

文章编号: 1001-4675(2009)01-0001-07

中国沙漠与治理研究 50 年^{*}

吴 正

(华南师范大学 地貌与第四纪环境研究所, 广州 510631)

摘 要: 2009 年 3 月是中国科学院治沙队成立 50 周年。回顾科学院治沙队成立以来, 我国沙漠与治理研究的历程, 从沙漠综合考察, 风沙运动, 风成地貌, 沙漠形成和演变, 农田、牧场和工矿交通等沙害防治, 水土和生物资源等合理开发利用, 以及现代科学技术在沙漠研究中的应用等, 较详细地论述了中国沙漠与治理研究取得的新进展。

关键词: 沙漠; 沙害防治; 历史回顾; 综合考察; 中国

中图分类号: P931.3 **文献标识码:** A

1959 年 3 月, 中国科学院治沙队在兰州成立, 从而揭开了新中国系统、综合研究沙漠及其治理的新篇章。50 年来, 在党和政府的领导及大力支持下, 在广大沙漠工作者和沙区各族人民的共同努力下, 我国的沙漠与治理研究取得了举世瞩目的成就。

1 简要历史回顾

1958 年 11 月, 党中央和国务院在内蒙古呼和浩特召开了西北和内蒙古 6 省(区)治沙会议, 研究部署全国治沙工作, 吹响了向沙漠大进军的新号角。1959 年 3 月, 中国科学院成立了治沙队, 组织了院内外有关研究所、高等院校和生产部门约 800 人的庞大队伍, 组成 32 支小分队, 对我国主要沙漠与戈壁开展了大规模的综合考察; 与此同时, 建立了托克逊(后改为莎车, 新疆)、民勤(甘肃)、格尔木(青海)、榆林(陕西)、灵武(宁夏)、磴口(内蒙古)6 个治沙综合试验站及沙坡头(宁夏)、沙珠玉(青海)、头道湖和乌审旗(内蒙古)、金塔(甘肃)、莫索湾(新疆)等 20 个治沙中心站^①, 开展了防治风沙危害农田、铁路等的试验研究, 探索各种治理沙害的方法, 从而揭开了系统、综合研究沙漠及其治理的新篇章。这一阶段(截至 1965 年)是中国沙漠与治理研究蓬勃发展的时期, 通过考察和定位试验研究, 取得了丰富的科学资料, 编辑出版了《治沙研究》第 1~7 号论文集。摸清了中国沙漠的基本情况, 提出了各类沙漠的治理途径; 也锻炼培养了一大批年青的沙漠科学工作者, 为今后的沙漠及沙漠化与治理研究奠定了坚实的基础。

1966 - 1976 年, 因“文革”动乱, 沙漠科学研究受到影响, 不少工作被迫中断。这一阶段的工作, 随着大规模沙漠普查告一段落, 转入了结合国家某些重大建设任务, 进行以治理沙害为主的专题研究。如开展了沙通、包兰、兰新、南疆线等通过沙漠地区的铁路选线, 沙害防治措施的试验, 包括灌溉条件下的植物固沙、化学固沙等措施; 青新公路等的沙漠筑路与工程防沙研究; 沙漠水库防沙研究等。并以毛乌素沙地南部及乌兰布和沙漠北部为中心, 进行了沙漠地区历史时期以来人类活动以及沙漠变迁的研究。此外, 还着重开展了沙区(如塔里木河流域)水土资源开发利用与开发后环境变化趋势的研究; 对一些沙漠边缘的绿洲(如新疆吐鲁番和甘肃临泽)开展了农田防护林体系和流沙治理及开发利用的研究等。1967 年, 在已故的中国科学院竺可桢副院长的关怀和支持下, 在兰州建成了我国第一个大型沙风洞实验室, 并开展了风沙运动和防沙工程的风洞模拟实验研究。

1976 年以后, 特别是 1978 年全国科学大会的召开, 科学的春天来到。与此同时, 联合国环境规划署(UNEP)于 1977 年 8 月 29 日至 9 月 9 日在肯尼亚首都内罗毕召开了联合国荒漠化会议(United Nations Conference on Desertification), 制定了《向荒漠化进行战斗的行动纲领》, 引起了全球对土地荒漠化问题的极大关注。为了适应国际沙漠科学发展的趋势, 我国沙漠研究的重点转入了土地沙漠化(沙质荒漠化)问题, 开展了沙漠化的成因、过程、预测

^{*} 收稿日期: 2008-07-10; 修订日期: 2008-09-02

作者简介: 吴正(1935-), 浙江浦江人, 教授, 主要从事风沙地貌与工程防沙研究

^① 据陈道明回忆录, 1993

与整治研究。研究区域从干旱区沙质荒漠转移到半干旱区的农牧交错带和旱农地区的现代沙漠化土地。还多次开展塔克拉玛干沙漠的资源和环境综合考察,以及罗布泊的多学科综合考察研究工作。开拓了中国沙漠形成演化与气候变化的研究,比较系统地进行了土壤风蚀的风洞模拟实验,加强了风沙物理与风沙工程的理论与实验研究等。沙漠研究进入新的发展阶段,取得了一系列重要成果,出版了多本有影响的著作,编制了多幅沙漠与沙漠化图;涌现出一批发展经济与改善环境相结合的沙漠与沙漠化治理的典型和模式^[1-9]。

