

GONGLU SHUITUBAOCHI FANGZHI TIXI

公路水土保持

防治体系

杨海龙 齐 实 安宏发 编著



黄河水利出版社

公路水土保持防治体系

杨海龙 齐 实 安宏发 编著

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书从认知我国公路发展与水土流失关系入手,介绍了内蒙古自治区公路建设现状及发展趋势,根据内蒙古自治区水土流失发生发展规律和水土保持经验成就,以内蒙古自治区重点公路水土保持方案为案例,详细介绍了内蒙古自治区黄土丘陵区、土石山区、草原区、风沙区、林区不同区域在公路建设中产生水土流失的部位、水土流失防治体系布局及特点,重点突出各项水土流失防治措施的设计技术环节,本书可为公路生产建设水土保持方案编制提供理论和实践参考,为从事公路水土保持工作的研究与设计奠定了基础。

图书在版编目(CIP)数据

公路水土保持防治体系/杨海龙,齐实,安宏发编著.
郑州:黄河水利出版社,2012.12
ISBN 978-7-5509-0387-6

I. ①公… II. ①杨… ②齐… ③安… III. ①公路-
水土保持-防治 IV. ①S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 290357 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 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:hhslcbs@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:11.5

字数:280 千字

版次:2012 年 12 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2012 年 12 月第 1 次印刷

定价:29.00 元

前 言

近年来,随着我国经济的高速发展,公路建设已进入快速发展期,截至2010年年底,全国公路网总里程达到398.4万km,其中高速公路通车里程达到7.4万km,农村公路通车里程达到345万km。按照“7918”国家高速公路网规划,未来20年我国高速公路将建设7条首都放射线、9条南北纵向线和18条东西横向线,总里程达8.5万km,形成网络化的格局。作为大规模的基础设施项目,公路建设无疑对缓解区域客货运输矛盾,促进各地沟通与交流,加快区域经济发展速度有着极为重要的作用。

公路建设的高速发展同时也带来了一些环境的负面效应,公路建设过程中引发的水土流失现象普遍存在。公路建设过程中因改变地形地貌、扰动土壤结构、破坏植被,造成水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀等水土流失。2010年修订的《中华人民共和国水土保持法》对水土保持工作提出更高的要求,对生产建设过程中可能产生的水土流失进行控制。公路作为一种线形建设类项目,与其他生产建设项目相比,具有战线长、跨越地貌类型多、动用土石方量大、沿线取(弃)土场多等特点,因此公路建设中的水土保持工作面临着更多的挑战。

内蒙古自治区疆域辽阔,国境线长达4221km,土地类型、土壤侵蚀类型多样,是全国重点水土流失区之一。随着国家实施西部大开发战略,内蒙古自治区的公路建设事业有了突飞猛进的发展,基本形成了“三横九纵十二出口”的公路交通网络框架,公路生产建设水土保持目前已成为内蒙古生产建设水土保持工作的重中之重。

作者近年来一直从事公路水土保持方面的生产和科研工作,尤其完成内蒙古自治区不同类型区多项公路水土保持方案的编制工作,积累了一定的资料和编制公路水土保持的经验,同时,也对公路建设过程中的水土流失和水土保持有了一定的认识。

本书从认知我国公路发展与水土流失关系入手,介绍了内蒙古自治区公路建设现状及发展趋势,以内蒙古自治区具体的重点公路水土保持方案为案例,结合实例详细介绍了内蒙古自治区黄土丘陵区、土石山区、草原区、风沙区、林区公路建设中产生水土流失的部位、水土流失防治体系布局及特点,重点突出各项水土流失防治措施的设计技术环节,为公路生产建设水土保持方案编制提供理论和实践参考,为今后从事公路水土保持工作的研究与设计奠定了基础。

本书由杨海龙、齐实、安宏发编著,参加编写工作的有丁国栋、王久乐、王永

军、王有华、王伟伟、王莎、王曦、白艳江、冯泽深、邢凤辉、朱国平、刘宏娜、刘法、刘登峰、刘朋钢、孙保平、李小龙、李晓宏、杨志杰、肖永强、肖红霞、余晓燕、张华彬、张灿、张涛、陈杰、尚虹、罗俊宝、周利军、周海浩、赵云杰、赵廷宁、胡会亮、姜艳华、贺康宁、徐伟、高二鹏、高甲荣、郭维、席光超、黄勇、曹恒、梁冰洋、谭国栋。在本书的编写过程中和在内蒙古工作期间,得到了内蒙古水利系统、交通系统以及各方面人士的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。同时,在本书编写过程中参考和引用了内蒙古土壤侵蚀与内蒙古公路区划规划等相关资料,在此向上述作者一并表示衷心感谢。

