

论改扩建公路工程地质勘察

龚道平*, 胡新红

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 湖南 长沙 410200)

摘要:从勘察总体要求、既有路线地质调查、既有构筑物地质条件调查、既有路线工程地质病害分析等方面对改扩建公路工程地质勘察工作进行了全面分析。阐述了改扩建公路勘察中需解决的关键工程地质问题,分析了岩溶、采空区、滑坡及潜在不稳定边坡等不良地质条件下改扩建公路工程地质评价重点,提出了改扩建公路中路基工程、桥梁工程及隧道工程的勘察与工程地质评价要点。实践证明,提出的勘察理念可有效地指导改扩建公路的工程地质勘察工作,可在实际工作中推广运用。

关键词:改扩建;公路;既有路线;勘察;地质病害;工程地质分析;工程地质评价

中图分类号: P64 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5716(2025)01-0018-06

1 概述

近年来,无论是普通国省道干线公路,还是高速公路的改扩建均呈现快速发展之势。改扩建公路相比新建公路,在勘察设计方面有较大不同。特别是分析评价改扩建施工对既有构筑物地基及既有地质病害体的稳定性影响方面,更是区别于新建公路的一大特点。《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)第9章“改建公路工程地质勘察”对此有所涉及^[1],对勘察工作有指导作用,但面对不同场地条件、不同构筑物类型时勘察工作仍需要细化和调整,工程地质评价的重点也需要明确。如在山岭重丘区,扩建时应充分考虑既有路堑边坡的现状稳定性,以此确定是采用单侧加宽还是双侧加宽的扩建方式。笔者通过总结近几年完成的普通国省道干线公路及高速公路改扩建的勘察工作,对改扩建公路的勘察要点进行论述,对改扩建公路工程地质评价的重点进行归纳,供勘察设计人员在实际工作中参考。

2 改扩建公路勘察总体要求

改建公路工程地质勘察要与公路建设程序相适应,按照《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)的要求,提供各勘测阶段的勘察成果。在各勘察阶段,应加强对不良地质作用和地质病害体的工程地质分析,且应加强对既有工程处治方案的地质安全性评价。评价因改建工程活动可能诱发的工程地质灾害风险和工程安全风险,并提出规避风险的地质建议。改建公路

勘察成果应着重评价既有构筑物地基稳定性,分析改建工程活动对既有构筑物地基稳定性的影响。

3 既有路线地质调查

3.1 路基工程

调查既有路堤地基性状、复合地基性状、特殊性岩土处治后工程力学特征。

调查既有路堤支挡工程的有效性,评价可利用性和支挡方案的类比性。调查既有路堑边坡的稳定性及防护加固方案的有效性,评价改扩建路线方案的地质适宜性。

3.2 桥梁工程

调查既有桥梁基础形式及持力层分布特征。调查桥梁边坡的地质结构特征,分析评价边坡的整体稳定性。对既有加固处治的桥梁边坡,应分析改扩建施工对现状稳定性的影响,评价改扩建方案的地质适宜性。

3.3 隧道工程

调查既有隧道的边坡仰坡稳定性,评价防护加固方案的有效性和类比性。调查既有隧道渗水点、涌水点的分布特征,进一步分析评价水文地质特征。调查分析围岩工程地质特征,合理建议新建隧道与既有隧道的安全距离。

4 既有路线工程地质病害分析

4.1 岩溶病害分析

(1)应结合地质调查资料、前期勘察成果,对不同地质年代、不同结构与构造的可溶岩的溶蚀程度进行分级,划分标准参见表1。

* 收稿日期:2023-03-24 修回日期:2023-05-19

第一作者简介:龚道平(1969-),男(汉族),湖南澧县人,研究员级高级工程师,现主要从事公路工程地质勘察与设计工作。

表1 场地岩溶发育等级评价表^[2]

