

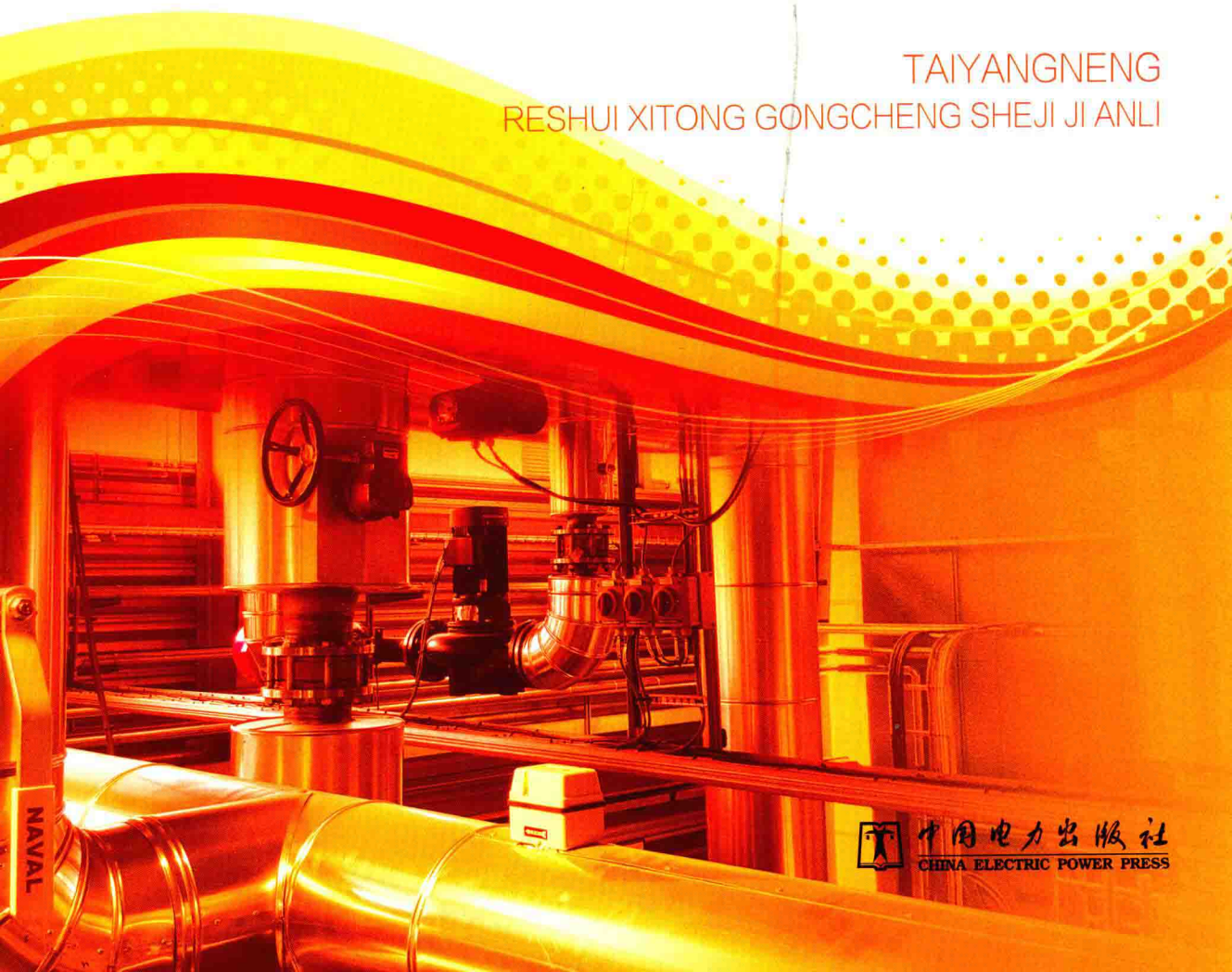


太阳能热利用实用技术丛书

太阳能 热水系统工程设计及案例

赵文智 颜 凯 盛国刚 编著

TAIYANGNENG
RESHUI XITONG GONGCHENG SHEJI JI ANLI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



太阳能热利用实用技术丛书

太阳能 热水系统工程设计及案例

赵文智 颜 凯 盛国刚 编著

TAIYANGNENG
RESHUI XITONG GONGCHENG SHEJI JI ANLI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

2016 年, 国家能源局给可再生能源光热产业提出一个很大的指标, 即“十三五”期间我国光热产业的保有量最低要达到 8 亿 m^2 , 这对光热整个产业来说是一个重大的机遇, 同时也是一个挑战。按照该规划, 到 2020 年, 我国太阳能光热利用行业的保有量将在现有基础上新增集热面积 5.5 亿 m^2 , 意味着未来五年内, 太阳能热利用保有量的平均年增长率将达到 16.8%。

