

文章编号: 1009-6248 (2001) 04-0016-22

澜沧江某电站右坝肩复杂岩体质量分类

文志兵, 李渝生, 王运生

(成都理工大学, 四川成都 610059)

摘要: 笔者通过对澜沧江某电站右岸坝肩复杂岩体的成因进行分析, 采用岩体质量指数 Z 并结合水利水电工程围岩分级和 RMR 分级等岩体分类方法对电站右岸坝肩的复杂岩体进行了综合分类。

关键词: 澜沧江; 岩体分类; 水电站; 岩体质量指数

中图分类号: P642 文献标识码: A

澜沧江某拟建大型水电站右岸花岗岩体由于受断层、热液蚀变、风化等作用的影响使原本单一的花岗岩岩体变得非常复杂。因此, 准确地把握右岸岩体所处的地质环境及其结构特征并对岩体进行准确合理的分类有利于坝址线的选定、坝型的选择和设计以及对坝肩的稳定性进行分析等。

1 坝址区地质环境

1.1 与右岸复杂岩体成因密切相关的区域构造

与拟建电站右坝肩复杂岩体的形成密切相关的区域构造是坝区西侧的一个以 A 为中心, 半径约 10 km 的穹隆构造(图 1)。该穹隆隆起中心海拔 2 100 m, 其边缘地带海拔仅 600 ~ 700 m。隆起中心保留的 latest 地层为侏罗系, 向四周分别出露下二叠统、三叠系忙怀组和华力西期的花岗岩。水系从隆起中心向四周呈放射状。其成因是在上地壳岩浆囊的作用下的隆起。

1.2 坝址区地质环境

坝址区出露的地层从上到下为: 第四系、三叠系中统忙怀组下段 (T_{h1}^{2m})、构成坝区主体的侵入的花岗岩体 (γ_4^1) 和后期侵入的花岗斑岩脉 (γ_5)、石英岩脉 (q)、辉绿玢岩脉 (V_x) 及隐暴事件中形成的流纹质岩脉; 右岸坝肩地层从上

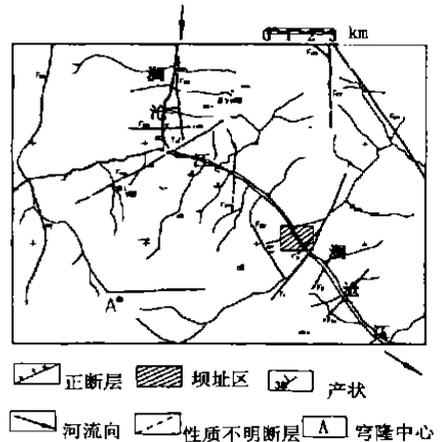


图 1 穹隆构造平面图

Fig. 1 Plan showing dam structure

收稿日期: 2001-10-12

作者简介: 文志兵 (1978-), 男, 广西灌阳县人, 成都理工大学环境与土木工程学院硕士研究生, 岩土工程专业。

到下为：极薄的第四系、侵入的花岗岩体 (γ_1^3) 含少量后期侵入的花岗斑岩脉 (γ_2)、石英岩脉 (q) 和隐暴事件中形成的流纹质岩脉。右坝肩主要的断层有 6 条，分别是 NNE 向的 F_5 和 F_{14} ，总体产状 $N20 \sim 30 E/NW \quad 60 \sim 70^\circ$ ；断层带宽 2~5 m 和 NNW 向的 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 和 F_{16} ，总体产状为 $N25 \sim 35 W/SW \quad 50 \sim 70^\circ$ ；断层带宽 0.5~2 m。另有破碎带宽度大于 0.2 m 的断层 70 条，被石英脉充填的断层 50 余条，从平硐中揭露花岗斑岩脉 4 条。此外，强烈的蚀变带分布在侵入岩脉的周围 (图 2)。

