

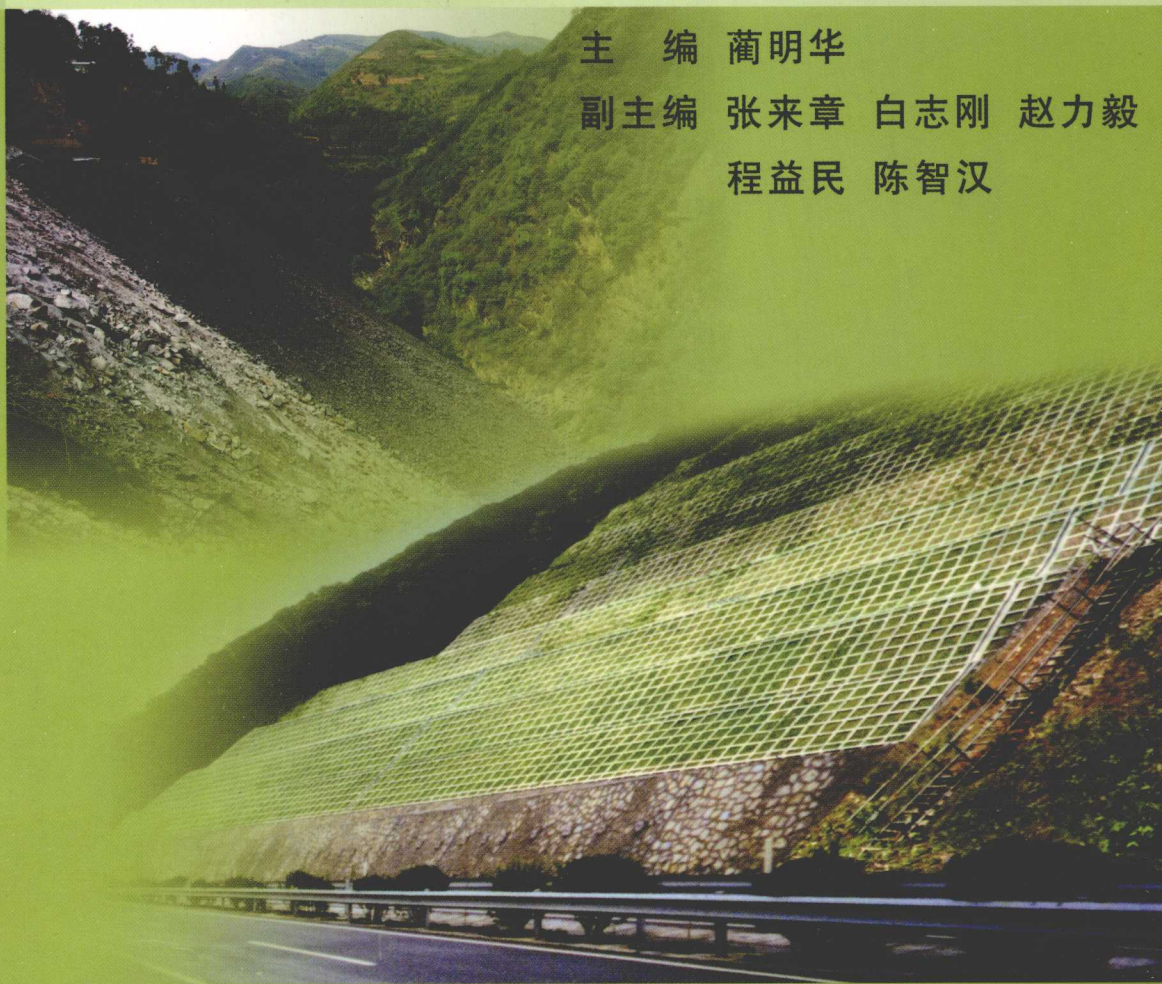
KAIFA JIANSHE XIANGMU
XINZENG SHUITULIUSHI
YANJIU

开发建设项目 新增水土流失研究

主 编 蔺明华

副主编 张来章 白志刚 赵力毅

程益民 陈智汉



黄河水利出版社

开发建设项目新增水土流失研究

主 编 蔺明华
副主编 张来章 白志刚 赵力毅
程益民 陈智汉

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是在水利部水利技术开发基金项目“黄河中游地区开发建设项目新增水土流失预测研究”成果的基础上编写而成的。书中详细介绍了开发建设项目水土流失研究的成果及其应用成果。内容包括:开发建设项目水土流失的成因与机理;新增水土流失预测方法与评估方法;新增水土流失预测研究成果在开发建设项目集中区域新增水土流失量分析和西北七省(区)开发建设项目新增水土流失典型调查中的应用等。它反映了开发建设项目新增水土流失最新的研究成果和应用成果。可供从事水土保持科研、规划、方案编制、咨询服务等工作的专业人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

开发建设项目新增水土流失研究/蔺明华主编. —郑州:
黄河水利出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80734 - 566 - 4

I. 开 … II. 蔺 … III. 基本建设项目 - 水土保持 - 研究
IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 005675 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:14.75

字数:360 千字

版次:2008 年 12 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2008 年 12 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

