

玛纳斯河流域地下水库调蓄能力研究

王文明^{1,2}, 王文科¹, 程旭光³

(1. 长安大学环境科学与工程学院 陕西 西安 710054; 2. 首钢地质勘查院 北京 100144; 3. 新疆第二水文地质大队 新疆 昌吉 831100)

摘要 阐述玛纳斯河流域具有建设地下水库得天独厚的条件:巨大的前山带构造洼地和巨厚的山前冲洪积扇形成了可以联合调蓄的串珠状天然地下水库。该地下水库调蓄空间巨大,可达 1 250 亿 m³。调蓄水源集中充沛,进行适当的人工采补工程后可实现地下水库“丰补欠采”的调蓄作用,对该流域水资源的合理开发利用具有重要意义,可实现良好的经济、社会、环境效益。

关键词 玛纳斯河流域 水资源调蓄 地下水库

中图分类号:TV697.1 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2010)01-0032-04

Study on storage capacity of underground reservoir in Manasi River Basin

WANG Wen-ming^{1,2}, WANG Wen-ke¹, CHENG Xu-guang³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Institute of Geological Exploration, Capital Iron and Steel Corporation, Beijing 100144, China; 3. Xinjiang Second Hydrogeological Brigade, Jichang 831100, China)

Abstract: The Manasi River Basin has the advantage of having an underground reservoir. The giant structural depression and the alluvial-proluvialfan in the piedmont form catenulate natural underground reservoirs that can be united to store water. There is a huge regulation and storage space of $1.25 \times 10^{11} \text{ m}^3$. The water resources are centralized and plentiful. With a suitable artificial extraction and supply project, this underground reservoir would have the significant function of regulating and storing water. It would be significant to the reasonable development and use of the basin water resources, which could benefit the economy, society and environment.

Key words: Manasi River Basin; regulation and storage of water resources; underground reservoir

玛纳斯河是天山北麓最大的河流,河流年径流量 12.7 亿 m³。该流域水资源时空分布很不均匀,丰水期 6~9 月份的径流量占全年径流总量的 70%。夏季大量的洪水资源未被有效利用,而春秋两季水资源短缺严重。该流域巨大的前山带构造洼地和巨厚的山前冲洪积扇构成了建设“环保型水资源开发工程”^[1]——地下水库的有利条件,其“丰补欠采”的功能将有效缓解这一矛盾。笔者从调蓄空间、调蓄水源、人工调蓄工程三个方面对玛纳斯河流域地下水库调蓄能力进行研究,为该流域建设地下水库提供科学依据。

1 流域概况

玛纳斯河流域位于天山北麓中段,流域面积

15 300 km²,属于典型的大陆型干旱气候区域。流域内的主要河流玛纳斯河、塔西河、宁家河、金沟河均发源于南部依连哈比尔尔山脉。该流域南部海拔 3 500 m 以上高山区终年积雪覆盖,海拔 1 500~1 800 m 以上的中山区地形陡峭,中高山区是水资源形成区;河流流经海拔 600~900 m 的山前构造带后在出山口形成了一系列冲洪积扇,最后在海拔 300~380 m 的平原荒漠区消亡^[2],见图 1 所示。

2 地下水库的调蓄条件

2.1 调蓄空间

2.1.1 地下水库调蓄空间特性

玛纳斯河流域山前第一排与第二排构造带之间

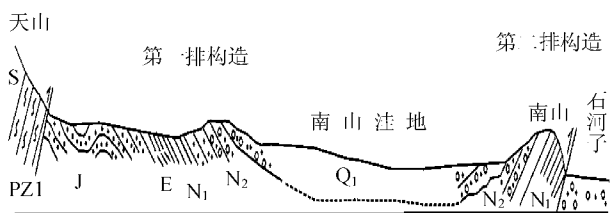


图1 玛纳斯河流域地下水库南北向剖面示意图^[3]

