

煤矿智能化标准体系构建与建设内容解析

王国法 杜毅博

煤矿智能化标准体系建设需求与建设原则

煤矿智能化标准体系建设需求与作用

标准体系是由一定范围内的标准按其内在联系形成的科学的有机整体，是标准制定与实施、开展标准化互动、切实发挥标准效能的总体规划，标准体系是建设标准化工作的顶层设计，又是标准化工作的基本建设。

完整的煤矿智能化标准体系是建设智能化煤矿的基础与指南，将煤矿智能化建设过程中涉及的关键技术、装备、行为及派生属性等进行统一规范，从而指明智能化煤矿建设方向，提高行业资源有效利用率，以及智能化煤矿建设效率和质量。因此，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》，旨在使当前建设成果能够以标准形式落地，并强化关键共性标准的制修订，通过标准体系的完善进一步推进煤矿智能化建设。

建设煤矿智能化标准体系具有十分重要的现实意义和指导作用。

(1) 给出煤矿智能化标准的总体布局和发展规划，明确标准工作的现状、现有需求和未来发展趋势，指明未来标准化工作重点和发展方向，为标准修订计划提供依据。

(2) 理顺煤矿智能化现有的、正在制定的和应制定的所有相关标准之间的相互支撑与相互配合的关系，减少彼此的交叉重叠，有利于明确标准化工作的重点。

(3) 对关键技术、装备、行为及派生属性等进行统一规范，为煤矿智能化长远发展奠定坚实基础。

(4) 便于全面系统地了解煤矿智能化建设所需的全部标准情况，为从业人员遵循标准、掌握标准

的现状和发展趋势提供详实信息。

建立体系性、继承性和前瞻性的煤矿智能化标准体系，有助于开展煤矿智能化顶层设计和总体布局，对于明确煤矿智能化发展方向和重点任务，确保智能化技术得到有效应用具有非常重要的意义。

煤矿智能化标准体系建设现存问题

煤矿智能化建设通过感知、执行、管理系统升级，以泛在网络和大数据云平台为主要支撑，以智能管控一体化系统为核心，以先进、智能、高可靠性的生产装备为基础，打造坚实可靠的工业运行体系。随着工业互联网体系的不断发展，人工智能、大数据等高新技术在煤炭行业具有广阔应用空间。智能化煤矿持续发展亟需统一技术体系，实现深度互联互通。建立科学完善的标准体系是煤矿智能化建设的重要基础。近年来，在国家有关部委的领导下，煤矿智能化标准建设取得了突破性进展，能源标准NB、煤炭行业标准MT立项多项煤矿智能化相关标准，中国煤炭工业协会及中国煤炭学会立项了上百项煤矿智能化相关团标，内容涵盖基础体系架构、关键系统及装备、保障运维等方面，在推进煤矿智能化建设方面发挥了重要作用。但是现有煤矿智能化标准立项过程中由于缺乏体系指导文件，建设过程中仍存在以下问题。

(1) 相关概念混淆，缺乏统一的术语定义。

(2) 缺乏统一的数据采集、接入、传输标准，难以实现数据的有效融合和共享利用。

(3) 配套智能化建设的防爆评估、电磁兼容、功能安全、信息安全等基础标准滞后。

(4) 煤矿工业大数据、云边计算、定位导航等方面的数据编码描述标准缺乏。

(5) 煤矿智能化建设质量和效益评价标准缺乏。

(6) 智能化系统与设备运维标准缺乏。

(7) 部分现行标准标龄较长, 缺乏支撑智能化发展的必要技术指标, 亟需修订。

(8) 智能化标准立项渠道多, 协调不足, 部分标准存在重复立项、内容交叉或相互矛盾。

(9) 煤矿智能化处于创新发展阶段, 个别已立项的标准成熟度不足, 标准指导性和质量难以保证。

(10) 有些企业和机构抢占标准立项主导权, 但基础能力差、社会责任和公益理念不强, 出台的标准未经验证, 文本质量差或标准内容不足以支撑标准名称, 脱离智能矿山建设实际。

煤矿智能化标准体系建设基本原则

煤矿智能化建设是一个多系统、多层次、多领域相互匹配融合的复杂系统工程, 建立完整的煤矿智能化技术标准体系是建设智能化煤矿的基础与指南。因此, 煤矿智能化标准体系建设过程中应该遵循以下原则。

(1) 全面统筹规划, 分步有序推进标准建设, 在产业高度做好顶层设计。

(2) 处理好标准制定与技术发展的关系, 以标准助力高质量发展, 避免制约技术创新。

(3) 梳理不同类型、不同阶段的标准, 理顺标准体系的框架结构与内部关系。

(4) 急用先行, 动态修订, 持续迭代完善标准体系。

煤矿智能化标准体系架构构建

煤矿智能化技术架构

煤矿智能化标准体系架构应与煤矿智能化技术体系相配套, 从而支撑煤矿智能化技术发展。智能化煤矿与工业互联网体系架构一脉相承, 基于“全局优化、区域分级、多点协同”控制模式, 针对煤矿特殊应用场景及工艺特殊要求, 将煤矿生产、辅助运输、安全管控、综合调度、洗选供应融为有机

整体, 打造智慧、高效、安全的煤矿综合生态。智能化煤矿基于一套标准体系、构建一张全面感知网络、建设一条高速数据传输通道、形成一个大数据应用中心、开发一个业务云服务平台, 面向不同业务部门实现按需服务。煤矿智能化建设涵盖井工煤矿智能化、露天煤矿智能化及选煤厂智能化建设, 总体体系架构一致, 根据其系统组成不同, 重点建设主动感知、智能决策、自动执行的高效生产系统。

井工煤矿建设智能化综合管控平台, 围绕监测实时化、控制自动化、安全本质化、管理信息化、业务协同化、知识模型化、决策智能化的目标进行相应的业务模块应用设计, 实现煤矿地质勘探、巷道掘进、煤炭开采、主辅运输、通风、排水、供液、供电、安全防控、经营管理等各业务系统的数据融合与智能联动控制。

