

云南省住房和城乡建设厅文件

云建法〔2017〕236号

云南省住房和城乡建设厅关于印发《云南省 高层住宅太阳能热水系统与建筑一体化 应用技术导则》等技术规范的通知

各州、市住房和城乡建设局，滇中新区规划建设管理部，有关单位：

为贯彻落实国家建筑节能相关政策，进一步提高云南省可再生能源利用的整体技术水平，省住房城乡建设厅组织编制了《云南省高层住宅太阳能热水系统与建筑一体化应用技术导则》《云南省可再生能源示范应用工程太阳能热水系统施工与验收技术规程》《云南省可再生能源示范应用工程太阳能热水系统能效评价和能效测评导则》《集中式太阳能-

空气源热泵热水系统技术指南》，现印发你们，请结合本地实际，认真抓好贯彻落实。

联系人及电话：雷伟生，李芮；0871-64321975。

- 附件：1. 云南省高层住宅太阳能热水系统与建筑一体化应用技术导则
2. 云南省可再生能源示范应用工程太阳能热水系统施工与验收技术规程
3. 云南省可再生能源示范应用工程太阳能热水系统能效评价和能效测评导则
4. 集中式太阳能-空气源热泵热水系统技术指南

云南省住房和城乡建设厅

2017年5月17日



云南省高层住宅太阳能热水系统 与建筑一体化应用技术导则

云南省住房和城乡建设厅

2017年5月

前 言

根据云南省住房和城乡建设厅的要求，由云南建筑技术发展中心为主编单位，会同有关单位共同编制本导则。

在导则编制过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，认真总结和吸收了国内各地高层住宅太阳能与建筑一体化热水系统应用成果和经验，以国家及各地太阳能热利用相关技术标准为依据，结合本省高层住宅太阳能热利用的现状和特点，在广泛征求意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，制定本导则。

本导则的主要内容是：总则，术语，基本规定，高层住宅太阳能热水系统应用基础数据，高层住宅太阳能与建筑一体化专项设计，高层住宅太阳能与建筑一体化设计，高层住宅太阳能热水系统，高层住宅太阳能热水系统安装与检验，高层住宅太阳能热水系统验收，高层住宅太阳能热水系统使用和管理维护及附录。

本导则由云南省住房和城乡建设厅负责管理，云南建筑技术发展中心负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有修改的意见和建议，请反馈至云南省住房和城乡建设厅法规技术处（地址：云南省昆明市红塔东路3号，邮编：650228）。

本导则主编单位：云南建筑技术发展中心

本导则参编单位：云南省太阳能协会

云南省设计院

云南省安泰建设工程施工图设计文件审查中心

昆明市建筑设计研究院有限责任公司

云南师范大学太阳能研究所

城市设计研究院

山东力诺瑞特新能源有限公司

云南东投新能源科技有限公司

本导则主要起草人员：高嘉云 吴景山 苏 荣 罗美丽 刘正荣

刘新月 林 娟 杨育芹 马保林 杨永贵

徐 力 倪韶萍

本导则主要审查人员：吴 丹 徐 锋 朱培世 杨仙梅 唐润生

余广鹑 崔 跃 高沛峻 薛梦华 简宇航

目 录

1	总则	6
2	术语	7
3	基本规定	9
4	高层住宅太阳能热水系统应用基础数据	10
5	高层住宅太阳能与建筑一体化专项方案设计	11
6	高层住宅太阳能与建筑一体化设计	12
6.1	一般规定	12
6.2	规划设计	12
6.3	建筑设计	12
6.4	结构设计	15
6.5	给水排水设计	16
6.6	电气及控制系统设计	16
7	高层住宅太阳能热水系统	18
7.1	一般规定	18
7.2	系统形式及分类	18
7.3	用能负荷计算	19
7.4	技术要求	20
7.5	系统设计	21
7.6	辅助能源水加热设备选型	23
8	高层住宅太阳能热水系统安装与检验	25
8.1	一般规定	25
8.2	材料、设备管理	25
8.3	施工过程质量控制	25
8.4	系统试运行	28
9	高层住宅太阳能热水系统验收	30
9.1	一般规定	30
9.2	隐蔽工程和分项工程验收	30
9.3	竣工验收	30
10	高层住宅太阳能热水系统使用和管理维护	32
10.1	一般规定	32
10.2	系统管理和维护	32
	附录 A 云南省各地地理气候数据	33
	附录 B 云南省各地太阳辐射资料	37
	附录 C 云南省市、县建筑热工设计分区表	41
	附录 D 太阳能热水系统工程主要标准、规范一览表	42
	本导则用词说明	43
	引用标准名录	44

1 总则

- 1.0.1 为建设资源节约型和环境友好型社会，提高建筑能源利用效率，推动和促进云南省高层住宅太阳能热水系统优先使用、高效利用、规范运用，特结合云南省实际情况制定本导则。
- 1.0.2 本导则适用于云南省城市规划区内新建及改扩建的高层住宅应用太阳能热水系统。
- 1.0.3 高层住宅太阳能热水系统应纳入建筑工程体系，统一规划，同步设计，同步施工，同步验收，与建设工程同步投入使用。
- 1.0.4 高层住宅太阳能热水系统应由具有相应设计、施工资质的单位完成。
- 1.0.5 高层住宅太阳能热水系统的设计应纳入建筑节能设计专项审查，经审查合格的方可准予施工。
- 1.0.6 太阳能热水系统应在不断总结工程实践经验和科学试验的基础上，积极采用经过鉴定的、行之有效的新技术、新工艺、新材料、新设备，提高系统运行效率、保障系统安全，优化运行管理。
- 1.0.7 高层住宅太阳能热水系统除应符合本导则外，尚应符合国家、行业及云南省相关标准、规范、规程的规定。

2 术语

2.0.1 高层住宅

本导则指十层及十层以上的住宅建筑。

2.0.2 太阳能热水系统

将太阳能转换成热能以加热水的装置。通常包括太阳能集热器、贮水箱、泵、连接管道、支架、控制系统和必要时配合使用的辅助能源。

2.0.3 太阳能集热系统

用于收集太阳能并将其转化为热能传递到蓄热装置的系统,包括太阳能集热器、管路、泵(强制循环系统)、换热器(间接系统)、蓄热装置及相关附件。

2.0.4 集热器总面积

太阳能热水系统整个集热器的最大投影面积,不包括那些固定和连接传热工质管道的组成部分。

2.0.5 排空系统

在可能发生工质被冻结情况时,可将全部工质排空以防止冻害的太阳能集热系统。

2.0.6 排回系统

在可能发生工质被冻结情况时,可将全部工质排回贮液罐或热水箱以防止冻害的太阳能集热系统。

2.0.7 防冻液系统

采用防冻液作为传热工质以防止冻害的间接式太阳能集热系统。

2.0.8 循环防冻系统

在可能发生工质被冻结情况时,启动循环泵使工质循环以防止冻害的太阳能集热系统。

2.0.9 热泵

利用驱动能使能量从低位热源流向高位热源的装置。

2.0.10 空气源热泵

以空气为低位热源的热泵。通常有空气/空气热泵、空气/水热泵等形式。

2.0.11 水源热泵机组

以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵。通常有水/水热泵、水/空气热泵等形式。

2.0.12 地源热泵系统

以岩土体、地下水或地表水为低位热源,由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热、供冷系统。根据地热能交换形式的不同,地源热泵系统分为埋管地源热泵系统、地下水地源热泵系统和地表水地源热泵系统。

2.0.13 太阳能保证率

太阳能集热系统提供的热量与系统所消耗的总热量的比值。

2.0.14 太阳能集热器安装倾角

太阳能集热器吸热面与水平面的夹角。

2.0.15 太阳能使用率

住宅小区（或单体住宅）太阳能热水系统供热水户数与小区（或单体住宅）总户数的比值。

2.0.16 太阳能与建筑一体化专项方案设计

为最大限度利用太阳能，做到太阳能与建筑协调统一，建筑各专业在规划设计阶段、总图及建筑单体定案前，根据太阳能利用特性确定太阳能热水系统类型、集热器等设备参数及布置位置，并将成果融入常规规划设计文件的过程。

2.0.17 平屋面

坡度小于 10 度的建筑屋面。

2.0.18 坡屋面

坡度大于等于 10 度且小于 75 度的建筑屋面。

3 基本规定

- 3.0.1 高层住宅规划设计阶段应进行太阳能与建筑一体化专项方案设计。
- 3.0.2 规划高层住宅布局、形状和朝向时，应充分考虑太阳能利用的要求。
- 3.0.3 高层住宅太阳能使用率宜为 100%。
- 3.0.4 太阳能热水系统设计应纳入项目建筑、结构、给排水及电气专业的设计范围，设计深度应满足相应阶段要求。
- 3.0.5 高层住宅应充分利用建筑屋顶、女儿墙、阳台、墙面等适宜位置布置太阳能集热器。
- 3.0.6 当高层住宅屋顶安装的太阳能集热器面积满足太阳能使用率 100%且太阳能保证率大于 30%时，应采用屋顶集中集热系统为所有住户收集利用太阳能加热生活热水；否则宜考虑利用建筑女儿墙、阳台、墙面等适宜位置布置太阳能集热器；或采用多种集热系统组合构成的太阳能热水系统，以满足太阳能使用率 100%供应生活热水。
- 3.0.7 高层住宅在满足太阳能与建筑一体化要求的前提下宜优先采用自然循环式太阳能集热系统。
- 3.0.8 高层住宅太阳能热水系统应配置辅助能源加热设备，辅助能源加热设备宜采用分户方式设置；在具备燃气供应条件的地区，可选用屋顶燃气集中加热。
- 3.0.9 高层住宅安装的太阳能热水系统，不得降低相邻建筑的日照标准。
- 3.0.10 在既有高层住宅上增设或改造既有太阳能热水系统，必须经建筑结构安全复核，并应满足建筑结构及其他相应的安全性要求。
- 3.0.11 当采用集中式太阳能供热水系统时，应安装分户计量装置。
- 3.0.12 安装在建筑物上的太阳能集热器应规则有序、排列整齐。太阳能热水系统配备的输水管和电器、电缆线应与建筑物其他管线统筹安排，同步设计、同步施工，安全、隐蔽、集中布置，便于安装维护。

4 高层住宅太阳能热水系统应用基础数据

- 4.0.1 高层住宅每户年平均日 60℃热水用水量不低于 80L/户。
- 4.0.2 计算太阳能集热器时，温和地区南区、中区及夏热冬暖地区水的初始温度取 15℃，其他地区水的初始温度取 10℃；本省建筑热工气候分区见附录 C。
- 4.0.3 太阳能贮热水箱设计温度统一取 60℃。
- 4.0.4 高层住宅太阳能使用率为 100%时，集中式太阳能热水系统太阳能保证率不低于 30%；分散式太阳能热水系统太阳能保证率不低于 40%。
- 4.0.5 当高层住宅太阳能使用率无法满足 100%时，太阳能保证率应不低于 50%。
- 4.0.6 太阳能集热器布置宜满足冬至日正午 12 时无遮挡。
- 4.0.7 平屋面安装的太阳能集热器南向布置时倾角宜取当地纬度值；东西向放置的全玻璃真空管集热器的安装倾角可适当减少；云南省各地纬度值见附录 A。
- 4.0.8 立面（女儿墙、墙面或阳台）安装的太阳能集热器倾角应小于 70°；横置式真空管太阳能集热器可以垂直安装。

5 高层住宅太阳能与建筑一体化专项方案设计

- 5.0.1 高层住宅建筑方案设计和初步设计阶段的节能设计专篇应对太阳能利用进行系统规划、分析。
- 5.0.2 太阳能热水系统设计应在规划条件基础上，单体建筑设计方案中，结合建筑物外形设计确定各单体建筑太阳能集热器等设备的具体位置和集热面积。
- 5.0.3 给排水专业根据建筑专业提供的单体建筑方案及项目所在地气候数据等参数，确定太阳能热水系统方案及主要设备参数，包括采用的系统类型、集热器面积、贮热水箱大小、辅助加热方式等。
- 5.0.4 给排水专业根据确定的太阳能热水系统参数，与建筑其他专业协商确定单体建筑方案中太阳能集热器、贮热水箱等设备的布置方案。
- 5.0.5 建筑专业应根据各单体建筑太阳能集热器布置方案进行日照模拟分析和建筑方案优化。
- 5.0.6 给排水专业应将太阳能热水设备的布置位置、荷载提交结构专业。
- 5.0.7 给排水专业应将太阳能热水设备的布置位置、用电负荷、控制方式等参数提交电气专业。
- 5.0.8 结构专业应考虑太阳能热水设备荷载。
- 5.0.9 电气专业应满足太阳能热水设备用电要求及安全，同时应考虑相应设备的防雷、接地措施。
- 5.0.10 相同户型住宅建筑的太阳能集热器布置位置宜统一。
- 5.0.11 太阳能集热器吸热面法线应朝南或正东、正西以南，不得正东、正西以北布置集热器；特殊情况下，真空管太阳能集热器可以水平安装。
- 5.0.12 布置太阳能集热器的平面图应绘出指北针。

6 高层住宅太阳能与建筑一体化设计

6.1 一般规定

6.1.1 应用太阳能热水系统的高层住宅规划设计，应综合考虑场地条件、建筑功能、周围环境等因素；在确定建筑布局、朝向、间距、群体组合和空间环境时，应结合建设地点的地理、气候条件，满足太阳能热水系统设计和安装的技术要求。

6.1.2 太阳能热水系统类型的选择，应根据高层住宅的使用功能、热水供应方式、集热器安装位置和系统运行方式等因素，经综合技术经济比较确定。

6.1.3 太阳能集热器安装在高层住宅屋面、阳台、墙面或建筑其他部位，不得影响该部位的建筑功能，并应与建筑协调一致，保持建筑统一和谐的外观。

6.1.4 高层住宅建筑设计应为太阳能热水系统的安装、使用、维护、保养等提供必要的条件。

6.1.5 太阳能热水系统的管线不得穿越其他用户的室内空间。

6.2 规划设计

6.2.1 安装太阳能热水系统的高层住宅单体或群体，主要朝向宜为南向。

6.2.2 高层住宅体形和空间组合应与太阳能热水系统紧密结合，并为充分利用太阳能创造条件。

6.2.3 高层住宅周围的环境景观与绿化种植，应避免对投射到太阳能集热器上的阳光造成遮挡。

6.3 建筑设计

6.3.1 建筑设计应合理确定太阳能热水系统各组成部分在高层住宅中的位置，并应满足所在部位的防水、排水和系统检修的要求。

6.3.2 高层住宅建筑的体形和空间组合应避免安装太阳能集热器部位受建筑自身及周围设施和绿化树木的遮挡，并应满足春、秋分日太阳能集热器有不少于 4h 日照时数的要求。

6.3.3 根据高层建筑的具体情况及用能使用要求，太阳能热水系统集热器可以设置于建筑物的屋面、阳台、外墙面、墙体内（嵌入式）以及建筑物的其它部位或成为建筑物的构件，排列整齐、规则有序，与建筑的使用功能和外部造型相结合。

6.3.4 安装于高层建筑太阳能热水系统，可作为建筑造型的一部分彰显出来，在产品选型、布置方式、设备安装等方面，与建筑的功能、造型、色彩、风格、质感等相协调，优化太阳能热水系统的合理利用，形成建筑的整体视觉效果。

6.3.5 在安装太阳能集热器的建筑部位，应设置防止太阳能集热器损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

6.3.6 直接以太阳能集热器构成围护结构时，太阳能集热器除与建筑整体有机结

合，并与建筑周围环境相协调外，还应满足所在部位的结构安全和建筑防护功能要求。

6.3.7 太阳能集热器不应跨越建筑变形缝设置。

6.3.8 设置太阳能集热器的平屋面应符合下列要求：

- 1 太阳能集热器支架与屋面连接处应预先设置预埋件和防水构造措施；
- 2 放置集热器的屋面防水层，屋面防水层应包到基座上部，并在基座下部增设附加防水层；
- 3 集热器周围屋面、检修通道、屋面出入口和集热器之间的人行通道上部应铺设保护措施；
- 4 太阳能集热器与贮水箱相连的管线需穿屋面时，应在屋面预埋防水套管，并对其与屋面相接处进行防水密封处理。防水套管应在屋面防水层施工前埋设完毕。

6.3.9 平屋面上太阳能集热器设置应符合下列要求：

- 1 对朝向为正南、南偏东或南偏西不大于 30° 的建筑，集热器可正南设置，或与建筑同向设置；
- 2 对朝南偏东或南偏西大于 30° 的建筑，集热器宜正南设置或南偏东、南偏西小于 30° 设置；
- 3 对受条件限制，集热器不能正南设置的建筑，集热器可南偏东、南偏西或正东、正西设置；
- 4 水平放置的集热器可不受朝向的限制；
- 5 太阳能集热器支架应与屋面预埋件固定牢固，并应在地脚螺栓周围做密封处理；
- 6 集热器应便于拆装移动；
- 7 在平屋面上宜设置集热器检修通道。

6.3.10 设置太阳能集热器的坡屋面应符合下列要求：

- 1 屋面的坡度宜结合太阳能集热器接收阳光的最佳倾角来确定；
- 2 坡屋面与太阳能集热器的支架连接处应预先设置预埋件和防水构造措施；
- 3 坡屋面与太阳能集热器结合处应具备保证雨水的排放通畅的措施；
- 4 坡屋面上太阳能集热器与贮水箱相连的管线需穿过坡屋面时，应预埋相应的防水套管，并在屋面防水层施工前埋设完毕。

6.3.11 坡屋面上太阳能集热器的设置应符合下列要求：

- 1 集热器可设置在正南向、南偏东、南偏西或正东、正西建筑坡屋面上；
- 2 坡屋面上的集热器应采用顺坡嵌入设置或顺坡架空设置；
- 3 作为屋面板的集热器应安装在建筑承重结构上；
- 4 作为屋面板的集热器所构成的建筑坡屋面在刚度、强度、热工、锚固、防护功能上应按建筑围护结构设计；
- 5 太阳能集热器顺坡镶嵌在坡屋面上，不得降低屋面整体的保温、隔热、防水等功

能；

6 顺坡架空在坡屋面上的太阳能集热器与屋面间空隙不宜大于 100mm。

7 安装在坡屋面的太阳能集热器应与埋设在屋面上的预埋件牢固连接，并应在地脚螺栓周围做密封处理。

6.3.12 设置太阳能集热器的阳台应符合下列要求：

1 阳台栏板与太阳能集热器支架连接处应预先设置预埋件；

2 安装太阳能集热器的阳台栏板，其刚度、强度及防护功能满足安装太阳能集热器要求；

3 阳台栏板宜采用实体栏板，尽量避免由内而外的破坏。

6.3.13 阳台上太阳能集热器的设置应符合下列要求：

1 对朝正南、南偏东、南偏西或正东、正西的阳台，集热器可设置在阳台栏板上或构成阳台栏板；

2 设置在阳台栏板上的集热器和构成阳台栏板的集热器应有适当的倾角；

3 构成阳台栏板的集热器，在刚度、强度、高度、锚固和防护功能上应满足建筑设计要求。

4 安装在阳台栏板上的太阳能集热器支架应与埋设在阳台栏板上的预埋件牢固连接。

6.3.14 设置太阳能集热器的墙面应符合下列要求：

1 设置太阳能集热器的外墙除应承受集热器荷载外，还应对安装部位可能造成的墙体变形、裂缝等不利因素采取必要的技术措施；

2 设置太阳能集热器的墙面应与墙面上应预先设置预埋件，必要时在预埋件处增设混凝土构造柱，并应满足防腐要求；

3 设置在墙面的集热器与贮水箱相连的管线需穿过墙面时，应在墙面预埋防水套管，穿墙管线不宜设在结构柱处。

6.3.15 墙面上太阳能集热器的设置应符合下列要求：

1 当集热器设置在建筑的正南向时，集热器应有适当的倾角；

2 集热器可垂直设置在建筑南偏东、南偏西或正东、正西墙面上，或直接构成建筑墙面；

3 构成建筑墙面的集热器，其刚度、强度、热工、锚固、防护功能应满足建筑围护结构设计要求。

4 太阳能集热器镶嵌在墙面时，集热器的色彩、风格宜与墙面装饰材料协调一致，连接牢固。

5 构成建筑墙面的太阳能集热器应做好穿墙管线的冷桥处理，避免集热器与墙面热胀冷缩导致墙面开裂。

6.3.16 贮水箱的设置应符合下列要求：

1 分散式系统的贮热水箱可设置在建筑设备间，也可以根据具体设计设置在建筑屋

面、平台、阳台、厨房和地下室；

- 2 贮热水箱与建筑墙面或其它箱壁之间的净距，应满足安装施工或检修的需要；对设有人孔的箱顶，顶板面与上部建筑本体的净空不应小于 0.8m；
- 3 设置在设备间内的贮热水箱，上部附件最高点至建筑结构最低点的净空，应能满足检修需要且不得小于 0.2m；
- 4 设置贮水箱的位置应具有相应的排水、防水措施。

6.4 结构设计

6.4.1 建筑的主体结构或结构构件，应能够承受太阳能热水系统传递的荷载和作用，并具有相应的承载力以确保安全。

6.4.2 结构设计应为太阳能热水系统的安装预先设计设置承载梁（板）构件或埋设预埋件或其他连接件。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

6.4.3 在既有建筑上增设或改造已安装的太阳能热水系统，必须经结构计算、复核，并应满足其它相关的使用及安全性要求。

6.4.4 承受太阳能热水系统的结构及其构件应进行相应的结构验算，满足抵御强（台）风、雷电、暴雨等自然灾害的影响。

6.4.5 在既有建筑上增设或改造已安装的太阳能热水系统，太阳能热水系统的自重，荷载（按最不利荷载时考虑）均应在建筑结构及其构件的承载力设计允许值范围内。

6.4.6 当太阳能集热器设置在建筑物的外面，应与建筑物连接牢固。宜采用与建筑结构一体的钢筋混凝土悬臂（梁）板式承载太阳能集热器，不宜采用分体的挂墙式支架承载。

6.4.7 结构设计应为太阳能热水系统安装埋设预埋件或其他连接件。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

6.4.8 对安装在屋面、阳台、外墙体及悬臂梁（板）等，应符合相关的工程施工质量验收规范要求。安装在屋面、阳台、墙面的太阳能集热器与建筑主体结构通过预埋件连接，预埋件应在主体结构施工时埋入，预埋件的位置应准确；当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并通过试验确定其承载力。

6.4.9 砌体结构、轻质填充墙不应作为太阳能集热器和热水箱的支承结构。

6.4.10 太阳能热水系统与主体结构采用后加锚栓连接时，应符合下列规定：

- 1 锚栓产品应有出厂合格证；
- 2 碳素钢锚栓应经过防腐处理；
- 3 应进行承载力现场试验，必要时应进行极限拉拔试验；
- 4 每个连接节点不应少于 2 个锚栓；
- 5 锚栓直径应通过承载力计算确定，并不应小于 10mm；

- 6 不宜在与化学锚栓接触的连接件上进行焊接操作；
 - 7 锚栓承载力设计值不应大于其极限承载力的 50%。
- 6.4.11 太阳能热水系统结构设计应计算下列作用效应：
- 1 非抗震设计时，应计算重力荷载和风荷载效应；
 - 2 抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载和地震作用效应。

6.5 给水排水设计

- 6.5.1 太阳能热水系统的给水排水设计应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的规定。
- 6.5.2 太阳能集热器面积应根据热水用量、建筑允许的安装面积、当地的气象条件、供水水温等因素综合确定。
- 6.5.3 太阳能热水系统的给水应对超过有关标准的原水做水质软化处理。
- 6.5.4 当使用生活冷水箱作为太阳能热水系统的补水时，生活冷水箱的位置应满足太阳能热水系统补水所需水压的要求。
- 6.5.5 热水设计水温的选择，应充分考虑太阳能热水系统的特殊性，宜按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 中推荐温度中选用下限温度。
- 6.5.6 太阳能热水系统的设备、管道及附件的设置应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 中有关规定执行。
- 6.5.7 太阳能热水系统的管线应有组织布置，做到安全、隐蔽、易于检修。新建工程竖向管线宜布置在竖向管道井中，在既有建筑上增设太阳能热水系统或改造太阳能热水系统应做到走向合理，不影响建筑使用功能及外观。
- 6.5.8 太阳能集热器附近宜设置用于清洁集热器的给水点。

6.6 电气及控制系统设计

- 6.6.1 太阳能热水系统的电气设计应满足太阳能热水系统用电负荷和运行安全要求。
- 6.6.2 太阳能热水系统中所使用的电器设备应有剩余电流保护、接地和断电等安全措施。
- 6.6.3 系统应设专用供电回路，内置加热系统回路应设置剩余电流动作保护装置，保护动作电流值不得超过 30mA。
- 6.6.4 太阳能热水系统电器控制线路应穿管暗敷，或在管道井中敷设。
- 6.6.5 集热器用传感器应能承受集热器的最高空晒温度，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；储水箱用传感器应能承受 100°C ，精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.6.6 直流式太阳能热水系统应采用温度控制。
- 6.6.7 控制系统应满足系统安全、可靠运行。
- 6.6.8 高层住宅太阳能热水系统应做好防直击雷措施。
- 6.6.9 高层住宅外墙上高度超过 60 米安装的外挂式太阳能热水系统应考虑防侧击

雷措施。

6.6.10 高层住宅太阳能热水系统应处于建筑防雷装置的保护范围之内，否则太阳能热水系统应装设专用接闪器，宜采用接闪带或接闪杆。

6.6.11 高层住宅太阳能热水系统采用的电加热设备的配电箱内应安装 II 级试验的 SPD。

7 高层住宅太阳能热水系统

7.1 一般规定

- 7.1.1 高层住宅太阳能热水系统设计应纳入建筑给水排水设计，并应符合国家、行业及地方现行有关标准的要求。
- 7.1.2 高层住宅太阳能热水系统应根据地理位置、气候条件和安装条件等综合因素，选择其类型、色泽和安装位置，并应与建筑物整体及周围环境相协调。
- 7.1.3 安装在高层住宅屋面、阳台、墙面和其他部位的太阳能热水系统的管道及电控管线应集中隐蔽布置，便于安装和维护。
- 7.1.4 高层住宅太阳能热水系统应满足安全、适用、经济、美观的要求，并应便于安装、清洁、维护和局部更换。

7.2 系统形式及分类

- 7.2.1 太阳能热水系统按供热水方式可分为下列三种系统：
- 1 集中供热水系统：采用集中的太阳能热水系统供应一个单元、单栋建筑或多栋建筑所需热水的系统。
 - 2 集中一分散供热水系统：采用集中的太阳能集热系统、分散在各户的贮热水箱，供应各户热水的系统。
 - 3 分散供热水系统：各户独立设置太阳能热水系统。
- 7.2.2 太阳能热水系统按系统运行方式可分为下列三种系统：
- 1 自然循环系统：利用传热工质形成的密度差进行循环的系统。
 - 2 强制循环系统：利用水泵等外部动力迫使传热工质通过集热器进行循环的系统。
 - 3 直流式系统：传热工质一次流过集热系统加热后，进入贮热水箱或用热水点的非循环系统。
- 7.2.3 太阳能热水系统按生活热水与集热器内传热工质的关系可分为下列两种系统：
- 1 直接系统：生活热水流经集热器直接加热的系统。
 - 2 间接系统：利用集热器加热的流体作热媒经换热器加热生活热水的系统。
- 7.2.4 太阳能热水系统按辅助能源安装位置分为下列二种系统：
- 1 集中式辅助加热系统：集中供热水系统设置集中的辅助热源。
 - 2 分散式辅助加热系统：各户独立设置辅助加热装置。
- 7.2.5 太阳能热水系统按辅助能源启动方式分为下列三种系统：
- 1 全日自动启动系统：辅助能源全日自动运行的系统。
 - 2 定时自动启动系统：辅助能源在规定时间内自动运行的系统。

