



坝上地区 风积沙筑路技术 研究与应用

范有毅 王金学 郑彦军 编著



人民交通出版社

China Communications Press



坝上地区 风积沙筑路技术 研究与应用

范有毅 王金学 郑彦军 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书通过对坝上风积沙特性以及风积沙地区公路建设的研究,系统地探讨了风积沙地区公路建设的施工工艺和养护管理,并建立起一套风积沙地区公路建设与养护的应用体系,对各风积沙地区的公路施工与养护均有参考意义。

本书可供从事公路工程施工、养护的工程技术人员,亦可供从事相关技术科研的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

坝上地区风积沙筑路技术研究与应用/范有毅,王金学,郑彦军编著. —北京:人民交通出版社, 2008. 3
ISBN 978-7-114-06318-3

I. 坝… II. ①范…②王…③郑… III. 风积土—筑路—研究—河北省 IV. U419

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 134140 号

书 名: 坝上地区风积沙筑路技术研究与应用

著 作 者: 范有毅 王金学 郑彦军

责任编辑: 王冠 师云

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/32

印 张: 7.25

字 数: 193 千

版 次: 2008 年 3 月第 1 版

印 次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06318-3

定 价: 26.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言 QIANYAN

交通运输业是国民经济的基础产业之一,它把国民经济的各个领域和地区紧密联系起来,在社会物质财富的生产和分配过程中起着极为重要的作用。随着经济的持续稳定发展,我国的公路建设也进入了历史上较快的发展时期。

在公路建设过程中,由于特殊的地理环境影响,常常会遇到极为松散的风积沙土。风积沙土在我国的三大自然地理区(西北干旱区,东部季风区,青藏高原区)都有分布,而且出现在不同寒、热带(区),如高原寒带、高原温带、干旱暖温带、干旱中温带、季风热带、季风暖温带、季风中温带以及湿润地区、半湿润地区、半干旱地区、干旱地区、极为干旱地区。风积沙土结构疏松,剖面发育微弱,当风积沙处于饱和状态时具有液化现象,用天然风积沙土修建道路时,常造成道路严重破坏,如路基沉陷,路面结构层断裂或开裂,路基边坡失稳,雨水冲刷流失严重等,这对道路建设和交通运输的发展是严重的障碍,使得研究沙区公路的建设特性尤为重要。因此,利用风积沙土做筑路材料时需对风积沙的各种路用性能进行研究,这样才能使风积沙得到长期有效利用。

河北省承德市交通局主持的“坝上风积沙路用性能研究”项目,在系统研究风积沙公路建设现状的基础上,对风积沙公路施工工艺进行了研究,对沙区公路的养护进行了探讨,在研究成果的基础上建立起了一套适用于河北省承德市坝上地区风积沙公路建设与养护的应用体系,用以指导坝上地区风积沙道路施工与养护工作。该项目的顺利实施,加快了公路建设速度,有利地促进了当地交通事业发展,全面改善了坝上地区人民的生活水平。

编著者

2007年8月于承德

目录 MULU

第一章 绪论	1
第一节 风积沙的形成条件	2
一、风积沙的形成条件	2
二、风积沙的形成过程	5
第二节 风沙对公路的危害	7
一、风沙对公路危害类型及采取的工程措施	7
二、公路沙害的成因	9
第三节 风积沙的应用前景	11
第二章 坝上风积沙基本特性	14
第一节 风积沙的物理特性	14
一、风积沙粒度成分	14
二、风积沙的颗粒形状及表面形态	15
三、风积沙相对密度	16
第二节 风积沙的化学特性	17
一、风积沙矿岩组成	17
二、风积沙化学成分	18
第三节 风积沙的力学特性	19
一、风积沙抗剪强度	19
二、风积沙承载比(CBR)	21
三、风积沙回弹模量	24
四、循环荷载下风积沙变形性状试验	25
第三章 风积沙压实特性分析	27
第一节 风积沙的击实机理	27

