

基于遥感与 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度评价研究 以青岛市为例

孙兴华¹ 闫福江²

(1 山东师范大学人口·资源与环境学院 济南 250014; 2 青岛市水利局 山东青岛 266071)

摘要 应用遥感和 GIS 技术,对土壤侵蚀潜在危险度影响因子的提取方法和指标模型进行了探讨,把坡度、降雨侵蚀力、植被覆盖度、土层厚度、土壤可蚀性、岩性、人口环境容量、坡耕地占坡地面积比例等 8 个因子作为评价土壤侵蚀潜在危险度的主要因素,利用改进型层次分析法确定 8 个因子的权重,利用 ARCGIS 和 ARCVIEW 软件,对青岛市土壤侵蚀潜在危险度进行了分级评价。

关键词 GIS; 遥感; 土壤侵蚀潜在危险度; 评价; 青岛

中图分类号 S157.1; P208

土壤侵蚀分布具有明显的时空变化特征,研究其时空变化规律对于科学地进行土壤侵蚀防治具有重要意义。然而,土壤侵蚀是一个复杂问题,涉及的影响因素很多,利用常规方法进行其时空变化研究,难度很大。其原因在于土壤侵蚀分布地域广大,大规模经常性地地进行常规土壤侵蚀调查不大可能,加上土壤侵蚀在不断变化,常规方法难以进行不同时间的侵蚀比较。遥感技术和 GIS 技术的结合,给土壤侵蚀时空变化研究提供了先进的手段^[1]。

1 土壤侵蚀潜在危险度研究进展

土壤侵蚀潜在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、预测在无明显侵蚀区引起侵蚀和现状侵蚀区加剧侵蚀的可能性大小;其次表示侵蚀区以当前的侵蚀速率发展,该土层承受的侵蚀年限(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^[2]。土壤侵蚀潜在危险度有两种计算方法:根据受蚀土壤扣除临界土层的有效土层厚度与年平均侵蚀深度的比值,计算该土壤表层所能承受的侵蚀年限;以主要侵蚀因子权重评分法进行分级^[2]。目前国内关于土壤侵蚀潜在危险度的研究尚不多见,郭志民等应用 GIS 方法研究了福建省土壤侵蚀潜在危险性^[3];史志华等以三峡库区的王家桥小流域为例对土壤侵蚀潜在危险度分级进行了探讨,并且提出了土壤侵蚀潜在危险度指数^[4]。上述研究都采用土壤抗蚀年

限法,由土壤年均侵蚀量、土层厚度和土壤体积质量(容重)得到抗蚀年限图,按部颁标准对土壤侵蚀潜在危险度进行分级。

从国际及国内研究趋势看,模式化、数字化、“3S”技术、智能化和网络化研究是 21 世纪土壤学发展的驱动力。土壤网络化、智能化、数字化是今后土壤信息化的发展趋势。GIS 技术必将在其中起到核心作用,土壤的空间分析及模型库建立是数字土壤建设的基础,对于土壤空间分异等方面的研究具有重要意义^[5, 6]。采用侵蚀因子权重评分法进行分级,由于涉及的侵蚀因子较多,资料难以获取、量化困难等原因,目前国内研究中还少见报道。本文采用侵蚀因子权重评分法对青岛市土壤侵蚀潜在危险度进行评价研究,为水土保持和生态环境规划等提供科学依据。

2 研究方法

2.1 研究区概况

青岛市地处山东半岛东南部,总人口 715.65 万人(2002 年),位于 35°35′~37°09′N, 119°30′~121°00′E 之间,土地总面积 11091 km²。断块构造支配着全市地貌发育,形成具有山地、丘陵、平原和滨海低地完整的地貌形态,呈东高西低,南北两侧隆起,中间低陷的地貌特征;其中,山地占总面积的 9.34%,丘陵占 41.04%,平原、滨海低地占 49.62%。青岛属温带季风气候,雨量充沛,温度适中,四季