3 按需手动启动系统：辅助能源根据需要手动运行的系统。

7.2.6 太阳能热水系统的类型应根据高层住宅使用要求和当地气候条件等因素按表 4.2.6 合理确定。

表 4.2.6 高层住宅太阳能热水系统选型一览表

太阳能热水系统类型		适宜性
集热与供热水方式	集中供热热水系统	√
	集中-分散供热热水系统	√
	分散供热热水系统	○
系统运行方式	自然循环系统	√
	强制循环系统	√
	直流式系统	×
集热器内传热工质	直接系统	√
	间接系统	√
辅助能源安装位置	集中式辅助加热系统	×
	分散式辅助加热系统	√
辅助能源启动方式	全日自动启动系统	√
	定时自动启动系统	√
	按需手动启动系统	√

注：表中“√”为优选项，○表示可选择项，×表示不宜选用。

7.2.7 高层住宅太阳能热水系统不宜采用直流式系统。

7.3 用能负荷计算

7.3.1 高层住宅太阳能热水系统集热器总面积计算宜符合下列规定：

1 直接系统集热器总面积可根据用户的每日用水量和用水温度确定，按下式计算：

$$A_c = \frac{Q_w C_w \rho_r (t_{end} - t_i) f}{J_T \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (4.2.3-1)$$

式中： A_c ——直接系统集热器总面积(m²)；

Q_w ——日均用水量(L)；根据系统承担户数按本导则 4.0.1 确定；

C_w ——水的定压比热容， $C_w = 4.187[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})]$ ；

ρ_r ——热水密度(kg/L)；取冷热水平均温度时的热水密度；

t_{end} ——热水温度， $t_{end} = 60(^{\circ}\text{C})$ ；

t_i ——冷水温度(°C)；按本导则 4.0.2 的规定；

f ——太阳能保证率；按本导则 4.0.4、4.0.5 的规定；

J_T ——当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量(kJ/m²)；根据项目实际参照

附录 B。

η_{cd} ——集热器的年平均集热效率；根据经验取值宜为 0.45~0.50，具体取值应根据集热器产品的实际测试结果而定；

η_L ——贮水箱和管路的热损失率；根据经验取值宜为 0.15-0.30。

2 间接系统集热器总面积可按下式计算：

$$A_{IN} = A_c \left(1 + \frac{F_R U_L A_c}{U_{hx} A_{hx}} \right) \quad (4.2.3-2)$$

式中： A_{IN} ——间接系统集热器总面积(m^2)；

$F_R U_L$ ——集热器总热损系数[$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]；

对平板型集热器， $F_R U_L$ 宜取 4~6[$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]；

对真空管集热器， $F_R U_L$ 宜取 1~2[$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]；

具体数值应根据集热器产品的实际测试结果而定；

U_{hx} ——换热器传热系数[$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]；

A_{hx} ——换热器换热面积(m^2)。

7.3.2 热水箱容积的确定应符合下列要求：

1 不设其它辅助能源水加热设备的太阳能热水系统的热水箱容积，应按集热器单位面积产热量及设计安装的集热器面积确定；当无集热器单位面积产热量实测值时，可根据当地太阳辐照量、集热器热性能等因素，按以下原则确定集热器单位面积产热量：直接系统按 40~100L/[$m^2 \cdot d$]；间接系统按 30~70L/[$m^2 \cdot d$]。

2 设辅助能源水加热设备的太阳能热水系统的热水箱除满足本条 1 款规定外，还应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的有关规定。

3 设辅助能源水加热设备的太阳能热水系统的热水箱宜采用双水箱，以确保太阳能的最大化利用。

7.4 技术要求

7.4.1 高层住宅太阳能热水系统的热性能应满足相关太阳能产品国家现行标准和设计的要求，系统中集热器、贮水箱、支架等主要部件的正常使用寿命不应少于 10 年。

7.4.2 高层住宅太阳能热水系统应安全可靠，内置加热系统必须带有保证使用安全的装置。并应根据不同地区采取防冻、防结露、防过热、防雷、抗雹、抗风、抗震等技术措施。

7.4.3 辅助能源加热设备种类应根据建筑物使用特点、热水用量、能源供应、维护管理及卫生防菌等因素选择，并应符合现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的有关规定。

7.4.4 高层住宅太阳能热水系统供水水温、水压和水质应符合现行国家标准《建筑

给水排水设计规范》GB50015 的有关规定。

7.4.5 高层住宅太阳能热水系统应符合下列要求：

1 集中供热水系统宜设置热水回水管道，热水供应系统应保证干管和立管中的热水循环；

2 集中分散供热水系统、分散供热水系统可根据用户的具体要求设置热水回水管道。

7.4.6 高层住宅太阳能热水系统使用强制循环系统时，应采用温差控制。

7.4.7 高层住宅太阳能热水系统设热水回水系统时，宾馆类建筑应采用定温回水系统；其它建筑宜采用高峰用水时段定温回水系统。

7.4.8 高层住宅建筑太阳能热水系统设辅助能源水加热设备时，不宜采用集中电加热方式，宜采用地源热泵、空气源热泵或燃气模块锅炉等新型集中加热方式。

7.4.9 高层住宅太阳能热水系统在本省寒冷地区、夏热冬冷地区及温和地区北区使用时，应考虑防冻措施；采用平板太阳能集热器时，宜采用介质或排回防冻方式。本省建筑热工气候分区见附录 C。

7.4.10 高层住宅太阳能热水系统在本省温和地区中区、南区使用时，若当地累年最冷月年平均气温低于 5℃，系统采用平板太阳能集热器时应考虑防冻措施，防冻方式宜采用循环防冻。本省地理气候数据见附录 A。

7.4.11 高层住宅太阳能热水系统的太阳能集热回路宜作为预热系统设计，适当加大预热水箱容积，提高集热效率，充分利用太阳能。

7.4.12 高层住宅太阳能热水系统采用单水箱设计时，辅助能源水加热设备的设计应保证充分利用太阳能，不得降低太阳能集热系统效率。

7.5 系统设计

7.5.1 系统设计应遵循节水节能、经济实用、安全简便、便于计量的原则；根据建筑形式、辅助能源种类和热水需求等条件，确定高层住宅太阳能热水系统形式。

7.5.2 高层住宅太阳能热水系统集热器倾角应与当地纬度一致；全玻璃真空管东西向水平放置的集热器倾角可适当减少。云南省各地地理气候数据见本导则附录 A。

7.5.3 高层住宅太阳能热水系统应根据所采用的系统型式，按表 4.4.4 合理选用太阳能集热器。

表 4.4.4 常用太阳能集热器的特点

比较指标	集热器类型			
	平板集热器	金属流道真空管	全玻璃真空管集热器	热管真空管集热器
全年得热量	高（但冬季稍差）	中	中	高
热效率	变化幅度较大	变化幅度较小	变化幅度较小	变化幅度最小
闷晒温度	~160℃	~200℃	~200℃	~250℃
集热器保温方式	保温材料	真空	真空	真空

防冻性能	不防冻	防冻	防冻	防冻
安全可靠	好	好	较差	较好
玻璃板/管破损	系统无泄漏	系统无泄漏	系统泄漏	系统无泄漏
系统造价	适中	较高	较低	高
承压性能	可承压	可承压	不承压	可承压
适用范围	墙面、阳台、屋顶	墙面、阳台、屋顶	不适合阳台、墙面	墙面、阳台、屋顶

注：全玻璃真空管集热器不适合应用于规模较大的太阳能系统。

7.5.4 当按本导则第 7.3.1 条计算得到的系统集热器总面积，在建筑围护结构表面不够安装时，可按围护结构表面最大容许安装面积确定系统集热器总面积，但应保证太阳能保证率大于 30%。

7.5.5 太阳能集热器的布置，应符合下列要求：

1 集热器与遮光物或集热器前后排间的最小距离应满足当地春、秋分日正午 12 时前后 4 小时内集热器无遮挡。

2 集热器可通过并联、串联和串并联等方式连接成集热器组，并应符合下列要求：

- 1) 对自然循环系统，集热器组中集热器的连接宜采用并联。平板型集热器的每排并联数目不宜超过 16 个；
- 2) 全玻璃真空管东西向放置的集热器，在同一斜面上多层布置时，串联的集热器不宜超过 3 个（每个集热器联集管长度不大于 2m）；
- 3) 对自然循环系统，每个系统全部集热器的数目不宜超过 24 个。大面积自然循环系统，可分成若干个子系统，每个子系统中并联集热器数目不宜超过 24 个。

3 集热器之间的连接应使每个集热器的传热介质流入路径与回流路径的长度相同。

7.5.6 嵌入建筑屋面、阳台、墙面或建筑其他部位的太阳能集热器，应满足建筑围护结构的承载、保温、隔热、隔声、防水、防护等功能。

7.5.7 架空在建筑屋面和附着在阳台或墙面上的太阳能集热器，应具有相应的承载能力、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移能力。

7.5.8 安装在建筑上或直接构成建筑围护结构的太阳能集热器，应有防止热水渗漏的安全保障设施。

7.5.9 太阳能集热器的耐压要求应与系统的工作压力相匹配。

7.5.10 在使用平板型集热器的自然循环系统中，贮水箱的下循环管接口应比集热器的上循环管接口高 0.3m 以上。

7.5.11 系统的循环管路和取热水管路设计应符合下列要求：

- 1 集热器循环管路应有 0.3%~0.5%的坡度；
- 2 在自然循环系统中，应使循环管路朝贮水箱方向有向上坡度，不得有反坡；

- 3 在有水回流的防冻系统中，管路的坡度应使系统中的水自动回流，不应积存；
- 4 在循环管路中，易发生气塞的位置应设有排气阀；当采用防冻液作为传热工质时，宜使用手动排气阀。需要排空和防冻回流的系统应设有吸气阀；在系统各回路及系统需要防冻排空部分的管路的最低点及易积存的位置应设有排空阀；
- 5 在强迫循环系统的管路上，宜设有防止传热工质夜间倒流散热的单向阀；
- 6 间接系统的循环管路上应设膨胀箱。闭式间接系统的循环管路上同时还应设有压力安全阀和压力表，不应设有单向阀和其他可关闭的阀门；
- 7 当集热器阵列为多排或多层集热器组并联时，每排或每层集热器组的进出口管道，应设辅助阀门；
- 8 在自然循环和强迫循环系统中宜采用顶水法获取热水。浮球阀可直接安装在贮水箱中，也可安装在小补水箱中；
- 9 设在贮水箱中的浮球阀应采用金属或耐温高于 100℃ 的其他材质浮球，浮球阀的通径应能满足取水流量的要求。

7.5.12 系统计量宜按照现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 中有关规定执行，并按具体工程设置冷、热水表。

7.5.13 系统控制应符合下列要求：

- 1 强制循环系统宜采用温差控制；
- 2 集热器用传感器应能承受集热器的最高空晒温度，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；贮水箱用传感器应能承受 100℃，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

7.5.14 太阳能集热器支架的刚度、强度、防腐蚀性能应满足安全要求，并应与建筑牢固连接。

7.5.15 太阳能热水系统使用的金属管道、配件、贮水箱及其他过水设备材质，应与建筑给水管道材质相容。

7.5.16 太阳能热水系统采用的泵、阀应采取减振和隔声措施。

7.6 辅助能源水加热设备选型

7.6.1 高层住宅太阳能热水系统应根据项目所在地能源资源合理确定辅助能源水加热设备。

7.6.2 辅助能源水加热设备应结合项目实际优先选用工业余热、废热，地源热泵、空气源热泵、模块化燃气锅炉等高效设备。

7.6.3 辅助能源的供热量应按《建筑给水排水设计规范》GB50015 计算确定。

7.6.4 辅助能源水加热设备应根据热源种类及其供水水质、冷热水系统型式等选用直接加热或间接加热设备。

7.6.5 辅助能源的控制应在保证充分利用太阳能及热量的条件下，根据不同的热水供水方式采用手动控制、全日自动控制或定时自动控制。

7.6.6 当采用热泵机组供应热水时，其设计应符合下列要求：

- 1 水源热泵热水供应系统设计应符合下列要求：
 - 1) 水源热泵宜优先考虑以空调冷却水等水质较好、水温较高且水量、水温稳定的废水为热源；
 - 2) 水源总水量应按供热量、水源温度和热泵机组性能等综合因素确定；
 - 3) 水源水质应满足热泵机组或换热器的水质要求，当其不满足时，应采取有效的过滤、沉淀、灭藻、阻垢、缓蚀等处理措施。当以污废水为水源时，应作相应污水、废水处理；
 - 4) 水源热泵制备热水可根据水质硬度、冷水和热水供应系统的型式等经技术经济比较后采用直接供水或作热媒间接换热供水；
 - 5) 水源热泵热水供应系统应设置贮热水箱，其总贮热水容积为：全日制集中热水供应系统贮热水箱总容积，应根据日耗热量、热泵持续工作时间及热泵工作时间内耗热量等因素确定；
 - 6) 水源热泵换热系统设计应符合现行国家标准《地源热泵系统工程技术规范》GB 50366 的相关规定。
- 2 空气源热泵热水供应系统设计应符合下列要求：
 - 1) 空气源热泵热水供应系统设置辅助能源应按下列原则确定：
 - a) 最冷月平均气温不小于 10℃的地区，可不设辅助能源；
 - b) 最冷月平均气温小于 10℃且不小于 0℃时，宜选择超低温空气源热泵或设置辅助能源。
 - 2) 空气源热泵辅助能源应就地获取，经过经济技术比较，选用投资省、低能耗热源；
 - 3) 空气源热泵的供热量应按《建筑给水排水设计规范》GB50015 计算确定；
 - 4) 空气源热泵水加热贮热设备的有效容积，应按《建筑给水排水设计规范》GB50015 计算确定。

8 高层住宅太阳能热水系统安装与检验

8.1 一般规定

- 8.1.1 太阳能热水系统的安装应符合设计要求。
- 8.1.2 太阳能热水系统的安装应单独编制施工组织设计或施工方案，并应包括与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案及安全措施等内容。
- 8.1.3 太阳能热水系统安装前应具备下列条件：
 - 1 设计文件齐备，且已审查通过；
 - 2 施工组织设计及施工方案已经批准；
 - 3 施工场地符合施工组织设计要求；
 - 4 现场水、电、场地、道路等条件能满足正常施工需要；
 - 5 预留基座、孔洞、预埋件和设施符合设计图纸，并已验收合格；
 - 6 既有建筑经结构复核或法定检测机构同意安装太阳能热水系统的鉴定文件。
- 8.1.4 进场安装的太阳能热水系统产品、配件、材料及其性能、色彩等应符合设计要求，且有产品合格证。
- 8.1.5 太阳能热水系统安装不应损坏建筑物的结构；不应影响建筑物在设计使用年限内承受各种荷载的能力；不应破坏屋面防水层和建筑物的附属设施。
- 8.1.6 安装太阳能热水系统时，应对已完成土建工程的部位采取保护措施。
- 8.1.7 太阳能热水系统在安装过程中，产品和物件的存放、搬运、吊装不应碰撞和损坏；半成品应妥善保管。
- 8.1.8 分散供热水系统的安装不得影响其他住户的使用功能要求。
- 8.1.9 太阳能热水系统安装应由专业队伍或经过培训并考核合格的人员完成。

8.2 材料、设备管理

- 8.2.1 工程所使用的主要材料、成品、半成品、配件、器具和设备必须具有中文质量合格证明文件，规格、型号及性能检测报告应符合国家技术标准或设计要求。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。
- 8.2.2 所有材料进场时应对品种、规格、外观等进行验收。包装应完好，表面无划痕及外力冲击破损。
- 8.2.3 主要器具和设备应有完整的安装使用说明书。
- 8.2.4 阀门安装前，应抽样作强度和严密性试验，试验应在同种同批中抽查 10%，且不少于一个。对于安装在主管上起切断作用的闭路阀门，应逐个做强度和严密性试验。

8.3 施工过程质量控制

8.3.1 一般规定

- 1 太阳能热水系统工程施工中相关专业之间，应进行交接质量检验，并形成记录；
- 2 隐蔽工程应在隐蔽前经验收各方验收合格后才能隐蔽，并形成记录；
- 3 地下室或地下构筑物外墙及建筑物屋面有管道穿过的，应采取防水措施。对有严格防水要求的建筑物，必须采用柔性防水套管；
- 4 管道穿过结构伸缩缝、抗震缝及沉降缝敷设时，应根据情况采取下列保护措施：
 - 1) 在墙体两侧采取柔性连接；
 - 2) 在管道或保温层外皮上、下部留有不小于 150mm 的净空；
 - 3) 在穿墙处做成方型补偿器，水平安装。
- 5 管道支、吊、排架的安装，应符合下列的规定：
 - 1) 位置正确，埋设应平整牢固；
 - 2) 固定支架与管道接触应紧密，固定应牢靠；
 - 3) 滑动支架应灵活，滑托与滑槽两侧应留有 3~5mm 间隙，纵向移动量应符合设计要求；
 - 4) 有热伸长管道的吊架、吊杆应向热膨胀的反向偏移；
 - 5) 固定在建筑结构上的管道支、吊架不得影响结构的安全；
 - 6) 有防震要求的支、吊架，应按防震要求采取防震措施。
- 6 管道系统中支吊架设置的最大安装距离应符合国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242 的规定；
- 7 各种承压管道系统和设备应做水压试验，对于封闭系统，试验压力应为系统顶点工作压力加 0.1Mpa，且顶点试验压力不小于 0.3Mpa；
- 8 管路保温应在系统检漏及试压合格后进行，保温材质及厚度应符合设计要求。

8.3.2 管道安装及检验

1 室内管道安装及检验

- 1) 各种管道在屋面上的定位敷设均应符合设计要求，并不得破坏屋面防水。
- 2) 上下循环管道，安装应符合设计规定。
检验方法：水平拉线尺量检查。
- 3) 在循环管路中，易发生气塞的位置应设有排气阀，管路的最低点及易积存的位置应设有排空阀。
检验方法：观察检查，核对设计图纸。
- 4) 冷热水管道同时安装应符合下列规定：
 - a) 上、下平行安装时热水管应在冷水管上方。
 - b) 垂直平行安装时热水管应在冷水管左侧。

2 室外热水管网安装及检验：

- 1) 管材及配件应符合设计要求。
- 2) 管道敷设可采用地沟、直埋等形式，其管道安装要求按室内管道安装要求执行。
- 3) 管道埋地敷设时，应在当地的冰冻线以下，如必须在冰冻线以上敷设时，应做可靠的保温防潮措施。在无冰冻地区，埋地敷设时，管顶的覆土厚度不得小于 500mm，穿越道路部位的覆土厚度不得小于 700mm。穿越道路部位覆土厚度小于 700mm 时，应加防护措施。
- 4) 法兰、卡套、卡箍等应安装在检查井或地沟内，不应埋在土层中。
 - 5) 管道连接应符合工艺要求，阀门、水表等安装位置应正确。
 - 6) 补偿器的位置必须符合设计要求，并按设计要求或产品说明书进行预拉伸。管道固定支架的位置和构造必须符合设计要求。

检验方法：对照图纸，并查验预拉伸记录。
 - 7) 检查井室、用户入口处管道应便于操作及维修，支、吊、托架稳固，并满足设计要求。
 - 8) 直埋管道的保温应符合设计要求，接口在现场发泡时，接头处厚度应与管道保护层成一体，符合防潮防水要求。
 - 9) 地沟应有排水措施要求。
 - 10) 管道冲洗、试压同本导则第 6.4.1 条。

8.3.3 主要设备安装及检验

1 集热器安装及检验

- 1) 太阳能集热器在安装前，应作水压试验，试压同本导则第 6.4.1 条。

检验方法：试验压力下 10min 内压力不降，不渗不漏。
- 2) 太阳能集热器的朝向、倾角及其前后左右距离，应符合设计要求。

检验方法：观察、分度仪及尺量检查。
- 3) 集热器之间的连接件，应便于拆卸和更换。
- 4) 集热器基础做法应符合设计规定，其预埋件应与结构层中的钢筋相连。

检验方法：核对设计图纸。
- 5) 以水作介质的太阳能集热器，在 0℃ 以下地区使用应采取防冻措施。

2 水泵安装及检验

- 1) 水泵就位前的基础混凝土强度、坐标、标高、尺寸和螺栓孔位置应符合设计要求。

检验方法：对照设计图纸，用仪器和尺量检查。
- 2) 水泵吸水管上应装阀门，压水管上应装单向阀、阀门及压力表。
- 3) 水泵试运转的轴承温升应符合设备说明书的规定。

检验方法：温度计实测检查。
- 4) 水泵及管路应设置减震设施。

3 贮热水箱的安装及检验。

- 1) 贮热水箱应按设计要求定位在支承物（基础）上。
- 2) 贮热水箱上的压力表、温度计、温包应安装在便于观察的地方，排气阀应安装在水箱最高处，放空阀应安装在水箱最低处且容易操作的地方。

检验方法：对照设计图纸目测。

- 3) 贮热水箱温度传感器的安装应符合设计要求。

检验方法：对照设计图纸及产品说明。

- 4) 贮热水箱的各接管管径、位置应符合设计规定。
- 5) 贮热水箱保温的材质、厚度应符合设计要求。

8.3.4 辅助电加热装置安装及检验。

电加热器的型号、规格及其参数、安装位置均应符合设计要求。在做好永久接地保护的同时，并加装防漏电、防干烧等保护装置。其电源线的安装应符合国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303 的规定。

8.3.5 附件安装及检验

1 压力表的安装应符合设计规定。取压点应选择在流速稳定的直线管段上，或在容器介质流动平稳的区域。仪表应垂直安装在易于观察且无显著振动的地方。

检验方法：对照设计图纸及产品说明。

2 温度计的安装与检验：

- 1) 安装在设备、容器上的温度计，应根据设计要求安装部位的具体情况确定所选温度计之尾长，以能准确测出所需温度值为准；
- 2) 在直线管段上安装温度计时，其感温部分一般应位于管道中心线上，若安装温度计的管道直径大于 DN150 时，则温度计插入管道深度不宜大于 1/3 管道公称直径。

3 自动温度调节装置可用直接式自动调温装置或电动式自动调温装置，一般温度控制精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

检验方法：对照设计图纸及产品说明。

4 热水表安装及检验

热水表应按现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 的规定安装。

5 流量调节阀的型号、规格及设置位置，均应符合设计规定。

检验方法：对照设计图纸及产品说明。

8.4 系统试运行

8.4.1 水压试验与冲洗

1 太阳能热水系统安装完毕后，在设备、管道保温之前，必须对管路进行水压试验。试验压力应符合设计要求。当设计未注明时，试验压力应为系统顶点工作压力加 0.1Mpa，且顶点试验压力不小于 0.3Mpa。

2 系统水压试验合格后，应对系统进行冲洗直至排出的水不浑浊、无杂质且与入口处冲洗水浊度、色度相同为止。

8.4.2 系统调试

1 系统调试包括设备单机或部件调试和系统联动调试。设备单机或部件调试内容为水泵、阀门、电磁阀、自控设备、监控显示设备及辅助加热装置等；系统联动调试内容应按照设计要求，对集热系统、辅助加热系统及热水供应系统的实际运行工况进行全系统调试。

2 调试电磁阀使其安装位置、方向正确，开启正常，动作灵活。

3 调试各种仪表如温度、水位等显示正常。

4 调试各种保护装置如防冻、超压保护、过热保护、漏电保护等必须符合设计要求。

5 辅助加热装置经调试应达到设计要求，工作正常。

6 在设计负荷下，对集热系统的循环水泵、辅助加热系统中的水泵（循环水泵）、热水供应系统的供水泵及循环水泵进行调试，使其符合设计要求。

7 设备单机或部件调试完成后进行联动调试。

1) 太阳能集热系统与辅助加热系统的调试：

a) 调试集热循环水泵的流量及扬程，使之符合设计要求；

b) 调试辅助加热装置使之与太阳能集热系统相匹配；

c) 调试热水供应系统应符合设计工况的要求。

2) 调试系统控制及控制设备，使各项功能符合设计要求。

8 系统联动调试完成，应连续运行 72h 后，各设备及主要部件的联动必须协调一致，同时无异常现象并符合设计要求。

9 高层住宅太阳能热水系统验收

9.1 一般规定

- 9.1.1 太阳能热水系统验收应根据其施工安装特点进行分项工程验收和竣工验收。
- 9.1.2 太阳能热水系统验收前，应在安装施工中完成下列隐蔽工程的现场验收：
- 1 预埋件或后置锚栓连接件；
 - 2 基座、支架、集热器四周与主体结构的连接节点；
 - 3 基座、支架、集热器四周与主体结构之间的封堵；
 - 4 系统的防雷、接地连接节点。
- 9.1.3 太阳能热水系统验收前，应将工程现场清理干净。
- 9.1.4 分项工程验收应由监理工程师（或建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目专业技术（质量）负责人等进行验收。
- 9.1.5 太阳能热水系统完工后，施工单位应自行组织有关人员进行检验评定，并向建设单位提交竣工验收申请报告。
- 9.1.6 建设单位收到工程竣工验收申请报告后，应由建设单位（项目）负责人组织设计、施工、监理等单位（项目）负责人联合进行竣工验收。
- 9.1.7 所有验收应做好记录，签署文件，立卷归档。

9.2 隐蔽工程和分项工程验收

- 9.2.1 分项工程验收宜根据工程施工特点分期进行。
- 9.2.2 对影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序验收合格后才能进入下一道工序的施工。这些工序包括以下部分：
- 1 在屋面太阳能热水系统施工前，进行屋面防水工程的验收；
 - 2 在贮水箱就位前，进行贮水箱承重和固定基座的验收；
 - 3 在太阳能集热器支架就位前，进行支架承重和固定基座的验收；
 - 4 在建筑管道井封口前，进行预留管路的验收；
 - 5 太阳能热水系统电气预留管线的验收；
 - 6 在贮水箱进行保温前，进行贮水箱检漏的验收；
 - 7 在系统管路保温前，进行管路水压试验；
 - 8 在隐蔽工程隐蔽前，进行施工质量验收。
- 9.2.3 从太阳能热水系统取出的热水应符合国家现行标准《城市供水水质标准》CJ/T206 的规定。
- 9.2.4 系统调试合格后，应进行性能检验。

9.3 竣工验收

- 9.3.1 工程移交用户前，应进行竣工验收。竣工验收应在分项工程验收或检验合格

后进行。

9.3.2 竣工验收应提交下列资料：

- 1 设计变更证明文件和竣工图；
- 2 主要材料、设备、成品、半成品、仪表的出厂合格证明或检验资料；
- 3 屋面防水检漏记录；
- 4 隐蔽工程验收记录和中间验收记录；
- 5 系统水压试验记录；
- 6 系统水质检验记录；
- 7 系统调试和试运行记录；
- 8 系统热性能检验记录；
- 9 工程使用维护说明书。

