

新疆焉耆盆地绿洲景观分形特征及驱动机制分析

王水献¹,董新光¹,寇文²

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院,乌鲁木齐 830052;2. 新疆农业大学 资源与环境学院,乌鲁木齐 830052)

摘要:基于分形理论,在遥感和地理信息技术的支持下,对新疆焉耆盆地土地利用空间格局的变化进行了研究。首先对来自遥感影像建立起的焉耆盆地土地利用空间数据库进行提取,然后运用土地利用空间格局的分形模型,获得了 1964 年、1973 年、1990 年和 2000 年 4 个个时期各个土地类型的分形维数和稳定性指数,并对土地利用空间格局变化进行了定量分析,为干旱内陆区土地资源合理利用以及区域景观格局的持续发展提供了若干参考。

关键词:分形理论;土地利用;空间格局;焉耆盆地

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0256-04

Study on Fractal Characteristic of Oasis Landscape and Driving Mechanism in Yanqi Basin, Xinjiang

WANG Shui-xian¹, DONG Xin-guang¹, KOU Wen²

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China;

2. College of Natural Resources and Environment Sciences, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China)

Abstract: The theory of fractal is a new tool for land use spatial pattern study, and the techniques of remote sensing and GIS offer a technology support. Firstly, supported of RS (remote sensing) and GIS (geographic information systems), the land use classification information is extracted from the Landsat TM imagery of Yanqi basin of 1964's, 1973's, 1990's and 2000's, and a spatial data base of land use is built. Secondly, in order to improve the understanding about the land use change in Yanqi basin, we use the fractal model to calculate fractal indices of different landscape patterns, and some landscape indices including the indices of the landscape diversity, the landscape fragmentation and the landscape separation, and through the comparison of all the results, some of land use change characteristics are summed up, and some pieces of advice on land use sustainable utilization is given in the end.

Key words: fractal theory; land use; spatial pattern; Yanqi basin

绿洲是干旱区独有的自然人文景观,它既是干旱区的精华所在^[1],同时亦是区域尺度上人类活动对生物多样性干扰的策源地^[2]。人类的活动深刻影响并改变着景观格局,而作为景观要素的斑块,其特征由大小与形状所刻画。斑块的形状,相对于斑块的大小而言,由于其复杂多样,通常难以直接地计测,而采用各种指数来描述。分形用以描述不规则的、破碎的、琐屑的几何特征,通过分维计算,可以度量分形几何对象的复杂性程度,应用于景观研究上则可以在多尺度下观察景观,对复杂的边界和斑块形状量化计算^[3]。

国内采用分形的方法分析景观空间格局特征的研究起步较晚,分形研究也多从种群和群落角度计算分维或从静态角度研究景观格局与分维的关系。例如朱晓华等^[4]利用分形理论对中国土地利用分形结构进行分析,并提出土地利用物理分形机制;邵怀勇等^[5]利用分形维数对四川省汶川县的土地利用/土地覆被镶嵌体景观类型的分维值进行计算,并讨论各种景观类型的分维性质。

本文以焉耆盆地绿洲区为研究对象,应用分形理论,定量地分析该区各种景观要素结构的复杂性与稳定性,揭示景

观空间结构的分形特征,从景观结构角度研究这一区域绿洲景观结构变化的分维动态特征及其驱动机制,为干旱区生态环境保护 and 可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

研究区主要是指焉耆盆地绿洲平原区(包括山前冲洪积扇和细土平原),位于东经 86°39' - 88°20',北纬 41°23' - 43°31'。盆地东西方向长约 160 km,南北方向宽 60~90 km,面积 5.52 × 10³ km²。在行政区划上焉耆盆地包括巴音郭楞蒙古自治州的焉耆、和静、和硕与博湖四县的平原部分和库尔勒市的塔什店区及兵团农二师 21 - 27 等 8 个团场。地面海拔一般在 1 050~1 200 m,地势西高东低,北高南低,总体呈现为四周向盆地倾斜的地貌形态。盆地内流水地貌、风沙地貌、湖泊地貌类型十分发育。焉耆盆地的气候特征表现为热量充足,日照长,温差较大,且凉爽湿润。平均降水量 50.7~79.9 mm,相对湿度 50%~60%,蒸发量为 2 000.5~2 449.7 mm,属于南北疆过渡的大陆荒漠性气候。

