

小城镇规划设计丛书

太阳能热水系统工程 常见问题案例分析 与 应对

Case Analysis and Response for
Common Problems in Solar Water Heating Systems

叶丽影 编著

焦点突出 依据充分 浅显易懂 生动耐读



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



太阳能热水系统工程 常见问题案例分析与应对

叶丽影 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书以太阳能热水系统工程设计、施工、运行几个主要阶段实际遇到的管理问题为主线,以工程建设管理的现行法律法规、标准规范、条例办法、程序规章为基础,对太阳能热水系统工程管理中暴露出来的一些问题的发生原因、解决途径、处理方式、处理过程以案例形式进行分类、归纳、总结,精编浓缩,深入探讨。本书涉及工程设计、工程合同、工程质量、洽商变更、设备材料采购供货等工程建设管理方面的内容。书中的每个案例所反映的问题既焦点突出,依据充分,又浅显易懂,生动耐读,本书力求从一定理论高度,为读者在今后的太阳能热水系统工程建设管理工作中提供一些有意义的参考和借鉴。

本书可作为工程管理参考书供从事工程建设合同管理、技术管理等相关人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能热水系统工程常见问题案例分析与应对/叶丽影编著. —北京:机械工业出版社,2019.4

(小城镇规划设计丛书)

ISBN 978-7-111-62326-7

I. ①太… II. ①叶… III. ①太阳能水加热器—热水供应系统—案例 IV. ①TK515

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 051429 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘志刚 责任编辑:刘志刚 高凤春

封面设计:张静 责任校对:刘时光

责任印制:孙炜

北京中兴印刷有限公司印刷

2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

145mm × 210mm · 5.625 印张 · 159 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-62326-7

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前言

FOREWORD

在国家倡导的绿色低碳、节能减排政策的指引和鼓励下，作为地球上资源量最大的清洁能源——太阳能，已在越来越多领域中被广泛应用。经过工程技术人员多年研究和探索实践，太阳能热水技术日臻完善。目前，太阳能热水技术已成为太阳能利用技术中投入产出比最高、技术最成熟的技术。太阳能热水系统在建筑工程中的应用日益受到重视。北京、山东等不少地方的政府部门陆续出台了在居住建筑上安装太阳能热水器的相关政策。近几年，太阳能热水系统工程每年增长量已达到 20% 以上，成为太阳能利用领域中增长量最大的工程和技术类别。

随着太阳能热水系统工程市场需求的扩大，太阳能热水系统工程技术人员的需求大幅增长。而由于各高校专业设置客观条件所限，从事太阳能热水系统工程设计、施工、管理的人员多从相关专业转行过来，缺少对太阳能热水系统技术全面系统的专业学习。其有关太阳能热水系统设计、施工、管理的经验多是从工程经验中得来。因此，总结出太阳能热水系统工程在设计和施工中经常发生的、有代表性的问题，分析出现问题的原因，找到行之有效的解决办法，避免问题重复发生，会对提高太阳能热水系统使用效率、保证太阳能热水系统工程的质量有益，也会给迫切需要从太阳能热水系统工程实践中获得有益经验的设计、施工、管理人员提供一个学习、参考和借鉴的机会。

在我国市场经济改革进程中，工程建设企业与其他生产企业一样，为不断提升自身管理水平，增强企业核心竞争力，在激烈的市场竞争中求生存、谋发展，正经历着一个从粗放式管理向精细化管理过渡的发展过程。众所周知，这个过程漫长而艰难。同时我们也看到，在工程建设管理向精细化管理发展的过程中常常遇到许多不被人注意、甚至被忽略的问题，但这些问题往往对工程能否顺利实

施产生重要影响，如果不重视它，甚至会给工程带来严重的后果。因此，对这些经常在工程建设管理中发生的问题进行认真分析和总结经验，并能正确地使用这些经验，已被越来越多的建设管理者们认同和重视。成功的经验能为管理者们提供一个更高的起点、更好的基础，使其在摸索前行的道路上少走弯路，事半功倍；失败的经验让管理者们回顾并审视自己，发现那些不容忽视却因没有重视而导致失误的管理环节，从而更加注重理性思维，不断调整前行的方向和坐标。这些经验，不论成功还是失败，都将成为工程建设管理者们的宝贵财富。

