

试论风沙危害治理与沙产业

史培军 王静爱

(北京师范大学资源与环境科学系)

摘要 中国干旱与半干旱沙漠及沙地分布区环境整治和区域持续发展的关键任务是风沙危害治理与沙区绿色产业(沙产业)的发展。本文依“除害与兴利并举”的思想;论述了与风沙危害治理和沙产业发展相关的三个科学问题;并提出中国沙区风沙危害治理与沙产业发展的四种模式。

干旱(包括半干旱)地区是中国三大自然区之一,约占全国土地总面积的30%(其中干旱区21.4%,半干旱区8.4%,如果包括青藏高原上的干旱、半干旱区在内,则占全国土地总面积的52.5%,其中干旱区30.8%,半干旱区21.7%)。本文所指的干旱、半干旱沙漠与沙地分布区(简称沙区)系指包括在下列三个自然地带的沙区,即干草原地带、半荒漠(荒漠草原与草原化荒漠地带)地带、荒漠地带,面积共约63.7万平方公里(赵松乔,1985)。中国沙区自然灾害突出表现在干旱、风蚀沙化、次生盐渍化、草场退化,即以沙漠化为特色的区域性土地退化问题(朱震达等,1992)。对于风沙问题的研究与风沙危害的治理,始于50年代末,一直到现在都受到国家和地方的高度重视。然而,真正从开发利用角度对沙区进行治理则开始于80年代初期,即选择不同类型的地区进行综合整治(朱震达等,1981)。从80年代中后期开始则侧重通过建立整治试验(示范)区,寻求合理的治理模式,并促进区域经济的发展(朱震达等,1989)。与此同时,9年前钱学森教授则从发挥沙区优势的角度出发,提出“沙漠绿色产业”的建设,即以开发带动治理,把高科技根植在“沙漠绿色产业”建设中,从另一种思维打开了对中国沙区的再认识,揭开了对中国沙区开发利用与环境整治的崭新一幕,引起了决策界、科技界的高度重视。

作者曾在我国广大沙区作了近10多年的考察,根据这十几年来对沙区的认识,试图从“除害与兴利并举”的思想,论述沙区风沙危害治理与沙产业发展之间的关系,并提出中国沙区风沙危害治理与沙产业发展的若干措施,以期共同探讨这一关系到我国经济发展的重要问题。

一 治沙模式的演化与治沙观念的更新

从50年代末期开始,中国政府和人民对治沙就给予了高度的重视。但随着社会与科技的发展,经济建设对沙区提出的要求的变化,治沙模式经历了以下三个阶段的变化,治沙观念在治理样式变化的同时也在不断更新。

1 因害设防阶段(1949—1976年)从50年代初期开始,特别是随着中科院沙漠治理考察队的组建,一方面揭开了对我国沙漠科学的研究序幕,另一方面也掀起了治沙的高潮,相继成立了一些治沙站,其中尤以宁夏中卫沙坡头治沙站最为系统和完整。与此同时,对广大沙区流行的一些简单有效的治沙措施进行了科学的总结,编辑出版了《沙漠的治理》(中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,1976),并对我国沙漠研究进行了总结(朱震达等,1980)。综观这一阶段工作,可以看出,治理依“因害设防”的模式,确保沙区农业、工矿交通建设的顺利进行。

2 沙漠化的综合整治阶段(沙区绿洲阶段)(1977—1985年)面对风沙危害与日俱增,迎接世界性的沙漠化的挑战,从沙区生态系统的角度,分析沙区自然资源开发利用中的问题,提出对沙漠化整治的“综合治沙模式”。系统地开展了我国北方沙漠化土地调查与形成机制的研究,出版了《中国北方地区的沙漠化过程及其治理分区》(朱震达等,1981),把治沙向沙区土地退化的综合整治推进了一大步,并相继建立了一些新的沙漠化土地综合整治试验区,从沙区土地利用优化模式出发,建设人工生态系统,亦可称之为“沙区绿洲模式”。