限于作者的知识水平和实践经验,书中难免存在不足之处,恳请读者给予批评指正,以期不断推动和完善公路建设的水土保持工作。

作 者

2012 年 10 月

目 录

前 言

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 公 路	(1)
1.2 公路水土流失及危害	(3)
1.3 公路水土保持	(5)
1.4 内蒙古自治区公路建设现状及发展趋势	(9)
第 2 章 内蒙古自然环境、资源和社会经济概况	(14)
2.1 区域自然环境概况	(14)
2.2 区域自然资源概况	(15)
2.3 区域社会经济概况	(18)
2.4 水土保持概况	(19)
第 3 章 内蒙古土壤侵蚀类型分区及公路自然区划	(22)
3.1 内蒙古土壤侵蚀类型分区	(22)
3.2 内蒙古公路自然区划	(25)
3.3 内蒙古土壤侵蚀分区与公路自然区划的关系	(30)
第 4 章 黄土丘陵区公路水土流失防治体系	(31)
4.1 黄土丘陵区公路水土流失的特点	(31)
4.2 黄土丘陵区公路水土流失防治措施体系及防治分区布局	(32)
4.3 项目区概况及其水土保持概况	(35)
4.4 黄土丘陵区公路水土保持工程措施及设计	(37)
4.5 黄土丘陵区公路水土保持植物措施及设计	(44)
4.6 黄土丘陵区公路水土保持临时措施设计	(57)
第 5 章 土石山区公路水土流失防治体系	(62)
5.1 土石山区公路建设中的水土流失特点	(62)
5.2 土石山区公路水土流失防治措施体系	(63)
5.3 项目及项目区概况	(64)
5.4 水土流失防治分区和措施布设	(79)
5.5 水土保持措施典型设计	(84)
5.6 工程建设过程中的水土流失防治	(115)
第 6 章 草原区公路水土流失防治体系	(117)
6.1 草原区概况	(117)
6.2 草原区公路建设水土流失特点	(117)
6.3 草原区公路水土流失防治措施体系	(118)
6.4 项目及项目区概况	(119)

6.5	草原区公路水土流失防治分区和措施布局	(121)
6.6	水土保持措施典型设计	(123)
第7章	风沙区公路水土流失防治体系	(134)
7.1	内蒙古风沙区概况	(134)
7.2	风沙区公路建设水土流失的特点	(134)
7.3	风沙区公路水土流失防治措施体系	(135)
7.4	项目及项目区概况	(136)
7.5	风沙区公路水土流失防治分区和措施布局	(138)
7.6	水土保持措施典型设计	(140)
第8章	林区公路水土流失防治体系	(149)
8.1	内蒙古林区概况	(149)
8.2	林区公路建设水土流失的特点	(149)
8.3	林区公路水土流失防治措施体系	(150)
8.4	项目及项目区概况	(151)
8.5	林区公路水土流失防治分区和措施布局	(155)
8.6	水土保持工程措施及设计	(159)
8.7	林区公路水土流失防治植物措施	(161)
8.8	其他措施	(167)
参考文献		(172)
附录	公路防护措施照片	(174)

第1章 绪论

1.1 公路

公路是指连接城市之间、城乡之间、乡村与乡村之间和工矿基地之间,按照国家技术标准修建的,由公路主管部门验收认可的道路,包括高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路,但不包括田间或农村自然形成的小道,主要供汽车行驶并具备一定技术标准的设施。

1.1.1 公路的组成

公路的主要组成部分由路基、路面、桥梁、涵洞、渡口码头、隧道、绿化、通信、照明等设备及其他沿线设施组成。

1.1.2 我国公路的分类

1.1.2.1 按行政等级划分

公路按行政等级可分为国家公路、省公路、县公路和乡公路(简称为国道、省道、县道和乡道)以及专用公路五个等级。一般把国道和省道称为干线,把县道和乡道称为支线。

国道是指具有全国性政治、经济意义的主要干线公路,包括重要的国际公路、国防公路,连接首都与各省、自治区、直辖市首府的公路,连接各大经济中心、港站枢纽、商品生产基地和战略要地的公路。国道中跨省的高速公路由交通部批准的专门机构负责修建、养护和管理。

省道是指具有全省(自治区、直辖市)政治、经济意义,并由省(自治区、直辖市)公路主管部门负责修建、养护和管理的公路干线。

县道是指具有全县(县级市)政治、经济意义,连接县城和县内主要乡(镇)、主要商品生产和集散地的公路,以及不属于国道、省道的县际间公路。县道由县、市公路主管部门负责修建、养护和管理。

乡道是指主要为乡(镇)村经济、文化、行政服务的公路,以及不属于县道以上公路的乡与乡之间和乡与外部联络的公路。乡道由人民政府负责修建、养护和管理。

专用公路是指专供或主要供厂矿、林区、农场、油田、旅游区、军事要地等与外部联系的公路。专用公路由专用单位负责修建、养护和管理,也可委托当地公路部门修建、养护和管理。

1.1.2.2 按使用任务、功能和适应的交通量划分

根据我国现行的《公路工程技术标准》(JTGB 01—2003),公路按使用任务、功能和适应的交通量分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级:

