

超常规能源技术

Unconventional
Energy Technology

刘 静 邓月光 贾得巍 著



科学出版社
www.sciencep.com

超常规能源技术

Unconventional Energy Technology

刘 静 邓月光 贾得巍 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

能源危机带给全球的是前所未有的挑战。为突破制约传统技术的瓶颈,必须超越原有的视野和思维框架来研究和利用能源。本书提出并系统阐述了有别于传统能量转换与利用模式的超常规策略,深入剖析了用于驱动移动电子设备的太阳能及人体能量捕捉方法、植入人体的医疗器械供能技术、太阳能热直接发电技术、生物质燃料与仿生电池技术,以及大尺度城市热管理乃至触发式能源技术等新兴方向的基本问题,从微观到巨尺度问题均有涉及,特别指出了各主题上若干可供探索的途径和新方向。

本书可供热科学、物理、电子、生物医学工程、机械、器件、材料、化工等领域的科研人员、工程师以及大专院校有关专业师生、研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

超常规能源技术=Unconventional Energy Technology/刘静,邓月光,贾得巍著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-026554-8

I. ①超… II. ①刘…②邓…③贾… III. ①能源-技术-研究
IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 016246 号

责任编辑:张 静/责任校对:赵桂芬

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010 年 2 月第一次印刷 印张:14

印数:1—2 500 字数:266 000

定价:46.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

人类自进入 20 世纪以来,科技进程显著得到提速,由此促成了大量新型能量利用载体的发明。从翱翔于蓝天的飞机乃至航行于遥远星际的飞行探测器,到游弋在江河湖海中的舰船;从奔驰于广袤土地上的汽车,到几乎人手一部的手机、MP3 等,大量人类在过去漫长岁月中从未想象过的事物,几乎在 20 世纪一下子纷至沓来。这些发明极大地满足了人类物质文化生活的需要,而且其作用还将继续升华。然而,这些发明的问世同时也带给人类诸多难题。它们集中体现为:许多代表人类物质文明的现代先进仪器装备几乎无一例外地需要能源。可以说,人类对能源的依赖程度超过以往任何时期,随着千姿百态的新发明的不断问世,这种态势更将进一步加剧。

当前,全球范围内面向获取先进能源技术的创新竞赛已拉开帷幕。在这一发展洪流中,可以看到,要实现能源利用技术的真正突破,在很大程度上取决于科学家与工程师们严肃而又不拘泥于传统思维框架的观念性革新,也就是说,超常规能源研究与应用将在今后一段时期进入高潮。为促进这一前沿关键领域的发展,本书将从有别于传统能源技术的角度出发,重点阐述实现超常规能源利用技术的基本策略,以期引导读者开展相应的前瞻性探索,从而加速推进有关问题的研究深度和广度,为今后可能出现的技术革命作出贡献。

本书系统阐述的超常规能源利用技术,是指在能源转换过程、利用途径乃至应用场合等方面明显不同于传统情形的能量利用方式,既包含原理与技术方面的超常规,也有对应用对象及使用方式的跨越。全书将有选择性地以一些富有启发性,目前在若干高新技术领域中已初露端倪或正显示出重大价值的先进能源利用技术为着眼点,着重剖析相关技术的原理,主要包括驱动移动电子设备的太阳能及人工能量捕捉技术、植入人体的医疗器械供能技术、太阳能直接固体热发电技术、生物质燃料电池与仿生能源技术,以及大尺度城市热管理技术乃至触发式能源技术等新颖内容,既有旨在解决那些数量分散、总量巨大的新兴移动电子设备的微能源技术,也有从超大型对象与环节出发实现超常规能源利用的策略。当然,作为发展新能源的重要理念和方法论,超常规能源技术无疑包含了极为丰富的学术范畴,本书不可能涵盖其方方面面,主要以作者实验室前期开展的工作或关注的主题为线索展开。显然,更多超常规能源技术的出现,将取决于当前坚持不懈的努力,这无疑是一件值得期待的事情。