岩溶发育等级	地表岩溶发育密度 (个/km ²)	线岩 溶率(%)	钻孔见 洞隙率(%)	岩溶发育特征
岩溶强烈发育	>5	>20	>45	岩溶洞穴分布广,地表有较多洼地、漏斗、落水洞,泉眼,暗河发育
岩溶中等发育	5~1	20~5	45~15	地表发育有洼地、漏斗、落水洞,泉眼、暗河稀疏,溶洞少见
岩溶弱发育	<1	<5	<15	地表岩溶形态稀疏,泉眼、暗河及溶洞少见

(2)分析路线走廊带内岩溶发育的基本特征,评价岩溶区的稳定性。按图1确定的岩溶水动力分带模式评价岩溶水对工程的影响,尤其应关注岩溶区隧道设计标高的确定,避免将隧道设计标高置于地下水位之下。

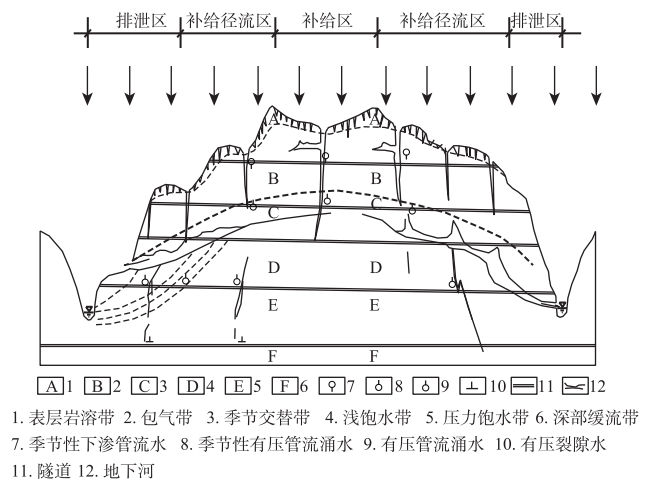


图1 河间地块岩溶水动力分带图^[3]

(3)不同的岩溶形态所产生的地质病害不同,对公路工程的影响也不相同。岩溶区钻孔的岩芯编录,应加强岩溶形态甄别,不应笼统地定为“溶洞”,应区分溶孔、溶蚀裂隙、溶缝(见图2)、溶洞、溶沟、岩溶化灰岩(见图3)等岩溶形态。

(4)应分析评价改扩建桥梁桩基施工对既有桩基的影响,如因施工扰动或地下水动力条件的改变而导致岩溶充填物流失、产生地面塌陷。

(5)应结合岩溶空间发育特征、岩溶发育历史、环境条件的改变等三方面进行场地稳定性和地基安全性评价。

4.2 采空区病害分析^[4]

