




SOLAR POWER FOR THE WORLD

光伏的世界

全球行业领袖为您讲述光伏的故事

【德】沃尔夫冈·帕尔茨 (Wolfgang Palz) ◇ 编著

鉴衡认证中心 秦海岩 ◇ 译

CTS  湖南科学技术出版社

 CRC Press
Taylor & Francis Group

光伏的世界

全球行业领袖为您讲述光伏的故事

SOLAR POWER FOR THE WORLD

【德】沃尔夫冈·帕尔茨 (Wolfgang Palz) ◇ 编著

鉴衡认证中心 秦海岩 ◇ 译

CSK 湖南科学技术出版社



CRC Press
Taylor & Francis Group

图书在版编目 (C I P) 数据

光伏的世界 / (德) 帕尔茨编著 ; 鉴衡认证中心 秦海岩译. -- 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2015. 10

书名原文: Solar Power for the World: What You Want to Know about Photovoltaics

ISBN 978-7-5357-8845-0

I. ①光… II. ①帕… ②秦… III. ①太阳能发电—电力工业—研究 IV. ①F407.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 229505 号

Solar Power for the World : What You Wanted to Know about Photovoltaics/ by Wolfgang Palz,ed.2014/ ISBN: 978-981-4411-87--5

Copyright© 2004 by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版. 版权所有, 侵权必究..

Hunan Science and Technology Press is authorized to publish and distribute exclusively the **Chinese (Simplified Characters)** language edition. This edition is authorized for sale throughout **Mainland of China**. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由湖南科学技术出版社独家出版并在限在中国大陆地区销售, 未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

著作权合同登记号: 18-2015-130

版权所有, 侵权必究

光伏的世界

编 著: [德] 沃尔夫冈·帕尔茨

译 者: 鉴衡认证中心 秦海岩

责任编辑: 林澧波 王 斌

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址:

<http://hnkjcs.tmall.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 长沙鸿和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市望城区金山桥街道

邮 编: 410200

出版日期: 2015 年 10 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 39.25

字 数: 720000

书 号: ISBN 978-7-5357-8845-0

定 价: 98.00 元

(版权所有·翻印必究)



世界的太阳能

本书的主题是太阳能光伏，其英文版本可以追溯到2012年，那一年全球的光伏发电装机容量首次突破1亿千瓦大关。而3年之后的2015年，当我们推出这本书的中文版时，全球光伏装机容量已经超过了2亿千瓦。

当前时代正受益于太阳能光伏产业的卓越发展成就。全球光伏装机容量从2010年的2500万千瓦增长到了今天的2亿千瓦以上。可以确信，到2020年这一数字将超过4亿千瓦，光伏产业投资规模超过万亿美元。

2亿千瓦装机容量意味着在全球有1000平方公里的光伏发电总面积，还没有香港的面积大。而光伏发电量在当前世界总发电量（包括可再生能源和传统能源发电量）中所占的比重也只有区区的3%。

光伏发电设备将太阳辐照转换为我们日常使用的电能，目前大多使用硅基电池。现在已安装的2亿千瓦光伏发电容量实际上由500亿个标准硅电池组成，每个标准电池容量为4瓦。全部光伏装机年发电量超过2000亿千瓦时。

光伏装机的全球地理布局变化很快。2012年时，在全球总计1亿千瓦的光伏发电装机中，欧洲占80%，而当时德国占据全球光伏发电容量的1/3，为世界第一。3年之后的今天，在全球光伏发电总装机中，欧洲所占比例降至略高于50%，其余大部分位于亚洲。

年新增安装容量更好地反映了亚洲在光伏领域的新角色。2013年，中国光伏新增安装容量950万千瓦，超越德国成为世界第一，紧接着在2014年又新增了1060万千瓦。按照中国国家能源局的规划目标，2015年其光伏新增装机可能达到1780万千瓦。需要重点指出的是，实际上在2013年之前，中国就已在太阳能电池制造领域取得了世界领先的地位。在全球市场增长率为25%的情况下，中国占据的全球市场份额已达到70%，世界各地所安装的光伏组件中有45%来自中国。

2014 年全球新增光伏发电装机 3800 万千瓦，与前一年基本持平。2014 年的光伏投资规模为 1500 亿美元，中国贡献最多。到目前为止，光伏的全球投资总额远高于风电或其他任何一种可再生能源。

