状态矛盾 / 状态通信失线

→ 控制层请求机器人保护停止并撤销 charge-enable; 若风险评估要求安全等级, 须升级为认证硬件输入 [P0]

→ 充电桩原厂控制器负责触点去能与防电弧

→ K2 按风险评估切断食品动力; IPC/网络保持上电并记录全部状态边沿

→ 仅在机器人 `SAFE\_STOPPED` 反馈成立后按冻结逻辑允许解锁后入口门

→ 复位后仍禁止自动运动; 作业动作须在 `ROBOT\_PRESENT=1`、`WORK\_POSITION\_VALID=1`、`DOCK\_FAULT=0` 且充电/工作位合同允许时由本地明确使能; 回桩/重新定位使用独立受控模式

必须由 C 与充电桩供应商冻结:

① 安全输入类型、PL/SIL 能力、停止类别、最坏停止时间及 `SAFE\_STOPPED` 反馈;

- ② `present / docked / charging / full / fault` 的电气真值表、失线默认态和更新时间；
- ③ `WORK\_POSITION\_VALID` 的来源与容差；不得由 `docked` 隐式推导；
- ④ 充电使能、触点预充/去能、异常脱离时的断弧能力与残余电压时间；
- ⑤ 工作时是否允许保持 docked/charging。以上未冻结前，安全回路不得定版。

4.4 复位逻辑

复位允许条件（安全条件由硬件判定，状态一致性作为独立运动/充电使能许可）：

- ① S1/S2/(S2b) 全部已旋转释放
- ② S3/S4/S5 全部门联锁闭合且电磁锁已上锁并反馈到位
- ③ S6 光幕 OSSD 双通道均为 ON（无遮挡）
- ④ K2 及充电使能执行元件（若有）反馈处于安全状态，EDM 无粘连
- ⑤ 机器人 `SAFE\_STOPPED=1`；控制层另确认 `DOCK\_FAULT=0` 且五个 dock 状态组合符合冻结真值表

复位动作：

- 按下 S7（蓝色带灯复位按钮，装于后中央服务入口内侧，顾客不可及）
 - 安全继电器**下降沿触发**（松开时生效，防止按住旁路）
 - KS 复位，K2 按控制状态恢复；**不自动使能机器人作业、回桩或充电**
 - S7 指示灯：闪烁 = 可复位 / 常亮 = 已复位正常 / 灭 = 条件不满足

复位后机器人不自动运行：

必须由本地控制流程重新确认 `ROBOT\_PRESENT`、`WORK\_POSITION\_VALID` 与充电/工作位合同，再明确使能；不得以安全继电器复位沿触发运动。[确定，避免 GB/T 5226.1 §9.2.5.4 意外启动]

断电恢复（掉电再上电）：

- 安全继电器不自动复位（无自动复位型号），必须人工按 S7 → 满足“防意外重启”
- IPC 上电后进入 SAFE_IDLE，检查安全状态 → 灯带黄色呼吸 → 需人工复位

4.5 门禁 / 面板联锁

编号	位置	开关型式	联锁动作	备注
S3	后入口左门扇	安全门开关/锁定需求由风险评估决定	开门请求 → 机器人安全停止 + 撤销充电使能 + 断 K2	必须保留内侧机械逃生；底部不得设置锁件或底轨
S4	后入口右门扇	同上	同上	同上
S5	侧可拆面板 + 电控柜门	磁性安全开关（编码型，防磁铁旁路）2NC	开 → 机器人安全停止 + 撤销充电使能 + 断 K2	侧板需工具拆卸，仍加联锁
—	后门机械脱困	门内侧红色下压把手，任何情况下可从内开门	触发 S3/S4	[确定 GB/T 5226.1 § 6.2.2 人员困于危险区]
—	电控柜门	与 Q0 主隔离开关机械联锁（Q0 合闸时柜门不可开，需专用工具旁路）	—	[确定 GB/T 5226.1 § 6.2.2 / IP2X 带电部分防护]

运营模式旁路：补料时需开后门但不希望完全停机 → 设 **钥匙选择开关 SA1（三位：AUTO / 维护 / 清洗）**。“维护”档允许开门且按风险评估保留部分食品设备供电，但必须**禁止机器人运动并撤销充电使能**；是否允许该模式由最终风险评估冻结 [待确认-P0]。钥匙由店长保管，位置不可被顾客触及。

5. 线缆规格选型表

5.1 AC 回路

线号	回路	起点	终点	电流计算	断路器	线缆型号规格	载流校核	估长 m	走向
W101	进线	场地配电箱	Q0	TBD-P0	TBD-P0	TBD-P0	待充电桩纳入总负载后校核	TBD-P0	从上部或外围服务区接入；禁止跨越机器人地面
W102	机器人充电桩 AC 输入	Q11	充电桩原厂输入端	TBD-P0	TBD-P0	TBD-P0	按厂家最大持续电流、浪涌与降额校核	TBD	路径随 dock 位置冻结
W103	冰淇淋机	Q21/K2	设备插座	$2.80\text{kW}/(220\times 0.85)=15.0\text{A}$	2P D16	ZR-BVR $3\times 2.5\text{mm}^2$	$18\geq 16\checkmark$	TBD-P0	从冻结 enclosure 沿上部/外围进入冰淇淋岛；不跨地面
W104	爆米花机	Q22/K2	设备插座	$2.20\text{kW}/220=10.0\text{A}$	2P C16	ZR-BVR $3\times 2.5\text{mm}^2$	$18\geq 16\checkmark$	5.0	同上，远离隔热层 $\geq 100\text{mm}$
W105	饮料机	Q23/K2	设备插座	$1.00\text{kW}/(220\times 0.85)=5.3\text{A}$	2P D10	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$17.5\times 0.75=13.1\geq 10\checkmark$	5.5	同上
W106	维护插座	Q24	位置 TBD-P0	10A	2P C10+30mA	ZR-BVR $3\times 2.5\text{mm}^2$	$18\geq 10\checkmark$	TBD-P0	仅停业维护使用；位置不得侵入通道柜内
W107	IPC/UPS	Q31	UPS 输入	$0.65\text{kW}/(220\times 0.95)=3.1\text{A}$	1P+N C10	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$13.1\geq 10\checkmark$	1.2	从冻结 enclosure 经上部结构进入 M2/M3；实测后定长柜内
W108	显示器组	Q32	分线盒→3 屏	$0.98\text{kW}/(220\times 0.95)=4.7\text{A}$	1P+N C10	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$13.1\geq 10\checkmark$	TBD-P0	
W109	灯光 PSU	Q33	24V/15A PSU	$0.36\text{kW}/(220\times 0.95)=1.7\text{A}$	1P+N C6	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$13.1\geq 6\checkmark$	1.0	
W110	控制 PSU	Q34	24V/10A PSU	$0.18\text{kW}/(220\times 0.95)=0.9\text{A}$	1P+N C6	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$\checkmark$	1.0	柜内
W111	风机组	Q35	风机 PSU/分线	$0.26\text{kW}/(220\times 0.95)=1.2\text{A}$	1P+N C6	ZR-BVR $3\times 1.5\text{mm}^2$	$\checkmark$	2.0	柜内→各风机
W112	预留（咖啡机）	预留位	预留插座	—	预留 2P C16	预留 $3\times 2.5\text{mm}^2$ 至 M4	—	5.0	与 W103 同槽，端头封堵标” SPARE”

所有标为 TBD 的长度须在 enclosure、场地进线点和批准路径冻结后实测；不得按旧结构长度采购。

5.2 DC 与弱电回路

线号	回路	电压/电流	线缆规格	压降计算	估长 m	备注
W302	充电桩状态/通信	电平或总线 TBD	原厂接口线束，不得现场假定电压	—	TBD	present/docked/charging/full/fault；断 线须进入安全默认态 [P0]
W303	机器人控制通信	介质/协议 TBD	按 C 冻结接口	—	TBD	不得用固定线缆妨碍机器人离开/回桩；有 线或无线方案 [P0]
W304	机器人安全停止接口	双通道规格 TBD	橙色安全电缆，线径/屏蔽按认证接口	—	TBD	与普通状态通信分离；PL/SIL 与失线行为 [P0]
W201	灯带主干（3 分支）	24V / 5A per 分支	2×1.5 mm ² 每分支	允 许 5% (1.2V): A_ min=2×0.0175×6×5/1.2=	6.0×3	IP65 快接，每 5 m 双端注入
W202	控制/传感器 24V	24V / 5A	2×1.0 mm ²	0.875 mm² → 取 1.5 ✓ ΔU=2×0.0175×8×5/1.0=	8.0	已修正为 1.5 mm ²
W203	散热风机 24V	24V / 10A 总	2×2.5 mm ² 主干+2×0.75 mm ² 支线	1.4V=5.8% → 升 1.5 mm² → 3.9% ✓ ΔU 主 干 =2×0.0175×3×	3.0	EC 风机带 PWM+FG 反馈
W401	安全回路（急停/门/光幕）	24V / <1A	橙色 多芯 0.75 mm ² 屏蔽，双通道分芯	—	12 总	独立线槽，与动力 ≥50 mm
W402	传感器信号（温度/液位/漏 水）	24V	M8/M12 预制线，PVC 4×0.34 mm ²	—	15 总	屏蔽单端
W501	网络主干	1G	工业 Cat6 U/FTP ×8	—	40 总	交换机 → IPC/屏/点单/摄像头；机器人/充
W502	支付终端	12V + USB/RS232	屏蔽 6 芯 + 独立 Cat6	—	4.0	电桩接入方式待 P0 冻结
W601	PE 等电位跨接	—	BVR 4 mm ² 黄绿编织（门/面板）；骨架 主干 6 mm ² ；充电桩按厂家要求	—	20 总	独立 VLAN，独立走线 见 § 3；仅 Class I 充电桩外壳接 PE

5.3 线缆敷设通则

- 动力（AC） / DC 动力 / 弱电信号 / 安全回路 **四类分槽**，同槽不可，平行间距 ≥ 50 mm，必须交叉时 90° 垂直交叉
- 过钣金孔全部加 **尼龙护线圈或橡胶穿线套**，活动部位（门、抽屉）加**拖链或螺旋缠绕管 + 30% 长度余量**，弯曲半径 $\geq 6D$
- 线槽填充率 $\leq 50\%$ （GB/T 5226.1 § 13.5），预留 30% 空槽给后续扩展
- 所有线缆阻燃 ZR（GB/T 19666 B1 级），食品区线缆加**耐油耐清洗剂外护套**
- 爆米花设备附近的高温线缆范围和温度等级按原厂热边界及样机测温冻结，不预设固定距离

6. 线束编号规则与接插件选型

6.1 编号规则

线束（束）编号： KIO-<模块>-W<类>-<序号>
例：KIO-M4-W1-03 = 核心工作舱 / AC 动力类 / 第 3 束

导线（单根）编号： W<类><序号>-<芯序>-<功能缩写>
例：W103-L-ICE = W103 束 / 相线 / 冰淇淋
 W102-L-DOCK = W102 束 / 相线 / 充电桩
 W401-A1-ES1 = W401 束 / 安全通道A第1芯 / 急停1

类别码：
1 = AC 动力 2 = DC 24V 动力/控制 3 = 设备原厂 DC（Kiosk 当前无固定 48V 机器人回路）
4 = 安全回路 5 = 网络/通信 6 = 保护接地/等电位
9 = 预留

芯序码： L / N / PE / P(DC+) / M(DC-) / A1 A2(安全双通道) / S1..Sn(信号)

- 标识方式：**热缩管激光打码**，两端各 1 个，字向统一（从接头看向线缆方向可读），中间每 1.5 m 加中继标
- 端子/端排编号与图纸 X1:12 格式一一对应；端子排每 10 位加数字标牌
- 颜色：L 棕 / N 蓝 / PE 黄绿 / DC+ 红 / DC- 黑 / 24V 控制 红 / 24V 控制 0V 蓝 / **安全回路 橙** / 屏蔽引出线 灰（GB 7947 / IEC 60445）
- **交付物**：Harness Drawing（每束的线序表 + 长度 + 接头 + 走向）+ Wire List CSV，随机器交付并贴于电控柜门内侧（防水袋）

6.2 接插件选型

用途	型式	规格边界	数量	标注
进线	接线端子	截面/额定按冻结进线选型，带防护罩，IP20	3	[待确认-P0]
柜内 AC 分配	导轨端子	UK5N / UK10N 弹簧或螺钉，配隔片与终端挡块	~60 位	[假设]
食品设备电源	IEC 60320 C19/C20（16A）或 航空插头	C19 用于 $\leq 16A$ ；冰淇淋机若 $>16A$ 改 3 芯航插 32A IP54	3	[待确认-P0 随设备型号]
充电桩 AC 输入	原厂指定接插件或端子，带防误插与应力释放	电压/电流/IP/防电弧要求均按充电桩数据表	1	[待确认-P0]
充电桩状态/使能	原厂锁止连接器；状态与 enable 不得共用未隔离芯线	至少覆盖 present/docked/charging/full/fault 与 充电使能反馈	1	[待确认-P0]

用途	型式	规格边界	数量	标注
机器人控制通信	介质与连接器由 C 冻结；不得用固定线束限制离桩运动	带宽、时延、断链安全态与网络隔离要求	1 套	[待确认-P0]
安全回路（门/急停/光幕）	M12 A-code 5 芯, 黄色壳体	双通道分芯, IP67	6	[假设 A133]
传感器（温度/液位/漏水）	M8 A-code 3/4 芯 , IP67	预制线, 免现场压接	12	[假设 A133]
24V 灯带	IP65 防水快接 3 芯（RGBW 用 5 芯）	5A 额定, 带防反插	8	[假设]
显示器电源+信号	C13 电源 + HDMI 2.0 带锁扣 / 或 HDBaseT（长距 > 8 m）	86" 屏走线 6.5 m → HDMI 带均衡有源线 , 或改 HDBaseT [待确认-P1]	3	[假设]
网络	工业 RJ45 带防尘盖	Cat6 U/FTP	12	[假设]
运输分件间快断	重载防呆连接器候选, 具体系列按电流/信号/环境冻结	每个经批准且包含电气跨接的运输接口配置；不得布置在机器人地面	TBD-P0	[假设] 箱数、分件和连接器数均随包装/装配方案冻结

报价说明：OEM 先提交批准的运输拆分和线束分界，再逐接口报价快断、键位、防护和复装验证。当前不得固定连接器数量或现场接线工时。

7. 电控柜布局与元件清单

7.1 柜体

项	规格	标注
位置	当前 CAD 未建模；在侧柱、上部结构或独立服务 enclosure 中选址	[待确认-P0]；禁止侵入入口、650 mm 通道、工位与 Dock 接近区
外形	TBD-P0	完成元件清单、热设计、维护包络和结构干涉后冻结
安装板防护	材料、尺寸与抽出方式 TBD-P0 柜体 IP54（防食品区水汽/清洗喷溅），门带密封条 + 铰链 + 双开钥匙锁	随 enclosure 深化 [假设 A10]
门联锁	与 Q0 机械联锁 + S5 磁性安全开关	[确定 § 4.5]
散热	独立于食品设备湿热/油气；风量、风机和过滤按 05B P0 数据计算	[待确认-P0]
预留	依据冻结元件和扩展需求回填	[待确认-P1]

7.2 柜内布局图

功能分区示意，非尺寸/安装放行图	
进线/隔离/浪涌/漏电保护：规格与占位随总负载和场地	P0 冻结
充电桩、食品设备、电控/弱电分路：保护选型与热间距待校核	
安全与控制：安全接口、I/O、接触器和复位逻辑待联合风险评估	
电源与端子：数量、模位、预留、连接器和线槽按冻结回路表深化	
PE/屏蔽/等电位：按接地设计分区；不得与 N 混接	
进排风、过滤和测温：位置、数量与工作点按	05B 热设计冻结 P0

该图仅表达功能分区，不给出导轨坐标、柜体高度、风机数量或端子数量。Q0/Q1/Q11、充电使能执行元件、状态隔离模块、端子数量和热间距均有 P0 缺口；在原厂数据和 enclosure 位置冻结前，不得宣称元件已装得下。

布局结论：Kiosk 内不设置机器人 48 V PSU。充电桩作为原厂完整设备布置于其机械对接位置；电控柜只容纳经保护的 AC 分路、状态隔离与充电使能接口，充电桩本体按原厂 STEP 占位。

7.3 电控柜元件清单（BOM 扩展，供报价）

#	位号	名称	规格边界（不指定品牌）	数量	标注
1	Q0	主隔离/断路器	极数、额定电流、曲线与 Icu 按冻结后的整机功率、部署地短路容量选型，带辅助触点 1NO+1NC	1	[待确认-P0]
2	F0	SPD	Type 2, Un 275V, In 20kA(8/20μs), I _{max} 40kA, U _p ≤ 1.5 kV, 可插拔模块 + 遥信	1 套	[假设 A129]
3	F0b	SPD 后备保护	额定值与 Q0、场地短路容量及 SPD 厂家要求配合	1	[待确认-P0]
4	Q1	总漏电保护	极数、额定电流、类型、I _{Δn} 与延时按部署地及充电桩剩余电流特性做选择性设计	1	[待确认-P0]
5	Q11	充电桩分路保护	断路器 + 独立 RCD/RCBO; 曲线、额定、RCD 类型及 DC 剩余电流要求按原厂数据	1 套	[待确认-P0]
6	Q20	食品组主断路器	2P 32A C, 6 kA	1	Σ 食品峰值 6.0 kW/(220×0.9)= 30.3 A
7	Q30	电控组主断路器	2P 16A C	1	Σ 电控峰值 2.03 kW/(220×0.95)= 9.7 A
8	Q21	冰淇淋 RCBO	1P+N D16, 30 mA A 型	1	D 曲线因压缩机 LRA ≈ 5×I _r
9	Q22	爆米花 RCBO	1P+N C16, 30 mA A 型	1	阻性负载, C 曲线足够
10	Q23	饮料 RCBO	1P+N D10, 30 mA A 型	1	小压缩机
11	Q24	维护插座 RCBO	1P+N C10, 30 mA A 型	1	人身保护, A 型可测脉动直流剩余电流
12	Q31/Q32	IPC/显示 断路器	1P+N C10 × 2	2	LCD/开关电源浪涌 → C 曲线
13	Q33/Q34/Q35	灯光/控制/风机	1P+N C6 × 3	3	
14	—	预留断路器位	2P C16 + 空 8 模位	1	咖啡机扩展
15	KS	安全继电器	ISO 13849-1 Cat.3 / PL d 目标, 双通道输入、EDM、手动监控复位; 最终输出数与停止架构按 C 安全接口	1	[待确认-P0]
16	RSAFE/KD	机器人安全停止与充电使能接口	原厂认证安全输入适配、状态隔离、charge-enable 执行与反馈; 不得用普通软件 DO 替代安全停止	1 套	[待确认-P0]
17	K2	食品动力接触器	AC-1 25 A 2P, 线圈 24 VDC, 带强制导向辅助触点	1	
18	KA1-KA4	中间继电器	24 VDC, 2C/O 8A, 带指示灯与手动测试键, 插拔底座	4	
19	—	充电桩接口附件	原厂 AC 输入线束、PE、状态/使能连接器及应力释放件	1 套	[待确认-P0]

#	位号	名称	规格边界（不指定品牌）	数量	标注
20	G2	24V PSU 灯光	24VDC / 15A / 360W, 效率 ≥ 89%, 纹波 ≤ 100 mVpp	1	与控制分开避免灯带 PWM 串扰
21	G3	24V PSU 控制	24 VDC / 10 A / 240 W, 纹波 ≤ 50 mVpp, 带 DC-OK 干接点	1	[假设]
22	SA1	模式钥匙选择开关	3 位 AUTO/维护/清洗, 钥匙仅在 AUTO 位可拔, 2 组触点	1	[假设 A132]
23	S7	复位按钮	Ø22 蓝色带 24V LED, 1NO	1	
24	X1-X5	导轨端子排	UK5N × 24 (AC) / UK3N × 46 (DC/信号) / 橙色安全端子 × 16 / 预留 × 20, 配隔片、终端挡块、标记条	1 套	
25	PEB	PE 主接地排	Cu 25×3 mm, 12×M6, 带绝缘支架与标识	1	[确定 § 3]
26	—	线槽	PVC 齿形线槽 40×60 (动力) / 25×40 (信号) / 25×40 橙色 (安全), 带盖	1 套	
27	—	电 控 / 算 力 enclosure	位置、尺寸、板厚、防护、维护开门区与固定均待结构/热联合评审	1	[待确认-P0]
28	—	Enclosure 风机 + 过滤	数量、工作点、过滤与进排风位置按 05B 计算和样机测试冻结	1 套	[待确认-P0]
29	T1	Enclosure 温度传感器	型式、量程、精度和位置按所选器件温限冻结	1	[待确认-P0]
30	—	分路电流互感器	开合式 CT, 3 只 (充电桩/食品/电控组); 充电桩量程按最大输入电流冻结, Modbus 电量模块	1 套	[假设 A127] 能耗监控用
31	—	电控柜标识	位号标签、警告标志 (触电/高温/急停)、接线图袋、能量隔离点标识 (LOTO 挂锁孔)	1 套	[确定 GB/T 5226.1 § 16/ § 17]

7.4 LOTO（能量隔离）

- Q0 主隔离开关手柄带挂锁孔（可挂 3 把锁），OFF 位可锁定 — [确定 GB/T 5226.1 § 5.3]
- Q11 必须提供充电桩 AC 输入的可锁定隔离；按原厂规程验证断电后的触点残余电压
- 柜门内侧贴能量源清单：AC 进线 (Q0)、充电桩分路 (Q11)、DC 24V (G2/G3)、UPS 电池（独立 SW-UPS）、机器人自身电池、食品设备储能及压缩空气（若有）
- 明确标识：**Q0/Q11 不能隔离机器人自身电池**；机器人维护必须执行 C 的机载电池隔离/安全关机规程
- **UPS 电池必须有独立隔离开关**，否则断 Q0 后 IPC 仍带电 — 常见事故点，报价必须含

8. 合规与认证（报价须知）

标准	适用	状态
GB/T 5226.1 / IEC 60204-1	机械电气安全（本机为“带机器人的机械”）	主导标准 [确定]
ISO 13849-1	安全控制系统 PL 评定	PL d / Cat.3 [假设 A113]
GB 4706.1 / IEC 60335-1	食品设备家电安全（由设备商保证）	转嫁供应商 [待确认-P0]
IEC 61496-1/-2	安全光幕 Type 4	[假设 A113]
GB 17625.1	谐波电流（输入 > 75 W 的设备）	由 PSU/UPS 供应商保证
GB/T 17626 / IEC 61000-6-2/-6-4	EMC 抗扰度/发射（工业环境）	整机需做 [待确认-P1]
CCC	中国大陆销售	若部署地为中国 [待确认-P0]
CE (LVD + EMC + MD) / UKCA	欧洲	若出口 [待确认-P0]

标准	适用	状态
UL 60335 / cUL + FCC 15B + NSF	北美 (NSF 为食品接触)	若出口 [待确认-P0] NSF 认证周期长、费用高, 必须提前 6 个月启动

报价要求: 认证费用 (CCC/CE/UL/NSF)、EMC 整改预算、Type Test 样机数量, 单列 NRE。

9. 待确认清单 (本文档产生)

优先级	项	影响
P0	部署国家/地区 → 供电制式 (220/50 vs 110/60 vs 230/50)	全部线径、断路器、认证路线
P0	3 台食品设备真实型号 → 铭牌功率、启动电流、插头型式、是否需水电分离	Power Budget 主要不确定项 (占 65% 功率)
P0	充电桩数据表: AC 输入制式、额定/峰值/浪涌/ PF/谐波、RCD 类型、输出、触点防护/残压/温升、PE 等级、原厂线束	阻塞 L1、Q0/Q1/Q11、进线、报装、热设计、BOM 与 FAT
P0	present/docked/charging/full/fault 与 charge-enable 的接口电平/协议、真值表、失线状态和刷新时间	阻塞 I/O、电气原理图、状态机与故障联锁
P0	机器人认证安全输入、SAFE_STOPPED 反馈、停止类别/最坏时间/PL, 以及自身电池隔离规程	阻塞安全回路、门锁时序与 LOTO
P0	工作位和充电位的关系、WORK_POSITION_VALID 来源与容差	禁止默认 docked 即可工作; 阻塞运动使能与安全验证
P1	场地可提供的进线容量与到 Kiosk 的走线长度	是否需要负载互锁排程及最终压降校核
P0	电控/算力 enclosure 的位置、尺寸、固定、维护包络、散热和线束路径	阻塞结构、电气布局、线束长度与热验证
P1	是否需要第 3 个急停 S2b	安全评估
P1	86" 屏信号走线 6.5 m: HDMI 有源线 vs HDBaseT	成本与可靠性
P2	分路能耗计量是否为运营刚需	CT + Modbus 模块可省
P2	是否需要预留咖啡机回路	已按预留报, 可删

本版基线: 麦克纳姆轮机器人无固定安装底座, 也不由 Kiosk 固定 48 V 供电; Kiosk 只集成原厂独立落地充电桩。中央入口底轨 0, 禁止电缆、线槽或接地带跨越机器人连续地面。Dock 不等于工作位。充电桩 P0 数据冻结前, 整机总功率、Q0/Q1/Q11、进线与报装容量均不得发布为采购定值。

05B - 热设计 / 风道 / 隔热 / 过温保护

> **文档状态:** V1.2-Concept, 仅供接口评审与报价, 不得热设计放行。> **输入来源:** 05_Electrical_SingleLine_and_Power_Budget.md 与 Power_Budget.csv。食品设备、工作机器人、充电桩以及电控安装位置均有 P0 缺口, 因此当前没有整机热 PASS 结论。

1. V1.2 空间约束

- 工作机器人为麦克纳姆轮落地移动平台, 无固定安装底座; Kiosk 只集成独立落地充电桩。- 后入口 x=2100..2900, 净宽 800 mm; 底轨、门槛、坡道及内外完成面高差严格为 0。- 650 mm 连续静态走廊须从后入口连到工作位, 再连到 Dock 候选接近区。- 三台食品设备位于独立落地 plinth, 操作面朝 -Y, 前沿 y=1590, 岛顶 z=900..902。- 冰淇淋岛 x=640..1260; 饮料岛 x=1420..1940; 爆米花岛 x=3110..3810。冰淇淋岛至饮料岛净距 160 mm, 饮料岛至开启门扇静态净距 150 mm; 冰淇淋岛至爆米花岛净距 1850 mm, 爆米花岛至开启门扇及右内界静态净距各 200 mm。- 不存在连续下部设备仓或连续工作台。风管、格栅、冷凝水管、线槽和传感器不得跨越或凸出机器人连续地面。