智能化露天煤矿将信息化技术与露天煤矿开采工艺进行深度融合, 建设智能化露天煤矿综合管控平台, 将露天煤矿生产系统、安全系统、管理系统等相关数据作为基础数据源, 进行露天煤矿生产、经营、管理全链数据集成; 逐步推进露天煤矿智能化应用系统的建设, 实现露天煤矿全流程的少人化、无人化生产; 逐步推进核心装备控制系统国产化安全可靠、自主可控。

智能化选煤厂技术架构划分为设备层、控制层、执行层、决策层4层。设备层主要包括机电设备及检测仪表、保护装置等; 控制层主要包括生产集中控制、设备状态监测、视频监控、调度通信、安全监测等系统; 执行层主要包括生产、机电、安全、经营、节能环保、安全与职业健康等管理; 决策层主要包括: 智能控制、智能管理、智能分析、辅助决策等。

煤矿智能化标准体系框架

综合考虑智能化煤矿建设周期和系统层级, 煤矿智能化标准体系主要包括基础通用、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。其中, 基础通用子体系为煤矿

智能化标准体系底层，是其他子体系的基础；信息基础、平台与软件、生产系统与技术装备3个子体系涵盖煤矿智能化建设生产实践关键环节，是煤矿智能化标准体系的建设主体；运维保障与管理子体系服务于煤矿智能化建设关键技术标准，为装备和系统正常运行提供保障。煤矿智能化标准体系框架如图1所示。

- (1) 基础通用子体系对煤矿智能化领域的基础共性要求进行规定，包括基础标准、通用标准、设计标准、评价标准4个部分。
- (2) 信息基础子体系对煤矿智能化系统信息传输和处理所需要的基础设施进行规定，包括信息网络、数据标准、数据中心、信息安全4个部分。
- (3) 平台与软件子体系对煤矿智能化平台载体及应用软件涉及的架构、功能要求、开发管理等进行规定，包括地理信息平台、管控智能平台与煤炭工业软件、数据智能平台、算法智能平台与智能视频系统、数字孪生系统5个部分。
- (4) 生产系统与技术装备子体系对煤矿智能化技术装备和系统的设计、制造、功能要求、测试等进行规定，包括井工煤矿智能化系统与装备、露天煤矿智能化系统与装备、智能洗选系统与装备3个部分。

- (5) 运维保障与管理子体系对智能化煤矿的生产运行、经营管理进行规定，包括运行维护、设备状态保持、生产管理、智能化园区4个部分。

煤矿智能化标准体系重点建设内容与标准编制方向

基础通用子体系

- (1) 基础标准
主要包括术语和定义、煤矿智能化体系架构、煤矿工业互联网平台体系架构等方面标准。基础通用子体系框架如图2所示。
术语和定义标准：主要规范煤矿智能化相关概念，界定煤矿智能化标准范围，为其他各部分标准的制定提供支撑。初步规划，煤矿智能化术语主要包括：基本术语、智能综合管控平台术语、工作面智能化开采术语、巷道智能化掘进术语、智能化运输术语、智能化监测监控术语、智能化安全保障术语、智能化露天开采术语、智能化洗选术语、智能化煤矿管理术语等。
体系架构标准：制定参考模型标准，明确和界定煤矿智能化建设的对象、边界以及各部分的层级关系和内在联系，包括煤矿智能化总体架构、通用

