



T/MIITEC 001-2023
代替 T/MIITEC 001-2019

人工智能产业人才岗位能力要求

Industrial Talents Competency Framework of Artificial Intelligence

2023-07-26 发布

2023-07-26 实施

工业和信息化部人才交流中心 发布

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| 前 言 | 1 |
| 1 范围 | 3 |
| 2 术语和定义 | 3 |
| 3 人工智能产业主要方向及岗位 | 5 |
| 3.1 主要方向 | 5 |
| 3.2 主要岗位及职责 | 5 |
| 4 人工智能产业岗位能力要素 | 8 |
| 5 人工智能产业人才岗位能力要求 | 8 |
| 5.1 物联网产业人才岗位能力要求 | 8 |
| 5.2 智能芯片产业人才岗位能力要求 | 11 |
| 5.3 机器学习产业人才岗位能力要求 | 14 |
| 5.4 深度学习产业人才岗位能力要求 | 19 |
| 5.5 智能语音产业人才岗位能力要求 | 21 |
| 5.6 自然语言处理产业人才岗位能力要求 | 25 |
| 5.7 计算机视觉产业人才岗位能力要求 | 30 |
| 5.8 知识图谱产业人才岗位能力要求 | 35 |
| 5.9 服务机器人产业人才岗位能力要求 | 37 |
| 附 录 A （资料性附录） 人工智能产业人才岗位能力提升 | 45 |
| 附 录 B （资料性附录） 人工智能产业人才岗位能力评价 | 45 |
| 参考文献 | 46 |

前 言

本标准按照 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。

本标准代替 T/MIITEC 001-2019《人工智能产业人才岗位能力要求》，与 T/MIITEC 001-2019 相比，除行文结构、编辑性改动外，主要岗位能力技术变化如下：

- 删除了机器学习建模应用工程师岗位。
- 删除了机器学习技术支持工程师岗位。
- 删除了深度学习建模应用工程师岗位。
- 删除了深度学习技术支持工程师岗位。
- 删除了自然语言处理建模应用工程师岗位。
- 删除了计算机视觉建模应用工程师岗位。
- 机器学习系统工程师岗位名称修改为机器学习系统开发工程师。
- 深度学习系统工程师岗位名称修改为深度学习系统开发工程师。
- 自然语言处理数据标注工程师岗位名称修改为自然语言处理数据处理工程师。
- 知识图谱数据标注工程师岗位名称修改为知识图谱数据处理工程师。
- 机器人算法工程师岗位名称修改为服务机器人算法工程师。
- 嵌入式系统开发工程师岗位名称修改为服务机器人嵌入式开发工程师。
- 机器人调试工程师岗位名称修改为服务机器人调试工程师。
- 机器人维护工程师岗位名称修改为服务机器人维护工程师。
- 新增了深度学习架构师岗位。
- 新增了自然语言处理平台研发工程师岗位。
- 新增了服务机器人系统架构师岗位。
- 新增了服务机器人硬件开发工程师岗位。
- 新增了服务机器人数字孪生开发工程师岗位。

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。

本标准由工业和信息化部人才交流中心提出并归口。

本标准起草单位：工业和信息化部人才交流中心、科大讯飞股份有限公司、北京中科寒武纪科技有限公司、特斯联（北京）科技有限公司、第四范式(北京)技术有限公司、达闼机器人股份有限公司、北京光环国际教育科技股份有限公司。

本标准主要起草人：李学林、色云峰、程宇、李利利、施佳文、王在、李威、潘朝凤、李杨、王琪、孙胜、肖丹、涂威威、黄晶、胡智博、曾鸿埏、姚权铭、陈伟、石光川、罗伟锋、霍鹏侠、朱里、包新启、郭朕、王一鹤、陈涛、许劭华、雷大正、殷振华、徐建华、徐嘉昊、汪兵、齐建伟、许春韶、张泽晖、姬赫阳、任红霞。

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

T/MIITEC 001-2023

——2019 年首次发布为 T/MIITEC 001-2019;

——本次为第一次修订。



人工智能产业人才岗位能力要求

1 范围

本标准规定了人工智能产业主要方向岗位能力要求。

本标准适用于指导相关单位开展人工智能人才培养、人才评价（人才认证）、人才招聘、人才引进等工作。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

人工智能 artificial intelligence

针对人类定义的给定目标，产生诸如内容、预测、推荐或决策等输出的一类工程系统相关机制和应用的研究和开发。

[来源：GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语，定义3.1.2]

2.2

机器学习 machine learning

通过计算技术优化模型参数的过程，使模型的行为反映数据或经验。

[来源：GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语，定义3.2.10]

2.3

神经网络 neural networks

由一层或多层神经元组成的网络，通过权值可调的加权连接，接受输入数据并产生输出。

[来源：GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语，定义3.2.26]

2.4

深度学习 deep learning

通过训练具有许多隐层的神经网络来创建丰富层次表示的方法。

[来源：GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语，定义3.2.27]

2.5

物联网 internet of things

通过感知设备，按照约定协议，连接物、人、系统和信息资源，实现对物理和虚拟世界的信息进行处理并作出反应的智能服务系统。

[来源：GB/T 33745-2017 物联网 术语，定义2.1.1]

2.6

大数据 big data

具有体量巨大、来源多样、生成极快、且多变等特征并且难以用传统数据体系结构有效处理的包含大量数据集的数据。

[来源：GB/T 35295-2017 信息技术 大数据 术语，定义2.1.1]

2.7

语音识别 speech recognition

将人类的声音信号转化为文字或者指令的过程。

[来源：GB/T 36464.1-2020 信息技术 智能语音交互系统 第1部分：通用规范，定义3.7]

2.8

语音合成 speech synthesis

通过机械的、电子的方法合成人类语言的过程。

[来源：GB/T 36464.1-2020 信息技术 智能语音交互系统 第1部分：通用规范，定义3.6]

2.9

自然语言处理 natural language processing

（系统）基于自然语言理解和自然语言生成的信息处理。

[来源：GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语，定义3.3.16]

2.10

计算机视觉 computer vision

用摄影机和计算机代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量等机器视觉，并进一步做图像处理，用计算机处理成为更适合人眼观察或传送给仪器检测的图像。

2.11

知识图谱 knowledge graph

以结构化形式描述的知识元素及其联系的集合。

[来源：GB/T 42131-2022 人工智能 知识图谱技术框架，定义3.6]

2.12

推荐系统 recommender system

根据用户的兴趣特点和行为偏好等特征，利用计算机算法向用户推荐其感兴趣的人、信息或商品的系统。

2.13

搜索引擎 search engine

根据一定的策略、运用特定的计算机程序从互联网上搜集信息，在对信息进行组织和处理后，为用户提供检索服务，将用户检索相关的信息展示给用户的系统。

3 人工智能产业主要方向及岗位

3.1 主要方向

根据人工智能技术体系及对人才的需求，本标准围绕物联网、智能芯片、机器学习、深度学习、智能语音、自然语言处理、计算机视觉、知识图谱、服务机器人等9个方向对人才的岗位能力进行说明。

3.2 主要岗位及职责

本标准主要涉及以下56个岗位，具体如表1所示。

表1 人工智能产业各方向主要岗位及职责

| 序号 | 方向 | 岗位名称 | 岗位职责 |
|----|------|----------------|-----------------------------------|
| 1 | 物联网 | 物联网架构师 | 负责物联网行业顶层设计和项目实施。 |
| 2 | | 物联网算法工程师 | 负责结合行业应用场景建立数据模型和算法设计。 |
| 3 | | 智能终端开发工程师 | 负责智能终端软硬件开发和项目开发。 |
| 4 | | IoT平台软件应用开发工程师 | 负责物联网平台的开发，以及架构设计、项目开发等工程。 |
| 5 | | 物联网实施工程师 | 负责项目硬件安装、软硬件系统调试等。 |
| 6 | | 物联网运维工程师 | 负责项目物联网硬件终端、物联网软件平台的运维工作。 |
| 7 | 智能芯片 | 智能芯片架构设计工程师 | 负责智能芯片架构设计，设计出符合市场需求的智能芯片架构。 |
| 8 | | 智能芯片逻辑设计工程师 | 负责智能芯片逻辑设计，根据市场需求完成智能芯片的逻辑开发工作。 |
| 9 | | 智能芯片物理设计工程师 | 负责智能芯片设计，负责设计高性能、高稳定性、可扩展性强的技术方案。 |
| 10 | | 智能芯片验证工程师 | 负责智能芯片验证，完成验证流程并成功流片。 |
| 11 | | 软件系统开发工程师 | 负责系统软件、工具链及编程框架开发，设计定制化的AI解决方案。 |

| | | | |
|----|--------|---------------|--|
| 12 | 机器学习 | 机器学习架构师 | 负责机器学习平台架构设计以及机器学习应用场景的工程化流程设计。 |
| 13 | | 机器学习系统开发工程师 | 负责机器学习算法、计算框架的实现，设计、研发高可扩展、高可用的分布式机器学习算法。 |
| 14 | | 机器学习算法研发工程师 | 负责前沿机器学习平台的研究和构建，复现或自主研发前沿算法以落地于实际工业场景。 |
| 15 | | 机器学习平台研发工程师 | 负责计算机视觉建模工具和平台的研发，帮助建模工程师更高效地实施方案建模。 |
| 16 | | 机器学习开发工程师 | 负责各类机器学习应用场景开发过程中的工程化实现。 |
| 17 | | 机器学习实施工程师 | 负责机器学习平台的部署、调试、维护。 |
| 18 | | 机器学习测试工程师 | 负责对各类人工智能平台主流程的功能和性能进行测试。 |
| 19 | 深度学习 | 深度学习架构师 | 负责深度学习平台架构设计以及深度学习算法实现。 |
| 20 | | 深度学习系统开发工程师 | 负责使用领先的深度学习技术提供实际问题的优化方法和解决方案。 |
| 21 | | 深度学习算法研发工程师 | 负责深度学习算法和产品的研发，包括分析问题、收集数据、特征提取、建模、设计算法、评估改进等。 |
| 22 | | 深度学习平台研发工程师 | 负责深度学习建模工具和平台的研发，实现前沿深度学习解决方案的落地。 |
| 23 | 智能语音 | 语音识别算法工程师 | 负责实现新的语音识别算法模型构建，完成语音识别算法研究和架构设计。 |
| 24 | | 语音合成算法工程师 | 负责实现新的语音合成算法模型，完成语音合成算法研究和架构设计。 |
| 25 | | 语音信号处理算法工程师 | 负责研究并开发语音信号处理前端算法。 |
| 26 | | 语音前端处理工程师 | 负责解决特定语音应用场景行业实际需求。 |
| 27 | | 语音开发工程师 | 负责解决特定语音应用场景行业实际需求。 |
| 28 | | 语音数据处理工程师 | 负责在特定的场景下使用语音识别工具，实现快速、高效的规模化产出。 |
| 29 | 自然语言处理 | 自然语言处理架构师 | 负责自然语言处理平台架构设计以及自然语言处理应用场景的工程化流程设计。 |
| 30 | | 自然语言处理算法研发工程师 | 负责从理论模型实现新的自然语言处理算法模型。 |
| 31 | | 自然语言处理平台研发工程师 | 负责自然语言项目的模型研发及解决方案的落地。 |
| 32 | | 自然语言处理开发工程师 | 负责各类实际的自然语言处理应用场景的工程化实现。 |

| | | | |
|----|-------|-----------------------|---------------------------------------|
| 33 | | 自然语言处理实施工程师 | 负责、自然语言处理系统的部署、调试、维护。 |
| 34 | | 自然语言处理测试工程师 | 负责自然语言处理系统主流程的功能和性能测试。 |
| 35 | | 对话系统工程师 | 负责通用对话状态管理系统的研发。 |
| 36 | | 自然语言处理数据处理工程师 | 负责语言模型的数据采集、标注和数据预处理。 |
| 37 | 计算机视觉 | 计算机视觉架构师 | 负责实现计算机视觉平台架构设计以及计算机视觉应用场景的工程化流程设计。 |
| 38 | | 计算机视觉算法研发工程师 | 负责前沿计算机视觉平台的研究和构建。 |
| 39 | | 计算机视觉平台研发工程师 | 负责计算机视觉建模工具和平台的研发。 |
| 40 | | 计算机视觉开发工程师 | 负责各类计算机视觉应用场景中的工程化实现环节。 |
| 41 | | 计算机视觉实施工程师 | 负责计算机视觉平台的部署、调试、维护。 |
| 42 | | 计算机视觉测试工程师 | 负责对各类计算机视觉平台主流程的功能和性能进行测试。 |
| 43 | | 计算机视觉数据处理工程师 | 负责图片、视频的数据处理，运用标注工具对数据进行标注。 |
| 44 | 知识图谱 | 知识图谱研发工程师 | 负责知识图谱应用研究和架构设计。 |
| 45 | | 知识图谱工程师 (问答系统方向) | 负责构建能够应用于实际对话业务场景的知识图谱。 |
| 46 | | 知识图谱工程师 (搜索/推荐方向) | 负责构建应用于实际搜索/推荐业务场景，满足搜索、推荐业务需求的知识图谱。 |
| 47 | | 知识图谱工程师 (自然语言处理方向) | 负责运用自然语言处理算法辅助知识图谱的应用开发。 |
| 48 | | 知识图谱数据处理工程师 | 负责知识图谱相关模型的数据采集、标注和预处理，辅助模型开发。 |
| 49 | 服务机器人 | 服务机器人系统架构师 | 负责服务机器人的整体技术架构与设计。 |
| 50 | | 服务机器人算法工程师 | 负责服务机器人激光定位、导航算法设计、多传感器数据的融合等算法设计。 |
| 51 | | 服务机器人硬件开发工程师 | 负责提供服务机器人硬件开发的技术解决方案。 |
| 52 | | 智能应用开发工程师 | 负责面向服务机器人开发应用程序，架构设计，服务机器人应用场景的完善与探索。 |
| 53 | | 服务机器人嵌入式开发工程师 | 负责提供嵌入式系统硬件开发的硬件解决方案。 |
| 54 | | 服务机器人数字孪生开发工程师 | 负责服务机器人的数字孪生设计与技术实现。 |

| | | | |
|----|--|------------|---------------------------|
| 55 | | 服务机器人调试工程师 | 负责服务机器人功能调试及交付。 |
| 56 | | 服务机器人维护工程师 | 负责服务机器人的数据运营维护,和硬件设备故障排除。 |

