

China Forestry
Academic Forum
中国林业学术论坛

第 4 辑

中国首届沙产业 高峰论坛文集

● 朱俊凤 主编

中国林业出版社

中国林业学术论坛·第4辑

中国首届沙产业 高峰论坛文集

朱俊凤 主编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国首届沙产业高峰论坛文集/朱俊凤主编. —北京: 中国林业出版社, 2008. 8
(中国林业学术论坛·第4辑)

ISBN 978-7-5038-5299-2

I. 中… II. ①朱… III. 沙漠—资源开发—产业—研究—中国 IV. F323.211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 127706 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同7号)

网址 www.cfph.com.cn

E-mail forestbook@163.com **电话** 010-66162880

发行 中国林业出版社

印刷 北京林业大学印刷厂

版次 2008 年 8 月第 1 版

印次 2008 年 8 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 21

字数 510 千字

印数 1 ~ 1000 册

定价 80.00 元

中国首届沙产业高峰论坛组委会

主 任：蔡延松 原林业部副部长、中国治沙学会理事长

副 主 任：刘 拓 国家林业局防治治沙办公室主任

潘迎珍 国家林业局三北防护林建设局局长

王德林 宁夏回族自治区林业局局长

关松林 中国绿化基金会秘书长

柏章良 中国绿色时报社社长

朱俊凤 中国治沙学会副理事长兼秘书长

秘 书 长：朱俊凤（兼）

技术顾问：王 涛 李文华 冯宗炜 马建章 伊伟伦

主 编：朱俊凤

编 审：顾锦章 李树明 金正道

编 辑：陈炳国 徐洪霞 张 菊 王旭东 何志强

发展沙产业大有作为*

(代序)

钱学森

(中国科学院院士、中国工程院院士、中国科协名誉主席)

沙产业这个概念是我作为一名不懂林业、不懂农业、也没有搞过治沙的外行人，在 1984 年才提出来的。

我对沙产业的认识，要追溯到 20 世纪 60 年代初，我开始参加火箭、导弹发射试验时发射场在内蒙古自治区巴丹吉林沙漠的西北——额济纳旗附近的戈壁。戈壁有在其他地方不易看到的动植物，如梭梭、甘草、还有名贵的中药肉苁蓉等。戈壁沙漠上原来也可以搞一些事业，并非不毛之地。到了 1984 年初，读到关于内蒙古自治区草原问题的材料，内蒙古自治区的草原从建国以来平均每亩年产值不到人民币 1 元钱，这给我震动很大。所以在 1984 年初就写了一篇文章，讲草原的开发，提出草产业这个概念。什么叫草产业？当时想，农业要发展，农业发展的潜力也很大，农业是什么特点？基本上是靠太阳照在地面上的能量，我们要利用这个能量。怎么利用呢？通过生物来利用。草原也是如此，通过生物利用后，后面的工作就可以大大发展，而且可以种草养畜。种草为什么不可以运用科学方法提高产量和质量？完全可以嘛！所以根据这一概念，将现代科学技术全部用到草原上来发展草原的产业：这是一种知识密集型的，运用系统工程的综合利用产业，所以叫草产业。1984 年冬天我在农科院的讲话，把这个概念扩展了。我国还有沙漠戈壁，面积大约有 16 亿亩，跟农田面积差不多，每年接受的太阳能也差不多，所以提出沙产业。假使我们运用全部的现代科学技术，包括物理、化学、生物学这样的基础科学，能不能让这 16 亿亩的沙漠戈壁每年也提供几千亿元的产值呢？有没有这个可能，这是个很值得研究的问题。这也是我在 1984 年冬天提出来的，叫做知识密集型的沙产业。当时作为全部的农业型知识密集产业，即首先是通过生物利用太阳能的产业，我提了五项：农业、林业、草业、海业和沙业，我的概念是通过利用全部科学技术的系统工程，综合利用（包括产后加工利用）。假如这五个产业都实现了，我认为将又是一次产业革命，它的出现可能是在 21 世纪。我们要想一想 21 世纪在我们社会主义中国，可不可能搞又一次新的产业革命，即第六次产业革命呢？

