

中国照明学会新能源照明专业委员会
北京照明学会
中国照明学会电光源专业委员会

组织编写

■ 屈素辉 主编 ■ 陈育明 路绍泉 道德宁 副主编

太阳能光伏照明 光源手册

TAIYANGNENG GUANGFU ZHAOMING GUANGYUAN SHOUCHE



化学工业出版社

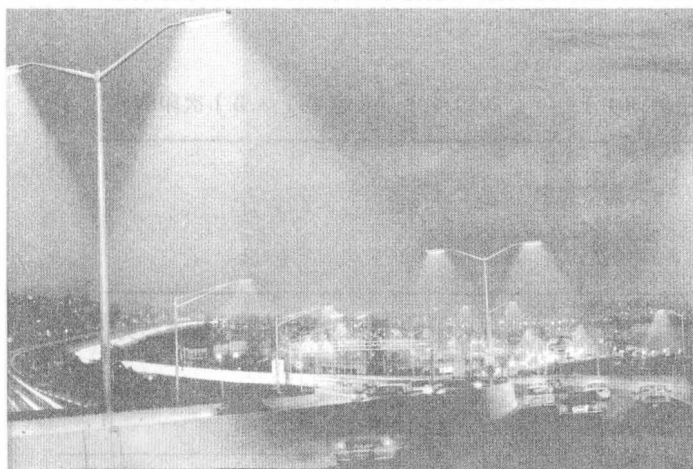
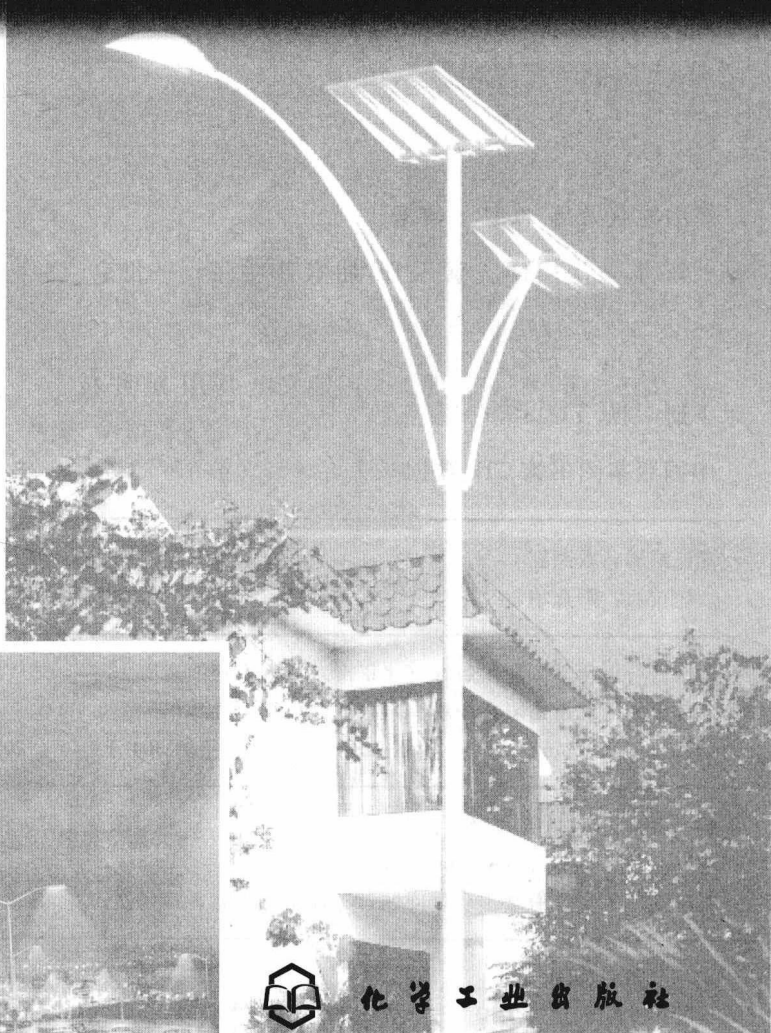
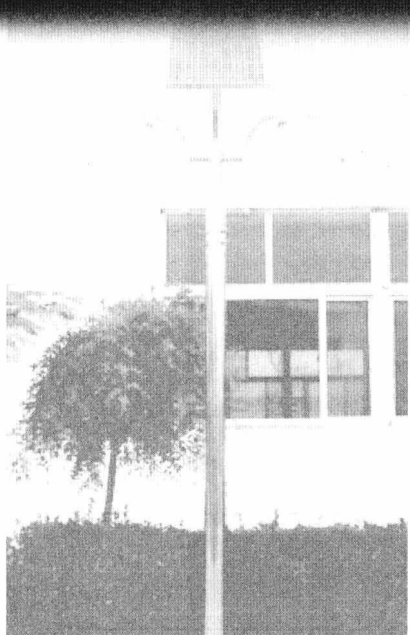
中国照明学会新能源照明专业委员会
北京照明学会
中国照明学会电光源专业委员会

