

# 某水电站坝区峨眉山玄武岩岩体风化特征

魏云杰<sup>1</sup>, 许 模<sup>2</sup>, 陶连金<sup>1</sup>, 康小兵<sup>2</sup>

(1. 北京工业大学 城市与工程安全减灾省部共建教育部重点实验室, 北京 100124;

2. 成都理工大学 地质灾害与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

**摘 要:** 大坝建基面的选择取决于岩体风化程度. 玄武岩风化作用受岩体结构控制, 岩体的风化首先是沿各类结构面开始, 逐渐向岩体内部发展. 以西南某水电站为例, 通过对某坝址区峨眉山玄武岩风化的表现特征、矿物特征、化学特征进行了研究, 结果表明: 玄武岩的风化以物理风化作用为主, 化学风化作用不明显; 断层及层间、层内错动带对玄武岩的化学风化作用无显著影响, 现场判定岩体风化界限应重点依据岩体的表现特征, 从而为风化界限的现场判定提供了依据.

**关键词:** 峨眉山玄武岩; 岩体风化; 矿物特征; 化学特征

**中图分类号:** O 319.56

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2009)01-0053-05

## 1 问题的提出

中国西南地区二叠纪玄武岩, 即广义的峨眉山玄武岩, 是我国水电工程的主要建基岩体之一. 在水电工程建设过程中, 与岩体风化有关的工程地质问题有: 影响建筑物位置(坝轴线)的选择; 影响建基岩体的选择; 影响工程边坡的稳定性; 影响坝基的防渗处理. 玄武岩风化作用受岩体结构控制, 岩体的风化首先是沿各类结构面开始, 逐渐向岩体内部发展. 结构面的单个裂隙风化过程比较简单, 从岩体浅部到深部裂隙由张开转为闭合状态, 愈近地表其张开程度愈大, 裂隙面上先是出现氧化铁膜、铁锈, 进而裂隙面两侧岩块(结构体)出现风化晕. 风化晕的变化由表及里, 其厚度由厚变薄, 裂隙中还充填次生泥、碎屑等. 裂隙密集带风化过程与单个裂隙相似, 由于带内破裂面发育, 地下水活动强烈. 单个裂隙风化到一定程度后, 次一级裂面随之风化, 最后导致整个密集带强烈风化, 形成破碎软弱的风化条带, 即风化夹层. 区内发育的断层及层间、层内错动, 给地下水的活动提供了场所, 岩体沿断裂面风化, 使岩块逐渐破碎、矿物蜕变产生高岭石化, 进而解体形成松软并具有碎屑泥质特性的风化槽. 随着风化作用不断发展, 岩体性能向不良方向转化, 最终由于岩体的结构面、结构体的风化而导致岩体结构发生质变, 如图 1 所示<sup>[1-2]</sup>. 岩体的风化程度与建基面的确定等密切相关, 本文从岩体结构和工程应用 2 个方面对峨眉山玄武岩的风化特征进行了研究.

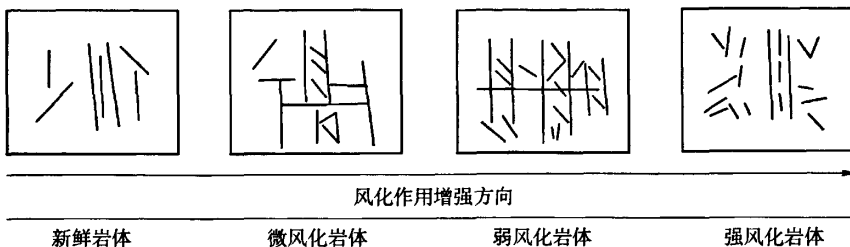


图 1 玄武岩风化作用与岩体结构的关系

Fig. 1 Relationship of weathering and rock structure in basalt

收稿日期: 2007-09-24.

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAJ05A02、2006BAJ27B05).

作者简介: 魏云杰(1973-), 男, 河南柘城人, 博士后.