2. 当前热输入状态

| 热源 | 当前可用输入 | 状态 | | | | | 三台食品设备 | Power_Budget.csv 中有概念额定/峰值功率 | 型号、效率、排热量、风向、允许环境温度均 [待确认-P0] | | IPC/GPU/UPS/网络/控制 | 有候选功耗 | 实物型号和安装 enclosure 的位置/尺寸 [待确认-P0] | | 两块大屏与点单屏 | 有候选功耗 | 型号、实际功耗和厂商通风要求 [待确认-P1] | | 灯光 | 有候选功耗 | LED/驱动型号、分布和调光占空比 [待确认-P1] | | 工作机器人 | 工作与充电时发热、温度限值未知 | [待确认-P0] | | 充电桩 | 输入/输出、效率、触点损耗、冷却方向和温限未知 | [待确认-P0] |
Power_Budget.csv 的 5.60 kW 额定、8.43 kW 理论峰值和 3.910 kW 运行值只是不含充电桩的候选负载小计，也包含尚未冻结的食品设备假设。它们不能证明整机排热能力，也不能作为最终风机、风口或空调选型值。

3. 分区原则

3.1 三个独立设备岛

每个 plinth 独立处理进风、排风、隔热、冷凝水和泄漏围控。不得借用相邻岛形成串联风道，不得以跨地面风管把三岛连接起来。

供应商须对每台设备提供：

1. 原厂额定/峰值输入功率、排热量或效率曲线。2. 进排风面、最小净空、最大背压和允许进风温度。3. 正常/启动/故障/清洁状态的热边界。4. 冷凝水量、排水接口和泄漏工况。

5. 可触表面温限及维护时的残余热风险。

风口优先布置在各岛后侧或不朝向机器人走廊的一侧。若必须上排风，应沿上部结构走管；不得在 650 mm 地面走廊设置落地风道、软管或盖板。

3.2 电控与算力 enclosure

当前 CAD 没有受控的下部电控仓。电控柜/IPC enclosure 的安装位置、外形、固定、维护开门区和散热路径均为 [待确认-P0]。候选位置必须同时满足：

- 不侵入后入口、650 mm 走廊、工作位旋转包络或 Dock 候选接近区；- 与食品设备湿热/油汽隔离；- 维护时不要求在机器人路径上铺设临时电缆或拆除地面构件；- 进排风不互相短路，并满足所选器件的进风温度与防护等级。

在 enclosure 位置冻结前，不得发布固定柜体尺寸、固定风机数量或“可装入”的结论。

3.3 充电桩

M4_robot_charging_dock_ref 只是几何参考体。真实桩体的效率、触点损耗、冷却方式、进排风面、环境降额和表面温限齐套前，Dock 热设计保持 BLOCKED-P0。

Dock 风道和线束不得改变落地移动属性，不得形成机器人底座，也不得把 Dock 位置推导为固定工作位。

3.4 工作舱空气

是否需要舱体总排风、局部捕集或场地 HVAC 补偿，取决于三台设备实际排热/湿负荷、人员可触温度、玻璃表面结露和部署场地条件。当前不指定捕集罩尺寸、固定风口面积或固定换气量。

