

百色水利枢纽地下厂房系统工程地质条件

罗继勇, 蒋井源

(广西水利电力勘测设计研究院, 广西 南宁 530023)

摘要:介绍百色水利枢纽地下厂房系统主要建筑物的工程地质条件, 对地下厂房系统进行了大量的勘探和试验工作, 将各洞室进行了水电工程地质围岩分类和巴顿 Q 系统围岩分类, 对各洞室围岩稳定性及主要工程地质问题进行了研究, 并提出主要工程地质问题。

关键词:地下厂房; 围岩分类; 工程地质条件; 百色水利枢纽

中图分类号: TU457

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2001)07-0068-03

百色水利枢纽位于郁江上游的右江河段, 广西百色市上游 22 km 处, 是一座以防洪为主, 兼顾发电、灌溉、航运、供水等综合利用的大型水利水电枢纽工程。工程挡水建筑物由拦河主坝和两座副坝组成。主坝最大坝高 130 m, 为碾压混凝土重力坝。设计正常蓄水位 228 m, 相应库容为 48 亿 m^3 。总装机容量 540 MW。

电站设在左坝头下游侧, 为全地下式厂房。主要建筑物有进水塔、四条引水隧洞、厂房洞、主变尾闸洞、四条尾水支洞、一条尾水主洞、尾水明渠等。厂房洞和主变尾闸洞平行布置, 轴线为 $N62^\circ W$; 厂房洞最大跨度 20.7 m, 最大高度 49 m。主变洞跨度 19.2 m, 高 24.5 m; 两洞墙距 20 m。

由于辉绿岩体宽度和地形地质条件的限制, 厂房洞和主变洞全部位于辉绿岩体内, 与主构造线平行。百色水利枢纽水电站平面布置见图 1。

1 基本地质条件

1.1 地层岩性

电站区所涉及的地层从上游至下游为泥盆系榴江组 $D_3l^1 \sim D_3l^{8-2}$ 和间夹于 D_3l^3 与 D_3l^4 之间的华力西期辉绿岩 (β_{w-1})。①坚硬岩: 辉绿岩 (β_{w-1})、硅质岩 ($D_3l^{2-1(1)}$, D_3l^3 , D_3l^4 , D_3l^{8-1}); ②中等坚硬岩: 泥质灰岩 (D_3l^6)、硅质泥岩 ($D_3l^{2-1(2)}$); ③软岩: 泥岩 (D_3l^1 , D_3l^{2-2} , D_3l^5 , D_3l^{7-1} , D_3l^{7-2} , D_3l^{8-2})。

辉绿岩岩性均一, 相带特征不明显, 矿物颗粒以中细粒为主, 由边缘至中心, 粒度由细变粗, 为渐变过渡关系。以 1 号机轴线为界, 130 m 高程辉绿岩体的水平宽度: 西侧 (往河边) 150 ~ 160 m, 以 $53^\circ \sim 55^\circ$

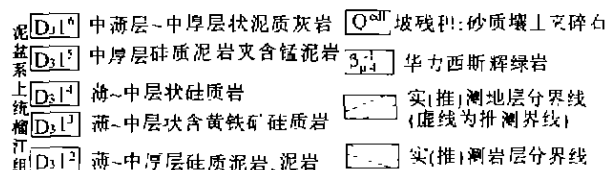
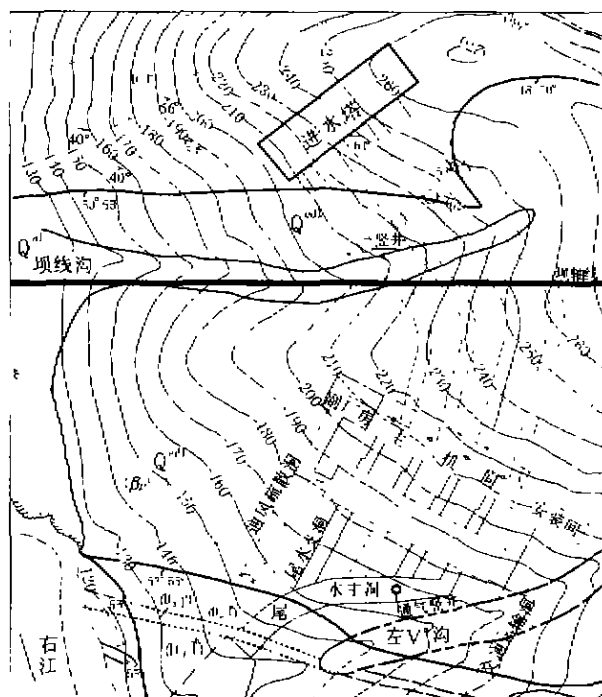


