

大鱼沟抽水蓄能电站工程地质条件初步分析

毕晓东¹, 尚 锋², 沙 玉³

(1. 太原市政工程设计研究院, 山西 太原 030002; 2. 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003;

3. 国家电力公司成都勘测规划设计研究院, 四川 成都 610072)

摘 要:通过对大鱼沟抽水蓄能电站工程地质条件分析, 其区域构造稳定性较好; 地形地貌条件适宜工程的布置; 地层岩性单一, 岩石(体)坚硬, 物理力学指标较高, 风化厚度不大; 地质构造简单, 建筑材料丰富。站址的工程地质条件优越, 为一良好的抽水蓄能电站站址。

关键词:区域构造稳定性; 上水库; 下水库; 抽水蓄能电站; 工程地质条件

1 工程概况

河南省大鱼沟抽水蓄能电站站址拟选在洛宁县洛河支流大鱼沟和白马涧上。上水库设计坝高 67.00m, 正常蓄水位约 1220m, 库容为 $670 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。下水库设计坝高 120m, 正常蓄水位为 575m, 库容为 $792 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。引水发电系统线路长约 4.355km。初拟电站装机规模 1400MW, 为双洞四机布置, 最大静水头 630~660m。工程等别为 I 等, 规模为大(1)型, 主要建筑物为 1 级, 次要建筑物为 3 级。在此, 就站址的区域构造稳定性、上、下水库的工程地质条件以及可能存在的工程地质问题等作一简要的分析。

2 区域构造稳定性

工程区在大地构造位置上, 处于华北断块区和秦岭断褶系两个一级大地构造单元的复合部位, 为华北断块区西南隅的豫皖断块之豫西断隆。南以栾川—确山—固始深大断裂带为界与秦岭断褶系相邻。豫西断隆位于豫皖断块的西南缘, 栾川—确山—固始深大断裂带以北, 济源—洛阳—确山以西。燕山运动以后, 断裂活动强烈, 沿规模较大断裂形成断拗(陷)盆地, 控制了中生代沉积。如洛河、伊河盆地, 横贯全区, 使本区在北西西向构造基础上, 形成北东向“三隆两拗”的构造面貌。本区构造线方向为北西西向或北东向, 但构造形态差别较大。

2.1 断裂活动性特征

工作区及其周边地区为两个大地构造单元的复合部位, 受区域性构造控制, 在两个构造单元的联合作用下, 形成了现今走向北东的崤山、洛宁盆地、熊耳山、伊河盆地等正、负相间的地形地貌形态。规模较大的断裂主要有: 马超营大断裂、栾川—确山—固始深断裂和洛河断裂等。

2.2 工程区地震动参数

场址位于华北地震区许昌—淮南地震带的西南隅, 有记载以来, 仅发生 5~5.9 级地震 26 次, 6~6.5 级以上地震仅 7 次。其中发生在本区的地震有近百个, 其中 5 级地震一次, 其余均为 4 级以下地震, 其地震烈度都在 VI 度以下。从断裂构造的活动性和历史地震情况分析, 近场区发生 6 级以上地震的可能性不大, 但发生 5 级及其以下地震的可能性是存在的, 而其相应的地震烈度不大于 IV 度。工程场址的地震动峰值加速度为 0.05g, 地震基

本烈度为 VI 度; 地震动反应谱特征周期为 0.45s, 其区域构造稳定条件较好。

3 上水库工程地质条件

3.1 一般工程地质条件

上水库区隶属于侵蚀构造中山区, 地处洛河、伊河分水岭的北侧, 分水岭单薄, 多呈锯齿状。库区沟谷为较宽阔的“U”型谷, 谷底宽约 200m, 呈一相对开阔的山间盆地, 为一良好的水库库盆地形。出露的基岩为燕山晚期深成相的斑状含角闪石二长花岗岩。库区、坝址区未见大的断层通过, 仅发育有小断层和构造节理。地下水主要为基岩裂隙水, 局部也见有松散岩类孔隙水。以潜水形式为主, 主要接受大气降水补给, 以侧向迳流或泉水的形式向沟谷下游和低洼之处排泄。环境水不具有分解类一般酸性型和碳酸型、分解结晶复合类和结晶类腐蚀性。但对混凝土有弱—中等分解类溶出型腐蚀。