组织编写

■ 屈素辉 主编 ■ 陈育明 路绍泉 道德宁 副主编

太阳能光伏照明 光源手册

TAIYANGNENG GUANGFU ZHAOMING GUANGYUAN SHOUCHE



化学工业出版社

· 北京 ·

中国太阳能资源非常丰富,太阳能光伏照明技术应用的潜力非常广阔。本书简要地说明了太阳能光伏照明技术概况及光源技术基础,详细介绍了热辐射光源、荧光灯、低压钠灯、高压钠灯、金属卤化物灯、半导体照明光源的应用技术以及典型产品型号、规格、外形尺寸、主要光电参数等实用技术数据,对光伏照明光源的选择、常见故障及排除也作了较为深入的讲解。同时,书中附有相关标准(节录)和典型企业资料方便读者使用。本书的编写力求做到内容翔实,突出实用性和权威性。

本书可供建筑设计和施工单位、光伏照明研发及生产企业技术人员使用,也可供管理部门相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏照明光源手册/屈素辉主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-122-06746-3

I. 太… II. 屈… III. 太阳能发电-应用-照明-技
术手册 IV. TU113.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 177321 号

责任编辑:戴燕红

文字编辑:丁建华

责任校对:陶燕华

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 彩插 1 字数 304 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2009—23 号

《太阳能光伏照明光源手册》编写委员会

* 组织编写单位:

中国照明学会新能源照明专业委员会

北京照明学会

中国照明学会电光源专业委员会

* 编委会主任:

吴初瑜 中国照明学会新能源照明专业委员会 常务副主任
教授级高级工程师

* 编委会副主任 (按姓名笔画排序):

王大有 北京照明学会 常务副理事长 高级工程师

许福贵 山西光宇电源有限公司 董事长兼总经理

苏光耀 浙江名芯半导体科技有限公司 总经理

李志君 上海亚明灯泡厂股份有限公司 技术总监

* 编委 (按姓名笔画排序):

王大有 北京照明学会 常务副理事长 高级工程师

王东明 北京照明学会 高级工程师

王立洪 北京电光源研究所 高级工程师

许福贵 山西光宇电源有限公司 董事长兼总经理

苏光耀 浙江名芯半导体科技有限公司 总经理

李中诚 淄博市中诚电子照明技术开发有限公司 总经理

李志君 上海亚明灯泡厂股份有限公司 技术总监

李维德 上海宏源电器有限公司 总经理

吴初瑜 中国照明学会新能源照明专业委员会 常务副主任
教授级高级工程师

陈育明 上海复旦大学电光源研究所 副教授

范思哲 北京中安无限科技有限公司 董事长

林清洪 北京城光日月科技有限公司 总经理

屈素辉 中国照明学会电光源专业委员会 主任 高级工程师

柴国生 广东雪莱特光电科技股份有限公司 董事长

钱福卿 普罗斯电器(江苏)有限公司 董事长

道德宁 全国照明电器标准化委员会电光源及附件分技术委员会
教授级高级工程师

路绍泉 北京电光源研究所 高级工程师; GE 照明教授

潘小平 江西贵雅照明公司 副董事长

前 言

中国是能源消耗大国，能源消耗以煤、石油、天然气等原料为主，这些原料储量有限，不可再生。而且，能源消耗的同时排出大量二氧化碳和硫的氧化物，导致地球温室效应和酸雨，破坏环境。因此，国家一再提出：“开发利用可再生能源，对于保障能源安全，保护生态环境，实现可持续发展，具有重要意义。”

目前开发利用的新能源主要有太阳能、风能、生物能源等。近年来，太阳能光伏照明发展迅速，其装置几乎覆盖了整个照明领域。市场对太阳能光伏照明产品的需求日趋增长，对产品质量的要求也越来越高。由于光源是太阳能光伏照明装置的主要构成部件之一，产品质量直接影响整个系统的效率和寿命，因此，如何研发、生产、选用高质量的光伏照明电光源产品，是目前亟待解决的问题。

北京市 2006 年启动让农村“亮起来”工程，推动了太阳能光伏照明装置的发展，也发现了光伏照明中存在的问题。为提高太阳能光伏照明产品质量，北京照明学会、中国照明学会新能源专业委员会和北京市科学技术委员会可持续发展中心承担了北京市科委“太阳能光伏室外照明装置技术保障体系研究”课题，这本《太阳能光伏照明光源手册》的编辑出版，是该项目成果之一。

编制《太阳能光伏照明光源手册》，目的是使太阳能光伏照明工程技术人员、销售人员及相关管理人员，较系统地了解太阳能光伏照明所用电光源产品的种类、基本原理及其应用，以及产品外形尺寸、主要光电参数、使用要求等实用技术数据，是一本很有实用价值的参考书。

为了兼顾各类不同的读者，本书在编排上首先花少量篇幅介绍了太阳能应用概况、太阳能光伏照明的基本原理、光伏照明对电光源的要求。在产品种类和规格的编选中，共收录了几十类，近千个规格的电光源产品相关资料。分别按已有的、适用于光伏照明光源的国家标准、行业标准的顺序收录。对于部分定型的电光源产品外形尺寸、光电参数，参考了《电光源实用手册》（中国物资出版社，2005）。对于大量尚无标准，但已有一定产量、形成一定规模的产品，也根据多家企业的资料予以收录。

手册第 1 章、第 10 章由王大有编写；第 2 章、第 8 章、第 9 章由陈育明编写；第 3 章、第 7 章由路绍泉编写；第 4 章由道德宁编写；第 5 章、第 6 章由吴初瑜编写。手册统稿由屈素辉、路绍泉、陈育明完成；文字、图表由王东明统一整理。本手册节录了相关的国家标准和行业标准；收录了十余家典型企业的产品资料，为用户了解企业、采购产品提供方便。

