

# 基于层次分析法的生产建设项目 水土流失影响综合指数研究

王克勤<sup>1</sup>, 姜德文<sup>2</sup>, 高天天<sup>1</sup>, 杨建英<sup>3</sup>, 张 峥<sup>3</sup>

(1. 西南林业大学 环境科学与工程学院, 云南 昆明, 650224;

2. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100055; 3. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

**摘 要:** [目的] 研究生产建设项目引发的水土流失影响综合指数, 为水土保持科学分类管理提供依据。[方法] 在全国 8 个水土保持区划一级区 31 类生产建设项目中, 筛选出国家、省、地(州、市)、县(区、市)共 2 227 个项目, 收集每个项目的扰动地表面积、损坏植被面积、土石方挖填总量、永久弃渣量、是否涉预防保护区及地貌类型等 13 项水土保持相关指标。采用专家咨询法和层次分析法, 将生产建设项目水土保持分类指标体系分为目标层(水土流失影响等级)、准则层(生产建设项目类别)、约束层(水土保持区划一级区)、指标层(水土流失相关指标)4 个层次。[结果] 线性工程的影响指数基本呈现出: 西南岩溶区(西南紫色土区) > 西北黄土高原区(青藏高原区) > 南方红壤区(北方土石山区、东北黑土区) > 北方风沙区的趋势。点式工程在西南岩溶区和西南紫色土区水土流失影响指数较高, 而在北方风沙区的水土流失影响指数较小。[结论] 生产建设项目水土保持指标体系中层次划分合理, 层次分析法计算得出的综合指数可以作为生产建设项目的水土流失影响指数, 反映生产建设项目水土流失影响程度的水土流失影响潜在值。

**关键词:** 综合指数; 水土流失; 生产建设项目; 层次分析法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0136-07

中图分类号: S157.1

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.031

## A Study on Comprehensive Index of Soil and Water Loss of Production and Construction Projects Using Analytic Hierarchy Process

WANG Keqin<sup>1</sup>, JIANG Dewen<sup>2</sup>, GAO Tiantian<sup>1</sup>, YANG Jianying<sup>3</sup>, ZHANG Zheng<sup>4</sup>

(1. *Environment Science and Enginierring Faculty, Southwest Forestry University, Kunming,*

*Yunnan 650224, China;* 2. *Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources,*

*Beijing 100055, China;* 3. *Soil and Water Conservation Faculty, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)*

**Abstract:** [Objective] To develop a comprehensive index for the evaluation of soil and water loss in production and construction projects in order to provide a basis for the classification of management strategies. [Methods] The 2 227 projects were selected from 31 production and construction projects types at national, provincial, and prefecture levels in eighth first class national soil and water conservation zones. Then the information on 13 indexes such as disturbed surface soil area, damaged vegetation area, cubic meter of earth and stone, permanent discarded earth and stone, etc. were collected in every project. The index system of production and construction projects were divided into 4 grades as the destination layer (influencing on soil water erosion), criterion layer (the types of production and construction projects), constraints layer (the first class soil water conservation divisions), index layer (the index about soil and water loss) based on the consultation with specialist and the analytic hierarchy process (AHP) method. [Results] The index of the linear works showed a trend as the southwestern karst area > the northwestern Loess Plateau area and Tibetan Plateau area > the southern red soil area, northern earth and rock area and northeastern black earth area > the northern sand wind area. The index of soil and water loss of the point works was higher in the southwestern

收稿日期: 2014-12-06

修回日期: 2015-03-06

资助项目: 水利部“生产建设项目水土保持分类管理名录研究”(2012—2014)

第一作者: 王克勤(1964—), 男(汉族), 甘肃省庄浪县人, 博士, 教授, 博士生导师。研究方向为小流域环境综合治理的理论与技术研究。  
E-mail: wangkeqin7389@sina.com。

通讯作者: 姜德文(1959—), 男(汉族), 内蒙古自治区阿拉善盟人, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向为水土保持管理与技术咨询。  
E-mail: jiangdw888@sina.com。

karst area and southwestern purple soil area, and low in the north sand wind area. [Conclusion] The gradation system is reasonable in the index system of soil and water loss in a production and construction projects. Comprehensive index calculated by AHP method can be used as evaluation index of soil and water loss, reflecting potential influence of soil and water loss in a production and construction projects.