10 高层住宅太阳能热水系统使用和管理维护

10.1 一般规定

10.1.1 太阳能热水系统的施工单位应对负责系统使用和管理维护的单位进行必要的系统技术交底和系统使用、管理维护技能的培训。

10.1.2 需要用户操作使用的太阳能热水系统，投入使用前，用户应认真阅读使用维护说明书，并按照说明书的提示和规定使用。

10.2 系统管理和维护

10.2.1 为保证建筑太阳能热水系统长期、高效、安全、稳定、正常的工作，负责系统日常管理、使用和维护的单位应按合同约定或自行安排进行下列工作：

1 定期观察和检查系统集热器及连接管路，根据需要自行或约请专业公司对系统集热器进行必要的清洁，对集热器及连接管路进行维修护理。

2 定期观察和检查系统中集热器、贮热水箱支架和基座的状况，并根据需要自行或约请专业公司进行必要的防腐、加固等维修护理。

3 定期观察和检查系统中集热器、贮热水箱的安装、防雷接地和锚固状况，并根据需要自行或约请专业公司进行必要的防腐、加固等维修护理。

4 定期观察和检查系统中贮热水箱和水箱上的防腐蚀、防超温、超压安全附件的状况，并根据需要自行或约请专业公司进行必要的维修护理和零件更换。

5 定期观察和检查系统中传热工质数量和品质的变化，并按照系统技术要求自行或约请专业公司进行必要的加注和更换。

6 定期观察和检查系统中控制器、传感器、信号传输线和电线电缆的连接部位是否松脱或接触不良。

10.2.2 负责系统管理、使用和维护的单位应注意合同约定的系统使用寿命，系统超期使用时，应自行或约请专业公司对系统进行必要的使用安全诊断，并根据诊断意见，对系统的使用和改造做出正确合理的处置决定。

附录 A 云南省各地地理气候数据

表 A 云南省各地地理气候数据

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (℃)	最冷月 平均气温 (℃)
昆明(五华、盘龙、官渡、西山、呈贡)*	102° 41'	25° 01'	1892.4	14.9	8.1
东川区	103° 10'	26° 06'	1254.1	19.9	12.5
晋宁县	102° 37'	24° 41'	1891.4	15.1	8.4
富民县	102° 30'	25° 14'	1692.2	15.8	8.2
宜良县	103° 10'	24° 55'	1532.1	16.3	8.5
石林县	103° 16'	24° 44'	1679.5	15.8	8.6
嵩明县	103° 05'	25° 16'	1919.7	14.0	6.7
禄劝县	102° 36'	25° 35'	1669.4	15.6	7.8
寻甸县	103° 16'	25° 29'	1869.0	14.5	7.4
安宁市	102° 29'	24° 56'	1848.0	15.0	7.6
曲靖(麒麟区)	103° 48'	25° 30'	1906.1	14.8	7.8
马龙县	103° 33'	25° 25'	2036.8	13.6	6.9
陆良县	103° 40'	25° 02'	1840.2	14.8	7.5
师宗县	103° 59'	24° 50'	1844.2	15.1	6.7
罗平县	104° 19'	24° 59'	1482.7	15.1	6.7
富源县	104° 15'	25° 40'	1898.9	14.0	6.2
会泽县	103° 17'	26° 25'	2109.5	12.7	5.0
沾益县*	103° 50'	25° 35'	1898.7	14.4	7.4
宣威市	104° 05'	26° 13'	1983.5	13.4	5.6
玉溪(红塔区)*	102° 33'	24° 21'	1636.7	15.9	8.9
江川县	102° 46'	24° 17'	1727.5	15.6	8.3

续表 A

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (℃)	最冷月 平均气温 (℃)
澄江县	102° 54'	24° 40'	1745.6	15.6	8.7
通海县	102° 45'	24° 07'	1811.1	15.7	9.0
华宁县	102° 55'	24° 12'	1608.9	15.8	8.5
易门县	102° 10'	24° 40'	1575.4	16.0	8.3
峨山县	102° 24'	24° 11'	1538.2	15.9	8.7
新平县	101° 58'	24° 04'	1528.1	17.4	10.6
元江县	102° 09'	23° 34'	396.6	23.7	16.9
保山(隆阳区)*	99° 10'	25° 07'	1653.5	15.9	8.5
施甸县	99° 12'	24° 45'	1168.2	17.0	9.6
腾冲县	98° 29'	25° 07'	1647.8	15.1	8.1

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (°C)	最冷月 平均气温 (°C)
龙陵县	98° 40'	24° 36'	1527.1	14.9	7.4
昌宁县	99° 37'	24° 55'	1659.3	14.9	7.3
昭通(昭阳区)*	103° 43'	27° 21'	1949.5	11.6	2.2
鲁甸县	103° 33'	27° 10'	1950.0	12.0	2.7
巧家县	102° 53'	26° 53'	840.7	20.9	12.3
盐津县	104° 15'	28° 03'	595.8	17.6	8.2
大关县	103° 53'	27° 45'	1102.0	14.7	4.9
永善县	103° 35'	27° 48'	877.2	16.4	6.7
绥江县	103° 46'	28° 27'	413.1	17.8	8.2
镇雄县	104° 51'	27° 25'	1666.7	11.4	1.4
彝良县	104° 01'	27° 36'	880.4	16.9	7.3
威信县	105° 03'	27° 50'	1172.5	13.3	3.4
水富县	104° 25'	28° 38'	292.9	16.1	6.1
丽江(古城、玉龙)*	100° 13'	26° 52'	2392.4	12.7	6.0
永胜县	100° 45'	26° 41'	2304.8	13.6	6.1

续表 A

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (°C)	最冷月 平均气温 (°C)
华坪县	101° 16'	26° 38'	1244.8	19.6	11.5
宁蒗县	101° 08'	27° 19'	2240.5	12.6	4.0
普洱(思茅区)*	100° 58'	22° 47'	1302.1	18.4	12.5
宁洱县(原普洱县)	101° 17'	23° 02'	1320.0	18.3	12.3
墨江县	101° 43'	23° 36'	1281.9	18.2	12.0
景东县	101° 05'	24° 28'	1162.3	18.6	11.3
景谷县	100° 42'	23° 30'	913.2	20.3	13.1
镇沅县	101° 07'	23° 53'	1247.5	18.7	11.9
江城县	102° 08'	22° 31'	1119.5	18.4	12.6
孟连县	99° 37'	22° 20'	950.0	19.9	13.6
澜沧县	99° 56'	22° 34'	1054.8	19.4	13.0
西盟县	99° 27'	22° 44'	1897.9	15.5	10.7
临沧(临翔区)*	100° 05'	23° 53'	1502.4	17.5	11.2
凤庆县	99° 54'	24° 36'	1587.8	16.7	10.4
云县	100° 08'	24° 27'	1108.6	19.6	12.7
永德县	99° 14'	24° 02'	1606.2	17.5	12.0
镇康县	98° 58'	24° 04'	1008.4	18.7	11.5
双江县	99° 48'	23° 28'	1043.3	19.7	12.8
耿马县	99° 24'	23° 33'	1104.4	19.0	11.7
沧源县	99° 16'	23° 09'	1279.1	17.5	10.8
楚雄市*	101° 32'	25° 01'	1772.0	16.0	8.7

双柏县	101° 36'	24° 41'	1964.4	15.1	8.6
牟定县	101° 31'	25° 20'	1768.5	15.9	8.5
南华县	101° 17'	25° 11'	1858.5	14.8	7.4
姚安县	101° 26'	25° 32'	1869.5	15.3	8.0

续表 A

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (°C)	最冷月 平均气温 (°C)
大姚县	102° 40'	25° 43'	1878.1	15.7	8.6
永仁县	101° 41'	26° 03'	1531.1	17.5	9.4
元谋县	101° 52'	25° 44'	1118.4	21.5	13.8
武定县	102° 25'	25° 32'	1710.1	15.1	7.1
禄丰县	102° 04'	25° 09'	1365.5	16.0	8.2
个旧市	103° 09'	23° 23'	1692.1	16.2	10.3
开远市	103° 15'	23° 42'	1050.9	19.8	13.0
蒙自市*	103° 23'	23° 23'	1300.7	18.7	12.3
弥勒市	103° 25'	24° 24'	1492.1	17.1	9.7
屏边县	103° 41'	22° 59'	1350.8	16.3	9.2
建水县	102° 50'	23° 37'	1308.8	18.7	12.0
石屏县	102° 29'	23° 42'	1418.6	18.0	11.4
泸西县	103° 44'	24° 32'	1704.3	15.1	7.6
元阳县	103° 06'	23° 05'	1492.8	16.5	10.2
红河县	102° 35'	23° 19'	974.5	20.4	13.6
金平县	103° 24'	22° 42'	1260.0	18.0	12.4
绿春县	102° 39'	22° 51'	1662.4	16.9	11.3
河口县	103° 57'	22° 30'	136.7	23.0	16.0
文山市*	104° 15'	23° 23'	1271.6	18.0	11.1
砚山县	104° 20'	23° 37'	1554.0	16.1	9.0
西畴县	104° 40'	23° 28'	1526.1	16.1	8.9
麻栗坡县	104° 42'	23° 07'	1094.4	17.7	10.4
马关县	104° 23'	23° 02'	1332.9	17.0	10.2
丘北县	104° 11'	24° 02'	1451.5	16.4	8.8
广南县	105° 02'	24° 02'	1250.5	16.7	8.6

续表 A

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (°C)	最冷月 平均气温 (°C)
富宁县	105° 38'	23° 39'	685.8	19.5	11.4
景洪市*	100° 47'	22° 00'	582.0	22.4	16.5
勐海县	100° 25'	21° 55'	1176.3	18.5	12.2
勐腊县	101° 34'	21° 29'	639.1	21.5	15.9
大理市*	100° 11'	25° 42'	1990.5	14.9	8.2
漾濞县	99° 58'	25° 41'	1636.4	16.3	8.9

祥云县	100° 34'	25° 29'	2058.7	14.6	7.9
宾川县	100° 35'	25° 50'	1438.4	18.2	9.9
弥渡县	100° 27'	25° 21'	1659.6	16.4	9.0
南涧县	100° 31'	25° 03'	1382	19.2	12.4
巍山县	100° 16'	25° 14'	1720.1	15.8	8.2
永平县	99° 33'	25° 27'	1616.4	15.8	7.9
云龙县	99° 23'	26° 17'	1989.7	15.4	7.6
洱源县	99° 57'	26° 07'	2069	14.2	7.0
剑川县	99° 56'	26° 30'	2200.3	12.5	4.7
鹤庆县	100° 12'	26° 35'	2197.2	13.6	6.6
瑞丽市*	97° 51'	24° 01'	776.6	20.3	13.0
芒市	98° 35'	24° 25'	913.8	19.6	12.3
梁河县	98° 18'	24° 48'	1012.9	18.3	11.0
盈江县	97° 56'	24° 43'	826.7	19.4	11.8
陇川县	97° 51'	24° 16'	964.1	18.6	11.0
泸水县*	98° 49'	25° 59'	1804.9	15.2	9.2
福贡县	98° 48'	27° 04'	1196.5	16.9	9.6
贡山县	98° 45'	28° 03'	1591.3	14.6	7.5
兰坪县	99° 32'	26° 41'	2304.8	11.1	3.1

续表 A

地区	东经	北纬	海拔 (m)	年平均 气温 (℃)	最冷月平均 气温 (℃)
香格里拉县*	99° 42'	27° 50'	3276.1	5.9	-3.2
德钦县	99° 10'	28° 39'	3588.6	5.4	-2.2
维西县	99° 31'	27° 13'	2325.6	11.5	3.8

注：1、本表按国家统计局 2014 年 10 月最新行政区划代码排序，自治地区名称采用简化名称，如双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县简称双江县；
2、地区栏内带*号者，其东经、北纬、海拔、年平均气温数值取自 GB 50736-2012；其他数据来自云南师范大学太阳能研究所。

附录 B 云南省各地太阳辐射资料

表 B 云南省各地太阳辐射资料

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时数 (h)	日照 百分率 (%)
昆明(五华、盘龙、官渡、西山、呈贡)*	14.631	15.750	2197	50
东川区	14.948	15.767	2259	51
晋宁县	14.397	15.140	2372	54
富民县	15.178	15.901	2188	49
宜良县	14.849	15.488	2173	49
石林县	15.534	16.142	2193	50
嵩明县	14.397	15.140	1924	43
禄劝县	15.214	16.038	2167	49
寻甸县	14.436	15.162	2119	48
安宁市	14.274	14.879	2047	46
曲靖(麒麟区)	14.244	14.904	2112	48
马龙县	14.589	15.307	2209	50
陆良县	15.219	15.841	2053	46
师宗县	13.411	13.863	1736	39
罗平县	13.060	13.345	1631	37
富源县	13.258	13.696	1704	39
会泽县	14.307	15.027	2199	50
沾益县*	14.282	14.937	1980	45
宣威市	14.321	14.841	1912	43
玉溪(红塔区)	15.107	15.742	2072	47
江川县	15.367	16.082	2222	50

续表 B

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时数 (h)	日照 百分率 (%)
澄江县	14.792	15.433	2103	48
通海县	15.241	15.901	2155	49
华宁县	14.773	15.345	2237	51
易门县	15.036	15.786	2200	50
峨山县	15.222	15.838	2161	49
新平县	15.222	15.956	2246	51
元江县	15.140	15.789	2286	52
保山(隆阳区)	15.186	16.104	2412	55
施甸县	15.419	16.230	2189	49
腾冲县*	14.907	16.493	2107.2	46

龙陵县	14.310	15.181	2085	47
昌宁县	15.781	16.729	2172	49
昭通(昭阳区)	13.792	14.230	1857	42
鲁甸县	13.756	14.244	1813	41
巧家县	14.660	15.392	2157	49
盐津县	9.893	9.953	827	19
大关县	10.159	10.260	1024	23
永善县	11.033	11.178	1173	26
绥江县	10.000	10.107	901	20
镇雄县	11.463	11.616	1237	28
彝良县	11.652	11.866	1208	27
威信县	10.121	10.184	950	21
水富县	13.573	14.348	834	19
丽江(古城区、玉龙县)	16.868	18.222	2463	56
永胜县	15.312	16.208	2349	53

续表 B

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时 数 (h)	日照 百分率 (%)
华坪县	16.110	17.030	2539	57
宁蒗县	14.674	15.622	2341	53
普洱(思茅区)	14.858	15.444	2045	46
宁洱县(原普洱县)	14.000	14.499	1969	45
墨江县	15.036	15.674	2290	52
景东县	14.540	15.170	2044	46
景谷县	14.477	15.090	1994	45
镇沅县	14.389	15.003	1970	45
江城县	13.899	14.411	1825	41
孟连县	14.592	15.121	2113	48
澜沧县	14.674	15.247	2116	48
西盟县	14.901	15.740	2024	46
临沧(临翔区)	14.501	15.238	2105	48
凤庆县	14.268	15.038	2085	47
云县	15.022	15.882	2243	51
永德县	14.833	15.734	2246	51
镇康县	13.674	14.271	1938	44
双江县	14.879	15.644	2219	50
耿马县	14.893	15.586	2208	50
沧源县	13.729	14.288	1876	42
楚雄市	15.707	16.540	2177	49
双柏县	15.740	16.422	2360	53
牟定县	15.975	16.825	2326	53

南华县	15.775	16.619	2394	54
姚安县	15.852	16.690	2400	54

续表 B

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时数 (h)	日照 百分率 (%)
大姚县	15.852	16.814	2445	55
永仁县	17.077	18.016	2698	61
元谋县	16.633	17.608	2593	59
武定县	15.392	16.132	2225	50
禄丰县	14.882	15.559	2207	50
个旧市	14.049	14.548	1970	45
开远市	15.258	15.814	2114	48
蒙自市*	14.884	15.437	2227.6	49
弥勒市	14.932	15.438	2107	48
屏边县	12.723	12.893	1569	35
建水县	15.501	16.071	2301	52
石屏县	15.622	16.334	2188	50
泸西县	14.411	14.975	2080	47
元阳县	13.364	13.773	1742	40
红河县	14.545	15.055	2021	46
金平县	12.685	13.049	1594	36
绿春县	14.288	14.827	2079	47
河口县	13.285	13.444	1605	36
文山市	14.312	14.764	1972	45
砚山县	14.121	14.496	1865	42
西畴县	12.216	12.455	1419	32
麻栗坡县	12.775	12.978	1656	37
马关县	13.674	13.923	1779	40
丘北县	14.534	14.995	1993	45
广南县	13.701	14.060	1651	37

续表 B

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时数 (h)	日照 百分率 (%)
富宁县	13.479	13.748	1697	38
景洪市*	15.241	15.885	2197.2	48
勐海县	14.595	15.101	2061	47
勐腊县	13.852	14.255	1837	42
大理市	14.819	15.677	2228	50
漾濞县	14.726	15.636	2201	50
祥云县	16.293	17.186	2473	56
宾川县	16.677	17.756	2670	60

弥渡县	15.844	16.773	2605	59
南涧县	15.696	16.490	2452	55
巍山县	14.885	15.786	2250	51
永平县	13.874	14.679	2191	50
云龙县	14.189	14.978	2044	46
洱源县	15.449	16.408	2428	55
剑川县	15.274	16.205	2327	53
鹤庆县	14.729	15.781	2300	52
瑞丽市	15.299	16.353	2316	52
芒市	15.296	16.241	2253	51
梁河县	15.655	16.704	2297	52
盈江县	15.129	16.126	2260	51
陇川县	15.562	16.241	2301	52
泸水县*	13.781	14.622	2092	47
福贡县	11.104	11.751	1348	30
贡山县	12.301	13.293	1266	29
兰坪县	13.466	14.315	1963	44

续表 B

地区	当地水平面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	当地纬度倾斜面 年平均日辐照量 (MJ/[m ² ·日])	年平均 日照时 数 (h)	日照 百分率 (%)
香格里拉县*	14.079	15.181	2157	49
德钦县	13.093	13.992	2149	49
维西县	13.937	14.885	2103	48

注：1、本表按国家统计局 2014 年 10 月最新行政区划代码排序，自治地区名称采用简化名称，如镇沅彝族哈尼族拉祜族自治县简称镇沅县；

2、地区栏内带*号者，其当地水平面年平均日辐照量、当地纬度倾斜面年平均日辐照量、年平均日照时数数据取值国标图集；其他数据来自云南师范大学太阳能研究所。

附录 C 云南省市、县建筑热工设计分区表

(引自 DBJ53/T-39-2011)

表 C 云南省市、县建筑热工设计分区表

热工设计分区		地区															
		昆明市	曲靖市	玉溪市	保山市	昭通市	丽江市	普洱市	临沧市	楚雄州	红河州	文山州	西双版纳州	大理州	德宏州	怒江州	迪庆州
温和地区	南区	—	—	—	—	—	—	景谷县 澜沧县	镇康县 耿马县 双江县 沧源县	永仁县	—	—	勐海县	—	芒市 瑞丽市 陇川县 盈江县	泸水县	—
	北区	—	会泽县 宣威县	—	—	昭阳区 镇雄县 威信县 鲁甸县	玉龙县 宁蒗县	—	—	—	—	—	—	剑川县	—	兰坪县	维西县
	中区	昆明 晋宁县 富民县 宜良县 石林县 嵩明县 禄劝县 寻甸县 安宁市	麒麟区 马龙县 沾益县 富源县 罗平县 师宗县 陆良县	红塔区 峨山县 通海县 华宁县 江川县 新平县 澄江县 易门县	隆阳区 腾冲县 龙陵县 施甸县 昌宁县	—	永胜县	思茅区 宁洱县 江城县 墨江县 镇沅县 景东县 西盟县	临翔区 云县 凤庆县 永德县	楚雄市 牟定县 姚安县 姚安县 双柏县	个旧市 开远市 弥勒市 屏边县 建水县 石屏县 泸西县 元阳县 金平县 绿春县	文山市 砚山县 西畴县 麻栗坡县 马关县 丘北县 广南县	—	大理市 漾濞县 祥云县 宾川县 弥渡县 南涧县 巍山县 永平县 云龙县 洱源县 鹤庆县	梁河县	贡山县 福贡县	—
夏热冬暖地区	—	—	元江县	—	巧家县	华坪县	孟连县	—	元谋县	河口县 红河县	富宁县	景洪县 勐腊县	—	—	—	—	—
夏热冬冷地区	—	—	—	—	彝良县 大关县 永善县 盐津县 绥江县 水富县	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
寒冷地区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	香格里拉县 德钦县

- 注：1、本表中昆明包括五华、盘龙、官渡、西山、呈贡及东川区；
 2、原表缺少昭通市水富县，本表暂将其列入夏热冬冷地区；
 3、本表未包括原表格中丽江（包含在玉龙县）；
 4、原表缺少临沧市永德县，本表暂将其列入温和地区中区；
 5、本表未包括原表格中的六库，怒江州六库镇属泸水县辖。

附录 D 太阳能热水系统工程主要标准、规范一览表

- 1 《太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范》 GB/T 18713
- 2 《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》 GB 50364
- 3 《建筑给水排水设计规范》 GB 50015
- 4 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 5 《可再生能源建筑应用工程评价标准》 GB/T 50801
- 6 《平板型太阳能集热器》 GB/T 6424
- 7 《真空管型太阳能集热器》 GB/T 17581
- 8 《家用太阳能热水系统技术条件》 GB/T 19141
- 9 《太阳热水系统性能评定规范》 GB/T 20095
- 10 《太阳能热水系统与建筑一体化设计施工技术规程》 DBJ 53-18

本导则用词说明

1 为便于在执行本导则时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》 GB 50364
- 2 《建筑给水排水设计规范》 GB 50015
- 3 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 4 《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303
- 5 《民用建筑节水设计标准》 GB 50555
- 6 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736-2012
- 7 《城市供水水质标准》 CJ/T 206
- 8 《太阳能热水系统与建筑一体化设计施工技术规范》 DBJ 53-18
- 9 《云南省民用建筑节能设计标准》 DBJ 53/-39-2011

云南省可再生能源示范应用工程 太阳能热水系统施工与验收技术规程

云南省住房和城乡建设厅

2017年5月

目次

1 总则	48
2 术语	50
3 基本技术要求	52
4 设备及施工基本要求	53
4.1 设备技术要求	53
4.2 施工基本规定	55
4.3 技术准备	55
5 系统施工	56
5.1 一般规定	56
5.2 基座的制作	57
5.3 支架制作与安装	58
5.4 集热器的安装	59
5.5 贮水箱的安装	59
5.6 管路的安装	60
5.7 辅助能源加热设备的安装	61
5.8 电气与自动控制系统的安装	62
6 系统运行与调试	63
6.1 一般规定	63
6.2 水压试验与冲洗	63
6.3 设备单机调试	63
6.4 供热系统联动调试	64
6.5 系统试运行	64
7 系统验收	65
7.1 一般规定	65
7.2 质量验收	66
7.3 竣工验收	68
本规程用词说明	69
附表	70
表 1 主要设备一览表	70
表 2 太阳能热水系统水压与冲洗检验记录	71
表 3 隐蔽工程验收记录	72

表 4 太阳能热水系统调试记录.....	73
表 5 太阳能热水系统设备质量验收记录.....	74
表 6 太阳能热水系统施工质量验收记录.....	75
表 7 太阳能热水系统运行质量验收记录.....	77

1 总 则

1.0.1 为贯彻落实《中华人民共和国节约能源法》和《中华人民共和国可再生能源法》，配合云南省再生能源示范工程的实施，推进云南省太阳能热利用，规程太阳能热水系统施工、调试和验收，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于云南省新建、改建和扩建的民用建筑上安装的太阳能热水系统，及改造既有建筑上已安装的太阳能热水系统和在既有建筑上增设太阳能热水系统。云南省空气源热泵辅助太阳能热水系统亦可参照本规程进行安装于验收。

1.0.3 民用建筑应用太阳能热水系统除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.4 本规程所引用的标准一律以最新版本为准，标准的引用只写标准号。

本规程引用的主要标准与规程如下：

GB 50364.民用建筑太阳能热水系统应用技术规程.

GB/T 6424.平板型太阳集热器技术条件.

GB/T 17049.全玻璃真空太阳集热管.

GB/T 17581.真空管太阳集热器.

GB/T 18713.太阳能热水系统设计、安装及工程验收技术规范.

GB/T 19141.家用太阳能热水系统技术条件.

GB/T 20095.太阳能热水系统性能评定规程.

GB 50057.建筑物防雷设计规程.

GB50168.电气装置安装工程电缆线路施工及验收规程.

GB50169.电气装置安装工程接地装置施工及验收规程.

GB50185.工业设备及管道绝热工程质量检验评定标准.

GB50205.钢结构工程施工质量验收规程.

GB50207.屋面工程质量验收规程.

GB50242.建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规程.

GB50303.建筑电气工程质量验收规程.

GB50352.民用建筑设计通则.

GB/T 6424.平板型太阳能集热器.

GB/T 17581.真空管型太阳能集热器.

NY/T 514.家用太阳热水器储水箱.

GB/T 17219.生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准.

GB 4706.1.家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求.

GB 4706.12.家用和类似用途电器的安全 贮水式电热水器的特殊要求.

JB/T 4088.日用管状电热元件.

GB 50242.建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规程.

GB/T 23889.家用空气源热泵辅助型太阳能热水系统技术条件.

GB 14536.1.家用和类似用途电自动控制器 第 1 部分：通用要求.

GB 14536.12.家用和类似用途电自动控制器 能量调节器的特殊要求.

GB/T 8175.设备及管道绝热设计导则.