一、风积沙击实机理分析	27
二、风积沙击实曲线及规律	31
第二节 击实效果的影响因素分析	32
一、含水率对击实效果的影响	32
二、击实功对击实效果的影响	32
三、击实方式的影响	35
第三节 风积沙振动压实机理分析	38
一、振动压实状态下材料的动态力学特性	39
二、振动对压实材料剪切应力 τ 的影响	41
三、振动对压实材料抗剪强度 τ_f 的影响	42
四、风积沙振动压实曲线及规律	43
第四节 振动压实参数的确定	45
一、振动压实参数的确定	46
二、振动压实的影响因素分析和振动压实参数的确定	47
三、风积沙振动压实正交试验	52
四、振动频率、振幅对压实效果的影响	55
第四章 无机结合料稳定风积沙路用性能研究	57
第一节 无机结合料稳定风积沙强度机理分析	57
一、无机结合料稳定风积沙微观性能分析	57
二、水泥稳定风积沙的化学作用	58
三、石灰稳定风积沙的作用	59
四、石灰粉煤灰稳定风积沙的作用原理	60
五、石灰水泥稳定风积沙的作用机理	60
第二节 坝上地区原材料试验	61
一、试验方法	61
二、坝上地区风积沙的性质	64
三、粉煤灰的性质分析	65
四、石灰的性质分析	65

五、水泥的性质分析	66
第三节 无机结合料稳定风积沙室内试验	66
一、材料的配合比设计	66
二、击实试验结果分析	67
三、7d 抗压强度试验	70
四、无机结合料稳定风积沙强度与龄期的关系	73
第四节 风积沙基层材料路用性能	79
一、风积沙基层材料干燥性能	79
二、风积沙基层材料温度收缩试验	91
第五章 无机结合稳定碎石风积沙路用性能研究	96
第一节 无机结合稳定碎石风积沙强度试验研究	96
一、正交试验设计	96
二、正交表的选用与材料配合比的确定	97
三、试验结果分析	99
第二节 水泥稳定风积沙碎石基本路用性能试验	100
一、抗压强度试验	100
二、初步确定水泥稳定碎石风积沙混合料的配合比	103
三、水泥稳定碎石风积沙与典型半刚性基层材料强度 的比较	103
四、水泥稳定碎石风积沙混合料刚度影响因素 试验分析	104
五、水泥稳定碎石风积沙与典型半刚性基层材料 刚度的比较	105
第三节 水泥稳定风积沙碎石抗裂性能研究	108
一、水泥稳定碎石风积沙干缩试验	108
二、水泥稳定碎石风积沙温缩试验	111
第六章 风积沙地区公路施工技术与质量控制	114
第一节 风积沙地区公路的施工技术要求	114

第二节 风积沙路基施工	115
一、施工准备	115
二、风积沙路基施工	118
三、风积沙路堤施工工艺	123
四、路堑施工工艺	131
五、风积沙路基施工质量控制标准	136
第三节 风积沙路基封层施工	141
一、采用的砂基封层类型	143
二、封层的适用情况	143
三、封层材料要求	143
四、风积沙路基封层的施工	145
第四节 无机结合料稳定风积沙基层施工	149
一、无机结合料稳定风积沙材料要求	149
二、当前已有的无机结合料稳定风积沙基层的施工方法	153
第五节 风积沙公路路面面层施工	166
一、沥青混凝土面层材料要求	166
二、热拌沥青混合料施工	169
第六节 风积沙公路施工质量控制与检测	173
一、土工合成材料质量检验	173
二、级配砂砾封层质量检测	174
三、石灰稳定风积沙质量检验	175
四、水泥稳定风积沙质量控制	177
五、水泥(二灰)稳定风积沙碎石质量控制	177
六、沥青混合料路面的质量检验	181
七、路肩质量检验	182
八、路缘石质量检验	182
第七节 风积沙公路竣工质量控制	183
第七章 风积沙路基边坡防护	186

第一节 风积沙路基边坡防护的原则	186
一、路基防护的重要性	186
二、破坏路基强度及稳定性的原因	186
三、风积沙公路的防护原则	187
第二节 路基边坡防护措施	187
一、生物防护	187
二、柴草类防护	190
三、土类防护	191
四、砾卵石防护	191
五、沥青沙防护	192
六、水泥沙防护	192
第八章 风积沙地区公路的沙害防治与养护	193
第一节 公路沙害防治的主要原则	193
第二节 生物治沙设计与施工	194
一、植物防沙的物理原理	195
二、坝上地区防沙植物的选择	198
三、公路防护林建设	199
四、固沙植物栽培技术	200
五、位于坝上风积沙地区的围多公路与御克公路的 植物防护	204
六、统筹兼顾的生态防护	207
第三节 风积沙地区公路养护	208
一、沙漠公路养护要点、原则与养护工程分类	208
二、沙区公路病害成因及养护方法	210
参考文献	220

