



FROM SOLAR ENERGY TO  
SOLAR CAN

# 从“太阳能”到太阳“能” ——太阳能热水系统的效能与设计

主编◎彭琛 郝斌



中国建筑工业出版社

ISBN 7-112-01993-4

# 从“太阳能”到太阳“能”

## ——太阳能热水系统的效能与设计

主编 彭琛 郝斌



中国建筑工业出版社

图书在版编目 ( CIP ) 数据

从“太阳能”到太阳“能”——太阳能热水系统的效能与设计 /  
彭琛, 郝斌主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.3

ISBN 978-7-112-21893-6

I. ①从… II. ①彭… ②郝… III. ①太阳能水加热器—热水供应  
系统—设计 IV. ①TK515

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第038866号

责任编辑: 齐庆梅 吕娜

书籍设计: 锋尚设计

责任校对: 焦乐

从“太阳能”到太阳“能”  
——太阳能热水系统的效能与设计

主编 彭琛 郝斌

\*  
中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京锋尚制版有限公司制版  
北京市密东印刷有限公司印刷

\*  
开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 9 $\frac{3}{4}$  字数: 223千字

2018年3月第一版 2018年3月第一次印刷

定价: 42.00元

ISBN 978-7-112-21893-6

(31799)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 本书作者

**主 编:** 彭 琛 郝 斌

**编 写 组:** 王珊珊 陈希琳 郭嘉羽 陆元元 刘 珊

李 骏 徐 蒙 黄俊鹏 陈讲运 李 琳

薛梦华 刘红维 罗 多 李穆然 李 娜

**主编单位:** 住房和城乡建设部科技发展促进中心

深圳市建筑科学研究院股份有限公司

中国建筑节能协会太阳能建筑应用专业委员会

**参编单位:** 北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司

国际铜业协会 IMISA 国际金属太阳能产业联盟

山东力诺瑞特新能源有限公司

珠海兴业新能源科技有限公司

兴悦能(北京)能源科技有限公司

## 序

从本书作者开始调查研究，直到写作和反复修订最终成稿这一全过程，我一直在关注。这一调查研究、总结写作的过程大概有五年时间了吧？

我国太阳能热水器产业发展于 20 世纪 90 年代初期。当时没有太多的政策支持，完全靠市场需求刺激，从无到有，蓬勃发展。尽管发展中还曾受到各种限制、阻碍（曾经有地方政府或社区物业不允许太阳能热水器安装的规定），到 21 世纪初，我国在役的热水器总量已经超过 5000 万  $\text{m}^2$ ，中国成为全球太阳能热水器安装量第一的大国。我国太阳能真空管产品成为此领域全球技术领先的拳头产品，市场还培养出一批出色的太阳能热水器企业。在 20 世纪 90 年代初，中国城市居民仅有不到 5% 的家庭有生活热水供应，而到了 20 世纪末，80% 以上的城市家庭已经用上了热水。尽管太阳能热水器在其中承担的比例并不高，但恰恰是太阳能热水器第一个走入城市家庭，建立了居家需要有生活热水的概念，使居民生活水平有了一个普遍的提升。太阳能热水器还进入了农村家庭。48 年前我在内蒙古农村插队时，村里人洗一次热水澡是不可想象的奢侈。而现在家家户户却用上了太阳能热水器，每天可以使用热水啦！太阳能热水器的发展对推动我国农民的生活方式向现代化发展起了多么大的作用！

然而，也就是在 2013 年，恰好是本书相关工作开始的那一年，我国的太阳能热水产业从连续二十年的持续增长突然出现减产，全行业产量产值下滑。而这正是全国从上到下关注节能减排，支持和推广可再生能源，从中央到地方的各级政府先后出台多项支持可再生能源（包括太阳能热利用）政策的时间。这到底怎么了？是支持力度不够？是宏观经济下滑？（2013 年我国 GDP 增长 7.7%，经济形势良好）还是太阳能热水器市场饱和？（2013 年我国新建建筑竣工面积第一次超过 20 亿  $\text{m}^2$ ）。一位我国最著名的太阳能热利用企业的老板曾对我说，“我们只好下乡，走农村包围城市的道路了”，这又是出于什么原因？本书通过大量的实际案例调查，从技术、标准、政策全方位对这一现象进行了深入和全面的剖析，说明了这一现象的真实的和深层次的原因。