手册组织编写过程中，得到多家企业（详见附录）的大力资助，在此一并致谢。

手册编委会

2009 年 7 月

目 录

1 太阳能光伏照明概述	1
1.1 应用发展概述	1
1.1.1 太阳能应用的发展	1
1.1.2 我国的太阳能资源	3
1.1.3 我国太阳能光伏照明发展应用概况	3
1.2 使用太阳能光伏照明装置的环境和特点	5
1.3 太阳能光伏照明装置的简要工作原理	5
1.3.1 太阳能光伏照明装置的原理方框图	5
1.3.2 太阳能电池	5
1.3.3 蓄电池	6
1.3.4 充放电控制器	6
1.3.5 照明器	7
1.3.6 传输线路	7
1.3.7 结构部件	7
1.4 太阳能光伏照明装置的分类	7
1.4.1 按太阳能光伏照明装置的电源分类	7
1.4.2 按太阳能光伏照明使用的场合和功能分类	8
1.4.3 按太阳能光伏照明光源供电方式分类	8
1.5 太阳能光伏照明装置的基本要求	9
1.5.1 环境要求	9
1.5.2 一般要求	9
1.5.3 安全要求	9
1.5.4 照明质量	9
1.6 太阳能光伏室外照明装置对电光源的特殊要求	10
1.6.1 对电光源的寿命要求	10
1.6.2 电光源须满足“装置”的特有需求	10
1.6.3 对电光源发光效率的要求	10
1.6.4 对荧光灯预热的要求	10
1.6.5 对保持电光源功率恒定的要求	10
1.7 太阳能光伏照明与普通照明的比较	11
1.8 太阳能光伏照明及风/光互补照明的应用	12
1.8.1 太阳能光伏照明及风/光互补照明的设计	12
1.8.2 太阳能光伏照明及风/光互补照明大面积推广面临的问题	13
2 光源技术基础	14
2.1 光	14
2.1.1 光的本质	14

2.1.2	光的产生	15
2.1.3	人眼的光谱灵敏度	16
2.2	光度学基础	16
2.2.1	光通量	16
2.2.2	发光效率	17
2.2.3	发光强度	17
2.2.4	光照度	17
2.2.5	发光亮度	17
2.3	颜色	18
2.3.1	颜色的性质, 颜色坐标	18
2.3.2	颜色的度量	19
2.4	光源	20
2.4.1	自然光源	20
2.4.2	人工光源	21
3	热辐射光源	23
3.1	热辐射	23
3.2	白炽灯	24
3.2.1	工作原理	24
3.2.2	白炽灯的改进及类型	26
3.2.3	常用太阳能光伏照明普通白炽灯	28
3.3	卤钨灯的工作原理及其特性	30
3.3.1	卤钨循环	30
3.3.2	卤钨灯的结构	30
3.3.3	常用太阳能光伏照明卤钨灯泡及其技术参数	31
4	荧光灯	34
4.1	荧光灯的工作原理	34
4.2	荧光灯的结构	36
4.2.1	玻壳	36
4.2.2	荧光粉涂层	37
4.2.3	附加涂层	37
4.2.4	电极和芯柱	37
4.2.5	惰性气体	38
4.2.6	液汞或汞齐	38
4.2.7	灯头	39
4.3	荧光灯的工作特性	39
4.3.1	荧光灯的能量平衡	39
4.3.2	灯管工作温度与发光效率的关系	40
4.3.3	荧光灯的光衰曲线	40
4.3.4	寿命特性	41
4.3.5	灯管电流及电源电压对寿命的影响	41

4.4	荧光灯的分类	41
4.4.1	直管型荧光灯	41
4.4.2	环形荧光灯	42
4.4.3	高光通单端荧光灯	42
4.4.4	紧凑型荧光灯	42
4.4.5	球形荧光灯	43
4.4.6	无极荧光灯	43
4.4.7	平面荧光灯	44
4.5	荧光灯的工作电路	44
4.5.1	荧光灯的工作电路及启动过程	44
4.5.2	荧光灯的启动特性	45
4.5.3	荧光灯电感镇流器	45
4.5.4	荧光灯电子镇流器	46
4.5.5	调光电子镇流器	48
4.6	各类荧光灯的参数	49
4.6.1	双端(直管形)荧光灯	49
4.6.2	单端荧光灯	53
4.6.3	普通照明用自镇流荧光灯	58
4.6.4	冷阴极荧光灯	63
4.6.5	无极荧光灯(电磁感应灯)	65
5	低压钠灯	70
5.1	低压钠灯的工作原理	70
5.2	低压钠灯的结构和特点	72
5.2.1	结构特点	72
5.2.2	光谱特性	73
5.2.3	照明应用特性	73
5.2.4	低压钠灯的镇流装置	73
5.3	低压钠灯的规格型号和光电参数	73
6	高压钠灯	77
6.1	工作原理	77
6.2	高压钠灯的结构	78
6.3	高压钠灯的类型	79
6.4	高压钠灯的工作特性	80
6.4.1	启动特性	80
6.4.2	光谱特性	80
6.4.3	电源电压变化对灯的光电参数的影响	80
6.4.4	寿命特性	81
6.5	普通照明用高压钠灯(标准型)	81
6.5.1	产品分类	81
6.5.2	灯泡型号表示规则	81

