

岩石力学测试在地质灾害排查实操

王永丰^{1,2} 王铁墨^{1,2} 王艳博^{1,2}

1 河北省地质实验测试中心, 河北保定, 071051;

2 河北省矿产资源与生态环境重点实验室, 河北保定, 071051;

摘要: 本文聚焦于岩石力学测试在地质灾害排查实操中的应用。阐述了岩石力学测试的主要方法及其原理, 分析了其在地质灾害排查中的重要作用, 包括为灾害评估提供数据支持、判断潜在灾害隐患等。结合实际案例, 探讨了岩石力学测试在不同地质条件和灾害类型中的具体操作流程与应用效果。同时指出了当前应用中存在的问题, 并对未来发展进行了展望, 旨在提升地质灾害排查的科学性和准确性。

关键词: 岩石力学测试; 地质灾害排查; 实操应用; 灾害评估

DOI: 10.69979/3041-0673.26.02.053

引言

地质灾害的发生往往会对人民生命财产安全和生态环境造成严重破坏。有效地排查地质灾害隐患是防灾减灾的关键环节。岩石力学测试作为一种科学手段, 能够深入了解岩石的物理力学性质, 为地质灾害的识别、评估和治理提供重要依据。通过在地质灾害排查实操中运用岩石力学测试, 可获取准确的岩石参数, 进而分析地质体的稳定性, 提前发现潜在的灾害风险, 采取相应的防治措施。因此, 研究岩石力学测试在地质灾害排查实操中的应用具有重要的现实意义。

1 岩石力学测试概述

1.1 岩石力学测试的定义与目的

岩石力学测试是借助专业设备与实验方案, 对岩石物理性质(如密度、孔隙率、含水率)和力学性质(如强度、变形能力、抗剪性)进行定量测定与定性分析的实验方法。核心目的是获取反映岩石力学行为的关键参数, 包括单轴抗压强度、弹性模量、泊松比、三轴抗压强度等, 这些参数是理解岩石在不同受力条件下响应机制的基础^[1]。

从工程应用看, 这些参数作用关键: 评估岩石稳定性时, 可判断隧道围岩、边坡岩体的承载能力, 避免坍塌; 地质灾害预测中, 借助岩石破坏模式与临界应力数据, 能预测滑坡、岩崩风险, 为防护设计提供依据; 矿产开发领域, 可指导采矿方法与支护结构设计, 提升效率与安全性。例如地质灾害排查中, 通过测试确定岩石抗剪强度与破坏临界值, 能精准划分危险区域, 为锚杆加固、截排水系统建设等治理方案提供科学依据^[1]。

1.2 主要的岩石力学测试方法

1.2.1 单轴抗压强度试验

该试验测定岩石在单向轴向压力下的最大承受力, 是评估抗压能力的基础测试。操作需遵循规范: 选取代表性岩石样本, 加工成标准圆柱形试件, 保证表面平整、无明显裂隙; 将试件置于压力试验机承压板中央, 以恒定速率施加轴向压力, 实时记录压力与变形数据; 试件出现破裂(如纵向劈裂、压溃)时停止加载, 记录最大压力值。

通过公式(单轴抗压强度=最大压力÷试件横截面面积)计算的强度值, 是岩石力学核心指标, 反映岩石抗轴向压力能力。工程中常用于初步判断岩体稳定性, 如隧道施工前, 测试掌子面岩石单轴抗压强度, 可快速评估围岩等级, 确定是否需立即支护, 为施工安全管控提供依据。

1.2.2 三轴抗压强度试验

该试验更贴近岩石地下实际受力状态——岩石不仅承受竖直上覆压力, 还受水平侧向围压。试验时, 将标准试件置于三轴压力室弹性套内, 通过压力系统施加侧向围压(模拟地下水平应力, 围压值依工程地质条件设定); 再以稳定速率施加轴向压力至试件破坏, 同步记录相关数据。

其优势是能研究不同围压下岩石强度变化规律, 如围压增大时, 岩石抗压强度提升, 破坏模式从脆性破裂转为塑性变形, 这对深埋隧道、油气井钻探等深部工程尤为重要。通过该试验获取的参数, 可准确分析深部岩体稳定性, 指导支护结构设计, 避免忽视侧向围压引发的工程事故。

1.2.3 变形试验

变形试验聚焦岩石受力变形特性, 主要包括弹性模量与泊松比试验, 二者常同步进行, 通过应力应变关系曲线推导参数。试验时, 将试件置于压力机上, 施加轴

向压力（不超过单轴抗压强度50%，确保弹性变形），用位移传感器测量轴向与横向变形。

弹性模量是弹性范围内轴向应力与应变的比值，反映抗弹性变形能力，模量越大，相同应力下变形越小，是计算桥梁基础、坝体沉降量的关键依据。泊松比是横向与轴向正应变绝对值的比值，反映“轴向压缩、横向膨胀”规律，如隧道开挖中，可预测围岩横向变形量，指导支护结构横向刚度设计。二者共同构成分析岩石应力分布与变形控制的核心基础，保障工程长期稳定^[2]。

