智算与大模型人才白皮书

共筑人才根基　共赢智算未来

HUAWEI　CAICT 中国信通院

编委会名单

指导委员会

刘检生、廖运发

工作委员会

主编

钟美华、常永波

副主编

孙虎、李世浚、许仁祥、牛晓芳、姜济民、戴宇恒、朱嘉琳

编者（执笔，以姓氏笔画为序）

于璠、卫焱珠、王金钖、王景全、尤鹏、孔华明、乔雪磊、向权英、许榕俊、李司萌、杨川、张子涵、张乐、张骁、陈仲铭、陈睿、周境余、徐涛、唐承文、崔玫芳、庹元元、章舟、舒欢、潘青华、潘海滨

贡献参与人（观点输入，以姓氏笔画为序）

马海彦、王一夫、王晨、邓婷婷、朱建新、许红敏、孙建成、李成、李林鸿、李贺、张忠亮、张铁山、范小骞、周进军、周思源、赵立超、闻银、党张波、徐铎雄、徐晨辉、高学新、曹杰、蒋龙

目录

1 智算应用与未来

1.1 智算内涵演进 ····· **02**

1.1.1 智算大模型引发新一轮创新 ····· 02

1.1.2 组织人才决定智算能力上限 ····· 03

1.2 智算行业应用 ····· **04**

1.2.1 引领产业升级 ····· 04

1.2.2 服务保障民生 ····· 05

1.2.3 提升治理效能 ····· 06

1.3 智算人才意义 ····· **07**

1.3.1 人才协同转型，加快智算赋能新型工业化 ····· 07

1.3.2 创新人才引领，推动智算塑造新质生产力 ····· 08

2 智算人才概况

2.1 政策布局重点 ····· **10**

2.1.1 人才成为各国智算布局重点 ····· 10

2.1.2 智算时代就业冲击的两面性 ····· 12

2.2 行业供需特征 ····· **13**

2.2.1 人才需求持续增长 ····· 13

2.2.2 空间集聚效应显现 ····· 14

2.2.3 垂类人才加快培育 ····· 14

2.3 高校培养机制 ····· **15**

3 智算与业务共生

3.1 数据要素成为主宰 ····· **18**

3.2 “智算”放大人的能力 ····· **19**

3.3 智算与业务共生商业模式 ····· **20**

CONTENTS

3.3.1 智算的本质 ····· 20
3.3.2 智算与业务共生框架及意义 ····· 21
3.3.3 智算的定位和作用 ····· 22
3.4 智算与业务共生演进路径 ····· 26
3.4.1 智算演进路径 ····· 27
3.4.2 智算与业务共生生态构建方法 ····· 28
3.4.3 智算与业务共生人才结构框架 ····· 33
3.4.4 智算与业务共生演进组织治理体系 ····· 41
4 智算人才生态发展与体系建设
4.1 产学融合共创智算人才生态发展 ····· 48
4.1.1 深化国家智算人才战略：构建政校行企四方协同模式 ····· 48
4.1.2 重塑高校智算人才培养：以智育智，重构知识体系 ····· 49
4.1.3 构筑企业智算人才堤坝：产教融合策略推动企业智算人才发展 ····· 54
4.2 智算人才培养体系建设策略 ····· 55
4.2.1 人才规划：组织的五者智算战略定位与智算人才定位的握手 ····· 58
4.2.2 人才培养：智算人才培养模式与迁移路径 ····· 59
4.2.3 人才评估：智算人才认证与评估体系 ····· 70
5 智算人才发展展望与建议
5.1 智算人才发展内涵框架 ····· 78
5.2 智算人才培养体系建设策略 ····· 79
5.2.1 政策维度 ····· 79
5.2.2 院校维度 ····· 79
5.2.3 企业维度 ····· 79
5.2.4 个人维度 ····· 80
参考文献 ····· 81

01

智算应用与未来

智算产业以智能计算为基础，以多模态数据为对象，以人工智能算法和智能计算系统为支撑，面向泛在应用场景。随着智算普惠化进程推进，智算逐步成为组织能力基础底座，正在推动人工智能进入全新发展阶段，这一过程中，组织人才决定了智算能力上限。

1.1 智算内涵演进

1.1.1 智算大模型引发新一轮创新

智算有多种定义方法。在某些场景下，它可能指的是智能计算，在另一些情况下，它可能指的是智能算法，即用于解决特定问题、模拟人类智能的高效算法。智算产业是以智能计算为基础的大模型产业，它以多模态数据为对象，以人工智能算法和智能计算系统为支撑，面向泛在应用场景部署。在这个层面看，智算通过智能化技术手段优化和提升技术系统的功能和性能，是为满足未来人工智能发展和相关应用场景需要而创新的技术，是面向智能、智能驱动的计算。

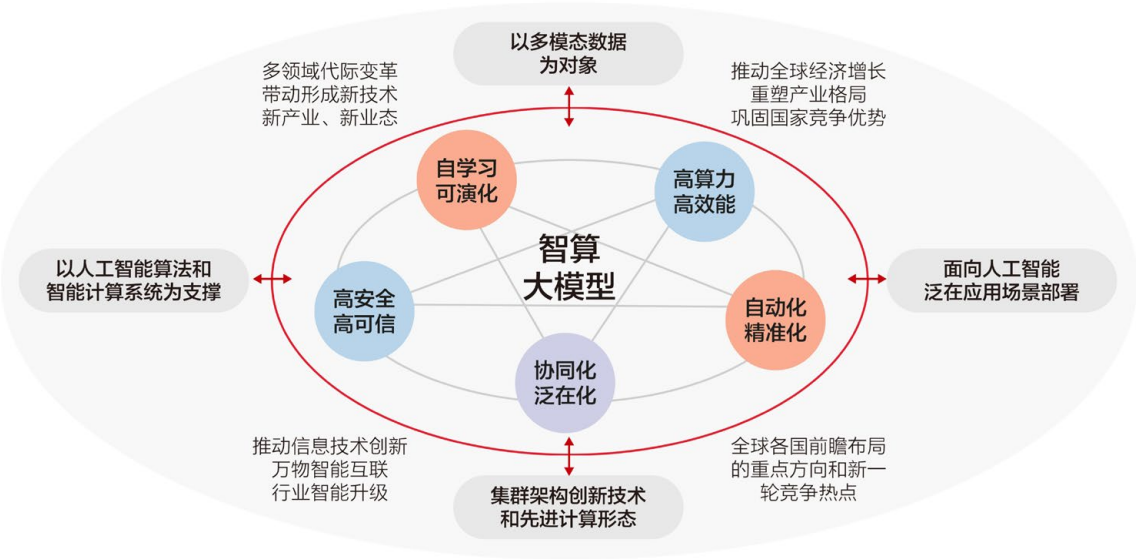


图 1 智算特征

在理论上，智算具备自学习、可演化的特征，可以对海量数据进行规律挖掘和知识发现，实现自我优化和提升；在架构上具备高算力、高效能的特征，向存算一体、异构集成、广域协同等新型计算架构演进；在体系上具备高安全、高可信的特征，支撑大规模泛在互联计算、人-机-物三元空间深度融合的跨域信任与安全防护；在机制上具备自动化、精准化的特征，计算结果自动化、计算服务更具“瞄向性”；在能力上具备协同化、泛在化的特征，通过人机协作，实现智慧社会万物皆需计算、计算无处不在的效果。

智算产业正在引发新一轮创新突破，推动人工智能进入新里程碑阶段。一方面，智能计算是为满足未来人工智能发展和相关应用场景需要而创新的计算技术，是面向智能的计算；另一方面，通过智能化技术手段优化和提升技术系统的功能和性能，是智能驱动的计算。智能计算的出现和发展有利于推动信息技术创新、万物智能互联以及行业智能升级，为智慧社会的数字化能力建设提供支撑，已成为全球各国前瞻布局的重点方向和新一轮竞争热点。凭借优越的泛化性、通用性、迁移性，智算将带来多个领域的代际变革，深刻变革人类社会发展，成为推动全球经济增长、重塑产业格局、巩固国家竞争优势的重要战略支撑技术，有望推动人类社会进入通用人工智能时代，带动形成一批新技术、新产业、新业态。

1.1.2 组织人才决定智算能力上限

智算处于动态发展演进的过程中。技术创新的动态模型A-U模型（Abernathy-Utterrback model, A-U model）将技术创新、产品创新和组织变革结合起来，揭示了技术创新和新型产业演进的内在逻辑关系。我们结合A-U模型理论推演和智算产业发展脉络，以产业经济学为顶层视角，将智算与人才作为主要要素，提出了基于A-U模型的“智算-人才”演进曲线。总体上，“智算-人才”演进大致可以分为三个阶段：第一阶段对应A-U模型的流动时期，算力产品以数据中心为主，重点服务移动互联网的广泛应用，智算产品开始诞生、试错和演进。第二阶段对应A-U模型的转移时期，高效能计算设施开始发挥对人工智能应用的服务支撑能力，通过不断布局智算能力，以“视觉四小龙”为代表的第一批人工智能明星企业开始产业化落地。第三阶段是A-U模型的特性时期，智算与其他基础设施相互协同促进，共同成为未来城市的数字底座。

从智算发展的节奏看，智算逐步成为组织能力的基础底座，持续赋能企业价值，为组织发展夯实下限。人工智能发展最初，算法较为简单，模型参数和训练所需数据量极少，虽然简单的大型机、个人电脑即可满足计算需求，但是成本高昂，获取难度极大，智算资源成为限制组织能力的“天花板”。随着GPU的出现和突破，人们发现GPU并行计算效率更高，更适应人工智能模型参数的增长和数据处理需求的提升；智算开始吸收和融合来自不同学科的理论与方法，数据驱动的方法成为主流，深度学习、强化学习等技术得到广泛应用，在这一阶段，智算能力布局加快，以人脸识别为代表的决策式人工智能兴起和发展。近期，智算能力普惠化加快推进，智算可能进一步成为“即插即用”的平民化技术能力，作为一种基础能力，加快推动工业、医疗、金融等行业的智能化转型升级，培育千行百业形成新业态新生态。

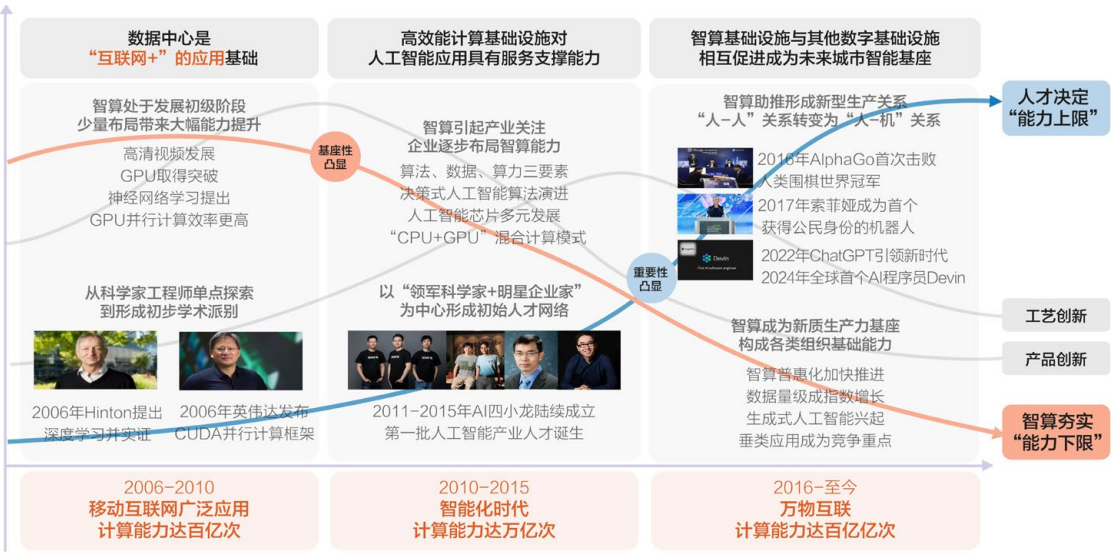


图 2 基于A-U模型的“智算-人才”演进曲线

从人才演变的节奏看，随着智算普惠化进程加快推进，智算资源获取和应用难度降低，组织人才成为决定智算能力的上限。2006年Hinton提出深度学习并实证验证，英伟达发布CUDA并行计算框架，正式拉开智算发展的序幕，这一阶段的发展主要聚焦实验室研究和小规模产业应用，并以科学家、工程师的单点探索为起点，逐步扩展形成智算学术体系。2010年起，“视觉四小龙”相继成立，以其创始人为中心，围绕领军科学家和明星企业家，开始组织扩展形成第一批智算人才网络和团队，成为后续人工

智能发展的组织人才基础。2016年，AlphaGo首次击败人类围棋世界冠军，开启了智算发展的新阶段，ChatGPT更进一步引发新的热潮；随着机器人“索菲娅”获得公民身份、全球首个人工智能程序员问世，传统的“人-人”生产关系向“人-机”生产关系转变。展望未来，在智算成为基础的背景下，人才的主观能动性将进一步放大，作为智算能力构建的核心要素，有望成为组织能力的“上限”。

1.2 智算行业应用

1.2.1 引领产业升级

在人工智能和实体经济深度融合、“人工智能+”加快推进的背景下，传统模式下的制造业已经转型升级到以数据驱动发展的新阶段，作为海量数据处理的基础，智算已经成为“新基建”的底层核心技术，与5G、工业互联网等紧密融合，引领产业转型升级。

政策规划加快智算赋能，国务院陆续发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》、《新一代人工智能发展规划》、《国家智能制造业标准体系建设指南》、《5G全连接工厂建设指南》等相关政策，进一步加快了智算等技术向工业生产各领域各环节深度拓展。**数据平台夯实转型升级基座**，包含数据汇聚、数据开发、数据存储、数据资产管理、数据服务等能力，强调资源整合、集中配置、能力沉淀、分布执行的运作机制。目前制造业数据治理差异较大，矿山等领域数据标准化困难、耗时费力、数据融合分析水平低、数据共享意愿低，智能网联汽车领域数据聚集规模效应不断放大，但也面临数据泄露、毁损、丢失、篡改、误用、滥用等风险。**云边协同成为重要路径**，随着精确泛在感知能力的发展，现场生成的数据量越来越大，全部传输到云端不仅大幅增加了网络通信负担，效率低下，且难以满足实时交互的要求。边缘计算装置将成为制造业安全生产感知和快速决策响应的重要载体，通过云边协同可以有效实现云端复杂大数据分析、模型训练、算法更新，边缘端负责基于就地信息进行数据计算存储和传输功能。**组织人才转型包袱较重**，传统制造业转型相对滞后，有大量“脏苦累”场景，年长职工数量较多，对智算了解较少，转型包袱较重；智算场景建设需要大量专业人才，智能采矿、自动驾驶等专业属于交叉学科，需要大量具备制造知识、信息技术、企业管理能力的复合型高新技术人才，但现阶段这类人才储备不足。

智算引领产业升级	国家战略	数据资源	算力需求	组织人才
	以智算为基础 加快“人工智能+”落地	数据整合、标准化、 共享等存在较大困难	智算需求大幅提升 智算能力需要与行业结合	复合人才需求旺盛 传统人才转型包袱较重
智慧矿山	• 呈现智能化、绿色化发展趋势 • 加快“5G+工业互联网”新技术新场景新模式深度拓展	• 强调资源整合、集中配置、能力沉淀、分布执行的运作机制 • 数据标准化困难、耗时费力、融合分析水平低、共享意愿低等问题	• 计算装置成为安全生产感知和快速决策响应的重要载体 • 云边协同，云端复杂分析、模型训练，边缘端就地计算存储和传输	• 智能采矿专业属于交叉学科，复合型人才储备不足
智能网联汽车	• 核心技术水平提升及基础设施完善，市场竞争愈加激烈 • 鼓励整车制造、交通运输、信息交通通信、电子交通互联等多领域创新	• 用户数量增加，车联网领域数据聚集规模效应不断放大 • 数据面临泄露、毁损、丢失、篡改、误用、滥用等风险	• 智能驾驶等级提升对算力需求呈现指数级提升 • 车辆除了转向控制、加速减速外还进行驾驶环境检测，带来极大算力要求	• 需求呈多元化趋势，电池、自动驾驶和车联网对高精尖人才需求迫切 • 人才需求存在较大缺口，尤其缺乏具备IT背景的人才
智慧港口	• 技术水平和应用规模等位居国际前列 • 推进智能感知设备部署应用、信息通信技术融合应用	• 打造数据服务、算法为一体的“数据大脑”提升资源整合和综合治理水平 • 缺少多样场景且有标注的数据	• 货物流动、航行靠泊、货主交易等对算力提出需求 • 发展落后地区资金储备难以承担设施建设	• 港口工人需要完成智能化模式转变和技能提升

图 3 智算引领产业升级

1.2.2 服务保障民生

当前大模型发展取得实质性突破，加速迈入规模应用的新阶段，医疗健康、教育、金融、法律等领域均有相应的垂直领域生成式人工智能应用，对智算能力需求随之高涨，推动人工智能从助力千行百业提质增效的辅助手段，升级为支撑经济社会转型升级不可或缺的基础设施和核心能力。

围绕普惠化加快智算应用，医疗、金融等行业智慧化发展需要通过数字技术赋能，提升服务和管理水平，并且通过远程网络连接的方式实现资源均衡化。例如，《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》等政策重点布局医疗、金融等行业发展效能提质提速，在基础设施建设、产业生态建设方面新增重点任务。**数据资源丰富**，服务业虽然场景丰富、数据充分，但由于完整性不高、信息系统差异大、用户安全隐私考虑等问题，数据孤岛问题尚未得到突破性解决。例如，医疗领域，尽管公立医院掌握了大量的医疗资源和用户诊疗数据，各地临床工作中数据共享需求也日益强烈，但大多机构还是对数据共享持观望态度。**行业算力需求差异明显**，民生服务行业领域较多，算力需求差异较大，例如，由于受到高性能GPU禁售、医疗机构安全保密要求、模型效率问题的影响，医疗机构大模型的算力支撑主要通过企业合作、自建算力平台或租用云服务器来满足需求；金融体系细分领域众多，应用场景丰富且数据质量相对高，通过提供快速准确的信息和自动化的任务处理来影响金融行业。**人才转型经验有待提炼推广**，服务业智算转型进程较快，在数字化浪潮下，新兴技术与医疗、金融、商贸等产业深度融合，产生了相交叉的领域，培育了一批复合型人才。如何将跨界能力、数字技能、创新精神和管理能力培育的经验提炼和推广，进一步扩散到更大范围、更多领域，将成为服务业智算人才转型的新课题。

智算服务民生保障	国家战略	数据资源	算力需求	组织人才
	加快服务保障民生	数据资源丰富 碎片化特征明显	行业算力需求 差异较大	组织人才转型经验 有待提炼推广
智慧医疗	• 通过数字技术赋能，提升诊疗、服务和管理水平	• 数据完整性不高、数据标准规范不统一、信息系统差异大	• 算力与医疗领域融合迈入加速阶段 • 企业合作、自建或租用云服务器满足算力需求	• 跨医疗与信息化交叉领域复合型人才短缺
智慧金融	• 政策持续利好助力下，迈入自主创新、效能深化、提质提速新阶段，金融与智算融合发展	• 账户、产品、交易等结构化数据，语音、图像、视频等非结构化数据 • 非结构化数据剧增、数据碎片化等	• 通过提供快速准确的信息和自动化的任务处理能力影响金融行业	• 具备跨界能力、数字化技能、创新精神和风险管理能力
智慧教育	• 基础教育、高等教育和职业教育不同层次实现 • 个性化学习、终身化学习扩大优质教育覆盖面	• 数据复杂化、管理待完善、数据应用难和组织内部共识程度低	• 从“简单应用”走向“深度融合” • 智能导师、智慧学伴、智能评测等	• 提升教师的数字素养，包含智能意识、智能技术知识技能、智能应用、社会责任和专业发展

图 4 智算服务民生保障

1.2.3 提升治理效能

人工智能和AI大模型技术的快速发展，不仅能够满足城市对治理技术的需求，也能从更深层次变革社会治理模式。在城市的智能升级建设中，智算已经在城市治理、政务服务、智慧交通等多个领域实现落地，助力城市智能化建设，推动城市从“治理”到“智理”的转变。

部署推进数字政府平台建设，我国作出了数字中国建设、国家大数据、文化数字化等战略部署，《数字中国建设整体布局规划》《关于加强数字政府建设的指导意见》《全国一体化政务大数据体系建设指南》等政策规划为数字政府建设打造了健康有序的发展环境，指导形成了政务服务、“互联网+监管”和政府信息发布等一批相对成形、在实际工作中发挥显著作用的数字化综合平台。**治理领域数据共享不充分**，现阶段治理数据相关信息制度不完备，有些部门对数据和规定不甚了解，信息数据尚未实现融合交流、资源质量无法得到切实保障，使得数字政府的建设缺少融合、灵活的多元部门协作办公平台，进而抑制了政府信息与数据的开放共享。**海量数据强化算力需求**，大模型在数字政府领域的探索应用越来越丰富，与政府数据和行业深度结合后，将大大提升政府决策的科学性、助力服务效能的优化、智能化进行数据治理，将会对算力产生海量需求。**复合型人才正加快培养**，数字政府、智能交通为代表的治理领域向纵深推进，要求投入更高数字技能水平和专业化知识的数字化人才，部分人员逐渐暴露出智算知识储备不足、应用能力有限、工具与软件操作不熟等问题，尤其是能引领技术发展、引领场景变革的领军人才极其缺乏。

智算提升治理效率	国家战略	数据资源	算力需求	组织人才
	部署推进数字政府平台建设	治理领域数据共享不充分	海量数据强化算力需求	复合型人才缺失
数字政府	• 发布规划及指导意见打造健康有序的发展环境 • 政务服务、“互联网+监管”和政府信息发布等数字化综合平台	• 数据共享不充分，相关信息制度不完备 • 政府数据开放效率有待提升，公开渠道待拓宽 • 数据尚未实现融合	• 替代部分人工工作提升政务服务效能，实现智能办事 • 分析和预测个性化需求，提供更加针对性的政务服务	• 具备良好数字素养的公务员、数字技术人才及熟悉政府业务与数字技术的复合型人才短缺
智慧交通	• 发布系列政策，优化城市交通网络布局，大力发展智慧交通	• 前端传感器接口标准不一致，加大数据获取难度 • 敏感数据使用权和所有权界定标准不一致 • 保密隐私数据无法分享	• 成熟应用集中在交通出行助手、交通监控管理、智慧交通调度规划和自动驾驶辅助 • 对算力产生海量需求	• 复合型人才供需矛盾较突出 • 缺乏能引领技术发展、行业与产业变革的领军人才

图 5 智算提升治理效能

1.3 智算人才意义

人才往往是推动技术革新与产业发展的关键要素。智算人才与产业演进相互促进，业技融合的复合型人才需求进一步凸显，跨界人才成为当前时代的鲜明特征。传统人才转型协同新型工业化共同推进，加快智算赋能传统产业；创新人才培育引领新质生产力塑造，推动新兴业态广泛应用、深度赋能。

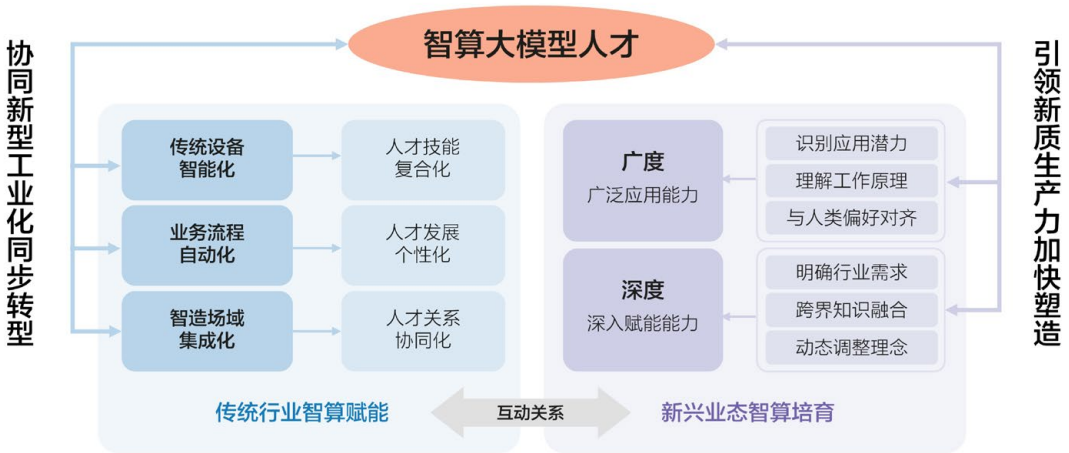


图 6 智算人才发展路径

1.3.1 人才协同转型，加快智算赋能新型工业化

传统设备智能化推动人才技能复合化。智算驱动设备从单点智能向群体智能转变，设备之间形成数据连接，大模型通过数据分析和处理，改变传统企业的生产模式。在传统设备智能化的背景下，人才技能需求也向业技融合的复合型人才转型。一方面，技术人员需要学习新知识和新技术，掌握设备运行机制，厘清技术和算法原理，以便驾驭智能环境中出现的各类智能设备，对其进行操作和维护；另一方面，技术人员需要推动自身原有技能高移，提升个人素质，在操作智能设备的基础上，对智能系统进行观察，对智造数据进行分析，综合保障整个行业生产链稳定且高效地运行。

业务流程自动化推动人才发展个性化。智算能够使设备自动执行原本需要人工完成的任务和流程，极大地将人才从原有的重复性和标准化程度较高的工作中解放出来，大幅提升了工作效率。例如，客服机器人融合大模型能力，自动回答客户查询，减少人工客服的工作量；在金融行业，大模型自动化交易决策，提高效率和盈利能力。然而，在解放人的同时，智算能力的引入也要求人才充分发挥主观能动性，更多地将创造力转移到设备无法施展的工作领域，从事复杂性、灵活性与社交性较高的工作，展现人类智慧的独特性，在差异中寻找定位，实现个性化发展。

智造场域集成化推动人才关系协同化。智算能力的产生和发展，将智造场域中的生产要素进行了集约集聚，能够跨越空间的限制调动人才、融合技术和分析数据，加速了现实要素与数字要素的整合。例如，端云协同技术为教育智能化发展创造了机遇，云端基础大模型提供通用能力，师生随时随地获取教育资源，通过端侧个性化小模型、高性能推理加速实现个性化教学和精细化管理。但是，在智造场

域要素集成化的过程中，可能出现诸多无序紊乱和不可预测的突发情况，这就要求各类人才在对自身优势充分认知的基础上开展互助协作，突破个体局限性，融合个体异质性，发挥集体创造性，以应对智能技术发展的不确定性。

1.3.2 创新人才引领，推动智算塑造新质生产力

人才洞察力提升智能技术覆盖广度。新质生产力是创新起主导作用，摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径的先进生产力，智算大模型的通用性、泛化性与新质生产力高科技、高效能、高质量特征相匹配，为新质生产力提供了强大的认知能力。将行业特性与大模型能力结合是将新质生产力赋能千行百业的关键环节，首先需要精准描述问题并建立清晰的问题结构，以便大模型更好地理解问题。这一过程需要智算人才发挥洞察力，准确识别大模型的跨领域应用潜力，深入理解模型的工作原理，使其更好地处理多样化任务；通过跨界合作交流，促进不同领域知识的融合，增强对不同领域问题的认识，进行更专业的模型设计。创新人才通过以上方式可以扩展模型通用能力的广延边际，提升新质生产力的泛化性，在更多行业和场景落地。

人才专业性推动智能技术深入赋能。创新人才还可需根据特定领域需求提升智算技术的专用性，推动智能技术深入赋能。通过紧跟新理念动态趋势和新技术发展潮流，结合行业需求，进行大模型定制从而提升其表现的高效性和准确性，并及时对智算大模型进行更新迭代，保证其与当下的发展趋势相匹配。例如，从智能客服的发展演进来看，从基于规则的专家系统迈向基于知识的智能问答系统，再到基于机器学习的自然语言处理，一直到如今融合了智算大模型、具备初步的近似人类的交互和生成能力。这一过程中，模型参数量持续增长，模型架构改进，人们对场景的理解更加深入，智算人才将模型性能的优化与场景所需要的自然交互深入融合，同步推动模型与人类偏好对齐，更好地符合人类价值观。

02

智算人才概况

智算人才不仅仅是立足当下和面向未来的智算人才，也需要带动传统人才同步向智算时代人才转型。因此，智算人才的培育、发展、提升是复杂的系统工程，是政府、产业、院校多元主体共建的成果，政府部门加快宏观引导，产业主体持续夯实基础，高校院所创新孵化未来。

2.1 政策布局重点

2.1.1 人才成为各国智算布局重点

智算发展与社会的数字化建设紧密结合，全球竞争日趋白热化，总体形成中美领跑，欧洲、日本、韩国、澳大利亚等加快追赶，印度、巴西等国起步的全球竞争格局。作为全球各国经济社会发展的核心要素，智算获得全球各地区前瞻布局，其中，智算人才在主要国家和地区近期政策布局中获得更多关注，美国、中国、欧盟等国家和地区，都将智算人才作为智算相关政策布局的重点，在近期政策规划中予以凸显。

	时间	政策名称	算力	数据	算法	应用	人才	治理	生态
美国	2023.1	《AI风险管理框架》						●	
	2023.5	《国家人工智能研发战略计划》		●	●		●	●	
	2023.10	《关于安全、可靠和可信开发和使用人工智能的行政命令》				●	●	●	●
中国	2022.7	《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》	●	●	●	●	●	●	●
	2022.8	《关于支持建设新一代人工智能示范应用场景的通知》				●	●		
	2023.7	《生成式人工智能服务管理暂行办法》	●	●	●	●		●	
欧盟	2024.3	《人工智能法案》						●	●
加拿大	2022.6	《泛加拿大人工智能战略》第二阶段				●	●	●	●
	2022.11	《数字宪章实施法》		●				●	●
新加坡	2023.12	国家人工智能战略2.0（NAIS2.0）	●	●			●	●	
	2024.1	《生成式人工智能治理的模型人工智能治理框架草案》		●	●	●		●	
德国	2023.2	《未来研究与创新战略》		●	●	●	●		
	2023.4	《德国人工智能标准化路线图（第2版）》	●	●	●	●	●	●	
	2023.11	《人工智能行动计划》	●	●	●	●	●	●	

图 7 主要国家/地区近期智算政策涉及维度

主要国家/地区智算人才发展的政策举措大致可分为增加人才数量、增进人才质量、完善人才保障三大类别，其中增加智算人才数量主要从引进人才和培育人才两方面入手，构建本国智算人才，夯实产业核心竞争力；增进人才质量主要以现有人才为基础，通过职业培训等方式，加快传统人才转型，针对性培养技术短缺人才，为调整人才结构、充实人才队伍提供外部推力；完善人才保障主要通过提供创新环境、组建创新主体，促进人才内部交流从而形成人才合理分布的内生动力。

美国发挥智算领域的全面优势，通过补助金和奖金的形式吸引和留住人才，将人工智能纳入国民教育体系，发展公共数据资源和多元化社区，全面推进智算人才布局。**英国**通过对人工智能生态的投入力度，政产学研联合推动人工智能高等教育建设，激发更多创新产出并将创新氛围扩散至更广泛的群体。**德国**关注学术和职业型人工智能人才的并行发展，鼓励高校教师运用人工智能技术进行教学，还通过提高工资的方式对人工智能专业的教授进行激励。**日本**以官民合作为主要导向，以高端人才作为

领头羊，构建多层级人工智能人才培育体系，让每个人都有成为智算人才的机会。**中国**强化高端人才引进，创新产学研合作培养模式，共同培养跨学科的交叉复合型人才和工程型人才，增强高水平人才供给。

	增加人才数量		增进人才质量	完善人才保障
	引进人才	培育人才		
美国 **全面推进智算人才布局，着力将人才留存在美国**	• 《未来20年美国人工智能研究路线图》：授予高级别研究生学位补助金并实施人才留存计划	• 国家人工智能安全委员会《最终报告》：加大基础教育和技能再培训投资 • 《国家人工智能研究和发展战略计划》：制定人工智能教学材料研发策略	• 美国国家人工智能安全委员会（NSCAI）《最终报告》：对改革课程进行立法 • 美国国土安全部聘请50名人工智能技术专家组建“人工智能团队”	• 《国家人工智能研究和发展战略计划》提出发展用于人工智能训练和测试的共享公共数据集和环境 • 联邦机构和高等教育机构及企业合作成立7家国家人工智能研究所 • 成立人工智能安全研究联盟 • （AISIC）支持跨领域合作
英国 **推动高等教育建设和高层次研究合作，将创新氛围扩散至更广泛群体**	• 《人工智能行业协议》：投入10亿英镑吸引人才、企业和研究机构参与到人工智能创新和商业应用中	• 《人工智能行业协议》：投入10亿英镑吸引人才、企业和研究机构参与到人工智能创新和商业应用中	/	• 《国家人工智能战略》：启动国家人工智能研究和创新计划，促进研究人员之间的协调和合作 • 2024年投入9000万英镑启动9个新人工智能研究中心，重点支持医疗保健、化学和数学等领域的人工智能应用研究
德国 **关注学术和职业型人才并行发展，激励多类别人才培养**	• 2020年更新《联邦政府人工智能战略》：强化学术型和职业型人才培养，加强对青年研究人员的资助	• 设立人工智能奖项“人工智能德国造” • 将人工智能相关知识和技术作为高校学术研究人员的必备能力	• 依托“卓越大学计划”“终身教职计划”新增人工智能教授席位，并提高教授工资水平 • 构建职业教育人工智能在线技能提升网站，开展“职业教育数字平台”创新挑战赛 • 每年资助柏林学习和数据基础研究所（BIFOLD）等5个研究中心，培养和吸引人工智能专业人才	• 德国人工智能研究中心（DFKI）获得联邦教育及研究部每年提供的1100万欧元资金。6个研究中心共同促进科研人员在网络内交流研究成果
日本 **以官民合作为导向，以高端人才为领头羊，构建多层级培育体系**	• 2020年东京大学和软银公司成立超越人工智能研究所，计划从东京大学和世界各地大学招募150名人工智能相关领域研究人员，开展人工智能基础研究和应用研究	• 建立包含素养教育、应用基础教育、专家型人才培养的多层级人才培养体系 • 将数理科学、数据科学、人工智能教育作为“社会5.0时代”的基础教育内容	• 文部科学省“数学科学、数据科学、人工智能高等教育认证计划”（MDASH）鼓励大学、大专院校开设人工智能课程，制定人工智能专业人才培养计划，推进产教融合，重视高端人才和应用型人才培养 • 《统合创新战略2023》：强化探索式教育、STEM教育和创业教育，支持大学和高职院校改革	• 《人工智能战略2022》：构建国际化的人工智能研究教育、社会基础网络，并以研发尖端人工智能技术为目标，建设一批吸引全球优秀人才的人工智能研究基地 • 《统合创新战略2023》：制定区域官民合作中长期发展路线图，推进区域核心和特色大学产学合作和开放创新，建立核心基地培养人才等
中国 **强化高端人才引进，创新合作培养模式，培养跨学科交叉复合和工程型人才**	• 《人形机器人创新发展指导意见》：加强高端人才海外交流引进，健全人才服务体系，确保人才引得来、留得住 • 《加快数字人才培育支撑数字经济发展行动方案（2024－2026年）》：加大对数字人才倾斜力度，引进海外高层次数字人才	• 《人形机器人创新发展指导意见》：共同培养跨学科的交叉复合型人才和工程型人才；在人工智能学科专业教学中设置场景创新类专业课程 • 《加快数字人才培育支撑数字经济发展行动方案（2024－2026年）》：实施数字技术工程师培育项目，重点围绕人工智能等数字领域新职业	• 《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》：鼓励开展场景创新人才培训，培养一批具有场景创新意识和能力的专业人才 • 《人形机器人创新发展指导意见》：加强职业教育、技术再培训等，大力培育产业应用型人才 • 《加快数字人才培育支撑数字经济发展行动方案（2024－2026年）》：专业技术人才知识更新工程、高技能领军人才培育计划等人才工程向数字领域倾斜；加强数字领域博士后科研流动站、工作站建设，加大博士后人才培养力度	• 《人形机器人创新发展指导意见》：支持建设人形机器人重点实验室、制造业创新中心，成立人形机器人百人会等行业组织，建设人形机器人开源社区 • 《加快数字人才培育支撑数字经济发展行动方案（2024－2026年）》：加快建设一批数字经济领域专业性国家级人才市场，建设数字人才孵化器、产业园、人力资源服务园，培育发展一批数字化人力资源服务企业为数字人才流动、求职、就业提供人事档案基本公共服务

图 8 主要国家智算人才政策典型举措

2.1.2 智算时代就业冲击的两面性

就业是民生之本、发展之基和财富之源，通过充分就业，可以沟通社会需求和供给，连接生产、交换、分配和消费，高质量的充分就业能够高效支撑实体经济发展，提高全要素生产率。智算推动形成新质生产力，赋能产业进入新发展阶段，必然会加速就业市场调整，需要对就业冲击做出合理预期和政策布局。

智算对工作任务的影响存在替代效应和吸纳效应两方面。替代效应表现为智算引发现有工作模式的变化，一方面，智算能力辅助人类脑力劳动，以往的技术创新多倾向于取代体力劳动，比如以机器人取代流水线上的重复劳动，智算时代大模型能力模拟人类思维，一些脑力劳动也可以由机器自动实现。例如，《科学》杂志的一篇文章显示，ChatGPT能够显著提升人们的写作效率，平均节约40%的写作时间，输出质量平均提高18%。另一方面，智算能力促进工作模式的转变，在当前发展阶段，智算能力的使用仍具备一定门槛，一些与智算关联度较高的从业者能够从中获益，与智算关联度较低的从业者需要获得更多的帮助。例如，当前具备大规模集群构建能力的人才严重不足，市场需求旺盛，对传统数据中心人才能力转型的要求更加迫切。

吸纳效应表现为智算创造工作机会，一方面，智算能力创造新增岗位，全球企业正加速在智算大模型领域的布局，对应将增长智算相关的工作机会。Gartner预计，在2026年将有超过80%的企业使用生成式AI应用程序编程接口（API）或模型，或者在相关生产环境中部署支持生成式AI的应用程序，这一比例在2023年还不到5%。与此对应，提示词工程师、人工智能训练师、AI教育师、AI伦理师、AI艺术家等等新职业、新岗位接连出现，例如，AI伦理师要制定和监督AI技术的道德和法律规范，AI艺术家要负责利用AI技术创作出具有美感和创意的艺术作品等。这些岗位都需要具备跨学科的知识和能力。另一方面，智算能力扩大就业规模。以智算为代表的新质生产力，能够不断拓展和扩大生产边界，催生新产业、新模式、新动能，推动产业体系优化发展，促进全要素生产率的提升，随着经济的发展提升，就业需求将不断扩大。世界银行的研究发现，当互联网更普及化时，整体工作岗位的需求可能会增加13%，企业的出口额几乎能翻两番，也有助于减少极端贫困。

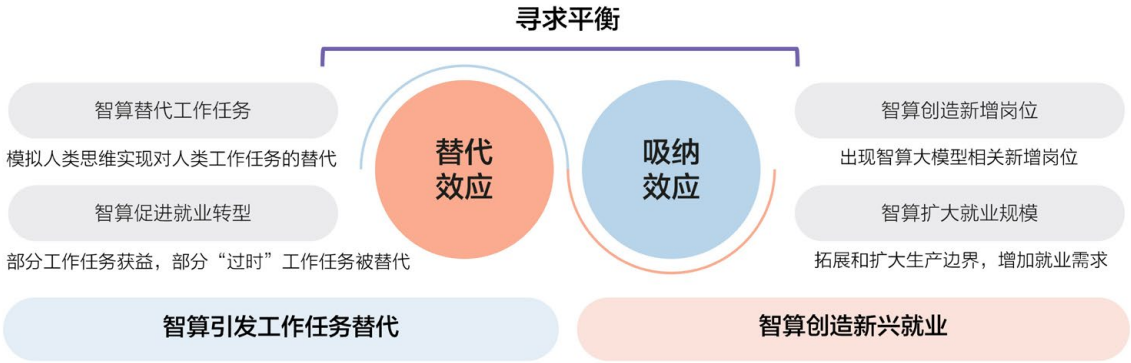


图 9 智算对工作机会的影响

智算对工作任务的冲击程度本质上取决于替代效应与吸纳效应之间的平衡。短期内，智算对工作任务的直接影响尚未完全显现，可能导致工作任务需求两极化分布。远期看，所有工作任务都存在智算转型需求，人与智算的边界模糊化，人机融合和新型“人-机”劳动关系会成为热点，磨合过程需要更多关注。相对理想的状态是在替代效应和吸纳效应间总体保持均衡。

2.2 行业供需特征

2.2.1 人才需求持续增长

智算人才需求持续增长，经历“培育–扩大–倍增”三阶段发展，成为牵引人工智能发展的主要力量。根据猎聘《AIGC就业趋势大数据报告2023》有关AI和AIGC人才需求的趋势分析，智算人才需求持续增长，并大致经历“培育-扩大-倍增”三个发展阶段：培育阶段自2020年一季度至2021年三季度，人工智能与智算的需求趋势相近，具体表现为职位数量增长变化情况不相上下。扩大阶段自2021年三季度至2022年四季度，智算人才需求总体处于持续增长态势，2022年四季度新发职位数是2020年一季度的4.11倍；相比之下，人工智能人才需求稳中有跌，新发职位数增速相对放缓，是2020年一季度的2.25倍。倍增阶段自2022年四季度开始，得益于ChatGPT的火爆，智算人才需求进一步放大，2023年一季度已达到三年前同期的5.6倍，而人工智能人才需求不到2倍；2023年1-8月，智算新发职位同比增长达139.76%。

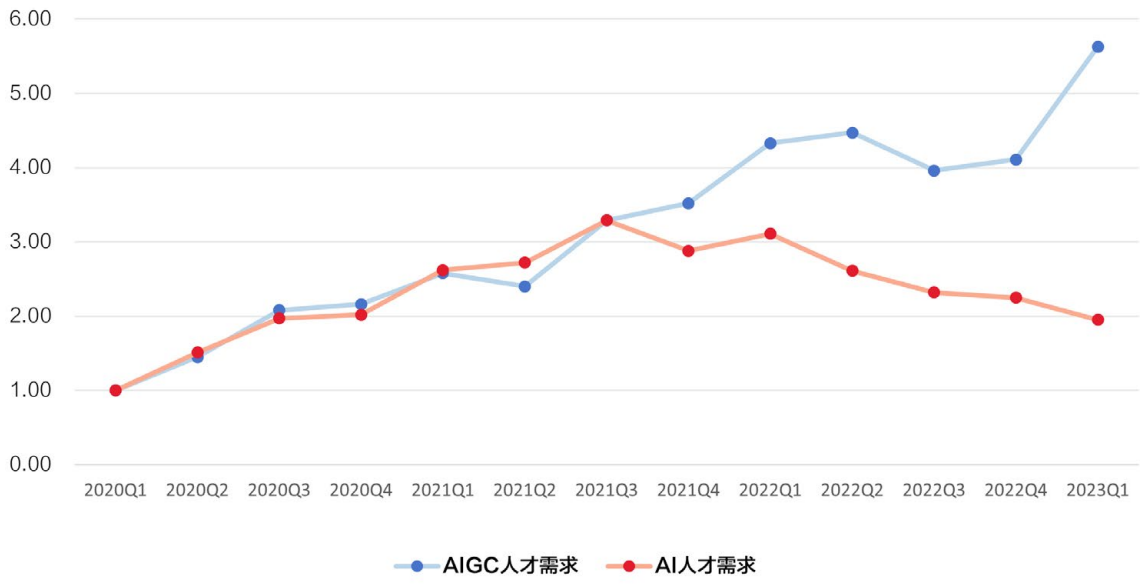


图 10 AI与AIGC人才需求趋势对比

数据来源：猎聘

2.2.2 空间集聚效应显现

智算人才空间集聚效应明显，需求前三位省市合计占比超过50%。北上广深杭基于较好的互联网和人工智能产业基础，聚集了大量高科技公司，在大模型浪潮中率先发力，截止2024年5月，据不完全统计，全国共有130家企业和机构完成生成式人工智能服务备案，其中北京、上海、广东位居前三位，也引发了较为旺盛的智算人才需求。根据猎聘有关AICG新发职位需求的分析，智算（以AIGC为代表）职位需求旺盛，2023年1-8月，北京新发智算职位占比超25%，上海位居第二，北京、上海合计占比接近50%，与大模型备案情况相近；深圳、杭州、广州位居第三至第五位，其他城市占比均低于3%，新发智算职位数前十的城市合计占比接近90%，体现出与人工智能产业分布相似的高度集聚特征。

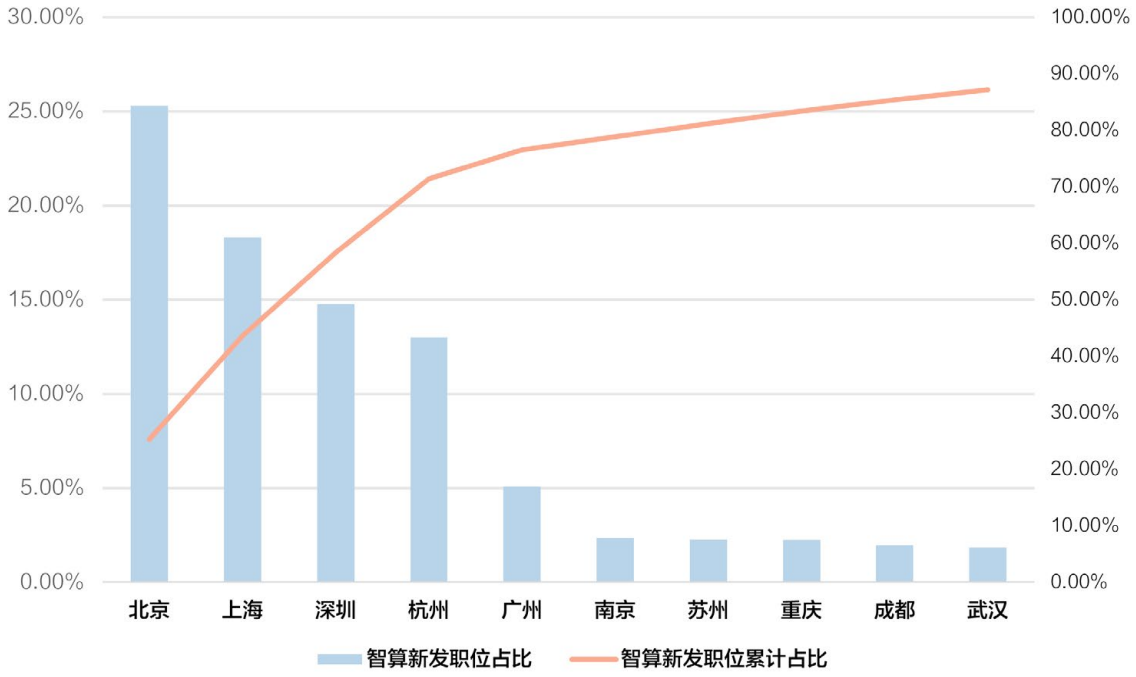


图 11 智算新发职位数前十省市

数据来源：根据猎聘《AIGC及其产业链人才需求大数据报告2023》数据整理

2.2.3 垂类人才加快培育

智算正加速向垂直行业渗透，垂类领域智算人才供需矛盾凸显，传统行业企业转型存在困境。根据猎聘有关AICG新发职位行业分布数据，智算（以AIGC为代表）人才需求存在行业差异，在需求侧，IT/互联网/游戏行业的智算新发职位占比最多，达到62.23%，汽车、电子/通信/半导体、科研技术/商务服务行业的AIGC新发职位占比位居第二至第四，分别占比9.29%、6.47%、6.14%，其中科研技术/商务服务业智算岗位增长最快（达到211.86%），其他行业的占比均小于6%。在供给侧，来自互联

网行业的人才占比居首（占比12.67%），计算机软件和整车制造位居第二、第三，占比为9.78%、9.47%，金融、IT服务、云计算/大数据等领域也有一定规模的智算人才储备。在智算能力的实际构建中，传统行业企业面临复合型人才短缺难题，如何构建跨部门、跨专业、高耦合的创新团队成为难题，企业在组建方法、协同模式、目标任务、考核评价、转化方式等方面存在诸多困惑。三峡上海院、上汽集团旗下延锋内饰等传统行业企业通过成立AI团队、孵化成立科技子公司、重新梳理和定位职能结构等形式推动跨部门、跨领域的协同合作。

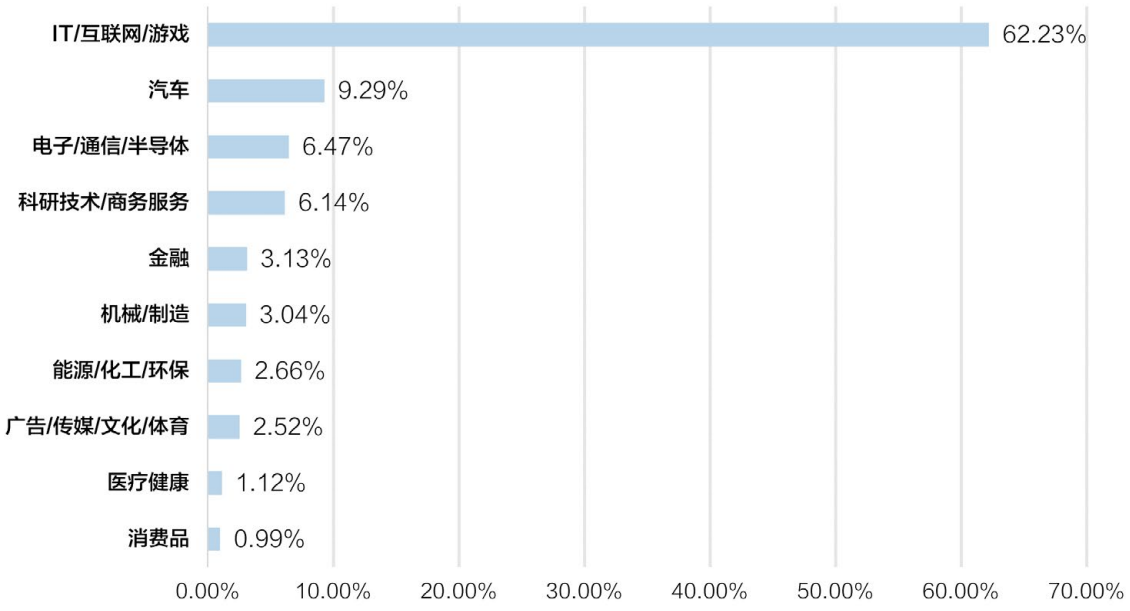


图 12 智算新发岗位行业分布

数据来源：根据猎聘《AIGC及其产业链人才需求大数据报告2023》数据整理

2.3 高校培养机制

世界主要国家高校院所参与智算人才培养具有一定共性，重点强调应用能力、产学研合作生态和全民终身学习参与：一是课程体系设置方面注重多学科交叉，从通识教育和专业教育两方面入手提升学生的人工智能应用能力；二是通过校企合作推进科研算力服务，以产学研合作的方式建立智算人才培训基地，通过三方合力，利用各主体资源，发挥各主体优势，完善人才培养生态，为智算人才发展提供良好环境；三是强调形成对AI知识的全民终身学习，推进人工智能思维形成的低龄化、普遍化。**同时，各国人工智能人才培养政策也存在较为明显区域特色：**美国注重教育中对人工智能技术进行可信建设、在高等教育中重视学生的学习体验并培养学生应对真实世界挑战的能力、并通过创新移民和签证制度吸引和留住高技能智算人才；加拿大和日本则将重视“人工智能研发网络”建设，以此构建完整的人才培养生态系统。

	举措	国内	国外
高校院所	协同搭建智算平台	国内企业与高校联合打造了遥感脑，智算平台等。	国外企业与高校构建人工智能超级计算机。
	师资力量培育	常态化教师数字素养培训。	强调应用人工智能进行教学时教师的重要性。
	建立教育可信标准	/	制定专门的教育指南和防护措施。以实现安全有效的教育人工智能应用。
	教材编写课程建设学科建设	MOOC 和数字教材建设、改革人才培养体系、实行本硕博贯通式培养、“数智 +”推进交叉专业建设、丰富跨学科类通识教育。	重视学生社会行为技能和高级认知能力的培养、“大挑战”问题成为创新课程的主要内容、学科交叉的知识组织模式。
	机构设置	成立人工智能发展相关的研究部门、智算人才培养基地等。	支持开源社区、不同专业领域的人工智能研究所等。
	深化国际合作交流	人工智能国际合作专项指标体系、国际合作培育专项、搭建 AI 支撑的多语言师生服务系统。	改革移民制度、创建针对 AI 技术的签证，以吸引和留住高技能 AI 人才。
职业学校	校企合作	与企业合作建立实训基地，提高学生的职业技能和职业素养。	突出人工智能理念的传递和培养，提高人工智能教育的普及性。
	课程设置	突出数字导向，融入数字技术，衔接前沿技术。将“人工智能 +”“互联网 +”融入到人才培养方案和课程内容中。	美国国家科学基金会（NSF）启动“EducateAI”计划，向 K-12、社区学院、四年制大学和研究生以及对人工智能正规培训感兴趣的成年人，提供高质量、适合受众的人工智能教育。
其他	智慧教育应用	推进教育数字化进程，建立国家中小学智慧教育平台。	建立适应数字时代发展的教育和培训系统。重新构想未来学校，充分发挥数字技术的教育红利。
	终身学习	建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国。	将智能化教育贯穿人生各个阶段。

表 1　国内外院所培养机制比较

03

智算与业务共生

企业数转智改不是信息化技术的简单升级，而是用数学思维和大数据、人工智能等新型数字化技术重构企业价值系统和商业逻辑的过程。从当前企业生产力要素来看，（大）数据要素及其之上的数据智能正在成为企业的技术系统的重要的解决方案，并驱动组织商业模式的改变。这一改变不是一蹴而就，而是一个长期的过程，需要将数据智能与业务适配并共同成长，到达共生的状态。为此，企业需要再次审视数据要素，开发“智算”工具以放大人的能力，构建企业的“智算”核心部件，形成智算与业务共生的新型商业模式，并找到一条智算与业务共生的演进之路。

3.1 数据要素成为主宰

随着信息技术、通信技术、数字化技术以及人工智能、机器学习等技术的飞速发展，全社会的数据以几何级数快速增长。数据要素在社会生产过程中所起的作用越来越大，成为机构、组织和个人的重要的资产和收益的来源，也成为“新质”经济的主要生产力之一。数据要素成为“新质经济”的主宰，因为21世纪，实体离开数据就会被这个世界边缘化，甚至被这个世界所抛弃。

数据要素按时间线经历企业内网、互联网、移动互联网、工业互联网和智能互联网等主要事件；而参与交流的人和物的关系主要有企业内部员工之间、企业实体之间、大众之间、机器到机器、智能代理之间等【见图13】。时间线与对象间关系的描述如下：

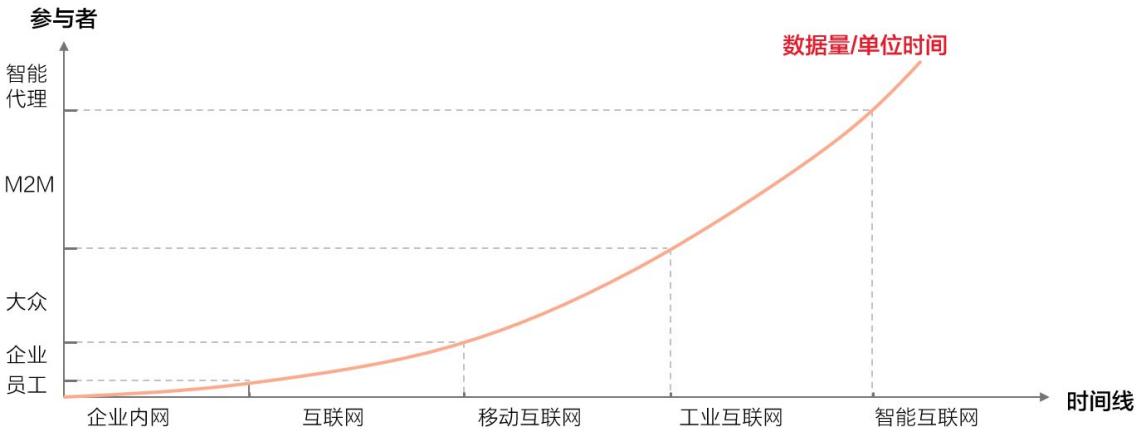


图 13 数据成为主宰

- **企业内网：**企业通过构建基于流程的信息系统，形成企业内部信息传递的网络，提升了企业的运作效率。其中信息内容主要由使用信息系统的员工生成，数据增长相对缓慢。
- **互联网：**随着互联网技术的成熟，企业纷纷构建企业门户网站，企业将自身的信息通过门户网站对外发布，同时也从互联网检索有用的信息。信息数据量得以快速增长。
- **移动互联网**：4G移动网络的全球部署和智能手机的全球应用，移动互联网蓬勃发展。人人都在通过各类移动应用(APPs)制作信息内容和消费信息内容。海量的数据及增长的速度，超出了企业仅依靠人来处理的能力，大数据技术进入了企业视野。
- **工业互联网：**5G网络加速基于物联网(IoT)的工业互联网的建设，行业生产设施及系统的物与物(M2M)之间的信息内容的产生、传递、加工、分析与决策，相对于人与人之间的信息内容的数量更为巨大且增长率会高出几何数量级。
- **智能互联网：**巨量的数据处理需求推动着人工智能与机器学习技术快速发展，随着通用人工智能技术的来临，人工智能生成内容（AIGC）和智能代理(AI Agent)的互联，形成了智能互联网的新模式，为全社会的数据增长又添加一支新的力量。

3.2 “智算”放大人的能力

巨量数据就像一个资源丰富的矿场，给组织带来大量的机会的同时，也对组织的生产过程造成了前所未有的冲击。数据的指数级增长与人的处理能力的几近对数式的平缓提升，形成巨大的差距，亟需新的技术来弥补【见图14】。

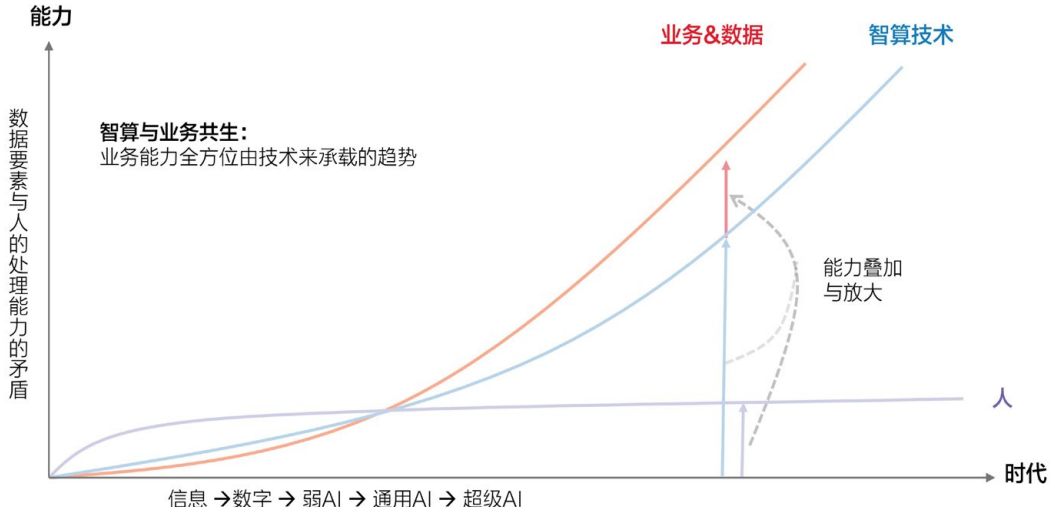


图 14 智算放大人的能力

与数据量的指数级增长、数据类型的急速扩展以及数据增速的几何提高相伴而行的是数据处理技术的快速发展。这些技术正在经历由信息技术、数字技术、弱人工智能，到现在的通用人智能，以及不久将会到来的超级人工智能的发展变化。这一技术的加速发展与数据都呈现出相近的增长曲线，弥补了人的处理能力的不足。人们可以通过掌握这些技术及其工具来放大人的能力，来填平人与数据的鸿沟。这些技术主要包括大数据技术、人工智能技术、机器学习技术、神经网络、深度学习和生成式人工智能，以及人工智能计算芯片与分布式算法算子等。

人工智能科学家和工程师们将这些复杂的技术封装为简明的算法模型，且这些模型具备极强的通用性，能够适应各类行业以及不同的场景，降低了行业组织对这些技术应用难度并且能够将其有效转化为生产力。我们将这些技术以及工程方法统称为“智算”，即智能计算的简称。我们尝试给智算下一个定义，如下：

智算是指利用智能芯片作为**算力**，采用（通用）算法模型，对海量数据进行巨量计算，进而产生模型**智力**，再通过推理转化为新质**生产力**的全计算过程。

简单地说，智算是**智能计算**过程，是新质生产力，它能够为企业创造新的价值。智算带来的最为显著的影响是，在改变传统的“业事”和“人事”之外，将“数事”演变为组织亟需对待的事情。组织新质生产方式就是围绕**智算**这一“新质生产力”而不断进行“业事”、“人事”和“数事”的处理【见图15】。**智算的本质是就将算力转成智力，再将智力转化为生产力。**智算使能组织在做任何事情的时候能够做到**“心中有数”**。

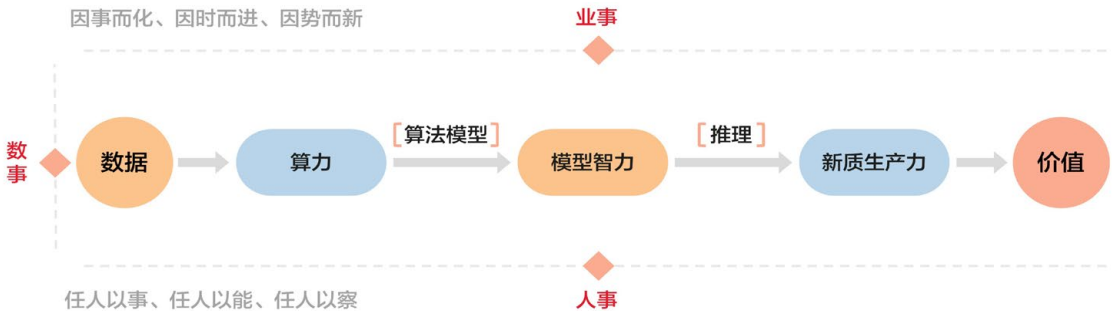


图 15 从算力到生产力，开启业事、数事、人事新篇章

3.3 智算与业务共生商业模式

智算让机器具备了人类的“智能”，这使得我们进入一个全新的世界。面对机器具备了“智能”，我们该如何做？特别是行业企业或机构组织，会面对全新的生存环境，只有先行适配智算技术，才能更好地适应环境，才能在竞争中立于不败之地。首先，在如何做之前，我们需要先行理解智算的本质是什么以及它在社会生产生活中会起什么样的作用？

3.3.1 智算的本质

要回答这两个问题，我们有必要再深入理解智算的智力本质。对于智力，中华字典中给出这样的定义，即智力是“认识、理解客观事物并运用知识，经验等解决问题的能力”。从这个定义中可以得出，智力表现在两个阶段：

1、解译、编码阶段（Encode Stage）：对从环境中收集到的信息进行解读并理解内在的含义或意图，即将输入的信息数据编码成意图；

2、译解、解码阶段（Decode Stage）：将理解的含义或意图以另一种解释形式表达出来，表现的方式可以是生成新的内容、做出推理判断、执行连贯的活动等，进而对环境做出有效的管控，即将意图解码为另一种形式。

前面的定义是适用于人的智力的描述，同样也与当前最为领先的机器学习模型—“转换器”（Transformers）模型相一致。简单地说，机器学习就是关于通过训练让计算机从数据中学习到知识并能够做出预测和决策。我们的古人就相信数据具有神奇的力量。例如，毕达哥斯的“万物皆数”说；祖冲之的“迟疾之率，非出神怪，有形可检，有数可推”的话。这些都表达可以从数据中学习到知识、智慧并能够做出推断的有关机器学习的思想萌芽。到了当代，伴随着计算机的出现，人们就尝试让计算机具备人的智能，并形成了一门新的人工智能学科。智算的智力本质就是随着人工智能、机器学习等技术的不断发展，使机器具备智力，即能够让计算机通过对数据的计算，达到认识、理解客观事物并运用已学到知识经验等解决实际问题。

为了方便进一步理解，可以将智算的智力形成过程与人的智力成长过程作个类比【见图16】。首先，他们都有一个物理实体作为智力的承载体，人有个智慧的大脑，里面有中枢神经系统，而智算需要一个算力底座，主要由智能芯片、存储器和网络设备构成；大脑神经网络是人类智慧的基础算法模型，而神经网络算法模型则是智算的基础算法模型；人和智算的智力都是通过对数据进行处理计算而得到的；智算通过监督学习和非监督学习生成预训练智慧模型，而人通过12年基础教育变成通识人才；智算的基础通用模型经过对行业数据再学习训练(微调)而形成行业模型，我们通常称其为行业的“千模百态”，体现了智算智力的专业化，而人类通过大学专业教育与实践，变成行业专业化人才。由此可见，人的智力发展与智算智力的发展过程，相似性是比较高的。

过程	智算	人
行业模型	千模百态（独特性）	行业专业人才（个性化）
精调/微调	行业数据 | 行业模型微调/精调	大学专业教程与教育、实习
预训练模型	基础通用模型	通识人才
预训练	非监督学习调 | 监督学习	感知、认知 | 中小学教育
数据	视频、图像、文字 | 音频、语言 | 其他传感数据	眼、耳、口、鼻、皮肤 （视频、图像、文字，音频、语言，其他感知数据）
算法模型	（算法）神经网络	（生物）神经网络
承载物	算力底座：智能芯片网络系统	大脑：神经系统

* 大脑本身就是一种计算

图 16 智算的智力形成过程与人的智力成长过程类比

3.3.2 智算与业务共生框架及意义

智算作为具备“智慧”的生产力因素，不同于以往的生产工具，需要企业一开始就要养成“任何对象可连接、任何应用可建模、任何决策可计算”的哲学观，也就是企业所有都汇聚在企业智算中。企业需要用这一哲学思想来指导企业的业务开展，需要一套工具框架来规范企业在智算时代下的工作方式。在这里，我们给出了以智算为核心的智算与业务共生的框架【见图17】。

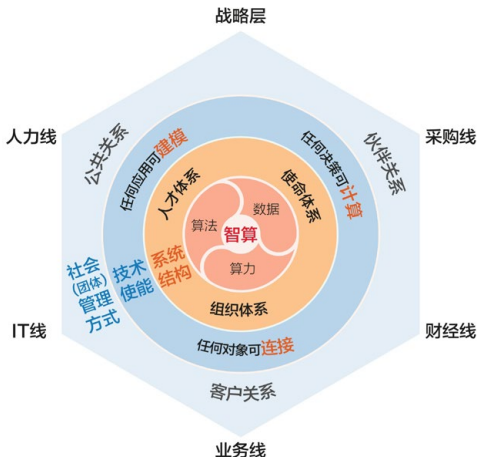


图 17 以智算为核心的智算与业务共生框架

组织智算与业务共生框架从组织即社会技术系统这一基本内涵出发，识别智算带来组织各类要素的变化及其关系的变化，以智算作为核心，充分发挥算力、算法和数据作为智算共生经济的新质生产力三要素的功能，驱动组织朝智算与业务共生的生态商业模式转型，重塑组织的系统性结构（即：使命

体系、组织体系、人才体系），明确组织的技术使能方向（即：连接、计算、建模），掌握组织社会管理的新方式（即：新型的客户关系、伙伴关系、公共关系），强化组织各功能（如：战略层、业务线、人力线、采购线、财经线及IT线等）之间无缝协同与协作。这一框架的意义表现为：

- **符合组织发展的内在逻辑：**组织发展本质上是技术驱动的。人类的技术发展是以几何级数爆炸性发展，千年计、百年计、十年计到年计，再到现在的日新月异。
- **揭示组织发展三维整体发展规律：**从组织的基本概念即“社会技术系统”出发。组织系统发展、组织技术发展和组织社会发展的协同。
- **帮助形成组织社会管理方式的智算新思维：**客户关系由多渠道互动方式转到智算新渠道统一体验控制方式，公共关系由信息交互方式转到智算共情新方式，伙伴关系由供给方式转向共生生态的智算能力互惠共赢方式。
- **帮助形成组织技术使能的智算新思维：**做到任何对象可连接、任何应用可建模、任何决策可计算。
- **帮助形成组织系统结构的智算新思维：**构建智算价值的使命体系，形成人机共事的智算组织体系，建设算力、算法、数据等智算能力平衡的人才体系。

3.3.3 智算的定位和作用

智算的作用不言而喻。数据已经成为我们现代社会生产和生活的关键因素和新的动能。事实是，对于个人来说，我们大家正在将更多的时间花费在生成数据或消费数据上面。我们不满足于简单地对数据进行分析处理，而是深层次投喂数据来训练智算的智能，使之成为能够足够了解自己的个性化智能助手，以提高自己制作数据水平和精准消费数据的能力，更进一步，能够做到人机密切协同，到达人机共生的境界。

对于组织机构而言，将智算的重要性放到组织的战略制高点都不言过。组织掌握和应用智算智能的能力的高低将决定其核心竞争能力的高低，更有甚者，这可能决定组织的存亡。因此，组织应优先将企业定位成智算优先型企业，而不是仅仅只是数据驱动型企业。组织对智算技术的实施和利用方式将放大组织的治理、文化、能力、人员技能及流程与技术成熟度等方面的优点、缺点以及正面与负面影响。智算正在改变组织的生产方式。我们正在经历由数字化生产方式向智能化生产方式转变。这两种生产方式具体描述如下：

- **数字化生产方式：**人+自动化，以“预先定制策略”的方式，让机器自动地从事生产；
- **智能化生产方式：**人+智算+自动化，以“自适应学习”的方式，让机器自主地从事生产。

用智算架起人与自动化之间的桥梁。“预先定制策略”不能够很好地适应当今剧烈动态变化的环境。组织需要利用智算的“自适应学习”的能力来加强组织的创新应变技能，通过智算的大规模实施将人员解放出来，使员工更加专注于创新及不断探求有竞争力的体验。

面对机器拥有了智慧，我们应该如何去做？首先，我们需要明确智算在组织中的位置；其次、我们还需要了解智算的引入会对企业当前的商业运作体系造成什么样的改变。学术界认为，组织就是一个开放系统，它从外部实体接受输入，通过内部主要的五大功能（包含市场、生产、交付、控制和支撑等）进行对资源加工，转化为有价值的产品和服务，并输出到外部实体。智算在组织中的终极定位是企业将智算作为组织运作体系的核心部件，由它接受外部的输入，自主调动各类资源，自动化加工成产品和服务，能做出恰当的决策，并将产品和服务交付给外部实体。这意味着企业运作体系最终转型为智算原生运作体系【见图18】。在智算原生运作体系中，原有的五大功能仍然存在，并保持同智算各部件的密切联系与协作。

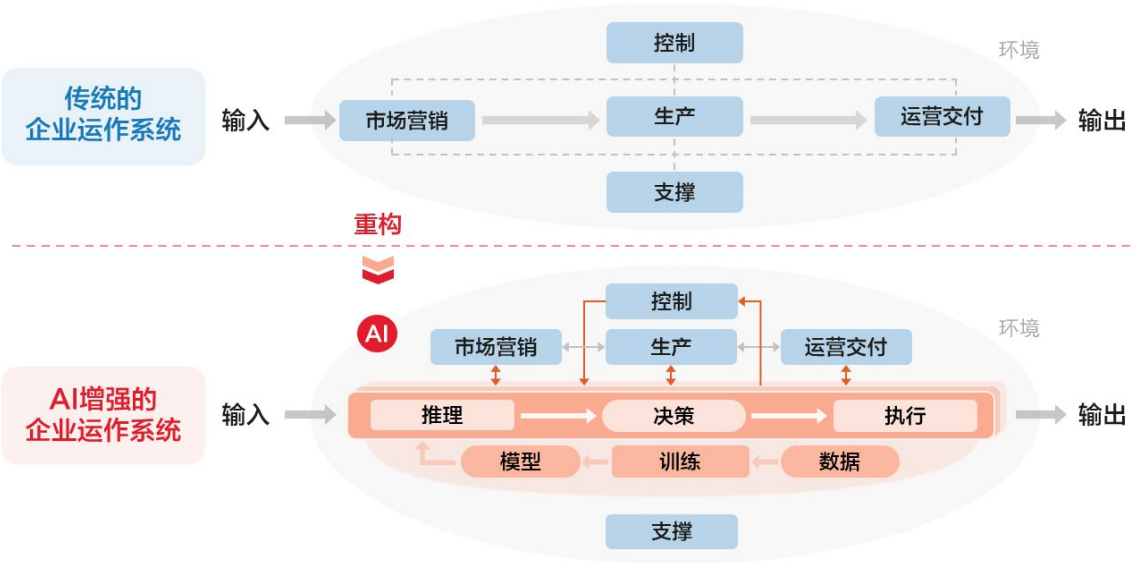


图 18 智算在组织开放系统中的定位及智算商业模式

通常，企业智算由两大部分构成，即智算智能训练部分和智算智能应用部分，其中智算智能训练部分包含数据、训练与模型三个子部件；智算智能应用部分包括推理、决策和执行三个子部件。各子部件描述如下：

- **数据：**为了能够使训练的智算智能具备较高的等级、安全、可靠并值得信赖，需要全面地采集组织内外的数据并对数据加以整理，去除隐私、偏见并脱敏，对数据进行标注，使数据成为组织的重要资产并进行全程治理与管理，确保数据资产被安全地使用。

- **训练：**训练主要有预训练、微调、提示词精调等。预训练是指选择好算法模型，在大规模无标注的数据进行自我监督学习，通过回归建模任务来训练出通用智能模型。微调是指在预训练后的模型的基础上，针对特定领域任务进行调优，即在特定领域的有标注的数据上进一步训练，调整模型参数以适应特定任务的要求。提示词精调是指对训练后模型的参数进行固定，通过在输入数据上增加训练的提示词来优化输出结果。

- **模型：**是指那些规模较大、参数量众多的深度神经网络模型，用于理解和生成特定内容，在领域内有着广泛的应用，因其强大的理解和生成能力，能够处理各种复杂的任务。模型以按学习训练的程度可以分为算法模型、基础模型、领域模型和应用模型。组织需要对模型进行运营、维护和管理。

- **推理：**是指利用训练好的模型，接受各类输入，执行各种推理任务（包括常识推理、数学推理、逻辑推理、因果推理、视觉推理、听觉推理、多模态推理、代理推理等），达到对输入的归纳、综合、推导、演绎、解释、预测并可以给出优选选项或可信的内容与结论。

- **决策：**是指将推理运用于动态环境中，能够不断学习、规划并做出决策。

- **执行：**是指在决策的基础上，能够按决测分解的相关任务集，调动资源执行指定的任务并能够依据任务的反馈做出恰当的修正。

从智算的组织定位，以及各部件功能与内外部件连接及关系，我们可以看出组织业务运作同智算智慧共同成长，形成共生关系。这种共生关系表现为：组织通过智算不断探索客观对象，并加强同它们的联系；通过建模不断构建新的应用或重构已有应用，以不断创造和优化服务与产品；通过智算对决策加以计算，提升决策的科学性，即对任何决策都能做到“心中有数”【见图19】。这揭示企业的智算生存哲学，即“任何对象可连接、任何应用可建模、任何决策可计算。”

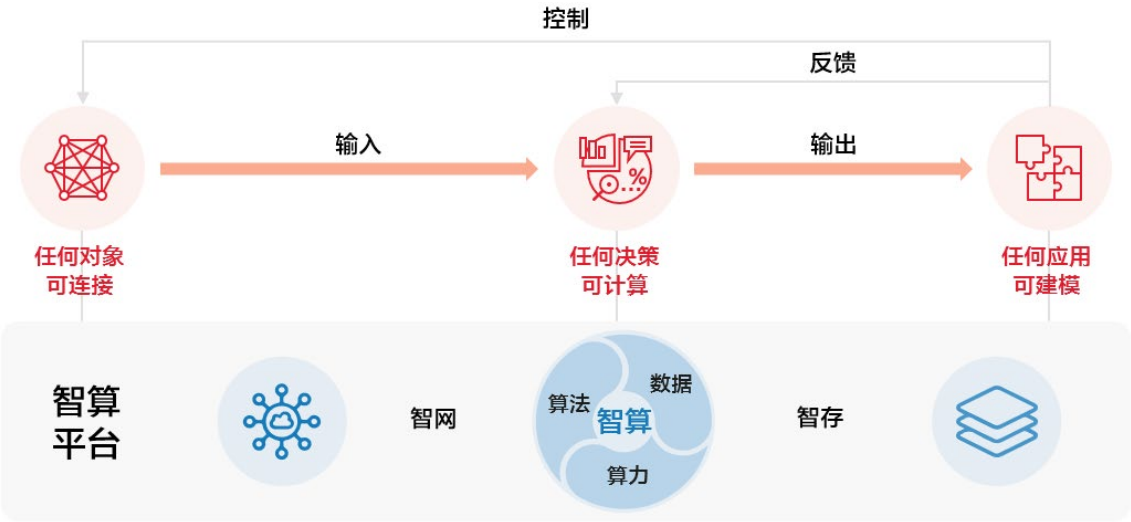


图 19 智算改变组织的生产方式

智算改变了组织的生产方式。智算的生产方式表现为：

- **连接：**所有的生产要素都可以连接起来，使信息与感知无死角；

- **计算：**所有的思考决策都可以基于对可信数据和知识进行科学计算而得出的，具备安全、可靠和值得信懒；

- **建模：**产品/服务即应用，一切的解决方案和行动归属于应用，一切应用都可以通过建模而智能生成，应用可以控制对象的行动并向决策做出反馈。通过建模构筑行动优势，使能智算提升业务运作效率和员工生产力。

客服+智算流程重塑案例

人工智能是一场变革，“流程+组织+数据+IT”端到端真正的变革

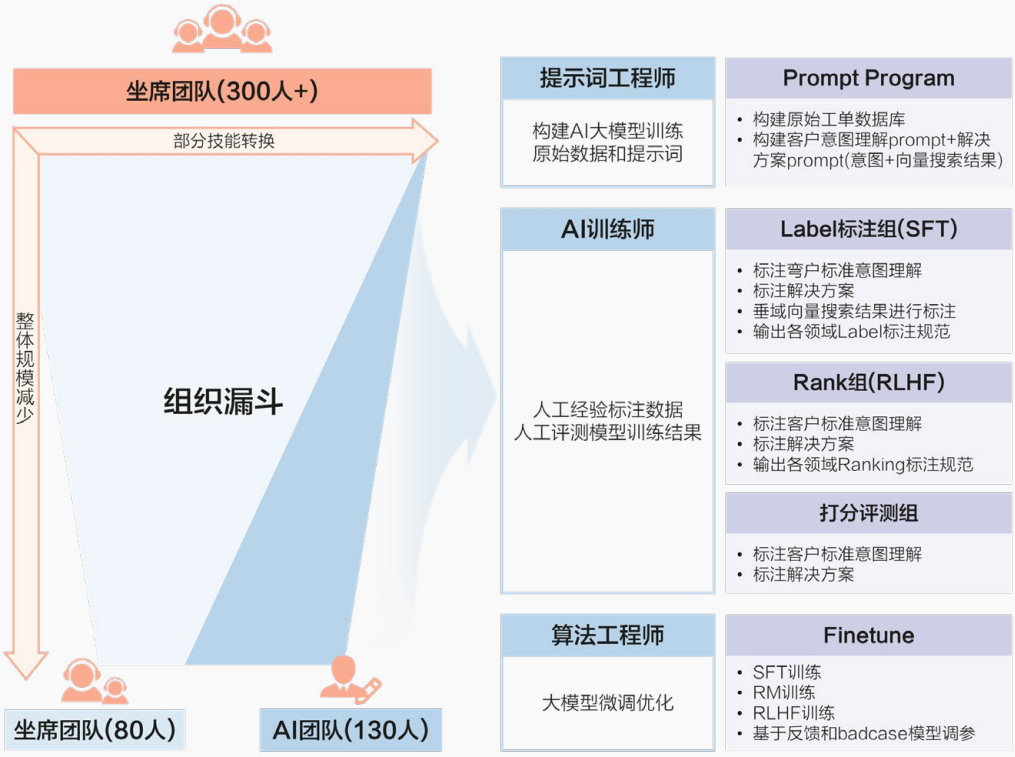
如大多数企业做法，通过知识融入作战专项，通过“知识辅助人”，显著提升作业效率；

当前模式下，人找知识 + 人回答问题，业务量逐年增加，提效困难，面临人力持续增长的压力，知识辅助人的模式下，“人效”提升乏力，该如何突破?

人工智能破局人力成本的解题思路：借助人工智能大模型的泛化能力、语义理解能力，通过知识学习和人工喂养，可形成“雪球效应”，提升作答效率。新模式：人工智能优先作答到人工快速检查，再到持续改进人工智能。人工智能作答+人训练人工智能，有可能突破人效的瓶颈。

基于人工智能训练作业流，进行流程重塑。端到端试运营后，答准率是提上来了，但要长期落地，还需流程规范活动，同时需要对人员职责进行定义和牵引。标准化动作驱动“流

程重塑”，规范化人工智能训练作业活动，通过“两个阶段/三个握手点”融入客服作业流。从流程各环节以人为主导，通过各类工具的辅助执行，到制定人工智能训练作业流人工智能训练规范化，围绕模型SFT训练模式，定义关键活动、角色、考核指标等要素；融入客服作业流通过两个阶段，三个握手点，融入作业流，支撑“人工智能优先作答，人工快速作业”的新模式。



智算使能业务流程重构也重塑组织队形，推动新角色新技能需求，未来新作业模式“作业即标注”，驱动作业+人工智能训练双循环。

3.4 智算与业务共生演进路径

如何让智算成为企业的独特竞争力？如何促进智算与业务持续共生并发展的越来越好？企业需要不断利用其特有的不断增长的数据来训练和优化智算模型，形成基于组织个性化的全能智能体，使组织获得高效的、智能化的生产力，提升企业的核心竞争力，使能组织可持续性发展。对此，我们需要明了智算的演进路径，掌握智算与业务共生的构建方法，形成智算与业务共生的组织人才结构体系，构建智算与业务共生的治理体系。

3.4.1 智算演进路径

同大多数新事物成长发展一样，智算与业务共生的演进路径也会经历从简单到复杂的转变过程，从单项向全能发展。智算不仅会深度嵌入到业务当中，还会成为人们的工作伙伴，并会分担人们的工作。智算在业务中的应用目标是通过对企业运作的流程场景的加持来提升组织的运作效率和客户的智能体验。这些流程场景主要有研发、生产、运营、市场、服务和支撑等。每个场景的工作过程都具备相似的四个阶段，即Plan（计划）、Do（执行）、Check（检查）和Act（行动），就是PDCA戴明环（Walter A. Shewhart，Dr. Deming）。由于信息技术、数字技术和人工智能技术的广泛应用，人们在计划、执行、检查和行动这四个环节都可以在计算机提供的仿真环境中进行虚拟构思与排练，特别是智算智能融合了全人类的知识，它可以参与到我们的虚拟创新、演练过程中。

这些场景和工作过程具备**由点到线、由线到面，再到体的动态转化演进特征**，结合智算在企业应用的成熟度，即认知阶段、示范阶段、扩大阶段和转型阶段等四个阶段，形成智算与业务共生演进的阶段性【见图20】：

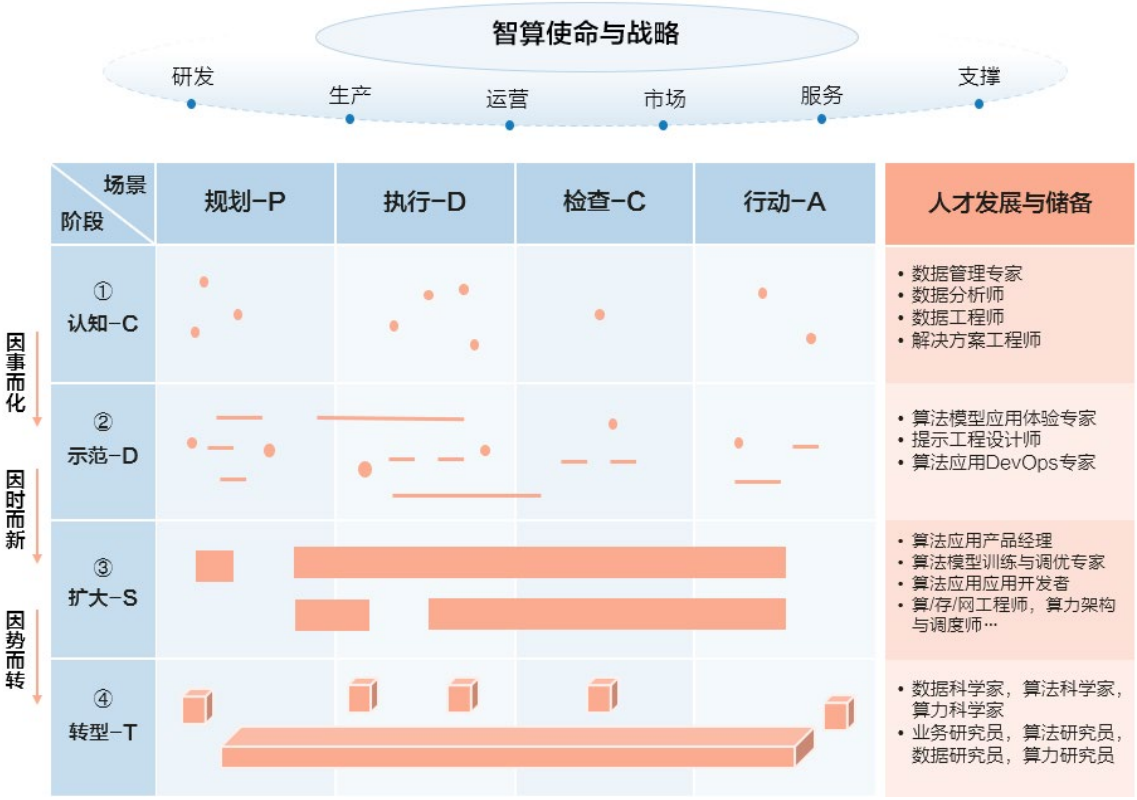


图 20 智算在组织中场景应用的成熟度

- **认知阶段：**智算还未被企业所采用，企业高层自上而下推动对智算的认知，形成组织自上而下的智算转型的紧迫感，将数据作为转型的基础，优化业务流程，寻找提升业务实效的智算场景。

- **示范阶段：**组织鼓励自下而上的探索精神，使有能力的单元在选准智算场景后，能够得到相应的资源，在管理层的帮助下，将智算快速引入到作业日常工作和作业实施工作中，形成示范效果，并促成工作上点、线方面的连接（如不同部门在计划工作上共同部署使用智算应用，或同一部门在不同工作阶段，如执行和检查工作中使用智算等）。

- **扩大阶段：**随着数据、知识和经验的积累，组织进一步扩大智算应用的适用范围，例如从一个场景点出发，将其扩展到场景面，将智算从作业稽核、评测、与管制的线条向多场景面上的扩展（例如，由研发场景推广到生产场景），并使场景中牵涉的部门都需要学会使用，从而能够实质地提升工作效率和业绩。

- **转型阶段：**从组织战略层面出发，将各个面上智算应用进行集成，使之成为一个整体。例如将智算应用覆盖到所有的场景，并上升到作业目标预测与定制、计划研拟与确定、以及组织与分工等层面，使智算进入全能期，并持续提升与完善。

3.4.2 智算与业务共生生态构建方法

3.4.2.1生态五者角色框架

如何让智算成为企业的独特竞争力是各类企业面临的关键挑战。智算与业务共同生长演化的本质是智算在业务使用过程中其智能水平会得到持续提升，而且，不断提升的智算智能反过来又会不断促进业务的发展壮大。这完全不同于以往的技术使用范式，**智算智能的使用过程本身就是一个学习的过程**，即不断利用企业特有的不断增长的数据和知识来训练和优化智算模型，形成具有鲜明个性的组织智能体，具备独特的企业竞争力。因而，智算构造不同于企业传统技术系统的构造过程只注重建设，而企业智算构建过程会涵盖**智算科学研究、智算智能工程，智算应用工程等三个相互关联的过程，其中**：

- **智算科学研究：**是指在人工智能、机器学习、深度学习、计算机科学、数学、脑科学等领域进行跨科学探索，研究先进算法、模型和算力结构。

- **智算智能工程：**是指对研究出的算法、模型和算力进行综合架构与设计，广泛收集、整理和分类海量数据，采用科学和工程方法，规划、设计训练方案，按照方案对算法模型实施多批次训练，并经过安全及伦理规则的强化，最终生成负责任的具备智能的基础模型，更进一步，根据行业要求开展基础模型的微调工程，满足某个领域的特定要求。

- **智算应用工程**：是指将智算智能工程所产生的智能模型（推理模型）通过部署、安装并与其他应用集成等一系列工程过程，使之实际应用于研发、生产、运营、市场、服务和支撑等业务场景中。

智算构建过程集智算科学研究、智算智能工程和智算应用工程为一体。这对于一般性企业而言，很难在开始阶段就具备完整的能力。因而需要将目光投放到智算产业链上，构筑智算生态联盟，形成智算与业务共生的生态构建模式【见图21】。企业需要根据自身的规模和战略定位，有条件地依据智算技术栈（智算技术底座、算法模型、数据与预训练、模型精调、应用与提示优化等），从当前已具备的或能快速掌握的技术等条件出发，选择适合的构建方式。对于短期内不能掌握的，可以从智算技术提供商以及专业服务合作伙伴处组合获得。

一般来说，有两种智算构建方式：

- 自建与定制：自建与定制就是根据业务场景需求，研发或采购智算相关的软硬件设备、算法模型，训练工程方法及培训咨询服务，构建出高度个性化、定制化及符合企业自身业务需求的智算系统并持续运营提升。
- 开源采用与服务订阅：对于智算的某些技术栈或模块，利用开源产品或服务订阅的形式，来补齐构建。

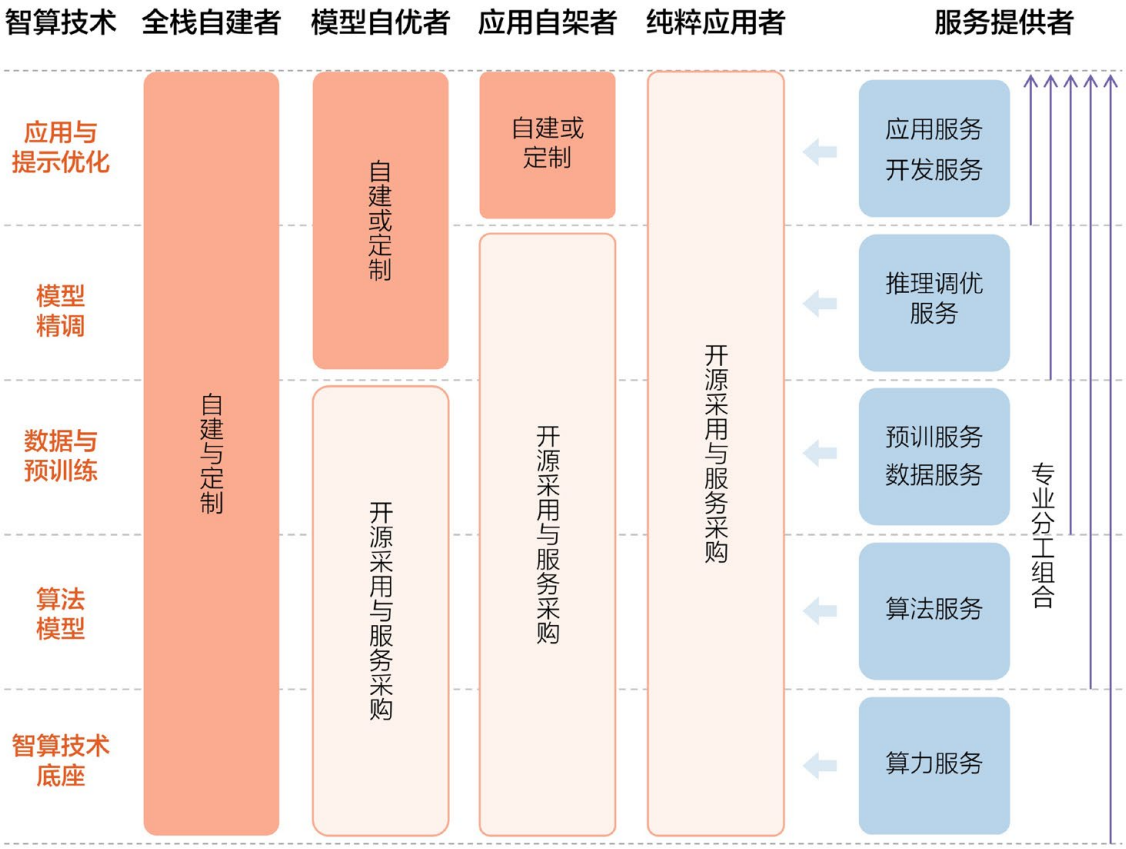


图 21 智算与业务共生生态构建模式

对于各种类型的企业，可以根据自身的规模、战略方向、业务目标、技术能力，选择要扮演的智算生态新五者角色。建议如下：

- **全栈自建者（大型企业）：**全栈自建者对数据的安全性、保密性和隐私保护要求高，投资能力相对较强，从战略层面对智算智能要求有绝对的自主权，且财力允许，因而通常会在全技术栈上选择自建与定制相结合的方式。

- **模型自优者（中型企业）：**模型自优者同样对数据的安全性、保密性和隐私保护要求高，但会从战略层面出发，权衡风险、投资及运营成本，通常会在智算技术底座采用服务租借方式，在模型上通常会采用已经训练好的开源模型或从模型提供商采购。对于模型精调以及应用和提示工程方面，通常会自主构建用于推理的智算技术底座，在相关的服务合作伙伴的支持下，采用自建和定制方式，利用企业已有的数据集，对模型进行定制化调优并与企业应用集成。

- **应用自架者（小型企业）：**应用自架者因样本数据量较少，对数据的安全性和保密性等风险有一定容忍度，通常将注意力放在将智算能力集成到企业应用中。因而，在应用与提示工程以下，采用服务订阅方式。而在应用面上，在相关的服务合作伙伴的支持下，采用自建和定制方式，将模型能力集成到应用中。

- **纯粹应用者（微型企业）：**纯粹应用者通常只是将智算当作一个独立的应用工具加以使用，用于作为员工的智能助手。因而，直接采取从开源或闭源模型服务提供商那儿订阅所需的服务。

- **服务提供者：**服务提供者需要依据自身在智算的算力、算法、数据等技术领域内的能力及其组合，向智算的全栈自建者、模型自优者、应用自架者和纯粹应用者提供专业的服务，帮助他们解决在智算规、建、训、调、用、营、维、优等方面的问题并赋能。主要的服务内容如下：

  - **算力服务：**提供算力集群（算、存、网）规划、建设、维护和优化服务，并能针对模型训练的要求，提供训练平台的架构建议并进行资源的配置、部署、和精调。

  - **算法服务：**利用专业计算框架（如CANN等）提供专业的算子开发/测试、算子运行仿真、算子性能调优、算子部署等服务。

  - **数据服务：**提供语料处理、数据工程、知识工程、知识向量化以及数据治理和保证数据质量等服务。

  - **预训练服务：**利用模型开发框架（如MindSpore、MindFormers、Pytorch等）提供模型或模型训练框架的开发、调优等服务，以及模型训练平台的适配、集群与调度、模型移植、性能优化、精度优化等服务，并提供模型预训练、数据配比、训练评测、停训策略和幻觉、遗忘纠正等服务。

  - **推理调优服务：**提供对基础模型(智识模型)微调服务，包括模型量化、模型蒸馏、模型剪枝、推理部署及维护。

  - **应用开发服务：**提供推理模型的应用开发与编排服务，例如利用提示(Prompt)工程、检索增强生成(RAG)工程、智能体(Agent)编排等模板框架技术，结合数据标注与知识向量工程，开发出企业特有场景的应用或应用集成。

  - **应用使能服务：**提供应用咨询和应用使用技巧的咨询、培训等服务。

3.4.2.2 生态五者战略定位对人才能力诉求的影响

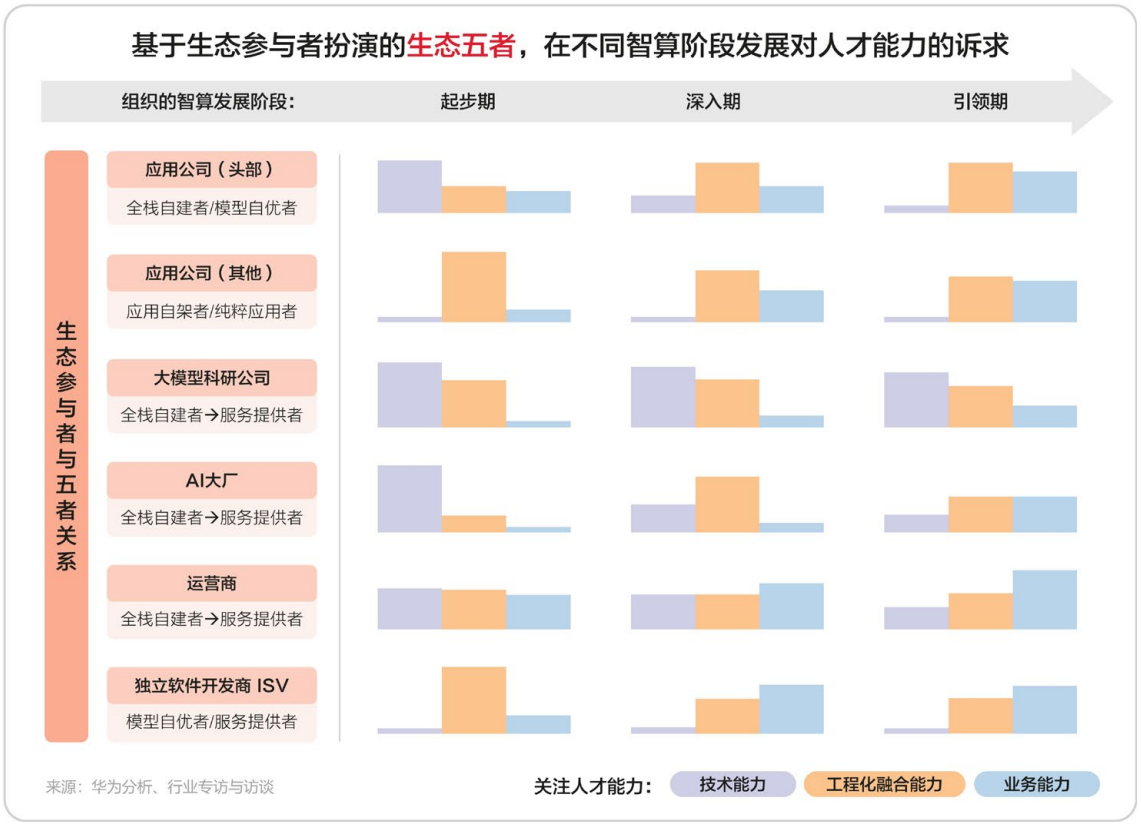


图 22 五者战略定位对人才能力诉求的影响

生态参与者的智算发展会围绕三个阶段进行：起步期、深入期、引领期。而不同生态参与者在不同阶段可能会选择扮演不同的五者角色，这也会带来人才能力需求的不同侧重点：

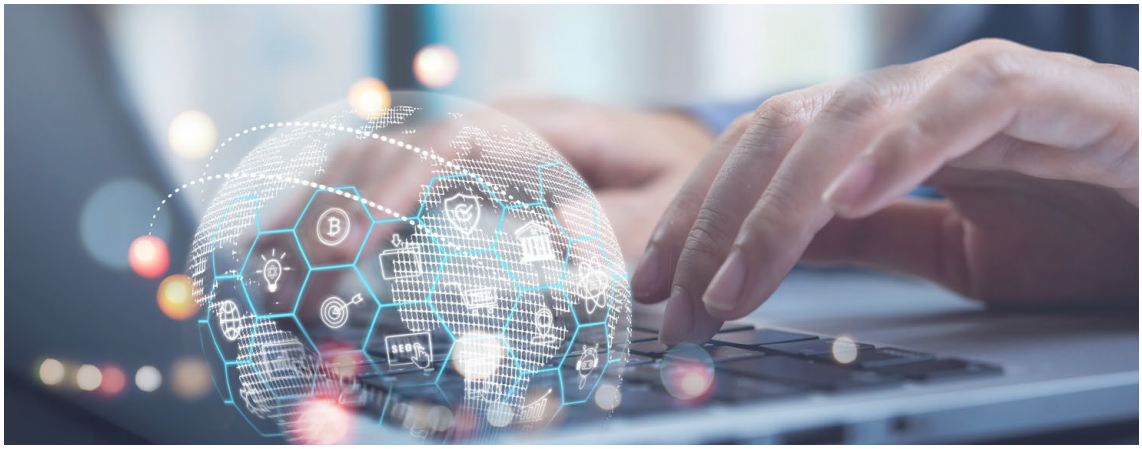
- **应用公司：有能力有资源的头部企业会选择作为全栈自建者或模型自优者。**它们主要关注智算、人工智的场景应用，提升运营及生产能力、提高自有员工的效率与能力，以及提供更好的客户感知。头部应用公司在智算发展起步期的探索阶段，存在的疑问更多是围绕使用哪个开源大模型及如何叠加自己的行业数据进行训练，所以在这个阶段会更多需要拥有技术能力的人才进行开源大模型的选型。中长期则聚焦在开源模型上做二次开发形成量身定制的行业大模型，所以有领域知识和技术研发背景的复合型人才是首选。模型调优、提示工程等工作也意味着需要具备工程化融合能力的人才，以及具备将业务数据进行知识管理与知识工程工作的业务人员。其他较**小型的应用公司则更可能会选择扮演应用自架者或纯粹应用者**，选择参考并复制行业头部公司的战略，甚至以外包形式找服务集成商提供一站式大模型服务，所以研发方面的能力需求不会太大，起步期会需要多一些懂工程与业务的人员进行行业大模型的构建，长期则需要将大模型普及化并应用于日常工作。

- **大模型科研公司：扮演全栈自建者进行深入模型技术科研，然后作为服务提供者提供模型的服务。**这类公司也包括学术界科研组织，在起步期会围绕底层的大模型技术进行深入的研究、创新、规模化发力，所以懂大模型底层架构、CNN、Transformer等人才是这些企业的对象。因为需要高质量的数据进行科研工作，所以也对掌握数据管理、数据工程等能力的人才垂青。当基础模型的能力达到一定成果开始转向多模态，则需要一些其他领域能力的人才，如自然语言、机器视觉及语音识别等技术领域人才。到了深入与引领阶段，这类公司开始聚焦商业化用途，将科研成果与应用集成，对外开放以验证技术的可行性与商业性。这样的开放形式也是为了获取更多数据对大模型进行优化训练。因此在深入期和引领期会逐渐需要一些懂产品与业务层面的人才，甚至需要能构建Responsible AI（负责任的人工智能）团队从道德和法律合规角度去审视公司的人工智能开发与应用。

- **人工智能（AI）大厂：以全栈自建者的身份起家，开发底层大模型和应用集成，以支撑后续作为服务提供者的应用集成。**基于开源框架对模型深入钻研及适配、工程类等工作，推出产品服务。起步期会对通用大模型进行大量的钻研，了解大模型本身的特性，所以需要能在模型进行创新研发的人工智能技术开发类人才。当发展到一定的阶段后会往工程方面的工作投入，如数据工程、知识管理、prompt工程及微调等工作将大模型进行优化，所以大量吸纳这方面的人才，不仅调用API还会直接对开源框架代码进行修改，之后推出引领性的服务产品。

- **运营商：通过全栈自建者身份去支持并推动国家级的智算战略，同时也会扮演服务提供者的角色。**在摸索人工智能和大模型对电信领域的作用，包括对外大模型产品的销售服务和对内人员利用基于大模型使能的工具来提升工作效率。作为国家的骨干企业，为响应国家智算政策，会综合考虑整个人才布局。这就意味着运营商必须从技术、工程、业务方面来进行中长期的能力储备，尤其是对人工智能与大模型开发人员有一定需求量，增量人员主要关注IT与平台层能力。再往后会叠加更多懂得业务的人才，因为考虑建立二次开发队伍去解决客户的定制化需求，所以业务层面需要更多有垂直领域经验的专才，能设计行业解决方案及产品，落实并推广行业化的大模型解决方案。

- **独立软件开发商（ISV）：更多扮演模型自优者与服务提供者的角色。**也含初创公司，这类型公司的规模较小，更多都是带着某个特定行业领域的经验以专攻特定的行业场景，所以会选择直接以某个基础大模型进行行业大模型的训练，逐步形成行业大模型产品打通最后一公里，因此更多需要掌握工程化融合能力与数据能力的人才。



3.4.3 智算与业务共生人才结构框架

3.4.3.1 智算三相传导人才结构

当今最为先进的人工智能（ChatGPT为代表的人工智能大模型）已经快要达到通用人工智能（AGI）的水平，在某些领域已经媲美或者具备超越人类智能的潜力。这些人工智能（智算）的科技感、未来感非常强烈。人们理所当然地认为，智算智能会成为企业的重要生产参与者，并具有无限的潜力。同时，人们也清醒地意识到，智算（智能体）与业务共生发展演进将是一个长期演化的过程，组织仍然需要坚持“以人为中心、以奋斗者为本”的经营宗旨。这是因为智算智能虽然具备了某些复杂的智能，但是它本质上是设计出来。我们可以从人的自主性和智算智能的设计性之间的对比上可以看出“以人为中心”的终极使命【见图23】。

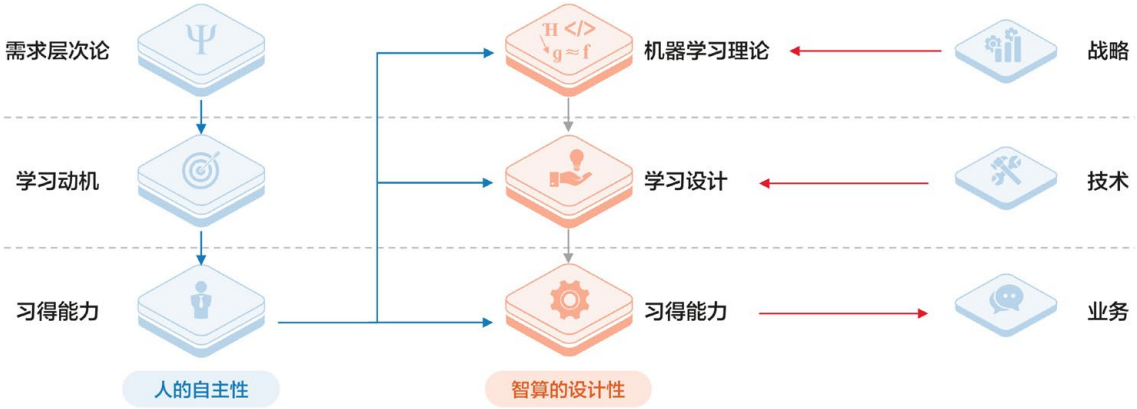


图 23 人的自主性对比智算的设计性

人的自主性源于人的生理、心理和社会性需求与需要，将需要转变为自驱性学习动机，进而习得必要的能力，而这些能力有助于满足当下的需求并进一步推动更高层次的需要。反观智算智能的设计性，则体现在：

- 理论上，智算智能的根源源自于机器学习理论。机器学习是一门多领域交叉学科，涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多门学科。专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能。
- 技术上，机器学习是利用人们设计好的算法模型，通过从数据中学习和改进，使机器具备学习、预测和决策能力。学习技术主要有监督式学习、非监督式学、深度学习和增强式学习等。学

> “设计与人兼容的系统至关重要，但是，假设它们在思考方式、能力或局限性与人类相似则是错误的。… 让人工智能尽可能地与人相容，为人类设计，并以一种它们能够与我们用语言沟通的方式，这是一个非常重要的目标。”
>
> —— 奥特曼

习的本质是数据拟合，即通过学习数据中的规律和模式，使得机器可以自动从数据中生成内容、进行决策、推理并行动。

- 应用上，智算智能主要有两种应用模式，即“事+智算智能”和“人+智算智能”。对于“事+智算智能”，智算智能以类智员工（智能代理）的身份，工作被设计与安排，在场景条件下被赋予独立自主地完成所交代的事情，进而提升业务执行效率。而对于“人+智算智能”，则以员工的智能帮手身份出现，接受员工的提问和咨询，理解员工的意图，完成指令性任务或作出建议答复，从而将员工从繁杂而冗长的脑力劳动中解脱出来，使员工更具创造力并提升员工的工作效率和效果。

从智算的理论、智算的技术和智算的应用上来看，**智算智能具有鲜明的设计特征，其智能来源于人类，服务于人类**。对于企业来说，智算不仅关乎智算的应用与实践，还关乎智算理论的探索与研究，以及智算（智能）技术的实现和工程的实施。智算不是拿来用就可以的，而是需要业务、数据、算法、算力、工程、测试、运营等众多专业的人员共同参与，才能够把智算设计好、开发好、学好、用好。**智算需要通过不断地与企业特有的场景融合，持续进行企业特有信息、知识、数据的投喂，才能形成负责任的内含组织独特特征的业务与智算共生的智能，这也是智算智能的独特价值所在**。它的独特价值就是智算为企业提供关键的、特有的、适配的智能化核心竞争力。而特有的智算核心竞争力离不开组织的人才的系统性构建与重塑，亟需新型的人才结构框架来规范。为此，我们从智算科学研究，技术与工程实践，以及广泛的应用场景出发，对智算人才体系进行深入分析与研究，总结出以**智算战略人才、智算技术人才和智算业务人才**为相位的**三相传导结构框架**【见图24】。

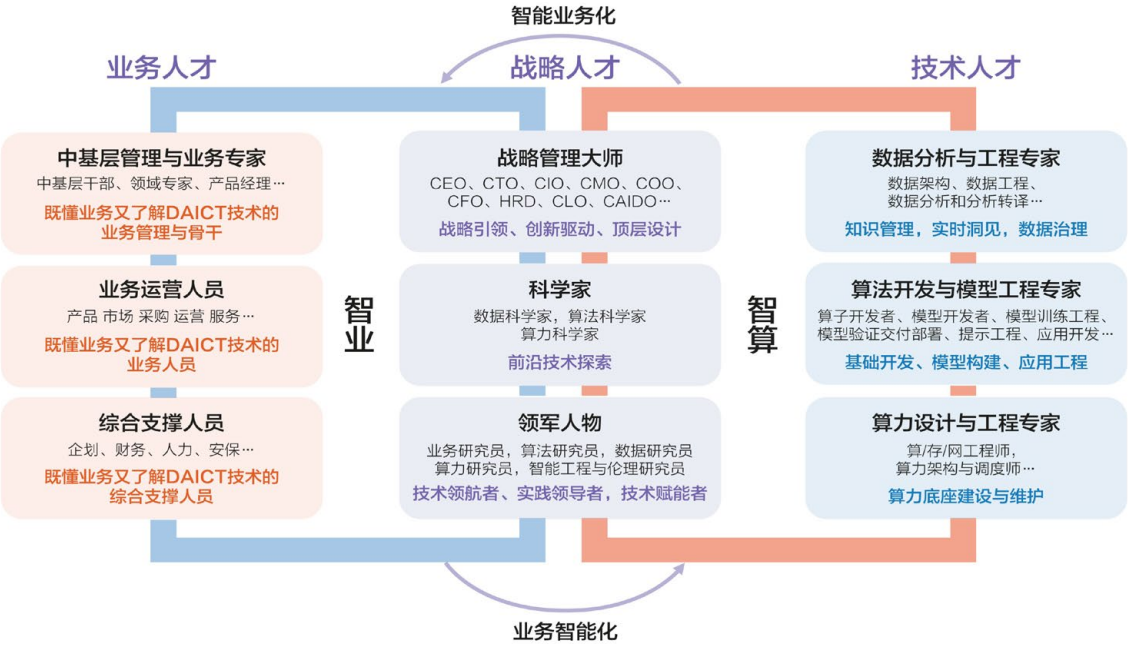


图 24 智算与业务共生人才三相传导框架（PTPTF: People Triphase Transformer Framework）

智算人才三相传导结构框架的使命目标是使能企业的传统技术转型为智能计算（智算）技术和使能传统业务转变成智能化业务（智业），也就是组织人才的使命是“组织的一切业务皆智能”成为可能、可信、可行、可靠。具体来说，就是使能所有业务都要智能化，所有智能都要为业务所用，实现智能以服务的方式提供，使之成为业务不可分割的部分。

智算人才三相传导结构框架将人才分为智算战略人才、智算技术人才和智算业务人才三大类，分别对应智算科学研究、智算智能工程和智算应用工程三大智算工程领域。这三类人才成为组织智算人才的三根支柱，支撑智算与业务持续共生演进。三类人才既相互独立又完全覆盖，组成智算人才的“研、训、用”（“研”：研究智算，“训”：训练机器智能，“用”：运用智算智能）有机整体。他们之间既有分工又密切协同，**并以智算战略人才为中心，实现“智算能量”的感应、转换与传递。**

智算战略人才，专注于“研”的方向。主要职责是站在智算科学理论的高度，探索智算新方法，研究企业智算战略方向和应用方向。从智算数据要素面，对数据进行科学分析，研究新的分析模型，探索新的数据智能操作方法和展现形式。在智算算法要素面，研究算法前沿问题，通过计算机与数学思想的融合创新，确定有效求解的问题边界，结合企业业务场景，提出新颖的算子、算法、模型、架构及其优化思路。从智算算力要素面，追踪行业算力前沿技术，聚焦构建先进算力组成结构（算、存、网）以及算力云的研究。智算战略人才可分成战略管理大师、科学家和领军人物等三个子类。其中：

- 战略管理大师，主要是指组织的高层领导（总监级以上）。其中，一些新的角色，例如人工智能与数据官（CAIDO）、人工智能技术官（CAITO）、数据与分析官（CDAO）等，这些角色本身具备较强的智算科学素养和技术背景。而其他类型的总监（如：CTO、CIO、CMO、CFO、COO等），也都需要具备人工智能暨智算方面的科学素养和一定的智算技术加持。战略管理大师能够洞察智算技术的发展趋势和行业应用潜力，从战略上引领组织的智算转型，构建创新驱动文化，从顶层设计智算生态商业模式。

- 科学家，主要是指数据科学家、算法科学家、算力科学家。他们站在技术的前沿，攻克数据、算法与算力所面临的挑战与问题，同时也要利用人工智能新工具，帮助进行相应的科学研究，加深对复杂现象的理解，开辟新的发现途径，使能解决复杂的科学问题，加快各自领域的技术进步。

- 领军人物，主要是指业务研究员、数据研究员、算法研究员、算力研究员、智能工程与伦理研究员。他们协同合作，是智算应用落地的带头人。他们能够敏锐地捕捉智算技术与业务融合所出现的新的市场机遇，研究企业产品、服务、运营等一系列智算技术应用的场景，领导业务创新，带领团队进行数据研究，研发算子、算法，架构算法模型以及算力模型，研究模型伦理与安全的干预技术，并进行相应的实验，成为业务实践的领导者，技术的领航人，技术的赋能者。

智算技术人才，专注于“训”的领域。主要职责是组织算力资源和数据资源，选择**算法（大）模型**并做任务适配，构建模型训练算力架构，开发模型训练框架，通过特征工程将数据转化为训练数据，利用训练数据对模型加以训练调优，使算法模型转变为具备知识和推理能力的智识（大）模型，能够完成预定的任务。**智算技术人才可以分成**算力设计与工程专家、算法开发与模型工程专家、数据分析与工程专家三个子类，其中：

- 算力设计与工程专家，主要是指算/存/网工程师，算力架构与调度师。他们在算力科学家和领军人物的带领下，能够规划、设计、构建包含高性能计算、分布式计算和并行计算在内的智算云中心，包括算、存、网等设备的安装调测，能够使用分布式计算框架和 GPU/NPU 加速技术，提高计算效率，优化和加速机器学习模型的训练和推理过程。主要承担算力底座建设、资源调度与系统维护等工作。

- 算法开发与模型工程专家，主要是指算子开发者、模型开发者、模型训练工程师、模型验证交付部署工程师、提示工程师、应用开发工程师。他们在算法科学家和领军人物的带领下，根据实际需求选择合适的模型，并对模型进行设计、开发和优化，使用训练数据对模型进行训练，使模型能够学习到与数据相关的特征和模式，对训练后的模型进行评估，以验证模型的性能是否符合要求，并根据评估结果，进行模型调优和优化，将训练好的模型部署到生产环境中，与其他系统进行集成，确保模型的稳定性和可扩展性。他们主要负责模型基础开发、模型构建、模型训练与调优、和模型应用工程等工作。

- 数据分析与工程专家，主要是指数据架构与治理、数据工程、数据分析和分析转译等专家和工程师。他们在数据科学家和领军人物的带领下，对原始数据进行清洗，对缺失值和异常值进行处理，以提高数据的质量，并对数据进行归一化、标准化等处理，以便模型能够更好地捕捉到数据中的有用信息，从原始数据中提取有用的特征，以便于模型进行学习。他们主要承担数据收集与知识管理，数据分析与实时洞见，数据标注，特征工程以及数据治理等工作。

智算业务人才，专注于“用”的场景。主要职责是精通智算技术场景化应用，寻找有价值的场景，利用自身的专业知识与智算技术相结合，创造新的解决方案，实现业务价值的升级提高。智算业务人才可以分成中基层管理与业务专家 、业务运营人员、综合支撑人员三个子类，其中：

- 中基层管理与业务专家，主要是指基层干部、领域专家、产品经理。他们既懂业务又了解DAICT技术的业务管理与骨干。他们不仅具备将想法转化为实际行动的能力，还能带领团队学习智算新技术，确保智算技术能够真正赋能业务，提升企业效率并创造更高的价值，引领团队适应新的工作模式，同时在组织内部促进对新技术和新方法的接受。

- 业务运营人员，主要是指产品、市场、采购、运营、服务等业务线上的业务人员，他们在组织的培训下正在成为既懂业务又了解DAICT技术的业务人员。他们利用智算技术解决工作中的实际问题，提升工作效率和质量，实现工作方式的转变，将更多日常工作交由智算智能助手去做，将更多时间用于业务创新，并将创新过程转换为知识，将知识用于模型训练，进一步提升智算智能助手的智慧。

- 综合支撑人员，主要是指企划、财务、人力、安保、知识管理等支撑线上的支持人员，他们在组织的培训下正在成为既懂业务又了解DAICT技术的综合支撑人员。他们利用智算技术解决工作中的实际问题，提升工作效率和质量，实现工作方式的转变，将更多日常工作交由智算智能助手（或智能体）去做，将更多时间用于专业服务及支撑创新，并将创新过程转换为知识，将知识用于模型训练，进一步提升智算智能助手（或智能体）的智慧。

3.4.3.2 从企业价值流解读典型智算角色

三相传导人才结构从“研、训、用”，提供了一个宏观的视角帮助我们理解人才的分布和层次。这种指导性框架需要结合企业的具体流程和业务需求来进一步细化智算角色与能力需求。这是构建一个更为全面和实用的智算人才培养和发展体系的重要步骤。

因此，我们将在三相人才结构的基础上，深入分析企业的价值流，去解读所需的角色，包括工程化融合能力角色（技术与业务复合型），以及对应的能力需求。

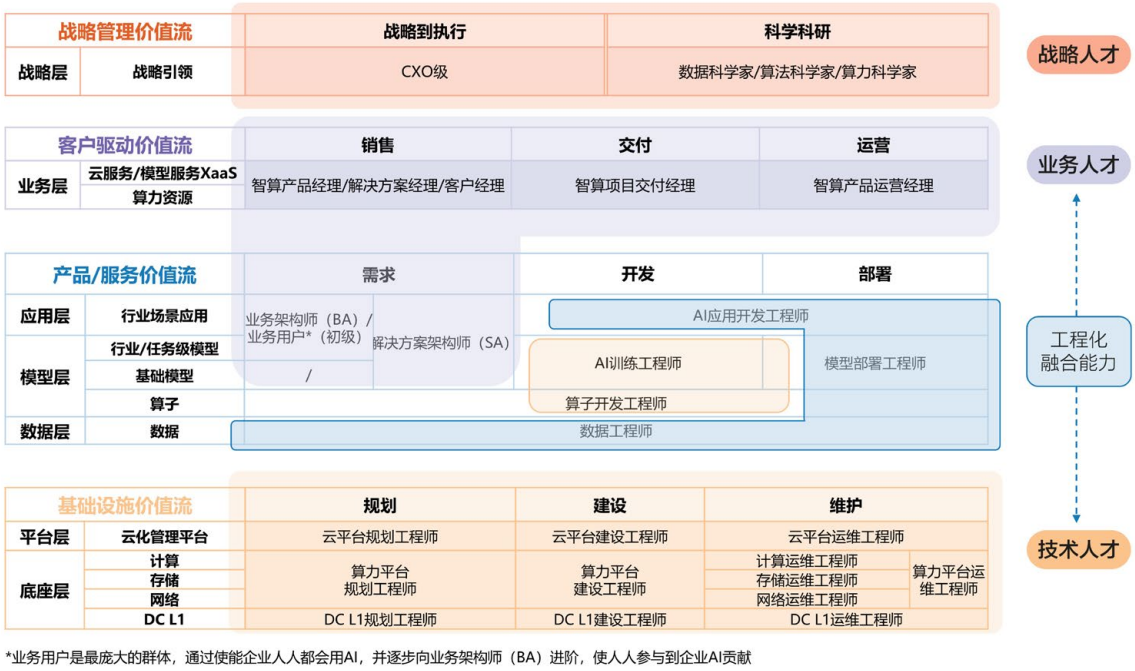


图 25 基于企业价值流解读智算典型角色

战略人才

智算战略管理者下面有CXO级别的战略管理大师，他们比较偏向于传统理解的高层领导者的“管理”人员。另外两种是各类型的技术探索科学家及带领团队进行各项研究的领军人物。他们的能力虽有侧重，但都需要能够对智算的“管理”与“科研”有掌握。

业务人才

典型的业务人才包括卖好智算的业务人才以及用好智算的业务人才。前者如智算销售经理（产品经理/解决方案经理/客户经理）、智算项目交付经理和智算产品运营经理，后者如业务用户、业务架构师（BA）和解决方案架构师（SA）等。

各角色应具备的能力描述如下。

岗位	能力项	描述
智算销售经理（产品经理 / 解决方案经理 / 客户经理）	智算市场洞察	负责行业政策解读，分析行业发展趋势，梳理行业信息化参与空间与机会，制定行业拓展策略与发展计划；能够向行业客户提供智算业务咨询与顶层规划设计。
	行业智算业务规划	能牵头规划、制定行业智算解决方案，实现标杆解决方案或重点产品的复制推广和商业模式创新。
	智算需求挖掘与引导	能够基于本行业市场及智算产业生态，挖掘与分析重点客户智算业务需求，引导客户需求与运营商智算业务核心能力匹配。
	智算业务需求分析	能够完成智算产品行业及用户、场景分析，需求调研、需求分析与产品需求转化。
	行业智算解决方案设计	能够基于行业客户普遍及重点需求，结合生态合作伙伴能力，设计行业基线解决方案；能够完成重点项目场景化解决方案设计。
智算项目交付经理	智算交付方案制定	能够完成智算项目定项目交付实施计划、任务分解、项目风险管控；能够完成项目实施技术方案可交付性的审核。
	智算交付方案实施	能够完成智算项目实施中干系人的沟通和管理，以及实施中安全、交付进度和质量的把控、项目变更和实施过程成本管理。
	智算项目验收与转维	智算项目实施交付达成验收、遗留问题闭环管理、项目转维和交接工作。
智算产品运营经理	智算产品营销策划	完成年度、重大项目的营销活动；制定行业、区域等细分市场的产品营销方案，完成阶段性营销目标，识别、创建标杆案例，并进行复制推广。
	智算产品全流程支撑 & 协同	智算产品销售及售中、售后流程梳理，产品销售、交付的协同、支撑。
	智算产品生态运营	产业链渠道资源合作，渠道发展战略规划，实现合作渠道的规模发展和市场份额提升。
业务用户	智算技术理解	了解大模型的基本概念、业界常用的大模型、大模型应用场景和能力边界，掌握人工智能如何使能业务的方法与逻辑，并应用到实际工作场景的能力。
	提示工程	熟悉提示（prompt）的撰写技巧，引导大模型产生高质量的输出，提高工作效率。
业务架构师（BA）	智算技术理解	了解模型的基础知识、应用场景、能力边界及开发流程，了解数据的基础知识、数据萃取、数据建模方法等。掌握人工智能如何使能业务的方法与逻辑，并应用到实际工作场景的能力。
	业务场景识别以及建模	了解业务建模与数据建模的方法，具备识别业务流程痛点，评估业务、数据、技术准备度，进行相应数据建模与业务流程建模的能力
解决方案架构师（SA）	系统设计与架构	掌握系统设计和架构的基本原理、工具及方法，如数据架构、模型架构、模型安全设计，熟悉不同主流技术以及架构的优缺点、适用场景、架构设计关键点，能够完成技术、算法以及模型选型等工作。
	业务场景理解及应用	了解业务场景、基本业务知识、数据来源 / 含义、业务流程 / 逻辑、重点数据特征、理解对应领域内的业务场景、处理逻辑，综合考虑业务目标、数据、算力、带宽、安全以及训练时间等需求，能够完成对应的方案制定和输出工作。
	模型选型	熟悉经典及最新的主流大模型其适用场景、架构和优缺点，能够选择匹配自身业务场景、性能目标、数据和计算资源的模型架构，如 Transformer、Diffusion 等。
	硬件选型	熟悉训练 / 推理硬件的主要型号和关键参数，能够根据业务场景确定模型训练 / 推理的性能目标，基于模型大小、性能要求和硬件成本选择合适的硬件，做好性能和成本的平衡。

表 2 业务人才：典型角色与能力表

工程化融合能力角色（技术与业务复合型）

工程化活动中的角色包括人工智能应用开发工程师、数据工程师、模型部署工程师，各角色应具备的能力描述如下。

岗位	能力项	描述
人工智能应用开发工程师	提示工程	熟悉提示（prompt）的撰写技巧、评价标准和业界优秀实践案例，能够通过人工或自动化方式完成 prompt 的设计、迭代、优化和扩充，引导大模型产生高质量的输出。
	RAG（检索增强生成）	熟悉 RAG 检索增强生成的应用场景、任务流程以及常用技术，如向量化方法、向量相似度计算、索引构建等，能够完成向量知识库的构建、存储与检索工作。
	Agent（智能体）应用编排	熟悉 AI Agent 的概念、框架、类型、工作流与典型应用，掌握 Langchain 等人工智能应用编排工具或平台的使用，能够根据业务场景需求，完成对复杂任务处理流程的设计和编排，实现交互层 prompt 模板、多模型协同、模型与其他知识来源的结合（如 RAG 检索增强）、上下文记忆、规划、工具使用等功能，使人工智能应用有更好的效果。
	人工智能应用评估和调试	熟悉大模型评测框架，能够使用人工评分或下游任务自动评分对应用输出结果进行验证。进行错误分析，了解错误类型和原因，对整个人工智能应用编排流程进行针对性调试。
	人工智能应用运营与维护	熟悉用户行为数据分析和系统性能数据分析，能够观察模型运行情况，保障使用，并且在使用中及时反馈，促进模型的迭代与优化。
数据工程师	数据采集	熟悉数据采集的基本原理、工具 / 方法（如 ETL、Hadoop(Flume、Spark、Hive 等）、爬虫、API 调用等）、业界常用的数据集，基于不同的工具或者方式能够完各类数据的采集工作。
	数据处理	熟悉数据清洗规则、数据预处理流程以及常见方法，如缺失值处理、数据转换、归一化、重复数据处理、数据质量评估、数据标注、特征工程、数据集成、数据安全与隐私保护、提示工程等，能够完成数据清洗、标注以及预处理的工作。
	指令标注	熟悉提示（prompt）的撰写技巧、评价标准和业界优秀实践案例，能够通过人工或自动化方式完成 prompt 的设计、迭代、优化和扩充。熟悉回答（response）的撰写技巧、评价标准和业界优秀实践案例，熟悉需要回答的任务，能针对已设计的 prompt 给出高质量的 response 回复，用于制作 prompt-response 语料数据，并且能根据统一的标准对每个抽样 prompt 的多个回复进行排序。
	知识库构建	熟悉知识库基本原理、特性、功能，以及常用技术，如知识抽取、知识整合、本体构建与维护、向量空间模型、多模态知识融合、跨领域知识迁移 / 融合、用户交互等，能够完成向量知识库的构建以及存储等工作。
	数据安全与治理	熟悉数据安全治理框架、数据安全政策、隐私保护治理经验、数据安全和治理工具、以及相关技术，如数据加密技术、身份访问与控制、风险评估、数据备份与恢复、合规性管理等，能够完成数据目录、数据质量、数据访问控制等安全与治理等工作。
模型部署工程师	模型转换	掌握推理加速套件的使用，能够针对部署的设备或平台完成模型的训推转换以及前后处理的开发，打通数据前处理、模型加载、模型推理和数据后处理的全流程。模型的训推转换包括训推同构模型转换场景和训推异构模型转换场景（如 GPU 训练，NPU 推理）。
	模型评估与调优	熟悉大模型推理的常用精度和性能指标，能够完成模型的关键性能指标（如时延、并发量等）的计算，使用人工评分或下游任务自动评分对推理后的结果完成精度验证。掌握模型精度分析流程，在推理精度异常时，能够对模型推理结果进行不同颗粒度的精度验证和比对，定位模型推理的错误类型和原因，进行针对性的精度调优。掌握模型压缩（如低比特量化、稀疏、剪枝、知识蒸馏等）和推理加速技术（如算子融合、并行推理、page attention、continuous batching 调度等技术），在输入输出序列长度满足业务要求的情况下，能够通过模型压缩或推理加速提高推理的吞吐量，使并发量和时延达到业务目标。
	模型部署	熟悉容器化模型服务或服务化部署，能够完成模型推理接口开发，提供 RESTful API 或 gRPC 服务，便于前端或客户端调用。

表 3 工程化融合能力：典型角色与能力表

技术人才

典型的技术人才包括人工智能训练工程师、算子开发工程师等算法和开发人才，也包括智算基础设施的规划、建设和维护人才。各角色应具备的能力描述如下。

岗位	能力项	描述
人工智能训练工程师	模型选型与设计	熟悉经典及最新的主流大模型其适用场景、架构和优缺点，能够选择匹配自身业务场景、性能目标、数据和计算资源的模型架构。可以考虑使用预训练模型作为起点，能完成预训练模型的评估和选型。能够完成模型的详细设计，包括定义模型层、微调策略、优化策略、并行策略、超参数等，支撑模型训练。
	训练态模型迁移	掌握模型迁移方法，能够完成模型迁移可行性的评估，采用自动迁移、工具迁移或手动迁移的方法完成训练模型在异构硬件（如从 GPU 到 NPU）或不同人工智能框架间的迁移（从 PyTorch 到 MindSpore）。
	模型预训练	能够完成模型预训练代码的开发和调试，使用大规模无监督数据和计算资源（如 NPU/GPU 集群）完成分布式训练。
	模型微调训练	能够在预训练模型基础上，完成模型微调训练的代码开发和调试，并基于新的领域无监督数据或标注数据集完成微调训练。在这个过程中，可以采用冻结部分网络的权重、只更新部分网络的权重、调整网络结构等微调策略，包括：1、全参微调；2、低参微调：LoRA、Prefix-Tuning、Adapter、P-Tuning、Prompt Tuning 等；3、人类反馈强化学习微调 RLHF。
	模型评估与调优	掌握大模型训练的常用精度和性能指标，能够完成模型的关键精度指标（如损失函数值）和性能指标（如吞吐量）的计算，使用人工评分或下游任务自动评分对训练后的模型完成精度验证。进行错误分析，了解模型的错误类型和原因，使用溢出检测等工具进行精度问题定位并做针对性优化，适时调整超参数、训练策略或数据配比，使精度达到预期目标。使用性能分析工具识别潜在的性能瓶颈，结合自动调优和人工调优的方式做针对性优化，如调整内存分配、优化数据传输、利用异步执行等。可针对 NPU 特有的硬件特性（如张量核、特定的数学库等）做进一步优化，包括使用针对 NPU 优化的算子库、调整模型并行度等，使性能达到预期目标。
算子开发工程师	算子开发	能使用异构计算框架完成新算子的开发或性能调优，包括算子开发、算子调试、算子仿真运行、性能调优、运行测试以及质量评估等。
集群规划工程师	DC L1 规划能力	掌握数据中心基础产品知识、了解数据中心规划要求、掌握风冷 / 液冷技术方案，能够完成数据中心基础设施规划与勘测等相关工作。
	存储规划能力	熟悉存储各个网络平面的作用，具备根据网络端口类型、带宽、数量等，合理规划存储网络互联方案，能够完成端口连线表、端口聚合规划工作；了解存储容量计算过程，具备根据业务需要、考虑冗余和业务增长情况下，合理规划存储容量，规划存储资源池能力。
	网络规划能力	了解网络及业务的发展，熟悉数据中心网络规划方案编制，能够提出设备选型方案，能够结合路由器及交换机网络部署，完成平台各项硬件参数规划，完成数据中心网跨专业对接方案、跨专业协同规划方案。
	算力规划能力	了解服务器布局原则，了解服务器各端口的特点，能够完成服务器端口连线规划、端口聚合规划工作，熟悉服务器所承载上层业务所需的软件信息，具备基础软件包依赖识别、操作系统磁盘分区规划能力。
	算力集群规划能力	掌握算力集群基础架构，了解算力需求和业务需求，能够完成算 / 存 / 网高阶规划、高阶组网方案。

硬件实施工程师	基础设施实施能力	了解数据中心基础设施产品，能够完成基础设施液冷设备、电力、空调等的安装实施。
	人工智能计算设备部署实施能力	了解服务器上架上电要求，了解液冷系统对接要求，熟悉服务器端口连线规则，能够完成服务器上电、对接液冷系统、组网连线工作。
	存储设备部署实施能力	了解存储上架上电要求，熟悉存储端口连线规则，能够完成存储上电、组网连线工作。
	网络设备部署实施服务能力	了解数据中心网络总体架构，掌握数通设备规格、参数、性能特性包含交换机、路由器、防火墙等产品，能够安装、部署、调试产品，并根据 HLD/LLD 部署调试网络产品并通过验收。
设备调测工程师	计算设备调测能力	掌握服务器软调部署操作流程，掌握测试工具操作方法，具备根据业务需要设计测试用例、验证用例能力，能够完成操作系统安装、驱动安装、集群计算类功能和性能测试工作。
	存储设备调测能力	掌握存储系统配置操作流程，掌握测试工具操作方法，具备根据业务需要设计测试用例、验证用例能力，能够完成存储系统上电、存储系统初始化配置、集群存储类功能和性能测试工作。
	网络设备调测能力	了解数据中心网络总体架构， 掌握数通设备性能指标与测试规范，能完成对网络设备调试，按要求完成输出测试报告。
	集群系统联调能力	掌握算力集群原理架构，了解算力集群对接联调基本方法，了解计算 / 存储 / 网络，参数面、样本面、业务面、管理面对接联调方案，能够配合算 / 存 / 网完成联调测试工作。
运维工程师（算 / 存 / 网 / 集群 /DCL1）	算力平台日常维护能力	熟悉服务器、存储、网络、集群常见告警条目、性能指标，掌握信息收集方法，掌握维护规范，能够完成日常维护工作。
	算力平台巡检能力	掌握常用巡检工具使用方法，不同巡检场景的差异，能够根据不同巡检需求，完成不同程度的存储巡检工作。
	算力平台故障处理能力	了解服务器、存储、网络常见故障案例，掌握故障处理流程，能够基于收集的故障信息，快速定位和处理故障，并恢复系统运行状态。

表 4 技术人才：典型角色与能力表

3.4.4 智算与业务共生演进组织治理体系

企业开展智算与业务共生演进，离不开组织的社会性、技术性、系统性这三个要素能力的不断提升和完善。因此，为了保障智算与业务共生演进，我们需要塑造**组织体系**、同步**技术使能**、协同**业务活动**【见图26】，建立与智算匹配的组织治理体系，以保障智算与业务共生演进发展。

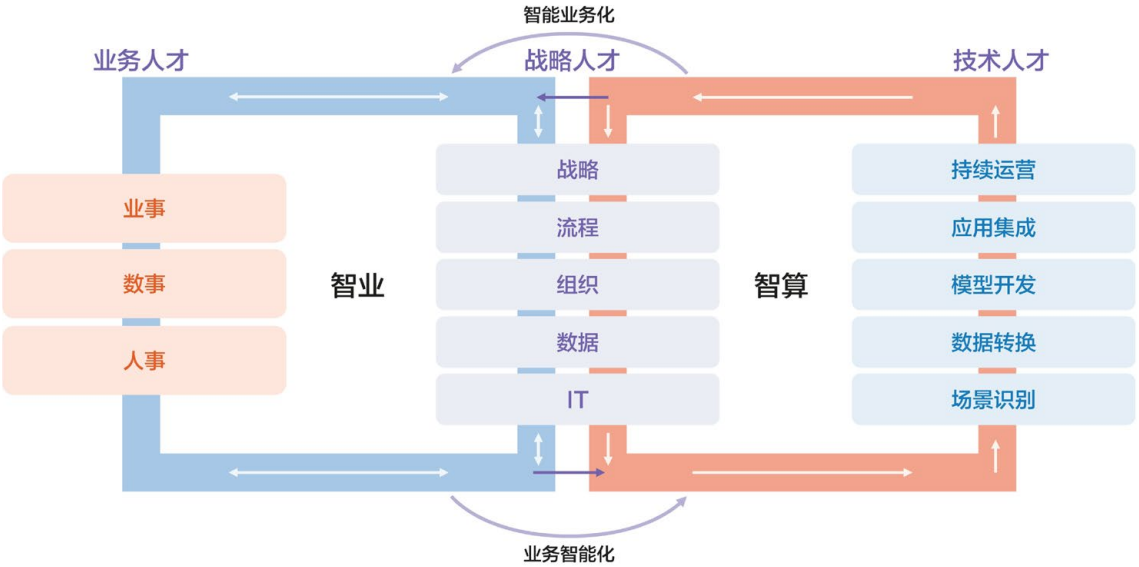


图 26 智算与业务共生治理体系

组织治理体系重塑主要包括战略、流程、组织、数据和IT等五大要素的重构与升级，需要将更多的智算增量价值添加到这些要素内。为此，企业需要提出一系列创新举措来对智算这一新型能力进行全体系策划和全程打造。企业需要从战略到执行以及业务成效等端到端设计实现的路径，包括将智算纳入到现有的商业模式、运营流程、组织与人才、知识与数据以及企业IT系统中并对它们加以改造。其内容主要包括以下方面：

- **战略**：企业对内外利益相关者进行需求画像，制定智算能力发展目标，包括但不限于政策成果、制度成果、标准成果，以及绩效成果等。企业要把智算能力发展目标分解到最小单元。特别是企业需要重新思考战略模型【见图27】。在价值创造上，企业需要将智算用于商业洞察活动中，同时，也要利用智算来帮助组织识别创新点。而在价值获得方向上，一方面，企业需要依据自身的能力现状，在确定自己在智算新五者定位的同时，运用智算快速而准确的给出组织的战略定位；另一方面，企业需要重新设计商业模式并将智算能力添加其中，做出正确选择，开发算法模型或其上的预训练后基础模型，并使基础模型与商业模型完美融合。

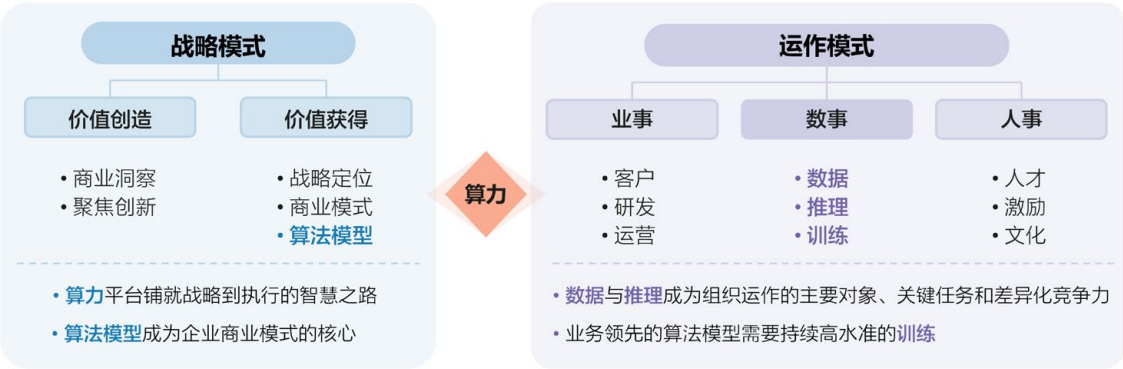


图 27 从战略到执行，看智算的作用力

- **流程：**智算新型能力的流程应覆盖智算能力全生命周期打造和应用全域，并使打造过程与应用过程有机统一，这些流程是企业整体流程的重要组成部分。智算新型能力最为明显的一个特征是它们能够将几乎所有的事情自动化和智能化【见图28】。**企业需要检查各个业务流程并在所有可能的地方实现自动化和智能化。这需要组织具备端到端思维，重新思考满足客户需要和智能体验的途径，使所有的工作能够无缝联接，以及拥有跨职能的管理能力**(Thomas H. Davenport and Thomas C. Redman)。智算驱动下的业务流程可以概括为，接受内外部客户或用户的输入，运用智算提供的推理功能对输入的内容进行智能处理，并通过训练提升智算推理能力；在（多重）推理下，智能自动化地不断通过交互来理解客户或用户的意图，直至可以自主做出决策或提供决策选项，这些决策牵涉到所要提供的产品、服务、内容等；再通过智能编排形成围绕产品、服务、内容的解决方案，根据情况对产品、服务、内容进行加工生产；最后，将加工好的产品、服务、内容打包交付出去，并做好行销策略的优化，同时将过程数据反馈，以便进一步提升智算推理能力。这个新颖的流程预示着各职能的人员以全新模式参与到各个活动中，包括文化、工作和创新。人与智能体的共生共创成为主要的工作与活动形式。

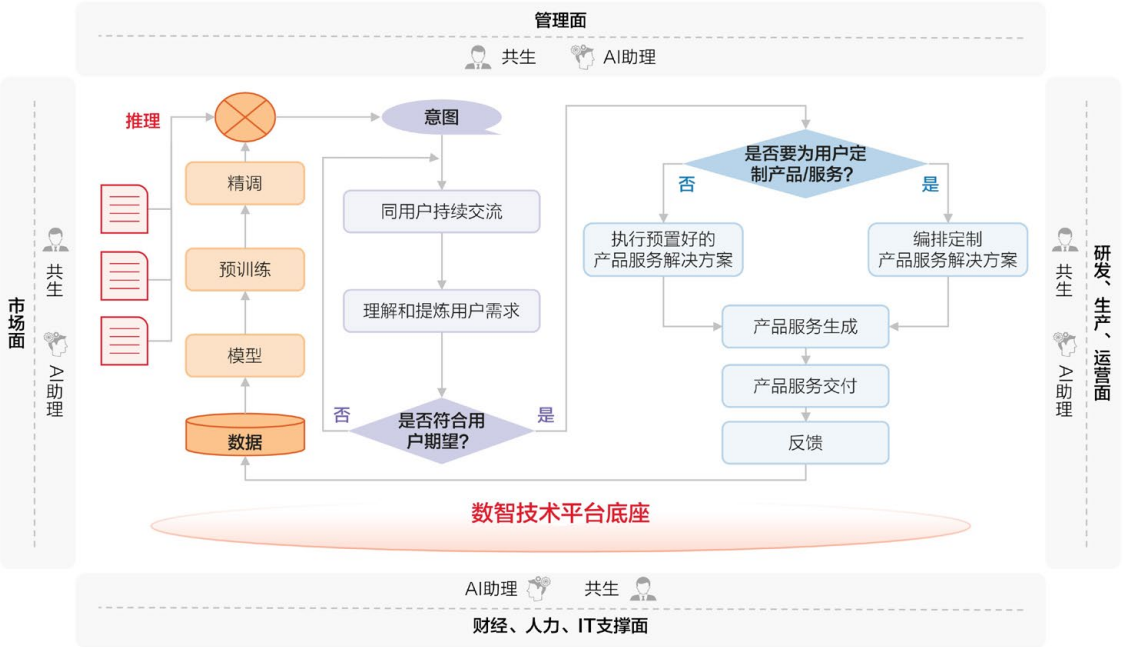


图 28 智算新型能力重塑业务流程

- **组织：**智算新型能力在组织层面所关联的主要有组织结构、职能职责分配、人力资源配置和组织变革的能力。往往，组织变革能力体现在组织的动态能力，它更为关键。它包括领导力、团队合作、勇气、文化以及变革管理的其他要素（如对机会的敏锐力，及时把握机会的能力以及迅速转变机会的能力等）。由于信息技术的普及，组织的管理层次朝扁平化发展，团队成为组织的最为活跃的单元，正在各类组织中得以广泛的采用。这同样适合智算带来组织的变革【见图29】。智算新型能力的团队建立，同样需要瞄准和对齐企业的客户价值主张，需要确定团队所需要的技能、知识、经验

和能力的人。团队人员要理解需要实现的目标，愿意学习以达到目标。智算技术是新兴且复杂的技术，有着丰富层次的技术栈，因而组织有必要提供足够的培训和支持来驾驭智算带来的变革。智算新型能力团队可能不止一个，企业需要依据在“智算新五者”定位来确定在不同的智算价值链中建立相应的团队，并以适合的团队交互方式（如协作和服务提供方式）促进团队间有效协作与协同。团队需要建立拥抱开放、信任、分享和变化的文化。组织建立人与智算智能和谐共处的原则以及相关的激励措施，使团队及人员能够基于道德要求下正确使用智算智能并将其融入日常工作中。

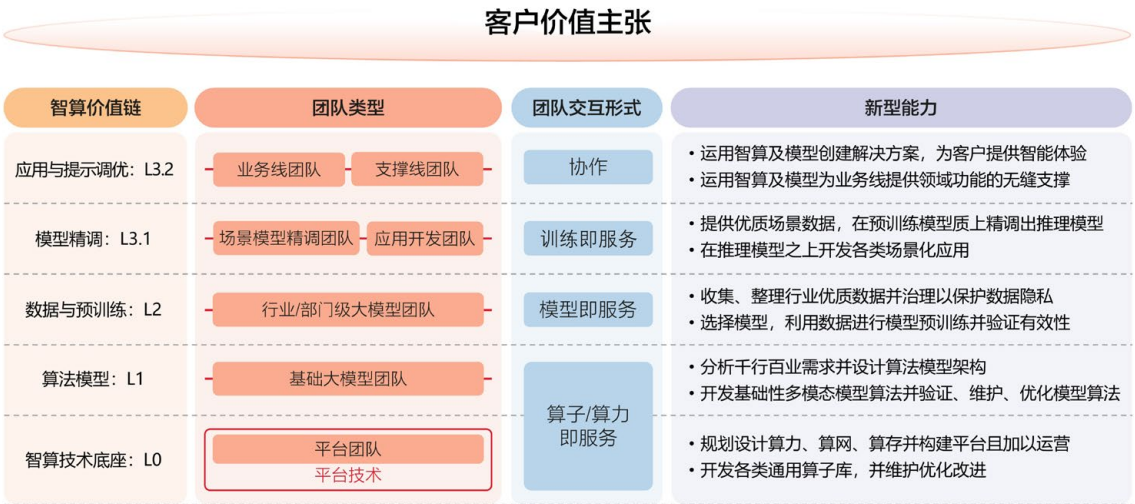


图 29 智算新型能力团队及协作方式

- **数据：**数据是智算新型能力打造的关键要素。数据的全生命周期管理不仅包括我们所熟知的数据采集、清洗、传输、入湖、加载、分析的过程，而且需要从数据要素的智能升级过程，即将数据加工为信息、信息转变成知识、知识升级为智慧的过程。这预示组织需要将纯粹数据要素扩展到知识认知要索，实现从全域数据到文档、从知识库到向量库，再到高质量语料和数据的有效治理，在这些过程中应用智算技术将数据和语料转化为智能新动力。现实情况是，许多公司在数据方面面临较大的挑战，企业大多数数据都没有达到基本标准，而真正的数智化转型对数据的质量要求很高。转型也涉及到企业需要理解新型的非结构化数据（例如，企业各类知识文档、视频等）、从外部获得的大量数据、可以利用的专有数据，并且需要将所有数据集成在一起，同时，还需要覆盖那些大量过去从未使用过的数据。同样，企业在数据人才方面既要有一定的广度又要有一定的深度。更重要的是，能够确保组织一线的大量人员担当起数据消费者和数据创造者的新角色。这意味着他们需要通过现有的数据以及转变后的数据来思索和交流。它还意味着组织需要帮助一线工作人员改进工作流程和工作任务，以便他们能够正确地创造和利用数据。

- **IT：**从云计算、大数据、5G、物联网，到区块链，到数据湖，再到人工智能，新兴技术「包括数据、信息与通信（DICT）的软硬件技术」的内在潜力惊人。尽管其中许多技术正在变得更加易于使用，但了解这些特定技术如何促进变革，使它们满足业务的特定需求，并将其与现有系统集成，这对于大多数公司而言是一项极其复杂的任务。更为复杂的是，大多数公司都有着巨大的技术债

务——既拥有较多且需要花更多的精力来改造的遗留技术。我们需要同那些既有技术广度和深度又有能力在业务上携手合作的公司和人员一道来解决这些问题。智算技术在企业内能够顺利利用并发挥作用离不开IT部门及相关机构为主的参与，更需要在企业内锻造一批既懂业务又懂智算技术的业务人员、技术专家和战略人才。智算技术本质上是将机器智能转变成为新质生产力，作为当下最为先进的生产工具，如果企业不能正确地评估、实施和采用该技术，就无法实现企业独特的业务目标。因此，组织需要从战略层面出发，构建企业智算智能化技术架构【见图30】以及IT评估、治理、实现和技术支持的体系。智算智能化技术参考架构是系统化的架构，它包含智能感知、智能联接、智能底座、智能平台、人工智能大模型、千行万业等六层。这六层之间不是独立的，而是相互协同的，就像人体一样，能感知、会思考、可进化、有温度，共同服务于千行万业的智能化发展。智能化技术参考架构是一个面向全行业的、能够服务不同智能化阶段的参考架构，通过分层分级建设，选取合适的技术能力和产品，提升企业的智能化水平。

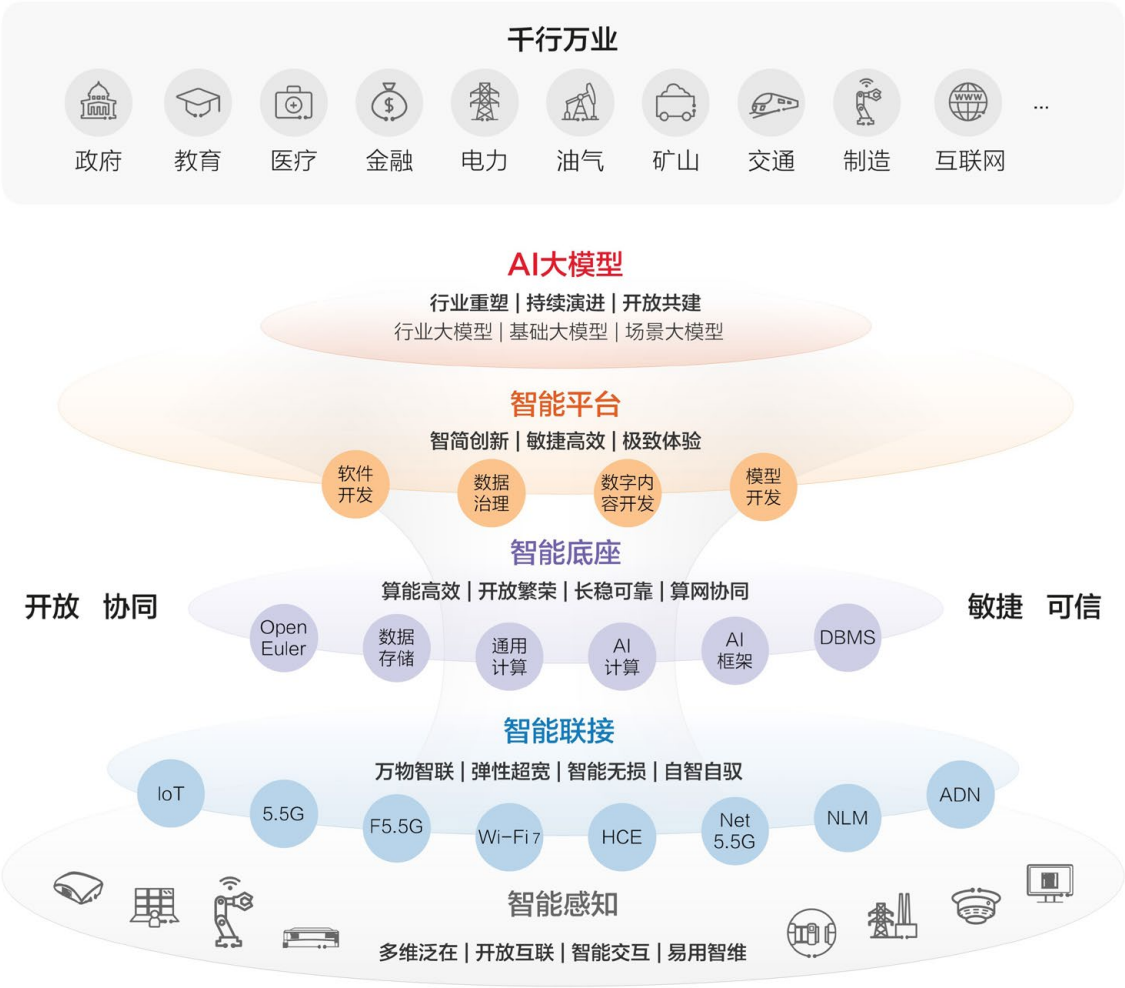


图 30 智算智能化技术参考架构

案例

华为公司构建AI数据治理体系使能数据质量提升与数据价值最大化

华为公司认识到，数据不仅是企业运营的基础，更是创新和发展的催化剂。因此，公司围绕模型训练与应用两大核心场景，构建了一个统一的数据流水线与治理体系来提升数据的质量，并基于领域典型场景沉淀了丰富的“教科书质量”数据集Know-How，将其融入到数据产线的产品设计中以实现数据价值最大化。

围绕着业务应用支撑，AI治理体系的关键设计在于四个模块：数据采集服务、数据集生成服务、数据集货架服务以及知识向量存储服务。在构建AI治理体系的过程中，华为公司总结出数据治理的三项重要工作：

- **数据的体系工程与正循环：**数据是有全生命周期而不仅是片段式。公司将数据视为具有自治能力的资产，通过体系化工程化方式，建立数据管理全流程的正向闭环，确保数据的自我管理和优化。这种管理方式不仅提高了数据的可用性，也为公司带来了更高的运营效率。
- **数据的精确分类：**数据分类决定数据的使用效果。通过对数据进行细致的分类，无论是预训练、SFT还是Agent，都要求数据语料的分类才能达到最佳效果，从而提升模型训练的质量和效果。
- **数据治理的高质量标准：**数据治理质量要求如教科书般，才能保证训练效果。对于不同的数据集类型可以再细分质量要求：
  - 预训练数据集质量要求：代表性、无偏性、防知识退化及规范性
  - SFT数据集质量要求：完整性、防技能遗忘、有效性、合规性、安全性及规范性
  - RAG知识库质量要求：及时性、完整性、有效性、合规性、安全性及规范性

数据治理的演进不仅重塑了华为公司的运营模式，也深刻影响了公司在人才培养和技能发展上的策略。对于知识型角色如数据科学家与数据工程师，公司除了关注传统的算法数据技能，更注重的是要懂算法，懂业务，懂模型训练的复合型人才。

04

智算人才生态发展与体系建设

无论是将人工智能作为业务应用的工具，还是作为培养人才的赋能手段，人工智能时代对人才发展的影响是不容置疑的。因此，本章节将深入探讨智算发展对人才变革的驱动力。我们将从产学研的多维视角，对智算生态人才发展进行分析。然后，我们也给出智算人才培养体系的建设策略，围绕人才规划、人才培养及人才评估，提出我们的见解。

4.1 产学融合共创智算人才生态发展

4.1.1 深化国家智算人才战略：构建政校行企四方协同模式

政校行企四方协同推进产教融合构建智算人才生态，以中心/基地为载体，政府提供政策、资金，高校提供学生师资、科研创新能力，企业提供生态支撑、技术赋能、运营服务，行业提供标准制定、规划设计以及智库咨询共同培养适应智算产业发展的高素质人才，从而通过成果创新、企业孵化、推动产业升级，促进智算产业发展。

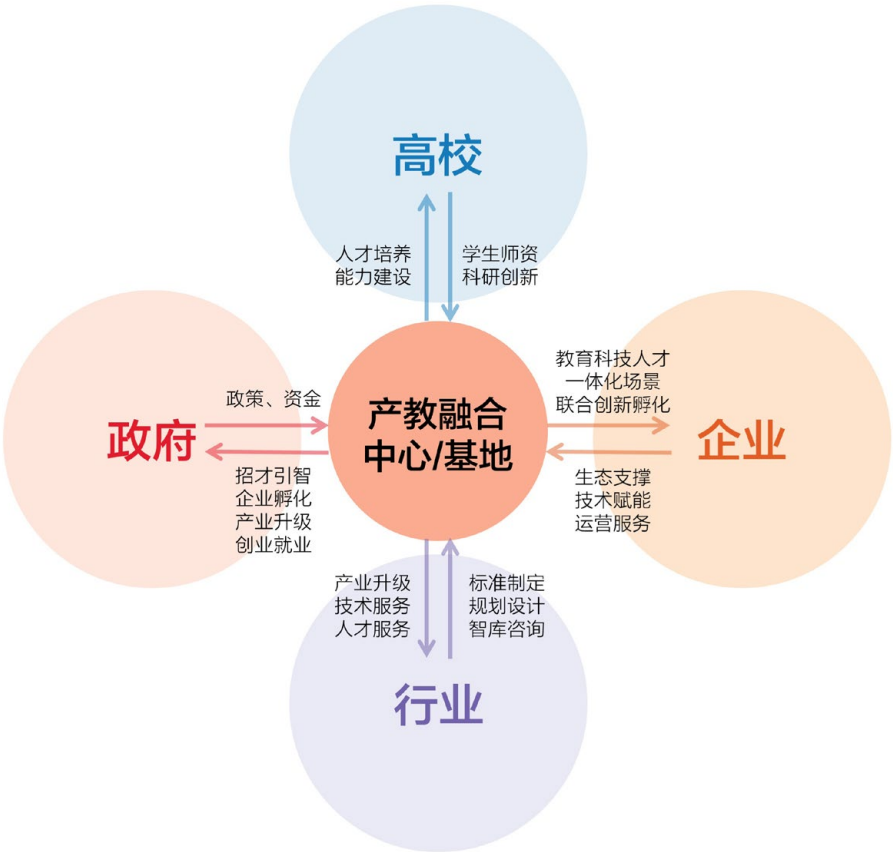


图 31 政校行企四方协同模式

政府：通过发布智算产业人才政策，引导智算产业与人才需求的高效衔接

结合当地智算产业的实际情况，制定相应的政策措施，为智算产业的发展提供有力的政策支持，同时提供资金支持，牵引以当地产业为主的产教融合实践中心/基地的建设（以下简称“中心/基地”）。中心/基地通过政策牵引建立一体化人才引进机制，吸引和留住高层次人才，并通过提供实践机会和技能培训，培养一批具有创新精神和实践能力的智算人才，同时，依托政策倾斜和专项补贴激发创新创业活力，在推动当地产业发展的同时，实现技术创新和产业升级。

高校：根据智算产业人才需求进行专业重构，培养智算产业需求人才

围绕智算产业人才需求，智算技术知识与高校知识体系的握手，加强课程设置和教学改革，进行专业重构，制定适应当地智算产业发展的人才培养方案，明确培养目标、毕业要求、课程体系、师资队伍、支撑条件等方面的具体要求，从而加强高校智算专业及专业群的建设，在共同推动智算产业的创新和发展的同时，通过依托中心/基地进行能力建设，提升师资队伍水平，提高学生的实践能力和创新能力，为满足智算产业需求的人才培养提供有力保障。

行业：链接高校和企业，开展人才及技能评估，制定智算人才需求标准

通过针对智算人才及技能的现状评估与预测进行规划设计，为智算产业人才培养提供具有前瞻性的顶层规划，在标准体系、内容体系、评价体系、实施体系、推广体系等方面制定智算人才培养标准，统筹规划培养和评价标准，牵引智算产业人才培养，同时为智算产业人才培养提供智库咨询及建设性指导。中心/基地通过技能培训为产业提供人才服务，不断向产业输出行业需求人才，推动产业的全面升级。

企业：参与智算产业生态建设，加强自主创新，为智算人才的发展提供技术保障

企业积极参与智算联合创新人才生态的建设，与其他企业和机构资源共享，进行联合创新及成果孵化，共同推动产业升级。企业通过研发投入，推动自主创新，为智算产业的发展提供生态支撑、技术赋能以及运营服务，为中心/基地的可持续运行提供有力的技术保障。中心/基地通过与企业进行联合创新，通过成果孵化推动智算产业生态的不断生长，成为智算背景下教育科技一体化场景的样板。

4.1.2 重塑高校智算人才培养：以智育智，重构知识体系

4.1.2.1 高校聚焦培养三类人才加速数智化转型：（1）ICT数字技术技能基石人才、(2)应用型业务核心人才、(3)人工智能新型加速器人才

2024年两会期间，“人工智能+”首次被正式写入政府工作报告，为更好地在数字经济时代抓住机遇、应对挑战，拥抱科技与产业的变革，高校需要加强具有数智素养的师资培养及人工智能相关学科专业建设，培养具有智算技术能力的人才。

2022年ChatGPT正式发布，引发生成式人工智能的热潮，通用人工智能时代的到来，推动计算向智算的演变。预计到2025年，全国数字人才缺口将超过2500万，其中还存在结构性问题，人工智能、云计算、大数据等新兴数字化技术方面的人才尤其稀缺，此外既懂行业又懂技术的复合型人才异常匮乏。

基于从产业链、技能链、人才链到专业链的四链分析，人才需求主要聚焦在三类人才的培养，ICT数字技术技能人才（基石）、应用型业务人才（核心）以及人工智能新型人才（加速器）。

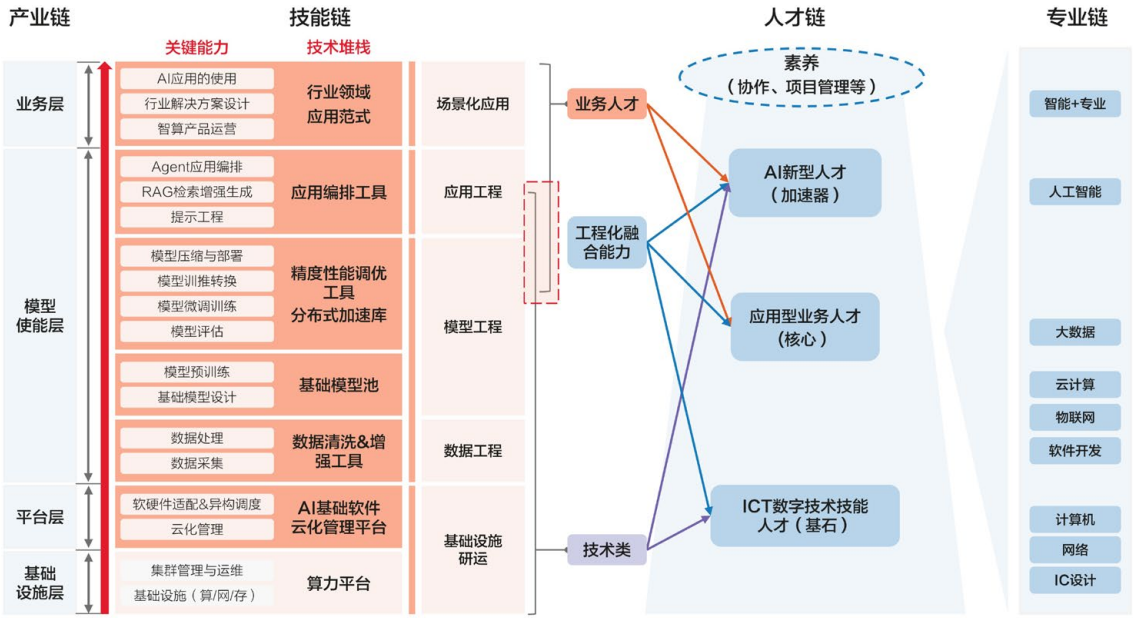


图 32 四链分析识别智算人才需求

产业链：智算产业分为四层，分别是基础设施层、平台层、模型使能层、业务层。**基础设施层**由芯片、服务器、网络、存储等为核心构成基础设施，提供标准化、同时具备支持异构芯片的能力（如，CANN），实现多样算力的接入（CPU｜GPU｜NPU），提供持续的算力能力；**平台层**围绕算力底座的资源调度和管理，人工智能模型能力的生产部署，形成承上启下的平台能力，通过算力、数据、算法资源灵活调用，支撑“百模千态”。**模型层**使用兼容多样性算力，面向万物智能时代端、边、云的全场景人工智能框架（如，MindSpore），打造新一代人工智能基础模型，构建应用可消费、可迭代的人工智能能力，应用需求自动理解、自动完成、模型可选择、可调整、可组合；**应用层：**赋能千行百业共同推动基于人工智能能力的应用构建和改造，促进人工智能算力产生正循环商业价值，扩大算力消费市场。

技能链：包括基础设施类、数据工程类、模型工程类、应用工程类、场景化应用类等五类技术，智算技术需求变化催生新的岗位出现。**基础设施类技术**包括算、网、存等算力平台、云平台的规划、建设和运维，岗位新增算、存、网等算力平台以及云平台的规划工程师、建设工程师和运维工程师；**数据工程技术**包括数据采集、清洗、处理，为上层模型提供高质量的数据，数据工程师岗位需求在智算产业中持续增加；**模型工程技术**包括基础模型池的构建，涵盖模型评估、模型微调训练、模型训练转换、模型压缩与部署等内容，需求岗位包括算子开发工程师、人工智能训练工程师、模型部署工程师，能够熟练使用人工智能框架（如，MindSpore、Pytorch），同时兼具并行计算算法开发能力（如，CANN并行算法开发）；**应用工程技术**包括提示工程、RAG检索增强生成、Agent应用编排，需求岗位围绕人工智能应用开发工程师展开，包括2024年人社新增的生成式人工智能工程师；**场景化应用技术**聚焦行业领域应用范式，包括智算产品运营、行业解决方案设计、人工智能使能应用，岗位需求聚焦业务、解决方案架构师以及智算产品、交付、运营经理等岗位。

人才链：人才链包括作为基石的ICT数字技术技能人才，作为核心的应用业务人才，以及作为加速器的智算时代人工智能新型人才，同时注重人才的素养培养包括协作、项目管理能力等。

1）ICT数字技术技能基石人才

掌握基础ICT技能的数字技术技能人才是数智化转型的宝贵基石，如各行业中网络工程师、IT工程师。他们基于逐步优化的业务数字化平台，转型为业务数据专家，先一步迈入数智化转型的洪流，通过识别业务场景、进行数据建模来实现业务数智化，进一步发挥其ICT专家的价值；

2）应用型业务核心人才

掌握传统行业认知的应用人才依然是数智化转型的核心，他们将基于精深的行业认知通过人工智能等新技术的加持，成为“新质生产力”的核心要素从而使能其行业、企业的生产效能极大提升，同步升级其自身的商业价值；

3）人工智能新型加速器人才（智算）

还有一类是人工智能新型**加速器人才**，他们是向上捅破天、向下扎到根的芯片、算法、数据科学家，通过聚焦在AI框架研究、L0基础模型研究等加速行业的数智化转型。

专业链：结合从产业链到人才链的分析，智算人才培养专业涵盖IC设计、计算机、软件开发、物联网、大数据、云计算、人工智能以及智能+等专业。其中IC设计、计算类专业围绕基础设施层的人才进行培养，软件开发、物联网、云计算等专业围绕平台层人才需求进行培养，大数据、人工智能围绕模型使能层的人才需求进行培养，智能+专业围绕业务层人才需求进行培养。在人才培养方案设计时，考虑人才技能知识体系、AI伦理、思辨、创新等四个维度的能力的融入，同时，考虑人才素养（协作、项目管理等）的引导，为智算产业培养其所需的人才。

4.1.2.2 智算技术知识融入高校专业建设，知识重构优化智算专业人才培养方案，围绕人工智能大模型打造高水平智算专业群

面对当前智算产业人才的需求，高校通过高校知识体系与智算技术知识、科研与智算产业等两个握手，通过专业/专业群的优化重构打造新的人才培养方案，实现培养具备智算技术知识、智算产业创新和实践能力的人才。

在数字化不断发展的今天，对数智人才的需要也在不断增加，智算时代，对于高校而言，需要通过融入智算技术知识，重构高校知识体系，从技术知识层面实现与智算技术知识的握手，通过产研融合，推动科研成果转化，实现科研成果在行业的应用，同时将行业应用案例实践融入人才培养方案中，提高智算产业应用实践能力，实现科研与智算产业的握手。

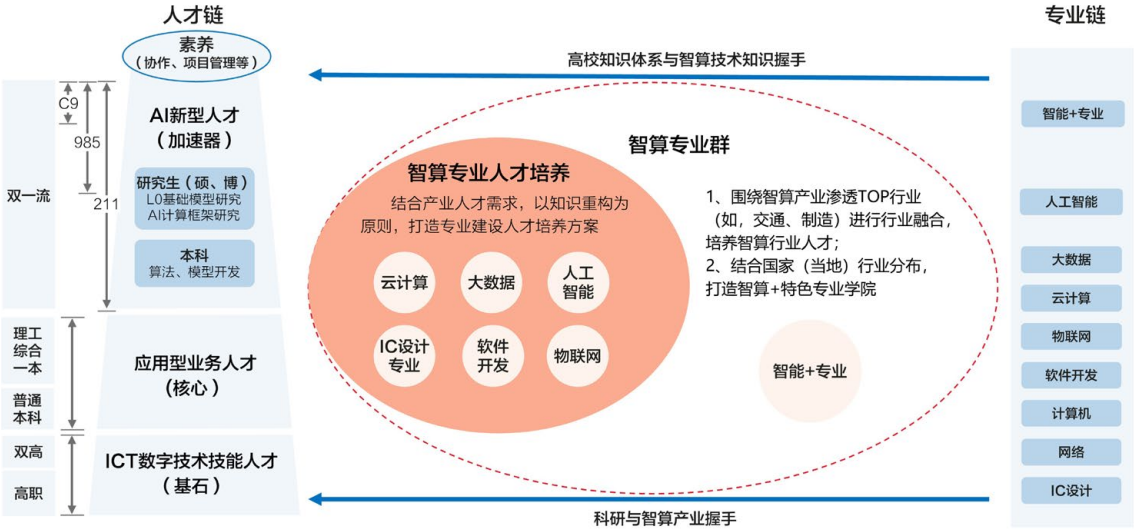


图 33 高校的智算知识体系重构

知识体系重构打造智算专业/专业群人才培养方案：围绕智算专业，以专业人才培养为着力点进行智算知识体系重构，同时结合智算产业岗位技能需求，对产业知识体系进行分层，针对每个层级的专业进行知识体系重构，将分层后的知识体系融入到当前的专业人才培养方案中，打造智算时代的以人工智能、大数据、云计算为核心的专业人才培养方案，同时以学院为单位结合行业需求思考如何培养智算产业需求人才，从而通过专业叠加重构智算知识体系。

行业实践赋能高校人才培养，智算关键领域内科研成果转化：一方面，通过搭建高校在科技研发与现实需求之间的桥梁，有效提升校企合作效果，企业以实际的行业案例导入高校，培养高校实践及科研能力的人才，同时，企业面向高校发布科研课题，提供科研基金，提高成果转化率；另一方面，聚焦国家关键技术，校企成立联合创新实验室，针对关键技术问题进行联合攻关，实现智算产业关键技术的突破。

不同类型的智算产业人才通过分层培养，其中双一流（C9、985、211）等院校聚焦培养AI新型人才，聚焦在产业尖端及关键技术的突破，其中研究生（硕士、博士）专注于AI框架及L0基础模型的研究，本科专注于算法、模型的开发，为智算产业培养加速型人才；理工一本及普通本科等院校聚焦在应用型业务人才的培养，聚焦在智算技术在产业的应用；高职院校聚焦培养ICT数字技术技能人才，作为智算产业发展的基石。

此外，AI For Science也就成为了AI发展的下一个重要战场，这将促使科学计算和AI的边界进一步打开和融合，将进一步推动前沿的学术研究，如物理，生物，材料，气象等学科。

4.1.2.3 人工智能大模型+教育驱动高校人才培养模式变革，提升高校人才培养效率，加强智算人才需求供给能力

大模型不仅为教育行业带来技术革新，更将教育理念和实践引发深远影响，推动教育朝着更个性化、更高效率和更普惠公平发展。基于教育通用人工智能大模型标准体系，为教育数字化和教育通用人工智能深入发展提供了坚实基石，构建可信、安全、高效、好用的教育通用人工智能大模型，促进教育创新变革和高质量发展。

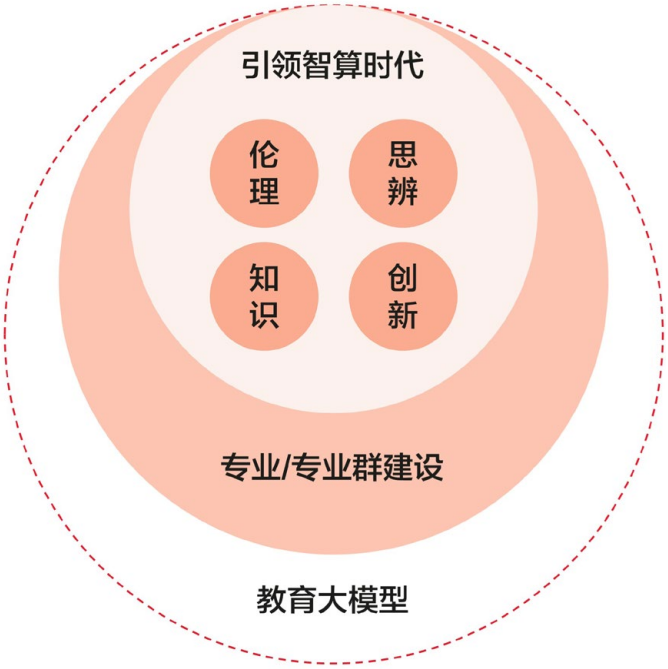


图 34 高校人才培模式变革

大模型在模型性能、应用场景、技术特点方面展现出优势，在自主学习场景表现出明显的优势，包括知识问答、语言学习、学习引导和教学辅助等。在技术路线上，“通用大模型+专用场景小模型+知识库”的路径，通过进一步提升训练数据的质量和规模， 将先进教育理念、教育深度知识和教育核心场景的真实需求深度嵌入技术设计，通过大模型辅助教学、智能推荐学习路径、知识内容生成、学习结果评估与反馈等融入到高校人才培养中。打造教育高质量发展的智能底座，让智能算力像”水电”一样，融入教育教学全场景、全要素，支撑教育数字化转型。

以智育智，将AI伦理、学科知识融入到人才培养方案中中，同时通过自适应学习提高高校学生的创新和思辨能力，构建用户与数字内容之间的沉浸式互动，数字教育生态系统发生创变，引领智算时代的数智人才发展。

4.1.3 构筑企业智算人才堤坝：产教融合策略推动企业智算人才发展

在当今快速发展的智算领域，企业面临着前所未有的人才培养挑战。随着技术的不断进步和市场需求的日益增长，构建一个高效、有竞争力的智算团队变得至关重要。然而，这一过程并非没有困难。企业在思考如何培养和构建团队时，主要围绕两个方面的困惑点：存量人员如何驱动以及增量人员从何引入。面对这些挑战，企业需要采取一种全面且战略性的方法来构建和发展智算团队。

4.1.3.1 构建智算人才梯队：企业内部培养与产学研合作的双轮驱动策略

对于众多行业企业而言，自有人员的专业知识与行业经验积累已颇具深度，但在智算领域的掌握上却面临挑战。从头开始大规模投入资源培养智算团队，不仅成本高昂，能带来的效应也难以估计。同时，企业在外部招聘高端智算人才时缺少吸引力，往往无法与头部企业竞争，这使得组件第一支智算团队成为一大难题。

为应对这种挑战，许多公司会选择从存量人员中发掘潜力，通过岗位的优化为员工提供新的工作机会，帮助他们适应并融入新技术环境。此外，通过举办内部的人工智能竞赛等活动，不仅激发员工对新技术的兴趣和探索精神，也为发现和培养具备潜力的员工提供了平台，让他们能获取更多的智算培训机会。

除了内部培养，企业还通过产学研合作模式拓展人才培养路径。在这种模式下，企业与高校、科研机构或人工智能领域的领先企业等生态合作伙伴联合培养人才。产业界提供丰富的行业经验和实践场景，技术厂家则提供前沿的技术支撑和知识传授，在实践过程中相互学习和赋能。这种基于实操项目的合作模式，不仅加速了行业人才的技术能力提升，也加深了技术厂商对垂直行业需求的理解与洞察。

通过这种双轮驱动策略，企业能够在智算领域构建起一支既了解行业特点又掌握先进技术的复合型人才队伍，为智算技术的创新应用和企业的数字化转型奠定坚实的人才基础。

4.1.3.2 拓展智算人才资源：高校毕业生与社会专业人士的双轨引入策略

增量人员在构建智算人才队伍过程中是不可或缺。增量人员主要分为两大类：高校毕业生及社会经验丰富的专业人士。对于企业而言，优秀的毕业生为组织注入新血液。企业通过与高等教育机构的紧密合作，参与实质性项目和竞赛，除了培养未来的领军人才，同时也能吸收创新的应用思路。对于应届毕业生，智算作为新兴且快速发展的领域，为他们提供了独特的职业发展机遇。具备良好基础的毕业生，通过企业系统的前期培训，掌握智算的核心概念与应用技能培养后，能够迅速进入项目积累宝贵的实战经验，加速成为智算领域的专业人才。

相较之下，招聘具有一定工作经验的社会成熟人士更具挑战性。在智算人才供不应求的当下，寻找完全符合企业需求的高端人才极为困难。因此，企业可采取更灵活的策略，招聘具备相近技能和经验的人才，例如已掌握机器学习、强化学习、或深度学习等人工智能技术的专业人士。通过提供转型机会和进一步的专业培训，这些员工能够更快地适应智算领域的工作，减少企业培养成本，加速人才的价值产出。

案例

上汽集团旗下延锋内饰制定数字化人才战略，调整人才结构，搭建数字化人才梯队

人工智能正以惊人的速度改变着组织的管理模式，人才和知识结构及思维模式亟待调整，上汽集团旗下延锋内饰作为一个**纯粹应用者公司**，全球领先的智能座舱解决方案供应商，通过调整组织架构、重塑企业文化、制定数智化人才战略、搭建数智化人才梯队规划了战略·组织·人的系统性解决方案，在数智转型过程中找到了将智算技术运用到实际业务场景的业务+智算的管理模式，帮助企业在降低成本、提高效率、解决业务痛点、提高客户和员工体验、辅助决策方面提供了新思路。

在人工智能和大模型来临之际，延锋在内饰业务率先展开AI试点。通过组织架构的去中心化顶层设计，确定了以“前台运营大区为利润中心”+“中台策划管理及能力中心”+“后台战略和资源中心”的组织模式，调整所有职能定位和职能划分、定义碳基人硅基人如何在一个组织中分工合作，以更加快捷的响应市场和客户需求。

为应对智算转型的一系列挑战，延锋内饰制定了数智化人才战略，启动“2046数智化人才项目”推动存量人才的知识结构和思维模式转型，同时更新增量人才的招聘标准进行人才结构的调整，将社会招聘和校园招聘候选人逐渐向信息化、数智化、自动化等方向倾斜，这样就逐渐搭建了一支既精通传统制造知识又具有数智化技术的复合型人才队伍。“2046数智化人才项目”每个项目组由资深业务人员、青年数智化人才、数智IT技术人才、优秀校招入职大学生组成，以数智化项目落地为载体，通过Design Thinking造梦坊、大咖面对面、大腕手把手、数字化企业参访、前沿展会游学、天使基金、数智化买家秀卖家秀、数智化知识赋能、知识技能大赛，数智化成果展等环节，打造“数字化项目实践*70%+COACH 带教*20%+数字化学习*10%=数字化人才队伍形成”培养模式。

除了专项数智化人才项目之外，延锋内饰还搭建了内部人工智能学院。通过招募具有丰富人工智能经验的讲师分享他们的经验和见解，设立技术沙龙和创新工作坊，鼓励员工分享学习成果，与外部人工智能机构建立合作关系，鼓励员工参加“人工智能训练师”、“人工智能算法工程师”等资格认证，促进团队整体数智能力的提升。

在战略制定、组织调整、人才培养的同时，延锋内饰还引入数字人、RPA等硅基员工，每一位硅基员工跟碳基员工一样，拥有工号、姓名、岗位描述、工作计划目标、绩效评估和人工成本。硅基人与碳基人可以一起相互学习。

4.2 智算人才培养体系建设策略

在智算与人工智能技术日益发展的当下，许多工作内容与模式都发生了巨大的变化。因此，人才发展成为重要的课题，如何构建一个系统性的智算人才培养体系，为员工做好智算时代准备成为许多公司的关注。

想要构建好智算人才培养体系，首先需要理解智算人才学习特征。下图所显示的四条学习曲线代表个人所掌握的不同知识类型，对比的是知识与数智技术的相关性及有效期，所呈现的是知识的衰减率。

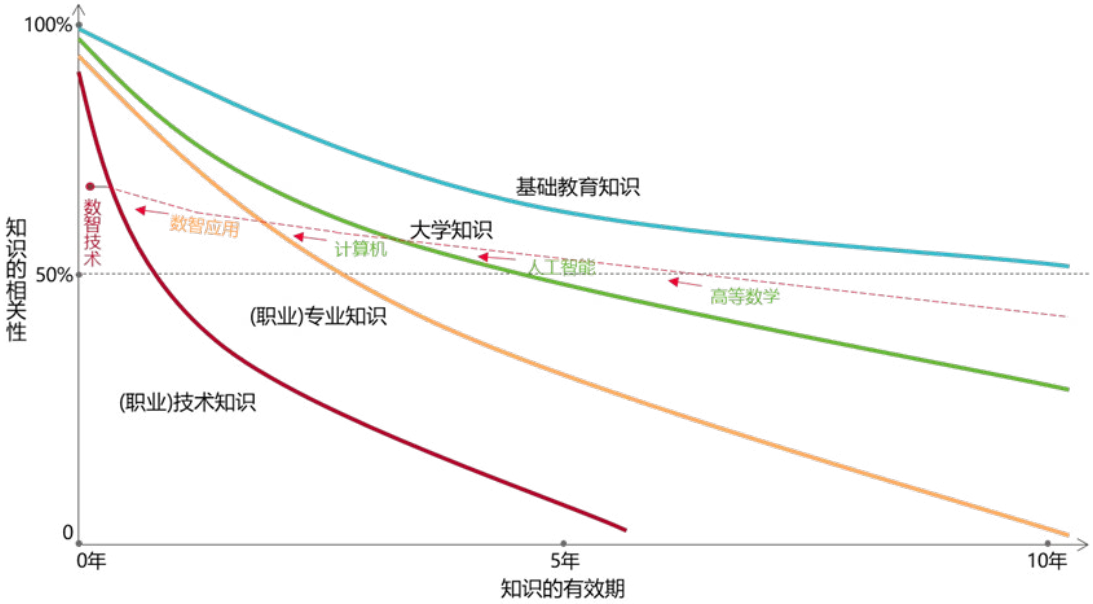


图 35 数智学习曲线

譬如，数智技术与职业知识（红、橘曲线）最强相关但由于知识的更新替换更快所以有效期比较短，相对的衰减率就更高。而在学校所学习的知识（绿、蓝曲线）则属于数智技术的最基础或是必备条件，且有效期也较长所以衰减率会更慢。穿插于四曲线的“数智技术”学习曲线就代表了在智算学习智算过程中所需掌握的知识内容，从高等数学、人工智能、计算机、数智应用到数智技术。

这条“数智技术”学习曲线也凸显了智算学习旅程上的几个里程碑。在智算领域的知识探索之旅中，学习者的学术背景和经验积累构成了其学习路径的独特起点。对于那些在大学期间未深入理科领域，或对高等数学接触较少的学习者，建立坚实的数学基础是进入智算世界的首要步骤。这要求他们从最基本的数学概念开始，逐步构建和巩固知识体系，确保每一个学习阶段都坚实可靠。随着基础的夯实，学习者可以逐步回溯并扩展其学习路径，深入探索高等数学和相关领域的深层次知识。这一过程不仅涉及数学理论的学习，也包括对这些理论在智算技术中应用的理解。

对于拥有数学或计算机科学背景的学习者，他们的学习路径可以更加高效和直接。这类学习者可以利用其已有的知识储备，跳跃至更高阶的学习阶段，专注于智算技术的前沿领域和高级应用。他们可以迅速适应并掌握复杂的算法模型、数据分析和机器学习等高级主题。

无论是从基础出发，还是基于现有知识进行深入的学习，智算知识的学习都是一个动态的、逐步递进的过程。一个完善的智算培养体系需要考虑到不同学习者的需求，根据学习者的学习背景和目标，帮助他们制定合适的学习计划，不断调整和优化学习路径，以适应智算技术的快速发展和行业需求的变化。在这一过程中，重要的是持续的学习和实践，以及对新知识的好奇心和探索精神。通过不断学习和实践，学习者可以逐步提升自己的智算技术水平，最终成为能够适应未来挑战的智算领域专业人才。

图 36 智算人才培养体系

传统的以岗位为中心的人才发展体系已不再适应当前的需求。智算领域的不确定性和快速变化要求我们进行根本性的人才培养模式转换，以适应这一变革。人才培养的新模式需要从人才规划、人才培养及人才评估三个维度出发，全面解答智算人才的培养问题。这就需要首先从业务场景出发，进行能力规划和技能模型的构建，以确保人才培养与实际业务需求紧密结合。接着，设计学习体系，通过人才盘点和培养项目的实施与评估，将组织的战略目标与人才培养工作紧密相连，形成闭环。

在这一过程中，人力资源部门扮演着牵头的角色，与业务部门的专家紧密合作，共同构建人才培养体系。为了获得更广阔的视角和更专业的指导，许多组织选择与外部专业咨询公司合作，借助其专业知识和经验，为智算人才的转型提供全面的方案设计。这些一站式服务包括人才技能模型的识别、岗位设计、学习路径规划、人才盘点与测评，以及培养项目的实施。通过这些措施，组织不仅能够解决关键问题如能力需求不清晰、转型人才不够显现及培训规划不够具体，还能确保人才发展与业务战略同步，为智算人才提供清晰的成长路径和持续的学习机会。

图 37 智算人才规划服务体系

4.2.1 人才规划：组织的五者智算战略定位与智算人才定位的握手

先前所描述的生态五者（全栈自建者、模型自优者、应用自架者、纯粹应用者及服务提供者），概括了生态参与者在智算发展各阶段会涉及的角色。五者不仅映射了各类参与者的智算战略定位和资源投入方式，也指导了企业在明确自身定位后，如何围绕特定业务场景去执行智算战略。而执行战略的最大驱动力，归根结底依赖于组织的人才。

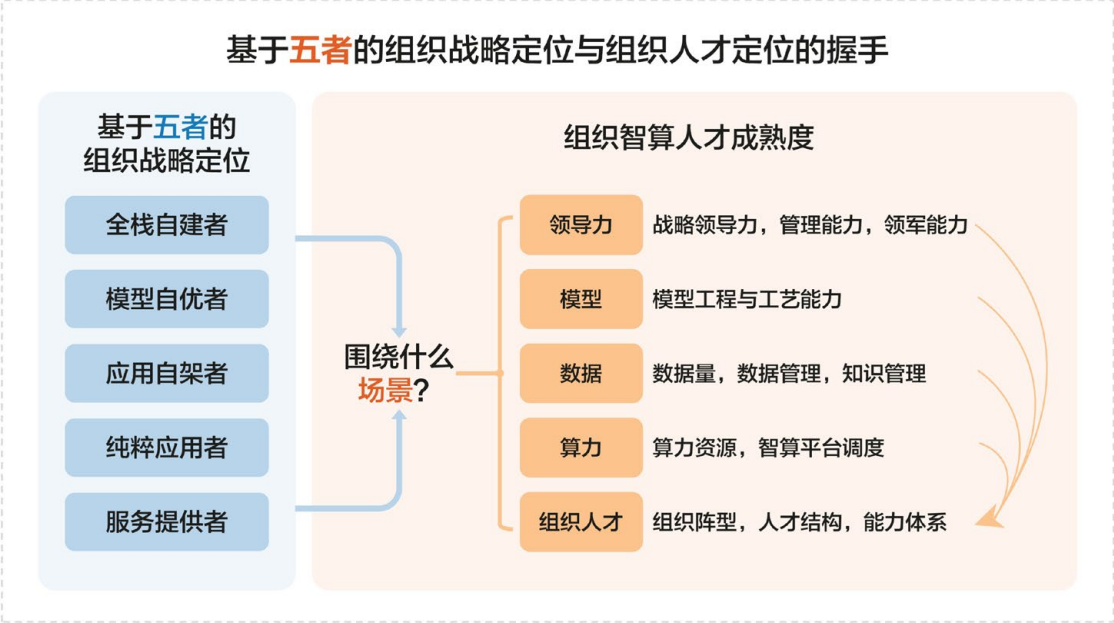


图 38 组织战略定位与人才定位的握手

为了评估组织人才的成熟度，企业需要从多个关键要素进行考量，包括组织领导力、模型、数据及算力。通过这些要素的综合评估，企业能够识别面临的主要挑战，分析问题的根本原因，并制定相应的解决方案。这些方案应与组织的人才战略紧密结合，确保战略与执行的一致性。

举例来说，一家专注于人工智能研究的企业，可能将自己定位为智算**服务提供者**，专注于模型研究的深入探索。在对自身的算力资源、数据积累和模型算法能力进行细致评估后，可能识别出对人工智能框架算法研究员或数据科学家的迫切需求。而另一家智算纯粹应用者企业，则可能更多地考虑如何将这些服务和产品有效地集成到自身的业务流程中。这要求企业从团队构建的角度出发，思考如何通过组织架构和人才配置来优化大模型技术的应用。

在这些情况下，组织的战略定位必须与其人才战略相互协调，以确保智算的发展潜力得到充分发挥，同时推动组织在竞争激烈的市场中保持领先地位。

4.2.2 人才培养：智算人才培养模式与迁移路径

4.2.2.1 培养模式：构筑“观全局，有远见”的智算人才“望远”培养模式

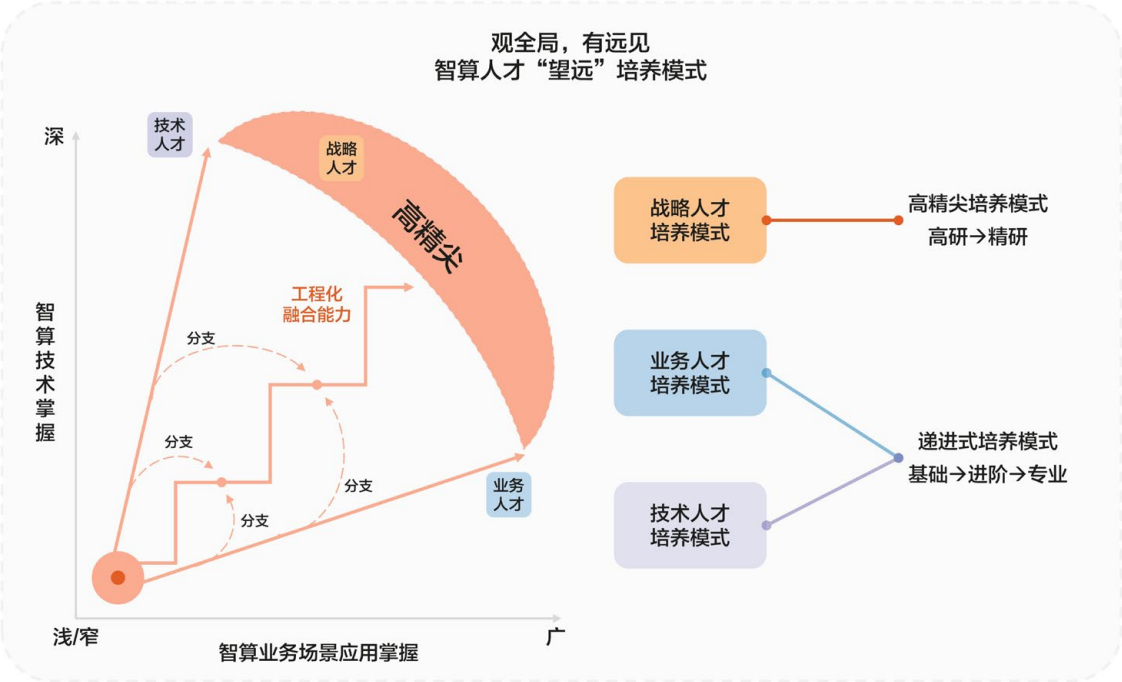


图 39 智算人才培养模式

智算的广泛应用，及大模型在千行百业的应用中，特别强调工程化融合能力，这背后揭示了算力集群、行业算法，知识和数据工程等要素要真正在行业产生应用价值，需要通过适配层和工具化，以及形成各类工程和业务范式以提升算力、数据的转换效率，也降低训练、模型部署和推理应用的技术门槛，这需要技术与业务围绕智算核心要素的深度融合。工程化融合能力带有复合技能的阶梯型培养模式，是强调需要业务与技术能力的相互融合渗透，才能做好工程类的职务，如数据工程、知识工程、模型调优、应用部署和提示工程等。当技能掌握到一定程度，就需要其他方面的注入来提升工艺水准。所以阶梯型是也是代表了融会贯通其他学科领域的过程，如哲学、心里学、经济学等。当达到一定累计有突破了，技能也就往更上一层攀升。图中，技术人才与业务人才的发展轨迹在工程领域交汇，形成了一条通往融合能力发展的路径。这一过程表明，往往起始于技术或业务的单一维度发展，随着职业生涯的深入发展，因应工作需求的复杂性和个人职业发展的内在驱动，逐步涉足更为广泛的领域。过程中，原本专注于技术领域的人才可能会逐渐融入对业务流程、市场需求的理解，而业务领域的人才则可能开始掌握技术实现的知识和技能。这种跨界融合的趋势促使他们发展成为既懂技术又通业务的复合型人才，在项目的工程工作中也能发挥桥梁作用，促进技术解决方案与业务目标的有效对接。

不同的组织人才类型需要不同的培养模式与成长路径，对齐三相传导人才结构，在设计人才培养路径的时候，可以注入智算的特征及人群的需求。

- **战略管理人才培养模式：**作为组织的领军人物，他们更多需要高精尖的培养，提升格局，开阔视野，成为有远见、有思想力的战略性人才。这种类型的培养不求深度但强调对业务面与技术面覆盖有宽度，能洞察智算对本行业与组织业务的影响，推进智算在组织中的应用。

- **业务人才培养模式：**需要掌握大模型技术对一些典型行业的应用，行业大模型的解决方案设计。这种类型的培养就需要对业务应用有广度，可涉及些许技术层面的知识来支撑与技术人员的沟通但无需太深入。

- **技术人才培养模式：**算法层面需要掌握模型训练开发与人工智能应用，基础设施层面需要提升算力平台分层分级能力。这种类型的培养需要循序渐进往深层技术领域去钻研。同时业务方面也能有些基本的对应用需求和技术转化需求的了解，以更好支撑业务需求。

华为公司自身的智算人才培养就是通过项目经理/业务架构师/方案架构师/技术交付4类人才进行基础、进阶、专业和专家4个阶段的四方体培养矩阵。先遣队的培养关键在于把来自不同业务部门、不同背景层次的团队成员快速聚集赋能，让他们能迅速投入到项目中。

案例

某运营商的智算科技领军人才培养体系实践

近年来，某运营商作为典型的智算全栈自建者与服务提供者公司，致力于强化人才战略，推动人才结构的全面转型。尤其重点围绕科技领军人才赋能，全面把握科技领军人才培养及使用，设计了“星耀”、“星光”、“星火”、“燎原”的分层分类、融合贯通的科技人才培养赋能体系，赋能首席专家、高级专家、青年科技人才、卓越工程师等科技人才队伍。

星耀计划—首席专家研修

在首席专家层面，运营商通过定期实施首席专家研修活动，组织首席专家们深入学习国家和集团层面对战略新兴产业和未来产业的战略布局，探讨新技术的最新发展动态、应用场景和未来趋势，掌握系统科学与系统协同思维方法，关注国家战略科技力量的构成和发展趋势，通过交流和讨论启发新的思考和洞察。

星光计划—高级专家融合培养

在高级专家层面，聚焦战新产业及其关键技术，系统开展高级专家跨专业培训。重点围绕人工智能、云计算、算力网络及新一代信息通信，开展“技术类高级专家轮训”，提升高级专家技术前瞻视野和专业能力，促进跨专业融合和联合攻坚。

星火计划—青年科技人才培养

“星火计划”培训班为期3个月，重点围绕紧跟世界科技潮流、做深做细培养方案、突出实战实操导向、推广自研科技成果、构建科技人才培养体系等5个方面进行。自2018年以来，已围绕大数据和AI、云计算、5G、网信安全4类专业完成6期培训。历届星火学员已在集团的科技创新带头领军、战略决策智力支持、支撑前端业务发展等方面发挥了积极的作用。

“星光闪耀”专题闭门研讨会—基于闭门研讨会闭环三类科技领军人群培养

“星光闪耀”系列专题闭门研讨会是中国电信党校（人才发展中心）践行“为党育才、为党献策”初心、赋能科技领军及后备人才队伍、服务科技创新和战新产业发展的系列举措之一。闭门研讨会结合科技领军人才赋能项目，充分发挥首席专家、高级专家、星火学员群体的专业优势和经验，将其与企业发展需求有机结合，促进知识传承和人才培养。研讨会分别围绕“大模型技术”、“智能算力和算网布局”、“数据治理与发展”等科技创新前沿和战新产业重点，集聚国内外一流科研院所、国家实验室和标杆企业的顶尖专家和学者，吸引集团内部科技领军及后备人才，搭建内外部专家学习、交流和协作平台，输出专家观点和决策参考，催化产学研深度交流与合作。

燎原计划—规模开展卓越工程师培养

燎原计划围绕集团战新产业布局，聚焦解决业务发展中的实际业务问题，并对省级公司燎原人才规模培养提供课程、师资、运营、实操标准。

- “燎原计划”云计算专业云服务运营示范班，快速提升全网云服务售中售后的运维能力。

- “燎原计划”云计算专业平台型人才示范班，围绕平台自动化运维、应用架构设计、组件、敏捷运营等主题开展理论加实操的学习，提升云上平台自主运营能力，加速由工具实操向平台实操型转变，更好支撑到全集团重点行业数字化平台云业务发展。
- “燎原计划”大数据和人工智能专业人工智能应用开发示范班，通过机器学习项目实践，深度学习理论，大数据平台理论与实践、大模型理论与实践、计算机视觉和自然语言处理等课程，培养具备人工智能算法调优、二次开发和人工智能产品在行业落地的专业人才。

4.2.2.2 迁移路径：智算角色迁移路径

前面介绍了智算三相传导人才结构以及对应的三相人才子类，同时也从企业价值流中去解读相关的典型智算角色。我们将这些角色进行了归类，然后针对业务类角色与技术类角色做角色也给出了迁移路径的分析。

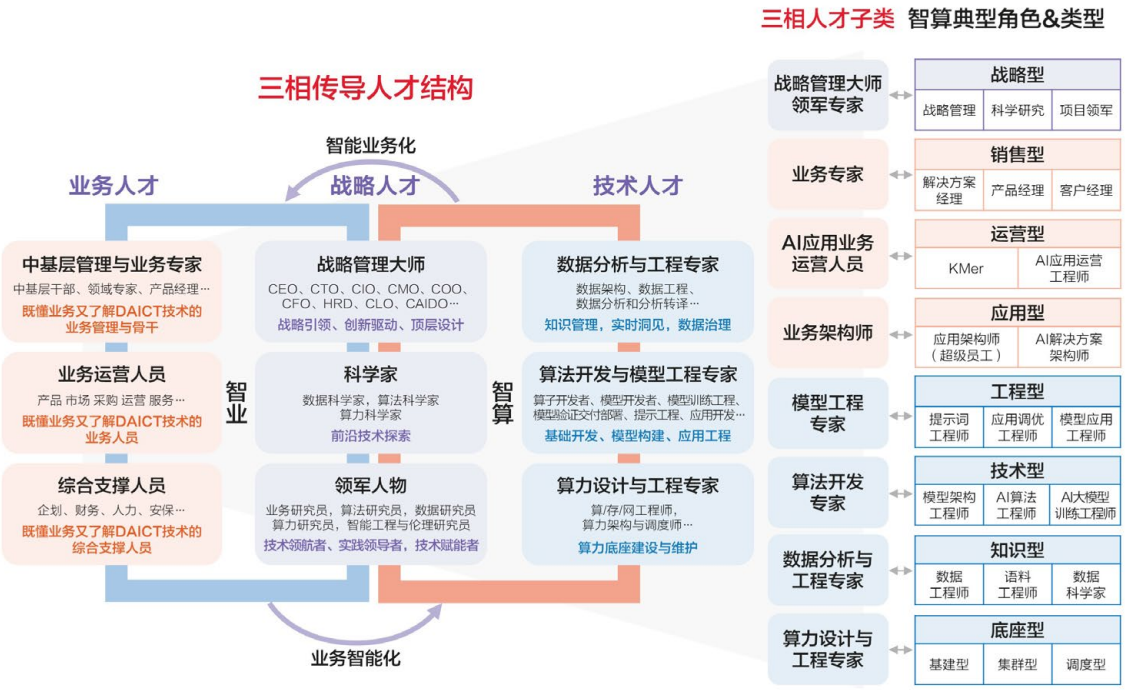


图 40 基于智算三相人才的典型角色归类

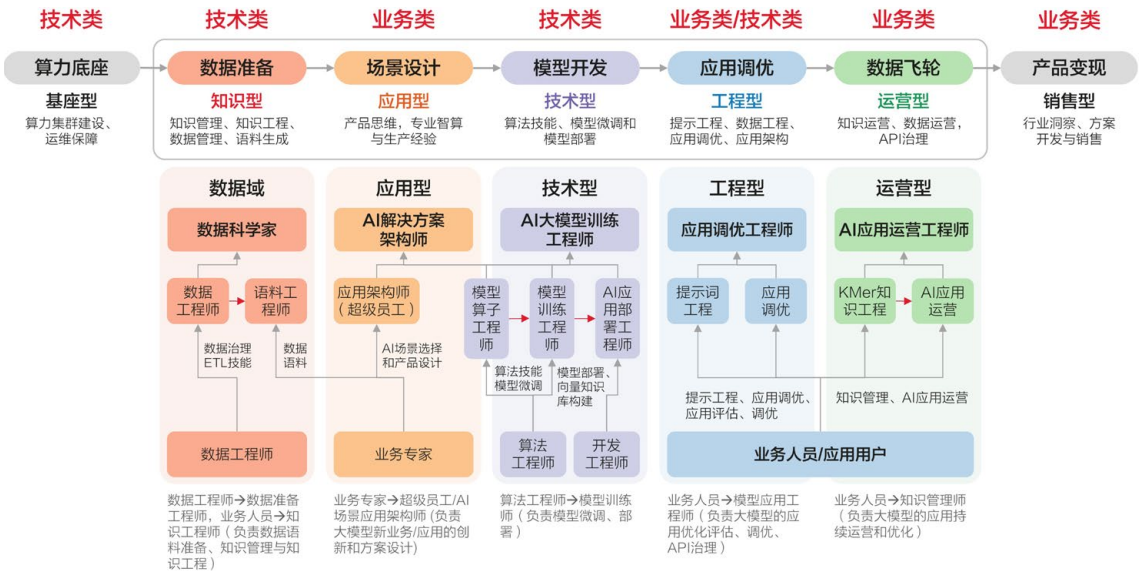


图 41 技术类与业务类角色的迁移路径

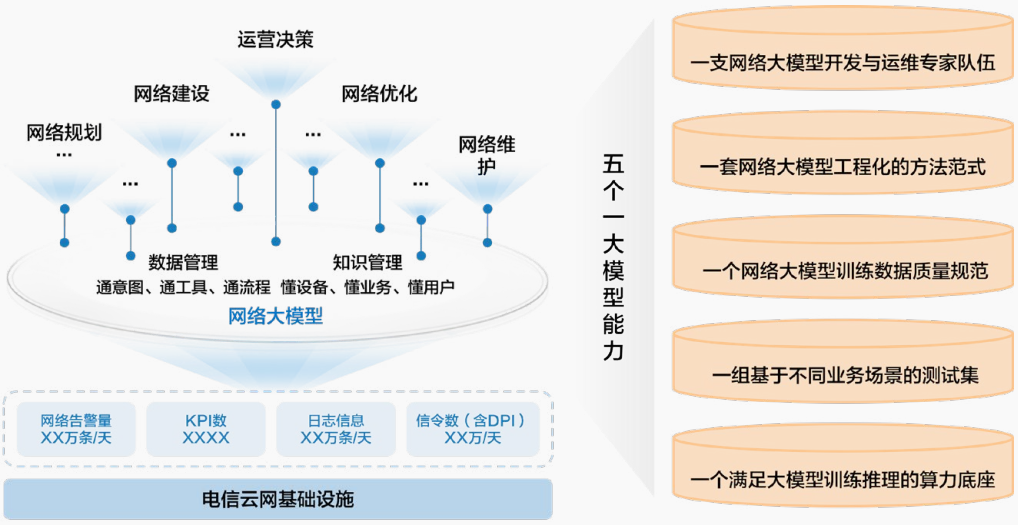
智算大模型时代，企业员工需要快速构建开展智算业务所需的能力，为企业在新时代的发展提供人才基础和发展动力。智算业务角色按能力模型可以划分为**基座型角色、知识型角色、应用型角色、技术型角色、工程型角色、运营型角色和销售型角色**七类，企业在审视当前员工时可基于现有技能、经验的基础上，通过掌握智算领域的新技能，转身成为智算业务所需的未来角色。各类角色的成长路径说明如下：

知识型角色应要具备数据工程规划，数据采集、数据清洗和预处理、数据标注、向量知识库构建和数据安全与治理能力。企业现有的**数据工程师**通过掌握数据治理、ETL等技能后，可以转身为**面向人工智能的数据工程师**；**业务专家**则利用自身熟悉业务的优势，转身为**语料工程师**，负责数据语料准备、知识管理和知识工程等工作。他们一起为大模型训练提供高质量的训练数据，并进一步成长为**数据科学家**。

案例

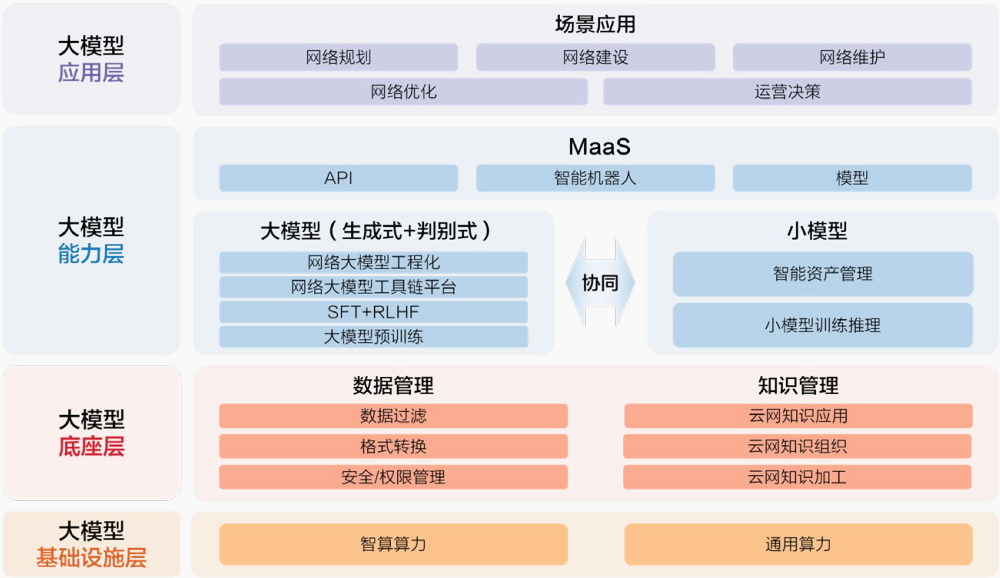
中国电信网络大模型的数据管理与知识管理实践

中国电信网络大模型目标面向云网运营管理和生产，打造网络大模型，落地4个拳头级场景应用，打造5个一能力，支撑云网高效运维。中国电信网络大模型对内围绕“规、建、维、优、营”5大类场景，基于网络大模型的多模态处理、泛化能力、自主学习能力等特性，赋能质量稽核、隐患识别、方案生成、决策分析等细分场景，提质增效、防范风险。



5个大模型的能力中，包括大模型开发与运维专家队伍、大模型工程化的方法范式，训练数据质量规范，不同业务场景的测试集和满足训练推理的算力底座。数据质量和测试集能力对应了大模型底座层的知识管理和语料数据集管理相关工作。

网络大模型的整体架构



中国电信网络大模型四层架构紧密协同，形成安全可信的网络大模型。网络知识型大模型底座层和场景繁荣生态的应用层与数据管理和知识管理密切相关。其中大模型应用层关注场景需求，专业语料、验证试点、落地应用；大模型底座层关注数据+语料双驱动的底座能力，实现知识管理+数据管理。大模型在场景中的应用调优是个长尾的过程，需要在业务中长期迭代优化，一方面高效生成、持续输送高价值模型训练语料，另一方面大模型反哺数据治理，这样就能通过**数据飞轮全面盘活知识价值**。

网络大模型数据飞轮的工作原理，在初始阶段，大模型飞轮为少数用户服务，数据治理飞轮通过分析这些用户反馈的需求和数据，训练大模型以优化服务，以更好地满足用户需求；优化后的大模型，服务更多的用户，产生更多数据，大模型反哺数据治理，为大模型训练提供更有价值的数据输入；形成了一个正向循环，大模型服务更多的用户，带来更多的数据反馈，数据治理飞轮持续运转，为大模型飞轮提供源源不断的“营养”。数据质量越来越高，幻觉逐渐消除，大模型越来越优秀。

企业如何构建知识管理体系，为大模型提供高质量知识，知识管理体系构建整体思路：以知识分类和技术规范为基础，以组织、流程、运营和安全为支柱，建设统一的知识平台，实现为大模型持续提供高质量的知识。

企业如何面向知识管理，构建人才队伍。在中国电信的项目中，典型的岗位角色设计包含：1）知识管理角色：CKO、部门CKO；**2）技术角色：**数据库工程师、大数据工程师、技术架构师、数据处理工程师、业务架构师、应用架构师、应用开发工程师、人工智能应用开发工程师 ；**3）运营角色：**知识审核专家、知识管理Kmer、质量运营工程师、平台运营工程师、安全运营工程师。

网络大模型工作流程中的人才角色需求

中国电信的网络大模型开发流程包括七个模块：知识收集、知识审核、语料加工、模型训练、模型微调、模型应用和模型运营。

- 业务管理专家：业务管理专家贯穿整个大模型开发过程。大模型的目的是服务于业务，增加业务的价值，让大模型懂业务、服务于业务是大模型价值的根本。
- 知识管理专家：知识管理专家在模型开发流程中是非常重要。大模型训练和应用是基于知识的，好的模型应用需要大量高质量的专业知识，知识管理专家起到的作用是做好知识储备、知识分类管理、知识质量的保障。知识管理专家在模型训练阶段做好知识准备，并在模型运营阶段持续的提供高质量知识。
- 技术开发工程师：包括数据处理工程师、语料处理工程师、模型架构师、训练工程师、平台工程师、模型应用开发工程师、模型运营工程师。这是大模型开发流程中主体人才，也是目前急需补充的人才。

中国电信网络大模型的知识/数据具备数据飞轮的特征，充分反映了数据、产品和用户之间的正向反馈循环。以数据、知识、队伍与工具四大力量赋能网络大模型，中国电信充分利用千万级工单、10亿级告警日志、万级专家知识库和案例库，海量的专业知识和数据作为根基，有效减少大模型幻觉现象和逻辑性错误通病，增强可解释性，形成了具有强大专业领域认知能力的专业网络大模型。

应用型角色应具备智算产品思维和意识，识别使用人工智能的业务场景，掌握专业智算和生产经验，具备智算业务流程设计能力。企业现有的**业务专家**通过掌握人工智能场景选择和产品设计能力，可转身为**应用架构师**和**人工智能解决方案架构师**，负责智算大模型新业务新应用的创新和方案设计。

技术型角色应具备大模型算法开发、模型微调、模型部署和应用编排能力。企业现有的**算法工程师、开发工程师**等技术角色，通过掌握相关技能，可转身为**模型算子工程师、模型训练工程师**和**人工智能应用部署工程师**等人工智能大模型训练的技术型角色，负责模型设计、模型训练、模型推理、人工智能应用开发和部署等工作。

工程型角色需要在预训练完成的大模型基础上，通过提示工程、数据工程、应用调优、应用评估等工程手段，提升大模型的实用性，让大模型的输出更加的准确，能在业务中有效落地。企业现有**业务人员**和**应用用户**，在掌握提示工程、应用调优和应用评估等技能后，可转身为应用**调优工程师**，和人工智能应用运营工程师一起，对模型进行优化，提升模型输出质量。

运营型角色负责人工智能应用上线后的运营。掌握业务知识的多少，是人工智能模型能否准确回答问题的关键。因此人工智能应用上线后，还需要通过知识运营、数据运营和API治理等工作，为人工智能应用不断提供和更新企业业务知识，促进模型能力不断进步。企业现有**业务人员**和**应用用户**，通过掌握知识管理和人工智能应用运营能力，可转身为**人工智能应用运营工程师**，负责KMER知识工程和人工智能应用运维等工作。

销售型角色在现有销售能力基础上，熟悉智算技术及业务基础知识，掌握智算产品与行业场景应用，具备智算业务行业洞察、方案开发和销售能力。

基座型角色在现有数据中心建设和运维能力的基础上，掌握算力底座算、存、网的产品的特性和操作，具备算力平台建设和运维能力。下图将深入探讨此角色类型的路径。

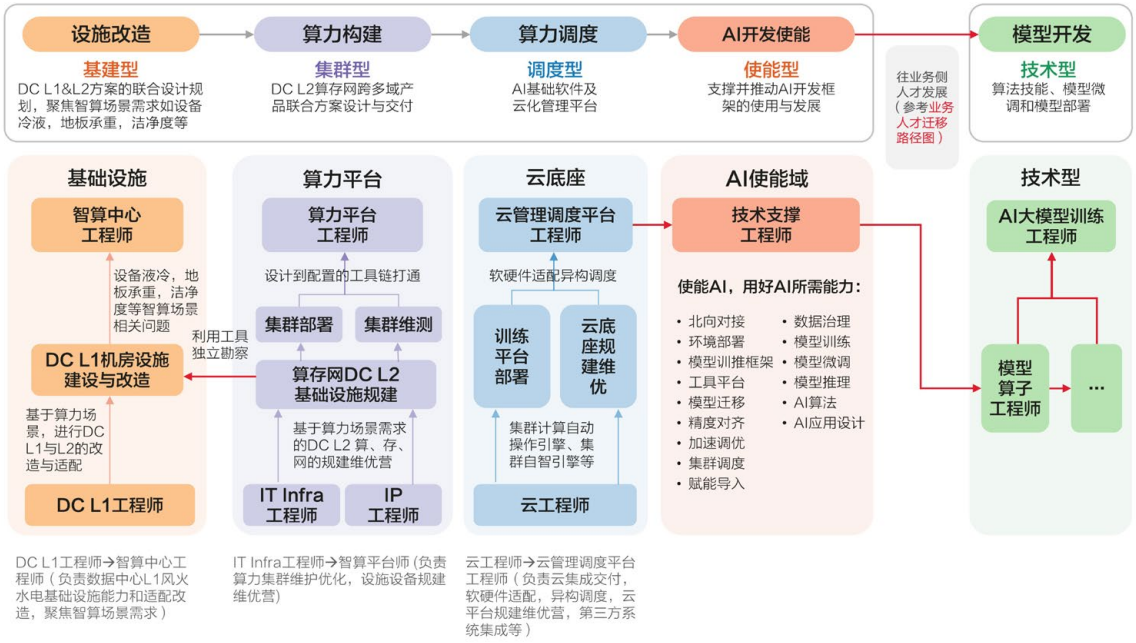


图 42 智算基座型角色迁移路径

智算算力底座聚焦于“建”的概念，除了是底座的建造，也是使能模型发展的重要驱动力，呈现出贯通能力的角色将是趋势。因此，智算基座型角色可分成基建型、集群型及调度型角色来支撑算力底座的规建维营，以及使能型角色来负责模型适配，并推动人工智能开发框架的使用与发展。

基建型角色负责数据中心的整改与适配，进行DC L1与L2方案的联合设计规划。智算是个非常新的场景，现有机房无法满足智算的需求，因此需要进行大量的机房改造。与此同时，智算场景下的DC L1和DC L2联系异常紧密，需综合考虑两者的节奏与技术方案设计。L2的产品设计会牵引L1的改造方案，所以L1与L2需要综合考虑每个细节的设计，避免后续变更或返工。L1机房改造主要涉及到机房内的综合布线、供配电与动环系统、房内设备冷夜、地板承重及洁净度等因素。因此基建型角色也是个融合型角色，兼顾DC L1和DC L2的能力，是现有DC L1工程师转型的首选。

集群型角色是对DC L2的算存网多域产品进行联合方案设计与交付。掌握基于算力场景需求对DC L2的算、存、网进行规建维优营工作，是现有IT Infra工程师或IP工程师转型成为算力平台工程师的第一步。第二步是掌握集群部署与集群维测。智算的超级集群组网方案涵盖计算、存储、网络协同，涉及多个网络平面设计，复杂度高。集群的安装、压测、联调涉及环节多，过程复杂，需要专业工具使能。来到运维阶段，计算、存储、网络跨域运维也是非常复杂，故障定界、定位难度大，耗时高。因此掌握这些跨域产品的设计与工具的使用是关键。

调度型角色顾名思义就是基于云化管理平台进行算力调度，以及人工智能基础软件与硬件的适配。算力的调度是通过算力集群调度，任务下发需要在分钟级内完成，要根据训练作业特点进行亲和性调度，保障网络的负载均衡。因此，现有的云工程师转型成为云管理调度平台工程师，除了掌握云底座的规建维优也需要训练平台部署能力，集成TOR亲和调度算法，实现网络流量负载均衡，实施GPU/NPU集群调度与训练的断点恢复。因此，考验云管理调度平台工程师的软硬件协同优化，保障全栈系统级容错的能力。

使能型角色则是支撑并推动人工智能开发框架的使用与发展。按照作业流，可划分前后端作业界面以及所需关键能力项。技术支持工程师是使能型角色的最佳代表，需要有资深的产品知识和产品实际应用技术，聚焦工程工作如系统对接、模型迁移、精度对齐、加速调优、数据治理、模型微调及推理等工作，为的是去支撑客户使用人工智能软硬件和构建生态。由于需要技术背景，云管理调度平台工程师横向迁移至技术支持工程师是个发展路线。

随着技术发展，结合底层大模型、模型迁移与算子实践，关键的模型训练技术服务将沉淀转化为模块供平台调用，使能技术支持工程师能力前移，逐步往业务层的角色迁移。

图 43 借助算法模型框架与系统支撑，技术支持工程师能力体系向业务前移

总结而言，智算时代对智算基座角色的技能要求是巨大且颠覆性，因而产生广阔的人才需求空间。除了底层能力需要增强，上层的人工智能使能与模型能力都需要重点构建与探索。下图展示了围绕智算工程化场景下的作业界面，及映射专家队伍的技术知识架构体系作为参考。

图 44 智算作业界面与专家队伍的技术知识架构体系映射

案例

中国人工智能领先企业与华为共创算力集群项目经验，显示智算人才的贯通能力将成为趋势

全栈自建者视角：作为全栈自建者的最佳企业代表，中国人工智能领先企业与华为携手打造超级算力集群的项目，预示着今后将会有更多更大参数的大模型的涌现。在数据优势与应用优势的双轮驱动下，智算领域已经步入快速发展阶段。人才的聚集与培养无疑将加入中国智算以及人工智能的追赶与突破。超大规模的算力集群构建，需要同时面对软硬件、生态环境的补充，长稳运行更是挑战重重。智算人才需要贯穿人工智能训练框架、软件与平台开发、算力基础设施等维度。

服务提供者视角：对于华为而言，在当前人工智能和智算场景下，对人才技能一个比较大的需求和区别是，智算集群场景的人才要求的知识面更宽，数据中心DC L1的风火水电和DC L2的算存网联系更加紧密，对于大型集群的建设需要熟悉L1和L2的综合性人才来设计与构建。另外L2的算存网在智算场景也联系更加紧密，所以需要具备跨域知识的人才述求是比较明显的。

其次是模型和算法，因为当前大模型的训练是非常庞大的系统工程，一次大模型的训练需要模型算法的高效设计，分布式框架的优化适配，高稳定性高性能的基础设施配合，所以从上到下有较多的技术栈是需要去跨域和结合的，这块对于人才知识的全面性和跨域性要求也很高。当前模型训练优化的过程，涉及很多跨域的理解和优化，是要通过从上到下很多技术层的优化达成。

中国人工智能领先企业和华为对项目经验的总结，观点非常一致。以前人工智能人才的算法人才和算力底座人才能力相对独立，现在大模型应用，需要专家从应用算法、分布式框架，到高性能高稳定的基础设施全栈的能力。这样具备贯通能力的人才将成为发展趋势，但技术跨度过大，是从顶层的场景和算法向下融合，还是从算力底座往上融合都不是这么容易。不仅仅是技术人才，懂智算和大模型知识的项目经理和相关业务人才也是智算项目成功的核心因素。

4.2.3 人才评估：智算人才认证与评估体系

智算人才的认证与评估体系是一个较新的课题，智算领域因为其产业成长性、技术栈的复杂度和智算领域对人才需求的复合型，所以其认证与评估体系的构建需要从人才需求、岗位分析、技能分析以及扩展因素等方面综合分析。

4.2.3.1智算人才认证与评估体系的构建

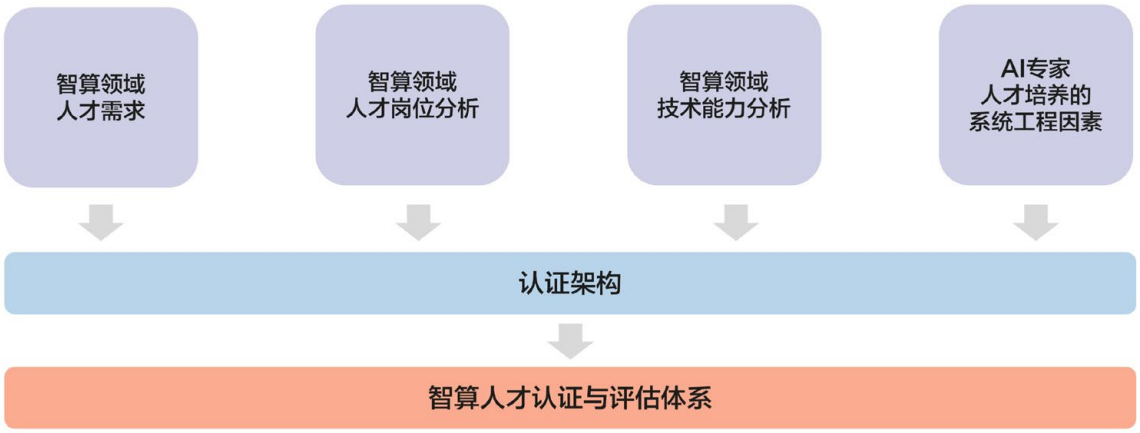


图 45 智算人才认证与评估体系构建

（1）智算领域人才需求分析

作为关键的输入，按照智算领域大模型渗透率维度对不同类型岗位人才的分布进行分析，结合典型岗位的职位描述（JD）进行人才需求提炼。

1	大模型渗透率高	全链条渗透，建立基础模型，并打造特定行业/场景应用案例						
算法类（15%-30%）			数据类（30%-60%）			研发类（20%-35%）		
模型架构工程师	算法工程师	创新研究科学家	数据科学家	数据架构师	数据工程师	大模型应用开发工程师	运维工程师	
20%-25%	65%-75%	5%-10%	30%-35%	5%-10%	55%-60%	75%	25%	

2	大模型渗透率中	不建立基础模型，基于开源模型或外采模型，将模型与内部数据整合微调						
算法类（10%-15%）			数据类（30%-40%）			研发类（45%-50%）		
模型架构工程师	算法工程师	创新研究科学家	数据科学家	数据架构师	数据工程师	大模型应用开发工程师	运维工程师	
10-15%	84%-90%	0-1%	1-5%	15%-20%	75%-85%	85%-90%	10%-15%	

3	大模型渗透率低	通过聊天界面或应用程序接口（API）使用公开基于模型产品服务，很少或无需定制						
算法类（0）			数据类（0）			研发类（100%）		
模型架构工程师	算法工程师	创新研究科学家	数据科学家	数据架构师	数据工程师	大模型应用开发工程师	运维工程师	
NA	NA	NA	NA	NA	NA	92%-94%	6%-8%	

图 46 分析智算人才需求作为认证体系输入

（2）智算领域人才岗位分析

智算人才岗位按照智算技术栈“底座层”、“平台层”、“模型层”及“应用层”展开，包含以下三类场景下的岗位需求：

- 人工智能原有岗位，技能需求有变化
- AIGC催生的新工种
- AIGC增强职位

岗位需求的宏观分析是厂商认证和评估体系建立的重要输入，需要根据厂商的产品/解决方案及业务范围确定具体的岗位目标。

（3）智算领域技术能力分析

智算大模型技术能力集以智算大模型四层的关键技能出发，对岗位需要的技能进行拆解重组以适应认证与评估分方向分科目的架构设计的需要形成一张左右映射的“岗位-技能”关系网，如图中①-③示例。同样，需要结合厂商的产品/解决方案及业务范围确定技能目标，并根据具体需要进行JTA（Job Task Analysis）分析。

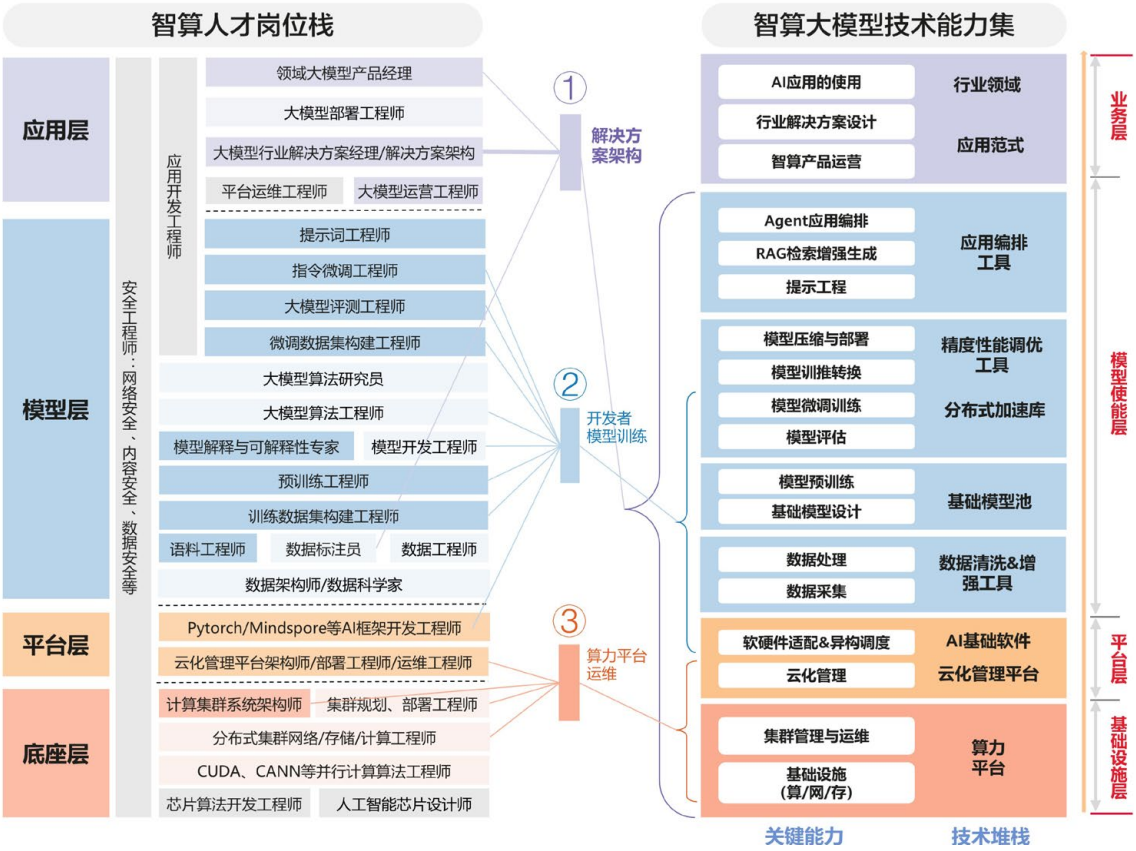


图 47 分析智算技术能力作为认证体系输入

（4）人工智能专家人才培养系统工程因素

基于人工智能大模型的项目作为一项复杂的系统工程，需要多个领域的人工智能专家协同，从专家人才的培养的角度提出了人工智能专家人才成长系统工程的“四个视图与通用技能”。系统工程因素可以对步骤三分析的“岗位-技能”关系网进行筛选，选取“业务架构师（BA）+ 解决方案架构师（SA）”、“开发者（人工智能训练工程师、人工智能应用开发工程师、算子开发工程师、模型部署工程师等）”、“TD（硬件实施工程师、设备调测工程师、运维工程师等）”这样的三个方向进行认证设计，详细的认证设计环节不再展开。

四个视图	BA 视角	SA 视角	研发技术视角	服务视角
认证人群	业务架构师（BA）	解决方案架构师（SA）	人工智能训练工程师、人工智能应用开发工程师、算子开发工程师、模型部署工程师等	硬件实施工程师、设备调测工程师、运维工程师等
认证方向	解决方案架构方向		开发者方向	Infra TD 方向

表 5 智算认证体系设计四视图

图 48 人工智能专家人才成长系统工程的“四个视图与通用技能”

（5）人工智能专家人才培养系统工程因素

综合分析，面向智算人才的认证与评估体系的构建需要根据评估方的产品/解决方案覆盖的领域或技术栈的分层构建：

- 人工智能领域：作为智算的核心领域，评估的对象大致分为技术人员和业务人员。
- 技术人员：平台型企业注重开发者生态的构建，按智算技术栈自下而上，可覆盖平台层、模型层、应用层的人工智能开发者能力的评估，需要在所在方向从事人工智能应用开发、模型开发、算法开发、算子开发等实际技术工作。举例：基于深度学习训练框架的模型开发认证、基于人工智能应用开发框架和算子开发平台的推理应用认证。
- 业务人员：人工智能领域业务人员常见的有售前、销售、人工智能产品经理等。此类人群关注客户视角需要解决的业务问题，逐层分解业务场景到人工智能的应用场景、应用范式，基于掌握的人工智能项目端到端的业务流程和基础的人工智能技术原理，可以进行算力平台、基础模型、行业模型、场景模型的选型，可以进行人工智能应用的验收。举例：人工智能解决方案架构师认证，可从业务架构（BA）、解决方案架构（SA）视角主导人工智能项目的业务分析、技术选型并最终推动项目落地。
- ICT基础设施层：作为智算的核心领域，评估的对象涵盖“计算”、“存储”、“网络”等ICT基础设施的运维人员。覆盖的能力主要包括，在传统“算、存、网”的基础上因应智算的发展，当人工智能集群在数据中心部署后对“算、存、网”上叠加的新业务能力或场景的维护能力的增强。举例：数据中心网络运维工程师认证。
- 基础软硬件层：作为智算的相关领域，侧重操作系统、数据库等基础软硬件等系统管理人员的长期发展，也因应智算的发展，在复杂的系统环境下对系统管理要求有所增强。举例：openEuler操作系统/openGauss数据库的系统管理员认证。
- 云平台云服务层：作为智算的相关领域，传统的“建云”、“用云”和“管云”的云化业务场景，也会因应智算的发展，在私有云/混合云的构建、公有云智算相关业务的提供上都有增强，为智算大模型的模块开发、模型应用提供了算力保障，进而带来云平台云服务领域工程师的能力评估的升级。举例：云计算/云服务工程师认证。

智算领域的人才认证与评估体系的构建是一个动态发展的过程，随着人工智能技术的发展需要跟随岗位、技能要求以及必要的工程要求持续迭代。

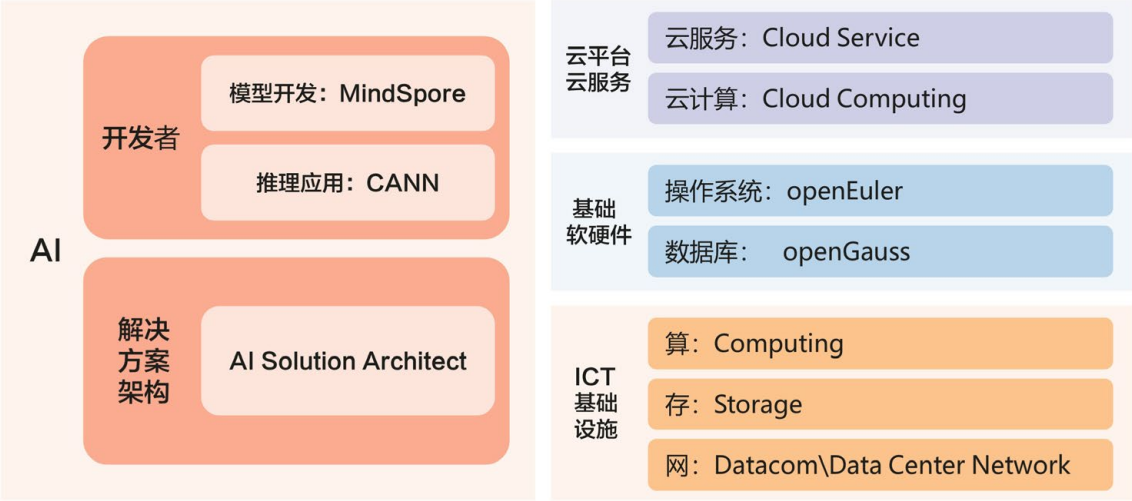


图 49 智算人才认证与评估体系

4.2.3.2 智算领域认证体系的运用

智算领域认证体系可以在如下场景运用：

- 厂商内部的任职资格体系的建设：售前、销售、服务等岗位的中长期的任职资格体系
- 智算项目人才资源的储备：按照岗位角色轻量化的培养和评估岗位角色，如：PD（项目负责人）、SA（解决方案架构）、TD（技术负责人）、FAE（模型及人工智能应用开发）等
- 人才生态构建：构建包含客户、伙伴、院校、公众等的智算人才生态体系

企业所处的智算领域的分层位置以及企业智算相关团队的规模也是智算领域认证运用的参考因素，比如有一定人工智能研发储备需要长期储备模型及人工智能应用开发能力的会更多选择AI-开发者方向；倾向于外部采购模型AI应用开发服务的企业会更倾向于基于在其行业专业知识的基础上通过AI-解决方案架构的技术选型和产品管理验收等能力补齐短板；而销服体系的伙伴则会考虑在原有数据中心运维能力上补齐智算需要的“算、存、网”的能力。

05

智算人才发展展望与建议

5.1 智算人才发展内涵框架

智算人才发展可以理解为一种哲学、三大内涵、一个框架、三个事情、三种能力。

一种哲学三层内涵：企业一开始就要形成、"数驭世，模映物”的哲学观，智算动能将算力转成模型智力，再将模型智力转变为新质生产力，驱动组织朝智算与业务共生的生态商业模式转型。

一个框架三个事情：企业的智算大模型业务开展，需要组织和人才管理方式的适配改变，需要一套工具框架来规范企业在智算时代下的运作方式，从产业环境、业务战略、组织目标、业务价值、组织能力、管理体系和人才管理维度等7个视角的工具框架《智算与业务共生的组织运作框架》来规划指导企业的运作。

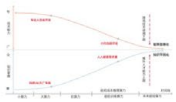
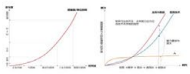
	图示	人才观点	业务观点	观点本质
1. 拓展产业宏观视野		普惠决定“智算能力下限”；人才决定“智算能力上限”	“千模百态” 决定行业领先竞争能力 智算人才与产业演进相互促进 传统人才转型协同新型工业化共同推进，加快智算赋能传统产业	普惠智算使能全球模型智能共享
2. 扩大组织战略抱负		只有将组织积累的行业知识经验及大量的数据等要素与AI技术结合，才能实现数智化转型的加速	所有对象可连接、所有应用可建模、所有决策可计算 组织需要打造超级助手，创建原生智能的操作系统，统一智算能力底座，构建系统级原生智能	将算力转成模型智力，再将模型智力转化为新质生产力
3. 改进组织目标定位		用智算开拓“业事”；用智算洞悉“数事”；用智算左右“人事”	智算的终极定位是企业将智算作为组织运作体系的核心部件，接受外部的输入，自主调动各类资源，自动化加工成产品和服务，并能做出恰当的决策和交付 一方面把智算与人结合起来，使得每个员工都有“懂我”的智能助手；另一方面把智算跟事情结合起来，将大模型全面引入到研发、销售等各领域，重构作业模式，提升业务效率	人与人、人与物、物与物交流因智算加入而产生人、智算、物的共生关系
4. 升级组织业务价值		智算需要通过不断地与企业特有的场景融合，持续进行企业特有信息、知识、数据的投喂，才能形成负责任的内含组织独特特征的业务与智算共生的智能，这也是人才的独特价值所在	行业知识是核心，数据是基础， 智算放大人的能力，使能组织在做任何事情的时能够做到“心中有数” 构筑信息优势，构筑决策优势，构筑行动优势	企业价值内涵就是知识创造、知识传播和知识使用
5. 重塑组织人才能力		智算人才就是集“研、训、用”（“研”：研究智算，“训”：训练机器智能，“用”：运用智算智能）的有机整体 智算战略人才，专注于“研”的方向，智算技术人才，专注于“训”的领域，智算业务人才，专注于“用”的场景	智算人才结构呈三相传导构型，实现**战略/技术/业务**人才的知识能量有效传播 组织人才的使命是“组织的一切业务皆智能”成为可能、可信、可行、可靠；使能所有业务都要智能化，所有智能都要为业务所用	数据知识化；知识模型化，模型平民化；智算放大人的能力
6. 转变组织管理体系		智算（智能体）与业务共生发展演进将是一个长期演化的过程，组织仍然需要坚持“以人为中心、以奋斗者为本”的经营宗旨	形成组织社会管理方式的智算新思维； 形成组织技术使能的智算新思维；形成组织系统结构的智算新思维 形成智能新动力，对准价值场景实现商业闭环，升级数智系列新解决方案	组织发展本质上是技术驱动的，技术源于人
7. 点亮人才发展思路		人训练模型，模型训练人 政产研学用协同推进产教融合构建智算人才生态，共同培养适应智算产业发展需求的高素质人才养	智算应用是一个长尾过程，让更多的员工不断提升技能有助于边际效益的增长 新五者的智算技术定位决定人才能力的定位，差异化培养计划需要对齐组织业务战略目标	人学习的自主性与智算智能的设计性

图 50 智算（大模型）人才发展白皮书观点荟萃

基于企业组织智算特征准备三个事情：一是重塑包含组织使命体系、结构体系和人才体系的系统性结构；二是明确包含组织连接、计算和建模的技术使能方向；三是掌握包含组织新型客户关系、伙伴关系和公共关系的社会管理的新方式。

构建三种组织能力适应智算大模型领域快速发展和高度复杂性的变化特征：1）企业新五者组织定位，明确企业的智算业务展望和人才需求；2）架构智算能量三相传导的人才结构的能力，即由战略人才、技术人才和业务人才所构成的使能“所有业务智能化、所有智能业务化”的人才结构；3）融入“政产学研用”智算人才生态体系。

5.2 智算人才发展建议

5.2.1 政策维度

国家在推动智算发展中扮演着关键角色，未来，智算人才相关政策有望进一步完善，持续推动产业高速发展。**加大智算人才政策支持力度**，出台智算人才专项支持政策，设立智算技术研发和应用试验场，吸引全球顶尖智算人才和企业入驻，促进创新技术快速孵化。**加快推动智算标准化进程**，建立开放的知识标准化组织和定期更新机制，加速形成共识；支持行业协会牵头制定智算人才的认定和评价标准体系，为行业发展遴选、培育优质人才。**推进智算大模型伦理体系建设**，平衡技术创新和社会责任，加强公众教育，适应技术发展和社会变化，提高社会对智算伦理的认识。**促进跨领域融合创新和应用落地**，推动智算在社会各领域的广泛应用，持续评估跨领域项目的成效，形成长效的跨领域创新体系。

5.2.2 院校维度

教育机构应不断更新课程体系，并与企业合作，引入先进的智算工具和平台，为学生提供实践操作的机会。**一是构建跨学科智算教育联盟**，联合不同学科的院校，共同开发跨学科课程，建立统一的智算课程标准和认证体系，解决跨学科教育因范围广而可能会遇到课程体系不兼容、教师资源分配等问题，确保课程质量。**二是设立智算技术创新实验室**。教育机构可与企业合作，在院校中设立智算技术创新实验室，鼓励学生参与前沿技术研究，提供实验设备和研究资金支持。智算实验室的建设和运营需要大量的资金和资源，同时需要吸引和培养高水平的研究团队。**三是强化教学交流和分享**，通过教师交流和培训，提升教师的跨学科教学能力；定期组织联盟会议，分享教学经验，更新课程内容，确保智算知识更新。

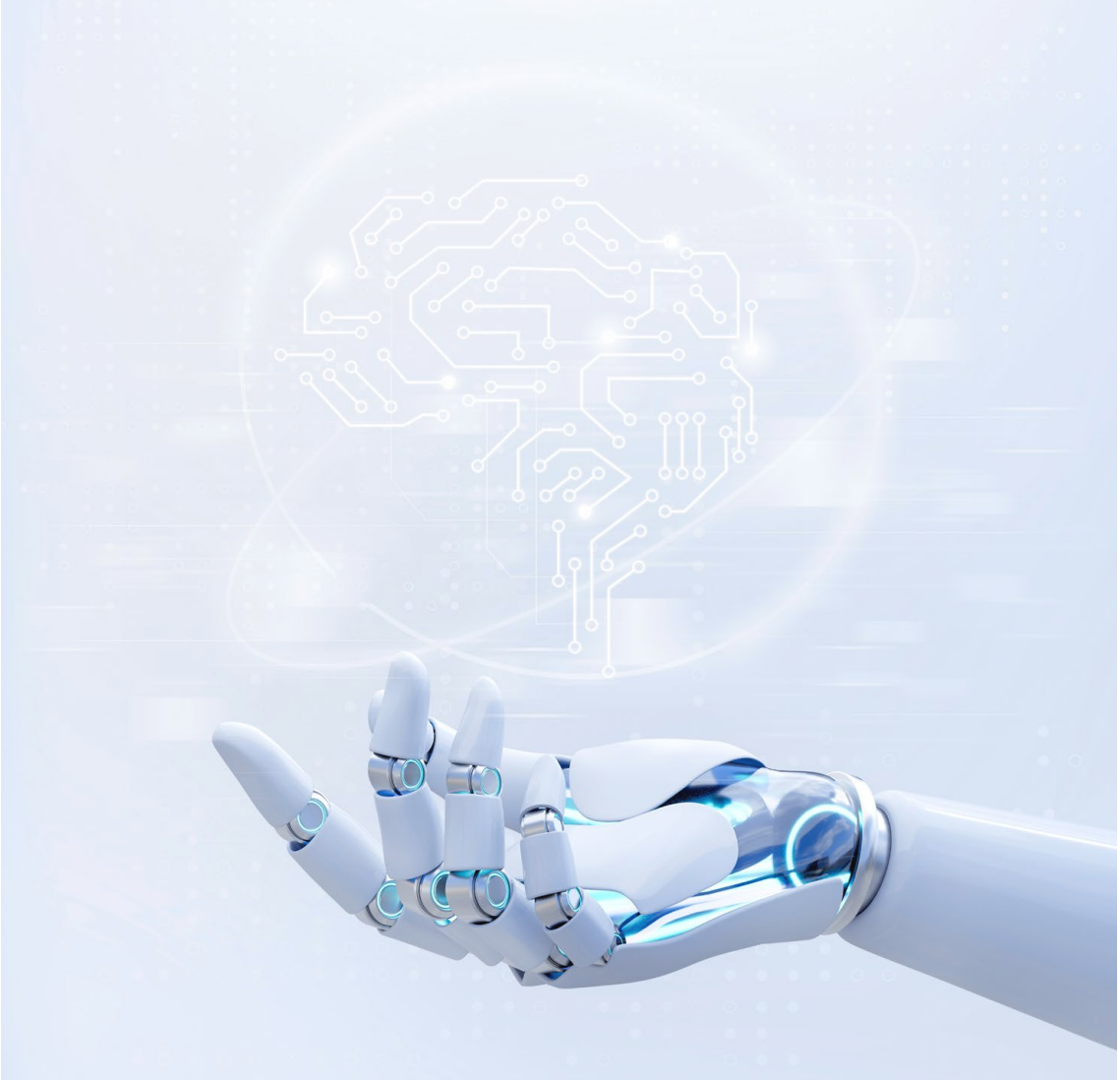
5.2.3 企业维度

企业是智算技术应用的前沿阵地，可加强内部人才培养机制，通过在职培训和职业发展计划，提升员工的智算素养。**一方面，企业可以建立自己的智算学院**，提供系统的培训课程，不仅提升员工技能，也作为吸引人才的重要手段；较小规模的企业则可考虑通过与专业院校和研究机构合作，引入高质量的课程和教师资源，并根据实际需求定制培训内容。**另一方面，推动智算应用内部创新孵化**，通过内部孵化机制，将智算应用的创新点子转化为实际产品和服务，并通过建立创新激励机制，形成有效的风险评估和控制，确保孵化项目的成功。此外，还可实施智算技术跨界合作战略，与不同行业的企业

共同探索新的商业模式和市场机会，通过持续跟踪合作效果，总结经验，优化合作模式，建立长期稳定的合作关系。

5.2.4 个人维度

个人是智算技术发展的受益者和推动者，也是智算应用的出发点和落脚点，应该积极拥抱智算技术，形成新型人机合作关系。**充实个人技术能力**，参与开源项目和社区贡献，找到个人比较有兴趣的项目，主动与社区开放性讨论，通过互动分享和实际贡献提升技术能力，同时建立专业网络，形成良好的社区声誉和影响力。**合理使用智算应用**，保持持续学习的能力，树立科学的智算价值观，正确认识智算带来的收益与风险，培养批判性思维与创造性能力，建立人机协同的新观念，拥抱“机器与人合作”的新思维模式，与智算应用形成协同效应。



参考文献

1. 信通院&华为, 王丽彪(主任委员), 王慷(主编), <<加速行业智能化白皮书>>;

2. 中国工程院院士孙凝晖给正国级、副国级讲课的万字长稿《人工智能与智能计算的发展》，https://mp.weixin.qq.com/s/zJZ85rWJtDyIKLNY77g7_g;

3. John R. Schemerhorn Jr. James G. Hunt, Richard N. Osborn, <<组织行为学>>，第8版 刘丽娟, 徐菡, 潘景华 译，清华大学出版社;

4. Point B, Inc, Thomas Lah, J.B. Wood, 2016 <<Technology as a Service Playbook: How to Grow a Profitable Subscription Business>>;

5. 奇绩创坛, 陆奇最新演讲全文实录、完整PPT和视频：大模型带来的新范式, 2023, https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_23057456;

6. 李宁，大模型驱动的组织管理创新丨清华管理评论，https://m.thepaper.cn/baijiahao_26750115;

7. Boston Consulting Group, 2023, A Generative AI Roadmap for Financial Institutions, https://web-assets.bcg.com/98/7c/86f3097241aa88d57fdbb0cf3117/a-genai-roadmap-for-fis.pdf;

8. Stefan F.Dieffenbacher, Business Model Canvas Explained: BMC Meaning (Template + PPT), https://digitalleadership.com/unite-articles/extended-business-model-canvas/#Understanding_Meaning_and_Definition_of_BMC_What_is_the_Business_Model_Canvas;

9. David Sjödin, Vinit Parida, Marin Jovanovic, Ivanka Visnjic, 2019, Value Creation and Value Capture Alignment in Business Model Innovation: A Process View on Outcome-Based Business Models, https://doi.org/10.1111/jpim.12516;

10. StrategyPunk, 2023, Playing To Win: Mastering the Lafley and Martin Strategy Framework, https://www.strategypunk.com/playing-to-win-mastering-the-lafley-and-martin-strategy-framework/;

11. Irina Sedenko, Andrew Sharp, Swapnil Awasthi, Govern the Use of AI Responsibly With a Fit-for-Purpose Structure, https://www.infotech.com/research/ss/govern-the-use-of-ai-responsibly-with-a-fit-for-purpose-structure;

12. EY Global, Kristina Albang, 2020, How can technology at speed create competitive advantage?, https://www.ey.com/en_au/consulting/where-does-innovation-at-scale-meet-the-new-s-curve-of-growth;

13. Stefan F. Dieffenbacher, 2024, Business Level Strategy: Examples & Types for Business Strategy Success, https://digitalleadership.com/blog/business-level-strategy/

14. Stefan Mitzkus, 2024, Digital Business Strategy Examples, Definition, and Strategies, https://digitalleadership.com/blog/digital-business-strategy;

15. 亨利·明茨伯格, 2024, 《卓有成效的组织》, https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=Mzg5NjA1OTg4NA==&mid=2247492280&idx=1&sn=3a1064f692ee410d4a2adbadd06059c9&chksm=c004723bf773fb2d087fe212cdc02c43814abac381e32380619df8d8b905fca47e354548d373&cur_album_id=3317182119751827463&scene=189#wechat_redirect;

16. 百度, 2022, <<中国人工智能人才培养报告>>;

17. 爱分析2022, <<人工智能应用实践报告>>;

18. IBM, 2024 << CEO 生成式AI行动指南>>;

19. Dr. Louis S. Metzger, Dr. Lisa R. Bender,2007,MITRE Systems Engineering Competency Model, https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/10_0678_presentation.pdf;

20. CLAUS BALLEGAARD NIELSEN, PETER GORM LARSEN, JOHN FITZGERALD, JIM WOODCOCK, JAN PELESKA, 2015, Systems of Systems Engineering: Basic Concepts, Model-Based Techniques, and Research Directions, http://dx.doi.org/10.1145/2794381;

21. I. J. Plugge, Amsterdam, 2004, IBM NL and the Emerging Business Opportunities, https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:27fa9df1-d249-4f79-9104-d85246e1953e/datastream/OBJ/download;

22. Bill Joiner, Harvard University, 2008, Leadership agility, https://www.researchgate.net/publication/23318406;

23. Hüseyin Çiçeklioğlu, Mersin University, 2020, VUCA Concept and Leadership, https://www.researchgate.net/publication/346470856;

24. Nick Horney, Ph.D., William Pasmore, Ph.D., Tom O' Shea, CMC, 2010, leadership Agility: A Business Imperative for a VUCA World, https://luxorgroup.fr/coaching/wp-content/uploads/Leadership-agility-model.pdf;

25. IEEE, Pierre Bourque, Richard E.2014, SWEBOK, Version 3.0, www.swebok.org;

26. McKinsey&Company, Mercedes Goenaga, Philipp Radtke, Kevin Speicher, Rafael Westinner, 2017, Ops 4.0: Fueling the next 20 percent productivity rise with digital analytics, https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/ops-4-0-fueling-the-next-20-percent-productivity-rise-with-digital-analytics#/download/%2F~%2Fmedia%2Fmckinsey%2Fbusiness%20functions%2Foperations%2Four%20insights%2Fops%204%200%20fueling%20the%20next%2020%20percent%20productivity%20rise%20with%20digital%20analytics%2Fops-4-0-fueling-the-next-20-percent-productivity-rise-with-digital-analytics.pdf%3FshouldIndex%3Dfalse;

27. Aristotle University of Thessaloniki and University of Macedonia, Maria A. Perifanou, Anastasios A., Economides, 2019, THE DIGITAL COMPETENCE ACTIONS FRAMEWORK, https://www.researchgate.net/publication/338104695;

28. David Sjödin , Vinit Parida, Marin Jovanovic , and Ivanka Visnjic, 2020, Value Creation and Value Capture Alignment in Business Model Innovation: A Process View on Outcome-Based Business Models, DOI: 10.1111/jpim.12516;

29. Levi Olmstead, 2024, The People, Process, Technology (PPT) Framework, https://whatfix.com/blog/people-process-technology-framework/;

30. 安永（中国）企业咨询有限公司 华为技术有限公司中国 [2022]<<ICT人才生态白皮书>>

31. 德勤有限公司 [2023] << 2024 AI智算产业趋势展望>>

32. 张欣婷,吴倩倩,宋涛 [2024]<< “双一流”和“双万计划”背景下应用型高校“学科—专业—课程”一体化建设研究>>

33. 焦竹青,王峰,刘锁兰,张继，[2024]<<人工智能专业产教融合建设探索与实践>>

34. 赵建龙,刘春宇 [2024]<< 高校校企合作人才培养模式研究>>

35. 缪鲁加,钱光辉 [2024]<<现代产业学院建设的理念变革与路径探析>>

36. 雷峰网，大模型做通用 Or 垂直？中小AI公司的「生死抉择」，https://baijiahao.baidu.com/s?id=1770018026195558490;

37. Aaron De Smet, Sandra Durth, Bryan Hancock, Marino Mugayar-Baldocchi, and Angelika Reich. (2024) The human side of generative AI: Creating a path to productivity. McKinsey Quarterly, https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-human-side-of-generative-ai-creating-a-path-to-productivity;

38. Paul R. Daugherty and H. James Wilson. (2019) Using AI to Make Knowledge Workers More Effective. Harvard Business Review, https://hbr.org/2019/04/using-ai-to-make-knowledge-workers-more-effective;

39. Maryam Alavi and George Westerman. (2023) How Generative AI Will Transform Knowledge Work. Harvard Business Review, https://hbr.org/2023/11/how-generative-ai-will-transform-knowledge-work;

40. 量子位智库，算法人才vs工程人才，大模型时代谁更重要？｜对话澜舟科技，http://news.sohu.com/a/729385822_610300,

41. 量子位智库，大模型人才高度稀缺，“选择”比“培养”更重要｜对话昆仑万维，https://news.sohu.com/a/724427046_610300;

42. 国脉数据资产，什么是新质生产力？新质生产力与未来工作场景的融合：个人和组织准备策略，https://www.sohu.com/a/767733873_121880038;

43. 中外企业文化，新质生产力的“九新”“三质”，https://www.sohu.com/a/772111503_121140238;

44. 中国青年报，算力、新质生产力与国家治理现代化，https://baijiahao.baidu.com/s?id=1798798915190088614;

45. 量子位：2023年中国AIGC产业全景报告，https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2023-11-09/doc-imztxwrf2563085.shtml.

版权所有 © 华为技术有限公司 2024。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明

、**HUAWEI**、华为、是华为技术有限公司的商标或者注册商标。

在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其他商标、产品名称、服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

华为技术有限公司
深圳市龙岗区坂田华为基地
邮编：518129
电话：+86 755 28780808

www.huawei.com