**Keywords:** synthesize index; soil and water loss; production and construction projects; gradation analysis method

随着我国经济的迅速发展,区域资源开发、城镇建设、矿产资源开发、交通工程建设等生产建设项目造成的大量水土流失也成为人们关注的焦点。生产建设项目造成的水土流失不仅情况复杂,而且危害十分严重。生态环境的破坏和恶化,土地沙漠化迅速扩展,森林资源锐减,水体污染加重等均造成人口、资源、环境等矛盾突出,严重影响着社会经济的可持续发展。但生产建设项目的种类复杂,水土流失的形式多样,水土流失的影响程度差异较大,对其进行水土流失影响等级划分有助于进行科学分类管理。

多年来,我国对水土保持中的以下几个方面进行了大量探讨和实践,主要集中于对水土保持方案的编制、审查、审批程序、方式、内容<sup>[1]</sup>,水土保持方案的法律地位,项目建议阶段、可行性研究阶段、设计施工及竣工验收阶段的水土保持要求<sup>[2-4]</sup>,水土保持设施竣工验收应具备的条件、验收范围与内容、验收标准、验收权限、验收过程、竣工验收程序<sup>[3,5]</sup>等,并对生产建设项目水土保持监督管理中存在的问题进行了剖析<sup>[6-9]</sup>。

世界各国在开发建设项目的水土保持管理方面积累了丰富的经验。美国除了联邦法律外,各州和县也可以根据当地的特点立法或对联邦法进行补充,以有效地保护水资源<sup>[10]</sup>。英国学者 David L. Higgitt<sup>[11]</sup>以地中海气候为背景,倡导水资源和土地可持续利用的市场控制,指出政策法规在土地可持续利用中的决定性作用。澳大利亚学者 Harvey N 提出该区域有效评价环境影响的相关政策法规以及操作流程,指出所有上报的项目都应该满足所有合法的要求并对环境管理持续地作出贡献<sup>[12]</sup>。日本的水土保持管理中每年由各都道府县批准的水土保持许可可达6 000多件,其中涉及国土部门的项目占60%。这些许可的审查发放,有效地保护了水土、植被资源,减少了土砂灾害<sup>[13]</sup>。日本除了国家法律之外,地方认为有立法必要的,则根据当地实际情况,单独制定各地方法律<sup>[14]</sup>。

研究水土保持分类指标,对生产建设项目水土保持综合评价中定量化分类科学管理具有十分重要的意义。以往的生产建设项目水土保持管理研究大多为水土保持方案编报审批程序、方案编制质量、水土

保持监督执法、水土保持设施验收程序标准管理等方面的研究。《生产建设项目水土保持准入条件研究》虽然涉及到了项目分类,但仅仅是考虑了行业特点的分类,没有考虑区域特点,而且分类应用仅限于审查和审批等准入环节,而在水土保持其他管理环节上未做全面研究。

为提高分类管理的效率,本研究根据不同行业类别、工程规模特性、水土流失状况等,并结合区域敏感性,以专家咨询法和层次分析等方法,确定生产建设项目水土保持分类指标值,科学指导水土保持分类管理,提高水土保持工作的科学性和可操作性,为生产建设项目创新分类管理的模式提供科学依据。

## 1 研究对象

生产建设项目种类繁多,本研究选择的均为与水土保持密切相关的项目,即项目在建设、生产过程中易引发水土流失,项目的建设对区域水土资源环境有一定影响。本研究对象涵盖了全国八个水土保持区划一级区17类(31小类)的生产建设项目,包括公路、铁路,涉水交通,机场,电力行业(火电、核电、输变电、风电),水利(水利枢纽、灌区、引调水、堤防、蓄滞洪区、其他小型水利),水电,矿山(井采、露天),油气(开采、管道、储存与加工),城建(轨道交通、管网、房地产、工业园区、其他类城建),林浆纸一体化,农林开发,加工制造厂,社会事业,信息产业等。由于每类项目建设规模不同,产生的水土流失影响也相差较大,因此每类项目包含了大型项目(国家立项审批)和中小型项目(省市县立项审批)。总计筛选出2 227个项目,其中国家级389项,省级1 077项,地(州、市)级563项,县(区、市)级198项,数据的选取不仅覆盖了几乎所有与水土保持有关的生产建设项目,而且针对每类项目本身规模大小和水土流失影响特性等方面也进行了仔细的筛选,尽量选取具备代表性的项目,使研究能够反映生产建设项目对水土流失影响的普遍情况。

