

煤矿智能化发展蓝皮书

(2025 年)

编写单位：国家矿山安全监察局矿山智能化建设专家委员会

2025 年 4 月



前 言

推进煤矿智能化是贯彻落实习近平总书记关于发展新质生产力、人工智能及安全生产重要论述的具体举措，是实现煤炭行业高质量发展的必由之路。2020年2月，国家发展改革委、国家能源局、国家煤矿安全监察局等八部门联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，全面吹响了我国煤矿智能化建设的号角。此后，有关部门相继出台了一系列相关政策，支持、引导煤矿智能化建设蓬勃发展并取得了显著成效。当前煤矿发展智能化已成为社会普遍共识和煤矿现实需求，一批具有初级中级程度引领性强的智能化示范煤矿相继建成，一批技术先进、适应性强、经济性好、可靠性高的智能化装备持续研发推广。

诚然如此，煤矿智能化发展仍处于初级阶段。为推进煤矿智能化建设由试点示范向规模推广、迭代升级迈进，2025年1月至3月，国家矿山安全监察局矿山智能化建设专家委员会组织赴主要产煤地区煤矿现场开展专门调研，系统了解了我国煤矿智能化建设现状，摸清了存在的问题，掌握了发展需求。基于调研结果，矿山智能化建设专家委员会编制了《煤矿智能化发展蓝皮书》（以下简称蓝皮书），系统梳理了我国煤矿智能化建设现状、存在的问题及面临的挑战，总结凝练了适用于不同条件煤矿智能化建设的先进适用技术装备及运行管理经验，提出了我国煤矿智能化科技攻关方向与重点任务，展望了未来发展目标愿景。

蓝皮书对于全面真实了解我国煤矿智能化发展现状、凝聚行业发



展共识、统一思想和行动、引导科学发展、构建健康的煤矿智能化发展生态具有十分重要的意义。由于煤矿智能化建设场景复杂多样，技术装备发展较快，并受调研和资料的局限性，蓝皮书难免存在疏漏与不足之处，敬请批评指正。



目 录

第一章 我国煤矿智能化发展政策环境日益优化	1
(一) 党和国家高度重视推进煤矿智能化建设	1
(二) 有关部委合力构建煤矿智能化发展顶层设计	2
(三) 地方政府因地制宜制定煤矿智能化落地政策	4
(四) 大型煤业集团积极开展工程示范与创新实践	6
第二章 我国煤矿智能化发展取得明显成效	8
(一) 分类分级建设稳步推进	8
(二) 本质安全水平不断提升	10
(三) 技术装备持续迭代升级	12
(四) 煤矿信息化产业基础日益夯实	16
(五) 数实融合发展稳步推进	18
(六) 标准体系逐步统一和完善	19
(七) 协同创新生态初步形成	21
第三章 我国煤矿智能化发展面临的问题与挑战	23
(一) 问题	23
(二) 挑战	26
第四章 我国煤矿智能化科技攻关方向与重点任务	28
(一) 信息基础设施向网络综合承载与数据融合应用发展	28
(二) 地质保障向精准探测与隐蔽致灾精准防控方向发展	29
(三) 掘进系统向数智少人化方向发展	30
(四) 综采智能化向高阶数智开采方向发展	31



（五）主运输系统智能化向高级无人值守发展	32
（六）辅助运输向智能高效连续运输方向持续提升	32
（七）矿井通风智能化向无人本安自主化方向迈进	33
（八）供电智能化向数字低碳方向发展	34
（九）煤矿灾害预警向多模态智能防控方向迈进	35
（十）煤矿大模型向通专融合的高价值场景驱动发展	36
（十一）煤矿机器人向具身智能方向发展	37
（十二）选煤厂智能化向全流程智能协同方向迈进	38
（十三）露天矿向采剥作业链全流程智能协同迈进	39
第五章 煤矿智能化发展目标愿景与政策措施建议	40
（一）进一步强化宣传引导，凝聚行业共识	40
（二）进一步优化政策供给，加强整体规划	41
（三）协同攻关重大科技难题，突破关键技术	41
（四）推动人工智能技术赋能，实现融合发展	42
（五）加快标准研究与评价体系建设，完善法规标准	42
（六）深化示范带动与分类推进，构建协同格局	43



第一章 我国煤矿智能化发展政策环境日益优化

煤炭作为我国主体能源，在保障国家能源安全中发挥着不可替代的作用。煤矿安全生产事关人民群众生命财产安全，事关经济发展和社会稳定大局，是安全生产的重中之重。煤矿智能化代表着煤矿先进生产力，建设智能化煤矿是推动煤矿提升本质安全水平、实现安全发展的重要举措。当前，党和国家出台了一系列煤矿智能化发展支撑政策，全行业全社会形成了广泛共识，为加快推进煤矿智能化发展提供了良好的政策环境。

（一）党和国家高度重视推进煤矿智能化建设

党的十八大以来，习近平总书记多次对煤矿安全生产作出重要指示批示，为做好新时代煤矿安全生产提供了根本遵循。2023 年 9 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》，在“严格矿山安全生产准入”“推进矿山转型升级”“强化组织实施”三部分 6 次提及矿山智能化工作，明确要求“推动中小型矿山机械化升级改造和大型矿山自动化、智能化升级改造，加快灾害严重、高海拔等矿山智能化建设，打造一批自动化、智能化标杆矿山”“推进矿山信息化、智能化装备和机器人研发及应用”“统筹资金渠道，加强智能化矿山建设等经费保障”。为深入贯彻落实习近平总书记重要指示批示精神，按照国务院常务会议部署，2024 年 1 月，国务院安全生产委员会印发了《关于防范遏制矿山领域重特大生产安全事故的硬措施》，文件强调“灾害严重矿井、发生



较大以上事故的矿井，必须进行智能化改造”。党中央、国务院关于矿山智能化决策部署，为煤矿智能化建设指明了前进方向、提出了明确要求，成为我国煤炭行业推动智能化建设的行动指南。

（二）有关部委合力构建煤矿智能化发展顶层设计

一是推进智能化前沿技术在煤矿应用。2020 年，工业和信息化部发布《关于推动工业互联网加快发展的通知》，提出要深化工业互联网行业应用，加强工业互联网在装备、能源、冶金、矿业等国民经济重点行业的融合创新。2021 年，工业和信息化部发布《“十四五”智能制造发展规划》，将矿山作为“行业智能化改造升级行动”的重点任务。2021 年，国家发展改革委等四部门联合印发了《能源领域 5G 应用实施方案》，在智能煤矿板块提出建设煤矿井上井下 5G 网络基础系统，搭建智能化煤矿融合管控平台、企业云平台和大数据处理中心等基础设施，打造“云-边-端”的矿山工业互联网体系架构。2023 年，工业和信息化部、应急管理部、国家矿山安全监察局等 17 部门联合发布《“机器人+”应用行动实施方案》，要求推动研制矿山机器人产品，推进智能采掘、灾害防治、巡检值守、井下救援、智能清理、无人化运输、地质探测、危险作业等矿山场景应用。2024 年，应急管理部、工业和信息化部联合印发了《关于加快应急机器人发展的指导意见》，要求加强煤矿等重点场景安全生产、应急处置机器人研制与应用，重点研制针对井工矿透水、火灾、瓦斯、顶板冒落等事故的高效救援机器人，以及针对露天矿滑坡、坍塌类事故的监测预警机器人等。2024 年，工业和信息化部等 12 部门联合发布了《5G 规模化应用“扬帆”行动升级方案》，要求推进 5G+智能矿山建设，加快 5G 远程掘进、远程综采、无人矿卡等场景规模推广，推动 5G 与矿山行



业系统融合，构建一体化数智矿山解决方案，建设一批 5G 矿山。

二是印发指导意见和标准规范。2020 年，国家发展改革委、国家能源局、应急管理部、国家煤矿安全监察局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部联合出台《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，明确了煤矿智能化发展的指导思想、原则和目标，部署了十项主要任务和五条保障措施，成为国家部委层面第一份关于煤矿智能化建设的顶层设计文件。2021 年，国家能源局、国家矿山安全监察局制定了《煤矿智能化建设指南（2021 年版）》，引导煤矿企业科学规范有序开展智能化建设，推动建设一批多种类型、不同模式的智能化煤矿。此后，还出台了《智能化矿山数据融合共享规范》《矿山智能化标准体系框架》《煤矿智能化标准体系建设指南》等煤矿智能化标准相关工作顶层设计文件。2024 年，国家矿山安全监察局、应急管理部、国家发展改革委、工业和信息化部、科技部、财政部、教育部联合出台《关于深入推进矿山智能化建设 促进矿山安全发展的指导意见》，从强化顶层设计、坚持创新驱动、加快数字化进程、拓展智能化场景、提高整体应用水平 5 个方面作出了系统部署，统筹推进煤矿与非煤矿山智能化建设。同年 5 月，国家能源局印发《关于进一步加快煤矿智能化建设 促进煤炭高质量发展的通知》，就新形势下进一步加快煤矿智能化建设的重点任务进行了系统部署，要求深入推进煤矿智能化升级改造，持续提升煤矿智能化系统的常态化运行水平。

三是出台一系列扶持政策。国家发展改革委持续把煤矿智能化建设纳入煤矿安全改造中央预算内投资资金使用范围，对符合条件的智能化改造项目以投资补助方式给予中央预算内投资支持。财政部、应急管理部联合出台《企业安全生产费用提取和使用管理办法》，明确



煤炭生产企业安全生产费用可用于实施煤矿机械化改造、智能化建设。财政部、税务总局按照《国务院关于印发〈推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案〉的通知》要求，对智能化设备改造投入制定了专门税收政策。国家矿山安全监察局将煤矿智能化先进适用技术装备、煤矿机器人等纳入《煤矿安全生产先进适用技术装备推广目录》遴选范围，在《煤矿安全生产标准化管理体系基本要求及评分方法》中对实现智能化采煤掘进的予以加分，在《煤矿生产能力管理办法》中为智能化煤矿生产能力核定制定差异化政策。国家能源局提出新建煤矿采掘系统按智能化设计、实现采掘智能化的生产煤矿，按照煤炭先进产能标准管理，在产能置换、核准核增、产能储备、复工复产等方面享受差别化政策，并将智能化建设工作进展及成效作为煤矿安全改造中央预算内投资安排的重要参考。