4. 计算方法

P0 数据齐套后按最坏同时运行时序建立热平衡，而不是简单相加铭牌峰值。至少计算：

```text  
Q\_zone = sum(Q\_device\_to\_zone) + Q\_solar + Q\_adjacent - Q\_exhausted\_directly  
Vdot\_sensible = Q\_zone / (rho\_air \* cp\_air \* DeltaT\_allowable)

Q\_condensing = m\_dot\_water \* h\_fg + sensible\_terms ```

计算报告必须列明：每个输入的来源和版本、占空比/同时性、海拔与环境温度、过滤器脏堵降额、风管压损、风机工作点、进排风短路风险及测量不确定度。

任何仅用自由风量相加、未考虑系统阻力的风机选型均不接受。

### ## 5. 隔热与防烫

- 爆米花设备与相邻结构的隔热材料、厚度和净距由真实表面温度、维护状态和可触风险评估决定；当前不发布固定距离。- 制冷设备的冷凝排风必须直接导离其进风侧，不能排入电控 enclosure 或另一设备的进风区。- 食品接触区域材料需满足部署地法规、可清洁性和清洁剂兼容性。- 线缆温度等级、隔热层阻燃等级和可触表面温限随真实温度与部署法规冻结。

### ## 6. 监测与保护

建议测点功能如下，具体传感器、数量和阈值在样机热测试后冻结：

| 测点组 | 位置/目的 | 当前状态 | | | | | E | 电控 enclosure 进风、排风、器件热点 | enclosure P0 后布点 | | I | 冰淇淋岛进风、排风、冷凝器热点、冷凝水区 | 设备 P0 后布点 | | D | 饮料岛进风、排风、压缩机/泵热点 | 设备 P0 后布点 | | P | 爆米花岛进风、排风、可触表面、局部捕集 | 设备 P0 后布点 | | R | 机器人工作环境与机载热状态 | C 方接口 P0 | | K | 充电桩外壳、触点、线缆端接和进排风 | Dock 原厂限值 P0 | | A | 舱内环境、玻璃结露与场地进风 | 场地条件 P0 |

保护必须分层：设备原厂保护为第一层；独立硬件过温/烟雾/漏水连锁为第二层；IPC 告警和运营降载为第三层。软件告警不得替代要求安全完整性的硬件保护。  
所有阈值必须来自器件额定、设备供应商限值或风险评估。当前不使用固定温度阈值作为制造放行值。

## 7. FAT 热验证

热测试至少覆盖：

1. 三设备最坏允许同时运行时序。
2. 机器人工作循环与最大允许充电工况分别测试。
3. 过滤器清洁与规定脏堵状态。
4. 部署环境上限或经批准的等效环境舱条件。
5. 所有 enclosure 关闭、门/玻璃处于正常运营状态。
- 6.

设备启动、稳态、停机热浸和故障保护动作。

记录原始温度、功率、风量/压差、设备状态和时间戳。只有当全部测点低于各自已冻结限值、保护动作正确、玻璃无不可接受结露、冷凝水不进入机器人地面，并且重复试验一致时，才能判定热 Gate PASS。

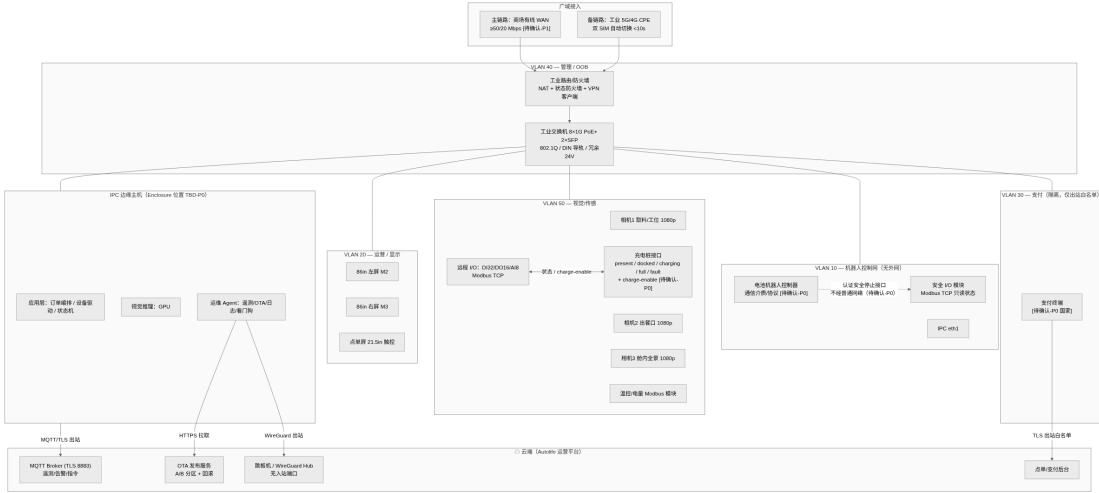
## 8. 放行状态

| 项 | 当前结论 | | — | | 不含 Dock 的候选负载清单 | 可用于追踪，不是热放行值 | | 三设备岛风道/隔热 | BLOCKED-P0 | | 电控 enclosure 位置和散热 | BLOCKED-P0 | | 工作机器人热边界 | BLOCKED-P0 | | 充电桩与触点热边界 | BLOCKED-P0 | | 整机热设计 | BLOCKED-P0 |  
静态机器人通道 Gate 即使通过，也不代表热设计通过；热设计通过也不代表 IK、动态碰撞或自主对接通过。

# 06 — 电子系统架构 / 算力 / 网络 / 控制 / 传感 / 支付 / UPS / 远程运维 **AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1 — Rev B / V1.2-Concept**

> 读者：Kiosk OEM 的电控/弱电工程与报价人员，以及 Autolife 软件/云团队。> 标注规则：[确定] / [假设] / [待确认 - P0/P1/P2]。所有算力、带宽、容量均给出推导。> 不指定厂商型号：全部以「规格边界」表述，OEM 按边界选型报价，Autolife 后续冻结具体型号。> 设备清单见同目录 06\_Electronics\_BOM.csv。功率与热数据必须与 05\_ELECTRICAL/ 两份文档一致。

1. 系统总览



架构红线 [确定] 1. 安全功能不过网络：急停/门连锁/光幕全部硬线到安全继电器（见 05 § 4）。网络只做状态上报，不做安全控制。2. 机器人控制网 (VLAN 10) 不通外网：无默认网关，IPC 双网卡跨接，路由策略明确禁止转发。3. 支付网 (VLAN 30) 单向出站白名单：仅允许到支付网关域名/IP 的 443/TLS，禁止内网横向访问。4. 对接判定不得单点化：导航到每张地图的 dock\_pose=[x,y,yaw] 只代表到位候选；必须再由 docked/charging 接触状态确认真实充电。WORK\_POSITION\_VALID 独立于 docked，不得默认充电位就是工作位。5. 电子设备不占机器人地面：当前 CAD 没有连续下部设备仓。IPC、电控、UPS 和维护口

的 enclosure 位置为 [待确认-P0]，不得侵入后入口、650 mm 连续通道、工作位或 Dock 候选接近区；线缆不得跨地面形成凸起。

## 2. 算力需求推导与 IPC/GPU 选型

### 2.1 三类工作负载分别需要什么

#### (a) 视觉识别

相机配置 [假设 A126]：

CAM1 取料/工位监视 1920×1080 @ 30 fps → 推理抽帧至 15 fps  
CAM2 出餐口/取餐检测 1920×1080 @ 30 fps → 推理抽帧至 10 fps  
CAM3 舱内全景/安全辅助 1920×1080 @ 30 fps → 推理抽帧至 5 fps  
推理总帧率 = 15 + 10 + 5 = 30 fps

检测模型（占位规格）：YOLO 系列 m 级，输入 640×640

单帧计算量 ≈ 79 GFLOPs（YOLOv8m 公开值，作为规格边界基准）[假设 A126]  
推理算力需求 = 30 fps × 79 GFLOPs = 2.37 TFLOPS（理论）

实际 GPU 利用率经验值 20~30%（受 batch=1、预处理、内存带宽限制）[假设 A144]

→ 所需 GPU 峰值算力 = 2.37 / 0.25 = 9.5 TFLOPS（FP16）

加项：

- + 偶发调用的食品外观质检 VLM/分类模型（每单 1~2 次，约 +2 TFLOPS 均摊峰值）
- + 视频解码：3 路 1080p H.264 解码 → 走 GPU 硬解码单元 NVDEC，不占 SM
- + 后续留 2× 扩展余量（增加相机 / 换更大模型）

→ 【GPU 算力边界】≥ 30 TFLOPS FP16（Tensor Core），≥ 8 GB VRAM

#### (b) 机器人控制

已知基线：机器人自带电池与控制器，Kiosk 不向机器人固定直供 48 V，只集成原厂充电桩。  
控制通信介质、协议和实时职责边界尚未冻结 [待确认-P0]；当前不发布具体采购接口。

对接状态链：

- ① 导航到当前地图的 dock\_pose → `DOCK\_POSE\_REACHED`（仅候选）
- ② 机器人/充电桩感知确认机械对接 → `DOCKED`
- ③ 充电控制器确认触点/电流成立 → `CHARGING`
- ④ `WORK\_POSITION\_VALID` 由独立定位合同产生；是否可映射到 DOCKED [待确认-P0]

IPC 侧负担：

- 任务编排状态机（取杯→取料→出料→递送→归位）：< 1% CPU
- 轨迹/位姿校验与视觉引导闭环：10~20 Hz，需 2 个 CPU 核心稳定预留
- 机器人通信 + 安全/对接状态采集：1 核预留 [假设]
- 通信周期、抖动与 CPU 隔离需求须随 C 的接口数据冻结 [待确认-P0]

→ 【CPU 预留】≥ 4 核专供机器人/控制链路

★ 若 Autolife 后续要求 IPC 承担关节级实时控制，则必须改为 PREEMPT\_RT 内核 + 独立实时网卡，

IPC 规格与成本显著上升。\*[待确认-P0：机器人控制职责边界]\*\*

#### (c) 点单系统 + 数字标牌

- 点单 UI（21.5" 触控，本地 Web/Electron）：1 核 + 1 GB
- 订单/支付状态机 + 本地数据库（SQLite/Postgres 轻量）：1 核 + 2 GB

- 断网离线缓存  $\geq 50$  单 [确定], 本地队列 + 恢复后补传
- 数字标牌:  $2 \times 86"$  显示, 分辨率  $3840 \times 2160@60$  [假设 A135]
  - 若播放 4K HEVC 视频  $\rightarrow$  2 路硬解码 (NVDEC 可同时解 8+ 路 4K), GPU 占用  $< 10\%$
  - 需要 GPU \*\*至少 3 个独立显示输出\*\* ( $2 \times 4K$  signage +  $1 \times$  点单屏 1080p)
  - 若 GPU 输出不足 3 路  $\rightarrow$  加 1 张廉价显卡或用 DP MST 分配器 [待确认-P1]

$\rightarrow$  【CPU 预留】 $\geq 3$  核 ; 【内存】 $\geq 8$  GB ; 【显示输出】 $\geq 3$  路, 其中 2 路 4K60

## 2.2 IPC 选型规格边界

| 项    | 规格边界 (最低要求)                                                                                   | 推导来源                                            | 标注                |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|
| CPU  | $\geq 8$ 核 / 16 线程, 基频 $\geq 2.5$ GHz, TDP $\leq 65$ W                                        | 4(机器人) + 3(点单/标牌) + 1(系统/运维) = 8 核              | [假设 A115]         |
| 内存   | $\geq 32$ GB DDR4/DDR5, 支持 ECC 优先                                                             | 8(应用) + 8(视觉预处理缓冲) + 8(OS/容器) + 8 余量            | [假设 A115]         |
| GPU  | $\geq 30$ TFLOPS FP16, $\geq 8$ GB VRAM, TDP $\leq 140$ W, 单槽或双槽, $\geq 3$ 路显示输出, 含 NVDEC 硬解码 | § 2.1(a)(c)                                     | [假设 A115]         |
| 存储   | $\geq 1$ TB NVMe (工业级 / 3D TLC, DWPD $\geq 1$ ) + 可选第二块做镜像                                    | 见下方容量推导                                         | [假设 A115]         |
| 网卡   | $\geq 2 \times 1$ GbE (eth0 上联交换机 trunk, eth1 作为隔离机器人控制接口预留), 支持 VLAN tag                     | 若机器人采用有线 Ethernet 可直连 VLAN 10; 无线/其他总线时 eth1 保留 | [假设, 接口待确认-P0]    |
| 串口   | $\geq 2 \times$ RS485/RS232 (隔离型), 用于食品设备与支付终端                                                | 04_Equipment_ICD 控制接口                           | [确定]              |
| USB  | $\geq 4 \times$ USB3.0 (触控屏、扫码枪、支付终端、维护 U 盘)                                                  |                                                 | [假设]              |
| 工作温度 | 候选器件目标 $-10 \sim +50$ °C; 允许进风温度按最终 IPC/GPU 规格和 enclosure 热测试冻结                               | 候选选型边界                                          | [假设 A115, 待确认-P0] |
| 供电   | ATX 500 W 80+ Gold 或 DC 24V 宽压输入                                                              | GPU 140W + CPU 65W + 余量                         | [假设 A115]         |
| 看门狗  | 硬件 WDT, 超时自动重启                                                                                | 无人值守必需                                          | [确定]              |
| 远程管理 | 带外管理 (IPMI/vPro/BMC) 优先, 可远程重启与看 BIOS                                                         | 无人值守场景, 一次现场出车成本 > BMC 差价                       | [假设 A145] 强烈建议    |
| 机箱   | 2U/4U 或 壁挂式 候选; 安装 enclosure、朝向、维护抽出区均 TBD-P0                                                 | 当前 CAD 未包含电控/算力 enclosure                       | [待确认-P0]          |
| 实测功耗 | 平均 320 W / 峰值 500 W (AC 侧, 含 PSU 效率)                                                          | 05 § 2.2 L5                                     | [假设 A115]         |

## 存储容量推导

OS + 应用 + 模型  $\approx 60$  GB  
 本地订单数据库 ( $200$  单/日 [假设 A14]  $\times 3$  年  $\times 2$  KB/单 + 图片证据)  $\approx 40$  GB  
 事件视频 (不做 24h 连续录像, 只存“异常/取餐/投诉”片段)  
   每单存 1 段 15 s @ 1080p 4 Mbps = 7.5 MB  
    $200$  单/日  $\times 7.5$  MB  $\times$  保留 30 天 = 45 GB  
 异常事件另留  $\approx 50$  GB  
 日志与遥测本地缓冲 (断网 7 天)  $\approx 20$  GB  
 模型版本 A/B 双分区 + OTA 暂存  $\approx 80$  GB  
 系统余量 30%  $\approx 100$  GB  
 合计  $\approx 395$  GB  $\rightarrow$  取 1 TB (留  $2.5 \times$  余量, 且 SSD 保持  $\geq 50\%$  空闲以维持写寿命) ✓

★ 如果改成 24h 连续录像 (3 路 1080p 2 Mbps × 30 天) = 1.94 TB, 单机存不下  
→ 【设计决策】不做本地连续录像, 只做事件录像; 连续录像需求走独立 NVR [待确认-P1 运营]

### GPU 显存推导

YOLO m 级 FP16 权重 ≈ 0.05 GB  
推理激活 + batch 缓冲 (3 路) ≈ 1.5 GB  
VLM 质检模型 (若用 2B 级 INT8) ≈ 2.5 GB  
视频解码缓冲 3 路 1080p + 2 路 4K 输出帧缓冲 ≈ 2.0 GB  
CUDA context / 碎片 ≈ 1.0 GB  
合计 ≈ 7.05 GB → 【≥ 8 GB】✓ 若后续换 7B 级 VLM 则需 ≥ 16 GB [待确认-P1 软件路线]

## 3. 网络架构

### 3.1 VLAN 划分

| VLAN | 名称       | 网段 (占位)       | 成员                                         | 出网策略                                   | 理由                                        |
|------|----------|---------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 10   | 机器人控制    | 10.10.10.0/24 | 机器人控制器 (若采用 Ethernet)、安全 I/O 状态模块、IPC 隔离接口 | <b>无网关, 不出网</b>                        | 机器人控制接口不得经运营网或公网; 实际介质 [待确认-P0]           |
| 20   | 运营/显示    | 10.10.20.0/24 | 2×86" 屏 (若为智能屏)、点单屏、IPC eth0.20            | 出站 HTTPS 到 Autolife 内容/订单域名白名单         | 广告内容更新需要外网, 但不得访问机器人网                     |
| 30   | 支付       | 10.10.30.0/24 | 支付终端                                       | <b>仅出站</b> TLS 443 到支付网关白名单, 禁止一切入站与横向 | PCI-DSS 网络分段要求; 即使不做 PCI 认证也应隔离 [假设 A119] |
| 40   | 管理 / OOB | 10.10.40.0/24 | 交换机、路由器、IPC BMC/IPMI                       | 仅 WireGuard 隧道内可达                      | 运维通道, 永不暴露公网                              |
| 50   | 视觉/传感    | 10.10.50.0/24 | 3×相机、远程 I/O、温控/电量 Modbus 模块                | <b>不出网</b> , 仅 IPC 可访问                 | 网络相机是常见入侵入口, 必须隔离                         |

- IPC 通过 **eth0 trunk (携带 VLAN 20/40/50) + eth1 access (VLAN 10)** 双网卡接入
- **VLAN 10 与 eth0 之间由 Linux 内核路由转发关闭 (net.ipv4.ip\_forward=0) + nftables 显式 DROP**, 不依赖单一措施 [确定]
- 管理地址、SSID、默认口令 **出厂逐机唯一**, 不得全批次相同 [确定 安全基线]

### 3.2 交换机选型边界

| 项      | 规格边界                                                                                  | 标注             |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 端口     | ≥ 8 × 10/100/1000 Base-T + 2 × 1G SFP, 其中 ≥ 4 口支持 PoE+ (802.3at 30 W), PoE 总预算 ≥ 60 W | [假设 A116]      |
| PoE 用途 | 3 × 网络相机 (各 ≤ 12 W) + 1 × 备用 (Wi-Fi AP 或第 4 相机) = 48 W, 留 25% 余量 → 60 W               | 推导             |
| 管理     | <b>网管型</b> , 支持 802.1Q VLAN、端口隔离、镜像、SNMPv3、LLDP; 支持 Web + CLI                         | [确定 § 3.1 前提]  |
| 供电     | <b>冗余 24 VDC 双输入</b> (接 24V 控制 PSU + UPS 侧 24V), DIN 导轨安装                             | [假设 A116]      |
| 环境     | 工作温度 <b>-10 ~ +60 °C</b> , 无风扇                                                        | [确定 05B]       |
| 功耗     | ≤ 15 W (不含 PoE 输出)                                                                    | 计入 05 § 2.2 L8 |
| 其他     | 支持环网/RSTP (V1 用不到, 为多机联动预留); 带告警干接点输出                                                 | [假设 A116]      |



### 3.3 广域链路备份

| 项     | 主链路                                                                        | 备链路                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 型式    | 商场提供有线 WAN (RJ45 或光纤转以太)                                                   | 工业 5G/4G CPE 或路由内置 5G 模块                       |
| 带宽要求  | $\geq 50 \text{ Mbps}$ 下 / $20 \text{ Mbps}$ 上                             | $\geq 20 \text{ Mbps}$ 下 / $10 \text{ Mbps}$ 上 |
| SIM   | —                                                                          | 双 SIM 双运营商 (主备自动切换), 防单运营商基站故障 [假设 A118]       |
| 切换    | 主链路探测失败 (连续 3 次 ICMP+TCP 双探测, 间隔 2 s) $\rightarrow$ 切换 $\leq 10 \text{ s}$ | [假设 A118]                                      |
| 回切    | 主链路恢复并稳定 60 s 后回切, 防振荡                                                     | [假设 A118]                                      |
| 天线    | 5G 外置双天线候选; 安装位置须在当前结构上完成材料、接地、维护与场强实测后冻结, 不得假定顶冠内存在非金属安装区 [待确认-P1 场地]     |                                                |
| Wi-Fi | 仅维护用, 默认关闭; 按 SA1 钥匙开关“维护”档才启用, WPA3, 15 min 无连接自动关                        | [假设 A118] 安全考量                                 |

### 带宽推导

上行 (Kiosk  $\rightarrow$  云):

遥测 MQTT:  $50 \text{ 点} \times 1 \text{ Hz} \times 40 \text{ B} \approx 16 \text{ kbps}$

订单/支付回执:  $200 \text{ 单/日}$ , 忽略

事件视频上传:  $7.5 \text{ MB/单} \times 200 \text{ 单/日} / 86400 \text{ s} = 17 \text{ kbps}$  平均, 但突发需  $\geq 5 \text{ Mbps}$

远程运维 (VNC/SSH/日志): 突发  $\leq 10 \text{ Mbps}$

$\rightarrow$  上行  $20 \text{ Mbps}$  满足, 5G 备份链路上行  $10 \text{ Mbps}$  时需降级 (事件视频延迟上传)

下行 (云  $\rightarrow$  Kiosk):

广告/菜单内容同步:  $2 \times 4\text{K}$  素材, 每日增量  $\sim 2 \text{ GB}$ , 夜间窗口  $4 \text{ h} \rightarrow 1.2 \text{ Mbps}$  平均

OTA 包: IPC 应用  $500 \text{ MB}$  + 模型  $2 \text{ GB}$ , 月度, 允许  $2 \text{ h}$  下载  $\rightarrow 2.8 \text{ Mbps}$

$\rightarrow$  下行  $50 \text{ Mbps}$  充裕; 备链路  $20 \text{ Mbps}$  下 OTA 需  $\sim 4 \text{ h}$ , 可接受 (夜间执行)

### 3.4 断网降级行为 [确定 Brief § 7 「网络中断恢复」]

| 断网时长                               | 行为                                                     |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| $< 30 \text{ s}$                   | 无感知, 本地队列缓冲, 切备链路                                      |
| $30 \text{ s} \sim 10 \text{ min}$ | 继续接单 (若支付终端可离线授权; 否则仅接受已预付/会员码); 本地缓存 $\geq 50$ 单 [确定] |
| $10 \text{ min} \sim 2 \text{ h}$  | 继续出餐, 点单屏提示“网络较慢”; 遥测本地落盘                              |
| $> 2 \text{ h}$                    | 停止接单 (无法核销支付), 屏显“暂停服务”, 灯带黄色; 机器人完成在制订单后 IDLE         |
| 恢复                                 | 按时间戳顺序补传遥测/订单/事件视频, 限速 $\leq 50\%$ 带宽避免压垮链路            |

## 4. 控制器与 I/O 清单

### 4.1 控制层级

第 0 层 硬件安全层 (不可被软件旁路)

安全继电器 KS (Cat.3/PL d目标)  $\leftarrow$  急停 $\times 2\sim 3$  / 门连锁 $\times 3$  / 光幕

$\rightarrow$  机器人认证安全停止接口 + 撤销充电使能 + K2 (食品动力) [机器人/dock接口待确认-P0]

保护链继电器  $\leftarrow$  过温 L3 / 烟感 / 漏水  $\rightarrow$  机器人安全停止/撤销充电使能 + 断 K2 + 关水阀

【见 05\_ELECTRICAL §4, 本文不重复】

第 1 层 现场 I/O 层 (Modbus TCP, VLAN 50)

远程 I/O 模块: DI 32 / DO 16 / AI 8 (可分体; DI25~32 预留给机器人/dock状态)

温控/电量采集模块

## 第 2 层 编排层 (IPC 应用)

订单状态机 / 设备驱动 / 视觉 / 排程 (含最终场地容量下的负载管理, 见 05 §2.4)

## 第 3 层 云层

运营后台 / 远程运维 / OTA / 告警

### 4.2 数字量输入 DI (32 点, 24 VDC 源型, 光耦隔离)

| #       | 信号                           | 用途                           |
|---------|------------------------------|------------------------------|
| DI01-03 | 急停 S1/S2/(S2b) 状态 (辅助触点, 只读) | 上报, 不参与安全逻辑                  |
| DI04-06 | 门连锁 S3/S4/S5 状态 + 电磁锁到位      | 上报 + 允许”维护模式”                |
| DI07    | 安全光幕 OSSD 状态 (辅助)            | 上报                           |
| DI08    | 安全继电器输出状态                    | 上报                           |
| DI09-10 | 预留安全接口反馈                     | 机器人/dock 安全接口冻结后分配 [待确认-P0]  |
| DI11    | K2 接触器反馈 (强制导向 NC)           | 触点粘连检测                       |
| DI12    | 复位按钮 S7                      | 事件记录                         |
| DI13-15 | SA1 模式选择开关 AUTO/维护/清洗        | 模式切换                         |
| DI16    | 取餐口红外/光电 (有物检测)              | 判断顾客是否取走                     |
| DI17    | 取餐门到位 (若有电动门)                | [待确认-P1 是否设电动取餐门]            |
| DI18-20 | 3 台食品设备”就绪/故障”干接点            | [待确认-P0 随设备型号]               |
| DI21    | 漏水绳报警 (并联硬线, 软件同时读)          | 告警                           |
| DI22    | 烟感报警 (并联硬线)                  | 告警                           |
| DI23    | UPS 市电失电信号                   | 触发有序停机流程                     |
| DI24    | 预留                           |                              |
| DI25    | ROBOT_PRESENT                | 机器人进入 Kiosk 管控区域; 失线按 0 处理   |
| DI26    | DOCKED                       | 机械/感知对接确认; 不得由导航位姿单独生成       |
| DI27    | CHARGING                     | 原厂充电控制器确认充电接触与电流成立           |
| DI28    | CHARGE_FULL                  | 原厂充电完成状态                     |
| DI29    | DOCK_FAULT                   | 充电桩故障; 失线默认置 1 或等效安全故障态      |
| DI30    | WORK_POSITION_VALID          | 工作位定位有效; 独立于 DOCKED [待确认-P0] |
| DI31    | ROBOT_SAFE_STOPPED           | 机器人认证安全反馈; 电气规格/PL [待确认-P0]  |
| DI32    | CHARGE_ENABLE_FB             | 充电使能执行元件/原厂控制器反馈             |

DI25~32 是逻辑信号名。若充电桩提供现场总线而非干接点, 应通过隔离网关映射同一语义并保留断线诊断; 安全停止与 ROBOT\_SAFE\_STOPPED 仍不得依赖普通 Modbus/软件网络。

### 4.3 数字量输出 DO (16 点, 24 VDC 继电器/晶体管输出)

| #       | 信号                               | 用途        |
|---------|----------------------------------|-----------|
| DO01    | 进水电磁阀 (常闭型, 通电开)                 | 失电即关水, 安全 |
| DO02-04 | 3 台食品设备”启动/出料”指令 (干接点或 RS485 替代) | [待确认-P0]  |
| DO05    | 电磁门锁解锁 (维护模式下)                   | 门禁        |
| DO06    | 蜂鸣器/声光报警器                        | 故障提示      |

| #       | 信号                           | 用途                                                         |
|---------|------------------------------|------------------------------------------------------------|
| DO07-09 | 灯带场景控制（IDLE/制作中/取餐/告警）→ 到灯控器 | 亦可走 DMX/SPI                                                |
| DO10    | 取餐口照明                        |                                                            |
| DO11-14 | 热管理输出预留                      | 实际风机/风阀/局部捕集数量、分区、延时和失效状态按 05B 热设计与设备原厂数据冻结；当前不锁定四路用途      |
| DO15    | 显示屏电源控制（夜间关机省电，继电器）          | 节能                                                         |
| DO16    | CHARGE_ENABLE 请求             | 仅通过原厂允许的使能接口；DOCKED=1、DOCK_FAULT=0 且状态真值表一致才允许置位，不能替代安全撤能链 |

#### 4.4 模拟量输入 AI（8 点，4–20 mA / PT100 混合）

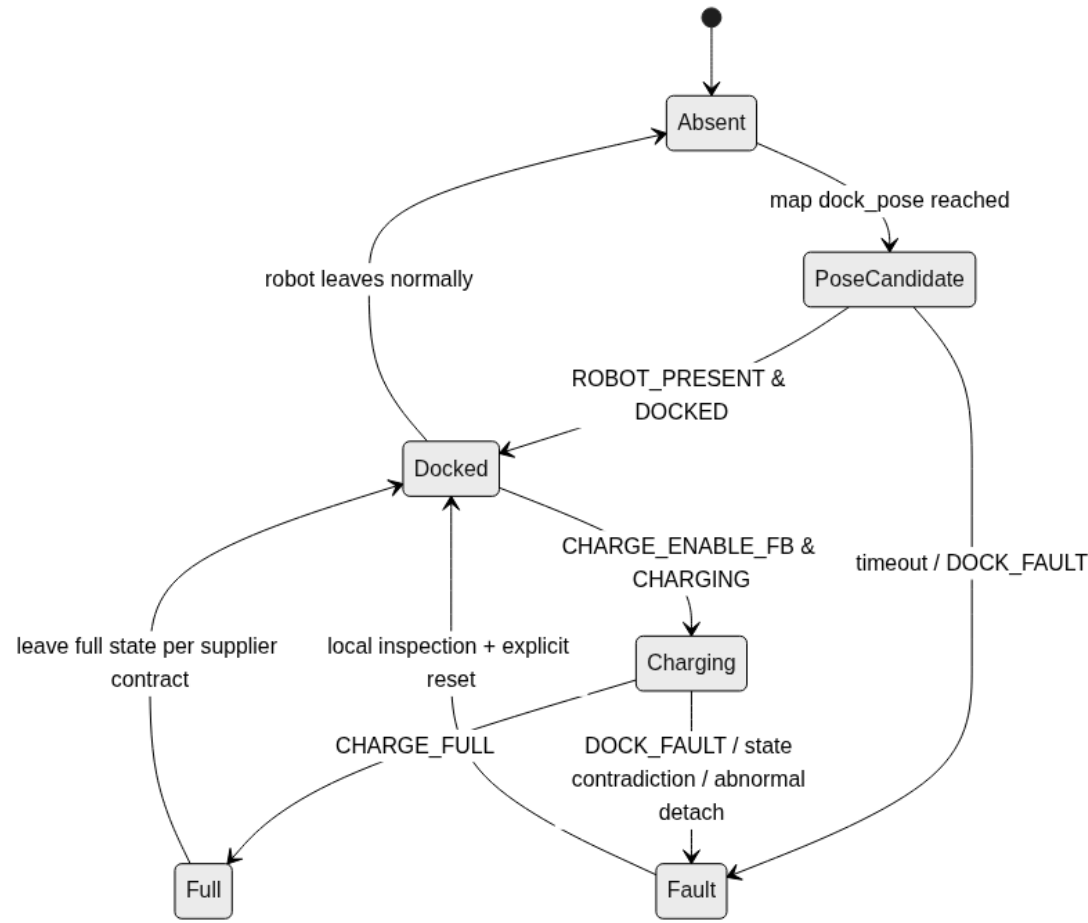
| #       | 信号                         | 量程/精度                                               | 参见                                 |
|---------|----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|
| AI01-05 | 温度/过程量输入预留                 | 通道型式、测点映射、量程、精度和阈值按 05B 测点组、食品设备数据与法规冻结；不足时使用隔离扩展模块 | [待确认-P0]                           |
| AI06    | 液位 1 — 冰淇淋浆料               | 电容/超声，0~100%                                        |                                    |
| AI07    | 液位 2 — 饮料糖浆                | 同上                                                  |                                    |
| AI08    | 排水箱/废液箱液位（对应 A67 未列件，本包补列） | 浮球或电容式，高位报警                                         | 溢流保护；玉米余量改由称重模块经 Modbus 上报，不占 AI 点 |

IPC/GPU、显示和其他数字温度测点可由器件总线或隔离采集模块接入，具体点数与编号在热测点计划冻结后生成。风机转速反馈路数随最终热设计确定，当前不设固定路数。

#### 4.5 串行/总线接口

| 接口                     | 用途                          | 标注                                          |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|
| RS485 #1（隔离）           | 3 台食品设备状态/指令（Modbus RTU 多点） | [待确认-P0 设备是否支持 RS485]                       |
| RS485 #2（隔离）           | 温控/电量模块（若不走 Modbus TCP）     | 备选                                          |
| 机器人控制通信                | Ethernet / CAN / 无线或其他原厂接口  | [待确认-P0]；不得用固定线束妨碍离桩运动                      |
| 充电桩状态/使能               | DI/DO 干接点或原厂现场总线            | [待确认-P0]；必须映射五状态 + enable/feedback，并定义失线默认态 |
| RS232 / USB-CDC        | 支付终端                        | [待确认-P0]                                    |
| USB                    | 扫码模组（一维/二维，用于会员码/优惠券）       | [假设]                                        |
| DMX512 或 SPI（WS28xx 类） | M7 可寻址灯带控制                  | [待确认-P2 灯带协议，见 07_CMF]                      |

4.6 充电桩状态机与使能联锁



| 规则                                                         | 强制行为                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DOCK_POSE_REACHED=1 但 DOCKED=0                             | 只允许按机器人对接策略重试/重新定位；不得开启充电                                                                                                                       |
| CHARGING=1 时 ROBOT_PRESENT=0、DOCKED=0 或 CHARGE_ENABLE_FB=0 | 状态矛盾：立即撤销 charge-enable，锁定 DOCK_FAULT，停止接单并记录全部边沿                                                                                               |
| DOCK_FAULT=1 或任一 dock 状态通信失线                               | charge-enable 保持 0；禁止自动复位                                                                                                                       |
| 机器人作业动作使能                                                  | 必须同时满足安全链健康、ROBOT_PRESENT=1、WORK_POSITION_VALID=1、DOCK_FAULT=0；工作时允许 DOCKED/CHARGING 的组合由 P0 合同冻结。回桩/重新定位使用独立受控模式，不以 WORK_POSITION_VALID 作为启动前提 |
| 充电中异常脱离                                                    | 原厂控制器负责快速去能/防电弧；Kiosk 同时请求机器人安全停止、终止在制订单并进入人工检查状态                                                                                               |

dock\_pose 来自地图配置，只能说明导航目标；实际充电接触必须由机器人/充电桩感知与 CHARGING 电气状态双确认。所有超时、去抖时间、状态合法组合与恢复条件由 C 和充电桩供应商在 P0 真值表中冻结。

## 5. 传感器清单

| 类别        | 编号                      | 规格边界                                                                                                                                 | 数量       | 安装位置                           | 标注                                            |
|-----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| 前开口防护传感器  | S6                      | 类型、分辨率、保护高度和安全等级按风险评估与实测停止时间冻结                                                                                                       | TBD-P0   | 前取餐开口附近；不得借用未定义的连续台面定位         | [待确认-P0]，当前不得发布固定安全距离                         |
| 门磁/安全门开关  | S3,S4                   | 开关/锁定型式、安全等级和逃生逻辑按风险评估冻结                                                                                                             | 2        | 后入口左右门扇                        | [待确认-P0]；底部不得设置底轨或锁件                          |
|           | S5                      | 编码磁性安全开关（防同型磁铁旁路），2NC，IP67                                                                                                           | 1（可扩展至3） | 侧板+电控柜门                        | [假设 A113]                                     |
| 温度/热状态    | 见 05B 测点组 E/I/D/P/R/K/A | 传感器型式、量程、精度、数量和阈值按器件额定、设备数据与法规冻结；食品接触侧按食品法规选型                                                                                        | TBD-P0   | 各 enclosure、设备岛、机器人/Dock 和舱内环境 | [待确认-P0]                                      |
| 烟感        | —                       | 类型、数量和接口随 enclosure/消防评估冻结                                                                                                           | TBD-P0   | 电控 enclosure/设备热区 TBD-P0       | [待确认-P0]                                      |
| 漏水        | —                       | 类型、长度、数量和接口随三岛水路冻结                                                                                                                   | TBD-P0   | 各独立 plinth 围堰/排水区；不得跨机器人通道     | [待确认-P0]                                      |
| 液位        | AI06/07                 | 电容式或超声式，非接触优先（易清洗），精度 $\pm 5\%$ ，食品级浮球或电容式，高位报警+溢流保护，IP67                                                                            | 2        | 浆料桶/糖浆桶                        | [待确认-P0 随设备]                                  |
| 排水/废液液位   | AI08                    |                                                                                                                                      | 1        | 排水箱                            | [待确认-P0，对应 A67] 现行 08_BOM 未列该件，无此件则溢流无保护，本包补列 |
| 相机（视觉）    | CAM1-3                  | 1/2.8" CMOS, 1920×1080@30fps, <b>全局快门优先</b> （运动目标）；PoE 供电； <b>宽动态 <math>\geq 100</math> dB</b> （玻璃反光/环境光变化）；镜头 2.8~4 mm；IP65（食品区可冲洗） | 3        | 工位上方 / 出餐口 / 舱内全景              | [假设 A126]                                     |
