

康庄地区人工植被防风阻沙与土壤改良效益分析

杨越, 孙保平, 匡栋, 徐伟

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 通过对延庆县康庄地区 3 种人工植被(林带、片林、杏园)不同部位的风速、积沙量、积沙形态特征以及林地土壤养分的观测与分析, 比较不同植被类型防风、阻沙效益及土壤改良效益的差异; 研究结果表明: 在迎风面 1H – 10H 范围内片林的防风效能最大为 25.6%; 在林内距迎风面 1H – 7H 范围内杏园防风效能最大为 70.0%; 在背风面 1H – 20H 范围内防护林带防风效能最大为 32.3%。其阻沙量从小到大序列为林带、片林、杏园; 在植被的作用下其积沙形态呈现不同的分布规律。3 种植被的土壤改良效果明显, 杏园改良效益最佳。

关键词: 人工植被; 防风效益; 阻沙效益; 土壤改良效益

中图分类号: S157; S156 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)06-0212-04

Benefit of Wind Prevention and Sand Resistance and Soil Improvement  
of Artificial Vegetation in Kangzhuang Area

YANG Yue, SUN Bao-ping, DING Guo-dong, XU Wei

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,  
College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the observations and analysis on average wind velocity, sand deposit and soil nutrient of woodland at multi-position of three types of artificial vegetation, including apricot orchard, forest belt and patch forest, and analyzing the difference in benefit of wind prevention, sand resistance and soil improvement among the three types of artificial vegetation, the result shows: (1) Patch forest has the most effective function of wind prevention in 1H – 10H from windward side, with the protective ratio of 25.6%; apricot orchard has the most effective function of wind prevention in 1H – 7H from windward side, with the protective ratio of 70.0%; forest belt has the effective function of wind prevention in 1H – 20H from leeward side, with the protective ratio of 32.3%. (2) The order of the three type of artificial vegetation on sand resistance is forest belt < patch forest < apricot orchard; with the influence of vegetation, the sand accumulation shape present different distribution rule. (3) Benefit of soil improvement by the three types of artificial vegetation are obvious, apricot orchard has the best benefit.

Key words: artificial vegetation; benefit of wind prevention; benefit of sand resistance; benefit of soil improvement

延庆县康庄地区是北京市土地沙化以及风沙危害最严重的地区之一,在该区域开展人工植被研究,加强人工植被为主的风沙防治体系建设,对北京市生态环境改善有重要作用。在延庆县康庄地区,防护林带、片林、果园、农田等人工植被占绝对优势,在区域生态环境建设中发挥主要作用。

不同植被防风与阻沙功能,是生态环境建设中植被类型选择和合理配置的主要依据,是重要的基础理论问题<sup>[1-2]</sup>。而在防治体系的多种效益中,土壤改良效益也是一个非常重要的方面,是防护林最直接、最基本的一项效益<sup>[3]</sup>。因此,开展延庆县康庄地区人工植被防风阻沙效益与土壤改良效益研究具有重要的理论价值和实践意义。

本文通过野外调查与实验观测,对北京市延庆县康庄地区不同类型人工植被的防风、阻沙效益及土壤改良效益进行定量分析,为北京市防治风沙生态环境建设中植被类型的选择与配置提供参考。

### 1 试验地概况

北京市延庆县康庄地区,位于八达岭长城脚下,面积达

65 km<sup>2</sup>。其中水域面积 9 km<sup>2</sup>,有耕地面积 27.6 km<sup>2</sup>,果林面积 2.7 km<sup>2</sup>,荒滩面积 2.3 km<sup>2</sup>。林地覆盖率 24%。所选取实验地点,地势平坦。该区为暖温带亚湿润气候区,年平均气温 8.9℃,多年平均降雨量为 450 mm 左右,降雨主要集中在夏秋两季,占全年降雨量的 80% 左右。冬春两季干旱,风速大且频繁,出现 8 m/s 的大风日平均每年 24.5 d,风向以西北风为主。土壤主要为风沙土,土壤结构差,有机质含量低,极易受到风蚀形成荒滩。境内天然植被稀少,主要为人工营造植被。

### 2 材料与方法

#### 2.1 试验对象

试验对象主要包括下列 4 种植被类型:

(1) 防护林带。该林带为杨树纯林,南北走向,带长 450 m,林带宽 20 m,株行距为 5 m × 5 m,平均胸径为 0.35 m,平均冠幅为 5.0 m × 4.8 m,平均树高 18 m。整个林带平均枝下高 2.0 m。林带内的地面覆盖物主要为禾本科枯萎杂草,

\*收稿日期: 2006-12-23

基金项目: 北京市重大科技项目“北京防沙治沙技术研究和示范区建设”(H022020130091)

作者简介: 杨越(1983-),男,在读硕士,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。

杂草处于刚刚出土的展叶期, 平均盖度为 10%。在观测期间林带的疏透度为 0.45, 属于稀疏结构。林带地平坦开阔, 两侧为空旷裸露的沙质农田。

(2) 片林。该林分为榆树纯林, 南北走向, 长 200 m, 宽 120 m, 平均树高 16 m, 株行距 3 m×3 m, 平均胸径为 0.30 m, 平均冠幅为 3.5 m×4.2 m, 平均枝下高为 2.5 m。林内的地面覆盖物主要为禾本科枯萎杂草, 平均盖度为 32%。林分疏透度为 0.35, 介于紧密结构与稀疏结构之间, 林地平坦开阔, 四周为空旷裸露的沙质农田。

(3) 杏园。该林分南北走向, 长 200 m, 宽 120 m, 平均树高 5 m, 株行距 5 m×5 m, 平均冠幅 5.0 m×4.5 m, 平均胸径 0.35 m, 平均枝下高 0.8 m, 林分地下植被稀少。疏透度为 0.2, 属于紧密结构。

(4) 对照点。对照点选定在镇西南 500 m 处空旷裸露的沙质农田, 风蚀严重, 地势平坦开阔, 不影响数据观测。

2.2 试验方法

风速观测: 时间为 2005 年 3 月 16 日至 4 月 12 日, 采用校正的 DEM-6 型三杯风速仪观测风速。风速观测点布设在林带、杏园和片林走向的中垂线上, 在迎风面 10H, 5H, 3H, 1H 处, 背风面 1H, 3H, 5H, 7H, 10H, 15H, 20H 处; 杏园和片林距迎风面 1H, 3H, 5H, 10H 处; 对照点风速观测点布设在空旷的农田中心处。观测高度为 1 m, 同时刻观测 10 次测量取其平均值。

(1) 阻沙量观测。时间为 2005 年 3 月 16 日至 4 月 12 日, 本实验采用插铁杆法, 铁杆上有刻度, 前一次观测值减去后一次观测值的计算结果如果为负数表示风蚀量、正值表示阻沙量、零表示蚀阻平衡。沿林带、杏园和片林走向的中垂线上在林带、杏园和片林的迎风面 10H 处开始每隔 4 m 布点, 一直进入植被内部并且延伸到背风面 20H 处。在整个试验期间每一次大风的前后进行观测。

防风效能计算:  $E_{x1} = \frac{u_{01} - u_{x1}}{u_{01}} \times 100\%$

式中:  $E_{x1}$ ——植被附近距离为  $x$  处、高度为 1 m 处防风效益;  $u_{01}$ ——观测点高度为 1 m 处对照点的平均风速;  $u_{x1}$ ——

距林分  $x$  处、高 1 m 处的平均风速。

疏透度计算:  $\beta = \frac{a}{A} \times 100\%$

式中:  $A$ ——林分林缘垂直面上的投影总面积;  $a$ ——总面积上透光空隙的面积。本研究主要是通过照相法获取各林分的相片后, 在室内用图像处理软件进行处理, 计算出各个林分在观测期的疏透度。

(2) 土壤养分的测定。取样时间为 2005 年 4 月 16 日至 4 月 26 日, 分别在林带、片林、杏园和对照地 4 个样地内随机选 12 个样点(每种类型取 3 个样点), 采用挖土壤剖面的方法, 取 0–20 cm 的土壤样品, 每 3 个样点混为一个分析样。土壤样品风干后, 过 1 mm 筛, 装袋保存, 用于分析土壤的养分组成。土壤的化学分析, 有机质的测定采用重铬酸钾氧化–外加热法、碱解氮采用碱解扩散法, 速效磷采用碳酸氢钠法、速效钾采用乙酸铵提取法、pH 值采用水土浸提–酸度计法。

