



移动扫码阅读

王国法,杜毅博.煤矿智能化标准体系框架与建设思路[J].煤炭科学技术,2020,48(1):1-9. doi:10.13199/j.cnki.cst.2020.01.001

WANG Guofa, DU Yibo. Coal mine intelligent standard system framework and construction ideas[J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(1): 1-9. doi:10.13199/j.cnki.cst.2020.01.001

## 煤矿智能化标准体系框架与建设思路

王国法<sup>1,2,3</sup>, 杜毅博<sup>1,3</sup>

(1.天地科技股份有限公司 开采设计事业部,北京 100013; 2.中国煤炭科工集团有限公司,北京 100013;  
3.煤炭科学研究总院 开采研究分院,北京 100013)

**摘要:**煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。建立健全煤矿智能化标准体系,强化基础性、关键共性标准的制修订是智能化煤矿建设基础和指南。针对煤矿智能化标准建设仍处于初级阶段,缺乏统筹规划顶层设计,造成交叉规定,规范不明确及重复建设等问题,构建煤矿智能化标准体系框架,提出煤矿智能化标准体系建设路径,为智能化煤矿标准体系完善及技术发展提供参考。首先对煤矿智能化标准体系建设现状及其立项与发展情况进行分析,并通过对比工业互联网标准体系,明确煤矿智能化标准体系建设需求和重点任务;在深入研究煤矿智能化技术架构的基础上构建煤矿智能化标准体系总体框架,包括总体类标准、设计规划类标准、基础设施与平台类标准、煤矿智能化系统类标准、智能装备与传感器类标准、评价及管理类标准、安全与保障类标准7个部分,并分析各类标准研究方向;基于煤矿智能化标准体系框架对其中重点领域研究和标准制定任务进行分析阐述,提出详细的智能化标准建设方案;最终对煤矿智能化标准体系建设的思路 and 关键任务进行分析,明确建设目标和方向,提升煤矿智能化标准的整体支撑作用,促进煤炭产业发展。

**关键词:**智能矿山;标准体系;技术架构;煤矿云与大数据;发展路径

中图分类号:TD67

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2020)01-0001-09

## Coal mine intelligent standard system framework and construction ideas

WANG Guofa<sup>1,2,3</sup>, DU Yibo<sup>1,3</sup>

(1. Coal Mining and Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China;

2. China Coal Technology & Engineering Group Corp., Beijing 100013, China;

3. Mining and Design Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Coal mine intelligence is the core technical support of high quality development of the coal industry. Establishing and improving the intelligent coal mine standard system and strengthening the basic and key common standards are the basis and guide for the construction of intelligent coal mines. At present, the construction of the intelligent standard for coal mine was still in the primary stage, the lack of overall planning for the top-level design caused some problems such as cross-regulations, unclear specification and repeated construction, etc. The framework of a coal mine intelligent standard system was proposed to provide the reference for the intelligent coal mine standard system and the technical development. First of all, the current situation and the project establishment of intelligent standard system for the coal mine were analyzed, and the construction demand and the key tasks of the intelligent standard system were clarified by comparing with the industrial Internet standard system. Based on the in-depth study of the intelligent technical framework of coal mine, the overall framework of coal mine intelligent standard system was constructed and all kinds of standard research directions was analyzed, including overall class standard, design planning standard, infra structure and platform standard, coal mine intelligent system standard, intelligent equipment and sensor standard, evaluation and management standard and safety and security standard. The research directions of various standards were analyzed; the research and standard setting tasks in key areas based on the framework of the coal mine intelligent standard

收稿日期:2019-10-22;责任编辑:赵 瑞

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(51834006);国家重点研发计划资助项目(2017YFC0603005)

作者简介:王国法(1960—),男,山东文登人,中国工程院院士。E-mail: wangguofa@tdkcsj.com

system were also analyzed and elaborated, and a detailed intelligent standard construction plan was proposed, which would clarify the goal and direction of the construction, improve the overall supporting function of the intelligent standard, and ensure the development of the coal mine industry.

**Key words:** intelligent mine; standard system; technical framework; coal mine cloud and big data; development path

## 0 引言

煤矿智能化是煤炭综合机械化发展的新阶段,是煤炭生产方式和生产力革命的新方向,是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑<sup>[1-2]</sup>。煤矿智能化建设是一个多学科交叉融合的复杂问题,是涉及多系统、多层次、多技术、多专业、多领域、多工种相互匹配融合的复杂巨系统<sup>[3]</sup>。当前煤矿智能化发展尚处于初级阶段<sup>[4-8]</sup>,其发展理念和技术体系还不够成熟,各研究机构及厂商均按照各自的设计思路和技术路线进行研究,造成通信协议、数据接口难以统一,装备与控制、通信无法有效配套融合,形成信息壁垒<sup>[2]</sup>。构建和完善煤矿智能化标准体系,将从根本上梳理煤矿智能化的技术路线并进行顶层设计,同时,对建设过程中的对象进行标准化,有利于统一智能化煤矿的建设思路,实现高端数据融合,促使大数据、人工智能等技术在煤矿落地。