6.5.3	型号示例	81
6.5.4	不同功率的灯采用的玻壳型式及启动方式	82
6.5.5	高压钠灯主要参数	82
6.6	新型高光效高压钠灯	82
6.7	高压钠灯的工作电路和镇流器	85
6.7.1	串接启动器电路	85
6.7.2	并接触发器电路	85
6.7.3	启动器与镇流器接合式电路	86
6.7.4	并接电子镇流器电路	86
7	金属卤化物灯	87
7.1	基本工作原理	87
7.2	金属卤化物灯的应用	89
7.2.1	普通照明用金属卤化物灯	89
7.2.2	泛光照明用金属卤化物灯	89
7.2.3	展示及商业照明用金属卤化物灯	90
7.2.4	舞台、演播室及娱乐场所照明用金属卤化物灯	91
7.2.5	紫外线金属卤化物灯	91
7.2.6	光纤照明和汽车前灯用金属卤化物灯	92
7.3	金属卤化物灯的最新发展	92
7.3.1	PAR型金属卤化物灯	92
7.3.2	无极金属卤化物灯	92
7.4	陶瓷金属卤化物灯	93
7.4.1	概述	93
7.4.2	外形尺寸和主要参数	94
7.5	金属卤化物灯分类及其性能参数	100
7.5.1	大面积照明金属卤化物灯(镙灯)	100
7.5.2	单端金属卤化物灯(175~1500W 铊-钠系列)	102
7.5.3	普通照明用金属卤化物灯	103
7.5.4	彩色单端金属卤化物灯	104
7.5.5	彩色双端金属卤化物灯(带外玻壳型)	104
7.5.6	高显色金属卤化物灯	105
7.5.7	单端任意位置燃点金属卤化物灯(E40/E39灯头)	105
7.5.8	小功率金属卤化物灯	105
7.5.9	大功率双端金属卤化物灯	106
7.5.10	球形中短弧金属卤化物灯	106
7.5.11	椭球形陶瓷金属卤化物灯	107
7.5.12	管形陶瓷金属卤化物灯(E40灯头)	107
7.6	太阳能光伏照明用金属卤化物灯	108
7.6.1	小功率单端石英金属卤化物灯	108
7.6.2	单端管形石英金属卤化物灯(G12灯头)	109

7.6.3	反射型石英金属卤化物灯	109
7.6.4	双端石英金属卤化物灯 (带外玻壳)	110
7.6.5	小功率反射型陶瓷金属卤化物灯 (PAR20、PAR30 型)	110
7.6.6	微型单端陶瓷金属卤化物灯 (G8.5 灯头)	111
7.6.7	单端陶瓷金属卤化物灯 (G12 灯头)	111
7.6.8	双端陶瓷金属卤化物灯 (R7s 灯头)	111
8	半导体照明光源	112
8.1	LED 的工作原理	112
8.1.1	LED 发光机理	112
8.1.2	LED 的结构	115
8.1.3	白光 LED 的实现方法	116
8.2	LED 的性能	118
8.2.1	光学特性	118
8.2.2	LED 的电学特性	120
8.2.3	LED 的热学特性	122
8.3	功率型 LED	123
8.3.1	功率型 LED 芯片	123
8.3.2	功率型 LED 的热学设计	124
8.3.3	功率型 LED 的光学设计	125
8.3.4	功率型 LED 的可靠性	127
8.3.5	功率型 LED 商品结构与性能	128
8.4	半导体照明驱动和控制技术	130
8.4.1	驱动技术	130
8.4.2	控制技术	133
8.5	LED 灯	134
8.5.1	LED 灯	134
8.5.2	太阳能 LED 系统	138
9	光伏照明光源的选择	140
9.1	光伏和风/光互补照明的光源应用	140
9.2	光源的选择	141
9.2.1	按照照明设施的目的和用途选择光源	141
9.2.2	按环境的要求选择光源	142
9.2.3	按投资与年运行费选择光源	142
9.3	影响太阳能光源寿命的因素	144
9.3.1	蓄电池电压变化大的影响	144
9.3.2	荧光灯阴极预热的影响	145
9.4	太阳能灯具对光源的要求	146
9.4.1	太阳能草坪灯对光源的要求	146
9.4.2	太阳能庭院灯对光源的要求	147
9.4.3	太阳能景观灯对光源的要求	148

9.4.4 太阳能路灯对光源的要求	148
9.5 太阳能光源对工艺的要求	148
9.5.1 低压钠灯	148
9.5.2 高压钠灯	149
9.5.3 金属卤化物灯	149
10 常见故障及排除	150
10.1 一般电光源常见故障及排除方法	150
10.2 荧光灯、钠灯、金卤灯常见故障及排除方法	151
10.3 LED光源故障原因及排除方法	152
附录1 相关标准（节录）	153
附录1.1 太阳能光伏室外照明装置相关要求	153
附录1.2 普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级技术要求	158
附录1.3 普通照明用自镇流荧光灯能效限定值及能效等级技术要求	159
附录1.4 单端荧光灯能效限定值及节能评价技术要求	160
附录1.5 管形荧光灯镇流器能效限定值及节能评价技术要求	161
附录1.6 高压钠灯能效限定值及能效等级技术要求	162
附录1.7 高压钠灯用镇流器能效限定值及节能评价技术要求	162
附录2 典型企业资料	164
附录2.1 上海亚明灯泡厂有限公司产品介绍	164
附录2.2 山西光宇电源有限公司产品介绍	167
附录2.3 浙江名芯半导体科技有限公司产品介绍	169
附录2.4 广东雪莱特光电科技股份有限公司陶瓷金卤灯产品介绍	170
附录2.5 上海宏源照明电器有限公司产品介绍	173
附录2.6 北京中安无限科技有限公司产品介绍	174
附录2.7 青岛伏科太阳能有限公司产品介绍	176
参考文献	178

