

专题报告

以旋涡塔阵建立速成及高效益的人工 防护林带 化整片沙漠为大片绿地

严隽森

(台湾科技大学,台北)

[摘要] 要改造沙漠、利用沙漠,必须在沙漠中建立多道防护林带,才可大力推展沙产业、改良沙漠环境、并逐步化整片沙漠为大片绿地。对此,目前世界各国均束手无策或认为不可能。文章建议以旋涡塔阵及流体力学中的旋涡破裂特性及与镇定仓等的相互干扰,将塔阵后方的强风变为湍流弱风,而建立速成及高效益的人工防护林带;适当的重量分布在各镇定仓内,可使旋涡塔阵在狂风中仍屹立不移,在弱风区中,可大力推展沙产业,并与多方面的专家合力,适度开发利用沙漠;化整片沙漠为大片绿地,化荒芜及有严重危害的沙漠为宝地,并可在沙漠中以旋涡塔阵,保护长期及深层探勘的工作区,以利于发现及测定深埋地下的世界级的矿藏。

[关键词] 旋涡塔阵;人工防护林带;沙产业

[中图分类号] S728; X37 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)05-0024-07

引言

我国西北及北方共有约 $260 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的沙化土地^[1,2],包括约 $116 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的沙漠和约 $143 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的沙地。这片广大的国土大部份不仅是荒芜无用,而且以强劲的风流沙侵蚀,危害及沙化邻近的农牧林地及乡镇,并产生沙尘暴严重危害远地(包括北京)的环境品质。这些沙化土地每年正以约 2400 km^2 的速度快速扩展中^[1],淹埋农地、林场、草原、乡镇,人民被迫迁移成为生态难民。但由于《防沙治沙法》^[2]的订立并执行后,扩展速度可能不再增加或将减少。

在50年前,竺可桢院士视察沙漠区后,即多次大声疾呼,改造沙漠是我们的历史任务^[3]。从1984年起,钱学森院士即提出沙产业的构想^[4]。沙产业是一个知识密集型及有方向性、远瞻性的,运用多方面的高新技术,尤其期求以最大限度利用太阳能的构想;它亦是一个表达简洁又有严格规范的沙漠开发利用战略构架。钱学森曾多次从许多侧面对沙产业理论做了阐述,指明了方向。从1995年起在刘恕的主导下^[4],各级政府的协助下以及民众的支持下,已在甘肃河西走廊、内蒙古、新疆

等地建立沙产业示范基地。尤其在河西走廊的张掖地区,连片开发,规模经营100多万亩的示范基地:包括日光及半地下温室群;大面积地膜,塑料大棚群及无土栽培区;雨水汇流及贮水池水库工程以收集储存及利用暴雨径流来开发沙产业,并避免雨季可发生的局部洪水;引进以色列电脑控制的全自动温室及滴灌等节水灌溉技术以节约用水,并避免灌溉时,地面蒸发所引起的土壤次生盐渍化等;不到5年已获得巨大成果,并得到多位领导人的赞许和鼓励^[4]。

竺可桢在1958年即在中国科学院成立了治沙队,后改为兰州沙漠研究所。近20年来,该所进行了多项综合整治研究,建立了多个试验站及示范区。从实践中取得了多种成功的整治模式和配套技术,包括半湿润沙地的赤峰模式,半干旱沙地的榆林模式,干旱沙地的临泽模式,以及极端干旱沙地的和田模式^[5]。林业部的有关研发机构亦建立了实验站或治沙林场等,共同担负整治沙化土地的研发任务。均取得了一些令人瞩目的成果,使区域内的生态和生产有显著改善,并荣获多项国内外奖章^[1,5]。

以上整治工作多限于沙地或在沙漠边际的“戈

壁滩”。迄今，世界各国都无法深入及改造沙漠。

因为沙漠多是一望无际的干旱黄沙，罕见人烟，没有水电供应及交通工具（除骆驼及履带车辆外）在风季有狂风，瞬间风速可达 8 级以上强风；在雨季可有暴雨，可造成局部洪水；并且土质贫乏，河流及植被稀少，生态环境甚为恶劣。但我国的沙漠和沙地附近多有水资源，如黄河等可适度调引灌溉。还有地下潜水和承压水，所以并非无水，仍可适度开发利用^[5]。

