

悬挂河谷水文地质条件分析评价

魏潇 邹旭 杨世武

贵阳市水利水电勘测设计研究院

摘要: 本文主要探讨库底隐伏强岩溶层情况下的渗漏分析, 据达西定律结合库盆水文地质条件分析计算库底可能渗漏量, 为强岩溶区渗漏分析提供一定依据。

关键词: 弱岩溶层; 强岩溶层; 分层地下水位; 排泄基面; 渗漏计算

在贵州地界上碳酸盐岩大面积出露, 其中强岩溶层间夹弱岩溶层产出, 亦有强岩溶层伏于弱岩溶层之下发育情况。对于水库工程而言, 库盆岩溶水文地质条件分析尤为重要。对于水文地质条件调查不充分情况下, 仅观测到库底上层弱岩溶化岩组(诸如白云岩、泥质白云岩等), 而未对库底下层隐伏含水岩组的岩溶化程度进行充分考虑, 如此将导致库水穿越弱岩溶化岩组进而向强岩溶岩层发生渗漏可能。本次研究主要着手于库盆多层结构, 地下水位分层显著情况分析, 结合达西定律规定计算库水顺弱岩溶化岩组向底部强岩溶岩层之可能性渗漏量。需谨慎对待各类工程, 库底水文地质条件优良时未必不发生水库渗漏, 发生渗漏时未必不能成库, 需综合分析, 以利国利民, 关乎工程大计。

一、工程概况

金盆水库工程地处云贵高原中部, 处于贵州省第三梯级面贵州高原的东部斜坡地带, 于舞阳河及其支流龙江河的分水岭斜坡上, 位于大江河上源头河段。碳酸盐岩大面积分布, 地质营力以溶蚀为主, 地貌主要为山盆地岩溶峰丛地貌, 多具岩溶洼地、落水洞、岩溶管道、岩溶泉等形态分布。水库校核洪水位924.22m, 总库容51.2万m³, 正常蓄水位922.00m, 相应库容39.3万m³, 最大坝高28.0m, 规模为小二型水库。

库盆总体自西向东展布, 河谷比降约2%, 两岸地形坡度15~40°不等, 切割相对高差25~200m不等, 上游切

割深、下游切割浅。地形分水岭台地普遍平缓, 高程普遍1000~1141m; 近坝址段南北两岸向河谷俯冲, 地形变陡, 高程935~1000m。首部一带分水岭分别呈SE、NE向迂回包围库盆。库盆北部、东部、南部均有邻谷分布, 北部邻谷具备常流水系, 东部、南部邻谷不具地表河流, 为低矮岩溶邻谷。

二、库盆含水层结构

库盆地表出露地层为寒武系中统高台组(ϵ_2g), 岩性以白云岩为主夹泥岩、泥质白云岩层, 为间层分布次纯一夹不纯碳酸盐岩组, 地表及钻探未揭示到溶洞、落水洞、管道等岩溶形态发育, 岩体透水性小于4Lu, 属弱岩溶含水层。无断层褶曲构造发育破坏库盆, 岩层产状 $N46\sim60^\circ E / SE \angle 10\sim28^\circ$ 。下伏清虚洞组(ϵ_1q)岩性厚层块状灰岩、白云质灰岩, 为中至强岩溶化含水岩组, 于下游右岸一带斜向插入库盆底部。由此构成上弱下强之水文地质结构特征, 上部弱等含水层地表发育8个常流泉点, 流量0.05~4L/s, 高程920~992m, 上层地下水露头普遍较高。下层强岩溶层地表多具落水洞、溶洞、岩溶管道等岩溶形态分布, 邻谷发育6个岩溶洼地、4个落水洞、1个岩溶管道系统, 岩溶率7.3个/km², 面积岩溶率33%, 岩溶强等发育。需严格细致对上下两层水文地质结构及地下水类型、埋藏性质作揭露分析。

三、地下水径流排泄特征

工作中于坝址及分水岭地带布置9个钻孔, 右岸坡三钻孔深及清虚洞组顶部10~20m, 钻孔勘探基本控制了库盆坝址、较低分水岭岸坡高台组地层及清虚洞组顶部。9孔全试段岩体透水性除强风化层外 $\rho \leq 5Lu$ 。夹泥质白云岩不纯碳酸盐单层在7层以上, 河床坝基下15m, 高台组下部不纯碳酸盐岩组间距缩小, 坝址、两岸岸岩体无断层破坏、弱透水性岩体连续出现, 覆盖剖面。高台组垂直方向为不纯碳酸盐岩组夹层分隔,

