

高速公路项目水土流失影响指数的应用研究

张 峥¹, 陈吉虎², 姜德文³, 赵廷宁¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083;

2. 水利部综合事业局, 北京 100053; 3. 水利部水土保持监测中心, 北京 100055)

摘 要: 运用水土流失影响指数(SWII)对 106 个高速公路水土保持方案进行了定量计算和评价,通过专家咨询法对 9 个指标的权重进行专家意见调查。运用层次分析法,计算得出每个水土流失影响指标的权重。然后采用 SPSS 主成分分析法,分析不同侵蚀类型区水土流失的主要影响因子。参照水土流失影响指数计算结果,将高速公路类项目按照影响等级分为三类,即水土流失影响指数大于 0.387 的属于重度影响类;水土流失影响指数在 0.258~0.387 之间属于中度影响类;水土流失影响指数小于 0.258 为轻度影响类。针对高速公路项目水土流失影响程度,主要从水土流失防治标准,水土保持工程等级,水土保持措施配置要求和施工工艺要求等方面提出了相应的技术要求。

关键词: 水土流失影响指数; 高速公路; 水土保持方案; 技术要求

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)02-0116-04

中图分类号: S157.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.025

Application of Soil and Water Loss Impact Index for Expressway Projects

ZHANG Zheng¹, CHEN Ji-hu², JIANG De-wen³, ZHAO Ting-ning¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083,

China; 2. Comprehensive Business Bureau, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

3. Soil and Water Conservation Monitoring Center, Ministry of Water Resources, Beijing 100055, China)

Abstract: The quantitative calculation and evaluation for soil and water conservation schemes of 106 expressways are made using soil and water loss impact index(SWII). The weight of each indicator is calculated by consulting experts about the weights of 9 indicators and applying analytic hierarchy process(AHP). The key factors for soil and water loss in different eroded areas are then analyzed by applying principal components analysis(PCA). According to the calculated SWII, the expressway projects can be divided into three types: high-influencing project with a value of SWII higher than 0.387, medium-influencing project with a value of SWII between 0.258 and 0.387, and low-influencing project with a value of SWII lower than 0.258. Based on the influencing degree of soil and water loss on expressway projects, some technical requirements are presented from the aspects of prevention criteria, engineering grades, allocating requirements of soil and water conservation measures and construction techniques.

Keywords: soil and water loss impact index; expressway; soil and water conservation scheme; technical requirement

“十一五”计划末期,我国高速公路通车里程由“十五”末期的 $4.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 发展到 $7.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 5 a 新增了 $3.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 增长 0.83 倍,居世界第二位。目前,各省《国民经济和社会发展“十二五”规划纲要》已陆续出台。通过对各省高速公路规划目标进行统计后得出以下数据:“十二五”期间全国将新增 $5.92 \times 10^4 \text{ km}^2$ 高速公路通车里程,2015 年全国高速

公路通车里程将超过 $1.30 \times 10^5 \text{ km}^2$ [1]。从高速公路总量上看,我国高速公路建设已经得到了飞跃式发展,基本能够满足经济和生活的需求。然而,高速公路项目在建设过程中必然会占用土地、破坏植被、产生水土流失,作为线性工程,高速公路对项目建设所在区域的生态环境会产生重大影响。因此,开展高速公路项目水土流失影响指数应用研究,通过对项目实

收稿日期:2013-06-10

修回日期:2013-07-16

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”(312)

作者简介:张峥(1988—),女(汉族),河北省三河市人,硕士研究生,主要研究方向为工程绿化。E-mail:chrissyzhazheng@gmail.com。

通信作者:赵廷宁(1962—),男(汉族),河北省原阳县人,博士,教授,主要从事工程绿化和水土保持与荒漠化研究。E-mail:zhtning@bjfu.edu.cn。

施后可能带来的水土流失影响进行评价,及时发现问题,指导设计与施工,对实现公路建设与社会、经济、环境效益相互协调,促进公路交通事业的可持续发展具有重要意义。

1 研究方法

1.1 水土流失影响指数计算方法

水土流失影响指数(SWII)是将水土保持损益分析中的关键影响指标进行加权后求和,得到用于反映建设项目水土流失影响程度大小的水土流失潜值,为无量纲值,是定量评价、评判开发建设项目水土保持得失的结论性指标^[2]。SWII 计算公式为:

$$SWII = \sum \alpha_i \cdot \chi_i$$

式中: α_i ——第 i 个水土流失影响指数关键指标的权重; χ_1 ——扰动地表面积归一化后的值; χ_2 ——单位扰动面积损坏植被面积归一化后的值; χ_3 ——单位扰动面积土石方挖填总量归一化后的值; χ_4 ——单位扰动面积永久弃渣量归一化后的值; χ_5 ——项目建设总工期归一化后的值; χ_6 ——单位扰动面积预测新增水土流失量归一化后的值; χ_7 ——水土保持投资强度归一化后的值; χ_8 ——对区域生态环境及水土资源影响程度赋值; χ_9 ——对地貌类型赋值。

