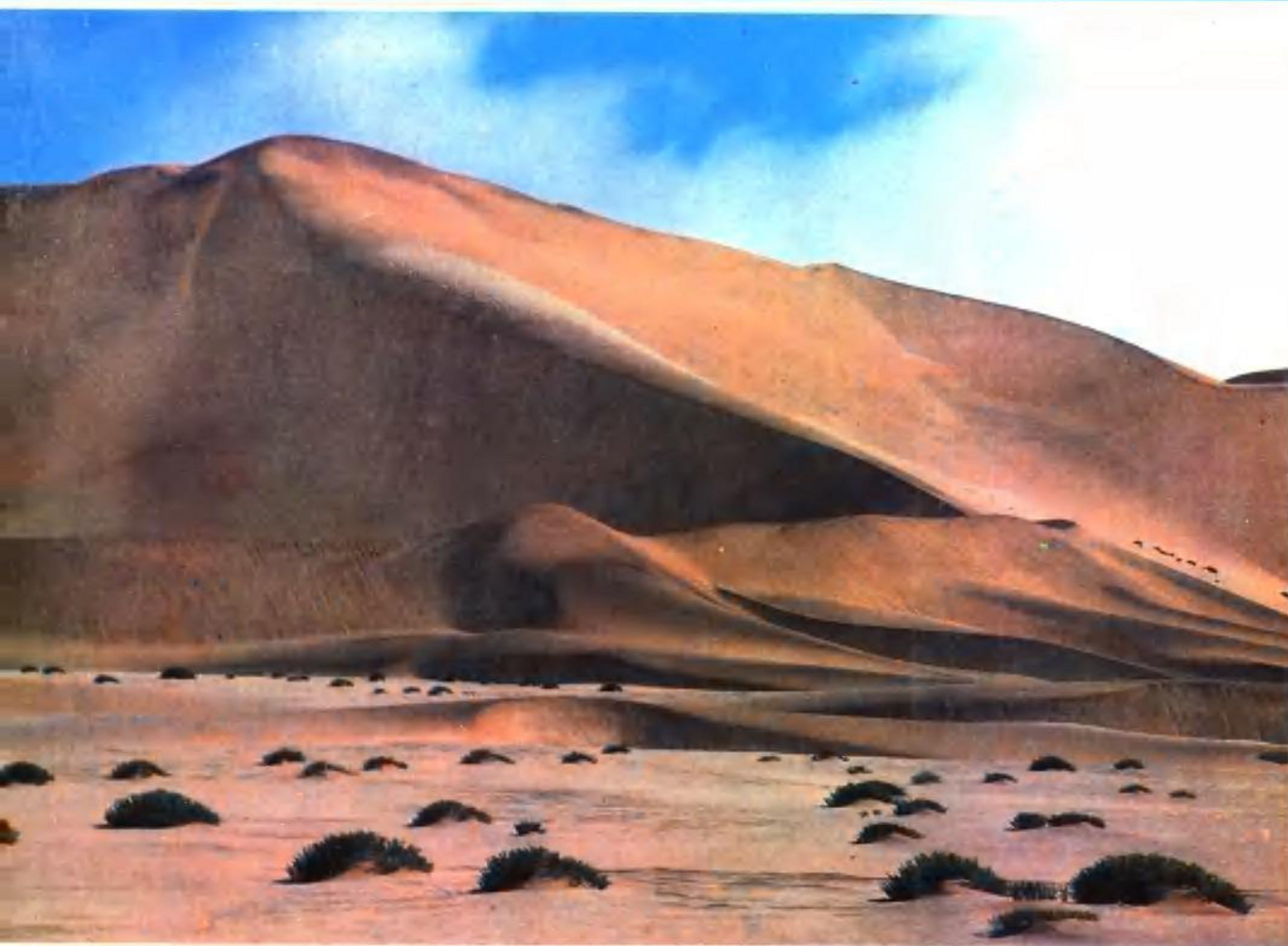


中国科学院兰州沙漠研究所编译

世界沙海的研究

【美】Edwin D. McKee 主编

赵 兴 梁 译



宁夏人民出版社

中国科学院兰州沙漠研究所编译

世界沙海的研究

【美】Edwin D. McKee 主编

赵 兴·梁 译

宁夏人民出版社

1993

(宁)新登字 01 号

Edwin D.McKee, Editor

A STUDY OF GLOBAL SAND SEAS

U.S. Government Printing Office, Washington, 1979

内 容 简 介

本书是由美国地质调查局编纂的一本关于全球沙漠方面的理论著述,以纪念该局成立 100 周年。

全书共分十一章,借助于地球资源卫星像片、空间实验室照片、航空照片和地面摄影照片,并充分利用近 100 年来的地面研究成果和有关文献资料,从全球的角度分别论述风成沙的质地性质、沙丘沙红颜色的形成、沙丘的沉积构造、沙丘形态与风况的关系、流沙形态模拟的实验研究、古风成砂岩的鉴别、古风成环境的沉积物对油气层的影响、全球沙丘形态和分布以及世界主要沙漠的基本特征。全书约 79.4 万字,列有黑白、彩色卫星像片、空间实验室照片、航空照片、地面拍摄照片及彩色、黑白沙漠沙丘类型分布图、线条图 271 幅,其中彩色图片 27 幅。附有沙漠和荒漠方面的术语 2,740 条。