2 沙漠研究的主要成就

自1959年中国科学院治沙队成立以来,我国沙漠与治理研究工作取得了重要进展,可归纳为几个方面:

(1) 通过对沙漠地区多年综合考察和治沙试验研究,取得了大量的科学资料。基本上查明了我国沙漠的分布、面积和类型,沙漠沙的物质来源与沙漠的成因,以及沙丘形成发育和移动规律;各个沙漠的自然条件与自然资源及社会经济情况,并在此基础上为一些地区沙漠的治理编制了防治规划,提出了因地制宜的治理沙漠的初步意见。在对大量科学资料进行分析、总结和提高的基础上,撰写和编制了《中国沙漠概论》^[10]、《中国沙漠分布图》(1:200万)(钟德才,吴焕忠等,1977)和《中国沙漠治理图片集》(朱震达,吴正等,1977)等专著和图件。由这些专著和图件组成的“中国沙漠考察研究成果”,获1978年全国科学大会奖。

(2) 风沙运动是气固两相流的一个重要研究分支,并作为风沙物理学研究的核心内容备受重视。我国学者不仅在室内外实验研究和数值模拟方面做了大量工作,同时在理论研究上也进行了广泛的探讨,取得不少新的研究成果。例如,基于牛顿力学定律、湍流扩散原理等理论力学和流体力学,对近地层湍流大气中沙的传输,以及风力作用下沙丘移动的规律进行了初步研究^[11-12],该工作可视为我国最早的风沙运动理论研究。根据室内风洞和野外进行的不同条件下风沙运动的动态摄影实验,特别是运用高速电影摄影和高速频闪摄影技术,精确地记录了沙粒运动的微观过程,对沙粒运动图像有了较清晰的了解,并对沙粒跃移运动的物理过程及其机理作出新的解释^[13-18],建立了沙粒运动的力学数学模

型^[18-22]。应用先进激光粒子动态分析仪,研究了跃移过程中冲击沙粒与起跃沙粒的平均速度、平均角度以及能量之间的关系,为风沙流计算机的模拟研究提供了重要参数^[23]。通过大量的野外观测和风洞实验研究,确证了输沙量(率)随高度的分布-风沙流结构呈对数分布,不因风速和下垫面改变而发生变化^[24],这是风沙流结构研究的一个突破^[25]。提出了“风沙流结构特征值 λ ”的新概念,作为判断地表蚀积搬运过程发展的指标^[26]。运用随机概率的观点,推导出风沙流结构中起跃沙粒垂直初速度分布函数,从新的角度在理论上阐述了风沙流结构呈对数(指数)分布这一宏观规律,解决了在错综复杂的界面上单颗沙粒运动具有很大大随机性的问题,初步实现了风沙物理学微观与宏观研究的结合^[25]。根据风沙湍流本身的不均匀性、间隙性,用稳定分析研究了输沙率随高度的分布规律,得出其变化满足负幂律关系,分维数为2.36左右,与湍流间隙模型的分维数一致^[27]。倪晋仁等^[28]在国家杰出青年基金等的支持下,系统开展了风沙两相流风洞实验,取得了丰富的实验数据;并利用多年从事多相流研究的优势,结合风沙运动特点,从理论上对风沙两相流基本问题进行了较为深入的研究;而且通过对风沙两相流运动机理的深入分析,有效地展示了理论与应用相结合的前景。另外,出版有《风沙物理学》^[29]和《风沙运动学》^[30]专著。

(3) 风成地貌形态特征、形成演变过程及其分布规律是沙漠科学研究的重要内容。40多年来,随着空间技术的发展,航空遥感和航天遥感技术应用于沙漠的研究中,大大促进了风成地貌的区域分析和动态研究。

我国地貌学家通过航空像片和卫星像片分析,结合对沙丘系统的野外观测和地区起沙风观测资料的对比研究,阐述了沙丘从沙饼到沙丘链的发育过程和沙丘移动的规律,建立了我国沙漠沙丘类型的划分系统,使有关沙丘形成和分类,沙漠的动态演变等基础研究工作取得重大进展,《塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究》^[31]一书就是这一成果的集中表现。沙丘作为风成床面最重要的形态类型,其形成发展一直受到国内外风沙地貌学家和其他学者广泛的关注,提出了多种成因假设。刘贤万^[31]在国内外首次提出了二次流成因论,引入二次流的概念于沙丘形成发展的研究。凌裕泉等^[32]通过野外观察,结合风洞模拟实验,运用风沙湍流理论的“波粒学说”,进

