

贺钱学森院士
90华诞

对钱学森沙产业理论的学习和理解

刘 恕

(中国科学技术协会, 北京 100863)

【摘要】 就沙产业的概念、理论依据、技术要点及意义做了全面阐述。沙产业作为沙漠戈壁合理利用的科学构想, 是以沙漠戈壁地区具有充分阳光天赋资源优势为出发点, 提倡用现代技术成果提高植物的光合作用效率, 并在市场机制引导下施以有效的管理, 最终获得经济、生态两项效益。同时就沙产业当前应用的技术路线通俗表达的“多采光、少用水、新技术、高效益”内容做了诠释; 介绍了在甘肃张掖地区的实践效果; 在世界范围内解决人类粮食需求的意义也有说明。

【关键词】 沙产业; 不毛之地; 太阳能同化效率; 知识密集型农业; 沙漠戈壁; 人口、资源与环境

【中图分类号】 S17; S-01 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1009-1742(2002)01-0009-06

“沙产业”(deserticulture)这个生疏的词汇, 最初见于我国杰出贡献科学家钱学森先生1984年在农科院科技委组织的学术报告中^[1]。在以后的十多年里, 钱老通过多次讲话、通信, 用书面文字和口头解说, 对沙产业理论从许多侧面做了阐述, 形成了钱学森关于沙漠戈壁科学利用的科学构想。钱老论述的沙产业理论, 是一个表达简洁而又规范的沙漠开发利用战略构架。它包含了开发利用的目标和达到目标的系列措施, 是一种新思维。在庆贺钱老九十华诞的日子里, 学习和理解钱老的沙产业理论, 将会更加振奋精神, 在开发大西北、对抗土地荒漠化的伟大事业中, 坚定必胜的信心和信念。

1 沙产业就是变“不毛之地”为沃土

在地球南北回归线附近的陆地表面, 分布着面积辽阔、干旱少雨、占地球陆地近1/3的荒漠和半荒漠, 这里植被稀疏, 第一性生产力低下, 被人们称为“不毛之地”。仅非洲的撒哈拉、亚洲的阿拉伯半岛、澳洲的维多利亚, 荒漠和半荒漠就占据世界陆地的1/10。我国北方沙漠、戈壁共计130×

10⁴ km²。在这大片国土上, 人烟稀少, 除岛屿般散布的绿洲和天然草场外, 几乎为沙丘和砾石所覆盖, 大气干燥, 多风少雨, 自然地理条件非常严峻。因此, 这里的居民自古以来经济活动和谋生手段都有别于其他地方。在中国、在全世界, 这些地方多属于贫穷、不发达地区, 是产生“生态难民”的根源地。20世纪中除了两次世界大战给人类造成了巨大的浩劫外, 最悲惨的、人口死亡最多的“旱灾”(非洲的“萨赫勒灾变”、中国“民国十八年大旱”), 都发生在这里。

20世纪以来, 人口在大基数上的快速增长, 加大了社会需求, 破坏了干旱、半干旱地区农牧开发中传统技术的合理性, 产生了诸如滥垦、过牧、大面积樵采等导致土地沙漠化的直接人为因素。以致近30年来, 世界上干旱、半干旱地区不同民族的农牧民都异口同声地在实践中总结出—条教训: “耕地多了, 但产量少了”; “水多了, 但草少了; 羊多了, 但肉少了”。人类不合理的开发活动, 导致了对第一性生产力即植物光合作用的物质基础的丧失; 不节制的滥用, 不仅是对资源的掠夺, 而且

【收稿日期】 2001-09-10; **修回日期** 2001-11-22

【作者简介】 刘 恕(1935-), 女, 河北滦县人, 中国科学技术协会研究员

是对生产力潜能的破坏。土地沙漠化(有的称荒漠化,涵义略有区别)被称为当代环境问题之首。干旱、半干旱地区的经济开发活动,单纯依靠传统的方式和技术,已被实践证明是和持续发展背道而驰,正面临着谋求新思维的抉择。当人们需要一种沙漠开发利用的正确指导方略的时候,钱老在1984年提出了“沙产业”理论^[1]。