定性评价扩建工程活动诱发采空区“活化”的可能性,预测其变形发展趋势;分析既有路线内采空区的处治方案和处治范围,评价处治方案的有效性。

4.3 滑坡及潜在不稳定边坡病害分析

(1)对既有公路上已处治过的滑坡,应评价改扩建

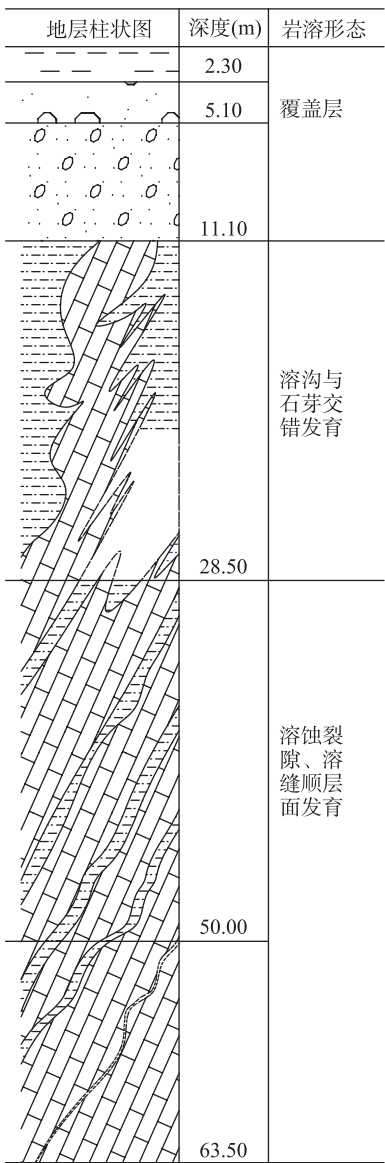


图2 溶沟、石芽与溶蚀裂隙示意图

施工(如开挖或堆载)对整体稳定性的影响,避免诱发滑坡复活。

(2)既有公路上的路堑高边坡,由于开挖时间较长,坡体的卸荷作用已完成,且局部不稳定部分已进行了防护加固,其现状稳定性较好。改扩建时,应以“少扰动”以及“有开挖必有防护”的原则,以维持其稳定状态。

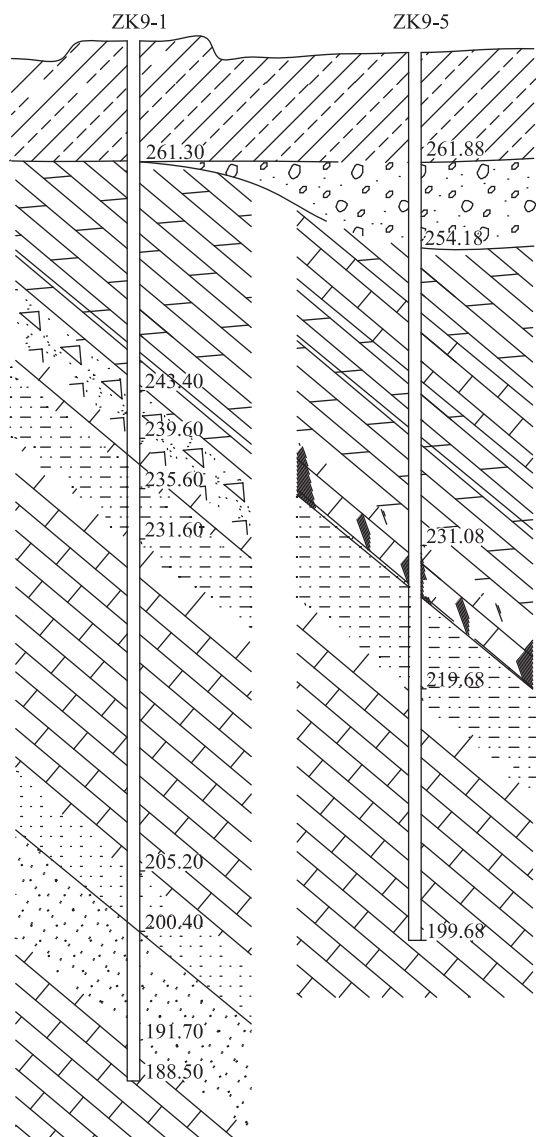


图3 溶洞顺层面发育示意图

(3)潜在不稳定边坡的稳定性评价应遵循“以定性分析为基础、定量计算为手段”的原则^[6]。根据边坡工程地质条件或已经出现的变形形迹,定性边坡稳定状态、确定变形破坏模式。滑坡变形特征与整体稳定系

数的关系参见表2。
(4)对跨河、跨水库桥梁,除关注水上岸坡的稳定性之外,还应重视水下岸坡的稳定性分析,以合理确定桥墩位置。如图4所示的水下地质剖面,虚线标示的斜坡段,由砂质板岩组成,具潜在不稳定的顺坡向地质结构,故不建议在该段设置桥墩。