(1)高速公路:专供汽车分向分车道行驶并应全部控制出入的多车道公路。

四车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 25 000 ~ 55 000 辆,六车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 45 000 ~ 80 000 辆,八车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 60 000 ~ 100 000 辆。

(2)一级公路:供汽车分向分车道行驶并可根据需要控制出入的多车道公路。

四车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 15 000 ~ 30 000 辆,六车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 25 000 ~ 55 000 辆。

(3)二级公路:供汽车行驶的双车道公路。

一般能适应每昼夜 5 000 ~ 15 000 辆中型载重汽车交通量。

(4)三级公路:主要供汽车行驶的双车道公路。

一般能适应每昼夜 2 000 ~ 6 000 辆中型载重汽车交通量。

(5)四级公路:主要供汽车行驶的双车道公路或单车道公路。

双车道四级公路能适应每昼夜中型载重汽车交通量 2 000 辆以下,单车道四级公路能适应每昼夜中型载重汽车交通量 400 辆以下。

1.1.3 公路的修建

公路修建是一项复杂烦琐的工程,修建一条公路一般包括以下几个程序:制定项目建议书,进行可行性研究,进行初步设计和施工图设计,列入年度基本建设计划,进行技术设计和施工图设计,施工准备,工程施工和竣工验收。其中,公路工程主要包括路基工程、路面工程、桥梁工程、涵洞工程、挡防工程、交通安全工程、绿化工程等。这里主要对路基工程和路面工程作简要介绍。

1.1.3.1 路基工程

路基(subgrade)指的是按照路线位置和一定技术要求修筑的作为路面基础的带状构造物,路基是用土或石料修筑而成的线形结构物。它承受着本身的岩土自重和路面重力,以及由路面传递而来的行车荷载,是整个公路构造的重要组成部分。

为使路线平顺,在自然地面低于路基设计标高处要填筑成路堤,在自然地面高于路基设计标高处要开挖成路堑。路基必须具有足够的强度和稳定性,即在其本身静力作用下地基不应发生过大沉陷;在车辆动力作用下不应发生过大的弹性和塑性变形;路基边坡应能长期稳定而不坍塌。为此,须在必要处修筑一些排水沟、护坡、挡土结构等路基附属构筑物。路基是一种线形结构物,具有路线长、与大自然接触面广的特点,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。合理选择线位,可以避开地质不良地段和工程艰巨路段,保证路基稳定,减少工程数量,节约工程投资。

路基工程的特点是:工艺较简单,工程数量大,耗费劳力多,涉及面较广,耗资亦较多。路基施工改变了沿线原有自然状态,挖填借弃土石方涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利。土石方相对集中或条件比较复杂的路段,路基工程往往是施工期限的关键之一。建造路基的材料,不论填或挖,主要是土石类散体材料,所以路基是一种土工结构。因而路基经常受到地质、水、降雨、气候、地震等自然条件变化的侵袭和破坏,抵抗能力差。因此,路基应具有足够的坚固性、稳定性和耐久性。路基土方施工虽然工艺简单,但要控制好每一流程又

不是件容易的事,特别是土质、松铺厚度、含水量、碾压次数和排水。

1.1.3.2 路面工程

路面工程主要包括铺面、中央分隔带以及路面排水系统。其中,铺面工程主要有沥青铺面和混凝土铺面。修建公路时,应该根据实际情况来确定所采用的铺面类型,以及铺面的厚度,根据各结构层材料的抗压回弹模量、抗拉强度,确定各结构层材料设计参数。

按照“上封下排”的原则设置排水系统,充分利用原有的排水设施,对由于局部破坏而造成路基积水的地方,增设盲沟排出路基积水;对于路基已稳定的路段,可以采用漫流的形式排出路面雨水,不破坏原有稳定的植被;对于因沉降量较大,路面结构层形成反坡,结构层内的水不能汇入原有盲沟排出,聚集在基层或底基层,导致基层或底基层的强度降低的情况,过渡期内预测沉降量较大时,路面结构需采用水稳性较好的基层或底基层,同时路面基层底部设置纵横向盲沟排除路面结构内部水。路肩部分亦要沿路面结构外侧设置纵向边缘排水系统。

中央分隔带设置最终应满足一次性修建成路面的使用性能。二期路面设计时应结合原有设计,确保原设置的中央分隔带纵横向排水系统与超高路段排水系统安全畅通。中央分隔带开口部位的路面结构宜采用与主线路面相同的结构。

