



地学经典丛书

第一辑

中国沙漠概论



(修订版)

朱震达 吴正 刘恕 邸醒民 等/著

科学出版社

地学经典丛书·第一辑

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书精选地学中对某研究方向具有经典意义的著作，第一辑共12册。

《大气环流的若干基本问题》

《中国的黄土堆积》

《中国自然地理总论》

《中国沙漠概论》（修订版）

《中国冻土》

《南极冰川学》

《青藏高原隆升与环境效应》

《遥感大辞典》

《区域发展及其空间结构》

《中国大城市边缘区研究》

《中国沿海城镇密集地区空间集聚与扩散研究》

《区域综合开发的理论与案例》

图书在版编目（CIP）数据

地学经典丛书·第一辑 / 叶笃正等著. —北京：科学出版社，2018.5

ISBN 978-7-03-056739-0

I. ①地… II. ①叶… III. ①地球科学 IV. ①P

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第045670号

责任编辑：朱海燕 石 璐 / 责任印制：张 伟

封面设计：黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年5月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2018年5月第一次印刷 印张：292 3/4 插页：58

字数：8101 000

定价：6000.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

中国沙漠概论

(修订版)

朱震达 吴正 刘恕 邸醒民 等著

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书是1974年出版的《中国沙漠概论》的修订版。这次修订除补充了有关沙子运动的动态摄影、沙漠形成的气候原因和主要沙漠的最新考察资料外,着重补充了沙漠化过程及指征,历史时期沙漠的变迁,以及从生态系统的角度分析自然资源开发利用和有关沙害的防治等内容。全书共分五章,简明扼要地论述了我国沙漠形成、分布、发展规律及其治理的方法,并附有百多幅插图和照片,是我国沙漠研究一本重要的基础著作。

本书主要读者对象是地理、地质、农业、林业、交通等有关工作人员,从事沙区建设的广大干部和群众也可参考阅读。

中 国 沙 漠 概 论

(修订版)

朱震达 吴 正 刘 恕 邸醒民 等著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年8月第二版 开本:787×1092 1/16

1980年8月第二次印刷 印张:7 插页:12

印数:5,851—8,870 字数:159,000

统一书号:13031·1318

本社书号:1832·13—13

前 言

在我国西北、华北的北部及东北的西部分布有大面积的沙漠(包括戈壁、半干旱地区的沙地及沙漠化土地),总计达 130.8 万平方公里,约占全国土地面积的 13.6%。解放前,反动统治阶级对沙漠不进行治疗,而且还肆意掠夺、破坏沙区自然资源,致使植被遭受严重破坏,风沙危害严重。中华人民共和国成立以后,沙区各族人民开展了对沙漠治理的工作,并取得了一些成效。随着沙漠治理工作的开展,沙漠的科学研究事业也得到了发展,中国科学院曾组织了沙漠科学考察队,包括有关科研机构、高等院校等,开展了沙漠地区自然条件和自然资源,沙漠形成和风沙运动规律等研究;并进行了防止风沙危害农田、交通的科学实验和群众治沙经验的总结,初步掌握了我国沙漠的基本特征及其治理的方法。

为了使沙漠科学研究工作能适应迅速发展的建设事业的需要,我们对 1974 年出版的《中国沙漠概论》一书进行了修改补充。修订版除补充了有关沙子运动的动态摄影、沙漠形成的气候原因和各个主要沙漠最新的考察资料外,着重补充了沙漠化过程及指征,历史时期沙漠的变迁,从生态系统的角度分析沙区自然资源开发利用问题和有关沙漠公路沙害的防治等内容。由于我们水平较低,资料也不齐全,难免有错误之处,欢迎读者批评指正。

本书由朱震达、吴正、刘恕、邸醒民等同志执笔,在编写过程中,还参考了中国科学院地理研究所地貌研究室原沙漠组有关新疆沙漠方面的资料,原中国科学院治沙队与北京大学地理系关于毛乌素沙地方面的资料,原中国科学院治沙队各考察队和试验站的有关资料,以及新疆林业科学研究所关于防护林等资料。书中照片除作者所摄以外,还引用了新华社、人民画报社及我所同志所摄的相片。钟德才同志在绘图方面,高有广同志在相片印制,戴枫年同志在沙颗粒的电子显微镜相片方面等都给予很大的帮助。在此谨表示感谢。

目 录

前言	ii
第一章 沙漠的分布及其一般特征	1
第二章 沙漠的形成	8
第一节 沙漠形成的气候因素	8
第二节 第四纪古地理轮廓和沙漠沙的起源	9
第三节 人为因素在沙漠形成中的作用	20
第四节 沙漠沙物质的特征	29
第三章 沙漠地表形态发育特征及风沙运动规律	36
第一节 风沙流运动特征和沙丘形成的机制	36
第二节 沙丘的形态特征及其形成发育和自然条件的关系	40
第三节 沙丘移动的规律	46
第四章 各个主要沙漠的特征	56
第一节 东北西部及内蒙东部地区的沙地	56
第二节 鄂尔多斯地区的沙地	63
第三节 阿拉善地区的沙漠	68
第四节 河西走廊地区的沙漠	76
第五节 柴达木盆地的沙漠	77
第六节 新疆东部地区的沙漠(戈壁)	79
第七节 准噶尔盆地的沙漠	81
第八节 塔里木盆地的沙漠	84
第五章 沙漠的治理	90
第一节 风沙危害的防治	90
第二节 沙漠地区水土资源的开发利用	101

