

曼大公路 NK—SG4 标段路基工程生态修复与 保护技术实践

王波¹, 李虎², 叶建军^{1*}, 王冠海², 朱兆华³

(1. 湖北工业大学 土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068; 2. 中铁十六局集团第一工程有限公司;
3. 深圳市万信达生态环境股份有限公司)

摘要: 随着越来越多的公路建设在青藏高原地区这种典型生态脆弱区的开展,要求建设者十分注意路域生态修复和保护。该文基于公路沿线生态环境特点,对穿越青藏高原门源仙米自然保护区的国道 569 曼德拉至大通高速公路 NK—SG4 标段路基工程开展了生态修复与保护技术实践。具体措施为:根据不同施工创面,采用排水沟和急流槽等水保措施及客土绿化和客土喷播等生态修复技术,使用冷地早熟禾、披碱草及星星草等植物搭配。施工后 1 年的效果表明:截水沟和急流槽等排水效果良好,坡面保持完整且无水土流失,创面植被覆盖率达到 70% 以上,综合路基工程的生态修复与保护技术实践取得了良好的效果。

关键词: 青藏高原;公路建设;施工创面;生态修复;植被覆盖率

随着西部大开发战略的推进,青藏高原地区高速公路建设逐年增长,这也带来一系列生态环境问题。如公路路基工程中,取土场开挖、弃土场的堆积及路基填筑等施工活动造成地表植被破坏、水土流失;公路路堤的堆积分隔了沿线野生动物栖息地,严重威胁野生动物的穿行,对其生存与繁衍造成有害影响。需要采取相应措施,尽最大可能减轻影响。

已有一些相关报道涉及路基工程生态修复与保

护。黄湛军以广梧高速公路为研究对象,探讨了山区高速公路绿色公路设计中路基工程的生态环保问题;周勇以潮(州)—惠(州)高速公路 A3 合同段为例,介绍了兼顾景观的石质边坡生态恢复设计;付海燕等依托安徽黄祁高速公路,对取土场及弃土场运用截排水沟水保工程措施及挂网喷播等生态修复措施恢复生态环境;王栋等针对京昆高速公路秦岭段沿线边坡裸露、弃渣场水土流失等生态环境破坏问题,采用覆土植草、

参考文献:

- [1] 新疆公路学会. 盐渍土地区公路设计与施工指南[M]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [2] 张洪亮,王黎,赵金东. 盐渍土地区混凝土结构的耐硫酸盐腐蚀研究[J]. 中外公路,2016(3).
- [3] 房建宏,徐安花,黄世静. 柴达木盆地盐渍土对公路建设的影响[J]. 公路交通技术,2004(3).
- [4] 胡世凯. 察尔汗盐湖地区盐渍土工程特性及其与环境互馈机理研究[D]. 西南交通大学硕士学位论文,2011.
- [5] 刘军勇,张留俊,王晓谋. 高速公路岩盐路堤填筑技术与病害防治技术[J]. 地下空间与工程学报,2013(S1).
- [6] 董斌,张喜发,李欣,等. 毛细水上升高度综合试验研究[J]. 岩土工程学报,2008(10).
- [7] 包卫星,谢永利,杨晓华. 天然盐渍土冻融循环时水盐迁移规律及强度变化试验研究[J]. 工程地质学报,2006(3).
- [8] 邵慧,何平. 不同冻结方式下盐渍土水盐重分布规律的试验研究[J]. 岩土力学,2011(8).
- [9] JTG E40—2007 公路土工试验规程[S].
- [10] JTG D30—2015 公路路基设计规范[S].

收稿日期:2019-09-12

基金项目:国家重点研发计划项目(编号:2016YFC0502208);中铁十六局横向科研项目(编号:4201/00324);深圳市科技计划项目(编号:GCZX2015051514435234)

作者简介:王波,男,硕士研究生, E-mail:1299172349@qq.com

* 通信作者:叶建军,男,博士,教授, E-mail:715470323@qq.com

框格梁植生袋等生态修复措施;包卫星等依托新疆果子沟高速公路分别从路堤路堑边坡、桥梁、取土场及施工营地等方面进行客土喷播、三维网植草等技术,实现公路建设在施工期和运营期的生态环境修复与保护;李虎基于青藏高原仙米自然保护区取土场的立地条件,采用了削坡、设置截水沟,客土绿化法及湿式客土喷播技术等一系列关键技术措施对取土场进行生态修复,取得良好的恢复效果。