首先有技术上的原因。二十年推广成功的是一家一户的分散式太阳能热水系统。在城市对几十户上百户居民合住的公寓式新建项目全面推广，想到的自然就是集中式太阳能热水系统。集中式可以是以前分散式的简单扩展吗？当改为集中式时，系统的性质会出现哪些质的变化？应该如何应对？

其次就是技术标准和评价标准的问题。一家一户的太阳能热水器追求的是“保证率”，也就是全年有多少天可以满足生活要求的热水供应而不需要常规燃料辅助加热。当转为多家共用的集中式太阳能热水系统后，还应该取“保证率”这样的评价标准吗？生活热水制备的供与末端使用者需求的求之间的矛盾发生了什么转变？而这一矛盾的变

化又会怎样影响太阳能热水系统的实际性质？由此需要这一系统进行哪些根本的变化？

本书作者在全国范围内测试了从北到南的很多居民住宅用集中式太阳能热水系统，发现这些系统无一例外地都消耗大量常规能源，相当一部分项目所消耗的常规能源（电或天然气）竟然高于使用分散的燃气热水器或电热热水器时的能耗，这又是怎么回事？要使集中式太阳能热水器真正发挥其替代化石能源，节能减排低碳的作用，系统形式应该做怎样的调整？

2006年开始，中央和各地方政府陆续出台了一批鼓励支持太阳能热水器的政策，包括一些规定新建商品房必须安装太阳能热水器的强制性政策。这些政策的出台改变了太阳能热水器购买方的购买动机，由此就进一步改变了太阳能热水器市场对太阳能热水系统的市场需求和评价标准。再加上前面提及的技术标准与评价标准的失准，就使得市场需求的变化驱动了整个产业的变化，逐渐出现了动荡、变化和劣币驱逐良币的现象，最终导致整个市场的衰退。

这本书清楚地向读者揭示了在我国实实在在发生的上述过程。尽管其顺序与上述描述略有不同，但可以从书中理出这样的脉络。这一实际发生的现象向我们清楚地展示了技术评价标准、政策推广机制对一个新兴技术的重要性。尽管全部是出于好心，是从内心就非常积极支持的态度，但如果缺乏深入的科学的认识，就有可能好心办坏事。当然，更重要的原因是缺乏深入细致的技术研究工作，没有把握好集中式与原来广泛成功的分散式的区别，在尚未找到满足集中式需求特点的系统形式与技术时，就开始大面积推广。这些经验和教训都值得总结、借鉴。不仅对今后的太阳能事业，也对更多的性质相近的领域有重要的参考价值。

作者做出上述的研究、分析、判断绝非是坐在办公室里就可进行的，而是几年的时间深入到大量工程实际中，通过采访、测试、计算和分析而得到，是从大量工程案例中分析总结出来的结果，更是坚持实事求是，打破迷信，坚信“实践是检验真理的唯一标准”的研究方法才得到的成果。这种从实际出发、从事实出发的科学态度值得我们从事应用科学和相关政策研究的工作人员们学习。

作者不是单单地揭示和分析如上现象，更重要的是为如何解决这一问题提出了系统的解决方案。一定要使太阳能热水系统在居住建筑中得以持续发展，使太阳能热水系统继续为城乡居民带来福音，成为我国制备居民生活热水的主导能源。作者从技术路线、技术评价标准、相关的政策机制等各方面提出了完整的技术和政策机制体系，规划了未来太阳能热水系统的发展路径。作者清楚地指出太阳能热水系统的成功与否关键不是集热器，而是系统形式；集中式太阳能热水系统必须解决两个问题：①怎样使末端用户阀门一开就有热水而又不造成循环水管的大量热损失；②怎样在任何时候都满足用户热水需求而又不造成过度依靠辅助热源而弃掉太阳能热量。作者根据目前评价方法的问题提出应从系统消耗的常规能源量来评价太阳能热水系统，而不是太阳能热水系统的保证率或能效。作者指出目前政策机制中的问题，设计规划了怎样充分利用市场机制、调

动各方积极性、推动太阳能热水事业良性发展的政策模式。书中所提出的这些真知灼见，都建立在对实际现象的深入调查、充分理解、科学分析和实践检验的基础上，相信对我国太阳能热水行业的整顿、提高、进一步发展、壮大，有重要意义。