第一章 沙漠的分布及其一般特征

沙漠系指干旱地区地表为大片沙丘覆盖的沙质荒漠, 也包括了沙漠化土地和半干旱地区的沙地。所谓沙漠化土地, 是指干旱及半干旱地区在人类历史时期内, 由于人为因素作用并受自然条件的影响, 在原非沙漠的地区产生了类似沙漠的环境变化, 称之为沙漠化, 其所影响的地区称之为沙漠化土地。前者主要分布在新疆、甘肃、青海、宁夏西部及内蒙西部等(图 1-1)。后者主要分布在半干旱地区的内蒙东部、陕西北部及辽宁、吉林、黑龙江三省的西部; 但在干旱地区一些大沙漠边缘的有些地方, 也属于这种类型。除了沙漠以外, 在我国干旱地区还分布有不少面积的戈壁, 所谓戈壁, 系指地面由砾石、碎石组成的平地, 或系残丘起伏的石质剥蚀平原, 或系洪积及洪积-冲积的山前平原, 前者称为石质荒漠, 后者称为砾质荒漠。

根据数年来沙漠考察及利用航空相片等资料所编制的中国沙漠分布图量算的结果, 全国沙漠(包括戈壁及沙漠化土地)总面积有 130.8 万平方公里¹⁾, 约占全国土地总面积的 13.6%, 其中沙质荒漠占 45.3%, 沙漠化土地(沙地)占 11.2%, 戈壁占 43.5%。在沙质荒漠及沙地的总面积中, 其中流动沙丘占 62.4%, 半固定、固定沙丘占 33.6%, 风蚀地占 4%。在戈壁中, 以剥蚀作用为主的戈壁, 占戈壁总面积的 32%, 以洪积及洪积-冲积作用为主的戈壁占戈壁总面积的 68%。

从我国沙漠(包括戈壁)分布的特点来说, 有如下几点:

(1) 从分布的地区来说, 多深居我国内陆, 大致在乌鞘岭和贺兰山以西, 沙漠戈壁分布比较集中, 占全国沙漠戈壁总面积的 90%; 而且除新疆准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠外, 绝大部分以流动沙丘为主, 占该地区沙漠面积的 75% 左右。该线以东, 沙漠戈壁分布较为零散, 面积也较小, 仅占全国沙漠戈壁面积的 10%, 除鄂尔多斯南部毛乌素沙地及西辽河下游科尔沁沙地有一部分为流沙外, 绝大部分以固定、半固定沙丘为主, 占该地区沙漠(沙地)面积的 80% 左右。

(2) 从分布的面积来说, 新疆分布最广, 约占全国沙漠戈壁面积的 55% 左右, 其次是内蒙、青海、甘肃、陕西、宁夏、吉林、辽宁和黑龙江(表 1-1)。

从各个沙漠的面积来说, 新疆南部的塔克拉玛干沙漠是我国面积最大的沙漠, 包括周围零星的沙漠在内, 面积共达 33.7 万平方公里, 约占全国沙质荒漠总面积的 1/2, 也是我国沙漠中流沙分布最广的一个, 其面积为 27.7 万平方公里。新疆北部准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠是我国第二个大沙漠, 包括周围零星沙漠在内面积达 4.8 万平方公里, 也是我国最大的固定、半固定沙漠。内蒙西部的巴丹吉林沙漠是我国第三个大沙漠, 也是我国沙丘最高大的一个沙漠。风蚀地分布最多的是在柴达木盆地的西北部, 面积为 2.24 万平

1) 此数字系根据最近补点考察和航测地形图及卫星相片等资料所编制的中国沙漠图进行量算所得, 同时还包括了现代沙漠化土地的面积和过去尚未考察过的沙漠地区的一些资料, 因此与原来的 109 万平方公里的面积数字有所不同。

