

公路水土保持技术理论研究进展

卜崇峰¹, 冯伟², 余海龙³, 张兴昌¹

(1. 西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;
2. 水利部水土保持监测中心, 北京 100053; 3. 宁夏大学资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

[关键词] 公路建设; 水土保持; 理论研究; 进展

[摘要] 简要回顾了公路建设的水土流失影响, 重点阐述了公路边坡水土保持的发展历程及其研究现状, 指出亟待开展的 4 个主要研究方向: ① 开展不同侵蚀环境下公路建设新增水土流失规律与土壤侵蚀动力学机理研究; ② 建立不同区域公路建设水土保持监测技术体系, 发展土壤侵蚀的预测预报理论技术; ③ 加强公路建设水土流失防治体系与植被快速建植技术研究, 构建水土保持标准化治理模式与技术标准; ④ 推动公路建设水土保持损益分析及水土保持与经济社会可持续发展的关联研究。

[中图分类号] S157 [文献标识码] C [文章编号] 1000-0941(2008)09-0012-03

1 公路建设水土流失影响特征

水土流失是公路建设带来的诸多生态问题中最为突出的一个, 是公路建设破坏水土资源、改变生态环境的集中表现形式, 主要由在公路建设期或运营期因扰动地表、毁坏植被及堆置弃渣等活动造成, 是一种典型的人为加速侵蚀^[1]。公路水土流失在空间上表现为沿公路呈离散型点、线状分布, 时间上集中在建设期和运营期并与主体工程施工进度具有高度同步性^[2]。施工准备期和建设期对原地貌的破坏和扰动大, 是水土流失增加的主要时段; 运行初期, 一般采取硬化和绿化等防护措施, 在短时段内水土流失会逐步减少。公路建设加剧水土流失的方式有山体开挖造成地表裸露、填筑路堤增加裸露面、取弃土场产生裸露面, 施工过程中施工便道、施工机械碾压及施工人员践踏等损坏原有地表植被及水保设施、干扰不良地质增加其不稳定性等^[3]。

我国公路建设往往跨越多个类型的生态区域, 其造成的水土流失一般具有三大特点: 一是地域具有不完整性。建设占用的区域一般都不是完整的一条小流域或一面坡, 水土流失常以线性为主, 水土流失类型多、流失严重。二是新增水土流失具有不均衡性和突发性的特点, 且在各阶段(如施工期、运营期)造成的水土流失量差异较大。三是不同的地质土壤条件、地形地貌、气候特征区, 造成的新增水土流失的类型、强度、流失量存在很大差异。

2 公路建设水土保持研究进展

2.1 路域生态建设——从传统到现代

公路建设活动对生态环境及人类生产生活的种种不利影响往往伴随建设、营运活动的全过程, 严重时制约经济社会的可持续发展。因此, 伴随公路建设, 人们对路域生态工程的

科学研究与技术开发的努力就从未停止过。路域生态工程技术经历了从传统的人工植树种草阶段到以机械建植为主、人工建植为辅的阶段^[4]。我国最初的公路绿化模式就是种行道树, 绿化技术主要是借鉴林业部门的造林技术。随着全国公路网的初步形成, 绿化的范围扩展到公路边坡, 园林部门的种草和铺草皮技术被引入公路领域, 并与植树技术相结合, 形成了公路绿化的传统技术模式。高等级公路的建设促使我国公路路域生态工程技术开始向现代化转变, 以机械喷附为代表的新的植被建植技术在国内许多高速公路建设中被尝试应用, 绿化范围也从公路边坡扩展到中央分离带、互通立交和服务区, 全方位、立体式、多功能、景观生态的设计理念和绿化模式正成为我国公路路域生态建设的指导思想。当前, 具有中国特色的现代化公路路域生态工程技术体系框架结构已经初步形成, 但公路生态工程技术应用中也存在不少问题, 例如片面强调机械植草技术(液压喷播等), 而对与之配套的植被设计问题、客土养分配比问题缺乏系统研究; 片面强调短期效果(迅速见绿), 大量使用进口草种, 忽略了植物群落的稳定性、自我更新能力; 不考虑区域差异、路段差异, 盲目使用某种技术, 造成返工或后期养护困难; 不能将传统技术的扦插、移栽等与现代技术有机结合, 造成景观单一、水土流失防治效果不理想等。