本书内容丰富,图文并茂,可供沙漠科学工作者、地质地理科学工作者、博士生、硕士生和有关高等院校的师生参考。

世界沙海的研究

[美] Edwin D.McKee 主编

赵兴梁译

宁夏人民出版社出版发行

银川市解放西街 105 号

甘肃省人民政府办公厅印刷厂印刷

开本: 789×1092 1/16 印张: 33 字数: 794,000

1993 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数: 0001-1500

ISBN7-227-01204-2/P.4 定价: 35.00 元

译者的话

1979年8月,美国地理学会代表团来兰州访问我所时,赠送我所前所长朱震达同志三册美国当时刚出版的“A Study of Global Sand Seas”一书。朱震达同志当时曾建议我所“世界沙漠研究”杂志编辑部组织力量翻译出版,供大家参考。蒙分给我其中第十一章“卫星像片沙海的区域性研究”,我不久就译完了。有关同志工作忙,迟迟未动手,时间一长也就不了了之。

我一直是从从事植物固沙研究工作的,平时注意查阅国外有关植物固沙方面的文献资料,同时也想了解一些关于全球沙漠的分布和基本特征方面的信息,但苦于找不到一本系统地描述世界沙漠的著述。一见到这本美国出版物,可以说我是爱不释手的。在朱震达同志和其他所领导同志的鼓励与支持下,我利用一切可能利用的时间来翻译这部巨著。到1991年,我清稿完了。要公开出版,又面临着补贴经费问题。拖到1993年上半年才终于排出三校样,黑白照片、彩色图版及线条图得以分色制版。我所出版补贴经费有限,这部中译本得以公开出版,是与我所夏训诚所长、计划处高尚玉同志和李森同志的关注分不开的。承蒙前所长、第三世界国家科学院院士朱震达研究员、夏训诚研究员,所学术委员会主任董光荣研究员和副所长扬根生研究员,邸醒民研究员,在百忙中帮助审阅译稿提出宝贵意见,并分别为中译本写了序言。我所陆锦华、童立中等同志和中国科学院兰州冰川冻土研究所王相龙同志为中译本出版做了大量工作。我在这里谨向所领导和同志们表示衷心的感谢。我已退休了,蒙组织上还能继续关怀得以做点工作,我深受激励和鼓舞。

美国地质调查局科学出版处副处长 Henry Spall 于 1993 年 5 月 13 日复函,很热情,代表该局不仅同意我们出版中译本,而且还附来该局现任局长 Dallas L. Peak 为中译本所写的序。我借此机会也向美国地质调查局和美国朋友表示感谢。

《世界沙海的研究》一书的作者们喜欢用有关国家语言术语和当地民族语言术语的英译来描述地理地物名称,涉及到几十种语言文字,这在我国现有的英汉词汇中有的可以查到,有的难以查到。俄语术语的英译等,那就更难查了。好在我多少懂点俄语和法语,都用上了,这是其一。其二,本书附有“词汇”(“Glossary”),列有释义词目 265 条,是由 M. Glenn 根据 R. O. Stone 的“荒漠词汇”(A Desert Glossary, Earth-Sci. Rev. V. 3. no. 4, p. 211-268, 1967) 和美国地理学会出版的“地理词汇”(Margaret Gary, Robert McAfee, Jr, and C. L. Wolf, eds., Glossary, with a foreword by Ian Campell: Washinton, 1972, 857p.) 并参考其它资料编写的。其三,我身边有一本土库曼科学院荒漠研究所 Н. Г. Харин 和 М. П. Петров 编写的“荒漠自然条件及开发术语字典”Словарь терминов по природным условиям и освоению лустынь, 1977, М.), 英语释义词目 990 条。二者词目有一部分相同,但有的释义则不尽相同,可视为互为补充。这 1,000 多条词目对我翻译本书有很大帮助。这里附在中译本后的“英汉沙漠词汇”,共有词目 2,740 条,是由赵哈林根据这些词目及我平时积累的有关植物固沙方面的术语编译的。我想这些词目对于读者了解这部中译本的有关术语和地理地物名称或许有帮助;另一方面,对于我们今后编译一本像样的“英汉荒漠词汇”多少也会有点用处。

本书是论述风成沙的。众所周知,风成沙是隐域性生境,全球各生物气候带都有分布。分布在干旱荒漠区的大面积风成沙,一般都称作沙漠或沙海。分布在半干旱区及湿润

地区的内陆风成沙，多称作沙荒或沙地。分布在沿海地区的风成沙，则称作海岸沙丘。世界上究竟有多少风成沙，本书提到一些大沙漠面积，不全。我从植物固沙角度出发，在这里顺便介绍一下全球风成沙的分布面积。也不全。

据资料，全球沙漠面积仅占世界半荒漠和荒漠总面积的 23.3%，约 700 万平方公里。

就植物固沙而言，美国西南部荒漠区就显得不甚重要。这里没有连续分布的大沙漠，零星分布的风成沙，面积约 17.0 万平方公里。因沙丘面积小，多以沙丘或沙地予以命名，例如怀特沙漠 (White Sands) 和阿尔戈多尼斯沙丘 (Algodones Dunes) 可为例证。美国中西部大草原、沿湖和沿海地区有沙地面积近 100 万平方公里，其中因植物固沙卓有成效而闻名于世的北密执安湖岸的沙丘面积只有 157.8 平方公里。美国半干旱地区和湿润地区的沙丘经过治理与保护，一般有植被生长，危害不严重。

