

# 太阳能热水器及系统

第二版

罗运俊 王玉华 陶 桢 编著



化学工业出版社

# 太阳能热水器及系统

第二版

罗运俊 王玉华 陶 楨 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书由长期从事太阳能热水器研发的技术人员收集、整理和总结了业内资料编写而成。

全书共分6章，其中太阳能集热器、家用太阳能热水器和太阳能热水系统是重点内容。书中照片、数据、图形较多，强调实用性和可读性。

本书可作为太阳能热水器企业的设计、生产及管理销售人员的常备用书，也可供科研人员、大专院校师生、建筑开发商及广大太阳能业余爱好者学习参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

太阳能热水器及系统/罗运俊, 王玉华, 陶楨编著.  
2版. —北京: 化学工业出版社, 2015.1  
ISBN 978-7-122-21909-1

I. ①太… II. ①罗…②王…③陶… III. ①太阳能  
水加热器-基本知识 IV. ①TK515

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第225540号

---

责任编辑: 戴燕红

装帧设计: 刘剑宁

责任校对: 边涛

---

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: 三河市延风印装厂

710mm×1000mm 1/16 印张12½ 字数234千字 2015年1月北京第2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: 49.80元

版权所有 违者必究

## 第二版前言

太阳能热利用技术是新能源与可再生能源的重要组成部分，而太阳能热水器及系统又是太阳能热利用行业中技术最成熟、热性能最高、推广应用范围最广、经济效益最显著的实用技术产品。

30多年来，我国的太阳能行业企业家、工人和科研人员，在中央和各级政府的大力支持下，充分运用市场经济的规律，为发展太阳能热水器行业做出了巨大贡献，不仅在产品技术上已接近、达到或超过世界先进水平，而且无论是年销量还是保有量均占世界第一位，成为名副其实的太阳能热水器生产和使用大国。

然而，我们不能忘记，我国还是一个发展中国家。由于人口众多，按人均占有太阳能热水器采光面积来计算，还不到塞浦路斯和以色列的十分之一。因此，我们必须继续努力，进一步加快我国太阳能热水器行业的发展，促进由生产和使用大国向强国迈进，为贯彻和执行《可再生能源法》做出应有的贡献。

为了更好地宣传普及太阳能热水器及系统的有关知识，提高行业研发生产的技术水平和产品质量，我们收集、整理和总结了有关资料，重新修订了这本《太阳能热水器及系统》实用技术用书，增加了许多经典案例。全书共分6章，其中太阳能集热器、家用太阳能热水器及太阳能热水系统是本书的重点。需特别指出的是，书中吸收了国际流行和认可的《太阳能手册》(Solar Energy Handbook)一书中有关太阳能热水系统经济效益的计算方法。本书内容力求全面，照片、图形、数据较多，突出实用性和可读性，希望对广大业内读者提供较高的参考价值。

本书由罗运俊、王玉华、陶桢主编。在编写过程中参考和引用了不少书刊、企业及有关协会和学会内部发行的资料，另外还得到了国家知识产权局胡振的大力支持，在此谨向上述单位和有关作者表示衷心的感谢。

由于我们水平所限，编著中难免有不妥或疏漏之处，热诚希望业内读者和同行专家批评指正。

罗运俊 王玉华 陶桢

2014年6月

# 第一版序

能源是人类社会求生存和发展的物质基础。建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的常规能源体系，曾极大地推动、并继续支撑着人类社会的发展。但化石燃料的大规模开采和使用，已使资源日益枯竭、环境不断恶化，还诱发了不少国家之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至引起冲突和局部战争。我国的矿物能源资源以煤的储量比较丰富，然而人均能源资源只有世界人均能源资源的二分之一左右。从能源消费结构来看，我国是世界上最大的煤炭消费国，煤炭消费约占总能耗的 67%，这是导致环境严重污染、生态逐年恶化的根本原因之一。因此，大力开拓新能源与可再生能源的实际应用成为我国解决能源紧张和保护生态环境的重要战略任务。

太阳能是新能源与可再生能源的重要组成部分。太阳能属于分布性洁净的自然资源，能就地开发利用，具有取之不尽、用之不竭、不会污染环境和破坏生态平衡等特点。太阳能的开发利用有着巨大的市场前景，不仅带来很好的社会效益、环境效益，而且还有明显的经济价值。