随着我国人口的增长和国民经济的快速发展,工业化和城市化进程的加快,基础设施建设与交通、能源开发活动急剧增加,开发建设导致的水土流失已逐渐成为我国水土流失的重要方面。水利部、中国科学院、中国工程院组织完成的“全国水土流失与生态安全综合科学考察”结果显示,“十五”期间,全国开发建设项目扰动地表面积达到5.5万 km^2 ,大部分分布在丘陵区 and 山区,弃土弃渣量92亿t,近几年每年因人为因素新增的水土流失面积超过1.5万 km^2 ,增加的水土流失量超过3亿t。我国长江、黄河两大流域开发建设项目新增水土流失的状况尤为严峻。长江流域近几十年来,由于各类开发建设项目激增,使长江中下游地区湖泊面积丧失约1200万 hm^2 ,丧失率达34%(国家环境保护总局自然司《长江水灾与流域生态破坏经验与教训》),极大地削弱了湖泊的调洪能力。黄河流域及西北内陆河地区矿产资源丰富,是我国资源开发的重点地区之一。据不完全统计,“十一五”初期黄河流域及西北内陆河地区大型开发建设项目达500多项,中小型开发建设项目超过2万项,涉及公路、铁路、电力和矿产等行业。近年来该地区每年因人为因素新增的水土流失面积超过5600 km^2 ,增加的水土流失量约1.2亿t。由开发建设造成的水土流失,已成为当前入黄泥沙的重要来源,对黄河的“健康”构成了严重威胁。

多年来,围绕开发建设造成的新增水土流失的问题,有关方面进行了大量的调查研究工作。特别是20世纪90年代以来的十几年内,随着《中华人民共和国水土保持法》的实施,我国政府高度重视水土保持方案制度的建设和落实,针对开发建设项目水土保持方案编制的实际需求,结合大量的开发建设项目调查,逐步建立了开发建设项目水土保持方案的技术体系,有力地推动了对开发建设项目新增水土流失问题的研究。在开发建设项目新增水土流失规律、水土流失量预测等方面,相关大专院校、科研院所的学者专家进行了多项试验研究,这些研究成果丰富了水土保持理论的内涵,在一定程度上为开发建设项目新增水土流失研究建立了良好的开端,引起了我国政府对开发建设项目新增水土流失问题的高度重视,为政府决策提供了基本依据。目前存在的主要问题,一是基础性的试验研究工作仍相当薄弱,开发建设项目新增水土流失定位观测和动态监测数据十分缺乏,显然,利用已有零散的、缺乏系统性的资料确定开发建设项目引起的水土流失的量化指标是十分困难的;二是在预测方法方面缺乏基础数据的收集和综合性因素的试验研究,也没有合理可行、比较满意的预测方法和可行的预报方程;三是理论研究滞后,在开发建设项目新增水土流失类型、形态、方式等方面还缺乏统一的认识,对开发建设项目新增水土流失机理研究尚有不足等。

从基础工作入手,注重微观研究和宏观研究的结合,加强开发建设项目新增水土流失基本规律的研究,加强可行实用性预测方法的攻关,促进防治理论体系的建立和技术体系的完善,并注重总结汲取前人研究成果和经验,吸纳新理念、新观点,应该是今后开发建设项目新增水土流失研究的方向,也是本书编纂的宗旨。值得欣慰的是近年来编著者参与完成了部

分开发建设项目新增水土流失试验、调查及防治技术专项研究工作,例如由黄委晋陕蒙接壤地区水土保持监督局承担的水利部水利技术开发基金项目“黄河中游地区开发建设项目新增水土流失预测研究”,以及2005年开始由水利部、中国科学院、中国工程院共同组织国内水土保持生态建设及其他相关领域跨行业、跨学科的著名专家、学者开展的“中国水土流失与生态安全综合科学考察”中“开发建设项目考察”分项目等,取得了大量有价值的资料和成果,为本书的研究和编写工作奠定了基础。

本书是在上述理论研究、定位试验、调查分析的基础上,结合编者多年来从事黄土高原水土流失试验研究的实践和思考编写而成的,全书共7章。各章的主要内容及编写人员如下:

第一章,开发建设项目水土流失综述,介绍了我国开发建设项目新增水土流失的状况和发展趋势,分析了开发建设项目新增水土流失的特点,论述了开发建设项目新增水土流失对生态环境的影响,总结了我国开发建设项目新增水土流失研究的进展情况等。由赵力毅、陈智汉、雷启祥编写。

第二章,开发建设项目水土流失成因与机理,分析了开发建设项目新增水土流失的影响因素,进行了开发建设项目新增水土流失分类并分析了流失量组成分布特征,探讨了开发建设项目新增水土流失机理等。由赵力毅、陈智汉、雷启祥编写。

第三章,开发建设项目水土流失试验研究,重点介绍了开发建设项目新增水土流失试验研究方法与技术路线,系统介绍了天然降雨条件下、人工降雨条件下、放水冲刷条件下开发建设项目新增水土流失试验的目的、方法,试验布设、观测及净雨过程、径流过程、降雨入渗过程、水沙关系的推求方法,介绍了土壤抗冲性研究的方法及其成果,介绍了黄河中游地区降雨侵蚀力的研究成果及其应用方法。由蔺明华、程益民编写。

第四章,黄河中游地区开发建设项目水土流失试验研究成果,系统介绍了开发建设新增水土流失试验研究成果,对开发建设新增水土流失预测的流失系数法、侵蚀系数法、数学模型法进行了介绍,对开发建设新增水土流失后评估方法进行了介绍。由蔺明华、程益民编写。

第五章,开发建设项目水土流失预测,概述了新增水土流失预测的基本概念、目的和意义,结合我国现行开发建设项目水土保持方案编制中新增水土流失预测的要求,系统介绍了预测时段与单元、新增水土流失预测的内容及各种新增水土流失预测方法等。由张来章、白志刚编写。

第六章,开发建设项目新增水土流失量调查与定额估算,介绍了开发建设项目新增水土流失调查的目的意义、一般方法,典型项目新增水土流失调查技术路线、调查方法等;结合实例系统介绍了建设项目新增水土流失定额估算依据、估算方法,定额的调整及适应范围等。由赵力毅、张来章、程益民、白志刚、陈智汉、雷启祥编写。