一步对新月形沙丘形态各个发育阶段的成因进行了新的解释。李恒鹏等^[33]通过大量的野外实测数据和前人的理论分析,得出沙丘地貌发育高度存在一上限,这一上限与边界层厚度有关。

《风沙地貌学》一书是国内首本较全面系统地论述风沙地貌基础理论的科学专著,被誉为风沙地貌学理论第一书^[34]在国内产生了较大的影响;其后的修订本《风沙地貌与治沙工程学》^[35],更是一部理论与实践紧密结合的重要的应用基础理论著作,对沙漠学的研究与教学,以及沙(荒)漠化防治具有重要理论价值与实践意义。

(4) 对沙漠的形成和演变及沙漠各分支学科的基础研究,做了大量扎实的工作,取得了一批高水平的科研成果。

从 1978 年开始,地貌与第四纪研究者在我国主要沙漠地区系统地开展了沙漠形成演变与气候变化的研究,在野外选择典型地层剖面进行采样,在室内进行年代学、沉积学和古气候学的实验、分析,取得了重要成果。对沙区含古风成沙的地层进行划分与对比,初步建立了可以与深海、大陆冰川和黄土区目前已建立的多频次寒暖气候波动相对比的沙区第四纪地层序列。提出了我国沙漠至少自更新世初乃至中新世、上新世,甚至白垩纪就已断续存在;明确划分出我国沙漠经历了白垩纪、第三纪(6 500~248 万年)和第四纪(248 万年以来)3 个演化阶段。提出白垩纪、第三纪红色沙漠,第四纪黄色沙漠的概念。恢复了不同时期沙漠的性质、分布格局和区域分异:①白垩纪和第三纪红色沙漠横贯于我国中部地区,属热带、亚热带地带性沙漠;②第四纪黄色沙漠集中于我国北方地区,属温带非地带性沙漠;③温带沙漠按生物气候特征、发育模式和活动程度又可分为:草原型沙漠(贺兰山以东沙区)、荒漠型沙漠(西部沙区)和荒漠草原型沙漠(西北部和中部分区)。提出沙漠形成演化的综合成因说,认为白垩纪、第三纪红色沙漠的出现是亚热带动力高压的产物,与青藏高原无关;第四纪黄色沙漠的形成演化是冰期气候波动和青藏高原阶段性隆升共同作用的结果。其中,按气候动力条件又可分为:雨影型沙漠(西部、中部分区)、季风型沙漠(东部沙区)和西风型沙漠(西北部沙区)。现代土地沙漠化的发生、发展是自然因素和人为因素共同作用的结果^[36]。该项成果(中国沙漠形成演化与气候变化研究)1998 年获中国科学院自然科学一等奖。

气候、植物、土壤、水文和农、林、牧等沙漠各分支学科的工作者,通过 40 多年来对我国沙漠地区开展系统、深入地考察研究,也都取得了重要成果。《中国沙区气候》^[37]、《中国沙漠植物志》1~3 卷^[38]、《中国风沙土》^[39]、《中国干旱区水文及水资源利用》^[40]、《中国沙区的草地》^[41]和《治沙造林学》^[42]等,就是这些分支学科研究成果的代表性著作。

(5) 围绕农田、草场、铁路及公路沙害的治理,流沙防治的理论与应用研究日益受到重视,得到迅速发展。在国内对固定流沙进行了大量的室内外实验研究,创造了多种有效的治沙方法与技术。

在我国包兰铁路的防沙中,大面积采用成本低廉的草方格沙障(1956年由前苏联专家彼得洛夫院士引入我国,并在腾格里沙漠包兰铁路沙坡头试验路基试用,并取得成功),配合栽植沙生植物固定流沙,取得明显成效。其建立的“以固为主、固阻结合,机械固沙和生物固沙并举”的铁路防沙体系,确保了包兰铁路 40 余年畅通无阻,直接经济效益逾百亿元,为国家的经济建设作出了重要贡献。该项研究成果(包兰线沙坡头地段铁路治沙防护体系的建立)于 1987 年获中国科学院科技进步一等奖,1988 年获国家科技进步特等奖。

化学固沙在我国起步较晚,进行了一系列开创性的探索和试验,在实际应用方面也取得了较好成效。20 世纪 60 年代,中国科学院兰州沙漠研究所首次研究了化学固沙技术,于 1966 年在兰新铁路大风地段和南疆线的干山北坡等地,用乳化沥青、造纸废液和水玻璃为主要原料,进行了化学固沙试验。20 世纪 70 - 80 年代,中国科学院兰州沙漠研究所,先后用乳化沥青(改性)、聚乙烯醇、乳醋酸乙烯乳液、乳化渣油等多种化学固沙液进行的固定流沙试验,都取得较好效果^[43-44]。

