

沙产业系列论文集之五

留下阳光

关于微藻阳光转化器的实践和思考

田裕钊 著



科学普及出版社

沙产业系列论文集之五

留下阳光：

关于微藻阳光转化器的实践和思考

田裕钊 著

科学普及出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

留下阳光:关于微藻阳光转化器的实践和思考/田裕钊著. —北京:
科学普及出版社,2008.1

ISBN 978-7-110-06233-3

I. 留… II. ①田… III. 阳光—转化器—应用—藻类养殖 IV. S968.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010760 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:14.75 彩插:3 字数:266 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

ISBN 978-7-110-06233-3/S·434

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)



卡拉库姆沙漠中的梭梭荒漠草场



一个马里的牧民居住地，牲畜强度啃食，寸草不留



塔克拉玛干大沙漠中克里雅河古河道上的胡杨



往返于马里和毛里塔尼亚的牧道上，植被严重退化

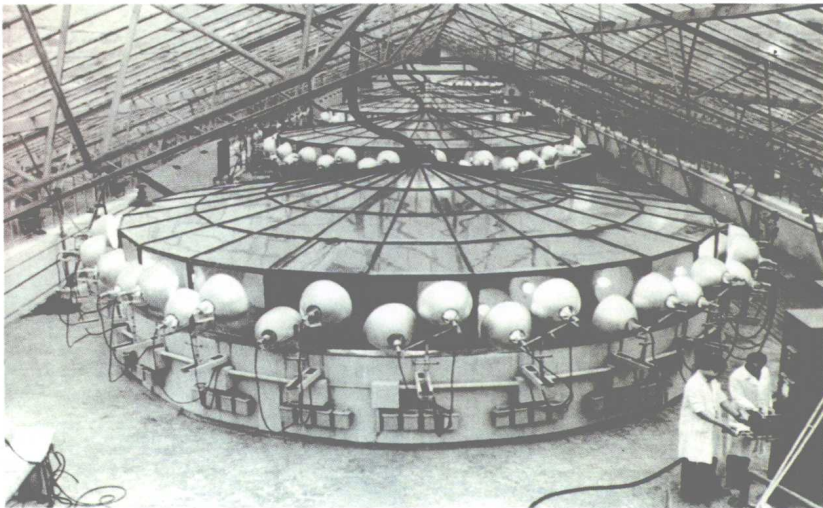


非洲萨赫勒地带上的萨瓦纳

干旱荒漠的天然生态系固定转化太阳能的效率很低。例如，卡拉库姆沙漠中的梭梭草场，10公顷的生物质产出，只够养活1只羊。更不待说退化草场了。因而，提高干旱荒漠的生物质产出，把干旱荒漠充沛的阳光最大限度地固定下来只能依靠新技术。



在干旱荒漠地区，依靠常规的农业技术，不能充分固定转化充沛的太阳能。利用设施农业和无土栽培技术，则能留下冬季的阳光，在“不毛之地”上，发展高效率的知识密集性的大农业。利用微型藻类，能更高地提高太阳能的转化效率。



20世纪70年代在苏联的一个边疆区生产小球藻的装置
(В. А. Голиков, 1997)

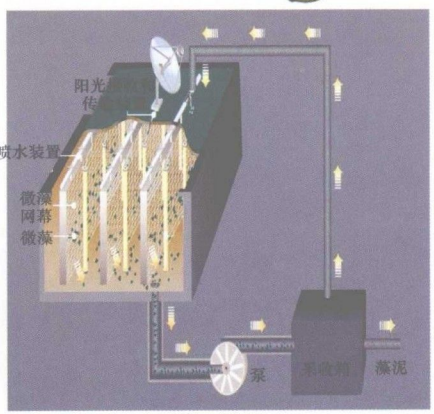
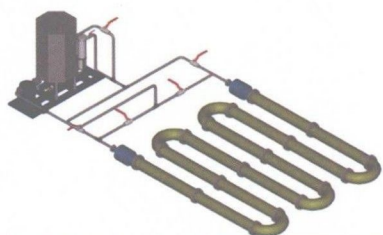
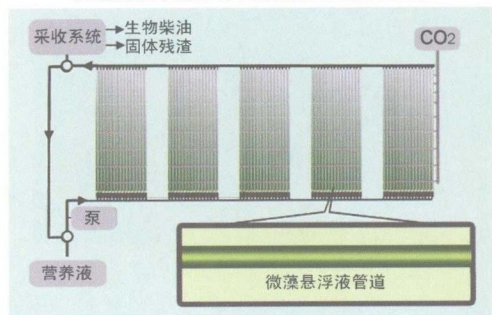