降低碳排放，缓解气候变化，已经成为我国的基本国策。要实现巴黎议定书中控制全球温升不超过 $2^{\circ}\text{C}$ 的目标，我国需要把目前的每年超过100亿t二氧化碳排放总量降低到每年30~35亿t，这就要彻底改变我国的能源结构，由以煤、油、气为主的化石能源结构改变到以太阳能、风能、水力能、生物质能等可再生能源和核能等零碳能源为主的低碳能源结构。这就是中央多次提出的“能源的供给侧和消费侧的革命”。太阳能热水系统是这一革命中的重要角色。中国人目前人均用热水量仅为每人每天30L，远低于发达国家每人每天100L的水平。但即使这样，13亿人如果都采用天然气制备生活热水，则每天需要0.4亿t热水，需要1.2亿 $\text{m}^3$ 天然气加热。这样全国生活热水加热每年就需要400亿 $\text{m}^3$ 天然气。这大致是我国目前每年天然气产量的三分之一。全面用太阳能热水系统提供热水，每年至少可以省掉300亿 $\text{m}^3$ 天然气。这对改善我国目前“缺气”的状况有多么大的意义！用太阳能使全国人民真的在任何时候都可以用上热水，对全国人民都进入小康，又有多大的意义！我们盼望太阳能热水系统在我国全面成功推广，盼望这一天的早日到来。

江亿

于清华园节能楼  
2018年1月21日

虽然不知道宇宙大爆炸究竟是怎么回事，但太阳是我们每个人所必须依赖的。这是一个小孩子都懂的道理，虽然他们自己就是八九点钟的“太阳”。太阳能也就顺理成章地成了我们所最追求的绿色能源。

幸运的是，在我从事几年建筑节能工作后，有机会在2006年开始接触太阳能。一开始遇到的问题是“什么样的指标能够很好地描述太阳能热水系统？”在诸多前辈的指导下，开始了解太阳能保证率等要素指标。学习一段时间后，两个问题一直困扰着我，一个是太阳能保证率与太阳能建筑一体化的关系；另一个是太阳能保证率的来历，solar fraction为什么翻译为太阳能保证率？

参观了近百项实际太阳能热水工程后，在深入学习的基础上，我试着自己回答上述的问题。

回答第一个问题“太阳能保证率与太阳能建筑一体化的关系”，要从2016年国家提出建筑的八字方针说起。“适用、经济、美观、绿色”是同样甚至更加恰当、准确地适合于太阳能建筑热水系统。“适用”是根据用户的真实用热水习惯因地制宜，而不是主观臆测或引用过时的数据；“经济”是太阳能热水应该更加物美价廉；“美观”是说如何与建筑一体化，说白了，无外乎就是颜值与才华的关系吧；“绿色”则是将太阳能融入我们的生活方式。

回答第二个问题“太阳能保证率的来历”，熟读了不同标准中的说法与解释后，想到了太阳能保证率设计值与实际值的异同，更想到了为什么检测的太阳能保证率很多在80%以上、甚至在100%，而用户的热水价格却20元/t、甚至40~50元/t甚至310元/t？

事实上，直接用电加热1t热水、温升40℃的话，大约耗电46kWh，以北京电价为例，相当于22元左右。为什么用了太阳能还是这个价格甚至更贵呢？这就是我们最初的思考和想解决的问题，从而有了写这本书的动力。所以将研究对象锁定在住宅太阳能热水系统，而且主要针对常见的集中集热分散辅热和集中集热集中辅热两种系统形式。

当逐个项目检测后，我们或多或少还是有些意外；当顺藤摸瓜找到丝丝线索时，我们或多或少有些欣喜。编写过程中，由于问题从实践中来，我们发现很难按照常规的设计、运行、检测、评价的顺序写，为了方便读者的阅读理解，本书按照检测、评价、设计的倒叙方式逐步展开。

当然，由于居民用热水的习惯是根本需求，将影响整个的链条，我们首先在前面章节讨论了用热水需求的“质”与“量”的问题。热水负荷的大小和准M形曲线，与太阳能供给的V形曲线在日与季上的差异，对太阳能系统产生根本的影响。

其次，以太阳能热水系统“两进两出”能量平衡为理论基础，提出了辅助能源消耗



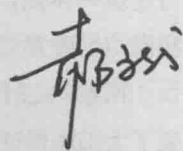
量、用户实际用热量、系统散热量的检测与计算方法，由“跟踪太阳能”变为“追踪常规能源”为主，由短期检测向长期监测（全年模拟）转变，完善了反映太阳能生活热水项目全年效果的检测方法。

