

孟底沟水电站开关站边坡稳定性分析与支护设计

莫如军, 张顺利

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 孟底沟水电站工程区区域地质构造复杂, 枢纽区边坡危岩体分布广, 蚀变岩发育。开关站开挖边坡主要为强卸荷 IV 类岩体, 边坡存在多处小断层, 节理裂隙及蚀变岩带随机分布, 局部地形陡峻。分析了开关站边坡可能存在的各种变形破坏模式, 采用平面极限平衡下限解法, 对边坡整体稳定性和潜在滑移块体的稳定性进行了计算, 提出了边坡的支护方案, 为工程设计和施工提供了重要依据。

关键词: 边坡稳定性; 支护设计; 孟底沟水电站

中图分类号: U213.1+3

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)02-0014-06

Stability Analysis and Support Design of Switch Station Slope of Mengdigou Hydropower Station

MO Rujun, ZHANG Shunli

(PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu Sichuan 610072)

Abstract: The Engineering area of Mengdigou Hydropower Station is characterized by complex geological structure, wide distribution of dangerous rock masses on the slopes of the hub area, and developed altered rock. The excavation slope of the switch station is mainly strong unloading Class IV rock mass. There are many small faults on the slope, joints, fissures and altered rock belts are randomly distributed, and the local topography is very steep. In this paper, the deformation and failure modes of the switch station slope are analyzed, and the global stability and the stability of the potential sliding block are calculated by using the method of the lower limit of plane limit equilibrium, and the supporting scheme of slope is put forward, which provides an important basis for engineering design and construction.

Keywords: Slope stability; Support design; Mengdigou Hydropower Station

0 前言

孟底沟水电站是雅砻江中游七级开发方案中的第五个梯级, 枢纽区位于四川省甘孜州与凉山州交界的雅砻江干流上。电站采用坝式开发, 坝型为混凝土双曲拱坝, 最大坝高 201.00 m, 电站装机容量 4×60 MW; 与两河口水电站联合运行枯水年枯期平均出力 838.3 MW, 多年平均年发电量 104.14 亿 kW·h。为一等大(I)型工程, 主要建筑物为 I 级建筑物; 电站引水发电系统采用左岸地下厂房方案, 电站出线电压等级为交流 500 kV, 出线回路数为 4 回。

开关站布置于左岸坝肩下游约 100 m 的开挖平台上, 平台高程为 2 340.00 m, 开挖场地尺

寸为 170.20 m $\times$ 43.00 m (长 $\times$ 宽), 内侧布置 GIS 楼和地面副厂房, 外侧为电抗器布置场地及运输通道, 边坡开挖高程 2 340.00 ~ 2 425.00 m, 边坡最大开挖坡高约 85.00 m。

边坡工程研究涵盖边坡地质条件、边坡分析方法及其安全控制标准、边坡加固设计、边坡实施效果和边坡安全运行评价等^[1]。笔者以孟底沟水电站开关站边坡为研究对象, 分析了边坡不同变形破坏模式, 采用 Slide 和 Swedge 软件, 对不同工况下边坡的整体稳定性及潜在滑移块体的稳定性进行了计算分析, 提出了边坡的支护方案。开关站边坡典型剖面示意图 1。

