

地震活动区工程地质安全性勘察与评价研究

杨 强

新疆昌吉方汇水电设计有限公司, 新疆 昌吉 831000

[摘要]地震频发区的工程地质稳定性研究有很高的学术价值和很强的实用性。采用系统化的地质构造调查、岩土体物理力学性质分析以及多手段协同的地球物理勘查方法, 获得基础数据, 再用数值模拟技术和综合评价模型对地震作用下区域工程地质响应特征及风险等级进行探讨。研究结果意在给地震活跃区的基础设施规划、抗震设防赋予科学根基, 并加强地质灾害防治水平, 保证有关工程建设项目安全可靠且长久有效。

[关键词]地震活动区; 工程地质; 安全性勘察; 评价研究

DOI: 10.64635/ja.2026.1269

中图分类号: P642

文献标识码: A

Research on Engineering Geological Safety Investigation and Evaluation in Seismically Active Areas

Yang Qiang

Xinjiang Changji Fanghui Hydroelectric Design Co., Ltd., Changji, Xinjiang 831000, China

Abstract: The study of engineering geological stability in earthquake-prone areas has high academic value and strong practical significance. Through systematic geological structure investigation, analysis of the physical and mechanical properties of rock and soil masses, and multi-method collaborative geophysical exploration, basic data are obtained. Numerical simulation technology and comprehensive evaluation models are then used to explore the response characteristics and risk levels of regional engineering geology under seismic action. The research results aim to provide a scientific basis for infrastructure planning and seismic fortification in seismically active areas, improve the level of geological disaster prevention and control, and ensure the safety, reliability, and long-term effectiveness of related engineering construction projects.

Keywords: seismically active area; engineering geology; safety investigation; evaluation research

引言

地震多发区基础设施建设遇到严重的地质安全问题。地震造成的地动作用, 滑坡和地面沉降等次生地质灾害, 都会给建筑物的稳定造成很大的影响。系统开展该地区工程地质稳定性和风险调查及评价, 可以准确地取得地质构造参数并提前发现隐患。该研究给合理规划布局、改进设计方法、提升抗震性能赋予了科学的根据, 并且成了保证工程项目安全可靠的主要技术支撑体系, 有着十分重要的理论引领和实际应用价值。

1 勘察方法

1.1 地质调查法

地震多发地区的工程地质勘察工作中, 地质调查法被普遍地应用于获得重要基础资料。利用大规模野外实地调研的方式, 对场地及附近构造单元的空间分布情况有系统的解析, 研究范围是从待建项目所在地向周边几十公里的

可能受地质作用影响的边缘地带。在此阶段着重对地表断裂带、岩层界面变动、风化土出现的地方, 还有历史地震造成的痕迹进行记录并且加以分析。技术团队综合考虑区域地质普查资料、以往的地震报告以及有关的研究成果, 对内进行地质过程模拟, 在此基础上确定出该区域过去的活动断层及其浅层岩土体可能受到破坏的范围。

1.2 地球物理勘探法

地球物理勘探依靠岩石和土体介质物理性质不同来开展探测工作, 用非侵入式手段穿过覆盖层来认识地下的地质构造, 并且在穿越覆盖层的时候表现出明显的优势。地震频发区使用这种方法由于可以准确探测到地下的深层地质构造, 因此具有无法取代的优势。其基本原理就是根据前期地面地质勘查的数据将风险划分为不同的级别, 布置测线, 对断裂带、软弱岩层和松散沉积层等重点区域进行分层高精度测量。经过上述过程可以得到隐伏断层位

置参数、破碎带空间分布范围和地层层序等重要的资料,给后续工程规划提供可靠的依据。

1.3 原位测试法

原位测试是指在地层原始状态下去测量现场参数,目的在于保持岩土体最初的应力场和内部构造特点,避免取样运输过程中造成的力学性能的变化。所获得数据为评价地震作用下场地岩土工程特性提供了重要基础资料,有十分重要的理论和现实意义。测试时首先选择断层带、松软饱水区、边坡前沿等危险地段,并按地层垂直分布规律分层布置监测点,系统获取土体密度、抗剪强度及弹性模量等力学参数,给后续的研究给予充分的实验支撑和技术支撑。

1.4 室内试验法

室内试验以现场采集的原状岩土试样为基本,借助精密的技术系统研究其理化性质以及动力反应特性,克服了现场原位检测在微观结构和动态力学方面存在的局限性,形成了一个涵盖场地岩土参数全部内容的数据库系统。实验期间根据地层成因、岩性分布和取样点的不同对样品进行分类整理,制作标准试件;然后依次进行颗粒级配分析、固结压缩试验、模拟地震荷载动力响应测试。对饱和粉细砂、松软黏性土等敏感介质,在地震作用下,对振动条件下其性能演化规律进行分析,并探讨地震作用下土体物理力学行为的变化机理^[1]。所有的实验数据都会被用来和原位监测的结果进行对比,以此来保证数据是可靠的,进而建立起一套完整的岩土工程属性数据库,给多尺度的安全评价提供理论依据和技术上的支持。