本书旨在将太阳能热水系统工程实施环节管理中暴露出来的一些问题归纳总结，对应太阳能热水系统工程设计、施工、运行几个主要管理阶段，将这些问题的发生原因、解决途径、处理方式和处理过程进行分析，对处理这些问题所依据的理论要点、标准规范、法律法规、条例办法、程序规章进行深入探讨，借此与大家一起分享处理过程中的心得体会。希望通过本书，能给从事太阳能热水系统工程建设管理工作的同行们带来一些启发，为日后的管理工作提供一些有益的参考和帮助。

本书将不同的问题穿插在不同的案例中，让问题层层展开、逐步深入，聚焦对问题认识的过程，使读者犹如身临其境，在接收全面信息的同时，获得鲜明深刻的印象。读者透过“案例分析”，了解到问题核心；通过“案例处理”和“案例启示”，带给自己更多的回味和思考。

本书列举的案例短小精干，各有特色，去掉了与问题本身无关的内容。本书阐述的每一个问题都立意明确，思路清晰，对要表达的观点力求做到透彻准确、生动有趣，尽量做到既具有一定专业性、技术性，又简明扼要、通俗易懂，着力揭示问题带给人们的思索和启发。以求适应更广泛人群阅读和不同层次工程管理人员使用。在突出太阳能热水系统工程管理参考书的同时，增强阅读趣味性和体验性，进一步提高本书的实用价值。

本书所举案例来自实际工程，并参考和借鉴了有关专家、同行们的相关资料和素材，对于本书在问题评析中不可避免出现的相同、

相近或相似等不周之处深表歉意，敬请谅解。

本书在编写过程中，受到许多业内专家和老师的热心帮助和专业指导，在此表示衷心的感谢！

由于水平有限，书中难免存在不当之处，敬请读者批评指正。

叶丽影

目 录

CONTENTS

前言

第 1 章 太阳能热水系统概述	1
1.1 太阳能热水系统组成	1
1.1.1 太阳能集热器	3
1.1.2 太阳能集热器选型原则	10
1.2 太阳能热水系统分类	10
1.2.1 按照集热器种类分类	10
1.2.2 按照集热系统承压情况分类	11
1.2.3 按照贮热水箱内的水被集热器加热的方式分类	11
1.2.4 按照集热器内流体的流动方式分类	11
1.2.5 按照有无辅助热源分类	12
1.3 太阳能热水系统设计	12
1.3.1 系统集成方案选择	12
1.3.2 系统各部分设计计算	12
1.4 太阳能热水系统施工安装	13
1.5 太阳能热水系统运行维护	13
第 2 章 集热器及系统集成与安装常见问题案例分析	15
2.1 水质硬度高超标, 真空管频繁炸管	17
2.2 集热器朝向布置设计有误, 集热系统使用效果打折扣 ..	23
2.3 集热管道安装不当, 集热水箱水温不热	30
2.4 避免集热器水倒流致真空管炸管, 防倒流装置自动 上水保护不能少	36
2.5 某奥运比赛场馆太阳能热水系统集成方案设计案例	40
2.6 安装人员变动未及时沟通, 水箱进场无法运输安装	45

第 3 章 管道泵阀及附属配件系统常见问题案例分析	53
3.1 设计管材选用不当, 变形瘫软堵塞管道	54
3.2 防倒流装置已增加, 改造后为何又炸管	57
3.3 系统运行发出不明声音, 原是管道水锤从中作怪	61
3.4 回水管路设计有误, 导致系统循环不畅	66
3.5 设备机房紧邻卧室, 振动噪声不堪忍受	70
3.6 阀门密封不严水倒流, 水箱水位骤升致溢流	75
3.7 高温形成气堵压力增大, 波纹管连接件超压损坏	82
3.8 橡胶接头发生炸裂, 源自水温超出极限	89
3.9 循环泵设计扬程不够, 导致系统循环无法实现	96
3.10 水处理装置未采取防冻措施, 接头冻坏, 管道漏水, 用户遭殃	103
第 4 章 贮热系统与辅助加热系统常见问题案例分析	109
4.1 分散式贮热水箱串联过长, 系统压力及热水供应不足	112
4.2 贮热水箱间无通风措施, 控制系统设备遭损坏	118
4.3 热泵安装位置不当, 噪声超标被停用	123
4.4 辅助加热设备选型不匹配, 热水系统产水温度低	131
第 5 章 信号探测装置与控制系统常见问题案例分析	138
5.1 传感器探测失灵, 监测水位出现异常	139
5.2 电磁阀线圈受潮被烧毁, 水箱自动补水控制失常	145
5.3 变频器控制柜设计制作质量不过关, 功能不全, 运行不当, 水泵电机被烧毁	151
5.4 PLC 控制器监测数据失真, 水箱溢流造成屋面漏水	158
5.5 间接加热系统控制设计不当, 补液泵损坏导致系统 无法运行	165
参考文献	172

