

沙地公路取土场植被恢复模式与效果分析^{*}

赵名彦¹, 匡栋¹, 罗俊宝², 王翔宇¹, 朴起亨¹, 崔利强³

(1. 北京林业大学 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083; 2. 内蒙古交通设计研究院有限责任公司, 呼和浩特 010010; 3. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010010)

摘要:就浑善达克沙地高等级公路取土场采取的植被恢复与建设技术, 提出了路域取土场植被恢复的优化配置和技术模式为平铺式砾石沙障+ 低立式菱形芦苇沙障+ 高立式沙柳沙障+ 樟子松造林。研究结果表明: 取土场植被恢复技术模式的应用明显恢复了植被, 樟子松成活率和保存率分别提高了 30% 和 35%, 植被覆盖度是流沙地的 5 倍, 生物量增加了 3.40~ 5.16 倍, 植被组成趋向于多样化、稳定化; 取土场内的风速比是流沙的 14.61%, 输沙率减少了 91.7%, 粗糙度是流沙的 38.86 倍, 极大地减弱了近地表风速, 减少了输沙量, 改善了取土场下垫面的状况, 改良土壤理化环境。

关键词:浑善达克沙地; 高速公路; 植被恢复模式; 取土场

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0191-05

A Mode of Vegetation Restoration and Its Benefits Analysis in Sand Cutting Sites of Highway

ZHAO Ming-yan¹, DING Guo-dong¹, LUO Jun-bao²,
WANG Xiang-yu¹, PARK KIHYUNG¹, CUI Li-qiang³

(1. Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Inner Mongolia Communications Design & Research Cooperation Limited, Hohhot 010010, China; 3. Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot 010010, China)

Abstract: Refer to the vegetation restoration technology used in the sand cutting sites of the highway in Otindag Sandy Land, this paper provide an optimal allocation and technology mode of vegetation restoration in sand cutting sites of highway-gravel barrier & low rhombus reed sand barrier & high salix sand barrier & *Pinus sylvestris* var. *mongolica* forestation. The study showed that the survival rate and preservation rate have increased 30 percent and 35 percent to comparing plots; coverage of vegetation 5 times more than barren sand, composing of vegetation tended to more diversified and stabilized. The wind speed decrease rate was 14.61 percent of barren ones, sand transport rate have reduced 91.7 percent, the roughness of surface have increased 38.86 times than original one. The mode was not only greatly weakening the intensity of wind near surface, but also reduced the sand transport, and improved the soil characters.

Key words: Otindag sandy land; highway; mode of vegetation restoration; sand cutting sites

取土场是在公路修建中因填方路段的需要在路外取土所造成的裸地^[1]。在取土过程中不仅破坏了取土地原有的植被, 而且将土壤连同其中原有的植物种子和繁殖体统统破坏或取走。浑善达克沙地地处锡林郭勒大草原中部, 位于京津地区的北部, 是京

津地区主要的风沙源。在风沙区公路建设过程中, 取土场大量土方的移动严重破坏了原生植被生态系统, 增大土体裸露面积, 加大了沙地流动性, 为公路埋下了巨大的风沙危害隐患。由于土壤环境条件的改变, 土壤养分和土壤种子库的减少, 大大减缓了植

* 收稿日期: 2008-06-22

基金项目: 内蒙古交通建设科技项目; 高等级公路路域生态环境建设试验示范研究(NJ200419)

作者简介: 赵名彦(1982-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生, 主要研究方向: 水土保持与荒漠化防治。E-mail: mingyanzhao99@126.com

通信作者: 匡栋(1962-), 男, 内蒙古赤峰人, 教授, 主要研究方向: 水土保持与荒漠化防治。E-mail: dch1999@263.net

被的恢复进程^[2,5]。沙地取土场治理必须针对当地的具体环境特点采用综合配套的技术才能达到预期效果。实验证明利用机械沙障和植物措施来恢复沙地取土场植被是一项行之有效的方法^[1,3-4]。本文就浑善达克沙地高等级公路取土场沙地采取的植被恢复与建设技术,提出了路域植被恢复的优化配置和技术模式,从植被恢复状况、防风固沙效果、土壤性质等方面分析各模式的植被恢复效果,为进一步开展公路生态修复技术的开发研究提供参考。