DBJ 53-18 云南省工程建设地方标准:太阳能热水系统与建筑一体化设计施工技术规范

程

DBKJT53-01 云南省工程建设地方标准:昆明市太阳热水系统与建筑一体化设计、安装图集

2 术语

2.0.1 日照间距 sunshine distance

为保证在规定的日照标准日（冬至日或大寒日）的有效日照时间，前后两栋建筑物之间规定的距离。

2.0.2 太阳能热水系统 solar water heating system

把太阳能转换成热能以加热水并输送至各用户所必须的完整系统装置。通常包括太阳集热器、贮水箱、泵、连接管道、支架和其它零部件，以及控制系统和必要时配合使用的辅助热源。

2.0.3 太阳能集热器总面积 gross area of solar collector

整个集热器的最大投影面积，不包括那些固定和连接传热工质管道的组成部分。

2.0.4 平屋面 plane roof

坡度小于 10° 的建筑屋面。

2.0.5 坡屋面 sloping roof

坡度大于等于 10° 且小于 75° 的建筑屋面。

2.0.6 管道井 pipe shaft

建筑物中用于布置竖向设备管线的竖向井道。

2.0.7 集热器倾角 tilt angle of collector

太阳能集热器与水平面的夹角。

2.0.8 太阳能保证率 solar fraction

系统中由太阳能部分提供的热量占系统总负荷的百分率。

2.0.9 （集热器）瞬时效率 (collector) instantaneous efficiency

稳态或准稳态下，规定时段（常为 5-15min）内，传热工质从太阳能集热器获的能量与同时入射在集热器采光面上的太阳辐照能量之比。

2.0.10 （集热器）总热损系数 (collector) overall heat loss coefficient

集热器中吸热体对环境空气的平均传热系数。

2.0.11 太阳能集热器 solar collector

吸收太阳辐射并将产生的热能传递到传热工质的装置。

2.0.12 贮热水箱 heat storage tank

太阳能热水系统中储存热水的装置，简称贮水箱。

2.0.13 真空管集热器 evacuated tube collector

采用透明管(通常为玻璃管)并在管壁与吸热体之间有真空空间的太阳能集热器。

2.0.14 平板型集热器 flat plate collector

吸热体表面基本为平板形状的非聚光型太阳能集热器。

2.0.15 集中供热水系统 collective hot water supply system

采用集中的太阳能集热器和集中的贮水箱供给一幢或几幢建筑物所需热水的系统。

2.0.16 集中一分散供热水系统 collective individual hot water supply system

采用集中的太阳能集热器和分散的贮水箱供给一幢建筑物所需热水的系统。

2.0.17 分散供热水系统 individual hot water supply system

采用分散的太阳能集热器和分散的贮水箱供给各个用户所需热水的小型系统。

2.0.18 自然循环系统 natural circulation system

仅利用传热工质内部的密度变化来实现集热器与贮水箱之间或集热器与换热器之间进行循环的太阳能热水系统。

2.0.19 强制循环系统 forced circulation system

利用泵迫使传热工质通过集热器(或换热器)进行循环的太阳能热水系统。

2.0.20 家用空气源热泵辅助型太阳能热水系统 air source heat pump assisted domestic solar water heating systems

由太阳能集热器、贮水箱和空气源热泵等部件组成，以空气源热泵作辅助能量的太阳能热水系统，在住宅、小型商业建筑或公共建筑中使用。

2.0.21 热泵热水器 heat pump water heater

一种用逆向卡诺循环，将空气、水或其他低温热源的热量转移到被加热的水中制取较高温度生活热水的设备。

2.0.22 空气源热泵 air source heat pump water

以环境空气为热源的热泵热水器。

2.0.23 性能指数 coefficient of performance (COP)

系统单位时间内热量和有效输入功率之比。

3 基本技术要求

3.0.1 太阳能热水系统的设计应纳入建筑规划和建筑设计，做到统一规划、同步设计、同步施工，与建筑同时投入使用。

3.0.2 太阳能热水系统应根据建筑规划特点，立面外形要求、使用地理、气候、场地条件、周围环境、建筑使用功能和设备安装条件等进行选型和设计，提供安全节能、技术先进、示范性、可靠性强的太阳能热水系统。

3.0.3 太阳能热水系统中，太阳能集热器应性能优良、安全可靠、规则有序、排列整齐，便于清洁、维修和更换的原则，与建筑安装部位的主体结构连接牢固。

3.0.4 太阳能热水系统应根据建筑物的使用功能和用户的用水要求统筹设计，并宜与建筑物和周边环境协调统一。

3.0.5 太阳能热水系统应满足安全、实用、美观、运行可靠的原则，并应便于安装、维护、保养和使用。

3.0.6 热水系统应有即时水温显示装置。

3.0.7 贮水箱的安装位置应满足载荷要求，水箱基座要注意保证绝热性能，避免热桥散热。

3.0.8 在既有建筑上增设或改造已安装的太阳能热水系统，必须经建筑结构复核，并应满足建筑结构及其他相应的安全性要求。

3.0.9 建筑物上安装太阳能热水系统，不得降低相邻建筑的日照标准。

3.0.10 太阳能热水系统各组成部件的质量应符合国家有关产品标准的要求、系统应有完整的设计文件，部件应有产品合格证及说明书等。

3.0.11 作为示范性工程，太阳能热水系统应预留数据测试接口。

4 设备及施工基本要求

4.1 设备技术要求

4.1.1 太阳能集热器

4.1.1.1 平板型太阳能集热器

平板型太阳集热器应符合 GB/T 6424 规定的要求。即外观、耐压、刚度、强度、闷晒、空晒、外热冲击、内热冲击、淋雨、耐冻试验、压力降落、耐撞击、涂层及透射比均达到要求。非承压式集热器应能承受 0.06MPa 的工作压力，承压式集热器应能承受 0.6MPa 的工作压力，集热器的瞬时效率截距应不低于 0.72，总热损系数应 $\leq 6.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ，吸收体涂层的吸收比应不低于 0.92。

4.1.1.2 真空管型太阳能集热器

真空管型太阳能集热器应符合 GB/T 17581 规定的要求。即外观、耐压、刚度、强度、闷晒、空晒、外热冲击、内热冲击、淋雨、耐冻、压力降落、耐撞击均达到要求。非承压式集热器应能承受 0.06MPa 的工作压力，承压式集热器应能承受 0.6MPa 的工作压力，无反射器集热器的瞬时效率截距应不低于 0.62，总热损系数应 $\leq 3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ，有反射器集热器的瞬时效率截距应不低于 0.52，总热损系数应 $\leq 2.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ 。

4.1.2 贮水箱

4.1.2.1 水箱容量

水箱容量应符合 NY/T 514 规定的要求。在设计系统时合理配置贮水箱和集热器面积的比例，使系统在一天运行过程中最高温度不超过 60℃。

4.1.2.2 水箱材质及规格

用于制作贮水箱的材质、规格应符合 GB/T 17219 规定的要求。钢板焊接的贮水箱，水箱内外壁均应按设计要求做防腐处理。内壁防腐材料应卫生、无毒，且应能承受所贮存热水的最高温度。

4.1.2.3 水箱热损

对于贮热水箱容积小于 0.6m³ 的太阳能热水系统，应符合 GB/T 19141 的要求；

对于贮热水箱容积大于 0.6m³ 的太阳能热水系统，应符合 GB/T 20095 的要求；

4.1.2.4 水箱承压

对于非承压水箱应能承受系统的最大工作压力；承压水箱应能承受 1.5 倍的系统最大工作压力。系统最大工作压力由系统设计确定。

4.1.3 辅助热源

4.1.3.1 电加热

直接加热的电热管的使用应符合 GB 4706.1 及 GB 4706.12 的相关规定。系统中使用的电加热器应符合 JB/T 4088 的要求，工作寿命不小于 3000h，使用电压为 220(1±10%)V 或 380(1±10%)V。

4.1.3.2 锅炉供热

供热锅炉及辅助设备的安装应符合 GB 50242 的相关要求。

4.1.3.3 空气源热泵

贮热水箱容积小于 600L 时，空气源热泵辅助型太阳能热水系统应符合 GB/T 23889 的要求。对于水箱容积大于 600L 的热水系统，可参考该标准、并根据具体情况和要求进行设计和施工。

4.1.4 循环水泵

在太阳能热水系统中，在满足扬程和流量(流量设定在 0.01-0.02L/s.m²)的条件下，应选择功率尽可能小的循环泵。对于强制循环系统，在水温高于 50℃的情况下应选用耐热泵。此外，泵与流体介质应有很好的相容性；噪音低于 60 分贝；功率大于 500 瓦的水泵需采取减震技术措施，水泵与金属水管之间必须安装减震软管。

4.1.5 管道与管件

4.1.5.1 管道

太阳能热水系统中管道的选取应符合相关国家标准的规定。结合实际需要选取合适的管材，且管道应能承受系统的最大压力。管道应选取卫生、无毒、不与水发生反应并与水具有很好的相容性的材质。

4.1.5.2 连接管件

连接管件应符合相关国家标准中对应条款的相关规定。连接管件应采用卫生、无毒、不与水发生反应的材料，并能承受系统的最大工作压力，还要求具备一定的伸缩能力，能为系统中管道的热胀冷缩提供伸缩空间。

4.1.6 仪器仪表

4.1.6.1 温度控制仪

温控仪应具备自动、手动控制功能，且符合 GB 14536.1 及 GB 14536.12 的相关

要求。

4.1.6.2 温度传感器

用于集热器的温度传感器应能承受集热器的最高空晒温度，测量精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；用于储热水箱的温度传感器应能承受 100°C ，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.6.3 电磁阀

应根据实际应用场合(主要依据水压)选取相应的电磁阀。

4.1.6.4 温控阀

温控阀的温度控制误差应 $\leq 2.5^{\circ}\text{C}$ ，同时满足现场水压，还要求该阀具有良好的防腐性能，寿命长。

4.1.7 保温材料

保温材料应符合 GB/T 8175 的要求。在平均温度为 298K (25°C) 时的热导率值应小于 $0.080 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，密度小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，除软质、半硬质、散状材料外；硬质无机制品的抗压强度应大于 0.30MPa ，有机制品的抗压强度应大于 0.20MPa 。

要求以上所述各种材料均应提供相关的质量合格证明文件，并提供第三方检验机构出具的相关型式实验报告。

4.1.8 太阳能热水系统工程的能源效益测评

I 类太阳能资源丰富区，年太阳辐照量大于 $6700/\text{MJ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，太阳能保证率不低于 60%；II 类太阳能资源丰富区，年太阳辐照量在 $5400\text{-}6700/\text{MJ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，太阳能保证率不低于 50%；III 类太阳能资源丰富区，年太阳辐照量在 $4200\text{-}5400/\text{MJ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，太阳能保证率不低于 40%；IV 类太阳能资源丰富区，年太阳辐照量小于 $4200/\text{MJ m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，太阳能保证率不低于 30%。

4.2 施工基本规定

4.2.1 太阳能热水系统施工单位应制定相应的施工安全措施。

4.2.2 太阳能热水系统施工人员应具有相应的施工安全知识。

4.2.3 太阳能热水系统施工前应有施工图纸和施工方案。

4.3 技术准备

4.3.1 熟悉施工图纸、技术交底、安全交底等。

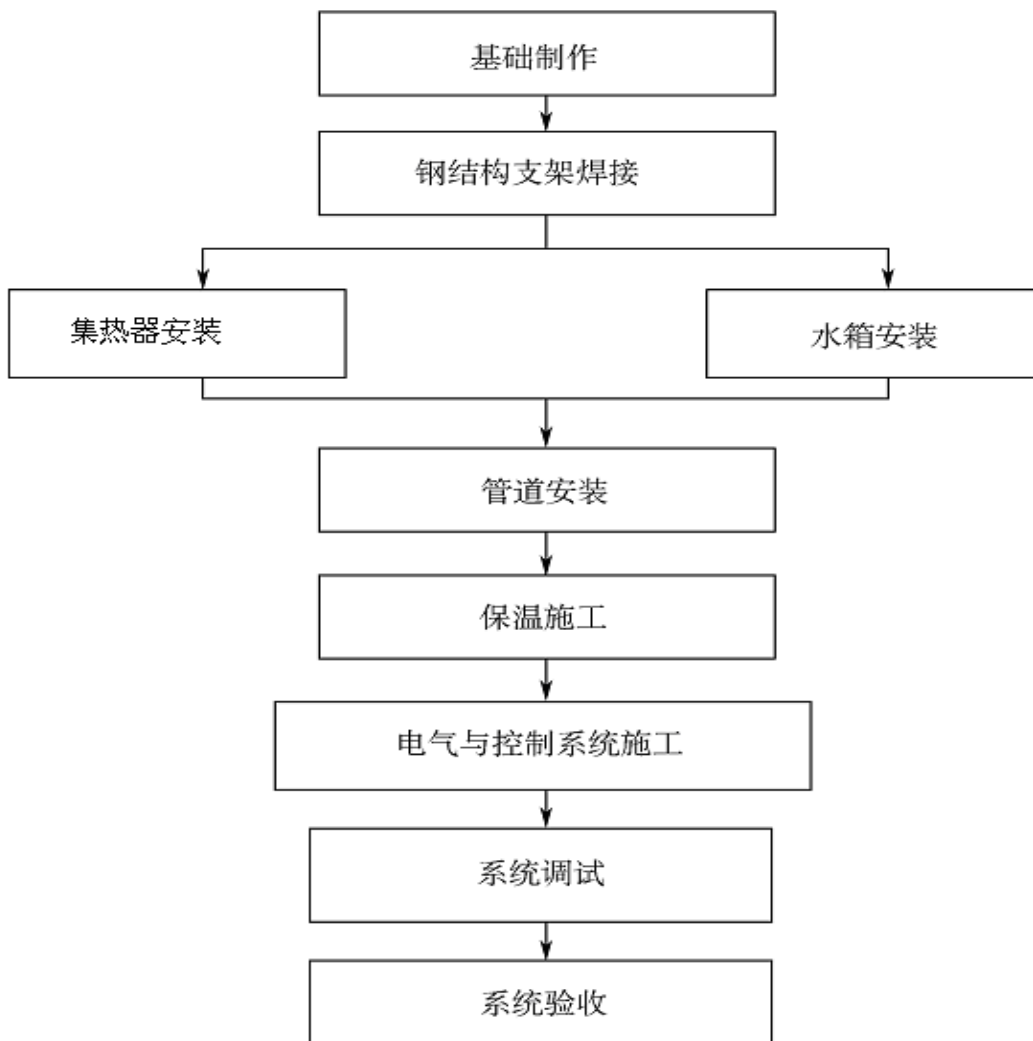
4.3.2 了解材料种类、设备要求。

4.3.3 了解特殊施工要求。

5 系统施工

5.1 一般规定

施工工序流程图



5.1.1 太阳能热水系统的安装应符合设计要求。

5.1.2 太阳能热水系统的安装应单独编制施工组织设计，并应包括与主体结构施工、

设备安装、装饰装修的协调配合方案及安全措施等内容。

5.1.3 太阳能热水系统安装前应具备下列条件：

- 设计文件齐备，且已审查通过；
- 施工组织设计及施工方案已经批准；
- 施工场地符合施工组织设计要求；
- 现场水、电、场地和道路等条件能满足正常施工需要；
- 预留基座、孔洞、预埋件和设施符合设计图纸，并已验收合格；
- 既有建筑经结构复核或法定检测机构同意安装太阳能热水系统的鉴定文件。

5.1.4 进场安装的太阳能热水系统产品、配件、材料及其性能、色彩等应符合设计要求，且有产品合格证。

5.1.5 太阳能热水系统安装不应损坏建筑物的结构；不应影响建筑物在设计使用年限内承受各种荷载的能力；不应破坏屋面防水层和建筑物的附属设施。

5.1.6 安装太阳能热水系统时，应对已完成土建工程的部位采取保护措施。

5.1.7 太阳能热水系统在安装过程中，产品和物件的存放、搬运、吊装不应碰撞和损坏，半成品应妥善保护。

5.1.8 分散供热水系统的安装不得影响其他住户的使用功能要求。

5.1.9 太阳能热水系统安装应由专业队伍或经过培训并考核合格的人员完成。

5.2 基座的制作

5.2.1 屋顶太阳能热水系统集热器基座与水箱基座应与建筑主体结构连接牢固。

5.2.2 基座可以是现浇混凝土结构形式、钢结构形式和预制件形式等。现浇混凝土结构中的预埋件与基座紧密结合，不得有空隙。

5.2.3 现浇混凝土基座在平屋面和坡屋面的结构可参考昆明市太阳能与建筑一体化标准图集

5.2.4 在屋面结构层上现场施工的基座完工后，应做防水处理，并符合 GB 50207 的要求。

5.2.5 采用预制的集热器支架基座应摆放平稳、整齐，并应与建筑连接牢固，且不得破坏已做好屋面防水层。

5.2.6 钢基座及混凝土基座顶面的预埋件，在太阳能热水系统安装前应作防腐处理。

5.2.7 混凝土基座施工的一般步骤：

1. 定标—根据图纸找出关键点的位置；
2. 画线—根据施工图纸画出横向和纵向轴线，定出各基座的中心位置；
3. 安装模板；
4. 定标高—保证各基座的顶面在同一水平高度上；
5. 浇注混凝土安装预埋件；
6. 混凝土养护

5.3 支架制作与安装

5.3.1 太阳能热水系统的支架包括屋顶集热阵列支架、水箱支架、墙面和阳台集热器安装支架等。

5.3.2 太阳能热水系统的支架及其材料应符合设计要求。钢结构支架的焊接应符合 GB 50205 的要求。

5.3.3 支架应按设计要求安装在主体结构上，位置准确，与主体结构固定牢靠。钢结构支架应牢固焊接在基座上或基座的预埋件上，位置准确，角度一致。

5.3.4 根据现场条件，支架应采取抗风措施。

5.3.5 钢结构支架应与建筑物防雷接地牢固焊接。如钢结构支架高度超过建筑物避雷网（带），应按 GB 50057 制作安装接闪器。

5.3.6 支承太阳能热水系统的钢结构支架应与建筑物接地系统可靠连接。

5.3.7 钢结构支架焊接完毕，应做防腐处理。防腐施工应符合 GB 50212 和 GB 50224 的要求。具体要求如下：

1. 钢结构的防腐处理一般采用涂装防锈漆和保护面漆的涂装处理工艺；
2. 涂装前钢材表面的防锈处理应符合设计要求及国家现行有关标准的规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等缺陷；
3. 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求。当产品说明书无要求时，环境温度宜在 5℃~38℃ 之间，相对湿度不应大于 85%。涂装时构件表面不应有结露，涂装后 4 小时内应保护免受雨淋；
4. 涂料的涂装遍数、涂层厚度均应符合设计要求。当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为 150μm，室内应为 125μm，其允许偏差为 -25μm。每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差为 -5μm。

5.4 集热器的安装

5.4.1 集热器应与建筑主体结构或集热器支架牢靠固定，防止滑脱。

5.4.2 水平屋顶集热器的安装应符合 GB/T 18713 的要求。集热器方位应为正南或南偏西 10° 内。如果因为建筑本身方位的原因使方位偏离正南 20° 以上，则应考虑集热器面积补偿。全年使用时，平板集热器的安装倾角为当地纬度加 (3-5°)，因特殊原因不能按此倾度安装时，应考虑集热面积补偿；侧重于夏季使用时，倾角为当地纬度减 10°；侧重于冬季使用时，倾角等于当地纬度加 15°；安装倾角误差 $\leq 3^\circ$ 。全年使用的全玻璃真空管南北向放置的集热器，其安装倾角不得大于当地纬度；全玻璃真空管东西向放置的集热器安装倾角为当地纬度减 10°。集热器前后排的间距应不小于 $H \tan(\lambda + 23.45)$ ，其中：H 为集热器顶端距离屋面的垂直高度。

对于墙面或阳台式集热系统，集热器件必须与建筑墙面或阳台一体化设计，安装倾角可为 60-80°。

5.4.3 系统排与排之间的连接应按照设计规定的连接方式连接，不应出现循环工质短路和气阻技术问题。

5.4.4 集热器之间的连接件，应便于拆卸和更换。单排集热器超过 6 块的系统，集热器与集热器之间的连接应采用柔性连接方式，以防热胀冷缩时集热器变形。

5.4.5 集热器连接完毕，应进行检漏试验。

5.4.6 集热器之间连接管的保温应在检漏试验合格后进行。保温材料及其厚度应符合 GB 50185 的要求。

5.5 贮水箱的安装

5.5.1 用于制作贮水箱的材质、规格应符合设计要求。

5.5.2 屋顶集中供热贮水箱应放置于承重横梁之上，并与底座固定牢靠。家用独立式的贮水箱应置于室内阳台或卫生间隐蔽之处。

5.5.3 钢板焊接的贮水箱，水箱内外壁均应按设计要求做防腐处理。内壁防腐材料应卫生、无毒，且应能承受所贮存热水的最高温度

5.5.4 贮水箱的内箱应做接地处理。接地应符合 GB 50057 的要求。如原建筑无防雷措施时，应做好防雷接地。具体要求如下：

1. 贮水箱的接地可以利用下列自然接地体。埋设在地下的没有可燃及爆炸物的金属管道、金属井管、与大地有可靠连接的建筑物的金属结构。
2. 接地装置宜采用钢材。接地装置的导体截面积应符合热稳定和机械强度的要求，但不应小于表5.5.4所列规格。
3. 接地体的连接应采用焊接，焊接必须牢固无虚焊，连接到水箱上的接地体应采用镀锌螺栓或铜螺栓连接。

表5.5.4 钢接地体和接地线的最小规格

种类、规格及单位		地 上		地 下	
		室 内	室 外	交流电流回路	直流电流回路
圆钢直径 (mm)		6	8	10	12
扁 钢	截面 (mm ²)	60	100	100	100
	厚度 (mm)	3	4	4	6
角钢厚度 (mm)		2	2.5	4	6
钢管管壁厚度 (mm)		2.5	2.5	3.5	4.5

5.5.5 贮水箱应进行检漏试验，试验方法应符合相关设计规定的规定。检漏合格后才能进行保温施工。水箱保温应符合 GB 50185 的要求。

5.5.6 闭式水箱应作承压试验。

5.5.7 贮水箱四周应留有检修通道，顶部应留有检修口，周围应有排水措施，水箱排水时不应积水。

5.6 管路的安装

5.6.1 太阳能热水系统的管路安装应符合 GB 50242 的相关要求。

- 1) 热水系统的管道材料应采用适应热水要求的复合管、金属管、塑料管等；
- 2) 管道坡度应符合设计规定，排空系统不得有反坡存在；
- 3) 温度控制器及阀门应安装在便于观察和维护的地方；
- 4) 管道的最低处应安装泄水装置，最高点应设排气阀或排气管；

5) 热水供应管道应尽量利用自然弯补偿冷热伸缩，直线段过长则应放置补偿器，补偿器形式、规格、位置应符合设计要求，并按有关规定进行预拉伸。

5.6.2 水泵应按照厂家规定的方式安装，并应符合 GB 50275 的要求。水泵周围应留

有检修空间,并应做好接地保护。

5.6.3 安装在室外的水泵。应采取妥当的防雨保护措施。严寒地区和寒冷地区必须采取防冻措施。

5.6.4 电磁阀应水平安装,阀前应加装细网过滤器,阀后应加装调压作用明显的截止阀。

5.6.5 水泵、电磁阀、阀门的安装方向应正确,不得反装,并应便于更换。

5.6.6 承压管道应做水压试验,试验压力应满足相应规程及设计要求;非承压管道应做灌水试验,在确认无泄漏后再做管道保温施工。

5.6.7 管路保温应在水压试验合格后进行,保温应符合 GB 50185 的要求。

5.6.8 钢管、不锈钢管及钢型管管道水平安装的支、吊架间距不应大于表 5.6.8 的规定。

表 5.6.8 钢管、不锈钢管及钢型管管道支架的最大间距 (m)

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200
最大间距	保温管	2	2.5	2.5	2.5	3	3	4	4	4.5	6	7	7
	非保温管	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	6	6.5	7	8	9.5

5.6.9 塑料管、铅型管及复合管管道垂直或水平安装的支架间距应符合表 5.6.9 的规定。

表 5.6.9 塑料管、铅型管及复合管管道支架的最大间距 (m)

管径 (mm)		16	18	20	25	32	40	50	63	75	
最大间距	立管	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	
	水平管	冷水管	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
		热水管	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

5.6.10 铜管管道垂直或水平安装的支架间距应符合表 5.6.10 的规定。

表 5.6.10: 铜管管道支架的最大间距 (m)

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
最大间距	垂直管	1.8	2.4	2.4	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4
	水平管	1.2	1.8	1.8	2.4	2.4	2.4	3	3	3	3	3.5

5.7 辅助能源加热设备的安装

5.7.1 直接加热的电热管的安装应符合 GB 50303 的相关要求。

5.7.2 供热锅炉及辅助设备的安装应符合 GB 50294 的相关要求。

5.7.3 空气源热泵辅助加热系统的安装应符合 GB/T 23889 的相关规定和要求。其安装应注意以下事项：

- (1) 主机应安装在远离人工强电、磁场直接作用的地方，预留检修间隙。
- (2) 机组进/出水口与水系统供、回水管道必须采用柔性连接以防止振动从机组传播至建筑物。
- (3) 机组底部必须要安装减震装置，以防止振动传至建筑物。
- (4) 主机进水口安装水压表与温度计；使用侧进水端必须加一个 Y 型过滤器，以防止焊渣或杂质损坏设备，做成可拆卸式，方便系统冲洗和维修。
- (5) 主机进出水管道必须采用严密的保温措施，以防止能量损失和冷凝水的形成。
- (6) 必须在水系统最高点设排气阀，机组水管最低点应安装排水阀。
- (7) 水系统的水流方向必须与机组所标志的方向一致，绝对禁止调换方向，否则机组不能运行，甚至损坏。
- (8) 水泵进/出水口必须采用柔性连接，以防止振动传播至建筑物。
- (9) 主机功率大于 500W 时需加装交流接触器和独立的配电箱。

5.8 电气与自动控制系统的安装

5.8.1 电缆线路施工应符合 GB 50168 的规定。

5.8.2 其他电气设施的安装应符合 GB 50303 的相关规定。

5.8.3 所有电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理。电气接地装置的施工应符合 GB 50169 的规定。

5.8.4 传感器的接线应牢固可靠，接触良好。接线盒与套管之间的传感器屏蔽线应做二次防护处理，两端应做防水处理。

5.9 系统运行监测装置

作为示范性工程，应安装基本的数据检测设备和数据采集系统。必须有长达一年以上长期以上的系统运行记录，记录参数应有集热器单位面积的日辐照、环境温度、冷水温度、供水量和水温、常规能源消耗。

6 系统运行与调试

6.1 一般规定

6.1.1 系统安装完成后应进行冲洗工作，冲洗包括管道冲洗和水箱冲洗，应保证冲洗的管道和水箱没有任何杂质和污染物，水质干净，无色无味。

6.1.2 系统安装完成后投入使用前，必须进行系统调试，调试所需的水、电应满足设计要求。

6.1.3 系统调试包括设备单机调试和系统联动调试。设备单机调试合格后进行系统联动调试。

6.1.4 设备单机调试应包括水泵、阀门、电磁阀和电气及自动控制设备、监控显示设备、辅助加热设备等。

6.1.5 系统联动调试应按照设计要求，对集热系统、辅助加热系统及热水供应系统的实际运行工况进行全系统调试。

6.2 水压试验与冲洗

6.2.1 太阳能热水系统安装完毕后，在设备、管道保温之前，必须进行水压试验。试验压力应符合设计要求。当设计未注明时，按 1.5 倍的最大工作压力作为试验压力，但不得小于 0.60Mpa。

6.2.2 系统水压试验合格后，应对系统进行冲洗直至排出的水不浑浊、无杂质为止。

6.3 设备单机调试

6.3.1 水泵安装方向应正确。通电调试前，应保证水泵的进口端已经注满水；水泵运转时，检查水泵转动方向是否正确。在设计负荷下连续运转不小于 2 小时，无异常震动和声响，各密封处不得泄漏，紧固连接部位不应松动。电机的电流和功率不超过额定值，温度在正常范围内。

6.3.2 电磁阀安装方向必须正确。手动通断电试验时，电磁阀应开启正常，动作灵敏，密封严实，无异常震动和声响。

6.3.3 电气装置接线必须正确。断流容量、过压、欠压、过流保护等设定值应符合要求。

6.3.4 温度、温差、水位、时钟等监控显示设备应动作灵敏、显示准确。

6.3.5 各种安全保护装置和自动控制装置应动作灵敏，工作可靠。如防冻、超压保护、过热保护、漏电保护等必须符合设计要求。

6.3.6 各种阀门应启闭灵活，关闭严密。

6.3.7 各种辅助加热设备应工作正常、稳定，符合设计要求：辅助加热装置经调试应达到设计要求，工作正常。在设计负荷下，对集热系统的循环水磁、辅助加热系统中的水泵（循环水泵）、热水供应系统的供水泵及循环水泵进行调试，使其符合设计要求。

6.4 供热系统联动调试

对于采用阳台式和壁挂式平板集热器或横式全玻璃真空集热系统的供热系统，需按照以下步骤来联动调试：

- 调整水泵控制阀门，使系统循环的流量和扬程满足设计要求；
- 调整电磁阀控制阀门，使电磁阀的阀前阀后压力满足设计要求；
- 调整温度、温差、水位、光照、时间等控制仪的控制区间或控制点，使各种控制仪的工作参数满足设计要求；
- 调整各个分支回路的调节阀，使各回路流量平衡。

对于采用了真空管集热器的屋顶集中供热系统，也需按照以上步骤来联动调试；

对于采用了电加热或空气源热泵等带辅助加热的供热系统的联动调试，除了完成以上四个步骤之外，还需要检查系统是否正常启动和停止，并在满足定温出水功能的前提下，确保优先使用太阳能加热，以使辅助热源的消耗量最少。

6.5 系统试运行

在系统联动调试完成后，系统必须连续试运行 3 天，各设备及主要部件的联动必须协调无异常现象。

7 系统验收

7.1 一般规定

7.1.1 太阳能热水系统验收应根据系统类型和施工安装特点，按基座与支架、太阳能集热器、集热贮水箱、辅助加热设备、水泵、管路、控制系统及其他附件进行分项工程验收和系统竣工验收。

7.1.2 新建建筑的太阳能热水系统验收应作为分部工程纳入建筑整体验收程序。

7.1.3 太阳能热水系统工程由若干个分项工程组成，可根据工程施工特点分项进行验收。分项工程验收应由建设单位项目负责人组织施工单位专业质量（技术）负责人和监理等人员进行验收。