第1章 太阳能热水系统概述

引 言

为便于太阳能热水系统设计和施工安装从业人员全面深入地理解本书工程案例的发生过程、案例问题的分析处理，在展开后面各章节内容并进行太阳能热水系统设计、施工安装工程案例分析点评前，将太阳能热水系统的组成、分类、设计、施工安装、运行维护的要点和主要内容在本章中向广大读者做一简要概述。通过本章简述，让读者建立起太阳能热水系统清晰的概念，构建太阳能热水系统设计、施工、运营全过程立体图像。

1.1 太阳能热水系统组成

太阳能热水系统的形式多种多样，系统组成也千差万别。典型的太阳能热水系统构成主要包括：太阳能集热系统，贮热系统，辅助加热系统，末端热水系统，管道、水泵及附属配件系统，自动控制系统等。

图1-1是太阳能热水系统组成示意图，本图基本反映了太阳能热水系统的结构组成和各组成部分之间的相互关系。

太阳能集热系统的主要作用是把太阳辐射能转变成热能，一般由集热器阵列、集热器支架、集热器与集热器之间的连接等组成。

贮热系统的主要作用是把太阳能集热系统从太阳辐射中获得的热能储存起来，以备需要时使用。在太阳能热水系统中，通常情况是采用贮热水箱储存热水的方式来实现热能储存的。它一般由贮热水箱、支架等部分组成。

辅助加热系统的主要作用是弥补太阳能产热水不足时的热能补充，以保证热水或热能供应。它一般采用燃气锅炉、电锅炉或蒸汽

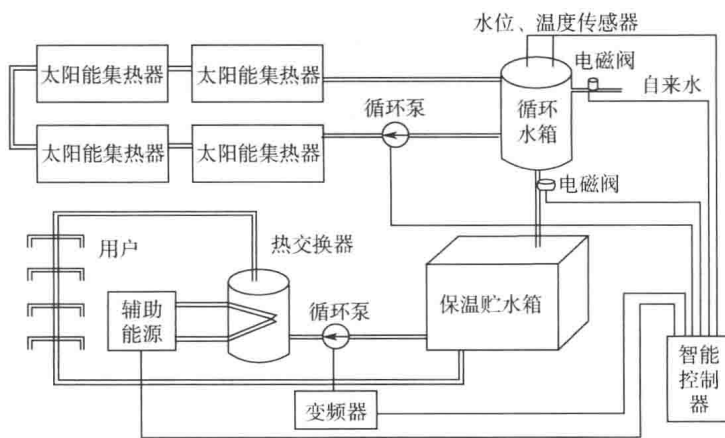


图 1-1 太阳能热水系统组成示意图

锅炉、电加热器、热泵、热力或蒸汽管道及其他供热可靠的设备或装置作为辅助加热器。

末端热水系统的主要作用是满足终端用户使用热水或热能的需求。末端热水系统主要为热水淋浴装置，主要为双管冷热水淋浴系统或单管恒温淋浴系统等。

管路、水泵及附属配件系统的主要作用是建立热能或热水传输通路，把太阳能集热系统和辅助加热系统的热能或热水传输到贮热系统，把贮热系统的热能或热水输送到末端热水系统。它一般由热水循环管路、循环泵、供水增压泵、起调节或关断作用的阀门、管道保温等部分组成。

