

塔里木河下游数字地下水埋深模型的构建

邓正波 ,束龙仓

(河海大学水资源开发教育部重点实验室 ,江苏 南京 210098)

摘要 根据数字地面模型的概念 ,利用航空拍摄的地面高程数据和地下水观测孔观测得到的地下水水位数据 ,建立了塔里木河下游地区的数字高程模型和数字地下水水位模型 ,并在这两个数字模型的基础上得到了塔里木河下游的数字地下水埋深模型 .从数字地下水埋深模型获得的地下水埋深分布状况可知 ,地下水埋深大于 10 m 的面积占统计面积的 65% .

关键词 数字地面模型 ;数字高程模型 ;地下水埋深 ;塔里木河下游

中图分类号 :P641 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2005)01-0045-04

塔里木河下游段位于新疆尉犁县和若羌县境内 ,地理坐标 :东经 86°37'23" ~ 88°30'00" ,北纬 41°03'40" ~ 39°24'08" .塔里木河下游绿色走廊从恰拉至台特玛湖 ,主河道长 428 km ,走廊面积 4 240 km² .走廊东侧为库鲁克沙漠 ,西侧为塔克拉玛干沙漠 ,两大沙漠之间为塔里木河下游冲积平原 ,由于河流两侧历史上植被良好 ,所以被称为绿色走廊 .但从 20 世纪 50 年代以来 ,由于人口增加 ,耕地面积扩大 ,在中上游修建大小水库 70 多个^[1] ,使得源流向塔里木河下游供水逐年减少 ,下游大西海子水库至台特玛湖 350 km 的河道断流近 30 a ,地下水位下降 ,被称之为绿色走廊的天然植被大面积衰败^[2] .1958 ~ 1978 年间 ,天然胡杨林面积减少 70% ,在阿拉干地区幸存的胡杨林 ,长得较好的只占 20% ,枯死占 30%^[3] ,沙漠每年以 3 ~ 5 m 的移动速度蚕食“绿色走廊” ,沙漠面积不断增加(表 1^①) .

表 1 塔里木河下游阿拉干地区沙漠化土地状况

Table 1 Desertification of Aragan area on lower reach of Tarim River					km ²
年份	沙漠化总面积	极度沙漠化面积	强度沙漠化面积	中度沙漠化面积	轻度沙漠化面积
1959	1 371.22	476.15	95.78	393.42	405.87
1983	1 406.29	497.63	96.58	454.95	411.13
1992	1 487.26	532.24	145.01	438.01	372.00
1996	1 494.29	555.41	184.00	437.91	316.97

塔里木河下游断流 30 多年 ,使得地下水埋深不断加大(表 2^[4]) ,而地下水埋深的加大与沙漠化面积的增加有直接的关系 ,地下水埋深的大小和分布是影响草甸、胡杨等沙漠植物生长的重要因素(表 3^①) .据研究^[5] ,植物有适宜生长的地下水水位 ,其最低值称之为凋萎水位 .在没有灌溉的情况下 ,如果地下水水位在植物根系深度附近 ,则植物生长一般良好 ;低于植物根系深度但不超过根系深度与其生长土壤毛细上升高度之和时 ,植物生长仍然较好 ;而地下水低于根系与其生长土壤毛细上升高度之和时 ,植物就发生凋萎以致死亡 .因此 ,对塔里木河下游的地下水埋深分布进行统计分析 ,对塔里木河下游

表 2 塔里木河下游地下水埋深变化

Table 2 Changes of groundwater depth of lower reach of Tarim River			
观测地点	地下水埋深/m		
	1973 年	1989 年	1997 年
34 团团部西北约 38 km	2.00	2.70	3.60
34 团团部东南约 23 km	2.90	5.00	8.40
英苏	6.00	8.00	9.44
喀尔达依	5.86	10.00	11.13
阿拉干	7.00	10.40	12.65
依干不及麻	6.20	12.75	12.92
依干不及麻南约 4 km	7.92	9.25	9.50
罗布庄	2.33	3.10	5.69

收稿日期 2004-04-12

基金项目 水利部科技创新项目(SCX2001-02) ;全国水资源综合规划专题项目 ;河海大学院士基金资助项目

作者简介 邓正波(1979—) ,男 ,广东韶关人 ,硕士研究生 ,主要从事水文水资源及水环境研究 .