钱老在多次论述中认为,沙产业是知识密集型的农业型产业;是利用全部现代科学技术,包括物理、化学、生物学等基础科学,通过植物的光合作用,固定转化太阳能的产业;是利用系统工程综合开发产品和产后加工、建立适合市场机制的有效管理体系的产业。只有这样才能在我国 $130 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的沙漠、戈壁和沙漠化土地上,创建能“为国家提供上千亿元产值的沙产业”,“为人类开拓新的食品来源”^[2]。他认为:沙产业就是变不毛之地为沃土。他期望沙产业以及其他知识密集型农业型产业的建成将是一次新的产业革命。

2 沙产业的发展谋略定位于提高对太阳能的利用

地球表层的自然界是人类赖以生存的物质基础。对周围环境认识和利用深度,决定着人类活动行为的理智程度和水平。包括人类自身在内,地球表层这个巨系统的运动和联系规律,都是客观的和可认识的。

地球表层的万象更迭和生命活动的不息运转,最大的动力来源是太阳能。认清了地球表层这个极为复杂的巨系统的动因渊源,抓住这个相互联系的最本质要点,在认识上理解系统内能源联系的特征、等级、传递层次和转化顺序,就把握了理解钱老提出的沙产业谋略的主要之点。

地球上人口大量增加,食品不足成为当代困扰人类的难题。究其原因,不是阳光不够,不是能的源头不充沛,而是地球表层固定转化太阳光的功能弱,或者破坏了这个转化系统,或者由于种种原因降低了这个转化系统的转化功能。解决人类难题的努力在于运用科学知识,特别是最新的知识,来固定转化太阳能。

钱学森院士倡导的沙产业,没有把人们在沙漠地区普遍应用的传统方式——改造沙漠自然地理特征作为目标,而是将目光转向沙漠地区分布在地球表面赤道南北一定范围内的阳光地带这一现实,把

提高这里的太阳能同化效率作为开发方向。沙漠戈壁地区云层稀少,充沛的阳光是天赋资源,全年日照时数在 $2\ 800 \sim 3\ 300 \text{ h}$ 之间,年总辐射量均在 140 kcal/cm^2 (590 kJ/cm^2)以上。沙产业发展谋略定位于提高植物的太阳能转化效率,充分利用沙漠地区的天赋阳光资源,提高单位面积碳水化合物化合物的产出量,以满足人们对氨基酸、维生素、生物能源及工业原料的需求。沙产业这一谋略定位,从根本上有别于几十年来沙漠开发利用总体目标的认定。

中国西北干旱、半干旱地区,即内蒙古西部、宁夏北部、甘肃西部和新疆东南部的太阳能辐射总量是一笔巨大的财富,充沛的阳光“取之无禁,用之不竭”(苏轼语)。在我们居住的这个地球上,不论是风云变幻、江河奔流这样一些自然现象,还是物种生息繁衍的生命过程,万象更迭的最大动力来源是太阳能。人类生存中吃的粮食、菜蔬、油肉、鱼蛋,生产和生活中用的能源诸如汽油、煤炭,原料诸如木材、棉花,都是通过植物的光合作用固定转化了的另外一种形态。既然“上天”给了我们这样重要的能源,有如此众多的太阳能,“大地”又造就了无以数计的能进行光合作用的高等和微型的绿色植物物种,沙产业要求我们要想尽一切办法,通过光合作用,把最大量的太阳能贮备起来,开发出一个新时代、新纪元。这样,不但追本溯源,指明了充分利用取之不尽、用之不竭的普惠阳光这个人类经济活动最重要、最基础、最有伟大前景的目标,而且确定了固定太阳能的工具是附着在生命活体上的叶绿体。它的结构最灵巧、功能最神奇,有不可取代的高效功率,又可以依靠自然的生命力自我更新、自我复制,明确了沙产业是最大利用太阳能的绿色产业,端正了人类在沙漠地区经济活动的主攻方向。

3 充分运用现代化技术是沙产业的内核

钱老的沙产业理论,基于对地球表层客体的深刻认识,把提高太阳光利用率的最大潜力和努力方向,寄托在高新技术的运用上,主张走出传统,跨行业、跨领域地运用物理的、化学的科学原理,以及信息革命的成果、新工艺、新材料、新技术,创造植物光合作用的条件,最大限度地利用太阳能。