的东西向山间洼地,横跨了金沟河、宁家河、玛纳斯河、塔西河等4条河流,其中玛纳斯河河谷高程最低(图2)。该洼地东西长约85 km,南北宽约13~17 km,面积约1275 km²。第一排、第二排构造带以及下部第三系胶结比较紧密的砾岩,形成了一个东西向盆状封闭的隔水边界。具有封闭隔水边界的储水构造洼地内沉积了厚度达750 m的下更新统西域组砾岩及中更新统砾石与黄土,结构较松散,孔隙比较发育,透水性能好,含水层厚度可达380~750 m,富水性较强,一般在600~800 m³/(d·m),局部地段可达3500~4600 m³/(d·m),渗透系数一般为20~60 m/d,最大可达100 m/d,渗水试验表明该流域含水层具有良好的渗透性(图3),有利于地下水库的调蓄。

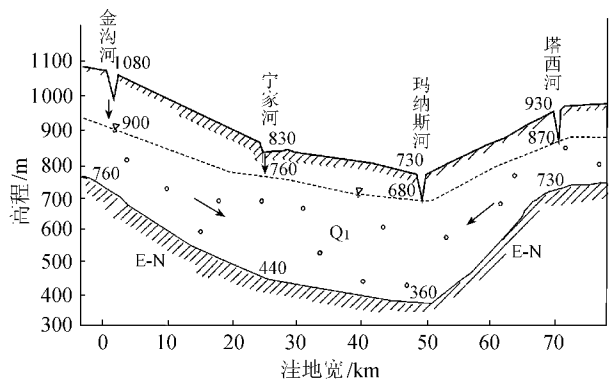


图2 玛纳斯河山间洼地东西向剖面示意图^[3]

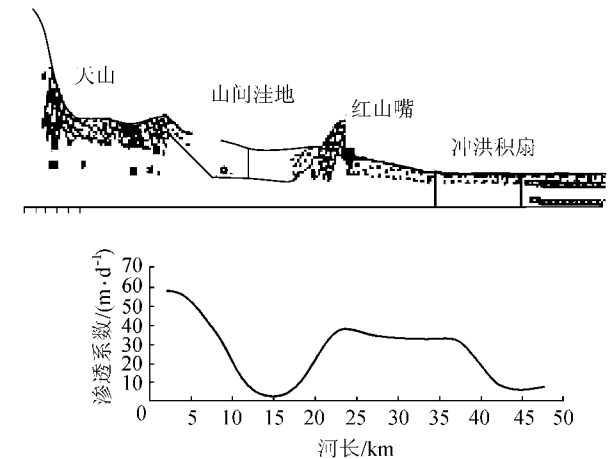


图3 玛纳斯河河床入渗速度沿河流变化

玛纳斯河冲洪积扇地形南高北低,东侧与塔西河冲洪积扇相互叠置,西侧与宁家河冲洪积扇相连。

冲洪积扇顶部宽1~3 km,前缘宽约26 km,南北长约20~25 km,扇区面积731 km²,其中溢出带以上的部分面积为313 km²[4-5]。该洪积扇为单一的卵砾石潜水含水层,结构松散,孔隙发育,透水性极好。根据物探数据表明,其饱水带厚度约400~1150 m,平均厚度850 m,最厚可达1000~2000 m。钻孔涌水量一般在2000~4000 m³/(d·m),最高可达10973 m³/(d·m);渗透系数20~60 m/d,最大可达80~120 m/d。

2.1.2 地下水库库容测算

玛纳斯河流域前山带山间洼地面积为1275 km²,以第三系岩层作为隔水底板,根据已有钻孔资料,取 $\mu = 0.16$,计算得到前山带地下水库最大库容530.4亿 m³,以调节地下水位为10 m计算,其最小库容510亿 m³,极限调节库容20.4亿 m³,即相当于每调节地下水位1 m可获得2.04亿 m³的调节库容,调蓄库容巨大。

玛纳斯河冲洪积扇地下水库面积为731 km²,平均厚度850 m。取 $\mu = 0.2$,计算得到最大库容 $V_{\max}$ 为1242.7亿 m³,以调节地下水位10 m计算,可以算得最小库容 $V_{\min}$ 为1228亿 m³,极限调节库容为14.7亿 m³,相当于调节地下水位1 m便可获得调节库容1.47亿 m³。因此玛纳斯河冲洪积扇地下水库调蓄能力十分巨大。

