

露天煤矿开采项目水土流失量预测

——以内蒙古锡林郭勒盟胜利矿区一号露天煤矿为例

朱丽^{1,2}, 秦富仓¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 包头师范学院 资源与环境科学系, 内蒙古 包头 014030)

摘要: 以内蒙古锡林郭勒盟胜利矿区一号露天煤矿为例, 分析了露天煤矿水土流失的成因, 划分了水土流失预测单元和预测时段。介绍了该项目水土流失预测的内容和采用的方法, 得出了水土流失强度和水土流失量预测的结果。通过分析, 揭示出露天煤矿水土流失的危害, 为其治理奠定了基础。

关键词: 水土流失; 露天煤矿; 水土流失量; 预测

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2008)04-0111-05

中图分类号: S157, T D824

Forecast of Soil and Water Loss in Opencast Coal Mine

—Based on No. 1 Coal Mine in Shengli Diggings of Inner Mongolia

ZHU Li^{1,2}, QIN Fur cang¹

(1. College of Ecology and Environment, Inner Mongolian Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;
2. Department of Resources and Environment Sciences, Baotou Teachers' College, Baotou, Inner Mongolia 014030, China)

Abstract: The causes of soil and water loss in opencast coal mine are analyzed based on No. 1 coal mine of Shengli diggings in Inner Mongolia. The cells and periods of soil and water loss forecast are classified. The contents and means adopted for the project are introduced. The degree and quantity of soil and water loss are found. The harm of soil and water loss in opencast coal mine are illuminated by analyzing the results, and a base for the following measures is established.

Keywords: soil and water loss; opencast coal mine; quantity of soil and water loss; forecast

1 项目及项目区概况

1.1 项目概况

内蒙古锡林郭勒盟胜利矿区一号露天煤矿属于新建工程, 其基础为乌兰图嘎露天矿, 建设地点位于内蒙古锡林浩特市, 设计生产能力 10 Mt/a。该项目开采境界为地表东西宽 5~6 km, 南北长 6.7~7.6 km, 面积为 33.9 km²。开采计划为: 2004—2005 年为基建期, 2006 年为移交期, 生产能力为 3 Mt/a。2009 年达产, 设计生产能力 10 Mt/a。工程总投资 78 740 万元。

1.2 项目区概况

该项目区位于内蒙古锡林浩特市西北部伊利勒特苏木境内, 地理坐标为东经 115°30′—116°26′, 北纬 43°57′—44°14′, 东南边界距市区约 2 km。属于内蒙古高原的中部, 大兴安岭西延的北坡, 区内地貌形态由构造剥蚀地形、剥蚀堆积地形、侵蚀堆积地形和熔岩台地

4 个地貌单元组成。该项目地处煤田西部剥蚀与侵蚀堆积地形的过渡地带, 露天矿西北部为低缓的丘陵区, 东西高差较大, 海拔 970~1 035 m。

气候类型属中温带半干旱、干旱大陆性季风气候, 春季风大多干旱, 夏季温热雨集中, 秋高气爽霜雪早, 冬季寒冷风雪多。年均气温 1.7℃, 年均降水量 294.74 mm, 年均蒸发量 1 794.64 mm, 降水主要集中在 6—9 月份, 占全年降水量的 71%。春季多风, 年平均风速为 3.5 m/s, 大风日数年均 61.1 d, 瞬时最大风速 36.6 m/s。

矿区位于锡林河以西的缓坡丘陵干草原与河谷冲积、湖积平原的过渡带, 西部属缓坡丘陵, 东部为河谷、湖积平原, 隐域性土壤发育。在区域内, 以草甸土为主, 构成非地带性土壤, 有机质含量 2%~3.68%, pH≈8, 土壤养分状况是缺磷, 富钾, 氮中等。

该矿区植被属于缓坡丘陵非地带性草甸草场类, 其类型为贝加尔针茅 (*Stipa baicalensis*) + 羊草

收稿日期: 2008-02-10

修回日期: 2008-03-04

资助项目: 国家自然科学基金(40561009)

作者简介: 朱丽(1978—), 女(汉族), 内蒙古包头市人, 讲师, 荒漠化防治与水土保持专业博士研究生, 主要研究方向为水土保持与土地资源, 从事土地资源教学工作。E-mail: julia584521@163.com。

