

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2017.04.15

对广东肇庆河岸滑坡应急治理工程的思考

陈仲超

(广东省地质局第五地质大队, 广东 肇庆 526020)

摘要: 广东肇庆河岸由于江水上涨浸泡及强降雨冲刷软化边坡土体、坡顶房屋压重等多重不利因素的影响发生推移式滑坡,造成部分房屋倒塌。由于灾害区域较大,实施永久性治理工程量大、工期长,如何快速对灾发范围内的重要建筑物进行保护性应急抢险治理,防止灾情扩大,是一个难题。本文介绍了在未对整个灾发区进行全面系统整治的情况下选定包括保护物在内一个相对较小的特定区域进行应急治理,应用双排钢管微型桩及钢筋砼挡墙进行支挡防护,辅以严密边坡及建筑物变形监测措施,安全高效地对河岸滑坡进行了有效应急治理,保证了一定时期内边坡上重要设施的安全。

关键词: 地质灾害;滑坡;崩塌;应急治理;局部稳定

中图分类号: TU94+3.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2017)04-0089-06

Thoughts about landslide geological disaster emergency management of river bank in Zhaoqing City, Guangdong

CHEN Zhongchao

(Fifth Geological Brigade in Guangdong Geological Bureau, Zhaoqing, Guangdong 526020, China)

Abstract: Guangdong Zhaoqing river due to heavy rainfall erosion and the river rose soaking softening slope and slope top housing pressure multiple adverse factors to the occurrence of landslide, caused some houses collapsed. Due to the disaster area is larger, the implementation of a large number of permanent governance projects, long construction period, how quickly to the disaster area within the scope of the important buildings to protect emergency rescue management, to prevent the expansion of the disaster, is a problem. This paper introduces the comprehensive renovation of the entire system is not the case in disaster protection, including selection of a specific area is relatively small for emergency treatment, application of double micro steel piles and reinforced concrete retaining wall for retaining protection, with strict slope and building deformation monitoring measures, safety and high efficiency of bank landslide an effective emergency treatment, ensure the important facilities within a certain period of time on the slope safety.

Keywords: geological hazards; landslide; collapse; emergency treatment; local stability

0 工程概况

广东肇庆河岸滑坡地质灾害抢险工程位于广东省肇庆市高要区金利镇西江右岸联金大堤之金安围堤段,抢险临时支护工程堤岸总长度 170 m,边坡高 7 ~ 12 m,坡度 30° ~ 60°,堤岸随着近年来西围涌排水冲

刷岸坡及时间推移,两侧的滑动仍在不断变化、加快,目前北侧岸坡多处的简易平房墙体开裂,于 2016 年 3 月发生滑坡,造成部分房屋已倒塌,河涌北堤边土坡出现不同程度的开裂、下沉,裂缝宽 10 ~ 30 cm,长约 3 ~ 20 m,可见深度 10 ~ 50 cm 不等,危险性极高。永久性治理工程须在西江河 10 月份的枯水期才能开展,工期

收稿日期: 2016-12-14; 修订日期: 2017-01-15

作者简介: 陈仲超(1974-),男,工程硕士,教授级高级工程师,主要从事地灾防治工程技术及爆破工程技术工作。E-mail: chen3456@163.com

约 6 个月,而治理工程紧急,为防止该河段在汛期进一步坍塌而影响附近居民和厂房,保证河岸的整体稳定,维护该社区的人民生命财产安全,决定进行应急抢险临时支护。

1 地质特征

1.1 地形地貌

拟治理区域东临西江,北为村民住宅区,南面为内河涌,拟治理河涌岸坡坡度 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$,坡顶高程约为 10.20 m,坡脚(河道)高程约为 -3.0 m,坡顶地势较平坦,属西江冲积平原隐伏岩溶地貌。坡顶共有 4 间民房倒塌,坡面有较多建筑及生活垃圾,坡顶民房建筑参差不齐,均为建在河岸斜坡上吊脚楼,整个场地地形较为凌乱。

1.2 地质条件

(1)工程地质条件。场区地层主要为自上而下为素填土,厚约 0~4 m。第四系地层(粉质黏土),厚约 3~10 m。中部淤泥质黏土,厚约 5~20 m,局部夹厚 0.1~0.5 m 粗砂层,该地层岩土力学性能差,不利边坡稳定。下伏基岩为石炭系和泥盆纪炭质灰岩、炭质页岩和石英砂岩等。

