

# 山西石家庄水库坝址泥化夹层的工程地质特征

咸付生,荆海丰,王瑞明

(水利部·山西省水利水电勘测设计研究院,山西 太原 030024)

**摘要:**根据山西石家庄水库坝址区工程地质水文地质资料,以及钻孔、探洞和室内力学试验等资料,分析了泥化夹层的物质组成、厚度、结构、空间分布及成因等特征,论证了其对立、右岸坝肩岩体稳定的影响,并提出了有关工程处理措施。

**关键词:**泥化夹层;工程地质特征;石家庄水库

**中图分类号:**P641.72

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-7647(2001)07-0034-02

石家庄水库位于山西省宁武县石家庄村汾河干流上,为汾河梯级开发工程,设计坝高63m,正常蓄水位1377m,库容4.2亿 $\text{m}^3$ 。勘察过程中发现坝址区泥化夹层发育,并对左、右岸坝肩岩体稳定有一定影响。

## 1 地质概况

石家庄水库坝址区汾河流向由北向南,河谷底宽800~1000m,河床靠左岸,右岸为漫滩,谷底地形平坦,高程1327m,左岸为基岩岸坡,呈阶梯状,坡顶高程1500m;右岸有黄土台地,顶面高程1400m,其后缘为基岩岸坡,坡顶高程1550m,岸坡高差100~200m,为“箱型”河谷。

坝址区出露地层主要为中生界侏罗系下统大同组和云岗组陆相碎屑岩,根据其工程地质特征划分以下几个岩组:① $J_1^1$ -1,青灰、灰黑色泥岩,砂质泥岩夹砂岩,发育于谷底和左岸;② $J_1^1$ -2,灰绿、黄绿色中厚层状中粗粒长石石英砂岩厚8~14m,分布于左、右两岸;③ $J_1^1$ -3,灰、紫红色砂质泥岩、泥岩夹砂岩,厚50~60m;④ $J_1^1$ -4,黄绿、灰绿色长石砂岩、长石石英砂岩夹砂质泥岩,厚3~15m;⑤ $J_1^1$ -5,灰绿色砂质泥岩、泥岩夹泥质砂岩,厚25~30m;⑥ $J_1^1$ -6,紫红色中厚层状中粗粒长石石英砂岩,含少量泥岩,厚度大于100m。

坝址区地处山西陆台西部北中段宁静拗陷带的西南端,主要构造形迹为宁静向斜,其轴向 $NE30^\circ$ ,并向北东方向倾伏,坝址位于该向斜核部偏南东翼,左岸岩层产状 $NE30^\circ/NW\angle 1^\circ\sim 5^\circ$ ,倾向河谷略偏上游,为顺向坡;右岸岩层产状 $NE35^\circ/NW\angle 1^\circ\sim 6^\circ$ ,构成逆向坡。

区内两岸地下水补给汾河,在左、右两岸 $J_1^1$ -1岩组泥岩顶部有泉分布,流量1~5L/s。

## 2 泥化夹层的特征

### 2.1 泥化夹层的发育情况

根据探井、平洞和钻孔勘探,了解石家庄水库坝址泥化夹层主要发育在左岸 $J_1^1$ -1顶面与 $J_1^1$ -2岩组砂岩的分界处,连续性好,产状与岩层产状基本一致,厚度5~15cm,起伏差1~5cm,粘粒含量高。其它岩组内发育的泥化夹层厚度仅1~3cm,连续性差。

### 2.2 泥化夹层的结构特征

泥化夹层由泥化带、劈理带和裂隙发育带组成,其泥化带厚度3~8cm,其下为劈理带和裂隙发育带,分别厚2~3cm和5cm左右。

## 3 泥化夹层的工程地质特征

### 3.1 泥化夹层的物质成分和化学成分

a. 颗粒组成。室内颗分试验表明,其砂粒组占8%~10%,粉粒组25%~35%,粘粒组51%~60%。

b. 矿物成分。差热和衍射分析表明,其矿物成分以水云母和高岭石为主,并含一定量的蒙脱石和石英等。

c. 化学成分。通过室内分析,其 $\text{SiO}_2$ 含量47%~58%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为20%~26%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 为4%~6%, $\text{K}_2\text{O}$ 为3%~5%, $\text{MgO}$ 为1%~2%。

d. 干容重和含水量。根据左岸平洞沿轴线每隔10m取样测试,在0~30m范围内泥化夹层的干容重为1.50~1.56 $\text{g}/\text{cm}^3$ ,含水量30%;在30~60m范围内,为1.60~1.65 $\text{g}/\text{cm}^3$ ,含水量25%;在60~90m

作者简介:咸付生(1963—),男,河南滑县人,高级工程师,主要从事工程地质勘察、岩土工程勘察工作。

范围内为  $1.7 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$ , 含水量 15%。随平洞深度的增加泥化夹层的干容重逐渐增加, 含水量减少, 在距岸边 60 m 范围内其泥化程度较高, 大于 60 m 泥化减弱。

### 3.2 泥化夹层的抗剪强度及压缩性

取泥化夹层扰动样品, 按其含水量、干容重进行室内制样, 采用饱和快剪测试, 其洞深 5 m、30 m、70 m 处试验成果分别为:  $c = 0.01 \sim 0.02 \text{ MPa}$ ,  $\varphi = 10^\circ \sim 12^\circ$ ;  $c = 0.02 \sim 0.04 \text{ MPa}$ ;  $\varphi = 15^\circ \sim 16^\circ$ ;  $c = 0.03 \sim 0.06 \text{ MPa}$ ,  $\varphi = 19^\circ \sim 20^\circ$ , 压缩系数为  $0.3 \sim 0.45 \text{ MPa}^{-1}$ 。