1.2 公路水土流失及危害

公路作为一种线形生产建设类项目,与其他生产建设项目相比,具有战线长、跨越地貌类型多、动用土石方量大、沿线取(弃)土场多等特点。在公路建设过程中,遇到山体及坡面要开挖、削坡或开凿隧道;遇到沟道、河流要架桥修涵,高处挖、低处填,对地表破坏严重;路基填筑、路堑开挖、隧道开凿需要动用的土石方量大,形成大量的取土(石)料场以及弃土(渣)场,易产生水力侵蚀、风力侵蚀和重力侵蚀。同时,工程建设还会扰动沿线地貌和植被,破坏原有的水土保持功能。公路建设对自身的安全一般要求高,如采取的路基边坡防护、排水工程、防洪工程、路面硬化等一系列防护措施,但对路基、桥梁、隧道及站场施工形成的取土(石)料场、弃土(渣)场、施工场地和施工便道等的防护相对薄弱,易产生水土流失。

1.2.1 公路水土流失概况

近年来,随着我国经济的高速发展,公路建设进入了迅猛发展阶段,截至2010年年底,全国公路网总里程达到398.4万km,其中高速公路通车里程达到7.4万km,农村公路通车里程达到345万km。目前人口在20万人以上的城市高速公路连接率达到90%,高速公路总里程达到5万km。我国“7918”高速公路网规划,提出了未来20年将建设7条首都放射线、9条南北纵向线和18条东西横向线,总里程预计将达到8.5万km,全面构建全国高速公路网络化的格局。

作为大规模的基础设施,公路无疑对缓解区域客货运输矛盾,促进各地沟通与交流,加快区域经济发展速度有着极为重要的作用。但公路建设的高速发展同时带来了一些环境的负面效应。尤其是公路建设引发的水土流失现象普遍存在,如公路建设过程中改变地形地貌、扰乱土壤结构、破坏植被,造成水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀等现象。

当前,我国公路建设中造成的水土流失主要表现在以下方面:

(1)破坏扰动地表面积大,公路工程短则几十千米,长则几百千米甚至上千千米,工程建设需要占用的地表面积大,公路工程对原有地形地貌造成的侵占、破坏,主要涉及所经地区的山体、植被、耕地、河流及水利水保工程等,同时此类工程交汇、交叉工程多,对其他设施的影响也相对较大。

(2)土石方搬运量大,公路工程由于受地形、土质和投资等条件的限制,需要根据地形地貌进行高挖、低填等施工活动,再加上对地质条件的要求不同,高挖、低填方的特性要求不同,产生大量的弃土弃渣以及取土采石,导致水土流失量不断加大。建设一条公路,其搬运扰动的土石方量就达几十万立方米至几百万立方米,弃土直接向河道倾倒现象到处可见,如长治至邯郸高速公路仅弃土(渣)就产生水土流失 99.3 万 t,福州至安溪高速公路新增水土流失每年多达 3.5 万 t,影响沿路区域面积 604 hm^2 。

(3)水土流失治理任务加重。生产建设过程中人为造成的水土流失比自然因素造成的水土流失更难治理,治理成本更高。据统计,全国平均每年因开发建设活动等人为造成的水土流失面积达 1 万多 km^2 ,年流失量达 8 亿多 t,生产建设项目尤其是公路建设项目造成的新增水土流失,加大了水土流失的防治任务。

1.2.2 公路水土流失危害

1.2.2.1 改变区域水文特征,加剧和诱发水土流失

公路建设在开挖、回填、碾压等过程中,破坏了原地貌状态和自然侵蚀状态下的水文网络系统,如对原有坡面排水沟渠造成不同程度的破坏。同时,公路建设使不透水地面增加,产流历时缩短,流量曲线急升急降,峰值出现时间提前,对河道或排水沟造成较大压力。此外,开挖面积增加,扰动了原土层和岩层,为溅蚀、面蚀、细沟侵蚀等土壤侵蚀的产生创造了条件。

1.2.2.2 淤积河道,加剧洪涝灾害

公路建设中产生的弃土、弃石、弃渣直接倾倒入河道、河流,会导致河流泥沙含量明显增加。同时,施工过程中产生的弃土(渣)场得不到及时有效的防护治理,在降雨及人为因素作用下产生大量泥沙,泥沙随着水流进入下游河道。在流速小的地方,特别是河口进行沉积,淤积抬高河道,严重影响航运,造成洪涝灾害,频繁出现“小洪水、高水位、多险情”的严峻局面。

1994 年,河北省在修建承粟公路时,施工单位将兴隆县蘑菇域段的废弃土石完全堆积在路旁的河道内,使河道完全堵塞,严重影响当年行洪,泛滥的洪水不仅冲毁了当地村庄和耕地,也使其新建公路多处被冲毁,损坏已建公路长达 10 km。据测算,每年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。

1.2.2.3 占有土地资源,改变土壤理化性质,危害农田

公路建设作为一种地表工程,一经实施,就必然会对地表环境造成侵占和破坏,这是由公路工程自身特点所决定的。公路建设项目直接将原地貌浅层土壤转移,从而造成有机质的迁移,而直接导致下游区域内有机质的富集,强降雨条件下,下游出现有机质的富集,严重扰乱下游原地貌内的碳平衡,破坏生态环境。

