

浅析复杂地质情况下大坝工程坝基处理

陆 通

宁夏水利水电工程局 宁夏银川 750000

摘 要: 坝基是土石坝工程的根, 承担着大坝工程正常运行的至关重要的作用。根据宁夏中南部地区复杂地质条件下水库大坝运行工况调查分析, 结合在建项目高质量发展要求, 为确保复杂地质条件下新建大坝工程的建设安全和运行安全, 妥善处理质量、进度、安全、投资间的矛盾关系, 充分发挥工程项目建设效益, 实现水资源优化配置, 服务西海固地区产业经济发展。针对固原市黄河水调蓄工程大坝工程复杂地质条件进行分析研究, 以实现各项建设目标和建设意义。

关键词: 湿陷性黄土; 不均匀沉降; 地质危害; 地基; 处理措施

Analysis of dam foundation treatment under complex geological conditions

Tong Lu

Ningxia Water Resources and Hydropower Engineering Bureau, Ningxia Yinchuan 750000

Abstract: The dam foundation is the root of earth - rock dam project and plays an important role in the normal operation of the dam project. Based on the investigation and analysis of the operation conditions of reservoirs and DAMS under complex geological conditions in central and southern Ningxia, combined with the requirements of high-quality development of projects under construction, this paper ensures the construction safety and operation safety of new dam projects under complex geological conditions. We properly handle the contradictions between quality, schedule, safety, and investment, give full play to the benefits of the project construction, realize the optimal allocation of water resources, and serve the industrial and economic development of the Xihaigu region. This paper analyzes and studies the complex geological conditions of the dam project of the Yellow River water Diversion and storage project in Guyuan City in order to achieve the construction objectives and significance.

Keywords: collapsible loess; uneven settlement; geological hazard; foundation; treatment measures

1 工程概况

宁夏固原市黄河水调蓄工程建设任务是新建一座调节性水库—何家沟水库, 一座扬水泵站及其输水系统, 以及输泄水建筑物。工程建成后, 经何家沟水库调蓄, 年可调蓄黄河水约4000万 m^3 , 可解决原州区清水河川区的黄铎堡、三营、头营、彭堡、中河5个乡镇的27万亩灌溉用水问题; 还可与宁夏中南部城乡饮水安全工程对接连通, 形成双水源, 更好地保障群众生产生活用水需求。

何家沟水库位于宁夏固原市原州区黄铎堡镇何家沟村, 为清水河一级支流中河的二级沟道, 水库拟建坝址断面以上流域面积10.9 km^2 , 河长5.8 km , 平均坡降

51.7‰。海拔高程在1690.00 ~ 1755.00m之间, 区内地势较平坦, 地貌以林地、山地和低山丘陵组成。水库总库容997万 m^3 , 属IV等工程, 规模为小(1)型。

2 区域地形地貌

2.1 坝址区地形地貌

项目地处六盘山地区, 受构造运动影响, 河流不断下蚀, 河曲发育, 河岸多为直立陡坎, 沟壑纵横交错, 植被稀疏。库区河谷由于水流冲刷下切, 河谷呈“V”型, 河谷两侧发育有较连续的阶地, 阶地地面高程1720.00 ~ 1770.00m。库区内两岸发育有垂直河谷的冲沟, 其中较大冲沟在左岸发育有2条, 沟底宽3 ~ 10m; 右岸发育有2条, 沟底宽2 ~ 10m, 沟口宽约15 ~ 30m。

河谷两岸发育黄土梁, 库区内岸坡较陡, 坡角一般 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 垂直的陡坎呈阶梯状分布。坝区两侧山体上部为黄土, 汇水冲沟、落水洞极为发育, 呈串状, 规模大小不一。

2.2 地层岩性

坝址河谷段出漏的主要地层为壤土(Q_4^{2pl}), 可塑~硬塑状态, 具有水平层理, 分布于河谷底部。库区内淤积物呈饱和状态, 具水平层理为壤土(Q_4^{2pl}), 左右坝肩主要分布湿陷性黄土(Q_3^{col}), 坚硬状态, 可见大孔隙, 垂直节理发育, 下部为壤土(Q_2^{apl})、砾砂(Q_2^{apl}), 砾石以泥灰岩和砂岩为主, 砾石一般直径为 $2 \sim 10\text{mm}$, 最大直径 $20 \sim 40\text{mm}$, 呈次棱角状, 约占 $40 \sim 45\%$, 壤土充填。砾岩(N_{2g})分布于阶地及左坝肩下部, 砾石以泥灰岩、灰岩为主, 泥质胶结, 产状近于水平。局部夹有泥岩, 土黄色, 泥质结构, 厚层状。古河道泥岩中含有大量的植物根茎, 古河道宽度 $8 \sim 15\text{m}$, 横穿坝基, 成“S”型走向。