## 4 泥化夹层的成因分析

坝址区泥化夹层主要发育在左岸, 连续分布, 厚度 5 ~ 15 m, 坝基岩体内不发育, 右岸仅局部有分布, 且连续性很差, 厚度薄, 其形成原因主要与以下因素有关:

a. 地质构造。泥化夹层是由于砂岩与其下的泥岩、砂质泥岩受宁静向斜形成过程中产生层间错动作用, 形成层间错动带, 该错动带在左、右岸均有分布, 而且连续性较好, 顺岩层面的起伏而变化, 主要由受挤压错动形成的劈理带、鳞片状泥岩和含有一定量角砾的糜棱岩带组成, 左岸厚 5 ~ 15 cm, 右岸 1 ~ 10 cm。

b. 地下水活动。由于  $J_1-1$  岩组泥岩的隔水作用, 使其各岩组内向下渗流的地下水运移受阻, 转为沿层面渗流, 并向汾河排泄。在地下水的作用下, 使层间错动带的物质产生泥化, 右岸为逆向坡, 相对受地下水作用较弱, 只在局部有轻微泥化。

c. 岩体卸荷影响。坝址区泥化夹层左岸较发育, 除与地质构造和地下水作用有关外, 尚与岸边岩体卸荷作用有关。左岸为顺向岸坡, 随着汾河的侵蚀下切左岸岩体在卸荷作用下地应力释放, 产生松弛, 结构面不同程度地张开, 岩体的渗透性增大, 从而导致地下水入渗及循环强烈, 且风化作用的深度增加, 致使层间错动带产生泥化。而右岸为逆向岸坡, 其卸荷作用较顺向岸坡要弱, 这种差异在钻孔声波测试及探洞地震波测试反映比较明显, 右岸岩体的波速均较左岸岩体高。

d. 泥化夹层对左、右岸岩体稳定的影响分析。坝址右岸泥化夹层连续性差, 不能形成控制性滑动面, 加之右岸为逆向岸坡, 岩体稳定性较好; 左岸泥化夹层顺层分布, 厚度 5 ~ 15 cm, 厚度大于起伏度, 连续性较好, 泥化程度高, 且倾向河谷, 可构成左岸坝肩岩体失稳的滑动面, 加之左岸坝轴线上、下游均有切割深度大于泥化夹层底面的冲沟, 其走向近与汾河垂直, 构成侧向切割结构面, 北东向的节理、裂

隙因卸荷不同程度的张开, 构成后缘切割结构面, 这样左岸坝肩处岩体产生潜在滑动的边界条件基本形成, 有顺层滑动的可能。经采用刚体极限平衡法进行计算, 其天然状态下的安全系数为 1.5 ~ 2.0; 正常蓄水条件下, 其安全系数为 1.1 ~ 1.3。

## 5 结 语

a. 该坝址处泥化夹层是软弱岩层产生层间错动形成层间错动带, 在后期岸边岩体卸荷、风化和地下水等共同作用下形成的, 层间错动带是泥化夹层的物质基础, 地下水是促使泥化夹层形成的主要外因。

b. 坝址区右岸泥化夹层分布不连续, 泥化程度低, 对岩体稳定基本无影响。左岸泥化夹层顺层分布, 连续性较好, 厚度 5 ~ 15 cm, 泥化程度高, 抗剪强度低, 影响岩体稳定。

c. 根据泥化夹层的物理力学试验资料分析, 其属于中-高压塑性粘土, 在天然状态下呈硬 ~ 软塑状态, 并具有一定的膨胀性, 其抗剪强度较低, 由于其倾角仅  $1^\circ \sim 3^\circ$ , 其抗滑稳定安全系数在天然和饱和状态下均大于 1, 处于稳定状态。但考虑到泥化夹层厚度 5 ~ 15 cm, 且具有一定压缩性和膨胀性, 目前靠岸边处 20 ~ 30 m 范围内的岩体不同程度产生卸荷张裂, 受卸荷及岸坡中下部泥化夹层影响, 岩体产生蠕变有关, 或蠕滑引起的。故建议筑坝时将左岸坝肩处距岸边 30 m 范围内的岩体挖除, 消除泥化夹层产生的不利影响, 使整个左岸坝肩岩体处于稳定状态。

(收稿日期: 2001-07-29 编辑: 张志琴)

## 2002 年《水资源保护》征订启事

《水资源保护》(季刊, 公开发刊)是由环境水利研究会与河海大学共同主办的, 以技术性为主, 兼顾学术性和管理性的科技期刊。其主要任务是探讨我国水资源保护的技术政策、科学技术、宏观管理及实践中的重大问题; 及时反映国内外在水资源保护领域中的新颖实用技术和科技信息; 推广全国各地在水资源保护工作中的成果和经验; 报导有关国内外学术会议、技术交流等消息动态。主要读者对象为从事水资源保护工作的水利、环保及相关领域的工作人员, 有关工程技术、科研人员、管理干部以及大专院校的师生。

《水资源保护》2002 年每期定价 6 元, 全年 30 元 (含包装、邮资费)。欲订者可向编辑部函索订单。编辑部地址: 210098 南京市西康路 1 号 河海大学; 联系电话: (025) 3786642; E-mail: bh@hhu.edu.cn