

# 干旱区地下水位降幅对天然植被衰退过程的影响分析 ——以新疆鄯善南部绿洲群为例

周 绪<sup>1</sup>, 刘志辉<sup>1,2,3</sup>, 戴 维<sup>1</sup>, 菊春燕<sup>1</sup>, 王云丰<sup>1</sup>

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐, 830046;

2. 干旱半干旱地区可持续发展国际研究中心, 乌鲁木齐, 830046;

3. 教育部绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐, 830046)

**摘 要:**综合运用 RS、GIS 及地理统计学的理论、技术, 监测干旱区地下水位降幅对天然植被衰退过程的影响。结果表明: 研究区内大部分绿洲位于 20~30 m 降幅之间, 并由北向南呈环状递减; 天然植被覆盖变化敏感区域居于 5~8 m 降幅之内, 超过 10 m 降幅将出现严重退化区; 天然植被大面积向绿洲东北方向退缩, 15 年间典型研究区天然植被面积减少近 1/2, 半固定沙丘面积增大而将成为新的沙尘策源地, 绿洲生态环境更为脆弱。

**关键词:**地下水位降幅; 天然植被衰退; RS 与 GIS

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0143-03

## Analysing the Effects of the Depth Downrange of Groundwater on Nature Vegetation Degeneration in Arid Area —A Case from South Oases of Shanshan, Xinjiang

ZHOU Xu<sup>1</sup>, LIU Zhi hui<sup>1,2,3</sup>, DAI Wei<sup>1</sup>, JU Chun yan<sup>1</sup>, WANG Yun feng<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046;

2. Oasis Ecology Key laboratory of Xinjiang Uygur Autonomous region, Xinjiang University 830046;

3. International Center for Desert Affairs-Research on Sustainable  
Development in Arid and Semi-arid Lands, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** By integratively using RS, GIS and Geostatistics, the effects of downrange of the groundwater depth on nature vegetation degeneration in arid area were analyzed. The results showed that: (1) most of oases lied in 20~30 m of the downrange of groundwater depth which were decreased as circus from north to south in study area; (2) there were the sensitive region in 5~8 m and severe decline area over 10 m; (3) distributing region of nature vegetation countermarched from southwest to northeast, and its reduced area was closed to 50% for 15 years, the expanded semi-settled dune will be a new sandy headstream, so the state of local environment will be extremely frail and unsteady.

**Key words:** downrange of groundwater depth; degeneration of natural vegetation; RS and GIS

干旱区降水稀少, 蒸发能力极强, 地下水是十分活跃的因素, 能够影响并在一定程度上制约一些自然过程的方向和程度, 其不稳定性会强烈的影响到地表生态系统的发展方向。而天然降水、冰川融水不能满足下游绿洲天然植被生长所需的生态用水要求, 其生长基本依赖于地下水与土壤水的供给, 一旦地下水的环境条件发生改变, 天然植被便不可避免的发生一系列的变化。

本文选取 15 年来天然植被覆盖动态变化最为剧烈的区域——新疆鄯善县山南平原绿洲群作为研究重点, 监测地下水位降幅对当地天然植被时空变化的影响, 这对合理配置地下水资源、预测极端条件下荒漠化趋势及维护当地土壤、植被正常生长环境和生态可持续发展等具有重要意义。

### 1 研究区概况

研究区(图 1)位于东经 89°39'~89°54', 北纬 42°27'~42°51', 处于吐鲁番盆地东部, 属典型的大陆暖温带干旱荒漠气候, 多年年平均气温 12.83℃, 极端最高气温 44.8℃, 极端最低气温 -28.7℃, 多年平均降雨量 30.35 mm, 无霜期 224 d, 全年 8 级以上大风天数 23.5 d, 最多年份可达 76 d, 年平均蒸发能力 2 727 mm。<sup>[1]</sup>

区内水资源极其匮乏, 绿洲群环列于鄯善库姆塔格沙漠西、南方向, 生态环境非常脆弱, 是自汉唐以来就有人类聚集活动的古老绿洲, 绿洲群涉及四个乡镇, 分别为吐峪沟乡、达浪坎乡、鲁克沁乡、迪坎儿乡, 区内广布沙壤质灌耕土, 主要

收稿日期: 2005-11-20

基金项目: “新疆吐鲁番盆地地下水可持续利用研究”(70361001)

