

部署需求清单

私有化部署 硬件与环境要求

EmbodiFlow 具身智能数据平台 · 面向企业机房的本地化部署

文档编号
EF-DR-2026.09

版本
V3.0

发布日期
2026-09-09

页数
共 10 页

概览

采购与预算

第 2 章选版本，第 8 章看设备与国产替代方案，第 9 章列出全部交付物。

IT 与基础设施

第 3 至 7 章是逐项规格：架构、服务器、存储、网络与端口、操作系统与软件。

项目与实施

第 10 章的准备清单、责任矩阵与验收测试可直接用于排期与交付确认，建议单独打印。

目录

01 部署需求清单	封面 · 阅读对象 · 目录	1
02 版本选择	两版本对比 · 常见调整	2
03 参考架构	组件构成 · 职责边界	3
04 工作站版本	最低配置 · 推荐配置	4
05 集群版本	节点角色 · 高可用与故障域	5
06 存储与容量规划	数据量模型 · 数据保护 · 扩容 · 配置对照	6
07 网络与端口	拓扑 · 防火墙 · 带宽与时延	7
08 运行环境与软件	操作系统 · 开源组件 · 国产化适配	8
09 交付与运维	交付物 · 升级 · 备份 · 监控	9
10 准备清单与验收	前置条件 · 责任矩阵 · 验收测试	10

02

版本选择

表 1 · 两个版本对比

项目	工作站版本	集群版本
参考机型	 Dell Pro Precision 9 T6	 Dell PowerEdge R770
适用场景	单一团队，集中采集	多团队并行，跨部门共享
同时采集机器人数	5 台以上	50 台以上
同时使用人数	50 人以上	500 人以上
服务器数量	塔式工作站 1 台	应用 2 + 存储 2 + 训练 1，共 5 台
CPU / 内存	16 核 / 64 GB 起，推荐 32 核 / 128 GB	按角色分配，见表 5
GPU 显存	24 GB 起，推荐 48 GB	48 GB 起，推荐 96 GB
采集数据盘	2 × 16 TB 起，推荐 8 × 32 TB	每存储节点 12 × 32 TB，共 2 节点
数据保护	盘级冗余，可容忍 1–2 块盘失效	节点级冗余，可容忍 1 台整机失效
可规划净容量 ^①	13 – 146 TB	307 TB 起，按节点线性扩展
部署方式	Docker Compose	Kubernetes

^① 净容量已扣除数据保护开销与 80% 规划水位，算法见第 6 章。

常见调整

表 2 · 常见调整与影响

调整	影响	可行性
使用已有的 S3 对象存储	省去存储节点投入	支持，见第 3 章
后续加装 GPU	需确认槽位、供电与散热余量	支持，建议选型时预留
存储节点增至 4 台以上	可改用纠删码，同样磁盘下净容量提升约 43%	支持，见第 6 章
工作站版本改为集群版本	需迁移数据并重新布线，业务配置保留	支持，由交付工程师协助
跨两个机房部署单一集群	节点间时延超出数据库与存储的要求	不支持