4 人工智能产业岗位能力要素

本标准按照专业知识、技术技能、工程实践、综合能力四个维度提出了人工智能产业人才岗位能力要素。

表2 人工智能产业人才岗位能力要素列表

| 维度 | 要素 | 说明 |
|------|------|---|
| 专业知识 | 基础知识 | 指相应岗位人才应掌握的通用知识,主要包括基本理论、相关标准与规范知识以及有关法律、法规、安全、隐私等。 |
| | 专业知识 | 指相应岗位人才完成工作任务所必备的知识,主要指与具体岗位要求相适应的理论知识、技术要求和操作规程等。 |
| 技术技能 | 基本技能 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的对基础知识应用的水平以及熟练程度。 |
| | 专业技能 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的对专业知识应用的水平以及对特殊工具使用的掌握。 |
| 工程实践 | 经验 | 指相应岗位人才在实际工程与项目推进中应当具备的经验。 |
| 综合能力 | 软能力 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的行为特征和综合素质,包括学习追踪、沟通协调、需求与趋势分析、业务场景把握等技能。 |

5 人工智能产业人才岗位能力要求

5.1 物联网产业人才岗位能力要求

5.1.1 物联网架构师

a) 专业知识

- 具备扎实的计算机基础,熟悉物联网感知层、网络层、平台层、应用层等领域的开发和落地专业知识;
- 具备扎实的通信与电子信息基础、通信原理基础知识,熟悉通讯系统分层和基本通信原理,精通自组网络通信协议;

b) 技术技能

- 具备扎实的软件开发能力,熟悉C/C++、Java、Python、PHP、JS等语言开发,熟悉Linux和Android开发环境;
- 精通C/C++嵌入式编程,掌握协议开发与调试;
- 精通Apache Netty通信架构,了解各种通信协议嵌入到Apache Mina通信架构的工作机制;
- 精通M2M通信原理和Apache ActiveMQ消息系统运行机制;
- 精通有关分布式数据库存储策略,如MySQL、ES、MongoDB、HBase、Redis、InfoGrid等数据库;

- 熟悉Hadoop、Spark、Mahout和Storm等大数据分析平台；
- 具备平台数据采集、数据存储、数据分析服务、用户管理和安全管理方面的统筹规划和开发能力；

c) 工程实践

- 具有丰富的项目经验，如嵌入式开发、网络建设、物联网平台开发、智能硬件开发、应用实践等相关的开发经验；
- 具备负责平台技术架构设计，包括通信架构、数据存储架构、数据分析服务架构和安全架构等技术的统筹研发能力；
- 拥有物联网平台架构技术实现及平台部署的能力；
- 拥有参与物联网平台架构技术研发和维护的经验，具备跟踪和探索领先的平台架构技术能力；

d) 综合能力

- 熟悉物联网智慧城市、智慧社区、智慧能源、智能家居等具体行业应用场景，具备高水平物联网应用需求分析能力；
- 熟悉物联网感知层、网络层、平台层、应用层各技术环节的规范与应用标准。

5.1.2 物联网算法工程师

a) 专业知识

- 具备计算机基础，具备物联网从感知层、网络层、平台层、应用层面某一领域的开发经验和落地应用实践；
- 具备数据结构与算法基础，了解常用的算法优化策略，能够基于基础模型算法解决更加复杂的应用问题；

b) 技术技能

- 熟悉C/C++、Java、Python等常用编程语言；
- 熟悉Linux开发环境；
- 熟练使用TensorFlow、torch或其他常用深度学习工具实现预测、运筹优化、机器学习等任务；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目经验，拥有嵌入式系统研发经验；
- 具备复杂系统的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；
- 能够快速选择并实现常见的算法模型，准确理解产品需求，提供相应的算法解决方案；

d) 综合能力

- 熟悉物联网智慧城市、智慧社区、智慧能源、智能家居等具体行业应用场景，能够进行物联网应用需求分析；
- 熟悉算法研究、策略优化与建模。

5.1.3 智能终端开发工程师

a) 专业知识

- 具备通信与电子信息、通信原理、计算机技术等基础知识，熟悉通讯系统分层和基本通信原理，掌握基础的网络知识；
- 熟悉智能终端领域基础知识，包括但不限于基础硬件设计研发、嵌入式安全、安卓固件开发、安卓应用开发、嵌入式网络协议、嵌入式软件开发、嵌入式驱动开发等；

b) 技术技能

- 熟悉嵌入式底层系统和移动端系统的优化、定制，如ARM、Linux或安卓；
- 精通C/C++嵌入式编程，掌握协议开发与调试；精通网络通信协议，熟悉Zigbee、WIFI，有802.11/802.16/802.15等无线开发经验；
- 熟悉linux开发及其内核驱动编写；

c) 工程实践

- 具有丰富的项目经验，拥有嵌入式系统开发经验；
- 具有处理传感器、音视频信号、边缘计算、平台间通信开发经验；在工业互联网、车联网、云计算、智能家居、安防等领域有实际开发经验；

d) 综合能力

- 在智慧城市、社区、能源、家居、安防、工业等某一应用领域及场景，能够进行物联网应用实践；
- 熟悉物联网设备管理、连接管理、应用支持、业务分析等相关基础需求及技术开发流程。

5.1.4 IoT 平台软件应用开发工程师

a) 专业知识

- 具备通信与电子信息、通信原理、计算机技术等基础知识，熟悉通讯系统分层和基本通信原理，掌握基础的网络知识；
- 具备计算机基础，拥有物联网感知层、网络层、平台层、应用层等领域的开发和落地知识；
- 熟悉IoT平台领域基础知识，包括IoT连接、IoT平台开发、平台前端开发、数据与运营、IOT平台通信开发、IoT平台应用服务、IoT平台架构、IoT平台安全等；

b) 技术技能

- 熟悉开发语言，如Java、PHP、JS等；
- 熟悉相关数据库，如Hadoop、Hive、Storm、Spark、NoSql、MongoDB、Redis等；
- 熟练掌握云计算平台架构、微服务模块设计和开发、REST接口设计和开发，熟悉CloudFoundry等PaaS平台技术；
- 熟悉分布式计算、网络系统设计、数据库设计、大规模存储系统；

c) 工程实践

- 具有丰富的项目经验，能够为IoT开发者提供应用开发工具、API接口、交互界面等支持服务，帮助开发者快速开发、部署并管理物联网应用；
- 具备处理传感器、音视频信号、边缘计算、平台间通信开发经验；在工业互联网、车联网、云计算、智能家居、安防等领域有实际项目操作经验；

d) 综合能力

- 能够在智慧城市、社区、能源、家居、安防、工业等某一应用领域及场景开展物联网应用实践；
- 熟悉物联网设备管理、连接管理、应用支持、业务分析等相关基础需求及技术开发流程。

5.1.5 物联网实施工程师

a) 专业知识

- 熟悉RFID、传感、自动控制、无线传输等物联网技术，熟悉网络结构、常用网络设备、IP/TCP协议等基础知识；
- 掌握智能化弱电知识，熟悉综合布线、视频监控、机房等弱电及安防子系统的设计部署与实施；

- d) 技术技能
 - 熟悉常用物联网软硬件系统和以太网的安装调试；
 - 熟悉Linux、Windows Server操作系统以及运维；
- c) 工程实践
 - 具有在工业互联网、车联网、云计算、智能家居、安防等领域的物联网项目实施经验；
- d) 综合能力
 - 能够在智慧城市、社区、能源、家居、安防、工业等某一应用领域及场景开展物联网应用实践。

5.1.6 物联网运维工程师

- a) 专业知识
 - 具备通信与电子信息、通信原理、计算机技术等基础知识、熟悉通讯系统分层和基本通信原理、掌握基础的网络知识；
 - 具备计算机基础知识，熟悉数据库、缓存方案、负载均衡等技术；
- b) 技术技能
 - 精通Linux操作系统的规模化环境的部署、管理；
 - 熟悉主流云环境的配置、部署和监控；熟悉云环境的监控、预警、日志等常用工具使用；
 - 熟悉Shell、Python、Java等常用编程语言；
- c) 工程实践
 - 具有在工业互联网、车联网、云计算、智能家居、安防等领域的物联网项目运维经验；
- d) 综合能力
 - 在智慧城市、社区、能源、家居、安防、工业等某一应用领域及场景，能够进行物联网应用实践。

5.2 智能芯片产业人才岗位能力要求

5.2.1 智能芯片架构设计工程师

- a) 专业知识
 - 具备通用处理器设计基础，掌握集成电路前端设计流程、集成电路逻辑设计、低功耗设计流程、异构SoC芯片设计流程中的一项或多项流程；
 - 具备机器学习和深度学习基础。掌握一项或多项智能算法，如图像、语音、自然语言理解等智能处理算法；
- b) 技术技能
 - 具备扎实的编程基础，熟练掌握Verilog编程技能；
 - 熟练掌握Python、Bash、Tcl、Perl等编程语言；
 - 精通深度学习算法，如CNN、RNN、LSTM等；
 - 熟悉各种主流开源深度学习框架；
 - 精通SystemC、GEM5、TLM、LISA、SystemVerilog等至少一项能力；
 - 熟悉虚拟原型设计工具，如Synopsys Platform Architect、Cadence Virtual Platform、Mentor Virtual Prototype等；
 - 熟悉UNIX、Linux操作环境，熟悉vi、vim常用操作；
- c) 工程实践

- 熟悉异构SoC芯片设计流程，有复杂芯片开发经验；
- 具备一定的项目经验，能够与算法人员配合，完成智能芯片的规格设计以及结构设计；
- 具备异构平台开发和调优经验，能够在各类硬件平台如CPU、GPU、DSP上进行深度学习相关算法设计；

d) 综合能力

- 精通深度学习算法、处理器设计、系统建模等，了解智能芯片领域应用业务需求；
- 具备良好的沟通能力，能够对客户在图像、语音、自然语言理解等智能处理算法方面的需求进行识别与分析。

5.2.2 智能芯片逻辑设计工程师

a) 专业知识

- 具备扎实的计算机体系结构基础；
- 理解常用深度学习算法原理、实现流程；
- 熟悉常用片内总线协议，例如AMBA、ACE、AXI、APB；
- 熟悉PCIE、DDR、Ethernet、片间通讯等接口协议；
- 具备大规模集成电路研究开发基础，包括半导体物理、工艺原理和器件理论，理解器件工作原理和应用；
- 具备模块级逻辑设计相关知识，包括IP集成、模块设计、子系统仿真；
- 熟悉芯片级逻辑设计相关知识，包括时钟、复位、低功耗、总线、芯片总体集成；

b) 技术技能

- 熟练掌握Verilog编程技能；
- 熟悉芯片级时钟，复位模块的设计，掌握低功耗设计方法和流程；
- 熟悉UNIX、Linux操作环境，熟悉vi、vim常用操作；
- 掌握Perl、Python、Makefile等脚本语言；
- 具备业界标准EDA工具使用能力，熟悉Lint、CDC、Synthesis、STA、Power analysis；

c) 工程实践

- 具备完整的集成电路逻辑设计能力，能够根据规格设计完成智能芯片的逻辑设计开发工作；
- 能够与验证人员配合完成模块级和芯片级的验证工作；
- 能够与物理设计人员配合完成智能芯片的逻辑设计，完成芯片级平面布局制定和时序收敛；
- 具备PCIE、DDR、Ethernet、片间通讯等高速接口的集成、设计及调试经验；

d) 综合能力

- 理解智能芯片的实现原理，智能计算模块实现的功能、性能要求；
- 熟悉异构SoC芯片设计流程，具备SoC芯片的逻辑设计能力，能够与验证和物理设计等团队进行协作。

5.2.3 智能芯片物理设计设计工程师

a) 专业知识

- 了解常用深度学习算法原理、实现流程；
- 理解智能计算模块实现的性能、面积要求；
- 掌握平面规划、布局布线、时钟树综合、物理验证等物理设计原理和流程；
- 熟悉深亚微米工艺中的常用电气规则、芯片生产规则；
- 理解并收敛集成电路制造过程中工艺参数偏差模型对物理设计的影响；

