

闫德仁,闫婷.内蒙古流动沙地治理技术发展回顾[J].中国沙漠,2022,42(1):66-70.

# 内蒙古流动沙地治理技术发展回顾

闫德仁,闫婷

(内蒙古自治区林业科学研究院,内蒙古 呼和浩特 010010)

**摘要:** 归纳总结了内蒙古防沙治沙技术发展历程,并按照时间顺序划分了群众经验总结阶段、试验与观测研究阶段、快速发展阶段和新发展阶段等4个阶段。重点介绍了8项典型沙障固沙技术和4项治沙造林配置模式等具体内容,展望了产业治沙技术模式、沙障新材料及其铺设装备以及沙障+乔灌草疏林型配置技术模式等流动沙地治理技术发展趋势。

**关键词:** 流动沙地; 沙障; 内蒙古

**文章编号:** 1000-694X(2022)01-066-05

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2021.00190

**中图分类号:** S157.1

**文献标志码:** A

## 0 引言

内蒙古横跨中国东北、华北和西北。东西直线距离2 400 km,南北跨度1 700 km。年降雨量37—486 mm。气候以温带大陆性季风气候为主,包括湿润区、半干旱区、干旱区和极端干旱区。境内分布有巴丹吉林、腾格里、乌兰布和、库布齐和巴音温都尔等五大沙漠,有毛乌素、浑善达克、科尔沁、乌珠穆沁和呼伦贝尔等五大沙地。沙化土地总面积40.78万km<sup>2</sup>,占土地总面积的34.48%。从20世纪50年代开始,在自治区政府的领导下,对内蒙古沙地、沙漠开展了大规模的防沙治沙工程建设,并有效地防止了区域沙漠化土地扩展的趋势,实现了荒漠化和沙化土地面积的“双减少”。几十年来,内蒙古防沙治沙工作紧密结合不同时期生态建设需要,经历了对沙地(漠)客观认识,了解掌握风沙移动规律、探讨防风固沙技术试验研究;到固沙植物引种、造林技术、沙地综合防沙技术与合理开发利用,风沙流运移规律动态研究;逐步发展到沙地植被配置结构与防风阻沙机制,以及符合沙区近自然生态系统的结构配置和植被恢复途径,协调沙区水资源、植被生态系统和社会经济发展关系研究等3个历史过程,在与风沙抗衡中,特别在流动沙地治理中,内蒙古先后经历了如下发展阶段,取得了丰富成果和

实践经验,并创造了许多先进、实用的防沙治沙技术模式。

## 1 群众经验总结阶段(20世纪50—60年代)

1949年新中国成立后,政务院提出“在风、沙、水、旱灾害严重的地区,应选择重点有计划造林”。1950年,国家林垦部召开第一次全国林业大会,内蒙古有计划、有组织地展开沙漠治理工作,几年时间在乌兰布和沙漠东部边缘营造了长176 km,平均宽300 m的中国第一条大型防沙林带,有效地阻止了流沙东侵。1958年国务院在呼和浩特召开西部六省区治沙规划会议,确定了治沙方针,强调“生物措施与工程措施相结合,大量造林种草与保护现有植被相结合”。1957—1960年,中国科学院、中国农林科学院和全国部分高等院校,协助内蒙古完成了四大沙漠、三大沙地的综合考察和规划设计,并建立了磴口、城川、展旦召、什拉召、贝力克等国营治沙站。1959年内蒙古在乌兰布和沙漠开始飞播试验,经过5年试验,以失败而告终。1958—1970年,科尔沁左翼后旗治理流动沙地时,在沙丘迎风坡1/3以下栽沙蒿活沙障、落沙坡黄柳压条、丘脚栽植紫穗槐、丘间地栽植杨树。1958—1978年,内蒙古林业科学研究院在达拉特旗展旦召治沙站开展了治

收稿日期:2021-01-07; 改回日期:2021-01-18

资助项目:内蒙古自治区科技攻关项目(2020GG0125)

作者简介:闫德仁(1962—),男,内蒙古通辽人,研究员,从事沙漠治理研究。E-mail: nmglkyydr@163.com

沙造林成效的研究,探讨库布齐沙漠东段流沙移动规律,开展沙地水分、沙生灌木观察测定,试种乔、灌、草及果树。期间,内蒙古科技人员深入沙区对群众治沙造林现状进行调查,先后总结出伊克昭盟旱柳高干造林“头木”作业、毛乌素沙地“牧区大寨”乌审旗的草库伦模式、乌兰布和沙漠全国治沙劳模牛二旦的撵沙腾地造林模式,以及“前挡后拉”造林法、“又固又放”造林法、“沙湾”造林法、“逐步推进”造林法等。期间,为适应大规模造林治沙的需求,在内蒙古各沙区成立了众多国有林场和治沙站,并强调保护沙区植被与造林种草、封沙育林育草相结合,生物措施与工程措施相结合的技术路线,促进了沙区防护林体系建设。