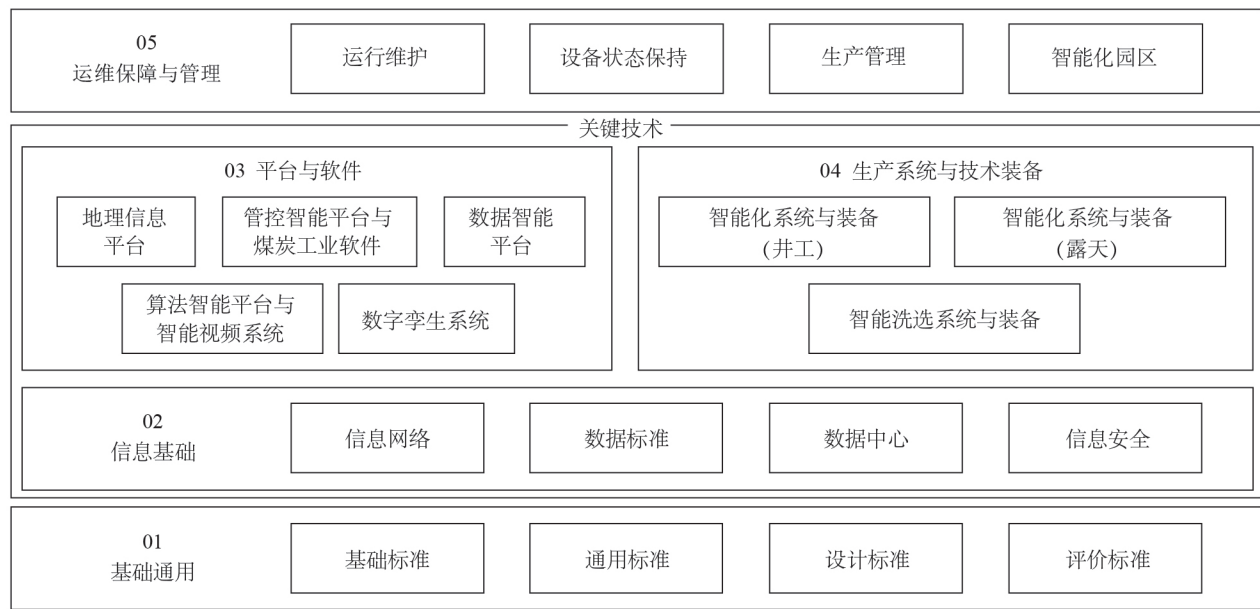


图1 煤矿智能化标准体系框架

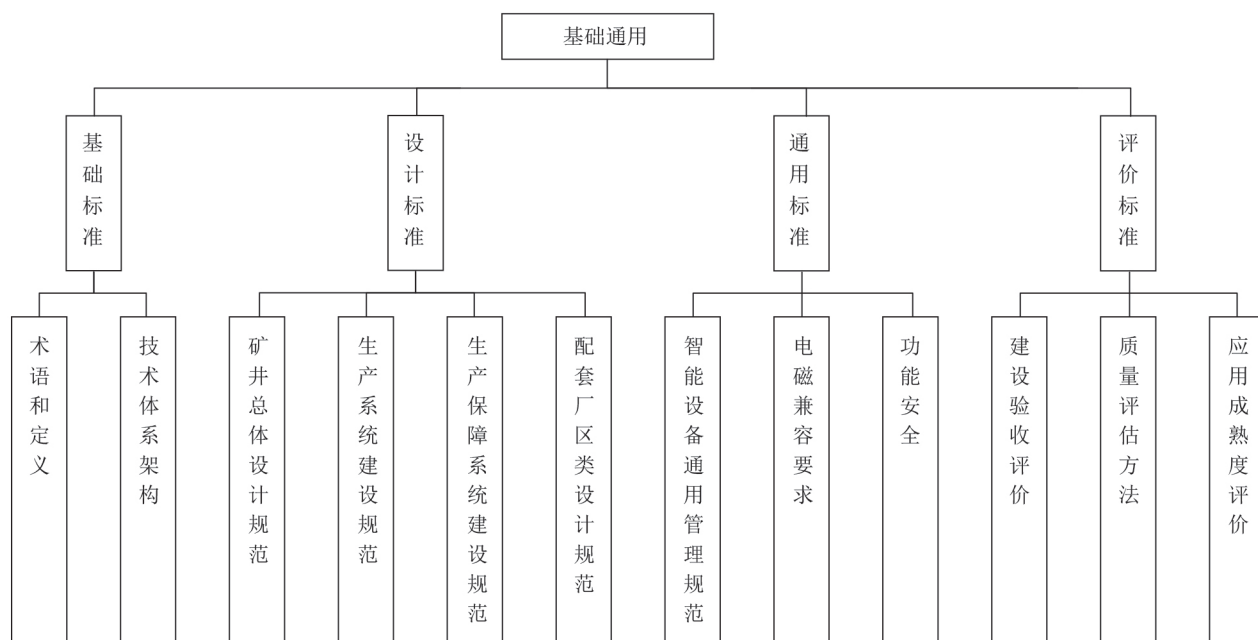


图2 基础通用子体系框架

模型、核心功能。体系架构标准主要由智能化煤矿总体架构、智能化煤矿信息平台架构、智能化煤矿网络架构、智能化煤矿业务应用架构、智能化煤矿管理架构等部分组成。

(2) 通用标准

智能化煤矿和智能化管理为煤矿安全提供根本保障，煤矿智能化系统及装备涉及的安全通用标准包括防爆技术要求、电气安全等方面的标准。

由于煤矿作业环境的特殊性，煤矿智能化系统及装备需要满足适应井下恶劣环境条件的特殊要求。防爆是智能化系统和设备在井下推广应用的基础安全，防爆标准是最重要的基础标准、通用标准。电气安全主要包括电磁兼容安全和功能安全基本要求。煤矿井下电磁兼容要求是支撑和保障煤矿智能化系统和装备安全运行的最基本、最急需的安全要求；功能安全是有关智能化系统与装备的安全性、可靠性方面的先进技术措施与安全管理理念，为避免智能化控制功能失效，煤矿智能化系统及装备需满足功能安全要求。

(3) 设计标准

煤矿生产受到地质环境等多种因素影响，其生产工艺必须根据煤层变化情况、矿山压力、瓦斯等

环境因素进行相应调整，因此难以直接采用统一模式实现煤矿各系统的智能化建设或改造，必须在分析地质条件的基础上进行定制化设计。

智能化煤矿总体设计标准主要对智能化矿井的总体架构、功能和适用性进行规范；智能化生产设计类标准主要对煤矿综采、综掘、主运等主要生产环节智能化建设进行规范；智能化煤矿生产保障类设计规范标准主要针对保障煤矿安全生产的智能供电系统、环境安全监控系统、设备健康管理系统等建设进行规范；智能化煤矿配套场区设计规范类标准主要针对煤矿地面的“洗、运、销”、智能中心、智慧园区等建设进行规范。本部分主要包括总体、生产类、生产保障类和配套厂区类等设计规范方面的标准。

(4) 评价标准

受煤矿地质条件和技术成熟度的限制，煤矿智能化建设是一个分阶段缓慢改造的过程。如果设立统一标准进行技术评价，对于条件复杂的矿井将无法达到标准，缺乏技术公平，制约技术发展，易导致标准无法推行。因此需针对其地质条件进行分级分类、分阶段进行达标评判。一是按照可测量、可量化、可核查的原则从不同维度选取指标，制定智

能化煤矿评价指标体系；二是针对评价指标体系确定评价方法；三是制定指导企业和行业开展智能化煤矿水平评价及智能化建设验收的实施指南。本部分主要包括指标体系和验收评价方法等方面的标准。

另外，煤矿智能化建设已转入运维应用状态，系统评价及应用考核缺乏标准，部分系统建设完成后成为“僵尸系统”，存在资源共享开放难、效率低、质量差等严重问题。效果评估、应用成熟度评价、系统常态化应用评价等相关标准亟需建设，要保证其发挥应有效能，并进行不断优化改进。

信息基础子体系

煤矿智能化是新一代信息和通信技术与煤炭开发利用的深度融合，信息基础设施是煤矿智能化建设的底层支撑。煤矿智能化信息基础设施是煤矿数据采集、传输、计算、应用、管理的基础，涉及通信、网络、数据管理、网络安全等多方面内容，为煤矿的开采、掘进、机电、运输、通风、选煤等环节提供信息化基础支撑。信息基础子体系框架如图3所示。

