

# 基于 GIS 的安溪县土壤侵蚀潜在危险度评价

林升钰<sup>1</sup>, 查 轩<sup>2</sup>

(1. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007; 2. 福建师范大学 地理研究所, 福州 350007)

**摘 要:** 以安溪县遥感影像为基础, 选取高程、坡度、植被覆盖度、坡向、土地利用类型、土壤类型作为评价安溪县土壤侵蚀潜在危险度的因素。计算出各个因素对于土壤侵蚀潜在危险度的得分值, 运用特尔斐法 (Delphi) 与层次分析法 (AHP) 相结合的方法求出各个因素的权重值, 基于 ArcGIS 9.2 平台上利用数学模型加权平均计算出土壤侵蚀潜在危险度综合得分。研究表明, 安溪县全境的土壤侵蚀潜在危险度综合得分值为 54, 属于强险型的范畴。

**关键词:** 土壤侵蚀潜在危险度; GIS; 安溪

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0060-04

## Study on Potential Danger of Soil Erosion Based on GIS in Anxi County

LIN Sheng-yu<sup>1</sup>, ZHA Xuan<sup>2</sup>

(1. School of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** With remote sensing image of Anxi county, six factors including altitude, gradient, vegetation coverage, slope aspect, land use type, soil type were used for assessing potentiality of soil erosion. After calculating the value of soil erosion potential danger of various factors and the weights of all factors which were calculated by the Delphi method and AHP method, we can calculated composite score of soil erosion potential danger by using the mathematical model and ArcGIS 9.2 platform. The results indicated that the composite score of soil erosion potential danger in Anxi was 54, which is the high level.

**Key words:** soil erosion potential danger; GIS; Anxi county

近年来随着工业化和城市化进程的不断迈进, 土壤侵蚀已引起耕地质量下降、土地荒漠化、河道淤积、影响航运等一系列环境问题。我国水土流失的现状不容乐观, 治理水土流失已刻不容缓。土壤侵蚀危险度是指生态系统失衡后出现的土壤侵蚀危险程度。它首先用于评估、预测无明显侵蚀区引起侵蚀和现状危险区加剧侵蚀的可能性大小; 其次, 表示侵蚀区以当前侵蚀速率发展, 该土壤层承受的侵蚀年限(抗蚀年限), 以评估和预测侵蚀破坏土壤和土地资源的严重性<sup>[1]</sup>。研究土壤侵蚀潜在危险度有利于分析研究区土壤侵蚀的演化机制, 并对该区的土壤侵蚀趋势进行预测, 便于采取防治措施。国内对于这方面的研究虽然起步较晚, 但已取得了一些成果。张勇等<sup>[2]</sup>研究右玉县土壤侵蚀潜在危险度评价结果为右玉县典型区的土壤侵蚀潜在危险度为 30, 介于危险型和轻险

型之间; 孙希华等<sup>[3]</sup>研究青岛市的结果表明: 青岛市土壤侵蚀潜在危险度以无险型、轻险型和危险型为主, 土壤侵蚀潜在危险度在危险型以上的面积为 636.55 km<sup>2</sup>, 仅占青岛市面积的 51.74%, 生态环境比较良好。另外, 孙希华<sup>[4]</sup>在济南市, 吴清泉<sup>[5]</sup>在莆田市, 李秀霞等<sup>[6]</sup>在黄河流域也做了这方面的研究。本文选取南方红壤水土流失区安溪县为研究区, 根据 2000 年遥感普查成果, 全县水土流失面积 638 km<sup>2</sup>, 占土地总面积的 21%, 是福建省 7 个水土流失重点治理县之一<sup>[7]</sup>。安溪县崩岗侵蚀严重, 不仅影响了人们正常的生产和生活, 也危害着人们的生命安全。同时, 安溪县地小人稠, 日益减少的土地面积制约着全县的经济发展。为此, 研究安溪县土壤侵蚀潜在危险度对安溪县防治水土流失保护生态环境和促进经济发展具有重要意义。

收稿日期: 2010-05-27

资助项目: 国家基础科学人才培养基金 (J0830521); 国家重点基础研究发展计划 973 项目 (2007CB407207); 福建省公益类科研院所基本科研专项 (2010R1037-1)

作者简介: 林升钰 (1987-), 男, 福建福州人, 国家理科基地本科生, 研究方向为山地土壤侵蚀与水土保持。E-mail: iamlinshengyu@yahoo.cn