本书成稿过程中,作者指导的多届研究生先后参与了其中一些内容的研究和

撰写工作，他们是：吴祖林、韦晓娟、贾得巍、邓月光、徐国栋等，特别是邓月光和贾得巍两位同志还参与了本书多个章节的整理和撰写；学界前辈周远院士、作者的同事和好友罗二仓研究员长期以来一直关心和支持我们的研究工作，并参与了一些具体问题的讨论。作者在此谨对他们一并表示诚挚的感谢。本书内容的部分研究工作，得到了中国科学院理化技术研究所的全力支持，以及清华-裕元医学科学研究基金的资助，作者在此也深表谢意。

限于作者水平有限，本书可能会存在一些疏漏乃至错误，恳请读者批评指正。

刘 静

2009年8月于中关村

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 导言	1
1.2 当前的能源研究现状与发展态势	1
1.3 超常规能源利用技术基本特征	2
1.4 超常规能源利用技术典型案例及其启示	4
1.5 超常规能源技术研究中的机遇与挑战	8
1.6 本书内容和框架	9
参考文献	10
第 2 章 驱动移动电子设备的人体能量捕捉方法	11
2.1 导言	11
2.2 移动电器能量供给问题	11
2.3 移动电子设备锐减的功率及能耗发展趋势	12
2.3.1 即时通信装置	13
2.3.2 娱乐工具	13
2.3.3 可穿戴式及可植入式医疗器械	13
2.3.4 微型嵌入式系统	13
2.3.5 集成多功能模块的个人数字助理	14
2.3.6 不同电池效能的评估	14
2.4 关于人体能量捕获	15
2.5 基于热电效应的能量捕获方法	16
2.5.1 基本原理	16
2.5.2 优化策略	16
2.6 机械力驱动方法	17
2.6.1 压电效应	18
2.6.2 介电弹性体	19
2.6.3 电磁感应	20
2.6.4 液态金属切割磁力线发电方法	20
2.7 位移驱动的发电机(惯性振动)	23
2.7.1 振动系统的能量捕捉特性	23

2.7.2 压电结构的振动特性	24
2.7.3 静电结构的振动特性	25
2.7.4 电磁感应的振动特性	27
2.7.5 磁致收缩的振动特性	28
2.8 典型能量捕捉装置的发电特性对比	29
2.9 人体能量利用问题分析	30
2.9.1 热量散失	31
2.9.2 关节旋转	32
2.9.3 身体重力加载	32
2.9.4 重心的垂直位移	34
2.9.5 组织及相应附属物的弹性变形	34
2.10 新型能量转化思路	36
2.10.1 微型风车	36
2.10.2 纳米线	36
2.10.3 电化学机械能转化	37
2.11 小结	37
参考文献	38
第3章 驱动下一代移动电子设备的太阳能技术	47
3.1 引言	47
3.2 移动电子设备太阳能驱动技术的兴起	47
3.3 适于可移动电器的太阳能电池原理及其局限	49
3.4 三代太阳能电池技术及其对比	51
3.4.1 第一代硅基太阳能电池	52
3.4.2 第二代薄膜太阳能电池	53
3.4.3 第三代太阳能电池	53
3.5 染料敏化电池	55
3.6 有机太阳能电池	56
3.6.1 异质体结太阳能电池	57
3.6.2 混合异质体结电池	57
3.6.3 双堆叠异质结结构	57
3.6.4 有机-无机杂化体系	57
3.6.5 光电化学材料	58
3.7 光伏材料的电特性	58
3.7.1 太阳能电池的能效电路	58
3.7.2 广义等效电路	58