进一步，以评价系统实际运行能耗为导向，提出了系统热损比、太阳能有效利用率、吨热水成本等能够唯一刻画太阳能热水系统使用效果的指标体系，从而客观反映系统中辅助能源真实消耗水平和太阳能的实际利用情况。

虽然我们没有能够对设计方法、参数取值等问题进行深入的探讨与推敲，但我们还是希望能够从检测方法与评价指标的剖析中，洞察到系统设计的要点。太阳能热水系统作为工程应用，可靠性的保证应由常规能源担当，降低系统热损比、提高太阳能有效利用率是关键。这也就回答了开始说的第二个问题，太阳能保证率（solar fraction）的翻译，fraction 主要的含义是“一部分、比例”，其实我隐隐能体会在开始推广太阳能热水系统时前辈们的用心良苦，今天是不是能与时俱进，赋予其客观的意义呢！

从酝酿到完成本书的四年时间里，我们得到了前辈的悉心指导，得到了同行的鼓励，得到了专家学者的肯定，更得到了很多太阳能企业家的鼎力支持与无私帮助。我们坚信“逆淘汰”在太阳能行业即便发生也只是暂时，也愈发有理由相信从太阳能到太阳“能”（from solar energy to solar can），是完全可能的。

本书的出版得到了“十三五”国家重点研发计划项目“可再生能源绿色建筑领域应用效果研究”（2016YFC0700104）与住房城乡建设部科学计划项目“住宅太阳能生活热水系统运行问题及节能技术”（2015-K1-003）的支持。



2017年12月30日

如果您只有五分钟·····	1
第 1 章 生活热水需求与供给现状·····	5
1.1 生活热水需求与发展目标认识·····	6
1.2 居民生活热水用能情况研究·····	8
1.2.1 我国居民生活热水能耗研究·····	8
1.2.2 中外居民生活热水能耗比较·····	9
1.2.3 居民生活热水能耗影响因素分析·····	10
1.3 生活热水系统形式与特点·····	12
1.3.1 热水系统分类·····	12
1.3.2 不同形式系统的特点与应用·····	13
1.3.3 太阳能热水系统·····	15
1.4 小结·····	17
第 2 章 太阳能热水系统发展与应用现状·····	19
2.1 太阳能热水产业发展现状·····	20
2.1.1 产业发展现状·····	20
2.1.2 法律法规与相关政策·····	23
2.1.3 太阳能热水系统应用问题·····	26
2.2 工程应用问题讨论·····	28
2.2.1 生活热水系统工程应用过程·····	28
2.2.2 工程技术与非技术问题·····	29
2.3 关于利用太阳能的趋势与思辨·····	32
2.3.1 发展历程·····	32
2.3.2 太阳能热水应用思辨·····	33
第 3 章 居民生活热水使用情况调研与分析·····	35
3.1 概述·····	36
3.1.1 调研背景·····	36
3.1.2 调研情况·····	36

3.2	用热水规律 .....	37
3.2.1	热水用途 .....	37
3.2.2	日使用时间与需求 .....	38
3.2.3	季节和气候区的规律 .....	40
3.3	热水的“量”与“质” .....	44
3.3.1	热水的“量” .....	44
3.3.2	热水的“质” .....	46
3.4	热水供应方式和设备类型 .....	48
3.4.1	热水供应方式和设备类型分布 .....	48
3.4.2	太阳能生活热水市场应用 .....	50
3.5	基于调查结果的问题分析 .....	51
3.5.1	设计用水量与实际用水量差异大 .....	51
3.5.2	热水“质”有待提高 .....	52
3.5.3	热水价格有待合理化 .....	52
第4章	居民生活热水系统能耗研究 .....	53
4.1	能量平衡法 .....	54
4.1.1	“两进两出”热量平衡关系 .....	54
4.1.2	太阳能热水系统形式与能量分析条件 .....	55
4.1.3	太阳能热水系统能量分析方法 .....	57
4.1.4	小结 .....	60
4.2	能量平衡法的验证 .....	60
4.3	居民生活热水系统运行能耗实测 .....	65
4.3.1	集中集热集中辅热式系统能耗检测 .....	65
4.3.2	集中集热分散辅热式系统能耗检测 .....	73
4.3.3	户用热水器能耗分析 .....	76
4.3.4	居民生活热水系统运行能耗分析 .....	77
4.4	小结 .....	78
第5章	太阳能热水系统评价方法 .....	79
5.1	现有评价方法分析 .....	80
5.1.1	评价方法概述 .....	81
5.1.2	基于实际案例的探讨分析 .....	83
5.2	太阳能热水系统评价指标研究 .....	84