通信作者: 查轩 (1961-), 男, 研究员, 主要从事土壤侵蚀与水土保持生态建设领域的研究。E-mail: xzha@fjnu.edu.cn

# 1 研究区概况

安溪县地处福建省中部偏南, 北纬  $24^{\circ}51' - 25^{\circ}26'$ , 东经  $117^{\circ}34' - 118^{\circ}18'$ , 总面积  $2\,983\text{ km}^2$ , 辖 24 个乡镇。全境地势是由西北向东南倾斜, 地貌类型以山地、丘陵为主, 处在亚热带季风气候区, 年均温在  $16\sim 20^{\circ}\text{C}$  之间, 年降水量  $1\,600\sim 2\,000\text{ mm}$ , 水热资源丰富。安溪县素有内外安溪之分, 以五阆山、跌死虎岭为界, 界线以东称为外安溪, 界线以西称为内安溪, 内安溪海拔较外安溪高, 相对湿度可达到 80% 以上。安溪县的茶文化历史悠久, 农业主要以种植茶叶为主, 茶叶销往世界各地, 安溪县的铁观音位居中国十大名茶之一。

# 2 研究方法

本研究选取了安溪县高程、坡度、植被覆盖度、坡向、土地利用类型、土壤类型 6 个因素作为计算土壤侵蚀潜在危险度的主要因素。在实施过程中引入 RS 技术和 GIS 技术, RS 技术在信息采集方面具有全天候、全天时、成像时间短等优点, 弥补了传统土壤野外调查采样劳动强度大、周期长、现势性差等不利因素, 从而使大尺度的土壤侵蚀潜在危险度研究成为可能。结合遥感信息和历史资料, 基于 ArcGIS 9.2 平台获取同一时期各因素的属性图层, 在同一空间框架下将各属性图层转化为栅格格式。在对各指标因素属性值进行重分类和得分处理从而获取各指标因素得分图前提下, 将 6 个属性图层在 ArcGIS 9.2 平台上进行叠加分析处理, 运用公式 (1) 计算每个栅格的土壤侵蚀潜在危险度综合得分, 根据计算出来的土壤侵蚀潜在危险度综合得分和研究区的具体情况划分土壤侵蚀潜在危险度等级。

$$P = \sum_{i=1}^6 f_i w_i \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

式中:  $P$ ——综合得分;  $f_i$ ——第  $i$  个因素的得分值;  $w_i$ ——第  $i$  个因素的权重值;  $i$ ——因素。

# 3 因素赋值及确定权重

## 3.1 因素赋值

因素赋值对于计算研究区土壤侵蚀潜在危险度至关重要, 正确制定因素分级与各级得分是计算得出符合研究区实际情况土壤侵蚀潜在危险度综合得分的重要保障, 本文中因素得分为百分制。

3.1.1 高程和植被覆盖度因素的赋值 高程因素主要是通过人类不合理的活动间接影响土壤侵蚀。人类不合理的活动主要表现在破坏森林、陡坡开荒、不

合理的耕作方式、过度放牧、全垦整地、工矿交通及基本建设工程等。人类不合理活动是土壤侵蚀的催化剂, 一般情况下高程越大所受的人为因素影响就越小, 土壤侵蚀潜在危险度就越小, 相应高程的赋值就小, 本文将研究区的高程分为 6 级。植被在保护水土方面具有十分重要的作用, 首先植被可以拦截雨滴直接打击, 削弱雨滴对地表的击溅侵蚀能力, 据研究资料, 树冠可截留降雨量  $6\% \sim 20\%$ <sup>[8]</sup>。其次, 植被还有固结土体、改良土壤性状、降低风害等功效。因此, 植被覆盖度越高, 对水土保持的作用也就越大, 同等条件下土壤侵蚀潜在危险度也就越小。对于高程因素和植被覆盖度因素的赋值处理, 见表 1, 利用公式 (2) 进行因素赋值。其中, 若某一级的得分为一确定值而不是一个区间, 则该值就是该因素的得分值, 无需利用公式 (2) 计算<sup>[3]</sup>。

$$f_i = a + \left(1 - \frac{X_i - X_{abmin}}{X_{abmax} - X_{abmin}}\right) \times (b - a) \quad (2)$$