植物固沙更是创造了“丘间低地(沙湾)团块造林法”、“高杆和灌木结合的前挡后拉造林法”等多种固沙造林技术。特别是沙区飞播羊柴、籽蒿和花棒等造林治沙试验在榆林地区(现为榆林市)取得重要突破,仅用 3 年左右时间把飞播第 2 年的面积保存率,由 6% 提高到 20%。并在降水不足 200 mm 的荒漠草原飞播沙拐枣、籽蒿、花棒也取得成功,使我国的飞播治沙技术进入世界领先地位^[45]。新疆农业科学研究院林业科学研究所,于 20 世纪 70 年代由慈龙骏主持的研究组,创立了以“窄林带、小林

网”为核心的“林草结合防治农田风沙危害”的技术^[46],其研究成果获全国科学大会奖(1978),是林业部10项重大成果之一。该成果已成为我国荒漠-绿洲防治沙害的重要模式,在生产建设中被广泛应用。

此外,我国学者在治沙工程的理论研究上也取得很好进展。原中国科学院兰州沙漠研究所,继1967年建成我国第一个专门从事风沙实验研究的大型沙风洞后,1988年又设计和制造了一个中型的野外土壤风蚀风洞;比较系统地进行了多种防沙工程措施的野外试验和风洞模拟实验研究,对各种治沙工程的防风沙作用原理有了比较深刻的认识,为治沙工程的设计和施工奠定了理论基础;通过实验研究,逐步建立起一套行之有效的沙风洞相似实验原则。刘贤万著《实验风沙物理与风沙工程学》一书就是上述研究成果的系统总结。

吴正等^[47]著《沙漠地区公路工程》,通过沙漠筑路与工程防沙研究,总结了我国30多年来修建多条沙漠公路干线的经验,提出了沙漠地区公路选线与布局的7条基本原则;并基于对公路沙埋危害及其成因的科学分析,提出了行之有效的阻、固、输(导)工程防沙原理及措施。这些选线原则和工程防沙原理与措施,对我国沙漠公路建设具有重要的指导作用。它创造性地应用于塔里木盆地沙漠石油公路(线路穿越塔克拉玛干沙漠流动沙丘地段达446 km,是目前我国工程防沙措施规模最大的治沙工程)的建设中,取得很好成效。其建立的综合防护体系工程成果,荣获1996年国家科技进步一等奖。1998年朱震达等著的《治沙工程学》一书,从治沙工程的理论与实践相结合的高度,对各种沙害防治措施进行了系统总结,是一本理论性与应用性都较强的治沙专著,对我国沙害治理有重要指导意义^[48]。彭世古主编的《沙漠地区公路设计、施工与环保养护》一书,是一本论述沙漠地区筑路技术的综合性专著,全面系统总结了数十年来我国沙漠地区路线勘测,路基、路面设计施工,防沙工程设计施工,沙漠公路养护和环境保护等方面所取得的成就和实践经验^[49]。另外,还有《荒漠化防治工程学》^[50]等。

(6) 如何充分和合理利用我国沙漠地区的水、土、生物资源,是沙漠研究中的一个重要课题。近10年来,中国沙漠研究紧紧围绕国家经济发展和生态恢复的需要,因地制宜地创造出一批防沙、治沙的

典型和模式,不仅治理了风沙,改善了环境,而且充分利用沙区资源优势,综合开发利用,兴办沙产业,取得显著的生态、经济和社会效益,为沙区脱贫致富创出了一条新路。如,适于半干旱农牧交错区的内蒙古奈曼“生态网”、“多元系统”、“小生物圈”乡、村、户三级沙地综合治理模式;适于干草原牧区的内蒙古伊克昭盟(现为鄂尔多斯市)建设“水、草、林、料、机”五配套的草库伦防治沙模式;适于干草原旱作农业区的内蒙古乌兰察布盟后山“进一退二还三”,加快沙漠化土地整治模式;适于半荒漠铁路防沙的宁夏沙坡头设草方格、五带一体铁路固沙造林模式;以及适于荒漠-绿洲防风沙的新疆和田窄林带小网格农田防护林建设模式等^[45]。

多年来,中国沙(荒)漠化及其环境整治与生态恢复的研究与实践取得重要成果,出版了《中国沙漠与沙漠化》^[51]和《中国的荒漠化及其防治》^[52]等总结性科学专著。中国科学院新疆生态与地理研究所主持完成的“塔克拉玛干沙漠南缘防治沙漠化”和“流沙治理试验研究”的两项成果,1995年获联合国环境规划署颁发的“全球土地退化”和“荒漠化控制成功经验奖”(又称“拯救干旱区奖”)的两项大奖;中国科学院寒区旱区环境与工程研究所主持的“中国北方沙漠化过程及其防治研究”成果,荣获2007年国家科技进步二等奖。

