

全国高等林业院校试用教材

沙 漠 学

张广军 主编

中 国 林 业 出 版 社

全国高等林业院校试用教材

沙 漠 学

张广军 主编

沙漠治理专业
水土保持专业 用
环境生物工程专业

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

沙漠学/张广军主编. —北京:中国林业出版社,1996
全国高等林业院校试用教材
ISBN 7-5038-1554-X

I. 沙… II. 张… III. 沙漠研究-高等学校-教材 IV. P
941.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 09714 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京市卫顺印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.75

字数:25.4 千字 印数:1~1000 册

定价:8.50 元

主 编 张广军
副主编 张文明

编写者 绪 论 张广军 张文明
第一章 张广军
第二章 张广军
第三章 王 刚
第四章 张广军 张文明
第五章 高国雄
第六章 廖超英 薛自德
主 审 周心澄

第七章 吴发启
第八章 梅秀英
第九章 薛自德
第十章 吴发启
第十一章 薛自德
第十二章 廖超英

前 言

沙漠学并非一门古老的学科,但却是地学中最活跃的分支之一,同时也是许多其它学科,诸如农学、林学、水土保持及环境科学等研究人员共同感兴趣的学科。特别是本世纪 70 年代以来,沙区环境及资源开发利用问题引起了世界范围的关注,因之使沙漠学也有了一个长足的发展。

尽管沙漠研究在近些年来有了较大的发展,广大科学工作者和沙区人民在沙漠研究及治理实践中,积累了丰富的资料和经验,并利用杂志、报刊、书籍甚至电影艺术等多种形式总结了沙漠研究的理论和经验,但在高等教育中,目前尚没有一本完整系统的《沙漠学》教科书。

从 1986 年起,西北林学院先后为防护林专业、水土保持专业及治沙专业开设了《沙漠学》课程,由张广军先生编写了《沙漠学》讲义,经过 7 个届次的教学实践,教材内容日臻完善。为满足高等院校有关专业教学及从事沙漠和相关学科科技工作者的需要,1994 年林业部人教司批准,把该教材作为全国林业院校试用教材正式出版,为此我们组织了一批长期从事治沙、水保及有关专业的教学骨干力量,以原教材为基础,分工编写,最后由主编修改定稿。由于课程分工的缘故,有些内容如风沙运动规律、治沙技术等未纳入编写范围。

任何新生事物在它们的成长过程中,难免带有幼稚和粗糙的方面,沙漠学也一样,在理论和实践中,还有不少问题有待完善和探讨。因而在本教材编写中,有时无法回避一些带有争议或正在探讨中的问题。因沙漠学涉及的学科面太广,同时本学科尚处在创建之初,编写难度大,加之编者水平有限,时间仓促,错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

本教材附图,除个别外,均由马登奋清绘。

在教材编写过程中,得到了西北林学院李广义院长、刘秉正教授、张仰渠教授、吴越处长等的热情支持和指导,借本书出版之际,特向他们及所有支持和关心此书出版的同志表示衷心的感谢。

编 者

1995 年 8 月

目 录

前 言

绪 论	1
第一章 干燥气候与荒漠	7
第一节 干燥气候	7
第二节 荒漠	17
第二章 沙 漠	24
第一节 沙漠及其分布	24
第二节 沙漠的形成	28
第三节 沙漠类型划分	36
第三章 人类文化历史时期的沙漠变迁	38
第一节 人类文化历史时期沙漠变迁的一般过程	38
第二节 荒漠化及沙质荒漠化	39
第三节 沙质荒漠化的成因	42
第四节 荒漠化的等级划分	44
第五节 荒漠化的防治	45
第六节 我国北方地区的沙漠化	47
第四章 沙漠地区的气候特征	52
第一节 降水及蒸发特征	52
第二节 日照及冷热变化特征	56
第三节 风沙特征	58
第四节 沙漠地区的气候资源	60
第五章 沙漠地区的水	63
第一节 水对沙漠地区人类经济活动的意义	63
第二节 沙漠地区的地表水	64
第三节 沙漠地区的地下水	69
第四节 沙漠地区水资源的利用与生态环境的变化	71
第六章 沙漠地区的土壤	73
第一节 沙漠地区的地带性土壤	73
第二节 沙漠地区的非地带性土壤	77
第三节 我国沙漠地区的土壤分区	79

第四节	沙漠地区的土壤资源	80
第七章	风沙地貌	83
第一节	风蚀地貌	83
第二节	风积地貌	85
第三节	风沙地貌的演变	89
第八章	沙漠地区的植被	95
第一节	植被的一般概念	95
第二节	沙漠地区的地带性植被	95
第三节	沙漠地区的非地带性植被	103
第四节	丰富的沙区动植物资源	105
第九章	沙漠的改造利用.....	109
第一节	沙漠改造利用的现状 & 前景	109
第二节	沙产业理论	114
第三节	沙区水资源开发利用	116
第十章	沙漠研究方法.....	124
第一节	沙漠综合考察研究	124
第二节	古地理、古环境研究方法简介	133
第十一章	世界各沙漠的基本特征.....	136
第一节	非洲沙漠的基本特征	136
第二节	亚洲沙漠的基本特征	143
第三节	澳洲沙漠的基本特征	147
第四节	欧美洲沙漠的基本特征	149
第十二章	我国主要沙漠的特征.....	153
第一节	荒漠及荒漠草原地带的沙漠	153
第二节	草原地带的沙地	160

