

河北省宽城县某滑坡特征与稳定性评价

彭永良^{1,2}, 郭得令², 胡卸文¹, 顾成壮¹, 周 军³

(1. 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031; 2. 济南鸿运铁路岩土工程有限责任公司, 山东 济南 250022;

3. 四川省青川县国土资源局 628100)

摘 要: 位于河北省宽城县某拟建铁路将穿越一老滑坡体, 体积约 $77 \times 10^4 \text{ m}^3$, 并在滑坡前缘以路堑方式穿过, 因开挖施工导致老滑坡复活。在现场地质调查基础上, 阐明了滑坡所在的地质环境条件和发育特征, 系统分析了老滑坡的形成原因和复活机理, 即老滑坡是受附近断层影响, 岩体完整性较差, 而前缘河流冲刷和回淤旁蚀降低了边坡的整体稳定性, 在暴雨或地震诱发下形成, 而修建铁路的路堑开挖则是导致前缘抗滑段失效而复活的主要原因。在现场试验和室内试验成果基础上, 分别对沿现滑面和古滑面在不同工况下的稳定性进行计算, 并系统分析了铁路路堑边坡开挖对滑坡稳定性的影响程度, 并对滑坡治理提出了措施建议。

关键词: 滑坡; 复活; 稳定性; 滑坡治理

中图分类号: P642

文献标识码: A

位于河北省宽城县某拟建铁路将穿越一老滑坡体, 因路堑边坡开挖后古滑坡体整体复活, 形成长 286 m、宽 210 m、面积 $4.1 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、体积 $77.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的新滑坡(图 1、图 2、图 3 及图 6)。复活滑坡已对在建铁路施工产生严重影响, 若对其处理不当, 则更会对未来铁路的安全运营产生威胁。本文是在现场工程地质调绘、工程物探、钻探、探槽、现场试验和室内试验等综合勘察的基础上, 对滑坡体的成因、复活机理及其不同工况下的稳定性, 相应的工程处理措施进行了系统的分析和探讨。

1 滑坡地质环境条件概述

1.1 地形地貌

滑坡区属低山丘陵区, 滑坡所处原始边坡坡底高程 341 m, 坡顶高程 453 m, 纵向大致呈阶梯状地形。滑坡体前缘左侧在路堑边坡开挖后变得坡高且

陡。滑坡体右侧呈现出圈椅状地貌形态。

1.2 地层岩性

滑坡所在区出露地层为侏罗系中统(J_2)安山岩和第四系(Q), 受断层和蚀变作用影响, 岩体破碎, 岩石强度低。滑坡体前缘外围左前方则出露震旦系中统(Z_2)白云岩。

勘探揭露显示, 古滑坡堆积体(Q^{del})最厚处达 34.6 m, 以粗细角砾土、碎石土为主; 滑坡体靠右前方部位覆盖较厚的第四系冲洪积(Q_4^{al+pl})黏性土, 揭示最大厚度 21.0 m; 滑坡体靠左前方部位为未完全解体的侏罗系中统安山岩(见图 1、图 2)。

1.3 地质构造

滑坡体左前部一断层与修建铁路两度相交, 总体近北东走向, 产状 $302^\circ \angle 56^\circ$ 。断裂上盘为震旦系蓟县群白云岩, 下盘为侏罗系中统安山岩, 为一压扭性质的逆断层。断裂地貌标志明显, 可见明显构造透镜体、断层角砾岩及糜棱岩; 断层两侧岩层有绿

收稿日期(Received date): 2010 - 12 - 11; 改回日期(Accepted): 2010 - 05 - 30。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金资助项目(40772175, 40972175)、NSFC - 云南联合基金重点项目(U1033601)和中央高校基本科研业务费专项资金(SWJTU11ZT14)资助。[Supported by National Natural Science Foundation Project (Grant No. 40772175, 40972175), and from the National Natural Science Foundation Project-mutual fund of Yunnan Province (Grant No. U1033601), the Fundamental Research Funds for the Central Universities(SWJTU11ZT14).]

