

沙漠 地区 公路 设计



● 盛安连 编著

人民交通出版社

沙漠地区公路设计

Shamo Diqu Gonglu Sheji

盛安连 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是一本叙述沙漠地区公路设计的技术参考书。全书共分三篇9章,内容包括:沙漠地区的气候特征、风沙流运动的基本理论、沙区公路选线、路基路面设计、治沙防护设计与公路治沙设计的质量评价系统。为了适应现代沙区公路的设计需要,本书介绍了微机CAD技术、各类高分子加固沙土技术以及现代土工合成材料的加筋技术与治沙设计质量评价等新内容。

本书可供道路及其它土建部门的科技人员、工程技术人员与大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

沙漠地区公路设计/盛安连编著. — 北京: 人民交通出版社, 1996

ISBN 7-114-02363-4

I. 沙... II. 盛... III. 沙漠—地区—公路—设计
IV. U419.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 06750 号

沙漠地区公路设计

盛安连 编著

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京市顺义世兴印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 7.625 字数: 178 千

1996 年 6 月 第 1 版

1996 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—1200 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-114-02363-4

U · 01639

前 言

改革开放以来,我国公路事业发展很快,沙漠地区公路建设也随之得到了迅速发展,如新疆石油沙漠二级公路,陕西沙区包神府二级公路的部分沙漠路段等,还有一批横穿沙区的国道与省道的断头路正等待修通。特别是随着沙漠旅游资源,尤其是矿产资源的加速开发,沙漠地区公路建设的数量增多,等级提高。因而,对这一特殊地区的公路修筑知识,首先是设计知识的需求越来越迫切,《沙漠地区公路设计》就是在这样的背景下编著的。

《沙漠地区公路设计》是一本包括风沙流运动学、道路学、高分子材料应用学、模糊质量评价数学与计算机应用等多种学科的专业技术书籍。为做到内容的完整性与新颖性,并在最大程度上反映该领域当前国内外先进水平,作者除吸收以往的沙区公路设计的有关知识外,还尽量采用了国内外,特别是新疆与陕西两省区的有关公路治沙最新成果,使本书的应用更能符合实际并得到更好的设计效益。

《沙漠地区公路设计》内容分为“绪论”、第一篇“沙漠的自然特征与运动规律”、第二篇“沙漠地区公路设计”、第三篇“沙漠地区公路防护设计与治沙质量评价”四部分。“绪论”概括了沙漠地区公路设计的意义与主要任务;第一篇主要叙述了风沙运动的基本理论;第二篇侧重叙述了路线、路基与路面设计,其中加叙了路线CAD技术与高分子合成材料的应用;第三篇叙述了两个问题:一是沙区公路设计的治沙技术,并叙述了治沙技术的最新成果,尤其强调了公路设计与治沙,治沙

与景观,景观与改造沙漠相协调一致的观点;二是叙述了沙漠地区公路治沙设计的质量评价,提出了模糊评价公式与标准,这是在以往设计中所没有的。本书还在有关章节中列举了近30多个示例,以供复习该章内容与设计时参考。

在本书的叙述中,为了突出沙漠沙土的特殊性,统一用沙漠的“沙”字来替代有关内容中提到的“砂”字,这样,不容易引起概念上的混淆,也便于叙述的系统性。

《沙漠地区公路设计》的编著是从1990年底开始,至今已近四年,本书是在陕西省交通厅原厅长萨音同志的指导下进行的。当时编著此书的目的只是局限于总结陕西沙漠地区多年公路研究与治沙的经验,但考虑到作为一本完整、新颖的设计参考书籍,仅用陕北沙区公路治沙成果是不够的。因而,本书拓宽了取材范围,吸收融汇了国内、甚至国外的公路治沙新技术、新资料,这样,使本书在大的范围内体现了整体先进性。

本书在编著过程中,得到了西安交通大学张登良教授的大力协助,还得到了西安公路研究所高级工程师张生辉、陕西榆林公路总段高级工程师刘振学与薛生高以及有关专家的积极配合,在此,作者表示诚挚的感谢。本书是一本涉及多学科的技术书籍,由于作者经验与水平限制,难免存在不足,甚至错误,恳请广大读者多提宝贵意见,以便改正。