中国沙漠分布图

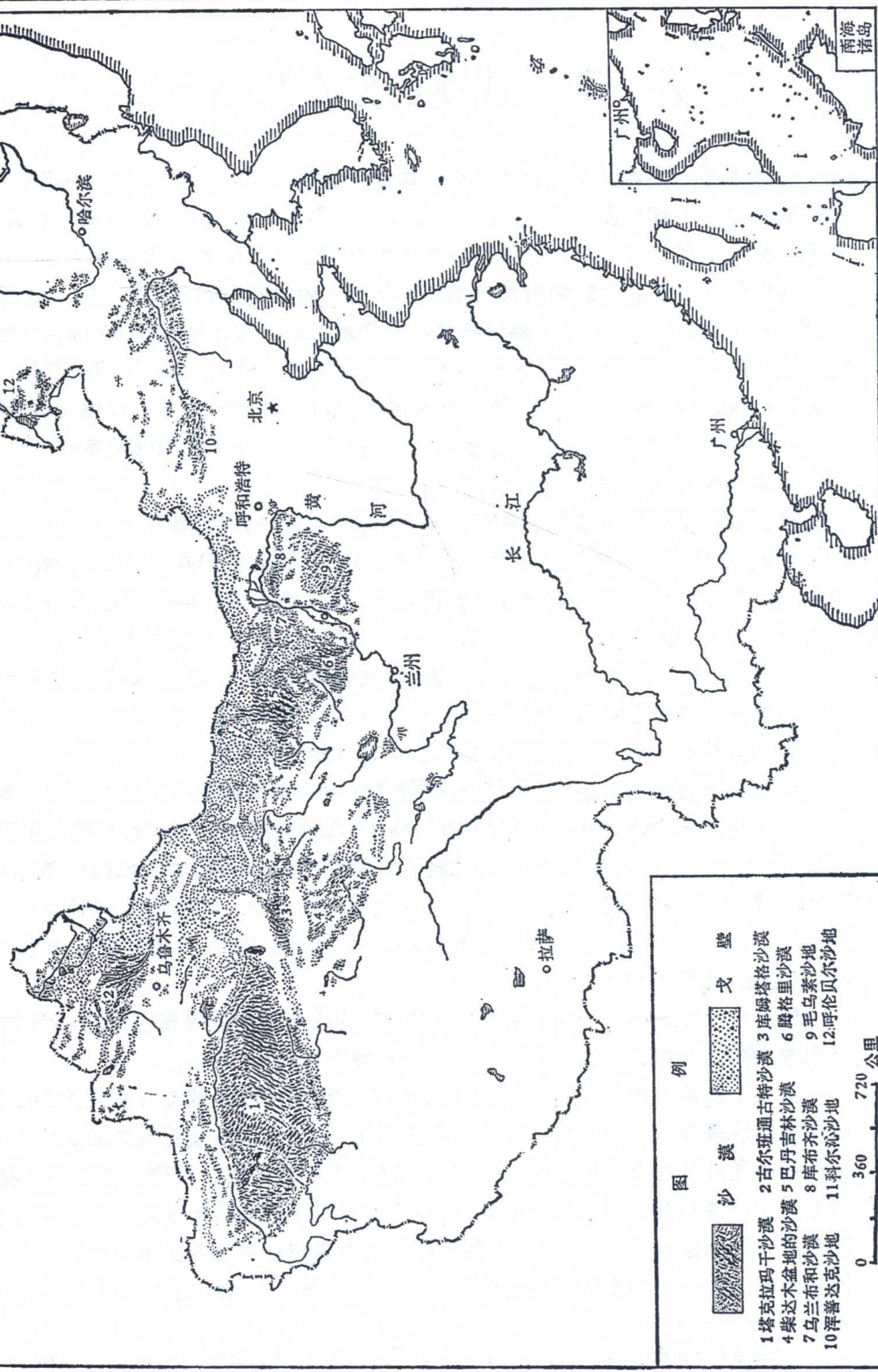


图 1-1 中国沙漠分布图

表 1-1 我国沙漠戈壁的分布面积 (单位: 万平方公里)

省(区)	总面积	沙漠(包括沙丘及风蚀地)	戈壁面积
新 疆	31.3	42.0	29.3
甘 肃	6.8	1.9	4.9
青 海	7.0	3.8	3.7
内蒙古	40.1	21.3	18.8
宁 夏	0.65	0.4	0.25
吉 林	0.36	0.36	0
辽 宁	0.17	0.17	0
陕 西	1.1	1.1	0
黑龙江	0.26	0.26	0
总 计	128.24	71.29	56.95

注: 上述数字中未包括现代沙漠化土地

表 1-2 我国各个主要沙漠的面积 (单位: 万平方公里)

沙漠名称	面 积	沙漠名称	面 积
塔克拉玛干沙漠	33.76	科尔沁沙地	4.23
古尔班通古特沙漠	4.88	浑善达克沙地	2.14
巴丹吉林沙漠	4.43	库姆达格沙漠	1.95
腾格里沙漠	4.27	乌兰布和沙漠	0.99
毛乌素沙地	3.21	柴达木盆地的沙漠与风蚀地	3.49

方公里。表 1-2 是我国各个主要沙漠的面积统计。

(3) 从分布的自然条件来说,各个沙漠(沙地)所处的自然条件也不相同,如塔里木盆地中的塔克拉玛干沙漠系暖温带干旱荒漠,准噶尔盆地中的沙漠为温带干旱荒漠,柴达木盆地中的沙漠系青藏高原上的高寒干旱荒漠,鄂尔多斯地区的沙地西部属于温带荒漠草原,东部为温带半干旱地区的干草原地带,内蒙东部和东北平原西部的一些沙地则分布于温带半干旱地区的干草原地带,而科尔沁沙地的东部和松嫩等地区的沙地属于温带半湿润地区的草原地带,正是如此,所以我国各个沙漠的自然特征也就有着显著的差异。

(4) 从我国沙漠(沙地)分布的地势来说,除了东北平原西部的科尔沁沙地海拔较低在 100—300 米以外,其他沙漠都分布于海拔较高的高平原及内陆山间盆地中,如内蒙高原东部的浑善达克(即小腾格里)沙地海拔在 1000—1400 米,鄂尔多斯高平原上的沙地海拔都在 1200—1500 米之间,阿拉善地区的一些沙漠海拔在 1200—1800 米之间,塔里木盆地的沙漠海拔高度在 800—1400 米,柴达木盆地的沙漠则在海拔 2600—3400 米之间,甚至在青海新疆东南一些海拔 4000 米左右的高山河谷盆地及青藏高原的雅鲁藏布江河谷中也可见有沙丘的分布。

