

《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范》

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

本标准由中国科学院武汉岩土力学研究所提出，本任务来源于鞍山五矿陈台沟矿业有限公司绿色矿山建设推进中的工程需求，围绕深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性开展防控技术研究与工程实践。针对深部金属矿山高阶段矿柱稳定性防控的迫切需求，结合行业标准化建设要求，本技术规范被列入 2025 年中关村绿色矿山产业联盟团体标准实施计划。中关村绿色矿山产业联盟于 2025 年 9 月下达《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范》团体标准制定任务（项目批准号：GRMP-2025-82）。本规范的制定将填补国内本领域技术标准空白，为行业提供统一的深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术依据，对保障金属矿山安全高效开采、推动金属矿业绿色转型升级具有重要的工程应用价值和战略意义。

2. 起草单位、参编单位

本文件起草单位：中国科学院武汉岩土力学研究所

参加编写单位：贵州大学、河南大学、中南大学、中国矿业大学、武汉大学、武汉科技大学、鞍山五矿陈台沟矿业有限公司、武钢资源集团程潮矿业有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中石化石油工程技术研究院有限公司、华东交通大学、北京科技大学、广西大学。

3. 主要起草人

夏开宗、王田龙、杨括宇、杜坤、孙朝焱、沈明轩、吴疆宇、潘玉丛、邬忠虎、彭胜、周志伟、郝风才、肖波、郑先伟、梁万、赵国良、张礼仁、缪秀秀、张海娜、刘力源、郑志、宋许根。

二、制定标准的必要性和意义

1. 目的和意义

随着矿产资源开发逐渐向深部拓展延伸，深部金属矿山嗣后充填采矿形成的高阶段矿柱稳定性问题已成为制约矿山安全生产的关键性挑战所在。深部开采环境面临高地应力、较强扰动性以及复杂的地质构造等典型的特性，这使得高阶段矿柱出现失稳的风险呈现出明显的加剧态势。本规范通过借助科学手段来监测开

采过程中高阶段矿柱所产生的变形、应力和损伤破裂情况，进而实现预警工作，这对于保障深部金属矿山安全生产以及矿工生命安全具有重要的意义，主要表现在以下几个方面：

(1) 统一技术标准：对高阶段矿柱稳定性监测系统的相关设计、安装以及数据分析流程予以规范，保障监测数据的可靠性，解决传统方法存在的碎片化问题。

(2) 推动矿山智能化转型：推动光纤传感以及微震定位这类前沿技术在深部金属矿山安全领域实现标准化的应用，引领整个行业的技术不断升级。

(3) 实现稳定性预警：基于实时监测高阶段矿柱应力、变形、损伤破裂等参数，建立预警方法，为深部金属矿山大规模矿体回采的安全决策、预警处置与风险防控提供技术支持。

(4) 保障安全与效益双提升：降低因高阶段矿柱失稳而引发的采空区坍塌以及岩爆等一系列事故的风险；根据监测和预警结果反馈，优化充填开采方案，避免出现盲目停工，增加矿山运营成本。

2、必要性

(1) 预防深部金属矿山重大安全事故的核心手段

深部金属矿山充填采矿时，高阶段矿柱存在失稳风险，这种失稳情况有可能引发类似于“多米诺骨牌”垮塌式的连锁性破坏，或出现岩爆乃至整个采空区冒落等状况，进而致使井下人员遭受伤害以及设备遭到损坏。技术规范统一深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测标准，能够对高阶段矿柱从损伤破裂到失稳整个过程期加以系统地识别，提前发出疏散指令，防止突发性事故的发生。如三山岛金矿在进行深部开采活动期间，由于矿柱失稳的风险非常突出，依靠微震监测系统来实时抓取岩体破裂所发出的信号，以此达成灾变预警目的。

(2) 提升高阶段矿柱监测预警精确性与时效性技术保障

单一的监测手段，如位移监测很难完整且准确地反映出在深部金属矿山充填开采效应下高阶段矿柱稳定性状况。根据规范的要求，充分考虑了多种来源的数据（如位移、应力和损伤破裂事件等）以提升预警的可靠性，进而为深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性监测预警的精确性以及时效性给予技术层面的保障。

(3) 响应法规要求与推动行业智能化升级的必然需求

国内相关法规，例如《金属非金属地下矿山监测监控系统通用技术要求》，已经规定矿山要建立地压监测系统，然而缺少专门针对深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性监测和预警的技术细则。该规范能够填补该领域的空白，明确关

于监测项目和内容、监测网络布设以及监测预警实施等方面的具体要求，促使深部分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿金属矿山从被动防控转变为主动防控。

三、主要起草过程

2025年7月中关村绿色矿山产业联盟发出标准制定计划征集通知。2025年9月，本标准申报了立项并获得了批准。同年9月，中关村绿色矿山产业联盟下达标准编制计划。本标准编制工作具体进展情况如下：

(1) 2025年10月10日，标准编制组召开了第一次工作会议，会议上依据立项评审所给出的意见对标准编制大纲加以完善，明确了参编单位以及各单位各自的任务分工情况。