1 基本地质条件

工程区为高山峡谷地形, 站址上游侧为突出

收稿日期: 2023-11-28

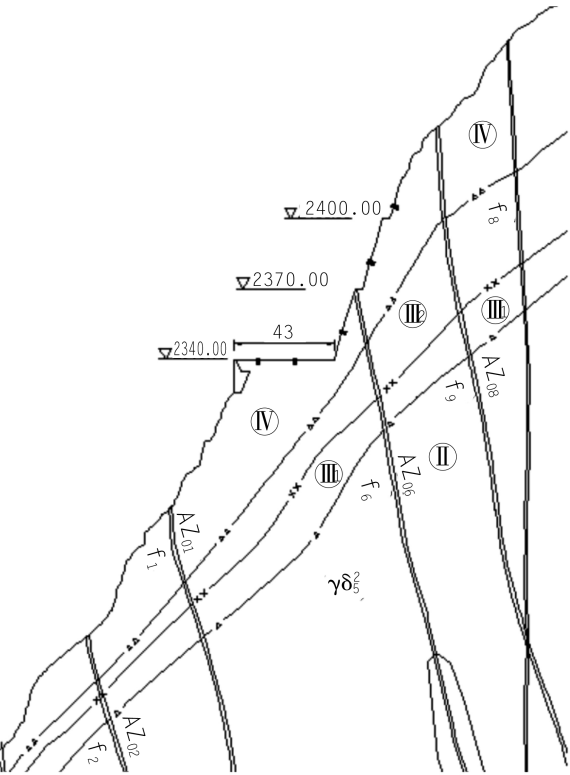


图1 开关站边坡典型剖面示意图(单位:m)

的陡立山脊,站址地形较为完整,是坡度相对较缓(40~50°)的斜坡地带,山脊及局部地形相对较陡,约50~60°。

表1 开关站平台及开挖边坡主要断层地质特征表

编号	产 状	出露长度 /m	带宽 /m	结构面 分级	破碎带物质组成	结构面类型
f ₁ (AZ)	N65~75°W/ NE∠70~80°	600	0.10~0.20 局部0.50~0.60	Ⅲ	主要为碎粉岩、碎粒岩、碎斑岩(强风化),沿断层发育蚀变岩带,局部见3~5 cm石英脉,局部影响带宽2~3 m	岩屑夹泥型
f ₂ (AZ)	N70~80°W/ NE∠70~80°	600	0.10~0.30 局部0.50~0.60	Ⅲ	主要为碎斑岩、碎粒岩组成,沿断层发育蚀变岩带,碎斑岩软化泥化,沿断层面呈条带状分布,断层局部具张性	岩屑夹泥型
f ₆ (AZ)	N70~80°E/ NW∠70~80°	650	0.10~0.30, 局部0.50~1.00	Ⅲ	主要为碎斑岩、碎粒岩及少量碎粉岩,沿断层发育蚀变岩带,宽度变化较大,局部见影响带及裂隙密集带	岩屑夹泥型
f ₈	EW/ N∠80~90°	950	0.10~0.30 局部0.50~0.80	Ⅲ	主要为碎粒岩、碎斑岩,影响带局部宽2~3 m	岩屑夹泥型
f ₉ (AZ)	N60~70°W/ NE∠70~80°	680	0.10~0.30	Ⅲ	主要为碎粒岩、碎斑岩,沿断层发育蚀变岩带,产状变化较大,基本无影响带	岩屑夹泥型

2 边坡开挖设计

根据坝区岩体物理力学参数建议,永久边坡整体稳定的开挖坡比为1:0.75~1:1,结合开关站地质条件及工程类比情况,为了降低边坡的开挖高度,拟定开关站边坡开挖坡比为1:0.3,每30.00 m设一马道,马道宽3.00 m。正向边坡

开关站平台及开挖边坡主要断层地质特征见表1。开关站边坡基岩裸露,岩体岩性为燕山早期中细粒花岗闪长岩($\gamma\delta_5^2$)夹花岗岩化、黏土岩化蚀变岩,岩体结构以块裂为主,局部为块状结构,蚀变岩出露坡段为镶嵌~碎裂结构。边坡开挖范围内分布断层 f_6 、 f_8 、 f_9 及蚀变岩(带) AZ_{06} 、 AZ_{08} 、 $AZ_{06}(f_6)$ 涉及上游侧坡及正向坡,产状 $N70\sim80^\circ E/NW\angle70\sim80^\circ$,基本横穿上游侧坡,斜穿正向坡,与正向坡呈小角度相交(角度约 30°); $AZ_{08}(f_9)$ 涉及正向坡及下游侧坡,产状 $N60\sim70^\circ W/NE\angle70\sim80^\circ$,基本横穿下游侧坡,斜穿正向坡,与正向坡呈小角度相交(角度约 $10\sim20^\circ$),开挖边坡外还发育 f_8 断层。主要发育优势裂隙第①、②、③、④组,局部少量发育第⑦组,其产状如下:第①组 $N50\sim90^\circ W/NE(SW)\angle60\sim90^\circ$;第②组 $N50\sim80^\circ E/NW\angle60\sim80^\circ$;第③组 $N10\sim30^\circ E/SE(NW)\angle70\sim90^\circ$;第④组 $N40\sim50^\circ W/SW\angle40\sim45^\circ$;第⑦组裂 $N50\sim60^\circ E/SE\angle40\sim50^\circ$ [2]。