| 补光        | —                       | 舱内高显色 LED（ $R_a \geq 90$ ，5000 K），恒定亮度， <b>避免频闪</b> （PWM $\geq 25$ kHz 或直流驱动），否则相机出现横纹                                               | 含 M7     | 工位上方                           | [确定 视觉工程要求]                                   |
| 取餐检测      | DI16                    | 漫反射光电开关或 ToF，检测距离 100~500 mm，抗环境光                                                                                                    | 1        | 取餐口                            | [假设]                                          |
| 机器人对接     | DI25-32 / 原厂总线          | present/docked/charging/full/fault/work_position_valid/safe_stopped/enable_fb；导航 dock_pose 仅作到位候选                                    | 1 套      | 充电桩+机器人                        | [待确认-P0]                                      |
| 电流采集      | —                       | 开合式 CT ×3（充电桩/食品/电控组）+ Modbus 电量模块；充电桩量程待定                                                                                           | 1 套      | 电控柜                            | [待确认-P0]                                      |
| 门开到位/人体接近 | —                       | 毫米波或 ToF 接近传感器（唤醒屏幕、统计客流）                                                                                                            | 1        | M5 交互区                         | [待确认-P2 是否需要客流统计]                             |
| 风机转速      | —                       | 若最终风机提供 FG/总线，则采集其转速和故障状态                                                                                                            | TBD-P0   | 按最终风机位置                        | [待确认-P0]                                      |

**安全距离核算（P0 阻塞项）：**光幕到危险点的距离  $S = K \cdot T + C$ （ISO 13855）K 与 C 按最终保护方式、接近方向与光幕分辨率选取；机器人停止时间必须实测。

$$T = T_{\text{光幕响应}} + T_{\text{安全继电器}} + T_{\text{机器人安全接口}} + T_{\text{机器人最坏停止}}$$

$$S = K \times T + C$$

**当前不得发布固定距离结论。**机器人没有固定底座，危险点随工作位定位误差变化；必须把 WORK\_POSITION\_VALID 容差、最坏停止时间与实际包络同时纳入测量，再冻结光幕/防护布局。

## 6. 显示器与点单终端

| 项          | 规格边界                                                                                                                                                                                            | 数量 | 标注                                           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------|
| 侧柱竖屏 M2/M3 | <b>86" 商用级 LCD</b> , 3840×2160, 亮度 $\geq 500 \text{ cd/m}^2$ , 对比 $\geq 4000:1$ , <b>工作温度 0~50 °C</b> , <b>24/7 连续运行认证</b> , 竖装 (portrait) 支持, HDMI 2.0 / DP, VESA 挂装, 无边框 $\leq 12 \text{ mm}$ | 2  | [假设 A135] 消费级电视 <b>不可用</b> (无 24/7、无竖装、亮度不足) |
| 点单屏 M5     | <b>21.5" 工业触控</b> , 1920×1080, <b>PCAP 电容 10 点触控</b> , <b>AG 防眩 + 防刮 7H</b> , 亮度 $\geq 350 \text{ cd/m}^2$ , 可选抗菌镀层, IP65 前面板 (食品区可擦洗), USB 触控 + HDMI                                           | 1  | [假设 A135]                                    |
| 安装角度       | 点单屏与垂直面成 <b>15°</b> 前倾, 中心高 <b>1150 mm</b> (覆盖 900~1300 交互高度区间 + 轮椅可及 $\leq 1200 \text{ mm}$ )                                                                                                  |    | [假设 A147] 无障碍要求随部署地 [待确认-P1]                 |
| 信号距离       | Enclosure 位置和批准走线路径冻结后实测; 当前不得沿用旧结构的固定长度                                                                                                                                                        |    | [待确认-P0], AOC/HDBaseT 只作为回标备选                |
| 屏电源控制      | 经 DO15 继电器控制, 或屏支持 RS232/CEC 远程开关机 (优先)                                                                                                                                                         |    | [假设 A135] 夜间关屏省 600 W                        |
| 播放方式       | <b>由 IPC 的 GPU 直接输出</b> (不用独立安卓播放盒), 统一 OTA 与状态联动                                                                                                                                               |    | [确定 KISS, 减少一类设备]                            |
| 亮度自适应      | 环境光传感器 → 夜间降亮, 降发热与光污染                                                                                                                                                                          | 1  | [假设 A147]                                    |

## 7. 支付终端接口

**部署国家未定 → 支付方案不可冻结** [待确认-P0]。本节给出**接口预留规格**, 让结构与电气先做对。

| 项     | 预留规格                                                                                  | 标注                      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 安装开孔  | <b>130 × 90 mm</b> (覆盖多数嵌入式无人值守支付模块), 背部深度预留 $\geq 120 \text{ mm}$ , 四周 M4 螺柱 × 4     | [假设 A119]               |
| 供电    | <b>12 VDC / 2 A</b> 独立引出 (由 24V→12V DC-DC, 带保险丝), <b>接 UPS 侧</b>                      | [假设 A119]               |
| 数据    | 1 × RS232 (DB9 或端子) + 1 × USB 2.0 + 1 × Cat6 (VLAN 30), 三种都预留、实际用其一                   | [假设 A119]               |
| 网络    | VLAN 30, 仅出站白名单 ( § 3.1)                                                              | [确定]                    |
| 非接触天线 | 面板材料在读卡区必须 <b>非金属</b> (亚克力/PC), 厚度 $\leq 3 \text{ mm}$ , 周边金属距天线 $\geq 20 \text{ mm}$ | [确定 NFC 工程要求]           |
| 二维码扫码 | 独立扫码模组 (USB), 开孔 Ø30 或 40×25 mm, 玻璃窗 AR 镀膜; 用于微信/支付宝/会员码                              | [假设 A119] 中国大陆场景为主力支付方式 |
| 打印    | <b>不设小票打印机</b> (耗材、卡纸、维护成本) → 电子小票 (扫码/短信) [确定 KISS]                                  | 若法规强制纸质小票则需增加 [待确认-P0]  |

| 项      | 预留规格                                                                             | 标注          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| PCI 合规 | 若使用需过 PCI 的读卡终端， <b>必须选用已通过 PCI PTS 认证的整体模块</b> ，Kiosk 侧只做机械与网络隔离， <b>不接触卡数据</b> | [确定 降低合规范围] |
| 备选路线   | 部分国家/运营模式下可用” 纯二维码 + 云端支付”， <b>完全不装物理支付终端</b> ，成本与合规最优                           | [待确认-P0 商务] |

## 8. UPS 需求分析

### 8.1 哪些负载必须不断电

采购归属见 **A36**: IPC/GPU/UPS/电源由 OEM 代办采购并计入报价，Autolife 自供须单列扣减。

| 负载              | 功率           | 是否上 UPS | 理由                                             |
|-----------------|--------------|---------|------------------------------------------------|
| IPC + GPU       | 320 W        | 是       | 保存订单/状态，有序关机，上报断电事件                            |
| 交换机 + 路由 + 5G   | 60 W         | 是       | 断电告警必须发得出去                                     |
| 安全 I/O + 24V 控制 | 40 W         | 是       | 保持状态可读，电磁门锁受控                                  |
| PSU             |              |         |                                                |
| 点单屏             | 60 W         | 是       | 向现场顾客显示”设备断电”，避免继续排队                           |
| <b>UPS 负载小计</b> | <b>480 W</b> |         |                                                |
| 机器人自身电池 / 充电桩   | 功率 TBD-P0    | 否       | Kiosk UPS 不给机器人续航，也不承接充电；市电失电时撤销充电使能并请求机器人安全停止 |
| 3 台食品设备         | 2.3 kW       | 否       | 功率太大；断电后浆料靠冷藏惯性可撑 [见下]                         |
| 2×86” 屏         | 600 W        | 否       | 非关键                                            |
| 灯带/风机           | 450 W        | 否       | 非关键（但风机断电时残热靠自然对流，爆米花机已断电，可接受）                 |

### 8.2 容量推导

后备能量需求：

- ① 有序关机与状态保存：480 W × 5 min = 40 Wh
- ② 断电事件上报 + 现场提示 + 等待短时停电恢复：480 W × 10 min = 80 Wh
- ③ 机器人自身电池不计入 Kiosk UPS。市电失电后禁止由 UPS 驱动任何回桩/回 Home 动作；机器人按 C 冻结的机载安全停机策略响应，Kiosk 只记录 `SAFE\_STOPPED` 与 dock 状态

[待确认-P0]

设计目标后备时间 = 15 min @ 480 W = 120 Wh (输出侧)

UPS 选型：

容量 = 480 W / 0.7 (功率因数×余量) ≈ 690 VA → 取 \*\*1 kVA / 800 W 在线双变换 (online double-conversion)\*\*

为什么必须在线式而不是后备式：

- 商场电网有电压波动与谐波，压缩机启停造成电压跌落 → 在线式全时稳压
- 切换时间 0 ms (后备式 4~10 ms, IPC 可能重启)

电池：标配 2 × 12V/9Ah = 216 Wh (额定)

可用能量 = 216 × 0.85 (放电深度) × 0.90 (逆变效率) = 165 Wh

后备时间 = 165 / 480 = 20.6 min ≥ 15 min ✓ 裕度 37%

★ 电池 3 年后容量降至 70% → 14.4 min，仍接近目标；\*\*5 年必须更换\*\* [确定 维护计划]

接口：\*\*USB 或 RS232 通信 + SNMP 卡（可选）\*\*，IPC 必须能读到"市电失电/电池电量/需更换电池"

安装：enclosure 位置、方向、维护间隙和热环境均为 TBD-P0；不得侵入机器人通道

隔离：\*\*独立电池隔离开关 SW-UPS\*\*（L0T0 要求，见 05 §7.4）

功耗/发热：480 W、90%、53 W 与 150 W 均为候选预算输入；最终按 UPS 数据表和实测负载回写 05/05B

### 8.3 断电流程（软件）

市电失电（DI23）

T+0 s UPS 接管，IPC 无感知中断；灯带切紫色慢闪；点单屏显示"设备断电，暂停服务"  
T+2 s 停止接新单；上报云端 POWER\_LOSS（走 5G 备链路，因商场断电时有线 WAN 也可能断）

T+5 s 若有在制订单：已发机器人安全停止请求且 charge-enable=0；确认 `SAFE\_STOPPED`，订单标记 FAILED 并记录退款

T+10 min 市电未恢复 → 开始有序关机：落盘数据库、flush 日志、卸载文件系统

T+13 min IPC 关机，UPS 空载待机

市电恢复 UPS 自动恢复输出 → IPC 上电自启（BIOS 设 Power-On after AC loss = ON）

→ 进入 SAFE\_IDLE → 安全继电器需\*\*人工按 S7 复位\*\*（防意外启动）[确定 05 §4.4]

→ 按冻结的食品法规、设备商限值和温度记录检查受影响 SKU；阈值/累计时间未冻结时禁止自动判定可售

## 9. OTA 与远程监控接口要求

### 9.1 遥测（Kiosk → 云）

| 主题（占位）                          | 频率    | 内容                                                                                                           |
|---------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| autolife/kiosk/{id}/telemetry   | 1 Hz  | 冻结测点 ID 的温度、充电桩/食品/电控分路电流、风机状态、UPS 状态、CPU/GPU 温度与占用、网络链路                                                     |
| autolife/kiosk/{id}/state       | 状态变更时 | 状态机、安全链、门/模式、robot_present/docked/charging/full/dock_fault/work_position_valid/safe_stopped/charge_enable_fb |
| autolife/kiosk/{id}/order       | 每单    | 订单号、SKU、时间戳、耗时、成功/失败、失败原因码                                                                                   |
| autolife/kiosk/{id}/alarm       | 事件    | 三级告警（WARN/ERROR/CRITICAL）+ 故障码 + 上下文快照                                                                       |
| autolife/kiosk/{id}/inventory   | 5 min | 液位×2、杯量、玉米余量、预计可售份数                                                                                          |
| autolife/kiosk/{id}/event_media | 事件    | 事件视频/图片（走 HTTPS 分片上传，非 MQTT）                                                                                 |

- 协议：**MQTT v5 over TLS 1.3（8883）**，双向 X.509 证书认证，一机一证，证书存 TPM 或加密分区 [假设 A148]
- 断网缓冲：本地环形队列 ≥ 7 天，恢复后按时间戳补传、限速 50% 带宽
- 时钟：NTP 同步 + RTC 电池，日志必须带 UTC 时间戳（跨时区部署）

### 9.2 远程指令（云 → Kiosk）

| 指令             | 说明                | 安全等级        |
|----------------|-------------------|-------------|
| pause / resume | 暂停/恢复接单           | 允许          |
| restart_app    | 重启应用容器            | 允许          |
| reboot         | 重启 IPC            | 允许，需二次确认    |
| set_param      | 调整 L1/L2 阈值、亮度、排程 | 允许，参数带上下限校验 |



| 指令                                  | 说明        | 安全等级                          |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| update_content                      | 更新广告/菜单素材 | 允许                            |
| move_robot / bypass_safety / 任何运动指令 | —         | 禁止。远程不得触发任何机器人运动或旁路安全 [确定 红线] |

### 9.3 OTA

| 项     | 要求                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| 分层    | ① IPC 应用/容器镜像 ② AI 模型 ③ IPC 系统/内核 ④ 机器人固件 ⑤ 灯控/IO 固件                      |
| 机器人固件 | 由 Autolife 自有通道下发，IPC 仅作本地代理转发，不解析内容 [确定 供应链分工 C]                         |
| 机制    | A/B 双分区 + 原子切换 + 自动回滚（新版本启动后 10 min 内未上报健康则回滚）                            |
| 前置条件  | 仅在 IDLE、无在制订单、门关闭、机器人安全停止、charge-enable=0 且非营业时段 时执行；机器人固件还须遵循 C 的电池/对接条件 |
| 完整性   | 包签名（Ed25519/RSA）+ 哈希校验，签名验证失败直接拒绝                                         |
| 续传    | 断点续传，弱网友好；下载与安装分离（先下完，择时安装）                                               |
| 灰度    | 支持按设备分组灰度（1 台 → 3 台 → 全量），云端控制                                            |
| 回滚    | 保留上一版本至少 30 天                                                             |
| 审计    | 每次 OTA 记录：版本、发起人、时间、结果、回滚与否，云端不可篡改留痕                                      |

### 9.4 远程运维通道

【禁止】公网映射端口、DDNS 入站、frp 入站到 SSH、TeamViewer 常驻。

【采用】设备侧 WireGuard 客户端 \*\*主动出站\*\* 连接 Autolife 跳板 Hub

- 仅 VLAN 40 管理网可经隧道到达；VLAN 10/30 隧道内也不可达
- 每机独立密钥对，密钥可远程吊销
- 隧道默认\*\*按需开启\*\*（云端下发 `enable\_maint` 后开 2 h 自动关），非常驻
- 所有远程会话记录（who / when / what），运维审计

【本地兜底】冻结后的 enclosure 内保留维护用 RJ45（VLAN 40）+ USB；具体数量、位置与门联锁 TBD-P0

【硬件兜底】IPC 的 BMC/IPMI 带外管理，在 OS 挂死时可远程强制重启（见 §2.2）

### 9.5 关键监控指标与告警阈值（运营 SLO 建议）

| 指标           | 目标                    | 告警                        |
|--------------|-----------------------|---------------------------|
| 出单成功率        | ≥ 98%                 | < 95% 连续 20 单 → ERROR     |
| 单笔出餐时长       | 45~90 s [确定 01_PRD]   | > 120 s 连续 5 单 → WARN     |
| 设备在线率        | ≥ 99.5%/月             | 掉线 > 5 min → ERROR        |
| Enclosure 温度 | 按所选器件与 enclosure 冻结限值 | 见 05B；当前无固定阈值             |
| 物料余量         | ≥ 20%                 | < 20% → 补料工单；< 5% → 锁 SKU |
| UPS 电池健康     | ≥ 80%                 | < 80% → 更换工单              |
| 滤网压差/温升      | —                     | 同风量下 ΔT 上升 > 3 K → 清洗滤网工单 |

## 10. 待确认清单（本文档产生）

| 优先级 | 项                                        | 影响                         |
|-----|------------------------------------------|----------------------------|
| P0  | 机器人最坏停止时间 T_stop 与认证安全接口响应时间             | 决定光幕安全距离，可能推翻 M4 前开口布局     |
| P0  | 机器人控制职责边界：IPC 是否需承担实时关节控制                | 决定是否需 RT 内核 + 实时网卡，IPC 成本  |
| P0  | 充电桩输入/输出数据表、状态/使能接口、失线默认态、状态真值表与异常脱离去能时间 | 阻塞 DI/DO、状态机、电气保护、热设计与 FAT |

| 优先级 | 项                                                           | 影响                        |
|-----|-------------------------------------------------------------|---------------------------|
| P0  | 每张地图 dock_pose 的管理责任、机械/充电接触确认方法及对接超时/重试策略                  | 导航到位不能单独判定充电成功            |
| P0  | 工作位与充电位关系、WORK_POSITION_VALID 来源/容差、工作时允许的 dock/charge 状态组合 | 阻塞机器人作业动作使能与作业包络          |
| P0  | 部署国家/地区 → 支付方案（终端 vs 纯二维码）、是否需纸质小票、无障碍法规                    | 支付终端选型、M5 结构开孔            |
| P0  | 3 台食品设备的控制接口（RS485 / 干接点 / 无接口）                             | DI/DO 点数与是否需加装改造          |
| P0  | 电控/算力 enclosure 的位置、尺寸、维护包络、热环境和线束路径                        | 阻塞 IPC/UPS/交换机安装、线缆长度和热验证 |
| P0  | 食品法规的冷链温度记录要求                                               | 食品温度测点、精度、阈值与记录留存方式       |
| P1  | 场地有线 WAN 实际带宽与是否允许接入                                        | 备链路是否要升主链路                |
| P1  | 场地 5G 信号强度（决定天线是否需外引）                                       | 天线方案                      |
| P1  | 是否需要 24h 连续录像                                               | 存储从 1 TB 升到 4 TB 或加 NVR   |
| P1  | 86” 屏信号：AOC 有源光缆 vs HDBaseT                                 | 成本                        |
| P1  | UPS 电池：铅酸 vs LiFePO4                                        | 全生命周期成本（05B § 4）          |
| P1  | 是否需要客流统计传感器                                                 | 增 1 个 ToF/毫米波             |
| P2  | 灯带控制协议 DMX512 vs SPI                                        | 与 07_CMF 一起定              |
| P2  | VLM 质检模型规模（2B vs 7B）                                        | GPU 显存 8 GB vs 16 GB      |

## 07 - CMF / 灯光规范

文档状态：V1.2-Concept，仅供 DFM 与报价，不得制造放行。

几何基准：cad/output/kiosk\_v1.step 与 02\_MECHANICAL/Part\_List\_and\_Material.csv。CMF 不得改变 650 mm 机器人通道、后中央 800 mm 零门槛入口或三个独立设备岛的几何。

### 受控 CMF 基线

| 区域                           | V1.2 要求                                                         | 状态                                |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 左右落地侧柱、顶冠、顶梁                 | RAL 9005 黑色粉末喷涂；60 deg 光泽目标 60 GU                               | [假设]，须打样签色                        |
| 三个独立设备 plinth                | 浅灰/黑色粉末喷涂方案由 CMF 样板冻结                                           | [待确认 - P1]                        |
| 三块独立岛顶、取餐盘                   | SUS304 拉丝；纹向、粗糙度和食品接触合规由供应商回填                                   | [待确认 - P0]                        |
| 玻璃                           | 10 mm 钢化玻璃；透过率、防爆膜及认证                                           | 10 mm 为 V1.2 CAD 基线，其余 [待确认 - P0] |
| 前灯光导光件                       | 随部署地冻结                                                          | [待确认 - P1]                        |
| 可选顶部静态品牌展示件接口（仅静态展示，禁止机器人安装） | 24 V RGBW 候选；协议、功率、亮度、色温及扩散材料待样机验证<br>黑色阳极氧化候选；材料、载荷、孔位和表面样板待冻结 | [待确认 - P0/P1]                     |

### 红线

- 工作机器人是麦克纳姆轮落地移动平台，不设置固定安装底座。
- 后入口  $x=2100..2900$ 、净宽 800 mm；底轨、门槛、坡道及内外完成面高差严格为 0。
- 不得用灯带、压条、包边、线槽、地毯或装饰收口跨越入口及连续机器人地面。
- 三个设备岛相互独立，岛顶位于  $z=900..902$ ；装饰包边不得桥接成连续台面。

- 任何颜色、纹理和灯光效果图均不得覆盖 STEP、Part List 或静态验证报告的结构结论。

## 外观参考渲染（非尺寸依据）

下列图像由 blender/kiosk\_showcase.py 渲染。几何来自 cad/export\_render\_model.py 从 V1.2 参数化模型导出的 GLB，**不是在渲染软件里另建的模型**，因此外形与 cad/output/kiosk\_v1.step 同源；但材质、灯光、贴图内容与环境均为示意。

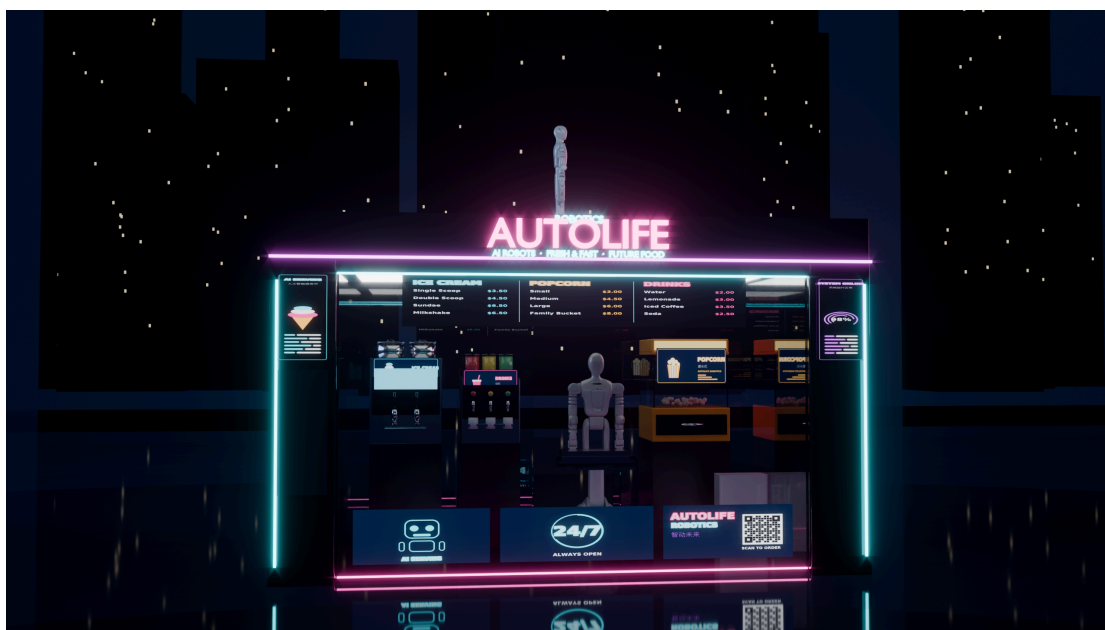


图 1 V1.2 夜景正视参考



图 2 V1.2 夜景四分之三视参考

**这些图能说明什么：**模块比例、灯光层次、屏幕与贴膜的信息分区、三个独立设备岛与后中央入口的可见关系。

这些图不能说明什么：

- 不构成任何尺寸、公差、材料或颜色的验收依据，一切以 STEP、Part List 与签样为准
- 画面中的食品设备为占位体块，真实设备外形随 [待确认 - P0] 冻结后变化
- 画面中的工作机器人仅为场景参考。它不是 Kiosk 的固定件，其位置、姿态与可达性未经运动学或动态验证，不得据此推断作业能力
- 菜单价目、二维码、状态数值均为排版占位内容

样板与验收

供应商须在结构下料前提交喷涂、SUS304 拉丝、玻璃边部、硅胶/密封件和发光导光件实物样板。颜色、光泽、纹向、透光率、清洁剂兼容性与灯光均以书面签样和 FAT 实测为准；当前文件不构成已通过结论。

08 - BOM 汇总 / Make-Buy

**文档状态：**V1.2-Concept，仅供 DFM 与分阶段报价，不得制造放行。  
**受控结构源：**cad/kiosk\_v1.py、cad/output/kiosk\_v1.step、02\_MECHANICAL/Part\_List\_and\_Material.csv。当前 Master BOM 逐行对应 CAD 导出的 25 个条目，不另造结构件。

1. 当前 BOM 边界

| 类别              | 数量 | 处理                                                                            |
|-----------------|----|-------------------------------------------------------------------------------|
| OEM 制作的 CAD 受控件 | 14 | 左右落地侧柱、顶梁/顶冠、可选顶部静态品牌展示件接口（仅静态展示，禁止机器人安装）、三个独立 plinth、三块独立岛顶、点单屏壳体、取餐盘、前灯光导光件 |
| 玻璃采购件           | 7  | 前玻璃、左右侧玻璃、左右后玻璃、两扇后门；全部按 V1.2 分片                                              |
| P0 参考/占位件       | 4  | 三台食品设备包络和一台落地充电桩参考体；不可按参考体下料或作为供应商制造尺寸                                        |
| 工作机器人           | 0  | 不属于 Kiosk BOM；麦克纳姆轮机器人落地移动且无固定安装底座                                            |

三个设备岛互相独立，支承面为 z=900..902。设备前沿 y=1590；冰淇淋岛 x=640..1260，饮料岛 x=1420..1940，爆米花岛 x=3110..3810。冰淇淋岛至饮料岛净距 160 mm，饮料岛至开启门扇静态净距 150 mm；冰淇淋岛至爆米花岛净距 1850 mm，爆米花岛至开启门扇及右内界静态净距各 200 mm。后中央入口为 x=2100..2900，净宽 800 mm，底轨、门槛、坡道和完成面高差均为 0。

2. Make / Buy 规则

- Make：供应商必须依据当前 STEP 做 DFM，并在任何分段、加强、紧固或安装附件加入前提交 ECN。新增件不得改变受控外包络和机器人连续地面。
- Buy：玻璃须依据当前分片和实际开口深化；不得恢复整片后玻璃或封闭后入口。
- Reference：食品设备和充电桩仅用于接口占位。P0 原厂 STEP、质量、重心、安装基准和维护包络齐套前，相关支承、紧固、线束和热设计均为 BLOCKED。
- 可选顶部静态品牌展示件接口（仅静态展示，禁止机器人安装）的材料、载荷、孔位和安装基准均为 TBD-P0。

### 3. 成本状态

当前 25 个 CAD 条目的制造图、展开图、焊接/紧固方案、采购型号及实称质量均未冻结，因此 08\_Master\_BOM.csv 的三档成本、MOQ 和交期统一为 TBD-P0。本版不发布 EVT/20/100 台总价或所谓成本敏感度排名。

供应商须在 DFM 回标中逐项给出：材料牌号、真实板厚、加工路线、数量、单价、MOQ、交期、替代料、质量依据和偏差。收到完整回标并与 25 个 CAD 条目逐项对账后，才允许形成成本卷积。

### 4. 不在 25 件结构 BOM 内的系统

- 电气负载与保护：以 05\_ELECTRICAL/Power\_Budget.csv 为准；充电桩数据未冻结时整机总功率仍为 TBD-P0。
- 电子系统：以 06\_ELECTRONICS/06\_Electronics\_BOM.csv 为接口清单；安装位置尚未冻结，不能默认存在下部设备仓。
- 食品设备本体：B 方供货，当前仅保留三台包络参考。
- 工作机器人和充电桩本体：C 方供货；Kiosk OEM 只报价经评审的接口配合。
- 包装：箱数、分件、箱规、净重、毛重、重心、装柜率全部 TBD-P0/BLOCKED，见 09\_MANUFACTURING/09\_Manufacturing\_Packaging.md。

### 5. 放行门禁

以下条件未全部满足时，Master BOM 不得转为采购或制造 BOM：

1. 25 个条目与当前 STEP 名称、数量和包围盒逐项一致。
2. 机器人静态 Gate 通过：锁定的 formal URDF + 43 个碰撞 STL 实算零位包络约 499.945 x 599.317 x 1681.127 mm，保守清单值 500 x 600 x 1682 mm、旋转直径 602 mm；零门槛、800 mm 后入口、650 mm 连续地面通道，以及入口到工位再到 Dock 候选接近区的路径均无结构侵入。650 mm 与完整 q=0 旋转直径有 48 mm 总余量，不得写成单侧余量；Nav2 520 x 370 mm footprint 对角线约 638.201 mm，软件几何总余量仅约 11.799 mm。
3. 食品设备和充电桩 P0 数据冻结，相关接口完成联合评审。
4. DFM 图、真实材料/厚度、紧固与承载计算冻结。
5. 实称质量、重心和包装方案经样件验证。

静态 Gate 通过只证明当前几何的静态通行条件。设备前工作带扫掠体外 nominal 15 mm、Dock 候选接近终点 nominal 5 mm 均不是动态安全余量；当前 formal URDF 的 43 个引用碰撞网格均可解析，但项目 Model/Revision、校准、完整上身/工具扫掠、IK、动态碰撞、停止距离、任务动作或自主对接在真实机器人、TCP、目标姿态和 Dock 数据齐套前保持 BLOCKED。

## 09 - 制造 / DFM / DFA / 公差 / 表面处理 / 包装运输

**文档状态：**V1.2-Concept，仅供 DFM 与分阶段报价，不得制造放行。

**读者：**Kiosk OEM 工艺、品质、包装和报价工程师。

**结 构 真 值：** cad/output/kiosk\_v1.step 与 02\_MECHANICAL/

Part\_List\_and\_Material.csv 的 25 个条目。供应商不得从非受控视觉资料或经验自行补出结构件。

## 9.1 V1.2 制造边界

| 项      | 当前受控值                                  | 制造含义                                                  |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 整机最大包络 | 4500 x 2500 x 2700 mm                  | 所有深化件、门开启限位和装饰件均不得越界，除非书面 ECN                         |
| 机器人地面  | 完成面 z=0 连续同标高                          | 不设机器人固定底座，不设抬高地台，不允许跨路线线槽/管道                          |
| 后中央入口  | x=2100..2900, 净宽 800 mm, 净高 2100 mm    | 底轨、门槛、坡道、收口条和内外完成面高差严格为 0                             |
| 通行静态走廊 | 净宽 650 mm                              | 必须覆盖入口到工位、工位到 Dock 候选接近区；不得被门扇、线束或附件侵入                |
| 食品设备   | 三个独立落地 plinth；岛顶 z=900..902, 前沿 y=1590 | 岛间不设落地横梁，不得连接成跨舱结构                                    |
| 冰淇淋岛   | x=640..1260                            | 供应商设备/维护包络仍为 P0                                       |
| 饮料岛    | x=1420..1940                           | 与冰淇淋岛净距 160 mm；与开启门扇静态净距 150 mm                       |
| 爆米花岛   | x=3110..3810                           | 与冰淇淋岛净距 1850 mm；与开启门扇及右内界静态净距各 200 mm；供应商设备/维护包络仍为 P0 |
| 充电桩    | M4_robot_charging_dock_ref 仅为落地 P0 参考体 | 不得按参考体开孔、下料或证明对接；Dock 不等于工位                           |

麦克纳姆轮不能依赖爬台阶进入工作舱。任何大于 0 的入口高差、凸起底轨或临时过桥均判定为 V1.2 不合格，不能用增加坡道规避。

静态验证锁定当前 SDK HEAD 的 S1 v2.2 formal URDF 与 43 个碰撞 STL。零位碰撞几何实算包络约 499.945 x 599.317 x 1681.127 mm，制造/验收叠图使用保守值 500 x 600 x 1682 mm 和 602 mm 旋转直径。650 mm 走廊相对完整 q=0 旋转直径多 48 mm（总量；理想居中时每侧 24 mm）；Nav2 保守 520 x 370 mm footprint 对角线约 638.201 mm，相对同一路宽仅约 11.799 mm 软件几何总余量。设备前工作带扫掠体外 nominal 15 mm、Dock 候选接近终点 nominal 5 mm 只用于静态候选位置检查，不是制造公差或动态安全余量；项目 Model/Revision、校准、动态导航/停止距离和真实 Dock 对接仍为 BLOCKED-P0。

## 9.2 25 件受控条目的工艺分流

| 分组                           | Part Name                                                                     | 当前工艺方向          | DFM 必答                                    |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|
| 落地侧柱                         | M2_left_pillar、M3_right_pillar                                                | SPCC 钣金/加强结构    | 实际板厚、加强、地面固定、垂直度与抗倾计算                     |
| 上部结构                         | M4_roof_header、M1_crown                                                       | SPCC 分段钣金/加强结构  | 分段位置、连接、吊装、现场拼装和包络控制                      |
| 可选顶部静态品牌展示件接口（仅静态展示，禁止机器人安装） | M1_static_brand_display_interface                                             | AL6061 CNC/钣金候选 | 仅供静态品牌展示件；严禁用于工作机器人安装或定位；载荷、孔位、材料和安装基准 P0 |
| 设备 plinth                    | M6_ice_equipment_plinth、M6_drink_equipment_plinth、M6_popcorn_equipment_plinth | SPCC 独立落地箱体     | 单岛承载、调平、围堰、清洁、线缆/水路入口；不得桥接                |

| 分组    | Part Name                            | 当前工艺方向             | DFM 必答                    |
|-------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 独立岛顶  | 三个 M4_*_island_top_                  | SUS304 2 mm 候选, 拉丝 | 独立顶板固定、食品接触边部、可拆洗和防渗      |
| 玻璃    | SUS304 前/侧/后玻璃及两扇后门共 7 件             | 10 mm 钢化玻璃         | 分片、开口、边部、孔位、合规标识、安装垫和安全评估 |
| 客户接口  | M5_order_kiosk、M5_pickup_tray        | SPCC / SUS304      | 设备接口、清洁、防夹与真实前玻璃开口配合      |
| 灯光件   | M7_neon_front                        | 亚克力/LED            | 光学样板、热、阻燃、可维护性和走线         |