作者简介: 周绪(1972-), 女, 重庆长寿人, 在读硕士, 研究方向生态环境监测、评价。

靠地下水灌溉,为重要葡萄产区。研究区总面积约为 132 400 hm<sup>2</sup>,主要生长骆驼刺、怪柳、芦苇等天然植被。

## 2 研究数据、方法及结果分析

### 2.1 数据来源

(1)鄯善县 1990~2004 年 18 个地下水位观测井实测数据。

(2)接受时间为 1990 年 9 月的 TM 影像数据及同期 SPOT4(P) 影像数据,接受时间为 2004 年 9 月的 SPOT5 (XS/ XI) 影像数据。

(3)研究区 1:5 万地形图、DEM、坡度图及国家基础地理信息中心 1:25 万数据库中的地形数据库,包括境界、交通、居民点、土壤、植被等地理空间数据及各类地名注记和各种文献资料为参考。

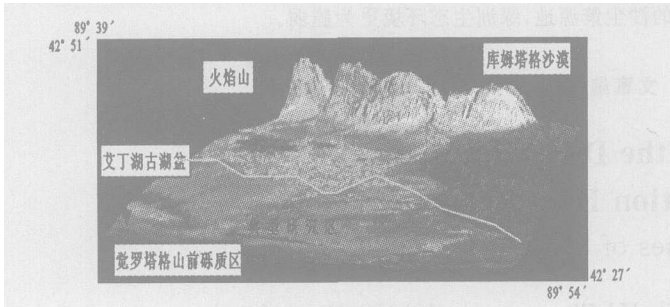


图 1 研究区概况

### 2.2 研究方法与分析

#### 2.2.1 地下水埋深降幅分布数据提取

GIS 探索性空间分析建立于一定的统计学基础之上,也称地统计学 (Geostatistics),已被广泛用于地学、环境科学等领域。<sup>[2]</sup>地下水位的空间分布存在明显相关性,因此对其实测数据进行空间统计分析可获取较可信的空间分布特征。研究区 18 个地下水位观测井监测数据显示 1990 年~2004 年研究区所有观测值均呈下降趋势,将 1990 年、2004 年两期数据差值后得到地下水位降幅,在 Arcgis8.3 支持下:(1)运用 Geostatistical Analyst 模块,对样点数据进行 UTM 投影转换;(2)误差分析与交叉验证。比较距离加权倒数 (IDW)、克里格 (Kriging) 方法的误差;采用 Ordinary Kriging 方法,对样本数据进行探索分析,通过“显示数据—检查数据—拟合模型—诊断模型—模型比较”的流程结果显示:监测样点满足正态分布,无需进行对数转换;半方差函数结构分析表明数据符合球状模型;方向角为北偏东 45°,椭圆四分搜索;步长 4 000 m,组数 10,满足步长分组规则;空间数据存在东西方向和南北方向的二价函数趋势,应对其进行二阶函数趋势剔除。从 IDW (方法 1)、未经趋势剔除的插值 (方法 2) 和经趋势剔除的插值 (方法 3) 分析结果比较 (表 1) 可见,方法 3 的插值结果更为接近实际情况;(3)生成地下水位降幅等值线。选取方法 3 进行 Kriging 插值,得到地下水位降幅等值线图,然后裁剪此图层,获得研究区内的插值结果,在此基础上生成 Grid 重分类图层,并在 ArcScene 中获取其 3D 视图 (图 2)。

表 1 不同方法预测结果比较

	标准化误差	均方根标准误差	预测值回归方程
方法 1	1.431	6.811	$y=0.411x+5.974$
方法 2	0.0919	0.8745	$y=0.484x+4.622$
方法 3	0.0114	1.142	$y=0.797x+2.251$

从图 2 可见,地下水位降幅由北向南呈环状递减,最深降幅达 31.12 m,位于吐峪沟乡;绿洲群大部分居于 20~30 m 降幅之间,分属吐峪沟乡、达浪坎乡、鲁克沁乡、迪坎儿乡新址

等,为地下水开采密集区;原迪坎儿乡降幅变化较小,由于该乡近年受沙化侵扰,不断向研究区西北方向生态移民,而使新址成为新的地下水开采密集区;地下水位平均下降 15.45 m,平均年降幅 1.03 m;大于 10 m 降幅的面积约 69 300 hm<sup>2</sup>,超过研究区总面积 1/2。此外由统计资料可知:深层地下水生产井 15 年间平均每年增加数量超过 22 眼,而吐峪沟乡、鲁克沁乡的机井增加数尤为突出,年平均增长近 40 眼。