四是部署开展智能化示范煤矿建设。2020年12月，国家能源局、国家煤矿安全监察局发布《关于开展首批智能化示范煤矿建设的通知》，审核确定了内蒙古双欣矿业有限公司杨家村煤矿等71处煤矿作为国家首批智能化示范建设煤矿。首批智能化示范建设煤矿涵盖内蒙古、山西、陕西、新疆、贵州、山东、河南、安徽、宁夏、黑龙江、四川、河北、甘肃、辽宁、江苏、重庆等15个产煤省（区、市）和国家能源集团、中国中煤、中国华能、中国华电、中国大唐、中国煤炭科工等6家中央企业。2023年12月，对第一阶段47座通过验收的智能化示范煤矿进行公示，达到了示范建设预期效果。截至2025年3月底，已有66座国家首批智能化示范煤矿顺利通过验收。

（三）地方政府因地制宜制定煤矿智能化落地政策

一是探索符合当地实际的路径方法。各地结合区域煤矿产业特征，



制定分阶段、可量化的智能化建设发展目标，23 个省份出台了指导性文件，20 个省份召开了专题推进会议或现场会，21 个省份印发了智能化发展三年行动方案。山西、山东等省政府成立煤矿智能化建设工作小组，统筹协调推进智能化建设。内蒙古将推进煤矿智能化建设纳入《内蒙古自治区建设国家重要能源和战略资源基地促进条例》和《关于进一步加强全区井工煤矿安全管理若干措施》中，为煤矿智能化建设夯实了法规保障基础，并把推进“5G+智慧矿山建设”纳入政府年度工作报告，要求多措并举加快智能化建设步伐。

二是因地制宜出台支持政策。各地通过资金支持、税收优惠等扶持政策降低企业转型成本，加速煤矿智能化落地。黑龙江印发《黑龙江省煤矿标准化智能化建设扶持激励政策》，从投资及财政政策、安全生产等四个方面提出了一系列扶持激励政策。内蒙古采取“三优先、三倾斜”激励政策，将煤炭保供政策与智能化建设最大限度结合起来，充分激发企业的内生动力。贵州加大省级财政支持力度，出台省级综合支持政策，引导企业加大智能化建设投入。河南专门安排财政资金约 7 亿元，对建成的智能化采掘工作面进行奖补。新疆充分运用国家制造业中长期贷款、设备购置与更新改造贷款等金融政策工具支持煤矿智能化建设。山西积极争取煤矿安全改造中央预算内投资专项资金对煤矿智能化建设进行政策倾斜。

三是大力探索落实落地举措。多地积极遴选基础条件优的矿井开展智能化建设试点示范，通过动态监测评估建设成效，提炼可复制、可推广的具体举措办法。陕西针对不同区域的煤层赋存条件与建设基础，分门别类组织开展智能化建设与升级改造，成功打造了智能化发展的陕北模式、黄陵模式、咸阳模式等。山西通过“一矿一策”模式



建成“智能综采+远程集控”标杆案例，并依托行业联盟推广至中小型矿井，实现技术适配与规模效益双提升。内蒙古、新疆在露天矿智能采剥、卡车无人驾驶与编组化运行等方面探索出了卓有成效的建设经验，并进行了推广。部分产煤市（县）集中力量建设智能化煤矿示范区，有效提升了整个区域的煤矿智能化建设水平。

（四）大型煤业集团积极开展工程示范与创新实践

一是推进国家首批智能化煤矿示范工程建设。各大煤炭企业集团坚持试点探路、典型引路、经验复制的原则，加快推进智能化示范煤矿建设并取得了积极成效。截至 2025 年 3 月，已建成国家级示范煤矿 66 处、省级（央企级）示范煤矿 200 余处。单矿建设方面，形成了包括采掘机运通、经营管理、井下地面全流程智能化的大型现代化煤矿智能化建设模式，智能防灾系统优先、其他系统同步建设的灾害严重煤矿智能化建设模式，以及重实用、求实效的地质条件复杂中小型煤矿智能化建设模式。矿井群智能化建设方面，神东煤炭集团探索出矿区整体规划、群矿一体化推进的智能化建设模式。宁夏煤业公司依托国家能源集团与中国煤炭科工集团煤矿智能化协同创新中心，优化配置科技力量，打造形成了单项技术装备示范、子系统集成示范、全矿井/选煤厂综合示范的全方位智能化建设模式，实现了煤矿智能化建设在技术先进性、条件针对性、投资成效性等方面的协调统一。

二是开展智能化技术装备迭代创新与应用。国家能源集团通过自主创新，突破掌握了“5 类智能采煤、5 类智能掘进、3 类卡车无人驾驶、5 类机器人”等关键技术，携手华为公司共同研发“矿鸿系统”，推动国产操作系统工业化应用。中国中煤 14 处煤矿开展“5G+”智能化煤矿建设，30 处煤矿应用了 63 台机器人，井上下固定场所基本实



现无人值守，灾害严重矿井全面建设灾害大数据融合分析与智能监测预警平台，形成了煤矿智能化“6+7+N”示范体系。中国煤炭科工集团牵头开展 67 项智能化“卡脖子”技术专项攻关，突破 100 余项核心技术装备，主导编制煤矿智能化技术标准 120 余项，引领行业智能化科技创新。陕煤集团建成世界首个 10 米超大采高国产化成套装备智能综采工作面，资源回收率提高 10%以上；建成 5 大类 101 套智能快掘系统，快掘占比 60%以上；研发应用 5 类 280 个煤矿机器人，13 类 792 个生产辅助系统全部实现远程智能集控，井下固定场所全部实现“无人值守、智能巡检”。山东能源集团煤矿智能化建设投入累计超 200 亿元，研发深部煤炭安全高效数智化开采成套技术装备获国家科技进步二等奖，研发应用国产采煤机惯导系统，实现综采工作面自动找直技术常态化运行；与华为公司共建联合创新中心，基于人工智能训练中心开发 86 个人工智能技术应用场景，在内外部 62 座矿井推广应用，覆盖采掘机运通及安全管理等 9 个专业。煤炭科学研究总院开发了太阳石矿山大模型、山东能源集团与华为合作研发了盘古矿山大模型、中科慧拓研发了愚公 YUKON 矿山大模型等，为提升矿井生产效率、优化资源配置提供了决策模型支撑。



第二章 我国煤矿智能化发展取得明显成效

近年来，我国煤矿智能化建设提质加速，初步实现了煤矿企业减人、提效、增安的智能化建设目标。据不完全统计，全国建有 1806 个智能化采掘工作面（其中采煤工作面 1035 个、掘进工作面 771 个），建成智能化工作面的煤矿达 907 处，煤矿智能开采产能占比超过 50%，超 1.6 万个固定岗位实现无人值守，推动了 5G、工业互联网、云计算、大数据和人工智能等技术进入广泛部署和应用新阶段，带动了煤炭开采模式变革、煤矿生产组织关系持续优化、煤炭企业管控方式转型升级等，煤矿智能化建设成效初步显现，成为支撑煤矿安全生产和煤炭全产业链数字化转型升级的战略基石。

（一）分类分级建设稳步推进

我国煤矿智能化建设顶层设计不断健全，并按照“分类建设、分级达标”的基本原则和“采矿工艺为基础、技术标准为先导、先进装备为核心、工业互联网为平台、人工智能为先锋”的发展思路积极稳妥推进，首批国家智能化示范煤矿建设取得显著成效，示范牵引和辐射带动作用明显，形成了不同地区、不同地质条件的煤矿智能化建设新方案新样板新模式，显著提高了煤炭行业新质生产力发展水平，为 2020 年以来的煤炭高质量增产保供、行业高质量发展、保障国家能源安全发挥了基础性、根本性的支撑作用。

1. 煤矿智能化顶层设计和专业分工进一步优化细化。煤矿智能化建设是一项系统工程，大型煤炭企业统筹开展了关于煤矿智能化建设



的顶层规划、建设方案、实施路径和行动计划部署，并制定了对应的考核评价、激励机制等保障措施；传统煤炭设计院和信息化系统集成厂商积极开展煤矿智能化规划设计，煤矿智能化建设从规划到实施专业分工更加细化。例如，国家能源集团制定了适用企业自身的煤矿智能化建设指南及评价办法，并配备了煤矿智能化建设解决方案及解读、三年行动计划，有效推动煤矿智能化建设实现了“5个100%”；华能煤业开展了煤炭产业智能化建设顶层设计，形成建优示范矿、带动重点矿、全面建设智能矿“三步走”思路，建成伊敏露天矿、砚北煤矿、核桃峪煤矿等3处国家级智能化示范煤矿和5处省级智能化煤矿，智能化煤矿产能占比达66%。

2. 以陕蒙地区为代表的地质条件相对简单的煤矿智能化建设取得重大进展。由于煤层厚度大、地质条件相对简单、资源赋存稳定，煤矿智能化建设发展较快，各种新技术新装备得到充分推广应用，形成“意愿强技术强、大投入大见效”的现代化煤矿智能化建设模式，成为全国矿山智能化建设的引领标杆。例如，黄陵矿业围绕“智能矿井、智慧矿区”建设目标，研发了煤与油型气共生矿井安全保障及智能开采配套技术与装备，实现4对矿井6个工作面全部常态化有人巡视无人操作的远程采煤；以5G网络为依托，部署、集成人员定位、通信联络、语音广播、车辆管理、视频监控等融合统一的通信调度网络；以透明化地质保障系统为依托，建设了矿区级智能化综合管控平台，实现了覆盖“安全生产、经营管理、生态环保、智慧民生”四方面的融合应用，率先建成我国首座智能化煤矿并不断升级迭代，为我国煤矿智能化建设提供了黄陵方案、黄陵标准。