自动控制系统的的主要作用是通过对太阳能热水系统运行状态参数的监测和收集，自动控制水泵的启停、辅助加热的投入、管道阀门的调节关断等。使系统按照事先设定的逻辑关系实现自动运行。监测的太阳能热水系统运行状态参数主要有温度、水位、水压，监测的参数通过信号传输系统、信号采集系统、数据显示系统进行处理后发出指令，完成对太阳能热水系统自动运行的控制动作。为保证太阳能热水系统安全运行，自动控制系统还需配置应急手动开关按钮，当自动控制系统失效后可立即起动手动开关按钮控制太阳能热水系统继续运行或停止。为方便集中操作，还可对系统采取就地

或远程监控的方式。

1.1.1 太阳能集热器

太阳能集热器是太阳能热水系统的核心部件。不同类型的太阳能集热器都有各自的结构形式和性能特点。

目前常用的太阳能集热器主要有平板集热器和真空管集热器。真空管集热器又可分为全玻璃真空管集热器、U形管集热器、全玻璃真空管内插热管集热器、玻璃-金属热管集热器、全玻璃热管集热器等。

1. 平板集热器

平板集热器具有可靠、耐压、低温区热效率高，易于与建筑一体化，寿命可达25年以上等优点。近年来，随着人们对可靠性和与建筑一体化的重视，采用平板集热器的工程越来越多，预计在未来多年，平板集热器在我国的需求量仍将保持持续增长的趋势。

平板集热器不抗冻，在结冰地区使用，目前主要有两种防冻做法：一种是采用防冻液作传热工质解决抗冻问题；另一种是采用直接加热水但采取回流防冻方式解决防冻问题。

国家标准《平板型太阳能集热器》（GB/T 6424—2007）规定：平板集热器的瞬时效率截距应不低于0.72，总热损系数应不大于 $6.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。近几年，平板集热器在吸热膜层、透光盖板、保温和密封技术方面的技术水平都有显著提高，高性能平板集热器的瞬时效率截距已达到0.80，总热损系数已降低至 $4.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 以下。目前，国内正规厂家常规平板集热器的瞬时效率截距一般在0.75以上，总热损系数一般在 $5.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 以下。

平板集热器的吸热膜层基材主要有铜和铝两种，受成本影响，目前多选用铝基材。吸热膜层有阳极氧化、黑镍、蓝膜等多种，各种膜层的吸收率多在0.90~0.95之间，发射率在0.06~0.2之间。其中蓝膜的发射率最低，性能最好，但价格也最贵。工质流道主要是铜管，排管外径一般在8~10mm之间，集管外径多为22mm。

平板集热器示意图如图1-2所示。

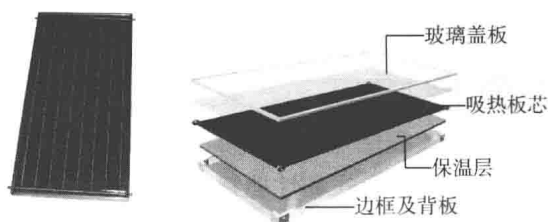


图 1-2 平板集热器示意图

2. 真空管集热器

真空管集热器具有热损低、中温区热效率高、冬季产热水温度高等优点。国家标准《真空管型太阳能集热器》（GB/T 17581—2007）规定：无反射器的真空管集热器的瞬时效率截距应不低于 0.62，总热损系数应不大于 $3.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

(1) 全玻璃真空管集热器 全玻璃真空管具有热效率高、成本低，在结冰地区也可以直接采用水作为传热工质而不会结冰。它是目前我国应用量最大的太阳能集热器。预计在今后一个时期内，仍将是应用量最大的集热器品种。