3 沙区绿色产业阶段(1986—现在)1984年钱学森教授提出“沙产业”(即沙区绿色

产业), 为科技界更换另一种思维认识沙漠, 正确理解人类与自然的关系提供了思路。钱学森教授深刻分析了沙区农业气象资料、土地资源的特征, 指出沙区虽然具有发展农业的制约因素, 但也具有独特自然优势, 应克服其不利因素。在此基础上, 他提出了沙产业的概念。与此同时, 在沙产业会议上, 田裕钊提出高技术沙产业的概念, 引起科技界的重视。从若干资料可以看出, 沙产业的核心在于, 利用自然科学、工程技术及一切可利用的知识, 来提高太阳能转化效率, 增加光合作用产品产量。沙产业愈发达, 第一性产品产出量就愈多, 人们为追求生活必需品而进行的盲目开垦和放牧就会相对得到控制, 自然生态系统就会得到休养生息的机会。这是沙区开发与整治的真正的“扬长避短”。这在前苏联、以色列已得到发展, 且取得了技术上的突破。

综上所述, 从“因害设防”→“沙漠化的综合整治”→“沙区绿色产业”这三种治沙模式的演进, 标志着人们对治沙概念的一次又一次的更新, 显示出人类渴望征服沙漠, 造福人类的追求, 也说明, 科学技术在沙漠治理中愈来愈重要。

二 与风沙危害治理制沙产业开发相关的几个问题的探讨

在对广大沙区风沙运行规律、沙区资源与环境研究的基础上, 从沙区风沙危害治理的角度看, 对下列问题的认识, 有利于促进沙产业的发展。

1 关于沙区植被临界值问题 研究表明, 虽然沙区主要以沙质沉积物广泛分布、风沙地貌景观为特色, 但都表现出明显的地带性分布规律(赵松乔等, 1985), 这就是把草原地带、森林草原地带沙区作为沙地; 把荒漠地带沙区作为沙漠的主要原因, 正因为如此, 沙区植被临界值就有明显的地带分异。作者近年对我国北方科尔沁、库布齐、毛乌素、宁夏河东、腾格里、巴丹吉林沙区进行了考察, 以单位面积 1km^2 计算, 借助地面植物(被)样方如气象卫星观测资料的统计分析, 发现虽然由于局域水分及地貌条件的差异, 假如不考虑受人为治沙或破坏沙区植被的影响, 则不同沙区年降水量与沙区多年平均植被盖度有良好的线性正相关关系, 即年降水量 100mm 的地区, 自然植被盖度约相当 10% 。据此, 作者提出科尔沁沙地平均约为 $40\%—50\%$; 毛乌素沙区 $20\%—45\%$; 库布齐沙区 $15\%—45\%$; 乌兰布和沙漠 $10\%—20\%$; 腾格里沙漠 $8\%—20\%$; 巴丹吉林沙漠 $5\%—10\%$; 塔克拉玛干沙漠 $2.5\%—7.5\%$; 古尔班通古特沙漠 $10\%—20\%$ 。由此可以看出, 就整个沙区来看, 追求高覆盖率绿化沙区是不符合自然规律的。为此, 作者对鄂尔多斯高原上伊克昭盟境内的沙区进行了连结 5 年的遥感监测, 发现本区流沙的面积变化并不很明显, 即沙区植被盖度平均稳定在 $30\%—35\%$ 之间。这就是说拿沙区局部地区植被覆盖度增加或减少说明沙区沙漠化达到控制或沙漠化在扩展是证据不充分的。因此依据对 1951—1970 年, 1971—1980 年, 1980—1990 年的降水资料分析, 鄂尔多斯沙区植被盖度整体呈现减少的趋势, 尽管“三北”植树造林在本区局部地段起了重要作用。这就是“沙区整体环境恶化、局部得到治理”的根本原因。沙区植被临界值域说明沙区植被建设的总体目标, 但并不排斥在沙区局部地段绿洲的建设。恰恰相反, 正是依据沙区植被临界值域的指标, 进行沙区植被建设的总体规划。

