

浅谈太湖水库引水隧洞围岩分类、稳定分析及处理措施

杨 涛,郑文晓

(江西省水利规划设计研究院,江西 南昌 330029)

摘 要:介绍了江西省寻乌县太湖水库引水隧洞围岩结构特征及物理力学性质,对引水隧洞围岩进行围岩分类及稳定分析并提出处理措施。

关键词:太湖水库;引水隧洞;围岩;分类;稳定

中图分类号:U452.1+2

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2016)06-0462-03

1 工程概况

太湖水库位于江西省寻乌县水源乡境内寻乌水上游。坝址以上控制集雨面积 42.8 km^2 ,初拟正常蓄水位 443 m ,坝高 65 m ,总库容为 $0.2384 \times 10^8 \text{ m}^3$,是一座以供水为主,兼顾灌溉、防洪等综合效益的中型水库。该工程引水隧洞布置于坝址左岸山体中,地形较雄厚,沿洞线无深切沟谷及不良物理地质现象。进口底板高程 406 m (黄海高程,下同),地形坡度 $33^\circ \sim 41^\circ$;出口底板高程 390 m ,地形坡度 $36^\circ \sim 38^\circ$ 。洞线长 495 m ,断面形式为圆型,内径 1.8 m 。山体上部全强风化岩体厚 $0.6 \sim 19.5 \text{ m}$,弱风化带厚 $8.8 \sim 21.8 \text{ m}$,局部薄层第四系松散物覆盖。

隧洞分布燕山早期第二阶段第二次侵入的花岗斑岩,青灰~灰白色,具斑状结构,块状构造,新鲜岩石坚硬致密。岩体结构类型^[1]:强风化岩体为散体结构,软岩;弱风化上部岩体为镶嵌状结构,较软岩;弱风化下部岩体为次块状结构;微新岩体为次块状结构,坚硬岩。

2 围岩结构分类

通过室内岩石物理力学试验、现场岩体力学试验、岩体声波测试、露头点的节理裂隙统计及钻孔岩芯质量指标(RQD)统计,获得了足够的围岩分类指标。

2.1 围岩强度

该工程引水隧洞围岩岩性为花岗斑岩,据室内岩石

物理力学试验成果,弱风化上部岩石单轴饱和抗压强度 $R_b = 22.2 \text{ MPa}$, $R_b < 30 \text{ MPa}$,属较软岩;弱风化下部岩石单轴饱和抗压强度 $R_b = 28.0 \sim 126.4 \text{ MPa}$,平均值为 69.6 MPa , $R_b > 60 \text{ MPa}$,属坚硬岩;微风化岩石单轴饱和抗压强度为 $R_b = 59.7 \sim 164.2 \text{ MPa}$,平均值为 95.2 MPa , $R_b > 60 \text{ MPa}$,属坚硬岩^[2]。围岩强度及结构分类见表1。

表1 太湖水库引水隧洞围岩强度及结构分类表

风化程度	弱风化上部	弱风化下部	微、新岩体
岩体饱和抗压强度/MPa	20.0 ~ 30.0	60.0 ~ 65.0	90.0 ~ 95.0
岩体结构类型	镶嵌状结构	次块状结构	次块状结构

2.2 围岩完整程度

利用岩体完整性系数表示岩体完整程度(完整系数 K_v):因隧洞围岩岩性与坝区一致,故围岩岩体完整性根据坝区岩体完整性进行经验类比评定^[2],弱风化上部岩体 $K_v = 0.22 \sim 0.49$,平均值 $K_v = 0.35$,表明大部分岩体完整性差,岩体较破碎;弱风化下部岩体 $K_v = 0.35 \sim 0.62$,平均值 $K_v = 0.50$,表明大部分岩体完整性差,局部为较完整;微风化岩体 $K_v = 0.48 \sim 0.66$,平均值 $K_v = 0.56$,表明岩体大部分为较完整,局部完整性差。评定标准见表2。