## 2 岩体的表现特征

### 2.1 岩体的外观特征

根据规范要求,峨眉山玄武岩按表面颜色、锤击声、构造带的充填物等方面,可分为微新岩体、弱风化岩体两大类;弱风化岩体又可分为弱风化上段与弱风化下段2个亚类。

随风化程度的加剧,坝区峨眉山玄武岩节理面由青灰色(灰黑色)新鲜岩体→部分黄褐色弱风化下段岩体→黄褐色弱风化上段岩体。

岩石断口从灰黑色(青灰色)微新岩体→少量黄褐色弱风化下段→大部黄褐色弱风化上段。

层间、层内错动带及断层破碎带充填的碎裂岩从微新岩体青灰色、灰黄色无次生泥充填→弱风化带充填黄色的次生泥。

### 2.2 岩体的微观特征

岩石经风化作用后,有许多不同于原岩的微观特征,如微观结构构造和微裂隙发育特征、矿物的黏土化和其他次生变化等,分析研究风化岩石的这些微观特征,可判别岩石的风化程度<sup>[5-8]</sup>。

为了了解峨眉山玄武岩风化的微观特征,沿岸坡深度每隔5.0 m采集1个样品,并进行磨片。在显微镜下,岸坡深度5~20 m范围内的杏仁状玄武岩的斜长石小晶体,和基质都有一定的黏土化,如图2(a)所示;岸坡深20 m以里样品均较新鲜,如图2(b)所示。

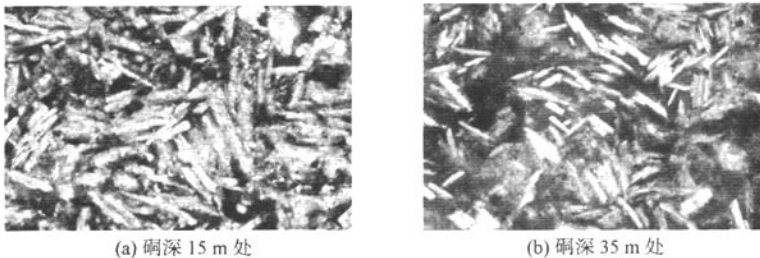


图2 杏仁状玄武岩中的斜长石小晶体基本新鲜(灰白色者)

Fig.2 The plagioclase small crystals in amygdaloidal basalt were severe clayization (greyish-white)

## 3 岩体的矿物特征

斜长石在风化过程中,逐渐分解为黏土类的次生矿物。由于长石风化后黏土中吸收了氧化铁的成份,所以长石表面的明暗程度、红褐色调的变化以及正交偏光镜下的光学特性就成了长石风化厚度的分析依据<sup>[6]</sup>。在衡量岩石的次生蚀变程度时,可采用蚀变系数表示。岩石的蚀变程度,主要根据造岩矿物中斜长石斑晶、斜长石微晶、辉石微晶的含量,将风化蚀变分为5级。

第1级:未蚀变(包括风化作用)或基本未蚀变,矿物基本新鲜;

第2级:轻微蚀变,蚀变现象局部可见,晶型较完整,造岩矿物的原生特征基本没有改变,可测定成分;

第3级:轻微蚀变,蚀变现象清晰可见,但未涉及矿物全部,造岩矿物的原生特征没有明显改变,切片局部稍微混浊,大部矿物可测定成分;

第4级:蚀变比较强烈,切片混浊,岩性模糊,矿物的特性特征虽保存完好,但基本不能测定成分;

第5级:蚀变强烈或矿物切面80%以上矿物已被新鲜矿物取代,原生特征大部分已消失,不能测定成分。

沿岸坡深度每5.0 m进行了取样,通过薄片鉴定,计算了矿物的蚀变系数,斜长石微晶、辉石微晶蚀变

系数随深度的变化如图 3 所示。

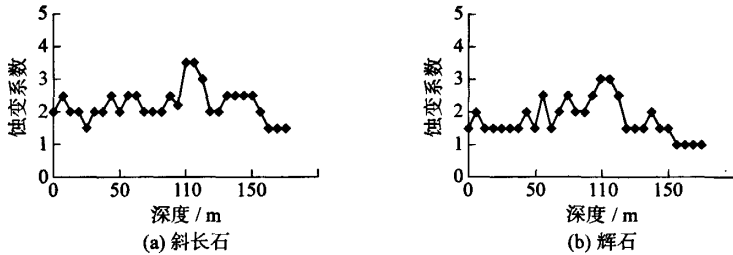


图 3 某坝区斜长石、辉石微晶蚀变系数随深度变化曲线

Fig.3 The curve of plagioclase and augite microcrystalline alteration coefficient and adit depth in dam site

玄武岩的蚀变以绿泥石化、高龄石化、绿帘石化、透闪石化为主。斜长石斑晶蚀变一般较弱, 蚀变系数主要在 2 以内; 斜长石微晶蚀变相对较强, 蚀变系数主要在 2~2.5, 个别达到 3.5; 辉石微晶蚀变较弱, 蚀变系数主要在 1.5 左右。将蚀变系数分布与地质条件进行对比分析, 斜长石微晶、辉石微晶的蚀变系数较大的部位发育有断层或层内错动带。例如, 岸坡深度 25~50 m 段, 发育有层内错动带和断层, 蚀变系数较大; 深度 110~122 m 段, 揭露断层的劈理带、蚀变带及断层带, 蚀变系数较大。总体上, 岩石矿物轻微蚀变, 岩石基本未发生化学风化。