绪 论

一、沙漠学的研究对象、任务及意义

(一) 沙漠学的研究对象

在地球大陆北纬和南纬 15°到 35°之间的副热带及温带大陆内部,由于气候干燥,分布着大面积植被稀疏、地表组成物质粗瘠的荒漠。根据地貌形态与地表组成物质,可把荒漠分为四种类型:岩漠(石质荒漠)、砾漠(砾质荒漠——戈壁)、沙漠(沙质荒漠)及泥漠或盐碱漠。在地理学上,通常只把沙质荒漠称为沙漠。但由于草原地带的沙地与沙质荒漠具有相近似的性质,一般也被泛称为沙漠。鉴于此,本书主要涉及的是沙质荒漠和草原地带的沙地。又因沙漠与其它类型的荒漠在地域分布上相互交错,在成因上有着密切的联系,因此,书内也将对其它类型的荒漠做以概略的论述。

人们对沙漠的认识和研究,是随着科学技术和社会生产的不断发展和进步而逐渐深化的。从系统科学出发,现实世界归根到底是由某些规模大小不同、复杂程度有别、等级有高低之分、彼此交错重叠,并且互相转化变换的有层序的系统所组成。沙漠也应被当作一个完整的自然体系来对待。沙漠地区的地貌、气候、水体、生物和土壤等相互间存在着密切的联系,并共同构成沙漠这个完整而有序的自然综合体。因此,在研究沙漠时,必须将气候、生物、土壤和地质地貌及其形成的各种因素结合起来,进行综合分析。所以说,沙漠学是把沙漠作为一个有规律的完整的统一体系,由各有关学科相互渗透、相互结合,以研究沙漠(包括沙漠化土地)的形成、发展、自然特征及其治理的一门科学。也可以说,沙漠学是一门多学科特别是地学与生物学相互渗透的边缘学科,同时也是一门应用性很强的学科。难怪长期以来,许多科学家曾竭力从成因、地质、地貌、气候、植被、土壤及水文等不同学科来考察、描述和研究沙漠。

(二) 沙漠学研究的任务

沙漠学的任务可简单概括为下述几个方面:

- (1) 研究沙漠的形成和发展规律。
- (2) 研究沙漠地区的自然特征(包括气候特征、地貌特征、水文特征、土壤特征、生物群落特征等)及其相互联系。从整体上阐明沙漠景观及其变化规律。
- (3) 研究沙漠环境的空间分异规律,进行沙区自然地理区划和土地类型的划分,阐明各级自然区的土地类型的特征及开发利用方向。
- (4) 参与沙区自然条件和自然资源的评价。例如,对沙漠地区的农业生产潜力及工矿资源潜在价值的评价等等。
- (5) 研究人类干扰后沙漠环境的变化特点、发展动向和存在问题,寻求合理开发利用沙漠的途径及整治的方法。

(三) 沙漠学研究的意义

沙漠地区的外貌常给人们留下荒凉贫瘠的印象,尤其是恶劣的自然环境条件,常引起人们迷信般的恐惧。因而,在科学不发达的古代,沙漠常被人们描述得十分可怕,什么“上无

飞鸟，下无走兽”啊！什么“月球上的死谷”啊！等等，都是当时人们对沙漠认识的生动写照。然而，随着科学技术的进步，人们对沙漠的考察和研究日益增多，经济开发也日益增长，从而使人们对沙漠的认识逐步深化。事实证明，如同其它自然地带一样，沙漠广布的干旱地区的自然资源是相当丰富而多彩的。那里不仅有可以再生的自然资源，而且也有相当丰富的地下矿藏。

尽管沙漠地区的生态环境条件恶劣，生产力低下，但因其地域辽阔，也为人们提供了不少的粮食、纤维和畜产品。就其产品质量来说，往往具有其它地区难以提供的优良特性。世界上最甜的瓜果是在干热的荒漠灌溉区生产出来的。

沙漠地区的地质构造单元多是古台地、古地槽构造盆地，加上干旱少雨的气候条件，因而沙漠地区蕴藏有丰富的矿产资源。据报道，沙漠地区分布较广的矿藏有石油、天然气、煤、铁、铜、金钢石、铀、碱、石膏、芒硝、硝石、磷矿及盐矿等。其中以石油和天然气最为知名。例如，西南亚荒漠的阿拉伯半岛、美索不达米亚低地、伊朗高原及北非撒哈拉的油、气分布最为典型。据报道，波斯湾的石油占西方石油来源的 2/3。而沙特阿拉伯是海湾地区遥遥领先的最大的产油国，它拥有最大的后备生产能力和世界上最广泛的石油蕴藏。近一二十年来，许多国家为寻找新的矿藏和土地，已经把注意力转向人口稀少的荒漠和半荒漠地区。现在无论什么人也不再怀疑荒漠的巨大经济潜力了。干旱地区的工业、农业、交通投资逐年增多。荒漠已成为人类的后备地区之一。在我国的“四化”建设的蓝图上，也把开发建设大西北放在重要的战略地位上，原因就在于西北沙漠地区蕴藏着丰富的宝藏。据报道，在塔克拉玛干沙漠下面，“涌动”着 500 亿 t 石油，“死亡之海”忽然洗刷了耻辱，被誉为“21 世纪的波斯湾”。据说，塔克拉玛干将成为世界上最大的油田，如果以我国 1993 年石油开采量 1.5 亿 t 为参照，则可开采 300 多年。我国西北沙区的又一个聚宝盆是柴达木盆地，那里不仅地域辽阔，具有发展农牧业的巨大潜力，而且矿产资源丰富，是举世闻名的“聚宝盆”。现已探明储量的矿种有 40 个，其中规模大，具有重要经济价值和现实开发意义的有盐类矿产、石棉和铅、锌矿等。盆地矿产资源在全国居首位的有氯化钾（占 97.3%）、氯化镁、氯化锂、池盐、溴、碘、石棉等 7 种；居第二位的为三氧化二硼；居第三位的为氧化铷和银。这些矿产资源不仅储量大，而且质量好，又是国内和国际市场所急需的，所以在全国占有特殊的地位。