在 2014 年的新增装机中，受中国、日本以及印度市场的驱动，亚洲的光伏新增装机占全球年度新增装机的一半以上。欧洲的比例下滑至 20%，只略高于美国。不久前还引领全球光伏发展的德国，其新增装机量仅占全球年度增量的 5%，甚至英国都超过了德国，新增装机量达到 200 万千瓦。

整个欧洲，特别是德国，现在已经成为世界光伏圈里的“穷人”，这多少有点悖论的意味。中国的做法是明智的：在 21 世纪初全球光伏市场起步之时，中国抓住机会进入了曾由欧洲主导的这一市场，使其产业得到发展。而欧洲则付出了数十亿欧元来培育应用市场。现在光伏在电力市场上的竞争力显著提高、价格显著降低，主要应该归功于中国大力发展光伏制造产业，而欧洲则没有参与这一进程。德国人可能会说，他们现在有 4000 万千瓦的光伏装机了，已经不少了，因为在冬天有些时段最大电力需求还不超过 8000 万千瓦。这种说法很具有欺骗性。在德国，光伏只占电力消费总量的 7%，还有广阔的发展空间，最高可达目前光伏装机容量的 5 倍。

高达 1500 亿美元的年度投资规模意味着光伏产业已经成为当今工业市场上颇具份量的参与者。有些人称光伏为新工业革命的一部分。有人可能会说，1500 亿美元还远低于全球每年投入到武器装备方面的 1.8 万亿美元。但是，其规模仍然超过了每年用于毒品交易、武器走私以及盗卖艺术品所涉及的资本总和。

光伏是解决污染问题的主要途径之一，也就是说雾霾主要由传统工业和传统发电方式产生。光伏是最好的清洁能源发电方式之一，运行过程中不产生污染，不释放温室气体，也没有噪声。不了解能源领域的人可能仍然认为光伏开发需要占用太多土地面积。事实证明这种认识是错误的，例如，一年当中新安装的光伏所占面积只有全世界每年新增乘用车所占地表面积的五分之一。

本书的 2012/2013 年英文版本中曾说到，世界光伏产业在这个十年的初期刚刚经历了一场真正的灾难。光伏上市企业的市值蒸发了 99%，有的企业被收购，有的就直接破产了。放目四望，无一完卵。这一切都与全球光伏市场从“卖方”市场到“买方”市场的突然转变有关：光伏组件生产已严重过剩。制造商没有预见到爆发式增长的光伏市场只让他们惬意到 2011 年就戛然而止了。从 2011 年到 2012 年，全球光伏市场停滞不前，到现在的 2015 年，整整 4 年期间的增长幅度不到 25%。

可以确信，市场突然停滞的背后原因之一是 2012 年到 2013 年德国和中国之间市场领导地位的转变。德国，这一世界光伏的增长引擎在 2013 年失去了动力。这也许和另外一件事情有

关，我的朋友，曾点燃光伏增长引擎的赫尔曼·希尔在2010年去世，之后引擎就熄火了。当中国以及紧随其后的日本在2013年从欧洲手上接过市场领导地位的时候，需要一些时间来开创新篇章。停滞因此产生。

全球光伏市场的突然停滞导致企业之间爆发了白热化的生存竞争。只有强者和适者才能生存。现在，当我们要来看这一结果时，发现中国企业在全球太阳能电池和组件制造领域占据了上风。走在最前面的有天合光能、晶科能源、英利绿色能源、晶澳太阳能，以及阿特斯太阳能。在很远后面才出现第一家美国公司 SunPower，当然这家公司也有法国基因。

激烈的竞争迫使行业做出新一轮的努力以降低成本。努力还是得到了回报：2012年晶硅组件的现货价格降至每瓦0.6美元，而2年前还是每瓦1.7美元。直到现在，3年过去了，价格并没有进一步下降。但这已经不错了！按照这一价格，光伏发电在自由市场上已经很有竞争力。