① SCX2001-02 课题组 .塔里木河下游应急输水与生态改善监测评估研究 .乌鲁木齐 :新疆水利厅 ,2004 .

生态环境的治理具有重要指导意义.本文在数字高程模型和数字地下水水位模型的基础上,得到了数字地下水埋深模型,并由此获得了塔里木河下游地下水埋深分布情况.

1 数字地面模型

1958年,Miller和Laflamme给出了数字地面模型DTM(Digital Terrain Model)的定义:数字地面模型是利用一个任意坐标场中大量选择的已知 x,y,z 坐标点对连续地面的一个简单的统计表示,或者说,DTM就是地形表面简单的数字表示^[6].

数字地面模型更通用的定义是描述地球表面形态多种信息空间分布的有序数值阵列.从数学角度,可以用下述二维函数系列取值的有序集合来概括地表示数字地面模型的丰富内容和多样形式:

$$K_p = f_k(u_p, v_p) \quad (k = 1, 2, 3, \dots, m; p = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中: K_p ——第 p 号地面点(可以是单一点,但一般是某点及其微小领域所划定的一个地表面元)上的第 k 类地面特性信息的取值; u_p, v_p ——第 p 号地面点的二维坐标,可以是采用任一地图投影的平面坐标,或者是经纬度和矩阵的行列号等; $m(m \geq 1)$ ——地面特性信息类型的数目; n ——地面点的个数.

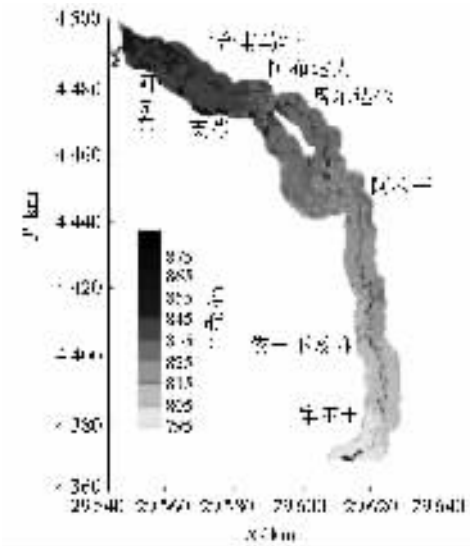


图1 塔里木河下游两岸地面高程示意图
Fig.1 Sketch map for ground elevation of lower reach of Tarim River

m左右,研究区平均地面坡度0.12%.大部分地面高程位于845~820m之间,占研究区面积的63%.整个研究区平均海拔为825m.

2.2 塔里木河下游数字地下水水位模型的建立

因为塔里木河下游地区的地面坡度较缓,而且这个地区地下水的主要补给水源——塔里木河断流30多年后,地下水的水力坡度大致与地面坡度一致,所以只需7个地下水水位观测断面的观测孔资料(表4)就可以控制这1888km²地区的地下水流域,从而可建立地下水水位的数字地面模型(数字地下水水位模型).根据地下水的DTM也可画出整个流域的地下水水位等值线(图2).

从图2可以看出,塔里木河冲积平原下游潜水流向与地表水基本一致,总体为从西北流向东南方向.输水前地下水水位在大西海子水库下游附近为838m,在库尔干附近为799m,潜水水力坡度仅0.01%左右,径流十分缓慢,潜水处于相对平衡状态,地下水水位变化缓慢.

