

某水电站地下厂房岩体质量分级研究

葛 华¹, 吉 峰², 李攀峰³

(1. 四川大学 水利水电学院, 成都 610065; 2. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059;

3. 中国水电顾问集团 成都勘测设计研究院, 成都 610072)

摘 要: 根据某水电站地下厂房各勘探平硐现场统计的基础数据, 采用 RMR 分类、Q 系统法、水电系统分类法(HC 法)、BQ 法对地下厂区围岩岩体质量进行了分析评价, 然后综合 4 种方法的评价结果, 得到了各硐段的综合岩体质量类别, 使这 4 种分类法相互补充、相互验证, 达到综合确定围岩类别的目的, 以此作为围岩稳定性分类的基础。此外, 还对不同方法所得的评价结果进行了相关性分析。

关键词: 地下厂房; 岩体质量分级; 相关性分析

中图分类号: TU457 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)02-0157-04

1 前言

某水电站位于黄河上游龙羊峡—青铜峡河段, 总库容 $10.56 \times 10^8 \text{ m}^3$, 总装机容量 4 200 MW。坝址区为花岗岩组成的“V”型河谷, 拟采用双曲拱坝、坝身泄洪全地下厂房设计方案, 设计最大坝高 250 m。地下厂房硐室群布置于黄河右岸花岗岩体中, 岩体质量总体上较好, 但受多期构造变动和表生改造的影响, 岩体内也发育了一系列的断层型结构面和基体裂隙。这些结构面的存在, 不仅劣化了岩体质量, 降低了岩体强度, 而且会对今后地下厂房的开挖及其围岩稳定性造成不利影响。为了正确评价地下厂房围岩的稳定性, 合理地选取围岩的力学参数, 对其进行岩体质量分级研究是非常必要的。本文选取工程中常用的地质力学(RMR)分类、Q 系统分类、《水利水电工程地质勘察规范》(GB 50287-99)中提出的分类方法(以下称“水电系统分类”, 简称 HC 分类)、《工程岩体分级标准》(GB 50218-94)建议方法(简称为“BQ 法”)基于地下厂房区勘探平硐进行岩体质量分级, 使这 4 种分级方法相互补充、相互验证, 达到综合确定围岩类别的目的, 最后还分析了这 4 种分级方法所得结果之间的相关关系。

2 分级方法简介^[1-5]

(1) RMR 法。RMR 法是 Z. T. Bieniawski 根据南非的矿山开采经验于 1973 年提出的一套分类方案, 可用于隧洞及地下工程。该分类方案包含的 6 个评价参数分别为岩石单轴抗压强度、岩石质量指标 RQD、裂面间距、裂面性状、地下水状态和裂隙产状与硐轴线的关系, 在求得各因素的单项分数后, 相加和即为总分(RMR), 根据总分确定岩体的质量等级, 具体划分为 5 类岩体, 并给出了每类岩体的主要参数。RMR 法原为解决坚硬节理岩体中浅埋隧洞而发展起来的。从现场应用看, 大多数场合岩体评分值(RMR)都有用, 但在处理那些具有挤压、膨胀和涌水及其软弱特点的岩体时, 此分类难于应用。

(2) Q 系统法。Q 分类法是挪威岩土所 Barton, Lien 和 Lunde 等人于 1974 年针对隧道岩体而发展起来的, 属于乘积法, 用 Q 指标表示。其分类因素与 RMR 分类法较接近, 但对 6 个参数进行如下计算:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{I_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{I_w}{SRF} \right) \quad (1)$$

式中, RQD 为 Deere 的岩石质量指标; J_n 为节理组

收稿日期: 2006-04-13; 改回日期: 2007-05-25

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973 项目)(2002CB412705, 2002CB412707)资助。

作者简介: 葛华(1978), 男, 重庆璧山人, 博士, 地质工程专业, 从事水文地质工程地质研究。

数; J_r 为节理粗糙度系数; J_a 为节理蚀变影响系数; J_w 为节理水折减系数; SRF 为应力折减系数。

事实上, Q 指标可看成 3 个参数的函数: RQD/J_n 粗略表示岩石块度, 代表岩块尺寸, 反映岩体结构的影响; J_r/J_a 代表嵌合岩块间抗剪强度, 反映节理壁或节理充填物的粗糙度和摩擦特性; J_w/SRF 表示岩体中各种应力的存在对岩体质量的折减。

(3) 水电围岩分类法(HC 分类法)。水电分类法是采用累计评分的综合评价法进行多因素分类。该方案以控制围岩稳定的岩体强度、岩体完整性系数、结构面状态、地下水和主要结构面产状 5 项因素的和差为基本依据, 围岩的强度应力比作为限定判据进行分类的。该分类法不适用于埋深小于 2 倍硐径或跨度、膨胀土、黄土等特殊土层和喀斯特溶洞发育地段的地下硐室。