1 研究区概况

研究区位于内蒙古锡林郭勒盟南部、浑善达克沙地的正蓝旗境内,居锡林郭勒草原东南边缘;在东经 114°55′ - 116°38′,北纬 41°46′ - 43°07′。研究区属温带大陆性气候,气候特征是寒冷、干旱、风大。年均气温 1.3℃,年均降水量 313.8 mm,蒸发量 1 722.5 mm,90% 的降水集中于植物生长季节。研究区年平均风速 4.2 m/s。固定沙丘、半固定沙丘、流动沙丘和丘间低地镶嵌分布,固定平沙地分布其间。沙丘类型主要是梁窝状、垄状沙丘和灌丛沙堆。地带性土壤为栗钙土,非地带性土壤有风沙土、草甸土。属于典型草原植被类型,具有特有的沙生植被,菊科蒿属植物是本地区的建群植物,还有白榆(*Ulmus pumila* L.)、小红柳(*Salix microstachya* var. *bordensis*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、褐沙蒿(*Artemisia intramongolica* H. C. Fu)、草麻黄(*Ephedra sinica* stapf)、蒙古冰草(*Agropyron mongolicum* Keng)、沙生冰草(*Agropyron desertorum* (Fisch. Schult.))、沙鞭(*Psammochloa villosa* (Trin.) Bor.) 等分布。

2 研究方法

2.1 测定内容与方式

2.2 风速测定

在 2008 年 4 月末,在取土场内和对照点分别选择一个地形相似、高差相近、距公路等距的样地,利用十路风速风向自动采集仪,测定了各测点 2.0 m 和 0.5 m 高度的瞬时风速,风速仪记数间隔为 30 s,测定时间为 0.5~2.0 h。

2.3 输沙量测定

采用北京林业大学水土保持学院自制的集沙仪同步测定各测点的输沙量。观测时间为 30 min。将集沙仪收集的沙子装入密封袋带回实验室,用精度为 1/1 000 的电子天平进行称重。

2.4 植被与土壤调查

分别于 2006 年 8 月和 2007 年 7 月,在浑善达克沙地公路研究区内取样测定。①植被调查:对植被类型、植被盖度、高度、生长状况进行调查。植被类型的调查采用现场鉴定及采集标本鉴定,植被盖度和高度采用样方法调查,植物的生长状况设定标准株后,对其新梢长度、冠幅、株高进行测量;在样方内采集地上植被,测定地上生物量;②土壤调查方法:容重测定采用环刀法,有机质含量在土壤实验室测定。

2.5 数据处理

(1) 粗糙度计算。

$$\lg Z_0 = \frac{\lg Z_2 - A \lg Z_{0.5}}{1 - A} \quad (1)$$

$$A = \frac{V_2}{V_{0.5}} \quad (2)$$

式中: Z_0 ——粗糙度(cm); V_2 , $V_{0.5}$ ——2 m 和 0.5 m 处风速(m/s); Z_2 , $Z_{0.5}$ ——为 2 m 和 0.5 m 的高度; A ——2 m 和 0.5 m 处的风速比。

(2) 群落的重要值。

$$\text{重要值}(\text{SDR}_3) = \frac{\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对高度}}{3} \% \quad (3)$$

式中: 相对密度、相对盖度、相对高度均以某一物种的密度、盖度高度值与群落密度、盖度、高度的总数之比。

(4) Shannon-Wiener 多样性指数(H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i \quad (4)$$