式中:  $f_i$ ——因素得分;  $X_i$ ——第  $i$  个栅格的因素属性值;  $X_{abmax}$ ,  $X_{abmin}$ ——该栅格属性值所在区间的最大属性值和最小属性值;  $b$ ,  $a$ ——区间内最大得分值和最小得分值。如在区间  $200\sim 500\text{ m}$  上,  $X_{abmax} = 500$ ,  $X_{abmin} = 200$ ,  $b = 80$ ,  $a = 65$ 。

3.1.2 坡度因素的赋值 坡度是影响水土流失的最主要的地形因子之一。对于坡面侵蚀来说, 水在坡面上流动具有流动性和渗透性, 并且随着坡度的变化, 二者的主导作用也在不断更替。在其它条件一致的情况下, 在一定范围内, 地面坡度愈大, 地表径流流速和水土流失量也愈大, 而径流搬运固体物质的量是与该径流的流速三次方成正比<sup>[9]</sup>, 也就是说土壤侵蚀潜在危险度不断变大。对于坡度因素的赋值处理, 见表 1, 利用公式 (3) 对坡度因素进行赋值<sup>[3]</sup>。

$$f_i = a + \frac{X_i - X_{abmin}}{X_{abmax} - X_{abmin}} \times (b - a) \quad (3)$$

式中:  $f_i$ ——因素得分;  $X_i$ ——第  $i$  个栅格的因素属性值;  $X_{abmax}$ ,  $X_{abmin}$ ——该栅格的属性值所在区间的最大属性值和最小属性值;  $b$  和  $a$  分别表示区间内最大得分值和最小得分值。如在区间  $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$  上,  $X_{abmax} = 5$ ,  $X_{abmin} = 3$ ,  $b = 20$ ,  $a = 10$ 。

3.1.3 坡向、土地利用类型、土壤类型因素的赋值 坡向不同引起坡面所获得的平均天文辐射日总量不同, 一般阳坡比阴坡所获得的天文辐射日总量大, 孙汉群<sup>[10]</sup>对坡面日照和天文辐射研究得出北半球南、北坡以东和以西的坡面平均天文辐射日总量呈对称分布, 也就是说在北半球无论是南坡还是北坡, 天文

辐射强度由正南或正北向以东或以西的坡面呈对称递减趋势。因此, 本文根据坡面所获得的天文辐射强度将坡向分为 5 级, 其中由于太阳高度角的缘故, 平地所获得的天文辐射强度介于阳坡与阴坡之间。坡面土壤侵蚀潜在危险度差异的形成与地形地貌条件对热量及水分的分异作用有关, 天文辐射强度大的坡面由于水分蒸发量较大而显得更加干燥, 土层较薄, 在其它条件相同下土壤侵蚀潜在危险度比较大<sup>[11]</sup>。不同的土地利用类型导致地表的植被保护作用和土壤侵蚀容许量不同, 地表植被保护作用越小且土壤侵

蚀容许量越小, 土壤侵蚀潜在危险度就越大。张国清等<sup>[12]</sup>对眉山市不同土地利用类型土壤侵蚀分析的研究得出, 不同土地利用类型土壤侵蚀强度是旱地> 林地> 建设用地> 未利用地> 草地, 本文参照张国清等的研究结果对研究区的土地利用类型进行赋值。土壤侵蚀过程是侵蚀动力和抗侵蚀动力这一矛盾相互作用的过程, 由土壤性质决定的抗侵蚀特征是土壤侵蚀的内在因素<sup>[13]</sup>。土壤类型不同, 其抗蚀与抗冲的能力也就不同, 对于土壤侵蚀的贡献也就不同。对于研究区坡向、土地利用类型、土壤类型因素的赋值, 见表 2。

表 1 高程、坡度和植被覆盖度分级与得分

级别		1	2	3	4	5	6	7
高程/ m	分级	< 200	200~ 500	500~ 800	800~ 1000	1000~ 1200	> 1200	
	得分	80	80~ 65	65~ 50	50~ 35	35~ 20	20	
坡度/(°)	分级	0~ 3	3~ 5	5~ 8	8~ 15	15~ 25	25~ 35	35~ 90
	得分	0~ 10	10~ 20	20~ 35	35~ 50	50~ 65	65~ 80	80~ 100
植被覆盖度/ %	分级	< 20	20~ 30	30~ 40	40~ 50	50~ 60	> 60	
	得分	80	80~ 65	65~ 50	50~ 35	35~ 20	20	

