

## 工程建设中产生的水土流失评估研究进展

苏彩秀<sup>1</sup>,黄成敏<sup>1</sup>,唐 亚<sup>1</sup>,危冬发<sup>2</sup>,景 盈<sup>1</sup>

(1. 四川大学环境科学与工程系,成都 610065;2. 山东斯达生物工程有限公司,济南 250100)

**摘 要:**随着工程建设数量和规模的不断扩大,工程建设产生的水土流失越来越严重。科学地评估和预测工程建设中产生的水土流失不仅为水土保持方案编制提供依据,而且为工程建设水土流失防治重点及其防治措施布局提供科学理论,因而具有十分重要的意义。详细的论述了工程建设对水土流失的影响及测定工程建设土壤侵蚀的方法,针对研究中存在的问题及薄弱点,提出了一些见解,并着重指出采用修正的土壤侵蚀方程(RUSLE)和GIS评估工程建设中产生的土壤侵蚀量将是今后的发展趋势。

**关键词:**建设工程;水土流失;评估;方法

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)06-0168-03

### Assessment of Soil and Water Loss in Construction Project :A Review

SU Cai-xiu<sup>1</sup>,HUANG Cheng-min<sup>1</sup>,TANG Ya<sup>1</sup>,WEI Dong-fa<sup>2</sup>,JING Ying<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. The Incorporated Company of Sida Bioengineering, Jinan 250100, China)

**Abstract:**With construction projects expanding and increasing greatly, soil and water loss in engineering construction has been much more serious. Thereafter, it is significant to scientifically assess and predict soil and water loss in construction, and it not only provides us a basis for planning water and soil conservation, but also propose a scientific guidance on principles and measures taken to prevent key projects from soil and water loss. The effects of construction project on soil erosion and the methods to estimate soil and water loss in project construction are summarized in detail. Also some viewpoints on problems and drawbacks in researches of soil erosion on engineering construction are put forward, meanwhile it is a trend to evaluate soil and water loss in project construction by the use of RUSLE and GIS.

**Key words:**construction project;soil and water loss;evaluation;methodology

## 1 前 言

水土流失已成为全球首要的环境问题,而我国是水土流失最为严重的国家之一,全国水土流失面积达 356 万 km<sup>2</sup>,占国土面积的 37%,其中水蚀面积达 165 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。每年因土壤侵蚀有 50 亿 t 肥沃的表土流失,相当于毁坏土地 100 万 hm<sup>2</sup>;黄河与长江入海泥沙 20 多亿 t,相当每年毁坏土地 40 万 hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。除土壤、降雨、植被等自然因素外,超载放牧、陡坡开荒、工程建设等人为因素影响也很大。其中全国每年开矿、修路等工程建设新增土壤侵蚀面积达 1 万 km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>。随着经济的发展,工程建设数量和规模的不断扩大,工程建设过程采取水土保持措施少,这样会导致今后工程建设引起的水土流失将可能越来越严重。预测工程建设项目引起的水土流失,是编制水土保持方案的前提,同时为工程建设水土保持和生态治理提供科学理论,因而具有十分重要意义。

## 2 工程建设对水土流失的影响与评估研究现状

### 2.1 工程建设对水土流失的影响过程与因素分析

根据工程建设项目实施场地的空间展布特征,以下将工

程建设按道路类和矿山、水库等工程以及城镇建设类分别加以讨论。

研究者较早就认识到道路侵蚀的危害,因而关注道路侵蚀问题。美国和日本等国家开展了道路侵蚀的调查与分析,特别是对林区、矿区道路产沙量模型进行了探讨<sup>[4]</sup>。研究表明,未用水泥封闭道路是地表径流和沉积物的主要来源<sup>[5]</sup>;道路产生的侵蚀量与降雨量、降雨强度有密切关系,当降雨量超过 6 mm 时,水土流失普遍开始出现<sup>[6]</sup>;对美国爱达荷州花岗岩山区建成道路分析也发现,道路建设后第一个冬季的土壤侵蚀率是随后相应季节的 5 倍,其中重力侵蚀是主要的侵蚀类型,坡度、坡面、植被、覆盖度、冻融侵蚀对土壤侵蚀都有重要的影响<sup>[7]</sup>。