(2)水文地质条件。地下水极少开发,局部受污染,地下水相对稳定,地下潜水面高程一般在 0.2~3.7 m,水深受潮汐影响,涨退潮落差约 1.00 m。地下水一般对砼具微腐蚀性。外江(西江)十年一遇洪水位为 4.16 m($P=10\%$)。

(3)区域地质条件。根据区域地质资料查明,该区域位于华南沿海珠江三角洲地区的西部边缘,地貌为淤积、冲积平原和低山、丘陵,南面为栏柯山脉,东面为西江。上部第四系地层主要岩性以淤泥质黏土、粗砂和黏土为主,下伏基岩以石炭系和泥盆纪炭质灰岩、炭质页岩和石英砂岩等。南部丘陵山脉主要由泥盆系和震旦系的石英砂岩夹泥质绢云母板岩组成。

2 河岸滑坡破坏模式

河岸边坡发生滑坡,造成多间房屋倒塌,边坡开裂。滑坡形成机理主要是:

(1)较差的边坡岩土地质因素及恶劣的气象条件是河岸发生滑坡的物质基础及主因。岸坡土体主要为少量素填土及粉质黏土,土质较为松软,坡面排水不畅造成坡顶居民生活用水长期在坡面漫流软化土体,加上近期长时间的强降雨导致河水上涨,浸泡边坡,岸坡土体 c 、 φ 值显著降低,是导致滑坡的重要原因。

(2)河水对岸坡的冲蚀是河岸发生滑坡的主要外在动力。坡脚河流水流湍急,河水冲刷、侧蚀边坡下部及浸泡软化下部土体,起到一定的破坏作用。

(3)坡顶民房荷载也是导致河岸滑坡的重要因素。民房质量差,基础埋深浅,坡顶压重,不利边坡稳定。

边坡破坏模式:在滑坡房屋倒塌段,可以比较清楚见到房屋及土体向下滑动,并挤压边坡下部产生变形,使滑体表面呈波状起伏,属于推移式浅层滑坡^[1-3]。

3 治理工程特点及难点分析

灾害区已发生多间房屋倒塌,河涌北堤边的土坡出现不同程度的开裂、下沉,裂缝宽 10~30 cm,长约 3~20 m,深 10~50 cm 不等,危险性高,灾情危急。项目主要特点和难点分析如下:

(1)灾情危急,施工时间紧迫。已发生滑坡灾害的地点位于河涌两岸,其中北岸发生房屋倒塌及坡面开裂,急需对北岸房屋进行保护,时间紧急。对河涌岸坡滑坡永久治理项目施工工期达 6 个月,且须在西江河枯水期(10 月~3 月)开展施工,而险情无法等待。2016 年 3 月决定对灾害进行治理,汛期(4 月~9 月)即将来临,施工时间十分紧迫。

(2)总的治理范围较大,永久性治理施工时间长,难以保证施工期间坡顶建筑物的安全。

(3)地形地质条件复杂。区内地形凌乱,河涌岸坡上有房屋倒塌后的建筑材料、生活垃圾,坡面有多道裂缝。边坡下部淤泥质黏土厚达 5~20 m,土质松软,地层变化大,岸坡已发生过滑坡,大型施工设备无法进入现场,治理难度大。

4 滑坡分析及治理工程措施

急需保护的河岸房屋地段为西围涌排水口至西江边北岸,全长约 170 m。通向施工场地道路狭窄,大型设备无法进出,交通条件差;施工场地狭小且不平坦,坡面存在裂缝,施工条件差。灾发区域周围环境详见图 1。

4.1 滑坡稳定性计算

滑坡应急抢险工程防治等级为 II 级,设计工况 I(自重)安全系数取 1.25,校核工况 III(自重+暴雨+地下水)安全系数取 1.10,按圆弧滑动法计算滑坡稳定性^[1]。

现状河涌岸坡及治理后原始山体及开挖后边坡稳定性按式(1)计算:

$$K_f = \frac{\sum \{ [W_i(\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - N_{w_i} - R_{D_i}] \tan\varphi_i + C_i L_i \}}{\sum \{ W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + T_{D_i} \}} \quad (1)^{[1]}$$

