

特殊地区公路丛书

沙漠地区公路工程

吴正 彭世古等编著



人民交通出版社

特殊地区公路丛书

沙漠地区公路工程

吴正、彭世古、洪占三、丛自立、周兴佳 编著

科学出版社

人民交通出版社

特殊地区公路丛书

沙漠地区公路工程

吴正、彭世古、洪占三、丛自立、周兴佳 编著

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 5.625 字数: 122千

1981年2月 第1版

1981年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—1,800册 定价: 1.20元

前 言

我国新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙古等省及自治区，分布有大面积的沙漠。解放后，随着社会主义建设事业的发展，在沙漠地区修建了多条公路干线，对巩固国防、繁荣城乡经济，以及开发沙漠地区的自然资源起到重要作用。但是，由于沙漠地区气候干燥少雨、风大沙多、流沙蔓延，给公路建设及交通运输造成严重困难和危害，因而防治风沙危害成为沙区公路建设中急待解决的一个重大课题。

三十年来，公路测设、施工和养护部门职工，在长期与公路沙害作斗争中，取得显著成绩，积累了丰富的经验。近年来，中国科学院兰州沙漠研究所、新疆交通科学研究所、内蒙古交通科学研究所、中国科学院新疆分院生物土壤沙漠研究所等单位共同开展了沙漠筑路的室内外试验研究，也取得了一些成果，积累了一定资料。

为了不断总结经验，进一步治理好现有公路的风沙危害，我们搜集了建国以来公路测设、施工和养护部门同风沙斗争经验及沙漠筑路室内外试验研究资料，加以整理编写成这本书，供防治公路风沙害斗争参考。

本书由吴正、彭世古、洪占三、丛自立、周兴佳合编，最后由吴正修改定稿。初稿蒙新疆交通局勘测设计院丁绍祥总工程师、铁道部第一勘测设计院赵性存工程师审阅。书中照片和插图均由中国科学院兰州沙漠研究所有关同志协助印洗、清绘，在此一并表示感谢。

由于我们开展公路防沙工作时间不长，科学研究工作还不深入，有的防沙措施还有待于进一步检验，再加我们技术业务水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

内 容 简 介

本书系建国三十年来沙漠地区公路建设及科研成果的初步总结。

全书共五章：第一章介绍我国沙漠概况；第二章阐述风沙对公路的危害；第三章提出沙区公路选线和路基设计的原则；第四章总结了防治公路沙害的方法；第五章指出沙区公路施工和养护注意的问题。

本书供公路测设、施工、养护部门工人、工程技术人员及有关院校师生阅读，也可作铁路和农林部门在沙区防治沙害工作中参阅。

目 录

第一章 沙漠概况	1
第一节 沙漠的分布及其自然特征	1
第二节 我国沙漠沙的机械组成、可溶盐和 全量化学分析	26
第三节 沙丘沙层的水分状况	39
第四节 风沙运动基本规律	46
第二章 风沙对公路的危害	57
第一节 公路沙害类型	57
第二节 沙害形成原因的分析	61
第三章 沙漠地区公路选线和路基设计	70
第一节 选线原则与路线布局	70
第二节 公路路基设计	82
第三节 公路路面设计	94
第四章 防治公路沙害的原则与方法	109
第一节 防治沙害的主要原则	109
第二节 路基主体防护	111
第三节 路基两侧工程防治措施	115
第四节 植物固沙	138
第五章 沙漠公路的施工与养护	165
第一节 沙漠公路的施工	165
第二节 沙漠公路的养护	168

第一章 沙漠概况

第一节 沙漠的分布及其自然特征

我国沙漠分布于北纬35~50度、东经75~125度之间。
绵亘新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙古等省及自治

我国主要沙漠(不包括戈壁)的面积(单位:万平方公里)

表1-1

沙漠名称	面积
塔克拉玛干沙漠	33.76
古尔班通古特沙漠	4.88
库木塔格沙漠	2.28
巴丹吉林沙漠	4.43
柴达木盆地的沙漠及风蚀地	3.49
腾格里沙漠	4.27
乌兰布和沙漠	0.99
库布齐沙漠	1.61
毛乌素沙地	3.21
科尔沁沙地	4.23
浑善达克(小腾格里)沙地	2.14
呼伦贝尔沙地	0.47

区。总面积包括戈壁在内有128万平方公里^①。主要沙漠有塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和毛乌素沙地等（见表1-1）。

我国沙漠属温带沙漠类型。但由于大部分沙漠分布内陆，远距海洋，四周又有高山、高原环绕，地形比较闭塞，因而远比世界上其它温带沙漠干旱，流沙面积大和自然条件严酷。沙漠总的自然特征是：

