

基于 GIS 的表征水分资源气候要素的 推算及空间变化特征

赵慧颖, 乌秋力, 徐桂梅, 李学红, 李淑英, 王广生

(内蒙古呼伦贝尔市气象卫星遥感中心, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要: 为了揭示水分资源的空间变化特征, 满足地质勘探、地质灾害预报、设施农牧业工程、工农业基地工程的建设以及开发利用降水资源各用户的需求, 利用 GIS 工作平台, 采用傅抱璞先生提出的半经验半理论气候资源回归模拟方法, 将呼伦贝尔市水分资源推算到 $3'' \times 3''$ 小网格上, 建立的 41 个表征水分资源空间分布模型, 34 个通过了极显著性检验, 7 个通过了显著性检验。有 88% 的模型回代检验和 83% 的模型模拟检验的平均相对误差均在 $-5\% \sim 5\%$ 之间, 从而实现了水分资源快速、准确的查算。在此基础上分析了水分资源的空间变化规律, 为该地区充分合理利用水分资源提供科学依据。

关键词: GIS; 水分资源; 空间推算模型; 呼伦贝尔市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0045-04

中图分类号: P461

Study on Spatial Distribution Characteristics of Water Resources Based on GIS

ZHAO Hui-ying, WU Qiu-li, XU Gui-mei, LI Xue-hong, LI Su-ying, WANG Guang-shen

(Hulun Buir Center of Meteorological Satellite and Remote Sensing, Hailar, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract: This study aims to reveal the spatial distribution of water resources and meet the various demands for geological survey, geological disaster prediction, facility agriculture, and constructions of industrial and agricultural bases, as well as the development and utilization of precipitation resources. Twenty-four spatial distribution models of water resources in Hulun Buir City are constructed by using GIS techniques and Pu Baofu theory on climate resource simulation. Water resources in the city are manipulated in a number of 3×3 mini grids. Thirty-four out of the 41 models pass the very significant test; and 7, the significant test. The average relative errors of tests for the models are between -5% and 5% . In this way, the rapid and accurate calculation of water resources has been accomplished. Accordingly, the spatial distribution of water resources is analyzed. The study lays a scientific foundation for the sufficient and rational use of water resources in the region.

Keywords: GIS ; water resource; spatial model; Hulun Buir City

降水作为重要的气候资源是自然资源的重要组成部分,它不仅影响人类的生存和生活,而且还作为一种自然资源参与人类社会的生产过程,直接促进社会经济发展,造福于人类。因此,进行气候资源推算,寻求水分资源的空间分布规律就变得尤为重要。它不仅受到各地各部门的决策者和生产者的广泛关注,也一直是气候学多年来十分活跃的研究领域。但终因气象站点稀少,使得研究工作进展缓慢。在国外的研究中^[1-3],1952 年名古屋地方气象台用海拔高度、

坡向、离海岸距离推算无测站地区的降水量分布;正务章(1974 年)采用温差方程法推算了岐阜县(日)的日最高和日最低气温分布。国内的研究更具目的性^[4-15]。傅抱璞 1988 年,1992 年利用地理因子又提出半经验半理论回归模拟法推算无测站地区气候要素的空间分布方法,并对福建省建阳地区月降水量等分布进行了推算;欧阳宗继等(1996 年)考虑坡度、坡向和遮蔽度的情况下,对北京山区局地气候资源进行了小网格推算研究;李新等(2000 年)就空间内插方

收稿日期:2007-01-29

修回日期:2007-04-04

基金项目:国家自然科学基金项目“我国典型草原物候生长季节和初级生产量对气候变化的时空响应”(40371042)

作者简介:赵慧颖(1964—),男(汉族),黑龙江省讷河县人,高级工程师,在读研究生,主要从事应用气象、气候与生态研究。E-mail: zhao-hyy2008@yahoo.com.cn.

