

太阳能热水系统在高层住宅中应用

The Application of Solar Water Heating System in High-rise Apartments

张三明 何海霞 杜先 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

太阳能热水系统在高层住宅中应用

张三明 何海霞 杜 先 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能热水系统在高层住宅中应用 / 张三明, 何海霞, 杜先著. —杭州: 浙江大学出版社, 2010.11
ISBN 978-7-308-08065-1

I. ①太… II. ①张… ②何… ③杜… III. ①太阳能水加热器-应用-住宅-高层建筑 IV. ①TK515

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 212615 号

太阳能热水系统在高层住宅中应用

张三明 何海霞 杜先 著

责任编辑 傅百荣
封面设计 宋纪浔
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州求是图文制作有限公司
印 刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 11.5
字 数 280 千字
版 次 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-08065-1
定 价 36.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

建筑节能是缓解当前能源严峻态势，推动节能减排，建立资源节约型社会的重要环节。我国正面临建筑能耗大幅增长的巨大压力，建筑节能刻不容缓，一方面要求降低建筑使用能耗，另一方面需要充分利用可再生能源。太阳能热利用技术是可再生能源利用技术中的重要组成部分，而太阳能热水系统是太阳能热利用中比较成熟的技术，性价比高，已经具备推广应用条件。

目前，国内太阳能热水系统还主要应用于农村、城市排屋和别墅，绝大多数采用的是直插式真空管太阳能热水器，在城市多层住宅中采用太阳能热水系统存在的问题较多，而在高层住宅中的应用还非常少。由于城市建设用地的紧张，高层住宅迅猛发展，必将成为未来很多城市住宅的主体，太阳能热水系统如果需要进一步推广，成为城市居民基本的生活配套设施，急需也是必须解决的就是在高层住宅上的应用问题。由于高层住宅的建筑特殊性，高层住宅太阳能热水系统应用中存在许多困难和问题，如屋顶面积不足、建筑立面上太阳辐射不均衡、集热器安装影响建筑美观、用户端冷热水压不平衡、“无效冷水”多等等，因此不仅要考虑太阳能热水系统和高层建筑外观的结合，还要考虑和高层建筑室内水系统的有机结合，以实现舒适、稳定、安全的热热水供应。本书针对上述问题开展研究，并提出具体解决办法。

为推动太阳能热水应用，杭州市科学技术局立项，由杭州市建设委员会、浙江大学和浙江金禾房地产开发有限公司共同承担了《太阳能热水系统与建筑一体化技术在高层建筑中的应用与研究》（项目编号：20083213A05）；浙江省科技厅对太阳能利用十分重视，并立项开展组织研究，由浙江大学承担，杭州美康新能源技术有限公司和浙江金禾房地产开发有限公司共同合作参与了浙江省科技计划项目《太阳能热水器规模化应用研究与示范》（2008C11036）。课题重点研究解决太阳能热水系统在建筑特别是高层住宅中的应用问题。本书为以上两个课题的部分研究成果总结。

本书共分 9 章，1~3 章介绍了目前国内外太阳能热水系统应用的现状和存在问题、太阳能热水系统的基础知识。4~5 章是从太阳能热水系统与建筑外观和建筑室内水系统两方面入手，探讨太阳能热水系统和高层住宅造型上的结合方法，提出适合高层住宅的太阳能热水系统，总结太阳能热水系统和高层住宅的结合方法和措施。6~7 章介绍了通过计算机模拟计算，对集热器最佳安装倾角和高层住宅集热器立面安装阳光遮挡问题进行理论分析。第 8 章介绍太阳能热水系统性能效率的检测和验收方法。第 9 章详细介绍了课题组成员参与完成的 3 项太阳能热水系统应用案例。

太阳能热水优点很多、技术成熟、政府支持。目前，城市太阳能热水利用没有普及的主要原因是出在应用环节，本书针对太阳能应用存在的问题，提出具体解决方案，以期促进太阳能热水利用的推广应用。

