

基于 RS 和 GIS 的北京潮白河流域沙化现状及成因分析^{*}

刘 克, 赵文吉, 胡德勇

(1. 首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100037; 2. 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100037; 3. 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

摘 要: 潮白河流域是北京市主要的供水源地之一, 但是由于各种因素的影响, 已经出现了沙化现象。了解潮白河流域沙化现状, 研究其沙化成因对于科学地进行防沙治沙, 从而改善北京市的生态环境具有重要意义。利用 2007 年 4 月的 SPOT5 卫星的多光谱和全色影像, 结合植被覆盖度、土壤类型和土地利用类型这 3 种辅助数据, 进行沙化信息提取。根据所提取的信息, 分析潮白河流域沙化现状, 研究不同的植被覆盖度和土地利用类型上的沙化情况, 并探讨该区域沙化的成因。分析结果表明: 植被覆盖度为 30%~60% 的沙化土地面积较大; 绝大部分沙化土地为林地、草地和未利用地这 3 种土地利用类型; 沙化是自然和人为双重作用下的结果。

关键词: 潮白河流域; 沙化; 植被覆盖度; 土地利用

中图分类号: X171.1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0157-04

Status Analysis of Desertification in Chaobaihe River Basin Based on RS and GIS

LIU Ke, ZHAO Wen-ji, HU De-yong

(1. College of Resources Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100037, China; 2. Laboratory of 3D Information Acquisition and Application, MOST, Beijing 100037, China; 3. Beijing Municipal Key Laboratory of Resources Environment and GIS, Beijing 100037, China)

Abstract: Chaobaihe river basin is one of the main water sources in Beijing. At present, it shoulders the burden of serving Green Olympics. Desertification has occurred because of the influence of various factors. It is significant that the status quo and formation causes of desertification should be understood and researched to prevent and control desertification, and hence to improve the ecological environment in Beijing. In this paper, multi-spectral and panchromatic images of SPOT5 in April 2007 were selected, with three assistant data (vegetation coverage, soil type and land use), to extract the information of desertification. The status quo of desertification in Chaobaihe river basin was analyzed. The situations of desertification on different vegetation coverage and land use were studied. And then formation causes of desertification were discussed. The results showed that land with the vegetation coverage ranged from 30% to 60% possessed the major portion of desertification. Most of desertification was distributed on woodland, grassland and unutilized land. Desertification was the result of double effects of nature and human being.

Key words: Chaobaihe river basin; desertification; vegetation coverage; land use

土地沙化,是指因气候变化和人类不合理活动所导致的天然沙漠扩张和沙质土壤上植被破坏、沙土裸露的过程^[1]。沙化土地,包括已经沙化的土地和具有明显沙化趋势的土地。首都的防沙治沙工作是全国防沙治沙工作的重要组成部分,也是北京生态环境建设的重要内容之一。

很多专家学者对北京市的土地沙化进行了研究。贺然等通过选取北京典型沙地——康庄为研究对象,借助遥感技术、地理信息系统技术、全球定位技术、景观生态学理论和相关数据研究方法,对康庄 80 年代、90 年代和 2000 年以后三个时期的景观动态进行分析和比较^[2]。程复等分析了北京

土地沙化现状,并将结果与 1999 年相比,发现北京地区沙化总体呈减少趋势,但部分地区沙化面积仍在扩大,并据此提出了防治土地沙化和荒漠化的对策和建议^[3]。李海龙以北京南郊的大兴区作为研究区,采用遥感、地理信息系统结合野外观测和风蚀理论,对大兴区进行风沙危害性评价,得到永定河沙地风沙危害危险等级分布区域,并提出防沙治沙安全格局^[4]。纵观前人的研究成果,专门针对北京市 5 大风沙危害区之一的潮白河流域沙化状况的分析并不多见,但是对该区域沙化现状进行监测和分析对于构建和谐首都生态圈具有重要的现实意义。