(*Aneurolepidium chinense*) + 线叶菊 (*Filifolium sibiricum*)、线叶菊 + 贝加尔针茅 + 羊草、芨芨草 (*Achnatherum splendens*) - 杂草类、芨芨草 - 针茅 + 羊草 + 杂草类、芨芨草 - 羊草 + 杂草类, 植被盖度 50% 左右。

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96), 本项目区所属土壤侵蚀类型区, 为内蒙古高原风蚀水蚀区, 土壤允许流失量为 $200 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。经分析, 工程建设区以风蚀为主, 水蚀为辅, 水土流失面积为 456.74 hm^2 , 占工程建设区总面积的 43%。

2 项目区水土流失成因

在项目建设过程中, 由于厂区平整、土建和供水工程开挖、堆放及土方回填等活动损坏和占压植被, 造成水土保持设施破坏, 使原地貌及植被抗侵蚀力降低或消失, 土壤侵蚀量剧增。影响项目区水土流失的主要因素可分为自然因素和人为因素。

2.1 自然因素

所有的外营力因素都对水土流失有一定的影响, 而该地区造成土壤侵蚀的外营力主要是风力、降水以及下垫面状况。

2.1.1 大风 风力的大小直接影响下垫面物质的运动和沉积, 它的搬运能力取决于风速、风向和风的延续时间。项目区属于中温带半干旱、干旱大陆性季风气候区, 风力一般为 2~3 级, 大风天气以 4—5 月份最多, 年平均风速 3.5 m/s , 强劲的风力是该区水土流失最主要的动力。

2.1.2 降水 高强度的降水是导致水力侵蚀的直接动力。项目区年平均降水量为 294.74 mm , 其中 6—9 月份降水量占全年降水量的 71%。降水集中、强度大, 常以暴雨的形式出现。暴雨次数较多, 雨量大。在雨滴击溅和径流的冲刷作用下, 地表容易产生水土流失。因此, 降水是造成该区水土流失的主要动力, 减少侵蚀动力的根本办法是提高地表的抗蚀能力。

2.1.3 下垫面状况 研究区土壤以草甸土为主, 构成非地带性土壤, 有机质含量少, 土壤养分状况较差。由于风沙大, 土壤中的腐殖质含量极低, 植被较少, 所以容易发生侵蚀。

2.2 人为因素

项目区由于工业场地及矿区行政、福利建筑和居住区的建设、修筑专用的铁路和公路、外排土场和排水系统等建设需要, 大面积破坏土地, 开挖地面, 剥离表土, 排弃固体废弃物等, 改变和重塑了原有地形地貌, 破坏了下垫面土壤结构和地表植被, 造成严重水土流失, 是一种典型的现代人为加速侵蚀。降水和径流产生的侵蚀, 其搬运物质不仅是单纯的土壤、土体或母质, 而是生产建设过程中产生的混合岩土废弃物。风蚀也不仅表现为沙土的搬运, 而是夹杂生产过程中产生的干燥灰碴的混合搬运。

2.3 水土流失的成因分析

根据项目区工程的建设特点, 施工建设活动主要从以下几方面促使形成新增水土流失。

2.3.1 天然植被受到扰动和破坏 煤矿的采、运、堆和施工过程中的废弃物的运输和堆放使得植被遭到严重破坏, 地表裸露, 植被对土壤的覆盖保护作用和根系固土作用丧失殆尽; 修筑专用铁路和公路、修建防排水系统、工业场地及矿区行政、福利建筑和居住区的建设取土和挖方, 破坏了地表原有的草地植被, 形成了特有的条带形裸露面; 施工活动、施工机械的碾压和人员往来等破坏了临时施工场地区的植被。

2.3.2 土壤表层松散性加大 土壤是侵蚀过程中被侵蚀的对象。区域内植被较少, 土表的抗风蚀能力差。由于煤矿的建设, 大量的松散表土发生运移和重新堆积, 植被被破坏, 土壤水分大量散失, 受到外界气候条件的影响, 丧失了原地表土壤的抗蚀力。