全书内容全面，图片图表丰富，具有较高的实用性和可读性，可以作为建筑设计人员、房地产开发商以及广大业内人士的参考书籍。

本书是两个科研项目的成果，两个科研项目组成成员为：

杭州市科技发展计划项目《太阳能热水系统与建筑一体化技术在高层建筑中的应用与研究》承担单位为：杭州市建设委员会、浙江大学、浙江金禾房地产开发有限公司，合作单位为：杭州市建筑设计院有限公司、山东力诺瑞特新能源有限公司、杭州欧帆能源科技有限公司。项目负责人为杭州市建设委员会杜先，项目组成员：浙江大学张三明、何海霞、王靖华、吴春明、张磊、陈志刚、李程，浙江金禾房地产开发有限公司张建平，杭州市建筑设计研究院有限公司包俊卿，山东力诺瑞特新能源有限公司李玉龙，杭州欧帆能源科技有限公司于勤勇。

浙江省科技计划项目《太阳能热水器规模化应用研究示范》承担单位为：浙江大学，合作单位为：杭州美康新能源技术有限公司、浙江金禾房地产开发有限公司。项目负责人为浙江大学张三明，项目组成员：浙江大学王靖华、陈欢林、何海霞、陈志刚、张红虎、汪波、吴硕贤、王玲，杭州美康新能源技术有限公司何金潜、韩爱勇，浙江金禾房地产开发有限公司张建平，浙江东宸建设控股集团有限公司，周瑜、陈剑波。

本书由张三明、何海霞和杜先著，其中第 8 章主要由陈志刚撰写。编写过程中参考引用了不少书刊文献中的内容，还得到了杭州市建设委员会相关领导和课题组成员的大力支持，在此谨向有关单位、课题组成员以及有关作者表示衷心的感谢。

由于著者水平所限，书中还存在许多需要进一步探讨的问题，也难免有不妥疏漏之处，敬请业内专家同行以及读者不吝指正。

目 录

第 1 章 项目研究背景和意义	1
1.1 能源危机和环境问题的双重压力	1
1.2 太阳能热水系统的优越性	2
1.3 城市高层住宅的迅猛发展	3
1.4 太阳能热水系统在使用和推广中的诸多问题	4
参考文献	6
第 2 章 国内外研究应用的发展现状	7
2.1 国内外发展现状的比较	7
2.2 我国太阳能热水系统应用现状特点	11
2.3 浙江省太阳能热水系统现状	12
2.3.1 太阳辐射资源	12
2.3.2 太阳能热水系统使用现状	13
2.3.3 太阳能热水系统使用中存在的问题	14
2.4 高层住宅太阳能热水系统应用存在问题	14
参考文献	15
第 3 章 太阳能热水系统	17
3.1 太阳能的特点	17
3.2 太阳能热水系统的原理和组成	17
3.3 太阳能热水系统的分类和特点	18
3.3.1 太阳能集热器分类	18
3.3.2 按系统运行方式分类	21
3.3.3 按传热类型分类	22
3.3.4 按集热器与贮水箱的位置关系分类	22
3.3.5 按有无辅助热源分类	23
3.4 太阳能热水系统节能、经济和环境效益分析	23
3.4.1 节能效益分析	23
3.4.2 经济效益分析	24
3.4.3 环保效益分析	25
3.5 太阳能热水系统和建筑一体化设计概念	25
参考文献	26

第 4 章 太阳能热水系统和高层住宅外观一体化设计	27
4.1 太阳能热水系统和住宅外观结合设计的发展	27
4.2 太阳能热水系统和高层住宅外观结合的难点	28
4.3 太阳能集热器和高层住宅外观一体化设计	29
4.3.1 功能性要求	29
4.3.2 美观性要求	39
4.3.3 安全性要求	48
4.4 具体结合方式	49
4.4.1 和平屋顶结合	49
4.4.2 和坡屋顶结合	50
4.4.3 和飘板、装饰构架结合	52
4.4.4 和墙面结合	53
4.4.5 和阳台结合	54
4.4.6 和格栅结合	55
4.5 太阳能集热器和建筑外观一体化的进一步发展	56
4.5.1 构件尺寸匹配性	56
4.5.2 集热器产品多样化	57
4.5.3 集热器构件化	58
4.6 太阳能热水系统其它部分和建筑的一体化设计	60
4.6.1 贮热水箱布置	60
4.6.2 管线布置	61
参考文献	61
第 5 章 太阳能热水系统和建筑室内水系统一体化设计	63
5.1 太阳能热水系统的特点与比较	63
5.1.1 太阳能集热器	63
5.1.2 系统运行方式	69
5.1.3 传热方式	71
5.1.4 贮水箱和集热器关系	72
5.1.5 建筑中运行方式	72
5.1.6 系统控制方法	75
5.1.7 辅助热源启动控制	77
5.2 高层住宅太阳能热水系统的要求	77
5.3 两种适用于高层住宅的太阳能热水系统	80
5.3.1 集中集热、分户储热、分户辅助加热系统（强制、间接循环系统）	80
5.3.2 分户集热、分户储热、分户辅助加热系统（集热器安装于立面）	85
参考文献	88

