

济南城市扩展对水土流失的影响研究

孙 希 华

(山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘 要: 城市的不断扩展对自然环境造成了多方面的影响, 首先分析了济南城市用地扩展特征, 其次以舜湖流域作为典型个例, 来定量研究城市建成区扩展对水土流失造成的影响, 从而为济南市保泉工作提供一种决策依据。

关键词: 济南; 城市建成区; 城市扩展; 水土流失

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0050-03

Study on the Effect of City Expansion on Soil Erosion in Jinan City

SUN Xi-hua

(College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: The expansion of the city has an effect on the natural environment in many ways. The author first analyses the characteristics of the city expansion, then takes the example of Valley Shunhu to quantify the effect of the city expansion on soil erosion, thus offers a base for making policies of preserving the springs in Jinan.

Key words: Jinan; city proper; city expansion; soil erosion

1 济南城市用地扩展概况

济南市素以优质丰富的地下水而闻名, 有着“泉城”的美誉。然而, 近年来由于降水偏少、地下水过量开采以及补给区生态环境的破坏等原因, 使得济南的泉群在枯水期不再喷涌。城市化改变了流域的自然状况, 高楼林立, 道路纵横, 不透水面积增加, 使下垫面发生了根本变化, 明显地改变了降雨径流的自然形态。城市规模扩大主要是在原来的基础上向周边地区的延伸, 城市边缘区是观察和研究城市土地利用变化及土壤侵蚀的关键所在。

城市是一个规模庞大、结构复杂、不断发展的动态体系。随着人口增长和经济的不断发展, 必然导致人口的进一步集聚, 使城市用地需求增加。济南市 1949 年城市用地仅为 23.20 km², 1957 年为 37.18 km², 年均增加 1.75 km²; 1966 年城市用地为 57.93 km², 到 1977 年增至 78.06 km², 年均增加 1.83 km²。1949~1977 年, 济南市城市用地年均增加 1.96 km², 年扩展速率为 4.43%。改革开放以后, 济南城市用地扩展速度越来越快, 1978 年城市用地为 78.06 km², 1986 年则迅速增为 117.93 km², 1978~1986 年城市用地年均增加 4.98 km², 年扩展速率为 5.29%。

2 城市建城区用地扩展变化分析

20 世纪 90 年代以前, 本研究项目主要以济南市的航片资料、城区历史档案资料来计算当时的城市范围面积; 90 年代以后, 主要以 1995 年、1998 年和 2000 年的 TM 卫星遥感影像等资料为基础, 基于遥感和 GIS 一体化技术, 对 1995~2000 年济南城市实体空间的扩展, 即城市平面形态的发展变化进行具体的遥感影像监督分类、遥感专家解译判读, 利用 ARCGIS 软件绘制出不同年份城市用地规模图, 最后进行面积汇总、计算。

根据济南市 1995 年、1998 年和 2000 年的城市用地规模, 计算出城市建城区面积扩展速率(表 1)。在 ARCGIS 软件下使用 ERASE 命令, 将 1995 年和 1998 年的 COVER-AGE 相交, 计算出从 1995 年到 1998 年城市建城区的扩展面积。然后在 ARCGIS 下使用 TRAVERSE 命令计算出扩展面积在八个方向所占的比重(表 2)。同理, 做出 1998 年到 2000 年的扩展方向比重表(表 3)。最后将上述 3 个年份的城市建城区规模轮廓叠加(图 1), 可以看出济南 90 年代以来城市扩展的几个明显特点。

收稿日期: 2003-07-16

基金项目: 山东省自然科学基金(Q99E09); 山东省发展计划委员会(编号 2000001)资助项目

作者简介: 孙希华(1963-), 男, 副教授, 现在山东师范大学人口·资源与环境学院从事 GIS 的教学与科研, 研究方向为水土保持研究、生态建设规划 GIS 应用。

表 1 1995~ 2000 年济南市城市规模和扩展速率

年份	1995 年	1998 年	2000 年
城市规模/km ²	169.51	199.21	215.71
比 1995 年扩展/km ²		29.70	46.20
比 1995 年扩展/%		17.52	27.26
比 1998 年扩展/km ²			16.51
比 1998 年扩展/%			8.29
城市扩展速率/(%·a ⁻¹)		5.53	4.06