3.7.3 参数识别	60
3.7.4 $I-V$ 曲线拟合法	61
3.7.5 等效电路中的性能参数	63
3.7.6 不同类型光伏材料的等效电路	64
3.7.7 人工神经网络	64
3.8 基于控制方法的最大功率输出	65
3.8.1 最大功率点追踪输出策略	65
3.8.2 功率匹配方案	66
3.8.3 参数计算技巧	66
3.8.4 扰动观察法	67
3.8.5 基于电压的功率优化和基于电流的功率优化	68
3.8.6 增量电导技术	68
3.8.7 神经网络和模糊逻辑控制方法及其查表法	70
3.9 能量储存方案	71
3.9.1 适于连接太阳能模块的便携式存储部件	71
3.9.2 便携媒介的充电策略	72
3.9.3 性能优异的锂离子电池	73
3.10 可用于便携电子设备的产业化太阳能电池	76
3.10.1 Konarka 类型	76
3.10.2 Nanosolar 类型	77
3.10.3 IMEC 类型	78
3.10.4 材料及其效率因素	79
3.11 太阳能供电的移动电子总体架构	81
3.12 直接由太阳能元件供电的低功率电子器件	81
3.13 流行的便携充电设备	83
3.14 水到渠成的观念: 来自不同学科和产业部门的共同贡献	84
参考文献	85
第4章 植入人体式微型医疗器械的供电方法	96
4.1 导言	96
4.2 植入式医疗器械概况	96
4.3 植入式医疗器械的分类	97
4.4 植入式医疗器械的特殊要求	99
4.5 植入式医疗器械锂电池供能技术	100
4.6 植入式医疗器械生物燃料电池供能技术	101
4.7 植入式医疗器械核电池供电技术	103

4.8	植入式医疗器械电磁转化供电方案	105
4.9	植入式医疗器械压电转化供电技术	106
4.10	利用体热的植入式器械热电供能技术	108
4.11	植入式医疗器械超声波供电技术	112
4.12	植入式医疗器械射频供电技术	113
4.13	植入式医疗器械光学供电技术	114
4.14	人体动能驱动的自维持型电磁感应供电技术	115
4.15	植入医疗器械的微创供电方法	119
4.16	小结	120
	参考文献	121
第5章	生物质燃料电池与仿生能量利用技术	124
5.1	导言	124
5.2	常规的燃料电池技术	124
5.3	生物质燃料电池技术	125
5.4	与 MEMS 结合的微生物燃料电池	127
5.5	生物质产氢方式	128
5.6	利用光能产电的细菌电池	130
5.7	利用糖类产电的细菌电池	132
5.8	利用海洋微生物产电的技术	132
5.9	分解有机物作为能源的机器人	134
5.9.1	基于微生物燃料电池技术的吃肉的机器人	134
5.9.2	吃肉机器人的结构系统和设计	135
5.10	仿生型液压驱动技术	137
5.11	仿生型高电压产生技术	138
5.12	小结	140
	参考文献	140
第6章	触发式能源技术	143
6.1	导言	143
6.2	触发式能源的提出	143
6.3	触发式能源的概念及基本特征	144
6.4	典型的基于自然事件的触发式能源利用方式	146
6.5	热电驱动的火灾预警模式	146
6.6	压电驱动的机器震动监测模式	148
6.7	电磁发电驱动的设备状态监测模式	149
6.8	风电驱动的风速测量	150

6.9 热电驱动的液态金属芯片散热系统	151
6.10 关于基于人体事件的触发式能源利用方式	151
6.11 人体压电驱动的远程控制器	152
6.12 人体热电驱动的低功耗医疗设备	153
6.13 触发式能源利用的关键科学技术问题	154
6.14 小结	156
参考文献	156
第7章 基于人体能量的家用电器供能方法	159
7.1 导言	159
7.2 人体能量驱动家用电器的现实意义	159
7.3 正在兴起的人体能量利用技术	160
7.4 人工驱动的超级电容充电型 LED 家用照明系统	161
7.5 人工驱动家用 LED 照明系统的性价比问题	166
7.6 人体能量驱动家用电器问题中的挑战与机遇	167
7.7 小结	168
参考文献	168
第8章 太阳能热直接发电技术	170
8.1 导言	170
8.2 关于太阳能热直接发电技术	170
8.3 热电转换技术	171
8.4 热离子电转换技术	172
8.5 磁流体热发电技术	174
8.6 碱金属热电转换技术	175
8.7 太阳能热电发电技术	176
8.8 太阳能热离子发电技术	181
8.9 太阳能磁流体和碱金属热电发电技术	185
8.10 太阳能级联发电系统技术	188
8.11 发展前景展望	189
8.12 小结	190
参考文献	191
第9章 消除城市热岛效应的大尺度热管理技术	195
9.1 导言	195
9.2 城市热岛和建筑能耗现状	195
9.3 城市冷却系统的概念及基本特征	197
9.4 关于区域性城市冷却系统	198