3.2 上水库坝址工程地质条件

根据坝基(肩)花岗岩岩体的风化程度不同, 以及结构面的发育频度高低不同, 将坝基(肩)岩体划分为微风化—新鲜花岗岩、弱风化花岗岩、强风化花岗岩和全风化花岗岩等四个岩组, 因构造作用而形成的节理密集带和断层破碎带则单独划分为另一个岩组。

对于面板堆石坝来说, 对坝址地质条件相对要求较低。在清除表层第四系松散堆积物和全风化层后, 既可作为面板堆石坝的建基面, 趾板基础宜置于强风化下带及其以下岩体上。

3.3 库区环境工程地质问题

(1) 水库渗漏问题分析: 地表迳流和地下迳流均向大鱼沟排泄。其总体流向由南向北, 水库区基岩中发育有多组构造节理和断层等断裂构造。在水库的库尾低矮垭口地下水分水岭处, 其地下水水位远高于水库正常高水位。但是, 水库区发育有多组不同方向的断裂构造, 并且水库区与相邻冲沟间分水岭单薄, 水库蓄水后不能排除有库区渗漏问题, 因此下阶段应研究局部防渗的可能。

(2) 岸坡稳定问题: 库区均是由花岗岩组成的岩质岸坡, 在自然状态下, 现状基本是稳定的, 未发现大的崩塌体和滑坡体存在。在水库建成后不排除由于风化卸荷、风浪作用等原因会造成局

部的崩塌、掉块等现象,但对工程不会造成危害性影响。

(3)水库淹没、浸没问题:拦水坝的修建,将水位抬高了 60~70m,淹没农田为 120 余亩。库水位以上没有农田、工矿以及重要建筑物等,因此,不存在浸没问题。

(4)固体迳流来源:在高强度降水的情况下,沟谷上游的含砂土及崩积块石和岸坡上的全风化岩石(呈散粒状)、残积土等会顺流而下。因此,水库有产生固体迳流的地形条件、物质来源和水文条件。对水库库容会造成一定的影响,但量不大。

(5)水库诱发地震问题:库坝区的地层岩性为燕山期花岗岩,利于应变能的积累。但从库坝区的地质构造来看,断裂构造的规模不大,水库的水深仅 60m 左右,其能量也是有限的。因此,水库诱发地质的可能性不大。

4 白马涧下水库工程地质条件与工程地质问题

4.1 一般工程地质条件

白马涧下水库坝段位于熊耳山北坡的坡麓地带,地势南高北低,在地貌单元上属低山丘陵区—黄土残塬区的过渡段。水库属山地峡谷型,坝址处河谷呈“V”型谷,左岸有一较大冲沟—山神庙沟,常年有水汇于白马涧。坝址两岸山体均在 650m 以上,岸坡坡度介于 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间。

地层主要为中细粒二长花岗岩,局部为似斑状花岗岩。

坝址附近发现两条规模较大断层(F_{31} 、 F_{32})交汇于左坝肩附近。 F_{31} 断层沿着左岸山神庙沟切穿坝轴线与沟谷河道,向东北方向延伸,其规模可达数公里,在地貌上呈较为明显的负地形。该断层走向为 72° ,倾向 NW,倾角 52° ; F_{32} 断层从坝址上游左岸沿着 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 方向切穿 F_{31} 断层、左坝肩及白马涧沟谷向下游延伸,其延伸规模达 2.0km,该断层带宽 0.5~4m。

坝址区节理最发育的为走向 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的一组节理,倾向 SE,倾角 $70^{\circ}\sim 89^{\circ}$,其余节理的优势方位不明显,且节理倾角变化大。

地下水为基岩裂隙水,主要接受大气降水的补给,在构造部位以泉水形式排泄。坝址区水化学类型为 $\text{SO}_4^{2-}\cdot\text{HCO}_3^{-}-\text{Ca}^{2+}$ 型, pH 值 7.95,地表水的 HCO_3^{-} 离子含量偏低,对混凝土具有分解类溶出型弱腐蚀性。