我国沙漠的共同自然特点是:

(1) 气候干旱,雨量稀少。降水量大致自东向西递减,绝大部分地区年降水量在 400 毫米以下,但仍有局部的差异,内蒙东部及东北平原西部的沙区年降水量在 250—400 毫米左右,宁夏及甘肃西部的阿拉善地区都在 50—150 毫米,巴丹吉林沙漠内部则在 50 毫米以下,新疆东部及塔克拉玛干沙漠的中部和东部更少,在 25 毫米以下。若羌 1957 年年雨量只有 3.9 毫米,安的尔 1966 年年雨量仅 5.0 毫米。正是这样,所以在内蒙东部及东北平原西部的沙区,植物生长较好,固定及半固定沙丘占绝对优势。而在东经 108 度以西

的地区,除准噶尔盆地降水量稍多在100—200毫米,植物生长较好,大部为固定及半固定沙丘外,绝大部分的沙漠都系流动沙丘。沙漠地区不仅雨量稀少,而且蒸发量很大,一般在1400—3000毫米,沙漠内部常达3000—3800毫米。从干燥度¹⁾来说,也是自东向西逐渐增加,数值愈大,也愈干燥,东部一般在1.5—4.0,而在贺兰山以西却在4.0以上,到新疆东部及塔克拉玛干沙漠干燥度则高达20—60。

(2) 热量资源较为丰富,气温较差大。全年日照时间一般在2500—3000小时,无霜期一般为120—300天,大于和等于10°C的积温除呼伦贝尔及内蒙古东部等一些沙地外,一般在3000—5000°C。气温变化较大,平均年温差一般在30—50°C,绝对温差达50—60°C以上。塔克拉玛干沙漠南部的安的尔1967年曾达67.2°C。日较差变化极为显著,一般在10—20°C,最大可达30°C;特别是沙漠地表温度变化尤为剧烈,夏秋午间可达60—80°C,夜间又可降到10°C以下。

(3) 风沙频繁。沙漠地区风力较大,在风季风速大到5—6级以上是常见的,加之地表大部为疏松的沙物质,所以在冬春风季沙质地表受风力吹扬,造成风沙弥漫,沙暴频繁,风沙日一般在20—100天左右;特别是在植被稀疏的流沙地区,沙暴更是普遍。新疆塔克拉玛干沙漠南部风沙日常占全年的1/3,如且末最多可达145天,在腾格里沙漠边缘的民勤1959年风沙日可达148天,占全年日数的41%,其中3—6月风沙日高达全月的1/2以上,持续时间最长可达17—48小时,一般在10个小时以上。

(4) 植被稀疏低矮,除了在深入到沙漠中去的一些河谷地带及沙漠边缘河流沿岸有生长较密的胡杨林(如新疆塔里木河中下游、和田河下游、克里雅河下游、叶尔羌河下游及额济纳河下游等)、沙枣林和科尔沁沙地及浑善达克沙地东部、呼伦贝尔沙地等固定沙丘上可见有散生的山杨、山杏、榆树和樟子松等以外,绝大部分都系草本及灌木(如怪柳和梭梭等),特别是流动沙丘地区,植被更为稀疏。

沙漠地区不仅植物低矮稀疏,而且还具有干旱沙漠地区植物的特色。为了适应干旱的气候,它们的叶子都退化得小小的,或者变成棒状和刺状,如梭梭和沙拐枣等。很多植物为了减少蒸腾而气孔下陷,角质层加厚。另一些植物营养器官变为肥肉质以自身储蓄水分。为了抵抗夏天强烈的阳光,很多植物的枝干表面变成白色或灰白色,如白茨等。为了吸收沙层里仅有的一点水分,它们的根尽量往地下深处伸展,并长出很多的侧根以扩大吸水面积。

(5) 我国沙漠(沙地)除一小部分分布在内陆高原上外,绝大部分都分布在内陆巨大山间盆地中,如塔克拉玛干沙漠位于塔里木盆地中,古尔班通古特沙漠位于准噶尔盆地中等。这些盆地的地面组成物质大部分为河流冲积或湖积平原,都以深厚疏松的沙质沉积物为主,如古尔班通古特沙漠南缘沙质沉积物厚度一般可达200—400米,科尔沁沙地分布的西辽河下游冲积平原第四纪疏松沙层的厚度也可达130米。这种深厚疏松的沙质沉积物在干旱而多风的气候条件下,易被风力吹扬成为沙漠形成的重要物质来源。

(6) 沙漠地表都为沙丘所覆盖,致使地面起伏,高大者可达100—300米,一般都在10—25米,低矮的则在5米以下。这些沙丘(除固定、半固定沙丘外),一般在风力作用下都有显著的顺主风方向丘体向前移动的现象,但其移动速度的大小,在同一风向同一自然

1) 关于一个地区的干燥程度,采用中国科学院自然区划工作委员会所拟定的指标,即 $A = E/r = 0.16 \sum t/r$, A为干燥度, E为可能蒸发量(等于 $0.16 \sum t$), $\sum t$ 为10°C以上积温, r为同时期的降水量。