本书共分为八章, 从太阳能系统的组成、分类、设计、施工、验收、运营维护、节能分析以及案例解析等方面全面地介绍了太阳能系统的专业知识, 其中前两章主要介绍太阳能系统的组成和分类, 第三、四章介绍太阳能系统的设计和施工方法, 是本书的核心部分, 第五、六章介绍太阳能系统的验收和维护管理, 第七章为系统节能分析, 第八章为典型工程案例。

本书适用于广大热爱太阳能事业的读者和从事太阳能行业的设计、施工专业人员, 以及计划投身太阳能事业的有志青年和大、专院校的在校学生。对于广大热爱太阳能事业的读者来说, 通过本册的学习可以普及太阳能热水系统知识, 初步了解太阳能热水系统的设计和施工方法并接触到典型的太阳能工程案例; 对于从事太阳能行业的设计、施工专业人员, 通过本册的学习可以更进一步学习行业设计和施工的方法, 博众家之长, 汲取经验, 提高自身的专业技术水平。

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能热水系统工程设计及案例 / 赵文智, 颜凯, 盛国刚编著. —北京: 中国电力出版社, 2018.6
(太阳能热利用实用技术丛书)

ISBN 978-7-5198-1435-9

I. ①太… II. ①赵…②颜…③盛… III. ①太阳能水加热器—热水供应系统—建筑安装工程—工程设计—案例 IV. ①TU822

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 293754 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 孙 芳

责任校对: 王小鹏

装帧设计: 张 娟

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2018 年 6 月第一版

印 次: 2018 年 6 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米 $\times$ 1092 毫米 16 开本

印 张: 22.25

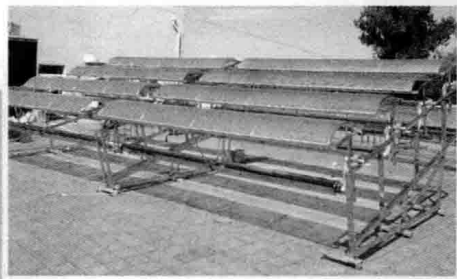
字 数: 553 千字

印 数: 0001—1500 册

定 价: 88.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换



前言

2009年12月18日，国家总理温家宝在丹麦哥本哈根联合国气候变化大会上承诺：到2020年，我国单位GDP二氧化碳排放将比2005年下降40%~45%。国际能源机构首席经济学家比罗尔说：到2020年，全球需要削减38亿t排放，中国就将削减10亿t。从数据上看，中国作出的减排承诺相当于同期全球减排量的四分之一。中国近年在推进节能减排中成效显著：与2005年相比，中国在2013年碳排放强度下降28.5%，相当于少排放二氧化碳25亿t。2016年，国家能源局给可再生能源光热产业提出一个很大的指标，即“十三五”期间我国光热产业的保有量最低要达到8亿m²，这对光热整个产业来说是一个重大的机遇，同时也是一个挑战。按照该规划，到2020年，我国太阳能光热利用行业的保有量将在现有基础上新增集热面积5.5亿m²，意味着未来五年内，太阳能热利用保有量的平均年增长率将达到16.8%。

从以上数据可以看出，我国的节能减排任务任重而道远，在诸多节能减排方式中，太阳能热利用无异是一个重要的部分，同时，太阳能热利用的重点也逐渐由家用零售模式转入工程项目模式，高层建筑、高密度住宅项目的太阳能热利用案例越来越多，因此太阳能热利用的设计和施工优劣就成为项目实施成败的关键。本册的诸位作者多年从事太阳能热利用工程，直接或间接参与了多个优秀的太阳能热利用工程，经过多年沉淀，积累了一些好的设计理念和施工方法，将这些经验和方法整理出来，分享给广大的读者，为我国太阳能热利用行业的水平提升尽一份绵薄之力。

本册主要针对太阳能热利用系统而编写，全书分为八章，从太阳能系统的组成、分类、设计、施工、验收、运行管理与维护、节能效益分析以及典型设计工程案例解析等方面全面地介绍了太阳能系统的专业知识，其中前两章主要介绍太阳能系统的组成和分类，第三、四章介绍太阳能系统的设计和施工方法，是本书的核心部分，第五、六章介绍太阳能系统的验收和管理与维护，第七章为系统节能效益分析，第八章为典型设计工程案例。

本册的受众人群主要为广大热爱太阳能事业的读者和从事太阳能行业的设计、施工专业人员，以及计划投身太阳能事业的有志青年、大、专院校的在校学生。对于广大热爱太阳能事业的读者来说，通过本册的学习可以普及太阳能热水系统知识，初步了解太阳能热水系统的设计和施工方法并接触到典型的太阳能工程案例；对于从事太阳能行业的设计、施工专业人员，通过本册的学习可以更深一步学习行业设计和施工的方法，博众家之长，汲取经验，提高自身的专业技术水平。

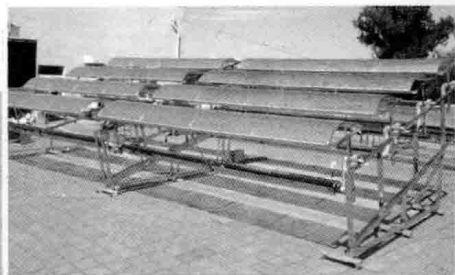
本册的编写单位为北京市太阳能研究所集团有限公司，本册的编写分工如下：第一章作者为赵文智，第二~三章作者为盛国刚，第四~八章作者为颜凯。