分明,年平均降水量为 775 mm,降雨集中在 6~9 月。

2.2 土壤侵蚀潜在危险度评价指标和因子权重指标模型方法

土壤侵蚀潜在危险度受到许多因素影响,各因素之间相互影响,相互制约,共同构成了一个开放的、复杂的土壤侵蚀系统。在目前土壤侵蚀机理研究尚不够全面、深入的情况下,不可能建立一个完整的土壤侵蚀潜在危险度影响因子指标体系。在认真分析、比较众多侵蚀因子对土壤侵蚀潜在危险度的影响基础上,结合区域实际情况,充分利用现有资料,选取那些能够较好反映土壤侵蚀潜在危险度的若干因子。参考土壤侵蚀分类分级标准^[2],同时考虑数据、图形的可取性,以及遥感技术与常规方法相结合能否获取和是否方便在 GIS 中存取、表达和计算,最后选择了地形坡度、植被覆盖度、降雨侵蚀力、土层厚度、土壤可蚀性 K、岩性、人口环境容量、坡耕地面积比例等 8 个要素,作为评价青岛土壤侵蚀潜在危险度的主要因子。

土壤侵蚀过程极其复杂,目前尚难以建立一个物理机制明确、参数获取方便的可操作的计算模型,特别是大区域、实测资料匮乏的条件下,因子权重指标模型方法不失为一种较好的选择。基本原理如下:首先筛选出影响土壤侵蚀的主要因子,然后对这些因子进行分级、量化处理,并依据专家经验再

结合区域具体情况,确定各影响因子的权重,最后通过多因子综合分析,得到综合因子得分,据此确定土壤侵蚀潜在危险度等级。其数学模型表达式为:

$$P = \sum_{i=1}^m f_i W_i \tag{1}$$

式中 f_i 为第 i 个指标要素的专家评分值, W_i 为第 i 个要素的权重值, m 为影响因子的个数, P 为最终复合结果值。

栅格地理信息系统为上述过程的实现提供了极大便利,在 GIS 支持下,指标模型法的实施步骤为:获取各指标因子的分布图,统一于同一空间框架中,并转换为栅格数据;对各因子进行分级和标准化处理,得到因子得分图;利用 GIS 的空间分析功能,在栅格 GIS 中就是地图代数运算,计算侵蚀因子的综合得分,根据综合因子得分划分土壤侵蚀潜在危险度等级^[7]。

2.3 土壤侵蚀潜在危险度影响因子信息提取与量化处理方法

2.3.1 坡度因子的提取与量化处理 一般随坡度的增加,土壤侵蚀潜在危险度增大。坡度因子的提取方法是:首先将 1:10 万地形图等高线数字化,在 ARCGIS 中利用 CREATETIN 命令生成 TIN,再用 TINLATTICE 命令转换成 30m×30m 大小的格网数据,在 GRID 模块下利用 SLOPE 函数生成坡度数据。

表 1 坡度、土层厚度、岩性和植被因子分级与评分

Table 1 Classification and grading of slope, thickness of soil layer, lithology and vegetation

级别		一	二	三	四	五	六	七
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
土层厚度(cm)	分级	<15	15~30	30~60	60~100	100~150	>150	
	得分	90	70	50	30	10	0	
岩性	分级	极难风化	难风化	较易风化	易风化	极易风化	土质	
	得分	0	20	40	60	80	90	
NDVI 指数	分级	<-0.34	-0.34~-0.14	-0.14~-0.05	-0.05~0.02	>0.02		
植被覆盖度(%)	分级	<25	25~40	40~60	60~80	>80		
	得分	80	80~60	40~60	20~40	20		