我国地域广阔，是太阳能资源丰富的国家之一，三分之二的地区年辐射总量大于  $5020\text{MJ}/\text{m}^2$ ，年日照时数在 2200h 以上。尤其在大西北，更具有有效开发利用的潜力。为此，化学工业出版社专门组织了一批长期从事太阳能开发利用研究的专家和学者撰写了这套《太阳能实用技术丛书》。全套丛书共 7 册，涉及太阳能实用技术的各个领域。撰写各分册的作者都是相关专业行家，实践经验丰富，学术水平较高。丛书的内容系统全面、实用性和可读性强，对有志开发利用太阳能行业的人员富有参考价值。期望这套丛书的出版会对我国太阳能行业的发展和产品的创新开发提供有益的借鉴，为节约常规能源、减少环境污染、满足人民生活需要作出应有的贡献。



中国科学院院士  
清华大学热能工程与热物理研究所所长  
原中国太阳能学会理事长

# 目 录

<b>第 1 章 开发利用太阳能的必要性</b> .....	1
1.1 21 世纪的主要能源 .....	1
1.2 能源问题与中国经济的发展 .....	3
1.3 能耗消费结构与环境质量的关系 .....	5
1.4 节能建筑与太阳能的应用 .....	7
1.5 太阳能资源的分布 .....	8
<b>第 2 章 太阳能</b> .....	15
2.1 太阳能的相关基础知识 .....	15
2.2 太阳的能量 .....	17
2.3 太阳与地球 .....	19
2.4 太阳位置的确定 .....	20
2.5 太阳的辐射 .....	24
2.6 太阳能的特点及储存 .....	30
<b>第 3 章 太阳能集热器</b> .....	35
3.1 概述 .....	35
3.2 传热学的理论基础 .....	37
3.3 平板太阳能集热器 .....	44
3.4 真空管太阳能集热器 .....	61
<b>第 4 章 家用太阳能热水器</b> .....	79
4.1 概述 .....	79
4.2 闷晒家用太阳能热水器 .....	79
4.3 平板家用太阳能热水器 .....	85
4.4 真空管家用太阳能热水器 .....	88
4.5 家用太阳能热水器水箱 .....	92
4.6 家用太阳能热水器的检测 .....	113
<b>第 5 章 太阳能热水系统</b> .....	115
5.1 概述 .....	115
5.2 太阳能热水系统的分类 .....	116
5.3 太阳能热水系统的设计 .....	123
5.4 太阳能热水系统的施工 .....	130
5.5 太阳能热水系统的调试与验收 .....	152

5.6	太阳能热水系统的运行与维护 .....	153
5.7	太阳能热水系统的典型案例 .....	156
<b>第6章</b>	<b>太阳能热水器及系统的经济效益 .....</b>	<b>161</b>
6.1	概述 .....	161
6.2	经济效益分析 .....	161
6.3	太阳能热水器耗能对比分析 .....	174
6.4	太阳能热水系统经济效益分析实例 .....	176
<b>附录1</b>	<b>常用计量单位及其换算 .....</b>	<b>181</b>
<b>附录2</b>	<b>常用计算公式 .....</b>	<b>184</b>
<b>附录3</b>	<b>全国基本风压分布图 .....</b>	<b>188</b>
<b>附录4</b>	<b>建筑热工设计分区及设计要求 .....</b>	<b>189</b>
<b>附录5</b>	<b>建筑围护结构表面与空气之间的换热系数和换热阻 .....</b>	<b>190</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>191</b>

# 第 1 章 开发利用太阳能的必要性

## 1.1 21 世纪的主要能源

能源是人类现代文明和社会经济发展的物质基础。任何一个国家或地区的人均年消耗能源的多少，往往被看作是那个国家或地区贫富的标志。

然而，地球上蕴藏的化石能源资源十分有限，尤其是煤炭、石油和天然气。据《BP 世界能源统计述评 2001 年》资料及中国统计资料表明，全世界和中国剩余的能源资源可开采储量和可开采年限是十分有限的，表 1-1 为世界主要国家一次能源可采储量和储采比。

表 1-1 世界主要国家一次能源储量 (2011 年)