总之，改造和利用沙漠的前提是：大量建造防护林带。以有效挡住强风、狂风以及风流沙和沙尘暴。然后在防护林带的保护下，可推展沙产业来增加地面植被，改造和利用沙漠。优良的林带及植被可使表土不再大量吸收强烈的阳光，降低地面温度，大幅减弱垂直对流，使狂风及强风不易产生；并使生态环境改善，润湿度增加。但是关键是在沙漠中，一般不能建造防护林带（绿洲附近除外）。因为地质干旱贫乏，交通缺乏，一般不能把大树移植至沙漠而存活。同理，小树移植后亦不易强力生长；并且可能被狂风暴雨夭折，被流沙淹没或牲畜啃食而存活率很低。即使少数存活亦须许多年才长成大树。并且乔木及灌木须配套，成排及成带长成，而没有大量空隙或缺，方可成为一个有效的防护林带。

目前，在沙漠中建造大批防护林带以改造和利用沙漠，在世界各国均是束手无策。但是，全球 110 多个国家的 40% 以上的陆地表面，10 亿以上的人口都受到沙漠化的威胁^[6]。摩洛哥^[7]等国受到甚为严重的威胁。因此，联合国环境规划署指出，照此下去，地球将被卷入一场浩劫性的社会和经济灾难中^[6]。1994 年联合国通过《国际防治荒漠化公约》及行动纲领，并定 6 月 17 日为世界防治荒漠化和干旱日，我国亦是《公约》签署国，表示愿与他国共同合力来解除此危机的意愿。

1 以旋涡塔阵建立速成和高效益的人工防护林带

本文建议以旋涡塔阵（vortex tower mall，简称 VTM），在沙漠中建立速成和高效益的人工防护林带，以能在沙漠中大力推展沙产业，并配合多方面的努力，克服困难，化整片沙漠为大片绿地。

钱学森在 20 世纪 80 年代初期即致力于将系统工程概念推广应用到农业、沙产业等部门^[8]；即

是，每一部门都是一个系统工程领域，由相关的工程科学来指导其研究发展。本文将跟随他的脚步，将力学中的流体力学的理论运用于农林业及沙漠学领域。期望这是抛砖引玉，可引出更大力度的工程科学概念及系统工程设计来改造和利用沙漠。

旋涡塔阵的基本原理与龙卷风式风力发电系统（tornado-type wind energy system，简称 TWES）相近。TWES（图 1）是笔者在 1975 年提出^[9-14]，以达成大规模风力发电。它用一个“不转动”的“收集塔”以收集风能，创造旋涡并浓缩风能；再用多个小而标准型和快转速的“垂直轴”涡轮（安置在收集塔的底面中央）转换成电能。

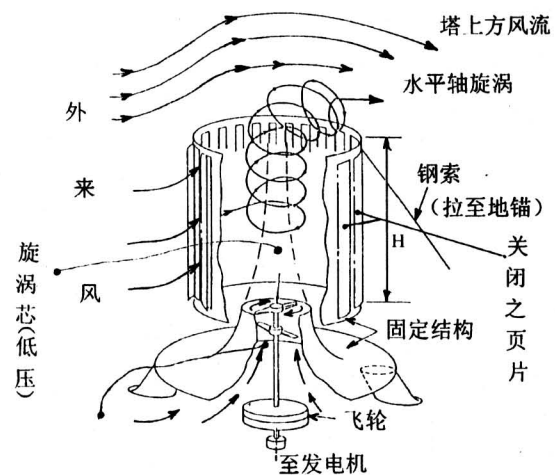


图 1 龙卷风式风力发电系统（示意图）

Fig.1 Tornado-type wind energy system (sketch)

一般大型风力发电机（至约 3MW）是“水平轴”。因此其桨翼均受到严重的“结构疲劳”可导致破裂的困难，而无法建立商业运转所需的可靠度。（中小型机无此困难）TWES 用不转动的收集塔和小而垂直轴的涡轮，故能克服此困难。不转动的收集塔可以缩小的模型，小涡轮可以原型，在风洞中测试和建立商业运转所需的可靠度。