2 数据处理

2.1 数据采集与整理

地质勘察工作主要步骤之一就是数据采集,在不同的勘查手段实施过程中都包含着各种各样的数据收集方式,它们分别是野外调查、地球物理勘查、原位测试以及室内试验等。收集的数据有文字记录、剖面图解、初始参数值和实验结果等,按照工程分区、地层序列、构造单元这三个层次进行系统的分类和标准化管理。通过制定统一的文档格式、技术标准,大大降低由于不同的记录方式造成的数据整合困难,把传统的纸质手绘资料转为电子化储存形式,从而对整个从采样到分析的全流程的数据加以全方位的保存。

2.2 异常数据筛选

根据区域地质演化背景、勘探装备的技术属性和现场施工环境来用多层次解析模型进行采样数据的筛选和处理。根据区域内已设好的构造形态和层序特点,去掉明显

的违背地质成因规律的观测数据,系统评价之后,鉴别由于仪器瞬间故障或者人为操作失误造成的影响值异常的数据,把因为局部特殊地质条件引起的异常数据单独抽取出来并加以整理。

2.3 数据统计分析

本文以筛选出的合格数据为依托,采用分层统计分析的方式,对岩土物理力学特性加以系统归纳、综合评价。根据地质序列、构造分区和潜在灾害区划等维度来总结岩土属性的空间分布规律,用区域地震历史资料来探究地壳运动特征和地层结构参数之间的关系^[2]。用多层数据统计和建模分析来揭示某个区块地层指标空间变异性模式,并对断裂带、低强度区域的岩土参数变化范围进行定量评价。同时引进地震动力响应仿真模型,分析岩土工程性能同地震诱发灾害机制之间的联系。所得统计结果为建立四维定量评价体系打下了坚实的数学基础,使地质调查由原来的凭经验判断变成了现在的精细化预测。

2.4 数据可视化处理

数据可视化通过建立标准化的统计分析方法,用专业的地质制图软件制作出包含场地地质平面布置图、垂直地层构造、不良地质体分区等各方面内容的多种图形。本法是把复杂的数据序列转变为直观的空间图形形式,使信息更加清楚。构造断层带、可能液化区、岩土体物理力学性质界限、边坡稳定类型等信息均被系统呈现出来,各不良地质体的空间分布情况也得到了显示。可视化的成果方便工程技术人员快速掌握场地主要地质风险,也为各个评价指标横向比较提供方便,给后续的技术方案设计提供了一个直观、科学的支持平台。

3 评价指标

3.1 地震危险性指标

地震危险性评价体系把区域活动断裂特征、历史地震序列分布特点、场地地质构造性质这些要素综合起来,主要探究目标区域可能遇到的地震动强度及附近发震断层所覆盖的范围,从而对项目建设全过程中的地震危险做出全面评价。利用定量分析不同的烈度等级动力响应强度变化规律来确定合理的抗震设防基准区,形成分级结论,给工程结构抗震设防烈度的确定和地震动参数的选取提供科学依据和技术支撑,使建筑主体抗震设计规范化管理、技术优化得以实现^[3]。

3.2 岩土体稳定性指标

岩土体稳定性评价体系是以原位测试和室内试验得到的力学参数为依据,主要从地震动荷载对地基滑移、边

坡失稳、地下洞室围岩变形等方面进行分析,用分等级的方法来评价潜在的灾害风险。该体系把岩石完整性指数、土壤压缩性质和地质构造的复杂程度这些要素当作依据来划定稳定性的类别,在此基础上对断裂带周边的风化岩体以及坡脚处的松散沉积层实施了专门的细致探究,进而可以正确地找出地震作用下危险的关键区域。建立指标分区模型,给工程场地选址决策提供科学依据,用岩土体稳定性数据绘制出适建区和限制区边界线,提高土地资源利用效率,降低地质灾害发生风险。

3.3 场地液化可能性指标

本文所建立的场地液化风险评价指标体系,将饱和松散砂土和粉土的地质特征、地下水位动态变化规律、颗粒级配分布特点、地震动参数等因素综合起来,考虑了土层埋深和固结程度的影响,给场地进行了系统的液化风险分级。另外根据所提模型计算各个区域在设计烈度下砂土液化的概率,确定高风险区的空间范围,提出相应的地基加固技术标准。该指标体系给建筑基础选型、地基处理措施优化提供科学依据,从根子上预防振动引起地基不均匀沉降现象出现。