2.2 边坡保护——从刚性到柔性

通常, 边坡、弃土场、取料场、临时占地和移民安置区是高速公路建设过程中产生水土流失的主要部位, 各施工单元的水土流失形式不一并对应不同水土保持措施, 当前对边坡水土流失问题关注较多。边坡也称为斜坡, 是指表面倾斜的土体或岩体, 可分为天然的和人工的两种。天然边坡即天然形成的坡地, 人工边坡则是在平整场地、开挖基坑及修筑公路等工程中开挖或填筑而成。人工边坡有 3 个本质特点: ①有一定坡度; ②临近人工建筑物; ③它的位移和变形对建筑物可能有影响^[5]。公路边坡属挖损地形和堆垫地貌为主的人工边坡系统, 往往对水土流失总量的“贡献”最大。原地面角、边坡角、自然安息角(坡帮角)是防治和控制的重点, 人工堆置体水土流失类

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(40701096); 国家科技支撑计划课题(2006BAD09B06)

型和程度与堆放位置直接相关,沟坡型弃渣场、沟谷(道)型弃渣场在防治时则应做好沟坡的荷载平衡分析。早期传统的边坡防护是指采取工程手段对边坡进行加固,防止或减轻边坡发生对临近建筑物有危害的变形和位移,如滑坡、泥石流等失稳情况。防护措施有石质、混凝土挡土墙和护面,锚杆、锚索、喷锚、挂网等刚性防护,这些措施一般是排斥绿色植物的。随着人类环保意识的增强,治理边坡时开始引入绿色植物即柔性防护。于是,出现了边坡生态防护概念,即指单独利用植物或者把植物与土木工程结合在一起,对边坡进行防护的同时也在改善边坡生态环境。边坡生态防护实现了护坡、防止水土流失、恢复和改善生态的三重目的,成为当今工程界努力追求的新趋势。近些年,风化岩石边坡挖沟挂网喷播技术、土质边坡直接液压喷播技术等边坡水土流失防治中被大量应用,公路生态保护、水土保持生态恢复技术等一些项目在我国陆续开展。2001年,新疆规划把布尔津—喀纳斯—白哈巴—哈巴河环型旅游道路、独库公路巴音布鲁克天鹅湖道路建成旅游生态公路;2002年,穿越秦岭的西安—汉中高速公路建设提出了以人为本、生态选线、注重生态、交通安全的标准;2003年,沈大高速公路被改造成为桥涵、隧道景观突出,建筑风格典雅,绿化美观,自然和谐的生态旅游观光通道。

2.3 水土流失防治

在高速公路边坡植被恢复过程中,乔木、灌木和草本植物均能起到保水固土的作用,但不同条件下它们的作用会有很大差异。因此,在进行边坡生态防护时,应因地制宜地选择合理的植被类型和植被结构才能取得最佳效果。李青芳等^[6]详细论述了种草、铺草皮、液压喷播植草护坡、框格防护、合成材料植被网草皮护坡、喷混植生植物护坡、绿化笼砖护坡、香根草生物边坡防护技术、客土喷播技术等,认为在公路防护工程设计中必须紧紧抓住设计对象的土质、水文、气候等特点,灵活采用不同的防护形式,才能确保公路边坡防护的可持续性。研究表明,公路高陡边坡生态护坡技术建植草本植被在短期内可完全覆盖坡面,在中雨到暴雨的情况下,边坡径流系数可控制在15.97%以下,可抑制边坡侵蚀的发育^[7]。植生袋、土工格式防护措施提高土壤抗冲性作用明显,保水、固土能力分别达到88%、99%^[8]。随着水土保持学科的不断发展和生产实践要求的提高,水土保持的经济合理性越来越受到重视。为此,水土保持损益分析应运而生,并已被写入新的水土保持国家标准,作为水保方案审批的重要依据。姜德文^[9]将开发建设项目的影晌时间、扰动后的侵蚀强度、影响范围、可恢复程度和生产运行期影响等5个主导因子拟合为一个综合评价模型即水土流失影响度,应用显示该方法对定量分析开发建设项目对水土流失的影响程度是可靠有效的。

2.4 水土流失监测

水土流失监测是所有开发建设项目水土保持科研和生产实践的基础。当前,我国开发建设项目水土保持监测仍处于探索研究阶段,存在监测指标体系不统一、监测方法和技术单一及可操作性较差、监测结果的定量化与准确度不够等突出问题,研究可操作性和实用性强的监测方法、构建统一完善的监测指标体系已成为当前开发建设项目水土流失研究的重点。