条件等情况下,则和沙丘本身体积大小有关,沙丘愈高大,移动速度就愈慢,但在水分植被条件较好的地区,沙丘大部为植物所固定,前移就不很显著。根据沙丘活动的程度,一般可分为三种不同的类型:第一种为固定沙丘,植被覆盖度一般在40%以上,丘表风沙活动不很显著。第二种为半固定沙丘,植被覆盖度在15—40%,丘表流沙呈斑点状分布,有显著的风沙活动。第三种为流动沙丘,植被稀疏,覆盖度在15%以下,甚至丘表完全裸露,风沙活动极为显著。

(7) 在雨量稀少蒸发旺盛而地表组成物质又易于渗漏的条件下,几乎完全没有当地地面径流所形成的河流,仅有若干过境河流(如科尔沁沙地的西辽河干支流,乌兰布和沙漠东缘的黄河等),和由附近高山以冰雪补给为主的河流注入,成为当地主要的水源,如塔克拉玛干沙漠边缘的塔里木河、车尔臣河、叶尔羌河及深入沙漠的和田河、克里雅河等。在水系上除西辽河干支流流域的科尔沁沙地南部(指新开河以南)和毛乌素沙地东南部等沙区为外流区外,其他沙漠全系内流区。

(8) 沙漠地区地表水虽很缺乏,但地下水源除部分沙漠外,大部分地区都分布有潜水和承压水,这是因为我国主要沙漠正如前面所提及的大部分位于内陆盆地内,盆地的地貌和疏松的河流冲积或湖相沉积物可以汇集与蓄存大量的地下水。其中最有利利用价值的是:1) 沙漠边缘山前平原的潜水,如柴达木盆地边缘山前平原有一断续的潜水溢出带,钻孔涌水量5—10公升/秒,或大于10公升/秒,矿化度一般小于1克/升¹⁾。塔克拉玛干沙漠南缘昆仑山北麓的山前平原也有类似的特征。2) 沙漠内部河谷冲积层的潜水,如深入到沙漠中去的一些河谷地带(塔克拉玛干沙漠中的和田河下游、克里雅河下游等),由于受现代河流洪水的经常性及周期性补给与冲淡,潜水水质较好,水量也较大,埋藏也浅,一般小于3米,矿化度不大于1克/升;在一些洼地和深入沙漠腹地的三角洲前缘,潜水溢出常成为小湖。3) 沙漠内部为沙丘覆盖的冲积-湖积层的承压水及自流水,如准噶尔盆地的古尔班通古特沙漠西部玛纳斯地区在80—120米深度内即有自流水。乌兰布和沙漠西南湖积平原的自流水,每眼自流井流量达2—5公升/秒。有些巨大沙丘下尚可见有淡水泉,量虽不大,但可供饮用,如甘肃敦煌鸣沙山的月牙泉,宁夏中卫腾格里沙漠东南的沙坡头等,矿化度一般都在1克/升以下。上述的情况说明了我国沙漠地区虽然比其他地区来说较为缺水,但并不是无水。然而也须指出,我国西部沙漠腹地的沙丘丘间地除有些地区地下水埋藏很深(大于10米)外,一般潜水位深仅2—5米,但矿化度较高,在5—10克/升,甚至有大于10克/升以上,不适宜于饮用和灌溉。

以上是我国沙漠的一般特征,下面再简单的说明一下关于沙漠化土地的特征。

诚如前面所提及的干旱及半干旱地区沙漠化土地乃是历史时期原非沙漠地区产生了类似沙漠的环境变化,即:1) 沙漠条件扩大到沙漠界限以外,即在历史时期内原来的荒漠草原及干草原地带出现了类似沙漠的景观。2) 在沙漠内部加剧了沙漠条件,即自然因素形成的沙漠在历史时期内又进一步的扩展。所以沙漠化土地除了具有上述沙漠的一般特征外,还有着其特殊之处:

(1) 沙漠化土地大部是由于人类对干旱及半干旱生态系统的影响所引起和加强,因此大部分都系历史时期的产物,如毛乌素沙地、科尔沁沙地等便是显著的例子(详见人为

1) 李宝兴,论中国干旱-沙漠区水文地质区划,1964年。

因素在历史时期沙漠形成中的作用一节),它不象沙漠主要是史前时期自然因素所形成。

(2) 荒漠草原和半干旱干草原地带虽比荒漠地带具有稍优越的降水和植被条件,但降水的易变性和人类活动的频繁性,只要稍为过度的干预这种脆弱的生态系统就会破坏其动态平衡,容易发生沙漠化,造成生物生产量的降低。所以从地区分布上来说,沙漠化过程最显著的地区是在荒漠草原和半干旱干草原地带,我国沙漠化土地面积的90%左右都分布在这一地带,西部干旱荒漠地带的沙漠化土地仅分布于沙漠内部或沙漠边缘河流的下游沿岸绿洲及风力作用下沙丘向沙漠边缘前移的地方。

(3) 沙漠化是发生在脆弱的半干旱及干旱生态系统内,而且主要是受人为活动的影响,因此以流沙出现为主要标志之一的沙漠化现象,大部先从居民点、农田、牧场或井泉附近开始,呈斑点状扩大分布,从而形成流沙与半固定、固定沙丘相互交错分布的景观,不象一般沙漠地区各种沙丘景观受自然条件影响有规则的分布,如固定、半固定灌丛沙丘分布在沙漠边缘洪积-冲积扇前缘潜水位较高的地区或间歇性河流沿岸及湖盆周围等。