表3 地下水埋深、植被盖度与沙漠化的关系
Table 3 Relation between depth of groundwater level, vegetation and desertification

沙漠化等级	地下水埋深/m	植被盖度/%
非沙漠化	<3.75	56
潜在沙漠化	>4.5	32
轻度沙漠化	>5.6	31
中度和强度	>6.7	22
极 度		15

2 塔里木河下游数字埋深模型的建立

塔里木河下游的地面模型是通过SURFER For Windows这个软件建立的.坐标体系采用工地网坐标.将研究区域进行网格剖分,网格大小为100m×100m.整个研究区域分为1301行和861列.对这1301×861个节点,根据已知点高程进行克里金(Kriging)内插,从而得到每个节点所代表的高程.

2.1 塔里木河下游数字高程模型的建立

在塔里木河下游(从大西海子水库到台特马湖)两岸2~3km长、面积约为1888km²的区域内,用随机采样方式收集了17597个点的高程数据(采样点数据密度为9.3个/km²).在这17597个高程点数据中,最大值为883.1,最小值为798.2,平均值为829.7.利用SURFER,把待处理的17597个高程点数据输入,并选择内插方法,得到了每个节点所代表的高程,从而得到了塔里木河下游的数据地面高程模型.从图1可以看出,塔里木河下游地区总体地势是西北高、东南低,地形起伏不大,沿着河流方向,地势逐渐降低,北部海拔845m左右,台特玛湖湖盆区为研究区内最低点,平均海拔800

表4 地下水水位观测值

Table 4 Observed value of groundwater level

观测井号	观测断面位置	地下水水位/m
1	阿克东	840.25
2	亚合甫马汗	834.00
3	英苏	829.60
4	阿布达力	825.00
5	喀尔达依	823.20
6	吐格买来	819.90
7	阿拉干	810.70

2.3 塔里木河下游数字地下水埋深模型的建立

利用 DTM 的运算求得整个研究区域的数字地下水埋深模型. 每个节点处的地下水埋深用下式计算：

$$D = S - G \tag{2}$$

式中： D ——地下水埋深； S ——地表面高程； G ——地下水的水位. 在 SURFER 中,对数字高程模型 S 与数字地下水水位模型 G 中坐标一样的节点进行代数运算. 在相同的节点处,用地面高程值减去地下水水位值即得此节点处的地下水水位埋深,从而得到了数字地下水埋深模型. 利用 SURFER 对数字地下水埋深模型进行分析统计,得到不同的地下水埋深范围所对应的面积. 由此统计得到在应急输水前塔里木河下游不同地下水埋深所对应的面积(表 5),具体埋深情况见图 3.

表 5 地下水水位埋深统计

Table 5 Areas for different groundwater depths

埋深范围/m	面积/km ²	占总面积的百分比/%
0~4	4.69	0.25
4~6	128.96	6.83
6~8	183.08	9.69
8~10	328.34	17.39
>10	1243.45	65.84

