

浙江海亮股份有限公司

HAILIANG 海亮

HUAWEI

有色金属材料（铜基材料） 行业大模型创新应用蓝皮书



2024

编制委员会

COMMITTEE

编委主席: 曹建国

编委会: 尤鹏、冯櫓铭、庞晓贇、赵冉、何文天

编写组组长: 何文天

编写组成员 (按姓氏笔画排序):

马为民、邓焯、王磊、孙雯、朱新奇、李小刚、陈卫强、张东生、张佑嘉、应南茜、苏浩、张禄、罗冲、姜少军、赵冉、胡坤、赵学龙、高靖博、黄七一、黄友明、蒋贝宁、董志强、熊双奎、熊礼平、潘梦洁、鞠一铭

序言

P R E A M B L E

范顺科

中国有色金属工业协会党委副书记, 中国有色金属加工工业协会理事长

人工智能作为新一轮科技革命、产业革命的核心驱动力, 尤其以AI大模型为代表的新一轮技术浪潮澎湃而来, 以前所未有的速度和力度重塑着各行各业。同时, 大国博弈进入关键阶段, 人工智能更是竞相角逐的焦点。我们要坚持自主创新, 加快科技自立自强, 着力培育壮大智能产业, 发展新质生产力, 为经济社会高质量发展提供新动能、新优势。

华为作为全球AI技术研发与应用探索的头部企业, 在AI技术领域取得了诸多领先。特别是昇腾系列AI芯片和华为云打造的盘古大模型, 在自动驾驶、工业设计、建筑设计、具身智能、数字内容生产、高铁、钢铁、有色等领域, 提供了丰富的创新应用和成功实践。通过与全球领军企业联手, 将AI能力融入各行各业, 助力企业智能化转型。

海亮作为全球铜加工行业的头部企业, 铜管及管子附件市场占有率世界第一, 而且2022年顺利进入铜箔领域。海亮注重产品的技术创新与品质提升, 通过引入和研发先进的生产设备和自动化控制系统, 实现了生产过程的智能化、精细化管理, 大幅提升生产效率和产品质量, 在绿色化、智能化和高端化转型升级方面走在了行业前列。

海亮与华为的强强联合创新, 首次将先进的AI垂直大模型与铜加工工艺技术场景全面深度融合, 为人工智能在有色金属行业的创新应用树立了典范。大模型通过数据分析、机器学习、AI算法等先进技术, 实现了研发工艺仿真、工艺参数优化、智能排程、故障预测性维护、质量检测、能耗优化、供应链优化等场景的智能化突破, 超越了传统依赖经验优化生产工艺的模式, 显著提高了生产效率和产品质量, 为有色金属行业提供了全新智能化升级方案。对制造业来说, 把握数字化智能化发展机遇, 积极推动人工智能与实体经济深度融合, 创造本行业新质生产力, 是构筑自身未来核心竞争力的关键所在。

中国有色金属加工工业协会坚持致力于推动产业链上下游与科技服务企业间的紧密合作和协同发展, 致力于推动有色金属行业的智能化转型和高质量发展, 致力于AI在铜铝加工智能化多场景的推广应用。各有色金属企业要抓住机遇, 顺应大势, 积极投身智能化转型浪潮, 协同合作, 共创共赢, 共同推动整个行业高质量发展。

范顺科

序言

P R E A M B L E

张东生

华为云中国区副总裁

数字化、智能化转型已成为各行业共识，随着人工智能大模型的快速发展，将加速行业智能化升级。以制造业为例，当前中国制造业正朝着高端化、智能化、绿色化方向加快转型，人工智能等数字技术与传统产业深度融合，将为产业升级注入新动能，推进制造业高质量发展。但在行业智能化进程中，面临多重的挑战：首先，企业的业务场景和业务流程非常复杂，如何识别价值场景并让AI与业务深度融合；第二、数据质量决定大模型高度，如何获取高质量行业数据；第三、大模型训练需要大算力，同时企业需要灵活的算力供给，满足多样化的算力需求；最后，基础大模型难以满足企业的准确度要求，还需要大量的行业大模型和场景大模型。因此，人工智能赋能行业不仅仅是技术问题，而是一项复杂系统工程，是企业持续变革，需要产业链共同推进。

海亮作为世界企业500强中的中国民营企业的代表，在铜加工领域拥有深厚的底蕴和丰富的经验。2021年海亮携手华为数推进数字化转型，实现了全集团的全面上云和全量入湖的基础设施改造工作，以及数十个核心系统的改造工作。2023年11月双方签署战略合作协议，2024年在诸暨举行“海亮-华为”联合创新实验室揭牌仪式，共同打造有色金属行业第一家联合创新实验室，开启了AI合作的新篇章。

围绕大模型在铜加工行业的应用探索，双方投入行业及AI专家进行了3个月调研，按照高价值、高挑战标准，选定铜箔工艺优化作为联创场景；系统分析了铜箔生产所涉及的12道大工序、90+的工艺及设备参数、30+质量检测指标、26套系统平台；梳理了海亮的生产数据，并抽取沉淀了5000-6000条核心数据。基于华为云盘古预测大模型训练效率高、扩展易、泛化性好等特点和优势，融入海亮的专家经验和行业数据，经过双方团队共同努力，通过铜箔工艺优化模型实现铜箔生产过程中的物性和缺陷准确预测，进一步提升铜箔的良品率。未来，双方将持续在铜加工领域探索更多应用场景，共同打造铜加工行业大模型，为铜加工行业注入动力，引领行业走向智能化。

海亮和华为在铜加工领域的大模型探索，是新技术与产业的深度融合，是创新与实践的有力结合，不仅对有色金属行业有开创性的意义，更是制造业积极拥抱AI的典范。此次在中国有色金属加工工业协会指导下，结合海亮在铜加工领域的实践经验，发布《有色金属材料（铜基材料）行业大模型创新应用蓝皮书》，希望能给行业带来启发和提供借鉴。华为将持续深耕根技术，构建AI原生的云基础设施，携手行业客户及伙伴解决AI在行业场景落地难的问题，一起加速行业智能化转型。



序言

P R E A M B L E

冯槽铭

浙江海亮股份有限公司总裁

二十届三中全会指出：“健全促进实体经济和数字经济深度融合制度。加快推进新型工业化，培育壮大先进制造业集群，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展。”在以数字化、智能化为主要特征的新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起的时代，制造业与智能化的深入融合已经成为推动工业进步的核心引擎，新一代信息通信技术与有色金属行业的融合创新发展是实现有色金属行业智能化转型的重要技术支撑，对促进有色金属行业的可持续发展具有重大意义。

海亮成立于1989年，具有35年铜加工生产历史，是全球铜管产销量最大、最具竞争力的企业。发展历程中，海亮股份始终密切关注智能制造等前沿技术发展，积极拥抱数字化变革，努力在业务领域和关键环节上取得重大突破。2021年，海亮股份全面启动数字化、智能化转型战略，2022年凭借精密铜管低碳智能制造技术及装备研究项目荣获第七届中国工业大奖。2023年，海亮股份在上海数据交易所正式挂牌，成为全国首家有色金属加工企业以及首家浙江挂牌的民营企业。2024年3月，海亮股份与华为技术有限公司启动联合打造有色金属行业第一家联合创新实验室，致力于为产业、行业装上高质量发展的“工业智慧大脑”。

在数字化、智能化等方面的系列探索，为企业在新时代的跨越发展奠定了基础。为了将我们的探索与实践为更多的有色金属材料同行提供有益的借鉴和参考，我们与华为通力合作、共同撰写了《有色金属材料（铜基材料）行业大模型创新应用蓝皮书》。在本蓝皮书中，详细阐述了海亮股份在智能化转型过程中的关键经验与创新方法，分享了我们在铜加工过程中运用大模型技术的最佳实践。我们期望这些行业探索和大模型实践能够为大家提供深度思考，为行业智能化转型提供决策参考和行动指南。

未来，海亮股份将持续向“智”而行、向“新”而进、向“数”而融，以高端化、智能化、绿色化转型作为核心战略，打造高品质、低成本、柔性化的绿色智能基地生态。同时，我们将与华为深度携手，依托联合创新实验室的研发，明确有色金属行业智能化转型的方向和路径，打造领先的行业算法，构建有色金属材料行业的垂直大模型，共同推动有色金属行业在智能化发展道路上不断取得新突破。

“道阻且长，行则将至。行而不辍，未来可期。” 让我们一起努力！

冯槽铭

编者序

P R E A M B L E



当前，新一轮科技革命和产业变革正在全球范围内蓬勃兴起，人工智能、大数据、云计算、物联网等新兴技术与传统产业加速融合，正在深刻改变着各行各业的生产模式和发展路径。有色金属材料行业作为国民经济的重要基础性行业，面对日益激烈的市场竞争和日益严格的环保要求，智能化转型成为有色金属材料行业提升质量、增进效率、实现绿色可持续发展的关键路径。

人工智能技术的突破，特别是大模型技术的崛起，为有色金属材料行业的智能化转型提供了有力支持。通过将智能技术与行业深度融合，有色金属企业可以实现生产过程的智能优化控制、设备的健康管理、能源的高效利用、安全环保的智慧管控等，从而显著提升生产效率、改善产品质量、降低运营成本、减少安全环保事故，进而增强企业的市场竞争力和可持续发展能力。

本蓝皮书立足有色金属材料行业智能化发展的新形势新要求，梳理了行业智能化发展现状，剖析了面临的机遇和挑战，并且通过探讨有色金属材料行业智能化转型的参考架构和关键举措，汇集有色金属材料行业智能化发展的宝贵经验。书中详细阐述了有色金属材料行业在智能化转型过程中的关键经验与创新方法，并展示了智能化技术在该行业的多样化应用场景与成功案例。我们期望这份蓝皮书能够为各类读者提供实践指南和深度思考，为行业智能化转型提供决策参考和行动指南。

当然，任何研究与探索都不可能一蹴而就，随着智能化实践的不断深入，我们对行业的理解将日益精进，对技术的应用将更加精准。本蓝皮书亦难免存在局限与不足，我们诚挚地欢迎来自学术界、产业界以及所有关注有色金属材料行业发展的读者，提出宝贵的意见和建议，共同推动有色金属材料行业的智能化进程。

目录

序 / 02

— 01 有色金属材料行业智能化的价值与挑战 / 06

— 02 实现有色金属材料行业智能化的参考架构 / 12

— 03 大模型赋能有色金属材料行业 / 20

— 04 铜加工大模型创新应用 / 33

— 05 有色金属材料行业智能化转型展望 / 46

参考文献 / 48



01

有色金属材料行业 智能化的价值与挑战

1.1 有色金属材料行业智能化转型驱动因素

产业集中度提高加速企业创新：随着有色金属产业集中度的稳步提升，大型企业为了稳固领先地位，正不断加速技术创新与产业升级，其中智能化已成为关键的创新方向。借助智能化手段，这些企业不仅提升了生产效率和产品质量，实现了成本的有效降低，还加快了对市场动态的响应速度。与此同时，中小企业也在产业集中的趋势下认识到智能化改造的重要性，积极采用智能化技术来提升自身实力，从而跟上市场快速发展的步伐。

市场竞争驱使企业关注降本增效：我国有色金属企业正面临多重运营挑战，主要包括高成本投入、政策与市场的不稳定性以及严格的安全环保标准。有色金属的开采、冶炼和加工过程需要巨大的资金投入，包括设备采购与维护、人力资源成本、能源和原材料的消耗等。近年来，随着全球资源价格的上涨和劳动力成本的增加，有色金属材料行业的运营成本也在持续攀升。随着环保意识的提升，国内外对绿色环保、节能低碳的要求日益提高，使得有色金属材料行业企业面临巨大的压力。企业需符合更高的环保和安全生产标准，投入更多资源以达到这些要求。企业正积极寻求通过智能化转型实现成本效益的最大化，通过智能化的生产设备和系统，企业能够减少人工干预，提高生产效率，从而降低生产成本。同时，智能化技术还能帮助企业实现精细化管理，进一步优化资源配置，提升整体运营效率，并达到环保要求。

国家政策引导行业转型升级：国家政策正积极引导有色金属材料行业的创新与转型升级。为响应全球经济一体化和技术进步的潮流，国家高度重视该行业的创新发展，并推出了一系列针对性政策，以指引企业迈向智能化发展的新征程。这些政策的核心在于，借助技术创新和智能化升级，为行业注入新的增长活力，并提升其市场竞争力。其中，《有色金属行业稳增长工作方案》（工信部联原[2023]130号）已清晰擘画了行业发展的蓝图：预计在2023年和2024年，有色金属工业增加值将分别同比增长约5.5%，同时十种核心有色金属的产量也有望实现年均5%的增长。方案还提出对铜、铅等冶炼品的单位能耗需平均降低2%以上的环保目标，对智能化技术改造以提升生产效率及环境可持续性的明确要求。工业和信息化部制定了《有色金属行业智能制造标准体系建设指南》。该指南旨在为行业的智能化和数字化转型提供一套全面且实用的标准和规范，从而确保各项改造工作能够有序、高效地进行。

国际竞争压力加速行业结构调整：随着我国经济的高度发展，我国有色金属企业在行业规模、生产工艺、核心技术方面不断取得新的突破。然而，面对技术、资源储备和国际贸易环境等方面的挑战，大部分企业整体依然处于产业链分工的中低端环节，产业产能导向的趋势仍然显著。有色金属资源的地理分布呈现出显著的不均衡性以及部分国家的资源保护主义，增加了矿产资源的供应风险。国际领先的有色金属企业凭借其先进的生产技术、高效的管理模式和强大的品牌影响力，这使得他们在全球市场上具有显著的竞争优势。

1.2 智能化为有色金属材料行业带来的价值

随着科技进步和产业结构调整，智能化技术正成为有色金属材料行业发展的重要推动力。智能化技术为有色金属材料行业带来了全方位的价值提升，不仅提高了生产效率和产品质量，降低了运营成本，还增强了企业的创新能力和市场竞争力，为企业的可持续发展提供了强有力的支持。