(1) 城市规模不断扩大。根据 1995 年、1998 年和 2000 年

的遥感影像解译结果分析, 济南城市周边的土地逐渐由其它土地利用类型转变为城市用地。1995 年城市用地范围为 169.51 km², 到 1998 年城市范围扩展为 199.21 km², 2000 年增为 215.71 km²。1998 年比 1995 年城市用地规模扩大了 29.70 km², 是 1995 年的 1.18 倍, 年扩展速率为 5.53%; 2000 年比 1998 年城市用地规模扩展了 16.51 km², 是 1998 年的 1.08 倍, 年扩展速率为 4.06%; 2000 年城市用地规模比 1995 年扩大了 46.20 km², 是 1995 年的 1.27 倍, 比 1995 年扩展了 27.26%, 年扩展速率为 4.94%。

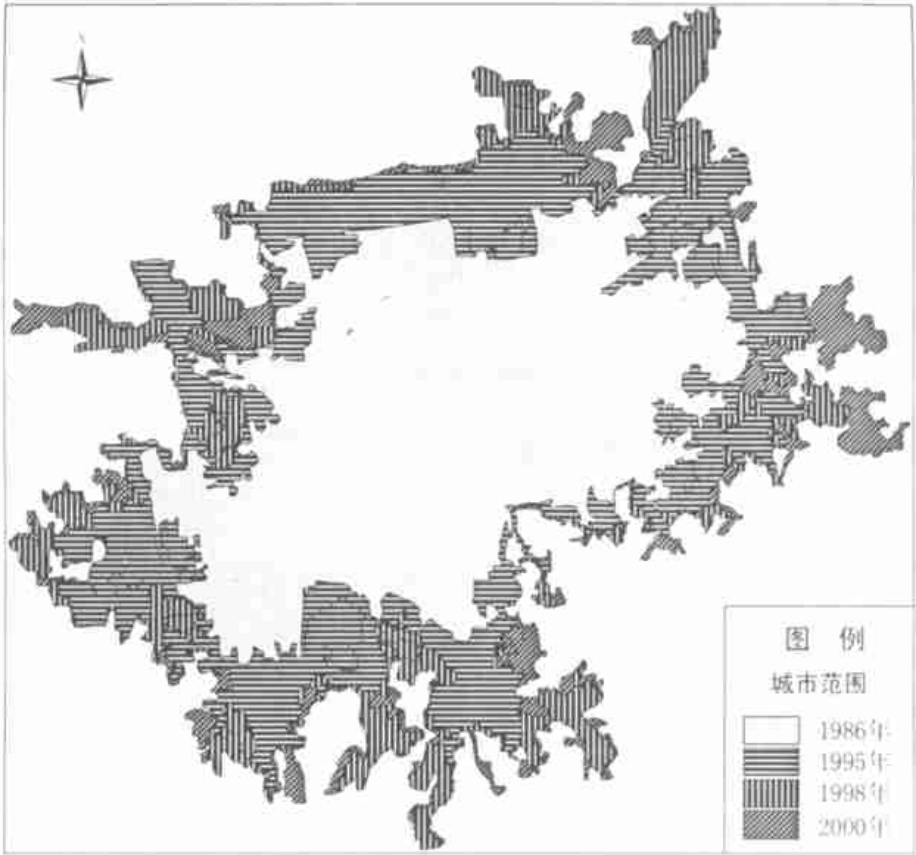


图 1 1995 年、1998 年和 2000 年济南城市范围扩展图

(2) 城市扩展的方向性十分明显。道路是城市用地的重要组成部分, 是城市的动脉, 是保障城市多种功能的发挥和完善的重要前提, 城市用地规模扩展的方向与主要交通线路的延伸方向具有一致性。由图 1、表 2 和表 3 可以看出城市扩展总体表现为向南、西和东北三个方向, 且扩展的地方一般集中成长。1995~ 1998 年向南扩展的城区面积占总扩展面积的 20.93%, 其次是东北方向。南部主要沿着山区的沟谷地带延伸, 新增了大片住宅小区。另外, 北部城区边缘沿小清河畔以及大桥路和济青高速也有相当部分扩展。西部由于张庄机场的阻断, 城区扩展主要沿着济齐路和经十路分别向西和向西北延伸。而 1998~ 2000 年则主要表现为向东部扩展, 东部沿济王路和轻骑路的方向城市用地有大面积增长, 南部谷地也有部分居住用地增加, 北部则主要是济青高速和小清河之间城市边缘区的延伸。