作 者

1995年11月10日

目 录

绪论	1
0.1 编著《沙漠地区公路设计》一书的意义	1
0.2 《沙漠地区公路设计》的主要内容	3
0.3 国内外公路治沙理论研究新成果的应用	3
0.4 沙漠地区公路设计的基本原则	5
0.5 沙漠地区公路设计的主要任务	7
第一篇 沙漠的自然特征与运动规律	
第一章 沙漠的自然特征	8
1.1 概述	8
1.2 沙漠地区的气候特点	8
1.3 沙漠的成形理论	10
1.4 沙漠的自然地貌	13
第二章 沙漠土的物理力学性质	18
2.1 概述	18
2.2 沙漠土的物理性质	18
2.3 沙漠土的力学性质	20
第三章 风沙流运动的基本理论	22
3.1 概述	22
3.2 风沙流运动的基本规律	22
3.3 风沙流沉积的一般特征	36
3.4 沙粒沉积的方向性	38
第四章 沙漠地区筑路的主要特点	39

4.1	概述	39
4.2	沙漠地区筑路的不利因素	40
4.3	路基路面损坏的原因	41
4.4	沙漠地区筑路的有利因素	43

第二篇 沙漠地区公路设计

第五章	沙漠地区公路路线设计	44
5.1	概述	44
5.2	沙漠地区路线设计的一般原则	44
5.3	特殊沙漠地区的路线设计原则	47
5.4	沙漠地区路线勘察	49
5.5	沙漠地区路线社会经济调查	52
5.6	沙漠地区路线 CAD 设计	56
第六章	沙漠地区公路路基设计	106
6.1	概述	106
6.2	路基横断面设计	107
6.3	特殊沙漠地段的路基横断面设计	114
6.4	加固土在沙漠路基设计中的应用	135
第七章	沙漠地区公路路面设计	179
7.1	概述	179
7.2	沙漠地区路面结构形式设计	180
7.3	沙漠地区柔性路面厚度设计	192

第三篇 沙漠地区公路防护设计 与治沙质量评价

第八章	沙区公路防护设计	211
8.1	工程防护设计	211
8.2	生物防护设计	221

8.3	化学防护设计	227
8.4	综合防护设计	228
第九章	沙漠地区公路设计的质量评价	230
9.1	概述	230
9.2	评价的主要内容与指标体系	230
9.3	质量评价标准与公式体系	232
	参考文献	235

绪 论

0.1 编著《沙漠地区公路设计》 一书的意义

我国是一个多沙漠的国家,沙漠的总面积约为 63.7 万平方公里,约占全国陆地总面积的 6.8% 左右。主要分布在新疆(40.4%)、甘肃(6.6%)、内蒙古(5.2%)、宁夏(4.1%)、青海(3.5%)、吉林(1.8%)、辽宁(1.0%)、陕西(0.9%)与黑龙江(0.2%)等九省区^[1]。最著名的沙漠有:新疆塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠、准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠,内蒙古的腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠,青海的柴达木盆地沙漠,陕西、宁夏与内蒙古三省区接壤的毛乌素沙漠等。图 0-1、0-2(照片)为毛乌素沙漠与陕西榆林沙区公路全景。