5 改扩建路基勘察与工程地质分析

5.1 一般路基

(1)一般路基的无病害段主要收集既有勘察成果,采用地质调绘和简易勘探手段补充勘察资料,分析和评价地基岩土工程地质特征。

(2)既有一般路基中存在病害时,应调查病害特征和分布范围,分析产生病害的原因,并按新建工程的要求进行勘察和评价。

5.2 特殊性岩土路堤

5.2.1 软土

(1)根据既有勘察资料和补充调查资料,结合第四纪地貌演化和沉积环境分析,判断软土的成因类型。

(2)收集和分析既有处治方案、沉降监测资料,评价处治方案的有效性和适宜性。

(3)查明软土的分布特征,重视结构特征及构造特征,特别是层理特征。

(4)对山间沟谷区分布的软土,应采用螺纹钻和轻型动力触探相结合的方法进行勘察。黏性土的稠度状态与轻型动力触探击数的对应关系见表3。

5.2.2 红黏土及碳酸盐岩残积土

(1)查明不同地貌单元的红黏土及碳酸盐岩残积土的分布特征和物理力学性质。

(2)泥质类灰岩的残积土除具有高液限特征外,还常具有弱至中等膨胀特性,这些特征应通过室内试验确定。

(3)地形横坡缓于1:2.5时的路堤,按一般路基要

表2 滑坡变形特征与稳定性系数对应关系^[9]

滑坡发展阶段	变形形迹	稳定系数
主滑带上部蠕动阶段	后缘出现不连续的张性微裂隙,抗滑段未发生变形 主滑段滑体与滑带未分离	1.10~1.15
主滑体挤压阶段	主滑段滑体与滑带已相对分离,主滑带已基本形成 后缘的张性裂隙贯通、下错后缘的两侧出现平行的羽状裂纹抗滑段出现局部挤压变形	1.05~1.10
主滑体微动阶段	主滑体已沿滑带明显移动,两侧的剪切裂缝已贯通 抗滑段微隆起,并间断出现放射性裂缝	1.0~1.05
全滑坡时滑时停阶段	后缘错动明显并形成陡坎,两侧剪切裂缝明显相对位移,滑体上分级、分条裂缝明显,抗滑段明显隆起并出现横向挤张裂缝	0.9~1.0