为有效保证基础数据来源,本研究从不同水土保持区划一级区、不同行业、不同规模的生产建设项目水土保持方案中选取与水土流失影响密切相关的数

据。主要包括：(1) 扰动地表面积(永久占地和临时占地)；(2) 损坏植被面积；(3) 土石方挖填总量；(4) 永久弃渣量；(5) 建设总工期；(6) 新增水土流失量；(7) 水土保持投资强度；(8) 是否涉及国家、省、市、县预防保护区；(9) 地貌类型(山区、丘陵、风沙、平原)；(10) 防治责任范围面积；(11) 水土保持区划一级区；(12) 项目审批部门；(13) 水土流失生态不可恢复度。

## 2 研究方法

### 2.1 以专家咨询法确定分类指标权重

为了全面、科学、合理地研究和确定各个影响指

标对生产建设项目水土流失的贡献率,本研究采用专家咨询法,对 9 类影响指标的权重做了系统的专家调查,收集到大量的专家意见。本次咨询调查共收集到全国 8 个水土保持区划一级区 88 位专家的意见,专家分布情况包括国家水保方案评审专家、水利部各流域管理机构、各省水行政主管部门、设计科研教学等机构。专家的专业类别包括水土保持、水利水电工程、农田水利、生态等多个与水土保持相关的专业;专家的行业类别涉及水利水电、交通、电力、矿山、煤炭、城建、林业等与水土保持相关的各个行业,并且长期从事水土保持工作,特别是从事生产建设项目的水土保持工作。专家的具体信息情况见表 1。

表 1 被调查专家信息及人数分布

单位性质	专业	行业	职称	学历
设计单位(41 人)	水土保持(19 人)	水利、水电(67 人)	正高级(42 人)	博士研究生(41 人)
行政管理单位(28 人)	水利水电工程(35 人)	城市建设(1 人)	副高级(39 人)	硕士研究生(33 人)
高等院校、科研院所(19 人)	农田水利(4 人)	矿产(1 人)	中级及以下(7)	本科生及以下(14 人)
	生态学(5 人)	林业(3 人)		
	环境及其他类(25 人)	建筑建材(3 人)		
		农业(1 人)		
		交通运输(6 人)		
		冶金矿产(3 人)		
		环保绿化(3 人)		

本研究采用匿名发表意见的方式,通过多轮次调查专家对赋权数值的意见,经过反复征询、归纳、修改,最后汇总成专家基本一致的看法,作为最后的赋权结果。

### 2.2 以层次分析法确定水土流失影响程度

层次分析方法是指将决策问题的有关元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性分析和定量分析的一种决策方法。它是对复杂决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析之后,构建一个层次结构模型,然后利用定性和定量信息,把决策的思维过程数学化,从而为求解多准则或无结构特性的复杂决策问题提供一种简单的决策方法。

运用层次法构造模型,一般分为以下 5 个步骤完成:(1) 递阶层次结构的建立;(2) 构造比较判断矩阵;(3) 单准则下的排序;(4) 单准则下的一致性检验;(5) 层次总排序。

2.2.1 首先,建立递阶层次结构 一般可以将层次分为以下 4 种类型。

(1) 目标层。只包含一个元素,表示决策分析的

总目标,因此也称为总目标层。

(2) 准则层。包含若干层元素,表示实现总目标所涉及的各子目标,包含各种准则、约束、策略等。

(3) 约束层。表示实现各决策目标的可行方案、措施等,也称为方案层。

(4) 指标层。反映方案特征的具体指标。

2.2.2 构造比较判断矩阵 设有  $m$  个目标(方案或元素),根据某一准则,将这  $m$  个目标两两进行比较,把第  $i$  个目标( $i=1,2,\dots,m$ )对第  $j$  个目标的相对重要性记为  $a_{ij}$  ( $j=1,2,\dots,m$ ),这样构造的  $m$  阶矩阵用于求解各个目标关于某准则的优先权重,成为权重解析判断矩阵,简称判断矩阵,记作  $A=(a_{ij})_{m \times m}$ 。若决策者能够准确估计  $a_{ij}$  ( $i,j,k=1,2,\dots,m$ ),则有  $a_{ij}=1/a_{ji}$ ,  $a_{ij}=a_{ik} \cdot a_{kj}$ ,  $a_{jj}=1$ 。