法比较,研究了空间数据推算方法。都得到了令人满意的应用效果。

研究区域位于内蒙古东北部的呼伦贝尔市。地处北纬 $47^{\circ}05' - 53^{\circ}04'$, 东经 $115^{\circ}31' - 126^{\circ}04'$, 土地面积 $2.53 \times 10^5 \text{ km}^2$ (相当于江苏省和山东省的总和)。由于地域辽阔,有限的几个气象站点布局更显稀疏(站点间隔平均 $1.58 \times 10^4 \text{ km}^2$),要详细掌握该地区的水分气候资源,仅靠现有的气象站点资料显然是不够的。因此,本文在前人工作的基础上,利用 GIS 工作平台,采用回归分析的方法,建立小网格推算模型进而推算出没有气象站点地区表征水分资源的主要气候要素的空间变化,以满足该地区科学合理地开发利用气候资源,农牧林业结构调整,发展名优特产品,地质灾害预报预防,工农业生产布局,设施农业工程,种子基地,林业天宝工程,地矿资源的探测和开发等的需求。

1 材料与方法

1.1 资料来源与方法

1.1.1 气候资料选取 除了选取呼伦贝尔市的 16 个气象台站外,还选用了毗邻地区黑龙江省的讷河、齐齐哈尔、加格达奇、甘南、龙江和绥化 6 个和兴安盟的阿尔山 1 个共计 23 个气象台站 1971—2003 年各时段(年、四季、4—9 月、月)降水量,相对湿度,伊万诺夫湿润度等 41 个表征水分资源的观测资料序列;各个气象台站的经度、纬度和海拔高度。

1.1.2 地理信息资料 使用中国测绘局提供的 1:25 万电子地图,它是国家基础地理信息系统 3 个全国性空间数据库之一,由地形数据库、数字高程模型(DEM)数据库、地名数据库三部分构成。从 1:25 万地形图上提取该区的境界、水系、交通、居民点、地貌等要素;数字高程模型(DEM)以网格点方式存储和管理 1:25 万地形图上的地形起伏高程信息和海底深度信息。

1.2 研究方法

1.2.1 使用的软件 采用软件为美国的 SAS 8.1 大型统计分析标准软件和北京大学 GIS 4.0 地理信息系统统计制图软件,输出 $3'' \times 3''$ 的栅格图。

1.2.2 水分资源小网格推算模型的方法 为了避免纯经验方法的片面性,在众多的关于山地无气象站地区气候要素的推算模拟方法中,选用傅抱璞先生提出的半经验半理论方法;即回归统计方法和对比分析方法。基本原理为:影响气候要素空间分布的主要因素有经度(λ)和纬度(φ)、宏观地形和大地形因素、局地海拔高度(z)和微观地形因素等。因此,在某个地区范围内各种气候要素 y 的空间分布函数可以表示为

$$y = F(\lambda, \varphi, z) + \Delta y_m \quad (1)$$

式中: $F(\lambda, \varphi, z)$ ——某气候要素 y 受地理位置、宏观地形和局地海拔高度影响的空间分布函数; Δy_m ——微观地形因素对该要素的影响订正,一般可以近似地看作常数,若把 Δy_m 包含到 $F(\lambda, \varphi, z)$ 中,则(1)式可变为:

$$y^* = F(\lambda, \varphi, z) \quad (2)$$

对于表征水分资源的气候要素,可以将(2)式的空间分布函数表示为

$$y^* = \psi_h(\lambda, \varphi) + f(z - h) \quad (3)$$

若选取研究地区中心经度 λ_0 , 纬度 φ_0 作为基准经纬度,而将其它任意点的经、纬度表示为

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda, \varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$$

则

$$\psi_h(\lambda, \varphi) = \psi_h(\lambda_0 + \Delta\lambda, \varphi_0 + \Delta\varphi) \quad (4)$$

对属于同一气候区的范围不大的一定地区来说,由于 $\Delta\lambda$ 和 $\Delta\varphi$ 都比较小,可以将未知函数 $\psi_h(\lambda, \varphi)$, $f(z-h)$ 用幂级数展开整理得

$$y_i^* = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_i x_i + \dots + a_m x_m \quad (5)$$

式中: x_i ——地理因子; a_i ——待定系数,通常用最小二乘法求得系数 a_0, a_1, \dots, a_m , 即可得到研究地区气候要素的空间分布函数。

