

格尔木河流域地下水数值模拟

寇文杰

(北京市水文地质工程地质大队, 北京 100195)

摘要: 格尔木河流域是西北干旱区水资源开发利用的典型地区, 为满足可持续开发利用的需要, 针对《青海省格尔木河流域水资源综合利用规划》提出的水资源开发利用需求量, 分析其是否对下游盐湖生态环境产生破坏影响。根据流域概况建立格尔木河流域水资源数学模拟模型, 对平均水文序列变化趋势及各种典型年的水资源状况进行预测, 探讨在不影响下游盐湖生态环境的前提下, 格尔木河流域水资源合理开发利用的方案。

关键词: 水资源; 数学模型; 生态环境; 格尔木河流域

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2013)01-0034-07

格尔木河是柴达木盆地径流量最大的河流之一。在整个柴达木盆地内, 格尔木河流域对水资源的利用量最大, 在开发利用水资源的过程中, 产生的水环境问题最为突出。下游平原区既是柴达木盆地最重要的地区, 也是西北干旱区水资源开发利用的典型区域^[1] (图 1)。由此, 探讨柴达木盆地南缘即格尔木河流域的合理开发利用模式十分重要。

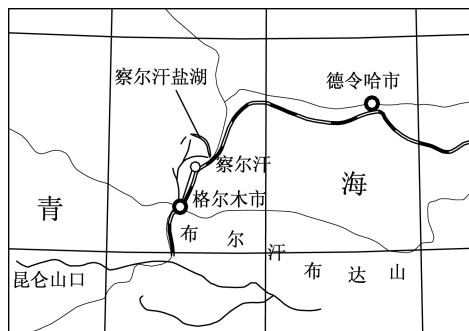


图 1 研究区交通位置图

Fig. 1 Map showing transportation of the study area

1 水文地质概况

格尔木河是柴达木盆地径流量最大的河流之一, 具有西北内陆盆地一般的水文地质特征, 河流出山后, 经戈壁砾石带, 河水以悬河的形式, 大量入渗补给地下水; 穿越细土平原区, 在冲洪积扇前缘形成泉集河; 流

经盐沼平原区, 最终汇入终端湖泊蒸发排泄。在此过程中, 地表水与地下水相互依存、相互转化, 构成了西北内陆盆地典型的河流-含水层系统。地下水不仅沿径流方向流动, 而且沿着轴部向两侧运动。在冲洪积扇的不同部位, 地下水运动形式有较大差异。砾石平原区含水层具有很强的水平径流, 除河道外, 不存在通过包气带大面积的垂向入渗或蒸发; 细土平原区含水层水平径流相对较弱, 大面积含水层具有较强的越流, 承压水通过越流补给潜水, 并最终蒸发的方式排泄 (图 2)。

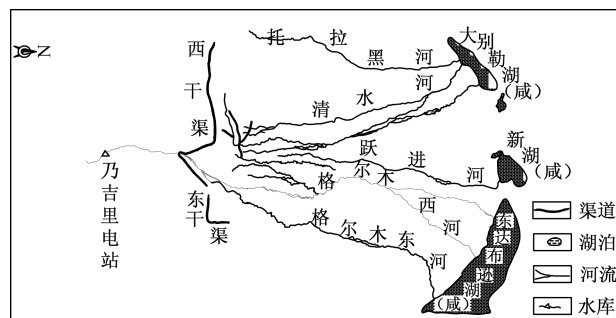


图 2 格尔木河示意图

Fig. 2 Map showing the Geermu River basin

格尔木河流域巨厚的第四系松散沉积物为地下水的赋存和运动提供了空间, 形成流域内孔隙地下水系统。根据地质条件和研究目的, 将地下水系统大致确定为: 南自昆仑山前第四系的基岩交界处, 北到达布逊盐湖, 东西两侧至格尔木河流域的分水线。

细土平原区分布于青新公路、宁格公路两侧, 宽约 10km 呈东西向展布。地下水在细土平原前缘溢出地表。按其含水层系统的宏观结构, 可进一步划分为四个含水层(组): 表层潜水、浅层承压水、中层承压水及