充分运用现代化技术和新技术革命成果,用技

术组装起来绿色产业是沙产业的内核。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。无论依靠天然的植被还是人工植被，都难以达到高效地固定转化太阳能的目标，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，局限于沙漠自然条件的传统农业型生产，不会造就光合产量的飞跃。沙产业倡导利用新技术、新材料、新工艺，人工改善植物固定、转化太阳能的生境，就会极大地提高光合作用的效率。例如，用温室或塑料棚设施改变光热条件就能摆脱不良气候的影响和季节的束缚；用降低渗漏、蒸腾和蒸发，就可极大地节约水的无效消耗；增加 CO₂ 的浓度，就能提高光合作用的产量；改善光照质量和采用人工光源能加速作物的生长发育等等。新技术革命的成果开辟了广泛的可能，但技术上的可能不等于经济上合算。从目前的实际出发，选择那些有基础、易见成效、推广容易的技术，作为沙产业创建的新起点，例如塑料膜（地下敷膜保水保肥，地表敷膜减少蒸发等）和温室技术的应用，滴灌、渗灌配套设施的推广等等。用生物基因工程改良太阳能生物转化器，用人工种子繁衍良种，都有良好的前景。不过要步入实用阶段，并非一日之功。但在我国已被广泛掌握的立体种植、组织培养等农艺手段，在沙产业集约经营中可收到立竿见影的实效。

钱老 1998 年 4 月 11 日和 9 月 5 日给笔者的信中认为：“沙产业的一套做法实际是高科技农业生产的试验，它现在已经在社会主义中国的沙漠化地区取得成功；将来这套做法还有可能因地制宜推广到全国各地，不仅限于沙区，如：1) 在北方冬寒地区，搞反季节农业生产；2) 在青藏高原，利用丰富阳光及地热资源，大大提高农业生产率，为青藏高原的发展做贡献（在拉萨附近已有试验，很成功）。沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业！”“沙产业实际是农产业的节水高技术化，”强调要利用现代知识，利用信息革命的成果，利用新材料、新工艺，也包括对地球表层这个客体的系统论认识、系统管理的最新成果，这些人类知识的强大手段，在钱学森沙产业理论规定的活动范围内的实践，将使我们乐观地进入 21 世纪：一个食品丰富的世纪，一个人类理智性支配自然，包括支配自己的世纪，一个在地球表层

天、地、人和谐发展的世纪。

4 沙产业寓环境保护于经济开发之中 追求人与自然和谐

近百年来，人们在干旱、半干旱区的农业开发活动中，出现了无视对自然条件特殊性的认识，以致多次在“征服自然”夺得丰收的喜悦之后，迎来了大自然“报复”的后果。上个世纪加拿大、美国被开垦的草原上的黑风暴，曾迫使开发移民大迁徙和成批农场废弃；赫鲁晓夫的垦荒运动有过戏剧性的大起大落。土地荒漠化问题研究的结论告诉我们，导致环境退化多半通过风力和水力两个动因。强劲的天然风力引起土壤风蚀，人工灌溉导致土壤次生盐渍化。上述动因引起了土壤的肥力丧失。早在 20 世纪初，美国学者凯依斯对植被破坏引起的土壤风蚀有过生动的描述。他认为风力引起的“尘暴或沙暴，扮演着河流冲刷土壤同样的角色。但和大河相比，这个巨大的怪物把大量的沉积物裹挟在大气之中，宽 300~500 km，而不是像大河那样 2~3 km。它的时速达 60 km，而不像河流那样时速仅 2~10 km。它搬运走千百倍多的粉碎的物质”^[3]。土壤风蚀对肥力破坏的道理容易认识，但人们却受垦殖草原眼前利益的驱使，放松警觉，在 20 世纪一再重犯同样的错误。干旱区依靠现代化的技术使供水缓解，这往往使人们不再珍惜用水；大水漫灌和强度蒸发的次生盐渍化，使世界上每年丧失约 1/10 的水浇地。以人工控制生境条件为特点的沙产业，用人类知识驾驭自然界光合作用要素的盈缺，从根本上摆脱农业生产依赖自然条件造成的风险，达到人与自然和谐。

历史已跨入 21 世纪。今天，爱护地球、保护环境被视为人类共同的道德准绳；留下经济繁荣和青山秀水的环境给后代子孙，已成为当代人的神圣职责。从环境保护、防治荒漠化的角度出发，发展沙产业是控制荒漠化的积极手段。因为沙产业会增加沙区光合作用的产品产量，第一性产品产出量愈丰富，人们为追求生活必需品而进行的盲目开发行为才能得到控制，沙区的植物资源方能得到休养生息，持续发展的原则才能得到具体体现。