1.2.3 小网格推算模型精度检验方法 用参与建模的站点资料进行回代检验,用未参与建模的站点资料进行模拟检验,通过回代和模拟检验平均相对误差分析模型的推算精度。表达式为:

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^* / (y_i - 1) \quad (6)$$

式中: δ ——平均相对误差; y_i^* ——回代或模拟值; y_i ——实测值。

精度标准: $|\delta| \leq 5\%$ 为极高精度; $5\% < |\delta| \leq 10\%$ 为显著精度; $10\% < |\delta| \leq 15\%$ 为一般精度; $|\delta| > 15\%$ 为较差精度。

2 结果与分析

本文建立小网格推算模型是取 23 个气象站中的 20 个资料参与建立模型,扎兰屯、海拉尔、根河 3 个站资料用来对模型进行模拟检验。气候要素为表征水分资源特征的年、四季、4—9 月及各月降水量、空气相对湿度、伊万诺夫湿润度等 41 项。

2.1 水分资源空间分布模型的建立

根据(5)式,经过反复试验,利用纬度($^{\circ}$)、经度($^{\circ}$)、海拔高度(hm)的一次方展开式已经能较好地拟合呼伦贝尔市表征水分资源的各气候要素的空间分布,即表达式为:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad (7)$$

式中: a_0, a_1, a_2, a_3 ——待定系数, x_1, x_2, x_3 分别为纬度、经度和海拔高度。将搜集到的 20 个气象站降水量、空气相对湿度、伊万诺夫湿润度及地理因子分别代入(7)式,通过最小二乘法求解方程组,得到的相应水分资源气候要素空间分布模型列于表 1。同时将相关系数(R),显著性检验(α),平均相对误差(δ)列入表 1。

2.2 水分资源推算模型的精度和效果检验

由表 1 可见,所建立的表征水分资源的共计 41 个小网格推算模型都通过了显著性检验,其中有 34 (83%)个小网格推算模型通过了极显著性检验(≤ 0.01),7(17%)个小网格推算模型通过了显著性检验(≤ 0.05),说明水分资源的推算效果很好。从统计学的角度来看,这些模型可以用来推算呼伦贝尔市无测站地区的水分气候资源的空间分布。