收稿日期:2007-01-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40261008);世界银行贷款项目(TBZJ-005)

作者简介:王水献(1975-),男,河南临颖人,博士生,主要从事干旱区水资源利用与环境保护研究。

通信作者:董新光,教授,博士生导师,主要从事水资源利用与保护研究。

2 资料来源与研究方法

2.1 资料来源

采用 3S(RS, GIS, GPS) 数据包括:1964 年 CORONA、1973 年 7 月 MSS、1990 年 10 月 TM 和 2000 年 9 月 ETM 等四期影像,1:100 000 开孔河流域矢量化地形图及 GPS 现场实测地类定位数据等。上述影像数据均通过几何精校正和正射校正,其误差均小于 0.5 个像元。景观类别参考中

科院土地资源分类系统及遥感图像的可判程度确定。从遥感图像看出,研究区主要地类为耕地、天然植被、湖泊和戈壁。在目视解译时不能准确分辨出天然植被的类别和界线,统一把林地、草地、盐漠植被、荒漠植被划为天然植被一类。水生植被主要指分布在小湖和大湖周边的芦苇地,因其具有独特色调和纹理特征,故将其单独划为芦苇沼泽类。据上述情况,确定焉耆盆地绿洲区主要地类分类见表 1。

表 1 焉耆盆地绿洲区主要地类

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
类名	耕地	天然植被	河流	大湖水域	小湖水域	城市	农村居民点	建设用地	沙地	戈壁	盐碱地	芦苇沼泽

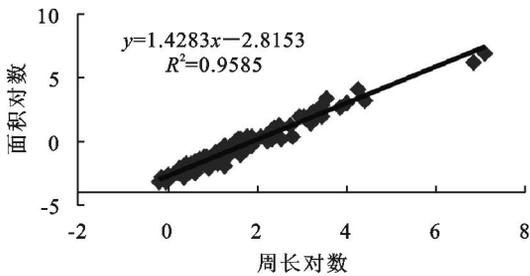


图 1 2000 年耕地图斑周长 - 面积双对数散点关系

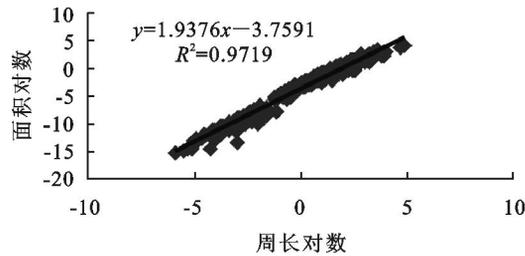


图 2 2000 天然植被图斑周长 - 面积双对数散点关系

2.2 研究方法

所谓分形就是指其组成部分以某种方式与整体相似的

几何形态,或者是指在很宽的尺度范围内,无特征尺度却有自相似性和自仿射性的一种现象^[6]。分形维数是表征自相似系统或结构的定量指标之一。研究景观的分维,主要是定量描述其核心面积的大小及其边界线的曲折性。徐建华等把分形维数的计算进行了拓展,使其适用于景观斑块空间维度的测算,即对于任何一种景观斑块形态,如果以尺度测量其周长和面积,则可得到景观分形维数模型为^[7]

$$\ln A(r) = \frac{2}{D} \ln(p(r) + C) \quad (1)$$

式中: D ——景观斑块的分形维数; $A(r)$ ——斑块面积; $P(r)$ ——斑块周长; C ——常数。也就是说,对于任何一个特定的区域,只要按照一定的比例尺做出各种景观的镶嵌图,用每个景观要素各个版图的面积和周长数据就可以得到该景观要素的分形维数。

D 值的大小表示景观结构的复杂性与稳定性。就某种景观要素而言,值越大表明该要素的景观结构越复杂。根据分形理论的创始人曼德勃罗特介绍^[8],布朗运动的线 - 线函数的分维数是 1.5。徐建华等^[6]认为,当 $D = 1.5$ 时,表示该景观要素处于一种类似于布朗运动的随机状态,即最不稳定状态。换言之,就是 D 值越接近 1.5,就表示该要素就越不稳定,并且据此定义了一个稳定性指数:

表 2 焉耆盆地不同年份地类图斑周长 - 面积关系式

地类	2000 年		1990 年	
	周长 - 面积关系	R^2	周长 - 面积关系	R^2
耕地	$\lg A = 1.4283 \lg P - 2.8153$	0.9585	$\lg A = 1.8783 \lg P - 3.7989$	0.9725
盐碱地	$\lg A = 1.5999 \lg P - 3.0917$	0.9653	$\lg A = 1.6830 \lg P - 3.3634$	0.9744
沙漠	$\lg A = 1.8315 \lg P - 3.5085$	0.9661	$\lg A = 1.3531 \lg P - 2.1863$	0.9861
天然植被	$\lg A = 1.9376 \lg P - 3.7591$	0.9719	$\lg A = 1.8084 \lg P - 3.7815$	0.9663
戈壁	$\lg A = 1.6084 \lg P - 3.3244$	0.9545	$\lg A = 1.6866 \lg P - 3.4801$	0.9655
芦苇沼泽	$\lg A = 1.6584 \lg P - 3.4297$	0.9646	$\lg A = 1.8313 \lg P - 4.1297$	0.9418
湖泊	$\lg A = 1.6414 \lg P - 3.1384$	0.9744	$\lg A = 1.8461 \lg P - 3.7508$	0.9630
城镇居民	$\lg A = 1.8286 \lg P - 3.4411$	0.9562	$\lg A = 1.8971 \lg P - 3.8325$	0.9446
河流	$\lg A = 1.6721 \lg P - 3.5356$	0.8925	$\lg A = 1.3750 \lg P - 4.2800$	0.9797
地类	1973 年		1964 年	
	周长 - 面积关系	R^2	周长 - 面积关系	R^2
耕地	$\lg A = 1.7777 \lg P - 3.5208$	0.9585	$\lg A = 1.5279 \lg P - 2.9670$	0.9310
盐碱地	$\lg A = 1.4709 \lg P - 2.4545$	0.8959	$\lg A = 1.6041 \lg P - 3.3949$	0.9681
沙漠	$\lg A = 1.4924 \lg P - 2.8899$	0.9874	$\lg A = 1.5526 \lg P - 2.9141$	0.9646
天然植被	$\lg A = 1.8438 \lg P - 3.7177$	0.9658	$\lg A = 1.4356 \lg P - 3.2404$	0.9412
戈壁	$\lg A = 1.6047 \lg P - 2.9637$	0.9611	$\lg A = 1.5248 \lg P - 2.9013$	0.9722
芦苇沼泽	$\lg A = 1.7447 \lg P - 3.5480$	0.9743	$\lg A = 1.6039 \lg P - 3.5026$	0.9825
湖泊	$\lg A = 1.6482 \lg P - 3.2308$	0.9553	$\lg A = 1.6596 \lg P - 2.9648$	0.9612
城镇居民	$\lg A = 1.9708 \lg P - 3.4338$	0.9752	$\lg A = 2.0004 \lg P - 3.5209$	0.9562
河流	$\lg A = 1.9405 \lg P - 3.6166$	0.8925	$\lg A = 0.9906 \lg P - 2.7487$	0.9707

$$S = | 1.5 - D | \tag{2}$$

式中： S ——稳定指数； D ——景观要素的分形维数。我们对公式(2)作进一步定义：

$$S = 1.5 - D \tag{3}$$

对公式(3)作如下解释： $S > 0$ ，表示景观类型在其形态复杂状态下的一种稳定性， S 越大，该景观类型越稳定；反之，亦然。 $S < 0$ ，表示的是景观类型在其形态简单状态下的一种稳定性， S 越小，该景观类型越稳定；反之亦然。

为了进一步探讨不同时期土地利用景观格局稳定性和多样性的关系，本文还计算了景观多样性指数。多样性是指景观要素在结构和功能上的多样性，它从不同景观所占面积比例和类型多少这个侧面反映景观空间结构的复杂性。多样性指数计算公式从信息熵演化而来：

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \times \ln(P_i) \tag{4}$$

式中： H ——多样性指数； P_i —— i 类景观类型所占的百分比； m ——景观类型的数目。 H 越大表明景观多样性越大，反之则表明多样性越小。

3 土地利用类型分形特征

根据(1)式，可建立焉耆盆地各土地利用类型斑块的周长-面积关系(表1)，并计算各地类的分维。由于可计算分维地类多，图1和图2仅给出2000年耕地和天然植被的周长-面积双对数散点图及拟合曲线。根据相同计算过程，可得到其它地类斑周长-面积双对数关系(表2)。根据表2和公式(2)、公式(3)，可进一步计算得到各地类的分维值、稳定性指数和多样性指数(图3、图4和表3)。