作者简介(Biography): 彭永良(1969 -), 男, 博士研究生, 高级工程师, 1993 年毕业于西南交通大学航地系水文地质与工程地质专业, 主要从事工程地质、环境地质、岩土工程方面的勘察设计、施工与研究。[Peng Yongliang (1969), Male, Ph. D., senior engineer, graduated from hydrogeology and engineering geology major of Southwest Jiaotong University in 1993, mainly engaged in survey, design, construction and research work of engineering geology, environmental geology and geotechnical engineering.] E-mail: pengyl2007@sohu.com

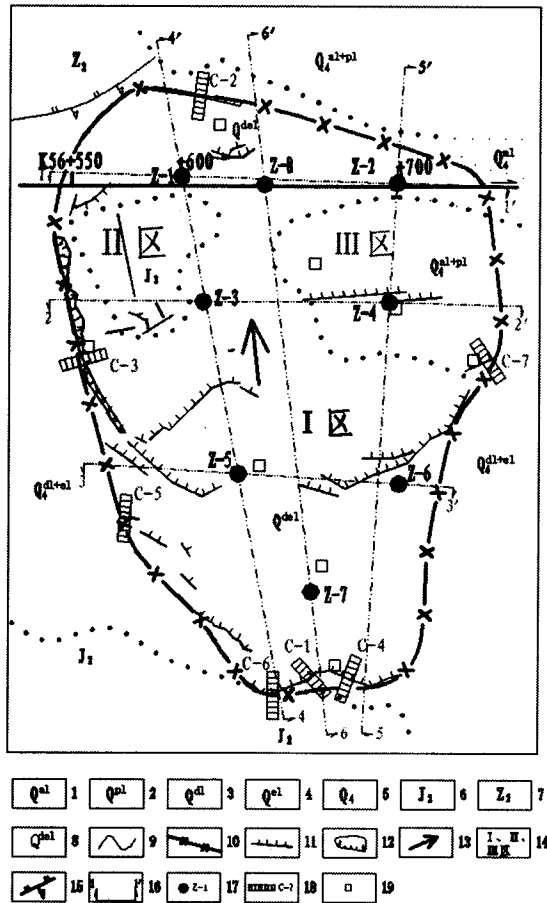


图1 滑坡工程地质平面图

Fig. 1 Engineering geological plan of landslide

1—冲积层;2—洪积层;3—坡积层;4—残积层;5—第四系全新统;
6—侏罗系中统;7—震旦系中统;8—古滑坡堆积体;9—地层分界线;
10—滑坡边界;11—主要裂缝;12—剪出口;13—主滑方向;14—根据
地貌形态和物质组成对滑坡体分区;15—逆断层产状;16—剖面线及
编号;17—钻孔及编号;18—探槽及编号;19—现场重度试验

泥石化、碳酸盐化、高岭土化以及硅化等蚀变现象。滑坡区域附近受断层影响基岩裂隙发育,岩体较破碎。

1.4 水文地质条件

滑坡区地下水主要为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水。孔隙潜水主要接受大气降水补给,前缘上方开挖路基处揭露水位埋深 3.90~6.30 m,滑坡体中部水位埋深 19.00~23.70 m,后缘水位埋深 26.40~32.60 m,滑坡剪出口有少量水渗出。地下水大致在滑动面附近上下波动,雨季时由于降水补给,地下水位升高,浸润后的滑带土力学性能降低,滑坡体容易产生滑动^[1]。基岩裂隙水埋深一般 >30 m。

2 滑坡发育特征

2.1 滑坡空间发育特征

滑坡平面形态呈“簸箕”形,沿主滑方向最大长度 286.0 m,垂直于主滑方向最大宽度 210.0 m,滑坡范围 41 103 m²。滑坡地面总体坡度约 17°,前后缘相对高差 73.0 m。滑坡平均厚度 18.8 m,最厚 34.6 m,表现出前后缘稍薄、中部厚的分布特点,滑动体积约 77.1 × 10⁴ m³。主滑方向为 294°,与铁路线交角 84°。

因滑坡前缘铁路路堑开挖,导致复活后的滑坡周界已基本封闭成环(见图 3),剪出口、拉张裂缝、剪切裂缝、滑坡后缘等滑坡特征明显^[2]。现场对滑坡主要裂缝(后缘拉裂缝、两侧剪切裂缝)走向、延伸长度、张开宽度等进行了实测,并进行了统计(图 4)。