5 沙产业是市场机制引导下的现代化经营产业

沙产业的创建和形成，将是一个不断完善的过程。

程。钱先生在阐述沙产业基地时多次提到，它是农、工、贸一体化生产基地。这是因为在技术飞速发展的今天，沙产业自身的多学科知识密集型复合系统，集合了物理、化学、生物学等有关最新进展的精华，追求实效的产业管理策略就是健康发展的关键。它包括：

1) 经济核算 既重视加大投入、完善设施，又讲究成本核算。产出不能抵偿投入的消耗，即便在技术上合理，也不会有生命力。

2) 自主经营机制和用市场导向 着眼于商品性生产，而不以自给为目的。

3) 分区指导 因地制宜 降水量、光热条件等天然因素的差异以及社会需求的不同，特别是局部环境的特点，要求人们在发展沙产业中仰承优势，回避短缺。

4) 小规模起步 鉴于沙产业目前仍是一种人工控制生境、利用作物高效转化太阳能的新农艺，受人员素质、管理经验以及市场诸方面的影响，在开初起步时，应维持小规模。

5) 集约经营 沙产业扬弃大面积上用低收入掠夺性地利用水土资源的传统方式，而选择那些自然条件相对优势的地块，集约、高效地经营。

6) 龙头技术 借鉴把国内外在干旱、半干旱地区以及滨海沙地上已经成熟的技术，有计划地引进、移植，就地消化吸收后，发展适合当地需要的技术。

7) 示范基地 沙产业的真正价值如不在生产中得以体现，没有一个样板可以仿照，敬业的科研人员缺乏“试验田”来验证构想的可行程度，创建沙产业就是一句空话，人们也依然难以正确估价它的意义所在。

8) 优先项目 利用农村致富函授大学的成功经验，集示范、培训、技术推广为一体建立的示范中心，提高沙区太阳能光合效率和节约用水为目标，在内蒙、河西走廊和新疆建立沙产业示范基地，应作为沙产业创建的优先支持项目。

6 沙产业技术路线的通俗表达是“多采光、少用水、新技术、高效益”

为方便生产者把握技术要义，沙产业技术路线的通俗表述为“多采光、少用水、新技术、高效益”。天赐的阳光是地球表层生态系统的能源，光合作用是这个巨系统能源的“入口”，把万象之源

的能量最大限度地采收下来，就是沙产业的要义。合理利用天然降水和降水变成的径流以及渗入地层的地下水，是在沙漠地区求发展的关键技术。新材料、新技术、新工艺，包含了当代科学技术和技术的进步，这些知识的投入，能摆脱传统农业对生产力的束缚。沙产业是知识密集型的大农业。没有高新技术的应用，沙产业就失去了生命力。高效益是一个综合的也是最终的评价沙产业的经济指标，这是创建沙产业的出发点，也是最终的归宿。

目前推动沙产业的措施，是用新材料构筑一个能起隔离作用的膜或壳。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。种植地的地膜覆盖和设施保护地的塑料大棚，都是这种膜壳作用的形态。正是由于这种措施改变了水热交换的原始状态，取得了多采光、少用水的效果。

进行光合作用的主体植物或品种优选，也是一个重要的方面。今后理想的太阳能转化物可能是一些适合用工业化连续生产的绿色植物。诸如不是种植在田间，而是养殖在循环流动的管道中的藻类。

7 沙产业理论开辟人类新的生存空间

当前世界人口进入了快速增长的阶段，目前，全球每增加10亿人口只需要十多年时间。公元元年世界人口为1.5亿，1550年增加到4.5亿，1850年达到10亿。世界人口由10亿增加到1930年的20亿用了80年时间；由20亿增加到1962年的30亿用了32年；1975年，世界人口达到40亿，1987年达到50亿，2000年已达到60亿。2001年的2月16日联合国粮农组织在罗马公开了一份报告，其中说到，包括发展中国家的2亿儿童在内，全球约7.9亿人口食不果腹。33个国家粮食极度匮乏，其中13个国家地处非洲；埃塞俄比亚有800万人情况危急。全世界有数以亿计的人挣扎于食品匮乏和卫生条件恶劣的环境之中。可见保障人类粮食及食品需求的任务仍十分艰巨。1996年11月，在罗马召开的首届以粮食为主题的首脑会议，通过了《世界粮食安全罗马宣言》和《世界粮食首脑会议行动计划》，呼吁各国确保持久的粮食安全。实际上，为维持人体生存所需热量和生命元素，主要是通过植物光合作用转化太阳能得到的。太阳能是生命之源。在1996年召开的科学家高级会议马德里宣言中，农业被称为“当今世界最广泛利用太阳能行业”^[4]。幅员辽阔的干旱、半干

