

GIS 支持下东圳库区水土流失景观因子分异研究*

郑本暖

(福建省水土保持试验站,福州 350001)

摘 要:以东圳库区的法国 SPOT-5 遥感影像和相关图件为源数据,以影响水土流失的土地利用类型、地貌、坡度、坡向、土壤等景观因子为研究对象,运用 GIS 技术,提取各因子特征信息,采用侵蚀强度系数、多样化指数、集中化指数 3 种数值评价指标方法,分析各景观因子类型的水土流失强度分异特征与变化规律,为库区重要水源地水土流失综合治理及景观因子的生态调控提供科学依据。
关键词:GIS; 东圳库区; 水土流失; 景观因子
中图分类号:S157 **文献标识码:**A **文章编号:**1005 3409(2008) 01- 0107- 04

Analysis of Landscape Factors on Soil and Water Loss
in Dongzhen Reservoir Based on GIS

ZHENG Ben-nuan

(Experimental Station of Soil and Water Conservation of Fujian Province, Fuzhou 350001, China)

Abstract:Based on the remote sensing SPOT-5 reflection picture and some other pictures of Dongzhen reservoir watershed, concerned with studying the landscape factors affecting soil and water loss, such as landuse, landform, slope, aspect slope, soil, and so on, the author extracted information of the landscape factors characteristics and chose three evaluation methods: the intensity coefficient of soil and water loss, index of diversification and centralisation of factor types, analyzed the characteristic discrepancies and change laws of soil and water loss, in order to supply some scientific basis to Dongzhen reservoir watershed for controlling soil and water loss and adjusting ecologic structure.
Key words:GIS; Dongzhen reservoir; soil and water loss; landscape factors

水土流失是一个在多因子综合影响下的复杂过程,在一定时空尺度上,往往是多个影响因子(包括主控因子)及其交互影响综合作用的结果^[1]。许多研究表明,水土流失的发生与土地利用、地形地貌、土壤等景观因子关系十分密切。开展水土流失景观因子分异研究,对了解和掌握水土流失的分布、特点、机制以及为防治水土流失制订相应的景观因子调控对策都具有重要的现实意义和理论意义。为此,在 GIS 技术的支持下,利用地理系统学和景观生态学理论,对东圳库区影响水土流失的土地利用、地形地貌、土壤等景观因子的数值分异特征进行分析,以期更加深刻地认识景观由于水土流失而分异的变化特征,旨在为库区重要水源地水土流失综合治理及景观因子的生态调控提供科学依据。

1 研究区概况

东圳水库是集灌溉、防洪、生活用水、工业用水及发电于一体的综合性多功能大型水库,担负着莆田市几百万居民的生活和工农业用水,特别是湄洲湾北岸工业基地发展用水,是莆田市的生命之水。但是,库区人地矛盾突出,近年来山地果园大面积开发,水土流失与非点源污染等生态环境问题较为严重。库区流域面积 321.42 km²,库区水土流失面积 54.47 km²,约占库区土地总面积的 16.95%,其中轻度水土流失面积约占流失面积的 64.79%;中度水土流失占 20.07%;强度水土流失占 13.73%;极强度水土流失占

1.41%。东圳库区水土流失以水力侵蚀、轻度面蚀为主。水土流失分布主要集中在库区周围。东圳库区海拔 60~1 000 m,地貌以低山丘陵和山间盆谷地为主,地形特点为马蹄形盆谷,土壤主要有赤红壤、红壤等类型,库区森林覆盖率 85.60%,植被种类繁多,以人工次生林为主,优势树种为马尾松。

2 研究方法

2.1 景观因子源数据及处理

景观因子信息源主要是具有较高几何精度的法国国家旱田研究中心的 SPOT-5 遥感数据(2003)。影像经过几何纠正、坐标变换和增强处理后,确立解译标志和解译精度,在 GIS 工作平台上通过人工交互式,采用直接解译法、图像处理法、信息融合法和逻辑推理法进行解译。解译后通过实地调查进行校对。在东圳库区 DEM 高程图、东圳库区土壤分布图、东圳库区土地利用图等景观因子图件的基础上,依据景观因子的空间特征,将覆盖全流域的各单一景观因子进行综合和统一规范,按照各景观因子特征,划分不同的等级。