——掌握IO环设计、SSN和SSO分析、ESD检查、串扰分析、全芯片电源完整性分析方法；掌握ECO方法及流程；

b) 技术技能

——熟悉UNIX、Linux操作环境，熟悉vi、vim常用操作；
 ——掌握脚本语言编写工具，如Perl、Python、Makefile、Tcl等；
 ——具备业界标准EDA工具使用能力，熟悉IC Compiler2、Innovus、Calibre、StarRC、PrimeTime、Redhawk等物理设计工具的使用；

c) 工程实践

——具备完整的集成电路物理设计能力；
 ——能够根据规格设计，完成智能芯片的物理设计开发工作；
 ——能够与逻辑设计人员配合，完成智能芯片的物理设计，完成芯片级平面规划、布局布线，以及模块级与芯片级的时序收敛；

d) 综合能力

——理解智能芯片的实现原理、芯片结构；
 ——理解半导体物理、工艺原理和器件理论，理解器件工作原理和应用；
 ——熟悉深亚微米SoC芯片物理设计流程，具备SoC芯片的逻辑设计能力，能够与集成和验证团队进行协作；
 ——熟悉主流流片厂商先进工艺节点的PDK文件以及物理设计流程；
 ——能够根据智能芯片的规格设计及逻辑设计，完成智能芯片的物理设计工作。

5.2.4 智能芯片验证工程师

a) 专业知识

——具备SoC芯片设计基础，了解芯片验证流程；
 ——具备扎实的调试检错能力，能够快速解决芯片验证中的关键难题，按时完成指标、计划并保证质量；

b) 技术技能

——掌握System Verilog和OVM、UVM、VMM验证方法，能够搭建芯片、模块级UVM验证环境；
 ——熟悉常用脚本语言，如Shell、Perl、Python、Tcl、Makefile；
 ——熟悉常用EDA工具，如Verdi、VCS、NC；
 ——熟悉C语言编程技术，熟悉Linux系统；
 ——熟练使用FPGA验证环境；

c) 工程实践

——具有丰富的SoC集成验证经验，并能成功实现流片；
 ——具有丰富的嵌入式调试经验；

d) 综合能力

——理解智能芯片的功能定义、详细规格要求；
 ——具备复杂数字IP的验证能力；
 ——能够与设计人员共同制定验证规格和测试计划，并搭建基于UVM的验证平台；
 ——能够执行验证计划、编写测试用例、开展递归测试、完成问题的调试和修复；
 ——能够实现覆盖率收敛，完成signoff前的交叉验证；
 ——能够进行智能芯片的功能和性能验证；
 ——能够参与系统架构设计，搭建芯片级和模块级验证和测试环境。

5.2.5 软件系统开发工程师

a) 专业知识

- 具备深度学习算法和框架基础；
- 熟悉常见的图像、语音、自然语言理解智能处理算法；
- 具备编程语言及编译器设计基础；
- 熟悉ARM、X86系统架构及Linux内核；

b) 技术技能

- 具备扎实的编程开发基础，熟练掌握C/C++、Python等编程语言；
- 熟悉Linux系统开发环境，熟悉Linux、Window等操作系统架构；
- 熟悉Linux Shell、Valgrind、GDB等常用调试工具；
- 熟悉Caffe、TensorFlow、PyTorch等主流的深度学习框架；

c) 工程实践

- 能够与芯片设计团队共同定义智能芯片计算架构和算法，具有良好的合作与沟通能力；
- 能够改进工具链各个组件和性能分析工具；
- 具备设计和改进异构并行计算和编译架构的能力；

d) 综合能力

- 能够设计基于智能芯片的大规模机器学习平台架构；
- 熟悉智能芯片高性能计算库编程模型实现；
- 能够进行智能芯片的系统软件架构设计与实现；
- 能够进行智能芯片编程语言与编译器设计与实现；
- 能够进行人工智能芯片编译工具链开发与维护；
- 能够设计和改进编译优化算法，提升编译器优化效能；
- 能够提供定制化解决方案。

5.3 机器学习产业人才岗位能力要求

5.3.1 机器学习架构师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
- 具备机器学习与深度学习理论基础，熟悉常用机器学习及深度学习算法及常用框架。熟练掌握逻辑回归、决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中；

b) 技术技能

- 具备优秀的编程开发能力，熟练使用 C/C++、Python、Java等；
- 熟悉主流操作系统开发环境，及相关操作系统脚本语言，如Mac, Linux, Windows；
- 了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
- 熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库如MySQL, Oracle, DB2的使用；
- 熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；
- 了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
- 熟悉掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等；
- 熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

- 在系统架构设计、项目开发等领域具备丰富的工程经验，能够准确进行人工智能算法模型的训练和应用；
- 具备丰富的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用开发经验；
- 具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，拥有分布式系统研发经验；对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；

d) 综合能力

- 具备人工智能平台架构设计以及机器学习应用场景的工程化流程设计的能力；
- 了解人工智能工程实施的流程规范，具备将成熟的人工智能技术整合到各类实际的机器学习应用场景对应的系统中，满足业务实际需求的能力；
- 具备良好的机器学习应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为机器学习实际应用；
- 理解不同算法针对不同业务领域的实际应用价值。

5.3.2 机器学习系统开发工程师

a) 专业知识

- 有良好的数据结构、算法基础，对机器学习算法有较深的了解，熟悉常见分布式机器学习框架的底层设计，全面了解机器学习应用于实际问题的完整流程；
- 熟悉主流硬件特性，能够根据硬件特性针对性优化软件，提升系统执行效率；
- 熟悉多线程、分布式场景下的编程模型，能够设计、研发高可扩展、高可用的分布式机器学习算法；

b) 技术技能

- 熟悉Linux基本操作；
- 熟悉C++、Python、Java等常用编程语言，有良好的代码习惯；
- 了解主流的算法、计算框架；

c) 工程实践

- 在基于分布式软硬件的底层性能优化、计算框架开发经验和大规模数据处理等方面的项目实战经验；
- 能够利用机器学习算法、计算框架，提升机器学习系统执行效率；利用机器学习解决实际问题；

d) 综合能力

- 能够尝试、设计领先的机器学习算法、计算框架，持续提升机器学习系统执行效率、可用性和易用性，降低使用门槛；
- 能够对实际问题进行抽象，设计开发机器学习组件，降低机器学习算法的实现复杂度；
- 具备较好的框架抽象能力，能够从众多具体问题中抽象出共同点并设计出合理的框架实现；
- 具备良好的逻辑思维能力，能够清晰地梳理机器学习技术应用于实际问题的思路。

5.3.3 机器学习算法研发工程师

a) 专业知识

- 具备扎实的算法基础，灵活使用数据结构；
- 深入掌握机器学习算法，包括传统机器学习算法和深度学习算法以及与机器学习紧密相关的机器视觉、自然语言处理等方向的常用算法；

——掌握概率推理、图模型、强化学习、迁移学习、对抗学习、有监督学习、非监督学习、大规模优化等知识；

b) 技术技能

——具备扎实的数据处理能力，如文本、图像、文档、网页等数据的导入、加工、转化等能力；
——具备扎实的编程开发基础，包括但不限于熟练掌握C/C++、Python、Java、Shell、MATLAB等编程语言；
——熟悉Linux、Hadoop、Spark、Hive等大数据计算工具，掌握Caffe、TensorFlow、Parameter Server、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架和函数库以及Scikit-learn、Xgboost、LightGBM等基本的机器学习框架和函数库；
——掌握基于消息中间件或调度引擎进行数据流程和算法版本的管理，能够实际实现算法、系统，并进行可重复性的实验，并具备算法验证、开发、迭代和上线的能力；

c) 工程实践

——具备丰富的算法项目经验及机器学习构建系统研发经验；
——能够结合客户实际面临的业务问题进行分析，梳理数据，设计特征方案和建模流程，设计、研发、部署和监控需要的机器学习算法；
——解答模型构建过程中的疑问，并能发现现有系统中的不足并提出合理的改进方案；

d) 综合能力

——能够通过分析问题、收集数据、特征提取、建模、设计算法、评估改进等步骤，用机器学习的方法来解决实践中面临的复杂问题；
——具有较强的自我学习能力，始终保持对前沿研究领域的关注，能够复现并改进其中的相关工作，将新技术与既有基线系统进行横向对比；
——具备和业务专家、客户沟通的能力，有较强的业务理解能力、问题分析能力，有清晰的逻辑思维，良好的亲和力和沟通表达能力；
——快速学习应用的能力，能根据新技术新产品快速构建原型，探索新方案。

5.3.4 机器学习平台研发工程师

a) 专业知识

——具有良好的数据结构和算法基础知识；
——具备扎实的机器学习理论基础，掌握统计学习方法论；
——熟悉机器学习中的分类、回归、有监督、无监督问题等概念，并对机器学习全流程中用到的运筹、博弈、组合优化等知识有一定的了解和运用能力；
——掌握一定程度的计算机系统领域知识，尤其是分布式系统理论基础；
——掌握并行计算、分布式系统、云原生技术等方向的基础知识；

b) 技术技能

——具备扎实的编程功底，如C/C++、Python、Java等；
——熟悉Linux操作系统、Shell脚本运用；
——具有较为完善的大数据技术栈，能熟练掌握数据的收集、处理、分析，并从机器学习系统的角度，将整个数据链路中各过程和机器学习的特征工程、模型设计、样本训练、模型上线、样本预估等环节联系起来，从而构建自动化的数据平台+机器学习平台生态；
——掌握Hadoop、Spark、Hive等大数据系统的设计与运用，能够对Caffe、TensorFlow、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架以及Pandas、Scikit-Learn、XGBoost、LightGBM等机器学习框架做到运用、分析和架构改进；

c) 工程实践

- 能够灵活运用工具组件搭建完整的机器学习系统，并对各组件进行定制与完善；
- 具备机器学习系统的开发、设计的能力。在项目过程中进行快速原型迭代，对大型的机器学习系统应具有足够的把控力，能进行详细的架构设计，并基于架构设计方案进行持续演进；
- 掌握企业级项目研发所需要的软件工程、项目管理、设计模式等实践经验；

d) 综合能力

- 具有主动学习的意识，能够将所学知识和技能投入到工作实践中，并在实践中持续总结；
- 具有良好的沟通交流能力和团队协作能力，能够适应大型工业级项目具体实践；
- 具备良好的跨界思维，能够理解业务需求，精准解决用户和产品的核心问题；
- 具有利用机器学习思维对客户业务需求进行分析的能力，能够将需求转化为机器学习问题，并做到机器学习的场景落地。

5.3.5 机器学习开发工程师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
- 具备机器学习与数据挖掘基础，熟悉常用机器学习及深度学习算法及常用框架；
- 熟练掌握逻辑回归、决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中；

b) 技术技能

- 具备良好的编程开发能力，包括 C/C++、Python、Java等；
- 熟悉主流操作系统开发环境，如Mac、Linux、Windows及相关操作系统脚本语言；
- 熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库，如MySQL、Oracle、DB2等；
- 熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
- 熟悉掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等；
- 熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

- 具备相关项目实施经验；
- 具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，建议拥有分布式系统研发经验。对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；
- 能够选择并实现常见的算法模型，准确理解业务需求并转化为可实现的技术方案；

d) 综合能力

- 能够准确理解和进行人工智能算法模型的训练及应用，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
- 能够将给定的模型或算法转化为实际机器学习应用场景可以实现的内容，具备从抽象的算法中提炼出具体的解决方案的能力；
- 具备一定的机器学习应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为机器学习实际应用。

5.3.6 机器学习实施工程师

a) 专业知识

- 掌握机器学习基础知识；
- 熟悉Linux操作系统知识，如包管理、权限配置、存储管理等；
- 熟悉网络技术和相关配置，如路由配置、网络检测等；
- 熟悉x86服务器的硬件维护，如性能调优、故障排查等；

b) 技术技能

- 熟悉自动化运维编程工具，如Shell、Python；
- 熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；
- 熟悉关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握MySQL或Mariadb的使用；
- 熟悉大数据平台运维，熟练掌握CHD、FI、TDH等大数据技术框架的使用；

c) 工程实践

- 能够独立安装并配置Linux操作系统环境，以适应人工智能平台的部署实施；
- 具备独立安装部署大数据平台的能力；
- 具备一定的项目实施经验；

d) 综合能力

- 掌握机器学习平台部署的标准，能够将Linux操作系统的配置调整以达到机器学习平台的实施部署的水平；
- 能够和数据科学家、开发工程师高效沟通交流，积极响应数据科学家、开发工程师对于机器学习平台的问题需求，协助实现对机器学习应用场景的业务落地。