第一章 绪 论

我国是一个多沙漠国家,沙漠面积约为 80.89 万 km^2 ,其中,流动沙丘面积为 44.14 万 km^2 ,占 54.6%;半固定沙丘面积为 16.76 万 km^2 ,占 20.7%;固定沙丘面积为 11.82 万 km^2 ,占 14.6%。沙漠分布于北纬 $35^\circ \sim 50^\circ$,东经 $75^\circ \sim 125^\circ$ 之间,主要有塔克拉玛干沙漠、吉尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格尔沙漠及毛乌素沙漠等 12 个沙漠,行政区划上隶属于新疆(58.9%)、内蒙古(29.9%)、青海(5.3%)、甘肃(2.7%)、陕西(1.5%)、宁夏(0.6%)、吉林(0.5%)、黑龙江(0.4%)与辽宁(0.2%)等 9 省区。沙漠地区气候干旱,降水量少,个别地方年降水量接近零毫米,而年蒸发量却达到几百甚至数千毫米以上,同时热量充沛、昼夜温差大,一般平均日温差为 $10 \sim 20^\circ\text{C}$,最高可达到 30°C 。

特殊的区位特征决定了公路交通在沙漠地区综合运输体系中将占据主导地位。经济和社会发展的经验告诉我们,公路状况的改善是促进沙漠地区对内、对外开放的有力措施,是实现该地区经济社会持续发展、不断增强对外开放广度和深度的必然选择,而且公路运输条件的改善对促进沙漠地区资源的开发和利用、疏通和扩大商品交流和提高人民生活水平等方面也发挥着举足轻重的作用。

在公路建设过程中,由于特殊的地理环境影响,常常会遇到极为松散的风积沙土。风积沙,顾名思义是指由风吹沉积而成的沙,是沿线百姓对此种沙子的一种俗称。沙物质在风的动力下,出现了搬运和堆积作用,形成各种沙丘形态。在这种过程中产生了相应的沉积物构造特征,并使沙物质本身的物理特性、矿物和化学成分发生了变化。风积沙土在我国的三大自然地理区(西北干旱

区,东部季风区,青藏高原区)都有分布,而且出现在不同寒、热带(区),如高原寒带、高原温带、干旱暖温带、干旱中温带、季风热带、季风暖温带、季风中温带以及湿润地区、半湿润地区、半干旱地区、干旱地区、极为干旱地区。风积沙土结构疏松,剖面发育微弱,当风积沙处于饱和状态时具有液化现象。用天然风积沙土修建道路时,常造成道路严重破坏,如路基沉陷、路面结构层断裂或开裂、路基边坡失稳、雨水冲刷流失严重等,给道路建设和交通运输的发展带来了严重的障碍。因此,采用风积沙土做筑路材料时需对其路用性能进行深入研究,采取有效措施保证道路质量。

第一节 风积沙的形成条件

一、风积沙的形成条件

1. 物质基础

风沙土是在风积沙上发育的土壤,风积沙是风沙土的成土母质,没有这个基础便没有风沙土的形成。在我国,风积沙的物质来源广泛,主要有以下几个方面。

(1) 疏松基岩

强烈的风吹蚀露出地面的岩石,所产生的沙粒在下风侧的附近形成风沙堆积,这在鄂尔多斯高原地区比较普遍。该区地表裸露的白垩纪紫红色沙岩和灰绿色沙岩,经过长时期的风力剥蚀,产生出的沙粒以片状或块状形式,堆积在高原上,日积月累,其面积越来越大,沙层愈来愈厚。这是风沙土发育的物质基础。经过对这个地区半风化沙岩的颗粒组成分析,粒径 $1 \sim 0.05\text{mm}$ 的沙粒达90%以上(其中 $1 \sim 0.25\text{mm}$ 的粗沙占34%, $0.25 \sim 0.05\text{mm}$ 的细沙占60.30%)。基岩风蚀的沙源还见于准噶尔盆地西部及青藏高原的五道梁等地区。

(2) 轻质土壤风蚀

轻质土壤风蚀是风积沙的重要来源。我国的风蚀地区大部为

轻质土壤,含沙粒丰富,遭受风蚀比较强烈,经常吹走腐殖质层,甚至淀积层,经过吹扬、分选、搬运、堆积作用形成大片沙地。这类轻质土壤分布在广阔的内蒙古高原、鄂尔多斯高原及青藏高原上。呼伦贝尔盟、锡林郭勒盟、伊克昭盟、青海南部的栗钙土、高山草原土含沙量在 50% ~ 70% 或更多。