根据比较判断矩阵求得各因素  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ ,对于准则  $A$  的相对排序权重的过程称为单准则下的排序。这里设  $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ,  $A > 0$ 。

2.2.3 单准则下的一致性检验 当一致性指标  $CI=(\lambda_{max}-m)/(m-1)$ ,随机指标为  $RI$  时,一致性比率  $CR=CI/RI$ 。

(1) 当 CR 取 0.1 时,最大特征值:  $\lambda_{\max}' = CI(m-1) + m = 0.1RI(m-1) + m$ ;

(2) 当  $n=1, 2$  时,  $RI=0$ , 这是因为 1, 2 阶判断矩阵总是一致的。

(3) 当  $n \geq 3$  时, 若  $CI < 0.1$  (即  $\lambda_{\max} < \lambda_{\max}'$ ), 认为比较判断矩阵的一致性可以接受, 否则应对判断矩阵作适当的修正。

(4) 层次总排序。① 计算同一层次所有因素对最高层相对重要性的权重向量, 这一过程是自上而下逐层进行的; ② 设已计算出第  $k-1$  层上有  $n_{k-1}$  个元素相对总目标的权重向量为:  $w(k-1) = [\omega_1(k-1), \omega_2(k-1), \dots, \omega_{n(k-1)}(k-1)]^T$ ; ③ 第  $k$  层有  $n_k$  个元素, 他们对于上一层次 (第  $k-1$  层) 的某个元素  $j$  的单准则权重向量为:  $p_j(k) = [\omega_{1j}(k), \omega_{2j}(k), \dots, \omega_{n_{kj}}(k)]^T$  (对于与  $k-1$  层第  $j$  个元素无支配关系的对应  $\omega_{ij}$  取值为 0); ④ 第  $k$  层相对总目标的权重向量为:  $wk = [p_1(k), p_2(k), \dots, p_{n_k}(k)]w(k-1)$ 。

2.2.4 层次总排序的一致性检验 第  $k$  层的一致性检验指标:

$$CI_k = [CI_1(k-1), CI_2(k-1), \dots, CI_{n_k}(k-1)]w(k-1)$$

$$RI_k = [RI_1(k-1), RI_2(k-1), \dots, RI_{n_k}(k-1)]w(k-1)$$

$$CR_k = CR(k-1) + CI_k / RI_k$$

当  $3 \leq k \leq n$ ,  $CR_k < 0.1$  时, 可认为评价模型在第  $k$  层水平上整个达到局部满意一致性。

层次分析法计算得出的综合指数作为生产建设项目的水土流失影响指数, 用于反映生产建设项目水土流失影响程度大小的水土流失影响潜值, 为一无量纲值, 是衡量生产建设项目水土流失影响大小的一个标准尺度。所得指数结果的评定以数值越大对水土流失的影响也越大, 数值越小对水土流失的影响越小, 即指数值小所得结果较优。本文采用 SPASS 13.0 软件进行层次数据分析和计算。

### 3 结果与分析

#### 3.1 生产建设项目水土保持分类指标体系构建

3.1.1 指标体系建立 按照层次分析法的理论与方法, 将生产建设项目水土保持分类指标体系分为目标层、准则层、约束层、指标层 4 个层次。

(1) 目标层。即研究的目标层, 从整体上反映了各类生产建设项目的水土流失程度等级, 共划分为极严重程度、严重程度、一般程度、较轻微程度和轻微程度 5 个等级, 为全面、系统地分析研究生产建设项目