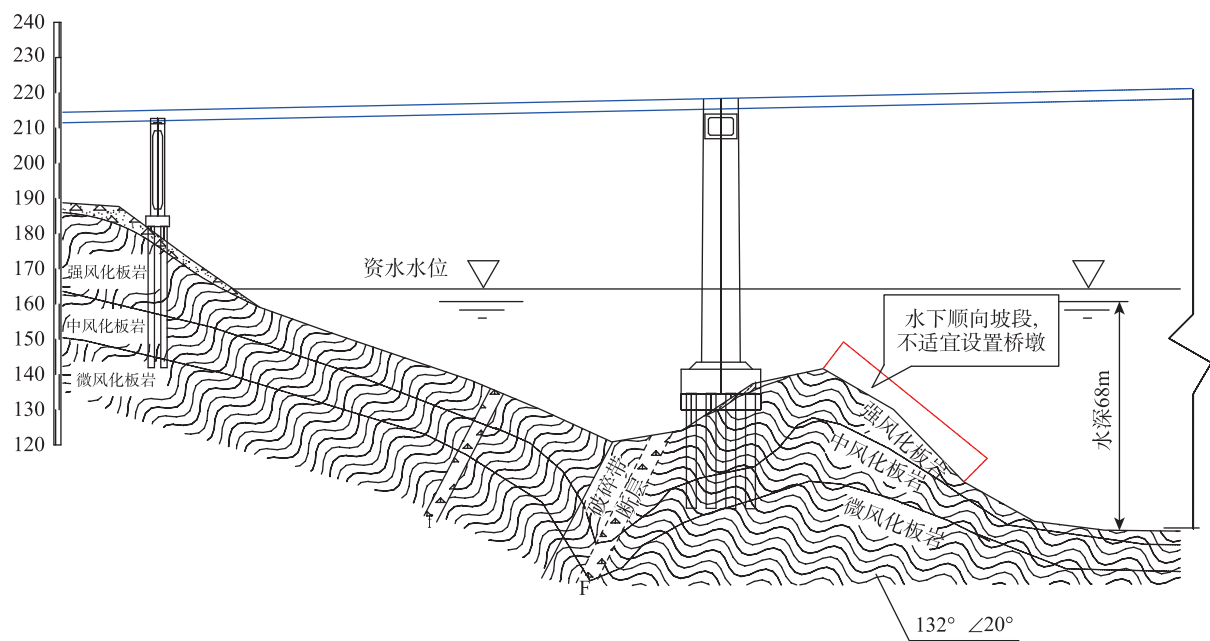


图4 水下顺向坡段桥墩布置示意图

表3 黏性土的稠度与轻型动力触探击数(N_{10})的关系

N_{10} (击)	<16	16~20	21~30	>30
稠度状态	软塑	可塑	可~硬塑	硬塑、坚硬

求进行勘察设计;地形横坡陡于1:2.5时,按陡坡路堤要求进行勘察设计,提供检算地基稳定性的强度指标。

5.2.3 花岗岩残积土

(1)根据砾石含量,将花岗岩残积土划分为砾质黏性土、砂质黏性土和黏性土;根据稠度状态,划分硬塑、可塑、软塑残积土。

(2)应查明路堤段内残积土层中的地下水位及动态变化情况,确定因浸泡而软化的残积土的分布特征。

(3)地形横坡缓于1:2.5时的路堤,按一般路基要求进行勘察设计;地形横坡陡于1:2.5时,按陡坡路堤要求进行勘察设计,提供检算改扩建地基稳定性的强度指标。

5.2.4 填土

(1)改扩建公路路基范围内的填土主要是既有公路施工时的弃土。通过地质调查、微地貌对比分析,结合钻探工作,确定填土的分布特征。

(2)通过溯源调查和室内试验,评价填土是否为特殊性土。

(3)查明填土底面原地面的横坡坡度。当坡度陡于1:1.25时,应评价填土作用对坡体的影响;当坡度大于20%时,提供检算改扩建地基稳定性的强度指标。

5.3 不良地质地段路堤

5.3.1 岩溶区路堤

(1)收集和分析既有路基的岩溶勘察资料、施工方案及运营期内路基的变形状况,评价勘察方法和处治方案的有效性和可利用性。

(2)调查路线走廊带附近区域内岩溶管道排水的畅通性,避免在极端降雨条件下路基淹没。

(3)采用综合勘察方法查明改扩建路基范围内第四纪覆盖层地质特征、岩溶发育特征、岩溶充填物特征及地下水动力特征。根据上述特征,综合分析评价地基的整体稳定性、提供处治建议。

5.3.2 滑坡区路堤

(1)收集和分析既有滑坡的勘察资料、处治方案及运营期内的位移监测资料,评价既有滑坡现状稳定性。

(2)改扩建路堤不应设置在既有滑坡体上,可设置在滑坡体前缘外侧,以不扰动既有滑坡为原则。

(3)改扩建路堤不应改变既有滑坡的地表排水系统。

(4)改扩建路堤对既有滑坡的稳定性有影响时,应进一步研究路线方案的适宜性。

5.3.3 陡坡地段路堤

(1)收集和分析既有陡坡段的勘察资料、挡墙结构物施工方案等资料,评价既有陡坡及路堤的现状稳定性。

(2)路堤和地基整体稳定性计算包括改扩建路堤

和既有路堤,改扩建路堤不应弱化既有路堤的整体稳定性。否则,应加强防护方案设计或优化路线方案。

(3)当陡坡地基中存在外倾结构面、外倾风化界面或软弱夹层时,视为潜在不稳定斜坡,应提供检算整体稳定性的强度参数。

5.4 不良地质地段路堑

5.4.1 潜在不稳定边坡段

(1)应重点研究斜坡体的地质结构,即岩土体的结构特征、风化特征、应力特征及其组合特征和水文地质特征。以地质结构为基础,以环境条件的改变(开挖卸荷、堆载、基础施工扰动)为前提,遵循“以定性分析为基础、定量计算为手段”的原则^[6],对坡体的现状稳定性及变形趋势进行工程地质分析与评价。

