冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法

团体编制说明

起 草 单 位 ：长安大学

参 编 单 位 ：湖南科技大学

东南大学

江西理工大学

中南大学

安徽理工大学

中国科学院武汉岩土力学研究所

中国矿业大学（北京）

南华大学

福州大学

青岛乾坤兴智能科技有限公司

2025 年 8 月 8 日

一、工作简况

1. 任务来源

本文件是根据中关村绿色矿山产业联盟下达的 2025 年与绿色矿山相关的团体标准编写计划制定的。

2. 起草单位、参编单位

起草单位：长安大学

参编单位：湖南科技大学，安徽理工大学，中国科学院武汉岩土力学研究所，中南大学，南华大学，福州大学，江西理工大学，青岛乾坤兴智能科技有限公司。

3. 主要起草人（说明标准主要起草人及其所做的主要工作等）

主要起草人：宫凤强、伍武星。

宫凤强对标准起到主导作用，把握标准起草的大纲和具体实施过程，伍武星负责标准的撰写和修订。

二、制定（修订）标准的必要性和意义

目前，冲击扰动诱发洞壁型岩爆在深部矿山开采过程中日益频发，严重制约矿山安全高效开采。国标 NB/T 10143-2019《水电工程岩爆风险评估技术规范》对岩爆进行了定义，岩爆是在开挖或其他外界扰动下，深部或高构造应力的岩体中聚集的弹性应变势能突然释放，导致围岩爆裂、弹射的动力现象。因此，冲击扰动诱发洞壁型岩爆往往造成开挖工作面的严重破坏、设备损坏和人员伤亡，属于典型的深部工程地质灾害之一。

以往模拟洞壁型岩爆的主要加载方式为静荷载或低频扰动，因为缺少合适的试验装置（需要同时满足施加二维预静载及轴向冲击动载功能），缺乏冲击荷载（爆破等动载）作用下洞壁型岩爆试验研究，造成对于冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法没有明确且统一的规范流程。尽管，国标 NB/T 10143-2019《水电工程岩爆风险评估技术规范》规范了水电工程岩爆风险评估规范，国标 GB/T 50266-2013《工程岩体试验方法》和 GB/T 23561.7-2024《煤和岩石物理力学性质测定方法》规范了岩石物理力学试验规范。但当前对于冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验还缺乏标准化流程，尚未建立起冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法的标准，造成不同团队采用的加载方式、岩样制备标准差异显著，导致研究成果难以横向对比和工程转化。深部矿山开采面临高地应力和动态扰动叠加的复杂环境，传统经验式设计难以精准预测岩爆风险，亟需基于规范试验的定量化判据。现有试验设备（如常规 SHPB 系统）无法全面模拟洞壁型岩爆破坏，限制了岩爆机理研究的深度。因此，自主开发了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验系统，提出了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法，结合现有的试验研究基础，为编制本文件相关的技术内容奠定了坚实的基础。本建议方法“冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法”可充分补充我国现行国标、行业标准和国际建议标准，从而也能促进现行国家和行业标准的应用。

因此，建立一套科学、规范的冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法，统一试验流程、数据采集标准及成果分析要求，弥补当前岩爆试验方法不足。这为岩爆机理研究提供可复现、可验证的技术框架，推动深部岩石力学理论发展，通过模拟试验预测实

际工程中岩爆风险，指导矿山工程设计和灾害防治，降低深部矿山开采事故。

三、主要起草过程

1. 前期准备及调研阶段

项目立项前，标准编制小组查阅和搜集有关现场冲击扰动诱发洞壁型岩爆灾害案例、相关室内岩爆文献及技术材料。同时，自主开发了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验系统，开展了冲击扰动下圆形、矩形和马蹄形洞壁岩爆物理模拟试验，对冲击扰动下洞壁型岩爆破坏进行系统性研究，并形成相关技术标准。根据上述案例分析及前期研究成果，提建立了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法，结合现有的试验研究基础，编制本文件相关的技术内容。中关村绿色矿山产业联盟经过组织专家论证，于 2025 年 6 月 24 日批准立项，然后组织召开工作组启动会议，标准工作组提交工作计划及人员组成等方案。

2. 起草阶段

2025 年 1 月-2025 年 6 月，在主编单位负责人的组织协调下，各参编单位经过充分的讨论，并进行了多次修改，编写了《冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法》（初稿）。

2025 年 6 月 24 日：中关村绿色矿山产业联盟组织专家对该项标准的初稿进行了第一次评审，并给出专家意见。

2025 年 6 月 25 日-2025 年 8 月 8 日：编写团队根据专家意见进行了认真修改和完善，按照专家意见（见标准征求意见处理表）修改。

四、制定（修订）标准的原则和依据

1. 编制原则

问题导向原则：以解决现有室内岩爆试验中不能实现冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验为主导，通过深入分析问题产生的原因和影响，自主开发了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验系统，有针对性地制定规范内容。

适用性原则：规程的制定适用于爆炸、冲击、地震等冲击扰动下洞壁型岩爆物理模拟试验与研究，使规范具有广泛的适用性。

科学性原则：基于大量的岩石力学试验并且参考该领域成熟理论与先进技术，确保标准技术内容科学合理、准确可靠，能有效指导实践。

本标准的格式、内容及描述方法对照了 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》。

2. 编制的依据

（1）试样采集和制备的相关要求等信息参考《GB/T 23561.1 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 1 部分：采样一般规定》

（2）试样开展试验过程的步骤及数据采集的相关要求等信息参考《T-CSRME 001-2019 岩石动力特性试验规程》

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

本文件不与现行有关法律、法规和强制性标准冲突。目前，国内外尚无冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法的相关规程。