石 油			天 然 气			煤 炭		
国家	储量 /万亿米 <sup>3</sup>	储采比 /年	国家	储量 /万亿米 <sup>3</sup>	储采比 /年	国家	储量 /万亿米 <sup>3</sup>	储采比 /年
委内瑞拉	463	>100	俄罗斯	44.6	73.5	美国	2372.9	239
沙特	365	65.2	伊朗	33.1	>100	俄罗斯	1570.1	471
加拿大	282	>100	卡塔尔	25.0	>100	中国	1145.0	33
伊朗	208	95.8	土库曼斯坦	24.3	>100	澳大利亚	764.0	184
伊拉克	193	>100	美国	8.5	13.0	印度	606.0	103
科威特	140	97.0	沙特阿拉伯	8.2	82.1	德国	407.0	216
阿联酋	130	80.7	阿联酋	6.1	>100	乌克兰	338.7	390
俄罗斯	121	23.5	委内瑞拉	5.5	>100	哈萨克斯坦	336.0	290
利比亚	61	>100	尼日利亚	5.1	>100	南非	301.6	118
尼日利亚	50	41.5	阿尔及利亚	4.5	57.7	哥伦比亚	67.4	79
哈萨克斯坦	39	44.7	澳大利亚	3.8	83.6	加拿大	65.8	97
美国	37	10.8	伊拉克	3.6	>100	波兰	57.1	41
卡塔尔	32	39.3	中国	3.1	29.8	印度尼西亚	55.3	17
巴西	22	18.8	印度尼西亚	3.0	39.2	巴西	45.6	>100
中国	20	9.9	马来西亚	2.4	39.4	希腊	30.2	53
世界总计	2343	54.2	世界总计	208.4	63.6	世界总计	8609.4	112

来源：BP Statistical Review of World Energy, 2012。





图 1-1 所示为至 2500 年的化石燃料消费模式。纵坐标为每年能源的消耗量（亿吨或亿米<sup>3</sup>），横坐标为时间年代数，图中 A 曲线表示人类到 21 世纪中期左右化石燃料就要消耗殆尽。

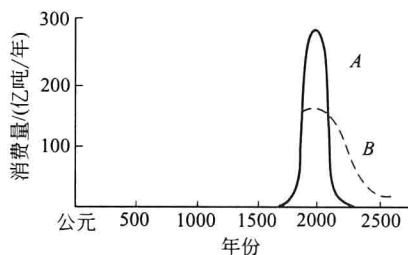


图 1-1 化石燃料的消费模式

因此，当今世界面临着能源资源危机，而社会经济的发展和现代文明的建设必然导致对能源资源的掠夺和对环境生态的破坏。

这样，若不加以控制，有可能孕育着全球性的冲突，甚至引发战争，把世界经济和我们人类推向灾难的深渊。我们人类应该立即转向开发和利用新能源与可再生能源，逐步摆脱对化石能源资源的依赖，才能实现既满足社会经济发展对能源的需求，又能在一个良好的生态环境条件下发展经济，建设和谐的真正文明的社会。

煤炭、石油和天然气之类的化石燃料，既是能源资源，同时又是合成纤维、树脂和医药的贵重化工原料，如果单纯为了获得热能和电力将它燃烧，未免太可惜了。我们的责任和义务是尽可能减少化石燃料的燃烧，逐渐采用新能源与可再生能源来加以替代，争取把图 1-1 中的 A 曲线控制成 B 曲线那样，目的是为人类子孙后代尽量保留更多的化石燃料资源。

太阳能是一种取之不尽、用之不竭的清洁能源，在开发和利用过程中能节省大量化石能源，不仅环保，而且安全。

太阳能利用领域广阔，不受地理位置影响，无论是穷国还是富国，只要太阳能资源好，均可开发利用，而且无须开采和运输，更不受任何人、任何国家控制和垄断。

太阳能的利用也有其分散性、间歇性和随季节变化带来的不稳定性等缺陷，但是，随着科学技术的发展和材料、工艺的改进，包括辅助热源自动转换技术、储能技术的完善，所有这些缺陷将被人类逐渐克服和解决。由此可以相信，随着常规能源的日益短缺和环境质量不断恶化，作为可再生能源主力的太阳能将在全球能源供应中扮演越来越重要的角色。表 1-2 为世界各主要地区太阳能利用的情况及其发展预测。

表 1-2 世界各主要地区太阳能利用情况及发展预测

单位：百万吨油当量

国家和地区	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北美洲	3	6	24	85
拉丁美洲	1	2	8	33
西欧	1	2	9	26

续表

国家和地区	1990年	2000年	2010年	2020年
俄罗斯/东欧	2	3	9	29
中东/北非	1	2	6	18
撒哈拉以南非洲	1	1	6	23
太平洋/中国	1	3	17	77
中亚/南亚	2	3	14	64
总计	12	22	93	355

## 1.2 能源问题与中国经济的发展

能源问题是国民经济的命脉，在社会可持续发展中起着举足轻重的作用。据经济学家分析，由于能源短缺造成的国民经济损失约为能源本身价值的20~60倍。例如，1973年中东战争期间，世界发生了能源危机，当时美国由于缺少1.16亿吨标准煤，致使经济损失达930亿美元；日本由于缺少0.6亿吨标准煤，损失达485亿美元。

