

古蔺郎酒热电联产厂场区滑坡治理

陈晓清^{1,2}, 李德基², 崔鹏²

(1. 西南交通大学土木学院, 四川 成都 610031; 2 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 从自然因素与人为因素两个分析了滑坡形成的原因、动力来源和激发条件, 阐述了滑坡形成过程、活动现状及发展趋势。依据以上原因, 提出了抗滑锚固桩抗滑、浆砌石护坡、谷坊和潜槛固沟防冲、场区防渗排水、并加固场区地基的综合措施来治理滑坡, 治理工程于 1999 年 7 月完成, 保证热电联产厂的正常工作。而且经过治理后两年的运行, 观测资料反映治理效果良好。

关键词: 滑坡; 成因; 治理方案; 效果

中图分类号: P964.22 **文献标识码:** A

郎酒热电联产厂位于四川省古蔺县二郎镇, 地处赤水河中游左岸, 与贵州省习酒厂隔河相望。厂址距二郎镇东南约 400m。二郎镇建于清代, 以产郎酒闻名于世^[1]。

1 滑坡治理事由

热电联产节能技改工程是泸州市重点建设项目, 电厂建筑面积 7 000m² 确认为正处于蠕滑阶段的松散堆积层滑坡。滑坡体东西向长 215m, 南北宽 60m, 平均厚 6.2m, 估算体积为 $7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。滑坡的主滑方向为 25°, 指向赤水河的下游。

2 地质环境特征

2.1 地貌形态

厂址位于山麓堆积扇黄金尾部(图 1), 属于低山河谷地貌, 海拔 430 m; 两岸山顶海拔约 900 m, 河床海拔 320 m, 岭谷相对高差 580 m。该段赤水河为深切 V 型峡谷, 上部谷肩部位为悬崖陡壁, 其下临江段为陡坡, 坡度 45°~50°。厂区东段置于侵蚀台阶, 西段坐落在支沟山洪泥石流与坡崩积形成的土质斜坡上处于谷肩的缓陡坡交接部位。

整个场区占地面积约 13 000 m² (含滑坡治理区面积 4 800 m²)。场区东南高, 西北低, 为一向赤水河缓倾的斜坡地形。自东向西布置了卸煤场、干煤

棚、锅炉房、汽轮发电机房、中央控制室、化水车间与综合泵房等设施。其中发电机房以东的设施基础均置于基岩上; 主控制室至综合泵房及场外设备基础 (60 m×80 m), 均位于滑坡体上部。

2.2 地层性

据勘察资料^[2,3], 场区出露地层自上而下为志留系龙马溪组、奥陶系上统五峰组、临湘组及中统宝塔组。岩性为泥灰和石灰岩两大类型, 其上为第四系风化残积、坡崩积和泥石流堆积物覆盖(图 2)。

2.3 构造与地震

场区处于东西向古叙背斜构造的轴区附近, 岩层倾向 300°左右, 倾角 12°~13°受两侧高角度断层影响, 基岩中的构造裂隙和层面裂隙较为发育。区内无断裂构造带通过, 所以周围山体基岩相对稳定。

据 1991 年出版的《1:400 万中国地震烈度区划图》, 本区属于小于 VI 度地震烈度区; 场区所在地及邻近县市历史记载上均无中强以上地震记录。故场区抗滑工程在抗震上可不作专门考虑。

2.4 气象及水文地质特征

本地无系统的气象资料, 只有一个气象观测哨观测的降雨和气温资料, 而且资料年限较短。滑坡所处地为亚热带干热气候, 据县气象站(距离约 60 km, 海拔为 537 m)记录资料, 多年平均气温 17.6℃, 7 月平均气温 27.5℃, 最高气温 40.7℃。

收稿日期: 2002-06-11。

基金项目: 中国科学院知识创新项目“进藏公路铁路典型路段工程减灾理论与对策研究”资助, 项目编号 KZCX2-306。

作者简介: 陈晓清(1974-), 男, 助理研究员, 博士研究生。主要从事滑坡泥石流防治理论研究和工程设计以及地理信息系统的应用研究。1994-2002, China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