1.2 水土流失影响关键指标权重的确定

为了科学合理地研究和确定各个水土流失影响指标对高速公路项目水土流失的贡献率,采用专家咨询法,对 9 个指标的权重做了系统的专家调查,收集到 88 份专家意见,对其中有效的 76 份意见反馈进行汇总,运用层次分析法^[3],计算得出 9 个水土流失影响指标的权重(表 1)。

表 1 水土流失影响指标权重

分类指标(影响因子)	权重
扰动地表面积	0.21
损坏植被面积	0.13
土石方挖填总量	0.16
永久弃渣量	0.18
项目建设总工期	0.05
预测新增水土流失量	0.03
水土保持投资强度	0.06
对区域生态环境及水土资源影响程度	0.08
地貌类型	0.10

1.3 水土流失主要影响因子的确定

采用 SPSS 主成分分析法^[4-6],对不同侵蚀类型区高速公路项目进行分析,找出影响该区域最主要的影响指标,有针对性地对水土保持方案在提高标准、

施工工艺等方面提出修改意见。根据国标^[7]的规定,水土保持方案中要有对采取水土保持措施后的效果进行评估的内容。通过 SPSS 主成分分析,得出影响不同的土壤侵蚀类型区水土流失的主要因子,有针对性地对相应区域高速公路水土保持方案进行评价。

2 研究结果

2.1 水土流失影响指数计算结果

通过研究计算选取的 106 个高速公路项目,按照水土流失影响指数计算方法,得出高速公路项目的水土流失影响指数的平均值为 0.296,最大值为 0.560,最小值为 0.129。水土流失影响指数的频数分布直方图如图 1 所示。

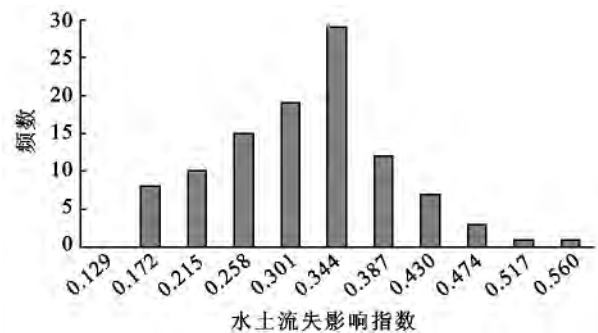


图 1 水土流失影响指数(SWII)的频数分布直方图

从影响指数的频度分布来看,大多数高速公路项目的影响指数为 0.215~0.387。从高速公路水土流失分析来看,工程建设过程中的水土流失主要发生在路基工程区、立交工程区和桥梁工程区,其次是弃渣场和取土场区,从不同侵蚀类型区水土流失影响指数来看,由大到小依次为:西南岩溶区(均值 0.345) > 西南紫色土区(均值 0.338) > 南方红壤区(均值 0.328) > 西北黄土高原区(均值 0.298) > 东北黑土区(均值 0.265) > 北方土石山区(均值 0.232)和北方风沙区(均值 0.228),与可能产生的水土流失影响情况基本符合。

2.2 不同侵蚀类型区水土流失主要影响因子分析

2.2.1 西南岩溶区 在西南岩溶区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.350,远超过该区平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子有单位扰动面积土石方挖填总量、工期以及地貌类型。西南岩溶区单位扰动面积土石方挖填总量平均值为 $3.733 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,远高于全国平均值 $2.567 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;工期平均值为 43 个月,高于全国平均值 38 个月。由于西南岩溶区的地貌类型多山区、丘陵,也是造成水土流失严重的原因之一。

2.2.2 西南紫色土区 在西南紫色土区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.338,远超过该区平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子有单位扰动面积弃渣量、单位扰动面积新增水土流失量以及单位扰动面积土石方挖填总量。西南紫色土区单位扰动面积弃渣量平均值为 $4.190 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,高于全国平均值 $3.940 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;单位扰动面积新增水土流失量平均值 $468.93 \text{ t}/\text{hm}^2$,远远高于全国平均值 $265.994 \text{ t}/\text{hm}^2$;单位扰动面积土石方挖填总量平均值为 $3.733 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,远高于全国平均值 $2.567 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