图 1 百色水利枢纽水电站平面布置示意图

倾向下游; 东侧 (往山里) 210 ~ 220 m, 以 $48^\circ \sim 50^\circ$ 倾向下游。厂房洞、主变尾闸洞、尾水支洞和尾水主洞均位于该辉绿岩体内。

1.2 地质构造

电站区地层经受多次构造运动, 主要构造线为北西向, 北东向次之。水电站位于坡平顶背斜南西

作者简介: 罗继勇 (1967—), 男, 广西全州人, 工程师, 主要从事水利水电工程地质勘测设计工作。

翼,岩层产状较为稳定,为 $N60^{\circ}W, SW \angle 40^{\circ} \sim 60^{\circ}$. 辉绿岩体沿沉积岩层面与两侧围岩呈侵入接触,断裂构造发育.

1.2.1 断层

电站区共发现大小断层(包括层间挤压带)12条,归纳起来可分为北西和北东两组,且北西组较北东组发育.现将规模较大的 F_4, F_{28-1} 断层简述如下.

F_4 断层(又称观音山断层):断层出露于电站 NE 侧,距地下厂房 300~350 m,纵贯坝区,总体产状为 $N35^{\circ} \sim 60^{\circ}W, SW \angle 60^{\circ}$. 断层带宽约 16~29 m,上盘影响带宽 5.3~25 m,下盘影响带宽 15.5~25 m. 断距达 500~600 m,具压扭性质.

F_{28-1} 断层:断层出露在厂房 NE 侧 50~60 m,斜穿 1~3 号机引水隧洞,延伸长度 400~500 m,总体产状为 $N38^{\circ} \sim 40^{\circ}W, SW \angle 57^{\circ} \sim 63^{\circ}$. 断层带宽约 0.5~1.0 m,上下两盘影响带宽 1~3 m,为压扭性断层.

1.2.2 节理

根据平面地质测绘、勘探平硐,以及竖井、钻孔和右岸导流洞施工开挖统计表明,地下厂房辉绿岩中裂隙发育.按走向可分为 4 组,见表 1.

表 1 地下厂房辉绿岩裂隙特征

组别	产状	长度/m	间距/m	结构面及充填物特征
I	$N60^{\circ} \sim 75^{\circ}W,$ $SW \angle 45^{\circ} \sim 65^{\circ}$	5~15	0.2~0.6	与两侧沉积岩产状基本一致,裂面平直粗糙,多数充填 1~2 mm 厚的岩屑或方解石.
II	$N50^{\circ} \sim 70^{\circ}E,$ $NW \angle 45^{\circ} \sim 85^{\circ}$	8~20	0.4~1.0	裂面平直粗糙,有近水平向擦痕,多数充填方解石脉及全蚀变石榴石砂卡岩,少数充填岩屑.
III	$N0^{\circ} \sim 30^{\circ}E,$ $SE \angle 50^{\circ} \sim 85^{\circ}$	3~15	0.1~0.6	裂面平直粗糙,有近水平向擦痕,多数充填方解石脉及全蚀变石榴石砂卡岩,少数充填岩屑.
IV	$N30^{\circ} \sim 60^{\circ}W,$ $NE \angle 30^{\circ} \sim 60^{\circ}$	3~10	0.2~0.6	裂面平直粗糙,多数充填方解石脉,岩屑,少数充填 1~2 mm 厚的绿泥石、绿帘石.

辉绿岩中裂隙发育具有明显的不均一性和相对集中性,不同部位裂隙发育程度不同,同一组裂隙有的部位发育、有的部位不发育,且产状也不太稳定.如在靠近上游接触蚀变带 20~30 m 范围内第 IV 组裂隙较发育,在靠近下游接触蚀变带部位第 I 组较发育,其余部位第 I, II, III 组裂隙较发育.延伸长度一般小于 8 m.

1.2.3 辉绿岩接触蚀变带

辉绿岩与围岩接触蚀变严重,风化强烈,岩体破碎,形成具有一定规模的软弱层带.该带又可细分为内蚀变带、接触带和外蚀变带,统称为接触蚀变带.