2 关于流沙的生态功能 在一般人的眼里, 沙区只有植被才能显示其生态保护作用, 这是不符合自然规律的。沙区风沙地貌的发育, 辅之整个沙区自然环境的演变, 局部低湿地(丘间地)与起伏丘地有一定的比例。除了所处的自然带不同外, 由于沙丘起伏与丘间地交错, 使沙区土壤水分有明显的差异, 即由于小地貌造成的水热条件及降水的再分配, 必然导致丘间地与沙丘地植被盖度的不同。野外观测表明, 凡有沙丘上裸沙的地区, 丘间地植被相对发育都较沙丘上有一定植被的丘间地植被发育良好。这就说明适当的流沙比例对维护丘间地的植被有着十分重要的作用, 即可表现在: 第一, 形成沙丘地与丘间地的水分小循环, 流沙除蒸发外, 没有其它的水分消耗, 降雨后, 容易下渗转化给丘间地; 而丘间地不仅有蒸发, 还有植物的蒸腾作用, 因此, 相对来说损耗的水分比流沙多, 这正好得

到由沙丘地下水转化到丘间地的补充，从而形成一局部的小循环体系，这对维持丘间地植被起重要作用；第二，由于流沙地的存在，可以起到相对防治病虫害扩展的作用。根据我们在毛乌素沙区病虫害的调查，在同样的立地单元，有沙丘地流沙与丘间地植物镶嵌的地段病虫害远小于沙丘地植被与丘间地植物分布的地段，这也说明流沙所具有的生态作用。由此，我们可以认为保留适当的沙丘地裸沙对维护沙区植被建设有着重要的作用，在不同的沙区，这个指标应依沙区植被临界值域来确定。这也说明，一方面沙区植被全覆盖是不可能的，另一方面追求沙区植被全覆盖是一个错误。

3 关于沙区土地退化的原因 对于沙区以风蚀沙化、草场退化、沙丘前移入侵、沙丘活化、古沙翻新、次生盐渍化等现象组成的“荒漠化”(desertification)为特色的土地退化原因的讨论曾引起国内外学者的高度重视，亦成为治沙及沙产业开发的重要科学依据。对这一问题的讨论，作者认为必须从时空两个方面进行考虑，即考虑沙区土地退化的空间分异与动态演进的尺度，笼统地讲是难以澄清这一问题的。因此，作者认为，可以从以下几个方面分析这一问题。

(1) 从环境演变的角度看，我国北方沙区自中更新世以来存在明显的干旱化趋向(张兰生，1984)，在这一背景下，中国北方沙区在晚更新世盛冰期沙区面积达到了最大的程度，此后，进入全新世受季风气候影响的北方沙区经历了程度不同至少三次的沙丘固定时期(即黑纱土形成时期)(史培军，1991)，目前处在 10^3 年尺度的相对湿润时期的由湿转干阶段。因此，从这个意义上说，目前处在 10^3 年尺度的流沙固定时期，亦可说处在全新世平均状态阶段。若从 10^2 年尺度来看，中国北方受季风影响的沙区，目前处在小冰期干燥段后的相对偏湿阶段，这也正是距今420—140年期间小冰期流沙扩展后得到不同程度抑制的主要原因(史培军，1989)。若从 10^1 年尺度来看，中国北方受季风影响的沙区，目前正处在这一个时间尺度相对平均状态，即20年代末—30年代初期土地退化加剧、流沙扩展，30—60年代土地退化减弱、流沙固定阶段后，沙区降水状况处在相对平均状态。从近40年有器测记录来看，最近10年，也处在平均降水状况，相对波动幅度是近40年来最小的。由此可以认为，若以近10000年来自然植被变化看，中全新世暖湿段盛期(6500—5500aBp)沙区植被状况，比目前平均植被盖度高15%—20%来对比，我国北方季风影响沙区，流沙扩展系自然演变的产物。从近1000年来的自然植被变化看，目前流沙面积的扩大是在自然趋于背景下的扩展即自然为主，人为因素只是一种强化因素，且在局部地段显示出人工扩大或控制的主导作用(如居民地附近和人工绿洲地段)。若考虑到目前的状况，从近100年来的自然植被演变来看，人为过度开发与利用，在局部得到治理的情况下(人工植被盖度增加)，沙区部分地区土地退化显示出在自然偏湿背景下的，人为加强和诱发的作用，北方季风影响沙区土地退化是人为活动成为主因，自然因素则是一种叠加强化或抑制因素。从近10年来的自然植被看，在整体变化不明显的情况下，沙区局部地段的土地退化与绿化则由人类作用所致，即属人为作用的产物。