(1) 信息网络标准

主要包括井下工业网络、园区网络及外网接入、组网与网络设备、接入设备与联网以及通信协议互

联互通等方面标准。

井下工业网络标准：主要提出满足煤矿智能化发展需求的网络体系架构，并制定其关键技术标准，研究低时延、高可靠连接与智能交互的智能化网络总体框架与技术要求标准，实现网络互联，业务互联，设备互联。

园区网络及外网接入标准：主要包括工业园区的网络建设，园区5G网络建设，煤矿集团各级网络接入，煤矿数据入网能源局、矿山局等主管部门，以及煤矿网络数据上云管理等方面的标准。

组网与网络设备：主要规范煤矿各类网络内使用的网络设备功能、性能、接口等关键技术要求，包括工业网关、工业交换机、工业路由器、工业光网络设备、工业无线基站等。

接入设备及联网：主要规范接入煤矿网络的各类终端和模组技术要求，如5G通信模组、5G通信终端、物联网传感仪表等。另外对于时间同步服务等进行规范。

通信协议互联互通标准：主要规范多源异构数据互通（如接口、协议、信息模型等）和技术要求。另外对于协议交互、网络管理等提出规范和指南。

(2) 数据标准

数据标准体系的建设是煤矿智能化建设基础，

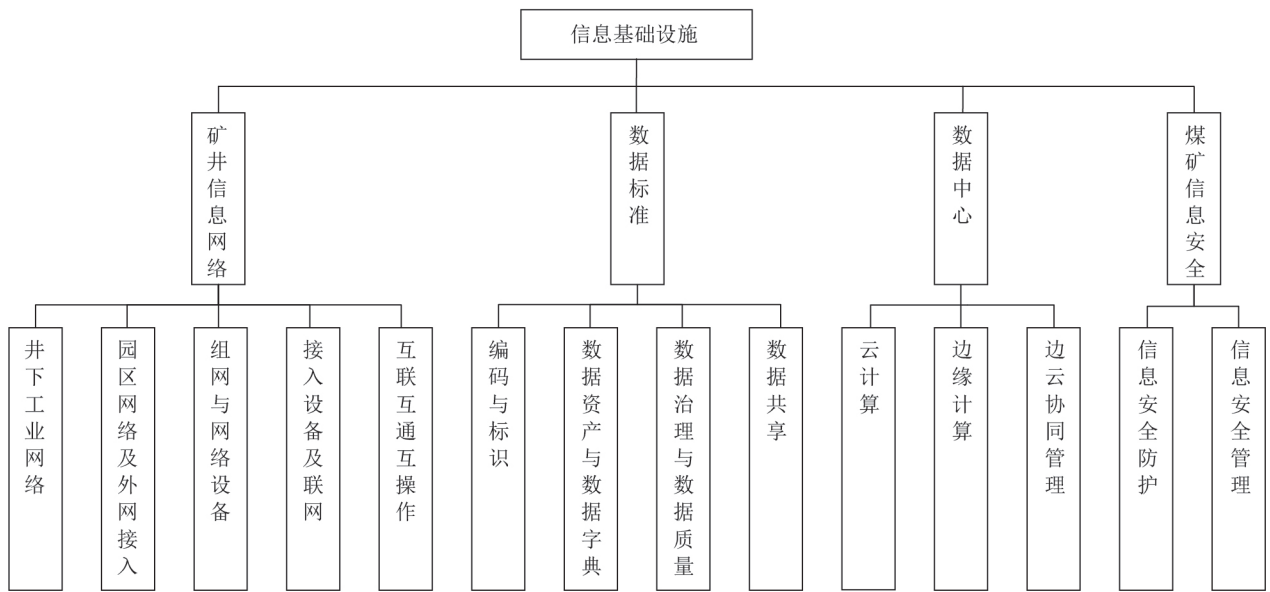


图3 信息基础子体系框架

将直接关系到管控平台及各中心的数据共享、系统集成、信息融合与联动应用效果,是煤矿智能化技术标准体系框架内建设重点。本部分主要包括编码与标识、数据描述与数据字典、数据采集、数据治理、数据资产、数据质量、数据共享、主数据、元数据管理等标准。编码标识主要规范煤矿工业互联网标识数据的编码和采集方法,包括各类标识数据采集实体的标识编码在二维码、射频标识标签存储方式等标准;制定数据描述和数据字典标准,制定元数据、数据描述和数据字典标准,为煤矿智能化各环节产生的数据集成、交互共享奠定基础。智能化煤矿数据治理的目标是构建统一标准的煤矿数据资产,形成面向煤矿管理应用业务的数据中台,确保数据共享体系与价值实现,主要包括以下内容。

构建数据资产:建立煤矿数据资产管理体系,实现跨业务多源数据接入,数据存储,数据管理,提升数据质量,实现数据的可持续运营和数据资产的增值。

数据共享体系:建立数据共享体系,面向煤矿各类业务应用需求提供标准化的数据服务,降低数据集成交互成本,提升数据利用率。

数据价值实现:建立煤矿数据价值实现体系,构建面向业务应用的数据模型,提升数据价值。

(3) 数据中心标准

主要包括智能化煤矿数据中心、云计算、边缘计算、云边协同管理等方面标准。

煤矿数据中心与云计算建设标准:煤矿数据中心建设标准采标国家相关标准;云计算建设标准主要针对煤矿云平台的建设与部署,虚拟资源管理涉及的相关技术要求进行标准制定。

边缘计算标准:包括边缘云架构、边缘设备、边缘数据采集与处理以及边缘智能等相关标准。

边云协同管理标准:主要规范边云协同架构等技术要求,包括资源协同、应用协同、服务协同、数据协同等接口、协议、算力分配等标准。

(4) 信息安全标准

主要包括煤矿智能化系统建设信息安全评估、

信息安全防护、信息安全管理、数据安全及数据分级定级、隐私保护等方面标准。

信息安全防护部分主要包括控制系统安全、网络安全及数据安全等方面。控制系统安全标准规范煤矿各类控制系统中的控制软件与控制协议的安全防护、检测及其他技术要求;网络安全标准规范承载煤矿智能生产和应用的通信网络与标识解析系统的安全防护技术要求;数据安全标准规范煤矿大数据相关的安全防护、检测及其他技术要求;信息安全管理部分包括安全态势感知、云计算接入安全管理、单点登录管理等涉及的技术及管理要求。