国内的相关研究主要是在《开发建设项目水土保持方案技术规范》颁布以后进行的,主要集中在以下几方面:第一,对道路建设造成水土流失的现状、原因、特点进行分析,并提出治理措施。土壤侵蚀研究者通过对道路建设项目沿线水土流失现状、特点及原因的分析,根据水土流失的原理提出了对位配置的工程措施,并指出运用工程措施与植物措施相结合进行防治<sup>[8]</sup>。第二,针对道路对水土流失的影响,强调

\* 收稿日期:2005-12-16

基金项目:四川大学软科学研究项目,西南典型生态脆弱区资源利用过程环境与灾害效应研究

作者简介:苏彩秀(1978-),女,硕士研究生,主要从事工程建设水土流失评估研究方面的工作;通讯作者:黄成敏,男,博士教授,四川大学建筑与环境学院环境与工程系。

编制水土保持方案的必要性,提出水土流失防治对策。一些研究人员通过公路建设项目水土保持存在的问题、特点及可能造成水土流失类型部位的分析,初步探讨了公路水土保持防治范围的界定,并对公路建设项目水土流失的防治进行了探讨<sup>[9]</sup>。第三,道路建设对环境的污染和生态环境的破坏,强调解决好道路交通对环境影响的关系,并提出可能的对策与措施。针对高速公路建设加快的现状,程胜高等<sup>[10]</sup>分析了高速公路在建及运营期的生态环境破坏及环境污染问题的强度、范围和来源。

对矿山、水库等工程以及城镇建设等建设项目对水土流失的影响的研究日益增多。1994年2月,在美国内华达州里诺市召开的国际侵蚀控制学会(International Erosion Control Association)第25届学术大会主题报告中,就提出控制建筑场地的侵蚀问题;近年国外研究者对河流的沉积量进行分析,认为强度开矿破坏基础结构影响地下水,引起下游河床抬高,侵蚀河床,甚至导致洪水灾害,建坝和水库发电也是干扰水系统最普遍的形式<sup>[11]</sup>;使用RUSLE 1.06模型,估算矿山、建设场地等的年均地表侵蚀,并提出采取生态措施进行恢复<sup>[12]</sup>。

国内研究者对上述问题也相当重视。研究认为,黄土高原煤矿开采时,植被覆盖度对排土场水土流失与非均匀沉降具有明显的影响<sup>[13,14]</sup>;针对城镇建设引起的水土流失,孙虎等<sup>[15]</sup>进行了弃土场、弃土堆的室内实验研究,认为人工弃土在短历时、高强度暴雨侵蚀下,侵蚀产沙量大,并指出在不同雨强条件下,沙黄土构成的下垫面侵蚀产沙量与坡面径流产沙历时具有相应的函数关系;刘小勇等<sup>[16]</sup>对庭院等硬地面进行了室内模拟降雨实验,提出硬地面次降雨侵蚀产沙与雨强、降雨持续时间、坡度、土壤容重等有关,随着降雨时间的持续,雨强、坡度、土壤容重的增大,产沙量增加。

## 2.2 工程建设产生水土流失量的测定方法

目前主要采用实地测量法、数学模型法、经验法、通用土壤侵蚀方程(USLE)等方法评估和预测工程建设产生的土壤侵蚀。

实地测量法<sup>[17~19]</sup>:指对工程建设项目进行现场观测,考虑项目区不同地点临时弃土弃渣量、侵蚀年限、土壤容重、原生地貌侵蚀模数、水土流失面积等因素的影响,利用获取的资料分别计算弃土弃渣流失量和扰动地表流失量,然后根据水土流失总量等于弃土弃渣流失量与扰动地表流失量之和,计算土壤侵蚀量的方法。

类比法<sup>[20]</sup>:应用同类地区已有的水土流失资料推算项目建设前后的水土流失量,即对本工程建设项区进行现场观察,寻找(气候、地理位置、工程施工特点、施工期限等)与本工程建设项目类似的已建或在建工程项目,对已建或在建工程项目现场勘查,计算出其土壤侵蚀模数,然后类推本工程建设项目的土壤侵蚀模数,再根据数学模型法计算土壤侵蚀量的方法。