式中: K_f ——稳定系数;
 W_i ——第 i 条块的重量/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$);
 α_i ——第 i 条块滑面倾角/($^\circ$);
 A ——地震加速度(重力加速度 $g, \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$);孔隙水压力 $N_{w_i} = \gamma_w h_{i_w} L_i$, 即近似等于浸润面以下土体的面积 $h_{i_w} L_i$ 乘以水的容量 $\gamma_w (\text{kN}/\text{m}^3)$, (kN/m);
 N_{w_i} ——孔隙水压力 $N_{w_i} = \gamma_w h_{i_w} L_i$, 即近似等于浸润面以下土体的面积 $h_{i_w} L_i$ 乘以水的容量 $\gamma_w (\text{kN}/\text{m}^3)$;

R_{D_i} ——渗透压力产生的平行滑面分力/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$);
 Φ_i ——第 i 条块内摩擦角/($^\circ$);
 C_i ——第 i 条块的内聚力/ kPa ;
 L_i ——第 i 条块滑面长度/ m ;
 T_{D_i} ——渗透压力产生的平行滑面分力/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$);
 β_i ——第 i 条块地下水流向/($^\circ$).

$$T_{D_i} = \gamma_w h_{i_w} L_i \tan\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad (2)^{[1]}$$

$$R_{D_i} = \gamma_w h_{i_w} L_i \tan\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad (3)^{[1]}$$

设置边坡支挡工程措施之后的边坡稳定性计算,采用北京理正岩土设计公司研发的《理正岩土计算软件 6.5 版》进行设计计算。经过一次或多次反复的工程措施初选→计算校核→工程措施调整→计算复核,最后确定治理措施^[2]。选用的岩土工程参数见表 1。

表 1 岩土工程参数表

Table 1 Table parameters of rock soil engineering

层号	岩性	重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	饱和重度 γ' /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	粘聚力 C / kPa	内摩擦角 φ /($^\circ$)	地基承载力 特征值 f_{tb}/kPa	土(岩)体与锚固体粘结 强度特征值 f_{tb}/kPa
1	素填土	18.0	18.5	15	13	50	30
2	粉质黏土	19.5	20	27	22	100	80
3	淤泥质土	18	18.2	13	5	20	15

按最不利剖面计算边坡各区段的稳定性安全系数见表 2。

表 2 最不利剖面安全系数计算结果

Table 2 Table calculation results of various sections of the safety factor

计算项目	治理前原 始坡面整 体稳定性	治理后坡 面整体 稳定性	治理后局 部边坡 稳定性	挡墙抗 倾覆安 全系数	挡墙抗 滑移安 全系数
安全系数 计算结果	0.85	0.82	1.28	符合要求	符合要求

4.2 总体治理支护方案

河岸两边须治理的范围较大,永久性治理费用高,

工期长,而且须在西江枯水期施工。北岸房屋急需保护,时间紧迫。根据治理场地的条件,整个北岸永久治理工程施工周期长无法在汛期对民房实施有效的保护,经方案比选,选取河涌北岸房屋旁的一个较小区域进行应急治理,在年末西江枯水期永久性治理工程开工前的一段时间内做临时支护,保证坡顶民房的安全。

选取的总体方案为:微型桩冠梁 + 砼挡墙支护。此支护结构布置于河涌岸坡上,位于被保护的房屋旁,对此小范围的区域进行应急治理。工程布置详见图 1。

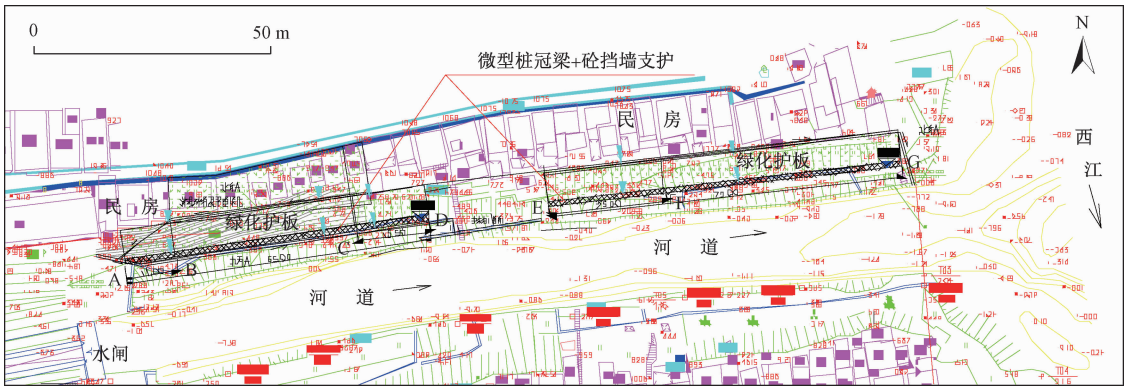


图 1 灾害治理区周围环境及工程布置总平面图

Fig. 1 Disaster control areas surrounding environment and engineering layout plan