^{*} 收稿日期: 2008-04-09

基金项目: 国家科技支撑计划“环北京区域地表环境遥感动态监测与评价技术研究”(2007BAH15B02); 国家科技支撑计划重点项目(2006BAC08B02); 国家科技支撑计划重点项目(2006BAJ09B0403)资助

作者简介: 刘克(1984 -),女,河北省保定人,在读研究生,研究方向为遥感和地理信息系统应用。E-mail: xiaokezi124@163.com

19 世纪 80 年代以来,沙质荒漠化遥感监测与评价随着理论的成熟、技术的进步和方法的完善,逐步从定性走向定量,从主观走向客观^[5]。本研究选择高分辨率的 SPOT5 卫星数据,在 RS 和 GIS 技术支持下对潮白河流域沙化现状进行研究分析,并进一步对其沙化成因进行了探讨,从一定意义上弥补了该区域沙化研究的空白。

1 研究区概况

潮白河发源于燕山北部山区,上游分潮、白两大支流。潮河古称鲍丘河,白河古称沽河。两河于密云县河槽村附近汇合后称潮白河。潮白河是北京市第二大河,北京境内流域范围涵盖了怀柔密云两区(县)绝大部分以及延庆县的西北部、顺义区的中东部和通州区的东部^[6]。长期以来,因为断流枯水,潮白河流域沙化严重,形成潮白河大沙盆。目前,潮白河向阳闸东畔已定为 2008 年北京奥运会水上项目比赛场地,潮白河承载着为“绿色奥运”服务的使命。但是,从 1999 年起,北京连续 9 a 干旱,造成了潮白河河道断流,周边环境急骤恶化,河道内沙石裸露,风起尘扬。

2 数据与技术路线

2.1 数据

结合北京市风沙危害以 3 - 5 月为多发期的特点,选择 2007 年 4 月 SPOT5 卫星的 10 m 多光谱和 2.5 m 全色影像。选择地形图(纸质)、土壤类型图(矢量)、土地利用类型图(矢量,2007 年)以及相关资料、统计年鉴等作为辅助数据。

2.2 技术路线

在对 SPOT5 卫星影像进行预处理的基础上,通过实地考察和参考其它相关资料,建立土地沙化的评价指标和解译标志,然后提取研究区沙化信息,结合野外验证数据生成 2007 年研究区沙化现状专题图,并分析沙化现状及其成因,具体技术流程见图 1。

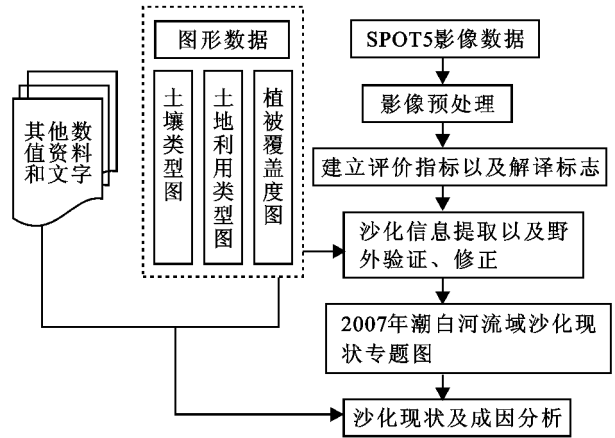


图 1 潮白河流域沙化调查与分析技术路线

3 沙化信息提取

依据 1998 年国家林业局制定的《全国荒漠化监测主要技术规定》,结合潮白河流域沙化的实际情况,制定了研究区沙化等级解译标志(表 1):

表 1 潮白河流域沙化解译标志

沙化等级	植被盖度	土壤质地	纹理	地表形态	颜色	影像
轻度沙化	> 50 %	砂壤土	不规则块状,植被分布不均匀	影像上面分辨不出沙丘	植被绿色与红色相间,深绿色占据主要部分	
中度沙化	10 % ~ 49 %	粉砂土、砂土	不规则斑块,植被零散分布	影像上面可分辨出沙丘	主要为洋红色调,偏白色,有少量绿色	
重度沙化	< 10 %	砂土	不规则斑块,基本无植被覆盖	沙丘在影像上清晰可见	主要是灰白色,有少量洋红色调,基本无绿色	北京地区无此类