注意

工作站版本没有整机冗余

冗余保护的是硬盘，不是服务器。主板、电源或内存故障会让平台整体不可用，恢复需数小时到一个工作日。不能承受这一窗口的，应直接选集群版本。

说明

2 个存储节点即可实现容灾

两台节点各存一份完整数据，任一台整机故障不影响读写，也是最省的起步方式。节点增到 4 台以上可改用纠删码，同样磁盘多出约 43% 净容量。

03

参考架构

全部组件运行在客户机房内。数据、标注与模型权重都存在客户自有存储，平台不需要出网，也不回传任何数据。

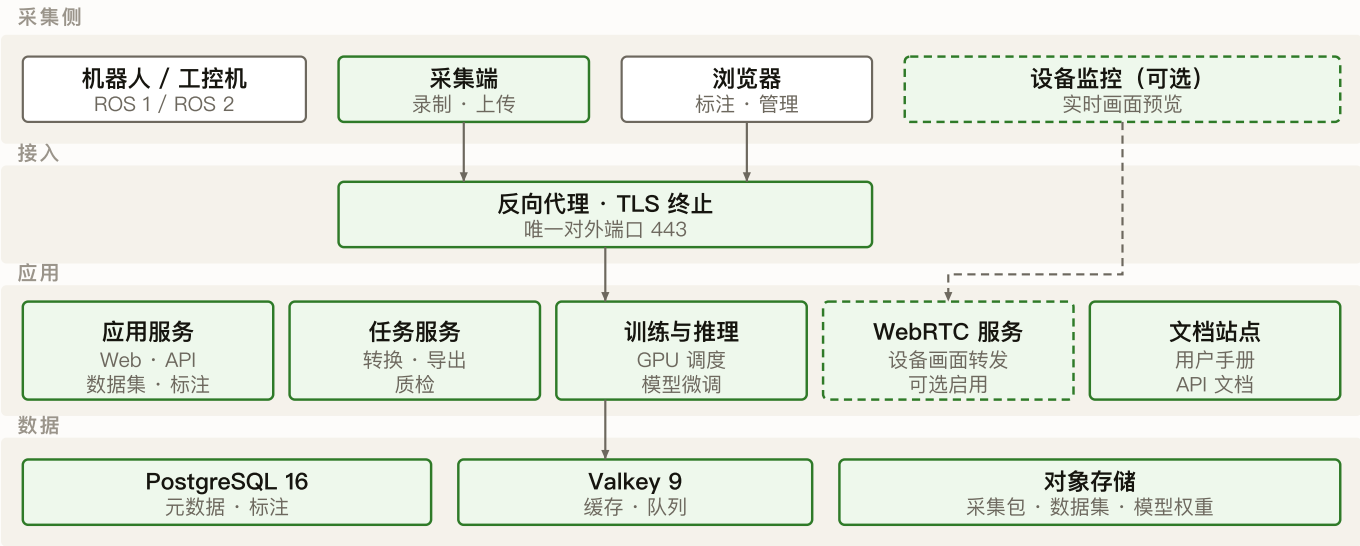


图 1 · 参考架构

■ EmbodiFlow 交付 □ 客户提供 ▤ 可选启用

表 3 · 组件职责

组件	职责	主要资源消耗	是否需要 GPU	扩展方式
应用服务	Web 界面、REST API、权限与配额、数据集与标注管理	CPU、内存	否	多副本水平扩展
任务服务	异步作业：格式转换、数据集导出、质检、定时任务	CPU、临时磁盘	否	按队列深度增加副本
训练与推理服务	GPU 资源调度、模型微调、推理服务编排	GPU 显存、顺序读带宽	是	增加 GPU 或训练节点
PostgreSQL	结构化数据：用户、项目、数据集目录、标注、任务、审计日志	内存、NVMe 随机 IO	否	主从复制，读写分离
Valkey	会话缓存与任务队列	内存	否	Sentinel 主从
对象存储	原始采集包、导出数据集、模型权重	磁盘容量、顺序吞吐	否	增加存储节点
采集端组件	运行在机器人侧：话题录制、完整性校验、断点续传上传	本地磁盘、上行带宽	否	每台机器人一套

推荐

对象存储可以使用客户已有的 S3 服务

平台通过标准 S3 协议访问对象数据。已有腾讯云 COS、阿里云 OSS、华为云 OBS、AWS S3、Azure Blob、火山引擎 TOS 或自建 Ceph 的，可直接对接，省去本清单中的存储节点，只需按第 6 章核对容量与吞吐。