水土保持分类提供依据。

(2) 准则层。即目标层水土流失程度等级中包含的各个行业类别, 反映了不同行业在建设过程中所引发的水土流失危害大小, 按行业共分为 31 个准则层。

(3) 约束层。即各行业在不同水土保持区划一级区下的水土流失状况, 结合全国土壤侵蚀的实际特点, 将每个行业内分解成东北黑土区、北方土石山区、西北黄土高原区、北方风沙区、西南岩溶区、西南紫色土区、南方红壤区和青藏高原区 8 个相对独立又有机结合的子系统, 各子系统综合反映了行业的水土流失特征。

(4) 指标层。即各系统中的关键组成成分及主要影响因子, 反映了系统中各要素、因子具体的、量化的状况、关系等, 共设置扰动地表面积指标层、损坏植被面积指标层、土石方挖填总量指标层、永久弃渣量指标层、项目建设总工期指标层、新增水土流失量指标层、水土保持投资强度指标层、对区域生态环境及水土资源的影响指标层、地貌类型指标层 9 个指标。

3.1.2 分类指标的选择 根据生产建设项目水土流失影响等级研究结果, 与水土流失影响程度等级一致, 分轻微程度水土流失危害、较轻微程度水土流失危害、一般程度水土流失危害、严重程度水土流失危害和极严重程度水土流失危害 5 个目标层, 每一个目标层包含不同的准则层 (生产建设项目类别), 每一个准则层均包含东北黑土区、北方土石山区、西北黄土高原区、北方风沙区、南方红壤区、西南岩溶区、西南紫色土区和青藏高原区 8 个约束层, 每个约束层包含了 9 个指标层, 包括扰动地表面积、损坏植被面积、土石方挖填总量、永久弃渣量、项目建设总工期、新增水土流失量、水土保持投资强度、对区域生态环境及水土资源的影响和地貌类型。

3.1.3 生产建设项目水土保持分类指标体系 根据分类指标体系建立的原则, 通过每个目标、准则、约束、指标的选取和分析, 建立分类指标体系 (见表 2)。

#### 3.2 确定评价指标的权重

经对全国相关行业 88 位专家的咨询, 并进行计算分析, 最终的分类指标权重见表 3。

#### 3.3 指标数据标准化

本研究所选指标数据量纲不同, 有多种计量单位, 在进行分析计算时需首先对其进行标准化处理。分别对数据库中的扰动地表面积、损坏植被面积 (单位扰动面积的损坏植被量)、土石方挖填总量 (单位扰动面积的土石方挖填量)、永久弃渣量 (单位扰动面积的永久弃渣量)、项目建设总工期、新增水土流失量