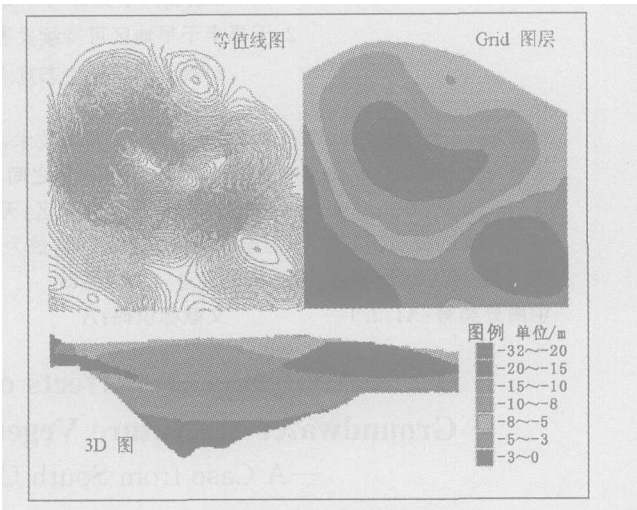


图 2 地下水位降幅图示

15 年来研究区地下水位持续下降的主要原因在于:人口、耕地数量有增无减,农业、工业、生活需水量不断攀升,机井开凿数量增长迅猛,农业水资源利用率较低,造成地下水资源的浪费,从而导致人为开采量大于其补给量使地下水位的降幅不断扩大。

#### 2.2.2 天然植被覆盖时空变化数据的获取

首先对影像进行几何精校正,选择 UTM 投影方式、二元三次多项式拟合法进行影像配准,采用双线性内插法重采样。经检验 RMS 误差小于 0.5 个像元,通过曲线接缝线方法进行影像无缝镶嵌<sup>[3]</sup>;选用乘积方法将 TM5、4、3 与 SPOT4 全色影像进行分辨率融合处理,形成基础分类影像;在此基础上进行非监督分类,本研究中分别选择 30、60、70、100 为初始分类数,尝试比较后,选定初始分类数为 70,分类标准依据国内常用的土地分类系统 (源于中科院“八五”“国家资源环境遥感宏观调查与动态分析”一级土地分类系统),将该模板初始分类中的 70 类合并为林地、草地、耕地、城镇及工矿用地和未利用地等分类要素,由于研究区地表水体分布面积小,故未予考虑;将各类别进行专题判别、色彩确定、分类合并等处理,通过色彩聚类形成下一步监督分类的分类模板,在此模板上添加细分所需的多个训练样区,对监督分类模板进行 Contingency 评价,选择精度接近 70% 的分类模板,尔后运用最大似然分类法,对其进行监督分类;然后利用土地利用图、DEM 及坡度图等与目视解译相结合使分类精度接近 90%,最后对分类后细碎斑块采用 3\*3 的 Majority 函数进行滤波平滑处理得到最后的分类图,<sup>[4,5]</sup>以此获取 1990~2004 年天然植被动态变化图谱。在绿洲群内部,由于天然植被受周边耕地、林地的影响,使其用水情况非常复杂,故选取完全依赖地下水生长的天然植被区域即研究区绿洲群以南作为典型区进行分析,并将其与地下水位降幅等值线图进行空间叠置 (图 3)。

由图 3 得出如下结论:(1)典型研究区天然植被大面积向绿洲东北方向退缩,绿洲南缘废弃耕地增加,15 年间典型研究区天然植被面积减少近 1/2,荒漠化面积增大,绿洲生态环境更为

脆弱;(2)地下水位降幅在 0~5 m 之间,天然植被覆盖变化不大,但新垦耕地与其争夺表现较为激烈;天然植被覆盖变化敏感区间为 5~8 m;严重衰败现象出现于超过 10 m 的降幅范围内;(3)地下水位降幅为 10~18 m 时,由于天然植被衰退面积超过原有覆盖面积 2/3,导致迪坎儿乡西北方向的半固定沙丘面积增加超过 1 500 hm<sup>2</sup>,已出现与鄯善库姆塔格沙漠相连的趋势,这种变化将会使该区域成为新的沙尘策源地。