(4) BQ 法。国标《工程岩体分级标准》(GB 50218- 94) 提出两步分级法: 第一步, 按岩石的基本质量指标 BQ 进行初步分级, 岩石的基本质量由岩石坚硬程度和岩体完整程度来衡量, 以岩石饱和单轴抗压强度来划分岩石的坚硬程度; 而岩体的完整程度则采用岩体完整性系数来表示; 第二步, 针对各类工程岩体的特点, 考虑其他影响因素(如天然应

力、地应力和结构面方位等) 对 BQ 进行修正, 再按修正后的 BQ 进行详细分级。针对地下工程岩体详细定级时, 需要考虑地下水、主要软弱结构面产状和初始地应力状态的影响进行相应的修正。

3 评价结果

采用上述 4 种岩体质量分级体系, 根据地下厂房区 PD2, PD2⁺, PD14, PD14-5 各勘探平硐现场统计的基础数据, 按照各分级系统的评分标准进行岩体质量评价, 然后综合 4 种方法的评价结果, 得到了各硐段的综合岩体质量类别。相应的评价结果见表 1, 表 2 和表 3。

为了把握厂房区围岩岩体质量的整体特征, 将各勘探硐不同岩段岩体质量分析结果进行了统计分析(表 4)。由表 4 可以看出: 地下厂房区围岩岩体质量以 II 类为主, 占 79. 7%; 其次为 III 类, 占 18. 4%; 仅有少量的 I, IV 类而无 V 类围岩。由此可见地下厂区围岩的岩体质量良好, 可以保证大型地下硐室群开挖后的稳定性。

表 1 PD2 岩体质量分级结果
Table 1 Results of rock mass quality classification according to PD2

硐段	90~108	108~123	123~135	135~151	151~164	164~171	171~188	188~203	203~215	215~220	220~250	250~266	266~274	274~303
RMR	II	II	II	II	II	I	III	II	II	III	II	III	III	II
Q	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II ⁻	II	III	III	II
HC 分类	II	II	II	II	III ⁺	II ⁺	III	顶 III ⁺ , 边 II	II	III	顶 I ⁺ , 边 II ⁺	II ⁻	III	II
BQ	I	II	I	II	II	II	II	II	II	VI	II	II	VI	II
综合类别	II	II	II	II	II	II	III	II	II	III	II	III	III	II

表 2 PD2⁺ 和 PD14-5 岩体质量评价结果
Table 2 Results of rock mass quality classification according to PD2⁺ and PD14-5

硐段	PD2 ⁺								PD14-5						
	30~97	97~122	122~152	152~167	167~186	186~205	205~223	223~249	0~16	16~34	34~43	43~53	53~61	61~117	117~136
RMR	II	III	II	III	II	II	III	II	II	II	II	II	III	II	II ⁺
Q	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	II	III	III ⁺	II
HC 分类	II	II, III	II	II, III	II	II, III	III	II	顶 III ⁺ 边 II	II	顶 III ⁺ 边 II	II	顶 IV 边 III	II	II
BQ	II	III	II	III	II	III	III	II	II	II	II	I	VI	II	I
综合类别	II	III	II	III	II	III	III	II	II	II	II	II	IV	II	II

表 3 PD14 岩体质量评价结果

Table 3 Results of rock mass quality classification according to PD14

硇段	150~ 165	165~ 192	192~ 211	211~ 244	244~ 249	249~ 277	277~ 294	294~ 307	307~ 371
RMR	II	II	II	II	III	II	III	II	II
Q	II	II	II	II	III	II	III	II	II -
HC 分类	II	II	II	II	III	II	III	II	II
BQ	II	II	II	II	IV	I	III	III	II
综合类别	II	II	II	II	III	II	III	II	II

表 4 地下厂 区勘探平硇岩体质量评价结果统计表

Table 4 Statistics of rock mass quality evaluation for exploration tunnel in a underground powerhouse

质量类别		I	II	III	IV
PD2	累计长度(m)	7	160	46	0
	百分比(%)	3.3	75.1	21.6	0.0
PD2 ⁺	累计长度(m)	0	142	77	0
	百分比(%)	0.0	64.8	35.2	0.0
PD14	累计长度(m)	0	199	22	0
	百分比(%)	0.0	90.9	10.0	0.0
PD14-5	累计长度(m)	0	128	0	8
	百分比(%)	0.0	57.9	0.0	3.6
勘探平硇	累计长度(m)	7	629	145	8
总长度	百分比(%)	0.9	79.7	18.4	1.0

4 不同评价方法所得结果之间的相关性分析

对同一硇段不同评价方法得到的岩体质量评价结果有时会有所不同, 一般情况下这种差异不会太大, 这反映出不同评价方法所选取的评价指标以及各指标的权重有所不同, 但都能反映围岩岩体质量的主要特征。因此, 不同方法所得的评价结果之间应该存在一定的相关关系(图 1)。

由图 1 可见: ①RMR, HC 与[BQ] 值之间呈较明显的线性相关关系, 其相关系数为 0.57~ 0.68; ②Q 值与 RMR, HC, [BQ] 值之间基本呈对数关系, 但相关系数偏低, 为 0.42~ 0.56。