现有煤矿相关标准主要针对各关键设备基本安全与生产要求进行制定,少有对相关智能化系统进行标准制定;各大企业及研究机构对煤矿智能化的部分设计及系统制定了相应的国标、行标和企标,但是这些标准未能全面考虑智能化煤矿总体建设体系,因此具有一定的片面与局限性。综上所述,目前我国煤矿智能化相关标准研究还处于初级阶段。笔者在详细分析煤矿智能化标准现状的基础上,构建煤矿智能化标准体系框架,提出煤矿智能化标准体系建设路径,为智能化煤矿标准体系完善及技术发展提供参考。

## 1 煤矿智能化标准发展现状

### 1.1 煤矿智能化标准体系建设现状

1) 煤矿智能化标准现状。现行煤矿相关国家标准不足 100 项<sup>[9-10]</sup>,煤矿行业标准(MT) 1 400 余项主要对于煤矿的一般术语、安全生产、关键设备的通用要求进行规定。随着云计算、大数据、人工智能、物联网等技术的快速发展,煤矿行业迎来产业变革,煤炭行业相关部门开始逐步发布相关标准,见表 1。目前已发布标准发布量较少,主要针对智能化煤矿的基本架构及设计要求进行规定,通过调研发现

其影响力、应用情况不佳。

表 1 国家各级部门发布智能化煤矿标准概况<sup>[10]</sup>

Table 1 State departments at all levels issued an overview of intelligent coal mine standards

标准级别	智能化煤矿相关标准	
	标准编号	标准名称
国家标准	GB/T 34679—2017	智慧矿山信息系统通用技术规范
	GB/T 51272—2018	煤炭工业智能化矿井设计标准
行业标准	AQ 6201—2019	煤矿安全监控系统通用技术要求
	MT/T 1169—2019	矿井感应通信系统通用技术条件
地方标准	山西省 DB14/T 1725—2018	数字煤矿数据字典

2) 煤矿智能化标准立项与发展。随着煤矿智能化技术的发展,作为智能化煤矿建设基础和指南的标准体系建设成为煤炭行业发展的亟需。行业相关部门均对煤矿智能化相关标准进行立项,以明确智能化煤矿建设方向,促进行业信息资源有效利用。笔者对国家能源局等部门标准立项计划进行分析整理<sup>[11-13]</sup>,目前有关煤矿智能化的相关标准计划主要针对其相关的关键技术及数据通信接口进行规范,其相互之间存在边界及范围交叉等情况,因此,亟需从顶层规划煤矿智能化标准体系框架,规范煤矿智能化标准的制定,提高智能化煤矿建设效率和质量。煤矿智能化相关标准计划见表 2。

3) 其他行业智能化标准发展。其他行业的智能化标准体系的制定对于煤矿智能化标准的研究具有重要的借鉴作用。以工业互联网产业联盟为核心发布的工业互联网标准体系为新一代信息技术的应用提供了标准体系基础。在此情况下,智慧城市<sup>[14]</sup>、智能制造、智慧林业<sup>[15]</sup>等均根据自身的业务需求,对其总体建设框架进行设计,为其行业发展提供完善的参考依据。

### 1.2 煤矿智能化标准体系建设需求

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。煤矿智能化标准将煤矿智能化建设过程中涉及的关键技术、装备、行为及衍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,提升智能化煤矿建设的效率和质量。

表 2 煤矿智能化相关标准计划概况<sup>[11-13]</sup>

Table 2 Overview of relevant standard plan for intelligent coal mine

立项单位	煤矿智能化标准名称
国家能源局	矿山物联网交互协议标准
	煤矿智能供电系统技术导则
	煤矿物联网融合通信网络通用网关技术条件
	智能化无人综采工作面设计规范
	智能化无人综采工作面验收规范
	矿山机电设备通信接口和协议
中国煤炭工业协会	井工煤矿数字化矿山建设
	面向智能开采的煤矿地测保障系统数据采集和处理
	面向智能开采的煤矿分布式协同“一张图”(二维和三维)和大数据分析数据处理和服务标准
	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
	智能刮板输送机性能要求
	煤矿综采工作面智能化控制系统技术条件
中国煤炭学会	综采集成供液系统技术条件
	矿用光纤光栅多参数监测装置
	煤矿智能化综采工作面分类、分级达标条件
	煤矿智能化矿井分类、分级达标条件
	煤矿物联网标识编码规范
	矿井生产过程综合信息语义描述规范
	煤炭精准开采地质条件评价技术规范

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矿具有广阔应用空间。智能化煤矿实现持续发展,亟需统一技术体系,实现深度互联互通,其基础是建立统一的标准体系,具体体现在以下方面:

- 1)煤矿智能化相关概念混淆,缺乏统一的术语标准。
- 2)煤矿智能化相关企业各自为政,亟需统一制定技术架构、设计标准和配套规范,指导煤矿企业进行智能化煤矿建设。
- 3)智能化煤矿各子系统缺乏统一的通信标准,各系统信息难以进行集成。
- 4)煤矿各子系统智能化水平发展迅速,亟需相关标准指导、规范相关功能和安全要求。

5)煤矿互联网平台研究处于起步阶段,煤矿工业大数据、边缘计算等技术亟需数据规范。

6)随着煤矿智能化技术发展,煤矿信息安全成为煤矿安全的重要方面,亟需标准规范。

7)智能化煤矿应进行分类分级建设,亟需指导系统工程建设的相关评价标准。

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,其建设过程是随着煤矿智能化技术不断发展迭代更新的过程,因此必须保证其技术标准体系具有体系性、继承性和前瞻性,需组织专业技术人员进行顶层规划,确定各标准的边界范围以及适应性,尤其对于煤矿地质条件进行分级分阶段分析,避免重复规范和过度标准化,确保智能化相关技术在煤矿得到有效应用。

2 煤矿智能化标准体系总体框架

2.1 智能化煤矿技术架构

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、分选供应成为有机整体,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<sup>[16]</sup>。智能化煤矿以综合管控平台和云数据中心为核心,构建煤矿安全高效信息网络及精准位置服务系统,4D-GIS 透明地质模型及动态信息系统,智能化无人工作面协同控制系统,智能化运输管理系统,智能化快速掘进系统,煤矿井下环境感知及安全智能管控系统,矿井全工位设备设施健康智能管理系统,地面洗运销智能化控制系统八大智能化系统。智能化煤矿总体技术架构如图 1 所示。

2.2 煤矿智能化标准体系框架

在分析煤矿智能化技术体系的基础上,梳理煤炭生产各环节智能化技术应用现状及趋势,构建煤矿智能化标准体系总体框架,包括通用基础标准、支撑技术与平台标准、煤矿信息互联网标准、智能控制系统及装备标准、安全监测及防控装备标准、生产保障标准 6 个部分组成。

