

# 光伏发电 环境友好

乔琦 吕芳 谢明辉 主编

PHOTOVOLTAIC GENERATION  
ENVIRONMENT-FRIENDLY ENERGY

中国环境出版社

# 光伏发电 环境友好

主 编 乔 琦 吕 芳 谢明辉  
执行主编 谢明辉  
副 主 编 张 嘉 李海玲 白 璐

中国环境出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

光伏发电环境友好 / 乔琦, 吕芳, 谢明辉主编. —  
北京: 中国环境出版社, 2017. 8  
ISBN 978-7-5111-3170-6

I. ①光… II. ①乔… ②吕… ③谢… III. ①太阳  
能光伏发电—普及读物 IV. ①TM615-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第094829号

出版人 王新程  
责任编辑 孔 锦  
责任校对 尹 芳  
装帧设计 宋 瑞



中国环境出版社  
第一分社

出版发行 中国环境出版社  
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
电子邮箱: [bjgl@cesp.com.cn](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67112735 (第一分社)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)  
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司  
经 销 各地新华书店  
版 次 2017年8月第1版  
印 次 2017年8月第1次印刷  
开 本 787×960 1 / 16  
印 张 3.5  
字 数 80千字  
定 价 39.00元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

# 编委会

主 编

乔 琦 吕 芳 谢明辉

执行主编

谢明辉

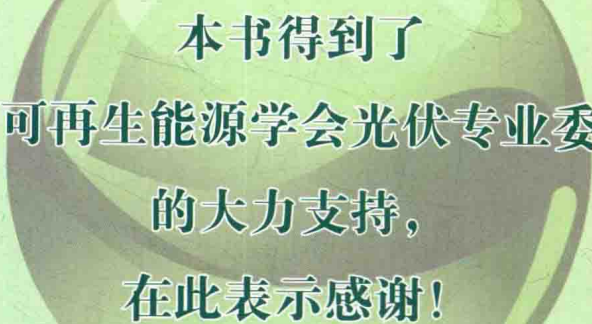
副主编

张 嘉 李海玲 白 璐

编 委 (按姓氏拼音字母排序)

白卫南 董 莉 刘景洋 孟立红

阮久莉 孙晓明 姚 扬 张 玥



**本书得到了  
中国可再生能源学会光伏专业委员会  
的大力支持，  
在此表示感谢！**

# 前 言

改革开放以来，随着我国经济的高速发展，能源和环境的双重压力日益凸显。我国是原油进口大国，原油的对外依存度高达 56% 以上；我国已成为原煤进口第一大国；我国还是电力消费和电力装机世界第一大国……可是，我国常规能源储采比远远低于世界平均水平，从 2007 年开始我国已经成为世界二氧化碳第一排放国，且还将持续增高。

太阳能资源极其丰富、分布广泛、应用方便。光伏发电具有显著的能源、环境和经济效益，已成为世界各国普遍关注的技术和重点发展的产业。大力发展光伏发电在内的可再生能源战略新兴产业，加快能源结构调整，建立“自主、自立、清洁、可持续”的能源体系，是我国应对化石能源短缺和大气污染防治的双重难题的根本出路。

针对当前公众仍然存在着光伏“高污染、高能耗、高成本”的疑虑，我们特编写《光伏发电 环境友好》科普读本，基于近年科研成果，客观综合、通俗易懂地阐述光伏对于环境的清洁友好性。

本书部分资料来源于环保公益性行业科研专项“新能源产业（太阳能电池）环境影响和管理研究”课题、科技部 863 项目“光伏电站功率预测技术及与环境关系研究”以及战略研究项目“中国 2020，2030，2050 年路线图”课题的研究成果。

本书分为五章，第一章“神奇问世”，主要介绍晶体硅光伏电池的制造流程，由白璐执笔；第二章“清洁生产”，主要介绍晶体硅光伏电池生产过程主要污染物及其处理处置措施，由阮久莉执笔；第三章“生机勃勃”，主要介绍光伏发电的应用，由李海玲、张嘉执笔；第四章“涅槃重生”，主要介绍光伏组件的回收利用，由董莉、刘景洋执笔；第五章“节能减排”，主要介绍光伏能源回收期及节能减排潜力，由谢明辉执笔。

书中难免有疏漏和不足之处，我们将进行不断修改完善，敬请各位专家和广大读者提出宝贵意见和建议。

编者

**神奇问世**  
晶体硅光伏  
制造流程

**清洁生产**  
生产过程污染物  
及处理处置

**生机勃勃**  
光伏发电的  
应用

**涅槃重生**  
光伏组件的  
回收和再利用



光伏发电清洁环境友好性

**节能减排**

300 亿  $m^3$   
3 900 亿 kWh

**让你感到惊讶的数字**

9 000元/kWh **1.17年**

**2.4万亿度**



# 目 录

第一章	神奇问世 晶体硅光伏制造流程 .....	3
第二章	清洁生产 生产过程污染物及处理处置 .....	7
第三章	生机勃勃 光伏发电的应用 .....	17
第四章	涅槃重生 光伏组件的回收和再利用 .....	31
第五章	节能减排 让你感到惊讶的数字 .....	37

参考文献 /50



# 目 录

第一章	神奇问世 晶体硅光伏制造流程 .....	3
第二章	清洁生产 生产过程污染物及处理处置 .....	7
第三章	生机勃勃 光伏发电的应用 .....	17
第四章	涅槃重生 光伏组件的回收和再利用 .....	31
第五章	节能减排 让你感到惊讶的数字 .....	37