“前挡后拉”造林法。“前挡”是指在沙丘背风坡前面的沙丘间地栽植乔木或乔灌混交林,以阻挡沙丘前移;“后拉”是指在沙丘迎风坡下部栽植灌木,固定沙丘,并形成不饱和气流,削平丘顶。

“撵沙腾地”造林法。人工促进沙丘迎风坡风蚀,进而扩大丘间地造林面积,并在风蚀区下方造林,形成林内积沙,促进树木生长。

“又固又放”造林法。在流动沙丘密集高大地区,先固定部分流动沙丘,同时也保留部分沙丘的流动性。并在拟固定的流动沙丘上用固沙阻沙措施使沙丘加高变大,在另一部分流动沙丘上用输沙措施使沙丘前移,逐步扩大丘间地面积,进行开发利用。

“沙湾”造林法。通过丘间地人工造林促进风力拉削沙丘,导沙入林,并在退出来的退沙区域逐年追击造林,使流动沙丘逐渐消灭在林内。

“逐步推进”造林法。在流动沙丘迎风坡脚,不设置沙障,而是直接进行造林。具体方法有条带状密植灌木造林,宽行密植和平铺沙障相结合造林,固身削顶、截腰分段、逐渐推进、分期造林等。

## 2 试验与观测研究阶段(20世纪70—90年代)

20世纪70年代,特别是1978年以后,随着国家“三北”防护林工程的启动,内蒙古流动沙地治理进入了个新的阶段。1974年,鄂尔多斯在调查总结经验教训的基础上,统一认识,变“沙进人退”为“人进沙退”,提出以治沙为重点的农林牧水综合治理规划,并出现了新的治沙高潮。内蒙古林业科学研究院在库布齐沙漠流动沙地对沙丘移动规律、沙地水

分、沙生灌木生物生态特性等进行8年定位观测,依据先易后难,由近及远的治理原则,从中小型流动沙丘的治理入手,择取沙丘迎风坡1/2或1/3以下及丘间低地,设置1—2年生沙蒿带根苗生物活沙障,以及采用枯枝、麦草、其他草本植物,设置带状立式、带状平铺或铺草压沙沙障,并在沙障中栽植柠条,扦插沙柳,播种沙蒿,背风坡脚栽植杨柳高杆等,形成“流沙固定、乔灌并举、封沙育草”等乔灌结合、带片混交的“沙漠锁边林带”建设技术模式。

在毛乌素沙地伊金霍洛旗国营霍洛林场设置活沙柳+死沙蒿复合型沙障,进行沙地植松(樟子松、油松)造林,并取得预期成果。在科尔沁沙地,则采用叉巴嘎蒿营养枝扦插技术,配合补播、封育、更新利用等措施治理流动沙地,其用工量只是草方格沙障固沙和种植沙生植物建立人工植被的1/20。

1979—1980年,阿拉善雅布赖盐场,在沙丘上设置黏土沙障、半隐蔽式草沙障、土埋沙丘,并在半固定、流动沙丘进行梭梭造林。

1983年,内蒙古林业科学研究院等单位在毛乌素沙地乌审旗成立毛乌素沙地整治开发研究中心,开展沙地综合治理与合理利用技术研究。1986年和日本国鸟取大学干燥地研究中心等13所大学开展为期10年的合作研究,并根据沙生植被自然分布、水分消耗特征和土壤水分的关系研究结果,提出“适度治理”和“适宜植被盖度”的治沙观念。同时,采用高立式或低立式沙障,和人工植被同步建立的技术措施治理公路沙害,并从日本引进植物生长袋和702乳剂,固沙作用良好。

原内蒙古林学院在吉兰太盐场,依据风沙运动规律,充分利用和发挥原有天然植被固沙阻沙作用,采取综合治理的技术措施,进行吉兰太盐湖沙害综合治理技术措施的试验研究,使沙区植被覆盖率20%的地段提高到52.06%。同时节约了造林成本,造林成活率达到了70%,基本控制了吉兰太盐湖沙害。

1978—1988年,原伊克昭盟林业治沙研究所在毛乌素沙地开始飞播造林种草治沙中间试验并获得成功,对流动沙地治理和沙区大面积植被建设起到了促进作用。在腾格里沙漠,阿拉善左旗经过连续8年试验,成功解决了年降雨200 mm地区飞播治沙的实用技术问题,为干旱荒漠地区造林治沙开创了新途径。