#### 4 岩体的化学特征

玄武岩的化学风化过程实质上是富铝富铁脱硅的过程, 即风化作用导致岩石的  $Al_2O_3$  和  $Fe_2O_3$  的增加,  $SiO_2$  含量的减少<sup>[2-3]</sup>。但是, 对于峨眉山玄武岩无论是地表还是岸坡内的样品的这 3 种氧化物的含量几乎没有变化, 即岩石化学成分的变化基本未受风化作用的影响, 见表 1。进一步表明, 岩石中的斜长石的黏土化是由热液蚀变作用造成的, 而不是风化的结果。

表 1 某坝区峨眉山玄武岩的化学成分

Table 1 The chemical constitution of E'mei mountain basalt in dam site

样品 编号	风化 程度	氧化物质量百分含量/%											烧失量/g
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
PD3-5	弱上	50.28	3.79	12.31	1.08	11.48	0.12	4.25	7.06	2.71	1.93	0.33	4.66
PD3-15	弱上	49.50	3.85	13.35	6.35	8.20	0.13	3.22	6.12	2.79	1.79	0.32	4.35
PD3-25	弱下	44.46	3.90	13.32	6.92	8.82	0.20	5.41	8.36	3.23	1.03	0.31	4.34
PD3-35	弱下	43.68	4.10	14.07	8.99	7.25	0.18	5.47	7.28	2.99	1.55	0.34	4.47
PD3-60	微新	42.00	4.37	14.99	7.19	8.78	0.29	6.22	5.98	3.42	0.80	0.39	5.94
PD3-96	微新	44.50	4.12	13.37	5.53	9.78	0.19	5.78	6.12	2.80	2.18	0.40	4.95

根据 Parker(1970)提出的反映硅酸盐风化强度的风化指数( $W_i$ )<sup>[4]</sup>, 计算了样品的风化程度

$$W_i = \left[ \frac{(Na)a}{0.35} + \frac{(Mg)a}{0.9} + \frac{(K)a}{0.25} + \frac{(Ca)a}{0.7} \right] \times 100$$

式中,  $(X)a$  表示元素质量分数被原子量除的商, 它与该元素在岩石中的绝对质量含量呈正比; 分母为每个元素和氧元素之间的键的强度, 表示在风化过程中该元素的稳定程度。对于岩石来说, 从新鲜岩石到风化岩石, 风化指数是逐渐减小。新鲜岩石风化指数大约为 80, 完全风化了了的岩石为 30。玄武岩风化指数计算结果见表 2。

表 2 某坝区峨眉山玄武岩风化指数计算成果表

Table 2 The weathering index calculation produce of E'mei mountain basalt in dam site

样品号	岩层	风化程度	岩石名称	风化指数
PD3-5	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	强风化	黏土化杏仁状玄武岩	71
PD3-15	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	强风化	黏土化杏仁状玄武岩	65
PD3-25	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	强风化	新鲜杏仁状玄武岩	75
PD3-35	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	强风化	新鲜杏仁状玄武岩	74
PD3-60	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	弱风化上段	新鲜杏仁状玄武岩	71
PD3-96	P <sub>2</sub> β <sub>5</sub>	弱风化下段	碎裂隐晶质玄武岩	68

从表 2 可看出, 沿岸坡深度不能明显反映玄武岩的风化指数有逐渐升高趋势, 表明玄武岩化学风化作用不明显。

此外, 对断裂破碎带、错动带内部及其两侧岩石也进行了岩相学观察和化学分析, 结果表明, 错动带破碎带内部和错动带两侧岩石均有显著的变形现象如图 4 所示, 但化学风化程度并未因岩石的受力变形而与其他岩石有所不同, 表明岩石化学风化基本未受断层破碎带、错动带的影响。

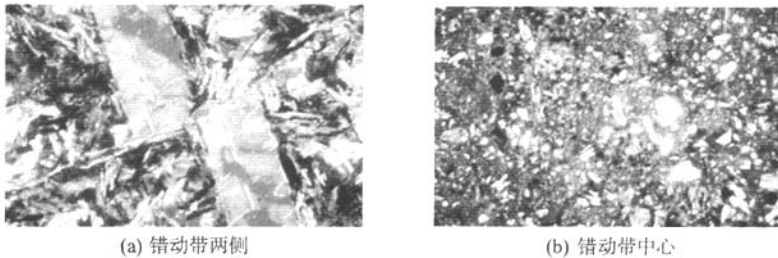


图 4 平硐 PD3 内错动带的斜长石斑晶体被错断

Fig. 4 The plagioclase spot crystals in oblique spot basalt were break disturbed belt in adit3