收稿日期: 2012-02-20; 修订日期: 2012-04-21

基金项目: 柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价 (200210400001)

作者简介: 寇文杰 (1980-), 男, 硕士, 主要从事地下水数值模拟研究及地下水水文相关研究。

E-mail: kwj9945229@163.com

深层承压水含水层(组)^[2]。

戈壁砾石区分布于青新公路以南 1~2km 至乃吉里水电站以北砾石戈壁平原带。在垂向上分为两个含水层(组),以上部潜水含水层(组)为主,具有厚度大、富水性强、水循环速率快的特点;深部为循环较慢且富水性较差的深部承压水含水层(组)^[2]。

盐壳湖沼平原地区为砂和亚砂土、亚粘土互层的多层含水层。地层平缓,地下水水平流动滞缓,以垂向运动为主。潜水埋藏浅,直接消耗于蒸发排泄。

从山前到盐湖区,含水层厚度变化较大,山前含水层埋藏较深,经过砾石平原区,地下水埋藏较浅,含水层顶板埋深在 1~5m(图 3)。

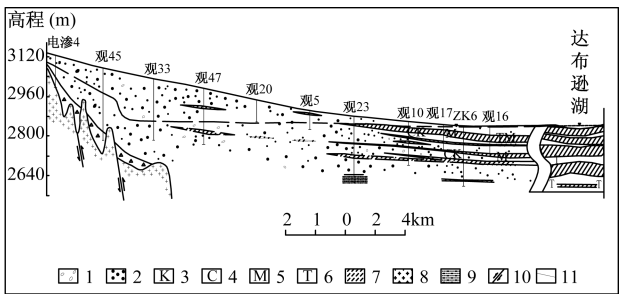


图 3 格尔木河流域冲洪积扇地下水含水系统剖面图

Fig.3 Profile of the aquifer system in the alluvial and proluvial fan of the Geermu River drainage basin

1—卵石;2—砾石;3—粗砂;4—中砂;5—细砂;6—粉砂;

7—粉质粘土;8—花岗岩;9—砂泥岩;10—断层;11—推测地质界线

2 水文地质概念模型的建立

南以乃吉里电站水库大坝为界,北至东达布逊湖、新湖、大别勒湖,西至清水河与托拉黑河之间的分水线,东至格尔木东河与诺木洪河之间的分水线,为一独立完整的水文地质单元。研究区南北方向长 112km,东西向宽 72km,边界范围内有效面积 5197 km²。

研究区南部以山区与平原区的分界线为界,概化为流量边界。主要的水文影响因素为:格尔木河入境流量、乃吉里水库大坝河谷地下潜流、山前季节性沟谷洪水入渗以及基岩裂隙水侧向径流等。

北部以察尔汗盐湖南侧水面周边为界。边界带附近地下水水力坡度平缓,径流缓慢。有少量地下水通过该边界流向湖区深部,流向盐湖方向的径流受湖水位和边界水力坡度的控制。该边界向湖区的径流量近似处理为不随时间变化的流量边界,其值取年内平均值。

东西边界为分水线构成的隔水边界,当研究区内

水资源开发与调配引起分水岭有少量的变动时,根据不同地段含水层导水特征,近似估计出单位水头变化所引起的单宽流量变化值,以此值线性外推估计边界流入(出)量的变化,即“第三类边界条件”。

地下水顶部边界(潜水面边界)最为复杂,影响因素多,地下水资源模型的优劣很大程度上取决于顶部边界的处理与概化的合理性。顶部边界与外界交换水量影响因素有:浅埋带地下水蒸发、河水渗漏、泉水溢出、渠系与农田灌溉渗漏、大气降水入渗等。除水位埋深较大地区的河水渗漏、渠系渗漏已达到极限渗漏与地下水位(或埋深)无关以外,其它顶部边界补排因素均受地下水位(或埋深)的控制。