不转动的收集塔更可扩大为超大型（如 100 m 高度左右）以收集大量风能，转换而达成大规模（10 至 100 MW）和有商业运转可靠度的风力发电系统。但驱动 TWES 涡轮的气压差比一般风力机翼所承受的气压差大很多，而比一般气涡轮（gas turbine）的气压差低很多，所以 TWES 涡轮须一套全新设计和测试。因此 TWES 迄今仍未实际应用，虽然小型模型在风洞中测试^[14,15]已显示约

11% 的风能转换效率。

钱学森对风能开发利用中的探索性工作一直非常重视,并给予具体的指导^[15]。1978年起,我国空气动力研究与发展中心开始对旋风型风能转换装置进行机理研究,并在风洞中进行模型试验。基于TWES,笔者在1977年提出“太阳能风能综合发电系统”的概念^[16]。1982年,钱学森亦认为这种综合系统可是一低温差,大流量的巨型热动力装置,从国民经济及科学技术上看均有重要意义^[14]。遵照他的意见,风能专业委员会推动了可行性研究并试用引射式涡轮来转换成电能。但驱动综合系统的温差比一般气涡轮的温差低很多。所以如TWES的情形,综合系统的涡轮亦须一套全新设计和测试。因此两种系统均还处在科研阶段,仍未能实际应用。

旋涡塔阵不用涡轮亦无转动原件,故其研发将比TWES简单许多。图2显示“螺旋切面(spiral cross section)”旋涡塔的内、外风力流动状态;用白烟从塔底中央注入来达成显示。外来风力从“侧边进口”进入塔中而转变成一“垂直轴”的旋涡,向上从塔顶驰出后,转向成为一“水平轴”的旋涡向下游驰去,不久即受到破裂(旋涡破裂 vortex breakdown)成为大群不规则的湍流,快速衰减成为弱风。

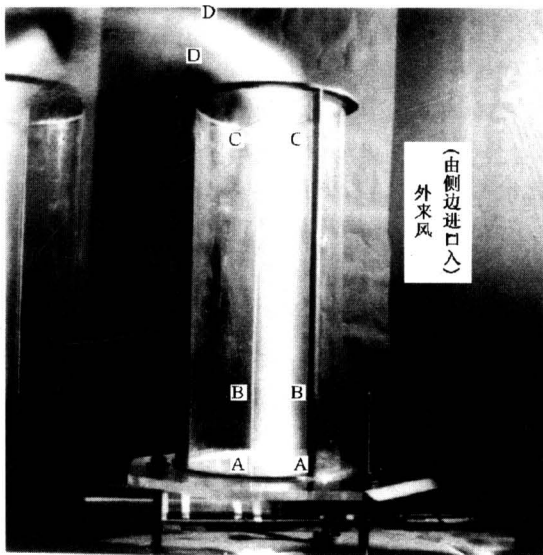


图2 显示“螺旋切面”旋涡塔的内、外风力流动状态

(白烟由塔底部中央注入;注入时只是一条细烟)

Fig.2 View of flow and smoke fields inside and outside a spiral-cross-section vortex tower

依照流体力学旋涡理论及观察,一般认识的要点是:

1) 旋涡芯(最低压区)的直径愈小则旋涡愈强,芯的直径扩大则旋涡即减弱。2) 如旋涡向下游流动时遇到渐增的气压则易受到“旋涡破裂”。

旋涡破裂是一种强烈的非线性演化现象,有重要的理论意义和多方面的工程应用^[17]。旋涡破裂还对上下游边界条件十分敏感。而从旋涡塔上方驰出的旋涡在破裂前后将与数个有关的旋涡及镇定仓顶盖等相互干扰(陈述于下),所以如要用计算流体力学或风洞测试来分析及定位旋涡破裂,均须十分注意其对上下游边界条件及各种干扰的敏感度。

旋涡塔内的旋涡主要受到“塔上方风流”(top wind stream)的影响:外来风遇到塔后会向上弯曲,因而产生一向上弯曲的“塔上方风流”,进而在塔上方产生一低压,将塔内的旋涡向上驰去(尚有数个次要因素)。

而旋涡塔的底面、墙面的曲度及塔上方的风流,和塔内旋涡产生的交互影响,成为一复杂的三维旋涡。但图2的显示很是明白:

1) 从切面A-A(近塔底)升到切面B-B,旋涡芯的直径缩小,旋涡增强并向上方驰去;因为从A-A至B-B,新的角动量不断从塔侧开口进入旋涡使它持续增强;

2) 从切面B-B到C-C(塔顶),旋涡开始受塔顶出口的影响,旋涡芯扩大,旋涡减弱但仍向上方驰去;

3) 旋涡在C-C切面穿出塔顶,转向而成为水平轴的旋涡,向下游驰去;并且开始不受塔体的拘束,旋涡和旋涡芯均持续扩大并减弱;其各部位的转流速减少,而气压力持续向下游增加。因此达成“旋涡破裂”。

4) 在D-D切面前后,显示整个旋涡受到破坏。

在D-D切面附近,塔上方风流达到塔的下游后,亦会产生二次流的旋涡,干扰水平轴旋涡(图3)而更促使其破裂。即是,外来的强风经旋涡塔及旋涡破裂的作用,由强风变成湍流及弱风。

旋涡塔阵是由许多“相同转向”之“螺旋切面”的旋涡塔组合而成。从邻近的旋涡塔中驰出的水平轴旋涡,因为是相同转向,所以会互相干扰(图4)而更加促使各旋涡之破裂。

旋涡塔的两侧会向下游发出“卡门涡街”;后

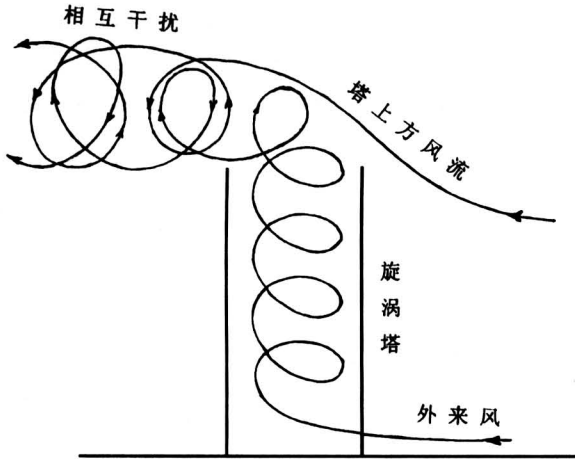


图 3 从旋涡塔驰出之旋涡将与塔上方风流在塔后所产生的二次流旋涡相互干扰而导致旋涡破裂

Fig.3 Vortex exiting from vortex tower will interact with secondary-flow vortices produced by the top-wind stream downstream of the vortex tower, resulting in vortex break downs

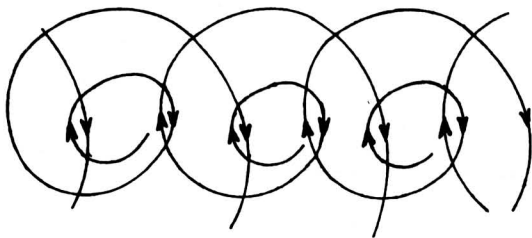


图 4 邻近之各旋涡塔所产生的旋涡将相互干扰而导致旋涡破裂

Fig.4 Vortices from neighboring vortex towers will interact with each other, resulting in vortex break downs

者所持有的多个垂直轴旋涡亦将与上述的水平轴旋涡相互干扰。水平轴旋涡在塔顶的附近亦将受到“破坏旋涡设施”及“镇定仓顶盖”的干扰。

旋涡塔可用镀锌薄钢板表面涂成绿色，用机器弯成螺旋切面，附在框架上，再焊接在坚固的底盘上而制成。底盘下将有多管状脚，每一管状脚下端均是锯齿型的边条。各管状脚将埋入并抓紧沙土。根据微气象学研究，表土如有植被则其表面边界层厚度白天约为 2.7 m，夜间在 5 m 以上。故旋涡塔的高度可选取 3 m 至 5 m 左右；宽度约为高度的 1/3 至 1/2。实际的高度与宽度由当地情形和

需要来决定之。

旋涡塔必须能在狂风暴雨，飞沙走石，极为恶劣的沙漠环境下屹立不移。所以，每一个塔之两侧及背部均将安置有盖子的“镇定仓”，焊接在旋涡塔及底盘上。各“镇定仓”（图 5）内可注入沙粒、水泥块、铁砂、铁块、铁柱等，以适当之方式分布之，使每一旋涡塔能在狂风暴雨，飞沙走石，极为恶劣的环境下仍屹立不移。