根据表 1 中构建的解译标志,结合植被覆盖度、土壤类型和土地利用类型^[7-8],在 Arc GIS 软件支持下进行沙化信息提取,得到 2007 年潮白河流域沙化现状专题图(图 2)。

研究区内沙化土地全部为固定沙地。沙化程度以轻度和中度为主,其中又以轻度居多,中度沙化主要分布在潮白河顺义段河滩。除潮白河北段西田各庄附近白河与雁西河之间有大面积沙土外,以下基本局限于河床附近。由于密云县和怀柔区的平原地带属于历史上潮白河冲积平原的扇面区,因此沙化土地分布广泛;顺义区的中部和通州区的东部地区为潮白河冲积平原,因此也分布有较大面积沙化土地。

4 结果分析

4.1 沙化现状分析

如表 2 所示,研究区沙化总面积为 10 345.08 hm²,其中以轻度沙化为主,面积为 7 654.90 hm²,占沙化总面积的 74 %。

表 2 潮白河流域沙化土地面积统计 hm²

沙化程度	面积	百分比/ %
轻度	7654.90	74.00
中度	2690.18	26.00
合计	10345.08	100.00

4.2 不同植被覆盖度上的沙化情况分析

根据土地覆盖的光谱特征以及 SPOT5 卫星影像各波段的主要应用范围,选择 2(R),1(G),3(B) 波段,合成假彩色图像进行研究。根据归一化差值植被指数计算公式得到植被指数灰度图像:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

式中:NDVI——归一化植被指数; NIR——近红外波段; R——红波段。然后根据式(1)得到植被覆盖度,其定义为

$$f_v = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (2)$$

式中: f_v ——植被覆盖度; $NDVI$ ——归一化植被指数; $NDVI_{min}$ ——归一化植被指数最小值; $NDVI_{max}$ ——归一化植被指数最大值。

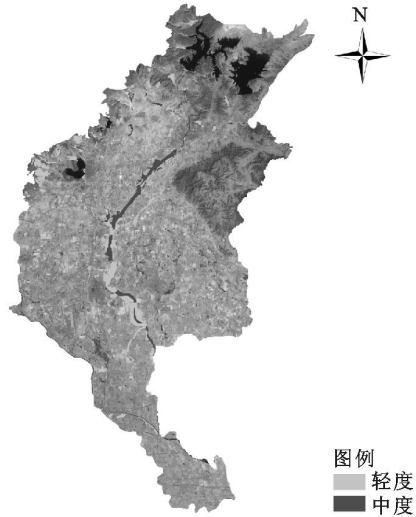


图 2 2007 年潮白河流域沙化现状专题图

在遥感软件 ERDAS 的支持下,对植被覆盖度栅格图和沙化现状栅格图进行计算,得到不同植被覆盖度上的沙化情况(表 3):植被覆盖度为 30 %~60 %的沙化土地面积较大,为 9 741.21 hm^2 ,占沙化总面积的 94.20 %;轻度沙化主要分布于植被覆盖度为 30 %~70 %的土地,其中植被覆盖度为 50 %~60 %的土地轻度沙化面积最大,为 5 072.16 hm^2 ,占轻度沙化总面积的 66.27 %;中度沙化主要分布于植被覆盖度为 30 %~50 %的土地,其中植被覆盖度为 30 %~40 %的土地中度沙化面积最大,为 1 677.96 hm^2 ,占中度沙化总面积的 62.44 %。