据节理裂隙统计及露头节理裂隙分布,坝基岩体中以 NNE 向裂隙最为发育,其次为 NNW 向、NWW 向、

NEE 向等裂隙。NNE 向裂隙发育,发育间距 0.1 ~ 0.2 m;NNW 向裂隙发育,发育间距 0.1 ~ 0.3 m;NWW 向

裂隙较发育,发育间距 0.4 ~ 0.5 m;NEE 向裂隙稍发育,发育间距 0.6 ~ 0.8 m。评定标准^[2]见表 3。

表 2 围岩评定标准

岩体完整系数 K_v	>0.75	0.75 ~ 0.55	0.55 ~ 0.35	0.35 ~ 0.15	≤0.15
完整程度	岩体完整	岩体较完整	岩体完整性差	岩体较破碎	岩体破碎
围岩岩体		微、新 0.48 ~ 0.66	弱下风化 0.35 ~ 0.62	弱上风化 0.22 ~ 0.49	

表 3 裂隙发育情况评定标准

裂隙间距/m	<0.1	0.1 ~ 0.3	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 1.0	>1.0
裂隙发育情况	很发育	发育	较发育	稍发育	不发育

对坝址区共 25 个钻孔岩芯(弱风化上部、弱风化下部、微新)进行岩体质量指标(RQD)统计,统计结果见表 4。

表 4 岩体质量指标(RQD)统计表

RQD	岩体质量	风化程度		
		弱风化上部	弱风化下部	微、新风化
0 ~ 25	很差	35.0%	7.7%	13.7%
25 ~ 50	差	45.0%	31.6%	15.2%
50 ~ 75	较好	3.1%	26.5%	24.9%
75 ~ 90	好	13.4%	28.5%	27.9%
90 ~ 100	很好	3.5%	5.7%	18.3%

从统计结果来看,微新岩体 RQD 值为 0 ~ 25 及 25 ~ 50 区间所占比例偏大,与声波测试及现场裂隙统计分析结果稍差,分析主要原因为钻探过程中岩体受机械破碎影响,以及微新岩体中局部存在风化夹层,造成 RQD 值偏小^[3]。

2.3 结构面状态及主要结构面产状

经工程地质测绘,洞身沿线无断层分布;卸荷裂隙在隧洞不发育,其发育深度基本上在强风化~弱风化上部岩体范围。由于卸荷裂隙分布于隧洞上覆山体浅部,对洞身围岩稳定及洞口边坡的稳定基本无影响;节理裂隙主要有 4 组:①N30°W/NE ∠75°,面较粗糙,延伸短,多闭合~微张状,裂隙短促密集发育,间距 2 ~ 20 cm,裂面无充填,为剪性。②N85°W/SW ∠65°~84°,面扭曲不平,延伸长,多闭合状,间距 40 ~ 50 cm,为张性。③N60°E/NW ∠80°,面较粗糙,延伸短,多闭合状,间距 10 ~ 20 cm,短促密集发育,为剪性。④N60°E/SE ∠30°,面较粗糙,延伸短,多闭合~微张状,间距 20 ~ 30 cm,短促密集发育,为剪性。

2.4 地下水

该洞线地下水位埋深为 7.3 ~ 16.9 m,出口段地下水埋藏较浅,大部分高于隧洞的设计顶高程,且地下水位与洞身的高程高差较大;围岩节理裂隙不甚发育,且连通性较差,具微弱透水性。因此,经综合分析,隧洞开挖后洞室一般为潮湿~滴水状。

2.5 围岩强度应力比

围岩强度应力比 $S^{[4]}$ 可采用公式求得:

$$S = R_d \cdot K_v \div \sigma_m$$

式中: R_d —岩石饱和单轴抗压强度(MPa); K_v —岩体完整性系数; σ_m —围岩的最大主应力取 0.15(MPa)。根据上式计算可知:围岩强度应力比 S 均大于 4。

2.6 引水隧洞围岩工程地质分类

由上述围岩岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状等五项因素之和的总评分为基本判据,围岩强度应力比为限定判据。隧洞围岩评分及工程地质分类^[2]见表 5。

3 引水隧洞围岩稳定分析及处理措施

根据上述引水隧洞围岩结构特征及其力学性质^[4],对引水隧洞围岩进行围岩分类及稳定分析并提出处理措施如下:

(1)桩号 0+000 ~ 0+015 m 为Ⅳ类围岩,围岩稳定性为不稳定。围岩自稳时间很短,规模较大的各种变形和破坏都可能发生,但主要结构面与洞轴线夹角为 44°,夹角较小,可能会产生掉块或局部小型坍塌现象。需采用喷混凝土、系统锚杆加钢筋网、刚性支护,并浇筑砼衬砌处理。