表 2 1995~ 1998 年济南城区扩展方向及面积表

方向	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
扩展面积/hm ²	260	564	259.30	269.34	621.60	283.48	421.67	291.07
比重/%	8.75	18.98	8.73	9.07	20.93	9.54	14.20	9.80

表 3 1998~ 2000 年济南城区扩展方向及面积表

方向	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
扩展面积/hm ²	94.99	139.35	279.90	343.32	276.03	170.50	211.28	135.63
比重/%	5.75	8.44	16.95	20.79	16.72	10.33	12.80	8.22

(3) 交通建设和优美环境对城市扩展具有明显的引导性。城市作为区域文化和经济的中心, 其与区域及其外部的物质联系主要靠交通来实现, 因此, 交通的发展促进了城市空间扩展并改变了城市外部形态, 是城市空间扩展的牵动力。自 80 年代以来, 济南市道路建设有了长足进展, 在对外交通方面, 新修建了大桥路, 改扩建了工业南路、工业北路以及济齐路、济微路、济王路、经十路, 形成了四通八达的放射

状交通网,而城市用地也基本上沿着上述主要干道扩展。随着城市的扩展,修建了市区外环路和绕城高速公路,从而带动周围城市空间向外延伸。受自然地理条件的限制,市区向南部的扩展空间较小,但近几年受南部山区优美环境的吸引,沿沟谷地带新增了大量住宅小区,也使城市出现了南扩趋势。调查中发现,一、二类居住用地主要分布在燕子山、工人新村、七里山、千佛山南北麓等区域,系为城区开发的居住区或居住小区,市政配套设施齐全,布局较好,环境优美。

由此看出,济南市城市用地规模扩展受自然条件影响较大。北部由于黄河的限制,目前不可能大片北扩,而南部山区是济南泉域的重要补给区,合理开发利用和保护水资源,严格控制地下水的开采,大力植树造林,提高绿化覆盖率,改善其自然生态环境,是泉城特色风貌永驻的关键所在,因此严格控制城市用地规模向南扩展。故未来的济南城区呈东西带状发展,其用地形势将十分严峻。

3 城市规模扩展对水土流失的影响——典型实证研究

济南城区边缘的扩展部分,自然环境条件差别很大,故本文选取济南东南边缘的舜湖流域为典型区域进行水土流失量计算。地表径流量和地下水补给量计算使用变径流系数经验公式法和变参系数法,土壤流失量用美国通用水土流失方程(USLE)进行计算。

3.1 区域概况

舜湖流域位于济南市南部山区,是典型的石灰岩分布区,分别由西部、北部、东部和东南部的金鸡岭、罗庵寺岭、撇子山、蚰蜒山、西姑山和蝎子山环抱而成,直接汇水区面积约为 5.35 km²。其中舜湖社区位于千佛山南麓的一长条形山谷中段,北起济南市十六里河镇太平村,南至土屋村,面积约 0.95 km²,在原有村舍拆迁、垃圾清理、地块平整以及环山公路开拓等基建的基础上建成。

3.2 水土流失量计算

3.2.1 地表径流量和地下水补给量计算

地表径流量和地下水补给量分别采用山东省水利科学研究院多年观测试验研究成果,即变径流系数经验公式法和变参系数法进行计算。年地表径流量和径流系数的计算公式为:

$$R_s = \alpha_s \cdot F \cdot P_i \quad (1)$$

$$\alpha_s = A_s = \cdot \log P_i - \log P_B + D_s \quad (2)$$

式中: R_s ——地表径流量(10³ m³); F ——流域计算面积(km²); P ——降水量(mm); α_s ——年径流系数; A_s ——地表汇流指数; P_B ——年雨量损失值(mm); D_s ——土壤调节转化重复系数。地下水入渗补给量按变参系数法计算公式为:

$$P_r = \alpha_g \cdot F \cdot P_i \quad (3)$$

$$\alpha_g = A_g \cdot \log P_i - D_g \quad (4)$$

式中: P_r ——地下水入渗补给量(10³ m³); (α_g ——年入渗补给系数; F ——流域计算面积(km²); P_i ——年降水量(mm); A_g ——地形、岩性指数; D_g ——土壤蓄水转化系数。