由以上各种自然因素和人为因素的共同作用, 导致了项目区严重的水土流失状况。各因素之间的关系见图 1。

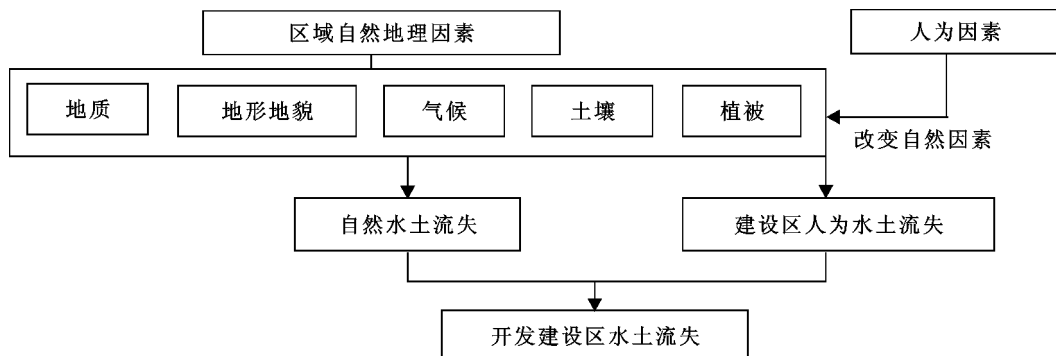


图 1 影响露天煤矿开采项目区水土流失的因素

3 水土流失的预测

水土流失预测是对工程建设不采取任何防护措施下可能产生的水土流失量和危害的预测,是水土流失防治区划分和水土保持措施数量、标准的确定及措施优化配置的基础。

3.1 预测时段划分

胜利矿区一号露天煤矿开采项目分为建设期和生产运行期,即2004—2005年为建设期,2006年以后为生产运行期,其中2006—2008年为生产移交过渡期,2009年达产,并有少部分剥离物开始内排,计划到2016年全部实现内排。根据该项目建设生产进度计划以及剥离物由外排转向内排所需的时间,水土流失预测时段应与之相衔接,分为建设期(2004—2005年)和生产运行期(2006—2015年),共计12a。

3.2 预测区域划分

在建设期,工程建设的种类多,面广且分散,由此而进行的采石、取土、开挖地面、铺路架桥、修筑便道、筑堤筑坝等建设活动,引起并加剧原地貌的水土流失,水土流失面积表现为分散型;在运行期,各类工程均已建成并投入使用,通过建筑物及地表硬化、绿化、植被建设等措施的实施,水土流失轻微,此时期的水土流失主要集中在采掘场和排土场,而且侵蚀程度严重,由此确定本项目建设期及运行期的水土流失重点预测区域。建设区水土流失的预测区域分为生产区、工业场地区、行政福利区及其它附属设施区。建设期的水土流失重点预测区域为生产区(见表1)。

3.3 预测方法

该项目属新建项目,施工类型较多,各项工程在施工建设活动中引起的水土流失随施工场地和施工进度而变化,表现出时空变化的动态性。因此,水土流失预测也必须体现时空的动态性。根据该项目建设、生产工艺,对矿区水土流失预测采用现场调查实测法与相似地区类比分析法相结合的预测方

法。对于排土场边坡水蚀量采用排土场体积法进行预测,即在原有的乌兰图嘎小露天矿排土场边坡上布设数个样方,实测样方的宽度、边坡长度,侵蚀沟的数量、长度、宽度、深度和侵蚀年限,对边坡水蚀量做出测算;鉴于矿区内无风蚀实测资料,对排土场边坡、平台及矿区其它区域的风蚀量预测采用相关地区已有的类似试验研究成果和观测资料,进行类比分析,并论证其可比性。对工业场地、铁路专用线、矿区公路等设施建设引起的水土流失预测,采用收集当地其它已建成的铁路、公路和工业场地资料,结合该工程所在区域的地形、地貌、降水、风力等侵蚀营力的差异,分析计算各项工程建设期的水土流失量。

3.4 预测过程

3.4.1 水土流失背景值的预测 矿区位于锡林河流域下游,属缓坡丘陵干草原草地及非地带性平原盐化草甸草地,水土流失类型以风力侵蚀为主,为风水复合侵蚀。根据《全国第二次土壤侵蚀遥感普查结果》和当地的地形地貌条件分析,确定矿区土壤侵蚀模数为200~910 t/(km²·a),平均为560 t/(km²·a),属轻度侵蚀区。各区域水土流失背景值如表2所示。

3.4.2 可能造成水土流失强度的预测 根据对矿区各项工程建设生产中产生水土流失的成因、类型、分布范围等的分析,选取适宜的土壤侵蚀强度类比背景资料和部分实测值,结合多年的水土保持科研实践,确定出矿区各项工程生产建设中的水土流失强度值(详见表3)。