3. 以山东、两淮、河南地区为代表的地质条件较为复杂的煤矿智



能化建设取得明显进展。由于条件复杂多样，尤其是大量矿井深部开采，冲击地压、水害等灾害事故频发，对矿井安全管理造成极大压力，该地区形成了“智能防灾系统优先、其他系统同步建设”的煤矿智能化建设模式。例如，徐州张双楼煤矿按照“1+3+N”的模式，建设一个智能调度控制中心，构建一张图（“GIS”地图）、一张网（万兆环网+5G）和一朵云（私有云）以及智能采煤、掘进、防冲等“N”个控制系统，形成了井上下各子系统的全面感知、实时互联、分析决策、动态预测、协同控制的智能化建设示范，采煤工作面采用“三六”生产组织模式，取消夜班生产，综采工区减人62人，深部复杂条件生产班9人以内，固定岗位、矸石分选岗位减人96人，实现了显著的“减人提效保安”效果。

4. 以东北、西南地区为代表的地质条件极为复杂且产能较低的煤矿智能化建设取得较好进展。由于煤层赋存条件多样、产量低、地质条件复杂，该地区形成了“重实用、求实效”的地质条件极复杂中小型煤矿智能化建设模式。例如，四川嘉阳煤矿推进“5G+智能矿山”，建成了采煤、掘进、供电、排水、运输等多系统智能化，实现了地面控制工作面自动跟机率高达95%，设备故障率显著降低，检修时间同比下降80%，单日生产人员从原63人减至8人，人均工效提升至406吨/工；青海能源鱼卡煤矿重点突破大倾角综放智能化工作面建设，同步对架空乘人、轨道机车等多种辅助运输进行智能化改造，突出实用化煤矿智能化建设，将工人从危险繁重的生产现场转移至安全区域进行远程控制，减人增安效果良好。

（二）本质安全水平不断提升

煤矿智能化建设作为安全治理体系现代化的核心驱动力，正逐步



重塑传统煤矿安全管理模式。通过将智能化建设与安全生产全要素的深度融合，构建形成“感知-预警-决策-控制”的全链条防控体系。通过协同智能监测系统、自动化装备、数字化平台，有效推动煤矿安全管理从被动应对转为主动预防，大幅提升了风险识别能力和本质安全水平。

1. 一体化综合管控平台建设提升了煤矿安全生产管控水平。通过构建“全域感知-智能决策-协同管控”三位一体的管控平台，为煤矿安全提供了新型治理范式，实现了安全生产管理模式从传统经验驱动向现代数据驱动质的飞跃，为重塑煤矿本质安全体系提供战略支点。例如，中国煤科王坡煤矿构建的“煤科云”智能管控云平台，建立了EIP统一协议标准，集成安全生产动态监测、设备全生命周期健康管理、人员三维精确定位等18个功能模块，累计采集了250亿条数据，形成了贯穿“地质勘探-智能开采-高效运输-智慧通风”全链条的立体防控体系，实现了矿井各业务系统的设备标准接入、数据融合共享、智能协同管控，安全隐患处置效率提升85%，重大险情应急响应时间压缩至3分钟。

2. 灾害综合防治系统成为矿山本质安全生产的核心保障。通过构建“感知-预警-处置”全链条灾害防控体系，推动矿山安全管理模式从被动应对向主动防御的变革。例如，陕煤集团红柳林煤矿建设的“智能灾害防控一体化平台”，构建了煤矿“一图、一库、一网”多灾害智能预警防治技术体系，建立了综合灾害风险预警模型，集成瓦斯、水害、火灾、矿压等8类重大灾害的实时监测、智能预警与协同处置功能，构建出多灾种耦合防控的智能化治理模式，提升了煤矿灾害预警防治智能化水平，为矿井灾害智能化防控提供了有效借鉴。



3. 透明地质保障平台成为煤炭安全高效开采的“数字底座”。通过建立透明地质保障平台，构建“地质透明化、风险可视化、防控精准化”三位一体的新型安全保障体系，推动矿山灾害防治模式从被动应对向主动治理的转变。例如，国家能源集团乌海能源公司建立的新型透明地质保障系统创新融合了三维地质建模、随掘随探、动态更新等技术，形成“矿井地质-透明地质保障系统-采掘生产”的平台化、标准化、流程化作业新模式，在智能回采、智能掘进、灾害预警等多场景应用，实现了“地质辅助生产”到“地质指导生产”的转变，对推动全国煤矿智能化透明地质保障系统建设具有重要的示范意义。

4. 设备全生命周期管理平台提升了煤炭开采设备的安全保障能力。全生命周期管理平台融合数字孪生、故障预测与健康管理（PHM）等技术，通过构建“设计-制造-运维-报废”全流程数字化管控体系，实现设备从“出生”到“退役”的全过程智能管控，推动设备安全管理模式从被动抢修向主动预防的变革。例如，中国煤科王坡煤矿建设的设备全生命周期管理平台，整合了采掘、运输、提升等 8 大类 386 台套关键装备的实时运行数据，具备“自感知-自诊断-自决策”能力，实现了设备状态实时感知、故障智能预测、维护自主决策的闭环管理，有效提升了设备安全保障能力。

（三）技术装备持续迭代升级

煤矿技术装备伴随着智能化建设取得多方面重大突破，科技创新成果覆盖了智能地质保障、智能掘进、智能采煤、智能主运输、智能洗选等系统。

1. “透明地质”技术向智能开采和灾害防控应用迭代演进。地质保障装备更加智能化，促进“透明地质”技术更加系统化、应用场景



更加丰富。例如，针对煤矿井下大直径超长定向钻孔施工的智能化建设需求，研制的履带式大功率自动定向钻机，实现了额定扭矩 $25000\text{N} \cdot \text{m}$ ，给进/起拔力达 350 kN ，使煤层钻进效率提高 25%，岩层钻进效率提高 32%，配套随钻多参数测量仪器，随钻识别地层变化并精确调控钻孔轨迹，配套实时监测系统与地面远程信息交互平台实现多维度多场景同频互动；中国中煤大海则煤矿融合雷达、槽波、钻孔、勘探等数据建立工作面精确地质模型，再结合设备精确位置、姿态信息、运行状态等数据，应用 5G、数字孪生、数据分析、视频 AI 识别等技术，形成了“全面感知、高速传输、智能决策、自主割煤、视频跟机”少人采煤模式。

2. 以成套装备为核心的智能快掘技术推动掘进效率不断提升。形成了分别以连采机和以掘锚（一体）机为龙头的快掘成套装备及全断面硬岩快掘成套装备，大幅提高了掘进效率。例如，“煤海蛟龙”掘支运一体化快掘系统突破月进尺 1116 米，将复杂围岩条件的掘进效率提高 3 倍，突破半煤岩巷道最高日进尺 43 米、月进尺 1050 米的进尺纪录；智能六臂掘锚机将截割、装运、行走、超前临时支护、顶帮锚杆锚索支护集为一体，创新采用四顶两帮六钻机布置方式，钻机直线移动实现快速寻孔，1 人可同时控制 2 台钻机，实现了一键自动展收支护系统、一键自动居中截割头、一键自动钻孔和锚固功能，简化了工人操作过程，减少了辅助时间，装备具备自动截割、UWB 定位、环境监测、导航、视距无线遥控和远程集控等多种功能，实现智能高效掘进，有效提高了成巷效率。

3. 不同采煤工艺的智能化无人工作面技术装备水平显著提升。智能化采煤技术装备的应用，推动了采煤模式由“有人巡视、无人操作”



可视化远程干预向“地面规划割煤、装备自动执行、面内无人作业”的无人化新模式演变。例如，国能神东榆家梁煤矿和陕煤集团黄陵一号煤矿成功实现了较薄煤层综采生产期间“常态化面内无人作业”的工程示范，榆家梁煤矿成功打造了“生产期间工作面 0 人作业，进、回风巷 2 人监护，地面 2 名操作员远程监控”的“0+2+2”无人化生产模式，实现常态化稳定运行，生产效率提升 16.67%，黄陵一号煤矿成功打造了常态化“生产期间工作面 0 人作业，地面 3 人远程监控”的无人化生产模式；四川嘉阳煤矿建成了西南地区首个平均采高 1.3 米薄煤层常态化地面远程开采的智能化无人开采工作面，开创了“地面单人简约规划截割采煤”模式，生产效率较传统模式提升超过 15%；陕煤集团小保当公司建成了 450 米超长工作面高效生产新模式，实现了“全面感知、实时互联、分析决策”的井上智能监控+“跟机普适协同控制”的井下自动化执行，工作面单班作业人员由 12 人减少至 3 人；陕煤集团曹家滩煤矿 10m 超大采高智能化工作面搭建了“采-支-运”一体化智能协同作业控制系统及多源系统集成与数据融合分析平台，形成了“智能耦合、人机协同”高效综采模式；川煤太平煤矿 31111 急倾斜工作面实现了“采煤机记忆截割+支架全工作面跟机自动化+3 人就地干预”的常态化生产模式，开创了国内复杂地质条件智能化开采标杆。

4. 煤矿机器人应用场景从巡检类向作业类转变。当前我国煤矿机器人处于起步阶段，种类以巡检类为主，辅助作业机器人蓬勃发展。巡检类机器人方面，例如，山西焦煤集团斜沟煤矿巡检机器人具有红外热成像、声音、温度、烟雾、火焰、甲烷浓度等信息的实时采集、传输和学习分析功能，实现对巡检区域环境和设备运行状态的准确判



断；晋能控股塔山煤矿应用巡检机器人使变电所、水泵房、主通风机房、压风制氮车间等很多岗位实现了常态化无人值守，减少作业人员 108 人，年降低人工成本数千万元。作业类机器人方面，例如，国家能源集团神东公司应用机器人 21 种、86 台套，逐步将员工从艰苦、危险的作业环境中解放出来，钻锚、喷浆等作业类机器人的应用在部分区域实现了无人支护、喷浆作业，管路抓举、开槽等辅助作业类机器人的应用显著减轻了作业人员的劳动强度，工作效率提升 2 倍以上；陕煤集团应用了 5 类 303 个煤矿机器人，涵盖设备巡检、管路安装、电缆卷放、水仓清淤、巷道喷浆等 30 余种，生产辅助系统全部实现远程智能集控，井下固定场所全部实现“无人值守、智能巡检”，人均效率提升 150%，人工作业强度降低 60%以上。