中国的能源短缺严重地制约了国民经济的发展，主要体现在以下几个方面。

① 中国是一个能源资源的强国，但又是一个人均能源资源的弱国。

中国的煤炭资源十分丰富，成煤时代久，分布广，煤种齐全。据1997年全国第三次煤炭资源预测与评估报告中的数据，煤炭资源总量为55663.02亿吨，可采储量为1145亿吨，位居世界第一位。水能资源的理论蕴藏量为6.76亿千瓦，年发电量为59200亿千瓦·时，不论是水能资源的理论蕴藏量还是可开发的水能资源均居世界第一位。

然而，由于中国人口众多，人均能源资源拥有量却比世界平均人均能源资源拥有量少得多。

表1-3显示中国人均能源占有状况与几个主要国家的对比。表中数据说明，中国化石能源煤炭、石油及天然气的开采年限仅分别为41年、11.1年和32.2年。

表1-3 显示中国与全球主要能源的探明储量、生产量及开采年限的对比（2006年国家统计局）。表中数据说明，中国主要化石能源开采年限仅有10~40年。

项目		探明储量	生产量	开采年限(年)
品种	数据			
煤炭 /亿吨	全球	8260	67.705	122
	中国	1145	27.927	41

续表

项 目		探明储量	生产量	开采年限(年)
品种	数据			
原油 /亿吨	全球	1708	40.667	42
	中国	21	1.897	11.1
天然气 /万亿 m <sup>3</sup>	全球	185.02	3.063	60.4
	中国	2.46	0.07	32.3

表 1-4 显示中国主要能源的人均产量消费量与世界平均水平的比较, 同样反映出, 中国 3 种化石能源中有 2 种人均储量均远低于世界人均水平, 只有煤的人均储量接近于世界人均水平。

表 1-4 显示中国和全球主要能源储量、人均占有储量的对比 (2010 年国家统计局)

项 目	中国储量	全球储量	中国储量占世界储量的比例(%)	中国人均储量	全球人均储量	中国人均量与全球人均量的对比(%)
煤炭/亿吨	1893	9844	19	145 吨	152 吨	95
原油/亿吨	24.2	1427	1.7	1.85 吨	22 吨	8.4
天然气/亿 m <sup>3</sup>	20861	1557800	1.34	1595m <sup>3</sup>	24000m <sup>3</sup>	6.63

## ② 产品单位能耗高, 节能任务繁重。

中国共产党的十三届四中全会以来, 在党中央、国务院关于“资源开发与节约并举, 把节约放在首位”的方针指引下, 我国节能工作取得了显著成绩, 每万元国内生产总值能耗由 1989 年的 5.52 吨标准煤下降到 2001 年的 2.65 吨标准煤, 对改善环境质量、减排温室气体做出了巨大贡献。但是, 与发达国家相比, 还有很大差距。

中国是一个发展中国家, 产业结构和工业结构还处在比较落后的水平, 能源大部分消费在工业生产之中, 同时又面临着资金短缺和技术落后的困扰, 使节能工作投入力度不够, 致使中国单位产品的能耗极高。目前, 每创造 1 美元产值中国所消耗的能源为  $69 \times 10^3$  kJ, 是 7 个工业发达国家平均水平的 5.9 倍, 是美国的 4.3 倍、法国的 7.7 倍、日本的 11.5 倍。全国 1 年内因电能利用率低所造成的电能损失相当于 2.3 个三峡电站的发电量。

煤炭不仅是主要的一次能源, 而且是导致环境污染和温室效应的一个主要污染源。因此, 节约煤炭一方面能够产生巨大的经济效益, 另一方面还会带来明显的社会效益和环境效益。除了在煤炭的开采、加工、运输、储存过程中杜绝浪费外, 还应提高设备的燃烧效率, 对于耗煤的电力企业应发展热电联产和联合循环, 发展集中供热和城市煤气化以及利用垃圾焚烧的热能等, 也都是节约煤炭的

重要措施。此外，节约用油、节约用气和节约用水都应成为全社会共同努力的目标。

### ③ 能源形势与国家安全息息相关。

1980年以后，中国能源总耗量年增长率约5%，是世界平均增长率的3倍。近年来，国家能源短缺，石油进口量逐年增大，进口能源依存度也在不断攀升。2004年我国原油进口量达1.22亿吨，石油消费对外依存度从2003年的36%上升到45%，已成为仅次于美国和日本的世界第三大石油进口国，这里还不包括进口走私的油量。大量的石油进口不仅需要消耗大量的外汇储备，而且还使国家社会和经济的正常运行受到进口石油的约束和限制，一旦因无法预料的战争或突发事件而被迫中断进口，就会给国民经济和民生造成重大影响，并将直接威胁国家的安全。