2.3 水文地质

坝址主沟道内存在地表水和地下水, 地下水分布于两侧山体下部强风化、弱风化砂质泥岩中, 为基岩裂隙水, 地下水补给地表水。在库区上游岔沟内分布有地下水, 以下降泉的形式向主沟道内排泄, 流量较小。地表水分布于原库区内, 主要为上游的基岩裂隙水补给。下部强风化及弱风化的泥岩中存在地下水, 且为承压水, 水头约 13m , 承压水单井涌水量约 $10\text{L}/\text{min}$ 。

2.4 工程地质

坝址周围 5km 工程场址区分布有兴隆—彭堡断面呈隐伏断裂(F2)。该断裂为天景山断裂向南延伸段, 断裂距离工作区 $0.5 \sim 4.1\text{km}$, 由于该断裂在此段活动减弱, 呈隐伏断裂。坝址周围 25km 近场区主要分布有3条断裂: 清水河隐伏断裂(F1)和海原断裂(F3)及其分支断裂(F3-1)。清水河断裂距离坝轴线为 7.1km , 该断裂呈隐伏断裂; 海原断裂(F3)及其分支断裂(F3-1)距离坝轴线距离分别为 17.8km 及 7.8km , 该断裂为全新活动断裂, 控制工程场区的构造稳定性。综合评价工程场区的构造稳定性较差。

3 坝址区主要工程地质问题

3.1 坝基液化情况

现状主沟道勘探时淤泥分部厚度高程为 $1690 \sim 1704\text{m}$, 下部的角砾层厚约 5.6m , 该层角砾小于 5mm 颗粒含量的质量百分率 $52.6 \sim 72.2\%$, 粘粒含量 $1.8 \sim 4.0\%$, 且呈稍密状态, 为液化土层。

坝基处砾岩、泥岩层强风化厚度 $1.0 \sim 3.0\text{m}$, 弱风

化层 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 。砾岩中节理裂隙不发育, 强风化泥岩中裂隙较发育, 发育有二组节理裂隙, 裂隙面延展段, 为IV级结构面。浅红色泥岩自由膨胀率 $43.5 \sim 51.5\%$, 具有弱膨胀性潜蚀, 青灰色泥岩自由膨胀率 $15.0 \sim 31.5\%$, 不具有弱膨胀; 青灰色泥岩、砾岩中局部可见有大量的植物树干及根茎。

3.2 土体的湿陷性

左坝肩上部 $11.0 \sim 21.0\text{m}$ 黄土层具有湿陷性, 为II级自重(中等)~IV级自重(很严重)湿陷性场地, 湿陷量 $459.50 \sim 1578.40\text{mm}$, 自重湿陷量 $160.80 \sim 1072.80\text{mm}$ 。右坝肩向上游偏移 50m , 上部 $5.0 \sim 9.0\text{m}$ 具有湿陷性, 为II级自重(中等)湿陷性场地, 自重湿陷量 $225.6 \sim 246.0\text{mm}$, 湿陷量 $562.5 \sim 609.9\text{mm}$ 。

3.3 渗漏情况

坝基左岸及上部的泥岩风化裂隙及构造裂隙较发育, 沿着裂隙易产生裂隙型渗漏。砾岩中的渗漏主要为孔隙型渗漏, 砾岩产状水平, 层状构造, 砾岩中裂隙不发育, 当泥质胶结物较少时, 砾岩胶结极差, 沿着胶结差的层面产生孔隙型渗漏, 透水性强。

3.4 岩层分布不均一

坝基岩性不均一, 左坝肩及坝轴线上游坝基处多为砾岩, 主沟道上游坝基处为青灰色泥岩, 右坝肩下部为土黄色间浅红色泥岩, 主沟道与右坝肩阶地泥岩高差 17m , 右坝肩阶地处截槽桩号 $0+363 \sim 0+445$ 段与西侧沟底泥岩高差 $17 \sim 20\text{m}$, 且岸边坡较陡, 岩体分布高程不均一, 岩土体变形特征复杂, 建坝后上覆填土厚度不均匀, 且泥岩和填土的压缩模量存在差异, 可产生不均匀变形。

4 坝基处理措施

4.1 淤积层、液化层及古河道开挖处理

根据施工用水(如土料制备、上游围堰蓄水等)需求, 进场事先解决原水库存水排除及利用问题, 为淤泥清理创造条件; 大面积淤泥深度较浅区域采用进占法进行淤泥挖除, 自卸车外运。淤泥较深区域, 特别是原河床冲沟段上层流塑状淤泥采用泥浆泵抽排, 下层沉积层开挖外运方式进行清理。完全揭示地质状况后对整体地基进行二次勘探评价。优化坝体轴线布置, 整体考虑地形平坦, 地基岩层以泥岩为主。由于河床坝基范围内存在古河槽, 槽内填充物主要为角砾夹粘性土, 含水, 稍密、可塑, 存在地基不均匀沉降和砂土地震液化问题, 将坝基范围古河槽全部挖除, 槽内用7:3宽级配砾质土回填、碾压至建基面高程。

坝肩开挖后的地形倾斜上升, 开挖过程中坝轴线岸

坡由斜坡和台面构成, 填筑坝体过程中对坝肩边坡进行了削坡放缓处理, 开挖坡比为1: 0.75 ~ 1: 4.6, 坝轴线开挖最大坡比约1: 1.8, 至顶部趋于平缓。