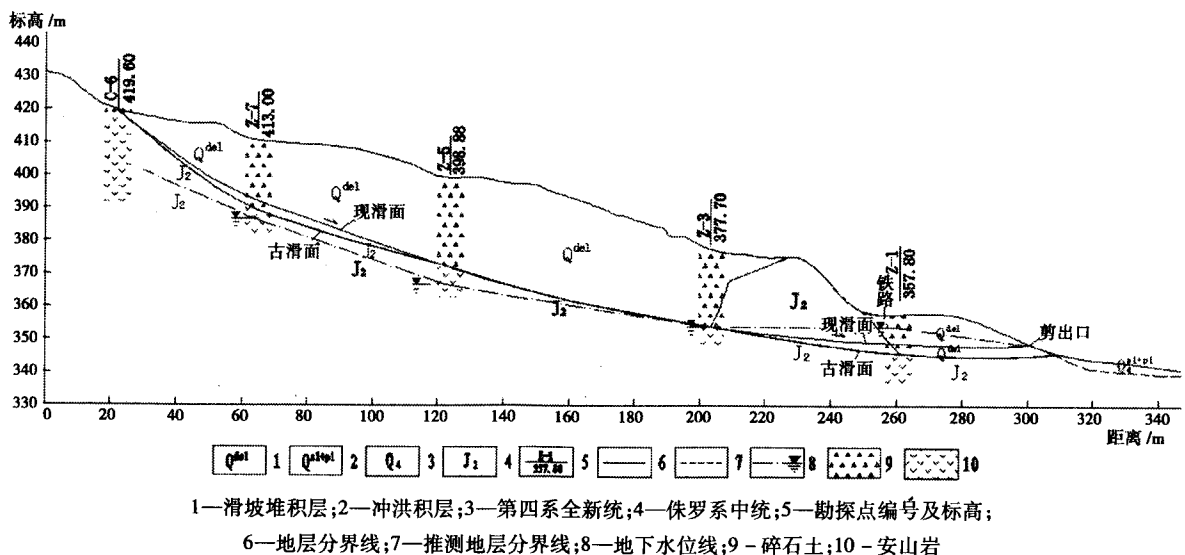


图2 滑坡4-4'剖面图

Fig. 2 Geological profile map of cross-section 4-4 of landslide

1—滑坡堆积层;2—冲洪积层;3—第四系全新统;4—侏罗系中统;5—勘探点编号及标高;
6—地层分界线;7—推测地层分界线;8—地下水位线;9—碎石土;10—安山岩



图3 滑坡左边界裂缝已贯通

Fig. 3 Left through cracks of landslide

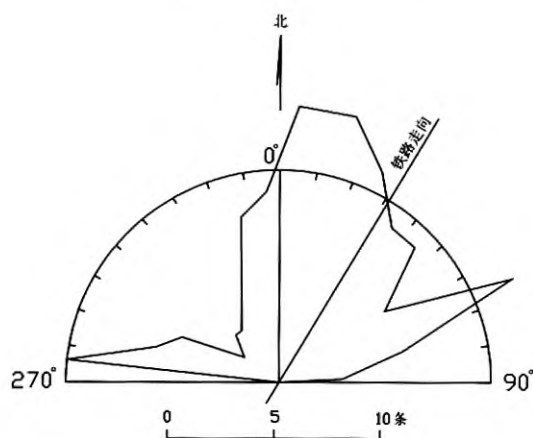


图4 滑坡体裂缝分布走向玫瑰花图

Fig. 4 Rose diagram for crack distribution strikes of landslide

剪出口位于铁路左侧路基边坡中部,可见泥土外鼓和渗水现象,局部可见醉汉林;前缘开挖的路基面可见鼓胀现象,鼓起高度达1.0 m;拉张裂缝最宽处达1.8 m,错台高度最大为1.3 m;滑坡左侧剪切裂缝密集带宽度达3.3 m,错台高度最大为1.4 m;滑坡后缘位于线路右侧230 m处的山坡上,后缘产生的错台裂缝最大宽度和最大高度为0.4 m。根据滑坡地貌形态和物质组成、变形差异,可将滑坡分为三个区域,Ⅰ区为分布在滑坡中后部的碎石土、粗细角砾土区域,属古滑坡滑动过程中解体完全部分;Ⅱ区为分布在滑坡左前部的安山岩块石堆积体区域,属古滑坡滑动过程中解体不强烈部分,局部仍保持原岩结构;Ⅲ区为分布在滑坡右前部的冲洪积黏性土区域,为古滑坡滑走后在凹槽部位沉积形成(见图1、图6)。