(单位扰动面积的新增水土流失量)、水土保持投资强度共计 7 个指标数据,依据评价指标及专家咨询法中确定的评价指标权重,直接进行指标数据标准化,把

数据变为(0, 1)之间的小数,把有量纲的表达式转化为无量纲的纯量。由于数据太多,标准化结果不能在本文中表达。

表 2 生产建设项目水土保持分类指标体系框架

目标层	准则层	约束层	指标层
水 5 土极 流严 失重 危程 害度 类	1 公路行业	1 东北黑土区	1 扰动地表面积
	2 铁路行业	2 北方土石山区	2 损坏植被面积
	3 露天矿工程(包括露天金属矿、非金属矿和煤矿)	3 西北黄土高原区	3 土石方挖填总量
	4 林浆纸一体化工程	4 北方风沙区	4 永久弃渣量
		5 南方红壤区	5 建设总工期
		6 西南岩溶区	6 新增水土流失量
		7 西南紫色土区	7 水土保持投资强度
		8 青藏高原区	8 对区域生态环境及水土资源的影响
			9 地貌类型
水 4 土严 流重 失程 危度 害类	5 机场工程	1 东北黑土区	1 扰动地表面积
	6 核电站工程	2 北方土石山区	2 损坏植被面积
	7 水利枢纽工程	3 西北黄土高原区	3 土石方挖填总量
	8 水电站工程	4 北方风沙区	4 永久弃渣量
	9 工业园区项目	5 南方红壤区	5 建设总工期
		6 西南岩溶区	6 新增水土流失量
		7 西南紫色土区	7 水土保持投资强度
		8 青藏高原区	8 对区域生态环境及水土资源的影响
			9 地貌类型
水 3 土一 流般 失程 危度 害类	10 涉水交通行业	1 东北黑土区	1 扰动地表面积
	11 风电行业	2 北方土石山区	2 损坏植被面积
	12 引调水工程	3 西北黄土高原区	3 土石方挖填总量
	13 井采矿工程(包括井采金属矿、非金属矿和煤矿)	4 北方风沙区	4 永久弃渣量
	14 油气开采工程	5 南方红壤区	5 建设总工期
	15 油气管道工程	6 西南岩溶区	6 新增水土流失量
	16 轨道交通工程	7 西南紫色土区	7 水土保持投资强度
	17 农林开发工程	8 青藏高原区	8 对区域生态环境及水土资源的影响
	18 火电行业		9 地貌类型
水 2 土较 流轻 失微 危程 害度 类	19 灌区工程	1 东北黑土区	1 扰动地表面积
	20 堤防工程	2 北方土石山区	2 损坏植被面积
	21 蓄滞洪区工程	3 西北黄土高原区	3 土石方挖填总量
	22 其他小型水利工程	4 北方风沙区	4 永久弃渣量
	23 油气储存与加工工程	5 南方红壤区	5 建设总工期
	24 管网工程	6 西南岩溶区	6 新增水土流失量
	25 加工制造业	7 西南紫色土区	7 水土保持投资强度
	26 输变电工程	8 青藏高原区	8 对区域生态环境及水土资源的影响
			9 地貌类型
水 1 土轻 流微 失程 危度 害类	27 房地产工程	1 东北黑土区	1 扰动地表面积
	28 其他类城建工程	2 北方土石山区	2 损坏植被面积
	29 社会事业(教育、卫生、文化、广电、旅游等)	3 西北黄土高原区	3 土石方挖填总量
	30 信息产业(电信、邮政等)	4 北方风沙区	4 永久弃渣量
	31 其他行业	5 南方红壤区	5 建设总工期
		6 西南岩溶区	6 新增水土流失量
		7 西南紫色土区	7 水土保持投资强度
		8 青藏高原区	8 对区域生态环境及水土资源的影响
			9 地貌类型

表 3 生产建设项目水土保持分类指标权重

分类指标	权重
扰动地表面积	0.10
损坏植被面积	0.10
土石方挖填总量	0.20
永久弃渣量	0.12
项目建设总工期	0.08
预测新增水土流失量	0.08
水土保持投资强度	0.05
对区域生态环境及水土资源影响程度	0.05
地貌类型	0.22

除对上述 7 个定量指标进行标准化计算外,本研究尚有两个定性指标需赋值参与计算,赋值结果为:

对区域生态环境及水土资源影响程度指标(是否涉及国家、省、市、县水土流失重点预防保护区),属于预防保护区的项目该指标赋值为 0.3,不属于预防保护区的项目该指标赋值为 0;地貌类型指标(山区—丘陵—风沙—平原),属于山区地貌类型的项目该指标赋值为 0.6,属于丘陵地貌类型的项目该指标赋值为 0.4,属于风沙地貌类型的项目该指标赋值为 0.4,属于平原地貌类型的项目该指标赋值为 0.2。