上述研究中,除了李虎的研究涉及青藏高原地区取土场生态修复,其余研究对象均在青藏高原之外。青藏高原地区属于高寒气候,具有生态脆弱、破坏了难以修复的特征。在该区开展工程建设,迫切需要加强生态环保相关研究。该文以穿越青海海北州门源县仙米自然保护区曼(德拉)大(通)公路 NK-SG4 标段路

基工程为例,介绍路基工程施工创面生态修复的具体做法,以便为同类地区公路路基工程生态修复与保护提供参考。

1 项目概况

1.1 工程概况

国道 569 曼德拉至大通公路宁缠垭口至克图段公路(K57+690~K67+000)位于青海省海北州门源县境内,沿大通河而下,穿越大坂山(仙米乡境),顺讨拉沟而上,路线全长 9.375 km,该标段线路平面布置如图 1 所示。全线按双向四车道一级公路标准设计,设计行车速度 80 km/h,整体式路基宽度 24.5 m,分离式路基宽度 12.25 m。

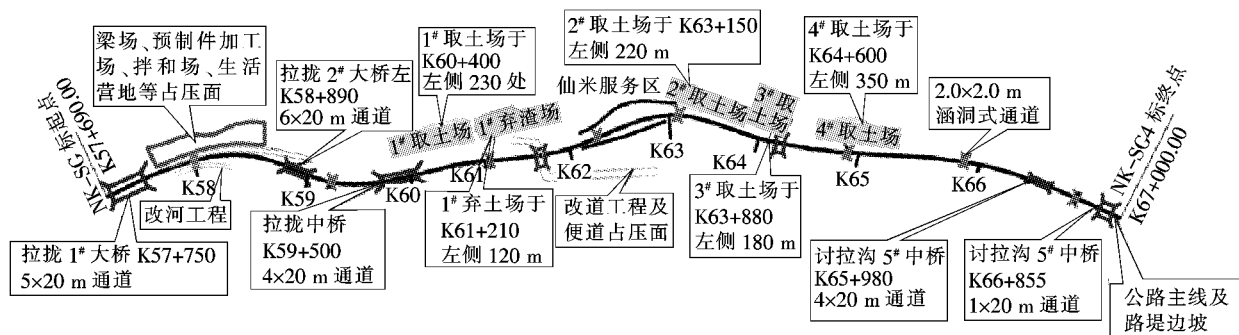


图 1 线路平面布置图

1.2 气候特点

项目所在地为青海省海北自治州门源县,该地区为祁连山系东端,隶属于青藏高原区域,属高原大陆性气候,光照充足,日照强烈,冬寒夏凉,暖季短暂,冷季漫长,春季多大风和沙暴,雨量偏少,干湿季分明。气温日温差 11.6~17.5℃,年平均气温为 0.8℃,无绝对无霜期,年平均降雨量 300~500 mm,主要集中在 6—8 月,占全年降雨量的 70%,无绝对霜降期。降雪期一般为 10 月至次年 4 月,冻土深度 183 cm。全年日照时间 2 440~3 140 h,具有明显的雨热同季特点。

1.3 地质与植被特点

曼大公路穿越青海门源仙米自然保护区,其海拔高度为 3 200~3 500 m,土壤主要为高原草甸土,质地为粉砂质黏壤。曼大公路建设造成了不同的施工创面,其中施工创面按立地条件可以分为如下几类:取土场、弃渣场、路堤边坡、长期占压面、短期占压面、河道边坡(表 1)。路基工程所涉及到的取土场、路堤边坡

等施工创面坡面植被被彻底破坏,表层土被完全剥离,在自然条件下,植被很难在坡面上生长。对公路沿线不同里程土壤营养成分进行测定,结果表明表层土壤含有丰富的氮、钾和有机质,但缺磷较严重(也缺铁和钙),稍偏碱性(表 2)。对该标段沿线的植被进行调研,发现植物主要以禾本科牧草和莎草科牧草为主,如冷地早熟禾、披碱草、针茅、星星草、蒿草、黑褐苔草等主要物种。其次分布有少量的灌木,如沙柳、杜鹃、波斯菊、金露梅等。