1)通用基础标准主要规范煤矿智能化的通用性标准,统一煤矿智能化思想,为其他各部分标准的制定提供支撑。包括基础共性标准、设计类标准及评价类标准等方面。



2) 支撑技术与平台标准主要针对煤矿云计算、大数据和人工智能等前沿技术在煤矿智能化中应用过程中具体实施方式进行规范,指导前沿技术在煤

矿智能化应用中落地。主要包括标识解析标准、大数据平台标准、边云协同标准、软件平台标准等。

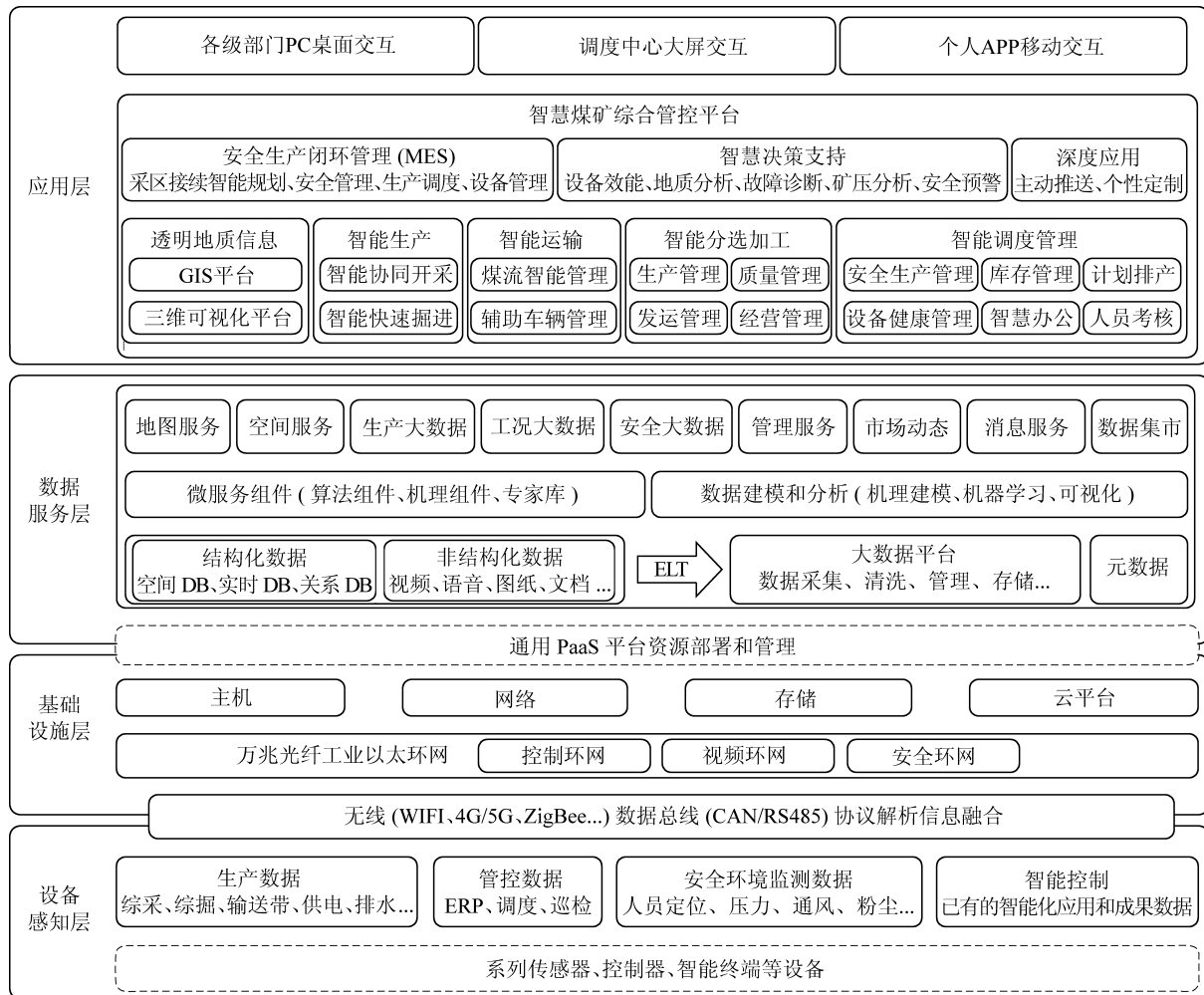


图 1 智能化煤矿总体技术架构

Fig. 1 Overall technical framework of intelligent coal mine

3) 煤矿信息互联网标准主要针对矿井特殊环境高效信息网络体系架构及关键技术进行规范。主要包括煤矿信息网络标准、煤矿通信网络标准、煤矿定位网络标准、煤矿信息安全标准等。

4) 智能控制系统及装备标准主要针对煤矿生产控制涉及的智能化关键装备及核心传感器等进行规范,包括综采工作面智能化系统及装备技术标准、综掘工作面智能化系统及装备技术标准、运输智能化系统及装备技术标准、供电智能化系统及装备技术标准、分选智能化系统及装备技术标准、煤矿机器人技术标准及新型共性关键传感器技术标准。

5) 安全监测及防控装备标准主要针对井下环境、人员、设备安全监控系统及关键防控装备进行规范,包括地质环境监测技术标准、通防安全监控技术标准、电气设备安全监控技术标准、人员安全监控技术标准、应急管理救援智能化技术标准等。

6) 生产保障标准规范保障煤矿安全高效生产涉及的设备可靠性、生产决策管理规范等,包括设备可靠性标准、融合决策标准及管理类标准等。煤矿智能化标准体系框架如图 2 所示。

### 3 重点标准化领域和方向

#### 3.1 通用基础标准

煤矿智能化通用基础标准主要包括基础共性标准、设计类标准、评价类标准等方面的标准。

1) 基础共性标准:一是制定术语和定义,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;二是制定参考模型标准,制定煤矿智能化体系架构,明确和界定煤矿智能化的对象、边界以及各部分的层级关系和内在联系;三是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。

2) 设计类标准: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的设计。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主要生产环节综采、综掘、主运等智能化建设进行规范;智能化煤矿生产保障类设计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类标准主要针对煤

矿地面的洗运销,智能中心,智慧园区的建设进行规范。

3) 评价类标准:受其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的实施指南。

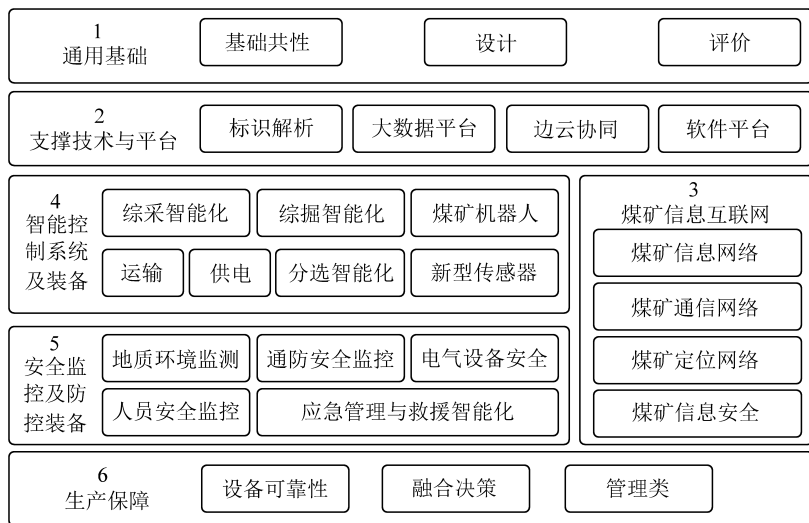


图2 煤矿智能化标准体系框架

Fig. 2 Standard system framework of intelligent coal mine

### 3.2 支撑技术与平台

支撑技术与平台标准包括标识解析、大数据平台、边云协同及应用平台等方面。

1) 标识解析标准:一方面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通信协议以及标识编码在二维码、射频标识标签存储方式等标准;另一方面规范设备之间、数据之间的通信及交互协议,确保实现煤矿万物互联,包括实现方式、交互协议、数据互认等标准。