* 本文摘自 1991 年 3 月 11 日钱学森在沙产业研讨会上的讲话

何以称第六次呢？我想，产业革命就是生产力的发展影响到整个社会了。人类社会上第一次产业革命就是开始有农业、畜牧业，人类从采集、打猎为生发展到能从事生产，获取食物，至少部分地主宰了自己，这可能是1万年前的事了；第二次产业革命是人类开始有商品生产，就是生产不仅是为自己消费，而且为交换了。这出现在奴隶社会后期，在我国大概是3000年以前了；第三次产业革命就是我们一般指的在17世纪末到18世纪初现在西欧的那次产业革命，开始用机器动力来生产；第四次产业革命发生在19世纪后期，出现了电力、通讯，整个生产过程不是工厂一家一户地生产了，用今天的话来说，是产业集团的生产。在政治上出现了垄断资本主义，这个情况在列宁的名著里有过很多论述。这就是第四次产业革命；在第五次产业革命就是现在全世界范围内出现的信息革命，把全世界都沟通了，引起了生产上深刻变化。这些就是历史上的五次产业革命。刚才讲的农产业、林产业、海产业、草产业、沙产业这五个产业的建成，是第六次产业革命。可能在下个世纪出现。以上就是1984年我讲的概念。我国科技工作者在治沙、防沙、制止沙化上是有丰功伟绩的，做了大量工作，而且取得很大成绩，在沙漠、戈壁的边缘地区治沙、防沙、制止沙漠化这件事是极其重要的。我国现有的沙漠化土地大概6亿亩，所以治沙、防沙、制止沙漠化工程也是沙产业的组成部分。沙产业则是从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业开拓出去，再上新台阶，首先在生活设施条件较好的戈壁滩上，建立沙产业示范试验基地。这样我想在21世纪，我们将在社会主义中国建立并发展中国的沙产业。搞得好，产值也可能上千亿元，将来还可能更多，因为这里面的可能性很大。这里不光是利用生物转化太阳能，依靠科学技术，太阳能也可以直接转变利用，比如太阳能电池，还有风力发电等。所以，在占我国土地面积1/6的国土上，我们是大有可为的。那么多的太阳能，我们要利用好，就可以为人民创造财富。我想到那时候，我们国家的国务院恐怕不只有林业部、农业部了，还会有沙业部，因为上千亿元产值是个大事业。

前言

蔡延松

(原林业部副部长、中国治沙学会理事长)

沙产业是 21 世纪的新兴产业，自 1984 年著名科学家钱学森首次提出沙产业以来，经过 20 多年的实践证明，这是一项前景广阔的事业。胡锦涛总书记今年春节看望钱学森时对沙产业给予了很高评价。这是防治土地沙漠化的根本措施，也是沙区人民群众脱贫致富的突破口，是缩小东西部经济发展差距的捷径，为了推动全国沙产业发展，繁荣沙区经济、促进沙产业领域的交流与合作，加大政府和社会各界对沙产业建设投资和融资力度，促进沙产业的发展，经国家林业局批准，由中国治沙暨沙业学会、国家林业局防沙治沙办公室、国家林业局西北华北东北防护林建设局（简称：国家林业局三北防护林建设局）、中国绿化基金会、中国绿色时报社联合举办“中国首届沙产业高峰论坛暨新成果推广交流会”于 2008 年 9 月在银川召开。

这次会议以论坛为平台，展示中国 20 多年沙产业和防沙治沙的成就和经验、先进技术、材料、设备，交流沙产业信息，沟通国际组织、政府、企业的投融资渠道，促进政府和非政府组织，社会和企业在防沙治沙，合理利用土地，积极发展沙产业的结合，达到社会、经济、生态的可持续发展。全面总结我国沙产业 25 年来的工作，表彰在沙产业领域涌现出的先进企业、先进人物，促成一批治理荒漠化、发展产业化项目的签约；推广和考察“治理荒漠示范基地”，促进国家沙产业经济的发展。