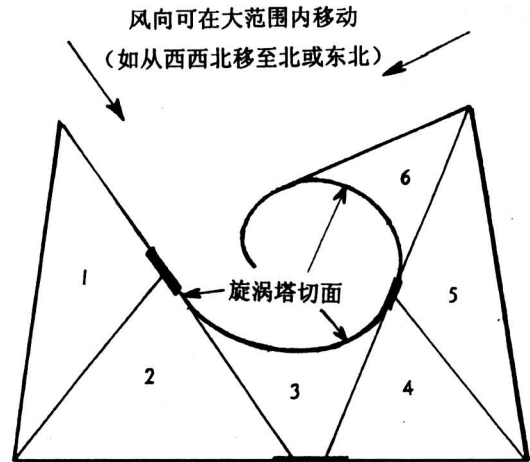


图 5 旋涡塔及多个镇定仓之俯视示意图
Fig.5 Top-view sketch of a vortex tower with several stabilizing chambers

各镇定仓及顶盖均将与水平轴旋涡发生干扰，所以可加装锯齿型等的“破坏旋涡”设施以增强干扰而提早旋涡破裂。适当形状此类设施亦可安置在旋涡塔的后壁上沿，而升起并指向及侵入水平轴旋涡的芯区以促使旋涡破裂。详细设计将依实际情形来研定之。

综言之，应以工程科学的“旋涡破裂”特性来指导配置各项设施，使从塔中驰出的水平轴旋涡能尽早破裂成湍流，很快衰减为弱风。这些是相似于目前高性能飞机的控制中，正设法用“尾涡控制”概念（尚未完全明白确定）来指导配置机载装置，以尽早打碎尾涡，来达成特定控制目的^[17]。

许多旋涡塔可以二排（或三排，四排）相互交叉的安置（见图 6），组合成旋涡塔阵成为一个抵御风沙的阵地。阵地下游的广大弱风区，可将高空的强风或狂风与地面的砂粒隔离，不会活化砂粒，不会产生风流沙及沙尘暴。弱风区的有效范围可参考一般防护林的资料。以乔灌木配套的防护林，其有效防护范围约为林高的 20 倍^[18]。弱风区是由从塔顶驰出的旋涡向下游扩张分裂而形成，故其有效

范围可能在塔高的 20 倍以上。实际设计包括阵地内旋涡塔的安置方式, 弱风区的范围, 以及各弱风区与下游的旋涡塔阵衔接方式等, 须在气动中心的 12 m×16 m 风洞试验段中测定之。

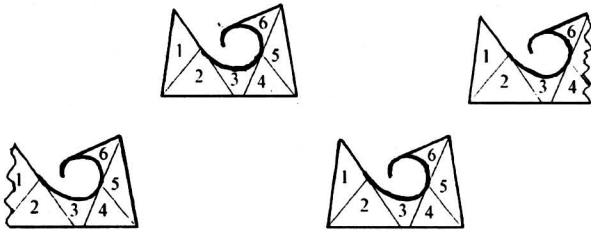


图 6 旋涡塔阵之示意图

Fig.6 Sketch of a vortex tower mall

沙漠地面即使经整平后仍将有不平整处, 所以各排旋涡塔间均应留下“间隔”以吸收偏差, 并使各旋涡塔组合均独立担负各项应力, 不致牵累邻近的组合。详细的设计须在风洞测试及实地应用后设定之。

相对于一般的防护林很难在沙漠中存活(幼树苗即使存活亦须许多年才能长大成树), 旋涡塔阵的存活率应是 100%, 并且在短期如数周内即可安置完毕。因为各旋涡塔及其镇定仓, 底盘等均可以分段或分块的方式在近沙漠的制造中心制造后, 用有履带及附有吊杆及电焊机的卡车以数日的时间运至现场而组合之。

所以, 可以用旋涡塔阵来建立速成及高效益的人工防护林带。当然, 更佳方案是由人民解放军的机械化工兵及后勤部队和直升机等部队大力支助, 达到更高效益的制造、运输和组合安装。