注: 坡度和植被覆盖度的分级与得分引自参考文献[ 2]。

表 2 坡向、土地利用类型、土壤类型分级与得分

级别		1	2	3	4	5	6	7
坡向	分级	135° ~ 225°	90° ~ 135° 或 225° ~ 270°	平地	45° ~ 90° 或 270° ~ 315°	0~ 45° 或 315° ~ 360°		
	得分	80	65	50	35	20		
土地利用类型	分级	旱地	其他林地	有林、灌木林、疏林地	城镇、工矿、居民用地	未利用土地	水田	天然草地
	得分	100	85	70	55	40	25	10
土壤类型	分级	粗骨土	黄壤	水稻土	红壤	石质土	赤红壤	
	得分	90	75	60	45	30	15	

注: 土壤类型赋值参照参考文献[ 13] 拟定。

3.2 确定因素权重

到目前为止人类对于土壤侵蚀这一复杂过程的机理还不是十分的了解, 本研究选取了高程、坡度、植被覆盖度、坡向、土地利用类型、土壤类型 6 个主要因素作为计算研究区土壤侵蚀潜在危险度的指标因素。由于这 6 个因素对于土壤侵蚀的影响程度不同, 需要赋予不同的权重值。为了避免主观性, 在采用特尔斐 (Delphi) 基础上, 运用层次分析法 (AHP) 原理, 利用 Matlab7. 1 软件计算出评价因素的权重值<sup>[2]</sup>: 坡度 0. 24, 植被覆盖度 0. 21, 土地利用类型 0. 19, 土壤类型 0. 15, 高程 0. 12, 坡向 0. 09。

4 结果与分析

在 ArcGIS 9. 2 平台上分析计算得出安溪县各个栅格的土壤侵蚀潜在危险度综合得分值介于 14~ 85 之间。参照水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准<sup>[1]</sup>, 并结合安溪县的实际情况, 将安溪县土壤侵蚀潜在危

险度划分为无险型、轻险型、危险型、强险型、极险型 5 个级别, 见表 3。从表 3 可以得出安溪县的土壤侵蚀潜在危险度等级中, 危险型、强险型和极险型占据了安溪县 91. 7% 的面积。整个安溪县土壤潜在危险度综合得分平均值为 54, 属于强险型的范畴。

表 3 安溪县土壤侵蚀潜在危险度分级标准与面积

潜在危险度级别	综合得分	面积/ km <sup>2</sup>	占总面积比例/ %
无险型	14~ 30	32. 8	1. 1
轻险型	30~ 40	244. 6	8. 2
危险型	40~ 50	781. 6	26. 2
强险型	50~ 60	954. 6	32. 0
极险型	60~ 85	969. 5	32. 5

结合安溪县土壤侵蚀潜在危险度分布图( 附图 2) 和安溪县行政区划图( 图 1), 进而可分析安溪县土壤侵蚀潜在危险度的分布状况。无险型和轻险型所占面积很小, 无险型集中在安溪县西南部的龙涓乡, 轻险型主要分布在西部的福田乡和祥华乡以及西南部

的芦田镇和龙涓乡。其中,无险型主要分布在天然草地,轻险型主要分布在有林地、灌木林地、疏林地地区,同时,在无险型和轻险型地区黄壤分布面积较广。这两个地区都有较高的植被覆盖度,对于该区较低的土壤侵蚀潜在危险度贡献很大,一旦草地、林地遭到破坏,土壤侵蚀潜在危险度将大幅度增加。



图1 安溪县行政区划图

危险型、强险型、和极险型所占的面积较大,危险型和强险型分布相对均匀,而从图1上可以很明显的看出强险型集中分布在中北部的感德镇、剑斗镇、长坑乡、湖上乡、白濂乡、湖头镇和尚卿乡以及东南部的魁斗镇、蓬莱镇、城厢镇、官桥镇、龙门镇。强险型分布区植被覆盖度很低,其中中北部强险区土壤类型主要为红壤和水稻土,东南部强险区土壤类型主要为水稻土和石质土。另外,东南部强险区坡度缓、平地面积大,城镇、工矿、居民用地面积大,是安溪县县城驻地所在。

另外,从附图2可以看出内安溪的土壤侵蚀潜在危险度整体上要比外安溪高,林金堂<sup>[14]</sup>对安溪县水土流失及防治对策的研究表明外安溪水土流失面积逐渐减少,流失程度相应减轻,而内安溪水土流失面积逐步扩大,流失程度相应增强,本文的研究结果与其一致。同时,考虑到安溪县全境地势由西北向东南倾斜,内安溪的高程比外安溪的高,相应的受到人为因素影响较小。一旦内安溪地区人类的不合理利用加剧,内安溪的土壤侵蚀潜在危险度将进一步增大。