另外，沙漠地区还拥有丰富的、可再生的太阳能和风能，且属无污染的洁净的能源。广阔的地域空间不仅为人类发展提供了回旋的余地，而且还为我们提供了自然景观别致、人文景观丰富的旅游场所。

沙漠地区的巨大经济潜力和开发利用价值已被人们充分认识。然而，如何才能做到合理开发利用这里的自然资源，即在开发利用自然资源的同时，怎样爱护自然，保护自然，防止其间因为人类对环境的冲击而带来自然报复的巨大恶果，这是一个已经引起人们注意，但尚未解决好的问题。

当前，人类面临着很多错综复杂，而又相互依存和联系着的重大问题。荒漠化*就是其

* “荒漠化”英文为“Desertification,”中文多译为“沙漠化”，因 1994 年 6 月 17 日联合国荒漠化公约政府间谈判委员会五轮会议，把“Desertification,”定义为：包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化。中文解释“沙漠化”无法涵盖其译意。在中国政府代表团的正式提议下，1995 年 4 月 1 日，联合国正式通知中国，“联合国防治荒漠化公约”中文本中全部采用“荒漠化”术语。因中文“沙漠化”与“荒漠化”均有各自特定的内涵，加之历史的原因本教材中两词并用，互有交叉、补充。

中的问题之一，它是一种全球性的环境保护问题。目前世界荒漠化面积不断扩大。据联合国环境规划署的统计，荒漠化使全世界每年损失 500~700 万 hm^2 耕地，2100 万 hm^2 的土地几乎绝收，13 亿 hm^2 的牧场受灾（生产力丧失 50% 以上），危及 8.5 亿人的生产和生活。1972 年以来，联合国环境规划署每年要召开理事会讨论荒漠化问题。我国为理事国，每年都参加一次讨论。目前，即使那些无荒漠化问题的西欧、日本等国家，他们也设立了专门机构，进行荒漠化研究，提供技术援助，共同来防止荒漠化。这说明在世界范围内，对荒漠化问题的研究越来越受到重视。1977 年 8 月 29 日至 9 月 9 日，联合国在肯尼亚首都内罗毕召开了一次具有历史意义的会议——联合国荒漠化问题会议，产生了一项全球共同行动的全面的和协调一致的方案。对推动荒漠化问题的研究及引起有关国家（地区）政府和人们对这个问题的重视，起到了积极作用。

1987 年 1 月 13 日，联合国科学技术发展中心在阿什哈巴德又召开了干旱及荒漠化问题专家会议，联合国科学技术发展中心副主任巴甫洛夫在会上指出：1977 年联合国内罗毕荒漠化会议以来，各国政府在执行全球性防止荒漠化行动纲领方面做过一些努力，但成效甚微，称不上有重大进展。由此可见荒漠化防治进程仍然步履艰难。

1990 年 7 月 23—28 日国际荒漠开发委员会与中国科学院兰州沙漠研究所联合举办了第三届世界沙漠开发大会，会议在我国首都北京科学会堂召开，出席会议的有美国、巴基斯坦、巴林、比利时、埃及、伊朗、以色列、意大利、法国、印度、日本、肯尼亚、尼日利亚、原苏联、智利、中国和香港等 17 个国家和地区的科学家、工程技术专家、高级管理人员和官员。联合国环境署特别指出：中国在控制荒漠化扩展、培训防治荒漠化人才方面的努力，被国际社会所承认和赞赏。

1994 年联合国第 49 届大会通过了 115 号决议。宣布：从 1995 年起，每年 6 月 17 日为世界防治荒漠化和干旱日。国际防治荒漠化公约中国执行委员会和林业部决定，把 1995 年 6 月定为“全国防治荒漠化宣传月”。这无疑会进一步推动世界范围及我国的防治荒漠化进程。

综上所述，荒漠地区有着丰富的自然资源和经济开发潜力，吸引着人们去开发它，而沙漠地区恶劣的环境条件和荒漠化问题，又制约着人们的开发活动。这里不难看出进行沙漠研究的意义。研究沙漠，合理开发利用沙漠地区的自然资源，不仅对沙漠所在国家和地区具有重要的经济意义。而且也是一个具有世界意义的环境保护问题。只有在深入研究沙漠及深刻了解和认识沙漠的基础上，才能做到合理开发利用沙漠，才能更好地造福于沙区人民，造福于人类。这就是沙漠研究的根本意义之所在。

