

矿山应急救援大直径钻井施工 安全技术规程

Large diameter drilling construction safety technology
regulation for mine emergency rescue

地方标准信息服务平台

2023 - 02 - 17 发布

2023 - 05 - 17 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

 4.1 钻井队制度 2

 4.2 钻井队建设 3

5 钻井救援响应 3

 5.1 接警响应 3

 5.2 救援组织 3

 5.3 救援保障 4

6 钻井装备与钻井工艺 4

 6.1 钻井装备 4

 6.2 钻井工艺 4

7 井场布置与设备装卸 4

 7.1 井场修筑 4

 7.2 井场照明 5

 7.3 设备装卸 5

8 救援钻井施工 5

 8.1 钻前准备 5

 8.2 升降钻具 6

 8.3 空气潜孔锤钻进 6

 8.4 螺杆马达钻进 7

 8.5 透巷施工 7

 8.6 护壁措施 8

9 钻井队撤场 8

参考文献 9

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由湖南省应急管理厅提出并归口。

本文件起草单位：湖南省工程地质矿山地质调查监测所、湖南省矿山地质应急救援技术中心。

本文件主要起草人：李奋强、栗琼玉、杨汉元、吴兵良、曹新苗、杨支援、谢海英、叶见玲、刘素平、何荣华、曾啸、陈潇、何大芳、曹晖、唐建军、旷巍、刘梅、唐湘、邓拓、易俊华、汪超、郑懿、周广湘、杨新华、李宇、谭甫伟、王羲、李欢、陈立堂。

地方标准信息服务平台

矿山应急救援大直径钻井施工安全技术规程

1 范围

本文件规定了矿山应急救援钻井施工过程中的基本要求、钻井救援响应、钻井装备与钻井工艺、井场布置与设备装卸、救援钻井施工和钻井队撤场的要求。

本文件适用于矿山应急救援地面钻井施工作业。

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，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2811 头部防护 安全帽
GB 2894 安全标志及其使用导则
GB 5725 安全网
GB 6095 安全带
GB 8978 污水综合排放标准
GB 16423 《金属非金属矿山安全规程》
GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范
GB/T 5082 起重机 手势信号
GB/T 5972 起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废
GB/T 5976 钢丝绳夹
GB/T 11651 个体防护装备选用规范
AQ 2012 石油天然气安全规程
AQ/T 1008 《矿山救护规程》
AQ/T 1009 《矿山救护队标准化考核规范》
DZ/T 0227 地质岩心钻探规程
JGJ 46 施工现场临时用电安全技术规范
JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准
SY/T 5313 钻井工程术语
SY/T 5435 定向井轨道设计与轨迹计算
SY/T 5792 侧钻井施工作业及完井工艺要求
SY 5974 钻井井场、设备、作业安全技术规程
SY/T 6332 定向井轨迹控制
DB43/T 1084 页岩气井固井技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

井场 well site

钻井施工必需的作业场地。

[来源: SY/T 5313—2006 5.3]

3.2

大钩荷载 hook load

大钩所承受的轴向压力。

[来源: SY/T 5313—2006 8.3.4]

3.3

定向井 directional well

设计目标点与井口不在一铅垂线上的井。

[来源: SY/T 5313—2006 3.2.4]

3.4

绕障井 detouring obstacle well

为绕过井口和目标点之间的障碍而设计的定向井。

[来源: SY/T 5313—2006 11.1.4]

3.5

雾化钻井 mist drilling

用水和泡沫剂的混合物注入到空气流中作为钻井液进行的钻井。

[来源: SY/T 5313—2006 3.4.5]

3.6

井底动力钻井 down hole motor drilling

利用井底动力钻具带动钻头旋转的钻井方法。包括涡轮钻具钻井、螺杆钻具钻井、电动钻具钻井。

[来源: SY/T 5313—2006 3.3.2.3]

3.7

气体钻井 rotary drilling

利用空气或天然气、氮气或其他气体作为钻井循环介质, 在一些特定岩层井段中进行的钻井。

[来源: SY/T 5313—2006 3.4.4]

3.8

狗腿 dog leg

井眼轴线上井眼方向变化剧烈的部位。

[来源: SY/T 5313—2006 11.2.14]