(4) 沙漠化也可以说是在历史时期干旱及半干旱地区脆弱生态系统条件下不合理的土地利用的结果,换言之即土地利用与自然条件自然资源之间矛盾的产物,因此沙漠化土地往往呈现出耕地、牧场和沙丘犬牙交错分布的特点,它不象一般沙漠地区绿洲耕地呈有规则的分布在河流沿岸或洪积-冲积扇中下部等地区。

由上述的分析可以看出沙漠化是由于干旱及半干旱生态系统的脆弱化所造成,而其形成是一个渐变的过程,因此需要有一系列指示的特征(简称指征)来加以确定,只有如此才能:1)了解沙漠化的现状。2)根据其指征的一些数量标志可以估计沙漠化的程度。这些指征是:

(1) 风沙活动的强度:这是衡量沙漠化最显著的指征,包括地面沙丘出现的情况(可以单位面积内沙丘分布数量或沙丘所占面积的百分比来表示);沙丘活动的程度与沙丘前移的速度;地面风蚀或积沙的深度;风沙流的强度(以进入绿洲内近地面气流中含沙量的多少来表示);起沙风的次数、风力大小和风沙日数等。

(2) 干旱性:是衡量沙漠化的一个气候指征,包括年雨量分布和易变性,持续干旱期的变化和干旱指数(可以年雨量和年蒸发量之比来表示)等。从这些数量标志的逐年变化值可以了解其干旱变化的趋势和特征。

(3) 植被覆盖的程度:它不仅反映植被覆盖程度的大小,同时也是沙丘活动程度衡量的主要标志。对植被类型和植物组成结构的变化也是从植被方面衡量沙漠化的重要指征。

(4) 土壤性质的变化:特别是遭受风蚀地区土壤风蚀以后土壤粒度组成的变化,有机质的变化,物理性质的改变等。在有些地区还要考虑盐分的变化等方面。

(5) 水分条件的变化:包括土壤水分的变化及地下水深度和矿化度的变化等。在地表水及湖泊水域等方面,除了注意河床湖面变迁、水量变化外,还要考虑水化学性质的变化。

除了上述这些自然指征外,还有人为活动因素的指征。其中土地利用的是否合理性尤为重要,在干旱及半干旱地区要考虑土地利用方式(如灌溉农业、旱农和畜牧业等)与自然条件及自然资源之间的适应性,特别是在荒漠与草原过渡的农牧交错地带,这种情况特别敏感,任何方式过度的农牧利用都会造成两者之间的不相适应,导致天然生态平衡的干扰而使生物生产量下降,为此要考虑土地利用的程度,如在草原地带必须注意单位面积内的产草量和载畜量;在半干旱地区要注意旱作农业的气候界限等。综合上述这些指征可以

用来估价沙漠化的程度。

由于沙漠化过程的渐变性，所以上述这些指征的数量标志仅靠简单的一次测量还不足以判断其沙漠化的特征，因此对比其变化的数值是更有意义。所以利用不同时期的航空相片进行判读分析和不同时期的调查制图观察才能掌握其变化趋势，从而为防治沙漠化发展的技术措施提供依据。

需要指出，上述这些沙漠化的指征，都是相互连系的，其中某项指征的变化也会影响其他指征的变化，如水分条件的变化影响植被的变化，而植被的稀疏容易导致流沙的形成；又如干草原地区过度的农牧利用、植被破坏，也会造成沙质土壤的风蚀，导致流沙的出现。因此不论其各种指征相互的影响程度如何，然而最终的目的都是以地面上出现沙丘分布为最基本的形态。所以我们以地面上出现风沙活动和沙丘分布作为沙漠化土地最显著的标志。根据这一原则位于干草原地带带有沙丘分布的呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、毛乌素沙地等等，大都系历史时期所形成的沙漠化土地。荒漠地带的巴丹吉林沙漠西北黑城一带和塔克拉玛干沙漠中一些河流下游为沙丘所侵袭的一些废弃绿洲等也系沙漠化的土地。

第二章 沙漠的形成

从上一章里,我们可以看到,东起东北平原西部,西迄新疆维吾尔自治区的我国北方九省(区),都分布有大大小小的沙漠及沙地,可是这样多的沙漠究竟是怎样形成的呢?通过十余年来对我国广大沙漠地区的大规模科学考察和研究,对于我国沙漠的成因开始有了比较清楚的认识。概括起来一句话,我国的沙漠是在干燥气候和丰富的沙漠沙物质来源等自然条件下,以及人为因素影响下长期发展演变而形成的。