5.3.7 机器学习测试工程师

a) 专业知识

- 具备前端测试方案、接口测试方案、大数据测试方案、分布式测试方案的设计知识和能力；
- 熟练掌握标准化的测试流程，包括需求分析、案例设计与编写测试，案例执行、回归测试，生产上线验证；

b) 技术技能

- 熟练掌握前端自动化测试工具、接口自动化测试工具，能够独立编写自动化测试案例与脚本，部署执行自动化测试案例定位排查问题；
- 熟悉掌握自动化测试框架，并能够独立搭建自动化测试框架；
- 熟练掌握性能测试工具，具备根据需求设计性能测试方案，独立编写性能测试脚本并执行的能力，能够分析性能测试结果输出标准性能测试报告，提供调优意见；
- 熟练掌握常用编程语言，并根据需求独立研发测试辅助工具；
- 熟悉Linux或UNIX操作系统，掌握操作系统中的基础命令；

c) 工程实践

- 具备对接口的功能测试和性能测试经验；
- 具备深厚的项目测试组织经验，能够应对与协调项目中单人或多人测试工作，把握测试进度和质量，控制项目测试风险并给出风险解决方案；
- 具备企业级测试文案的输出能力，包括测试计划书、测试案例、功能测试报告、性能测试报告、UAT测试报告等；

d) 综合能力

- 具备对各种人工智能平台或定制化服务的功能和性能测试的能力，包括大数据方面和分布式场景方面的测试；
- 熟悉掌握人工智能平台的主流程；

——具备测试过程中进行缺陷跟踪和软件质量分析的能力。

5.4 深度学习产业人才岗位能力要求

5.4.1 深度学习架构师

a) 专业知识

- 具备扎实的数学功底，精通深度学习工程师算法中的数学方法；
- 熟练掌握深度学习算法原理和应用，包括不局限于CNN、RNN等；
- 熟悉深度学习在图像处理、自然语言处理、语音处理等领域的常见应用；

b) 技术技能

- 熟练掌握TensorFlow、PaddlePaddle、Caffe、PyTorch、MXNet等深度学习框架，其中一个或者多个有开发使用经验；
- 熟练掌握编程语言，包括C++、Java、Python、Scala等，具有良好的代码规范，熟悉Linux开发环境；
- 具备扎实的计算机技术功底，熟练掌握常用数据结构，如链表、堆栈树等；

c) 工程实践

- 能够结合实际问题，负责一站式AI模型平台研发，包括智能标注、特征工程、模型开发，并能对技术实现过程进行讲解和演示；

d) 综合能力

- 对于目前流程对深度学习框架有深入了解，清楚各个框架的不同以及优缺点；
- 对于内存管理和优化、分布式存储方面有深入的实践经验。

5.4.2 深度学习系统开发工程师

a) 专业知识

- 有良好的数据结构、算法基础，对深度学习算法有较深的了解，熟悉主流的深度学习模型，如CNN、RNN、LSTM、DSN等，熟悉常见分布式深度学习框架的底层设计；
- 熟悉主流ASIC硬件，如GPU、FPGA、TPU等，能够根据硬件特性针对性优化软件，提升系统执行效率；
- 熟悉多线程、分布式场景下的编程模型，能够设计、研发高可扩展、高可用的分布式深度学习算法；

b) 技术技能

- 熟悉Linux系统的基本操作；
- 熟悉C++、Python、Java等常用编程语言，有良好的代码习惯；
- 了解主流的深度学习算法、计算框架；

c) 工程实践

- 在基于分布式计算框架开发经验和大规模数据处理等方面的项目实战经验；
- 能够利用机器学习算法、计算框架，提升深度学习系统执行效率；利用深度学习解决实际问题；

d) 综合能力

- 能够设计领先的深度学习算法、计算框架，持续提升深度学习系统执行效率、可用性和易用性；
- 能够对实际问题进行抽象，设计开发深度学习组件；

- 具有良好的逻辑思维能力，能够清晰梳理深度学习技术应用于实际问题的思路；
- 有较好的框架抽象能力，能从众多具体问题中抽象出共同点并设计出合理的框架实现。

5.4.3 深度学习算法研发工程师

a) 专业知识

- 具备扎实的算法基础，熟练掌握深度学习算法以及相关的机器视觉、自然语言处理等方向的常用算法，包括但不限于概率推理、图模型、强化学习、迁移学习、对抗学习、有监督学习、非监督学习、大规模优化、语义理解、问答系统、文本分类、图像分类、目标检测等；
- 掌握大数据环境下的数据处理能力，如文本、图像、文档、网页等数据的导入、加工、转化等能力；

b) 技术技能

- 具备扎实的编程开发基础，熟练掌握C/C++、Python、Java、Shell、MATLAB等编程语言；
- 熟悉Linux、Hadoop、Spark、Hive等大数据计算工具，掌握Caffe、TensorFlow、Parameter Server、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架和函数库以及Scikit-learn、Xgboost、LightGBM等基本的深度学习框架和函数库；
- 掌握基于消息中间件或调度引擎进行数据流程和算法版本的管理，能够实际实现算法、系统，并进行可重复性的实验，并具备算法验证、开发、迭代和上线的能力；

c) 工程实践

- 具备丰富的算法项目经验及深度学习构建系统研发经验；
- 能够对客户实际面临的业务问题进行分析，梳理数据，设计特征方案和建模流程；
- 能够设计、研发、部署和监控需要的深度学习算法，解答模型构建过程中的疑问，并能发现现有系统中的不足并提出合理的改进方案；

d) 综合能力

- 具备扎实的理论基础，精通深度学习手段和建模方法，了解构建深度学习的方法论，能够利用深度学习方法来解决复杂的实际应用问题；
- 具有较强的自我学习能力，始终保持对前沿研究领域的关注，能够复现并改进其中的相关工作，将新技术与既有基线系统进行横向对比；
- 具备和业务专家、客户沟通的能力，有较强的业务理解能力、问题分析能力，有清晰的逻辑思维；
- 拥有快速学习应用的能力和解决问题的能力。能够根据新技术新产品快速构建原型，探索新方案，对解决具有挑战性的问题保持热情。

5.4.4 深度学习平台研发工程师

a) 专业知识

- 熟悉掌握机器学习理论背景知识，了解机器学习领域的基本概念、常见算法和主流建模方案流程；
- 熟练掌握和理解深度学习领域的基本概念和主流神经网络结构，包括但不限于全连接网络、卷积神经网络、循环神经网络、递归神经网络，了解不同网络结构的特性和差异，深入了解神经网络的优化技术，包括但不限于梯度下降、基于动量的优化方法、Dropout、Batch Normalization、初始化算法等；

- 了解各个细分应用领域如视觉、语音、知识图谱、自然语言处理中使用深度学习建模具体问题的方法；
- 深入理解深度学习建模技术的工程实现原理，了解计算图、反向传播、参数同步等关键技术的实现细节；
- 了解GPU、FPGA等硬件对深度学习计算的加速原理，了解深度学习模型训练和线上服务的性能优化方法，了解部署深度学习应用的常见分布式系统原理，包括但不限于Yarn、Kubernetes、Mesos等；
- 保持对深度学习理论与应用前沿研究的关注，并能够快速将前沿方法应用于实践；

b) 技术技能

- 具备扎实的编程开发基础，熟练掌握C/C++、Python、Java、Shell等编程语言；
- 熟悉Flink、Spark等大数据计算工具，精通Caffe、TensorFlow、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架的使用；
- 熟练掌握Yarn、Kubernetes、Mesos等任务调度系统，熟悉Docker等容器化技术，能够快速利用上述系统工具部署深度学习应用；
- 熟悉移动端深度学习应用的开发。

c) 工程实践

- 具备丰富的深度学习项目研发经验，能够实现深度学习解决方案的开发落地与性能；
- 能够利用现有基础设施和框架来提交深度学习训练任务、部署深度学习线上服务；
- 能够结合实际建模场景，分析梳理深度学习项目流程中的问题，设计深度学习训练和上线的部署、容错、监控、拓展方案，在研发过程中能够熟练使用大数据分布式系统解决任务调度、服务部署问题；
- 熟练使用性能调优工具对模型训练和线上服务的性能问题进行有效地分析、排查和调优。

d) 综合能力

- 具备扎实的计算机理论基础和研发能力，能够自主设计和搭建深度学习系统；
- 对深度学习的建模有深入的认识，了解具体建模方案落地过程的问题并给出解决路径。

5.5 智能语音产业人才岗位能力要求

5.5.1 语音识别算法工程师

a) 专业知识

- 掌握语音识别基础算法，例如端点检测、声学机理、特征提取、解码搜索；
- 掌握语音识别深度学习算法及神经网络模型，如RNN、DNN；
- 熟悉和深入了解声学模型建立的实际算法原理，并能结合产业需求实现实际算法；
- 掌握数字信号处理关键技术，如声源追踪、声源分离、声源定位、单通道或麦克风阵列语音增强、噪声抑制等；

b) 技术技能

- 熟悉Linux系统，能基于Linux系统构建语音识别集成开发环境；
- 具备扎实的编程开发能力，能熟练使用C/C++、Python等编程语言，实现RNN、CNN、DNN、HMM、GMM等语音识别算法和模型；
- 熟悉语音识别开源工具如Kaldi、HTK，掌握端到端的声学模型训练方法CTC和Attention一项或多项技术；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目经验，如拥有语音拨号、语音导航、室内设备控制、简单的听写数据录入等方面经验；
- 具备大型复杂语音识别的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；
- 能够准确理解业务需求，对语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等语音识别应用提供合适的算法，并提供合适的解决方案；

d) 综合能力

- 能够深入分析语音识别应用各个方面的需求，理解数字信号处理、语言模型、声学机理等原理；
- 能够合理组合、改造并创新语言模型、声学模型来解决更加复杂的问题；
- 具备较强的语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等各种使用场景的语音识别模型的构建能力。

5.5.2 语音合成算法工程师

a) 专业知识

- 掌握语音合成(TTS)基础算法；
- 掌握语音合成深度学习算法及神经网络模型，例如RNN、DNN；
- 熟悉和深入了解声学模型建立的实际算法原理，并能结合产业需求实现算法；
- 掌握语音合成引擎开发、计算加速、效率优化等关键技术知识；

b) 技术技能

- 熟悉Linux系统，能基于Linux系统构建语音合成集成开发环境；
- 具备扎实的编程开发能力，能熟练使用C/C++、Python等编程语言，实现RNN、CNN、DNN、HMM、GMM等语音识别算法和模型，熟悉TensorFlow、Theano等框架；
- 掌握端到端的声学模型训练方法CTC和Attention一项或多项技术；
- 具备模式识别、语音相关知识等，熟悉语音合成算法、语音合成引擎；

c) 工程实践

- 具备丰富的实际系统研究和开发经验；
- 具备大型复杂语音场景的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；
- 能够准确理解业务需求，对语音合成应用场景提供合适的算法，并提供合适的解决方案；

d) 综合能力

- 能够深入分析语音合成应用各个方面的需求，理解数字信号处理、语言模型、声学机理等原理；
- 进行语音合成算法研究，模型训练及效果优化，能够跟进行业前沿技术发展趋势，跟踪国际最新算法发展方向和相应技术；
- 具备较强的各种使用场景的语音合成模型的构建能力。

5.5.3 语音信号处理算法工程师

a) 专业知识

- 掌握MATLAB仿真工具基础知识；
- 掌握语音相关基础算法，如声学模型基础算法；
- 掌握深度学习算法及神经网络模型，如RNN、DNN；
- 掌握端到端的声学模型训练方法CTC和Attention一项或多项技术；

- 掌握数字信号处理关键技术，例如声源追踪、声源分离、声源定位、单通道或麦克风阵列语音增强、噪声抑制等关键技术知识；
- 熟练掌握麦克风阵列信号处理算法AEC、DOA、AGC、BeamForming等；
- 熟悉智能芯片、声学结构和器件等基本原理；
- 具备信号与系统、数字信号处理有关的基础知识；

b) 技术技能

- 熟悉Linux系统，能基于Linux系统构建语音识别集成开发环境；
- 具备扎实的编程开发能力，能熟练使用C/C++、Python等编程语言，实现RNN、CNN、DNN、HMM、GMM等语音识别算法和模型；
- 掌握专业算法移植方式和方法，能将算法移植到FPGA等芯片提升算法运算效率；

c) 工程实践

- 具备丰富的针对硬件加速单元的DSP算法优化经验；
- 具备大型复杂语音应用场景的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；
- 有语音信号处理实际工程开发经验；
- 具有音频算法的C语言实现经验，熟悉基于FreeRTOS的嵌入式开发；

d) 综合能力

- 能够根据语音应用场景进行需求分析；
- 能够对麦克风阵列前端信号处理算法进行设计和实现；
- 能够优化远扬和噪声环境下声纹识别和语音识别识别率；
- 深入理解信号处理的方法、熟悉语音信号特征提取；
- 能够基于嵌入式平台的算法实现，并实现语音信号处理算法的优化与加速。

5.5.4 语音前端处理工程师

a) 专业知识

- 掌握数据结构与算法基础，如链表、Hashtable等基本数据结构；
- 了解机器学习基础算法，例如回归、聚类、SVM、集成学习等；
- 了解深度学习语音识别常用模型，例如HMM、GMM、RNN、CNN、DNN及神经网络结构；
- 熟悉语音、音频信号处理相关知识；

b) 技术技能

- 熟悉C/C++编程，掌握TensorFlow等深度学习框架；
- 熟悉语音识别模型，能够开发语音识别方向的专业工具或行业应用；

c) 工程实践

- 具备一定的项目经验，能够对算法模型进行调优，提高语音拨号、语音导航、室内设备控制、简单的听写数据录入等行业应用的准确率；
- 具有丰富的行业应用开发经验，能够基于Java、PHP、Android等开发平台开发行业应用；
- 具备语音行业应用的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题能提出独立见解；
- 能够准确理解业务需求，对语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等语音应用场景提供较为合适的解决方案；

d) 综合能力

- 对特定的应用场景使用合适的语音算法模型，有较为深入的理解，能够针对不同的应用场景，选择合适的工具并解决实际问题；

- 能够通过调优使语言和声学模型达到特定的准确率、召回率指标，熟悉常用信号处理、通用机器学习和深度学习算法的原理及不同算法间的差异及相关适用场合等；
- 具备一定的语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等语音应用的构建能力；
- 对语音前端处理技术的研发与实现，包括噪声抑制、AEC、去混响、麦克风阵列处理、说话人分离、基于深度学习的音频信号处理等。