4 基本要求

4.1 钻井队制度

4.1.1 应建立的规章制度包括但不限于: 安全生产规章制度、值班管理制度、训练管理制度、救援应急预案与评估制度、救援总结讲评制度、事故分析报告制度、原始记录归档管理制度、机具使用与保养制度等。

4.1.2 应建立的岗位职责包括但不限于: 应急救援钻井队指战员职责、技术人员职责、电话值班员职责、机动车驾驶员职责、物资管理员职责。

4.1.3 矿山应急救援钻井队指战员必须经过专门的培训、考核、试用，取得合格证后，方可从事矿山救护工作。

4.1.4 特种作业人员必须经专门的安全技术培训并考核合格，取得特种作业操作证后，方可上岗作业。

4.1.5 救护装备配备包括但不限于：矿山应急救援钻井队必须配备救援车辆及通信、灭火、侦查、气体分析、个体防护救援装备。

4.1.6 救援人员个人防护装备应符合 GB/T 11651 规定，安全帽应符合 GB 2811 规定，安全网应符合 GB 5725 的相关规定，安全带应符合 GB 6095 相关规定。

4.2 钻井队建设

4.2.1 矿山应急救援钻井队员应急抢险救援能力集训主要包括基础训练、专业训练、战术综合训练和队员自选科目训练。

4.2.2 基础训练包括但不限于：队列训练、体能训练、防护防卫装备和网络通讯设备的日常使用技能、熟练掌握矿山防护装备的使用穿戴、通讯设备的维护使用等。

4.2.3 专业训练包括但不限于：矿山应急救援管理规程、井下安全事故处理、矿井自然灾害事故预防与应急处理、矿井井下通风与安全、钻探工艺技术。

4.2.4 战术训练包括但不限于：指令的应急响应、运输线路的规划、设备的吊装转运、实战场地的警戒与准备、设备组装与试运转、场地恢复等有效综合训练运用。

4.2.5 结合不同操作岗位的特点设置训练科目，采用特岗特训，应兼顾诸如应急给养输送、心理辅导、煤矿瓦斯气体爆炸应急处理、矿山突水、采空区安全密闭等自选项目训练。

4.2.6 钻井队伍考核参照 AQ/T 1009—2021 第 6 条款执行。

5 钻井救援响应

5.1 接警响应

5.1.1 接到调度指令后，矿山应急救援钻井队应迅速与现场指挥部取得联系，派出先遣组快速赶赴事故现场，进行先期布置，为钻井设备入场创造条件。

5.1.2 根据救援需要，先遣组应及时协调现场相关工作，及时向现场指挥部反馈任务执行情况和困难诉求，做好救援实施任务的动态跟踪。

5.1.3 矿山应急救援钻井队员按上级救援调度令规定的时间在指定地点整装集结，传达救援命令，部署救援任务，全程计时、记录、摄像。

5.1.4 救援作战指令下达后，迅速组织吊装和运输，急缺的装备和物资材料等报现场指挥部紧急调配、采购。

5.1.5 达到事故现场后，矿山应急救援钻井队参照 AQ/T 1008—2007 的 9.2.4、9.2.5、9.2.6、9.2.7、9.2.9 条款执行。

5.2 救援组织

5.2.1 结合事故的特征，制定救援施工组织设计、钻井专项施工方案，评估潜在的危险源，制定危险源管控和现场安全生产管理措施。

5.2.2 根据救援施工组织设计方案，协调各方资源，组织救援装备、后勤保障物资快速到位；收集事故发生矿区的地质、水文、巷道、通风、给排水、周边环境等基础资料，建立井下三维可视化场景，科学制定钻井救援的施工作业方案。

5.2.3 根据线路勘察和现场勘测，向现场指挥部提出救援作业所需“三通一平”的条件要求，迅速组织救援装备进场。

5.2.4 组织钻井救援施工所需的钻探配套设备，机具、管材、油料、泥浆材料、现场警戒器材和参战人员一周内的基本物资供应。

5.3 救援保障

5.3.1 根据救援实施需要，协助现场指挥部临时道路抢修、场地平整、现场布置等工作，安全有序组织救援装备入场与安装。

5.3.2 装备进场途中，应提前协调引导车辆，勘察沿途道路状况、高架管线、隧道、箱涵、高架桥通行限高及通车桥梁承载力等情况，规划好行进路线，确保装备及物资运输安全。