第一节 沙漠形成的气候因素

沙漠的成因,就自然条件来说,干燥少雨是沙漠形成的必要条件,可以说,沙漠是干燥气候的产物。就世界范围而论,干燥气候区域(干旱区)的形成主要与纬度、环流因子有关。在南北纬 15° — 35° 之间,为副热带高压带的控制范围,终年为信风吹刮的区域。在高气压带内对流层气柱具有下沉作用,它使空气动力增热(绝热变热)并使相对湿度减小(对流层较低处整个厚层的湿度低),空气非常干燥;同时,因下沉作用稳度加大,从而抑制了阵雨和对流。而信风乃是由高纬度吹向低纬度的比较低温而干燥的旱风,特别是大陆西岸因信风绕副热带是背岸而吹的,使之干旱更为加甚。所以,副热带大气很为稳定,湿度低,少云而寡雨,成为地球上雨量稀少的干旱区。世界上的多数大沙漠也皆位于此带,特别是副热带大陆西岸,沙漠的分布直抵海岸边。如北非的撒哈拉沙漠,西南亚的阿拉伯沙漠,澳大利亚沙漠和非洲西南部的纳米布沙漠,南美洲的阿塔卡马沙漠等。这是热带、亚热带沙漠的成因,即所谓热沙漠或信风沙漠。

我国的沙漠(沙地)主要分布于西北、内蒙温带与暖温带的干旱、半干旱地区¹⁾,约在北纬 35° — 50° 、东经 75° — 125° 之间。若按它们的纬度来说,本不应该成为干燥气候区域。我国干旱区的形成,地理因素——主要是远距海洋和巨大青藏高原的地势影响无疑地具有独特作用;但这种作用也只有通过环流因子的影响才显示出来。青藏高原的存在,不仅影响我国和东亚的天气气候,甚至整个北半球的天气气候都受到影响。日本气象学者真锅(Manabe)用数值实验的方法,比较了有和没有青藏高原的大气环流形势,其结果是,当有青藏高原存在时,在夏季,就有越过赤道冲入印度半岛的西南气流,即所谓季风爆发;可是,如果不存在青藏高原,则不能产生出西南季风气流。冬季,若没有青藏高原,西伯利亚的大陆冷空气,就要与印度洋暖空气进行热交换,西伯利亚大陆就不能成为冷空气积存的地方。然而,由于青藏高原的存在,阻挡了这种热交换。其结果,冷空气在西伯利亚大陆上积蓄,并与太平洋上的暖空气进行水热交换²⁾,从而对东亚季风环流的确立起到重要的

1) 根据中国科学院自然区划委员会的划分,干燥度 1.5—2.0 为半干旱区(干草原); 2.0—4.0 为干旱区半荒漠(荒漠草原), 4.0 以上为干旱区荒漠。

2) 转引自朝仓正: 西藏高原与世界气候(译文), 国外气象参考资料(第一辑), 1976 年。

作用。据最近研究,上新世时青藏高原的高度仅 1000 米左右^[1],当时我国的气候主要受纬度带的影响,自南而北作有规律的变化。到上新世末和第四纪初,青藏高原大幅度隆起,由于高原隆起后其在气候上的热力作用和动力作用,诱发了印度季风;西伯利亚高压因高原隆起而北移并强化²⁾,同时,也就强化和维持了东亚的季风环流;因而打破了第三纪行星风系在我国占主导地位的局面,引起各地气候带重新分异。正是由于欧亚大陆和太平洋的对比关系及巨大青藏高原自第三纪末、特别是中更新世以来的不断强烈隆起,所建立起新的气压分布形势和季风环流系统,以及嗣后青藏高原和天山、昆仑山等高大山系终于又成为季风的严重障壁,而使高原北部处于雨影地区。这样,就使远离海洋、深居内陆的我国西北和内蒙的广大地区,冬季在西伯利亚-蒙古冷高压控制下,气候异常干燥寒冷;夏季,高山高原屏障,也难受到湿润季风的影响,高温少雨。因此,终年处于极端干旱的情况下,造成世界上最巨大的、具有典型干燥大陆性气候的温带、暖温带干旱区。

我国干旱区的干燥大陆性气候,有气候干燥少雨,日照强烈,冷热剧变和风大等四大特点。在这种气候条件下,地表迳流一般贫乏,流水作用微弱²⁾,仅骤然暴雨偶成洪流,才造成对地面的冲刷切割;相反,风的活动十分活跃,特别因干燥气候下强烈的风化作用和盐分的积聚,以及在干燥气候影响下形成的缺少植物被覆的光裸地面,更大大地促进和加强了风的作用,使它成为干旱区地貌塑造的最重要营力。疏松裸露的沙质地表在风的作用下,发生强烈的风蚀,沙土被风吹扬搬运;在风力减弱或遇到障碍物、风力无法挟带沙粒继续前进时,便发生沙子的堆积(关于沙子堆积的过程及其机制,参看第三章)。沙子大面积的堆积结果,遂形成沙漠。

第二节 第四纪古地理轮廓和沙漠沙的起源

干燥的气候是沙漠形成的必要条件,而丰富的沙源则是沙漠形成的物质基础。沙漠沙物质的来源是和第四纪时期古地理有密切的联系。

现在,举几个沙漠为例,对我国沙漠的第四纪古地理特征和沙漠沙的来源作概略的阐述。

一、塔克拉玛干沙漠

塔克拉玛干沙漠位于新疆塔里木盆地的中央,其基底是中国地台的一部分,据中国科学院地质研究所^[2]的研究,主要由三大构造单元组成:中部为奥哈尔特隆起,其南为莎车凹陷,北为库车边缘凹陷。两个凹陷在中新生代沉积了厚达 5000 米以上的海相和陆相地层,它们目前很少出露地面,只有在麻札塔格一带,北民丰隆起(民丰以北 100 公里左右的