旋涡塔阵的下游亦可种植大量树苗, 受塔阵的保护。待树苗长大成防护林后, 塔阵可以分段、分块的方式拆开, 转移至他处而再使用之。

2 效益分析

我国有广大但荒芜无用及有危害的沙化土地。而许多沙化土地在历史上原是“地沃宜种植, 水草便畜牧”的富饶的绿地^[19]。由于邻近沙化土地的风流沙侵蚀, 绿地渐被淹没, 沦为沙化土地, 或经人们过度开垦, 大量破坏植被来种植作物等, 以致亦沦为沙化土地。这片超大面积的沙化土地是全国耕地总面积的约 2.5 倍。如能克服困难而大幅改善及利用之, 则不仅可遏制各项严重危害, 并将可化整片沙漠为大片绿地。如此则将为国家及大西北的

农牧林业及一般民众带来巨大财富, 使开发大西北的成果更加完美。并且我国将在非常艰难的整治沙漠方面领先世界, 开出一条以高新技术为基础的大道。现在应克服巨大的艰难, 逐步改良其生态环境, 化整片沙漠为大片绿地, 以完成改造沙漠的历史任务。如采用旋涡塔阵, 建立速成和高效益的人工防护林带得以实现, 其环境与经济效益将会十分可观。

2.1 大力推展沙产业

“过度开垦”是指开垦程度超越了环境所能负担的程度。如破坏地上原有的植被来种植作物, 而未先建立防护林带; 则风季的强风会把表土的肥沃土吹走, 逐渐便沦为沙化土地。因此在开发利用沙化土地前, 必先建立良好的防护林带, 并确保不被人们“滥樵”。所以, 如以旋涡塔阵来先建立速成及高效益(包括人们不能滥樵)的人工防护林带, 再与多方面专家配合, 可适度开发利用沙漠, 使之转化为可持续经营的大片绿地。

如从沙漠的北端至南端, 依照实际的情形以适当的间隔安置多道旋涡塔阵地, 则每一间隔均是弱风区, 整片沙漠均由弱风区保护, 不受强风的侵袭, 因此可在沙漠中大力推展沙产业。在沙漠中推展沙产业, 须利用许多盐水水源。可采用磁化脱盐, 将盐水通过磁铁管运送及脱盐, 并可将盐渍地排盐脱碱^[19]。此外我国的沙漠附近多有水资源, 如黄河等可适度调引灌溉。还有地下潜水和承压水, 所以并非无水, 有的沙漠地下有大量地下水, 可与环保及水利专家合力, 适度开发利用之。

此外, 须大幅改良土壤品质。先设置大型机械化养鸡场, 用太阳能驱动的“好氧发酵法”^[20]及除臭设备, 将大量鸡粪消毒、灭菌、除臭、干燥, 制成有机肥料。它可增加沙土中的有机胶体, 使沙粒胶结起来变成稳定的团粒结构, 大幅增强土壤的保水保肥能力^[20]。再用含氮丰富的豆科作物, 种植生长到开花后翻入土中作为绿肥, 可大幅提高土壤的肥沃度。

“盐水直灌作物”已在前苏联中亚地区、摩洛哥、以色列、美国加州等地经许多年的试验得到许多成功的经验。现已测定, 适于干旱沙区种植的, 抗盐性很高的, 而且是改造沙漠的“好盐植物”共有 75 种之多^[15], 包括小麦、大麦、扁豆、白菜等, 均能适应强烈日光与高温, 适应干旱沙漠^[19]。并且, 就莜麦、燕麦、荞麦等作物而言, 干旱半干

旱沙漠，沙地是其最适生长区^[21,5]。所以可在弱风区内种植这些好盐植物，以大力推展沙产业。

2.2 大幅度利用太阳能和风能

我国沙漠区属资源高值区^[5]，全年日照时间及日照百分率均很高；年太阳总辐射高达 $37 \times 10^8 \sim 74 \times 10^8 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。钱学森曾提出：“在我国近 20 亿亩干旱区戈壁沙漠及半干旱沙地，选日照充足而又风沙不大的 1 亿亩作为太阳能发电区，年均电功率即超过 10 亿千瓦”。相当于 30 个在建的三峡水库的装机总容量^[5]，所以太阳能有很大的利用前景。但用太阳能电池吸收太阳能及转换成电能，须用大面积的面板并须将面板以三维方式转动，以跟随太阳在日间以及四季角度的变化。这种大而重并须转动的面板很难承受强大的风力，它的表面上的精密的太阳能电池群亦很难承受强大的飞沙走石。所以须选日照充足而风沙不大的沙漠地区。在旋涡塔阵后方的各弱风区即是适当的地区，应大幅利用，可对全国的发电系统作很大的贡献。