5.3.3 加强与地方物流单位、现场指挥部、道路交通管制部门的联系，确保救援所需要的各类装备、工具和材料等能够快速运送到事故现场。

5.3.4 矿山应急救钻井队应对救援现场急需缺失物资第一时间报现场指挥部，实行集中紧急调配、采购。

5.3.5 救援现场应设置安全警戒线和各种安全警示标志，安全标志设置应符合 GB 2894 有关规定；钻机到达救援现场后，应建立现场视频监控系统。

6 钻井装备与钻井工艺

6.1 钻井装备

6.1.1 钻机应满足下列钻井救援施工要求：

- 宜配备车载式或履带式。
- 井深 ≥ 600 m。
- 生命监测维护通道孔径 $\Phi 152.4$ mm $\sim \Phi 311.2$ mm。
- 救生升井通道孔径 $\geq \Phi 580$ mm。

6.1.2 空压机压力及压力储气罐、泥浆泵等附属设备选用，应满足钻井施工要求。

6.1.3 结合救援职责和需求，宜配备多功能集成式装备保障车、充气发电照明车、蛇眼探测仪、便携式气相色谱仪和卫星通信指挥车等。

6.2 钻井工艺

6.2.1 钻井工艺优先采用孔底空气潜孔锤钻进、孔底螺杆马达钻进和定点透巷钻井工艺方法。

6.2.2 钻井循环介质为空气、清水或环保钻井液，空气介质应采用捕尘装置，钻井液循环系统宜选用钻井液不落地循环系统。

6.2.3 施工现场配浆处理剂和地面水泥浆、钻井液等应参照 JGJ 146 规定执行。

7 井场布置与设备装卸

7.1 井场修筑

7.1.1 协助现场指挥部做好井场、施工便道的修筑工作，施工便道及井场内的地基应能满足重载车辆、大吨位吊车的安全通行与作业，井场设备安装处不得有填方。

7.1.2 场地地基应满足井架安装拆卸、钻井施工的基本要求，井架主体及附属的绷绳、避雷器等设施

与场地架空的高压输电线的距离符合 AQ 2012 要求；空压机、柴油机排气管出口不应指向油罐区、易燃物区域。

7.1.3 井场方向以救援井口为原点，以井架底座的两条垂直平分线的延长线为轴线，划分井场的前后左右，充分利用地形，节约用地方便施工，废弃物排放应符合 GB/T 8978 要求。

7.1.4 救援现场供用电应符合 GB 50194 相关规定，现场临时用电应符合现行行业标准 JGJ 46 有关规定。

7.1.5 机械设备或设施的防雷引下线宜采用圆钢或扁钢，可利用该设备或设施的金属结构体，但应保证电气连接安全距离。

7.2 井场照明

7.2.1 井场照明应采用橡胶电缆，操作台、钻井液循环罐照明电路应采用耐油橡胶电缆铺设，应用电缆槽或电缆穿线管，电缆槽或电缆穿线管应有一定的机械强度，可敷设在罐顶或外侧、操作台底座内侧。