图 1-1：企业利用人工智能创造价值

生产效率提高：智能化技术在有色金属生产的全过程中发挥着至关重要的作用，覆盖从采矿、冶炼到加工和物流的各个环节，为企业带来了显著的生产效率提升。这些智能化改造不仅优化了生产流程，还提高了产品质量和市场响应速度，为有色金属材料行业的持续发展和竞争力提升奠定了坚实基础。据权威研究显示，人工智能的应用可使有色金属制造商降低多达 20% 的加工成本，其中 70% 的成本降低得益于劳动生产率的显著提升¹。在采矿环节，智能化改造提升了作业的精确性，降低了机械故障率，显著缩减了设备停机时间，极大提升了生产的整体效率。冶炼过程中，利用先进的智能化控制系统，企业能够对温度、压力和时间等关键变量实行精确调控，保障了生产过程的稳定性及产品的高标准质量。智能化物流管理系统促进了企业在库存管理、运输调度和产品配送等方面的自动化与智能化，优化了供应链的效率和响应速度。

关键风险防控：智能化技术在关键风险防控方面的作用日益凸显。在开采、冶炼和加工等核心环节中，智能化系统能够全天候不间断地进行监控，确保任何设备异常、生产流程中的问题以及潜在的业务风险都能在第一时间被发现并得到妥善处理。在交易安全领域，智能化技术能够精准识别并有效防范各种交易欺诈行为，为企业的交易安全筑起一道坚实的屏障，并利用数据分析技术预测业务指标，为企业调整运营策略、维护财务稳定提供有力的数据支撑。同时，智能化技术还配备了强大的信息安全防护措施，确保企业的核心数据和商业机密不被泄露。在面对自然灾害或市场剧烈波动等不可预测的突发事件时，智能化技术也能迅速响应，助力企业快速恢复生产和服务，从而将业务中断带来的损失降到最低。

市场竞争力提升：智能化技术的深入运用，赋予企业实时监控产品质量的能力，并提供即时的质量反馈。这一技术的引入，使得生产过程

中的问题能够被迅速识别与处理，进而显著降低产品缺陷率，从实质上提升了客户对产品的满意度。精细化管理与人工智能技术的有机结合，不仅优化了企业的运营效率，更进一步加深了企业与客户、供应商之间的沟通与协作，大幅提高了企业的市场信誉及综合竞争力。同时，智能化技术为企业提供了更加完善的个性化服务和产品定制方案，精确响应市场的多元化需求，确保企业在激烈的市场环境中稳居领先地位，并成功赢得了客户的高度信赖与忠诚。这种技术的运用，标志着企业正朝着更高效、更精准、更个性化的服务方向迈进。

商业模式转型：过去有色金属企业往往以传统的商品制造和销售为主，其业务模式相对粗放，主要聚焦于产品的生产环节，缺乏对市场需求和客户服务的深入探索。借助智能化技术，有色金属企业从粗放的商品制造商转变为精细化、全方位的综合服务提供商。在这个过程中，企业开始深度整合其“生产”、“管理”、“运营”和“研发”等各项业务，以提供更为精准、高效的一站式行业垂直模型服务（MaaS）。通过为客户提供更加个性化、专业化的解决方案，有色金属企业逐步构建起全新的商业模式，实现了从传统制造商到现代化综合服务提供商的转变。

1.3 有色金属材料行业智能化发展面临的挑战

自动化与数字化水平难以支撑智能化：在企业技术演进的征途中，自动化、数字化与智能化构成了三个互相依托的发展阶段，它们共同促进企业的持续创新与成长。自动化通过提升生产效率，为数字化的业务流程优化奠定了基础，而智能化则在此基础上赋予企业更高层次的灵活性与战略决策力。我国有色金属材料行业的数字化转型尚处于初期阶段，据中国智能制造评估评价公共服务平台数据分析显示，尽管行业已开始智能化的探索，与数字化水平较高的行业相比，如半导体、汽车和航空航天等，其智能化水平仍有较大的提升空间。这些行业的数字化指数评估得分接近 65 分²，而有色金属材料行业的平均得分仅为 25 分，这一显著差异突显了其在智能化进程中的紧迫性。除此之外许多企业尚未完成生产线的自动化改造，数字化水平相对较低，缺乏统一的数据标准和数据管理系统，这限制了智能化技术的应用范围和效果。自动化和数字化的蓬勃发展是推进智能化进程的重要先决条件，在自动化水平不足的情况下，智能化技术的应用难以充分发挥潜力，难以实现全面的生产流程优化和效率提升。

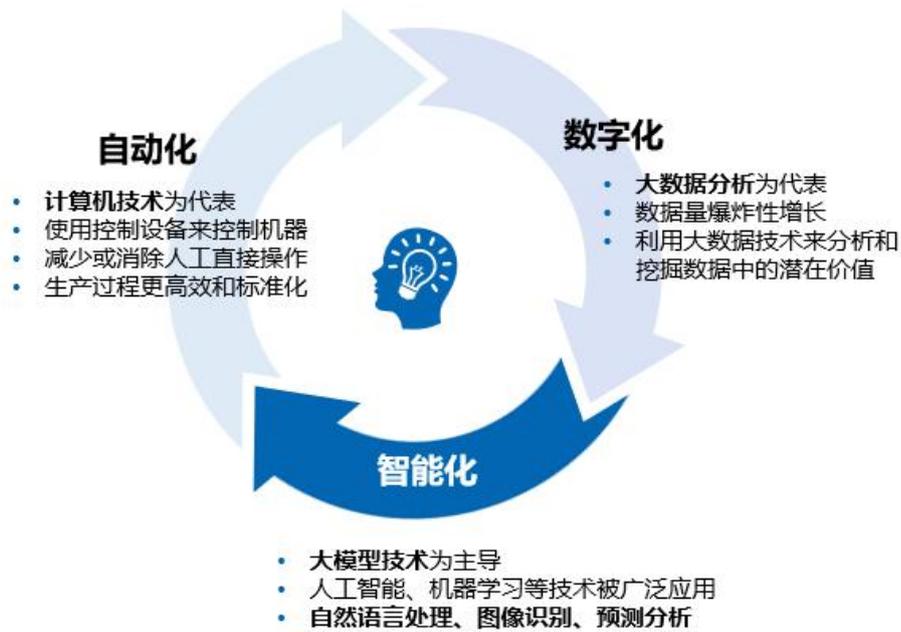


图 1-2：“自动化-数字化-智能化”发展阶段

现有算法无法满足行业特有应用场景：尽管在人工智能领域，通用大型模型已经取得了显著的进展，但在有色金属产业中，专门针对该行业的大型模型算法和应用却相对匮乏。这种现状导致了在该行业内成熟的人工智能应用实践的稀缺。因此，企业在尝试采纳智能化技术时，

常常面临算法不适配的挑战，并需进行定制化的技术开发。有色金属产业的生产环境和工艺流程极为复杂，从矿石的开采、选矿、冶炼到成品的加工，每个环节都涉及到众多的物理、化学变化，以及对多种设备和工艺参数的精细调控。这种复杂性对算法的适应性和鲁棒性提出了极高的要求。通用算法，如深度学习、神经网络等，在图像处理、语音识别等领域虽然取得了显著的成就，但在有色金属这一高度专业化的工业场景中，却往往难以直接应用。有色金属产业的生产环境多样性极高，不同的矿山、冶炼厂在生产条件、工艺流程、设备配置等方面都存在差异。针对不同应用场景的大型模型在有色金属材料行业中的发展起步较晚，算法成熟度不足，这不仅增加了智能化转型的难度和成本，也限制了智能化技术在该行业的广泛应用。

大规模高质量数据难以获取：随着制造业数据量的爆炸性增长，有色金属材料行业的智能化转型面临数据质量的严峻挑战。国内制造业生成的数据从2015年的超1000 EB到2025年预计的20倍增长³，这一进程要求精准的数据分析以支持AI算法的模式识别和决策能力。然而，目前存在传感器误差、数据采样频率不足、知识提取误差可能涉及数据预处理不当或特征工程不足等问题。在智能化转型中，有色金属材料行业需要整合多源、多结构的数据以提升决策精准度。但目前，因缺乏标准化的数据交换格式、数据隐私保护法规不健全导致行业内数据集的统筹建设不足，数据共享机制不成熟，即便是数字化领先的企业也面临系统集成和数据标准统一的难题。高质量的数据是智能化技术发挥优势的前提，缺乏数据支撑将限制其在

分析、预测和决策支持方面的潜力。因此，有色金属材料行业亟需在保障数据安全和隐私的基础上，有效整合行业内的数据资源，解决数据层面的挑战，以实现智能化系统的最优性能，推动行业的高效和可持续发展。

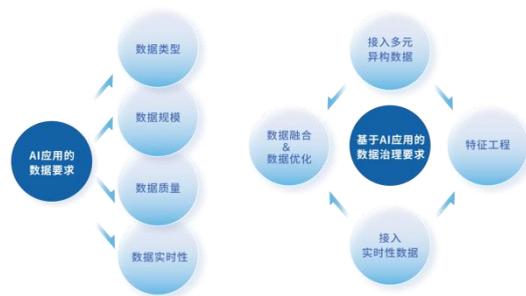


图 1-3: AI 应用引发数据治理要求

专业人才储备不足阻碍长期发展：长期以来，有色金属材料行业以传统生产制造为核心，人才培养和引进也主要集中于此。然而，随着智能化新兴技术在各行业的应用日益广泛，并且新兴技术具有高度专业性和跨学科性，需要人才具备编程、算法开发、数据分析和机器学习模型部署等专业技能，传统行业的人才在面对新技术时可能会遇到知识壁垒和较高的学习成本。根据《2023年智能制造关键数字技术人才供需报告》，2020年该领域人才需求占比为30.68%，到2023年已上升至47.24%⁴。随着有色金属材料行业对智能化和自动化技术需求的不断增长，对具备相关技术背景的专业人才的需求也在上升。这要求有色金属企业加强人才培养机制，优化人才引进策略，积极适应新技术的发展，加强与高校和科研机构的合作，培养和引进掌握智能化技术和技能的人才，以满足行业发展的新需求。



02

实现有色金属材料 行业智能化的参考架构

浙江海亮股份有限公司

有色金属材料(铜基材料)行业大模型创新应用蓝皮书

2.1 技术演进

人工智能的基础要素：人工智能（AI）的能力变革依赖于数据、算力和算法三大要素的协同发展。数据是 AI 学习的燃料，涉及自动化采集、流式处理、分布式存储、数据湖和数据管理平台。随着技术的进步，全球数据量迅速增长，通过海量数据的积累和分析，AI 模型能够不断优化，提高精准度和实用性。算力是 AI 的核心驱动力，涵盖了芯片（如 CPU、ASIC、GPU、FPGA 等）、传感器（视觉/图像等）、云计算平台和分布式计算平台。这些高效能计算资源为复杂模型的运算需求提供了支持，其中 GPU 因其并行处理能力而在深度学习中尤为关键。算法层是 AI 的逻辑规则大脑，决定了 AI 的运行方式和效率。它包括决策支持系统、知识表示与推理、规划与控制、时序预测、复杂系统模拟、语音识别、图像识别和生物识别等多种技术。通过深度学习优化模型结构和强化学习增强模型的泛化能力，AI 的智能水平得以不断提高。



图 2-1：人工智能的基础要素

人工智能的发展历程：

算法层面：自 2022 年 11 月 OpenAI 发布 ChatGPT 以来，人工智能领域迎来了重要的里程碑。GPT 模型通过预训练展现了强大的理解、推理和学习能力，促进了行业对人工智能潜力的重新评估。随着多模态和长序列大模型的普及，AI 技术在更广泛的业务场景中发挥作用，成为智能化转型的核心动力。根据市场研究报告，预计从 2020 年到 2025 年中国生成式 AI 应用规模将实现显著的年复合增长率。

数据层面：随着互联网和大数据技术的发展，全球产生的数据量急剧增加。2020 年，全球数据量为 64.2ZB⁵，主要原因是 COVID-19 疫情期间数字化活动的急速增长，如居家办公、远程学习和在线娱乐等显著增加了数据的创建和复制。此外，全球范围内的数字化转型投资加大和 5G 等新技术的普及，也推动了数据量的爆炸式增长。预计到 2030 年，全球数据量将突破 1YB 量级⁶。

算力层面：随着 GPU、FPGA、ASIC 等计算资源的进步，AI 算力大幅提升。NVIDIA 的 Tesla 系列 GPU，特别是引入 Tensor Cores 的 V100 和基于 Ampere 架构的 A100，不断推动 AI 计算的发展。华为昇腾 910B 芯片在训练性能上超越 NVIDIA A100，标志着中国 AI 芯片技术的飞跃。云计算和分布式计算技术的发展，以及谷歌 TPU 的推出，进一步促进了 AI 领域的云计算应用。5G 网络的扩展提高了云边端计算的协同效率。全球 AI 算力指数从 2020 年的 600 EFLOPS 预计将增长至 2030 年的 3.3 ZFLOPS⁷。

