

A Brief Talk on Geological Survey Method of High Rock Slope

Zhencan HU

Guangzhou Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510610

Abstract

The deformation types, deformation and failure characteristics of rock slope are introduced. The conditions and causes of deformation of high slope are analyzed. Various geological survey methods of high slope are discussed in order to improve the quality of geological survey results.

Key Words

Geological Survey of Rocky High Slope, Drilling Video, Engineering Analogy

DOI:10.18686/dzyj.v1i2.541

浅谈高岩质边坡地质勘察方法

胡振灿

广州电力设计院有限公司, 广东广州, 510610

摘要

介绍岩质边坡的变形类型, 变形、破坏特征, 对高边坡变形的条件和原因进行了分析, 对高边坡的各种地质勘察方法进行了探讨, 以提高地质勘察成果质量。

关键词

岩质高边坡地质勘察; 钻孔电视录像; 工程类比法

1. 引言

随着水利工程的发展, 岩质高边坡治理工程越来越多, 而岩质高边坡具备高度荷载大、坡体材质呈脆性受力变形复杂、变形破坏受地质构造控制等特点, 成为水利勘察中的一个难点, 本文以《贵州省都柳江红岩水利枢纽工程》为例, 探讨高边坡的地质勘察常用方法。

2. 岩质边坡的变形类型、特征及条件

边坡的变形类型主要有: 松动、松弛张裂; 蠕动; 滑坡; 危岩、剥落、落石、崩塌; 错落; 倾倒。

岩质边坡中未出现贯通性破裂面之前, 坡体的变化特征属变形特征; 出现贯通性破裂面后的坡体特征属破坏特征。其发展过程是: 坡面及附近岩体松动(又称松弛张裂)—岩体蠕动—加速蠕动—破坏。其中, 前三步的特征均属变形特征, 最后一步的特征才是破坏特征。

岩质边坡发生变形破坏的基本条件主要包括: 1、物理空间条件, 即滑动临空面; 2、荷载条件, 即滑动

力大于抗滑力; 3、构造条件, 即形成贯通的滑动面或切割面。

3. 红岩水利枢纽工程边坡地质概况

红岩水利枢纽工程位于榕江县头塘村附近的都柳江干流上, 是以防洪、航运和发电为任务的综合水利工程。枢纽工程建筑物由挡水建筑物、泄洪建筑物、发电建筑物、通航建筑物等组成。其中泄洪建筑物布置在“Ω”型河道的垭口处, 采用大开挖方式, 开挖后泄洪闸两侧形成最高达 95m 的高边坡, 泄洪闸两侧边坡稳定问题成为主要的工程地质问题。

泄洪闸边坡主要处于下第三系第 3 段(E₃)岩组区, 主要地层岩性为紫红色块状角砾岩, 局部夹透镜体砂砾岩。角砾以灰岩、石英石、砂岩和板岩为主, 钙质胶结。角砾岩饱和单轴抗压强度约 40~50Mpa, 为中硬岩。垭口开挖边坡位置岩层呈块状, 岩体完整性好, 基岩裂隙鲜有发育, 未见清晰的地层产状出露, 周边附近岩层产

状出露为 10°~20°/SE∠35°~43°。

为查明泄洪闸高边坡工程地质条件,采用了地质钻孔、声波测井以及钻孔电视录像等多种手段进行综合勘察,同时结合周边开挖边坡的地质测绘成果进行了工程地质类比,基本查明了泄洪闸边坡岩体的地层结构和边坡岩体的结构面分布及特征,为下一步进行边坡设计提供了充足的地质依据。

