

溪洛渡水电站坝址区环境地下水综合评价

王锦国¹,周志芳¹,杨建²

(1.河海大学土木工程学院,江苏南京 210098; 2.国家电力公司成都勘测设计研究院,四川成都 610072)

摘要:分析溪洛渡水电站坝址区水文地质条件,从温度场、同位素、水化学等多个角度对坝址区环境地下水作了综合评价,应用区域水流理论解释了坝址区两岸地下水埋深大、局部温度异常、局部承压等异常现象,给出了对工程安全运行有意义的结论和建议。

关键词:环境地下水;区域水流;聚类分析;溪洛渡水电站

中图分类号:TV632;X37

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2001)07-0087-03

水利工程通过水文、水力情势的改变和工程的调控作用,可以提高环境质量,有减轻水旱灾害、提供清洁能源、改善生态环境等功效,对一个国家的国民经济建设具有重要的意义。但是,由于水利工程的兴建,特别是大中型水利水电工程,引起了河流水文、泥沙、地貌、生态等各个反面的变化,对环境产生各种影响;此外,水利工程建成后又是新生环境的组成部分,其本身的安全性对环境也有着非常重要的意义。因此,弄清水利工程的环境背景条件,对影响水利工程安全的各项因素作客观、科学的评价,进而预测水利工程对环境的影响是非常有意义的。

本文从系统的观点出发,对我国的大型水电站溪洛渡水电站坝区岩体地下水作了综合评价,从温度场、同位素、水化学场等多方面阐释水电站坝区环境地下水的特征,多角度评价了溪洛渡水电站坝址区的水文地质问题,为水利枢纽的安全评价提供了科学的依据。

1 环境概况

1.1 工程概况

溪洛渡水电站是金沙江上游拟建的一座大型水利枢纽,其规模仅次于三峡工程。枢纽布置为混凝土拱坝,最大坝高285m,控制流域面积45.44万km²,水库建成正常蓄水位600m,相应库容115.7亿m³,装机容量13500MW,相应年发电量570.6亿kWh。大量的钻探、硃探、物探资料揭示,水电站坝区存在诸多与地下水有关的问题:如两岸山体天然地下水位埋深大、坡度缓;局部地下水温度异常,地下水头局部呈承压状;岸坡和河谷一定深度内灰岩中有现

代岩溶发育;地下水的补给源有大气降水补给、江水,含水层之间地下水补给和不同高程、不同年龄水体的补给等特点。

1.2 地质概况

金沙江溪洛渡地区在区域地貌上位于青藏高原和云贵高原向四川盆地过渡的斜坡地带,地势总体呈西高东低之势,山脉走向受地质构造控制,以近南北及北东向为主。金沙江总体呈北东向流经本区,其切割深度大,是坝区区域地下水、地表水的排泄区。

无论是从地形地貌形态还是从地质构造上看,溪洛渡水电站坝址位于雷—永善菱形盆地的中部(见图1),盆地北东长35km,北西宽25km,面积约750km²,为一个没有被区域断裂切割的、宽缓而相对完整的构造向斜盆地。因此,从地下水的补径排关系看,雷波—永善盆地是完全独立的水文地质单元。二迭系下统阳新灰岩连续分布于盆地周边;盆地内除金沙江横切的个别地段有灰岩出露外,阳新灰岩连续深埋于盆地下部,其上覆盖有峨眉山玄武(P₂β)、宣威组砂页岩(P₂x)和二迭系砂页岩、石灰岩等,总厚度逾1000m。阳新灰岩下部为志留系泥页岩相对抗水层。

雷波—永善菱形盆地内在次一级褶皱影响下又分为东北侧的马湖向斜盆地和南部的永盛向斜盆地,其间是竹叶坪背斜隆起。竹叶坪背斜隆起构筑成雷波—永善菱形盆地地表水和地下水的分水岭,将马湖向斜盆地和永盛向斜盆地分为构造上相对封闭、水文地质体系相对独立的两个次一级水文地质单元。由于竹叶坪隆起带阳新灰岩之下伏志留系相对隔水层分布位置均较高,天然状态下和水库正常

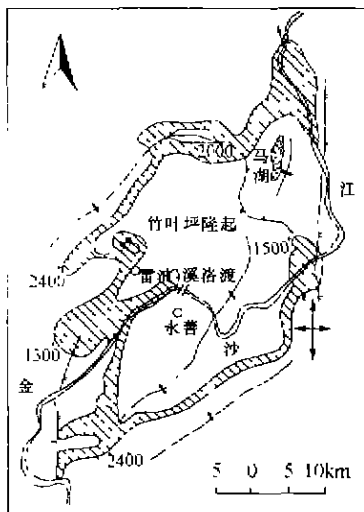


图1 雷波—永善水文地质单元略图

蓄水后,两次一级水文地质单元之间无论是地表水,还是地下水均无直接水力联系。因此,坝区岩体地下水系统主要依赖于永盛盆地(水文地质单元)的水文地质条件。

1.3 水文地质条件

金沙江横贯永盛盆地,其切割深度大于1000~1500m,是盆地最低侵蚀基准面和地下水、地表水的排泄区。盆地内陡峻的谷坡、狭窄的河道、向斜盆地状分布的透水岩体有利区域地下水流和局部地下水流系统发育。从现有的地质、水文地质勘探成果分析,坝区发育有两个既相互独立又相互联系的地下水流系统,即区域地下水流系统和局部地下水流系统。