5.5.5 语音开发工程师

a) 专业知识

- 掌握数据结构与算法基础，如链表、Hashtable等基本数据结构；排序、查找等基本算法；
- 了解机器学习基础算法，如回归、聚类、SVM、集成学习等；
- 了解深度学习语音识别常用模型，例如HMM、GMM、RNN、CNN、DNN及神经网络结构；

b) 技术技能

- 熟练掌握Java、Python、C++等编程语言；
- 熟悉和了解语音识别模型，并能够使用主流开发语言开发语音方向的专业工具或行业应用；
- 熟悉Linux、UNIX系统，熟悉机器学习及深度学习基本原理和基本模型，熟练使用至少一种深度学习框架如TensorFlow、Caffe等；

c) 工程实践

- 对语音识别的深入理解，具备一定的语音合成产品项目经验；
- 具有丰富的行业应用开发经验，能够基于Java、PHP、Android等开发平台开发行业应用；
- 具备语音行业应用的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题能提出独立见解；
- 具备语音识别和合成引擎的开发和维护工作能力；
- 能够对语音合成（TTS）产品系统进行数据处理、模型训练、结果分析、实验验证；
- 能够准确理解业务需求，对语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等语音应用场景提供较为合适的解决方案；

d) 综合能力

- 能够通过调优使语言和声学模型达到特定的准确率、召回率指标，熟悉常用信号处理、通用机器学习和深度学习算法的原理及不同算法间的差异及相关适用场合等；
- 具备一定的语音翻译、语音控制、语音转录、情感识别及声纹识别等语音应用的构建能力；
- 对特定的应用场景使用合适的语音识别、合成算法模型，有较为深入的理解；
- 能将已经论证有效的新技术结合到目前的说话人识别引擎中，提升语音识别和合成引擎的性能、处理速度和稳定性；
- 能够针对不同的应用场景，选择合适的工具并解决实际问题。

5.5.6 语音数据处理工程师

a) 专业知识

- 熟练掌握语音应用工具或产品的操作方法；
- 掌握语音应用工具或产品的工作原理；

b) 技术技能

- 能够根据特定的需求场景选择合适的工具或产品对需求进行支撑；
- 对语音识别和合成结果准确率进行人工测评，并对标注结果进行质量审核，并反馈审核结果；

- 能够在实际工作中熟练应用语音识别和合成工具或产品；
- 使用语音标注工具，按照标注规范对音频内容人工转写成对应文本；

c) 工程实践

- 具备一定的项目使用经验，拥有语音拨号、语音导航、室内设备控制等工具及应用的部署和使用经验；
- 具备数据采集与分析工具的使用能力，并能使用工具结合语音识别和合成应用，对行业数据进行收集和分析；
- 具备在行业中使用语音识别和合成工具或应用的能力，能够独立部署和维护语音识别和合成系统，并能为系统开发人员提供优化依据；

d) 综合能力

- 能够熟练语音应用不同场景下的工具或产品，并能对使用过程中产生的数据进行收集和分析，为工具或产品的优化提供依据和支撑；
- 及时掌握行业发展动态，了解语音识别工具和系统的发展情况，及时引进新系统和新工具，提升工作效率，改善工作方法。

5.6 自然语言处理产业人才岗位能力要求

5.6.1 自然语言处理架构师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
- 具备自然语言处理与深度学习理论基础，熟悉常用自然语言处理及深度学习算法及常用框架，熟练掌握逻辑回归、决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中。

b) 技术技能

- 具备优秀的编程开发能力，掌握C/C++、Python、Java等编程语言；
- 至少熟悉一类主流操作系统开发环境，如Mac, Linux, Windows及相关操作系统脚本语言；
- 熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握至少一类主流数据库如MySQL, Oracle, DB2的使用；
- 熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
- 熟练掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等。
- 熟悉容器技术如Docker、K8S、Mesos等。

c) 工程实践

- 能够准确理解和进行主流人工智能算法模型的训练和应用对接方式，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
- 能够将给定的模型或算法转化为实际应用的场景可以实现的内容，从抽象的算法中提炼出具体的解决方案，实现对自然语言处理应用场景的业务实现；
- 具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用经验；
- 具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，拥有分布式系统研发经验。对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；

d) 综合能力

- 具备人工智能平台架构设计以及自然语言处理应用场景的工程化流程设计的能力；
- 具备将自然语言处理应用场景进行定制化设计、开发和实施运维经验；

- 了解人工智能工程实施的流程规范，具备将成熟的人工智能技术整合到各类实际的自然语言处理应用场景对应的系统中，满足业务实际需求的能力；
- 具备良好的自然语言处理应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为实际应用。

5.6.2 自然语言处理算法研发工程师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，掌握语言模型、词性标注、句法分析、文本分类、信息抽取、信息检索等常用自然语言理解算法，掌握机器翻译、问答系统、自动摘要等常用自然语言生成算法，并能熟练应用；
- 精通机器学习与数据挖掘基础，熟悉基于规则或统计的相关算法模型的构建与应用；
- 熟悉深度学习方向的模型建构、模型训练和评价指标体现；

b) 技术技能

- 具备扎实的编程开发基础，熟练掌握C/C++、Python、Java等编程语言，熟悉Linux开发环境；
- 能够实现和使用相关算法，熟悉如Jieba、HanLP、Stanford等常用工具的使用；
- 熟悉常见的文本处理方法，如词嵌入、LSTM、GRU、Transformer；
- 熟悉CBoW、SkipGram、FastText等常用词嵌入的训练与使用方法，了解对应的困惑度评价指标的原理；
- 熟悉ELMo、BERT等常用语言模型的构建与使用方法，在此基础上熟悉常用的分词算法；
- 熟悉序列标注类问题对标签与输出的建模，了解条件随机场等模型的建模原理与使用方法；
- 熟悉基于转移和基于图的常用句法分析方法，了解LAS、UAS等对应评价指标；
- 熟悉基于规则和基于统计的相关信息抽取方法；
- 熟悉抽取式和生成式的常用自动摘要算法，了解包括BLUE、ROUGE在内的评价指标；

c) 工程实践

- 拥有信息抽取系统、机器翻译系统、搜索引擎等方面相关算法的开发经验；
- 能够快速选择并实现常见的自然语言处理算法模型，准确理解业务需求，提供相应的解决方案；根据实际的场景完成文本清洗工作，选择合适的算法与评价指标并进行调优；
- 可以根据不同问题合理搭建网络结构，选择合适的损失函数；在此基础上有算法复杂度分析与优化能力，可以提供高效的处理算法；
- 能够总结不同项目的共同点，提供更具有通用性、可迁移的算法框架，减少新项目的迁移成本；

d) 综合能力

- 能够深入分析自然语言处理的个性化业务的需求，理解对应方向的相关评价指标与算法的原理与适用场景，根据不同的场景和数据可以做出合理的选择；
- 能够通过合理的组合、改造并创新相关的自然语言处理算法来解决更加复杂的应用问题，可以对模型根据问题进行性能调优与速度优化；
- 能够对不同场景的通用部分进行提取，提高算法的迁移与扩展能力并降低训练成本。

5.6.3 自然语言处理平台研发工程师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
- 具备自然语言处理与数据挖掘基础；
- 熟悉常用自然语言处理及深度学习算法及常用框架；

——熟练掌握逻辑回归、决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中；

b) 技术技能

——具备优秀的编程开发能力，熟练掌握C/C++、Python、Java等编程语言；
 ——熟悉主流操作系统开发环境，如Mac、Linux、Windows及相关操作系统脚本语言；
 ——熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库如MySQL、Oracle、DB2的使用；
 ——熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
 ——熟练掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等；
 ——熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

——具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用经验；
 ——具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，拥有分布式系统研发经验；对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；
 ——能够选择并实现常见的算法模型，准确理解业务需求并转化为可实现的技术方案。

d) 综合能力

——熟练掌握主流的开发语言和数据结构，具备系统架构设计、项目开发等方面的工程实践能力；
 ——能够准确理解和进行主流人工智能算法模型的训练和应用对接方式，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
 ——能够将给定的模型或算法转化为实际应用的场景可以实现的内容，从抽象的算法中提炼出具体的解决方案，实现对自然语言处理应用场景的业务实现；
 ——具备良好的自然语言处理应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为实际应用。

5.6.4 自然语言处理开发工程师

a) 专业知识

——具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
 ——具备自然语言处理与数据挖掘基础；
 ——熟悉常用自然语言处理及深度学习算法及常用框架；
 ——熟练掌握逻辑回归、决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中；

b) 技术技能

——具备优秀的编程开发能力，熟练掌握C/C++、Python、Java等编程语言；
 ——熟悉主流操作系统开发环境，如Mac、Linux、Windows及相关操作系统脚本语言；
 ——熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库如MySQL、Oracle、DB2的使用；
 ——熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
 ——熟练掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等；
 ——熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

- 具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用经验；
- 具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，拥有分布式系统研发经验；对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；
- 能够选择并实现常见的算法模型，准确理解业务需求并转化为可实现的技术方案；

d) 综合能力

- 熟悉掌握主流的开发语言和数据结构，具备系统架构设计、项目开发等方面的工程实践能力；
- 能够准确理解和进行主流人工智能算法模型的训练和应用对接方式，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
- 能够将给定的模型或算法转化为实际应用的场景可以实现的内容，从抽象的算法中提炼出具体的解决方案，实现对自然语言处理应用场景的业务实现；
- 具备良好的自然语言处理应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为实际应用。

5.6.5 自然语言处理实施工程师

a) 专业知识

- 熟练掌握Linux操作系统的使用，包括包管理、权限配置、存储管理等；
- 熟悉网络技术和相关配置，包括但不限于路由配置、网络检测等；
- 熟悉x86服务器的硬件维护，包括但不限于性能调优、故障排查等；

b) 技术技能

- 至少熟悉一种自动化运维编程工具，如Shell、Python；
- 熟悉容器技术Docker、K8S、Mesos等；
- 熟悉关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握MySQL或MariaDB的使用；
- 大数据平台运维的经验，熟悉如CHD、FI、TDH等大数据技术框架；
- 熟悉TensorFlow、PyTorch等框架的部署配置，基于GPU的适配和测试。

c) 工程实践

- 具备独立安装Linux操作系统的能力，调整Linux操作系统环境以适应人工智能平台的部署实施；
- 具备独立安装部署大数据平台的能力；
- 具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用实施经验；

d) 综合能力

- 掌握自然语言系统部署的标准，能够具备将Linux操作系统的配置调整以达到自然语言处理系统的实施部署的水平标准的能力；
- 能够基于自然语言处理系统按场景需求，与外部数据语料、回话系统等完成接口集成与验证；
- 能够和数据科学家、开发工程师进行高效沟通交流，积极响应数据科学家、开发工程师对于自然语言处理系统的问题需求，协助数据科学家、开发工程师对自然语言处理应用场景的业务落地。

5.6.6 自然语言处理测试工程师

a) 专业知识

- 熟悉自然语言处理算法模型的基础知识和应用，如唤醒率、误唤醒、识别率、误识别率、字准率、句准率等；

- 具有前端测试方案、接口测试方案、大数据测试方案、分布式测试方案的设计知识和能力；
- 熟悉掌握标准化的测试流程，包括需求分析、案例设计与编写、测试案例执行、回归测试、生产上线验证；

b) 技术技能

- 熟悉前端自动化测试工具、接口自动化测试工具，能够独立编写自动化测试案例与脚本，部署执行自动化测试案例，定位排查问题；
- 熟悉性能测试工具，具备根据需求设计性能测试方案，独立编写性能测试脚本并执行，结合性能测试数据给出调优意见，并输出标准性能测试报告；熟悉一种自动化测试框架，并能够独立搭建自动化测试框架；
- 熟练掌握编程语言，并根据需求独立研发测试辅助工具；
- 熟悉Linux或UNIX操作系统，掌握操作系统中的基础命令；

c) 工程实践

- 具备深厚的项目测试组织经验，能够应对与协调项目中单人或多人测试工作，把握测试进度和质量，控制项目测试风险并给出风险解决方案；
- 具备企业级测试文案的输出能力，包括测试计划书、测试案例、功能测试报告、性能测试报告、UAT测试报告等；

d) 综合能力

- 具有对各种主流自然语言处理平台的功能和性能测试的经验，其中包括语音方面和多轮会话场景方面的测试；
- 具有对接口的功能测试和性能测试经验，熟练掌握人工智能平台的主流程；
- 具备测试过程中进行缺陷跟踪和软件质量分析的能力。

