



太阳能实用技术丛书

# 太阳热水器及系统

罗运俊 陶 楨 编著



化学工业出版社  
环境·能源出版中心



太阳能实用技术丛书

# 太阳热水器及系统

罗运俊 陶 楨 编著



化学工业出版社

环境·能源出版中心

·北京·

本书是《太阳能实用技术丛书》之一。

本书由长期从事太阳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，其中太阳集热器、家用太阳热水器和太阳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

太阳热水器及系统/罗运俊,陶楨编著. —北京:  
化学工业出版社, 2006.9  
(太阳能实用技术丛书)  
ISBN 7-5025-9363-2

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第109800号

---

太阳能实用技术丛书

### 太阳热水器及系统

罗运俊 陶楨 编著

责任编辑:戴燕红 郑宇印

责任校对:郑捷

封面设计:胡艳玮

\*

化学工业出版社 出版发行  
环境·能源出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本720mm×1000mm 1/16 印张12 字数222千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-9363-2

定价:28.00元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换



# 站在高端 放眼天下

——清华阳光领军新能源行业

珠穆朗玛峰被称为世界第一峰

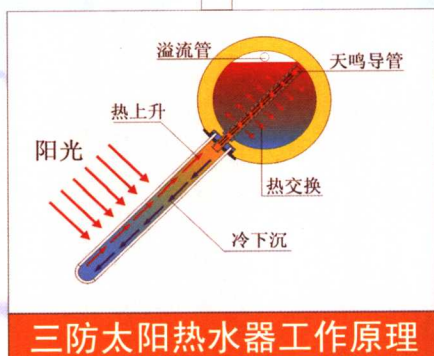
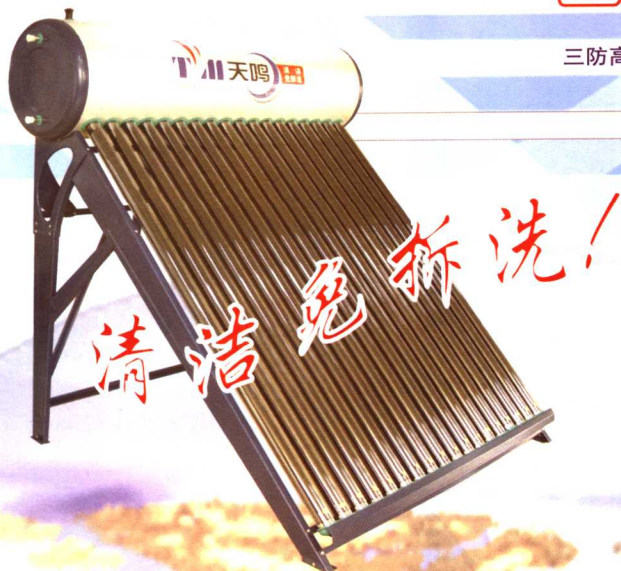
清华阳光公司 20 余年来，从发明第一支“Al-N/Al”新型涂层的真空集热管以来，陆续推出紫金涂层，紫金“Tri-Tube”管中管技术，始终站在行业的技术高端。新世纪，能源危机不断凸显，清华阳光与清华大学多个院系合作，放眼于整个新能源领域的科研开发，尤其加强光电等新能源方面研究，雄厚的科研实力和以解决能源危机为己任的气魄，必将领军新能源的未来发展。



北京天鸣

# 三防真空管热水器

三防高强真空管—构筑太阳能热水器安全可靠新平台



- 随时上水防炸管
- 单管破裂防跑水
- 真空管内防结垢
- 用水清洁免拆洗



专业、专注 —— 缔造太阳能供热系统专业品牌





**天普 太阳能**  
TIANPU SOLAR WATER HEATER



## 天普集团简介

北京天普集团是以生产太阳能热水器为主，向周边行业延伸的大型集团公司。全面通过ISO9000、ISO14000、OHSAS18000等国际质量、环境和职业健康安全管理体系认证并获得国家免检产品、国家级重点新产品、中国太阳能热水器金太阳（CGC）认证、中国强制电工安全3C认证。先后承担国家863计划、国家火炬计划、星火计划和北京2008奥运会建设科技专题项目。获得30项国家专利。