二、国内外沙漠研究概况

（一）我国的沙漠研究

我国系统研究沙漠问题是在 1949 年以后开始的。新中国建立后，我国沙漠地区的工业、农业及交通运输等项事业的发展，促进了对这一地区的地质、地貌、土壤、植被、水文及气候等方面的研究工作。早在 50 年代，国务院就成立过治沙领导小组，召开过两次全国治沙工作会议，研究部署治沙工作。国家组织了大批科技人员进行沙漠治理综合考察，组织动员大量人力、物力投入治沙，建立了一批治沙机构和科研单位，有重点地抓了一些地区的沙漠治理。例如，1957~1958 年由中国科学院与苏联科学院合作，组织了综合考察队，对内蒙古、宁夏、陕西和甘肃等地的沙漠进行了考察，初步摸索到了沙子的起源、沙漠地区的自然特点、沙

地类型等，并总结了丰富的群众固沙经验。1959年中国科学院治沙队对西北及内蒙古6省（自治区）的沙漠进行了大规模的考察，并做了一些定位试验研究工作。通过考察，对沙漠的形成、沙区的气候、水文地质、地貌、土壤、植被及农、林、牧、水等方面的问题获取了大量的科学资料，提出了很多有价值的科学论文和报告，极大地丰富了我国沙漠科学的理论和实践。

经过40多年的努力，我国的沙漠科学及治沙事业均取得了长足的发展和巨大的成就，我国有关沙漠和沙漠治理的研究所、治沙站遍布全国沙区各省自治区、直辖市。以西北治沙队为前身，1979年成立的中国科学院兰州沙漠研究所，已成为全国沙漠及其治理科学的研究中心，以植物治沙为主的地方治沙研究单位也相当活跃地遍布沙区各地，担负着当地的沙漠研究及治理工作。目前，我国已经形成了一支沙漠研究及其治理的宏大队伍，它不仅包括全国有关科学研究、高等院校的专业研究人员，而且也包括基层生产单位和沙区的广大人民群众，从而使我国的沙漠研究及治理工作，不仅在理论上，而且在实践中，均取得了巨大的成就。

沙漠科学的发展及沙漠治理开发的需要，推动了有关教育事业的前进，例如，西北林学院、内蒙古林学院均设立了治沙专业。目前，已为沙区培养了大量治沙及沙漠研究的高级专业人才。

有关沙漠科学的期刊、专著、译著不断出版发行，学术交流日益频繁。以中国科学院兰州沙漠研究所为例，该所已与世界上40多个国家和地区的科研机构 and 学者广泛进行学术交流，并受联合国环境规划署委托，举办了多次国际沙漠化治理讲习班，与亚洲太平洋地区经济社会理事会共同举办两次沙漠化学术讨论会及专题考察，还受我国有关部委和国际组织委托，多次组织国际性学术讨论会。

为进一步开创我国治沙事业的新局面，1991年7月29日至8月2日，国务院在兰州召开了全国第三次治沙工作会议，党和国家领导人致信全国治沙工作会议，指出：“治沙是关系到国计民生具有战略意义的大事”，“要坚持把治沙作为一项重大工程纳入国民经济和社会发展规划，采取有力措施，切实抓紧抓好”。会议批准《1991~2000年全国治沙工程要点》，集中确定了20个重点建设项目和9个试验示范区。第三次治沙会议标志着我国防沙治沙工作进入了新的重要发展阶段，也必将推动我国沙漠科学的进一步发展和提高。

我国对沙漠开展系统的科学研究和大规模的开发治理，虽然起步较晚，但人民对沙漠的认识却可追溯到很远的过去。在我国古代，沙漠被称为流沙。早在2300年前，《禹贡》就有记载说“西被于流沙”，对我国西北沙漠已有认识。《山海经》也多次记载沙漠地形，如《西次三径》曰：“泰器之山，观水出焉，西流注于流沙……南望昆仑”。这里讲的流沙乃指塔里木盆地内的沙漠地形。“丝绸之路”通行以后，我国不少学者与商贾来往于由长安经敦煌再经楼兰到西域的荒漠古道上。晋高僧《法显传》中，描述了新疆东部库姆塔格沙漠和罗布泊风蚀凹地的自然景观，地理学家裴矩在他所著的《两域记》中，对当时高昌（吐鲁番）以东的戈壁沙漠记述颇多。唐玄奘在其名著《大唐西域记》中，对塔克拉玛干南部的气候、植被、水系、风沙、土壤及农业等，都做过很多的描述。

另外，从19世纪末开始，西方的一些地质地理学者也曾涉足过我国的沙漠地区。如瑞典的斯文·海定（1870~1900），俄国人B. A. 奥布鲁切夫（1882~1919），英国人M. A. 斯坦因（1900~1901、1906~1908、1913~1916、1930~1931），法国人伯希和（1906~1907），日本人大谷光瑞堀贤雄等（1908），德国人菲特雷尔（1898~1899），意大利人菲力蒲（1912）等。