4.3 具体支护工程措施

抢险支护范围长约 140 m(西段长 65 m,冠梁顶高程 5.50 m;东段 75 m,冠梁顶高程 5.00 m。),自民房边往外 6.0 m 处往河道方向布置两排钢管桩,桩间排距为 1.00 m,BC 段往河道轴线方向孔距 1.30 m,其他各段孔距为 1.00 m。钢管桩成孔采用地质钻或风动潜孔钻成孔,孔径为 $\Phi 150$ mm,垂直打入地下,长度 $L = 10.0$ m,竖向钢管微型桩采用 $\Phi 108 \times 6$ mm 钢管制作,采用二次劈裂注浆工艺。钢管桩顶部施作 C30 钢筋砼冠梁,宽 1.30 m,厚 0.30 m,冠梁施工完毕后,自冠梁顶向房子一侧向上按 1:(1.25 ~ 1.50) 坡率回填黏土,并进行坡面植草绿化。

最后,坡顶、坡脚修建截排水沟,完善排水系统。典型剖面治理设计断面见图 2。

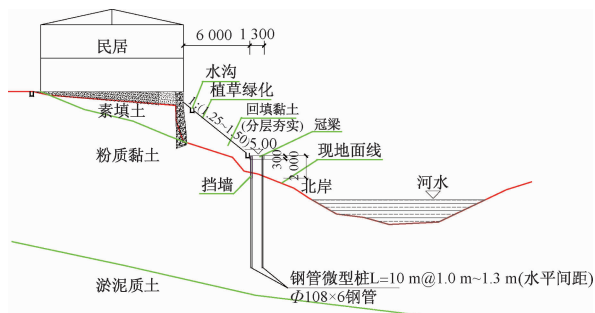


图 2 典型剖面工程措施图

Fig. 2 Typical profile engineering measures

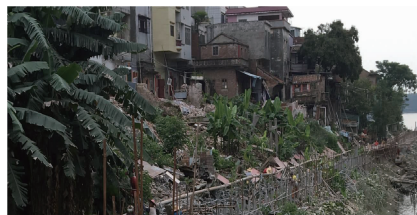
5 滑坡应急治理工程效果

该应急治理工程自 2016 年 4 月 9 日开工,克服了施工期多次暴雨淋刷,江水上涨等诸多困难,至 2016 年 6 月 12 日全部竣工,治理总坡面面积约 1 100 m² (总滑坡影响范围约 6 100 m²)。治理工程完工后,经历了肇庆地区汛期(4 月 ~ 9 月)多次长时间暴雨袭击,以及江水上涨浸泡边坡的不利气象及水文条件,边坡稳定安全。坡顶建筑物原有的吊脚墙外侧回填成缓坡,提高了建筑地基的稳定性。坡顶建筑物安然无恙。坡面原有裂缝不再延长,在钢管桩挡墙处被隔断,支护结构发挥了作用。按预定计划到年底西江枯水期开展永久性治理工程,本次应急治理保证了永久治理前边坡的安全,达到了应急治理的目的。

坡面原本坑坑洼洼,杂草丛生,建筑垃圾遍地,蚊蝇孳生,环境恶劣。应急治理完成之后,坡顶建筑物边缘往边坡 6 m 的治理范围内的坡面被回填修整平顺,种植了花草,整体环境优美,令人赏心悦目^[2]。坡顶有踏步通达坡脚河道,方便了渔民生活,群众十分