7.2.2 各照明电缆分支应经防爆接线盒或防爆接线箱压接，支路与分支做线路搭接时应做结扣绕接和高压绝缘处理，专用接线箱或防爆插件应有防水措施。

7.2.3 距离井口半径 30 m 以内的照明应采用防爆灯具和防爆开关，井场用照明配备防爆灯具型号和数量参照 SY 5974 的相关规定执行。

7.2.4 操作台、钻井液循环罐上的照明灯具应高于工作面（罐顶）1.8 m 以上；其他部位灯具安装应高于地面 2.5 m 以上。

7.3 设备装卸

7.3.1 高处作业人员必须系好安全带，安全带栓在安全可靠位置后，才能工作；使用工具应拴保险绳，零配件应装在工具袋内。

7.3.2 高处作业的下方及其附近不应有人作业、停留和通过。

7.3.3 起重机吊装、拆卸设备时的指挥信号应符合 GB 5082 中的规定，吊装设备时应用游绳牵引，吊装、搬运盛放液体的容器时，容器内应无液体、无残余物。

7.3.4 不应用电（液、气）动绞车和起重机等起重设备吊人或超荷载工作。

7.3.5 抽穿钢丝绳、自动加接钻杆等作业应有专人指挥，指挥信号和口令明确。

7.3.6 所有受力钢丝绳应用与绳径相符的绳卡卡固，方向一致，数量及绳卡的鞍座的位置应符合 GB/T5976 的规定。

7.3.7 遇有六级以上（含六级）大风、雷电或暴雨、雾、雪等能见度小于 30 m 且危及到救援队员安全时，应停止设备吊装拆卸及高处作业。

7.3.8 搬迁车辆进入井场后，移动式起重机械不应在架空电力线路下面工作，且停放位置（包括其中吊杆、钢丝绳和重物）与架空线路的距离符合 AQ 2012 有关规定。

7.3.9 在井场内施工作业时，应详细了解井场内管路及电缆分布情况，穿越裸露在地面的管线及电缆时应采取保护措施。

8 救援钻井施工

8.1 钻前准备

8.1.1 钻井救援人员和设备设施到达救援地点后，服从现场指挥部统一调配，检查井场状况（如高压电线、井场地基稳固可靠、井场平整）合格后，方可卸车安装。

8.1.2 机械设备必须全部安装在实地上且安装稳固、周正水平。设备的机械转动(齿轮、万向轴、皮带等)部位,必须安装牢固的防护栏杆或防护罩;滑轮与天车轮必须使用铸钢件,天车轮应设防止钢丝绳跳槽的安全挡板。

8.1.3 检查钻机安全设施(检查机械部件,检查所有油液液位,安装避雷针等),检查操作台控制面板,确保所有控制杆、钮在“空档”位置,按照流程完成设备组装。

8.1.4 检查空压机、储气罐及气体回路的链接,每隔 10 m 应设不少于 1 个固定的链接点。

8.1.5 检查泥浆泵、泥浆回路链接,每隔 5 m 应设不少于 1 个固定的链接点。

8.1.6 启动钻机,检查所有仪表显示状况;检查完毕后,试运行钻机 10 min,运行正常后,方可正式钻进。

8.2 升降钻具

8.2.1 升降机的制动装置、离合装置、大钩、游动滑车、液压大钳和其他拧卸工具等应灵活可靠。

8.2.2 使用的钢丝绳应遵守下列规定:

——钢丝绳安全系数大于 7。

——大钩处于孔口时,升降机卷筒钢丝绳圈数不少于 3 圈。

——钢丝绳固定连接卡,应符合 GB/T 5976 的规定;绳卡距绳头,应大于钢丝绳直径的 6 倍。

——钢丝绳应定期检查:变形、磨损、断丝钢丝绳,执行 GB/T 5972 的报废标准。

8.2.3 升降机应平稳操作,严禁在升降过程中触摸钢丝绳。

8.2.4 井口操作人员在挂吊卡、挂吊环、上卸扣以及正常起下钻时,应站在安全位置,注意观察操作对象及周围情况。

8.2.5 起下钻时,必须将双吊环挂入吊卡双耳环内,并插上吊卡销子后才能起下,严禁挂单吊环,吊卡销子必须系好保险绳;提落钻具或钻杆时吊卡开口朝上,避免自动打开。

8.3 空气潜孔锤钻进

8.3.1 管压管路应遵守下列规定:

——高压管路系统应使用耐压 8 MPa 以上钢丝编织(两层或三层)的铠装式高压胶管。

——钻杆应安装密封胶圈。

——手动操作和远程控制阀门应装在流向钻机的管线上,在钻机操作台附近应安装手动操作阀门。

——实施空气反循环钻进时,气水龙头应改为双通道式结构。

——救援现场应在井口安装防尘密封器,现场作业人员应佩戴防尘口罩。

8.3.2 开钻时,先送风,空转,后进给;钻头略微提起,稍离孔底;开孔阶段,压钻要轻,转速要慢。在钻岩过程中,大钩荷载不得超过最大工作荷载的 80%。

8.3.3 当实施雾化钻进和泡沫钻进时,应通过三通混合器将溶液注入到压缩空气中,并配备低排量的水泵或者泥浆泵,注水量控制在 $0.3 \text{ m}^3/\text{h} \sim 0.9 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