式中: H' ——多样性指数; S ——物种数; P_i ——采用综合特征量的重要值与群落总重要值的比值来代替。

3 结果与分析

3.1 取土场植被恢复模式

3.1.1 模式技术思路 取土场位于 207 国道上风侧的沙地中,是一个半盆地型的洼地。面积约为 4 000 m²,开挖边坡深 3~4 m,坡度 25~30°,整体处于流动状态;取土场底部主要以流沙为主,堆积有大量的公路建设弃石。由于表土扰动、地表裸露,土体天然结构以及植被遭到了极大的破坏,生态系统极其脆弱。该模式充分考虑到取土场及周边的地形特征和立地条件,采取机械治沙与植物治沙相结合、阻沙和固沙相结合、人工植被恢复和自然植被恢复相结合的因地制宜的植被恢复措施,形成了一个半包围盆地式的综合防治体系。模式基本形式为:平

铺式砾石沙障+ 低立式菱形芦苇沙障+ 高立式沙柳沙障+ 樟子松造林。

3.1.2 主要技术要点及配套措施

(1) 在取土场底部因地制宜的利用了公路建设的废弃砾石设置成平铺式砾石沙障。沙障由直径 10~ 20 cm 大小不一的废弃石块垒砌成 1.0 m × 1.0 m 的方格沙障, 平均沙障高 16 cm; 在取土场低洼处樟子松造林, 栽植 4 a 生樟子松土坨苗, 株行距 3.0 m × 3.0 m。

(2) 在取土场开挖面边坡上设置 1.0 m × 2.5 m 低立式菱形芦苇沙障, 障高 20 cm, 孔隙度为 50%。由于取土场开挖面边坡是完全被扰动的流沙, 为了更快的恢复起自然植被, 在芦苇沙障内垂直主风向的位置上播种两行小麦做为人工恢复植被。

(3) 在开挖面迎风坡的风蚀缺口处, 布设了高立式的沙柳沙障, 孔隙度为 70%, 根据风蚀程度的不同, 设置了 150~ 180 cm 高的两带或多带沙障来阻截风沙。

3.2 效益分析

3.2.1 植被恢复效果 从表 1 中看出, 沙障内的樟子松与裸沙相比成活率高了 30%, 保存率高了 35%, 株高比对照区的高 7.1 cm, 当年高生长量多 1.5 cm。可见, 取土场底部给樟子松的生长提供了良好的水分条件。另外, 在取土场内的砾石沙障固定流沙及风蚀缺口处高立式沙柳沙障阻沙的综合作用下, 植被恢复模式有效的保护了植被的生存环境, 促进了樟子松良好的生长。

从表 2 中看出, 在植被恢复措施设置 2 a 后, 取土场内自然植被恢复较快, 沙障内的植被覆盖度由

治理前的小于 5% 提高到了 25%, 尤其开挖面边坡的芦苇沙障内植被恢复效果更为明显。由于取土场内取走和破坏了原有植被、土壤连同其中原有的植物种子和繁殖体, 取土场内物种多样性变化不大。调查表明, 在取土场开挖面的菱形芦苇沙障内, 2006 年的植被主要由人工播种的小麦为主, 小麦在播种当年的平均生长高度达到了 20 cm, 盖度达到了 15%。表明在沙障设置当年, 小麦的快速生长减弱了近地表风沙流的强度, 为自然植被的繁殖更新起到了很好的保护作用。2007 年菱形芦苇沙障内由于小麦的保护和背风坡风沙危害小的原因, 自然植被恢复较快, 与 2006 年相比, 物种数增加了 6 种, Shannon- wiener 多样性指数增加了 0.3 倍, 植被盖度增加了 1 倍; 取土场内和边坡地上生物量分别是对照区的 3.40 倍和 5.16 倍。

从取土场实地调查结果与植被优势种的重要值来看(见表 2), 治理前沙地以一年生草本的猪毛菜和虫实占绝对优势, 是沙地的先锋物种。经过 2 a 的恢复, 多年生的草本又分蓼和多年生的灌木油蒿代替猪毛菜成为优势种, 并且沙障内有羊柴、叉分蓼、榆树等根蘖性植物的入侵和定居, 表明取土场内的植被生活的立地条件有明显改善, 植被组成趋向于多样化(见表 3), 有利于沙地植被向草原植被的正向演替。

