

对沙产业的认识和实践

Knowledge and Practice on Deserticulture

田裕钊

(中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101)

沙漠区经济开发方案的回顾和前瞻

我们这些一生都与沙漠和沙漠化问题打交道的人,不但在沙漠地区人群集聚的地方生活工作过,也深入到大沙漠腹地渺无人迹的塔克拉玛干“死亡之海”的中心,穿越卡拉库姆大沙漠,亲身感受过不可驾驭的自然荒野的无穷神奇。我们领略过连绵如海的翰海沙漠中那辽阔的美,曲线的美、静寂的美,也遭受过伸手不见五指的黑风暴的无情袭击。我们与沙区人民共享收获的喜悦和瓜果的香甜,也调查过70年代以来,非洲萨赫勒地区几度重演的本世纪最严酷的使千百万人流离失所、数十万人丧失生命的生态灾难。我们亲眼目睹了一度被称为“世纪工程”的长达1 000多公里的卡拉库姆运河两岸面积达几百万公顷的新垦水浇地,以及其在巨大成功以后,咸海却因之干涸、水质恶化所带来的阿姆河下游今日的生态灾难。

近二三十年来,国际社会为遏止荒漠化扩大,控制生态灾难,曾采取一系列整治措施,但实践证明,有的是低效的,有的伴随着短暂的成功而不期而至的却是更为可怕的一系列“副作用”,有的则完全出乎意料招致严重的灾害性后果。人类在荒漠地区的经济活动到底应该怎么发展?出路方向在那里?如何解决荒漠利用和沙漠化难题,已成为所有从事和关心荒漠地区的人们思考的重大问题。1986年11月,笔者出席联合国科学技术发展中心召开的干旱及荒漠化会议。其间,听到了各方人士对1977年内罗毕世界荒漠化大会后的10年,全球的干旱和荒漠化问题不但没有改善,局部地区还有所恶化的指责。国际社会的舆论,有四种批评意见:1. 责任在于各国政府(联合国荒漠化防治行动纲领要求各国政府制定自己的行动计划,建立跨部门的中央专门机构,以协调对抗干旱和荒漠化的行动。当时,只有阿富汗和苏丹成立了这种机构);2. 联合国的主管部门环境规划署工作不力;3. 资金不足(在

20年内,每年需要投资45亿美元,但实际筹到的很少);4. 科学家们至今没有提出好办法。

上述舆论指责的依据虽说不都那么令人信服,但是对中外科学家在近百年来提出的构思设想、计划设计做一番回顾和思考,并将其与钱学森教授倡导的“沙产业”作一番比较,以加深对“沙产业”的理解却是很有裨益的。

围绕着“改造利用沙漠”这个目标,解决干旱沙区居民的生存条件的各种计划中,多半采取了同样的一个手段,即开辟水源,因为在干旱沙漠地区进行农业型生产活动离不开淡水,就像经典名著中概括的那样,“粮食不是用土地,而是用水生产出来的”,“那里有了水,那里就有生命”。给沙漠补充短缺的水成为一个世纪以来,人们复活沙漠地区生命的主要药方。

改造天然水的分布格局,跨区域向沙漠地区调水,开发地下水,海水淡化等是各种计划中经常讨论的方案。美国宏大工程协会会长菲·多比特森提出,用大口径塑料管把法国的河水,通过地中海海底引到阿尔及利亚,估计总工程费用300亿美元。摩洛哥有人则提出“和平管道输水构想”,企图将摩洛哥境内流入地中海的河水,通过一条地下管道,经阿尔及利亚、利比亚、埃及、约旦、伊拉克输送到沙特阿拉伯和海湾各国,每日供水600万立方米,总投资200亿美元。

为解脱萨赫勒地区饱受干旱的折磨,有人策划从大西洋岸边毛里塔尼亚的首府努瓦克肖特起,经过提季克贾,穿越萨赫勒全区,在塞卢姆港处进入地中海的人工河。这条可以通航的人工河,总长6 000公里,宽100米,深35米。

1988年9月日本清水建设公司提出用200台水泵沿管道引海水的“大漠水网”计划。在沙漠中相隔150公里建设直径30公里、深20米、用2米厚的混凝土围成的人工湖。湖中央部分堆起一个直径5公里的岛屿,辟为居住地。湖间用宽50米、深10米的河道相联,可以在水中养鱼为业。清水公司认为,