开关站正向坡及上下游侧边坡开挖坡面岩体弱风化,卸荷程度强烈,处于强卸荷带内,为Ⅳ类岩体。

2 400.00 m 高程处马道处布置消防水池,马道开挖宽度为8.00 m,开关站开挖边坡最高约85.00 m。

开关站开挖后形成正向、上下游侧三面工程边坡,开挖沿河长度约180.00 m,最大开挖坡高约85.00 m,正向坡坡向 $N78^\circ W$,上下游侧坡开挖较少,总体坡向约 $N12^\circ E$ 。

3 边坡稳定性分析

3.1 计算工况及安全标准(系数)

孟底沟水电站为一等大(I)型工程,根据《水电工程边坡设计规范》NB/T 10512—2021,开关站边坡为 A 类枢纽工程区边坡,安全级别为 I 级。计算工况主要包括以下三种:

(1)持久状况。边坡处于正常情况运行,该工况考虑的荷载主要有岩土体自重,容许最小安全系数取值为 1.30;

(2)短暂状况。边坡处于暴雨情况下运行,该工况下,岩体孔隙水压力系数取为 0.1,岩体容重取饱和容重,容许最小安全系数取值为 1.20;

(3)偶然状况。边坡处于地震情况下运行,该工况除考虑持久工况的荷载外,还包括地震的作用,容许最小安全系数取值为 1.10。

3.2 变形破坏模式分析

3.2.1 整体失稳模式分析

根据地质调查及勘探平洞揭示,未发现规模较大的贯穿性中缓倾坡外的软弱结构面发育,地表调查未发现自然坡体明显变形、拉裂等迹象。宏观分析场地自然边坡整体稳定性较好,边坡局部坡体地形处于山脊(边坡上游侧坡附近)三面临空,卸荷程度较强烈,局部可能存在岩体松弛、块体失稳现象,自然边坡局部稳定性较差。根据边坡开挖所形成的边坡地质条件综合分析,开关站边坡整体失稳存在以下模式^[3]:

(1) A 型失稳模式(适用于Ⅳ类围岩,地质建议坡比)。Ⅳ类围岩中,开挖坡比 1:0.3,陡于地质建议的开挖坡比 1:0.75,可能局部失稳,底滑面为地质建议开挖线,临空面为边坡实际开挖面。

(2) B 型失稳模式(适用于Ⅳ类围岩,自动搜索滑弧)。Ⅳ类围岩中,开挖坡比 1:0.3,陡于地质建议的开挖坡比 1:0.75,可能局部失稳,底滑面为程序自动搜索滑弧,临空面为边坡实际开挖面。

(3) C 型失稳模式(适用于Ⅳ类围岩, f_{m5} 作为后缘面滑块)。由于 f_{m5} 陡倾坡里,Ⅳ类围岩中可能作为边坡滑块的后缘面,底滑面为Ⅲ₁ 与Ⅳ类围岩分界线,临空面为边坡实际开挖面。

(4) D 型失稳模式(优势裂隙④为底滑面, f_8 作为后缘面的半确定滑块)以 f_8 断层为后缘切割

面,中倾坡外的第④组优势裂隙为底滑面,构成不利组合块体,其破坏机制为滑移—拉裂,破坏模式为平面滑动破坏(单滑),临空面为边坡实际开挖面。根据优势裂隙④为底滑面位置不同,构成浅层滑动面、深层滑动面,D 型失稳模式又可细分为:

①D1 型失稳模式(优势裂隙④为深层底滑面, f_8 作为后缘面的半确定滑块);