2) 大数据平台标准:大数据平台标准主要包括数据采集标准、数据资产管理、数据处理与分析、数据仓库及数据服务等方面的标准。数据采集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;数据资产管理对煤矿大数据主数据管理、元数据管理等方面进行规范;数据处理与分析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等标准;数据仓库及数据服务规范大数据存储服务、大数据可视化服务、数据建模及数据开发、数据共享等标准。

3) 边云协同标准:边云协同标准主要包括煤矿云计算、边缘计算及边云协同管理等方面的标准。主要包括云计算虚拟化标准、边缘云、边缘网关及控制设备、能力开放标准、边云之间的协同管理等方面内容。

4) 软件平台标准:软件平台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,包括煤矿地理信息系统相关标准、煤矿三维可视化应用开发方式等方面进行具体规范。

### 3.3 煤矿信息互联网

煤矿信息互联网标准主要包括煤矿信息网络、煤矿通信网络、煤矿定位网络及煤矿信息安全等方面。

1) 煤矿信息网络标准:信息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网络组网技术标准,实现网络互联,业务互联,设备互联。包括矿井工业以太网总线、煤矿无线网络、基站及接入设备、煤矿物联网等方面。

2) 煤矿通信网络标准:煤矿通信网络标准主要提出满足生产需求高可靠的调度通信系统相关的技术要求。包括通信系统功能和相关通信基站及接入设备等方面的标准。

3) 煤矿定位网络标准:煤矿定位网络标准包括矿井高精度定位系统、矿井电子地图、位置服务接入规范等3个方面。其中矿井定位系统对井下狭长空间定位系统的关键技术、性能指标、定位基站的布设方式进行规范;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;位置服务接入规范对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。

4) 煤矿信息安全标准:信息安全标准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。

### 3.4 智能控制系统及装备标准

智能控制系统及装备标准主要包括综采智能化系统及装备、综掘智能化系统及装备、运输智能化系统及装备、供电智能化系统及装备、分选智能化系统及装备、煤矿机器人及新型共性关键传感器等方面。

1) 综采工作面智能化系统及装备技术标准针对综采工作面采煤机、液压支架、刮板输送机、泵站等设备的智能化系统及关键技术装备进行规范。

2) 综掘智能化系统及装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。

3) 运输智能化系统及装备标准包括煤流运输智能化系统、辅助运输智能化系统及提升智能化系统等。煤流运输智能化系统及装备针对煤流运输过

程中的关键监测系统及智能调速系统等进行规范;辅助运输智能化系统及装备技术标准主要针对辅助运输涉及的胶轮车、单轨吊、齿轨车等,实现智能化驾驶涉及的关键系统及装备进行技术规范;提升智能化装备对于矿井提升系统实现安全智能化运行涉及的关键系统及装备进行技术规范。

4) 供电智能化系统及装备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进行规范。

5) 分选智能化系统及装备主要针对煤炭综合加工过程中涉及的相关智能化系统及装备进行规范。包括分选智能化系统,煤泥制样智能化系统,配煤装车智能化系统等。

6) 煤矿机器人标准一方面对于煤矿机器人基础共性技术,包括煤矿机器人长时供电与馈电管理、SLAM 地图构建、机器人协同控制等技术进行规范;另一方面对于煤矿各类机器人的性能指标,技术要求,检验规则等进行规范。

7) 共性关键传感器标准主要针对煤矿新型关键传感技术及装备进行规范,包括煤矿机器视觉、激光点云扫描、光纤光栅等新型技术及系统等性能、检验规则等进行规范。

### 3.5 安全监控及防控装备标准

安全监控及防控装备标准主要包括地质环境监测、通防安全监控、电气设备安全监控、人员安全监控、应急管理及救援智能化系统等方面。

1) 地质环境监测系统标准主要针对煤矿地质环境涉及的顶板监测系统、冲击地压监测系统、矿山水文监测系统,以及实现矿山精细描述的探测系统相关的性能指标、技术条件、检验规范等制定标准。

2) 通防安全监控系统标准主要对煤矿安全生产过程中涉及的智能化通风与压风监控系统、瓦斯监测系统、矿井排水监控系统、矿井水处理系统、矿井防灭火监控系统、矿井防尘监控系统等,与环境安全监测相关的控制系统、装备、监测系统等的技术条件,性能指标,检验规范等进行标准制定。