3.4.3 水土流失量预测 根据对项目建设、生产中发生水土流失面积及强度预测,如不采取任何防治措施,矿区在预测年限内可能造成土壤侵蚀量 3.18×10^5 t,原地貌土壤侵蚀量为 8.7×10^3 t,新增水土流失量为 3.09×10^5 t。其中,建设施工期间因各类工程建设可能造成土壤侵蚀量 2.88×10^6 t,新增水土流失 2.62×10^4 t;在运行期内将造成土壤侵蚀量 2.89×10^5 t,新增土壤侵蚀量 2.83×10^5 t(表4—6)。

表1 预测时段及区域

时期	时段	区域	建设工程名称	建设、生产内容
建设期	2004—2005年	生产区	采掘场排土场	施工准备,开工剥离,挖掘,排弃,采煤,运煤等
		工业场地区	地面生产系统	施工准备,土建施工,其它施工,施工结束
			辅助生产设施	施工准备,施工期,施工结束
		行政、福利区	行政福利设施	施工准备,施工期,施工结束
其它设施区	铁路专用线、矿区道路、采掘场防排水、外包单位临时建筑	铁路专用线、矿区道路、采掘场防排水、外包单位临时建筑	施工准备,施工期,施工结束	
		运行期	2006—2015年	生产区

表 2 各区域水土流失背景值

项目	面积/hm ²	占用土地类型	植被盖度/%	土壤侵蚀类型	水土流失现状/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)
排土场	517.00	草甸草地	43%~60%		<200
采掘场	404.53	草甸及缓坡丘陵干草原草地	43%~60%,38%	风蚀为主,兼有水蚀	910
工业场地	37.16	草甸草地	43%~60%		1000
铁路	24.62	草甸及缓坡丘陵干草原草地	43%~60%,38%	风蚀为主,兼有水蚀	820
公路	25.40	草甸及缓坡丘陵干草原草地	43%~60%,38%	风蚀为主,兼有水蚀	780
防排水系统	21.08	草甸及缓坡丘陵干草原草地	43%~60%,38%		910
其它附属设施	34.53	草甸及缓坡丘陵干草原草地	43%~60%,38%	风蚀为主,兼有水蚀	1000
合计	1061.29				560

注:43%~60%指草甸草地的植被盖度;38%指缓坡丘陵干草原草地的植被盖度。

表 3 矿区水土流失强度表

发生位置	建设期(2004—2005年)		生产运行期(2006—2015年)		
	土壤侵蚀强度/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	侵蚀年限/a	土壤侵蚀强度/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	侵蚀年限/a	
排土场	边坡	11070	2	11070	10
	平台	9310	2	9310	10
采掘场	—	2	—	10	
工业场地	8700	2	—	—	
铁路	10210	2	—	—	
公路	10210	2	—	—	
防排水系统	10210	2	—	—	
其它附属设施区	8700	—	—	—	

表 4 建设期(2004—2005年)矿区土壤侵蚀量预测

发生位置	侵蚀类型	面积/ hm ²	侵蚀 年限/a	产生水土 流失量/t	背景值/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	现状水土 流失量/t	新增水土 流失量/t
排土场	风水复合	23.01	2	2290.78	200	46.02	2244.76
采掘场	重力侵蚀	200.19	2		910		
工业场地	风蚀	37.16	2	6465.84	1000	873.20	5722.64
铁路	水风复合	24.62	2	5027.40	820	403.77	4623.64
公路	水风复合	25.40	2	5186.68	780	396.24	4790.44
防排水系统	水风复合	21.08	2	4304.34	910	383.65	3920.68
其它附属设施	风蚀	31.50	2	5481.00	1000	630	4851.00
合计		362.96		28756.04		2602.88	26153.16

表 5 运行期(2006—2015年)土壤侵蚀量预测

发生位置	侵蚀类型	面积/ hm ²	侵蚀 年限/a	产生水土 流失量/t	背景值/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	现状水土 流失量/t	新增水土 流失量/t
排土场	风水复合	517.00	10	289382.12	200	6088.12	283294.00
采掘场	重力侵蚀	404.53	10				
合计		921.53		289382.12		6088.12	283294.00

