

团 体 标 准

T/CIE XXX-2025

具身智能从业人员能力要求

Requirements for capabilities of embodied intelligence
practitioners

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国电子学会 发 布

目 次

目 次	2
前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 缩略语	4
5 具身智能从业人员职业方向、种类和等级	5
6 能力要求	6
7 具身智能人才职业能力要求	7
8 能力培养	32
9 评价方法	33
附 录 A （规范性） 培训师要求	34
A.1 概述	34
A.2 培训师的能力要求	34

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电子学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

具身智能从业人员能力要求

1 范围

本文件规定了具身智能从业人员的职业分类、等级划分、能力要求与评价方法。

本标准适用于在具身智能相关产品与服务的研究、设计、制造、测试、部署、运维及技术支持等环节中从事技术及管理工作的有关人员，并可作为企事业单位开展招聘、培训、职级评估、职称评审、人才引进、院校专业设置等工作的依据。

注：本标准不适用于单纯的软件外包及与具身智能无直接关联的通用 IT 服务人员。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

具身智能 embodied artificial intelligence

通过机器人等物理实体与环境交互，能进行环境感知、信息认知、自主决策和采取行动，并能够从经验反馈中实现智能增长和行动自适应的智能系统。

3.2

人形机器人 humanoid robot

具有躯干、头和肢体，外观与功能与人类相似的一种机器人。

[来源：GB/T 12643-2025,4.15.5，有修改]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI Artificial Intelligence 人工智能

API Application Programming Interface 应用程序编程接口

CI/CD Continuous Integration / Continuous Delivery(Deployment) 持续集成/持续交付(部署)

DDS Data Distribution Service 数据分发服务

DevOps Development & Operations 开发运维一体化

DFM Design for Manufacturability 可制造性设计

FAE Field Application Engineer 现场应用工程师
FEA Finite Element Analysis 有限元分析
FMEA Failure Mode and Effects Analysis 失效模式与影响分析
LLM Large Language Model 大语言模型
MLOps Machine Learning & Operations 机器学习运维一体化
OTA Over-the-Air 空中下载技术（远程升级）
PCB Printed Circuit Board 印制电路板
PID Proportional-Integral-Derivative 比例-积分-微分（控制器）
PBR Physically-Based Rendering 基于物理的渲染
RL/IL Reinforcement Learning / Imitation Learning 强化学习/模仿学习
RobotOps Robotics & Operations 机器人运维一体化
ROS Robot Operating System 机器人操作系统
RTOS Real-Time Operating System 实时操作系统
SLAM Simultaneous Localization and Mapping 同步定位与建图
SOP Standard Operating Procedure 标准作业程序
SOTIF Safety of the Intended Functionality 预期功能安全
TF Transformation 坐标变换

5 具身智能从业人员职业方向、种类和等级

5.1 职业方向

本文件主要涉及以下具身智能从业人员职业方向及种类，详见表 1。

表 1 具身智能从业人员职业方向及种类

序号	职业方向	职业种类
011	一、基础理论与前沿研究	机器人学研究员
012		具身智能研究员
021	二、感知、决策与控制算法	感知融合工程师
022		定位建图工程师
023		运动控制工程师
024		模仿与强化学习工程师
025		具身算法工程师
031	三、软件、硬件与系统架构	机器人系统架构师
032		机器人硬件工程师
033		机器人底层软件工程师
034		嵌入式开发工程师
035		机器人应用软件工程师
041	四、仿真、测试与数据工程	机器人仿真工程师
042		模型评测工程师
043		UI 设计工程师
044		自动化测试工程师
045		安全验证工程师

046	五、部署、运维与技术支持	数据采集工程师
047		数据治理工程师
051		机器人部署与现场应用工程师（FAE）
052		机器人运维工程师（RobotOps）
053		DevOps / MLOps 工程师
054		机器人维修技师 / 工程师

5.2 职业等级

在职业方向划分的基础上,根据具身智能产业发展的需求以及从业人员的职业发展客观规律,将从业人员职业由低到高等级划分为初级、中级、高级,作为从业人员能力评价的依据。组织可根据自身情况,结合行业特征细化要求进行量化。具身智能从业人员职业等级要求见表 2。

表 2 具身智能从业人员职业等级要求

职业等级	等级要求
初级	掌握职业种类所需的知识和技能,能够在他人指导下完成所承担的工作。
中级	能运用职业种类所需的知识和技能,独立完成所承担的工作,满足从事该职业方向工作年限要求。
高级	熟练运用职业种类所需的知识和技能,具备指导他人工作的能力,能够承担专业项目负责人的角色,满足从事该职业方向工作年限要求。

6 能力要求

6.1 能力要素

本文件按知识、技能和经验三个维度提出了具身智能从业人员能力要素。
具身智能从业人员能力要素见表 3。

表 3 具身智能从业人员能力要素

维度	能力要素	说明
知识	基础知识	指从业人员应掌握的、跨领域的通用性知识,主要包括基础理论、工程效能、安全伦理与法规等,是从事本领域所有技术工作的必备基础。
	专业知识	指从业人员为完成特定职业种类的任务所必备的专门知识,主要指与具体岗位职责紧密相关的理论、原理、技术要求与操作规程。
技能	专业技能	指从业人员将专业知识应用于实际工作场景,解决具体问题的能力,包括对特定工具、软件、硬件和平台的熟练运用,以及设计、开发、分析、调试等动手实践能力。
经验	工作经验	指从业人员在相应职业种类及方向上的从业年限、项目履历和实践积累,是衡量其解决复杂问题能力的重要参考。

注:基础知识要求应符合 6.2 的规定。专业知识、专业技能及工作经验要求应符合后续章节中针对各职业种类及等级的具体规定。

6.2 基础知识要求

6.2.1 基础理论知识

要求如下：

- a. 数学基础知识：掌握微积分、线性代数、概率论、数理统计、最优化理论等的基本理论及方法。
- b. 物理基础知识：掌握材料力学、理论力学、高等动力学等基本原理，理解刚体、多体系统在三维空间中的运动规律。
- c. 机器人学基础知识：掌握机器人运动学、动力学、控制理论、路径规划等基本概念和方法。
- d. 计算机科学基础知识：掌握编程语言（C/C++/Python）、数据结构、算法设计、操作系统、计算机网络、数据库等基本理论与方法。
- e. 人工智能基础知识：掌握机器学习、深度学习的基本理论，包括但不限于线性模型、神经网络、强化学习、序列生成等。
- f. 具身智能基础知识：掌握 VLM（视觉-语言模型）、VLN（视觉-语言导航）、VLA（视觉-语言-动作）和世界模型等多模态大模型框架，理解数据训练方法。

6.2.2 工程效能相关知识

要求如下：

- a. 软件工程知识：掌握软件生命周期、设计模式、版本控制（Git）、持续集成/持续部署（CI/CD）、敏捷开发等理论与实践方法。
- b. 硬件工程知识：掌握硬件开发基本流程，包括原理图、PCB 设计、样机试制（Prototyping）和可制造性设计（DFM）等概念。
- c. 文档规范知识：掌握技术文档（如需求文档、设计文档、测试报告、验收报告）的撰写规范与标准。

6.2.3 安全、伦理与法规知识

要求如下：

- a. 系统安全知识：了解机械安全、电气安全、信息安全与功能安全等基本理论，特别是针对与物理世界交互的机器人系统的潜在风险。
- b. 数据与隐私保护知识：了解数据安全、数据脱敏、隐私计算等基本概念，熟悉《中华人民共和国个人信息保护法》等相关法规。
- c. 人工智能伦理知识：了解人工智能伦理的基本原则，如公平性、透明度、可解释性、责任性等。
- d. 法律法规知识：了解《中华人民共和国劳动法》、《中华人民共和国知识产权法》等与从业活动相关的法律法规。