以前，中国从国外引进石油一直走海路，主要从中东、海湾地区输入。这不利于国家安全，应采取全方位、多元化方针。不仅走海路，而且走陆路；不仅从远处引进，而且从邻国引进；不仅从中东、海湾引进，而且从俄罗斯、中亚、里海等地引进。但是，从国家长远安全考虑，像中国这样一个人口众多的国家，应该提倡自力更生，并采用新能源和可再生能源，逐步替代和减少进口石油。

## 1.3 能耗消费结构与环境质量的关系

环境是人类生产和生活的空间，也是人类生存和发展的物质基础。人类在创造物质文明和精神文明的同时，也在不同程度地破坏环境质量，并为此付出了沉重的代价。

中国的能源消费结构很不理想，煤炭在能源消费结构中占70.7%，而石油、水能、天然气、核能等优质能源所占比例太小，分别为17.2%、8.2%、3.2%、0.7%，如图1-2所示。

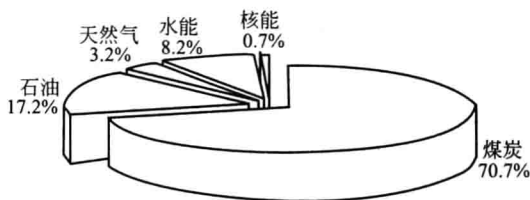


图 1-2 中国 2002 年能源生产结构

导致中国环境污染的根本原因

就是煤炭的大量开采和消费，它已经造成了全国环境的严重污染和生态的破坏，极大地威胁着人们的安全和健康生活。

中国是发展中国家，改革开放以来，随着经济的迅速发展和人民生活水平的提高，环境污染也日趋严重。1998年在全国322个环境统计的城市中，空气质量达到国家二级标准的占27.6%，处于国家三级标准的占28.9%，超过国家三级标准属于严重污染的占47.5%。1998年国际卫生组织公布的全球10个污染严

重的城市中我国就占了7个，包括太原、北京、兰州等。由于采取了各种环境保护措施，在2000年统计的338个城市中，已有36.5%的城市达到国家空气质量二级标准，在47个环境保护重点城市中空气质量达到国家二级标准的有27个城市。2000年与1995年大气中主要污染物排放情况的对比见表1-5。至2002年我国的大气质量状况又有很大的改善。全国471个城市中，有209个城市环境空气质量达到国家二级标准，占统计城市的44.3%，比1998年增加了16.7个百分点。2002年城市空气中的二氧化硫浓度比1998年降低了17.5%；总悬浮颗粒物浓度比1998年下降了10.5%。虽然我国城市空气质量恶化的趋势得到了遏制，但空气污染程度仍然严重，尤其是人口超过百万的特大城市。目前颗粒物是影响城市空气质量的首要污染物，还有53.5%的城市颗粒物浓度未达到国家二级标准。因此在提高能源利用率的同时大力治理能源所造成的环境污染仍是我国的当务之急。

表 1-5 2000 年与 1995 年大气中主要污染物排放量的对比

单位：万吨

污 染 物	1995 年	2000 年	增减率/%
二氧化硫	2369.6	1995.1	-15.8
烟尘	1743.6	1165.4	-33.2
粉尘	1731.2	1092	-36.9

所谓环境，是指物质环境，即人类生存和发展的各种天然或人工改造的自然因素总体，包括大气、水质、土壤、矿藏、森林、草原、野生生物、自然和人文遗迹、自然保护区和风景名胜以及城市和农村等。

1999年中国的二氧化碳排放量约6.69亿吨，已经居世界第二位。2011年中国的二氧化碳排放量已居世界第一位，详见表1-6。中国的酸雨区域已覆盖四川、贵州、重庆、广东、广西、湖南、湖北、江西、浙江、江苏等省市，面积达200多万平方公里，是世界上三大酸雨区之一。1995年中国由于酸雨和二氧化硫污染造成的农作物、森林和人体健康等方面的经济损失约为1100多亿人民币，已接近当年国民生产总值的2%。

表 1-6 主要国家 CO<sub>2</sub> 的排放量

国家	2005 年总排放量/Mt	2011 年总排放量/Mt	人均排放量/t
中国	5232.1	7320.2	4.6
美国	7022.3	6923.3	19.7
俄罗斯	1827.7	1967.7	13.7
德国	942.3	968.5	11.9
日本	1532.3	1322.6	10.5
英国	660.2	637.7	10.6
加拿大	737.2	732.5	19.6