4.2 地下水处理

针对左右岸不同渗水现象, 1#冲沟内边坡上高程1702.50 ~ 1704.00m的泥岩夹砾岩层位、左岸坝轴线下游约45.8m处、高程约1697.00m的边坡上砾岩, 右岸坝轴线下游约84m处坡脚凹洼部位有渗水现象, 由雨水入渗土层引起。局部出现浅层蠕滑现象, 坝体填筑前对其采取了挖除处理。坝后区右岸边坡局部存在表面剥落、浅层蠕滑现象, 坝体填筑前对于坝后区滑动堆积体采取了挖除处理, 清理后的建基面为(N_{2g}^1)棕黄色、褐黄色泥岩。由于泥岩、砾岩抗风化能力很弱, 对于大坝两岸边坡采取了涂刷泥浆保护层措施。

4.3 湿陷性土处理

两岸 I 级阶地冲洪积壤土上部厚9.0m的壤土具有湿陷性, 坝肩山体上部分布有上更新统(Q_3^{col})湿陷性黄土, 左坝肩顶部黄土湿陷界限厚度11.0 ~ 21.0mm, 右坝肩上部黄土湿陷界限厚度5.0 ~ 15.0m。

对坝肩山体上部的湿陷性黄土层全部挖除, 建基面地层岩性为上、中更新统非湿陷性黄土及新近系干河沟组泥岩、砾岩; 右岸桩号 I 级阶地湿陷性壤土层、坝肩山体上部的湿陷性黄土层全部挖除。

4.4 坝基基面处理

坝基岩(土)体主要是新近系(N_{2g})泥岩及砾岩, 属易风化岩, 建基面强风化~弱风化, 下游褥垫排水区建基岩体主要为红褐色、黄褐色泥岩, 表部进行了平整、碾压处理; 坝前区建基面(N_{2g})松散状的灰褐色泥岩、砾岩层, 采取了机械碾压处理措施, 并进行了原位密度测试。

河床古河槽, 槽内填充物存在地基不均匀沉降和地震液化问题, 挖除后且用7: 3宽级配料回填碾压处理, 回填土压实度为98%, 压实度达到设计要求。

4.5 坝基、绕坝渗漏处理

坝轴线地层中左岸坝基下部分布有中等透水的砾砂、砾岩, 主沟道坝基处分布有裂隙型中等透水的强风化泥岩, 右岸坝基下部分布有裂隙型中等透水的强风化泥岩, 存在坝基渗漏和绕坝渗漏问题, 采用混凝土防渗墙处理。

成槽完成后随即浇筑混凝土。施工过程中, 根据揭露的地质条件部分槽底深度适当加深, 以穿过工程性能较差的灰色泥岩夹砾岩层, 防渗墙底部达到黄褐色、红褐色弱风化泥岩层。

5 小结

针对固原市黄河水调蓄工程坝基复杂地质情况, 通过采取不同措施进行处理, 经过两年多的运行情况, 大坝上下游方向偏移量较小, 基本趋于稳定。大坝沉降量在5.0 ~ 34.9mm之间; 大坝总体呈沉降状态, 最大沉降量为34.9mm, 主要发生在坝顶大坝桩号0+360m左右, 由于该处处于坝体填筑最高段, 沉降大于其他部位与实际情况吻合, 也与施工期沉降变化规律一致。

防渗墙前后的渗水压力前期受库区水位升高及大坝左右岸施工用水影响有所上升, 但最高渗压水位仅在1712.63m, 低于库区水位高程。截止目前, 防渗墙前的渗压水位随着地下水位变化略有小量上升趋势, 防渗墙后的渗压水位基本稳定, 且防渗墙前渗压水位总体明显高于防渗墙后的渗压水位, 表明防渗墙防渗效果明显。大幅提高坝基、坝肩的防渗性能, 降低了坝基、坝肩部位产生渗透变形的可能性。

通过对坝基岩土特性分阶段详细分析及过程揭示, 针对复杂地形岩性分布情况, 采取切实可行、科学有效的处理措施, 辅以实验验证加以佐证, 按期顺利完成了该项目的建设任务, 确保了该坝体工程的运行安全, 充分发挥工程项目建设效益, 积累了丰富的经验, 对后续该地区水库工程建设具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1]叶卓峰. 探讨水库坝基开挖施工技术[J]. 北京电力高等专科学校学报(自然科学版), 2012, 29(10): 148-150.
- [2]丁练军. 对水库坝基开挖施工技术探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2011, (23): 36-39.
- [3]中华人民共和国国家发展和改革委员会, DL/T5395-2007, 碾压式土石坝施工规范[S];
- [4]国家能源局, DL/T5192-2013, 碾压式土石坝施工规范[S].
- [5]管仕军, 袁绪昌. 锦平大坝坝基开挖施工与监理[J]. 人民长江, 2012.31(02): 57-58.