满意。

坡顶、坡脚及坡中部均有截排水沟,边坡排水通畅,避免了雨水和坡顶居民生活用水冲刷坡面,防止水土流失和水浸泡软化边坡土体,消除了水对边坡的破坏,治理效果见图 3。



(a) 治理前照片



(b) 治理后照片

图 3 治理工程效果图

Fig. 3 Governance project renderings

6 思考与认识

6.1 前人对滑坡应急治理的一些研究

大型滑坡、崩塌地质灾害发生后,因为规模大、影响范围广,永久治理工程勘察设计及施工周期较长,灾时在恶劣气象条件下,极易发生二次灾害,令灾情扩大。对于在灾发范围内有重要建筑物需要保护的情况下,急需对重点保护建筑物进行快速有效的应急抢险治理。前人在边坡应急抢险工程中,常用坡底被动区临时压重、坡顶主动区削坡减载、做好临时排水及封面处理、临时性支护等工程措施^[3],也有进行坡体快速注浆固结、快速锚杆(索)临时支护、钢管桩临时支护等措施^[1,3]。以上措施均有一定的应急治理效果,但对于保护一些荷载较大建筑物有较大的局限性。钢管微型桩在 20 世纪 50 年代由意大利人 Lizzi 首次应用,最初主要用于承担竖向荷载为主^[4]。近来随着钻探设备及工艺的发展,钢管桩工程得到广泛的应用,如李舟等人于 2012 年建立了钢管桩加固边坡的三维力学模型并阐述了有限元解法^[4]。向波等人进行了钢管排桩水平极限承载力试验研究,并在广巴高速公路 K78 路堤滑坡治理工程中应用^[5-6],林石泉对微型桩桩基挡墙承载力进行了分析^[7]。钢管桩在地质灾害应急治理项目中得到了较为广泛的应用。

6.2 局部稳定应急治理技术的基本思路

较大范围的地质灾害发生后,为了快速保护重点建筑物,在滑坡或崩塌影响范围内,在需保护的建筑物周边划定一个合理的相对较小区域,对此局部范围进行应急抢险治理,使此区域达到稳定安全效果,从而保证建筑物的安全。在应急治理区域及其周边建立严密的监测网,对灾害点进行详细的地质环境条件调查,掌握周边地质条件及灾情发展动态,做好施工安全技术措施,确保施工作业的安全^[1]。设置可靠的治理区域与周边灾害区的隔断设施,阻断周边灾害对治理区域的影响,保证治理区域的稳定安全。因为应急治理的范围较小,能够为应急抢险赢得宝贵时间。在河岸两边须治理的范围广东肇庆金利镇河岸坡崩塌地质灾害抢险工程中,对较大范围的滑坡、崩塌地质灾害取其中较小的局部进行快速应急治理研究,取得了良好的效果。

6.3 局部稳定应急治理技术应用的思考

对特定条件下的大范围滑坡灾害,快速对局部范围进行应急治理,有效保证了重要建筑物的安全。有以下几点体会:

(1)局部稳定治理是在整个灾发区域尚未完全稳定的条件下实施的抢险措施,施工危险性较高。因此,在制定应急治理设计方案时,必须十分谨慎,要在确保安全的前提下方可实施。在治理施工过程中,除了做好必要的外围拦挡防护措施外,还必须做好边坡的监测与观测,由专人负责安全监测与巡查观测,应用全方位多手段的现场实时监测,实时掌握现场边坡动态。施工区域修筑通畅的逃生通道,一旦发现危险迹象,人员立即撤离。

(2)应急治理设计虽为应急抢险阶段的设计,但为了确保治理工程措施的有效,应充分重视岩土力学基础资料的采集、调查及必要试验测试工作,包括工程区域地应力状态、工程地质、水文地质条件、岩土物理力学性质等方面的工作^[8]。

(3)局部稳定应急抢险只能在短期内保证已治理区域重要建筑物的安全,在局部区域应急治理工程完成之后,应及时开展整个灾发区域的永久性治理工作,以保证整个边坡的安全。

7 结论

广东肇庆金利镇河岸滑坡地质灾害抢险工程,对较大范围的滑坡、崩塌地质灾害选取其中较小的局部进行快速应急治理研究,有如下的结论:

(1)局部稳定应急治理技术是一种快速有效的地质灾害应急抢险技术。在滑坡、崩塌范围较大而又需紧急治理的情况下,为了保护灾发局部区域重要建筑物,防止灾情扩大,对其中相对较小的一个特定区域进行应急抢险治理,保障应急治理区域的稳定,保证重要设施的安全,工程措施技术方法是有效的。

(2)通过广东肇庆河岸滑坡抢险工程实例,证明局部稳定应急治理技术是可行的,而且该技术方法可为后续整个滑坡、崩塌永久治理赢得宝贵的时间。

(3)特定区域的局部稳定应急治理与永久性治理规划设计相结合,对已治理的局部区域的大部分工程措施均可作为永久治理工程所用,无须全部重复建设,经济性好。同时,由于应急治理工程有效地阻断了灾情扩大,减少了灾害造成的损失,从这一方面而言,局部稳定应急治理能够创造良好的经济效益和社会效益。