②D2 型失稳模式(优势裂隙④为浅表层底滑面, f_8 作为后缘面的半确定滑块)。

(5) E 型失稳模式(优势裂隙④为底滑面, f_6 作为后缘面的半确定滑块)。以 f_6 断层为后缘切割面,中倾坡外的第④组优势裂隙为底滑面,构成不利组合块体,其破坏机制为滑移—拉裂,破坏模式为平面滑动破坏(单滑),临空面为边坡实际开挖面。根据优势裂隙④为底滑面位置不同,构成浅层滑动面、深层滑动面,E 型失稳模式又可细分为:

①E1 型失稳模式(优势裂隙④为深层底滑面, f_6 作为后缘面的半确定滑块);

②E2 型失稳模式(优势裂隙④为浅表层底滑面, f_6 作为后缘面的半确定滑块)。

(6) F 型失稳模式(优势裂隙④为底滑面, f_9 作为后缘面的半确定滑块)。以 f_9 断层为后缘切割面,中倾坡外的第④组优势裂隙为底滑面,构成不利组合块体,其破坏机制为滑移—拉裂,破坏模式为平面滑动破坏(单滑),临空面为边坡实际开挖面。根据优势裂隙④为底滑面位置不同,构成浅层滑动面、深层滑动面,F 型失稳模式又可细分为:

①F1 型失稳模式(优势裂隙④为深层底滑面, f_9 作为后缘面的半确定滑块);

②F2 型失稳模式(优势裂隙④为浅表层底滑面, f_9 作为后缘面的半确定滑块)。

开关站边坡潜在滑移块体组合模式见表 2。其中,优势裂隙④与断层组成的半确定性块体,已包含在以上几个失稳模式中。

3.2.2 潜在滑移块体组合及滑移模式

根据开关站开挖的三面边坡坡向与主要断层、裂隙等结构面的关系分析,正向坡可构成以 $AZ_{06}(f_6)$ 、 $AZ_{08}(f_9)$ 、裂隙第①、②组为后缘面,裂隙第③组为侧裂面,裂隙第④组为底滑面的不利

边坡稳定的半确定、不确定性块体;上、下游侧坡可构成以 $AZ_{06}(f_6)$ 、 $AZ_{08}(f_9)$ 及裂隙第①、②组为侧裂面,裂隙第③组为后缘面,裂隙第⑦组可为上游侧坡的底滑面,裂隙第④组可为下游侧坡底滑面的不利边坡稳定的不确定性块体。开关站后坡优势裂隙组合块体赤平投影图见图 2。

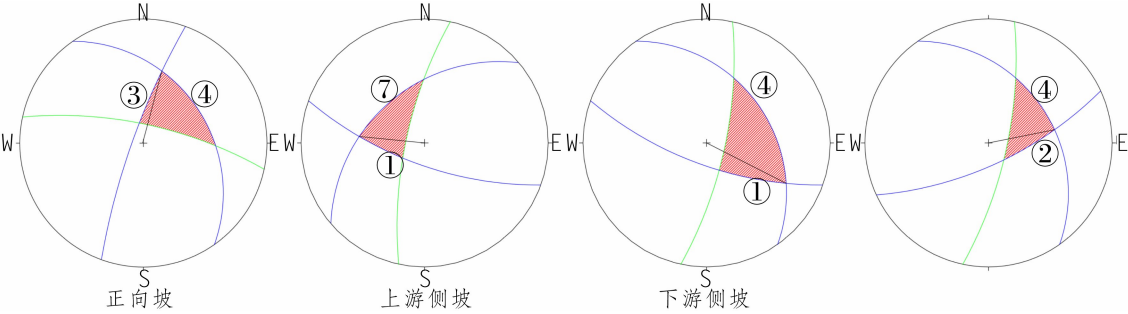


图 2 开关站后坡优势裂隙组合块体赤平投影图

表 2 开关站边坡潜在滑移块体组合模式表

边坡部位	组合模式	后缘切剖面	侧裂面	底滑面	变形破坏模式	组合类型
正向坡	f_6 或 f_9 或 $f_8+④$	f_6 或 f_9 或 f_8	裂隙③	裂隙④	平面滑动	半确定块体
正向坡	裂隙①或②+④	裂隙①或②	裂隙③	裂隙④	平面滑动	不确定块体
正向坡	裂隙③+④	—	组合形成楔形块体	—	交棱线滑动	不确定块体
上游侧坡	裂隙③+⑦	裂隙③	f_6 、裂隙①、②	裂隙⑦	平面滑动	不确定块体
上游侧坡	裂隙①+⑦	—	组合形成楔形块体	—	交棱线滑动	不确定块体
下游侧坡	裂隙①+④	—	组合形成楔形块体	—	交棱线滑动	不确定块体
下游侧坡	裂隙②+④	—	组合形成楔形块体	—	交棱线滑动	不确定块体