注：i) 6.2.3 安全、伦理与法规知识部分的内容为通用性基础知识部分，所有岗位人员都必须掌握。

6.2.1 基础理论知识和 6.2.2 工程效能相关知识两部分按职业方向进行细化，具体如下：

算法类岗位：重点掌握 6.2.1 基础理论知识，了解 6.2.2 工程效能相关知识；

机械/硬件类岗位：重点掌握 6.2.2 工程效能相关知识，了解 6.2.1 基础理论知识；

系统与软件类岗位：重点掌握 6.2.2 工程效能相关知识，了解 6.2.1 基础理论知识。

ii) 6.2.1 基础理论知识和 6.2.2 工程效能相关知识两部分可进行分级要求：

初级人员要求“了解”基本概念，中级人员要求“掌握”，高级人员要求“能应用于解决实际问题”。

7 具身智能人才职业能力要求

7.1 基础理论与前沿研究方向从业人员能力要求

7.1.1 机器人学研究员

7.1.1.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握机器人运动学、动力学、控制、规划、感知的基础理论。
- 2) 掌握理论力学与现代控制理论基础。
- 3) 了解 Python 编程、ROS (机器人操作系统) 以及 MATLAB 等主流编程与仿真工具。

b. 专业技能

- 1) 能进行机器人系统的基础建模与仿真分析。
- 2) 能在指导下，实现并验证特定的机器人算法。
- 3) 能进行机器人实验平台的搭建与数据采集。
- 4) 能阅读并理解机器人学领域的经典学术论文。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域研究或开发工作经验。

7.1.1.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通机器人学某一细分方向（如本体设计与优化、运动控制、路径规划、多机协同）的理论。
- 2) 掌握非结构化环境下机器人感知与决策的前沿方法。
- 3) 了解人机交互与物理交互的理论模型。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计与实现用于解决复杂机器人问题的创新性算法。
- 2) 能设计并执行系统的机器人实验，并对结果进行深入分析。
- 3) 能复现机器人学领域学术文论中的设计和算法。
- 4) 能指导初级研究人员进行机器人系统的研究与开发。

c. 工作经验：

具备 3 年以上相关领域研究工作经验。

7.1.1.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 在机器人学某一领域具有公认的学术或行业影响力。
- 2) 对机器人学与人工智能、认知科学等领域的交叉融合有深刻见解。
- 3) 洞悉机器人技术在关键行业的应用瓶颈与未来方向。

b. 专业技能

- 1) 能引领机器人学某一前沿方向的研究，并在机器人学顶级会议（如 ICRA、IROS 等）或期刊（IJRR、TRO 等）上发表研究成果。
- 2) 能主导解决机器人系统在真实复杂环境中的根本性科学或技术难题。
- 3) 能构建和领导一个高水平的研究团队。

4) 能为公司的机器人产品战略和技术路线提供权威建议。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研究工作经验。

7.1.2 具身智能研究员

7.1.2.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 熟练掌握 Python，熟悉 PyTorch 或 TensorFlow 等主流深度学习框架，对监督学习、强化学习基础理论有扎实理解。
- 2) 了解 CNN、RNN、Transformer 等基础模型架构，对多模态学习的基本概念和流程有初步认识。
- 3) 了解机器人学基本概念，熟悉至少一种主流机器人仿真器（如 Isaac Gym、MuJoCo 等）的基本操作。

b. 专业技能

- 1) 能够根据设计完成模型模块的代码实现，并完成真实数据、合成数据的清洗、预处理和加载管道搭建。
- 2) 能够在指导下执行模型的训练、微调与评估实验，具备基础的模型调试和性能分析能力。
- 3) 能够在指导下阅读相关领域顶会的论文，并完成技术要点的总结汇报。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域研究工作经验。

7.1.2.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 对主流 VLA 模型（如 IIO, RT-2, VIMA, PaLM-E 等）的架构、原理和训练范式有深入理解，熟悉分层控制架构的设计思想。
- 2) 具备丰富的分布式训练（如 DDP, FSDP）实战经验，精通模型微调技术（如 LoRA, P-tuning），熟悉模型压缩、量化等部署前优化技术。
- 3) 深入理解 Sim2Real 领域的相关技术，能够熟练运用仿真器进行大规模合成数据生成和策略训练，以降低真实世界部署的代价。

b. 专业技能

- 1) 能够针对具体任务（如泛化需求）独立设计或显著优化模型子模块，并进行充分的 ablation study 以验证有效性。
- 2) 能够主导从数据处理、模型训练、性能评估到真机部署（如使用 ROS、ONNX 或 TensorRT）的完整 Pipeline 搭建与优化。
- 3) 前沿技术探索与转化：能主动跟踪具身智能与大模型领域的最新进展，具备将前沿论文中的技术方案进行复现、改进并应用到实际项目中的能力。

c. 工作经验：

具备 3 年以上相关领域研究工作经验。

7.1.2.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 对具身智能的整体系统架构（感知、推理、规划、控制）有全局和深刻的认识，能设计兼顾性能、效率与泛化能力的下一代分层或端到端架构。
- 2) 精通大模型的前沿技术（如思维链、上下文学习、世界模型），并对实现泛化（位置、物体、场景、任务）的核心理论与方法（如元学习、因果推理、基础模型）有独到见解。
- 3) 深刻理解并能够设计 Training-free 的推理方法（如 Prompt 工程、In-context Learning、程序合成），以解决陌生环境下的长程、复杂结构化任务。

b. 专业技能

- 1) 能够定义并主导攻克项目中最核心、最困难的技术挑战（如实现四大泛化目标），为团队制定清晰的技术路线图和研究方向。
- 2) 具备强大的跨领域协作能力，能够领导并协调算法、软件、硬件团队，将先进的模型算法无缝集成到复杂的真实机器人系统中。
- 3) 具备强大的原创研究能力，能够产出具有国际影响力的研究成果。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研究工作经验。

7.2 感知、决策与控制算法方向从业人员能力要求

7.2.1 感知融合工程师

7.2.1.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 了解不同传感器（如相机、IMU、激光雷达）的基本工作原理。
- 2) 掌握基础的状态估计算法，如卡尔曼滤波（KF）。
- 3) 了解传感器内外参标定的基本概念。

b. 专业技能

- 1) 能使用现有工具进行传感器标定。
- 2) 能实现简单的数据对齐与融合逻辑。
- 3) 能对融合后的数据进行可视化与初步分析。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.1.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通一种或多种传感器融合技术（如 EKF, UKF, 粒子滤波, 图优化）。
- 2) 掌握多传感器时空同步的精确实现方法。
- 3) 掌握目标级与原始数据级融合的原理与实践。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计并实现一套高精度、高鲁棒性的多传感器融合系统。
- 2) 能开发自动化的标定与验证工具链。
- 3) 能分析并优化融合系统在各种恶劣工况下的性能。
- 4) 能将深度学习模型与传统滤波方法相结合。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.1.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握随机过程、信息论等底层数学理论。
- 2) 掌握基于大模型的端到端多模态融合范式。
- 3) 对新概念传感器（如事件相机、触觉传感器）的融合方法有系统性研究。

b. 专业技能

- 1) 能设计满足未来产品需求的、可扩展的感知融合系统架构。
- 2) 能解决感知系统在极端光照、天气和高动态场景下的可靠性问题。
- 3) 能提出创新的感知融合方案，并主导其研究与落地。
- 4) 能制定感知技术的发展战略和演进路线。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研发工作经验。