建一个人工湖工期3年,注水需8个月。如果建7个人工湖和总长为1800公里的人工河道,应投资18万亿日元。

其实,类似的策划思想,早在1935年就曾提出过。利用面积达90万平方公里的刚果盆地,通过把扎伊尔河截拦蓄水,形成巨大的人工海;利用水利工程,把乍得盆地变成另一个人工内海。人工海的总面积将占据非洲本土总面积的10%。在北非的突尼斯和阿尔及利亚,在上世纪亦有建立庞大“内海”的构想,造内海,把突尼斯的杰里德盐沼和阿尔及利亚的梅勒吉尔盐沼(低于海面31米)3万平方公里淹没在海水中。1983年起,阿尔及利亚和突尼斯两国领导人已决定成立“内海”设计研究会,进行经济技术论证,并研究集资方案。70年代中期前西德和美国的一批专家,建议埃及在阿拉曼和马特鲁两块绿洲之间,用原子定向爆破的方法修一条地中海—卡塔腊运河。1985年7月意大利向扎伊尔政府提交了一份设计书,计划将每年扎依尔河水(总流量1900立方公里)的1立方公里,沿一条长2500公里的河道输往萨赫勒地区。

目前,埃及和沙特阿拉伯两国正在研究把尼罗河水用管道从基纳送往延布的可能性。管道穿过红海。提出的方案铺设主输水干道936公里,日输水200万立方米,总投资47.5亿美元。当然在诸多“补水”方案中,也有日本人斋藤荣四郎和他的公司提出的用5000亿美元在沙漠中建造50个喜马拉雅山,用积雪来灌溉撒哈拉沙漠等充满了乌托邦式的构想。但其中也有真刀真枪真干起来的案例,例如利比亚的“人造大河工程”。这项工程分五期实施,输水干道全长4200公里,计划抽500万至700万立方米地下水到沿海地区,总投资270亿美元。1991年8月28日,第一期工程竣工,耗资33亿美元。人工河由内径为4米的水泥管组成,每节长7.5米,重8吨,埋放在7米深的土层中。为了完成这项工程,专门修建了两个水泥管预制厂,沿施工管线铺设了1500公里专用公路。全部工程完成后,计划用单臂式水车钟面灌溉18万公顷麦田,为200万只绵羊和20万头牛供水,年生产小麦75万吨,在利比亚的大地上将出现37000个面积为5公顷的圆形田块,设想单产为每公顷4吨。这项工程被称为“世界奇迹”、“20世纪最伟大的工程”。利比亚先后共动员了相当于该国人口三倍的1200万人次参加建设。有人预言,巨河计划潜在的问题可能不反映在施工中,而会暴露在以后的运转中。

为解决无水草场的供水,萨赫勒地区从60年代起就在国际资助下钻取深井。60年代,埃及在新河谷开发了5个绿洲,打井300眼。在原苏联沙漠中每年平均打井200~300眼,总流量20立方米/秒。除此之外,昂贵的海水淡化也加入了“补水”措

施之列。沙特阿拉伯的朱拜勒是世界上最大的海水淡化厂,日产淡水29000万加仑。产出的淡水,用3000多公里长的输水道送往居民地。淡化海水成本高达每立方米1.7~1.8美元,而且带来其它问题。例如,淡化海水将产生大量的副产品——盐。若以供纽约市一年的用水量计,就会有5440万吨盐,比全美国两年内用的盐还多。

目前,中、近东靠近海洋的国家已经制定了相当具体的向沙漠运送极地浮冰的技术方案,利用在南极、北极和格陵兰所汇集的冰山,其淡水量比整个地球上所有河流、湖泊的淡水多200倍。每年,北极自然分离出1500块浮冰。大部分浮冰不脱离冰川本体就会消融,只有那些大块的浮冰,被洋流搬运到几百公里以外。俄国人在南极找到了一块浮冰,面积3000平方公里,浮冰水上部分高40米,体积超过800立方公里,接近1983年全中国86000座大小水库总库容量(4208亿立方米)的两倍。在现实的技术条件下,搬运浮冰并非空想。沙特阿拉伯和法国已成立了国际浮冰搬运合营公司,为设计和试验拨款100万美元。法阿公司认为,运送到阿拉伯沙漠1立方米冰川水,需花费20美分至1美元。美国科学家伊萨克斯、赫尔特、奥斯特兰德和斯普拉格从50年代起也先后提出了自己的方案。联合国专家认为,俄国人制定的方案比较可行。卫星找出航道,遥控自动工作船与浮冰对接,“押送”浮冰按最佳速度前进。如果说在本世纪能够制定出可行方案,实际应用操作大概是下个世纪的事了。