笔者在 1977 年提出“太阳能风能综合发电系统”。此系统的各部份均能承担强大风力及飞沙走石。因此，如在旋涡塔阵中以此系统取代各旋涡塔而形成新的塔阵，并将所须的涡轮研发完成后，则可在新的塔阵内收集及转换利用太阳能和强大的风力来发电，并且在其下游仍将以旋涡破裂来产生湍流弱风区。而在各弱风区内再用太阳能电池群发电及大力推展沙产业，逐步化整片沙漠为大片绿地。

2.3 开发地下宝藏

沙漠中还有丰富的矿产资源。在新疆塔克拉玛干沙漠下面，可能蕴藏有 500 亿吨的石油，它可能成为世界上最大的油田^[19]。

最近在内蒙古南部毛乌素沙地的南端苏里格地区，发现我国第一个世界级储量的大气田^[22]。令人振奋，并希望旋涡塔阵能对沙漠内长期深入探勘有所贡献。许多世界级的矿藏多是深埋于地下，须经长期十分辛苦的勘察才能发现及测定。但长期驻住在沙漠中，须面对狂风暴雨，飞沙走石，很恶劣的环境，很艰难的工作。如在工作区边缘设置旋涡塔阵建立速成及高效益的人工防护林带，以保护工作区使它位于弱风区内，则探勘工作的艰难程度可大幅减轻，更多沙漠区可被深入探勘，而发现世界级矿藏的机会将大增。

3 推展改良，改造沙漠的布局和重点

对治理沙化土地的总体布局、开发重点与排

序，已在 [1, 5] 中有详细的建议。并在 [23] 中对各沙漠和沙地的优劣情势特征，及开发时应注意的要点，均有详细的陈述。这些资料和建议，应作为整体规划的依据和引导。

基于最近在毛乌素沙地南端发现世界级大气田的重要成果，应先在此沙地用旋涡塔阵建立速成及高效益的人工防护林带来保护现有植被，控制流沙发展，促使沙漠化过程逆转^[19]。再向其西北方邻近黄河的乌兰布和沙漠进军。以后经整体规划后，再向其他沙漠进军。在乌兰布和沙漠的东、西及西南部，有不少天然草场，应辅以人工植被及人工防护林来发展为优良的牧场；北部，将沙堆、沙丘等整平后，有约 $20 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (300 多万亩) 的沙质平地可引黄河灌溉（以滴灌技术）可大力推展沙产业，并与多方面的专家合作，改良沙漠，逐步化整片沙漠为大片绿地。

结论

要大力改良沙漠环境，并逐步化整片沙漠为大片绿地，必先在沙漠中建立多道防护林带。目前世界各国均束手无策或认为不可能。本文建议以旋涡塔阵将塔阵后方的强风变为湍流弱风，而建立速成及高效益的人工防护林带、并能在狂风中仍屹立不移。许多细节尚待风洞测试及实地运作中来确定。但希望能抛砖引玉，以引出更大力度的工程科学概念及系统工程设计，来改造和利用沙漠。

参考文献

- [1] 董光荣, 吴波, 慈龙骏, 等. 我国荒漠化现状, 成因与防治对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 318~332
- [2] 曲格平. 关于《中华人民共和国防沙治沙法(草案)》的说明[A]. 中华人民共和国防沙治沙法[M]. 北京: 中国民主法制出版社, 2001. 16~32
- [3] 竺可桢. 改造沙漠是我们的历史任务[A]. 竺可桢. 竺可桢文集[M]. 北京: 科学出版社, 1979
- [4] 刘恕. 对钱学森沙产业理论的学习和理解[A]. 庄逢甘, 郑哲敏. 钱学森技术科学思想与力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001. 32~45
- [5] 肖洪浪, 李福兴, 龚家栋, 等. 中国沙漠和沙地的资源优势与农业发展[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3): 199~205
- [6] 顾德伟. 世界变成荒漠, 人类将会怎样? [N]. 钱江晚报, 2001-6-18 (9)
- [7] 拉巴特. 摩洛哥九成土地受沙漠化威胁[N]. 新民晚