表3 不同时期焉耆盆地景观多样性指数统计

年份	1964	1973	1990	2000
多样性指数	1.841	1.918	1.953	1.924

分维值是检验土地利用/土地覆被景观形状复杂程度的指标，其值越大，则该景观的形状越复杂；反之，复杂程度越低。稳定性指数(S)是检验土地利用/土地覆被景观稳定性的指标， S 的正负分别表示景观类型在复杂和简单状态下的稳定性。从时间维的角度讲，若分维值随时间变化而增大，则说明该景观的形态变得复杂和不规则，反之，该景观的形态变得简单。

3.1 景观形态复杂性

不同时期景观类型分维值关系如图3。由图3可知，2000年9种景观类型分维值由大到小排序是：耕地 > 盐碱地 > 戈壁 > 湖泊 > 芦苇沼泽 > 河流 > 城镇居民点 > 沙漠 > 天然植被。天然植被和沙漠的分维值最小，形状最规则。自1990年以来由于受政策限制，严格控制天然植被开发程度，较好地保持着原来状态。城镇居民点的分维值也较小，表明在人类的规划控制下，其形态相对比较规则。耕地的分维值最大，形态最复杂，这是因为，一方面，城镇、居民点等土地利用类型的扩张，大都是建立在耕地减少的基础之上，另一方面，人口压力的增大，又必须扩大耕地面积、加大对盐碱地的治理，使得耕地形态和盐碱地的破碎度不断增大。

3.2 景观形态稳定性

由图4可知，本区域所有景观类型的稳定性指数都大于零，表明它们的稳定性是在其形态复杂状态下的稳定性。不

同时期景观类型的稳定性指数关系如图4。由图4可知，1964-2000年，天然植被的形态稳定性增加，城镇居民点和河流的形态稳定性降低。

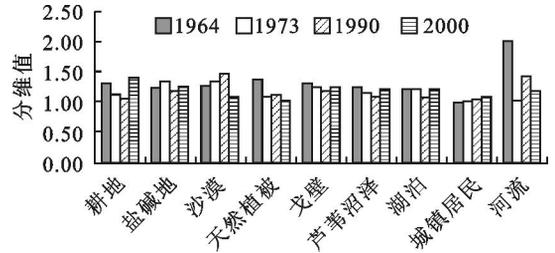


图3 不同时期景观类型分维值

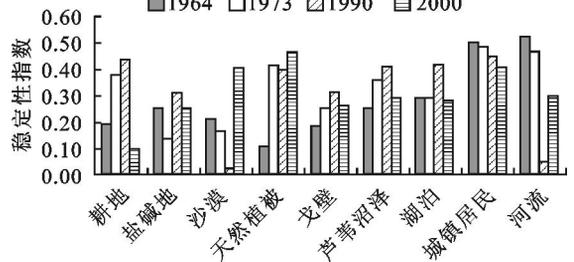


图4 不同时期景观类型稳定性指数

在这9种景观类型中，2000年稳定性指数由大到小的排序是：天然植被 > 沙漠 > 城镇居民点 > 河流 > 芦苇沼泽 > 湖泊 > 戈壁 > 盐碱地 > 耕地，即耕地的形态稳定性最差，并且3a的稳定性指数逐渐降低，可见其受人类活动影响之大。盐碱地的稳定性指数仅大于耕地，这是因为不合理的水土资源利用导致土壤盐碱化的发生，使盐碱地成为生态环境非常脆弱的景观类型，稳定性低。天然植被的稳定性指数较高，说明本地区自1990年来严格控制不合理的开荒，保护天然植被，使得天然植被保持较高的稳定性。

3.3 动态变化分析

从图3可知，耕地的分维值先降后增，表明从1964年开始到1990年，耕地空间结构变得规则，从1990年开始到2000年，耕地形态愈加不规则；盐碱地的分维值先增后降，表明其形态先变复杂后变简单。城镇居民点的分维值一直在增加，表明随着人口的增长，促使居民点趋于扩大与分散，其形态变得愈加不规则。