在沙漠地区,不管用那种方式开辟的水源,用于发展农业型产业,往往既有成功的实例,亦同时伴有种种隐患和问题。人们常称道以色列以滴灌为主要方式的农业开发应当是当代沙漠开发成功的实例。但更多的是开垦后的喜悦与随后带来的问题并存。沙漠地区的农业型开发,多半是利用找到的水源种植小麦、棉花、蔬菜等作物。在这方面,沙特阿拉伯的“沙漠农业”开发活动是耐人寻味的。1975年,沙特仅有6000公顷农田,全国自产小麦不足3000吨。1992年农田扩大到248万公顷,年产小麦386万吨,农产品不但实现了自给,还将剩余小麦销往40多个国家,成为世界第六小麦出口大国。为了此项计划,1970年到1985年,沙特政府免费分配了71万公顷土地,农业银行发放了10年到15年的无息贷款和援助(25年内合计93亿美元)。仅在1980~1985年的农业发展规划中,政府的直接农业预算为23亿美元。此外,还有水力资源开发预算120亿美元,兴建粮仓10亿美元,农业区市政建设款200亿美元。农民购买农业机械设备、种子、化肥可得到50%的补贴和优惠贷款。1992年沙特生产了价值50.7亿美元的粮食,每吨小麦的价值为1300美元。我们逐月查询了1993年芝加哥期货市场的小

麦价格,按照最高价计,每吨 149.6 美元。据报道,沙特阿拉伯在 1980 年的政府政策中规定,农民收获每 1 吨小麦,政府提供 1 100 美元补贴,难怪此后,不论是皇室成员还是游牧民都开始经营农场,中产阶级也开始购买国有农业公司的股票,从国家补贴中获利。这样沙特小麦产量迅速成倍增长。1983 年沙特政府把小麦的补贴减到每吨 567 美元,但对人民依然有巨大的吸引力。沙特的沙漠农业是用昂贵的资金换来的,足见其推广范围是很有限的了。

占地球陆地面积 1/3 的干旱荒漠土地,正在吸引人们开发的兴趣;处于生态灾难的人们,也亟待解救。近百年来,人们提出了各式各样的计划、构想,在实践中,除了成功之外,总要出现一系列难以逾越的困扰。在回顾了这些之后,我们对钱学森教授所倡导的沙产业理论有了更深刻的认识。它为我们从传统思维的定势中解脱出来,找到了一个很有意义的方向。

利用微藻装置转化太阳能的实践和思考

1991 年 3 月,以沙产业研讨会为开端,我们从已经有基础的防沙、治沙、固沙事业中摆脱出来,开始了沙产业创建的实践活动。

实现钱学森教授创建沙产业的构想,必须找出高效的太阳能生物转化器。利用这种转化器在人工控制的最佳环境中,进行连续性的工业化生产,以期最充分地转化太阳能。

人类日常生活中消耗的能源(石油、煤炭、薪柴),吃的粮食、水果、菜蔬及肉禽,归根到底,都是通过植物的叶绿体转化的太阳能的不同形态。至今人们还没有发现、发明一种物质或物质系统,依靠它的光化学过程,比绿色植物更灵巧、更有效地把太阳能转化为食物。难怪在 40 年前笔者求学期间,一位德高望众的犹太族植物生理学老教授就组织青年学生,寻找建立“叶绿素工厂”的途径。