2.2 调蓄水源

据红山嘴水文站资料,玛纳斯河最大年径流量14.66亿 m³/a,最小10.25亿 m³/a,多年平均径流量为12.7亿 m³/a,该河在流经前山带时有0.5亿 m³/a补给地下水。玛纳斯河两侧的塔西河、宁家河等河流在天然条件下常年补给玛纳斯河山间洼地地下水库的水量约占玛纳斯河在红山嘴出山水量的32%。玛纳斯河红山嘴到向南7.8 km的河道是前山带地下水库的集中排泄区。由于受第三系隆起的阻滞作用,地下水集中排泄,排泄量为0.95亿 m³/a。

玛纳斯河红山嘴出山口处河床宽450 m,河床砾石层平均厚10 m,河水以地表径流和河床潜流的形式,向下游冲洪积扇地下水库排泄,河床潜流量为0.12亿 m³/a。河流流经冲洪积扇戈壁砾石带时,大量补给地下水,补给量为0.64亿 m³/a。玛纳斯河洪水期有3.69亿 m³/a的洪水资源为冲洪积扇地下水库的提供了调蓄水源。

2.2.1 河流补给

河流入渗补给是该流域地下水库的主要补给源。根据肯斯瓦特站水文资料(图4.5),玛纳斯河最大年径流量20.19亿 m³/a,最小9.36亿 m³/a,多年平均径流量为12.18亿 m³/a。塔西河最大年径流量2.94亿 m³/a,最小1.93亿 m³/a,多年平均流量为

2.25 亿 m^3/a , 宁家河径流量为 0.71 亿 m^3/a 。经计算, 前山带山间洼地地下水库天然状况下获得的河流入渗补给量分别为: 塔西河 0.38 亿 m^3/a , 玛纳斯河 0.5 亿 m^3/a , 宁家河 0.5 亿 m^3/a , 金沟河 0.48 亿 m^3/a 其他小水系为 0.11 亿 m^3/a 。河流入渗是地下水库重要的补给源。

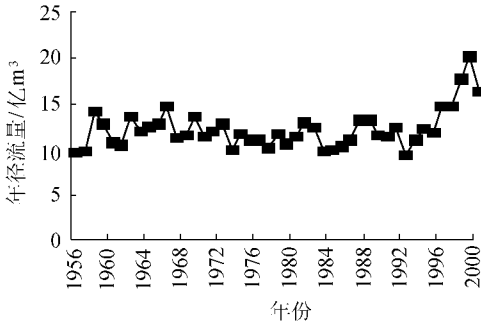


图 4 肯斯瓦特站 1956 ~ 2000 年径流量^[5]

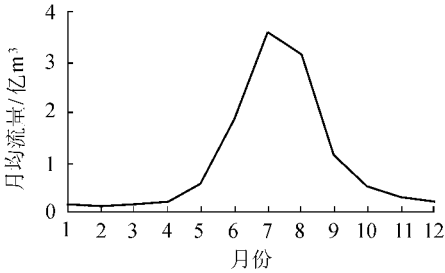


图 5 肯斯瓦特站月平均流量

玛纳斯河流域河流径流量季节分布很不均匀, 6 ~ 9 月为丰水期, 当年 11 月 ~ 翌年 3 月为枯水期, 丰水期水量占全年总径流量 70%。水量季节分布不均造成该流域春秋两季用水紧张的主要原因。因此在春秋两季对地下水库进行开采, 下降水位腾出库容, 在 6 ~ 9 月丰水季对地下水库蓄水, 使水资源在时间分布上趋于均化, 这是解决流域春秋两季用水紧张问题的最佳途径之一。

2.2.2 大气降水入渗补给

玛纳斯河流域从南部山区到北部平原区降水具有明显的分带性。南部山区降雨量相对丰富, 年降水量 600 ~ 800 mm。其中降雪资源约占降水资源的 33%, 山区雨雪资源是流域的主要补给水源。前山带和平原区的降水量仅 200 mm 左右, 由于蒸发强烈, 对地下水的补给作用十分微弱。

该流域降水主要集中在 6 ~ 9 月, 夏季占到全年降雨量的 36%, 春季降水量为 31%, 冬季、秋季分别占 20% 和 13%。且单次降雨量超过 15 mm 的降雨约占到降水总量的 25%, 单次降雨量超过 10 mm 的降雨约占到降水总量的 50%, 降雨形成洪水为地下水库调蓄提供了重要的水源。