7.2.2 定位建图工程师

7.2.2.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握多视图几何与状态估计（滤波方法）的基础理论。
- 2) 了解至少一种开源 SLAM 框架（如 ORB-SLAM）的基本原理。
- 3) 掌握 C++ 编程语言、ROS（机器人操作系统）和 Linux 开发环境。

b. 专业技能

- 1) 能实现 SLAM 系统中的基础算法模块（如特征提取）。
- 2) 能配置和运行开源 SLAM 系统，并进行数据录制与回放测试。
- 3) 能对传感器数据（IMU, Camera, LiDAR）进行解析与可视化。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.2.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通一种或多种 SLAM 技术路线（如滤波、图优化、直接法）。
- 2) 掌握多传感器融合（如视觉-IMU 融合）的理论与实践。
- 3) 掌握回环检测、重定位等长期定位技术。
- 4) 理解运动控制模块对定位信息实时性与精度的要求。
- 5) 了解常见决策算法对地图语义信息的需求。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计并实现一套完整的、能在真实环境中稳定运行的 SLAM 系统。
- 2) 能对 SLAM 系统进行深度的性能分析与优化。
- 3) 能设计并实现传感器内外参的在线或离线标定算法。
- 4) 能将 SLAM 系统与导航等其他模块进行集成。

- 5) 能指导初级工程师进行算法开发与调试,通过代码审查和实操演示提供具体技术指导。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.2.3 高级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 深入掌握语义 SLAM、动态 SLAM、多机器人协同建图等前沿技术。
- 2) 掌握多种传感器 (如事件相机、4D 雷达) 的融合定位建图方法。
- 3) 对定位建图技术的未来发展有系统性判断。

b. 专业技能

- 1) 能设计满足大规模、长周期、高动态场景需求的定位建图系统架构。
- 2) 能提出并验证解决领域内核心难题的创新性算法。
- 3) 能制定团队在定位建图方向的技术发展路线。
- 4) 能引领团队进行技术攻坚和创新。
- 5) 能主导跨团队 (如感知、控制) 的技术方案对齐与协同,确保系统级技术目标的实现。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研发工作经验。

7.2.3 运动控制工程师

7.2.3.1 初级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 掌握机器人运动学正逆解、坐标系变换等基础知识。
- 2) 了解基础的路径搜索算法 (如 A*) 和 PID 控制原理。
- 3) 掌握 C++ 编程、ROS (机器人操作系统) 和基础的 MATLAB/Simulink 使用。

b. 专业技能

- 1) 能实现基础的轨迹生成与插值算法。
- 2) 能进行 PID 控制器的参数调试与测试。
- 3) 能在仿真或真实机器人上验证运动规划与控制的基本功能。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.3.2 中级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 精通运动规划算法 (如基于采样或基于搜索的算法) 和轨迹优化技术。
- 2) 掌握现代控制理论 (如力控、自适应控制)。
- 3) 熟悉主流运动规划库 (如 OMPL, MoveIt) 和实时操作系统 (RTOS)。
- 4) 了解 SLAM 系统提供的定位和地图信息的不确定性及其对控制稳定性的影响。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计并实现适用于动态、复杂环境的运动规划器。

- 2) 能实现并优化基于力/视觉传感器的伺服控制。
- 3) 能解决运动控制系统在嵌入式平台上的实时性与稳定性问题。
- 4) 能进行多自由度机器人系统的动力学建模与控制。
- 5) 能进行有效的代码审查,为初级工程师提供具体的技术反馈,并协助其解决明确的技术难题。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.3.3 高级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 深入掌握全身控制 (Whole-Body Control)、接触动力学、最优控制等前沿理论。
- 2) 精通任务与运动一体化规划 (TAMP) 方法。
- 3) 对柔性机器人、人机协作等领域的控制技术有系统性认知。

b. 专业技能

- 1) 能设计与主导复杂多体动力学系统的控制架构。
- 2) 能解决高动态、强交互场景下的机器人运动控制难题。
- 3) 能制定运动控制与规划技术方向的创新路线。
- 4) 能引领团队进行前沿控制理论的研究与工程转化。
- 5) 能主导与硬件、算法等跨团队的技术方案对齐与协同,推动复杂控制系统的集成与优化。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研发工作经验。

7.2.4 模仿与强化学习工程师

7.2.4.1 初级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 掌握强化学习 (RL) 与模仿学习 (IL) 的基础理论与核心算法。
- 2) 了解主流 RL 库 (如 Stable Baselines3) 和仿真环境 (如 Isaac Gym) 的使用。
- 3) 掌握 Python 编程和深度学习框架基础。

b. 专业技能

- 1) 能使用现有框架实现和运行 RL/IL 算法。
- 2) 能根据指导,进行超参数调试和实验结果收集。
- 3) 能对训练过程中的奖励曲线等指标进行可视化分析。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.4.2 中级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 精通一种或多种高级 RL/IL 算法 (如 PPO, SAC, GAIL)。
- 2) 掌握奖励函数设计、策略网络设计等关键技术。

- 3) 熟悉分布式训练的原理与实践。
 - 4) 理解和掌握基本伦理准则（如故障安全设计、人机交互安全距离）等。
- b. 专业技能
 - 1) 能独立设计并实现面向特定机器人技能的 RL/IL 训练流程。
 - 2) 能解决训练过程中的收敛性、稳定性与样本效率问题。
 - 3) 能针对 Sim-to-Real 问题，设计并实施有效的迁移学习方案。
 - 4) 能对 RL/IL 算法进行工程化部署。
 - 5) 能进行有效的代码审查，为初级工程师提供具体的技术反馈，并协助其解决明确的技术难题。
 - c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.4.3 高级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
 - 1) 深入掌握离线强化学习、多智能体强化学习、基于模型的强化学习等前沿领域。
 - 2) 精通大规模分布式 RL 训练系统的架构设计。
 - 3) 对 RL 在复杂决策与控制问题中的应用有深刻理解。
- b. 专业技能
 - 1) 能主导设计和搭建公司级的 RL 训练与推理平台。
 - 2) 能解决 RL 算法在真实世界应用中的安全与可靠性等核心挑战。
 - 3) 能提出创新的 RL/IL 算法或系统方案以解决业务瓶颈。
 - 4) 能制定 RL 技术在公司产品中的发展路线图。
 - 5) 能主导与仿真、硬件等跨团队的技术方案对齐与协同，确保 RL 系统在复杂环境中的有效部署。
- c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研发工作经验。

7.2.5 具身算法工程师

7.2.5.1 初级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
 - 1) 掌握 Python 编程及主流深度学习框架的基本使用。
 - 2) 了解 Transformer 架构和大模型的基本原理。
 - 3) 了解 API 接口的基本概念与调用方法。
 - 4) 了解提示工程（Prompt Engineering）的基本技巧。
- b. 专业技能
 - 1) 能调用大模型的 API 接口，完成指定的开发任务。
 - 2) 能根据设计好的方案，编写和测试基础的提示词（Prompt）。
 - 3) 能使用现有脚本，对数据进行预处理以备微调。
 - 4) 能执行已有的模型微调和评估流程。
- c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.5.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入理解主流大模型的原理与使用方法。
- 2) 掌握 PEFT、LoRA 等多种高效微调 (Fine-tuning) 技术。
- 3) 熟悉云端推理服务框架 (如 vLLM, TGI) 的部署与使用。
- 4) 掌握构建高质量微调数据集的方法。
- 5) 理解和掌握基本伦理准则 (如故障安全设计、人机交互安全距离) 等。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计并实践复杂的提示工程方案。
- 2) 能独立完成大模型的高效微调、评估与部署全流程。
- 3) 能对大模型推理服务的性能 (延迟、吞吐量) 进行分析与优化。能将大模型与业务系统进行深度集成。能指导初级工程师进行模型开发与调试, 通过代码审查和实操演示提供具体技术指导。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.2.5.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握大模型训练、微调与推理的底层原理与系统优化。
- 2) 掌握分布式训练与推理的架构设计。
- 3) 对大模型在具身智能领域的应用范式与局限性有深刻洞见。
- 4) 熟悉大模型安全与对齐 (Alignment) 的相关技术。

b. 专业技能

- 1) 能主导设计面向特定业务领域的大模型应用架构与技术路线。
- 2) 能解决大模型在私有化部署或大规模应用中的系统性难题。
- 3) 能提出创新性的大模型应用方案, 并主导其技术验证与落地。
- 4) 能制定团队在大模型应用方向的技术规范与最佳实践。
- 5) 能够对系统级安全架构、算法可解释性/透明度、以及在高风险场景下进行伦理风险评估和规避。
- 6) 能主导与算法、产品等跨团队的技术方案对齐与协同, 推动大模型技术在业务场景中的创新应用。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域研发工作经验。