到2015年，光伏行业已明确走出困难时期，重组过程已经圆满结束。到2014年第三季度，“中国主要光伏组件制造商都保持了90%以上的开机率，毛利率达到了15%到20%”（引自我的一位名叫一辉的日本朋友）。全球有近300万人从事与光伏有关的工作，比其他任何一种可再生能源领域的从业者都要多。逻辑上讲，这几年欧洲，例如德国的光伏相关工作岗位数量在减少，而在中国和日本，这一数量却在上升。

如今，光伏产业依然享受税收优惠、固定电价以及其他一些扶持政策。在日本等一些国家，其支持力度虽大，但不可能持续长久。然而我们正处在一个过渡时期，这种支持终将成为历史。0.6美元/瓦的光伏组件价格给予了光伏产业一次新的机会，来彻底摆脱其对公共支持和立法的依赖。

光伏成为自由市场的一部分需要一定时间。推进地面光伏系统发展的业务，光伏组件制造业的下游，必须逐步学会如何识别项目机会，组织项目融资，取得批文，处理当地可能出现的反对意见以及如何选择支架结构、电缆、各种质优价廉的配电箱，等等。德国光伏发展的经验告诉我们，这样的系统能力非常重要，对光伏产业的推广作用巨大。

从简单的光伏组件到电站总承包工程竣工，期间有很大的学问，成本也可能出现很大的差异，这取决于开发者的经验和能力。平均来说，光伏系统建设成本为2美元/瓦，但也可能更高，或更低至1美元/瓦。由于受到当地具体情况的影响，价格需要一定时间才能逐渐趋于平稳。光伏电池和组件制造领域的规模经济模式并不适用于光伏电站的开发。

从电站投运的那一天起，真正重要的就是度电价格了。除了前面提到的因素之外，还要注意金融市场的融资成本。

实践中，利用最新技术建设的一体化光伏系统，其发电成本可能不超过10美分/千瓦时。在当前价格水平下，大型地面电站发电成本可以低至5美分/千瓦时。

在传统电力领域，光伏发电和其他可再生能源的大规模开发利用不再是无足轻重的事情。2015年1月，彭博新能源财经的迈克尔·里布瑞克在一篇题为“正统之死”的文章中写道：“……虽然化石燃料仍在能源系统中居于主导地位，但2014年却遭受到了极大的威胁。”在2014年11月，他就写道：“曾经一度前途光明的碳捕获与储存（CCS）以及核电已经让人大失所望。”

的确，自从2013年之后，西方国家的电力公司资产负债情况就急剧恶化。曾经作为他们的摇钱树的传统发电厂在与光伏等新能源竞争时越来越力不从心。所以现在反过来了：不是曾被公用事业公司指责享受补贴的可再生能源，而是传统能源行业的新项目离不开支持政策。新一代的法国核电站就是一个例子。法国是世界核电的领导者，它曾激发了现在正在实施中的中国核电计划。在法国和芬兰正在开展的两个新的核电项目就是一场工业灾难，而位于英国欣克利角的核电站建设成本高昂，没有补贴根本无法进行。此外，法国核能工业的重要支柱企业阿海珐集团几乎破产。

在金融危机之后，一些银行决定通过设立“坏账银行”来处理掉不良资产。同样地，德国最大的公用电力事业公司意昂集团（E.ON）近来也决定以一种“不良公用事业公司”来清理掉他们所有的常规发电厂，将主要业务集中在可再生能源领域。

2014年，法国主要公用事业公司法国天然气苏伊士集团总裁热拉尔·梅斯特雷，在降低其公司旗下150亿欧元规模的传统电力资产估值时激起全世界的强烈反应。他宣称我们正走向一个“分散化、无碳化、小型化和数字化的新能源世界”。他说道，对他而言，传统的大型发电厂早已是“古代世界”的一部分。

对于这位明智之士的话，我只想补充一句：“光伏将是现代能源世界的关键所在。”

沃尔夫冈·帕尔兹，2015年于巴黎
前欧盟官员
主编



使命使然

我和我的团队翻译出版《光伏的世界》，不仅是因为本书的主要编著者沃尔夫冈·帕尔茨博士是我敬重的前辈和朋友，更是我们的使命使然。

十几年前，我们的机构——鉴衡认证中心——因太阳能而生。那时，我们期望让光伏成为世界的主流能源。现在，我们看到这个愿景越来越近。

一家知名跨国石油巨头的首席执行官日前对媒体表示，“我将坚定地认为太阳能将在未来数年内成为全球能源系统的主心骨，尤其是在发电行业。”

