

敦煌月牙泉湖水位持续下降原因及对策分析

宏伟¹, 龚开诚²

(1. 甘肃地质工程勘察院, 张掖 734000; 2. 敦煌市水政水资源管理办公室, 敦煌 735200)

摘要: 在分析月牙泉湖水文地质条件的基础上, 依据实际调查资料和前人研究成果, 定量分析了月牙泉湖水位持续下降的原因, 认为地表水开采量的不断增加和水资源利用率的不断提高所引起的区域性地下水位持续下降是月牙泉湖水位下降的主要原因, 超采地下水所引起的储存资源的减少是导致月牙泉湖地下水位下降的次要原因。遏止月牙泉湖水位继续下降并逐步回升的关键是增加湖区上游地下水的补给量和减少党河灌区开采量, 为此提出了农业节水 and 引哈济党二种治理方案, 但就月牙泉湖水位恢复速度和时间及取得的社会、生态及经济效益而言, 引哈济党方案优先。

关键词: 水位; 下降原因; 拯救措施; 月牙泉

中图分类号: P641. 8; P641. 6

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2004)06-0074-04

1 引言

敦煌月牙泉湖因形似半月而得名。“风夹沙而飞响, 泉映月而无尘”, 鸣沙山和月牙泉, 湖光山色相映生辉, 其独特的地貌景观倍受中外游客青睐, 是国家重点名胜风景区^[1]。近半个世纪以来, 特别是改革开放的二十多年来, 随着敦煌工农业、旅游业经济的持续发展和人口快速增加引起的水资源利用格局的改变所导致的对地下水补给量的大幅度减少和超采地下水, 区内地下水位持续下降, 致使月牙泉湖不断萎缩, 湖内水深由20世纪60~70年代的5~8m下降到1.5~2m, 泉湖面积由11772m² (218m×54m)减少到6536m² (172m×38m)。如不采取强有力的拯救措施, 未来10a之内月牙泉将不复存在。因此定量分析月牙泉湖水位持续下降的原因, 提出合理的综合治理方案, 对于保护西部脆弱的生态环境, 实现敦煌旅游业经济的可持续发展和甘肃省“再造河西”战略, 都具有重要的现实意义和深远的历史意义。

2 月牙泉湖水文地质条件

月牙泉地处河西走廊西端疏勒河流域下游敦煌盆地南部三危山山前(下称党河灌区), 党河洪积扇与西

水沟洪积扇之间的沙漠洼地(图1), 因地形低洼切割

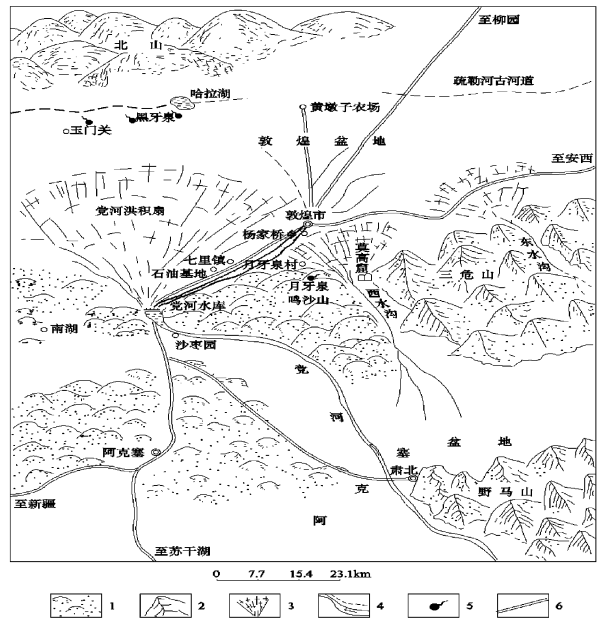


图1 敦煌盆地地貌景观及月牙泉湖交通位置图

Fig. 1 Geomorphologic landscapes of the Dunhuang Basin and transportation of the Yueya spring lake