旱地区平均占地球总面积的10%，其中非洲占其总面积的55%，北美和中美洲占19%，南美占10%，欧洲占2%，大洋洲占35%，亚洲占34%。由于其充沛的日光辐射，有可能造就极高的植物生产力，为人类提供所需粮食、食品的新空间。

在这种背景下，钱老关于在干旱、半干旱地区的不毛之地创建知识密集型农业的科学构想，用来满足人类的食品需求，就具有远瞻性的导向作用和全局性的战略意义。

8 发展沙产业应重在实践

在论述一种可能、表达一个新的希望前景时，必须不只停留在“说”上，而是要重在行动，因为，实践具备不可替代的品质，实践的检验，是人们正确认识的根源之一。只有技术路线、方案、计划，和步入实践验证，有了实施效益和结果后的认识，才能达到一个新阶段；实践充实理论，修正、完善理论，经过实践的鉴别后的理论，其确定性在价值天平上定位，才是“可行性”的最佳注解。

1994年9月，在纪念钱学森沙产业理论10周年学术研讨会上，与会人士有一个看法：钱学森沙产业理论作为一种跨世纪的沙漠利用战略构想，为我们指明了方向，但沙产业的真正价值如不在生产中得以体现，人们依然难以正确估价它的意义所在。有鉴于此，会议提出：“向沙漠戈壁各地政府，向政府有关部门，向一切关心沙区环境和人民的有识之士呼吁，通过你们的力量统筹已有的资金渠道，筹措一批中长期贷款，扶持建立沙产业专业公司，按照自负盈亏、自我发展的原则，重点发展沙产业龙头技术和带头产业，像滴灌设备公司、温室技术及设备公司、藻类产业公司等，并以点带面，推动发展。首先选择甘肃河西、内蒙、新疆等地建立试点、示范基地，使以提高太阳能转化效率、节约用水为目的的沙产业能与其他产业处于同等竞争地位。”^[5]从1994年开始，仅仅过了不到五年的时间，这些目标，已变成和正在变成了活生生的实际。目前已在甘肃张掖地区建立了13个沙产业综合开发示范区，地膜和保护地栽培近 6.7×10^4 hm²，其中日光温室、塑料大棚2550 hm²。山丹县沿312国道，在不毛的戈壁滩上建成235座大棚，其中有50座实行无土栽培。该县东乐乡在戈壁滩上，1997年建设的雨水汇流工程，利用暴雨径流发展沙产业，建半地下温室300座，变戈壁

为绿洲，使不毛之地变成沃土，充分体现“多采光、少用水、新技术、高效益”的沙产业技术路线。在河西张掖，沙产业示范基地作用还体现在日光暖棚工厂化养猪、舍饲养羊以及年产微藻干粉10 t的生产基地。特别是引进以色列电脑控制的全自动化温室4600 m²，滴灌、渗灌、微喷等各类节约用水设施示范区近13 hm²。14个脱水蔬菜厂和现代化的猪厂，按照龙头带基地、基地连农户的形式，贸、工、农一体化经营。民乐县在戈壁滩上，按照“推良种，用良法，多采光，少用水，深加工，上规模，上水平”的方针，连片开发，规模经营。甘肃张掖地区在地委、行署的统一指挥部署下，沙产业已蓬勃发展起来。在甘肃河西走廊的武威、酒泉、敦煌及内蒙古自治区哲里木盟、赤峰市都涌现出生动的具有示范意义的沙产业典型。“绿起来，活起来，富起来”这种生动形象，表述沙区群众建设沙产业决心和步骤的口号已经在不少地方得到实现。1996年12月2日，钱老在给作者的信中说：“今后工作我想还应在实践，发展沙产业，有了人人看得到的成绩才好宣传说服人。”发展沙产业得到领导和沙区群众的关心和支持。曾经长期在西北工作，至今仍关心沙区人民生活的宋平同志，在1995年11月30日视察河西后提出“要认真重视沙产业”，“坚决走这条路子”^[6]。温家宝同志在1995年11月批示中指出：“办好这件事不但有经济意义，而且有社会和生态意义。”^[6]姜春云同志1997年3月在农业发展银行关于支持沙产业建议书上批示：“抓得好，支持沙产业意义重大，也大有可为，应加大工作力度，以取得更大成效。”^[6]甘肃省委、省政府以及内蒙古自治区的领导同志都撰文支持沙产业。东起科尔沁沙地，西至天山南北，发展沙产业建设新型绿洲经济，已成为振兴当地经济的指导方略。