数学模型法<sup>[21~24]</sup>:考虑土壤侵蚀模数因子的变化,利用工程建设前后土壤侵蚀模数增量与水土流失面积之积来计算工程建设土壤侵蚀增量的一种方法。

经验法<sup>[25]</sup>:参照工程建设相关研究成果,选取不同的流失率,计算工程建设弃土弃渣流失量。

通用土壤侵蚀方程USLE( $E = RKLS C$ )<sup>[26~30]</sup>:根据土壤侵蚀的发生受降雨侵蚀力因子( $R$ )、土壤可蚀性因子( $K$ )、坡长因子( $L$ )、坡度因子( $S$ )、作物覆盖和管理因子( $C$ )、水土保持措施因子( $P$ )等6大因素综合影响,结合研究工程的实际情况及野外调查数据,确定各参数因子的计算方法,并进

行本地工程化赋值,计算土壤侵蚀量。

## 3 讨论

### 3.1 研究的方法有待提高

目前预测工程建设项目水土流失量的方法都是行之有效的方法,但每一种方法又都有其局限性。经验法虽简单易行、节省时间、节省费用,在实际工作中经常被采用,但难于做出精确的定量预测;实地测量法虽更加有针对性,更加切合实际,但由于各工程的施工特点和施工方法不同,测量地点、时机的选择和采用参数的确定等都会使预测分析结果受到影响;利用类比法时,较难找到类比资料,同时水土流失量的预测差值也可能较大。

USLE是最常用的一种方法,但工程建设项目施工期引起的水土流失具有点状和现状的特点,其预测时段、预测范围与USLE模型的应用条件有很大差异,USLE模型适合坡度小于9°的缓坡地<sup>[31]</sup>,而且没有考虑土壤侵蚀的过程,因而用USLE来计算工程建设项目施工期造成的水土流失量也有局限性。

### 3.2 采用的水土流失面积存在争议

工程建设项目新增水土流失的预测,无论采用类比法,还是数学模型法,凡是涉及到新增或加速流失面积时,有的采用的水土流失面积把主体工程占地面积包含进去,有的采用征地面积与直接影响区面积之和,有的采用损坏的水土保持设施面积,而用这些面积来预测水土流失是不合理的。将主体工程弃土弃渣和水土保持工程本身占地面积包含进去,而这部分面积被弃土弃渣等固体物所覆盖,产生的水土流失是通过弃土弃渣流失量反映的,因而采用面积法来计算存有疑问。另外,水土流失面积计算时,容易漏掉建设项目利用老路或旧场地的面积,因建设项目征占地资料往往不反映这一部分面积,但实际施工中这部分面积肯定发生新的水土流失。

### 3.3 采用的新增土壤侵蚀模数偏小

有的水保方案在水土流失预测时,直接采用主体工程征占地和直接影响区的调查资料,按照梯田、水池、耕地、人工草地、天然荒草地、河滩地等地块类型直接预测,而主体工程经过施工后真实的地块类型为:施工便道、取土场、弃土场、施工场和直接影响区等,这样出现的直接结果就是土壤侵蚀模数偏小,流失量不能真正反映主体工程建设中实际造成的流失量。目前确定工程建设项目新增的土壤侵蚀模数大多采用开发建设后土壤侵蚀模数减去工程建设前土壤侵蚀模数(即背景值),或采用土壤侵蚀模数背景值直接乘以加速侵蚀系数等方法来解决,可能会导致新增土壤侵蚀模数明显偏小。

### 3.4 弃土弃渣等固体物质流失量计算过于简单

近年来,关于弃土弃渣等固体物质的流失量计算方法,多采用弃土弃渣总量乘以流失率,而流失率在计算中通常取0.3左右,得到的流失量与实际流失量相比误差较大。

### 3.5 模型参数有待进一步探讨

目前我国工程建设项目产生的水土流失量主要采用通用的土壤侵蚀方程(USLE)进行预测,然而在该模型的参数选用上,我国还大多采用国外研究的数据。因为在我国缺乏类似的研究工作以及详细的降雨量与降雨强度资料,而且我们对国外参数确立的研究条件了解的还不很清楚,这就导致了工程建设中水土流失的预测值与实际的水土流失量存在较大的偏差。对小区域的工程建设项目,需要的基本资料较容易获得,可以满足理论模型的输入需要,但对道路等跨区域的工程项目,模型参数因子难于确定,因为模型参数