9.5	大规模削弱太阳辐射的城市冷却方案	198
9.5.1	“轨道太空镜”计划	198
9.5.2	城市“变色”计划	200
9.6	利用宏观对流传热的城市降温方案	201
9.6.1	市区“穿堂风”计划	201
9.6.2	合理利用海水的城市“冲凉”方案	203
9.7	大规模提高地表蒸发率的城市降温方案	204
9.8	利用海水调节温度的水下生态及居住方案	206
9.9	区域性城市冷却系统的发展策略	207
9.10	大尺度城市热管理中的关键问题和难点	208
9.10.1	城市热环境和城市舒适性的定量描述	208
9.10.2	宏观大尺度热管理理论的建立	208
9.10.3	大尺度城市热管理实验平台的搭建	209
9.10.4	城市地理气象数据库的建立	209
9.10.5	各种城市热调节技术研究	209
9.10.6	大尺度城市热管理效果评价模型的建立	209
9.11	小结	209
	参考文献	210

第 1 章 绪 论

1.1 导 言

能源是人类赖以生存和发展的重要资源。随着全球经济的蓬勃发展以及人类物质文化生活水平的不断提高,能源供需之间存在的矛盾日趋显现。充足而稳定的能源是推动经济和社会发展的关键要素。由于石油、煤炭、天然气等自然资源的日益匮乏,以及传统能源利用技术上面临的困境,今后在相当长一段时间内,要实现能源应用技术的突破,很大程度上必须从超越传统理念的探索中寻求可能;也就是说,超常规能源研究与应用将逐步成为一种常态。本章内容简要阐述了超常规能源利用技术的概念及研究范畴^[1],并提炼出其基本的技术特征和发展原则,归纳出一些通向超常规能源利用的典型技术路线图,同时通过对几类有代表性的生动案例的剖析阐述了实现超常规能源利用的具体研究思路,最后介绍了本书内容。

1.2 当前的能源研究现状与发展态势

人类自进入 20 世纪以来,科技进程得到空前提速,由此促成了大量新型能量利用载体的发明。从翱翔于蓝天的飞机乃至遥远星空的飞行探测器,到游弋在江河湖海中的舰船,从奔驰于广袤土地上的汽车,到几乎人手一部的手机等,大量过去在漫长岁月中人类从未想象过的对象,几乎在 20 世纪一下子纷至沓来。这些发明极大地满足了人类物质文化生活的需要,而且其作用还将继续发扬光大,但同时这些发明也给人类带来诸多烦恼。它们集中体现为:许多代表人类物质文明的现代先进仪器装备几乎无一例外地都需要能源。也正因如此,人类对能源的依赖程度超过以往任何时期,而随着千姿百态的新发明的不断问世,这种趋势只会有增无减。

由于持续增长的能源消耗以及人类对有限自然资源的无休止利用,由此产生的危机的严重性日益显现。正因如此,世界各国包括中国对先进能源和污染控制技术的研究在最近几年提升到了前所未有的高度^[2-8]。我国的情况尤其严峻,由于人口众多,污染严重^[6],人均能源资源相对匮乏,能源结构不尽合理,加之国民经济快速发展,对先进清洁能源的需求更加迫切,且目前并无可直接借鉴的能源技术路线^[2],许多情况下更应独立自主发展出有自己特色的先进能源技术^[3-5],