第七章,开发建设项目集中区域水土流失估算实例,介绍了开发建设项目集中区域新增水土流失估算方法,系统介绍了与典型区域开发建设项目新增水土流失估算相关的水文资料调查、河道冲淤资料调查、水保水利措施减沙量调查及开发建设项目调查的方法,结合实例采用实测资料分析法、数学模型法等两种方法,分析估算了典型区域开发建设新增水土流

失量。由白志刚、张来章编写。

全书由蔺明华拟定编写大纲,蔺明华、赵力毅、白志刚统稿,图表由蔺青制作。

本书不仅凝聚了全体编写人员,相关项目试验研究、调查技术人员的劳动和智慧,而且吸收和继承了大量以往研究成果的精华,尤为注重系统性和资料性的结合,使本书的编写在深度与广度上得以拓延。

由于我国幅员辽阔,区域自然、社会经济环境差异较大,开发建设项目新增水土流失研究中尚存在大量需要继续探讨、商榷和深化的问题,书中疏漏与不妥之处在所难免,热忱欢迎广大读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

前 言

第一章 开发建设项目水土流失综述	(1)
第一节 我国开发建设项目水土流失状况和发展趋势	(1)
第二节 开发建设项目水土流失特点	(2)
第三节 开发建设项目水土流失对生态环境的影响	(5)
第四节 我国开发建设项目水土流失研究进展情况	(7)
第二章 开发建设项目水土流失成因与机理	(10)
第一节 开发建设项目水土流失成因	(10)
第二节 开发建设项目水土流失机理	(14)
第三章 开发建设项目水土流失试验研究	(17)
第一节 开发建设项目水土流失试验研究综述	(17)
第二节 降雨特性分析	(18)
第三节 天然降雨条件下水土流失试验	(32)
第四节 人工降雨条件下水土流失试验	(42)
第五节 放水冲刷条件下水土流失试验	(51)
第六节 土壤抗冲性研究	(56)
第七节 黄河中游地区降雨侵蚀力	(63)
第四章 黄河中游地区开发建设项目水土流失试验研究成果	(69)
第一节 开发建设新增水土流失预测方法简介	(69)
第二节 开发建设水土流失后评估方法简介	(75)
第五章 开发建设项目水土流失预测	(80)
第一节 开发建设项目水土流失预测概论	(80)
第二节 水土流失预测单元划分与预测时段	(82)
第三节 水土流失预测的内容	(83)
第四节 水土流失预测方法及资料获取	(84)
第五节 预测结果分析	(95)
第六章 开发建设项目新增水土流失量调查与定额估算	(97)
第一节 开发建设项目水土流失调查	(97)
第二节 建设项目水土流失定额估算	(113)
附表	(120)

第七章 开发建设项目集中区域水土流失估算实例 (191)

 第一节 水文资料收集与分析 (191)

 第二节 区域开发建设项目水土流失相关资料调查与分析 (196)

 第三节 河道冲淤变化分析 (201)

 第四节 典型区域开发建设新增流失量实测资料分析法 (202)

 第五节 典型区域开发建设新增流失量数学模型分析法 (212)

 第六节 风蚀增沙研究 (222)

 第七节 结论与讨论 (226)

参考文献 (227)

第一章 开发建设项目水土流失综述

第一节 我国开发建设项目水土流失状况和发展趋势

开发建设项目泛指工农业生产和国民经济建设中如土地开垦、矿产开采、水利工程建设、交通工程建设、风景资源开发、自然资源开发等一切新建、改建、扩建及技术改造的基本建设项目和生产项目。开发建设项目水土流失,顾名思义是指在上述开发建设活动中造成的水土流失,即因扰动地表或地下岩土层、排放固体废弃物,或破坏地表植被、土壤结构,或改变地形,使下垫面条件向着有利于土壤侵蚀的方向发展,造成水土资源的破坏和流失,是人为水土流失的一种主要形式。与自然状况下的水土流失相比,开发建设项目水土流失具有其自身的特点,其防治方法、途径和措施也不能照搬传统的东西,对此应着力研究和探索。近年来,随着我国工业化、城市化步伐的加快,开发建设项目造成的水土流失问题相当突出,已经引起全社会的广泛关注。

我国对开发建设项目水土流失问题的重视,始于 20 世纪 80 年代中后期,随着神府煤田的大规模开发,以陕、晋、蒙接壤地区为典型的全国范围的采矿、挖煤、修路、采石、采砂等开发建设项目引发的水土流失问题,以及全国范围的城市化基本建设引发的城市水土流失问题等表现得十分突出。由于在开发建设活动中普遍存在以牺牲生态环境为代价牟取短期经济利益的掠夺式开发现象,经济增长方式很大程度上表现为高投入、高能耗、高物耗、高污染、低效率等“四高一低”的粗放模式,因此我国开发建设活动造成的水土流失十分严重。有关研究表明,开发建设活动往往会改变原始的地貌、植被和水系,并产生大量的弃土石渣,由此导致的水土流失强度和危害程度居人为水土流失之首。20 世纪 80 年代全国每年新增水土流失面积 1 万 km^2 ,90 年代虽然加大了监督力度,但每年仍新增水土流失面积 1.5 万 km^2 。1986~1994 年,广东省因开矿、采石、城市建设等造成的水土流失面积达 2 894 km^2 ,山东省 2 700 km^2 ,四川省 1 115 km^2 。

近年来,随着我国人口的增长和国民经济的快速发展,工业化和城市化进程的加快,生产建设和资源开发活动急剧增加,人为造成的新的水土流失呈上升趋势。水利部、中国科学院、中国工程院组织完成的“全国水土流失与生态安全综合科学考察”结果显示,“十五”期间,全国开发建设项目扰动地表面积达到 5.5 万 km^2 ,大部分分布在丘陵区 and 山区,弃土弃渣量 92 亿 t。近几年每年因人为因素新增的水土流失面积超过了 1.5 万 km^2 ,增加的水土流失量超过了 3 亿 t。特别是全国大型开发建设项目水土保持方案申报率不足 70%,大量的开发建设项目逃避了水土流失防治法律责任。尤其是公路铁路、农林开发、水电建设、城镇建设、矿山开采等开发建设项目,乱挖乱采、乱倒乱弃现象十分严重,引发的水土流失量超过了全国人为新增水土流失总量的 80%,给社会留下了巨大的治理成本,有的甚至难以恢复,造成生态灾难。考察发现,在所有开发建设活动中,农林开发、公路铁路、城镇建设、矿山