表 1 樟子松生长及存活情况

处 理	成活率/ %	保存率/ %	株高/ cm	当年生长量/ cm
取土场	90	85	64.3	8.3
CK	60	50	57.2	7.8

表 2 取土场植被恢复效果

项目位置	2006 年		2007 年		CK
	取土场	边坡	取土场	边坡	半流动沙地
盖度/ %	5	20	25	40	< 5
物种丰富度	12	8	16	14	4
优势种(重要值)	猪毛菜(0.31)	猪毛菜(0.35)	虫实(0.32)	叉分蓼(0.20)	虫实(0.36)
	虫实(0.25)	虫实(0.21)	油蒿(0.20)	虫实(0.19) 油蒿(0.18)	猪毛菜(0.31)
Shannon- wiener 多样性指数	2.04	1.76	2.05	2.25	1.24
地上生物量/g	31.88	53.64	55.76	84.78	16.42

3.2.2 防风固沙效益 不同的植被恢复措施的防风固沙效益表现在它对近地层风速的减弱以及输沙量的减少^[7]。从砾石沙障和流沙的 200 组同步实测风速数据分析得知(见表 4), 砾石沙障内 200 cm 和 50 cm 高的风速比流沙的风速分别降低了 0.6 m/s

和 1.4 m/s。为了更好的表示风速变化采用风速降低比来表示^[8], 计算表明砾石沙障内的风速降低比比对照地的高 14.61%。取土场内的输沙量用北京林业大学自制的集沙仪采集。计算结果显示, 取土场内的输沙率比流动沙地减少了 91.7%。由此

得知,在取土场内设置植被恢复模式可以明显降低风速,减弱风的作用力,减少输沙量,有效的保障了公路的行车安全。

其次,粗糙度不仅是衡量地表性质的尺度,更是衡量治沙防护效益的最重要指标之一。目前人们采取的许多防沙固沙措施,就是要改变地表性质、增加

下垫面粗糙度,从而能有效地控制风沙流。变害为利,达到防风治沙的目的^[9]。根据连续实测的风速数据平均值分别计算流沙和砾石沙障内地表粗糙度,结果显示:取土场内的粗糙度是流沙的 38.86 倍,取土场植被恢复模式的设置,极大地改善了取土场下垫面的状况。

表 3 取土场植被组成

取土场内		取土场边坡		原取土场内	
植被种	拉丁学名	植被种	拉丁学名	植被种	拉丁学名
叉分蓼	<i>Polygonum divaricatum</i>	雾冰藜	<i>Bassia dasyp hylla</i>	沙米	<i>A griop hyllum squarrosu</i>
虫 实	<i>Corispermum mongolicum</i>	油蒿	<i>Artemisia ordorsica</i>	虫实	<i>Corispermum mongolicum</i>
油 蒿	<i>Artemisia ordorsica</i>	虫 实	<i>Corispermum mongolicum</i>	猪毛菜	<i>Salsda collina</i>
沙地榆	<i>Ulmus pumila var. sabulosa</i>	地梢瓜	<i>Cyanachum thesioides</i>	沙 竹	<i>Psammochloa villosa</i>
雾冰藜	<i>Bassia dasyp hylla</i>	叉分蓼	<i>Polygonum divaricatum</i>		
猪毛菜	<i>Salsda collina</i>	沙 竹	<i>Psammochloa villosa</i>		
沙打旺	<i>A strag alus adsurgens</i>	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>		
叉分蓼	<i>Polygonum divaricatum</i>	沙地榆	<i>Ulmus pumila var. sabulosa</i>		
扁蓿豆	<i>Melilotoides ruthenica</i>	砂蓝刺头	<i>Echinops gmelini</i>		
狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	苦荬菜	<i>Ix eris denticulate</i>		
沙 米	<i>Agriophyllum squarrosum</i>	冰 草	<i>Agrop yron cristatum</i>		
糙隐子草	<i>Cleistogenes ramiflora</i>	猪毛菜	<i>Salsda collina</i>		
褐沙蒿	<i>Artemisin tramongolica</i>	披碱草	<i>Elymus dahuricus</i>		
砂蓝刺头	<i>Echinops gmelini</i>	芦 苇	<i>Phragmites australis (Cav.)</i>		
冷 蒿	<i>Artemisia frigida</i>				
沙 竹	<i>Psammochloa villosa</i>				

另外,从蚀积情况来看,砾石沙障和芦苇沙障内形成了浅锅底形的轻微风蚀现象,风蚀深度达到了 5 cm,但并没有造成植被根系裸露和风沙机械伤害,而对照区内有较明显的风沙运动,部分植物根系周围产生风蚀坑,风蚀深度达到了 16 cm,使得植物根系裸露,植株处于严重脱水状态。从干沙层厚度上

来看,砾石沙障的干沙层厚度明显比对照区的薄,部分原因是因为沙障内的轻微风蚀造成的,另一方面是因为边坡的芦苇沙障以及风蚀缺口处的高立式沙柳沙障有效的防止了风沙的沉积,起到了明显的阻沙固沙作用。因此,植被恢复模式有效的减弱了风沙流的运动,对行车安全起到了明显的保护作用。

表 4 取土场内风沙状况

处 理	$V_2/$ ($m \cdot s^{-1}$)	$V_{0.5}/$ ($m \cdot s^{-1}$)	风速降低 比/%	粗糙度/ m	输沙率/ ($g \cdot cm^{-1} \cdot min^{-1}$)	风蚀深度/ cm	干沙层厚度/ cm
取土场	6.2	4.2	32.26	2.72	0.23	5	6.5
流动沙地	6.8	5.6	17.65	0.07	2.78	16	10.0

3.2.3 土壤状况变化 依据土壤养分测定结果分析(见表 5),取土场采取了植被恢复措施后,无论是砾石沙障还是芦苇沙障内土壤肥力发生了明显的变化,砾石沙障内和芦苇沙障内的土壤容重分别比流沙小 0.15 g/cm³ 和 0.21 g/cm³,表明采取措施后的沙地土壤较疏松,通透性变好。砾石沙障内和芦苇沙障内的有机质含量也较流动沙地高 0.12% 和

0.13%,有机质含量增加,植被恢复措施效果明显。

表 5 取土场内土壤理化性质

类型	土壤容重/($g \cdot cm^{-3}$)		有机质/%	
	含量	变化	含量	变化
砾石沙障	1.43	- 0.15	0.30	0.12
菱形沙柳沙障	1.37	- 0.21	0.31	0.13
流沙区	1.58	0	0.18	0

4 结论与讨论

(1) 取土场的植被恢复模式基本形式为: 平铺式砾石沙障+ 低立式菱形芦苇沙障+ 高立式沙柳沙障+ 樟子松造林。

(2) 与流动沙丘相比, 沙障内的樟子松成活率高了 30%, 保存率提高了 35%, 株高增高了 7.1 cm, 当年高生长量多 1.5 cm; 沙障内的植被覆盖度是治理前的 5 倍, 生物量明显增加, Shannon-wiener 多样性指数是 2006 年的 1.3 倍。说明取土场内的植被生活的立地条件有明显改善, 植被组成趋向于多样化, 有利于沙地植被向草原植被的正向演替。

(3) 植被恢复模式设置后, 取土场内的风速降低比提高 14.61%, 输沙率减少了 91.7%, 粗糙度增大了 37.86 倍。取土场植被恢复模式的设置极大地减弱了风速, 减少了输沙量, 改善了取土场下垫面的状况, 并且有效的防止了风蚀的产生, 使植被根系和幼苗免受风沙机械伤害。

从以上分析可以看出, 取土场植被恢复技术模式植被恢复效果非常显著, 防风固沙效果明显, 土壤有所改良, 在取土场采用平铺式砾石沙障+ 低立式菱形芦苇沙障+ 高立式沙柳沙障+ 樟子松造林模式是经济、可行、有效的治理模式。另外, 项目中应用的植物的机械沙障经过 2 a 的使用在调查中都有不同程度的损坏, 但是利用废弃砾石所筑的沙障不仅使用寿命长、不易损毁, 而且还大大的节约了修建成本, 也实现了资源的循环利用, 是一种因地制宜、经济实用的沙障材料, 在今后的取土场植被恢复建设中可以广泛的应用。

参考文献:

[1] 姜昌, 马德滋, 温凤玲. 浅议宁夏高等级公路建设中的取土场及其植被恢复[J]. 宁夏农林科技, 2002(6): 39-40.

[2] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程[J]. 中国环境科学, 2004(2): 188-191.

[3] 李玉娥, 杨华军, 余广川. 洛三高速公路弃土场、取土场类型与防护措施[J]. 中国水土保持, 2003(4): 29-29.

[4] 梁启英, 林建平, 梁杰明. 采石、取土场植被恢复技术[J]. 林业实用技术, 2004(10): 13-16.

[5] 束文圣, 蓝崇钰, 黄铭洪, 等. 采石场废弃地的早期植被与土壤种子库[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 1305-1312.

[6] 程昊, 陈泽昊. 青藏铁路山丘坡地取土场生态恢复措施探讨[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2005, 32(3): 133-135.

[7] 马世威, 马玉明, 姚洪林, 等. 沙漠学[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998.

[8] 高永, 邱国玉, 丁国栋. 沙柳沙障的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠, 2004, 3(24): 365-370.

[9] 张瑞麟, 刘果厚, 崔秀萍. 浑善达克沙地黄柳活沙障防风固沙效益的研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 717-721.

[10] 罗俊宝, 孙保平. 207 国道内蒙古段路域植被恢复技术及其效果[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(增刊): 22-26.

[11] 胥晓刚, 杨冬生, 胡庭兴. 不同植物种类在公路边坡植被恢复中的适应性研究[J]. 公路, 2004(6): 157-161.

[12] 江玉, 林杜娟. 高等级公路生态环境保护问题与对策[J]. 公路, 2000(8): 67-71.

[13] 巩和平, 霍志坚. 浑善达克沙地环境演变及沙漠化防治对策[J]. 内蒙古林业调查设计, 1998(1): 7-8.

[14] 蒋高明. 浑善达克沙地退化生态系统恢复的对策[J]. 中国科技论坛, 2002(3): 11-15.

[15] 李生宇, 雷加强. 古尔班通古特沙漠公路扰动带植被恢复研究[J]. 新疆环境保护, 2002, 24(1): 1-7.

(上接第 190 页)

参考文献:

[1] 丛艳国, 魏立华. 土地紧缩政策下珠江三角洲工业园区发展态势分析[J]. 城市发展研究, 2006, 13(6): 87-91.

[2] 曹康琳, 廖金凤. 珠江三角洲耕地资源变化区域差异及对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2000, 10(2): 75-78.

[3] 吴荣生, 管东生. 珠江三角洲的人口时空变化及其对资源和环境的影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(12): 1586-1590.

[4] 陈玉娟, 温琰茂, 柴世伟. 珠江三角洲农业土壤重金属含量特征研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(3): 75-87.

[5] 顺德区农业局. 珠三角四成菜地重金属超标[EB/OL]. 顺德农业信息网, 2005-05-16.

[6] 闫小培, 毛蒋兴, 普军. 巨型城市区域土地利用变化的人文因素分析: 以珠江三角洲地区为例[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 613-623.

[7] 广东农村统计年鉴编纂委员会. 广东农村统计年鉴 2004[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.

[8] 广东省人民政府办公厅. 广东省人民政府办公厅关于撤销增城市经济技术开发区等 397 个开发园区的通知(粤府办[2004]40 号)[EB/OL]. 北大法律信息网, 2004-04-26.