(2) 从区域分异的角度看，在不同自然地带，沙区土地退化的方式是不一样的，在流沙分布的边缘显示出流沙前移入侵；在覆沙带或坪沙分布地段，即沙质土地分布地段，表现为土地风蚀沙化；在高原草原地区则显示出草地退化现象，最为典型的是内蒙高原和鄂尔多斯高原地带性典型草原区(李博，1992)。在北方广大草原地带的沙区沙丘地分布地段，则表现为“沙丘活化”；在北方广大草原地带的沙区丘间地、沙黄土分布地带，显示出被压埋的古风沙出露(由于水土流失)，即“古沙翻新”。由此可以说明，不同的沙区土地退化表现方式与沙区不同的自然地带及局部土地类型或地貌与物质分布有密切关系，笼统以一种方式概之是难以客观给予定论的。关于不同类型的沙区土地退化的成因，则在前面已能予分析，只需补充的是“古沙翻新”的成因问题。如前所述，若从近10000年来看，古沙翻新在中全新世相对干燥段在沙黄土广泛分布地区有过加强的时期，此后整体处在抑

制阶段（或减弱阶段）。只是近 100 年以来，广大沙黄土分布地区、草原地带沙区沙丘地丘间地段由于年降水量的相对稳定或增加，以及人类开垦利用的加强，使水力侵蚀加强，使受流水沉积层或现代土壤层保护的下伏全新世、晚更新世古风成沙（沙丘沙、坪沙）暴露地表，形成古沙翻新，这在科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地、毛乌素沙地及与这些沙地相邻的沙黄土、黄土分布区表现最为突出。因此可以认为古沙翻新是自然与人为共同作用的产物。

综上所述，从对我国北方季风影响区的沙区土地退化成因的分析，既有自然成因和自然为主、人为诱发与加强形成与自然与人为共同形成，又有人为成因、自然叠加强化与抑制、人为成因五种类型；而且从空间上又表现出不同形式，这就是在选择不同治沙措施过程中，必须考虑的重要科学依据，亦是沙区产业开发需要重视的问题。

三 沙区风沙危害治理与沙产业开发模式

如前所述，我国治沙已进入了第 3 阶段，即沙区绿色产业阶段，在这个时期，风沙危害治理与沙产业开发模式如何选择，朱震达等依据自然地理地带提出了三类四种沙漠及沙漠化土地的综合治理模式，并进行了广泛的实践（朱震达等，1992）。作者在此基础上，依据“除害兴利”的原则，根据沙区不同的土地利用结构，提出下列四种沙区风沙危害治理与沙产业开发模式，供讨论。

1 “工农互补”模式 在沙区工矿及城镇附近地区，经济建设以矿产资源开发以及城市经济为主，风沙危害的治理不仅要为保障矿产开发、城市建设服务，同时也要为城镇居民提供副食品。因此，根据“开放带开发、开发促治理、治理保开发、开发引开放”的经济发展与国土整治模式（史培军，1992），在这类沙区，建立工农互补的治沙与沙产业模式是符合这一地区的实际与需要的。这一模式的内涵即为：矿区开发、城镇建设与治沙同步，治沙以建立矿区、城镇边线生产农副产品与植被建设为目标，采取高投入与高产出、高新技术全盘考虑的高效的技术路线，建立在绿色植被保护下的沙区农副产品基地，即充分建设设施农副产品生产基地，提高太阳能的利用率，如地膜瓜果、暖房、大棚蔬菜、采取喷灌和滴灌措施，即创造人工匹配的综合治沙与沙产业相结合的工农互补模式。内蒙乌海市、神府矿区即是这种模式的一种代表。

2 “节水综合农业”模式 在广大沙区的低湿地或过境河流水资源补给地区，进行沙区节水综合农业开发，创造单位面积上的高产模式，从而实现用镶嵌状绿洲分制沙区流沙的治沙与沙产业相结合的综合农业模式。这一模式的内涵为适度开发沙区低湿地或过境河流补给的地下水资源，采取滴灌或喷灌措施，尽量减轻破坏沙区低湿地自然土壤结构，充分利用有限的肥力，发展高产农林牧业生产，特别是粮食与饲料生产，在毛乌素沙区的以水为核心的沙区家庭生态小牧场、小林场、小农场即是这种模式的一种范例。这种面积的比例由可开发水资源量而定。这样把沙区丘间地植被（包括人工植被）建设，控沙丘地流沙与低湿地沙产业开发结合起来，开发与治理一举两得。