2.2 滑动带特征

因属于老滑坡复活,故滑动面(带)在大部分勘探点均有揭示,局部可见擦滑痕迹,尤以探槽揭示的滑带土迹象更为明显(图5)。新近滑带土为软塑状黏性土或粗、细角砾土,主要呈红褐色,厚度5~130 cm,前缘厚度大。古滑面位于基覆界面附近,滑带土物质成分为粗、细角砾土。勘探揭露新近滑带土与古滑面基本重合,或在古滑面上方一定部位^[3]。

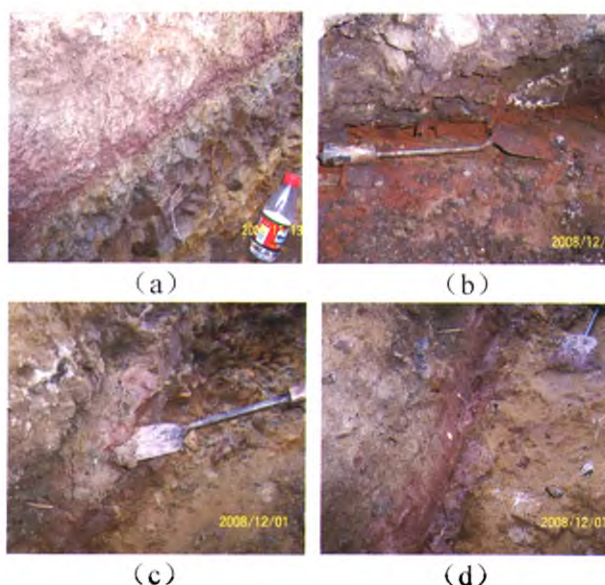


图5 探槽揭示滑带土特征

Fig. 5 Trench reveals slide soil characteristics

3 滑坡成因

3.1 古滑坡成因

野外调查显示,该古滑坡的形成是内、外因素共同作用的结果^[4]。内因上,滑坡处在断裂带附近,岩体破碎;断层两侧岩层有绿泥石化、碳酸盐化、高岭土化等蚀变现象,岩石强度较低。外因上,一是滑坡前缘河流冲刷,尤其是河水受山体阻挡,产生水流回淤,环流旁蚀加强了对岸坡的淘蚀作用(图6),大大降低了边坡的整体稳定性;二是暴雨的进一步诱发。从成因机制上看,应属牵引式滑坡。

根据古滑坡现状结构特点,显示当初古滑坡形成时不同部位的滑坡体解体程度并不相同,左前部滑体原岩结构保持相对较好,解体不完全;右前部滑体下滑解体强烈,大部分滑入河流中,并可能造成部分堵江,在缓慢的水动力环境中逐渐沉积了勘察所揭示的厚层黏性土。



图6 古滑坡形成机理示意图

Fig. 6 Schematic diagram for formation mechanism of ancient landslide

古滑坡下滑后,随着前缘冲洪积土体的逐渐堆积压脚,使得古滑坡整体又逐渐趋于稳定状态。

3.2 古滑坡复活机理

古滑坡复活也是内外因素综合作用的结果。内因上,古滑坡内因变形滑动差异导致其物质组成种类多,岩土体松散,整体稳定性不强;外因上,铁路路堑边坡的开挖在局部形成高达 13 ~ 16 m 的高陡临空面,实际上相当于对古滑坡前缘抗滑土体形成卸荷,抗滑力明显减小,而且路堑边坡开挖消除了古滑坡与左前方阻挡山体间的连接土体,使其阻滑作用基本解除,这就使得滑坡体原有的稳定状态被打破,导致古滑坡复活,成因上仍属于牵引式滑坡^[5-6]。

4 滑坡稳定性

4.1 定性分析

古滑坡复活后,坡体裂缝遍布,滑坡结构已受到破坏,整体性不强,边坡自稳能力差。复活后的古滑坡仍处于缓慢蠕滑变形阶段。

影响滑坡变形发展的主要因素有持续降雨、地震、人类工程活动以及将来的列车动载等。持续降雨会使雨水渗入到滑体内部,使滑体自重和下滑力增大;雨水会浸润滑带土,造成滑带土饱和、软化和力学性能下降,从而降低抗滑力;持续降雨会使地下水位升高,动静水压力会对滑坡的稳定产生不利影响^[7]。复活滑坡由路堑边坡开挖诱发^[8],治理前滑坡不宜受到新的较大扰动。地震及将来列车动载对滑坡稳定性也会产生不良影响。两种或多种不利因素同时存在时对滑坡稳定性威胁更大,此时滑动变

形有滑速增大乃至演变成整体式失稳下滑的可能性。

4.2 定量计算

为了准确评价复活滑坡在不同工况下的稳定性,对滑带土进行了大量室内原状土和重塑土试验,并对滑坡不同部位进行了大型现场重度试验,并确定了相应的计算参数,见表 1。

稳定性计算采用极限平衡理论的折线形滑动面的传递系数法^[9-11](图 7)。本次选定 4 种计算工况(表 2),各种工况均考虑动、静水压力的影响。其中,工况 3(持续降雨)为设计工况,工况 4(持续降雨+地震)为校核工况。列车震动影响按 6 度地震等效荷载考虑。该滑坡危害对象等级为一级^[9],选定滑坡剩余推力计算安全系数 $K=1.20$ 。

除计算现状滑坡稳定性外,还重点系统分析前缘路基开挖对滑坡稳定性影响程度,重点对比开挖前后滑坡稳定性变化,计算结果见表 2。

计算结果显示,按复活后的新(现)滑面计算,滑动后的现阶段,天然状态下滑坡整体仍处于极限平衡状态前的缓慢蠕滑状态,与定性分析和野外调查结果相吻合;地震或持续降雨工况下,滑坡稳定性进一步降低,处于不稳定状态;在持续降雨和地震同时存在的极端工况下,稳定性系数最低,在 0.880 ~ 0.919 间,滑坡稳定性很差。

若恢复开挖前地面线,则天然状态下各剖面稳定性系数均 >1 ,高于开挖后稳定性系数,在其他工况下也有同样结果;而且对开挖前的稳定性计算采用的是滑动后的新滑带土参数,滑坡滑动前滑带土力学性能应高于滑动后,因此开挖前滑坡稳定性系

表 1 滑坡稳定性计算参数取值
Table 1 Stability calculation results of landslide

滑带土类型		天然状态			饱水状态		
		滑体		滑面	滑体		滑面
		重度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	C/kPa	$\Phi/^{\circ}$	重度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	C/kPa	$\Phi/^{\circ}$
现滑面(带)	黏性土、粗细角砾土	21.5	13.0	12.5	22.1	12.5	11.7
古滑面(带)	粗细角砾土	21.5	28.0	16.0	22.1	21.0	13.0