2.2.3 地下水侧向补给

玛纳斯河流域山间洼地地下水库南侧受山区基

岩裂隙水常年补给, 东西侧接受地下水的侧向补给。据 2003 年资料, 该流域的河川基流量为 5.3 亿 m^3/a 。冲洪积扇地下水库地势在横向上东高西低, 东侧的塔西河冲洪积扇中的地下水部分流入本区, 形成侧向补给。玛纳斯河出山口处河床潜流以地下瀑布的形式补给冲洪积扇地下水库, 河床潜流量侧向补给量为 0.12 亿 m^3/a 。

2.2.4 补给源的保证率

通过对玛纳斯河肯斯瓦特站年径流量保证率的分析计算, 玛纳斯河多年平均径流量 12.18 亿 m^3/a 的保证率为 41.3%, 保证率为 50% 下流量为 11.59 亿 m^3/a 。通过对 45 年共 530 个月的径流量进行分析计算, 可算得保证率为 50% 下月径流量为 0.37 亿 m^3 , 月平均径流量 1.02 亿 m^3 对应保证率为 29.9%。因此每年可供调节的时间为 109 d。

2.2.5 地下水更新速率及水质

利用同位素氙对地下水库的更新速率计算结果表明: 在现状条件下玛纳斯河流域前山带山间洼地地下水库地下水的更新速率为 4%, 冲洪积扇地下水库地下水的更新速率为 5% ~ 6%, 至溢出带为 1% ~ 5%。经计算, 山间洼地地下水每年更新 2.2 亿 m^3/a , 冲洪积扇更新为 9.39 亿 m^3 。玛纳斯河流域地下水库不仅补给水源充沛, 水质良好, 地下水矿化度小于 0.3 g/L, 水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型, 山间洼地地下水库由于受人类活动影响小, 地下水未受到污染, 是工农业生产及生活用水的良好水源地。冲洪积扇地下水库的主要补给地段为红山嘴至玛纳斯电厂, 目前在溢出带以上的地下水污染较少。石河子玛纳斯县等溢出带附近的城市虽然处在玛纳斯河冲洪积扇的排泄区, 但是污染物在地下水库建成后有可能污染地下水, 因此要加强对两市及相关企业地下水污染物排放的监管。

3 调蓄工程措施

玛纳斯河流域前山带地下水库具有完整的隔水构造, 北部为基岩山区, 受到基岩裂隙水的补给, 东西向分别受到地下水的侧向补给。南侧受到第二列构造背斜的阻挡, 具有封闭的隔水边界。冲洪积扇地下水库北侧受到第二排构造的阻挡为隔水边界, 东侧受塔西河冲洪积扇的地下水补给, 南侧受细颗粒含水岩层的阻挡, 西侧与宁家河冲洪积扇相互叠加, 巨厚的第四纪含水层形成了一个较为封闭的含水体, 不需要建设人工地下水拦截工程。因此建设人工开采、回补工程是地下水库发挥调蓄作用的关键。开采工程应该建在地下水的集中排泄区, 山间洼地的集中排泄区位于红山嘴至向南 7.8 km 的河

段内,该区段内单井涌水量可达 $2\,500\sim 4\,600\text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,有利于迅速开采地下水,因此可在该区段内河道两侧布设开采井,进行地下水的集中开采。冲洪积扇单井涌水量可达 $2\,000\sim 4\,000\text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,地下水库的开采应根据需水状况,实行集中开采与分散开采相结合的开采模式。

前山带地下水库补给工程应集中在山间洼地中上部靠近天山地段。该区段含水层砂粒颗粒粗大、渗透性良好,渗透系数一般为 $20\sim 60\text{ m/d}$,最大可达 100 m/d ,宜采用拦洪坝、渗坑、渗井等措施,在丰水期将地下水回补地下水库。冲洪积扇地下水库则应该位于玛纳斯电厂至红山嘴的戈壁砾石带,该区段内渗透系数 $20\sim 60\text{ m/d}$,最大可达 $80\sim 120\text{ m/d}$,可利用渗井、渗坑、拱水坝等将地表水补给地下水库。在建设地下水库的采补工程后还应该建设适当的输水工程,将水通过配套输水工程输送到用水单位。