开采等引起的水土流失最为严重。据测算,“十一五”期间,全国开发建设项目可能产生新的扰动地表面积 6.2 万 km²,弃土弃渣总量将达到 100.3 亿 t,与“十五”期间相比,分别增长 12.7% 和 9.0%。陡坡开垦、顺坡耕作、乱砍滥伐造成的水土流失依然严重,公路、铁路、矿山开采、水电和城市建设引起的水土流失出现加剧的趋势。仅公路和铁路建设就有超过 5 000 万 t 泥沙直接进入各级河道,给江河防洪造成严重隐患。

第二节 开发建设项目水土流失特点

由于开发建设项目水土流失是在人为活动下诱发产生、发展的,是人为水土流失的一种主要形式,加之开发建设项目的数量大、建设类型多样、产生水土流失方式不一,因此开发建设项目水土流失既与原地貌条件下的水土流失有着天然的联系,又不同于自然条件下的水土流失,有其自身的特殊性。

一、不同类型建设项目的的水土流失特点

开发建设项目,以平面布局进行分类,可以分为线形工程和点(片)状工程;以产生水土流失的时限进行分类,可分为建设类项目和建设生产类项目。

根据开发建设项目在建设生产过程中的项目组成、扰动地表形式、水土流失强度及危害等方面的一致性,将常见的开发建设项目划分为线形工程和点(片)状工程,线形工程包括公路工程、铁路工程、管线工程、渠道工程、输变电工程等;点(片)状工程包括火(风、核)电工程、井采矿工程、露天矿工程、水利水电工程、城镇建设工程、农林开发工程和冶金化工工程等。其中,公路工程主要包括高速公路、国道、省道、县际公路、县乡公路和乡村公路;管道工程主要包括供水、输油、输气和通信光缆等工程;井采矿工程指以立井、斜井和平硐开拓方式进行的煤炭、金属矿等矿产资源开发工程;露天矿工程指剥离表层后采用“直接露天开挖并外运”的方式进行的煤炭、金属矿等矿产资源开发工程;城镇建设类工程主要指城镇开发及与之相关的采石、采砂、取土工程,包括工业区、商业区、经济开发区、住宅区及配套开矿采石取土区、交通基础设施建设;农林开发类工程主要指陡坡(山地)开垦种植、定向用材林开发、规模化农林开发等工程;冶金化工类工程主要包括金属冶炼和化工工程。

公路、铁路、输变电工程、管道工程、水利水电工程、城镇建设工程等开发建设项目,水土流失主要发生在建设过程中,当开发建设项目通过水土保持专项验收并投产后,水土流失呈逐步减少、逐渐趋于稳定的趋势,不再新增水土流失,此类项目称为建设类项目。

露天矿、井采矿、农林开发项目、燃煤电站、冶金建材、取土采石场等开发建设项目,不仅在建设过程中产生水土流失,而且在生产运行期间还源源不断地产生水土流失,此类项目称为建设生产类项目。如燃煤电站在通过水土保持专项验收并投产后,还将产生粉煤灰、石膏等废弃物,还需进行拦挡防护;露天矿在生产运行中,还会产生大量的剥离物和排弃物,需要设置专门的排土场和矸石场进行防护;井采矿在生产运行中,也会产生大量的矸石,需要设置专门的排矸场进行防护;冶金化工工程在生产运行中,还需要建设大量的赤泥库、尾矿库,同样也有水土流失防治的必要。

(1) 开发建设项目新增流失量包括扰动地面上的水土流失和弃土弃渣产生的水土流失,以弃土弃渣产生的水土流失为主。弃土弃渣水土流失又包括两部分:一是弃土弃渣直接

入河被河道洪水冲走而造成的流失(平原区、风沙区一般不存在);二是弃土弃渣其余部分因降雨径流侵蚀而造成的流失。

(2)线形(公路、铁路、管线等)项目的水土流失强度大于点(片)状(厂、矿、城镇建设等)项目。主要表现在,线形项目的弃土弃渣堆放分散、随意、无序,弃土弃渣直接入河量较多,点(片)状项目的弃土弃渣堆放较集中、有序,而弃土弃渣的流失量在开发建设项目水土流失总量中的比重往往较大。

(3)一般而言,建设项目规模越大,水土保持工作相对搞的越好。

(4)风沙区的项目,建设期水土流失强度比扰动前显著加大,特别是在植被较好的地区更是如此。

二、开发建设项目水土流失特点的普遍性

(一)流失类型和形式多样

开发建设项目类型多种多样,涵盖了国民经济建设的方方面面,如矿业资源、交通、电力工业、水利工程、城镇建设、农林开发等。这些开发建设项目从施工建设到生产运行,其生产环节或不合理的人类活动,必然产生新的水土流失。

多种多样的行业类型的开发建设项目,由于开发建设项目的组成、施工工艺和运行方式多样,且因地表裸露、土方堆置松散、人类机械活动频繁等,其产生的水土流失类型和形式多样,在侵蚀类型上有水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀和混合侵蚀等,时空交错分布。在形式上一般在雨季面蚀、沟蚀、崩塌、滑坡、泥石流等并存,非雨季大风时多风蚀。