1. 气候干燥、雨量稀少

我国沙漠地区的年降水量具有明显地自东向西递减的趋势。在温都尔庙—鄂托克一定边一线以东的半干旱地区干草原地带的沙地（包括科尔沁沙地、浑善达克沙地和毛乌素沙地的东部等），年降水量在250~400毫米；该线与贺兰山之间半荒漠地带的沙漠（包括内蒙苏尼特左旗以西的浑善达克沙地的极西部、库布齐沙漠的西部、毛乌素沙地的中西部、宁夏河东沙区和腾格里沙漠的东南缘），为150~250毫米；贺兰山（约东经106°）以西的干旱荒漠地带^②，则小于150毫米，其中南疆塔里木盆地的中部、东部和东疆，青海柴达木盆地西部，以及甘肃河西走廊西部地区，都在50毫米以下，甚至不足20毫米。沙漠地区不但降水量少，且降水年变率大。干旱荒漠地带的平均年距平超过40%^③，而极端年变率常有数倍之差。降水主要集中夏季，且又集中在少数几次降

● 根据中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所编绘，1:200万中国沙漠分布图，1978年。

● 根据中国科学院自然区划委员会的划分，干燥度在4.0以上为荒漠，2.0~4.0为半荒漠（荒漠草原），1.5~2.0为干草原。干燥度采用中国科学院自然区划委员会所拟的指标，即 $A = E/r = 0.16 \Sigma t/r$ ， A 为干燥度， E 为可能蒸发量（等于 $0.16 \Sigma t$ ）， Σt 为 10°C 以上积温， r 为同时期的降水量。

● 年距平是指年降水量与多年平均降水量之间的差值，以百分比值表示。年降水量大于多年平均值者为正距平，反之为负距平。

雨。由于降雨的过渡集中，导致连续早期的延长；连早期在降水较多的东部沙区也可长达1~2个月，西部沙漠地区更是长达半年以上非罕见。与降水相反，沙漠地区蒸发量很大，多年平均一般在2500~3000毫米，有的可达4000毫米。蒸发远远超过雨量，因此气候异常干旱；干燥度在东部干草原地带为1.2~2.0，中部半荒漠地带为2.0~4.0，西部荒漠地带在4.0以上，塔里木盆地则高达20~80。

2. 植被稀疏矮小、流沙面积广大

西部荒漠地带由于气候极端干燥、雨量稀少，所以植物生长十分困难，沙丘上植物稀少，甚至全部裸露。稀少的植物也几乎都是夏绿、旱生灌木和半灌木。因此，沙漠绝大部分以流动沙丘为主，占该地带沙丘面积的75%；固定、半固定沙丘仅分布在准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠，以及一些沙漠边缘的洪积冲积扇前缘和沙漠中的湖盆和间隙性河流沿岸等地。东部干草原地带，降水稍多，自然条件较西部沙漠地区优越，沙丘上植物生长较好，除草木及灌木外，还可有乔木生长，绝大部分为固定半固定沙丘，流沙多因人为破坏植被而形成，仅作小面积的斑点状分布于居民点、耕地、牧场或井泉附近（表1-2）。

3. 沙丘高大、形态复杂

不同自然地带流沙及固定、半固定沙丘的分布特征

表1-2

自然地带	沙漠名称	各种沙丘所占面积的百分比(%)	
		流沙	固定、半固定沙丘
西部荒漠地带	塔克拉玛干沙漠	85	15
中部荒漠—干草原过渡地带	毛乌素沙地	64	36
东部干草原地带	科尔沁沙地	10	90

我国沙漠地区的主要

按与风向的关系分类		流动沙丘		
按稳定程度的分类		(植被稀疏、覆盖度在15%以下,甚至丘表完全裸露)		
类别	风信	沙丘类型	特征	图 示
横向沙丘(沙丘形态走向和起沙风合成风向相垂直,或成不小于60°的交角)	单向风或两个相反方向的风	新月形沙丘和沙丘链	其平面图形似新月,有顺主风向伸出的两个兽角;纵剖面不对称,迎风坡凸出而平缓,坡度5~20°,背风坡凹而陡,倾角28~34°。高度一般1~5米,很少超过15米。单个新月形沙丘大多零星分布于沙漠的边缘地区。 密集的新月形沙丘相互连接形成沙丘链,高度10~30米左右。在两个相反方向风作用地区,其平面形态比较平直,剖面比较对称,且往往形成复式,顶部有一摆动带。	

沙丘形态及其特征

表1-3

半固定、固定沙丘		
(半固定沙丘的植被覆盖度在15~40%左右,或有部分粘土结皮或盐结皮覆盖丘表,固定沙丘的植被覆盖度在40%以上,或丘表有薄层粘土结皮或盐结皮覆盖。)		
沙丘类型	特 征	图 示
梁窝状沙丘	密集的新月形沙丘或沙丘链,在生草的情况下,被植物所固定。半固定时的一种沙丘形态。其形态为有一半月形的深凹的沙窝。每一沙窝有一状如新月形的弧形沙梁。迎风坡较陡,两侧比较对称。如准噶尔古尔班通古特沙漠西南部,小腾格里沙地东南部 and 毛乌素沙地南部所见。	