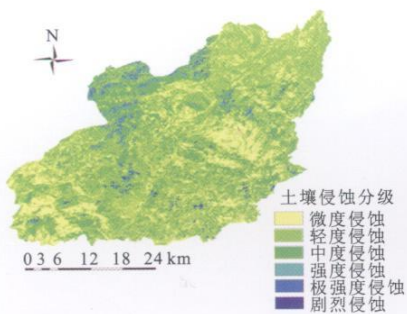
## 5 结语

土壤侵蚀潜在危险度作为评价土壤侵蚀强度的重要指标,一定程度上可以说土壤侵蚀潜在危险度越大,发生土壤侵蚀的可能性也就越大。整体上来看,安溪县土壤侵蚀潜在危险度属于强险型,其中中北部和东南部的强险区应成为日后水土保持工作的重点

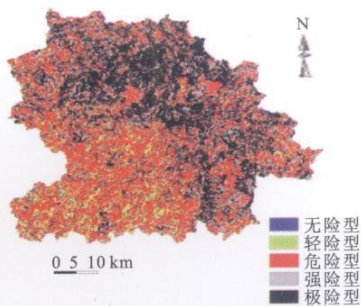
区域。本文对安溪县防治水土流失的建议如下:(1)坚持以“预防为主,综合治理”的方针。发展经济要在不破坏生态环境的基础上,应摒弃“先发展再治理”的策略,对已造成水土流失的地区,应坚持工程措施与生物措施有效结合来治理。(2)封山育林,植树造林。植被对于涵养水源、保护水土具有重大的作用,中北部的土壤侵蚀潜在危险度强险区地势高、人口相对稀少,可以采取封山育林的措施来提高植被覆盖度。东南部的土壤侵蚀潜在危险度强险区地势低、人口相对稠密,应多植树造林提高植被覆盖度。(3)提高人口素质,加强执法强度。水土保持需要全民参与,要加强宣传,提高人们保护水土的自觉性。同时,对于陡坡开荒、破坏森林、全垦整地等破坏水土的行为坚决按照有关法规进行严惩。(4)控制人口。安溪县人口稠密,为了发展经济,不得不占用绿地来作为建设用地,从而进一步加剧水土流失。因此,控制人口对于安溪县的水土保护工作也相当重要。

## 参考文献:

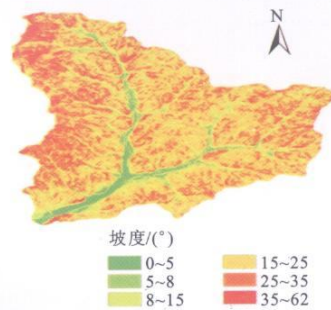
- [1] 中华人民共和国水利部标准.土壤侵蚀分类分级(SL 190-96) [S]. 北京:水利电力出版社,1997.
- [2] 张勇,卫正新,李有华,等.右玉县土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J].人民长江,2008,39(24):93-94.
- [3] 孙希华,闫福江,王新华.青岛市土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J].中国水土保持,2004(3):9-11.
- [4] 孙希华.基于GIS的济南市土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J].水土保持学报,2003,17(6):47-50.
- [5] 吴清泉.基于GIS的莆田市水土侵蚀后果危险度评价[J].亚热带水土保持,2009,21(1):55-58.
- [6] 李秀霞,韩鹏,倪晋仁.黄河流域上中游地区土壤侵蚀潜在危险度及抗侵蚀潜力特征[J].水利学报,2009,40(3):303-310.
- [7] 张学俭,沈雪建.治理与开发相结合实现生态与经济效益双赢[J].中国水土保持,2004(9):1-2.
- [8] 王占礼.中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J].山西水土保持科技,2000(2):14-16.
- [9] 查轩,杨学震,黄少燕,等.水土保持科普读本[M].福州:福建科学技术出版社,2002:28.
- [10] 孙汉群.坡面日照和天文辐射研究[M].南京:河海大学出版社,2005:192-210.
- [11] 孙希华,闫业超.济南市土壤侵蚀潜在危险度分级及侵蚀背景的空间分析[J].水土保持研究,2003,10(4):80-83.
- [12] 张国清,丁桑岚,陈青玉.眉山市不同土地利用类型土壤侵蚀分析[J].中国水土保持,2008(10):41-43.
- [13] 方纲清,阮伏水,吴雄海,等.福建省主要土壤可蚀性特征初探[J].福建水土保持,1997(2):19-23.
- [14] 林金堂,查轩.安溪县水土流失及防治对策[J].水土保持通报,2001,21(2):59-62.