2.2.3 南方红壤区 在南方红壤区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.333,远超过该区平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子有单位扰动面积损坏植被面积、水土保持投资强度以及对区域生态环境及水土资源影响程度。南方红壤区单位扰动面积损坏植被面积平均值为 0.417,远高于全国平均值 0.324;水土保持投资强度平均值为 27.566 万元/ hm^2 ,高于全国平均值 18.865 万元/ hm^2 ;此外,对区域生态环境及水土资源影响程度主要体现在项目区多集中在国家级、省级重点预防保护区内,生态环境脆弱,水土流失影响严重。

2.2.4 西北黄土高原区 在西北黄土高原区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.298,接近该区平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子有单位扰动面积弃渣量、工期、单位扰动面积新增水土流失量以及投资强度。西北黄土高原区单位扰动面积弃渣量平均值为 $7.650 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,远远高于全国平均值 $3.940 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;工期平均值为 40.6 个月,高于全国平均值 37.7 个月;单位扰动面积新增水土流失量平均值为 $288.10^4 \text{ t}/\text{hm}^2$,较高于全国平均值 $265.994 \text{ t}/\text{hm}^2$;水土保持投资强度平均值为 21.246 万元/ hm^2 ,较高于全国平均值 18.865 万元/ hm^2 。

2.2.5 东北黑土区 在东北黑土区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.265,低于该区平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子有扰动地表面积、单位扰动面积植被损坏面积以及对区域生态环境及水土资源影响程度。东北黑土区扰动地表面积平均值为 $1\ 218.928 \text{ hm}^2$,远高于全国平均值 $1\ 088.42 \text{ hm}^2$;单位扰动面积植被损坏面积平均值为 0.396,高于全国平均值 0.324;此外,对区域生态环境及水土

资源影响程度主要体现在项目区多集中在国家级、省级重点预防保护区内,生态环境脆弱,水土流失影响严重。

2.2.6 北方土石山区 在北方土石山区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.230,低于该区平均值(0.296)。在该区地貌类型大多属于山区和丘陵区,理论上对水土流失应造成较大影响,但是由于所选项目具有一定的局限性,高速公路穿越平原区的项目较多,因此计算所得水土流失影响较小。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子为扰动地表面积。北方土石山区扰动地表面积平均值为 $1\ 179.863 \text{ hm}^2$,高于全国平均值 $1\ 088.42 \text{ hm}^2$ 。

2.2.7 北方风沙区 在北方风沙区,高速公路项目水土流失影响指数为 0.228,低于平均值(0.296)。通过对 9 项水土流失影响指标进行分析,在此范围内,影响水土流失最主要的因子为扰动地表面积。北方风沙区扰动地表面积平均值为 $1\ 620.303 \text{ hm}^2$,远高于全国平均值 $1\ 088.42 \text{ hm}^2$ 。

3 结果与分析

3.1 水土流失影响程度等级分类

SWII 是对水土流失影响的定量分析、评价方法,可对不同区域的高速公路项目进行定量比较。以公路项目 SWII 值为评判标准,优先审批影响指数小的项目,对影响指数较大的项目不应审批,以水土保持要素评价和许可开发建设项目,对公路项目实行同一标准尺度的评价、评判,使水土保持审查、审批更加科学合理。

本研究以 SWII 值为参照将高速公路项目水土流失影响程度分为 3 类:重度影响类、中度影响类和轻度影响类。当 SWII 值较高时,说明项目造成的水土流失影响严重,项目水土流失影响程度为重度影响;当 SWII 值较小时,说明项目造成的水土流失影响较小,项目水土流失影响程度为轻度影响;其余项目水土流失影响程度为中度影响。

水土流失影响程度分类阈值的选取主要参考 SWII 的均值以及全国高速公路项目水土流失影响指数的频数分布直方图,分类结果为:水土流失影响指数大于 0.387 的高速公路水土保持方案属于重度影响类;水土流失影响指数在 0.258~0.387 之间属于中度影响类;水土流失影响指数小于 0.258 为轻度影响类。

3.2 水土保持技术要求

根据高速公路项目水土流失影响程度提出相应

技术要求,主要从水土流失防治标准^[6],水土保持工程等级^[8],水土保持措施配置要求,施工工艺要求^[9]等方面提出不同的技术要求。

3.2.1 水土流失防治标准 按照《开发建设项目水土流失防治标准(GB50434—2008)》^[6],结合正在修订的《生产建设项目水土流失防治标准(讨论稿)》,生产建设项目水土流失防治标准划分为一级、二级、三级共3个标准执行等级,包括水土流失治理度、渣土挡护率、林草覆盖率、表土剥离利用率、降水集蓄量、排水含沙量等6个水土流失防治目标值。