研究区地下水循环,在空间上可进一步分为强烈循环带和缓慢循环带。强烈循环带分布在砾石平原大厚度潜水含水层、细土平原上部潜水含水层、浅层与中层承压水含水层中;缓慢循环带包括砾石平原深部的承压含水层、细土平原深层承压含水层以及盐壳湖沼平原 250m 以深的承压含水层。

结合格尔木河流域平原区水文地质条件,将含水系统概化成宏观结构,其概念模型,见图 4。山前砾石平原区为单层潜水模型层区;细土平原区和盐壳湖沼平原为双含水模型层结构,上部为浅部潜水模型层,下部为等效承压水模型层(模拟浅层承压与中层承压含水层综合导水能力),两模型层之间以等效半透层将其分割(模拟承压水与上部潜水以及承压层组内部夹层的垂向等效阻力),承压水模型层水位代表浅层与中层承压水平均水位,径流量代表两层总通量。

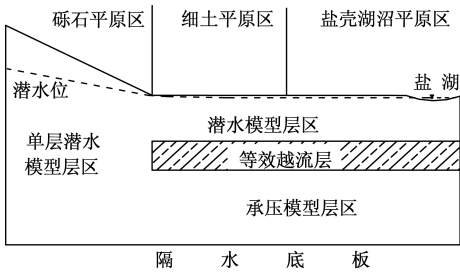


图 4 地下水含水系统模型结构示意图

Fig.4 Structural representation of the model for the groundwater system

3 数学模型的建立及求解

3.1 地下水运动数学模型^[3]

前人已对地下水数值模型模拟进行了深入研

究^[4-6]。基于建立的水文地质概念模型,可将地下水流系统的数学模型描述为:

上部潜水含水层地下水流微分方程:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left[k_1 (H_1 - H_b) \frac{\partial H_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k_1 (H_1 - H_b) \frac{\partial H_1}{\partial y} \right] + \\ & \sigma' (H_2 - H_1) + f_1(x, y) W_R - \sum_i Q_{1i} \delta(x - x_{1i}, y - y_{1i}) - \\ & f_2(x, y) W_S - E(x, y, t) = \mu \frac{\partial H_1}{\partial t} \quad (x, y) \in G, t > 0 \\ & H_1(x, y, t) = H_{10}(x, y), \quad (x, y) \in G, t = 0 \\ & k_1 (H_1 - H_b) \frac{\partial H_1}{\partial n} \Big|_{\Gamma_3} = \beta_1 (H_{1b} - H_1) + q_{10}, \\ & \quad (x, y) \in \Gamma_3, t > 0 \end{aligned}$$

下部承压水含水层地下水流微分方程:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial H_2}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial H_2}{\partial y} \right) + \sigma' (H_1 - H_2) - \\ & \sum_i Q_{2i} \delta(x - x_{2i}, y - y_{2i}) = \mu^* \frac{\partial H_2}{\partial t} \quad (x, y) \in G, t > 0 \\ & H_2(x, y, t) = H_{20}(x, y), \quad (x, y) \in G, t = 0 \\ & T \frac{\partial H_2}{\partial n} \Big|_{\Gamma_3} = \beta_2 (H_{2b} - H_2) + q_{20}, \quad (x, y) \in \Gamma_3, t > 0 \end{aligned}$$

其中:

$$\begin{aligned} f_1(x, y) &= \begin{cases} 1 & (x, y) \in \text{河床} \\ 0 & (x, y) \in \text{非河床} \end{cases}, \\ f_2(x, y) &= \begin{cases} 1 & (x, y) \in \text{泉、沼泽} \\ 0 & (x, y) \in \text{非泉、沼泽} \end{cases}, \\ W_R &= \min \left[\gamma (H_R - H_1), W_{R\max}, \frac{Q_r}{B_R} \right] \\ W_S &= \begin{cases} \alpha (H_1 - H_s), & H_1 > H_s \\ 0, & H_1 \leq H_s \end{cases} \\ E(x, y, t) &= \begin{cases} E_0(C, t), & H_1 \geq H_f \\ E_0(C, t) \left(1 - \frac{\Delta}{\Delta_0} \right)^m, & H_f > H_1 > H_f - \Delta_0 \\ 0, & H_1 \leq H_f - \Delta_0 \end{cases} \end{aligned}$$