传统的种植业,主要利用高等植物以获取食品和能源。干旱荒漠地区特异的自然条件使传统的种植业产生很大的局限性。在荒漠地域条件下,若按大田作物的传统农艺技术,阳光的利用率仅在 1% 左右。同时,由于受气温和生长周期的限制和气候要素畸变率大,决定了在荒漠地区单纯依靠高等植物进行光合作用转化太阳能是难以做到高效和持续稳定的。尤其是沙漠地区高光强和高气温往往同步出现。当气温升高、干旱加强时,植物体关闭气孔,虽有效地减少了蒸腾对水分的消耗,同时也导致了光合作用的降低。而强烈蒸发和高强度的叶面蒸腾把绝大部分水都无效的耗费掉了,能直接参与光合作用制造碳水化合物水只占作物水消耗总

量的 1%。为此,我们在实践沙产业的过程中,势必就要寻找可以克服上述限制和困扰的生物和技术,作为太阳能转化器。

微藻是地球上最原始的一种单细胞生命体,结构简单,生命周期短。它在适宜的条件出现时,能很快恢复正常的代谢活动,几个小时就可以完成一个生命周期。这种碳型藻类,只要为之创造稳定的生长环境,其光合、呼吸作用的强度可大大超过同等重量的大型高等植物的代谢强度。体大仅几微米的小球藻和长 200~500 微米、宽 5~10 微米的螺旋藻,在人工控制的特定环境中,可以高密度生长。理论上讲,只要条件控制完美,其生长速度可以几何级数累加。

微藻是地球上最早出现的自养植物,也是存活时间最长、分布地域最广的植物,甚至找不到一个天然的水体中不见这种或那种微藻的存在。沙漠中的江河湖盆、盐湖沼泽、临时性积水、居民地和水浇地排放的废弃水聚集地,都有微藻。以色列沙漠中被称为“死海”的水体中,唯一能落户生息的生命体就是微藻。对人类有实用价值的各类微藻尚有待人们去继续寻找、开发、利用,并设法为其创造有利的生存环境。例如,利用阳光能量转化机制和现代温室技术就可打破季节和昼夜温差以及光强变化的种种限制,使微小的生物发挥强大的生命力。人类也将由此摆脱与沙漠、戈壁打交道的种种困境。

因此在实践钱学森教授倡导的沙产业构想中,我们选定微型藻类作为沙漠中丰富的太阳能的转化器,并创建了一种装置,为其提供最优的生长环境。

微型藻类的人工养殖技术,早在本世纪 40 年代欧洲人即着手研究。多年来,在许多国家,已建立了各种不同类型的养殖装置,基本上形成了一种产业,并有产品上市。

在为实践沙产业组建微藻工业化生产车间之前,我们除了通过文献工作了解国际上的最新进展外,还先后实地考察了非洲、中亚、欧洲、科威特、以色列等地藻类野外生长的条件和人工养殖的技术和装置,搜集了一批藻种,买到了一些上市产品,并在室内做了近三年的人工养殖实验,并设计了适应沙漠环境的全封闭管道式养殖装置。1993 年 6 月 19 日试生产车间正式投产。中试车间是一个面积为 80 平方米的玻璃温室,内部安放了总长 390 米、直径 5 厘米的玻璃管道。全封闭的管道可防范沙漠地区的风沙和蒸发,又能充分利用太阳能做光源,生产小球藻。一年多来,这套装置正常运转,证明设计思想是合理的。这一装置的特点是:

1. 具有高光合效率(指单位受光面积上转化、固定太阳能的效率比现有的农田高)。例如,我国全国大豆农田平均每公顷年生产蛋白质约为 0.5 吨,

而这个车间折合每公顷生产粗蛋白质达 45 吨,高出几十倍。

2. 在工艺上保证了微藻产品的高纯净。我们采用的是封闭管道生物反应器,可避免混入开放池常有的杂藻、杂菌、飞虫,也特别适应多沙尘的环境;料罐及气体交换器均采用不锈钢件,避免了金属对水质的污染和对微藻生产的抑制。

3. 光合产品无废弃物。常规的植物产品都有大量不能为人们食用的部分。例如,小麦的地下根茬平均占 11%;地上部分中,籽实和茎叶大致相当,各占 50%;籽实中皮壳占 26%。所以,小麦中人们能吃食用的部分仅占净光合作用产物的 33%。藻类没有根、茎、叶,不存在光合废弃物。小球藻含 18 种氨基酸和各种维生素,被誉为“延展青春的恩赐物”。日本医生认为小球藻可净化血液,清洁血管,治疗多种疾病,除做食品、饵料添加剂、饲料外,还可以作为提取药品和着色剂的工业原料,也可以做美容化妆品的原料。

