

ICS 73.100.02

D 04

TB

中国煤炭学会团体标准

T/CCS 002—2020

智能化采煤工作面分类、分级技术条件与评价指标体系

Specification, Classification and Grading Evaluation Index for Longwall Face of Smart Coal Mine

2020 - 10 - 10 发布

2020 - 11 - 01 实施

中国煤炭学会 发布

目 次

| | |
|------------------------------|----|
| 前言 | I |
| 引言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 技术要求 | 3 |
| 4.1 基本要求 | 3 |
| 4.2 系统配套技术要求 | 8 |
| 5 智能化开采模式及条件分类 | 9 |
| 5.1 智能化开采模式 | 9 |
| 5.2 分类指标 | 9 |
| 5.3 分类方法 | 10 |
| 6 采煤工作面智能化水平评价 | 11 |
| 6.1 级别名称 | 11 |
| 6.2 智能化采煤工作面评价指标体系 | 11 |
| 6.3 智能化采煤工作面分级评价原则 | 12 |
| 6.4 智能化采煤工作面级别评价方法 | 13 |
| 7 智能化采煤工作面分类、分级评价方式与流程 | 31 |
| 7.1 评价方式 | 31 |
| 7.2 评价流程 | 31 |
| 7.3 评价报告 | 32 |
| 附录 A | |

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》规则起草。

本文件的附录A为规范性附录。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由煤矿智能化创新联盟提出。

本文件由中国煤炭学会归口。

本文件起草单位：中国煤炭科工集团有限公司、中煤科工开采研究院有限公司、国家能源集团有限公司、山东能源集团有限公司、陕西陕北矿业有限责任公司、陕西延长石油矿业有限责任公司、华能煤业有限公司、中煤科工集团常州研究院有限公司、安徽理工大学、山东科技大学、中国矿业大学(北京)、西安科技大学、辽宁工程技术大学

本文件主要起草人：王国法、刘峰、徐亚军、任怀伟、庞义辉、张金虎、赵国瑞、杜毅博、张德生、孟祥军、范京道、吴群英、李伟东、李全生、王春刚、封华、薛忠新、孙希奎、亓玉浩、黄书祥、陈洪月、王开松、陈晓晶、李明忠、牛艳奇、马英、杜尚宇、张强、张坤、张旭辉、曹现刚、商德勇。

本文件首次发布。

引 言

煤矿智能化是煤矿综合机械化发展的新阶段，是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。煤矿智能化开采是新时期煤炭开采的主要发展方向，已成为行业必然的发展趋势。我国不同区域煤炭地质赋存条件、生产技术条件和区域经济社会发展要求具有多样性、差异性和复杂性，煤矿智能化开采既要有统一的目标和要求，又要因地制宜科学发展。本文件基于煤矿智能化开采实践，总结了我国数以百计的不同条件采煤工作面智能化开采经验，并广泛参考了相关技术标准化文件。

本文件考虑了以下情况：

- 煤矿所在区域、建设规模、煤层地质及赋存条件、生产技术条件等的不平衡性；
- 煤矿开采过程各环节、各设备等全过程的关联性；
- 各指标要素对煤矿智能化开采影响程度的差异性。

执行本文件的前提条件：

- 煤矿已取得相关的建设和安全生产许可；
- 进行了规范的智能化开采工作面总体配套设计和系统建设；
- 工作面开采实现了基本的智能化运行。

智能化采煤工作面分类、分级技术条件与评价指标体系

1 范围

本文件规定了智能化采煤工作面的术语和定义、技术要求、智能化开采模式及条件分类、智能化水平分级及评价。

本文件适用于井工煤矿智能化长壁综采和综放工作面。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

- GB/T 20815 视频安防监控数字录像设备
- GB/T 28518 煤矿用阻燃通信光缆
- GB/T 30147 安防监控视频实时智能分析设备技术要求
- GB/T 34679 智慧矿山信息系统通用技术规范
- GB/T 35060.1 滚筒采煤机通用技术条件 第1部分：整机
- GB/T 37611 综采综放工作面超前支护系统技术条件
- GB/T 37768 中厚煤层综采工作面总体配套技术条件
- GB/T 37806 薄煤层综采工作面总体配套技术条件
- GB/T 37808 综采综放工作面常规供电系统设计规范
- GB/T 37809 大倾角综采工作面总体配套技术条件
- GB/T 37810 大采高综采工作面总体配套技术条件
- GB/T 37811 综采放顶煤工作面总体配套技术条件
- GB/T 37812 大倾角综放工作面总体配套技术条件
- GB/T 37815 综采综放工作面智能降尘系统技术条件
- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备
- GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的的设备
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50215 煤炭工业矿井设计规范
- GB/T 50417 煤矿井下供配电设计规范
- GB 50533 煤矿井下辅助运输设计规范
- GB 50536 煤矿综采采区设计规范
- GB 51024 煤矿安全生产智能监控系统设计规范
- GB 51179 煤矿井下煤炭运输设计规范
- GB/T 51272 煤炭工业智能化矿井设计标准
- MT/T 899 煤矿用信息传输装置
- MT/T 1007 矿用信息传输接口
- MT/T 1081 矿用网络交换机

MT/T 1004 煤矿安全生产监控系统通用技术条件
 MT/T 1116 煤矿安全生产监控系统联网技术要求
 MT/T 1130 矿用现场总线
 MT/T 1131 矿用以太网
 AQ 6201 煤矿安全监控系统通用技术要求
 《煤矿安全规程》(2016)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能化采煤工作面 smart mining face

应用物联网、云计算、大数据、人工智能等先进技术,使工作面采煤机、液压支架、输送机(含刮板输送机、转载机、破碎机、可伸缩带式输送机)及电液动力设备等形成具有智能感知、智能决策和自动控制运行功能,实现工作面落煤(截割或放顶煤)、装煤、运煤、支护等作业工况自适应和工序协同控制开采的采煤工作面。

3.2

智能化采煤工作面生产系统 smart mining main face production system

以落煤、运输、支护、控制、通讯、喷雾、供液、供电等直接进行工作面智能化采煤作业的子系统集成,包括:智能割煤子系统、智能支护子系统、智能运输子系统、智能控制子系统、网络通讯子系统、智能视频子系统、智能喷雾降尘子系统、智能供液子系统、智能巡检子系统、智能供电子系统。

3.3

智能化采煤工作面辅助生产系统 smart mining face aided production system

为工作面采煤作业提供照明、语音和安全保证的子系统集成,包括:工作面照明子系统、工作面语音子系统、工作面通风和防灭火监控子系统、工作面智能安全监测子系统。

3.4

工作面智能集控中心 smart centralized control center of mining face

以智能化采煤工作面生产系统和智能化采煤工作面辅助生产系统智能感知数据信息为基础,融合大数据分析,进行工作面设备远程监测和控制,实现采煤工作面生产系统和辅助生产系统协同控制和协调联动的智能控制平台。

3.5

智能化开采模式 smart mining model

以煤层厚度和采高为主要决定因素,结合煤层赋存条件而形成的具有相同或相近开采方法、采煤工艺、配套模式、控制方式和智能决策逻辑的开采方式。

3.6

智能控制系统 smart control system

根据开采环境和生产条件变化，自主调整运行参数，对综采设备相关动作进行自动控制的系统。

3.7

自动超前跟机支护 automatic follow-up shear advanced support

在采煤机割煤过程中，位于采煤机前方的4架左右液压支架自动开始不同程度地进行收缩伸缩梁（护帮板）等相关动作，距离采煤机最近的液压支架收缩动作幅度最大，距离采煤机最远的液压支架收缩动作幅度最小。

4 技术要求

4.1 基本要求

4.1.1 智能化采煤工作面应有总体设计和地质保障准备，选择合适的智能化开采模式，煤层地质条件应满足 GB 50215、GB 50536 相关要求。

4.1.2 智能化采煤工作面装备和生产工艺应按照智能化要求进行设计，相关要求应符合 GB/T 34679、GB/T 51272 的规定。

4.1.3 智能化采煤工作面各系统及装备应具有智能感知能力，实时感知设备运行工况和开采环境参数，并将感知数据上传到工作面智能集控中心，并能实现预警、预报，相关防爆性要求应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.4 的规定。

4.1.4 智能化采煤工作面宜有智能决策系统，智能决策系统根据煤层赋存条件、环境感知参数、设备运行状态和工作面大数据对采煤工序进行规划，工作面智能集控中心根据智能决策指令对智能化采煤工作面生产系统和辅助生产系统的各子系统进行协同控制和协调联动。

4.1.5 智能化采煤工作面应有智能控制系统，智能控制系统能够对智能化采煤工作面生产系统和辅助生产系统的各设备进行智能控制。

4.1.6 智能化采煤工作面生产系统和辅助生产系统各子系统内的装备应有故障诊断功能，并应实时感知设备运行状态，并具有预警、预报功能，相关防爆性要求应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.4 的规定。

4.1.7 智能化采煤工作面生产系统和辅助生产系统应实现采煤机自动割煤、液压支架自动跟机移架、刮板输送机、转载机、破碎机和带式输送机自动调速及远程监控、超前支架遥控控制、智能喷雾降尘、供液系统自动控制、带式输送机自移机尾、视频图像自动跟机切换，达到工作面无人操作、有人巡视的智能化生产目的，相关要求应符合 GB/T 20815、GB 50215、GB 50536 的规定。

4.1.8 智能化采煤工作面生产系统应符合下述规定。

4.1.8.1 智能割煤子系统应符合下列要求：

- a) 采煤机应具备运行工况及姿态检测、机载无线遥控、精准定位、记忆截割、“三角煤”机架协同控制割煤、远程控制、故障诊断和环境安全瓦斯联动控制等功能,应向工作面智能集控中心提供控制接口,并将运行状态实时上传到工作面智能集控中心,实现在工作面智能集控中心对采煤机实时远程监测与控制,和地面监控中心对采煤机实时远程监测;同时工作面智能集控中心应向采煤机提供液压支架、刮板输送机、带式输送机和工作面瓦斯浓度等状态信息,相关要求应符合 GB/T 35060.1、GB/T 51272、GB 51024、MT/T 1007 的规定。
- b) 采煤机应配备自动化控制系统,采煤机自动化控制系统应具有自动控制采煤机开机、停机、记忆割煤、闭锁刮板输送机功能,应向工作面智能集控中心开放相关控制权限,实现采煤机的启停、牵引速度和运行方向的远程控制。
- c) 采煤机宜有机载视频、无线通信、直线度感知、智能调高、防碰撞检测等智能感知和与工作面智能集控中心双向通讯功能,实现采煤机的智能控制。
- d) 智能化采煤工作面宜实现煤流平衡控制,按照刮板输送机、带式输送机煤流量进行采煤机割煤速度和液压支架放煤速度控制,实现煤流负荷自动调节。

