

西南某水电站深风化现象及其机理浅析

袁和忠, 王运生, 房冬恒, 邓明森, 杜其良
(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘 要: 对西南某电站坝区谷底存在的深风化现象, 通过系统的地质测绘、钻孔资料及 EH-4 连续电导率成像系统勘探结果与室内测试分析, 分析深风化现象特征与分布, 并对这种深风化、软化现象的形成机制进行了初步探讨。研究表明, 坝区谷底为多期侵入活动改造的古老岩体, 不同期次岩体接触面因结合力较弱成为挤压破碎带, 后期的构造活动使该破碎带岩体在中等围压下进一步破碎, 并经中更新世以来的长期风化与软化形成现今的深风化囊。对其进行有针对性的处理, 并不妨碍该坝作为低堆石坝的坝址。
关键词: 深风化; EH-4; 挤压破碎带; 形成机制; 西南
中图分类号: P534.64; T V741 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006)01-0103-03

Preliminary Analysis of Mechanism and Phenomena of Deep Weathering in Some Hydroelectric Station, Southwest of China

YUAN He-zhong, WANG Yun-sheng, FANG Dong-heng, DENG Ming-sen, DU Qi-liang
(Environment and Civil Engineering College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Standing to phenomena of deeply weathering at the bottom of the dam area valley in some hydroelectric station, southwest of China, by the systematic geologic surveying, the data of borehole, the result of EH-4 electrical conductivity image-forming system and indoor tests analysis, the deeply weathering phenomenon characteristics and its distribution are analyzed, and preliminary discussion on the genetic mechanism of the deeply weathering and softening is made. The results of study enunciate, there is ancient rock mass which is reformed by the intrusive activity many times at the bottom of the dam area valley, because of the weak cohesion bonds the dissimilar epoch contact plane of the rock mass become the compressive rupture zone, later tectonic movements make the rock mass of compressive rupture zone further broken up under medium confinement pressure, since middle Pleistocene epoch long-term weathering and yielding, current deep weathering bag has been formed. With the fitting processing, the phenomena of deeply weathering don't hinder the dam as the address of low rockfill dam.

Key words: deep weathering; EH-4; compressive rupture zone; genetic mechanism; southwest of China

西南某水电站坝址区, 地质构造背景复杂, 坝址坝轴线一带钻探和物探(EH-4)探测发现深部存在深风化及岩体软化现象。主要位于5#钻孔215.68~235.10 m(终孔), 孔深段岩芯极其破碎, 为灰白色碎斑岩、角砾岩及碎粉岩, 遇水呈糊状。起初以为是区域性断裂在此通过。为了进一步弄清风化带的空间展布、活动性及可能与区域断裂的关系。采用EH-4连续电导率成像系统对坝区进行了勘探, 对钻孔岩心进行取样做测年及电镜扫描, 并展开了坝区大比例尺工程地质测绘。

1 坝址区地质环境条件

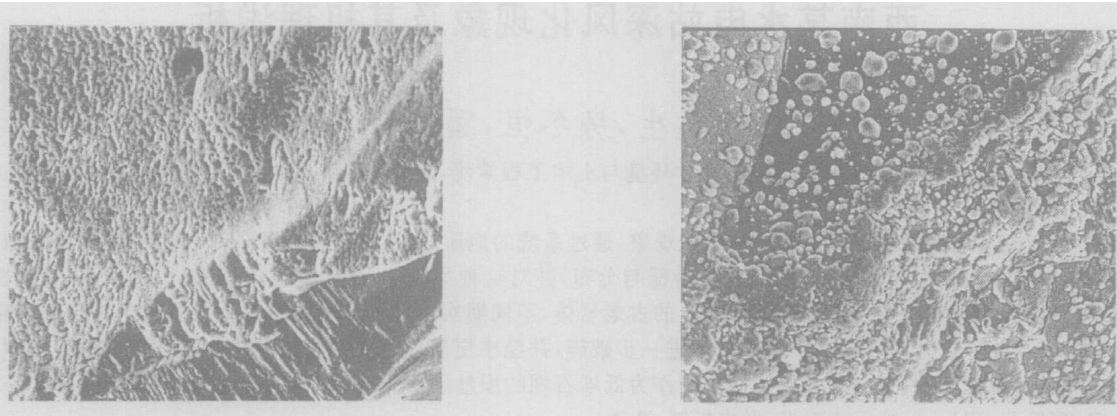
该坝址区处于三大构造单元交汇复合部地带, 地质构造运动强烈。水电站坝址区出露的岩石主要是岩浆岩、变质岩。岩浆岩主要为斜长角闪岩、石英闪长岩、斜长(更长)花岗岩、二长花岗岩、辉绿玢岩及脉状花岗岩; 变质岩有变粒岩、片麻岩和混合岩等。下坝址的岩石类型尤为复杂。受区域构造变形及岩浆活动的影响, 热力变质及动力变质较强, 断裂构造