### 3.4 层次分析计算

用研究方法中的层次分析方法对标准化后的指标数据用 SPASS 软件进行计算分析,最终得到综合指数,即生产建设项目水土流失影响指数(表 4)。

表 4 生产建设项目水土流失影响指数

项目类别	水土流失影响指数							
	东北黑土区	北方土石山区	北方风沙区	南方红壤区	青藏高原区	西南岩溶区	西南紫色土区	西北黄土高原区
1 公路行业	0.221 9	0.118 1	0.114 6	0.291 2	0.312 7	0.330 0	0.293 0	0.272 1
2 铁路行业	0.283 6	0.157 7	0.177 9	0.235 2	0.185 2	0.331 4	0.305 4	0.189 0
4 林浆纸一体化工程	—	—	—	0.421 6	—	0.461 2	—	—
5 机场工程	0.177 8	0.505 2	—	0.319 7	—	0.411 6	0.363 5	0.343 2
6 核电站工程	0.159 2	—	—	0.317 6	—	—	—	—
7 水利枢纽工程	0.312 4	0.185 8	0.259 4	0.247 0	0.317 2	—	0.306 3	0.174 6
8 水电站工程	0.449 6	0.337 7	0.258 7	0.318 1	0.277 6	0.434 9	0.431 8	—
9 工业园区项目	—	0.263 6	—	0.328 6	—	—	—	—
10 涉水交通行业	0.141 5	0.141 1	0.095 9	0.154 8	0.201 9	0.298 4	0.247 4	0.306 7
11 风电行业	0.145 9	0.278 0	0.152 5	—	0.207 2	0.365 1	—	0.342 7
12 引调水工程	0.178 1	0.240 3	0.130 2	0.138 0	—	0.302 8	0.233 1	—
13 井采矿工程	0.276 4	0.236 7	0.183 9	0.246 1	0.324 1	0.301 7	—	0.270 3
14 油气开采工程	—	0.209 4	0.081 9	—	—	—	0.230 8	0.338 2
15 油气管道工程	0.139 2	0.174 3	0.106 1	0.184 3	—	0.299 2	0.282 1	0.243 6
16 轨道交通工程	—	0.074 6	—	0.224 0	—	0.360 0	—	—
17 农林开发工程	0.103 8	0.264 0	0.085 1	0.166 3	0.198 0	0.363 0	—	—
18 火电行业	0.152 9	0.149 1	0.122 6	—	—	0.330 2	0.252 4	0.203 0
19 灌区工程	0.086 8	0.221 3	0.152 9	0.133 7	0.318 2	0.304 2	—	—
20 堤防工程	0.141 9	0.099 6	0.129 1	0.156 6	0.190 6	—	—	—
21 蓄滞洪区工程	0.222 6	0.219 3	0.201 4	0.252 0	0.254 7	0.411 3	—	—
22 其他小型水利工程	—	0.140 4	0.077 2	0.110 9	—	—	—	—
23 油气储存与加工工程	0.255 3	0.144 1	0.075 6	0.261 1	—	0.276 1	—	0.236 2
24 管网工程	0.212 7	0.236 7	0.077 3	0.139 9	—	—	—	—
25 加工制造行业	0.179 8	0.208 7	0.155 6	0.232 0	0.186 0	0.255 8	0.335 2	0.266 6
26 输变电工程	0.221 5	0.202 3	0.168 3	0.210 3	0.222 1	0.312 5	0.273 3	0.258 8
27 房地产工程	0.075 8	0.228 6	0.103 0	0.212 7	—	0.320 9	—	—
28 其他类城建工程	—	0.162 5	—	0.191 0	0.203 0	0.328 2	0.283 3	—
29 社会事业	0.104 2	0.197 8	—	0.218 2	—	0.327 6	—	—
30 信息产业	0.081 0	—	—	0.144 6	—	—	—	—

注:①“—”表示该一级区未收集到该类生产建设项目的群体数据;②露天矿工程包括露天金属矿非金属矿和煤矿;③井采矿工程包括井采金属矿、非金属矿和煤矿;④社会事业包括教育、卫生、文化、广电、旅游等;⑤信息产业包括电信、邮政等。

### 3.5 水土流失影响指数分析

由表 4 层次分析计算结果可知,线性工程(铁路、公路、油气管道、轨道交通、引调水、管网、输变电、堤防)在各水土保持区划一级区水土流失影响指数分布较规律,影响指数基本呈现西南岩溶区(西南紫色土区) > 西北黄土高原区(青藏高原区) > 南方红壤区(北方土石山区、东北黑土区) > 北方风沙区,线性工程沿一个方向长距离建设,而宽度较窄,受地形随机影响较小,因此能较为全面地反映其所在水土保持区划一级区的水土流失一般特征。点式工程(露天矿、机场工程、油气开采、林浆纸一体化、核电站、水电站、工业园区、加工制造、涉水交通、水利枢纽、火电、风电、灌区、蓄滞洪区、其他小型水利、井采矿、油气储存与加工、农林开发、房地产、其他类城建、社会事业、信息产业)在各水土保持区划一级区水土流失影响指数分布则不明显,究其原因主要是由于建设相对集中在一个区域内,受地形随机影响较大,不能完全反映一个水土保持区划一级区的水土流失特征。总体上来说,仍是西南岩溶区和西南紫色土区水土流失影响指数较高,而北方风沙区的水土流失影响指数较小。这是主要由于西南岩溶区和西南紫色土区由于山高坡陡,高温多雨,岩溶和紫色土发育而造成水土流失严重,而北方风沙区则由于气候干燥,大风和沙暴强烈,导致该区受到风沙侵蚀威胁,较其他水土保持区划一级区水土流失危害低。