南美阿塔卡马荒漠 (Atacama Desert) 是世界上的超干旱荒漠之一。而蒙特巴塔哥尼亚荒漠 (Mont-Patagonian Desert) 则相对较为湿润。这些荒漠的风成沙丘很少，植物固沙工作仅限于海岸及内陆河谷局部地区。

北非撒哈拉荒漠 (Sahara Desert) 如果包括南北两侧半荒漠在内，面积约 900 万平方公里。如果以年雨量 100 毫米等值线为界，面积达 856 万平方公里。撒哈拉南北宽 1,700 公里，东西长 5,290 公里，是全球最大的一个荒漠。这里被戈壁、石漠所分隔的诸多沙漠，总面积达 180 万平方公里，占全球沙漠总面积的 25.7%。其中面积较大的沙漠有东部大沙漠 (Grand Erg Oriental)，面积 19.2 万平方公里；西部大沙漠 (Grand Erg Occidental)，面积 10.3 万平方公里；木祖克沙漠 (Sahara Marzuq)，面积 5.8 万平方公里。

撒哈拉就荒漠而言应为世界第一，而就其中每一个沙漠来说，并非世界第一。这里风成沙丘高大，基本上都处于裸露状态，治理难度最大。撒哈拉南北两侧的古沙丘，由于天然植被不断遭到破坏，日渐复活。撒哈拉南侧的萨赫勒-苏丹带，古沙丘活化尤为严重，正如一位非洲学者所说的，这一地区几乎所有的国家其北部省份，土地的景观特征是流动沙丘。因此，就撒哈拉而言，大规模治沙应限于可建立天然植被和人工植被的南北两侧地带。

撒哈拉绿洲一般都处于洼地和干河谷沿岸，绿洲零星，靠地下水灌溉，多种植椰枣 (*Phoenix dactylifera* L.)，并间作一些果树及农作物。绿洲多处于流沙包围之中，沙害极其严重。这里可以说是植物固沙的重点。

南非卡拉哈里沙漠 (Kalahari Desert) 中东部较为湿润，属草原和荒漠化草原，养牛业较为发达。西南部多为流动沙丘，面积 11.5 万平方公里。卡拉哈里低地的沙漠面积达 1,613,800 平方公里。纳米布沙漠，年雨量在 100 毫米以下，多为流动沙丘，面积 3.4 万平方公里。南非治沙工作针对沙害严重地段有所开展，积累了一些植物固沙经验。

亚洲沙漠面积较大，约 250 万平方公里。其中阿拉伯半岛沙漠面积达 79.5 万平方公里。这里堪称世界第一大沙漠的鲁卜哈利沙漠 (Rub al khali)，面积 56 万平方公里。大内夫得沙漠 (An Nafud) 面积 7.3 万平方公里，瓦希巴沙漠 1.6 万平方公里。此外，还有达赫纳沙漠 (Ad Dahna) 或小内夫得沙漠以及其它小沙漠。阿拉伯半岛沙漠都处于真荒漠之中，基本上都是高大密集的流动沙丘，植物固沙限于绿洲周围，其中古老的哈萨绿洲

四周营造阻沙固沙林，成效较为显著，为世人瞩目。

原苏联中亚、哈萨克斯坦以及里海北岸有沙漠面积 83 万平方公里。主要沙漠有：

卡拉库姆沙漠 (Каракум)，面积 35.0 万平方公里；

克孜尔库姆沙漠 (Кызылкум)，面积 20.5 万平方公里；

穆云库姆沙漠 (Муңкум)，面积 4.0 万平方公里；

巴尔喀什湖沙漠 (Прибалхашские Пески)，面积 7.3 万平方公里；

咸海卡拉库姆沙漠 (Приаральские Каракум)，面积 4.0 万平方公里；

大巴尔苏克沙漠 (Пески Бальные Барсуки)，面积 0.7 万平方公里；

乌拉尔-恩巴河沙漠 (Урало-Эмбенские Пески)，面积 1.5 万平方公里；

伏尔加-乌拉尔河沙漠 (Волжско-Уральские Пески)，面积 4.5 万平方公里；

那伦沙漠 (Нарынские Пески)，面积 0.5 万平方公里。

这些沙漠年雨量多在 100—150 毫米以上，冬春有雪，多生长有植被，流沙的形成与放牧有关，流动沙丘零星分布，仅占 10—12%。植物固沙以治理绿洲、铁路、运河等沙害为主。至于沙漠内部零星新月形沙丘，土库曼科学院荒漠研究所的学者们主张不必建立植被，以利雨水下渗，补给地下水，维持丘间天然梭梭林的水分平衡。这里植物固沙始于阿什哈德铁路沙害的治理，有近 100 年历史。

原苏联欧洲东南部和波罗的海沿岸在植物固沙方面，在沙丘上以栽植松树为主，以欧洲赤松 (*Pinus sylvestris* L.) 人工林居多。这里面积较大的沙荒有：

第聂伯河下游沙地 (Нижнеднепровские Пески)，面积 1,620 平方公里；

顿河沙地 (Донские Пески)，面积 1.0 万平方公里；

切里克-库马河沙地 (Тереко-Кумские Пески)，面积 1.0 万平方公里。

伊朗荒漠并非沙漠，而是盐漠 (kavir 或 dasht)。其中卡维尔盐漠 (Dasht-i-Kavir 或 Dasht-e-Kavir) 面积 4.7 万平方公里；卢特盐漠 (Dasht-i-Lut 或 Dasht-e-Lut) 面积 5.2 万平方公里。流动沙丘零星分布于盐漠周围及高原，面积约 5.0 万平方公里。卢特盐漠有点像我国罗布泊，雅丹地貌很发育。伊朗用重油固沙栽植梭梭、怪柳等灌木，成效显著，为世人瞩目。