4.地质钻孔及电视录像成果分析

地质钻探是地质勘察中最主要的手段,也是最直接

的手段。本工程对泄洪闸左、右岸高边坡各布置了一条钻孔地质剖面,并结合地质钻孔进行电视录像。

1) 泄洪闸左岸边坡

左岸边坡地层结构上部为残坡积含碎石粉质粘土层,层厚约1.8~2.2m;下部为弱~微风化块状角砾岩,岩体完整性较好。左岸边坡开挖形成以弱~微风化块状角砾岩为主的岩质边坡。左岸边坡地质剖面详见下图,钻孔电视录像揭露的边坡岩体及结构面现状详见附件,岩体结构面产状分布如表1。

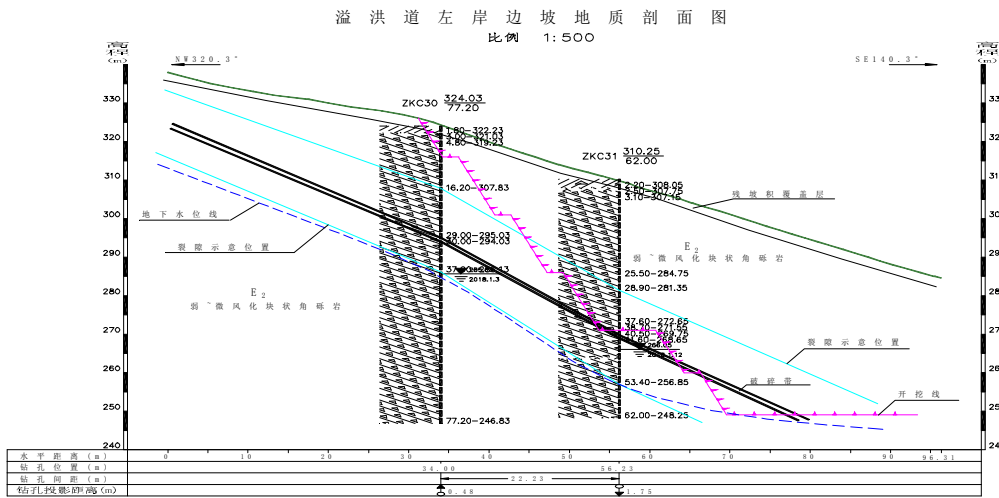


表 1 钻孔 ZKC30 和 ZKC31 钻孔录像裂隙统计表

描述类型	起点深度	终点深度	缝宽 cm	倾向	倾角	说明	
ZKC30	裂隙	2.53	2.65	1.1	112.92	54.95	表层风化裂隙
	裂隙	4.84	4.95	1.5	115.25	52.6	
	裂隙	16.1	16.23	3	128.06	48.54	
	裂隙	36.89	37.07	0.9	165.43	63.25	
	裂隙	38.35	38.48	0.95	170.94	54.95	
	裂隙	25.319	25.79	1.0-2.6	163.4	80.8	
ZKC31	裂隙	28.763	28.979	4.3-5.5	184.5	70.6	
	裂隙	30.171	30.302	0-0.3	133.1	59.9	
	裂隙	35.629	35.706	0-0.4	314.6	45.4	
	裂隙	53.23	53.47	1.8-2.3	177.5	72.2	

通过左岸边坡地质剖面分析,控制左岸边坡稳定的不利结构面主要有三组,分述如下:

①最上部的结构面分布在ZKC30深度约16.20m位置,裂隙张开宽度约3cm,结构面产状约128°/48°,顺边坡倾向发育延伸到钻孔ZKC31深度28.90m处,为顺向缓倾角结构面。边坡滑动理论剪出口位置位于边坡中上

部,是控制边坡稳定的不利结构面,建议设计进行重点锚固处理。

②中间破碎带分布在ZKC30深度27.7m~30m位置,破碎带垂直宽度约2.3m,破碎带主要成分为泥钙质胶结角砾岩,角砾胶结较差,易松动破碎,是控制边坡稳定的相对软弱结构面。边坡滑动理论剪出口位置位于边坡