(2)桩号 0+015 ~ 0+045、0+360 ~ 0+430 为Ⅲ类

围岩,围岩稳定性为局部稳定性差。围岩强度不足,局部会产生塑性变形,不支护可能产生塌方或变形破坏,对洞身围岩的稳定影响较小,但主要结构面与洞轴线夹

角为 $44^{\circ}\sim 48^{\circ}$,夹角较小,可能会产生掉块或局部小型坍塌现象。须采用喷混凝土、系统锚杆加钢筋网处理。

表 5 引水隧洞围岩评分及工程地质分类

隧洞洞段		岩石强度			岩体完整程度		结构面状态		地下水		主要结构面产状	
桩号位置/m	围岩总评分 T	围岩类别	岩石饱和单轴抗压强度/MPa	评分 A	岩体完整性系数 K_v	评分 B	裂隙张开度、有无充填物、起伏粗糙状况	评分 C	地下水活动状态	评分 D	与洞轴线夹角/结构面倾角	评分 E
0+000 ~ 0+015	28	Ⅳ	<30	8	围岩为弱风化上部 0.35	7	裂隙多为闭合 ~ 微张状,一般为起伏粗糙	21	洞室以潮湿 ~ 滴水为主	-6	与洞轴线夹角 44°, 倾角 80°	-2
0+015 ~ 0+045 0+360 ~ 0+430	58	Ⅲ	>60	22	围岩为弱风化下部 0.50	20	裂隙多为闭合 ~ 微张状,一般为起伏粗糙	24	洞室以潮湿 ~ 滴水为主	-6	与洞轴线夹角 44° ~ 48°, 倾角 80°	-2
0+045 ~ 0+360	69	Ⅱ	>60	26	围岩为微新岩体 0.56	23	裂隙多为微张 ~ 闭合状,一般为起伏粗糙	24	洞室以干燥 ~ 滴水为主	-2	与洞轴线夹角 76°, 倾角 80°	-2
0+430 ~ 0+495	23	Ⅴ	<30	7	围岩为弱风化上部 0.35	6	裂隙多为闭合 ~ 微张状,一般为起伏粗糙	18	洞室以潮湿 ~ 滴水为主	-6	与洞轴线夹角 48°, 倾角 80°	-2

(3) 桩号 0+045~0+360 为Ⅱ类围岩,围岩稳定性为基本稳定型。岩体不会产生塑性变形,但局部仍可能产生掉块现象。主要结构面与洞轴线夹角为 76° ,由于其性状一般较差,特别是与其它节理裂隙结构面组合构成不稳定楔形体,洞顶可能出现掉块或小范围坍塌现象发生。该段围岩可不支护或局部锚杆或喷薄层混凝土处理。

(4) 桩号 0+430~0+495 为Ⅴ类围岩,围岩稳定性属极不稳定。围岩不能自稳,变形破坏严重。主要结构面与洞轴线夹角为 48° ,夹角较小,可能会产生掉块

或局部小型坍塌现象。需采用喷混凝土、系统锚杆加钢筋网、刚性支护,并浇筑砼衬砌处理。

参考文献:

[1] GB50487-2008,水利水电工程地质勘察规范[S].
[2] GB/T50218-2014,工程岩体分级标准[S].
[3] 杜时贵,王思敬.岩体质量指标(RQD)的方向异性分析[J].工程地质学报,1996,4(4):48~54.
[4] 刘佑荣,唐辉明.岩体力学[M].武汉:中国地质大学出版社,1999,9.

编辑:张绍付

Discussion on the classification and stability analysis of surrounding rock in diversion tunnel at Taihu reservoir

YANG Tao,ZHEN Wenxiao
(Jiangxi Provincial Institute of Water Planning and Design,Nanchang 330029,China)

Abstract: This paper introduces the structure features and physical and mechanical properties of surrounding rocks in diversion tunnel at Taihu reservoir,rock classification and stability analysis are conducted and dealing measures are suggested.
Key words: Taihu reservoir;Diversion tunnel;Surrounding rock;Classification;Stability

翻译:邹晨阳