1 太阳能光伏照明概述

1.1 应用发展概述

1.1.1 太阳能应用的发展

绿色能源和可持续发展问题是 21 世纪人类面临的重大课题，开发新能源，对现有能源的充分合理利用已经得到各国政府的极大重视。太阳能发电作为一种取之不尽，用之不竭的清洁环保能源将得到前所未有的发展。随着太阳能产业化进程和技术开发的深化，它的效率、性价比将得到提高，将在各个领域得到广泛的应用，也将极大地推动中国“绿色照明工程”的快速发展。据有关专家预计，2020 年之后太阳能发电将得到大规模发展，预计到 21 世纪中叶，中国将有 10% 的发电量来自于太阳能发电。在长期的能源战略中，太阳能具有更重要的地位。

能源是现代社会存在和发展的基石。随着全球经济社会的不断发展，能源消费也相应地持续增长。传统的燃料能源正在一天天减少，对环境造成的危害日益突出，同时全球还有 20 亿人得不到正常的能源供应。这时，太阳能以其独有的优势成为人们重视的焦点。太阳能每秒钟到达地面的能量高达 80 万千瓦，假如把地球表面 0.1% 的太阳能转为电能，转变率 5%，每年发电量可达 $5.6 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，相当于目前世界能耗的 40 倍。

在长期的能源战略中，各国政府普遍认为太阳能具有更重要的地位。随着全球能源供应日趋紧张，各国对太阳能利用的市场需求正在快速扩大。当电力、煤炭、石油等不可再生能源频频告急（如图 1.1 所示），能源问题日益成为制约国际社会经济瓶颈时，越来越多的国家开始实行“阳光计划”，开发太阳能资源，寻求经济发展的新动力。至 2002 年年底，太阳能光伏发电制造能力已达 56 万千瓦，实际装机容量近 400 万千瓦，组件成本下降到 3.5 美元/Wp。预计，2020 年光伏组件的价格将下降到 1 美元/Wp 以下。目前世界最大的光伏工厂年产 36MW，价格为 3~4 美元/Wp。

据美国能源情报署的预测，2001~2025 年间，全球能源消费总量将从 102.4 亿吨油当量增加到 162 亿吨油当量。目前，化石能源（石油、煤炭、天然气等）是全球能源消费的主要组成部分，其消费总量逐年攀升。但是，化石能源是不可再生的且储量有限，其产量的萎缩不可避免。根据“BP 世界能源统计 2006”的统计数据，全球石油探明储量可供生产 40 多年，天然气和煤炭分别可以供应 65 年和 155 年。

作为全球能源市场日趋重要的组成部分，目前我国的能源消费量已占世界能源消费总量的 15%。据预测，目前我国主要能源煤炭、石油和天然气的储采比大致为全球平均水平的 50%、40% 和 70% 左右，均早于全球化石能源枯竭速度，能源安全问题越发重要。此外，

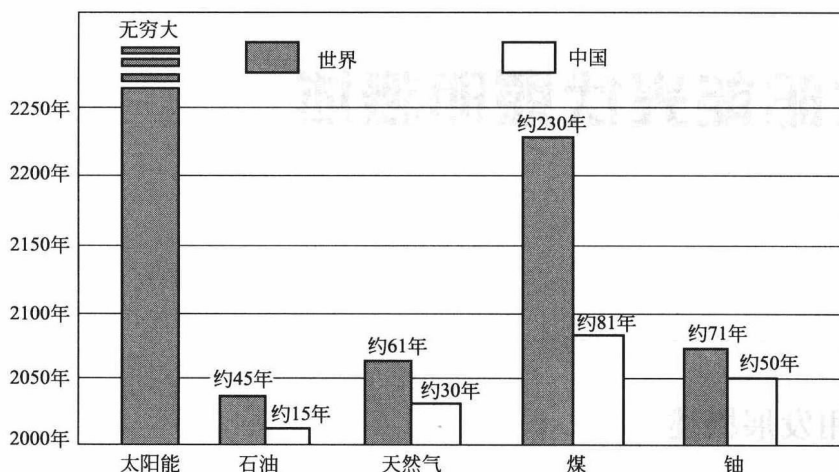


图 1.1 世界和中国的能源储量

化石能源利用所产生的污染环境、温室效应等问题也是困扰我国社会经济发展的重要因素。中国太阳能资源非常丰富，理论储量达每年 17000 亿吨标准煤。太阳能资源开发利用的潜力非常广阔。中国地处北半球，南北距离和东西距离都在 5000km 以上，有着丰富的太阳能资源。大多数地区年平均日辐射量在 $4\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以上，全年日照时数大于 2000h；西藏日辐射量最高达 $7\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ ，全年日照时数大于 3000h。从全国太阳年辐射总量的分布来看，青藏高原和西北地区、华北地区、东北大部以及云南、广东、海南等部分低纬度地带均为太阳能资源丰富或较丰富的地区。与同纬度的其他国家相比，与美国相近，比欧洲、日本优越得多，开发利用的潜力非常大。近 20 年来，中国光伏产业长期维持在全球市场 1% 左右的份额。2003 年、2004 年中国太阳能电池组件的生产量有了大幅度增长，2003 年达 1.2 万千瓦，约占世界份额的 2.2%，2004 年达 3.5 万千瓦，约占 3%。