印度和巴基斯坦的塔尔沙漠 (Thar Desert) 中部和东部雨量达 300—400 毫米，多为固定半固定沙丘，其中抛物线沙丘的形成可能与历史时期以来人为干扰有关。流沙大多集中分布在雨水稀少的西部。沙漠面积 26.0 万平方公里，其中抛物线沙丘 10.0 万平方公里。印度植物固沙与我国同一时期起步，始于本世纪 50 年代初。印度中央干旱地区研究所在研究塔尔沙漠的特征和植物固沙技术方面，在国际上享有盛名。

蒙古荒漠面积为 52.0 万平方公里，多为沙砾质戈壁，零星分布的沙丘约 1.5 万平方公里。

我国西北沙漠面积约 60.0 万平方公里，其中塔克拉玛干沙漠达 337,600 平方公里，是世界上面积仅次于鲁卜哈利沙漠的第二大沙漠。我国荒漠绿洲在建立前沿天然植被—人工植被、阻沙固沙防护林带、绿洲窄林带小网格林网的三位一体的防护林体系方面，成效极其显著，绿洲面貌大为改观。

澳大利亚沙漠面积为 105 万平方公里，其中辛普森沙漠 (Simpson Desert) 面积 31.2 万平方公里 (戈壁和土漠比重大)，吉普森沙漠 (Gibson Desert) 面积 22.1 万平方公里，大

沙沙漠 (Great Sand Desert) 面积 36.0 万平方公里。澳大利亚沙漠以纵向沙垄为其特征。因年雨量都在 150—200 毫米上下, 同时受人为干扰最轻, 沙垄上都有植被生长, 仅垄顶有流沙出露。这里植物固沙限于海岸沙丘。

概括起来说, 全球流动大沙漠主要分布于非洲、阿拉伯半岛和我国西北地区, 其它地区呈零星分布, 面积估计有 450 万平方公里, 占全球沙漠总面积的 64.3%。这里年雨量一般都在 100 毫米以下, 沙丘高大密集, 人烟稀少, 植物固沙是不可能的。即使经济条件允许, 自然条件也不行, 如果引水进入沙漠那只能是局部性的, 就全球大流动沙漠而言, 可以说微不足道。因此, 根据国内外的经验, 这里植物固沙只能限于防护新、老绿洲、工矿交通以及城镇居民点, 并且是必要的, 一般都能取得成效。

全球分布在年雨量 100 毫米以上的固定半固定大沙漠, 面积约 250 万平方公里, 占全球沙漠总面积的 35.7%。这些沙漠主要分布于南非、中亚、塔尔沙漠、澳大利亚和我国古尔班通古特沙漠及柴达木盆地, 与季风雨、地中海气候、高原气候有关。这里现今有斑块状或条带状流沙出现, 往往与人为破坏沙生植被有关。这些以固定半固定沙垄、灌丛沙堆和抛物线沙丘为特征的大沙漠, 历来多用作荒漠牧场。从植物固沙来说, 应特别注意适度放牧, 严禁新、老绿洲、新兴工业基地、交通沿线居民进入沙漠樵采, 对天然药用植物不能乱挖乱掏。对沙生植被说来破坏容易恢复难。我国西北绿洲在治沙的同时, 有时放松对天然植被的保护, 以致大大影响了治沙进程。因此, 我国西北今后绿洲防护林体系的建设, 必须把封育天然沙生植被工作放在最突出的地位, 一刻也不能放松。

全球沙漠以至整个荒漠是沙尘暴和黑风暴得以发生的沙尘地。凡有荒漠分布的国家, 年沙尘暴频率达几十天之多, 大范围的特大黑风暴也时有发生。这是一种特定地区的一种自然现象, 人类对此是无能为力的。但是, 在人为经济活动较为频繁的新、老绿洲地区, 建设好以植被为特征的防护体系, 可以减轻甚至不受沙尘暴或黑风暴的危害。我国西北 1993 年 5 月 5 日所出现的特大黑风暴, 黑霾墙高 300—400 米, 最高 700 米, 锋面前移速度 50—60 公里/小时, 最大 76 公里/小时, 瞬时风速 20 米/秒以上, 最大 34 米/秒, 能见度 0—100 米, 遍及甘肃省河西走廊中东部、内蒙古阿拉善盟以及宁夏部分地区, 给当地工农业生产和人民群众的生命财产造成巨大损失。但事后调查发现, 凡防护林体系比较完整的老绿洲, 灾情最轻, 社会震动不大。受灾最重的是开阔的新垦区、老绿洲向内外延伸的新垦荒地以及沙漠、牧场。由此可见, 在绿洲建立完整的防护林体系, 封育保护天然沙生植被, 在流沙或风沙流直接进入绿洲的所谓风口处, 加强人工沙生植被建设, 对于减轻乃至防止特大黑风暴灾害的确是非常有效的。