表 1 水分资源小网格推算模型及显著性检验

序号	回归模型	R	α	回代 $\delta/\%$	模拟 $\delta/\%$
1	$y = -4232.1341 - 9.2315 X_1 + 41.2988 X_2 + 13.9995 X_3$	0.941	0.01	3.9	4.8
2	$y = -3679.6646 - 11.6329 X_1 + 37.5865 X_2 + 11.2814 X_3$	0.877	0.05	4.9	4.7
3	$y = -823.9396 + 3.7308 X_1 + 5.5527 X_2 + 1.98522 X_3$	0.935	0.05	4.6	4.2
4	$y = -2218.3612 - 16.2793 X_1 + 26.8167 X_2 + 7.9899 X_3$	0.970	0.01	4.2	2.5
5	$y = -774.2623 - 0.1859 X_1 + 6.8628 X_2 + 2.0380 X_3$	0.964	0.01	3.7	3.2
6	$y = -418.0616 + 3.5662 X_1 + 2.0632 X_2 + 1.9637 X_3$	0.952	0.01	3.7	2.0
7	$y = -43.5078 + 0.1557 X_1 + 0.2980 X_2 + 0.3785 X_3$	0.869	0.05	9.7	12.1
8	$y = -37.5866 + 0.2701 X_1 + 0.2096 X_2 + 0.2684 X_3$	0.663	0.05	9.4	9.6
9	$y = -108.5840 + 0.9475 X_1 + 0.5334 X_2 + 0.3871 X_3$	0.866	0.05	8.9	9.7
10	$y = -343.5609 + 2.2334 X_1 + 2.0210 X_2 + 0.7249 X_3$	0.906	0.05	4.1	6.9
11	$y = -480.3787 + 1.4974 X_1 + 3.5317 X_2 + 1.2603 X_3$	0.953	0.01	2.9	4.3
12	$y = -702.7462 - 1.7416 X_1 + 6.9180 X_2 + 2.2634 X_3$	0.945	0.01	3.3	2.5
13	$y = -781.4468 - 9.9931 X_1 + 11.4143 X_2 + 2.0666 X_3$	0.964	0.01	2.8	3.7
14	$y = -734.1682 - 4.5446 X_1 + 8.4844 X_2 + 3.6600 X_3$	0.963	0.01	2.5	2.7
15	$y = -637.3638 + 0.9157 X_1 + 5.2172 X_2 + 1.3062 X_3$	0.946	0.01	3.1	3.9
16	$y = -136.8985 - 1.1017 X_1 + 1.6455 X_2 + 0.7318 X_3$	0.916	0.05	4.3	7.6
17	$y = -137.5367 + 1.0611 X_1 + 0.7171 X_2 + 0.5984 X_3$	0.882	0.05	8.2	9.3
18	$y = -90.8544 + 1.13181 X_1 + 0.3052 X_2 + 0.3394 X_3$	0.848	0.05	9.5	9.2
19	$y = -117.2278 + 1.9849 X_1 + 0.6638 X_2 + 1.3752 X_3$	0.954	0.01	5.0	4.3
20	$y = -307.8748 + 2.6262 X_1 + 1.9526 X_2 + 1.2676 X_3$	0.945	0.01	4.3	3.5
21	$y = -186.5163 + 2.3372 X_1 + 0.9390 X_2 + 1.4382 X_3$	0.937	0.01	4.8	3.7
22	$y = -258.1134 + 0.8626 X_1 + 2.3077 X_2 + 1.3920 X_3$	0.963	0.01	3.5	4.7
23	$y = -178.6679 + 1.9660 X_1 + 1.1696 X_2 + 1.1633 X_3$	0.977	0.01	3.1	4.9
24	$y = -3.4425 + 2.6988 X_1 - 0.5528 X_2 + 1.4578 X_3$	0.973	0.01	4.1	4.2
25	$y = 31.50541 + 2.1364 X_1 - 0.5711 X_2 + 1.0980 X_3$	0.949	0.01	4.7	4.4
26	$y = 72.3204 + 2.5894 X_1 - 1.1283 X_2 + 1.3771 X_3$	0.971	0.01	3.8	4.7
27	$y = -11.4665 + 3.3686 X_1 - 0.8558 X_2 + 2.3222 X_3$	0.966	0.01	4.5	3.7
28	$y = -179.0309 + 2.9156 X_1 + 0.6362 X_2 + 1.8921 X_3$	0.959	0.01	3.1	2.9
29	$y = -195.3108 + 1.8112 X_1 + 1.2272 X_2 + 1.0031 X_3$	0.948	0.01	4.1	3.2
30	$y = -316.0374 + 1.0323 X_1 + 2.6376 X_2 + 1.4978 X_3$	0.947	0.01	4.7	4.4
31	$y = -271.6291 + 0.8734 X_1 + 2.4442 X_2 - 1.0161 X_3$	0.958	0.01	4.2	4.7
32	$y = -223.2452 + 0.8594 X_1 + 2.0627 X_2 + 1.4453 X_3$	0.947	0.01	4.8	4.3
33	$y = -214.8222 + 1.7496 X_1 + 1.5936 X_2 + 1.0559 X_3$	0.955	0.01	4.3	4.5
34	$y = -127.3065 + 2.0393 X_1 + 0.6752 X_2 + 1.2670 X_3$	0.934	0.01	3.8	4.7
35	$y = -77.7999 + 2.6924 X_1 + 0.0666 X_2 + 1.3670 X_3$	0.953	0.01	4.50	4.7
36	$y = -15.4976 + 2.2041 X_1 - 0.5666 X_2 + 0.8672 X_3$	0.951	0.01	4.10	3.9
37	$y = -17.5408 + 0.0613 X_1 + 0.1271 X_2 + 0.0942 X_3$	0.931	0.01	0.08	4.7
38	$y = -17.1451 + 0.0400 X_1 + 0.1214 X_2 + 0.0770 X_3$	0.952	0.01	0.09	4.4
39	$y = -7.2704 + 0.0482 X_1 + 0.0411 X_2 + 0.0318 X_3$	0.939	0.01	0.06	4.7
40	$y = -24.6511 + 0.0068 X_1 + 0.2031 X_2 + 0.1401 X_3$	0.951	0.01	0.06	4.7
41	$y = -14.8404 + 0.0718 X_1 + 0.0948 X_2 + 0.0726 X_3$	0.949	0.01	0.02	4.9