2 岩石力学测试在地质灾害排查中的作用

2.1 为地质灾害评估提供数据支持

岩石力学测试所获得的各种参数是地质灾害评估的重要基础数据。例如，单轴抗压强度和三轴抗压强度可以用于评估岩石的稳定性，判断岩石是否容易发生破坏和坍塌。弹性模量和泊松比等变形参数可以用于分析岩石在受力过程中的变形情况，预测地质体的位移和变形趋势。通过对这些数据的分析和处理，可以建立地质灾害评估模型，对地质灾害的发生可能性、危害程度等进行准确评估^[3]。

2.2 判断潜在的地质灾害隐患

通过岩石力学测试可以发现岩石的一些潜在缺陷和薄弱环节，从而判断潜在的地质灾害隐患。例如，如果岩石的单轴抗压强度较低，说明岩石的强度较差，容易在外界因素的作用下发生破坏，可能存在山体滑坡、岩石崩塌等灾害隐患。此外，通过对岩石的结构和构造进行分析，还可以发现岩石中的节理、裂隙等薄弱面，这些薄弱面可能会成为地质灾害发生的突破口^[4]。

2.3 指导地质灾害治理方案的制定

确定地质灾害隐患后，治理方案的制定需以岩石力学测试参数为重要依据。测试获取的岩石强度、变形特性等关键参数，可直接指导支护方式与加固材料的选择——例如针对高强度且变形小的岩石，可选用锚杆支护；对强度低、易变形的岩石，则需搭配柔性加固材料，确保治理措施兼具有效性和安全性。

同时，通过分析岩石力学参数，还能提前预测治理方案的实施效果，判断是否存在加固不足或过度加固的情况。

3 岩石力学测试在地质灾害排查实操中的流程

3.1 现场调查与采样

开展岩石力学测试前，需先进行细致的现场调查，重点掌握地质灾害涉及区域的地形地貌特征、地质构造分布，明确岩石所处的自然环境背景，以此精准确定采

样点位置，确保采样能反映目标区域岩石的整体特性。

采样阶段，需优先选取具有代表性的岩石制作试件，严格把控试件尺寸与质量，使其符合后续测试的标准要求，避免因试件问题影响测试结果准确性。同时，要完整记录采样点的地质信息，包括岩石类型、外观颜色、内部结构及构造特点等，为后续测试方案制定与数据结果分析提供可靠的基础参考依据。

3.2 实验室测试与数据分析

将采集的岩石试件带回实验室进行测试。按照相关的测试标准和规范，进行单轴抗压强度试验、三轴抗压强度试验、变形试验等。在测试过程中，要严格控制试验条件，确保测试结果的准确性和可靠性。测试完成后，对试验数据进行分析和处理。计算岩石的各项力学参数，并绘制相应的应力-应变曲线等图表。通过对数据的分析，了解岩石的力学性能和变形特性，为地质灾害排查提供依据。

3.3 结果评估与报告编制

根据实验室测试和数据分析的结果，对地质灾害隐患进行评估。判断地质体的稳定性，确定潜在的灾害风险等级。同时，结合现场调查的情况，提出相应的防治建议。最后，编制详细的地质灾害排查报告，报告中应包括现场调查情况、岩石力学测试结果、灾害评估结论和防治建议等内容。报告要客观、准确地反映地质灾害排查的情况，为相关部门的决策提供参考。

4 实际案例分析

4.1 某山区山体滑坡灾害排查案例

在某山区进行山体滑坡灾害排查时，首先进行了现场调查，发现该区域的岩石主要为砂岩和页岩，岩石节理发育，存在一定的潜在滑坡隐患。然后，在不同位置采集了岩石试件，带回实验室进行岩石力学测试。通过单轴抗压强度试验和三轴抗压强度试验，测定了岩石的强度参数。结果表明，砂岩的单轴抗压强度较高，而页岩的单轴抗压强度较低，且页岩的变形特性较为明显。根据测试结果，结合现场地形地貌和地质构造情况，建立了山体滑坡评估模型，对该区域的山体滑坡风险进行了评估。评估结果显示，部分区域存在较高的滑坡风险，建议采取相应的防治措施，如修建挡土墙、进行植被恢复等。

4.2 某矿山巷道坍塌灾害排查案例

在某矿山进行巷道坍塌灾害排查时，对巷道周围的岩石进行了岩石力学测试。通过变形试验测定了岩石的弹性模量和泊松比，了解了岩石在受力过程中的变形特

性。同时,进行了三轴抗压强度试验,分析了岩石在不同围压条件下的强度特性。根据测试结果,发现巷道周围的岩石存在一定的应力集中现象,部分区域的岩石强度较低,容易发生坍塌。针对这种情况,建议采取加强支护、优化巷道设计等措施,以提高巷道的稳定性,预防巷道坍塌灾害的发生。