### 3 快速发展阶段

2000年以后,随着国家重大生态建设工程的陆续启动,特别是京津风沙源治理、“三北”防护林四期和五期工程建设、天然林保护工程、退化草原生态修复治理、沙化土地封禁保护区试点建设以及内蒙古各级政府实施的相关生态建设项目的深入实施,工程固沙、造林治沙、封育、飞播等四大治沙技术得到广泛应用。特别是沙障技术和造林治沙配置模式的推广应用,极大地促进了工程固沙技术的发展。

#### 3.1 典型沙障固沙技术

内蒙古科技人员紧密结合生产需求,以广泛应用的草方格沙障为基础,在内蒙古沙区开展了各种新型沙障应用技术和固沙机制的研究。沙障设置方法分为直压式、插入式、直埋式、平铺式、直播式、编织式、喷洒式、灌入式等多种。沙障材料就地取材,因地制宜,除传统的稻草、麦秸外,还有芦苇、蒲草、黄柳、沙柳、杨柴、小麦、树木枝条、聚乙烯网、尼龙网、聚乳酸纤维袋、土工布、黏土等。同时,还研发了流动沙丘水冲造林技术、飞播种子丸粒化技术、埋入式草帘沙障、平铺式草绳沙障以及基于 Re-viTec 技术的模块沙障等新技术模式。

在沙障固沙机制方面主要研究了沙障防风固沙、抗风蚀沙埋功能评价以及设置沙障后土壤理化性质变化、植被恢复成效及评价、土壤种子库变化等方面的内容。

##### 3.1.1 植物直播生物沙障

在呼伦贝尔沙地,依据不同植物品种生长特性和生命周期的差异,将目的树种杨柴、伴生植物种燕(小)麦种子按 1:5 的比例进行混合,采用直播方法设置生物沙障,播种量为  $180\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。当年流动沙地植被覆盖率为 20%,第 2 年为 40%,第 3 年达 50% 以上,并出现生物结皮,第 4 年植被覆盖率 60%—70%,甚至更高,流动沙地得到固定并全部恢复植被。

##### 3.1.2 聚乳酸纤维肠式沙袋沙障

1998 年从日本引进可降解聚乳酸纤维(PLA)肠式沙袋沙障材料,在毛乌素沙地、乌兰布和沙漠等地区,科技人员系统研究了 PLA 沙袋沙障防风固沙机理、促进天然植被快速恢复机制,并实现了 PLA 材料生产的国产化,提出“以沙治沙”的沙障设

置模式,构建了“固、阻、输”等灵活多变、规格多样的沙障配置模式及技术体系。该项技术获得 2018 年度内蒙古科技进步一等奖。

##### 3.1.3 直压立式纱网沙障

直压立式 PE(聚乙烯)纱网沙障固沙技术,是在国家授权专利(ZL201520624846.2)的基础上,逐渐完善而形成的配套固沙技术。PE 网片透风率 40%—50%。按照沙障间距垂直主风向划线,将网片平铺在线上,然后用圆头铁锹或专用铺设机械(ZL2016 2 1133757.9)沿平铺网片中线部位下压,连续两次下压之间不留空隙,每次下压深度 15—20 cm,使网片两端向上翘起形成直立皱褶。纱网沙障能够有效降低风速 26.7%—55.3%,地表粗糙度由 0.024 cm 增加到 0.85—4.27 cm,输沙量降低 65.3%—96.7%。在半干旱区沙地设置纱网沙障,当年植被由 5% 提高到 15%,第二年提高到 30%—45%。

##### 3.1.4 植物再生沙障

植物再生沙障是在科尔沁沙地为治理高大流动沙丘而采取的一项植物治沙技术。沙障材料选用再生能力强的杨柴、黄柳等枝条,利用秋末沙地含水量高、劳动力充足的时机,采用网格式矮立紧密结构埋设沙障,采取深埋(深插 60—80 cm)、截梢、踏实等技术,植物沙障材料成活率 40% 以上,从而达到植物固定流沙的目的。

##### 3.1.5 沙柳沙障

沙柳或黄柳沙障,在内蒙古各沙区广泛应用,多采用 2 m 或 4 m 网格形式设置沙障。沙柳沙障应用历史较长,但近些年对其固沙机制、腐蚀特征、防腐抗蚀以及对植被恢复作用等方面有深入的研究,极大地丰富了植物沙障材料固沙研究的内涵。