本次会议邀请了有关政府的官员，大专院校、科研单位国内外知名沙产业专家学者，沙产业的企事业单位的代表，外国商会、跨国投资企业代表。“以落实科学发展观，促进沙产业可持续发展”为主题，畅所欲言，献计献策，沟通了产业信息，交流了新成果、新经验、新模式。充分体现了专家学者与政府之间的民主和谐，相互合作的精神。为了宣传推广论坛的成果，我们精选了一批论文，汇编成《中国首届沙产业高峰论坛文集》，以期望促进中国沙产业可持续发展。

目 录

发展沙产业大有作为（代序）	钱学森
前 言	蔡廷松

综 合 篇

留下阳光是沙产业立意的根本	
——对沙产业理论的理解	刘 恕（3）
鄂尔多斯模式：从单一生物固沙到“防、治、用、管四结合”可持续	
发展的嬗变	夏 日（9）
钱学森的第六次产业革命预见和沙产业	涂元季（15）
沙产业是助推三北工程科学发展的有力武器	潘迎珍（18）
辽宁省土地沙化、荒漠化治理对策	曹 元（23）
河北省沙区产业发展战略布局与目标研究	白顺江 冯长红 任保俊（27）
近 50 年来中国北方典型地区沙漠化的发展与逆转态势	王 涛（32）
中国北方农牧交错带社会主义新农村建设的思考	孙保平 罗 弘 杨 越等（37）
防沙治沙要以人为本，树立五个观念，发展循环经济，兴办沙产业	朱俊凤（42）
我国北方沙区防沙治沙与资源耦合开发高效利用技术研究	申元村（47）
基于 GIS 和 CA 的荒漠化动态演化模型研究	
——以盐池县为例	赵廷宁 祁有祥 史辰曦 陈志泊（54）
发展能源林，解决农村居民生活用能短缺问题	孟新华（57）
历史时期宁夏沙漠化与人类活动	景 爱（60）
试论发展沙产业在社会主义新农村建设中的地位与作用	贾文龙（64）
钱学森沙产业理论与西部生态文明建设	郝诚之（67）
沙区发展森林旅游，要“慎”字当头	金正道（71）
采取定点精量灌溉技术 发展荒漠地区路域经济	马宇龙（75）
缓解水土资源危机的根本出路在于灌溉技术创新	
——用历史唯物主义的观点研究灌溉技术的过去、现在和未来	邱为铎（79）
北京市退耕还林经济效益调查研究	
.....	朱启酒 石进朝 钱静 夏振平 杨永杰（84）
以科学发展观为指导 强力推进沙区新农村建设	赵百选（88）
宁夏沙区生态环境的建设与沙产业开发的思考	苏亚红 张仲举 马 芳（91）

