

主编 王振清

中国公路

防沙
治沙

ZHONGGUO GONGLU
FANGSHA ZHISHA

辽宁大学出版社

中国公路防沙治沙

■ 主编 王振清

辽宁大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国公路防沙治沙/辽宁省公路管理局编. - 沈阳:辽宁大学出版社, 2000. 11

ISBN 7-5610-4077-6

I. 中... II. 辽... III. 公路路基-防沙-研究-中国
IV. U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 32916 号

辽宁大学出版社出版

网址: <http://www.lnupress.com.cn>

Email: mailer@lnupress.com.cn

(沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码 110036)

辽宁美术印刷厂印刷 辽宁大学出版社发行

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 20

字数: 200 千字 印数: 1 - 1000 册

责任编辑: 窦重山 封面设计: 邹本忠

责任校对: 张希如 版式设计: 中心

定价: 118.00 元

《中国公路防沙治沙》编委会

顾 问 胡希捷

主 任 郝继业

副主任 蔡毅治 岳 侠

委 员 朱明弟 孙天元 许超杰 赵志福 杨永华

黄雅杭 卫英才 张志超 周 杰 王振清

冯汉勇 谈敦义 张相辅

编写人员

主 编 王振清

副主编 马丰义 金昌宁 王 成

编 委 逢德武 张海水 程永华 惠继德 陈 炜

野外调查人员

课题组组长 王振清

课题组成员 逢德武 惠继德 方兆琪 陈 炜 程永华

张海水 金昌宁 刘富雄

参与本课题的人员还有

王建平(参加青海省境内的调研工作)

杨重存(参加甘肃省境内的调研工作)

岳守荣(参加内蒙古伊盟地区的调研工作)

曾伯鲁(参加陕西省榆林地区的调研工作)

为了进一步总结、归纳公路工程防沙治沙所取得的成功经验和存在问题,由交通部高级工程师王振清组织新疆、内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海六省区公路专业人员进行外业调研工作。从1997年5月13日到6月29日,历时48天,行程12000余公里,实地调研了内蒙古境内G207线、S0526线、一棵树境内——查汗池公路;陕西省境内G307线、安塞——靖边公路、包神府公路、榆神公路;宁夏G109线、盐——惠公路、陶——横公路、盐——鄂公路、石——马公路、辽——闫公路;甘肃省境内G215线、S214线;青海省境内G214线、G215线、G315冷支线;新疆境内G315线、G218线、塔里木沙漠石油公路等18条国、省、县道的20余处公路沙害路段(总长约3000多公里)。采取以现场勘察、拍照和听取情况介绍及收集资料的形式进行调研,得到了各地公路管理部门的大力支持与配合。

本书内容共四章十八节:第一章“沙漠地区的自然概况”,分为五节,主要阐述沙漠地区的气候、土壤、地形(地貌)、水源、植被等自然现象;第二章“沙漠地区风沙流的形成原因及其危害性”,分为五节,主要阐述风积沙的特点、运动特征、机械作用、沉积原因及其危害性,从理论上进行分析;第三章“公路工程防沙治沙的原则和措施”,分为四节,主要阐述沙漠开发、综合治理、加强管理、因地制宜防沙治沙措施(这是全书的重点),收集了当前国内在公路防沙治沙方面的主要方法和成果;第四章“沙漠地区公路建设、养护与管理”,分为四节,主要阐述沙漠地区公路勘测与设计,侧重选线技术,对公路修建、养护管理及绿化也作了介绍。

本书收集资料比较广泛,特别是六省区多年来在公路防沙治沙中积累的实际经验和成果,对沙漠地区公路建设和养护很有裨益。由于编者经验与水平所限,错误难免,恳请读者提出宝贵意见,以便改正。

编 者

一九九九年十二月

目 录

第一章 沙漠地区的自然概况	(1)
第一节 沙漠地区的气候特征	(2)
第二节 沙漠的形成及土壤	(9)
第三节 沙漠地区的地形地貌	(16)
第四节 沙漠地区的水源	(28)
第五节 沙漠地区的植被	(40)
第二章 沙漠地区风沙流的形成原因及其危害性	(55)
第一节 风动沙的特点	(55)
第二节 风动沙的运行特征	(60)
第三节 风搬运沙的机械作用	(71)
第四节 形成沉积物的自然原因	(78)
第五节 风动沙的危害性	(85)
第三章 公路工程防沙治沙的原则和措施	(99)
第一节 统筹规划 合理开发	(99)
第二节 依靠政府 综合治理	(105)
第三节 依靠技术 加强管理	(109)
第四节 因地制宜 防沙治沙	(110)
第四章 沙漠地区公路建设、养护与管理	(196)
第一节 沙漠地区公路的勘测与设计	(196)
第二节 沙漠地区公路的建筑	(249)
第三节 沙漠地区的公路养护	(277)
第四节 沙漠地区公路物管理与绿化	(285)

第一章 沙漠地区的自然概况

沙漠是荒漠的一种,也即沙质荒漠,特征为地表覆盖大片流沙,广泛分布各种沙丘,在风力的推动下,地表沙物质及沙丘不时移动,往往造成严重危害。

沙漠地区气候干燥、降水稀少、蒸发量大、植物贫乏,气温变化很快,地面温度变化尤为剧烈,风力作用活跃,地表水极端贫乏,一般只能生长根深叶小或无叶的植物。

我国习用的沙漠化概念是指在具有一定沙物质基础和干旱多风的动力条件下,再加之过度的人为干预所产生的一种以风沙活动为主要标志的环境退化现象与过程,是原有沙漠的扩大或原非沙漠地区出现了沙漠景观的表现。

