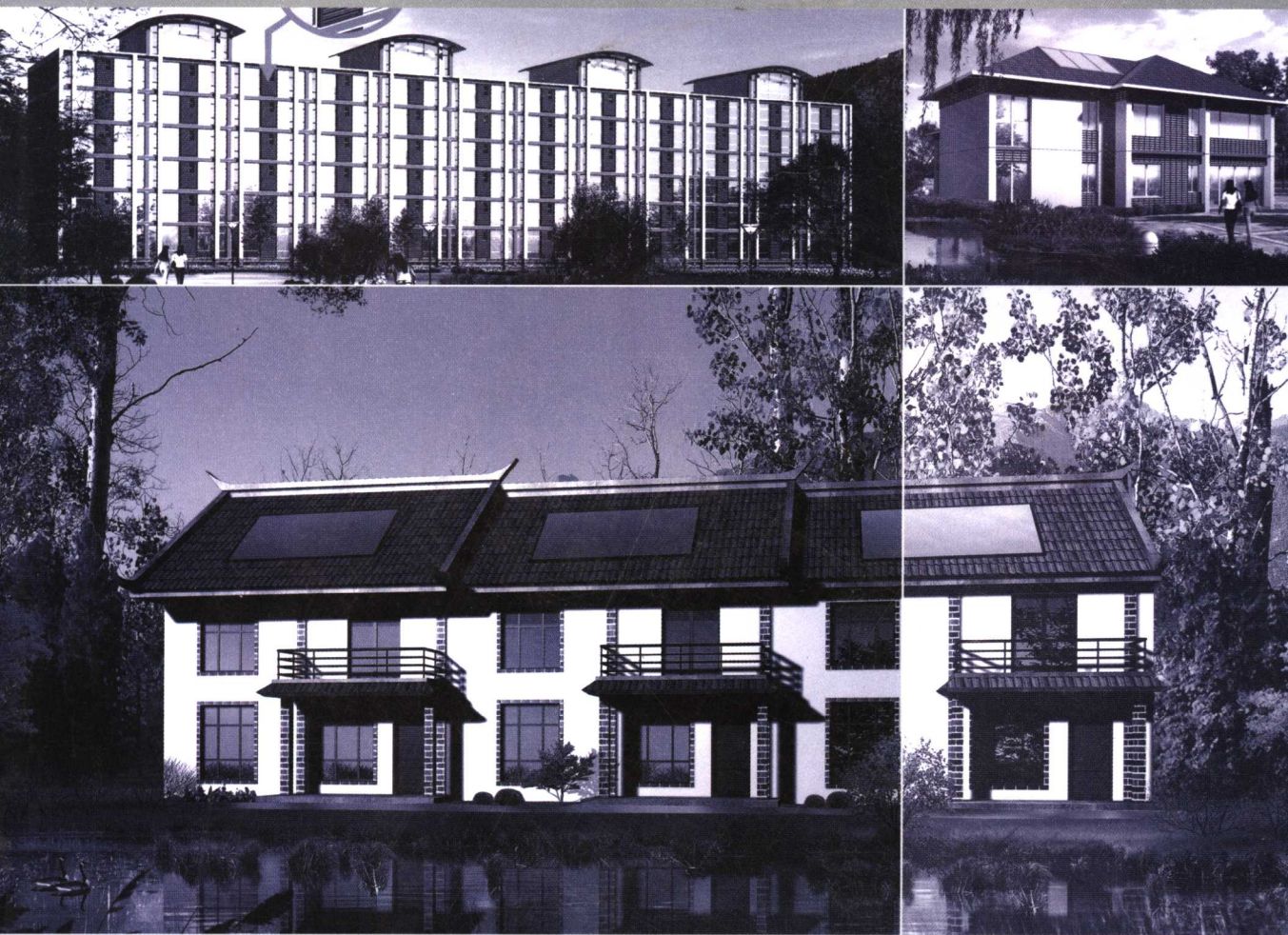


民用建筑 太阳能热水系统 工程技术手册

Technical Guidebook
for
Solar Water Heating System
of
Civil Buildings

郑瑞澄 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

民用建筑太阳能热水系统工程技术手册

Technical Guidebook for Solar Water Heating System of Civil Buildings

郑瑞澄 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

民用建筑太阳能热水系统工程技术手册/郑瑞澄主编.
北京: 化学工业出版社, 2005. 10
ISBN 7-5025-7719-X

I. 民… II. 郑… III. 太阳能热水加热器-手册
IV. TK515-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 117140 号

民用建筑太阳能热水系统工程技术手册

郑瑞澄 主编

责任编辑: 朱 彤

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 彩插 2 字数 497 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7719-X