产 业 篇

沙产业经营与管理	朱俊凤 (97)
生态利用沙资源, 赢利发展沙产业	孔德凯 (102)
人工接种肉苁蓉是发展沙产业的有效途径之一	曹 瑞 马 虹 陈安平 (106)
浅谈发展苁蓉产业在促进沙漠资源综合高效利用与可持续发展中的作用	袁 野 (110)
我国沙棘产业化开发的瓶颈与对策	吴立仁 张 军 单金友 (113)
小小沙棘大产业 生态经济双收益	
——发展沙棘产业的思考和建议	邢丽光 (118)
吉林西部沙地果树高效栽培适宜品种筛选研究	
.....	杨 静 刘慧涛 孙大铎 任 军 (122)
推进防沙治沙工程 培育林果特色产业	张迈斌 宋汉国 (126)
人工接种苁蓉是沙产业开发的有效途径	马宇龙 (130)
沙区管花肉苁蓉短周期栽培技术	贺治坤 陈胜利 (133)
发展中的陕西沙产业: 现状及展望	漆喜林 王俊波 (137)
利用有毒灌草资源 发展沙区特色产业	金正道 (140)
柠条利用技术及其效益研究	
——本文以作为饲料利用为主进行研究	刘朝霞 任余艳 李维向 刘 源 (144)
反渗透膜在农村饮用水深度处理的开发应用	
.....	胡孟春 张永春 唐晓燕 王文林 (149)
保水剂在沙化地区不同植物上的应用效果	梁砚清 许国臣 (154)
浑善达克沙地林沙产业发展途径初探	李连芳 李福生 巩和平 (158)
鄂尔多斯市林沙产业现状和发展对策研究	于海涛 刘彩霞 刘 源 (162)
青海诺木洪农场沙区生态环境建设与沙产业开发的探讨	陈国斌 魏廷朝 (166)
对定边县沙地旅游业发展的思考	焦延平 张立荣 王祖民 (170)
内蒙古盐湖农业产业开发	白福易 杨黎明 刘永博 (174)
充分利用沙区资源, 大力发展设施农业, 实现人与自然和谐发展	
——发展沙产业的实践与思考	柴在军 (178)
沙棘优良品种的选育及选择利用的研究	吴立仁 (181)
科技创新支撑着“三北”李杏产业带的建设与发展	张加延 (186)
在雨热同季地区沙地发展沙产业行动方案	孙显科 (191)

防 治 篇

以遥感监测我国沙漠化动态及防治对策	焦居仁 (197)
中国沙漠化治理的回顾与思考	马文元 (201)

整治“三滥”是从源头遏制土地荒漠化的必由之路	曾德慧 姜凤岐	(205)
防护林衰退原因的恢复生态学辨析	姜凤岐 曾德慧	于占源 (209)
关于加快三北地区荒漠化治理的探讨	龚 维 姚 源 包 军	贾文龙 (215)
关于西部地区沙漠化问题及其防治对策的思考		康晓达 (218)
“荒漠化防治与植被恢复”，路在何方？		任荣荣 (222)
菊芋的开发价值和种植技术	马世威	马玉明 (226)
沙柳优良品系选育的研究	李维向 刘朝霞 闫 伟 张晓娟 缪树国 霍俊峰	王跃生 (230)
若尔盖高原不同下垫面对蒸发量影响的研究	李春桃 楚可要 魏 健 易美桂 余立强	梁玉祥 (235)
鄂尔多斯市沙漠化发展趋势及沙漠治理对策与建议	刘 坤 宝孟克那顺	苏 梅 (240)
植物沙障对土壤水分的影响	赵雨森 孟 琳	辛 颖 (244)
三北工程科尔沁沙地土地沙化治理成效显著	包 军 姚 源 贾文龙 龚 维	(247)

典 型 篇

沙区资源利用和兴办沙产业的绿色植物

——内蒙古东达蒙古王集团生态建设和沙柳造纸汇报材料	赵永亮	(253)
毛乌素生物质热电厂的实践对大规模治沙的启示	李京陆	(256)
以产业带生态治沙模式的实践与探讨	郑黎明	(260)
功在国家，利落民众		
——私营企业参与治沙造林的几点体会	罗垂纪	(264)
吉林省沙碱产业发展典型浅析	赵彤堂 刘静波	(266)
乌海市防沙治沙现状及治理对策	韩宝龙	(270)
图们江下游敬信平原沙丘地貌成因与利用大果野玫瑰灌丛进行 防风固沙效应的初探	梁运江 许广波 李太元 李艳茹 全炳武 王维娜 鲁宇菡	于海茹 (274)
神东矿区科技创新 防沙治沙独树一帜	焦居仁	(279)
浑善达克沙地疏林草地立地条件类型划分	岳永杰 李钢铁 李清雪	王永胜 (283)
浑善达克沙地桑根达来地区榆树疏林种群结构分析	李钢铁 岳永杰 李清雪	王永胜 (288)
整合社会资源，走生态公益扶贫之路，发展沙产业	苏本山	(292)
沙里淘金 林草富民	李振茹	(295)
开创生态治沙造林 支撑林纸产业发展	刘崇喜 王 挺	张发国 (299)