3 波动利用与保护的雨养农牧模式 在广大放牧畜牧、旱作农业分布的沙区，“靠天吃饭”是自然界所决定的，即由于水热条件，特别是降水条件的波动，牧草与农作物产量是随之波动的，由此欲求稳定发展是不可能的（史培军，1989）。在这种情况下，治沙与沙产业开发首先是制定适度利用指标，采取丰收互补，波动利用与保护的雨养农牧模式。保护的目标首先应依据自然植被盖度的临界值来确定；适度利用的目标主要是限制单位面积的载畜量和单位土地上的耕地比例；并采取局部绿化措施（按自然植被盖度与实行植被盖度施行种树种草）。

4 富集资源与匹配开发模式 在广大北方沙区，通过绿色植物富集能量，生产第一性的物质，已为人们所接受。但是广大沙区的水是有限的，第一性物质生产必然是有限的。然而在广大沙区的一些可资利用的湖泊与丰富太阳能进行匹配开发，即可生产低等绿色（藻类）物质，这亦可为沙区畜牧业提供作为添加剂的饲料，这样就相对提高了单位沙区面积

上的第一性物质生产量，起到了富集资源的作用，实施了匹配资源开发，这项新技术在苏联土库曼沙区得到了广泛的应用。由于提高了第一性物质在单位面积上的生产力，就相对减轻了对沙区草地利用的压力，植被就能得以恢复，从而促进沙区绿色植被的建设，进而实现了开发促进治理，由于沙区植被的提高，又起到了保护可资利用的湖泊资源，起到了治理保障了开发，亦是一举两得。

四 结语

本文针对中国北方沙区，以中国北方季风影响下的沙区为例，提出建国以来我国治沙模式演进的三个阶段，即“因害设防”、“综合整治（沙区绿洲）”、“沙产业”阶段，论证了由于沙区建设需要及高新技术应用必然促进科技界对治沙观念的更新。在此基础上，提出为沙区风沙危害治理与沙产业开发必需澄清的三个最基本的科学认识问题，即“沙区植被临界值”、“流沙生态功能”、“沙区土地退化成因”的观点；进而依据“除害与兴利”并举的原则，按照沙区土地利用方式，提出沙区沙危害治理与沙产业开发的四种模式，即“工农互补模式”、“节水综合农业模式”、“波动利用与保护的雨养农牧模式”和“富集资源与匹配开发模式”。根据这四种模式，实现我国北方沙区危害治理与沙产业开发的目标，从而促进这一地区的持续发展。

参考文献

- [1] 赵松乔主编，1985，中国干旱地区自然地理，科学出版社，北京。
- [2] 朱震达、王涛，1992，中国沙漠化研究的理论与实践，第四纪研究，(2)，科学出版社，北京。
- [3] 朱震达、刘恕，1981，中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划，中国林业出版社，北京。
- [4] 朱震达、刘恕、邸醒民，1989，中国的沙漠化及其治理，科学出版社，北京。
- [5] 中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所，1976，沙漠的治理，科学出版社，北京。
- [6] 朱震达、吴正、刘恕等著，1980，中国沙漠概论，科学出版社，北京。
- [7] 张兰生，1984，中国第四纪环境学变特征，北京师范大学学报（自然科学版）(2)，北京。
- [8] 史培军，1991，环境演变研究的理论与实践，科学出版社，北京。
- [9] 史培军，1989，中国北方农牧交错带降水变化与“波动农牧业”，干旱区资源与环境，(3)，呼和浩特。
- [10] 李博，1992，内蒙古自治区 1：150 万草场类型图说明，科学出版社，北京。

作者简介：史培军，男，1959 年 3 月生，教授、博士，北京师范大学资源与环境科学系（原地理系），先后发表论文近 80 篇，专著 6 本，曾获国家和省部级科技奖励 6 次，并获国家教委、国务院学位办“有突出贡献的中国博士称号”和中国科协第三届青年科技奖，国务院政府津贴享受者。

王静爱，女，1955 年 8 月生，讲师，硕士，北京师范大学资源与环境科学系（原地理系），先后发表论文近 50 篇，专著 2 本，曾获国家和省部级科技奖 6 项。