土地沙漠化是当今世界十大环境问题之首,成为全人类的共同灾难,已引起国际社会的普遍关注。目前全球沙漠化土地达 35.9 亿公顷,相当于地球总面积的 1/4;沙漠、戈壁、沙漠化土地总计 45.6 亿公顷,占地球陆地面积的 31.7%;受沙漠化威胁的土地约为 50.4 亿公顷,约占地球陆地总面积的 35%;受影响人口占全世界人口 1/6,每年造成的直接经济损失约 420 亿美元。现在沙漠化土地仍以每年 5~7 万平方公里的速度不断扩大。

我国是世界上沙漠面积较大、分布较广、沙漠化危害严重的国家之一。我国沙漠、戈壁和沙漠化土地主要分布于北纬 35~50°之间、东经 75~125°之间。绵亘新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙古等省及自治区(表 1-1)。

西北、华北六省区主要沙漠的面积

表 1-1

沙漠名称	面积 (万平方公里)	所在省、区
塔克拉玛干沙漠	33.76	新疆
古尔班通古特沙漠	4.88	新疆
库木塔格沙漠	2.28	新疆
巴丹吉林沙漠	4.43	内蒙古、甘肃
柴达木盆地的沙漠及风蚀地	3.49	青海、新疆
腾格里沙漠	4.27	内蒙古、甘肃、宁夏
乌兰布和沙漠	0.99	内蒙古
库布齐沙漠	1.61	内蒙古
毛乌素沙地	3.21	内蒙古、宁夏、陕西
浑善达克(小腾格里)沙地	2.14	内蒙古
科尔沁沙地	4.23	内蒙古
呼伦贝尔沙地	0.47	内蒙古
合计	65.76	

总面积包括戈壁在内有 128 万平方公里,有将近 1/3 的国土面积受到风沙的威胁。目前,沙漠化土地仍以平均每年 2100 平方公里的速度扩展,全国受沙漠化影响的人口达 1.7 亿,每年因沙漠化造成的直接经济损失达 196 亿元以上,因此,大力开展防治沙漠化工作,对于改善生态环境,保障工农牧业生产,促进国民经济发展和沙区人民脱贫致富奔小康都具有重要意义。

新中国成立以后,随着社会主义建设事业的发展,在沙漠地区建设了多条公路,对巩固国防,增进民族团结,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漠地区公路建设和养扩中,亟待解决的一个重大课题。多年来,在沙漠地区的公路测设、施工、养护等工作中的职工,在长期与公路沙害斗争中,取得了一定成绩,积累了丰富的经验。有关科研单位开展了对沙漠筑路的课题研究,并取得丰硕的成果,已在实践中得到应用。

第一节 沙漠地区的气候特征

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,而蒸发量却达到几百甚至数千毫米以上。其次,温度变化很大。由于这两大自然因素的影响,使风沙活动频繁,给公路带来严重危害。因此,对沙漠地区的气候特征了解就甚为必要。

一、沙漠地区的气候特点

(一)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,蒸发量很大,一般年蒸发量在 1000~3000mm 左右,沙漠腹地常高达 3000~3800mm。干燥度也自东向西逐渐增加,新疆的塔克拉玛干沙漠高达 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。

(二)热量充沛、温差大

全年日照时间,一般为 2500~3000 小时,无霜期为 120~300 天,除少数沙地外,大于和等于 10℃ 的积温,一般达 3000~5000℃。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。

(三)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 20~100 天左右;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 1/3,腾格里沙漠边缘的民勤一带风沙日占全年日数的 40%。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 17~18 小时,一般在 10 小时以上。

(四)植被稀少

在沙漠地区,除水分条件较好的沙地外,植被稀疏低矮,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。

(五)地表水贫乏

沙漠地区,由于雨量稀少,蒸发旺盛,而地表地层结构组成又具有易于渗漏等特征,几乎没有当地地表径流,只有若干过境河流和附近高山以冰雪补给为主的河流注入,成为当地主要水源。

(六)地下水比较发达

沙漠地区地表水虽然很贫乏,但因大部分沙漠在内陆,低凹的地形和松散的沙流冲积或湖相沉积层可以汇集与蓄存大量的地下水,其中,可以利用的有:沙漠边缘山前平原的潜水;沙漠

内部古河道冲积层的潜水;沙漠内部为沙丘覆盖的冲积——湖积层中的承压水、自流水以及在巨大沙丘下的泉水等。

二、塔克拉玛干沙漠地区气候特征

塔克拉玛干沙漠位于新疆塔里木盆地内,是中国最大的沙漠,为世界上第二大流动性沙漠。它的气候特点具有一定的代表性,总的特点:四季分明,冬季寒冷,夏季炎热多风沙,春季升温快而不稳,多风沙浮尘天气,秋季降温过快,全年降水稀少,空气干燥,蒸发量大。