04

工作站版本

一台塔式工作站承载全部平台组件，支持 5 台以上机器人同时采集。两档配置的功能完全相同，差别只在算力与容量。

表 4 · 硬件规格

项目	最低配置	推荐配置
参考机型 ^①	Dell Pro Precision 9 T4 9 个存储位, 4 个 PCIe 槽	Dell Pro Precision 9 T6 21 个存储位, 15 个 PCIe 槽, 支持 2 × 600W GPU
CPU	16 核 / 32 线程, 主频 ≥ 2.5 GHz	32 核起, 推荐 60 核 Intel Xeon w7 / w9 系列或同等
内存	64 GB DDR5 ECC	128 GB 起, 推荐 256 GB DDR5 ECC
GPU	可选。启用模型训练时需 24 GB 显存 如 NVIDIA RTX PRO 4000 24GB	32 GB 起, 推荐 48 GB RTX PRO 4500 32GB → RTX PRO 5000 48GB
系统盘	1 × 2 TB NVMe	2 × 1.92 TB NVMe 镜像配置, 避免系统盘单点
采集数据盘	2 × 16 TB 企业级 SATA / SAS 机械盘	8 × 32 TB 企业级机械盘, 同型号同容量
数据保护方案	双副本。可用比 50%, 可容忍 1 块盘失效	纠删码 10+4。可用比 71.4%, 可容忍 2 块盘同时失效
容量核算	裸 32 TB → 可用 16 TB → 净 13 TB	裸 256 TB → 可用 182.9 TB → 净 146 TB
网卡	1 GbE	10 GbE 10 台机器人并发上传约需 900 Mbps
承载能力	约 50 人同时在线, 5 台机器人	约 200 人同时在线, 10 台以上机器人
供电与散热 ^②	单相 220V, 峰值约 1.0 kW	单相 220V, 峰值约 1.8 kW (含 GPU)
部署方式	Docker Engine 24+ 与 Docker Compose 2.20+	

① 参考机型仅说明规格量级，不指定品牌。同等规格的 HPE、Lenovo 或国产机型均可替代，国产对标见第 8 章。

② 整机峰值估算，用于配电与 UPS 规划。建议放入有独立配电与恒温的机房或设备间。

机型与占位



图 2 · 工作站版本的机型与安放要求

说明

选型时先看盘位和槽位

内存、GPU 和硬盘都可以后续加装，但盘位与 PCIe 槽位用满后只能换整机。采购时按预期三年的采集规模确认盘位数量，比一次买满硬盘更划算。

05

集群版本

基于 Kubernetes。应用多副本、数据库自动切换、对象存储跨节点冗余。任一节点整机故障，业务与数据均不中断。

表 5 · 节点角色与规格

角色	数量	最低配置	推荐配置
应用节点	2	32 核 / 128 GB · 2 × 960 GB NVMe · 10 GbE Dell PowerEdge R770 或同等 2U 双路机型	64 核 / 256 GB · 2 × 1.92 TB NVMe · 25 GbE 承载应用、任务服务与数据库主从
存储节点	2	16 核 / 64 GB · 12 × 32 TB · 25 GbE Dell PowerEdge R7725xd 或同等高密存储机型	32 核 / 128 GB · 24 × 32 TB · 25 GbE 盘位越多，后续扩容越省成本
训练节点	1+	32 核 / 256 GB · GPU 48 GB NVIDIA L40S 48GB 或 RTX PRO 5000 48GB	64 核 / 512 GB · GPU 96 GB NVIDIA RTX PRO 6000 Blackwell 96GB · 可按需增配多卡

关于节点数量：自动选主需 3 个成员，训练节点兼作控制平面第三个成员，故「2 + 1」是高可用的最省组合；存储节点 2 台即可整机容灾。

表 6 · 高可用与故障域

层次	冗余机制	可承受故障
接入层	负载均衡 + 健康检查	任一应用节点失效
应用与任务服务	多副本，无状态，队列自动重派	任一副本失效，作业不丢失
数据库	主从复制 + 自动故障切换	主库失效，从库接管
缓存与队列	Sentinel 主从，至少 3 个哨兵	主节点失效，自动选主
对象存储	双副本，两个节点各存一份完整数据	任一存储节点整机失效
机柜	两份副本分散到不同机柜	分两个机柜时可承受单机柜失效

表 7 · 容量核算

项目	最低配置	推荐配置
每节点数据盘	12 × 32 TB	24 × 32 TB
集群裸容量	768 TB	1 536 TB
保护后可用容量	384 TB	768 TB
可规划净容量	307 TB	614 TB