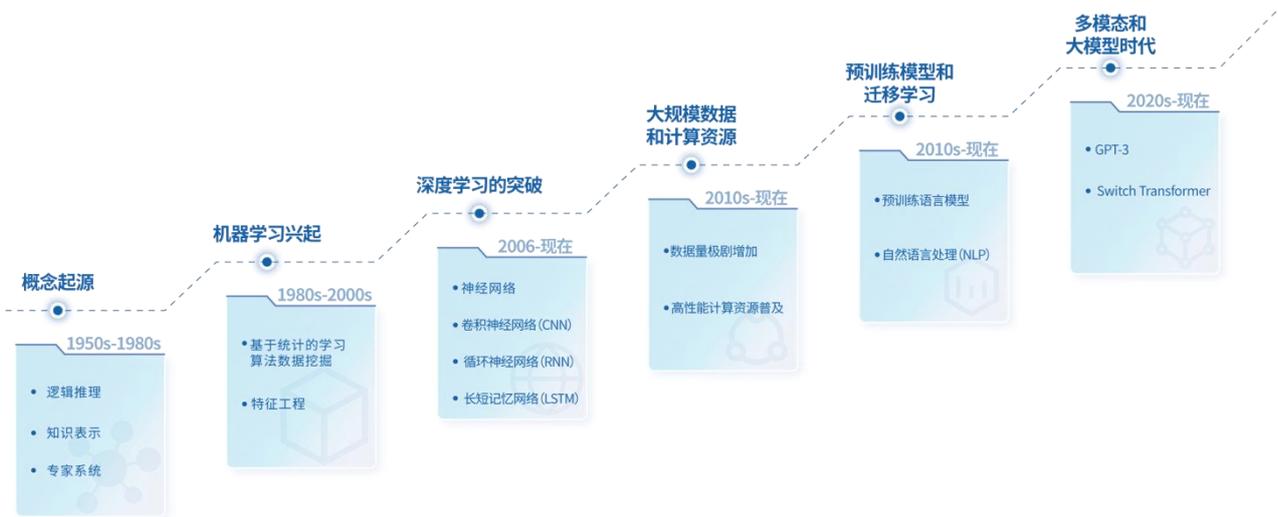


图 2-2：人工智能发展里程碑

从小模型到大模型

从小模型到大模型的演进标志着人工智能领域的显著进步。小模型通常为特定应用场景量身定制，其开发过程需要大量的人工调整和训练，且每次开发都需从基础开始，导致开发周期较长，难以积累和利用以往的经验与知识。在某些情况下，小模型的开发周期可能需要 30 天，并可能需要至少 1000 个样本进行训练，通常这需要依赖于高度专业的 AI 专家来进行模型的开发和调整。与此相对，大模型通过利用大规模数据集和深度学习技术进行预训练，展现出强大的泛化能力，能够在不同领域和任务中进行迁移学习，从而显著缩短开发周期。在理想情况下，大模型的开发周期可以缩短至 5 天，所需数据量可能达到小模型所需样本数量的数千到数百万倍。此外，大模型的应用减少了对高度专业 AI 专家的依赖，使得行业业务人员也能够进行操作，有效降低了技术门槛。在有色金属材料行业的综合型和创造类工业场景中，大模型展现出显著的优势。有色金属材料行业在综合型场景中，涉及多个系统和流程的协同工作，需处理来自不同部门和设备的各种数据，包括传感器数据、机器状态信息和操作日志。这些变量间的关系复杂，传统分析方法难以精确描述。大模型通过深度学习和复杂的网络结构，能够捕捉并模拟这些复杂关系，实现对生产系统的全面理解和优化。



图 2-3：小模型与大模型的对比

从基础大模型到行业大模型

从基础大模型到行业大模型的演进，标志着 AI 技术在特定领域的深化应用。AI 技术最初主要被应用于广泛的通用场景，尤其是在办公领域的文档处理、代码开发、精准获客等基本功能，这些都属于基础的 ToB 服务。随着技术的不断进步和行业知识的深入积累，AI 技术将通过与行业知识结合，实现从基础大模型向行业大模型的跨越，为 ToB 应用带来场景化的深度定制。

在有色金属材料行业，这种趋势带来的效益尤为显著。通过结合行业知识，行业大模型能够重塑有色金属材料行业业务流程，将根据其行业的特有场景和需求进行定制化开发。譬如，在原理性研发阶段，AI 与材料科学的结合将加速新材料的研发和性能预测，通过模拟不同材料组合和工艺，缩短研发周期；在前瞻性设计阶段，大模型的应用将优化工程制图、设计方案生成和布局，提前识别并解决设计问题，提升设计效率和精度；在高效化仿真环节，大模型将助力产品设计仿真和生产流程模拟，减少物理试验的需求，提高生产效率和精度；精细化检测方面，大模型将强化生产过程中的质量检测和安全管理，实现实时监控和预警，从而提升产品质量和生产安全性；在智能化调控环节，大模型将实现资源的智能调度和生产排程优化，提高资源利用率和生产效率。从基础大模型到行业大模型的转变，预示着有色金属材料行业将迎来更加精准高效的智能化解决方案，开启行业发展的新篇章。

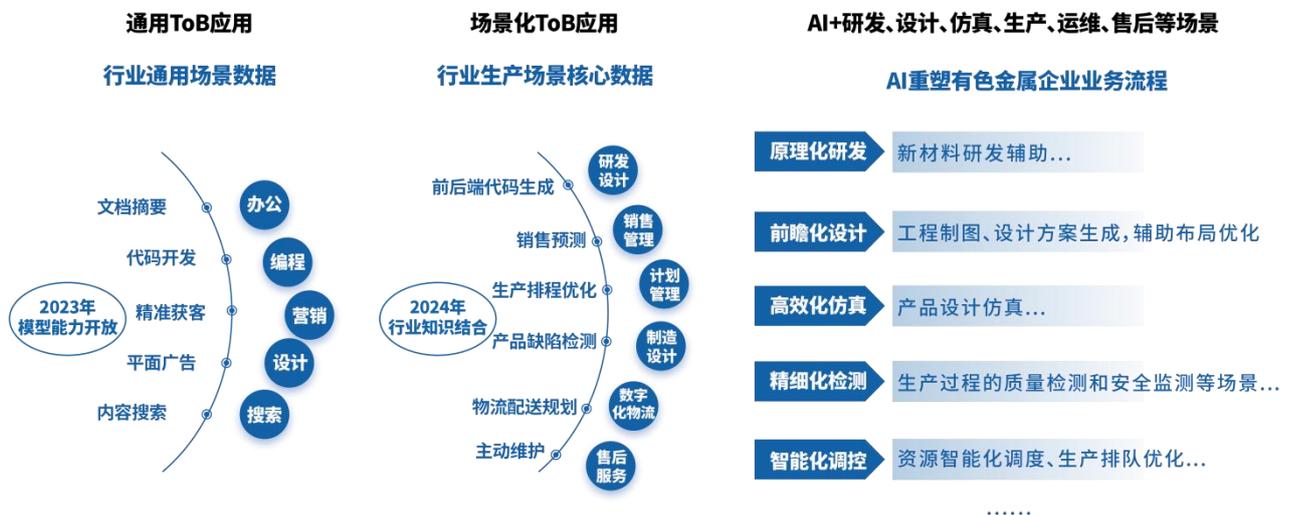


图 2-4：人工智能重塑有色金属材料行业

2.2 总体框架

有色金属材料行业的智能化转型，可通过“算力底座、平台层、模型层及应用层”的分层架构模式，实现资源的最优配置和智能化效果的最大化。



图 2-5：有色金属企业智能化实施架构

算力底座：算力底座为智能化系统提供基础设施的物理与技术支撑，包含网络、计算和存储基础设施。计算层面，配置高性能服务器，满足大数据处理需求；网络层面，构建工业互联网，确保设备和系统间的高速通信；存储层面，部署存储系统，保障数据的安全和高效访问。

平台层：平台层由数据平台和训练平台组成，数据平台负责数据治理、存储与管理工作，通过数据入湖和分布式存储，确保数据的安全性和一致性。训练平台提供大数据处理框架和模型训练环境，支持大规模数据的并行处理和分

模型层：基础大模型借助市场上主流产品的能力，为各业务领域的智能应用提供基础服务，通过预训练和大规模数据学习形成强大基础能力，并可在不同场景中迁移应用。行业大模型针对有色金属材料行业需求，进行定制化开发与应用，结合行业知识和场景应用实例，实现业务流程的深度智能化。行业大模型包括行业知识输入、场景应用实例、数据处理与管理、模型评估与验证，能够精准解决有色金属采矿、冶炼、加工等各个环节的智能化需求。

应用层：根据特定业务需求，开发定制化的智能应用，全面覆盖研发设计、生产管理、物流管理和销售服务等领域。在研发设计中，通过工艺参数的精细化调整和工艺流程的仿真模拟，提高设计效率与准确性；在生产管理中，应用生产调度和设备预测性维护技术，优化生产计划与设备维护流程；在物流管理中，应用物流调度与路径规划技术，优化物流配送路径；在销售管理中，融合市场需求预测与客服机器人技术，精确预测市场动向。通过这些应用的定制化开发，企业能够根据自身具体需求，全面实现业务场景的智能化。

2.3 实施路径

在有色金属材料行业的智能化转型征途上，企业需遵循一系列战略步骤，确保转型过程既有序又高效。以下是实施智能化转型的六大关键步骤的概述：

战略决心：实施智能化转型的首要任务是进行顶层设计，确保全集团达成思想和战略目标的统一。企业高层需明确长远目标，制定策略，并确立项目建设的权责。以全局视角整合业务

与技术，实现多元知识融合，构筑共享的 AI 能力平台。转型目标应包括提升生产效率、削减运营成本、优化产品质量以及增强安全性，实现全流程智能化管理。统一规划和协调各部门、子公司的转型步调，整合内部资源和数据，构建统一智能化平台，支持业务单元的智能化应用。

场景选择：选择具有代表性的业务场景进行试点至关重要。试点应覆盖企业的核心业务流程，如智能矿山、智能工厂和供应链优化，以确保转型工作全面覆盖企业核心业务。通过试点项目，发现和解决实施过程中的问题，验证大模型技术成效，并为大规模推广积累经验。优先选择对核心竞争力有显著提升作用的场景，如资源开采效率提升、生产自动化、质量控制和物流效率优化等。

模型匹配：大模型包括全面训练、迁移学习、微调及推理等阶段，企业需结合行业定位和自身业务策略选择确定。在每个试点场景中，明确业务需求和数据特点，选择适配的基模型和开发套件，制定详细的技术方案和实施计划。通过云边协同，利用中心云进行统一的 AI 开发、训练和运维，将推理模型部署到边缘节点，以支持具体业务应用。总结模型试点成功经验，形成标准化实施方案和操作流程。

底座先行：智能化转型的基础设施构建是实现成功的关键基石。建立可靠的计算平台、存储平台和网络平台，确保系统能够持续演进。通过基础平台的搭建，企业能够为大模型的开发、训练和部署提供强有力的支持，确保智能化应用的稳定运行和高效性能以及模型的持续优化演进。

专班推进：在智能化转型过程中，成立专班是确保各项目顺利实施的关键。专班应具备明确的组织架构和责任分工，形成企业级、领域级和项目级责任主体。企业需要定期召开专题会议，跟踪项目进展，协调资源分配，解决实施过程中的问题。通过专班推进机制，确保各部门协同工作，推动智能化转型项目的有效落地。

人才培养：AI 技术栈开放模式发生变化，需要人才准备，对准场景积累 know-how。企业应通过系统的人员培训计划，提升员工的智能化应用能力，培养具备专业技能和知识的技术人才。建立持续的学习机制，鼓励员工参与各类培训和认证，确保团队能够适应不断变化的技术需求。通过内部培养和外部引进相结合的方式，建立一支高素质、专业化的智能化转型团队。



图 2-6：有色金属企业智能化实施路径



03

大模型赋能 有色金属材料行业

浙江海亮股份有限公司
有色金属材料(铜基材料)行业大模型创新应用蓝皮书

随着有色金属材料企业的自动化和数字化能力的不断推进，有色金属材料产品的生产制造过程中的人、机、料、法、环、测六个要素的整体管理水平得到了较大的提升。在行业标准化充分发展的基础上，有色金属材料企业实现全面完整的智能制造变得可能且切实可行。将人工智能的核心能力“感知、理解、学习、决策、行动”与有色金属材料行业的特性相结合，可通过以下一系列智能化场景，在全产业链中实现效率和质量的飞跃，从而增强行业的战略竞争力和市场适应力。

感知力：人工智能的感知能力通过融合多元数据模态而显著提升，包括语音识别技术对关键文本信息进行转换与分析、图像识别技术对物体进行视觉分类，以及视频分析技术捕捉动态场景变化。除了 IT 系统数据，OT 系统收集的工业数据结合物联网（IoT）技术为企业提供了结构化的实时监测信息，这些多模态数据转化为高质量的信息基础，使得 AI 应用能够全面、准确地理解和应对工业环境的复杂性。

理解力：应用语义分析、文本挖掘和知识图谱

技术，从丰富的文档与数据资源中萃取关键信息，执行逻辑推理与分析判断。语义分析帮助人工智能理解文本的含义，文本挖掘可以从海量数据中发现规律和模式，知识图谱则构建了实体及其关系的图示网络。

学习力：深度学习模型在海量数据集上进行训练，强化学习则在实际操作中通过反馈循环实现性能的持续优化。预训练模型提供了对通用任务的基础能力，微调则针对特定任务进行优化。

决策力：利用数据分析、预测模型和优化算法，综合考量多元因素，制定最优决策方案。数据分析从历史数据中提取趋势和模式，预测模型能够预估未来情况，优化算法在多个方案中选择最优解。

行动力：人工智能依托智能调度、跨平台协作及具身化智能执行任务。智能调度能够高效分配和管理资源，跨平台协作确保各个子系统间的无缝合作，具身化智能则是指在物理世界中直接操作和控制设备的能力。



图 3-1：有色金属材料行业智能化应用全景图

3.1 材料研发工艺仿真

痛点分析

在有色金属材料行业的材料研发环节中，传统研发方法耗时长、成本高且效率低下。整个研发流程依赖于物理试验和经验积累，导致试错成本高昂。每次调整设计参数或更改材料配方，都需要重新进行试验和检测，这不仅延长了研发周期，还增加了开发成本。此外，手动调整和优化设计参数的过程复杂，难以确保产品质量和性能的稳定性和一致性。由于缺乏高效的模拟和预测工具，企业在产品开发中难以快速响应市场需求和技术变革，这导致企业在激烈的市场竞争中处于被动地位，其创新能力也受到了制约。

智能化应用场景

在研发新型有色金属合金材料时，智能工艺流程仿真系统通过大数据分析、深度学习和数字孪生模型的结合，预测不同材料组合的机械性能和化学稳定性。仿真模拟器结合数字孪生模型，实现数据分析，评估各种材料组合的可能性。通过虚拟试验确定完整的工艺流程和材料配方后，根据虚拟实验结果优化参数，不断调整和优化模型参数，确保仿真结果的精确性和一致性。这个过程不断优化了智能工艺信息模型，最终可通过该模型来控制实际生产，确保生产过程的高效性和产品质量的一致性。