(7) 现代科学技术不断引入沙漠的研究中,沙漠研究的方法和手段有了很大进步。例如,高速电影摄影和高速频闪摄影技术,以及粒子动态分析仪(Particle Dynamics Analyzer,简称PDA)、粒子图像测速仪(Particle Image Velocimetry,简称PIV)、激光多普勒测速仪等,以现代电子技术和激光技术为基础的仪器设备应用于风沙运动的研究;应用探地雷达开展有关沙丘内部沉积构造和下伏古地形的研究;遥感和GIS技术应用于沙漠化动态监测与评价的研究;计算机技术和数字模拟方法应用于风沙运动、土地沙漠化过程的研究;电子显微镜、电子探针等应用于沙沉积物成因的分析; C^{14} 、热释光(TL)和电子自旋共振(ESR)等应用于风成沙年龄的测定等,对推动我国沙漠研究由定性到量化的发展起到很重要的作用。

40多年来,我国沙漠的科学研究不仅在基础理论上进行了有益的探索,而且在沙害的治理、沙区资源的合理利用,以及生态恢复等的应用研究上也取得了很大成绩。由于我国沙漠面积很大,自然条件

严酷,加上目前研究技术手段还比较落后,很多问题仍然停留在感性认识阶段,其内在的机理未能得到透彻的阐述。例如,风沙运动的研究,由于其固有的复杂性,时至今日,在这一领域中理论研究进展不大,与建立完善的理论体系、广泛而有成效地应用于生产实践的目标还有一段距离。对于各种沙丘,特别是那些复杂形态的沙丘,如,塔克拉玛干沙漠中的复合型沙丘链,巴丹吉林沙漠中广泛分布的高大沙山的起因和增长等问题还不十分清楚。再如,限于我国土地沙漠化资料和自然因素变化趋势的不确定性,尤其缺乏全国土地沙漠化发展过程及其速率方面的正确数据,目前还难以对我国沙漠未来发展作出科学的、可信的定量预测与估算,只能作出方向性的定性预测分析等,所有这些都有待今后做进一步的深入研究。

参考文献 (References):