河南新乡黄河故道沙区生态防护林及林下经济的初步观察	
..... 赵 强 张光海 崔灵霞 孟素芹 张云生	
..... 赵庆忠 夏春燕 程 彦 李定航 张庆连	(305)
发展沙漠绿色农业大有可为	撒建平 (308)
石羊河流域沙产业的发展潜力与对策	
..... 贺访印 史振业 苗世新 潘发艺 李发明	(312)
DBP 沙地植被保护剂在科学发展沙产业中的应用	沈炜敏 (316)
串联式捕沙网笼拦沙坝拦截流动沙漠的原理和效果	姜志平 (320)

综 合 篇

留下阳光是沙产业立意的根本

——对沙产业理论的理解

刘 恕

（中国科协原副主席、中国治沙学会名誉理事长）

由于工作关系，我有幸参加了钱学森院士倡导的有关第六次产业革命——农业型知识密集产业的五大类型之一沙产业的理论研讨和实际践行活动，亲历了多次丰富沙产业理论内涵和概念界定的过程；又聆听过钱学森和宋平两位令人敬重的长辈、师长和领导耳提面命的教导，曾不自觉地认为自己对沙产业理论已有理解和认识。但随着光阴流逝，客观形势的发展变化，我又深感自己对这一理论的实践价值和钱老超前的预见性认识不足。借此会议良机，奉献此拙文和与会者共同研讨。

一、要在钱学森有关产业革命的见解中理解沙产业概念

1984年，时任国防科工委科技委副主任的中国科学院学部委员钱学森，应邀就新技术革命和产业革命方面的问题，做过多次讲演，阐述一系列独到的见解，印发了两篇针对农业的宏论：《第六次产业革命和科学技术》^[1]及《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》^[2]。这两篇论述，从马克思主义哲学观出发，认为科学技术发展如同所有事物发展规律一样，有时平稳，有时却呈现变革和飞跃。当“人认识客观事物进程有飞跃的时候，这个叫科学革命”，“人改造客观世界在技术上有大的进步、大的变革，叫技术革命”，“有了科学革命，有了技术革命，最后它直接作用到生产，就会引起生产关系、生产结构的变化。当这种变化从量变到质变，有了飞跃，这个时候就出现了产业革命”。据此，钱学森先生把人类历史进程中的产业革命梳理成为六次：第一次，农牧业的出现和兴起，大约发生在公元前七八千年；第二次，商品生产的出现和发展，大约公元前一千多年；第三次，大工业生产，18世纪末19世纪初；第四次，国家以至跨国大生产体系，19世纪末20世纪初；第五次，电子计算机、信息组织起来的产业体系；即将到来的第六次产业革命，并预见性地提出第六次是高度知识和技术密集的大农业的产业革命，将出现在21世纪中叶的中国。论述中他指出，农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳为直接能源，靠地面上植物的光合作用来进行产品生产的体系。由于阳光是取之不尽用之不竭的能源，与其他类型产业相比，农业型产业具有得天独厚的优势，但受制于各方面条件，当前太阳能通过光合作用转化成产品的比率仅占1%左右，比例很小。所说农业型知识密集产业，就是依靠科学、技术成果，（包括新技术革命的成果）应用到农业型产业体系中，把农业变成一个高度知识密集、技术密集的产业体系，提高光合作用效能和产业效率。