太阳能的利用有多种形式和方法，其中利用太阳能电池将光能直接转换为电能，为各种电器提供动力是应用得最为广泛的重要方法之一。

截至 2007 年年底，太阳能光伏发电制造能力已达 4000MW，世界累计生产 12.64GW，实际装机容量近 12GW。最近 5 年，太阳能电池产量由 2002 年 536.8MW 增加到 2007 年 4000MW，年平均增长率近 50%（见表 1.1）。

表 1.1 近 5 年太阳能电池的增长情况

单位：GW

项 目	2002	2003	2004	2005	2006	2007
累计用量	2.386	3.130	4.330	6.090	8.650	12.640
年使用量	0.537	0.747	1.2	1.79	2.56	4.00
年增长率/%	43.5	39.2	60.8	49.3	42.9	56.2

在国际光伏市场巨大潜力的推动下，各国的光伏制造业争相投入巨资，扩大生产，以争一席之地。中国作为世界能源第二大消耗国也不例外。与国际上蓬勃发展的光伏发电相比，中国光伏制造业整体水平落后于发达国家 10~15 年，甚至明显落后于印度。但近 3 年来，国内太阳能电池生产大幅增长，年增长率超过 100%。随着时间的推移，化石能源的稀缺性越来越凸显，且这种稀缺性也逐渐在能源商品的价格上反映出来。大规模地开发和利用可再生能源已成为未来各国能源战略中不可或缺的部分。

我国太阳能发电产业正处在成长初期，发展前景广阔。目前，我国已明确制定了到2020年国内光伏总装机容量新增1730MW，达到3万兆瓦的目标。随着国家一系列法律、政策的出台，无疑有力地支持了我国太阳能发电产业的发展。

1.1.2 我国的太阳能资源

我国是太阳能资源相当丰富的国家，全国2/3以上地区的年日照时间大于2000h，西部地区年日照时间达3000h以上。根据各地接受太阳总辐射量的多少，可将我国的太阳能资源分布划分为Ⅳ类地区，如图1.2所示。

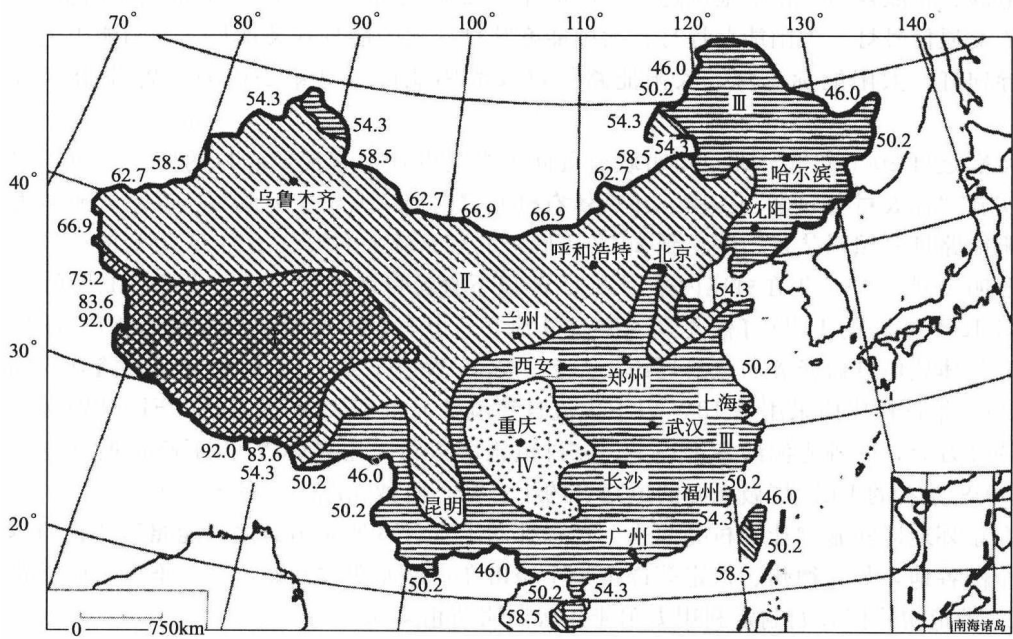


图 1.2 中国太阳能资源分布示意图 [$100 \text{ MJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$]

Ⅰ类地区：我国太阳能资源最丰富的地区。年太阳辐射总量大于 $6700 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，相当于日辐射量大于 $6.4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ ，尤以西藏西部最为丰富，居世界第二位，仅次于撒哈拉大沙漠。

Ⅱ类地区：我国太阳能资源较丰富地区。年太阳辐射总量为 $5400 \sim 6700 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，相当于日辐射量 $4.5 \sim 6.4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

Ⅲ类地区：我国太阳能资源中等地区。年太阳辐射总量为 $4200 \sim 5400 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，相当于日辐射 $3.8 \sim 4.5 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

Ⅳ类地区：我国太阳能资源较少地区。年太阳辐射总量小于 $4200 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，相当于日辐射量小于 $3.8 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