美国人亨廷顿(1905)等,他们深入沙漠,涉猎废墟、探索测绘、盗掘剥取,使不少珍贵文物被盗走,同时,带走了岩石、鸟类、植物等大量标本。有的还发表了许多专门论著。

(二) 国外沙漠研究

在国外,对沙漠进行较为系统的考察和研究工作虽比我国早些,但也不过是从上世纪末及本世纪初开始的。例如,较早从事沙漠研究的有俄罗斯的B. A. 奥布鲁切夫,1886—1888年他受沙皇交通大臣委托,勘察中亚地区第一条通过沙漠的铁路时,连续进行了3个夏季的沙漠野外考察工作。同期,H. A. 索科洛夫研究风沙流,确定了单粒流沙的3种移动方式。美国人G. K. Gilbet (1875), W. J. Megee (1897), A. C. Lawson (1915)以及著名的地貌学大师W. M. Davis等,曾对风蚀地貌山足平原进行过研究。还有法国的著名自然地理学家de. 马东不失作为法国最早的沙漠研究者之一,他在1926年写成的《自然地理学》中,专章论述“沙漠地貌”。

世界范围的沙漠开发和研究工作,还是在第二次世界大战以后,特别是50年代初期以来,才受到日益普遍的重视。在此期间成果卓著而应被提到的有:英国的物理学家R. A. 拜格诺,1935—1936年他以空气动力学为基础,借助风洞实验,对风沙运动规律进行了精心观测并进行了理论探讨,后又在北非进行了野外观测,于1941年著成《风沙和荒漠沙丘物理学》一书,此书揭示了风沙现象的物理学本质,至今仍被视为沙漠研究的有价值的重要文献。此后前苏联、美国,还有澳大利亚、埃及等国也开展了沙漠及沙漠治理的研究。这些研究可被一系列的专著和论文形象化地一步步地把它标志出来。诸如:地貌学家B. A. 费多罗维奇著的《荒漠的面貌》,地植物学家M. И. 彼得洛夫著的《流沙固定》,B. H. 仙科维奇著的《沙漠风成地貌基本形态成因》,美国的S. R. 汉纳创立的《卷轴涡流理论》(1969),D. King的《风蚀理论》(1960),I. G. Wilson的《三阶段周期假说》等。M. И. 彼得洛夫在《荒漠自然保护开发及荒漠化问题》中对1965—1975年间的有关荒漠研究的文献进行了概述,并汇编1744条文献目录,其中包括有关“荒漠研究”、“荒漠自然资源开发”、“荒漠自然资源和自然的保护”、“生态系统的恢复和荒漠自然资源再生产”、“干旱地区荒漠化过程”等方面的总结性文献。

除沙漠研究的专著和文献外,治沙研究机构的设置从另一侧面反映了沙漠研究工作的不断发展。据80年代资料,世界上已有75个国家和地区建立了从事沙漠及干旱荒漠研究的机构,多达数百个研究所(台、站),其中规模较大的研究机构有27个。在这些研究机构中,属于亚、非、拉第三世界发展中国家的竟多达211个。

1993年朱震达、董光荣二位先生指出:国际上对沙漠体的基础研究,大致存在3个发展方向:一是风沙地貌学方向。这是自本世纪50年代以前至今仍有延续的传统研究方向。这一方向通过野外实地调查、结合定位、半定位观测和部分室内分析实验,着重研究沙漠的分布、地貌形态类型、移动规律及其成因(包括沙源、气流运动和下伏地表的关系)等。二是风沙物理学方向。这是从1941年英国R. A. 拜格诺的名著《风沙和荒漠沙丘物理学》问世以来,各国学者先后竞相研究的新方向。这一方向根据野外调查和观测资料,运用实验物理学(主要是空气动力学)的原理和方法,在沙风洞内对风蚀、风沙流以及各种沙丘堆积形态和内部构造进行模拟实验,以便揭示风沙现象和过程的物理机制,并使有关物理参数定量化。三是风沙沉积学方向。该方向把沙漠作为一种风成沙相沉积物的一个亚类,研究其沉积特征,形成时代,进而恢复古沙漠及其沉积环境。反映这个方向的研究成果有荷兰K. W. Glennie在1970年出版的《沙漠沉积环境》等一系列著述,且各具特色,但以美国E. D. McKee主编、吸收各

国有关专家参与并于1979年出版的《世界沙海的研究》一书更为全面而系统。关于沙漠体研究的这3个方向是相对独立的,又是相互联系的,也是不可替代的。近年来,这3个方向越来越趋向于彼此取长补短、相互渗透、交叉融合,从不同的角度共同揭示沙漠的真谛。

各国科学家为了探索沙漠的奥秘,研究沙丘的形态、移动、成因和沙害防治,百余年来做了大量工作,取得日益明显的成就。但是,由于沙漠地区自然条件十分严酷,交通和生活诸多不便等原因,世界各地沙漠的研究,迄今仍较薄弱。

三、本书的内容及结构

如上所述,沙漠学是研究沙漠的形成、发展、自然特征及其治理的一门科学。因此,本书将着重论述沙漠的形成、变迁及与沙漠紧密相关的干燥气候和荒漠的基本理论;详尽论述沙漠地区的自然特征及我国和世界的主要沙漠概况;同时还对沙漠的开发利用、沙漠研究方法做概略的介绍。因本书是林业院校治沙专业的教材,故对沙区自然生态环境条件的论述较为详尽。又因本专业开设《风沙物理学》、《治沙造林》等有关课程,所以,书内对此方面有关内容不做具体论述。