第 6 章 太阳能集热器最佳倾角研究	90
6.1 国内外研究现状	90
6.1.1 国外研究现状	90
6.1.2 国内研究现状	91
6.2 太阳辐射及相关参量	93
6.2.1 地球表面的太阳辐射	93
6.2.2 太阳常数	95
6.2.3 太阳和地球的位置关系	95
6.2.4 日出日落时角及日长	98
6.3 倾斜面上太阳辐射强度计算	98
6.3.1 倾斜面上的直射辐射强度	99
6.3.2 倾斜面上的散射辐射强度	100
6.3.3 倾斜面上的反射辐射强度	102
6.4 倾斜表面月平均日辐射量计算	102
6.4.1 倾斜表面上的直射辐射量	102
6.4.2 散射辐射量和地面反射辐射量	104
6.5 集热器每月最佳安装倾角	104
6.6 集热器年最佳安装倾角	108
6.6.1 追求集热器接收辐射量最多	108
6.6.2 追求系统辅助加热耗能最少	110
参考文献	115
第 7 章 高层住宅建筑遮挡对立面集热器安装的影响	117
7.1 规划建筑间距要求	117
7.1.1 与北侧建筑间距	118
7.1.2 与东西侧建筑间距	118
7.2 分析内容	119
7.3 参数设定	119
7.3.1 建筑条件设定	119
7.3.2 软件计算条件设定	119
7.3.3 分析案例设定	120
7.4 分析依据	120
7.5 分析结果	121
7.5.1 高层板式住宅遮挡情况（2 个单元）	121
7.5.2 高层板式住宅遮挡情况（6 个单元）	122
7.5.3 高层塔式住宅遮挡情况	124
7.6 结论	125

7.6.1 建筑高度的影响	125
7.6.2 建筑长度的影响	126
7.6.3 建筑形式的影响	126
7.6.4 日照统计方式的影响	127
参考文献	128
第 8 章 家用太阳能热水系统检测与验收	129
8.1 家用太阳能热水系统检测	129
8.1.1 家用太阳能热水系统检测的仪器设备	129
8.1.2 家用太阳能热水系统热性能试验方法	131
8.2 太阳能集热器热性能测试方法	136
8.2.1 测量设备的安装	136
8.2.2 室外效率试验过程	138
8.2.3 瞬时效率的计算	139
参考文献	141
第 9 章 太阳能热水系统应用实例	142
9.1 杭州拱宸桥金华新村回迁房	142
9.1.1 工程概况	142
9.1.2 现状及问题	142
9.1.3 太阳能热水系统相关技术参数	142
9.1.4 太阳能热水系统与住宅外观一体化设计	143
9.1.5 太阳能热水系统与住宅室内水系统一体化设计	148
9.1.6 小结	150
9.2 杭州三墩某住宅小区	150
9.2.1 工程概况	150
9.2.2 现状及问题	150
9.2.3 太阳能热水系统相关技术参数	151
9.2.4 太阳能热水系统与住宅外观一体化设计	151
9.2.5 太阳能热水系统与住宅室内水系统一体化设计	154
9.2.6 小结	154
9.3 杭州九堡区块 R21-05、06 地块经济适用房	156
9.3.1 工程概况	156
9.3.2 现状及问题	156
9.3.3 太阳能热水系统相关技术参数	157
9.3.4 太阳能热水系统与住宅外观一体化设计	157
9.3.5 太阳能热水系统与住宅室内水系统一体化设计	159
9.3.6 立面日照时数计算	160