局部地下水流系统,受地形地貌、地层岩性、地质构造、岩体的风化卸荷作用和特定的水文地质结构的影响,总体上较为复杂。区域地下水流系统由永盛盆地边缘阳新灰岩 P_{1m} 出露处得到补给,顺阳新灰岩经深循环流向排泄区金沙江。其水循环深度大,循环周期长、水量少,地下水矿化度和水温一般较局部水流高。但由于局部水流系统和区域水流系统都在金沙江汇集,且局部水流循环周期短、水量大、水循环活跃,因此总体上坝址区地下水的许多物理、化学特性和地下水的动态特征表现为局部水流的特点,但在个别裂隙连通性差的部位又表现为区域水流的特点,造成坝址区两种水流及其混合物共存,表现出水的温度、水质、压力、水的年龄及补给高程变化无常的现象。

2 地下水温度场分析

溪洛渡水电站所处的永盛向斜盆地,据其地层、

构造特点,盆地内无规模较大的深大断裂,向斜盆地内相对透水的阳新灰岩深埋于盆地地下部1000余米,因此,盆地中具有良好的热储和保温条件。在盆地周边灰岩地层上,基岩裸露区大气降水直接补给地下水,得到大气降水补给的地下水顺阳新灰岩,通过深部循环加温,向坝址灰岩出露区排泄。由于坝区特定的地形、地质条件,在局部地下水流影响下,坝址钻孔在灰岩中的某些部位分别揭示出冷水(小于20℃)、温水(20~37℃)和热水(大于37℃)三种类型的地下水,反映出坝址区地下水的温度场较为复杂。

对溪洛渡水电工程钻孔地下水井温曲线回归,从表1中看出,回归曲线为对数曲线和直线。直线型曲线在冷水地温场多见,符合一般地温增温率;对数型曲线表明上部曲线符合一般增温率曲线,下部遇温度较稳定的热源。由此可见,溪洛渡水电站地下水温度异常较为明显。

表1 溪洛渡水电站地区水温曲线回归式

位置	孔号	最高水温/℃	最低水温/℃	回归方程式	相关系数 r
坝址左岸	SX70	32.5	27.0	$Y = 2.68334 \ln X + 14.69$	0.883
坝址左岸	SX71	42.4	33.0	$Y = 0.03707X + 27.51$	0.933

注:Y为温度,℃;X为埋深,m。

为了了解区域地下水温度的分布特征,采用边界元—有限分析耦合法对区域水流—温度场进行了计算^[1],溪洛渡水电站峡谷区位于向斜盆地的中部,处于区域地下水流的排泄区。从数值计算结果可知,灰岩深部地下水最高温度达到70~80℃;区域地下水从盆地的边缘接受补给,经过深部的加温后流向排泄区,在溪洛渡水电站坝区表现出水温偏高的现象。由于金沙江的江水与深部灰岩地下水水力联系差,因此坝区附近深部灰岩地下水温度主要受区域地下水控制,比正常情况偏大,温度值一般在40~60℃之间,甚至在灰岩深部还有大于60℃的热水存在,比当地正常地温高出2~12℃。

3 水化学分析

通过对溪洛渡坝址区123组地表、地下水水质分析,结果表明:①地表水,pH值7.0~8.7,总碱度2.04~14.61德国度,硬度2.32~15.56德国度,矿化度0.05~0.32g/L,水的类型以 $HCO_3 - Ca + Mg$ 为主,少量为 $HCO_3 - Ca$ 型水;②玄武岩裂隙水,pH值6.8~8.5,总碱度4.57~12.45德国度,硬度6.56~12.09德国度,矿化度0.15~0.25g/L,均不含侵蚀性 CO_2 ,在谷坡部位为 $HCO_3 - Ca - Mg$ 型水,距江边370m岸坡以里为 $HCO_3 - K + Na$ 型水;③灰岩承压水,pH值6.9~7.8,总碱度4.35~7.49德国度,硬

表2 水质成分一览表

水样	pH值	游 CO ₂ /(mg·L ⁻¹)	侵 CO ₂ /(mg·L ⁻¹)	Ca ²⁺ /%	Mg ²⁺ /%	Na ⁺ + K ⁺ /%	HCO ₃ ⁻ /%	SO ₄ ²⁻ /%	Cl ⁻ /%
地表水	7.3~8.7	2.09~10.4	0~3.96	51.7~71.6	17.2~39.5	2.7~18.5	74.9~94.6	0.3~18.2	6.1~10.9
玄武岩 裂隙水	7.7~8.5	9.24~1.04		42.7~58.5	27.6~44.1	7.4~22.5	75.4~86.9	3.6~20.2	2.9~7.0
灰岩水	7.4~8.4	2.2~5.1	0~1.98	25.7~78.2	6.9~44.3	4.7~67.4	66.2~92.1	1.4~10.5	1.4~20.5