4.1.8.2 智能支护子系统应符合下列要求:

- a) 液压支架应配备电液控制系统,应实现跟随采煤机自动移架、推溜,具有远程控制、自动补液、自动反冲洗、自动喷雾降尘功能,实时在线监测工作面液压支架立柱支护阻力、推移行程,并将监测数据实时上传到工作面智能集控中心,相关要求应符合 GB/T 34679、GB/T 51272、GB/T 37815 的规定。
- b) 液压支架宜有高度检测、姿态感知、工作面直线度调直、压力超前预警、群组协同控制、自动超前跟机支护等智能感知与控制功能,宜与智能供液系统协同控制,实现液压支架的智能控制。
- c) 大采高液压支架宜有顶板状态实时感知、煤壁片帮预测、伸缩梁(护帮板)防碰撞等智能感知功能。
- d) 放顶煤液压支架应采用割煤智能化结合自动放煤或人工辅助干预进行放煤控制。
- e) 超前支架应配备电液控制系统,具有就地控制与遥控控制功能,宜有状态智能感知和自主行走功能。
- f) 端头支架应配备电液控制系统,具有就地控制与遥控控制功能,应与工作面液压支架联动,实现工作面端头区域安全支护。

4.1.8.3 智能运输子系统应符合下列要求:

- a) 刮板输送设备应具有软启动控制、运行状态监测、链条自动张紧、断链保护、故障诊断、自动控制和远程控制功能,相关要求应符合 GB/T 51272、GB 51179 的规定。
- b) 刮板输送设备应具备与工作面智能集控中心双向通信功能,实时将运行监测数据上传到工作面智能集控中心,实现刮板输送机的远程监测和控制。
- c) 刮板输送设备应有煤流负荷检测功能,实现采、运协同控制。
- d) 带式输送机应具有运行工况监控与综合保护功能,实时监测胶带运行工况,并将堆煤、烟雾、纵撕、跑偏、自动洒水、周边环境等监测信息实时上传到工作面智能集控中心,出现故障时应进行预警联动。

e) 带式输送机煤流运输应顺煤流启动，宜有煤流量监测、异物识别和自动变频速度调节功能，能够根据煤流量大小自动控制带速，实现节能运行。

f) 带式输送机宜配备智能摄像仪，智能摄像仪具有胶带空载、大块煤、人员违规穿越胶带、胶带坐人等特征信息识别功能，实时将识别信息上传到工作面智能集控中心并预警。

g) 带式输送机宜配备自动巡检机器人，自动沿煤流运输路线监测胶带运行状态，实时将监测信息上传到工作面智能集控中心，监测到异常工况时自动预警，并显示预警内容。

4.1.8.4 智能控制子系统应符合下列要求：

a) 工作面智能集控中心和地面监控中心应设置智能控制子系统，工作面智能集控中心应实现集中、就地和远程控制，实现采煤机、液压支架、刮板输送机、破碎机、转载机、带式输送机、乳化液泵站、喷雾泵等协同控制；地面监控中心具备工作面设备“一键启停”功能，宜实现在地面对采煤工作面生产系统远程监控和采煤工作面辅助生产系统远程监视。

b) 智能控制子系统可对采煤工作面刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机进行启停、闭锁控制，能够实时显示设备运行状态与故障报警信息。

c) 智能控制子系统应包括语音通讯控制功能，可对工作面内相关区域和相关操作进行语音通讯。

4.1.8.5 网络通讯子系统应符合下列要求：

a) 智能化采煤工作面有线网络传输速率宜不低于 1000Mbps，单向通信时延不高于 100ms，核心交换机传输速率宜不低于 10000Mbps，相关要求应满足 GB/T 28518、GB/T 51272、MT/T 1081、MT/T 899、MT/T 1130、MT/T 1131 的相关规定。

b) 智能化采煤工作面宜采用标准无线通讯系统，无线通讯带宽不低于 100Mbps，网络通信单向传输时延不超过 150ms，越区切换通信延时不超过 100ms，丢包率不超过 1%，无线通讯系统具有工作面数据通信、语音视频通信、视频监控、人员定位、语音广播功能。

c) 智能化采煤工作面网络通讯系统应具有安全防护功能，能够抵御攻击，确保通讯安全可靠，相关要求应满足 GB/T 51272、MT/T 899、MT/T 1081 的相关规定。

4.1.8.6 智能视频子系统应符合下列要求：

a) 智能视频子系统应采用矿用本质安全型高清摄像仪，视频系统具备第三方接口，具备对工作面内无死角覆盖监控，具有视频增强、跟随采煤机自动切换视频画面和自动清洗功能，视频线路传输速率不低于 1000Mbps，相关要求应符合 GB/T 51272、MT/T 1007 的规定。

b) 智能视频子系统宜采用智能摄像仪，具有特征信息识别、自动特征提取和预警联动功能，相关要求应符合 GB/T 30147 规定。

c) 智能摄像仪应具备低照度、宽动态、强光抑制、水雾穿透功能，云台摄像仪云台水平旋转角度范围不小于 180 度，光学变焦不小于 4 倍，最低像素不低于 720P，水平广角不低于 90 度。

d) 录像服务器应对采煤机工作区域、监控中心及其它相关采集点（工作面机头、机尾）等工作面重点区域的视频进行动态录像，存储服务器自带容量冗余功能，录像存储时间不小于 30 天。

4.1.8.7 智能喷雾降尘子系统应符合下列要求：

- a) 智能化采煤工作面采煤机割煤点、刮板输送机卸煤点、转载机落煤点、液压支架“降移升”动作和放煤点等工作面尘源位置都应设有智能喷雾装置，实现工作面全方位喷雾降尘。
- b) 智能喷雾降尘子系统包括工作面智能喷雾降尘分系统、煤流运输智能喷雾降尘分系统，工作面智能喷雾降尘分系统主要对采煤机割煤和液压支架移架、放煤产生的粉尘进行喷雾除尘，煤流运输智能喷雾降尘分系统主要对刮板输送机卸煤点和转载机落煤点产生的粉尘进行喷雾除尘。
- c) 工作面智能喷雾降尘分系统应具有跟随采煤机联动定点和定时自动喷雾降尘、移架喷雾降尘、放煤喷雾降尘功能，相关要求应符合 GB/T 37815、GB/T 51272 的规定。
- d) 煤流运输智能喷雾降尘分系统应具有自动识别煤流功能，当有煤流运输时，自动进行喷雾除尘。
- e) 智能喷雾降尘子系统宜有人员感知功能，当有人员经过时，自动停止喷雾。
- f) 智能喷雾降尘子系统宜有粉尘监测联动功能，根据粉尘浓度智能调节喷雾开关，自动控制喷雾量，提高降尘效果。

4.1.8.8 智能供液子系统应符合下列要求：

- a) 智能供液子系统应具有反渗透水处理、清水过滤、自动配比补液、多级过滤、高压自动反冲洗、高低液位自动控制、乳化液浓度在线监控、单泵或多台泵的单独与自动运行、系统运行信息检测与上传功能，相关要求应符合 GB/T 51272 的规定。
- b) 智能供液子系统宜与液压支架用液量协同联动，实现工作面供液系统的智能控制。
- c) 智能供液子系统应采用集中分布式控制方式，具有就地、集中、远程等多种控制模式，具有乳化液泵站变频和电磁卸载智能联动控制功能。
- d) 智能供液子系统宜有流量自动调节、主泵变频、恒压供液功能，能够根据工作面用液需要自动调节供液系统供液量，实现按需供液、节能供液。
- e) 智能供液子系统宜有防爆管功能，当供液系统出现漏液或高压胶管崩裂现象时，自动停泵并预警。

4.1.8.9 智能巡检子系统应符合下列要求：

- a) 智能巡检子系统包括工作面智能巡检分系统、煤流运输智能巡检分系统，智能巡检分系统利用巡检机器人实现工作面设备运行状况、开采环境、煤流状态的例行巡检和异常情况实地巡查。
- b) 工作面智能巡检分系统应具有工作面设备运行状况和开采环境例行巡检功能，实时将巡检信息上传到工作面智能集控中心，发现异常情况时自动预警；异常状况时，工作面智能巡检分系统能够进行实地巡查，并将巡检信息实时上传到工作面智能集控中心。
- c) 煤流运输智能巡检分系统主要对工作面煤流系统的煤流量、运输状态进行自动监测，实时将巡检信息上传到工作面智能集控中心，发现异常情况时自动预警；异常状况时，煤流运输智能巡检分系统能够进行实地巡查，并将巡检信息实时上传到工作面智能集控中心。

4.1.8.10 智能供电子系统应符合下列要求：

a) 工作面宜采用智能供电子系统，工作面智能供电子系统能够对整个工作面电力系统进行监控，动态显示警示、预警和报警信息，能够显示开关分合闸状态，并在权限允许的对开关分合闸进行操作，同时能够对供电系统中过流、短路、过压、欠压、漏电等保护跳闸的事件进行记录，并显示实时数据和保存历史数据，相关要求应符合 GB/T 37808、GB 50536 的规定，相关防爆性要求应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.4 的规定。

b) 智能供电子系统宜有防越级自动跳闸、故障精准定位功能，实现工作面供电系统的智能控制。

4.1.9 智能化采煤工作面辅助生产系统应符合下述规定。

4.1.9.1 工作面照明子系统应符合下列要求：

a) 智能化采煤工作面宜采用矿用 LED 无频闪照明，对视频系统与工作面提供良好的光照条件，每台矿用 LED 灯照度不小于 4000Lux，同时配备 UPS 不间断电源作为工作面照明的后备电源，UPS 的容量应满足工作面连续或间断照明总时长不低于 1 个小时的需要。

b) 智能化采煤工作面巷道、设备列车、移动变电站等场所宜采用矿用 LED 无频闪固定照明，每台矿用 LED 灯照度不小于 6000Lux，布置地点应符合 GB 50536 相关规定。

c) 相关防爆性要求应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.4 的规定。

4.1.9.2 工作面语音子系统应符合下列要求：

a) 工作面智能集控中心应具有工作面语音子系统状态显示功能，包括电话闭锁状态显示、急停状态显示和断路位置显示，相关要求应符合 MT/T 1116 的规定。

b) 工作面语音子系统应具有停电后正常通话功能。

c) 工作面语音子系统应具有胶带沿线语音报警功能，能够实现沿线无盲区语音通话。

d) 智能化工作面的语音通讯系统宜具备接入移动通讯终端的功能。。

4.1.9.3 工作面通风和防灭火监控子系统应符合下列要求：

a) 工作面通风和防灭火监控子系统应实时监测采空区、上隅角等关键区域环境参数，应根据变化趋势实时预警，宜与矿井通风、防灭火系统互联互通，宜有自动启动灭火设施的功能，相关要求应符合 GB/T 51272 和《煤矿安全规程》(2016)的规定。

b) 工作面应有风量、风速检测装置，自动监测工作面风量，实现工作面通风状态的自动识别，相关要求应符合 GB/T 34679、GB/T 5127 和《煤矿安全规程》(2016)的规定。

