

福建平和县西环路滑坡防治工程 勘察实践与稳定性分析

李海如

(福建省水文地质工程地质勘察研究院, 福建 漳州 363000)

摘要: 滑坡是重大地质灾害之一, 严重危害着人类的生命和财产安全。滑坡防治工程勘察是滑坡防治设计的重要基础工作。本文针对福建省平和县西环路滑坡防治工程开展了滑坡区工程地质测绘与调查, 结合工程地质钻探成果, 分析了滑坡的成因、滑坡稳定性计算及评价, 提出了合理的防治措施。推测滑动面位置, 确定岩土设计参数, 选择合适的安全系数, 对滑坡防治工程的综合治理至关重要。

关键词: 滑坡; 滑坡防治; 滑坡勘察; 滑动面; 滑坡稳定性

中图分类号: P632 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2020)12-0072-07

Site investigation and stability analysis for landslide control along Xihuan Road, Pinghe County, Fujian Province

LI Hairu

(Fujian Institute of Hydrogeological Engineering Geological Survey, Zhangzhou Fujian 363000, China)

Abstract: Landslide is one of the major geological hazards which seriously endangers the safety of human life and property. Site investigation for landslide prevention and control is important basic work in landslide prevention and control design. In this paper, the engineering geological surveying and investigation of the landslide area were carried out for the Pinghe County Xihuan Road landslide prevention and control project in Fujian Province. With engineering geological drilling results, the cause of landslides, and the calculation and evaluation of landslide stability were analyzed with proper prevention measures proposed. Inferring the position of the sliding surface, determining the geotechnical design parameters, and selecting the appropriate safety factor are very important for comprehensive prevention and control of landslides.

Key words: landslide; landslide prevention; landslide investigation; sliding surface; landslide stability

0 引言

滑坡是指地质体沿地质弱面向下滑动的重力破坏^[1]。滑坡的产生机制是某一滑移面上剪应力超过了该面的抗剪强度所致^[2]。我国是世界上滑坡等地质灾害较严重的国家之一。近几十年来, 自然和人类活动诱发的滑坡等地质灾害频繁发生^[3]。由于滑坡成因复杂, 地质构造、地层岩性、天气、水文等多方面因素均对其造成影响, 治理难度高, 且经济投入大^[4]。本文结合福建平和县西环路滑坡防治工程的实例, 对滑坡勘察施工、稳定性分析以及防治措施进

行论述。

1 工程概况

平和县西环路滑坡防治工程位于漳州市平和县西环城路, 该边坡于 2013 年修建西环城路时初次开挖, 坡脚长约 270 m, 西环城路路面标高为 38.50~43.10 m, 从坡脚至山顶高差约 93.50 m, 开挖坡高 33.00 m, 分五级边坡, 每级坡高 5.00~8.00 m, 坡率 1:1.25~1:1.60, 每级平台 2.00~5.00 m, 坡面为喷播植草。2014 年 7 月, 因连续降雨, 东南段

收稿日期: 2020-03-30; 修回日期: 2020-10-04 DOI: 10.12143/j.tkgc.2020.12.012

作者简介: 李海如, 男, 汉族, 1974 年生, 高级工程师, 注册土木工程师(岩土), 硕士, 主要从事岩土工程勘察、设计、施工工作, 福建省漳州市芗城区漳华路 34 号闽南地质大队四楼, 913019926@qq.com。

引用格式: 李海如. 福建平和县西环路滑坡防治工程勘察实践与稳定性分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(12): 72-78.

LI Hairu. Site investigation and stability analysis for landslide control along Xihuan Road, Pinghe County, Fujian Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(12): 72-78.