定 价: 48.00 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



彩图 1 北京某小区坡屋面多层住宅



彩图 2 天津某小区平屋面多层住宅



彩图 3 上海某小区别墅



彩图 4 济南某小区联排别墅



彩图 5 德州某小区小高层住宅



彩图 6 南宁某小区坡屋面多层住宅



彩图 7 昆明某宾馆



彩图 8 昆明某宾馆西餐厅

《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》

组织单位和编写人员

组织单位：国家发展和改革委员会
建设部

资助单位：联合国基金会
联合国经济社会事务部

顾问：史立山 杨力群 周 篁 吴路阳 李宝山 朱俊生 何梓年 罗振涛 殷志强
童悦仲 杨西伟 Bart G. C. van der Ree Ir. Spencer F. C. Schols

主编：郑瑞澄

编写人员（以所写文章出现先后排序）：

郑瑞澄 袁 莹 王国栋 李 忠 何 涛 路 宾 冯爱荣 张昕宇 李俊峰
胡润青 孟庆峰 齐 心 孙培军 杨金良 王振杰 孙峙峰 朱培世 陈和雄
陈子乾

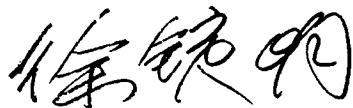
序一

能源是经济社会发展的重要物质基础。我国煤炭、石油、天然气等常规能源资源短缺，开发利用可再生能源是解决我国能源问题的重要措施之一。太阳能是重要的可再生能源，太阳能热水器是重要的可再生能源技术，经过多年的发展，我国太阳能热水器生产量和使用量已经位居世界第一，且增长迅猛，太阳能热水器已与电热水器和燃气热水器形成了三足鼎立的局面，在提供生活热水和提高城乡居民生活水平方面起到了重要的作用。但从太阳能热水器的应用来看，目前比较突出的问题是太阳能热水器作为建筑的后置部件，不规范的安装会产生一些安全隐患，对建筑外观和城市景观也造成了一定的污染，一些城市和物业管理公司为此出台了限制安装太阳能热水器的规定，影响了太阳能热水器的推广应用，不利于可再生能源的健康发展。为了规范太阳能热水系统的设计、施工和管理，太阳能热水器生产商、建筑师、用户、房屋管理部门等社会各界都迫切希望能有一本手册或指南，来指导他们在建筑上科学地设计、规范地安装太阳能热水器，解决好太阳能热水器与建筑结合的问题。

《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》是由建筑工程专家和太阳能热利用专家合作完成的，总结了我国多年的科研成果和工程实际经验，同时收集整理了国内外的相关资料，内容丰富，结构严谨，全面介绍了太阳能热水系统的设计、施工、运行、维护、节能效益分析以及与建筑结合方面的技术。这本手册既是建筑设计师、太阳能热利用工程师和运行维护人员必备的工具书，也可作为房地产开发商、用户和科研人员有用的参考资料，它必将在建筑行业与太阳能热利用行业中架起一座桥梁，相互了解，共同提高，实现太阳能热水器与建筑在功能上和外观上的完美结合。

我国是世界上太阳能资源最丰富的国家之一，虽然太阳能热水器市场总量在世界上最大，但人均太阳能热水器利用面积却相对落后，太阳能热水器的市场发展潜力巨大，希望本书的出版能够更好地促进我国太阳能热水器乃至整个可再生能源产业的更快发展。