4.1.9.4 智能安全监测子系统应符合下列要求：

a) 智能安全监测子系统应实时监测工作面甲烷浓度、风速、风压、粉尘浓度、一氧化碳浓度、水文、矿压、温度等开采环境参数，并将工作面安全监测数据实时上传到矿井安全监控系统，宜具有与人员随身装备进行实时互联和预警功能，相关要求应符合 GB/T 51272、MT/T 1004、AQ6201 的规定。

b) 工作面宜具有人员识别与设备安全闭锁功能，当人员接近运行设备或进行危险动作时，相关设备联动闭锁自动停机，确保人员安全。

- c) 实时监测工作面环境温度，进行超温预警，工作面空气温度超过 30℃ 的高温工作面应配备制冷降温系统，相关要求应符合 GB/T 51272 和《煤矿安全规程》(2016) 的规定。
- d) 工作面应实现工作人员的精确定位，并与信息导引及发布系统、应急广播和通信系统应急联动，相关要求应符合 GB/T 34679、GB 50533、GB/T 51272、AQ6201 的规定。
- e) 工作面安全设施宜备有应急电源，电网停电后，保证对甲烷浓度、风速、风压、一氧化碳浓度等主要监控量继续监控，相关要求应满足 GB 50052、GB 50215、GB/T 50417、MT/T 1004、AQ6201 的规定。
- f) 工作面应有备用电源，备用电源给工作面网络、视频等通信设施供电，当电网停电后，备用电源连续工作时间应符合 MT/T 1131、AQ6201 相关要求。
- g) 工作面排水设施宜与矿井水文监测数据系统实现联动，相关要求应符合 GB/T 34679、GB/T 51272 的规定。
- h) 智能化采煤工作面人员分布、开采环境参数、主要监测数据等信息宜在 GIS 系统中实时展示。

4.1.10 工作面三维地质模型系统宜符合下列要求：

- a) 通过井上、下钻探、物探以及巷道实测数据，建立煤层的三维地质模型，地质模型应包括断层、陷落柱等信息。
- b) 能够根据生产实测数据和煤岩层识别数据，自动修正已有的三维地质模型。
- c) 实现三维地质模型可视化展示，并与各类机电设备三维模型及其运行状态高度集成。

4.2 系统配套技术要求

4.2.1 对于煤层厚度 0.8m(含)~1.3m 的薄煤层应采用薄煤层和中厚煤层智能化无人操作模式进行开采，设备配套要求应符合 GB/T 37806 的规定。

4.2.2 对于煤层厚度 1.3m(含)~3.5m 的中厚煤层应采用薄煤层和中厚煤层智能化无人操作模式进行开采，设备配套要求应符合 GB/T 37768 的规定。

4.2.3 对于煤层厚度大于 3.5m(含)的大采高综采工作面应采用大采高煤层人-机-环智能耦合高效综采模式进行开采，设备配套要求应符合 GB/T 37810 的规定。

4.2.4 放顶煤工作面智能化采煤应采用综放工作面智能化操控与人工干预辅助放煤模式进行开采，设备配套要求应符合 GB/T 37811 的规定。

4.2.5 对于煤层倾角大于 25° (含)的大倾角工作面宜采用智能化+机械化相结合的开采技术进行开采，大倾角综采工作面设备配套要求应符合 GB/T 37809 相关规定，大倾角综放工作面设备配套要求应符合 GB/T 37812 相关规定。

4.2.6 智能化采煤工作面应配备超前支架，超前支架相关配套要求应符合 GB/T 37611 的规定。

4.2.7 工作面智能集控中心应配备矿用本安型操作台，用于智能化采煤工作面生产系统工况监测和远程控制，能够对智能化采煤工作面辅助生产系统进行工况监测与远程启停控制，并在工作面智能化集控

中心进行工作面视频显示，具有对视频进行管理、查询、存储和历史故障查询功能，能够对出现故障的地方进行记录，集控中心配备 UPS 电源，防止断电数据丢失，相关要求应符合 MT/T 1116 的规定。

4.2.8 工作面智能化集控中心应具有工作面综采设备系统故障诊断功能，能够显示采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机故障与开机率，具备故障记录与分析功能。

4.2.9 智能化采煤工作面综采设备应具有按照顺序远程启停控制功能，宜实现煤流系统远程控制。

4.2.10 智能化采煤工作面宜采用地理信息系统（GIS），通过 GIS 系统实时集成显示工作面煤层地质信息、综采设备运行位置、人员定位信息，实时获取工作面空间地理信息与设备运行状态，实现工作面智能化管理与控制。

4.2.11 智能化采煤工作面应建立信息安全保障体系，实现系统安全、网络安全和应用安全。

4.2.12 智能化采煤工作面宜建立管控平台，实现多专业信息的高度共享。

5 智能化开采模式及条件分类

5.1 智能化开采模式

根据工作面煤层厚度、赋存条件、采煤方法和开采技术参数对智能化采煤工作面开采模式进行分类，共分三类：薄煤层和中厚煤层智能化无人操作模式，大采高煤层人-机-环智能耦合高效综采模式，综放工作面智能化操控与人工干预辅助放煤模式。类别代号及名称见表1。

表1 智能化采煤工作面开采模式

| 1类 | 2类 | 3类 |
|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 薄煤层和中厚煤层智能化无人操作模式 | 大采高煤层人-机-环智能耦合高效综采模式 | 综放工作面智能化操控与人工干预辅助放煤模式 |

5.2 分类指标

5.2.1 基本指标：煤层厚度、煤层倾角、煤层稳定性、断层、褶皱、陷落柱、瓦斯、水文等工作面煤层赋存条件。

5.2.2 参考指标：工作面走向长度、工作面倾斜长度、可布置工作面数量等采煤工作面开采技术参数。

5.2.3 分类指标量化评价

表2 智能化采煤工作面分类指标量化评价表

| 序号 | 评价因素 | 单位 | 评价条件 | | |
|----|----------|----|----------|-------|---------|
| | | | 1级 | 2级 | 3级 |
| 1 | 煤层厚度 | m | 1.3~6.0 | ≥6.0 | ≤1.3 |
| 2 | 煤层倾角 | ° | ≤10 | 10~25 | ≥25 |
| 3 | 煤层硬度 | — | 中等硬度煤层 | 硬煤或软煤 | 特硬煤或特软煤 |
| 4 | 节理裂隙发育程度 | — | 不发育 | 较发育 | 发育 |
| 5 | 煤层稳定性 | — | 稳定或较稳定煤层 | 不稳定煤层 | 极不稳定煤层 |

表2(续)

| 序号 | 评价因素 | 单位 | 评价条件 | | |
|----|----------|----|------------|----------|----------|
| | | | 1级 | 2级 | 3级 |
| 6 | 直接顶稳定程度 | — | 2类3类 | 4类 | 1类 |
| 7 | 基本顶板级别 | — | I级 | II级 | III级、IV级 |
| 8 | 底板稳定程度 | — | IV类V类 | II类III类 | I类 |
| 9 | 褶曲影响程度 | — | 0 | 1~2 | ≥2 |
| 10 | 断层影响程度 | — | ≤0.6 | 0.6~1 | ≥1 |
| 11 | 陷落柱影响程度 | — | ≤5% | 5%~15% | ≥15% |
| 12 | 矿井瓦斯等级 | — | 低瓦斯矿井 | 高瓦斯矿井 | 突出矿井 |
| 13 | 煤层自燃倾向 | — | 不易自燃(III级) | 自燃(II级) | 容易自燃(I级) |
| 14 | 水文地质复杂程度 | — | 简单或中等 | 复杂 | 极复杂 |
| 15 | 煤尘爆炸倾向 | — | 1级或2级 | 3级 | 4级 |
| 16 | 工作面俯仰采角度 | ° | ≤5 | 5~15 | ≥15 |
| 17 | 伪顶厚度 | m | ≤0.1 | 0.1~0.5 | ≥0.5 |
| 18 | 工作面走向长度 | m | ≥1500 | 500~1500 | ≤500 |
| 19 | 工作面倾斜长度 | m | ≥200 | 100~200 | ≤100 |
| 20 | 可布置工作面数量 | 个 | ≥5 | 2~5 | ≤2 |

5.3 分类方法

5.3.1 评判原则

5.3.1.1 采用模糊综合评价方法对智能化采煤工作面条件进行综合评价。

5.3.1.2 将各因素的评价结果按一定算法映射为可计算的综评价值，采用百分制原则进行评判，确定评判结果集为 { I类, II类, III类 } = { 100~85 (含), 85~70 (含), <70 }。

5.3.2 评价方法

5.3.2.1 综评价值 V_i 由分类评价指标向量 w 和分类评价指标权重向量 r 构成，计算方法如式 (1) 所示。

$$V_i = [w][r]^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_{20}][r_1 \ r_2 \ \dots \ r_{20}]^T \quad (1)$$

式中：

V_i ——智能化采煤工作面条件综评价值；

w_i ——智能化采煤工作面分类评价因素量化数值， $1 \leq i \leq 20$ ；

r_j ——智能化采煤工作面分类评价因素权重， $1 \leq j \leq 20$ 。

5.3.2.2 分类评价指标的权重是对评价因素进行定量化的重要指标，它表征了评价因素在评价体系中的相对重要程度，能够实现评价系统结构和功能相统一，相关评价因素权重如表3所示。

表3 智能化采煤工作面分类评价各评价因素权重

| 评价因素 | 权 重 | 评价因素 | 权 重 |
|----------|--------|----------|--------|
| 煤层厚度 | 0.0621 | 陷落柱影响程度 | 0.0668 |
| 煤层倾角 | 0.0367 | 矿井瓦斯等级 | 0.0420 |
| 煤层硬度 | 0.0388 | 煤层自燃倾向 | 0.0384 |
| 节理裂隙发育程度 | 0.0434 | 水文地质复杂程度 | 0.0187 |
| 煤层稳定性 | 0.0990 | 煤尘爆炸倾向 | 0.0138 |
| 直接顶稳定程度 | 0.0400 | 工作面俯仰采角度 | 0.0595 |
| 基本顶板级别 | 0.0635 | 伪顶厚度 | 0.0147 |
| 底板稳定程度 | 0.0586 | 工作面走向长度 | 0.0383 |
| 褶曲影响程度 | 0.0505 | 工作面倾斜长度 | 0.0937 |
| 断层影响程度 | 0.0749 | 可布置工作面数量 | 0.0466 |

5.3.2.3 将工作面分类评价指标向量 w 中的评价因素量化数值 w_i ($1 \leq i \leq 20$) 及各评价指标权重向量 r 中的评价因素权重 r_j ($1 \leq j \leq 20$) 带入式 (1)，得出工作面条件综合评价值，将其作为工作面条件评价依据。

