

沙漠地区高速公路综合防沙体系研究——以营双高速公路八步沙段为例

杨凯¹, 张小由^{2*}, 韩致文², 贺晓萍¹, 徐定艳¹, 许克奎¹

(1. 甘肃省路桥建设集团有限公司, 甘肃兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要 在野外调查和试验研究的基础上进行试验示范段建设, 针对营双公路边坡类型划分出边坡风沙的危害等级与标准。结果表明: 营双高速公路全线有4种地貌类型: 低山丘陵、中低山丘陵、绿洲和风沙化土地, 前3种类型风沙活动对公路影响小, 风沙化土地类型风沙活动对公路影响大; 将对公路运营影响大的风沙化地段的边坡根据原有地形、地貌特征和开挖、填方强度划分为丘间低地或缓平沙地(填方)、挖方型边坡。将不同类型边坡对公路危害大小划分为危害严重、危害中度和危害轻3个等级, 并针对不同危害等级提出不同固沙防沙体系和模式, 建立相应的示范区; 示范区经过半年风沙考验, 各种防护体系具有一定作用, 人工植被成功越冬、先锋植物在防护区定居生根, 植被盖度、蚀积量均有所增加。

关键词 高速公路; 防沙固沙; 沙漠地区

中图分类号 S157 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)28-0050-03

Study on the Sediment Control System around the Highways in the Desert Areas——A Case Study of Babusha Section of Yingshuang Highway

YANG Kai¹, ZHANG Xiao-you^{2*}, HAN Zhi-wen² et al (1. Gansu Province Road Bridge Construction Group Co. Ltd., Lanzhou, Gansu 730070; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract Based on the field survey, experiments and construction of project, we figured out the types of the side slopes and the degrees of sand hazard. The results were as follows: there are four geomorphic types around the Yingshuang highways: low mountains and hills, middle and low mountains and hills, oasis and windy and sandy lands. The wind-sand activities of the former three geomorphic types have little influence on the highways, while the last geomorphic type has an great influence on the highways. The side slopes that have great influence on the highways were divided into interdunal depressions and excavation slopes according to the characteristics of the landforms and mining intensity. The degrees of the damages can be divided into great, middle and low levels. We proposed the systems and models for different damage degrees, and built the demonstration areas. After half a year, all kinds of protection systems played roles, artificial vegetations were still alive through the winter and the vanguard plants were all settled down. Vegetation coverage and corrosion both increased.

Key words Highway; Sand defense and solidification; Desert areas

西部大开发战略的实施使得我国西部沙漠地区公路建设得到了长足的发展^[1]。然而, 沙漠地区风力强劲, 极易造成公路沙害^[2], 若不及时清理, 会增加汽车轮胎和路面表层的磨损, 加快路面表面性能的损失^[3]。在严酷的自然条件下, 要保证公路的畅通和正常运营就必须建立防沙体系^[4-5]。建设综合防沙体系是控制沙害、保障公路畅通的重要技术措施。近年来, 学者们从不同专业角度对沙漠公路沿线风沙环境及沙害特征进行了研究, 如董治宝等^[6-7]针对塔里木沙漠石油公路沿线风沙危害的形成机理、沙丘移动规律、风沙危害程度的评判模式及时空分布规律进行了研究; 王雪芹等^[8]同样针对塔里木沙漠公路沿线风沙危害的影响因素、水平和垂直分异的原因及规律进行了分析; 王训明等^[9]针对塔里木沙漠公路肖塘至塔中段的风沙危害和现有防沙体系进行了评价; 韩致文等^[10]针对塔克拉玛干沙漠公路的风沙防护体系的构建进行了研究。营盘水(甘宁界)至古浪(双塔)高速公路是青岛至银川国家高速公路陕西定边至武威连接线(G2012)的重要组成路段, 也是甘肃省高速公路网规划的重要组成部分。营双高速公路全线位于腾格里沙漠南缘, 主要沙害路段为K448+300至K458+927, 全长10.6 km。课题组在营双高速公路八步沙林场附近, 选择风