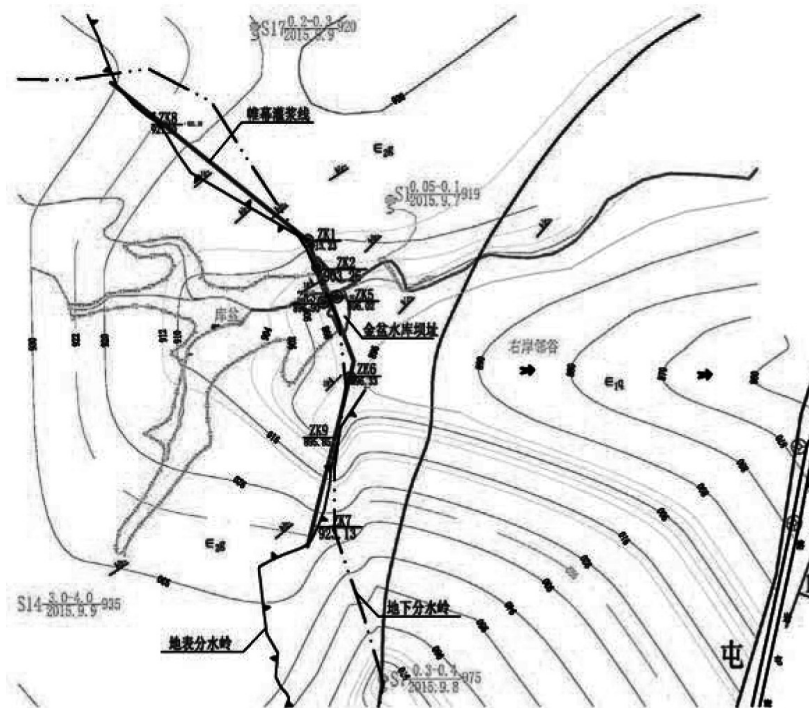


图1

垂向上可视为相对隔水层，沿单层水平方向为多层次含水层。

下伏清虚洞组 (\in_{1q}) 岩性厚层块状灰岩、白云质灰岩。产状较均—N46°E /SE∠10°~28°。钻孔揭露结合压水试验分析，库盆高台组厚50~120m，弱风化岩体压水试验结果为2~3.3Lu，平均2.8Lu，属于弱等透水系。清虚洞组地层钻探过程中均未发生掉钻，岩体压水试验结果为3~3.4Lu，钻孔摄像仅可见部分裂隙发育，孔内岩溶发育程度弱。右岸布置水文地质钻孔揭露清虚洞组顶板高程882.325~922.131m，岩层倾向河谷左岸，岩层倾向18°，强岩溶层稳定地下水位为892.729~923.131m，清虚洞组地层中地下水位低于水库正常蓄水位。

故库盆水文地质结构为盆底为弱等含水层，下伏有强岩溶灰岩层，为探明两层水位分布，水文地质条件特分析如下：

经库盆地表、地下水文地质条件调查及钻孔揭露分析，综合绘制库盆地下水位等水位线，见图1（库盆地下水位等势线图）。

库盆大多地下水位低于922m正常蓄水位，地下水位上游高下游低，坝址一带左岸高右岸低，地下水受右岸低矮邻谷及雷旗屯岩溶管道系统袭夺，总体向东部岩溶管道系统一带补给排泄。

右岸ZK6、9、7三钻孔，孔底钻穿至清虚洞组灰岩，司钻过程初见水位、不同孔深水位、终孔水位变化幅度较大。ZK9开孔至71.5m水位均随孔深持续下降，在高台组地层中水位稳定在49.4m，钻孔穿高台进入清虚洞组地层后水位突降，经长期观测清虚洞组中稳定水位为66.5m。存在上下两层水位。ZK7钻孔于高台组中钻进时次日水位可稳定于约26m位置，钻孔进入清虚洞组地层后次日水位突降至50m（降幅26m），紧接水位随孔深下降，直降至74.5m后，随着孔深增加、水位不降反升，接连续4日观测水位稳定于70m位置。故钻孔揭示存在两层地下水位，清虚洞组的水位出现稳定升高情况，随孔深加大，水位并未下降，也印证该地下水为右岸向邻谷岩溶管道的排泄基面。钻进上覆地层钻孔水位变化不大，钻穿界面水位不降反升，出现混合水位复杂情况。ZK6可能进入清虚洞组不深，顶部岩性弱透水性有一定隔水作用，反映水位主要是高台组 \in_{2g} 的泥质白云岩多层次水位。ZK9深入清虚洞组灰岩，终孔地下水位出现在清虚洞组孔段，且导致比下游侧ZK6孔水位低1m左右。ZK9孔钻进导致 \in_{2g} 流向 \in_{1q} ，而且在 \in_{2g} 下部存在隔水条件下，在 \in_{1q} 内形成埋藏地下水面。而更高高程位置的ZK7孔水位初见水位后长观水位上升，印证 \in_{2g} 下部的隔水性。

四、渗漏分析

库盆岸坡均由高台组地层构成，下伏清虚洞组灰岩未与库水直接接触。高台组 \in_{2g} 在库盆下厚度50~80m，弱透水率 $\rho \leq 3$ ，无构造破坏，多层阻水、岩溶弱发育，高台组下部存在阻水性，与清虚洞组灰岩地下水无大的水力联系，库水通过库盆底高台组 \in_{2g} 岩体向清虚洞组 \in_{1q} 灰岩渗流、再向库外渗流可能性不大。