2.2 景观因子分级

根据研究需要,景观因子分级为:地貌因子分为低丘(60~250 m)、高丘(250~500 m)、低山(500~800 m)、中山(800

* 收稿日期:2006 12 29
基金项目:国家自然科学基金项目(40571095);福建省自然科学基金项目(D0410016;D0410018)
作者简介:郑本暖(1956-),男,福建福州人,高级农艺师,主要从事土壤侵蚀与水土保持生态研究。

~ 100 m)4 级;坡度因子分为平坡(0~ 5°)、缓坡(5~ 15°)、斜坡(15~ 25°)、陡坡(25~ 35°)、急坡(35~ 45°)、险坡(45°)6 级;坡向因子分为平台(0°)、北坡(0~ 90°;270~ 360°)、南坡(90~ 270°)3 级;土地利用因子分为耕地、林地、园地、水域、居民点及建设用地、未利用地 6 级;土壤因子分为 13 类。

水土流失强度等级的划分根据水利部强度分级标准,将研究区流域水土流失划分为 5 个强度等级:微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀、极强度侵蚀。

2.3 指标体系的建立

指标体系的确定是在考虑研究区生态环境特征和有关研究方法^[2]的基础上,选取能反映不同景观因子不同侵蚀强度的相对群聚分散程度的一系列指标,并在此基础上分析各景观因子的分异特征。

2.3.1 侵蚀强度系数

侵蚀强度系数 M_i 是指某景观因子土壤侵蚀强度等级的群聚性程度,表示为土壤侵蚀强度等级面积值占该景观某因子面积值的比率,它是一个相对值,随对比的景观因子而变化。一般来说,侵蚀强度系数越大,群聚性程度越大。其计算公式为

$$M_i = S_i / S$$

式中: M_i ——景观某因子侵蚀强度系数(%); S_i ——该景观某因子侵蚀强度等级所占面积值; S ——该景观某因子总面积值。

2.3.2 多样化指数

多样化指数计算公式为

$$G = 1 - [\sum_{i=1}^n x_i^2 / (\sum_{i=1}^n x_i)^2]$$

式中: G ——多样化指数; n ——土壤侵蚀强度等级数,这里 n 取 5; x_i ——某景观因子的第 i 级土壤侵蚀强度面积。多样化指数是反映区域景观因子土壤侵蚀强度总体结构的重要指标。根据此式,如果某景观因子只有一种土壤侵蚀强度,则 $G=0$,多样化指数最小;如果某景观因子的土壤侵蚀等级多样,则 n 越大, G 越接近于 1,当 $n \rightarrow \infty$ 时,多样化指数 $G \rightarrow 1$ 达最大值。多样化指数反映了不同景观因子的土壤侵蚀强度各等级面积值的均匀程度。按照研究内容,将土壤侵蚀强度等级分为 5 个级别,故而其均匀分布情况下的多样化指数为 0.800。

2.3.3 集中化指数

集中化指数是定量说明土壤侵蚀强度集中化的程度,其计算公式为

$$I = (A - R) / (M - R)$$

式中: I ——集中化指数; A ——景观某因子土壤侵蚀强度等级累计百分比之和; M ——假设土壤侵蚀强度都集中于某一等级时,最大累计百分比总和; R ——高一层次景观因子土壤侵蚀强度等级累计百分比之和。集中化指数反映不同景观因子土壤侵蚀强度等级的集中化程度,集中化指数越高,则表明其侵蚀强度等级数越少。

应用上述评价指标体系公式计算出东圳库区流域多样化指数(G)和集中化指数(I)分别为 0.296 6 和 0.871 3,以此值作为基础,可进行各景观因子土壤侵蚀强度分异的对比分析。当某景观因子的多样化指数大于 0.296 6 或集中化