坡脚 80 m 长度范围,从第一级至第三级坡面出现多条张拉裂缝,缝宽 5~10 mm,后在坡脚修筑了一座混凝土挡土墙。2017 年 8 月,台风暴雨使坡面裂缝加宽,并向上延伸至标高 90.00 m 处,滑坡后缘离坡脚最大高差达 52.00 m。

2 滑坡基本特征

2.1 外形特征

滑坡区地貌上处于剥蚀丘陵,地形起伏较大,呈圈椅状(滑坡全貌见图 1)。山体自然坡度一般为 $11^{\circ}\sim 38^{\circ}$,局部较陡可达 45° ,地势近南西向北东倾斜。附近未见基岩裸露,植被发育一般,多为柚子林、杂木。坡面见有水流冲刷现象,坡体修筑有 2 条环山土路及若干简易砖瓦房。坡面及平台排水沟多处见有多条不规则拉张裂缝,裂缝宽度 5~10 cm 不等,长度 0.5~2 m 不等,滑坡后缘已形成错台高约 4.50 m(滑坡后缘错台见图 2)。坡脚下部西环路挡墙处已产生变形、破坏,挡墙错位段长度约 20 m,中心最大错位约 1~2 m,两侧墙体开裂宽度约 20~30 cm,挡墙外侧路面已隆起、变形(坡脚挡墙裂缝见图 3)。已有的变形破坏特征是分析边坡岩体失稳破坏机制以及预测变形发展趋势的重要依据^[5]。根据现场调查,该滑坡类型属于推移式滑坡,系由上部岩土层滑动,挤压下部变形产生。以上迹象表明坡体处于不稳定的蠕滑状态,在强降雨和地面车辆荷载振动等诱发因素的作用下将进一步发生滑动。



图 1 滑坡全貌

Fig.1 Landslide panorama

2.2 地层岩性

滑坡勘察的目的在于用各种勘察手段查明滑坡区的地质环境,为防治工程设计提供地质依据^[6]。本次勘察主要采用工程地质测绘、钻探及取原状土样、水样、岩样进行室内试验等方法相结合进行综合评价。根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 32864

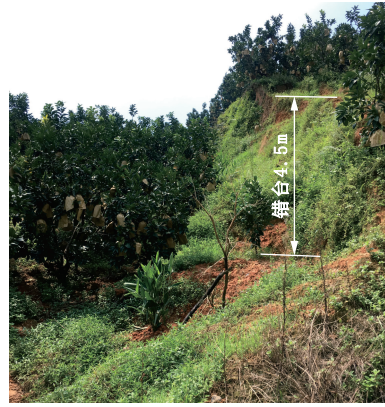


图 2 滑坡后缘错台

Fig.2 Staggered bench in the back of the landslide



图 3 坡脚挡墙裂缝

Fig.3 Cracks in the retaining wall at the slope toe

—2016),采用主辅剖面法布置勘探线,纵向沿主滑方向布置勘探线,主辅勘探线间距为 30~35 m,主辅勘探点间距为 18~45 m。横向勘探线布置在滑坡中部至前缘剪出口之间,在防治工程实施部位。该边坡共布置 16 个钻孔,钻孔深度 20.20~42.90 m,总进尺 464.05 m。勘探点平面布置见图 4。

本次勘探投入 2 台 XY-100 型油压钻机进行现场施工,钻孔终孔孔径为 110 mm;采用回转钻进工艺,根据地层变化情况相应采用硬质合金钻头、金刚石钻头;地下水位以上岩土层中采用干法钻进,对可能坍塌的地层根据不同情况采取相应的钻孔护壁措施;在地下水位以下岩土层及滑带上下 5 m 范围内采用单动双管钻进技术钻进;严格控制回次进尺(0.5~1.0 m),在滑带、破碎带、软弱夹层等重点取心段回次进尺不超过 0.3 m;全孔连续取心,必要时采用无泵反循环方式,确保岩心采取率。按采取的岩心结合钻进情况进行地层鉴定、分层与描述,鉴别