中国现有荒漠化土地面积约 267.4 万平方公里，占国土总面积的 27.9%，而且每年仍以 1 万多平方公里的速度增加，有 18 个省近 4 亿人口的耕地和家园正受到不同程度的荒漠化威胁，每年因荒漠化危害造成的损失高达 540 亿元人民币。

中国的森林覆盖率约 13.39%，远低于世界平均水平，只有世界人均水平的七分之一。日本的森林覆盖率是 65%，但政府不许采用本国的森林资源生产一次性筷子，却在中国兴建了数十家筷子工厂并返销到日本，仅 1996 年就向日本出口 200 亿双筷子，然后统一回收，制成木浆，出口到别的国家赚取外汇。此外，全国七大江河水系，劣五类水质占 40.9%，中国的 600 多座城市中有 400 座供水不足，其中 100 多个城市严重缺水，在农村尚有 3.6 亿人口喝不上符合卫生标准的饮用水。

由于中国是一个水资源十分有限的国家，人均淡水资源只有世界人均水平的四分之一。而工业化的发展必然消耗大量的水资源，同时还要排放废水污染水质，这与人民生活质量提高和城市化对水资源的需求增加构成了尖锐的矛盾。如何兼顾经济发展与环境的可持续发展，是一个十分值得全社会关注的焦点问题。

## 1.4 节能建筑与太阳能的应用

当前，世界各国普遍重视节能建筑、绿色建筑的研究。无论是节能建筑还是绿色建筑，其重要内容是指从建材的生产到建筑物的规划、设计、施工、使用、管理及拆除等过程要求消耗最少的地球资源，使用最少能源及制造最少废弃物的建筑物。

中国从基本国情出发，大力提倡建设节约型社会，强调整能、节地、节水、节材和环保，体现了可持续发展的内涵。

近年来，中国的人民生活水平有了很大提高，住宅建筑和公共建筑得到了突飞猛进的发展。根据 2013 年国家统计局统计全国住宅开发投资 86013 亿元，施工面积为 66 万  $\text{m}^2$ ，比上一年增加 19.8%，占国内生产总值达 15.1%。全国城镇民用住宅建筑运行耗电为国家总发电量的 22%~24%，北方采暖耗煤量为全国非发电用煤量的 15%~18%，随着城市化程度的提高，建筑能耗占总能耗的比例有可能接近发达国家 33% 的水平。但是，中国目前的单位建筑能耗比同等气候条件下的发达国家要高出 2~3 倍。根据国家建设部规划的总体目标，到 2010 年全国城镇建筑总能耗要基本实现节能 50%，到 2020 年北方和沿海经济发达地区及超大城市（如北京、深圳等）要实现建筑节能 65% 的指标。

城镇建筑能耗按其性质可分为几类：①北方地区的采暖能耗，约占总建筑能耗的 56%；②除采暖外的住宅能耗，包括照明、炊事、生活热水、家电空调，约占总建筑能耗的 18%；③一般非民用住宅建筑能耗（如办公室、中小型商店、学校等），约占总建筑能耗的 14%；④大型公共建筑能耗（高档写字楼、酒店、大型购物中心），约占总建筑能耗的 12%。如图 1-3 所示。

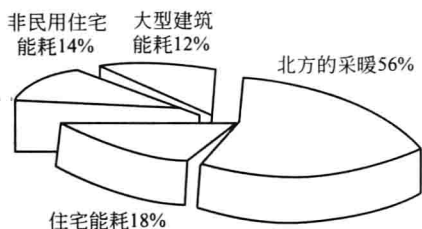


图 1-3 城镇建筑能耗比例

太阳能系列产品在住宅建筑中的应用应根据各地的环境、经济条件、建筑结构和用户的需求进行精细的设计。为此，特做如下说明。

① 在不影响建筑外观情况（有时还有助于建筑外观）下，城镇平房、平屋顶板楼或别墅推荐使用紧凑式家用太阳能热水器，对于经济条件好的地区可安装有辅助电加热的分离式承压家用太阳热水器，对于特富地区的别墅可采用太阳能光伏系统，对于农村住宅可应用紧凑式家用热水器或太阳灶。