此方面提出了大量的挑战性课题。当前,低品位能源如工厂余热、汽车尾气余热乃至化学能等梯级能量^[8],以及可再生能源如太阳能、风能、水电等的利用,受到了高度重视,并取得一系列重大进展。然而,现有的各种技术均还存在着诸多障碍制约其推向大规模实际应用。今后在高新能源技术的推进方面,最关键的环节之一是必须发展出效率高、经济、自给自足的能源产生体系。

从科学发展的历程可以看出,近二三十年来自然科学与工程技术发展的一个重要趋势是朝极端化和超常规化迈进,一个重要的原因是因为传统上的物理、化学现象及其规律相对得到认识,人们的注意力逐渐转向那些发生在超常规过程中的现象及器件上来,尤其是能源紧缺的现实性更极大地推动了这一研究热潮,可以认为,未来超常规能源利用领域蕴藏着巨大的探索空间。以往科学界的研究重点主要集中在常规情形,就极端及超常规的能量传输与转换机制乃至应用的研究远未得到开展。

要实现超越常规的能源利用,许多新的物理效应必然会随之而来,这期间必然涉及特殊的物质与能量转换过程。在许多实际应用场合,超常规能源正成为其中独特而有效的手段。在实现高效率、低价及长寿命能源方面,借助新的技术手段实现更为先进甚至理念完全颠覆性革新的能量利用方式正成为当前最重要的突破口之一。特别地,对超常规物理机制的揭示从来都是认识自然的重要桥梁。正是由于能量输运和交换的普遍性加之能源需求的迫切性,对超常规能量系统内科学问题的研究已初露端倪。全面了解各有关系统及其组成单元在特定空间和时间尺度内的物理、化学行为,已经成为提升传统能量系统性能最关键的环节之一,而其本身也是自然科学向纵深发展的必然。当前,超常规能源器件与系统的研究正处于其发展初期,目前仅有少数十分有限的进展,各类新型能源器件功效和性价比的提升正在促成一些新的应用,并为大量基础科学探索及实际应用提供了新的视野。

1.3 超常规能源利用技术基本特征

从以上态势可以看出,超常规的理念必将成为引导人类取得一系列新能源技术突破的重要策略和最基本的方法论。与传统技术相对应的是,超常规能源利用技术是指在能源转换原理、利用过程、应用场合乃至方式、对象等非同于常规情形下的能源技术。在当前的节能减排大趋势下,实现这类新技术的重要目标之一,无疑应遵循绿色化、高效化和低成本化的原则。尽管从实现原理上,大多数超常规的能源利用技术仍然会延续经典的电、磁、声、光、热乃至化学、生物体系之间的能量转换机理,但在具体的应用形式乃至观念上会显著区别于已有技术,其最终表现往往出人意料。

无疑,凡是涉及能量利用过程、对象等时空行为的因素,均可能成为获取超常规能源利用技术的突破口。为此,我们将通向这一目标的技术路线总结如图 1.1 所示^[1]。从中可以看到,就具体的能源利用需求而言,通过改变传统思路,可以激发出独特新颖的能量利用。比如,在从时间角度出发探索革新能源利用的问题方面,研究人员已能将原本需要数十分钟的充电时间缩短至 10s 的量级;而从相反的角度考虑,一些工作过程则可能需要长期待机或监测,以捕捉特殊事件的发生,此时要求能源消耗应尽可能持久缓慢;一些情况下,能源利用强度还存在着不确定性,这些都提出了不少新的技术挑战。而从空间尺度的层面考虑,大量微系统技术的涌现需要配之以尺度远远小于常规物体的供能系统,这极大地促成了微/纳米能量与动力系统技术的产生,它们反过来又对宏观能源的发展带来诸多启示;在大尺寸能量系统的发展方面,则突出表现为形式多样的发电系统日益得到应用,如利用光伏电池的发电墙,设置于建筑物上的风力发电设备等已成为重要手段;甚至,超出常规想象力的一些发电装置也逐步进入人们的视线,如通过构建高达 1km 的巨型发电塔来充分利用太阳能,以实现高功率的电力输出,已经成为多个国家正在落实的重大技术方案。此外,从能量系统的工作温度范围出发,也可提出诸多值得探索的新问题,如当前大量冷能的利用,以及