指数小于 0.871 3 时则表明该景观因子土壤侵蚀较为严重,差值越大,严重程度越高。

3 不同景观因子土壤侵蚀强度分异特征

3.1 土地利用因子土壤侵蚀强度分异

土地利用与水土流失关系密切。尺度不同,土地利用与水土流失的机制也不尽相同^[3]。土地利用可以增加或减少径流和土壤侵蚀^[45]。C. Kosmas^[6] 等研究表明,土地利用可以明显地影响径流和土壤侵蚀。

土地利用因子的侵蚀强度系数 (M_i) 见表 1。从表中受侵蚀的各土地利用因子的侵蚀强度系数总和看,其大小顺序为园地—林地—耕地—居民点及建设用地—未利用地—水域。从林地和园地来讲,总的趋势是:由轻度、中度到强度、极强度侵蚀的侵蚀强度系数依次减小,符合一般规律。而耕地则从轻度、中度到强度侵蚀呈现出侵蚀强度系数的“高—低—高”的变化,说明耕地土壤侵蚀等级分布的无序性,也表明了耕地的易侵蚀性特征。

从图 1 的土地利用因子土壤侵蚀强度的多样化指数和集中化指数变化可以发现,园地多样化指数最高,集中化指数最低,说明了园地侵蚀级别多样,面积相对比较均匀。林地和水域景观 G 值均低于各利用类型平均值,而 I 值高于平均值,表明林地和水域土壤侵蚀强度等级的均匀分布程度低于其他用地类型。各利用类型 G 、 I 值差异较大,表现出不同利用类型土壤侵蚀等级的差异性大。另外,耕地土壤侵蚀强度等级的排序显示出一定的分异,表明耕地中强度侵蚀占的比例较大。

3 个指数综合分析结果表明,园地土壤侵蚀最严重。这是由于近几年来,库区内进行了大规模的山地开发种果,水土保持措施不完善或陡坡开垦,造成了大面积的水土流失。据统计,库区园地的流失面积占流失总面积的 53.09%。

表 1 土地利用因子侵蚀强度数值 (M_i)

侵蚀强度	耕地	林地	园地	水域	居民点	未利用地
轻度侵蚀	0.0248	0.0281	0.0448	0.0045	0.0056	0.0022
中度侵蚀	0.0069	0.0129	0.0105	0.0006	0.0013	0.0019
强度侵蚀	0.0114	0.0059	0.0025	0.0002	0.0005	0.0028
极强度侵蚀	0.0007	0.0010	0.0001	0.0000	0.0002	0.0004
总 和	0.0437	0.0478	0.0580	0.0053	0.0076	0.0072

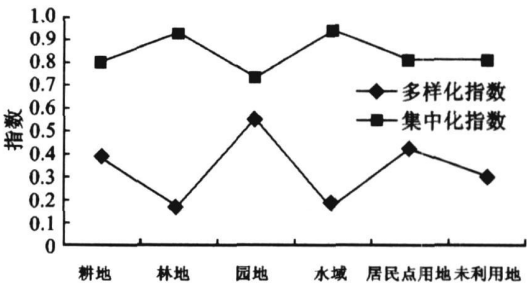


图 1 土地利用因子多样化指数和集中化指数

3.2 地貌因子土壤侵蚀强度的分异

地貌因子侵蚀强度系数如表 2。从侵蚀强度系数总和看,不同地貌因子的土壤侵蚀强度系数差异较大,低、高丘是随侵蚀强度增大而减少,低山则表现出强度侵蚀大于中度侵蚀,中山则表现为中度侵蚀大于轻度侵蚀,表明低山、中山土壤侵蚀的严重性。

从图 2 的地貌因子土壤侵蚀强度多样化和集中化指数变化可以看出。低丘的多样化指数最高,集中化指数最低,其次是中山。这也说明,低丘、中山侵蚀级别比其他地貌因子多。

地貌因子 3 个指标分析结果显示出三者具有极高的一致性,表明低丘、中山区易受侵蚀。东圳库区流域低丘、中山面积大,耕地大部分集中于低丘、中山区,人类对低丘、中山的干扰破坏较严重,故而低丘、中山区都是抗侵蚀脆弱区。

