

新疆柴窝堡水源地地下水超采引发的环境问题^{*}

柴 政¹, 玉米提·哈力克¹, 苟新华², 罗淑政¹

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆地矿局 地质环境监测院, 乌鲁木齐 830000)

摘 要:柴窝堡水源地近几年地下水持续超采, 引发了一系列的环境问题。通过对水源地地下水位、湖水水质的监测, 结合近几年地表环境的变化, 分析了地下水超采所带来的负面环境问题。结果显示: 柴窝堡水源地地下水位不断下降, 地下水埋深等值线已呈漏斗形状; 柴窝堡湖湖水水质也呈现恶化趋势, 污染物含量不断增加; 此外, 水源草地场有不同程度的退化, 土壤沙漠化加重, 风沙天气增多。因此, 对柴窝堡水源地的地下水应该定量开采, 引水补源, 以实现水源地生态系统的可持续性。

关键词:柴窝堡; 地下水; 超采; 环境问题

中图分类号: TV213; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)05-0132-04

Environmental Problems Caused by Excessive Exploitation of Groundwater at Chaiwopu Source in Xinjiang

CHAI Zheng¹, UMUT Halik¹, GOU Xin-hua², LUO Shu-zheng¹

(1. College of Resources & Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Bureau of Geology and Mineral Resources in Xinjiang, Urumqi 830000, China)

Abstract: Excessive exploitation of groundwater in recent years has triggered a series of environmental problems at Chaiwopu source. Combining the environmental changes on the surface of the earth with monitoring results about groundwater level and the water quality in Chaiwopu lake, the negative environmental problems caused by excessive exploitation are analyzed. The results show a lot. First groundwater level at Chaiwopu source is continually descending, and groundwater depth contour looks a funnel. Secondly, water quality in Chaiwopu lake has deteriorated and pollutant concentration is increasing. Thirdly, grasslands degradation at source to different extents, heavier salinization and the increasing sand weather have to be mentioned. Therefore, groundwater at Chaiwopu source should be exploited quantitatively and added by diversion so that ecosystem at source will be sustainable.

Key words: Chaiwopu; groundwater; excessive exploitation; environmental problems

地下水是水资源的重要组成部分, 在国民经济建设中起着十分重要的作用^[1]。尤其是在干旱区对地下水的依赖程度更大, 因此, 地下水的超采也引发了很多环境问题, 干旱区地下水的合理开采与利用已经成为当前社会各界关注的热点问题, 不少学者和专家对此进行了研究, 探讨了干旱区地下水合理开采的重要性, 并提出了相关对策^[2-4]。乌鲁木齐市水资源十分匮乏^[5], 随着社会经济的快速发展, 生产生活需水量不断增加, 地下水资源的掘取及合理开采成为社会关注的焦点。为解决乌鲁木齐市近年来紧张的用水问题, 市政部门启动了位于乌鲁木齐东南距市区约 50 km 的柴窝堡水源地的开发。水源地由柴窝堡湖北的柴北水源地(1992 年建成)、柴西水源地组成(1998 年建成), 二者相距约 7 km。水源地的开发, 一定程度上缓解了乌鲁木齐市用水紧张的问题, 并为市区地下

水环境的调整和恢复起到了积极的作用, 但由于持续超量开采, 水源地中心水位下降深度达 7 m 之多, 平原地下水位普遍下降。若不加以治理, 必将导致难以恢复的缓变性地质灾害。

为了挽救首府最大的水源地, 市委、市政府决定将柴窝堡湖附近的三个山上雪水引入柴窝堡湖。投资 2 300 万元的引水补湖工程从 2000 年开始动工, 经 3 a 的时间, 33 km 的引水渠于 2003 年完工, 补湖工程正式启动。在此基础上, 新疆自治区政府和众多专家也呼吁“保护我们的水源地”, 众多专家和学者也从不同角度对柴窝堡水源地的合理开发和可持续发展进行了研究^[6-8], 但是以前的研究大都集中在柴窝堡湖湖水水质恶化及其治理上。笔者通过实地调查, 阐明了地下水的超采对水源地环境的影响, 并提出了相应的对策, 旨在为维护柴窝堡水源地的可持续发展提供科学依据。