开关站开挖的正向坡及上下游侧坡工程边坡,未见确定性块体,分布不利于边坡稳定的半确定性组合块体,应针对性支护处理。此外,正向坡及上下游侧坡存在裂隙组合不确定性的楔形体块体,局部稳定性差,应采取适宜处理措施。

边坡岩体基本为弱风化强卸荷岩体Ⅳ类岩体,浅表部岩体风化卸荷强烈,开挖边坡坡度变陡,稳定性有所降低,尤其上游侧坡地形处于山脊部位,卸荷强烈。裂隙面多微张—局部张开,其工程性状较差,浅表部位较破碎—破碎岩体,稳定性差,坡体岩体易产生崩塌、掉块等现象,应进行系统和针对性的支护处理。

3.3 计算参数

开关站边坡工程场地 50 a 超越概率 5% 时的地震动峰值加速度为 210 gal。根据《水电工程边坡设计规范》NB/T 10512—2021 规定,设计烈度为Ⅷ度及以上的Ⅰ级、Ⅱ级边坡,宜同时计入水平和竖向地震作用;竖向设计地震加速度的代表

值可取水平向设计地震加速度代表值的 2/3,即 140 gal^[4]。开关站边坡稳定计算地质参数取值见表 3。

3.4 整体抗滑稳定性分析计算

开关站边坡整体稳定采用 Rocscience slide 边坡计算软件计算,该次计算采用基于 Rocscience slide 软件的简化 Bishop 法。根据现有地质资料及边坡开挖支护措施,开关站边坡整体失稳存在六种滑移模式,整体失稳模式稳定分析计算成果见表 4。

根据表 4 计算成果可知,在无支护情况下,前三种模式各工况安全系数满足规范要求;考虑支护后,六种模式的各工况安全系数均能满足规范要求,边坡整体稳定性较好。

3.5 滑移块体稳定性分析计算

开关站边坡滑移块体稳定采用 Rocscience Swedge 边坡块体计算软件计算。整体失稳模式已包括优势裂隙④与断层组成的半确定性块体,该次块体分析仅计算不确定块体。

表 3 开关站边坡稳定计算地质参数取值

围岩	天然容重 /(kN·m ⁻³)	饱和容重 /(kN·m ⁻³)	抗剪断强度		实际开挖坡比	备注
			f'	黏聚力 c'/MPa		
V	22.0	23.0	0.475	0.150	1∶0.5	—
Ⅳ	25.0	26.0	0.700	0.450	1∶0.3	—
Ⅲ ₁	26.0	27.0	0.900	0.850	1∶0.3	—
Ⅲ ₂	26.5	27.5	1.100	1.250	1∶0.3	—
Ⅱ	27.0	28.0	1.300	2.000	1∶0.3	—
深层滑面	22.0	23.0	0.630	0.205	—	按刚性结构面考虑
浅层滑面	22.0	23.0	0.525	0.075	—	按刚性结构面考虑

表 4 整体失稳模式稳定分析计算成果表

失稳模式	正常工况	地震	暴雨	备注
A 型	2.352	1.969	2.207	无支护
B 型	1.470	1.109	1.331	无支护
C 型	1.594	1.232	1.456	无支护
D1 型(深层)	1.434	1.080	1.279	无支护
	1.647	1.212	1.470	有支护
D2 型(浅表层)	1.409	1.031	1.271	无支护
	1.823	1.281	1.641	有支护
E1 型(深层)	1.411	1.133	1.257	无支护
	1.674	1.316	1.497	有支护
E2 型(浅表层)	1.010	0.823	0.889	无支护
	1.612	1.232	1.425	有支护
F1 型(深层)	1.851	1.507	1.676	无支护
	2.425	1.885	2.152	有支护
F2 型(浅表层)	1.473	1.163	1.333	无支护
	2.861	2.010	1.956	有支护

