

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2010.03.017

金川水电站右岸导流洞出水口边坡稳定性分析

王春山¹, 聂德新¹, 宇天奇²

(1. 成都理工大学环境与工程学院, 四川 成都 610059; 2. 四川省水利水电勘测设计勘察分院, 四川 成都 611731)

摘要 通过对金川水电站右岸导流洞出水口边坡的岩性、构造、可能存在的破坏机制和岩体物理力学性质的研究, 利用计算辅助软件建立三维地质模型, 分析该边坡的结构面组合形式, 确定由这些结构面切割而成的块体的空间位置, 并利用商用岩石边坡楔形体稳定性分析软件 Swedge 对各潜在不稳定块体进行计算。计算结果表明, 各种工况下的边坡均具有很好的稳定性。

关键词 边坡稳定; CSMR 系统; 确定性块体; 金川水电站

中图分类号: TV672⁺.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-7647(2010)03-0065-03

Slope stability of outlet of diversion tunnel at right bank, Jinchuan Hydropower Station // WANG Chun-shan¹, NIE De-xin¹, YU Tian-qi² (1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Shichuan Research Institute of Investigation and Design of Water Conservancy and Hydropower, Chengdu 611731, China)

Abstract : The lithology, structure, physical and mechanical properties of rock mass and possible failure mechanism of the slope at the outlet of the diversion tunnel at the right bank, Jinchuan Hydropower Station were studied. A three-dimensional geological model was established by using computer aided software. The combination modes of the structure plane for the slope were analyzed, and then the locations of blocks cut by the structural planes were determined. The stability of potentially unstable blocks was calculated by means of the Swedge software, business analysis software for the stability of rock slope wedges. The calculated results show that the slope is stable under various working conditions.

Key words : slope stability; CSMR system; determinative block; Jinchuan Hydropower Station

1 地质背景

金川水电站位于四川省金川县境内, 坝址位于县城以北 12 km 的大渡河上, 河谷狭窄, 呈 V 字形, 两岸边坡陡峭。电站工程开发任务主要是发电, 装机容量为 860 MW。水库正常蓄水位为 2 253.00 m, 枢纽建筑物主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等组成, 大坝高度约为 112 m。电站右岸的导流洞出水口位于单薄坡脊上, 该坡脊受深沟切割两面临空, 岩性多样, 构造复杂。经野外和平洞的勘察, 边坡岩体出现明显的蠕滑拉裂变形特征, 且与构造相关。为研究该边坡的变形特征以及其对水工建筑物的影响, 进行勘探和测试工作, 并在此基础上对可能存在的破坏机制进行深入的分析。

2 边坡地质条件

2.1 边坡形态及岩性

边坡顶部高程为 2 280.00 m, 导流洞出口底板高

程为 2 145.00 m。受下游新扎沟的切割, 该处边坡形成 2 处临空面。朝向大渡河的边坡为横向边坡, 朝向新扎沟的边坡为顺层边坡。岩性为: ①T_{3Z}^{X1}灰-深灰色块状变质长石石英细砂岩夹极少黑色板岩、千枚状板岩; 下部夹极少绢云板岩、千枚岩。②T_{3Z}^{X2}深灰色中-厚层变质含钙长石石英细砂岩夹少量绢云板岩。③T_{3Z}^{X3}深灰色厚层变质长英质砂岩, 夹极少绿泥绢云板岩。④T_{3Z}^{X4}灰、深灰色薄-中层, 少量厚层变质钙质长石石英砂岩和变质(绢云母化)钙质粉砂岩(图 1)。

2.2 地质构造

经过地表及平洞勘察, 导流洞边坡发育有原生结构面和构造结构面^[1]。原生结构面为沉积过程中形成的层理、层面及软弱夹层。构造结构面为节理、断层和层间错动带。这些结构面的相互组合和切割, 控制并影响了边坡的稳定性。