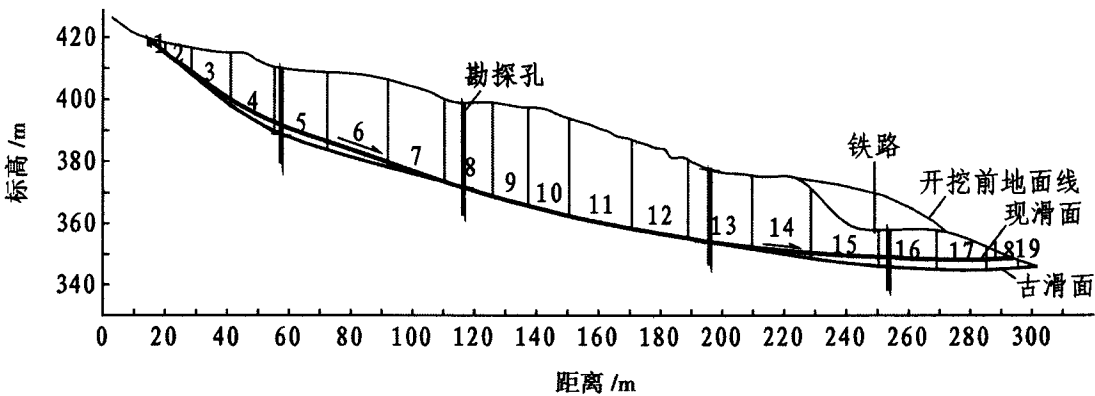


图 7 滑坡稳定性计算 4-4'剖面图

Fig.2 Schematic diagram of calculation cross-section 4-4 of landslide

表 2 滑坡稳定性计算结果统计表
Table 2 Stability calculation results of landslide

剖面	计算滑面	类别	天然		天然 + 地震		持续降雨		持续降雨 + 地震	
			开挖前	开挖后	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后
4-4'	按古滑面	稳定性系数	1.395	1.293	1.321	1.228	1.191	1.138	1.103	1.081
		下滑力/ kN/m	-4 022	-1 167	-2 074	628	1 664	3 043	3 604	4 829
	按现滑面	稳定性系数	1.082	1.004	1.024	0.953	1.035	0.969	0.979	0.919
		下滑力/ kN/m	4 276	6 678	6 091	8 474	5 490	7 652	7 303	9 447
5-5'	按古滑面	稳定性系数	1.333	1.280	1.264	1.218	1.154	1.092	1.095	1.040
		下滑力/ kN/m	-2 055	-713	-340	855	2 470	3 953	4 184	5 520
	按现滑面	稳定性系数	1.072	0.988	1.015	0.940	1.015	0.938	0.961	0.892
		下滑力/ kN/m	3 787	5 500	5 258	6 832	5 022	6 606	6 497	7 942
6-6'	按古滑面	稳定性系数	1.364	1.365	1.295	1.298	1.136	1.125	1.079	1.069
		下滑力/ kN/m	-3 235	-3 099	-1 311	-1 319	3 357	3 494	5 291	5 282
	按现滑面	稳定性系数	1.009	0.974	0.958	0.926	0.962	0.925	0.913	0.880
		下滑力/ kN/m	5 572	6 166	7 104	7 571	6 667	7 261	8 196	8 663

数实际应高于上述计算值。从对开挖前后滑坡稳定性计算结果的对比可以看出,前缘抗滑土体的卸荷使滑坡稳定性大为下降,并成为古滑坡复活的主因。

按古滑面计算,恢复开挖前地面线,各种工况下计算所得稳定性系数均较大,说明滑坡开挖前稳定

性较好。按古滑面计算开挖后的稳定性,只有在地震和持续降雨同时存在的极端工况下,滑坡整体进入临界稳定状态。同样说明前缘开挖卸荷对滑坡稳定性产生了不良影响作用。

通过计算结果也可看出,按现滑面计算的稳定

性系数明显小于按古滑面计算的相应稳定性系数,表明滑坡沿古滑面滑动的可能性不大。

5 防治措施

应根据滑坡地质特征、滑体推力及影响滑坡稳定性因素,并结合周围工程建设情况,选择技术可行、经济合理、不留后患的根治方案。可在滑坡前缘、线路右侧适当位置布设抗滑桩阻挡滑坡下滑;在桩间设挡土板或挡土墙,防止桩间土挤出。为减小抗滑桩工程量,可对滑坡中上部主滑段土体先行削方减载,之后再布设抗滑桩。结合坡面防护建立完善的排水体系。施工期间应对滑坡进行观测,及时了解滑坡变形发展趋势和施工对滑坡的影响,保证施工安全。治理工程应合理布置,并能保护环境、美化环境。

6 结论

因铁路等工程路堑开挖导致的古滑坡复活在实际情况下具有普遍性和代表性,本文涉及的古滑坡及其复活均是内、外因素综合作用的结果。

1. 受断层影响,滑坡所在部位岩体完整性差;前缘河流冲刷和回流旁蚀再叠加暴雨导致古滑坡的形成。

2. 残留古滑坡前缘因铁路路堑边坡开挖而复活。根据定量计算,复活滑坡在未治理前仍处于缓慢蠕滑状态,前缘铁路路堑边坡开挖显著降低了滑坡稳定性,并严重影响铁路的正常施工,对未来铁路运营安全产生直接威胁。