本书是从沙漠环境的整体出发,采用综合与分析相结合的方式,逐步而全面系统地介绍沙漠的基本知识。在绪论中,对沙漠学的研究对象、任务、意义及国内外研究概况做了介绍,旨在提高学生学好本门课程的认识。第一、二章,论述沙漠、荒漠及干燥气候及三者的关系。第三章论述人类文化历史时期的沙漠变迁及荒漠化问题。第四、五、六、七、八章论述沙漠地区的气候特征、水文特征、土壤及地貌特征、植被特征等。第九、十章论述沙漠改造利用及沙漠研究方法。最后两章系统介绍我国及世界的主要沙漠。

通过本课程的学习,使学生系统掌握“沙漠学”的基本理论,正确认识沙漠及沙漠环境,为学好其它专业课程打下坚实的基础。

主要参考文献

1. 吴正. 我国的沙漠. 商务印书馆, 1982
2. 侯仁之. 《中国沙漠》发刊词, 1981
3. 伍光和等. 柴达木盆地. 兰州大学学报, 1985
4. 李烈. 第三届世界沙漠开发大会概况. 中国沙漠, 1991 (3)
5. 小堀严. 沙漠环境及其开发中的社会经济问题. 世界沙漠研究, 1994 (1)
6. 荔克让编译. 步履维艰的沙漠化防治进程. 世界沙漠研究, 1994 (1)
7. 慈龙骏. 荒漠化和沙漠化. 人民日报. 第10版, 1995 (6) 16
8. 中国科学院治沙队编. 沙漠地区的综合调查研究报告 第1—2号. 科学出版社, 1958~1959
9. 林业部治沙办公室. 动员起来, 向沙漠进军. 中国林业出版社, 1991
10. 李仲光. 略论18—20世纪塔克拉玛干沙漠考察活动. 干旱区地理, 1994 (4)

第一章 干燥气候与荒漠

第一节 干燥气候

一、干燥气候及其成因

(一) 干燥气候的概念

提到干燥或半干燥气候,人们自然把它与稀少的降水联系在一起。尽管世界上半干燥、干燥地区,具有各不相同的植被、土壤,以及其它不相同的自然地理要素,然而却具有一个共同的特征,即缺水。缺水固然与稀少的降水有关,但也并非完全取决于降水,还与温度、湿度有关,与蒸发状况有关。A. Penck 曾指出:干燥气候即是水面年蒸发量超过年降水量($V > N$)的气候。这个不等式的描述相当简炼。但是干燥气候的界定还是相当困难。首先是降水的测定问题,尤其是蒸发的测定更为复杂。另外,干燥状况还与降水的季节分配有关。在自然地理学中,常常把土壤和植物蒸发所损失的水分大大超过从降水所得到的水分的地区称为干燥气候区,一般地说,干燥气候区没有常流河,地表覆盖的植被(草类或灌木)稀疏,或缺乏植被。这里所说的大大超过又是一个非常有弹性的用语。

不难看出,干燥气候是一个较难界定的词,到目前为止,尚没有一个为世人所公认的统一定义。为确定干湿气候的界限,不少学者曾提出了许多经验公式,以便计算,区划干湿状况。

(二) 干燥气候的成因

长期持续没有降水或降水稀少是造成干燥气候的根本原因。因此,在探讨干燥气候的成因时,就必须讨论降水的形成问题。

1. 降水的机制

一般认为,形成降水必须具备以下三个基本条件:

(1) 空气的水汽含量 空气的水汽含量是降水的物质基础,它的丰欠,不仅关系到有无降水,而且也关系到降水的多少和缓急程度。空气中水汽的主要来源是地球表面的海洋和两极冰雪表面的蒸发。因此,大陆各地的降水量,一般都与这些区域与海洋的距离有明显地反向关系。必须指出的是,空气潮湿不一定不发生干旱。因为降水只是在大气稳定性被破坏、具有足够抬升气流情况下才产生的,地球上就有不少地方,那里的长期干旱常常发生在高湿状况下。最令人瞩目的实例即是印度西北部和巴基斯坦广大的半干旱沙漠区;类似的空气潮湿却发生干旱的情况也出现在美国的得克萨斯州和澳大利亚北部。

(2) 空气中的凝结核 空气中凝结核的存在是水汽凝结的重要催化物,它们可分无机核与有机核两种,前者如盐分、微尘、烟雾等矿物或化学物质;后者如细菌、孢子、花粉等有机物。实验证明,在有机核中水汽开始凝结的温度,比在无机核中要高。在 -8°C 的温度下,水汽在无机核中不会凝结,而在有机核中则能凝结。有机核主要来源于植被。空气中缺乏凝