(3) 戈壁平原

我国西北部的戈壁地区,长期以来遭受着强烈的风吹蚀,粉尘细土沉积于沙地东南部的黄土地区,而沙粒则堆积在黄土与戈壁之间,形成宽广的风沙地带。这些戈壁,除含大量砾石外,还含有 30% ~ 80% 的沙粒(占小于 1mm 粒径的比例),是风积沙的一个物质来源。

(4) 河湖沉积物

河湖沉积物是我国风积沙的主要物质来源,普遍见于各个沙区。例如东北平原的科尔沁沙地和松嫩沙地,属松辽沉降带,大兴安岭山地东流的河系进入平原后,挟带的泥沙因河流无力携带而沉积,这些沉积物的厚度可达 100m 以上,含丰富的 0.01 ~ 0.5mm 的沙粒,为风积沙的形成提供了充足的沙源;内蒙古呼伦贝尔盟的地质构造属新华夏系第三纪沉降带呼伦贝尔—巴音和硕盆地,沉积着厚 20 ~ 40m 以上的第四纪松散沉积物,特别是上更新统海拉尔组的细沙层覆盖于广大的高平原上,为呼伦贝尔沙地的形成提供了丰富的物质基础;鄂尔多斯高原东南洼地萨拉乌苏期的河湖相沉积物主要是中细沙、粉沙与黏土层,其中所含沙粒也是这个地区风积沙的主要来源;腾格里沙漠东南缘的古冲积物也是该沙地形成的物质基础,这里的流动新月形沙丘是该冲积物吹扬堆积的结果。

从腾格里沙漠东南缘一碗泉地区风蚀残丘 1.5m 深度以下采集的标本分析,含沙(0.50 ~ 0.01mm)量达 96% 以上,其中 0.25 ~ 0.01mm 的细沙达 89%;黄淮海平原地区的黄河故道冲积物是该地区沙地的重要物质来源;青藏高原湖泊边缘的风积沙主要是来自注入湖泊的河流所沉积的沙性物质,因湖泊退缩裸露并被吹蚀

而形成。

(5)沿海沙滩

在海浪的冲积下,将沙粒涌上潮水线,形成沿海沙滩,干燥后随风吹扬,在海岸上堆积成沙带,成为风沙土发育的物质来源。

2. 动力因素

(1)风

风是风积沙形成的主要动力因素,它吹蚀、搬运和分选地面物质,在风蚀源地的下风侧堆积成深厚沙层,同时,风扬起的沙尘悬浮空中,降落地面,促进土壤发育。我国风沙土地区的风大且频繁,根据气象资料,最大风速一般在 $20 \sim 40\text{m/s}$,年平均大风日数 $16 \sim 90\text{d}$,最高可达 $112 \sim 152\text{d}$,有的地方还出现飓风,每年飓风天数多达 $10 \sim 30\text{d}$ 。强劲的风(特别是在冬春季节)吹破地表,挟带沙粒,形成风沙流,粗粒部分(细沙、中沙)就近降落,细粒部分(粉沙和黏粒)飘浮空中形成沙尘暴天气。一些地区的沙尘暴日数达 $10 \sim 34\text{d/a}$,以每年的 $4 \sim 6$ 月份出现最多。在鄂尔多斯地区,扬沙平均 $37 \sim 52\text{d/a}$,伊金霍洛旗和东胜最多,达 $81 \sim 83\text{d/a}$,该区的浮尘日数平均 $15 \sim 71\text{d/a}$,最多为 $90 \sim 131\text{d/a}$,霾日数平均 $0.1 \sim 1.9\text{d/a}$,最高达 13d/a 。

(2)人类活动

人类经济活动是风积沙形成的又一因素,相较于自然环境因素,它是诱发性的,而非根本性的原因。其主要的活动有不合理农垦、过度放牧、滥伐植被等。

在干旱和半干旱地区,不合理的农垦清除了地面植被和耕翻土壤,对生态系统扰动强烈,特别是“倒山种地”造成的恶果尤为严重。在耕翻的土地上,无防风措施,冬春季节地面裸露,强劲的大风几小时内便能吹掉千万年积累起来的土壤层,特别是旱年,土地休耕,任其吹蚀,使风积沙发展的速度更快。

在超载的牧场上,牲畜无度啃食使一些适应性好的优良牧草叶子过量丧失,影响光合作用,植物的生长发育受抑制,不能正常地储存营养物质以备来年春季萌发再生,使生态系统的弹性削弱,植被