上盘接触蚀变带:浅表部蚀变带呈全强风化状,强度较低,但随着高程的降低和向岸坡深处逐渐变

好.一般在 110 m 高程以上和向岸坡深处 200 m 范围外,全强风化内蚀变带宽度为 3~6 m.

下盘接触蚀变带:内蚀变带宽一般为 0.5~3 m,局部 4~6 m,岩石颜色变浅、辉绿岩大理岩化.接触带一般表现为压碎状,接触带充填的主要为 10~40 cm 厚的石英脉,与两侧岩体咬合好.外蚀变带主要由硅化或重结晶硅质岩带和含洞穴破碎硅质岩体的低速岩带组成.

1.3 岩体风化

辉绿岩抗风化能力强,风化埋深浅,强风化带下限埋深一般 10~15 m;辉绿岩两侧硅质岩、泥岩类抗风化能力差,风化埋深大,强风化带下限埋深一般 30~40 m.构造风化较为普遍.如辉绿岩接触蚀变带强风化带下限埋深达 50~60 m.

1.4 地下水

电站区岩体除 D_3I^{2-3}, D_3I^3 的部分风化层为洞穴潜水外,其余均为裂隙潜水,水量不甚丰富.本区地下水受大气降水补给,向右江顺层排泄;地下水主要沿层面及裂隙活动.辉绿岩体地下水位较高,两侧的沉积岩中地下水位较低,形成两条地下水洼槽.

1.5 岩体初始地应力

测试资料表明:地下厂房区最大主应力为近水平向,量值为 5~7 MPa,方向在 $N45^{\circ} \sim 72^{\circ}E$ 之间;最小主应力倾角较大,平均为 63° ,量值为 2~3.5 MPa,属于中等地应力区,且以构造应力场为主.

2 主要建筑物工程地质条件

2.1 进水塔

进水塔位于左岸坝线上游 52~122 m 处的山梁斜坡处,地形坡度约 40° ,梁顶高程 270 m,塔基建基面高程为 175 m, $82 m \times 26 m$ (长×宽).

塔基的持力岩层岩性为泥岩、硅质泥岩、白云质泥岩和硅质岩等,软硬岩相间,岩体破碎,地基存在不均匀沉陷和局部岩体承载力偏低的问题.左侧开挖边坡高达 90~100 m,且为顺向坡,存在严重的高边坡稳定问题.

2.2 引水隧洞

引水隧洞大致沿岸坡布置,共 4 条,等距平行布置,边墙相距 11.8 m,洞径为 6.5 m.隧洞由上平段、竖井段和下平段组成.上平段轴线方向为 $S38^{\circ}E$,洞底高程为 178.2 m;下平段轴线为 $S16^{\circ}E$,洞底高程为 111.15 m.

上平段隧洞均在地下水位线以上,上覆岩体厚 20~52 m,岩性主要为硅质岩、含洞穴白云质泥岩和硅质泥岩夹粉砂质泥岩.岩体呈强-弱风化,走向与洞轴线交角为 30° ,对稳定不利.围岩为 IV, V 类,以

V类为主。

竖井段围岩与上平段相同,为IV、V类岩体。岩层以 $50^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 角倾向下游,对井壁、特别是上游壁的围岩稳定很不利。

下平段隧洞位于地下水位线以下,主要为硅质泥岩、白云质泥岩、硅质岩和辉绿岩,岩体为弱、微风化,洞轴线与岩层走向夹角大于 60° ,为III、IV类围岩。

据地下水注槽内的ZK236号、263号和234号孔揭示,在110 m高程附近遇到洞穴或构造带(F_{28-1})时,孔内的水位突然下降,并稳定在121~125 m高程处,表明该部位可能存在一条由洞穴和 F_{28-1} 构成的与河水连通的导水通道,隧洞经过该部位时有可能发生涌水等,对隧洞围岩的稳定和施工的安全都有很大的影响。

2.3 厂房洞及主变尾闸洞

厂房洞、主变尾闸洞(升压配电站与尾闸室合用一洞,简称主变尾闸洞)是本工程最大的洞室。两洞分别为 $147\text{ m} \times 20.7\text{ m} \times 49\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)和 $124.7\text{ m} \times 19.2\text{ m} \times 24.5\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),轴线方向为 $N62^{\circ}W$ 。