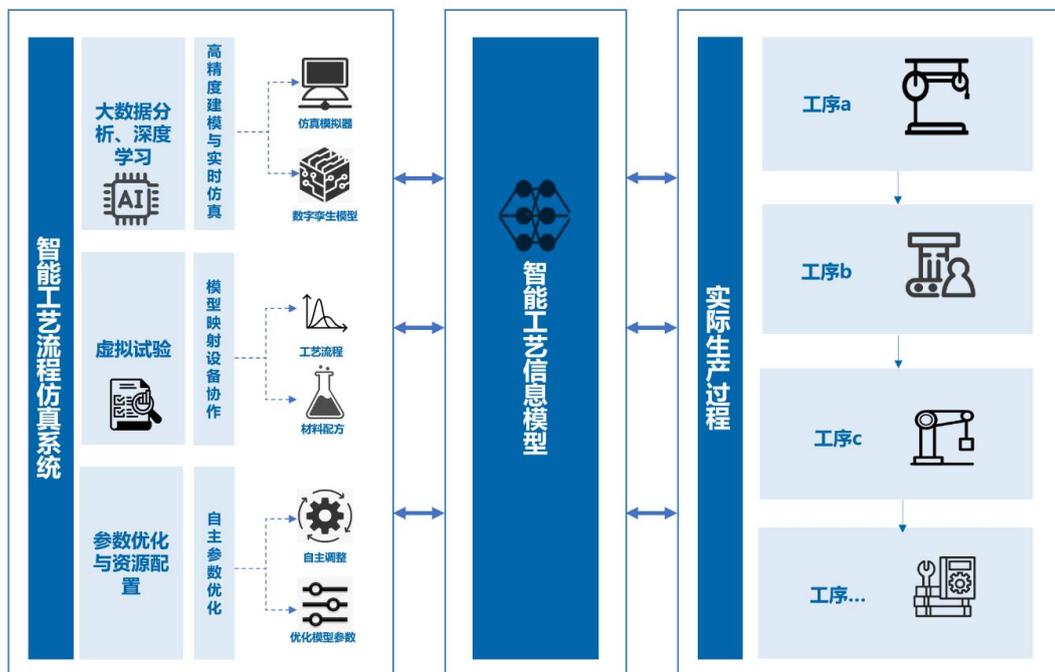


图 3-2：智能材料研发工艺流程仿真系统

3.2 工艺优化

痛点分析

在有色金属材料行业的工艺设计环节中，关键参数如温度、压力、入料量和溶剂添加比例需要精确控制。然而，现有的控制方法依赖操作人员经验和简单反馈系统，存在显著不足。温度和压力波动因传统控制系统反应慢、调节不精准，导致产品质量不稳定。由于手动或半自动操作的入料量控制不均，造成原材料浪费或产品质量不达标。在新产品开发阶段，通过精确控制微量元素的含量和种类，可以显著提升产品的性能。然而，由于微量元素的添加量微小且作用机制复杂，其精确控制成为一大挑战。

智能化应用场景

智能调参大模型从高精度传感器收集设备的实时数据，与历史数据结合，利用深度学习算法进行实时分析和响应。智能调参大模型基于产业定制需求，并通过本地部署实现自适应优化。为了满足有色金属材料行业的特定需求，通过深度学习和实时数据分析来快速响应和调整参数，保证调节精确性，从而维护产品质量，降低设备损坏风险，优化工艺流程。例如，智能调参大模型可以提升温度控制精度，通过实时分析传感器数据调整设备功率，稳定温度设定范围，预防产品缺陷。同时，基于深度学习的温度趋势预测，可以提前干预温度控制，确保温度在极小范围内波动。此外，智能调参大模型在 DCS 或者 SCADA 系统控制过程中可以实现更加精准、高效和稳定的控制，将该模型与自动调节阀系统集成，根据实时数据和预测结果，自动调整阀门的开度和变化速度。过去需要专业人员几年时间掌握的参数控制技巧，在大模型的辅助下，大幅减少了学习和练习的时间，并且还能提升控制精度和稳定性，优化资源配置。

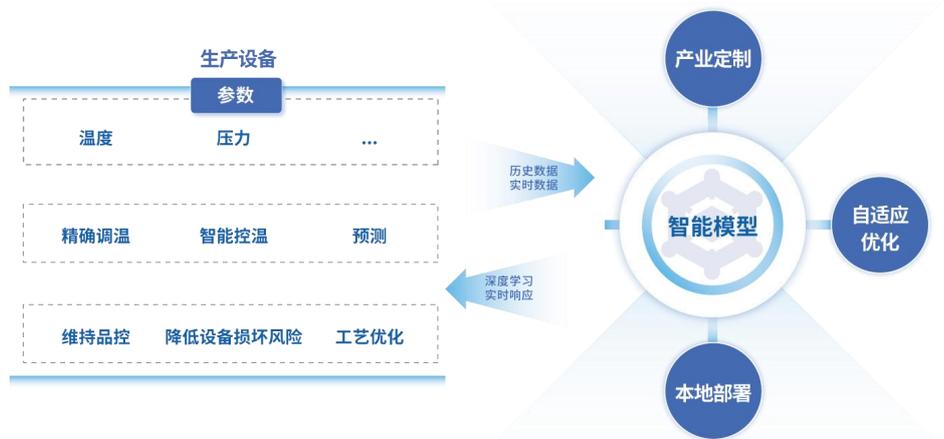


图 3-3：智能工艺优化

3.3 生产排程

痛点分析

在有色金属材料行业的计划调度环节中，企业面临订单多样且频繁变化的问题，导致生产计划难以稳定。设备故障、原材料供应不足、人员缺勤等突发因素常常打乱生产节奏，直接影响生产效率。在制定生产计划时，企业需要综合考虑多重优化目标，如最大化产能利用率、确保供销平衡以及降低资源浪费。这些目标之间往往相互制约，使得生产排程变得更为复杂和困难。

智能化应用场景

智能生产排程大模型涵盖四大模块：第一，基础模型与数据分析模块通过历史数据学习和排程基础大模型，利用大数据分析历史订单和市场趋势，优化原材料供应，确保精准高效；第二，物流与库存管理模块通过智能管理库存，避免过剩或不足，降低持有成本，同时智能监控库存水平；第三，生产与执行监控模块实时调整生产计划，提升产能利用率，并跟踪和反馈生产现场情况；第四，决策与反馈优化模块提供多目标优化方案支持决策，分析排程执行效果，实时调整策略。生产排程大模型通过提升决策能力、优化物流供应和库存管理、实时监控生产及反馈优化，保障生产流程的连续性和稳定性，实现资源的高效利用，为有色金属材料行业的智能化转型提供了坚实的技术支撑。

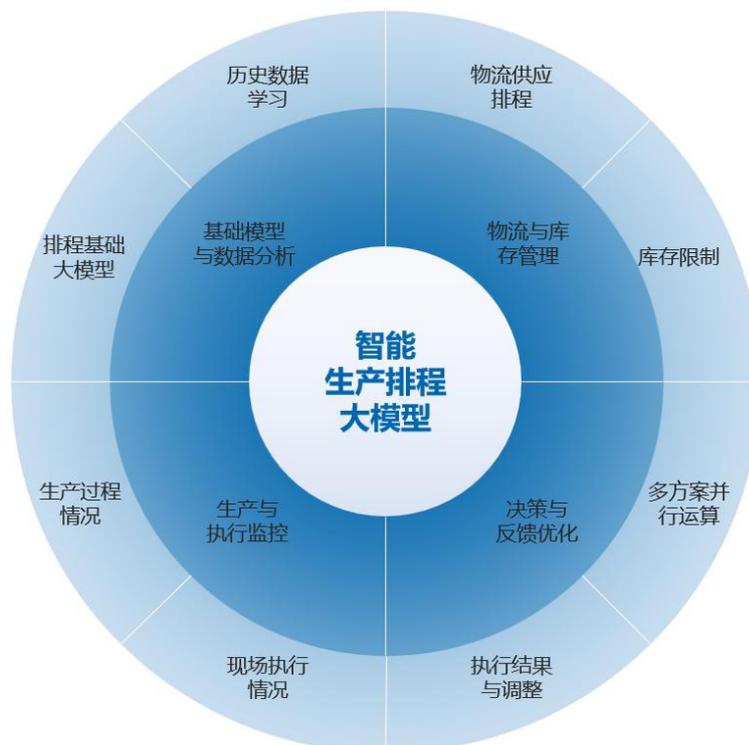


图 3-4：智能生产排程

3.4 设备预测性维护

痛点分析

在有色金属设备管理环节中，传统的设备维护方法，如轧机、压块机等，存在显著的局限性。由于缺乏有效的数据支持和科学化的维护策略，这些设备常常因保养不当而频发故障，影响了生产效率和产品质量。不合理的巡检制度和过度依赖人工巡检的主观性使得设备潜在问题难以及时发现，从而增加了故障发生的风险。此外，备件管理的不科学性也是一个突出问题。缺乏精准的备件需求预测和库存管理，常常导致资源浪费或维修延误。据统计数据显示，设备故障引起的非计划停工占比超过 60%，这不仅给企业的正常运营带来了严重困扰，还造成了巨大的经济损失。

智能化应用场景

设备预测性维护方案通过实时数据采集和分析，识别设备异常和潜在故障，构建故障预测模型进行趋势分析。通过设备上安装的传感器实时采集振动、温度、润滑油状态等多维度数据，涵盖皮带、轴承、电机、齿轮及温度控制和保护装置等关键部件。数据通过物联网技术传输至边缘计算设备进行初步处理，随后利用大模型和 AI 算法进行全面分析，构建设备健康和故障预测模型。结合历史和实时数据，优化维护策略，预测设备寿命，制定维护计划，并自动生成报告。数据汇总形成知识库，通过设备管理系统共享，提高维护效率和准确性，转变为“预测性维护”，实现更智能的设备管理。

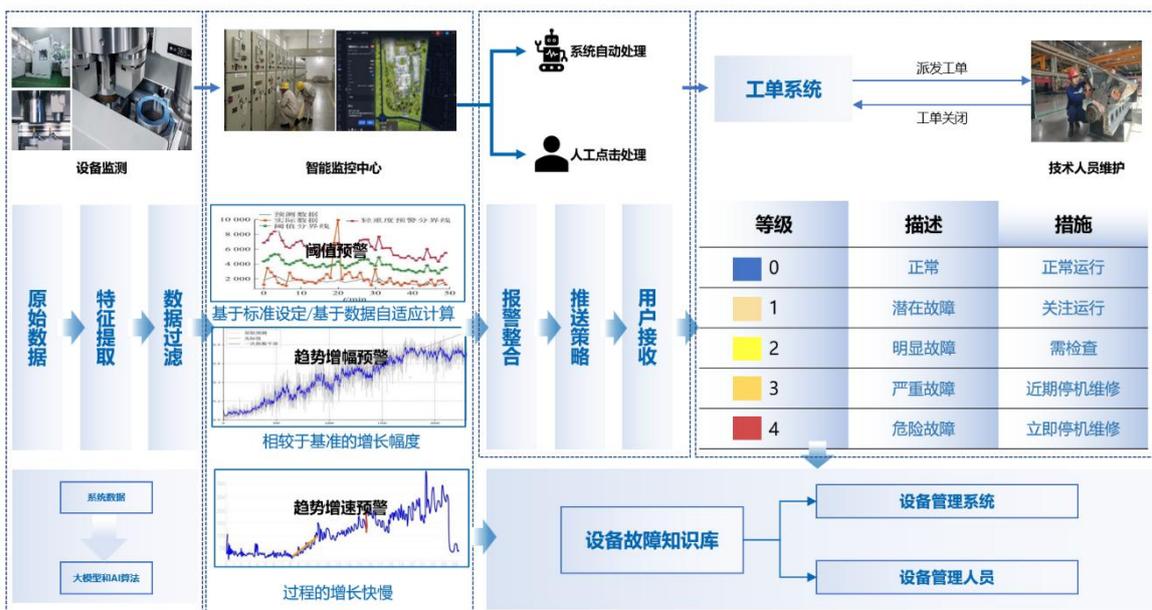


图 3-5：设备预测性维护

3.5 质量检测

痛点分析

在有色金属企业的生产作业环节中，传统的人工质检方法面临效率低下和准确性不足的弊端，特别是在当前对精度要求日益提升的市场环境下。检测流程繁琐复杂，涉及多种测试步骤，难以实现标准化和自动化，不仅耗时费力，而且成本高昂。由于人工操作的局限性，传统方法难以全面、高效地覆盖批量产品，从而影响了检测效率。人工质检的准确性和一致性易受到人为误差和设备校准问题的影响。更为严重的是，传统质检方法所产生的检测数据往往分散且缺乏有效整合，这极大地阻碍了实时监控和快速反馈机制的实施。当发现问题时，由于数据分散且缺乏即时反馈，往往会导致问题解决的延迟，进而影响到生产的连续性和产品质量的稳定性。

智能化应用场景

通过多模态数据来源，如传感器、设备和系统的数据，AI 质检大模型能够实时监测设备状态和工艺参数。在 IQC（来料质检）阶段，通过光谱检测、电子计量等设备分析原材料的成分和物理性质。在 IPQC（过程质检）阶段，使用在线探伤仪、成分检测仪、影像测量仪器、机器视觉系统等设备实时监控生产过程，识别并纠正质量问题。在 FQC（最终质检）阶段，通过压力表、张力检测仪等设备对成品进行全面质量检测和验证，确保最终产品的质量。AI 质检大模型不仅对所有出厂样品进行检测结果存储、统计分析和报表呈现，还能通过对实时数据和历史数据的分析，识别出微小偏差并预测其对产品性能的影响。借助 AI 算法，模型能够快速识别工艺中的缺陷并发出告警信息，同时记录缺陷图片信息和分类结果。