因子随时空而变化,而且相互影响。因此在预测工程建设项目产生的水土流失时,模型参数的确定是预测工程建设土壤侵蚀急需解决的重点和难点问题。

## 4 未来发展趋势

### 4.1 研究方法

评估和预测工程建设产生的水土流失,在很大程度上依赖于研究方法的突破和创新。目前工程建设水土流失评估研究中还须强化以下几个方面:在进行大量现场观察的同时,应强化室内模拟实验,分析土壤侵蚀机理,为工程建设的现场分析提供必要的理论基础。在注重土壤侵蚀机理研究的同时,应强化实验技术的革新,同时还应注重工程建设土壤侵蚀与计算机、物理学、光学、自动控制等学科的交叉和渗透,吸收其它学科的最新科研成果,促进工程建设土壤侵蚀研究的技术突破,完善现有工程建设土壤侵蚀的计算方法。在注重微观机理研究的同时,应强化宏观研究,通过工程建设土壤侵蚀规律的对比分析,建立适应性较为广泛的土壤侵蚀模型,尤其是建立线形等跨区域工程建设项目水土流失模型,真正起到土壤侵蚀预报的作用。预测工程建设中产生的水土流失量,采用的测定方法大部份是借鉴国外,而国外的计算方法多建立在缓坡耕地上,其计算结果为多年平均土壤流失量,而不能代表工程建设某一年或某一次降雨所产生的土壤流失量,需要建立更为有效的预测方法。

### 4.2 研究内容

近年来,对工程建设产生的水土流失的研究已从定性向定量化发展,今后主要研究内容应包括:建立更具普遍性的工程建设项目土壤侵蚀预报模型,尤其应加强模型参数因子的量化研究;当开发建设项目缺乏类比资料和试验数据时,将人工模拟降雨和径流冲沙试验作为辅助手段用于工程建设项目水土流失的预测有待进一步改进。加强工程建

### 参考文献:

- [1] 张国红.我国水土流失现状及其治理对策的探讨[J].林业资源管理,1999,(5):30-33.
- [2] 彭珂珊.中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J].水利水电科技进展,2000,20(4):15-18.
- [3] 张志强,孙成全,王学定.陇中黄土高原丘陵区生态建设与可持续发展[J].科技导报,2000,(1):43-45.
- [4] 黄河水利委员会水土保持处.水土保持译文集“土壤侵蚀与水土保持”[M].郑州,1988.
- [5] Croke J, Mockler S. Gully initiation and road - to - stream linkage in a forested catchment, Southeastern Australia[J]. Earth Surface Process and Landforms, 2001, 26:205-217.
- [6] Macdonald L H, Sampson R W, Anderson D M. Runoff and road erosion at the plot and segment scales, St John, US Virgin Island[J]. Earth Surface Process and Landforms, 2001, 26:251-272.
- [7] Megahan W F, Wilson M, Monsen S B. Sediment production from granitic cutslopes on forest roads in Idaho, USA[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2001, 26:153-163.
- [8] 程洪,陈法扬,陈世明.公路边坡防护中的香根草等高植物篱技术的应用方法[J].水土保持研究,2000,7(3):67-68.
- [9] 杨文利,伍木根.公路建设项目水土保持方案编制初探[J].水土保持研究,2000,7(3):62-64.
- [10] 程胜高,吴登定.高速公路建设的环境问题与对策研究[J].环境保护,1999,10:27-28.
- [11] Rovira A, Batalla R J, Sala M. Reapponse of a river sediment budget after historical gravel mining (the lower Tordera, NE Spain) [J]. River Research and Applications, 2005, 21:829-847.
- [12] Nicolau J M. Trends in relief design and construction in opencast mining reclamation[J]. Land Degradation & Development, 2003, 14:215-226.
- [13] 白中科.黄土区大型露天矿排土场水土流失规律及水保调控技术研究[D].太谷:山西农业大学,1999.
- [14] 王青杵.古交煤炭开采区人为水土流失特征与防治对策的研究[D].太谷:山西农业大学,1997.
- [15] 孙虎,唐克丽.城镇建设中人为弃土降雨侵蚀实验研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,(2):29-35.
- [16] 刘小勇,吴普特.硬地面侵蚀产沙模拟试验研究[J].水土保持学报,2000,14(1):33-37.
- [17] 周天佑,卿太明.四川省开发建设项目水土流失量预测方法[J].四川水利,2004,(3):57-59.
- [18] 孟繁盛,赵旭芳.实地测量法在水土流失量预测中的应用[J].吉林水利,2004,26(6):36-38.
- [19] 孟繁盛,王璞.生产类项目的水土流失量的预测[J].吉林水利,2005,27(7):26-29.