太阳能辐射数据可从县级气象台站取得，也可以从国家气象局取得。从气象局取得的数据是水平面的辐射数据。包括：水平面总辐射、水平面直接辐射和水平面散射辐射。

1.1.3 我国太阳能光伏照明发展应用概况

太阳能光伏照明是以太阳能为能源，通过太阳能电池实现光电转换，白天用蓄电池积蓄、贮存电能，晚上通过控制器对电光源供电，实现所需要的功能性照明。本手册所涉及的太阳能光伏照明，是以照明为主要目的，离网、独立使用的太阳能光伏照明装置。

20 世纪 70 年代,我国在太阳能电池刚进入实用阶段不久,即开始在系统功率小、供电距离远、供电困难的航标照明领域,广泛应用小型太阳能光伏发电为航标灯供电,取得了很好的使用效果,解决了系统的供电问题,降低了维护成本、延长了使用寿命,安全可靠,是航标照明系统既理想又经济的照明装置。

20 世纪 90 年代,我国在道路信号、标识照明中开始应用光伏供电。

20 世纪末在我国山区、牧区的一家一户室内照明开始应用太阳能光伏照明系统。

进入 21 世纪,由于太阳能电池的技术和生产水平的提高,太阳能光伏照明向广大无电网输电的、日照较为丰富的地区逐步推广应用,太阳能照明装置的应用领域不断扩大。如:太阳能交通信号灯、太阳能草坪灯、太阳能庭院灯、太阳能景观装饰灯、太阳能工艺灯、太阳能导向灯、太阳能标志灯、太阳能路灯以及太阳能广告灯箱等照明装置开始不断涌现出来。

特别是自 2006 年起,北京市市政府贯彻中央建设社会主义新农村的历史任务,在京郊地区实施“让农村亮起来”工程,在京郊农村的村内推广太阳能庭院灯,在京郊旅游道路推广太阳能路灯等照明装置。截止到 2008 年底,北京京郊大约安装了约 11 万套的太阳能光伏室外照明装置:2007 年在村庄内采用以 18W 以下直流自镇流荧光灯做光源的庭院灯约 6 万套;以 12W 左右的 LED 灯做光源的庭院灯约 0.5 万套;在村镇旅游道路采用以 35W 以下高强度气体放电灯做光源的道路灯约 1 万套;以 30W 左右的 LED 灯做光源的路灯约 0.5 万套;2008 年在村庄内采用以 18W 以下直流自镇流荧光灯和 12W 左右的 LED 灯做光源的庭院灯约 2 万套,两种光源约各占一半;在村镇旅游道路采用以 35W 以下高强度气体放电灯和以 30W 左右的 LED 灯做光源的道路灯约 1 万套,两种光源也约各占一半。

在京郊地区实施“让农村亮起来”工程推动了农村室外应用的太阳能照明装置的迅速发展。全国各地,如:德州、保定等许多中小城市在道路照明中开始试用、推广太阳能路灯。

21 世纪初我国开始制定利用太阳能光伏照明的相关标准。

2003 年颁布了国家标准 GB/T 19064—2003《家用太阳能光伏电源系统技术条件和试验方法》,这是我国第一个有关利用太阳能解决家庭用电和照明的小型光伏发电系统的国家标准。它适用于缺少电力的边远山区、牧区的一家一户独立使用,是为提高这些区域人民生活水平而开发的小型光伏供电装置。这一标准为我国开发离网、独立使用的太阳能光伏照明装置建立了最基本的技术要求。

2008 年北京市颁布了北京市地方标准 DB11/T 542—2008《太阳能光伏室外照明装置技术要求》。该标准适用于北京市农村、乡镇道路、公共场所及人行道路照明,将太阳能电池组件、蓄电池、照明部件、控制器以及机械结构等部件组合在一起,以太阳能为能源,在室外离网、独立使用的照明装置。

2008 年底由国家轻工业联合会提出、全国照明电器标准化技术委员会(SAC/TC 224)归口,制定了《太阳能光伏照明装置总技术规范》(国标,待批)。适用于道路、公共场所、园林、广告、标识及装饰等照明场所用,将太阳能电池组件、蓄电池、照明部件、控制器以及机械结构等部件组合在一起,以太阳能为能源,离网、独立使用,由一个或多组灯具组成的照明装置。

特别值得注意的是以 LED 为光源的太阳能灯,对太阳能光伏照明的推广起到了重要作用。由于 LED 光源单颗的功率小,因此需要的太阳能电池和蓄电池的容量也较小,太阳能草坪灯和庭院灯有很多采用了 LED 光源。

目前太阳能电池的发展处于飞速进展时期，各种不同类型的太阳能电池逐步走向商品化，太阳能电池的转换效率不断提高，在性能不断稳定的基础上价格也在逐步下降，因此可以预计，未来的光伏照明系统不但性能可靠而且成本也会比较低廉，这为太阳能光伏照明的普及提供了必要的条件。

1.2 使用太阳能光伏照明装置的环境和特点

① 环境温度变化范围： $-25\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

选择光源和各种电器元件时必须考虑在此环境温度下的使用与寿命问题。

② 由于雨、雪、雷电冰雹的侵蚀和干扰，必须具有合理的安全防护等级和防雷接地。

③ 连续阴雨天需要太阳能电池板、蓄电池具有足够的容量。

④ 蓄电池白天充电、夜晚放电，蓄电池电压变化范围较大。

如：12V 蓄电池在充满时电压可达到 14.7V，放电时可下降到 10.7V 左右，阴雨天时蓄电池的电压将会降到 10V 左右。在这样的情况下，一方面要通过控制器对蓄电池进行保护，另一方面要保证光源在高、低电压下均能可靠启动和稳定工作。