公路施工所产生的水土流失对农田的破坏也相当严重,在通过农田的路段,特别是路堤、桥梁或交叉点,降雨侵蚀所产生的泥沙会直接流往工程区域外的农田,形成“沙压农

田”。同时,公路工程的取土区和弃土堆位置选择不当时,对农田的影响也相当严重。例如,商洛市在高速公路建设过程中,共占用耕地 1 476.67 hm²;损毁渠道 96 条,长 73.62 km,影响灌溉面积 594.33 hm²;毁坏机井 23 眼,毁坏输水管道等其他水利设施 17 处,影响灌溉面积 514 hm²;毁坏河堤 128 处,长 57 km,使大量高产河滩地和一些村庄、农舍受到洪水危害。

1.2.2.4 破坏植被,加剧水土流失

公路工程对生态环境的影响非常严重,不仅会直接毁坏地表土层和植被,建设过程中产生的废弃物(废土、弃渣、弃石)也会对堆置场原有植被造成破坏,加剧水土流失。如 2003 ~ 2004 年,云南省怒江州建设通达工程项目 90 个,总里程 1 438 km,由于怒江山多坡陡,大部分通村公路修成“之”字形,致使山体植被破坏严重,形成新的水土流失。

1.2.2.5 引发地质灾害,影响公路安全运营

公路穿行在平原、丘陵、山谷之间,对一些阻挡性的丘陵谷地必然要进行夷平、削切、充填,产生新的坡面、断面,使原本的地貌形态发生了改变,容易破坏山体稳定,诱发崩塌、滑坡等地质灾害。

1996 年投入运营的石太高速公路,由于没有做好路堑边坡的防护工程,在“96·8”暴雨时,仅在河北省井陉段就发生大小崩塌滑坡上百起,封堵公路 3 天,仅过路费等损失就有上百万元。重庆渝涪高速公路从华山隧道至重庆长寿的 30 多 km,迄今已发生多起滑坡事件,由于水土保持措施的缺失,某年 6 月初的一场大雨诱发了一场滑坡,几千立方米砂石顷刻间滑下,势如破竹般的“冲破”挡土墙和排水沟,冲上了路面,幸好当时没有车辆通过,否则必将导致车毁人亡的严重事故。第二天,重庆交通工程开发公司的人赶到现场进行清理,清除坡面上大量仍可能随时滑落的砂石。两个多月共清理掉 6 000 多 m³ 砂石。由此可见,由于公路建设产生的地质灾害严重威胁公路的安全运营以及人民的生命财产安全。

1.3 公路水土保持

1.3.1 公路水土保持监督与管理

为从根本上防止因生产建设项目生产活动造成的人为水土流失,国家在法律法规体系建设方面,基本形成了一套具有中国特色的水土保持法规体系和指导监督执法工作的规范性文件。《中华人民共和国水土保持法》、《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国公路法》等相关法律法规都明确规定了公路开发建设项目中的相关规程与制度,使公路水土保持监督与管理从法律层面上得到了规范。这些法律、法规及办法的制定和颁布,为生产建设项目的水土保持工作奠定了坚实的基础,使生产建设项目水土流失防治以及水土保持工作的开展有法可依。

在制度建设方面,建立了水土保持方案报告制度、水土流失防治收缴制度。《开发建设项目水土保持方案管理办法》、《公路建设项目水土保持工作规定》、《交通建设项目环境保护管理办法》等部委和地方性规章制度,都明确规定了公路等生产建设项目在实施时,从水土保持层面应遵守的相关程序、步骤。

1.3.2 公路水土保持技术

我国的公路水土保持技术,经历了从简单到多样、从传统技术到现代技术的发展过程,这种发展变化是与公路建设规模直接相关的。我国最初的公路水土保持就是边坡防护和排水,水土保持技术主要借鉴水利部门和林业部门的防治技术。随着全国公路网的初步形成,水土保持的范围扩展到公路边坡综合防护、便道防治、水环境治理、取弃土场植物恢复治理以及公路建设直接和间接影响区的综合治理等各个层面。

高等级公路的建设,促使我国公路路域水土保持技术开始向现代化转变,新型的水土保持技术和材料在工程中被利用,以机械喷播为代表的新型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。目前,国内有关公路建设中的水土保持防治措施研究主要有边坡综合防治技术、取弃土场生态恢复工程技术等。

1.3.2.1 边坡综合防治技术

1) 生态修复植物筛选

一般而言,我国的土质边坡土壤瘠薄、板结,坡度较大,而石质边坡较土质边坡坡度更大。用做边坡生态防护的植物应满足以下要求:①以乡土植物为主,外来优良植物品种为辅,繁殖方便,适应性强;②以草本植物为主,乔木、藤本、灌木为辅,种源材料多样,以便因地制宜地布置不同的组合方式;③筛选、评价植物材料时以抗旱耐瘠性为主要指标,以性状、生长特性为次要指标,方可确保所选材料的适用性;④以用种子繁殖的种类为主,无性繁殖的种类为辅,以进行机械化施工,减少手工操作;⑤应具有较好的观赏价值,抗污染能力较强;⑥能保证行车安全(如不宜种植果树和家畜喜食的草类,以免吸引人畜进入危险路段,造成不必要的损失);⑦经济价值较高,可获取较多的木材、果品、油料和香料。