发育, 但未见大规模断层, 主要见以近EW和NE走向为主近EW向、NE向和近SN向三个优势方位单列式以及羽列式发育为特色的小断层。几乎各个方位不同倾角的长大结构面均有发育。坝区发育具工程地质学意义的节理密集带与挤压破碎带, 其优势走向与坝区发育的长大结构面基本一致, 主要以SN走向和近EW走向及NE向为主。

2 深风化带特征

深风化带主要位于5#钻孔215.68 m深度以下, 孔深段岩芯为灰白色碎斑岩, 角砾岩及泥浆状岩粉, 极其破碎。残存部分5~8 cm短柱状软弱岩芯及3~5 cm角砾岩等, 局部中、陡倾角结构面夹泥等为特征。5#钻孔220 m处“断层泥”ESR测年结果为30万年左右。另对该钻孔172 m、219 m、220 m三个不同深度破碎物质的取样电镜扫描结果表明所有石英颗粒均有溶蚀现象, 以浅橘皮状为主, 少量为苔藓状、鳞片状(图1), 表明其最新活动年代距今较为久远, 新活动性不强。

① 收稿日期: 2005-01-17
基金项目: 国家自然科学基金资助, 项目编号: 40472143/D0214
作者简介: 袁和忠(1981-), 男, 成都理工大学硕士研究生, 专业方向地质环境评价与保护。



a- 220 m 处, 颗粒溶蚀成呈橘皮状, 同时也见有溶蚀相对较弱的次贝壳状断口; b- 172 m 处, 石英颗粒表面的硅质沉淀, 呈苔藓状, 鳞片状, 有少量自生石英生长, 大小仅 2 μm 左右。