9.3.7 系统性能检测	162
9.3.8 小结	169
参考文献	169
附录 1	170
附录 2	171

第 1 章 项目研究背景和意义

1.1 能源危机和环境问题的双重压力

能源是人类生产、生活的基础。社会经济的发展、人类生活水平的提高、人类文明的建设都建立在对能源的消耗上。由于经济的发展和人口的增长,能源需求量日益增加,近几百年人类社会的发展已经消耗了地球上大部分的不可再生能源。然而,地球上的能源储量是有限的。根据英国 BP 石油公司 2009 年的《世界能源发展数据统计报告》,以目前的能源利用速度,世界上石油还可以开采 42 年,煤炭可开采 122 年,天然气也只有 60 年时间。我国由于资源相对匮乏,人口量大、消费量高,能源上的压力更为突出(见表 1-1)。根据世界能源署《世界能源展望·2009》预测,2007 年到 2030 年,全球一次能源需求量还会以每年 1.5% 的速度增长,其中 2010—2015 年之间平均会达到每年 2.5% 的增速。到 2030 年,全球原油日均需求量将增至 1.05 亿桶。可见,人类能源需求量增加和能源储备量减少所产生的矛盾会越来越严重。如果不加以控制,不但严重影响人类社会的发展,还会引发全球性的冲突,甚至爆发战争。

全球和中国能源探明储量与采储比

表 1-1

能源种类		探明储量(截至 2008 年底)	占世界储量的比例	采储比
石油	世界	1708 亿吨	100%	42
	中国	21 亿吨	1.2%	11.1
煤炭	世界	8260 亿吨	100%	122
	中国	1145 亿吨	13.9%	41
天然气	世界	185.02 万亿立方米	100%	60.4
	中国	2.46 万亿立方米	1.3%	32.3

采储比:资源开采与储量比率,是反映矿产资源利用情况的指标,它是指年末剩余储量除以当年产量得出剩余储量按当前生产水平尚可开采的年数。(资料来源:BP Statistical Review of World Energy,June 2009)

此外,虽然核能、水能等非化石能源的使用量有所增长,但煤炭等化石能源仍是当前世界的主要能源。从 1971 年到 2007 年,化石燃料一直都占了一次能源消费的绝大部分(如图 1-1 所示),并在未来的 30 年仍会占到总体能源增长的 3/4。2007 年,中国石油、天然气和煤炭的总消费量占一次能源消费的 86.9%。化石燃料在燃烧时会释放大量 CO₂、SO₂、NO_x、固体颗粒物和其他污染物,造成空气、土壤、水源、林业资源和生物

资源的污染，引起气候的变化。特别是二氧化碳等温室气体的排放，会造成全球气候变暖、气候异常、海平面上升等问题。据统计，由于全球对化石燃料的依赖，年二氧化碳排放量已经从 1870 年的接近零排放上升到 2007 年的 288 亿吨(如图 1-2 所示)。据预测，全球二氧化碳的排放量会以平均 1.5%的速度增长，从 2007 年的 288 亿吨增长到 2020 年的 345 亿吨和 2030 年的 402 亿吨，气温将升高 6℃，从而导致气候发生大规模的变化。此外，各种有害气体、物质排放造成的环境污染、自然灾害、物种危机和各种人类疾病等已严重影响了自然和人类的和谐发展。



图 1-1 世界一次能源供应量（化石能源 非化石能源）



图 1-2 化石燃料燃烧造成的二氧化碳排放量增长趋势

1.2 太阳能热水系统的优越性

长期以来，人们就意识到太阳能的作用，并一直努力研究和利用太阳能。近几十年来，在能源危机和环境问题的双重压力下，太阳能因其无限性、清洁性、普遍性等诸多优点又成为人们关注的焦点，试图将其作为其他常规能源的替代品。目前，太阳能的应

用主要包括太阳能光热利用、光电利用和光化学利用三类，也可以分为主动式应用和被动式应用两种不同的应用方式。太阳能热水系统是一种主动式太阳能光热利用技术，它利用温室原理，将太阳能转化为热能，加热冷水，用作制备生活、工业热水或供暖等。最简单的太阳能热水系统即最常用的小型家用太阳能热水器，仅供一户制备生活热水；大型的太阳能热水系统可提供一幢住户甚至整个住宅小区的生活热水和采暖。