3 结果与分析

3.1 防风效益

从表 1 可知, 风速观测高度为 1 m 时, 迎风面距迎风缘 1H–10H 范围内林带的防风效能为 20.2%, 在背风面距背风缘 1H–20H 范围内的防风效能为 32.3%。该结构林带上下稀疏, 有均匀分布的空隙, 当风吹向林带时, 一部分气流从林带上空翻过, 另一部分穿过林带空隙, 致使气流被树枝叶分割、阻挡、摩擦, 动能消耗多, 气流中大涡旋分割为小涡旋, 改变了气流原有结构, 气流内摩擦加强, 引起气流动能进一步减弱。翻过林带的气流在林带上空, 因与林冠摩擦, 以及在林冠上产生强烈的涡旋运动, 也造成气流动能的损失。当到达林带背风面一定距离时两股气流相汇合, 因风速矢量不同而消耗部分能量, 风速明显减弱<sup>[4-5]</sup>。而且林带树干 2.5 m 以下修枝强度较大, 导致林带断面的疏透度增加, 因此林带背风面风速减低缓慢, 最低风速出现在林带背风面 3H–7H 范围内。

表 1 林带防风效能(H 为树高) m/s

对照	迎风面距迎风缘风速				防风效能/ %	背风面距背风缘风速							防风效能/ %
	H	3H	5H	10H		1H	3H	5H	7H	10H	15H	20H	
4.2	3.0	3.3	3.4	3.7	20.2	2.8	1.8	2.4	2.6	3.2	3.4	3.7	32.3

表 2 片林防风效能(H 为树高) m/s

对照 风速	迎风面距迎风缘风速				防风 效能/ %	林内距迎风林缘风速				防风 效能/ %	背风面距背风缘风速								防风 效能/ %
	1H	3H	5H	10H		1H	3H	5H	7H		1H	3H	5H	7H	10H	15H	20H		
3.9	2.5	2.7	3.0	3.4	25.6	2.3	2.0	1.5	1.3	54.5	1.6	2.2	2.4	2.6	3.0	3.4	3.9	30.0	

表 3 杏园防风效能(H 为树高) m/s

对照 风速	迎风面距迎风缘风速				防风 效能/ %	林内距迎风林缘风速				防风 效能/ %	背风面距背风缘风速								防风 效能/ %
	1H	3H	5H	10H		1H	3H	5H	7H		1H	3H	5H	7H	10H	15H	20H		
3.5	2.6	2.9	3.1	3.3	15.0	0.8	1.0	1.2	1.2	70.0	1.6	1.7	2.2	2.8	3.0	3.3	3.4	26.5	

从表 2 可知, 风速观测高度为 1 m 时, 迎风面距迎风缘 1H–10H 范围内片林的防风效能为 25.6%; 在林内距迎风缘 1H–7H 范围内的防风效能为 54.5%; 在背风面距背风缘 1H–20H 范围内的防风效能为 30.0%。从片林结构特

点来看, 片林介于紧密结构与稀疏结构之间。迎风面吹来的风, 一部分穿过林间空隙在低层受到林冠、枝叶和树干的摩擦作用, 在林内产生许多小旋涡消耗能量, 达到降低风速的目的; 另一部分被迫抬高在林冠上部分成二股: 一股继续水

平向前运动,另一股在林后形成垂直大旋涡<sup>[4-5]</sup>。其次片林的面积大且片林高度(16 m)较高,有效防护范围较大,能够产生连续的防护效应。因此最低风速出现在片林背风面 1H~5H 范围内。

从表 3 可知,风速观测高度为 1 m 时,迎风面 1H 处到林缘 10H 范围内杏园的防风效能 为 15.0%,在林内距迎风林缘 1H~7H 范围内的防风效能 为 70.0%;在背风面 1H~20H 范围内的防风效能 为 26.5%。由于杏园的树冠大且密集,盖度较大,透风系数较小,树枝下高很低,观测期间杏树正是开花期,枝叶花较多,相当于紧密结构。所以当风经过杏园近地面时,树冠、枝叶对风的摩阻作用,消耗了风的大部分能量,仅有少量的风通过林内,显著地减低了风速;另一部分风受到杏园的阻挡被迫抬升,在林冠的上层形成密集区,导致杏树冠下层形成了弱风区,也表现出对近地表面风速显著减弱作用<sup>[4-5]</sup>。而且杏树的树高较低,宽度对背风面防护效应影响较大,所以杏园迎风面与背风面的防护效应较小。