国务院能源办公室副主任
国家发展和改革委员会能源局局长



2005年11月28日

序二

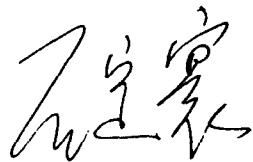
20世纪80年代,太阳能热水器作为一个新兴但又幼小的新能源产品开始在中国出现。由于中国政府对新能源与可再生能源的开发与利用在政策法规、研究开发、队伍建设等各个方面给予高度重视与大力支持,以及中国科学技术工作者将科研成果转化为生产力的不懈努力,使中国的太阳能热水器产业不断壮大。目前,我国的太阳能热水器年生产量达1500万平方米,至2004年底,全国太阳能热水器的使用量为6500万平方米,占世界使用量的40%,为我国经济和社会的可持续发展做出了贡献。

2005年2月28日经全国人大审议通过的《中华人民共和国可再生能源法》中明确指出:“国家鼓励单位和个人安装和使用太阳能热水系统、太阳能供热采暖和制冷系统……”,“国务院建设行政主管部门会同国务院有关部门制定太阳能利用系统与建筑结合的技术经济政策和技术规范。房地产开发企业应当根据前款规定的技术规范,在建筑物的设计和施工中,为太阳能利用提供必备条件。”这为我国太阳能热水器的进一步发展指明了方向,即太阳能热水系统应当与建筑结合,在房屋设计与建设的同时统筹考虑太阳能热水系统的应用。

与发达国家的发展现状和国际先进水平相比,我国太阳能热水系统与建筑结合的应用技术还有一定的差距,特别是建筑业的工程技术人员尚不熟悉太阳能热利用的基础知识和太阳能热水系统的设计、施工与安装,不能很好地解决与建筑结合的相关技术问题。

因此,为适应形势发展的需要,落实《中华人民共和国可再生能源法》对太阳能热水系统发展的要求,我国多年从事太阳能热水系统与建筑结合的专家和工程技术人员,在借鉴国外先进技术和总结我国工程实践经验的基础上,编写了这本《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》,就太阳能热水系统的设计、施工、安装、维护以及与建筑结合的构造做法等进行了较全面的论述,是从事民用建筑太阳能热水系统设计安装工程人员必备的工具书。相信本书的出版,将对提高我国太阳能热水系统与建筑结合的技术水平,促进太阳能热水系统的发展与建筑节能起到重要作用,为建设一个资源节约型社会和环境友好型社会做出更大的贡献。

国务院参事
中国太阳能学会理事长



2005年11月25日

序三

很荣幸应邀为本书作序。近年来，我国建筑事业发展迅速，已经成为国民经济的支柱产业，发挥着日益重要的作用。但建筑规模的增大也带来了建筑能耗的迅猛增长，目前建筑能耗已接近全国总能耗的30%，并将持续增加；我国人口众多，能源资源相对匮乏，人均煤炭、石油、天然气占有量仅为世界平均值的50%、11%和4.3%。因此，党中央、国务院高度重视发展循环经济、建设节约型社会的工作。

2004年，胡锦涛同志在中央经济工作会议上明确指出，要大力发展节能省地型住宅，全面推广和普及节能技术，制定并强制推行更严格的节能、节材和节水标准。2005年的政府工作报告提出，鼓励发展节能省地型住宅和公共建筑。2005年中央经济工作会议上，中央又将大力节约能源资源，加快建设资源节约型、环境友好型社会作为目前的工作重点。在“十一五”规划中也明确提出要发展节能省地型建筑。

建设部对发展节能省地型建筑工作非常重视，提出要以发展节能省地型建筑为工作主线，以建筑“四节”（节能、节地、节水、节材）为工作重点，以建设节约型城镇为工作目标全面推进。为推动工作的开展，建设部发布了《关于发展节能省地型住宅和公共建筑的指导意见》（简称《指导意见》）等重要文件，制定了工作目标：争取到2010年，全国新建建筑全部达到节能省地型的设计标准，全国城镇新建建筑实现建筑节能50%。“十一五”期间，全社会的节能目标为2.4亿吨标准煤，而建筑节能将占到40%；到2020年，绝大部分既有建筑实现节能改造，北方和沿海经济发达地区和特大城市新建建筑要实现建筑节能65%的目标。

为全面实现建筑节能目标，《指导意见》提出了从五个层面推动建筑节能的工作思路，其中就包括推广应用新型和可再生能源。因此，在全面推进发展节能省地型建筑的过程中，发展新型和可再生能源的工作非常重要。加快新能源和可再生能源的利用，尤其是太阳能在建筑中的应用已成为建筑节能工作的一项重要内容。