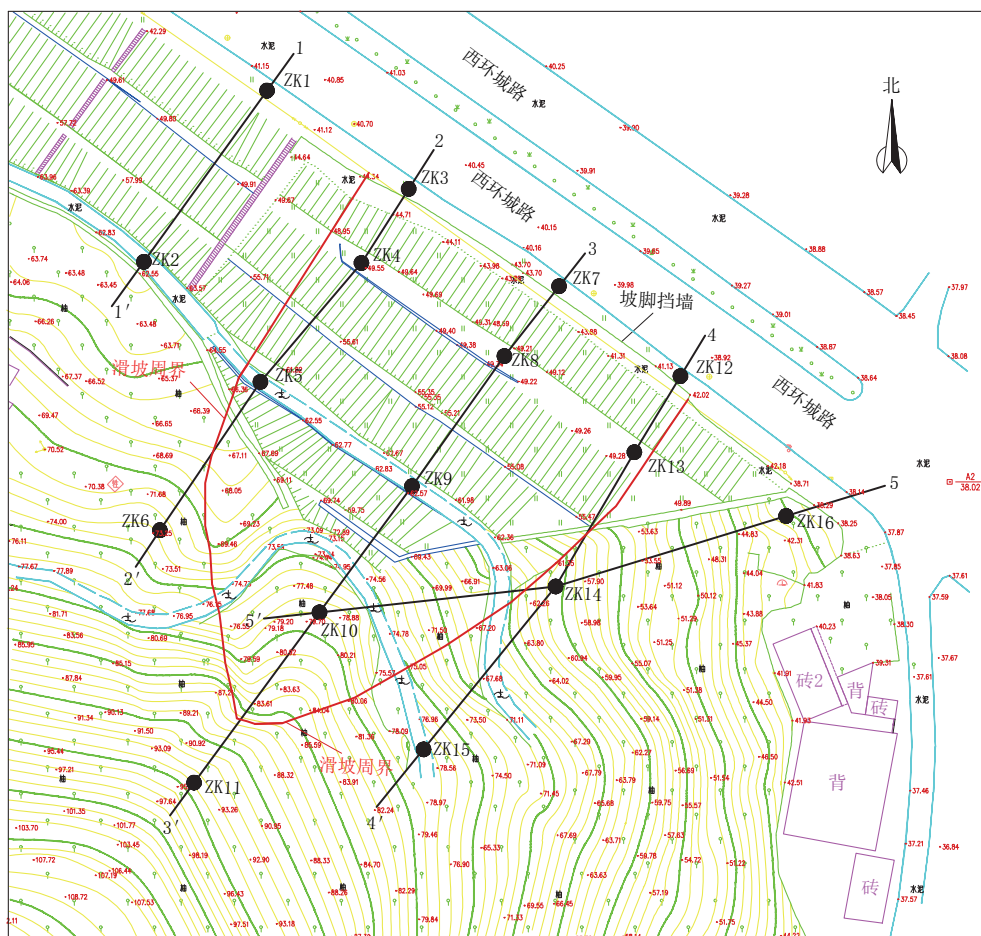


图4 勘探点平面布置

Fig.4 Layout plan of investigation points

厚度小至 20 cm 薄层;钻进深度和岩土层分层深度的量测误差低于 ± 5 cm,以保证分层精度符合要求。原状土样采用薄壁取土器静力压入法采取,并及时蜡封;岩样利用钻探岩心制作及探槽刻取;经洗孔后采用套管隔水,直接在钻孔中用纯净玻璃瓶采取地下水样,并现场加入大理石粉,48 h 内送样。原位测试主要采用标准贯入试验,试验层位主要为粘土层、残坡积土层及全风化—散体状强风化岩层,孔内测试点竖向间距按 1.5~2.0 m 控制。按规范要求,在钻孔完成后,在同一天内统一测量各孔稳定水位。