5.2.1	系统整体热性能评价的数学原理 .....	85
5.2.2	系统评价指标的设计选择 .....	86
5.2.3	指标之间的关系与应用 .....	89
5.3	指标体系的工程应用 .....	90
5.4	小结 .....	93
第 6 章	太阳能热水系统检测方法 .....	95
6.1	现有检测方法分析 .....	96
6.1.1	检测方法概述 .....	96
6.1.2	检测方法问题与探讨 .....	101
6.2	检测方法优化 .....	103
6.2.1	检测内容及方法 .....	103
6.2.2	检测方法比较 .....	108
6.3	小结 .....	109
第 7 章	太阳能热水系统设计与运行管理优化 .....	111
7.1	建设与运行环节关系的思辨 .....	112
7.2	系统设计与运行问题分析 .....	114
7.2.1	设计环节 .....	114
7.2.2	运行环节 .....	121
7.3	基于实际需求的设计与运行优化方法 .....	125
7.3.1	关于设计理念的讨论 .....	125
7.3.2	经济效益对设计的要求 .....	127
7.3.3	系统构件与运行的优化 .....	128
7.4	新型太阳能热水系统设计与运行 .....	130
第 8 章	展望与建议 .....	133
符号索引表	.....	138
参考文献	.....	140

## 如果您只有五分钟……

太阳能热水系统是建筑相结合的可再生能源利用形式中能源利用效率最高、与建筑实际需求结合紧密的一种技术形式。相比于太阳能光伏技术，光热水转化的能量利用效率更高。系统将热量以热水的形式供应到建筑中，直接满足生活热水的需求，避免了能量多次转化，且又与建筑用能需求密切相结合，具有良好的匹配性。同时，生活热水供应是居民生活水平提高的一个重要标志。发达国家生活热水用能占到居住建筑用能的30%以上。未来要发展低碳能源系统，需大幅度提高可再生能源的比例。其中，太阳能热水是迄今为止最有效最成熟的太阳能利用方式。从技术发展潜力和当前水平来看，太阳能热水系统应该是一项值得大力推广的可再生能源利用技术。

然而，从实际市场调查来看，在国家政策大力支持、各地出台强制性政策的情况下，太阳能热水系统，尤其是集中式太阳能热水系统，市场认可程度却在降低，从用户到开发商都表达出明显的否定态度，非常不利于太阳能热水系统的应用发展。究其原因，水价高、用水体验差、运维成本高，甚至出现了仅为申请补贴租赁太阳能热水系统设备的市场怪象，诸多原因造成用户、开发商、企业多方均不满意的局面。

由上述问题出发，本书主要针对居住建筑太阳能热水系统，从集中式太阳能热水系统的“水”“热”属性入手，对太阳能热水系统整体性能进行评价，明确以实际常规能源消耗为主要控制指标，重视系统投资和运行的节能与经济效益。太阳能热水系统利用，尤其要重视系统运行节能和经济性，在满足用户用热水舒适和便捷要求的基础上，大幅降低运行能源成本，使得用户和运营方都能从中获得明显的经济效益，才能够保证该项技术得到市场认可，才有可能持续发展下去。

### (1) 太阳能热水系统的“水”属性——热水的“量”与“质”

根据本书居民生活热水使用情况调研结果，在热水的“量”方面，设计用水量与实际用水量差异大。调查发现居民实际用水量为20~40L/d，远低于《建筑给水排水设计规范》GB 50015的日用水定额60~100L/d。若设计用水量远高于实际用水量，则集中式热水系统的集中优势无法体现，却在沿程管道上耗损大量的热量，造成低效运行、亏损运营；另一方面，热水的“质”有待提高，包括适宜的供水时间和供水温度。调研发现居民用水呈现M形双高峰现象，如图1所示，即早高峰与晚高峰。在水温和水量上保障早晨和夜间的用水高峰需求，降低常规能源消耗量，也是集中式热水系统设计要完善与改进的地方。