普通全玻璃真空管集热器一般只能承受 $5\text{mH}_2\text{O}$ 的压力，且多存在炸管漏水问题，在进行集热系统设计和安装时应特别注意。

全玻璃真空管集热器示意图如图 1-3 所示。

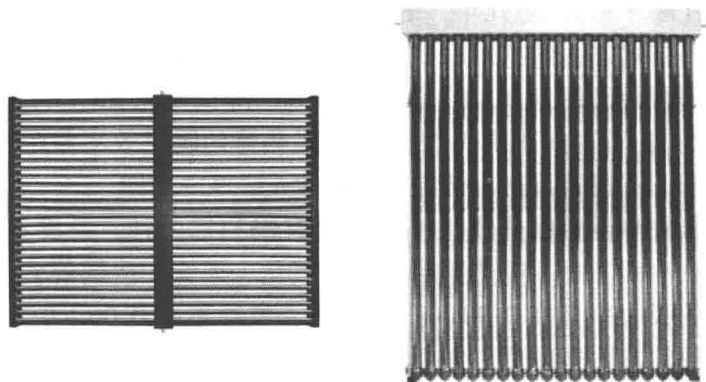


图 1-3 全玻璃真空管集热器示意图

(2) U 形管集热器 U 形管集热器是在全玻璃真空管集热器的

每根真空管内放置了一个U形铜管流道，传热工质在U形铜管内流动，从而彻底解决了全玻璃真空管存在的炸管漏水问题。U形管集热器最高可承受20MPa以上的试验压力。工作压力一般控制在0.6MPa以下。

U形管集热器成本较高，集热器阻力大，容易出现局部过热问题。设计时需加以注意。

U形管集热器示意图如图1-4所示。

(3) 全玻璃真空管内插热管集热器 全玻璃真空管内插热管集热器是在全玻璃真空管集热器的每根真空管内放置了一个热管，通过热管把全玻璃真空管吸收太阳光后转变的热能传到上部热管冷凝端，再通过冷凝端传给集热器联集箱内流道的传热工质，通过工质

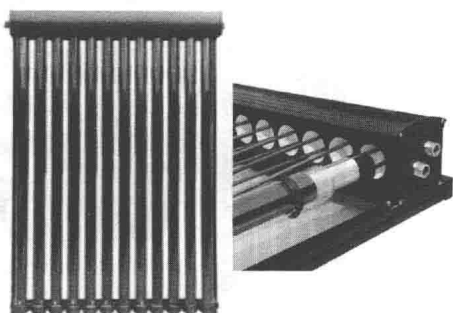


图1-4 U形管集热器示意图

循环流动，再把热能传送到需要的地方。这种方式也解决了全玻璃真空管存在的炸管漏水问题。全玻璃真空管内插热管集热器也可以承受较高的工作压力，但一般控制在0.6MPa以下。

全玻璃真空管内插热管集热器的热管存在热效逐年衰减问题。设计时和运营后需要考虑这部分热效衰减后的补救措施，做好预留。

全玻璃真空管内插热管集热器示意图如图1-5所示。

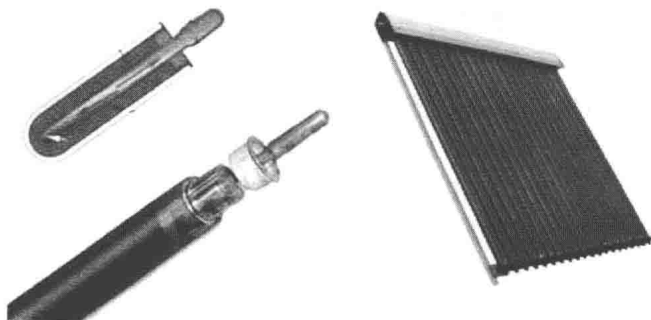


图1-5 全玻璃真空管内插热管集热器示意图

(4) 玻璃-金属热管集热器 玻璃-金属热管集热管内的太阳能吸热片把吸收的太阳能转变成热能，并通过热管传到上部热管冷凝端，再通过冷凝端传给集热器联集箱内流道的传热工质，通过工质循环流动，再把热能传送到需要的地方。这种方式也不存在真空管炸管漏水问题。可以承受较大的工作压力（一般在 0.6MPa 以下），因此系统可靠性较高。