7.1.4 分项工程又分为若干道工序对于影响工程安全和系统性能的工序，必须在本工序验收合格后方可进入下一道工序的施工。

7.1.5 太阳能热水系统分项工程的验收应按以下规定操作：

- 分散式独立太阳能热水系统按每个单体工程的一个单元为一个验收批；
- 集中供热式太阳能热水系统按每个单体工程为一个验收批。

7.1.6 太阳能热水系统验收前，应在安装施工过程中完成下列隐蔽工程的现场验收：

- 预埋件或后置锚栓连接件；
- 基座、支架、集热器四周与主体结构连接节点；
- 基座、支架、集热器四周与主体结构之间的封堵；
- 系统的防雷、接地连接节点。

7.1.7 太阳能热水系统工程完工后，施工单位应组织检验评定，经监理单位验收合格后向建设单位提交竣工验收申请报告。

7.1.8 建设单位收到施工单位提交的太阳能热水系统竣工验收申请报告后，负责组织设计、施工、监理、质检等有关单位联合进行竣工验收。

所有验收应做好记录，签署文件，立卷归档。

7.2 质量验收

7.2.1 太阳能热水系统设备质量验收

本部分验收通过对照实物、检查系统各部件相关产品的第三方检验机构出具的检测合格报告、对照设计图纸、现场施压、现场观察等方法对以下内容分项验收。

- 集热器、贮水箱必须具有中文质量合格证明及具有有效期内的第三方检验机构出具的型式检验报告，报告应符合国家技术标准或设计要求。
- 贮水箱内壁应装有卫生、无毒的防腐材料，且应能承受所贮存热水的最高温度。
- 管道及系统附属材料必须具有中文质量合格证明文件及有效期内的型式检验报告，并符合设计要求。
- 各连接管管径、位置应符合设计规定。
- 电加热设备、空气源热泵必须具有中文质量合格证明及具有有效期内的型式检验报告，报告应符合国家技术标准或设计要求。
- 电加热设备、空气源热泵设备的接地保护、防漏电等保护装置均应符合设计和相关标准要求。
- 水泵、阀门必须具有中文质量合格证明及具有有效期内的型式检验报告，报告应符合国家技术标准或设计要求。
- 贮水箱及连接管道保温材料及厚度应符合设计和相关标准要求。
- 太阳能热水系统最低处应安装泄水装置，最高处应安装排气阀。
- 承压管道和设备应做水压试验；非承压管道和设备应做灌水试验。试验结果应符合设计要求。
- 系统连接完毕，管道及连接处应密封可靠、无泄漏、无扭曲现象。

7.2.2 太阳能热水系统施工质量验收

本部分验收通过对照实物、对照设计图纸和相关标准、现场观察等方法对以下内容分项验收。

- 太阳能集热器的朝向、倾角及多个集热器之间的前后左右距离应符合设计要求；
- 集热器接往热水箱的上、下集管管道应符合设计的坡度要求；
- 自然循环的贮热水箱底部与集热器上集管之间的垂直距离应符合设计要求；

- 贮水箱应按设计要求定位，并在基础上与底座固定；
- 电加热设备、空气源热泵设备的安装应符合设计及相关标准要求；
- 水泵吸水管上应装阀门，压水管上应装单向阀；
- 水泵、电磁阀、阀门的安装方向应正确，不得反装，并便于更换；
- 管道穿过结构变形缝敷设时，根据情况采取保护措施，并应符合设计和相关标准要求；
- 管道支、吊、排架的安装，应符合设计及相关标准的要求；
- 太阳能热水系统基座应与建筑主体结构连接牢固且不破坏屋面防水层、保温层；
- 太阳能热水系统的支架及其材料应符合设计要求。钢结构支架的焊接应符合设计和有关标准要求；
- 钢基座及混凝土基座顶面的预埋件应涂防腐涂料；
- 钢结构支架焊接完毕后，应做防腐处理；
- 温度传感器的安装应符合设计要求；
- 传感器的接线、接线盒与套管之间的传感器屏蔽器的二次防护处理及两端的防水处理，应符合设计和相关标准要求。
- 在前一道工序验收合格后方可进入下一道工序施工的工序包括以下部分：
 - 1：在太阳集热器就位前进行支架承重和固定地基的验收；
 - 2：在水箱就位前进行水箱承重和固定地基的验收；
 - 3：在水箱保温前进行水箱检漏的满水试验；
 - 4：在管道保温前进行管道水压或灌水试验；
 - 5：在隐蔽工程隐蔽前进行隐蔽验收。

7.2.3 太阳能热水系统运行质量验收

在上述两项验收完成后，应在晴好天气连续运行试验 3 天，在每天进行检验前，应将系统内热水排尽，重新注水。每天的水温、水量均应满足系统所处季节的验收指标；从系统取出热水应无铁锈、无异味或其它不卫生物质。

7.2.4 质量验收评价办法

- 对太阳能热水系统设备质量验收的合格标准要求达到 10 项合格，且其余检查点不应有严重缺陷；
- 对太阳能热水系统施工质量验收的合格标准要求达到 13 项合格，且其余检

查点不应有严重缺陷；

- 对太阳能热水系统运行质量验收的合格标准要求水箱水温、水量达到设计指标，且水质干净无异味；
- 以上 3 点必须全都合格，本次质量验收方可评为合格；
- 质量检验工作应在施工过程中由监理方组织进行，检验合格后方可进行系统竣工验收，系统竣工验收时监理方需出具施工过程中相关质量检验记录和施工质量监理报告。

7.3 竣工验收

7.3.1 系统试运行后，必要时可进行热性能检验。系统热性能检验需要有资质的专业检测机构进行检测，由建设单位组织，设计、施工和监理等单位配合，并按GB/T20095规定的方法进行。系统的热性能应满足该标准规定的指标要求。

7.3.2 所有验收应做好记录，签署验收文件，并保存归档。

7.3.3 系统竣工验收应提交下列资料：

- 全套设计图（竣工图），及相关变更证明文件；
- 太阳能集热器系统工作原理图：太阳能集热系统图、主要设备大样图、控制系统原理图；
- 热水供应系统图；
- 主要设备一览表：设备名称、规格型号、主要用途及数量；
- 太阳能热水系统设计图及变更资料；
- 主要材料、配件、器具和设备出厂的合格证及进场验收单；
- 隐蔽工程验收记录；
- 系统调试记录；
- 太阳能热水系统设备质量验收记录、太阳能热水系统施工质量验收记录、太阳能热水系统运行质量验收记录；
- 系统使用维护说明书。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示应许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反宜词采用“不宜”；
表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

附表

表 1 主要设备一览表

设备名称		规格型号	主要用途	数量
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
验收单位 检查结论		项目验收员： (项目验收负责人) 年 月 日		
监理（建设） 单位验收结论		监理工程师： (建设单位项目负责人) 年 月 日		

表 2 太阳能热水系统水压与冲洗检验记录

试验范围		<input type="checkbox"/> 分散式太阳能热水系统 <input type="checkbox"/> 电辅助加热 <input type="checkbox"/> 集中式太阳能热水系统 <input type="checkbox"/> 空气源热泵辅助加热					
施工单位		项目经理					
施工执行标准							
施工质量验收规程规定		验收单位检验评定记录	建设（监理）验收记录				
		系统类型	试验压力 (MPa)	试验起止时间	压力降 (MPa)	检查结论	
水压试验	常规	1、试验压力应符合设计要求，设计未注明时，按1.5倍最大工作压力，不得小于0.6MPa	集热部分				
		2、试验压力下10min 压力下，不渗不漏	贮热部分				
			循环部分				
			供热部分				
			其他部分				
	非承压部件	1、满水静置试验24小时	集热部分				
		2、观察不渗不漏	贮热部分				
			循环部分				
			供热部分				
			其他部分				
冲洗	整个系统	1、水压试验前清洗杂物，初洗 2、水压试验后反复清洗，直至排出水不混浊无杂质					
验收单位 检查结论		项目验收员：(项目验收负责人) 年 月 日					
监理（建设）单位验收结论		监理工程师：(建设单位项目负责人) 年 月 日					

表 4 太阳能热水系统调试记录

工程名称					
测试范围		<input type="checkbox"/> 分离式 <input type="checkbox"/> 电辅助加热		涉及户名:	
		<input type="checkbox"/> 整体式 <input type="checkbox"/> 空气源热泵辅助加热		系统名称:	
施工单位				项目 经理	
施工之行标准、 编号					
测试内容及规程规定			验收单位 调试记录	记录 时间	建设(监理) 验收记录
名称		测试标准			
设备 单机 及 部件 调试	水泵		连续运转 2 小时正常		
	电磁阀		安装正确, 开启正常		
	仪表		显示正常, 动作准确		
	电气控制		达到设计功能, 准确可靠		
	保护装置		达到设计功能, 准确可靠		
	专门防护		防护装置工作		
	阀门管件		开启灵活, 封闭严密		
	辅助加热		达到设计功能, 工作正常		
供热 系统 联动 调试	1	调整水泵控制阀门			
	2	调电磁阀前后压力			
	3	测各分支回路调整阀门			
	4	调试辅助能源加热系统			
	5	调试集热循环水泵			
	6	调试辅助加热装置			
	7	调试热水供应系统		环境温度: 出水 温度: 记录:	
	8	校检控制仪控制区、点			
	9	设计负荷下各水泵调试			
72 小 时连 续运 行	各设备及主要部件的联动协 调无异常现象				
施工单位 检查结论		项目专业质量检查员: (项目技术负责人) 年 月 日			
监理(建设) 单位验收结论		监理工程师: (建设单位项目负责人) 年 月 日			

表 5 太阳能热水系统设备质量验收记录

试验范围		<input type="checkbox"/> 分散式太阳能热水系统 <input type="checkbox"/> 集中式太阳能热水系统	<input type="checkbox"/> 电辅助加热 <input type="checkbox"/> 空气源热泵辅助加热
施工单位			项目经理
验收内容及规程规定			验收单位检验评定记录
			建设（监理）验收记录
1	集热器、贮水箱	质量合格证明、型式检验报告	
2	贮水箱内壁	防腐材料、承受高温能力	
3	管道及系统附属材料	质量合格证明、型式检验报告	
4	连接管管径	符合设计规定	
5	辅助加热设备	质量合格证明、型式检验报告	
6	辅助加热设备保护装置	符合设计和相关标准要求	
7	水泵、阀门	质量合格证明、型式检验报告	
8	贮水箱及连接管道保温材料及厚度	符合设计和相关标准要求	
9	泄水装置、排气阀	符合设计和相关标准要求	
10	承压管道和设备/非承压管道和设备	符合设计要求	
11	管道及连接处	密封可靠、无泄漏、无扭曲现象	
施工单位检查结论		项目专业质量检查员： (项目技术负责人) 年 月 日	
监理（建设）单位验收结论		监理工程师： (建设单位项目负责人) 年 月 日	

表 6 太阳能热水系统施工质量验收记录

试验范围		<input type="checkbox"/> 分散式太阳能热水系统 <input type="checkbox"/> 电辅助加热 <input type="checkbox"/> 集中式太阳能热水系统 <input type="checkbox"/> 空气源热泵辅助加热		
施工单位		项目经理		
验收内容及规程规定			验收单位检 验评定记录	建设(监理) 验收记录
1	集热器的朝向、倾角及多个集热器之间的前后左右距离	符合设计和相关标准		
2	集热器接往热水箱的上、下集管管道	符合设计的坡度要求		
3	自然循环的贮热水箱底部与集热器上集管间的垂直距离	符合设计要求		
4	贮水箱定位,在基础上与底座固定	符合设计规定		
5	电加热设备、空气源热泵设备的安装	符合设计及相关标准		
6	水泵吸水管上装阀门,压水管上装单向阀	符合设计和相关标准		
7	水泵、电磁阀、阀门的安装	符合设计和相关标准		
8	管道穿过结构变形缝敷设时,采取的保护措施	符合设计和相关标准		
9	管道支、吊、排架的安装	符合设计和相关标准		
10	太阳能热水系统基座应与建筑主体结构连接	符合设计和相关标准		
11	支架及其材料、钢结构支架的焊接	符合设计和相关标准		
12	钢基座及混凝土基座顶面的预埋件的涂防腐涂料	符合设计和相关标准		
13	钢结构支架焊接完毕后的防腐处理	符合设计和相关标准		
14	温度传感器的安装	符合设计要求		
15	传感器的接线、接线盒与套管之间的传感器屏蔽器的二次防护处	符合设计和相关标准		

云南省可再生能源示范应用工程 太阳能热水系统能效评价和能效测评导则

云南省住房和城乡建设厅
2017年5月

适用范围

本导则规定了太阳能热水系统热性能评价及能源效益测评方法。

本导则适用于单个储水箱有效容积大于或等于 0.6m^3 的太阳热水系统。

主要符号

A_c	太阳热水系统中太阳集热器的轮廓 采光面积(m^2);	温度 ($^{\circ}C$);	
A_{ci}	太阳热水系统第 <i>i</i> 个采光平面中太 阳集热器轮廓采光面积 (m^2);	t_c	集热试验中冷水的温度 ($^{\circ}C$);
C_{pw}	水的比热容[$KJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$];	t_e	集热试验结束时贮水箱中水的平均 温度 ($^{\circ}C$);
F'_R	集热器加热交换器效率系数;	t_f	贮水箱保温性能试验结束时贮水箱 中水的平均温度($^{\circ}C$);
f	太阳能保证率;	t_r	贮水箱保温性能试验开始时贮水箱 中水的平均温度 ($^{\circ}C$);
H	太阳集热器平面上的日太阳辐照量 (MJ/m^2);	Δt_{be}	集热试验期间, 被加热水的温升值 ($^{\circ}C$);
H_i	太阳热水系统第 <i>i</i> 个采光平面的日太 阳辐照量 (MJ/m^2);	Δt_{fr}	贮水箱保温试验期间, 贮水箱中水 的温降值 ($^{\circ}C$);
U_L	集热器的总热损系数 ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)	Δt_s	当地室外环境空气平均温度与 $45^{\circ}C$ 差值的绝对值($^{\circ}C$);
q	太阳热水系统单位轮廓采光面积的日 有用得热量 (MJ/m^2);	Δt_s	储水箱的水温在当地标准温差下的 温降($^{\circ}C$);
Q_u	太阳能系统月供热量 (MJ);	V	贮水箱的有效容积 (m^3);
Q_r	系统月需要的热能 (MJ);	V_S	贮水箱内的试验水量(m^3);
Q_{save}	太阳能热水系统的年节能量 (MJ);	ρ_w	水的密度 (kg/m^3);
t_a	太阳集热器周围的环境空气温度 ($^{\circ}C$);	η_T	管路和水箱的热损失率;
$t_{as(av)}$	贮水箱保温性能试验期间贮水箱周 围的环境空气平均温度 ($^{\circ}C$);	η_{cd}	太阳集热系统的日平均效率;
t_b	集热试验开始时贮水箱中水的平均		

目 录

适用范围.....	79
主要符号.....	80
1 形式检查.....	83
1.1 项目基本情况形式检查.....	83
1.2 太阳能系统形式检查.....	83
1.2.1 检查系统的外观质量.....	83
1.1.2 检查系统的基础.....	83
1.1.3 检查系统的安全性能.....	85
1.2 实施检查.....	87
1.2.1 确定系统运行方式.....	87
1.2.2 确定集热器类型.....	88
1.2.3 确定系统集热面积.....	89
1.2.4 储水箱容量.....	89
2 太阳能热水系统性能评价与能源效益测评.....	89
2.1 检测集热系统的性能.....	89
2.1.1 太阳热水系统分类.....	89
2.1.2 性能要求.....	89
2.1.3 测量仪器及参数测量方法.....	90
2.1.4 测试条件与测试方法.....	91
2.2 系统常规热源耗能量.....	94
2.2.1 系统常规能源耗能量.....	94
2.2.2 测量仪器及参数的测量.....	94
2.3 太阳能保证率与能源替代量.....	95
2.3.1 太阳能保证率.....	95
2.3.2 能效评价全年加权太阳能保证率.....	96
2.3.3 全年加权常规能源替代量.....	97
3 太阳能热水系统环境效益与示范性评价.....	97
3.1 环境效益.....	98
3.1.1 二氧化碳减排量.....	98
3.1.2 二氧化硫减排量.....	98
3.1.3 粉尘减排量.....	98
3.2 经济效益.....	98

3.2.1 年节约费用.....	98
3.2.2 静态投资回收期.....	98
3.3 示范推广性评价.....	99
参考文献.....	104

1 形式检查

1.1 项目基本情况形式检查

1.1.1 项目基本情况

本条规定了项目的基本情况。主要检查内容有：项目基本情况、项目造价、项目规模、项目申报单位、项目设计单位、项目施工单位、项目监理单位、项目审图单位、项目技术支撑单位。

1.1.2 项目实施进度检查。

本条强调对项目实施进度进行检查。

1.1.3 项目预验收情况检查

本条强调了项目预验收情况主要检查内容。主要检查内容有：项目立项、审批等文件、项目申报资料、项目施工报告及其意见、项目全套竣工验收资料和完整的竣工验收图纸、项目建筑设备检测报告、施工过程中必要的记录、试运行调试记录、其它对工程质量有影响的重要技术资料。

1.2 太阳能系统形式检查

1.2.1 检查系统的外观质量

用视觉对太阳热水系统的外观进行检查，看是否有明显瑕疵，外观是否整洁干净。涂层应无剥落、反光及发白现象；透明盖板应与外壳密封接触(仅适用于平板集热器的检测)，应无扭曲及明显划痕；隔热层应当填塞严实，不应有明显萎缩或膨胀隆起，不允许有发霉、变质或释放污染物质的现象；外壳的外表面应平整，无扭曲、破裂，应采取充分的防腐措施。本条强调了对太阳能系统外观质量的检查。

1.1.2 检查系统的基础

1)系统支架

支架应根据设计要求选取材料，并符合 GB/T 700 和 GB/T 714 规定的要求。材料在使用前应进行矫正。支架的焊接应符合 GB 50212 规定的要求，支架应进行防腐处理。本条对

此加以强调。

2) 太阳集热器基础

集热器基础可建在防水层上，也可建在屋顶结构层上。建在屋顶结构层上的基础，其预埋件应与结构层中的钢筋相连并作好防水，防水的制作应符合 GB50207 的要求。基础顶面应设有地脚螺丝或预埋铁，便于同支架紧固或焊接在一起。建在屋顶结构层上的基础，可不设地脚螺丝或预埋铁。基础的高度应考虑日后屋面的维修。

3) 贮水箱基础

贮水箱基础应设在建筑物的承重梁或承重墙上。贮水箱水满时的负载不应超过建筑设计的承载能力。基础和位置的高度应留有日后维修的空间。现场制作的贮水箱内胆材料应能承受系统的高温工作温度；储水箱内壁需要做防腐处理的，防腐材料应至少能承受贮水箱内壁的最高工作温度。本条对此作出了强调。

4) 系统管路

本条规定了管道系统施工、安装应符合设计要求及在安装时自然循环系统、强迫循环系统和自然循环系统应注意事项。

检查管路系统是否严格按设计施工，布局是否合理，安装是否规范；有无漏水问题，阀门的设置是否合理；电磁阀、循环泵是否按设计要求安装；管道的支承距离是否满足相关标准；水管保温层是否密封严实。

在自然循环系统中，应使循环管路朝储水箱方向有向上坡度，不允许有反坡。在有水回流的防冻系统中，管路的坡度应使系统中的水自动网流，不应积存。

在循环管路中，易发生气塞的位置应设有排气阀；当用防冻液作为传热工质时，宜使用手动排气阀。需要排空和防冻回流的系统应设有吸气阀。在系统各回路及系统要防冻排空部分的管路的最低点及易积存的位置应设有排空阀，以保证系统排空。

在强迫循环系统的循环管路上，必要时应设有防止传热工质夜间倒流散热的单向阀。

间接系统的循环管路上应设膨胀箱。闭式间接系统的循环管路上同时还应设有压力安全阀和压力表，从集热器到压力安全阀和膨胀箱之间的管路应是畅通的，不应设有单向阀和其他可关闭的阀门。

当集热器阵列为多排或多层集热器组并联时，为了维修方便，每排或每层集热器组的进出口管道，应设辅助阀门。

系统中的换热器一般应按逆流方式连接，储水箱内的单循环换热器位于高处的进口与系统高温管路相连，位于低处的出口与低温管路相连。

家用太阳热水系统设计应保证管路中不会因出现结渣或沉积而严重影响系统的性能。

对于自然循环系统，为了减少流动阻力，连接管路宜短，不用或少用直角弯头；为了防止气阻，上循环管沿水流方向应有向上的坡度，下循环管沿水流方向应有向下的坡度。

1.1.3 检查系统的安全性能

1) 系统抗风措施

本条规定了系统抗风雪措施应按设计要求进行检验。

2) 系统防雨措施

本条规定了系统的防雨措施应按设计要求进行检验。

3) 系统防冻

本条规定了开式系统、闭式系统防冻措施的检验。热水系统保温材料的厚度、分层、拼缝应符合设计要求。

开式系统防冻措施检验：

自然循环系统，应设系统保温及系统排空措施；

直接集热强制循环系统，应设系统保温及保温防冻循环措施；

间接集热强制循环系统，应设系统保温、保温防冻循环措施及配置防冻液的措施。

闭式系统防冻措施检验：

直接集热强制循环系统，应设系统保温及保温防冻循环措施；

间接集热强制循环系统，应设系统保温、保温防冻循环措施及配置防冻液的措施。

热水系统保温材料的厚度、分层、拼缝应符合设计要求。

4) 系统防雷击

系统应处于避雷装置的保护范围内，并应符合设计要求。防雷及接地电阻不应大于该建筑物防雷设计值加上 0.1Ω 。若系统不在接避雷针或避雷带的保护范围内，除其金属架做接地处理外，还应单独装设避雷针的保护范围内。本条对此加以强调。

5) 建筑防水

在既有建筑屋面上安装的系统，不应破坏建筑原有的防水层；如果破坏了建筑屋面原有的防水层，被破坏部分应按施工设计图重做防水。本条规定了系统与建筑结合部位的防水措施。

6) 防腐蚀

本条规定了系统涂层的厚度应符合设计要求，钢支架表面的防腐涂层应光滑平整，无流挂、起皱、露底等缺陷。

7) 承重安全

贮水箱应设置在建筑物的承重位置上，贮水箱和太阳集热器充满水时的最大荷载应在建筑物能够安全承受的范围内。系统其他部件放置的位置应能安全承受该部件的最大荷载。本条对系统承重安全作出了规定。

8) 剩余电流保护

本条对系统剩余电流保护措施作出了规定。检查电气系统是否有剩余电流保护措施，保护电流是否符合设计要求，检查剩余电流保护动作装置是否可靠。

9) 防渗漏

本导则规定系统各部件、管道、水箱应无渗漏。

11) 超压保护

本条对开式系统及闭式系统的超压保护作出规定。开式系统与大气相通、留有的膨胀空间，应符合设计要求；闭式系统应安装有安全泄压阀或膨胀罐，安全泄压阀的规格型号及膨胀罐的膨胀设施应符合设计要求。

12) 过热保护

本导则强调了开式系统与闭式系统应符合设计要求以及对系统过热保护的检查。开式系统与大气相通、留有的膨胀空间，应符合设计要求；闭式系统贮水箱上所设的过热保护装置，太阳能热水系统对通过安全阀等过热保护装置排放的热水或蒸汽进行过热保护时，不得对人员安全造成危险，过热保护装置应符合设计要求；集热系统在强太阳辐射、且长期不使用或消耗系统有能量积存的条件下，采用连续运行 3 天，检查系统工作情况，并记录检查结果，若无异常，可确认为该系统满足过热保护要求。

13) 系统保温

系统管道及水箱保温材料的材质、规格和性能应符合设计要求或相关产品标准的规定，对于现场抽样性能测试，应符合设计文件的要求或相关产品标准的规定。

检查方法：检查材料的质量证明书和现场抽样的性能检测报告。

贮水箱保温应该检漏试验合格后进行，水箱保温应符合现行国家标准 GB 50185 《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》的有关规定。

贮水箱与其底座之间应设有隔热垫，不宜直接刚性连接。

1.2 实施检查

1.2.1 确定系统运行方式

本导则将系统运行方式分为：自然循环式、强迫循环式和直流式。

自然循环系统是利用水或传热工质获得太阳热量时密度发生变化，自然实现系统中水或工质在集热器与贮水箱之间或集热器与换热器之间循环集热、储热的太阳能热水系统。

自然循环系统运行不依靠附加动力，结构简单，经济、皮实、耐用，具有很多优点。但为保证系统正常工作，系统要求贮热水箱必须设置在集热器上方，系统的这种原理性的设置要求限制了自然循环系统在建筑上的应用范围。

强制循环系统是利用水泵提供动力，迫使水或其它传热工质通过集热器循环集热、加热水的太阳能热水系统。系统运行一般采用温差控制。

强制循环系统由能表达系统是否能够获得热量的集热器顶端与贮水箱底部的温度差控制水泵运行，水泵为系统运行提供动力。因此强制循环系统与自然循环系统相比构成复杂，造价偏高，但因为系统中集热器和贮热水箱的设置位置基本不受限制，可建立相对复杂的热交换关系，因此随着城镇景观和建筑功能要求的提高，这种系统在城镇建筑中必然成为主流系统。

直流系统是水或传热工质一次通过集热器加热后供贮存或直接使用的非循环太阳能热水系统。直流系统也称定温热水供水系统。直流系统中冷水具有压力时，系统可用定温电磁阀或其它形式的温控阀控制运行，系统中冷水没有压力时，系统可用定温控制器和水泵支持运行。

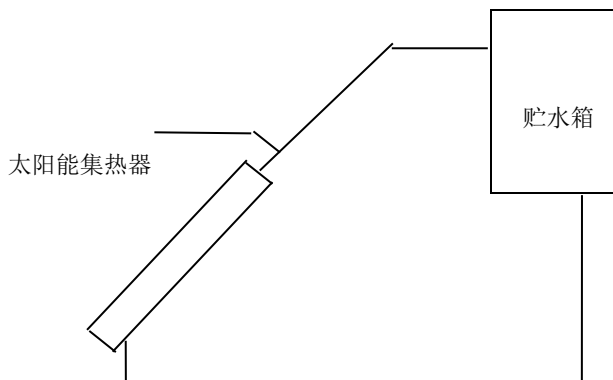


图 1.2.1-1 自然循环系统工作原理图

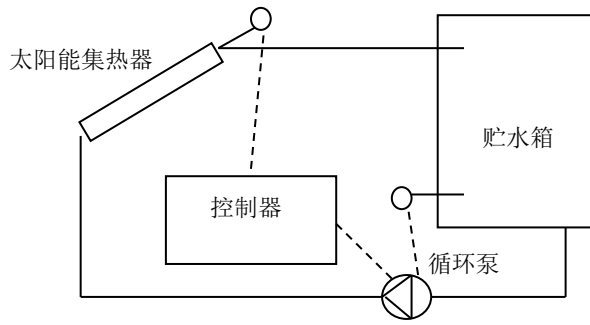


图 1.2.1-2 强制循环系统工作原理图

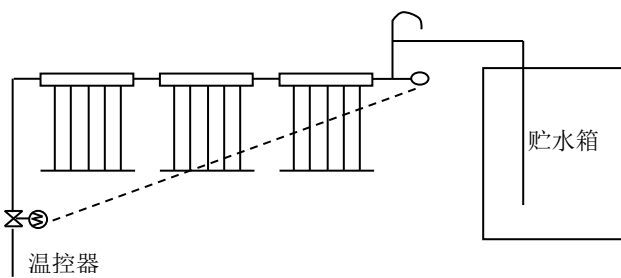


图 1.2.1-3 直流式系统工作原理图

1.2.2 确定集热器类型

集热器是太阳能热水系统的关键组成部件，根据系统技术性能要求正确选用集热器，是系统设计的重要内容。本导则所涉及的集热器可按下列方式分类：

- 1) 按集热器内是否有真空空间分为：平板型集热器、真空管集热器；
- 2) 平板型集热器按使用材料分别为：全铜集热板、全铝集热器、铜铝复合集热板。

1、平板集热器

使用不同类型集热器的太阳能热水系统，在环境温度、太阳辐照状况和贮水箱内水的起始温度等条件相同的情况下，一天中系统工作效率由高到低的下降过程是不一样的。

平板集热器系统与玻璃真空管系统比较，一天中系统的工作效率起点比较高而终点比较低。而也正是这一特点，使平板集热器系统具有抑制系统过热的特性。

此外平板集热器系统还具有可承压运行，耐候性好、平整美观，易与建筑结合、使用寿命长、方便串联和并联使用和容易构成大型太阳能热水系统的优

点。

2、真空管集热器

真空管集热器有比较好的保温性能，因而在没有其它技术措施的情况下，玻璃真空管系统具有比平板集热器系统更好的抗冰冻性能，更适合在相对寒冷的地区使用。

除目前我国大量使用的紧凑型直插式系统外，玻璃真空管需要通过联箱构成组件，参与构建系统，而构建完成的系统即使强制循环，系统中玻璃真空管集热器也只能自然循环集热，因此玻璃真空管系统的循环流速、流量计算都比较困难，为此使用玻璃真空管集热器构成强制循环的大型太阳能热水系统比较困难。