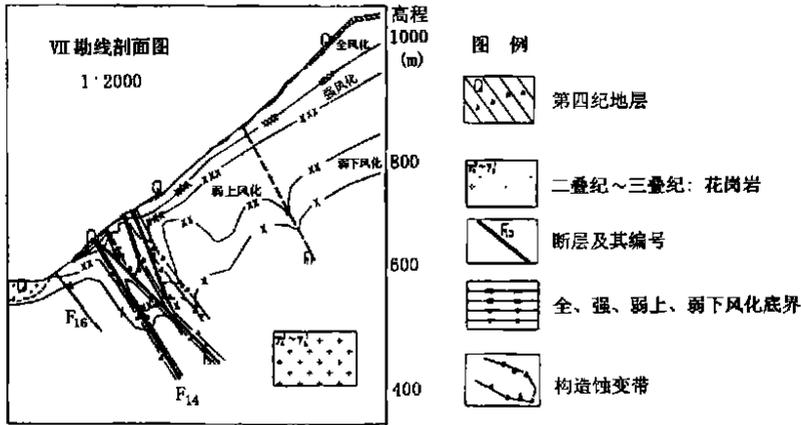


图 2 勘探线剖面图

Fig.2 Section of exploration line

2 右岸岩体的特征及成因分析

2.1 右岸复杂岩体的特点及分布规律

坝址区右岸高程 650 m 以上岩体的工程地质条件非常复杂，主要表现为：断裂构造发育，岩体热液蚀变强烈，风化强烈，存在正常风化，层状风化、槽状风化、透镜状风化和囊状风化等形式，卸荷强烈且卸荷带的深度大 (38~70 m)。

右岸复杂岩体中存在两个主要的软弱岩带及表层卸荷松弛岩体。即：(1) 分布于 820 m 高程以上的层状软弱岩带 (1# 软弱岩带)。(2) 软弱岩带有沿 F_{12} 、 F_{13} 断层分布的软弱岩带 (2# 软弱岩带)。(3) 右岸的 2# 山梁，在 2# 软弱岩带以上高程的花岗岩体卸荷松弛形成的松弛岩体 (3# 松弛岩带) 见图 2。

2.2 右岸复杂岩体的成因

现场调研及勘探成果表明，上述复杂岩体的形成主要受以下几方面因素的控制：

(1) 早更新世早中期及中更新世早期，地表快速上隆，形成以 A 为中心的弯隆构造和围绕穹隆中心 A 的不受地形地貌和岩性控制的放射状张裂隙和环状张裂隙。放射状张裂隙的张裂强度从中心向外围减弱，从表部向内减弱，在右坝肩表现为 NNE 向陡倾裂隙。环状张裂隙在右坝肩表现为 NNW 向倾坡内裂隙。这两种裂隙为地下水渗入花岗岩体提供了通道。

(2) 断层发育，如前所述，右坝肩发育有破碎带宽度大于 0.2 m 的断层 70 多条。其中破碎

带宽 2~5 m 断层都贯穿整个坝肩, 使坝肩岩体结构面发育, 弱化了坝肩岩体。

(3) 随着河谷下切, 河谷边坡岩体的卸荷作用使表层岩体松弛。

(4) 由于右坝肩的很多断层张开, 石英脉沿断层倾入并在岩脉的周围发生强烈的热液蚀变。

(5) 地表植被发育, 有利于地下水的富集、下渗。

(6) 花岗岩出露地表后, 因为外界的温、压条件与其成岩时的温、压条件相差很大, 所以比较容易风化。

在上述因素的作用下形成了前面提到的软弱岩带和岩体表层松弛现象:

(1) 1# 软弱带的形成主要是由于: 穹隆引起的 NNE 向陡倾张裂隙使覆于右岸花岗岩之上的忙怀组地层明显张裂, 地下水能顺利通过本应作为花岗岩风化保护层的忙怀组到达花岗岩顶部。当时河谷正下切到 800~1 000 m 高程, 结果由于长期的风化作用, 在右岸 820 m 高程以上形成了厚达一百余米的层状软弱岩带。