由于坡度与侵蚀量的关系比较复杂,一般研究认为坡度越大,侵蚀越强,尤其坡度增加到 15° 以上时,侵蚀量迅速增加,当坡度增加到某一值时,侵蚀量不再增加。考虑到这一点,将坡度分成 7 个区间,得分值也分成 7 个区间,两者分别对应(表 1),这样在坡度连续变化的情况下得分值的变化也是连续的,与指标分级定标的方法相比,精确度会更高。具体说,用下列算法对坡度因子进行量化处理:

$$f = a + \frac{x_i - x_{abmin}}{x_{abmax} - x_{abmin}} \times (b - a) \tag{2}$$

式中 f 为因子得分, x_i 表示每一个像元的坡度, x_{abmax} 和 x_{abmin} 表示该像元的坡度所在区间的最大坡度和最小坡度, b 和 a 分别表示区间内最大坡度和最小坡度的评分值。譬如,在区间 8°~15° 内, x_{abmax} 和 x_{abmin} 分别为 15 和 8, a 和 b 分别为 35 和 50。

2.3.2 土层厚度的提取与量化处理 土层厚度

也是影响土壤侵蚀的一个重要因素。土层厚度因子的提取是通过查找有关土壤普查图件和资料,将图中的每个图斑数字化以后得到的。土层厚度分成 < 15 cm、15 ~ 30 cm、30 ~ 60 cm、60 ~ 100 cm、100 ~ 150 cm、> 150 cm 共 6 个等级,采用专家评分法对各等级进行评分(表 1)。

2.3.3 岩性因子的提取与量化处理 岩性是一种定性指标,根据不同岩类风化的难易程度和成土后的抗蚀能力将其分成 6 个等级:极难风化岩类、难风化岩类、较易风化岩类、易风化岩类和极易风化岩类和土质类,采用专家评分法处理(表 1)。

2.3.4 植被因子的提取与量化处理 植被是土壤侵蚀动力的抑制因子,植被覆盖度越高,地表的抗蚀能力越强。研究过程中采用 NDVI 指数,该指数可定量反映卫星影像绿度的变化,NDVI 值愈大显示地表植被生长愈旺,植被覆盖愈好,一般认为 NDVI 指数越高植被覆盖度越大。大量研究表明,植被覆盖度在 25 % ~ 80 % 之间与植被指数具有较好的线性相关关系,可以用来计算植被覆盖度。植被覆盖度采用 < 25 %, 25 % ~ 40 %, 40 % ~ 60 %, 60 % ~ 80 % 和 > 80 % 5 个等级划分,用于土壤侵蚀潜在危险度评价。

在 2000 年陆地卫星 TM 遥感影像上对 < 25 % 的植被覆盖度状况下的植被指数共计选取了 16 个样区,其平均植被指数为 -0.34,作为划分 25 % 植被覆盖度的阈值。对 > 80 % 的植被覆盖度状况下的植被指数共计选取了 19 个样区,其平均植被指数为 0.02,作为划分 80 % 植被覆盖度的阈值。根据植被覆盖度在 25 % ~ 80 % 区间与植被指数呈线性相关的关系,可以在该区间内根据 NDVI 指数计算相应的植被覆盖度(表 1)。青岛市植被覆盖度 > 80% 和 < 25 % 的区域由于和植被指数的相关性不强,因此对植被覆盖度 > 80% 和 < 25 % 的区域在参照部颁标准的基础上直接赋以评分值 20 和 80。对于植被覆盖度 25 % ~ 80 % 的区域采用下列算法进行量化处理:

$$f = a + (1 - \frac{X_i - X_{ab\min}}{X_{ab\max} - X_{ab\min}}) \times (b - a) \quad (3)$$

式中 f 为因子得分, X_i 表示每一个像元的植被覆盖度, $X_{ab\max}$ 和 $X_{ab\min}$ 表示该像元所在植被覆盖度区间的最大值和最小值, b 和 a 分别表示区间内植被覆盖度最小值和最大值的评分值。