本册在编写的过程中，得到了国家经贸委/联合国太阳能热水器项目专家何梓年大力支持，何老师不仅对本册的编撰给出了很多专业的、宝贵的意见，使得本书的严谨性和专业性得到了提高，在此，对何老师的大力支持和辛勤指导表示由衷的感谢。

最后，本册在编写过程中，借鉴了诸多行业内专家、同仁的著作、实际工程案例，同时增加了一些作者从业多年所积累的经验，特别在民用太阳能住宅领域设计和施工方面提出了一些新的观点，由于水平有限，编撰时难免有疏漏错误之处，敬请广大读者谅解及提出指正意见。

编 者

2017 年 7 月



目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 太阳能热水系统发展现状	1
第二节 太阳能热水系统组成	2
第三节 太阳能热水系统分类	3
第二章 太阳能热水系统介绍	8
第一节 自然循环式太阳能热水系统	8
第二节 强制循环式太阳能热水系统	15
第三节 直流式太阳能热水系统	20
第四节 太阳能热水系统选用表	22
第五节 民用建筑太阳能热水系统	32
第三章 太阳能热水系统设计	45
第一节 一般要求	45
第二节 系统选型	47
第三节 热水系统负荷计算	48
第四节 太阳能集热系统设计	52
第五节 贮水箱设计	68
第六节 水泵选型	75
第七节 管道及管道保温设计	76
第八节 控制系统设计	81
第九节 辅助热源设计	85
第十节 管网及附件设计	93
第十一节 系统其他方面设计	104
第十二节 太阳能热水系统设计配合要点	108
第四章 太阳能热水系统施工	112
第一节 概述	112
第二节 太阳能集热器安装	115

第三节	贮水箱的安装	131
第四节	其他能源水加热设备（辅助热源设备）安装	133
第五节	太阳能热水系统的管道铺设与附件安装	148
第六节	管道保温与防腐	166
第七节	管道水压试验与消毒	168
第八节	控制系统安装	169
第五章	太阳能热水系统工程验收	171
第一节	概述	171
第二节	土建构造和预埋件质量验收	173
第三节	太阳能集热系统安装验收	178
第四节	其他能源水加热设备（辅助热源）安装验收	181
第五节	管道、附件及辅助设备的安装验收	187
第六节	控制系统安装验收	198
第七节	系统防雷接地	210
第八节	系统防冻和过热保护功能检验	211
第九节	系统热性能和水质检验	214
第十节	系统调试	216
第六章	太阳能热水系统的运行管理与维护	219
第一节	概述	219
第二节	水泵的运行管理与维护	221
第三节	自动控制系统的运行管理与维护	224
第四节	辅助加热系统的运行管理与维护	230
第五节	管路、水箱和附件的维护	243
第七章	太阳能热水系统的节能效益分析	247
第一节	概述	247
第二节	太阳能热水系统节能效益的预评估	248
第三节	太阳能热水系统节能效益的长期监测	253
第八章	典型设计工程案例	259
第一节	概述	259
第二节	住宅建筑	260
第三节	宿舍建筑	280
第四节	办公建筑	287
第五节	科研建筑	289
第六节	文化建筑	292
第七节	教育建筑	294

第八节 体育建筑	303
第九节 医疗建筑	309
第十节 交通建筑	317
第十一节 综合建筑	321
附录	325
附录 A 我国主要城市各月的设计用气象参数	325
附录 B 我国不同地区的太阳能集热器补偿面积比	330
附录 C 生活饮用水水质标准	336
附录 D 法定计量单位和单位换算	340
附录 E 薄壁不锈钢管连接方式、原理及优缺点	343
附录 F 各种管道支架最大间距一览表	345
参考文献	346

第一章

概 述

第一节 太阳能热水系统发展现状

太阳能 (Solar Energy), 一般是指太阳光的辐射能量, 太阳能作为一种新能源, 是一种清洁无污染的可再生能源。广义上的太阳能是地球上许多能量的来源, 如风能, 生物质能, 潮汐能、水的势能等。太阳能利用的基本方式可分为光—热利用、光—电利用、光—化学利用、光—生物利用四类。在四类太阳能利用方式中, 光—热转换的技术最成熟, 产品也最多, 成本相对较低。例如: 太阳能热水器、开水器、干燥器、太阳灶、太阳能温室、太阳房、太阳能采暖、太阳能制冷、太阳能泳池加热、太阳能工农业热利用、太阳能海水淡化装置以及太阳能光热发电等。太阳能光热发电比光伏发电的太阳能转化效率高, 但应用还不普遍。在光热转换中, 当前应用范围最广、技术最成熟、经济性最好的是太阳能热水器和太阳能热水系统的应用。