(2) 2# 软弱带的形成主要是因为: F_{12} 、 F_{13} 右旋活动与环状张裂作用的叠加与右岸风化槽的形成。 F_{12} 、 F_{13} 右旋活动使断层带自身物质破碎, 并在上下盘形成张性羽裂, 断层影响带宽达十余米, 当两条相隔很近时, 羽裂相连, 同时由于受到丫口后山穹隆构造环状张裂作用, NNW 向的 F_{12} 和 F_{13} 呈张性, 有利于地下水的下渗。在这两种因素的作用下形成了 2# 软弱岩带。

(3) 3# 松弛岩带的主要成因: 受 2# 软弱岩带的影响, 2# 软弱岩带以上高程的花岗岩体卸荷松弛, 叠加穹隆引起的 NNW 向裂隙 (即顺河向裂隙) 张裂以及河谷下切的卸荷作用并受地形的影响, 在 2# 山梁形成的卸荷深度很大, 在个别平硐中 120 m 深处仍可见。

综上所述, 坝区右岸岩体受构造变形破坏、岩浆热液蚀变作用、卸荷作用、风化作用及地下水等因素的弱化。

3 岩体质量分类

3.1 岩体质量指数 Z 分类^[1]

岩体质量指数 Z 分类是结合研究对象的具体地质情况来选用分类因素的分析方法。

3.1.1 分类因素的选取

因为右坝肩岩体受构造变形破坏、岩浆热液蚀变作用、卸荷作用、风化作用及地下水等因素的弱化, 出现岩石强度降低, 岩体结构局部破碎, 部分结构面风化夹泥, 岩体卸荷深度较大, 岩体中地下水活动增强等现象, 所以岩体质量主要取决于岩石强度、岩体结构、结构面性状、风化卸荷情况和岩体的透水性等因素。岩石单轴抗压强度 R 可以体现出岩石的强度, 岩体完整系数 K_v 取决于岩体弹性波速的高低, 即取决于岩石性质、岩体结构、赋存条件等诸方面因素, 岩体的透水性受岩体结构面的贯通、充填情况等因素决定, 岩体结构系数 ($T = J_v / (J_a \times J_v)$) 取决于岩体的体积裂隙数、节理粗糙程度、节理的蚀变情况。因此岩体的质量可通过岩石强度, 岩体完整系数 K_v , 岩体透水性系数 ω , 岩体结构系数 ($T = J_v / (J_a \times J_v)$) 来定量表示。

3.1.2 综合分类

参照文献 [1]，将岩石单轴抗压强度 R ，岩体结构系数 T ，岩体完整性系数 K_v 和透水性系数 ω 的乘积，来表达和评价坝区右岸岩体质量的优劣。这个乘积的值记为岩体质量指数 Z ，其表达式为：

$$Z = R \cdot T \cdot K_v \cdot \omega = \frac{R}{J_v} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \left(\frac{V_p}{V_{p0}} \right)^2 \cdot \omega$$

式中， J_v 为体积裂隙数； J_r 为节理粗糙系数； J_a 为节理面蚀变系数； V_p 为岩体弹性纵波速； V_{p0} 为岩体完整地段弹性波速（实测最高值）。

坝区右岸岩体质量指数 Z 及各因素分类标准和界性指标见表 1。

表 1 坝区右岸岩体质量各项指标分级标准表

Tab.1 Classification of quality in rock mass on the right dam abutment

质量级别	质量评价	岩石单轴抗压强度 R (MPa)	岩体结构系数 (T)	完整性系数 (K_v)	透水性系数 (ω_k)	岩体质量指数 (Z)
	优	> 130	> 0.43	> 0.74	1.0	> 41.41
	良	100 ~ 120	0.15 ~ 0.43	0.55 ~ 0.74	0.9	41.41 ~ 7.43
	中	50 ~ 100	0.07 ~ 0.15	0.36 ~ 0.55	0.8	7.43 ~ 1.01
	差	30 ~ 50	0.005 ~ 0.07	0.12 ~ 0.36	0.7	1.01 ~ 0.01
	劣	< 30	< 0.005	< 0.12	0.6	< 0.01