表 2 地貌因子侵蚀强度系数

地貌	低丘	高丘	低山	中山
轻度侵蚀	0.0717	0.0152	0.0227	0.0003
中度侵蚀	0.0178	0.0056	0.0101	0.0006
强度侵蚀	0.0073	0.0022	0.0133	0.0005
极强度侵蚀	0.0003	0.0000	0.0021	0.0000
总 和	0.0971	0.0230	0.0481	0.0014

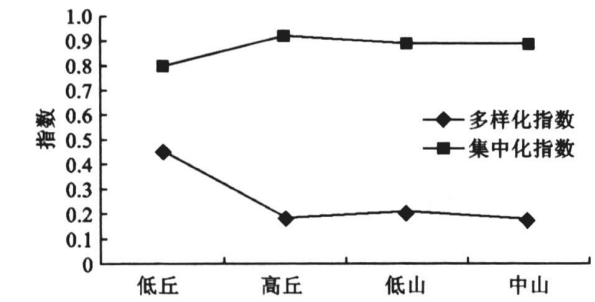


图 2 地貌因子多样化指数和集中化指数

3.3 坡度因子土壤侵蚀强度分异

坡度是地面形态的主要要素,国内研究者通过统计分析,认为土壤流失量与坡度呈幂函数关系^[7]。坡度与土壤流失的关系形态并不是单一的^[7]。陈法扬^[8]的研究结果表明:在 18° 以下土壤冲刷量与坡度呈直线相关,在 18~ 25° 间土壤冲刷量与坡度呈指数关系,在 25° 以上,土壤冲刷量随坡度反而减少。实际上,土壤流失量并不是随着坡度的增大而无限的增大,它总是存在着一个由大变小的临界坡度。国内的多数研究者^[8~11]认为这个临界坡度在 28~ 25° 间。

坡度因子的 M_i 如表 3,从受侵蚀各地貌的侵蚀强度系数总和看,从大到小的顺序是:缓坡>斜坡>平坡>陡坡>急坡>险坡,这个结果表明,缓坡、斜坡的土壤可蚀性较大。不同坡度因子土壤侵蚀强度系数差异大,缓坡、斜坡、陡坡和急坡的 M_i 值是随着侵蚀强度的增大而减小,险坡则表现为强度侵蚀大于中度侵蚀。

表 3 坡度因子土壤侵蚀数值特征值

	平坡 (0~ 5°)	缓坡 (5~ 15°)	斜坡 (15~ 25°)	陡坡 (25~ 35°)	急坡 (35~ 45°)	险坡 (> 45°)
轻度侵蚀	0.0219	0.0360	0.0284	0.0180	0.0047	0.0008
中度侵蚀	0.0044	0.0101	0.0095	0.0074	0.0022	0.0004
强度侵蚀	0.0049	0.0067	0.0056	0.0041	0.0015	0.0004
极强度 侵蚀	0.0003	0.0008	0.0007	0.0004	0.0001	0.0000
总 和	0.0315	0.0535	0.0442	0.0300	0.0086	0.0017

坡度因子的土壤侵蚀多样化指数和集中化指数的变化如图 3。多样化指数从大到小的顺序是:缓坡>斜坡>平坡>陡坡>急坡>险坡,该顺序也是集中化指数从小到大的顺序,数值差异明显,说明了坡度因子的不同带来的土壤侵蚀

严重程度及土壤侵蚀等级类型结构差异较大;另外,缓坡和斜坡的多样化指数均大于了全流域多样化指数 0.296 6,集中化指数小于全流域集中化指数 0.871 3,这表现出两者的土壤侵蚀性很大。平坡的侵蚀强度系数和多样化指数较大,可能与耕地的集中分布及库区果园大面积开发有关。