利用太阳能加热水是目前人类利用太阳能最普遍的形式。世界各国科学家和工程师经过百年的努力, 使太阳能热水成为当前技术上最成熟、经济上最具竞争力、商品化程度最高的太阳能热利用技术。在全世界范围内, 各种太阳能热水装置的生产已发展成为一个新兴的产业, 并且正在生活和某些生产领域得到广泛的应用。

我国政府历来重视太阳能的开发和利用。自 20 世纪 80 年代起, 包括太阳能热水技术在内的太阳能热利用技术的研究和开发已多次列入国家科技攻关项目, 并取得了一大批科技成果。这些科技成果已不同程度地转化为生产力, 投入批量生产, 加速推广应用, 其中以太阳能热水器最为突出。

二十多年以来, 我国太阳能热水器产业从无到有, 由小变大, 发展迅速, 产品的种类和规格层出不穷, 太阳能热水器的年产量和累计保有量均飞速增长。目前, 我国已成为全世界太阳能热水器的生产及应用大国, 年产量和累计保有量都居世界第一, 尤其是全玻璃真空管家用太阳能热水器已成为我国具有特色的太阳能热利用产品。我国有关太阳能热水器技术的国家标准体系也已基本形成。

当然, 尽管我国太阳能热水器技术和产业有了较大的发展, 但是对于一个拥有 13 亿人口的大国来说, 太阳能热水器的普及率仍然不太高, 产品的品种、功能和供应量也都远远不能满足人民物质生活水平日益增长的需求, 这就有待我国太阳能热水器技术和产业都取得更大的发展。

为民用建筑提供生活热水是改善人民生活水平的标志之一, 而节能和环保又是当今建设民用建筑的两大主题, 所以太阳能热水器在建筑中的大规模应用将成为可持续发展的必然趋



势。近年来,我国太阳能界和建筑界的科技人员共同努力,在太阳能热水器与建筑结合方面开展了大量工作,对产品结构功能、热水系统设计、建筑整合设计、常规能源匹配、系统安装调试、标准化规范化等各项技术专题进行了研究、探索和实践,并通过实施各种形式的试点示范工程,积累了不少成功的经验,这些均为实现太阳能热水器与建筑相结合提供了一定的技术基础。

本书就工程应用领域中的太阳能热水系统组成、分类、设计、施工、维护及案例分别做详细的介绍和分析。

第二节 太阳能热水系统组成

太阳能供热系统按热水供应用途可分为太阳能热水系统、太阳能供热采暖系统、太阳能空调系统以及太阳能工业加热系统等。太阳能热水系统是以吸收太阳辐射能为热源,将太阳能转化为热能并加热水的整套装置。简单的太阳能热水系统(如家用太阳能热水器)一般由太阳能集热器、水箱、支架和连接管道构成;大型太阳能热水系统主要包括太阳能集热装置、储热换热装置、备份能源装置(辅助加热系统)、循环管路装置、泵、控制系统、热水供应系统等。其中太阳能集热器装置和备份能源装置(辅助加热系统)是系统能源供应部分;储热换热装置是能源的储存部分;热水供应系统是能源利用部分。大型太阳能热水系统一般采用水泵提供工质循环动力,配备锅炉等备份热源保证系统热水能按需供应,并设置控制系统保证系统高效、安全运行。

由于太阳能热水系统在全年运行中受天气的影响很大,其独立应用存在间歇性、不稳定性和地区差异性,在太阳能应用中除利用集热器将太阳能转换成热能外,应采取热水保障系统(辅助加热系统)和储热措施来确保太阳能热水系统全天候稳定供应热水。太阳能热水供应系统设计与生活热水供应系统类似,可以参照建筑给排水规范和有关手册进行设计。

太阳能热水系统是利用太阳能集热器,收集太阳辐射能把水加热的一种装置,是目前太阳能应用发展中最具经济价值、技术最成熟且已商业化的一项应用产品。其主要由以下部件组成:太阳能集热器、贮水箱、连接管路、控制系统、辅助加热系统、泵、阀、设备与管道支架、设备防腐与保温等。

一、太阳能集热器

太阳能集热器是吸收太阳辐射并将产生的热能传递到传热介质的装置。它包含了丰富的含义:第一,太阳能集热器是一种装置;第二,太阳能集热器可以吸收太阳辐射;第三,太阳能集热器可以产生热能;第四,太阳能集热器可以将热能传递到传热介质。太阳能集热器是系统中的集热元件,它是构成各种太阳能热利用系统的关键部件,无论是太阳能热水器、太阳灶、主动式太阳房、太阳能温室还是太阳能干燥、太阳能工业加热、太阳能热发电等都离不开太阳能集热器,都是以太阳能集热器作为系统的动力或者核心部件的。其功能相当于电热水器中的电加热管。太阳能集热器的分类:

- (1) 按集热器的传热工质类型分类:液体集热器、空气集热器。
- (2) 按进入采光口的太阳辐射是否改变方向分类:聚光型集热器、非聚光型集热器。
- (3) 按集热器是否跟踪太阳分类:跟踪集热器、非跟踪集热器。