我想，他并非故作姿态，不过，光伏发电成为全球能源系统主导力量的时间可能比他的预测来得还要快些。这可以从《光伏的世界》中找到答案和印证，光伏正在成为世界的光伏。

几十年前，人类就开始了在地面光伏领域的应用求索，从美国到欧洲，从亚洲到非洲，光伏产业在传统观念的无视和误解中从弱小逐渐走向强大。回望全球光伏产业发展的轨迹，其中清晰可见的是国家的意志。例如，1993年，德国首先开始实施由政府投资支持的千家屋顶计划，极大地刺激了这一领域的商业化发展和技术上的进步；中国在2009年实施了“金太阳示范工程”，不仅开启了中国光伏规模化应用市场，也探索出了一条示范引领、降低成本、突破阻碍、夯实基础的创新之路。

回望来路，同样清晰的还有光伏人的不懈追求，尤其一批先行者矢志不渝地用青春书写对未来清洁能源事业的忠诚，用智慧和技术创新铸造伟业，无不是为了一个至高的追求——为了人类可持续发展的未来。是他们缔造了世界光伏的历史，是他们用汗水和智慧，用勇气和斗志浇开了曼妙的未来能源之花。我们很荣幸能分享他们的苦乐。这里，我要由衷的感谢在本书中文版翻译出版之际，为充实有关中国光伏的章节而欣然提笔的我国光伏行业的各位前辈和同仁。从他们的叙述中，我们不禁直观生发出一种“人生处处皆榜样”的思考。此外还有众多可歌可敬的人物和故事，此次时间所限未能全部收入，我们将在未来的书稿中弥补这一遗憾。

如今光伏的世界已经不仅仅是光伏人的世界，已经成为世界人的光伏。读者可以从《光伏的世界》中看到更成熟的光伏应用技术和更新的商业模式，并且随着光伏与工业经济和民众生活关系的日益紧密，其前景也越发明朗。而最有趣的是，我们不仅可以从书中读到众多光伏先驱和领袖人物的心路历程和光伏情怀，更能够从历史的长河中，不时采撷到智慧的灵光，掩卷莞尔，坚定陡增。

但是，世界的光伏依然还在前行的路上，使命尚未完成，全球光伏界的同仁仍需努力！其实，我们始终并肩在路上。

译者

2015年9月于北京

CONTENTS

目录



第一部分 沃尔夫冈·帕尔茨的光伏人生	001
第一章 世界上冉冉升起的太阳	003
第二章 世界的太阳能	062
第三章 光伏的现状与未来	114
第二部分 美国光伏产业的起步	131
第四章 贝尔实验室对光伏设备的早期研究	133
第五章 民用光伏产业的起步	135
第六章 借力石油工业	147
第七章 SunPower 公司轶事	152
第八章 降低硅成本的技术发展历程	174
第九章 通信卫星实验室的太阳能电池研发史 (1967~1975)	187
第十章 IEEE 光伏科学家大会 (PVSC)	190
第三部分 光伏为欧洲开启太阳能时代	195
第十一章 德国发起光伏革命	197
第十二章 我的光伏生涯：缘起切尔诺贝利	206
第十三章 从政人士关于太阳能的思考和行动	210
第十四章 研究机构的重要作用：弗朗霍夫太阳能系统研究所	217
第十五章 光伏企业 Solon 和 Q-Cells 的故事	222
第十六章 德国光伏启动项目：千家光伏屋顶计划	231