开放池式生产



封闭式生产

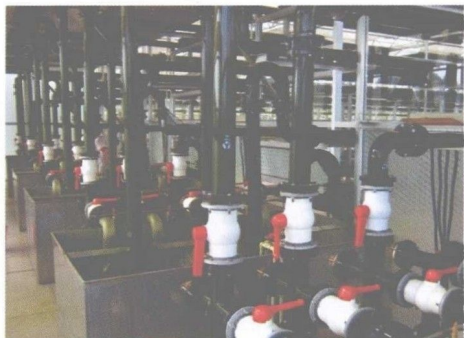
微藻悬浮液太阳能捕捉装置系统



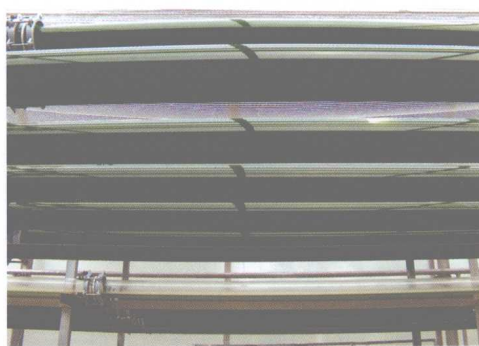
今天微型藻类养殖，虽然历经半个世纪的改进，依然保持两种大的类型：开放池生产和封闭装置生产。图像中的实景，多是国外在2007年实际生产厂区的照片。



1993年在甘肃庆阳筹建的小球藻车间



2006年在内蒙古恩格贝生态开发区建成的小球藻中试车间



2007年在武威建成的小球藻中试车间

作者的话

以《留下阳光：关于微藻阳光转化器的实践和思考》作为书名，是因为收入本书中的文章，都是围绕着“留下阳光”这一主题。

古老的人类，奉太阳为图腾，因为阳光普照大地，为人类送来了温暖。人类从事农业劳作后，从感性的认知中相信“万物生长靠太阳”。现代科学在最近的两百多年间，发现了光合作用，通过植物生理、生化的科学手段，查清了把太阳光能转化为化学能的过程和途径。虽然关于光合作用机理的研究仍在深入，但人们已经深刻地认识到：阳光是“源”，是能量之源，是食物之源，是生命之源。

地球表层上的绿色植物，是一个巨大无比的“留下阳光”的能量转换器：利用阳光，绿色植物每年制造 1000 多亿吨有机物，供包括人类在内的动物界享用。现代生活中人们所需要的能量，包括煤炭、石油、天然气、木材，也都是绿色植物在过往岁月中光合作用产物的遗存。太阳通过阳光辐射把巨大的能量送达地球表层，变换成风力、水能、潮汐和巨浪，阳光制造了地表的千姿百态，阳光为人们留下的是一个适合人类衍生的园地。

在我们居住的地球上，生命的起源是和光合作用联系在一起的：初始阶段一些能捕捉太阳光能的微小生命体，开始了地球表层上生命活动的新纪元。这类单细胞的微型藻类和光合细菌，依赖太阳光能，把无机物变成有机物，获取和储备能量，使生命活动繁衍进化，由简单到复杂，由低等到高等，形成了数以千百万计的种类。光合作用是地球上最重要的化学反应；正是具备了光合作用功能的生命体，既能捕捉光子，留下阳光，又善于自我复制，使其生命不息，繁衍不止。

十五年前，由于工作关系使我有幸参加了钱学森先生倡导的有关第六次产业革命——知识密集农业型产业革命中干旱荒漠区沙产业的理论研讨和实践活动，丰富了沙产业的理论内涵，明确了概念界定。以干旱荒漠为发展空间的农业型沙产业，不追求在本质上改造荒漠的自然特征，而是把荒漠（阳光地带）本质做天赋资源，用人们的智慧和现代知识，驾驭支配自然固有的光合作用要素的盈缺，不追求面积的扩大和自然景观的改变，以集约经营求得最大效率的供人们需求营养物质的产出。众所周知，阳光通过辐射送达地球表层杳无人迹的千里荒原浩瀚荒漠上。干旱荒漠常被人们冠以悲凉恐怖的称谓，使人望而生畏。但由于阳光充沛，那里却是“能获得地球上最