^{*} 收稿日期: 2008-01-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(30760050); 新疆维吾尔自治区高校科研计划重点项目(XJ EDU2004108)资助。

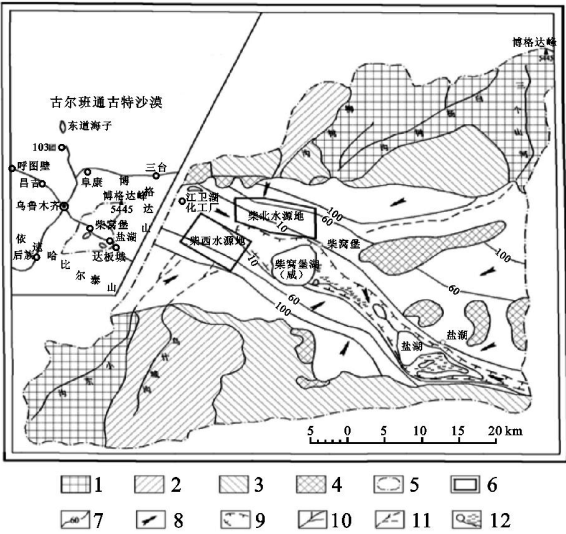
作者简介: 柴政(1984-), 山东兖州人, 硕士研究生, 主要从事干旱区绿洲生态方面的研究。E-mail: sd3852 @gmail.com

1 研究区概况

柴窝堡水源地地处北天山优地槽褶皱带博格达复背斜与依连哈比尔尔复背斜间的中新生代柴窝堡凹陷盆地中部。该区气候季节性明显,降水稀少,蒸发强烈,多年平均气温 6.8 ,最高温度 38 ,最低温度 - 34.9 ;平原区,年均蒸发量高达 3 088.9 mm,强蒸发集中在 6 - 8 月,蒸发量占全年的 62 %;降水稀少且分布不均,山区年降水量 200 ~ 600 mm,平原地区仅 50 ~ 100 mm;多风,年平均风速 6 m/s。汇流区总面积 2 787.42 km²,其中平原区占 54.38 %。南北由伊连哈比尔尔中低山(最高海拔 3 018 m)、博格达中高山(最高海拔 5 445 m)所挟,山前带分布坡降 1.5 % ~ 3.6 %的扇形洪积倾斜砾质平原。扇前缘交接地分布面积约 47 km²的条状细土带,地势西高东低,坡降 0.18 %,带内由西北至东南为串珠状湖泊洼地,座落有红卫湖、柴窝堡湖、大盐湖。

柴窝堡湖略似核桃圆形,湖盆呈浅碟状、湖底平坦;南北长 6.37 km,东西宽 5.75 km,水深一般 3 ~ 5 m,最大水深 6.1 m,大湖面积 30 km²时,容积 1.253 亿 m³,湖的西部有一小湖,俗称小西湖,面积为 0.468 km²,水深不足 2 m;主要是靠洪水期间的白杨沟、苏拉夏沟、柳河沟和 4 条常年性的河流补给,总径流量 10 119.17 万 m³/a,无出口湖。河水出山口后少部分被渠系引走用于农灌,大部分在山前渗失连同少量山前侧向径流排入盆地平原地下含水层。最终汇入柴窝堡湖及其周边沼泽湿地,并有一部分耗于蒸发、蒸腾。山区分布基岩裂隙水,单泉流量 0.1 ~ 1.0 L/s,平原区赋存潜水、承压水、承压自流水。自山前向腹地地下水由单层潜水