平台与软件子体系

(1) 地理信息平台标准

主要包括煤矿地测数据管理、地理信息软件系统、矿井地质建模、矿井电子地图服务、地理空间数据质量和安全、生产制图与简报产品规范等方面标准。

地理信息系统主要针对构建透明矿山所涉及的地质勘探系统、三维地质建模,以及基于地理信息“一张图”的管控平台等方面标准,包括地测数据管理、地理信息平台、矿井地质建模、矿井电子地图和井下位置服务等方面标准。

地测数据管理标准:包括面向智能开采的煤矿分布式协同“一张图”和大数据分析数据处理与服务标准,并规范煤矿地理信息数据库技术条件。

地理信息平台标准:制定煤矿地理信息系统技术条件、煤矿地质数据推演技术条件和平台服务接口规范等地理信息基础标准,制定基于时态GIS的煤矿可视化远程控制数据采集、传输、存储、分析、决策、展现、控制和服务标准,并对BIM相关系统及管理规范等标准进行编制。

矿井地质建模标准:主要针对矿井地质保障系统二维及三维模型构建提出功能与技术要求,并对涉及的关联信息(如水文、瓦斯突出等)建模提出技术要求。

矿井电子地图构建满足井下位置服务的分层煤

矿电子地图的构建及显示方式，为定位系统提供基础支撑；井下位置服务标准在设备接入矿井高精度位置服务系统的接口协议、数据应用方式等方面进行标准制定。

(2) 管控智能平台与煤炭工业软件标准

主要包括煤矿智能化综合管控平台与煤炭工业软件的技术架构、功能要求、评估指标、应用管理等方面标准。

管控智能平台与煤炭工业软件标准需对于煤矿工业微服务标准、应用开发环境、平台互通适配标准及典型智能化应用系统进行规范。一方面对于智能化煤矿工业微服务架构性能、应用接入等进行要求，构建煤矿智能应用开发环境以及煤矿智能化管控平台；另一方面对于煤矿典型智能化应用软件，针对煤矿工业软件的性能要求、应用模式、控制要求、安全防护等方面进行具体规范。

(3) 数据智能平台标准

包括煤炭企业和煤矿大数据平台通用技术、数据采集与存储、数据分析、数据仓库、业务应用模型、数据服务与应用、数据备份与恢复等方面标准。

平台通用技术标准：主要针对煤矿大数据平台基础架构、组件等相关技术及管理要求提出规范。

数据采集与存储标准：主要规范煤矿大数据平台的数据采集、集成和存储方式等方面的标准。

数据分析与建模标准：规范数据可视化体系指构建、大数据建模技术条件、融合分析条件，以及知识图谱建模方面的技术条件。

数据仓库和数据服务标准：规范煤矿大数据分析的流程及方法，包括煤矿流式数据快速分析流程，煤矿物理实体与数据实体的映像和相互关系、煤矿工业机理模型的开发指南等。

(4) 算法智能平台与智能视频系统标准

主要包括煤炭行业人工智能以及智能视频监控应用平台架构、集成要求、软硬件产品、应用管理等方面标准。

(5) 数字孪生系统标准

主要包括煤炭行业建设数字孪生系统在参考架

构、信息模型、设备模型、数据接口及全矿井数字孪生服务应用等方面标准。

生产系统与技术装备子体系

(1) 智能化系统与装备（井工）标准

智能化系统与装备（井工）标准子体系主要包括智能地质保障系统、智能建井系统、智能掘进系统、智能开采系统、智能主煤流运输系统、智能辅助运输系统、智能通风与压风系统、智能供电系统、智能安全监控系统、智能化水资源管理和辅助作业智能化装备等方面标准。智能化系统与装备（井工）子体系框架如图4所示。

智能地质保障系统标准：主要针对保障煤矿安全生产的地质探测、地质灾害防治与工程数据深度融合应用等相关的系统性能指标、技术条件、检验规范等进行标准制定。本部分主要包括各类地质探测系统和地质灾害防治系统等方面标准。

智能建井标准：智能化建井以工艺为引导、以技术变革为前提、以装备为核心，进行智能化控制系统及平台建设。针对目前建井施工现状，建立相应技术、工艺、装备的标准体系，提高矿井建设效率和安全性。本部分主要包括竖井智能化建设、斜井智能化建设等方面的标准。

智能掘进系统标准：综掘工作面智能化设备技术标准针对掘进、锚固、运输等工作环节中所应用到的智能化系统和关键技术装备进行规范。本部分主要包括掘进机智能化系统、快速支护系统、掘进运输设备智能化系统及智能化控制系统等方面标准。

智能开采系统标准：针对综采工作面采煤机、液压支架、刮板输送机等设备的智能化系统及关键技术装备进行规范。本部分主要包括智能化采煤、支护、运输、供液系统；并根据不同开采工艺，提出包括智能化放煤系统、智能化充填系统，沿空留巷和智能化“搬家倒面”等方面设计的系统和装备标准。