每增加 1 个 12 × 32 TB 节点，净容量 +154 TB。节点达 4 台以上可改用纠删码，同样磁盘净容量提升约 43%。扩容在线进行。

推荐

按 5 台服务器规划机柜与配电

最低配置约 12U、峰值约 9 kW；推荐配置约 16U、约 14 kW。一个 42U 机柜即可容纳，并留出后续增加存储节点的空间。

机柜规划

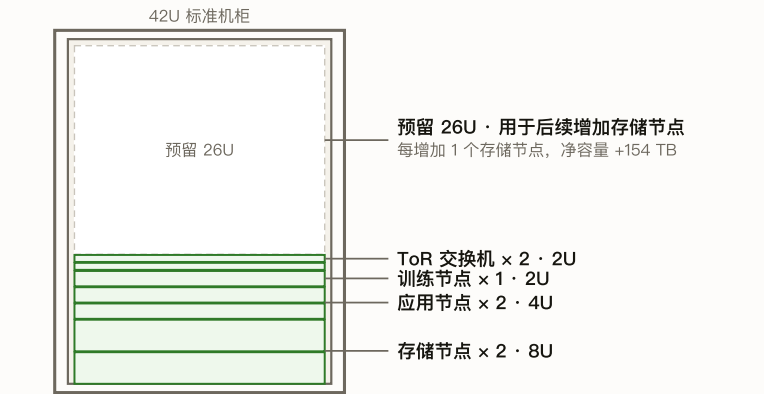


图 3 · 机柜立面与机房要求

机柜与机房要求

机柜规格

EIA-310, ≥ 42U, 宽 ≥ 600 mm, 深 ≥ 1100 mm

占用空间

最低配置约 12U；推荐配置约 16U（24 盘位机型为 4U）

供电

双路独立供电，峰值约 9 kW（推荐配置约 14 kW）

散热风量

约 1 350—2 100 CFM，按 150 CFM / kW 估算

满配承重

约 280—380 kg，需确认楼板与机柜承重

环境

温度 18—27 °C，相对湿度 40—60%

06

存储与容量规划

存储是本地部署的主要成本项，也是唯一持续增长的部分。本章给出容量算法与全部参数，便于按自己的采集计划核算。

数据量假设

表 8 · 数据量参数

原始采集速率	40 GB / 机器人·小时
每日采集时长	8 小时
每年采集日	250 天
单机机器人年增量	80 TB
训练格式导出占比	约为原始的 1 / 6

参数依据：40 GB / 机器人·小时对应 3—6 路 720p 或 1080p 视频，加本体姿态、力矩与触觉数据；公开数据集 RoboMIND 实测为 40.3 GB / 小时。采集端若直写未压缩图像，速率会高一个数量级，建议启用硬件编码。

数据保护

表 9 · 数据保护方案对比

方案	可用比	容错能力	适用
单盘无保护	100%	无	不可用于生产
双副本	50%	1 份副本失效	2 个存储节点，或单机盘数不足 8
纠删码 10+4	71.4%	任意 4 个分片失效	单机 8 盘以上，或 4 个以上存储节点

纠删码把数据切成 10 个数据分片加 4 个校验分片，丢失任意 4 个仍可完整读出，只需 1.4 倍存储开销，显著低于副本方式；但分片要摊到 4 台以上节点才能容忍整机故障，所以 2 节点集群用双副本。

表 11 · 按采集规模的存储配置

机器人数	年原始增量	需求净容量	建议存储配置	可提供净容量	对应版本
1	80 TB	94 TB	单机 8 × 32 TB，纠删码	146 TB	工作站版本
3	240 TB	281 TB	2 存储节点 × 12 × 32 TB，双副本	307 TB	集群版本
6	480 TB	562 TB	2 存储节点 × 24 × 32 TB，双副本	614 TB	集群版本
10	800 TB	936 TB	5 存储节点 × 12 × 32 TB，纠删码	1 097 TB	集群版本
20	1 600 TB	1 872 TB	5 存储节点 × 24 × 32 TB，纠删码	2 194 TB	集群版本
50	4 000 TB	4 680 TB	11 存储节点 × 24 × 32 TB，纠删码	4 827 TB	集群版本