| P0 参考 | 三台食品设备占位与 M4_robot_charging_dock_ref | 不制造                | 原厂数据齐套前保持 BLOCKED         |

08\_BOM/08\_Master\_BOM.csv 必须与上述 25 个 CAD 名称逐行对账。紧固件、加强件、铰链、密封条、配电箱和管线属于深化新增项时，供应商须在 DFM BOM 中单列并说明其安装位置；任何侵入受控地面或入口的新增项直接拒绝。

## 9.3 DFM 交付物

供应商回标时至少提交：

- 25 件逐项 DFM 状态表，以及新增非几何附件清单。
- 钣金拆分、折弯方向、焊缝、紧固、密封和检修方式。
- 玻璃深化图，包含前取餐开口、后入口分片、两扇门的 90 deg 开启位置和无底轨安装方式。
- 三个 plinth 的独立承载、地面固定/调平、围堰、排水和维护方案。
- 后入口与 650 mm 走廊的净空叠图；所有门扇、把手、线束、风管和维护状态均须显示。
- 机器人工作位、Dock 接近位、TCP 和任务目标未冻结导致的 BLOCKED 清单。
- 制造公差链、检具方案、材料证明、表面处理样板和质量记录模板。
- 包装拆分建议、搬运姿态、工装/吊点依据和运输验证计划；未知数据必须填 TBD-P0。

未提交上述文件，或提交内容仍引用与当前 CAD 不同的结构，DFM 评审不通过。

## 9.4 建议制造流程



建议总装顺序：先定位左右侧柱和三个独立 plinth，再安装顶梁/顶冠；随后安装管线和电气附件；最后安装玻璃、门、取餐盘和灯光件。具体吊装、固定与人员数量由 OEM 在 DFM 中依据实际分件质量和工装能力确定，当前不得发布固定人数或工时。

## 9.5 制造与装配控制点

| ID     | 控制点       | V1.2 判定                              |
|--------|-----------|--------------------------------------|
| MFG-01 | STEP/清单版本 | 只接受 V1.2-Concept 当前 25 件；名称、数量和包围盒一致 |
| MFG-02 | 整机包络      | 不超过 4500 x 2500 x 2700 mm            |
| MFG-03 | 入口        | x=2100..2900 全宽保持 800 mm，净高 2100 mm  |
| MFG-04 | 地面        | 入口和完整机器人路线高度差 0；底轨、门槛、坡道 0           |
| MFG-05 | 静态走廊      | 650 mm 宽连续走廊由入口连到工作位并继续到 Dock 候选接近区  |
| MFG-06 | 门开启状态     | 两扇门开启 90 deg 后不侵入入口或 650 mm 走廊       |
| MFG-07 | 独立岛       | 三岛各自落地，顶板 z=900..902，无跨岛落地连接件        |

| ID     | 控制点   | V1.2 判定                              |
|--------|-------|--------------------------------------|
| MFG-08 | 取餐口   | 前玻璃真实开口与取餐盘无实体相交                     |
| MFG-09 | Dock  | 仅落地充电桩参考体；无机器人固定底座；真实接口 P0 前不下料      |
| MFG-10 | 管线    | 不跨越入口/通道地面，不形成轮子可触凸起或拖缆              |
| MFG-11 | 重量/重心 | 仅用实物称重或经批准的制造 BOM 质量属性；概念估算不得用于吊装/包装 |

尺寸与焊接公差须由 OEM 根据最终拆分和工艺能力提交。除整机包络、入口、地面高度和岛顶坐标外，本版不把概念公差写成制造放行值。

## 9.6 材料、焊接与表面

- 碳钢与 SUS304 应分区下料、打磨和存放，避免铁污染。
- 食品接触件的牌号、表面粗糙度、焊缝处理、圆角和清洁剂兼容性须由 B 方/OEM 与部署法规共同冻结。
- 玻璃孔、缺口和边部必须由玻璃供应商完成强度/工艺评审；现场不得切割或打磨钢化玻璃。
- 粉末喷涂颜色、光泽、膜厚、附着力和耐腐蚀要求以 07\_CMF 签样和部署环境为准。
- 未经结构计算，不得从 CAD 概念壁厚推导承载、吊点或地脚能力。

## 9.7 包装与运输：当前 BLOCKED

当前没有经批准的制造拆分、实称质量、重心、吊点、运输门洞、承运方式或目标法规，因此以下信息全部为 TBD-P0/BLOCKED：

- 木箱数量与每箱组成；
- 箱体外尺寸、净重、毛重与重心；
- 吊装、叉车和人工搬运方式；
- 堆码能力、冲击/倾倒指示器规格；
- 20 ft/40 ft 集装箱或货车装载台数；
- 跌落、振动、冲击和环境试验标准及严酷度；
- 包装与运输成本。

CAD/Part List 中的质量字段只用于概念材料量估算，不是实称质量，不得写到吊牌、Packing List、起重方案或承运文件。

### 9.7.1 供应商必须回填

| 项    | 回填要求                     | 放行证据           |
|------|--------------------------|----------------|
| 分件策略 | 逐箱列出受控 Part Name 和所有新增附件 | 包装 BOM 与装配/拆卸图 |
| 箱规   | 每箱内尺寸、外尺寸和方向             | 包装工程图          |
| 质量   | 内件实称净重、包装实称毛重、测量日期与秤编号   | 称重记录/照片        |
| 重心   | 三轴重心或经验证的吊点/叉点           | 计算与试吊记录        |
| 搬运   | 搬运设备、最小通道、门洞、电梯和地面承载     | 路线勘察与模拟搬运记录    |
| 防护   | 玻璃竖放/隔离、表面防擦、固定、防潮和附件防散落 | 样箱照片与开箱检查      |
| 运输验证 | 依据包装质量、运输模式和目的地选择适用标准    | 经批准的试验计划与报告    |
| 装载   | 使用真实箱规做装载图               | 装载图及尺寸校核       |



供应商可在回标阶段提出候选拆分和试验方法，但不得把候选写成 [确定]。包装只有在样机完成、逐箱称重和运输样件试验通过后才能冻结。

### 9.8 放行矩阵

| Gate       | 所需证据                             | 当前状态                      |
|------------|----------------------------------|---------------------------|
| DFM 放行     | 25 件对账、深化图、材料/工艺、P0 缺口           | BLOCKED，待 OEM 回标          |
| 结构制造放行     | 承载/固定计算、制造图、公差链、静态通道复核           | BLOCKED                   |
| 玻璃放行       | 分片/开口/门/无底轨深化与供应商评审              | BLOCKED                   |
| 机器人静态 Gate | 自动验证报告及 PNG/SVG 证据               | 由 05_Verification/ 当前结果判定 |
| IK/动态碰撞    | 真机模型、TCP、目标姿态、定位误差、门/设备维护状态      | BLOCKED-P0                |
| Docking    | 原厂 Dock STEP/ICD、接近轨迹、触点/状态、重复对接 | BLOCKED-P0                |
| 包装放行       | 实称质量/重心、样箱和运输试验                  | BLOCKED-P0                |

静态 Gate PASS 不得被表述成作业可达、动态无碰撞或自主对接 PASS。

## 10 — 验证计划 / FAT / SAT / 安全 / 清洁 / 连续运行 / 故障恢复 / 维护工时

AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1 — 4500 × 2500 × 2700 mm | 文档版本 V1.2-Concept  
| 读者：Kiosk OEM 品质工程师 / 制造工程师 / Autolife 验收代表

### 0. 使用说明

#### 0.1 数值标注规则（全文强制）

| 标注       | 含义                                         |
|----------|--------------------------------------------|
| [确定]     | 已冻结的设计基线或引用的国标/国际标准明文限值，不得改动               |
| [假设]     | 本包按工程经验取的工作值，用于 EVT 执行；Pilot 阶段用实测数据回写     |
| [待确认-P0] | 缺此输入将导致该测试项无法执行或结论无效， <b>必须在 EVT 开工前冻结</b> |
| [待确认-P1] | 影响判定阈值松紧，可先按本表执行，Pilot 前冻结                 |
| [待确认-P2] | 影响记录/报表格式，不阻塞测试执行                          |

凡时间/工时估算，均在该行括号内注明依据（如「依据：同类 Kiosk 现场装配经验」）。  
凡涉及具体厂商、型号，一律写占位符 <TBD-...>，OEM 回标时填入。

#### 0.2 责任方代号

| 代号 | 组织                | 在验证中的角色                                                        |
|----|-------------------|----------------------------------------------------------------|
| A  | Kiosk OEM / ODM   | 结构、钣金、玻璃、亚克力、屏、LED、装配、包装； <b>FAT 主责</b> 、System Integration 主责 |
| B  | 食品设备供应商           | 冰淇淋/爆米花/饮料设备本体、食品工艺参数、设备侧清洁规程与合格证                              |
| C  | Autolife Robotics | 机器人本体、机器人软件、AI、控制逻辑、安全区定义； <b>机器人相关判定的唯一权威</b>                 |
| D  | 软件 / 云            | 点单、支付、运营后台、远程监控、OTA                                            |

| 代号  | 组织 | 在验证中的角色                                      |
|-----|----|----------------------------------------------|
| A+C | 联合 | 需要机器人在整机上动作的联调项，OEM 提供整机与工装，Autolife 提供程序与判定 |

### 0.3 测试编号体系

| 前缀        | 范围                                    | 主执行方           | 执行地点                  |
|-----------|---------------------------------------|----------------|-----------------------|
| T-FAT-xxx | 出厂验收 (Factory Acceptance Test), 整机发货前 | A              | OEM 厂内                |
| T-SAT-xxx | 现场验收 (Site Acceptance Test), 到场安装后    | A (C/D 配合)     | 部署现场                  |
| T-SAF-xxx | 安全验证 (Safety)                         | A + C          | 厂内 + 现场各一轮            |
| T-CLN-xxx | 清洁与卫生验证 (Cleaning)                    | A + B          | 厂内 + 现场               |
| T-END-xxx | 连续运行 / 耐久 (Endurance)                 | A + C + D      | 厂内 (EVT) / 现场 (Pilot) |
| T-REC-xxx | 故障恢复 (Recovery)                       | C + D (A 提供整机) | 厂内 + 现场               |
| T-MNT-xxx | 维护工时验证 (Maintainability)              | A (C/B 提供规程)   | 厂内 + 现场               |

编号一经发布**不得重排**；新增项在本段尾部续号，作废项保留编号并标 VOID。

### 0.4 通用判定与不合格分级

| 等级                   | 定义                          | 处置                                   |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| <b>Critical (致命)</b> | 涉及人身安全、触电、食品安全、结构失效，或使整机不可用 | 立即停止测试，NCR， <b>不得放行</b>              |
| <b>Major (重大)</b>    | 功能不可用或性能低于合同指标，需返工          | 返工后 <b>全项复测</b> 该子系统                 |
| <b>Minor (轻微)</b>    | 外观、标识、文档类偏差，不影响功能与安全        | 记入 Punch List， <b>可带条件放行</b> ，约定关闭日期 |

**放行规则 [确定]**：Critical = 0、Major = 0、Minor ≤ 10 项且全部有关闭责任人与日期，方可放行发货 / 签收。

### 0.5 V1.2 机器人验证 Gate (不得混淆)

| Gate     | 自动/实测检查                              | 通过条件                                                                                           | 当前可判范围                |
|----------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| G-CAD    | STEP 读取、25 件 Part List 对账、整机包围盒、禁止相交 | 25 个 CAD 条目齐全；包围盒不超过 4500 x 2500 x 2700 mm；前取餐开口、门和设备/Dock 无禁止相交                               | 可由静态 harness 判定       |
| G-GROUND | 完成地面和后入口                             | 后入口 x=2100..2900、净宽 800 mm、净高 2100 mm；底轨、门槛、坡道和内外完成面高差 <b>严格为 0</b> 。任何有意设置的正高度凸起均 FAIL，不以坡道补偿 | 可由 CAD + FAT/SAT 实测判定 |

| Gate       | 自动/实测检查                | 通过条件                                                                                                                                                                                      | 当前可判范围                           |
|------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| G-CORRIDOR | 650 mm 宽扫掠走廊           | 门扇按 90 deg 开启状态，650 mm 连续走廊从入口到工作位，再从工作位到 Dock 候选接近区，全高扫掠不与结构/设备/Dock 相交。相对完整 $q=0$ 的 602 mm 保守旋转直径有 48 mm 总余量（理想居中每侧 24 mm）；Nav2 520×370 mm footprint 对角线约 638.201 mm，软件几何总余量约 11.799 mm | 可由静态 harness 判定；两组余量都不是动态安全余量    |
| G-ROTATE   | 工作位零位包络与原地旋转参考         | 锁定的 formal URDF + 43 个碰撞 STL 实算零位包络约 499.945 x 599.317 x 1681.127 mm；manifest 保守值 500 x 600 x 1682 mm、旋转直径 602 mm。当前静态圆柱/包络在工作位内且无相交                                                      | 仅静态预检；完整上身/工具扫掠、定位/停止余量和动态路径仍未验证 |
| G-IK       | TCP、目标姿态、关节限位、奇异区、定位误差 | 所有冻结任务目标由真实运动学模型验证并由真机复测                                                                                                                                                                  | BLOCKED-P0                       |
| G-DYNAMIC  | 机器人、门、设备维护状态与任务轨迹的时序碰撞 | 全任务轨迹与异常撤离轨迹无碰撞，安全间隙达到冻结风险评估                                                                                                                                                              | BLOCKED-P0                       |
| G-DOCK     | 进桩、捕获、接触、充电、离桩和重复性     | 原厂 Dock ICD/STEP、状态真值表和成功率指标全部通过                                                                                                                                                          | BLOCKED-P0                       |

静态报告必须同时交付 Markdown/JSON 结果、manifest 及 PNG/SVG 证据；任一静态子项 FAIL 即禁止进入制造包。设备前工作带扫掠体外 nominal 15 mm、Dock 候选接近终点 nominal 5 mm 只证明候选位置接近，不是动态安全余量。**静态 PASS 只证明当前输入下的几何预检，不代表 IK、动态碰撞、停止距离、任务动作或自主对接 PASS。**

## 1. 阶段验证总览 (EVT → Pilot → 20 台小批 → MP)

| 阶段                        | 台数                | 验证目标                          | 验证项范围                                                                   | 关键通过标准                                                                                                                          | Gate 出口条件                                                          | 责任方                   |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>EVT</b> 工程样机           | 1 台 [确定]          | 验证结构、电气、热、机器人集成和食品流程          | 静态 Gate + T-FAT/T-SAF/T-CLN/T-REC; 耐久与维护时长按冻结计划                         | G-CAD/G-GROUND/G-CORRIDOR/G-ROTATE PASS; G-IK/G-DYNAMIC/G-DOCK 取得真实输入后通过; 安全项 0 Critical 关键尺寸与装配工时以 EVT 实测后冻结的判据验收; 本版不预设固定拼装工时 | FAT 报告、静态证据、动态/IK/Dock 报告、ECR 与关键公差记录齐全                            | A 主责; C 判机器人; B 判食品设备 |
| <b>Pilot</b>              | 3 台 [确定]          | 验证工艺重复性、装配 SOP 和现场安装          | 每台静态/安全 Gate; FAT/SAT 与耐久抽样按冻结计划                                        | 一次通过率 (FPY) $\geq$ 85% [假设] (依据: 小批量钣金整机行业常规起点); 关键安全项 100% 通过                                                                  | 3 台 FAT、至少 1 台 SAT、SOP、工装与 BOM/实物对账通过                              | A 主责; C+D 联调          |
| <b>20 台小批</b>             | 20 台 [确定]         | 验证产线能否稳定达产: 节拍、良率、供应链交付、来料一致性 | T-FAT 首台全检 + 其余按 § 11.2 抽检方案; T-SAT 每台必做; T-SAF 每台 100% 必做; T-END 抽 2 台 | FPY $\geq$ 95% [假设]; 出厂后 3 个月现场故障率 $\leq$ 5%/台/季 [待确认-P1] (需运营目标)                                                               | ①FPY 达标 ②QC 工程文件 (QCP/检验指导书) 发布 ③来料检验标准 (IQC) 发布 ④返工率与 Top 3 缺陷有对策 | A 主责                  |
| <b>MP</b> 量产 100/500/1000 | $\geq$ 100 台 [确定] | 验证「能不能稳定量产并控成本」               | T-FAT 按抽检方案; T-SAF 每台 100%; T-END 每 50 台抽 1 台 [假设]; 年度型式试验              |                                                                                                                                 | ①连续 3 批 FPY 达标 ②CPK $\geq$ 1.33 于关键尺寸 [假设] ③售后 SLA 体系上线            | A 主责; D 提供远程故障数据      |

**贯穿全阶段的强制项 [确定]:** T-SAF-\* 安全类测试在 **每一台** 整机上 100% 执行, 不允许抽检, 不允许因阶段而豁免。

---

## **2. FAT — 出厂验收 (OEM 厂内, 整机发货前)**

**执行前提:** V1.2 05\_Verification/ 静态 CAD Gate 已 PASS; 整机在厂内完成总装、通电, 原厂机器人充电桩按冻结接口安装, 机器人真机与对应地图/dock\_pose 可用; 食品设备装机 (或 B 提供的空载模拟负载)。麦克纳姆轮机器人无固定安装底座, 后中央入口底轨和内外完成面高差均为 0; 不能用等重工装替代进出、对接、充电或工作位验证。静态 Gate PASS 不替代动态测试。**环境条件 [假设]:** 室温  $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 45–75 %RH (依据: GB/T 2423 常规试验室条件); 若厂房不满足, 需在报告中记录实际值。

## 2.1 尺寸、外观、结构 (T-FAT-001 ~ 020)

| 编号        | 测试项               | 方法                                                | 工具/仪器                        | 通过标准                                                                   | 记录方式         | 责任方 | 适用阶段            |
|-----------|-------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|-----------------|
| T-FAT-001 | 整机外形尺寸 W×D×H      | 整机拼装后, 在 3 个高度位置各测 1 次取最大值                        | 5 m 卷尺 + 激光测距仪 (±1 mm); 或全站仪 | 实测最大包络不得超过 4500 × 2500 × 2700 mm; 各受控基准尺寸按冻结制造图判定。当前概念包不提供可放宽最大包络的对称公差 | 三坐标记录表 + 照片  | A   | 全阶段             |
| T-FAT-002 | 25 件 CAD 条目与深化件对账 | 按 Part List 逐件核对名称、数量、包围盒和批准的新增附件                 | 卷尺/三坐标 + 受控清单                | 25 个受控条目全部一致; 深化公差按冻结制造图, 未冻结前本项 BLOCKED                               | 逐件检验记录       | A   | 全阶段             |
| T-FAT-003 | 结构方正度             | 左右侧柱、三个设备岛、顶梁/顶冠各测两条对角线                           | 卷尺 / 激光                      | 对角差 ≤ 2 mm [假设 A105]                                                   | 检验记录         | A   | 全阶段             |
| T-FAT-004 | 侧立柱垂直度            | 立柱前后、左右两方向各测                                      | 数显水平仪 (0.1°) 或铅垂 + 塞尺        | ≤ 1.5 mm/m [假设] (依据: 钣金柜体常规立面标准)                                       | 记录表          | A   | 全阶段             |
| T-FAT-005 | 三设备岛高度与水平度        | 每个岛顶四角 + 中心测高与水平; 排水盘另测坡度                         | 高度尺 + 1 m 数显水平仪              | 支承面 z=900 mm ±3 mm [假设]、水平度 ≤ 1 mm/m; 局部排水盘坡度按冻结设备/卫生图, 禁止让设备支承面整体倾斜   | 记录表 + 照片     | A   | 全阶段             |
| T-FAT-006 | 钣金间隙 (Gap)        | 沿所有可见分缝每 500 mm 取 1 点                             | 塞尺 / 间隙尺                     | 目标 2.0 mm, 公差 ±0.5 mm, 同一条缝首尾差 ≤ 0.5 mm [假设] (依据: 外观件业界 Gap&Flush 常规)  | 间隙面差图 (标点位置) | A   | 全阶段             |
| T-FAT-007 | 钣金面差 (Flush)      | 同上点位                                              | 面差尺 / 深度尺                    | ≤ ±0.5 mm [假设]                                                         | 同上           | A   | 全阶段             |
| T-FAT-008 | 外观缺陷              | A 面 (正视 + 侧视可见面) 距离 500 mm、照度 800-1200 lx、观察 10 s | 标准光源灯箱或车间标准照明 + 照度计          | A 面: 无划伤、无凹陷、无焊瘤透印、无颗粒; 允许 ≤ 0.3 mm 点状缺陷 ≤ 2 处/m² [假设]。B 面 (后维护面) 放宽一倍 | 缺陷标注照片       | A   | 全阶段             |
| T-FAT-009 | 涂层色差 ΔE           | 顶冠、左右柱及三个设备岛分别取点, 与标准色板比对                         | 分光测色仪 (D65/10°)              | ΔE*ab ≤ 1.5 [假设]。标准色板由 A 制作、Autolife 签样 [待确认-P2]                       | 测色报告         | A   | 全阶段             |
| T-FAT-010 | 涂层光泽度             | 同上点位, 60° 几何                                      | 光泽度仪 60°                     | 07 CMF 的 60 GU 仅为打样目标; 按书面签样给出的目标、容差和测量条件判定, 签样未冻结时 BLOCKED-P1         | 报告           | A   | 全阶段             |
| T-FAT-011 | 涂层膜厚              | 每台 10 点随机 (含边、角、平面)                               | 磁性/涡流测厚仪                     | 按批准涂层体系、供应商工艺卡和签样判据; 膜厚范围未冻结时 BLOCKED-P1                               | 报告           | A   | 全阶段             |
| T-FAT-012 | 涂层附着力 (划格)        | 按批准涂层体系对应的试验标准执行                                  | 百格刀 + 标准胶带                   | 试验方法、切格间距和等级按部署环境及批准涂层规范冻结; 未冻结时 BLOCKED-P1                            | 报告 + 划格照片    | A   | 全阶段             |
| T-FAT-013 | 涂层耐磨与铅笔硬度         | 铅笔硬度法; 耐磨用 RCA 或落砂法 (二选一, OEM 声明)                 | 铅笔硬度计; RCA 耐磨仪               | 铅笔硬度 ≥ 2H [假设]; RCA ≥ 150 次无露底 [假设] (依据: 户外/高频接触件常规)                   | 报告           | A   | EVT + Pilot 首台  |
| T-FAT-014 | 涂层耐腐蚀             | 取同批工艺试片, 按部署环境选定的批准标准执行                           | 经批准的环境试验设备                   | 部署环境、试验方法、时长、划线方式和腐蚀判据均 [待确认-P11]; 冻结前不得用旧 48 h/480 h 数值放行             | 第三方或厂内报告     | A   | EVT + 工艺变更/规定周期 |

| 编号        | 测试项                               | 方法                                   | 工具/仪器                     | 通过标准                                                                                   | 记录方式                     | 责任方         | 适用阶段           |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|----------------|
| T-FAT-015 | 不锈钢牌号与表面确认                        | 三设备岛顶、取餐盘及最终定义的食品接触件                 | 便携式合金分析仪 (PMI/XRF) + 粗糙度仪 | CAD/Part List 指定件牌号为 SUS304; 纹向、粗糙度和食品接触判据按书面签样与部署法规冻结, 未冻结项                           | PMI 报告 + 材质证明 (B/供应商炉批号) | A           | 全阶段 100%       |
| T-FAT-016 | 焊缝外观与打磨                           | 目视 + 手感全检; 食品区焊缝重点                   | 焊缝规、放大镜                   | BLOCKED-P0<br>焊缝等级、打磨、密封和圆角按批准制造/卫生图; 图纸或食品区边界未冻结时 BLOCKED-P0, 不沿用旧固定 R 值              | 焊缝检查表 + 食品区照片            | A           | 全阶段            |
| T-FAT-017 | 独立设备岛静载                           | 每岛按冻结设备满载质量、重心和维护载荷施加, 保持 30 min 后卸载 | 标准砝码 / 水袋 + 百分表           | 试验载荷及安全系数由结构计算和设备数据冻结 [待确认-P0]; 挠度/残余变形按冻结图纸                                           | 加载记录 + 变形数据              | A           | EVT + Pilot 首台 |
| T-FAT-018 | 可选顶部静态品牌展示件 (仅静态展示, 禁止机器人安装) 接口承载 | 按冻结展示件质量、重心、安装接口和结构计算加载              | 砝码 + 百分表                  | 载荷、系数、挠度和残余变形限值均 [待确认-P0]; 数据未冻结时 BLOCKED                                              | 记录 + 照片                  | A (接口方提供输入) | EVT + Pilot 首台 |
| T-FAT-019 | 整机侧向刚性                            | 在 1500 mm 高度施加水平推力, 测顶部位移            | 拉压力计 + 百分表/激光             | 施加 <b>250 N</b> [假设] (依据: 成人单手推力) 时顶部位移 $\leq 5\text{ mm}$ , 撤力后残余 = 0; <b>整机无倾覆倾向</b> | 记录                       | A           | EVT + Pilot 首台 |
| T-FAT-020 | 搬运/吊点验证                           | 按批准的包装拆分、实称质量/重心和起重方案执行试吊或叉运         | 经校验起重/叉运设备                | 包装、吊点、叉点和判据未冻结时 BLOCKED; 通过标准以批准方案为准                                                   | 计算、试验记录 + 视频             | A           | EVT 包装冻结前      |

## 2.2 门、面板、玻璃 (T-FAT-021 ~ 028)

| 编号        | 测试项            | 方法                                | 工具/仪器              | 通过标准                                                              | 记录方式         | 责任方             | 适用阶段        |
|-----------|----------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|-------------|
| T-FAT-021 | 后中央零门槛门开合      | 双扇玻璃门按冻结图各开合 50 次，检查 90°开启停靠位置和入口 | 计数 + 弹簧秤 + 激光测距/塞尺 | 底轨/门槛/坡道均 0；开启后不侵入 x=2100..2900 的 800×2100 mm 入口；                 | 记录 + 视频      | A               | 全阶段         |
| T-FAT-022 | 门铰链调节与保持       | 检查门框预留调节量并实操调整                    | 内六角 + 塞尺           | 无卡滞、异响和掉漆<br>调节范围、门缝、90 deg 开启位置和保持能力符合批准玻璃/五金图；图纸未冻结时 BLOCKED-P0 | 记录           | A               | 全阶段         |
| T-FAT-023 | 门锁 / 门禁功能      | 上锁-解锁 20 次；备用钥匙/权限验证              | —                  | 100% 有效； <b>门开状态必须触发联锁</b> (见 T-SAF-003)                          | 记录           | A               | 全阶段 100%    |
| T-FAT-024 | Enclosure 检修面板 | Enclosure 位置/结构冻结后拆装并检查紧固件与维护区    | 工具 + 秒表            | 位置未冻结时 BLOCKED；工时和人员目标由 EVT 实测后冻结                                 | 计时记录 + 视频    | A               | EVT + Pilot |
| T-FAT-025 | 玻璃安装质量         | 检查当前 7 件玻璃、前开口、后入口分片和两扇门          | 目视 + 塞尺            | 厚度/分片与 V1.2 一致；安装垫、压板、边部和间隙按玻璃供应商批准图；无金属硬接触、崩边或入口侵入               | 照片           | A               | 全阶段 100%    |
| T-FAT-026 | 最大玻璃更换与搬运      | 依据真实玻璃尺寸/质量和供应商搬运方案拆装最大件          | 经批准吸盘/吊具 + 工具      | 人数、工装和时间判据 [待确认 - P0]；未批准搬运方案时 BLOCKED                            | 计时 + 视频      | A               | EVT + Pilot |
| T-FAT-027 | 玻璃安全标识与规格      | 检查每块玻璃的认证标识、厚度、边部和光学要求            | 卡尺 + 目视 + 供应商报告    | CAD 基线厚度 10 mm；公差、认证、透过率及其他光学指标按部署法规、批准玻璃图和书面签样判定，未冻结项            | 玻璃厂质检报告 + 照片 | A               | 全阶段 100%    |
| T-FAT-028 | 玻璃安全膜/结构       | 按部署法规和玻璃工程评审检查膜、夹层或其他安全措施         | 目视 + 供应商文件         | BLOCKED-P0<br>方案与判据 [待确认 - P0]；未冻结时不得声称符合                         | 记录           | A (Autolife 决策) | 待冻结         |



### 2.3 电气与线束（T-FAT-029 ~ 038）

**前置：**全部电气测试由持证电工执行；测试期间充电桩、机器人与食品设备按各自原厂规程进入安全状态，测试顺序为「绝缘 → 耐压 → 接地 → 通电功能 → 漏电动作」。Q0/Q11 不能隔离机器人自身电池，机器人另执行 C 的机载电池隔离规程。

| 编号        | 测试项           | 方法                                                                                                                   | 工具/仪器                   | 通过标准                                                                                                              | 记录方式              | 责任方   | 适用阶段                                |
|-----------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------------------------------------|
| T-FAT-029 | 绝缘电阻          | 断开所有电子负载与浪涌保护件后，L+N 对 PE 施加 500 V DC，1 min                                                                           | 500 V 兆欧表               | ≥ 10 MΩ [假设] (GB 5226.1 要求 ≥ 1 MΩ，本项按整机新机从严；依据：新机干燥状态实测普遍 > 100 MΩ)                                               | 电气测试记录            | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-030 | 耐压 (Hi-pot)   | L+N 对 PE 施加 <b>1500 V AC / 1 s</b> (或 1800 V DC) [假设，依据 GB 5226.1 / IEC 60204-1 对 ≤ 1000 V 设备的 2U+1000 V 原则]，电子模块须旁路 | 耐压测试仪                   | 无击穿、无飞弧，泄漏 ≤ 10 mA                                                                                                | 记录 + 曲线           | A     | 全阶段 100% (EVT 首台必做，量产可按抽检 [待确认-P1]) |
| T-FAT-031 | 保护接地连续性       | 从进线 PE 端子测至柜体、门、可拆面板、三个设备岛、 <b>Class I 充电桩原厂 PE 端子/外壳</b> 、食品设备外壳和屏幕支架；Class II 桩核对双重绝缘证明                            | 接地电阻测试仪 (≥ 10 A 输出)     | Class I 每点 ≤ <b>0.1 Ω</b> [确定]；Class II 不附加 PE，绝缘结构与铭牌符合原厂文件                                                      | 接地点位图 + 逐点数据/绝缘证明 | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-032 | 漏电保护 (RCD) 动作 | 对每个 RCD/RCBO 按其铭牌与适用标准注入测试电流；充电桩分路覆盖厂家要求的 AC/DC 剩余电流型式                                                               | RCD 测试仪 (能力覆盖最终 RCD 类型) | 普通 30 mA A 型回路按 GB/T 16917 / IEC 61008 限值；充电桩 Q11 按冻结的 RCD 类型、IΔn 与动作时间判定 [待确认-P0]；试验按钮有效且上下级选择性符合设计              | 记录                | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-033 | 断路器配置核对       | 逐路分闸，确认标识、负载、曲线、额定、Icu 与 RCD 类型                                                                                      | 钳形表 + 受控电气清单            | 与冻结后的 05_ELECTRICAL/Power_Budget.csv 逐路一致；L1 是充电桩原厂输入分路。充电桩数据未冻结时本项 <b>BLOCKED</b> ，不得放行采购或整机                     | 配电核对表 + 照片        | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-034 | 相序/极性/N-PE 检查 | 进线与各插座                                                                                                               | 相序表 / 插座极性检测仪           | L/N 不反接；N 与 PE 在设备内 <b>严格分离</b> (TN-S) [确定]；无 PEN 合并                                                              | 记录                | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-035 | 满载电流与功率实测     | 覆盖食品设备启动、机器人最大允许充电阶段、IPC/GPU 满载及冻结的最坏同时运行时序；分别测总进线与充电桩分路                                                             | 功率分析仪 / 钳形表             | 实测持续/峰值电流与功率不超过冻结后的 Power_Budget.csv 和各保护/线缆额定；充电桩额定/峰值数据未冻结时 <b>BLOCKED</b> 。实测超预算即回写功率预算并重做 Q0/Q1/Q11、线径、选择性热校核 | 原始功率曲线 + 状态日志     | A + C | EVT + Pilot                         |