层间错动带多发于板岩内, 厚度在 3 ~ 10 cm, 主要成分为岩屑、岩粉。边坡岩体中节理走向范围为

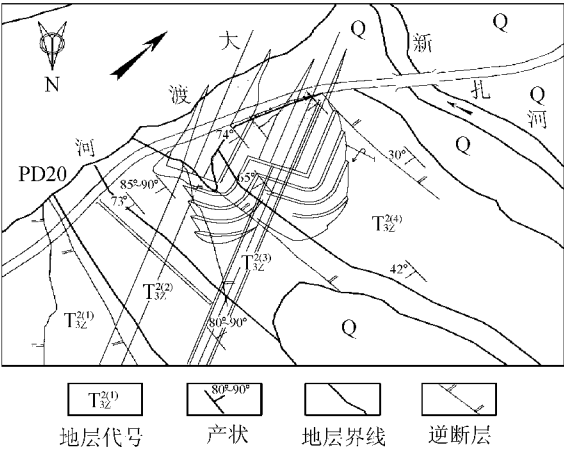


图1 导流洞出水口地质

37°~80°,按倾角可分为 23°~39°,51°~70°和 76°~85°共 3 组,其中以 76°~85°这组最为发育,成为控制边坡稳定性的主要因素之一。

受到构造运动的影响,岩层发生了强烈的弯曲,在边坡处形成 1 组背斜和向斜。褶皱轴部向山外侧伏,为形成不稳定的楔形块体创造了条件,见图 2。

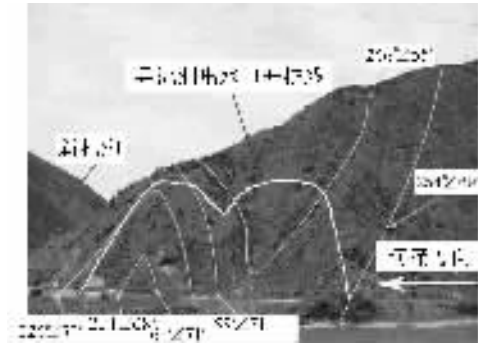


图2 导流洞出水口褶皱构造

3 变形失稳机制

通过野外露头和平洞对各岩层厚度进行统计,金川水电站导流洞出水口岩体结构类型主要为互层-薄层结构。边坡的稳定主要受到结构面的组合状况和强度指标参数控制。研究表明,边坡的变形失稳情况主要有:①蠕滑拉裂破坏。由于面向新扎沟的边坡处岩层走向与边坡走向基本相同,倾向也相同,且受到层间错动带等延伸长大的软弱结构面控制,可能存在蠕滑拉裂。②楔形体滑动破坏,其可能的组合形式有:由 337°/85°和 329°/60°卸荷裂隙和节理组合成的楔形体;由 337°/85°和 159°/84°节理组合成的楔形体;由 337°/85°和 242°/36°节理和层理组合成的楔形体;由 329°/60°和 159°/84°节理组合成的楔形体;由 329°/60°和 242°/36°组合成的楔形体。

4 岩体力学参数选取

根据 6 组岩体抗剪强度试验、4 组结构面现场大剪试验和 14 组岩体现场变形试验的成果,以及在成都理工大学利用 MTS 伺服机进行的 17 组小岩体抗剪强度试验、18 组硬性结构面试验和 17 组小岩体变形试验的成果,参考国家规范^[2],并综合考虑各种因素的影响,给出结构面和边坡岩体的力学参数建议值,见表 1。

表1 边坡岩体力学参数建议值

名称	岩级	内摩擦 因数	黏聚力/ MPa	变形模量/ GPa
岩体	Ⅱ	1.120	1.350	11.72
岩体	Ⅲ1	1.037	1.068	8.00
岩体	Ⅲ2	0.898	0.983	6.00
岩体	Ⅳ	0.675	0.350	3.00
硬性结构面		0.654	0.070	
软弱结构面		0.455	0.040	

5 边坡稳定性分析

5.1 边坡岩体分类

CSMR 分级方案是在 RMR-SMR 体系的基础上,引入高度修正系数和结构面条件修正系数,是一种适用于边坡岩体质量评价的方法^[3-5]。采用该方法对边坡进行评价,由于边坡仅涉及弱风化带岩体,故将边坡分为弱上风化带和弱下风化带,并进行逐带评分,评分结果见表 2。

表2 导流洞出水口边坡 CSMR 评价

风化带	RMR 分值	CSMR 分值	岩体质量	稳定性
弱上风化带	57.93	55.99	中	基本稳定
弱下风化带	64.00	61.38	好	稳定

5.2 确定性楔形块体稳定性分析

确定性楔形块体是指可以确定空间具体位置的楔形体,通常由层间错动带和断层等长大软弱结构面控制。利用计算机辅助软件将地形、软弱面以及岩层等建成三维地质模型(图 3),进而分析结构面在空间上的相互组合和交切,确定楔形体的空间位

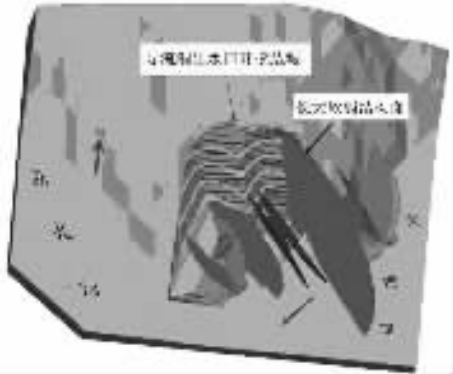


图3 三维地质模型

置。利用赤平投影软件分析得出危险的结构面,然后采用商用岩石边坡楔形体稳定性分析软件 Swedge 进行计算。该软件适用于快速分析和评价岩质边坡面潜在的不稳定楔形体的安全系数和失稳破坏概率。图 4 为 1 号组合块体的赤平投影图,图 5 为 1 号组合块体的下滑破坏模式,所有组合块体的计算结果见表 3。