## 5 结论

峨眉山玄武岩的风化作用受岩体结构控制, 岩体的风化首先是沿各类结构面开始, 逐渐向岩体内部发展。以西南某水电工程为例, 运用现场描述、岩相学观察、薄片鉴定、化学分析等手段, 通过对风化玄武岩表观特征、矿物特征、化学特征的研究, 表明峨眉山玄武岩的风化是以物理风化为主, 化学风化不明显; 断层及层间、层内错动带对玄武岩的化学风化作用无显著影响。在水电工程勘察过程中, 进行现场划分岩体风化界限时, 应重点观察岩体的外观特征的变化。

### 参考文献:

- [1] 钱康. 玄武岩体风化、卸荷分带及工程地质特征[J]. 四川水力发电, 1992(3): 33-37.  
QIAN Kang. The character of weathering, classification of unloading zones and engineering geological for the basalt[J]. Sichuan Water Power, 1992, 3: 33-37. (in Chinese)
- [2] 张伯华. 铜街子水电站的工程地质及水文地质条件[J]. 四川水力发电, 1992(11): 20-24.  
ZHANG Bai-hua. The engineering and hydrological geological condition of the tong-jiezi hydro-power station[J]. Sichuan Water Power, 1992(11): 20-24. (in Chinese)
- [3] 张仲英, 刘瑞华. 海南岛第四系火山岩的分期[J]. 地质科学, 1989(1): 67-76.  
ZHANG Zhong-ying, LIU Rui-hua. The stage-division of quaternary volcanic rocks in hainan island[J]. Chinese Journal of Geology, 1989(1): 67-76. (in Chinese)

- [4] 邱家骧, 林景仟. 岩石地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 20-22.
- [5] 丁梧秀, 陈建平, 冯夏庭, 等. 洛阳龙门石窟围岩风化特征研究[J]. 岩土力学, 2004, 25(1): 145-148.  
DING Wu-xiu, CHEN Jian-ping, FENG Xia-ting, et al. Study on weathering characteristics of surrounding rock in Longmen cavern[J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(1): 145-148. (in Chinese)
- [6] 李日运, 吴林峰. 岩石风化程度特征指标的分析研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 23(22): 3830-3833.  
LI Ri-yun, WU Lin-feng. Research on characteristic indexes of weathering intensity of rocks[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 23(22): 3830-3833. (in Chinese)
- [7] 欧作戢. 水电工程地质中的岩体风化带划分[J]. 云南水力发电, 2000, 16(2): 8-12.  
OU Zuo-ji. Superficial view on division of rock mass weathering zones zonges in engineering geology for construction of hydropower projects[J]. Yun Nan Water Power, 2000, 16(2): 8-12. (in Chinese)
- [8] 聂德新, 韩爱果, 巨广宏. 岩体风化的综合分带研究[J]. 工程地质学报, 2002, 10(1): 21-25.  
NIE De-xin, HAN Ai-guo, JU Guang-hong. Study on integrated zoning of weathering degree of rock[J]. Journal of Engineering Geology, 2002, 10(1): 21-25. (in Chinese)

## Weathering Characteristics of E'mei Mountain Basalts in a Certain Hydropower Project, Southwester Area

WEI Yun-jie<sup>1</sup>, XU Mo<sup>2</sup>, TAO Lian-jin<sup>1</sup>, KANG Xiao-bing<sup>2</sup>

(1. The Key Laboratory of Urban Security and Disaster Engineering, Ministry of Education, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. National Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610069, China)

**Abstract:** E'mei mountain basalt is one kind of rock mass of hydropower engineering in our country. We determine the surface of dam foundation based on weathering degree of rock mass. Weathering of basalt controlled by rock mass structure, start on surface of various rock mass structures, and developed into interior gradually. Taking one hydropower station of the southwest China an example in this paper, the authors study on the weathering of apparent characteristics, mineral characteristics and chemical characteristics of E'mei mountain basalt on dam-site. It suggested that weathering of basalt mainly is physical weathering, and chemical weathering is not obvious, and fault, interlaminar and intrastratal disturbed belt are not obvious effect in chemical weathering on the basalt. Judging from the boundary of rock mass, weathering on the site is mainly depend on apparent characteristics of rock mass, finally the paper provide reference for judging weathering boundary on the site.

**Key words:** E'mei mountain basalt; rock mass weathering; mineral characteristics; chemical characteristics

(责任编辑 张士瑛)