沙危害严重地段作为试验示范工程, 对试验段内植物生长情况、蚀积量等进行观测, 旨在为该地区综合防沙体系的建立提供科学依据。

1 研究区域概况

营双高速公路东起宁夏回族自治区中卫市营盘水, 经过甘肃省景泰县, 向西延伸, 至甘肃省古浪县双塔, 全长158.5 km, 是青岛至银川国家高速公路陕西定边至武威连接线(G2012)的重要组成路段(图1)。公路全线属蒙新温带干旱气候区, 具有太阳辐射强、干燥少雨、四季分明(春季多风、夏季酷热、秋季干燥、冬季寒冷)等特点。试验段长度为29 km, 公路两边主要是在固定沙地, 植被生长良好, 覆盖度在40%左右, 生长植物有白刺、沙蒿、沙米和沙冰草等, 在部分区域形成高度0.5 m左右白刺沙包, 固沙作用较好, 基本上不产生风沙流。

2 边坡防沙固沙体系建立

2.1 地貌类型调查及边坡类型划分 调查结果显示: 营双高速公路全线有4种地貌类型: 低山丘陵、中低山丘陵、绿洲和风沙化土地, 前3种类型风沙活动对公路影响小, 风沙化土地类型对公路影响大。将对公路运营影响大的风沙化地段的边坡根据原有地形、地貌特征和开挖、填方强度划分为丘间低地或缓平沙地(填方)、挖方型边坡。

2.2 风沙危害等级划分 根据公路建设后边坡形成高度、公路走向与主风向夹角、植物生长状况以及上风向植被盖度将公路风沙危害划分为3个等级: ①危害严重。边坡高度在

基金项目 国家自然科学基金项目(41271037); 甘肃省交通运输厅“沙漠地区高速公路缓边坡综合固沙应用技术研究”项目。

作者简介 杨凯(1973-), 男, 甘肃平凉人, 高级工程师, 从事公路工程及绿化施工管理工作。*通讯作者, 研究员, 从事生态水文学研究。

收稿日期 2016-08-05

5 m 以上、公路与主风向 $>30^\circ$ 、边坡坡度 $>25^\circ$ 、坡面植被覆盖度 $<5\%$ 、边坡上(上风向)以流沙地和半流动沙丘为主,植被覆盖度 $<10\%$;②危害中度。边坡高度 1~5 m,公路与主风向 $<30^\circ$ 、边坡坡度 $<25^\circ$ 、坡面植被覆盖度 $5\% \sim 10\%$,边坡上(上风向)以固定沙地为主,植被覆盖度 $>10\%$;③危害轻。边坡高度 $<1\text{ m}$ 或者低于路面(包括丘间低地、填方推平缓平沙地)。

2.3 边坡防沙固沙体系 根据风沙危害划分等级的不同采取不同防沙固沙措施。

2.3.1 危害轻。属于丘间低地(图 2)或者是矮小沙丘推平后形成缓平沙地(图 3),在公路围封范围内,地形起伏小,植被覆盖度达到 $40\% \sim 60\%$,用于固定沙地。防沙固沙模式:在路域范围内封育保护,依靠自然植被进行防护。



图 1 营双高速公路全线遥感影像

Fig.1 Remote sensing image of Yingshuang Expressway

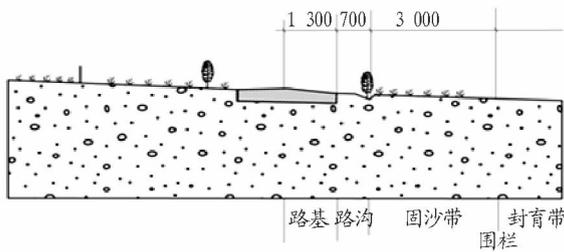


图 2 丘间低地防沙固沙体系示意

Fig.2 Hilly slow land sand control system

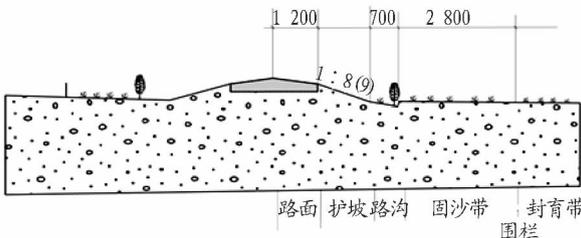


图 3 缓平沙地防沙固沙体系示意

Fig.3 Slow sand sand control system

2.3.2 危害中度。属于固定沙丘或者固定沙地,边坡高度在 2~4 m(图 4),植被覆盖度 $20\% \sim 40\%$ 。防护模式:在路肩砾石压沙并种植 2 行柽柳或者柠条,排水沟种植柽柳、柠条,在坡面下部种植柽柳、柠条,中上部 and 坡顶至路域防护网种植梭梭、花棒。这样组成了“三带一体”防沙体系,即坡顶至防护网梭梭前沿阻沙带,边坡由梭梭、沙蒿组成固沙带,砾石和排水沟的植物组成绿化带。