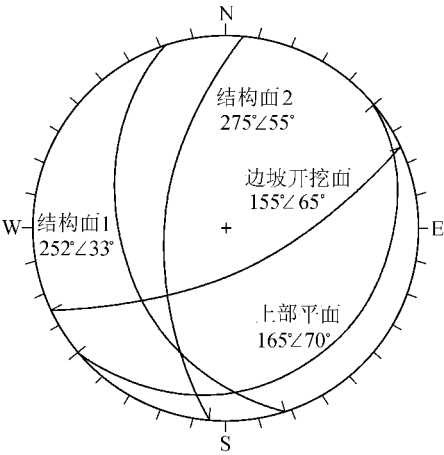


图 4 1 号组合块体与出水口边坡赤平投影

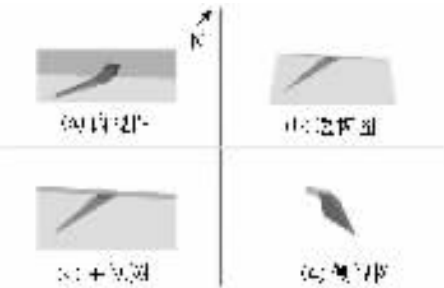


图 5 1 号组合块体下滑破坏模式

表 3 边坡组合块体稳定性系数

块体编号	弱面编号	天然工况	暴雨工况	地震工况	暴雨+地震工况
1	f1、f2	2.83	2.38	2.20	1.85
2	f1、f3	3.15	2.52	1.96	1.66
3	f4、f5	2.73	2.18	1.58	1.23
4	f4、f3	2.76	2.40	1.78	1.53
5	f6、f7	2.32	2.07	1.87	1.66
6	f6、f3	3.43	2.79	2.06	1.72
7	f8、f9	3.53	2.83	2.41	2.02

5.3 非确定性块体稳定性分析

边坡处可能存在 5 种楔形体的组合形式,控制这些楔形体的边界为硬性结构面。这些硬性结构面多短小,数量多且分布的规律性差,各结构面组合成的块体体积小,数量多。将各条硬性结构面组合起来进行确定性分析的难度较大。因此对野外测量的硬性结构面进行统计分析,获得优势产状。然后利用概率软件进行两两组合,得到能够组成不稳定块体的优势产状的组合,进而计算分析在天然、暴雨、地震等工况下不确定块体的稳定性,水平地震峰值

加速度 $a = 0.097g$ 。经计算各种组合在天然和地震工况下的安全系数在 2.36 以上,在暴雨工况下安全系数略低,但也在 1.3 以上。在暴雨与地震这种极端情况下,由 $337^\circ/85^\circ$ 与 $242^\circ/36^\circ$ 节理和层理组合成的楔形体和由 $329^\circ/60^\circ$ 与 $242^\circ/36^\circ$ 组合成的楔形体安全系数小于 1。

6 结 论

由于受到褶皱构造的控制和影响,金川水电站右岸导流洞出水口岩质边坡可能存在的破坏类型有蠕滑拉裂破坏和楔形体滑动破坏。通过对野外长大结构面的测量和硬性结构面的统计分析,利用 CSMR 方法对边坡岩体进行评价分析,结果表明边坡岩体稳定。确定性块体与非确定性块体分析结果也表明,除了在极端的工况下局部块体会失稳外,其他块体均较稳定。因此,该岩质边坡处于稳定状态,不会对电站的生产运行和交通运输产生威胁。

参考文献:

[1] 张悼元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994 9-10.
[2] GB50287—20069 水利水电工程地质勘察规范[S].
[3] 杨天俊.边坡岩体质量分类体系介绍[J].西北水电,2004(2):8-9.
[4] 李胜伟,李天斌,王兰生,等.边坡岩体质量分类体系的 CSMR 法及应用[J].地质灾害与环境保护,2001,12(2):69-72.
[5] 余先华,聂德新.岩质边坡确定性块体稳定性的研究[J].水土保持研究,2007,14(3):180-181.

(收稿日期 2009-12-29 编辑 骆超)

· 简讯 ·

第一届全国高坝安全学术会议在河海大学召开

由中国水力发电工程学会水工及水电站建筑物专业委员会主办、河海大学承办的第一届全国高坝安全学术会议于 2010 年 6 月 16—18 日在河海大学召开。本届高坝安全学术会议的主题是“高拱坝设计、施工和运行中的重大工程技术问题”,与会专家就高拱坝坝址地质勘探与试验、高拱坝设计与分析、高拱坝施工技术及基础处理、高拱坝的安全监测和运行管理等专题,结合国内外近年来的发展和研究工作进行了广泛的学术交流和研讨。

(本刊编辑部供稿)