3.4 景观总体多样性分析

从表3中可以看出，焉耆盆地绿洲景观总体多样性1964-1990年稳步增大，至2000年后又略有所降，表明在绿洲开发初期，其景观镶嵌体分配不均匀，使得其景观多样性相对较低，至1990年，人类的开发使得格局分配较为合理，景观多样性有所提高，而在近10a，人类高强度的干扰，使得景观多样性有所降低。

4 景观形态变化的驱动机制

通过以上的各种分析可以看出焉耆盆地中各种土地利用与覆被类型的变化是十分复杂的，但是同时也是有规律可寻的。这些变化综其缘由，主要与盆地内人口的增加，农业发展模式的变化以及自然和人为因素导致的水资源的动态变化有关。

4.1 自然因素

自1960年以来，由于自然的原因以及在盆地的大开发

过程中采用大水漫灌的方式洗盐排碱,致使博斯腾湖湖水位基本上处于持续下降过程,到 1987 年,湖水位下降到历史最低点 1 044.95 m。各种农田污水及工业污水在盆地中没有出口,全排入湖泊中,使博斯腾湖湖水水质发生了明显的变化,矿化度从 0.383 ~ 0.390 g/L,上升到 1.87 g/L,使得湖泊水体盐化。

1990 年以来,当地政府采取了一系列措施,严格限制焉耆盆地的开荒面积,减少田间灌溉用水量,加大盆地地下水开采力度,使开都河入湖水量增加,湖区水位呈现上升趋势,湖水矿化度也有所下降。特别是 1996 年以来开都河来水量剧增,博湖水位得到了大幅度恢复,到 2000 年 7 月已上涨到 1 048.7 m,超过历史最高湖水位,湖水矿化度也降至 1.27 g/L,湖区水环境恶化的状况得到了较大的缓解(图 5 和图 6)。受湖泊水体的动态消长与矿化度变化的影响,沿湖周围的湖滨地带产生沼泽湿地、草地、多汁木本盐柴类荒漠、盐碱地的双向动态演替。一方面,湖水位的增加,淹没了湖滨周围的部分耕地和建筑,造成经济损失。另一方面,博斯腾湖水位上升,抬高了湖泊周边的地下水位,导致湖泊周边土壤次生盐渍化,从而加速了湖周农田弃荒,是农田向草地、盐碱地演化的主要原因之一^[9]。

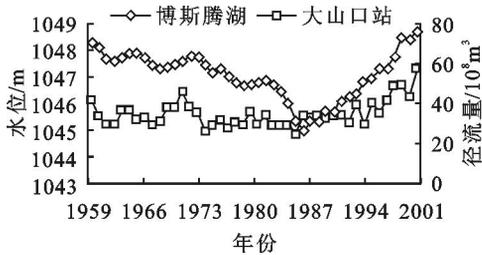


图 5 焉耆盆地开都河径流量和博斯腾湖水位关系



图 6 焉耆盆地博斯腾湖水位和水质关系

4.2 人为因素及政策影响

4.2.1 人口的变化

自 20 世纪 50 年代以来,盆地内人口总数和各民族组成结构发生了巨大的变化,1949 年焉耆盆地人口总数为 5.03 × 10⁴ 人,由于人口的增加,导致对土地的需求也不断增加,于是大量天然植被被耕地所代替,城市和农村居民点的面积持续增长。这是促使盆地农田以及建设用地不断扩张的主要原因之一。

4.2.2 农业发展模式的变化

从 20 世纪 50 年代初到 60 年代中期为新疆大规模开垦的第一个高峰期,主要以大量投入人力、物力的粗放式耕作方式为主。农田垦殖面积迅速增加,多分布于水土条件较好的冲积扇和洪积扇泉水溢出带上。

20 世纪 60 年代末期到 80 年代中期,为新疆大规模水

土开发的第二个高峰期。由于人民的文化素质和机械化生产技术水平相应地有所提高,使盆地内耕地达到空前的规模。但是在一个较长时期里,由于盲目扩大耕地面积。无节制地引水灌溉,又未切实改变落后的灌溉方式,导致土壤次生盐渍化日益严重;片面强调以粮为纲,形成农业经济的单一结构,各行业比例失调;长期乱开草场,滥伐森林,湖滨开荒等掠夺式的经营,致使资源破坏,造成了盆地内部农业生态系统的恶性循环。表现为一方面草地、沼泽地、超旱生灌木半灌木荒漠、多汁木本盐柴类荒漠向农田的转换,农田面积大规模的扩张,而盆地内部大块成片的草地完全消失;另一方面,农田、草地向盐碱地和各种荒漠转换。20 世纪 80 年代中期以后,当地政府采取了一系列措施,严格限制盆地的开荒面积,减少田间灌溉用水量,加大盆地田间管理,使农田土壤盐渍化程度有所改善。盆地内农田的开垦转向多汁木本盐柴类荒漠和超旱生灌木半灌木荒漠,农田的扩张幅度以及土地盐渍化程度较前一阶段均有所减小。