- (4) 按集热器内是否有真空空间分类：平板型集热器、真空管集热器。
- (5) 按集热器的工作温度范围分类：低温集热器、中温集热器、高温集热器。
- (6) 按集热板使用材料分类：纯铜集热板、铜铝复合集热板、纯铝集热板。

二、贮水箱

贮水箱是储存热水的容器，通过保温水箱把集热器在白天产生的热水储存起来。太阳能热水系统只能在白天有阳光的条件下产生热水，而且是一种比较缓慢加热的过程，而使用热水的时间却并不一定都在白天，因此，需要将白天产生的热水储存，以供其他时间使用。和电热水器的保温水箱一样，贮水箱的作用就是储存太阳集热器产生的热水，是储存热水的容器，容积是每天晚上用热水量的总和。

贮水箱根据使用加工的材料的不同可以分为：钢板水箱、搪瓷水箱、不锈钢水箱、玻璃钢预制水箱、水泥预制水箱、塑料水箱等。由于贮水箱储存的是热水，不宜采用耐温性能差的水箱，如塑料水箱等。

三、连接管路

太阳能连接管路是将热水从集热器输送到保温水箱、将冷水从保温水箱输送到集热器的通道，使整套系统形成一个闭合的环路。连接管路是一种合理安排的管道系统，设计合理、连接正确的循环管道对太阳能系统是否能达到最佳工作状态至关重要。热水管道必须做保温处理。管道必须有很高的质量，保证有 20 年以上的使用寿命。

四、控制系统

控制系统具有对整个太阳能热水系统的监控、运行、调节等功能，现在的技术已经可以通过互联网远程控制系统的正常运行。控制系统的主要功能有温差循环、强制循环、定温出水、电加热、伴热带、自动上水、定时加热防冻循环、高温保护、低水位保护、排空功能、停电保持、得电自动运行（可选）、防炸管功能、防欠款功能、远程控制等。

五、辅助加热系统

太阳能热水系统的辅助加热系统可由各种类型的常规能源组成，作为太阳能集热系统的补充，在连续阴雨天气或其他特殊供热需求太阳能集热系统无法保障时启动辅助能源系统，以保证系统热水能按需供应。辅助加热系统的选择必不可少，在阴雨天气或太阳辐照情况无法满足供热需求时需采用辅助能源进行系统的加热，辅助能源的功率选择需按最不利天气情况设计；辅助热源一般应具有可靠、稳定、随时可以供给等特点。辅助热源可以是各类能源，如煤、油、气、电、生物质、热泵等都可作为太阳能热水系统的辅助热源。与电热水器、燃气热水器不同的是，太阳能集热器利用的是太阳的辐射热量，加热时间只能在有太阳照射的白昼，所以有时需要辅助加热，如锅炉、电加热等。

第三节 太阳能热水系统分类

太阳能热水系统的种类很多，然而各种书本和资料对太阳能热水系统的分类方法各不相同，有时难免会给读者造成概念上的混乱。本节重点介绍的太阳能热水系统不同的分类方法。

一、按系统的特征进行分类

太阳能热水系统服务于人们的生活和生产，针对不同的用户，有着不同的设计原则和理念，系统选型也有所不同，我国各种标准对太阳能系统的划分均有不同。

1. 国际标准 ISO 9459 对太阳能热水系统的科学分类

国际标准 ISO 9459 对太阳能热水系统提出了科学的分类方法，即按照太阳能热水系统的七个特征进行分类，其中每个特征又可分为 2~3 种类型，从而构成一个严谨的太阳能热水系统分类体系，如表 1-1 所示。

表 1-1 太阳能热水系统的分类

特征	类 型		
	A	B	C
1	太阳能单独系统	太阳能预热系统	太阳能带辅助能源系统
2	直接系统	间接系统	
3	敞开系统	开口系统	封闭系统
4	充满系统	回流系统	排放系统
5	自然循环系统	强制循环系统	
6	循环系统	直流系统	
7	分体式系统	紧凑式系统	整体式系统