变为潜水承压水(或多层承压水)互层,细土带局部地区分布自流水,潜水富水性自扇中上部到扇缘由 >5 000 m³/d 3 000 m³/d 1 000 m³/d,承压含水层富水性则由 3 000 m³/d 1 000 m³/d 或 <1 000 m³/d(图 1),其中地下水资源量为 1.118 3 ×10⁸ m³/a,地表水资源量 0.851 4 ×10⁸ m³/a(包括前山带暴雨洪流量),平原地下水资源量 7 487.0 ×10⁴ m³/a(表 1、2、3)。



1. 山区地下水:径流模数 >2 L/(s · km²); 2. 山区地下水:径流模数 1 - 2 L/(s · km²); 3. 山区地下水:径流模数 <1 L/(s · km²); 4. 基岩上覆第四系透水不含水; 5. 水潭地区汇流区; 6. 水源地; 7. 潜水等埋深线(1992 年 8 月); 8. 地下水流河; 9. 自流水分布区; 10. 河流; 11. 干河道; 12. 湖泊及沼泽

图 1 柴窝堡水源地汇流区水文地质略图

表 1 柴窝堡水源地汇流区山区水资源计算表

计算面积/ km ²	平均补给模数 /(万 m ³ · a ⁻¹ · km ⁻²)	补给总量/ (亿 m ³ · a ⁻¹)	天然补给量/(亿 m ³ · a ⁻¹)		
			河流基流量	河床潜流量	山前流出量
1271.55	4.3	0.4568	0.225	0.1969	0.1249

表 2 柴窝堡水源地汇流区平原区水资源计算表

计算区面积/km ²	天然补给总量/(亿 m ³ · a ⁻¹)				转化补给量/(亿 m ³ · a ⁻¹)		
	补给总量	降水入渗量	暴雨洪流入渗量	山前倾向补给量	河道入渗量	渠系入渗量	田间入渗量
1515.87	10695	0.0232	0.0579	0.3218	0.5611	0.0329	0.0726

表 3 水源地汇流区水资源量

平原地下水可开采量/ (亿 m ³ · a ⁻¹)	地下水资源/ (亿 m ³ · a ⁻¹)	水资源/ (亿 m ³ · a ⁻¹)
0.7487	1.1183	1.07811

计算公式: 地下水资源 = 山区地下水资源量 + 平原区地下水资源量 - 山区与原平原区地下水资源重复量; 水资源量 = 地表水资源量 + 地下水资源量 - 地表水与地下水资源重复量; 降雨量 = $\frac{q}{i=1} q_i \cdot F_i$, (q_i ——两条多年平均降水量等值线均值; F_i ——两条多年平均降水量等值线间面积)

2 地下水利用现状及其预测

2.1 地下水利用现状

区域水资源形成于山区,汇流于平原。据资料考证^[9],汇流区水资源总量为 1.078 亿 m³/a,其中地下水资源量为 1.118 3 亿 m³/a,地表水资源量为 0.851 4 亿 m³/a(包括前山

带暴雨洪流量),平原地下水开采资源量为 7 487.0 万 m³/a。

柴窝堡水源地未开发之前,地下水水质优良,盆地内水资源利用程度低。水资源总使用量为 2 800 万 m³/a,其中地下水开采量为 400 万 m³/a。人均占有水量 4 666 m³,是乌市人均占有水量的 30 多倍。水源地开采后,地下水超采,柴北水源地允许开采量 3 000 万 m³/a,但实际开采量,自 1998 - 2000 年依次为 3 436.44,3 548,3 803,3 751,3 010,地下水连年超采;柴西水源地开采量,2000 - 2002 年分别为 1 047,1 331,2 108,而到了 2006 年开采量已达 3 321 万 m³,开采量逐年增加。目前地表水资源利用率已经相当高,几乎没有太大的潜力,地下水的利用程度平均超过 100 %,总体开采量远大于补给量,地下水长期处于负均衡状态,从而导致区内地下水位处于区域性持续下降状态。

据水资源均衡计算及柴窝堡水源地供水水文地质勘查

报告显示,平原地下水入湖水量为 3 463.6 万 m³/a,湖沼湿地浅部潜水(水位埋深 1~5 m)蒸发量 1 433.6 万 m³/a,若以 2002 年地下水总开采量 5 405.60 万 m³/a 计,则流域地下水剩余量仅为 880.74 万 m³/a,平原地下水超采 2 815.80 万 m³/a(不计盐湖带地下水开采量),如果以 2006 年计,则超采的数量更加惊人。