结核时，即使温度已降到露点以下，空气中的水汽处于过饱和状态，也不会凝结成云。

(3) 空气的垂直运动 空气运动在垂直方向上的分量称为空气的垂直运动，它主要发生在对流层内。

从量值上看，空气的垂直运动速度比起水平运动要小得多，但它对天气变化起着重要的作用。主要表现在两方面，一是大气层中许多物理属性和成分的上传和交换主要是通过垂直运动实现的。它使对流层内空气上下成分混合均匀，将低层的水汽和固体杂质上传到空中，这些正是形成云雨所必需具备的物质条件；它还是大气中热量上下交换的一种途径（包括显热和潜热交换）。二是垂直运动又是形成云雨等天气现象的直接原因。空气块在作上升运动时，因为周围的气压迅速降低，而体积膨胀，气块的温度随之降低。据计算，气块每上升100m，温度约降低1℃（气块上升的同时，如有凝结发生时，放出的潜热又会反过来加热气块，这样每上升100m，降温就不到1℃，约为0.5℃）。因此，空气的上升运动不但使水汽上传，同时所伴随的降温过程也成为空中发生凝结的先决条件。所以上升运动区往往就是云雨发生区。相反，下沉气流不但把高层较干的空气带到低层来，还伴随着增温，因此，下沉气流区多有干而暖以及天气晴好的特点。

垂直运动最容易出现在下列两种情况：一是在不稳定的气层中易发生空气对流运动。对流所产生的垂直运动具有速度大、范围小、时间短的特点。它的大小可从每秒几米到几十米，在一些强的雷雨云中，直径几厘米的冰雹粒子都能被强烈的上升气流托住上下翻滚，足见云中的上升气流是相当强的，其中每股气流范围通常不超过1~2km，维持时间一般在几小时以内。另一种情况是由水平气流辐合、辐散所引起的垂直运动，一般速度较小，约每秒几厘米至十几厘米，水平范围大，可达几百至几千公里，持续时间也长。地面低压的辐合上升和高压的辐散下沉是产生这类垂直运动的重要因子。此外，锋面附近暖空气沿冷空气层的爬升；水平气流在山前迎风坡上的受迫抬升，以及背风坡的下沉等也都是引起这类运动的原因。

总之，垂直运动的范围、强度与其产生原因关系密切，和天气系统紧紧相关。平均说，赤道低压带、副极地低压带是气流上升区，多云、多雨，气候较为湿润；副热带高压带、极地高压带是气流下沉区，尤其是前者，因为位置稳定少变，在它控制下，常常形成干旱沙漠气候。就某一时刻来说，低压区、锋区、迎风坡以及容易局部强烈增温的地区是上升运动易发展的地区，多云、雨天气。

2. 干燥气候的成因

根据上述的降水机制分析，可以把干燥气候的成因归纳为以下三种情况：

(1) 大气的下沉作用 大气的下沉作用，是造成干燥气候最基本和最普遍的原因，长期处在大气下沉的地区便因少雨或缺雨而干燥化。在地球上常年产生持续下沉气流的地方可归纳为两种情况：一是由大气环流所决定的具有持续宽广的下沉气流区。在南北半球的副热带纬度上存在这种下沉气流。地球上主要沙漠带即处于这种下沉气流下面，诸如墨西哥和美国西南部的索诺拉沙漠、非洲撒哈拉到亚洲西南部的沙漠带、西南非洲的卡拉哈里沙漠和澳大利亚沙漠。最大下沉气流的平均纬度在南北半球的23°附近。二是局地下沉气流，这种局地下沉气流一般是由山脉或其它特殊地形所诱发的。在南美洲的安第斯山以西、智利北部和秘鲁沿岸一条狭长带内，几乎总是存在着连续不断的下沉气流，它形成了著名的南美洲阿塔卡马荒漠。但是上述地区多半位于山脉背风坡与西风带交割处，处在中纬度。因而，由于西风气流下沉所造成的干旱位于山脉顶峰的东部，例如北美洲西部、阿根廷西部和南部、亚洲内陆

的部分地区等,我国以南疆为中心的干旱区的沙漠也受到此种作用。

(2) 缺乏气压扰动 即使在潮湿空气的地区,由于缺乏促发降雨的气压扰动也会引起干旱天气。例如从墨西哥湾来的强大的潮湿气流越经美国西得克萨斯和俄克拉何马干旱草原时,可以好几个星期滴雨不下。气压的气旋性扰动具有产生降水的必要条件——湿空气的不断辐合上升,因此大多数降水是由于一个或数个扰动越过该地区所造成的,气象学中把这种气压的气旋性扰动称为降水系统。著名的地中海夏季干旱主要就是由于缺乏这种气压扰动(降水系统)所造成的,尽管当时空气中的水分并不缺少。冬天,扰动却带来了降水,因而形成了夏干冬湿的地中海气候。寒冷洋流经过,使空气趋于稳定,是形成西海岸干燥气候的原因之一。

(3) 缺乏潮湿空气 空气潮湿不一定下雨,但反过来,如果没有潮湿空气,则一定不会下雨。由此可见,潮湿气流可以到达某地区,虽不是该地区降水的充分条件,但却是必不可少的条件。有些内陆距离水的源地十分遥远,或饱含水汽的气流长途跋涉、途径干旱沙漠地带,或潮湿气流被巨大的山脉所阻挡等,均是干燥气候的直接原因。例如,我国西北及广大的中亚沙漠和草原被南面的喜马拉雅山脉和西藏高原所阻挡,而使南来的湿润的季风气流被切断。西非旱季起因于撒哈拉干旱气流的持续控制。