(2)稳定度小于规范要求值的自然斜坡或人工边坡称为潜在不稳定斜(边)坡。此类斜(边)的改扩建应充分利用既有边坡的防护加固工程措施,尽量减少坡体的开挖范围,采用“预加固、陡坡率、少开挖、多利用”的原则拓宽既有路堑。

5.4.2 既有滑坡段

(1)收集和分析既有滑坡的勘察资料、处治方案及运营期内的位移监测资料,查明滑坡体的几何特征、滑动破坏机制及现状稳定性,评价改扩建对既有滑坡稳定性的影响。

(2)应尽量避免在滑坡周界内开挖路堑边坡,以免诱发滑坡复活;必须开挖时,应对滑坡体增加支挡工程后再开挖。

(3)改扩建路堑不应改变既有滑坡的地表排水系统。

5.4.3 既有高边坡段路堑

(1)充分利用既有高边坡的勘察资料,按改扩建方案开展补充勘察工作。

(2)利用收集的岩土物理力学指标应进行验算分析,并应考虑既有边坡在运营期间物理力学指标,尤其是强度指标可能的变化情况。

(3)对具有高液限性或膨胀性的土质高边坡、软岩边坡,原则上应尽量少破坏既有工程防护,避免“削皮式”开挖,而采用坡脚支挡后再拓宽路基的方案。

(4)对整体稳定性较好的硬质岩高边坡,应采用“陡坡率、少开挖、强加固”原则,尽量减少对上边坡的扰动。

6 改扩建桥梁勘察与分析

6.1 既有桥梁地基评价

(1)收集和分析既有桥梁的勘察资料及竣工资料,

评价地基的均匀性、整体稳定性。

(2)对设置改扩建桥梁后整体稳定性不满足规范要求的陡坡地段地基,应专项研究后调整桥位方案,而不以增加边坡加固工程来提高整体稳定安全系数。

6.2 改扩建桥梁基础形式适宜性评价

(1)改扩建桥梁的基础形式应结合地基条件、拟采用的施工工艺及既有基础形式综合确定,应以尽量减少对既有基础下岩土层的扰动或损伤为原则。

(2)当存在扰动风险时,应首先对既有基础采用隔离、补强等预防护工程措施。

(3)既有桥梁采用浅基础时,改扩建桥梁可优先考虑桩基础。一是利于将荷载向深部传递,减小既有基础中的附加应力;二是减少开挖工程量,避免对既有地基的扰动。

(4)岩溶发育区应评价施工过程中发生地基塌陷的风险,采用注浆等预加固措施保护既有地基,并要求改扩建桥梁采用合适的施工工艺。

(5)深厚软土区、砂土区应评价施工过程中的扰动影响,可采用局部隔离等防护措施保护既有地基。

6.3 改扩建桥梁勘察

(1)对均匀性较好的地基,在利用既有勘察资料的基础上,适当补充勘察工作,以满足设计要求为原则。

(2)对均匀性较差的地基,如岩溶发育、差异风化强烈、地质构造发育等,应采用以钻探为主、物探为辅的综合勘察手段开展勘察工作,并逐桩评价地基条件。

(3)钻孔勘探深度以持力层满足基础的变形和稳定性要求为原则。

7 改扩建隧道勘察与分析

7.1 既有隧道边仰坡稳定性评价

(1)调查和分析地形地貌特征、地质结构特征及不良地质分布特征。

(2)评价既有结构防护工程的有效性和坡体的整体稳定性。

(3)评价地表既有排水系统的完整性和有效性。

(4)当洞口存在反压护坡体时,应评价反压体的现状稳定性,并建议反压体与改扩建隧道的合理间距。

(5)当洞口存在棚洞、明洞等防护工程时,应评价其地基稳定性,并建议与改扩建隧道的合理间距。

7.2 既有隧道围岩不良地质处治评价

(1)对比分析既有隧道勘察资料、施工资料,分析围岩级别的修正情况、不良地质分布范围的调整情况及变化原因。

(2)调查施工及运营过程中不良地质(如岩溶、坍

塌、突水突泥等)的处治过程,评价处治方案的有效性和可类比性。

(3)调查施工过程中单日平均涌水量、单日最大涌水量、突水时水压力,划分水文地质单元,评价水文地质参数。