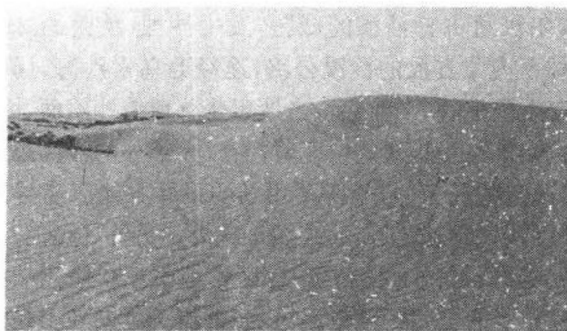


图 0-1 毛乌素沙漠全景

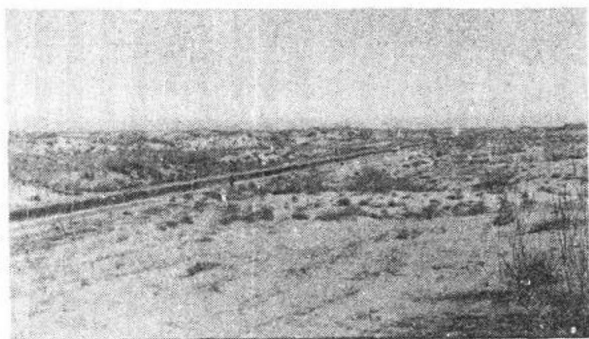


图 0-2 陕西榆林沙区公路全景

这些沙漠大致以甘肃的乌鞘岭和宁夏的贺兰山脉一线为界。该线以西为干旱、过干旱地区,沙漠分布比较集中,约占全国沙漠总面积的 86%,并以流动性沙丘为主;该线以东,为半干旱或半湿润半干旱地区,沙漠分布比较零散,面积也较小,占全国沙漠面积的 14%,并以固定、半固定沙丘为主。

据不完全统计,在我国上述地区修筑的公路大约 95% 以上不同程度地受到了沙埋与沙蚀,还有一部分路段发生了严重的“干翻浆”,使路面破坏交通受阻。如新疆的且末至若羌公路常受古尔班通古特沙漠的威胁,发生沙埋;陕西的 210 国道,从榆林至内蒙古段的沙漠公路,途经毛乌素沙海,局部路段松软,发生严重的“干翻浆”,当地用柴草覆盖沙路面,因而,又取名为“柴草路”。从这些情况看,有较大部分的沙区公路面临着技术改造的任务,迫切需要用新的设计方法来指导这一工作的进行,以求得该工作的高质量完成。另外,随着我国沙区旅游与矿产资源的开发利用,沙区省份正规划修建一批新的沙漠公路,有的公路等级较高,也急需有一本专业书籍供现代沙漠公路的设计与维护作参考。在这样的双重任务下,编著现代《沙漠地区公路设计》一书就有着重要的现实意义。

0.2 《沙漠地区公路设计》的 主要内容

《沙漠地区公路设计》的主要内容,包括以下四个方面:

1. 沙漠地区风沙流的基本理论

主要包括气候特征,风沙流运动的基本规律,以及对公路设计、修筑与使用所带来的问题。在叙述中,尽量介绍风沙理论研究和治沙技术,特别是风沙流的发生、运动与停止的基本规律,以给公路设计、使用提供科学依据。

2. 沙漠地区公路路线、路基与路面设计的基本方法

对公路定线、路基结构设计进行着重叙述。在叙述中,较多地应用了微机 CAD 技术、沙土路基的加固技术与土工合成材料的加筋技术等新成果,使本书叙述尽量体现国内外的先进水平。

3. 沙漠地区公路防护设计

这是沙区公路整体设计的一个重要组成部分。在这里,除了叙述治理沙害以外,还着重地叙述了治沙与公路路线的景观相协调,以达到公路建设与环境保护的双重效果。

4. 沙漠地区公路治沙设计的评价

沙区公路设计的最主要任务就是如何在设计中把沙害的影响缩小到最低限度,治沙设计的评价就是为了体现这一目标。这在以往的设计中是没有的,因此,介绍这一新内容,将为设计体系的完整性、科学性与新颖性开创新的阶段。

0.3 国内外公路治沙理论研究新成果的应用

国内外公路治沙主要理论研究新成果的应用是体现本书

编著质量与水平的重要标志之一。新成果的主要应用体现在以下几个方面：

1. 风沙流运动规律与治理

这一研究成果,在摸清风沙流的形成、运动与终止等方面有了较新的发展。如风沙流的起沙风速、运动方式、垂直分布规律以及利用这些规律进行有效的固沙、阻沙、导沙或输沙等,这对沙漠地区公路设计水平的提高有着重要作用。

2. 公路治沙的新材料、新工艺应用

近几年来,国内外对松散与软质沙漠基础的加固研究取得了新成绩,成果也不少,如各种无机加固沙土、有机加固沙土、加筋沙土以及高分子加固剂等,给沙漠公路设计带来了新的生机,也给本书的编著充实了新鲜内容。