- 报, 2002-2-10(3)
- [8] 庄逢甘, 黄志澄. 从简单系统的定量分析到复杂巨系统的综合集成[A]. 庄逢甘, 郑哲敏. 钱学森技术科学思想与力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001. 180~187
- [9] Yen James T (严隽森). Tornado-type wind energy system[A]. Proc. 10th Intersociety Energy Conversion Engineering Conf[C]. 1975. 987~994
- [10] Hammond A L. Artificial tornadoes: a novel wind energy concept[J]. Science 1975. 190, 257
- [11] Yen James T. Tornado-type wind energy system[P]. US. Patent 4 070 131, 1978~7
- [12] Yen James T. Harnessing the wind[J]. IEEE Spectrum 1978. 42~47(invited review paper)
- [13] Yen James T. Summary of recent progress on tornado-type wind energy system[A]. Jointly sponsored. The U.S. Dept of Energy and the New York State Dept. of Energy, Third DOE Workshop on Wind Energy[C]. 1977, 808~818
- [14] Yen James T, De Carlo J, Zywan W. Recent developments of the TWES [A]. DOE/SERI Wind Energy Innovative Systems Conf. [C]. 1979, 9~15
- [15] 贺德馨. 钱学森与中国风能[A]. 庄逢甘, 郑哲敏. 钱学森技术科学思想与力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001. 40~45
- [16] Yen James T. A combined system of wind power, solar and fossil energy [A]. Proc. Simposio Intern Sobre Fuentes de Energia Y Desarrollo[C]. Barcelona, Spain, 1977, 151~162(invited paper)
- [17] 吴介之, 马晖扬. 空气动力学中的涡动力学问题[A]. 庄逢甘, 郑哲敏. 钱学森技术科学思想与力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001, 262~269
- [18] 南炳辉. 沙地适生灌木繁殖栽培技术[J]. 中国沙漠, 1998, 178(4): 394~398
- [19] 张广军主编. 沙漠学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 95~122
- [20] 蒋卫杰, 刘伟, 郑光华. 蔬菜无土栽培新技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2001. 19~42
- [21] 张强, 赵雪, 赵哈林. 中国沙漠草地[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 35~62
- [22] 金松. 我国发现首个世界级大气田[N]. 钱江晚报, 2002-06-05(财经16)
- [23] 张广军主编. 沙漠学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 153~164

Vortex Tower Mall for Establishing Readily-made and Highly Effective Man-made Windbreak Forests to Convert Entire Deserts to Vast Green Lands

Yen James T

(Taiwan University for Science and Technology, Taipei, China)

[Abstract] To transform and utilize desert, one has to withstand wind-and-rain and sand-and-stone storms, also, one has to set up in deserts numerous belts of windbreak forests. Then, one can engage in large-scale sandy-agriculture, improve the environment, and step-by-step transform entire deserts to vast green lands. Currently, all countries are unable to, or consider it impossible to accomplish these.

In this paper, it is suggested to use Vortex Tower Malls (VTM) and the vortex breakdown feature in fluid dynamics, together with interferences from stabilizing chambers, etc., to convert incoming strong winds to random eddies and weak currents, and to establish "readily-made and highly effective man-made windbreak forest". Suitable weights will be distributed in stabilizing chambers to enable VTM to stand up against very strong wind storms. Within the weak-wind regions, one can engage in large scale sandy-agriculture, work with experts from various disciplines to transform and utilize deserts at suitable levels, to convert entire deserts to vast green lands, and to convert useless and trouble-causing deserts into valuable lands. Also, VTM can be used to protect work-bases for long-term and deep-in-depth exploration in deserts, so as to expedite discovery and evaluation of deeply buried and world-scale mineral resources.

[Key words] vortex tower mall; man-made windbreak forests; sandy-agriculture