据钻孔揭露,坡体表层为残坡积层,厚度 1.30~17.80 m,西环城路旁侧及坡面零星分布有人工填土层,基底为上侏罗统南园组凝灰质砂岩(J_3n)及其各风化带,零星揭露燕山晚期侵入花岗岩(γ_3^2)及其各风化带。地层岩性由上到下为:①₁ 素填土、①₂ 耕植土、② 坡积粉质粘土、③ 残积粘性土、④₁ 全

风化凝灰质砂岩、④₂ 散体状强风化凝灰质砂岩、④₂₋₂ 散体状强风化凝灰质砂岩软弱夹层、④₃ 碎块状强风化凝灰质砂岩、④₄ 中风化凝灰质砂岩、⑤₁ 全风化花岗岩、⑤₂ 散体状强风化花岗岩。3—3'地质典型剖面图见图 5。

2.3 水文地质特征

地下水作为岩土的重要组成部分,直接影响了岩土的性状和行为。因此,水文地质参数是研究地下水运动问题的重要参数^[7]。场地内的地下水类型主要为基岩风化带的孔隙裂隙水、基岩裂隙水,属弱透水层,赋存于基岩各风化带中,自坡顶向坡脚排泄。主要接受大气降水及上游地下水的补给,水量受降雨影响较大,径流排泄途径短,地下水交替循环作用强烈,水位变化幅度大。勘察期间地下水静止水位埋深为 0.60~9.30 m,标高为 37.30~87.95 m。平时坡脚潮湿,未见明显渗流,雨季坡脚有地下水流出。

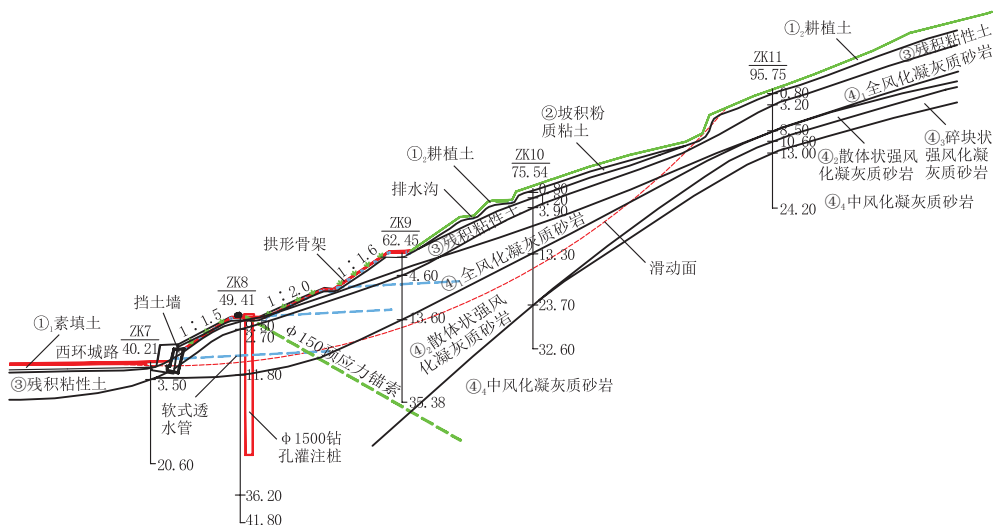


图 5 3-3'地质典型剖面(滑坡防护建议剖面,深度单位为 m)

Fig.5 Typical geological profile (proposed profile for landslide protection)

3 滑坡成因分析

根据调查和分析,该边坡产生滑坡的主要因素有以下几个方面。

3.1 地形地貌因素

滑坡所在区域属于构造剥蚀丘陵地貌,早期修建西环城路对该边坡进行开挖,挖掉了原本存在的抗滑段,形成前缘临空面,一年后该边坡开始滑动,于是在坡脚采用挡墙支护,形成现有边坡。西环城路路面标高为 38.00~41.90 m,滑坡后缘标高为 90.00 m,高差达 48.10~52.00 m,山体自然坡度一般为 $25^{\circ}\sim 38^{\circ}$,局部较陡可达 45° ,植被发育一般,多为柚子林、杂木。具备了滑坡变形失稳的地形条件。