上述公式中需要率定的流域产流参数有 A_s 、 P_B 、 D_s 和 A_g 、 D_g , 根据三水转化研究成果,石灰岩地区各参数值参见文献[1],地貌类型为山地时 $A_s = 0.50$, $P_B = 300$, $D_s = 1.29$, $A_g = 0.40$, $D_g = 0.87$; 地貌类型为平原时 $A_s = 0.15$, $P_B = 340$, $D_s = 2.165$, $A_g = 0.19$, $D_g = 0.236$ 。降水量采用 1972~2001 年济南市平均降雨量统计资料计算,舜湖社区工程建设前按山地地貌类型率定的参数计算流域的地表径流量和地下水入渗补给量;工程建成后,规划区地面硬化,硬化部分地表径流系数增大,按 0.75 计算,山地仍按前述参数计算(表 4)。

表 4 典型流域地表径流量和地下水补给量计算成果表

频率年/%	降水量 /mm	地表径流量/10 ⁴ m ³		地下水补给量/10 ⁴ m ³	
		建设前	建设后	建设前	建设后
20	749.84	100.36	151.88	112.23	83.36
50	620.12	69.32	115.45	81.88	60.82
75	531.53	49.91	91.89	62.57	46.48
95	420.80	28.10	64.27	40.41	30.01
多年平均	632.78	72.22	118.91	84.74	62.94

3.2.2 土壤流失量计算

监测土壤年流失量的模型很多,而从 GIS 数据处理的适应性而论,则以 USLE 为佳。本项目研究的重点是以美国通用土壤流失方程(USLE)模型为基础,建立并确定各项因子指标值,进而计算年平均土壤流失量,因此,济南城区扩展土地利用变化对土壤流失影响的定量 GIS 监测模型的结构形式同 USLE:

$$E = 0.224R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (5)$$

式中: E ——土壤侵蚀模数(kg/m²·a); R ——降雨侵蚀因子; K ——土壤可蚀性因子; LS ——地面坡长坡度因子; C ——植被覆盖因子; P ——水保措施因子。

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 \log \frac{P_i}{P}} \cdot 0.811 \quad (6)$$

式中: P_i ——月降雨量; P ——年降雨量。

$$K = 2.1 \times 10^{-6} (12 - M_o) \times M^{1.14} + 0.0325 (S - 2) + 0.025 (P - 3) \quad (7)$$

式中: M_o ——有机质含量; S ——土壤结构指数; P ——透水性等级; M 为粉砂和细砂含量。

$$LS = (L/22.13)^m (0.065 + 0.045S + 0.0065S^2) \quad (8)$$

式中: L ——坡长(m), $m = 0.6$; S ——坡度(用百分数表示),均使用 ArcView GIS 软件在 DEM 基础上计算而得。

上述公式中,降雨资料采用济南市南部多年平均降雨量的统计数据。土壤可蚀性因子 K 根据 K 因子图取平均值计算而得^[2]。工程前后 K 分别取值 0.4128 和 0.4162。植被覆盖因子(C)和水保措施因子(P)都是侵蚀动力的抑制因子,起着保持水土的作用。 CP 因子值虽小于或等于 1,但其相对

(下转第 73 页)

3 3 内业处理

经 GPS 接收机获得的成果(W GS- 84 坐标),不能直接用于成图。要将W GS- 84 坐标转换为北京 1954 坐标系坐标。坐标转换采用 EZ- Office 软件提供的坐标转换功能,将 W GS- 84 坐标转换到所需的坐标系内,坐标转换参数见表 2。根据当地地类界的主要特点,对地类界的属性进行标注,地类界的属性标识码见表 3。

然后用 GIS 软件 A rcV iew 成图,并与前期的 2002 年的遥感图像、土地利用图、地形图等进行叠加分析(如图 2),计算水土流失量和水土流失面积。

4 结 论

GPS 仪器体积小,野外操作简单,不受天气状况的影响,参考文献:

[1] 林永贤 全球定位系统及其在水土保持中的应用[J]. 福建水土保持, 2000, 12(1): 54- 57.
[2] 李征,何良华,吴北平. 全球定位系统技术的最新进展[J]. 测绘信息与工程, 2002, 27(2): 22- 25
[3] 李雅素 GPS 功能及其在水土保持中的应用[J]. 陕西林业科技, 2001, 20(3): 59- 62

(上接第 52 页)