退化,盖度减低,地面裸露,土壤风蚀,扬起的沙粒堆积成风积沙。同时,过度放牧的牧场,牲畜践踏破坏土地比啃食更为厉害,它踩死植物、破碎土壤,给风蚀大开方便之门,吹蚀范围由小变大,成为风积沙的源地。在畜群点和饮水点的周围,这种情况尤为明显。

滥伐植被也是诱发风蚀和风积沙形成的原因。特别是在人口集中的城镇附近,由于薪柴的需要,砍伐植被现象严重,如按每人每天用柴禾 1kg 计,五口之家一年就需要 1 800kg 薪柴,砍伐面积之大可想而知。砍去植被的土地容易遭受风蚀和形成风积沙地。无组织的乱挖药材也是形成风积沙的一个原因。据鄂托克旗布拉格苏木的调查,有的地方,挖甘草的土坑像鱼鳞一样遍布草场,平均每 $4.0 \sim 5.0\text{m}^2$ 就有一坑,坑深 $1.0 \sim 1.3\text{m}$,有的在 2.0m 以上,坑的大小为 $0.35 \sim 2.88\text{m}^2$,平均 1.8m^2 ,每个坑掘出的土量以 2.5m^3 计,每公顷面积上可掘出土 $5\,000\text{m}^3$ 。这些掘出的物质堆积在坑沿,随风吹扬、分散而形成风积沙。

二、风积沙的形成过程

1. 细土积累

流动沙丘颗粒组成均匀,主要为粒径 $0.25 \sim 0.05\text{mm}$ 大小的细沙,占 $80\% \sim 90\%$ 以上,粗粉沙(粒径 $0.05 \sim 0.01\text{mm}$)和物理性黏土粒(粒径 $<0.01\text{mm}$)含量很少。随着成土过程的进行,粉沙和黏粒含量增加。以腾格里沙地风沙土的颗粒组成为例,整个流动风沙土剖面(自地表起至 2m 或 3m 以下) 99% 以上的颗粒是细沙,粉沙和物理性黏粒含量有时不超过 1% ,半固定风沙土 $0 \sim 200\text{mm}$ 土层含有粉沙颗粒 $1.73\% \sim 6.56\%$,物理性黏粒 $1.17\% \sim 2.66\%$,在固定风沙土的 $0 \sim 500\text{mm}$ 土层,粉沙粒级含量增高到 $2.33\% \sim 19.88\%$,物理性黏粒含量增加到 $2.69\% \sim 6.66\%$ 。其细粒物质的来源,主要是风搬运的沙尘停积在沙地表面,少部分是由于沙地本身风化。

2. 结皮形成

大气降尘中多含有碳酸盐和硅,对沙面有胶结作用,当降雨时

沙面水分增加,温度降低,有利于碳酸钙的溶解和向下渗透;雨后沙面温度回升,随着水分向沙面移动的碳酸钙失去水分,并将降尘胶结在一起,硬化而形成沙面结皮。降尘中所含的二氧化硅,在沙地特有的水热状况下,溶解并重新沉淀,这种非结晶的二氧化硅,对沙面也有胶结作用,促进结皮的形成。在沙面结皮的形成中,微生物和一些孢子植物滋生繁衍也起着一定的作用,藻类的丝状体、藓类的根茎、地衣和真菌等的黏性物质参与胶合土粒后形成较牢固的地面结皮层,使原来松脆的灰白色薄结皮变成较厚的更坚韧的灰黑色结皮。

3. 有机质聚集

风积沙在成土过程中由于生长作用和森林枯落物的腐解,使土壤表面聚集有机物质,并随着土壤的发育而逐渐增加。据采样分析,流动风沙土的有机质含量为 0.10% 左右,草原地区可达到 0.23%;半固定风沙土的有机质含量为 0.20% ~ 0.30%,草原地区可达到 0.80%;固定风沙土的有机质含量为 0.60% 左右,草原地区可达到 1.64%。

随着沙地逐渐固定,土壤细粒和有机质增加,土壤结构有所改善,使土壤的密度减小,孔隙度增大。

4. 水分物理性质变化

风积沙的水分状况随着成土过程的发展而有逐渐减少的趋势。流动风积沙土的表面经常保持有一层疏松干沙,可以防止下面沙层水分的蒸发,而且由于生长植物非常稀疏,蒸腾量小,储存在沙层中的水分得以保持,所以在干沙层以下沙层的水量比较稳定,接近最大田间持水量,一般为 2% ~ 3% 或 3% ~ 4%,对固沙植物定居生长有利。