中试装置正常运转后,我国专利局已接受专利申请。

中试成功使我们更进一步认识到,这是一种可顺应沙漠特点又避其害的,可充分转化太阳能的有效手段,是一条可借助现代技术建立“顺天时,尽地利”的沙漠绿色产业之路。

沙产业中微藻转化太阳能大型装置的展望

钱学森教授倡导的沙产业所强调的运用全部现代化科学技术包括新的技术革命的成果,不仅技术现代化,而且生产过程要严密组织,实际上是知识密集型的新兴科学技术的集成。只有这样,才能充分利用太阳能,才能克服陈旧的传统技术的各种弊端,才能把自然资源充分利用的目的和环境治理的目标协调一致。

进入世纪之交的今天,新兴技术为发展沙产业提供了广阔美好的前景,使我们有可能设计一系列既开辟利用新能源,又制造食物、碳水化合物工业原料的沙产业技术装置。

80 年代初,前联邦德国的史兰赫博士建成了一座不用燃料的气流电站。电站主体是一个直径 10.3 米、高 200 米的空心圆柱。形似烟囱的圆柱周围地面敷设面积巨大的密封塑料大棚,以吸收阳光,形成比棚外温度高 20℃ 的热空气。大棚与圆柱连通。由于空气有热升冷降的特性,使塑料棚中大量 30℃ 到 50℃ 的热空气以 20~60 米/秒的速度通过圆柱。气流驱动安装在圆柱底部的气轮发电机发电。据称,发电成本与核电站相近。

1992 年,由丹·扎斯拉夫斯基教授主持,以色列计划用 20 亿美元开凿一条连接死海和红海的运

河,沿河安置一系列这种气流发电塔。协助设计的纽约西巴比伦“星网”结构公司称,发电塔有可能是一种底部直径 305 米、高 915 米的尖顶塔。海水被水泵抽至塔顶后,用喷头喷下。水滴遇到干热空气后迅即蒸发。下沉的冷却气流用来驱动发电机。这种设备的优点是既可发电,还可伴生淡水。据扎斯拉夫斯基称,电力成本比核电站和火电都便宜。1992 年底,以色列外长佩雷斯透露了这项计划。

1994 年 7 月,英国《新科学家》杂志报道,美国新墨西哥州洛斯阿拉莫斯国家实验所的物理学家普罗艾特设计的气流电站高 180 米,底部直径 200 米,塔体喷射的水滴在蒸发中,使干热空气变冷致密下沉。塔内的装置使这股气流变为 10 米/秒的匀速气流驱动电机发电。普罗艾特估计,一个对流塔每小时吸收空气 1 立方公里,每秒吸收水 1 000 公斤。在室温下,每公斤水蒸发时吸热 2.4 兆焦。据此,一个对流塔可产生足够发电 9 兆瓦的气流,去掉了用于水泵等的消耗,净余 6 兆瓦。

引证这些新进展,说明这种气流发电站在技术上、经济上都是可以操作的,而且最适合应用的地区是干旱少雨、阳光充沛的沙漠、戈壁地区。将来,我们把气流电站和微藻生产装置拼接为一个系统,既能解决温室降温的难题,又可为微藻装置提供夜间光源。

风多,是沙漠地区的一大特点。有的地段风力强劲,且方向单一,全年平均风速超过 3 米/秒的时间多达 5 000 小时。风能利用的潜力很大。钱学森教授早在 50 年代就提出微风风力电机的设想,现在余新河先生的微风电站已有定型设计,并申请了专利。把风力电站、风力提水装置和微藻生产车间合为一体,就能为微藻生产装置进入沙漠、戈壁的边远地区创造可操作的条件。风力装置和微藻车间合二为一就构成一个全天候、全封闭、高洁净、高效率的生产系统。这个系统可由若干组合单元拼装为一体,充分依赖阳光,顺应沙漠自然特点,又不占据很大的空间。