5. 露天煤矿无人驾驶技术逐步成熟。露天矿山的智能化技术装备中，无人驾驶得到广泛应用。例如，华能煤电伊敏露天矿研发应用了无驾驶室的纯电动无人驾驶矿用卡车和高可靠智能车控系统，矿用卡车载重达 85t，重载运行速度达 32km/h，地图更新频率 1h；应用“车-云-网”协同技术，具备了全天候作业能力的感知、规控、调度系统；采用“光伏绿电智能充换电站-无人换电矿用卡车”，实现了运输作业零碳排放；具备电池低温预热系统，突破-40℃环境约束。新疆天池能源南露天矿开展了矿用卡车无人驾驶技术研究与实践，建成世界最大规模无人驾驶示范基地，攻克了矿山时空数据融合实时态势感知的大规模调度算法、复杂矿区场景下车路云多源融合感知及智能化识别技术、采运排多智能体协同管控技术；研制了新型矿用无人驾驶自卸车核心装备以及通感算控一体化高可靠协同作业智能终端，实现了单矿 243 台无人驾驶矿用卡车常态化运行和 24 台无人驾驶采



煤车、90 台人工驾驶车辆常态化混行作业。

6. 智能化选煤厂从单点智能向全流程产品控制转变。选煤厂技术装备在煤矿智能化建设中也取得了重要突破。例如，中国中煤大海则选煤厂实现了从原煤储运至产品装车的智能化系统全覆盖，各系统自动运行、自主调节、智能决策以及全系统三维数字孪生，智能加介、压滤等控制系统生产现场无岗位工，选煤厂生产运行工作人员的数量和工作强度显著降低，生产工人劳动定员减少 48 人，降低材料消耗 10%~15%，精煤回收率提高 0.3%~0.5%，选煤厂智能化应用率 85%以上；柠条塔煤矿实现了原煤准备-洗选-煤泥水处理-化验-装车全流程智能控制，实现生产智能控制、任务智能决策、系统智能调整及运销系统智能装车，精煤回收率达到 0.5%以上，整体降低材料消耗 10%~15%；露天煤矿坑下移动式智能干法分选系统及成套装备，实现了针对高灰分、高水分褐煤的有效分选。

（四）煤矿信息化产业基础日益夯实

在煤矿智能化建设过程中，新一代信息技术正被广泛应用。5G、人工智能、工业互联网等技术在智能化建设中作用突出，有效培育形成了煤炭新质生产力。

1. 新一代信息技术不断深化应用。煤矿智能化建设推动了工业互联网、大数据、人工智能、管控平台、通信网络、位置服务等技术装备的部署与升级，实现了数据互联互通，为人工智能及大模型应用提供了基础，提升了新型数字基础设施的服务保障能力。例如，陕煤集团小保当煤矿建成了“3+2+7+X”（三大平台、两大中心、7 大类、涉及 169 个子系统）的智能矿井生产管理体系和“1+1+7+34+X”（一个数据底座、一个智慧园区平台、7 大子系统 34 个功能点、X 个智慧应



用)的智慧园区经营管理体系;神东保德煤矿开展了无人化矿井关键技术研发与工程示范,研发煤矿工业互联网平台、井下视觉智能感知与判识、设备故障诊断与远程运维、透明工作面无人化放煤、掘进平行作业与远程集控、安全保障智能监管及远控、矿井云网融合等关键技术,打造无人化矿井建设模式,实现“安全、高效、绿色、智能”的现代化煤矿管理模式。

2. “5G+工业互联网”与煤矿场景深度融合应用。成功建设了矿用超万兆综合承载网+F5G 视频专网+安全可信智能矿山新一代骨干网络,全面融合矿用 5G/5G-A、4G、WiFi6、UWB 等无线通信定位技术,构建出低时延、高可靠、大带宽的智能矿山信息高速传输通道,实现了信息高速承载传输、无线网络全覆盖、位置服务有效支撑。例如,神东煤炭集团构建了大型煤炭集团级智能矿山 5G 通信专网组网模式,建成了世界采矿最大规模的企业级 5G 专网,实现了全部矿井跨省域全连接,创新探索了矿用 5G-A 低频大上行无线覆盖技术,攻克了井下 5G 无线覆盖受限的行业共性难题,并在无人化示范矿井采掘机运通、灾害监测预警、透明地质保障等智能化应用场景全覆盖;贵州豫能公司新田煤矿依托 5G/F5G、AI 识别、机器人及大数据等技术,构建“专家型”智能中枢,建成十大标准系统及 5G 通信、智采、智掘与机器人作业四大样板工程。

3. 人工智能技术逐步推进场景应用。依托 AI 视觉分析、深度学习算法及高性能算力平台,成功构建了“云网边端”协同的煤矿人工智能应用模式,实现了对“人-机-环-管”实时智能监测与报警闭环管控,通过部署高清矿用摄像机、智能分析终端等 AI 算力设备,有效解决了井下复杂环境下的低延时分析与高精度决策需求,煤矿 AI



视频技术正加速在煤炭行业的规模化应用，推动煤矿由“人防”向“技防”的转型。例如，陕煤集团在 32 对矿井建成“千眼”视频系统，首创 AI+NOSA 智能风险管控系统，严格落实“无视频不作业”要求，推动安全管理由人工向智能监管转变。但在实际应用中，还存在 AI 视频分析场景误报率较高等问题，未实现与生产系统常态化预警。

（五）数实融合发展稳步推进

煤矿智能化建设极大丰富了数据感知、采集、传输和存储方式，也为数字赋能煤矿提供了更多的可行性。

1. 煤矿智能化建设为煤炭行业数字经济发展提供了产业基础。建成的数据中心、算力中心、数据平台和管控平台等，为煤炭行业发展数字经济提供了产业基础。例如，山东能源新巨龙公司建设一套矿端 AI 应用平台，包含立井提升监管模块、AI 辅助煤流运输系统控制模块、员工行为智能监测模块、防冲监管模块、掘进安全质量智能监管模块 5 个二级平台、22 个 AI 应用场景，各一线科室或区队根据各自权限使用二级平台相关功能，所有数据汇总至矿端 AI 应用平台集中展示和管理；华电煤业龙德煤矿应用大模型知识增强训练技术与知识图谱技术构建设备运维知识库，结合全文检索、大模型知识生成技术和知识混合检索的方式，指导机电设备运维人员高效制定管理策略，精准开展运行调整、维护保养、设备维修等工作。

2. “数据驱动”的煤矿数实融合示范持续涌现。通过各类平台，实现数据赋能具体作业。例如，国家能源集团神延西湾露天煤矿智能装车系统接入了智能一体化生产控制平台，实现整个装车发运系统流程工艺的全程监控，从刷卡进车到装完信息发送，最短用时 52s，最长用时 67s，平均装车用时约 60s，作业人员减少 12 名，全面提高汽



车发运效率、安全水平和服务效果；山东济宁运河煤矿建设的智能称重装车系统、基于仓顶 TDS 智能选矸系统和智能化“黑灯”选煤厂等，投入运行后减少现场岗位人员 9 人，提高了发运效率，利用大数据分析，对煤与矸石进行智能识别、智能喷吹，分选后的矸石平均带煤率<2%，提升了产品质量和经济效益。

3. 智能云计算数据中心逐步发挥“数据+AI”赋能作用。基础设施方面，构建了服务器虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化技术和云计算管理全面融合的云计算模式数据中心，有效实现资源集约化建设。数据处理与分析方面，推动“统一数据标准、统一技术架构、统一系统平台”，打通煤矿生产、管理、安全、自动化控制等众多“烟囱”系统，实现各系统数据统一接入数据湖、数据资产深度沉淀，为数据分析提供来源与工具。例如，神东煤炭集团建成的智能算力中心为矿井群的生产管控平台、透明地质系统等核心系统提供统一的数据存储、管理、计算与分析服务。系统集成与协同应用方面，通过云计算中心整合煤矿综合自动化系统、物联网系统、安全生产管理系统、经营管理系统等，实现数据共享和协同工作。例如，山西焦煤依托“能源云”，简称了集团、子公司、矿厂 3 个层级数据共享和穿透式管理的“山西焦煤安全生产经营数字化管控平台”。

（六）标准体系逐步统一和完善

政府主管部门、行业协会、科研院所和煤炭企业坚持需求导向，共同开展煤矿智能化标准体系顶层设计，聚焦基础通用、关键技术、典型应用等重点领域，推进国家标准、行业标准、地方标准以及团体标准研制和实施应用，发布智能化矿山领域标准超过 100 项，初步建立起煤矿智能化标准体系，为矿山智能化建设提供了标准指引。



1. 标准技术架构引领煤矿智能化建设系统推进。《煤矿智能化建设指南（2021 年版）》提出了智能化煤矿应基于工业互联网平台的建设思路，采用一套标准体系、构建一张全面感知网络、建设一条高速数据传输通道、形成一个大数据库应用中心，面向不同业务部门实现按需服务，为煤矿智能化建设提供了技术路线参考，规范了煤矿智能化建设遵循的范式。煤矿智能化建设参考技术架构如图 1 所示。



图 1 煤矿智能化建设参考技术架构

2. 标准体系顶层设计持续健全。2023 年 8 月，国家矿山安全监察局发布《矿山智能化标准体系框架》，将煤矿和非煤矿山智能化标准纳入同一体系，注重大数据、人工智能、机器人等新技术与传统矿山行业深度融合，为矿山智能化建设提供了标准遵循。智能化标准体系框架包括基础通用、数据与模型、生产系统与技术装备、决策与应用等四部分，共 265 个具体标准制定方向，如图 2 所示。从横向来看，覆盖开采工艺、技术装备、数据治理、安全保障等智能化矿山全部业务领域；从纵向来看，考虑矿山设计、建设、运行全生命周期的标准