3. 根据复活滑坡的变形破坏模式,建议可在滑坡前缘布置抗滑桩,为减小抗滑桩工程量,可对滑坡中上部主滑段土体先行削方减载,然后再布设抗滑桩。

参考文献(References)

- [1] Chen Song, Xu Guangli. Research on engineering geology characteristics of soil in sliding zone of Huangtupo landslide in Three Gorges Reservoir area[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(10): 3048 - 3052 [陈松, 徐光黎. 三峡库区黄土坡滑坡滑带工程地质特征研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(10): 3048 - 3052]
- [2] Zhou Fuhua, Luo Shiyi, Sun Jichao. The formation mechanism and comprehensive engineering treatment of cutting slope land-slide at K18 section of expressway around Nanning [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(7): 44 - 51 [周富华, 罗世毅, 孙即超. 南宁环城高速公路 K18 路堑滑坡形成机制与综合处治对策[J]. 公路交通科技, 2007, 24(7): 44 - 51]
- [3] Hu Ruilin, Wang Shanshan. Main features and identification method of sliding-surface in soil and rock slopes [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, 18(1): 35 - 40 [胡瑞林, 王珊珊. 滑坡滑面(带)的辨识[J]. 工程地质学报, 2010, 18(1): 35 - 40]
- [4] Li Shouding. Study on Ji'an landslide characters and origin in Wanzhou Chongqin [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(17): 3159 - 3164 [李守定. 重庆万州吉安滑坡特征与成因研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(17): 3159 - 3164]
- [5] Sun Hongyue. Formation mechanism and control measures of the pebbly clay landslide [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005 [孙红月. 含碎石粘性土滑坡的成因机理与防治对策[D]. 杭州: 浙江大学, 2005]
- [6] Liu Chuazheng, A new discussion about genesis and failure mechanism of Badu Land-slides in Nanning - Kunming railway [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2007 (5): 1 - 5 [刘传正. 南昆铁路八渡滑坡成因机理新认识[J]. 水文地质工程地质, 2007 (5): 1 - 5]
- [7] Fu Helin, Li Changyou, Guo Feng, et al. Situ-test of abduction elements of landslide and its influence [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2009, 40(3): 781 - 785 [傅鹤林, 李昌友, 郭峰, 等. 滑坡触发因素及其影响的原位试验[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2009, 40(3): 781 - 785]
- [8] Xie Feihong, Wang Jinshan, Yin Boyue. Landslide analysis and treatment in the area of Chengdu - Nanning expressway [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(S2): 5795 - 5798 [谢飞鸿, 王锦山, 尹伯悦. 成南高速公路滑坡稳定性分析及治理[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(S2): 5795 - 5798]
- [9] Specification of geological investigation for landslide stabilization [S]. DZ/T0218 - 2006 [滑坡防治工程勘察规范[S]. DZ/T 0218 - 2006]
- [10] Code for investigation of geotechnical engineering [S]. GB50021 - 2001. [岩土工程勘察规范[S]. GB50021 - 2001]
- [11] Code for unfavorable geological condition of railway engineering [S]. TB 10027 - 2001 [铁路工程不良地质勘察规范[S]. TB 10027 - 2001]

Characteristics and Stability Analysis of a Landslide in Kuancheng County, Hebei Province

PENG Yongliang^{1,2}, GUO Deling², HU Xiewen¹, GU Chengzhuang¹, ZHOU Jun³

(1. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China;