6 采煤工作面智能化水平评价

6.1 级别名称

根据工作面智能化水平高低及其实现程度，将智能化采煤工作面进行分级，共分为三级。级别名称和代号见表4。

表4 级别名称及代号

| 代号 | I 级 | II 级 | III 级 |
|----|-----|------|-------|
| 名称 | 高级 | 中级 | 初级 |

6.2 智能化采煤工作面评价指标体系

6.2.1 智能化采煤工作面指标体系由分项指标和权重构成。

6.2.2 各级指标应分别设置相应的权重，各级指标权重之和应等于 100%。

6.2.3 智能化采煤工作面评价水平总得分应为所有一级指标与权重得分之和；一级指标得分应为其下层二级指标得分之和；二级指标得分应为其下层二级指标分项及相应的权重得分之和。

6.2.4 各级指标的得分在计算时，应四舍五入取整数。

6.2.5 智能化采煤工作面评价指标体系框架

6.2.5.1 智能化采煤工作面评价指标体系包括工作面条件、设备性能达标条件、设备运行工况达标条件三部分指标。

6.2.5.2 智能化采煤工作面评价指标体系框架见图 1。

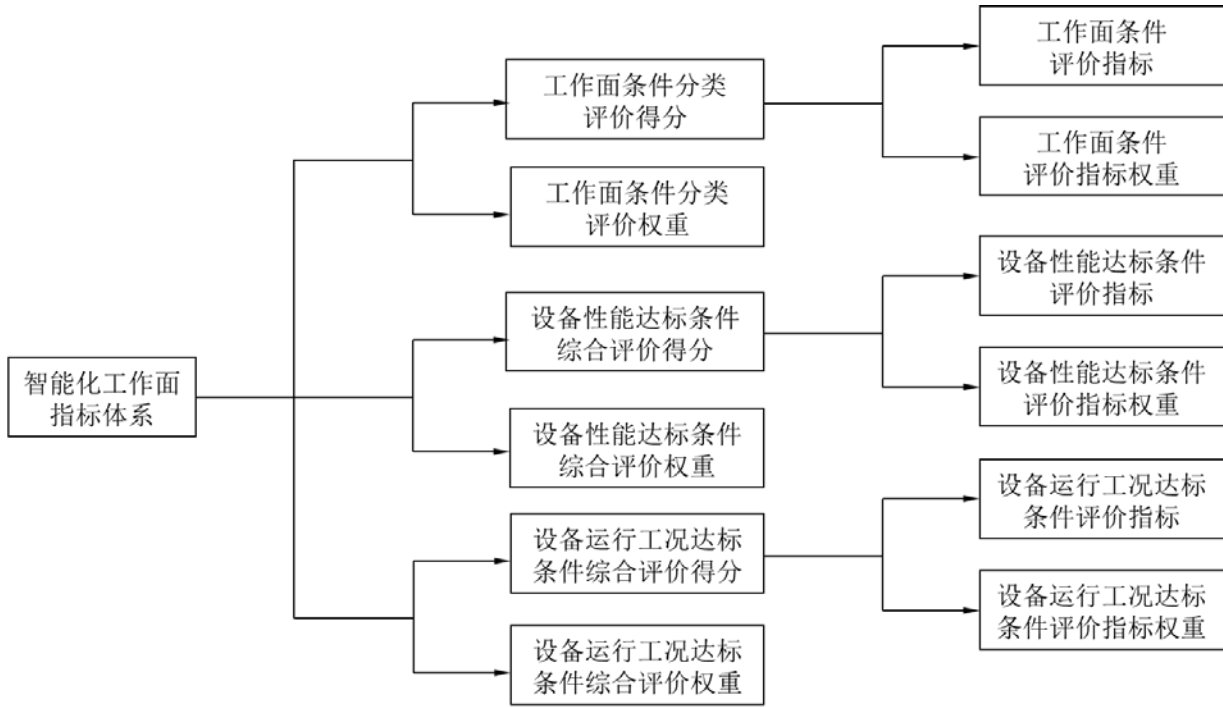


图 1 智能化采煤工作面评价指标体系框架

6.3 智能化采煤工作面分级评价原则

6.3.1 本方法用于评价采煤工作面在生产过程中所达到的智能化程度。

6.3.1.1 采用模糊综合评价模型对智能化采煤工作面智能化程度进行综合评价。

6.3.1.2 将各评价因素按一定算法映射为可计算的综评价值，采用百分制原则进行评判，令评判集 $M = \{\text{高级, 中级, 初级}\} = \{100 \sim 85(\text{含}), 85 \sim 70(\text{含}), 70 \sim 60(\text{含})\}$ 。根据综评价值的大小来判断评价样本属性的优劣。如果分值低于 60 分，说明采煤工作面未达到智能化工作面标准。

6.3.2 评判集 M 由分项指标向量 V 和权重向量 R 构成，具体计算方式如式 (2) 所示。

$$M = [V][R]^T = \left[\frac{1000}{V_1} \quad V_2 \quad V_3 \right] [R_1 \quad R_2 \quad R_3]^T \quad (2)$$

式中：

M ——智能化采煤工作面智能化程度评价得分；

V_1 ——智能化采煤工作面条件分类评价得分， V_1 得分小于 10 分的按 10 分进行计算；

R_1 ——智能化采煤工作面条件分类评价权重；

V_2 ——智能化采煤工作面设备性能达标条件综合评价得分；

R_2 ——智能化采煤工作面设备性能达标条件综合评价权重；

V_3 ——智能化采煤工作面设备运行工况达标条件综合评价得分；

R_3 ——智能化采煤工作面设备运行工况达标条件综合评价权重。

6.3.3 V_1 为智能化采煤工作面条件综合评价得分， V_2 为设备性能达标条件综合评价得分， V_3 为设备运行工况达标条件综合评价得分； R_1 为智能化采煤工作面条件综合评价权重， $R_1=0.1$ ， R_2 为设备性能达标条件综合评价权重， $R_2=0.2$ ， R_3 为设备运行工况达标条件综合评价权重， $R_3=0.7$ 。

6.3.4 将总体评分 M 作为基本评价标准，①总体评分大于等于 85 分的采煤工作面，为高级智能化采煤工作面；②工作面总体评分为 85~70(含)分的采煤工作面，为中级智能化采煤工作面；③工作面总体评分为 70~60 分的采煤工作面，为初级智能化采煤工作面。

6.4 智能化采煤工作面级别评价方法

6.4.1 设备性能达标条件评测方法

6.4.1.1 设备性能达标条件得分 V_2 由设备性能达标条件评价指标向量 w 和设备性能达标条件评价指标权重向量 r 构成，具体计算方法如式(3)所示。

$$V_2 = [w][r]^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_{14}][r_1 \ r_2 \ \dots \ r_{14}]^T \quad (3)$$

式中：

V_2 ——智能化采煤工作面设备性能达标条件综合评价得分；

w_k ——智能化采煤工作面设备性能达标条件评价因素， $1 \leq k \leq 14$ ；

r_l ——智能化采煤工作面设备性能达标条件评价因素权重， $1 \leq l \leq 14$ 。

6.4.1.2 将设备性能达标条件评价指标向量 w 中评价因素 w_k ($1 \leq k \leq 14$) 和设备性能达标条件评价指标权重向量 r 中的评价因素 r_l ($1 \leq l \leq 14$) 数据带入式(3)，得出设备性能达标条件评价得分，划分工作面设备性能达标条件的优劣区间。

6.4.1.3 根据设备性能达标条件评价得分，将设备性能达标条件分为三个等级： $V_2 = \{\text{好, 中, 差}\} = \{100 \sim 85(\text{含}), 85 \sim 70(\text{含}), 70 \sim 60(\text{含})\}$ 。如果分值低于60分，说明设备性能指标未达到智能化工作面要求。

6.4.1.4 智能割煤子系统设备性能达标条件评价方法见表6。

表6 智能割煤子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---|--|---------|
| 工况检测 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6$ a1 (0~10分)：具有运行工况和姿态检测功能 a2 (0~5分)：具有机载无线遥控功能 a3 (0~15分)：具有中部记忆截割、三角煤自动截割功能 a4 (0~10分)：具有精准定位功能 a5 (0~10分)：具有远程控制、故障诊断功能 a6 (0~5分)：具有环境安全瓦斯联动控制功能 | A1=0~55 |
| 自动控制 | $A2=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~5分)：具有自动化控制系统，实现采煤机启停、牵引速度和运行方向远程控制 a2 (0~8分)：具有自动控制采煤机开机、停机和记忆割煤功能 a3 (0~2分)：具有双向通讯功能，向工作面智能集控中心开放相关控制权限 a4 (0~5分)：具备工作面智能集控中心远程控制功能 | A2=0~20 |
| 智能感知 | $A3=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~2分)：具有机载视频功能 a2 (0~3分)：具有无线通讯功能 a3 (0~5分)：具有直线度感知功能 a4 (0~3分)：具有智能调高功能 a5 (0~2分)：具有与液压支架防碰撞检测功能 ^a | A3=0~15 |
| 智能控制 | $A4=a1+a2$ a1 (0~5分)：具有煤流平衡控制功能 a2 (0~5分)：具有负荷自动调节 | A4=0~10 |
| 评测方法 | $W_i=A1+A2+A3+A4$ | |
| ^a : 煤层厚度3.5m以下的薄煤层和中厚煤层，该项取满分。 | | |

6.4.1.5 智能支护子系统设备性能达标条件评价方法见表7。

表7 智能支护子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|--|---------|
| 自动控制 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7$ a1 (0~10分)：配备电液控制系统 a2 (0~10分)：具有跟机自动移架、推溜功能 a3 (0~5分)：具有远程控制功能 a4 (0~10分)：具有自动补液、自动喷雾功能 a5 (0~5分)：具有立柱压力检测功能 a6 (0~5分)：具有推移行程定量控制功能 a7 (0~5分)：具有数据上传到工作面智能集控中心功能 | A1=0~50 |
| 工况检测 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~5分)：具有高度检测功能 a2 (0~5分)：具有姿态感知功能 a3 (0~5分)：具有直线度调直功能 | A2=0~15 |

表7(续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------------------------------|---|---------|
| 智能感知 | $A3=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~5分)：具有压力超前预警功能 a2 (0~5分)：具有群组协同控制功能 a3 (0~5分)：具有自动超前跟机支护功能 a4 (0~5分)：具有与顶板状态实时感知、煤壁片帮预测功能 a5 (0~5分)：具有碰撞检测功能 | A3=0~25 |
| 其它 | $A4=a1+a2$ a1 (0~5分)：具有自动放煤或人工辅助干预放煤功能 ^a a2 (0~5分)：超前支架具有就地控制与遥控控制功能 | A4=0~10 |
| 评测方法 | $W_2=A1+A2+A3+A4$ | |
| ^a : 非放顶煤工作面，该项取满分。 | | |