注:表中回代是 20 个站点的平均相对误差,模拟是 3 个站点的平均相对误差;表中序号 1—18 为降水量模型,依次为年,4—9 月,春、夏、秋、冬季,逐月(12 个月);序号 19—36 为空气相对湿度模型,依次为年,4—9 月,春、夏、秋、冬四季,逐月(12 个月);序号 37—41 为伊万诺夫湿润度模型,依次为年,4—9 月,春、夏、秋季。

同时表 1 给出了小网格水分资源空间分布模型的回代检验结果(20 个站点的平均相对误差)和模拟检验结果(3 个站点的平均相对误差),结果表明,有 88% 的模型回代检验平均相对误差在 $-5\% \sim 5\%$ 之间,100% 在 $-10\% \sim 10\%$ 之间;有 83% 的模拟检验平均相对误差在 $-5\% \sim 5\%$ 之间,98% 在 $-10\% \sim 10\%$ 之间,只有 2% (1 个模型) $> 10\%$ 。说明用该组模型推算呼伦贝尔市的水分资源空间分布可以满足各用户所要求的精度。

2.3 小网格水分资源推算结果及空间变化特征

将小网格水分资源推算模型输入 GIS 4.0 中,逐个计算出全市 $3'' \times 3''$ 格点资料,并根据需要输出全市各水分要素的空间分布图(见附图 6-7,分级可以无限细,其余 39 幅图略)。因篇幅所限,本文只就降水量、伊万诺夫湿润度的空间分布做简要分析。

2.3.1 降水量的空间变化 呼伦贝尔市远离海洋,大陆度在 70~85 之间。大兴安岭山地为寒冷湿润森林气候;呼伦贝尔高原东部为温凉半湿润草原气候,西部为温凉半干旱草原气候;岭东为温和半湿润气候。由于受大兴安岭山脉的影响,全市降水量自东北向西南逐渐递减(见附图 6)。年降水量的平均为 250~550 mm,其中,岭东为 450~500 mm,岭西为 250~340 mm,大兴安岭山地为 340~550 mm。岭东偏大兴安岭岭上最多,岭西的阿拉坦额莫勒一线最少,极值相差 100 mm。该区年降水量的另一个特点是 89%~96% 降水量集中在植物生长季节。

(1) 在同经度,同高度下,当纬度增加时,年,生长季(4-9 月)、夏季和秋季降水量自南向北递减,递减率分别为 $9.2 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$, $11.6 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$, $16.3 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$ 和 $0.2 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$,以夏季受影响最明显,秋季几乎不受影响;春、冬季自南向北递增,递增率分别为 $3.7 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$, $3.6 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$;各月中,6-8 月和 10 月份降水量自南向北递减,递减率为 $1.1 \sim 10.0 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$,以 7 月受影响的程度最大;11-5 月和 9 月降水量自南向北递增,递增率为 $0.2 \sim 2.2 \text{ mm}/1^\circ\text{N}$,以 4-5 月受影响的程度最大,11-12 月受影响的程度次之,1-3 月受影响的程度最小。

(2) 在同纬度和高度下,当经度增加时,年、季、月等各时段降水量都自西向东递增。各月变化率最大的是 7 月 ($11.4 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$),最小的是 11-4 月 ($0.3 \sim 2.0 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$);季节变化明显,变化率最大的是夏季 ($26.8 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$),冬季最小 ($2.1 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$),春、秋相当,一般在 $6 \sim 7 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$ 之间变化;年、生长季降水量变化率为 $40 \text{ mm}/1^\circ\text{E}$ 左右。