3.2 阻沙效益

根据表 1、图 1 结果可看出,在林带迎风面 10H 的范围内,由于受到林冠层的阻挡,迎风面风速降低,气流相应的挟沙能力也降低,致使风沙流中一部分风沙发生沉降堆积。因此在林带的迎风面 1H 处开始出现沉降且沉降量仅占总量的 8.9%,靠近林带方向上积沙量呈增加的趋势。在林带的背风面 3H 处出现积沙量最大值,背风面占总量的 73.6%。

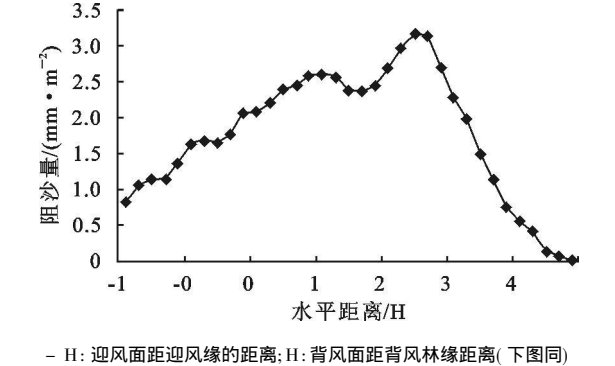


图 1 林带阻沙量分布特征

表 4 不同类型植被阻沙效益

植被类型	迎风面 占总量/%	林内 占总量/%	背风面 占总量/%	平均阻沙量/ (mm·m <sup>-2</sup> )
林带	8.9	17.5	73.6	1.7
片林	12.1	87.9		2.7
杏园	57.0	43.0		3.2

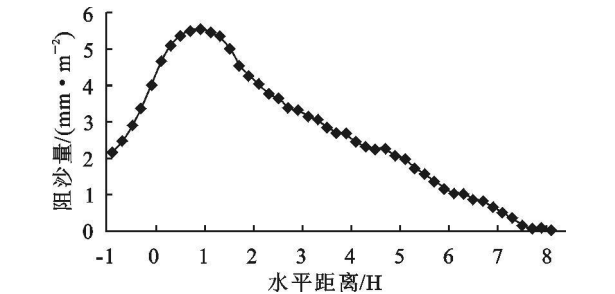


图 2 片林阻沙量分布特征

根据表 2、图 2 结果可看出,由于片林既有紧密结构的特点,又具有连续的防护效益和林下部通风较大的特点,所以风速在不同水平距离风速降低大小不同,导致风沙流在水

平空间上沉积量分布的不均匀现象<sup>[2]</sup>。在迎风面 1H 处开始出现阻沙现象,迎风面 1H~10H 范围内沉降量 占总沉积量的 12.1%左右,且越接近林缘沉积量越大。在进入林缘内部 1H 的范围内出现沉降量最大的区域。在片林内部距林缘 1H~8H 处的范围内,积沙量的分布随着风速的降低也逐步减低,占总量的 87.9%。

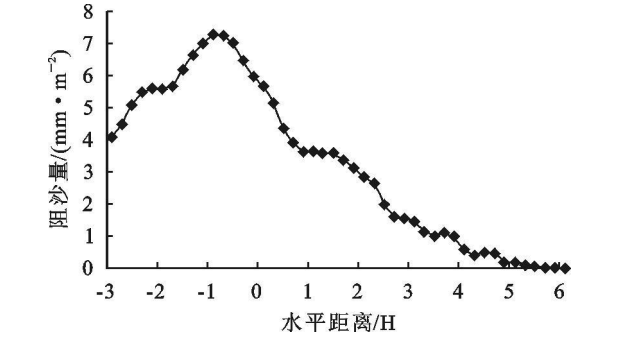


图 3 杏园阻沙量分布特征

根据表 3、图 3 结果可看出,迎风面的挟沙风受到杏园的阻挡,杏园迎风面和杏园内部风速比旷野风速明显降低,形成弱风区。由于风力的急剧减弱,搬运沙粒的能力降低,空中悬移的风沙粒进入林内迅速沉降<sup>[6]</sup>。因此在杏园迎风面 3H 处开始出现有积沙,越靠近林缘,阻沙量越大,并且在林缘前出现最大沉积量,占总沉积量的 57.0%。在杏园林内 5H 处积沙量逐渐减少为零,其积沙量占总阻沙量的 43.0%,林内与林外的积沙量呈现出 不均匀分布。