塔里木盆地深居大陆腹地,西有帕米尔高原,北有天山,南有昆仑山,东南有阿尔金山封闭,惟有东北罗布泊一带开口。东亚季风已不能影响盆地,所以其气候特点与季风区有很大差别。因为西侧连绵山体的阻隔,虽然处在西风环流之中,西风不能直接影响盆地,故与北疆有很大差别,当西风影响北疆,产生一次天气过程时,盆地的天气过程自北开始影响南疆盆地,这与所处地区主风向为东北风是一致的。沙漠腹地除了温差大、干燥少雨等一般特征外,还多中等强度的风,少大风和“风热同期”是新的认识,也是与我国东部季风区和山前绿洲地区的最大区别。

(一)气温方面

该地区气温的年变化十分明显,全年以1月份为最冷,7月最热;在气温的变化中,春季气温高于秋季气温,春季气温回升快,秋季气温下降也快,这些都是强大陆性气候的明显特点。

该地区气温的日、年较差以肖塘为最大,沙漠内满参次之,绿洲轮台县最小。尤为突出的是沙漠内部日、年较差小于冲淤积平原上的肖塘。气温日、年较差南北区域上呈这样布局的原因主要是下垫面性质和植被状况及地理特征的不同所致,其次是太阳辐射不同所致。

沙漠内部及北面,气温的区域性特点,在冬季,从11月至来年3月,以肖塘最低,沙漠内部次之,轮台绿洲最高,夏季半年以及年平均趋势,从绿洲轮台向沙漠内部逐渐升高,愈深入沙漠内部升温愈剧烈和气温的日、年较差最大值不在沙漠内部,而是两地气候过渡区——塔里木河以南冲淤平原的肖塘。

(二)降水方面

沙漠地区的降水分布很不均衡,变率大,不稳定,降水集中于暖季,多雨月份的降雨又决定于一日最大降水量或某一次天气过程降水量的特点。

沙漠地区的降水,除了受大尺度天气系统的影响和支配外,还有局地热力因素和下垫面状况不同形成的局部天气,使沙漠地区的降水、区域波动性较大,但总的趋势还是由外围(沙漠北部)向腹地减少。

(三)湿度和蒸发

湿度是表示空气中水汽含量多少或空气潮湿程度的物理量。大气中的水汽是从地球表面蒸发进入大气的,大部分来自广阔的海洋面上的蒸发,其次是潮湿陆地表面的蒸发以及植物的蒸腾,借助于空气的垂直和水平交换。对于干旱少雨的沙漠地区来说,自下垫面蒸发进入大气的水汽很少,按容积计算一般是热带多雨地区空气中水汽含量的0.25%。关于塔克拉玛干沙漠高空的水汽状况,有较多文献认为水汽并不缺乏,主要是西风带来的,但由于低空热低压存在,气流上升受高空下沉气流作用影响,难以达到饱和度,造成本区降水稀少,空气湿度小,极为干燥的特点。

(四)风况

风是沙物质运动的动力,风力的大小和运动方向决定着地面沙物质搬运的强度和方向。风力愈大,搬运能力愈强,特别是沙漠地区,下垫面裸露,沙物质丰富,风力活动的时段和强度

对沙丘的形成和移动有着至关重要的作用。

沙漠内部满参和北缘肖塘同期(1992年6月~1993年5月)一年的资料反映出该地风向主要以东北风为主,平均强度也以偏东北风较强,主要出现在春季和夏季;以偏南风较弱,主要出现在冬季。

(五)主要天气现象

天气现象是在一定自然地理条件下所特有的天气过程反映,是主要的天气气候特征之一。各类天气现象地方性很强,大多受局部地形影响而产生,沙漠地区的天气现象主要是与风沙活动有关的天气现象,即浮尘、扬沙、沙暴和大风天气。由于沙漠地区沙物质来源丰富、颗粒较细,在一定风力的作用下很容易形成风沙天气,即使在边缘的淤积平原上,虽然冲淤积亚沙土含有一定盐分、遇降水板结,但经风蚀和碾压破碎后亦呈粉土状,极易为风力所吹扬,形成风沙天气,因此,本区沙物质极为丰富,成为风沙活动源源不断的物质基础。本区风沙天气主要出现在3~9月份,沙漠内部显著多于北缘和外围,在强度上也较大,能见度小于100m的次数较多,强烈时能见度小于5m,遮天蔽日,空气中含沙量很高,对通讯和交通运输影响很大,给人类活动和生产建设造成严重的危害。

气象学规定: $\geq 17.2\text{m/s}$ 的风称为大风;瞬时风速出现 $\geq 17.2\text{m/s}$ 即为一个大风日。

浮尘是指直径 $< 0.05\text{mm}$ 的粉尘随气流上升—运移—沉降的过程,出现浮尘的天气称为浮尘天气。浮尘往往是沙尘暴的伴生持续现象,沙尘暴过后相继出现浮尘天气;另外局部强烈上升气流“沙漠旋风”也可引起浮沙天气。

三、气候资源

(一)光能资源

1. 太阳总辐射与太阳能

太阳总辐射是地面主要的能量来源,是形成物质和植物生长发育必不可缺的环境因素,同时也是地面辐射和热量平衡的重要组成要素,研究地表水热状况及太阳辐射能的转换时,都首先要了解太阳总辐射状况。