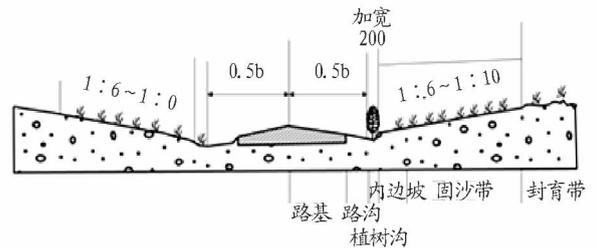


图 4 浅路堑敞开式路堑横断面防沙固沙体系示意

Fig.4 Shallow cutting open cut section sand control system

梭、花棒和柠条组成的综合固沙带,在坡上至公路防护网种植梭组成的梭防风固沙带。若在上风向有流动沙地则需设置 $1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 防沙网,种植沙蒿和梭梭,组成前沿阻沙带,形成以工程措施下的生物固沙带为主体的“三带一体”或“四带一体”的综合防护体系。

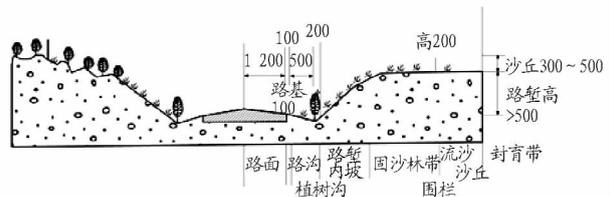


图 5 深路堑横断面防沙固沙体系示意

Fig.5 Deep cutting cross section sand control system

3 防沙固沙效益观测

3.1 植物生长情况观测 试验段完工后,课题组根据试验需求,对试验段土壤、植被、气候等资料进行了调查,根据所选用的生态修复植物物种的习性对其盖度、密度和高度进行了观测。在试验段内设立对照样地 1 个(在公路防护网外侧),3 个危害等级对应的地区各设置 2 个样方,其中沙障高度在 20 cm 和 50 cm 水平各设置 1 个。

3.1.1 植被盖度观测。根据监测数据显示,在建立试验段

2.3.3 危害严重。属于高大沙丘或者沙地,边坡高度大于 4 m(图 5),属于半流动沙地,植被覆盖度 $<20\%$ 。防护模式:采取工程措施与植物防沙固沙相结合的综合防沙体系,由路肩砾石和柽柳、排水沟和柽柳组成绿化压沙带,坡面按 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 、 $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 设置 PE 防沙网,在防沙网中央种植梭

24个月,除丘间地类型植被覆盖度大于对照样地外,其他类型天然植被覆盖度远远小于对照样地,如果将人工植被覆盖度与天然植被覆盖度一并统计,其覆盖度也没有对照样地高(表1)。这是由于植被覆盖度是在植被生长季节测定,4月植物才开始生长,此时测定值远远小于实际值。

3.1.2 植物生长密度观测。该地区原生植物生长密度一般

仅为10~20株/m²,分布于该地区的植物(如禾本科针茅属紫花针茅等)生长密度均较少。按照试验段设计要求,于试验段施工后半年对各试验点植物生长密度进行监测,结果见表2。

3.1.3 植物生长高度观测。按照试验段设计要求,于试验段施工后半年对各试验点植物生长高度进行监测,结果见表3。

表1 不同类型植被覆盖度变化

Table 1 The change of coverage degree of various plants

植被类型 Vegetation types	对照样地 Control plots	丘间低地 Hilly lowland	平缓边坡 High slope	高大边坡 High slope	
				沙障高 20 cm	沙障高 50 cm
				Sand barrier height 20 cm	Sand barrier height 50 cm
杂草 Weeds	20	25	6	6	6
人工植被 Artificial vegetation	0	0	10	10	10