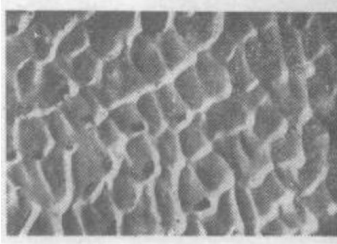
按稳定程度的分类		流 动 沙 丘		
按与风向的关系分类	风 信	(植被稀疏, 覆盖度在15%以下, 甚至丘表完全裸露)		
类 别	风 信	沙丘类型	特 征	图 示
横向沙丘 (沙丘形态走向和起沙风合成风向相垂直, 或成不小于60°的交角)	单向风			
	或两个相反方向的风			
		复合新月形沙丘和复合型沙丘链 (复合型沙山)	沙丘高大, 高度一般在50~100米, 高者可达200~300米, 最高达400多米; 长度一般为几公里, 最长可达30公里左右; 宽度一般300~800米, 最宽可达1000~1500米; 复合型沙丘链之间的丘间地宽度一般为300~500米, 最宽为1000~2000米; 剖面形态一般不对称, 迎风坡缓而	

续表1-3

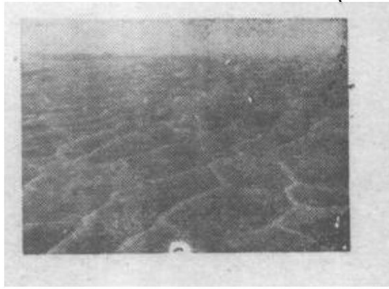
半固定、固定沙丘

(半固定沙丘的植被覆盖度在15~40%左右,或有部分粘土结皮或盐结皮覆盖丘表,固定沙丘的植被覆盖度在40%以上,或丘表有薄层粘土结皮或盐结皮覆盖。)

沙丘类型	特 征	图 示
抛物线形(马蹄形)沙丘	其形态特征与新月形沙丘刚好相反,即沙丘的两个兽角指向上风方向,迎风坡平缓而凹进,背风坡陡而呈弧形凸出;其平面形态犹如马蹄,也好似一条抛物线。主要分布在毛乌素沙地和小腾格里沙地。	

按稳定程度的分类 按与风向的关系分类		流 动 沙 丘 (植被稀疏、覆盖度在15%以下, 甚至丘表完全裸露)		
类 别	风 信	沙丘类型	特 征	图 示
横向沙丘 (沙丘形态走向和起沙风合成风向相垂直, 或成不小于60°的交角)	单向风或两个相反方向的风	复合新月形沙丘和复合型沙丘链 (复合型沙山)	长, 背风坡陡而短, 其比例约为7:1。在巨大沙丘的迎风坡上, 层层叠置着次一级的新月形沙丘和沙丘链。整个丘体与主风向垂直或成大于60°的交角。主要分布在塔克拉玛干沙漠和巴丹吉林沙漠的内部。	
	两个近于相垂直方向的风	格状沙丘	主风形成沙丘链(主梁), 与主风相垂直的次方向风则在沙丘链间产生较低矮的沙埂(付梁), 分隔丘间低地而呈格状形态。格状沙丘主要分布在腾格里沙漠的东南部, 库布齐沙漠的中部。	

续表1-8

半固定、固定沙丘		
(半固定沙丘的植被覆盖度在15~40%左右,或有部分粘土结皮或盐结皮覆盖丘表,固定沙丘的植被覆盖度在40%以上,或丘表有薄层粘土结皮或盐结皮覆盖。)		
沙丘类型	特 征	图 示
沙垄— 蜂窝状沙 丘	格状沙丘的固定、半 固定形态。主要分布在 古尔班通古特沙漠的中 南部。	

按稳定程度的分类		流 动 沙 丘		
按与风向的关系分类		(植被稀疏、覆盖度在15%以下, 甚至丘表完全裸露)		
类 别	风 信	沙丘类型	特 征	图 示
纵向沙丘 (沙丘形态的走向和起沙风合成风向相平行, 或成30°以下的交角)	两个锐角相交的风	新月形沙垄和沙垄	新月形沙丘的一翼向前延伸很长, 而另一翼相对退缩, 形成外形像钓鱼钩状的新月形沙垄。继续发展, 尾部的新月形沙丘形态变得不明显, 甚至消失, 仅遗留下由一翼延伸所形成的线状沙垄。沙垄长度由数百米至数公里。主要分布在阿尔金山北麓且末东南和柴达木盆地等地区。	
	单一方向的风	复合型纵向沙垄	垄体表面覆盖着许多叠置的新月形沙丘链, 其延伸长度一般10~20公里, 最长可达45公里; 垄高一般50~80米, 垄体宽	