

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

《锚杆材料动态拉伸力学性能实验室测试规程》

编制说明

起草单位：武汉大学

参编单位：湖南科技大学

珠江水利委员会珠江水利科学研究院

大同大学

东华理工大学

中国科学院武汉岩土力学研究所

中国水利水电第七工程局有限公司

2025 年 12 月 17 日

## 一、工作简况

### 1. 任务来源

锚杆的动态拉伸力学性能是评估其在岩爆、矿震、爆破等冲击荷载作用下工作状态与安全性的核心指标，直接影响矿山、隧道、边坡等重大工程支护体系的可靠性。目前，国内针对锚杆材料及组件的动态拉伸性能测试，尚无统一的试验方法标准。各研究机构所采用的测试装置（如落锤系统、改装的冲击设备）、试样制备、加载规程及数据处理方法差异显著，导致测试结果可比性差，严重制约了锚杆材料动态性能的客观评价、技术升级与工程选型。本文件的制定，旨在规范基于落锤冲击的锚杆动态拉伸试验方法，统一测试原理、仪器设备、样品制备、操作流程与结果表达，确保测试数据的科学性、准确性与可重复性。本标准将为锚杆材料的研发设计、质量检验以及工程应用提供关键的技术依据。

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

本文件起草单位：武汉大学

参加编写单位：湖南科技大学、珠江水利委员会珠江水利科学研究院、大同大学、东华理工大学、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国水利水电第七工程局有限公司

### 3. 主要起草人

本文件起草人：吴志军、翁磊、吴秋红、刘夕奇、卢海峰、杨东辉、黄志怀、储昭飞、张旗、王振华、刘学伟、罗冉、徐翔宇、叶洲元、陈正红、王世鸣、刘远景

## 二、制定标准的必要性和意义

锚杆作为岩土工程支护体系的核心构件，其动态力学性能直接关系到矿山、隧道、边坡等工程在面临岩爆、矿震、爆破等冲击荷载时的安全与稳定。当前，国内对锚杆动态拉伸性能的测试，尚缺乏统一、规范的技术标准。不同研究单位、检测

机构及企业所采用的测试装置、试样规格、加载速率、数据处理方法各异，导致测试结果分散、可比性差，无法形成对锚杆材料动态拉伸性能的科学、客观评价。本文件的制定具有重要的技术规范与产业引导意义，表现在以下 4 个方面：

（1）系统规定了基于落锤冲击的锚杆动态拉伸试验方法，为行业提供了从原理、设备、操作到分析的完整技术框架，解决了测试方法不统一的问题。

（2）通过规范关键设备精度、试样制备、校准程序和数据处理流程，确保测试数据的准确性、可重复性与可比性，为锚杆材料的动态拉伸性能评价提供可靠依据。

（3）标准化的测试结果能为工程设计与安全评估提供关键的锚杆动态性能参数，有助于实现支护方案的精准设计，提升工程抵抗动态荷载的能力。

（4）本标准的实施将有助于锚杆材料生产技术的进步，促进高性能抗冲击锚杆的研发与应用，提升我国岩石锚固领域整体技术水平与竞争力。

因此，制定本标准对统一锚杆动态拉伸性能的测试方法，为行业提供可靠的技术评价依据具有重要意义。

### 三、主要起草过程

本项目于 2025 年 7 月申报立项，2025 年 8 月由中关村绿色产业联盟下达标准制定计划。

（1）2025 年 8 月，本文件编制组召开第一次讨论会，制定了标准编制大纲，完成了参编单位任务分工。

（2）2025 年 8 月至 2025 年 9 月，编制组开展了资料收集、调研等工作。

（3）2025 年 9 月 25 日，编制组形成了《锚杆材料动态拉伸力学性能室内测试规程》（初稿）。

（4）2025 年 9 月 26 日至 11 月 17 日，编制组针对初稿中的主要过程、关键参数的确定开展了相关试验论证工作。

（5）2025 年 11 月 20 日，编制组就标准初稿召开第二次讨论会，根据试验论证结果对标准进行修改完善，形成了标准讨论稿。

(6) 2025 年 11 月 25 日，编制组邀请部分同行专家对讨论稿进行征求意见，并根据专家意见对讨论稿进行进一步的完善。

(7) 2025 年 11 月 26 日至 12 月 11 日，编制组经过完善并内部讨论，形成了《锚杆材料动态拉伸力学性能室内测试规程》（征求意见稿）。

## 四、制定标准的原则和依据

### 1. 编制原则

为保证本标准的科学性、规范性、实用性和前瞻性，在制定过程中确立了以下指导原则：

(1) 科学性：本标准的核心技术内容以落锤冲击动力学原理、锚杆材料的动力拉伸响应与吸能特性等为理论依据。试验方法、关键参数的确定均以保障测试结果的准确性、可重复性与可比性为核心，并经过充分的试验验证与数据分析。

(2) 规范性：本文件的结构和编写格式严格遵循 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》的要求，确保其与现有标准体系一致。

(3) 实用性：在保证方法科学、数据可靠的前提下，充分考虑了标准的可操作性。所选用的试验设备在国内相关实验室较为普及，试验步骤清晰明确，流程设计兼顾效率与成本，便于在实际检测、研发与质量控制中推广应用。

(4) 前瞻性：本标准在方法设计中融入了先进的测量技术，例如明确推荐采用非接触式激光位移传感器精确测量动态位移，为深入表征锚杆的动态变形过程与能量耗散特性奠定了数据基础，引领测试技术发展。