开发建设项目水土流失形式多样性还表现在改变侵蚀形式的单一性,为复合侵蚀提供了有利的营力环境。赵永军的研究表明,生产建设过程对地表的扰动及重塑,局部改变了水土流失的形式,使原来的主要侵蚀营力发生变化,从而改变侵蚀形式。例如,在丘陵沟壑区公路施工中,路基修筑中的削坡、开挖断面及对弃渣的堆砌,使原本的风力侵蚀作用加大,变成风力加水力侵蚀的复合侵蚀类型;平原区在高填路基施工后,形成一定的路基边坡,从而使原本以风力侵蚀为主的单一侵蚀形式,在路基边坡处转为以水力侵蚀为主的侵蚀形式;对于设置在水蚀区的干灰场来说,由于堆灰所引起的灰渣流失,使得该区原有的水蚀方式变为以风蚀为主,或者是风力侵蚀、水力侵蚀并存。另外,开发项目所产生的诸多水土流失形式显著不同于自然地貌条件下的水土流失形式,发生水土流失的松散物物质组成和理化性质与自然土壤也完全不同,例如固体废弃物堆积的不均匀沉降、采空区塌陷、弃土弃渣堆置不当引起的崩塌、滑坡、泥石流等侵蚀形式等,这些新的流失形式机理复杂,有待于进一步研究。

(二)在空间上表现出明显的点、线、面区位特征,影响程度各异

开发建设项目水土流失的分布与工程项目本身的特点密切相关。它不是单一完整的自然单元或行政单元,可能是跨越多个自然单元或行政单元,以点、线、面中的一种或多种形式的组合分布,这是开发建设项目水土流失的重要特点。如公路、铁路建设造成的水土流失呈带状分布,输油、输气管道工程造成的水土流失呈线状分布,受工程沿线地形地貌限制及“线带状”活动方式的影响,其主体、配套工程建设区,涉及破坏范围较大。矿业生产、火力发电、井采矿、采石、取土等造成的水土流失呈点状分布,影响区域范围相对较小,但破坏强度大,防治和植被恢复难度大。农林开发、城市建设、大型露天采矿造成的水土流失呈面状

分布,综合性强、规模较大的项目,影响区整体以“面”的形式表现出来,特别是范围大、建设生产周期长,而且在结构上以点、线、面组合或交织而成的项目,水土流失影响范围也较大。

(三)在时间上阶段性强,发生时间集中

开发建设项目,一般分准备期、建设期和生产运行期等阶段。不同性质的建设项目,在各个阶段造成的水土流失差异较大,有集中于建设期的,也有集中于生产期的。但由于施工期大面积扰动地面,产生或堆置大量松散弃土弃渣物质,水土流失集中于建设期的占多数。何江华等在《机械夷平地侵蚀形式与特征研究》中指出,美国马里兰州的观测表明在建设期间侵蚀量高达 $5.5 \text{ 万 t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

(四)水土流失量大,流失强度变化大

实践调查和监测数据表明(郭建军、陈舜川,2004;赵永军,2007),由于开发建设项目尤其是大型采矿项目,在施工过程中对地表进行了大量剥离和开挖,使具有肥力的表土损失殆尽,甚至剥蚀到心土层,植被和土壤几乎不存在,再加上所产生的不同于自然土壤的固体松散物质,引起的水土流失不同于一般意义上的水土流失,其水土流失量是自然水土流失量的几倍、几十倍乃至上百倍。自然条件下的土壤性状决定着土壤抵抗外营力侵蚀的能力。土壤质地过粗,抗冲力小,易发生水土流失;质地过细,渗水性差,地表径流强,也易发生水土流失。如果有良好的地面覆盖物,如森林、野草、作物或植物的枯枝落叶等保护地表,就会减少或减弱水力、风力等外营力对地表的直接冲刷、侵蚀力度,水土流失强度相对较轻。由于开发建设项目施工建设在短时间内进行采、挖、填、弃、平等施工活动,使地表土壤原来的覆盖物遭受严重破坏,同时,又因施工建设活动的进行和继续,改变了土壤的理化性质,使得土壤颗粒的紧密结构遭到破坏,不能很好地抵抗外来营力的侵蚀,水土流失急剧增加。尤其在弃渣、弃土、取土等松散部位,其所产生的水土流失强度往往是自然侵蚀强度的3~8倍。如福建省建瓯小区观测点松散堆填地形的试验结果表明, $3^\circ \sim 5^\circ$ 坡面原地貌土壤侵蚀模数为 $1\,000 \sim 3\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,而当原始坡面被破坏之后,则形成 $36^\circ \sim 40^\circ$ 的坡面堆积体,土壤侵蚀模数可达 $20\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上。

(五)水土流失具有潜在性,可控制性和可预防性低

水土流失的潜在性表现在开发建设项目在建设、生产运行过程中造成的水土流失及其危害,并非全部立即显现出来,往往是在很多种侵蚀营力共同作用下,首先显现其中一种或者几种所造成的危害,经过一段时间后,其余侵蚀营力造成的危害才慢慢显现出来,如对于大多地下生产项目如采煤、采铁、淘金等,除扰动地面外,随着地层的原有结构被破坏和地下水的疏干,形成地面塌陷、植被退化,加剧了水土流失。这种影响,明显具有滞后效应,几年甚至十几年后才表现出来,这个不确定时段的潜伏期和结果难以预测,可控制性和可预防性低。

(六)具有突发性,危害性极强

与潜在性密切相关、互为因果关系的是开发建设项目产生的水土流失往往还具有突发性,一些大型的开发建设项目对地表进行大范围及深度的开挖、扰动堆垫、采掘等活动,形成大量的人工坡面、悬空面、采空区等,破坏了原有的地质结构和岩土层原有的平衡状态,在暴雨洪水、强风暴、地震等外来诱发营力的作用下,引发泻溜、崩塌、滑坡等重力侵蚀,形成大的地质灾害,危害性极强。