- 1—沙漠; 2—山区; 3—洪积扇;
- 4—河流及季节性河流; 5—泉; 6—公路

至地下水位而形成的下降泉, 泉水与盆地地下水为连续统一的水体, 泉水位动态服从于区域地下水位的动态变化(图2)。区内气候极端干旱, 年降水不足40mm, 年蒸发量大于2500mm, 生态环境十分脆弱。地下水主要来源于党河出山(沙枣园水文站)河水及引灌河水(渠系、田间灌溉)的入渗补给, 占总补给量的85%以上, 其次为地下侧向径流补给及西水沟河水、降

收稿日期: 2004-03-30; 修订日期: 2004-08-19

基金项目: 甘肃省地矿局地质调查项目基金资助(2002K1.15)

作者简介: 丁宏伟(1963-), 男, 高级工程师, 中国管理科学研究院特约研究员, 从事河西走廊及其周边地区的地下水勘查及水资源与环境地质研究与评价工作。

E-mail: zydlhw8029@163.com

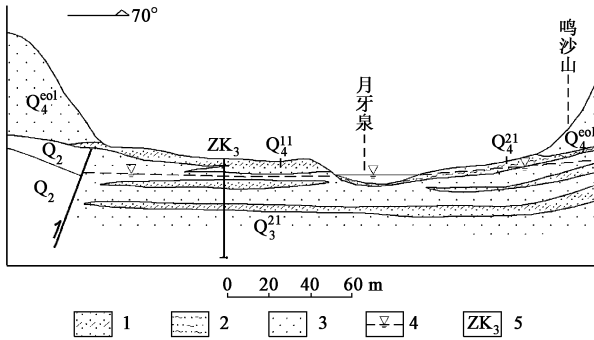


图2 月牙泉实测水文地质剖面

Fig. 2 Hydrogeologic profile near the Yueya spring lake

1—亚砂土; 2—淤泥; 3—砂; 4—地下水位; 5—钻孔

凝水入渗补给, 约占总补给量的 15%; 主要含水层为第四系上更新统一全新统湖积相中砂和细粉砂, 厚度 45~76m; 地下水自南西向北东方向迳流, 水力坡度 2‰~3‰, 渗透系数 4.36~8.35m/d; 地下水主要以潜水蒸发和开采及侧向流出的方式排泄; 水化学类型为 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- - \text{Na}^+ \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型, 矿化度 0.661g/L。因此, 出山河水强烈渗漏所形成的“河流—含水层”系统维系着月牙泉湖水位的动态变化过程。

3 月牙泉湖水位持续下降的原因

3.1 地下水补给量的减少

月牙泉湖所在的党河灌区地下水主要受党河出山河水的入渗补给。分析党河出山径流量 (1955~2002年), 20世纪50~60年代为 $2.91 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 70~80年代为 $2.97 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 90年代以来为 $2.94 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 近半个世纪以来, 径流量比较稳定, 并未出现减少的趋势。与此同时, 随着敦煌绿洲工农业生产及旅游业的迅猛发展, 特别是自1975年党河水库 (总库容 $4.46 \times 10^4 \text{ m}^3$) 及与之相配套的高标准衬砌的东、西、北干渠建成以后, 引用河水开采量增加, 由50年代末期的 $1.20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 增加到2002年的 $1.86 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, 天然河道排泄量由 $1.73 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 减少到 $1.10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$; 西水沟河水由于敦煌莫高窟研究院的拦蓄利用, 自20世纪80年代中期就已无水汇入党河灌区。利用河水单长渗透率研究证实^[2], 每多引 1.0 m^3 的河水, 对地下水的补给量将减少 0.37 m^3 , 即引用河水量的增加就使党河灌区地下水补给量减少了 $0.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。相应地, 随着河道渠网化、渠道高标准衬砌引起的水利化程度的不断完善, 水资源利用率由50年代的31.7%提高到90年代的59.6% (表1)^[3], 提高了近30个百分点。利用典型盆地水均衡研究结果表明, 水资源利用率每提高1