2.3.5 降雨因子的提取与量化处理 降雨是土壤侵蚀的触发因子,其他条件不变的情况下,降雨强度越大,土壤侵蚀潜在危险度越大,研究过程中

采用降雨侵蚀力指标,与其他降水指标相比,该指标更好地反映降雨与土壤侵蚀的关系^[8]。该因子的提取方法是:在 ARCGIS 中首先将降雨侵蚀力等值线数字化,内插生成 TIN 后再经 TINLATTICE 命令转换成网格数据,使用下列算法对图中栅格单元的数值进行量化处理,使其值介于 0 ~ 100 之间:

$$f = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times (100 - 0) \quad (4)$$

式中 f 为降雨因子得分, X_{\max} 和 X_{\min} 分别为研究区范围内的降雨侵蚀力的最大值和最小值。

2.3.6 土壤可蚀性的提取与量化处理 土壤是水土流失的侵蚀对象。土壤可蚀性是定量计算土壤流失量和评价土壤侵蚀潜在危险度的重要指标,是土壤侵蚀预报模型中的必要参数。土壤可蚀性 k 值,是一项评价土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的指标。一般认为,沙土的抗分离性差而抗搬运性强,粘土反之,因而质地适中的土壤其可蚀性最强。土壤可蚀性因子图的编制,主要利用第二次全国土壤普查中所取得的成果资料,有土壤图和土壤志,土壤普查数据和剖面资料,由公式法求算 K 值^[9-11]。该指标的量化处理方法参照公式(4)计算,使其值介于 0 ~ 100 之间。

2.3.7 坡耕地因子的提取与量化处理 研究过程中,将坡度 > 5° 的旱地当作坡耕地进行处理,采用坡耕地面积比例。首先以乡镇为最小行政单元,采集某个乡镇的耕地中 > 5° 的耕地面积,求得 > 5° 的耕地面积占整个乡镇土地面积的百分比,再将此面积百分比落实到该乡镇范围内的每个耕地图斑上。为了提高精度,对上述方法进行了改进,考虑到以乡镇为行政单元图斑太大,因此将青岛市分成 1km×1km 的网格,应用 ARCGIS 窗口分析法^[12, 13],求每个网格内的坡耕地面积比例。窗口分析是 GIS 栅格数据分析的一种基本方法,是指对于栅格数据系统中的一个、多个栅格点和全部数据,开辟一个有固定分析半径的分析窗口,并在该窗口内进行诸如极值、均值等一系列的统计运算,从而实现栅格数据有效的水平方向的扩展分析。以坡耕地的每个栅格点作为目标栅格,用这个分析窗口遍历全图,就求得了整幅坡耕地每点的坡耕地面积比例。最后参照公式(4)对图中栅格单元的数值进行量化处理,使其值介于 0 ~ 100 之间。

2.3.8 人口环境容量因子的提取与量化处理 在一定的技术条件下,特定区域环境所能提供资源量是一定的,因此,农业人口密度大的地区在

人类的生存需要得不到满足的情况下必然会出现乱砍乱伐、陡坡开荒和过度开发等一系列对生态环境不利的行为, 这些行为往往成为加速侵蚀的重要因素。本文以乡镇为基本行政单元, 对各乡镇的农业人口密度采用地形指数 l 加以调整, 得到调整后的农业人口密度: $p = d \times l$, 其中 p 表示调整后的农业人口密度, d 为各乡镇的农业人口密度, l 为地形指数; $l = S_1 + 2S_2 + 3S_3 + 4S_4 + 5S_5$, 其中 S_1 为 $<8^\circ$ 的土地面积所占的百分比, S_2 为 $8^\circ \sim 15^\circ$ 的土地面积所占的百分比, S_3 为 $15^\circ \sim 25^\circ$ 的土地面积所占的百分比, S_4 为 $25^\circ \sim 35^\circ$ 的土地面积所占的百分比, S_5 为 $>35^\circ$ 的土地面积所占的百分比^[7]。该指标的量化处理方法参照公式(4)计算, 使其值介于 0 ~ 100 之间。