3.2 岩土体因素

场地内坡面表层以残坡积层为主,厚度 1.30~17.80 m;其下为较厚的全风化—散体状强风化岩层,天然状况下岩体的稳定平衡条件较差。导致滑坡的不利因素如下:

(1)残坡积层极易产生软弱滑动面,易发生水土流失,淘蚀,形成滑塌。

(2)全风化—散体状强风化岩层遇水具有膨胀性,水稳性较差,孔隙水压力消散较慢,易饱和软化、崩解,导致力学强度急剧降低,岩土体力学稳定性较差。

3.3 气象与水文因素

大量滑坡事故的发生都是由于降水作用下土体基质吸力降低而导致的,这表明天气现象对边坡稳

定性的影响是不容忽视的^[8]。场地地处亚热带海洋性季风气候,受季风影响,雨量充沛,年平均降水量为 1057.0~1744.6 mm。降雨是触发和形成滑坡的主要因素,由于坡面排水条件不良,大雨和长时间的降雨,对斜坡岩土体进行冲刷和软化,并补给地下水,使其水位迅速升高,动水压力和静水压力加大,循环交替作用加剧,使主动土压力增大,最终导致滑动面的形成和滑坡产生。

3.4 人类工程活动因素

不合理的人类工程活动是导致边坡失稳的主要根源。早期修建西环城路时对坡体切坡,使得坡体前缘局部形成高陡临空面,破坏了边坡所处斜坡体的原始应力平衡状态^[9]。同时坡面人工种植柚子等经济作物,破坏了原始地貌。

3.5 原防护结构失效因素

坡脚挡墙已严重变形,支挡能力降低。坡体未设置深层排水管;原坡面泄水孔已堵塞,未见出水。该区域雨水较多,长期地表水渗入坡体无法有效排出,一方面增加了岩土体重度,另一方面降低了结构面抗剪强度指标,起到“润滑剂”的作用,从而诱发和加剧了病害的产生^[10]。

3.6 外界荷载因素

地面车辆荷载振动使边坡浅表土体松弛、土体粘结强度降低,加剧了滑坡的产生。

4 滑坡稳定性计算及评价

4.1 滑动面位置的确定

根据边坡岩土体分布特征及坡体裂缝的发育特征等分析,确定3—3'剖面为主滑动方向,坡体中主要的软弱结构面为坡积层及全、强风化凝灰质砂岩中的顺坡向节理裂隙面,由于节理裂隙发育,岩体破碎,判断边坡的滑动面形状为圆弧形。坡体后缘出现明显的拉张裂缝,前缘存在明显的剪出口或鼓胀,可见目前滑动面已经贯通,形成了统一的滑面^[11]。

4.2 计算方法

计算土质边坡、极软岩边坡、破碎或极破碎岩质边坡的稳定性时,可采用圆弧形滑面^[12]。该边坡土体为土质边坡或极软岩边坡,其稳定性计算方法采用圆弧滑动法。圆弧滑动法的边坡稳定分析需计算边坡稳定系数和搜索最危险滑裂面,前者是分析的基础,后者是边坡稳定性分析的重点与难点^[13]。

4.2.1 计算指标的确定

选择与确定力学性质指标的总原则:以反算指标为主,结合各种试验指标进行校核。考虑室内试验指标一般偏低,而现场试验指标一般偏高的特点,反算指标介于室内试验指标和现场试验指标之间较为可靠;经验指标一般可以对拟定计算指标进行分析与判断。特别是,当发现反算指标与相关试验指标相冲突时,作为辅助手段,综合分析和判断确定计算指标。

该工程坡积粘土的抗剪强度指标采用原状土样室内试验饱水快剪指标,全风化岩、强风化岩的抗剪强度指标结合当地经验反演计算,边坡各岩土体抗剪强度推荐值详见表1。

表1 各岩土体抗剪强度推荐值
Table 1 Recommended shear strength of rock and soil

| 层号 | 岩土名称 | 天然重 | 自然工况 | | 饱水工况 | |
|------------------|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 度/(kN·m ⁻³) | c/ kPa | φ/ (°) | c/ kPa | φ/ (°) |
| ① ₁ | 素填土 | 16.0 | 10 | 15 | 8.0 | 12 |
| ① ₂ | 耕植土 | 16.0 | 10 | 15 | 8.0 | 12 |
| ② | 坡积粉质粘土 | 18.3 | 16 | 21 | 12.0 | 16 |
| ③ | 残积粘性土 | 17.9 | 20 | 24 | 14.0 | 18 |
| ④ ₁ | 全风化凝灰质砂岩 | 20.0 | 22 | 28 | 18.0 | 23 |
| ④ ₂ | 散体状强风化凝灰质砂岩 | 21.0 | 28 | 32 | 23.0 | 26 |
| ④ ₂₋₂ | 散体状强风化凝灰质砂岩 软弱夹层 | 18.0 | 12 | 25 | 8.6 | 20 |
| ④ ₃ | 碎块状强风化凝灰质砂岩 | 23.0 | 32 | 35 | 26.0 | 32 |
| ④ ₄ | 中风化凝灰质砂岩 | 24.0 | | | | |
| ⑤ ₁ | 全风化花岗岩 | 20.0 | 22 | 28 | 18.0 | 23 |
| ⑤ ₂ | 散体状强风化花岗岩 | 21.0 | 28 | 32 | 23.0 | 26 |

4.2.2 计算公式

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013),圆弧形滑面的边坡稳定性系数按下式计算^[12]:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{m\theta_i} [c_i l_i \cos\theta_i + (G_i + G_{bi} - U_i \cos\theta_i) \tan\varphi_i]}{\sum_{i=1}^n [(G_i + G_{bi}) \sin\theta_i + Q_i \cos\theta_i]} \quad (1)$$

$$m\theta_i = \cos\theta_i + \frac{\tan\varphi_i \sin\theta_i}{F_s} \quad (2)$$

$$U_i = (1/2) \gamma_w (h_{wi} + h_{w,i-1}) l_i \quad (3)$$

式中: F_s ——边坡稳定性系数; c_i ——第*i*计算条块滑面粘聚力,kPa; φ_i ——第*i*计算条块滑面内摩擦角,(°); l_i ——第*i*计算条块滑面长度,m; θ_i ——第*i*计算条块滑面倾角,滑面倾向与滑动方向相同时取正值,滑面倾向与滑动方向相反时取负值,(°); U_i ——第*i*计算条块滑面单位宽度总水压力,kN/m; G_i ——第*i*计算条块单位宽度自重,kN/m; G_{bi} ——第*i*计算条块单位宽度竖向荷载,方向指向下方时取正值,指向上方时取负值,kN/m; Q_i ——第*i*计算条块单位宽度水平荷载,方向指向坡外时取正值,指向坡内时取负值,kN/m; h_{wi} 、 $h_{w,i-1}$ ——第*i*及第*i*-1计算条块滑面前端水头高度,m; γ_w ——水的重度,取10 kN/m³; *i*——计算条块号,从后方起编;*n*——条块数量。

4.2.3 稳定性计算结果及分析

根据地形地貌、地层结构及边坡中部的裂缝发育特征分析,以及边坡软件电算对其滑坡体中部剖面图3—3'进行稳定性计算,边坡稳定性计算结果见表2。

表2 边坡稳定性计算结果
Table 2 Results of slope stability calculation

| 剖面号 | 天然工况 | | 饱和工况 | |
|------|-------|------|-------|------|
| | 安全系数 | 稳定状态 | 安全系数 | 稳定状态 |
| 3—3' | 1.002 | 欠稳定 | 0.959 | 不稳定 |