太阳总辐射可靠值可以实测,若条件所限,不能实际观测时,用经验公式计算。

2. 光照的基本特点

沙漠地区晴天多,阴天少,日照充足、日照时数长。沙漠地区阴雨天气少,风沙活动频繁,沙暴、浮尘天气较多,造成日照射时数和日照百分率明显减少,这种现象以春季和夏季最为突出。

沙漠地区日照时间长,太阳总辐射强,光照充足,太阳能丰富,开发和利用有着巨大潜力。

(二)热量资源

1. 气温

沙漠地区热量资源丰富,各界限温度的积温多,而且时间长。愈深入沙漠,各积温愈多,时间愈长。

沙漠地区作物生长期内阴雨天气少,晴天多,日照充足,使作物生长发育快。所需积温可以相对减少,加之气温日较差大,有利于光合产物的积累,积温有效性高。

2. 地温

地温是反映土壤(沙层)热状况的指标。土壤温度和冻结情况对农作物的生长、发育影响很大,同时土层的冻融状况也是工程建设设计及施工、养护所必需的基础资料。地温的年变化以地表最大,其振幅超过气温的振幅,随深度的增加,振幅逐渐变小,峰谷时间拖后。

塔克拉玛干沙漠在 1992 年 6 月 ~ 1993 年 5 月观测, 满参地表平均温度最高值为 38.7°C , 最低为 -20°C , 极端最高温度 69.9°C , 最低 -24.0°C , 平均日较差 36.7°C , 最大冻结深度 48cm ; 肖塘同期的地表平均最高温度 37.3°C , 最低 -3.0°C , 极端最高 70.3°C , 最低 -27.5°C , 平均日较差 40.3°C , 最大冻结深度 88cm 。沙漠边缘比腹地温差大的根本原因是两地的下垫面性质不同所致。

3. 无霜期

霜是由于近地面气温或地面温度下降到 0°C 以下, 空气中的水汽达到饱和形成凝结在近地面物体上的白色结晶。沙漠地区空气干燥, 不易达到饱和, 见霜现象较少, 无霜期长, 尤其是沙漠内部。以肖塘和满参一年多的资料对比, 肖塘无霜期为 221 天, 满参 275 天, 可见沙漠内部无霜期长于外围。

(三) 风能资源

风作为风沙运动的动力, 是造成风沙灾害的主要动力因素, 但另一方面, 风能又是一种再生资源, 在生物资源极其匮乏的沙漠地区, 大力开发风能资源具有重要意义。

风能潜力常用风能密度和年有效风速出现的时间来度量。风能密度是单位面积的风能:

$$W = \rho v^3$$

式中: v —空气流动速度(即风速), m/s ;

ρ —空气密度: kg/m^3 。

在实际风能利用中, 由于风速小于 3m/s 的风不能起动风轮机, 大于 20m/s 的风速又可能损坏风机, 一般将风速为 $3 \sim 20\text{m/s}$ 的风作为“有效风”。风能的功率频度分布具有沙漠内部大于边缘、夏春季大于冬秋季的时空变化规律。

风能除可以利用外, 还能引起风沙和其他灾害, 如沙尘暴、土壤风蚀、破坏农田等。强风的风压对建筑物作用大, 是沙漠中建筑物设计时应主要考虑的荷载之一。风压分为脉动风压和稳定风压。脉动风速对建筑物产生的压力称脉动风压; 几分钟内平均风速产生的压力称为稳定风压或基本风压。

我国的基本风压是按一般空旷平坦地面, 离地面 10m 高处 30 年一遇的 10 分钟平均最大风速计算的, 在沙漠里不可能有 30 年一遇的风速资料, 就现有观测资料, 按 10 分钟最大风速计算的风压为 22.79kg/m^2 , 按瞬时最大风速计算的风压为 $45 \sim 51\text{Pa}$ 。

在塔克拉玛干沙漠存在着丰富的再生气候能源:

(1) 太阳总辐射 570.7kg/cm^2 , 太阳能 95157.6kW/cm^2 。

(2) 热量丰富。从北缘向内部, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $4356.7 \sim 4776.1^{\circ}\text{C}$; $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温量为 $3895.5 \sim 4257.5^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 一般认为风能密度大于 50W/m^2 , $3 \sim 20\text{m/s}$ 风速年累积时间超过 2000h 的地区就有利用价值。该地区风能密度 $83 \sim 116\text{W/m}^2$, 年累积时间 $3576 \sim 4458\text{h}$, 除冬季风能密度小于 50W/m^2 外, 其余季节风能都有极大的开发价值。

四、气象资料的应用

沙漠地貌为风成地貌, 其所反映的基本结构和形态, 是风力对地表物质的吹蚀、搬运和堆积的结果。因此进行沙漠公路测设、施工、防护、养护及附属设施建设时, 必须结合风资料详尽摸清当地风沙地貌在分布上的特征及变律, 再进行各项工作。

(一) 风图资料的应用

1. 应用起沙风矢量图选定线路走向。从已成沙漠公路走向与当地起沙风向矢量图矢向对

比,发现线路走向与起沙风矢量方向平行或锐角斜交的公路使用效果都较好,同时在沙害治理方面也比较容易。通过实地观察,凡线路走向与起沙风矢量方向锐角相交或接近平行的,沙害现象很少,反之则公路经常发生沙害现象。因此,起沙风向矢量图资料对沙漠公路选线起引导性作用,应充分考虑这一有利于公路的因素。