表6 土壤侵蚀总量预测

发生位置	侵蚀类型	面积/ hm ²	侵蚀 年限/a	产生水土 流失量/t	背景值/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	现状水土 流失量/t	新增水土 流失量/t	
排土场	边坡	水风复合	64.50	12	38 547.96			
	平台	风水复合	452.50	12	253 124.94	200	6 134.14	285 538.76
采掘场		重力侵蚀	404.53	12		910		
工业场地		风蚀	37.16	2	6 465.84	1 000	743.20	5 722.64
铁路		水风复合	24.62	2	5 027.40	820	403.77	4 623.64
公路		水风复合	25.40	2	5 186.68	780	396.24	4 790.44
防排水系统		水风复合	21.08	2	4 304.34	910	383.65	3 920.68
其它附属设施		风蚀	31.50	2	6 008.22	510	352.21	5 656.01
合计			1 061.29		315 138.16		8691.00	309 447.16

4 水土流失预测结果及综合分析

4.1 水土流失预测结果

由于煤田大规模开发及各项工程的实施,将大量破坏原地表植被。经预测统计,到2015年底共扰动、破坏及占用原地表草地面积1 061.29 hm²,外排土场累计弃土、石、渣量148.79 mm³(含原乌兰图嘎矿的外排弃量),矿区采暖供热锅炉、生活垃圾等排弃量每年约45.22 km³,排土场、工业广场、公路、铁路及其它附属设施建设造成的土壤水风复合侵蚀量累计为0.31 Mt。

自2015年后外排土场的规模不再逐年扩大,剥离物全部实现内排,也就意味着外排土场新增侵蚀量不再有增加。工程建设、生产占压和损毁水土保持设施主要为天然草地,损坏的水土保持设施在本次预测时段内难以恢复水土保持功能的总面积为404.53 hm²。露天矿建设期2 a内,因工程建设可能造成新增土壤侵蚀量 2.62×10^4 t,其中,排土场的土壤侵蚀量达 2.2×10^3 t,占新增土壤侵蚀量的8.4%,公路和铁路建设将新增土壤侵蚀量 9.4×10^3 t,占新增土壤侵蚀量的35.8%,工业场地及其它设施建设将新增土壤侵蚀量 1.07×10^4 t,占新增土壤侵蚀量的40.9%防排水系统新增土壤侵蚀量为 3.9×10^3 t,占新增水土流失总量的14.9%;运行期将新增土壤侵蚀量 2.83×10^3 t,以排土场土壤侵蚀最严重。由此可见排土场、公路、铁路是产生水土流失的重点区域。

4.2 综合分析

从以上预测结果可以看出,大量的弃土、弃渣和开挖活动使草场资源严重破坏,使原地貌的风水蚀加重。另外煤炭生产过程中必将引起大量的扬尘,对大气环境造成不利影响。水土流失也威胁着煤炭的生产及人民群众生活。

4.2.1 对土地资源的破坏 严重的水土流失加速土壤盐渍化,特别是在排土场周围,由于排土场的堆积将增加土壤积盐过程。排土场堆积使含Ca, Mg, K, Na等盐类淋失,溶解于地表和地下径流中,随后汇集到平原或低洼地区。再通过蒸发作用使土壤产生盐渍化。另外,排土场堆土承压、抬高地下水位,增加矿化度。随着排土堆积逐年增高,淋洗作用逐年进行,则土壤盐渍化范围和面积有逐渐增加的趋势。

4.2.2 对水资源的破坏 水土流失对水资源的最大危害就是增加河流泥沙含量,恶化水质及水文状况,使得下游河床逐步提高,降雨的渗透率降低,涵蓄水的能力减低,大部分降水形成无效降水流失,恶化了当地的水资源环境,逐步使得草场资源退化、盐渍化、沙化,导致草原生态失调,小气候向干旱方向演变。

4.2.3 对当地小气候的影响 由于锡林河流经矿区,使该露天矿处于河谷冲积平原地带,隐域性的草甸植被构成了该区域的植被类型,以草甸土为主。地下浅层水较丰富,赋存于砂层的空隙中。由此可见矿区煤炭露天开采是对草原生态系统的破坏,地下水疏干会导致局部地下水位下降,使土壤水分、理化性质发生变化,将影响植被的生长,使草地面积减少,覆盖率下降,局部小气候发生变化,风蚀和水蚀加剧。

因此,开发露天煤矿时,要积极采取科学、合理的水土保持措施,因地制宜、因害设防,与生产开发建设相衔接,尽快恢复地面植被,保护生态环境,实现区域经济的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 赵国平,胡春元,任余艳,等.开发建设项目水土流失量的预测与治理对策[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2006,27(2):34-38.