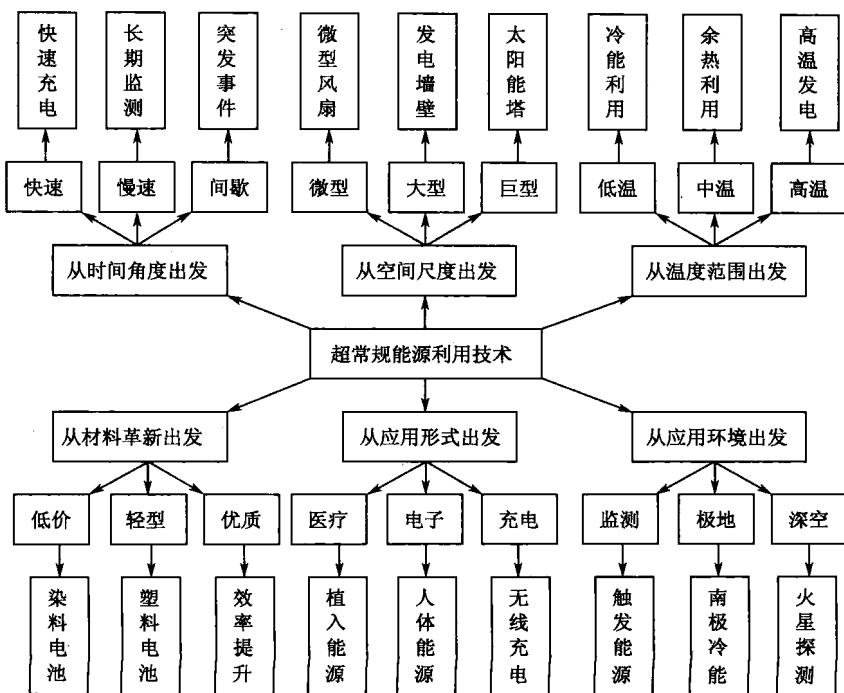


图 1.1 实现超常规能源利用的典型技术路线及示例

对来自工厂、汽车尾气等的低品位余热加以充分捕获的发电技术，以及聚焦式高温太阳能光伏发电，包括常规能源系统在极端低温或高温情形下是否仍遵循常规理论的问题等，都需要新的视野来加以探究。

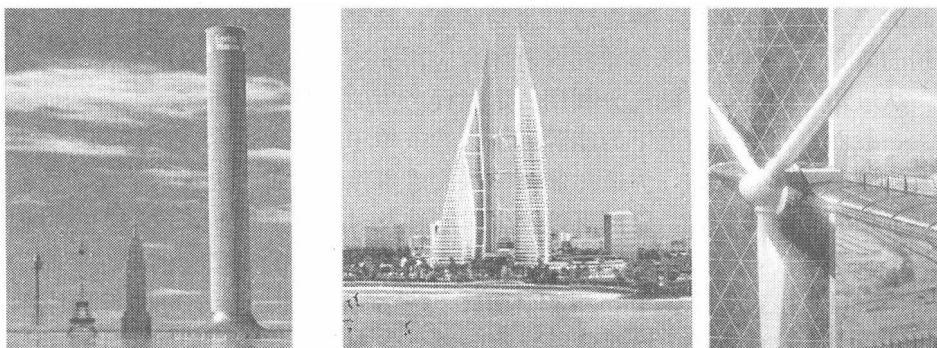
实际上，当从能量转换原理的角度寻求突破遭遇瓶颈时，我们还可通过革新材料、应用对象乃至环境的思路出发，实现超常规能源的利用。比如，在太阳能光伏发电产业中，制约其大规模普及应用的障碍之一在于，硅材料由于生产中的高能耗、高污染处理会导致最终用户使用成本过高，因此采用远低于其成本的材料如塑料、染料敏化材料等实现光伏发电，正成为科学界与工业界的共同努力方向，一些纳米材料技术的引入还促成了光电、热电转换效率的大幅提升；如今从材料选择角度而言，研究人员针对光电池、燃料电池、超级电容的材料加以改进，已在能量存储密度、充电快速性等方面带来数量级改变，且实现的技术更加轻便和高效。可以认为，此方面的研究空间无限。在应用方式上，大量现实问题的涌现提出难度远远超越常规情形的问题，如植入人体的医疗器械在能量利用上有其特殊性，存在持续时间有限，充电过程对人体有影响甚至伤害，这些问题的良好解决都需要新的思维；而大量移动电子设备如手机、笔记本电脑等的应用，也带来相对分散但却总量巨大的能源需求。此外，在不同的应用环境中，对能源的需求有所不同。比如，与地面能源利用不同的是，太空探索活动中，必须发展经济、轻便、自给自足的高效能源体系，而且空间电力设备还常常工作于极端环境条件下，其部分表面会暴露于强烈阳光的辐照下，而其余则处于极低背景温度（约 4K）下的真空中，这些特殊问题都带来应用上的大量挑战。不过，有些情况下，太空能源利用更显得有利一些。在近地空间，太阳能的利用效率较之地球表面高出很多，这使得构建空间太阳能电站的设想显得有些诱人。