综合考虑该标段所在地区降雨主要集中在夏季,表现出明显的雨热同季特点,无大暴雨出现,土壤可侵蚀性因子小,这些因素都有利于施工创面的生态修复。但冷季漫长,植物生长周期短,原有植被与土壤被破坏,易发生严重的水土流失,自然恢复缓慢,表层土关键营养元素缺乏,这些因素制约了施工创面的生态修复。在生态修复工法选择时应同时兼顾水保工程及生态修复措施。

表 1 高速公路施工创面分类

扰动区类型	涉及工程区域	面积及坡比	土壤条件及恢复能力
取土场	路堤填料开挖处	占荒地面积 89 500 m ² ,坡比 1:0.5 处高 20 m,坡比 1:2 处高 10 m,坡脚附近场地较平缓	土质,表层剥离,易发生严重的水土流失,恢复能力较差
弃渣场	填筑废料、基坑废土及桩基废渣	占荒地面积 20 700 m ² ,坡比 1:2	土石混合,表面疏松易发生严重的水土流失,恢复能力较差
路堤边坡	公路路基填筑	占草地面积 89 260 m ² ,坡比 1:0.75~1:1	土石混合,原土壤表层被剥离,新铺土层结构松散,易发生严重的水土流失,恢复能力较差
长期占压面	生活营地、拌和场、梁	占灌木丛和草地面积 64 928 m ² ,场地相对平缓	土质,地表硬化,基本丧失自然恢复能力
短期占压面	施工便道、部分施工场地	占灌木丛与草地面积 43 520 m ² ,场地相对平缓	土质,地表结构完整,具有较强的自然恢复能力
河道边坡	改建河道	占灌木丛面积 24 620 m ² ,坡比 1:0.75	土石混合,植被剥离,极易发生严重的水土流失,丧失自然恢复能力

表 2 公路沿线土壤理化性质分析结果

里程编号	pH 值	有机质/ (mg·kg ⁻¹)	速效氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
K57+650	7.64	51.8×10 ³	1.23	16.9	419
K59+000	7.92	45.1×10 ³	1.01	15.6	106
K60+920	7.84	50.8×10 ³	4.54	16.5	160
K64+400	8.21	24.4×10 ³	4.35	13.2	244

2 施工创面生态修复

施工创面的植被恢复是整个生态修复技术中的关键。合理的植物种类及对比对受损区域生态修复中生态系统的稳定性及周围景观一致性等具有重要影响。在该标段路基工程生态修复中应先筛选出合理的护坡植物,然后选择合适生态修复及水保工程的措施。

2.1 植物选择与配置原则

根据曼大公路 NK—SG4 标段所在地区的气候特点,植物配置应该满足适应性强,多品种植物搭配及植物景观性好等条件,通常遵循生态适应性原理、生物多样性原理和生态位原理等恢复生态学理论,采用乡土植物及地带性植物。植物配置原则如下:① 根据生态适应性原理选择耐贫瘠、耐干旱、耐寒耐碱性及根系发达,同时蒸腾作用小的物种;② 根据生态位原理和生

物多样性原理选择生态位不同的多种物种,在合理利用资源的同时增加修复坡面的层次感和景观效应;③ 根据群落演替理论选择前期生长较快的草本植物作为先锋植物,在较短时间内起到护坡固土的效果,为其他物种繁殖生长创造条件,使植物群落演替顺利进行;④ 鉴于所在区域畜牧业发达,故优先选择品种优良的当地牧草型物种。

综合运用上述原则,选择了适合该标段施工创面生态修复的植物物种见表 3。

2.2 施工创面生态修复措施

取土场表土被完全破坏,生态修复时应首先在坡面覆盖种植土,对于缓坡且坡顶有道路的情况,通常采用“客土绿化法”进行边坡的生态修复,客土采用改良后的公路沿线表土(简称“改良土”),客土绿化法及表土改良措施见相关文献。对于坡率为 1:0.5,高 20 m 的 3[#] 和 4[#] 取土场,应先进行削坡处理,然后开设截排