设造成水土流失的经济损失货币化,尤其是货币估算为主的评价技术研究。工程建设后,对当地和区域所产生的水土流失的长期效应尚缺乏研究,应加强研究工作。

### 4.3 加强新技术和计算模型的结合

最近几年,计算机、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)等先进技术也被广泛应用于坡耕地土壤侵蚀模型的研究,并取得了初步成果,然而对工程建设引起的水土流失定性描述多,定量化研究还较薄弱,更缺乏对铁路等跨区域工程建设项目产生的水土流失的研究。为了建立和完善工程建设土壤侵蚀预报模型,应让从事土壤侵蚀机理研究的人员与从事计算机、GIS等领域的技术人员很好的结合,加强学科间的交流和合作,发挥学科间优势互补。土壤侵蚀模型和GIS的结合使用,可以快速获取、处理所需的资料,并能准确直观的反映工程建设产生水土流失的分布。因此运用修正的土壤侵蚀方程(RUSLE)和GIS评估工程建设产生的水土流失将是今后发展的趋势之一。

## 5 结 语

评估工程建设产生的水土流失,在国内外目前都是一项新颖的研究课题,不仅为开发建设项目水土保持方案编制提供依据,而且为工程建设水土流失防治重点及其防治措施布局提供科学理论,因而具有十分重要意义。近年来,评估和预测工程建设产生的水土流失量取得一定进展。但尚存一些有待探讨和深入之处。如:研究方法的改进,采取人工降雨与径流冲刷试验定量分析开发建设项目土壤侵蚀,结果可靠性可能更高;由于开发建设造成的新增水土流失量目前难以准确预测,但土壤侵蚀模型与GIS、RS、GPS等先进技术的结合,将会提高预测结果的精度;土壤侵蚀模型各参数因子还有待进一步探讨;工程建设水土流失的预测方法和预测精度将是今后工作研究的主要内容和方向。