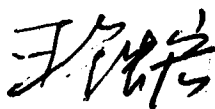
随着人民生活水平的提高和小康社会的建设，人们对生活热水的需求越来越大。生活热水的使用已成为衡量生活水平和社会文明程度的标志。我国发达地区的住宅中已经开始普及生活热水供应，其生活热水能耗占到了建筑总能耗的15%~20%。太阳能作为生活热水用能具有不可比拟的优势。目前太阳能热水器已形成产业，并孕育出了世界规模最大的太阳能热水器市场，在建筑节能中发挥了巨大作用。

但是，目前太阳能热水器应用也存在着一些问题。例如，作为市场主要份额的直插式太阳能热水器，往往会对建筑功能和建筑外观形成破坏，造成安全隐患；市场推动的主体往往是太阳能产品企业，而一般建筑专业人员却较少介入，对太阳能热水系统缺乏深入的了解，太阳能产品企业缺乏与建筑专业的协调配合；太阳能热水系统作为建筑的组成部件未能与建筑结合同步建设，同时也缺乏成套的符合建筑业要求的设计、施工、调试和验收技术。这些都阻碍了太阳能热水系统在建筑中的应用和进一步发展。

为解决以上问题，建筑界的科技工作者做了大量工作。建设部已于近期发布了《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》。与此相配套，中国建筑科学研究院在国务院有关部委和国际相关基金会的支持下，组织有关专家和企业共同完成了《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》一书。该手册在总结现有试点工程经验的基础上，积极借鉴国外成功经验，全面详细地阐述了太阳能热水系统在民用建筑中应用所需的各项基础知识和建筑设计、系统设计、施工、验收、维护和经济分析技术，也是对规范的权威和综合诠释。相信本书的出版必将会大大推动太阳能热水系统与建筑的有机结合，促进太阳能热水系统在建筑中的规模化应用，为建筑节能做出应有的贡献。

建 设 部 总 工 程 师

建设部资源节约工作领导小组副组长



2005年12月20日

前 言

现代建筑为满足居住者的舒适要求和需要使用,应具备供暖、空调、热水供应等一系列功能。我国民用建筑的整体舒适度低于世界各发达国家,但建筑能耗已占全国能源消费总量的 25% 以上,接近发达国家建筑用能占全社会能源消费量 1/3 左右的水平。目前我国每年建成的各类房屋总建筑面积达 (16~19) 亿平方米,随着经济的发展和人民生活水平的提高,建筑能耗还将大幅度增长。

我国人口众多,人均能源资源占有量低于世界人均值,由于石油和天然气资源不足,以煤炭为主的能源供应造成了严重的环境污染,我国的 CO₂ 排放量已居世界第二位;《京都议定书》的正式生效,更加大了保护环境和改变经济增长模式的压力;近年来大量进口石油天然气的现状,已经对国家的能源供应安全产生了严重威胁。因此,必须发展循环经济,建设节约型社会,开发利用清洁可再生能源,加快可再生能源在建筑中的应用和发展。

太阳能是永不枯竭的清洁可再生能源,是 21 世纪以后人类可期待的、最有希望的能源之一。用太阳能加热低温热水 (小于 100℃) 的太阳能热水器/系统,是当前太阳能热利用中技术最成熟、经济上最具竞争力、应用最广泛、产业化发展最快的领域。我国的太阳能热水器产业在进入 20 世纪 90 年代后期以来发展迅速,我国已成为世界上产量最多、总使用量最高、发展潜力最大的太阳能热水器市场之一。

但是长期以来,太阳能热水器一直是房屋建成后才由用户购买、安装的后置设备,随着太阳能热水器在城市普及率的不断提高,由这种使用方式而带来的一系列问题和矛盾也逐渐显现,例如影响建筑物外观和城市景观,破坏了房屋的使用功能等,给太阳能热水器的进一步发展造成了严重制约。因此,加快太阳能热水系统与建筑的结合和工程应用,在房屋建设之初,就将太阳能热水系统的设计、安装作为建筑整体设计、施工的一部分来加以考虑,已经在建筑业界和太阳能热利用学术界、产业界形成共识,并得到国家发改委、建设部、省市各级政府机构的大力支持。