推进干旱、半干旱地区不毛之地的农业现代化开发活动的重大意义和作用，国际上一些专家学者和政治家也有类似或雷同的看法和言论。印度总理拉奥1994年5月23日在新德里召开的国际农业研究咨询组织会议上致开幕词时说：“像印度这样的穷国（约有70%的人口靠农业为生）必须要找到开发那些不毛之地的新方法。”“从干旱到洪涝，或者贫瘠的盐碱地，这些都是一般性方法所不能解决的。”^[7]

经过最近几年的实践，更多的人已经认识到发

展沙产业是防治土地沙漠化的根本措施,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;也是把干旱、半干旱区的大农业提高到现代水平的一条道路。在党中央、国务院的领导下,大西北的明天,一定会建设成一个现代化农业文明和安定繁荣的边疆。

参考文献

- [1] 钱学森. 创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业[J]. 农业现代化探讨, 1984, (36)
- [2] 钱学森. 发展沙产业大有可为——钱学森院士在会见沙产业研讨会代表时的讲话[A]. 刘 恕. 沙产业

——跨世纪的沙漠利用战略构想[M]. 北京: 中国环境出版社, 1996. 3~12

- [3] Кесь А С, Федорович Б А. Происхождение, перенос и осаждение эолового мелкозёма [A]. Изучение и освоение природной среды [M]. Москва, 1976. 59~77
- [4] 马德里宣言[A]. 科学学术高级会议[C]. 中国上海, 1996
- [5] 刘 恕. 沙产业——跨世纪的沙漠利用战略构想[M]. 北京: 中国环境出版社, 1996
- [6] 刘 恕. 步入实践的沙产业——沙产业系列论文集之三[M]. 北京: 中国环境出版社, 1998. 3
- [7] 农业研究应因地制宜[N]. 参考消息, 1994-05-30

Grasping the Essence of Qian Xuesen's Theory on Sand Industry

Liu Shu

(China Association of Science and Technology, Beijing 100863, China)

[Abstract] This paper describes the concept, scientific basis, key technical points and the significance of sand industry. As a scientific conceit for the utilization of desert Gobi, the essence of sand industry is to take the advantage of the sunlight resource in the Gobi area to raise the photosynthetic productivity with the help of modern technical achievements and effective market-oriented management system, so as to gain benefits both economically and ecologically. The technical principle being employed in the present sand industry as so called "more lighting, less water, new technology, high benefit" is expounded. The application results in Zhanye prefecture of Gansu province is introduced.

[Key words] sand industry; barren land; solar energy assimilation; knowledge-intensive agriculture; desert and Gobi; population, resource and environment

《中国工程科学》2002年第4卷第2期要目预告

- | | | | |
|------------------------|------|--------------------------------|------|
| 钱学森——科技界的一面旗帜 | 涂元季 | 多目标优化与决策问题的演化算法 | 谢 涛等 |
| 钱学森与思维科学 | 卢明森 | 高性能安全路由器 BW7000 的设计 | |
| 宁夏的沙尘暴天气及防沙治沙的对策 | | 与实现 | 徐明伟等 |
| 建议 | 高庆先等 | 钢铁结构材料的高性能化 | 翁宇庆 |
| 超临界化——优化我国火电结构应从 | | 超环面行星蜗杆传动摩擦理论研究 | 许立忠等 |
| 这里起步 | 宋之平 | 矿物质粉体对砂浆及混凝土 CL ⁻ 渗 | |
| 我国清洁汽油燃料的发展趋势与对策 | | 透性的影响 | 冯乃谦等 |
| | 何奕丁等 | 腐蚀环境下飞机结构疲劳寿命的分析 | |
| 等离子表面冶金技术的发展 | 徐 重 | 方法 | 穆志韬 |
| 中国水利建设的成就 问题和展望 | 潘家铮 | 协议分析仪 2 Mb/s 高速信令处理模块 .. | 刘志辉 |
| 中国铁路提速工程管理的探索与创新 | 傅志寰 | 面向 21 世纪的超声电机技术 | 赵淳生 |