据报导, 全球湿润和半湿地区的海岸沙丘面积为 3.0 万平方公里。我国大陆的海岸沙丘面积 2,000 平方公里, 台湾西海岸沙丘面积 94.4 平方公里。日本海岸沙丘及滨湖沙丘面积 2,400 平方公里。法国的海岸沙丘及朗德省沙丘面积 1.6 万平方公里。英国海岸沙丘面积 563 平方公里。丹麦海岸沙丘面积 80 平方公里。海岸沙丘虽然面积很小, 但沿海岸线呈窄带状分布, 对人烟密集而经济又很发达的地带来说, 危害性却很大。正因为如此, 追溯植物固沙历史, 以海岸沙丘为最早, 大概有 200—300 年的实践经验。这里诸多植物固沙技术及辅助性的人工沙障布置技术, 为后来半干旱地区的内陆沙后治理所借鉴。欧洲海岸沙丘多为人工松林所覆盖, 因地处陆地与海洋的毗连地带, 气候温和, 景色秀丽, 大多成了现代社会度假、娱乐、旅游、游泳等活动场所, 人为破坏严重。为此, 欧洲有关

国家的学者于1987年9月，在荷兰莱顿召开了一次海岸沙丘会议，进行学术交流，并一致同意成立“欧洲沙丘保护和海岸管理联合会”(European Union for Dune Conservation and Coastal Management)，以协调行动，交流经验。

至于全球半干旱地区的土地沙化问题，是当今国际社会作为衡量荒漠化进退的重要指针之一。这里的风蚀，与水蚀具有同等程度。半干旱地区之所以形成大面积沙荒或沙化土地，多与农垦旱作和伴随而来的过牧、樵采有关。美国大规模开垦中西部大草原，一度风蚀沙化极为严重，尘暴频繁，其中1933年5月11日的特大黑风暴覆盖区长达2,400公里，宽1,440公里，遍及北美洲大陆2/3区域，高达3,000米的黑霾墙穿越纽约政府大厦窗口进入大西洋数百公里，从此这里被列为美国的沙尘源地，命名为“尘窝地带”(“Dust Bowl”)。1954—1964年，原苏联在北哈萨克斯坦开垦草原面积达25.3万平方公里，占这里总面积的42.1%。结果，在原来“清风”吹拂的大草原上，年尘暴频率在20—30天以上。一次持续12小时风速6—7级的沙暴，在距地面高1米、长100米的断面上，每小时所搬运的沙物质达550吨。风蚀给垦区造成的土地沙化，像美国当年开垦中西部大草原所出现的情景一样，一度引起世人关注。这两大草原垦区虽经多年积极治理，但却给后人留下不少人造沙荒。

在我国北方鄂尔多斯高原及其以东有10多万平方公里的沙荒，也是历史时期以来特别是近300多年以来农垦旱作的结果。这里大片的流沙，近40年来通过植物固沙方法得到了初步治理。但是，曾一度开垦的锡林格勒草原和呼伦贝尔草原，种植4—5年后，原40—50厘米的黑土层(腐殖质层)被风蚀吹失殆尽，又形成新的沙化土地。更有甚者，在毛乌素沙地、浑善达克沙地及科尔沁沙地，在乌兰察布盟后山地区以及河北省坝上地区，至今还沿用原始的粗放耕作方式，轮荒种植，每到3—5月间，裸露的地面风蚀极其严重，土地沙化在发展。这就造成一些地区治理赶不上破坏的一种被动局面。因此，我国三北地区防护林体系建设工程，今后除建设好荒漠绿洲防沙体系以外，必须加强半干旱地区沙化土地的治理工作，采取切实可行的社会经济措施，解决风蚀性旱地退耕还牧问题。

全球大沙漠由于自然条件严酷，缺乏水源，看来若干世纪以内，人类难以用极其高昂的代价来征服它。显然，沙海乃至整个荒漠具有丰富的油气资源及可供农业开发的土地资源，对人类有着巨大的引诱力。正因为如此，我们在研究固沙和农业开发配套措施的同时，还应该不断摸索沙漠的各种奥密，揭示沙漠发生发展的规律，预测其未来，为人类征服这一广袤地区提供科学依据。想到这一些，我感到翻译出版“世界沙海的研究”一书是很有意义的。我作为我国一名普普通通的治沙科学工作者，以这本中译本献给我沙漠科学工作者和中青年沙漠科学工作者。

我并非地理地质专业毕业，也不从事风沙地貌研究。我所是多学科研究所，目睹耳染，我的知识面宽一些，但就翻译本书而言，深感能力不够。我虽然始终严肃认真对待原书每一个术语、地理地物乃至句子和段落，可是限于自己的外语水平、专业水平及中文表达能力，译本中讹误之处在所难免，敬请同志们多加指正。

中国科学院兰州沙漠研究所研究员 赵兴梁

1993年7月1日

序 言

沙漠约占全球陆地总面积 20%，是陆地生态环境的重要组成部分。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。

纵观国际上对沙漠体的基础研究历史，大致存在三个发展方向：一是风沙地貌学方向。这是本世纪 50 年代以前至今仍在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。这三个方向是相对独立的，又是相互联系的，但也是不可替代的。近年来，这三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。

关于风沙沉积学的研究，早在本世纪 20 年代初就已开始，但真正研究较多还是 60 年代以后。当时，为了寻找沙漠地区油气和地下水资源，需要对钻孔地层进行时代和沉积相划分并恢复古环境，而古沙漠特别古沙丘砂岩分布区由于孔隙率高、渗透性强而常常成为油气和淡水资源的良好储存体。正是这种需要带动了风沙沉积学研究在欧洲、美洲、非洲等地广泛开展。反映这方面的研究成果有荷兰 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。该专著共有 11 章，大体分三部分：第 1 章是绪论（相当于总论），概述本书的基本思想、结构安排及研究状况。第 2—10 章属专论部分，分别对风积物的质地参数、风积物判别分析鉴定、沙丘沙的红色、沙丘的沉积构造、沙丘形态和风况、流沙形态模拟的实验室研究、古砂岩风成起源的鉴别、古风环境进行了论述。最后第 11 章是区域性研究，主要根据卫星像片等资料，对地球上的主要沙漠进行了区域对比研究。全书 79.4 万字，插图和照片 271 幅，书末还附有 2,400 条英汉沙漠词汇。因此，本书是当前在探讨风成砂沉积学领域中资料丰富、内容翔