智能主煤流运输系统标准：针对煤流输送过程中涉及的带式输送机，井底缓冲煤仓，立井提升系

统所应有的智能化系统和关键技术装备进行规范。本部分主要包括智能煤量运输设备、井底煤仓智能化、井下智能干选和立井提升设备智能化等方面标准。

智能辅助运输系统标准：主要针对辅助运输涉及的无轨胶轮车、轨道车辆及井下车辆智能调度系统进行技术规范。本部分主要包括无轨胶轮车智能化、轨道车辆智能化和井下车辆智能调度等方面标准。无轨胶轮车和轨道车辆智能化重点编制无轨胶轮车和轨道车辆的电动化、智能化、充换电安全，以及无人驾驶方面的标准；井下车辆智能调度方面编制以车辆精确定位信息为基础，以车载智能终端为核心，辅助井下信号灯控制系统、智能调度系统、语音调度系统和地理信息系统，实现车辆监控、指令下达、运输任务调配、失速保护、报警管理、应急响应等功能的调度系统标准。

智能通风与压风系统标准：包括智能通风系统和压风自救系统等方面标准。智能通风系统标准重点建设通风智能精准感知的技术与装备标准，实现对风阻、风量、风压等参数的智能感知，对通风网络阻力进行实时监测与解算；矿井主要通风机、局部通风机监测与控制系统标准，实现远程启停集中控制及无人值守。压风自救系统标准重点建设压风

系统及压风自救装置智能化系统建设标准，重点包括远程集控、故障自诊断及预警等方面。

智能供电系统标准：包括智能供配电、智能开关、智能电源等方面标准，主要包括井下漏电预防与保护接地、矿井供配电网络电能质量与治理、井下输配电设备安全要求、开关控制设备继电保护配置、电源及充换电等方面技术标准。针对煤矿供电系统智能化所涉及的供电系统区域协同控制，供电防越级跳闸及其所用的移动变电站、开关、变频器等智能电气设备技术，以及井下电动化涉及的电源及充换电安全技术进行规范。

智能安全监控系统标准：主要包括煤矿安全生产过程中涉及的煤矿智能化安全监控系统、煤矿人员定位系统、顶板灾害监测系统、冲击地压监测系统、矿井水文监测系统、煤矿火灾监控系统、煤矿视频监控系统、瓦斯抽采系统、辅助系统和智能穿戴等方面标准。

智能供排水及水资源管理标准：主要对煤矿供水、排水，以及水处理涉及的智能化系统及装备进行规范。本部分主要包括煤矿智能供水、煤矿智能排水、智能水处理系统和井下水平衡管控系统等方面标准。

智能化辅助作业标准：主要对煤矿辅助作业涉

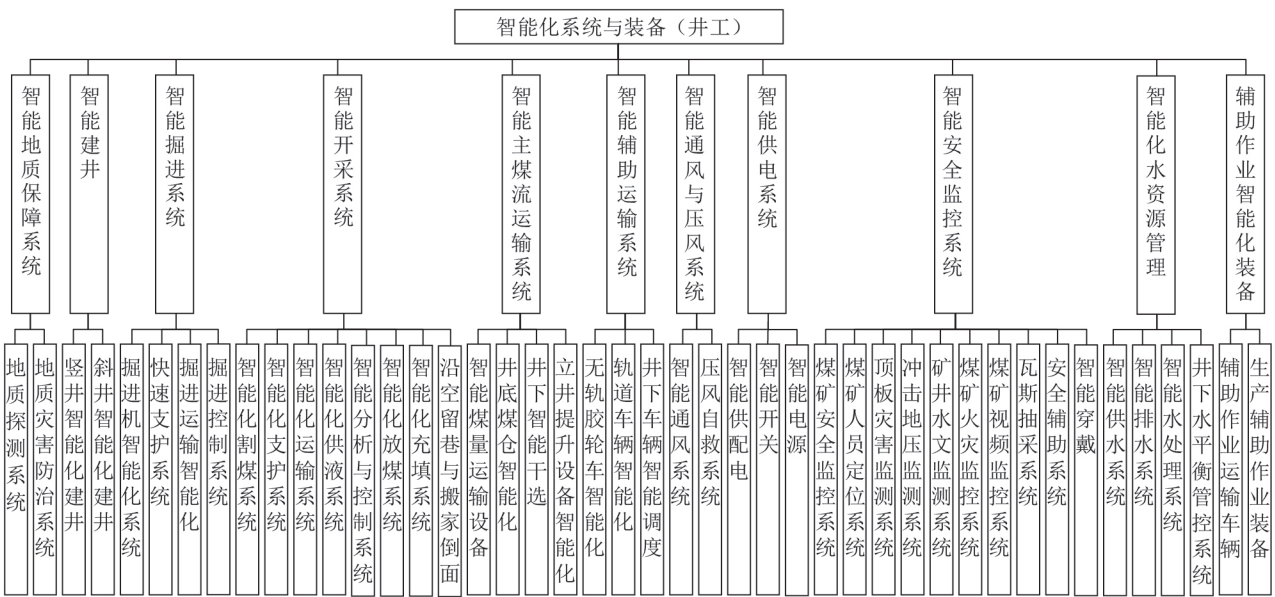


图4 智能化系统与装备(井工)子体系框架

及的运输车辆、辅助作业装备、作业类机器人等进行规定。包括辅助作业运输车辆（如支架搬运车、巷道清扫车）和各类辅助作业机器人（如管道安装、巷道清理、水仓清淤、电缆卷放等）。

(2) 智能化系统与装备（露天）标准

智能化露天煤矿将信息化技术与露天煤矿开采工艺进行深度融合，建设智能化露天煤矿综合管控平台，将露天煤矿生产系统、安全系统、管理系统等相关数据作为基础数据源，进行露天煤矿生产、经营、管理全链数据集成。智能化系统与装备（露天）子体系框架如图5所示。

智能地质、测量、开采保障系统标准：智能化露天煤矿建设集地质资源管理、测量管理、采矿智能设计等功能于一体的矿山资源数字化管理系统，实现矿山地质资源模型的精确构建与实时更新，通过数据存储、传输、深加工和融合等数据处理环节，使地质信息在矿山地质、测量和开采之间数字化流转，实现矿山地质信息的精准统计、高效处理和实时共享，为安全绿色智能开采提供地质保障。本部分主要包括地质资源管理系统、测量管理系统、采