如何使用本表：本表按留存 1 年测算，已含导出占比与规划水位。留存年限不同时，把需求容量按年限倍数放大后再对照；只留存 6 个月，需求容量减半，硬盘投入也随之减半。

容量算法

```
// 需求侧
需求容量 = 机器人数 × 80 TB × 留存年限 × 1.17
// 1.17 = 原始 1 + 导出 1/6

// 供给侧
可用容量 = 裸容量 × 可用比（见表 9）
净容量 = 可用容量 × 0.80

// 判定
净容量 ≥ 需求容量
```

说明

80% 规划水位的用途

预留的 20% 用于坏盘重建和扩容采购周期。按满容量规划，第一次坏盘重建就会耗尽空间。

扩容方式

表 10 · 三种扩容方式

方式	净容量增量	是否停机
插满空余盘位	每块盘约 +18 TB	需关机装盘
增加存储节点	每个节点 +154 TB	在线扩容
4 节点后改纠删码	现有容量 +43%	在线，后台重排

起步不必买满：先按一年的采集量配盘，之后按实际增速加盘或加节点。集群扩容期间平台照常读写，系统自动重新平衡数据分布。

网络与端口

对外只需开放一个 HTTPS 端口。数据库、缓存与对象存储仅内网可达，平台运行不需要出网。

表 12 · 需要开放的端口

方向	源	目标	端口	协议	用途
入站	客户端浏览器（内网网段）	应用入口	443	TCP	Web 界面与 REST API
入站	采集端 / 工作站	应用入口	443	TCP	采集数据上传、分块续传
入站	运维终端（建议限定源 IP）	各服务器	22	TCP	SSH 运维
入站	客户端浏览器（可选）	应用入口	443	TCP	设备监控实时画面，复用同一端口
出站	全部平台组件	互联网	无需开放	—	离线部署，无回连与遥测

表 13 · 内网服务端口

服务	端口	访问范围
PostgreSQL	5432	仅应用与任务服务
Valkey	6379	仅应用与任务服务
对象存储 S3 接口	8333	应用、任务与训练服务
对象存储主控	9333	仅存储集群内部
对象存储目录服务	8888	仅存储集群内部
对象存储卷服务	8080	仅存储集群内部
训练服务 API	8088	仅应用服务
设备监控信令（可选）	8890	经入口反向代理

注意

内网服务不得暴露到公网

表 13 中的端口没有面向公网的认证设计。请限制为平台节点网段可达，并确认云平台默认安全组未放行。

表 14 · 带宽测算

流量类型	单位用量	聚合估算
采集数据上传	约 90 Mbps / 机器人	10 台约 900 Mbps，50 台约 4.5 Gbps
网页与标注访问	1–2 Mbps / 活跃会话	500 人约 0.5–1 Gbps
数据集导出下载	按客户端带宽占满	默认并发 2 个导出任务
存储节点间重建	坏盘重建期间显著上升	建议独占 25 GbE

接入带宽：工作站版本 1 Gbps 起，推荐 10 Gbps；集群版本节点间 25 GbE。采集与平台同机房时走内网。90 Mbps / 机器人为均值，集中上传会形成峰值，建议按 2 倍预留。

表 15 · 网络约束

应用节点 ↔ 数据库	< 5 ms
存储节点之间	< 2 ms
部署范围	单一数据中心内
内网地址数量	单机 1 个；集群 5 个 + 1 个虚拟 IP
主机名解析	全部节点可互相解析
时间同步	NTP 或 Chrony，节点间偏差 < 1 s
HTTPS	生产必须启用，TLS 1.2 及以上

证书：可用客户自有域名证书，或由 EmbodiFlow 提供 *.telexdata.com 子域名证书。私钥由客户保管。使用自签证书时需在终端预置根证书信任。

08

运行环境与软件

操作系统、网络与证书由客户准备，容器镜像与运行时随交付包提供。全部第三方组件均为 OSI 认证的宽松许可。

表 16 · 操作系统与运行时

项目	要求
操作系统	Ubuntu 22.04 LTS 或 24.04 LTS
CPU 架构	x86_64 (amd64)
文件系统	系统盘 EXT4；数据盘 XFS，每块盘单独挂载
磁盘控制器	HBA 直通模式，不配置硬件 RAID
容器运行时	Docker Engine 24 及以上，Compose 2.20 及以上
集群编排	Kubernetes 1.28 及以上（集群版本）
GPU 驱动	NVIDIA Driver 550 及以上，CUDA 12.4 及以上
GPU 容器支持	NVIDIA Container Toolkit
系统配置	关闭 swap；放开文件句柄上限；配置时间同步

