

# 某水电站坝区侏罗纪“红层”沉积演化特征及其工程影响

覃礼貌, 许 模

(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

**摘 要:** 岩石成岩环境及沉积演化特征很大程度上决定了岩体后期浅表生改造的基本类型和特征, 从而影响及控制人类各种工程建筑的安全与稳定。根据某水电站坝区中侏罗世古沉积环境的研究, 讨论作为该水电站坝区工程载体的一套中侏罗世“红层”的沉积演化特征, 并探讨由此建造特征决定的坝区砂、砾岩浅表溶蚀的发育特征、控制因素及其工程影响。

**关键词:** 红层; 成岩环境; 沉积演化; 溶蚀; 工程影响

中图分类号: P534.52

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0374-02

## Characteristics of Sediment Evolvement of Jurassic Red Beds and Its Engineering Influence in a Hydropower Station Dam Site

QIN Li-mao, XU Mo

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The diagenetic environment and characteristics of sediment evolvement affects and controls various human constructions' security and stability by controlling the basic types and characteristics of epigene-rebuild. Based on the research of ancient evolvement of Mid-Jurassic in a hydropower station dam site, the authors discuss the characteristics of sediment evolvement of a Jurassic Red Beds, which is the engineering carrier of this hydroelectric dam, and explore corroding characteristics of the sandstone and conglomerate, controlling factors of and its engineering influence.

**Key words:** red beds; diagenetic environment; sediment evolvement; corrosion; engineering influence

### 前 言

红层是指中生代, 特别是从侏罗纪到早第三纪的陆相红色岩系, 在我国西南地区广泛分布, 而西南地区又是我国发展水力资源的重要基地。经长期红层建坝实践, 在红层上修建水电工程所遇的工程地质问题主要有: 基础岩体变形、坝基抗滑稳定、边坡稳定、集中渗流带等<sup>[1]</sup>。而这些工程地质问题无疑与红层特定的成岩环境、沉积演化、物质组成、结构和构造等建造特征密切相关。只有对这些建造特征进行系统的研究, 才能正确理解及预测在红层建坝过程中所遇到的各类问题。

西南某大型水电工程拟建于中侏罗世的红层(中侏罗统蛇店组,  $J_{2s}$ )上, 所面临的工程地质问题主要是坝区红层中大量钙质流失及由此引起的其它工程地质问题。本文将从坝区红层古成岩环境入手, 分析其在成岩各阶段的主要特征, 为正确认识分析坝区红层钙质流失的物质条件、控制因素及成因机制等, 并采取相应的工程措施提供地质依据。

### 1 区域古沉积环境简介

该电站位于金沙江中游河段, 处于云南中部楚雄中生代沉积盆地中部拗陷带北端, 西为楚雄盆地西部冲断带, 东为东部隆起带<sup>[2]</sup>, 北靠华坪隆起<sup>[3]</sup>(图 1)。印支运动使扬子板块西南边缘岩石圈挠曲, 使楚雄盆地西部隆升, 并形成冲断带, 本

区逐渐成为内陆拗陷盆地, 开始了干旱炎热环境下的内陆河、湖相红色碎屑岩建造历史。此时, 盆地东部古流向大致为自东向西, 南部自南向北流, 西部冲断带上的祥云等地则由北西向东南, 盆地北部的华坪及攀枝花一带由北向南。这一现象反映盆地四周物源区各不相同<sup>[4]</sup>(图 1)。可见坝区此时古流向由北至南, 物源区为华坪隆起带, 为近源沉积。

由于坝区处盆地北部边缘, 同时盆地中心在中侏罗世侏罗世蛇店期-晚侏罗世妥甸期为强烈沉降时期<sup>[2]</sup>, 造成坝区湖面向南减退, 沉积时间较短。在侏罗纪早-中期, 本区湖相沉积达到顶峰, 以冯家河组( $J_{1f}$ )和张河组( $J_{2z}$ )为代表, 主要为泥岩、页岩、石英砂岩等夹泥灰岩。而到中侏罗世蛇店期, 本区水位降低, 以河流相为主, 湖泊相次之。甚至到晚侏罗世本区露出水面, 处于剥蚀风化阶段, 缺失晚侏罗统妥甸组。

### 2 坝区蛇店组岩性特征及其建造成因分析

#### 2.1 蛇店组岩性特征

工程场区揭露的主要地层为侏罗系中统蛇店组( $J_{2s}$ )“红层”, 下覆为侏罗系下统张河组( $J_{2z}$ ), 仅在坝区西北角被河沟切割而零星出露, 整合接触; 其上为第三系及第四系直接覆盖, 缺失侏罗系上统及白垩系地层。