矿智能设计系统等方面标准。

智能穿爆系统标准：主要包括智能钻机作业系统、智能装药车作业系统、智能穿爆管理系统等方面标准。智能钻机作业系统重点建设实时监测控制功能，实现智能定位、智能穿孔等方面标准；智能装药车作业系统主要建设自主寻孔、自主装药等功能的智能化系统与装备；智能穿爆管理系统通过终端设备获得警戒范围内人员和设备的位置信息，实现远程操控。

单斗-卡车间断工艺智能化系统标准：单斗-卡车间断工艺系统具有智能感知和自主决策功能,实现生产少人、无人,系统高效协同运行。本部分主要包括设备安全预警平台、多机协同操作系统、装备状态监测及故障诊断系统、视频监测系统、综合监控与应急指挥系统、智能卡车调度管理系统等方面标准。

半连续工艺智能化系统标准：半连续工艺智能化系统包括破碎站、带式输送机、排土机等设备的自动化集中控制系统，可自动采集生产数据、设备周边环境（声、光、粉尘）数据。多系统集中控制、远程操控具备自动启停/调速、智能故障诊断等功能

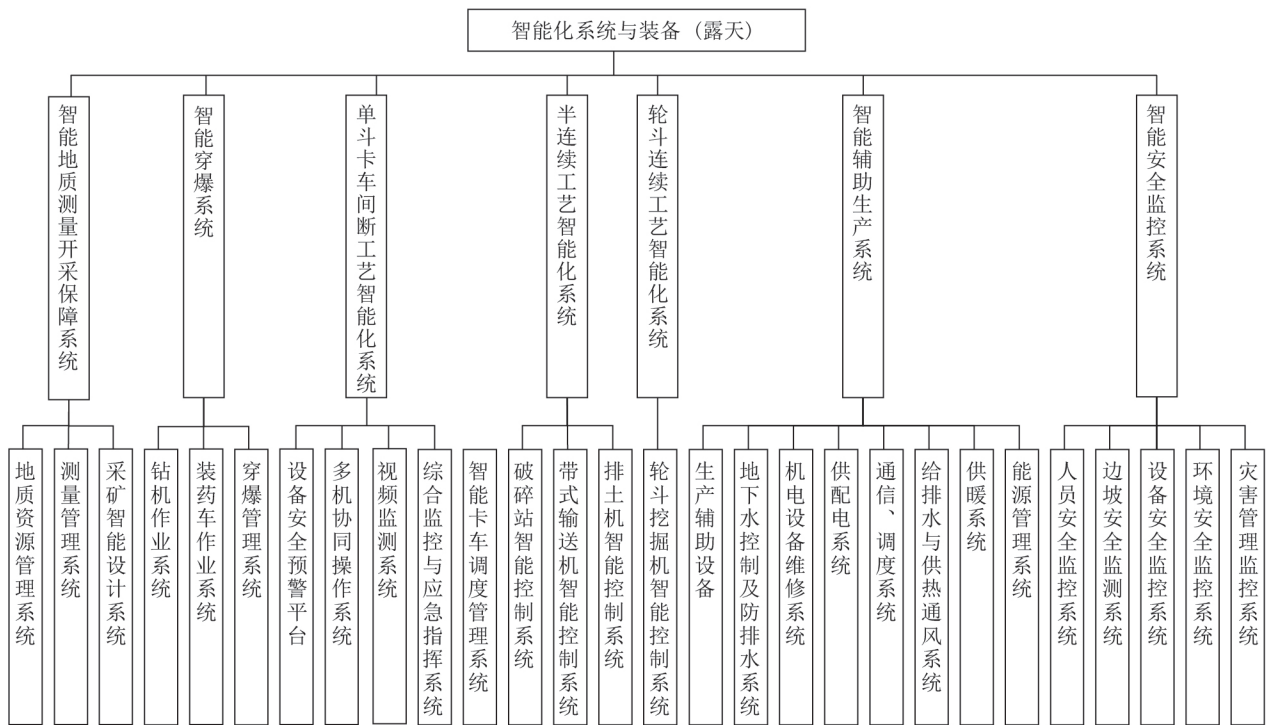


图5 智能化系统与装备(露天)子体系框架

的系统装备。本部分主要包括破碎站智能控制系统、带式输送机智能控制系统、排土机智能控制系统等方面标准。

轮斗连续工艺智能化系统标准：采用连续工艺系统的露天煤矿可通过轮斗连续工艺智能化系统实现采、运、排环节的连续作业，提高露天煤矿自动化、智能化水平，逐步实现无人操作。本部分主要包括轮斗挖掘机智能控制系统方面的标准。

智能辅助生产系统标准：根据露天煤矿水文地质条件、开采工艺系统，采用自动控制、人工智能等技术，应用先进工业控制软件，实现自动控制、自主运行、无人值守的各辅助生产系统。本部分主要包括生产辅助设备、地下水控制及防排水系统、机电设备维修系统、供配电系统、通信调度系统、给排水与供热通风系统、供暖系统、能源管理系统等方面标准。

智能安全监控系统标准：主要针对露天煤矿坑下作业人员、边坡稳定、设备运行、环境及灾害等方面，从集成化、系统化的角度出发，将安全生产要素集成和智能化提升，建立完善的主动安全管理保障体系，实现面向“人员-设备-环境-管理”的全方位主动安全管理。本部分主要包括人员安全监控系统、边坡安全监测系统、设备安全监控系统、环境安全监控系统、灾害管理监控系统等方面标准。

(3) 智能洗选系统与装备标准

智能洗选系统与装备标准子体系针对洗选、煤泥制样和装配车等方面主要工艺环节、重要装备、安全防控智能化为标准建设重点，形成洗选全过程智能感知、智能控制、智能管理与智能决策的技术与管理标准。

基础自动化标准：主要针对洗选过程中涉及的设备及仪表监测与保护、生产环节基础自动化、辅助环节自动化等基础环节的自动化系统与设备进行规范。本部分主要包括集中控制系统、视频监控系统、煤质检测分析系统、产量计量系统和辅助系统等方面标准。