式中: H_1, H_2, H_R, H_s, H_f ——潜水位、承压水位、河水水位、泉(沼泽)溢出高程、地形高程;

$H_{1b}, H_{2b}, H_{10}, H_{20}$ ——潜水与承压水含水层第三类边界参照水位,潜水与承压水含水层初始水位;

k_1, T ——潜水含水层渗透系数、承压水含水层导水系数;

σ' ——潜水与承压水含水层之间的越流系数、边界导水系数;

β_1, β_2 ——潜水与承压水含水层第三类边界流量增量系数;

μ, μ^* ——潜水含水层给水度,承压水含水层贮水系数;

Q_{1i}, Q_{2i} ——潜水泵开采量,承压水井开采量;

q_{10}, q_{20} ——初始条件下潜水与承压含水层边界单宽流量;

W_R, W_S ——河流与潜水含水层水量交换强度、泉及沼泽与潜水含水层水量交换强度;

$Q_r, W_{R\max}, B_R, \gamma$ ——河水流量、河床极限渗漏强度、河床水面宽度、河床漏水系数;

H_s, α ——泉水(沼泽)溢出高程、泉水(沼泽)溢出系数;

$E_0(C, t), E(x, y, t)$ ——水面蒸发强度、潜水含水层蒸发强度;

Δ_0, Δ, m ——潜水极限蒸发深度、潜水位埋深、包气带岩性蒸发特征指数;

n ——边界外法线方向;

G ——计算区;

Γ_3 ——第三类边界;

$f_1(x, y), f_2(x, y), f_3(x, y)$ ——河床分布函数,泉水(沼泽)分布函数。

3.2 河水流量数学模型

描述河流流量数学模型为:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Q_{ri}(l, t)}{\partial l} = -W_R B_R(l, t) + \sum_j Q_{rj}(t) \delta(l - l_j) \\ & Q_{ri}(l, t) \geq 0 \quad Q_{ri}(l, t) = Q_{ri0}(t), \quad (L = 0) \end{aligned}$$

式中: $Q_{ri}(l, t)$ ——第 i 条河流流量;

$Q_{ri0}(t)$ ——第 i 条河流入境流量;

$Q_{rj}(t)$ ——第 j 支流汇入流量;

$W_R, B_R(l, t)$ ——河床渗漏强度、河床水面宽度;

l, l_j ——河流流程长度、第 j 支流汇入点流程长度。

本次模拟采用 PMPPro 中的 MODFLOW 模块,并对模块进行了适当的修改,对上述数学模型进行求解。

4 模型识别与校验

经过调试,模型区地下水流场、水位变幅、潜水与承压水的水头差、地下水位的演化过程等达到了较好拟合。20 世纪 80 年代泉集河溢出水量为 $2.43 \times$

$10^8\text{ m}^3/\text{a}$,沼泽湿地溢出水量为 $0.73 \times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$,蒸发蒸腾量为 $2.99 \times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$,其余各水资源均衡要素均与识别值一致。(表 1)。

表 1 水资源均衡要素模拟识别结果
Table 1 Results of simulation identification of the water resource balance elements

地下水循环要素		识别值($\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$)
补给量	乃吉里水库渗漏量	0.73
	河谷潜水流入量	0.44
	基岩裂隙水侧向流入量	0.001 8
	山前洪水渗漏量	0.12
	河水渗漏量	4.70
	灌渠渗入量	0.095
	灌溉系统回归量	0.24
	地下水总补给量	6.33
排泄量	地下水开采量	0.18
	泉集河水溢出量	2.38
	沼泽(湿地)溢出量	0.75
	蒸发蒸腾	3.00
	侧向地下径流流出量	0.02
	地下水总排泄量	6.33
地下水均衡差		0.00
地下水开采量占总补给量百分比(%)		2.8
尚未利用地下水资源量		6.15