5 岩石力学领域存在的问题与挑战

5.1 测试方法的局限性

当前主流的岩石力学测试方法虽已形成相对成熟的体系,但在模拟实际场景与控制测试误差上仍存在明显不足。多数测试需在实验室环境中开展,通过人为设定加载方式、温度、湿度等条件进行,然而实际地质环境中,岩石不仅承受竖向压力,还会受到水平应力、孔隙水压力及长期蠕变作用等复杂受力状态的影响,实验室单一化的测试条件难以完全复刻这些真实情况,导致测试结果与岩石在自然环境中的力学特性存在偏差。此外,试件本身的特性也会对测试结果产生干扰:试件尺寸过小时,易因局部缺陷放大测试误差;试件形状不规则可能导致受力不均,影响强度参数测定;而采样位置的差异,会使同一岩层不同部位的试件因矿物成分、裂隙分布不同,出现测试结果离散性大的情况,进一步降低测试结果的代表性与准确性^[5]。

5.2 数据处理与分析的难度

岩石力学测试过程中会产生海量数据,涵盖应力应变、声波速度、孔隙率等多类参数,而对这些数据的有效处理与科学分析,已成为制约研究进展的重要挑战。目前,行业内尚未形成统一的数据处理与分析标准和规范,不同研究团队常采用各自的处理方法,如部分采用传统统计分析,部分尝试机器学习算法,方法的差异导致相同测试数据可能得出不同结论,难以形成统一的研究共识。同时,地质条件的复杂性使数据间的关联呈现非线性、多因素耦合的特点——例如岩石强度不仅与自身密度相关,还受裂隙发育程度、地下水活动等多重因素影响,这些复杂关系增加了数据解读的难度,现有分析方法难以全面挖掘数据背后的规律,需进一步探索更适配岩石力学数据特性的处理与分析技术。

5.3 与实际工程的结合不够紧密

在地质灾害排查、隧道开挖、边坡防护等实际工程中,岩石力学测试结果的应用价值未得到充分发挥,二者间存在明显的衔接断层。一方面,部分工程技术人员对岩石力学测试的重要性认知不足,将其视为单纯的理论研究环节,忽视测试结果对工程安全的指导意义,同时因缺乏专业知识储备,难以准确理解测试数据所反映

的岩石力学特性,导致无法将测试结果转化为有效的工程决策依据。另一方面,岩石力学测试与实际工程的需求匹配度不高,测试多围绕通用力学参数展开,未针对具体工程的地质条件、施工场景进行定制化测试,且测试结果的反馈存在滞后性,无法及时根据工程进度调整测试方向与内容,使得测试成果难以快速应用于工程实践,无法有效支撑工程设计优化与风险防控。

6 结论与展望

6.1 结论

岩石力学测试在地质灾害排查实操中具有重要的作用。通过岩石力学测试可以获取岩石的物理力学参数,为地质灾害评估提供数据支持,判断潜在的地质灾害隐患,指导地质灾害治理方案的制定。结合实际案例分析,证明了岩石力学测试在地质灾害排查中的有效性和实用性。然而,目前岩石力学测试在应用中还存在一些问题,如测试方法的局限性、数据处理与分析的难度以及与实际工程的结合不够紧密等。

6.2 展望

未来,应进一步完善岩石力学测试方法,提高测试的准确性和可靠性。加强对数据处理和分析方法的研究,建立统一的标准和规范,提高数据处理和分析的效率和质量。同时,要加强岩石力学测试与实际工程的结合,提高工程技术人员对测试结果的应用能力,使岩石力学测试更好地服务于地质灾害排查和防治工作。此外,随着科技的不断发展,应积极探索新的测试技术和方法,如利用遥感技术、地球物理勘探技术等与岩石力学测试相结合,提高地质灾害排查的精度和效率。

参考文献

- [1] 郭腾. 川藏铁路拉林段区域地应力场反演及隧道岩爆预测不确定性研究[D]. 北京交通大学, 2021.
- [2] 张浩. 基于 OBE 理念的岩石力学实验教学思考[J]. 科技风, 2025, (17): 100-102.
- [3] 张朝鹏, 李怡航, 刘洋, 等. 满足试样内部环境参数测量的试样制备模具设计[J]. 实验科学与技术, 2024, 22(04): 7-12.
- [4] 吴刚. 都江堰五里坡滑坡形成演化机制研究[D]. 成都理工大学, 2016.
- [5] 李军, 陈勉, 柳贡慧. 岩石力学性质正交各向异性确定方法研究[J]. 西部探矿工程, 2006, (08): 101-103.

作者简介: 王永丰 (1976.11-), 男, 汉族, 籍贯: 河北省顺平县, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 岩石力学。