### 2. 编制依据

本标准严格遵循 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，并严格按照中关村绿色矿山产业联盟团体标准管理办法的要求进行立项和编制。主要技术条款参考和引用了《GB/T 8363-2018 钢材 落锤撕裂试验方法》《JJF1445-2014 落锤式冲击试验机校准规范》《DB35/T 1412-2014 预应力锚杆（索）张拉及质量检测技术规程》等一系列成熟的国家和行业标准。

此外，在标准编制过程中，编制组开展了方法验证试验，以确保本文件所规定方法的科学性、普适性与可操作性。验证及关键优化工作主要包括：

（1）覆盖了当前工程中常见的 HRB400、HRB500 级钢材锚杆，并设置了低、中、高三种冲击能量等级，以考察方法在不同材质和荷载水平下的适用性。

（2）验证并优化了非接触式激光位移传感器的安装方案。通过对比不同测量点位，最终确定并规定了在夹具特定位置安装传感器并通过差值计算净位移的方法，有效消除了系统间隙和整体刚体位移的影响，确保了位移数据的真实性与准确性。

（3）基于重复性试验结果，进一步明确了无效试验的判定条件（如曲线异常、断裂位置不符等）。

## 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，国内外尚无锚杆材料动态拉伸力学性能室内测试的相关规程。

## 六、标准主要内容说明

本文件规定了锚杆材料动态拉伸力学性能室内测试的测试原理、仪器设备与技术要求、样品制备与处理、测试步骤、数据处理与结果表达、质量控制与安全注意事项等。

1. 范围。本文件适用于测定金属材料（如碳钢、螺纹钢）及非金属复合材料（如玻璃纤维、玄武岩纤维）制成的锚杆在落锤冲击作用下的动态拉伸力学性能，包括但不限于动态峰值拉伸荷载、动态延伸率及能量吸收率等。

2. 术语和定义。本文件给出了落锤冲击动态拉伸试验、冲击速度、初始冲击能、动态峰值拉伸荷载、动态延伸率、冲击吸收能、能量吸收率等专业术语的定义，其它未给出的专业术语参考相关标准。

3. 测试原理与方法。本文件简要介绍了落锤冲击试验中能量储存于转化、动态加载与力传递等原理，介绍了试样响应与数据采集的方法。具体为：

本文件的测试原理基于重力势能-动能的转换与动量-冲量的传递，对锚杆试样施加可控的动态拉伸荷载。

1) 能量储存与转换：试验开始时，将规定质量的冲击锤体沿刚性导向装置垂直提升至预先设定的高度，使其获得确定的重力势能。释放后，锤体在重力作用下自由下落，储存的势能转化为动能。

2) 动态加载与力传递：下落的锤体以特定速度撞击与试样相连的专用传力装置（如砧座-连杆系统）。在极短的碰撞时间内，锤体的动量发生急剧变化，产生高幅值的冲击力。通过精心设计的夹具与传力机构，该垂直方向的冲击被有效地转换为沿锚杆试样纵轴方向的脉冲拉伸荷载。

3) 试样响应与数据采集：此脉冲荷载以应力波形式作用于试样，使其经历高速率（应变率典型范围为  $100$  至  $10^2 \text{ s}^{-1}$ ）的拉伸变形直至失效。通过同步采集系统的动态力传感器和位移测量装置，实时、连续地记录试样在冲击过程中所承受的轴向拉伸荷载  $F(t)$  以及产生的位移  $D(t)$ 。

4) 力学响应获取：对采集的  $F(t)$  和  $D(t)$  信号进行同步处理与合成，即可得到试样的动态荷载-位移曲线。该曲线完整表征了试样从开始加载、经历弹性与塑性变形、直至最终断裂的全过程动态力学响应，是提取各项动态性能参数的依据。

这一原理实现了利用直观的机械能转换，模拟并量化评价锚杆在中等应变率冲击荷载下的拉伸性能、能量吸收能力及失效模式。

4. 仪器设备与技术要求。对测试过程中涉及的落锤冲击试验机主机、动态拉伸家具系统、测量系统、安全防护装置、校准等进行了说明。

5. 样品制备与处理。对样品类型、样品数量、状态调节与测量等进行了说明。

6. 测试步骤。对测试准备中的设备检查与校准、试样准备与安装、测量系统安装、试验参数设定等进行了规定，并对测试程序进行了详细说明。

(1) 本文件指出应根据试验目的（如特定冲击能量或速度），计算并设定冲击锤体的跌落高度  $h$ 。高度标尺读数误差应不大于  $\pm 1\%$ 。

(2) 本文件建议应设置合理的触发阈值，通常设为预估峰值力的  $5\%-10\%$ 。

(3) 本文件还规定了无效试验的判定依据并说明了无效试验的可能原因。

7. 数据处理与结果表达。本文件对原始信号处理方法进行了说明，包括荷载和位移信号的时间对齐、滤波与平滑处理、零点修正及曲线合成等。对测试结果的指标计算进行了详细说明，包括初始冲击能、动态峰值拉伸荷载、动态延伸率、冲击吸收能及能量吸收率等。

8. 质量控制与安全要求。本文件针对质量控制及安全注意事项等内容进行了说明，特别说明了落锤冲击试验中的人身防护等内容。

## 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

目前国外尚无锚杆材料动态拉伸力学性能室内测试的相关规程。

## 九、贯彻标准的措施建议

为贯彻本标准，拟提出如下建议：

（1）开展宣贯培训：由发布机构组织，面向国内外科研院所机构与相关工程单位，解读本标准中的关键条款与锚杆材料动态拉伸测试的操作难点。

（2）保障设备与人员：实验室应配置合规的落锤冲击试验系统并定期校准，确保操作人员经过专业培训。

（3）建立质控与反馈机制：实施单位应进行内部质量检查（如平行样测试），同时向发布机构反馈实施中遇到的问题，以供标准未来修订完善。

## 十、其他应予说明的事项

无。