开关站边坡不确定块体失稳存在七种滑移模

表 5 优势裂隙块体组合稳定分析计算成果表

组合	部位	地震工况	暴雨工况	备注
优势裂隙③与④	正向坡,开口线附近	8.55	0	无支护
		>8.55	8.84	有支护
优势裂隙③与④	正向坡,马道附近	9.14	11.91	无支护
		>9.14	>11.91	有支护
优势裂隙③与④	正向坡,基础下口附近	7.98	0	无支护
		>7.98	12.30	有支护
优势裂隙①与④	下游侧坡,开口线附近	4.74	6.25	无支护
		>4.74	>6.25	有支护
优势裂隙①与④	下游侧坡,马道附近	32.37	46.78	无支护
		>32.37	>46.78	有支护
优势裂隙②与④	下游侧坡,开口线附近	2.08	2.20	无支护
		>2.08	>2.20	有支护
优势裂隙②与④	下游侧坡,马道附近	10.15	12.69	无支护
		>10.15	>12.69	有支护

式,由于地震力和裂隙水压力对块体稳定影响较大,故边坡块体的稳定控制工况基本为暴雨工况和地震工况,该次计算仅针对以上两个工况进行计算。优势裂隙块体组合稳定分析计算成果见表 5。根据计算成果,在无支护情况下,仅正向破的开口线及基础下口附近可能产生滑移块体;在考虑上、下各增加 1 排锚索($T=2000\text{ kN}$, $L=20.00\text{ m}$,间排距 5.00 m)支护后,七种滑移模式各工况的安全系数均能满足规范要求,边坡不确定块体稳定性较好。

4 边坡支护设计

考虑到该工程地质构造复杂,边坡存在潜在的不确定地质构造和随机不稳定块体组合,为了保证运行期开关站建筑物与设备及运行人员的安全,对边坡采用以下支护措施(开关站边坡支护示意图见图 3)。