唐学文等^[10]采用层次结构分析模型法构建了一套开发建设项目水土保持监测指标体系,整个监测指标体系由1个目标层、5个控制层、27个要素和73个指标构成。曾红娟等^[11]提出了开发建设项目水土保持监测指标体系及各监测指标的监测方法,所构建的指标体系能较好地反映水土流失及水土保持措施的动态变化情况,具有一定的可操作性与实用性。但总体上,我国开发建设项目类型多,水土流失时空变化大和形式复杂,其规律的掌握有较大的难度。只有针对不同侵蚀环境及不同类型的建设活动,尽快开展水土保持监测研究,才能构建统一完善的开发建设项目水土保持监测指标体系,提出更为实用、可行的监测技术手段,为全面、有效地防治开发建设项目水土流失提供理论和技术支持。

2.5 水土流失预报

公路建设新增水土流失主要由破坏原植被和地貌引起的新增水土流失、弃土弃渣流失、道路运行期间影响区新增水土流失3部分构成。预测开发建设项目可能造成水土流失量是水土流失防治区划分和水土流失措施数量、标准确定及措施优化配置的基础,预测的客观性和准确性直接影响水土流失防治的成败^[12]。只有正确预测不同类型扰动面的土壤侵蚀量,才能制定出经济、有效的防治措施。我国对开发建设项目新增水土流失的预测研究是随着黄河中游地区大规模的开发建设而展开的。20世纪30年代中期,黄委组织黄河水利科学研究院、绥德水土保持科学试验站等单位陆续开展了黄河中游地区开发建设项目人为水土流失调查,“七五”、“八五”期间,在国家自然科学基金、水利部水沙变化研究基金、黄委水土保持基金等的资助下,重点进行了针对煤矿开发建设的新增水土流失及其对环境的影响研究,取得了一批成果。目前,对开发建设项目水土流失量估算采取的方法主要有3种,分别是通用土壤流失方程法(USLE)、类比分析法、专家预测法。当项目区资料齐全、各因子可根据当地实际情况确定时,通用水土流失方程法可直观、方便地计算出新增水土流失量,若方程中各因子的计算参数难以确定,则不宜应用;类比分析法具有简单易行、省时省力的特点,如应用得当,能较准确地进行估算,反之则会造成很大的误差;专家预测法仅当拟建项目区所在区域的有关水土流失资料十分短缺、无法采用其他预测方法时采用。另外,在风蚀为主的侵蚀地区,新增风蚀量则一般采用公式法计算,可利用项目区平均风蚀模数和风蚀面积或拜格诺公式直接计算。

总的来讲,目前我国的研究成果不能满足通用土壤流失方程的应用,而且该方程多适用于坡度较小的地区,若用在我国特别是黄土高原地区则比较勉强;应用类比分析法时,采用流域平均侵蚀模数往往不能反映开发建设区的真实情况,流失系数的确定则很少考虑弃土弃渣的位置、形态,取值的随意性较大^[13]。同时,原生地地貌条件下形成的较为成熟的水土流失防治技术措施体系和技术路线,不能完全适用于开发建设项目,开发建设过程中出现的诸多问题都有待于开展大量的试验研究来解决。

3 亟待开展的研究内容

根据我国自然资源分布特点、环境问题以及区域协调发展

的要求,今后 15~20 年是我国基础设施建设的快速发展期,也是大规模开发建设活动集中的时期。预计“十一五”期间随着经济的快速发展,各类开发建设项目的数量将会大幅增长,布局也将发生重大变化。其中,公路开发建设规模“十一五”将比“十五”增长 19.8%^[14]。2000—2020 年间我国西部地区新建公路将超过 20 万 km,随之机动车保有量也将迅猛增加,大规模的公路交通建设活动对生态环境必将产生十分严重的负面影响。西部地区属我国生态环境脆弱地区,生态一旦遭到破坏则很难自我恢复,若保护不力其影响范围不仅是西部本身,而且对中、东部地区还会造成极大威胁。如何做到公路建设与生态环境保护的可持续协调发展,将是西部大开发成败的关键,路域生态环境的恢复与重建以及公路边坡的水土流失防治,将成为今后公路工程中不可缺少的重要内容。西方发达国家的学者在公路建设中水土流失规律及防治技术的研究和生产应用方面取得了很多成果。近年来,开发建设项目水土保持工作在中国受到政府、相关学者的空前重视,相关的研究正在兴起,出现了一些比较成熟的新技术。但总体上,目前我国对公路侵蚀环境、边坡水土流失规律及防治技术、效果等问题的研究严重不足,边坡水土流失与水土保持已成为公路建设中出现的一个全新课题。