② 对于全天采光较好的平屋顶多层板楼小高层或塔楼（一般少于 24 层），考虑到不影响城市的景观、降低工程造价、减少维修工作量以及采用自动化远程监控计量系统。尽可能采用大、中型太阳能热水系统，不提倡一户装一台热水器。为便于全年使用和收费，系统应考虑辅助热源的全天候太阳能热水系统，每户安装热水表，并建议由物业公司或安装单位进行统一维护和管理，免除用户维修的困扰。对于无电地区或经济条件较差的地区的民用住宅，系统应优选自然循环太阳能热水系统。对要求进行冬季采暖和全年供热水的用户，建议设计系统时热水器的采光面积与建筑面积之比在华北地区可按 1:5 左右进行设计安装，地板采暖盘管的使用寿命要求 30 年以上，进水温度按 30~50℃ 考虑，另外系统必须安装辅助热源。由于非采暖季用户热水用不完，为节约能源，减少运行费用，建议将多余热水供应附近需要热水的单位。对于斜屋顶建筑，太阳能热水系统的集热器与水箱必须分开设计安装。对于经济条件好的多层板楼，用户也可以安装太阳能光伏系统以供家用电器及照明之用，或采用空气源及浅层地源热泵以向用户供应全年的热水、采暖及空调。

③ 对于屋顶面积有限的建筑的部分朝南或朝西用户，可安装阳台栏板式热水器；此外民用建筑的住宅还可安装空气源或浅层地源热泵与太阳能热水系统相结合进行全年供热水，冬季采暖，夏季空调，不仅节省能源，而且使用效果也很好。