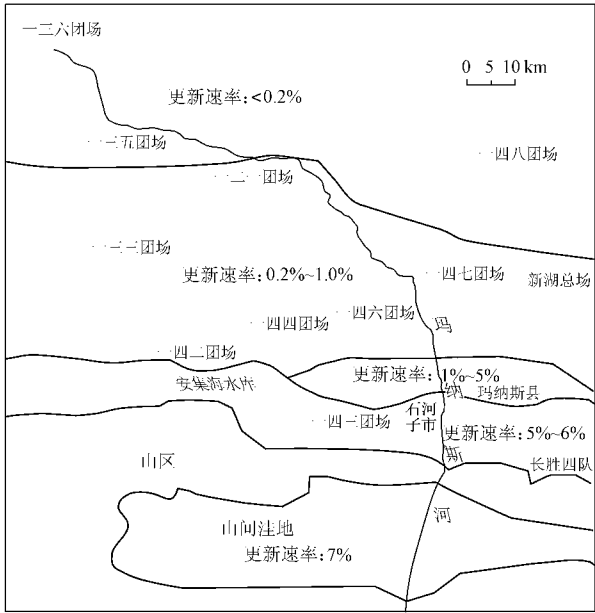


图 6 玛纳斯河流域地下水更新速率分区图^[5]

4 结 语

玛纳斯河流域地下水库调蓄空间巨大,山前带山间洼地地下水库可调库容为 20.4 亿 m^3 ,冲洪积扇地下水库可调库容为 6.3 亿 m^3 。蓄水和采水能力都很强,调蓄水源集中充沛,具有建设地下水库得天独厚的条件,通过适当的采补工程就能够将夏季的洪水资源进行调蓄,缓解春秋两季的用水紧张面,投资小效益大,具有良好的经济、社会、环境效益。

参考文献:

[1] 赵天石. 关于地下水库几个问题的探讨[J]. 水文地质与工程, 2005(5): 65-67.
[2] 刘允敬. 新疆玛纳斯河流域规划平原区水文地质勘察报

告[R]. 新疆昌吉: 新疆第二水文地质大队, 1995.

[3] 李俊亭. 玛纳斯河流域山前地带含水层调蓄能力调查评价任务书[R]. 西安: 长安大学, 2004: 1-3.
[4] 新疆第二水文地质大队. 玛纳斯电厂水源地详勘报告[R]. 新疆昌吉: 新疆第二水文地质大队, 1995.
[5] 王杰. 天山北麓地下水水环境同位素研究[R]. 西安: 长安大学, 2006.

(收稿日期 2008-06-24 编辑 高渭文)

(上接第 31 页)

[11] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 23-97.
[12] CARDONA A, CARRILLO-RIVERA J J, HUIZAR-ALVAREZ R, et al. Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico[J]. Environmental Geology, 2004(45): 350-366.
[13] 卞学洛. 天津市深层淡水井的水质咸化分类: 以东丽区为例[J]. 地下水, 2008, 30(1): 15-20.
[14] SALAMA R B, OTTO C J, FITZPATRICK R W. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization[J]. Hydrogeology Journal, 1999(7): 46-64.
[15] 于静洁, 宋献方, 刘相超, 等. 基于 δD 和 δO 及水化学的永定河流域地下水循环特征解析[J]. 自然资源学报, 2007, 22(3): 415-417.
[16] 毛献忠, 朱小敖, 陈雨源, 等. 沿海堵港蓄淡水库加快水体淡化措施的研究[J]. 水科学进展, 2005, 16(6): 773-777.
[17] JALALI M. Salinization of groundwater in arid and semi-arid zones: an example from Tajarak, Western Iran [J]. Environmental Geology, 2007(52): 1133-1149.

(收稿日期 2008-12-27 编辑 高渭文)

(上接第 28 页)

[10] JURIS A. Seasonal variations in phosphorus species in the surface sediments of the Gulf of Riga, Baltic Sea[J]. Chemosphere, 2001, 45: 827-834.
[11] 叶恒朋, 陈繁忠, 盛彦清, 等. 覆盖法控制城市河涌底泥磷释放研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(2): 262-268.
[12] HERODEK S, ISTVNOVICS V. Mobility of phosphorus fractions in the sediments of Lake Balator[J]. Hydrobiologia, 1986, 13(5): 149-154.
[13] 扈传昱, 潘建明, 刘小涯. 珠江口沉积物中磷的赋存形态[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4): 21-25.

(收稿日期 2008-07-03 编辑 高渭文)