(七) 水土流失与环境污染相伴

开发建设中的工矿企业、公路、铁路、水利电力工程、矿山开采及城镇建设等,在施工和生产运行中会产生大量的废渣,除部分被利用外,尚有许多弃土、弃石、弃渣。在矿产资源开发和生产建设过程中排放的废弃固体物,其成分往往相当复杂,包括岩石、土壤、矿石、尾矿、尾渣、垃圾等,矿山类弃渣、冶炼弃渣等物质常常含有有毒有害成分,一旦流失会造成环境污染,如下游水体的污染等,危及人民生命健康和财产安全。

第三节 开发建设项目水土流失对生态环境的影响

一、对水资源及水环境的影响

在各类开发建设过程中,硬化地表,破坏地形、地貌、植被等水土保持设施,使原有的水土保持功能降低或丧失。地表的硬化或覆盖,使降雨不能下渗,土壤渗流系数减小,地表径流系数增大,使得地下水源的涵养和补给受到阻碍,地表径流汇流时间缩短,强度增大。台湾研究资料显示(王金建,2002),在城市化过程中开发度达到30%时,洪峰到达时间比开发度为零时缩短一半;美国的研究资料表明,当开发度达到40%时,洪峰流量增加近1倍;据山东省水利科学研究院对济南南部舜湖社区开发建设项目进行的观测计算,项目区内由于地面硬化,地表径流系数增大,地表径流量由工程建设前的年均 $32.53 \text{ 万 m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 增加到 $64.38 \text{ 万 m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。地表径流量的成倍增加,必然导致地下水补给量的成倍减少。在产生强地表径流的同时,加剧了对裸露地表土壤的侵蚀。其结果是地下水位下降,水土流失严重,生态环境恶化。开发建设项目水土流失对水环境的影响表现在对水体的污染,由于施工开采过程中产生了一些化学与物理污染物,这些污染物会随着地表水流入河流或者渗透到地下水中,从而导致河流和地下水受到污染,使得河水和地下水水质下降。如果项目位于饮用水水源保护区内,开采过程产生的化学和物理污染物对水体的影响就更大了。

二、对土地资源及农业生态的影响

开发建设项目在施工过程中若随意弃土弃渣,或者乱采滥挖,就将不可避免地造成大量水土流失,进而使可利用土地资源不断减少,使土地可利用价值和生产力大大降低,产生土壤肥力低下、沙漠化、盐渍化及土壤污染影响等问题。主要表现在表土的剥离,岩石被开采与破碎,使得整个土壤的结构和层次受到破坏,土壤生态系统的功能恶化。当遇到降雨时,会产生水土流失,严重时会造成泥石流。这些都使得土壤资源减少和恶化。

开发建设项目施工所产生的水土流失对农田的影响有两种,一是在通过农田路段,特别是路堤、桥梁或交叉点,降雨冲刷下来的大量泥沙会直接排往工程区域外的农田,由于地势变缓,大部分泥沙沉积下来,形成“沙压农田”;二是泥沙中细小的部分会随水流淌,以“黄泥水”的形式进入农田,对远处的农田产生进一步的影响。另外,开发建设项目施工所产生的粉尘对农作物生长产生不利的影响,特别在旱季,施工过程中产生的扬尘落到农作物的叶片上,聚集到一定厚度时将影响其光合作用,特别是在作物的扬花期,将会影响到作物的品质和产量。

三、对植物资源的影响

开发建设项目的建设将使工程建设区生态植被受到破坏,部分生物个体将被铲除,极少数将被移植,将导致沿线水土流失量增加,这些环境影响是不可逆的,也将导致局部区域个体植物的减少,如果这些植物品种为濒危物种,将对物种多样性构成较大影响。施工机械的开挖、碾压,施工人员日常生活的踩踏,搅拌场、拌和场及堆料场、弃渣的堆放等,将使使用区域内的植被遭到破坏,造成植物物种灭绝或多样性减少,会使水土流失影响范围内植被覆盖率降低,使水土流失加剧成为可能。对植物资源影响最大的是露天开采,开采过程中会剥离部分表土,从而对原有植被造成一定的影响。同时,主要矿层被采空,会造成严重漏水和上覆岩土层结构破坏,使植物失去生存条件;大量开采石料,破坏了山体及地表植被,加速了水土流失的发展;开挖坡脚、切削边坡,造成山体失衡;随着石场开采的逐步扩展,裸露面将进一步扩大,同时临时弃土堆表面的扩大亦将增加裸露面,这一切都将加剧水土流失的发生。开采过后,在山坡大量堆积固体废弃物,加重了负荷,一遇暴雨洪水,导致滑坡不断发生。有的废土会被运到河边直接倾倒,随着河水的冲击,这些废土被冲走,在一定程度上也造成了严重的水土流失。加上人们对植被破坏等情况不重视,被破坏的植被无法得到恢复,一定程度上使得水土流失加剧、生态环境恶化、自然景观受到破坏。

四、对陆生动物资源的影响

由于植被受到破坏,引起了水土流失,这一系列的生态效应最终将导致生物量锐减,同时,会导致周围的生态环境恶化,植物减少,其吸收的二氧化碳、释放的氧气也开始减少,对整个生态环境来说是非常恶劣的;对野生动物物种的整体生存环境构成巨大影响,同时,植物减少,会导致食草动物开始迁移或死亡,数量减少,肉食动物也因得不到足够的食物数量开始减少,从而使得物种减少,生物多样性受到遏制。所有的这些破坏了食物链,导致生态平衡受到影响,形成了恶性循环。最终使得生物量减少,二氧化碳、氧气产生量减少,这些对生态环境而言都是不利的。