高水平的生产力”的地方！例如，一平方千米（1000 米×1000 米=100 万平方米）的戈壁滩上，每天平均接受到的阳光辐射能量大致相当于 100 吨煤炭或 50 吨汽油。而不毛之地的荒漠，占地球表层的 35%，占非洲总面积的 55%，北美和中美的 19%，南美的 10%，亚洲的 34%，澳大利亚的 75%，欧洲的 2%。由于人们不善于留下这些荒漠中的阳光，千百年间，我们丢失了难以数计的光能资源。当前，在这些不毛之地，蕴藏着巨大的、诱人的生产潜力。沙产业理论的基本立意就是要“留下阳光”。

“留下阳光”，是一个努力的方向。当人类社会面临着能源危机、环境恶化、食物短缺、耕地减少和耕地退化的时候，“留下阳光”指明的努力方向告诉人们，是太阳驱动着地球表层的万象更新；太阳能“取之不尽，用之不竭”。人们不必因为化石能源日趋枯竭而悲伤无奈，只要善于“留下阳光”，就能走出窘境；只要更多地“留下阳光”，就能把太阳能转换成各种形态的碳水化合物，多种成分的蛋白质、营养素以及次生代谢物为人类提供存活的基础；只要善于“留下阳光”，人类就能把不毛之地变为沃土。

“留下阳光”，是一种手段和技术的综合。当今人类社会进入了知识呈现爆炸性增长，新技术、新材料、新工艺层出不穷的新时代。系统论、生态学和计算机网络等这些近百年来人类普遍认同和应用的新观念、新知识、新手段已日趋完善后，使“留下阳光”这个技术难题不再困难。只要广开思路，采取综合手段，“集大成”，“留下阳光”变成多种学科、多种专业门类、多方面专家共同施展功力的平台，“留下阳光”作为新的农业文明追逐的目标就会实现。

沙产业在荒漠地区建立“留下阳光”的新农业文明，由于自然环境严酷，需要有新的创意和技术手段，简而言之是构建新型绿洲，未来的绿洲。未来的新绿洲主体成分是具有最强捕捉能力，最高光合作用效率的微型藻类。“工欲善其事，必先利其器”，为了使微藻得以稳定地、便捷地进行光合作用，需要设计出高效进行光合作用的生物反应装置。大自然中有多种形态各异的完成光合作用的器官，为人们提供了仿生模拟创新的思维空间。人工生物反应器要求简化和高效。

十多年来作者围绕着“留下阳光”这个主题写了一些文章，是供藻类生物反应器的设计和设备管理人员使用的一个汇编。其中的文章，有的公开发表过，因而文字比较规范；有的没有发表过，是作者就“留下阳光”所作的一些思考，文字比较粗糙；也有的是一些记事，一些思路的片断。对这样一些文体上杂乱的文字，在收录过程中进行了简单的梳理。为增强整体系统性，全书按文章时序及内容划分为三个部分。第一部分围绕沙产业的内涵，

讨论寻找高效阳光转化器;第二部分主要是研发微藻光合作用装置及实践的
体验;最后部分是对微藻产业发展前景的构想。

十多年间形成的文字,汇集成册后,客观上勾勒出一个大致的轮廓:围绕
着“留下阳光”这个主题,我们是怎么想的和怎样做的;想了些什么,做了
些什么;今后向哪个方面努力,准备怎么做和做什么。但是涉及如此庞大的
新主题,深感知识储备、实践经验不足,敬请读者不吝赐教。

最后还想表述的是构建“光合作用工厂”的梦想,源于青年求学时期老
师的引导,而近十多年的实践则是在两位令人尊敬长者钱学森院士和宋平
同志的关心和指导下,在一批志同道合的同志们共同努力之下所获得。这
本粗糙的论文集出版希借此表示对恩师的怀念,对长者的崇敬以及对同行
的感谢之情。

田裕钊

2007 年 1 月

目 录

第一部分 沙产业与微藻产业开发

寻找高效太阳能转化器是沙产业创建中需要突破的重要技术环节	3
构建微型藻类人工装置太阳能生物转化器	12
对沙产业技术路线要素的分析	17
用太阳能转化器把更多的太阳能固定下来	23
以提高光合作用效率为目的的大型人工装置是未来新绿洲的主要开发模式 ——单细胞的微藻是一种经济和高效的太阳能转化器	29
将微型藻类养殖作为倍增固定太阳能效率和“变不毛之地为沃土”的手段 ——有关“沙产业理论是沙漠利用的科学构想”的答疑	39
提高光合作用效率是沙产业技术路线的原则	51
面对沙产业任务进行微藻产业开发	55
加深对自然客体本质的科学认识,指导人们选择正确的行为方式和 技术路线	60
对沙产业中开发微藻转化太阳能大型装置的展望	66