20 世纪 80 年代中期浅层地下水流场拟合情况见图 5。20 世纪 80 年代中期承压水流场及钻孔承压水头对比拟合情况见图 6。1985 ~ 1996 年典型观测孔水位变幅拟合结果见图 7。

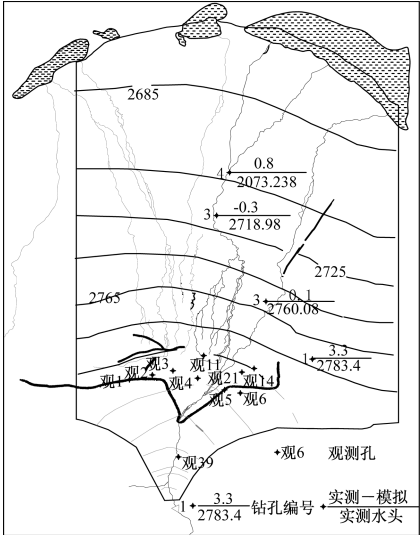


图 5 20 世纪 80 年代中期浅层地下水流场拟合图
Fig. 5 Fitting curves of shallow groundwater flow field in the middle 1980's

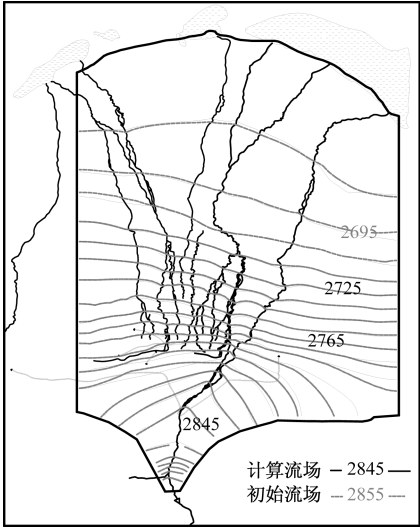


图 6 20 世纪 80 年代中期模拟承压水流场与实测承压水流场
Fig. 6 Comparison of the simulated and observed flow fields of the confined aquifer in the middle 1980's

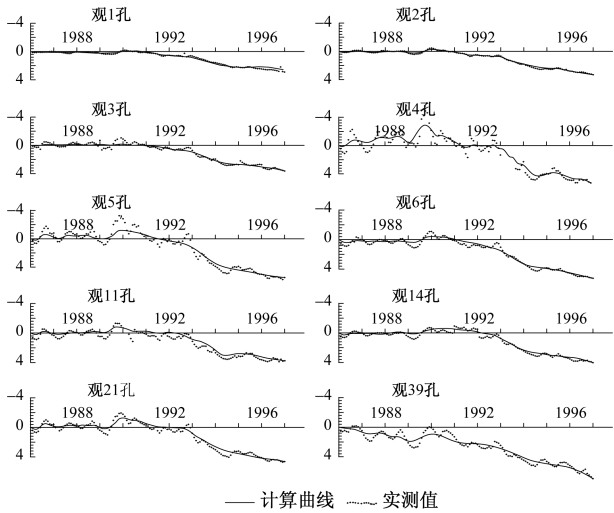


图 7 部分观测孔实测水位与计算水位对比曲线图
Fig. 7 Comparison of the observed and calculated heads at some observation wells

从拟合情况可以看出,浅层地下水流场与地下水长观孔动态过程拟合较好,数值模型可代表该地区宏观地下水状态与地下水动态过程。承压水流场的拟合特征,呈现出从上游到下游宏观趋势与分布规律相似。从整体上看,模型能够极好地模拟整个计算区的潜水与微承压区承压水,对于多层承压水区域,虽所模拟的承压含水层流场有一定的随机误差,但承压水流场的宏观趋势与空间分布规律是正确的。由此,可以用本数值模型进行预测。