表2 不同类型植物密度变化

Table 2 The change of density of various plants

植被类型 Vegetation types	对照样地 Control plots	丘间低地 Hilly lowland	平缓边坡 High slope	高大边坡 High slope	
				沙障高 20 cm	沙障高 50 cm
				Sand barrier height 20 cm	Sand barrier height 50 cm
杂草 Weeds	12	15	6	6	6
人工植被 Artificial vegetation	0	0	1	1	1

表3 不同类型植物高度变化

Table 3 The change of height of various plants

植被类型 Vegetation types	对照样地 Control plots	丘间低地 Hilly lowland	平缓边坡 High slope	高大边坡 High slope	
				沙障高 20 cm	沙障高 50 cm
				Sand barrier height 20 cm	Sand barrier height 50 cm
杂草 Weeds	20	25	10	10	10
人工植被 Artificial vegetation	0	43	80	90	90

试验段植物在成功越冬后的第2年,先锋植物开始侵入固沙区并开始生长,人工种植灌木适应当地自然条件,开始稳定生长,且平均高度高于当地天然植被。

3.2 蚀积量观测 2015年11月12日采用扦插方法,针对不同防护措施样地进行蚀积量观测(从边坡底部至坡顶各插50根,共计200根)。测算结果表明:丘间低地蚀积量为0.1 t/(m²·a),平缓边坡蚀积量为0.2 t/(m²·a),沙障高20 cm和50 cm的高大边坡蚀积量分别为0.3和0.2 t/(m²·a)。从测定结果来看,各种防护措施均可起到一定固沙效果,这主要是因为2015年风季平均风速小于往年,风沙活动较弱;公路走向与主风向相近,风对边坡影响小。

4 结论

(1)该研究表明,营双高速公路全线有4种地貌类型:低山丘陵、中低山丘陵、绿洲和风沙化土地,前3种类型风沙活动对公路影响小,风沙化土地类型风沙活动对公路影响大。

(2)将公路运营影响大的风沙化地段的边坡根据原有地形、地貌特征和开挖、填方强度划分为丘间低地或缓平沙地(填方)、挖方型边坡;根据公路建设后边坡形成高度、公路走向与主风向夹角、植物生长状况以及上风向植被盖度将公路风沙危害划分为3个等级,针对不同危害等级提出不同固沙

防沙体系和模式,建立相应的示范区。

(3)示范区经过半年风沙考验,结果显示:各种防护体系具有一定作用,人工植被成功越冬,先锋植物在防护区定居生根,植被盖度、蚀积量均有所增加。

参考文献

- [1] 陆海平,赵国平,胡春元,等. 沙漠地区公路植物防沙体系维护技术及效益分析:以G304国道公路植物防沙体系维护技术为例[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2006,27(4):20-26.
- [2] 王智远,徐占云,崔琳,等. 高速公路沙害防治技术研究:以丹东—拉萨高速公路新地—麻黄沟段为例[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(5):204-208.
- [3] 程荣双,姚晓阳. 沙漠公路防沙体系机理研究及应用实例[J]. 公路交通科技(应用技术版),2009(3):158-160.
- [4] 左合君,董智,魏江生,等. 沙漠地区高速公路工程防沙体系效益分析[J]. 水土保持研究,2006,12(6):222-225.
- [5] 徐新文,胡玉坤. 塔里木沙漠公路防沙体系的防护效益[J]. 干旱区研究,1998,15(1):21-26.
- [6] 董治宝,陈广庭,韩致文,等. 塔里木沙漠石油公路风沙危害[J]. 环境科学,1997,18(1):5-9.
- [7] 董治宝,陈广庭,颜长珍,等. 塔里木沙漠石油公路沿线沙丘移动规律[J]. 中国沙漠,1998,18(4):328-333.
- [8] 王雪芹,雷加强. 塔里木沙漠公路沙危害分异规律的研究[J]. 中国沙漠,2000,20(4):438-442.
- [9] 王训明,陈广庭. 塔里木沙漠公路沿线机械防沙体系效益评价及防沙带合理宽度的初步探讨[J]. 干旱区资源与环境,1997,11(4):28-35.
- [10] 韩致文,王涛,孙庆伟,等. 塔克拉玛干沙漠公路风沙危害与防治[J]. 地理学报,2003,58(2):201-208.