本区域多年平均降雨量为 761.8 mm 全年降雨集中在雨季, 雨季暴雨频繁且多局地暴雨: 低山河谷区 $H_h > 500$ mm 日数, 17a 中出现 36 次, 年均出现的频率为 58.6%; $H_{24h} = 100$ mm ~ 150mm 的日数, 29a 年中出现 5 次, 且 $(H_{24h})_{\max} = 144.9$ mm (1979—08—31), 暴雨引发山洪有利于滑坡的形成。

地下水受大气降水及汇流补给的影响, 上层滞

水以地表孔隙水形式赋存, 埋深随季节变化较大, 雨季约 1 m ~ 4 m, 干季为 9 m ~ 11 m。由于土性不一, 密度不均, 使渗透性和埋深差别较大, 无统一含水面, 多成散流状向赤水河排泄。场区西南 150m 处冲沟中有一断层泉, 常年流量 0.5 l/s。古冲沟下游基岩裸有地下水沿基岩面渗出, 其上覆风化黑色角砾土呈饱和状态。

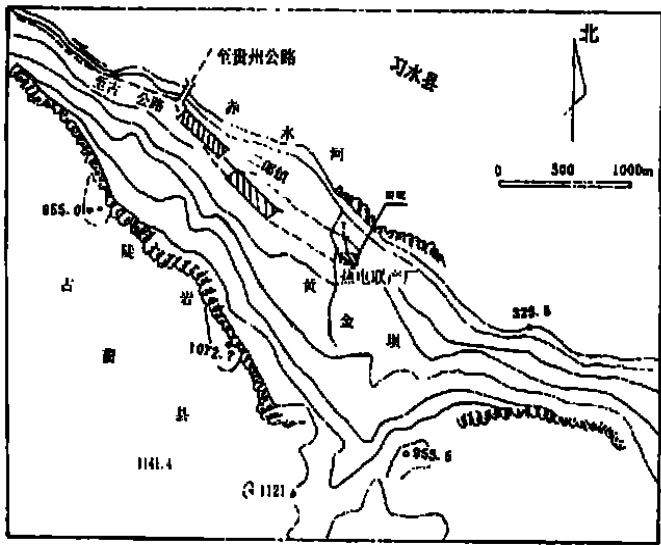


图 1 工作区位置图
Fig.1 The location of study area

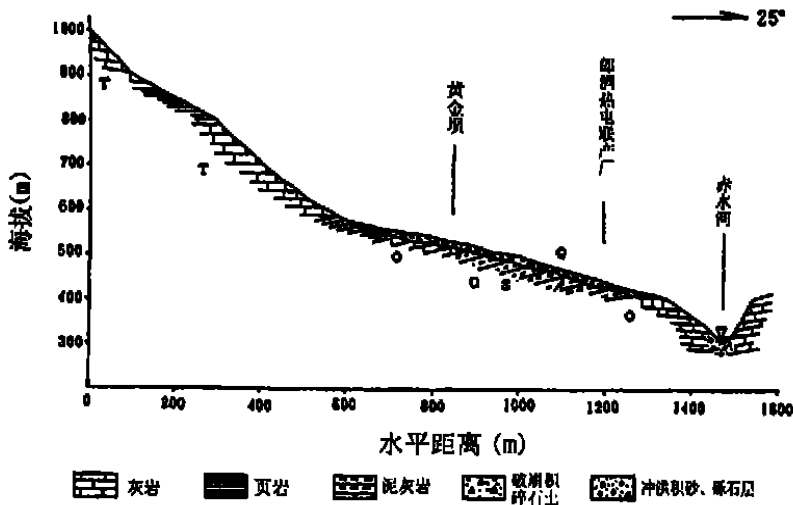


图 2 郎酒热电厂地层岩性剖面图
Fig.2 The profile of stratum

3 滑坡的成因与发展趋势

3.1 滑坡成因

综合论述, 此滑坡形成条件有:

1. 处于赤水河深切 V 型峡谷谷肩部位, 高差大, 位于冲沟出口, 堆积层厚, 含粘土多, 属于易滑地层;
2. 地下水位高, 并且排水不畅, 导致孔隙水压力

- 大;
- 3. 岩水分界面呈 13° 外倾, 有利于滑面形成;
 - 4. 暴雨集中, 强度大, 既是地下水的主要补给来源, 又是滑坡活动的激发因素;
 - 5. 不合理的人为活动。

在在建厂之前, 地表为平缓的耕地和荒坡, 滑坡处于极限平衡状态; 热电联产工程施工后, 一些人为因素加速了滑坡形成:

- 1. 挖填土方使地表微地貌形态及地下水流路发生了改变, 也使应力状态恶化;
- 2. 在软基上修建重型设施, 地基承载力不足, 导致地面强烈下沉;
- 3. 场地北侧构筑 $8\text{m} \sim 10\text{m}$ 的高平台增加了下滑力, 破坏了斜坡的稳定性;
- 4. 雨水、生产及生活废水未能及时排走渗入地下, 大大降低了滑带土的抗剪强度。

3 2 滑坡发展趋势暨危险性预测

根据勘探试验资料并对滑坡裂缝分析后, 可得出如下认识:

- 1. 本滑坡属于岩土分界面上软弱滑带土层向赤水河临空面蠕滑的松散堆积层滑坡, 滑坡体方量约 $7 \times 10^4 \text{m}^3$, 属于中型滑坡;
- 2. 未见明显的滑坡后壁及滑坡周界, 滑坡处蠕滑阶段, 目前贯穿性滑面尚未形成;
- 3. 场区以北, 舌状陡坎前沿下部, 基岩顶面上覆

$1\text{m} \sim 3\text{m}$ 厚的黑色泥岩风化物夹碎石土为滑带土, 该层富含地下水。

综合分析, 滑坡形成所需自然条件业已具备, 人为工程活动不当促使滑坡活动加剧, 苦不及时治理, 在自然因素(大暴雨、地下水)和人为作用(工程加载、振动荷载)下, 滑坡将加速发展进入快速滑动阶段, 甚至出现毁坏房屋设备, 造成断电停水乃至人员伤亡的突发的灾难性后果, 鉴此应采取有力措施进行工程治理。

4 滑坡治理及实施方案

4. 1 滑坡稳定计算与计算成果

根据现场地基基础变形与裂缝资料, 作出滑范围及滑动主轴方向, 以此为依据对 4 个不同横断面进行比较, 计算成果如下:

- 1. 对同一断面采用一套经验参数(由本次勘探成果提供的土样物理力学指标来确定见表 1), 根据后缘裂缝及前缘剪出口位置确定几个可能的不同滑面位置进行计算, 经搜索得出最大可能的滑面。其中 2—2 横断面为最大可能滑面。
- 2. 由同一套经验参数分别计算出主滑断面, 2—2 为主滑断面(剖面图见图 3);
- 3. 假定施工前滑坡处于极限平衡($k=1.0$)状态, 反算出岩土力学参数取值为: $c=25\text{kPa} \sim 45\text{kPa}$, $\Phi=7.5^{\circ} \sim 10.5^{\circ}$, 具体计算参数与相应结果见表 2、3。

表 1 滑带土抗剪强度试验成果表
Table 1 Mechanics character of landslide soil

样品编号	天然快剪		饱和快剪		平均值
	<i>C</i>	ϕ	<i>C</i>	ϕ	
坑 2	38. 25	11. 5	25. 31	4. 7	天然状态 <i>C</i> = 47. 88 ϕ = 12. 58
ZK18	54. 42	15. 8	22. 84	3. 0	
坑 1	48. 60	22. 7	51. 97	9. 5	饱和状态 <i>C</i> = 31. 09 Φ =5. 08
坑 3—1	72. 73	9. 1	23. 17	4. 2	
坑 3—2	52. 31	13. 0	32. 17	4. 0	