CONTENTS

目录

第十七章 开发太阳能玻璃幕墙的故事	234
第十八章 以个人视角反观欧洲光伏 (1974~2009 年)	238
第十九章 法国对太阳能态度的转变	244
第二十章 更多的电力, 更少的污染	246
第二十一章 加那利群岛可再生能源发展史	250
第二十二章 瑞士从领先地位跌落的缘由	256
第二十三章 日内瓦的太阳能产业	261
第二十四章 维也纳世界光伏大会	263
第二十五章 放弃核电转投新能源: 意大利佛罗伦萨朱利亚诺·格拉西的故事	267
第四部分 亚洲光伏: 巨龙醒来	283
第二十六章 日本光伏的昨天、今天和明天	285
第二十七章 中国光伏: 故事里的事	292
第二十八章 中国太阳能光伏产业发展回顾	297
第二十九章 光伏点亮的印度	302
第五部分 光伏让发展中国家的未来更美好	309
第三十章 世界银行对光伏的支持	311
第三十一章 不识字的乡村阿婆用光伏照亮村庄	325
第三十二章 南亚早期光伏市场和太阳能解决方案	332
第三十三章 光伏带领非洲撒哈拉以南地区的妇女走出贫困	337
第三十四章 推动发展中国家光伏产业发展	343

CONTENTS

目录

第六部分 世界的光伏	371
第三十五章 2008 年国际社会呼吁发展光伏	373
第三十六章 国际研发平台：国际太阳能学会	379
第三十七章 三步走战略：从 1% 到 4% 再到 100%	383
第三十八章 太阳能银行	399
第三十九章 太阳能应用实践	410
第四十章 蓝天下的世界	421
第四十一章 关于薄膜太阳能电池的故事	445
第四十二章 高效光伏助力未来可持续发展	450
第四十三章 新型敏化介观太阳能电池	458
第四十四章 太阳能自行车、汽车和增能建筑	461
第七部分 中国光伏产业的曲折历程	541
第四十五章 受益开放，有益世界	543
第四十六章 光伏正当其时，圆梦正得其势	548
第四十七章 成长的 10 年，也是辉煌的 10 年	552
第四十八章 见证光伏发展的中国奇迹	556
第四十九章 记西藏第一座光伏电站	586
第五十章 我所见证的中国光伏产业跨越式发展	590
第五十一章 终端应用和商业化是中国光伏的未来出路	595
第五十二章 用太阳能造福人类是我的人生使命	603
第五十三章 偶然的选择，一生的坚守	608
第五十四章 让“阳光”惠及更多人，我们一直在努力	611

第一部分

沃尔夫冈·帕尔茨的光伏人生



第一章 世界上冉冉升起的太阳

沃尔夫冈·帕尔兹 世界可再生能源理事会

电力是现代社会的支柱

日常生活中的电力

我们早已习惯了电力的各种应用，很难想象离开它我们将如何生存。电力应用随处可见，如通信设备、照明、家用电器和工业生产。电力甚至还应用在供暖和交通领域，如电加热泵和电动汽车或混合动力汽车，后者近年来受到了极大的关注。

事实上，没有电力，我们也不会退回到石器时代。而是 19 世纪末，在此之前，电力还未进入人们的生活（仅在通信设备上有一点应用）。130 年前，凡尔赛宫的喷泉并不由电力驱动，即使是巴黎的埃菲尔铁塔也没有电力，因为 19 世纪末兴建埃菲尔铁塔时，电力并没有得到广泛运用。

如果没有电力，现代文明将不会是现在的样子。电力的应用使得我们的生活更加便捷和舒适，电力还使得我们健康长寿，医院和牙科诊所的电动设备改善了医疗条件。

传统电力世界

电力是一种商品，每个消费者都要花钱购买。电力的价格通常按照千瓦时单位计算，每个国家的含税电价从 10 美分到 35 美分不等。

电力通过安装的发电设备生产出来。一个家庭每天的用电量通常是几千瓦时，取决于家庭的规模和能耗水平。电力通常是由距离用户遥远的大型电站生产的。电站的容量最大可达 500 万千瓦，单个机组容量可达到百万千瓦。

如果电站的装机容量是 100 万千瓦，运行 1 小时就能产生 100 万千瓦时的电能。外行通常会混淆千瓦与千瓦时的概念。以奶牛为例，有的产奶多，有的产奶

少。电站的装机容量就好比奶牛产奶的能力，只不过生产的是电能，并以千瓦作为计量单位；产生的电能就好比牛奶，只不过数量是以千瓦时来计算的。

现在大多数应用于发电的传统燃料都在传统工艺过程中损失了，不仅是因为“卡诺效率定律”，更是因为他们没有被充分利用。目前，全球一半的温室气体排放来自于发电站。其产生的大部分电能都损失或浪费了，实际利用的只是其中一小部分。