4.2 坝基稳定性问题及评价

(1)浅层抗滑稳定性问题:坝基部位弱风化和微风化、新鲜岩体分别属于 II、I 类岩体,其岩体抗剪强度均大于混凝土与岩体接触面的抗剪强度,混凝土与岩体接触面成为控制条件。坝基存在倾向下游的缓倾角裂隙,但两组缓倾角裂隙发育频度较小,连续性差,因此沿缓倾角裂隙发生滑动的可能性不大。

(2)深层抗滑稳定性问题:坝基深部岩体中不仅发育如上所述的缓倾角裂隙,而且受到高倾角裂隙及断层的切割,岩体结构造成破坏。在平硐中共发现 4 条断层,沿断层带可能会形成滑动面。因此,坝基是否存在深层抗滑稳定问题,建议在下一阶段开展专门性的地质研究工作。

(3)坝基变形问题:组成坝基的花岗岩属致密坚硬岩石,弱风化岩体的饱和抗压强度在 60MPa 以上,承载力足以满足混凝土重力坝的要求。但坝基部位有 F_{31} 、 F_{32} 断层的存在,断层带内物质有较大的可压缩性,因此,应采取处理措施。

(4)边坡稳定性问题及评价:坝址两岸边坡坡度约在 $41^{\circ}\sim 43^{\circ}$ 之间,自然边坡稳定,主要受岩体结构以及构造裂隙的产状与

边坡走向相对关系控制。从坝址区节理走向可以看出,坝址附近节理最为发育的为走向 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的一组节理,该组节理倾向 SE,倾角 $70^{\circ}\sim 89^{\circ}$ 。就该组节理而言,在开挖边坡坡度 $< 65^{\circ}$ 的情况下,对坝基开挖边坡的稳定性不会产生不良影响,但由于坝肩部位缓倾角裂隙以及断层的存在,岩体被切割成块体,在坝基开挖过程中产生新的临空面,可能形成不稳定块体,对坝基开挖边坡的稳定性造成不良影响,在坝基开挖过程中要适当采取支护措施。

4.3 坝基(肩)渗漏问题及评价

坝址附近钻孔压水试验结果显示,岩体的透水率一般在 0.2~2.6Lu 之间,属弱—微透水。对坝基(坝肩)岩体而言,其整体透水性较差,但由于受断层和裂隙控制,在构造破碎带部位,透水率一般较大。

4.4 建基面的选择

根据混凝土重力坝对建基面的要求,两坝肩建基面可选在弱风化岩体的中、下部,沟谷部位建基面可选在微风化岩体的上部;对建基面以下岩体中的构造破碎带以及风化囊需要进行固结灌浆处理,以提高岩体强度和承载能力。

4.5 库区环境及工程地质问题

库岸自然边坡坡度为 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,自然边坡较为稳定,一般无滑坡、塌岸等问题。

白马涧为当地相对侵蚀基准面,水库两岸山体宽厚,库区不存在单薄分水岭。岩体的透水率一般 $< 3.0\text{Lu}$,属弱—微透水,库区渗漏主要受断层和裂隙控制。坝基防渗处理后,不存在沿断层带向库外的渗漏通道。

水库区及其上游有产生固体迳流的条件,一般情况下,流水为低含砂量或不含砂的,但在高强度降水的情况下,沟谷上游的含砂土及崩积块石和岸坡上的全风化岩石(呈散粒状)、残积土等会顺流而下,形成推移质,对水库库容造成一定的影响。应对其采取相应的工程处理措施。

水库修建后,其水文地质条件将发生改变,而且该库与区域性的洛河断裂相距仅 500m 左右。但根据钻孔中的压水试验,其岩体的透水性较差,为弱—微透水($10\text{Lu}\geq q\geq 0.1\text{Lu}$),且水库最大库容仅 $792\times 10^4\text{m}^3$,水头仅 100m 左右,其荷载有限,并处于断裂的上升盘,因此,水库对洛河断裂的影响不大,而由此诱发洛河断裂地震的几率较小。水库库坝区的地质构造规模很小,本身发震的可能性也不大,即使发震其量级也微乎其微,不至于对工程造成危害。