2.2 水资源开发利用趋势预测

水资源均衡计算及平原地质环境状况表明,该汇流盆地水资源开发利用程度已超出其承载力。除维系本地区社会经济持续发展需水量外,乌鲁木齐市需水增长还在升级。1991 年乌鲁木齐市缺水 1 856 万 m³,2000 年缺水 4 850 万 m³,2003 年则达 5 200 万 m³,所欠水量大都从柴窝堡盆地两水源地掘取。依照柴窝堡水源地供水水文地质勘探数值模拟,不计柴西地下水开采量,仅按每年开采柴北地下水 3 000 万 m³,至 2010 年柴窝堡湖水域面积将由 29.98 km² 缩至 27 km²,湖水矿化度增至 9.10 g/L,湖中大部分生物灭绝,继而湖面还会进一步缩小,水质高度盐化,直至积盐成滩。

柴窝堡水源地的水质和水量直接关系到乌鲁木齐市的水用情况和市民的健康状况,因此,自治区政府对此高度重视,于 2000 年启动了三个山引水补湖工程(2003 年 7 月 30 日顺利完工),这项工程的启动,每年将为柴窝堡湖补入 1 700 万 m³ 的水量,这将有效地遏制迅速恶化的柴窝堡湖现状,并对改善乌鲁木齐的空气质量、生态环境,起到不可估量的作用。

3 引起的环境问题

3.1 地下水位下降

随着乌鲁木齐市人口的增加以及工业和城市建设的发展,对水的需求量逐年增加。所以,自 1992 年以来对柴窝堡水源地的开发力度不断加大,而且开采过程中缺乏统一管理,因此发生了地下水超量开采的现象,柴北水源地和柴西水源地的地下水位不断下降,近平原区地下水埋深也逐年升高。

受地下水过量开采的影响,平原区地下水位普遍持续下降 1~2 m,柴北水源地地下水位自 1992 年以来,原始平缓的地下水位埋深等值线已呈漏斗状分布,中心漏斗深达 7 m,

降落漏斗面积幅扩大到 150 km²。柴西水源地 1998 年以来开采中心漏斗下降 4 m 以上,降落漏斗范围约 30 km²。

为了准确把握柴窝堡水源地的地下水位动态变化,在水源地共设置地下水监测井 14 眼,本文选取了 9 个典型地下水位监测点(A 白杨树沟公路西 500 m,B 水源地指挥部东,C 白杨树沟公路西 50m,D 三葛庄车站东,E 柴窝堡乡政府北 1.5 km,F 林场基建队,G 三葛庄车站东南 2 km,H 柴窝堡南东路旁 3 km,I 新疆化工厂东 5 km),在 A 监测点地下水位下降了 8.48 m(图 2)。

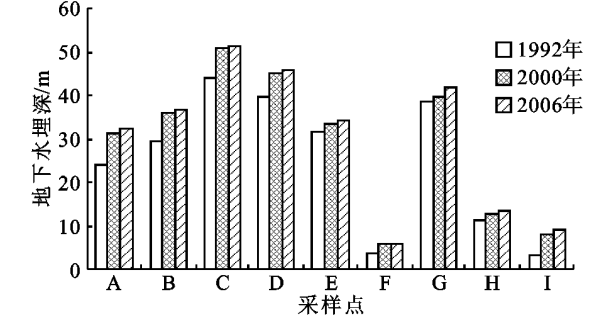


图 2 柴窝堡水源地地下水位动态变化

3.2 地表环境恶化

由于地下水位下降,水源地部分地段开采井用吊泵已经抽不上水。细土带承压自流量逐渐减少甚至断流。盆地中泉泽、湿地干涸,土地开始出现沙化趋势。流入柴窝堡湖的水量每年减少约 3 000 万 m³,湖面下降 2 m 多,湖岸沙坝显示,水域在逐年缩小,水生鱼种和产量骤减,植被枯亡,草场退化,土地裸露,盐渍土扩增,风沙天气增多。