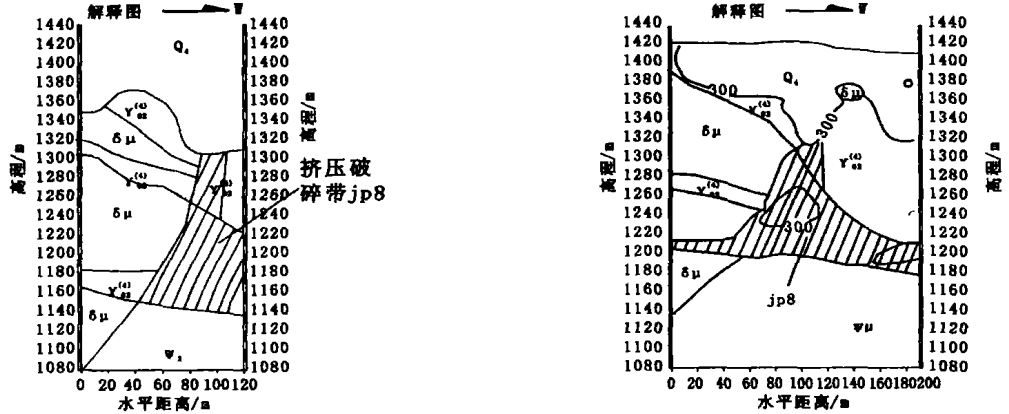
图 1 5# 钻孔石英颗粒电镜扫描

从地面地质测绘资料可知, 坝区节理型小断层及节理相对较发育, 但无区域性断层通过, 只有一些长度小、断层带窄的小断层及错动带。按工程上通用的分类原则, 这些断层归为三级及三级以下的结构面。在漫长的地质历史进程中, 坝址区历经造山运动、构造作用, 岩石产生了不同程度的变质作用, 加上后期的岩浆作用改造、添加, 导致坝区岩石岩性复杂, 地面调查下坝址为斜长角闪岩、石英闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩、辉绿玢岩及脉状花岗岩等不同岩性岩石接触交汇地带。

EH- 4 电导率测深得出该风化带主要位于剖面 $W_3 \sim W_3$ 及 $W_4 \sim W_4$ 处。 $W_3 \sim W_3$ 剖面桩号 80 ~ 100 m、高程 1 225 ~ 1 305 m 范围处, 视电阻率值在 300 ~ 500 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间, 较围岩视电阻率低, 结合地质解释为断层破碎带的影响带; 桩号 80 ~ 100 m、高程 1 205 ~ 1 220 m 范围处, 视电阻率值小于 300 $\Omega \cdot \text{m}$, 较围岩视电阻率低, 结合地质解释为断层破碎带; 剖面其余区域视电阻率较高, 大于 300 $\Omega \cdot \text{m}$, 岩体较完整。 $W_4 \sim W_4$ 剖面桩号 95 ~ 115 m、高程 1 270 ~ 1 315 m 范围处, 视电阻率值 300 ~ 500 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间, 较围岩视电阻率低, 结合地质解释为断层破碎带的影响带; 桩号 80 ~ 105 m、高程 1 232 ~ 1 260 m 范围处, 视电阻率值小于 300 $\Omega \cdot \text{m}$, 较围岩视电阻率低, 结合地质解释为断层破碎带; 桩号 165 ~ 190 m、高程 1 190 ~ 1 205 m 范围, 视电阻率值小于 300 $\Omega \cdot \text{m}$, 较围岩视电阻率低, 结合地质解释为岩体破碎; 剖面其余区域视电阻率较高, 大于 300 $\Omega \cdot \text{m}$, 岩体较完整。

经钻孔记录和岩芯观察综合分析, 坝轴线左岸埋深 75 m 左右以下及 5# 钻孔孔深 144.5 m 以下至 216 m 间存在灰绿

色岩体, 镜下鉴定为闪长玢岩, 其上部均为第四系覆盖层, 覆盖层内含花岗岩、闪长玢岩、斜长角闪岩、砾石。而闪长玢岩西侧, 3#、4# 钻孔分别孔深 103 m 以下和 33.30 ~ 150.20 m 均为花岗岩, 结合两岸地表分析这类花岗岩为黑云斜长花岗岩或片麻状斜长花岗岩。其上钻孔浅部为第四系覆盖层, 砾石以花岗岩蚀变斜长角闪岩为主。 W_3 剖面 EH4 勘探成果揭示 5# 钻孔及东部海拔 1 310 m 以上浅部为第四系覆盖层, 其下基岩内, 西侧海拔 1 210 ~ 1 225 m 存在一低电阻率块体, 东侧海拔 1 210 ~ 1 280 m 存在铅直厚约 70 m 左右向东缓倾的相对高阻块体, 推测为闪长玢岩, 其铅直厚度与 5# 钻孔所见闪长玢岩一致。东西之间构成西倾的电阻率急变陡坡带。 W_3 剖面向深部海拔 1 140 m 左右以下几乎匀速递增, 推测为斜长角闪岩类, 闪长玢岩顶底推测均存在斜长花岗岩体(图 2-a)。 W_4 剖面 EH- 4 勘探成果与之类似, 剖面视电阻率 300 $\Omega \cdot \text{m}$ 以上为覆盖层, 其下为基岩, 海拔 1 180 m 以上, 覆盖层以下可分为中、东、西三个视电阻率存在较大差异的部分。西部海拔 1 360 ~ 1 380 m 存在孤独相对高电阻块体, 推测为斜长角闪岩或闪长玢岩残留体, 海拔 1 180 m 上结合 3#、4# 钻孔推测为斜长花岗岩。中部海拔 1 320 ~ 1 180 m 存在东西宽约 40 m 的低视电阻率带, 其中海拔 1 230 ~ 1 280 m 存在一最低视电阻率块体, 与 W_3 剖面海拔 1 180 ~ 1 225 m 处低视电阻块体形态相似, 彼此北东向延伸, 与地表岩体、岩脉走向基本一致。东侧海拔 1 220 ~ 1 380 m 总体具相对较高电阻率块体。结合钻孔资料推测为闪长玢岩, 顶底均有花岗岩体, 内部可能有较厚的花岗岩脉。海拔 1 180 m 左右以下总体视电阻率递增并存在高视电阻块体, 推测为斜长角闪岩类(图 2-b)。