表1 党河灌区地表水利用率统计

Table 1 Statistics of surface water usage in the Danghe river irrigation area

时间(年代)	1950	1960	1970	1980	1990
渠系水利用率(%)	33.3	51.1	55.5	56.7	60.9
灌溉水利用率(%)	30.0	46.0	53.0	54.4	58.4
水资源利用率(%)	31.0	48.6	54.3	55.6	59.6

注: 资料来源于敦煌市水利部门。

个百分点, 对地下水的补给量将减少 $0.32\%^{[2]}$, 即因水资源利用率的提高使党河灌区地下水补给量减少了 $0.36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。不同年代对党河灌区地下水资源的均衡研究也得到了相同的结果 (表2)^[2~9]。

表2 党河灌区地下水补给量计算成果统计

Table 2 Calculation of groundwater recharge in the Danghe river irrigation area

时间(年)	单位: $\times 10^4 \text{ m}^3$					合计
	河水入渗	渠系入渗	田间入渗	降凝入渗	侧向流入	
1973	8012.00	5601.00	3500.00	1554.00	309.00	18976.00
1982	5327.00	6626.00	3456.00	1554.00	309.00	17272.00
1996	3060.00	5337.13	2514.92	1654.13	960.85	13527.03
2001	2498.53	4598.38	3084.87	1344.29	960.85	12495.92

3.2 地下水开采规模和开采量的增加

敦煌市地下水开采历史可以上溯到汉唐时期^[7]。建国以后, 随着敦煌市工农业生产、旅游业的持续发展和城市规模的不断扩大及七里镇青海省石油管理局生活基地建设引起的人口数量大幅度增加 (增加 5×10^4 人), 地下水开采井和开采量由240眼 $330 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 增加到1384眼 $5412 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ (表3), 40多年来开采量增加了16.4倍。根据有关成果资料^[4], 党河灌区地下水允许开采量为 $5000 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。现状已超采地下水 $412 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。开采区也从仅限于城区周围扩大到包括月牙泉下游杨家桥乡月牙泉村和上游七里镇在内的广大地带。超采地下水所引起的地下水储存资源的减少是导致月牙泉湖地下水位下降的次要原因。

表3 党河灌区地下水开采量统计

Table 3 Groundwater exploitation in the Danghe river irrigation area

时间(年)	开采井数(眼)	开采量 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$)			备注
		农业	工业及城镇生活	合计	
1960	240	290	140	330	
1982	1000	1500	265	1765	
1996	1302	2375	1748	4123	含石油管理局生活基地开采量
2001	1384	3137	2275	5412	

注: 1960年资料来源于市水务局

3.3 区域性地下水位持续下降

随着地下水补给量的不断减少和地下水开采量的增加,以区域性地下水位持续下降为主要特征的水文地质现象在党河灌区迅速蔓延。据观测资料,1975年以前,地下水位虽然有所下降,但下降幅度很小,平均 $0.05\sim 0.10\text{m/a}$,且下降区域仅限于山前砾石地带。随着1975年党河水库的建成截流,区域地下水位呈现快速下降过程,城区以南下降幅度多年平均为 $0.4\sim 0.6\text{m/a}$ (图3),城区以北下降幅度为 $0.2\sim 0.3\text{m/a}$ 。不但下降速度大幅度提高,而且下降区域也不断扩展。并最终导致了月牙泉湖水位平均以 0.23m/a 的幅度持续下降。

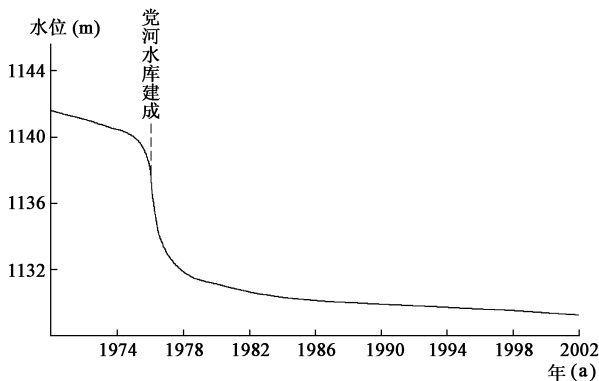


图3 月牙泉上游七里镇地下水位多年动态过程

Fig. 3 Regime of groundwater levels in the upstream area of the Yueya spring lake