均在 0.78 以上。模型验证期,月平均流量和月输沙量相关系数 R^2 在 0.73 以上, Nash—Sutcliffe 系数均在 0.66 以上。SWAT 模型经调参后用于大宁河流域是合理可行的。

(2) 应用 SWAT 模型模拟结果,结合 GIS 空间分析功能,分析了大宁河流域土壤侵蚀空间分布特征,结果表明,大宁河流域土壤侵蚀模数西部高于东部,南部高于北部,中部地区最小。

(3) 应用 SWAT 模型模拟结果,结合 GIS 空间分析功能,分析了大宁河流域非点源污染空间分布特征。结果表明,大宁河流域非点源污染单位面积产生量,西部高于东部,南部高于北部,中部地区最少。其空间分布特征和土壤侵蚀空间分布特征极为相似。为减少因水土流失而引起的农业非点源污染,应重点加强研究区域西部地区的水土保持工作。

[参 考 文 献]

[1] Tsihrintzis, V A, Hamid R. Modeling and management of urban storm water runoff quality: A review [J]. Water Resources Management, 1997, 11(2): 137—164.
[2] 陈军峰, 李秀彬. 土地覆被变化的水文响应模拟研究

[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 833—836.

- [3] 李道峰, 田英, 刘昌明. 黄河河源区变化环境下分布式水文模拟 [J]. 地理学报, 2004, 59(4): 565—573.
[4] 黄清华, 张万昌. SWAT 分布式水文模型在黑河干流山区流域的改进及应用 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(2): 22—26.
[5] 杨桂莲, 郝芳华, 刘昌明, 等. 基于 SWAT 模型的基流估算及评价: 以洛河流域为例 [J]. 地理科学进展, 2003, 22(5): 463—471.
[6] Singh V P 著, 赵卫民, 等译. 水文系统流域模拟 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000: 190—296.
[7] 万洪涛, 万庆. 流域水文模拟研究的进展 [J]. 地球信息科学, 2000(4): 46—49.
[8] 郝芳华, 孙峰, 张建永. 官厅水库流域非点源污染研究进展 [J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 387—389.
[9] 万超, 张思聪. 基于 GIS 的潘家口水库面源污染负荷计算 [J]. 水力发电学报, 2003(81): 62—68.
[10] 许其功, 刘鸿亮, 沈珍瑶, 等. 参数空间分布对非点源污染模拟的影响 [J]. 环境科学, 2007, 28(7): 1425—1429.
[11] 朱萱, 鲁纪行, 边金钟, 等. 农田径流非点源污染特征及负荷量化方法探讨 [J]. 环境科学, 1985, 6(5): 6—11.

(上接第 115 页)

[2] 蔺明华, 杜靖澳, 张瑞. 黄河中游地区开发建设新增水土流失预测方法研究 [J]. 水土保持通报, 2006, 26(1): 62—67.
[3] 王东晖. 地下采煤项目水土流失预测研究 [D]. 中南林学院, 2005.
[4] 王治国, 段喜明, 李文银, 等. 开发建设项目水土流失预测的若干问题讨论 [J]. 中国水土保持, 2000(4): 34—36.
[5] 梁君. 高速公路土壤侵蚀预测模式及对策研究 [D]. 四川: 四川大学硕士学位论文, 2004: 30—34.
[6] 傅杰. 丹庄高速公路水土保持设计中若干问题探讨 [D], 大连理工大学, 2003.
[7] 张云娥, 项元和, 张庆琼, 等. 开发建设项目水土保持方案编制的认识与体会 [J]. 中国水土保持, 2007(6): 4—8.
[8] 陈家琪. 兰新铁路风沙区提速改建工程对水土流失的影

响及防治措施 [J]. 水土保持通报, 2004, 24(4): 67—70.

- [9] 项元和, 王正文, 张庆琼, 等. 内蒙古平庄矿区生产建设过程中水土流失预测 [J]. 水土保持研究, 1998(9): 78—83.
[10] 于辉, 孟繁斌, 杨庆国, 等. 开发建设项目新增水土流失量的预测方法研究 [J]. 水电站设计, 2001, 17(4): 47—50.
[11] 段喜明, 王治国. 朔黄铁路山西段水土流失预测及治理研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(6): 71—75.
[12] 罗万勤. 关于水土保持方案中有关问题的探讨 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(7): 106—109.
[13] 田宝珍, 李宗娟, 徐艳梅, 等. 编制水土保持方案的有关问题探讨 [J]. 山西水土保持科技, 2007(3): 41—42.