库盆范围高台组地表出露，多层次含水，存在潜水位。两库岸地下水存在低矮分水岭，低于水库水位922m。库首坝址地下水位低于河水位，向大江河偏右岸下游降低，高程门槛受限于高台组底部、清虚洞组灰岩顶部隔水层，高程数值低于896m。清虚洞组灰岩处于高台组下伏，库盆区无露头，露头区展布于库右岸分水岭外东侧炭山湾一片，低邻水系是雷旗屯岩溶管道，库盆下伏清虚洞组灰岩存在埋藏地下水位，低于高台组底板，露头区炭山湾一片地貌为舒缓状丘陵，地下水位890~885m，大江河坝址下游可能接受高台组地下水、大江河左支沟地表水径流补给。低矮分水岭部位渗漏主要途径仍是岩体风化裂隙，非贯通性溶隙渗漏。

故可知高台组与清虚洞组存在分层地下水位，天然状态下

在库水压力下，不利情况考虑，库水垂直向穿越高台组进入清虚洞灰岩层，特对此可能渗漏量作初步估算：

$$k = \frac{Q}{2\pi Hl} \ln \frac{l}{r_0}$$

上述查明清虚洞组水位895~900m，河谷属于左岸补给，右岸排泄类型。高台组白云岩压水试验吕荣值2~3.3Lu，平均2.8Lu。采用压水试验规范附录C公式计算渗透系数k：计算得渗透系数取 $k=1.3 \times 10^{-5}$ cm/s，该值与“中小型水利水电工程地质勘察规范”中附录D中透水率对应的渗透系数规定一致。用达西定律 $Q=KAJ$ 计算库底渗透流量，其中 $J=\Delta H/L$ ，分库中库尾及库首两段计算。库中库尾段高台组厚度相对较大，为90~120m，地下水位较高，且左岸钻孔揭示水位均高于河床，河床水流为常流水，正常蓄水位与该库段平均水头差12m。库盆蓄水面积21740m²，计算得渗漏量 $Q=0.4$ L/s。库首段高台组厚度较薄，厚50~80m，正常蓄水位922m时，与地下水水位水头差27m。该段库盆蓄水面积16930 m²，计算得渗漏量 $Q=0.9$ L/s。

表13-3 计算渗漏损失的经验数值表

水文地质条件	月渗漏量与水库蓄水量之比 (%)	年渗漏量与水库蓄水量之比 (%)
优良	0-1.0	0-10
中等	1.0-1.5	10-20
恶劣	1.5-3.0	20-40

计算得总渗漏量1.3L/s，年渗漏量约4万m³，水库多年平均来水量约95万m³，库容51.2万m³。渗漏量占多年平均来水量4.2%，水库具备多年调节性能，满足水库渗漏量宜小于河流多年平均流量5%的要求。占水库蓄水量7.8%，据水利计算教材中对渗漏损失的规定，7.8%处于优良级别。

综上库水穿越高台组白云岩向清虚洞组渗漏量在允许范围内，水库经帷幕灌浆防渗处理后，地下水位尚有抬高，水头压力较现状低水位状态下将降低，从而成库条件大有改善，渗漏量亦将降低。

清虚洞组地层地下水位分布决定着工程措施的布置，钻孔ZK6、7、9对该层地下水位作了明确揭示。该带钻孔位于库盆向右岸邻谷排泄方向上，且为帷幕带上清虚洞中的低水位。在排泄方向上区内低水位一带作帷幕防渗，防渗底界接入地下水位以下15m，形成完整防渗体，阻隔地下水位的运移，可达到逼高地下水而成库的要求。解决了清虚洞组地下水排泄渗漏问题，也就大力改善了库底高台组的垂直渗漏问题。总而言之，水库成库条件复杂，但渗漏量、帷幕防渗方案在可控范围内，经工程措施处理后，水库可具备成库条件。

五、结语

水库蓄水库盆地质结构分析，水文地质条件论证工作尤为重要，需透过表层含水层分水系下伏含水层特性，尤其上弱、下强结构情况易形成上高下低之分层地下水位；此条件下需严格注意上下层地下水位变动情况，水文地质钻孔初见水位、渐变水位、终孔水位分析，用以判定“下强”层含水层地下水位排泄基面可靠性。经计算渗漏量占比，选择合适的帷幕底界以解决该类库盆渗漏问题以达成库目的。

参考文献

- [1] 谢树庸. 岩溶区四大工程地质问题综述. 贵州水力发电, 2001.
- [2] 黄顺涛, 刘荣富, 吴高海. 沙老河水库岩溶渗漏分析及防渗处理. 水利规划与设计, 2008.
- [3] 石中平, 魏晓阳. 深基坑渗流特征分析与涌水量计算方法探讨. 勘察科学技术, 2015.