| T-FAT-036 | 线束导通与打点       | 按线束图逐根导通 + 误配检查                                                                                                      | 万用表 / 线束测试台             | 100% 导通，0 错配、0 短路                                                                                                 | 线束测试报告 (逐根打勾)     | A     | 全阶段 100%                            |
| T-FAT-037 | 线号标签与接插件核对    | 对照冻结线束图、线号表与连接器定义                                                                                                    | 目视                      | 每根线两端有编号标签；每个连接器编码、防误插和耐久判据按批准线束规范。连接器数量/型式或规范未冻结时 <b>BLOCKED-P0</b>                                              | 核对表 + 照片          | A     | 全阶段 100%                            |

| 编号        | 测试项              | 方法      | 工具/仪器 | 通过标准                                                                                                                               | 记录方式 | 责任方 | 适用阶段     |
|-----------|------------------|---------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|----------|
| T-FAT-038 | 线缆固定、弯曲半径、<br>隔离 | 目视 + 手拉 | 卡尺    | 每 300 mm 一个固定点 [假设]; 弯曲半径 $\geq 6 \times$ <b>线径</b> [假设]; 强电/弱电/安全回路分槽, 若机器人控制采用有线接口则按冻结 EMC 规则隔离; 充电桩线束不得侵入进出路径或承受机器人牵拉; 穿钣金孔有护线圈 | 布线照片 | A   | 全阶段 100% |

## 2.4 显示、灯光、人机 (T-FAT-039 ~ 043)

| 编号        | 测试项          | 方法                                                  | 工具/仪器          | 通过标准                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 记录方式           | 责任方   | 适用阶段        |
|-----------|--------------|-----------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------------|
| T-FAT-039 | 屏幕点亮与坏点      | 2 × 86" 竖屏 + 1 × 21.5" 点单屏, 播放纯色 (红/绿/蓝/白/黑) 各 30 s | 目视 + 放大镜       | 亮点 0 个、暗点 ≤ 2 个且不相邻 [假设] (依据: 商用显示常规 A 级面板标准, 实际以屏厂规格书为准 [待确认-P2]); 无漏光带、无坏线<br>中心亮度 ≥ 500 cd/m <sup>2</sup> [假设] (依据: 商场高环境光可视需求, 室内型常规值); 均匀性 ≥ 80%<br>触摸偏差 ≤ 3 mm [假设]; 扫码一次成功率 ≥ 95% [假设] (依据: 常规扫码模组指标); 扫码窗高度在 900-1300 mm 交互区内 [确定] (brief § 3)<br>无暗点、死灯或不可接受的亮度阶跃; 协议、功率、色温/颜色、亮度、扩散外观和测量容差按 07 CMF 书面签样冻结, 未冻结时 BLOCKED-P1<br>指令响应 ≤ 200 ms [假设]; 断线时灯带进入安全默认态 (常亮白, 不熄灭) [假设-需 D 确认, 待确认-P1] | 五色照片           | A     | 全阶段 100%    |
| T-FAT-040 | 屏幕亮度与一致性     | 中心 + 四角共 5 点测亮度                                     | 亮度计            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 记录             | A     | EVT + Pilot |
| T-FAT-041 | 触摸校准与扫码      | 九宫格触点测试; 扫码读取标准测试码 20 次                             | 标准测试码卡         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 记录 + 视频        | A + D | 全阶段         |
| T-FAT-042 | LED/导光件外观与控制 | 按最终分段和协议逐段点亮并执行批准场景                                 | 目视 + 色度/照度测量设备 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 逐段照片/视频 + 测量报告 | A     | 全阶段 100%    |
| T-FAT-043 | 灯光控制协议联调     | IPC 下发指令, 验证三段独立控制、渐变、故障态红闪                         | 上位机            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 联调记录           | A + D | 全阶段         |

## 2.5 热、噪声、水路 (T-FAT-044 ~ 049)

| 编号        | 测试项        | 方法                                                             | 工具/仪器                       | 通过标准                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 记录方式                     | 责任方                     | 适用阶段                   |
|-----------|------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| T-FAT-044 | 满载温升       | 分别执行机器人工作循环与最大允许充电工况；三台食品设备 + IPC/GPU 按冻结的最坏同时运行时序，直至满足批准的稳态判据 | 按冻结测点计划配置多路热电偶/原厂遥测 + 红外热像仪 | 全部 05B 测点组低于器件/设备/机器人/Dock 原厂限值；充电桩外壳、正负触点和线缆端接分别记录，不得只测外壳。环境、稳态判据、测点数量或限值未冻结时 BLOCKED-P0 满足各原厂工作点和 05B 计算；各岛独立、无回流，不向另一岛/enclosure 排热；P0 数据缺失时 BLOCKED 滤网免工具可拆 [假设]；见 T-MNT-009 当前产品目标为 $\leq 65$ dB(A) [假设 A91/TBD-P1]；记录背景并按批准测量方法修正，部署场景未冻结时不得标为法规 PASS 进水 <b>0.6 MPa 保压 15 min 压降 <math>\leq 0.02</math> MPa</b> [假设] (依据：常规冷水管路 $1.5 \times$ 工作压力)；排水以 5 L/min 灌注 10 min <b>无渗漏、无返溢</b> [假设] 各岛按冻结坡度在规定时间内排空、围堰不外溢；水不得进入机器人连续地面、中央入口、Dock 或另一设备岛 [待确认-P0] | 原始测点曲线 + 功率/充电状态日志 + 热像图 | A + C (设备/Dock 供应商提供限值) | EVT + Pilot 首台 + MP 抽检 |
| T-FAT-045 | 分区风道与风量    | 按三台设备和 enclosure 的冻结风量/压损测每个进排风口                               | 风量罩 + 压差计                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 风量/压差表 + 风道图             | A                       | EVT + Pilot 首台         |
| T-FAT-046 | 滤网与防尘      | 检查进风口滤网可拆性                                                     | —                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 照片                       | A                       | 全阶段                    |
| T-FAT-047 | 噪声         | 整机满载运行，距整机正面 1 m、高 1.5 m 处测 A 计权                               | 2 级声级计 (GB/T 3785)          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 噪声记录 (含背景值)              | A                       | EVT + Pilot 首台 + MP 抽检 |
| T-FAT-048 | 给排水气密/水密   | 进水管路打压保压；排水路灌水试验                                               | 打压泵 + 压力表                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 打压记录 + 照片                | A                       | 全阶段 100%               |
| T-FAT-049 | 各设备岛冷凝水与围堰 | 分岛模拟冷凝/泄漏，检查独立围堰与排水；同时检查机器人地面和 Dock                            | 水 + 计时                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 视频                       | A                       | 全阶段                    |

## 2.6 集成、机器人、充电桩、发货前 (T-FAT-050 ~ 063)

| 编号        | 测试项          | 方法                                                             | 工具/仪器              | 通过标准                                                                                                                    | 记录方式                        | 责任方        | 适用阶段                   |
|-----------|--------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|------------------------|
| T-FAT-050 | 充电桩机械/几何接口验证 | 对照 C 与充电桩供应商冻结的 STEP、接口控制图和安装图, 测充电桩基准、朝向、固定、进出通道、维护净空及触点中心    | 三坐标/激光跟踪仪 + 检具     | 全部尺寸、姿态、固定扭矩、地面/结构载荷与净空符合冻结图纸 <b>[待确认-P0]</b> ; 地图中的 dock_pose=[x,y,yaw] 与实物基准版本一致; 无任何机器人固定安装底座                        | 检具记录 + 坐标报告 + 配置版本截图        | A + C      | 全阶段 100%               |
| T-FAT-051 | 任务 IK/作业可达性  | TCP、各任务目标位姿、容差和工作位冻结后, 逐目标做离线 IK 与真机低速验证                       | 运动学模型 + 示教器 + 位姿日志 | 输入未冻结时 BLOCKED-P0; 齐套后所有受控目标满足关节限位、奇异区、余量和定位容差。不得用静态通道 PASS 替代                                                          | 输入清单、IK 报告、视频和原始日志          | C (A 提供整机) | EVT 必做                 |
| T-FAT-052 | 干涉与包络检查      | 在冻结的工作位及进桩/离桩全路径低速运行; 以机器人真机包络、定位误差、充电桩和 Kiosk 最新 CAD 做动态/静态检查 | CAD + 实机低速运行       | 全程无碰撞; 最小间隙满足 C 与安全风险评估冻结值 <b>[待确认-P0]</b> ; 工作位失效时撤销作业动作使能, 回桩/重新定位只允许进入冻结的受控模式                                        | 干涉报告 (CAD 截图 + 实机视频 + 位姿日志) | A + C      | EVT 必做                 |
| T-FAT-053 | 空载连续运行       | 机器人按冻结任务循环取放 (空杯) 并与食品设备模拟运行                                   | 计数器 + 日志           | 时长、循环数、成功率和复测判据按批准耐久计划 <b>[待确认-P0]</b> ; 计划未冻结时 BLOCKED, 不沿用旧 8h/200 次                                                  | 运行日志 + 循环计数                 | A + C      | EVT + Pilot (MP 按批准抽检) |
| T-FAT-054 | 铭牌、标识、警示标签   | 逐项核对                                                           | 目视                 | 自引用基线<br>铭牌含: 型号/序列号/额定电压电流功率/制造商/制造日期 [确定, GB 5226.1 § 16]; 警示标签含: 高温、夹手、机器人运行区、触电、接地符号; <b>语言按部署地</b> <b>[待确认-P0]</b> | 标签清单 + 照片                   | A          | 全阶段 100%               |
| T-FAT-055 | 随机文件与备件核对    | 对照发货清单                                                         | —                  | 含: 合格证、FAT 报告、电气图、线束图、玻璃质检报告、涂层报告、操作/维护手册、备件 (保险丝、硅胶条、滤网、常用紧固件)、专用工具 (玻璃吸盘、末端快拆扳手) [假设清单, 待 Autolife 确认 P2]             | 装箱单签字                       | A          | 全阶段 100%               |
| T-FAT-056 | 整机清洁与保护      | 发货前清洁 + 贴保护膜                                                   | —                  | 无指纹、无胶残留; A 面 100% 贴保护膜; 玻璃双面贴膜                                                                                         | 照片                          | A          | 全阶段 100%               |
| T-FAT-057 | 包装与重心标识      | 包装方案冻结后逐箱实称并标记                                                 | 经校验地磅/重心测量工装       | 箱数、净重、毛重和重心未冻结时 BLOCKED; 齐套后与受控 Packing List 一致                                                                         | 原始称重数据 + 照片                 | A          | 全阶段 100%               |
| T-FAT-058 | 运输包装验证       | 按真实箱规/毛重、运输模式和目的地选定的批准标准执行                                     | 第三方或批准实验室          | 试验标准与严酷度 TBD-P0; 试验后结构、涂层、玻璃、接口和紧固均通过复验                                                                                 | 试验计划 + 原始数据 + 报告            | A          | EVT 首套 + 包装变更时         |

| 编号        | 测试项        | 方法                                                         | 工具/仪器               | 通过标准                                                                                                                                         | 记录方式           | 责任方   | 适用阶段                   |
|-----------|------------|------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|------------------------|
| T-FAT-059 | 充电桩状态真值表   | 逐一触发未出现、到达 dock_pose、机械对接、开始充电、充满、故障、状态线断线与矛盾组合            | I/O 记录仪 + 机器人/充电桩日志 | present/docked/charging/full/fault/safe_stopped/enable_fb 与冻结真值表一致；到达 dock_pose 但未确认接触时不得 charging=1；断线进入安全默认态                               | 状态边沿 CSV + 视频  | A + C | 每台 100%                |
| T-FAT-060 | 重复对接与定位重复性 | 从冻结起始区域执行 N_dock 次自主回桩；每次记录导航到位、机械对接、充电接触、重试次数和最终位姿        | 全站仪/视觉标定板 + 自动日志    | N_dock、成功率、允许重试次数、位置/角度误差均按 C 与充电桩供应商冻结规格 <b>[待确认-P0]</b> ；每次必须同时有机电对接与充电接触确认，任何无接触误报为 Critical                                              | 逐循环 CSV + 视频   | C     | EVT + Pilot 首台         |
| T-FAT-061 | 充电性能       | 在供应商规定的电池状态和环境下执行完整充电段，记录 AC 输入、充电输出、SOC、状态和时间             | 功率分析仪 + 原厂诊断工具      | 输入/输出、电流限制、充电曲线、效率、完成时间与 full 判定全部符合原厂规格 <b>[待确认-P0]</b> ；无保护误动作或通信丢失                                                                        | 原始功率/充电曲线 + 日志 | A + C | EVT + Pilot 首台         |
| T-FAT-062 | 充电触点与端接升温  | 在原厂最大持续充电电流下运行至批准的温度稳定判据；外壳、正/负触点及端接分别布点                   | 细线热电偶 + 热像仪 + 功率分析仪 | 各测点温升/绝对温度低于原厂限值 <b>[待确认-P0]</b> ；无变色、异味、熔蚀、接触抖动；状态/电流与温度时间轴可关联                                                                              | 原始测点曲线 + 热像图   | A + C | EVT + Pilot 首台 + MP 抽检 |
| T-FAT-063 | 工作/充电使能联锁  | 组合注入 WORK_POSITION_VALID、DOCKED、CHARGING、DOCK_FAULT 与安全链状态 | I/O 注入器 + 状态日志      | 作业动作只在冻结合法组合下允许；WORK_POSITION_VALID=0 或 DOCK_FAULT=1 时禁止作业。回桩/重新定位只能进入冻结的受控模式；充电只在 present=1 & docked=1 & fault=0 且接触确认后使能；安全复位不得自动触发任何运动或充电 | 真值表逐项记录 + 视频   | A + C | 每台 100%                |

### 3. SAT — 现场验收（部署现场）

**前置条件（Autolife / 业主负责，A 到场前必须确认 [待确认-P0]）：**现场供电制式、容量、RCD 与进线已按冻结后的 Power Budget 就位；给排水和网络已就位；后入口外完成面与 Kiosk 内地面高差为 0，完整麦轮路线无台阶/门槛，平整度、摩擦和承重满足冻结要求；搬运通道已实测。充电桩原厂图纸和当前地图 dock\_pose 版本须随 SAT 包提供。

| 编号        | 测试项           | 方法                                                  | 工具/仪器                   | 通过标准                                                                                                                                                                                      | 记录方式                                      | 责任方          | 适用阶段     |
|-----------|---------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|----------|
| T-SAT-001 | 到货外观与运输指示     | 检查木箱外观、防倾倒/防冲击标签                                    | 目视                      | 木箱无破损、无水渍； <b>防倾倒与冲击指示器未触发</b> （如有加贴，[待确认-P2] 是否加贴）                                                                                                                                       | 到货照片（每箱 6 面）                              | A            | 全阶段      |
| T-SAT-002 | 开箱清点          | 对照装箱单                                               | —                       | 100% 齐套，缺件当场记录                                                                                                                                                                            | 清点单双方签字                                   | A + Autolife | 全阶段      |
| T-SAT-003 | 运输损伤检查        | 逐运输分件目视；玻璃逐件检查                                      | 目视 + 手电斜光               | 按冻结外观/玻璃判据；任何结构变形或玻璃裂纹即 NCR                                                                                                                                                               | 缺陷照片                                      | A            | 全阶段      |
| T-SAT-004 | 场地与机器人地面复核    | 实测净高、运输门洞、后入口、内外完成面和完整麦轮路线；沿入口→工作位→Dock 每条路线按累计距离布点 | 卷尺 + 激光水平仪 + 塞尺 + 地面摩擦仪 | 搬运门洞满足批准运输分件；机器人入口净宽 800、底轨/门槛/坡道/高差严格 0；650 mm 路线连续无台阶/凸起；每个测站记录 station_mm, z_mm, gap_mm, slope_percent，相邻测站间距 $\leq \max\_station\_spacing\_mm=100$ ；并满足 validation/kiosk_v1.yaml 的零阈值 | site_floor_profile.csv、校核器 JSON/MD、连续路线视频 | A + C + 业主   | 全阶段      |
| T-SAT-005 | 搬运通道验证        | 按真实包装和工装模拟搬运路径                                      | 搬运工装                    | 所有批准运输分件可通过；不能通过时在发货前重新设计拆分，不得现场破拆人数、工具和目标工时由 EVT 实测后冻结；V1.2-Concept 不设固定 4 h/人数结论                                                                                                        | 路径图 + 视频                                  | A            | 全阶段      |
| T-SAT-006 | 拼装工时实测        | 从开箱到整机安装并完成关键复检计时                                   | 秒表                      | 与冻结制造图/FAT 标准一致                                                                                                                                                                           | 分段计时表 + 视频                                | A            | 全阶段      |
| T-SAT-007 | 运输接口复检        | 复测批准拆分的拼接、门、玻璃和线束接口                                 | 对应检具                    | 记录                                                                                                                                                                                        | 记录                                        | A            | 全阶段      |
| T-SAT-008 | Kiosk 找平与地脚固定 | 调整 Kiosk 可调地脚，固定/防倾覆                                | 水平仪 + 扭力扳手              | 整机水平度 $\leq 1\text{ mm/m}$ [假设]；Kiosk 地脚全部受力（无悬空）； <b>是否需要膨胀螺栓固定 Kiosk/独立充电桩 [待确认-P0，按部署地防倾覆要求]</b> ；不得以此形成工作机器人固定底座                                                                      | 记录 + 扭力值                                  | A            | 全阶段      |
| T-SAT-009 | 三设备岛高度与水平复测   | 重复 T-FAT-005                                        | —                       | 三岛支承面 $z=900\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ [假设]；按冻结设备调平要求                                                                                                                                    | 记录                                        | A            | 全阶段      |
| T-SAT-010 | 玻璃现场安装        | 最后安装全部玻璃                                            | 吸盘                      | 同 T-FAT-025；安装后无应力（用偏光片或目视应力纹 [假设]）                                                                                                                                                       | 照片                                        | A            | 全阶段      |
| T-SAT-011 | 现场供电接入核对      | 核对现场供电、整机进线和充电桩分路                                   | 钳形表 + 万用表 + RCD 测试仪     | 电压/频率、容量、Q0/Q1/Q11、RCD 类型、进线截面与长度全部符合冻结后的 Power_Budget.csv 及部署地要求 <b>[待确认-P0]</b> ；充电桩数据未纳入预算时不得现场送电                                                                                      | 配电核对表                                     | A + 业主电工     | 全阶段 100% |

| 编号                                  | 测试项                               | 方法                                                                | 工具/仪器                  | 通过标准                                                                                                                            | 记录方式                           | 责任方                     | 适用阶段                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|
| T-SAT-012                           | 现场接地系统                            | 核对接地制式并测量适用的接地参数                                                  | 与最终接地系统匹配的测试仪          | 按部署地法规、业主配电设计与保护装置要求判定 [待确认-P0]; 不得用统一 4 Ω 替代不同 TN/TT 场地设计。与 T-FAT-031 的设备保护导体连续性分开记录                                           | 记录                             | A + 业主电工                | 全阶段 100%               |
| T-SAT-013<br>T-SAT-014              | RCD 现场跳闸复测<br>给水接入与水质             | 重复 T-FAT-032<br>接 G1/2 进水, 测压力与流量                                 | RCD 测试仪<br>压力表 + 量杯    | 同 FAT 标准<br>水压 <b>0.15-0.4 MPa</b> [假设] (常规商用食品设备区间, 实际以 B 规格为准 [待确认-P0]); <b>是否需前置过滤/软水 [待确认-P0, 由 B 定]</b>                    | 记录<br>记录                       | A<br>A + B              | 全阶段 100%<br>全阶段        |
| T-SAT-015                           | 排水接入与验证                           | 接 DN25 排水, 灌水验证                                                   | 量杯 + 计时                | 5 L/min 排放无返溢; <b>存水弯有效 (无返味)</b> ; 排水管坡度 $\geq 1\%$ [假设]                                                                       | 视频                             | A                       | 全阶段                    |
| T-SAT-016                           | 有线网络接入                            | 接入现场网络, 测通断与带宽                                                    | 笔记本 + 测速               | 运营网与机器人控制接口隔离; 若机器人采用 Ethernet, VLAN 10 无网关且不出网; 其他介质按 C 的冻结接口验收 [待确认-P0]。上行 $\geq 10\text{ Mbps}$ 、时延 $\leq 50\text{ ms}$ [假设] | 网络测试记录                         | C + D                   | 全阶段                    |
| T-SAT-017                           | 4G/5G 备份链路                        | 断开有线, 验证自动切换                                                      | —                      | 切换时间 $\leq 10\text{ s}$ [假设 A66/A118] (与 T-REC-004 一致); 切换后点单与支付可用                                                              | 记录 + 视频                        | D                       | 全阶段                    |
| T-SAT-018                           | 食品设备上电与达温                         | 三台设备分别上电, 记录达到工作状态时间                                              | 温度计 + 计时               | 各设备在 B 规格时间内达温 [待确认-P0; B 提供预冷/预热时间]; 无报警                                                                                       | 记录                             | B (A 配合)                | 全阶段                    |
| T-SAT-019                           | 机器人、工作位与 dock_pose 标定             | 按 C 的机器人标定规程, 核对当前地图 dock_pose 与实物充电桩基准; 单独标定 WORK_POSITION_VALID | C 提供标定工装 + 位姿日志        | 机器人标定、回桩基准和工作位判定均通过 C 冻结规格 [待确认-P0]; 导航到 dock_pose 不得替代机械/充电接触确认                                                                | 标定报告 + 地图/配置版本                 | C                       | 全阶段                    |
| T-SAT-020<br>T-SAT-021<br>T-SAT-022 | 传感器/视觉标定<br>安全功能现场复测<br>软件版本与云端注册 | 相机、料位、光幕<br>执行 <b>T-SAF 全集</b><br>核对版本号, 云端可见设备                   | C 提供工装<br>见 § 4<br>后台  | 全部标定通过<br>全部通过, 0 Critical<br>版本与发布单一致; 设备在运营后台在线                                                                               | 标定报告<br>安全测试报告<br>截图           | C<br>A + C<br>D         | 全阶段<br>全阶段 100%<br>全阶段 |
| T-SAT-023                           | 支付终端联调                            | 完成至少 5 笔真实小额支付 + 5 笔退款                                            | —                      | 成功率 <b>100%</b> (10/10) [假设]; 对账一致; <b>支付方式 [待确认-P1]</b>                                                                        | 交易流水                           | D                       | 全阶段                    |
| T-SAT-024                           | 实单连续测试                            | 按 PRD 当前场景执行连续 50 单真实出品                                           | 计数 + 计时                | 逐单成功判据、允许失败数与统计方法按批准验收计划冻结; 45-90 s 是当前产品目标 [A88/TBD-P0], 真实轨迹和设备节拍未冻结前不得作为已验证能力                                                | 逐单记录表 (时间/结果/异常码)              | A + B + C + D           | 全阶段                    |
| T-SAT-025                           | 出品质量抽检                            | 从 50 单中抽 10 单检重量、温度、外观                                            | 电子秤 + 探针温度计            | 重量偏差 $\leq \pm 10\%$ [假设]; 出品温度在 B 规定区间 [待确认-P0]; 无洒漏、无异物                                                                       | 抽检记录 + 照片                      | B (A 配合)                | 全阶段                    |
| T-SAT-026                           | 现场噪声实测                            | 重复 T-FAT-047 于现场                                                  | 声级计                    | 按冻结部署场景的 A91 目标与批准测量/背景修正方法判定 [待确认-P1]; 当前 65 dB(A) 仅为产品假设                                                                      | 记录                             | A                       | 全阶段                    |
| T-SAT-027<br>T-SAT-028<br>T-SAT-029 | 清洁演练<br>维护演练<br>运维培训与移交           | 执行 T-CLN 全集<br>执行 T-MNT 抽检 $\geq 6$ 项<br>对业主/运营人员培训并考核            | 见 § 5<br>见 § 8<br>培训教材 | 全部通过<br>达到各项工时目标<br>培训 $\geq 4\text{ h}$ [假设]; 受训人独立完成日常清洁 + 换料 + 急停复位                                                          | 清洁记录<br>计时表 + 视频<br>培训签到 + 考核表 | A + B<br>A<br>A + B + C | 全阶段<br>全阶段<br>全阶段      |



| 编号        | 测试项            | 方法                                   | 工具/仪器           | 通过标准                                                                                                     | 记录方式                    | 责任方          | 适用阶段    |
|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|
| T-SAT-030 | Punch List 与签收 | 汇总遗留项, 双方签字                          | —               | Critical=0、Major=0、Minor ≤ 10 且有关闭日期 [确定, § 0.4]                                                         | <b>SAT 验收签收单</b> (双方盖章) | A + Autolife | 全阶段     |
| T-SAT-031 | 充电桩现场几何与固定复核   | 复测充电桩基准、朝向、固定扭矩、进出路径、维护净空和现场地面影响     | 全站仪/激光测距 + 扭力扳手 | 符合冻结安装图与 T-FAT-050; 现场拼装/找平后 dock_pose 与实物偏差在 C 规格内 <b>[待确认-P0]</b>                                      | 坐标/扭矩记录 + 照片            | A + C        | 每台 100% |
| T-SAT-032 | 现场重复对接与充电握手    | 从现场常用等待区执行 N_sat 次回桩, 覆盖实际照明、地面和网络条件 | 机器人/充电桩日志 + 视频  | N_sat 与成功率按冻结 SAT 规格 <b>[待确认-P0]</b> ; 每次 dock_pose 到达后均须机械对接 + 充电接触双确认, 无误报、无异常擦碰                       | 逐循环记录 + 视频              | C            | 每台 100% |
| T-SAT-033 | 现场充电与状态上报      | 完成一次规定充电段, 核对本端 I/O、IPC、云端状态和分路功率    | 功率分析仪 + 后台日志    | present/docked/charging/full/fault/work_position_valid 一致; 功率与温度在原厂/FAT 包络内; 状态变化按冻结时限上传 <b>[待确认-P0]</b> | 功率曲线 + 本地/云端日志          | A + C + D    | 每台 100% |

### 3.1 麦轮路线现场剖面机检

CAD 中的  $z=0$  只代表结构名义面，不能证明施工后的路线。T-SAT-004 必须用激光水平仪/直尺和塞尺沿完整 650 mm 路廊连续巡检（含接缝、门封、线缆路径和窄台阶），按批准测量计划布置足够密的累计站点，并附连续路线视频。当前 manifest 要求 `max_station_spacing_mm=100`，相邻测站间距不得超过 100 mm；缺失、非法或超限时判 **BLOCKED**，因为稀疏测点无法证明中途没有窄台阶。该上限是测量证据密度要求，不是允许的台阶高度，也不能替代连续巡检。将实测站点填入 `validation/site_floor_profile.csv`（每条路线从站点 0 到终点，至少两个严格递增站点），然后运行：