2.4 指标模型因子权重的计算

为了避免主观片面性, 在专家咨询基础上, 运用改进型层次分析法(IAHP)确定侵蚀因子的权重。改进的三标度层次分析法, 具有操作简便、结果客观、完全一致性等 3 大优点。具体操作过程如下:

建立递阶层次结构。目标层是土壤侵蚀潜在危险度, 决策层包括参与评价的 8 个土壤侵蚀因子; 建立两两比较判断矩阵 $C=[c_{ij}]$ 。当指标 i 比指标 j 重要时取 $c_{ij}=1$; 当指标 i 与指标 j 同等重要时取 $c_{ij}=0$; 当指标 i 不如指标 j 重要时取 $c_{ij}= -1$; 根据 AHP 原理, 使用 Visual Basic 语言编写程序计算各要素的权重值。影响青岛土壤侵蚀潜在危险度的 8 个要素权重值依次为: 坡度 0.20, 植被覆盖度 0.17, 土壤厚度 0.15, 降雨侵蚀力 0.13, 土壤可蚀性 0.11, 坡耕地 0.09, 人口因素 0.08, 岩性 0.07。

3 青岛市土壤侵蚀潜在危险度综合评价结果

3.1 土壤侵蚀潜在危险度评价结果存在的主要问题

在 ARCGIS 软件中, 启动 GRID 模块, 将坡度、降雨侵蚀力、植被覆盖度、土壤可蚀性、土层厚度、岩性、人口环境容量、坡耕地 8 个要素的评分值和权重值按公式(1)进行叠加后, 得到青岛市土壤侵蚀潜在危险度分布图, 使用 ArcView 软件进行汇总。土壤侵蚀潜在危险度综合评分值理论上应介于 0 ~ 100 之间, 实际评分结果介于 11 ~ 72 之间, 平均值为 23。总体来看, 上述评价结果能够客观地反映青岛市土壤侵蚀潜在危险度的地区差异, 与野外验证结果有较好的一致性, 但同时也存在一些问题。

(1) 平原地区评分值略高。平原地区一般不存在土壤侵蚀, 属无险型区域。但由于土壤可蚀性、岩性、人口环境容量等因素的共同影响, 导致平原

地区分值偏高。就土壤可蚀性来讲, 质地越粗或越细的土壤有较低 k 值, 质地适中的土壤有较高的 k 值, 因此山丘区上部岭坡的粗骨性土壤可蚀性较小, 平原地区的壤质土壤具有较高的可蚀性, 平原地区的 k 值单要素评分分值一般都在 50 以上; 就岩性来讲, 在岩性分级评分当中, 平原、盆地及低洼地区的松散沉积物一般归入极易侵蚀岩类, 岩性评分值为 90 加上部分平原地区人口环境容量较大等原因, 导致部分平原地区土壤侵蚀潜在危险度综合评分值较大。

(2) 植被覆盖度高的山丘区偶尔出现土壤侵蚀潜在危险度较大的情况。这主要受坡度、土层厚度等因素的影响。野外考察发现在山丘中上部一般坡度较大, 土层较薄, 但植被覆盖较高, 不少地区是密林。

(3) 城区和海滩地区由于植被覆盖度或土壤可蚀性高等原因会出现一些综合评分值较大的小图斑。

3.2 计算结果的验证和精度分析

为了检验土壤侵蚀潜在危险度计算结果在实际应用中的可靠性, 在青岛市水利局及当地水保专家带领下, 对青岛市土壤侵蚀现状和潜在危险度情况进行了实地考察。在即墨、莱西、平度、胶南等地区的考察中, 本着科学性、全面性原则, 考察布点尽可能遍及整个青岛市域, 又要具有代表性, 重点考察裸岩、荒岭坡地及治理较好的小流域, 整个野外考察历时 5 天, 行程 600 km, 采取典型样点 54 个, 在每个 GPS 定位点, 在便携式笔记本计算机上, 利用早已写好的坐标转换程序, 把 GPS 定位坐标, 转化为同遥感影像、专题地图相一致的坐标, 把现场地物、土壤侵蚀强度与遥感影像、土壤侵蚀潜在危险度计算结果进行对照、比较, 作好现场记录、照相和验证工作。其中, 计算结果与实地情况比较一致的有 50 个样点, 正确率为 92.6%, 说明计算结果客观地反映了当地的土壤侵蚀潜在危险度状况, 具有较高的精度, 能够满足水保部门的决策需要。