测试单位: 泸州一三五地质队

表 2 滑坡试算选用岩土参数

Table 2 The test soil parameter of calculation

土性分类	一套方案			二套方案			三套方案		
	<i>r</i>	<i>C</i>	ϕ	<i>r</i>	<i>C</i>	ϕ	<i>r</i>	<i>C</i>	ϕ
后部碎石土	19. 5	40. 0	8. 5	19. 5	40. 0	9. 5	19. 5	40. 0	10. 5
中部碎石土	19. 5	33. 0	7. 0	19. 5	33. 0	8. 0	20. 0	33. 0	8. 0
基岩风化土	20. 0	25. 0	5. 5	20. 0	25. 0	6. 5	20. 0	25. 0	7. 5
前部碎石土	19. 5	35. 0	8. 0	19. 5	35. 0	8. 5	20. 0	35. 0	8. 5

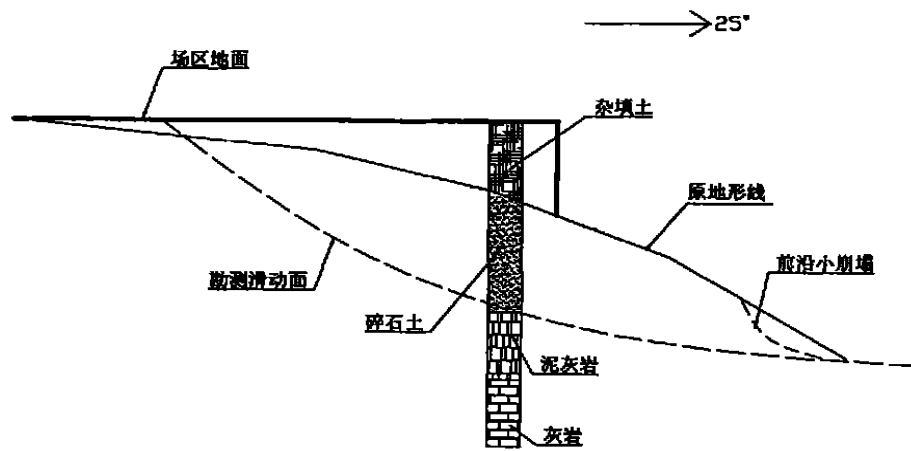


图3 2-2剖面图
Fig.3 The profile of 2-2

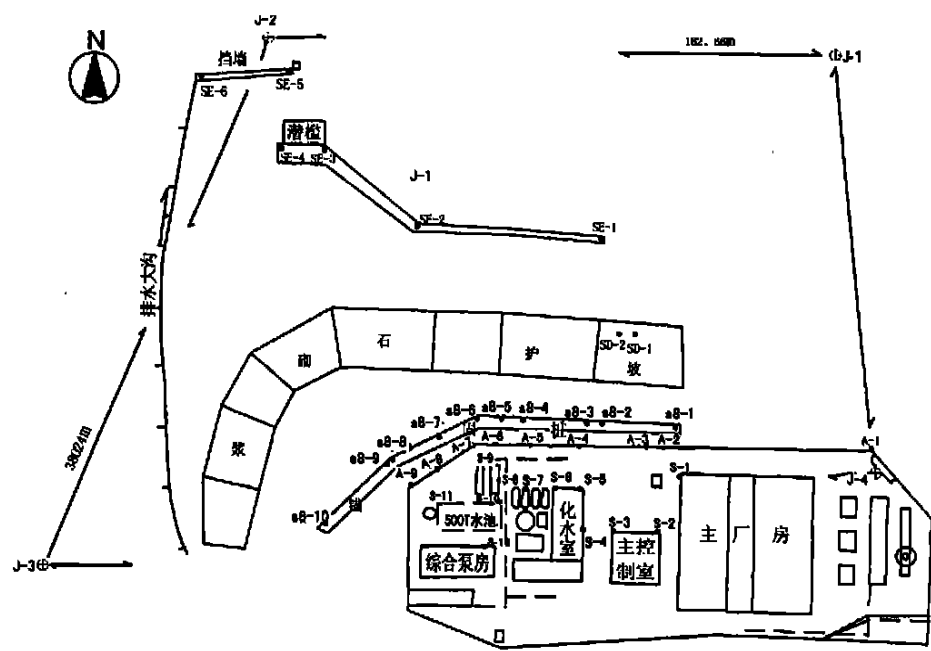


图4 滑坡治理工程控制观测平面图
Fig.4 The layout of control measure

表3 滑坡推力试算结果(KN)
Table 3 The result of calculation(KN)