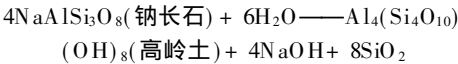
a——物探 3 号勘探剖面; b——物探 4 号勘探剖面

图 2 钻孔及电法勘探成果地质解释剖面

综合地面测绘资料、钻孔岩心物质分析,电镜扫描及 EH- 4 连续电导率成像系统勘探结果与室内测试分析可得 5# 钻孔海拔 1 285 m 以下存在的强烈破碎现象是斜长花岗岩和闪长玢岩间 NNE 走向陡倾 SE 的接触挤压破碎带,孔深 215 m 以下强烈破碎段是斜长花岗岩、闪长玢岩及斜长角闪岩三者三角形接触交汇处。因而 5# 钻孔孔深部风化带极可能是岩体接触带挤压叠加变形产物,但规模较小,并非区域性断层通过该坝址,因而影响范围有限。

3 深风化带形成机制分析

坝区谷底岩体为多期侵入活动所改造,在此过程中,早期岩体受挤压形成背形特征,构造应力作用下,岩石力学性质相对较弱的岩体会产生强烈的应变,挤压过程中接触带两盘发生相对滑移,并产生挤压破碎;后期构造运动中,在热力的作用下,后侵入的岩体挤压古老岩体,使接触带内岩体破碎程度加剧。晚期不同程度的构造活动使该破碎带岩体进一步碎解。对该破碎带内物质进行 ESR 测年,该区地质年代距今约为 30 万年。河流河床按每年下切 1 mm 计,可知该区最近一次较强活动的埋深达 400 m 左右。在自重应力作用下形成大约 10 MPa 的中等围压,此围压作用下松散物质进一步破碎;岩体破碎后,产生的裂隙不仅成为地表水或地下水的通道,而且也是旁侧裂隙水的汇集场所,水、空气的改造作用使该破碎带产生物理风化及化学风化,物理风化使破碎带内松散物质软化,使破碎带破碎程度进一步加深。溶解有一定量游离氧及 CO₂ 的水对岩石进行氧化、水化、水解等作用,水中的 H⁺ 置换了矿物中 K⁺、Na⁺、Cu²⁺、Mg²⁺ 等离子,使铝硅酸盐矿物局部或全部分解而形成黏土矿物。以钠长石水解为例:



参考文献:

[1] 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.
[2] 徐开礼,朱志澄.构造地质学[M].北京:地质出版社,1989.
[3] 陶忠平.浅论柴石滩水库坝区工程地质问题及工程处理[J].云南水力发电,1998,14(3):38- 41.
[4] 储同庆,罗国煜,陈征宙,等.宁波大桥主墩墩址软弱带成因机制研究[J].工程地质学报,1995,3(1):10- 20.
[5] 郑万模.长江三峡三斗坪坝址深风化槽形成机制探讨[J].地质灾害与环境保护,1995,6(2):46- 49.
[6] 昌彦君,王华军,罗延钟.EH- 4 系统观测资料的非远区场校正研究[J].吉林大学学报(地球科学版),2002,32(2):177- 180.