根据计算结果,3—3'剖面在天然工况下处于欠稳定状态,在饱和工况下处于不稳定状态。从现场勘察和稳定性计算结果判定,该边坡处于蠕滑阶段,已严重威胁坡脚道路的行车安全,急需进行治理。

5 防治措施建议

路面以上33 m高的边坡原已形成五级边坡,

每级坡高 5.00~8.00 m, 坡度 1:1.25~1:1.60, 每级平台 2.00~5.00 m; 其上坡面基本为柚子林。若采用分级放坡卸载, 开挖土方量大, 需破坏已有植被和柚子林, 不利于环境保护。综合考虑该场地工程地质及水文地质条件、周边建筑、环境控制条件, 边坡支护结构、排泄水及坡面绿化系统, 防治措施以坡脚支挡、坡面防护、增设和完善排水系统为主。防治建议如下:

(1) 坡脚挡墙已开裂变形, 拆除原有挡墙, 进行重建。

(2) 第一级平台处设置一排抗滑桩, 桩顶设冠梁加预应力锚索。

(3) 坡面已有裂缝用粘土和水泥砂浆封填密实, 使雨水不渗入坡体。

(4) 第一、二、三级边坡坡面采用拱形骨架+喷播植草防护, 第四、五级边坡保持现状。

(5) 对坡面已有的排水沟进行修复, 并增设坡面和坡体排水系统, 滑坡周界以外增设截水沟, 使整个边坡排水顺畅。

第一级平台处设置的抗滑桩采用直径 1500 mm 的钻孔灌注桩, 桩长 27.60 m, 桩中心距 3.00 m。冠梁采用 C30 钢筋混凝土梁。预应力锚索采用跟管钻进工艺, 为拉压复合型锚索, 孔深 45 m, 水平间距 3.00 m; 施工时严格控制钻孔成孔后与注浆下放锚索之间的时间, 及时注浆, 防止塌孔^[14]。本地区雨量充沛, 年平均降雨量在 1057.0~1744.6 mm。设置完善的排水系统, 对防止滑坡起着关键的作用。为了及时排除坡面地表水和坡体内的地下水, 一方面做好坡面截排水沟, 另一方面在坡脚和第二级、第三级平台的坡脚处设置直径为 80 mm 的软式透水管, 透水管水平方向每隔 6 m 设一根, 上斜 5%, 伸入到滑动面, 进行深层排水。

为了有效地降低滑坡发生的机会及给公众带来的危险, 除了直接的边坡工程措施, 还必须有一套完整的边坡管理系统^[15]。平时对边坡应加强养护, 经常清理坡面排水沟, 疏通泄水孔, 及时防护被冲刷的坡面等。

6 结语

(1) 工程地质调查是滑坡勘察的基础, 是重中之重的环节, 也是滑坡稳定性判断的基础。通过现场踏勘, 确定了滑坡区灾害的成因、类型、规模、影响范

围和发展趋势; 利用工程地质钻探, 查明了滑坡区地质环境条件; 分析确定了已有滑动面的位置和潜在滑动面的位置, 为滑坡病害的综合治理提供了重要的依据。

(2) 根据现有滑动面情况, 反分析计算出滑动面参数指标, 并根据计算力学指标, 对综合治理各项加固工程拟合计算, 计算出滑坡综合治理加固后的安全系数, 为综合治理提供了可靠的设计计算指标。

(3) 从滑坡稳定性分析的结果看, 该滑坡处于蠕滑阶段, 应及时采取有效的防治措施, 阻止滑坡进一步发展, 确保道路行车安全。

(4) 本项目通过滑坡防治工程勘察并结合稳定性分析结果, 提出了合理可行的滑坡防治措施, 为科学防治提供了重要的基础资料。

参考文献(References):