6.4.1.6 智能运输子系统设备性能达标条件评价方法见表8。

表8 智能运输子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---------------|---|---------|
| 刮板输送机、转载机、破碎机 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6$ a1 (0~10分)：具有软启动及软启动自动控制功能 a2 (0~15分)：具有运行状态监测、链条自动张紧、断链保护功能 a3 (0~10分)：具有故障诊断功能 a4 (0~10分)：具有自动控制、远程控制功能 a5 (0~5分)：具有工作面智能集控中心双向通信功能 a6 (0~5分)：具有煤流负荷检测功能 | A1=0~55 |
| 带式输送机 | $A2=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8$ a1 (0~5分)：具有跑偏、堆煤、撕裂、温度、烟雾和自动洒水综合保护功能 a2 (0~5分)：具有沿线急停闭锁功能和数据上传功能 a3 (0~5分)：具有自动变频速度调节功能 a4 (0~10分)：具有煤流量监测与联动控制功能 a5 (0~5分)：具有异物识别功能 a6 (0~5分)：具有人员违章识别功能 a7 (0~5分)：具有巡检机器人并自动预警 a8 (0~5分)：具有远程控制功能 | A2=0~45 |
| 评测方法 | $W_3=A1+A2$ | |

6.4.1.7 智能控制子系统设备性能达标条件评价方法见表9。

表9 工作面控制子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-----------|--|---------|
| 工作面智能集控中心 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8$ a1 (0~5分)：具有采煤机远程控制功能 a2 (0~5分)：具有液压支架远程控制功能 a3 (0~5分)：具有刮板输送机远程控制功能 a4 (0~5分)：具有转载机远程控制功能 a5 (0~5分)：具有破碎机远程控制功能 a6 (0~5分)：具有乳化液泵远程控制功能 a7 (0~5分)：具有带式输送机远程控制功能 a8 (0~10分)：具有集中、就地和远程控制功能 | A1=0~45 |
| 地面监控中心 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~5分)：具有工作面设备进行一键启停功能 a2 (0~5分)：具有工作面生产系统远程监控功能 a3 (0~5分)：具有工作面辅助生产系统远程监控功能 | A2=0~15 |
| 其它 | $A3=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~5分)：具有语音通讯控制功能 a2 (0~20分)：具有刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机启停闭锁控制功能 a3 (0~5分)：具有自动超前跟机支护功能 a4 (0~5分)：具有实时显示设备运行状态功能 a5 (0~5分)：具有故障报警信息显示功能 | A3=0~40 |
| 评测方法 | $W_i=A1+A2+A3$ | |

6.4.1.8 网络通讯子系统设备性能达标条件评价方法见表10。

表 10 网络通讯子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|---|---------|
| 有线通讯 | $A1=a1$ a1 (0~70分)：有线网络传输速率宜不低于1000Mbps | A1=0~70 |
| 无线通讯 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~5分)：无线通讯带宽不低于100Mbps a2 (0~15分)：具有工作面数据通信、语音视频通信、语音广播功能 a3 (0~10分)：具有视频监控、人员定位功能 | A2=0~30 |
| 评测方法 | $W_5=A1+A2$ | |

6.4.1.9 智能视频子系统设备性能达标条件评价方法见表11。

表 11 智能视频子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|--|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6$ a1 (0~10分)：采用矿用本质安全型高清摄像机 a2 (0~5分)：具有第三方接口功能 | A1=0~45 |

表 11 (续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 一般要求 | a3 (0~5分): 具有无死角覆盖监控功能 a4 (0~15分): 具有视频增强、跟随采煤机自动切换视频画面和自动清洗功能 a5 (0~5分): 传输速率不低于100Mbps a6 (0~5分): 具有特征信息识别、自动特征提取和预警功能 | A1=0~45 |
| 视频摄像机 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~20分): 具有低照度、宽动态、强光抑制、水雾穿透功能 a2 (0~5分): 云台摄像机云台水平旋转角度范围不小于180度 a3 (0~10分): 光学变焦不小于4倍, 最低像素不低于720P, 水平广角不低于90度 a4 (0~5分): 具有视频增强、画面放大、自动或手动抓拍及截图功能 | A2=0~40 |
| 存储 | A3=a1+a2+a3 a1 (0~5分): 具有工作面重点区域视频动态录像功能 a2 (0~5分): 存储服务器自带容量冗余功能 a3 (0~5分): 录像存储时间不小于30天 | A3=0~15 |
| 评测方法 | $W_6=A1+A2+A3$ | |

6.4.1.10 智能喷雾降尘子系统设备性能达标条件评价方法见表12。

表 12 智能喷雾降尘子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---|--|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6 a1 (0~10分): 采煤机割煤点有智能喷雾装置 a2 (0~5分): 刮板输送机卸煤点有智能喷雾装置 a3 (0~5分): 转载机落煤点有智能喷雾装置 a4 (0~5分): 带式输送机搭接点有智能喷雾装置 ^a a5 (0~15分): 液压支架降、移、升动作有智能喷雾装置 a6 (0~10分): 液压支架放煤动作有智能喷雾装置 ^b | A1=0~50 |
| 智能化要求 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~10分): 具有跟随采煤机联动定点和定时自动喷雾降尘功能 a2 (0~10分): 具有液压支架移架自动喷雾降尘功能 a3 (0~10分): 具有液压支架放煤自动喷雾功能 ^c a4 (0~10分): 具有自动识别煤流自动喷雾除尘功能 | A2=0~40 |
| 其它 | A3=a1+a2 a1 (0~5分): 具有人员感知功能, 人员经过时, 自动停止喷雾 a2 (0~5分): 具有根据粉尘浓度智能调节喷雾开关和喷雾量功能 | A3=0~10 |
| 评测方法 | $W_7=A1+A2+A3$ | |
| ^a : 仅限于工作面带式输送机; ^b : 非放顶煤液压支架, 该项取满分。 ^c : 非放顶煤液压支架, 该项取满分。 | | |

6.4.1.11 智能供液子系统设备性能达标条件评价方法见表13。

表 13 智能供液子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|--|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9$ a1 (0~5分)：有反渗透水处理功能 a2 (0~5分)：有清水过滤功能 a3 (0~5分)：有自动配比补液功能 a4 (0~10分)：有高低压多级过滤功能 a5 (0~5分)：有高压自动反冲洗功能 a6 (0~5分)：有高低液位自动控制功能 a7 (0~5分)：有乳化液浓度在线监控功能 a8 (0~10分)：有单泵或多台泵的单动与自动运行功能 a9 (0~5分)：有运行信息检测与上传功能 | A1=0~55 |
| 智能化要求 | $A2=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7$ a1 (0~10分)：具有就地、集中、远程多种控制模式 a2 (0~5分)：具有电磁卸载控制功能 a3 (0~5分)：具有乳化液泵变频功能 a4 (0~10分)：具有与液压支架智能联动控制功能 a5 (0~5分)：具有流量自动调节功能 a6 (0~5分)：具有恒压供液功能 a7 (0~5分)：具有防爆管功能 | A2=0~45 |
| 评测方法 | $W_6=A1+A2$ | |

6.4.1.12 智能巡检子系统设备性能达标条件评价方法见表14。

表 14 智能巡检子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|----------|---|---------|
| 工作面智能巡检 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~10分)：具有工作面设备运行状况例行巡检功能 a2 (0~10分)：具有开采环境例行巡检功能 a3 (0~10分)：具有异常情况实地巡查并进行数据上传功能 a4 (0~15分)：有工作面巡检功能 a5 (0~10分)：具有异常情况时自动预警功能 | A1=0~55 |
| 煤流运输智能巡检 | $A2=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~15分)：有巡检机器人 a2 (0~10分)：具有煤流量例行巡检功能 a3 (0~10分)：具有运输状态例行巡检功能 a4 (0~10分)：具有异常情况实地巡查并进行数据上传功能 | A2=0~45 |
| 评测方法 | $W_6=A1+A2$ | |

6.4.1.13 智能供电子系统设备性能达标条件评价方法见表15。

表 15 智能供电子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------------------------|--|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7$ a1 (0~10分)：具有整个工作面电力系统监控功能 a2 (0~5分)：具有动态显示警示功能 a3 (0~10分)：具有预警和报警信息显示功能 a4 (0~10分)：具有显示开关分合闸状态功能 a5 (0~15分)：具有开关分合闸操作功能 ^{a1} a6 (0~5分)：具有过流、短路、过压、欠压、漏电事件记录功能 a7 (0~5分)：具有显示实时数据和保存历史数据功能 | A1=0~60 |
| 智能要求 | $A2=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~10分)：具有防越级自动跳闸功能 a2 (0~10分)：具有故障精准定位功能 a3 (0~5分)：保护器具有远程分合闸控制功能 a4 (0~5分)：高压开关具备动静触头温度监测功能 a5 (0~10分)：具备远程参数整定功能 | A2=0~40 |
| 评测方法 | $W_{10}=A1+A2$ | |
| ^{a1} 在权限允许范围内。 | | |

6.4.1.14 工作面照明子系统设备性能达标条件评价方法见表16。

表 16 工作面照明子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 工作面要求 | $A1=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~20分)：具有对视频系统提供良好光照功能 a2 (0~20分)：具有工作面提供良好光照功能 a3 (0~15分)：配备UPS后备电源 a4 (0~15分)：UPS的容量不低于1个小时的间隔照明需求 | A1=0~70 |
| 巷道要求 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~10分)：工作面巷道设有良好照明 a2 (0~10分)：设备列车设有良好照明 a3 (0~10分)：移动变电站设有良好照明 | A2=0~30 |
| 评测方法 | $W_{11}=A1+A2$ | |

6.4.1.15 工作面语音子系统设备性能达标条件评价方法见表17。

表 17 工作面语音子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|--------------------------------------|---|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3 a1 (0~30分)：智能集控中心具有工作面语音系统状态显示功能 ^a a2 (0~20分)：具有停电后正常通话功能 a3 (0~30分)：具有胶带沿线无盲区语音通话、语音报警功能 | A1=0~80 |
| 其它要求 | A2=a1 a1 (0~20分)：具有接入移动通讯终端进行语音通讯功能 | A2=0~20 |
| 评测方法 | W ₁₂ =A1+A2 | |
| ^a 电话闭锁状态显示、急停状态显示和断路位置显示。 | | |