5 模型的预报

在水资源校验模型仿真的前提下,水资源预测模型的正确性主要取决于模型未来环境匹配与设置的合理性。制约模型未来状态的环境因素包括自然环境因素与人类活动影响因素。

5.1 自然环境设置

自然环境因素可进一步分为确定性环境因素与随机性环境因素,在预测模型中,前者与校验模型中的设置相同,不必重新设置;后者由于含有随机因素,须针对预测目的进行合理设置。该地区随机自然环境因素包括:格尔木河(水文三站)入境流量与大气降水量随机变化。该地区水资源几乎全部来自于格尔木河径流,格尔木河年径流量及径流过程,直接影响研究区的水资源状态与环境变化;而大气降水对该平原地区地表径流及对地下水补给作用微乎其微。因此,在预测模型的自然环境设置中,仅考虑格尔木河入境径流量的随机变化。当需要大气降水量时,近似处理为多年平均值。

基于此,根据历史较长序列的观测资料,采用:(1)平均值法,即求得历史观测资料的平均值,记作水文序列1;(2)历史重现法,即认为历史上曾经出现过的各种情况,今后还会出现。按历史重现法,选取一段具有代表性的逐月径流量资料,作为预报模型的水文序列(分别记作水文序列2,水文序列3),其中包括丰、平、枯等各种典型年,并且所选系列的平均值不偏离历时观测系列的多年平均值。该水文序列包括历史上曾经观测到的对湖区生态用水和水资源开采最不利的连枯年份和容易酿成洪涝灾害的连丰年份。预测不同丰枯年份的水资源变化情况,验证盐湖入湖水量能否满足其生态需水量等。

5.2 人类活动影响因素

人类活动影响因素包括:灌渠引水量的变化、灌溉工程改造与节水技术、地下水开采量的变化、上游水库

调节作用及修建防洪工程等。

预测模型环境参数设置参考了《青海省格尔木河流域水利综合利用规划报告》^[7]。

5.3 结果分析

预报模型采用迭代法进行计算,共计360个时段,时间步长1个月。输出计算结果^[8]:

按平均值法(水文序列1)计算,多年平均入湖水量为 $2.91 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。现状年东达布逊湖入湖水量为 $2.43 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,在满足一期采卤用水量 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 的盐湖生态用水情况下,按年均蒸发量 1015 mm/a 计算,可维持盐湖 184 km^2 的盐湖面积;近期2010年东达布逊湖入湖水量为 $3.27 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,在满足近期采卤 $1.4 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 的生态需水情况下,可维持 154 km^2 的盐湖面积,远期2030年东达布逊湖入湖水量为 $2.88 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,在满足远期采卤 $1.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 的生态需水量的情况下,可维持盐湖面积 126 km^2 。可满足规划要求近期维持盐湖 150 km^2 远期维持 100 km^2 的盐湖面积。

据典型年组合(水文序列3)计算,多年平均入湖水量 $3.05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,东达布逊湖区多年平均面积 170.7 km^2 。不同水文年,入湖量及湖区面积随河水流量而变化,按设定的采卤规模(表2),最枯年份湖区面积仅 35.0 km^2 ,已接近干涸。

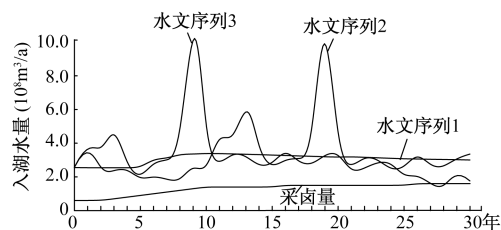
据典型年组合(水文序列2)计算,多年平均入湖水量 $2.95 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,东达布逊湖区多年平均面积 161.4 km^2 。其中有3年湖水面积小于 30 km^2 ,且有两年干涸。考虑到湖水自身及地层晶间卤水有一定的调节能力,按3年平均计算湖区面积,后期将有4年小于 30 km^2 ,考虑湖底的地形特征,即使采取一定的工程措施,也不可能将所有的入湖水量全部转化为卤水采出(类似于死库容),暂按 30 km^2 湖区面积不能采卤进行估算,即有4年不能满足采卤量要求。

不同水文序列入湖水量变化曲线见图8,在相应采卤量(表2)的情况下,可维持面积见图9。

表2 东达布逊湖各规划年采卤规模

Table 2 Pumpage rate of brine of the Eastern Pabusun lake in every developing year