```
python tools/verify_site_floor_profile.py \
--manifest validation/kiosk_v1.yaml \
--profile validation/site_floor_profile.csv \
--out build/verification/site-floor-profile
```

校核器从 `z_mm` 重新计算相邻高差和坡度，同时检查表内 `slope_percent`、缝隙 `gap_mm` 及绝对完成面偏移。缺测、乱序、路线不全或格式错误为 **BLOCKED**；任一台阶、坡度、缝隙或偏移超过 manifest 的零门槛限制为 **FAIL**。麦克纳姆轮不爬台阶，不能用临时坡道、压条或线槽护桥把失败改写为通过。该结果仍不能替代完整机器人扫掠、停止距离、动态导航、IK 或充电桩对接验收。

## 4. 安全验证专章（T-SAF）

### 4.1 适用标准（部署地法规 [待确认-P0]）

| 标准                            | 适用范围                         | 本包状态                                                               |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| GB 5226.1 / IEC 60204-1       | 机械电气安全 — 接地、绝缘、耐压、急停、导线标识    | 按此执行 [确定引用]                                                        |
| GB 4706.1 / IEC 60335-1       | 家用及类似电器安全 — 可触及表面温升、防触电、泄漏电流 | 食品设备侧由 B 提供合规证明 [待确认-P0]                                           |
| ISO 10218-1/-2 + ISO/TS 15066 | 工业机器人与协作机器人安全 — 限速限力、安全距离    | 由 C 负责判定 [待确认-P0]                                                  |
| GB 15763.2                    | 建筑用安全玻璃 — 钢化玻璃               | 玻璃厂提供 [确定引用]                                                       |
| IEC 62368-1                   | 音视频/信息设备安全 — IPC/显示器         | 由部件供应商提供 CB/CE [待确认-P1]                                            |
| GB/T 16855.1 / ISO 13849-1    | 安全控制系统性能等级 PL                | 急停与联锁回路目标 <b>PL d / Cat.3</b> [假设]（依据：存在机器人运动危险的有人交互设备常规要求），需 C 确认 |
| CE / UL / NSF                 | 出口欧盟 / 北美 / 食品设备卫生           | [待确认-P0]，取决于部署国家                                                   |

**警示：**本表为工程执行用清单，**不构成合规认证结论**。最终认证范围与测试机构须在部署国家/地区冻结后由 Autolife 指定。

## 4.2 安全测试项

| 编号        | 测试项            | 方法                                                              | 工具/仪器                        | 通过标准                                                                                                                                           | 记录方式              | 责任方   | 适用阶段                                 |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------------|
| T-SAF-001 | 急停响应时间         | 机器人以冻结的最坏速度/载荷运行轨迹，触发急停；同步记录按钮触点、机器人认证安全输入、SAFE_STOPPED 与运动完全停止 | 高速相机(≥240fps) 或示波器 + 机器人安全日志 | Kiosk 输入链、机器人最坏停止时间、停止类别及最终静止状态全部符合 C 的安全规格和风险评估 <b>[待确认-P0]</b> ；不得以切断 Kiosk 电源代替机器人安全停止                                                      | 高速视频/示波器 截图 + 时间戳 | A + C | 每台 100% (响应时间实测在 EVT/Pilot, 量产做功能验证) |
| T-SAF-002 | 急停按钮数量、位置与自锁   | 逐个按下并检查                                                         | 目视                           | ≥2 个；位置：顾客侧 1 个 + 后中央服务入口 1 个 [假设]；红色蘑菇头 + 黄底；自锁、须旋转复位；任一按下即整机停                                                                                | 位置图 + 照片          | A     | 每台 100%                              |
| T-SAF-003 | 门/面板联锁         | 运行中打开后中央门 / 拆侧板                                                 | 秒表 + 目视                      | 打开即按冻结安全策略停止；门关闭后不得自动重启，须手动复位                                                                                                                  | 视频                | A + C | 每台 100%                              |
| T-SAF-004 | 联锁开关防旁路        | 尝试用磁铁/胶带旁路联锁                                                    | 磁铁                           | <b>不可被简单旁路</b> (须用编码磁性安全开关或双通道机械开关) [假设，依据 ISO 14119 防欺骗要求]                                                                                    | 记录                | A     | EVT + Pilot                          |
| T-SAF-005 | 安全光幕 / 安全区     | 用标准遮挡棒逐点遮挡光幕全高；在工作位定位误差边界处复核危险点距离                               | 标准测试棒 + 测距仪                  | 全高无盲区，遮挡即触发安全停止；安全距离按 ISO 13855 用实测停止时间、WORK_POSITION_VALID 容差和最坏机器人包络计算 <b>[待确认-P0]</b> ，实测距离不得小于计算值                                          | 逐点记录 + 计算书 + 视频   | A + C | 每台 100%                              |
| T-SAF-006 | 机器人限速限力（协作模式）  | 若采用协作模式：按 ISO/TS 15066 用力/压力测量装置在可接触身体部位测                       | 生物力学测量装置 (BMD)               | 力/压力不超过 ISO/TS 15066 表 A.2 对应身体部位限值 [确定引用]。若采用「围栏 + 光幕」隔离模式则本项不适用，改由 T-SAF-005 保证 — <b>[待确认-P0: C 确认安全策略是隔离型还是协作型]</b>                         | 测量报告              | C     | EVT + 设计变更时                          |
| T-SAF-007 | 防夹 — 运动件夹紧力与间隙 | 检查门、抽屉、取餐口挡门等运动件；测夹紧力                                           | 测力计 + 塞尺                     | 可接触运动部位间隙 <b>&lt; 4 mm 或 &gt; 25 mm</b> (避免手指夹持区) [假设，参考 ISO 13854 缝隙原则]；电动运动件夹紧力 ≤ <b>150 N</b> [假设]；取餐口在机器人运动时 <b>必须关闭或有物理阻挡</b> [确定，安全设计原则] | 记录 + 照片           | A + C | 每台 100%                              |
| T-SAF-008 | 防烫 — 可触及表面温度   | 满载稳态后测所有客户与运维可触及表面                                              | 红外热像仪 + 接触式温度计（以接触式为准）       | 环境 25 °C 下：金属表面 ≤ <b>65 °C</b> 、塑料/涂层表面 ≤ <b>75 °C</b> 、玻璃 ≤ 65 °C [确定引用 GB 4706.1 / IEC 60335-1 手柄与短时接触限值范围]； <b>超限必须加隔热或物理隔离，不接受仅贴警示标签</b>   | 热像图 + 逐点数据        | A + B | 每台 100% (量产可用热像快扫)                   |
| T-SAF-009 | 泄漏电流           | 整机通电，测 PE 泄漏电流                                                  | 泄漏电流测试仪                      | ≤ <b>3.5 mA</b> [确定] (IEC 60204-1 / IEC 60335-1 固定式设备常规限值)；超限需评估是否属 RCD 误动作风险                                                                  | 记录                | A     | 每台 100%                              |

| 编号        | 测试项          | 方法                                                      | 工具/仪器             | 通过标准                                                                                                                       | 记录方式               | 责任方      | 适用阶段           |
|-----------|--------------|---------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------------|
| T-SAF-010 | 接地连续性（安全复核）  | 同 T-FAT-031，但作为安全项独立签署                                  | 接地电阻测试仪           | $\leq 0.1 \Omega$ [确定]                                                                                                     | 逐点数据               | A        | 每台 100%        |
| T-SAF-011 | 玻璃安全         | ①核对钢化标识 ②碎片状态（试片破碎试验，非整机） ③抗冲击                          | 落球装置（GB 15763.2）  | 每块有认证标识 [确定]；同批试片 $50 \times 50 \text{ mm}$ 区域碎片数 $\geq 40$ 片 [确定，GB 15763.2]；霰弹袋冲击符合 GB 15763.2； <b>若加防爆膜，破碎后须保持整体不脱落</b> | 玻璃厂型式报告 + 试片照片     | A（玻璃厂提供） | 每批 100%（报告）    |
| T-SAF-012 | 玻璃边缘与人体防护    | 检查暴露边缘                                                  | 手感 + 目视           | <b>所有人体可触及玻璃边缘必须磨边或被金属压条覆盖</b> ，无锐边 [确定，安全设计原则]                                                                            | 照片                 | A        | 每台 100%        |
| T-SAF-013 | 整机稳定性/防倾覆    | 按 $10^\circ$ 倾斜或施加水平力法（二选一，记录所选方法）                      | 倾斜台或拉力计           | $10^\circ$ 倾斜不倾覆 [假设，参考 GB 4706.1 稳定性试验]；或在 $1500 \text{ mm}$ 高施加 $250 \text{ N}$ 不倾覆（同 T-FAT-019）                         | 视频                 | A        | EVT + Pilot 首台 |
| T-SAF-014 | 断电后残余能量      | 断 Q0/Q11 后测 Kiosk 端子、充电桩输入/输出及触点残余电压；机器人自身电池按 C 的独立隔离规程 | 万用表 + 原厂放电工装      | Kiosk 电路满足 IEC 60204-1 适用限值；充电桩触点残压与去能时间符合原厂安全规格 <b>[待确认-P0]</b> 。明确记录 Q0/Q11 不隔离机器人自身电池                                   | 原始曲线 + 记录          | A + C    | EVT + Pilot    |
| T-SAF-015 | 食品设备异常保护     | 触发缺料、超温、缺水（由 B 提供触发方法）                                  | B 提供              | 各异常均有报警且 <b>设备自动进入安全态</b> （停止出品，不得带故障出餐） [确定，食品安全原则]；异常上报至 IPC 与云端                                                         | 报警日志               | B + D    | 每台 100%        |
| T-SAF-016 | 消防与漏保配合      | 检查是否有烟感/灭火要求                                            | —                 | <b>[待确认-P0]</b> ：brief § 7 提及「消防/漏保」，但现行 BOM 无消防件。若部署地商场要求内置灭火（爆米花机含加热，风险最高），需追加 BOM 与 NRE                                 | 决策记录               | Autolife | 待冻结            |
| T-SAF-017 | 充电触点防触电与异常脱离 | 按原厂安全工装模拟未对准、半接触、充电中分离及人员可触状态；同步测触点电压/电流与 charge-enable | 原厂工装 + 示波器 + 绝缘工具 | 未可靠对接不得加能；异常分离在原厂规定时间去能且无持续电弧；可触触点电压/能量、防护与残压符合充电桩规格及部署地标准 <b>[待确认-P0]</b> ；触点损伤为 Critical                                 | 波形 + 高速视频 + 触点前后照片 | A + C    | EVT + Pilot 首台 |

## 5. 清洁验证 (T-CLN)

| 编号                     | 测试项                          | 方法                                       | 工具/仪器           | 通过标准                                                                                                                                                                    | 记录方式            | 责任方           | 适用阶段                     |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------|
| T-CLN-001              | 食品接触面材质与表面                   | 复用 T-FAT-015 结论 + 目视全检食品区                | PMI + 粗糙度仪      | CAD/Part List 指定件按 SUS304 核验；食品接触边界、粗糙度、圆角、焊接/密封和可清洁判据按批准卫生图与部署法规冻结，缺失时 BLOCKED-P0<br><b>免工具或仅用 1 种通用工具</b> [假设]；单人 ≤ 10 min 拆完全部可拆件 [假设] (依据：日清作业需在开店前完成)；装回后无错装 (有防呆) | 食品区全景 + 特写照片    | A             | 每台 100%                  |
| T-CLN-002              | 可拆件拆装                        | 拆下所有宣称「可拆清洗」的件并装回                        | 计时              | 按冻结设备/卫生图排空，无成滩积水；水不越过独立围堰，不流入机器人工作区、入口或 Dock                                                                                                                           | 计时 + 视频         | A + B         | EVT + Pilot              |
| T-CLN-003              | 设备岛排水与机器人地面防溢                | 每岛排水盘倒水 2 L，观察围堰、排水与相邻地面                 | 量杯 + 秒表 + 塞尺    | 电气部位不得进水，清洁后电气复测通过；清洁分区、防护等级和绝缘判据按部署法规及批准图纸冻结 [待确认-P0]，不得把整机 IP20 或局部 IPX4 当作已确定值                                                                                       | 视频 + 照片         | A             | 每台 100%                  |
| T-CLN-004              | 清洁方式与密封性                     | 按设备商批准的擦拭/冲洗方式和时长执行                      | 与批准清洁规程匹配的工装    | 无变色、无溶胀、无开裂、无失光 (光泽度变化 ≤ 5 GU) [假设]； <b>清洁剂清单 [待确认-P0，由 B/运营指定]</b> ；明确禁用含氯漂白剂对 SUS304 长时接触 [确定，材料常识]                                                                   | 清洁视频 + 电气复测     | A             | EVT + Pilot              |
| T-CLN-005              | 清洁剂兼容性                       | 用拟用清洁剂对 SUS304、涂层、硅胶条、亚克力、玻璃各做浸润/擦拭 24 h | 试片 + 清洁剂        | 亚克力 <b>禁用酒精/氨类</b> (应力开裂风险) [确定，材料常识]；须在维护手册明确写出替代清洁剂                                                                                                                   | 试片对比照片          | A + B         | EVT                      |
| T-CLN-006              | 亚克力/发光件耐清洁                   | 同上，重点测酒精                                 | 试片              | ≤ 30 min, 1 人 [假设] (依据：门店开店前准备时间窗)；分项计时 ≤ 90 min, 1 人 [假设]                                                                                                              | 记录              | A             | EVT                      |
| T-CLN-007              | 日常清洁工时                       | 按维护手册执行一次完整日清                            | 秒表              | ≤ 100 RLU [假设] (依据：餐饮业常用清洁合格阈，实际阈值随仪器品牌变化， <b>[待确认-P1] 由 Autolife 指定仪器与阈值</b> )                                                                                         | 计时表 + 视频        | A + B         | EVT + SAT                |
| T-CLN-008<br>T-CLN-009 | 深度清洁工时 (周清)<br>清洁效果 — ATP 拭子 | 含设备拆洗<br>清洁后在食品接触面 5 个点做 ATP 拭子          | 秒表<br>ATP 荧光检测仪 | <b>[待确认-P0]</b> ：限值与取样频次完全取决于部署国家法规与产品类别，本包不设定值。EVT 阶段先建立取样点位图 (≥ 5 点)                                                                                                  | 计时表<br>ATP 读数记录 | B (A 配合)<br>B | EVT + SAT<br>EVT + Pilot |
| T-CLN-010              | 微生物取样 (占位)                   | 按部署地食品法规做菌落总数/大肠菌群                       | 第三方实验室          | 容量满足 <b>[待确认-P1, 需日订单量]</b> (A14 暂按 200 单/日)；取放 ≤ 2 min、单人、不洒漏 [假设]                                                                                                     | 第三方报告           | Autolife 委托   | Pilot 起                  |
| T-CLN-011              | 废弃物与残渣                       | 爆米花残渣盒、废液盒容量与取放                          | 量杯 + 计时         |                                                                                                                                                                         | 计时 + 视频         | A + B         | EVT + SAT                |

---

## 6. 连续运行 / 耐久测试 (T-END)

### 6.1 故障分级定义 (本章判定专用) [确定: 本包定义]

| 级别   | 定义                                    | 举例                       |
|------|---------------------------------------|--------------------------|
| 重大故障 | 导致整机停机且现场无法在 30 min 内恢复, 或造成安全/食品安全事件 | 机器人机械损坏、主板烧毁、漏水导致跳闸、玻璃破裂 |
| 一般故障 | 单笔订单失败或子系统降级, 现场 ≤ 30 min 可恢复         | 掉杯、卡料、食品设备报警需复位、支付超时     |
| 轻微故障 | 不影响出品, 可延后处理                          | 单颗 LED 暗、屏幕偶发闪烁、日志告警     |

## 6.2 测试项

| 编号                     | 测试项                           | 方法                                                 | 工具/仪器             | 通过标准                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 记录方式               | 责任方           | 适用阶段                        |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|
| T-END-001              | EVT 连续运行 <b>72 h</b>          | 厂内模拟真实订单流，含空闲/高峰交替；机器人+食品设备全程运行                    | 自动化脚本 + 日志系统 + 摄像 | 72 h / 600 单来自 A63/A14 当前假设；重大故障目标 0，其他故障分类、允许次数和订单成功率按批准耐久计划冻结 [待确认-P0]<br>累计订单 $\geq 1400$ 单 [假设]； <b>重大故障=0</b> ；一般故障 $\leq 5$ 次；成功率 $\geq 98.5\%$ [假设，逐阶段收紧]<br>目标 <b>MTBF <math>\geq 500</math> h</b> (按「重大+一般」计) [假设] (依据：日运营 12 h，目标约 6 周一次现场干预)； <b>[待确认-P1] 需 Autolife 给运营 SLA 目标</b><br>45-90 s 为 A88 产品目标，P95 与允许漂移均待真实轨迹、设备节拍和批准耐久计划冻结 [待确认-P0]；当前仅报告分布，不得宣称目标已验证<br>对角线变化 $\leq 1$ mm、设备岛高度变化 $\leq 1$ mm、接地电阻无变化、紧固件无松动 (抽 20 个测扭力，衰减 $\leq 20\%$ ) [假设]<br>与初始温升差 $\leq 3$ K [假设] (超出说明滤网堵塞或风扇衰减)<br>重大故障=0；成功率 $\geq 98.5\%$<br>累计 <b>10,000 次</b> 无机械失效 [假设-需 C 用真机寿命数据替换，待确认-P0] | 全程日志 + 故障台账 + 延时视频 | A + B + C + D | EVT                         |
| T-END-002              | Pilot 连续运行 <b>168 h</b> (7 天) | 现场真实运营或厂内长跑                                        | 同上                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 同上                 | A + B + C + D | Pilot                       |
| T-END-003              | MTBF 估算                       | 由 T-END-001/002 与现场数据统计                            | 故障台账              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 统计表                | D (数据) + A    | Pilot 起                     |
| T-END-004              | 单杯节拍稳定性                       | 从 T-END 数据中取全部订单耗时                                 | 日志                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 节拍分布直方图            | C + D         | EVT + Pilot                 |
| T-END-005              | 长跑后结构复检                       | T-END 结束后重复 T-FAT-003/005/006/031                  | 同 FAT 工具          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 前后对比表              | A             | EVT + Pilot                 |
| T-END-006              | 长跑后温升复测                       | 重复 T-FAT-044                                       | 热电偶               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 对比曲线               | A             | EVT + Pilot                 |
| T-END-007<br>T-END-008 | MP 抽检长跑<br>机器人循环耐久            | 每 <b>50 台抽 1 台</b> [假设] 做 24 h 长跑<br>空载取放循环，独立于订单流 | 同上<br>计数器         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 记录<br>循环日志         | A<br>C        | MP<br>EVT (可与 T-END-001 并行) |

7. 故障恢复测试（T-REC）

恢复时间定义 [确定：本包定义]：从「故障注入完成」到「系统可接受下一笔订单」的墙钟时间。人工介入的项须注明所需人数与工具。

| 编号        | 测试项             | 方法（故障注入）                           | 工具/仪器    | 通过标准（恢复时间目标）                                                                                                                           | 记录方式        | 责任方       | 适用阶段                                         |
|-----------|-----------------|------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|----------------------------------------------|
| T-REC-001 | 主电断电恢复          | 运行中断 Q0，60 s 后恢复；机器人自身电池保持按 C 规程管理 | 秒表 + 日志  | UPS 侧无数据丢失；立即请求机器人安全停止并撤销充电使能。复电后进入 SAFE_IDLE，不自动运动/充电；仅在安全链、本地复位、ROBOT_PRESENT、WORK_POSITION_VALID 与 dock 状态合同全部满足后恢复接单。恢复时限 [待确认-P0] | 状态边沿日志 + 视频 | A + C + D | 每台 100%                                      |
| T-REC-002 | 出单中途失去 Kiosk 主电 | 机器人持杯运动中断 Q0                       | 同上       | 机器人按认证安全接口停止；在制品丢弃并提示清理，不得续做该单；订单标记失败并触发退款。机器人仍有机载电池，不得以 Kiosk 失电推定机器人已无能量                                                             | 日志 + 视频     | A + C + D | EVT + Pilot                                  |
| T-REC-003 | UPS 切换          | 断主电，观察 UPS 承接                      | 示波器 / 日志 | IPC/GPU 0 中断（切换时间 ≤ 10 ms [假设，在线互动式 UPS 常规]）；UPS 后备 ≥ 5 min [假设]（够安全停机，非续航运营）；UPS 电量低时自动优雅关机 [假设-需 D 实现]                               | 记录          | A + D     | EVT + Pilot（UPS 为可选件，见 BOM IPC-001 [待确认-P1]） |
| T-REC-004 | 有线网络中断          | 拔网线，保持 5 min                       | 秒表       | 自动切换 4G/5G ≤ 10 s [假设 A66/A118]；切换期间已接单继续出品（本地自治）[假设-需 D 确认]；主链路稳定 60 s 后自动回切                                                          | 日志 + 视频     | D         | 每台 100%                                      |
| T-REC-005 | 全网络中断           | 拔网线 + 拔 4G 模块，保持 10 min            | —        | 进入离线模式：已缓存订单继续、新订单提示暂不可用；恢复后 ≤ 120 s [假设] 内补传全部离线数据，0 丢单                                                                               | 日志比对        | D         | EVT + Pilot                                  |
| T-REC-006 | 支付超时/失败         | 模拟支付网关无响应 30 s                     | 测试账号     | 前端明确提示并不得扣款不出货；自动退款或挂起，≤ 30 s 释放设备接受下一单 [假设]                                                                                           | 交易日志        | D         | 每台 100%                                      |
| T-REC-007 | 机器人一般报警         | 由 C 注入（如碰撞检测、超限）                   | C 提供工装   | 报警上报 ≤ 2 s；可远程复位的 ≤ 60 s 恢复 [假设]；需现场复位的按 T-MNT-012 检测到失败 ≤ 5 s [假设]；自动重试 ≤ 2 次后转人工提示 [假设]；不得在掉杯后继续出品到脏区                                | 报警日志        | C         | 每台 100%                                      |
| T-REC-008 | 机器人抓取失败 / 掉杯    | 人为移开杯子或阻挡抓取                        | —        | 检测到失败 ≤ 5 s [假设]；自动重试 ≤ 2 次后转人工提示 [假设]；不得在掉杯后继续出品到脏区                                                                                   | 日志 + 视频     | C         | 每台 100%                                      |
| T-REC-009 | 食品设备缺料          | 抽走物料                               | —        | 检测并提示 ≤ 10 s [假设-需 B 确认是否有料位传感器，待确认-P0]；缺料时该品类下架而非整机停机 [假设，运营要求需 D 实现]                                                                 | 日志 + 界面截图   | B + D     | 每台 100%                                      |



| 编号        | 测试项            | 方法 (故障注入)                                | 工具/仪器              | 通过标准 (恢复时间目标)                                                                                                                            | 记录方式           | 责任方       | 适用阶段        |
|-----------|----------------|------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|-------------|
| T-REC-010 | 食品设备温度超限       | 由 B 提供注入方法 (如强制加热/停制冷)                   | —                  | 报警 + 该品类停售; 恢复到工作温度后 <b>自动或手动确认恢复售卖 [待确认-P1, 取决于食品安全策略]</b>                                                                              | 日志             | B + D     | EVT + Pilot |
| T-REC-011 | 缺水 / 排水堵塞      | 关进水阀; 堵排水口                               | —                  | 缺水报警 $\leq 30\text{ s}$ [假设]并停止相关设备; 排水堵塞时 <b>液位传感器报警且切断进水, 不得溢流</b> [假设-需增加液位传感器, <b>[待确认-P0]: 现行 BOM 未列此传感器]</b>                       | 日志 + 视频        | A + B     | EVT + Pilot |
| T-REC-012 | 急停后复位流程        | 按下急停 → 按规程复位                             | 秒表                 | 复位需 <b>旋钮解锁 + 面板确认</b> 双动作 [确定]; 复位沿不得自动触发运动/充电。恢复前重新验证 SAFE_STOPPED、ROBOT_PRESENT、WORK_POSITION_VALID 与 dock 合法状态; 恢复时限 <b>[待确认-P0]</b> | 视频 + 状态日志      | A + C     | 每台 100%     |
| T-REC-013 | 门连锁触发后恢复       | 运行中开门再关门                                 | 秒表                 | 同 T-REC-012, 需手动确认恢复; $\leq 120\text{ s}$ [假设]                                                                                           | 视频             | A + C     | 每台 100%     |
| T-REC-014 | IPC/软件崩溃恢复     | 强制杀进程 / 重启 IPC                           | —                  | 服务守护自动拉起 $\leq 90\text{ s}$ [假设]; 机器人在此期间保持安全停止态而非自由运动 [确定, 安全原则]                                                                        | 日志             | C + D     | EVT + Pilot |
| T-REC-015 | 充电桩输入失电/复电     | CHARGING=1 时断 Q11, 保持规定时间后恢复             | 示波器 + 功率分析仪 + 状态日志 | 失电后 charging 撤销、fault/失电状态按真值表上报, 无触点电弧或订单误启动; 复电后 charge-enable 保持 0, 须重新完成 present+docked+接触确认与明确恢复动作; 时限按原厂规格 <b>[待确认-P0]</b>         | 波形 + 视频 + 日志   | A + C     | EVT + Pilot |
| T-REC-016 | 充电中异常脱离        | 用原厂安全工装在充电阶段模拟对接丢失/机器人位移                 | 原厂工装 + 高速相机 + 示波器  | 立即撤销充电使能并请求安全停止; 进入锁定故障, 订单中止; 无持续电弧, 触点无损伤。不得自动重试, 检查并人工复位后才能重新对接                                                                       | 波形 + 视频 + 触点照片 | A + C     | EVT + Pilot |
| T-REC-017 | dock 状态通信中断/矛盾 | 断开状态接口, 依次注入 charging=1 & docked=0 等非法组合 | I/O 注入器 + 日志       | 失线/非法组合进入安全默认态: charge-enable=0、作业动作禁止、安全停止请求、停止接单、故障上报; 通信恢复不自动清故障, 人工确认后按完整对接流程恢复                                                      | 真值表记录 + 视频     | A + C + D | 每台 100%     |