3.3 湖水水质污染

受水源地开采的影响,下游地下径流量减少,运移滞缓,浅部地下水尤其是浅层潜水水质浓缩,湖沼地潜水矿化度增大,地下水泄入柴窝堡湖的水量减少,而柴窝堡湖每年约 3 810 万 m³ 的水消耗于湖面蒸发。因此,湖面下降和湖水中污染物浓缩富集,水质咸化,水矿化度增高,柴窝堡湖水质呈明显的下降趋势。此外,区内红卫湖及周围地下水、柴窝堡湖水质恶化,除因地下水开采外,还受来自新疆化肥厂排放的污水污染。

表 4 柴窝堡湖不同年份水化学变化

污染物	1996	1999	2000	2002	2003	2004	2005	2006
Cl ⁻ / (mg · L ⁻¹)	586.7	632.1	730.3	756.9	768.3	794.9	847.1	888.9
SO ₄ ²⁻ / (mg · L ⁻¹)	1415.9	1522.6	1805.9	1822.8	1898.3	1996.4	2031.7	2142.1
F ⁻ / (mg · L ⁻¹)	2.18	2.18	5.3	7.8	8.4	9.6	11.1	12.3
NO ₃ ⁻ / (mg · L ⁻¹)	0.54	9.3	16.1	23.1	30.5	37.1	40.7	45.1
矿化度 / (g · L ⁻¹)	3.52	3.77	4.31	4.56	4.64	4.78	5.03	5.16

4 结论与对策

4.1 结 论

(1) 乌鲁木齐柴窝堡盆地水源地汇流区原生地质环境良好,流域水资源有各自独立的水资源子系统。盆地水源地开发以前,水资源开发利用程度低,人均水资源占有量 4 666 m³/a。地下水水质优良,除细土平原 < 2 m 潜水浅埋带地下水矿化度约 3.0 g/L 外,其它未污染地区地下水矿化度均小于 0.5 g/L,完全符合饮用水标准。

(2) 近年来,柴窝堡湖上游柴北水源地(乌市自来水六厂)及下游柴西水源地(乌市自来水七厂)分别开采柴窝堡湖的主要供水水源——地下水,加剧了柴窝堡湖的水位下降,造成湖水水量日趋减少,水位急剧下降。地下水位平均下降约 2 m,柴北水源地中心地下水位下降达 7 m,柴西水源地中心地下水位下降达 4 m。

(3) 经均衡计算,汇流区地表水资源量 0.851 4 亿 m³/a,地下水资源量 1.118 3 亿 m³/a。水资源总量 1.078 1 亿

m^3/a ，其中平原地下水可采资源量 $7\,487\text{万}\text{m}^3/\text{a}$ 。2002 年区内地下水开采总量 $5\,405.6\text{万}\text{m}^3$ ，加之地下水入柴湖水量 $3\,463.00\text{万}\text{m}^3$ ，湿地潜水浅部蒸发量 $1\,433.00\text{万}\text{m}^3$ ，平原地下水已超采 $2\,815.8\text{万}\text{m}^3$ 。

(4) 地下水超采引发一系列地质环境问题，平原地下水位下降，自流水断流，潜水井吊泵废置。柴窝堡湖北泉流量缩减，入湖水量每年减少至少 $3\,000\text{万}\text{m}^3$ ，湖水位下降 2m 多，湖水水域缩小，水质咸化，水矿化增至 5.16g/L 。湖中水生鱼种和数量减少。湖西沼泽湿地干涸，植被消亡，土地裸露，开始沙化。湖东地下径流减少。区内草场退化，畜牧业受到严重影响。

