

# 济南市东湖水库地质灾害预测

刘建胜, 盛根来, 王爱民, 刘春萍

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要 济南市东湖水库库区不具备发生崩塌、滑坡、地面塌陷、地面沉降、泥石流、地裂缝、砂土液化的地质环境条件。水库建成使用后,可能出现坝后浸没、次生盐渍化及坝体不均匀沉降等地质灾害,应采取工程措施。

关键词 东湖水库 地质灾害 渗漏量 坝后浸没 济南市

中图分类号 P343.3 P694

文献标识码 A

东湖水库为济南市城市供水工程,水库的兴建可解决城市供水紧缺,但也可能诱发地质灾害。本文侧重对坝后浸没、次生盐渍化等问题进行分析和预测。

## 1 工程概况

东湖水库<sup>①</sup>位于济南市东北约40 km处,属济南市历城区、章丘市范围,占地5.65 km<sup>2</sup>,是大型城市供水工程。该工程设计以黄河水、长江水为双供水水源,总库容4 095 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,确定近期年供水量为9 267 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,远期年供水量为14 600 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。

该水库坝顶高程30.8 m,最大坝高11.3 m,坝顶宽7.0 m,拟定上游边坡1:3.25,下游边坡1:3.5,在上下游高程26.5 m处设2 m宽马道。筑坝材料采用库区内取土,取土边缘距坝脚线200 m。坝体防渗选用复合土工膜,采用二布一膜,膜厚0.5 mm,上下层均为300 g/m<sup>2</sup>的无纺土工布。坝基截渗措施拟采用深层搅拌法。截渗沟中心距坝脚30 m,底宽3 m,边坡1:2,比降1/2000~1/3000,沟内进行护砌。

## 2 水文地质环境条件

### 2.1 气象水文

济南市属华北暖温带大陆性季风气候区,四季

分明。春季干旱多西南风、回暖快;夏季炎热多雨;秋季天高气爽,多晴好天气;冬季寒冷干燥,多东北风或西北风,少雨雪,易受季风寒流的影响。

流经库区的主要地表水系为黄河、小清河、巨野河、绣江河及人工开挖的引水干渠。

### 2.2 地形地貌

拟建的东湖水库位于小清河以南,属山前冲洪积平原地貌单元的前缘,与北部黄河冲积平原犬牙交错,地形较平坦。

### 2.3 地层岩性

库区范围内第四纪地层分为全新世白云湖组和全新世-更新世山前组。白云湖组以黄河冲积形成的粉质粘土为主,厚约18 m,其颜色自上而下为浅黄、灰黄、灰黑或灰色。山前组以冲洪积粉质粘土为主,局部混碎石及薄层粉细砂,厚约130~250 m,颜色为棕黄、棕红、褐红及棕色等。

### 2.4 构造与地震

按大地构造单元,库区位于鲁西断隆之鲁西断块隆起北缘,北以齐河广饶断裂为界与华北断拗之济阳拗陷带相接。近工程场区发育的文祖断裂、千佛山断裂为第四纪晚更新世以来不活动断裂,东坞断裂、大田庄断裂为第四纪不活动断裂,齐河-广饶断裂为第四纪早期活动断裂,均不具备发生6级以上地震的活动构造条件。因此,工程场地处在较为

\*收稿日期 2004-05-21;修订日期 2004-07-22;编辑 王先起

作者简介 刘建胜(1970-)男,山东招远人,工程师,主要从事水工环及岩土工程工作。

①山东省地矿工程勘察院,济南市东湖供水工程地质灾害危险性评估报告,2003年。

稳定的地块上。

## 2.5 水文地质条件

库区属鲁西北平原区松散岩类水文地质区,冲洪积平原水文地质亚区。水库区地下水位标高在 8.1~20.7 m。主要为山前冲洪积平原松散岩类孔隙潜水—微承压水。该含水层底板埋深 18 m 左右,主要含水层为粉土(局部为粉细砂层),含水层厚度 5~8 m,其单井涌水量库区为 1 000~3 000 m<sup>3</sup>/d,渗透系数  $K$  为 0.74~1.44 m/d,具中等透水性, pH 值 7~8,矿化度为 0.6~1.02 g/L,水化学类型为 HCO<sub>3</sub>-Ca·Mg·Na 型水;主要接受大气降水及小清河、白云湖渗漏补给;以农业开采为主,蒸发亦是该层水排泄的主要方式之一。

## 2.6 工程地质条件

库区位于鲁西北黄泛平原工程地质区之山前冲洪积平原前缘,地形地貌简单,第四系覆盖层厚度约 150~270 m。局部有常年性河流通过,浅层地下水水位较浅,水量丰富,属上层粘性土多层结构区。岩性主要以壤土、砂壤土、粘土、粉细砂为主,土体具有中等—高压缩性,呈可塑状态,在 3~7 m 深度分布有软塑—流塑状态的土体,工程地质性质较差。