总体上，超常规能源利用在很大程度上属于一种方法论，实现这类技术的途径远不止上述，其内涵将会随着研究的深入和拓展不断得到升华。如下我们将具体剖析几类富有启发性的典型实际案例，以帮助读者获得直观认识，更多丰富的内容将于本书后文逐一展开。

1.4 超常规能源利用技术典型案例及其启示

从空间尺度上，传统大型装置的微型化，已经带来一系列新的突破，它们集中体现在微能源技术的研究领域中。近期，出于对实际用能的考虑，人们已能将风能发电机制作成微型风机，以便将其镶嵌到建筑物的墙壁中来捕捉飘忽不定的微风，由此构建出了与建筑合而为一的风力发电墙。与此相反的努力则是朝着大尺度迈进，即构造巨型发电装置。同样，这些装置虽在发电原理上仍不外乎经典的能量转换原理，但在利用形式上毫无疑问突破了传统框架。图 1.2 (a) 为澳

大利亚正在兴建中的利用太阳辐射加热空气，继而驱动置于塔顶的涡轮发电的太阳塔，图中同时给出了埃菲尔铁塔等经典建筑作为尺寸对比，可见其总体尺寸的巨大；按照规划，竣工后的太阳塔高度可达1km，之所以采用如此高度，是为了保证其中的空气在受太阳加热后，不断沿塔身上升的过程中形成足够的动力，从而驱动涡轮产生尽可能多的电力输出；据报道，落成后的太阳塔一旦全部投入运行，可产生多达200MW的清洁电能，从而满足周边大约20万个家庭的用电需求。实际上，在一些国家，已有巨型发电建筑成功建成后投入运行。图1.2(b)为位于巴林世贸中心的风能建筑，其将三个直径长达29m的巨大涡轮风力发电机与摩天大厦完美地结合了起来；据称，这些发电设备的运行能给大楼提供11%~15%的电力，约每年1100~1300kW·h，足以为300个家庭用户提供1年的照明用电。此外，由太阳能光伏发电墙构成的建筑，由于其实用性且技术相对成熟，正在成长为世界各国节能建筑中的中坚力量。