## 4 结论

(1) 生产建设项目水土保持分类指标体系分为目标层、准则层、约束层、指标层 4 个层次。目标层划分为极严重程度、严重程度、一般程度、较轻微程度和轻微程度 5 个等级;准则层按行业共分为 31 个;约束层为不同水土保持区划一级区,分别为东北黑土区、北方土石山区、西北黄土高原区、北方风沙区、西南岩溶区、西南紫色土区、南方红壤区和青藏高原区;指标层共有扰动地表面积指标层、损坏植被面积指标层、土石方挖填总量指标层、永久弃渣量指标层、项目建设总工期指标层、新增水土流失量指标层、水土保持投资强度指标层、对区域生态环境及水土资源的影响指标层、地貌类型指标层 9 个指标。

(2) 层次分析法计算得出的综合指数可以作为生产建设项目的水土流失影响指数,用于反映生产建设项目水土流失影响程度大小的水土流失影响潜值,其数值越大对水土流失的影响也越大,数值越小对水

土流失的影响越小。

(3) 线性工程的影响指数基本呈现出:西南岩溶区(西南紫色土区) > 西北黄土高原区(青藏高原区) > 南方红壤区(北方土石山区、东北黑土区) > 北方风沙区的趋势,能较为全面地反映其所在水土保持区划一级区的水土流失一般特征。

(4) 点式工程在西南岩溶区和西南紫色土区水土流失影响指数较高,而北方风沙区的水土流失影响指数较小。除了这 3 个差异明显的一级区外,在其他一级区,由于受地形随机影响较大,不能完全反映一个水土保持区划一级区的水土流失特征,点式工程的水土流失影响指数分布规律性则不明显。

### [参 考 文 献]

- [1] 马和平. 水土保持方案的审批程序[J]. 中国水土保持, 1997(8):35-36.
- [2] 王安明. 开发建设项目中水土保持方案的管理工作[J]. 浙江水利科技, 1998(5):10-12.
- [3] 姜德文, 曹善和. 开发建设项目水土保持设施竣工验收程序和方法[J]. 中国水土保持, 2003(12):10-12.
- [4] 高远, 任明. 关于开发建设项目水土保持监督管理体系的思考与建议[J]. 中国水土保持, 2003(3):31-32.
- [5] 姜德文. 开发建设项目水土保持全程管理简述[J]. 中国水土保持, 2004(6):9-10.
- [6] 苗光忠. 提高水土保持监督管理能力之管见[J]. 中国水土保持, 2011(8):8-10.
- [7] 曾大林, 王瑞增. 对水土保持监督管理工作有关问题的思考[J]. 中国水土保持, 2011(11):26-27.
- [8] 张小林. 长江流域建设项目水土保持监督管理现状及对策[J]. 人民长江, 2009, 140(8):69-71.
- [9] 吴长文, 黄翰森, 黄琼. 欧洲城市水土保持考察及其思考[J]. 中国水土保持, 2006(3):10-12.
- [10] 李木山. 赴美国考察水土保持的报告[J]. 海河水利, 1996(3):22-25.
- [11] Higgitt D L. Land degradation, conservation and globalization: A Mediterranean perspective[M]//Camarda D, Grassini L. Local Resources and Global Trades: Environment Sand Agriculture in the Mediterranean Region. Bari: CIHEAM, 2003:71-78.
- [12] Harvey N. Environmental Impact Assessment: Procedures, Practice and Prospects in Australia [M]. Melbourne: Oxford University Press; 1998.
- [13] 鲁胜利. 日本水土保持监督执法[J]. 福建水土保持, 2002, 14(1):34-35.
- [14] 刘怡靖. 日本冲绳县赤土流出防止条例与对策简介[J]. 福建水土保持, 2002, 14(4):55-58.