实的一部优秀巨著。

要完成风沙沉积学的前述任务，必须解决面临的两个问题。首先是如何诊断不同时代地层中由古沙丘砂岩组成的沙漠沉积。其次才是如何从沙漠沉积物中提取各种信息，以便重建当时的古环境。因为不同时代的古风成沙绝大多数埋于地表以下各个深度，能见到的仅是钻孔揭示的少量岩性柱和残破不全的零星天然露头，且常常与基岩风化沙、河流沙、湖泊沙和海滩沙等等混生在一起。加之后期成岩变形影响，要正确识别古风成沙并不像现代风成沙那么容易。所以，尽管人们很早以来就已接触到不同时代的古风成沙，并从某个侧面揭示了它的一些风成相特征，但总是多有疑问甚至争议。其根源在于尚未建立足以确证古风成沙的各项指针体系。为此，著者在书中用了主要篇幅重点回答了这个问题，对古环境也作了相应讨论。与以往的同类著作相比，本书具有以下特色：第一，根据将今论古原则对世界内陆和海岸地带现代不同类型沙丘及其不同部位、丘间地甚至砾漠的质地（粒度）、颜色、沉积构造、石英颗粒表面形态、沙丘形态和风况的关系以及流沙形态的室内模拟作了全面研究，据此在质地、沉积构造、石英颗粒形态、颜色等方面所建立的风成沙指针体系不仅扎实可靠，而且明确，全面。第二，由此决定了对不同时代古风成砂岩的鉴别既得心应手，又便于根据交错层理的倾向统计确定古沙丘类型，恢复古风向和风能环境，再按风成沙与陆相地层或边缘海相地层的接触关系把内陆沙丘与海岸沙丘加以区分，并有可能确定含油气层的位置。例如，著者等对美国、欧洲西北部、英格兰、蒙古和南美等地二叠纪至上白垩纪地层中的古风成砂岩的成功鉴别与环境重建就是最好的例子。第三，应用遥感等手段，按照沙丘外形和滑落坡朝向，对全球沙漠中的沙丘形态提出线形沙丘、新月形沙丘、星状沙丘、抛物线沙丘、穹状沙丘、沙片和沙带等新的类型划分方案，然后又按这些类型沙丘滑落面的不同发育阶段再划分简单形态、综合形态和复合形态三个类型以及各类沙丘的变型，并讨论了它们的分布以及长度、宽度（或直径）和波长等示量特征。在此基础上，利用文献、地面风统计和卫星像片等资料，对涉及包括中国在内的17个国家的八大沙漠的沙丘形态类型与风向、风能环境的关系及其成因作了全面分析和对比，使人耳目一新。

我国是世界上沙漠广布的国家之一（包括戈壁和沙漠化土地在内约150万平方公里）。中华人民共和国成立以前，虽然有些调查研究，但较为全面、系统和深入的考察研究主要是在1956年以后逐步开展起来的，至今已有37年。从事沙漠本体研究的风沙地貌学、风沙物理学和风沙第四纪沉积学等学科方向也已先后建立并在国内外占有一席之地。但终因多种因素，与国际先进水平相比，在不少方面仍有一定差距，其中尤以风沙沉积学

研究显得更为突出。而《世界沙海的研究》无论在理论还是方法上正好弥补了我们在这个研究领域的不足。因此，本书中译本的出版，必将对我国风沙沉积学乃至整个沙漠学的进一步发展起巨大的推动作用。从这个意义上说，赵兴梁研究员的这部译作，是对我国地学界的一大奉献。让我们为他的长期日夜辛苦翻译表示衷心感谢！

中国科学院兰州沙漠研究所研究员、第三世界科学院院士 朱震达

中国科学院兰州沙漠研究所学术委员会主任、研究员 董光荣

1993年7月15日于兰州

序 言

我所赵兴梁研究员以“甘作园丁为祖国添秀，愿为春雨育桃李成材”的奉献精神，在花甲之年，不辞辛劳，为我国沙漠科学工作者、硕士和博士生翻译了美国 Edwin D. McKee 主编的巨著“世界沙海的研究”，值得称颂。

可以这样说，继 R.A. Bagnold“风沙和荒漠沙丘物理学”、A.Н.Энаменкий“沙地风蚀过程的实验研究和沙堆防止问题”和 A.П.Иванов“沙地风蚀的物理原理”之后，就研究全球沙漠、风成砂岩以及与风成沙丘有关的一些主要问题而言，“世界沙海的研究”又是一本重要著述。

随着空间技术的发展，在研究全球沙漠地区方面得以广泛应用航空遥感技术和航天遥感技术，这就大大促进了对世界风成地貌的区域性分析和动态研究。美国和其他国家的科学家们对此做了大量工作。美国地质调查局组织大量人力，认真总结了近期借助于遥感技术所取得的研究成果，并结合许多年来地面研究材料和大量文献资料，通过“世界沙海的研究”一书对全球主要沙漠沙丘形态的形成发育与有关风况作了详细的比较分析，提出了一个简明的沙丘分类系统，并据以描述了世界主要沙漠相对较为重要的沙丘类型及其分布状况，编制了世界上主要大沙漠的沙丘形态分布图。再则，通过电子计算机处理，探讨了世界各大类型沙丘的长度、宽度及波长等示量数值之间的相互关系。