水土流失影响程度为重度影响类的高速公路项目,水土流失防治标准等级为一级,同时提高部分防治目标值,包括渣土挡护率、排水含沙量、降水集蓄量及林草覆盖率;水土流失影响程度为中度影响类及轻度影响类的高速公路项目,水土流失防治标准等级为一级,但不提高防治目标值。

3.2.2 水土保持工程等级 水土流失影响程度为重度影响类的高速公路项目,特别是西南岩溶地区,拦渣工程、防洪排导工程等水土保持工程措施设计标准(包括水土保持工程等级、防洪标准)分别提高一级;水土流失影响程度为中度影响类及轻度影响类的高速公路项目,水土保持工程等级不予提高。

3.2.3 水土保持措施配置要求 水土流失影响程度为重度影响类的高速公路项目,强化重点部位或区域防护的技术措施配置要求,建设期重点加强路基下边坡、施工道路及弃渣场的临时拦挡及排水措施;注重生态恢复的技术措施配置要求,项目采用生态沟道防护长度不小于项目沟道防护总长度的30%,生态护坡面积不小于项目边坡防护总面积的50%;规定临时措施、水土保持措施比例,特别是在南方红壤区,临时措施投资不少于水保投资的25%,水保措施投资不少于工程总投资的6%。水土流失影响程度为中度影响类及轻度影响类的高速公路项目,规定临时措施、水土保持措施比例,临时措施投资不少于水保投资的15%,水保措施投资不少于工程总投资的4%。重点部位或区域防护,生态防护措施不作特殊要求。

3.2.4 施工工艺要求 高速公路项目不仅需要满足技术规范关于施工工艺要求的相关规定,还需满足一些特殊施工工艺要求,以减轻水土流失影响。水土流失影响程度为重度影响类的高速公路项目,避开大风降雨天气施工,分区分段施工,控制施工作业面;水土流失影响程度为中度影响类及轻度影响类的高速公路项目,避开大风暴雨天气施工。

3.2.5 其它要求 除从水土流失防治标准,水土保

持工程等级,水土保持措施配置要求,施工工艺要求等方面对高速公路项目提出不同的技术要求外,还需从征占地面积、取(弃)土场选址、弃渣综合利用等方面进行要求。

水土流失影响程度为重度影响类的高速公路项目,在北方风沙区,占地指标执行行业规定的最低值,临时占地面积不大于永久占地面积的30%;取、弃土场设置在视线外;在西南岩溶区,填高大于20m路段设置为桥梁、挖深大于30m路段设置为隧道;在西南紫色土区,隧道洞口外移,减少弃渣量,移挖作填,综合利用弃渣,永久弃渣量不大于开挖总量的15%。水土流失影响程度为中度影响类及轻度影响类的高速公路项目,占地指标执行行业规定的较低值,临时占地面积不大于永久占地面积的50%;取、弃土场设置在视线外;填高大于20m、挖深大于30m路段应有桥隧比选方案;移挖作填,综合利用弃渣,永久弃渣量不大于开挖总量的30%。

4 结论

以国家级、省级106个高速公路项目为例,通过计算水土流失影响指数,分析得出不同侵蚀类型区影响水土流失主要因子,依照水土流失影响程度,参考水土流失影响指数,将高速公路项目分为重度影响类、中度影响类和轻度影响类。针对不同影响程度等级的项目,提出了不同的技术要求。

[参考文献]

- [1] 蓝兰. 我国高速公路建设“十一五”回顾及“十二五”展望[J]. 交通世界, 2011(15):24-32.
- [2] 姜德文. 开发建设项目水土保持损益分析研究[D]. 北京:北京林业大学, 2007.
- [3] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版, 2007, 29(1):153-156.
- [4] 张文霖. 主成分分析在SPSS中的操作应用[J]. 市场研究, 2005, 12(1):31-34.
- [5] 林海明, 张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和SPSS软件[J]. 统计研究, 2005, 3(3):65-69.
- [6] 水利部. GB50434—2008 开发建设项目水土流失防治标准[S]. 北京:中国计划出版社, 2008.
- [7] 水利部. GB5043—2008 开发建设项目水土保持技术规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2008.
- [8] 吴永红. 线性开发建设项目水土保持监测技术[J]. 水土保持通报, 2003, 23(4):33-35.
- [9] 马凤花, 马生奎. 浅谈公路路基施工工艺与质量控制中的几个方面[J]. 科技咨询导报, 2007(9):55.