3.3 青岛市土壤侵蚀潜在危险度评价结果

确定侵蚀区与无险型区域的临界分值, 也就是确定轻险型分值的下限, 这是进行区域土壤侵蚀潜在危险度评价的一个重要环节。一般认为轻险型以上区域面积即为该区域具有潜在危险性侵蚀的面积, 也即今后重点防治和需要治理的面积。

如果以 50m 等高线为界线, 50m 以下为平原区, 50m 以上为山丘区, 在 ARCGIS GRID 环境下, 使用 ZONALMEAN 命令, 将地貌分区图与侵蚀危险度图叠加, 计算出平原区土壤侵蚀潜在危险度平均

值为 20.27, 山丘区为 27.82, 野外考察发现青岛市山丘区土壤侵蚀潜在危险度以轻险型为主, 考虑到整个山丘区不可能都存在侵蚀(如盆地一般为无险型), 因此, 轻险型下限应略大于山丘区土壤侵蚀潜在危险度平均值; 在参考 GPS 野外考察点基础上, 计算出 18 个典型轻险型考察点的平均值为 35.74, 轻险型下限应略小于该平均值, 最终将综合评分值 30 作为无险型区域与轻险型区域的临界分值。根据青岛市土壤侵蚀潜在危险度叠加结果图, 参照部颁标准, 结合具体情况, 将青岛市土壤侵蚀潜在危险度进行分级评价(表 2)。

表 2 青岛市土壤侵蚀潜在危险度分级标准与面积
Table 2 Standard for grading erosion potentiality of the soil in Qingdao and acreage of each grade

潜在危险度	综合评分值	面积 (km ²)	占总面积 (%)
无险型	11 ~ 30	9089.86	81.96
轻险型	30 ~ 40	1364.65	12.30
危险型	40 ~ 50	559.50	5.04
强险型	50 ~ 60	70.90	0.64
极险型	60 ~ 72	6.15	0.06
合计	平均 23	11091.06	100.00

从数字化定量评价结果看, 青岛市土壤侵蚀潜在危险度为无险型的区域面积为 9089.86 km², 占青岛市总面积的 81.96%, 遍布整个青岛市中部平原、洼地以及崂山、大泽山及胶南山群等山地丘陵区的河流冲积平原、山间盆地及河谷地区。无险型区域一般是人类生活及工农业生产活动的主要场所, 受人类活动影响很大, 土地利用类型复杂多样, 表层土壤经常受到扰动, 但由于该地区坡度通常在 3°以下, 土层厚度一般 > 150 cm, 土壤侵蚀强度一般为微度侵蚀, 一些低洼地区甚至完全是一种沉积环境, 因此土壤侵蚀潜在危险度极小。

土壤侵蚀潜在危险度为轻险型的区域面积为 1364.65 km², 占青岛市总面积的 12.30%, 主要分布在以下几个地区: 崂山、大泽山、铁橛山及大小珠山外围的缓丘地带, 平度西部和南部、胶州中南部、莱西北部、即墨中部及胶南南部地区, 该区域一般坡度较缓(3°~8°), 土地利用类型主要为旱地; 山地丘陵区主要由坡积、洪积物形成的山麓和坡脚地带以及河谷的两侧, 该区域地势相对较低, 土层厚度一般在 60~150 cm 之间, 土地利用类型一般为岭坡旱地。山丘区植被覆盖度较大的密林地区, 如崂山由于植被覆盖度较高, 土壤侵蚀潜在危险度以轻险型和无险型为主。