20 世纪 70 年代世界爆发“能源危机”，全世界兴起了开发利用太阳能的高潮，我国也从这一时期起对太阳能热水器开始大规模的生产和应用。经过 30 多年的发展，太阳能热水系统（器）已成为太阳能热利用技术中最成熟、应用最广泛、产业化程度最高的一项技术。国内已形成完善的太阳能热水器产业链，系统各部件，如太阳能集热器、贮水箱、管道及配件的生产技术已经成熟，产品质量和性能正在不断完善。根据 IEA（国际能源协会）截至 2007 年底的统计数据，我国太阳能热水器年产量达 2340 万 m^2 ，总保有量 10800 万 m^2 ，每千人拥有太阳能热水器面积达 83 m^2 。和其他非常规能源利用技术相比，太阳能热水系统（器）的社会认可率、普及率都已达到了一定的水平。

太阳能热水系统具有节能环保、经济实用、操作简便诸多优点。我国有 13 亿人口，约 3.5 亿个家庭，若每日每户供应 60°C 热水 120 升，全年需 8000 亿度电，电费约为 4000 亿元。而太阳能热水系统在夏季可提供 80%~90% 的热水用能，基本不需要其他能源；在过渡季和冬季的晴天也能对冷水进行预热，使得辅助能源加热的初始水温达到 $30\sim 50^\circ\text{C}$ ，从而减少常规能源的使用量。在利用太阳能时也不产生废渣、废水、废气和噪音污染，不会对环境产生负面影响。此外，虽然其初始投资较普通电热水器和燃气热水器高，但回收年限短、回报率高。和使用电热水器相比，较大型的太阳能热水系统静态回收年限约 4~7 年，而其使用寿命可达 15 年以上，在使用周期内完全可收回初始投资，并节约常规能源费用。

随着常规能源储量的减少、价格的升高和环境问题的凸显，太阳能热水系统的这些优势会日益彰显，非常值得大量推广应用。

1.3 城市高层住宅的迅猛发展

我国太阳能热水系统从 20 世纪 70 年代开始在农村开始大量使用，主要应用于农居住房和城镇低层、多层住宅，在高层住宅中的应用还很少。但值得注意的是，目前我国正处于飞速城镇化的进程中，日益增加的城市人口对城市建设产生了巨大压力。随着城市建设用地的减少和价格的升高，具有高容积率、高绿地率等特点的高层住宅已成为住宅形式的主流。杭州高层住宅在上世纪 90 年代起大批出现，在 2000 年以后进入成熟期。2001 年 5 月杭州房交会上，高层、小高层占了 64%，高层住宅在供应量上首次超过多层。2005 年杭州八大区域仅上半年推出的 135.3 万 m^2 住宅房源中，高层房源达 95.1 万 m^2 ，小高层 30 万 m^2 ，两者占了全部房源的 92.4%。据 2006 年《杭州市商品住宅市场调研分析报告》统计，市中心板块、城西文教区板块、钱江新城板块、城东九堡板块等 9 个住宅主流供应板块的主力产品类型无一不是高层住宅。具有代表性的钱江新城内，住宅容

积率都在 2.5~2.8 之间。除了市场机制的推动作用外，政府部门也颁布了相关意见和政策，明确了高层住宅发展思路，放宽容积率和建筑高度，鼓励城市规划区域内集中建造小高层、高层住宅，以切实提高土地利用效率。与此同时，购房者对高层住宅的了解和认可度也在不断提升。