太阳能热水系统的这种设计、安装理念,对太阳能集热器的制造质量和太阳能热水系统的设计水平提出了更高要求,无论对太阳能热水器企业,还是对建筑设计院、房地产开发商和物业管理公司,都提出了一个全新的课题。目前一些企业的太阳能热水器产品,在尺寸、规格和安全、可靠性方面的性能质量,同建筑业的要求还有差距。作为建筑设计主体的各专业建筑设计院,过去基本上没有介入太阳能热水系统的设计,对太阳能热利用的基本知识和太阳能集热系统不够了解;设计人员在从事太阳能热水系统设计时,缺乏必要的基础设计参数;物业管理公司不熟悉太阳能热水系统的运行和维护管理。这些存在的问题,直接影响民用建筑太阳能热水系统的推广和普及。

因此,编写《民用建筑太阳能热水系统工程技术手册》一书,对提高我国民用建筑太阳能热水系统的设计水平,加快太阳能热水系统在民用建筑中的应用推广,有着十分重要

的意义。

本手册的编写由国家发展和改革委员会/联合国基金会“中国太阳能热水器行业发展项目”策划和提供资金支持。国家发改委能源局和建设部标准定额司对于本手册的编写给予了大力支持和指导。“中国太阳能热水器行业发展项目”太阳能热水器与建筑结合试点项目的各承担单位为本手册的编写提供了大量资料。

本手册的主编单位为中国建筑科学研究院空气调节研究所，参编单位包括国家发展和改革委员会能源研究所、北京市太阳能研究所、昆明新元阳光科技有限公司、昆明官房建筑设计有限公司、北京九阳实业公司、山东力诺瑞特新能源有限公司、北京北方赛尔太阳能工程技术有限公司、山东皇明太阳能有限公司、清华阳光能源公司、天津市奇信太阳能科技有限公司、北京天普太阳能公司、国家气象中心气象信息中心气象资料室、扬州市赛恩斯特科技发展有限公司、北京市蹊径科技公司。手册的编写分工如下：第1章郑瑞澄，第2章袁莹、王国栋，第3章郑瑞澄，第4章李忠，第5章何涛，第6章路宾、冯爱荣，第7章路宾、张昕宇，第8章张昕宇，第9章李俊峰、胡润青、郑瑞澄、张昕宇、孟庆峰、齐心、李忠、冯爱荣、孙培军、杨金良、王振杰、何涛、孙峙峰、朱培世、陈和雄、陈子乾。

这里要特别感谢联合国经济社会事务部的李少义先生，联合国基金会的 Melinda L. Kimble 女士，Duncan Marsh 先生和王晓东女士，联合国国际合作基金部的 Will Kennedy 先生对项目的支持和帮助；同时，还要感谢原国家经贸委资源节约和综合利用司的翟青先生、刘显法先生、刘鸿鹏先生、刘文强先生在项目初期所给予的大力支持和帮助。

本手册的编写过程中，还得到了史立山、杨力群、周篁、吴路阳、李宝山、朱俊生、童悦仲、杨西伟、何梓年、罗振涛、殷志强、张树君、曾捷、黄永年、李穆然以及 Bart G. C. van der Ree, Ir. Spencer F. C. Schols 等给予的支持和帮助，在审稿时提出了不少宝贵意见；张磊、张金燕等参与了本书的数据整理工作。在此一并表示感谢。

最后还要说明的是，作者在编写过程中进行了一些新的尝试和努力，但由于时间仓促、水平有限，书中错误疏漏之处难免，敬请读者批评指正，并提出宝贵意见，以便今后补充、修订。

编者
2005年8月

内 容 提 要

我国民用建筑的建筑能耗已占全国能源消费总量的 25% 以上, 随着经济的发展和人民生活水平的提高, 建筑能耗还将大幅度增长。为了大力发展循环经济, 建设节约型社会, 应当加快包括太阳能在内的可再生能源在建筑中的应用和发展。我国太阳能热水器产业在进入 20 世纪 90 年代后期以来发展迅速, 为了加快太阳能热水系统在建筑工程中的实际应用, 应当将太阳能热水系统的设计、安装等作为建筑整体设计及施工的一部分加以考虑, 这已经在建筑界和太阳能利用行业内形成共识, 并得到国家发改委、建设部、省市各级政府和相关机构的大力支持。