6.4.1.16 工作面通风和防灭火监控子系统设备性能达标条件评价方法见表18。

表 18 工作面通风和防灭火监控子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 通风监控 | A1=a1+a2+a3+a4 a1 (0~10分)：具有风量、风速检测功能 a2 (0~10分)：具有工作面风速自动监测功能 a3 (0~10分)：具有工作面风流方向自动监测功能 a4 (0~10分)：风量不足时具有自动闭锁相关设备功能 | A1=0~40 |
| 防灭火监控 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~20分)：具有采空区、上隅角关键区域环境参数实时监测功能 a2 (0~10分)：具有实时预警功能 a3 (0~20分)：具有矿井通风、防灭火系统互联互通功能 a4 (0~10分)：具有自动启动灭火设施功能 | A2=0~60 |
| 评测方法 | W ₁₃ =A1+A2 | |

6.4.1.17 智能安全监测子系统设备性能达标条件评价方法见表19。

表 19 智能安全监测子系统设备性能达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|--|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3+a4+a5 a1 (0~20分)：具有工作面瓦斯、粉尘、CO、水文、矿压、温度参数监测功能 a2 (0~10分)：具有安全监测数据实时上传到矿井安全监控系统功能 a3 (0~10分)：具有与人员随身装备进行实时互联和预警功能 a4 (0~10分)：安全设施备有应急电源 a5 (0~10分)：工作面设有备用电源 | A1=0~60 |
| 智能要求 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~10分)：具有人员识别与设备安全闭锁功能 a2 (0~10分)：高温工作面应配备制冷降温系统 a3 (0~10分)：具有工作人员精确定位功能 a4 (0~10分)：工作面排水设施与矿井水文监测数据系统联动功能 | A2=0~40 |
| 评测方法 | W ₁₄ =A1+A2 | |

6.4.1.18 智能化采煤工作面设备性能达标条件各评价因素权重 r_j ($1 \leq j \leq 14$)见表20。

表 20 智能化采煤工作面设备性能达标条件各指标权重

| 序号 | 指标名称 | | 指标权重 |
|----|--------------|-----------|------|
| 1 | 智能化工作面主要生产系统 | 智能割煤子系统 | 0.12 |
| 2 | | 智能支护子系统 | 0.13 |
| 3 | | 智能运输子系统 | 0.12 |
| 4 | | 智能控制子系统 | 0.11 |
| 5 | | 网络通信系统 | 0.06 |
| 6 | | 智能视频系统 | 0.08 |
| 7 | | 智能喷雾系统 | 0.05 |
| 8 | | 智能供液系统 | 0.05 |
| 9 | | 智能巡检系统 | 0.03 |
| 10 | | 智能供电系统 | 0.05 |
| 11 | 智能化工作面辅助生产系统 | 工作面照明系统 | 0.02 |
| 12 | | 工作面语音系统 | 0.03 |
| 13 | | 工作面通风防灭火系 | 0.05 |
| 14 | | 智能安全监测系统 | 0.1 |

6.4.2 设备运行工况达标条件

6.4.2.1 设备运行工况达标条件得分 V_3 由设备运行工况达标条件评价指标向量 w 和设备运行工况达标条件评价指标权重向量 r 构成，具体计算方法如式（4）所示。

$$V_3 = [w][r]^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_{14}][r_1 \ r_2 \ \dots \ r_{14}]^T \quad (4)$$

式中：

V_3 ——智能化采煤工作面设备运行工况达标条件综合评价得分；

w_m ——智能化采煤工作面设备运行工况达标条件评价因素， $1 \leq m \leq 14$ ；

r_n ——智能化采煤工作面设备运行工况达标条件评价因素权重， $1 \leq n \leq 14$ 。

6.4.2.2 将设备运行工况达标条件评价指标向量 w 中评价因素 w_m ($1 \leq m \leq 14$)和设备运行工况达标条件评价指标权重向量 r 中的评价因素权重 r_n ($1 \leq n \leq 14$)带入式(4)，得出设备运行工况达标条件评价得分，划分工作面设备运行工况达标条件的优劣区间。

6.4.2.3 根据设备运行工况达标条件评价得分，将设备运行工况达标条件分为三个等级： $V_3 = \{\text{好, 中, 差}\} = \{100 \sim 85 (\text{含}), 85 \sim 70 (\text{含}), 70 \sim 60 (\text{含})\}$ 。如果分值低于60分，说明设备运行工况未达到智能化工作面运行标准。

6.4.2.4 智能割煤子系统设备运行工况达标条件评价方法如表21所示。

表21 智能割煤子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---|---|------------------|
| 工况检测 | $A1 = a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6$ a1 (0~10分)：每班对采煤机传感器读数进行检查，传感器定期标校，监测数据准确完整，运行记录齐全 a2 (0~5分)：机载无线遥控功能正常，故障率不超过10% a3 (0~15分)：中部记忆截割、三角煤机架协同割煤功能正常 a4 (0~10分)：位置精度 $\pm 5\text{cm}$ ；分辨率1cm a5 (0~10分)：顺槽集控中心到采煤机控制器之间的通讯时延应不大于200ms a6 (0~5分)：环境安全瓦斯联动控制功能正常 | $A1 = 0 \sim 55$ |
| 自动控制 | $A2 = a1 + a2 + a3 + a4$ a1 (0~5分)：远程控制各项功能正常，使用率达90%以上 a2 (0~10分)：采煤机记忆截割循环应达到当班作业循环的80%以上 a3 (0~2分)：所有控制功能向工作面智能集控中心开放 a4 (0~3分)：每班对采煤机就地控制、遥控控制、远程控制功能进行检查，各项功能正常使用，运行记录齐全 | $A2 = 0 \sim 20$ |
| 智能感知 | $A3 = a1 + a2 + a3 + a4 + a5$ a1 (0~2分)：视频干路传输速率不低于1000Mbps a2 (0~3分)：通讯指令传输延迟小于11ms，延时抖动小于10ms a3 (0~5分)：100m长度直线度检测误差小于 $\pm 5\text{cm}$ a4 (0~3分)：调高精度 $\pm 5\text{cm}$ ，倾角精度 $\pm 0.5^\circ$ a5 (0~2分)：与液压支架防碰撞检测功能正常 ^{a)} ，使用率达90%以上 | $A3 = 0 \sim 15$ |
| 智能控制 | $A4 = a1 + a2$ a1 (0~5分)：煤流平衡控制功能正常，使用率达90%以上 a2 (0~5分)：煤流量自动调节功能正常，使用率达90%以上 | $A4 = 0 \sim 10$ |
| 评测方法 | $W_i = A1 + A2 + A3 + A4$ | |
| ^{a)} ：煤层厚度3.5m以下的薄煤层和中厚煤层，该项取满分。 | | |

6.4.2.5 智能支护子系统设备运行工况达标条件评价方法如表22所示。

表22 智能支护子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|--|------------------|
| 自动控制 | $A1 = a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6 + a7 + a8$ a1 (0~10分)：液压支架自动跟机循环数达到当班作业循环85%以上， a2 (0~10分)：单架移架动作时间不大于15s，成组（不小于3架）移架动作时间小于20s | $A1 = 0 \sim 60$ |

表22(续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|--------------------------------|--|---------|
| 自动控制 | a3 (0~10分): 中部自动跟机无丢架, 三角煤机架协同控制功能正常, 使用率达80%以上 a4 (0~5分): 远程控制各项功能正常 a5 (0~10分): 自动补液、自动喷雾功能正常, 全工作面误动作率少于2架 a6 (0~5分): 全工作面立柱压力监测数据不准确率不超过3% a7 (0~5分): 全工作面推移行程监测数据不准确率不直超过5% a8 (0~5分): 工作面设备上传数据功能正常, 数据准确完整完整, 运行记录齐全 | A1=0~60 |
| 工况检测 | A2=a1+a2+a3+a4+a5+a6 a1 (0~2分): 工作面液压支架立柱压力监测数据与机械压力表数据误差低于2MPa a2 (0~3分): 高度检测误差小于±50mm a3 (0~2分): 每班对液压支架传感器读数检查, 传感器定期标校, 数据准确完整, 记录齐全 a4 (0~3分): 姿态感知功能正常, 倾角传感器测量范围(-90~90°), 测量误差±1° a5 (0~2分): 保养记录齐全、线缆整洁、显示准确、操作可靠, 设备完好率达100% a6 (0~3分): 100m长度直线度检测误差小于±5cm | A2=0~15 |
| 智能感知 | A3=a1+a2+a3+a4+a5 a1 (0~2分): 压力超前预警功能正常, 使用率达80%以上 a2 (0~3分): 群组协同控制功能正常, 使用率达90%以上 a3 (0~5分): 自动超前跟机支护功能, 使用率达90%以上 a4 (0~3分): 与顶板状态实时感知、煤壁片帮预测功能正常, 使用率达80%以上 a5 (0~2分): 碰撞检测功能正常, 使用率达90%以上 | A3=0~15 |
| 其它 | A4=a1+a2 a1 (0~5分): 人工键盘放煤功能正常, 使用率95%以上 ^a a2 (0~5分): 超前支架遥控及远程控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 | A4=0~10 |
| 评测方法 | $W_2=A1+A2+A3+A4$ | |
| ^a : 非放顶煤工作面, 该项取满分。 | | |

6.4.2.6 智能运输子系统设备运行工况达标条件评价方法如表23所示。

表23 智能运输子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---------------|---|---------|
| 刮板输送机、转载机、破碎机 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8 a1 (0~5分): 每班对传感器读数进行检查, 传感器定期标校, 数据准确完整, 运行记录齐全 a2 (0~8分): 定期维护保养, 线缆整洁、功能齐全、显示准确、操作可靠, 设备完好率达100%, 保养记录齐全 a3 (0~8分): 软启动正常 a4 (0~7分): 断链事故监测、报警和上传 a5 (0~7分): 故障诊断功能正常, 准确率达90%以上 | A1=0~55 |

表23(续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---------------|--|---------|
| 刮板输送机、转载机、破碎机 | a6 (0~10分): 远程启停控制功能正常, 使用率达到当班作业使用率的95%以上 a7 (0~5分): 机尾自移, 机尾自移具有远程控制接口, 运行记录齐全 a8 (0~5分): 煤流负荷检测功能正常, 煤量监测使用率80%以上 | A1=0~55 |
| 带式输送机 | A2=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9 a1 (0~5分): 每班对跑偏、堆煤、撕裂、温度、烟雾、自动洒水传感器进行检查, 传感器定期标校, 数据准确完整完整, 运行记录齐全 a2 (0~5分): 机尾自移, 远程控制延时小于300ms a3 (0~5分): 不停车自动张紧, 启动时, 胶带张力预先调整到额定张力1.2~1.5倍 a4 (0~5分): 数据上传准确, 运行记录齐全 a5 (0~5分): 自动变频速度调节动作正常, 变频调速误差≤0.5%, 速度稳定度≤0.1% a6 (0~5分): 煤流量识别准确率85%以上, 堆煤状态识别准确率85%以上 a7 (0~5分): 异物识别功能准确率达到90%以上 a8 (0~5分): 人员违章识别准确率100%, 无漏检现象 a9 (0~5分): 巡检机器人例行巡检动作和自动预警正常 | A2=0~45 |
| 评测方法 | W ₃ =A1+A2 | |