(1) 第 1 特征表示：系统中太阳能与其他能源的关系。

1) 太阳能单独系统——没有任何辅助能源的太阳能热水系统。

2) 太阳能预热系统——在水进入任何其他类型加热器之前，对水进行预热的太阳能热水系统。

3) 太阳能带辅助能源系统——联合使用太阳能和辅助能源，并可不依赖于太阳能而提供所需热能的太阳能热水系统。

(2) 第 2 特征表示：集热器内传热工质是否为用户消费的热水。

1) 直接系统——最终被用户消费或循环流至用户的热水直接流经集热器的系统，亦称为单循环系统或单回路系统。

2) 间接系统——传热工质不是最终被用户消费或循环流至用户的水而是传热工质流经集热器的系统，亦称为双循环系统或双回路系统。

(3) 第 3 特征表示系统传热工质与大气接触的情况。

1) 敞开系统——传热工质与大气有大面积接触的系统，其接触面主要在蓄热装置的敞开面。

2) 开口系统——传热工质与大气的接触仅限于补给箱和膨胀箱的自由表面或排气管开口的系统。

3) 封闭系统——传热工质与大气完全隔离的系统。

(4) 第 4 特征表示：传热工质在集热器内的状况。

1) 充满系统——在集热器内始终充满传热工质的系统。

2) 回流系统——作为正常工作循环的一部分，传热工质在泵停止运行时由集热器流入到蓄热装置，而在泵重新开启时又流入集热器的系统。

3) 排放系统——为了防冻目的，水可以从集热器排出而不再利用的系统。

(5) 第 5 特征表示：系统循环的种类。

1) 自然循环系统——仅仅利用传热工质的密度变化来实现集热器和蓄热装置（或换热器）之间进行循环的系统，亦称为热虹吸系统。



2) 强制循环系统——利用泵迫使传热工质通过集热器进行循环的系统, 亦称为强迫循环系统或机械循环系统。

(6) 第 6 特征表示: 系统的运行方式。

1) 循环系统——运行期间, 传热工质在集热器和蓄热装置 (或换热器) 之间进行循环的系统。

2) 直流式系统——有待加热的传热工质一次流过集热器后, 进入蓄热装置 (贮水箱) 或进入使用辅助能源加热设备的系统, 有时亦称为定温放水系统。

(7) 第 7 特征表示: 系统中集热器与贮水箱的相对位置。

1) 分体式系统——贮水箱和集热器之间分开一定距离安装的系统。

2) 紧凑式系统——将贮水箱直接安装在集热器相邻位置上的系统, 通常已成为紧凑式太阳能热水器。

3) 整体式系统——将集热器作为贮水箱的系统, 通常亦称为闷晒式太阳能热水器。

实际上, 同一套太阳能热水系统往往同时具备上述 7 个特征中的任意一种类型, 也可以同时是太阳能带辅助能源系统、间接系统、封闭系统、充满系统、强制循环系统和分体式系统。

2. GB/T 20095《太阳能热水系统性能评定规范》按热水系统特征分类

GB/T 20095《太阳能热水系统性能评定规范》按热水系统的 4 种特征进行分类, 每种特征又分为 2~3 种类型, 如表 1-2 所示。

表 1-2 太阳能热水系统分类

序号	分类特征	系统类型		
		类型 1	类型 2	类型 3
1	按储热水箱内水被加热的方式	直接系统	间接系统	...
2	按传热工质流动方式	自然循环系统	直流式系统	强制循环系统
3	按传热工质与大气相通状况分类	敞开系统	开口系统	封闭系统
4	按系统有无辅助热源分类	无辅助能源的独立系统	带辅助热源系统	

注 1. 敞开系统: 传热工质与大气有较大面积接触的太阳能热水系统, 接触面主要在储热装置的敞开面。

2. 开口系统: 传热工质与大气的接触仅限于补给箱和膨胀箱的自由表面或排气管口的太阳能热水系统。

3. 封闭系统: 传热工质与大气完全隔离的系统。

二、其他分类方法

当然, 除了按系统的特征进行分类外, 还有其他一些常用的分类方法, 下面列出一些其他分类方法。

1. 按太阳能集热器的类型分类

(1) 平板太阳能热水系统: 采用平板集热器的太阳能热水系统。

(2) 真空管太阳能热水系统: 采用真空管集热器的太阳能热水系统。

(3) U 型管太阳能热水系统: 采用 U 型管集热器的太阳能热水系统。

(4) 热管太阳能热水系统: 采用热管集热器的太阳能热水系统。

2. 按贮水箱的容积进行分类

(1) 根据用户对热水供应的需求, 确定贮水箱的容量。按照贮水箱的容积, 系统可分为:

1) 家用太阳能热水系统 (贮水箱容积小于 0.6m^3 的太阳能热水系统)。

2) 公用太阳能热水系统 (贮水箱容积大于或等于 0.6m^3 的太阳能热水系统)。

(2) 根据水箱数量分类：分为单水箱太阳能热水系统、双水箱太阳能热水系统、多水箱太阳能热水系统。

3. 根据系统是否承压分类。

(1) 闭式承压太阳能热水系统。

适用于储水容积较小的系统。比如在多层住宅的供水系统中以单元为供水单位的太阳能热水系统。

(2) 开式非承压太阳能热水系统。

适用储水容积较大的系统，系统工作原理图如图 1-1 和图 1-2 所示。

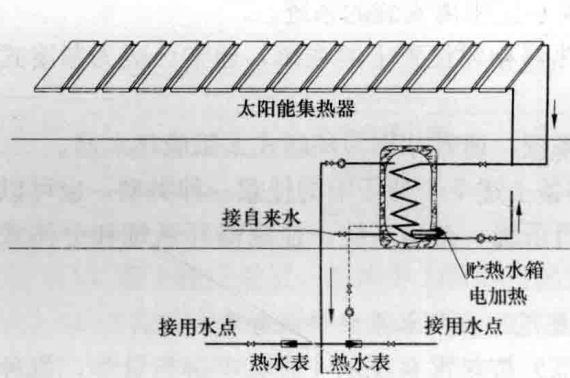


图 1-1 闭式承压太阳能热水系统

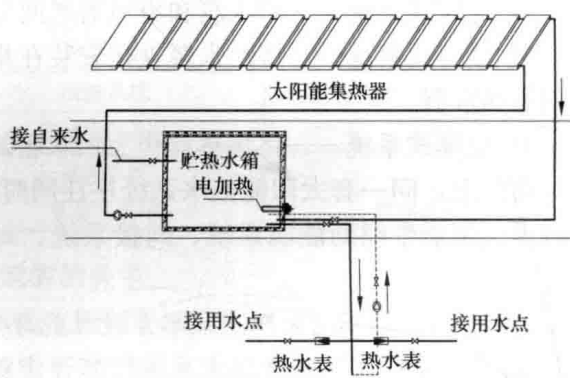


图 1-2 开式非承压太阳能热水系统

4. 根据系统是否设置换热设备分类

(1) 直接式太阳能热水系统，图 1-3 所示。

直接循环加热：太阳能贮热容器中的介质直接通过太阳能循环加热，系统效率高，无需定期补液；但是这种系统的使用会使水质有所下降，如设计不当还存在结垢问题。

(2) 间接式太阳能热水系统，图 1-4 所示。

间接循环加热：太阳能循环与储热容器通过换热器交换热量，这样既能保证使用水质，又能防止结垢；但是系统效率会有所降低；为了防冻，太阳能循环管路中的介质一般为防冻液，因此也必须要定期进行补液。

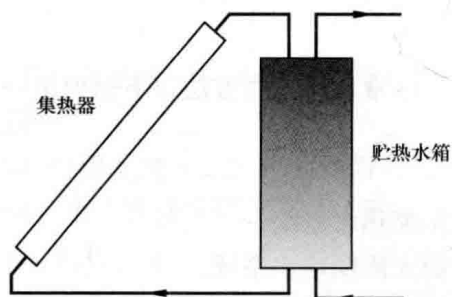


图 1-3 直接循环太阳能热水系统原理图

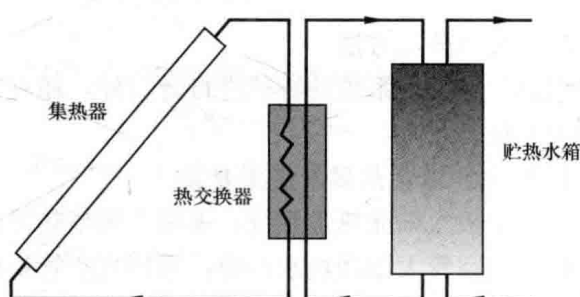


图 1-4 间接循环太阳能热水系统原理图

5. 民用建筑太阳能热水系统分类

GB/T 50363《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》根据太阳能热水系统供热水的形式把热水系统分为：集中供热水系统、集中-分散供热水系统、分散供热水系统。

(1) 集中供热水系统：采用集中的太阳能集热器和集中的贮热水箱，供给一幢或几幢建



筑物所需热水的系统。

(2) 集中-分散供热水系统：采用集中的太阳能集热器和分散的贮热水箱，供给一幢建筑物所需热水的系统。

(3) 分散供热水系统：采用分散的太阳能集热器和分散的贮热水箱，供给各个用户所需热水的系统（包括家用整体热水器、阳台壁挂热水器、别墅用分体热水器）。

随着技术水平的进步，太阳能热水工程的分类也越来越多，越来越详细，适用范围也涵盖了工程项目的全部领域，民用、工业、制造业、服务业，太阳能热水工程几乎随处可见，对于从事太阳能热水工程的设计人员来说，熟练掌握不同的系统形式，从而选择更加适合项目的系统尤为重要。本节所介绍的太阳能热水系统特点将在第二章中详细介绍。

第二章

太阳能热水系统介绍

太阳能热水系统的分类以加热循环方式可分为：自然循环式太阳能热水系统、强制循环式太阳能热水系统、直流式太阳能热水系统三种，这三种太阳能热水系统涵盖了几乎所有类型的太阳能应用，对这三种太阳能热水系统加以学习掌握，是太阳能从业人员必须学习的重要内容。

这三种系统在第一章中已经做了简单的介绍，本章重点对这三种太阳能热水系统进行理论分析和介绍。

第一节 自然循环式太阳能热水系统

一、系统介绍

1. 系统简介

自然循环式太阳能热水系统是指利用太阳能使传热工质在集热器与贮水箱（或换热器）之间自然循环加热的系统。系统的循环动力为传热工质温度差引起密度差导致的热虹吸作用。

2. 工作原理

自然循环太阳能热水系统是依靠集热器和贮水箱中的温差，形成系统的热虹吸压头，使水在系统中循环；与此同时，将集热器的有用能量收益通过加热水，不断储存在贮水箱内，如图 2-1 和图 2-2 所示。