2. 利用动力的风向风速图选定线路走向。由于线路受总控制点的限制或受局部地形的影响,线路走向不可能尽选成平行或锐角斜交于主风向(或沙丘移动方向)的公路。因此线路走向与主风向正交或大角度相交必不可免,甚至要碰到许多,对于这类地段的定线可参照动力风向图选定。实践证明,反向风比率越小,由风沙流运动造成的公路积沙情况就越少。

动力风向风速图的另一用途是用它设计较为合理的路基横断面。把线路走向摆于动力风向图中,按其分居于两方面的风比率多少,定其路基横断面形式及边坡大小。据观测,路基高度小于 30cm 者,边坡采用 1:3 或陡于此数也无问题。但路基高度大于 30cm,甚至为 50cm 以上者,其边坡就要依动力风向图进行选定。两向风强弱,如表 1-2 所列关系。

动力风向与路形关系

表 1-2

两向风占有比率(%)		路基形式	路 基 边 坡	
居多方向风侧	反方向风侧		迎风边坡(多方向风侧)	背风边坡(反方向风侧)
95	95	一般形式	1:3	1:4
90	90	一般形式	1:4	1:6
85	85	一般形式	1:6	1:7
80	80	流线形式	1:7	1:8
小于 80	小于 80	流线形式	缓于 1:8	缓于 1:8

对此表分析:主向风与其边坡比成正比,即主向风的百分比率愈高其边坡越陡,反向风与其边坡比成反比,即反向风百分率愈高其边坡愈缓。当主向风比率小于 80%,反向风比率大于 20% 时,路基两侧边坡均要取同一的缓边坡设计。根据试验和许多路段观测,符合以上情况者,在输送风沙流方面效果很好。

(二)强劲风资料的应用

沙漠地区的强劲风,危害性很大,一些工程项目设计要用到强风资料。

1. 路基防护工程的设计。沙漠路基一般采用就地粉细沙填筑,无粘聚性,结构松散,易受风蚀,而且是风速愈大风蚀愈重。路堤风蚀多发生在迎风路肩和路基边坡上部,路堑风蚀边坡和堑顶为重。所以在防护上要着重于风蚀严重部位,但由于公路路基层高度一般较小(1m 以下高度),为了保证质量多采用全封式防护,而对风蚀严重部位予以加强。根据调查,在同类地址经受 26m/s 风速作用下,采用其厚度为 5cm 砾石或盐块防护的路基,路形完好,采用柴草或芦苇铺盖防护者,有一定作用,但不持久,二三年后则路肩坎坷不平,边坡上部沟槽纵横。由此看,沙漠公路防护以用坚硬材料防护,并具有一定厚度为好。

2. 道班房的设计。风沙流是沙漠地区的经常性景观,一般低层飘扬的风沙流尚可忍受,风力达七级以上的风沙流眼睛难睁大,尤其大风时往往形成沙暴,黄沙弥漫,天昏地暗,真是“对面闻声不见人,白天屋里要点灯”,能见度极差,汽车行驶看不清公路,这样的大风对汽车行驶危害大,而且对长期生活在那里的养路工人身体健康影响更大。所以在道班房设计上要有必要的防范措施,根据已建道班房使用情况观测,需注意以下各点:(1)道班房位置最好选在主向

风下风路基一侧,其地势要高;(2)平面布置要紧凑,门户要背着风或斜背主要风向,斜背主要风向的最好使用后墙之一隅对准主风向,房屋设成套间或设成廊道;(3)做门窗木料要干燥质好,门窗要做得坚固严密,后窗窗台要高,以 150cm 为宜,其面积要小,以不大于 0.6m^2 为好。前墙窗户面积取 1.6m^2 或再小些为宜,所有窗户都要设置双层玻璃。

3. 路侧防沙设施。路侧防沙包括路侧加固、阻拦及侧导等项,根据风况可设于公路两侧或公路一侧。从观测所知,在反向风比率大于 30% 的路段,宜在公路两侧布设防沙措施。

固沙设施:固沙是防止路侧沙粒不被风吹而掩埋路基,按情况不同而异,我们多采用砾石(3~5cm 厚度)、干土块、盐块(5cm 厚度)、芦苇把(直径 10~15cm)、柴草等方格(露出地面 15cm)等。在强劲风较多的地区,单一采用固沙措施的上风侧铺盖宽度在 300m,下风侧 50~100m 时均有效果。

阻拦设置:阻沙系拦截外来沙源,按沙漠及风况设一排至数排,一般多采用高为 1.5m 左右的芦苇沙障和红柳沙障。这种高立式沙障直接承受着风力作用,设计不当易于倾倒。根据情况可以扎成不透风的和透风的两种,不透风和透风沙障前后的积沙长度差别很大(表 1-3)。

沙障透风度与障前后积沙情况

表 1-3

沙障类别		积沙情况	积沙长度(沙障高的倍数)	
			沙障前	沙障后
不透风沙障			3~4H	5~7H
透风沙障	透风率 10%		2.5~8.5H	7~9H
	透风率 25%		1.5~2.0H	8~10H
	透风率 40%		很少	14~16H
	透风率 50%		极少	大于 20H