- [1] 朱震达.三十年来中国沙漠研究的进展 [J]. 地理学报, 1979, 34(4): 305 - 314. [Zhu Zhenda Thirty years in research works on Chinese sandy deserts [J]. Acta Geographica Sinica, 1979, 34(4): 305 - 314.]
- [2] 朱震达,刘恕,邱醒民.我国沙漠研究的历史回顾与若干问题 [J]. 中国沙漠, 1984, 4(2): 3 - 7. [Zhu Zhenda, Liu Shu, Di Ximin. Retrospect of the history of desert research and a few problems in the field in China [J]. Journal of Desert Research, 1984, 4(2): 3 - 7.]
- [3] 吴正.中国风沙地貌学研究的新进展——庆贺黄秉维教授 80 华诞 [J]. 地理研究, 1993, 12(1): 10 - 17. [Wu Zheng New progresses in the geomorphological research of sandy deserts in China presented for the celebration of professor Huang Bingwei's 80-year-old birthday [J]. Geographical Research, 1993, 12(1): 10 - 17.]
- [4] 王涛,赵哈林,肖洪浪.中国沙漠化研究的进展 [J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 299 - 314. [Wang Tao, Zhao Halin, Xiao Honglang Advances in desertification research of China [J]. Journal of Desert Research, 1999, 19(4): 299 - 314.]
- [5] 王涛.中国沙漠化研究近 10 年进展与展望 [C]//世纪之交的中国地理学.北京:人民教育出版社, 1999: 117 - 140. [Wang Tao Progress and outlook of desertification research in China [C]//Geography in China at Turn of the Century. Beijing: People's Education Press, 1999: 117 - 140.]
- [6] 王涛,赵哈林.中国沙漠科学的五十年 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 145 - 165. [Wang Tao, Zhao Halin Fifty-year history of China desert science [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(2): 145 - 165.]
- [7] 董治宝.中国风沙物理研究五十年 (I) [J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 293 - 305. [Dong Zhibao Research achievements in aeolian physics in China for the last five decades (I) [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(3): 293 - 305.]
- [8] 董治宝,郑晓静.中国风沙物理研究 50 年 (II) [J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 795 - 815. [Dong Zhibao, Zheng Xiaojing Research achievements in aeolian physics in China for last five decades (II) [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(6): 795 - 815.]
- [9] 王涛,陈广庭,赵哈林,等.中国北方沙漠化过程及其防治研究的新进展 [J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 507 - 516. [Wang Tao, Chen Guangting, Zhao Halin, et al Research progress on aeolian desertification process and controlling in North of China [J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(4): 507 - 516.]
- [10] 朱震达,吴正.中国沙漠概论 (修订本) [M]. 北京:科学出版社, 1980: 1 - 107. [Zhu Zhenda, Wu Zheng Introduction of Desert Research in China (Revision) [M]. Beijing: Science Press, 1980: 1 - 107.]
- [11] 刘振兴.关于风沙问题的研究 (I). 近地层湍流大气中砂的传输 [J]. 气象学报, 1960, 31(1): 75 - 83. [Liu Zhenxing Study on blown-sand issues I Sand transport in turbulent layer [J]. Journal of Meteorology, 1960, 31(1): 75 - 83.]
- [12] 刘振兴.关于风沙问题的研究 (II). 在风力作用下沙丘移动规律性的初步研究 [J]. 气象学报, 1960, 31(1): 84 - 91. [Liu Zhenxing Study on blown-sand issues II Preliminary study on dune movement under wind effect [J]. Journal of Meteorology, 1960, 31(1): 84 - 91.]
- [13] 凌裕泉,吴正.风沙运动的动态摄影实验 [J]. 地理学报, 1980, 35(2): 174 - 181. [Ling Yuquan, Wu Zheng Experimentation on the dynamic photography of the movement of sand-driving wind [J]. Acta Geographica Sinica, 1980, 35(2): 174 - 181.]
- [14] 贺大良,高有广.沙粒跃移运动的高速摄影研究 [J]. 中国沙漠, 1988, 8(1): 18 - 29. [He Daliang, Gao Youguang The study of sand saltation movement with high velocity cinecamera [J]. Journal of Desert Research, 1988, 8(1): 18 - 29.]
- [15] 苏维,王琪民,刘贤万.风沙运动的频闪摄影实验与解析 [J]. 中国科技大学学报, 1988 (增刊): 75 - 82. [Su Wei, Wang Qimin, Liu Xianwan Stroboscopic experiment and analysis of blown-sand movement [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 1988 (suppl): 75 - 82.]
- [16] 刘贤万,王琪民,苏维.野外沙粒运动的高速频闪摄影研究 [J]. 光子学报, 1989, 18(3): 265 - 269. [Liu Xianwan, Wang Qiming, Su Wei An experiment on sand-particle movement under desert condition by using high speed stroboscope [J]. Acta Photonica Sinica, 1989, 18(3): 265 - 269.]
- [17] 邹学勇,郝青振,张春来,等.风沙流中跃移沙粒轨迹参数分析 [J]. 科学通报, 1999, 44(10): 1 084 - 1 088. [Zou Xueyong, Hao Qingzhen, Zhang Chunlai, et al Analysis on the parameters of saltation sand orbit in sand-driving wind [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(10): 1 084 - 1 088.]
- [18] 倪晋仁,吴世亮,李振山.风沙流中颗粒运动参数的分布特征 [J]. 泥沙研究, 2003(4): 8 - 13. [Ni Jinren, Wu Shiliang, Li Zhenshan Statistics of particle saltation process in air flows [J]. Journal of Sediment Research, 2003(4): 8 - 13.]
- [19] 刘绍中,杨绍华,凌裕泉.沙粒跃移模型及其数学分析 [J]. 计算物理, 1985, 2(4): 444 - 453. [Liu Shaozhong, Yang Shaohua, Ling Yuquan Saltation model of sand and its numerical analysis [J]. Chinese Journal of Computation Physics, 1985, 2(4): 444 - 453.]
- [20] 刘大有,董飞,贺大良.风沙二相流运动特点的分析 [J]. 地理学报, 1996, 51(5): 434 - 444. [Liu Dayou, Dong Fei, He