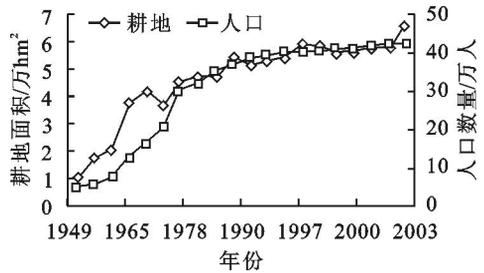


图 7 焉耆盆地耕地与人口增长趋势

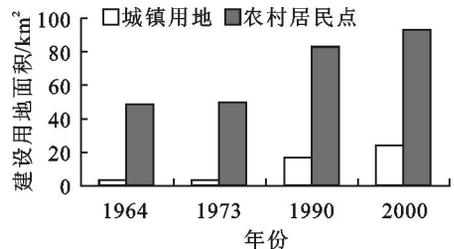


图 8 焉耆盆地城镇与居民点发展趋势

4.2.3 城市化扩张进程

本区在 20 世纪 60 年代,农村居民主要以散居式为主,到 20 世纪 80 年代以后,盆地内农村居住地出现集中分布的趋势,工业的发展引发大规模厂矿的建设,致使盆地内建设用地面积相对较为集中并有所扩张。

5 结论

焉耆盆地 50 a 以来受农田开垦以及自然因子的影响,盆地的土地利用与覆被格局破碎化程度和异质性程度均体现出明显的增加。应用分形理论研究土地利用景观空间格局的变化和土地利用景观镶嵌结构的分析,对于揭示土地利用空间格局的变化特征,对于景观评价、管理和区域可持续发展来说,都不失为一种重要工具。研究结果如下:

(1) 焉耆盆地土地利用格局分布具有分形结构。分维值是研究土地利用格局的一种综合性的定量指标。

(2) 通过对土地利用景观类型分维值的分析,从中可以提取景观类型形态的复杂性、稳定性以及动态变化的信息。景观类型的分维值越大,其形状越复杂;反之,形状越简单。稳

(下转第 263 页)

出,灌区灌溉面积(考虑复种)多年基本稳定在 27~34 万 hm^2 ,农业耗水量却在不断减少,究其原因一是作物总灌溉面积稳定,但种植结构发生了变化,高耗水、低产出的粮食作物面积不断缩减,相对耐旱、效益较高的果树面积大幅增加;二是由于灌区渠灌体制改革滞后、基层管理粗放导致水价偏高,农民灌溉经济负担较重,作物适时灌溉率偏低,许多农民只浇救命水;三是近年来河源来水不足,部分时段取水口水质较差,农民不愿引水灌溉。

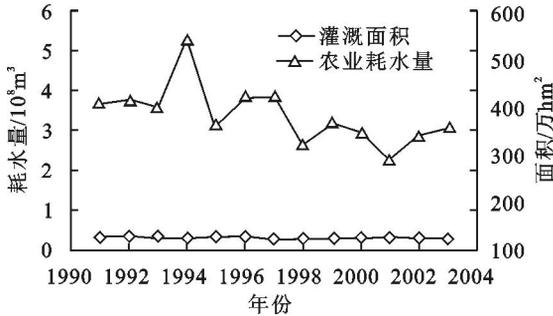


图 5 灌区灌溉面积与农业用水耗水量关系

4 结论

(1)本研究从灌区水资源转化的角度出发,并考虑到灌区以农业灌溉为主,兼有其他行业供水、用水、耗水及排水为一体的特点,明确界定了灌区耗水量概念,即灌区耗水量指灌区供水量(地表水和地下水)在输水、用水和非用水过程中消耗掉而不能回归到地表水体和地下水含水层中的水量。根据灌区耗水量的消耗途径,对灌区耗水量进行了分类,即用水耗水量和非用水耗水量。灌区用水耗水量是指灌区毛用水量在输水、用水过程中,通过蒸腾蒸发、土壤吸收、产品带走、居民和牲畜饮用等多种途径消耗掉而不能回归到地表水体或地下水含水层的水量。非用水耗水量指灌区内河道、池塘、水库等地表水体的蒸发损失量和地下水的潜水蒸发量。