电力传输过程也是一项严重的浪费。电网建造成本高，给环境带来了负面效应，影响了周边居民的健康，占用了大量土地。如今，在遍布全球的电网中，大量电力在远距离往复输送。

电力交易取决于电力交易的价格，这些价格时时都在变动。例如在瑞士，水力发电可以满足 60% 的国内电力需求，但其中一半用于出口。结果，可能德国的消费者会声称他们只消费可再生能源，而瑞士的消费者并不了解情况，仍在进口核电和煤电。

你或许会称之为自由化能源市场的悖论。然而，在今天的传统能源市场上这有一定道理。核电站由于技术原因调节出力比较复杂，可以将这部分电力通过长距离输电线路及时输送到特定地点的抽水蓄能电站，这总比白白浪费掉要好一些。我们随后会看到，为什么推动分散式太阳能发电发展对于降低输电线路需求至关重要。

从用户的层面来说，在解决家用电器能源浪费和效率低下的问题上，人们已经取得了很大进步。这种进步的取得，一方面是通过科技进步，另一方面是通过产品标示促进能源效率的提高。任何产品，小到灯泡，大到整栋建筑，人们的意识都在不断提高，能耗在不断降低。

目前，全世界的发电装机规模有 45 亿千瓦。美国、中国和欧盟是最大的电力用户，各自都占全球发电量的 20% 以上。今天的发电站大部分都是采用煤炭、石油或天然气做燃料，其余部分是大型水电和核电平分秋色。全球风电装机容量超过 3.5 亿千瓦，绝大部分都是在过去 15 年间建设的。当前，作为电力领域新成员和本书主题的光伏累计装机接近 2 亿千瓦。趋势很明显：在过去的几年内，全球光伏和风电快速增长，核电发展最慢。

目前，全球超过 99% 的电力是通过机械能转换而来的，发电机由涡轮机驱动，清洁能源发电系统也大多如此，如太阳能光热发电站、地热能发电站、风电场以及生物质能发电厂等各种技术类型。

值得注意的是，机械能早在电力被“发明”之前就已经为人们所用。甚至在最终影响 19 世纪英国、德国和美国等国工业化进程的蒸汽机发明之前，机械能

就已被用在风车和水磨上了。不要忘了马匹产生的能量：即便在今天，机械能也往往以马来计算。

相比而言，电能是能源中的“贵族”，花费了很长时间才得到市场的认可。火车在使用更为清洁的电能驱动前的将近一百年时间里都是由机械能驱动的。事实证明，取代汽车里的燃料驱动引擎更加困难，可能永远无法取得彻底成功。而把直接利用太阳能的光伏发电设备应用到航空器领域更是难上加难。

太阳能光伏：新半导体世界的一部分

应该强调的是，太阳能光伏发电是唯一不需要机械能的发电方式，它使用半导体并以太阳光束作为唯一燃料。是不是阳光的作用如同太阳“有形的手”，维系着生命，并使得罗马梵蒂冈在当地建筑物上安装了尽可能多的光伏设备呢？

显而易见，光伏产业处于现代电力能源和半导体科技的交叉领域。随着电力技术的发展，半导体科技发展成了现代社会的又一支柱产业。作为一名半导体物理学家，看到这一现象我非常高兴。当我还是一名学生的时候，半导体市场还非常小众。最后，扩音器和电视机没有了真空管，机械开关和继电器被电子元器件取而代之，庞然大物般的计算机得以小型化，打电话的费用变得异常低廉。随着手机和因特网的兴起，发生了世界范围内的变革，而半导体就处在这一社会变革的前沿。如今，半导体随处可见，例如 LED 灯泡、显示器、照相机、电视机、电脑和固体激光器。

光伏是半导体世界的重要组成部分。当今太阳能硅电池的全球用量已经与应用于电气元器件中的硅的数量相当。光电子设备应用的组件不同于硅，它跟高效太阳能电池的半导体材料类似，一般应用在空间卫星和聚光光伏发电系统中。应当指出的是，如果没有光伏，今天所有的空间项目应用都无法实现，这其中包括通信卫星、电视、因特网、气象学、地球同步卫星，更不用说间谍卫星了。长时间内，光伏产业在空间影响方面将不会出现竞争对手。