5 引水发电系统工程地质条件

5.1 地质概况

引水发电建筑物区地形总的趋势是南高北低,地貌单元自南至北,由中山向低山丘陵过渡,区内地形最高达 1468.7m,最低为 480m。引水发电建筑物穿越的地层均是燕山晚期的侵入花岗岩。引水发电建筑物区没有发现规模较大的断层。仅发现有明显证据的断层 4 条。主要发育 4 组节理,走向为 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 的一组节理在走向上延伸较长,沿节理面常常形成光滑的陡壁。

对地下洞室影响较大的地下水主要为基岩裂隙水,特别是发育于断层带、节理密集带、破碎带中的脉状裂隙水。在断裂构造发育地带,不排除产生较大的涌水(突水)问题,应引起足够地重视。

5.2 地应力与地下厂房布置

(1) 地应力: 地应力是一系列自然因素作用所产生的综合效应, 是各种自然应力叠加的总应力。就工程区而言, 主要由自重应力和构造应力组成。从工程区构造形迹的一级构造——洛河断裂的力学性质看, 其为高角度平推正断层, 走向 53° , 倾向北西, 由此可以判断本区主压应力方向为 53° 左右或者说历史最大主压应力方向为 53° 左右。

(2) 地下厂房布置: 地下厂房布置的原则是在满足水工设计要求的情况下, 应尽量避免主要断层, 或使厂房轴线与主要构造线成较大的夹角。结合地应力分析地下厂房应适当靠近下库, 布置在低山丘陵区为宜。

6 结束语

(上接第 80 页)

66~102m 为栖霞组, 主要为浅灰色石灰岩, 102m 处见 F_{02} 缓断裂;

102~112m 为林地组, 主要为浅变质砂岩。

(2) MD2 硐: 长 156m, 因

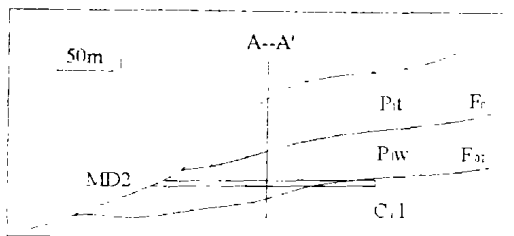


图 3 MD2 剖面图

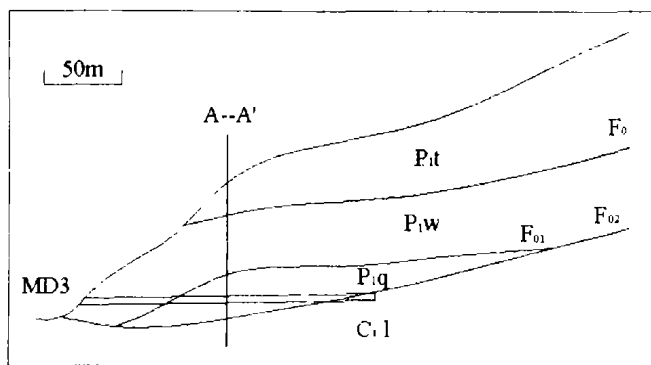


图 4 MD3 剖面图

F_{02} 缓断裂的断失, 未见栖霞组石灰岩, 见图 3。

0~116m 为文笔山组, 主要为深灰色细粉砂岩、砂质泥岩, 116m 处见 F_{02} 缓断裂;

116~156m 为林地组, 主要为浅变质砂岩。

(3) MD3 硐: 长 188m, 见有栖霞组石灰岩, 见图 4。

0~55m 为文笔山组, 主要为深灰色细粉砂岩、砂质泥岩, 55m 处见 F_{01} 缓断裂;

55~166m 为栖霞组, 主要为浅灰色石灰岩, 166m 处见 F_{02} 缓断裂;