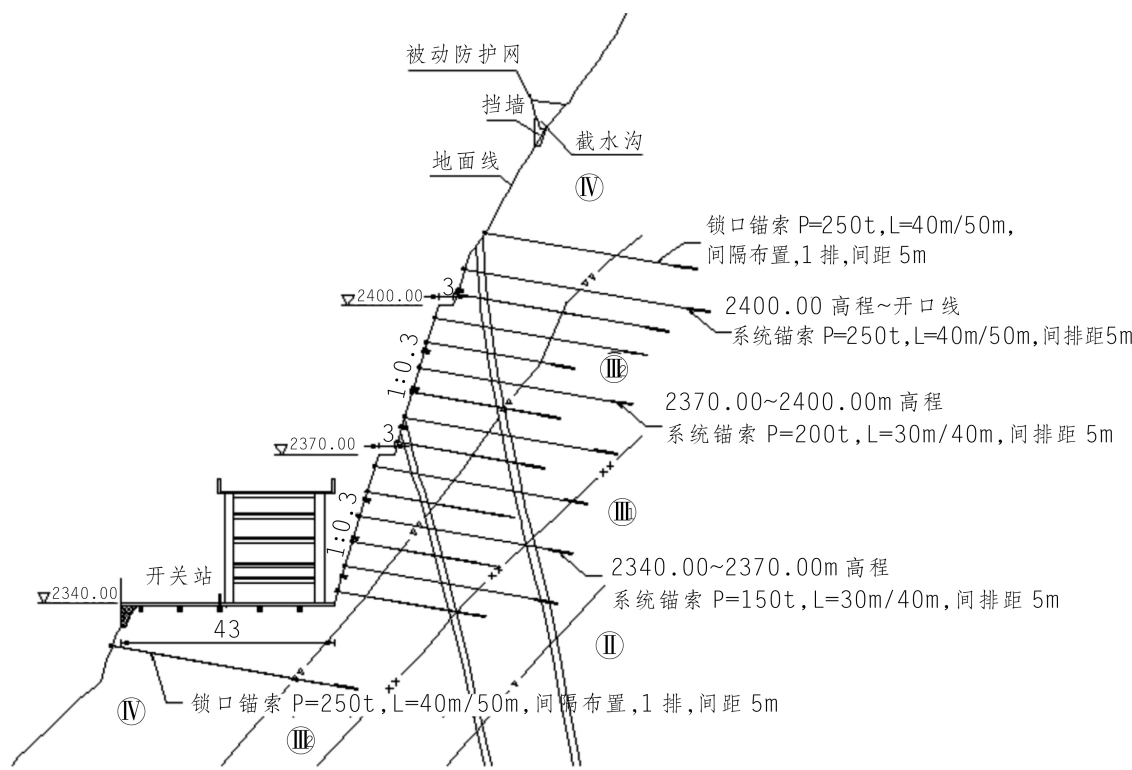


图3 开关站边坡支护示意图(单位:m)

(1)开挖基岩坡面采用系统喷锚支护,主要采取挂网喷混凝土进行支护,并布置系统锚杆。开挖坡面布置系统砂浆锚杆,Ⅲ₁和Ⅲ₂类岩体坡面选用 $\Phi 25$, $L=4.50\text{ m}$ 和 $\Phi 28$, $L=6.00\text{ m}$,间排距 1.50 m ,梅花型交错间隔布置;Ⅳ类岩体坡面的永久边坡选用 $\Phi 28$, $L=6.00\text{ m}$ 和 $\Phi 32$, $L=9.00\text{ m}$,间排距 1.50 m ,梅花型交错间隔布置。

(2)坡面布置系统锚索 $P=1\,500\sim 2\,500\text{ kN}$, $L=30.00\sim 50.00\text{ m}$,间排距 $5.00\text{ m}\times 5.00\text{ m}$ 。

(3)洞脸锁口部位及不良地质区域采用锚筋束 $3\Phi 28$, $L=9.00\text{ m}$;开口线外设置两排锁口锚杆束,锚杆束采用 $3\Phi 28$, $L=9.00\text{ m}$,间排距 2.00 m 。

(4)开挖边坡开口线外 10.00 m 范围内清理后,采用挂网喷混凝土覆盖及随机锚索支护。

(5)对于边坡分布的不稳定随机块体,根据开挖实际揭露的实际地质条件和出露块体大小,随机布置锚索或锚杆束。

(6)在距边坡开口线靠山内侧设置 $(0.50\sim 1.00)\text{ m}\times 0.50\text{ m}$ 的截水沟,在各级马道设置 $(0.30\sim 0.40)\text{ m}\times 0.30\text{ m}$ 的排水沟;坡面内布置排水孔,排水孔间距为 $3.00\text{ m}\times 3.00\text{ m}$,孔深 5.00 m ,孔径 $\phi 76\text{ mm}$ 。

(7)边坡开口线处设置被动防护网和混凝土挡墙。

5 结 语

孟底沟水电站工程区区域地质构造复杂,开关站开挖边坡主要为强卸荷Ⅳ类岩体,边坡存在多处小断层,节理裂隙及蚀变岩带随机分布,边坡整体稳定性较好,局部可能存在岩体松弛、块体失稳现象,局部稳定性较差。

该工程边坡稳定性及支护设计研究是基于现阶段地质调查及勘探平洞揭示的地质情况进行的,通过分析开关站边坡可能存在的变形破坏模式,采用平面二维分析方法对边坡整体稳定性和潜在滑移块体的稳定性进行了计算,提出了边坡的支护方案。施工期应根据实际揭示的地质条件、施工方案和变形监测信息^[5]等情况,对边坡支护方案进行动态调整和完善。

参考文献:

[1] 宋胜武,冯学敏,向柏宇,等.西南水电高陡岩石边坡工程关键技术研究[J].岩石力学与工程学报,2011,30(1):1-2.
[2] 祝华平,梅稚平,陈长江,等.四川省雅砻江孟底沟水电站可行性研究报告4:工程地质[R].成都:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,2020:452-455.