“世界沙海的研究”一书结合风成砂岩的判别研究，探讨了涉及油气贮集沙岩体的生产实践问题，对石油勘探和采油有重要的参考价值。本书还对现代沙丘和古风成砂岩的沉积环境、基本构造、沙漠沙的质地参数、现代沙丘与现今风况之间的关系、古风成砂岩的判别指针、红色沙丘沙的成因以及沙丘形态发育的模拟实验等方面，都作了详细的论述。

“世界沙海的研究”一书内容比较丰富，科学理论性强，不仅有助于解决沙漠地区经济建设所涉及的有关理论和实践问题，而且还能从地球表面这种特殊的陆地生态类型出发，深入探讨其形成演变的规律，预测其未来变化趋势，从而解决全球环境变化这一大任务。

总之，本书对我国沙漠科学工作、地质地理科学工作者、硕士生和博士生、有关高等院校的师生都有参考借鉴价值。

赵兴梁同志对“世界沙海的研究”一书虽力求翻译准确无误，但瞻顾难周，讹误不能尽免，敬祈读者不吝绳正纠谬，以便更正。

中国科学院兰州沙漠所研究员、所长 夏训诚

研究员、副所长 杨根生

1993年6月14日于兰州

中 译 版 序

我能为由 Edwin D.McKee 主编的我国地质调查局出版物“世界沙海的研究”一书的中译本写序，感到高兴。对我们来说，这本出版物是很有意义的，因为该书是在美国地质调查局成立 100 周年之际出版的。风成沉积的研究始终是在美国地质调查局的研究计划中占有一席之地的。以这部旨在总结我们有关风成沉积知识方面的综合报告来纪念我们的 100 周年，是再恰当不过的了。特别是，把风成沙体的研究用来解决经济问题，对世界人民都会有好处。



美国地质调查局局长 Dallas L.Peck

1993 年 6 月 5 日于雷斯顿

PREFACE

I am pleased to write a preface for this translation into Chinese of our U.S. Geological Survey publication *A Study of Global Sand Seas*, by Edwin D.McKee. This was a very significant publication for us because it was published during the 100th anniversary of the founding of the U.S. Geological Survey. Studies of eolian deposits have always played a role in the research programs of the U.S. Geological Survey. It was fitting that this comprehensive report synthesizing our knowledge of eolian disposition should commemorate our 100th anniversary. In particular the application of studies of eolian sand bodies to economic problems will be of benefit to all peoples of the world.



Dallas L. Peck

Director

U.S. Geological survey

原 版 序

100年前,美国地质调查局(United States Geological Survey)成立于哥伦比亚特区的华盛顿,当时国会成立这一统一的地质调查局隶属于内政部,合并和代替政府原有的四个勘测部门。美国地质调查局的规划包括“公共土地的分类、地质构造、矿藏资源和国土产物的调查”。因此,编写这一集丛书旨在总结风成沉积这一重要领域调查研究所取得的进展和我们现有这方面知识的状况,以纪念美国地质调查局成立100周年,看来是非常适时的。

关于风成沙沉积物特征的早期描述和研究(主要是在世界大沙漠地区进行研究的),可以追溯到19世纪80年代和90年代。当时,包括Walther、von Zittel和Sven Hedin在内的先驱地质学家和探险家,撰写了关于荒漠沙丘方面的经典性著述,过了10年或20年以后,由于对古砂岩和许多地质时期基岩中的风积物得以鉴别,于是对风成过程的兴趣就浓厚起来了。

在整个20世纪,地质科学发展了,美国地质调查局的规划扩大了,与此同时关于沙丘方面的研究也有了相应的发展。这项工作最初主要集中于沙丘形态的描述和质地特征这两个方面。但是,到了50年代,通过Bagnold的出色工作、微型风成构造的仔细研究和分析、交错地层倾向的统计分析以及沙丘分类系统的发展,以致对风成沙物理学这一领域作出了重要贡献。近来,因有航空照片和地球资源卫星像片可供利用,于是在研究颗粒、交错层理和沙丘型式方面的兴趣又浓厚起来了。

这本关于世界沙海方面的著作,主要特色在于汇集和比较以种种方法所取得的可用数据资料。一些重要的论据是通过微颗粒的仔细研究和各个颗粒的分析取得的。另一些重要的论据是由遥感提供的,其中沙丘类型按500英里左右的空间予以测量,并据以在一个沙海与另一个沙海之间作出比较。此外,从质地、构造及其它特征方面对古代沉积物与现代沉积物进行了相互比较。本书讨论了有关鉴定各种古代沉积物风成起源的标准,有一章讨论了这些研究成果在经济方面的应用,充分说明风成沉积物对我们当代的文化和人类幸福有着重要意义。