土壤侵蚀潜在危险度为危险型的区域面积为 559.50 km², 占青岛市总面积的 5.04%, 一般分布于山丘中上部的岭坡梯田或植被覆盖较低的疏林、灌丛和草地, 随地势升高, 坡度变陡, 土地利用由旱地向林草地类型过渡。土层厚度一般介于 30~60 cm。土壤侵蚀强度主要为中强度侵蚀, 在不合理的人类活动加强的情况下, 土壤加剧侵蚀的可能性较大。

强险型面积为 70.90 km², 占青岛市总面积的 0.64%, 一般分布于山丘上部的岭坡地带, 与危险型区域相比, 该区植被覆盖度更低, 地势较高, 通常下部被危险型区域所环绕。土地利用类型以中低覆盖度草地为主, 有些地区近乎裸岩, 土层在 15~30 cm 之间, 土壤侵蚀强度主要为中强度侵蚀, 受人类活动影响极易加剧土壤侵蚀。

极险型面积很小, 仅为 6.15 km², 占青岛市总面积的 0.06%, 主要分布于崂顶以东王哥庄街道办事处裸岩山及荒岭坡上, 大泽山北部及铁橛山也有零星分布。植被覆盖度低, 土层浅薄, 基岩裸露是这一地区的主要特征。由于分布的地势较高, 沙砾化、裸岩化面积比例较大, 基本上无土可蚀, 土壤侵蚀强度反而不高, 以微度和轻度侵蚀为主。

总之, 青岛市土壤侵蚀潜在危险度以无险型和轻险型为主, 两者占青岛市总面积的 94.26%。土壤侵蚀潜在危险度等级在轻险型以上的面积为 2001.20 km², 占青岛市总面积的 14.04%。

3.4 有效措施与对策

青岛市土壤侵蚀潜在危险度等级在危险型以上的面积为 636.55 km², 占总面积的 5.74% (表 2)。一般认为, 山高、坡陡、土薄、植被覆盖低、降雨量大的地区, 土壤侵蚀潜在危险性很大。利用 GIS 的强大空间分析功能, 与 ArcView 制作的专题图进行叠加分析, 得出危险型以上区域有 199 km² 处于坡度 15°~90°范围之内, 占 31.3%; 有 199 km² 处于海拔高度 200~1133 m 范围之内, 占 31.3%; 有 247 km² 处于土层厚度 < 30 cm 范围之内, 占 38.8%; 有 552 km² 处于植被覆盖度 < 60% 范围之内, 占 86.7%; 有 446 km² 处于年平均降雨量 > 750 mm 范围之内, 占 70.1%; 对以上重点区域可采取以下措施:

加强植被防护, 对以上重点区域实行封禁措施。对有种源的疏林地, 实行封山育林, 促进森林植被的尽快恢复。严禁毁林开荒扩展耕地。保护好现有森林, 对一般森林要控制生产性采伐, 进一步落实护林责任制, 消除森林火灾等隐患^[14]。对在低山

丘陵区等轻险型、危险型区域进行的小流域水综合治理项目,要注意提高梯田的修建标准,对现有梯田需增加排水设施,以免垮塌形成更大的坡面侵蚀。主要针对青岛市水土流失治理十大项目(1999~2002年),初步治理面积280 km²,提高梯田的修建标准。

青岛降雨和暴雨较多,通过退耕还林增加植被来改变下垫面条件,可以削弱暴雨的动力作用,减少土壤水力侵蚀。加强教育,提高群众认识,自觉遵守土壤侵蚀潜在危险区的各项管理规定,减少人类活动对水土流失的影响。对采矿区、高速路建设造成的人为工程侵蚀,要深入调查,对不良地质区段分别采用工程和生物措施予以治理。