注：表中各项指标的界限值是参照文献 [1] 取得。

根据上述分级标准，对 勘线（见图 3）上右岸 PD205，PD207 揭露的岩体分为 5 级，结果见表 2。

表 2 PD205 和 PD207 各段岩体质量指数 Z 分级

Tab.2 Z classification for quality index of diverse rock mass in adit PD205 and PD207

洞号及走向	洞段	岩石单轴抗压强度 (R MPa)	岩体结构系数 (T)	完整性系数 (K_v)	透水性系数 (ω)	岩体质量指数 (Z)	级别	质量评价	
PD205 SW 60	0 ~ 17	散 体 结 构							劣
	17 ~ 84	22.49	0.0262	0.063	0.9	0.033		差	
	84 ~ 92	27.04	0.0333	0.071	1	0.064		差	
	92 ~ 113	32.8	0.0607	0.188	0.9	0.337		差	
	113 ~ 130	32.8	0.0316	0.16	0.9	0.149		差	
	130 ~ 145	32.8	0.0393	0.16	0.9	0.186		差	
	145 ~ 164	58.7	0.2063	0.49	1	5.93		中	
	164 ~ 172	32.8	0.0835	0.538		1.473		中	
PD207 SW 62	0 ~ 58	17.94	0.0181	0.034	0.8	0.0088		劣	
	58 ~ 122	17.94	0.0195	0.123	0.8	0.0344		差	
	122 ~ 134	17.94	0.0287	0.134	0.9	0.062		差	
	134 ~ 137	17.94	0.0196	0.08	0.9	0.0253		差	
	137 ~ 160	散 体 结 构							劣

3.2 水利水电工程围岩分级

根据国标《水利水电工程地质勘察规范》(GB50287-99)中的围岩工程地质分类,先对岩石单轴抗压强度 R 、岩体完整性系数 K_v 、结构面状态及地下水进行评分,分别为 A 、 B 、 C 和 D ,其综合值:

$$T (T = A + B + C + D)$$

再根据围岩的最大主应力强度应力比 T 进行修正后,根据修正后的 T 值来判别围岩的级别。

水利水电工程围岩分级虽然是针对硐室围岩的,但其所采用的分级因素与岩体质量指数 Z 分级中的基本相同,所以采用水利水电工程围岩分级可以对岩体质量指数 Z 分级进行对比。

3.3 RMR 系统分级

RMR 系统分级是一种得到了广泛应用的岩体分级方法,将其纳入分级方案中更有利于更加准确地分级。这种方法也是通过对岩体的岩石抗拉强度、RQD、岩体的裂隙间距、裂面性状、地下水状态以及主要裂隙面的修正值进行评分,分别得到 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 和 R_6 ,最终得到RMR的值:

$$RMR = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

根据RMR值判别岩体所属的级别。

3.4 综合评估

对比上述各种方法所得的分级结果,并根据现场分级,充分考虑岩体所处的地质环境将PD205和PD207揭露的岩体分成7类(表3)。

从表3中看出根据实际条件出发的 Z 分类与水电围岩分类和RMR分类所取得的结果能很好的拟合,说明用岩体质量指数 Z 进行分类在右坝肩是切实可行的。

根据上述方法并充分考虑坝区右岸的岩体成因、构造、风化卸荷情况和岩体结构等因素对右坝肩复杂岩体进行分级,其典型剖面分级结果见图3。

3.5 结果分析

从图3中可以看出:在820 m以上高程有一层厚一百多米的b~类岩体;在断层 F_{12} 和 F_{13} 周围的岩体有明显的弱化现象;在650~820 m高程之间仍有较厚的软弱岩体层,这与岩体的卸荷有密切的关系;岩体中存在透镜状的软弱岩体反映出透镜状风化现象。上述这些现象很好地反映出了右坝肩的实际地质情况,这说明用岩体质量指数 Z 与RMR分类、水电围岩分类规范及现场分类相结合对右坝肩岩体进行分类是非常符合实际的。