##### 3.1.6 土工材料沙障

土工布,又称土工织物,是由合成纤维通过针刺或编织而成的透水性土工合成材料。土工材料沙障是 2001 年为内蒙古公路治沙而研发的新型抗老化土工布、聚丙烯薄板等为材料制成的沙障。其中,抗老化土工布制成规格为宽 40、50 cm,长 2 m 的土工布编织袋。土工布编织袋分有鳍和无鳍 2 种。按照  $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 、 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$  设计规格,采用就地装流沙的方法,将土工布编织袋装满沙土,并平铺摆放在流动沙地,风洞研究表明有鳍沙障优于无鳍沙障。

##### 3.1.7 悬袋形网笼拦沙网沙障

传统流沙固定技术是根据风沙流运移规律,在沙丘中下部设置沙障,利用风的拉力削平沙丘顶



部,使沙丘变得平缓,并采取相应的技术措施建立植被,减少风沙危害。而悬袋形高立式网笼拦沙网沙障则是利用沙丘高度和沙丘移动速度的负相关关系(沙丘越高其移动速度越慢),在沙丘顶部设置悬袋形网笼沙障,通过拦截沙丘顶部的过境流沙使沙丘增高,并减缓流动沙丘移动速度,达到控制风沙危害的效果,同时配合相应的技术措施建立植被,实现长久固沙的目的。所以,沙丘顶部设置悬袋形网笼沙障固沙技术在固沙理念或固沙技术途径方面具有明显的创新。

### 3.1.8 编织式纱网沙障

在戈壁地区或平缓流动沙地及在公路、铁路沿线两侧流动沙丘设置编织式纱网沙障。材料是抗老化的尼龙或PE材料纱网,网宽30—50 cm,设置1 m×1 m、2 m×2 m网格式沙障。设置时,在沙障网格拐角处将特制的PE插钎插入流沙表面,然后从一侧将纱网固定在PE插钎上,按沙障方格走向进行布设,要求沙障方格呈直角行列式排列,在相邻方格交界处,将两层边网重叠并交联固定在PE插钎上后,将方格纱网牢牢固定在沙面上,编织成方格状,网格互相连接。

## 3.2 治沙造林配置模式

### 3.2.1 低密度治沙造林配置

土壤水分是植物生长最重要的影响因素,而人工固沙植被建立后,沙地土壤干化现象明显,并进一步影响固沙植被生长稳定性,甚至导致植被衰退、生态功能降低。为此,内蒙古林业科学研究院的科技人员在充分调查、研究风沙移动规律、植物固沙原理和沙丘水分平衡的基础上,在科尔沁沙地开始探讨“两行一带式”固沙造林配置技术。采取小行距、大间距造林配置,既解决了固沙造林控制风蚀的问题,又减少了固沙林对水分的消耗。同时,行带配置增强了林分降低风速的能力,在相同的密度下,散状稀疏的林分地面仍有明显的风蚀现象,而行带状配置的林分成林后基本没有风蚀现象。行带状的林分,其带内可自然恢复植被,形成稳定的林草复合植被,提高水分利用率和经济效益。而后在毛乌素沙地综合治理技术与推广中,运用植物-土壤-大气-水循环的系统理论,研究了沙地乔灌木树种的水分生理生态问题,发现沙地人工林水分利用的“三层”现象,从理论和实践中明确了沙地人工造林的合理密度和配置技术,并经过

近20年的系统研究,形成了“低覆盖治沙技术”,探索出了既能够充分发挥乔、灌、草各自特性,又能形成复合的、生态作用互补的、接近自然地带性植被的修复技术。该项技术获得2017年度内蒙古科技进步一等奖。

### 3.2.2 分区分割造林固沙模式

根据固沙植被发育和土壤水分的关系,2000年提出分区造林固沙治理模式,即利用流动沙丘上部的渗水、保水功能,作为水源补给区,不进行造林,而在流动沙丘中到下部的1/2处及以下部位,重点进行造林活动,固定流沙,建立固沙阻沙林带,适度恢复沙地植被。而后,在沙漠资源观的指导下,提出分割造林治沙技术模式,即在治理大面积流动沙地时,首先是修建穿沙道路,把流动沙地分割成块,并在道路两侧通过综合固沙技术措施控制风沙危害,形成若干个沙漠“绿色生态岛”,既解决了沙区交通、社会经济发展、生态环境治理、物质运输等问题,又体现了资源保护利用优先、需求决定出路、“利用防治相结合”的新观念。