4.2 对 策

(1) 开源补流，另觅它源。柴窝堡盆地水源地的开发目的是弥补乌鲁木齐生活用水量的不足。现已开采包括盆地中三个山沟在内的地下水资源，故对地下水水资源的扩采应另寻他源。达坂城盆地位于柴窝堡盆地东侧，区内黑沟河、高崖子沟河等河流径流量总计达 $2.040\,1\text{亿}\text{m}^3/\text{a}$ 。因地势陡倾地下水开发利用程度很低。可在各河流山前砾质平原掘取地下水同柴北水源地构筑集成水源地形成联合调水，实现水资源共享，拓宽水资源承载阈值，以便在环境保护的基础上根据实际需要对各水源地开采实施灵活调配。此外，对达坂城水资源的开发利用应“量力而行”，深入细致地科学论证，慎重开采，否则会打破达坂城及托克逊地区水资源平衡，开发应以既保证两地区社会经济的可持续发展，又不致引发地质环境问题为宜。

(2) 北水南调和西水东调工程。主要就是开发额尔齐斯河和伊犁河的水资源进而解决乌鲁木齐严重缺水的现状。全长 504km 的额尔齐斯河的北水南调工程已经顺利完工，引水量 $10\text{亿}\text{m}^3/\text{a}$ （第一期 $2.5\text{亿}\text{m}^3/\text{a}$ ）至猛进水库，该工程的实施一定程度上可以大大缓解乌鲁木齐市城市用水紧缺的困境。三个山引水补湖工程的顺利完工，对重建或恢复柴窝堡湖及其周围的自然生态环境也起到了不可估量的作用。

(3) 制定相应的地下水开采计划，对水源地的开发进行统筹管理。为了确保社会经济的可持续发展，必须加强水资源的科学管理，统一水资源保护。采取开源、节流等综合治理措施，以供定需、合理利用，建立节水型社会。此外，应减

少农灌用水，目前普遍采用大水漫灌的灌溉方式，加之垦荒造田，盲目扩大耕地面积，水资源的浪费异常严重，因此应建立高效的节水型农业。

(4) 严格控制污水的排放。新疆化肥厂、天山锅炉厂、天山塑料厂等企业的工业废水和生活污水，均排入红卫湖，而红卫湖和柴窝堡湖之间有一条 12km 的明渠相连，因此，柴窝堡湖水质的恶化很大程度上是受其污染。所以，应该对工业废水和生活污水进行预处理，达到排放标准后才能排放到红卫湖，有条件的话可以考虑搬迁新疆化肥厂至乌鲁木齐河下游地区。总之，柴窝堡水源地地下水的开发应该既满足社会生产的可持续发展又不能以损害环境为代价，真正做到经济效益、社会效益、环境效益的统一。

参考文献：

[1] 陈梦熊. 中国水文地质环境地质问题研究[M]. 北京：地质出版社，1998：6-8.

[2] 王贵玲，刘志明，高业新，等. 石羊河流域地下水资源及其保护战略对策研究[J]. 干旱区资源与环境，2007，21（4）：48-51.

[3] 王贵玲，陈德华，蔺文静，等. 中国北方地区地下水资源的合理开发利用与保护[J]. 中国沙漠，2007，27（4）：684-689.

[4] 高燕彬. 浅谈超采地下水引发的生态问题[J]. 内蒙古科技与经济，2006（23）：122.

[5] 吴新敏，孙建国，杨永红. 乌鲁木齐市地下饮用水水质历年变化趋势评价[J]. 干旱环境监测，2004，18（2）：83-120.

[6] 吴新敏，孙建国. 柴窝堡湖富营养化水平评价[J]. 干旱环境监测，2004，18（1）：26-29.

[7] 吕春玲，祁士华，龚香宜. 新疆柴窝堡湖水质污染控制与恢复方案研究[J]. 环境科学与技术，2006，29（8）：15-50.

[8] 王雪冬，刘彦林，邢健. 柴窝堡湖水质污染与控制[J]. 干旱环境监测，2003，17（4）：225-232.

[9] 叶民权，王书峰，万水，等. 乌鲁木齐市减灾研究[M]. 北京：地震出版社，1996.