- 1) 青藏高原尚未大规模急剧上升时,冬季的大气环流型的主要特征是在北纬 30° 的拉萨附近有一弱高压;到第三纪末、早更新世时,随着高原隆起,弱高压被推移到北纬 40° 的若羌附近,且在强度和范围上都有明显加强;至早更新世末、中更新世时,若羌高压控制着青藏高原以北的广大地区。中更新世后,高原上升加剧,进一步迫使高压更推向北部,移至现在的位置,即北纬 50° 附近,这就是当今的西伯利亚-蒙古高压(中国科学院地理研究所青藏科考气候变化小组:青藏高原隆起前后的环流状况,1977 年)。
- 2) 沙漠地区几乎没有由当地地表迳流所形成的河流,但有一些由附近高山高原的冰雪和雨水所补给的河流注入。这些河流一旦流入沙漠之后,水量即迅速减小,终于淤为内陆湖泊,或即没于沙漠和戈壁之中。

沙漠中)等地有红褐色粉砂岩和细砂岩地层的露头。奥哈尔特隆起是一个长期以来经受剥蚀作用的地区,但隆起幅度有限,属微隆起的基台组成的丘陵地形。晚第三纪以后,凹陷褶皱升起,奥哈尔特隆起也产生了大规模的断裂和陷落活动,例如塔克拉玛干沙漠本部与罗布泊之间的地势阶梯就是这样形成的,前者高度为1000—1200米,后者(罗布泊区域)高度为780—320米。这种由最新构造运动所造成的由西南向东北降低的盆地地势特征,决定着塔克拉玛干沙漠区域第四纪古地理环境和沉积物的性质。

塔里木盆地第四纪沉积物呈有规则的环状分布。盆地外围接近山麓的地带是一个宽广的洪积扇和冲积-洪积扇所组成的山前缓倾斜平原。昆仑山北麓的山前倾斜平原由源自昆仑山的十多条较大河流的冲积-洪积扇互相联结而成。由于西部昆仑山在第四纪时期发生间歇隆起作用,所以大河在山前形成的冲积扇都具有多级冲积扇(不同年龄)叠置的特点,经野外调查和航空象片分析的资料查明,在皮山、和田、民丰一带的塔克拉玛干沙漠西南部有五级冲积扇。由于昆仑山的隆起量最大,剥蚀过程最剧烈,因而山前倾斜平原的幅度和坡降都很大,洪积层和冲积-洪积层的厚度也大。冲积-洪积扇的上部坡度一般达 6° — 8° ,由砾石组成,根据部分地质勘探和物探资料,砾石层厚度为500—600米,最大厚度达900米^[3];向下坡度渐小,一般为 1° — 2° ,主要由沙和亚沙土组成,多级冲积扇在皮山地区其最大范围可以直达麻札塔格的南麓。

在昆仑山北麓冲积扇的组成物质中,普遍分布着作为干燥气候标志的石膏层。有些地方厚层的石膏层,在脱水和水化过程中膨胀和收缩,形成多角形的龟裂地,或形成很多穹起的小阜(照片2-1)。

天山南麓的冲积-洪积倾斜平原,地表组成物质与分布规律和昆仑山北麓相似,但其规模较小,向平原地区伸入长度有限,这是由于天山南部山前地区在第四纪时期不断的凹陷,凹陷区的地势从西向东倾斜,使河流出口以后很快转向东之故。另方面可能第四纪天山南坡植被比昆仑山北坡生长较好,河流挟沙量少;还与天山许多山间盆地(如拜城盆地、焉耆盆地)截留大河一部分沉积物有关。而且天山迳流量从西向东递减,所以山口干三角洲规模,亦依次向东变小,东部堆积平原的地势高度因而大大落后于西部堆积平原的地势高度^[4]。

塔里木盆地内部为一广大的古冲积平原,这一平原乃由昆仑山北麓诸河的古代干三角洲沉积和塔里木河的巨厚冲积物所组成。

塔克拉玛干沙漠地区虽然目前地表迳流缺乏,流水作用微弱;但在大沙漠的西部、中部和南部广大地区,古代河流的三角洲极其发育(图2-1)。三角洲上有明显的古代水道网痕迹,它由现在沙漠的边缘一直伸展到沙漠内部200—250公里的腹地。如以克里雅河为例,现在克里雅河的洪水只流到沙漠中的唐古兹巴斯特一带,但从地面上还清楚遗留着的古河床遗迹来看,更古老的克里雅河曾注入塔里木河。根据塔克拉玛干沙漠中部复合型沙垄的特征及其分布规律,和干河床的扇状排列等特征,我们推测在第四纪时期克里雅河与其西侧和田河,其东的尼亚河、安迪尔河等河道一起,在奥哈尔特隆起之上曾造成了一个广大的三角洲平原。沉积层的岩性,根据皮山、墨玉、和田、于田等地钻孔记录,在揭露的深度100—200米内,主要为灰色中细沙和细粉沙(图2-2)。

沙漠北部的塔里木河冲积平原,宽度达130公里,它是由塔里木河阶段性向北迁移(受奥哈尔特隆起的影响)造成的。呈东西向延伸的古代塔里木河的老河床(照片2-2),