5.6.7 对话系统工程师

a) 专业知识

- 熟练常用数据结构和算法，有较强的实现能力；
- 熟悉深度学习的基础知识和模型，如DNN、CNN、RNN、LSTM等以及常见机器学习算法如逻辑回归、SVM、决策树、贝叶斯等的原理与算法；
- 熟悉答复生成算法，包括Seq2Seq以及NLG，了解Attention机制，coverage等；
- 熟悉增强学习中的对话策略和开域对话生成；

b) 技术技能

- 掌握C/C++、Java、Python的编程语言能力；
- 熟悉自然语言语义工具如NLTK、Stanford自然语言处理等自然语言处理工具；
- 熟悉一种机器学习或深度学习平台，TensorFlow、Caffe、MXNet、Theano等深度学习框架；

c) 工程实践

- 具备独立编写问答系统或者对话机器人等项目的经验；
- 对自然语言处理相关的分词、词性标注、实体识别、句法分析、语义分析等有深入的实践经验；
- 有利用自然语言处理进行问题分析、短文本处理、语言模型建立的经验；

d) 综合能力

- 熟悉对话系统的开发流程和知识体系；
- 具备基于领域数据进行场景会话意图分析及挖掘，能够利用自然语言处理技术研发对上下文的管理和基于上下文的理解。

5.6.8 自然语言处理数据处理工程师

a) 专业知识

- 具备参与采集可靠性数据（包括外部数据和通用数据）并进行数据梳理的能力；
- 具备独立进行数据采集、可行性分析以及数据采集方案制定的能力；
- 熟悉常用的深度学习算法原理，熟悉机器学习和算法的基本理论，熟悉数学建模、概率论、统计学等方面知识；

b) 技术技能

- 熟悉主流数据库，包括但不限于：MySQL，Oracle，MongoDB，Redis等；
- 熟悉Python语言，了解Java或C++等语言，熟悉HTTP协议，熟悉爬虫框架；

c) 工程实践

- 具备数据采集平台搭建和开发经验，能够根据工业化景定需求制技术方案；
- 具备数据采集可行性分析、数据采集方案定制、数据采集的设计、解析开发能力等；
- 具有数据驱动业务变革的创新意识；

d) 综合能力

- 具备逻辑清晰的思考能力和较强的执行能力，能够独立进行技术交流，并根据需求定制相关技术方案；
- 具备良好的表达、沟通、协调和组织能力；
- 具有数据驱动业务变革的创新意识。

5.7 计算机视觉产业人才岗位能力要求

5.7.1 计算机视觉架构师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础，熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程；
- 具备计算机视觉与深度学习理论基础；
- 熟悉常用计算机视觉及深度学习算法及常用框架；
- 熟练掌握逻辑回归，决策树等常用模型算法的原理和适用范围，并能熟练应用到实际场景中；

b) 技术技能

- 具备优秀的编程开发能力，精通掌握编程语言如C/C++、Python、Java等；
- 熟悉主流操作系统开发环境，如Mac、Linux、Windows及相关操作系统脚本语言；
- 熟悉各类开源框架、组件或中间件；
- 熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库如MySQL、Oracle、DB2等；
- 熟悉并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；
- 熟悉掌握大数据流处理计算框架工具，如Storm、Kafka等；
- 熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

- 能够准确理解和进行主流人工智能算法模型的训练和应用对接方式，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
- 能够选择并实现常见的算法模型，准确理解业务需求并转化为可实现的技术方案；
- 具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用经验；

——具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，拥有分布式系统研发经验。对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；

d) 综合能力

——具备人工智能平台架构设计以及计算机视觉应用场景的工程化流程设计的能力；
 ——具备将计算机视觉应用场景进行定制化设计，开发和实施运维经验；
 ——了解人工智能工程实施的流程规范，具备将成熟的人工智能技术整合到各类实际的计算机视觉应用场景对应的系统中，满足业务实际需求的能力；
 ——具备良好的计算机视觉应用场景业务分析能力，能够将人工智能能力转化为实际应用。

5.7.2 计算机视觉算法研发工程师

a) 专业知识

——具备扎实的算法基础，灵活使用数据结构；
 ——深入了解计算机视觉相关问题和解决方法，如检测、跟踪、分类、语义分割、强化学习、3D视觉和图像处理等；
 ——熟悉与计算机视觉紧密相关的机器学习、深度学习的常用算法，包括但不限于概率推理、图模型、强化学习、迁移学习、对抗学习、有监督学习、非监督学习、大规模优化、图像分类、目标检测等；
 ——具备在大数据环境下的数据处理能力，如从海量网页、文本、图像中提取、导入、加工、转化数据的能力；

b) 技术技能

——具备扎实的编程开发基础，包括但不限于熟练掌握C/C++、Python、Java、Shell、MATLAB等编程语言；
 ——熟悉Linux、Hadoop、Spark、Hive等大数据计算工具；
 ——掌握Caffe、TensorFlow、Parameter Server、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架和函数库以及Scikit-learn、Xgboost、LightGBM等基本的机器学习框架和函数库；
 ——掌握基于消息中间件或调度引擎进行数据流程和算法版本的管理，能够实际实现算法、系统，并进行可重复性的实验，并具备算法验证、开发、迭代和上线的能力；

c) 工程实践

——具备丰富的算法项目经验及计算机视觉、深度学习系统研发经验，能够负责计算机视觉和深度学习基本算法的开发与性能提升；
 ——能够结合客户实际面临的业务问题，分析问题，梳理数据，设计特征方案和建模流程，设计、研发、部署和监控需要的计算机视觉算法，解答模型构建过程中的疑问，并能发现现有系统中的不足并提出合理的改进方案；

d) 综合能力

——能够通过分析问题，收集数据、特征提取、建模、设计算法，评估改进等步骤用计算机视觉的方法来解决实践中面临的复杂问题；
 ——具备与业务专家和客户沟通的能力，较强的业务理解能力、问题分析能力、逻辑思维能力等；
 ——拥有快速学习应用的能力，能根据新技术新产品快速构建原型，探索新方案；
 ——能够推动计算机视觉算法和深度学习在众多实际应用领域的性能优化和落地，跟踪前沿研究成果，复现并改进其中的相关工作。

5.7.3 计算机视觉平台研发工程师

a) 专业知识

- 了解分布式系统理论相关的问题和解决办法,如分布式Cache、分布式一致性、RPC、message queue、并行计算模型,并针对视觉任务特点改造和优化;
- 了解计算机视觉相关问题和解决方法,如检测、跟踪、分类、语义分割、强化学习、3D视觉和图像处理等;熟悉与计算机视觉紧密相关的机器学习、深度学习的常用算法,包括但不限于概率推理、图模型、强化学习、迁移学习、对抗学习、有监督学习、非监督学习、大规模优化、图像分类、目标检测等;
- 了解人工智能模型性能优化方法,如Deep Learning Compilers、Adaptive Batch、Operator Fusion;
- 具有在一定的大数据环境下的数据处理能力,如从海量网页、文本、图像中提取、导入、加工、转化数据的能力;

b) 技术技能

- 具备扎实的编程开发基础,包括但不限于熟练掌握C/C++、Python、Java、Shell、MATLAB等编程语言;
- 熟悉Linux、Hadoop、Spark、Hive等大数据计算工具,掌握Kubernetes、Docker等云原生工具;
- 掌握Caffe、TensorFlow、Parameter Server、MXNet、PyTorch、Keras等深度学习框架,掌握基于消息中间件或调度引擎进行数据流程和算法版本的管理,能够实际实现算法、系统,并进行可重复性的实验,并具备算法验证、开发、迭代和上线的能力;

c) 工程实践

- 具备丰富的算法项目经验及计算机视觉、深度学习系统研发经验,能够对计算机视觉和深度学习基本算法的开发与性能提升;
- 能够分析实际业务问题,梳理数据,设计特征方案和建模流程,设计、研发、部署和监控需要的计算机视觉算法,解答模型构建过程中的疑问,并能发现现有系统中的不足并提出合理的改进方案,推动模型和产品的交付、上线和迭代;

d) 综合能力

- 针对计算机视觉算法应用的特性设计系统,包括数据标注系统、视觉数据管理系统、模型编排系统;能够将多个模型灵活高性能编排来解决现实中的复杂问题;
- 具有较强的自我学习能力,能够持续关注计算机视觉研究与实践现状,能够推动计算机视觉算法和深度学习在众多实际应用领域的性能优化和落地;
- 具备和业务专家、客户沟通的能力,有较强的业务理解能力、问题分析能力、逻辑思维能力和、良好的亲和力和沟通表达能力。

5.7.4 计算机视觉开发工程师

a) 专业知识

- 具备数据结构与算法基础,熟悉软件工程设计、开发、测试、部署上线等流程;
- 具备计算机视觉与数据挖掘基础,熟悉常用计算机视觉及深度学习算法及常用框架;
- 熟悉图像,视频等文件等基本存储、压缩方法;
- 熟悉基本图像识别方法,如深度学习;图像处理方法,如图像特征点抽取、仿射变换等;
- 了解模型训练、模型发布,模型存储等过程;
- 了解GPU相关的软硬件基本知识,了解基本网络安全、系统安全等相关知识;

b) 技术技能

- 具备优秀的编程开发能力，掌握主流编程语言，如C/C++、Python、Java等；
- 能够面向GPU进行编程；
- 熟悉主流操作系统开发环境，如Mac、Linux、Windows及相关操作系统脚本语言；
- 熟练掌握关系型数据库原理及SQL语言，熟练掌握主流数据库如MySQL、Oracle、DB2等；
- 熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境，了解常用的各类开源框架、组件或中间件；
- 熟悉图像处理函数库OpenCV的使用；
- 熟悉当前比较流行的计算机视觉平台，如TensorFlow、MXNet、Keras等；
- 熟悉容器技术，如Docker、K8S、Mesos等；

c) 工程实践

- 具备一定的项目实施经验，拥有大型商用人工智能场景的应用经验，如文字识别OCR，图像识别等；
- 具备大型复杂业务应用的设计与架构能力，建议拥有分布式系统研发经验；对架构选型、数据处理、应用系统对接、应用运行过程的性能优化问题能提供解决方案；
- 能够选择并实现常见的算法模型，准确理解业务需求并转化为可实现的技术方案；

d) 综合能力

- 具备在系统架构设计、项目开发经验等领域工程实践能力；
- 能够准确理解和进行主流人工智能算法模型的训练和应用对接方式，理解不同的算法针对不同业务领域的实际应用价值；
- 能够将给定的模型或算法转化为实际应用的场景可以实现的内容，从抽象的算法中提炼出具体的解决方案，实现对计算机视觉应用场景的业务实现。

5.7.5 计算机视觉实施工程师

a) 专业知识

- 具备网络技术专业知识基础、大数据专业知识基础；
- 具备操作系统部署、大数据部署、分布式存储部署、微服务编排及容器虚拟化部署的知识；
- 具备网络规划、系统优化、大数据及微服务编排等组件架构的知识；

b) 技术技能

- 熟练掌握编程语言，如Python等；熟练掌握Shell脚本编写，并根据需求编写辅助脚本；
- 熟悉主流操作系统，如Linux、UNIX等，熟练掌握操作系统中的基础命令、基础服务配置与基本内存排障、日志分析技巧以及系统防火墙、磁盘管理、网络管理等技巧；
- 熟悉数据库技术，掌握基本SQL语句编写、服务安装配置、优化排障；
- 熟悉Docker及Kubernetes技术，包括部署安装、服务配置、日志分析等；
- 熟悉大数据技术，包括HDFS、YARN等组件工作原理，服务配置、参数优化；
- 熟悉常用网络协议和典型的网络通信过程；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目实施经验，能够独立完成项目实施阶段的方案设计、部署实施、文档编写及相应的故障应对处理方案；能够控制项目实施阶段环境、设备、软件等问题风险范围；
- 具备企业级实施部署的技术能力与规范约束力，包括解决技术问题、遵守安全制度及产出规范文档等；
- 具备独立安装部署大数据平台的能力，拥有人工智能场景的应用实施经验；

d) 综合能力

- 具有对计算机视觉平台实施、维护的经验，其中包括大数据、操作系统、分布式存储与计算、微服务编排及容器虚拟化等方面的实施与维护工作经验，并可规划相应部署方案；
- 具有网络诊断能力及排障综合分析能力；
- 掌握人工智能平台的基础架构，熟悉人工智能平台的使用主流程，熟悉人工智能平台工作流程；
- 具备实施过程中客户跟踪及产出标准交付物的能力；
- 了解计算机视觉平台与应用系统对接的流程与关键点。

5.7.6 计算机视觉测试工程师

a) 专业知识

- 具备计算机视觉算法模型的基础知识和应用；
- 具有前端测试方案、接口测试方案、大数据测试方案、分布式测试方案的设计知识和能力；
- 熟悉掌握标准化的测试流程，包括需求分析、案例设计与编写、测试案例执行、回归测试、生产上线验证；

b) 技术技能

- 熟悉掌握前端自动化测试工具、接口自动化测试工具，能够独立编写自动化测试案例与脚本，部署执行自动化测试案例，定位排查问题；
- 熟悉性能测试工具，具备根据需求设计性能测试方案，独立编写性能测试脚本并执行结合性能测试数据给出调优意见，并输出标准性能测试报告；
- 熟悉了解自动化测试框架，并能够独立搭建自动化测试框架；
- 熟练掌握编程语言，并根据需求独立研发测试辅助工具；
- 熟悉Linux或UNIX操作系统，掌握操作系统中的基础命令；

c) 工程实践

- 具备深厚的项目测试组织经验，能够应对与协调项目中单人或多人测试工作，把握测试进度和质量，控制项目测试风险并给出风险解决方案；
- 具备企业级测试文案的输出能力，包括测试计划书、测试案例、功能测试报告、性能测试报告、UAT测试报告等；

d) 综合能力

- 具有对各种人工智能平台的功能和性能测试的经验，其中包括大数据方面和分布式场景方面的测试；
- 具有对接口的功能测试和性能测试经验；熟悉掌握人工智能平台的主流程；
- 具备测试过程中进行缺陷跟踪和软件质量分析的能力。