图3 典型研究区地下水位降幅等值线与天然植被变化图谱的空间叠置图层  
(1990年、2004年天然植被分别以深色、浅色显示)

### 3 结 论

(1)研究区西北方向缺乏地下水观测井布控,故在此区域通过 GIS 空间分析获取的插值误差会大些。

(2)运用地理统计学的方法研究不同尺度的区域会得到不同的结果,本文为中尺度的研究区,因此还需要进行大尺度的套合研究。

(3)研究区每年新增机井迅猛,其中以吐峪沟乡、鲁克沁乡最为突出,近 8 年来平均超过 40 眼。因此,最深降幅位于此地,超过 30 m,大部分绿洲居于 20~30 m 之间,并由北向南呈环状递减。

(4)地下水位降幅位于 5~8 m 之间为天然植被覆盖变化敏感区间;降幅超过 10 m 天然植被将会出现严重衰败。

(5)天然植被大面积向绿洲东北方向退缩,半固定沙丘面积增大,将成为新的沙尘策源地,绿洲生态环境更为脆弱。

(6)科学、合理利用地下水资源,其降幅应尽量控制在天然植被严重衰退的区间内,从而遏制绿洲生态环境继续恶化,以维持干旱区域可持续发展。

致谢:本文源于中日政府合作项目“新疆吐鲁番盆地地下水可持续利用研究”(70361001),SPOT 影像为日方 JICA 株式会社提供,在此表示感谢。同时,非常感谢新疆维吾尔自治区水利厅、水文水资源局、档案局、吐鲁番地区水利局及鄯善县水利局给予的大力协助。

### 参考文献:

- [1] 吐鲁番市统计局.吐鲁番统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1949-2004.
- [2] 王政权.地质统计学及其在生态学中的应用[M].北京:科学出版社,1999.1-149.
- [3] 林辉,赵双泉,赵煜鹏.遥感数字图像的无缝镶嵌[J].中南林学院学报,2004,24(1):83-86.
- [4] 衣伟宏,杨柳,张正祥.基于 ETM+ 影像的扎龙湿地遥感分类研究[J].湿地科学,2004,2(3):208-212.
- [5] Louisa J M Jansen, Antonio Di Gregorio. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002,91:89-100.

### (上接第 142 页)

- [4] 高贤明,黄建辉,万师强,等.秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究:演替系列的群落多样性特征[J].生态学报,1997,17(6):619-625.
- [5] 刘建军,崔宏安,王得祥,等.延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J].西北林学院学报,2002,17(3):8-11.
- [6] 李新荣,张景光,刘立超,等.我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究[J].植物生态学报,2000,24(3):257-261.
- [7] 马克平,刘灿然,刘玉明.生物群落多样性的测度方法:多样性的测度方法[J].生物多样性,1995,3(1):38-43.
- [8] 张金屯,柴宝峰,邱扬,等.晋西吕梁山严村流域撂荒地植物群落演替中的物种多样性变化[J].生物多样性,2000,8(4):378-384.
- [9] 高贤明,马克平,黄建辉,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究:XI.山地草甸多样性[J].生态学报,1998,18(1):24-32.
- [10] 张林静,岳明,张远东,等.新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性特征[J].地理科学,2003,23(3):329-334.
- [11] 高旺盛,董孝斌.黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价—以安塞县为例[J].自然资源学报,2003,18(2):182-188.
- [12] 李代琼,姜峻,梁一民,等.安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J].水土保持研究,1996,3(2):66-74.
- [13] 王军,傅伯杰,邱扬,等.黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J].生态学报,2002,22(8):1173-1178.
- [14] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法:多样性的测度方法[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [15] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972,21:213-251.
- [16] Pielou E C. Ecological Diversity[M]. New York:John Wiley & Sons Inc.,1975.
- [17] 董鸣.陆地生物群落调查与观测分析[M].北京:中国标准出版社,1997.3-23.
- [18] Rodwell J S Ed. British Plant Communities, Volume 1[M]. Cambridge University Press, 1991.13.
- [19] 李永强,许志信.典型草原区撂荒地植物群落演替过程中物种多样性变化[J].内蒙古农业大学学报,2002,23(4):26-31.
- [20] 杨小波,张桃林,吴庆书.海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系[J].生态学报,2002,22(2):190-196.
- [21] 李裕元,邵明安.子午岭指标自然恢复过程中植物多样性的变化[J].生态学报,2004,24(2):252-260.