由于农业型产业是以阳光为能源靠生物光合作用进行生产的体系，凡属有阳光普照，又

具有可直接进行光合作用的生物的空间区域，都可作为农业型产业的空间，因此，农业型知识密集产业体系按生产空间和生产活动的差异可区分为，农业、林业、草业、海业和沙业五种类型。由是，沙产业这一具有明确内涵的名词便出现在人们眼前。沙产业是农业型知识密集大农业系统的子系统，是钱学森先生所预见的第六次产业革命中，一个高度知识、技术密集的农业型产业体系中的类型之一。虽然沙漠、戈壁中太阳能、风能资源丰富，“可以利用发电是项大产业”，但它是“直接利用太阳能没有通过植物光合作用，不属于农业型生产”，不是第六产业革命的沙产业。

沙产业是以太阳为直接能源，靠植物的光合作用来进行产品生产的体系。这是我们讨论钱学森倡导的沙产业在开初伊始就应明确的概念。沙产业与其他四种知识密集农业型产业，有着共同的特点。那就是，“既然说是知识密集型的产业，那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织经营它。”在生产过程中，“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，包括新的技术革命的成果。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道道工序配合得很紧密，是流水线式的生产，这就是农业型的知识密集产业。”

由于沙产业进行生产空间地域在地球表面的独特的地理单元——阳光充沛、多风少雨、天然生产力低下，系统平衡脆弱，因而，沙产业又有其独特的特征。20世纪80年代初，钱学森提出农业型知识密集产业论述时，对沙产业解释用的笔墨不多，但论点明确。如在1984年12月23日钱学森先生在中国农科院第三届学术委员会的报告中，对沙产业阐明如下内容：一是从科学视角出发，具有充沛阳光资源的沙漠、戈壁是可以发展成为农业型产业空间；二是当前广袤的沙漠戈壁上阳光资源的潜力远未被开发利用；三是沙产业研究还是空白，真正做到沙产业大发展还有待时日。他认为，沙产业“真是大发展”，是当沙漠戈壁成了取之不竭的地面油田时。（注：地面油田系指沙漠戈壁可能生长出可以用来提炼燃油的植物）

这些言简意赅的论述，是钱学森对沙产业最基本、最初始的目标和任务的勾画。今天，当我们重读这些论述时，除了惊叹他超前的预见性外，更能体会到留下阳光，充分发挥沙区阳光优势，是他倡导的沙产业立意的根本和追求的目标。

二、沙产业理论内涵的丰富和技术路线的形成

如同任何事物的发展完善，需要相应的过程一样，沙产业理论在20世纪90年代初，经宋平同志关心和钱学森院士指导，通过不断地研讨和在部分地区的实际践行，已经有了进一步的丰富，沙产业的技术路线也已逐渐形成。

钱学森1994年在纪念沙产业理论十周年的讨论会上和1995年甘肃武威沙产业工作会上对沙产业概念也有进一步说明。他提出开拓思路，找出新路子，提高利用太阳光生产食品的效率^[3]，并进一步明确，“沙产业就是在‘不毛之地’搞农业生产，而且是大农业生产，这可以说是又一项‘尖端技术’！”发展尖端技术的沙产业，也就是用现代生物科学的成就，再加上水利工程、材料技术、计算机自动控制等前沿高新技术，一定能够在沙漠、戈壁开发出新的、历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的生产基地。^[4]

众所周知，沙漠地区的太阳辐射虽然全年之内都是充沛的，但植物赖以生存的条件却异常严酷。无论依靠天然植被还是人工植被，都难以达到高效地固定转化太阳能的目标。这是

因为，太阳能转化器——绿色植物的生长，需要相应的积温、肥沃的土壤、足够的水源；沙漠地区植物生长的自然条件极不稳定，变幅异常剧烈。植物生长基本上服从于最小因素律，即生物的生产量受最差条件的满足所制约的。满足程度最差的因素成为主导限制因子，它的状况不加改善，其他生态因子的优势都不会产生增产的效果。沙漠戈壁地区虽有充沛阳光优势，但由于其自然地理特点限制，加上太阳能量辐射的不稳定性，太阳能转化、利用的效率低，自然状态下大体不超过 0.1%，沙漠中天然生态系统的净初始生产力低下。因此，按照沙产业理论的要求，提高光合作用效率必须应用现代科学技术的强大手段，构想利用沙漠阳光资源的科学方案。所构想的方案能否奏效，将直接影响沙产业理论的实践效果。“方案”就是技术路线，十多年来通过研究和实践，共同总结出提高绿色植物的光合作用效率，分为两个行动方向：一是改善光合作用的环境条件；另一是优化或置换太阳能转化器的科学方案。