备注:H 为沙障高度

此表可作设计公路距沙障距离和沙障排之间距的参考。根据沙障使用情况观测,透风沙障和具有柔软性的芦苇和红柳所扎成的沙障抵消风能,一般埋深为 30cm,在根部培土 15~20cm,且用粗颗粒材料或柴草加以覆盖,抵抗大风吹毁力的性能良好。

在就地取材困难或附近也无其他低价材料可利用的路段,需要设置沙障时,要用立柱固定席子、铁皮、塑料板等材料做沙障,立柱是风力的完全承受者,要按强劲风资料设计立柱断面及其埋置深度。可用公式计算风压力。

$$P = \varepsilon(L \times H)P_1$$

式中:P——立柱承受的最大风压力(kg);

L——两立柱间距离(m);

H——沙障露出地面高度(m);

P_1 ——单位面积风压力,近似为 $0.0621v^2$;

ε ——透风折减系数,按沙障透风度计算。

立柱的埋置深度 h' 按土力学原理计算:

$$h' = \sqrt{\frac{2k \cdot p \cdot hp}{r \cdot b \cdot \lg(45^\circ + \phi/2)}}$$

式中: r —基础土层单位重(kg/m^3);

φ —基础土层内摩擦角($^\circ$);

b —立柱宽度(M);

h_p —合成风力作用高度(m);

k —安全系数,可采用 1.25 ~ 1.50。

导沙设施: 用 1.30 ~ 1.50m 高立式栅栏把沿沙垄或沙丘而来的风沙流侧导至有利地形使之通过公路, 或侧导离路远去, 宜设于主风向与线路斜交或平曲线路段, 其平面布置按风与路相交角度大小及主反两向风比率多少而定, 一般在主风向占绝对优势的路段, 宜设于路基上风一侧, 并与公路距离在 30m 以上; 若线路与主风向基本平行, 而线路又要穿过地形为蜜蜂腰路段(如沙丘垭口等), 就需要在线路两侧设置导栅栏。如新疆若羌至且末路段的博斯坦有段长约 200m 的这种路, 为了减少风沙流通过喉管的浓度, 防止公路积沙, 因而在路基两侧设了头部外敞的侧导立式栅栏, 并设了输送风沙流的通道和缺口。侧导栅栏主要承受斜交来风的作用, 其力相对虽小, 而基部风蚀严重, 迎风侧积沙很少。同时要考虑大风对栅栏的直接作用, 因为大风风向往往为不定模式。对栅栏直接作用的可能性是存在的。所以在设计上以用能削弱风能的柔软性材料设置栅栏为好, 栅栏允许留 10% 以下的透风孔隙, 基部要严密加固。

(三) 地温资料的应用

沙漠地区, 沙层疏松, 颗粒均匀, 透气性强, 具有热容量(持热量)小而导热性强的特性, 热冷骤变为经常事, 春季沙地解冻快, 夏季热得强烈, 冬季又迅速变冷而结冻。在植物生长期中沙土的总热量显著地超过粘性土的总热量, 所以在沙地选择和栽培固沙植物时, 必须考虑到这种特性。

沙漠地温的这种特征, 对铺筑黑色路面的施工工艺、质量及使用年限均受到一定影响。尤其是地面最高地温及其极值, 有的地方实在大得惊人, 如在新疆吐鲁番地区最高地温为 87°C , 在塔里木盆地曾测到 76°C , 大部分地区地温在 70°C 左右。在新疆墨玉东北沙地测定地温和气温关系见表 1-4。由于油沙土具有吸热作用, 因而其地表温度比沙地要高, 因此, 设计沙漠地区沥青表面处治时, 应有不同于一般地区要求。

沙地地温和气温关系

表 1-4

测温深度 (cm)	最高地温 ($^\circ\text{C}$)	平均地温高于平均气温的度数($^\circ\text{C}$)	
		沙 地	油沙土
0	71	13.0	14.3
5	60	6.1	10.3
10	51	4.8	7.0
15	45	3.2	5.7
20	43	3.0	5.2

1. 沥青指标的延伸度符合标准后, 其软化点不得低于 40°C 。如沥青过软, 经强烈日晒, 骨料孔隙中的一部分沥青成为流体, 而向两边流动, 使路中心部分沥青含量逐渐减少, 形成骨料失去胶结而脱落, 而路两边部的沥青逐渐增多, 厚度逐渐增大, 行车过后油丁、拥包、推移相继产生而使路面不平。在路拱的设计上, 其拱度不大于 2% 为宜, 在降雨少的地区用 1% 路拱, 这

样也可以减轻沥青流动现象。

2. 沥青用量要严格控制,不能过高。沥青用量过多路面泛油期流沙易粘于油层上,成为塑性体,经行车作用,路面出现搓板、波浪及鼓包等不平整状况。据测试沥青用量,以用规范中的低限为宜,如为双层表处,沥青用量不要超过 $3.2\text{kg}/\text{m}^2$ 。

3. 在施工方法方面,采用拌和法铺筑优于层铺法铺筑。因为层铺法表处在未成型前表层为松散骨料,风沙容易积聚,尔后路况差、病害多;用拌和法成型快,可避免层铺法所形成的不足。

(四)气温、湿度、降水量及蒸发资料的应用。这四个资料主要用在植物固沙措施方面。植物固沙是利用草本、半灌木、灌木、乔木等固定流沙,是一种一劳永逸的根本措施,一般成本较高。