两洞室均布置在 β_{14}^{-1} 辉绿岩内,围岩类别为II、III类,以III类为主,其 Q 值的变化范围为5.2~16.2。

厂房洞、主变尾闸洞的主要工程地质问题如下:

a. F_{28-1} 断层和辉绿岩挠曲轴部节理裂隙发育带,该带位于安装间端头,距主机间只有20 m左右,断层 F_{28-1} 距安装间端墙最近距离(高程130 m)为20 m,该带透水率较大($q=5 \sim 46\text{ Lu}$),对安装间围岩稳定不利。

b. 辉绿岩上游地下水注槽、地下水注槽中的中等透水带距厂房上游边墙最近距离25~30 m,在河水倒灌的情况下,可能对厂房洞上游边墙造成较大

渗透压力,对厂房洞稳定不利。

c. 块体稳定问题,根据PD206号平硐节理裂隙统计、野外结构面抗剪试验成果及国内外已建地下工程坍方实例的分析,四组节理裂隙互相交切,在厂房洞和主变尾闸洞的拱顶、边墙均存在一些不稳定的小三角块体和楔形块体,局部也有可能出现较大的失稳块体。

d. 主变尾闸洞拱顶上覆有效岩体厚度、厂房洞和主变尾闸洞之间的岩体厚度偏薄,要注意施工爆破对岩体的扰动和加强变形监测。

3 尾水洞、渠

尾水支洞共四条,尾水支洞与其它洞室交叉口多,洞室间岩柱单薄,这些地方更易造成块体失稳,需加强支护。

尾水明渠段出露的岩性有辉绿岩接触蚀变带、 D_3I^4 硅质岩、 D_3I^5 硅质泥岩夹铁锰质泥岩、 D_3I^6 泥质灰岩和 D_3I^7 泥岩,除 D_3I^6 泥质灰岩为弱风化外,其余均为全强风化,坡高30~90 m,边坡稳定性差。

4 结 语

电站区地层软硬岩相间,经受多次构造运动,层间挤压强烈,节理和断层发育。辉绿岩完整性差,沉积岩风化较深,整个地下厂房系统的围岩稳定性较差,相对而言,辉绿岩体的围岩稳定性较沉积岩好。厂房洞和主变洞位于辉绿岩内,围岩属II~III类围岩, $Q=5.3 \sim 16.2$,属基本稳定~稳定性差,沉积岩洞段大部分属IV~V类围岩,地质条件虽然较差,但经适当处理,还是能满足修建地下厂房的要求。

(收稿日期:2001-07-02 编辑:张志琴)

(上接第44页)本文的理论出发点实际上是采用非连续介质的观点,更接近岩体的实际状况,所以具有较强实用性,同时充分考虑了目前有限元在岩体工程中的广泛应用,故采用有效应力来进行数值计算,使得以前用来计算连续介质的刚度矩阵仍能够在不作修改的情况下继续使用,可以最大限度地使用原有的有限元程序。

此外,还有几个问题值得进一步探讨:①岩体中裂隙的实际形状比较复杂,本文采用了简化的钱币状裂隙来代替复杂多样的实际裂隙;②自治理论主要从微裂纹入手,并假定周围的基体为各向同性,而岩体中裂隙周围的基体一般都是各向异性的;③本文假定裂隙沿自身平面方向扩展,但在实际情况中,裂隙有可能产生翼型的扩展模式;④由于试验条件和时间因素的限制,试样的尺寸和数量都不可能太

大,所以试验中存在一定的尺寸效应。

参考文献:

- [1] 周维垣. 高等岩石力学[M]. 北京: 水利水电出版社, 1990.
- [2] Budiansky B, O'Connell R J. Elastic moduli of a cracked solids [J]. Int Solids Struct, 1976, 12(1): 81~95.
- [3] 朱维申, 何清潮. 复杂条件下围岩稳定性与岩体动态施工力学[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [4] Segall P. Formation and growth of extensional fracture sets[R]. Geological Society of America Bulletin, 1984, 95, 154.
- [5] 李新平, 朱瑞庚, 朱维申. 裂隙岩体的损伤断裂理论与应用[J]. 岩石力学与工程学报, 1995(3): 240~241.
- [6] 沈为. 损伤力学[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1995.
- [7] 周维垣, 杨延毅. 节理岩体的损伤断裂力学模型及其在坝基稳定分析中的应用[J]. 水利学报, 1990(11): 53~54.

(收稿日期:2001-08-10 编辑:熊水斌)