上述三种情况可以单独起作用,也可交织在一起共同起作用。

二、干湿气候的划分及其指标

干湿分异在理论上和实践上都具有重要意义。干湿状况的研究,为多学科的学者们所注意。初期,利用降水量的多寡以及降水量的季节分配作为干湿区分的依据。接着发现同样的降水在不同热量条件下有效性是不相同的,于是提出了降水与温度的对比关系来作为干湿区分的指标。鉴于降水与温度的对比关系的物理意义并不明确,又提出用降水与蒸发的对比关系来区分干湿状况,考虑到实际蒸发测量的困难及广泛变异性,于是提出潜在蒸发的概念,并在潜在蒸发的估算方面进行工作,然后把降水和潜在蒸发进行比较,以得到地区的干湿程度。

自柯本进行气候分类以来,关于干湿气候划分的方法已达数十个,现分类择要介绍如下:

(一) 降水量的指标

由于降水是决定气候干湿的主要因素,同时,用降水量表示干湿状况最简明,加之全世界广泛分布的数千个观测站都有长期的降水记录可资利用,所以,干旱与湿润界限常依据年平均降水量的多少来划分。世界上用于干湿划分的降水量标准很不一致。在国外有的学者根据全球降水分布状况,把年降水量与地理位置结合起来划分出7个降水区,其中把年降水量从2000mm到0之间分为五级:大于2000mm为潮湿;1000~2000mm为湿润;500~1000mm为亚湿润;250~500mm为半干燥;250~0mm为干燥。我国一般认为:①年平均降水量在200~250mm以下的地区为干旱地区,宜牧不宜农(有灌溉条件的除外)。②年平均降水量在200~450mm或250~500mm的地区为半干旱地区,其中年平均降水量达到350mm或400mm以上者可以从事旱地农业(雨养农业),在此以下者宜牧不宜农。③年平均降水量在450~650mm或500~700mm的地区为半湿润易旱地区,这类地区如降水年际或季节变率大,种植作物也需采用旱农技术。④年平均降水量达到650mm或750mm以上的地区为湿润地区。

(二) 水热平衡的指标

在本世纪上半叶,为了评价气候,为了描述土壤形成和植物生存的条件,提出了很多干

燥度和湿润度的经验指标。这些指标统称为水热系数，绝大多数的情况下，都是气温和降水量的不同组合。其中，以 W. 柯本提出的划分方法最有代表性，而且影响最大。

1. 柯本气候分类系统及其应用

地理学专家们广泛应用的一种气候分类系统是 W. 柯本博士在 1918 年首创，接着由他的学生盖格尔 (R. Geiger) 和波尔 (W. Pohl) 修订过的气候分类系统。以前曾被称为柯本—盖格尔—波尔系统。

按照柯本气候系统，每一种气候是根据所选定的、按年或月计算的气温和降水量数值来划分的。任何一个观测站都能完全根据气温和降水记录来确定它的独特的气候类或亚类；不过有一个条件，就是该站的气温和降水记录时间必须长到足以获得有重要意义的平均值。

柯本气候系统的特点是以字符来命名主要气候类、主要气候类中的亚类，以及表现气温和降水独特的季节的特征的更细类别。

以第一个大写字母来命名的五个主要气候类如下：

A 热带多雨气候。每月平均温度高于 18°C ，没有冬季，年降水量很大，超过年蒸发量。

B 干燥气候。全年平均蒸发量超过降水量，没有盈余水分。因此在 B 气候区中没有常流河。

C 温暖湿润（中温）气候。最冷月平均温度在 18°C 以下，但高于 -3°C ；至少有 1 个月平均温度在 10°C 以上。因此 C 类气候既有夏季，也有冬季。

D 雪林（低温）气候。最冷月平均温度在 -3°C 以下；最热月平均温度在 10°C 以上， 10°C 等温线与森林生长的向极地界限接近。

E 极地气候。最热月平均气温低于 10°C ，没有真正的夏季。

五类气候中有四类（A、C、D、E）用平均气温来划分。B 类气候区是按降水对温度的比率来确定。

B 类气候为干燥气候。全年平均蒸发量超过降水量，没有盈余水分。

干燥气候和湿润气候之间以及干燥气候内的干燥草原及干燥荒漠气候之间的区分，可按公式计算（公式见表 1—1）。

表 1—1 干草原和干燥荒漠气候计算公式

	冬雨区	年雨区	夏雨区
BS 干草原	$r < 2t$	$r < 2(t+7)$	$r < 2(t+14)$
BW 干燥荒漠	$r < t$	$r < t+7$	$r < t+14$

注：r 为年降水量 (cm) t 为年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
BS 为干草原气候 BW 为干燥荒漠气候

A. B. 沃兹涅辛斯基 (1930) 应用（经过一些改变）W. 柯本的气候分类编制前苏联气候图，但在划分干燥地区和半干燥地区进行计算时，采用的是柯本在 1919 年所修正过的更为合理的公式。

草原界限的确定按：

$$r = 500 \left[1 + \frac{1}{40} (t - 16) \right]$$

荒漠界限的确定按： $r = 250 \left[1 + \frac{1}{40} (t - 16) \right]$

1926 年，E. 马东提出所谓“干旱度指数”，原则上与柯本的公式无多大区别。按马东的意见，只要年平均降水量 (cm) 小于年平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)，便可以认为这种气候是干燥的 (1939)。精确的气候干燥程度，可以用公式 $\frac{r}{t+10}$ 表示，对于个别的月份可以用 $\frac{12r}{t+10}$ 表示