我国常用的草本植物品种有狗牙根(*Cynodon dactylon*)、假俭草(*Eremochloa ophiuroides*) (暖季型)、高羊茅(*Festuca elatior*)、多年生黑麦草(*Lolium perenne*)、白三叶(*Trifolium repens*) (冷季型)、草地早熟禾(*Poa annua*)、黑麦草(*Lolium perenne*) (温带和寒带)、野牛草(*Buchloe dactyloides*)、冰草(*A - procyron cristatum*) (半干旱区)、结缕草(*Zoysia japonica*) (亚热带)、高羊茅(*Festuca elatior* Keng) 等。

2) 公路边坡综合防护措施

国内在边坡综合防护措施方面,技术措施经历了引进、消化、创新的过程。1983年我国引进土工材料植草护坡技术,随后土木工程界与塑料制品厂家合作,开发研制出了各式各样的土工材料产品,如三维植被网、土工格栅、土工网、土工格室等,结合植草技术在公路边坡中陆续获得应用。在20世纪90年代中期,交通部科学研究院首次将喷播技术应用于大规模的公路生物工程建设,并在相关单位的共同努力下,经过引进、消化、吸收和改进,已基本实现了系列喷播机、覆盖料的国产化,部分国产稳定剂和草种也可以代替国外产品。先后在云南昆一曲、楚一大、昆一玉、玉一元,广西的南一北,江苏的沪一宁,海南环岛,陕西,河北,北京,天津和西藏等地实施生物防护工程,都取得了可喜的成果。

近年来,国内许多学者在公路边坡综合防护措施上进行了探索。如在南京长江二桥高速和宁马高速公路边坡生物防护试验工程以及沪宁高速公路边坡植被改造试验工程中引用的液压喷播技术,建植了较为满意的边坡植被;杨正乐等采用“干根网状护坡法”用于公路

边坡防护,该方法既具有圬工防护的优点,又克服了植物防护的缺点,为公路的坡面防护提供了又一新的方法和新的思维方式,且具有材料易得、施工方便、见效快、效果好和造价低廉的优点;章梦涛(2000)、张俊云(2001)、舒翔(2001)、周颖(2001)等在借鉴日本的客土喷播护坡技术的基础上,在惠河高速公路进行了以土壤为主要材料、硅酸盐水泥为黏结材料的喷混植生试验;潭邵高速公路建设开发有限公司、湖南碧水源园林环保工程有限公司引进吸收日本金属框架整体防护技术,在上瑞高速公路湘潭—邵阳段 K211 + 680—K211 + 869 路段右侧岩质边坡进行了金属框架整体防护试验,把工程防护与生物防护有效地结合起来,既保证了切割坡面的力学稳定性,又利用生物防护有效地绿化美化坡面,防止水土流失,对各种风化、半风化岩石边坡及其他不稳定边坡的防护可产生良好的效果,尤其适用于凹凸不平的岩石、半风化岩石及不稳定边坡的防护。此外,在我国应用的还有废旧轮胎边坡固土绿化技术、土壤卫士绿化技术以及利用废保型绿化混凝土、环保型绿化混凝土等新型材料进行护坡。

总体上看,国内对劣质边坡及岩石边坡的植被护坡研究仍处于初期探索阶段。针对硬质岩边坡的植被防护,西南交通大学等单位成功开发了厚层基材喷射植被护坡技术,并且在国内获得了较为广泛的应用。在公路土壤侵蚀控制技术上,国内学者引用了黄麻土工布进行控制。在边坡排水技术上,国内学者引进生态水沟的方法与经验,在惠河高速公路利用加劲椰丝草毯对急流槽、截水沟、排水沟等排水系统进行软壁生态防护,把水土流失的发生率降至最低,排水顺畅无阻,符合保护自然环境的条件 and 需求,且造价低廉、施工方便。

1.3.2.2 取(弃)土场生态恢复工程技术

公路建设工程是线性建设项目,对地面的扰动较大,施工过程中需要大量的路基开挖和土方取弃,都可能使地表裸露、土壤疏松、表土抗蚀能力减弱,使原生地貌和植被遭受破坏。特别是公路建设中取土场和弃土场区域,因原生土石结构遭受破坏,新生结构疏松,空隙变大,导致水土流失量增大,引发严重的水土流失。若不采取有效的防护措施,必然导致水土流失的加剧和生态环境的恶化。因此,在取(弃)土场建设工程中,必须采取有效的保护措施,从而保证工程建设的顺利进行和营运的安全,促进项目区的社会经济和环境协调发展。