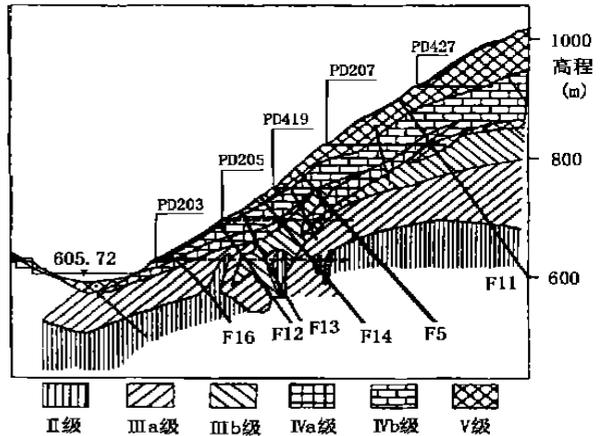


图3 二勘线剖面岩体分类图

Fig. 3 Rock mass classification in the profile of No. 2 exploration line

表 3 PD205 和 PD207 岩体质量分级表

Tab. 3 Classification for rock mass quality in adit PD205 and PD207

洞号	洞段 (m)	岩体质量分级 (m)						现场	综合
		水电围岩		RMR		Z 分类			
		分	级	分	级	分	级		
PD205	0 ~ 17	散体		散体		散体			
	17 ~ 84	26. 18		27. 66		0. 033		2 ~ 2	b
	84 ~ 92	27. 9		30. 28		0. 064		2	a
	92 ~ 113	38. 45		40. 94	~	0. 337		2	b
	113 ~ 130	34. 33		26. 33		0. 149		1	a
	130 ~ 145	28. 33		25. 58		0. 186		2	b
	145 ~ 164	61. 17		64. 3		5. 93		1	a
	164 ~ 172	54. 45		54. 79		1. 473		1	a
PD207	0 ~ 58	11. 89		18. 33		0. 0088			
	58 ~ 122	26. 26		26. 24		0. 0344		2	b
	122 ~ 134	18. 55		31. 62		0. 062		2	a
	134 ~ 137	17. 11		26. 31		0. 0253		2	b
	137 ~ 160	散 体 结 构							

4 结 论

(1) 对右坝肩进行岩体分类是分析右坝肩岩体稳定、坝址线及坝型选择的基础。

(2) 弄清右岸复杂岩体的成因及分布规律是对该区进行岩体分类的基础。

(3) 根据右岸岩体的具体情况选择分类因素的岩体质量指数 Z 分级的结果与水电围岩分类和 RMR 方法分类所得的结果能很好的拟合, 说明用岩体质量指数 Z 对右坝肩岩体进行分级是可行的。

(4) 用岩体质量指数 Z 与 RMR 分类、水电围岩分类规范以及现场分类相结合对右坝肩岩体进行分类能得到非常符合实际的结果。

参考文献:

- [1] 黄润秋, 王士天, 胡卸文, 等. 高拱坝基重大工程地质研究[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996.
- [2] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [3] 胡卸文, 黄润秋, 徐志文. 澜沧江某电站岩体质量分类中的力学参数选取探讨[J]. 工程地质学报, 1996, 4 (2): 7-13.

Rock-mass quality classification for complected rock-mass on the right dam abutment of a hydroelectric plant on the Lancangjiang River

WEN Zhi-bing, LI Yu-sheng, WANG Yun-sheng
(*Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*)

Abstract: In this paper, a genetic analysis on complectation rock mass for the right dam abutment of a hydropower station on the Lancangjiang River permit us to classify the rock mass accurately. The result of compare quality index of rock mass classification with other means of rock mass classifications is actually.

Key words: Lancangjiang River; rock mass classification; hydropower station; quality index of rock mass