表 3 施工创面生态修复措施与植物配置类型

扰动区类型	生态修复及水土保持工程措施	植物配置	植物种类
取土场	削坡、截排水沟、急流槽、客土绿化法、湿式客土喷播	草本为主、十字花科和豆科为辅	冷地早熟禾、披碱草、冰草、星星草、油菜、豌豆
弃渣场	坡顶截水沟、平台及周围排水沟、沉砂池、客土绿化法	草本为主、灌木为辅	冷地早熟禾、披碱草、蒿草、沙柳、波斯菊
路堤边坡	急流槽、边沟、三维网客土技术、覆植被纤维毯	草本	冷地早熟禾、披碱草、星星草、冰草、豌豆
长期占压面	深耕松土、排水沟、铺草皮、客土绿化法	草本为主、灌木为辅	冷地早熟禾、披碱草、星星草、冰草、蒿草、油菜
短期占压面	土地平整、施肥、直接撒种	草本为主、灌木为辅	冷地早熟禾、披碱草、冰草、蒿草
河道边坡	上游沉砂池、过滤池、石笼、客土绿化法	草本为主、灌木为辅	冷地早熟禾、披碱草、星星草、蒿草、沙柳、杜鹃

水沟、急流槽及边沟等排水措施,再运用客土喷播生态修复技术。对于坡脚附近的平缓处,直接覆盖厚度为 18 cm 的改良土,人工整平压实,然后在表层土上均匀撒下草种,最后将 2 cm 厚的改良土覆盖于种子上,适当压实后覆盖绿色防尘网及无纺布。

弃渣场表层土壤被破坏,当遇到降雨时,极易造成水土流失,对附近河道造成堵塞。因此在弃渣场生态修复前,应在弃渣场上游设置截水沟,中间平台及弃渣场周围设置排水沟,并在低洼处布设沉砂池,坡面汇水经过截水沟、排水沟及沉砂池后再排放到附近河道中。弃渣场下方边界处修筑挡墙,保证弃渣不流失到弃渣场范围外。选用改良土对其覆盖,覆盖厚度为 18 cm,然后整平坡面,将草本和灌木种子均匀地撒在弃渣场表面后,再覆盖 2 cm 厚的改良土,适当压实后覆盖绿色防尘网及无纺布。弃渣场生态修复示意图见图 2。

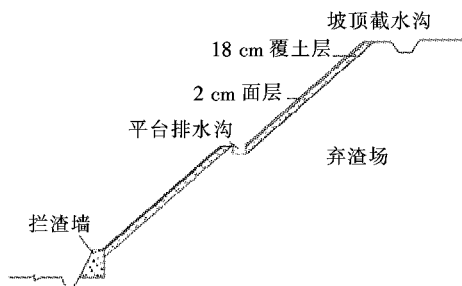


图 2 弃渣场生态修复示意图

路堤边坡上游汇水面积较大,易对路堤边坡产生冲刷,为减少边坡水土流失,应在边坡上设置急流槽,急流槽下方连接排水边沟。然后清理路堤边坡上的浮石和污染物,铺设三维网,接着将改良土均匀地覆盖在

三维网上,在表层土上均匀地撒上植物种子,覆 2 cm 厚表土并适当压实,最后在路堤边坡表面覆盖植被纤维毯。三维网及植被毯护坡示意图见图 3。

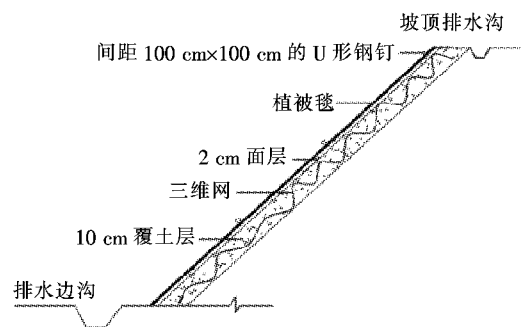


图 3 三维网及植被毯生态护坡示意图

由于工程还未完工,施工营地及拌和站等长期占压面还在使用中。计划修复措施为:采用施工机械对其进行深翻复垦,然后表面覆盖 10 cm 厚的改良土,进行整平,并依照“中间高、四周低”的原则设置 2% 的排水坡,四周开挖土质排水沟。同时土质排水沟内侧铺设宽度 1 m 的草皮,草皮来源于施工初期公路沿线剥离的天然草皮。植物配置为草本植物为主,十字花科和豆科植物为辅,尽量选择优质牧草种子(表 3)。