7.3 软件、硬件与系统架构方向从业人员能力要求

7.3.1 机器人系统架构师

7.3.1.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握软件工程、硬件原理、算法理论的基础知识。
- 2) 了解系统工程的基本方法, 如需求分解、模块化设计。

- 3) 了解机器人或 AI 系统的基本组成部分。
 - b. 专业技能
 - 1) 能绘制系统模块图、接口关系图等基础架构图。
 - 2) 能在指导下，对具体技术方案进行调研和对比分析。
 - 3) 能编写清晰的技术选型报告和设计文档。
 - c. 工作经验
- 具备 3 年以上相关领域开发或设计工作经验。

7.3.1.2 中级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
 - 1) 精通机器人或 AI 系统的某一子系统架构设计（如软件架构、硬件架构）。
 - 2) 掌握性能、功耗、成本、可靠性等多目标的权衡方法。
 - 3) 熟悉主流的计算平台、传感器和软件框架的技术特点。
 - b. 专业技能
 - 1) 能独立负责一个复杂模块或子系统的架构设计。
 - 2) 能进行系统级的性能瓶颈分析与优化。
 - 3) 能进行关键技术选型并进行充分论证。
 - 4) 能组织跨模块的技术方案评审。
 - c. 工作经验
- 具备 5 年以上相关领域架构设计或资深开发工作经验。

7.3.1.3 高级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
 - 1) 深入掌握横跨软硬件、算法、网络的系统级架构理论与实践。
 - 2) 掌握技术战略规划与产品路线图的制定方法。
 - 3) 对产业技术生态和未来发展趋势有系统性洞见。
 - b. 专业技能
 - 1) 能主导整个机器人或 AI 产品的系统级架构设计与演进。
 - 2) 能解决跨领域的、系统级的复杂技术难题。
 - 3) 能制定公司的技术架构规范与长期发展路线。
 - 4) 能为公司的技术战略和产品决策提供关键输入。
 - c. 工作经验
- 具备 8 年以上相关领域工作经验。

7.3.2 机器人硬件工程师（机械/电子/电气）

7.3.2.1 初级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
 - 1) （机械）掌握机械原理、材料力学等基础知识。
 - 2) （电子）掌握数字电路、模拟电路等基础知识。
 - 3) （电气）掌握电气原理、通讯协议等基础知识。
 - 4) 了解至少一种 CAD、EDA 或 EPLAN 设计工具的基本使用。

b. 专业技能

- 1) (机械) 能在指导下, 进行零部件的 3D 建模和 2D 工程图绘制。
- 2) (电子) 能在指导下, 进行简单的电路模块设计与原理图绘制。
- 3) (电气) 能在指导下, 进行简单的电气模块设计与原理图绘制。
- 4) 能协助完成样机的装配、测试与数据记录。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域设计或开发工作经验。

7.3.2.2 中级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) (机械) 精通结构设计、传动设计与公差分析, 熟悉常见材料与加工工艺。
- 2) (电子) 精通板级电路设计、PCB 布局布线 (Layout) 和信号完整性分析。
- 3) (电气) 精通电气系统的设计与研发, 包括电气原理图设计、电气元件选型、控制系统设计。
- 4) 掌握可制造性 (DFM) 与可测试性 (DFT) 设计原则。

b. 专业技能

- 1) 能独立负责机器人核心部件 (如关节、底盘) 或核心电路板的设计与开发。
- 2) (机械) 能进行关键结构的力学仿真分析 (FEA)。
- 3) (电子) 能使用示波器等仪器进行复杂的电路调试与验证。
- 4) (电气) 能设计柜内线做线图、元器件布局图, 进行控制柜样机制作、功能验证及迭代。
- 5) 能与供应商有效沟通, 解决生产制造中的工程问题。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域设计或开发工作经验。

7.3.2.3 高级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 精通机电一体化系统设计, 对软硬件协同工作有深刻理解。
- 2) 掌握机器人硬件系统的可靠性、EMI/EMS 设计与分析。
- 3) 对新材料、新工艺、新器件在机器人领域的应用有系统性认知。

b. 专业技能

- 1) 能主导复杂机器人产品的硬件系统方案设计与架构权衡。
- 2) 能解决跨学科的、系统级的硬件集成与可靠性难题。
- 3) 能制定团队的硬件设计规范与验证流程。
- 4) 能为新产品的硬件平台选型和技术路线提供决策支持。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域设计或开发工作经验。

7.3.3 机器人底层软件工程师 (ROS/ROS 2)

7.3.3.1 初级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 掌握 C++ 和 Python 编程语言基础。
 - 2) 掌握 Linux 操作系统的基本使用和命令行操作。
 - 3) 了解 ROS/ROS2 的核心概念，如节点 (Node)、话题 (Topic)、服务 (Service)。
 - 4) 了解版本控制工具 (如 Git) 的基本工作流程。
- b. 专业技能
- 1) 能根据接口文档，编写和调试单个 ROS/ROS2 节点。
 - 2) 能使用 ROS/ROS2 的命令行工具进行系统的基本调试与状态查看。
 - 3) 能编写基础的单元测试脚本。
 - 4) 能按照规范撰写模块设计说明和使用文档。
- c. 工作经验
- 具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.3.2 中级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
- 1) 精通 C++/Python 编程，熟悉面向对象设计原则与常用设计模式。
 - 2) 掌握 ROS/ROS2 的进阶概念，如坐标变换 (TF2)、参数服务器、生命周期管理。
 - 3) 掌握多线程/多进程编程及进程间通信机制。
 - 4) 熟悉至少一个机器人应用领域 (如导航、操作) 的软件栈。
- b. 专业技能
- 1) 能独立设计和开发复杂的多节点 ROS/ROS2 应用程序。
 - 2) 能对软件模块进行性能分析与优化 (如 CPU 占用、内存泄漏、通信延迟)。
 - 3) 能将第三方算法库或硬件驱动集成到 ROS/ROS2 系统中。
 - 4) 能定位并解决模块集成过程中的复杂技术问题。
- c. 工作经验
- 具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.3.3 高级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
- 1) 深入掌握 ROS2 的核心机制与底层原理 (如 DDS、服务质量 QoS 策略)。
 - 2) 精通软件架构设计理论与实时系统设计原则。
 - 3) 掌握机器人软件系统的可靠性、安全性与可维护性设计方法。
- b. 专业技能
- 1) 能主导机器人整体软件系统的架构设计与重构。
 - 2) 能解决系统级的性能瓶颈、稳定性和实时性等疑难杂症。
 - 3) 能设计与开发可复用的核心软件组件与框架。
 - 4) 能制定团队的软件开发规范、流程与质量标准。
- c. 工作经验
- 具备 5 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.4 嵌入式开发工程师

7.3.4.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 C/C++ 语言，了解嵌入式系统的基础知识。
- 2) 了解 GPIO、UART、SPI、I2C 等常用外设接口协议。
- 3) 了解 MCU（微控制器）的基本工作原理。

b. 专业技能

- 1) 能阅读和理解电路原理图与芯片数据手册。
- 2) 能在指导下，编写基础的硬件驱动程序。
- 3) 能使用调试器（Debugger）进行基础的固件调试。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.4.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通嵌入式 C/C++ 语言开发，熟悉至少一种 MCU 架构（如 ARM Cortex-M/A）。
- 2) 掌握实时操作系统（RTOS）的原理与应用。
- 3) 掌握 Bootloader、固件 OTA 升级等技术。
- 4) 了解低功耗设计与电源管理技术。

b. 专业技能

- 1) 能独立负责一个复杂嵌入式模块的固件设计与开发。
- 2) 能进行 RTOS 的移植、裁剪与任务调度设计。
- 3) 能使用示波器、逻辑分析仪等工具进行软硬件联合调试。
- 4) 能对嵌入式系统的性能和功耗进行优化。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.4.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握嵌入式系统体系结构与软硬件协同设计。
- 2) 精通嵌入式 Linux 或大型 RTOS 的内核与驱动开发。
- 3) 掌握嵌入式系统的功能安全与信息安全设计。

b. 专业技能

- 1) 能主导复杂嵌入式系统的平台选型与架构设计。
- 2) 能解决系统级的实时性、稳定性与可靠性问题。
- 3) 能设计与实现可移植、可扩展的底层软件平台（BSP）。
- 4) 能制定团队的嵌入式开发流程与规范。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.5 机器人应用软件工程师

7.3.5.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 熟练掌握至少一种主流编程语言（如 C++, Python, Rust）。
- 2) 掌握数据结构、算法、操作系统及计算机网络等计算机科学核心知识。
- 3) 了解机器人软件架构、软件开发生命周期及版本控制工具（如 Git）。

b. 专业技能

- 1) 能根据设计要求，完成功能模块的编码、测试和调试工作。
- 2) 能编写高质量的代码和单元测试，并完成相关技术文档。
- 3) 能定位和解决开发中遇到的一般性技术问题。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.5.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通面向对象设计与开发，掌握常用设计模式。
- 2) 深入理解机器人操作系统或至少一个主流 AI/安全框架。
- 3) 掌握自身方向（AI 或安全）的核心方法论与关键技术。

b. 专业技能

- 1) 能独立负责复杂功能模块的设计、开发、集成与优化。
- 2) 能进行代码性能分析与调优，或进行安全审计与渗透测试。
- 3) 能有效解决项目中的关键问题和技术难题。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.3.5.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通大型、高可用性机器人软件系统的架构设计。
- 2) 在 AI 方向：精通机器学习/深度学习算法及其在机器人领域的应用；或，在安全方向：精通机器人全栈安全架构与威胁建模。
- 3) 对自身技术方向的前沿发展、行业最佳实践有系统性理解和洞察。

b. 专业技能

- 1) 能主导设计并交付企业级、具备竞争力的机器人 AI 应用；或，能主导构建并落地全面的机器人系统安全防护体系。
- 2) 能规划和设计团队的技术发展路线、核心工具链与工程规范。
- 3) 能解决系统级的技术瓶颈与重大挑战，为团队提供全方位技术指导。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域开发工作经验。

7.4 仿真、测试与数据工程方向从业人员能力要求

7.4.1 机器人仿真工程师

7.4.1.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 C++/Python 编程语言和 Linux 开发环境。
- 2) 了解 3D 图形学、经典力学和物理仿真的基本概念。
- 3) 了解至少一种主流仿真平台（如 Isaac Sim, Gazebo）或物理引擎（如 MuJoCo, Bullet）的基本使用。

b. 专业技能

- 1) 能编写脚本，在仿真环境中配置模型、控制对象和运行基础实验。
- 2) 能在指导下，调试基础物理参数，并向仿真环境中导入机器人或场景模型。
- 3) 能实现仿真平台与 ROS 等外部系统的基本通信。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域开发工作经验。

7.4.1.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通至少一种主流仿真平台或物理引擎的二次开发。
- 2) 掌握多体动力学、接触力学及传感器（摄像头、激光雷达等）的仿真建模方法。
- 3) 熟悉系统辨识理论，能够从真实数据中估计物理参数。

b. 专业技能

- 1) 能独立负责对机器人系统进行高精度的物理建模和仿真功能开发。
- 2) 能通过参数调优与真实实验对比，系统性减小 Sim-to-Real 差距。
- 3) 能对仿真系统的性能（如帧率、同步性、数值稳定性）进行分析与优化。
- 4) 能构建和维护自动化、可扩展的仿真测试流程。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域开发工作经验。

7.4.1.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握分布式仿真、云端仿真的系统架构。
- 2) 精通物理引擎与渲染引擎的底层原理、算法与优化。
- 3) 对数字孪生、可微分仿真等前沿技术有深刻理解与洞察。

b. 专业技能

- 1) 能主导设计和构建公司级、高保真、可支持大规模并行仿真的平台与环境。
- 2) 能解决仿真到现实中的系统性差距及数值稳定性等核心难题。
- 3) 能制定仿真技术发展战略，提出创新建模方法，推动其在研发全流程中的应用。
- 4) 能为仿真平台的物理真实度与系统性能提供权威评估与技术引领。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域开发工作经验。

7.4.2 模型评测工程师

7.4.2.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握机器学习模型评估的基本指标（如准确率、召回率、F1 分数、成功率、SPL 等）。
- 2) 熟悉机器人操作系统 ROS/ROS2 的基本概念，了解常见的机器人传感器和执行器。
- 3) 了解具身智能、强化学习、模仿学习的基本概念，对主流评测基准（如 BEHAVIOR, Habitat, iTHOR）有初步认识。

b. 专业技能

- 1) 能够熟练使用 Python，在指导下编写和运行自动化评测脚本，准确收集模型在仿真与真机环境中的性能数据。
- 2) 能够配置机器人仿真环境（如 Gazebo、Isaac Sim）和真机测试环境，并完整记录测试过程中的关键数据（日志、图像、控制指令等）。
- 3) 能够初步分析评测数据，识别模型的明显失败模式，并按照规范模板撰写清晰、准确的测试报告，向开发团队描述问题现象。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域工作经验。

7.4.2.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入理解如何科学设计评测方案以评估模型的泛化能力（如在不同机器人本体、场景、任务下的表现），熟悉消融实验的设计原理。
- 2) 对主流具身 VLA 模型、分层决策架构、强化学习算法（如 PPO，ILQR）的原理和潜在失败模式有深入理解，能预判技术风险点。
- 3) 精通 Sim2Real 问题，理解仿真器与真实世界的差异来源，并能设计相应评测来量化这种差异对模型性能的影响。
- 1) b. 专业技能能够根据模型特性和业务目标，独立设计涵盖仿真、实物平台的全链路评测方案，定义核心评测指标与验收标准。
- 2) 能够综合利用定量数据和定性分析，定位模型性能瓶颈的根本原因（如感知错误、规划不合理、控制不精确），并提出具体、可行的优化建议。
- 3) 能够开发、改进自动化的评测工具和可视化平台，提升评测效率和深度，例如开发用于分析长程任务中错误传播的诊断工具。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域工作经验。

7.4.2.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 具备构建企业级或行业级评测体系的能力，对评测基准的设计、数据集的构建、评测协议的标准化有全局和前瞻性的思考。
- 2) 紧密跟踪具身智能、大模型、机器人学等领域的前沿进展，能预见新技术（如世界模型、思维链）对评测方法带来的新挑战和机遇。

- 3) 从系统层面深刻理解性能瓶颈，能够分析模型算法、硬件限制、环境交互之间的复杂耦合关系，并定义衡量智能体“通用能力”的指标。

b. 专业技能

- 1) 能够定义面向未来的评测研究课题，引领团队进行探索，并产出具有影响力的研究报告或评测标准。
- 2) 通过权威、深入的评测分析，为模型技术选型、架构演进和资源投入提供关键决策依据，直接影响产品的技术路线图。
- 3) 能够创造性地利用大模型（如 GPT、Claude）等工具，开发新型评测手段，大幅提升评测的广度、深度和效率。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域工作经验。

7.4.3 UI 设计工程师

7.4.3.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

b. 专业技能

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

c. 工作经验

具备 1 年以上相关领域工作经验。

7.4.3.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

b. 专业技能

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

c. 工作经验

具备 3 年以上相关领域工作经验。

7.4.3.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

b. 专业技能

- 1) 掌握 3D 建模、UV 展开、贴图烘焙等基础流程与 PBR 渲染原理。
- 2) 熟悉至少一种主流 3D 软件（如 Blender, Maya）和贴图绘制软件（如 Substance Painter）。
- 3) 了解用户界面（UI）与用户体验（UX）的基本设计原则和规范。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域工作经验。

7.4.4 自动化测试工程师

7.4.4.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握至少一种编程/脚本语言（如 Python, Java, Shell）。
- 2) 了解自动化测试的基本原理与流程。
- 3) 了解至少一种自动化测试框架（如 Pytest, Selenium, Appium）的基本使用。

b. 专业技能

- 1) 能根据测试用例，编写和执行自动化测试脚本。
- 2) 能对测试结果进行初步分析，定位简单的脚本或环境问题。
- 3) 能维护已有的自动化测试用例集。

c. 工作经验

具备 1 年以上软件开发或测试工作经验。

7.4.4.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通 UI 自动化、接口自动化或硬件在环（HIL）自动化测试技术。
- 2) 掌握 CI/CD 工具（如 Jenkins）的使用与集成。
- 3) 掌握自动化测试框架的设计与分层思想。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计与开发可复用、可维护的自动化测试脚本。
- 2) 能搭建和维护特定项目的自动化测试框架。
- 3) 能分析自动化测试的覆盖率与效率，并进行优化。
- 4) 能将自动化测试流程集成到 CI/CD 流水线中。

c. 工作经验：具备 3 年以上自动化测试或测试开发工作经验。

7.4.4.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握自动化测试平台的设计与构建。
 - 2) 精通精准测试、模型基测试（MBT）等高级测试方法。
 - 3) 对测试数据自动生成、测试环境虚拟化等技术有深入理解。
- b. 专业技能
- 1) 能主导设计和开发公司级的自动化测试平台或工具链。
 - 2) 能解决大规模自动化测试中的稳定性、效率和成本等核心难题。
 - 3) 能制定团队的自动化测试策略与技术规范。
 - 4) 能引领团队进行测试技术的创新与实践。
- c. 工作经验
- 具备 5 年以上自动化测试或测试开发工作经验。

7.4.5 安全验证工程师

7.4.5.1 初级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
- 1) 了解功能安全（如 IEC 61508）或信息安全（如渗透测试）的基本概念。
 - 2) 了解离散数学、形式逻辑等基础知识。
 - 3) 了解至少一种安全分析方法或验证工具。
- b. 专业技能
- 1) 能在指导下，参与危害分析与风险评估（HARA）。
 - 2) 能使用工具对系统进行基础的安全扫描或漏洞验证。
 - 3) 能根据规范，编写安全相关的测试用例。
- c. 工作经验
- 具备 1 年以上相关领域开发或测试工作经验。

7.4.5.2 中级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
- 1) 掌握功能安全或信息安全的一套完整方法论与标准。
 - 2) 掌握故障树分析（FTA）、失效模式与影响分析（FMEA）等安全分析技术。
 - 3) 掌握模型检测（Model Checking）或定理证明等形式化验证方法。
- b. 专业技能
- 1) 能独立负责一个模块或子系统的功能安全或信息安全设计与验证。
 - 2) 能对关键算法或控制逻辑进行形式化建模与属性验证。
 - 3) 能对系统进行深入的渗透测试或代码安全审计。
 - 4) 能编写符合标准要求的安全论证（Safety Case）或认证报告。
- c. 工作经验
- 具备 3 年以上系统安全或形式化验证相关工作经验。

7.4.5.3 高级能力要求

要求如下：

- a. 专业知识
- 1) 深入掌握高可靠、高安全系统的体系化设计方法。
 - 2) 精通安全与系统架构的深度融合。

- 3) 对智能系统的安全 (Safety of the Intended Functionality, SOTIF) 等前沿课题有深刻理解。

b. 专业技能

- 1) 能主导制定整个产品的安全生命周期流程与技术规范。
- 2) 能解决涉及软硬件、算法的复杂系统级安全问题。
- 3) 能提出创新的安全验证方法, 以应对 AI 带来的不确定性。
- 4) 能为产品的安全认证和合规提供权威指导。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域工作经验。

7.4.6 数据采集工程师

7.4.6.1 初级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 了解 AI 模型对数据的基本需求 (如数据量、多样性、标注精度)。
- 2) 熟悉至少一种数据标注工具的使用。
- 3) 了解数据采集的基本流程和注意事项。

b. 专业技能

- 1) 能根据标注规范, 执行具体的数据标注任务。
- 2) 能对标注完成的数据进行质量抽检。
- 3) 能操作数据采集设备, 并记录现场信息。

c. 工作经验

具备相关实习或 1 年以上工作经验。

7.4.6.2 中级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 精通数据标注的流程管理与质量控制方法。
- 2) 掌握数据采集方案的设计, 包括场景、设备、流程的规划。
- 3) 了解数据隐私与合规的相关要求。

b. 专业技能

- 1) 能独立制定详细、清晰的数据标注规范。
- 2) 能管理内外部标注团队, 对项目进度、成本和质量负责。
- 3) 能设计和执行复杂场景的数据采集任务。
- 4) 能分析标注数据中的问题, 并推动规范和工具的改进。

c. 工作经验

具备 3 年以上数据标注管理或数据采集项目管理工作经验。

7.4.6.3 高级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 深入掌握主动学习、半监督学习等方法, 以提升数据标注效率。
- 2) 精通数据资产管理与价值评估。
- 3) 对数据生产的自动化、智能化发展趋势有深刻理解。

b. 专业技能

- 1) 能主导构建公司级的数据生产与管理体系。
- 2) 能设计与实施大规模、高效率、低成本的数据采集与标注战略。
- 3) 能引入 AI 辅助标注等新技术，提升数据生产力。
- 4) 能为公司的数据驱动战略提供基础保障。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域管理工作经验。

7.4.7 数据治理工程师

7.4.7.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 掌握 SQL 语言和至少一种编程语言（如 Python），了解 ETL/ELT 的基本概念。
- 2) 了解关系型数据库和 NoSQL 数据库的基本原理，以及数据建模基础。
- 3) 掌握数据质量（完整性、准确性等）的基本维度和检查方法。

b. 专业技能

- 1) 能编写 SQL 脚本和基础 Python 程序，进行数据提取、探查和质量核查。
- 2) 能在指导下，执行数据标准落地和数据标签打标等基础治理任务。
- 3) 能根据数据血缘和日志，进行基础的数据问题定位与排查。

c. 工作经验

具备 1 年以上数据分析或相关领域工作经验。

7.4.7.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通数据仓库/数据湖的建模理论，掌握一种或多种大数据处理框架（如 Spark）。
- 2) 掌握数据挖掘算法（如聚类、异常检测），具备深入的业务理解，能定义数据问题。
- 3) 熟悉主数据、元数据管理理论，并掌握数据调度、可视化等工具的使用。

b. 专业技能

- 1) 能独立设计和开发稳定、高效的数据清洗、打标与质量监控流水线。
- 2) 能通过数据挖掘主动发现系统性数据问题、Corner Case，并推动根因解决。
- 3) 能构建和维护核心数据资产（如数据模型、标准库、案例库），并保障其可用性与质量。

c. 工作经验

具备 3 年以上数据挖掘或相关领域工作经验。

7.4.7.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入掌握实时数据处理、湖仓一体等现代数据架构与数据资产化体系。
- 2) 精通数据治理全领域（元数据、质量、安全、标准）及因果推断等高级分析方法。

- 3) 对如何构建数据驱动的产品可靠性与系统鲁棒性闭环有体系化的认知与策略。

b. 专业技能

- 1) 能主导设计和构建公司级的数据治理体系、元数据管理平台与数据中台。
- 2) 能制定公司的数据战略、治理规范，并解决海量数据带来的系统性治理挑战。
- 3) 能通过前瞻性的数据洞察与治理创新，为业务和 AI 团队提供可信赖的数据服务与决策支持。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关领域工作经验。

7.5 部署、运维与技术支持方向从业人员能力要求

7.5.1 机器人部署与现场应用工程师（FAE）

7.5.1.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 了解具身智能机器人的基本组成（多传感器、边缘计算单元、执行器）及工作原理。
- 2) 掌握 Linux 基础、IP 网络与 ROS 2 节点发布/订阅流程。
- 3) 了解公司机器人《现场部署 SOP》和意图功能安全（SOTIF）基本概念。

b. 专业技能

- 1) 能依据部署手册完成机器人安装、传感器标定板布置与初始坐标对齐。
- 2) 能执行感知-规划-控制链路的健康检查脚本，核验帧率和端到端延迟。
- 3) 能采集并打包多模态 rosbag 日志（Camera、IMU、LiDAR），向后方技术支持团队报告问题。

c. 工作经验

具备 1 年以上技术支持或自动化设备调试经验。

7.5.1.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 精通公司机器人软硬件栈（边缘 SoC、RTOS 控制柜、ROS 2 DDS 参数）。
- 2) 掌握现场网络（5G、Wi-Fi 6、TSN）诊断与调优方法。
- 3) 熟悉人机共融场景（产线、仓储、公共空间）的安全规范与应用流程。

b. 专业技能

- 1) 能独立完成多机群（≥10 台）部署、地图创建及导航参数整定。
- 2) 能快速定位 Sensor 时序漂移、网络抖动、动力学限幅等复合故障并恢复运行。
- 3) 能基于现场数据优化 Sim-to-Real 性能差异。
- 4) 能为客户提供机器人操作、基础维护及功能安全培训。

c. 工作经验

具备 3 年以上具身智能机器人部署或现场应用支持经验。

7.5.1.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

- 1) 深入理解机器人-业务-IT 三层集成 (MES/WMS/云-边-端)。
- 2) 掌握大型部署项目的 WBS 拆分、风险矩阵和 FMEA 方法。
- 3) 熟悉行业解决方案及竞品技术路线。

b. 专业技能

- 1) 能主导跨园区或跨工厂的大型部署项目 (>50 台) 的策略制定与实施。
- 2) 能解决跨系统 (PLC、AGV、机械臂) 联调中的复杂耦合问题。
- 3) 能沉淀最佳实践, 输出标准化脚本、基准地图、安全区域模板。
- 4) 能为售前与研发团队提供基于现场数据的功能改进与需求反馈。

c. 工作经验

具备 5 年以上具身智能机器人部署或现场应用支持经验。

7.5.2 机器人运维工程师 (RobotOps)

7.5.2.1 初级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 了解具身智能机器人远程运维流程与关键 KPI (稼动率、MTBF、充放电)。
- 2) 掌握 Linux 系统、基础网络与 ROS 2 Topic/Service 调试。
- 3) 熟悉工单系统、Runbook 和知识库结构。

b. 专业技能

- 1) 能使用监控平台 (Prometheus + Grafana 或同类) 巡检机器人状态。
- 2) 能按 SOP 处理一级告警 (传感器离线、电池低电量等)。
- 3) 能收集并初步分析 rosbag 与系统日志, 完成问题分类。
- 4) 能准确记录事件处理过程。

c. 工作经验

具备 1 年以上 IT 运维或技术支持经验。

7.5.2.2 中级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 精通机器人软件栈日志 (DDS、导航、LLM 推理) 分析。
- 2) 掌握 Shell 或 Python 脚本, 能编写批量运维工具。
- 3) 熟悉 OTA 升级、配置中心及自动化运维框架 (Ansible/SaltStack)。

b. 专业技能

- 1) 能独立管理 ≥ 100 台机器人集群的监控、升级及回滚操作。
- 2) 能快速诊断并解决二级软硬件与网络故障。
- 3) 能开发自愈脚本, 提高故障恢复效率。
- 4) 能维护知识库、应急预案与 SLA 报告。

c. 工作经验

具备 3 年以上 RobotOps / DevOps / SRE 相关经验。

7.5.2.3 高级能力要求

要求如下:

a. 专业知识

- 1) 深入掌握大规模分布式机器人车队的高可用架构与 SOTIF 安全要求。

2) 精通可观测性体系（监控、日志、追踪）的设计与落地。

3) 对预测性维护、AIOps 等智能运维技术有深刻理解。

b. 专业技能

1) 能主导企业级 RobotOps 平台规划与建设（多云、跨区域）。

2) 能解决系统级稳定性瓶颈（DDS Storm、路径重规划风暴等）。

3) 能构建运维数据 Lakehouse，驱动 Root Cause 分析与产品优化。

4) 能制定团队运维战略、技术规范与人才培养计划。

c. 工作经验

具备 5 年以上相关经验。

7.5.3 DevOps / MLOps 工程师

7.5.3.1 初级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

1) 掌握 Linux 基础和 Shell 脚本编写。

2) 了解 CI/CD 核心概念及 Jenkins、GitLab CI 等工具基本用法。

3) 了解 Docker 基础与 ROS 2 交叉编译流程。

4) 了解 Git 工作流。

b. 专业技能

1) 能运行并监控 CI/CD 流水线任务，进行常见故障排查。

2) 能使用 Docker 构建镜像并部署测试环境。

3) 能编写基础自动化脚本。

4) 能撰写 SOP 与事件报告。

c. 工作经验

具备 1 年以上开发或运维相关经验。

7.5.3.2 中级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

1) 精通 Jenkinsfile / GitLab Runner 插件开发与流水线优化。

2) 精通 Docker，了解 K8s / K3s 与 Helm。

3) 掌握 MLOps 核心流程：数据版本、模型注册、特征存储。

b. 专业技能

1) 能设计并实现机器人固件 CI 与算法 CI 双流水线。

2) 能构建和维护 MLOps 平台，实现模型训练-压测-部署闭环。

3) 能使用 Terraform/Ansible 进行 IaC 管理。

4) 能开发运维工具，提高交付效率。

c. 工作经验

具备 3 年以上 DevOps / MLOps 相关经验。

7.5.3.3 高级能力要求

要求如下：

a. 专业知识

1) 深入掌握高可用分布式系统与云原生技术栈（Service Mesh、eBPF）。

- 2) 精通研发效能度量 (DORA、SPACE) 与工程文化建设。
 - 3) 了解 GPU/NPU/FPGA 异构调度在机器人 AI 推理中的实践。
 - b. 专业技能
 - 1) 能规划企业级 DevOps / MLOps 多租户平台, 覆盖边-云-端。
 - 2) 能定位并解决分布式系统复杂稳定性与性能问题。
 - 3) 能制定公司级工程规范、安全标准与质量文化。
 - 4) 能布道 DevOps 思想并培养团队。
 - c. 工作经验
- 具备 5 年以上相关经验。