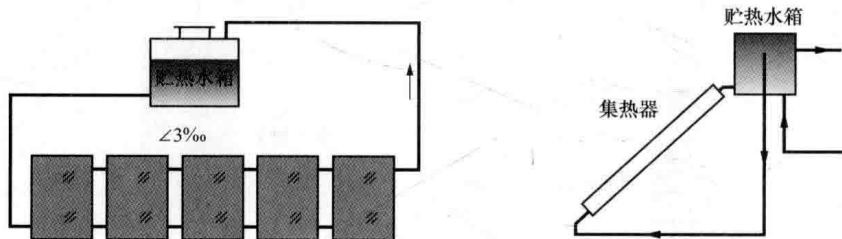


图 2-1 自然循环太阳能热水系统原理图

在太阳光照条件下，真空管集热器内的水温被提高，与贮热水箱内的水温相比，水温差距较大。因此集热器内的水的比重减小变轻，开始慢慢上升到高位的贮热水箱中，而贮热水箱内的水由于温度低，因此比重相对较大，水自然流回处于较低位的集热器内。如此不断的循环，使贮热水箱内的水温逐渐提高，这是一个缓慢的过程。水箱内的水位通常采用机械浮球阀控制。

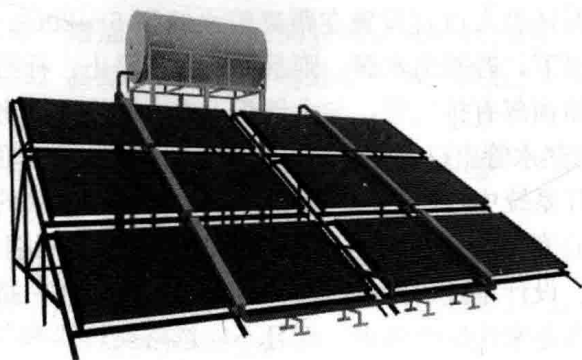


图 2-2 自然循环太阳能热水系统实物图

系统运行过程中,集热器内的水受太阳辐射能加热,温度升高,密度降低,加热后的水在集热器内逐步上升,从集热器的上循环管进入贮水箱的上部;与此同时,贮水箱底部的冷水由下循环管流入集热器的底部;这样经过一段时间后,贮水箱中的水形成明显的温度分层,上层水首先达到可使用的温度,直至整个贮水箱的水都可以使用。

自然循环太阳热水系统分为:有补水箱系统和无补水箱系统。

有补水箱系统,如图 2-3 (a) 所示,由补水箱向储水箱的底部补充冷水,将贮水箱上层的热水顶出使用,补水箱的水位浮球阀控制,有时称这种方法为顶水法。

无补水箱系统,如图 2-3 (b) 所示,热水依靠本身重力从贮热水箱底部落下使用,有时称这种方法为落水法。

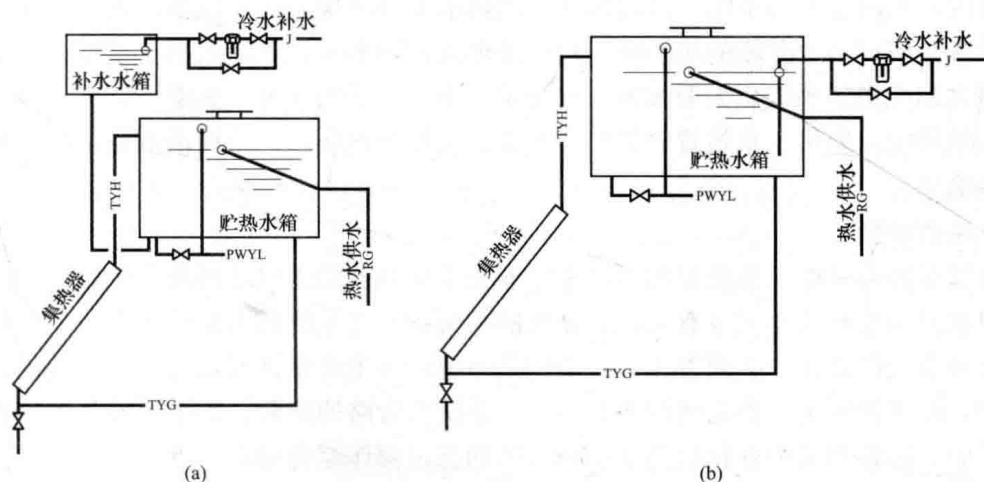


图 2-3 自然循环太阳能热水系统

(a) 有补水箱; (b) 无补水箱

顶水法的优点在于充分利用上层水先热的特点,使用者一开始就可以取到热水;缺点是从贮水箱底部进入的冷水会与贮水箱内的热水掺混,减少可利用的热水。落水法的优点是不会有冷热水的掺混,但缺点是必须将贮水箱底部不太热的水放掉后才可取到热水,所以既浪费水又浪费热量。

在有补水箱的自然循环系统中,与贮水箱相连的管路较多。正确的连接口位置是保证系统高效能的必要条件。一般上循环管入口应与下循环管出口成对角线布置;下循环管出口应