(2) 2025年10月10日至2025年12月15日，编制组开展相关调研、广泛收集相关资料以及专题论证等一系列工作，最终成功编制出《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范（讨论稿）》

(3) 2025年12月16日至2025年12月24日，编制组委托了相关领域专家针对《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范（讨论稿）》开展咨询论证工作，专家提出了若干修改及完善意见。

(4) 2025年12月24日至2026年1月17日，编制组根据专家咨询意见组织内部研讨，对标准文本进行了充分的修改和完善，最终形成《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范（征求意见稿）》

四、制定（修订）标准的原则和依据

1. 制定（修订）原则

(1) 科学性：本标准在编制过程中开展了较为广泛的调研活动，同时综合考虑了编制团队以及有关单位最新的研究成果与实践成果，并且依靠现场试验所获取的数据来进行相应验证工作。针对监测和预警技术实施方案中的关键参数逐一展开细致论证，保证标准条文的各项设置能够和实际工程的应用情况相互吻合，确保标准具备科学可靠性。

(2) 通用性：本标准依照国家法律法规以及矿山井下安全相关规定来制定，同时充分考虑现行国家标准、行业标准的协调配套情况，在概念表述、符号规则、指标确定以及条款编排等方面予以统一规范，以此提升标准的一致性与可操作性，让其适用范围更为广泛、推广性更强，可以在各种采用分段凿岩阶段空场嗣后充填采矿法的深部金属矿山规范实施。

(3) 实用性：本标准以现场应用为导向，强调简明可行与便于实施。在保证监测精度与预警效果的基础上，针对监测内容设置、监测网络布局、数据分析处理、预警机制构建以及成果输出形式等环节给出具体规范，并对流程进行优化，

减少冗余步骤、控制整体复杂度，从而降低落地难度，便于基层技术人员和测量（监测）单位快速掌握并按标准开展工作。

（4）先进性：本标准在编制过程中吸收了国内外关于围岩变形、应力与损伤破裂监测，以及深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性研究和工程应用的成熟经验；综合选用三维激光扫描、光纤传感监测、微震监测等现阶段较为先进且经过工程充分验证的技术手段，提升了标准的技术先进性，体现一定的前瞻布局与示范引领作用。

2. 制定（修订）依据

（1）现行行业技术标准

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。

TGRM 132 煤矿盘区开拓巷道变形监测技术要求

DL/T 5807 水电工程岩体稳定性微震监测技术规范

T/CECS 839 岩体工程微震监测技术规程

DZ/T0460 地质灾害自动化仪器监测预警规范

T/CAGHP 064 地质灾害监测预警信息发布规程

T/CAGHP 014 地质灾害地表变形监测技术规程

GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准

（2）科研成果

- 1) 古德生，赵文，陈从新. 采矿手册（第二卷 矿山岩体力学）[M]. 长沙: 中南大学出版社，2023.
- 2) 王运敏. 现代采矿手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.
- 3) 耿献文，马全礼. 矿山压力测控技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.
- 4) Xia KZ, Chen CX, Liu XT, et al. Assessing the stability of high-level pillars in deeply-buried metal mines stabilized using cemented backfill[J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2023, 170: 105489.

（3）实践经验

标准系统梳理了国内外深部金属矿山充填开采条件下高阶段矿柱稳定性监测与预警的典型工程案例，从案例实践中提炼形成可供本标准参考的技术要点，总结了高阶段矿柱稳定常见风险问题及相应处置经验，为本标准修订提供了坚实的工程验证支撑和可靠的数据依据。

（4）专家意见

标准编制期间，我们面向行业主管部门、科研院所、高校以及相关企业等单位，广泛征求专家学者和一线技术人员的意见建议；同时依托专家咨询、评审和论证等环节，对标准进行了多轮修订，逐条优化条款设置与技术要求，使标准内容更科学、更合理。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

经过相关文献调研以及对标准体系进行检索后发现，国内外并没有形成专门针对深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警的技术标准。所以，本标准和现行的同类技术标准之间并不存在重复、矛盾或冲突的情况。在标准编制的整个过程当中，始终是以国家相关的法律法规、行政规章还有矿山井下安全等方面的现行标准规范作为遵循准则，切实落实这些准则所规定的基本原则以及总体要求。在此基础之上，提出并形成了《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范》，是对现有法律法规以及相关标准的细化落实补充手段，为工程技术提供相应的支撑。

六、标准主要内容说明

本标准《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范》聚焦于深部金属矿山高阶段矿柱稳定性的监测以及预警相关工作，清晰界定了技术体系所需遵循的基本要求以及实施原则，同时针对监测内容的具体设置、监测网络布设、监测采用的技术方法、数据的分析和处理流程以及预警工作的组织实施等方面提出了规范性要求，主要涉及如下这些方面：