(3) 在同纬度、同经度下,当海拔高度增加时,各时段降水量均增多。年、生长季降水量变化率分别为

$14.0 \text{ mm}/\text{hm}$, $11.3 \text{ mm}/\text{hm}$;各季降水量变化率以夏季最大为 $8.0 \text{ mm}/\text{hm}$,其它季节降水量变化率为 $2.0 \text{ mm}/\text{hm}$;各月降水量变化率以 8 月最大为 $3.7 \text{ mm}/\text{hm}$,11-4 月最小为 $0.3 \sim 0.7 \text{ mm}/\text{hm}$ 。

2.3.2 湿润度的空间变化 从附图 7 可以看出,年湿润度的地理分布是从大兴安岭山脉向东、西两侧逐渐减小,岭东湿润度在 $0.70 \sim 0.75$ 之间,岭西湿润度在 $0.33 \sim 0.36$ 之间,大兴安岭山地湿润度在 1.0 以上。这种分布特征与该区植被分布特征一致。

湿润度作为温度、降水量和相对湿度的综合指标,随地形、地势的变化情况比较复杂。

(1) 无论是纬度、经度还是海拔高度对湿润度的影响都随着其值的递增而增加。其水平变化较垂直变化明显。

(2) 在同纬度和高度下,年,4-9 月,春、夏和秋季湿润度由西向东递增,递增率分别为 $0.12/1^\circ\text{E}$, $0.13/1^\circ\text{E}$, $0.04/1^\circ\text{E}$, $0.20/1^\circ\text{E}$ 和 $0.09/1^\circ\text{E}$,以夏季递增最大,春季最小,说明普遍存在春旱问题。

(3) 在同纬度,同经度下,高度增加 1 hm,年,4-9 月,春、夏和秋季的湿润度递增率分别为 $0.08/\text{hm}$, $0.09/\text{hm}$, $0.03/\text{hm}$, $0.14/\text{hm}$ 和 $0.07/\text{hm}$ 。以夏季变化变最大、春季最小,证实了春旱的存在。

(4) 纬度对湿润度的影响远小于经度和高度。在相同经度,相同高度下,纬度增加 1°N ,年,4-9 月,春、夏和秋季的湿润度递增率一般在 $0.01 \sim 0.07/1^\circ\text{N}$ 之间,以秋季变化率最大 ($0.07/1^\circ\text{N}$),夏季变化率最小 ($0.01/1^\circ\text{N}$),这与岭西(北)秋季多雨情况颇为一致。

3 结论

(1) 本文针对呼伦贝尔市气象站网稀疏,以前的水分气候资源分析和推算结果已经不能满足各用户的需求,在地理信息系统基础上,建立水分资源空间分布模型,进行水分资源空间分布模拟和制图,实现了水分资源的快速、准确查算。

(2) 以往分析气候资源空间分布资料较少,画等值线图时难免受到分析者的主观因素影响。本文推算结果是在地理信息系统下输出的高分辨率栅格图,精度和分辨率都大幅度提高,而且不受人为因素影响,是客观分析的结果。

(3) 通过小网格气候资源推算结果,增加了资料的密度,更好地揭示了水分资源空间变化特征。能够满足更多用户的需求,推算结果整体趋势与以前分析的结果相近,但资源的各个分布带的边缘更细、更符合其实际分布状况。

(下转第 113 页)

4.7 水土流失与环境污染相伴而生

在矿产资源开发和生产建设过程中排放的废气固体废物不是一般意义上的土体,其成分相当复杂,包括岩石、土壤、矸石、尾矿、尾渣、垃圾等等,这些物质常常含有有毒有害成分,一旦流失会造成下游水体的污染,危及人民健康生命和生民财产安全。

4.8 水土流失危害大

人类对土地的利用,特别是对水土资源不合理的开发和经营,使土壤的覆盖物遭到破坏,裸露的土壤受水力冲蚀,流失量大于母质层发育成土壤的量。水土流失造成土壤肥力降低,水、旱灾害频繁发生,河道淤塞,河流资源难以开发利用,地下水位下降,农田、道路和建筑物被破坏,并引起环境质量变劣,生态平衡遭破坏。