## 3 水库建设诱发地质灾害预测

库区地形稍有起伏,地势南高北低,历城、章丘抗震设防烈度均为 6 度,不具备发生崩塌、滑坡、地面塌陷、地面沉降、泥石流、地裂缝、砂土液化的地质环境条件。

水库建成后,顶高程为 30.8 m,最大坝高 11.3 m,设计蓄水水位为 27.51 m。工程运用期,由于渗漏可能会出现坝后浸没、次生盐渍化及由坝体自重产生的不均匀沉降等地质灾害。

### 3.1 水库渗漏量计算

据勘察资料,将深度 16 m 以上的土体作为透水性均一的透水层,16 m 以下为相对隔水层,并按 2003 年 7 月调查期间实测水位埋深值对水库渗漏量进行估算<sup>[1]</sup>。

$$q = 1.128Kh_m\Delta h_0\sqrt{t/a}$$

$$a = k \cdot h_m/\mu$$

式中: $q$ —单宽渗流量(m<sup>3</sup>);

$K$ —渗透系数(取  $K = 1.037$  m/d);

$h_m$ —透水层厚度(m);

$\Delta h_{0,t}$ —水库水边线正常运行水位与该边线

蓄水前潜水位  $h_{0,0}$ (取最低水位 11 m)之水位差;

$t$ —渗漏时间(d)取 365d;

$a$ —压力传导系数;

$\mu$ —土体的给水度,取经验值 0.12。

计算得出坝基单宽渗漏量  $q = 477.2$  m<sup>3</sup>/am,坝基渗透段长度 8.47 km,坝基总渗漏量  $Q = 404.2 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/a。

### 3.2 坝后浸没预测

水库蓄水后引起的水将造成坝后潜水位相应的升高,并逐渐自岸边向远处扩展。经过一定时间的回水后,潜水位可能接近甚至高出地面,形成一定范围的浸没,进而引起次生盐渍化等不良后果。因水库以北紧邻小清河,渗水自小清河排泄,选择东侧围坝、西侧围坝和南侧围坝 3 个断面对下游浸没进行预测。库区地下水总体流向西南,3 个断面附近的地下水埋深相差约 4.5 m,即东侧埋深浅,西侧和南侧埋深大。

基本假设条件:

(1)假设水库下游地层与坝基是均质、各向同性。

(2)根据原勘察资料,坝基 16 m 深度以上多为砂壤土,夹少量壤土,具中等透水性,视为透水层;16 m 以下多为壤土及粘土,这一深度范围的  $K$  值加权平均小于 10~5 cm/s,视为相对隔水层。

(3)假设产生浸没的临界深度为 1.7 m,则临界水位埋深范围内透水层厚度  $h_m = 14.3$  m。

(4)水库设计水深 8.0 m,设计水库水位 27.51 m。地下水位按评估期统测水位考虑,西侧坝段取断面附近较低水位 8.6 m,东侧取较低水位 6.0 m,南侧取附近较低水位 7.4 m,且预测范围内水位无变化。

(5)西侧地表高程 19.8 m,临界地下水位 18.1 m;东侧地表高程 19.5 m,临界地下水位 17.8 m;南侧地表高程 19.8 m,临界地下水位 18.1 m。

(6)渗透系数采用指标,取  $K = 1.037$  m/d;土体给水度采用经验值取  $\mu = 0.12$ 。

根据计算公式<sup>[1]</sup>:

$$F(\lambda) = (h_{x,t} - h_{0,0})/\Delta h_{0,t}$$

$$\lambda = x/\sqrt{at}$$

式中  $h_{x,t}$ — $t$  时刻距水库水边线  $x$  米时的潜水位,即淹没时临界地下水位;

$h_{0,D}$ —评估期间地下水位;

$F(\lambda)$ —水库水位对地下水水位的影响系数,由自变量  $\lambda$  查表所得;

$x$ —计算点至水库水边线的水平距离(m);

$t$ —库水渗透历时(d)。

参数选择与计算结果见表 1。

表 1 济南市东湖水库坝后浸没预测

预测浸没范围			参数选择					受浸没历时(d)	
			$h_{x,t}$ (m)	$h_{0,D}$ (m)	$\Delta h_{0,t}$ (m)	$K$ (m/d)	$h_m$ (m)		$\mu$
距库水边线距离(m)	西侧坝段	100	18.1	11.2	16.31	1.037	14.3	0.12	59
		300							535
		500							1487
		1000							5950
	东侧坝段	100	17.8	13.5	14.01	1.037	14.3	0.12	36
		300							331
		500							919
		1000							3678
	南侧坝段	100	18.1	12.4	15.11	1.037	14.3	0.12	50
		300							455
		500							1264
		1000							5057

由计算结果可知,当水库区水位达到 27.51 m 时,距水边线 100 m 范围内在 36 ~ 59 天将遭受浸没,西、南坝后距水库水边线 300 m 范围内在 455 ~ 535 d 将遭受浸没,东坝后距水库水边线 300 m 范围内在 331 d 将遭受浸没,而 500 m 范围内在 919 d 将遭受浸没。