中下部，建议设计进行重点锚固处理。

③底部结构面分布在ZKC30深度约37.0m位置，裂隙张开宽度约1cm，结构面产状约 $165^{\circ}\angle 63^{\circ}$ ，顺边坡倾向发育延伸到钻孔ZKC31深度53.0m处，为顺向相对陡倾角结构面，边坡滑动理论剪出口位置位于边坡底部以下，边坡整体稳定问题不大。但不排除该组结构面产生的次生结构面导致边坡失稳，建议设计进行边坡稳定性复

核，边坡施工期需加强施工地质工作，进行重点监测。

2) 泄洪闸右岸边坡

右岸边坡地质结构上部为残坡积含碎石粉质粘土层，层厚约9.8m；下部为弱~微风化块状角砾岩，岩体完整性较好。右岸边坡开挖形成以弱~微风化块状角砾岩为主的岩质边坡。右岸边坡地质剖面详见下图，钻孔电视录像揭露的边坡岩体及结构面现状详见附件，岩体结构面产状分布如表2。

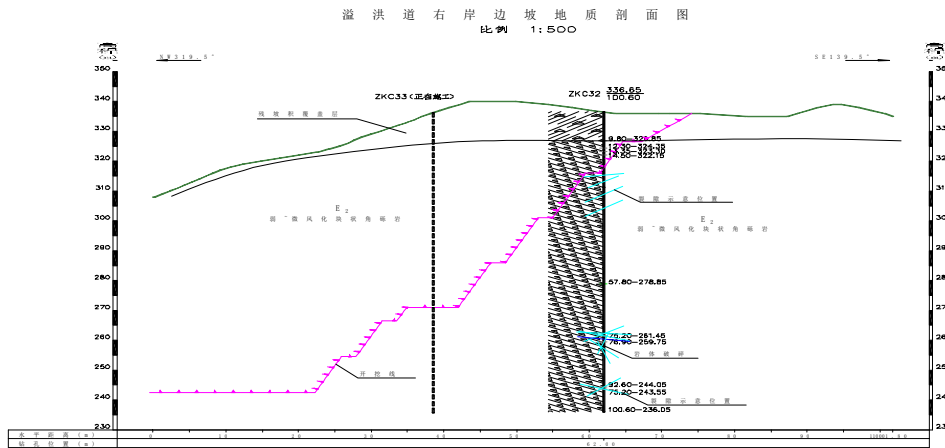


表 2: 钻孔 ZKC32 钻孔录像裂隙统计表

钻孔编号	描述类型	起点深度	终点深度	缝宽	倾向(°)	倾角(°)	说明
ZKC32	溶槽	12.3	13.35	6.4-8.7cm		大于70	
	溶槽	13.7	14.5	7.0-9.1cm		大于71	
	裂隙	21.4	21.43	闭合	8.4	15.7	
	裂隙	23.5	23.59	闭合	30.7	44.7	
	裂隙	27.76	27.85	微张	47.4	45.4	
	裂隙	32.41	32.52	微张	248.4	48.3	
	裂隙	74.28	74.41	微张	51.6	56.6	
	裂隙	74.69	74.75	微张	30.7	34.4	
	裂隙	75.14	75.24	微张-半张开	62.8	47.7	该段岩体破碎
	裂隙	75.57	75.61	0.7-1.2cm	75.3	25.5	
	裂隙	76.33	76.88	1.3-2.7cm	10.5	80.7	
	裂隙	79.59	79.73	半张开	150.7	57.3	
	裂隙	80.34	80.73	半张开	136	77.1	
裂隙	92.49	92.61	2.0-2.5cm	238.6	53.2	该段岩体破碎	