蛇店组底部为棕红色中-厚层状铁质钙质粉砂岩夹紫红色厚层-巨厚层状铁质钙质细粒岩屑石英砂岩; 中部以灰

\* 收稿日期: 2006-07-07

作者简介: 覃礼貌(1976-), 男, 在读博士, 从事地质工程专业的相关研究。

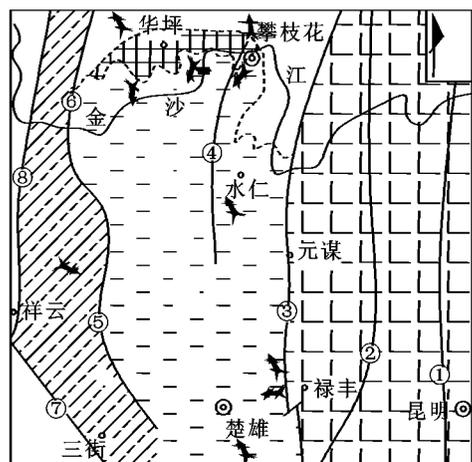


图 1 区域构造单元及古流向分布图  
 1. 东部隆起带; 2. 中部拗陷带; 3. 西部冲断带; 4. 华坪隆起; 5. 古流向; 6. 断层及编号; 7. 水电站坝址区。 普渡河断裂; 安宁河-易门断裂; 绿汁江断裂; 渡口断裂; 沙桥断裂; 鱼泡江断裂; 红河断裂; 程海断裂。

表 1 坝区蛇店组主要岩性特征

岩石名称	大小 /mm	砾石			杂基		胶结物		
		磨圆度	分选	成分	含量	成分	含量	成分	含量
粉砂岩		较差, 棱角和次棱角状		石英、玉髓和火山岩				铁质(2%)和方解石(8%)	10%
细粒岩屑 石英砂岩		次棱角状, 少量次圆状	较好	石英、燧石、泥晶灰岩、长石和岩基性火山岩及个别白云母碎屑	85%	黏土、粉砂		早期铁质(3%)、方解石(12%)	15%
砾岩	5~30	较差, 多为次棱角-次圆状	较差	泥晶及生物灰岩为主, 少量细粒石英砂岩、粉砂岩和泥岩岩屑以及燧石	60%~80%	黏土、粉砂	12%~20%	方解石 淀晶极少量的铁质	8%~20%
细粒岩屑 石英杂砂岩		较差, 多次棱角, 少量次圆	不好	石英、基性火山岩、燧石、泥晶灰岩、长石和泥岩	82%			铁质(3%)和方解石(15%); 局部见方解石交代硅质	18%

(3) 后生作用阶段, 随着埋深的增加, 沉积环境逐渐变为弱碱性, 硅质胶结物逐渐被钙质交代。同时在早期铁质胶结物的空隙, 形成细晶方解石胶结, 并在粒径较大的砾岩和砂岩颗粒间形成散粒状方解石。由于水面的急剧降低, 后生成岩阶段延续时间较短, 岩石矿物颗粒交代及粗晶现象并不普遍。

(4) 随着水位的继续降低, 岩层开始受到饱和 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的大气水影响, 进入表生成岩作用阶段。在炎热干旱的大陆环境下, 有机质的作用较为微弱, pH 值以碱性为主<sup>[5]</sup>。在坝区南侧不远的团山地区, 蛇店组地层中可见到孔雀石和兰铜矿等次生铜矿<sup>[6]</sup>, 说明本区岩层在埋藏不深的范围内上升水作用强烈。这些上升水通过各种裂隙向上运动, 稍有热液活动的性质, 随着温度和压力的降低, 水分的蒸发, 在裂隙(包括显微裂隙)中形成脉状或微脉状方解石条带, 少量呈团块状或合粒状产出。

(5) 到中侏罗世末期, 蛇店组地层升至地表, 完全暴露于大气, 岩层开始受到浅表风化改造阶段, 地层演化又开始进入另外一个地质循环。而恰在晚侏罗世, 本区构造又进入了盖层褶皱阶段<sup>[7]</sup>, 地层出现起伏, 并形成大量的横张和纵张裂隙, 进一步加剧了岩层浅表改造作用的程度和深度。

综上所述, 受坝区中侏罗世成岩环境影响, 坝区蛇店组

紫色、紫红色厚层-巨厚层状砾岩、铁质钙质含砾细粒岩屑石英砂岩为主, 夹棕红色薄-中厚层状铁质钙质粉砂岩; 顶部为紫红色厚层-块状细粒岩屑石英杂砂岩、棕红色中-厚层状铁质钙质粉砂岩夹泥质粉砂岩。局部含灰绿色条带或团块, 总厚约 1 000 m。各岩性主要建造特征如表 1。