3) 电气设备安全监控系统标准:一方面研究起草井下开关控制设备继电保护配置、漏电预防与保护接地、矿井供配电网电能质量与治理,以及井下输配电设备安全要求等方面的技术标准;另一方面研究起草井下不同场所、区域电磁环境典型限值,不同类型设备电磁辐射与电磁敏感度的要求等方面的技术标准。

4) 人员安全监控系统标准:为保证煤矿井下工



人的安全,对于其人员安全监控系统涉及的单兵智能穿戴(包括增强头盔、生命体征检测马甲等),动目标运维(矿井电子围栏等)以及安全环境区域协调与决策系统等方面的技术条件、性能指标等进行技术标准规范。

5)应急管理及救援智能化系统标准主要针对应急管理及救援过程中涉及的应急避险系统、压风自救系统、供水施救系统、应急通信系统等,系统实现智能化过程中涉及的技术条件、性能指标及试验方法进行规范。

### 3.6 生产保障标准

生产保障标准主要包括设备可靠性标准、融合决策标准、智能化系统管理规范等方面。

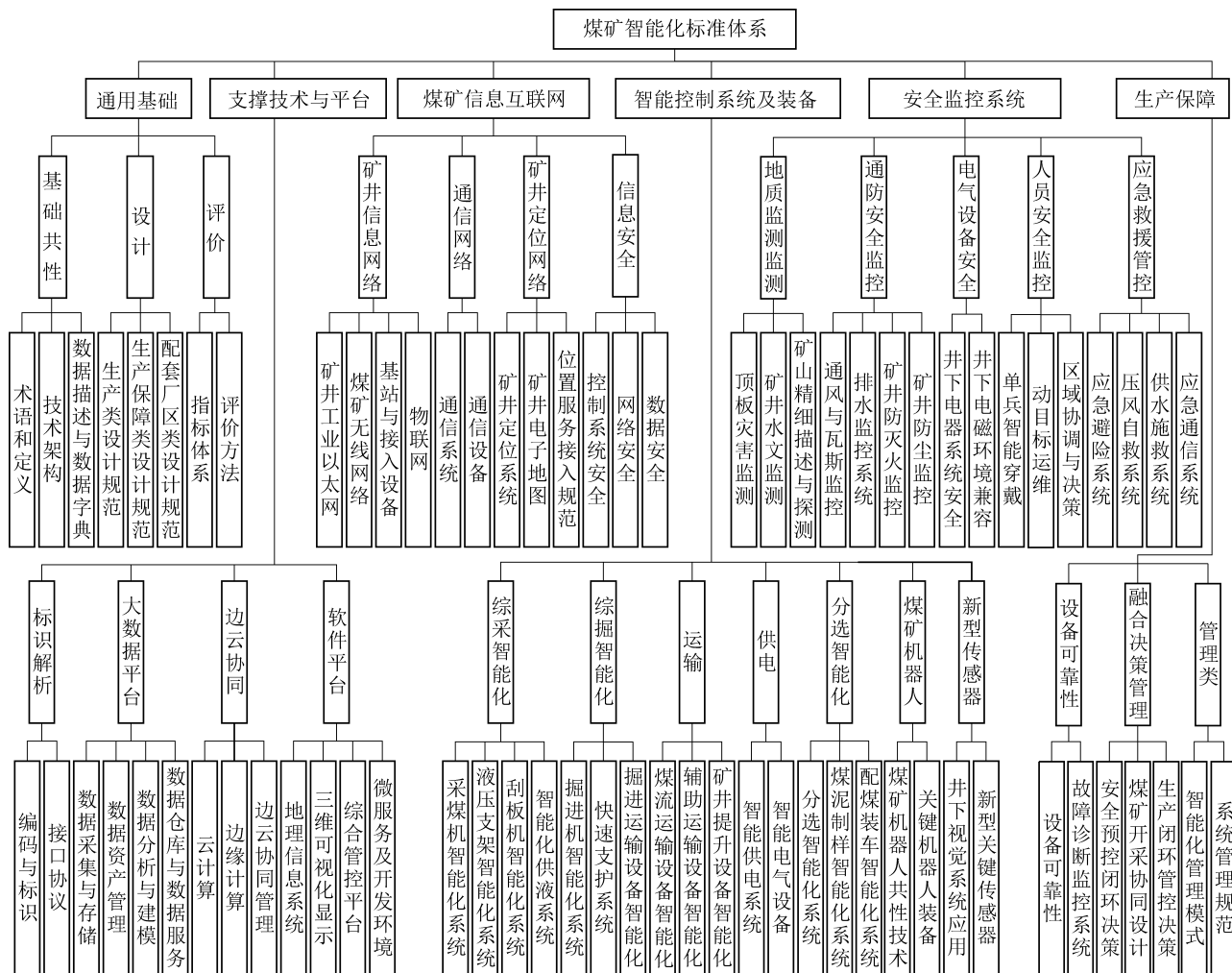
1)设备可靠性标准:随着煤矿智能化技术发展,对于其设备的可靠性提出更高的要求,因此煤矿智能化设备可靠性标准体系亟待建立。煤矿智能化系统可靠性规范包括煤矿设备可靠性建模与分析规范,煤矿设备可靠性试验技术条件,煤矿设备可靠性