公司拥有1000万支全玻璃真空集热管和50万台（套）太阳热水器年生产能力，同时拥有太阳能光电、地源热泵中央空调、新能源建筑及正在开发的占地1800亩的天普庄园。公司产品出口欧美等发达国家和地区。集团公司将向新能源房地产、环保产业物流中心和大型新能源示范基地拓展。天普致力于成为可再生能源领域中最优秀的开发商、制造商和服务商。





# 同一个太阳 同一个天普

北京奥运专项新能源示范楼



## 中国最优秀的太阳能研发、制造、服务专家

北京天普太阳能工业有限公司

BEIJING TIANPU SOLAR ENERGY INDUSTRY CO.,LTD

地址：北京大兴芦城工业区

邮编：102612

工程部：010-61239682 61230426 销售部：010-89220277/88

传真：010-89215733

免费咨询电话：800-810-8158

http://www.tianpu.com

E-mail: market@tianpu.com



# 北京华光太阳能过滤设备厂



公司介绍：北京华光太阳能过滤设备厂是一家集房屋管理与修缮、设备生产与安装，环境保护与物业管理为一体的多功能企业。我公司具有物业管理资质、房地产经纪资质、室内外装饰装修资质。

能够进行太阳能热水器、采暖、给排水、水处理设备的生产安装维修。

我们的办事宗旨是：“质量第一，用户至上”。我们的企业精神是：“今天的事，今天办”。

## 太阳能房



太阳能房介绍：为响应北京绿色、人文、科技的口号，配合奥运环保、节能工程的开展和美化京城环境项目的实施，我企业利用自己生产的产品，自行设计、建设了太阳能房。室内的洗浴设施和采暖均由太阳能集热器提供，室内照明和其他用电由太阳能光电板提供。室内的用水全部收集，经过生物污水处理设备进行处理后，用来浇灌周边绿地。实现了环保，节能，安全的设想，并且经济效益显著。

## 局部功能介绍

### 太阳能光电系统

可根据用电性质，功率和具体情况设计不同的光伏供电系统，通过太阳能光电板，实行光电转换，通过控制器的调节到电池储能保证用电器用电不受供电线路的影响，也不用开沟埋线，不消耗常规能源，可就地建设、安装。特别适合小区，城镇、公园、庭院及特殊地点使用。

### 公共饮水器

在公共场所提供安全、卫生健康的直饮水。采用活性炭过滤层去除异味、固体杂质，再通过德国进口高级滤芯过滤水中各种有害物质如细菌病毒、氯、氨等。保证出水质量稳定。可以安装在室外商业区、旅游景点、人口密集的办公厅内，不但解决了公共场所的饮水、用水问题，也对周围环境起到了美化作用

### 一体化生物污水处理设备

可分为地上式和地埋式，地上式主要以不锈钢材料为主，地埋式主要以混凝土土建为主，材料，形状不固定，可以根据客户的要求和现场的情况决定。

优点：低投入、高回报；结构紧凑，体积小；使用寿命长，设计合理，维修方便；使用范围大。

有一定的抗冻能力，耐热性能好，可四季使用，价格低廉，特别适合家庭使用，安全、环保、节约。

### 真空玻璃管太阳能热水器

联系电话：010-82918126, 82911848  
传 真：010-82951634  
技术咨询：13901222030



## 《太阳能实用技术丛书》编委会

主 任：罗运俊

副 主 任：王长贵

编委会成员（按汉语拼音排序）：

陈晓夫 崔容强 戴燕红

季秉厚 刘 宏 罗运俊

任宏琛 陶 楨 田晓红

王长贵 吴达成 薛德千

张璧光

## 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



## 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，而太阳热水器及系统又是太阳能热利用行业中技术最成熟、推广应用范围最广、经济效益最显著的实用技术产品。

20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，为发展太阳热水器行业做出了巨大的奉献，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热水器行业的发展，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，编写了这本《太阳热水器及系统》实用技术书。全书共分6章，其中太阳集热器、家用太阳热水器及太阳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》一书中有关太阳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、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 陶桢