分析上述 3 个指标,三者也表现出较高的一致性。缓坡、斜坡的土壤侵蚀较严重。坡度为 25~ 28°。

3.4 坡向因子土壤侵蚀强度分异

坡向不同,发生水土流失的程度也不同,这主要是由于光照影响到水分和植被。从表 4 可以看出平台的侵蚀强度系数最小,北坡次之,南坡最大。在南坡,耕地和园地分布的面积比例比北坡大。从不同坡向因子各个侵蚀级别来看,北坡和南坡侵蚀强度系数的排列顺序都很一致,都是随着侵蚀强度的增加而减小,这符合一般的侵蚀规律;平台是强度侵蚀超过中度侵蚀,可见平台土壤侵蚀强度侵蚀仍占有相当的比重。

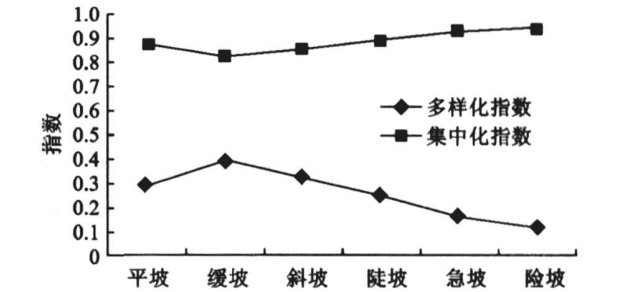


图 3 坡度因子多样化指数和集中化指数

坡向因子的多样化和集中化指数如图 4 所示。多样化指数最大的是南坡,其次是北坡,平台在其后,和集中化指数从小到大的顺序一致。两指数数值差异较小,说明坡向不同带来的土壤侵蚀严重程度差异不大,各坡向土壤侵蚀等级类型结构差异也不大。南坡的多样化指数和集中化指数与全流域比较,同样说明南坡土壤侵蚀性比北坡和平台要大。从上述 3 个指标的分析可以看出,南坡比北坡更易侵蚀。

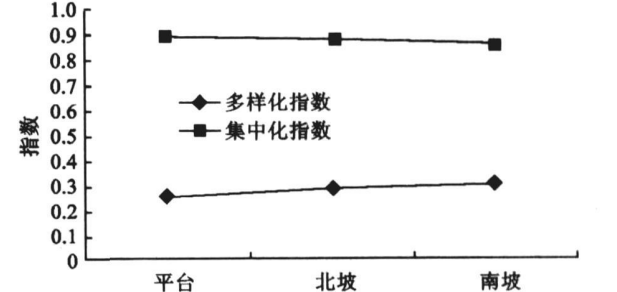


图 4 坡向因子多样化指数和集中化指数

表 4 坡向因子土壤侵蚀数值特征值

坡向	平台 (0°)	北坡(0~ 90°; 270~ 360°)	南坡 (90~ 270°)
轻度侵蚀	0.0054	0.0511	0.0533
中度侵蚀	0.0012	0.0150	0.0179
强度侵蚀	0.015	0.0092	0.0126
极强度侵蚀	0.0001	0.0009	0.0015
总 和	0.0082	0.0762	0.0852

3.5 土壤因子土壤侵蚀强度的分异

库区中的土壤类型主要有红壤、黄红壤和赤红壤等 13 种。从表 5 土壤因子的 M_i 值看,侵蚀强度系数最大的是红

壤,其次是黄泥砂田和黄红壤,三者的土壤可蚀性较大,其中红壤的可蚀性最大,土壤侵蚀主要发生在红壤区。不同土壤因子的侵蚀强度系数差异较大。从排列看,除了潮砂田外,其他排列是随着侵蚀强度的增大而减小,符合一般规律。

土壤因子的多样化指数和集中化指数如图 5 所示,多样化指数从大到小排序:黄红壤> 冷烂田> 红壤> 黄泥砂田> 红泥土> 白鳝泥田> 潮砂田> 赤红壤,这个顺序基本和集中化指数由小到大的顺序一致。因此,黄红壤、冷烂田、红壤中侵蚀强度各等级面积值比较均匀。