(2)以宝鸡峡灌区为研究区,分析灌区各种耗水对象的耗水机理,计算了灌区 1991 - 2003 年的各项耗水量。计算结果表明,宝鸡峡灌区年均总耗水量为 4.585 亿 m^3 ,其中用

水耗水量 4.510 4 亿 m^3 ,占总耗水量的 98.4%;非用水耗水量 0.074 6 亿 m^3 ,占总耗水量的 1.6%。在用水耗水量中,农业用水耗水量占用水耗水量的 74.8%,工副业用水耗水量占 13.1%,城市及农村生活用水耗水量占 12.1%。由此可见,农业用水耗水量是宝鸡峡灌区的耗水大户。

(3)分析了宝鸡峡灌区耗水量变化趋势及其影响因素,结果表明:灌区 1991 - 2003 年耗水量总体呈小幅度递减趋势,与农业用水耗水量的变化趋势一致,而工副业、城市及农村生活用水耗水量呈线性递增的趋势,灌区农业用水耗水量的变化支配着总耗水量的变化。农田灌溉耗水量呈递减趋势主要是由于灌区供水量减少以及灌溉用水水平提高的结果,与灌溉面积的变化关系不大。

参考文献:

- [1] 董斌,崔远来,黄汉生,等. 国际水管理研究院水量平衡计算框架和相关评价指标[J]. 中国农村水利水电, 2003(1): 5 - 8.
- [2] 肖素君,王煜,张新海,等. 沿黄省(区)灌溉耗用黄河水量研究[J]. 灌溉排水, 2002, 21(3): 60 - 63.
- [3] 秦大庸,于福亮,李木山. 宁夏引黄灌区井渠双灌节水效果研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 73 - 77.
- [4] 谢新民,赵文俊,裴源生,等. 宁夏水资源优化配置与可持续利用战略研究[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2002.
- [5] 秦大庸,于福亮,裴源生. 宁夏引黄灌区耗水量及水均衡模拟[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 19 - 24.
- [6] Hazrat M A, Lee T S, Yan K C. Modeling water balance components and irrigation efficiencies in relation to water requirements for double-cropping systems[J]. Agricultural Water Management, 2000, 46: 167 - 182.
- [7] 康绍忠,蔡焕杰. 农业水管理学[M]. 北京:中国农业出版社, 1996.
- [8] 魏晓妹,赵颖娣. 关中灌区农业水资源调控问题研究[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 117 - 122.

(上接第 259 页)

定性指数(S)是检验土地利用景观形态稳定性的指标, S 的正负分别表示景观类型在复杂和简单状态下的稳定性。从时间维的角度讲,若分维值随时间变化而增大,则说明该景观的形态变得复杂和不规则,反之,该景观的形态变得简单。

(3)驱动机制分析表明,盆地景观类型复杂性及稳定性主要受区域自然因子和人为因素的双重影响,使其发生巨大变化。

参考文献:

- [1] 钱云,郝毓灵. 新疆绿洲[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 2000.
- [2] 贾宝全,慈龙骏,杨晓辉,等. 石河子莫索湾垦区绿洲景观格局变化分析[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 34 - 40.
- [3] 余世孝,郭冻. 山东泰山地区景观结构变化及其分形分

析[J]. 生态学报, 2005, 25(1): 129 - 134.

- [4] 朱晓华,蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 671 - 676.
- [5] 邵怀勇,仙巍,马泽忠,等. 土地利用/土地覆被镶嵌体的分形结构模型研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 155 - 158.
- [6] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社, 2002.
- [7] 傅伯杰,陈利项,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [8] 董连科. 分形理论及其应用[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1991.
- [9] 张俊,周成虎,李建新. 新疆焉耆盆地近 40 年土地利用与土地覆被演化[J]. 资源科学, 2004, 26(6): 30 - 37.