玻璃-金属热管集热器结构组成示意图如图 1-6 所示。

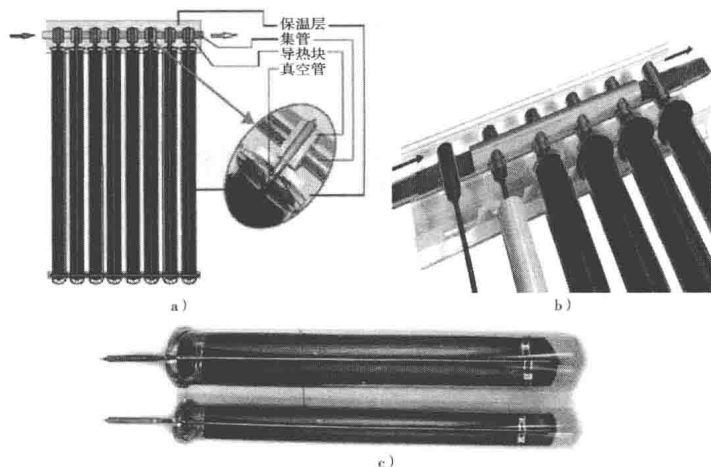


图 1-6 玻璃-金属热管集热器结构组成示意图

玻璃-金属热管集热器的热管冷凝端与集热器集管换热效果的好坏，受现场安装因素影响很大。图 1-6a 的连接方式阻力小，但传热效果差。图 1-6b 的连接方式阻力大。热管集热管与联集管拆卸困难，这种集热器还存在造价较高的问题。

(5) 全玻璃热管集热器 全玻璃热管集热器与其他两种热管集热器相比，是把全玻璃热管冷凝端直接插入并浸没在集热器联集箱的工质（一般为水）中，把联集箱内的水直接加热。而其他种类的热管集热器的热管冷凝端则需要通过一个铜套或者导热铝块传热，才能把联集箱内的工质加热。因而全玻璃热管集热器冷凝端对联集箱的传热效率高，联集箱结构简单，全玻璃热管的成本也较其他热管低。

全玻璃热管集热器示意图如图 1-7 所示。



图 1-7 全玻璃热管集热器示意图

全玻璃热管集热器可以解决全玻璃真空管集热器炸管漏水等问题，且比全玻璃真空管集热器增加成本有限，是其最大优点。

因为全玻璃热管集热器的玻璃热管冷凝端较长，所以集热器联集箱内的工质内胆上下较宽，联集箱耐压性能最差，最容易受压变形。因此，提高全玻璃热管集热器联集箱的承压能力，是当前全玻璃热管集热器急需解决的问题之一。

3. 不同类型单台太阳能热水器特点

实际工程中，会时常遇到采用多台太阳能热水器串并联的太阳能热水系统工程。为此，在这里也顺便介绍一下常用于多台串并联系统的单台太阳能热水器。

根据采用单台太阳能热水器串并联的工程需要，可以把单台太阳能热水器分为普通开式太阳能热水器、水箱内置换热器的开式太阳能热水器、水箱承压太阳能热水器、模块化大容量太阳能热水器等。

三种类型的单台太阳能热水器示意图如图 1-8 所示。

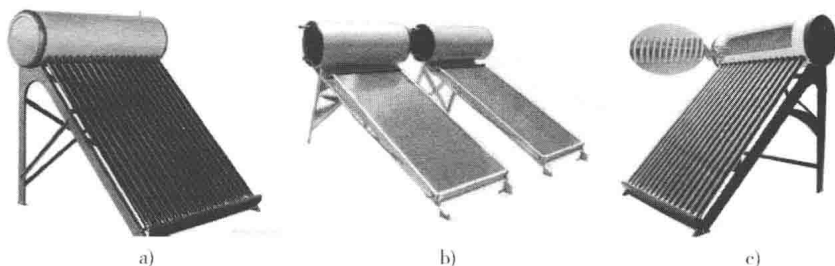


图 1-8 三种类型的单台太阳能热水器示意图

a) 普通开式太阳能热水器 b) 水箱承压太阳能热水器 c) 水箱内置换热器的开式太阳能热水器

(1) 普通开式太阳能热水器 普通开式太阳能热水器是指太阳能热水器的贮热水箱与大气相通，必须按照开式不承压系统进行安装使用的太阳能热水器。使用时，多将太阳能热水器放置在高处，利用贮热水箱与末端热水点高差产生的压力，作为淋浴装置热水压力来源。因此，这种系统形式的热水压力取决于太阳能热水器安装位置与末端热水点的高差。高差不同，热水压力也不同。当太阳能热水器安装位置低于末端热水点时，需要通过增压泵解决向高处供热水的问题。目前这种太阳能热水器以全玻璃真空管太阳能热水器居多。

普通开式太阳能热水器成本低，经济实惠，但当使用热水后，需要及时向贮热水箱补充自来水，且热水压力偏低，与自来水的压差大，冷热水混合时不易调温。开式贮热水箱内的热水与大气相通。理论上讲，水质存在被污染的可能。