另外,近一百年来 CO_2 排放量骤增等增温效应所引起的全球气候变暖趋势,对包括月牙泉湖在内的西北地区水资源和生态环境是有影响的。但影响程度究竟有多大,有待进一步深入研究。

4 对策分析

遏止月牙泉湖水位继续下降并逐步回升的关键是增加湖区上游地下水的补给量和减少党河灌区开采量。为此,本文提出以下2个方案。

(1)农业节水方案 该方案主要是通过推广应用各种常规节水措施(渠系特别是斗、农、毛渠的高标准衬砌和更换“U”型渠)和高新节水方法(小畦灌、滴灌、管灌、喷灌和膜上灌),降低亩灌溉定额和用水量,达到减少引用地表水量和削减地下水开采量,增加党河河水在洪积扇中上部入渗量的目的。据统计^[9],党河灌区现有灌溉面积 $2.77\times 10^4\text{hm}^2$,其中耕地 $1.77\times 10^4\text{hm}^2$,林地 $0.66\times 10^4\text{hm}^2$,园地 $0.34\times 10^4\text{hm}^2$,现状毛灌溉定额分别为 $12750\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、 $7500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 和

$13500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。2001年实际农业用水量 $2.42\times 10^8\text{m}^3$,占总用水量 $2.61\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ 的92.7%。通过实施节水,使耕地、林地、园地的灌溉定额分别降低至 $8400\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、 $5250\text{m}^3/\text{hm}^2$ 和 $6300\text{m}^3/\text{hm}^2$ (达到目前石羊河流域平均灌溉定额),使农业用水总量控制在 $1.81\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$,工业及城镇、农村生活(含旅游人口)用水保持现状的 $0.19\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ 不变,水资源总开采量为 $2.00\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ 。其中配置地表水 $1.50\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$,开采地下水 $0.50\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$,从而实现党河灌区水资源的供需平衡。根据初步计算结果,沿党河出山天然河道河水对地下水的补给量将增加 $3580\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$,渠系和田间灌溉入渗量减少 $1760\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$,最终使党河灌区地下水补给量增加 $1820\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ 。灌区地下水补给量大于排泄量,最终使月牙泉湖水位以 $0.06\sim 0.08\text{m/a}$ 的速度上升,预计未来25~30a的时间内,可使月牙泉湖水位逐步恢复到70年代中期水平。

(2)引哈济党方案 大小哈勒腾河位于敦煌市南部的祁连山区,出山径流量为 $3.14\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$,水质良好,汇入苏干湖盆地后处于自然蒸发状况,基本没有人干扰作用^[3]。该方案就是通过输水涵洞(穿越党金山)将哈勒腾河河水引入党河上游,设计引水量 $1.20\times 10^8\text{m}^3/\text{a}$,从而增加党河出山河水量及党河灌区地下水的补给量,达到最终治理拯救月牙泉湖的目的。据初步计算,该方案不但能彻底解决困扰阿克赛县多年的城市生活供水和农牧业生产用水问题(开采量 $1.100\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$),而且使敦煌党河灌区地下水补给量有较大幅度的增加,其中通过河道对地下水的补给量增加 $4500\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$,通过渠系、田间灌溉对地下水的补给量增加 $2200\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$,灌区地下水总补给量将增加 $6700\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$,而且能使区内地下水的开采量进一步削减至 $4100\times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ (主要是用河水替代七里镇工业及生活供水),灌区地下水补排关系处于正均衡,最终使月牙泉湖水位以 $0.25\sim 0.32\text{m/a}$ 的速度上升。预计未来10~15a的时间可使月牙泉湖水位逐步恢复到20世纪70年代中期水平。