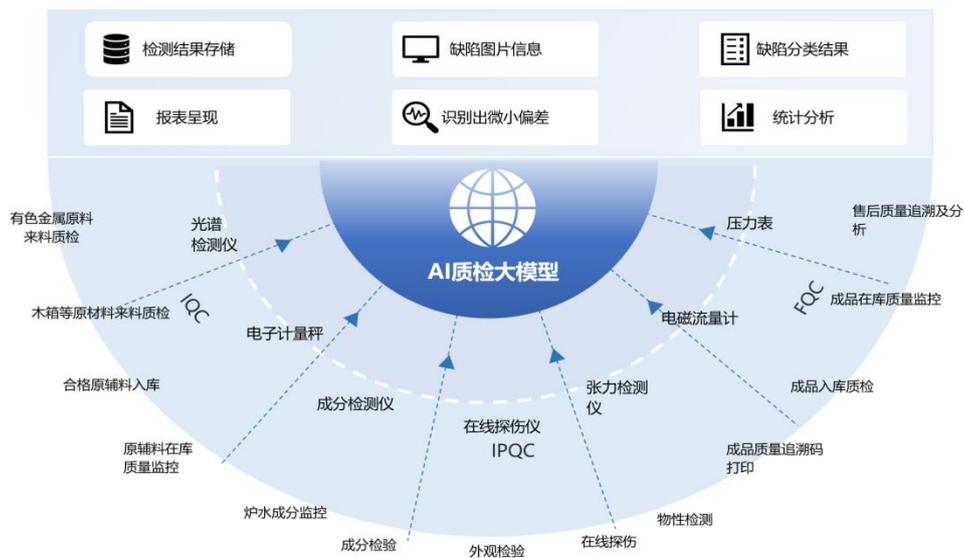


图 3-6：有色金属 AI 质检

3.6 能耗优化

痛点分析

在有色金属企业的生产成本中，能源消耗占据了举足轻重的地位，如何高效管理能源，了解生产制造过程中各个环节以及各类设备的能源使用情况，从而找到优化和平衡能耗与产能的方法，是很多有色金属企业关注的课题。过去粗放式的能源管理手段不足以实现能耗的实时监控和优化，导致能源浪费严重。同时，随着节能减排的趋势发展，企业对清洁能源的依赖增加，但其供应不稳定，无法满足持续生产需求。

智能化应用场景

智能能耗优化方案采集来自空压机、供水设备、变电柜、制冷机和氮气机等关键设备的实时数据，在计划阶段中综合考虑设备状态、供能需求、输送损失和时段电价等因素，利用历史数据和环境因素分析，智能制定并调整供能策略，确保能源供需平衡。执行阶段中，实时监控和模拟仿真系统指导操作，避免能源浪费。分析阶段，能耗分析大模型提供能耗预测和优化方案，支持企业能源管理。需求侧的动态调整确保了生活和生产用能的高效合理使用，整体提升了能源使用效率和响应能力，降低能耗成本，推动企业向现代化、智能化的能源管理迈进。

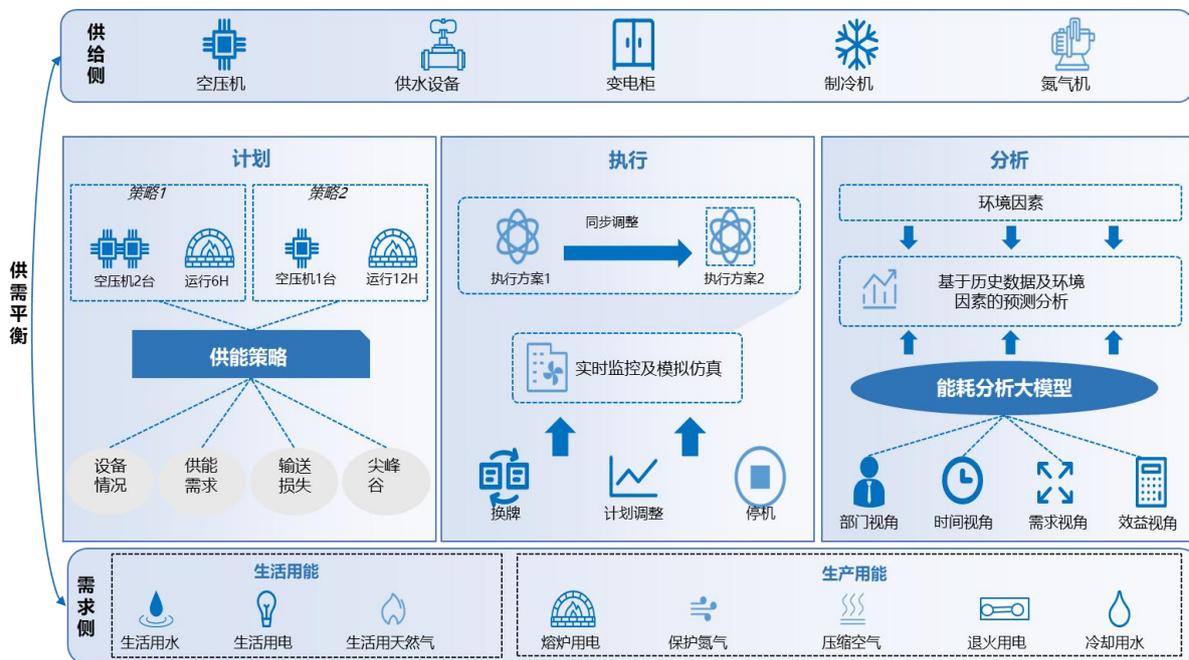


图 3-7：智能能耗优化

3.7 库存优化

痛点分析

在有色金属企业的仓储配送环节中，由于库存管理复杂，库存形式多样，包括原料库存、产成品库存、现货库存、期货库存等，这些库存分布在供应链的各个环节。手动操作和管理难以确保库存数据的准确性和及时性，容易导致库存过剩或不足，从而影响生产和销售。物流运输过程中，人工操作效率低下，成本高昂，导致时间和资源浪费。此外，物流数据的缺乏和信息孤岛问题，使得供应链各环节缺乏协同和透明度，难以实现高效的物流管理。现有的物流系统难以适应快速变化的市场需求和突发事件，例如需求波动、突发订单等，导致企业响应速度慢，竞争力下降。

智能化应用场景

智能化库存优化方案利用 AI 和大数据技术，实现对库存全过程的动态管理。该方案通过传感器和物联网设备，实时采集库存数据，包括物料的位置、状态和流转情况。通过高精度传感器实时监测库存数据，并利用物联网技术将数据传输到边缘计算设备进行初步处理。利用 AI 和机器学习算法对数据进行深度分析，识别高库存风险点并提出优化建议。大模型通过对比历史和实时数据，建立动态库存模型，预测未来的库存需求，制定最优补充计划。大模型还可通过实时监控库存状态，自动生成预警信息，提醒管理人员及时补充或调整库存，避免因库存不足或过剩导致的损失。通过智能存储和检索技术，实现物料的高效存取和库存管理，优化库存周转率。云端计算平台对大规模库存数据进行深度分析和建模，生成优化的库存管理方案，提升管理精度和效率。

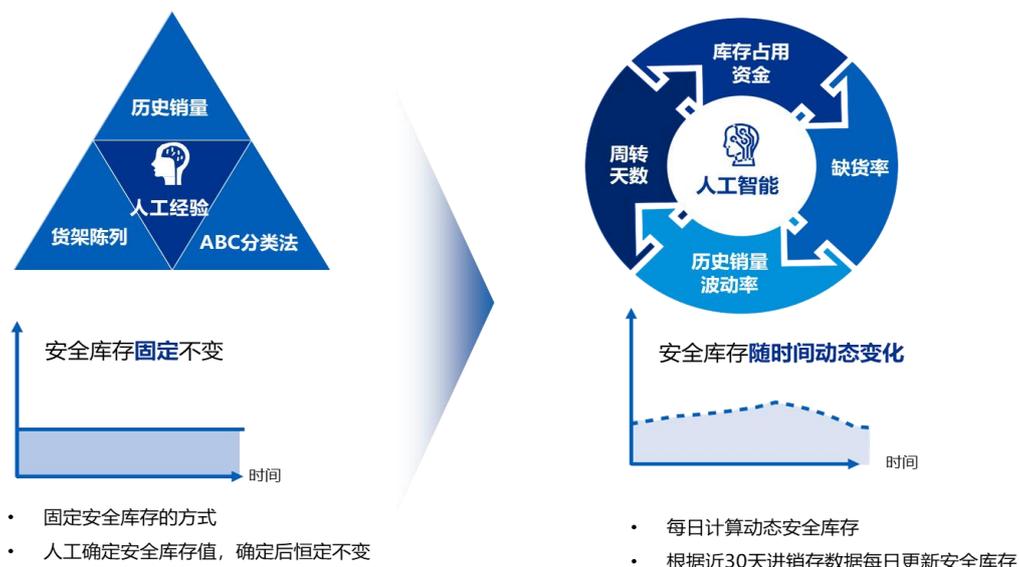


图 3-8：智能库存优化

3.8 运输路径规划

痛点分析

在有色金属企业的物流环节中，订单变化频繁，传统规划方法无法及时应对实际路况和突发情况，导致运输效率低下。可能会存在以下现象：车辆空载率高、路线不合理，这不仅增加了不必要的运输时间，还导致了运输成本的增加。数据分散和信息孤岛问题在供应链中尤为突出，这使得各环节之间缺乏有效的协同和信息共享，进一步影响了物流管理的整体效率。

智能化应用场景

智能运输路径规划利用 AI 和大数据技术，实现运输全过程的动态优化。通过高精度传感器实时监测运输数据，包括车辆的位置、速度、装载情况以及行驶路线。边缘计算设备对这些数据进行初步处理，确保数据的及时性和准确性，然后将处理后的数据传输至云端进行更深度的分析。AI 算法对大量数据进行建模和分析，识别运输过程中可能出现的瓶颈和障碍，如交通拥堵、道路施工或天气变化。在此基础上，该解决方案建立动态运输路径模型，制定最优运输计划，确保每一辆车都能选择最佳路线，实现车辆利用率最大化。大模型还通过实时监控运输状态，生成预警信息，及时反馈给物流管理人员。如果检测到运输过程中出现异常情况，会自动调整运输路线，确保运输的连续性和效率。结合最新的交通状况和天气预报，大模型能够进一步优化路径选择，减少运输时间和成本。例如，当检测到前方道路出现拥堵时，会自动推荐替代路线，并考虑天气变化对运输的影响，调整车辆行驶速度和路线，以保证货物安全准时送达。

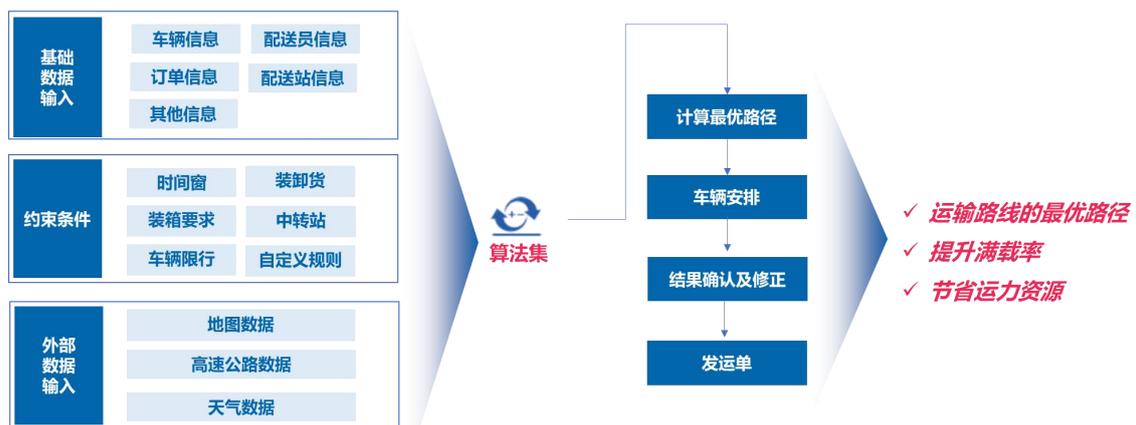


图 3-9：智能运输路径规划

3.9 培训助手

痛点分析

在有色金属企业的销售环节中，往往存在产品技术复杂且参数多样，销售人员需要深入理解产品，但现有培训缺乏针对性和个性化指导，难以满足需求。培训资料需及时更新，但一线销售人员工作繁忙，难以频繁参与培训，导致知识滞后。此外，培训内容过于理论化，缺少实操训练，影响销售技能的提升。这些问题使销售人员难以有效应用所学知识，亟需通过创新和改进培训方法来解决。

智能化应用场景

基于生成式大模型诞生的智能培训助手可以为销售人员定制个性化学习体验，通过自动搜集和分析最新行业资讯，确保内容前沿。可提供文本、图片、视频等多种形式的培训材料。助手支持实时使用，优化异步学习体验，实现灵活学习。AI 对话和角色扮演模拟功能提升实战技巧，并根据表现提供定制化改进建议和反馈。同时兼容 PC 端和移动端，通过分析历史客户沟通数据，优化销售策略。这款智能培训助手不仅满足了培训内容的持续更新需求，更突破了传统培训方式的局限，为有色金属材料行业的销售团队带来了革命性的培训体验。