### (2) 太阳能热水系统的“热”属性——能量平衡法

太阳能热水系统通常由太阳能集热器、贮热水箱、辅助能源加热设备、控制系统、水泵和连接管道等设备组成。从进出系统能量平衡的角度看，能量输入包括集热系统得热量和辅助能源加热量两项，能量输出包括末端用户实际用热量和系统散热量两项，由此系统热量

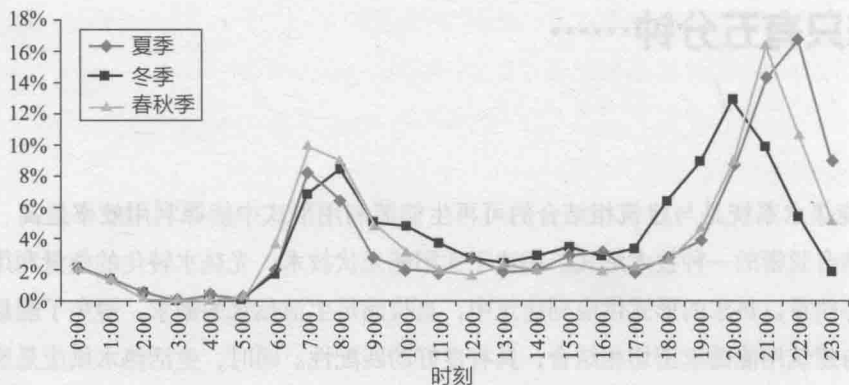


图1 居民不同季节热水使用时间分布图（监测）

可以表达为“两进两出”能量平衡关系，即：

$$\text{集热系统得热量} + \text{辅助能源加热量} = \text{用户用热量} + \text{系统散热量}$$

其中，集热系统得热量主要由集热面积、集热效率、太阳辐照量和安装角度等因素决定，集热面积越大、效率越高和辐照量越大，则集热系统得热量越大；辅助能源加热量是系统为维持供热水温度而提供的，用户用热量或系统散热量增加，会使得辅助能源加热量需求增加。用户用热量由用户所使用的水用量及冷热水温差决定；系统散热量包括管网散热和贮热水箱散热，受热水温度与环境温度的温差、管网规模与保温性能以及热水在管网中循环时间等因素影响，温差增大、规模增大、保温性能变差、循环时间变长等都将使得系统散热量增加。

### （3）太阳能热水系统整体性能评价与检测

根据太阳能热水系统实际工程检测发现，如表1所示，太阳能保证率处于40%~100%的系统，实际性能存在较大差别，并非太阳能保证率越高，系统能源利用效果越好。反映出太阳能保证率作为单一评价指标时的局限性，对运行效果、系统形式的合理性等无法做出准确判断。

工程数据测试表

表1

项目	太阳能保证率	太阳能有效利用率	常规能源有效替代率	系统热损比
案例一	100%	6.2%	18%	2.77
案例二	89%	21%	19%	0.70
案例三	79.1%	32%	25%	0.54
案例四	60%	24.56%	33.92%	1.04
案例五	40%	-17.62%	-4.98%	0.33

因此，本书根据能量平衡法，提出太阳能热水系统评价优化指标。从现有以太能为主导向转变为以减少辅助能源为导向，采用多指标唯一刻画系统性能：包括系统热损比、太阳能有效利用率、吨热水成本等指标。评价方法对比如表2所示。优化原则如下：

- ①用户用热量是系统需要保障的对象；
- ②减少辅助能源加热量是利用太阳能制备热水的核心目的；
- ③增加太阳能集热量是减少辅助能源加热量的措施；
- ④系统散热量影响着系统实际节能的效果。

评价方法对比表

表 2

优化评价指标	现有评价指标
以常规能源为主导向	以太阳能为主导向
常规能源有效替代率	太阳能保证率
太阳能有效利用率	
系统热损比	集热系统效率
	储热水箱热损因数
吨热水能耗	费效比

根据系统优化评价指标，相应的检测思路也发生了变化：从现有追踪太阳能、主要关注集热侧转变为追踪常规能源、主要关注用热侧，同时从现有短期检测为主转变为长期监测（全年模拟）为主。首先，考虑到不同系统的特点，需根据工程实际情况制定检测方案；其次，将重点由原来仅检测集热系统得热量转变为检测“整个系统”热量状况；再次，优化检测方法将更关注长期监测数据（全年模拟），更接近实际地反映系统运行中的“热”性能和能耗水平。检测方法对比如表 3 所示。