### 2.2 蛇店组各成岩阶段主要特征

坝区蛇店组岩性特征受其成岩环境影响。如前所述, 坝区中侏罗世蛇店期相对楚雄盆地中心快速抬升, 物源来自北部华坪隆起, 为近源沉积。受此影响, 本区蛇店组在沉积演化过程中具有如下特点:

(1) 碎屑物成熟度较低, 以碎屑石英砂岩和砾岩为主, 同生期时间较短, 对岩石成岩影响较小。

(2) 成岩作用阶段, 开始有压实作用, 但碎屑物颗粒较大, 其中的孔隙度和水流作用相对剧烈, 在炎热干旱的环境下, 沉积环境以弱酸性-中性、氧化环境为主, 沉积物中含铁的矿(碎屑)物质, 如黑云母和火山岩碎屑等, 发生氧化反应, 形成氧化铁和黏土矿物等, 形成早期铁质及黏土胶结物。在镜下岩石薄片可见铁质胶结物最为靠近岩石颗粒, 并紧附于岩石颗粒之上。仅在局部受有机质还原作用的影响可形成褪色带, 为灰绿色团块和条带, 其中可见还原条件的稳定矿物, 即黄铁矿。

中钙质成分含量较高, 既有钙质砾石、钙质交代和粒间散粒状方解石, 还有后期热液成因的方解石脉等。在局部还保留着还原条件下的稳定矿物——黄铁矿。

## 3 坝区蛇店组成岩特征的工程影响

### 3.1 钙质流失的主要特征

坝区上述成岩建造特征为后期浅表溶蚀改造提供了物质基础, 而盖层褶皱产生的纵张和横张裂隙又为溶蚀水提供运移通道。坝区红层溶蚀具以下特征:

(1) 钙质砾岩中, 当钙质胶结物含量小于砾石的钙质含量时, 形成钙质砾石凹进、胶结物凸起的差异溶蚀, 在钻孔岩芯及勘洞内可见此类溶蚀常沿裂隙、构造破碎带或方解石脉发育, 两侧面凹凸不平。当钙质胶结物含量大于砾石的钙质含量时, 随着钙质胶结物及部分钙质砾石的溶蚀, 碎屑岩颗粒结合力下降, 在地下流体力学潜蚀作用下, 岩石解体, 形成较具规模的溶洞, 其间常见充填不可溶的砾石、白色风化黏土等。

(2) 在砾径较小的砂岩中, 溶蚀常沿裂隙、构造破碎带及方解石脉呈带状分布, 向两侧溶蚀强度逐渐变小, 主要为钙质胶结物的溶蚀, 砂岩溶蚀成砂糖状。

为干扰。

草地的侵蚀强度下降,说明草被在山区对增加土壤的抗侵蚀能力有着积极作用<sup>[6]</sup>。

(3) 由于土壤侵蚀分布与土地利用分布是相互关联的,合理的土地利用方式可有效地控制土壤侵蚀。要治理土壤侵蚀,要从土地利用入手,合理地规划土地利用。土壤侵蚀治理工程已有很多人提出了相关措施,比如“坡改梯”为重点的坡耕地治理工程,建立山区多样化土地利用格局,发展多功能农业技术;对于丘陵地区如璧山县的土壤侵蚀治理,除了要优化土地利用结构、实现土地利用的综合规划、合理利用,做好退耕还林、退耕还草工作外,采用一定的技术措施研究。张春梅等研究在坡耕地上的生物埂治理三峡库区坡耕地水土流失技术<sup>[7]</sup>;朱连奇等人探讨了草被对土壤的抗侵蚀能力的研究<sup>[6]</sup>,这些对于防治水土流失、治理土地沙漠化、恢复生态环境具有重要意义。

由于璧山县一直做到“五个坚持”治理水土流失,其土壤侵蚀状况好转。璧山县相继实施了水土保持“长治”工程、生

态修复工程、退耕还林、天然林保护工程、高效生态农业工程、农村能源建设(以气代柴)、花卉苗木基地建设等,水土保持生态建设逐步走上了依法防治的轨道,在璧山县土壤侵蚀格局改善的基础上有人探究巩固其成果的途径<sup>[8]</sup>并实施水土保持生态修复试点工程<sup>[9]</sup>。