1.2.3 确定系统集热面积

系统集热器面积的确定见附录 A。

1.2.4 储水箱容量

此条规定了储水箱的容量。储水箱的容量应与日均供水量和系统集热器面积相匹配。对平板集热器太阳能系统，水箱容量应大于 60 升/平方米；对长度为 1.8 米 47/58 真空管太阳能热水系统，水箱容量应大于 8 升/支。

2 太阳能热水系统性能评价和能源效益测评

2.1 检测集热系统的性能

2.1.1 太阳热水系统分类

根据本导则需要，将太阳热水系统分为直接系统和间接系统。

2.1.2 性能要求

对于贮水箱内水被加热后的设计温度不高于 60℃ 的系统，系统性能应符合表 2.1 的规定。

表 2.1 太阳热水系统技术要求

项目		技术要求	试验方法
热性能	日平均热效率	对于直接系统: $\eta_{cd} > 45\%$ 对于间接系统: $\eta_{cd} > 40\%$	系统热性能试验
	贮水箱的保温性能	$V \leq 2m^3$ 时, $\Delta t_{sd} \leq 6^\circ C$; $2m^3 < V \leq 4m^3$ 时, $\Delta t_{sd} \leq 5.5^\circ C$; $V > 4m^3$ 时, $\Delta t_{sd} \leq 4.5^\circ C$	贮水箱保温性能试验
能源效益	太阳能保证率	I 类太阳能资源丰富区, 年太阳辐照量大于 $6700/MJ m^{-2} a^{-1}$, 太阳能保证率不低于 60%。	能效评价全年加权太阳能保证率实验
		II 类太阳能资源丰富区, 年太阳辐照量在 $5400-6700/MJ m^{-2} a^{-1}$, 太阳能保证率不低于 50%。	
		III 类太阳能资源丰富区, 年太阳辐照量在 $4200-5400/MJ m^{-2} a^{-1}$, 太阳能保证率不低于 40%。	
		IV 类太阳能资源丰富区, 年太阳辐照量小于 $4200/MJ m^{-2} a^{-1}$, 太阳能保证率不低于 30%。	

2.1.3 测量仪器及参数测量方法

1) 测量仪表

应使用一级总日射表测量太阳辐照量。总日射表应按国家规定进行校准。

测量环境温度的温度仪表的准确度应为 $\pm 0.5^\circ C$, 测量水温的温度仪表的准确度应为 $\pm 0.2^\circ C$ 。

测量空气流速的风速仪的准确度应为 $\pm 0.5m/s$ 。

计时的钟表的准确度应为 $\pm 0.2\%$ 。

测量冷水体积的仪表的准确度应为 $\pm 1.0\%$ 。

测量长度的钢卷尺或钢板尺的准确度应为 $\pm 1.0\%$ 。

2) 太阳集热器轮廓采光面积测量

依据 GB/T 19141 的定义和计算方法。

3) 太阳辐照量测量

总日射表传感器应安装在太阳集热器高度的中间位置, 并与太阳集热器采光平面平行, 两平行面的平行度相差应小于 $\pm 1^\circ$ 。

总日射表传感器的安装位置应避免太阳集热器的反射对其测量结果产生影响。

应防止总日射表的座体及其外露导线被太阳晒热。

在整个测试期间, 总日射表不应遮挡太阳集热器采光, 并不被其他物体遮挡。

对于太阳集热器处在不同采光平面上的太阳热水系统，应根据太阳集热器不同的采光平面分别设置总日射表。

4) 周围空气速率测量

应分别测量太阳集热器和贮水箱周围的空气流速。风速仪应分别放置在与太阳集热器中心点同一高度和贮水箱中心点同一高度的遮荫处，分别距离太阳集热器和贮水箱1.5m~10.0m的范围内。

5) 环境温度测量

应分别测量太阳集热器和贮水箱周围的环境温度。温度测量仪表应分别放置在与太阳集热器中心点相同高度和贮水箱中心点相同高度的遮阳通风处，分别距离太阳集热器和贮水箱1.5m~10.0m的范围内。

6) 贮水箱试验水量测量

试验水量是指试验结束时贮水箱内的水在冷水进水状态下的水量。试验水量不包括管路和太阳集热器或换热器内的水。

对于贮水箱内的水是直流式加热的太阳热水系统，可将流量仪表安装在太阳热水系统的冷水进水管路上，通过测量计算试验结束和开始时流量仪表流量读数的差值，就可计算出贮水箱的试验水量。

对于贮水箱内的水是自然循环或强制循环加热的太阳热水系统，可在系统的冷水进水管路上安装一块流量仪表，测量进入系统的总水量；在贮水箱水循环加热系统的下循环管路与贮水箱接口处安装另一块流量仪表，测量进入循环管路和太阳集热器或换热器的水量，两块流量仪表测量的水量读数差值的绝对值就是贮水箱的试验水量。注意在系统注水过程中应通过贮水箱的下循环管向系统循环管路(包括太阳集热器或换热器)注水。

7) 系统试验水温测量

贮水箱内按贮水容积等分的原则自上而下地布置三个或更多个测温点。对于循环式太阳热水系统，测温点与贮水箱进出口的水平距离不小于10cm；对于闷晒式太阳热水器，测温点应位于贮水箱吸热面与背面的中间。测量前，用潜水泵对水箱内的水搅动至充分混合，以各点温度的算术平均值代表真实的贮水温度。

2.1.4 测试条件与测试方法

1) 系统热性能试验

系统要求：系统应按原设计要求安装调试合格，并至少正常运行3天，才能进行热性能试验。

2) 试验用冷水要求

试验用冷水应采用该系统投入正常使用时的实际用水，冷水水温 $0^{\circ}\text{C} \leq t_c \leq 25^{\circ}\text{C}$ 。

3) 日平均效率测量条件

系统进行试验时，气象条件和太阳辐照条件应符合以下要求：

环境温度 $8^{\circ}\text{C} \leq t_a \leq 39^{\circ}\text{C}$ ；

环境空气的平均流动速率不大于 4m/s ；

面向正南与集热器同一倾角平面上的日辐照量大于 16MJ/m^2 。

4) 对于太阳能带辅助热源系统，试验期间应关闭辅助热源，仅对太阳能加热部分进行试验。

5) 试验方法

(1) 自然和强制循环系统试验方法

试验前一天晚上，按要求将测量仪器安装就位，排空储水箱内的热水，重新注入冷水，测量并记录试验水量，并将集热器盖好。第二天一大早，先开启数据采集仪，打开集热器覆盖层，记录试验开始时间，同时开始实验数据的采集和记录；实验结束前30分钟，用潜水泵将水箱内的水混合均匀，直至水箱各点温差小于 1°C ，停止数据采集同时停止系统循环，记录水箱的终止温度（三温度的平均值），试验结束和开始的累积辐照量的差值即为集热器单位面积的日总辐照量 H 。

(2) 贮水箱内的水是单一的直流式加热的太阳热水系统和刚开始加热时是直流式加热、待贮水箱内的水位达到设定高度后又转入强制循环的太阳热水系统的试验方法。

实验开始前，手动打开系统进水管路上起定温作用的阀门或水泵，向系统充水，充水过程中，应及时排除系统内的空气。系统充满水后，将定温控制器置于正常工作状态。打开系统贮水箱的排污阀，排净贮水箱内的水，并使排污阀一直处于打开状态，以排除系统试验开始前产生的热水。

当系统产生定温热水，起定温作用的阀门或水泵自动启动又自动停止后，试验开始，此时应记录试验开始时间、冷水进水管路上的流量仪表的流量读数和冷水温度 t_c 、总日射表太阳辐照量读数等数据，关闭贮水箱的排污阀，确保系统试验开始后所产生的热水全部贮存在贮水箱内。

试验开始后，起定温作用的阀门或水泵每次启动又停止后，应记录停止的时间、冷水

进水管路上流量仪表的流量的读数和冷水温度、总日射表太阳辐照量读数等数据，直至试验结束。

对于单一的直流式加热的太阳热水系统，如果试验期间系统产生的热水可能使贮水箱满水溢流时，以贮水箱可能溢流前系统起定温作用的阀门或水泵自动启动又自动停止后的时间作为试验结束时间；如果试验期间系统产生的热水不会使贮水箱满水溢流的，以当地太阳正午后4小时，起定温作用的阀门或水泵自动启动又自动停止后的时间作为试验结束时间；如果过了当地太阳正午后4小时，系统30分钟内未产生热水，则以系统前一次产生热水后的时间作为试验结束时间。

对于刚开始加热时是直流式加热、待到贮水箱内的水位达到设定高度后又转入强制循环的太阳热水系统，如果试验期间系统一直处于直流式加热状态的，应按单一的直流式加热的太阳热水系统来确定试验结束的时间；如果试验期间系统转入了强制循环的，以当地太阳正午后4小时作为试验结束的时间。

系统试验结束时，对于单一的直流式加热的太阳热水系统，应立即关闭系统起定温作用的阀门或水泵前后的阀门；对于刚开始加热时是直流式加热、待到贮水箱内的水位达到设定高度后又转入强制循环的太阳热水系统，还应关闭系统上下循环管路与贮水箱之间的阀门，关闭贮水箱的循环泵。同时应记录试验结束时间、冷水进水管路上流量仪表读数和冷水温度 t_c 、总日射表太阳辐照量读数、贮水箱上、中、下部水温等数据。贮水箱上、中、下水温的平均值就是试验结束时贮水箱内的水温 t_e 。

计算试验结束与试验开始时冷水进水管路上流量仪表流量读数的差值，就是贮水箱的试验水量 V_s ；试验期间冷水水温 t_c 的平均值就是试验开始时贮水箱内的水温 t_b ；试验结束与试验开始时太阳辐照量读数的差值就是试验期间系统单位轮廓采光面积的太阳辐射量 H ，对于处在不同采光平面上的太阳热水系统，应分别计算试验期间不同采光平面单位采光面积的太阳辐照量。

5) 日平均效率

系统的日平均效率为：

$$\eta_{cd} = \frac{q}{H} \times 100\%$$

其中，系统试验期间单位轮廓采光面积的日有用得热量 q 为：

$$q = \frac{\rho_w c_{pw} V_s (t_e - t_b)}{1000 A_c}$$

当系统的太阳集热器不在同一采光平面时，系统的日平均效率为：

$$\eta_{cd} = \frac{\rho_w C_{pw} V_s (t_e - t_b)}{1000 \sum_{i=1}^n H_i A_{c,i}} \times 100\%$$

6) 贮水箱保温性能试验

试验气象条件要求：系统进行试验期间，环境空气流动平均速率不大于4m/s。

试验用水温、水量要求：在保温性能试验开始前，应将贮水箱充满不低于50℃的热水。关闭贮水箱上所有的阀门，避免贮水箱保温试验受到管路、太阳集热器或换热器散热和使用热水等因素的影响。

其他要求：该试验只测试贮水箱的保温性能。对于太阳能带辅助热源系统，试验期间应关闭辅助热源。

试验时间：贮水箱保温性能试验一般应在晚上8:00至第二天早晨6:00，共计10小时。

试验方法：

试验开始时，记录贮水箱上、中、下部水温并计算其平均温度 t_r ，并同时记录时间、贮水箱周围的环境温度和风速等。以后每隔 1 小时记录一次上述数据。

当试验时间达到10小时，试验结束，记录贮水箱上、中、下部水温并计算其平均温度 t_f 。

计算试验期间11次环境温度均值，得出试验期间贮水箱附近平均环境温度 $t_{as(av)}$ 。

储水箱的水温在当地标准温差下的温降为：

$$\Delta t_{sd} = \frac{(t_r - t_f) \Delta t_s}{0.5(T_r + T_f) - t_{as(av)}}$$

式中： Δt_s 为当地标准温差，取当地年平均气温与45℃的绝对值。

2.2 系统常规热源耗能量

2.2.1 系统常规能源耗能量

为提供所需要的热能，系统因使用辅助热源而消耗的常规热源。

2.2.2 测量仪器及参数的测量

1) 测量仪表

测量环境温度的温度仪表的准确度应为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测量水温的温度仪表的准确度应为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

测量空气流速的风速仪的准确度应为 $\pm 0.5\text{m/s}$ 。

计时的钟表的准确度应为 $\pm 0.2\%$ 。

测量电压、电流有效值以及频率的准确度等级应不低于1级；相位和功率因数的测量准确度等级应不低于2级。

2) 周围空气速率测量

应分别测量太阳集热器和贮水箱周围的空气流速。风速仪应分别放置在与太阳集热器中心点同一高度和贮水箱中心点同一高度的遮荫处，分别距离太阳集热器和贮水箱1.5米~10.0米的范围内。

3) 环境温度测量

应分别测量太阳集热器和贮水箱周围的环境温度。温度测量仪表应分别放置在与太阳集热器中心点相同高度和贮水箱中心点相同高度的遮阳通风处，分别距离太阳集热器和贮水箱1.5米~10.0米的范围内。

4) 测试起止时间

测试起止时间从开启辅助热源到所需的供水温度为止

5) 系统中辅助热源所耗常规热源的耗能量的计算

当采用电作为辅助热源时，测量测试时间内辅助热源的耗电量：

$$Q_{fx} = Q_{\text{终止}} - Q_{\text{起始}}$$

式中： $Q_{\text{起始}}$ —电表的起始读数；

$Q_{\text{终止}}$ —实验终止的读数。

当采用其它热源为辅助能源时，系统常规热源耗电量的测量方法同检测集热系统热性能（得热量）的测量。

2.3 太阳能保证率与能源替代量

2.3.1 太阳能保证率

定义：太阳能保证率是指在供热期间，太阳能的有效得热量与所需要的供热量之比。

2.3.2 能效评价全年加权太阳能保证率

太阳能保证率的计算方法见附录 B。

1) 太阳能保证率的短期测量方法

实际测得的太阳辐照量由小到大依次为 J_1 、 J_2 、 J_3 。统计当地日太阳辐照量小于 8MJ/m^2 的天数为 x_1 ；当地日太阳辐照量小于 13MJ/m^2 且大于等于 8MJ/m^2 的天数为 x_2 ；当地日太阳辐照量小于 18MJ/m^2 且大于等于 13MJ/m^2 的天数为 x_3 ；当地日太阳辐照量大于 18MJ/m^2 的天数为 x_4 。

经测试，当地日太阳辐照量小 8MJ/m^2 的太阳能保证率为 η_1 ；当地日太阳辐照量小于 13MJ/m^2 且大于等于 8MJ/m^2 的太阳能保证率为 η_2 ；当地日太阳辐照量小于 18MJ/m^2 且大于等于 13MJ/m^2 的太阳能保证率为 η_3 ；当地日太阳辐照量大于 18MJ/m^2 的太阳能保证率为 η_4 。

则全年太阳能保证率 $\eta_{\text{全年}}$ 为：

$$\eta_{\text{全年}} = \frac{x_1\eta_1 + x_2\eta_2 + x_3\eta_3 + x_4\eta_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}$$

表 2.4.2 当日太阳累计辐照量

序号	检验项目	当日太阳累计辐照量 (MJ/m^2)			
		$J < 8$	$8 \leq J < 13$	$13 \leq J < 18$	$J \geq 18$
1	天数 (x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4)				
2	当日实测太阳能保证率 (η_1 、 η_2 、 η_3 、 η_4)				
3	全年太阳能保证率 $\eta_{\text{全年}}$				
备注					

评估结果：该项目全年太阳能保证率为:XX。

3) 太阳能保证率的长期测评办法

实际测得一年期内太阳供热系统总的得热量是 $Q_{\text{全}}$ ，一年周期内太阳能热水系统需要的总能量为 $J_{\text{全}}$ ，则全年的太阳能保证率为：

$$f = \frac{Q_{\text{全}}}{J_{\text{全}}} \times 100\%$$

2.3.3 全年加权常规能源替代量

根据各月理论计算的太阳能供热量 Q_u 计算出常规能源替代量为:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_u}{Q_{煤}} \quad (\text{吨标煤})$$

$Q_{煤}$ 为每燃烧一吨标煤的热值, J。

2) 常规能源替代量的短期测评方法

实际测得的太阳辐照量由小到大依次为 J_1 、 J_2 、 J_3 、 J_4 。统计当地日太阳辐照量小于 $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 的天数为 x_1 ; 当地日太阳辐照量小于 $13\text{MJ}/\text{m}^2$ 且大于等于 $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 的天数为 x_2 ; 当地日太阳辐照量小于 $18\text{MJ}/\text{m}^2$ 且大于等于 $13\text{MJ}/\text{m}^2$ 的天数为 x_3 ; 当地日太阳辐照量大于 $18\text{MJ}/\text{m}^2$ 的天数为 x_4 。

经测试, 当地日太阳辐照量小于 $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 的集热系统得热量为 Q_1 ; 当地日太阳辐照量小于 $13\text{MJ}/\text{m}^2$ 且大于等于 $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 的集热系统得热量为 Q_2 ; 当地日太阳辐照量小于 $18\text{MJ}/\text{m}^2$ 且大于等于 $13\text{MJ}/\text{m}^2$ 的集热系统得热量为 Q_3 ; 当地日太阳辐照量大于 $18\text{MJ}/\text{m}^2$ 的集热系统得热量为 Q_4 。

全年常规能源替代量为:

$$M = \frac{x_1 Q_1 + x_2 Q_2 + x_3 Q_3 + x_4 Q_4}{29309 \times 65\%}$$

3) 常规能源替代量的长期测评方法

实际测得一年周期内太阳能集热系统得热总量为 $Q_{全}$, 则全年常规能源替代:

$$M = \frac{Q_{全}}{Q_{煤}}$$

3 太阳能热水系统环境效益与示范性评价

本导则针对单个储水箱有效容积大于或等于 0.6m^3 的太阳热水系统工程, 此类系统为非标定制, 无统一标准, 不能确定系统能效限定值, 不能进行能效等级判定, 因此仅对系统的效益进行评价。

3.1 环境效益

3.1.1 二氧化碳减排量

$$M_{CO_2}=2.47M$$

式中， M_{CO_2} 为二氧化碳减排量（吨/年）； M 为标准煤节约量（吨标煤/年）。

3.1.2 二氧化硫减排量

$$M_{SO_2}=0.02M$$

式中， M_{SO_2} 为二氧化硫减排量（吨/年）。

3.1.3 粉尘减排量

$$M_{FC}=0.01M$$

式中， M_{FC} 为粉尘减排量（吨/年）。

3.2 经济效益

3.2.1 年节约费用

对于太阳能热水系统，其年节约费用是由系统获得的热能计算的，公式为：

$$W_{save} = C_c Q_{save}$$

式中：

Q_{save} —系统的供热量所带来的常规能源（如煤，电）节约量；

W_{save} —由系统获得的热能计算的年节能费用，元；

C_c —当年的常规能源热价(煤、电价)，元/MJ。

3.2.2 静态投资回收期

采取静态回收期算法对其进行计算公式为：

$$Y_t = W_z / W_{save}$$

式中：

Y_t —太阳能热水系统的静态投资回收期；

W_z —太阳热水系统与常规热水系统相比增加的初投资；

W_{save} —太阳能水系统的年节能费用。

3.3 示范推广性评价

根据本项目的特点，阐述其推广应用前景。

附录 A

太阳能热水系统集热器面积的计算确定意义重大，但是计算过程重比较复杂。在发达国家，集热器面积的精确计算一般采用 F-Chart 软件、Trnsys 软件或其它类似的软件来进行，它们是根据系统所选太阳能集热器的瞬时效率方程及安装朝向和倾角，再输入太阳能热水系统使用当地的地理纬度、平均太阳辐照度、平均环境温度、平均热水温度、平均热水用量、贮水箱和管路平均热损失率、太阳能保证率等数据，按程序计算得出。

我国目前还没有将这种计算软件列入国家标准内容。本条在国家标准《太阳能热水系统设计、安装及工程验收技术规范》GB/T 18713 的基础上，提出了确定集热器总面积的计算方法，其中分别规定了在直接系统和间接系统两种情况下集热器总面积的计算方法。

本规程之所以计算集热器总面积，而不计算集热器采光面积或集热器吸热体面积，是因为在民用建筑安装太阳能热水系统的情况下，建筑师关心的是在有限的建筑围护结构中太阳能集热器究竟占据多大的空间。

在确定直接系统的集热器总面积时，日太阳辐照量 J_T 取当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量；集热器年平均集热效率 η_{cd} 取 0.25~0.50，但强调具体取值要根据集热器产品的实际测试结果而定；贮水箱和管路热损失率 η_L 取 0.20~0.30，不同系统类型及不同保温状况的 η_L 值不同。以上所有这些数值都是根据我国长期使用太阳能热水系统所积累的经验而选取的，都能基本满足实际系统设计的要求。至于太阳能保证率 f 的取值，则是根据系统使用期内的太阳辐照条件、系统的经济性及用户的具体要求等因素综合考虑后确定，本规程推荐一般在 0.30~0.80 范围内。

在确定间接系统的集热器总面积时，由于间接系统的换热器内外存在传热温差，使得在获得相同温度的热水情况下，间接系统比直接系统的集热器运行温度稍高，造成集热器效率略为降低。本条用换热器传热系数 U_{hx} 、换热器换热面积 A_{hx} 和集热器总热损系数 $F_R U_L$ 等来表示换热器对于集热器效率的影响。本规程强调 $F_R U_L$ 的具体数值要根据集热器产品的实际测试结果而定。至于换热器传热系数 U_{hx} 和换热器换热面积 A_{hx} 的数值，则可以从选定的换热器产品说明书中查得。在实际计算过程中，当确定了直接系统的集热器总面积 A_c 之后，就可以根据上述这些数值，确定出间接系统的集热器总面积 A_{IN} 。

附录 B

依据当地多年水平面的太阳辐射资料，计算出太阳能系统月平均日采光量，再根据测得的系统日平均效率，计算出月平均日得热量和供热量。由各月的日均需要供水量和月平均水温（取月平均气温）求出月平均日热量需求，从而计算出年平均太阳能保证率。

已知水平面上月平均日采光量 H_h ，水平面上日均散射辐射 H_d 由下式算出：

$$H_d / H_h = 0.755 + 0.347(\omega_0 - \pi/2) - [0.505 + 0.261(\omega_0 - \pi/2)] \cos[2(K_m - 0.9)] \quad (1)$$

其中： $K_m = H_h / H_0$ 为月平均大气透明指数， H_0 为大气层外水平面上月平均日辐照量，由下式计算：

$$H_0 = \tau_{day} I_0 \cos \lambda \cos \delta (\sin \omega_0 - \omega_0 \cos \omega_0) / \pi \quad (2)$$

τ_{day} 为日长等于 $24 \times 3600s$ ， ω_0 为水平面日落时角：

$$\cos \omega_0 = -\tan \lambda \tan \delta \quad (3)$$

集热器倾斜面上月平均日采光量 J_T (MJ/m^2)

$$J_T = (H_h - H_d) R_b + H_d (2 + \cos \beta) / 3 + \rho H_h (1 - \cos \beta) / 2 \quad (4)$$

式中 ρ 为屋（地）面反射率，对于由多排组成的大系统，可不考虑地面反射，即 $\rho = 0$ ；对于单排集热器， $\rho = 0.2$ （水泥）， β 为集热器的倾角。 R_b 的计算如下：

$$R_b = [(0.5bA - a'B)(\omega_{ss} - \omega_{sr}) + (a'A - bB)(\sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr}) - a'C_2(\cos \omega_{ss} - \cos \omega_{sr}) + 0.25bA$$

$$(\sin^2 \omega_{ss} - \sin^2 \omega_{sr}) + 0.5C(\sin^2 \omega_{ss} - \sin^2 \omega_{sr})] / (2D) \quad (5)$$

其中：

$$a' = a - H_d / H_h \quad (6)$$

$$A = \cos \beta + \tan \lambda \cos \phi \sin \beta \quad (7)$$

$$B = \cos \omega_0 \cos \beta + \tan \delta \sin \beta \cos \phi \quad (8)$$

$$C = \sin \beta \sin \phi / \cos \lambda \quad (9)$$

$$D = a'(\sin \omega_0 - \omega_0 \cos \omega_0) + 0.5b(\omega_0 - \sin \omega_0 \cos \omega_0) \quad (10)$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_0 - \pi/3) \quad (11)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_0 - \pi/3) \quad (12)$$

ϕ 为集热器的方位角, 偏西为正值, 偏东为负值; ω_{sr} 和 ω_{ss} 是集热器倾斜面上的日升、日落时角, 由下面表达式计算:

(1) 当集热器正南放置时

$$\omega_{sr} = -\text{Min}(\omega_0, \omega_s); \quad \omega_{ss} = \text{Min}(\omega_0, \omega_s) \quad (13)$$

Min 为取两者中的小者。

$$\cos \omega_s = -\tan(\lambda - \beta) \tan \delta \quad (14)$$

(2) 当集热器偏西时($\phi > 0$):

$$\omega_{sr} = -\text{Min}(\omega_0, \omega_1); \quad \omega_{ss} = \text{Min}(\omega_0, \omega_2) \quad (15)$$

(3) 当集热器偏东时($\phi < 0$)

$$\omega_{sr} = -\text{Min}(\omega_0, \omega_2); \quad \omega_{ss} = \text{Min}(\omega_0, \omega_1) \quad (16)$$

其中:

$$\cos \omega_1 = (E_1 E_2 + \sqrt{E_1^2 - E_2^2 + 1}) / (E_1^2 + 1) \quad (17)$$

$$\cos \omega_2 = (E_1 E_2 - \sqrt{E_1^2 - E_2^2 + 1}) / (E_1^2 + 1) \quad (18)$$

$$E_1 = \cos \lambda / (\sin \phi \tan \beta) + \sin \lambda / \tan \phi \quad (19)$$

$$E_2 = \tan \delta [\cos \lambda / \tan \phi - \sin \lambda / (\sin \phi \tan \beta)] \quad (20)$$

以上各式中的 δ 为赤纬角

$$\sin \delta = -\sin 23.45 \cos [360(n+10)/365.25] \quad (21)$$

式中 n 为元月 1 日算起的天数, 计算各月的 R_b 时, δ 按照各月的代表日 (见表 2.4.1) 计算。

系统的月总采光量为:

$$H_T = A_c \times J_T \times N \quad (22)$$

如果系统由不同倾角的多个序列组成, 系统各月的总采光量为:

$$H_T = N \sum_{i=1}^n A_{c,i} J_{T,i} \quad (23)$$

式中 N 为该月的天数。

系统的月供热量 Q_u

$$Q_u = H_T \eta_d (1 - \eta_t) \quad (24)$$

各月的热量需求 Q_r

$$Q_r = Q_w C_{pw} (t_{end} - t_i) \quad (25)$$

式中 $t_{end} = 45^\circ\text{C}$ 为供热水温度。

年平均太阳能保证率为：

$$\eta_{全年} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_u}{\sum_{r=1}^{12} Q_r} \times 100\% \quad (26)$$

如果某月的太阳能系统供热量大于热量需求，则该月的供热量按实际热量需求计算，即：

$Q_u = Q_r$ ，各月的冷水（自来水）温度取当月的月平均气温。

表 2.4.1：气候资料、系统月供热量、月热能需求

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
代表日序数 n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
月平均气温 t_i												
月平均水平面日辐射 H_h (MJ/m ²)												
倾斜面 1 采光量 J_T (MJ/m ²)												
倾斜面 2 采光量 J_T (MJ/m ²)												
倾斜面 3 采光量 J_T (MJ/m ²)												
系统月总采光量 H_T (MJ)												
系统月供热量 Q_u (MJ)												
月热能需求 Q_r (MJ)												

计算结果：该系统的全年太阳能保证率为：XX

参考文献

- [1] GB/T 20095,太阳能热水系统性能评价[S].
- [2] GB 6424,平板型太阳能集热器[S].
- [3] GB/T 17581,真空管型太阳能集热器[S].
- [4] GB/T 17049,全玻璃真空太阳能集热器[S].
- [5] NY/T 514.中华人民共和国国家标准家用太阳热水器储水箱[S].
- [6] DGJ 32-TJ90,江苏省建筑太阳能热水系统工程检测与评定规程[S].
- [7] GB/T 18713,太阳热水系统设计、安装及工程验收技术规范[S].
- [8] DB 11T461,北京太阳能热水系统施工技术规范[S].
- [9] DBJ 13-80,福建省民用建筑与太阳能热水系统一体化设计[S].
- [10] GB 50185,工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范[S].
- [11] GB 50364,民用建筑太阳能热水系统应用技术规范[S].
- [12] GB/T 50495,太阳能供热采暖工程技术规范[S].
- [13] GB/T 50604,民用建筑太阳能热水系统评价标准[S].
- [14] DGJ 32-J08,江苏省建筑太阳能热水系统设计安装与验收规范[S].
- [15] 喜文华等编. 太阳能实用工程技术[M]. 兰州; 兰州大学出版社.
- [16] GB/T 19141.家用太阳能热水系统技术条件[S].
- [17] 徐以时.太阳能热水系统贮热及辅助加热设备优化设计[J].中国给水排水,2010,26(14):
59-62.
- [18] GB/T 12915,家用太阳热水器热性能试验方法[S]
- [19] GB/T 18708,家用太阳能热水系统热性能试验方法[S]
- [20] GB50495,太阳能供热采暖工程技术规范 [S]
- [21] 吴兆武, 田琦.基于 f-图法节能住宅太阳能供暖系统技术经济优化[J].中国科技论文在线
- [22] 岑幻霞.关于太阳能保证率于的计算[J].太阳能学报,1988。
- [23] Dufie and Beckman. Solar engineering of thermal processes [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991.