表 3 潮白河流域不同植被覆盖度的沙化情况 hm^2

植被覆盖度/ %	轻度沙化面积	中度沙化面积	合计
0~10	0.00	0.00	0.00
10~20	2.52	4.32	6.84
20~30	30.96	6.84	37.80
30~40	860.40	1677.96	2538.36
40~50	1142.16	936.00	2078.16
50~60	5072.16	52.56	5124.72
60~70	439.20	7.92	447.12
70~80	88.92	1.80	90.72
80 以上	17.28	0.00	17.28
合 计	7653.60	2687.40	10341.00

4.3 不同土地利用类型上的沙化情况分析

在遥感软件 ERDAS 支持下,对土地利用类型栅格图和沙化现状栅格图进行计算,得到不同土地利用类型的沙化情况(表 4):绝大部分沙化土地为林地、草地和未利用地 3 种类型。其中林地沙化面积 6 661.08 hm^2 ,占沙化总面积的 64.41 %,草地沙化面积 729.36 hm^2 ,占沙化总面积的 7.05 %;未利用地沙化面积 2 940.12 hm^2 ,占沙化总面积的 28.43 %。轻度沙化主要为林地,中度沙化主要为未利用地。

5 沙化成因分析

在荒漠化演化过程中,自然作用占主导地位,气候变化

是关键因素,地质作用控制的水文条件、地表风化作用和地形地貌,是控制大规模荒漠化的重要因素,而人类活动只是有限加速或缓解荒漠化演化的局部因素^[9]。我国土地荒漠化主要原因是恶劣的自然条件(干旱、大风及地表丰富的沙物质)、气候变异(全球变化)和人类不合理的经营行为所致^[10]。因此,本研究从自然因素和人为因素 2 个方面来探讨潮白河流域沙化的成因。

表 4 潮白河流域不同土地利用类型上的沙化情况 hm^2

土地利用类型	轻度沙化面积	中度沙化面积	合计
耕 地	1.44	3.60	5.04
林 地	5883.84	777.24	6661.08
草 地	580.32	149.04	729.36
未利用地	1186.92	1753.20	2940.12
居民、工矿、 交通用地	1.08	4.32	5.40
水 域	0.00	0.00	0.00
合 计	7653.60	2687.40	10341.00

5.1 自然因素

5.1.1 地质条件

(1) 平原区地质条件。潮白河下游的平原上完全受多沙质河流的控制,一般为潮土或水稻土,按质地又分为砂壤土、轻壤土和中壤土^[11]。近代河床和古河床及河流决口扇出现分选较好的粗细砂或粉砂,物理性沙粒含量为主的沙质土壤或沉积物大量分布,地表具有易蚀性,为风沙活动提供了丰富的沙物质^[12]。

(2) 河道地质条件。潮白河河床由冲洪积物构成,潮白河河床及漫滩两侧分布有一级阶地,一级阶地外侧分布有二级阶地,阶地土质为壤土、砂壤土。河床物质也是极为重要的沙源。

5.1.2 气象条件

(1) 风旱同步。潮白河流域属于季风气候,冬季盛行偏北风,夏季盛行偏南风,河谷地带盛行风向多与山谷、河流走向一致。北京地区的潮白河流域内日平均风速大于 17 m/s 的大风日为 20~30 d,约占冬春两季天数的 60 %~70 %。研究区 1 月份多年平均风速为 2.9~3.4 m/s ;4 月份多年平均风速为 3.3~3.6 m/s 。冬春季节是大风季节,同时也是 一年中降水较少的季节,这种风旱时间上的同步性,更加重了土地沙化营力的危害性;而且这个时期农地、果园和草场的植被覆盖较低,极易被风蚀。

(2) 温度。据统计,近 60 a 来,北京地区春季气温冷、偏冷和倒春寒(倒春寒的标准是前春(2 月下旬至 3 月下旬)各旬气温距平和与后春(4 月上旬至 5 月上旬)各旬气温距平和 5 $^{\circ}\text{C}$ 以上,且后春任一旬气温负距平达 2 $^{\circ}\text{C}$ 以上)年出现的频率为 57 %。春季温度低,对农业生产和植物生长极为不利,对土地退化有促进作用。