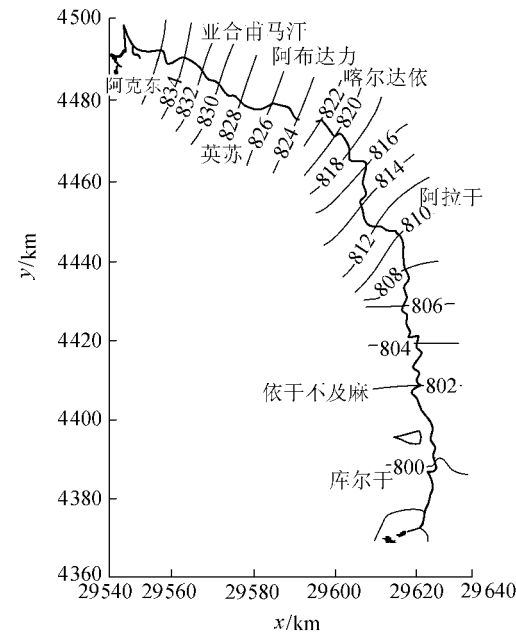


图 2 塔里木河下游地下水水位等值线

Fig.2 Contour map of groundwater level for lower reach of Tarim River

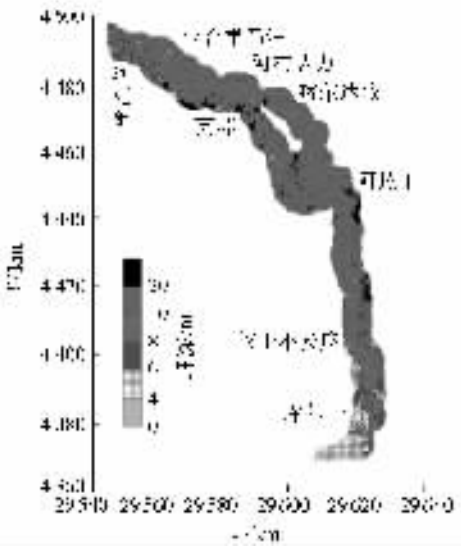


图 3 塔里木河下游地下水水位埋深分布

Fig.3 Denotation map for groundwater depth of lower reach of Tarim River

3 结 语

由于塔里木河下游断流多年,使得河流两岸 2 km 范围内大部分的地下水埋深大于 10 m,其面积占统计面积的 66%左右,甚至有局部地区埋深超过 20 m,地下水埋深小于 4 m 只占统计面积的 0.25%.从地下水水位埋深情况可看出,塔里木河下游的生态环境已非常恶劣.因此,生态环境治理刻不容缓,建议向塔里木河下游输水,以恢复地下水水位.

本文通过间接方法求得塔里木河下游的数字地下水埋深模型,为制订应急生态输水方案提供了地下水埋深信息.研究表明,对于那些地下水水位变化具有较强规律和变化平缓的区域,只需要较少的地下水水位观测孔就可控制整个地区的地下水流场.因此,间接方法有一定的可行性.利用这种方法的关键是:要有足够的地面高程数据,要建立正确的数字地面模型,并且当地下水水位由于降雨或者地表水体(例如河流入渗)发生改变时,数字地下水水位模型也应做相应修改.

参考文献：

[1] 饶瑞符.塔里木河的断流与治理规划[J].新疆环境保护,1995,17(1):11—16.
[2] 朱朝阳,王建勋,熊仁慈.塔里木河干流荒漠生态资源现状[J].塔里木农垦大学学报,1999,11(4):43—47.

- [3]程其畴.塔里木河研究[M].南京:河海大学出版社,1993.24—25.
- [4]王让会.3S技术在新疆塔里木河下游生态环境动态研究中的应用[J].南京林业大学学报,2000,24(4):59—63.
- [5]崔亚莉,邵景力.西北地区地下水的地质生态环境调节作用研究[J].地质前缘,2001,8(1):191—196.
- [6]李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉大学出版社,2001.5—6.

Construction of digital groundwater depth model for lower Tarim River

DENG Zheng-bo, SHU Long-cang

(Key Laboratory of Water Resources Development of Ministry of Education, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract :Based on the concept of the Digital Terrain Model (DTM), a digital elevation model and a digital groundwater level model for the lower Tarim River were constructed by use of the data of ground surface elevation from aeronautic photos and the data of groundwater level from observation wells. Then a digital groundwater depth model for this region was derived from the above two models. According to the distribution of groundwater depth, which is obtained by the present model, the area with groundwater depth greater than 10m accounts for 65% of the total statistical areas.

Key words :Digital Terrain Model (DTM); Digital Elevation Model (DEM); depth of groundwater level; lower Tarim River

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于1957年,是我国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中,有不少国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得全国高校科技期刊优秀编辑出版质量奖,以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

本刊每逢单月出版,国内外公开发行。邮发代号28-63,每本定价3.00元,全年订费48.00元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址:南京市西康路1号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部,邮政编码210098。