根据上述分析,侵蚀强度系数、多样化指数和集中化指数一致性较差,表明:土壤侵蚀较严重的有红壤、黄泥沙田、黄红壤,其中黄红壤和红壤中各侵蚀强度面积值较均匀。

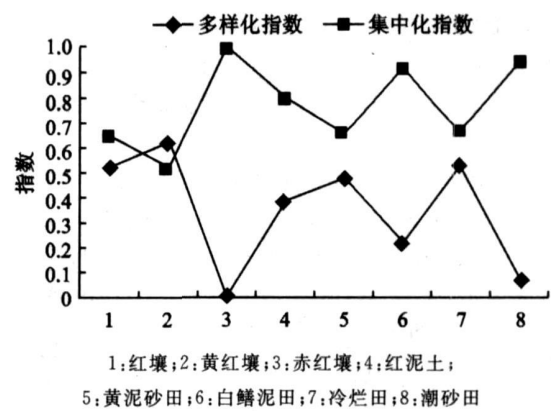


图 5 坡向因子多样化指数和集中化指数

表 5 土壤因子土壤侵蚀数值特征值

土壤	红壤	黄红壤	赤红壤	红泥土	黄泥砂田	白鳝泥田	冷烂田	潮砂田
轻度侵蚀	0.0704	0.0079	0	0.0033	0.0222	0.0012	0.0007	0
中度侵蚀	0.0229	0.0046	0	0.0009	0.0046	0.0002	0.0004	0.0001
强度侵蚀	0.0151	0.0033	0	0.0002	0.0046	0	0.0001	0
极强度侵蚀	0.0014	0.0001	0	0	0.0009	0	0	0
总 和	0.1098	0.0158	0	0.0044	0.0322	0.0014	0.0011	0.0001

4 结 语

(1) 土地利用因子对土壤侵蚀强度的影响程度差异较明显;园地、耕地的土壤侵蚀性较强,尤其是园地,侵蚀强度和多样化指数均最大,集中化指数最小,土壤侵蚀最为严重。

(2) 地貌因子中的低丘和中山区是土壤侵蚀易发区,其中低丘区的侵蚀强度系数、多样化指数都最大,集中化指数最小,是最易侵蚀的地区。

(3) 不同坡度因子区的土壤侵蚀严重程度及土壤侵蚀等级类型结构差异较大;其中 5~ 15° 的缓坡和 15~ 25° 的斜坡土壤侵蚀较严重。

(4) 坡向的土壤侵蚀严重程度和土壤侵蚀等级类型结构差异较小;其中南坡的土壤侵蚀性最大。

(5) 不同土壤因子的侵蚀强度系数差异比显著;红壤、黄泥沙田、黄红壤的土壤侵蚀较严重,其中黄红壤和红壤中各侵蚀强度面积值较均匀。

参考文献:

[1] 邱扬,傅伯杰,王勇.土壤侵蚀时空变异及其与环境因子的时空关系[J].水土保持学报,2002,16(1): 108 111.

[2] 钱乐祥.影响福建土壤侵蚀的景观因子分析[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(1): 23 29.

[3] 傅伯杰,陈利顶,王军,等.土地利用结构与生态过程

[J]. 第四纪研究,2003,23(3): 247- 255.

[4] Fu B J, Chen L D, Ma K, et al. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the Loess Plateau in Northern Shaanxi, China[J]. Catena, 2000, 39(1): 69 78.

[7] Trimble S W. Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975- 1993[J]. Science, 1999, 285: 1244 1246.

[6] Kosmas C, Danalatos N C, Cammeraat L H, et al. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions[J]. Catena, 1997, 29(1): 45- 59.

[7] 王万忠,焦菊英.中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J].水土保持通报,1996,16(5): 1- 20.

[8] 陈法扬.不同坡度对土壤冲刷量影响试验[J].中国水土保持,1985(2): 18- 19.

[9] 陈永宗.黄土高原沟道流域产沙过程的初步分析[J].地理研究,1983,2(1): 35- 45.

[10] 蒋定生.地面坡度对降水入渗影响的模拟试验[J].水土保持通报,1984,4(20): 10- 13.

[11] 王玉宽.黄土丘陵沟壑区坡面径流侵蚀试验研究[J].中国水土保持,1993(7): 22- 24.