(2) 水箱承压太阳能热水器 水箱承压太阳能热水器是指太阳能热水器贮热水箱是闭式承压水箱，贮热水箱内的水不与大气相通，处于封闭状态。自来水压力不被释放，直接传递到热水系统内。热水压力依靠自来水压力将热水输送到各末端热水点。

由于水箱封闭承压，系统压力不被释放，不会像与大气相通的开式水箱泄压后需要再重新增压向高处供热水，因此可以达到最大程度的节能效果。承压水箱内热水与自来水等压，冷热水混合时调温方便，每次用完热水也不需要向水箱补充自来水。水箱内的热水处于封闭状态，水质不易被污染，安全性高，能更好地满足生活饮用水规范对水质的要求。因此，随着我国生活水平的提高，闭式承压太阳能热水系统将在今后得到越来越普遍的应用。

水箱承压太阳能热水器需考虑承压和水箱内的水受热膨胀过热等问题，因此系统成本较高。

(3) 水箱内置换热器的开式太阳能热水器 水箱内置换热器的开式太阳能热水器是指在普通开式太阳能热水器的贮热水箱内设置换热器，使用时，自来水沿浸泡在水箱内的换热器通道流过，被快速加热后直接输送到各末端热水点。这种形式水箱里的水仅仅作作为贮热工质。

这种太阳能热水器巧妙地解决了普通开式太阳能热水器存在的问题。热水供应具有水箱承压太阳能热水器的热水供应优点，且自来水流经水箱内换热器后，直接被加热使用，因此热水水质健康。这种太阳能热水器的成本比水箱承压太阳能热水器低，比普通开式太阳能热水器高，是一种综合性能较好的太阳能热水器。这种太阳能热水器水箱内的水温加热区间比其他类型产品高 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，因此，在同等条件下，效率稍低，且要处理好使用过程中水箱内换热盘管通道结垢、泥沙堵塞等问题。

(4) 模块化大容量太阳能热水器 图1-9所示的几种太阳能热水器，是容量在 $500\sim 2000\text{L}$ 的模块化大容量太阳能热水器。这种类型的产品是近几年涌现出的一种新产品。这种太阳能热水器既有普通开式太阳能热水器形式，也有水箱内置换热器的开式太阳能热水器形式。

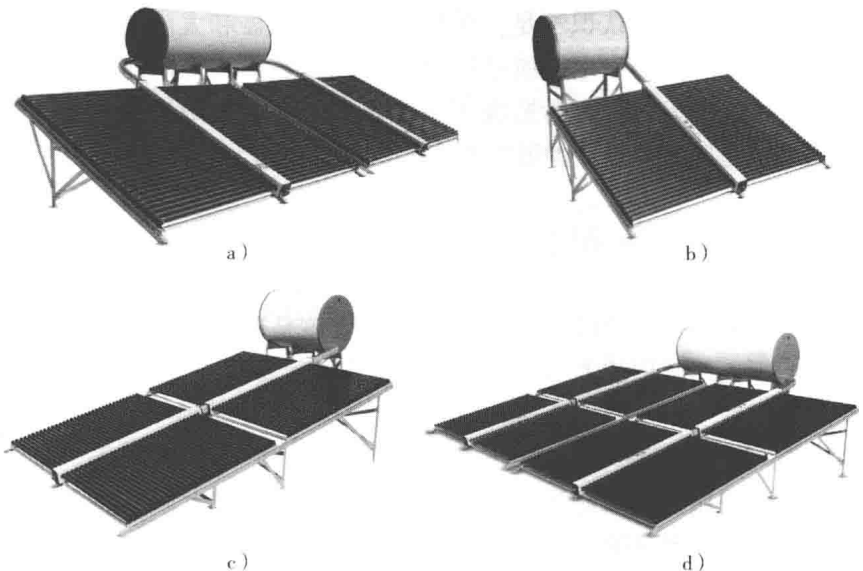


图1-9 模块化大容量太阳能热水器

- a) 1000L 东西放置热水器 b) 500L 热水器
c) 1000L 南北放置热水器 d) 2000L 热水器

这种太阳能热水器既可以单台独立使用，也可以多台并联使用。