本书作为一本有关民用建筑太阳能热水系统的工程技术手册, 系统地介绍了太阳能利用的基本知识和太阳能集热系统性能参数、适用规范等内容, 并从太阳能热水系统的设计、施工、工程验收、运行维护与管理以及节能效益分析等方面进行了详尽介绍, 同时给出了大量工程实例供读者参考, 相信本书的出版对于提高我国民用建筑太阳能热水系统的设计水平, 加快太阳能热水系统在民用建筑中的应用和推广有着十分重要的意义。

本书可供广大建筑工程设计人员、建筑施工企业技术人员, 以及大专院校师生和相关专业人员使用或参考。

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 总则	1
1.2 适用范围	1
1.3 太阳能利用基本知识	2
1.3.1 到达地面的太阳辐射	2
1.3.2 太阳相对地球的位置与太阳角	5
1.3.3 倾斜表面上的太阳总辐射照度	8
1.3.4 太阳总辐射的直射与散射分离	9
1.4 太阳集热器的产品分类和特点	10
1.4.1 平板型太阳集热器	10
1.4.2 真空管型太阳集热器	13
1.5 太阳集热器、热水器/系统的性能参数	17
1.5.1 热性能参数	17
1.5.2 光学性能参数	18
1.5.3 力学性能参数	19
1.5.4 电气安全性能参数	21
1.6 适用标准、规范	21
1.7 术语	22
1.8 基础资料	24
1.8.1 我国的太阳能资源分布	24
1.8.2 设计用气象资料	26
1.8.3 供热水设计用资料	29
第 2 章 规划布局与建筑设计原则	34
2.1 总则	34
2.2 规划布局设计原则	35
2.2.1 一般原则	35
2.2.2 集中集热太阳能热水系统的规划设计原则	35
2.2.3 分散集热太阳能热水系统的规划设计原则	37
2.2.4 采用不同辅助能源设置的规划设计原则	38
2.2.5 不同类别民用建筑对太阳能热水系统供热方式的选择	39
2.3 建筑设计原则	39
2.3.1 一般原则	39
2.3.2 建筑外观与太阳集热器的设置	40
2.3.3 太阳集热器在平屋面上设置的建筑设计原则	40

2.3.4	太阳集热器在坡屋面上设置的建筑设计原则	42
2.3.5	太阳集热器设置在外墙面的建筑设计原则	45
2.3.6	太阳集热器设置在阳台栏板上的建筑设计原则	47
2.3.7	太阳集热器设置在女儿墙、披檐上的建筑设计原则	50
2.3.8	太阳集热器设置的其他原则	51
2.4	应用太阳能热水系统的建筑平面及空间布局设计原则	52
2.4.1	一般设计原则	52
2.4.2	太阳集热器设置的设计原则	53
2.4.3	贮水箱设置的设计原则	53
2.4.4	管道、管线(包括电气管线)设置原则	53
2.4.5	与太阳能热水系统相关的建筑设备综合设计原则	53
第3章	太阳能热水系统的技术要求	54
3.1	总则	54
3.1.1	系统功能	54
3.1.2	系统与建筑的结合	56
3.1.3	系统形式	57
3.1.4	系统性能	59
3.1.5	系统运行控制	61
3.1.6	系统维护和管理	61
3.1.7	其他能源水加热设备配置(系统辅助热源)	62
3.2	太阳集热器	62
3.2.1	选型	62
3.2.2	性能	62
3.3	贮水箱	64
3.3.1	性能	64
3.3.2	结构和安装位置	64
3.3.3	容积	65
3.4	其他能源水加热设备(辅助热源)	65
3.4.1	选型	65
3.4.2	性能	65
3.5	泵、管道和附件	66
3.5.1	泵	66
3.5.2	管道和附件	66
3.6	控制系统	67
3.6.1	系统形式	67
3.6.2	系统和元件性能	67
3.7	热水计量	68
3.7.1	计量方式	68
3.7.2	热水表选型和设置	68
第4章	太阳能热水系统设计	69