智能过程控制标准：智能过程控制主要通过智

能化手段对生产过程、辅助环节、生产保障等方面进行智能化过程控制。本部分主要包括智能排矸、智能重介、智能跳汰、智能浮选、智能浓缩、智能压滤、智能脱粉、智能干选等方面标准。

智能储装运标准：运主要通过智能化手段对煤矿智能化配煤、储煤、装卸、定量装车等涉及的系统及装备进行标准制定。本部分主要包括智能配煤、智能装运等方面标准。

运维保障与管理子体系

(1) 运行维护标准

运行维护管理规范是煤矿智能化技术得到高效应用的保障。全面的运维技术支撑标准建设，利用数据的不断积累和分析应用，进一步提升智能化系统的价值，为煤矿安全高效运行提供不断优化的支撑方案。本部分主要包括共性基础、信息网络平台运维、智能控制系统与装备运维、运行维护保障等方面标准。

(2) 设备状态保持标准

随着煤矿智能化技术发展，对设备的可靠性提出了更高的要求，因此煤矿智能化设备可靠性标准体系亟待建立。煤矿智能化系统可靠性标准包括煤矿设备可靠性建模与分析、煤矿设备可靠性试验技术条件、煤矿设备可靠性设计技术、设备故障诊断监控系统等方面标准。

(3) 生产管理标准

煤矿生产管理包括岗位与工作、生产技术管理数字化、安全预控管理等方面标准。岗位与工作标准主要确定智能化煤矿管理体系下各岗位划分、岗位职责及各类智能化系统的作业规范等，明确智能化煤矿的管理体系和人员要求，实现关键系统的标准化作业；生产技术管理数字化标准主要针对矿井设计、工艺管理、生产管理等对生产相关的各类管理系统应用数字化软件的技术条件进行标准制定；安全预控管理标准主要针对安全管控过程中涉及的风险管理、隐患排查等管理过程及相配套的智能化系统进行标准制定。

(4) 智能化园区标准

智能化园区针对煤矿工业厂区涉及的煤矿智慧指挥中心、智能仓储系统、绿色能源系统、地表沉降及生态环境监测系统、矿井余热利用系统、矿灯房管理系统、经营管理系统等，为煤矿生产服务的各类专有厂区智能化系统进行规范。

煤矿智能化标准体系建设推进保障措施

(1) 强化统筹协调，加强统筹规划和协调管理，结合部门职责分工，快速有序推进煤矿智能化标准体系建设；统筹行业标准化管理委员会、行业协会、相关企事业单位、社会团体、高等院校及科研院所等各方资源，协同推进煤矿智能化标准的制修订工作。

整合优化完善现有标准化工作组织体系，推进在国家标准化管理委员会体系下整合全国煤炭标准化技术委员会，使之涵盖煤炭领域各方向的分标委会或在政府主管部门领导下成立煤矿数智化标准化技术委员会，理顺各分标委会边界，突出各分标委会的技术优势，提升标准编制的质量，构建保障煤炭行业高质量发展的标准体系。

(2) 创新工作机制，建议建立煤矿智能化标准绿色通道，充分保障标准的及时制定和贯彻实施，满足煤矿智能化快速发展需求，形成标准制修订、宣贯应用、咨询服务和执行监督的闭环管理体系，实行动态更新完善机制，根据煤矿智能化发展的不同阶段，动态修订《煤矿智能化标准体系建设指南》。

以团体标准及时响应创新驱动的需求，发挥团体标准带动现行标准存量改革的作用，先进的新技术新装备先期编制团体标准，技术成熟后，逐步向行业标准、国家标准转变。

(3) 注重支撑引领，强化基础性、关键技术标准和管理标准的制修订，提升煤矿智能化基础能力，大力推进新技术新装备标准研究和制修订工作，从以产品标准为主的标准体系，向基础标准、管理标准、技术标准、方法标准均衡拓展。重点研究突破定位导航、防爆无线充电、井下充换电等安全技术

瓶颈；着力攻关煤矿超高与超长工作面高效综采、复杂条件煤矿巷道快速智能掘进等关键技术，协同技术创新优势企业推进亟需的标准制修订工作，充分发挥标准对煤矿智能化整体技术水平提升的规范和引领作用。

(4) 强化国际交流，结合我国煤矿智能化技术和产业发展情况，加强同IEC、ISO、ITU等相关标准化组织的交流合作，积极推进煤矿智能化标准的国际化工作，加速国际新标准新技术在国内的吸收转化，增加煤矿领域相关标准机构在国际基础通用标准制修订工作中的参与度，提出中国特色的煤矿智能化标准，增强标准主导权和话语权，提升煤炭产业的国际竞争力。

结 语

《煤矿智能化标准体系建设指南》立足于解决实践中的具体问题，引导加快制订煤矿智能化建设过程中亟需的基础标准如智能化设计与建设规范、接口协议与信息交互、数据治理与管理、地理信息数据服务、新型智能传感与控制系统、运行维护与质量评价、煤矿智能化岗位配置标准等，全面提升煤矿智能化建设科学化、规范化水平。《煤矿智能化标准体系建设指南》的发布，标志着煤矿智能化建设进入成果固化阶段。以促进新一代信息技术和煤炭行业深度融合为主线，制定完善相关标准规范，推动建立系统完备、结构合理、衔接配套、科学严谨的煤矿智能化标准体系，切实发挥标准的基础性、引领性作用，是煤炭行业高质量发展的有力支撑。

■ 责任编辑：李金松

作者简介：

第一作者：王国法，中国工程院院士，中国煤炭科工集团首席科学家，《智能矿山》主编。

通讯作者：杜毅博，研究员，现任中煤科工开采研究院有限公司智能开采装备分院研究所所长。E-mail: duyibo@tdkcsj.com

作者单位：中煤科工开采研究院有限公司；
天地科技股份有限公司开采设计事业部