8.3.4 一般地层钻进

8.3.4.1 正常钻进时,应观察排渣情况、进尺速度,当排渣及进尺正常时,无需提动钻具;当排渣不连续时,应将钻具提离孔底并上下窜动,形成孔底强吹孔。

8.3.4.2 钻进过程中压力突然变低时,应反复活动钻具,待潜孔锤工作正常后继续钻进。

8.3.4.3 回次结束或加接钻杆应遵守下列规定:

——回次结束,应强吹孔 1 min~2 min,同时上下窜动钻具,以清洁孔底和钻杆外壁沉积的岩粉。

——将钻具提离孔底 0.5 m~1.0 m 后,再关闭压风,防止岩粉倒灌。

- 加接钻杆前要检查钻杆内有无泥沙或异物，必要时应进行风吹清除。
- 加接钻杆后，潜孔锤距离孔底应有 0.3 m~0.8 m 的安全距离。

8.3.5 复杂地层钻进

- 8.3.5.1 在弱含水层钻进时，宜从孔口注水稀释后，将岩屑冲出孔底；或从钻杆内注入泡沫溶液洗井。
- 8.3.5.2 孔壁不稳定地层，宜下入套管护壁后，再进行钻进。
- 8.3.5.3 岩溶地层或地下空洞地层，应下入套管进行护壁后，再进行钻进。
- 8.3.6 空气潜孔锤循环介质优选应遵守下列规定：
 - 在含少量地层水或含砂岩地层（一般要求地层出水量低于 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ），宜采用雾化液作为循环介质。
 - 钻遇井壁不稳或漏失地层时，宜在传统的泡沫钻井液配方中加入 KCl 抑制剂。

8.4 螺杆马达钻进

- 8.4.1 钻井施工前，应以定向钻具模式下入、采用复合钻进工艺钻进，定向井施工参照 SY/T 6332、侧钻井施工参照 SY/T 5792 制定作业预案。
- 8.4.2 下钻前，应对螺杆马达进行孔口检查，查看螺杆的运转灵活程度、造斜工具的装合差等。
- 8.4.3 用于定向钻进时，按设计的定向要求选择调整适宜的螺杆马达组合，孔底钻具装配时丝扣连接部位应牢固，必要部位应加丝扣紧固胶；钻杆之间的连接丝扣应有良好的密封。
- 8.4.4 下螺杆钻具过程中必须分段循环泥浆，循环时间不大于 30 min，下钻至离井底 10 m 处开泵，排量由小到大，防止开泵过猛堵水眼、或憋漏、憋垮井壁。
- 8.4.5 定向施工时，应依据设计井身质量要求，合理控制井眼轨道，采取复合钻进与滑动钻进相结合的钻井方式进行定向施工，减小井眼狗腿度，确保井眼轨迹平滑。
- 8.4.6 侧钻定向施工，应依据设计井身质量要求和地层岩性、原井眼条件，利用钻具结构的特性，确定侧钻方式与侧钻位置，合理控制侧钻参数。采用套管开窗时，侧钻成功后，用常规钻具试钻 10 m~20 m，消除井下套管磁干扰后，下入弯螺杆钻具进行井下定向施工。
- 8.4.7 定向施工应遵守下列规定：
 - 宜采用无线随钻测量仪进行数据监测，所测方位数据参照各地区方位磁偏角进行校正；有磁干扰时，应采用陀螺测斜仪对测量数据校正。
 - 应根据测量数据及时计算井眼轨迹坐标参数，采用 SY/T 5435 规定进行计算并作出实钻井眼轨迹图，与设计井眼轨迹进行对比，以指导控制井眼轨迹，确保中靶。
 - 定向钻进中，泵压压差控制在 1.0 MPa~2.5 MPa 之间。泵压突然上升或下降，应立即停泵，上提钻具 0.3 m~0.6 m，重新开泵核对循环压力，泵压正常则继续钻进。
 - 定向钻具入井到底，按螺杆钻具规定排量建立井内循环，正常后采用 20 kN~50 kN 钻压进行试钻 1 m~2 m，实测出井下钻具定向反扭矩的大小，并结合设计的井斜及方位参数计算出定向施工的工具面角控制范围，在设计要求的钻压范围内进行定向造斜施工。