第二部分 微藻生产装置的构想与实践

利用微藻作太阳能转化器	75
未来的微藻生产 ——对于 1992 年 3 月所写《微藻作太阳能转化器》一文的补充 ...	102
恩格贝微藻生产中试车间的构思及衍生的联想	105
为什么要用微型藻类作光合作用生物反应器	109
有关小球藻生物反应器设计思路的要点	111
对微藻生产体系技术要点的认识	113
小球藻生物反应器 ——留住阳光的一种思路和技术手段	116

光合反应综合体(FRC)构想提要	124
创建微型藻类产业及研发过程应把握的要点	130
以创新思维研发微藻类产业	144
小球藻中试装置操作人员须知	149
租地,建厂,交由实业家经营	
——探讨鄂尔多斯创建微型藻类产业之路	158
以藻泥产品形式上市	
——对企业产品开发的思考	162

第三部分 微藻产业具有不可忽视的净化环境功能

“风田”变“农田”	
——增加风电效益的新途径	167
风田背景资料	169
风田变农田的系统装置	174
舍饲圈用生物反应器	
——留住阳光	176
用微藻生物反应堆消化二氧化碳	
——不可忽视的净化环境功能	184
用微藻生物反应器改善室内空气质量	194

附 件	191
一九九三年六月二十一日给钱老的信	197
卡索维奇告诉了我们叶绿素工厂的雏形	200
利用充沛的阳光创建微藻产业,有可能构建成青藏高原特殊的优势 ...	202
在临哈铁路沿线,现今能做什么,将来能做什么?	206
钱学森沙产业(阳光农业)试验室筹备大纲	208
武威“阳光潜力金字塔”	216
我们在做什么事	220

后 记	227
-----------	-----

第一部分

沙产业与微藻产业开发

在理解沙产业理论的内涵,探索发展沙产业技术的过程中,加深了对微藻这个生物宝库的认识,结合笔者早年求学期间参加“叶绿素工厂”的体会,借鉴国外研究开发的实践经验,形成了在干旱荒漠地区构建以大型微藻人工装置为主体的新绿洲开发模式的构想。

寻找高效太阳能转化器是沙产业创建中 需要突破的重要技术环节

写作背景:1991年3月11~13日,受中国科学技术协会委托,中国林学会在北京香山召开“沙产业”学术研讨会。本文为参加会议撰写,收入本书时标题作了修改。

要点提示:对钱学森同志首倡的“沙产业”的认识和理解;创建“沙产业”的目的;高效的“沙产业”是人工控制生境的集约型产业;微藻是沙产业的一个理想的太阳能转化器。

(一) 对钱学森同志首倡的“沙产业”的认识和理解

我国著名科学家钱学森于1984年著文,倡导创建农业型的知识密集产业。他将沙漠戈壁也作为一种土地资源,首次提出了“沙产业”这个新概念,将“沙产业”称作是与农业、林业、草业、海业相并列的五种农业型的知识密集产业之一。他还将农业型产业规定为以阳光为直接能源,利用光合作用来进行生产的体系;强调充分运用自然科学、社会科学、工程技术以及一切可以运用的知识来组织经营这种产业,指出工矿业、原材料业以及交通运输业、通信情报业、教育文化业和商品流通、城乡建设等都要跟上。这些产业引起的生产体系 and 经济结构的变革,将形成在社会主义中国出现的21世纪的第六次产业革命。

沙产业可以理解为沙漠中的绿色产业。这种知识密集型的产业,经营的目标是最大限度地利用绿色植物转化太阳光能。

沙产业在创建初期,其规模、技术水平、经济效益都不可能理想化;它在21世纪的形成,则将可能具备若干鲜明的特征:高投入高产出;新兴科学技术的集成、综合;与环境治理目标协调一致。

(二) 创建“沙产业”的目的

创建“沙产业”的目的在于充分利用荒漠地区取之不尽的太阳能。这一战略目标的确立从根本上指明了这个地区正确的建设方向。

荒漠戈壁作为土地资源,当代人对它的重视,并乐于投资,主要是它为人类提供了大量的石油、天然气、化工原料,等等;另外,它的空间,自古以来就是不可取代的重要战略的或商业的通道。当地居民,则把这里看成是立命之地:从事的开发活动主要是农业型的产业。