5.7.7 计算机视觉数据处理工程师

a) 专业知识

- 具备计算机基础知识；
- 掌握计算机视觉应用工具或产品的工作原理。

b) 技术技能

- 根据需求，对图片、视频进行搜集、数据处理、数据筛选等工作；
- 能够制定数据采集策略、制定采集管理规范等；
- 运用标注工具，进行图片数据标注工作，并进行标注结果统计；
- 熟悉Windows操作系统、常用办公软件；

——了解脚本编程，如Python、Shell等；

c) 工程实践

——具有标注文案指定、数据标注、视频审核、图片分类整理、数据分析整理等相关实践经验；

d) 综合能力

——充分理解数据标注的背景和标准；

——具有较强的推进能力和责任心，具有优秀的沟通能力和解决问题的能力。

5.8 知识图谱产业人才岗位能力要求

5.8.1 知识图谱研发工程师

a) 专业知识

——掌握领域知识的定向爬取、深度提取和挖掘；

——掌握知识抽取、知识表示、知识融合、知识存储、知识推理、知识嵌入等基本算法和流程；

——掌握知识图谱成熟和前沿的算法，例如将知识图谱与深度学习技术的融合与应用；

——熟悉机器学习、自然语言处理（命名实体识别，关系抽取，句法分析等）和数据挖掘基础；

b) 技术技能

——掌握RDF、OWL等知识表示语言，掌握Protege等本体建模工具；

——掌握Neo4j、AllegroGraph、Virtuoso等图数据库的使用；

——掌握常见的爬虫框架如Scrapy，并利用自然语言处理预处理获取的数据；

——掌握深度学习常用的算法模型，对CNN与RNN有深入的理解

——具备扎实的编程开发基础，熟练掌握 C/C++、Python、Java等编程语言，熟悉Linux开发环境；

——掌握深度学习基本算法原理及数据处理框架，熟悉TensorFlow、Keras、Caffe、PyTorch等框架；

——掌握并行计算基本原理及分布式计算框架，熟悉Hadoop、Spark等分布式开发环境；

c) 工程实践

——具备丰富的项目经验，至少拥有一个领域知识图谱完整的构建和应用经验，例如搜索引擎、推荐系统、问答系统、辅助决策；

——具备复杂系统的设计与架构能力，能解决工具选择、性能优化等问题；

——能够快速选择并实现知识图谱构建过程中所需要的常见算法，准确理解业务需求，提供相应的解决方案；

——具备丰富的大数据处理以及数据挖掘经验，具备一定的自然语言处理实践能力；

d) 综合能力

——能够根据不同领域的需求，设计并构建适合的知识图谱，并应用解决实际问题；

——能够深入分析知识图谱应用各个方面要求，实现知识图谱的优化；

——能够将知识图谱应用到搜索引擎、推荐系统、对话系统、辅助决策。

5.8.2 知识图谱工程师（问答系统方向）

a) 专业知识

——掌握构建对话领域知识图谱相关算法知识，掌握对话领域知识图谱构建相关主要流程的原理和常见算法的原理与实现；

- 具备机器学习与数据挖掘基础；熟悉机器学习、自然语言处理、数据挖掘中一项或多项技术领域；
- 掌握知识抽取、知识融合和知识推理等基本算法和流程；

b) 技术技能

- 掌握知识嵌入如TransE等深度学习算法；
- 掌握深度学习基本算法原理及数据处理框架，掌握TensorFlow、Keras、Caffe、PyTorch等框架；
- 掌握深度学习在对话系统应用的常见算法，如seq2seq、attention等；
- 熟悉RDF、OWL等知识表示语言，掌握Protege等本体建模工具；
- 熟悉Neo4j、AllegroGraph、Virtuoso等图数据库的使用；

c) 工程实践

- 具备一定的项目经验，具备大型复杂对话领域知识图谱工程实现经验，对于对话领域知识图谱构建过程的相关问题能提出独立见解，拥有分布式系统研发经验；
- 能够选择并实现对话领域知识图谱构建算法，准确理解业务需求并转化为技术语言，能够调整知识图谱构建，使之适应业务需求；

d) 综合能力

- 能够参与构建对话领域知识图谱的主要工作，能够实现知识图谱构建过程中的知识抽取、知识表示、知识融合、知识推理等任务；
- 熟悉常用相关算法的原理及不同算法间的差异，具备一定的相关算法优化能力。

5.8.3 知识图谱工程师（搜索/推荐方向）

a) 专业知识

- 掌握构建搜索/推荐领域知识图谱相关算法知识，掌握搜索、推荐领域知识图谱构建相关主要流程的原理和常见算法的原理与实现；
- 具备机器学习与数据挖掘基础；熟悉机器学习、自然语言处理、数据挖掘中一项或多项技术领域；
- 掌握知识抽取、知识融合和知识推理等基本算法和流程；

b) 技术技能

- 掌握知识图谱特性学习在推荐系统中的常见算法，如DKN、Ripple Network、MKR等；
- 掌握知识嵌入，如TransE等深度学习算法；
- 掌握深度学习基本算法原理及数据处理框架，熟悉TensorFlow、Keras、Caffe、PyTorch等框架；
- 熟悉RDF、OWL等知识表示语言，熟悉Protege等本体建模工具；
- 熟悉Neo4j、AllegroGraph、Virtuoso等图数据库的使用；

c) 工程实践

- 具备一定的项目经验，具备大型复杂搜索、推荐领域知识图谱工程实现经验，对于搜索、推荐领域知识图谱构建过程的相关问题能提出独立见解，拥有分布式系统研发经验；
- 能够选择并实现搜索、推荐领域知识图谱构建算法，准确理解业务需求并转化为技术语言，能够调整知识图谱构建，使之适应业务需求；

d) 综合能力

- 能够参与构建搜索/推荐领域知识图谱的主要工作，能够实现知识图谱构建过程中的知识抽取、知识表示、知识融合、知识推理等任务；

——熟悉常用搜索、推荐算法的原理及不同算法间的差异，具备一定的相关算法优化能力。

5.8.4 知识图谱工程师（自然语言处理方向）

a) 专业知识

——掌握构建领域知识图谱相关算法知识，掌握自然语言处理常用的机器学习算法，掌握自然语言处理常用的深度学习算法；
——熟悉知识抽取、知识融合和知识推理等基本算法和流程；

b) 技术技能

——掌握常用的自然语言处理算法，如HMM、CRF、TFIDF、LDA、Word2vec、Lstm、Seq2seq、attention等；
——掌握深度学习基本算法原理及数据处理框架，熟悉TensorFlow、Keras、Caffe、PyTorch等框架；
——熟悉RDF、OWL等知识表示语言，掌握Protege等本体建模工具；
——熟悉Neo4j、AllegroGraph、Virtuoso等图数据库的使用；

c) 工程实践

——具备一定的项目经验，具备大型复杂知识图谱工程实现经验，对于知识图谱构建过程的相关问题能提出独立见解，能够应用自然语言处理算法辅助知识图谱应用开发；
——能够选择并实现知识图谱构建算法，准确理解业务需求并转化为技术语言，能够调整知识图谱构建，使之适应业务需求；

d) 综合能力

——能够参与构建知识图谱的主要工作，能够实现自然语言处理预处理知识图谱爬取的数据，并能将自然语言处理常用算法应用到知识图谱应用当中；
——熟悉自然语言处理常用算法的原理及不同算法间的差异，具备一定的相关算法优化能力。

5.8.5 知识图谱数据处理工程师

a) 专业知识

——了解知识图谱相关算法知识以及常用机器学习算法等；
——熟悉图数据库，如Neo4j/dgraph/JanusGraph等；
——熟悉大数据处理完整流程，包括数据采集、清洗、预处理、存储和数据可视化；

b) 技术技能

——能够在实际工作中熟练应用知识图谱工具或产品；
——能够根据特定的需求场景选择合适的工具或产品对需求进行支撑；
——能够运用标注工具对图片、音频、视频数据进行整理及标注；

c) 工程实践

——具备一定的项目使用经验，拥有知识图谱工具及应用的部署和使用经验；
——能够根据反馈的数据问题能够及时调整标注，能够给出标记工具的缺点并提出优化。

d) 综合能力

——对图像、音频、视频数据敏感，具有敏锐的观察、分析和判断能力；
——对标注结果进行质量评估，并反馈标注结果，高效地完成精准标注工作；
——具备良好的表达、沟通、协调和组织能力。

5.9 服务机器人产业人才岗位能力要求

5.9.1 服务机器人硬件开发工程师

a) 专业知识

- 具备良好的电子、结构设计的基础，以及系统架构；
- 熟悉基本的数字电路、模拟电路分析，熟悉激光导航、视觉导航、控制及目标识别技术；
- 熟悉定位导航技术/机器视觉技术/语音、自然语言处理技术，掌握机器人基于多传感器的融合算法；

b) 技术技能

- 熟练掌握ARM、DSP、FPGA等嵌入式平台技术；
- 熟悉使用示波器、万用表、电子负载等常用设备及相关EDA软件；
- 熟悉硬件产品开发流程，能独立进行电路原理图设计、PCB设计等，独立完成硬件研发和选型；
- 熟悉机器人相关操作系统，如ROS系统框架及相关库的使用；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目经验，拥有硬件研发、测试等经验；
- 能够快速选择并实现常见的硬件产品选型，准确理解产品需求，提供相应的硬件解决方案；
- 具备复杂硬件的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；

d) 综合能力

- 能够深入分析产品需求，确定相关机器人硬件总体设计方案；
- 具备较强的硬件功底和实践操作能力，熟悉主流人工智能交互技术与服务机器人的常见的硬件产品。

5.9.2 服务机器人系统架构师

a) 专业知识

- 熟悉服务机器人主流技术，如导航、算法、语音、自动控制及机械等；
- 熟悉常见的服务机器人软件编程语言；
- 熟悉系统体系结构设计理论与方法；

b) 技术技能

- 熟练掌握C/C++、Python等编程语言，具有ROS开发经验；
- 熟悉websocket、GRPC、Ethercat等网络通信协议；
- 熟悉使用cmake、g++等编译工具；
- 熟悉服务机器人的操作系统开发以及设计；
- 熟悉ROS系统框架及相关库的使用；

c) 工程实践

- 具备服务机器人本体软硬件的架构设计、研发工作，评估并制定系统的技术路线；
- 具备服务机器人的操作系统开发，掌握常见软件设计模式；
- 具备复杂系统的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；

d) 综合能力

- 能够深入分析产品需求，确定服务机器人整体软硬件技术方案；
- 具备较强的研发功底和实践操作能力，熟悉服务机器人行业及主流技术发展。

5.9.3 服务机器人算法工程师

a) 专业知识

- 具备坚实的数理基础以及数据结构和算法基础，掌握常用SLAM的基础理论和算法并能熟练应用；
- 熟悉激光导航、视觉导航、控制及目标识别技术；
- 熟悉路径规划、路径导航算法，掌握机器人基于多传感器的融合算法；

b) 技术技能

- 熟练掌握C/C++、Python等编程语言，熟悉基于Linux等操作系统的嵌入式软件开发平台；
- 熟悉图像处理和计算机视觉基本算法原理，精通OpenCV等开源视觉算法库；
- 熟悉自主定位算法的设计；能够基于输入多种信息的融合，构建机器人运动模型、观测模型等概率学模型；
- 熟悉基于视觉、激光、超声波、陀螺仪等多传感器融合的导航算法的设计，能够构建出机器人室内、室外导航与惯性导航解决方案；
- 熟悉ROS系统框架及相关库的使用；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目经验；拥有嵌入式系统研发经验，计算机视觉、多传感器融合导航算法等方面的开发经验；
- 能够快速选择并实现常见的导航算法模型，准确理解产品需求，提供相应的算法解决方案；
- 具备复杂系统的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；

d) 综合能力

- 能够深入分析产品需求，确定服务机器人算法技术方案；
- 具备较强的算法功底和实践操作能力，了解常用的算法优化策略，能够基于基础模型算法来解决更加复杂的应用问题。