(1) 通过设施装置克服不利的农业生产条件的限制，把光合作用条件转换为可调整控制的和可优化完善的人工环境。目前的办法，是用新的材料构筑一个能起隔离作用的薄膜或介壳。这种薄膜或介壳，有很好的阳光通透性能，但不利于水、热的逃逸散失。地膜覆盖、设施保护地塑料大棚，都是这种膜、壳应用的目前形态。当前在干旱、半干旱地区普遍使用覆盖技术可称得上是改善光合作用环境的最简易的措施了。地膜覆盖的功能机理简单。一是增温效应。地膜有阳光的通透性，太阳辐射热提高土温。由于地膜阻隔，减弱了热对流，减少土温的散失。地膜阻隔土壤水分的蒸发消耗，也减少了汽化热的损失。武威地区，覆膜玉米使 5cm 深土温增加 3.4℃，10cm 深增加 2.4℃（苗期到拔节）；全生育期可增加有效积温 260~340℃，原本不能种植棉花的农田，由于地膜覆盖，开始种植棉花。二是增光效应。膜及膜下凝结的细小水珠，能较强地反射阳光，增加近地表层空间的光量和光照强度。三是保水效应。四是促进土壤养分活化。目前地膜覆盖技术正在不断优化完善，各种类型的农用地膜、光降解膜、超微膜等品种很多。最为有效的膜下滴灌在新疆棉田大部分应用。但是，在真正意义的渺无人烟的大漠上，还是用透亮的塑料构筑全封闭的设施大棚来改善光合作用环境。我国沙区每年约有 120~200 天不能进行大田农作，相当于每年丢失一半阳光，用塑料大棚设施这种容易掌握的农艺技术，可以把丢失的一半阳光保存下来，再加上棚内滴灌、无土栽培、二氧化碳气肥的添加、透光材料的改进、病虫害的防治等技术应用，设施大棚构成了良好的光合作用环境，可以有效地提高光合作用效率。当前，在干旱不毛之地采用大棚设施有三个方面值得重视：一是温室结构的改进。温室建造在半地下，国外称坑道式、沟槽式、堑壕式温室，是一种升温快、保温好、抗风沙、经久耐用、四季适用特点的因地制宜的温室形式。二是种植温室综合利用方面的扩展。把种植（蔬菜）和养殖（家禽、牲畜）结合起来，把种植绿色植物和栽培真菌结合，把种植和养殖的伴生废弃物厌氧发酵的沼气池建在温室内并与种养结合一体，就构成了符合生态理念的组合。三是要注意农产品的质量和市场的需求。总之，设施装置将克服不利的农业生产条件限制，把光合作用条件转换为理想的、可调整控制的、可优化完善的人工环境，可提高光合作用产品的产量和质量。

(2) 优化和置换太阳能转化器。所谓优化太阳能转化器，实质为优选改良进行光合作用的品种。随着生物技术的广泛应用，新品种产生成为现实。鉴于沙产业发展区的特殊环境，将微型藻类养殖，置换以高等植物作太阳能转化器的做法，作为倍增固定太阳能效率手段。早在 20 世纪 40 年代中叶，科学家开始将微型藻类培养看作探索新食品的理想出路，原