H. William Menard

前美国地质调查局局长 H. William Menard

目 录

译者的话	赵兴梁(i)
序言	朱震达 董光荣(vi)
序言	夏训诚 杨根生(ix)
中译版序	Dallas L.Peck(x)
原版序	H.W.Menard(xi)
第一章 绪论	Edwin D.McKee(1)
第二章 风积物的质地参数	Thomas S.Ahlbrandt(19)
第三章 风积物判别分析鉴定	R.J.Moiola A.B.Spenser(49)
第四章 沙丘沙的红色	Theodore R.Waker(53)
第五章 沙丘的沉积构造	Edwin D.McKee(73)
第六章 沙丘形态和风况	Steven G.Fryberger(125)
第七章 流沙形态模拟的实验室研究	Theodore F.Tuler(163)
第八章 古砂岩风成起源的鉴别	Edwin D.Mc.Kee(178)
第九章 古风成环境的沉积物——贮油层的异质性	Robert Lupe Thomas Ahlbrandt(235)
第十章 遥感沙海沙丘的形态和分布	Carol S.Breed Tenera Crow(244)
第十一章 地球资源卫星像片沙海的区域性研究	Carol S.Breed et al.(334)
英汉沙漠词汇	赵哈林 赵兴梁(409)
参考文献	(485)
图版 I-XXVII	(495)

世界沙海的研究

第一章 绪论

Edwin D. McKee

目 录

论题	(1)
沙丘研究范畴	(2)
沙丘分类	(3)
沙质地研究	(3)
有关的物理过程	(3)
平均流向的统计研究	(4)
表层构造、动物遗迹和足迹的保存	(4)
交错层理的分析	(5)
遥感(地球资源卫星)的应用	(5)
空间实验室 4 号的资料	(6)
沙丘颜色的研究	(7)
风况	(7)
沙丘类型	(7)
分类的基础	(7)
基本沙丘类型或简单沙丘类型	(9)
综合沙丘类型	(12)
复合沙丘类型	(13)
沙丘变型	(13)
古风成砂岩的推断	(13)
术语和地理名称	(14)
测量制度	(15)
鸣谢	(15)

论 题

想出版这本《世界沙海》专著的念头，可以追溯到本世纪 20 年代末期。那时候，我在研究亚利桑那州大峡谷的科科尼诺砂岩 (Coconino Sandstone)，当时关于这种砂岩是

一种水下沉积物还是由风成沙丘构成的，争论很大。显而易见，当时在沙丘类型及其世界的分布、沙丘发育的机制、沙丘交错层理内部构造的基本特征、风况与沙丘形态的关系等方面，文献非常少，甚至是没有的。关于有把握用来鉴别古沙丘的标准方面的数据资料，则更为缺乏。

这本出版物的一个共同特色在于探讨风成沙体。虽然本书主要是针对荒漠沙海的，但论题并不局限于荒漠。书中在许多方面涉及到湿润气候下的海岸沙沉积物和沙体。本书不仅讨论按大多数的定义所谓的沙丘 (dune)，而且还包括沙堆 (mound) 或沙山 (hill) 在内，并在许多方面涉及沙片、沙带及其它无显著地形特征沙沉积物类型。凡风的活动所堆积的所有沙体，均在讨论之列。

本出版物的第一章至第十章，主要是专论部分。其中有几章讨论现代沙丘及其它风成沙体的颗粒质地、颜色和构造。关于风资料与沙丘的关系、实验研究中流水沉积沙体的演变、海岸沙与内陆荒漠沙区分的判别分析，分别作了专题处理。本出版物的专论部分还分析了有关识别古代沉积物的风成起源方面可用的标准，讨论了所述原则在经济上的应用问题，其中涉及风成碳氢化合物蓄积层有关的潜力和问题。最后一章主要根据地球资源卫星像片讨论了沙丘形态及其分布。

本出版物的第十一章，主要是根据地球资源技术卫星镶嵌片所编绘的专门图，描述了沙海。虽然这里所用的实际镶嵌片不一定都符合实际情况，但据以编绘的专门图可以说明各种沙丘类型的分布及其多度、这些沙丘类型与一些相关背景例如基岩、水体、毗连沙丘之间的关系。此外，每幅专门图上的沙玫瑰图可使应用者针对特定地区风强度、风向与沙丘类型的可能关系作出结论。

区域性研究 (第十一章) 是集体成果。卫星镶嵌片的分析和各种沙丘类型界限的标定，是由 Carol Breed 做的。大量文献资料的综合和摘录由 Camilla MacCauley 负责进行。实际编图工作由 Franci Lennartz 负责，后来 Sarah Andrews 参加。风资料的搜集、风玫瑰图的计算及其与沙体的关系的说明，由 Steven Fryberger 负责，Gary Dean 协助。

沙 丘 研 究 范 畴

风成沙丘的研究在几十年的过程中，人员不断增加，采用的方法多种多样。可以设想，早期的研究多为描述性的，考察工作特别注意沙体的外形及其移动。试图划分沙丘类型的工作进展很慢，但早就弄清楚基本沙丘形态与风况、物理障壁这类因素之间的关系。

美国在研究沙丘方面的以下基本途径，别处在很大程度上可能也是如此：(1) 沙丘形态和沙丘型式的分类，最初靠地面研究，后来借助于航空照片，最后基于遥感；(2) 质地研究涉及颗粒表面和形状的特征，同时并与可代表其它环境的沙质地进行比较；(3) 物理过程的研究包括沙的风搬运和沉积；(4) 交错层理状态或倾向的统计研究和合成向量的确定；(5) 在实验室和野外研究有利于保存表面构造和沙层中动物遗迹或足迹的适宜环境；(6) 风成交错层理的三维分析，包括基本类型的统计研究；(7) 根据遥感资料进行定量的形态研究，采用固定尺度对各沙海进行直接比较；(8) 主要借助于扫描电子显微镜，研究红颜色的制约因素。红颜色是许多沙丘的一个特征。