化需求。目前，已发布了《智能化矿山数据融合共享规范》，包含基础共性、数据编码、数据采集、数据治理、数据安全、数据应用等 6 大专题共 40 项规范，为统一数据标准、汇聚高质量数据集支撑煤矿智能化建设提供了参考。

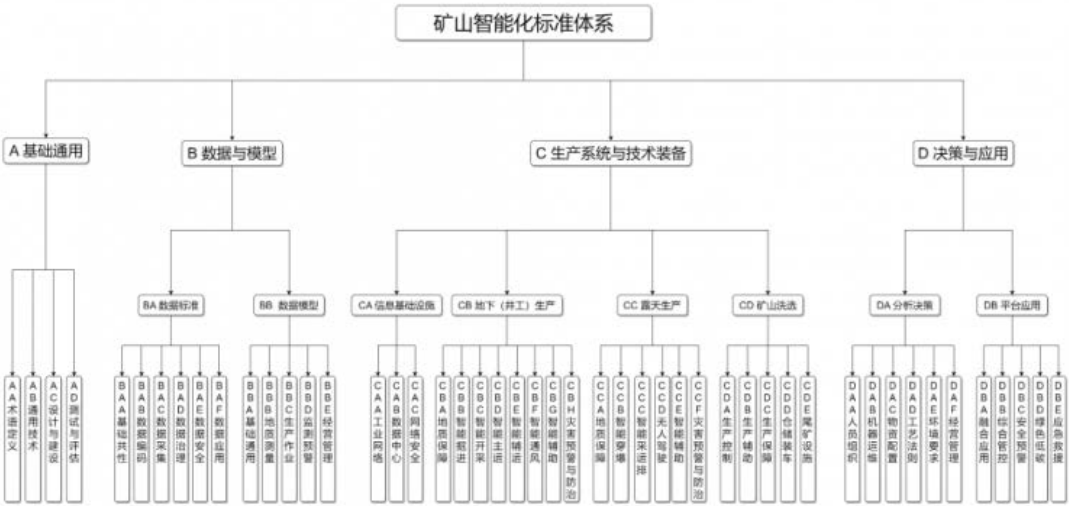


图 2 矿山智能化标准体系框架

2024 年 3 月，国家能源局发布了《煤矿智能化标准体系建设指南》，构建了煤矿智能化标准体系结构，包括基础通用、信息基础、平台与软件、生产系统与技术装备、运维保障与管理 5 个标准子体系。计划在 2025 年底完成 100 项以上煤矿智能化国家标准和行业标准的制修订工作；到 2030 年，形成一套覆盖智能化煤矿的设计、建井、生产、管理、运维及评价等各个环节体系完备的系列标准。

（七）协同创新生态初步形成

社会各界参与煤矿智能化建设的热情日益高涨，产学研用各相关单位整合创新资源，催生了一批协同创新平台，创新联盟大量涌现，形成了蓬勃发展的智能化“生态圈”。已成立 70 多个创新平台和产业联盟，汇集了 1000 余家企业、100 多家科研院所、50 多所高校和 21 个院士团队。2020 年，中国煤炭学会、中国煤炭科工集团发起，



率先联合 43 家大型煤炭企业、科研机构、高等院校和有关装备企业等共同组建成立全国煤矿智能化创新联盟；国家能源集团、中国煤炭科工集团联合组建煤矿智能化协同创新中心；甘肃省应急管理厅和中国移动、华为等 12 家单位成立推进矿山智能化建设改造服务联盟；中国煤炭机械工业协会和中国煤矿机械装备公司等 29 家单位成立了煤机装备智能化产业联盟；中国中煤联合 23 家企业、科研机构、高等院校共同成立中煤智能创新联盟；山西省、晋能控股等单位联合成立“智能矿山创新实验室”；中国矿业大学（北京）、中信重工开诚智能公司联合 36 家高等院校、科研院所、企业成立矿山机器人创新应用联盟；安徽理工大学、中国中煤、中国煤炭科工集团联合建设“煤炭无人化开采数智技术全国重点实验室”。

跨界合作不断深入，IT、通信、互联网、军工、航天、机器人、汽车、安防、新能源等行业、产业加入矿山智能化建设，一批新技术、新装备落地应用，跨界创新的叠加、倍增作用持续显现，惯性导航、人工智能、边缘计算、北斗导航等技术，盾构掘进、新能源汽车、永磁驱动、无人机、井下作业机器人等在矿山领域成功应用，煤炭行业“政产学研用”协同创新生态初步形成。



第三章 我国煤矿智能化发展面临的问题与挑战

近些年我国煤矿智能化建设取得了明显成效，但综合来看，煤矿智能化发展尚处于初级阶段，仍然存在思想观念不统一、规范标准不健全、关键技术装备不足、常态化运行有待提升、人才保障严重不足等问题，同时煤炭开发布局进一步西移、开采条件进一步复杂化、人工智能迅猛发展、双碳目标加速推进等新形势新任务，对煤炭行业智能化发展提出了更高的要求。

（一）问题

1. 煤矿智能化建设思想认识与观念不统一。不同赋存条件的煤矿对于现阶段智能化发展路径、发展要求等认识尚未完全统一。部分煤炭企业为完成验收考核或追求形象工程，在建设过程中搞“一刀切”、形式主义、不实事求是，“大屏化”展示、“盆景式”系统运行，滥用混淆智能化概念，不利于煤矿智能化高质量发展。受制于煤机装备智能化发展水平，赋存条件复杂矿井过度强调智能化，且因技术装备适应性差、门槛高、应用效果不理想等，存在消极畏难情绪。由于煤矿智能化建设前期投入大、见效慢等，民营煤炭企业则过度追求短期经济利益，存在等待观望思想，既怕增加负担影响企业效益，又怕承担智能化建设责任，没有算清发展账、安全账、民生账。部分煤炭企业对煤矿智能化建设盲目乐观，在智能化建设过程中不考虑煤层赋存条件进行盲目投入，出现重建设、轻应用、轻运维等现象，违背了煤矿智能化发展的科学规律。



2. 煤矿智能化建设标准体系不健全。由于新一代信息技术与传统煤炭开采技术融合迭代速度较快，新工艺、新技术、新装备短期内尚不具备制定成熟标准的条件，导致煤矿智能化建设缺乏标准引导；传统煤机装备标准规范修订更迭速度较慢，现有标准难以指导煤机装备智能化系统开发，各厂商为维护企业自身利益，往往通过私有协议、封闭接口构建技术壁垒，不利于智能化煤矿系统融合共享建设。部分条款对煤矿智能化新技术装备的准入、操作流程等仍有不足，阻碍了煤矿智能化技术装备的进步；国家矿山安监局等提出的《矿山智能化标准体系框架》虽然明确了智能化煤矿标准体系建设路径，但更新速度不及技术迭代速度，完成全产业链标准协同仍需长期攻坚。

3. 煤矿智能化技术装备可靠性与适应性仍较差。煤矿井下作业环境恶劣，传统传感器、控制器等稳定性差、故障率高，造成设备数据采集可靠性差；由于煤层赋存条件复杂多变，煤矿智能化技术装备对复杂条件矿井适应性较差，如透明地质模型构建仍处于探索阶段，煤岩识别技术难以攻克，各系统的单机智能化与多机智能化协同控制难度仍较大；露天煤矿采装、运输等主要工序装备的智能化水平不高，常态化无人驾驶技术有待突破，车铲协同技术对复杂环境适应性差、容错能力弱、装运卸全域分段容量实时预测难度大；选煤厂关键洗选工艺智能化水平仍有待提高，智能中介系统无法实时精确调控密度，重介分选精度不高，浮选泡沫信息高精度检测、智能分析及浮选设备机电一体化不足，浮选系统未实现闭环控制，相关技术装备亟需攻克。

4. 智能化煤矿常态化运行率不高。智能化煤矿普遍存在重投资、轻管理、弱运维、乏保障等问题，部分矿井对智能化煤矿建设的研究不够深入，缺乏“一企一策”“一矿一策”甚至“一面一策”的耐心



和韧劲，盲目套用通用技术方案导致煤矿智能化技术装备适应性较差，常态化运行管理效果不理想；受煤机装备对复杂地质条件适应性差、可靠性低等因素影响，加之煤矿智能化技术装备运维缺乏管理，运行过程中智能化设备在线率低，难以实现常态化应用；煤矿智能化技术装备对操作人员的职业素养要求较高，部分煤矿从业人员专业素养不够，导致智能化技术装备常态化运行效果差或建成后弃之不用；煤矿智能化技术装备的应用需要一个周期过程，部分煤炭企业受产量压力影响，且常态化运行考核管理缺失，导致智能化系统运行效率不高。

5. 智能化煤矿管理机制仍有待进一步完善。部分矿井智能化建设缺少顶层规划，片面追求采掘工作面“一键启停”等局部功能和表面功能，忽视通风、运输等系统的智能化改造，造成局部智能、整体割裂的碎片化格局；煤矿智能化建设重点是重塑矿井采、掘、机、运、通等主要生产系统的作业模式与管理流程，大幅减少井下繁重苦累岗位作业人员，但传统智能化煤矿管理体系未同步调整，导致管理难以适应技术的发展；部分煤矿矿井整体组织架构与智能化协同管理需求严重错配，传统采掘机运通分块管理模式难以适应多系统协同联动管理要求，生产、机电、信息化等部门权责边界模糊，智能化煤矿管理体制机制亟需重构。

6. 煤矿机器人应用效果仍待提升。国家矿山安全监察局发布了《煤矿机器人重点研发目录》，规划了5大类38种机器人，但目前应用的机器人以巡检类为主，功能单一、监而不控、场景适应性差、购置与维护成本高等问题突出；受煤矿井下作业环境恶劣、防爆要求高等因素制约，当前研发阶段的作业类机器人技术难以直接应用于煤矿井下，精准定位、自主感知与决策、精准导航、自主避障、机器人