3. 公路治沙与景观协调研究成果的应用

沙漠地区公路治沙设计与景观协调研究成果的应用,主要体现在路线边坡种植耐旱花草以及两侧布置防护林等。这里,强调边坡或两侧沙地选种花草植物,如小冠草等。这不但能固沙护坡,而且该种草类能在春季生长绿叶,一直延至深秋季节,并且能在夏季开花,花朵有紫色、黄色,一直延至秋天,使沙漠公路在绿色与花丛之中延伸,十分美观。对于公路两侧栽植沙漠林带,并在沙地种植花草植物予以陪衬,这不但能固沙、阻沙,确保沙漠公路免遭沙埋,而且,与改造气候以及与沿线景观协调一致,充分保持了公路与环境的生态平衡。本书强调这些成果的应用,将会给沙漠地区筑路带来很大的绿色效益。

4. 公路治沙设计质量评价

沙漠地区公路治沙设计的质量评价是作者根据公路建设事业的蓬勃发展而建立起来的一种质量保证体系。该体系通过专家评审系统、模糊类聚系统以及评价模型系统,能比较准

确地衡量治沙设计的质量状况,这对本书的科学性、学术性、实用性是一种创举,对其他公路设计类书籍也可提供一种新的借鉴。

0.4 沙漠地区公路设计的基本原则

0.4.1 就地取材的原则

就地取材的原则是工程设计的基本原则,对沙漠地区公路设计来说也不例外。沙漠地区具有丰富的沙材,可以用作路基与基层,甚至是面层,能够节省大约 $1/3$ 的建设费用,这是在设计时需要优先考虑的。但是,沙材松散,无粘结力,在使用时需对沙材作技术处理,以提高沙材的粘结性能,确保沙材具有高强度与长期稳定性。

0.4.2 养护费最小原则

养护费最小原则同样是工程设计的基本准则之一。但由于沙漠地区问题比较复杂,有常年的风沙流袭击和软质沙层所造成的后遗症等,使养护费居高不下。因此,沙区筑路不但在设计时要精心考虑,而且在使用中更要加强维护,包括对突出沙害的研究治理等,均需要作出周密的维护规划,尽可能地使沙漠公路的使用在确保质量的前提下,使养护费降到最低。

0.4.3 全天候通车原则

沙漠公路全天候通车是沙漠地区公路设计的根本要求。这对于常规地区公路来说容易做到,但对于沙漠公路来说,由于它的特殊性,在使用中,就不一定能实现。所以,在设计时必须对此提出更高的要求,以确保路基路面的正常工作状态。具

体要求如下：

1. 路基的长期稳定性

由于沙漠公路在使用过程中的很多病害来源于路基，而且时间越长，病害也越多，因而，确保路基的长期稳定性对整个公路维护有着特殊的意义。当然，这里指的路基的长期稳定性是指在合理设计前提下的稳定性。如果设计很不合理，那么，长期稳定性就成为无源之水，无本之木了。为此，应有下面三点要求：

(1)应具有抗整体变形的能力 沙漠路基的主要缺点就是路基在使用过程中易发生沉陷与侧向变形。这是由于沙漠路基的材料是细沙或粉沙，粘结力严重不足，在行车的垂直力 G 与水平力 P 的合力作用下所致。如图 0-3 所示，车轮荷重作用的合力 F 斜着向沙漠路基推压，时间一长，路基边坡就易

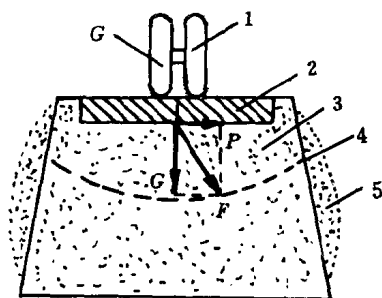


图 0-3 沙漠路基受力变形示意图

1-车轮；2-路面；3-路基；4-沉陷面；
5-侧向变形

向外突出(图 0-3 中阴影部分 5 所示)。同时，整个路面沿图中虚线 4 下陷，致使路面开裂而破坏。因此，要确保路面的使用寿命，首先要确保路基的稳定性。由图 0-3 可看出，水平力随路面厚度的增加而减小，因而，增加路面厚度使 P 减弱，从而减小路基的侧向变形。但这种做法不一定经济。