干旱荒漠,降雨量少,蒸发量很大,干沙层厚。在准噶尔盆地,沙漠年降雨量为 $70\sim 150\text{mm}$,一般流动沙丘的干沙层深度达 $2\sim 10\text{cm}$,在极端干旱地段干沙层厚达 30cm 左右。在这种情况下,一年生的植物幼苗大量死亡,个别生长健旺的植物株秆也要枯黄。塔里木盆地的沙漠平均年降雨量只有 $40\sim 60\text{mm}$,在沙漠内部仅约 10mm ,因而干沙层深度达 $20\sim 60\text{cm}$,甚至更深,植物生长极为困难。根据观测干沙层的淋湿程度与雨量强度成正比,一般 1mm 降水量可浸泽 2mm 干沙层,一次 5mm 以下的降水量淋湿干沙层厚度不到 10cm ,但只一天多即全部被蒸发。往往看到降雨结束不久,沙丘表面就出现干沙层,经风吹还有风沙流出现。但在沙漠洼地或地下水位较高地区仍有许多沙生植物生长,有的还相当茂盛。但一般在沙害严重路段的降雨量稀少,且地表无径流,地下水较深等恶劣条件俱全地带,宜采用植物固沙措施,主要靠打井提水养活植物,并配合应用机械固沙(压砾石、粘性土及柴草等),保护生物的生长和繁殖。并根据气温、地温、湿度、降水、蒸发、干燥度等资料确定打井间距,选择固沙植物类系,根据林业科研部门介绍选择固沙植物需要注意下面几个原则:

1. 具有适应沙漠恶劣立地条件的生活特性,必须具备耐干旱、耐贫瘠、不怕沙埋、沙割,甚至沙埋后能产生不定根的植物。在盐渍化沙地选择具备耐盐力强的植物。
2. 多年生植物根系发达、分枝多、生长快、抗风力强的植物。
3. 具有在沙漠条件下天然更新和繁衍的能力,如种子适宜在沙地传播,迅速发芽或无性更新的特点。

第二节 沙漠的形成及土壤

沙漠的形成乃是干旱气候的产物。我国沙漠位于亚洲中部的内陆地区受湿润气流的影响较少,特别是青藏高原北部的塔里木盆地及阿拉善等地区成为冬天寒冷干燥、夏季炎热少雨的温带干旱区及暖温带干旱区。这是形成我国西北沙漠的气候条件。沙漠的形成除气候条件外,还需要有丰富沙源,这是沙漠形成的物质基础。

据查证资料,我国的北方有许多第四纪沉积盆地,有的沉积盆地从第三纪或更远的历史时期继承下来的,大都沉积了巨厚的沙层,在末次冰期大都成为流动沙漠,全新世纪初期(自然条件变化)大范围流沙固定,其后人类历史时期,由于人为活动、农业开垦、加之牲畜过度采食、践踏、林木被砍伐、樵采破坏,植被覆盖不足以保护地面时,沙子开始流动,最初为斑点状,逐渐连片,成为大片流沙。

沙漠沙物质来源是和第四纪时期古地理及风成沙的下伏地貌有着密切关系。也就是说,

沙漠土壤乃是下伏物质经风力改造而成。概括为下列几种成因类型:①来源于河流的冲积物;②来源于冲积湖积物;③来源于洪积冲积物;④来源于基岩风化的残积物。

至于沙化土地的形成,是由于历史时期人为过度经济活动破坏干旱及半干旱地区脆弱的生态平衡所引起,其中主要为干旱多风的气候与大量疏松的沙物质地面;只有在这种情况下人为过度的利用资源的结果,才能引起沙漠化的发展。因此也可以说人为活动是造成沙漠化的积极因素,而自然条件则是沙化发生的潜在因素。

一、地质时期沙漠形成的条件与进程

关于沙漠地质时期的论述比较少,现将塔里木盆地塔克拉玛干沙漠形成时代作为典型介绍。它虽然是全国沙漠的局部地区,但却有代表性,藉以了解沙漠地质时期情况。

(一)地质基础

塔里木盆地的基础为前震旦纪稳定地块,基底由太古界—元古界变质岩系组成,地块周围深大断裂所围限,形成不规则的菱形,其上沉积层厚达数公里至十余公里。有以冰川和滨海陆地碎屑沉积为主的震旦系;以海相碳酸盐岩、碎屑岩为主的古生界;以内陆湖泊、沼泽河流沉积的中生界;以山前河流及碱化湖泊沉积为主的新生界沉积岩。最大厚度 14000~16000m。盆地在形成和发育过程中,经历了古生代地台、中生代、新生代三大阶段。

晚白垩世以前,塔里木处于内陆环境。晚白垩世早期,受全球性海侵的影响,气候类型属热带—亚热带,受副热带高压控制,盛行干燥的东北信风,气候比较干燥;但又因受多次海侵的影响,气候既有干旱的一面,又有湿润的一面。渐新世发生大面积海退,气候明显旱化,渐新世地层中含有石膏、泥岩及盐岩等蒸发沉积岩类,植物中耐干旱气候的麻黄、藜、白刺等迅速增加。