- [12] 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, 2001, 16(2): 168 - 172.
- [13] 史志华, 蔡崇法. 基于 GIS 和 RUSLE 的小流域农地水土保持规划研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 172 - 175.
- [14] 黄金良, 等. 基于 GIS 和 USLE 的九龙江流域土壤侵蚀量预测研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 75 - 79.
- [15] 张增祥, 等. 基于遥感和地理信息系统 (GIS) 的山区土壤侵蚀强度数值分析[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 77 - 83.
- [16] 赵晓丽, 等. 基于 RS 和 GIS 的西藏中部地区土壤侵蚀动态监测[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 44 - 50.
- [17] 彭飞宇, 夏菁. 基于 GIS 技术的全数字土壤侵蚀遥感调查与制图[J]. 水利水电工程设计, 2001, 20(2): 34 - 35.
- [18] 刘国平, 等. 内蒙古水利基础数字图开发[J]. 内蒙古水利, 2003, (4): 52 - 53.
- [19] 邱凯昌, 等. 基于空间数据发掘的遥感图像分类方法研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1): 42 - 47.
- [20] Mirchel W C. Soil degradation mapping from ladsat imagery in North A frica and Middle East[A]. Geological and terrain studies by remote sensing[M]. (London: Remote Sensing Society), 1981.
- [21] Haboudane, et al. Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrally - based information and digital geomorphometric attributes[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(18): 3795 - 3820.
- [22] 郭志民, 等. 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[J]. 福建水土保持, 1999, 11(4): 40 - 45.
- [23] 汪文富. 贵州普定后寨河流域土壤侵蚀模型与应用研究[J]. 贵州地质, 2001, 18(2): 99 - 106.
- [24] 岳彩荣, 等. 利用卫星遥感和 GIS 技术进行昭通地区土壤侵蚀调查研究[J]. 水土保持通报, 2003, 23(2): 36 - 39.
- [25] Desmet P J, Covers G A. GIS - procedure for the automated Calculation of the USLE LS - factor on topographical complex landscape units[J]. Journal of soil & water conservation, 1996, 51: 427 - 433.
- [26] Jain, et al. Estimation of Soil Erosion for a Himalayan Watershed Using GIS Technique[J]. Water Resources Management, 2001, 15(1): 41 - 54.
- [27] Ma Ainai. Proceedings of Internal Workshop on Geographic Information System Beijing 87[C]. published by Lab of Resources and Environment Information System, Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences & Stale Planning Commission Beijing, China, 1987.
- [28] 黄诗峰, 等. 基于 GIS 的流域土壤侵蚀量估算指标模型方法 ——以嘉陵江上游西汉水流域为例[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 105 - 107, 116.
- [29] 刘森, 等. 基于 GIS、RS 和 RUSLE 的林区土壤侵蚀定量研究 ——以大兴安岭呼中地区为例[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 21 - 24.
- [30] 罗志军, 等. 基于 RS 和 GIS 的小流域土壤侵蚀量估算研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2005, 39(2): 269 - 272.
- [31] 吴秀芹, 蔡运龙. 土地利用/土地覆盖变化与土壤侵蚀关系研究进展[J]. 地理科学进展, 2003, 22(6): 576 - 584.
- [32] Navas A, Machin J. Assessing erosion risks in the gypsiferous steppe of Litigio (NE Spain), An approach using GIS[J]. Journal of Arid Enviroments, 1997, 37(3): 433 - 441.
- [33] Koch M. Geological controls of land degradation as detected by remote sensing: a case study in Los Monergros, north - east Spain[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(3): 457 - 473.
- [34] 傅伯杰, 等. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响 - 以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报, 1999, 54(3): 241 - 246.
- [35] 范建容, 等. 基于 RS 和 GIS 的四川省李子溪流域土壤侵蚀动态变化[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 25 - 28.
- [36] 邹亚荣, 张增祥. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系分析[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 67 - 69.
- [37] 王思远, 等. 黄河流域土地利用与土壤侵蚀的耦合关系[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(1): 32 - 37.

(上接第 170 页)

- [20] 孟繁斌, 郭宇新. 石佛水库枢纽一期工程水土流失预测[J]. 水土保持科技情报, 2002, (6): 11 - 13.
- [21] 邹长新, 沈渭寿, 张慧. 新建青藏铁路施工期土壤侵蚀预测[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 15 - 18.
- [22] 郭锐, 薛志敏, 刘勇. 开发建设项目水土流失预测易出现的问题及其对策[J]. 中国水土保持, 2000(2): 36 - 37.
- [23] 于杰, 马良军, 郭宏伟. 涩宁兰输气管道工程水土流失量预测及其防治[J]. 青海科技, 2001, 6: 41 - 42.
- [24] 付良勇, 许小梅. 西气东输管道工程陕西段工程建设中的土壤流失及防治[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 153 - 155.
- [25] 刘敬军, 田素平. 铁路工程建设水土流失预测分析. 河北水利水电技术[J], 2001, 3: 41 - 42.
- [26] 刘功贤, 詹敏, 陈生永. 黑龙江省土壤侵蚀方程在工程建设项目土壤流失预测中的应用[J]. 中国水土保持, 2000, 7: 23 - 25.
- [27] 林福兴. 福安连接线高速公路建设水土流失及防治措施[J]. 福建水土保持, 2003, 15(1): 44 - 47.
- [28] 陈建东, 王美芝, 许兆义. 道路工程施工期水土流失预测方法探讨[J]. 铁道工程学报, 2003, 78(2): 82 - 85.
- [29] 余明勇, 程胜高. 桐子营水电站工程的水土流失及防治措施[J]. 湘潭师范学院学报, 2004, 26(4): 93 - 95.
- [30] 李福林, 王玉太, 张保祥. 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.
- [31] Lee S. Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at BOUN, Korea[J]. Environmental Geology, 2004, 4(45): 457 - 465.