2. Jinan Hongyun Railway Geotechnical Engineering Co., Ltd, Jinan, Shandong 250022, China;

3. Land and Resources of Qingchuan Bureau, Sichuan 628100, China)

Abstract: In Kuancheng county of Hebei province, a railway to be built will cut across an ancient landslide of about 770 000 cubic meters, and in front of it in cutting way though. Excavation of the cutting slope leads to the ancient landslide revivification. Based on geological survey in the field, this paper expounded the geological environmental conditions and developmental characteristics, analyzed the forming reason and revival mechanism systematically, i. e. : Influence of faults nearby damaged the rock mass integrity, the scour and lateral erosion by the front river reduced the slope stability, and the landslide occurred with rainstorm or earthquake. Cutting slope excavation of the railway is the main cause of anti-sliding section invalidation and the ancient landslide revivification. On the basis of results of field test and laboratory experiment, calculated the landslide stability respectively along the existing and the ancient sliding surface with different working conditions. And analyzed the influence degree of slope excavation to the landslide stability systematically. Finally reasonable treatment measures were put forward for the landslide.

Key words: landslide; revivification; stability; landslide treatment

封面照片说明:长白山岳桦林

天然岳桦林——长白山高海拔地区的主要植被类型,主要分布于海拔 1 700 ~ 2 000 m,位于长白山火山锥体的下部。那里山坡陡峻,气温低,雨量丰沛,风力强大,蒸发量较小,相对湿度较大,土层薄,土壤类型主要为山地生草森林土,形成了独特的长白山岳桦林带。

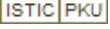
岳桦林带是山地针叶林和山地苔原之间的过渡带,是山地苔原和森林成分的特殊结合,并有自己的特殊成带的岳桦林景观植被类型。林带中,山地苔原和森林成分互相渗透,乔木以岳桦为主,还有云杉、冷杉、落叶松、东北赤杨等,灌木主要有牛皮杜鹃、笃斯越桔等。较严酷的低气温条件,使岳桦林的树木较稀疏,并矮曲成丛生状。其矮曲和稀疏的程度随海拔增高而增大,在上部呈匍匐状生长,根系发达,能适应高山严寒的气候、瘠薄的土壤和强风的吹袭。

(嘉 益)

河北省宽城县某滑坡特征与稳定性评价

作者: [彭永良](#), [郭得令](#), [胡卸文](#), [顾成壮](#), [周军](#), [PENG Yongliang](#), [GUO Deling](#), [HU Xiewen](#), [GU Chengzhuang](#), [ZHOU Jun](#)

作者单位: [彭永良, PENG Yongliang\(西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川成都610031; 济南鸿运铁路岩土工程有限责任公司, 山东济南250022\)](#), [郭得令, GUO Deling\(济南鸿运铁路岩土工程有限责任公司, 山东济南, 250022\)](#), [胡卸文, 顾成壮, HU Xiewen, GU Chengzhuang\(西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川成都, 610031\)](#), [周军, ZHOU Jun\(四川省青川县国土资源局, 628100\)](#)

刊名: [山地学报](#) 

英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)

年, 卷(期): 2011, 29(5)

参考文献(11条)

1. [陈松; 徐光黎](#) [三峡库区黄土坡滑坡滑带工程地质特征研究](#)[期刊论文]-[岩土力学](#) 2009(10)
2. [周富华; 罗世毅; 孙即超](#) [南宁环城高速公路K18路堑滑坡形成机制与综合处治对策](#)[期刊论文]-[公路交通科技](#) 2007(07)
3. [胡瑞林; 王珊珊](#) [滑坡滑面\(带\)的辨识](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2010(01)
4. [李守定](#) [重庆万州吉安滑坡特征与成因研究](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2005(17)
5. [孙红月](#) [含碎石粘性土滑坡的成因机理与防治对策](#)[学位论文] 2005
6. [刘传正](#) [南昆铁路八渡滑坡成因机理新认识](#)[期刊论文]-[水文地质工程地质](#) 2007(05)
7. [傅鹤林; 李昌友; 郭峰](#) [滑坡触发因素及其影响的原位试验](#)[期刊论文]-[中南大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(03)
8. [谢飞鸿; 王锦山; 尹伯悦](#) [成南高速公路滑坡稳定性分析及治理](#) 2005(z2)
9. [滑坡防治工程勘察规范\[S\]. DZ/T0218-2006](#)
10. [岩土工程勘察规范\[S\]. GB50021-2001](#)
11. [铁路工程不良地质勘察规范\[S\]. TB10027-2001](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201105012.aspx