1) 取土场水土流失防治及生态恢复技术

a. 土地整治

取土场取土完毕以后,及时对取土场进行平整、覆土,为植物恢复或复耕提供条件。根据地块大小和平整程度进行合理的规划,沿等高线方向标示地埂线,并分块将各单元的平地 and 边坡初步整平并夯实;对整平夯实后的土地采用整体薄层覆土和局部深层覆土两种方式进行覆土,即对于取土场各级平台进行全面均匀覆土用以种草,根据该公路沿线原始土层、降雨条件以及植被的生长特点,确定土地整治整体覆土的厚度为 15 ~ 20 cm。同时,对每个植树穴进行局部深覆土,局部覆土厚度根据树种的不同而不同,在主体工程设计中没有明确种植植被的种类时,一般采用 60 cm × 60 cm 的植树穴规格。

b. 综合护坡

对于取土场开挖形成的坡面,需采用综合防护工程进行防护。对于取土场的土质挖方边坡,坡脚可采用干砌石护脚,坡面采用挂网植草或采用攀缘植物覆盖边坡。对于石质边坡,若坡面为坚硬的岩石层,可不进行防护,只需在坡脚种植攀缘植物进行美化。对于坡面风化严重、结构松散的石质坡面,需清除松散物并采取工程措施进行防护。

2) 弃土场水土流失防治技术

由于公路工程建设中的弃土弃渣土地结构被严重破坏,且弃土弃渣堆放时大都是松散堆置,因此抗冲性极差,一旦遇降雨或上游径流下泄,将会导致强烈的土壤侵蚀,甚至可能导致泥石流等严重的水土流失灾害发生。因此,在弃土场使用前和弃土弃渣过程中必须采取一系列的临时性措施对其进行防护。

a. 拦挡措施

采用挡土墙或拦渣墙等进行拦挡。

b. 分层堆砌

弃土弃渣过程中应分层进行,并及时压实或拍实;同时应加强管理,禁止乱排乱弃;对弃土弃渣裸露面也需采取临时性的覆盖措施,以减小降雨和径流对弃土场造成的侵蚀。

c. 边坡防护

与取土场类同,弃土弃渣完成后对边坡进行综合防护。

1.3.3 公路水土保持监测

水土保持监测是所有生产建设项目水土保持科研和生产实践的基础。当前,我国生产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以及可操作性较差、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较强的监测方法,构建统一完善的监测指标体系,已成为当前生产建设项目水土流失研究的重点。

唐学文等采用层次结构分析模型法构建了一整套生产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个要素层和73个指标构成。曾红娟等提出了生产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,我国生产建设项目类型多,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。只有针对不同的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生产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、有效地防治生产建设项目水土流失提供理论和技术支持。

1.3.4 水土保持预测

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。预测生产建设项目可能造成的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,预测的客观性及准确性直接影响水土流失防治的成败。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。我国对生产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80年代中期,黄河水利委员会组织黄河水利科学研究院、绥德水土保持科学实验站等单位陆续开展了黄河中游地区生产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影响的研究,取得了一系列成果。

目前,对生产建设项目水土流失量估算采取的方法主要有3种,分别是通用水土流失方程法(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、方便地预测出新增水土流失量,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,在以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。

近年来,我国公路水土保持技术体系建设方面取得了较大的进步,各级水行政主管部门围绕公路水土保持的防治、治理及监督等重点内容,开展了一系列的工作,很好地提高了水土保持工作的技术体系建设和工作层次。技术服务体系的初步形成,使开发建设项目水土保持工作更科学、更合理。

随着科技的发展,公路水土保持防治技术不断提高,计算机技术的发展,极大地提高了开发建设项目水土保持工作的效率和标准化程度。“3S”集成技术(遥感RS、地理信息系统GIS和全球定位系统GPS)也越来越多地应用到水土保持建设中来,在规划设计的前期调查、生产建设项目水土保持措施实施后的监理、监测工作中得到广泛的应用。此外,边坡防护技术、植被防护技术以及主体工程新技术、新设备的应用,对于水土保持工作的开展,起到了极大的推动作用。

随着水土保持科研理论的发展,结合多学科相互交叉的特点,我国公路水土保持防治设计理念的科学化日益增加,结合其他学科的理论研究成果和实践经验,在公路水土流失防治理论方面,逐步树立了科学的综合防治理论体系,即以生态经济学理论为指导,以坡面生态工程为载体,以治水技术、治坡技术和植被恢复技术的时空优化配置为手段,因害设防、因地制宜地进行分区综合防治,大力重建和恢复被破坏的地表生态,以达到减少水土流失的目的。

随着现代景观设计的发展,公路水土流失的防治设计也越来越重视景观文化设计理念,逐渐结合了园林学、景观学、美学以及所在地的地域文化特点等一系列学科内容。公路水土保持措施不仅仅作为一种对水土流失防治的措施,也为当地景观增添美感,在水土流失得到防治的同时,带给人们一种精神上的享受。