(3)方案对比 2种方案均能达到最终拯救月牙泉湖的目的。节水方案工程总投资约需 15.8×10^8 元人民币,工程建成后可使月牙泉湖水位以 $0.06\sim 0.08\text{m/a}$ 的速度上升,共需25~30a的时间才能使月牙泉湖水位恢复到20世纪70年代中期水平,而且将使灌区北部地下水位进一步下降,有利于盐渍土的改良。引哈济党方案工程总投资约需 35×10^8 元,是节水方案的2.2倍,投资较大;工程建成后可使月牙泉湖水位

以 $0.25 \sim 0.32 \text{m/a}$ 的速度回升, 是节水方案的约 4 倍, 治理效果明显, 仅需 $10 \sim 15 \text{a}$ 的时间就能使月牙泉湖水位逐步恢复到 70 年代的水平, 不足节水方案的一半时间, 治理时间较短; 而且能适当增加绿洲灌溉面积, 逐步恢复灌区北部早已干涸的哈拉湖(原为疏勒河尾间湖)湿地和泉水, 有利于敦煌绿洲生态环境的改善, 社会效益显著。但不足的是同时也抬升了地下水位, 使部分地带土壤盐渍化程度加剧。

综上所述, 就其投资而言, 农业节水方案优越; 但就月牙泉湖水位恢复速度和治理时间及引起的社会、生态、经济效益来讲, 引哈济党方案优先。笔者赞同后一种方案。

参考文献:

[1] 敦煌市志编纂委员会. 敦煌市志[M]. 北京: 新华出版社, 1994. 77-99.

- [2] 甘肃省地质调查院. 河西走廊地下水勘查报告[R]. 兰州: 甘肃省地质调查院, 2002.
- [3] 地质部西北水文地质工程地质大队. 甘肃敦煌地区水文地质调查报告[R]. 地质部西北水文地质工程地质大队, 1973.
- [4] 甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队. 甘肃省敦煌市区域水文地质调查报告[R]. 甘肃省地矿局第二水文地质工程地质队, 1997.
- [5] 中国人民解放军〇〇九二九部队. 敦煌幅区域水文地质普查报告[R]. 中国人民解放军〇〇九二九部队, 1982.
- [6] 甘肃省地勘局水文地质工程地质勘察院. 甘肃省敦煌绿洲水土资源承载力评价报告[R]. 甘肃省地勘局水文地质工程地质勘察院, 2002.
- [7] 甘肃省地方史志编纂委员会. 甘肃省志·科学技术志[M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1995. 230-677.

Analyses of the reasons and countermeasures for the decline in the water level of the Yueya spring lake near Dunhuang

DING Hong-wei¹, GONG Kai-cheng²

(1. *Geology Engineering Institute of Gansu Province, Zhangye 734000, China;*

2. *Water Policy Water Resources Management Office of Dunhuang City, Dunhuang 735200, China*)

Abstract: By analyzing hydrogeologic conditions of the Yueya spring lake near Dunhuang and based on the current investigation and previous research results, the reasons that cause the water level of the lake to descend are quantitatively analyzed in this paper. The results indicate that the regional continuous decline in the groundwater level due to the increase in usage of surface water is responsible for the decline in the water level of the lake and groundwater over-exploitation is the minor reason. The key to make the water stage of the lake to stop falling and to rise slowly is that the recharge of groundwater in the upstream area of the lake will be increased and the exploitation of groundwater for irrigation in this area will be decreased. Therefore, two control schemes have been put forward in this paper, which include economic usage of agricultural irrigation and a project of diversion of the Hailonghe river to the Danghe river. The scheme of diversion of the Hailonghe river to the Danghe river is thought prior as far as the recovering speed and time of the water stage of the lake and the resulting social, ecologic and economic benefit are concerned.

Key words: water level; reasons for water level descending; control measurements; Yueya spring lake