六、标准主要内容说明

本标准规定了冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法规程所涉及的术语和定义、仪器设备、岩样规格，具体阐述了深部硐室冲击扰动诱发岩爆模拟试验方法。

1. 范围。适用于爆炸、冲击、地震等冲击扰动下洞壁型岩爆物理模拟试验与研究。

2. 规范性引用文件。列出了本文件起草内容中所必须的规范性引用文件，GB/T 23561.1 煤和岩石物理力学性质测定方法 第1部分：采样一般规定、T-CSRME 001-2019 岩石动力特性试验规程。

3. 术语和定义。对洞室、岩爆、冲击扰动荷载、圣维南原理、岩爆坑等专业术语进行定义。其他未给出的专业术语定义与传统岩石力学中相关定义一致。

4. 总则。列出了本文件的总体规则。

5. 基本规定。对岩石试样采样、试验大纲、试验准备工作、数据记录等进行了基本规定。

6. 岩样采集与制备。对测试过程中涉及的岩样采集、岩样制备、岩样尺寸、岩样精度、岩样描述进行了说明。

（1）文件中给出了岩样的整体加工尺寸要求：岩样的尺寸宜为长100mm、宽100mm或长度150mm、宽度150mm，相对应高度要大于长度或宽度的0.2倍以上，岩样的边长应大于最大矿物颗粒尺寸的10倍。

（2）文件中给出了洞室的尺寸的要求：应满足圣维南原理，深部洞室开挖对周围岩体的扰动影响范围通常为3～5倍的洞室直径，故洞室截面的直径宜为岩样边长的1/5～1/3。对于100mm×100mm截面的立方体岩样，洞室的直径为25mm～33mm；对于150mm×150mm截面的立方体岩样，洞室的直径为30mm～50mm。

（3）文件中给出了试样的加工精度要求：岩样边长允许偏差应为±0.1mm，岩样端面不平整度允许偏差应为±0.02mm，岩样相邻两端面应互相垂直，允许偏差应为±0.25°，岩样相对端面不平行度的允许偏差应为±0.02mm。

7. 岩爆模拟试验方法。对测试过程中涉及的试验和监测设备进行了说明、对试验步骤、注意事项、数据处理、破坏特征、成果记录进行了说明。

具体试验步骤如下。

（1）试验前应对BHPB系统进行校准，检查射杆与透射杆是否互相对齐，两输出杆是否互相对齐，所有方杆都保持在同一高度，不得偏心；且应对未加载试样前提下进行试冲，应无反射波出现，确认系统可靠；

（2）将适量的黄油涂抹在试样端面和方杆断面以减少摩擦，将试样放入四根方杆之间，且与方杆对齐，不得偏心；

（3）将高速相机对准试样，拍摄角度宜以试样为正中心；

（4）静应力加载阶段，Z和Y向静态液压加载单元以0.05MPa/s对试样施加二维静应力，直至加载至预设初始应力水平后，并保持该初始应力水平恒定5min，以减少应力波动（如图2所示）；

（5）检查数据采集系统，并调整示波器和高速相机处于等待触发模式；

（6）根据设定的冲击速度，调整冲击气压，发射冲头，实现冲击扰动加载；

（7）卸荷、检查波形数据，保存应力波信号和视频数据；

（8）对最终破坏试样形态及特征进行详细拍照，回收碎屑。

（9）复上述步骤，每次试验应重复2~3次，以保证试验结果的有效性。

七、分歧意见的处理过程、依据和结果

无。

八、采用国际标准或国外先进标准情况

本文件在编制过程中未采用国际标准或国外先进标准。

九、贯彻标准的措施建议

标准经批准、发布实施后，成立标准宣贯小组，积极开展标准宣贯会，积极在矿山企业开展标准宣贯讲座、技术培训等工作，推动标准技术应用实践。

十、其他应予说明的事项

无。

标准征求意见处理表

意见	答复	修订
题目中是否需要“深部”？	深部的定义和内涵在隧洞、矿山、石油等领域完全不同，深浅只是一个尺度的概念，当浅部构造应力较大也会诱发岩爆，因此对于题目中是否需要“深部”两字非常值得思考，为了造成不必要的理解，我们在题目中去除了“深部”，题目改成了“冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法”。	将题目中“深部”去掉，并将题目改成“冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法”。
“洞室”还是“硐室”？	“洞室”通常是指为特定目的而在地下开挖形成的空间，广泛用于水电站、矿山开采等领域。我国一些现行标准，比如岩土工程勘察规范 GB 50021-2001、水电水利工程深埋地下洞室开挖施工规范 DL/T 5854-2022 均采用“洞室”进行表达。因此，本文统一采用“洞室”。	全文采用“洞室”进行陈述相关内容。
原提案表中的第 5 章和第 6 章是否重复。	原提案表中的第 5 章和第 6 章中的内容主要考虑不同影响的因数，在一些具体实施过程中存在部分内容相似，所以在写标准过程中我们删掉了部分内容，没有来得及更新提案表。	
适用范围要进行修订，改成：本标准适用于利用深部硬岩洞室冲击扰动诱发岩爆模拟试验和相关分析。	由于我们题目进行了调整，我们按照专家建议对适用范围进行了相应的调整，改成“本文件适用于爆炸、冲击、地震等冲击扰动下洞壁型岩爆物理模拟试验和相关分析。”	本文件适用于爆炸、冲击、地震等冲击扰动下洞壁型岩爆物理模拟试验和相关分析。
题目中考虑“诱发”	题目中已经增补了“诱发”，改成“冲击扰动诱发洞壁型岩爆物理模拟试验方法”。	