可见，高层住宅必定会成为未来城市住宅的主体，而太阳能热水系统如果需要进一步推广，成为城市居民基本的生活配套设施，亟须也是必须解决的就是在高层住宅上的应用问题。

1.4 太阳能热水系统在使用和推广中的诸多问题

太阳能热水系统（器）被公认为是一个相对成熟的节能产品，居民们也乐于使用，但实际在城市推广中困难较多，住宅太阳能热水器使用比例仍很低，主要存在以下几方面问题。

1) 国内使用的太阳能热水系统绝大多数还是简单的紧凑型太阳能热水器，这种太阳能热水器自身性能上存在较多问题（如图 1-3 所示）

（1）太阳能热水器由于其本身性能的欠缺或安装后不能获得足够的太阳辐射量，系统的运行效率低，不能保证全天候热水供应；

（2）太阳能热水器不能承压运行，水压受热水器安装高度限制，用水点冷热水压不平衡，导致用户调节冷热水十分不便；

（3）冬季寒冷天气易造成管道冻裂，夏季真空管“空晒”，造成炸管。

2) 在没有统一安装的情况下，城市住户自发安装太阳能热水器也产生了大量问题

（1）在已建成的屋顶安装太阳能热水器，管线任意穿墙，可能破坏原维护结构的防水构造，造成屋面、墙面渗漏水；

（2）由于安装不规范，可能导致太阳能热水器跌落，带来安全隐患；

（3）在建筑设计之初未考虑太阳能热水器的安装位置，自行安装造成建筑屋面杂乱无章，破坏城市景观等（如图 1-4 所示）。

3) 太阳能热水系统在高层住宅中应用时，由于高层住宅自身建筑上的特点，在结合时还存特殊的问题和难点

（1）高层住宅的屋顶面积有限，若在屋顶安装太阳能集热器有时很难满足所有用户的需要；

（2）在立面上安装太阳能集热器，由于高层住宅立面高度上太阳能资源分布的不均衡性，底层住户很难获得足够的太阳辐射量；

（3）管道过长，不但加大了管道上的热损失，也存在很多的“无效冷水”，使底层住户在使用时不能即时得到热水，还会造成水资源的浪费；

（4）若采用不能承压的太阳能热水器，用水点冷热水压严重不平衡。

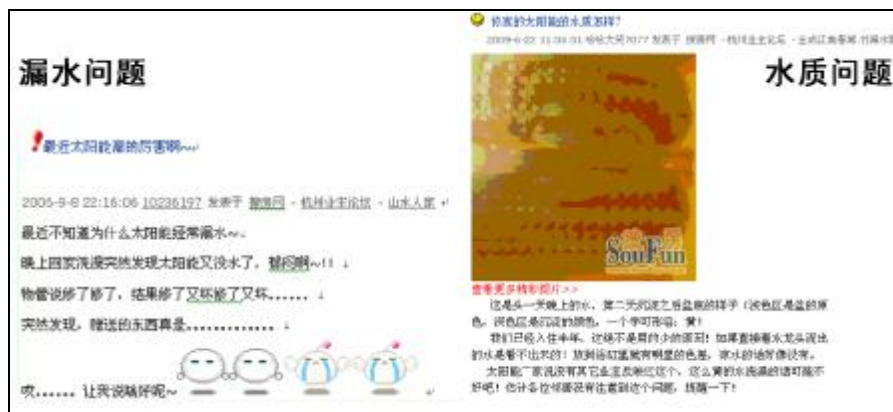


图 1-3 网上小区论坛反映的问题



图 1-4 集热器安装混乱

(图片来源: 左图: 参考文献[3]; 右图: <http://home.cs.soufun.com>)

4) 除了太阳能热水系统(器)本身的问题外, 整个应用环节中, 政府、开发商、建筑师、施工单位以及用户等都对太阳能热水系统的应用还未形成足够的重视

(1) 政府虽然对太阳能热水系统开发、生产方面制定了一些鼓励政策, 但在应用方面的具体鼓励政策、补助措施还很少。

(2) 太阳能热水系统增加的投资由房产开发商承担, 节能所带来的效益却由消费者所有, 不能给开发商带来直接利益, 还会在建筑设计、施工以及运行维护上给开发商造成一定的麻烦, 因此房产开发商对这一新技术缺乏积极性。

(3) 建筑师、施工单位对太阳能热水系统的了解不足, 没有在建筑设计、建造时同步考虑太阳能热水器安装问题。

(4) 普通居民对太阳能热水系统的了解还仅仅停留在普通的紧凑型真空管太阳能热水器, 缺少对太阳能热水系统概念和使用效果的了解。而且目前购房主要受房价主导, 住宅是否配套太阳能热水系统并不会影响购房者的购房选择。购房者和用户等大多数人只是将太阳能热水系统视作免费或便宜的生活热水设施, 并未意识到它的节能环保效益。