表 17 · 开源组件与许可

组件	用途	许可协议
PostgreSQL 16	主数据库	PostgreSQL License
Valkey 9	缓存与任务队列	BSD-3-Clause
SeaweedFS	对象存储	Apache-2.0
Docker Engine / Compose	容器运行时	Apache-2.0
Kubernetes	集群编排	Apache-2.0
NVIDIA Container Toolkit	容器 GPU 直通	Apache-2.0
Nginx	反向代理与 TLS 终止	BSD-2-Clause
Node.js / Python	应用与训练运行时	MIT / PSF
PyTorch / JAX	训练框架	BSD-3-Clause / Apache-2.0

合规声明

上表组件均可商业使用，不含 AGPL、SSPL 或其他源码可用型许可，不会将客户自有代码纳入开源协议约束。GPU 驱动由客户安装，许可由 NVIDIA 单独约定。

表 18 · 模型显存需求

模型	推理	LoRA 微调	全参微调
SmolVLA	8 GB	16 GB	—
π0-FAST	4 GB	8 GB	—
π0 / π0.5	8 GB	22.5 GB	> 70 GB
OCTO	16 GB	24 GB	—
OpenVLA-7B	15 GB	27 GB	80 GB × 8
GR00T N1.5	—	≥ 40 GB	≥ 80 GB

如何使用本表：不超过 32 GB 的可由推荐配置覆盖；超过的需要 48 GB 或 96 GB。数值取自各模型官方仓库，实际占用随批大小与序列长度变化。

国产化适配

表 19 · 国产机型对标

角色	可选国产机型
应用节点	浪潮 NF5280M7 · 新华三 UniServer R4900 G7 · 超聚变 FusionServer 2288H V7
存储节点	超聚变 FusionServer 5288 系列 · 浪潮 NF5466 系列（高密存储机型）
训练节点	同应用节点机型，选配双宽 GPU 版本

说明

CPU 路线对部署方式的影响

海光 C86 属 x86 路线，可直接运行本清单描述的容器栈，无需重新构建镜像，是改动最小的选择。鲲鹏、飞腾等 ARM 路线需重建全部镜像并重新验证，属定制交付，请在选型阶段明确。操作系统可选银河麒麟 V10 或统信 UOS。

等级保护：平台提供角色权限、模块级权限、登录与操作日志、权限变更审计，日志存于数据库并长期保留，可配合客户完成等保测评。

09

交付与运维

交付包含镜像、脚本、凭据、证书与文档。部署、升级与版本迁移均由 IO-AI TECH 交付工程师现场或远程协助完成，客户 IT 工程师也可依交付脚本独立执行。

表 20 · 交付物清单

类别	内容
安装介质	全部服务的 Docker 镜像 tar 包，支持完全离线导入
部署脚本	系统安装脚本、升级脚本、编排配置模板
凭据	镜像仓库账号（用于获取后续版本）、对象存储账号、平台初始管理员密码
证书	域名证书与服务器根证书（使用 EmbodiFlow 子域名时提供）
文档	用户手册、API 接口文档、功能测试清单、性能测试报告、安全测试报告、运维文档
开发接口	完整 REST API 文档与 Node.js SDK

升级

表 21 · 升级方式

部署形态	停机要求	方式
工作站版本	需计划停机窗口	执行升级脚本，含数据库迁移
集群版本	应用层不停机	滚动升级，逐副本替换

升级前置：升级脚本会执行数据库结构迁移。交付工程师会在升级前完成备份与版本留存，并在升级后验证平台状态。

备份与恢复

表 22 · 需要备份的数据

对象	内容	建议策略
数据库数据卷	用户、项目、数据集目录、标注、任务、审计日志	每日全量，保留 14 天
对象存储数据卷	原始采集包、导出数据集、模型权重	异地或磁带归档
缓存队列数据卷	任务队列状态	每日快照
证书	TLS 证书与私钥	变更时留档
环境配置	环境变量文件与编排密钥	变更时留档