2006年6月

# 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 .....	2
1.3 能耗消费结构与环境质量的关系 .....	4
1.4 节能建筑与太阳能的应用 .....	6
1.5 太阳能资源的分布 .....	9
<b>第 2 章 太阳能</b> .....	16
2.1 太阳能的相关基础知识 .....	16
2.2 太阳的能量 .....	18
2.3 太阳与地球 .....	20
2.4 太阳位置的确定 .....	21
2.5 太阳的辐射 .....	25
2.6 太阳能的特点及储存 .....	31
<b>第 3 章 太阳集热器</b> .....	36
3.1 概述 .....	36
3.2 传热学的理论基础 .....	36
3.3 平板太阳集热器 .....	43
3.4 真空管太阳集热器 .....	61
<b>第 4 章 家用太阳热水器</b> .....	74
4.1 概述 .....	74
4.2 闷晒家用太阳热水器 .....	74
4.3 平板家用太阳热水器 .....	79
4.4 真空管家用太阳热水器 .....	83
4.5 家用太阳热水器水箱 .....	87
4.6 家用太阳热水器的检测 .....	105
<b>第 5 章 太阳热水系统</b> .....	107
5.1 太阳热水系统的分类 .....	107



5.2	太阳热水系统的设计 .....	118
5.3	太阳热水系统的施工 .....	125
5.4	太阳热水系统的调试与验收 .....	146
5.5	太阳热水系统的运行与维护 .....	147
<b>第6章</b>	<b>太阳热水器及系统的经济效益 .....</b>	<b>151</b>
6.1	概述 .....	151
6.2	经济效益分析 .....	151
6.3	太阳热水器耗能对比分析 .....	164
6.4	太阳热水系统经济效益分析实例 .....	166
<b>附录1</b>	<b>常用计量单位及其换算 .....</b>	<b>171</b>
<b>附录2</b>	<b>常用计算公式 .....</b>	<b>174</b>
<b>附录3</b>	<b>全国基本风压分布图 .....</b>	<b>178</b>
<b>附录4</b>	<b>建筑热工设计分区及设计要求 .....</b>	<b>179</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>180</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>181</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，具体数据如表 1-1 所示。

表 1-1 世界与中国能源资源可开采数据

范围	煤 炭		石 油		天 然 气	
	可开采储量 / 亿吨	可开采年限 / 年	可开采储量 / 亿吨	可开采年限 / 年	可开采储量 / 亿米 <sup>3</sup>	可开采年限 / 年
世界	9842	227	1421	40	1500000	61
中国	900	不足百年	23	14	6310	32

如果将表 1-1 中的数据画成曲线，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，则可得到图 1-1 的曲线，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。

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

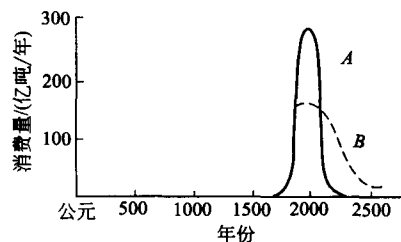


图 1-1 化石燃料的消费模式





的需求，又能在一个良好的生态环境条件下发展经济，建设和谐的真实文明的社会。

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掉，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
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，中国化石能源总量、石油及天然气的人均占有量仅分别为世界平均人均占有量的 58%、11% 和 4.5%。

表 1-3 中国一些主要能源人均占有储量及世界的比例 (1999 年)

能源品种	中 国		美国人均 储量/t	俄罗斯人均 储量/t	加拿大人均 储量/t	印度人均 储量/t
	人均储量/t	占世界人均/%				
化石能源总量	67	58	468	893	207	39
石油	1.8	11	14.8	44.2	22.4	0.55
天然气	1063m <sup>3</sup>	4.5	17527m <sup>3</sup>	320733m <sup>3</sup>	60253m <sup>3</sup>	548m <sup>3</sup>
煤炭	125	79	913	772	288	77

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 种无论是人均产量及人均消费量均远低于世界人均水平，只有煤的人均产量和人均消费量略高于世界人均水平。

表 1-4 中国一些主要能源人均产量消费量及占世界人均的比例 (1999 年)

能源品种	产 量		消 费 量	
	人均产量/kg	占世界人均/%	人均消费量/kg	占世界人均/%
石油	125	22	181	26
天然气	22m <sup>3</sup>	4.8	16.8m <sup>3</sup>	4.6
煤炭	822	110	990	133

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%、