5.9.4 服务机器人数字孪生开发工程师

a) 专业知识

- 掌握良好的语言基础、扎实的数据结构和语法基础，熟悉数据通信，掌握多种数据通信原理；
- 掌握计算机图像学原理，对图像渲染具有较强的理解能力；
- 熟悉服务机器人主流技术，如导航、算法、语音、自动控制及机械等；

b) 技术技能

- 熟练掌握C/C++、Python等编程语言，熟悉常用的数据结构和算法；
- 熟悉图像处理和计算机视觉基本算法原理；
- 熟悉使用U3D和UE4引擎等工具；
- 熟悉websocket、GRPC、Ethercat等网络通信协议；
- 熟悉ROS系统框架及相关库的使用；

c) 工程实践

- 具备丰富的项目经验，拥有虚拟仿真等方面的开发经验；
- 具备复杂系统的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题具备独立见解；

d) 综合能力

- 能够深入分析产品需求，确定数字孪生开发技术方案；
- 具备较强的编程和实践操作能力，实现服务机器人数字孪生解决应用问题。

5.9.5 服务机器人嵌入式开发工程师

a) 专业知识

- 熟悉嵌入式硬件方案设计，原理图及PCB设计及调试；
- 具备电路知识基础，熟悉模电、数电、数模混合电路、电源、射频、电机控制等基本原
- 理；
- 具备通信、射频器件与天线等知识基础；
- 熟悉电机拖动、伺服系统、模糊控制等基本原理；

b) 技术技能

- 熟练掌握C/C++等编程语言，精通智能硬件驱动开发，熟悉基于Linux、RTOS、ROS等
- 操作系统的嵌入式开发平台；
- 熟悉服务机器人嵌入式驱动及操作系统的开发；
- 熟悉Cadence（ORCAD、ALLEGRO）等电路设计软件；
- 能够熟练操作频谱仪、示波器等仪器；
- 熟悉单片机驱动外部设备，了解单片机与核心芯片间的通信，掌握机器人内部设备之间的
- 通信方案；

c) 工程实践

- 具备较强的实践操作能力，可以独立完成硬件模块设计和调试工作；
- 能够选择常见的嵌入式硬件方案设计，准确理解业务需求并转化为技术语言；
- 具备服务机器人硬件产品的分析、设计、验证、调试、优化的全生命周期设计和开发经
- 验；
- 具备服务机器人硬件底层驱动和操作系统编程经验；

d) 综合能力

- 能够深入分析服务机器人产品需求，确定相关算法技术方案；
- 熟悉当今主流的智能交互技术与服务机器人硬件产品。

5.9.6 智能应用开发工程师

a) 专业知识

- 具备服务机器人操作系统、数据结构、软件工程、计算机原理等相关专业知识背景；
- 熟悉服务机器人主流的语音、视觉等智能人机交互技术；
- 熟悉常用的软件项目开发框架与开发模式；

b) 技术技能

- 熟练掌握C++、Java、Python等编程语言，具备Linux系统下的应用开发能力；
- 具备熟练的多线程编程与通信编程能力；
- 具备界面封装、界面组件化能力，熟悉设计模式；

c) 工程实践

- 具备服务机器人智能应用系统的软件需求分析、模块设计、代码编写、单元测试能力；
- 具备以服务机器人为硬件载体的智能应用交互集成能力；
- 具备服务机器人智能应用系统的设计与架构能力，对工具选择、性能优化问题能提出独
- 立见解；

d) 综合能力

- 熟悉业务抽象和数据模型设计，具备较强的分析问题和解决问题的能力；
- 能够根据用户需求构建出智能交互的技术实现方案；

——熟悉服务机器人的各类应用场景与用户需求。

5.9.7 服务机器人调试工程师

a) 专业知识

——掌握服务机器人的常见故障及对应维修处理，具备机械、电气等专业的基础知识；
——掌握服务机器人测试调试流程与工具；
——熟悉一定的机械、电气相关专业基础知识；
——熟悉服务机器人核心的技术应用，如语音、导航、视觉识别；
——熟悉常见的网络环境搭建原理与方法；

b) 技术技能

——掌握多种网络环境搭建，如信号传输设备安装调试，服务机器人本体网络接入等；
——掌握服务机器人导航地图建模与路线规划，能进行导航功能测试；
——熟悉服务机器人与外接系统的对接与调试，能进行第三方软件对接与调试；
——熟悉服务机器人的本体系统调试，如功能参数设置、管理账户开通与语音语料导入调试；
——掌握基础的服务机器人数据存储与备份，进行常见的数据备份与恢复；
——熟悉服务机器人的导航、语音及视觉识别等应用；

c) 工程实践

——在作业过程中，执行通用的安全规范，进行服务机器人维护的安全操作；
——掌握服务机器人在场景应用场景的部署与功能调试；
——服务机器人的操作示范与培训；

d) 综合能力

——具备良好的语言沟通与协调能力，能系统进行服务机器人功能调试与现场交付；
——熟悉服务机器人常见的应用场景及工作流程，能根据客户需求提供服务机器人产品选型与方案设计。

5.9.8 服务机器人维护工程师

a) 专业知识

——掌握服务机器人的常见故障及对应维修处理，具备机械、电气等专业的基础知识；
——熟悉服务机器人结构、原理、软硬件系统与运动控制系统的基础知识；
——掌握机械、电气等专业基础知识；
——熟悉服务机器人核心的技术应用，如语音、导航、视觉识别；
——熟悉常见的网络环境搭建方式；

b) 技术技能

——掌握基础的机械与结构知识，利用维修工具进行服务机器人的安装与拆卸；
——掌握基础的服务机器人数据存储与备份，进行常见的数据备份与恢复；
——熟悉服务机器人的导航、语音及视觉识别等应用；

c) 工程实践

——在作业过程中，执行通用的安全规范，进行服务机器人维护的安全操作；
——根据客户反馈，能进行服务机器人故诊断并提供维护解决方案；
——服务机器人的日常巡检与维护；

d) 综合能力

——具备良好的语言沟通能力，能根据客户需求提供维护解决方案；
——熟悉服务机器人常见的应用场景及工作流程；

——熟悉服务机器人售后、维修服务流程。



附 录 A
（资料性附录）
人工智能产业人才岗位能力提升

A.1 人工智能产业岗位能力提升内容

岗位能力提升内容应包括：

- a) 基础知识、专业知识等相关知识提升；
- b) 基本技能、专业技能等相关技术技能提升；
- c) 基于项目经验的工程实践能力提升；
- d) 软技能等相关综合能力提升。

A.2 人工智能产业岗位能力提升阶段和方式

人工智能产业岗位能力提升分为岗前提升和在岗提升两个阶段，构成人工智能产业相关岗位从业人员不同阶段和能力水平的终身教育体系。

- a) 岗前提升方式，包括：
 - 1) 理论教学；
 - 2) 理论与实践一体化教学；
 - 3) 项目实训、企业实习等方式。
- b) 在岗提升方式，包括：
 - 1) 内部在岗培训；
 - 2) 外部脱岗培训；
 - 3) 项目实践或导师辅导等。

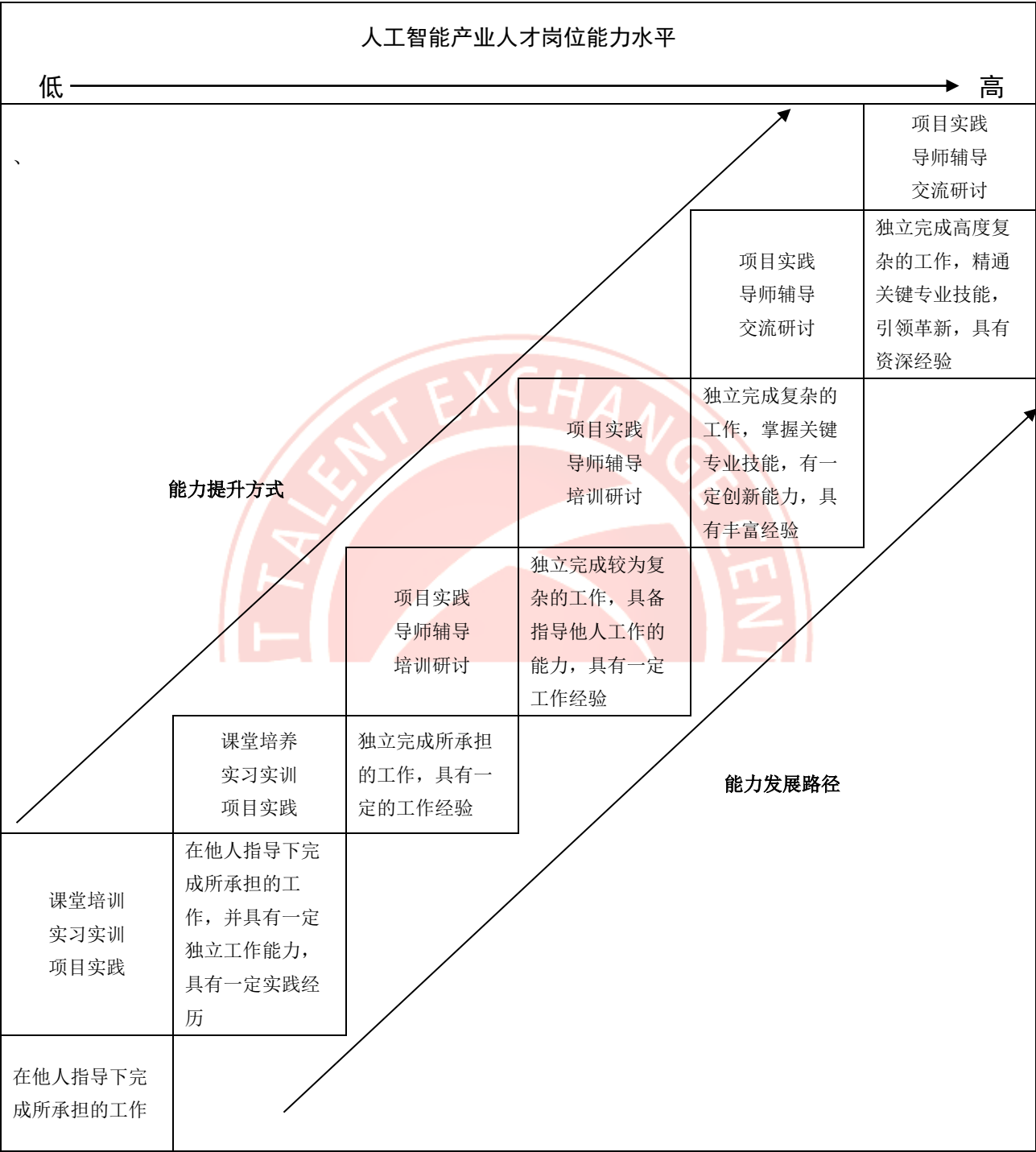
A.3 人工智能产业岗位能力提升活动供给类别

人工智能产业岗位能力提升活动供给包括：

- a) 教育、培训机构培养：符合要求的各级教育机构（普通高校、中等和高等职业院校等）及培训机构应根据人工智能产业各岗位能力要求，制定人才能力提升方案，为人工智能产业及企业培养合格的从业人员，满足个人发展需要；
- b) 企业培养：企业结合业务发展需要，应根据人工智能产业各岗位能力要求有针对性、有计划地实施岗位能力提升计划，满足个人发展需要，增强企业竞争力；
- c) 个人培养：从业人员根据个人发展计划，做好职业规划与岗位定位，对标人工智能产业岗位能力要求，不断积累专业知识、技术技能、工程实践经验，提高综合能力。

人工智能产业人才岗位能力提升路径见图A.1。

图 A.1 人工智能产业人才岗位能力提升路径



附录 B
(资料性附录)
人工智能产业人才岗位能力评价

B.1 人工智能产业人才岗位能力评价方法

对从业人员进行评价和定级，评价结果可以作为人工智能产业人才能力胜任、职业发展等活动的依据。评价方式包括：

- a) 专业知识主要通过笔试考核的方式进行评价；
- b) 技术技能主要通过实验考核方式进行评价；
- c) 工程实践主要通过成果评价方式进行评价；
- d) 综合能力主要通过笔试或答辩等方式进行评价。

B.2 人工智能产业人才岗位能力评价等级

人工智能产业人才岗位能力评价等级可以分为初、中、高级三级，能力分为9等。

- a) 初级（1—3级）：在他人指导下完成所承担的工作，并具有一定独立工作能力，具有一定实践经历；
- b) 中级（4—6级）：独立完成较为复杂的工作，具备指导他人工作的能力，具有一定工作经验；
- c) 高级（7—9级）：独立完成高度复杂的工作，精通关键专业技能，引领革新，具有资深经验。

B.3 人工智能产业人才岗位能力等级评价权重

人工智能产业人才岗位能力等级评价权重表如下：

表B.1 人工智能产业人才岗位能力等级评价权重表

| 评价维度 | | 专业知识 | 技术技能 | 工程实践/综合能力 |
|------|-----|--|------|-----------|
| 岗位等级 | | 评价分值权重 | | |
| 高级 | 9 级 | 20% | 30% | 50% |
| | 8 级 | | | |
| | 7 级 | | | |
| 中级 | 6 级 | 50% | 25% | 25% |
| | 5 级 | | | |
| | 4 级 | | | |
| 初级 | 3 级 | 70% | 25% | 5% |
| | 2 级 | | | |
| | 1 级 | | | |
| 备注 | | 评价总分满分为 100 分，由专业知识、技术技能、工程实践、综合能力四项评价维度的权重总分所得。 | | |

参 考 文 献

- [1] GB/T 41867-2022 信息技术 人工智能 术语 [S]
 - [2] GB/T 33745-2017 物联网 术语 [S]
 - [3] GB/T 35295-2017 信息技术 大数据 术语 [S]
 - [4] GB/T 36464.1-2020 信息技术 智能语音交互系统 第1部分：通用规范 [S]
 - [5] GB/T 42131-2022 人工智能 知识图谱技术框架 [S]
-