检测方法对比表

表 3

优化检测方法			现有检测方法		
检测项目	途径	仪器	检测项目	途径	仪器
集热系统得热量	软件模拟 能量平衡法	—	集热系统得热量	现场检测	总辐射表 热量表 温度计 流量计
辅助能源加热量	现场检测	功率计	—	—	—
	计量数据（优先）	电表 / 燃气表	—	—	—
用户用热量	调查数据	—	—	—	—
	计量数据（优先）	水表	—	—	—
系统散热量	模拟计算	—	水箱散热	现场检测	流量计 温度计

#### (4) 对太阳能热水系统设计的启示

太阳能热水系统首先是一种提供热水的系统。热水系统的设计通常以满足用户用热需求为出发点，在考虑经济性和节能的要求下，尽可能减少常规能源消耗。其并非是以利用太阳能制备热水为目的，而是通过利用太阳能减少常规能源消耗为目的。在用户用热水需热量基本确定的情况下，随着系统集热量增加，所需要的辅助能源加热量和实际利用太阳能热量关系如图2所示。其中，辅助能源加热量是影响系统运行经济性的重要因素，太阳能集热量与实际利用太阳能热量之间的关系是初投资效益的体现。

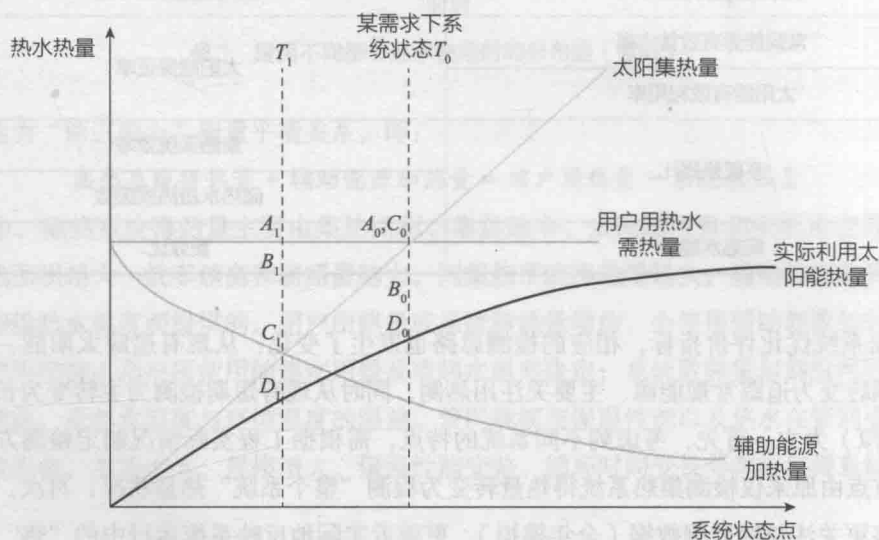


图2 太阳能热水系统节能与经济效益分析图

由此可知，为实现节能和经济效益，一方面，应该尽可能提高实际利用太阳能热量曲线斜率，使其与太阳能集热量尽可能迫近；另一方面，应加快辅助能源加热量曲线下降的趋势，尽量减少系统散热。因此，设计过程中应重视以下三个方面：

第一，重视系统散热量。系统散热损失是影响太阳能热水系统性能的重要因数，一方面需要提高水箱和管路等各处的保温性能以减少散热损失；另一方面，系统散热主要发生在水箱和循环管路，减少非必需的热热水循环，也是减少散热损失的重要途径。

第二，合理选择系统形式。结合用热需求，考虑集中与分散度，以辅助能源加热量最小和太阳能有效利用率最高为条件，优化辅热位置、集热面积、管路布置、水箱设置，并且充分考虑运行方式，最终确定系统形式。

第三，控制吨热水成本，包括初投资成本和运营成本。初投资成本受集热器面积、水箱容积、管路长度及保温性能等因素影响，其中集热器成本在系统中占重要比例；运营成本主要由常规能源费用以及运行维护人员成本构成，良好的控制策略是减少运营成本的保障。





第1章

# 生活热水需求与供给现状