通过右岸边坡地质剖面分析，控制右岸边坡稳定的不利结构面亦主要有三组，由上至下分述如下：

①第1组结构面分布在ZKC32深度约21.4-32.4m位置，钻孔录像显示分布约4条裂隙，均为顺向裂隙，结构面产状约 $30^{\circ}\sim 47^{\circ}\angle 44^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，裂隙发育程度为不发育，裂隙张开度不大，均为微张，裂隙面粗糙度不高，较平直，裂隙面的延伸长度有待ZKC33的验证。由于该组裂隙均为顺向缓倾角结构面，裂隙顺边坡倾向发育延伸到边坡外部，边坡滑动理论剪出口位置位于边坡中上部，是控制边坡稳定的不利结构面，建议钻孔ZKC33

进行重点追踪，边坡设计进行重点锚固处理。

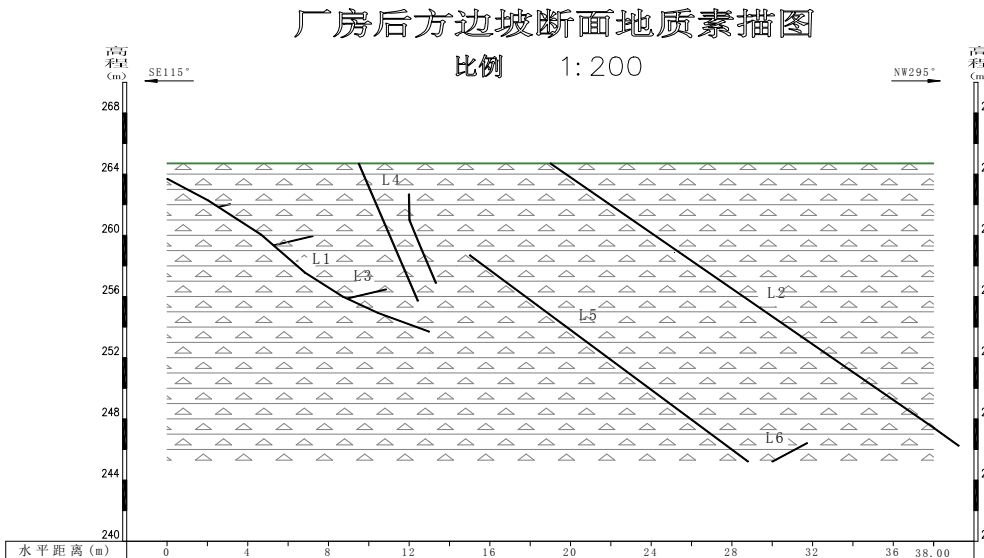
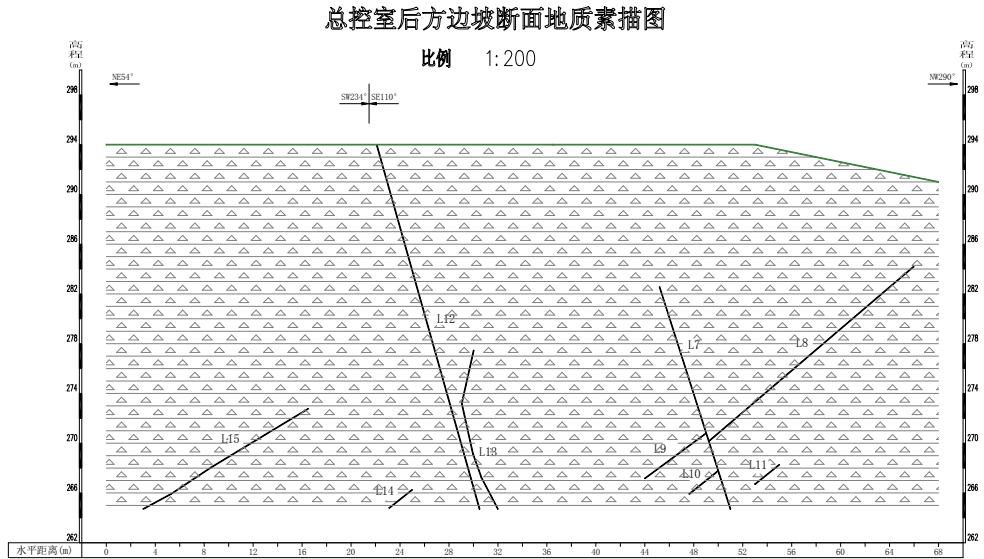
②第2组结构面分布在ZKC32深度约74-80m位置，钻孔揭露7条裂隙，裂隙交叉发育，部分为顺向、部分为逆向，裂隙发育程度为较发育，裂隙张开度为微张至张开，裂隙面粗糙度一般，为平直粗糙状，裂隙倾向变化较大，分布较密集，推测该组裂隙延伸长度一般，但依然有待钻孔ZKC33验证。边坡滑动理论剪出口位置位于边坡底部以下，边坡整体稳定问题不大。但不排除该组结构面产生的次生结构面导致边坡失稳，建议设计进行边坡稳定性复核，边坡施工期需加强施工地质工