预测预测年份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
各规划年采卤规模	采卤规模($\times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
	预测预测年份	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	采卤规模($\times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	预测预测年份	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
采卤规模($\times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6



水文序列1—平均值法；水文序列2—先丰后枯；
水文序列3—先枯后丰

图8 入湖水量变化曲线图

Fig. 8 Change in the inflow water of the lake

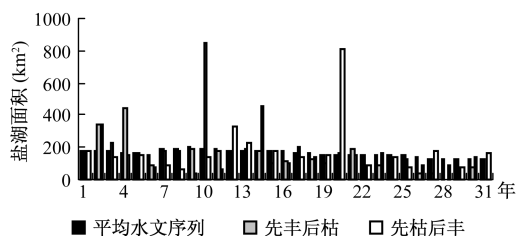


图9 预测年盐湖面积直方图

Fig. 9 Histogram of the area of the salt lake
area in the predict year

6 结论

(1) 采卤量及湖区面积能否达到预期规划目标,与格尔木河的水文径流过程直接相关。

(2) 利用平均水文序列进行模拟计算,由于人为“放大”了盐湖自身的调节能力,所得出的结论过于乐观,除所预测的盐湖面积演化趋势有实际意义外,不能作为规划采卤之依据。

(3) 从保护盐湖生态的角度来说,最大采卤规模应有一定的设计余量,若将远期采卤规模由原来的 $1.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 调整至 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,即使重现典型年组合(水文序列2)水文序列最不利的连枯年份,3年滑动平均湖区面积均大于 30 km^2 。由此建议远期采卤规模有一定的弹性,丰水年、平水年、偏枯年二期采卤规模仍为 $1.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,特枯年与连枯年采卤规模减至 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

(4) 在格尔木市以南地区,建立大型水源地,开采地下水,以供格尔木市城市工业和生活用水。

(5) 在细土平原带,开采浅层地下水进行农业灌溉,减少从格尔木河等地表河流的引水量,以保证达布逊湖的入湖水量。

(6) 有效控制盐湖采卤工业湖水的引水量,确保盐湖以及周边地区生态的可持续发展。

参考文献:

- [1] 王永贵,李文鹏. 柴达木盆地地下水资源及其环境问题调查评价总体设计书[R]. 青海:青海省地质调查院, 2003:3-4. [WANG Y G, LI W P. Qaidam Basin groundwater resources and environmental issues investigation and assessment of the overall design book [R]. Qinghai: Qinghai Geological Survey, 2003:3-4. (in Chinese)]
- [2] 青海省柴达木盆地综合地质勘查大队. 格尔木河下游冲洪积扇地下水数学模型及环境地质研究[R]. 青海:青海省柴达木盆地综合地质勘查大队, 1990:8-9. [Qaidam Basin in Qinghai Geological Exploration Brigade. Middle and lower reaches of the Golmud River Alluvial Fan groundwater mathematical model and environmental geological research [R]. Qinghai: Qaidam Basin in Qinghai Geological Exploration Brigade, 1990:8-9. (in Chinese)]
- [3] 薛禹群. 地下水动力学[M]. 北京:地质出版社, 1997:90-93. [XUE Y Q. Groundwater Dynamics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997:90-93. (in Chinese)]
- [4] 孙振波,朱国荣,江思岷,等. 地下水模型的快速自适应组合网络求解方法[J]. 水文地质工程地质, 2010,37(1):19-21. [SUN Z B, ZHU G R, JIANG S M, et al. Application of intercepting underflow on groundwater exploitation based on numerical simulation[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2010,37(1):19-21. (in Chinese)]
- [5] 赵宝峰,康卫东,马连净. 截潜流在地下水开采中应用的数值模拟研究[J]. 水文地质工程地质, 2010,37(1):27-30. [ZHAO B F, KANG W D, MA L J. Application of intercepting underflow on groundwater exploitation based on numerical simulation[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2010,37(1):27-30. (in Chinese)]
- [6] 王晓明,黄新,闫黎东. 地下水流数值模型的分解与叠加[J]. 水文地质工程地质, 2010,37(1):31-33. [WANG X M, HANG X, YAN L D. Decomposition and superposition principle used in numerical models of groundwater flow[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2010,37(1):31-33. (in Chinese)]
- [7] 青海省水利水电勘测设计研究院. 青海省格尔木河流域水利综合规划报告[R]. 青海:青海省水利水电勘测设计研究院, 1993. [Qinghai Province Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute. Golmud in Qinghai Province River Basin