集中式太阳能 - 空气源热泵 热水系统技术指南

云南省住房和城乡建设厅

2017年5月

前 言

我省具有太阳能建筑利用优越的自然条件和良好的传统习惯。另外，由于气候温和，特别适合空气源热泵的应用。太阳能与空气源热泵的结合构成的热水系统，其节能率可以达到 90% 以上。然而，此类系统由于缺乏理论引导，往往因为设计不当，导致太阳能应用效率不高，大量消耗常规能源的情况比较严重。

鉴于此，为促进我省太阳能与空气源热泵热水系统的利用，进一步提高我省太阳能利用的整体技术水平，在总结我省科研院所和广大企业的科学研究、科技开发和工程实践的基础上，编制本指南。

本指南的技术思想、原则和方法，同样适合于其它辅助能源与太阳能结合的系统，可供其参考借鉴。

主编单位：云南东方红节能设备工程有限公司

参编单位：昆明理工大学太阳能工程研究所

起草人员：曾淑平，刘江，尹雄，胡明辅，段继明，王余昌，陈飞，别玉，毛文元，张夏一，王放

目 录

前 言	106
目 录	107
1. 符号与单位	109
2. 技术总则	111
2.1. 太阳能与建筑一体化设计原则	111
2.2. 太阳能利用优先原则	111
2.3. 相关技术标准	111
3. 热水量设计	113
3.1. 热水定额标准	113
3.2. 热水量计算	114
4. 热水系统总体设计	116
4.1. 系统构成与选择	116
4.2. 热水箱设计	123
4.3. 集热器面积计算	124
4.4. 热泵容量设计	125
5. 系统防冻设计	128
5.1. 系统防冻方式选择	128

5.2. 工质防冻方式设计.....	129
5.3. 循环防冻方式设计.....	130
5.4. 排空防冻方式设计.....	130
6. 热水供给与回水系统设计.....	133
6.1. 设计总则.....	133
6.2. 供水系统管径的设计.....	133
6.3. 供水系统的减压.....	134
6.4. 供水系统的回水.....	135
7. 太阳能与建筑一体化设计要点.....	136
7.1. 建筑屋面的规划设计原则要求.....	136
7.2. 热水系统的建筑一体化设计.....	137

1. 符号与单位

A_c —集热系统设计采光面积, m^2 ;

A_c' —太阳能集热器实际安装面积, m^2

c —水的比热容, $4.18kJ/(kg \cdot ^\circ C)$;

d —管段直径, m

f —太阳能保证率, 一般取 70% 左右比较经济, 若集热器安装面积受到限制, 应不低于 50%;

f' —按太阳能集热器的实际安装面积核算的太阳能保证率

J_T —集热器受热面上年平均日辐照量, $kJ/m^2 d$;

K_h —热水用水小时变化系数, 见表 2-2 ~ 表 2-4

K_j —辅助能源容量系数

N —设计用热水计算单位数 (人或床), 对于住宅, 可按 3 ~ 5 人/户、入住率 60% ~ 80% 计算

q_h —最大小时用热水量, m^3/h

q_r —热水定额, 见表 2-1, L/d 人 (床)

Q_d —系统日耗热量, kJ/d

Q_g —设计小时供热量, kJ/h , kw

Q_j —系统平均小时耗热量, kJ/h

Q_w —设计日用热水量, m^3/d

t_r —设计热水温度, $^\circ C$;

t_l —冷水初始温度, 考虑到太阳能与热泵加热的混合系统, 可按

全年平均温度取值, $^{\circ}\text{C}$;

T —设计小时耗热量持续时间, $T=2\sim 4h$ 。

v —管道设计流速, m/s 。

V_r —热泵加热专用水箱的有效容积或热泵与太阳能混合加热水箱的热泵上循环口之上的水箱有效容积, m^3 ;

W —计算管段的设计流量, m^3/s

ρ —水的密度, 可取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$;

η_{cd} —集热器的全日集热效率, 一般为 $0.40\sim 0.55$, 太阳辐射强、气温高时较大, 反之较小。在此应该取全年的平均数

η_L —管路及储水箱热损失率, 与水箱大小、管路长短、保温情况和气温等有关, 一般为 $0.2\sim 0.3$

2. 技术总则

2.1. 太阳能与建筑一体化设计原则

太阳能热水系统应当纳入建筑规划设计，即与建筑同步规划设计，同步施工，同步验收，同时投入使用。

太阳能热水系统与建筑同步规划设计，应当把太阳能热水系统反映在建筑规划设计的成果文件中，包括设计效果图、屋顶平面图、施工图等。

2.2. 太阳能利用优先原则

建筑设计应当充分考虑太阳能的有效利用，如建筑朝向、屋顶形式、屋顶空间的分隔利用等。

太阳能与热泵的结合应当充分考虑优先利用太阳能，热泵的应用应当尽可能避免影响太阳能的有效利用。

2.3. 相关技术标准

对于太阳能与空气源热泵结合的系统，目前的主要技术规范如下：

- (1) GB/T 18713 《太阳能热水系统设计、安装及工程验收技术规范》
- (2) GB/T 20095 《太阳能热水系统性能评定规范》
- (3) GB/T 26973 《空气源热泵辅助的太阳能热水系统(储水箱容

积大于 0.6m³)技术规范》

(4) GB/T 29158 《带辅助能源的太阳能热水系统(储水箱容积大于 0.6m³)技术规范》

(5) GB/T 29160 《带辅助能源的太阳能热水系统(储水箱容积大于 0.6m³)性能试验方法》

(6) GB/T 28737 《太阳能热水系统(储水箱容积大于 0.6 m³)控制装置》

(7) GB 50364 《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》

(8) GB/T 50604 《民用建筑太阳能热水系统评价标准》

(9) GB/T 6424 《平板型太阳能集热器》

(10) GB/T 17581 《真空管型太阳能集热器》

(11) GB/T 26974 《平板型太阳能集热器吸热体技术要求》

(12) GB/T 4271 《太阳能集热器热性能试验方法》

(13) GB/T 17049 《全玻璃真空太阳集热管》

(14) DBJ53 - 18 《太阳能热水系统与建筑一体化设计施工技术规程》(云南省工程建设地方标准)

(15) GB/T 21362 《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》

3. 热水量设计

3.1. 热水定额标准

热水设计定额按《建筑给水排水设计规范》GB50015-2003(2009版)和《民用建筑节能设计标准》GB50555-2010规定。一般应按《民用建筑节能设计标准》设计,设计定额如表3-1。

表 3-1 热水平均日节水用水定额

序号	建筑物名称	节水用水定额	单位
1	住宅		
	有自备热水供应和淋浴设备	20 ~ 60	L/人·d
	有集中热水供应和淋浴设备	25 ~ 70	L/人·d
2	酒店式公寓	65 ~ 80	L/人·d
3	宿舍		
	I类、II类	40 ~ 55	L/人·d
	III类、IV类	35 ~ 45	L/人·d
4	招待所、培训中心、普通旅馆	20 ~ 30	L/人·d
	设公共厕所、盥洗室	35 ~ 45	L/人·d
	设公共厕所、盥洗室和淋浴室	45 ~ 55	L/人·d
	设公共厕所、盥洗室、淋浴室和洗衣室	50 ~ 70	L/人·d
5	宾馆客房	110 ~ 140	L/床位·d
	旅客	35 ~ 40	L/人·d
	员工		
6	医院住院部	45 ~ 70	L/床位·d
	设公共厕所、盥洗室	65 ~ 90	L/床位·d
	设公共厕所、盥洗室和淋浴室	110 ~ 140	L/床位·d
	病房设单独卫生间	65 ~ 90	L/人·班
	医务人员	3 ~ 5	L/人·次
	门诊部、诊疗所	90 ~ 110	L/床位·d
	疗养院、休养所住院部		
7	公共浴室		
	淋浴	35 ~ 40	L/人·次
	淋浴、浴盆	55 ~ 70	L/人·次
	桑拿浴(淋浴、按摩池)	60 ~ 70	L/人·次

8	办公楼	5~10	L/人·班
---	-----	------	-------

注：1. 热水温度以 60℃计；

2. 选用居住建筑用水定额时，应考虑相应地区、城市规模和住宅类型的生活用水定额取值，即三区中小城市取低值，一区特大城市取高值。云南省属于二区，中小城市取中下值，大城市和特大城市可取中间或中间偏上值。

3. 宿舍按条件分为 I ~ IV类，I类、II类分别指单人间和两人间，具有独立的卫生间；III类、IV类分别是指 3~4人间和 6~8人间。

3.2. 热水量计算

(1) 确定热水设计温度

无论太阳能加热还是热泵加热，其热效率均随着加热温度的升高而降低。因此，太阳能与热泵结合的热水系统，其热水设计温度不宜过高，拟以 50℃ ~ 55℃为宜。对于高层建筑，考虑热水管道较长，散热较大，热水设计温度取 55℃较为合适。然而，表 3-1 给出的热水定额是按 60℃为标准的，如果按 55℃设计，应进行折算。若按冷水温度 15℃计算，则折算系数为 1.125。即表 3-1 给出的 60℃热水定额，乘以折算系数 1.125，即折算为 55℃的热水定额。

(2) 设计日用热水量

$$Q_w = q_r N / 1000, \quad m^3/d \quad (3-1)$$

(3) 最大小时用热水量

$$q_h = K_h \frac{Q_w}{24}, \quad m^3/h; \quad (3-2)$$

式中 K_h 取值见表 3-2 ~ 表 3-4。

表 3-2 住宅热水用水小时变化系数 K_h

居住人数	≤ 100	150	200	250	300	500	1000	3000	≥ 6000
K_h	5.12	4.49	4.13	3.88	3.70	3.28	2.86	2.48	2.34

表 3-3 旅馆热水用水小时变化系数 K_h 值

床位数	≤ 150	300	450	600	900	≥ 1200
K_h	6.84	5.61	4.97	4.58	4.19	3.90

表 3-4 医院热水用水小时变化系数 K_h 值

床位数	≤ 50	75	100	200	300	500	≥ 1000
K_h	4.55	3.78	3.54	2.93	2.60	2.33	1.95

4. 热水系统总体设计

针对设计中存在的常见问题，本章就系统的构成与选择、热水箱设计、热水量计算和热泵容量计算等进行阐述。这些内容中大部分是目前有关标准、规范、手册、专著中不涉及或没有讲清楚的。

4.1. 系统构成与选择

太阳能与热泵结合的系统，可以分为单水箱系统和双水箱系统。总体上说，单水箱系统较简捷，但冷热水混水较严重，热泵加热对太阳能利用效率的影响较大，这种系统适合于系统规模较小的情况，如图 4-1。热泵加热一般位于中部偏上位置，水箱下部属于纯太阳能加热的空间，可避免热泵加热对于太阳能的利用造成过大的影响；水箱上部为热水储备空间，为热水的正常供给提供保障；另外要求太阳能集热循环的上循环口比热泵上循环口略低，以便防止当太阳能集热温度低于系统热水供给温度时，太阳能集热循环对于热水供给的影响，防止热泵的非必要启动。

双水箱系统复杂一些，但可减轻冷热水混水，减轻以致消除热泵加热对太阳能利用效率的影响。双水箱系统又可分为单水箱集热和双水箱集热两类。单水箱集热的系统，一般设置一大一小两水箱，分别作为太阳能集热水箱和热泵加热水箱，如图 4-2，太阳能集热水箱的容积应与集热器面积相匹配。双水箱集热的系统，其中低温水箱和高温水箱的下部均供太阳能集热储热之用，高温水箱中部供热泵加热，

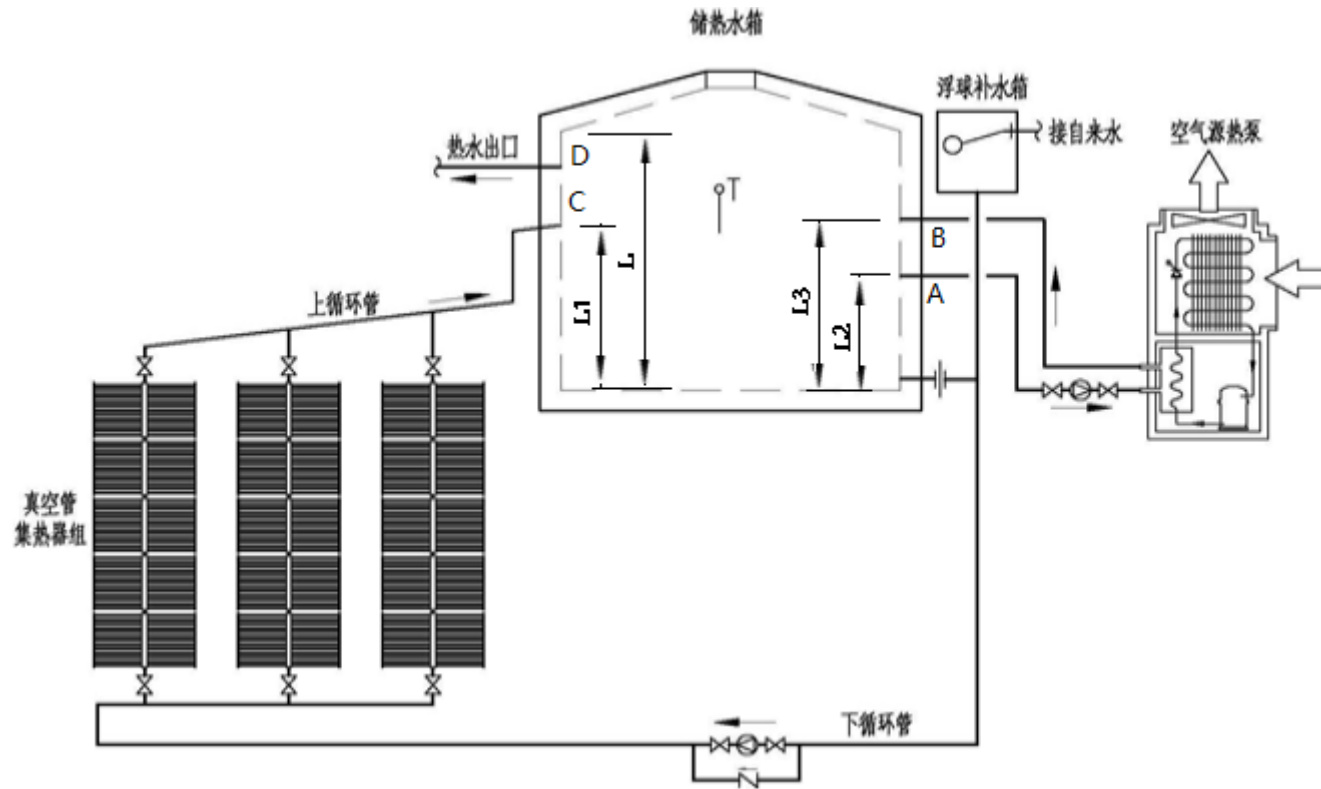
高温水箱上部为热水储备空间，如图 4-3、图 4-4。其中双水箱联合集热循环的系统，难以形成稳定的基于温差的自然循环动力，因此不宜采用自然循环方式，应采用强制循环。

各类系统循环与基本配置如表 4-1。

另外，必要时可以设置 3 水箱及以上的多水箱系统，其工作原理和设计原则与双水箱类似。

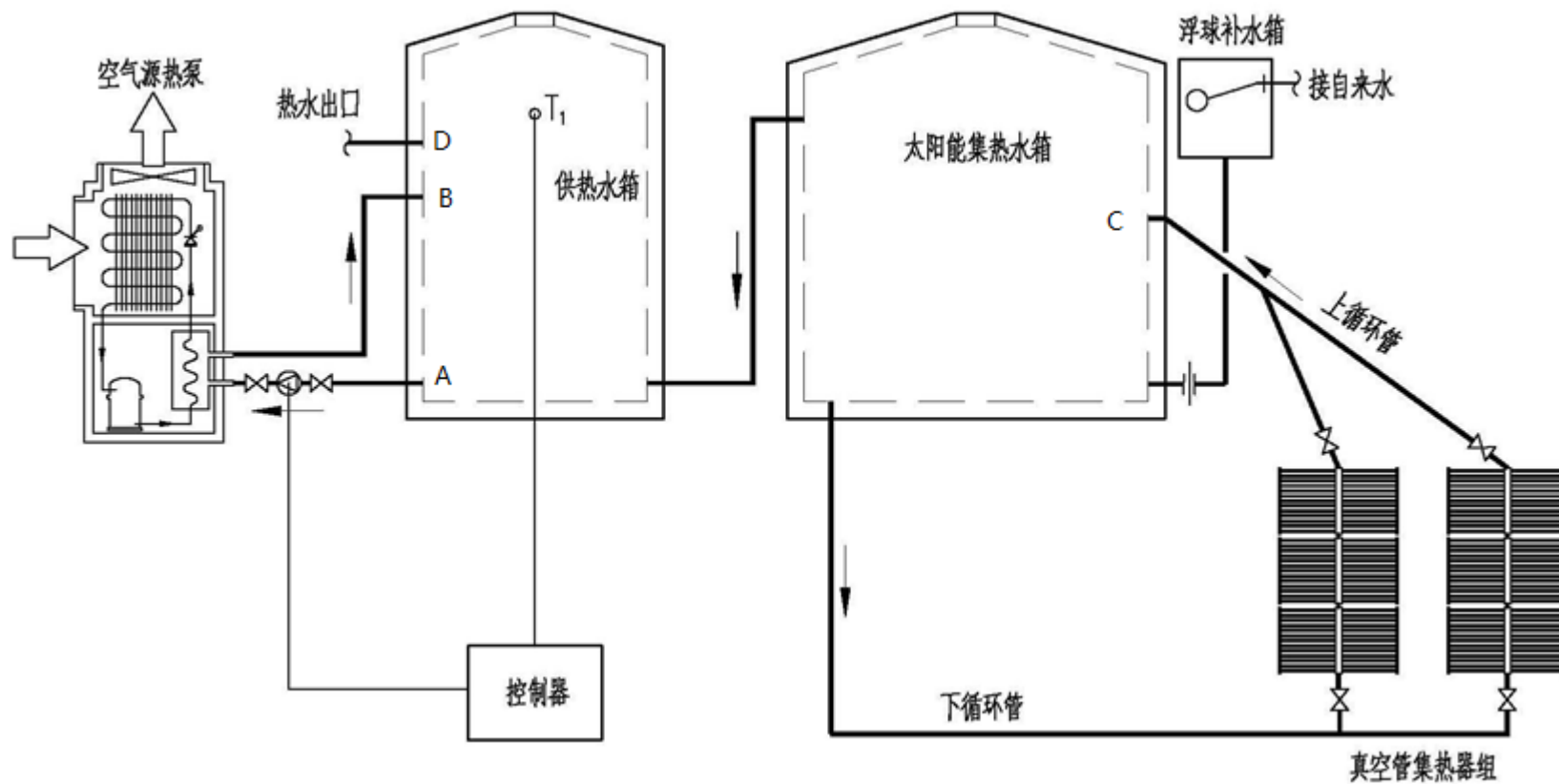
表 4-1 双水箱太阳能-热泵系统循环与基本配置原则

系统形式		太阳能集热循环方式 及基本配置	系统特点	
单水箱系统		太阳能加热和热泵加热共用一个水箱，热泵加热应集中于水箱上部。如图 4-1。热泵下循环口一般位于水箱下部(0.5~0.6)L 高度位置，上循环口位于(0.7~0.8)L 高度位置。	系统简单，冷热水混水较严重，设计不当时热泵应用对太阳能利用效率的影响很大。	
双水箱系统	单水箱集热	分为热泵加热专用水箱和太阳能集热专用水箱，热泵加热水箱为供热水箱，集热水箱为预热水箱，集热水箱的容积应当与集热器面积相匹配；两水箱的配比约为 3:7~1:2；循环方式不限。如图 4-2。	系统较简单，热泵加热不会影响太阳能集热效率，热泵水箱的水冷却后不能通过太阳能加热升温。	
	两水箱集热	独立循环	两水箱分别集热循环，各自水箱对应的集热器与加热容积相匹配，循环方式不限。如图 4-3。热泵上循环口上方的水箱容量占水箱总容积的 20%~25%，下循环口上方的水箱容量占水箱总容积的 35%~40%。	系统较复杂，性能较稳定，综合性能较好。
		联合循环	两水箱联合集热循环，原则上应采用强制循环，两水箱的大小应相同。如图 4-4。热泵上循环口上方的水箱容量占水箱总容积的 20%~25%，下循环口上方的水箱容量占水箱总容积的 35%~40%，	系统复杂，技术水平要求较高，综合性能好。



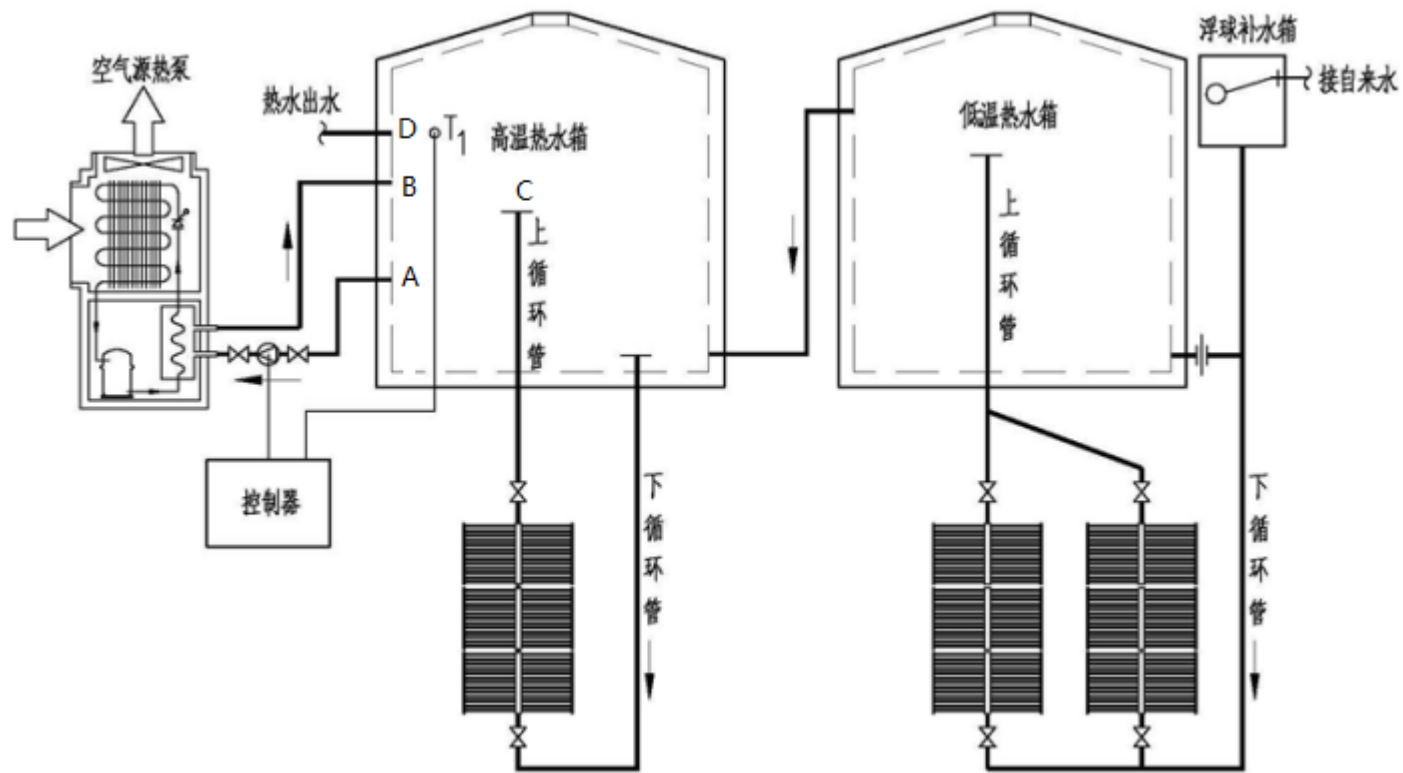
系统说明：热泵下循环管口 A 的位置 $L_2=(0.5 \sim 0.6)L$ ，上循环管口 B 的位置 $L_3=(0.7 \sim 0.8)L$ ；太阳能集热循环的上循环管口 C 比热泵上循环管口 B 略低($L_1 < L_3$)。图示系统属于带有自然循环功能的强制循环系统。