第四纪随着山体的隆升,大气环境发生变化,盆地的内陆性愈来愈强,气候进一步向干旱方向发展,盆地中荒漠草原和荒漠逐渐扩大,仅分布有少量平原河谷林。第四纪早期,塔里木盆地开始有零星沙漠发育,中更新世西藏高原和盆地周围山体强烈隆升,导致盆地在晚更新世干旱环境达到极值,沙漠迅速扩张,终于形成了大沙漠。

(二)沙漠环境的形成

塔里木盆地干旱地理环境的形成始于晚白垩纪至第三纪,发展于第三纪和第四纪,到第四纪中更新世发展成为现代沙漠环境。第三纪中新世前后,塔里木盆地被子植物占较大优势,此时气候温暖湿润;但至中新世晚期,气候开始由湿润型向干旱型发展,环境开始恶化;到了上新世,植物群落的演替已逐渐体现了干旱特点。旱生草本植物和灌丛植物进一步发展,环境开始恶化;到了上新世,植物群落的演替已逐渐体现了干旱特点。旱生草本植物和灌丛植物进一步发展。进入第四纪中更新世至晚更新世,旱生荒漠植被已占据绝对优势,以干旱、风大、风频、沙丘移动为代表的沙漠气候环境最晚在第三纪中新世后期开始发展,到第四纪晚更新世已基本形成。现代沙漠环境正是在这个基础上演化的。在末次冰期后气候模式已演变成与现代相一致,同属极其干旱的荒漠环境,持续干旱、风大、风频是其特征。这是由于塔里木盆地深居欧亚大陆腹地,远离海洋,四周为高山屏蔽,盆地以南青藏高原剧烈上升,使潮湿气流难以进入盆地造成的。

塔里木盆地地质时期气候、植被与沙漠形成演变模式如表 1-5 所示:

塔里木盆地地质时期沙漠形成的条件与进程

表 1-5

地质时代	第三纪				第四纪	
	古新世 ~始新世	中新世	中新世晚期	上新世	早、中更新世	晚更新世 ~全新世
气候环境	暖湿 (间有暖干的波动)	温暖半湿润	湿润向干旱发展	暖干	极端干旱温冷交替风大、风频 (间有冷湿的波动)	极端干旱、温凉偏冷、风大、风频 (间有凉湿波动)
植被类型	湿润型被子植物为主	针叶被子植物为主	旱生植物为主	灌丛植物为主	灌丛植物为主的荒漠化植被	荒漠化植物
表生作用与沉积类型	石膏、盐岩沉积	风化剥蚀作用河湖相灰绿色碎屑沉积	风化剥蚀作用陆相碎屑沉积	风化剥蚀作用河湖相沉积与风成相沉积交替	堆积作用风沉积与河湖沼泽相沉积交替	堆积作用、风成沉积与河湖相沉积的交替
沙漠的形成与发展过程		盆地周边及中部地区存在风沙沉积过程	沙漠环境形成的初始阶段	沙漠环境逐渐发展阶段	沙漠环境扩大与发展阶段	形成塔克拉玛干沙漠基本轮廓

综上所述,塔里木盆地塔克拉玛干沙漠环境的形成演变过程有以下几个特点:

(1) 虽然塔里木盆地的干旱环境可以追溯到白垩纪,但具有现代干旱特征的环境始于第三纪末,形成于第四纪。整个发展过程为白垩纪—早第三纪中期为干热 (含小的湿热波动) 气候,早第三纪晚期—晚第三纪早期为半湿润温暖气候,晚第三纪为干暖气候,进入第四纪后,气候变得极度干旱,温冷交替出现,间冰期和现代气候环境则为温干气候型。

(2) 塔克拉玛干沙漠的形成时代比干旱环境的形成时代要晚得多,二者并不同步,这是因为形成沙漠的沉积环境 (主要指地貌条件和新构造运动) 出现得晚。根据沙漠下伏地层发育特征、时代和相互关系,可以确定风成沙的底界位置,从而可以判定,塔克拉玛干沙漠的扩大与发展阶段 (也就是现代沙漠的形成阶段) 是发生在中更新世至晚更新世。

(3) 现代意义的沙漠环境虽然形成于第四纪的中更新世至晚更新世,到了全新世中期进一步发育成目前的状态,但是早在第三纪中新世开始,即局部地区有了风沙沉积过程,经过沙漠形成的初始阶段、逐渐发育阶段和扩大发展阶段,才奠定了塔克拉玛干沙漠的基本轮廓。晚更新世以来沙漠由东向西扩展,全新世中期后沙漠进入更大规模的发展,占据了塔里木盆地的西南部,在经历了漫长的历史岁月和多次地质运动后,造就了这个历史自然体——塔克拉玛干大沙漠。

二、沙漠土壤

我国的沙漠和沙地主要分布在半干旱、干旱地区,处于草原黑钙土地带、栗钙土地带、半荒漠棕钙土地带和荒漠灰棕漠土及棕漠土地带内。沙地上发育的土壤属风沙土类型,其特征如下:

(一) 流动风沙土

主要呈现新月形沙丘、沙丘链及复合型沙山等分布。植被极为稀疏,只零星地生长沙米、沙竹、黄柳、沙蒿、沙拐枣、三芒草、芦苇等。土壤剖面除干沙层和湿沙层的界限明显外,不表现分化特征。干沙层厚度 5~15cm,浅黄棕色,下为稍湿润的黄棕色沙。土壤机构组成主要为