五、对水生生物的影响

开发建设项目的建设如果沿河及跨河路段较多,沿河尤其是近河施工中如不做好开挖坡面的防护工作,发生水土流失或扬尘严重时,将增加水体的悬浮物含量,而水土流失物中还可能含有营养物质如氮、磷及有毒有害物质等,其进入河流,也会短期内污染河流,对鱼类及浮游生物的生存环境造成一定影响,导致短期内该河段浮游生物的种类组成和优势度改变,同时部分鱼类也因环境改变而规避至其他河段;其不利影响程度与施工时间长短、进入河流的污染物浓度及成分有关。从而对水生生态系统造成严重危害,并直接导致对水生生物资源的破坏。

六、对周边环境和下游河道及水沙的影响

开发建设项目水土流失对周边环境和下游河道及水沙的影响,主要是大量弃土弃渣进入河流,淤塞河床、沟道,会造成河道淤积,毁坏水利设施,影响正常行洪和水利工程效益的发挥,甚至还会引发更大的洪涝或者地质灾害,国内外的例子不胜枚举。

在我国,近几十年来,由于各类开发建设项目激增,使长江中下游地区湖泊面积丧失约 1 200 万 hm^2 ,丧失率达 34%,极大地削弱了湖泊的调洪能力(《长江水灾与流域生态破坏经验与教训》,国家环境保护总局自然司)。李夷荔、林文莲(2001)和王金建(2002)的研究表明,深圳市在 20 世纪 90 年代初大规模的开发建设过程中,由于忽视了水土保持,曾一度造成了严重的水土流失危害。雨季布吉河最高含沙量达 187 kg/m^3 ,为开发前 0.15 kg/m^3 的 1 246 倍,严重侵蚀区侵蚀模数达 $6.11 \text{ 万 t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,其中布吉河中游的房地产开发,使河道严重淤积,1992 年一场 5 年一遇的暴雨,就造成了 9 000 多万元的直接经济损失。1993 年 9 月 26 日一场 20 年一遇的降雨,就使深圳河洪水泛滥,造成直接经济损失达 14 亿元。山东省一些地区在城市建设过程中造成的水土流失问题也很严重。据对济南、潍坊、泰安、临沂、日照、莱芜、枣庄等 7 个城市的调查,城区总面积不足 900 km^2 ,而水土流失面积达 269 km^2 ,每年淤积于河道和排水沟的泥沙近 70 万 t 。王向东等研究了采矿业对产流产沙的影响,采矿不仅破坏了植被,而且也破坏了土壤结构。同时产生大量的弃土石方。如准格尔露天煤矿,投产以后弃土石方达 2.8 亿 m^3 。产沙率和输沙量比无采矿区增大了 10 倍以上。资料显示(郭建军、陈舜川,2004),陕北油气田开发累计因开挖、压埋、扰动破坏地貌植被面积达 7 万多 hm^2 ,排放弃土弃渣 1.5 亿 t ,其中塌陷区造成的水土流失最为严重,并且年增速超过 45 km^2 。这种因人为水土流失造成的水位下降、井泉干枯、河道断流、植被衰退、水土草木资源损毁、土地沙漠化的状况,严重威胁人民群众生命财产安全,危害极为严重。

根据王向东等的研究资料,在国外,如美国马里兰州在城市化建设期间,产沙量达到 $55\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,而在同样的地区,森林地面产沙量为 $80 \sim 200 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,农田是 $400 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;在佐治亚州,开挖新道路使产沙量达到 $20\,000 \sim 50\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$;同样,在英格兰德文郡,在有排水建筑物的地区,河中悬浮泥沙物浓度是未受干扰地区的 2 ~ 10 倍(偶尔达到 100 倍);美国弗吉尼亚州在城市化建设期间,侵蚀速度同样高,而且记录了在相同地区侵蚀速度是农田的 10 倍,是草地的 200 倍,是森林地区的 2 000 倍;在肯塔基州麦克克里郡,研究露天采矿对洪水和水质的影响表明,坎恩流域 1957 ~ 1958 年的输沙量为 $1\,082 \text{ t}/\text{km}^2$,同一时期,附近没有采矿的亥尔顿流域的输沙量仅为 $19 \text{ t}/\text{km}^2$,二者相比含沙量增加了数十倍,且泥沙颗粒变粗。不仅如此,采矿活动对河流泥沙影响可能达数十年之久。

第四节 我国开发建设项目水土流失研究进展情况

在我国,对开发建设项目引起的水土流失问题初期研究,可以追溯到 20 世纪 40 年代初,针对西北公路修建沿线的水土流失问题,国民政府交通部西北公路工程局和农林部天水水土保持实验区(今黄委天水水土保持科学试验站)首次在联合拟订《合作保土护路计划》(草案)的基础上,在水天附近公路沿线开展了以修谷坊、筑坝、植树种草护路,防止冲刷和减少坍塌等试验工作。新中国成立初期,针对西北铁路沿线的泥石流、滑坡等水土流失,西北农林部组织天水陇南人民农林实验场(今黄委天水水土保持科学试验站)、西北铁路干线工程局塌方泥石流研究组等率先在对宝天铁路段沿线的水土流失情况进行查勘的基础上,提出“宝天铁路线区水土保持初步勘察报告”,认为“铁路沿线的水土流失防治,须将降雨集流面积的水土保持工作与铁路工程相结合,才能生效”,天水陇南人民农林实验场、西北农林部水保总站、西北农林部秦岭管理站等联合在北道埠、元龙镇、葡萄园等选择典型泥石流