- Daliang An analysis of the characters of blown sands [J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51 (5): 434 - 444.]
- [21] 刘贤万. 实验风沙物理与风沙工程学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1 - 210. [Liu Xianwan Physics of Experimental Sand-driving Wind and Engineering of Sand-driving Wind [M]. Beijing: Science Press, 1995: 1 - 210.]
- [22] 朱久江, 匡震邦, 邹学勇, 等. 风沙两相流中的跃移运动 [J]. 中国科学: A 辑, 1998, 28 (3): 266 - 274. [Zhu Jiujiang, Kuang Zhenbang, Zou Xueyong, et al Sand saltation movement in two-phase flow [J]. Science in China: Series A, 1998, 28 (3): 266 - 274.]
- [23] 董治宝, 刘小平, 王洪涛. 风沙流中沙粒冲击速度的分布函数 [J]. 科学技术与工程, 2002, 2 (5): 53 - 55. [Dong Zhibao, Liu Xiaoping, Wang Hongtao The probability distribution function of the impact velocity in a blowing sand cloud [J]. Science Technology and Engineering, 2002, 2 (5): 53 - 55.]
- [24] 吴正. 风沙地貌学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 1 - 316. [Wu Zheng Blown-sand Geomorphology [M]. Beijing: Science Press, 1987: 1 - 316.]
- [25] 邹学勇, 朱久江, 董光荣, 等. 风沙流结构中跃移沙粒垂直初速度分布函数 [J]. 科学通报, 1992, 37 (23): 2 175 - 2 177. [Zou Xueyong, Zhu Jiujiang, Dong Guangrong, et al Distillation functions of the vertical muzzle velocity of saltation sand particles in sand-driving wind structure [J]. Chinese Science Bulletin, 1992, 37 (23): 2 175 - 2 177.]
- [26] 吴正, 凌裕泉. 风沙运动的若干规律及防止风沙危害问题的初步研究 [C] // 治沙研究: 第七号. 北京: 科学出版社, 1965: 7 - 14. [Wu Zheng, Ling Yuquan Preliminary study on some laws of blown-sand movement and blown-sand control [C] // Study on Blown-sand Control: No. Seventh. Beijing: Science Press, 1965: 7 - 14.]
- [27] 李后强, 艾南山. 风沙湍流的间隙、稳定分布及分形特征 [J]. 中国沙漠, 1993, 13 (1): 11 - 20. [Li Houqiang, Ai Nanshan The intermittency, stable distribution and fractal characteristic for the wind-sand turbulent flow [J]. Journal of Desert Research, 1993, 13 (1): 11 - 20.]
- [28] 倪晋仁, 李振山. 风沙两相流理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1 - 204. [Ni Jinren, Li Zhenshan Theory of Two-phase Flow of Sand-driving Wind and Its Application [M]. Beijing: Science Press, 2006: 1 - 204.]
- [29] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 1 - 198. [Zhu Chaoyong, Ding Guodong, Yang Mingyuan Physics of Sand-driving Wind [M]. Beijing: China Forestry Press, 1992: 1 - 198.]
- [30] 马玉明, 姚洪林, 王林和, 等. 风沙运动学 [M]. 呼和浩特: 远方出版社, 2004: 1 - 293. [Ma Yuming, Yao Honglin, Wang Linhe, et al Science of Blown-sand Movement [M]. Hohhot: Yuanfang Press, 2004: 1 - 293.]
- [31] 朱震达, 陈治平, 吴正, 等. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1981: 1 - 110. [Zhu Zhen-da, Chen Zhiping, Wu Zheng, et al Study on Blown-sand Geomorphology in the Taklimakan Desert [M]. Beijing: Science Press, 1981: 1 - 110.]
- [32] 凌裕泉, 吴正, 刘绍中, 等. 新月形沙丘形态的模拟实验研究 [J]. 地理科学, 1998, 18 (1): 1 - 110. [Ling Yuquan, Wu Zheng, Liu Shaozhong, et al Simulated study on barchan dune forms [J]. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18 (1): 1 - 110.]
- [33] 李恒鹏, 陈广庭. 新月形沙丘迎风坡气流加速模拟 [J]. 中国沙漠, 2001, 21 (1): 24 - 27. [Li Hengpeng, Chen Guangting Simulation of flow accelerating on the windward of barchan [J]. Journal of Desert Research, 2001, 21 (1): 24 - 27.]
- [34] 吴克刚. 我国风沙地貌学理论第一书——略评吴正的《风沙地貌学》 [J]. 热带地理, 1988, 9 (1): 111 - 112. [Wu Kegang The first book of theory for aeolian geomorphology in China—Brief comment of Wu Zheng's "Aeolian Geomorphology" [J]. Tropical Geography, 1988, 9 (1): 111 - 112.]
- [35] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1 - 448. [Wu Zheng Blown-sand Geomorphology and Blown-sand Control Engineering [M]. Beijing: Science Press, 2003: 1 - 448.]
- [36] 董光荣, 王贵勇, 陈惠忠, 等. 中国沙漠形成、演化与青藏高原隆升的关系 [C] // 青藏高原与全球变化研讨会论文集. 北京: 气象出版社, 1995: 13 - 28. [Dong Guangrong, Wang Guiyong, Chen Huizhong, et al Relationship between the formation and evolution of deserts and the uplift of the Qinghai-Tibetan Plateau in China [C] // Memoirs of Conference of the Qinghai-Tibetan Plateau and Global Change. Beijing: Meteorological Press, 1995: 13 - 28.]
- [37] 耿宽宏. 中国沙区的气候 [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 1 - 230. [Geng Kuanhong Climate in Deserts in China [M]. Beijing: Science Press, 1986: 1 - 230.]
- [38] 刘焯心, 杨喜林. 中国沙漠植物志 (1~3卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1985, 1987, 1992. [Liu Yingxin, Yang Xilin Flora of Eremophytes in China (Vol. I~Vol. III) [M]. Beijing: Science Press, 1985, 1987, 1992.]
- [39] 陈隆亨, 李福兴. 中国风沙土 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1 - 188. [Chen Longheng, Li Fuxing Aeolian Soil in China [M]. Beijing: Science Press, 1998: 1 - 188.]
- [40] 汤奇成, 曲耀光. 中国干旱区水文与水资源利用 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 1 - 195. [Tang Qicheng, Qu Yaoguang Hydrology and Water Resources Utilization in Arid Areas in China [M]. Beijing: Science Press, 1992: 1 - 195.]
- [41] 张强, 赵雪, 赵哈林. 中国沙区草地 [M]. 北京: 气象出版社, 1998: 1 - 285. [Zhang Qiang, Zhao Xue, Zhao Halin Sandy Steppes in China [M]. Beijing: Meteorological Press, 1998: 1 - 285.]
- [42] 高尚武. 治沙造林学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1984: 1 - 245. [Gao Shangwu Science in Sand Control and Afforestation [M]. Beijing: China Forestry Press, 1984: 1 - 245.]
- [43] 程道远, 赵小冷, 康国定. 沥青乳液固沙试验研究 [C] // 流沙治理研究 (二). 银川: 宁夏人民出版社, 1991: 335 - 348. [Cheng Daoyuan, Zhao Xiaoleng, Kang Guoding Experimental study on sand fixation with asphaltum latex [C] // Study on Mobile Dune Control (No. II). Yinchuan: Ningxia People's Press, 1991: 335 - 348.]
- [44] 胡英娣. 几种化学固沙材料抗风蚀的风洞实验研究 [J]. 中国沙漠, 1997, 17 (1): 103 - 106. [Hu Yingdi Wind tunnel test on the ability of combating erosion of several chemical sand-fixing materials [J]. Journal of Desert Research, 1997, 17 (1): 103 - 106.]
- [45] 朱俊凤, 朱震达. 中国沙漠化防治 [M]. 北京: 中国林业出版