166~188m 为林地组, 主要为浅变质石英砂砾岩。

MD1 与 MD3 均见有栖霞组与 F_{01} 、 F_{02} 缓断裂, 栖霞组赋存于 F_{01} 与 F_{02} 缓断裂之间, 其与下伏林地组为断层接触(F_{02}), 与上

站址的区域稳定性分级介于稳定与基本稳定之间, 稳定性较好, 适宜工程的建设; 地形地貌条件具备工程的布置条件, 上水库、下水库两者高差达 600m 以上; 场址区出露岩石(体)具有较高的强度, 岩石的平均饱和抗压强度均 $>60\text{MPa}$, 属于坚硬岩类。

上水库库区呈一相对开阔的山间盆地, 为一良好的水库库盆地形。上、下库水库均不存在水库渗漏、岸坡稳定性、浸没和水库诱发地震问题, 水库淹没损失不大。

引水发电建筑物微风化及新鲜的花岗岩为整体块状结构, 弱风化花岗岩为块状结构, 岩体完整, 且具有较高的强度。地下洞室绝大部分洞段属 I 类和 II 类围岩, 仅在引水洞进口段、尾水洞出口段和断层及其破碎带或节理密集带处有不稳定的 IV 类围岩。所需天然建筑材料, 料源丰富, 质量尚可。

覆文笔山为断层接触(F_{01})。MD2 未见栖霞组, 见有 F_{02} 缓断裂, 栖霞组为 F_{02} 缓断裂断失。

MD1 所见的石灰岩体其沿走向延伸约 120m, 沿倾向延伸约 50m, 最大厚度约 16m, 后因 F_{02} 缓断裂的断失即尖灭, 呈透镜状; MD2 硐因 F_{02} 缓断裂的断失而缺失; MD3 硐所见的石灰岩体其沿走向延伸约 160m, 沿倾向延伸约 120m, 最大厚度约 28m, 后因 F_{02} 缓断裂的断失即尖灭, 呈透镜状。见图 1~图 4。

2.2 矿床矿石类型

矿石为灰、深灰色, 微晶结构, 块状构造, 主要化学成份 CaO 含量约 48.60%, MgO 含量约 3.22%, 矿床的矿石类型为微晶灰岩, 可作为水泥原料用。

2.3 矿床成因

根据岩层的岩性组合与特征及所含的古生物化石特征, 简要分析本区的沉积环境与矿床成因。

本区在晚石炭世至早二叠世处于海盆的边缘, 海水侵入, 连续接受沉积, 形成了浅海相碳酸盐岩沉积(P_{1q})与海相细碎屑沉积(P_{1w}), 以后地壳断续发生振荡运动, 并有小规模岩浆岩侵入与喷发, 而数度发生海退、海进, 形成了海陆交互相的含煤沉积(P_{1t})。

综上所述, 本区在早二叠世具备形成石灰岩矿床的环境, 矿床为浅海相碳酸盐岩沉积的石灰岩矿床。

3 结论

以上的分析表明, 德化阳山一带在早二叠世具备形成石灰岩矿床环境的原生条件, 在晚二叠世以后、早三叠世末, 由于印支运动的作用, 来自西北、东南方向的水平挤压应力的不断加强, 晚古生代—早中生代的沉积物遭受强烈挤压、褶皱隆起, 并产生一系列岩片的逆冲推覆与滑脱活动(F_{01} 缓断裂、 F_{01} 缓断裂、 F_{02} 缓断裂)。其中 F_{02} 缓断裂的产生是影响其栖霞组石灰岩矿床赋存形态、规模的关键因素, 其断失了该区较大部份栖霞组, 仅局部保存了小部份栖霞组, 且厚度甚小。即栖霞组石灰岩矿床通常以长约 120~160m, 宽约 50~120m, 最大厚约 16~58m 的透镜状矿体零星分布, 透镜状石灰岩矿体间互不连续, 其间下伏林地组与上覆文笔山组直接呈断层接触(F_{02})。因此, 在石灰岩矿 100m 左右以外以及林地组与文笔山组间设计开采石灰岩矿硐时, 应考虑 F_{02} 缓断裂是否断失了栖霞组石灰岩矿床。