Water Planning Report [R]. Qinghai: Qinghai Province Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute, 1993. (in Chinese)]

[8] 寇文杰. 格尔木河流域地表水与地下水相互作用转换关系及其合理开发利用研究 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2006: 80 - 81. [KOU W J. Golmud

River Basin surface water and groundwater interaction transforming relationship between the rational development and utilization [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006: 80 - 81. (in Chinese)]

Numerical simulation of the groundwater system in the Geermu river basin

KOU Wen-jie

(Beijing City Battalion of Hydrogeology and Engineering Geology, Beijing 100195)

Abstract: The Geermu River drainage basin is a typical area undergoing water resource development in northwestern arid regions. To meet the need of sustainable development of water resources in the basin, according to the report “Water Resource Comprehensive Utilization Programming of the Geermu Drainage Basin of Qinghai Province”, we analyze whether the water resource demand for the aim of development will make a devastating difference on the environment of the downstream salt lake. A mathematic simulation model for the Geermu River drainage basin is built to predict the change trend of average hydrological sequences and water resource status in different typical years. Water resource reasonable development and utilization of the Geermu River drainage basin under the condition of having no effect on the environment of downstream salt lake are discussed on the basis of the predicted results.

Key words: water resources; mathematic model; environment

责任编辑: 张若琳

· 书讯 ·

新世纪工程地质学系列丛书 《滑坡监测预警与应急防治技术研究》出版

由地质灾害防治专家殷跃平、吴树仁教授等撰著的《滑坡监测预警与应急防治技术研究》, 近期由科学出版社出版发行。本书被列为新世纪工程地质学系列丛书, 内容涉及滑坡早期识别与空间预测、监测预警高新监测技术和简易仪器研制、应急快速治理技术和风险评估方法等, 是近年来滑坡灾害研究较为系统的一项成果。

《滑坡监测预警与应急防治技术研究》第一篇介绍了我国西南峡谷山区、西部黄土高原和汶川地震灾区等特大型滑坡失稳机理、早期识别和空间预测方法; 提出高速远程滑动成灾范围判定方法; 建立多级旋转型黄土滑坡、厚层块状岩质滑坡、土石混合型滑坡成因模式早期识别指标体系。第二篇介绍了我国近年来研发的地质灾害监测预警技术仪器及示范推广成果, 包括: 滑坡灾害光纤传感等高新关键监测技术和简易型监测预警仪器研制, 光纤传感等新型技术研究和简易型地质灾害监测预警系列配套仪器, 适于复杂山区恶劣地质条件的自动监测预警技术等。第三篇介绍了滑坡应急处置的快速治理技术和示范推广。研发快速应急抢险技术, 解决大吨位预应力锚索孔施工快速钻进难题, 发明新型钻具, 钻进效率提高 50%; 研发预应力锚索快速安装和锚固技术, 为迅速控制大变形状态下地质灾害提供了系列抢险设备。第四篇介绍了区域降雨型滑坡灾害监测预警方法和示范区建设。研究台风区域暴雨型、高山局地暴雨型滑坡—泥石流形成机理, 建立区域性地质灾害监测预警示范区, 为全国开展多尺度地质灾害预警预报提供了支撑技术与示范经验。第五篇介绍了滑坡等地质灾害风险评估技术及示范。建立基于变形破坏机理的风险评价方法, 提出地质灾害风险评估指标体系和评价标准。

本书图文并茂, 理论与实践相结合, 可供从事地质灾害防治、工程地质、岩土工程、环境地质、城镇建设等领域的科研和工程技术人员参考, 也可供有关院校教师和研究生参考使用。