集群管控与续航管理、轻型防爆材料等相关基础共性关键技术尚未获得突破。

7. 煤矿智能化专业技术人才短缺。高技能人才和复合型人才短板凸显，从业人员知识结构难以适应煤矿智能化建设要求；煤矿现场工作条件艰苦、对高素质复合型人才吸引力差，存在招工难、留人难、成长难等问题；智能开采专业性较强，人才培养难度大，如具有采矿工程专业知识的技术人员，对数字化、信息化、智能化相关知识了解甚少，对数字化、信息化等了解较深入的人才不了解煤矿井下业务，新一代信息技术难以高效赋能煤矿智能化建设；现有技术、管理人员的整体素质、培养模式、岗位设置、晋升通道、薪酬考核等与煤矿智能化发展不匹配，亟待构建煤矿智能化人才培养体系。

（二）挑战

1. 双碳目标与煤炭价格波动影响煤矿智能化建设的积极性。双碳目标对煤炭智能绿色开采与清洁高效利用提出了更高要求，煤炭市场需求下降、开采利用成本增大，影响煤炭企业智能化建设的资金投入；煤炭市场价格持续波动，智能化建设和改造前期投入较大、运行成本较高，短期内又难以直接产生较大的经济效益，导致部分煤炭企业不敢投资、不愿投资。

2. 煤炭行业场景复杂对智能化技术装备提出了更高要求。煤炭开采过程涉及采、掘、机、运、通等几十个系统，单系统智能化逻辑关系复杂，多系统间耦合度高，现有技术装备难以满足多系统耦合协同控制要求；煤矿开采过程中涉及水、火、瓦斯、顶板、粉尘、冲击地压等多种地质灾害，其灾害致灾机理尚不明确，实现各灾害融合分析、智能预测、预警的难度大。



3. 煤矿智能化发展滞后于人工智能技术进步。近年来国家大力推进人工智能技术快速发展，2025 年政府工作报告提出“人工智能+”战略，部署深化中央企业“AI+”专项行动，ChatGPT、DeepSeek 等大语言模型凭借高效的多模态数据处理能力、强大的工业场景适应性和可扩展性，为传统产业实现智能化转型升级奠定了坚实的技术基础。当前，煤炭行业技术装备的智能化还主要基于工业自动化的架构，相较于通用人工智能的发展水平存在较大的滞后性，现有煤矿智能化技术体系、技术标准、技术路径等急需变革和跃升，煤矿智能化技术、装备、系统、管理亟需快速迭代发展。



第四章 我国煤矿智能化科技攻关方向与重点任务

《煤矿智能化建设指南（2021年版）》指明了重点建设方向。我国煤矿智能化科技攻关应不断强化人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术与煤矿场景深度融合，重点突破我国煤矿智能化建设中卡脖子难题，形成信息基础设施、地质保障、采掘系统、主辅运输、通风、供电与供排水、安全监测、煤矿机器人等成套技术装备。同时，加强 AI 物联网技术的应用，提升安全管理水平、减少事故发生，推动管理模式向智能化和无人化转型。通过理论研究、技术创新、装备试制、工程示范和管理创新，不断构建开发利用绿色化、管理运维标准化、智能运行常态化、灾害防治精准化、生产供给柔性化的全链条智能煤矿生态体系。

（一）信息基础设施向网络综合承载与数据融合应用发展

1. 加速建立统一的数据标准体系与传输协议。研究采、掘、机、运、通、排等多源数据融合协议，建立高效的数据共享标准机制，形成一套数据共享应用的技术体系和多系统协同控制的技术方案，有效破解标准“烟囱”、标准“孤岛”、数据安全和隐私保护问题。建设综合管控数据共享与协同控制示范工程，提高煤矿数据的共享效率和应用水平。

2. 加快推进综合承载与通感融合技术攻关。建立智能煤矿信息综合承载网传输模式，突破矿用通信感知融合无线传输技术，提升矿用移动终端“人-机-环”感知能力与渗透率，形成主干网络综合承载、



无线网络通感融合、多模态智能终端全面接入能力，建设一批智能化信息基础设施示范工程，有效提升智能化应用场景覆盖率。

3. 攻克煤矿智能化通信网络确定性通信与智能化运维技术难题。

研究智能矿山确定性网络传输性能监测与闭环调控技术，研制全矿井网络故障定位与智能化运维支撑系统、智能化煤矿通信网络态势监测与运维服务平台，有效构建确定性通信网络对煤矿智能化应用的支撑能力，满足智能化信息基础设施的运维需求。

4. 提升综合管控平台智能决策与协同控制能力。开发矿井数字孪生协同管控辅助决策平台，基于煤矿数字孪生模型底座，形成矿井生产、安全、设备等多维度信息的实时映射与智能协同模式，实现采煤、掘进及生产辅助等各类生产系统数据智能分析与预警。

（二）地质保障向精准探测与隐蔽致灾精准防控方向发展

1. 推进高精度地质探测技术与装备的升级。研究高分辨率地震勘探、随钻测量、三维地质雷达等技术，研发适用于复杂地质条件的智能钻探装备，提高复杂条件地质勘探精度，实现地质数据自动化处理与智能解释，为智能采掘、地质建模和灾害预警提供精准数据支持。

2. 协同攻克矿井地质保障动态更新技术。结合煤矿生产中的随钻探测、随掘探测、巷道掘进揭露、随采探测、工作面回采揭露、随落探测等实时动态数据信息，构建透明化地质信息数据库。研究矿井地质保障动态更新技术和地质模型动态更新算法，动态修正三维地质模型局部特征，实现巷道、工作面、采区等整体及局部信息精准化、透明化重构。

3. 打造基于地质保障的透明矿井隐蔽致灾精准防控平台。研究地质灾害智能预警与防控技术，融合地质模型与生产数据，利用大数据



分析和 AI 算法，形成隐蔽致灾因素智能分级预警模型。融合地质保障与采掘协同作业技术，研发透明矿井隐蔽致灾精准防控平台，为瓦斯抽采设计、掘进工作面地质导航、采煤工作面智能规划截割和灾害综合防治提供高精地质保障数据支撑。建设一批全矿井地质透明化示范工程，实现厘米级高精地质模型的实时动态更新和多尺度表达，提高隐蔽致灾因素的识别精度和预警响应速度，推动煤矿地质保障技术全面升级。

（三）掘进系统向数智少人化方向发展

1. 提升掘进智能化系统的技术支撑能力。集成多源传感数据融合技术，构建多维度、高精度环境感知体系，实现巷道围岩状态、装备运行状态、作业环境参数的实时监测与动态反馈，提升掘进装备及环境的智能感知能力；提高液压控制精度，推动液压驱动向电驱动转型，提升掘进装备响应速度与控制精度，深入研究掘、支、运等各环节的时序协同与空间匹配，推动多系统全流程自动化衔接与稳定运行，提升掘进系统协同控制精度与应用水平。

2. 攻关掘进系统数智少人化核心技术。依托地质建模与动态修正技术，实现掘进路径的智能规划与截割参数自适应调整，突破基于地质模型耦合的掘进装备规划截割，达到少人、高效、安全掘进。融合人工智能与掘进系统专家知识库，开发具备智能感知、精准预测、协同控制、自主决策的智能决策算法，构建掘进场景人工智能决策模型，逐步替代人工经验主导的操作模式。研制新一代数字孪生多模态一体化集中控制平台，支撑少人化作业场景下的全流程协同控制。

3. 研制新一代快速掘进成套装备。研制以高功率密度强力截割、锚杆索自动支护、高可靠连续运输为核心的新一代快速掘进装备，推



动可截割硬度 80MPa 级掘锚一体机、滚压式部分断面硬岩掘进机、灵活矿用 TBM 和深部巷道智能快速掘进等成套装备的发展。建设一批薄煤层、深部巷道、硬岩巷道少人化智能掘进示范工程，实现煤矿掘进在特殊工况下截割硬度、月进尺、地质条件和环境适应性上的新突破。

（四）综采智能化向高阶数智开采方向发展

1. 研制新一代高效智能开采装备。面向三软煤层、薄及极薄煤层、急倾斜煤层、千米以上深煤层等复杂开采场景需求，开展自动截割、自主支护、高效运输等关键核心技术攻关，推动自适应截割智能采煤机、轻量化抗冲击液压支架、高效扁平化刮板输送机、600m 超长工作面刮板输送机、低振低噪径向柱塞泵等高端智能装备发展。建设薄煤层无人化智能开采示范工程，满足 1.3m 以下、地质起伏大的薄煤层开采需求，年生产能力达到 200 万 t 且满足面内无人作业要求；建设千米以深矿井安全高效综采典型示范工程，实现深部煤炭资源随采精准探测与数字透明化开采；建设 600m 超长工作面典型示范工程，构建“向上弹性增产保供-向下弹性节本降耗”的智能柔性生产体系，提升煤炭能源供应保障能力。

2. 开发煤矿无人化高阶数智开采技术。依托地质保障系统实现煤层赋存条件透明化，构建智能化地质模型指导综采透明化开采，突破智能感知与通信传输瓶颈，形成综采全域场景多源异构数据融合感知能力，为感知提供“广连接、低延时、大上行”传输能力，构建“云-边-端”架构的煤矿全生产链装备群协同作业数字孪生系统及动态智能决策平台。研发复杂环境下“围岩-装备群”耦合精准感知系统、煤矿多源异构数据“融合-分析-决策”AI 模型和多模态智能终端，开发“融合感知-自主决策-自适应调控”高阶智采信创控制平台，打造



综采工作面远程智能运维能力，为综采智能化开采常态化运行提供保障，推动煤矿全生产链高效协同与无人化生产管控技术装备示范应用。

（五）主运输系统智能化向高级无人值守发展

1. 优化提升人-机-环全域感知能力。研究机器视觉和多源数据融合技术，提升带式输送机运行工况和人员状态感知准确性，联动控制系统，保障主运输系统安全；研究带式输送机沿线托辊在线检测技术、火灾消防监控技术，实现全域运行安全；研发主运输系统设备与控制系统健康诊断、预知维护系统，实现远程运维，降低故障停机时间。