设计技术标准,设备故障诊断监控系统等。

2)融合决策管理标准:随着煤矿信息融合与移动互联技术应用深入,对生产计划(ERP)、生产执行(MES)、生产过程控制(ACS)产生的数据形成数据仓库,实现多信息多维度在线分析、挖掘和可视化表示,在此过程中基于上述数据融合实现多维分析决策与闭环管控成为发展方向。因此需针对相关融合决策管理相关技术进行规范,以指导关键技术落地与保证生产安全。融合决策管理标准主要包括安全预控闭环决策、煤矿开采协同设计、物资智能调度决策、煤矿生产闭环管控决策等方面。

3)煤矿智能化系统管理规范是煤矿智能化技术得到高效应用的保障。由于智能化技术应用过程中带来的管理模式、人员素质、工作流程均提出新的变革要求,因此在煤矿智能化建设初期急需对各环节的管理模式进行规范。包括对于总体煤矿智能化的管理模式以及各智能化系统应用管理规范。

煤矿智能化标准体系如图3所示。



## 4 煤矿智能化标准体系建设任务

建立科学合理的煤矿智能化标准体系,有助于开展智能化煤矿标准化的顶层设计和总体布局,有利于判断和明确智能化煤矿的标准化方向和重点,对于促进煤矿智能化技术的发展具有重要意义。目前,煤矿智能化标准建设仍处于初级阶段,各煤矿单位从不同的渠道制定相关标准,致使标准体系混乱,界限范围不清,因此亟需统一思想,规范标准体系,顶层规划。通过分析,笔者认为煤矿智能化标准体系建设的关键任务包括:

1)组建总体标准规划组,设立煤矿智能化标准体系建设专项,统筹规划。根据工业互联网、智能制造标准体系建设的经验,亟需构建煤矿智能化标准总体制定组织,以组织煤矿行业专家、大型煤矿集团、煤矿技术研究机构、煤矿装备制造厂商、煤矿各系统供应商等共同参与,结合各方力量,明晰建设的目标与方向。

2)加强基层共性标准建设,立足煤矿智能化技术水平,分步实施。加快煤矿智能化建设术语、通信传输协议、数据存储、数据融合管理,智能化煤矿评价标准等领域的技术规范与标准制修订。煤矿智能化标准是与工业互联网标准体系一脉相承的,应在工业互联网标准体系的基础上分析煤矿特殊环境影响,构建煤矿智能化体系。

3)协调规划,确定边界。加强相关专业领域标准之间、行业标准与国家标准之间的协调;确定各标准边界范围,避免交叉规范;建立煤矿智能化标准一致性、符合性检测体系和技术平台,确保标准体系的科学性、有效性和前瞻性。

4)需求牵引,试点示范。标准体系建设工作应与智能化煤矿试点示范工作密切结合,通过试点示范发现最佳实践,挖掘标准化需求,总结先进的技术、产品、管理和模式,采用标准的形式固化试点示范的成果,并在全行业推广。另一方面根据矿井煤层赋存条件、建设条件、生产目标、效益要求等,提出智能化煤矿建设评价指标体系,对煤矿智能化试点示范的成效开展评价,切实推动并提升煤矿智能化发展水平。

5)加强标准宣贯,构建标准闭环管理体系。构建煤矿智能化标准评价体系及推广策略,加强煤矿智能化系统、产品和服务的行业准入管理,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。

## 5 结 语

建设智能化煤矿是煤炭工业的战略方向,是煤矿高质量发展的必由之路。煤矿智能化标准体系是煤矿智能化产业发展的引导性纲领,是加快新一代信息技术与煤炭产业深度融合的基础。煤矿智能化标准处于初级阶段,但发展迅速。目前已开始对技术较为成熟的重点技术与装备展开标准制定工作。但煤矿智能化标准体系建设落后于煤矿智能化技术发展,煤矿智能化标准制定缺乏统筹规划顶层设计,易造成交叉规定,规范不明确及重复建设等情况。笔者在深入分析煤矿智能化技术体系架构和煤矿智能化标准现状的基础上,提出煤矿智能化标准体系框架,并对其重点领域标准进行规划。煤矿智能化标准体系建设是一项复杂的系统工程,应在统筹规划、需求牵引、立足实际、开放合作的原则指导下,不断迭代更新,才能提升标准对于智能化煤矿的整体支撑作用,为产业发展保驾护航。