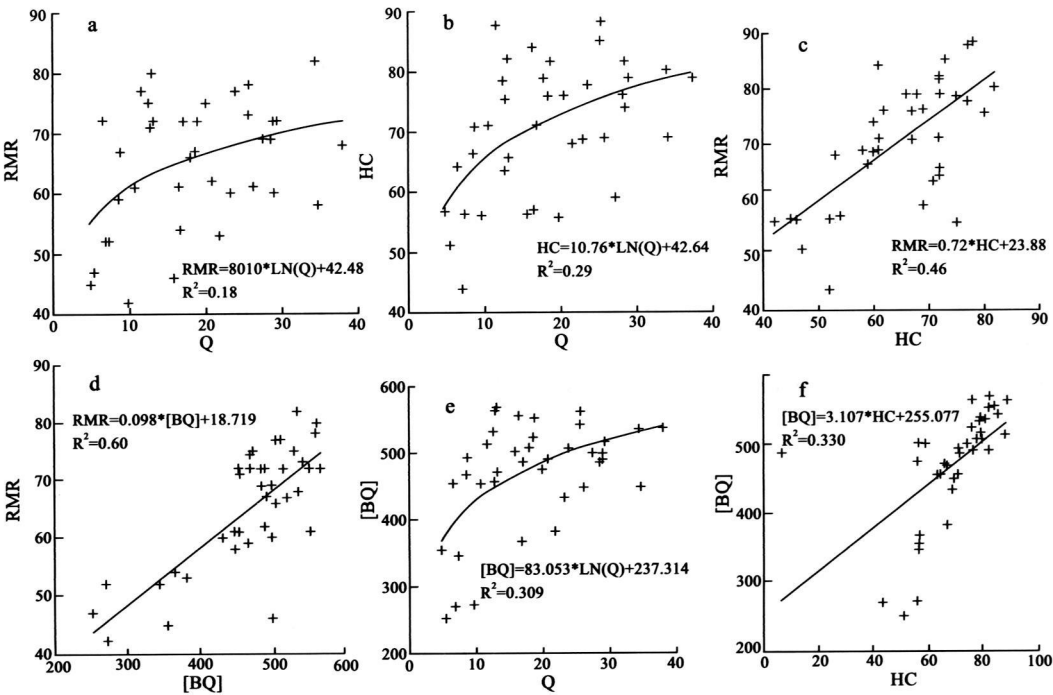


图 1 岩体质量评价结果的相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis on the results of rock mass quality evaluation

数关系,但相关系数偏低。

5 结论

根据各勘探平硐现场统计的基础数据,运用 RMR 分类、Q 系统法、HC 水电分类法、BQ 法对地下厂区勘探平硐围岩岩体质量进行了分析评价,最后分析了 4 种方法所得的评分值之间的相关关系。通过分析,可以得出以下几点认识:

(1) 地下厂房区围岩岩体质量以 II 类为主,占 79.7%; 其次为 III 类,占 18.4%; 仅有少量的 I、IV 类而无 V 类围岩,由此可见地下厂区围岩的岩体质量良好,可以保证大型地下硐室群开挖后的稳定性。

(2) RMR、HC 与 [BQ] 值之间呈较明显的线性相关关系, Q 值与 RMR、HC、[BQ] 值之间基本呈对

参考文献:

- [1] 周志东, 胡卸文, 张倬元, 等. 西南某水电站坝肩岩体质量分级方法选取探讨[J]. 成都理工学院学报, 1999, 25(1): 82-85.
- [2] 陶连金, 张倬元, 姜德义. 复杂工程岩体稳定性评价[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.
- [3] 李攀峰, 张倬元, 陶连金. 西南某水电站地下厂房岩体质量分级研究[J]. 水电站设计, 2003, 19(2): 71-73.
- [4] 水利水电工程地质勘察规范(GB 50287-99) [S]. 北京: 中国计划出版社, 1999.
- [5] 工程岩体分级标准(GB 50218-94) [S]. 北京: 中国计划出版社, 1995.

STUDY ON QUALITY CLASSIFICATION OF ROCK MASS SURROUNDING THE UNDERGROUND POWERHOUSE OF A HYDROELECTRIC STATION

GE Hua¹, JI Feng², LI Pan-feng³

(1. College of Water Resources and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
2. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology,
Chengdu 610059, China; 3. Chengdu Hydroelectric Investigation & Design Institute
of China Hydropower Consulting Group, Chengdu 610072, China)

Abstract: The quality classification of rock mass surrounding underground powerhouse were analyzed according the basic geological reconnaissance datum of exploration tunnel of a hydroelectric station with RMR classification, Q system, criterion of geological reconnaissance of water resources and hydroelectric project shorted HC and national criterion of engineering rock mass classification shorted BQ system. Synthesizing the analysis results of the four method the integrated rock mass quality was obtained. The four methods are reciprocal and can be checked with each other. The synthetic classification can be used as the basis to determine the rank of surrounding rock. Furthermore, this paper gives a correlation analysis to the analysis results of each of the four method.

Key Words: underground powerhouse; rock mass quality classification; correlation analysis