### 3.2.3 沙地生物经济圈模式

结合科尔沁沙地坨、甸、沼相间分布特征以及沙区群众居住分散的特点,以户或联户或村为单元而设计的沙化土地综合治理技术模式。充分利用当地的土地、水、热资源,进一步划分为核心区、保护区、生态防护区,采取水、草、林、机、粮(料)五配套措施,实现以小规模开发换取大面积生态保护与建设的效果。既满足小面积开发农牧户生产生活需要,改善和提高农牧民的生活水平,又保证大范围生态治理与保护,获得良好的生态效益,最终实现人与自然的和谐相处及资源的永续利用。

### 3.2.4 典型区沙害治理技术

主要是针对内蒙古固定沙地活化或沙质草原沙化形成的风蚀坑危害,以及沙区公路沙害、高压输电线路沙害等开展的综合防治技术研究。其中,固定沙地活化风蚀坑治理主要是设置带状或网格沙障,控制风蚀坑边坡或坑体内风蚀、积沙区风蚀沙埋危害,采用沙障+植苗造林、灌木直播和天然植被恢复相结合的技术措施,促进活化风蚀坑近自然植被恢复,快速治理风蚀坑流动沙地。该项技术获得2019年度内蒙古科技进步二等奖。

公路(高压输电线路)等线形沙害治理主要是根据沿线各地段自然环境条件及风沙危害特征,确定适宜治理范围,并采用沙障固沙和植物治沙技术

相结合,构建以灌为主、灌草乔相结合综合防护体系,治理线形沙害。

### 3.3 相关标准制定

治沙技术的标准化对提高防沙治沙工程建设质量具有促进作用。为此,在总结多年的科研成果和生产经验基础上,围绕流动沙地治理,先后制定并发布实施了《流动沙地沙障设置技术规程》(LY/T 2986—2018)行业标准,以及《流动沙地沙障设置技术规范》(DB15/T 535—2013)、《风蚀坑治理技术规程》(DB15/T 944—2015)、《流动沙地治理程度评价》(DB15/T 1317—2018)和《直压立式纱网沙障固沙造林技术规程》(DB15/T 1813—2020)等地方标准,为内蒙古治理流动沙地的标准化提供了科技支撑。

## 4 新发展阶段

随着人们对沙漠客观认识的提高和沙产业技术的发展以及沙漠治理面临新问题,内蒙古流动沙地治理进入了新发展阶段,主要体现在如下几个方面。

一是建立沙漠光伏、固沙造林、种养等相结合的沙产业治沙技术模式。例如在库布齐沙漠流动沙丘建设的“生态太阳能光伏光热治沙发电综合示

范项目”、“达拉特旗光伏领跑者基地项目”等,对有效遏制沙漠扩展具有现实意义。

二是沙障新材料及其铺设装备的研究取得积极进展,并逐渐向沙障材料工厂化、使用标准化和野外施工机械化方向发展。例如,根据PE纱网材料特点,内蒙古林业科学研究院的科技人员正在研发植物纤维材料纱网及其铺设机械,使沙障材料更环保,而“直压立式带状网膜沙障铺设机”和“一种网式材料沙障铺设机”已获得国家专利授权,并在生产中进行了试用,取得预期效果。

三是依据以水定林、量水而行的原则,结合沙区水资源状况以及“低覆盖治沙技术”应用,建立沙障+乔灌草疏林型植被配置技术模式,合理利用流动沙丘上部的渗水、保水功能,并作为沙丘中下部的水源补给区对构建节水高效的林草融合型稳定的疏林固沙植被系统具有现实意义。

四是利用废弃物研发水溶性固沙剂及其喷洒装备。尽管化学固沙剂见效快,但是造价成本较高,生产工艺复杂,在生产中难以推广使用。而水溶性固沙剂研发在考虑固沙效果的同时,更为重视固沙剂材料制备和使用过程中的生态环境协调性,具有使用性能好、资源与能源消耗少、与生态环境相容性好等优点,体现生态环保固沙材料发展的技术需求。

## Overview of development for mobile sand control technology in Inner Mongolia, China

Yan Deren, Yan Ting

(Inner Mongolia Academy of Forestry Sciences, Hohhot 010010, China)

**Abstract:** This article summarized the development process of the technology of desertification prevention and control in Inner Mongolia, and development process was divided four stages according to the time sequence, namely, the mass production experience summary stage, the experiment and observation research stage, the rapid development stage and the new development stage. It mainly introduced the eight typical sand barrier technologies and four sand control afforestation configuration models. At the same time, the prospects were put forward in the development trend of mobile sand control technologies, such as deserticulture sand control technology models, new sand barrier materials or their lay equipment, and the sparse forest configuration technology model of sand barriers, trees, shrubs and grasses.

**Key words:** mobile sand; sand barrier; Inner Mongolia