2. 加快主运输系统机器替人技术攻关。研发异物识别与自动分拣装置，避免异物进入主运系统；研发堵仓自动疏通装置、防溃控制技术与装备，避免人工处理堵仓发生溃仓；研发托辊更换装置等主运设备运维工具，降低主运检修运维工作强度。开发基于声、光、热、气、图技术的带式输送机全域环境安全智能监测预警系统，代替人工巡检。

3. 提升带式输送机本体智能化水平。研制长距离大运量永磁直驱高可靠顺槽带式输送机、长距离大运量可伸缩带式输送机动态特性与控制策略、矿用高压大功率永磁变频直驱技术、多点多机功率平衡技术、智能张紧、快速拆装式无基础输送机机头部等技术与装备。

4. 研发主立井提升智能化成套技术装备。研发集井架、井筒、箕斗、钢丝绳、动力系统及智能控制一体的常态化无人值守主提升系统，提升钢丝绳在线智能安全监测及防坠、超载、过卷（放）等事故智能防治能力。

（六）辅助运输向智能高效连续运输方向持续提升

1. 升级多源感知数据分析与协同控制能力。研究高清视频、激光雷达、毫米波雷达及 UWB 定位技术，通过多模态数据时空对齐与特征



量融合，具备车辆位姿、障碍物分布、巷道工况的毫米级全息感知能力。开发人机环境数据融合平台，通过数据分析与决策算法，实现多源数据实时同步与精准解析，实现人-车防碰撞预警与控制。

2. 持续提升辅助运输效率及加快推进辅助运输转运作业机器人装备的开发。基于井下生产任务、运输需求、车辆资源、设备状态等多方面因素，研究辅助运输系统中人-车-物的自动调度算法。开展以车料分离、车辆导引、自动接驳、自动转载及高效运输为核心的辅助运输转运作业机器人装备，实现不同辅助运输装备之间的快速转运，推动辅助运输效率的大幅提升。

3. 研发基于人工智能的感知-分析-决策平台。打造车路协同模型和全景管控平台，自动生成最优运输任务分配和行驶路线规划，构建辅助运输各场景人工智能大模型。以井下高精度位置服务与低时延无线通信网络为技术底座，形成全域互联、协同控制、智能调度、自主导航、全流程自动化作业、安全闭环管控的智能辅助运输体系，建设一批减人提效的煤矿智能辅助运输系统示范工程。

（七）矿井通风智能化向无人本安自主化方向迈进

1. 加速实现全系统监测无人化。依托粒子测风等技术，突破传统测风速算风量技术，研发适用于皮带巷等通风异形断面井巷风量准确监测装备，开发覆盖各类异形井巷的风质风量原场原位全自动在线监测技术体系，建立通风网络监测点优化布局策略与方法，突破实时网络解算技术，依托大数据实现通风监测数据与其他系统数据多元异构融合分析，消除通风监测“空白区域”。

2. 大力推进通风装备本安化。研发本安型矿井风流多级协同智能调控成套装备，支持通风设施本安动力驱动下无极调控等颠覆式技术



创新，推进大流量高风压通风动力变频调速等成熟技术迭代升级，提升通风装备故障自诊断能力，结合边缘计算、人工智能技术，实现单体设备故障自诊断和设备集群区域协同联控。建设通防灾害严重矿井智能通风示范工程，推动高瓦斯突出、自然发火等通防灾害严重矿井的智能通风建设进程，促进通防灾害严重矿井智能通风“减人、增安、提效”赋能。

3. 持续提升平台自主决策与联动管控能力。依托大模型与 AI 动态仿真等新技术，打造基于数字孪生的矿井通风数智平台，研究通风网络热流耦合解算决策模型，突破平台自主决策技术；深度开发通风感知、智能决策、设备联控各子系统之间多向强耦合管控能力，加快提升智能通风系统动态适配决策与抗灾决策能力，及智能通风系统对采掘系统的辅助支持耦合能力。

4. 重点建设智能通风技术装备验证平台。建设实际矿井规模的工程试验场或试验平台，充分验证实际通风网络复杂度与通风工况下智能通风新技术装备可用性、好用性，加速智能通风新技术装备落地应用与迭代升级。

（八）供电智能化向数字低碳方向发展

1. 加速构建供电网络全量感知与监控体系。研究矿井供电系统全量感知与监控技术，集成供电环境智能联动、机电设备全生命周期管理、电缆故障实时精确定位等核心功能模块，构建覆盖全环节的供电智能监控中枢，实现负荷波动预测与能效动态评估。建设一批智能供电全量感知与协同监控示范工程，实现供电数据深度治理与安全防护。

2. 加快研制智能供电装备。开发融合数字保护、故障诊断、能耗分析的多功能智能微机保护装置，研制高可靠、模块化、低碳高效供



电装备，形成装备数字化、控制标准化的供电装备体系，建设一批高标准数字化无人值守变电所，推动供电装备与生产控制系统深度协同。

3. 着重提升供电智能决策能力。研发基于精确时钟与强化学习的煤矿供电场景大模型，开发融合负荷预测、故障预测、碳排放核算的AI算法，建立数据驱动的供电优化决策机制，形成覆盖能耗优化、电能质量治理、故障精确定位的高级智能化解决方案。建设一批煤矿智能供电高级智能化示范工程，进一步提升矿井供电治理效能。

4. 创新云端智能运维新模式。建立设备健康度评估模型与预防性维护机制，开发融合知识图谱的远程诊断系统，构建包含矿井供电故障案例的专家知识库，形成“AI 预判-专家复核-自主学习”的运维模式。建设一批煤矿供电云运维中心示范工程，提升矿井供电故障处置效能。

（九）煤矿灾害预警向多模态智能防控方向迈进

1. 加快发展高可靠灾害感知与智能防控技术。研究井下复杂工况条件下高可靠感知技术，形成覆盖矿井全域场景的多源异构数据融合感知能力，构建“广连接、低延时、高精度”的灾害预警网络，提升灾害前兆信息的捕捉能力。研发高可靠、自适应性的灾害防控装备，满足瓦斯突出、冲击地压、突水等复杂灾害类型的灾害防控需求。

2. 攻克井下就地风险识别及智能联动控制技术，研发井下多类型灾害数据采集和高算力边缘计算装备，形成稳定可靠的数据一站式汇聚、异常数据清洗的传输模式。研究灾害风险防控策略动态调整机制，构建适用于井下风险就地判识的轻量化预警指标模型库，实现煤矿灾害风险的就地判识和快速联动控制，提升井下减灾防灾能力。

3. 打造多模态智能监控预警防控平台。研究多模态融合感知和地



质保障技术，实现矿井地质构造、瓦斯赋存、水文条件等灾害因素的透明化三维建模，为灾害预警提供有效支撑。基于大数据、人工智能和数字孪生技术，构建“全域感知-实时决策-闭环管控-智能运维”的安全保障架构，实现灾害风险的精准预测和快速处置。建设煤矿多模态智能监控预警示范工程，显著提高煤矿灾害精准感知、风险演化的动态预测、自动识别与应急响应能力。

（十）煤矿大模型向通专融合的高价值场景驱动发展

1. 提升面向大模型应用的数据标注能力。研究行业多模态数据的小模型训练数据、大模型微调数据和场景化知识数据的合成算法，建立数据脱敏、数据加密与数据流通体系，研发多模态数据标注工具链，形成行业数据、大模型基座、场景化应用闭环，夯实行业人工智能应用的数据基座。

2. 推进多模态数据认知对齐技术攻关。研究多模态数据特征增强技术，突破文本、语音、视频、图像、点云、设计、传感数据的向量空间对齐难题，研究矿山 workflow 数据及专家知识编码技术，建立行业场景认知对齐机制，实现矿山 workflow 场景下协同认知，夯实行业大模型在复杂现场的认知能力。

3. 攻克行业大模型可信认知决策难题。研究矿山行业大模型多模融合架构，建立行业大小模型可信推理机制，突破多智能体协同技术、低算力高效推理技术、零样本/小样本可信推理技术，实现多模融合推理资源的高效管理，整体形成大模型推理应用平台，满足行业人工智能可持续应用的需求。

4. 加速建设大模型基准能力测试体系。研究矿山大模型测试数据体系，建立矿山大模型测试基准防御机制研究，攻克多模型应用框架



综合测试技术，形成覆盖多场景的测试数据集、标准化测试基准体系和人工智能测试床，填补矿山行业大模型基准测试的空白，推动矿山行业大模型高质量应用。

（十一）煤矿机器人向具身智能方向发展

1. 加强核心技术突破与元器件攻关。聚焦感知与识别、运动规划与控制、人工智能与机器学习、人机交互与协作等方面展开攻坚，攻克不少于 50 项制约机器人可靠性、智能化发展的关键技术难题；突破高精度感知传感器、强抗干扰控制器、高效能驱动器等关键元器件技术瓶颈，解决现有元器件的局限性，提升机器人自主作业能力，实现国产化替代。

2. 推动具身智能机器人平台构建。建设煤矿机器人虚实融合创新平台，集成多模态数据采集、类人行为库和三维数字孪生技术。研发巡检具身大模型，实现井下环境智能感知与群体协同作业，形成可快速迭代的新型研发范式。

3. 加快场景化产品研发与应用。针对瓦斯检查职责、检测工艺、携带设备数量及检测精度、检测频次等工作管理要求，研发全系瓦斯巡检机器人；面向井下巷道场景，研发多种搬运类、清理类和施工类辅助作业机器人。构建覆盖全矿井的智能机器人矩阵，推动井下作业从“人工+单机”向“全自主智能群体”转型。开展机器人化替代示范工程，在井工矿检查、巷道作业等场景实现规模化应用。

4. 加速产业链协同提升。打造集研发、制造、检测于一体的行业级生产基地，建设国家级煤矿机器人中试平台，覆盖 40 余类机器人测试需求。完善产品安全标志管理及认证体系，推动算力芯片、防爆电机等关键环节的国产化突破，构建自主可控产业生态。建立煤