图 4-1 单水箱系统



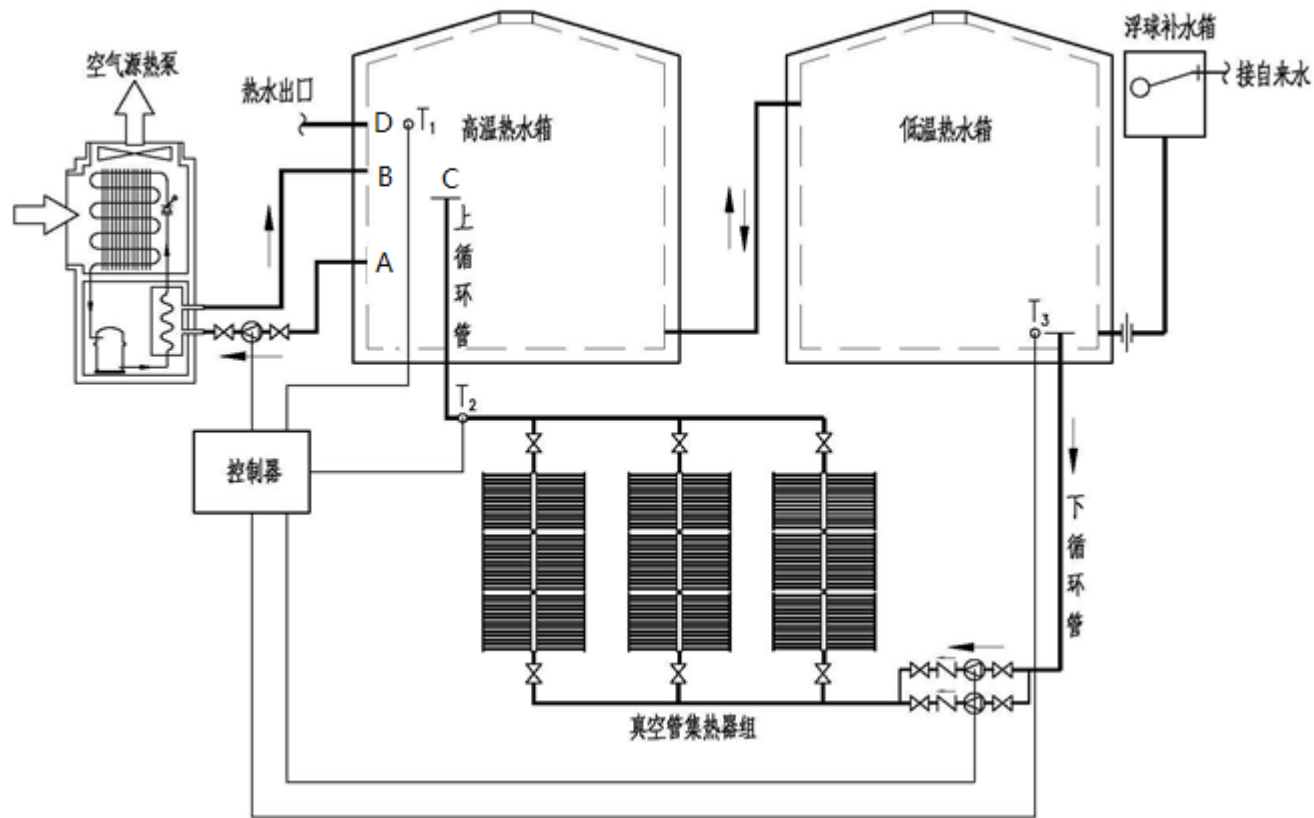
系统说明：两水箱分为热泵加热水箱和太阳能集热水箱，容积比例约为 3:7 ~ 1:2；太阳能集热水箱的容积应与集热器面积相匹配。

图 4-2 单水箱集热双水箱系统



系统说明：热泵上循环管口 B 上方的水箱容量占水箱总容积的 20% ~ 25%，下循环管口 A 上方的水箱容量占水箱总容积的 35% ~ 40%；低温热水箱的集热器面积与其水箱容积相匹配，高温热水箱的集热器面积与热泵上下循环管口 AB 的中点以下的水箱容积相匹配；高温热水箱的太阳能集热循环的上循环管口 C 比热泵上循环管口 B 略低。

图 4-3 独立循环双水箱系统



系统说明：热泵上循环口 B 上方的水箱容量占水箱总容积的 20% ~ 25%，下循环口 A 上方的水箱容量占水箱总容积的 35% ~ 40%；太阳能集热循环的上循环口 C 比热泵上循环口 B 略低。

图 4-4 联合循环双水箱系统

4.2. 热水箱设计

4.2.1. 热水箱的容量，原则上应不小于设计日用热水量；热水箱的容量还应与集热器面积相匹配，对于与热泵结合并共用水箱的系统，其容量应比纯太阳能热水系统大 15% ~ 25%。这是因为热泵加热的空间为高温热水所占据，这部分空间难以被太阳能集热所利用。

4.2.2. 集热循环的上循环管口应该低于热泵循环的上循环管口，且高于热泵循环的下循环管口。集热器的上循环管口应尽可能高，但如果高于热泵的上循环管口，则可能由于太阳能的集热循环降低高温热水区的温度，使得热泵发生不必要的启动，浪费电能。

4.2.3. 热泵上循环管口以上的热水储量应该相当于日供热水量的 20% ~ 25%。这是一个热水供给的安全储量，过高可能造成电耗增加，过低则保障性不足，容易发生热水供给不济的问题。

4.2.4. 双水箱之间的连接应采用自低温水箱上部至高温水箱下部的串联连接，如图 4-2 ~ 图 4-4，连接管直径应当比集热强制循环管直径、供热水管直径大 1 ~ 2 号。

4.2.5. 供热水口应在保证不吸空的前提下，尽可能高一些，以保证储备热水的有效利用。

4.3. 集热器面积计算

集热器面积计算按《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB50364 - 2005 进行。

对于直接式系统:

$$A_c = \frac{Q_w C \rho (t_r - t_i) f}{J_T \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (4-1)$$

对于间接式系统, 按直接式系统计算后进行修正即可。

如果集热器实际安装面积与设计采光面积相差较大, 可反算其太阳能保证率:

$$f' = \frac{A'_c J_T \eta_{cd} (1 - \eta_L)}{Q_w C \rho (t_r - t_i)} \quad (4-2)$$

按上式计算的太阳能保证率, 是日太阳辐射量为全年平均值时的日太阳能保证率, 显然, 晴天的太阳能保证率会高于计算值, 阴雨天会较低些。如果上式计算的太阳能保证率达到 100% 甚至更高, 则晴天会出现所产热水大量富裕的情况 (而阴雨天仍然是保证不了的), 会造成太阳能建造投资的浪费。因此, 一般认为太阳能保证率为 0.7 左右比较经济, 是考虑到晴天不会出现大量热水富裕的情况。

4.4. 热泵容量设计

系统日耗热量

$$Q_d = Q_w(t_r - t_l)C\rho, \quad \text{kJ/d} \quad (4-2)$$

系统平均小时耗热量

$$Q_j = \frac{Q_d}{24}, \quad \text{kJ/h} \quad (4-3)$$

考虑实际用水的不均匀性, 设计小时耗热量

$$Q_h = K_h Q_j, \quad \text{kJ/h} \quad (4-4)$$

对于一般容积式加热装置, 设计小时供热量通过下式确定:

$$Q_g = Q_h - \frac{V_r(t_r - t_l)c_w\rho}{T}, \quad \text{kJ/h} \quad (4-5)$$

对于式(4-5), 取 $c_w = 4.18 \text{kJ/(kg}\cdot\text{°C)}$, $\rho = 1000 \text{kg/m}^3$, 代入式(4-2) ~ (4-4), 并作单位换算, 得

$$Q_g = 1.16 \left(\frac{K_h Q_w}{24} - \frac{V_r}{T} \right) (t_r - t_l), \quad \text{kw} \quad (4-6)$$

引入辅助能源容量系数:

$$K_j = K_h \frac{24 V_r}{T Q_w} \quad (4-7)$$

辅助能源容量系数的物理意义是: 当系统全部由辅助能源供热时, 热水供给时间(24小时)与辅助能源工作时间之比。假设该值为3, 则辅助热源加热时间为 $24/3=8$ 小时。

一般来说, 对于住宅类系统, 辅助能源容量系数应该不小于3, 即

辅助热源的日工作时间不应大于 8 小时。

即热泵的容量计算，可按式 (4-6) 计算，再按式 (4-7) 核算每天的最大加热时间：

$$H = \frac{24}{K_j}, \text{ h} \quad (4-8)$$

或按式 (4-8) 计算得到 H 后，进而直接计算热泵加热容量：

$$Q_g = 1.16 \frac{Q_w}{H} (t_r - t_l), \text{ kw} \quad (4-9)$$

如昆明某小高层住宅，屋顶设置太阳能 - 空气源热泵系统，住户人数 250 人，设计日用热水量 $Q_w = 10 \text{ m}^3/d$ ，水温 $t_r = 60^\circ\text{C}$ ，考虑到热泵加热拟适当加大水箱容积，设计热水箱有效容积为 12 m^3 ，采用单水箱系统，如图 4-1。设计水箱直径为 2.2m，水箱高度尺寸： $L = 3.2\text{m}$ ， $L_1 = 2\text{m}$ ， $L_2 = 1.6\text{m}$ ， $L_3 = 2.2\text{m}$ 。热泵上循环口之上的水箱有效容积 $V_r = 3.8 \text{ m}^3$ ，冷水初始温度，按全年平均温度取值 $t_l = 15^\circ\text{C}$ ，设计小时耗热量持续时间取 $T = 3\text{h}$ ，查表 3-2， $K_h = 3.88$ 。

将以上参数代入式 (4-6)，得 $Q_g = 18.27 \text{ kw}$ 。

将以上参数代入式 (4-7)，得 $K_j = 0.84$ ，根据式 (4-8)，热泵的最大加热时间为 $24/0.84 = 28.6\text{h}$ ，显然不符合要求，按热泵加热时间不超过 8h 的要求，重新设计热泵加热容量。即设 $H = 8\text{h}$ ，代入式 (4-9) 得 $Q_g = 65.25 \text{ kw}$

即热泵的输出功率不应小于 65.25 kw 。

上例中,按式(4-6)~(4-8)计算,热泵输出功率只需要 18.27kw ,最大日加热时间需要 28.6h 。这是因为热泵加热的管口在水箱中位置较低,热水储量较高 ($V_r = 3.8\text{m}^3$, 占日热水用量的 38%)。不妨将有关管口适当上移: $L_1 = 2.3\text{m}$, $L_2 = 1.9\text{m}$, $L_3 = 2.5\text{m}$, 如此 $V_r = 2.66\text{m}^3$, 计算得 $Q_g = 38.1\text{kw}$, $K_j = 1.752$, $H = 13.7\text{h}$ 。日最大加热时间仍然偏长,仍应按 $H = 8\text{h}$, $Q_g = 65.25\text{kw}$ 。但管口调整后用于太阳能加热的空间增大,对于太阳能的充分利用是有利的。

5. 系统防冻设计

5.1. 系统防冻方式选择

云南的气候类型大多数地区属于气候温和地区，目前常用的防冻措施大致有以下几种：

(1) 选用真空管集热器，并对室外管道进行保温。

(2) 工质防冻方式，即采用间接式系统，用防冻液作集热器加热的工质，再通过工质换热的方式加热水箱中的水。

(3) 循环防冻方式，即检测集热器内部的温度，当集热器内部温度低于设定值时，启动循环泵，用储热水箱中的水置换集热器中的低温水。

(4) 排空防冻方式，在一定条件下，排空集热器及其管道中的存水，保护系统免遭低温冻坏。

以上四种方法，都是云南绝大多数地区常用的、可靠的防冻方法，具体工程设计中选用何种方法，要综合考虑工程的其它条件加以选择。如自然循环系统，选择真空管集热器，利用真空管的防冻功能，加之室外管路的良好保温，即可获得满意的防冻效果；平板式强制循环系统，选用循环防冻方法比较方便；如果集热器的位置高于储热水箱，选用排空防冻方法比较方便；对于综合要求较高的系统，可以选择工质防冻方法。

5.2. 工质防冻方式设计

工质防冻是最完善的防冻方式，是国外太阳能热水系统应用最多的方式。此类系统不但防冻，而且具有集热系统不会结垢，系统寿命长，水质清洁卫生等优点。其不足之处是系统构成较复杂，造价较高，热效率较低，工质的应用寿命不长，需要定期更换。

工质防冻是在系统中设置换热器构成双回路，采用防冻液-水的二次换热实现太阳能热水系统的运行。集热器与换热器的热侧构成第一个循环回路，换热器的冷侧与热水箱构成第二个循环回路，在换热器中实现工质与水的换热。如图 5-1 所示。

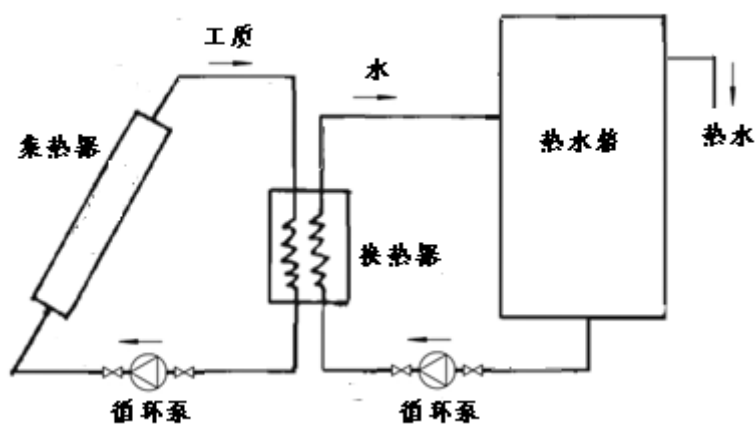


图 5-1 工质防冻系统（外置换热器）

图 5-1 所示的系统，其换热器属于外置式换热器，即换热器是一个独立的装置。外置换热器一般采用紧凑型的高效板式换热器，集热和储热两侧均采用强制循环方式，即所谓双循环。此类系统技术成熟，适应性强，一般集中式系统均采用此类系统。

5.3. 循环防冻方式设计

循环防冻是通过循环水泵用贮水箱的水置换系统管道和集热器中的水，保证系统管道和集热器内的水温在冰点以上。

此类方法通过检测集热器的温度，当其低于设定值时（一般为 $2^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ ），温度控制器启动循环水泵运行，当温度高于某一温度值时（一般为 $6^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$ ），循环水泵停止。

对于强制循环系统，循环防冻是比较方便的方法，只要在控制器上增加低温循环控制即可。不过在低温循环时容易使得水箱上部的水温降低，如果通过电动阀切换控制，在低温循环时，循环水回流到水箱下部，就比较理想了。

5.4. 排空防冻方式设计

排空防冻是通过排空太阳能热水系统管路和集热器中的水，达到防止系统冻结破坏的目的。

排空防冻的太阳能热水系统，储热水箱一般应低于集热器，以便集热器阵列中的存水能够回流到水箱中。

一般的排空防冻系统如图 5-2 所示，在集热器的最高处安置通气阀，安置一个电磁阀与单向阀并联。当集热器中温度低于设定值时，开启电磁阀，使得集热器阵列中的存水回流到水箱中。这种主动打开电磁阀的排空防冻系统我们称之为“主动式排空防冻系统”。

主动式排空防冻系统需要启动电磁阀排空，一旦电磁阀损坏或电路故障，会影响到排空防冻系统的运行。如此可以采用“被动式排空防冻系统”，如图 5-3 所示。其方法是把系统中的单向阀改造成为逆向微导通的“特型伐”，即当循环水泵停止运行后，特型伐的逆向缓慢地让流体回流到水箱，如果时间足够长（如数小时），便可以让集热系统中的水全部流回到水箱中，使系统避免冻结损坏。由于“特型伐”只是逆向“微导通”，所以对于系统的正常集热运行并不会构成影响。

当水箱高于集热器时，增加一个控制水箱，也可以设计成排空防冻系统，如图 5-4 所示。控制水箱其实也是一个浮球控制水箱，只是浮球所控制的水位之上还要预留足够的空间以容纳集热系统排空的水量。

选用排空防冻时，系统设计安装时需考虑系统管路有一定的坡度，以利于水回流排空通畅。

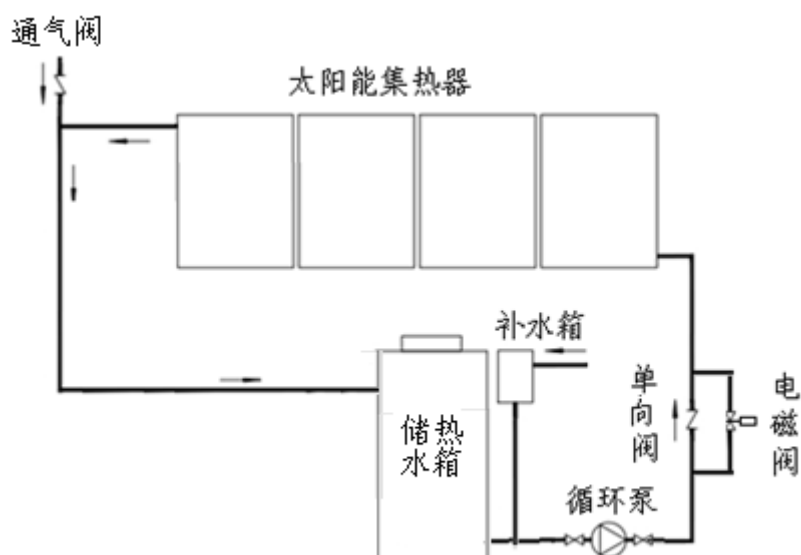


图 5-2 主动式排空防冻系统

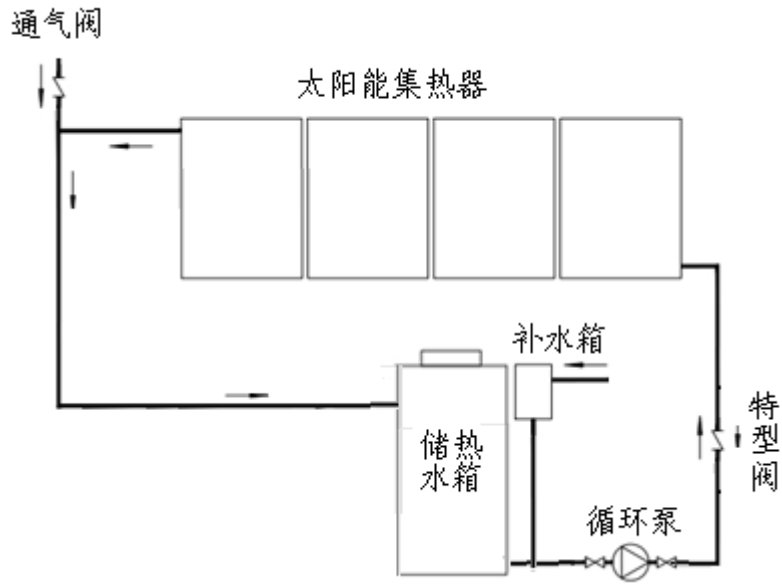


图 5-3 被动式排空防冻系统

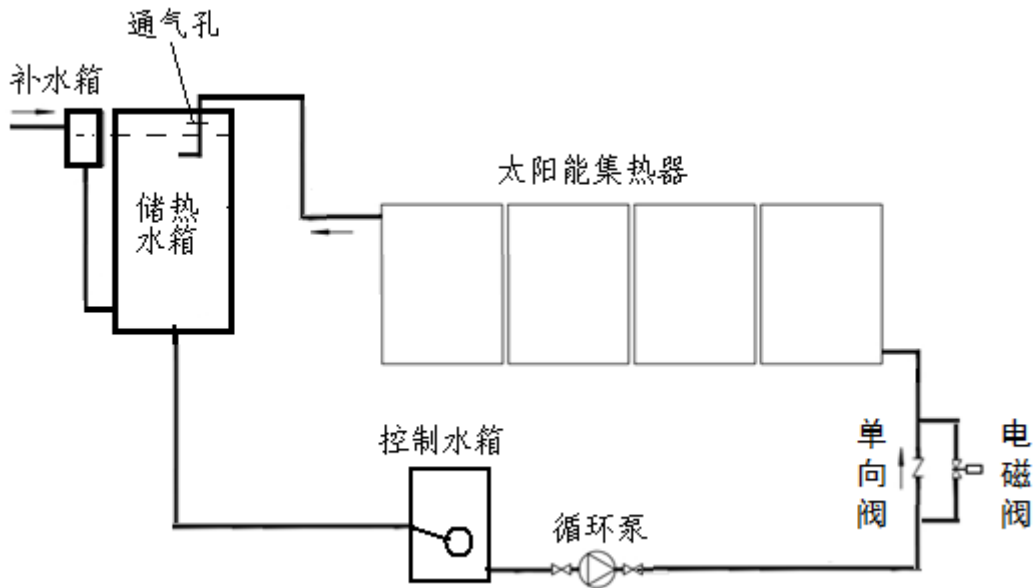


图 5-4 水箱高位时的排空防冻系统

6. 热水供给与回水系统设计

6.1. 设计总则

6.1.1. 热水供给应按《建筑给水排水设计规范》GB5015-2003 进行设计，热水用水点压力应在 0.05 ~ 0.45MPa 范围内；水温不高于 75℃，不低于 45℃。

6.1.2. 热水供水分区应与冷水供水分区一致，应该尽可能使每个用水点的热水压力与冷水压力大体相等，冷水与热水的压力差不宜大于 0.02MPa。

6.1.3. 高层建筑的太阳能热水供给，一般采用重力供水方式，对于较低层的住户，供水静压力可能超过限定值（0.45MPa），应采取减压措施。

6.1.4. 高层集中式热水供给，应当设置回水系统，提高热水用水的方便性与舒适性。

6.1.5. 高层热水供给的主管道，宜采用变管径设计，尽可能减小管道内存水。

6.2. 供水系统管径的设计

一般情况下，管道的管径按下式确定：

$$d = \sqrt{\frac{4W}{\pi v}} \quad (6-1)$$

也可按表 6-2 进行选择或校核。

表 6-2 热水供/回水管管径

管径 (mm)		15 ~ 20	25 ~ 40	50	80	125
最大流速 (m/s)		0.8	1.0	1.2		
流 量	L/s	0.14 ~ 0.25	0.49 ~ 1.26	2.36	6.03	14.72
	M ³ /h	0.50 ~ 0.90	1.76 ~ 4.54	8.50	21.71	53.00

热水供水管管径不应有过多的富裕量，且宜根据各楼层分区采用不同的管径，以便尽可能减小管道内存水和热量的散失。

6.3. 供水系统的减压

6.3.1. 供水的减压可采用减压阀，减压阀可安装在主管上，也可安装在支管上。

6.3.2. 应注意选择合适的减压阀类别，有的减压阀只能水平安装，有的则可水平安装，也可立向安装。

6.3.3. 减压阀的两端应设置阀门、压力表，以便维修、调节。

6.4. 供水系统的回水

6.4.1. 回水一般应回到热水箱的下部，如果有多个热水箱，应该回到较低温度热水箱的下部。

6.4.2. 在支管上设置减压供水的系统，主管回水泵可安装在屋面，回水泵的扬程仅需要克服流动阻力即可。

6.4.3. 在主管上设置减压供水的系统，主管回水泵应安装在与减压阀相同的楼层；多级减压的系统，回水泵应安装在最低层减压阀的楼层；回水泵的扬程应大于回水泵与水箱之间的高差。

6.4.4. 对于住宅类建筑，回水宜分时段进行；对于集中用水时段，回水系统宜处于待机（工作）状态；在夜间，回水系统宜处于关机状态。

6.4.5. 对于多干管、立管的供水-回水系统，回水管道宜采用等程布置；必要时可在适当位置设置限流调节阀、温控阀等确保回水温度的均衡性，也可采用多个独立的回水系统。

6.4.6. 回水管上应该设置单向阀门。

7. 太阳能与建筑一体化设计要点

太阳能热水系统与建筑一体化，简称“太阳能与建筑一体化”，是指太阳能热水系统与建筑充分结合并实现整体外观的和谐统一，使用功能有机结合，并使其成为建筑工程的组成部分，做到统一规划、同步设计、同步施工和验收、与建筑工程同时投入使用。

7.1. 建筑屋面的规划设计原则要求

7.1.1. 在进行建筑规划及设计时，应把太阳能热水系统作为一个重要的建筑元素，综合考虑场地条件、建筑高度、容量、周围环境和太阳能热水系统设计和安装的技术要求，合理确定建筑朝向、间距、群体组合、建筑造型和空间环境，为太阳能的充分利用创造有利条件。

7.1.2. 在进行太阳能热水系统的规划设计时，应优先把太阳能热水系统安置在屋顶上，屋顶应该优先设计为平屋面或南向（或南偏西向）单坡面，以利太阳能的利用。

7.1.3. 在进行建筑设计时，应充分考虑太阳能热水系统的供水要求，留有足够的集热器安装位置，尽量减少建筑构件对集热器日照的影响。平屋面屋顶或斜屋面的集热器安装面应该宽敞完整，尽可能避免构筑物、建筑附属设施等对屋面形成条块分割。

7.1.4. 屋顶上应避免设置影响太阳能利用的装饰构架，屋顶立面的

构筑物应不明显影响太阳能的利用；女儿墙不宜过高，或把女儿墙设计为围栏形式。

7.1.5. 楼梯/电梯间、建筑附属设施应尽可能安置在北面。

7.1.6. 建筑设计应合理确定太阳能热水系统各组成部分在建筑中的位置，并应满足所在部位的防水、排水、承重和系统检修等要求。

7.1.7. 在安装太阳能集热器的建筑部位，应设置防止太阳能集热器损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

7.1.8. 建筑的主体结构或结构构件，应满足太阳能热水系统的荷载要求。

7.1.9. 太阳能集热器不应跨越建筑变形缝设置。

7.1.10. 对于坡屋面建筑，应设置安装集中式水箱和空气源热泵的平台。

7.1.11. 空气源热泵的安装位置应该四周空旷，通风良好。

7.2. 热水系统的建筑一体化设计

7.2.1. 对于斜屋面建筑，应尽可能在屋顶考虑安置集中式水箱。

7.2.2. 太阳能设施应整齐布置、规范安装。

7.2.3. 屋面管道应有管架支承，离开地面 50mm 以上。

7.2.4. 高耸显眼的集中式太阳能水箱，应进行适当装饰，不影响建筑形象。

7.2.5. 太阳能设施应按规范防雷、防风，保障安全运行。

7.2.6. 安装在建筑上或直接构成建筑围护结构的太阳能集热器、水箱等，应有相应的安全技术保障措施。

7.2.7. 应优先采用集中式太阳能热水系统，必要时也可采用集中-分散式太阳能热水系统。

7.2.8. 集中式太阳能热水系统平均每户太阳能安装面积应不少于1.5平方米，当屋面太阳能集热器安装面积不足以满足全体住户时，应优先供给上层住户，对于下层住户，宜独立安装家用空气源热泵热水器。

7.2.9. 设置太阳能集热器的平屋面和坡屋面应符合《民用建筑太阳能热水系统应用技术规程》GB 50364-2005的要求。并尽可能把集热器的安装方位控制在南偏东 30° 至南偏西 60° 范围内。在此方位以外在范围安装时，应对集热器的安装量进行补偿。

7.2.10. 集热器布置时应设置便于检修维护的通道。

7.2.11. 太阳能热水系统安装不应损坏建筑物的结构；不应影响建筑物在设计使用年限内承受各种荷载的能力；不应破坏屋面防水层和建筑物的附属设施。

7.2.12. 太阳能热水系统的集热器基座、水箱基座、管网、支架等应与建筑主体结构连接牢固，符合相关建筑规范的要求。