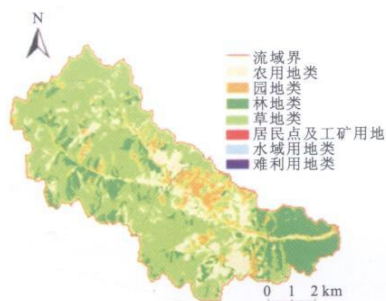
附图1 土壤侵蚀分级



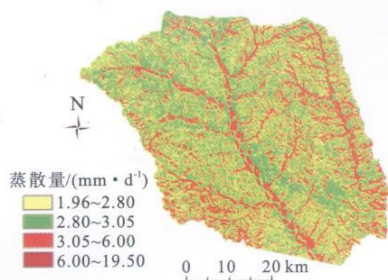
附图2 安溪县土壤侵蚀潜在危险度分布图



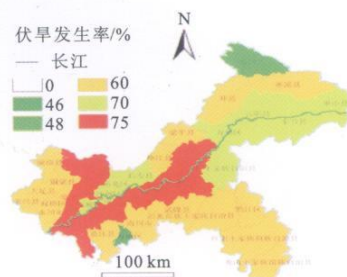
附图3 小流域坡度图



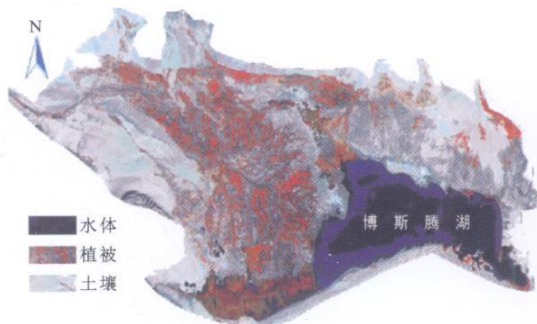
附图4 马家沟流域2008年土地利用及上中下游划分



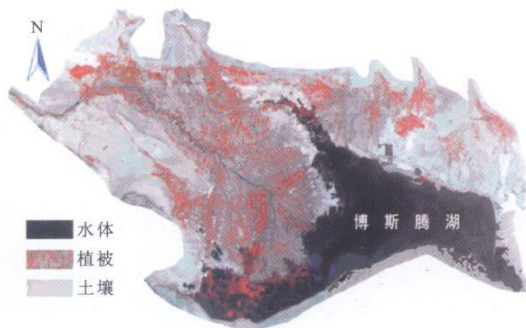
附图5 2003年9月2日皇甫川流域日蒸散量估算值



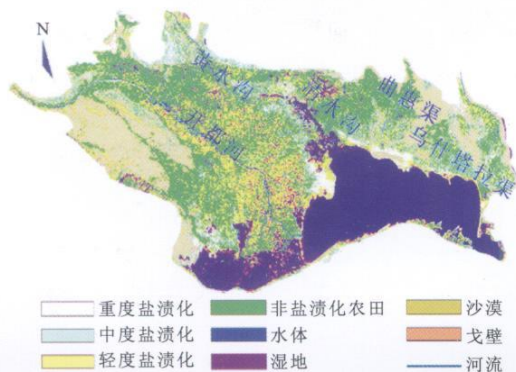
附图6 重庆市高温伏旱频率分布图



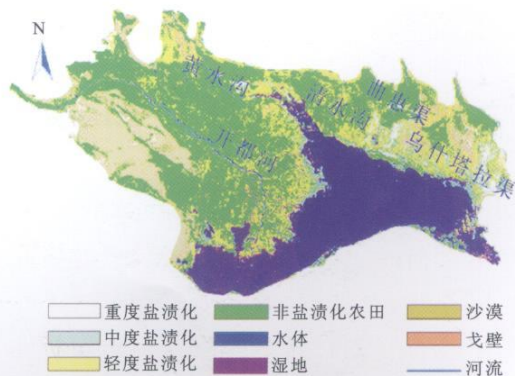
附图7 1990年TM影像假彩色合成图



附图8 2008年CBERS影像假彩色合成图



附图9 1990年TM合成影像分类图



附图10 2008年CBERS合成影像分类图