(下转第135页)

4 改造后主要完善的问题

改造后的补气装置采用 24 V 直流作为工作电源,将原有电磁阀改为电动阀,电动阀动作时带电,动作到位断电,解决了原来的 220 V 交流电磁阀线圈长期带电严重发热的问题。

改造后的回油箱新增油温传感器,并将温度信号接入控制系统,对回油箱油温进行实时监控,以避免卸载阀故障时油泵反复启动。

新系统程序中增加对补气时压力下降的判断和报警,同时增加对油泵运行时油位下降的判断和报警。

5 结 语

基于 wincc 平台开发的辅控画面是一个良好的人机交互界面,给检修维护和故障追溯带来了很大的便捷。改造后的自动补气装置,解决了电磁阀发热的问题。

新的控制程序逻辑更加完善,给油压装置可靠稳定运行提供了依据,这也为调速系统有功调节提供了有力保障。

参考文献:

[1] 陈帝伊,卢娜,王玉川,等.水轮机调节系统[M].北京:中国水利水电出版社,2019.

[2] GB/T 9652.1-2019 水轮机调速系统技术条件[S].

[3] DL/T 563-2016 水轮机电液调节系统及装置技术规程[S].

[4] DL/T 792-2013 水轮机调节系统及装置运行与检修规程[S].

[5] NB/T 35004-2013 水力发电厂自动化设计技术规范[S].

作者简介:

熊 萍(1990-),男,四川攀枝花人,工程师,学士,从事水电站电气设备检修、维护工作;

姜振亚(1989-),男,河南洛阳人,工程师,学士,从事水电站电气设备检修、维护工作.

(编辑:吴永红)

++++++
(上接第 19 页)

[3] 张顺利,张娅琴,庞明亮,等.四川省雅砻江孟底沟水电站可行性研究报告 6:工程布置及建筑物[R].成都:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,2020:546-551.

[4] 水电工程边坡设计规范:NB/T 10512[S].中国水利水电出版社,2021:13.

[5] 漆祖芳,姜清辉,唐志丹,等.锦屏一级水电站左岸坝肩边坡

++++++
施工期稳定分析[J].岩土力学,2012,33(2):531-538.

作者简介:

莫如军(1980-),男,广西梧州人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程设计与研究工作;

张顺利(1979-),男,河南信阳人,正高级工程师,硕士,从事水利水电工程设计与研究工作.

(编辑:吴永红)

=====

(上接第 130 页)

参考文献:

[1] 马秉林.西洱河三级电站进水阀接力器安装缺陷处理[J].云南水力发电,2006,22(3):103-104.

[2] 李云,杨国庆,蔡朝东.小湾 3 号机导叶接力器锁锭卡涩处理[J].云南水力发电,2016,39(10): 70-71.

[3] 叶定奇.组合密封在活塞密封中的应用[J].机械管理开发,2013,2(2): 91-92.

[4] 付鹏.往复泵活塞导向环的设计[J].中国新技术新产品,2016(18): 36-37.

[5] 刘观华.液压缸的密封结构[J].液压气动与密封,2008,28(2): 9-12.

作者简介:

陈世程(1984-),男,四川成都人,工程师,专科,从事水轮发电机组检修与维护研究工作;

邵飞燕(1988-),男,四川成都人,工程师,工学士,从事水轮发电机组检修与维护研究工作;

王戊强(1990-),男,河南开封人,工程师,工学士,从事水轮发电机组检修与维护研究工作.

(编辑:廖益斌)

++++++

《四川水力发电》编辑部开展学习调研活动

为进一步提高《四川水力发电》期刊质量,坚持开门办刊的指导思想,更好地为会员服务。2024 年 3 月 19 日,编辑部相关人员前往《电讯技术》期刊社开展调研、学习活动。

双方各自介绍了期刊的发展历程、管理模式、稿件来源、“三审三校”工作流程,交流了办刊心得体会等。通过调研学习活动,开阔了眼界,学习了优秀期刊的办刊方式和经验,坚定了进一步办好《四川水力发电》期刊的信心。

《电讯技术》是月刊,创刊于 1958 年,由中国西南电子技术研究所主办,是“全国中文核心期刊、中国科技核心期刊”的双一流期刊。

(秘书处)