3.3 土壤改良效益

防护林具有改善小气候的功能,从而对土壤的水热条件有相应的改善。此外,根系的活动和地上部分树木有机体的积累、枯落物分解,必然对土壤微生物的区系组成及其活动产生影响,并导致土壤特性、肥力和结构的改变<sup>[7]</sup>。

表 5 不同类型植被土壤养分含量的变化

植被类型	有机质 /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	pH 值
杏园	绝对值 8.13 相对值 219.3%	绝对值 15.36 相对值 274.8%	绝对值 64.0 相对值 152.4%	绝对值 64 相对值 213.3%	绝对值 8.1 相对值 98.5%
片林	绝对值 6.925 相对值 186.8%	绝对值 11.29 相对值 201.9%	绝对值 59.5 相对值 141.7%	绝对值 60 相对值 200%	绝对值 8.19 相对值 99.6%
林带	绝对值 4.688 相对值 126.4%	绝对值 7.05 相对值 126.1%	绝对值 53.9 相对值 128.3%	绝对值 55 相对值 183.3%	绝对值 8.21 相对值 99.9%
对照地	绝对值 3.708 相对值 100%	绝对值 5.59 相对值 100%	绝对值 42.0 相对值 100%	绝对值 30 相对值 100%	绝对值 8.22 相对值 100%

土壤改良效益可以用不同的指标分别表示或计量,这些指标都有其特定的作用和适用范围,能够从不同侧面反映防护林的土壤改良效益<sup>[8]</sup>。本文选取有机质含量、速效磷含量、速效钾含量、碱解氮含量、pH 值 5 个指标,对土壤改良效益进行分析。

试验结果表明:3 种类型植被的改土效应是明显的,杏园、片林和林带的土壤有机质含量分别比对照地提高 119.3%、86.8%和 26.4%;速效磷含量分别提高 174.8%、101.9%和 26.1%;碱解氮含量分别提高 52.4%、41.7%和 28.3%;速效钾的含量分别提高 113.3%、100%和 83.3%;pH 值分别降低 1.5%、0.4%和 0.1%。

4 结论与讨论

4.1 防风效益

通过观测分析,3 种植被不同部位其平均防风效能明显不同。这主要是由植被的结构特征不同引起<sup>[2]</sup>。就降低风速比较,在迎风面距迎风缘 1H-10H 范围内片林的防风效能最大为 25.6%;在林内距迎风林缘 1H-7H 范围内杏园防风效能最大为 70.0%;在背风面距背风缘 1H-20H 范围内林带防风效能最大为 32.3%。这与植被的类型和结构特征有关。杏园树形较小,冠幅大,林下枝很低,实验期间枝叶多而密集;而林带和片林在近地面枝条少而稀疏,覆盖度较差。因此不同植被之间防风效能存在一定的差异。

4.2 阻沙效益

3 种植被在观测期间的阻沙效益存在显著的差异,其平均阻沙量,杏园为 3.2 mm/m<sup>2</sup>、片林为 2.7 mm/m<sup>2</sup>、林带为 1.7 mm/m<sup>2</sup>。这说明植被类型不同,对应的阻沙效益也不同。阻沙效益与植被的类型、结构和防风性能有密切的关系。3 种植被的积沙形态也不同,杏园迎风面 3H 处开始出现沉降沙粒,在杏园迎风面沉降量占总沉降量的 57% 左右,即杏园的积沙量主要集中在林缘前部。片林在迎风面 2H 处开始出现沉降沙粒积沙,并在林内距迎风林缘 1H 处的区域出现积沙量最大。林带在迎风面 1H 处的范围内开始出现积沙现象,而且越靠近林带积沙量呈增加的趋势,林带的背风面 3H 处出现积沙量最大值,林带积沙的分布范围相对要大一些可达到林带背风面的 5H 处。