1.3 太阳能光伏照明装置的简要工作原理

1.3.1 太阳能光伏照明装置的原理方框图

太阳能光伏照明装置由太阳能电池、充放电控制器、蓄电池、照明灯具组件及它们之间的电缆连线等几个主要部分组成，其原理方框图见图 1.3。

太阳能光伏照明装置以如下方式自动工作：

白天，太阳光照射在太阳电池组成的太阳能电池板上，太阳能电池将光能转换成直流电压为 12V 或 24V 的电；充放电控制器在太阳能电池电压的作用下自动向蓄电池充电，蓄电池将太阳能电池发出的电能以化学能的形式贮存起来。

晚上，贮有电能的蓄电池，由充放电控制器自动控制、在规定的时段内或当地面照度值低于规定（或设定）的照度值时，经充放电控制器向照明灯具组件放电。照明灯具组件将电能转变为光能，向设定的场所提供照明。

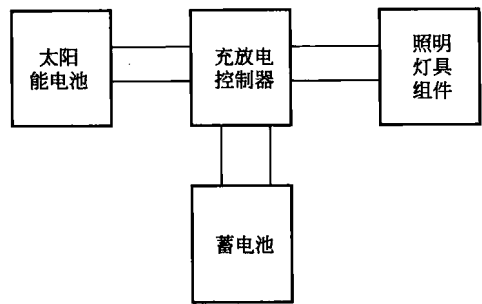


图 1.3 太阳能光伏照明装置原理方框图

1.3.2 太阳能电池

(1) 太阳能电池原理

晶体硅太阳能电池原理示意图 1.4。太阳能电池是一种能将太阳的光能转换为电能的器件，它由两种不同掺杂的 P 型和 N 型材料制成。两种不同掺杂的材料形成大面积的平面 PN 结，在光照作用下 N 区的空穴向 P 区运动，P 区的电子向 N 区运动。如图 1.4 所示，在光照的作用下，太阳能电池的上表面（受光面）N 区积累大量电子（负电荷），在太阳能电池的下表面（背光面）P 区积累大量空穴（正电荷），因而 PN 结之间会形成一定的电势差，

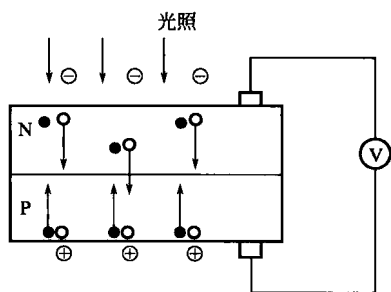


图 1.4 晶体硅太阳能电池原理示意图

这个电势差决定了太阳能电池的最大供电电压。

目前，太阳能电池的光电转换率一般在百分之十几以上，个别的转换率已经达到 30% 左右。

(2) 太阳能电池主要类型

① 单晶硅电池 单晶硅（太阳能）电池光电转换率最高，技术最为成熟，但由于单晶硅材料价格高、制造工艺繁琐，因此价格昂贵。单晶硅太阳能电池在道路照明、交通信号应用较为普遍，光电转换率为 11% ~ 24%，使用年限较长。现在正在逐渐被多晶硅薄膜太阳能电池和非晶硅薄膜太阳能电池等取代。

② 多晶硅电池 多晶硅薄膜（太阳能）电池由于所使用的硅比单晶硅少很多，不存在效率衰退等问题，而且可在廉价衬底材料上制备。多晶硅薄膜太阳能电池的成本低于单晶硅电池，光电转换率接近 20%，有望成为太阳能电池的主导产品，在室外照明中的应用将越来越广泛。

③ 非晶硅电池 非晶硅薄膜（太阳能）电池制作简单，成本较低，便于大规模生产，普遍受到人们的重视并得以迅速发展，光电转换率在 14.5% 以上，但稳定性较差。提高转换率和稳定性是非晶硅薄膜太阳能电池的发展方向。目前，非晶硅电池在低功率装置中应用较多。

1.3.3 蓄电池

蓄电池主要有以下 4 种。

- ① 铅酸蓄电池：是传统蓄电池，能量密度较低，对环境污染较为严重。
- ② 镍镉蓄电池：性能较铅酸蓄电池优越，但能量密度不足，镉污染严重。
- ③ 镍氢蓄电池：具有能量密度高、重量轻、寿命长、无环境污染等优点。
- ④ 锂电池：新型高能化学电源，具有高容量、高功率、小型化、无污染的特点。

宜选择阀控密封式铅酸蓄电池，容量应满足照明部件、控制部件和线路传输消耗总功率以及连续 3~5 个阴、雨、雪天照明的需求。

蓄电池的日放电深度应满足连续 3~7 个阴雨天正常照明的电量要求，最后一天蓄电池的剩余电量不得小于 20%。

1.3.4 充放电控制器

控制器是装置自动工作的核心，应具有以下功能。

(1) 控制装置的自动充、放电

充电时，控制太阳能电池对蓄电池的自动充电过程；放电时，控制蓄电池对负载的自动放电过程。

(2) 温度补偿

蓄电池充、放电压控制点是随着环境温度变化的，太阳能光伏照明装置的控制器应有温度补偿功能。温度补偿系数是：单节铅酸蓄电池为 $-3 \sim -7 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ，通常选用 $-4 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。

(3) 控制照明时间

控制模式分为光控和时控。宜采用“光控”、“时控”，或者“光控（开）加时控（关）”