注意

仅备份数据库无法恢复出可用系统

数据库存的是文件位置与元信息，文件本体在对象存储。两者必须成对备份并恢复到同一时间点，否则会出现目录有记录、文件却读不到。运维文档提供逐步操作说明。

监控与告警

表 23 · 告警阈值

触发条件	处置动作
对象存储剩余净容量低于 25%	启动扩容采购
冗余已降级，再有一次故障将丢数据	立即更换故障盘或节点
任务队列积压超过 500 且持续 5 分钟	增加任务服务副本
数据库 CPU 持续高于 85% 超过 5 分钟	增加数据库资源
采集端离线超过 15 分钟	检查采集端与网络
采集上传失败率超过 1%	检查采集端网络与平台接入带宽

平台内置日志与运行指标界面。集群版本可将节点与容器指标接入客户自有的 Prometheus、Grafana 或云监控。

10

准备清单与验收

本页可单独打印用于实施排期。安装窗口开始前，准备清单中的项目应全部完成，任一项缺失都会阻塞部署。

表 24 · 客户准备清单

准备项	负责人	完成日期
硬件与机房		
☐ 服务器到位、上架并加电		
☐ 机柜 U 位、配电与散热满足第 5 章要求		
☐ 磁盘控制器配置为 HBA 直通模式		
操作系统		
☐ 操作系统安装完成并更新至最新补丁		
☐ 数据盘以 XFS 单独挂载，挂载点已写入 fstab		
☐ 时间同步已配置，节点间偏差小于 1 秒		
☐ 主机名与内部 DNS 解析已配置		
☐ 运维账号与 sudo 权限已开通		
网络与证书		
☐ 内网 IP 已分配（单机 1 个 / 集群 5 个 + 虚拟 IP）		
☐ 443 入站放行，节点间互通已验证		
☐ 访问域名的 DNS 记录已指向入口地址		
☐ TLS 证书与私钥已就位，或确认使用子域名证书		
GPU（启用训练时）		
☐ NVIDIA 驱动与容器运行时已安装并验证		

表 25 · 责任矩阵

活动	EmbodiFlow	客户
硬件采购与上架	支持	负责
操作系统安装与加固	支持	负责
网络、防火墙与证书	支持	负责
平台安装与初始化	负责	支持
版本迁移（工作站 ↔ 集群）	负责	支持
采集端接入与格式适配	负责	支持
验收测试执行	支持	负责
版本升级	负责	支持
日常备份执行	支持	负责
日常监控与容量巡检	—	负责

说明：「负责」为主导并对结果负责，「支持」为提供文档、脚本与技术指导。版本升级与迁移由 IO-AI TECH 交付工程师主导，客户 IT 工程师也可依交付脚本独立执行。

表 26 · 验收测试

测试项	通过标准
服务健康	全部平台服务健康检查返回正常
登录与权限	管理员登录成功，模块权限按角色生效
对象存储读写	上传与下载校验一致，容量统计正确
采集端接入	采集端上线，录制数据完整上传并入库
格式识别与回放	MCAP 与 ROS Bag 识别、校验、可视化回放正常
数据集导出	LeRobot、HDF5、MCAP、RLDS 四种格式导出成功且可下载
GPU 可见性	训练容器内可枚举 GPU，显存与驱动版本正确
训练任务	提交一次微调任务并正常完成
磁盘容错	拔除 1 块数据盘后数据仍可完整读出
节点级容错 仅集群版本	关停任一节点后业务持续可用，恢复时间不超过 30 分钟

声明：本清单说明部署 EmbodiFlow 所需的硬件与环境条件，作为规格依据。参考机型仅说明规格量级，不指定品牌或型号，实际型号以询价时可供货配置为准。第三方产品名称与商标归其各自所有者。功能范围与服务级别以双方合同约定为准。