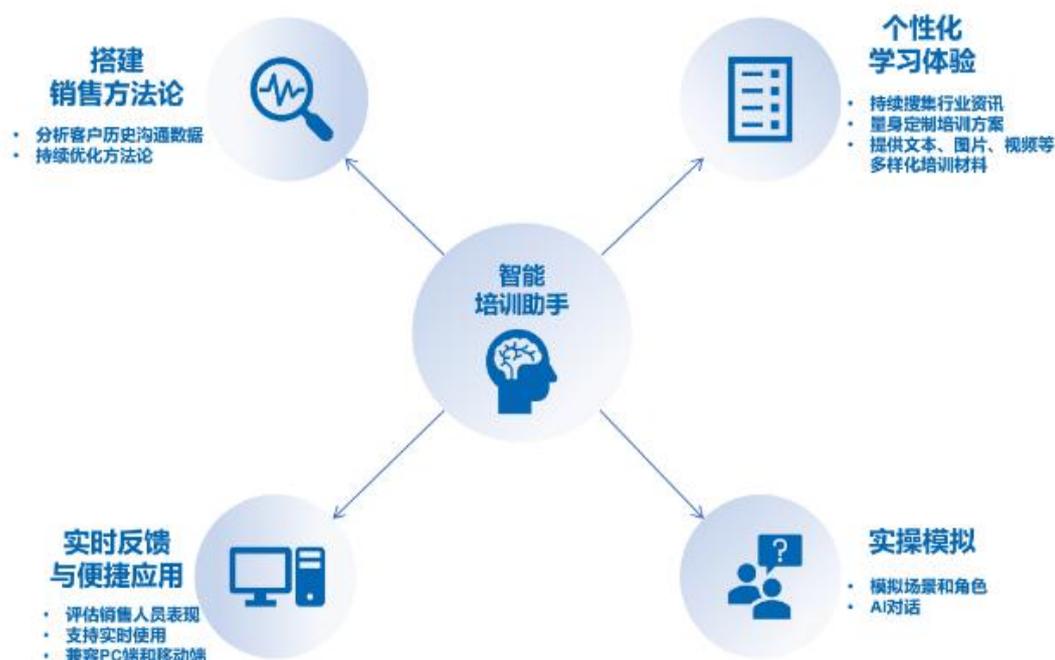


图 3-10：智能培训助手

3.10 客服机器人

痛点分析

在有色金属企业的客户服务环节中，过分依赖人力，这不仅限制了问题的响应速度和处理的敏捷性，也使得服务品质难以达成标准化。此外，客户咨询问题的多样性和复杂性增加，人工客服难以应对所有问题，导致客户满意度下降。客户服务过程中，数据分散，无法形成统一的客户服务标准和流程，影响了客户服务质量和管理的有效期。企业在客户服务上投入大量资源，成本高昂，但客户满意度和忠诚度却难以提升。

智能化应用场景

智能客服机器人基于 GPT 和自然语言处理（NLP）技术，旨在提升客户服务的效率和质量。当客户发起咨询时，智能客服机器人首先对问题进行预处理，包括去口语化、分词、语法纠错、同义词替换和拼音处理等步骤。这些预处理后的问题被传送至机器人核心，通过 GPT 生成初步回答，并结合机器学习模型进行优化，确保回答的准确性和相关性。该机器人具备 FAQ、任务式对话和问答知识库三大功能模块。FAQ 模块利用搜索、语义相似计算、机器学习模型和深度学习来查找最相关的答案。任务式对话模块通过意图识别、多轮对话和强化学习，结合客户档案提供准确回答。问答知识库模块进行知识查询、语义继承和知识图谱构建，确保知识的积累和优化。智能客服机器人可以提供多种答案模式，包括文本、图文消息、图片、链接和语音，满足不同用户需求。



图 3-11：智能客服机器人

3.11 员工服务台

痛点分析

在有色金属企业的运营管理环节中，行政和人力资源管理由于人工执行导致响应慢、效率较低。随着员工咨询问题的多样性和复杂性增加，人工服务台在处理所有问题上显得力不从心，影响员工满意度。知识库更新滞后，使得员工获取信息变得困难，进一步影响服务效率和准确性。尽管企业在服务上投入了大量资源，但员工满意度和工作效率提升有限。

智能化应用场景

员工服务台利用智能问答机器人和知识库系统，通过自然语言处理技术准确理解员工提问，并及时提供准确、相关的答案，减少人工客服的工作量。知识库自动更新系统能够动态整合员工提问和答案，形成实时更新的FAQ系统。通过AI生成式问答功能，服务台能够简化交互流程，提高响应速度和效率，增强员工体验。此外，员工服务台可通过持续学习和优化，不断提高服务质量和效率。

海亮通过引入员工服务台，实现了知识库的自动化更新、智能问答和任务处理等功能。通过员工服务台的实施，海亮将知识库维护时间从3小时减少到3分钟，响应时间从30分钟减少到5分钟，机器人拦截率提高到87.6%，预计全年降低人工成本92.5万元。这些智能化应用不仅提升了服务质量和效率，还大幅度减少了运营成本，展示了海亮在智能化转型中的努力和成效。



图 3-12: 海亮员工服务台



04

铜加工大模型 创新应用

4.1 大模型引领铜加工产业升级

4.1.1 铜加工产业智能化现状

铜加工产业智能转型迫在眉睫：我国作为世界上最大的有色金属生产国和消费国，国内需求持续回落，而新增产能却不断释放，导致市场供大于求。当前，铜加工行业主要面临产能过剩、高端加工能力不足、以及产业稳固性差、易波动等问题。铜加工企业作为传统制造企业，在科技创新和自主开发能力方面相对较弱，生产工艺流程中对技术人员的依赖较大，限制了行业的高端发展。与此同时，大量的中小型铜加工企业作为加工产业的重要组成部分，受全球经济及疫情等因素影响，生产经营风险急剧攀升，陷入生存困境。为了在竞争激烈的市场中找到发展之路，铜加工企业必须加强科技创新投入，通过提升设备制造和工艺技术的智能化水平，降低生产成本，提高生产效率。智能制造与协同管理将成为未来的发展方向，帮助企业在不断变化的市场环境中保持竞争力和稳定性。

大模型为铜加工产业带来新机遇：大模型技术在铜加工行业的应用展现出巨大潜力，正逐步解决行业内的复杂问题。尽管该技术仍处于发展初期，但其创新应用模式，如 Agent 和具身智能，预示着其在铜加工领域的应用将进一步拓展。通过深度学习和强化学习技术，大模型能够学习数据中的联合概率分布，并提炼关键特征变量，全面捕捉现实世界的复杂性。针对铜加工行业的产能过剩、高端加工能力不足以

及产业稳定性差等问题，大模型技术提供了切实可行的解决方案。它通过深入分析市场和生产数据，优化产能配置，减少过剩风险，并提升生产效率。此外，大模型整合科研和工艺数据，支持企业在科技创新和自主开发能力上的提升，优化加工流程，降低对技术人员的依赖。实时监控全球经济和行业动态的大模型，为中小型企业提供了应对市场波动的有效工具，增强了产业的稳定性。面对原材料成本高和资金压力大的挑战，大模型通过优化生产流程和资源配置，助力企业实现成本效益最大化。

垂直大模型是智能化落地的途径：目前，大模型正沿着技术成熟、产品化、商业应用的轨迹前进，逐渐渗透到各个垂直行业。垂直大模型相比与通用大模型相比，展现了四大优势：第一，通用大模型虽然具备广泛的适用性，但在特定行业知识深度上存在局限。垂直大模型通过整合行业专有数据，提供深度定制的解决方案，实现从通用到行业专家的转变，释放深层价值。第二，通用大模型在数据安全和权限管理方面存在隐患。它们无法本地部署，容易造成数据泄露，且缺乏有效的内部数据分级管理。垂直大模型支持本地部署，确保数据安全和精细化的权限控制。第三，通用大模型可能产生误导性信息。垂直大模型通过融合企业内部知识库，增强了内容的准确性和可信度，减少了误判风险。第四，成本效益是垂直大模型的显著优势。相比全面功能的千亿级大模型，垂直大模型通过专有数据训练，以更低的成本实现高效运营。

4.1.2 铜加工行业大模型应用路径

大模型技术正从通用性向行业特定应用深化，这不仅标志着技术发展的新阶段，也是产业落地的关键。垂直大模型通过特定领域知识的深度训练，增强了行业复杂性理解和应用能力。在铜加工行业，垂直大模型能解决产能过剩、高端加工能力不足等问题，推动智能化升级和可持续发展。铜加工企业需将大模型技术与业务流程深度融合，探索多场景应用，以加速新质生产力的形成。垂直大模型建设成功的关键因素有三个：

紧密的业务场景融合：大模型的数据和知识只是人类知识的冰山一角，企业还有大量的“暗知识”，如战略规划、产品设计图等独特知识，这些只存在于特定企业中，在互联网上难以找到。基于“暗知识”的垂直大模型能更好地解决企业问题。因此，铜加工企业在定制 AI 前，需要做好知识管理，将企业大数据平台升级为企业知识平台。此外，业务融合至关重要，企业应将大模型与数字化业务系统深度结合，与业务流程紧密结合，充分发挥大模型的价值。

专业的行业知识输入：通用大模型一般基于广泛的公开文献和网络信息来训练，存在错误、谣言和偏见，导致行业针对性和精准度不足，数据“噪音”过大。铜加工产业受限于线下生产流程的复杂性和高度的专业化，大量专业知识没有进行有效沉淀。因此，铜加工企业需要做好知识管理，在通用大模型能力的基础上，进一步深度整合行业专业知识，避免幻觉问题，确保模型的准确性和安全性。

全面的数据管理能力：全面的数据管理能力包括对企业经营全链条数据的科学收集、接入、存储、标准化、治理和运用。数据是大模型赋能铜加工产业的基础，乃至后续更深层次的智能化升级都需要在信息化层面上打下坚实的基础。首先，铜加工企业需要进行数据管理的顶层设计，建立一个涵盖销售、供应链资源、财务、生产、库存、物流、能源和人员等各方面的数据中台。按照数据治理标准的要求，对各项主数据和业务数据进行统一化处理和整合，实现数据的汇聚和标准化管理。在此基础上，建设行业大模型，利用这些数据进行深度分析和应用。通过 AI 大模型和数据治理策略，企业可以对数据进行科学运用，提升经营效率和决策质量，为企业提供高阶的支撑服务。

4.1.3 铜加工行业垂直大模型

在现代制造业中，有色金属材料行业面临不断变化的市场需求和复杂的生产流程。企业需要智能化解决方案，既要精通多种制造工艺，又能根据新数据和需求进行自我调整和学习，从而提升整体运营效率和竞争力。海亮在智能创新方面领先，通过“生产性服务”转型，保留高端制造并输出标准化行业垂直模型服务（MaaS），致力于成为全球有色行业绿色智造引领者。

L0 通用算法底座：建立以深度学习、自然语言处理、多模态等为核心的通用算法底座，应用华为盘古大模型。盘古大模型具备卓越的多模态数据处理能力，能够支持图像识别、文本处理、表格数据分析等多种应用。

L1 行业算法：开发适用于有色金属材料行业

大模型，整合海亮私域数据和行业大数据，为智能制造提供坚实的数据基础。通过传统经验算法化和标准化，发挥海亮在有色金属加工领域的经验优势，提升生产效率和产品质量。在此基础上，整合海亮的私域数据和行业大数据，进一步优化大模型，能够更精准地满足行业需求，提升模型的准确性和适用性，从而推动有色金属材料行业的智能化升级。

L2 行业应用：将行业大模型广泛应用于服务、销售、研发、供应链、生产和采购等多个关键

业务环节，通过深入收集和分析业务数据，提升模型的精准性和适用性，实现全面智能化运营。该模型不仅面向具体生产价值流（ToB），最终还实现了面向行业内其他公司（ToI），提供 AI 大模型输出、行业数据收集和技术管理服务。通过内部智能化改造积累数据和经验，开发行业大模型，并推广至有色金属材料行业（ToI），实现能力对外输出，推动行业智能化转型。通过算法创新，替代传统经验积累，快速形成“新质生产力”，提高生产效率和响应速度，保持技术领先。

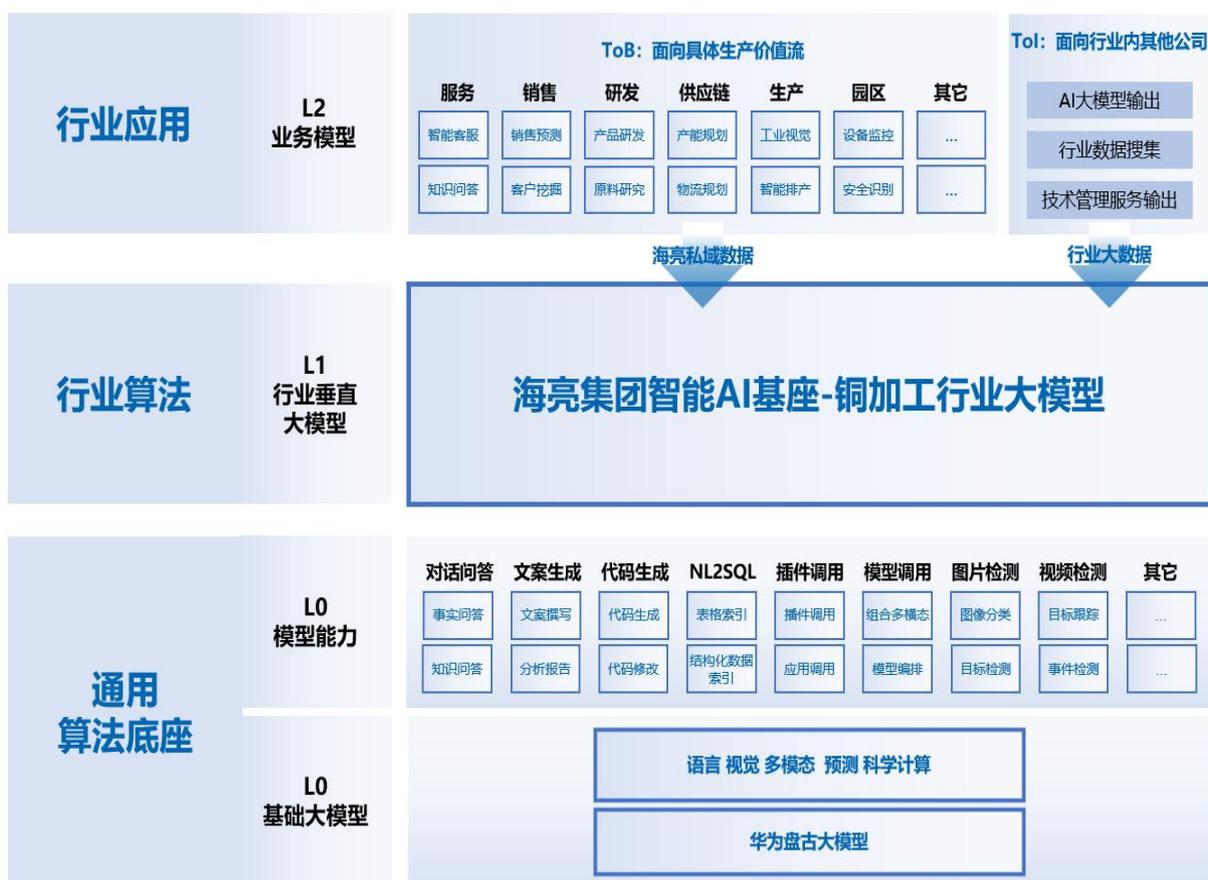


图 4-1：海亮行业大模型建设方案

4.2 大模型应用实践之铜管篇

4.2.1 现状与需求

海亮股份在铜管制造领域不断创新，特别是在智能制造方面取得了显著进展。最近，海亮股份凭借精密铜管低碳智能制造技术及装备研究项目，荣获了第七届中国工业大奖。这一项目实现了铜管加工制造业向低成本、高效率、低碳、全流程智能化生产的重大飞跃，尤其在铜管生产中的铜锭延展速度从每分钟 1.5 米提升至 2.4 米，优化生产效率的同时，减少了碳排放。海亮股份低碳智能第五代连铸连轧盘管生产线申请了 114 项发明专利，能使生产综合成本下降 38%。