(4)收集施工过程中超前地质预报资料,分析预报精度,评价预报方法的有效性和可改进性。

7.3 改扩建隧道勘察

(1)公路改扩建中的隧道工程,一般沿既有隧道一侧修建,应按新建隧道开展勘察。

(2)综合分析地形地貌条件、既有隧道工程地质条件及不良地质分布特征,建议新建隧道与既有隧道的合理安全距离,以利于两端路线设计。

(3)在复核既有隧道的地层、地质构造、水文地质等分布特征的基础上,有针对性地布置勘察工作,查明地质条件。

(4)结合既有隧道不良地质的处治、施工中围岩级别的修正情况,综合分析围岩地质条件,评价施工安全风险、地质灾害风险,提供预防处治的地质建议。

8 结语

本文详细论述了改扩建公路工程地质勘察工作的重点及工程地质分析与评价要点,特别阐述了在面對岩溶、采空区、滑坡及潜在不稳定边坡等不良地质时,公路构造物设置应遵循的基本原则和工程地质评价的重点。实践证明,本文提出的勘察理念可有效地指导改扩建公路的工程地质勘察工作,可在实际工作中推广运用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通运输部.JTG C20-2011 公路工程地质规范[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [2] DBJ/T 15-136-2018 岩溶地区建筑地基基础技术标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [3] 韩行瑞.岩溶水文地质学[M].北京:科学出版社,2015.
- [4] 中华人民共和国交通运输部.JTG/T D31-03-2011 采空区公路设计与施工技术细则[S].北京:人民交通出版社,2015.
- [5] 徐邦栋.滑坡分析与防治[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [6] 中华人民共和国交通运输部.JTG D30-2015 公路路基设计规范[S].北京:人民交通出版社,2015.

(上接第17页)

质灾害防治工作取得较为显著效果,切实降低了因地质灾害发生造成的人员伤亡和财产损失,取得了一定的阶段性成效,得到了地方群众和社会的认可。

参考文献:

- [1] 刘传正,刘艳辉,温铭生,唐灿,赵鲁强,田华.中国地质灾害气象预警实践:2003-2012[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):1-8.
- [2] 刘艳辉,刘传正,温铭生,唐灿.中国地质灾害气象预警模型研究[J].工程地质学报,2015,23(4):738-746.
- [3] 魏平新,杨森林.广东省短时气象地质灾害预警的实现及意

义[J].地质灾害与环境保护,2011,22(2):54-59.

- [4] 魏平新,李秀娟.广东省突发性地质灾害气象预警实践[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):138-144.
- [5] 梁斌.广州市气象灾害预警信息发布研究[D].兰州大学,2015.
- [6] 陈悦丽,赵琳娜,王英,王成鑫.降雨型地质灾害预报方法研究进展[J].应用气象学报,2019,30(2):142-153.
- [7] 赵轩.滑坡灾害监测预警系统研发[D].中国地质大学(北京),2021.
- [8] 吴福,江思义,邹仁辉,白世贤,梁长凯,黎荣新.短时强降雨条件下地质灾害气象预警的实现及启示——以昭平县“5·28”强降雨地质灾害预警为例[J].南方自然资源,2022(6):21-26.