7.5.4 机器人维修技师 / 工程师

7.5.4.1 初级能力要求

要求如下:

- a. 专业知识
 - 1) 掌握机械、电气基础及 E-Stop 安全规范。
 - 2) 了解机器人伺服、传感器与边缘计算单元的功能与接口。
 - 3) 能阅读基本装配图和电气接线图。
 - b. 专业技能
 - 1) 能按手册更换机械部件并进行零点校准。
 - 2) 能进行线缆压接、绝缘检测与更换。
 - c. 工作经验
- 具备 1 年以上机器人或相关自动化设备维修经验。

7.5.4.2 中级能力要求

要求如下:

- a. 专业知识
 - 1) 精通机器人核心组件 (伺服驱动器、控制器、减速器) 的诊断与维修原理。
 - 2) 掌握液压、气动控制系统知识, 并了解其在机器人系统中的应用。
 - 3) 熟悉机器人控制系统的故障代码体系与诊断流程。
 - 4) 了解预防性维护、点检等设备管理基本知识。
 - b. 专业技能
 - 1) 能独立诊断并修复复杂的机电混合故障。
 - 2) 能使用专用诊断软件进行参数配置与固件刷新。
 - 3) 能对机器人的运动精度、重复定位精度等进行检测与校准。
 - 4) 能编写和优化预防性维护作业指导书 (SOP)。
 - c. 工作经验
- 具备 3 年以上机器人或大型自动化设备维修经验。

7.5.4.3 高级能力要求

要求如下:

- a. 专业知识
 - 1) 深入掌握机器人系统可靠性分析 (MTBF, MTTR) 与根本原因分析 (RCA) 方法。
 - 2) 了解预测性维护与设备健康管理 (PHM) 技术。

- 3) 掌握维修团队管理、备件库存优化及维修成本控制知识。
- 4) 熟悉相关设备安全与质量认证标准。

b. 专业技能

- 1) 能主导重大或系统性故障的抢修与技术攻关。
- 2) 能制定并实施机器人机群的整体维护策略与备件管理方案。
- 3) 能为研发团队提供关于产品可维护性、可靠性的设计改进建议。
- 4) 能对初、中级维修人员进行技术培训和指导。
- 5) 能进行技术咨询及运营管理指导。

c. 工作经验

具备 5 年以上机器人维修或技术管理相关经验。

8 能力培养

8.1 培养内容

从业人员培训的内容应包括但不限于：

- 1) 个人综合能力的提升；
- 2) 具身智能从业人员基础知识；
- 3) 具身智能从业人员专业知识；
- 4) 具身智能从业人员基本技能；
- 5) 具身智能从业人员专业技能；
- 6) 基于工程实践的经验积累；
- 7) 从业人员培训的持续学习能力。

8.2 培养阶段和培养方式

能力培养分为入职前培训和在职培训两个阶段,构成从业人员不同阶段和能力水平的培养体系。

a) 入职前培训方式包括：理论教学、理论与实践一体化教学、生产性实训、企业实习等方式。

b) 在职培训方式包括：

- 1) 内部培训或外部培训；
- 2) 在岗培训或脱岗培训；
- 3) 学历提升、课堂培训、项目实践或导师辅导等，其中项目实践 > 60%。。

8.3 培养要求

组织或个人根据职业种类和从业人员能力要求，制定从业人员能力培养计划，确定培养目标、内容、方式和周期实施培训活动。

a) 教育/培训机构培训：各级教育机构及培训机构应根据职业种类和从业人员能力要求，制定人才培养方案，为企业培训合格的从业人员，满足个人就业和职业发展需要，并由符合附录 A 要求的培训师实施培养活动。

b) 企业培训：企业应有针对性、有计划地实施职业能力培训，满足个人职业发展需要，增强企业竞争力。

c) 个人培训：从业人员应根据个人职业发展规划，融合企业发展目标和从业人员能力要求，不断积累知识、技能和经验，提升能力水平。

9 评价方法

9.1 职业评价要求

对从业人员的评价应按照第 7 章的规定对从业人员定级评价，评价结果可作为从业人员能力培养、职业发展等活动的依据。

采用的评价方式具体如下：

- a) 知识：应主要通过考试等方式进行评价，考试形式包括笔试、机考等；
- b) 技能：应主要通过考试、实操、答辩等方式进行评价；
- c) 经验：应主要通过职业履历鉴定和答辩等方式进行评价。

9.2 职业评价权重

具身智能从业人员职业能力评价权重见表 4。

表 4 具身智能从业人员职业能力评价权重

职业等级	评价维度			合计 %
	知识	技能	经验	
	评价方法			
	笔试、机考	实验考核和现场答辩	职业履历鉴定和答辩	
高级	25	35	40	100
中级	35	45	20	100
初级	40	50	10	100

附 录 A
(规范性)
培训师要求

A.1 概述

培训师是指能够掌握并运用现代培训理念和方法，策划、开发培训项目，并实施教学活动的人员。

A.2 培训师的能力要求

A.2.1 职责

培训师应履行以下职责：

- a) 根据培训对象及培训目的进行课程设计；
- b) 对学员进行知识讲授和技能指导。

A.2.2 知识

培训师应具备下列知识：

- a) 从事具身智能职业方向所需的基础知识；
- b) 从事具身智能职业方向所需的专业知识；
- c) 职业道德常识、相关标准与规范知识、以及有关法律知识等。

A.2.3 技能

培训师应具备下列技能：

- a) 对具身智能基础知识应用的基本技能；
- b) 对所授课程专业知识进行应用的专业技能，必要时应对学员进行技能指导；
- c) 针对授课内容和学习群体特点，有针对性地进行课程设计，选择合适的授课方式进行授课；
- d) 课程设计的专业技能，包括：
 - 1) 对教材内容理解充分，深广度适宜；
 - 2) 结构完整，符合逻辑，结构展开符合学生认知规律；
 - 3) 有适当的案例讲解；
- e) 软技能包括：
 - 1) 良好的沟通能力（包括口头表达、积极倾听等）；
 - 2) 较强的应变能力。

A.2.4 方法

培训师应掌握并运用现代培训与赋能方法，包括但不限于：

- a) 分层教学方法：根据学院知识背景、职业等级（初级/中级/高级）设计差异化教学方案，适配不同层级学员的学习需求；

- b)理实一体化方法：结合具身智能产业实操特性，将理论知识与仿真训练、设备实操、项目演练相结合，提升知识转化效率；
- c)技术传递方法：掌握具身智能专业技术的通俗化讲解技巧，能将复杂算法、硬件原理、系统架构等内容转化为易懂的教学语言；
- d)案例教学方法：能筛选具身智能经典项目案例、技术攻坚案例，通过案例分析、场景还原等方式强化教学效果；
- e)迭代优化方法：能基于学员反馈、产业技术更新持续优化教学内容与教学模式；
- f)数字化教学方法：能运用线上教学平台、仿真训练工具、虚拟实训环境等数字化手段开展混合式教学。

A.2.5 经验

培训师应具备与所授课程相关的具身智能行业研发、工程或管理经验。