8.5 透巷施工

- 8.5.1 透巷施工可能对井下被困人员造成二次伤害的主要危险源有：孔内液体介质（钻井液、水、水泥浆等）渗入或溃入、顶板破坏甚至冒顶。
- 8.5.2 采用信息化技术方法，进行绕障井或斜直井施工的安全透巷距离分析，宽度方向的偏移量 $R_b \leq b/2$ ，长度方向的偏移量 $R_L \leq L/2$ ，L 和 b 分别为被困人员所在巷道或避灾硐室在平面尺寸上的长度和宽度。

8.5.3 依据最优透巷距离，优化井身结构，将技术套管下入安全透巷井段上部，利用内插法固井。

8.5.4 安全透巷的基本要求：

- 在技术套管与巷顶之间，应预留一定厚度的岩层作为防漏安全支撑距离。
- 根据巷道或避灾硐室尺寸及顶部岩性特征，首选巷顶中心为透巷点，校核透巷钻进引起的顶部破坏情况，优化最佳透巷点，透巷点终孔靶心距 $R \leq 1 \text{ m}$ 。
- 透巷段施工前，应将孔内液体排出孔外，选择干空气、雾化或泡沫空气作为透巷钻进循环介质，整个透巷段采用空气潜孔锤钻进工艺，采用下排渣法排屑。
- 必要时应进行抽水试验，检查验证钻孔含水层的止水封隔效果，确保含水层中的地下水不会沿钻孔涌入目标巷道。

8.5.5 透巷施工中，应采用防偏纠偏钻具组合，钻压宜控制在 $30 \text{ kN} \sim 50 \text{ kN}$ ，透巷井段的狗腿度应小于 $20^\circ / 100 \text{ m}$ 。

8.5.6 透巷施工遇到“顶板、冒顶、崩塌”时，参照 AQ/T 1008—2007 的 10.1.5、10.2.3 相关条款执行。

8.6 护壁措施

8.6.1 表层套管固井时，水泥浆一般应返至地面，采用钻井泥浆泵即可完成；技术套管固井时，参照 DB43/T 1084 的相关条款执行。

8.6.2 钻进不稳定地层或遇溶洞、采空区、含水地层时，应下套管，参照 DZ/T 0227 相关条款执行，套管重叠段宜用水泥封固。

8.6.3 护壁参数指标应遵守下列规定：

- 水泥标号不宜小于 P. 042.5，水泥浆密度一般控制在 $1.75 \text{ g/cm}^3 \sim 1.80 \text{ g/cm}^3$ 。
- 井管内水泥塞高度宜控制在 $10 \text{ m} \sim 30 \text{ m}$ 。

8.6.4 救援中有特殊需求时，应采用专用水泥固井车 and 水泥灰储罐车，保证固井时的连续性，参照 DB43/T 1084 的相关条款执行。

8.6.5 救援钻井通道安全维护，参照 GB 16423—2020 的 6.4.4、6.4.5、6.4.6、6.4.8 的相关条款执行。

9 钻井队撤场

9.1 救援钻井宜采用全井封井的方法，井口用水泥砂浆树立规范的标志桩。

9.2 救援结束后应拆除临时设施，清除各类废弃物，在现场指挥部指导下安全、有序地撤出事故现场。

参 考 文 献

- [1] 《煤矿安全规程》2022 版(应急管理部令第 8 号)
 - [2] 刘智荣. 矿山垂直钻井救援关键技术与装备[J]. 地质装备, 2019, 20[01]:11-17
 - [3] 田宏亮, 张阳, 郝世俊, 凡东, 常江华. 矿山灾害应急救援通道快速安全构建技术与装备[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(05):29-33.
 - [4] 黄志凌. 王家岭矿钻孔逃生救援系统研究与应用[D]. 北京科技大学, 2016.
 - [5] 丁慧. 垂直救援提升系统救援舱与井架设计[D]. 太原理工大学, 2016.
-

地方标准信息服务平台