(a) 澳大利亚太阳塔

(b) 巴林世贸中心风能建筑及涡轮机

图 1.2 国际上新出现的两类有代表性的巨型发电建筑

图片来源: <http://www.sina.com.cn>

从时间层面的革新角度考虑，超常规的理念也正被加以充分发挥。比如，以往常规电器的充电过程过于迟缓，长达数小时的充电过程往往由于发热等不可逆过程的发生，会造成能源的附加浪费。围绕电源的快速充电问题，近期国际上不断取得新的突破。麻省理工学院的研究人员发现，在传统的锂离子电池内的磷酸铁锂材料表面上，用于将锂离子送往块体材料内部的通道数量十分有限，因而会对充电过程中锂离子的传送速度造成严重制约，若对磷酸铁锂材料加以表面处理，使其生成间隔仅5nm的多条凹槽，则可将锂离子的传送速度提高36倍。这样，原本需要6min或更长时间完成的充电过程，可缩短至10s左右完成，这种快速充电技术无疑给用户带来巨大方便。

与快速充电类似的是，从革新能量存储和调用的形式出发，也可获得超常规的能源利用途径。近期国内外多个小组的研究工作表明，大量家用电器的充电今

后可能不再需要插座，即无限充电将步入日常生活中。我们知道，传统的充电方式无疑需要借助有形的导线实现。然而，由于电器与插座之间必须匹配，这给实际应用带来不少困难。由于各个国家及商业公司之间的标准通常难以统一，手机用户时常会发现，要在一些公共场所随意充电很成问题。因此，围绕通过空气向笔记本电脑、iPod 以及其他便携式电子设备输送电力的无线充电设想，近年来国际上形成一种探索热潮，并在原理性样品的研制上取得突破。香港城市大学、麻省理工学院及英特尔公司等均于近期成功研制出无线充电电源，可透过特定的电磁耦合实现电力的无限传输，整个过程无需外接电线，而充电时间与传统充电器无异。这种无线充电技术的应用，避免了因插座和电线带来的麻烦，今后的电子产品完全可摆脱导线及插座的束缚，从而大大简化了移动电子产品的应用，也减小了因充电过程中导线发热造成的热量损失。其实，这种思路早在可植入人体式医疗器械领域内的能源供应问题上，就被大量研究和应用，但将其推广到常规电器的充电上，确实是一种思想观念的革新，给更广层面的实际应用带来了意想不到的效果。这种从特殊领域到普及场合应用的超常规思想值得借鉴。

从应用方式上，若能充分利用特定过程产生的能量，也可实现巧妙的能源利用。一般而言，常规情况下的能源利用必然依赖于电源。这在一些情况下会造成巨大的能源消耗。比如，为适时监测一些灾难事件如地震、火灾等危险，人们发展出了相应的传感装置，以期事件发生时能够及时报警。然而，这类灾变过程毕竟是小概率事件，而其长期监测又必不可少，因而大量的能量会消耗在平时的过程中，一旦发生灾害事件时，相应装置中预先配备的能源甚至可能反而不敷使用，从而引发致命后果。针对这一特殊问题，作者实验室系统地提出，可充分利用灾变过程产生的能量，来驱动监测装置，从而达到平时处于休眠状态，一旦事件发生时，即可触发监测装置，从而实现报警；可见，利用触发这一过程，可以巧妙地解决长期监测小概率事件中的矛盾问题。相应思想具有普遍性，其拓展渠道其实很宽，可基于电、磁、声、光、热、机械甚至化学、生物等电转换技术构建出各种无源电气设备，本书作者为此提出了一种新概念型的能源利用方式，即触发式能源^[9]。相关思想在不少情形下会发挥关键作用，有关内容可参阅后文。

当前，由于能源的紧缺性及节能减排面临的巨大压力，全球对各种新能源利用的努力可以用“八仙过海，各显神通”来形容，其中自然能源的利用是一大类问题，由此产生出众多富有启发性的技术。自 2009 年以来，著名网络搜寻公司 Google 提出构建海上数据中心的设想，并落实了相关专利的申请，以期利用海洋中温度较低的海水来冷却大型计算机设备，用作其搜索引擎的枢纽。这样，数十兆瓦的数据中心几乎不再需要使用那些会造成污染的能源，来保障其计算设备处于安全工作温度下。当然，对海洋环境会否带来不利影响甚至灾难，需要更进一步统筹兼顾的研究。