矿机器人标准体系，形成涵盖整机、零部件、检测认证的全链条技术标准，提升机器人认证检测检验公共服务能力。

（十二）选煤厂智能化向全流程智能协同方向迈进

1. 构建全流程数据标准化与协同优化体系。建立选煤厂多环节数据融合标准与实时传输协议，制定跨系统数据交互标准，破除流程孤岛与信息壁垒。建设选煤工艺全流程数据中台，集成设备运行、工艺参数、质量指标等实时数据，实现来料波动自适应、分选参数智能调优、产品质量闭环控制，形成全链路协同机制，为自优化提供数据支撑与标准保障。

2. 突破智能感知与自适应控制技术瓶颈。推进选煤厂智能传感网络与通控融合技术研发，研发高精度煤质在线检测、介质密度智能调控、设备状态多模态感知等关键技术。构建选煤全流程自适应控制系统，通过算法优化分选效率与产品质量，降低介质消耗与能耗，建设智能化示范产线，推动“无人干预”场景在关键工序的规模化应用。

3. 突破流程动态控制与自优化核心技术。攻克选煤过程智能建模与实时优化控制技术，实现工艺参数的全流程自适应调整。研制选煤厂全流程故障预测与自愈系统，构建基于振动、温度、电流多源数据的设备健康监测系统，应用深度学习算法建立故障预测模型，预判潜在故障并生成维护策略，实现主动维护，保障生产连续性。

4. 强化智能决策与全流程闭环优化能力。搭建选煤厂智能优化决策平台，基于大数据与 AI 模型动态分析生产指标、市场需求与设备状态，自动生成工艺参数调整方案与排产计划。构建“资源-工艺-产品-效益”全局优化模型，实现煤质波动下的分选参数实时优化、介质循环系统动态平衡与产品结构灵活调整，推动选煤厂从单点智能向



全流程自优化跨越。

（十三）露天矿向采剥作业链全流程智能协同迈进

1. 构建标准体系与数据生态。聚焦制定数据接口、装备通信、安全防护等技术标准，破解跨界兼容难题，建立跨平台数据治理与确权机制，开发多源异构数据治理工具，推动产业链技术规范统一，实现设计、生产、运维全链条数据互通，构建开放共享的技术生态云平台，促进产学研用多方资源高效配置与价值共创。

2. 实现智能装备集群研发与自主化发展。推动露天矿装备向大型化、成套化、连续化、智能化方向革新，攻克环境三维感知、多机协同路径规划、自主避障等核心技术，突破装备群性能极限与自主决策瓶颈，构建环境感知、路径规划、多机协同的闭环控制体系，提升工艺自主优化能力，实现关键核心装备自主可控。

3. 推动全业务流程智能协同，围绕“数据贯通、业务联动、价值重构”，构建开采全要素智能化体系，建立采剥作业链业务架构，研发动态模型更新、生成式 AI 开采设计、移动设备集群调度等关键技术与算法，推动生产组织从“经验指导”向“数据驱动”转型，实现穿-爆-采-运-排全流程集约化、精准化、智能化运行。

4. 建设一体化控制与预警平台。突破地质动态建模、无人机航测感知与多灾种耦合预警技术，开发边坡形变毫米波雷达、采空区 InSAR 监测融合技术，构建一体化控制与预警平台，实现地质模型日更新、设备群智能调度与灾害精准防控，缩短重大风险识别响应时间，提升灾害预测准确率，形成“感知-推演-管控”闭环安全管理体系。



第五章 煤矿智能化发展目标愿景与政策措施建议

当前,煤矿智能化建设已进入加快发展、纵深推进的新阶段。2024年4月,国家矿山安全监察局、应急管理部、工业和信息化部等七部门《关于深入推进矿山智能化建设 促进矿山安全发展的指导意见》展望了未来一段时期的目标愿景:到2026年,建立完整的煤矿智能化标准体系,推进数据融合互通,实现环境智能感知、系统智能联动、重大灾害风险智能预警,全国煤矿智能化产能占比不低于60%,智能化工作面数量占比不低于30%,智能化工作面常态化运行率不低于80%,煤矿危险繁重岗位作业智能装备或机器人替代率分别不低于30%,井下人员减少10%以上,打造一批单班作业人员不超50人的智能化煤矿。到2030年,建立完备的煤矿智能化技术、装备、管理体系,实现数据深度融合、共享应用,推动开采作业少人化、无人化,有效防控重大安全风险,本质安全水平大幅提升。为实现这一目标,提出以下政策措施建议:

(一) 进一步强化宣传引导,凝聚行业共识

广泛深入宣传推进煤矿智能化建设的重大意义,进一步统一思想、提高认识,煤矿智能化建设的各相关方采取形式多样的方式加强正面引导,大力宣传煤矿智能化建设方面的典型案例和先进经验做法,特别是在“减人增安提效”方面带来的积极成效,引导全行业进一步凝聚煤矿智能化发展共识、坚定发展信心。坚持实事求是、实用实效的原则,持续以问题为导向、以目标为导向,纠正不顾实际搞“一刀



切” “盲目下硬性指标”的错误倾向，纠正搞“表面化大屏化形式化” “建用两张皮”的错误倾向，强化统筹规划、分步实施，推动煤矿智能化向更大范围、更深层次、更高质量发展。

（二）进一步优化政策供给，加强整体规划

建立常态化的部际政策协同与沟通交流机制，加强跨部门、跨区域协调配合，实现政策衔接与融合，进一步优化支持煤矿智能化建设的整体政策环境。综合技术创新支持、财政专项资金支持、税收优惠激励等政策，有力引导市场主体自觉加大煤矿智能化研发投入、采购和实际应用力度，推动研究成果在生产一线落地。加大大规模设备更新、煤矿安全改造中央预算内投资专项、产能置换和核增、首台（套）重大技术装备示范应用等方面的政策支持力度。研究实施积极有效的激励措施，对在智能化关键技术攻关和新技术新装备产业化应用方面取得显著成果的企业和科研团队，给予明确的政策支持和资金奖励，对矿山智能化产业链企业给予必要的政策支持。

（三）协同攻关重大科技难题，突破关键技术

加强煤矿智能化基础研究，在国家重点研发计划立项、重点实验室等方面给予支持，鼓励煤矿企业联合高校、科研院所共同申报智能化领域重大科研项目，探索与煤矿智能化发展相适应的新理论新工艺新技术新装备，形成多元主体共同推进的科技创新局面。建立科技创新“揭榜挂帅”“赛马”项目管理机制，定期发布重点科研攻关项目清单，引导开展联合攻关，以开放、透明的方式实现科研资源高效配置，形成合力解决关键领域的“卡脖子”问题。鼓励与国际先进采煤国家开展深入对标，通过技术交流合作、联合研发等方式，有效促进国际领先技术的吸收、消化与再创新，推动煤矿智能化技术的快速迭



代升级。鼓励组建“产学研用”一体化研发创新及成果转化平台，加速科技成果转化及产业化应用，实现产业集群共生、融合发展。对成功攻克关键技术难题并在生产实践中取得显著经济效益和安全效益的单位与项目，通过资金扶持、项目补贴或市场推广奖励等多种措施，持续激励创新热情。深化产教融合、科教融汇，推进智能采矿相关领域“新工科”建设，加大校企联合培养力度，加快培养创新型、复合型、应用型科研人才。

（四）推动人工智能技术赋能，实现融合发展

在智能化矿山数据融合共享的海量数据基础上，积极推进以大模型为代表的新一代人工智能技术与煤矿安全管理、设备预测性维护、灾害监测预警等具体业务场景的深度融合，鼓励开展煤矿安全领域的专用人工智能模型研发，通过建立有效的数据共享机制，推动人工智能技术深度赋能煤矿安全生产现场。推动具身机器人技术在煤矿高风险场景的示范应用，大力推广作业、运输、安控和救援机器人等先进装备，逐步减少甚至替代矿井高危岗位的人工作业。建立具身机器人和智能装备的井下应用示范试点，探索机器人参与瓦斯治理、冲击地压防控、隐蔽致灾因素排查治理、应急救援等高难度、高风险工作的有效模式。鼓励煤炭企业、煤炭装备企业与人工智能领域领先企业开展战略合作，共建煤矿智能化装备研发与产业化联盟，加快推进煤矿井下机器人应用标准和产业体系建设。

（五）加快标准研究与评价体系建设，完善法规标准

加强煤矿智能化领域标准的系统性研究与优化完善，尤其是在新技术、新装备安全准入、工业性试验等环节，科学制定标准规范，避免盲目性和无序竞争，提高新技术应用的科学性、安全性与时效性。



加快推动数据融合共享、作业机器人、井下充换电、功能安全、智能分级等当前行业急需的技术标准制修订，为智能化技术装备推广应用提供有效支撑。鼓励标准化机构、企业、高校、科研单位密切合作，组建标准研究专项工作组，协同推进煤矿智能化标准研发进程。积极推动煤矿智能化设备与系统的智能化分级评定工作，明确不同等级设备的适用范围与技术优势，保障市场公平性和透明度，激励企业不断提升产品智能化水平，形成公平、合理、有序的市场生态。

（六）深化示范带动与分类推进，构建协同格局

进一步发挥智能化示范矿井的引领作用，选择技术成熟度高、效益明显的智能化技术与管理模式，优先开展典型矿井示范试点，形成示范标杆效应。通过挖掘和总结不同区域、规模、类型煤矿的智能化建设经验，形成一批可复制、可推广的经典案例，带动行业整体智能化水平提升。建立分级分类推进机制，根据不同矿井类型、规模及灾害风险等级，科学制定差异化的智能化建设路径和阶段性实施方案。对于智能化基础薄弱、灾害治理难度较大的矿井，建议加大技术攻关、专业培训和专项资金投入，逐步缩小区域间智能化发展差距，实现煤矿智能化建设与矿山安全生产治理的协同推进，助推行业安全管理整体水平的持续提升。