- [1] DZ/T 32864—2016, 滑坡防治工程勘查规范[S].
DZ/T 32864—2016, Code for geological investigation of landslide prevention[S].
- [2] 易武, 孟召平, 易庆林. 三峡库区滑坡预测理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
YI Wu, MENG Zhaoping, YI Qinglin. Theory and method of landslide stability prediction in the Three Gorges Reservoir Area[M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [3] 王尚庆, 陆付民, 徐进军. 三峡库区崩塌滑坡监测预警与工程实践[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
WANG Shangqing, LU Fumin, XU Jinjun. The monitoring prewarning and project about collapse landslide in Three Gorges Reservoir Region[M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [4] 李华东, 邹超群. 列车震动荷载对边坡稳定性的影响分析[J]. 岩土工程技术, 2018, 32(4): 177—182.
LI Huadong, ZOU Chaoqun. The analysis of the influence of train vibration load on slope stability[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2018, 32(4): 177—182.
- [5] 陈祖煜, 汪小刚, 杨健, 等. 岩质边坡稳定性分析——原理·方法·程序[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
CHEN Zuyu, WANG Xiaogang, YANG Jian, et al. Rock slope stability analysis-theory methods and programs[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2005.
- [6] 何磊, 徐燕, 代树林, 等. 边坡工程[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
NIE Lei, XU Yan, DAI Shulin, et al. Slope engineering[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [7] 曹会, 焦志亮, 符亚兵. 浅谈水文地质参数的计算与应用[J]. 岩土工程技术, 2015, 29(2): 73—75, 99.
CAO Hui, JIAO Zhiliang, FU Yabing. Introduction to the calculation and application of hydrogeological parameters[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2015, 29(2): 73—75, 99.
- [8] 郑开欢, 罗周全, 江宏. 天气因素对排土场生态边坡稳定性的影响[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2018, 29(6): 97—102, 120.
ZHENG Kaihuan, LUO Zhouquan, JIANG Hong. Weather

- factors' influence on the stability of ecological slopes of waste dump[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2018,29(6):97-102,120.
- [9] 王丽君,郑志龙,钟俊辉.某高速公路古滑坡堆积体稳定性分析及防治措施[J].岩土工程技术,2019,33(6):318-322.
WANG Lijun, ZHENG Zhilong, ZHONG Junhui. Stability analysis and prevention measures of ancient landslide accumulation body of a highway[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2019,33(6):318-322.
- [10] 闻人霞,李欣,董理金.某高速公路高边坡变形分析及应急措施建议[J].中国地质灾害与防治学报,2018,29(6):53-57.
WEN Renxia, LI Xin, DONG Lijin. Deformation analysis and emergency management of high highway slopes[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2018,29(6):53-57.
- [11] 王怀林.结合工程实例简述滑坡勘查分析方法[J].岩土工程技术,2018,32(4):194-198.
WANG Huailin. Combined with the engineering example, this paper briefly introduces the method of landslide exploration[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2018,32(4):194-198.
- [12] GB 50330-2013,建筑边坡工程技术规范[S].
- GB 50330-2013, Technical code for building slope engineering[S].
- [13] 刘大海.无水均质边坡全局最优化稳定性分析——圆弧滑面积分法[J].岩土工程技术,2018,32(2):74-78,82.
LIU Dahai. Global optimization stability analysis of waterless homogeneous slopes — with integral method of circular slip surface[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2018,32(2):74-78,82.
- [14] 崔恒,李慎锋,张吉庆,等.新型生态边坡治理支护形式现场试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(1):77-82.
CUI Heng, LI Shenfeng, ZHANG Jiqing, et al. Field test on new type of ecological slope retaining[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(1):77-82.
- [15] 朱鸿鹄,乔仲发.香港地区边坡防护与治理[J].岩土工程技术,2006,20(5):267-271.
ZHU Honghu, QIAO Zhongfa. Prevention and remediation of slope failure in Hong Kong[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2006,20(5):267-271.

(编辑 王建华)