5.1.3 自然灾害

(1) 旱涝灾害。旱涝灾害交替发生是土地沙化的触发条件。洪水的冲蚀能力和输沙量远大于正常流水,冲积洪积砂是最基本的沙源^[11]。潮白河水量主要来自大气降水,故其

变化与降水的年际变化大体一致。对潮白河流域近 50 a 的降水量进行统计(图 3),结果表明潮白河流域旱涝具有连旱连涝、旱涝频繁交替的特点。具史料记载,1368 - 1948 年的 581 a 间,潮白河共发生过 49 次较大洪水灾害;1949 - 1995 年的 47 a 间,发生的大小洪涝灾害年份有 31 a,较大洪涝灾害有 15 次。北京地区历史上旱灾频繁,1949 年以前的 580 a 间较大的旱灾发生过 407 次;1949 - 1990 年 42 年间,旱年有 18 a,占 49.2%。其中有 5 个较大旱灾年;1999 - 2007 年连续 9 年干旱,河道断流^[6]。

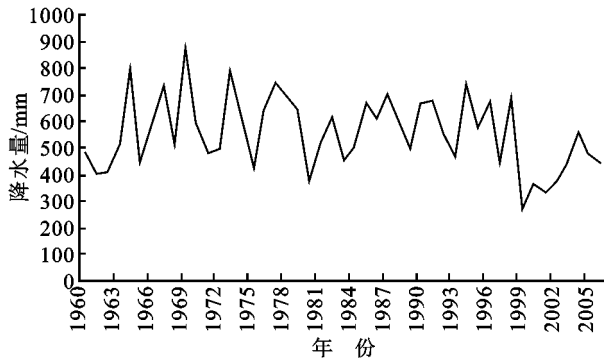


图 3 1960 - 2007 年潮白河流域年降水量

表 5 潮白河侵蚀模数统计

水系名称	河流名称	测站名称	流域面积/ km ²	多年平均		
				输沙率/(kg·s ⁻¹)	输沙量/t	侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)
潮白河	白河	张家坟	8712	71.5	2584800	258.8
	潮河	辛店	5730	32.9	1037500	181.0

资料来源:《北京市地表水资源》北京市水利局 1985 年版。

5.2 人为因素

5.2.1 水资源利用不合理

(1)开发地表水。京密引水、白河堡水库引水、向阳闸引水(引潮入城工程)、市自来水九厂引水等跨流域引水工程和密云水库的修建虽然一定程度上解决了北京用水困难,但同时使潮白河流域地表水大幅减少,进而导致河道周边植被衰退,土地沙化加剧。(2)超采地下水。由于连续干旱年,地表供水不足,为满足人民生活生产用水,需长期超量开采地下水,从而引起地下水大幅度下降,继而造成漏斗区。2005 年末北京市地下水埋深为 20.21 m,与 1980 年末比较,地下水水位下降 12.97 m,储量减少 70.5 亿 m³;与 1960 年比较,地下水水位下降 17.02 m,储量减少 87.1 亿 m³^[13]。因地下水水位大幅度下降,使河流水位大大高于地下水位,造成了河水大量补给地下水,加速了河流的干涸,使河床及其两岸的土地沙化,形成新的沙源。伴随河水的下渗与河流的干涸,地表植被因缺水而干枯致死,加速了土地沙化进程^[14]。

5.2.2 滥垦

潮白河沿岸的固定沙丘(沙地)以粗放的广种薄收经营方式被开垦为耕地,且种植的作物种类及耕作方法不够合理。很多农民喜种花生、红薯等作物,四、五月播种、栽植,九、十月收获,然后将这些固定沙丘(沙地)表面覆盖的薄土壤彻底翻松,至来年春天再播种、栽植,这半年多的时间土壤完全呈疏松裸露状态,极易被风吹起,而此时正是北京刮风