变化范围却是诸因子中最大的。本研究中植被覆盖因子(C)根据 E lwell H. A. 和 Stocking M. A. (1975) 及 Lang R. D. (1979) 推导出的侵蚀比与季节植被覆盖度的非线性关系图^[3],求得 C 值为 0.24。由于基本无水保措施, P 值取 1.0。坡长和坡度因工程建设前后有所不同。建设前,坡长取舜湖流域平均值 655.8 m,坡度取流域平均坡度 24.61%;建设后,由于谷地地面硬化,无土可蚀,只计算山地 3.97 km² 范围的土壤流失量,取平均坡长 450.0 m、平均坡度 31.00%。

表 5 舜湖典型流域多年平均水土流失量比较

时段	地表径流量	地下水补给量	土壤流失量
	/10 ⁴ m ³	/10 ⁴ m ³	/(t·a ⁻¹)
工程建设前	72.22	84.74	1270.13
工程建设后	118.91	62.94	776.76
工程前后差值	46.69	- 21.80	- 493.37

3 2 3 水土流失影响的综合分析

通过上述比较发现,城市规模扩展及其变化对水土流失影响明显。城市规模扩大增加了不透水层,耕地和植被的减少改变了下垫面的自然性状,造成地表径流的明显增加,流失严重,大大减少了泉域地下水入渗补给量。石灰岩山区谷地是地表水集中汇流区,也是地下岩溶水的重要补给区。在山区谷地进行工程开发建设,不仅会带来某些可能的环境问题,而且还会造成山区的水土流失。舜湖流域面积不足 5.35 km²,该区石灰岩山地原来状态下,为轻度水土流失区。社

参考文献:

[1] 李福林,王玉太,张宝祥,等. 石灰岩山区工程建设对水土流失的影响研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(5): 16- 18
[2] 孙希华. 基于遥感和 GIS 的山东山丘区土壤侵蚀调查研究[J]. 山东师大学报(自然), 2001, 16(2): 168- 172
[3] 李璧成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995

响,可以全天候作业,具有传统的测量仪器和测量方法不可比拟的优点。根据测量范围和时间的需要可采用一台基准站和多台流动站的工作模式,可大大提高地类界、地形更新的效率和降低成本。利用 GPS 快速 RTK 技术与遥感、地理信息系统技术相结合,即 3S 技术,可实现快速、准确地更新地类界及地形,计算水土流失量,为水土保持工作提供了一种快速、高效、实时地监测手段。

用 GPS 快速 RTK 技术可为水土保持治理工作提供大量可靠信息和依据,并且可将外业测得数据经计算机处理成图放到土地利用图和数据库中。为流域水土保持管理信息系统提供科学数据,为水土流失治理效益评价、土壤侵蚀预测、工矿开发及修路弃土量、水土保持措施验收、管理、决策提供科学依据。

区工程建设后,水土流失造成的影响主要表现在两个方面,一是地表径流量增加,减少了降水入渗补给地下水量。舜湖社区建成以后,流域地表径流量变为原来的 1.65 倍,增加了 46.69 万 m³,而地下水补给量则减少为原来的 74.27%,减少了 21.80 万 m³,如不采取地表集流和促渗措施,将对济南泉水补给造成一定的影响;工程建成后运行期,由于谷地变为住宅区,可蚀面积减少,土壤流失量减少。二是地表径流量的增加,将使下游谷地的径流侵蚀作用增强,加剧沟状侵蚀,流域出口产沙量增大,加大下游谷地的淤积和排洪压力。

4 结 语

济南市南部城区扩展范围较大,而这里的山区是泉域的重要补给区,野外调查发现,南部山区森林覆盖率偏低,尚未形成稳定的生态系统。而且树种结构单一,林相稳定性差,原有的疏林、残林面积较大,加之新植幼林较多,林木生长不良;荒山面积比例较大,防护效能较差,成为本区主要的未利用土地。植被的截流、蓄流、根系固土作用对涵养水源、保持水土起着非常重要的作用,城市规模扩大不可避免地占用大量耕地和其它自然状态的土壤,加上经济利益的驱动使得林地、草地破坏明显,土地利用变化较大。南部山区采石场、荒山、荒坡现象随处可见,地表景观生态破坏严重,不少地区由于长期水土流失,土层瘠薄,几乎无植被覆盖,形成大片裸露岩石,生态环境恢复和重建率非常低。