6.4.2.7 智能控制子系统设备运行工况达标条件评价方法如表24所示。

表24 工作面控制子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-----------|--|---------|
| 工作面智能集控中心 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8 a1 (0~8分): 采煤机远程控制使用率达到当班作业使用率的85%以上 a2 (0~8分): 液压支架远程控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a3 (0~8分): 刮板输送机远程启停控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a4 (0~8分): 转载机远程启停控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a5 (0~8分): 破碎机远程启停控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a6 (0~5分): 乳化液泵远程控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a7 (0~5分): 带式输送机远程启停控制使用率达到当班作业使用率的90%以上 a8 (0~5分): 每班对就地控制、遥控控制、远程控制功能进行检查, 各项功能正常使用, 运行记录齐全 | A1=0~55 |
| 地面监控中心 | A2=a1+a2+a3 a1 (0~5分): 每班对工作面一键启停功能检查, 功能正常, 运行记录齐全 a2 (0~5分): 工作面生产系统远程监控使用率达到当班作业使用率的90%以上 a3 (0~5分): 工作面辅助生产系统远程监控使用率达到当班作业使用率的90%以上 | A2=0~15 |
| 其它 | A3=a1+a2+a3+a4+a5 a1 (0~5分): 每班对语音通讯控制进行检查, 功能正常, 运行记录齐全 | |

表 24(续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|---|---------|
| 其它 | a2 (0~10分)：每班对刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机启停闭锁控制进行检查，动作准确，运行记录齐全 a3 (0~5分)：自动超前跟机支护使用率达到当班作业使用率的90%以上 a4 (0~5分)：实时显示设备运行状态功能正常，运行记录齐全 a5 (0~5分)：故障报警信息显示功能正常，运行记录齐全 | A3=0~30 |
| 评测方法 | $W_4=A1+A2+A3$ | |

6.4.2.8 网络通讯子系统设备运行工况达标条件评价方法见表25。

表 25 网络通讯子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|---|---------|
| 有线通讯 | A1=a1+a2 a1 (0~15分)：每班对网络通信设备、线缆进行检查，网络通信系统正常，运行记录齐全 a2 (0~25分)：按规定进行定期维护保养，设备线缆整洁、通信稳定可靠、通信速度达标，设备完好率达95%，保养记录齐全 | A1=0~40 |
| 无线通讯 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~15分)：每班对无线通信设备进行检查，通信信号正常，运行记录齐全 a2 (0~15分)：按规定进行定期维护保养，通信稳定可靠、通信速度达标，设备完好率达95%，保养记录齐全 a3 (0~15分)：每班对工作面数据通信、语音视频通信、语音广播进行检查，设备运行正常，运行记录齐全 a4 (0~15分)：每班对无线通信设备进行检查视频监控、人员定位进行检查，设备运行正常，运行记录齐全 | A2=0~60 |
| 评测方法 | $W_5=A1+A2+A3$ | |

6.4.2.9 智能视频子系统设备运行工况达标条件评价方法如表26所示。

表 26 智能视频子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|---|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6 a1 (0~10分)：每班检查高清摄像仪，无电器失爆现象，运行数据完整，运行记录齐全 a2 (0~5分)：液压支架、采煤机及运输系统转载点高清视频识别 a3 (0~5分)：每班对高清摄像仪无死角覆盖监控功能进行检查，功能正常，记录齐全 a4 (0~15分)：跟随采煤机自动切换视频画面，使用率达到当班作业使用率90%以上 a5 (0~5分)：按规定进行定期维护保养，设备线缆整洁、通信稳定可靠、通信速度达标，设备完好率达100%，保养记录齐全 a6 (0~5分)：特征信息识别准确率达95%以上，运行记录齐全 | A1=0~45 |

表 26(续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|--|---------|
| 视频摄像仪 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~15分): 每班对视频摄像仪进行检查, 视频画面清晰流畅, 运行记录齐全 a2 (0~10分): 摄像仪角度合适, 视频传输时间小于500ms, 运行记录齐全 a3 (0~15分): 按规定进行定期维护保养, 设备线缆整洁、视频图像清晰、传输速度达标, 设备完好率达100%, 保养记录齐全 | A2=0~40 |
| 存储 | $A3=a1+a2+a3$ a1 (0~5分): 每班对视频动态录像进行检查, 数据完整, 运行记录齐全 a2 (0~5分): 按规定进行定期对存储服务器维护保养, 视频数据完整, 保养记录齐全 a3 (0~5分): 按规定每30天将录像存储备份存储, 数据完整, 存储记录齐全 | A3=0~15 |
| 评测方法 | $W_6=A1+A2+A3$ | |

6.4.2.10 智能喷雾降尘子系统设备运行工况达标条件评价方法如表27所示。

表 27 智能喷雾降尘子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---|---|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6$ a1 (0~10分): 采煤机智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 a2 (0~5分): 刮板输送机智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 a3 (0~5分): 转载机落煤点智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 a4 (0~5分): 带式输送机搭接点智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 ^a a5 (0~15分): 液压支架智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 a6 (0~10分): 液压支架放煤智能喷雾使用率达到当班作业使用率的98%以上 ^b | A1=0~50 |
| 智能化要求 | $A2=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~10分): 定期对采煤机联动自动喷雾进行检查, 动作准确可靠, 运行记录齐全 a2 (0~10分): 定期对液压支架自动喷雾降尘进行检查, 动作准确可靠, 运行记录齐全 a3 (0~10分): 定期对液压支架放煤自动喷雾进行检查, 动作准确可靠, 运行记录齐全 ^c a4 (0~10分): 定期对识别煤流自动喷雾除尘进行检查, 动作准确可靠, 运行记录齐全 | A2=0~40 |
| 其它 | $A3=a1+a2$ a1 (0~5分): 人员感知自动启停喷雾准确率达95%以上 a2 (0~5分): 智能调节喷雾开关和喷雾量使用率达到当班作业使用率的98%以上 | A3=0~10 |
| 评测方法 | $W_7=A1+A2+A3$ | |
| ^a : 仅限于工作面带式输送机; ^b : 非放顶煤液压支架, 该项取满分。 ^c : 非放顶煤液压支架, 该项取满分。 | | |

6.4.2.11 智能供液子系统设备运行工况达标条件评价方法如表28所示。

表 28 智能供液子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10$ a1 (0~5分)：每班检查水处理系统水质、PH 值，处理后的水应清澈、无杂质 a2 (0~5分)：每班对清水硬度进行检查，要求清水硬度不超过200mg/L，硫酸根离子不超过400mg/L a3 (0~5分)：每班对自动配液系统乳化液浓度进行检测，乳化液浓度达标 (3%-5%)，误差不超过±0.3% a4 (0~10分)：每班对高低压多级过滤系统进行检查，运行记录齐全 a5 (0~5分)：按规定定期进行高压自动反冲洗维护保养，操作可靠、记录齐全 a6 (0~5分)：每班对高低液位自动控制功能进行检查，功能正常，运行记录齐全 a7 (0~5分)：每班对乳化液浓度在线监控进行检查，浓度检测精度±0.2% (密度法)，显示准确、操作可靠、记录齐全 a8 (0~5分)：每班对泵站及供液设备传感器读数进行检查，传感器定期标校，监测数据准确完整，记录齐全 a9 (0~5分)：通信速率不小于 100Mbps，远程控制各项功能正常，使用率达 90%以上 a10 (0~5分)：按规定进行定期维护保养，线缆整洁、功能齐全、显示准确、操作可靠，设备完好率达100%，保养记录齐全 | A1=0~55 |
| 智能化要求 | $A2=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7$ a1 (0~10分)：每班对泵站及供液设备就地控制、远程控制功能进行检查，各项功能正常，远程控制时间小于 300ms，运行记录齐全， a2 (0~5分)：电磁先导阀响应时间小于200ms a3 (0~5分)：乳化液泵速度自动调节，升速指令响应时间不大于300ms，降速指令响应时间不超过500ms，变频调速误差≤0.5%，速度稳定度≤0.1% a4 (0~10分)：液压支架智能联动控制功能正常，远程控制时间小于300ms a5 (0~5分)：流量自动调节功能正常，单架移架动作时间不大于15s，成组 (不小于3架) 移架动作时间小于20s a6 (0~5分)：具有恒压按需供液功能，压力波动范围为要求压力的±2MPa a7 (0~5分)：防爆管功能正常，运行记录齐全 | A2=0~45 |
| 评测方法 | $W_6=A1+A2$ | |

6.4.2.12 智能巡检子系统设备运行工况达标条件评价方法如表29所示。

表 29 智能巡检子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|---------|--|---------|
| 工作面智能巡检 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~10分)：按规定进行定期维护保养，线缆整洁、功能齐全、显示准确、操作可靠，设备完好率达100%，保养记录齐全 a2 (0~10分)：每班对开采环境例行巡检功能进行检查，各项功能正常使用，运行记录齐全 a3 (0~10分)：定期对异常情况实地巡查功能进行检查，运行记录齐全，准确动作执行率不低于90% | A1=0~55 |

表 29 (续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|----------|--|---------|
| 工作面智能巡检 | a4 (0~15分): 每班对巡检机器人进行检查, 设备完好率100%, 各项功能正常, 运行记录齐全 a5 (0~10分): 定期对自动预警功能进行检查, 自动预警可靠性不小于98% | A1=0~55 |
| 煤流运输智能巡检 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~15分): 每班对煤流巡检机器人进行检查, 设备完好率100%, 各项功能正常, 运行记录齐全 a2 (0~10分): 每班对煤流量例行巡检功能进行检查, 各项功能正常使用, 运行记录齐全 a3 (0~10分): 每班对运输状态例行巡检功能进行检查, 各项功能正常使用, 运行记录齐全 a4 (0~10分): 定期对异常情况实地巡查运行记录进行检查, 运行记录齐全, 准确动作执行率不低于90% | A2=0~45 |
| 评测方法 | $W_9=A1+A2$ | |