4.3 土壤改良效益

3 种植被土壤改良效益都非常明显,但不同的植被类型存在着显著的差异。主要因为不同林分的枯落层累积、分解和根系活动对土壤性质、结构和肥力影响程度不同。总体而言,杏园的土壤改良效益最明显。

参考文献:

[1] 董治宝,陈渭南,董光荣,等.植被对风沙土风蚀作用的影响[J].环境科学学报,1996,16(4):437-443.  
[2] 曹新孙.农田防护林学[M].北京:中国林业出版社,

1983.  
[3] 沈慧,姜凤岐,杜晓军.水土保持林土壤改良效益评价研究[J].生态学报,2000,20(5):753-758.  
[4] 向开馥.防护林学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1991.  
[5] 朱廷耀,关德新,周广新,等.农田防护林生态工程学[M].北京:中国林业出版社,2001:277-293.  
[6] 朱朝云,等.风沙物理学[M].北京:中国林业出版社,1992.  
[7] 陈炳浩,郝玉光.乌兰布和沙区区域防护林体系气候生态效益评价的研究[J].林业科学研究,2003,16(1):6-68.  
[8] 沈慧,姜凤岐.水土保持林土壤改良效益评价指标体系的研究[J].北京林业大学学报,2000,22(5):96-99.  
[9] 曹文生,邢兆凯.风沙区农田防护林效益的研究[J].防护林科技,1999(1):5-7.  
[10] 周广胜,等.林带阻力系数与透风系数关系的理论分析[J].应用生态学报,1994,5(1):43-45.  
[11] 王晓慧,孙保平.北京市大兴永定河沙地综合治理效益评价[J].水土保持通报,1998,18(6):34-38.  
[12] Saleh A, Fryrear D W. Soil roughness for the revised wind erosion equation[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1999, Second Quarter: 473-476.  
[13] Buerkert A, Lamers J P A. Soil erosion and deposition effects on surface characteristics and pearl millet growth in the West African Sahel[J]. Plant and Soil, 1995, 215: 239-253.  
[14] Brazel A J, Nickling W G. Dust storms and their relation to moisture in the Sonoran-Mojave desert region of the South-Western United States[J]. Journal of Environmental Management, 1987, 24: 279-291.  
[15] Butterfield G R. Transitional behavior of saltation: wind tunnel observations of unsteady wind[J]. Journal of Arid Environments, 1998, 39: 377-394.

(上接第 211 页)

参考文献:

[1] J A 维尔特罗普.水资源的持续利用面临挑战[J].水利水电快报,1996,17(11):14-19.  
[2] 朱斌,郗小林.21 世纪水资源管理的对策[J].科学对社会的影响,1995,24(1):30-35.  
[3] 王浩,杨小柳,等.流域水资源管理[M].北京:科学出版社,2001.  
[4] 张晓宇,龚世卿.我国水资源管理现状及对策[J].自然灾害学报,2006,15(3):91-95.  
[5] 周垂田.建立现代水资源管理系统初探[J].中国水利,2004,55(7):9-11.  
[6] 张岳.全面建设小康社会的水利发展目标[J].水利水电科技进展,2003,23(2):1-5.  
[7] 刘昌明,何希吾,等.中国 21 世纪水问题方略[M].北京:科学出版社,2001.  
[8] 李广贺,刘兆昌,张旭.水资源利用工程与管理[M].北京:清华大学出版社,1998.  
[9] 雷玉桃,谢建春,王雅鹏.我国水资源流域管理创新对策[J].水利经济,2003(6):12-14.  
[10] 姜文来.水资源价值论[M].北京:科学出版社,1998.  
[11] 孙学义.明确职责,理清思路,开拓水资源保护新局面[J].水资源保护,1999(2):11-14.  
[12] 赵雪莲,陈华丽.基于 GIS 的洪灾遥感监测与损失风险评价系统[J].地质与资源,2003(3):54-64.  
[13] 谢新民,蒋云钟.流域水资源实时监控管理系统研究[J].水科学进展,2003,14(5):255-259.