### 参考文献(References):

- [1] 王国法,刘峰,庞义辉,等.煤矿智能化:煤炭工业高质量发展的核心科技支撑[J].煤炭学报,2019,44(2):349-357.  
WANG Guofa, LIU Feng, PANG Yihui, et al. Coal mine intellectualization; the core technology of high quality development [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(2): 349-357.
- [2] 王国法,刘峰,孟祥军,等.煤矿智能化(初级阶段)研究与实践[J].煤炭科学技术,2019,47(8):1-36.  
WANG Guofa, LIU Feng, MENG Xiangjun, et al. Study and practice of intelligent coal mine (primary stage) [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(8): 1-36.
- [3] 王国法,王虹,任怀伟,等.智慧煤矿2025情景目标和发展路径[J].煤炭学报,2018,43(2):295-305.  
WANG Guofa, WANG Hong, REN Huaiwei, et al. 2025 scenarios and development path of intelligent coal mine [J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(2): 295-305.
- [4] 范京道.煤矿智能化开采技术创新与发展[J].煤炭科学技术,2017,45(9):65-71.  
FAN Jingdao. Innovation and development of intelligent mining technology in coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(9): 65-71.
- [5] 王国法,赵国瑞,任怀伟.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].煤炭学报,2019,44(1):34-41.  
WANG Guofa, ZHAO Guorui, REN Huaiwei. Analysis on key technologies of intelligent coal mine and intelligent mining [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(1): 34-41.
- [6] 毛善君.“高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J].煤炭学报,2014,39(8):1572-1583.  
MAO Shanjun. Strategic thinking and key technology of informati-



- zation construction of high-tech coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(8): 1572-1583.
- [7] 葛世荣, 王忠宾, 王世博. 互联网+采煤机智能化关键技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(7): 1-9.  
GE Shirong, WANG Zhongbin, WANG Shibo. Study on key technology of internet plus intelligent coal shearer[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(7): 1-9.
- [8] 吕鹏飞, 何敏, 陈晓晶, 等. 智慧矿山发展与展望[J]. 工矿自动化, 2018, 44(9): 84-88.  
LYU Pengfei, HE Min, CHEN Xiaojing, *et al.* Development and prospect of wisdom mine[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(9): 84-88.
- [9] 谭章禄, 马营营, 郝旭光, 等. 智慧矿山标准发展现状及路径分析[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(3): 27-34.  
TAN Zhanglu, MA Yingying, HAO Xuguang, *et al.* Development status and path analysis of smart mine standards[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 27-34.
- [10] 佚名. 国家标准信息公共服务平台[EB/OL]. [2018-12-21]. <http://www.std.gov.cn/.national public service platform for standards information>.
- [11] 佚名. 国能综通科技[2018]100号[EB/OL]. [2019-08-10]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/auto83/201807/t20180720\\_3213.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/auto83/201807/t20180720_3213.htm).
- [12] 佚名. 中国煤炭学会团体标准立项计划[EB/OL]. [2019-09-18]. <http://www.chinacs.org.cn/news/2252.html>.
- [13] 佚名. 中国煤炭工业协会团体标准制定计划[EB/OL]. [2019-07-15]. <http://www.coalchina.org.cn/detail/19/07/15/00000021/content.html? path = 19/07/15/00000021>.
- [14] 国家智慧城市标准化总体组. National intelligent city standard group [EB/OL]. [2019-08-21]. <http://www.smcstd.cn/index!index.action>.
- [15] 李世东. 智慧林业标准规范[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018: 5-13.
- [16] 王国法, 杜毅博. 智慧煤矿与智能化开采技术的发展方向[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(1): 1-10.  
WANG Guofa, DU Yibo. Development direction of intelligent coal mine and intelligent mining technology [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(1): 1-10.
- [17] 张建明, 郑厚发, 石晓红. 中国煤矿技术标准体系构建与应用[J]. 中国煤炭, 2017, 43(5): 5-9.  
ZHANG Jianming, ZHENG Houfa, SHI Xiaohong. Construction and application of technical standard system for China's coal mines [J]. China Coal, 2017, 43(5): 5-9.
- [18] 胡凌风. 煤炭企业信息化标准体系构建研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2016: 43-65.
- [19] 毛善君, 杨乃时, 高彦清, 等. 煤矿分布式协同“一张图”系统的设计和关键技术[J]. 煤炭学报, 2018, 43(1): 280-286.  
MAO Shanjun, YANG Naishi, GAO Yanqing, *et al.* Design and key technology research of coal mine distributed cooperative “one map” system[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(1): 280-286.
- [20] 丁恩杰, 赵志凯. 煤矿物联网研究现状及发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.  
DING Enjie, ZHAO Zhikai. Research advances and prospects of mine Internet of Things [J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(4): 1-5.