(2)水土流失。山区水土流失可以导致河流的泥沙量增多,当河系进入平原后,所携带的泥沙迅速堆积,为沙化提供了充足的沙源^[9]。北京市内潮白河上游东南侧靠燕山西端,西南侧为军都山脉,山势陡峻流急,物理风化强烈,土质疏松;植被破坏严重,覆盖率低;在季风作用下,降水集中在夏季,且以暴雨形式出现,水土流失严重,造成潮白河水系含沙量和侵蚀模数较大。潮白河水系多年平均含沙量为 1.50 ~ 5.5 kg/m³,侵蚀模数如表 5 所示(河流泥沙的侵蚀模数是指平均每平方公里流域面积一年中所侵蚀泥沙量的吨数)。

(3)泥石流。泥石流中夹杂的大量泥沙冲刷到流域,也是重要的沙源之一。流域内山区断裂和褶皱构造发育,赤城—长哨营—古北口—承德东西向深断裂展布于北部,墙子路—沙厂为大致东西向褶皱,上述沿线破碎带和坡陡堆积层,易产生泥石流。1949 年以来,潮白河流域共发生了 5 次较大型泥石流。

5.1.4 河道变迁

历史上潮白河经常摆动于北运河和蓟运河之间,曾多次改道(图 4),留下大片沙地,经风的吹扬作用多形成沙丘、沙岗等地貌。当地有“三年河东,三年河西”之谚。两岸沙白不毛,东西数里。

最多的季节。开垦地一般经过 2 ~ 3 a 就会因沙害或天然肥力的衰退而被迫弃耕。撂荒地无植被保护,在风蚀作用下,“暗沙”很快翻为流动和半固定沙地,导致流沙蔓延,土地荒漠化^[15]。

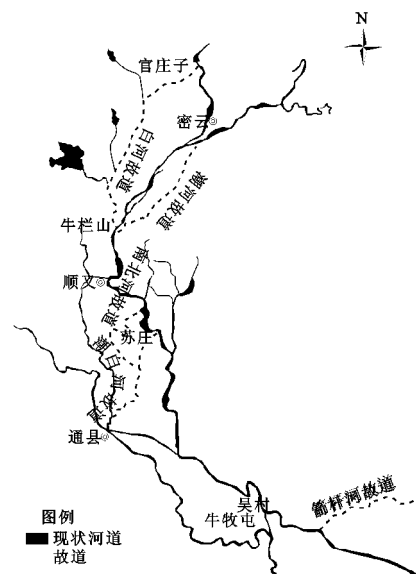


图 4 潮白河历史变迁示意图

(据北京市潮白河管理处,《潮白河水旱灾害》,2004)

(下转第 163 页)

地、道路的灰度值进行提取列于表 2 中,据此建立决策树分类模型。

水体的提取可以直接采用灰度值判别式 $(TM2 + TM3) > (TM4 + TM5)$ 作为判断条件提取水体,而道路的波谱特征在波段 2、波段 3 和波段 5 上的波谱特征与其他地物区别明显,通过试验确定了 $(b2 > 60)$ and $(b5 > 90)$ 为判断条件,提取出道路。同样的方法通过分析林地、草地、建筑物的波谱值,然后反复试验确定判断条件,把林地、草地、建筑物都提取出。

4 结论

针对广州市的 TM 遥感影像,分析该区域水体与背景地物的在遥感影像上的灰度值特征,采用灰度值判别式 $(TM2 + TM3) > (TM4 + TM5)$ 进行水体提取,而利用决策树对遥感影像进行了分类。通过目视解译,分类效果较好。

(上接第 160 页)