在西部大沙漠中的古河道内,内陆河两岸和湖泊边缘,洪积扇的前缘,古绿洲的外围,都有埋藏不深的地下水。东部沙地中,丘间低地地下水埋深在 10 米以内。选择这些地区和地段,有可能布设一批这种依靠风力发电、提水,利用地下水资源的微藻生产装置,为沙区人民带来一种新食品和新饲料产业。

我们选择的太阳能转化器虽是一种微小生物,但它与上面两种现代工程技术都能结合。它简单、灵巧,在 0.001 秒的瞬间捕捉到光子后,通过暗反应,把水、阳光、CO₂ 加工成各种类别的碳水化合物。渺小的个体,却能快速地增殖,集成强大的生产力,生产出惊人数量的生物质能。在地质时期,大

地历经沧桑巨变,藻类依靠它极强的应变力存活了下来。神奇的自然生命力使藻类有对环境变化左右逢源的适应力。它还有一种驯顺的素质,可以根据人的需求,改变产出成分的构成。日本人岩本浩明用2公斤藻块蒸馏出1公斤燃油,其中62%是辛烷值为95的汽油,15%为航空油。英国人把微藻制成微藻“露状体”,用来驱动二重燃料发电机组发电。微藻生产中的排放物是氧。除此而外,它不会在生产中制造噪音、烟尘、污水、废物。微藻转化、固定太阳能不要求大的空间,不需要进行补水工程而给地球动“外科手术”,它只是沿着一个明确的方向,把

地球一切能量之源——太阳晒在沙漠上的用之不竭的阳光尽量地固定下来,为人类提供氨基酸、维生素、脂肪酸以及新能源。21世纪的沙产业将在利用沙漠资源的同时,使沙漠回复到既不被人工破坏,又不被随意“改造”的原本自然状态。

“微藻+现代技术”的理论和实践已使我们看到了沙产业的远景和曙光。我们期待这一理论和实践的结合终将产生重大意义和价值,以有力地推动沙产业宏伟事业的蓬勃发展。

(责任编辑 王宏章 蔡德诚)

学术动态

“钱学森建立沙产业理论”十周年纪念暨学术研讨会召开

1994年9月27~28日,在北京召开了“钱学森建立沙产业理论”十周年纪念暨学术研讨会,约80余名专家学者及有关人士出席了会议。

钱学森教授在向与会专家致意的信中指出:

我在十年前提出沙产业的设想,只是考虑到我国有153万平方公里沙漠、戈壁和沙漠化土地,而且沙漠、戈壁不是没有生物,我们应该让生物利用太阳光能为人类创造财富。我很高兴地知道,现在甘草和沙棘已成了规模生产。

当然,早在建国初年,我国第一代的领导人就提出要防沙治沙,并建立了防沙治沙事业。今天在座的不少同志对此曾作出重要贡献。中国的防沙治沙是在全世界领先的。我们决不会忘了他们的成绩!

今天特别令人鼓舞的是,据《人民日报》1994年8月25日二版报道,国家林业部徐有芳部长在考察陕西榆林等地治理毛乌素沙漠的情况时说,根据各地几十年积累的治沙经验,今后防治沙漠工作必须从单纯的防沙固沙

逐步转到全面开发沙漠资源的轨道上来。他说,在建立社会主义市场经济的形势下,必须对沙漠实施综合治理,综合开发,在沙漠地带建设大片绿洲,创造改善生态环境,从而进入向沙漠索取粮棉油、肉蛋奶的新阶段。这就把沙产业推进到改造沙漠、戈壁的新天地,我们就要考虑在全国范围内大规模调水!看到这一前景,我们的沙产业是多么宏伟呵!

与会专家学者遵循钱学森教授建立沙产业的理论,围绕防沙固沙治沙、沙地开发、营造防护林、建立农业型知识密集沙产业等问题进行了热烈的研讨,并一致认为:假如我们运用全部的现代科学技术,包括物理、化学、生物学等基础科学,采用系统工程和综合利用的方法,完全可能兴建一个有中国特色的知识密集型的新型产业,每年为国家提供上千亿元的产值。

会上成立了中国科学技术发展基金会促进沙产业发展基金管理委员会,推举刘恕、董智勇分别担任正副主任。此次会议将对我国沙产业的发展起到重要的促进作用。

(本刊记者 王宏章)