6.4.2.13 智能供电子系统设备运行工况达标条件评价方法如表30所示。

表 30 智能供电子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------------------------|--|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7 a1 (0~10分): 每班对工作面电力系统监控功能进行检查, 设备完好率100%, 各项功能正常, 运行记录齐全 a2 (0~5分): 每班对动态显示警示功能进行检查, 各项功能正常 a3 (0~10分): 每班对预警和报警信息显示进行检查, 各项功能正常 a4 (0~10分): 每班对显示开关分合闸状态功能进行检查, 各项功能正常, 运行记录齐全 a5 (0~10分): 每班对开关分合闸操作功能进行检查, 各项功能正常, 具有显示开关分合闸状态功能 ^{a1} a6 (0~5分): 每班对过流、短路、过压、欠压、漏电进行检查, 各项功能正常使用, a7 (0~10分): 按规定进行定期维护保养, 设备线缆整洁、通信稳定可靠、通信速度达标, 设备完好率达95% | A1=0~60 |
| 智能要求 | A2=a1+a2+a3+a4+a5 a1 (0~10分): 每班对防越级自动跳闸功能进行检查, 功能正常 a2 (0~10分): 每班对故障精准定位功能进行检查, 功能正常 a3 (0~5分): 每班对保护器具有远程分合闸控制功能进行检查, 功能正常 a4 (0~5分): 每班对高开关动静触头温度监测功能进行检查, 功能正常 a5 (0~10分): 每班对远程参数整定功能进行检查, 功能正常 | A2=0~40 |
| 评测方法 | $W_{10}=A1+A2$ | |
| ^{a1} 在权限允许范围内。 | | |

6.4.2.14 工作面照明子系统设备运行工况达标条件评价方法如表31所示。

表 31 工作面照明子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 工作面要求 | $A1=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~20分)：每班对视频系统照明条件进行检查，光照良好，记录齐全 a2 (0~20分)：每班对工作面照明系统进行检查，照明灯无损坏，记录齐全 a3 (0~15分)：每班对工作面UPS后备电源进行检查，性能正常，记录齐全 a4 (0~15分)：按规定对照明系统进行定期维护保养，线缆整洁、功能齐全、光照正常，设备完好率达100%，保养记录齐全 | A1=0~70 |
| 巷道要求 | $A2=a1+a2+a3$ a1 (0~10分)：每班对工作面巷道照明系统进行检查，照明灯无损坏，记录齐全 a2 (0~10分)：每班对设备列车照明系统进行检查，照明灯无损坏，记录齐全 a3 (0~10分)：每班对移动变电站照明系统进行检查，照明灯无损坏，记录齐全 | A2=0~30 |
| 评测方法 | $W_{11}=A1+A2$ | |

6.4.2.15 工作面语音子系统设备运行工况达标条件评价方法如表32所示。

表 32 工作面语音子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|--------------------------------------|---|---------|
| 一般要求 | $A1=a1+a2+a3+a4+a5$ a1 (0~15分)：每班对语音通讯设备、缆线进行检查，语音通话功能正常，运行记录齐全 a2 (0~20分)：每班对智能集控中心语音系统进行检查，显示和通话功能正常 ^a ，记录齐全 a3 (0~15分)：每班对语音通讯停电后正常通话功能进行检查，语音通话功能正常使用，运行记录齐全 a4 (0~15分)：每班对胶带沿线无盲区语音通话、语音报警功能进行检查，语音通话功能正常，运行记录齐全 a5 (0~15分)：按规定进行定期维护保养，设备线缆整洁，语音通讯稳定可靠，通话声音清晰、无杂音，设备完好率达100%，保养记录齐全 | A1=0~80 |
| 其它要求 | $A2=a1$ a1 (0~20分)：每班对无线通讯系统进行检查，语音通话功能正常，运行记录齐全 | A2=0~20 |
| 评测方法 | $W_{12}=A1+A2$ | |
| ^a 电话闭锁状态显示、急停状态显示和断路位置显示。 | | |

6.4.2.16 工作面通风和防灭火监控子系统设备运行工况达标条件评价方法如表33所示。

表 33 工作面通风和防灭火监控子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|------|--|---------|
| 通风监控 | $A1=a1+a2+a3+a4$ a1 (0~10分)：每班对风量、风速检测功能进行检查，设备完好率100%，各项功能正常，运行记录齐全 a2 (0~10分)：每班对工作面风速自动监测功能进行检查，各项功能正常，设备完好率100%，运行记录齐全 | A1=0~40 |

表 33 (续)

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|-------|---|---------|
| 通风监控 | a3 (0~10分): 每班对具有工作面风流方向自动监测功能进行检查, 各项功能正常, 设备完好率100%, 运行记录齐全 a4 (0~10分): 每班对风量不足时自动闭锁相关设备功能进行检查, 各项功能正常, 设备完好率100%, 运行记录齐全 | A1=0~40 |
| 防灭火监控 | A2=a1+a2+a3+a4+a5 a1 (0~20分): 每班对关键区域环境参数实时监测功能进行检查, 各项功能正常, 设备完好率100%, 运行记录齐全 a2 (0~10分): 每班对实时预警功能进行检查, 功能正常, 运行记录齐全 a3 (0~10分): 每班对工作面通风、防灭火系统互联互通功能进行检查, 各项功能正常, 设备完好率100%, 运行记录齐全 a4 (0~10分): 按规定进行定期维护保养, 设备完好率达100%, 保养记录齐全 a5 (0~10分): 每班对自动启动灭火设施功能进行检查, 功能正常, 运行记录齐全 | A2=0~60 |
| 评测方法 | $W_{13}=A1+A2$ | |

6.4.2.17 智能安全监测子系统设备运行工况达标条件评价方法如表34所示。

表 34 智能安全监测子系统设备运行工况达标条件评价方法

| 指标名称 | 评价内容 | 评分 |
|--|--|---------|
| 一般要求 | A1=a1+a2+a3+a4+a5+a6 a1 (0~10分): 每班对工作面瓦斯、粉尘、CO、水文、矿压、温度传感器进行检查, 设备完好率100%, 各项功能正常, 运行记录齐全 a2 (0~10分): 每班对安全监测系统进行检查, 监控和上传功能正常, 记录齐全 a3 (0~10分): 人员随身智能装备与一通三防环境感知参数互联互通, 具有根据环境参数警示、预警及自适应调整功能 a4 (0~10分): 每班对安全设施应急电源进行检查, 记录齐全, 设备完好率100% a5 (0~10分): 每班对工作面备用电源进行检查, 记录齐全, 设备完好率100% a6 (0~10分): 人员接近识别, “三机”沿线人员误入急停保护 | A1=0~60 |
| 智能要求 | A2=a1+a2+a3+a4 a1 (0~10分): 每班对人员识别与设备安全闭锁功能进行检查, 人员跨设备、刮板输送机急停保护, 记录齐全 a2 (0~10分): 每班对工作面制冷降温系统进行检查 ^{a1} , 各项功能正常, 记录齐全, 设备完好率100% a3 (0~10分): 人员精确定位, 在工作面前后1架范围内本架自动闭锁, 工作面限定区域相关设备自动闭锁 a4 (0~10分): 每班对工作面排水设施与矿井水文监测数据系统联动功能进行检查, 各项功能正常, 记录齐全 | A2=0~40 |
| 评测方法 | $W_{14}=A1+A2$ | |
| ^{a1} : 工作面空气温度不超过30℃的非高温工作面, 该项取满分。 | | |

6.4.2.18 设备运行工况达标条件各评价因素权重 r_n ($1 \leq n \leq 14$) 如表35所示。

表 35 智能化采煤工作面设备运行工况达标条件各评价因素权重

| 序号 | 指标名称 | | 指标权重 |
|----|--------------|---------------|------|
| 1 | 智能化工作面生产系统 | 智能割煤子系统 | 0.12 |
| 2 | | 智能支护子系统 | 0.13 |
| 3 | | 智能运输子系统 | 0.12 |
| 4 | | 智能控制子系统 | 0.11 |
| 5 | | 网络通信子系统 | 0.05 |
| 6 | | 智能视频子系统 | 0.06 |
| 7 | | 智能喷雾子系统 | 0.05 |
| 8 | | 智能供液子系统 | 0.05 |
| 9 | | 智能巡检子系统 | 0.03 |
| 10 | | 智能供电子系统 | 0.05 |
| 11 | 智能化工作面辅助生产系统 | 工作面照明子系统 | 0.03 |
| 12 | | 工作面语音子系统 | 0.04 |
| 13 | | 工作面通风防灭火监控子系统 | 0.06 |
| 14 | | 智能安全监测子系统 | 0.1 |

7 智能化采煤工作面分类、分级评价方式与流程

7.1 评价方式

7.1.1 企业自我评价

由煤炭生产企业按照本文件规定，对采煤工作面智能化建设与运行水平进行完整评价，得出智能化采煤工作面分类和分级评价结论。

7.1.2 第三方评价

由第三方机构或团体按照本文件规定，经过现场实地调研获取被评价采煤工作面相关指标参数，可使用评价软件等工具对采煤工作面智能化建设与运行水平进行评价，得出智能化采煤工作面分类和分级评价结论。

7.2 评价流程

7.2.1 首先对智能化采煤工作面进行分类，然后再根据采煤工作面智能化建设与运行水平对采煤工作面智能化水平进行分级。

7.2.2 获取工作面条件相关评价指标值，根据智能化采煤工作面分类评价指标及参考要素相关要求，以符合相应资质要求的技术报告为依据，确定工作面的地质条件、生产技术条件、建设基础等评价指标。

7.2.3 确定智能化采煤工作面开采模式，采用层次分析法确定各评价指标权重，利用模糊综合评价方法对智能化采煤工作面开采模式进行评价，根据计算结果对应的评价结果集{高级, 中级, 初级} = {100~85 (含), 85~70 (含), 70~60 (含)}，确定不同智能化开采模式的智能化建设水平。

7.2.4 基于智能化采煤工作面分类，以符合资质要求的设计报告、施工报告、检测报告为依据，获取智能化采煤工作面生产系统和辅助生产系统相关指标值并进行打分，以加权统计法确定采煤工作面智能化程度。

7.2.5 采用附录 A 的智能化采煤工作面分类、分级评价软件对采煤工作面智能化程度进行评价。首先输入工作面煤层地质构造、赋存条件、开采技术参数和开采效率等评价指标，系统自动确定智能采煤工作面开采模式分类评价结果；然后输入采煤工作面分类指标参数，系统自动确定采煤工作面智能化分级评价结果。

7.3 评价报告

7.3.1 评价报告应包含智能化采煤工作面开采模式分类评价、智能化采煤工作面等级评价、综合评价、存在的问题及建议五部分内容。

7.3.2 采煤工作面概况应阐明工作面煤层厚度、赋存条件和开采技术参数，并明确评价时间及相关评价人员。

7.3.3 智能化采煤工作面开采模式分类评价应按照标准要求列出各项评价指标及得分值。

7.3.4 智能化采煤工作面等级评价应详细阐述采煤工作面生产系统和辅助生产系统的建设情况，阐明评价流程，并给出采煤工作面智能化等级评价结果。

7.3.5 结合智能化采煤工作面开采模式分类评价与智能化采煤工作面分级评价结果给出综合评价结论。

7.3.6 最后根据评价结论给出智能化采煤工作面建设存在的问题及建议，并由评审人员签字。

附录A

(规范性附录)

智能化采煤工作面分类、分级评价软件（V1.0）及操作说明