5.2.3 非法采砂

由于经济利益的驱动,近年来北京河道内外的非法采砂现象愈演愈烈。据北京矿业协会不完全统计,目前北京市和周边地区取得采矿证的各种砂石生产企业共 100 多家,年产砂石约 7000 万 t,但非法采砂点的数量远远高于合法采砂企业,仅北京地区就有非法采砂点 200 处以上,年产砂石量达 2000 多万 t。潮白河河床已被挖得千疮百孔,沙坑星罗棋布,毁坏了地表植被,破坏了土壤结构,直接造成沙化土地面积的扩大。

6 结论

基于 RS 和 GIS 技术,针对北京潮白河流域沙化的具体情况,利用 SPOT5 卫星遥感图像,结合植被覆盖度、土壤类型、土地利用类型这 3 种辅助数据,对研究区的沙化强度进行了遥感图像解译,并对其沙化现状及成因进行了初步分析和探讨。结果显示,植被覆盖度为 30% ~ 60% 的沙化土地面积较大;绝大部分沙化土地为林地、草地和未利用地这 3 种土地利用类型;沙化是自然和人为双重作用下的结果。研究成果为北京潮白河流域沙化防治和生态环境改善提供了依据。

参考文献:

- [1] 国家林业局. 全国荒漠化监测主要技术规定[Z]. 1998.
- [2] 贺然,徐伟,王棒,等. 北京市典型沙地景观动态变化分析:以康庄为例[J]. 水土保持研究, 2007, 14(5): 145-148.
- [3] 程复,尚润阳,丁国栋,等. 北京土地沙化现状分析和综合治理[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 89-91.

参考文献:

- [1] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [2] 杨晓平. 基于 TM 遥感图像的流域地貌研究[J]. 科技通报, 2003, 19(2): 151-153.
- [3] 刘建国. 陆地卫星 MSS 图像地表水域信息的机助识别提取[J]. 环境遥感, 1989, 4(1): 19-26.
- [4] 陆家驹,李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感, 1992, 7(1): 17-23.
- [5] 陆家驹. 多种遥感资料河网水体的有效解译[J]. 水利学报, 1993(1), 41-45.
- [6] 刘建波,戴昌达. TM 图像在大型水库库情监测管理中的应用[J]. 环境遥感, 1996, 11(1): 53-58.
- [7] 李爽,张二勋. 基于决策树的遥感影像分类方法研究[J]. 地域研究与开发, 2003, 22(1): 18-21.
- [4] 李海龙. 风沙灾害危险性评价及防沙治沙安全格局构建研究[D]. 北京:北京林业大学, 2006.
- [5] 曾永年,冯兆东. 沙质荒漠化遥感监测与环境影响研究进展[J]. 山地学报, 2005, 23(2): 218-227.
- [6] 北京市潮白河管理处. 潮白河水旱灾害[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004: 3-32.
- [7] 陈浩,周金星,陆中臣,等. 荒漠化地区生态安全评价:以首都圈怀柔县为例[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 58-62.
- [8] 齐善忠,罗芳,肖洪浪. 干旱内卢河流域土地利用变化及其对环境的影响:以西北地区黑河流域为例[J]. 生态环境, 2006, 15(4): 757-760.
- [9] 陈建平,王功文,丁火平,等. 北京荒漠化演化模拟与评价[M]. 北京:地质出版社, 2004: 12-51.
- [10] Zhang Kebin, Yang Xiaohui. Desertification Assessment Indicator System in China[J]. Forestry Studies in China, 2002, 4(1): 44-48.
- [11] 北京市林业局. 北京市第三次土地荒漠化和沙化监测报告[R]. 2005.
- [12] 陈广庭. 北京平原土壤机械组成和抗风蚀能力的分析[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(1): 103-113.
- [13] 北京市水务局. 2005 年北京市水资源公报[N]. 2005.
- [14] 王建,李文君,宋冬梅,等. 近 30 年来民勤土地荒漠化变化遥感分析[J]. 遥感学报, 2004, 8(3): 282-288.
- [15] 张国祯. 北京市沙化土地现状评价及其防治策略研究[D]. 北京:北京林业大学, 2007.