## 8. 维护时间验证 (T-MNT) —— 常见故障与维护动作清单

**前提：**所有工时均指「受过 § 3 T-SAT-029 培训的运维人员」在**备件在手、工具在现场**条件下的墙钟时间，不含备件采购与到场时间。  
本表中的候选工时均须由 EVT 实测后冻结；V1.2-Concept 不把经验时长作为放行值。

| 编号        | 维护动作 / 常见故障            | 目标工时                                          | 人数      | 所需工具           | 方法与验证                            | 通过标准                                                                      | 记录方式     | 责任方         | 适用阶段        |
|-----------|------------------------|-----------------------------------------------|---------|----------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|-------------|
| T-MNT-001 | 补充/更换物料 (冰淇淋浆料、玉米粒、糖浆) | ≤ 10 min [假设] (依据：日常高频动作，须在营业间隙完成)            | 1       | 无 (免工具)        | 从空料到设备就绪出品，计时                    | 达标且出品正常； <b>料仓开口必须在人体 900~1500 mm 舒适区</b> [假设]                            | 计时表 + 视频 | B (A 保证可达性) | 每台 SAT      |
| T-MNT-002 | 清爆米花残渣 / 倒废液           | ≤ 10 min [假设]                                 | 1       | 无              | 满载残渣状态下执行                        | 无洒漏；渣盒可单手取放                                                               | 计时 + 视频  | A + B       | 每台 SAT      |
| T-MNT-003 | 日常清洁 (食品接触面)           | ≤ 30 min [假设] (同 T-CLN-007)                   | 1       | 清洁布、指定清洁剂      | 见 T-CLN-007                      | 达标 + ATP 合格 (T-CLN-009)                                                   | 计时 + ATP | A + B       | EVT + SAT   |
| T-MNT-004 | 更换最大玻璃件                | CLN-007 [待确认-P0]                              | 按批准搬运方案 | 经批准吸盘/吊具与工具    | 按玻璃供应商方案拆装                       | 安全完成且复测 T-FAT-025 通过                                                      | 计时 + 视频  | A           | EVT + Pilot |
| T-MNT-005 | 更换一段 LED 灯带            | ≤ 20 min [假设] (依据：灯带为插接式分段，需拆漫射条)             | 1       | 内六角、螺丝刀        | 拆漫射条 → 换段 → 通电验证                 | 更换后无暗点、色温一致 (复用 T-FAT-042)                                                | 计时 + 视频  | A           | EVT + Pilot |
| T-MNT-006 | 更换显示屏 (21.5" 点单屏)      | ≤ 30 min [假设]                                 | 1       | 螺丝刀、内六角        | 断电 → 拆背板 → 换屏 → 接线 → 点亮          | 点亮正常、触摸校准通过 (T-FAT-041)                                                   | 计时 + 视频  | A           | EVT         |
| T-MNT-007 | 更换 86" 侧柱屏             | ≤ 30 min (风险项, 86" 屏约 40~50 kg [假设], 可能需 2 人) | 2       | 吸盘、螺丝刀         | 同上                               | 达标；若超 30 min, <b>必须改设计为侧向抽拉式安装</b> [设计反馈项]                                | 计时 + 视频  | A           | EVT         |
| T-MNT-008 | 更换电源模块 / PSU           | 目标工时、人员和工具按 enclosure/连接器方案冻结                 | TBD-P0  | 按批准 LOTO 与维修规程 | 隔离能量 → 断开受控连接 → 更换 → 接线核对 → 复电验证 | Enclosure、连接器和维护包络未冻结时 BLOCKED-P0; 通过标准以批准维修规程和 EVT 实测基线为准                | 计时 + 视频  | A           | EVT + Pilot |
| T-MNT-009 | 清洁/更换进风口滤网             | ≤ 10 min [假设]                                 | 1       | 免工具            | 拆洗/换 → 复装                        | 达标；复装后风量恢复 (复用 T-FAT-045)                                                 | 计时       | A           | 每台 SAT      |
| T-MNT-010 | 疏通排水 / 清存水弯            | ≤ 20 min [假设]                                 | 1       | 通管条、接水盆        | 人为堵塞后疏通                          | 疏通后 5 L/min 无返溢 (复用 T-SAT-015); <b>过程中不得污染食品区</b>                         | 计时 + 视频  | A           | EVT + SAT   |
| T-MNT-011 | 更换机器人末端执行器 (夹爪)        | ≤ 10 min [假设] (依据：03 ICD 「换末端快接」)             | 1       | C 指定快拆工具       | 拆 → 换 → 标定/确认                    | 更换后抓取成功率复测 10/10 [假设]; <b>若需重新标定 &gt; 10 min, 则 ICD 的「快接」不成立, 需 C 改设计</b> | 计时 + 视频  | C           | EVT         |
| T-MNT-012 | 急停复位 / 报警清除            | ≤ 5 min [假设]                                  | 1       | 无              | 见 T-REC-012                      | 达标                                                                        | 视频       | A + C       | 每台 SAT      |
| T-MNT-013 | 更换保险丝 / 复位断路器          | ≤ 10 min [假设]                                 | 1       | 螺丝刀            | 断电 → 换件 → 复电                     | 达标; <b>配电箱内须有备用保险丝与回路标识图</b> [假设, 建议列入随机备件]                               | 计时       | A           | EVT         |
| T-MNT-014 | 更换硅胶条 / 门密封条           | ≤ 20 min [假设]                                 | 1       | 塑料撬棒           | 拆旧 → 装新                          | 装后无漏风, 门开合力不变 (T-FAT-021)                                                 | 计时       | A           | EVT         |
| T-MNT-015 | 更换风扇                   | ≤ 20 min [假设]                                 | 1       | 螺丝刀            | 断电 → 换 → 复电                      | 风量恢复; 噪声不超 (T-FAT-047)                                                    | 计时       | A           | EVT         |

| 编号        | 维护动作 / 常见故障         | 目标工时          | 人数               | 所需工具            | 方法与验证                                                                                     | 通过标准                                                            | 记录方式    | 责任方   | 适用阶段        |
|-----------|---------------------|---------------|------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|-------------|
| T-MNT-016 | 拆装 enclosure 检修     | [待确认-P0]      | TBD-             | 按冻结结构           | 见 T-FAT-024                                                                               | Enclosure 冻结并完成实测                                               | 计时      | A     | EVT + Pilot |
| T-MNT-017 | 面板<br>更换 IPC / 工控机  | ≤ 30 min [假设] | P0<br>1          | 螺丝刀             | 断电 → 拔线 → 换 → 恢复<br>系统镜像                                                                  | 达标（不含系统重装时间，须用预<br>装镜像备件；若无预装备件则本项<br>无法达标 — [待确认-P1] 备件策<br>略） | 计时      | A + D | EVT         |
| T-MNT-018 | 食品设备整机拆出/装<br>回     | [待确认-P0]      | 按设备<br>供应商<br>方案 | 原厂工具/搬运<br>工装   | 按冻结接口拆装后复验<br>水、电、排热和功能                                                                   | 真实质量/重心/接口未冻结时<br>BLOCKED                                       | 计时 + 视频 | A + B | EVT + Pilot |
| T-MNT-019 | 充电触点检查/清洁与<br>充电桩隔离 | 目标工时 [待确认-P1] | 1                | 原厂绝缘工具/<br>清洁耗材 | 停止接单 → 机器人安全<br>停止并按 C 规程隔离机载<br>电池 → 锁定 Q11 → 验证<br>触点无压 → 检查/清洁 →<br>复装 → 执行对接与充电<br>握手 | 无熔蚀/污染/松动；复测 T-FAT-<br>059/061 通过；全过程不触及带电<br>端                 | 计时 + 视频 | A + C | EVT + SAT   |

**T-MNT 汇总判定：**每项只有在目标工时、人员、工具和供应商规程冻结后才能判 PASS/FAIL。未冻结项记为 BLOCKED，不能用纸面估算放行。

## 9. 验证与阶段的对应矩阵

| 测试族            | EVT (1) | Pilot (3)   | 小批 (20)        | MP (100+)        |
|----------------|---------|-------------|----------------|------------------|
| T-FAT 尺寸/外观/结构 | 全项      | 全项 ×3       | 首台全项 + 抽检      | 抽检 (AQL)         |
| T-FAT 电气       | 全项      | 全项 ×3       | <b>100% 每台</b> | <b>100% 每台</b>   |
| T-FAT 热/噪声     | 全项      | 首台全项        | 抽 2 台          | 每 50 台抽 1        |
| T-SAF 安全       | 全项      | <b>100%</b> | <b>100%</b>    | <b>100%</b>      |
| T-CLN 清洁       | 全项      | 全项          | 抽检             | 抽检               |
| T-END 连续运行     | 72 h    | 168 h       | 抽 2 台 24 h     | 每 50 台抽 1 台 24 h |
| T-REC 故障恢复     | 全项      | 全项          | 关键 6 项 100%    | 关键 6 项 100%      |
| T-MNT 维护工时     | 全项实测    | 抽 6 项       | 抽 3 项          | 年度复核             |
| T-SAT 现场       | 全项      | 全项          | 全项             | 全项               |

**抽检方案 [待确认-P2]：**小批与 MP 阶段的 AQL 水平（建议 GB/T 2828.1 一般检查水平 II，外观 AQL 2.5 / 功能 AQL 0.65 [假设]）需在 20 台阶段与 Autolife 共同冻结。

## 10. 记录、报告与放行

### 10.1 FAT 报告模板字段 [确定：本包定义]

1. 报告编号、版本、日期
2. 设备型号、**序列号**、所属阶段（EVT/Pilot/小批/MP）、批次号
3. 测试地点、环境温湿度实测值
4. 参与人员（OEM 品质、OEM 工程、Autolife 代表、B/C/D 代表）与签名
5. 使用仪器清单：名称 / 型号 / 编号 / 校准有效期（任何仪器超期，其数据作废 [确定]）
6. 逐项结果表：编号 / 测试项 / 标准值 / **实测值** / 判定（Pass/Fail） / 备注 —— **禁止只写「OK」，必须填实测数值**；无量纲项写「符合/不符合 + 证据编号」
7. 不合格项汇总（含分级 Critical/Major/Minor）与 NCR 编号
8. Punch List（遗留项、责任人、关闭日期）
9. 附件索引：照片、视频、曲线、第三方报告
10. 放行结论与签署

### 10.2 SAT 报告模板字段

在 10.1 基础上增加：现场地址与联系人 / 场地条件复核结果（T-SAT-004） / 供水供电电网实测参数 / 培训签到表 / 实单 50 单逐单记录 / **验收签收单（双方盖章）**。

### 10.3 照片与视频要求 [确定]

| 项    | 要求                                                                                           |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 照片   | ≥ 1200 万像素；每张含 <b>可读的编号标识卡</b> （写测试编号 + 日期）；整机 6 面各 1 张；每个 Fail 项 ≥ 3 张（全景/中景/特写）            |
| 视频   | ≥ 1080p30； <b>T-SAF-001（急停）必须高速摄像 ≥ 240 fps</b> ；T-SAT-006（拼装）、T-MNT 全部计时项、T-END 关键时段必须录像    |
| 数据存档 | 温升/功率/噪声等连续量必须给 <b>原始数据文件</b> （CSV），不接受仅截图<br>全部原始记录由 A 保存 ≥ <b>5 年</b> [假设]，Autolife 有权随时调阅 |

## 10.4 不合格品处理 (NCR) 流程

发现不合格

- 现场标识隔离 (红标) + 停止该项后续测试
- 开 NCR: 编号 / 测试编号 / 现象 / 照片 / 分级 (Critical/Major/Minor)
- 8D 或简版根因分析 (Critical/Major 必须 8D; Minor 可简版)
- 处置决定: 返工 / 返修 / 让步接收 (仅 Minor, 须 Autolife 书面同意) / 报废
- 复测: 返工项全项复测该系统; Critical 项复测后需 Autolife 现场或视频见证
- NCR 关闭签署 → 回写 DFMEA / 更新检验指导书

**让步接收 [确定]:** 仅限 Minor, 且必须有 Autolife 书面签字, 不得由 OEM 单方决定。

## 10.5 放行签署

| 阶段                               | 签署人                                           | 前置条件                                             |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>FAT 放行发货</b>                  | OEM 品质经理 + OEM 项目经理 +<br><b>Autolife 验收代表</b> | \$ 0.4 与 \$ 0.5 Gate 达标; FAT 报告完整; 按批准标准完成包装运输验证 |
| <b>SAT 验收签收</b>                  | OEM 现场负责人 + <b>Autolife 代表</b><br>+ 业主/运营代表   | T-SAT 全项 + T-SAF 全项通过; Punch List 有关闭计划          |
| <b>阶段 Gate (EVT→Pilot→小批→MP)</b> | Autolife 项目负责人 + OEM 项目经理                     | \$ 1 各阶段 Gate 出口条件全部满足; ECR 冻结                   |

## 11. 本文档已识别的关键缺失输入 (阻塞项)

| 优先级       | 缺失输入                                                                 | 阻塞的测试项                                                                           | 需谁提供                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>P0</b> | 机器人真机 STEP/包络/重量、认证安全接口与最坏停止时间、工作/充电温度、机载电池隔离规程、安全策略                 | T-SAF-001/005/006/014/017、T-FAT-044/051/052/063、T-REC-001/002/012/016            | C — Autolife Robotics |
| <b>P0</b> | 充电桩 STEP/接口控制图/固定载荷/净空、AC 输入与保护、充电输出、触点防护/温限/残压、状态/使能真值表、异常脱离去能时间    | T-FAT-029~035/044/050/059~063、T-SAT-011/019/031~033、T-SAF-014/017、T-REC-015~017  | C + 充电桩供应商            |
| <b>P0</b> | 工作位与充电位关系、每张地图 dock_pose、WORK_POSITION_VALID 来源/容差、对接循环数/成功率/超时与重试指标 | T-FAT-050~052/060/063、T-SAT-019/031/032、T-SAF-005                                | C — Autolife Robotics |
| <b>P0</b> | 三台食品设备真实型号: 外形、功率、散热、进排水、工作温度区间、预冷/预热时间、清洁规程、料位传感器有无                 | T-FAT-044/045/048、T-SAT-014/018/025、T-SAF-015、T-REC-009/010/011、T-CLN-005/008    | B — 食品设备供应商           |
| <b>P0</b> | 部署国家/地区 + 室内/室外 + 供电制式                                               | \$ 4.1 全部标准选择、T-FAT-014 (盐雾等级)、T-FAT-054 (标签语言)、T-CLN-010 (微生物限值)、T-SAF-016 (消防) | Autolife              |
| <b>P0</b> | 现场通道/门洞/电梯净尺寸、地面承重                                                   | T-SAT-004、T-SAT-005、运输拆分方案是否成立                                                   | Autolife / 业主         |
| <b>P0</b> | 包装拆分、逐箱实称净/毛重与重心、运输模式和适用试验标准                                         | T-FAT-020/057/058、T-SAT-001~007                                                  | A + 物流/包装工程           |
| <b>P0</b> | 电控/算力 enclosure 的位置、结构、维护包络与线束路径                                     | T-FAT-024、T-MNT-008/016/017                                                      | A + 电气/结构             |
| <b>P0</b> | 食品区防护等级边界 (IPX4 区域在图纸上的划分)                                           | T-CLN-004                                                                        | A + Autolife 共同冻结     |

| 优先级 | 缺失输入                       | 阻塞的测试项                             | 需谁提供                  |
|-----|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| P0  | 排水液位传感器是否加装（现行 BOM 缺）      | T-REC-011                          | Autolife 决策 + A 报 NRE |
| P1  | 日订单量目标（现按 200 单/日 假设）      | T-END-001/002 订单量基数、T-CLN-011 渣盒容量 | Autolife 运营           |
| P1  | 运营 SLA / 可接受故障率            | T-END-003 MTBF 目标                  | Autolife 运营           |
| P1  | UPS 是否为标配（BOM 标 optional）  | T-REC-003                          | Autolife 决策           |
| P1  | 备件策略（是否提供预装镜像 IPC 备件、玻璃备件） | T-MNT-004、T-MNT-017                | Autolife              |
| P1  | 支付方式与网关                    | T-SAT-023、T-REC-006                | D                     |
| P2  | ATP 仪器品牌与 RLU 阈值           | T-CLN-009                          | Autolife              |
| P2  | AQL 抽检水平                   | S 9 抽检方案                           | Autolife + A          |
| P2  | 屏幕坏点标准（以屏厂规格书为准）           | T-FAT-039                          | A（屏供应商）               |

**文档结束** — 本文件为 10\_TEST/10\_FAT\_SAT.md V1.2-Concept。任何测试编号的新增、修改、作废，须同步更新本文件版本号并通知全部 RFQ 参与厂家。

## 11 - RFQ 招标包 / Request for Quotation

**项目：**AUTOLIFE AI FOOD KIOSK V1

**文档状态：**V1.2-Concept，仅供 DFM 与分阶段报价，不得制造放行。

**整机最大包络：**4500 x 2500 x 2700 mm。

**本标范围：**A 方 Kiosk OEM/总装集成；不含工作机器人本体、充电桩本体和三台食品设备本体。

### 11.1 报价红线

1. 工作机器人是麦克纳姆轮落地移动平台，**没有固定安装底座**；Kiosk 只集成一台独立落地充电桩。
2. 后中央入口为  $x=2100..2900$ ，净宽 800 mm、净高 2100 mm；底轨、门槛、坡道和内外完成面高差严格为 0。
3. 650 mm 连续静态走廊必须连接“入口 -> 工作位 -> Dock 候选接近区”。线槽、风管、接地带、门扇、检修件和包装后遗留件均不得侵入。
4. 三台食品设备使用独立落地 plinth 和独立岛顶，不得恢复跨舱连接结构。
5. M4\_robot\_charging\_dock\_ref 只是 P0 参考体，不是制造图，不证明真实 Dock 放得下或能成功对接；Dock 不等于工作位。
6. 静态 Gate PASS 不代表 IK、动态碰撞、任务动作或自主对接 PASS。真实机器人、TCP、目标姿态和 Dock ICD 齐套前，这些结论保持 BLOCKED-P0。

当前静态 Gate 锁定当前 SDK HEAD 的 S1 v2.2 formal URDF 与 43 个碰撞 STL：实算零位包络约  $499.945 \times 599.317 \times 1681.127$  mm，叠图使用保守值  $500 \times 600 \times 1682$  mm 和 602 mm 旋转直径。650 mm 扫掠宽度只有 48 mm 总余量（理想居中每侧 24 mm）；设备前工作带扫掠体外 nominal 15 mm、Dock 候选接近终点 nominal 5 mm 均不是动态安全余量。项目 Model/Revision、校准、完整上身/工具扫掠、动态导航/停止距离和真实 Dock 对接仍未冻结，投标方不得据此宣称机器人可动态运行或可自主对接。

违反任一红线的方案不得作为等价报价，必须列入偏差表并重新评审。

11.2 文件效力与资料清单

冲突优先级从高到低：

- 1. cad/output/kiosk\_v1.step
- 2. 02\_MECHANICAL/Part\_List\_and\_Material.csv (25 个条目)
- 3. 05\_Verification/ 当前静态验证结果与 manifest
- 4. 02\_MECHANICAL/02\_Mechanical\_Design\_Plan.md
- 5. 03\_ROBOT/、04\_FOOD\_EQUIPMENT/、05\_ELECTRICAL/、06\_ELECTRONICS/
- 6. 08\_BOM/08\_Master\_BOM.csv、09\_MANUFACTURING/、10\_TEST/
- 7. 07\_CMF/07\_CMF\_Spec.md

任何冲突由投标方在澄清期书面提出，不得自行取舍。

| 文件                                             | 用途                     | 效力                   |
|------------------------------------------------|------------------------|----------------------|
| 11_RFQ/RFQ_Form.csv                            | 唯一报价与能力回填载体            | 回填件                  |
| cad/output/kiosk_v1.step                       | V1.2 主装配几何             | 受控报价依据               |
| cad/output/robot_interface_p0_reference.step   | 落地充电桩 P0 参考            | 参考占位，不得下料            |
| 02_MECHANICAL/Part_List_and_Material.csv       | 当前 25 件名称、材料候选和包围盒     | 受控报价依据               |
| 02_MECHANICAL/Glass_Schedule.csv               | 当前玻璃分片                 | 受控概念输入，待玻璃 DFM       |
| 05_ELECTRICAL/Power_Budget.csv                 | 候选负载与 P0 缺口            | 受控占位                 |
| 06_ELECTRONICS/06_Electronics_BOM.csv          | 电子接口与候选设备              | 受控占位；enclosure 位置未冻结 |
| 08_BOM/08_Master_BOM.csv                       | 与 25 个 CAD 条目一一对应的报价底表 | 受控报价依据               |
| 09_MANUFACTURING/09_Manufacturing_Packaging.md | DFM、制造和包装 Gate         | 受控报价依据               |
| 10_TEST/10_FAT_SAT.md                          | 静态/FAT/SAT/动态验证边界      | 受控报价依据               |
| 07_CMF/07_CMF_Spec.md                          | CMF 样板要求               | 受控概念输入               |

视觉参考只接受由当前受控 STEP 生成并通过尺寸、通道和版本复核的文件；其他视觉资料不得用于尺寸、结构或机器人通行判断。

11.3 当前几何报价基线

| 区域                           | Part Name / 坐标                    | 报价边界                                                            |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 左右侧柱                         | M2_left_pillar、 M3_right_pillar   | 落地结构与显示接口，深化固定/加强                                               |
| 上部结构                         | M4_roof_header、 M1_crown          | 当前包络内深化；运输分段待 DFM                                               |
| 可选顶部静态品牌展示件接口（仅静态展示，禁止机器人安装） | M1_static_brand_display_interface | 仅供静态品牌展示件，严禁用于工作机器人安装或定位；材料、载荷、孔位和安装基准 P0                       |
| 冰淇淋岛                         | x=640..1260, y=1590..2210         | 独立 plinth + z=900..902 岛顶                                       |
| 饮料岛                          | x=1420..1940, y=1590..2110        | 独立 plinth；与冰淇淋岛净距 160 mm，与开启门扇静态净距 150 mm                       |
| 爆米花岛                         | x=3110..3810, y=1590..2290        | 独立 plinth + z=900..902 岛顶；与冰淇淋岛净距 1850 mm，与开启门扇及右内界静态净距各 200 mm |
| 玻璃                           | 7 件                               | 前玻璃有真实取餐开口；后玻璃分片避让 800 mm 入口；双门按 90 deg 开启表示                    |
| 客户接口                         | M5_order_kiosk、 M5_pickup_tray    | 取餐盘位于前玻璃真实开口后方                                                  |
| 灯光                           | M7_neon_front                     | 不得改变通道/入口几何                                                     |

| 区域    | Part Name / 坐标 | 报价边界             |
|-------|----------------|------------------|
| P0 占位 | 三食品设备 + 一充电桩   | 只报价接口深化/配合，不报价本体 |

25 个条目以 08\_Master\_BOM.csv 为完整索引。供应商可提出必要的加强件、紧固件、铰链、密封、管线和 enclosure，但须单列并用叠图证明不侵入受控通道。

## 11.4 必须报价项

### 11.4.1 NRE

逐项报价，不得摊入样机单价：

- 25 件结构/玻璃 DFM 与可编辑制造图；
- 电气深化、enclosure 选址、线束图和热设计；
- 机器人静态验证叠图与联合接口评审；
- 工装、检具及样机试装；
- 包装工程、搬运路线与运输验证计划；
- DFM 报告、风险清单和偏差表。

### 11.4.2 V1.2 CAD 条目

按 08\_Master\_BOM.csv 的每个 Part Name 回填材料、工艺、数量、单价、MOQ、交期和偏差。P0 参考件不得计入 A 方本体价格；相关接口配合在单独行报价。

### 11.4.3 非 CAD 系统

分别报价：

- 电控/算力 enclosure 的深化与制作（位置当前 TBD-P0）；
- 配电、线束、接地、安全接口与散热；
- 显示、点单、灯光和电子设备安装；
- 三台食品设备的水、电、排热、围堰和安装接口配合；
- 充电桩 AC/PE/状态/使能、固定与防护接口配合；
- 总装、FAT、SAT 支持、文档和培训。

### 11.4.4 阶段价格

回填 EVT 1 台、Pilot 3 台、20 台、100 台、500 台和 1000 台的单价、NRE、Tooling、前置条件、交期和月产能。所有阶段须明确是否包含屏幕、电气/电子设备、包装、FAT 和现场服务。

### 11.4.5 包装

当前箱数、拆分、箱规、净重、毛重、重心、装柜率和试验标准全部 TBD-P0/BLOCKED。投标方须分别报价：

1. 包装工程设计费；
2. 基于当前 25 件提出的候选拆分；
3. 样机完成后的逐箱实称、重心验证和包装图；
4. 样箱制造；
5. 按真实质量/运输方式确定试验标准后的第三方验证费（可先报费率/预算区间并注明前提）；
6. 正式包装单价在数据冻结后回填。



不得提交固定木箱数量或未经称重的净/毛重作为确定值。

11.5 P0 阻塞项

| P0 输入                                | 阻塞内容              | 提供方          |
|--------------------------------------|-------------------|--------------|
| 机器人真机 STEP/运动学模型、轮载、停止时间与安全接口        | IK、动态碰撞、安全距离、场地承载 | C            |
| TCP、所有任务目标位姿/容差、工作位定义                | 作业可达与任务轨迹         | C + B        |
| 真实 Dock STEP/ICD、载荷、触点、状态真值表、接近/离开轨迹 | 固定、配电、对接和充电验证     | C + Dock 供应商 |
| 三台食品设备型号、质量/重心、安装、水电、排热和维护包络         | plinth 结构、热、水路、维护 | B            |
| 电控/算力 enclosure 位置                   | 结构、线束长度、散热、维护     | A + Autolife |
| 部署国家、场地供电、消防/食品/玻璃法规                 | 电气保护、认证、材料和标签     | Autolife/业主  |
| 运输门洞、电梯、路线、目的地和承运方式                  | 拆分、包装、试验与物流       | Autolife/物流  |

P0 未冻结时可以报价工程费和明确的概念范围，但不得开料、采购长周期定制件或承诺最终性能。

11.6 DFM 回标要求

供应商须随报价提交：

- 1. 当前 STEP 与 25 件清单的导入截图及版本/哈希记录。
- 2. 25 件逐项 DFM 表和全部新增附件清单。
- 3. 后入口、650 mm 通道、工作位与 Dock 候选接近区的俯视叠图。
- 4. 无底轨玻璃门、前取餐开口和三独立 plinth 的深化建议。
- 5. Enclosure 候选位置及维护开门、散热、线束路径叠图。
- 6. 制造/装配/玻璃/运输风险清单；未知项使用 TBD-P0/BLOCKED。
- 7. 工艺能力、外协边界、材料证明、质量记录和类似项目证据。
- 8. 包装候选拆分、搬运路线和待称重/待试验项目表。

只有口头承诺、效果图或总包价而无上述证据的回标，技术评审不通过。

11.7 供应链责任

| 对象              | 供货    | 安装/接口                | 验证责任        |
|-----------------|-------|----------------------|-------------|
| Kiosk 25 件及深化附件 | A     | A                    | A           |
| 电气/电子/显示/灯光     | 依回标冻结 | A 集成                 | A + D       |
| 三台食品设备本体        | B     | A 配合、B 指导            | B + A       |
| 工作机器人本体         | C     | C 操作；A 不得定义固定底座/工作姿态 | C           |
| 充电桩本体           | C/供应商 | A 仅按冻结 ICD 配合        | C + A       |
| 软件/云/支付         | D     | D，A 提供冻结接口           | D           |
| 包装              | A     | A                    | A + 包装/物流工程 |

谁供货谁提供规格、合格证明和本体质保；谁安装谁对安装质量负责。接口两侧以冻结 ICD 为界。

11.8 验收与放行

报价须包含执行 10\_TEST/10\_FAT\_SAT.md 所需的 OEM 人工、常规仪器和报告。至少满足：

- 静态 Gate 的 Markdown/JSON、manifest 和 PNG/SVG 证据齐全；
- 25 件与实物逐项对账；

- 门槛/底轨/坡道/高差严格 0，入口 800 mm，650 mm 路径连续；
- P0 齐套后完成 IK、动态碰撞和 Dock 验证；
- 电气、热、玻璃、食品安全和包装按批准计划验证；
- Critical/Major 未关闭不得发货。

未验证的项目必须写 BLOCKED，不能写“符合”“预计可通过”或以静态 PASS 替代。

### 11.9 评标

技术合规是价格评分的前置条件。评审维度：

| 维度     | 重点                                  |
|--------|-------------------------------------|
| 几何理解   | 是否正确理解连续落地机器人工作舱、零门槛和三个独立岛          |
| DFM 能力 | 25 件对账、新增附件透明、制造/玻璃/enclosure 方案可执行 |
| 验证能力   | 能否提供静态证据、FAT/SAT、真机联调和原始记录          |
| 包装能力   | 是否拒绝臆造重量，能否基于实称数据做包装工程              |
| 质量体系   | 材料追溯、FAI、检具、NCR/8D 和校准能力            |
| 商务     | 分项透明、NRE/Tooling/单价边界清楚、交期与产能自治     |

评分权重与商务条款由正式发标时的采购附件冻结；本 Concept 包不虚构固定权重、罚则或付款比例。

### 11.10 回填规则

- 只接受 RFQ\_Form.csv；不得增删列。额外明细可作为附件，并在 Supplier\_Remark 写文件名。
- 所有金额注明币种和含税状态；NRE、Tooling、单价和包装工程分别列示。
- 不适用填 NA，未知填 TBD-P0，无法满足填 DEVIATION 并关联偏差编号。
- 所有结构报价必须引用准确的 CAD Part Name。
- 任何替代材料、分段、加强、门、玻璃、线束路径或设备位置变化必须进入偏差表。

### 11.11 形式审查

以下任一情况不进入价格比较：

1. 未使用回填表或只报总价。
2. 未提交 25 件逐项 DFM/报价对账。
3. 恢复机器人固定底座、抬高地台、入口底轨/门槛/坡道或跨舱落地结构。
4. 将充电桩参考体当制造图、把 Dock 当工作位，或声称静态 PASS 等于动态/IK/Dock PASS。
5. 使用非受控结构/视觉资料，或把未经样机验证的包装箱数、箱规、重量写成确定值。
6. P0 未知数据被填成确定值且没有来源。
7. 关键偏差未在偏差表披露。

本文件与 RFQ\_Form.csv 均为 V1.2-Concept；正式发标前须由工程、采购、质量和法务共同签发。