位置	方案		
	一套	二套	三套
3-3 后滑面	245.83	118.53	-17.35
2-2 前滑面	—	289.91	111.98(20.81)

注: 括号内为 2-2 前沿滑塌前剪出口推力

(4)将房屋建筑和设备基础荷载, 以及容器内液体重量换算成等效的土柱高, 重复以上计算, 算出人为加载后滑相应安全系数 $K=0.9$, 表明此时滑丧失稳定产生滑动。

(5)依据表 3 选用第三套参数计算滑坡在施工后的单宽推力和总推力, 结果见表 4, 据此选用相应的抗滑措施。

4. 2 综合治理实施方案

根据滑坡计算成果、当地施工技术条件与管理水平, 并参考在本地区已实施的一些同类工程, 组成了不同的几组方案进行技术、经济性能、满足业主要求等方面综合比较。在确保工期与施工质量的前提下, 选择 技术可行可靠、适宜操作的方案作为优选推荐方案实施。主要技术措施和工程结构见表 5。

表 4 滑坡推力计算成果(单位: kN)
Table 4 The driving force of the landslide(kN)

典型断面	单宽推力	单宽阻力	总净推力
2—2	501	305	38000
3—3	644	195	
4—4	451	156	

表 5 实施方案技术措施与工程结构
Table 5 The measurements and structures in practice

技术措施	工程结构
抗滑锚固桩锁定滑动面	双排圆形桩
浆砌石护坡稳坡固土	砼肋圬工护坡
谷坊和潜槛稳沟防冲	重力式谷坊 1 座, 潜槛 3 道
滑坡场区地基加固	高压旋喷桩
滑坡场区防渗与排水	冲沟防渗、地表和地下水排泄

表 6 滑坡观测的水平位移量
Table 6 The observation result of horizontal displacement

观测点	不同观测日期(月—日)水平位移量(mm)												
	05—28	06—10	06—12	06—19	06—23	07—02	07—08	08—12	07—23	07—27	08—11	08—22	09—09
主控楼—3	0	0	NW10	NW8	NW8	NW8	NW10	NW10	NW10	NW10	NW10		
化水—6	0	0	0	0	0	NW6	W6	NW6	NW6	NW5	W3	W5	W10
A—1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A—5	0	W10	W15	W15	NW10	NW8	W8	W10	NW13	NW18	NW15	W15	NW15
A—6	0	W8	NW12	W8	NW10	NW15	NW10	NW17	NW20	NW20	NW20	NW20	
A—8	0	NW24	NW23	NW20	NW13	NW9	NW10	W13	NW20	NW20	NW14	NW15	NW20
A—9	0	0	W32	W20	W12	NW12	NW9	NW19	NW20	NW18	NW20	NW25	
SB—1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB—3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB—6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB—8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB—10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SD—1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NW5	NW5	W10
SE—1	0	0	0	0	0	0	0	W5	W5	W5	NW5	NW5	W10
SE—2	0	0	0	0	0	0	0	W5	W10	W5	NW6	NW10	W10
SE—4	0	0	0	0	0	W5	W5	W12	NW9	NW9	NW8	W8	W10
SE—5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE—6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注: 表中 NW 表示北西向, W 表示西向。