由以上公式及计算结果表明,已知库下游某一点开始浸没的时间与距离平方成正比。因此,结合水位埋深相比较,水库以东要比以西和以南较容易遭受浸没。但以上计算是在假设年内库水位不发生变化,16 m 以下隔水层水平,16 m 以上视为均质各向同性含水层而得出的结果,因此理论与实际会存在一定差距。同时,年内水库水位不发生变化的可

能性很小,所以由计算结果初步推测,西侧坝段和南侧坝段库下游 300 m 范围以外遭受浸没的可能性较小,而东侧坝段库下游 500 m 范围以外遭受浸没的可能性较小。北侧坝段浸没线到小清河南坝基,向小清河排泄。

### 3.3 次生盐渍化预测

为了解水库附近土壤的盐渍化情况,在水库四周分别取土样做土壤含盐量试验:土壤的含盐量为 0.0488% ~ 0.1319%,土壤属非盐渍土。

水库建成使用后,由于库水的渗漏,坝后一定范围内地下水位会抬升,并升至地表或接近地表,水中盐分由于蒸发作用会分离出来聚集于地表或地表下土层中。而当土层中易溶盐含量大于 0.3% 时,便会形成次生盐渍土。水库区四周地势较低,地下水矿化度在 635.46 ~ 1068.5 mg/L,济南地区气候比较干燥,尤其旱季蒸发强烈,具有形成次生盐渍土的水文、地质及气候条件。

### 3.4 不均匀沉降预测

据济南市东湖供水工程可行性研究报告,水库坝顶高程 30.8 m,防浪墙顶高程 31.6 m,坝高度为 11.3 m。围坝地基土层自上而下分为 3 个工程地质单元:第 1 工程地质单元为全新世冲积层( $Q_4^{al}$ ),第 2 工程地质单元为全新世湖沼积层( $Q_4^{fl}$ ),第 3 工程地质单元为晚更新世冲洪积层( $Q_3^{al+pl}$ )。因均属于中软场地土,绝大部分土体具有中等压缩性,局部(坝基下 3 ~ 7 m)为具有高压缩性、呈软塑—流塑状态的淤泥质土,工程性质较差,在坝体自重作用下,易产生不均匀沉降,导致坝体产生沉降裂缝。

## 4 结论

由以上预测和分析可以看出东湖水库的建设不易在天然条件下进行。应采取工程措施以预防对库区产生不良影响。

## 参考文献:

[1] 薛禹群.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1986,77-79.

(下转第 54 页)

按确定的优化方案实施调蓄,至2010年,地下水可采资源量可增加  $4\ 040.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,地下水位平均上升4.1 m,间接增加工农业产值100亿元以上;可有效地阻止北部咸水南侵,防止地下水资源枯竭,控制地面沉降,改善生态环境质量。

(2)实施淄河治理工程。淄河污水入渗是区内地下水污染的主要原因,在短期内可用密封管道将污水直接排入小清河。长远考虑,应在淄河的上游临淄附近兴建污水处理厂,将上游污水处理达标后排放,以最大限度地减小地下水污染。

(3)建立地下水环境监测系统。通过对地下水动态和咸水入侵、地面沉降监测等地质灾害长期监测研究,形成地下水环境预测预报制度,为当地政府的地下水环境保护和地质灾害防治决策提供依据。

### 参考文献:

- [1] 徐军祥,康凤新.山东省地下水可持续开发利用研究[M].北京:海洋出版社,2001,134-121.  
[2] 刘桂仪.鲁北平原深层地下水开发与环境问题[J].水文地质工程地质,2001,28(3):43-45.

## Environmental Problems and Its Prevention Countermeasures of Underground Water in South of Huanghe Delta

ZHANG Bo<sup>1</sup>, LIU Gui-yi<sup>2</sup>, FAN Li-qin<sup>3</sup>, Dong Zuo-sen<sup>4</sup>

(1. China Mineralogy University, Beijing 100083, China; 2. Lubei Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China; 3. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 4. No.7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Linyi 276006, China)

**Abstract**: Due to over-exploration of underground water, some environmental problems as lack of underground water, salt water intrusion, surface subsidence and earth crack have been occurred in south of Huanghe delta area, which should be solved by underground water pondage and pollution prevention.

**Key words**: Underground water; environmental problems; countermeasures; Huanghe delta

(上接第50页)

## Geological Hazards Predication of Donghu Reservoir in Jinan City

LIU Jian-sheng, SHENG Gen-lai, WANG Ai-min, LIU Chun-ping  
(Shandong Geo-engineering Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract**: Some geological hazards, such as collapse, sliding, land break, surface subsidence, flood, earth crack and sand eliquation will not happen in Donghu reservoir of Jinan city. After establishment of reservoir, some geological hazards as submersion behind dam, secondary salification and dam differential subsidence will happen probably.

**Key words**: Donghu reservoir; geological hazards; infiltration amount; submersion behind dam; Jinan city