1.4 内蒙古自治区公路建设现状及发展趋势

1.4.1 内蒙古自治区公路交通发展现状

内蒙古自治区疆域辽阔,地跨“三北”地区,东部与黑龙江、吉林、辽宁三省毗邻,南部、西南部与河北、山西、陕西、宁夏四省区接壤,西与甘肃、新疆相连,北与蒙古国为邻,东北与俄罗斯交界。国界线长达4 221 km。处于全国向北开放的前沿,具有承东启西、连疆达海的区位作用。随着国家实施西部大开发战略,内蒙古自治区的公路建设事业有了突飞猛进的发展。“十一五”时期,全区累计完成公路建设投资1 470亿元,是“十五”时期的1.88倍,是自治区成立到“十五”期末的1.51倍,是“十一五”规划目标的1.23倍。5年来,全区新增公

路里程 3.3 万 km,是“十五”时期增加里程的 3.3 倍。到 2010 年,全区公路通车里程达到 15.7 万 km,公路网密度达到 13.3 km/100 km²。从 2005 年到 2010 年,高速公路由 1 001 km 发展到 2 365 km;一级公路由 2 139 km 发展到 3 387 km;高等级公路由 1.15 万 km 发展到 1.8 万 km,高级次高级路面由 3.1 万 km 发展到 5.4 万 km,分别是“十五”期末的 1.58 倍和 1.74 倍。“三横九纵十二出口”公路主骨架构成的交通网络框架已基本形成;干线网发挥了更大的作用,为自治区经济区的开发,沿边口岸的进一步开放,工、农、牧业和乡镇企业的快速发展,中蒙、中俄两国的贸易往来发挥了积极的作用。

日前,公路建设已成为内蒙古自治区加快资源开发和增强东西部地区互补关系以及实现自治区经济快速发展的重要支撑点,公路运输事业也从中取得了可喜的成绩。

1.4.1.1 公路联网逐步形成,结构逐步改善

自治区公路干支衔接,布局合理、连通城乡的“三横九纵十二出口”公路网络已经形成。其中三横线总长 9 690 km,十二出口总长 1 023 km。并且为满足内蒙古社会经济、政治、军事战略的需要,与全区社会经济发展格局和生产力布局相适应,从内蒙古“三横九纵十二出口”规划布局中优化出“二横八纵三出口”,形成以高速、一级、二级公路为主体的主干网。

1.4.1.2 城乡公路全面发展,通达密度逐步提高

近年来,自治区政府提出要在确保大动脉畅通的同时,也进一步搞好落实农村牧区,让农牧民走上致富路。城镇和村(嘎查)的公路建设自 1985 年以来保持着高速增长势头。城镇公路的通达程度几乎达到 100%,几乎没有乡镇不通公路;特别是村(嘎查)公路 2003 年的通达程度是 1985 年的 2 倍,对幅员辽阔的内蒙古来说,取得这样的成绩是非常不易的。到 2005 年年底,实现旗旗(县)通油路,乡乡(苏木)通公路;到 2007 年年底,实现了旗县到苏木乡镇以等级公路连通,苏木乡镇到嘎查村通公路;到 2010 年,基本实现了村村通公路的农村牧区公路建设奋斗目标。

1.4.1.3 公路运输持续高速增长

“十一五”时期,全区道路运输完成营业性客运量 7.9 亿人、旅客周转量 704 亿人/km、货运量 31.3 亿 t、货物周转量 6 475 亿 t/km,较“十五”时期分别增长 57.9%、281.9%、53.3%、409.2%,在综合运输体系中分别占到 79%、52%、61%、48%。国际道路运输快速发展,“十一五”时期完成出入境客运量 958 万人、货运量 2 642 万 t,较“十五”时期分别增长 19.3% 和 284%。从 2005 年到 2010 年,新开通客运班线 389 条,营运线路由 5 103 条增加到 5 541 条,客运班车通达全国 18 个省(市、区)。嘎查村通班车率由 67% 提高到 85.1%。

运力结构调整成效显著,运输市场主体的集中度进一步提高。到 2010 年年底,全区民用汽车拥有量达到 230 万辆,是“十五”期末的 1.9 倍,其中,营运车辆发展到 34.5 万辆,6.4 万辆营运客车中,高、中级客车占 69%(其中高级客车占 25%、中级客车占 44%),28.1 万辆营运货车中,大型货车占 57%,分别比“十五”期末提高 26 和 18 个百分点,大型货车运能由 84% 提高到 89%。运输结构进一步优化,运输效率明显提高,有效促进了交通运输安全的节能减排。

1.4.2 内蒙古自治区公路建设过程中存在的问题

“十一五”以来,内蒙古自治区公路交通发展虽然取得了很大的成就,但依然存在着一一些问题和不足,主要表现在: