

阻沙率在沙漠公路高大沙丘段 防沙体系设计中的应用

张迎辉

(中铁十五局集团第五工程有限公司, 河南 洛阳 471002)

摘要: 在工程防沙设计中, 阻沙率和输沙强度均是确定防护类型及其宽度的重要指标。从工程实际出发, 结合典型地形特征, 运用实测的阻沙率指标, 优化沙漠公路高大沙丘段防沙体系的设计, 用理论指导实践的同时, 并在实践施工中加以较好地运用, 从实践效果上, 以阻沙率这一风沙物理指标为依据, 确定高大沙丘段的防沙设计参数, 是符合实际和可行的方法。

关键词: 阻沙率; 沙漠公路; 高大沙丘区; 防沙体系设计

中图分类号: X169 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)02-0068-05

1 工程概况

阿拉尔—和田沙漠公路位于塔里木盆地三条绿色走廊之一的和田河绿色走廊东侧外缘(和田河东岸), 穿越塔克拉玛干沙漠段的公路沿线分布有密集的新月形沙丘链群, 特别是靠近和田的部分路段, 高大新月形沙丘链群与格状沙丘(蜂窝状沙丘)相间分布区, 地势南高北低。其中阿(拉尔)和(田)沙漠公路第三合同段所属 K409+000~K425+000 段穿越复合高大沙丘段, 也是该沙漠公路项目唯一连续复合高大沙丘段, 沙丘顶至底面落差达到 5~18 m, 其中以落差 8~15 m 的复合沙丘为主。

该路段图纸设计的防沙体系为路线迎风侧设置两道阻沙栅栏(距路线 70 m, 沿沙丘脊线布置)、背风侧设一道阻沙栅栏(距路线 40 m), 迎风侧的两道阻沙栅栏间隔 5 m, 栅栏高度 1.5 m, 埋深 0.3 m, 外露 1.2 m。栅栏底部两侧各设计宽度为 1 m 的半隐蔽式沙障(草方格)固沙。该路段沙漠路基施工完成后, 防沙体系施工随即迅速跟进, 以保证完成后的路基在风沙季节来临时避免或减轻风沙危害。该段防沙工程于 2006 年 4 月底完成, 但经过 5~8 月份风沙季节后, 防沙体系出现较大面积的掩埋、倒伏和损毁(图 1、图 2)。现场统计累计掩埋、倒伏及损毁长度达 5.4 km, 其中线路迎风侧占 90% 左右。针对这种情况, 通过反复调查分析, 提出运用阻沙率概念对该段防沙体系进行系统评价, 以确保防沙体系设计满足连续高大复合沙丘段风沙环境条件下的防沙要求。通过对该段防沙体系设计合理优化, 取得了较好的效果。



图1 复合高大沙丘区的防沙体系



图2 高立式防沙栅栏倒伏

收稿日期: 2012-02-13

作者简介: 张迎辉 男 1976 年出生 工程师

2 输沙强度与阻沙率

阻沙率是指工程防沙体系中,在阻沙措施(包括阻沙栅栏、固沙草方格、阻沙墙等)合理布置的情况下,在单位时间内(多为1个风沙年)停积于阻沙体及其附近的沙量。它是一个量值指标,在一个相对较长时段内(如连续几个风沙年)这个量值是相对稳定的。

输沙强度(输沙率)是指贴近于地表的携沙空气气流(风沙流)在单位时间内通过单位宽度或面积所搬移的沙量。其影响因素很多,除风向、风速外,沙粒的粒径大小、级配、比重、形状、湿度及密实度等均对其产生明显影响。而影响风向、风速大小的因素则更多、更复杂。地表湿度、粗糙度影响风速的垂向分布,甚至很小的地形起伏,风沙流饱和程度等都能导致风流场的变化,从而影响风向与风速。

有研究资料表明^[1]:对同一种风积沙(即粒径、级配、比重、湿度、密实度等相同),其输沙率随风速的增大而增加。大多数学者得到的输沙率与风速的3次方或风速超过沙粒临界起动风速的那部分风速的3次方成正比。亦有学者得到输沙率与上述风速的平方成正比,在风速被限定后,输沙率与沙粒直径的平方根或3/4次方成反比。

3 阻沙率野外测定

由于阻沙率是一综合性指标,受多种因素的共同影响,因此必须在野外实地测定。在K420+000~K422+000路段设置了2 km的试验段,重点测定该段防沙体系在风沙季节的阻沙率,以确定高大沙丘区防沙设计的有效性和适应性。

3.1 防沙体系试验的布置

(1)为了使观测数据接近或等同于实际,试验工程的防沙体系设置阻沙栅栏一道,展布方向与在建公路的走向保持基本一致,并与原设计防沙栅栏位置大致平行,试验阻沙栅栏沿沙丘沙脊线迎风侧(外侧)布置,距离原设计防沙栅栏或沙脊线5~10 m(图3、图4)。

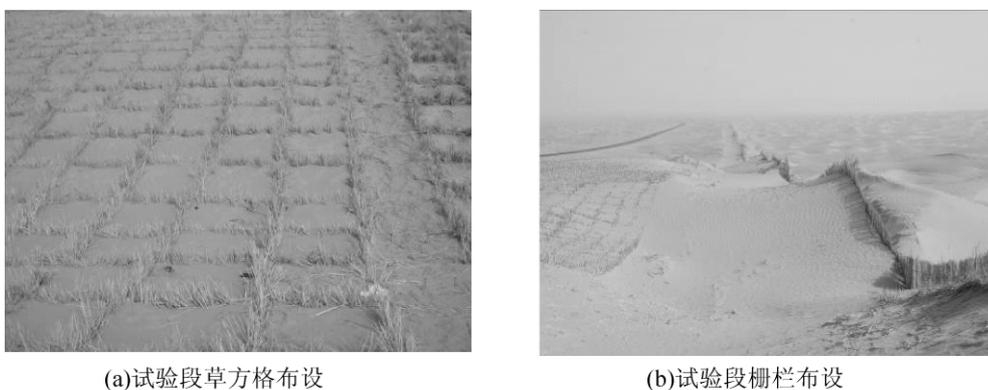


图3 试验段草方格及栅栏布置

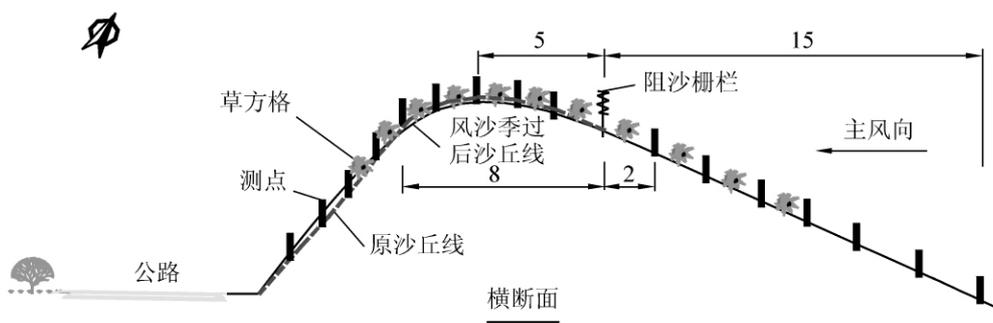


图4 测点布置示意图(单位:m)

(2) 试验路段防沙体系按原设计高度设置防沙栅栏阻沙,栅栏底部的两侧沙面插设规格大小为1 m ×

1 m 的草方格封闭固沙。栅栏高 1.5 m, 外露 1.2 m, 连续布设, 按阻沙栅栏底部插设草方格总宽度(分别为 1、3、5、8 m) 的不同, 每段长度为 500 m。

(3) K420+000~K422+000 段地形起伏较大, 属新月型高大沙丘段, 能集中代表高大沙丘段的地貌特征, 其试验结果具有相应的代表性, 测得的有关数据对于高大沙丘段的防沙工程设计与施工, 具有指导或参考价值。

(4) 为使试验数据既具有代表性且比较经济, 试验段分 4 段连续布设, 从小里程至大里程方向, 阻沙栅栏两侧沙面设置的草方格总宽度分别为 1、3、5、8 m, 每段长度约 500 m。

3.2 实验观测与数据统计

3.2.1 测量与观测

(1) 防沙体系试验段建成后, 立即进行测量。测量项目类似公路测量中的横断面测量, 不同的是以栅栏为中心, 因沙漠地形起伏较大, 测点间纵向间距一般为 5 m, 同断面测点横向间距为 2 m。另外, 由于栅栏在阻风的同时还有一定的导沙作用, 其纵向地形将随时间而变化, 因此, 要在地貌形态的变化部位(如迎风坡与背风坡相接处等) 增加测桩。测量宽度: 阻沙栅栏迎风侧(即主风向侧) 对风速产生影响的范围, 一般为栅栏高度的 10 倍, 若栅栏所在位置明显高于附近地面, 则宽度应增大; 阻沙栅栏背风侧(即下风侧) 测量宽度可降低, 一般为栅栏高度的 5~6 倍即可。无论是阻沙栅栏的主风向侧(外侧) 还是下风向侧(内侧), 测量宽度都延伸至变坡处, 尤其是较陡的坡面, 因为在陡坡的落沙坡上, 沙粒因重力下滑, 可直至坡底, 形成风积沙堆积, 阻沙率也会因此有较大变化。

(2) 为使测量数据准确可靠, 使用精密水平仪测量, 所测断面测点均设置明显标志, 测桩长 50~80 cm, 打入沙丘内, 外露长度为 15 cm 左右, 并沿原沙丘面标注好刻度线, 每次测量后, 也同时标注好刻度线。除此之外, 还必须要有能保存较久的测量基准(BM 点)。

(3) 测量的频次为每月 1 次, 或每次风沙活动后进行 1 次, 一直延续至风沙季节结束。为提高数据的可利用性, 了解不同季节的积沙情况等, 增加了测量次数, 如在风季开始与结束时也进行测量等。

3.2.2 数据整理与分析

阻沙率是一个现场试验测得的综合数据, 它与现场的气象条件、沙粒的物理性质等有很大关系, 但对于一个或连续几个风沙季来说, 其数据是相对稳定的, 而输沙强度则是试验室模拟条件下的试验数据, 相比较而言, 阻沙率对现场有较强的针对性, 更能得出合理的数据用于指导设计和施工, 更有较高的应用价值。

本段试验防沙体系完成后, 在试验段原沙面设置测量桩, 桩长 50~80 cm, 高出原沙面 15 cm 左右, 固定并从沙面以上标好刻度和桩的水平高程, 测量时以桩水平高程为基准, 以后每次测量相当于公路横断面测量中的“戴帽子”, 即根据刻度的高差, 运用横断面设计中计算填挖土石方量的方法, 求出两次测量间在栅栏及其附近的积沙, 由此确定相应的阻沙率(表 1), 同时每次测量时复核测量桩的标高。测量宽度: 阻沙栅栏迎风侧为 12~15 m, 背风侧为 8~10 m。

表 1 数据分析表明, 经历 6 个月(一个风沙季) 风沙侵袭后, 防沙工程的迎风侧和背风侧阻沙率数值不断趋于稳定(纵列数据), 表明防沙工程受风季的影响越来越小, 基本达到一个新的动态平衡, 即累计阻沙率基本保持稳定状态; 横向数据对比, 阻沙栅栏两侧插设的固沙草方格越宽, 对阻沙固沙的效果越好, 但宽度增加的同时(从 5~8 m), 其经济性也在降低, 即阻沙效果基本稳定的同时, 积沙也在增多, 草方格使用寿命在逐渐降低, 后期的固沙效果也在随时间的增加而降低。数据比较来看, 阻沙栅栏两侧插设 1~3 m 宽的草方格, 迎风侧和背风侧的阻沙率之和为负数, 即在试验测量范围内(迎风侧 15 m 左右, 背风侧 8 m 左右) 不能达到有效的阻沙固沙效果, 当阻沙栅栏两侧的固沙草方格总宽度扩大到 5~8 m 时, 才能达到阻沙固沙的基本平衡。

结合有关文献资料^[2], 防沙体系设计必须考虑以下两个方面: 一是尽可能减少主风向的来沙, 即达到固沙的目的, 二是必须考虑延长或减少积沙以延长防沙体系寿命, 以达到防沙工程的可靠性和经济性。针对新月型高大沙丘段, 其地形的形成就是因为风大导致沙粒的流动堆积而成, 沙丘的顶部即是风速与

沙粒流动而形成的平衡点,防沙栅栏布设在沙丘顶部必然破坏已有的平衡,使得在原沙丘顶产生两种可能:一是沙粒迅速堆积掩埋防沙体系,二是风力破坏防沙体系使其倒伏。而目前设计的防沙体系只有1 m宽度的固沙草方格,不能有效减少主风向来沙,且防沙栅栏沿线路直线布置,有些甚至正在沙丘脊线上,也不能形成有效的阻沙效果,从而未能达到减少积沙的目的。

表1 2 km 试验路段防沙工程实测阻沙率 m^3/m

月份	位置	固沙草方格宽度			
		1 m	3 m	5 m	8 m
4	迎风侧	-0.104	-0.088	-0.068	-0.056
4	背风侧	0.035	0.047	0.062	0.065
5	迎风侧	-0.131	-0.102	-0.084	-0.070
5	背风侧	0.055	0.067	0.070	0.072
6	迎风侧	-0.146	-0.117	-0.099	-0.083
6	背风侧	0.069	0.082	0.096	0.097
7	迎风侧	-0.179	-0.133	-0.110	-0.076
7	背风侧	0.086	0.090	0.106	0.103
8	迎风侧	-0.183	-0.142	-0.108	-0.088
8	背风侧	0.090	0.108	0.112	0.113
9	迎风侧	-0.180	-0.140	-0.105	-0.085
9	背风侧	0.092	0.105	0.112	0.112
平均阻沙率		-0.088	-0.035	0.007	0.027

4 阻沙率的应用

根据实测的阻沙率数据,对新月形高大沙丘段的防沙体系进行了针对性分析,认为图纸设计的防沙体系不适合该段的地形特征,建议将防沙栅栏两侧的固沙草方格宽度都扩大至5 m,即两道防沙栅栏5 m间距内全部插设固沙草方格,阻沙栅栏外侧同时也插设5 m宽的草方格,同时结合文献资料和有关专家的建议,将栅栏的方向与路线平行的直线型做适当调整,改成沿沙脊线外侧5 m平行于沙脊线布设,这样有利于减少风沙输移与重新堆积,可提高阻沙固沙效果,使栅栏外侧的草方格更好地发挥固沙作用。通过对这一优化设计建议的分析和论证,认为选取阻沙率作为衡量高大沙丘段防沙体系可靠性的指标,具有较强的针对性,特别是对于克服了高大沙丘段输沙强度指标因风力、沙粒级配等因素影响而产生的不确定性。1个风沙季观测获得的阻沙率验证性数据,对高大沙丘段防沙体系的施工和后期维护有重要的指导作用。在高大沙丘段的防沙体系中,应适当加大阻沙栅栏两侧的固沙草方格宽度,以减少主风向来沙,达到有效阻沙固沙目的;适当调整阻沙栅栏走向,特别在高大沙丘段,可适当改变阻沙栅栏与主风向的交角,减缓主风向风对阻沙栅栏的毁坏^[3]。

基于以上研究,阿拉尔—和田沙漠公路K409+000~K425+000高大沙丘段防沙体系进行了优化设计,将高立式阻沙栅栏的布设位置进行了适当的调整,沿沙脊线外侧5 m布置,同时将阻沙栅栏基部两侧的固沙草方格的宽度扩大至5 m,如遇较陡沙丘时,将阻沙栅栏迎风侧沙丘坡面的固沙草方格插设宽度扩大至8 m。2007年10月,按照优化后的设计方案对K409+000~K425+000段防沙体系进行了修复,于2008年3月完成,经2008年风沙季的检验,防沙体系损毁率大大降低,除部分垭口段有小部分阻沙栅栏出现掩埋外,防沙体系的完好率达90%左右,达到预期目标,同时也证明运用阻沙率评判高大沙丘段防沙体系的效果是正确可行的。

5 结束语

阻沙率可较为准确地反映阻沙栅栏的阻沙效果,且能够通过现场风沙观测和地形测量而获得。对于高大沙丘段防沙体系的设计具有较强的针对性和指导意义。工程实践证明,以阻沙率这一风沙物理指标为依据,确定高大沙丘段的防沙设计参数,是符合实际和可行的方法。

参 考 文 献

[1]新疆交通科学研究所. 新疆沙漠地区公路修筑技术研究报告[R]. 乌鲁木齐: 新疆交通科学研究所, 1993.

[2]彭世古. 沙漠地区公路设计、施工与环保养护[M]. 北京: 人民交通出版社 2004.

[3]新疆高速公路建设管理局. 阿拉尔~和田沙漠公路防沙体系调查报告[R]. 石河子: 新疆高速公路建设管理局 2009.

Application of Sand Resistance Rate in Sand-prevention Engineering System Design for Highway in Tall Dune Desert

Zhang Yinghui

(The Fifth Company of China Railway 15th Construction Bureau Co., Ltd., Luoyang 471002, China)

Abstract: Sand-resistance rate and sand-transport strength are the main indexes for determining the protection type and its width in the sand-prevention engineering system design. According to practical conditions, and combined with typical topography, sand-prevention engineering system design can be optimized for deserted highway with tall sand dunes using the measured sand resistance rate. Practice shows it is a realistic and feasible method to determine the sand-prevention design parameters.

Key words: sand resistance rate; deserted highway; tall sand dunes region; sand-prevention engineering system design

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 58 页)

参 考 文 献

- [1]王海良, 秦宝河, 任权昌. CRTS II 型板式无砟轨道混凝土轨道板预应力施工关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2010(3): 80-81.
- [2]田其义, 王军文, 石岩, 等. CRTS II 型板式无砟轨道轨道板力学性能试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2010, 23(4): 36-40.
- [3]中华人民共和国铁道部. 铁建设[2009]218号 高速铁路 CRTS II 型板式无砟轨道施工质量验收暂行标准[S]. 北京: 中国铁道出版社 2009.
- [4]周志亮. 客运专线无砟轨道轨道板裂缝控制技术[J]. 铁道建筑技术, 2010(8): 63-65.
- [5]赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构[M]. 北京: 中国铁道出版社 2006.

Research on Generating Mechanism and Repairing Scheme of Structural Cracks of CRTS II in High Speed Railway

Yang Jincheng

(No. 3 Engineering Co. Ltd. of China Railway 17th Bureau Group., Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: According to ballastless track structure construction process of the thirteenth working area of Beijing-Shanghai high speed railway, this paper introduces the mechanism reason for the cracks in the track structure in construction, systematically elaborates crack treatment methods and measures under different conditions. The treatment effect can meet with ballastless track structure durability requirements, which may provide reference for later similar ballastless track construction.

Key words: ballastless track; track structure; crack; mechanism; repair technology

(责任编辑 刘宪福)