值得提出的是，对于阳台栏板式太阳能热水器或紧贴南墙墙面的太阳能热水器，若无一定的倾角，则夏季使用效果很差，尤其是在纬度较低的南方地区。

## 1.5 太阳能资源的分布

### 1.5.1 世界太阳能资源分布

世界太阳能资源分布如图 1-4~图 1-7 所示。该 4 张图反映了全年不同季节

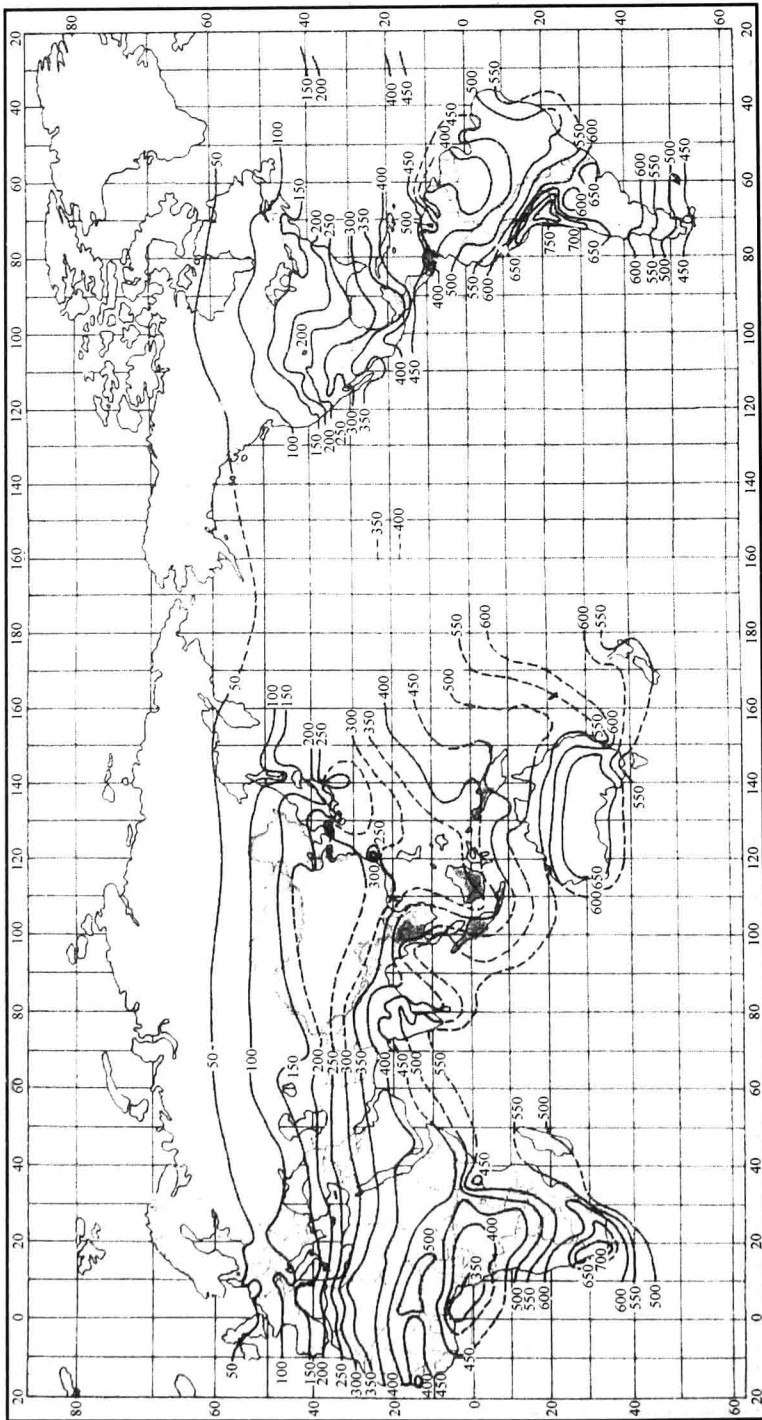


图 1-4 1 月份全球表面日平均辐照量  
(图中数字单位为 cal/cm<sup>2</sup>, 1cal=4.1868J)



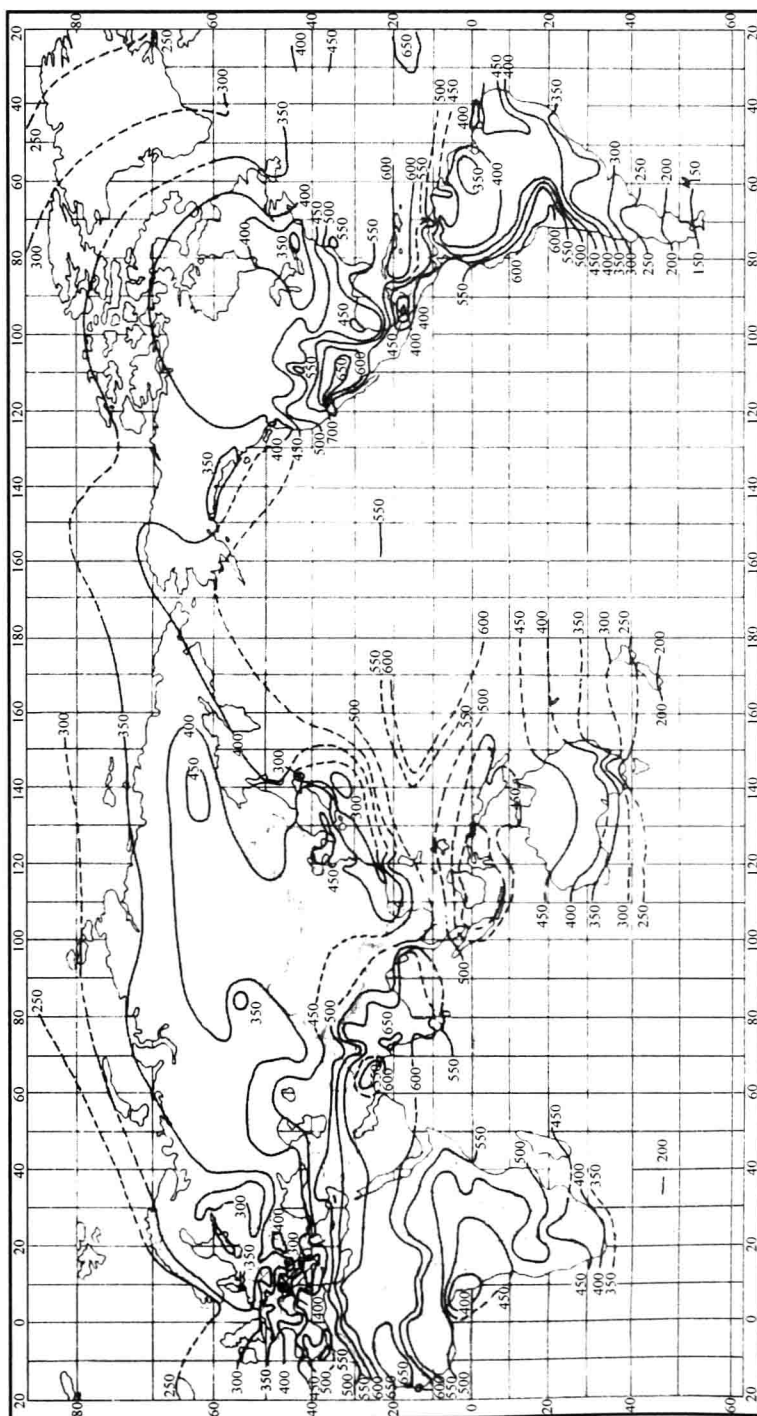


图 1-5 4 月份全球表面日平均辐照量  
(图中数字单位为 cal/cm<sup>2</sup>, 1 cal=4.1868 J)