因是附着在微型藻类生命体上的叶绿体通过光合作用能产生大量的蛋白,极大提高光合作用效率。据土库曼科学院资料,从每公顷阳光照射面积上,可获 60 吨微藻干粉,将含 30 吨蛋白,产生的蛋白量相当于 20 倍玉米蛋白产出。相对高等植物而言,微藻用作光合作用的转化器,具有体积小、比表面积大、叶绿体丰富、生长繁育快、水分消耗少等诸多转化太阳能效率高的优点。但是,如同高等植物需要有优化的光合作用环境一样,养殖微藻,也需要创建相应的环境条件,构建生物反应器,使反应器内的绿色光合作用主体—微型藻类,一年四季周而复始地高效率进行光合作用,将光能截留下来,转化为优质、安全的营养素。如果我们把在干旱不毛之地,用设施棚、膜构建而成的集群,称之为“沙产业的现代新绿洲,则以微藻生物反应器构建组成的集群,称为未来绿洲”。(田裕钊,1992)^[5]

(3) 我国幅员辽阔,从东到西的沙漠地区,自然、地理属性和农业生产条件以及社会经济发展水平很不一致,发展中的沙产业也有着类型的差别,比如利用天然生或人工栽植、沙生、旱生植物光合作用产生的次生代谢物,诸如甘草酸、黄酮、苦味素等,将不毛的沙地打造成独具特色的植物药源地和营养源基地。按沙产业理论的要求,此类型沙产业的全部产品的生产加工过程,主要体现为运用系统工程和生态学的原理,不断延伸产品链条,使生产体系形成资源—产品—再资源的流程,构筑成资源和能量最大限度的利用效率,以期在生产全过程中,无废弃物产生或少产生废弃物,逐渐达成循环经济的理想化要求。理想的沙产业的光合作用流水线 and 产品的加工工业,应能创造高效率、高附加值和高效益。效益是沙产业发展所追求的目标。十几年来,内蒙古巴丹吉林沙漠、库布齐沙漠、毛乌素沙地上兴起的此类型产业是沙产业发展过程的新亮点。

沙产业技术路线的探讨,丰富了沙产业理论内涵,更是理论转为实践的技术保证。十多年来,东起科尔沁沙地,西到天山南北,一些以发展沙产业,建设新型绿洲经济和沙生植物资源适度产业化开发,集生态效益、经济效益和社会效益为一体的实践案例,证明在我国干旱、半干旱地区,具有发展农业型知识密集沙产业的需要和条件,有可能依托沙漠戈壁地区充沛的阳光,发展沙产业以挽回丰厚的收入,从而使农村经济不再是西部开发的羁绊。例如,在甘肃张掖、武威等地,创建沙产业综合开发示范区。山丹县沿 312 国道在不毛的戈壁滩上建成 235 座大棚,其中有多座实行无土栽培,成为沙产业最早的示范地。1997 年建设的雨水汇流工程,汇集雨季暴雨径流引入棚中灌溉,变戈壁为绿洲,实现着不毛之地成沃土的理想。其他,如建成示范性微藻干粉的生产基地,以及电脑管理的 4600m² 全自动化温室。滴灌、参灌、微喷等各类节约用水设施,都在展示沙产业技术路线可行性。同时,按照“龙头带基地,基地连农户”,以及通过“公司—协会—农户”形式,探索产业化、贸、工、农一体化经营方式。在内蒙古鄂尔多斯地区,一些产业集团用产业化开发扩大沙生植被面积,使绿化和产业化结合,绿起来和富起来相结合。伴随时光延伸,20 年前钱学森院士所论述的高度知识和技术密集的大农业,不仅为我国示范区所验证,更为国际上实践所佐证。例如,以色列将“太阳”列为富国强民的宝库,依靠出卖地中海阳光筑造农业商机之园。

上述改善植物光合作用环境条件,以微藻置换高等作物作光合作用阳光转化器,以及循环经济流程,被认可为当前沙产业发展初期的技术路线,并被总结成群众通俗易懂、方便记忆,又能把握要领的“多采光、少用水、新技术、高效益”的 12 字守则。作为第六次产业革命内容的沙产业的技术原则,它不是某项单一技术的推广,也不能理解为某种先进方法的采用。沙产业的技术路线是围绕着留下阳光这个主旨,促成生产力大提高的生产体系的建