我国地形地貌、气候复杂多样,开发建设项目水土流失具有地域不完整性、强度不均衡性、形式多样性以及危害潜在性等特点,当前有关研发工作还远远不能满足生产实践的需要。同时,开发建设项目的水土流失规律与原生地貌有很大不同,所以较为成熟的原生地貌水土流失的综合治理技术措施体系和技术路线不能完全满足开发建设项目的需求,比如研究工作同生产实践脱节严重,相关研究工作还较零散,也不够深入等^[15]。专家呼吁,必须深入开展我国开发建设项目的水土保持研究工作,走出单纯的“科学研究到科学研究”的误区,要进入市场,开创水土保持科技服务、科技咨询工作的新局面。综上所述,一方面我国规模庞大的开发建设已进入生态环境约束期,另一方面,在我国开展公路边坡水土保持工程研究具有重要的理论研究意义、技术创新意义和工程实践价值,同时具有比较广阔的市场需求前景。因此,进一步深入开展公路建设的水土流失规律及其预测防治技术等的研究已成为路域生态及水土保持工作领域的重要内容。我们认为,今后应着重开展如下几个方面的内容:

(1) 水土流失规律与土壤侵蚀动力学机理研究。探讨不同侵蚀环境下公路开发建设项目新增水土流失的特点与危害以及水土流失发生规律、土壤侵蚀强度等;建立和完善水土流失与土壤侵蚀的动力学研究方法与研究体系,从动力学角度出发研究和揭示这一自然现象的客观规律。

(2) 水土保持监测预报技术研究。利用航空遥感测量技术、全球定位系统等,结合公路开发建设项目总体布局和施工特点、监测小区及点位布设的条件,提出水土保持监测的新技术和新方法,准确预测不同区域公路建设扰动面的土壤侵蚀量。

(3) 水土流失防治体系与植被快速建植技术研究。基于监测数据,分析已建、在建的开发建设项目水土流失防治措施效

果,归纳开发建设项目防治水土流失的优化模式,构建水土保持标准化治理模式与技术标准。研究引进高效、抗逆性速生林草种选育与快速繁育技术,开展路域植被养护技术研究。

(4) 开发建设项目水土保持损益分析及水土保持与经济社会可持续发展的关联研究。新的水土保持国家标准提出水土保持损益分析,相关研究刚刚起步,亟待全面深入开展。同时,也要开展水土保持措施设计的经济合理性研究,提高防治水土流失投资的效益。开发建设项目水土保持与项目区生态环境建设的关联度以及综合治理对社会经济发展影响及二者的关联等也有待加强。

[参考文献]

- [1] 牛兰兰,丁国栋,赵方莹.公路建设项目水土流失及其防治措施初探[J].中国水土保持科学,2007,5(1):114-118.
 - [2] 史东梅.高速公路建设中侵蚀环境及水土流失特征的研究[J].水土保持学报,2006,20(2):5-9.
 - [3] 赵剑强.公路交通与环境保护[M].北京:人民交通出版社,2002.
 - [4] 胡晋茹,杨建英,赵强.公路建设的生态影响与生态公路建设[J].中国水土保持科学,2006,4(增刊):144-147.
 - [5] 尹忠志.边坡生态防护工程中的边坡分类和调查工作[J].西部探矿工程,2007(7):121-123.
 - [6] 李青芳,何宜典.公路边坡防护与生态恢复[J].水土保持研究,2006,13(6):273-275.
 - [7] 卓慕宁,李定强,郑煜基.高速公路生态护坡技术的水土保持效应研究[J].水土保持学报,2006,20(1):164-167.
 - [8] 邓辅庸,吕小玲,喻正富.高速公路边坡植物群落的水土保持效应[J].中国水土保持,2007(5):43-45.
 - [9] 姜德文.开发建设项目水土流失影响度评价方法研究[J].中国水土保持科学,2007,5(2):107-109.
 - [10] 唐学文,孔德树,唐继斗,等.开发建设项目水土保持监测指标与方法体系探讨[J].中国水土保持,2006(6):46-48.
 - [11] 曾红娟,史明昌,陈胜利,等.开发建设项目水土保持监测指标体系及监测方法初探[J].水土保持通报,2007,27(2):95-99.
 - [12] 李智广,曾大林.开发建设项目土壤流失量预测方法初探[J].中国水土保持,2001(4):24-26.
 - [13] 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(2):61-67.
 - [14] 孙厚才,赵永军.我国开发建设项目水土保持现状及发展趋势[J].中国水土保持,2007(1):50-52.
 - [15] 姜德文.水土保持学科在实践中的应用与发展[J].中国水土保持科学,2003,1(2):88-90.
- [作者简介] 卜崇峰(1977-),男,陕西榆林市人,助理研究员,博士,主要从事开发建设项目水土保持研究工作。
- [收稿日期] 2008-03-04

(责任编辑 孙占锋)