3.4 地震地质灾害易发性指标

地震地质灾害易发性评价体系把活动断层分布、岩土体物理性质、地形高差改变和地下水赋存量这些诸多要素融合起来,对地震引发的滑坡、崩塌和地表形变等地质灾害的出现可能性加以剖析,并依据风险程度将易发区分成高、中、低这三级级别。该指标体系重视地质本底条件对于灾害效应的影响,也探究了地震动力加载机制的作用机理以及叠加效应,从而很好地刻画出场地次生灾害的空间分布特征。通过对各个分区进行综合分析,研究成果给灾害防治措施的制定和空间规划提供科学的依据,促进了场地安全评价由粗放式防灾减灾向精细化防灾减灾管理的转变。

4 应用策略

4.1 工程选址优化

根据系统的空间分区研究结果,对工程的选址以及总平面布置方案做进一步的改进。优先避开靠近活动断裂带、避开高液化区集中分布以及地震次生灾害频发地段,把主要功能区设在基岩稳固、地层构造稳定并且各项指标都符合安全标准的选区。由于规划限制,在不能完全避免某些地质风险的前提下,用建筑群的分布形态和减少单体建筑面积来控制土地占用量,从而减少高危地带所占的比例。对需要靠近敏感目标布置的配套设施进行地质稳定性评

价及加固设计,在项目开始之初就采取相应的控制手段来规避地震引发的危害,从而达成场地利用效益同安全性之间的一种动态均衡^[4]。

4.2 抗震设计建议

根据场地地震危险性评价数据和岩土工程特性分析来合理选择项目整体的抗震设防等级。高烈度区要提高主体结构抗震性能等级要求,对于液化易地层采用置换法或者复合地基处理。根据岩土体稳定性分区,在优化基础埋置深度、结构承载能力设计的同时还要考虑断层影响范围内建筑减震要求,并采取专项防护措施。按照分区控制指标细化单体建筑设计规范,保证结构选型和基础形式可以精准地对对应到场区的地震动参数以及地质情况,系统化地解决各个不同地质单元所造成的抗震风险隐患。

4.3 地质灾害防治措施

按照系统化的灾害风险评价来制定出各等级高发区不一样的防治措施。在边坡隐患区采用坡面锚固技术、完善排水设施和压脚处理等综合措施提高边坡稳定,对潜在的断裂带附近的施工场地增设隔断垫层来防止由于构造运动引起的地基破坏,在液化土层覆盖区采用振密法或者换填作业的方式加强土壤的抗液化性能。所有治理项目按照事先设定的风险指标确定优先级,依据轻重缓急合理安排资源,创建起分层管控的防灾减灾工程系统,有效地隔绝地震动力同次生地质灾害链传递的途径。

4.4 监测与预警方案

对于活动断裂带、液化高危区、高陡边坡等重要的地质灾害危险区,应当建设一个可以贯穿整个工程寿命期的智能监测系统。系统主要功能就是准确获取岩土体垂直位移、水平变形、地下水动态参数,用大数据分析技术建立地震和地质灾害精细化预警模型。在建设期间,采用实时采集数据的方式对局部防护方案的设计进行优化;进入运行阶段之后,根据异常指标的变化趋势来判定可能存在的危险,创建起风险等级划分的风险管理机制。该集成化的监控体系贯穿工程项目全部阶段,依靠不断的监测可以及时发现并加以处理问题,大大提高建筑及相关工程安全可靠性能^[5]。

5 结语

本文主要研究地震频发区工程地质安全问题的研究,属于多学科交叉的前沿性问题。其主要目的就是将系统的地质勘查数据和科学的分析方法结合起来,给重大工程提供准确的技术支撑和保障。从长远看应该不断优化勘查技术体系,建立完善的评价理论体系,提高研究成果的准确

性、可靠性。同时还要重视把理论研究成果应用于实际工程项目当中，推动地震高风险地区有关产业的技术更新，从而大幅度提升自然灾害预警和应急响应的总体能力。

[参考文献]

[1]范文龙,苏力坦·玉散,李桂荣,等.基于灰色关联法的地震活动与地质因素关联性分析[J].内陆地震,2025,39(4):337-345.
[2]侯继武.地震活动区工程地质勘察与场地效应分析[C]//北京市朝阳区国际绿色经济协会.全球绿色经济发展论坛——低碳建筑工程与技术管理论文集 2025 年(上).[出版

者不详],2025:47-49.

[3]巴振宁,王垚,李东桥,等.跨活动断层隧道地震响应研究:进展与展望[J/OL].防灾减灾工程学报,1-21[2026-06-04].

[4]王凤莲.穿越活动地震断裂带地铁工程抗震设防施工关键技术研究.山西省,太原轨道交通集团有限公司,2024-11-19.

[5]赵天次.活动断层位错与地震动共同作用的隧道工程反应与损伤分析方法研究[D].北京交通大学,2022.

作者简介:杨强(1991.08—),男,汉族,新疆昌吉州人,本科学历,工程师,研究方向为岩土工程勘察。