(上接第 39 页)

性植被是指中小尺度范围内,由于特殊的土壤、水分等条件支撑,所形成的区域特有的植被群落,如黑河流域、塔里木河流域等沙漠绿洲生态系统,它的演替主要受河川径流、地下水赋存条件以及地下水与包气带土壤水分连通关系等条件所控制。

水资源开发利用对草原植被生态影响最为敏感的是非地带性植被生态系统,这主要是基于它自身的脆弱性和对水资源系统的依存性,良好的非地带性植被生态系统的维持,必须由完整的区域或流域水资源循环系统来支撑。因此,在牧区水资源开发利用中,在时间上、空间上要全面考虑,统筹兼顾;要协调上下游、左右岸、干支流之间的关系;要维持水

参考文献:

[1] 任海,彭少麟.恢复生态学导论[M].北京:科学出版社,2002.
[2] 杨志峰,崔保山,刘静玲.生态环境需水量理论、方法与实践[M].北京:科学出版社,2003.
[3] 蔡晓明.生态系统生态学[M].北京:科学出版社,2002.
[4] 水利部农村水利司,等.全国牧区草原生态保护水资源保障规划[Z].2003.

水解的结果,钠长石被黏土矿物取代,形成风化泥质。在长期的多层次的构造发展历史中,破碎岩体受不同营力作用演化成碎斑岩,角砾岩,碎粉岩及风化泥并存的现象,最终形成现今的深风化囊。

4 深风化带工程效应分析

EH- 4 连续电导率成像系统勘探结果证实了风化破碎带的存在,由于该风化破碎带的位置处于下坝址坝轴线附近,若最终坝址选定下坝址,建议考虑深风化带对大坝安全的影响:(1)渗漏及渗流失稳问题,由于深风化带内岩体极为破碎,在高水头的渗流作用下,细软颗粒可能会被逐渐冲刷搬运,以至潜蚀加剧,坝基局部被掏空,扩大成灾;(2)不均匀沉降问题,由于风化带内岩体破碎,而且局部存在架空现象和夹泥砂土,导致坝基岩层软硬不均,在重力的长期作用下,可能出现不均匀沉降,从而威胁坝体的安全。但同时也应指出,由于该风化带不具新活动性,也并非区域性大断裂,延伸长度、宽度及影响范围有限,不至于短期内产生长距离的渗漏。因此在水电站建设过程中,对其进行有针对性的处理,包括固结灌浆;清除软弱破碎物质,回填混凝土;帷幕灌浆等措施,加强坝基的稳定性和防渗能力,并不妨碍选择该坝作为低堆石坝的坝址。

5 结 论

经以上分析,该深风化带是在长期的地质构造运动过程中形成的,破碎带内岩体松弛解体,演化成以碎块间软性蚀变矿物和夹泥控制其强度特征的碎块结构体,但规模并不巨大,进行针对性的工程处理后,其工程性质将会有很大改善,不会对坝体形成大的威胁。

的持续性,可再生性和生态系统整体性,充分考虑生态用水,维持河道生态基流和适宜的地下水位;要统筹考虑水的多种功能,以流域为单元实行水资源统一规划、统一调度,实行区域范围内水务一体化管理,实现系统稳定和可持续发展。

4. 5 牧区水工程要依据生态学原理合理布局

如前所述,牧区草地资源三元化利用的实施,关键在于高效开发元——灌溉饲草料地建设的支撑,问题也就归结到了牧区水资源的开发利用上。鉴于牧区草原生态系统的脆弱性及其对水资源系统的依存性以及水资源系统自身转化的重复性,因此,水源工程建设的形式、规模,一定要根据当地水土资源条件,按照生态学原理,科学设计、合理布局。