表 7 滑坡观测的沉降量

Table 7 The observation result of vertical displacement

观测点	不同观测日期(月-日)沉降量(mm)												
	05-28	06-10	06-12	06-19	06-23	07-02	07-08	07-12	07-23	07-27	08-11	08-22	09-09
A-1	0	0	0	0	-1	-1	-10	-1	-1	-10	0		
A-5	0	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-4	-4	-4
A-9	0	-5	-3	-5	-4	-4	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-3
S-01	0	0	-1	-1	0		-2	-1	0	0	0	-1	0
S-2	0	-2	-1	-2	-2	-3	-2	-2	-4	-3	-3	-4	-4
S-4	0	-1	-1	-2	-3	-2	-2	-4	-3	-5	-5	-4	-5
S-5	0	-1	0	0	-2	-3	-4	-3	-5	-3	-2	-3	-3
S-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	-4
S-9	0	-1	-1	0	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6
S-11	0	0	0								0	0	-1
SB-1	0	0	0	1	0	-2	-2	-1	0	-1	-1	1	0
SB-3	0	1	0	1	2	0	0	0	-1	0	0	0	3
SB-6	0	-1	-2	-1	0	0	1	0	0		-1	1	4
SB-8	0	1	0	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	2	2
SB-10	0	1	-1	-1	1	1	2	0	0	-1	0	0	0
SD-1	0	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1
SE-2	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	1	0
SE-4	0	-1	-2	0	-2	-2	-1	0	0	-1	0	-3	-3
SE-5	0	-1	-2	-2	-2	-2	-3	-4	-3	-3	-3	-3	-3
SE-6	0	0	0	-2	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4

表内正值(+)表示下沉, 负值(-)表示上升。

整个滑坡治理方案的各单项工程都有基人自身功能并相辅相成, 协调发挥作用, 达到综合治理。只有各分项工程逐一实现, 工程防御了防御体系才最终圆满建成。由于滑坡对水的敏感, 务必在雨季来临前使滑坡稳定下来, 避免雨季施工的困难和危险。

5 治理后的观测及结论

整个治理工程通过设计方及业主方的合理安排、施工方的精心施工, 治理工作进展顺利, 在雨季前完成了主体工作, 在雨季结束前(即 1999 年 7 月)完成全部治理项目的施工, 稳定了滑坡, 达到预期目的。整个过程进行了观测, 滑坡治理工程控制观测平面图见图 4, 位移观测数据见表 6、7。从上面观测数据, 可以得出结论: 滑治理方案是可行的, 成功地控制了滑坡的活动, 稳定了滑坡。而且到目前, 滑坡治理已完成两年, 整个工程运行良好。观测仍在进

行, 数据反 映整体位移控制良好。

致谢: 参与本滑坡治理规划设计的还有王成华、林立相、戴敬儒等。

参考文献:

[1] 古蔺县志编辑委员会. 古蔺县县志[M] . 成都: 四川省科学技术出版社, 1992.

[2] 成都兴蜀基础工程公司泸州 135 分公司. 古蔺县郎酒厂热电联产工程厂区滑坡勘察报告[R] . 1999.

[3] 四川省泸州市城镇规划建筑设计院. 古蔺县郎酒厂热电联产工程地基岩土勘察报告(二) [R] . 1997.

[4] 叶书麟. 等. 地基处理与换托技术[M] . 北京: 中国建筑工业出版社 1994.

[5] 《岩土工程手册》编辑委员会. 岩土工程手册[1] . 北京: 中国建筑工业出版社, 1992;

[6] 《工程地质手册》编辑委员会. 工程地质手册[E] . 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.

Controlling Landslide of the Langjiu's Thermoelectricity Factory in Guling County, Sichuan Province

CHEN Xiao-qing^{1,2}, LI De-ji² and CUI Peng²

(1. Civil Engineering college, Southwestern Jiaotong University, Chengdu, 610031 China;

2. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041 China)

Abstract: LANGJIU's thermoelectricity factory landslide, about $7 \times 10^4 \text{ m}^3$ in volume, is located on the left bank of CHISHUI river. In This paper the cause, dynamics and mobilization as well as the developing of the landslide, are analyzed from two aspects, the natural and artificial. According to comprehensive planning for control, measurements, such as drainage works, anti-slipping piles, retain walls, groundwork dispose have been employed in July, 1999. Two years later, the slide body has reached a trending to stable state.

Key words: landslide; cause; control planning; result