度 4.88~7.96 德国度,矿化度 0.1~0.22 g/L;其中热型承压水中有 1.52~1.98 mg/L 的侵蚀性 CO₂,而冷型承压水中则没有,水质类型均为 HCO₃-Ca 型。

从表 2 可以看出,不同取样点的水样,其基本化学成分受水循环区岩石、土壤组成的影响较大,各种离子的含量各不相同。地表水体由于受大气降雨和人类生产活动的影响较大,因而其离子的相对含量变化范围较大;地下水中各种离子相对含量变化范围则相对稳定。各种水样主要离子百分含量间一般都有如下关系,阳离子 Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺ (K⁺),阴离子 HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻。

根据水化学分析成果,运用聚类分析的方法分析各离子间的亲疏关系,聚类分析结果见图 2。从聚类分析谱系(图 2)中可以看出,除 SO₄²⁻ 外其它离子和矿化度(M)的相关系数均在 0.6 以上,特别是 Ca²⁺、Mg²⁺,是决定矿化度大小的主要离子。根据各离子相关系数的大小,可以将其分成两类,即 K⁺ + Na⁺ - Cl⁻ 类和 Ca²⁺ + Mg²⁺ - HCO₃⁻ 类。SO₄²⁻ 与所有离子的相关系数均较差,近于零。从所分的两类可知,Na⁺、K⁺、Cl⁻ 应来源于 NaCl、KCl 的溶解,而 Ca²⁺、Mg²⁺ 和 HCO₃⁻ 则主要来源于 CaCO₃、MgCO₃ 矿物的溶解。

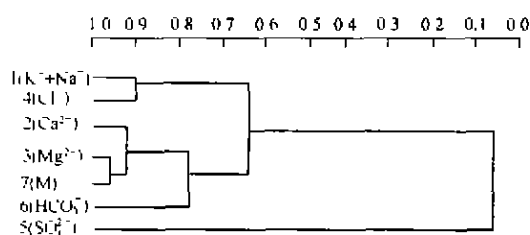


图2 聚类分析谱系

4 同位素分析

利用溪洛渡坝址区水体同位素分析成果,可以估算地下水年龄,研究坝区地下水的运动规律。通过对坝址区钻孔 SX70、SX71 和 SX72 地下水 $\delta^{18}O$ 和 δD 同位素测定分析,并与金沙江水、沟水、雷波湖水和溶洞泉水同位素资料对比研究分析结果表明,金沙江水 $\delta^{18}O = -11.36$, $\delta D = -97.35$, 同位素值与其它相比明显偏低,应属远源高山型水,以纵向补给为主。其它各组水样同位素差异较小,其中 SX72 和

雷波湖水两者同位素值很接近。

从 SX71 孔氡(T)含量来看,在孔深 165.73 m 玄武岩与灰岩接触带附近含量较低(12.90 TU),这表明这部分水是局部水流作用的结果,地下水的年龄小于 10 a;在孔深 169.38 m 的灰岩地下水中氡含量高达 20.70 TU,这可能是由于 60 年代核爆炸的影响所引起的,地下水年龄约为 30~40 a,即 20 世纪 50 至 60 年代大气降水经深循环径流至此。而在孔深 219.38~269.38 m 含量又变低,则可能是区域水流与局部水流的一种混合水体。另外,在孔 SX72 深 123~273 m 段和孔 SX71 深 219~269 m 段,水样中的 $\delta^{18}O$ 和 δD 较其它各段偏贫,说明这一带地下水受 $\delta^{18}O$ 和 δD 更贫的金沙江水影响较大。

5 结 语

从温度场、水化学场、同位素分析可知,溪洛渡水电站坝址区地下水总体上接受区域地下水流排泄补给,河谷周边强透水带临时性局部水流对区域地下水也有一定影响,因此在两岸岸坡一定范围内地下水实质上是金沙江水、河谷周边强透水带下渗水和区域地下水三者的混合水。坝址区地下水表现出来的一些所谓异常现象实际上是区域地下水流在排泄区的正常表现。

在对溪洛渡水电站坝址区环境地下水背景值充分了解之后,应对水环境各类指标作进一步的监测,特别是在水库蓄水后,整个环境将会发生巨大的变化,地下水、地表水以及大坝、库岸的相互作用等问题,都应进行及时的分析,以确保水工建筑物安全运行。

参考文献:

- [1] 王锦国,周志芳,金忠青.地下水热量运移模拟的 BEM-FAM 耦合法[J].水利学报,2001,46(5):71~76.
- [2] 王锦国,周志芳.溪洛渡水电站坝址区地下水水质评价[J].勘察科学技术,2000,18(2):11~15.

(收稿日期:2001-08-08 编辑:张志琴)