作，进行重点监测。

③第3组结构面分布在ZKC32深度约92.3~93.1m位置，钻孔揭露2条裂隙，裂隙1条为顺向裂隙，1条为逆向裂隙，裂隙张开度为张开，裂隙面较粗糙，由于该组裂隙分布低于边坡底部高程248m，该组裂隙对边坡影响较小，建议设计进行稳定性复核后再进一步采取措施。

5.工程地质类比成果分析

原红岩电站布置在垭口以北，靠近泄洪闸出口位置。电站控制室和厂房开挖形成高约50m（高程245m~294m）的两级近直陡立边坡，其中高程265m平台设置有控制室，原边坡开挖至今近40年，现状较好，未出现坍塌、掉块等现象。原开挖边坡地质素描图详见下图。



两级边坡开挖断面中的裂隙产状和特征描述详见下表3，通过对裂隙进行节理玫瑰花图（见图4）统计分析，垭口开挖面主要发育两组裂隙：一组裂隙主要产状分布 $245\sim 260^\circ \angle 40\sim 50^\circ$ ，节理面粗糙，微张，少量

泥质充填，延伸较长，发育间距大于10m；另一组裂隙产状分布 $121^\circ \angle 40^\circ$ ，节理面粗糙，开口张开，内部逐渐闭合，少量泥质充填，延伸较长，发育间距亦大于10m。综合来看，整个开挖面的裂隙发育程度属不发育。

表3 原红岩电站开挖边坡裂隙统计表

位置	裂隙编号	产状	特征描述
		(倾向/倾角)	
厂房后方边坡	L1	245°~260° ∠40°~50°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约30米。
	L2	245°~253° ∠55°~60°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸大于50米。
	L3	95° ∠36°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约1.0-2.0米, 每米发育1-2条。
	L4	260° ∠80°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸大于10米。
	L5	260°~293° ∠42°~50°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸大于40米。
	L6	132° ∠37°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约3.0米。
控制室后方边坡	L7	256° ∠75°	节理面粗糙, 开口张开, 内部逐渐闭合, 少量泥质充填, 延伸约10米。
	L8	121° ∠40°	节理面粗糙, 开口张开, 内部逐渐闭合, 少量泥质充填, 延伸约15米。
	L9	100° ∠36°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约8米。
	L10	100° ∠38°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约3米。
	L11	115° ∠45°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约2米。
	L12	282° ∠76°	节理面粗糙, 开口张开, 进口不详, 少量泥质充填, 延伸至山顶, 延伸长度大于20米。
	L13	265° ∠67°	节理面粗糙, 开口张开, 内部逐渐闭合至微张, 少量泥质充填, 裂隙面可见方解石晶体, 裂隙延伸约6-8米。
	L14	282° ∠76°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约1-2米。
	L15	282° ∠76°	节理面粗糙, 微张, 少量泥质充填, 延伸约5-8米。

采用工程地质类比法, 引用周边岩体相对发育的裂隙L1和L8对泄洪闸开挖边坡进行赤平投影稳定分析(见下图1)如下:

泄洪闸左岸边坡: L1投影弧与边坡投影弧大角度相交, 组成横向边坡, L1较稳定; L8投影弧位于边坡投影弧内侧, 其与边坡倾向一致, 且倾角小于边坡倾角, 组成缓倾角顺向结构面边坡, 该结构面不稳定; 裂隙面

L1&L8的交点与边坡投影弧大角度相交, 组成横向边坡, L1&L8的组合交割线较稳定。建议左岸边坡开挖需加强对L8裂隙结构面方向的锚固措施。

泄洪闸左岸边坡: 裂隙面L1、L8的交点在边坡投影弧另一侧, L1投影弧与边坡投影弧大角度相交, L8投影弧位于边坡投影弧另一侧, 裂隙面均为逆向或横交结构面, 右岸边坡开挖稳定性较好。

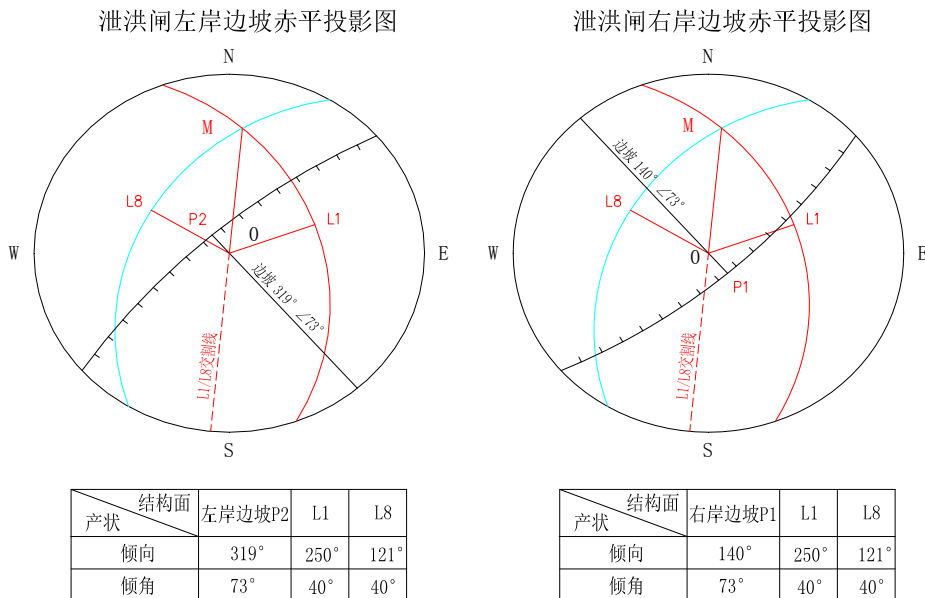


图1 泄洪闸边坡裂隙类比赤平投影分析

6.结论

1、岩质高边坡的稳定主要受构造控制, 勘察的重点主要在调查清楚边坡中地质构造的类型、性质及分布

情况。

2、地表测绘是一切工作的基础, 要加强地表测绘

工作, 加强对测绘成果的分析, 并在后续勘察中进行验证。

3、地质钻探是边坡勘察最直接最有效的手段, 但由于钻探机械的扰动, 及构造自身的脆弱性, 导致岩心无法直观显示裂隙构造的特征, 需加以钻孔录像进行辅助。

4、工程地质类比法是对地质钻探的一个有效验证及补充, 通过地质类比, 可有效检验地质钻探成果, 对

构建地质模型有很大帮助, 对裂隙构造的参数确定可以起到补充验证作用。

参考文献

[1]黎丽、梅薇、桂甜, 对岩石高边坡工程的认识和体会[B], 华东公路, 2007; [2]程瑞杰、朱海云, 公路工程中高边坡变形的勘察与设计方法, 山西建筑, 2007; [3]黄琳, 岩石高边坡勘察与稳定性分析, 建筑工程技术与设计, 2014。