4.9 水土流失的程度同特定的文化相联系

从事开发建设活动的单位和个人的文化差异、价值取向、生态意识、管理水平等影响人们对水土资源的利用方式,进而对水土流失产生影响。因此对开发

建设项目水土流失的控制,不能单纯从技术入手,要采取多种手段,特别是要着力提高从业人员的生态观念,这样才能从根本上解决问题^[6]。

[参 考 文 献]

- [1] 李文银,王治国,蔡继清.工矿区水土保持[M].北京:科学出版社,1996.15—113.
- [2] 岳境,姜国虎,张元彩.矿山开采引发的地质灾害及其治理方案初探[A].资源环境与工程,2006,20(5):536—538.
- [3] 王维明,林敬兰,陈明华.福建省工程侵蚀现状及防治对策[J].中国水土保持科学,2004,2(3):53—57.
- [4] 付梅臣,陈秋计.矿区生态复垦中表土剥离及其工艺[J].金属矿山,2004,338(3):63—65.
- [5] 朱太芳.开发建设项目水土保持方案编制要考虑水流失[J].中国水土保持,2006(6):8—10.
- [6] 杨庭硕,吕永峰.人类的根基——生态人类学视野下的水土资源[M].昆明:云南大学出版社,2004.50—150.
- [7] 孙厚才,赵永军.我国开发建设项目水土保持现状和趋势[J].中国水土保持,2007(1):50—52.
- [7] 钱锦霞,张建新,王果静,等.基于 City star 地理信息系统的农业气候资源格点推算[J].中国农业气象,2003,24(1):47—50.
- [8] 李新,程国栋,卢玲.空间内插方法比较[J].地球科学进展,2000,15(3):260—264.
- [9] 廖顺宝,李泽辉.基于 GIS 的定位观测数据空间化[J].地理科学进展,2003,22(1):87—93.
- [10] 孙和平,罗少聪.中国及其邻区地表气象数据预处理和网格化数值结果分析[J].地壳形变与地震,1998,18(3):52—56.
- [11] 刘健,陈星.中国近 500 年来的气候模拟与重建资料对比[J].地球科学进展,2006,21(4):75—82.
- [12] 黄妙芬,刘绍民,刘素红.地表温度和地表辐射温度差值分析[J].地球科学进展,2005,20(10):33—40.
- [13] 李正泉,于贵瑞,刘新安,等.东北地区降水与湿度气候资料地栅格化技术[J].资源科学,2003,25(1):72—77.
- [14] 周锁铨,薛根元,周丽峰,等.基于 GIS 降水空间分析的逐步插值方法[J].气象学报,2006,64(1):100—111.
- [15] 李本纲,陶澍,林健枝,等.地理信息系统与主成分分析在多年气象观测数据处理中的应用[J].地球科学进展,2000,15(5):510—515.

(上接第 45 页)

(4) 本文水分资源小网格推算结果虽然取得了比较理想的效果,使用的范围和使用效果达到了预期目的,内蒙古兴安盟和黑龙江省北部地区也可使用本文的小网格推算方程,但进入推算模型的因子单一,下垫面因子应用较少,有待进一步深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] 萨鲍日妮科娃, C. A. 小气候与地方小气候. 江广恒译 [M]. 北京:科学出版社,1963.45—83.
- [2] 小泽行雄,吉野正敏著,(郭殿福等译).小气候调查方法 [M]. 南宁:广西人民出版社,1982.47—56.
- [3] 正务章.崎阜县地方しおしうる日最高气温/日最地气温の地理分布の推定方法[J].研究时报,1976,26(8):371—337.
- [4] 傅抱璞.山地气候要素空间分布的模拟[J].气象学报,1988,46(3):18—22.
- [5] 傅抱璞.地形和海拔高度对降水的影响[J].地理学报,1992,47(4):302—314.
- [6] 欧阳宗继,赵新平,张连强.山区局地气候的小网格研究方法[J].农业工程学报,1996,12(3):144—148.