致谢:本文编写得到了广东省地质局第五地质大队张德维高级工程师的悉心指导和热情帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 中华人民共和国地质矿产行业标准. 滑坡防治工程设计与施工技术规范 (DZ/T0219—2006) [S]. 北京:中国标准出版社,2006.
Geological mineral industry standard of the people's Republic of China. Technical code for design and construction of landslide control engineering (DZ/T0219—2006) [S]. Beijing: China Standard Press, 2006.
- [2] 陈仲超. 浅谈地质灾害治理与景观融合设计—以广东肇庆市蓝塘中石化加油站东侧山体滑坡治理设计为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(1): 95—101.
CHEN Zhongchao. Discussion on the hazard control and landscape design—take the Sinopec gas station in lantang, zhaoqing city on the eastern side of the mountain as an example of the design of landslide control [J]. The Chinese Journal of Geological Hazards and Control, 2016, 27(1): 95—101.
- [3] 中华人民共和国国家标准. 建筑边坡工程技术规范. (GB 50330—2013) [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2013.
The national standard of the people's Republic of China. Technical code for building slope engineering. (GB 50330—2013) [S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2013.

- [4] 李舟,姜暑芳,陈洋. 钢管桩在滑坡治理工程中的应用[J]. 铁道建筑,2012,52(12):96-98.
LI Zhou, JIANG Shufang, CHEN Yang. Application of steel pipe pile in landslide control engineering[J]. Railway Construction, 2012,52(12):96-98.
- [5] 向波,庄卫林,何云勇,等. 小直径钢管排桩水平极限承载力现场试验研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2015(1):78-83.
XIANG Bo, ZHUANG Weilin, HE Yunyong, et al. Field test study on ultimate bearing capacity of small diameter steel pipe pile[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science Edition), 2015(1):78-83.
- [6] 孙毅,向波,杨小松,等. 小直径钢管排桩支挡结构抗滑机理及工程应用[J]. 路基工程,2012,31(3):57-60.
SUN Yi, XIANG Bo, YANG Xiaosong, et al. Anti slide mechanism and engineering application of small diameter steel pipe row pile retaining structure[J]. Subgrade Engineering, 2012,31(3):57-60.
- [7] 林石泉. 微型钢管灌注桩桩基挡墙承载力分析[J]. 地下空间与工程学报,2008(2):341-345+379.
LIN Shiquan. Analysis of capacity of micro steel pipe pile retaining wall [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2008(2):341-345+379.
- [8] 李元松,张电吉,陈清运,等. 高等岩土力学[S]. 武汉:武汉大学出版社,2012.
LI Yuansong, ZHANG Dianji, CHEN Qingyun, et al. Advanced rock and soil mechanics [S]. Wuhan: Wuhan University Press, 2012.

(上接第 88 页)

- [12] 章健,潘春雷,龙建辉,等. 陕-甘 G312 高速公路彬县滑坡群稳定性数值分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2007,18(4):11-14.
ZHANG Jian, PAN Chunlei, LONG Jianhui, et al. Numerical analysis on the Binxian county landslide group stability along Shanxi-Gansu G312 Expressway[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(4):11-14.
- [13] 孙英勋. 云南山区高速公路滑坡治理研究[J]. 公路交通科技,2005,22(4):49-52.
SUN Yingxun. Study on expressway landslides treatment in Yunnan [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005,22(4):49-52.
- [14] 汪晓锋,黄绍彬. 四川西-攀高速公路山神庙隧道进口滑坡综合治理[J]. 中国地质灾害与防治学报,2007,18(4):15-18.
WANG Xiaofeng, HUANG Shaobin. Comprehensive restraint works of landslide hazard at Shanshenmiao tunnel entrance on Xichang-Panzhihua Expressway in Sichuan Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007,18(4):15-18.
- [15] 隋海波,施斌,张丹,等. 边坡工程分布式光纤监测技术研究[J]. 岩石力学与工程学报,2008,27(S2):3725-3731.
SUI Haibo, SHI Bin, ZHANG Dan, et al. Study on distributed optical fiber sensor-based monitoring for slope engineering[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(S2):3725-3731.
- [16] 周志刚. 预应力锚索格构梁加固边坡的优化设计及安全系数计算[D]. 浙江:浙江大学,2011.
ZHOU Zhigang. Optimization design and safety factor calculation of the slopes reinforced by pre-stressed anchors and frame beams [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2011.
- [17] 周景星,李广信,虞石民,等. 基础工程(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
ZHOU Jingxing, LI Guangxin, YU Shimin, et al. Foundation Engineering (Second Edition) [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.