目前，一般的做法是在沙漠路基材料中配入少量外掺剂或加筋，以提高其整体稳定性。

(2)应具有有效的压实性 沙漠路基的压实至关重要。由于沙子具有天然级配，对于振动压实具有很强的敏感性，所以，沙漠路基最适合于采用振动压实。沙子在振动情况下，颗

粒按大小互相填充孔隙而得到稳定,从而达到有效的密实度。

(3)应具有良好的边坡防护能力 沙漠路基的边坡防护是指对已压实成形的路基边坡采取一定的技术措施,使其具有一定的自御保护能力。在风沙流严重路段经常发生边坡被沙蚀,逐步地发生塌落或崩塌现象,有时还会扩展到路肩与路面,影响行车安全。为此,沙漠路基边坡必须进行边坡防护设计,以确保边坡的长期稳定性。

2. 路面工作状态的长年稳定性

路面工作状态的长年稳定性是指路面能够全天候保证通车。为实现这一目标,必须做到两点:一是必须保证所选用的沙材路面不过早地损坏,特别是在基层受剪、面层推挤与压裂等情况下;二是在使用期不被沙埋。为此,在设计时,必须综合考虑路面工作状态的内外两大因素。

0.5 沙漠地区公路设计的主要任务

沙漠地区公路设计的主要任务,从总体来说,就是在遵循有关设计规范的基础上,通过参阅本书,使设计的沙漠公路在设计使用年限内,免遭或尽可能地避免沙害。从具体任务来说,主要是通过合理的设计,使沙漠公路达到免遭或尽可能地避免路面沙埋、边坡沙蚀,并使路基达到长期的稳定性,且保持与沙漠环境景观相协调一致。

第一篇 沙漠的自然特征 与运动规律

第一章 沙漠的自然特征

1.1 概 述

沙漠地区的自然特征与一般地区有着较大差异,首先表现为气候十分干旱,个别地方年降雨量接近零毫米,而年蒸发量却达到几百甚至数千毫米以上。其次,温差悬殊很大,有的地方达到了 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。这两大自然因素的影响,使风沙流盛行,给公路带来严重危害。因此,对沙漠地区的气候特征的了解就甚为必要。本章就沙漠气候的主要特点作一叙述,有关风沙流问题将在下一章论述。

1.2 沙漠地区的气候特点

1.2.1 气候干旱、雨量稀少

沙漠地区的降雨量大致自东向西递减,年降雨量大多在 400mm 以下,但局部差异性较大,最少的地方年降雨量在 10mm 以下。蒸发量很大,一般年蒸发量在 $1\,000\sim 3\,000\text{mm}$ 左右,沙漠腹地常高达 $3\,000\sim 3\,800\text{mm}$ 。随之,干燥度也自东

向西地逐渐增加。新疆的塔克拉玛干沙漠中最高达 60 以上,而在甘肃的乌鞘岭与内蒙古的贺兰山脉以东,最小的却只有 10 以下,表现了明显的东西差别。

1.2.2 热量充沛、温差大

全年日照时间,一般为 2 500~3 000h,无霜期为 120~300d,除少数沙地外,大于和等于 10℃的积温,一般达 3 000~5 000℃。气温变化较大,平均年温差一般为 30~50℃,绝对年温差达到 50~60℃以上;日温差变化也极显著,一般平均日温差为 10~20℃,最高可达到 30℃以上;沙漠中地表温差变化剧烈,夏秋午间地表温度可达 60~80℃,夜间又可降至 10℃以下。

1.2.3 风沙频繁

沙漠中,风沙频繁。在风季,风速常达到 5~6 级以上(蒲氏风级),加之地表大多为疏松沙质,故风沙活动强烈。每年风沙日一般在 20~100d 左右;特别在流沙地区,风暴更为普遍,如塔克拉玛干沙漠南部,风沙日常占全年的 1/3,腾格里沙漠边缘的民勤一带风沙日占全年日数的 41%。其中,3 月至 6 月风沙日高达全月的 1/2 以上,日持续时间最长达 17h~18h,一般在 10h 以上。

1.2.4 植被稀少

在沙漠地区,除水分条件较好的沙地外,植被一般稀疏低矮,大多是草本植物及灌木,并具有耐旱的习性。在流沙地区,植被更为稀疏,甚至完全裸露。