- 社, 1999: 152 - 165. [Zhu Junfeng, Zhu Zhenda Desertification Control in China M]. Beijing: China Forstry Press, 1999: 152 - 165.]
- [46] 慈龙骏. 新疆防沙林体系建设 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1980. [Ci Longjun Construction of Shelterbelts in Xinjiang M]. Urumqi Xinjiang People's Press, 1980.]
- [47] 吴正, 彭世古. 沙漠地区公路工程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1981: 1 - 171. [Wu Zheng, Peng Shigu Highway Engineering in Deserts M]. Beijing: China Communications Press, 1981: 1 - 171.]
- [48] 朱震达, 赵兴樑, 凌裕泉, 等. 治沙工程学 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1 - 191. [Zhu Zhenda, Zhao Xingliang, Ling Yuquan, et al Engineering of Sand Control M]. Beijing: Science Press, 1998: 1 - 191.]
- [49] 彭世古. 沙漠地区公路设计、施工与环境养护 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 1 - 306. [Peng Shigu Design and Construction of Highway and Environment Protection in Desert Regions M]. Beijing: China Communications Press, 2004: 1 - 306.]
- [50] 孙保平. 荒漠化防治工程学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 1 - 423. [Sun Baoping Engineering of Desertification Control M]. Beijing: China Forestry Press, 2003: 1 - 423.]
- [51] 王涛. 中国沙漠与沙漠化 [M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2003: 1 - 955. [Wang Tao Deserts and Desertification in China M]. Shijiazhuang: Hebei Science and Technology Press, 2003: 1 - 955.]
- [52] 慈龙骏. 中国的荒漠化及其防治 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 1 - 939. [Ci Longjun Desertification and Its Control in China M]. Beijing: Higher Education Press, 2005: 1 - 939.]

Deserts in China and their Management Over the Last 50 Years

WU Zheng

(Institute of Geomorphology and Quaternary Environment Research, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: The Desert Prevention and Control Team of the Chinese Academy of Sciences will have been established 50 years ago in March of 2009. In this study, new advancements in the evaluation of deserts and their prevention and control in China are discussed in detail. These advancements include better understandings of integrated investigations of deserts, wind-blown sand movement, aeolian sand landforms, the formation and evolution of deserts, as well as the prevention and control of sandstorm disasters on farmlands, pastures, industrial and mining areas, and highways. Furthermore, we discuss the rational exploitation and utilization of water, land and biological resources in desert regions, the application of modern techniques developed in studies of deserts, and their prevention and control. In addition, the studies conducted to evaluate deserts and their prevention and control since establishment of the Desert Prevention and Control Team of the Chinese Academy of Sciences are reviewed. Moreover, the primary achievements that have occurred as a result of the studies of deserts and their prevention and control are discussed. These achievements are as follows: (1) Conducting integrated investigations of deserts and the desert prevention and control experiments over a long period of time has generated a wealth of data; (2) Many advancements in the understanding of wind-blown sand movement and air-sand mixed current have been made; (3) The understanding of morphological features and the formation, evolution and distribution of aeolian sand landforms has been greatly increased; (4) Some high-level achievements regarding desert formation and evolution, as well as fundamental studies in various subdisciplines of desert research have been accomplished; (5) The prevention and control of sandstorm disasters on farmlands, pastures, industrial and mining areas and highways are now receiving more attention in China; (6) Several projects evaluating the rational exploitation and utilization of water, land and biological resources in desert regions have been conducted; (7) Many modern scientific and technological methods are currently being applied to studies of deserts and their prevention and control.

Key words: deserts; prevention and control of sandstorm disasters; historical review; integrated investigation; China