参考文献 /50



# 第一章

## 神奇问世

### 晶体硅光伏制造流程

## 一、中国光伏之最

中国光伏产业近 10 年来高速发展，不仅成为光伏大国，还将成为光伏强国。中国光伏电池产量迅速增加，并从 2007 年起连续 9 年保持全球第一；2016 年中国以当年新增装机 34.24 GW 位居世界第一，累计装机容量达到 77.42 GW；中国光伏产品价格在近 10 年期间下降为原来的 1/10，促成全球 28 个国家已实现光伏可与常规能源竞争的“平价上网”（图 1）。



图 1 近年来年度新增装机

## 二、晶体硅光伏制造流程

晶体硅光伏组件制造流程较长，共包括多晶硅提纯、硅锭制造、硅片制造、电池制造、组件封装 4 个生产环节，其制造流程如图 2 所示。



图 2 晶体硅光伏制造流程



# 第二章

## 清洁生产

生产过程污染物及处理处置

## 一、晶体硅光伏生产过程中的污染物

生产制造过程中会产生一定的废气、废水或固体废物，统称为“三废”，晶体硅光伏制造过程也不例外。图 3 展示了光伏制造过程中产生的“三废”种类、主要产生环节及处理措施。光伏制造过程中产生的绝大部分污染物经简单处理后即可达到国家安全排放标准，处理过程简单且工艺成熟，对环境影响比较小；个别光伏生产行业特有的污染物，如四氯化硅、废砂浆以及氟化物，下文将详细介绍其处理过程。



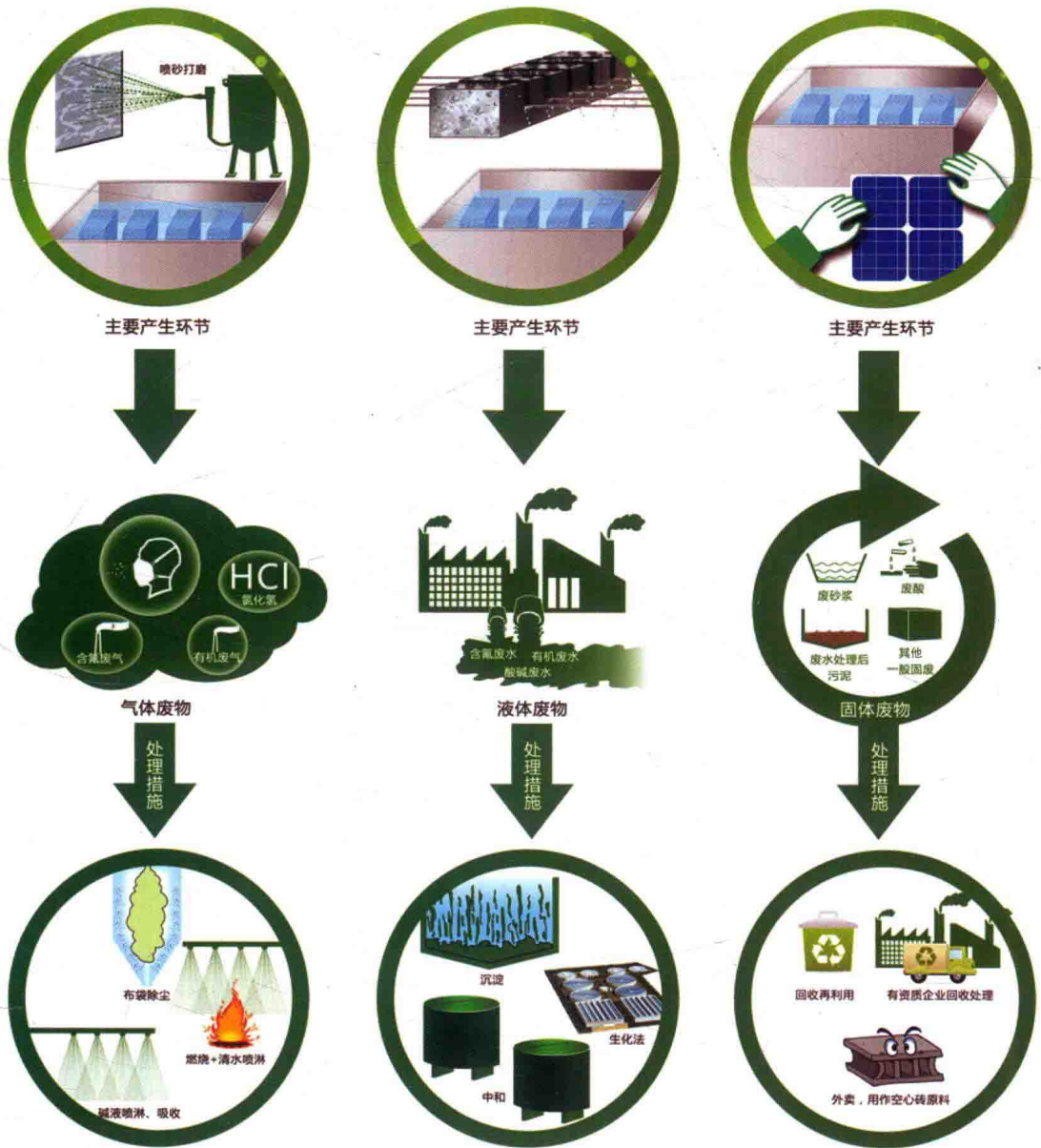


图3 光伏制造过程中产生的主要污染物