综上所述, 太阳能热水系统是一种值得大规模推广应用的可再生能源利用技术, 具有节能、经济、环保、实用等优点, 符合当前全社会节能减排的需求。国内太阳能热水系统在农村和城市低层、多层住宅中普及率较高, 但在实际使用中还存在不少问题, 没有完全实现舒适稳定的供水效果。高层住宅采用太阳能热水系统的还很少, 在建筑和系

统结合上还存在不少问题和难点，但随着高层住宅数量的迅猛增加，太阳能热水系统和高层住宅的结合成为未来太阳能热水系统能否在城市大规模推广的关键。基于实现太阳能热水系统在城市住宅中大范围推广应用的目的，特别是解决与高层住宅结合上的难点问题，总结出太阳能热水系统和高层住宅结合的适宜技术和措施，以实现太阳能热水系统的大量推广应用。

参考文献

- [1] Werner Weiss, Irene Bergmann, Roman Stelzer.Solar Heat Worldwide, IEA Solar Heating&Cooling Programme, May 2009.
- [2] 国家住宅与居住环境工程技术研究中心著.住宅建筑太阳能热水系统整合设计[M].北京：中国建筑工业出版社，2006.
- [3] Lex Bosselaar,He Zinian,Hua Li et al.Integration of Solar Water Heating into Residential Buildings in China,2004.

第 2 章 国内外研究应用的发展现状

2.1 国内外发展现状的比较

上世纪 70 年代随着第一次石油危机爆发,大部分美洲和欧洲国家政府和组织开始推动太阳能的应用。早期主攻方向为被动太阳能利用和太阳能热利用(供暖和生活热水),目前已逐渐向太阳能制冷、光伏利用等领域发展。欧洲等国的太阳能热水系统相关技术已发展到相当成熟的阶段,开发出各种类型的太阳能热水系统以满足不同需求,并具有完善的国家标准体系和规范。

太阳能热水系统(器)在国内经过 30 年的发展,集热器形式从“闷晒式”到“平板式”再到“真空管式”;应用范围从农村到城镇;安装规模从小型太阳能热水器到大规模的太阳能热水系统;安装方式从各户独立安装到规模工程化安装。制定和实施了一批国家标准和行业标准,在安装和使用数量上已占世界首位,但在产品质量、相关技术和国际先进水平还存在一定差距,特别是和建筑的一体化结合技术还处于起步阶段。

根据 IEA 的统计数据和相关资料,我们分别从太阳能热水系统的安装数量、系统规模、主要用途、集热器种类、系统运行方式、技术研究、整合设计研究和政府鼓励推广政策等方面对国内外发展现状进行了总结和比较。

1) 安装数量

根据 IEA(国际能源协会)截至 2007 年底的统计,全世界太阳能集热器安装面积(使用中)累计达 2.09 亿 m^2 ($146.8\text{GW}_{\text{th}}$),折合成装机容量达 $146.8\text{GW}_{\text{th}}$ 。从图 2-1 可见,中国是世界上太阳能集热器安装总量最大的国家,总装机容量(平板集热器和真空管集热器)达到 $79.9\text{GW}_{\text{th}}$ 。但折合成每千人装机容量,排在前五位的分别是塞浦路斯(651kW_{th})、以色列(499kW_{th})、澳大利亚(252kW_{th})、希腊(224kW_{th})和巴巴多斯岛(197kW_{th}),中国仅列第九位(如图 2-2 所示)。

2) 系统规模

根据集热器安装面积,欧洲将太阳能热水系统分为 4 种规模: $<30\text{ m}^2$ 、 $30\sim 50\text{ m}^2$ 、 $50\sim 100\text{ m}^2$ 和 $>100\text{ m}^2$,大于 30 m^2 属大型系统。欧洲以 $30\sim 100\text{ m}^2$ 的大型项目居多,如在住宅小区中,将大型太阳能加热系统与社区热力网相连接。

国内主要为小型独立式家用太阳能热水器或超大型项目,中等规模系统(如小区太阳能热水系统)应用还较少。

3) 主要用途

太阳能热水系统在欧洲主要应用于生活热水制备、采暖和区域太阳能供热水厂等;北美主要用于游泳池水加热和洗衣店用热水等。