4 结论

通过对青岛市土壤侵蚀潜在危险度等级划分,对未来的土壤侵蚀进行高精度的评价计算,可为水土保持规划、小流域综合治理等提供科学依据,具有广泛的应用前景,研究成果意义重大。

(1) 形成了相对完整的土壤侵蚀潜在危险度评价指标体系,丰富并优化了评价的方法和模型。

(2) 综合运用遥感和GIS的先进技术与方法,在分析与评价模型的基础上,可以对具有时空变化特点的土壤侵蚀要素进行现状和质量评估,反映土壤侵蚀的时空分布、变异及动态。显示了以栅格GIS为基础的定量计算方法的可行性,快速、准确,确保了方法科学性和可操作性。

参考文献

1 潘剑君,赵其国,张桃林. 江西省兴国县、余江县土壤侵蚀时空变化研究. 土壤学报, 2002, 39 (1): 58 ~ 63

- 2 水利部水土保持司. 土壤侵蚀分类分级标准. 北京: 中国水利水电出版社, 1997, 14 ~ 15
- 3 郭志民, 陈志伟, 陈永宝. 应用GIS方法对土壤侵蚀潜在危险性进行评价及其时空分布特征研究. 福建水土保持, 1999, 11 (4): 17 ~ 22
- 4 史志华, 蔡崇法, 蔡强国, 丁树文, 王天巍, 张光远. GIS支持下土壤侵蚀潜在危险度的分级研究. 长江流域资源与环境, 2002, 11 (2): 190 ~ 193
- 5 高俊峰, 曹慧. GIS在土壤空间分析中的应用. 土壤, 2002, 34 (4): 206 ~ 209
- 6 赵其国. 发展与创新现代土壤科学. 土壤学报, 2003, 40 (3): 321 ~ 327
- 7 孙希华. 基于GIS的济南市山丘区土壤侵蚀潜在危险度评价研究. 水土保持学报, 2003, 17 (6): 47 ~ 50
- 8 卜兆宏, 孙金庄, 周伏建, 唐万龙. 水土流失定量遥感方法及其应用的研究. 土壤学报, 1997, 34 (3): 235 ~ 244
- 9 卜兆宏, 杨林章, 卜宇行, 吴嘉裕. 太湖流域苏皖汇流区土壤可蚀性K值及其应用的研究. 土壤学报, 2002, 39 (3): 296 ~ 300
- 10 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究. 水土保持通报, 1999, 19 (1): 1 ~ 9
- 11 刘钦普. GIS和SPSS技术支持下的许昌市耕作土壤肥力综合评价. 土壤, 2002, 34 (2): 94 ~ 98
- 12 Zhao YG, Zhang GL, Gong ZT. SOTER-based soil water erosion simulation in Hainan Island. Pedosphere, 2003, 13 (2): 139 ~ 146
- 13 Zhou B, Wang RC. Knowledge-based classification in automated soil mapping. Pedosphere, 2003, 13 (3): 209 ~ 218
- 14 赵其国. 城市生态环境保护与可持续发展. 土壤, 2003, 35 (6): 441 ~ 449

GIS-AND-RS-BASED EVALUATION OF SOIL EROSION POTENTIALITY — A CASE STUDY OF QINGDAO

SUN Xi-hua¹ YAN Fu-jiang²

(1 College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014;

2 Water Resource Bureau of Qingdao, Qingdao, Shandong 266071)

Abstract Methods and categorical model for extracting factors affecting soil erosion potentiality with the aid of remote sensing and geographical information system were explored. Eight factors such as slope, rainfall eroding force, vegetation coverage, soil layer thickness, population-environmental capability, soil erodibility, lithology and percentage of cultivated slopeland to slopeland were used for assessing soil erosion potentiality. The modified AHP method was used to determine the weight of each factor. And the soils in Qingdao were graded and evaluated in terms of soil erosion potentiality, using Software ARCGIS and ARCVIEW.

Key words GIS, Remote sensing, Degree of soil erosion potentiality, Evaluation, Qingdao