（1）监测内容体系

在对现有的围岩稳定性监测和预警技术进行全面且细致的梳理之后，本标准综合考虑了深部金属矿山高阶段矿柱稳定性发展演变规律，同时还将编制团队所取得的创新研究成果以及在实际现场应用当中积累的相关经验融入其中，由此明确了针对高阶段矿柱稳定性展开监测时的核心要点所在。其重点涉及到矿柱位移监测、应力监测以及损伤—破裂监测等方面，进而能够为后续开展矿柱稳定性评价以及预警工作给予必要的基础数据方面的有力保障。

（2）监测程序与技术要求

本标准针对深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警工作，对其流程和技术规范予以系统且清晰的界定，包含了监测实施所遵循的基本要求、监测项目的设置情况、监测方法与手段选择、监测频率的具体要求，还有数据整理、存储管理以及质量保障的相关措施。同时，还规定了预警实施的操作流程，构建预警指标体系，并且依照风险程度确定预警等级和相关的分级响应措施。借助规范且统

一的作业程序以及技术口径，能够为深部金属矿山大规模回采过程中高阶段矿柱的安全研判、预警处置以及风险治理提供可靠的技术依据。

(3) 预警指标体系构建

本标准清晰地规定了深部金属矿山高阶段矿柱预警指标体系构建事宜，由核心预警指标和辅助预警指标共同构成。核心预警指标是以定量监测所得到的结果为依据，其能够直观地呈现出矿柱变形、受力以及损伤破裂等在时间维度以及空间维度上所发生的演化特点。而辅助预警指标是依靠现场巡查以及宏观观测针对高阶段矿柱破坏征兆展开定性方面的判识以及评价活动。通过把定量信息和定性信息综合考虑，提出了高阶段矿柱稳定性的合预警体系，所构建起来的指标体系不但有科学方面的依据作为支撑，而且在工程现场也方便实施与应用。

(4) 填补标准空白，统一技术要求

经过对国内外有关的法律法规、标准规范以及技术文献展开系统的检索并加以对照分析之后，当下还没有发现专门针对深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警的技术标准文件。此标准属于该领域首部较为完备的技术规范，可切实有效地弥补行业标准方面的欠缺之处，统一技术口径与关键要求，规范工程应用实践，对于推动深部金属矿山高阶段矿柱监测与预警制度化、规范化以及标准化方向发展有重要支撑作用。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

本标准起草过程中未出现重大的分歧意见。

八、采用国际标准或国外先进标准情况

经过对国内外的相关标准以及技术文献展开系统的检索工作，尚未发现针对深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警方面的国际标准，也没有国外成熟且先进的标准可以直接引用。本标准《深部金属矿山高阶段矿柱稳定性监测与预警技术规范》属于该领域当中首个形成完整体系的技术规范，在制定过程当中由于缺乏能够与之进行横向或纵向直接比对的国外对标文件，所以主要是在总体思路以及技术路线上对国外相关研究所取得的进展情况以及工程应用积累的经验进行了参考与借鉴。

九、贯彻标准的措施建议

1. 加强标准宣传与培训

(1) 组织标准宣贯与培训：可由中关村绿色矿山产业联盟联合相关行业协会以及主管部门开展此项工作，其对象主要是设计单位、监测（测量）机构还有矿山企业，常态性地去开展标准宣讲、条文解读以及技术培训等相关事宜，

重点围绕着关键条款以及现场实施要点展开较为系统的讲解，并且通过案例示范的方式来推动从业人员能够准确地理解并且较为熟练地应用该标准。

(2) 编制并推广宣传资料：组织编写标准宣贯手册、典型应用案例汇编以及多媒体培训课件等配套材料，借助官方网站、微信公众号、行业会议与各类交流活动等多种多样的渠道来集中且持续不断地进行传播，进一步扩大标准的传播范围，提高行业对于该标准的认知程度以及应用的覆盖率。

(3) 制定企业实施细则：金属矿山企业应根据在高阶段矿柱稳定性监测与预警工作方面实际的需求以及当前的管理状况，在不会弱化本标准所提出的要求的基础之上，将其细化并形成企业级的实施细则或操作规程；并在执行规程的过程中，要依据实际的应用效果以及现场反馈情况来进行滚动式修订，持续不断地予以完善，进而形成可以被反复使用、广泛推广的标准化规程。

2. 加强国际合作与交流

(1) 积极投身到国际标准化的相关工作中去。鼓励有关单位在条件允许的情况下，参与国际标准化组织以及相关学术团体所开展的标准研制和交流活动中，对深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性监测与预警领域国际上最新的发展动向予以持续关注，并且充分吸收、借鉴国外那些较为先进的理念以及关键技术，为后续开展国际对标方面的研究或联合编制标准等工作奠定基础。

(2) 强化国际交流以及协作方面的机制。可以凭借国际学术会议、专题研讨、合作项目等一系列平台和国外的科研机构、矿业企业以及技术服务机构构建起多层次的合作关系。围绕着监测技术研发、预警方法的应用以及数据的共享互通等多方面来展开联合研究并且推行示范应用，提升我国在深部金属矿山充填开采高阶段矿柱稳定性监测与预警领域中的国际影响力以及在行业里的话语权。

十、其他应予说明的事项

无。