短期占压面立地土壤保存完好,具有一定的水土保持能力,简单地对其进行整平,施加 600~800 g/m² 的过磷酸钙肥料及 50 g/m² 的硫酸亚铁,改善表土的肥力。路边两排移栽沙柳,株距 1 m。混合草种采用人工撒播方式,植物选择见表 3。

改建河道两侧边坡土壤结构被完全破坏,容易在河水的冲刷下造成土壤流失,甚至垮塌,因此需要采取

措施防止河水对两侧土壤的冲刷,具体做法为:在河道两侧码放由卵石制作而成的石笼,石笼之间用扎丝连接,防止石笼移动。在河道上游及雨水汇流集中处设置简易沉砂池及过滤池,防止雨水对河道造成污染及堵塞。整平河道两岸缓坡面,然后在表面覆盖10 cm改良土,采用直接撒种的方式进行生态修复。各施工创面的生态修复措施及植物配置类型见表3。

3 养护管理措施

在曼大公路NK-SG4标段路基工程生态修复与保护技术实施的两个半月内,主要实施以下养护管理措施:

(1) 施工后每天早晨洒水一次,水量以湿透表土20 cm为准。

(2) 对于路堤边坡,在路肩处设置土埂,将路面雨水径流引导至坡面急流槽中,防止路面雨水径流对坡面的冲刷。

(3) 派专人巡查,防止当地牧民放牧,避免牛羊吃掉新发芽的嫩草,防止牛羊对施工创面的践踏破坏。

(4) 施工后通过撒播的方式施肥两次,每次使用15 g/m²复合肥,两次施肥间隔1个月。

4 生态修复与保护效果

青海曼大公路NK-SG4标段主体部分于2018年6月已基本完工,除少数区域因还在使用而未进行生态修复外,绝大部分区域均已采取了生态修复与保护措施。对已进行生态修复区域的恢复效果进行观察,发现在生态修复前期,该地区经历了若干场强度较大的中雨(其中最大日降雨量达到46 mm,最大小时降雨量超过10 mm),现场考察表明截水沟和急流槽等排水措施结构保存完整,取土场、弃渣场及路堤边坡等坡面基质基本完好,没有因雨水冲刷而造成冲沟和垮塌现象。短期占压面等平坦区域仅有轻微的水土流失现象发生,各施工创面上的冷地早熟禾及披碱草等草本植物率先发芽,然后迅速覆盖坡面,移栽的沙柳等

灌木也基本存活。随着植物的生长,水土流失现象逐渐减少,同时排入河道中汇水所含土壤量降低,河水逐渐恢复自然状态。经过一年的时间,取土场坡面覆盖率达到80%以上,弃渣场坡面植被覆盖率达到70%以上,路堤边坡植被覆盖率达到85%以上,其他地区植被覆盖率达到75%以上,基本满足施工创面的恢复要求,曼大公路路基工程的生态修复与保护技术实践取得了良好的效果。

5 结语

随着国家基础设施建设向青藏高原等地区推进,在自然保护区修建高速公路和铁路成为常态。如何将路基工程建设与生态环境保护结合起来,使其对生态环境的影响降到最低已成为公路和铁路建设中的迫切需要。希望从路基工程的设计、施工及生态修复验收标准等多方面进行研究,早日形成一套完整的生态路基工程建设体系。

参考文献:

- [1] 马武昌,宋子炜.生态公路建设中野生动物保护意义与对策[J].野生动物,2008(6).
- [2] 黄湛军.绿色公路在广梧高速公路中的设计实践[J].中外公路,2018(4).
- [3] 周勇.绿色公路理念下的高速公路环境保护关键技术探究——以潮(州)一惠(州)高速公路A3合同段为例[J].中外公路,2019(1).
- [4] 付海燕,郑妹卉,孟令宽,等.公路建设中受损生态区域恢复技术[J].水土保持应用技术,2010(5).
- [5] 王栋,李家春,高明永.京昆高速公路秦岭段生态修复技术[J].公路,2013(2).
- [6] 包卫星.高寒生态脆弱区高速公路建设生态环境保护技术研究[J].公路,2014(6).
- [7] 李虎.曼大公路仙米自然保护区标段取土场边坡生态修复措施[J].水土保持通报,2018(4).
- [8] 杨舒悦,夏振尧,肖海,等.恢复生态学理论在水电工程扰动区边坡生态修复中的应用[J].长江科学院院报,2015(7).