尽管海亮股份在技术创新和智能制造方面取得了卓越成绩，仍然面临一些挑战和需求：

铜价波动影响：尽管在长周期内铜价高的问题并不普遍，但由于铜金属本身比铝等金属更贵，因此即使在价格下行周期，对资金的需求仍然较高。频繁波动的电解铜价格不仅增加了生产成本，还带来了巨大的资金周转压力。

内卷时代下竞争加剧：消费方面，宏观经济受多重因素交织影响，增长压力仍然较大，铜管主要应用领域的消费需求维持低速增长。因此，下游的制冷、空调和建筑等行业对铜管产品提出了更高的质量要求，包括严格的规格、性能和一致性标准。这进一步增加了铜管企业在确保产品质量的同时，降低生产成本的难度。

在铜价高涨且市场需求端没有新的容量增长的情况下，铜管企业的生产运行承受较大压力，行业发展的主要基调仍聚焦在“降本增效”。当考虑到“降本”时，优先考虑铜管加工过程中投料环节的原材料成本。目前，再生铜与电解铜的配比使用较为粗放，只做了单种再生铜与优质铜的搭配，成本未做到最优。由于再生铜金属元素含量不均匀，经常出现元素超标的情况，此时需要用电解铜来稀释，造成过多浪费。

基于此，铜管的投料和配料环节，对于成本降低的需求如下：

减少电解铜的浪费：再生铜元素含量难以准确检测，经常出现铜液元素超标需用电解铜补救的情况。如果对再生铜进行预处理，再生铜撕碎后，进行初步的去杂质（例如，去除碎铁），再搅拌均匀后，通过激光发射原材料进行光谱分析技术快速且准确地检测再生铜的元素含量，从而指导工人更精准地控制再生铜的投入量，减少电解铜的投入成本。

精准控制再生铜和电解铜的配比：目前再生铜与电解铜只做了两两简单配比，由于再生铜采购成本显著低于优质铜，如果通过多种再生铜和电解铜进行互补搭配，可以增加再生铜在原材料中的占比，从而使铜管原料成本更低。

4.2.2 大模型应用场景

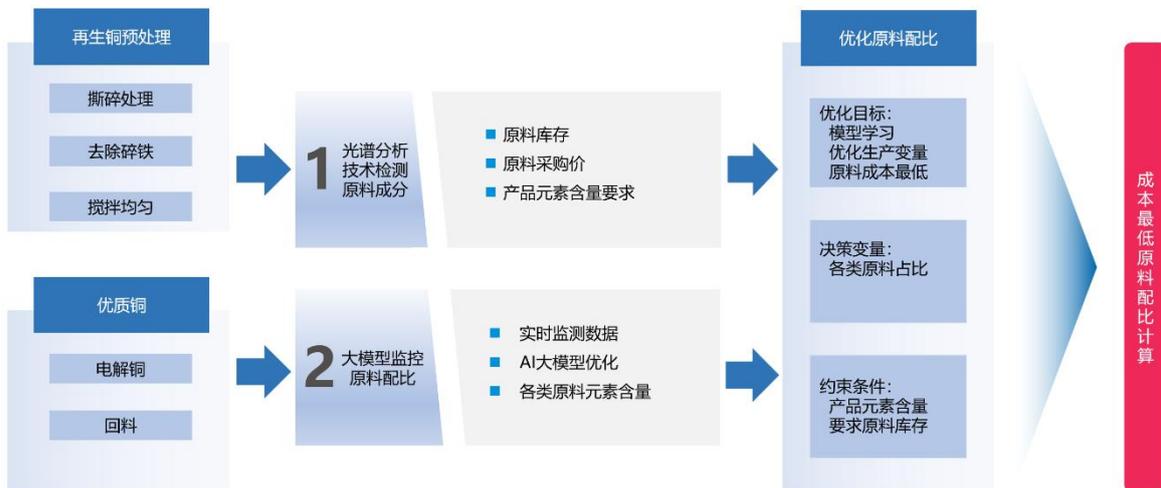


图 4-2：铜管加工过程中的原料配比智能计算

再生铜预处理：

在生产开始前，将再生铜进行粉碎处理、去除杂质和均匀搅拌。通过去除再生铜中的杂质，如铁等，提升原料品质，减少后续生产中的不确定性。预处理后的再生铜更适应后续的加工步骤，降低设备磨损，提升生产效率。

光谱分析技术检测原料成分：

光谱分析技术通过激光在样品表面形成等离子体，光谱仪采集其发射光谱，并分析光谱数据确定样品元素组成及含量。利用大模型 AI 系统对检测数据进行实时分析和处理，确保数据准确性和可靠性。大模型 AI 算法快速处理和解读大量光谱数据，实时调整检测策略，提高检测精度和效率。通过光谱分析技术，获取原料成分、原料采购价和产品元素含量要求的数据。该技术的优势在于提高了检测准确度，减少了因元素超标而需使用额外电解铜的情况，节省成本，同时缩短了检测等待时间，不需送往实验室进行检测，极大提高检测效率。该技

术的快速检测能力还实现了在线监测，使企业能够及时调整生产工艺参数，确保生产连续性和稳定性。通过高精度成分分析，可以科学调控再生铜和原生铜的混合比例，确保每批原料的成分稳定性。

大模型监控原料配比：

通过结合科学计算大模型分析和运筹优化算法，企业在原料配比加料过程中综合考量原料成本、库存和质量要求，实现智能配料。传统的原料配比方法依赖于工艺工程师的经验和知识，如今依靠深度分析海量数据，大模型可以揭示原料配比与产品质量间的复杂联系，优化生产过程中的关键变量。数据驱动的方法提升了原料配比的精准性和效率，确保产品性能的稳定性和一致性，显著降低了人为因素导致的误差，同时提升了生产过程的稳定性和生产效率。

优化原料配比：

通过模型学习，优化生产变量，实现原料成本

最低。决策变量包括各类原料占比，约束条件包括产品元素含量要求和原料库存要求。在此过程中，大模型结合实时监测数据和 AI 优化算法，确保各类原料元素含量的精确控制和优化。

4.2.3 场景价值分析

原料综合成本优化：

通过引入光谱分析技术进行元素含量的准确检测，可以突破原料规格的约束，实现更为精确的原料配比优化。利用大模型和运筹优化算法，企业能够充分利用再生铜和原生铜元素之间的互补关系，找到成本最低的原料配比方案。这不仅降低了原材料采购成本，还减少了因元素不均匀导致的浪费，使得再生铜的利用率大幅提升，从而实现显著的成本节约。

生产稳定性提高：

通过 AI 大模型提供的配比建议，可以有效避

免过度依赖人工经验所带来的不稳定性。传统生产过程中，不同工艺师的经验水平参差不齐，容易导致生产质量波动。而采用 AI 系统后，基于大量历史数据和实时数据进行分析和决策，确保每次配比的精确性和一致性。这种智能化的配比方式不仅提高了生产过程的稳定性，还减少了因人为因素导致的生产中断和质量问题，提升了整体生产效率。

产品质量提升：

借助光谱分析技术和 AI 大模型，能够实现对原料成分的精确检测和科学配比，从而减少因元素超标导致的补救次数。传统方法中，原料成分检测不准确，往往需要使用大量优质铜来补救，增加了生产成本和浪费。而通过精确检测和优化配比后，原材料使用更加合理，有效提升了产品的成材率和质量稳定性。最终，产品的性能和一致性得到显著提升，满足下游客户对高品质铜管产品的严格要求，同时也为企业带来了更高的市场竞争力和经济效益。

4.3 大模型应用实践之铜箔篇

4.3.1 现状与需求

整体产能相对过剩：目前，中国铜箔行业已经显现出结构性过剩的趋势。全行业现有年产能约 113 万吨，预计 2023 年将达到 219 万吨。随着未来 2-3 年内超过 100 万吨的新产能逐步释放，产能过剩问题将愈发严重。2022 年和 2023 年上半年，所有电解铜箔上市公司的净利润大幅下滑，反映出行业内产能扩张与市场需求增长不匹配的现象。电解铜箔项目的热潮主要源于市场的良好发展态势和地方政府的优惠政策。然而，企业在扩展产能时需慎重考虑市场环境和自身优势。建议通过兼并重组提高产业集中度，推动技术创新和差异化发展，树立品牌特色，并加强合作，避免恶性竞争，营造健康发展的市场环境。据调查，2022 年新增电解铜箔产能约 41.1 万吨，2023 年预计新增在建产能约 105.56 万吨⁸。

下游客户对产品品质要求严苛：铜箔产品有多种规格，包括不同的厚度和宽度，组合种类繁多。每种组合规格对工艺参数的要求各不相同，导致质量控制变得复杂。其次，随着铜箔产品长度从 18000 米增加到 36000 米，生产过程中的缺陷也会增多，从而提高了管控成本，并对质量控制的稳定性提出了更高的要求。此外，

下游产品（如锂电池）创新速度快，要求也很高，对铜箔产品的快速创新和精准控制提出了更严格的需求。

在铜箔生产过程中，提升成材率和降低缺陷率是关键目标。铜箔生产面临的主要挑战包括：

工艺参数不确定性：由于生产过程中的工艺影响，净液罐会残留部分添加剂含量，影响产品质量。现阶段主要依靠人工经验来重新配比或调整添加剂流量，无法准确、有效、及时地解决问题。产品质量也可能受到其他生产参数的影响，但具体原因无法确定。

添加剂影响滞后：更改添加剂时，其对产品的影响存在滞后性，给质量提升的分析和优化带来困难。不同工艺阶段的参数对产品的影响关系难以精确匹配。生箔机及后续工艺阶段可以通过批次号确定参数影响，但生箔机之前的阶段没有批次号，主要靠经验评估，准确性不高。

添加剂控制难题：添加剂中的杂质不可知，对成品的作用原理不清晰，添加剂配比和流量配比更多依赖人工经验。由于电解液循环使用，前序生产的添加剂存在残留现象，当前无法准确测量，影响后续工段添加剂的流量控制，无法持续匹配添加剂。

添加剂质量差异：不同厂家的添加剂含量和杂质存在差异性，尽管差异不大，但反应结果对成箔产品质量有较大影响。

4.3.2 大模型应用场景

为了应对以上痛点，铜加工行业需要引入智能化技术，尤其是基于实际生产数据的大模型预测分析技术。通过大数据、物联网、AI 等先进技术，利用大模型分析各因素对生箔性能的影响，从而指导生产调整，实现生产过程的全面智能化和精细化管理。基于业界的生产经验，生产过程中影响目标达成的因素涵盖了人、机、料、法（工艺）、环（环境）等多个维度。其中，设备的工作状态和健康状况，工艺参数和配方数据是关键因素。因此，需要详细梳理这些数据以优化生产。

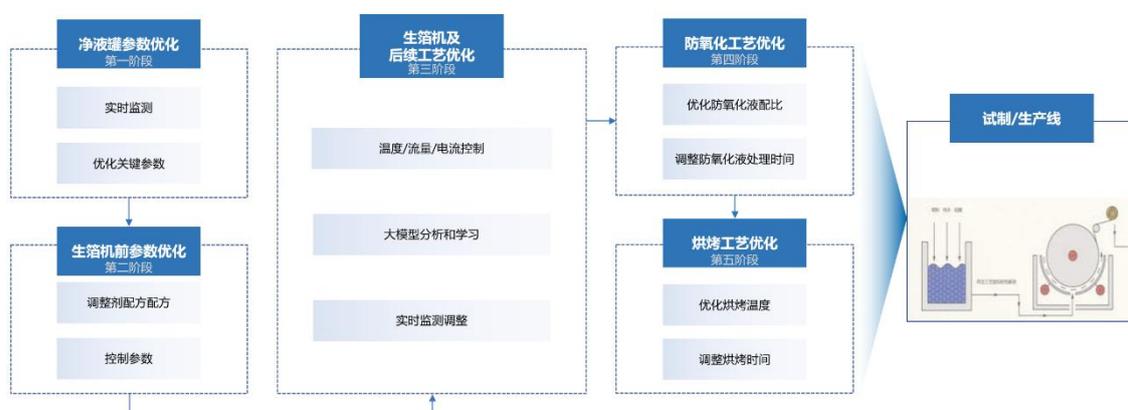


图 4-3：铜箔加工过程中的工艺参数优化

为该场景提出了最优基模型+专家模型的智能化方案。最优基模型是结合 6000 多个任务数据集和 200 维特征空间，利用 AutoML 技术进行超参数组合编码，生成高效预测模型。通过深度神经网络学习不同数据集的相似度和差异，找到模型空间中的最优解，提高预测精度并优化生产工艺。专家模型是将铜箔生产过程分为五个阶段（净液罐、过滤器和添加剂控制设备、生箔机、防氧化、烘烤），优化每个阶段的关键工艺参数。融合预测大模型结合这两者，实现对各工艺阶段的精准控制和优化，并通过跨场景知识库提升预测效果。相比传统小模型，盘古预测大模型生成速度提升了 10 至 100 倍，更准确地发现和学习铜箔生产工艺中的隐含关联关系，进一步辅助工艺的精准调优：

第一阶段：净液罐之前的工艺参数优化

目标是确保硫酸铜溶液的高纯度。通过融合预测大模型任务模型，实时监测和优化关键参数（如酸度、温度、流量等），确保进入净液罐之前硫酸铜溶液的性能指标符合要求。模型能够学习历史数据和实时数据，动态调整工艺参数，确保硫酸铜溶液的纯度。模型使用的数据包括控制参数和历史生产数据，提升了预测的精准度。

第二阶段：净液罐之后、生箔机之前的工艺优化

目标是获得合适的添加剂配方与工艺参数，确保铜离子溶液性能稳定。通过精密过滤器和添加剂控制设备，结合融合预测大模型，实时调整添加剂配方和控制参数。模型根据实时数据

和历史数据，优化添加剂的使用，确保铜离子溶液在进入生箔机之前的稳定性。添加剂配方和控制参数的数据输入使模型能够快速处理和解读，减少误差。

第三阶段：生箔机及后续工艺优化

目标是提高生箔过程的稳定性和产品质量。通过温度控制、流量控制和电流控制等设备，利用融合预测大模型，实时调整工艺参数。模型通过对大量数据的分析和学习，精确控制生箔过程中的各项参数，确保铜箔的性能和质量达到最佳。实时监测的数据和控制参数在这个阶段尤为重要。

第四阶段：防氧化处理工艺优化

在生箔之后，对铜箔进行防氧化处理，确保其表面性能符合要求。融合预测大模型根据实时监测的数据，优化防氧化液的配比和处理时间，确保铜箔在这一阶段的性能稳定。通过模型的优化，确保防氧化处理的精准控制。

第五阶段：烘烤工艺优化

在最终产品成型之前，对铜箔进行烘烤处理，提升其抗拉强度和延伸性。通过优化烘烤温度和时间，融合预测大模型实时调整烘烤工艺参数，确保最终产品的性能符合质量要求。模型在这个阶段的实时监测和调整能够显著提升产

品质量。

4.3.3 场景价值分析

知识规律沉淀：通过大模型对现有工艺数据进行深入分析，可以将潜在的规律显性化。例如，大模型能够处理海量生产数据，提炼出添加剂对铜箔物性的影响规律。这不仅可以帮助工程师理解生产过程中各变量之间的复杂关系，还能结合行业文献和实验数据，将这些规律模型化，为未来的工艺优化提供理论支持。

降低添加剂成本：当添加剂和铜箔物性之间的关系逐步明确后，企业可以根据大模型分析指导添加剂的配方选择。在确保铜箔物性达到预期效果的前提下，选择性价比更高的添加剂组合。这种优化不仅能够减少添加剂的使用量，降低生产成本，还能避免因过度依赖高成本添加剂而增加的经济负担，从而实现更高的经济效益。

提升铜箔成材率：通过大模型对添加剂和铜箔物性关系的精准掌握，企业可以在添加剂的选择和使用上更加有针对性。具体来说，优化后的添加剂配方可以更加精确地控制铜箔的物性，减少不必要的质量波动和生产缺陷。这一优化策略，不仅能提高铜箔的成材率，还能提升产品的一致性和质量稳定性，减少废品率。

4.4 大模型应用实践之铜棒篇

4.4.1 现状与需求

海亮股份在铜棒制造领域也取得了显著进展。尤其在智能制造方面，海亮股份通过低碳智能制造技术及装备研究，实现了铜棒加工的低成本、高效率、全流程智能化生产。这一技术的进步显著提高了生产效率和产品质量，降低了综合成本，并减少了碳排放。

尽管海亮在铜棒加工技术上取得了显著的进步，在实际生产过程中仍然面临着一些挑战，例如：

生产工艺差异大：目前，行业内企业众多，但主要生产方式仍为连铸，挤压棒的生产相对较少。这种生产工艺的选择导致了企业间在生产效率和产品质量上的差异。同时，由于市场需求呈现出多品种、小批量的特性，企业往往需要频繁调整生产线以适应不同产品的生产需求。这种频繁的调整不仅增加了生产的复杂性，也对企业的人工质检标准和效率提出了更高的要求。

产品质量不稳定：目前市场上的铜棒部分产品质量不稳定，表现为产品精度和尺寸精度、表面质量、直度（ $<5\text{mm/m}$ ）、性能均一性等方面较国外水平偏低，组织性能不可控。在高精度、高可靠性要求的应用领域，产品的稳定性和一致性有待提高。质量问题不仅影响市场竞争力，也增加了企业的生产成本和售后服务负担。

基于上述现状，铜棒在质量管理过程中急需通过智能化手段解决人工肉眼进行外观检验和尺寸复核的弊端，具体需求如下：

人工质检依赖带来的局限性：在当前的质检过程中，人工检查仍然是不可或缺的环节。然而，由于人工检查的局限性，如疲劳、主观性等因素，容易出现差错。为了减少人工差错，提高检查效率，需要引入辅助工具和技术手段来改进质检流程。

缺陷总结分析：目前，铜棒生产企业在质量问题的跟踪、总结和分析方面存在一定的不足。为了建立完善的质量体系，减少缺陷的发生，企业需要加强质量数据的采集、整理和分析能力，及时发现并解决潜在的质量问题。

4.4.2 大模型应用场景

为应对铜棒生产过程中的质量挑战，引入了一项创新的在线质量检测方案，其核心是应用 CV 大模型技术。该系统专门设计用于识别铜棒生产中的常见缺陷，如变形、气泡、孔洞、凹陷和裂纹等，同时也能够检测到其他传统方法难以发现的质量问题。该方案在铜棒生产的多个关键环节发挥作用，包括熔炼、压延、盘绕、退火和连拉等质检阶段。通过实时监测和数据分析，CV 大模型技术能够准确识别各环节中的质量问题，并及时提供反馈，确保生产过程的高质量控制。通过这种智能化的质量检测，铜棒生产企业能够提高生产效率，减少废品率，同时确保产品质量满足市场和客户的高标准要求：

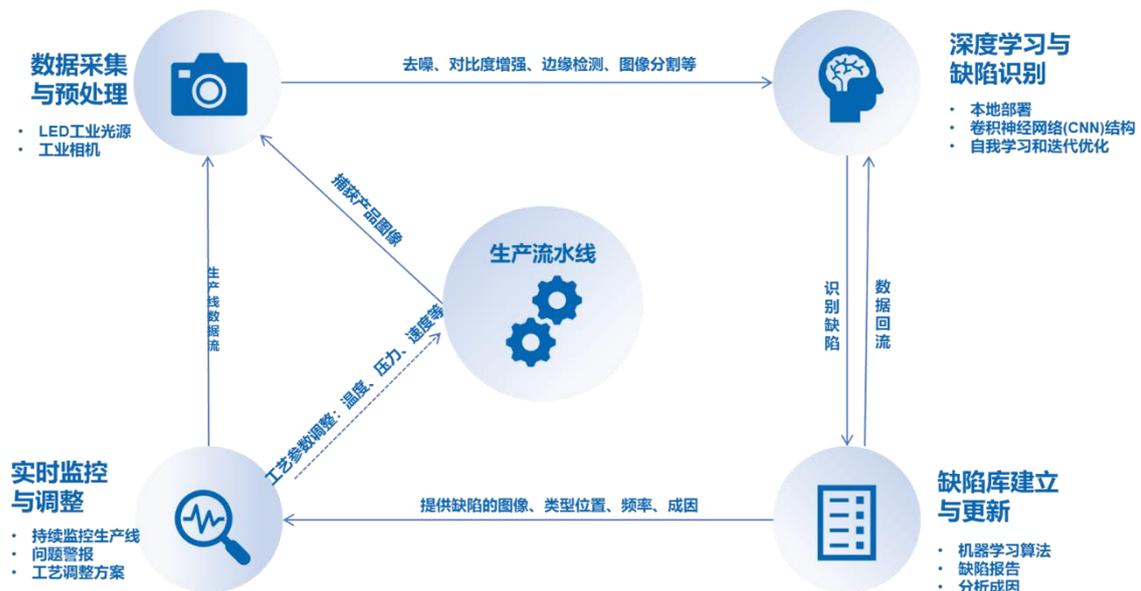


图 4-5：铜棒加工过程中的智能质量检测

数据采集与预处理：在生产线上，工业相机与高亮 LED 工业光源协同工作，对铜棒表面进行高频扫描，实时捕捉高清晰度图像，并对其预处理。预处理包括去噪、对比度增强、边缘检测和图像分割等操作，旨在强化图像中的关键特征，为 CV 大模型提供清晰、准确的输入数据。同时，预处理步骤还会标准化图像格式，确保数据一致性，从而提高后续分析的可靠性。

深度学习与缺陷识别：CV 大模型利用深度学习算法对经过预处理的图像进行分析，通过训

练识别铜棒表面的多种缺陷。模型采用先进的卷积神经网络 (CNN) 结构，能够自动提取图像特征并进行模式识别。随着生产的持续，系统不断收集新的数据，CV 大模型通过这些数据进行自我学习和迭代优化，不断提高缺陷识别的准确性和响应速度。此外，模型还能够适应不同的生产条件和材料变化，保持高效率的缺陷检测能力，为生产线提供实时、准确的质量反馈。

缺陷库建立与更新：通过模型的高级图像识别

功能，系统能够精确捕捉和分类铜棒表面的各种缺陷。这些缺陷数据被存储并形成详细的缺陷库，它不仅包含缺陷的图像和类型，还包括出现的位置、频率和可能的成因。利用机器学习算法，模型不断从新捕获的图像中学习，自动丰富和更新缺陷库，从而提高缺陷预测和分析的准确性。

实时监控与调整：大模型还集成了实时监控功能，能够不间断地分析生产线上的数据流。当检测到潜在的质量问题时，CV 大模型会立即触发警报，并提供详细的缺陷报告。这些报告包括缺陷类型、位置和影响程度的详细信息，使操作人员能够迅速识别问题所在。基于这些数据，CV 大模型还能够推荐工艺调整方案，如调整温度、压力或速度等参数，以纠正偏差并恢复生产过程的稳定性。

4.4.3 场景价值分析

缺陷识别精度提升：借助优化后的 CV 大模型的图像质量检测技术，结合实时问题图片的识别改进，显著降低了铜棒质检的漏检率，减少了因质检缺陷带来的产品退回率，大幅增强了质量控制的可靠性。

质检流程成本降低：CV 大模型的引入大幅减少了对传统人工检测的依赖，有效降低了质检环节的人力成本。通过自动化检测，优化了成本结构，同时提高了检测效率。

生产稳定性增强：大模型的稳定性保障了产品质量的一致性，降低了生产过程中的波动和废品率，增强了整体的生产稳定性。



浙江海亮股份有限公司
有色金属材料(铜基材料)行业大模型创新应用蓝皮书

05

有色金属材料行业 智能化转型展望

随着技术的进步和成本的降低，智能化不仅将成为行业的新常态，还将激发出前所未有的生产力和创新潜力。在此过程中，企业间的合作将变得至关重要，通过共享资源、数据和技术，共同应对挑战，推动整个行业向着更加高效、安全、可持续发展的方向。在智能化的浪潮中，我们期待一个高效、创新、协同、共赢的有色金属材料行业新时代。

有色金属材料行业智能化是必然趋势

在有色金属材料行业，智能化转型已被视为行业持续发展的必由之路。尽管智能化初期投入，尤其是在人工智能与大模型技术方面的投资颇为可观，但技术的持续进步及模型压缩技术的革新，正逐步降低这一领域的长期成本。面对大模型所带来的计算与存储挑战，通过应用模型压缩技术，可在维持模型精度的前提下，显著降低其参数规模、计算复杂度及存储需求。此举不仅优化了资源利用，更使得在有限资源环境下，有色金属材料行业大模型的高效与精确部署成为可能。展望未来，伴随成本降低技术的进一步普及，大模型在有色金属工业的应用将更为广泛与深入。

实现企业竞合，才能共创智能化未来

在传统竞争模式下，企业间缺乏合作，导致资源浪费和效率不高。随着智能化浪潮的兴起，有色金属企业间的数据流动正由内部封闭转向

企业间的协同、共享与交易。这一转变不仅促进了上下游产业与企业间的紧密合作，更为数据经济的蓬勃发展注入了新的活力。在此背景下，企业应摒弃传统的竞争观念，转向竞合策略，通过资源共享和技术合作，降低转型成本，分散风险。企业可共建研发平台，共享数据和技术成果，避免重复投资，同时通过数据整合提升智能化技术的精确性和应用价值。企业间共同开展创新项目，探索智能化技术在有色金属材料行业的应用，加速技术革新和产业升级。这种协同合作，不仅能优化资源配置，提高运营效率，还能在全球化竞争中形成合力，共同应对外部挑战。

企业需注重安全与合规，共同推动行业健康发展

在智能化进程中，安全与合规问题的重要性日益凸显。全球范围内，对于发展安全、可信的人工智能已形成广泛共识，有色金属企业在追求智能化的同时，必须严格遵守数据处理规范，确保数据安全与合法流通，确保人工智能技术的稳定性和可解释性，保证隐私保护与公平性。针对用户数据的隐私与保密需求，企业应积极探索创新技术解决方案，如通过加密技术实现参数的安全交换，从而构建符合隐私保护要求的虚拟共有模型。这些举措将为有色金属材料行业在智能化道路上的健康、稳定发展提供有力保障。

参考文献

1. PwC. AI to drive GDP gains of \$15.7 trillion with productivity[J]. International Finance (Visual Capitalist), 2017-07-06.
2. 华为. 工业数字化/智能化 2030[R], 2023-05-30.
3. Xu K, Li Y, Liu C, et al. Advanced Data Collection and Analysis in Data-Driven Manufacturing Process[J]. Chin. J. Mech. Eng., 2020, 33: 43.
4. 工业和信息化部工业文化发展中心 AI 应用工作组, 猎聘大数据研究院. 智能制造关键数字技术人才供需数据报告[R], 2024-04-26.
5. International Data Corporation. 64.2ZB of Data Created or Replicated in 2020[J], 2021-03-25.
6. 华为. 2021 创新数据基础设施论坛[R], 2021-12-22.
7. 华为. 计算 2030[R], 2021-09-26. 中国有色金属加工工业协会. 2022-2023 年中国铜铝加工产业发展报告[R], 2023-10.