5. 土壤微生物增加

随着土壤的发育,风沙土中的微生物活动也旺盛起来。由流动风沙土到固定风沙土,土壤中的细菌、真菌、放线菌大量增加,固氮微生物活性也提高,特别是沙面结皮层中微生物的变化明显。在固氮微生物中,微氮细菌和某些自生固氮菌都有较强的固氮能

力,这对风沙土的肥力和植物营养的改变会起一定的作用。

6. 全量化学性质变化

随着风沙土的发育程度不同,主要化学成分 SiO_2 逐渐减少,铁铝氧化物明显增加。如毛乌素沙地的流动风沙土 1.3m 深的剖面内, SiO_2 的含量在 80% 以上,而半固定风沙土表层 SiO_2 的含量降低到 77%,固定风沙土表层则减至 65% 以下;流动风沙土的铁、铝氧化物含量为 8% ~ 12%,半固定风沙土和固定风沙土的表层可增至 15% ~ 20%,其他化学成分也有随土壤发育而增加的趋势。这种变化既与植物生长后土壤矿物风化有关,也有细土物质不断沉积的影响。

7. 碳酸钙和易溶盐积累

在干旱地区,风积沙的成土过程中,碳酸钙有明显的积累。据腾格里沙地东南缘取样标本分析,流动风沙土碳酸钙含量小于 1.0%,半固定风沙土表层含碳酸钙 1.53%,固定风沙土上层碳酸钙的含量达 2.30% ~ 3.41%。碳酸钙的积累主要在被腐殖质染色的剖面上部。风积沙在成土过程中易溶性盐分也逐渐增加。碳酸钙和易溶盐的来源主要有三个途径:一为母质本身的风化,二为植物残体的分解,三为风沙流的搬运。

第二节 风沙对公路的危害

一、风沙对公路危害类型及采取的工程措施

1. 路基风蚀

因路基表面受风力作用,使路基表面土层被风剥蚀,造成路基变窄变低,严重影响行车安全。风蚀包括吹蚀和磨蚀两种作用。众所周知,风沙地区自然条件的一个重要特征是风大沙多,而修筑的路基又往往是就地取材的沙土,缺乏黏性,易于松散。风力作用下,沙粒很容易被风吹走,产生路基吹蚀,或因风沙流中的沙粒不断冲击路基、路面,发生磨蚀;倘若地表径流侵蚀路基而使之具有

流痕或孔穴时,风沙流尚能钻入孔穴内,以致将填沙路基的路肩部分或路面下土基掏空,造成塌陷。路基风蚀主要集中表现在凸起的迎风部位上,如路肩、边坡上部。风蚀状况随路基形式与风向(风力、风速)的不同而异。

路堤风蚀多发生在迎风路肩和边坡上部,特别是高路堤风蚀最为严重,常常形成上陡下缓、坎坷不平的风蚀坡面。一般风蚀量为十几厘米,最大可达数十厘米,甚至整个路肩风蚀殆尽。不仅增加养护上的维修帮补工程土方量,而且由于风蚀后减窄路基宽度,严重影响行车安全。

路堑风蚀以边坡和堑顶最为严重。当主导风向与线路平行时,两侧坡面常被风蚀成犁沟状,沟深可达 200mm 以上,线路与主导风向垂直时,堑顶形成浑圆状或不规则形状,迎风坡面风蚀呈犬牙状,或呈袋形涡穴。被风蚀的沙土塌落于堑内,堵塞公路。

无论是哪种断面形式的路基,其风蚀程度与风力大小、风沙流强度、填筑材料、坡面有无封闭以及封闭材料的性质等有关。

2. 沙埋

沙埋是风沙地区公路的主要沙害形式。我国风沙地区面积广大,通过沙区的公路干线和支线众多,虽然治沙工作者尽了很大努力,但公路沙埋的危害仍不同程度存在着。

公路沙埋按其积沙形式,可分为片状积沙、舌状积沙和堆状积沙三种基本形式。

(1) 片状积沙

其特点是积沙范围大,积沙往往整片相连,沿路面绵延数十米至数百米,甚至可达数公里。沙子堆积过程一般先始于路堤迎风一侧路肩,或下风顺边坡和路肩(当下风侧有微地形起伏时),然后逐渐向路中心扩展,使整个路面被沙埋。片状积沙厚度较小,一般为 100~200mm,最大厚度可超过 300mm。这种沙害在形成初期对行车影响虽不大,但给养护造成困难,因消除积沙需要花费大量的人力物力,若不及时清除,积沙日益增厚,严重影响交通,甚至阻断汽车通行。