(4) 综合多种因素并以璧山县土地利用和水土流失的研究结果为例,重庆市对于土地利用/覆盖结构进行了调整:耕地—严格控制耕地面积的减少。努力补充耕地面积,保持建设占用与开发、复垦、整理增加耕地持平;园地—适当增加;林业用地—大力发展;除保护和经营好现有林地,改造疏林地、灌木林地,加速迹地更新外,大力发展林业用地,建设好三峡库区及嘉陵江流域生态环境林业重点治理工程;牧草地—适当扩大;建设用地—严格控制,保证重点。

(5) 作为三峡库区周围地区的璧山县,其土壤侵蚀的有效治理和区域农业的可持续发展无疑给三峡工程的良性使用带来积极的意义。

(下转第 383 页)

(上接第 375 页)

(3) 一般的,浅色砂岩溶蚀程度较红色的强,主要是由于浅色砂岩中含有黄铁矿( $FeS_2$ ),在后期风化过程中,发生氧化反应,生成硫酸,使岩石钙质胶结物和钙质砾石溶蚀得更加彻底,导致岩石结构松散,易碎。

(4) 由于方解石脉本身易溶,溶后形成张性(张开)的导水通道,其间水的活动能力较一般剪性裂隙的强,导致溶蚀更易于向两侧及纵深发展。

### 3.2 主要工程地质问题

由于该水电工程拟建坝型为由混凝土重力坝和心墙堆石坝组合而成混合坝,坝基围岩大量钙质物质的流失,可能会产生如下主要工程地质问题:

(1) 溶蚀导致坝基岩体孔隙及孔隙度增大,有效承载面积减小,从而降低坝基岩体承载能力。尤其是钙质胶结物含量较高的砾岩,在化学潜蚀和机械潜蚀共同作用下,形成较具规模的溶蚀孔洞,如目前发现的最大规模的溶洞洞径可达 2 m,位于坝基河床内,埋深约 150 m,此类规模的溶蚀空洞在重力坝负荷下,坝基有可能产生局部沉陷变形,危及大坝稳定。

(2) 溶蚀导致坝基岩体孔隙度及渗透性增加,蓄水后可能产生绕坝渗漏问题。其渗漏通道主要包括透水层及透水带两种,与坝基岩体溶蚀有关的透水层主要为流失钙质的砂岩及砾岩层,透水带主要为可能埋藏于地下某处的溶蚀空洞。

### 参考文献:

[1] 韦俊行. 红层建坝工程地质勘察问题及主要经验[J]. 四川水利, 1993, 14(1): 35-38.

[2] 朱同兴, 王志英, 等. 楚雄中生代前陆盆地的构造沉降史研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 21-26.

[3] 王健丽, 赵霞飞. 楚雄盆地东部晚三叠世沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3): 58.

[4] 谭富文, 尹福光, 等. 楚雄前陆盆地系统的构造单元及沉积标识[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 577.

[5] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980. 64.

[6] 陈根文, 夏斌, 等. 滇中地区砂岩铜矿矿物分带特征及其成因意义[J]. 地质地球化学, 2002, 30(1): 41.

[7] 王思敬, 黄鼎成. 攀西地区环境工程地质[M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 33.

(3) 渗漏现象还可能引起坝基岩体的渗透变形破坏。由于坝基岩体钙质流失,局部胶结较差,结构松散,蓄水后,大坝上、下游间存在较大的水头压力差及水力坡降,在动水压力下,坝基岩体中失去胶结力的土、砂及砾等发生颗粒移动或块体变形等破坏现象。

### 3.3 主要工程措施简述

同大多水电工程防渗措施一样,帷幕灌浆对该水电工程防止围岩中溶蚀及裂隙渗漏具重要作用。同时,对于埋深较浅的钙质砂岩溶蚀带可视为破碎岩体,进行挖槽处理,而对埋深较大,延伸长,宽度大的溶蚀带及溶蚀空洞可视情况而定,或加深开挖,或加强灌浆处理,这不仅加强围岩的防渗作用,同时还是增加坝基岩体承载能力的重要措施。

## 4 结 论

通过对红层成岩环境及沉积演化过程的系统研究,将有助于我们认识红层的浅表改造特征及其工程影响。某水电站坝区红层受其所处构造部位及成岩环境影响,碎屑物成熟度较低,钙质含量较高。在浅表改造中,沿裂隙及方解石条带发生钙质流失,并向坝基深部发展,导致基岩孔隙、孔隙度增大,透水性增强,岩石强度降低,可能引起绕坝渗漏、渗透变形及基岩承载能力降低等一系列工程地质问题,应采取相应工程措施,以确保大坝安全。