沟谷进行平整山坡、修筑谷坊、水土流失植物防护等试验研究(莫世鳌,1988)。1963年中科院地理所罗来兴在《我国黄土高原的水土流失与水土保持》一文中,认为水土流失的原因是自然和人为两方面的因素,而滥垦滥伐等人为因素是值得重视的,并首次提出了人为“加速侵蚀”的概念。20世纪80年代中期开始,针对黄河水沙变化的研究,水利部第一期黄河水沙变化研究基金(简称“水沙基金”)、黄河流域第一期水保科研基金(简称“水保基金”)、国家自然科学基金(简称“自然基金”)等研究项目课题,同时关注到因基本建设引起的水土流失问题,分别研究了开矿、修路、建房等基本建设活动人为因素增沙情况,特别是“自然基金”重大研究项目“黄河流域环境演变与水沙运行规律研究”明确认为,人为破坏自然生态平衡是加速侵蚀的主导因素,并对煤田开采增加入黄泥沙量进行了估算,通过对神府东胜煤田的研究,确定了以煤田开发占地面积、排弃土石数量和土石移动后土壤可蚀性作为测算煤田开发对侵蚀产沙影响的三个指标,认为煤田开发的产沙量占总侵蚀量的20%~30%;煤田开发后河流输沙量明显增多,且高含沙水流出现频繁。“水沙基金”、“水保基金”、“自然基金”等三大基金有关基本建设引起的水土流失问题的研究,逐步引起学术界的广泛关注。在此期间,有关专家、学者针对神府东胜煤田在开发建设过程中,严重扰动了原有的土壤结构层次,破坏了地面的植被,造成了严重的新增水土流失的问题(黄河水沙变化研究会,1993),以及全国大规模城市基础建设中城市水土流失的问题(唐克丽,1997),进行了大量的调查研究。这些研究成果促进了我国政府对开发建设项目人为水土流失问题的高度重视,为政府决策提供了基本依据。

20世纪90年代以来的十几年内,随着《中华人民共和国水土保持法》的实施,水利部高度重视我国水土保持方案制度的建设和落实,针对开发建设项目水土保持方案编制的实际需求,结合大量的开发建设项目调查,逐步建立了开发建设项目水土保持方案的技术体系,有力地推动了对开发建设项目水土流失问题的研究。先后有大量的研究著作、论文(郭建军、陈舜川,2004;焦居仁等,1998;赵永军,2007)探讨了开发建设项目水土流失的特点、成因及其造成的危害等,并在开发建设项目水土流失的防治方面提出了很多新理念、新观点,探索出了一些新方法、新技术,另外一些研究者还提出了“工程侵蚀”的概念(李夷荔、林文莲,2001)等。在开发建设项目水土流失规律、水土流失量预测等方面,相关大专院校、科研院所的学者、专家进行了多项试验研究,一方面是针对一些在建的具体工程定量研究其水土流失规律,比如秦沈客运段、内昆铁路和安太堡煤矿等,另一方面是对USLE应用于工程建设项目水土流失量预测的探讨(李璐等,2004)。中科院地理所的蔡强国、李忠武等,在内昆铁路针对铁路施工期的5种下垫面布设小区,做了人工降雨试验,得出路堑和弃渣小区的产沙量与产沙率都明显大于其他小区,是铁路修建造成沿线水土流失加剧的主要来源;北京交通大学的杨成永、许兆义等,先后在秦沈客运段、内昆铁路施工期的不同下垫面布设小区做了人工降雨试验和天然降雨实测以及天然降雨试验沟蚀量的观测;李文银、王治国等对安太堡煤矿的水土流失规律、防治措施、复垦等做了长期、系统的研究;王治国、白中科等(1992)用体积法测算细沟和浅沟冲刷量,然后又根据安太堡露天煤矿设置的8个径流小区(1994)的参数和天然降雨观测结果,推算出安太堡露天煤矿30年间的水土流失量可达389.17万t;王治国、白中科等(1994,1998)在安太堡南排土场的坡面对细沟、浅沟进行了研究,发现边坡细沟、浅沟发生频数、沟宽比和侵蚀量随坡位不同发生空间变异,整个坡面细沟侵蚀占总侵蚀量的79.6%,而且与排土工艺和复垦种植有密切关系;王美芝、叶翠玲、朱正清、刘功贤

等对预报模型应用于工程建设项目水土流失量预测方面进行了一些探讨;黄委晋陕蒙接壤地区水土保持监督局等单位,在水利部水利技术开发基金项目“黄河中游地区开发建设项目新增水土流失预测研究”课题的研究过程中,采用天然降雨、野外人工降雨、放水冲刷等不同方法,对开发建设中产生的人为扰动地面、弃土弃渣等下垫面与原生地面进行了平行的侵蚀产沙规律模拟试验研究,取得了一些经验模型(蔺明华等,2006)。这些研究成果丰富了水土保持理论的内涵,在一定程度上填补了开发建设项目水土流失研究的空白。值得关注的是,2005年开始由水利部、中国科学院、中国工程院共同组织国内水土保持生态建设及其他相关领域跨行业、跨学科的著名专家、学者开展的“中国水土流失与生态安全综合科学考察”,专门设立“开发建设项目考察”分项目,全面调查开发建设项目的数量、危害,开展典型实例剖析研究,分类调查开发建设项目造成水土流失的情况,深入分析其原因,取得了大量有价值的资料和成果,为下一步的研究工作奠定了基础,明确了研究方向。

目前存在的主要问题,一是基础性的试验研究工作仍相当薄弱,开发建设项目水土流失定位观测和动态监测数据十分缺乏,显然利用已有资料确定开发建设项目引起的水土流失的量化指标是十分困难的。二是在预测方法方面因缺乏基础数据的收集和系统的综合性因素试验研究,尚未建立起大家认可的和比较满意的预测方法体系和预报方程。三是理论研究滞后,在开发建设项目水土流失类型、形态、方式等方面,还缺乏统一的认识,对开发建设项目水土流失机理研究尚有不足等。今后应着力加强开发建设项目引起的水土流失基本规律的基础研究,加强可行实用性预报方法的攻关以及防治的理论体系的建立和技术体系的完善。