

宁波市工程建设地方细则

2019 甬 DX-07

宁波市空气源热泵与太阳能热水系统应用技术细则

*Ningbo technical specification for air-source heat pump and solar
water heating system*

宁波市工程建设地方细则
信息公开浏览专用

2019-05-20 发布

2019-08-01 实施

宁波市住房和城乡建设局 发布

宁波市工程建设地方细则

宁波市空气源热泵与太阳能热水系统应用技术细则

*Ningbo technical specification for air-source heat pump
and solar water heating system*

2019 甬 DX-07

主编单位：宁波市房屋建筑设计研究院有限公司

批准部门：宁波市住房和城乡建设局

实施日期： 2019 年 8 月 1 日

宁波市住房和城乡建设局文件

甬建发〔2019〕65号

宁波市住房和城乡建设局关于发布《宁波市 空气源热泵与太阳能热水系统 应用技术细则》的通知

各区县（市）、开发园区住房城乡建设行政主管部门，各房产建设、设计、审图、施工、监理、质监等单位：

为规范我市民用建筑空气源热泵与太阳能热水系统的建筑一体化设计、施工及验收，促进空气源热泵与太阳能热水技术的科学发展，由宁波市房屋建筑设计研究院有限公司主编的《宁波市空气源热泵与太阳能热水系统应用技术细则》已通过专家评审，现批准发布，编号为2019甬DX-07，自2019年8月1日起实施，原《宁波市民用建筑太阳能热水系统与建筑一体化设计、安装及验收实施细则（试行）》（2010甬SS-09）同时废止。

本细则由宁波市住房和城乡建设局负责管理，主编单位负责具体技术内容的解释。

附件：宁波市空气源热泵与太阳能热水系统应用技术细则

宁波市住房和城乡建设局

2019年5月20日

前 言

为进一步推进我市建筑节能工作，依据《中华人民共和国节约能源法》、《浙江省可再生能源开发利用促进条例》和《宁波市民用建筑节能管理办法》等法律法规规定，根据《宁波市民用建筑空气源热泵并太阳能热水系统技术标准项目》课题研究（编号 SMFWZB2017069）计划，宁波市房屋建筑设计研究院有限公司等单位开展了本细则的编制工作。编制组经过广泛的调查研究和测试，在总结近年来国内太阳能热水系统和空气源热泵热水系统的实践经验和研究成果，结合宁波市的地方特点并广泛征求意见的基础上，通过反复讨论、修改，制定了本细则。

本细则共分为 7 章和 7 个附录。主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、系统分类与选择、系统设计、建筑与结构设计、系统安装与验收等。

本细则由宁波市住房和城乡建设局负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。在实施过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄送至：宁波市房屋建筑设计研究院有限公司（联系地址：宁波市江南路 598 号九五商务大厦 A 座 20 楼 邮编：315040）。

本细则主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：宁波市房屋建筑设计研究院有限公司

参编单位：浙江华聪新能源科技发展股份有限公司

宁波市建筑设计研究院有限公司

宁波大学建筑设计研究院有限公司

宁波浙华智慧能源科技发展有限公司

宁波市大华建设工程施工图审查中心

中国建筑科学研究院上海分院

艾欧史密斯（中国）热水器有限公司
广东美的暖通设备有限公司
四季沐歌科技集团有限公司
上海林内有限公司
桑普能源科技有限公司
浙江高专建筑设计研究院有限公司
浙江英科新能源有限公司
宁波爱握乐新能源科技有限公司
宁波市气象台

主要起草人： 殷威强 王云海 桑方圆 程建华 曾宝玺
胡莹坚 王杰辉 杨 俊 李志磊 毕文爽
丁志勇 周和梅 杨洪义 黄 进 魏中卫
林豪杰 赵 刚 毛波军 吴忠南 邱泽贤

主要审查人： 王靖华 马林海 陈纪文 巩学梅 方继立

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	8
4	系统分类与选择	10
4.1	系统分类.....	10
4.2	系统选择.....	11
5	系统设计	14
5.1	一般规定.....	14
5.2	太阳能集热器.....	14
5.3	热泵主机.....	20
5.4	储热水箱（罐）.....	24
5.5	辅助能源.....	29
5.6	集热(供热)循环泵.....	30
5.7	管路设计.....	33
5.8	运行控制设计.....	34
5.9	电气及智能化设计.....	36
6	建筑与结构设计	37
6.1	建筑设计.....	37
6.2	结构设计.....	41
7	系统安装与验收	42
7.1	一般规定.....	42
7.2	基座与支架.....	43

7.3 储热水箱（罐）安装	44
7.4 太阳能集热器安装	44
7.5 空气源热泵机组安装	45
7.6 管路安装	46
7.7 辅助能源加热设备安装	47
7.8 运行控制系统安装	48
7.9 试压、检漏、冲洗	49
7.10 系统调试、试运行	49
7.11 验收	51
附录 A 宁波市与太阳能热水系统相关的气象数据表	54
附录 B 宁波市典型气象年（30 年）干球温度数据	
附录 C 宁波市不同月份冷水温度表	57
附录 D 常用空气源热泵热水系统及控制原理图	58
附录 E 空气源热泵热水系统自检表	70
附录 F 太阳能集热面积补偿系数表 X(忽略任何可能的遮挡因素)	72
附录 G 壁挂式集热器面积补偿系数表	73
本细则用词说明	74
引用标准名录	75
条文说明	76

1 总 则

1.0.1 为规范民用建筑空气源热泵和太阳能热水系统与建筑一体化设计、施工及验收，保证工程质量，制定本细则。

1.0.2 本细则适用于新建、改建和扩建民用建筑中的空气源热泵和太阳能热水系统的设计、施工及验收。工业建筑可参考本细则执行。

1.0.3 民用建筑中空气源热泵和太阳能热水系统，除应符合本细则外，尚应符合国家、浙江省及宁波市现行的法律、法规和有关标准的规定。

宁波市工程建设地方标准
信息公开浏览专用

2 术 语

2.0.1 太阳能 solar radiant energy

以太阳辐射形式发射、传播或接收的能量。单位为焦耳 (J)。

2.0.2 太阳辐照度 solar irradiance

单位时间内在单位采光面积上所照射到的太阳辐射能通量。单位为瓦/平方米 (W/m^2)、千瓦/平方米 (kW/m^2)。

2.0.3 太阳辐照量 solar irradiation

一定时间内在单位采光面积上所照射到的太阳辐射能通量。单位为兆焦耳/平方米·年 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ a}$)、千焦耳/平方米·天 ($\text{kJ}/\text{m}^2 \text{ d}$)、千焦耳/平方米·小时 ($\text{kJ}/\text{m}^2 \text{ h}$) 等。

2.0.4 太阳能热水系统 solar water heating system

将太阳辐射转换为热能以加热水并输送至各用户所必须的完整系统,通常包括太阳能集热器、储水设施、水泵、连接管及其他部件、控制系统和辅助热源设施。

2.0.5 集热器总面积 gross collector area

集热器采光平面上包括外壳边框在内接收太阳辐射的最大投影面积。单位为平方米 (m^2)。

2.0.6 太阳高度角 solar altitude

日面中心的高度角,即从观测点地平线沿太阳所在地平经圈量至日面中心的角距离。

2.0.7 集热器倾角 tilt angle of collector

太阳能集热器采光面与水平面之间所夹的锐角。单位为度（°）。

2.0.8 太阳能集热器 solar collector

吸收太阳辐射并向流经自身的传热工质传递热量的装置。

2.0.9 太阳能热水器 solar water heater

将太阳光能转化为热能后加热水的装置。

2.0.10 储热设施 storage facilities

太阳能热水系统中，储存热水的容器及其附件所组成的部件。包括承压的储热水罐和不承压的储热水箱。

2.0.11 缓冲水箱 buffer tank

在集中-分散供热水系统中，设置在集中的太阳能集热器和分散的贮热水箱之间的储存装置。

2.0.12 强制循环系统 forced circulation system

利用水泵等外部动力设备迫使传热工质通过集热器与储热器（或换热器）进行循环的热水系统。

2.0.13 自然循环系统 natural circulation system

利用传热工质内部温度梯度产生的密度差所形成的自然对流进行循环的太阳能热水系统。

2.0.14 直接加热系统 direct heating system

经太阳能或空气源热泵加热的水直接供用户使用的系统。

2.0.15 间接加热系统 indirect heating system

经太阳辐射或空气源热泵加热的工质再通过换热器间接加热水供用户使用的系统。太阳能集热器中的传热工质可为水或防冻液；空

气源热泵加热的传热工质为水。

2.0.16 直流式系统 series-connected system

传热工质一次流过集热器加热后，进入储热设施或用水点的非循环太阳能热水系统，其储热设施的作用仅为储存集热器所产生的热水。

2.0.17 真空管集热器 evacuated tube water heater

由管壁与吸热体之间抽成一定真空度的透明管（常为玻璃管）制成的非聚光型、以流体（常为水或防冻液）为传热介质的集热器，其吸热体具有光谱选择性吸收表面。

2.0.18 平板型集热器 flat plate collector

吸热体基本为平板形状的非聚光型集热器。

2.0.19 分离式太阳能热水系统 remote storage system

集热器与储热水箱（罐）相互分开一定距离安装的太阳能热水系统。

若分离式太阳能热水系统的集热器和储热水罐是连续进出水的承压式装置又可称为分离承压式太阳能热水系统。

2.0.20 整体式太阳能热水器 integral collector storage solar water heater

集热器和储热水箱（罐）合为一体的太阳能热水器。

2.0.21 分散式太阳能热水系统 individual solar hot water supply system

集热器、储热水箱（罐）及循环管路设备均为各户独立的太阳能热水系统。

2.0.22 半集中式太阳能热水系统 semi-solar hot water supply system

采用集热器共享，而储热水箱（罐）均为各户独立的太阳能热水的系统。

2.0.23 集中式太阳能热水系统 central solar hot water supply system

采用集热器、储热水箱（罐）及循环管路设备共享向多个用户提供热水的系统。

2.0.24 太阳能保证率 solar fraction

由太阳能提供的热量占系统总供热量的百分率。

2.0.25 控制器 controller

对太阳能热水系统及其部件进行调节控制，使之正常运行所配置的部件及其组合。

2.0.26 热泵热水机组 heat pump water heater

一种通常采用电动机驱动，利用工质汽化、冷凝、压缩循环，将低品位（空气或水）的热量转移到被加热的水中用以制取热水的设备。

2.0.27 空气源热泵热水系统 air-source heat pump water heater system

采用电动机驱动，利用工质汽化、冷凝、压缩循环，将空气中的热量转移到被加热的水中并输送至各用户所必须的完整系统。通常包括空气源热泵热水机组、储水设施、水泵、连接管及其他部件、控制系统和辅助热源设施。

2.0.28 一次加热式（直热式）热泵热水机组 direct-heating heat pump water heater

使用侧进水流过热泵热水机一次就达到设定终止温度的热水机组。

2.0.29 循环加热式热泵热水机组 circulate-heating heat pump water heater

使用侧进水通过水泵多次流过热泵热水机逐渐达到设定终止温度的热水机组。

2.0.30 静态加热式热泵热水机组 static heat pump water heater

通过换热器与水直接或间接接触，被加热水侧以自然对流形式使水温逐渐达到设定温度的热泵热水器。

2.0.31 热泵制热量 heat pump heating capacity

热泵热水机运行时间内提供热水的热量与运行时间之比，单位为千瓦 (kW)。

2.0.32 输入功率 heating input power

机组在单位时间内所消耗的总电功率，包括机组的压缩机、内置循环加热泵和机组本身操作控制电路等所消耗的电功率，对于空气源热泵热水机组，还应包括蒸发器侧风机所消耗的电功率。单位为千瓦 (kW)。

2.0.33 能效比（性能系数）—名义能效比（名义性能系数） COP coefficient of performance—coefficient of performance in name

能效比：热泵制热量与热泵输入功率之比，其值用 kW/kW 表示。

名义能效比：在环境温度 20℃，冷水进水温度 15℃，热水出水温度 55℃的条件下运行时，热泵制热量与热泵输入功率之比，其值用 kW/kW 表示。

2.0.34 产水量 heating water flow

在规定试验工况下，热水机组提供的热水流量。单位为立方米/

小时 (m³/h)。

2.0.35 空气源热泵辅助的太阳能热水系统 solar-assisted heat pump water heating system

太阳能和空气源热泵热水相结合的热水系统可称为空气源热泵辅助的太阳能热水系统。

2.0.36 设备平台 the device platform

供空调室外机、热水系统机组等设备搁置和检修，且与建筑内部空间和阳台用墙体相分隔，对外敞开的室外空间，敞开面应有围栏。

宁波市工程建设地方标准信息
信息公开浏览专用

3 基本规定

3.0.1 太阳能和空气源热泵热水系统的设计应进行技术经济比较，充分考虑用户使用、施工安装和运行维护的要求，符合安全卫生、节能环保等有关规定。

3.0.2 太阳能热水系统应配置可靠的辅助能源加热设备，对于全装修住宅应配置到位，否则不得通过验收，交付使用。

3.0.3 空气源热泵热水系统辅助能源加热设备应按下列原则配置：

1. 集中式空气源热泵热水系统应配置辅助能源加热设备，但按冬季最冷月平均环境温度和水温条件选用且符合下列要求之一的空气源热泵热水系统，可不配置辅助能源加热设备：

- 1) 当冬季最冷月无生活热水需求时；
- 2) 工业用地范围内用于办公、生活服务用途的建筑，当生活热水可靠性要求较低时。

2. 居住建筑分散式闭式空气源热泵热水系统按年平均环境温度和水温条件设计时宜配置辅助能源加热设备，但需按冬季最冷月平均环境温度和水温条件校核计算，当全年最高日用水时平均每人制备热水时间不超过 2 小时时，可不配置辅助能源加热设备。

3.0.4 太阳能和空气源热泵热水系统应与建筑主体一体化设计，同步施工、同步验收，并应符合下列要求：

1. 设置在坡屋面的太阳能热水系统，水箱等无接受太阳辐射要求的设施设备应隐藏设置，集热器应与坡屋面进行一体化设置；

2. 设置在平屋面上的太阳能和空气源热泵热水系统，应利用女儿墙等建筑构件围挡。

3.0.5 在既有建筑上增设或改造已安装的太阳能或空气源热泵热水系统，必须经建筑结构安全复核，并应满足建筑结构和其他相应的安全性及建筑一体化要求。

宁波市工程建设地方细则
信息公开浏览专用

4 系统分类与选择

4.1 系统的分类

4.1.1 太阳能热水系统按集中程度可分为下列三种系统：

1. 分散集热、分散储热的分散式太阳能热水系统；
2. 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统；
3. 集中集热、集中储热的集中式太阳能热水系统。

4.1.2 太阳能热水系统按集热运行方式可分为下列三种系统：

1. 利用温差异重的热虹吸进行循环集热的自然循环系统；
2. 利用水泵及控制系统强制循环集热的强制循环系统；
3. 传热工质通过定温控制依靠管网水压力一次经过集热器加热后进入储热水箱（罐）或用热水处的非循环直流式太阳能热水系统。

4.1.3 太阳能热水系统按集热器与储热水箱（罐）的分合状态可分为分离式太阳能热水系统和整体式太阳能热水系统。

4.1.4 太阳能热水系统按被加热水的加热方式可分为下列两种系统：

1. 太阳能集热器直接加热被加热水的直接加热系统；
2. 太阳能集热器首先加热传热工质，再由传热工质通过换热设施加热被加热水的间接加热系统。

4.1.5 空气源热泵热水系统按用户对象可分为家用型空气源热泵热水系统和商用型空气源热泵热水系统。

4.1.6 家用型空气源热泵热水系统按热泵主机与储热水箱（罐）组合方式可分为整体式和分体式空气源热泵热水系统；按主机与储热水箱

(罐)间的换热工质可分为工质加热循环和热水加热循环的空气源热泵热水系统。

4.1.7 商用型空气源热泵热水系统按储热水箱(罐)中热水承压方式可分为承压式和非承压式空气源热泵热水系统;按被加热水通过空气源热泵热水机组为一次或循环加热到设定温度,可分为一次加热式(直热式)或循环加热式空气源热泵热水系统。

4.2 系统选择

4.2.1 应根据供水条件、安装条件和用水要求优先选用太阳能热水系统、空气源热泵热水系统或空气源热泵辅助加热的太阳能热水系统:

1. 低层住宅中,宜采用分离承压式太阳能热水系统(宜采用燃气热水器辅热)或承压式家用型空气源热泵热水系统;

2. 多层民用建筑宜选择分散式太阳能或空气源热泵热水系统、集中式太阳能热水系统(分户辅助加热)或空气源热泵热水系统;

3. 屋面资源不足的高层建筑,可采用分段供应热水的方式部分满足上部建筑的太阳能热水系统的集热要求,其余部分可采用空气源热泵热水系统;

4. 多层或高层住宅建筑,至少在顶层设置太阳能热水系统,当平屋顶建筑设置女儿墙等围挡设施高度满足建筑上人屋面要求(建筑完成面高度)时,可采用承压整体式太阳能热水系统(不得采用非承压整体式太阳能热水系统),其余楼层可采用空气源热泵或太阳能热

水系统等可再生能源应用系统；

5. 不宜采用阳台栏板式太阳能热水系统，当系统采用阳台栏板式太阳能热水系统时，必须满足以下条件：

1) 各层应提供详细的日照分析资料，冬至日太阳能集热器累计日照时间应符合本细则 6.1.3 条要求，否则不得采用此系统；

2) 阳台栏板式太阳能集热器与水平面倾角应小于 75° ，且集热器面积应符合本细则 5.2.9 条要求、水箱容积应符合本细则 5.4.13 条要求；

3) 阳台栏板式太阳能热水系统宜采用传热工质自然循环的方式。

6. 公共建筑应根据屋面等可布置太阳能集热器的具体条件优先选用太阳能热水系统，当项目没有余热废热等辅助能源时，宜采用空气源热泵辅助加热。

4.2.2 太阳能和空气源热泵热水系统管线的布置应考虑检修的可行性，任何一组(根)管线检修或更换时不应影响其他管线的正常使用。

4.2.3 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统，应采用下列措施保证系统的正常运行：

1. 换(储)热水罐应设在设备平台上，采用立式水罐，不应设在厨房、卫生间吊顶内或生活阳台上；

2. 应采用间接式加热系统；

3. 应有可靠的技术措施防止储热水罐内的热量倒流至换热工质系统；

4. 循环立管和储热水罐宜布置在同一设备平台上，接入储热水罐

的换热循环支管总长度不宜超过 6 米。

4.2.4 集中集热、集中储热的集中式太阳能热水系统应适当控制系统规模，避免管线过长、热损失量过大。

4.2.5 空气源热泵热水系统在居住建筑中的设计选用应遵循下列原则：

1. 根据设备平台的条件和储热水罐宜靠近用水点的原则选用整体式或分体式空气源热泵热水系统；

2. 应选用家用型、承压式空气源热泵热水系统且水箱应采用外壁绕换热器加热方式，不得采用水箱内设换热器加热方式；

3. 以地面水为水源且水质总硬度较低的地区可选用直接加热的空气源热泵热水系统。

4.2.6 公共建筑针对不同的建筑类型和用水性质，其生活热水系统可采用各种分类系统的合理组合。

4.2.7 当太阳能热水系统、空气源热泵热水系统中的用水点设有冷热水混合器或混合龙头时，冷热水供应系统在配水点处压差不宜大于 0.02MPa。

5 系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 太阳能和空气源热泵热水系统应纳入建筑给水排水设计，并应符合现行相关标准的要求；太阳能和空气源热泵热水系统施工图设计可分为土建设计阶段和专项设计阶段，专项设计阶段应在主体结构施工之前完成。

5.1.2 太阳能和空气源热泵热水系统的垂直管线不应直接明敷在建筑外墙上（设备平台除外），且不得敷设在建筑物的风道内。

5.1.3 太阳能和空气源热泵热水系统专项设计单位应与建筑主体设计单位为同一家单位。当上述两个设计阶段不是同一家单位时，专项设计施工图应征得建筑主体设计单位同意，并由建筑主体设计单位出具专项设计符合主体结构安全性、使用功能等要求的书面材料。

5.2 太阳能集热器

5.2.1 集热器的布置应按以下原则设计：

1. 集热器布置处应做日照分析，要求冬至日集热器累计日照时间不少于 4 小时，并在土建设计阶段提供详细的日照分析资料；

2. 考虑方位的影响，有条件时集热器应朝正南布置（方位角为 0° ），当受条件限制时，其方位角宜不大于 $\pm 30^{\circ}$ ；

3. 当集热器的方位角大于 $\pm 30^\circ$ 时，其集热面积大小应通过日照模拟计算确定得热量；

4. 宁波市太阳能集热器的方位角对得热量的影响详见本细则附录 F。

5.2.2 集热器的安装倾角，应根据热水的使用季节和地理纬度确定：

1. 偏重考虑全年使用时， $\theta = \phi$ ；
2. 偏重考虑夏季使用效果时， $\theta = \phi - (0 \sim 10)^\circ$ ；
3. 偏重考虑冬季使用效果， $\theta = \phi + (0 \sim 10)^\circ$ 。

式中： θ ——太阳能集热器的安装倾角（ $^\circ$ ）；

ϕ ——集热器安装地的地理纬度（ $^\circ$ ），宁波市地理纬度为 29.86° 。

4. 安装倾角不在上述范围内的集热器安装应通过日照模拟计算确定得热量。

5. 宁波市太阳能集热器的安装倾角对得热量的影响详见本细则附录 F。

5.2.3 集热器的布置应避免建筑物及构筑物的遮挡。集热器与前方遮光物或集热器前后排之间的最小距离可按下式计算：

$$D=H \cdot \cot\alpha_s \cdot \cos r \quad (5.2.3)$$

式中： D ——集热器与前方遮光物或集热器前后排之间的最小距离(m)；

H ——遮光物最高点与集热器采光面最低点之间的垂直高差(m)；

α_s ——集热器安装地太阳高度角（ $^\circ$ ），宁波市四个重要节气的三个主要时间的太阳高度角可从本细则附录 A 查得；

对全年性使用的系统，宜取宁波市冬至日正午 12 时的太阳高度角；

对季节性使用的系统，宜取宁波市春秋分正午 12 时的太阳高度角。

r ——集热器安装方位角。

5.2.4 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措施。

5.2.5 集热器可通过串联、并联、串并联或并串联相结合等方式连接成集热器组，系统设计时应符合下列要求：

1. 平板型集热器或横排真空管集热器之间的连接宜采用并联，且单排并联的集热器总面积不宜超过 32 m^2 ；竖排真空管集热器之间的连接宜采用串联，但单排串联的集热器总面积不宜超过 32 m^2 ；

2. 当全玻璃真空管东西向放置（横排）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，每个集热器联箱长度不宜大于 2m；

3. 对自然循环系统，每个系统的集热器总面积不宜超过 50m^2 ；对大型自然循环系统，可分成若干个子系统，每个子系统的集热器总面积不宜超过 50 m^2 ；

4. 对强制循环系统，每个系统的集热器总面积不宜超过 500m^2 ；对大型强制循环系统，可分成若干个子系统，每个子系统的集热器总面积不宜超过 500 m^2 ；

5. 集热器之间的链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。

5.2.6 集中式的太阳能集热器阵列，可采用强制循环方式、定温放水的非循环方式或者强制循环与定温放水组合的方式。

5.2.7 集热器的布置应考虑安装及检修通道，并须符合下列要求：

1. 在平屋面布置时，应避免消防通道，集热器架空布置时，架空集热器下消防通道高度及宽度应符合《建筑设计防火规范》GB50016的要求。

2. 在坡屋面布置时，集热器应采用顺坡嵌入设置或顺坡架空设置，作为屋面板的集热器应安装在建筑承重结构上；

3. 在架构上布置时，应考虑设置集热器的安装及检修通道，通道材料可采用钢筋砼镂空预制板材、圆钢（要防腐处理）或成品塑钢等材料，通道宽度不宜小于 0.40m。

5.2.8 集热器总面积应符合下列规定：

1. 直接加热系统太阳能集热器需要安装的总面积可根据用户每日的用水量和热水温度要求以及当地太阳辐照量计算，按下式确定：

$$A_c = \frac{Q_w C (t_{end} - t_i) f \cdot \rho}{J_T \eta_{cd} (1 - \eta_L)} \quad (5.2.7-1)$$

式中： A_c ——直接加热系统集热器总面积（ m^2 ）；

Q_w ——日均热水用水量（L），按《民用建筑节能设计标准》GB 50555中的平均日节水用水定额取值，并考虑一定的同时使用率；宁波市区的热水平均日用水量按一区特大城市取高值，其他县（市）区宜按一区特大城市取高值。

注：宁波市区指海曙区、鄞州区、江北区、高新区、镇海区、北仑区、奉化区。

C ——水的比热， $C=4.187$ (kJ/kg·°C)；

t_{end} ——储水箱内水的终止温度 (°C)；

t_i ——水的初始温度 (°C)，与 J_r 取值相同月份的冷水平均温度；

f ——太阳能保证率，无量纲 (0.4~0.5)；

根据系统使用期内的太阳辐照量、系统的经济性及用户要求等因素综合考虑后确定。

ρ ——水的密度，1.0kg/L；

J_r ——当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量 [kJ/(m²·d)]，按附录 A 选取；

η_{cd} ——基于集热器总面积的年平均集热效率，无量纲，具体数值根据集热器产品测试所得的瞬时效率方程经过计算得到，有单水箱、双水箱（或多水箱）时两种方程。

根据经验取值，对于全玻璃真空管型集热器可取 0.30~0.45；对于平板型集热器、热管和 U 型管式真空管集热器可取 0.45~0.50。

η_L ——管路及储水设施热损失率，无量纲；根据经验取值，宜为 0.20~0.30。

2. 间接系统集热器总面积可按下式计算：

$$A_{\text{in}} = A_c \cdot \left(1 + \frac{U \cdot A_c}{U_{\text{hx}} \cdot A_{\text{hx}}}\right) \quad (5.2.7-2)$$

式中： A_{in} ——间接加热系统太阳能集热器总面积 (m²)；

A_c ——直接加热系统太阳能集热器总面积 (m²)；

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

对平板型集热器, U宜取 $4 \sim 6W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

对真空管集热器, U宜取 $1 \sim 2W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

具体数值应根据集热器产品实际测试结果确定;

U_{hx} ——换热器传热系数 $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$, 查产品样本得出;

A_{hx} ——换热器换热面积 (m^2) , 查产品样本得出。

5.2.9 集热器的总面积可根据系统设计需求, 分别按全年、夏季和冬季的冷水水温和辐照量按 5.2.8 款经计算确定, 并应符合下列规定:

1. 一居室公寓或住宅集热器总面积每户不得小于 $2 m^2$; 普通居住建筑当每户建筑面积小于等于 $200 m^2$ 时, 集热器总面积每户不得小于 $3 m^2$; 当每户建筑面积大于 $200 m^2$ 时, 集热器总面积每户不得小于 $4 m^2$;

2. 低层联排住宅集热器总面积每户不得小于 $4 m^2$; 低层双拼或独栋住宅当每户建筑面积小于等于 $300 m^2$ 时, 每户集热器总面积不得小于 $4 m^2$; 当每户建筑面积大于 $300 m^2$ 时, 每户集热器总面积不得小于 $6 m^2$;

3. 当建筑附近有可利用的工业余热或废热时, 集热器总面积可按夏季冷水水温和辐照量进行计算。此时, 住宅的集热器总面积大小不受上述 1、2 款限制, 应取实际计算值。

注: 对于整体式太阳能热水器集热器总面积按上述要求可适当减小, 但不得小于上述指标的 75%。

5.2.10 住宅集中集热、分散储热的太阳能热水系统的分户换热水箱或公共建筑集中式太阳能热水系统的太阳能预热罐(热交换器)换热

面积应经过计算确定，并在设计中与其他主要参数一起写明。

间接热交换器（水箱）的换热面积可按下式计算：

$$F = \frac{C_r Q_z}{\varepsilon K \Delta t_j} (\text{m}^2) \quad (5.2.9)$$

F —间接热交换器（水箱）的换热面积（ m^2 ）；

Q_z —集热器集热量最大季节的采热时段内设计小时产热量（ W ）；

$$Q_z = \frac{A_w \times J_T \times \eta_{cd} \times R}{3600 T_1}$$

A_w —间接供热系统集热器面积（ m^2 ）；

J_T —夏季集热器采光面上的月平均日太阳辐照量；

$J_T = 16700 \text{ kJ} / \text{m}^2 \cdot \text{d} \times K$ （集热器方位角、倾角校正系数），集热器方位角 0° 、倾角 30° 时 $K=1.06$ ，详见本细则附录 F；

η_{cd} —夏季集热器的平均集热效率，取 $0.50 \sim 0.60$ ；

T_1 —夏季平均每日日照时间，取 $6 \sim 7$ 小时；

R —太阳辐照度时变化系数，无具体资料时可取 1.5 ；

ε —由于结垢和热媒分布不均匀影响传热效率的系数，采用 $0.6 \sim 0.8$ ；

k —传热系数 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ；

Δt_j —热媒与被加热水的计算温度差（ $^\circ\text{C}$ ）， $\Delta t_j = 5 \sim 10 ^\circ\text{C}$ ；

C_r —热水系统的热损失系数， $C_r = 1.1 \sim 1.2$ 。

5.3 热泵主机

5.3.1 当空气源热泵热水系统的储热水箱（罐）容积能满足平均日用

水量调节的要求时，热泵供热能力可按平均日耗热量配置。

5.3.2 空气源热泵热水系统的设计小时供热量应按下列式计算：

$$Q_g = k_1 \frac{mq_r C(t_r - t_l) \rho_r}{T_1} \quad (5.3.2)$$

式中： Q_g ——热泵设计小时供热量 (kJ/h)；

q_r ——热水用水定额 (升/人·天或升/床·天)，按《民用建筑节能节水设计标准》(GB50555)中的平均日用水定额取值(温度不同时，按等热量换算水量)，水量取值同 5.2.7 条；

m ——用水计算单位数 (人数或床位数)；

t_r ——热水温度，以氟利昂为冷媒的热泵机组取 $t_r=55$ (°C)，其余特殊冷媒如 CO_2 等，按实际产品取值；

t_l ——冷水温度，应以当地实测数据资料确定。宁波中心城区不同月份冷水温度详见附录 B，其他县(市)区当无水温资料时，可参考附录 B 取值；

注：宁波中心城区指海曙区、鄞州区、江北区、高新区、镇海区、北仑区。

T_1 ——热泵机组设计工作时间 (h)，应根据用水需求、气候条件和系统经济性等因数综合考虑确定。居住建筑分散独立式系统宜取 3.5 小时；公共建筑分散独立式系统宜取 5~8 小时，集中式热水系统全日制供水时宜取 8~20 小时，不设辅助加热设备的系统，热泵的工作时间宜取下限，以便给最高日用水量发生时留出足够补充加热能力。定时供水时， T_1 由设计人确定；

K_1 ——安全系数，取 1.10~1.20。

5.3.3 空气源热泵热水系统主机应按全年平均的环境温度和冷水水

温条件计算制热量，辅助能源的制热能力应根据冬季最冷月的环境温度和冷水温度条件，在合理延长热泵工作时间的条件下校核和调整热泵主机的制热量进行计算确定，热泵最大工作时间不应大于 5.3.2 条 T1 的上限值。

5.3.4 当空气源热泵热水系统进行可再生能源应用节能量计算时，空气源热泵的输入功率可根据热泵的设计小时供热量和热水系统的能效比值按下式计算，并符合浙江省《民用建筑可再生能源应用核算标准》DB 33/1105 的要求。

$$Q_r = (Q_g / 3600) / COP \quad (5.3.3)$$

式中： Q_r ——热泵的输入功率 (kW)；

COP——热泵热水系统的能效比值，无量纲；

空气源热泵热水系统进行全年节能量计算时，宁波地区的系统能效比值宜取 2.5（不包括热水供、回水管的热损失）。

5.3.5 空气源热泵的能源效率应符合国家标准 GB 29541 的要求。制热量大于等于 10kW 的热泵热水机（器）在名义（额定）工况和规定条件下运行时的性能系数（COP）值不应低于表 5.3.5 的规定 2 级；制热量小于 10kW 的热泵热水机（器）在名义（额定）工况和规定条件下运行时的性能系数（COP）值不应低于表 5.3.5 的规定 3 级，宜为 2 级。

表 5.3.5 能源效率等级指标 性能系数 (W/W)

制热量 H (kW)	热水机型式	加热方式	性能系数 (COP)	
			2 级	3 级
H < 10	普通型	一次加热、循环加热式	4.40	4.10
		静态加热式	4.00	3.80

	低温型	一次加热、循环加热式	3.60	3.40	
H≥10	普通型	一次加热	4.40	4.10	
		循环加热	不提供水泵	4.40	4.10
			提供水泵	4.30	4.00
	低温型	一次加热	3.70	3.50	
		循环加热	不提供水泵	3.70	3.50
			提供水泵	3.60	3.40

5.3.6 空气源热泵热水器在设计文件中应噪声限定值（声压级）。空气源热泵热水器主机和水箱在使用时不应有异常噪声和振动，按照《家用和类似用途热泵热水器》GB/T 23137 的测试方法要求，其半消声室测试噪声的测试值（声压级）应符合表 5.3.6 规定。

表 5.3.6 空气源热泵热水器噪声限定值（声压级）

制热水能力（L/h）	整体式/dB（A）	分体式/dB（A）	
		室内侧	室外侧
≤100	60	32	55
>100~200	60	32	55
>200~350	60	32	60
>350~500	65	32	60
>500	65	32	65

注：热泵热水器在全消声室测试的噪声值须注明“全消声室测试”等字样，其限定值在上述限定值基础上增加 2dB（A）

5.3.7 空气源热泵热水系统的机组布置应满足下列要求：

1. 集中式系统的热泵主机及其循环水泵不应布置在居住用房的上层、下层或毗邻的设备平台上，热泵主机及其循环水泵应采用低噪音机组并采取防噪音措施，热泵主机的噪音应符合国家空气源热泵产品标准的要求；

2. 室外主机应布置在通风条件良好的屋顶、设备平台或设备阳台、室外平台等处，不得布置在生活阳台上；

3. 放置热泵机组的屋顶、平台（设备阳台）应有人员安装、维修的通道及检修的余地；

4. 商用型热泵机组进风面相对布置时，其间距宜大于 1.5 倍进风口的高度。进风面距墙面的净距宜大于 1.0 倍进风口的高度；家用型热泵主机进风面距墙面净距不宜小于 0.20 米，排风面应通风良好，当排风面有高于排风口上端的侧墙时，应采取侧墙设排风百叶等技术措施保证热泵主机排风。

5.3.8 成组布置的空气源热泵热水机组应采用并联方式换热，机组宜采用同程管路的形式保证各台机组工作的均衡性。

5.3.9 当空气源热泵热水系统采用一次加热式（直热式）机组时，应设置循环加热系统保证水箱内水温不低于设计值。

5.4 储热水箱（罐）

5.4.1 集中热水供应系统的储热水箱（罐）容积应根据热水用水小时变化曲线、太阳能集热器或热泵的供热能力，并综合考虑辅助加热装置加热时段和能力等多种因素经计算后确定。

5.4.2 分散式太阳能热水系统储热水箱（罐）容积可按下列公式确定：

$$V = (40 \sim 50) \cdot A \quad (5.4.2)$$

式中：V——储热水箱（罐）有效容积（L）；

A——集热器的总面积（ m^2 ，直接加热系统为 A_c ，间接加热系统为 A_{in} ）。

注：部分无法按第 5.4.1 条计算的集中式系统可参照本公式计算。

5.4.3 空气源热泵热水系统的储热水箱（罐）有效容积计算应符合下列要求：

1. 储热水箱（罐）有效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，当上述因素无法确定时可按式

5.4.3-1 计算：

$$V_r = k_2 \frac{(Q_h - Q_g)T}{\eta(t_r - t_l)C\rho_r} \quad (5.4.3-1)$$

式中： V_r ——贮热水箱（罐）有效容积（L）；

Q_h ——设计小时耗热量（kJ/h）；

Q_g ——设计小时供热量（kJ/h）；

T ——设计小时耗热量持续时间（h）；

η ——有效贮热容积系数，对于贮热水箱、卧式贮热水罐

$\eta = 0.80 \sim 0.85$ ，对于立式贮热水罐 $\eta = 0.85 \sim 0.90$ ；

k_2 ——安全系数，取 $1.10 \sim 1.20$ 。

定时热水供应系统的贮热水箱（罐）有效容积宜为定时供应最大时段的全部热水量。

2. 当无法确定设计小时耗热量持续时间时，储热水箱（罐）有效容积也可按式 5.4.3-2 计算：

$$V_r = k_2 m q_r (1 - T_1/24) \quad (5.4.3-2)$$

式中： k_2 ——安全系数，取 $1.10 \sim 1.20$ ；

m ——用水计算单位数；

q_r ——热水用水定额（升/人·天或升/床·天，以 55°C 热水

计), 当用水量标准为 60℃, 或其他水温时, 应进行换算;

T_1 ——热泵机组设计工作时间 (h), 按本技术细则 5.3.2 条取值。

5.4.4 储热水罐在闭式强制循环系统中应承受系统工作压力, 其承压能力应按压力容器的要求计算确定。

5.4.5 储热水箱 (罐) 材质、衬里材料和内壁涂料, 应确保水质在可能出现的运行温度下符合现行《生活饮用水水质标准》的要求。

5.4.6 储热水箱 (罐) 的布置形式 (立式或卧式) 和进、出水管布置, 不得产生水流短路, 并应保证箱 (罐) 内具有平缓的水温梯度, 充分利用水箱 (罐) 的储热容积。

5.4.7 集中式太阳能或空气源热泵热水系统的出水水温应尽可能的保持恒定, 系统设计宜采用闭式承压式系统。当平均日热水用水量 (水温 60℃) 不大于 4m³, 可采用单水箱 (罐) 制热供热系统, 大于 4m³ 宜采用双水箱 (罐) 或多水箱 (罐) 制热供热系统。

5.4.8 集中式太阳能或空气源热泵热水系统单水箱 (罐) 系统设计应满足以下要求:

1. 单水箱 (罐) 太阳能或空气源热泵热水系统管路应合理布置, 太阳能系统设计可参见《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统工程建设管理技术细则》附录 B; 空气源热泵系统设计可参见本细则附录 D;

2. 开式热水箱冷水补水不得采用浮球阀或水力控制阀补水, 可采用电磁阀或电动阀补水。闭式储水罐应从底部补水, 上部出水;

3. 开式热水箱采用电磁阀或电动阀补水时, 补水的最低水位设

置应满足冷水补水期间热水的使用量要求。

5.4.9 集中式双（多）水箱（罐）太阳能、空气源热泵热水系统的系统设计、冷水补水、水箱（罐）容积及换热盘管面积确定应满足以下要求：

1. 太阳能水箱（罐）联接宜采用串联方式，不宜采用并联方式。系统冷水应补入第一个水箱（罐），或称为储热水箱（罐），系统供水应从最后水箱（罐），或称为供热水箱（罐）接出。开式水箱补水可采用浮球阀或电磁阀、电动阀等水位控制设施。闭式储水罐应从底部补水，上部出水。

2. 太阳能储热水箱（罐）有效容积可按下列公式确定：

$$V = (30 \sim 50) \cdot A$$

式中：V——储热水箱（罐）有效容积（L）；

A——集热器的总面积（ m^2 ，直接加热系统为 A_c ，间接加热系统为 A_{in} ）。

容积倍数间接加接系统取低中值 30-40，直接加热系统取中高值 40-50。

3. 太阳能供热水箱（罐）有效容积可按《建筑给水排水设计规范》GB50015 表 5.4.10 中贮热量计算确定。

4. 储热水箱（罐）与供热水箱（罐）之间应通过管路合理连接，保证太阳能首先被利用、提高太阳能利用率。系统设计可参见《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统工程建设管理技术细则》附录 B。

5. 对于间接换热的太阳能储热水罐（预热罐）换热器的换热面

积计算按本细则 5.2.9 条执行。

5.4.10 家用太阳能热水系统储热水箱（罐）热损系数应小于 $16\text{W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ ，其保温性能应满足《太阳能热水系统性能评定规范》（GB/T 20095）中的温降要求。

5.4.11 在开式非承压系统中，储热水箱应设置水位计、温度计、控制器及溢流管、放空管等；在闭式承压系统中，储热水罐应设置压力表、泄压装置、温度计、控制器、自动排气阀及放空管等。

5.4.12 太阳能热水系统应设置温度控制措施以防系统过热，且应保证用户端出水温度不大于 60°C 。

5.4.13 居住建筑的分散式太阳能和空气源热泵热水系统的储水箱（罐）容积应经计算确定，应并符合下列规定：

1. 一居室公寓或住宅容积不得小于 100L；普通居住建筑当每户建筑面积小于等于 200 m^2 时，容积不得小于 150L；当每户建筑面积大于 200 m^2 时，容积不得小于 200L；

2. 低层联排住宅容积不得小于 200L；低层双拼或独栋住宅当每户建筑面积小于等于 300 m^2 时，容积不得小于 200L；当每户建筑面积大于 300 m^2 时，容积不得小于 300L；

3. 储水罐不得设在生活阳台上，应设在设备平台或露台等处；

4. 空气源热泵热水系统当没有配置辅助能源加热设备时，其储水罐容积按 1、2 款条件选用时，宜相应地扩大。

5.4.14 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统当采用集热系统非承压、换热系统承压的形式时，应设非承压的缓冲水箱，缓冲

水箱的容积可按集热循环泵 2min 流量并预留膨胀及停泵时回水容积计算确定。

5.5 辅助能源

5.5.1 太阳能热水系统的辅助能源，可采用工业余热、废热、空气源热泵、水源热泵、城市热网、燃气、燃油、电或其他热源作为辅助能源。分散式太阳能热水系统宜采用燃气或电作为辅助能源，当上述两种热源同时具备时，应优先利用燃气作为辅助能源。

5.5.2 太阳能热水系统辅助能源的加热能力应按不计太阳能集热器供热能力的常规热水系统计算，具体选型应根据现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 中有关条款执行。

5.5.3 辅助能源可直接加热，也可通过水加热设施间接加热。对于居住建筑分散式太阳能热水系统储热水箱（罐）的电辅助加热输入功率应符合下列要求：

1. 分户水箱（罐）容积小于 150L 时，输入功率不得小于 1.5kW；
2. 分户水箱（罐）容积大于等于 150L 小于 300L 时，输入功率不得小于 2kW；
3. 分户水箱（罐）容积大于等于 300L 时，输入功率不得小于 2.5kW。

5.5.4 当太阳能热水系统辅助能源加热设备采用太阳能出水与热水专用型带进水温度自动控制点火升温功能的燃气热水器串联连接时，热水专用型辅热燃气热水器应符合下列要求：

1. 燃气热水器的过水部件应耐高温，长期耐高温能力应不小于 60℃，短时耐冲击高温能力应不小于 80℃，燃气热水器应具备恒温出水功能，且能显示出水温度值；

2. 燃气热水器的产水量应满足各种功能建筑的用水量要求；燃气热水器的进水管道上应设过滤器，且应设在便于安装、维护的部位。

5.5.5 当采用燃油、燃气作为辅助加热手段时，应按相关的专业规范采取防火、防油、防空气污染的技术措施。

5.5.6 当空气源热泵热水系统设计需要设辅助能源加热设备时，辅助能源加热设备的加热能力应按平均日用水量在冬季最冷月平均冷水温度下的耗热量扣除相应时段已选热泵的加热能力。

5.5.7 原水硬度较高或集热器具有较高防冻要求的太阳能热水系统，宜采用水加热设施间接加热生活热水的系统。

5.5.8 以氟利昂为工质（制冷剂）的空气源热泵热水系统，当热水供水温度要求不小于 60℃时，必须配置辅助能源加热设备。

5.6 集热(供热)循环泵

5.6.1 分离式集热的太阳能热水系统，在自然循环不能保证集热效果时应设置循环泵。

5.6.2 太阳能热水系统集热循环泵的流量应根据太阳能集热器的面积大小和集热器的性能确定，并按下式计算：

$$q_x = B \cdot A \quad (5.6.2)$$

式中： q_x ——集热循环泵流量 (L/S)；

B ——单位采光面积太阳能集热器对应的工质流量 [L/m²·S]，应由生产厂家提供产品实测数据，若无资料，真空管型集热器可取 $B=0.015\sim 0.02$ (L/m²·S)，平板型集热器可取 $B=0.02$ (L/m²·S)。

A ——集热器总面积 (m²，直接加热系统为 A_c ，间接加热系统为 A_{in})。

5.6.3 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统的供热循环水泵流量可根据小时换热量折算后，按热量体积公式进行换算：

$$Q_h = \frac{W_h}{C_w(t_i - t_{end})} \quad (5.6.4)$$

式中： Q_h ——传热工质质量流量 (kg/h)；

W_h ——小时换热量，以夏季平均日的辐照量换算得到的换热量乘以 1.5 的系数 (kJ/h)；

C_w ——换热介质的定压比热容 [kJ/(kg·°C)]；

t_i ——换热供路介质温度 (°C)；

t_{end} ——换热回路介质温度 (°C)。

5.6.4 太阳能集热（供热）循环泵的扬程应根据克服集热（供热）系统最大水头损失计算确定。包括供回水管路、集热器、水泵及阀门等附件的水头损失。

5.6.5 太阳能热水系统集热循环泵的启停，应由太阳能集热器上部出水口的水温与储热水箱（罐）下部水温温差进行控制。控制启停的温差应根据系统和组件的特性确定。

5.6.6 集中集热、分散储热半集中式太阳能热水系统供热（热媒）循环泵的启停，宜由缓冲水箱下部水温与热媒水回水管末端的温度差进行控制。控制启停的温差值应根据系统和组件的特性确定。

5.6.7 一次加热（直热）式空气源热泵热水系统的供水量应由系统根据水温自动控制，且冷水系统设计应保证热泵系统的水量要求。空气源热泵热水机组循环泵流量应根据热泵的供热量和循环温差，按下式计算：

$$q_{rx} = k \frac{Q_g}{C\rho_r\Delta t} \quad (5.6.7)$$

式中： q_{rx} ——空气源热泵热水机组循环泵流量（L/h）；

k ——安全系数，取 1.10~1.20；

Q_g ——热泵机组设计小时供热量（kJ/h）；

ρ_r ——水的密度，可取 1kg/L；

Δt ——热泵机组的进出口温差（℃），5~7℃，一般取 5℃。

5.6.8 水泵机组严禁布置在居住用房的上层、下层或毗邻的房间内。水泵应采用低噪音机组并采取防噪音措施。

5.6.9 集（供）热循环泵的吸水管上应设阀门，出水管上应设阀门、止回阀及压力表。

5.6.10 太阳能和空气源热泵热水系统的循环泵应设备用泵。太阳能和热泵组合的热水系统，两者的循环回路和循环泵应分开设置。

5.7 管路设计

5.7.1 太阳能和空气源热泵热水系统使用的管材和管件，应符合现行有关产品的国家标准和行业标准的要求。管道的工作压力和工作温度不得大于产品标准标定允许工作压力和工作温度。

5.7.2 热水管道应选用耐腐蚀、耐高温和安装连接方便可靠的管材并符合下列要求：

1. 太阳能集热系统的管路、配件应耐高温，开式系统的耐温不应小于 100°C ，闭式系统的耐温不应小于 200°C 。间接加热系统的热媒水管道应采用热镀锌钢管内衬不锈钢管、不锈钢管、铜管等金属管材，禁止采用不锈钢波纹管、铜管软管等薄壁金属管道；生活热水供水立管、主干管应采用上述金属管材；支管宜采用上述相同金属管材。当采用热镀锌钢管内衬不锈钢管材时，管道接口处施工时必须满足防腐要求，必要时采取技术措施以防接口处管道腐蚀。

2. 太阳能直接加热系统的集热管道和热水供水立管或主干管道应采用热镀锌管内衬不锈钢管、不锈钢管、铜管等金属管道，入户的热水支管宜采用上述相同金属管材，或 PPR、PEX 等塑料热水管材，不得采用热镀锌钢管内衬塑、涂塑复合管材。当采用 PPR、PEX 等塑料热水管材时，热水管道内的水温应控制不大于 65°C 。当采用热镀锌钢管内衬不锈钢管材时，管道接口处施工时必须满足防腐要求，必要时采取技术措施以防接口处管道腐蚀。

3. 分户整体式直接加热太阳能热水系统，热水管道可采用热镀

镀锌管内衬不锈钢钢管、不锈钢管、铜管等金属管道，不宜采用 PPR、PEX 等塑料热水管道，不得采用热镀锌钢管内衬塑、涂塑复合管材。当系统采用恒温混水阀时，混水阀后的管道可采用 PPR、PEX 等塑料类管材，但混水阀的设定温度应小于 65℃。当采用热镀锌钢管内衬不锈钢管材时，管道接口处施工时必须满足防腐蚀要求，必要时采取技术措施以防接口处管道腐蚀。

4. 空气源热泵热水系统管材可采用热镀锌钢管内衬不锈钢管、薄壁不锈钢管、薄壁铜管等金属管材，或 PPR、PEX 等塑料热水管材，不得采用热镀锌钢管内衬塑、涂塑复合管材。

5.7.3 太阳能和空气源热泵热水系统的管路设计时应可靠的防冻、防超温、超压措施。

5.7.4 在工质循环的闭式太阳能热水系统中，应设置压力式膨胀罐。对于分户集热、分户储热、间接换热太阳能热水系统，热媒水系统除设置压力式膨胀罐外，宜设泄压阀，但泄压阀动作压力应取工质循环闭式系统的最大允许工作压力。

5.7.5 太阳能和空气源热泵热水系统的冷水进水管上应有可靠的防止回流措施。

5.8 运行控制设计

5.8.1 太阳能和空气源热泵热水系统的集热和加热系统、辅助加热系统和热水供回水系统应采用全自动控制操作方式。太阳能热水系统自

动控制方式可参见《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统工程建设管理技术细则》附录 B；空气源热泵热水系统自动控制方式可参见本细则附录 D。

5.8.2 辅助加热设备应根据储热水箱（罐）的温度及热水供水温度之间设定的温差，按用户需要实行分时、定温或变温自动控制。

5.8.3 太阳能和空气源热泵热水系统的控制器应具备如下智能化管理功能：

1. 显示太阳能集热、加热或热泵加热系统中热泵和循环泵的工作状况，控制热泵和集热、加热循环泵的启闭；

2. 显示储热水箱（罐）的热水温度；

3. 在非承压式系统中显示储热水箱的水位；

4. 对辅助加热设备按设定程序进行启、停控制；

5. 在集中热水供应系统中记录瞬间热水用水量、温度压力及其变化曲线（用水量、温度及供水压力变化曲线图）；

6. 太阳能集热、加热系统防冻、防过热等启闭；

7. 热水回水系统循环泵、温控阀等的启闭；

8. 当公共建筑和居住建筑设有能耗监测系统平台时，以上信息应反馈至能耗监测平台。

5.8.4 太阳能和空气源热泵热水系统宜采用远程管理系统。当太阳能集热系统出现可能引起严重后果的故障时，应智能诊断并控制系统运行，同时反馈信息。

5.9 电气及智能化设计

5.9.1 太阳能与空气源热泵热水系统的电气设计应满足系统的用电负荷和运行安全要求，维护方便。

5.9.2 热水系统供电应采用专用供电回路；供电及控制线路应穿管或沿槽盒敷设（室外管线应穿金属管或沿金属线槽敷设，并采取防腐措施），隐蔽美观。

5.9.3 热水系统供电回路应设短路、接地、过载、间接接触防护等保护，内置电加热回路的剩余电流保护动作值不应大于 30mA。热水系统的所有不带电金属物应设等电位联结。

5.9.4 热水系统的设备应处于防雷接闪器的保护范围内，并按《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）的要求采取各种防雷措施。

5.9.5 除分散式系统外，热水系统供电回路应设有计量装置，并应满足能耗监测的要求；如有收费计量要求时，计量仪表精度应同时满足相关要求。

5.9.6 室外设置的控制箱应有防水措施，其 IP 防护等级不宜低于 IP54；控制箱内应设置相应等级的电涌保护装置。

5.9.7 设置建筑设备监控系统（BAS）的建筑，太阳能与空气源热泵热水系统宜纳入其监控范围。

6 建筑与结构设计

6.1 建筑设计

6.1.1 应用太阳能与空气源热泵热水系统的建筑规划与设计，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位置、气候条件，满足太阳能与空气源热泵热水系统设计和安装的技术要求。

6.1.2 太阳能与空气源热泵热水系统应与建筑主体一体化设计，并贯穿从方案到施工图设计的全过程。

6.1.3 建筑设计应考虑周边建筑或景观绿化等环境因素对太阳能集热器的影响，避免造成遮挡，并应满足集热器累计日照时间在冬至日不少于 4 小时的要求。

6.1.4 建筑设计应合理确定太阳能与空气源热泵热水系统在建筑中的位置。布置在建筑屋面、墙面、阳台（平台、露台）或其他位置的热水系统的各组成部分，应与建筑整体有机结合，保持建筑统一和谐的外观，并满足建筑使用和外围护功能等要求。

6.1.5 布置在建筑外部的太阳能集热器和空气源热泵主机及其他系统部件应与周围环境相协调，不应对环境产生视觉污染或降低人体舒适度，不应降低相邻建筑的日照要求，并应避免不同系统之间的相互干扰或影响。

6.1.6 设置在建筑任何部位的太阳能与空气源热泵热水系统的部件应与建筑有可靠的连接，保证各类部件的安全，且应满足所在部位的结构安全和建筑的防水、排水及防雷等功能。

6.1.7 建筑设计应满足太阳能与空气源热泵热水系统安装和维修的操作要求并符合以下规定：

1. 住宅建筑应为每户配置搁放太阳能或空气源热泵热水系统的储热水箱（罐）和热泵主机的设备平台，每个设备平台面积不应大于 2 m^2 ，且应设在卫生间或厨房间外侧；

2. 非住宅类居住建筑当设有分散式太阳能或空气源热泵热水系统时，应为每户配置搁放太阳能或空气源热泵热水系统的储热水箱（罐）和热泵主机的设备平台；

3. 设备平台应设置设备安装及日常维护、检修的通道，避免公共管道和非本户管道维修入户。

6.1.8 安装太阳能集热器和空气源热泵机组的建筑部位，应设置防止太阳能集热器和空气源热泵机组损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

6.1.9 太阳能集热器组件不应跨越建筑的变形缝设置。

6.1.10 太阳能与空气源热泵热水系统的管线不得穿越其他用户的室内空间。管线应合理布置并相对集中、整齐。竖向的集中管线应设

置在管道井内，管道井应预留检修门或检修口。

6.1.11 当太阳能集热器和空气源热泵热水机组设置在平屋面上时，应符合下列要求：

1. 应利用女儿墙等建筑构件对设在平屋面上的太阳能热水系统和空气源热泵热水机组进行遮蔽；当整体式太阳能热水器设置在平屋面上时，平屋面女儿墙的高度应符合上人屋面的要求；当太阳能集热器设置在屋面构架或飘板上时，构架和飘板下的净空高度应满足系统维修和使用功能要求。

2. 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防水密封处理；太阳能集热器和空气源热泵热水系统的主机安装应与结构的承重部件相连，不应直接搁置在建筑屋面上；既有建筑改建热水系统的上述部件经核算后方可布置在屋面上，并应有可靠的安装连接措施。

3. 在屋面防水层上安装太阳能集热器时，防水层应包到支座上表面，并在基座下部加铺附加防水层；太阳能集热器和空气源热泵热水系统主机的循环管线穿过屋面时，应预埋相应的防水套管，不得在已完成的防水保温屋面上凿孔。

4. 太阳能集热器和空气源热泵热水系统主机周围的检修通道以及从屋面出入口到集热器之间的人行通道应铺设刚性保护层；当屋面或设备层布置热泵主机、太阳能集热器、水泵等设备时，其检修通道不应采用不便于检修的垂直爬梯和检修孔。

6.1.12 当太阳能集热器和空气源热泵热水机组设置在坡屋面上时，应符合下列要求：

1. 屋面坡度宜为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ；当采用春分或秋分所在月的日平均辐照量作为计算依据时，宜使集热器安装倾角略大于 30° ，以提高冬季的集热效果；

2. 应合理布置集热循环管线，当循环管线需穿越屋面时，应预埋防水套管，防水套管宜顺坡穿过屋面，并应在屋面防水层施工前埋设完毕；

3. 集热器宜采用顺坡镶嵌或顺坡架空设置，集热器顺坡镶嵌在屋面上的，不得降低屋面整体的保温、隔热、防水等性能；顺坡架空在屋面上的集热器与屋面间的空隙不宜大于 100mm；

4. 集热器支架应与埋设在屋面板上的预埋件固定牢固，并应采取防水构造措施；

5. 集热器与屋面结合处雨水排放应通畅，顺坡镶嵌集热器与周围屋面连接部位应做好防水构造处理。

6.1.13 在阳台设置太阳能集热器应符合下列规定：

1. 设置在阳台栏板上的集热器应有适当的倾角；

2. 当集热器构成阳台栏板时，应满足阳台栏板的刚度、强度及防护功能要求。

6.2 结构设计

6.2.1 抗震设计时，太阳能热水系统结构设计应计算重力荷载、风荷载和地震作用效应；结构荷载计算应包括太阳能和空气源热泵热水系统所有设备及其配件运行时的全部荷重。

6.2.2 建筑的主体结构或结构构件应能承受太阳能和空气源热泵热水系统传递的荷载和作用。

6.2.3 太阳能和空气源热泵热水系统的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。

6.2.4 安装在屋面、阳台、墙面的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，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，并通过试验确定承载力。

6.2.5 轻质填充墙不得作为储热水箱（罐）、太阳能集热器、热泵主机、水泵等设备的支承结构。

7 系统安装与验收

7.1 一般规定

7.1.1 太阳能和空气源热泵热水系统的施工应纳入机电安装工程管理范围，建设单位、施工单位、监理单位和相关行政管理部门应按照技术标准、规范及经过审查合格后的专项设计施工图对项目施工进行管理，用于施工的图纸必须加盖审图机构的审查合格专用章。

7.1.2 太阳能和空气源热泵热水系统的施工单位应具有机电工程施工总承包叁级及以上资质或建筑机电安装工程专业承包叁级及以上资质。施工人员需经过专业培训并考核合格，且应具备相应的技术资格。

7.1.3 太阳能和空气源热泵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与安全措施等内容。

7.1.4 既有建筑安装太阳能和空气源热泵热水系统时，应先经过建筑、结构复核并符合规范要求或经过法定检测机构检测并报有关部门同意。

7.1.5 施工所使用的主要材料及设备必须具有中文质量合格证明文件。相关规格、型号及性能检测报告应符合国家技术标准。

7.1.6 所有材料、设备进场时应对品种、规格、外观等进行验收，并应经监理单位或建设单位核查确认。

7.1.7 住宅建筑应在主体建筑验收前完成太阳能或空气源热泵热水

系统安装，不得延迟至二次精装修阶段安装。

7.2 基座与支架

- 7.2.1 太阳能和空气源热泵热水系统基座应与建筑主体结构连接牢固。
- 7.2.2 预埋件与基座之间的空隙，应采用细石混凝土填捣密实。
- 7.2.3 在屋面结构层上现场施工的基座完工后，应做防水处理，并应符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB50207 的要求。
- 7.2.4 采用预制的集热器支架与空气源热泵机组基座应摆放平稳、整齐，并应与建筑连接牢固，且不得破坏屋面防水层。
- 7.2.5 钢基座及混凝土基座顶面的预埋件，在太阳能和空气源热泵热水系统安装后应与支架一起涂防腐涂料，并妥善保护。
- 7.2.6 太阳能和空气源热泵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现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的要求。
- 7.2.7 支架角度、间距、位置应符合设计要求，与承重基座连接应牢固可靠，其抗风能力应达到设计要求。
- 7.2.8 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。
- 7.2.9 钢结构支架焊接完毕，应做防腐处理，防腐施工应满足现行国家及地方标准要求。

7.3 储热水箱（罐）安装

7.3.1 储热水箱（罐）摆放位置应正确，确保底座受力均衡分布到基础上。储热水箱（罐）应与水箱底座牢靠固定，并设有防风、防侧滑措施，以确保安全。家用储热水箱无底脚时，不得贴地放置；挂式安装时，安装位置的墙和挂件必须有足够的强度。

7.3.2 现场制作的储热水箱采用双面焊接，焊接成形后，各面应平整，无扭曲变形。钢板焊接的储热水箱，内外壁应作防腐处理。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。

7.3.3 储热水箱（罐）的内、外箱应作接地处理，接地应符合现行国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169的要求。

7.3.4 贮水箱应进行检漏试验，试验方法应符合设计要求和本细则第7.9节的规定。

7.3.5 贮热水箱保温应在检漏试验合格后进行，水箱保温应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB 50185的要求。

7.4 太阳能集热器安装

7.4.1 集热器安装倾角、方位角和间距应符合设计要求，安装倾角误差为 $\pm 3^\circ$ 。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。

7.4.2 集热器间的连接方式应符合设计规定要求，且密封可靠，无泄漏，无扭曲变形。

7.4.3 集热器连接完毕，应进行检漏试验，检漏试验应符合设计要求与本细则第 7.9 节的规定。

7.4.4 平板型集热器的流道集管应留有不小于 1%的坡度，并在最低处且便于放水的地方安装具有排空功能的装置，以便放水防冻或检修。

7.5 空气源热泵机组安装

7.5.1 热泵机组摆放位置应满足设计要求，且应放置在通风良好的场所，不应安装在有油烟污染、灰尘大或对周边环境有安静要求的地方。热泵机组应与设备基础牢靠固定。

7.5.2 热泵机组安装应有以下减振防振措施：

1. 热泵机组底部应安装减振装置，减振垫（器）与设备基础应紧密接触，不得有空隙以保证减振效果。

2. 热泵主机的进、出口必须采用减振接头，进、出热泵机组的第一个管道支（吊）架宜采用减振支（吊）架，以防止主机振动通过管道传递至建筑物室内。

7.5.3 水循环系统的热泵主机进水口应安装 Y 型过滤器，机组附近应有排水设施。

7.5.4 热泵主机进水管应采取保温措施，以防止热量损失和冷凝

水的形成。

7.6 管路安装

7.6.1 太阳能和空气源热泵热水系统的管路安装应符合现行国家标准《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的相关要求。管路及配件的材料应与设计要求一致，热水管路控制膨胀应符合设计及规范要求。

7.6.2 水泵的主要参数应符合设计要求，水泵的安装位置应正确，并应符合现行国家标准《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275 的要求。水泵周围应留有检修空间，并应做好接地保护。

7.6.3 水泵基础不得采用钢支架基础，应采用钢筋混凝土或混凝土基础。安装在室外的水泵，应采取合理的防雨保护、防冻措施，且应符合安装场所的环境条件。

7.6.4 电磁阀、电动阀应水平安装，阀前应加装细网过滤器，阀前后及旁通管应设置截止阀。

7.6.5 水泵、电磁阀、电动阀及其他阀门的安装方向应正确，并应便于更换。过压及过热保护的阀门泄压口安装方向应正确，保证安全并设置符合要求的硬管引流，工质为防冻液的系统应设置防冻液收集措施。

7.6.6 承压管路和设备应做水压试验；非承压管路和设备应做灌水试验。试验方法应符合设计要求和本细则第 7.9 节的规定。

7.6.7 管路保温应在水压试验合格后进行，保温应符合现行国家标

准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的要求。

7.6.8 室外安装的以水为工质的管路，包括管道、阀门等设施应采取保温措施。

7.6.9 管道与热泵主机、水泵、水箱等连接接头必须采用活接，便于日后检修维护。

7.6.10 对于需要抗震设防的太阳能和空气源热泵热水系统的设备与基座连接及管道支架、托架、吊架的设置应符合《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的相关要求。

7.6.11 每列或每排集热器总进、出管口均应装设阀门，以便调节和检修。

7.7 辅助能源加热设备安装

7.7.1 辅助能源加热设备应采用国家质检合格且经相关安全认证的成套产品，严禁现场拼装制作杜绝安全隐患。

7.7.2 辅助能源加热设备应由取得相关安装资质的专业公司的人员负责安装，安装时应符合产品说明书和相关技术标准要求，确保安全。

7.7.2 辅助能源加热设备智控系统安装应符合系统设计的要求，并与太阳能或空气源热泵热水主控制系统相协调，配件选材要与辅助能源加热设备寿命周期一致。

7.8 运行控制系统安装

7.8.1 控制部件应符合下列要求：

- 1 安装前应检查各控制部件符合设计要求，产品无缺陷；
- 2 温度传感器应安装在能准确反映所测水温或用水水温处，传感器四周应进行良好的保温并做好标识，且便于更换和维修；
- 3 水位传感器安装应能准确反映所测水位，且便于更换和维修；
- 4 传感器的接线牢固可靠，接触良好；接线盒与套管之间的传感器屏蔽线应做好二次防护处理，两端应做防水处理。

7.8.2 电缆线路施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定。

7.8.3 其他电气设施的安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定。各类盘、柜应按说明书中要求放置在合适的环境，其安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的规定。设备间应具备防潮和防高温蒸汽的相应措施。

7.8.4 电气设备和与电气设备相连接的金属部件应做等电位联结。电气接地装置的施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定。

7.9 试压、检漏、冲洗

7.9.1 太阳能和空气源热泵热水系统安装完毕后，在设备及管路保温之前，各种承压管路及设备应进行水压测试，测试压力应符合设计要求。当设计无注明时，应符合《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》（GB50242）的相关要求。

7.9.2 太阳能和空气源热泵热水系统安装完毕后，在设备及管路保温之前，非承压管路系统和设备应做灌水试验。集热器、管道在充满水后 2 小时内应无渗水、漏水现象。储热水箱（罐）应作满水试验，满水静置 24 小时内，应无渗水、漏水现象。

7.9.3 系统水压（灌水）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。

7.9.4 当环境温度低于 0℃，进行水压试验时，应采取可靠的防冻措施。

7.10 系统调试、试运行

7.10.1 系统安装完毕交付使用前，必须进行系统调试，使各项功能符合设计及产品标准要求。系统调试包括设备单机或部件调试和系统联动调试。

7.10.2 系统联动调试应在设备单机或部件调试和试运转合格后进行。

7.10.3 设备单机或部件调试应包括空气源热泵、太阳能集热器、水泵、水箱（罐）、各类阀门、显示仪表、控制部件以及辅助能源加热设备等，并应符合下列要求：

1. 设计负荷下，空气源热泵、太阳能集热器、水泵能连续正常工作，各项指标在正常范围内；

2. 各类水泵、阀门的安装位置、方向正确，开启正常、动作灵活、密封严密；电磁阀、电动阀手动通断电试验时，应开启正常，动作灵活；

3. 温度、温差、水位、压力、流量等仪表显示正常；各控制部件动作正确；

4. 电压、水压、设备散热、通风符合设计要求；

5. 电气装置接线正确，接地良好；

6. 辅助能源加热设备能达到设计要求，工作正常。有辅助电加热的系统，漏电保护开关正常；

7. 管路防冻功能和太阳能集热系统出现可能引起严重后果的故障时智能诊断并控制系统运行功能测试，达到设计要求。

7.10.4 系统联动调试是在设计负荷下，通过调整各阀门，对集（供）热系统、辅助能源加热系统以及热水供应系统的实际运行情况进行调试，使得各系统相匹配，各设备正常运行。系统联动调试后的运行参数应符合下列要求：

1. 设计工况下太阳能集热系统的流量与设计值的偏差不应大于10%；

2. 设计工况下热水的流量、温度应符合设计要求；

3. 设计工况下系统的工作压力应符合设计要求。

7.10.5 系统调试正常后，应对系统进行不少于 3 天的连续试运行，太阳能热水系统至少有一天为晴天。观察各设备是否运行正常、各系统的联动协调是否正常，并记录系统的产热量、热水温度等主要指标。

7.11 验收

7.11.1 太阳能和空气源热泵热水系统的验收应作为机电设备安装工程的专项部分，纳入当地工程质量技术监督部门竣工备案的内容。

7.11.2 应建立太阳能和空气源热泵热水系统的竣工验收责任制，组织竣工验收的建设单位（项目）负责人、承担竣工验收的施工、设计、监理单位及政府质量监督单位（项目）负责人，对系统完成竣工验收交付用户使用后的正常运行负有相应的责任。

7.11.3 项目验收组应仔细核查太阳能和空气源热泵热水系统工程施工单位的资质，并符合本细则的要求。工程项目不得分包给无施工资质的单位或个人施工。对于施工资质不符合要求的项目不得通过验收，不得交付使用。

7.11.4 太阳能和空气源热泵热水系统验收按现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的相关条款执行。

7.11.5 工程安装完毕后，施工单位应对系统进行全面的自检验收。

7.11.6 自检验收合格后,应由建设单位、设计单位、质量检测单位、施工单位及政府质量监督等单位组成验收组对工程进行联合验收。

7.11.7 工程竣工验收合格后,施工单位应将验收资料整理成册。验收资料至少应包括以下内容:

1. 竣工验收报告;
2. 施工日志;
3. 主要材料材质单和主要配件合格证或检验资料;
4. 工程监理或建设单位分项工程质量检验评定记录;
5. 系统运行维护说明书;
6. 系统竣工图纸;
7. 系统调试及试运行各部分功能运行记录;
8. 系统产热水效果记录;
9. 其他需要提交的资料。

7.11.8 太阳能和空气源热泵热水系统未经验收或验收不合格,不得交付使用。

7.11.9 太阳能和空气源热泵热水系统验收完成后,宜对系统的热源部分进行能效测评并符合下列要求:

1. 太阳能集热系统效率和太阳能热水系统的太阳能保证率应满足设计要求,当设计无明确规定时,太阳能集热系统效率 $\eta_{cd} \geq 42\%$,太阳能热水系统的太阳能保证率 $f \geq 40\%$;

2. 空气源热泵机组的制热量、能效比 (COP) 应满足设计要求。

7.11.10 竣工验收时,太阳能和空气源热泵热水系统的供热水温度、

压力应满足设计要求；当设计无明确规定时，供热水温度不应小于 45℃，且不应大于 60℃；压力应满足最不利用水点的最小流出水头要求。

宁波市工程建设地方细则
信息公开浏览专用

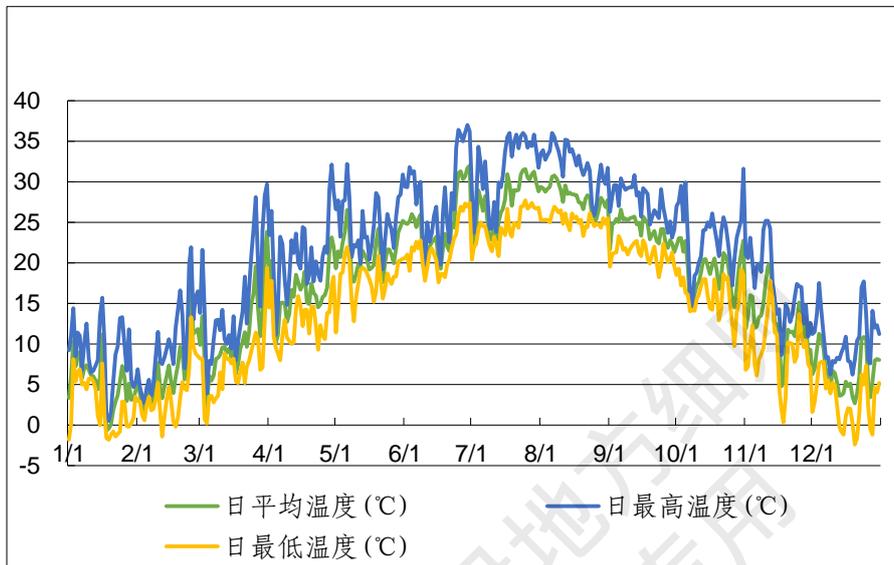
附录 A 宁波市与太阳能热水系统相关的气象数据表

春分	太阳高度角(°)	10: 00	46.27
		12: 00	59.95
		14: 00	50.96
	理论日照时数(h)		12.00
	3月月均日辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		12.20
夏至	太阳高度角(°)	10: 00	60.89
		12: 00	83.36
		14: 00	64.12
	理论日照时数(h)		13.92
	6月月均日辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		16.70
秋分	太阳高度角(°)	10: 00	48.87
		12: 00	60.14
		14: 00	48.51
	理论日照时数(h)		12.00
	9月月均日辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		13.50
冬至	太阳高度角(°)	10: 00	28.85
		12: 00	36.67
		14: 00	29.90
	理论日照时数(h)		10.08
	12月月均日辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		9.00
“春季”	3~5月日均辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		14.27
“夏季”	6~8月日均辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		16.70
“秋季”	9~11月日均辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		10.93
“冬季”	12~2月日均辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		8.48
全年平均	1~12月日均辐照量(MJ/m ² ·d) (水平面上)		12.595
纬度	29.86	经度	121.56

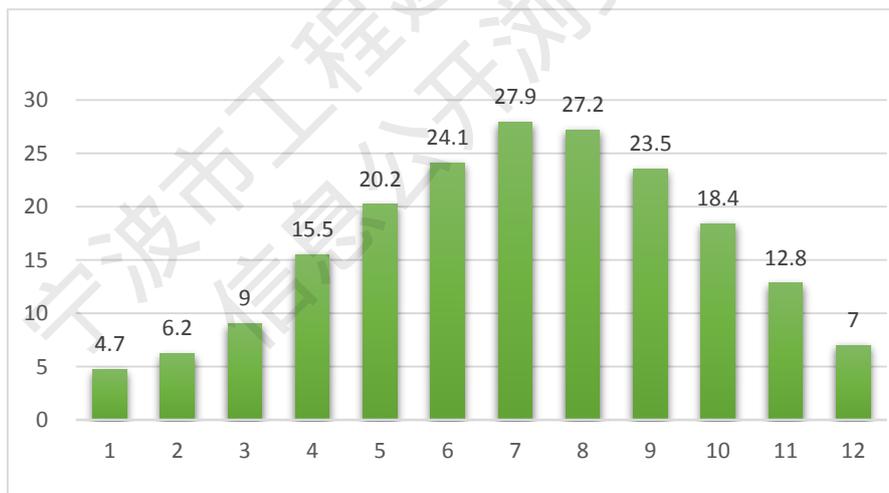
注:表中经纬度为该区域所在气象站的经纬度。

附录 B 宁波市典型气象年（30 年）干球温度数据

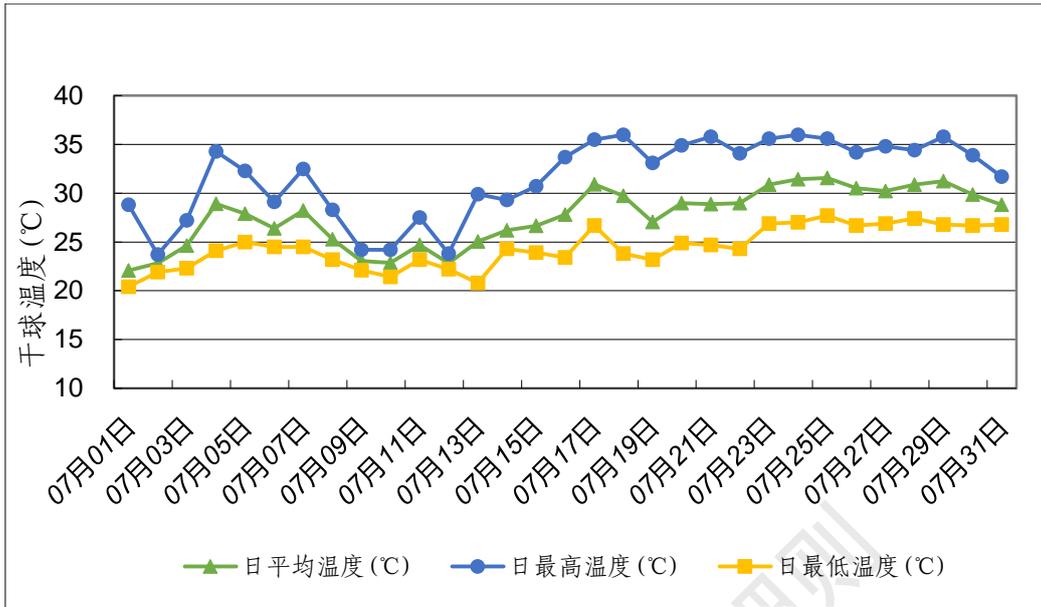
采用宁波市典型气象年(以近 30 年的月平均值为依据，从近 10 年的资料中选取一年各月接近 30 年的平均值作为典型气象年)。



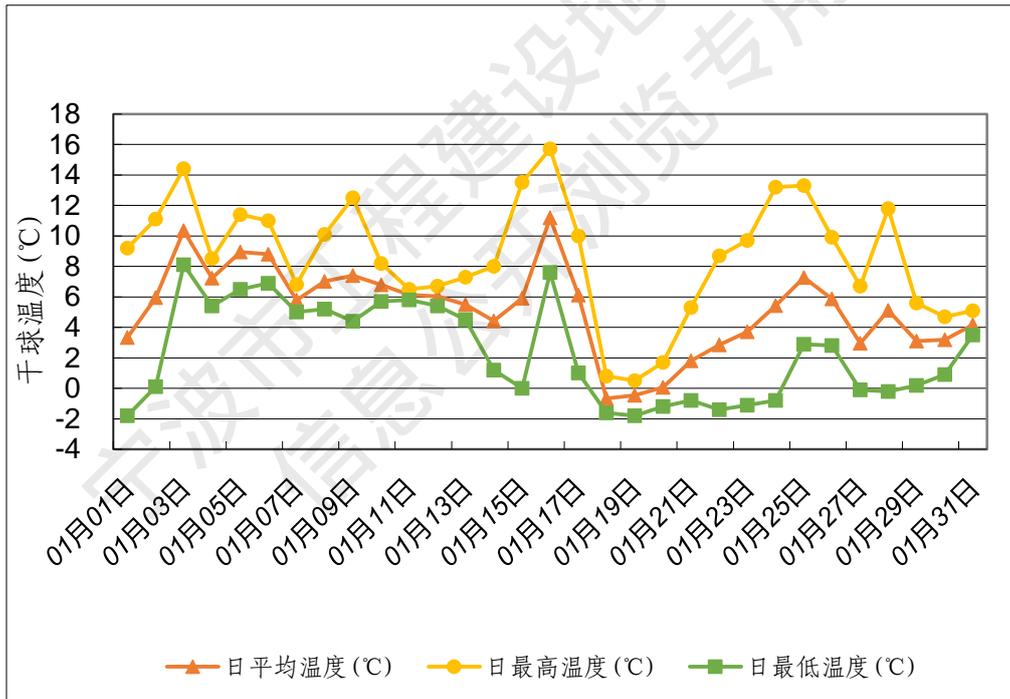
图一 宁波市日干球逐时温度统计



图二 宁波市各月平均干球温度



图三 宁波市最热月干球温度



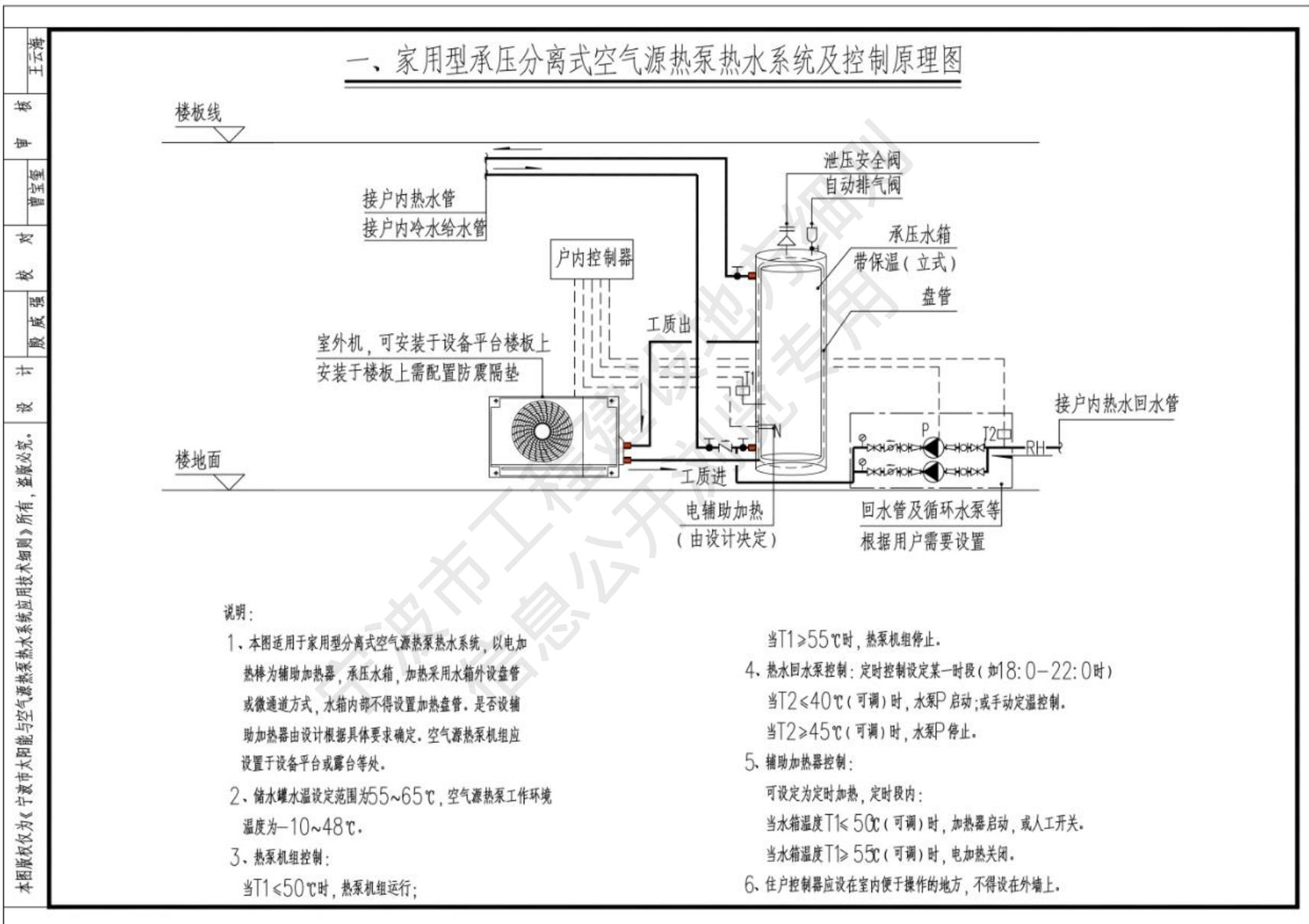
图四 宁波市最冷月干球温度

附录 C 宁波市不同月份冷水温度表

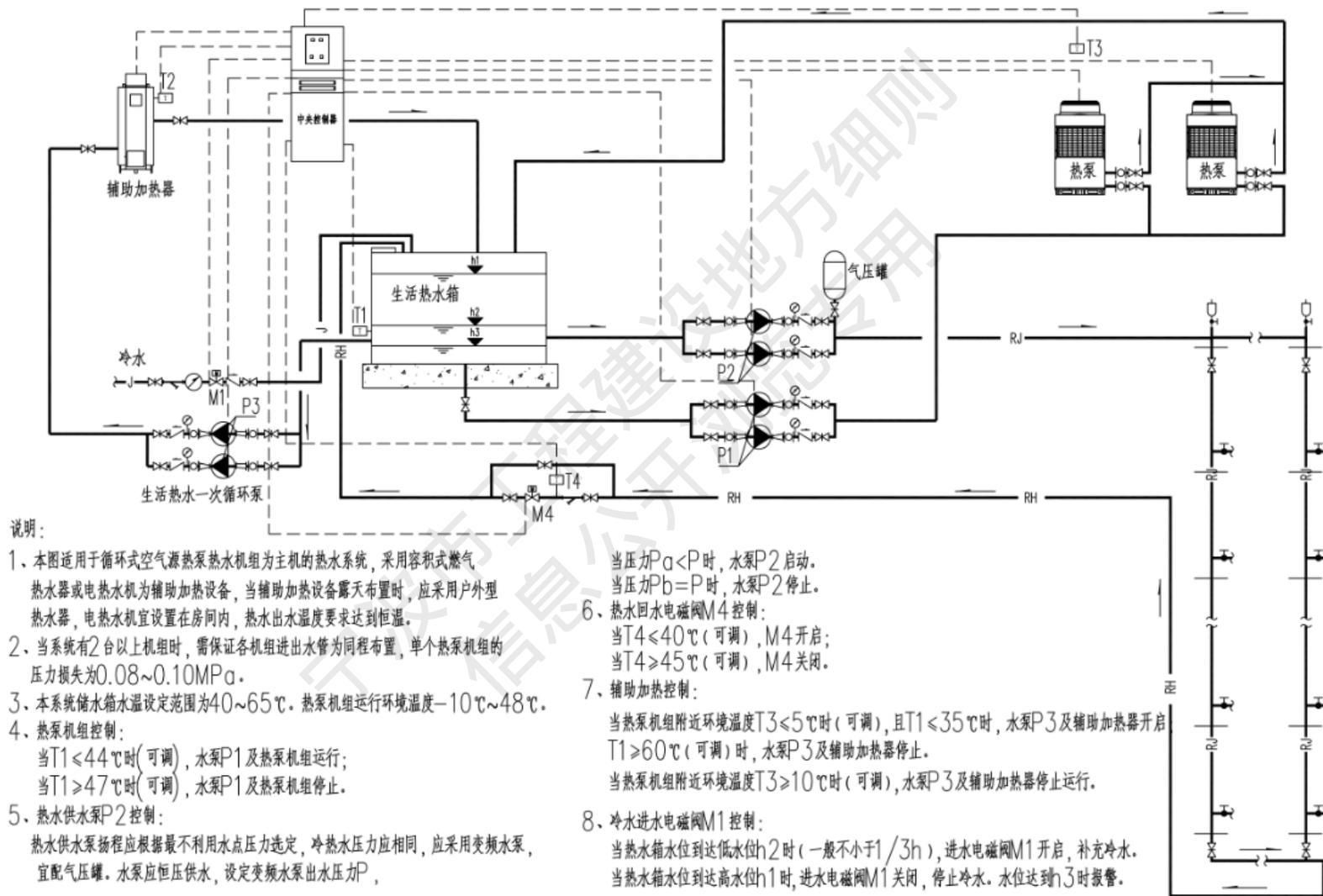
月份	平均值 (°C)	最高值 (°C)	最低值 (°C)
1月	8.96	11.08	6.53
2月	8.25	10.69	6.39
3月	9.40	12.83	6.94
4月	11.58	15.22	9.44
5月	14.06	17.81	11.14
6月	16.78	20.03	12.83
7月	20.06	23.19	17.03
8月	22.26	24.67	19.14
9月	21.79	24.25	19.36
10月	20.17	22.81	17.53
11月	17.48	20.14	13.81
12月	13.12	16.03	9.58

说明：数据根据 2011-2013 年横山水库、白溪水库和皎口水库三个水源在水厂进口处的水温实测所得。

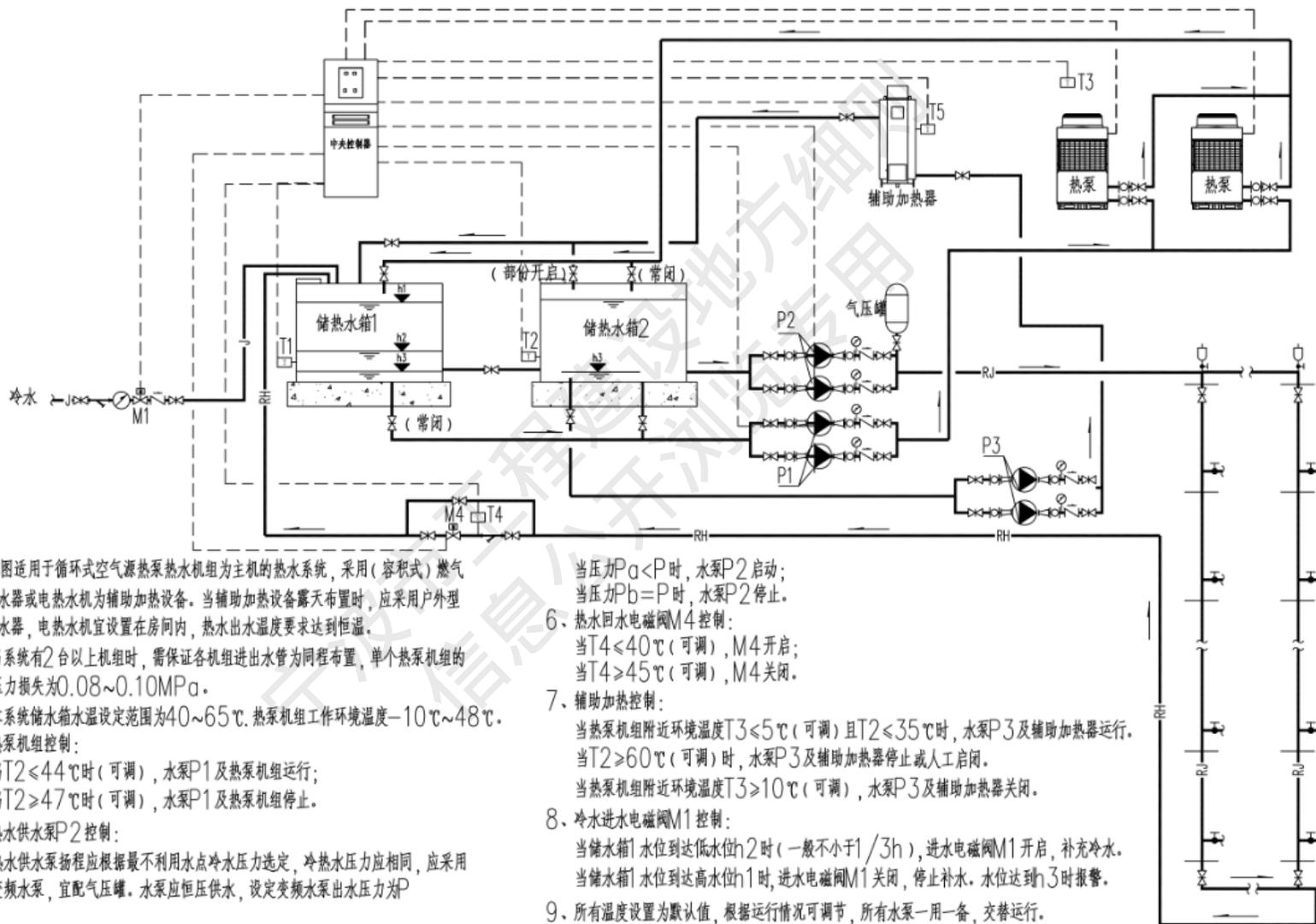
附录 D 常用空气源热泵热水系统及控制原理图



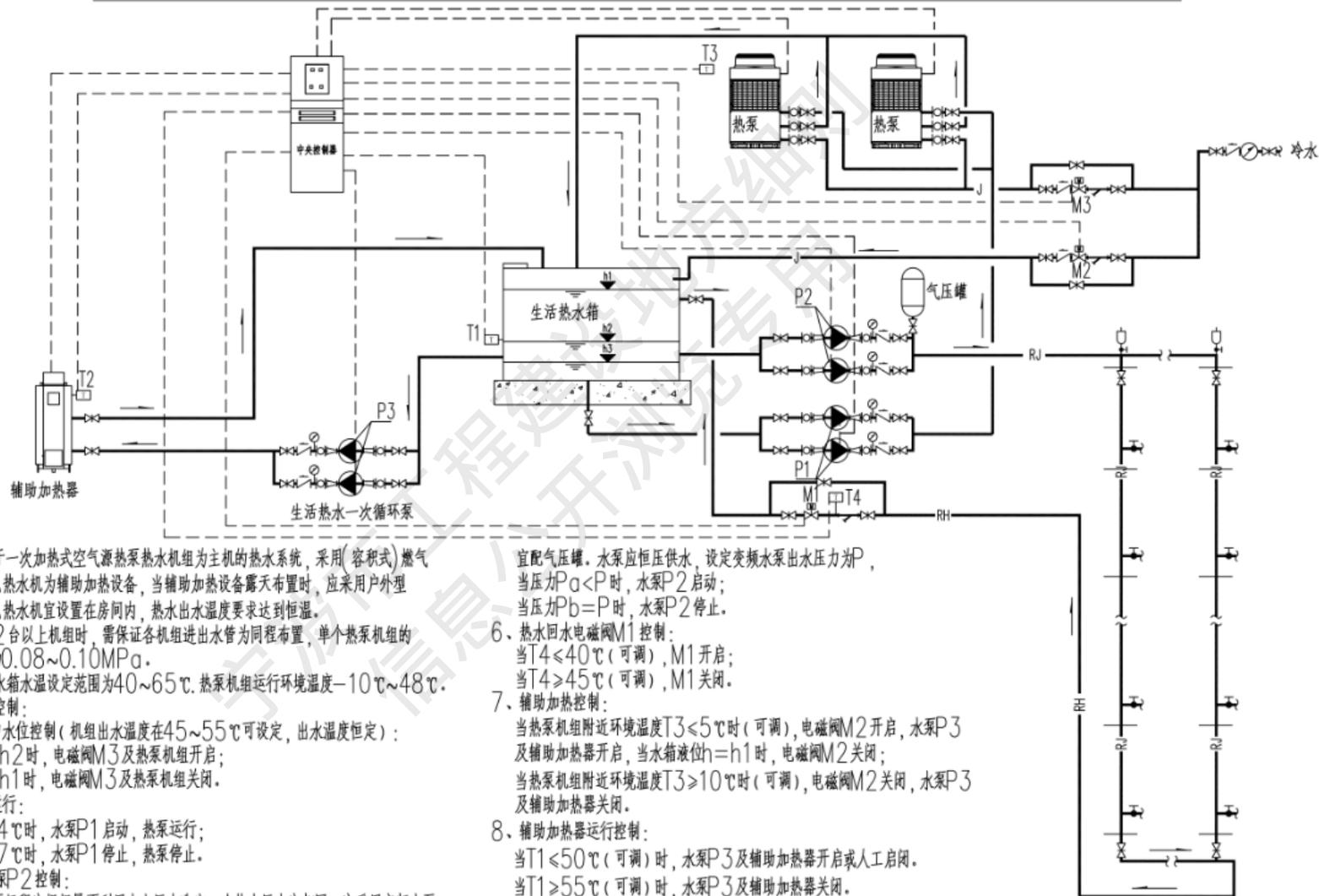
二、循环式空气源热泵热水系统及控制原理图（开式单水箱）



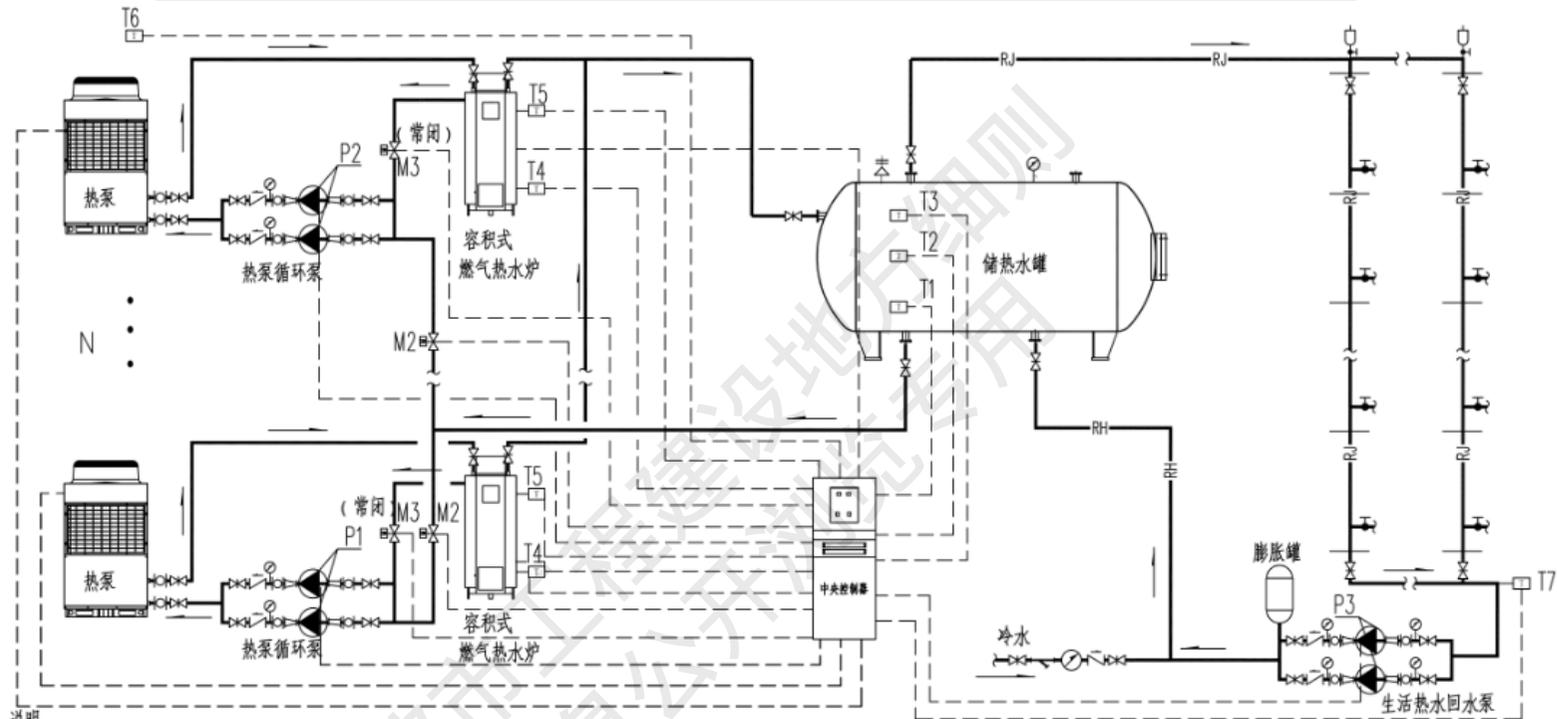
三、循环式空气源热泵热水系统及控制原理图（开式双水箱）



四、一次加热（带循环加热功能）空气源热泵热水系统及控制原理图（开式单水箱）



五、一次加热（带循环加热功能）热泵热水系统及控制原理图（承压单储水罐）

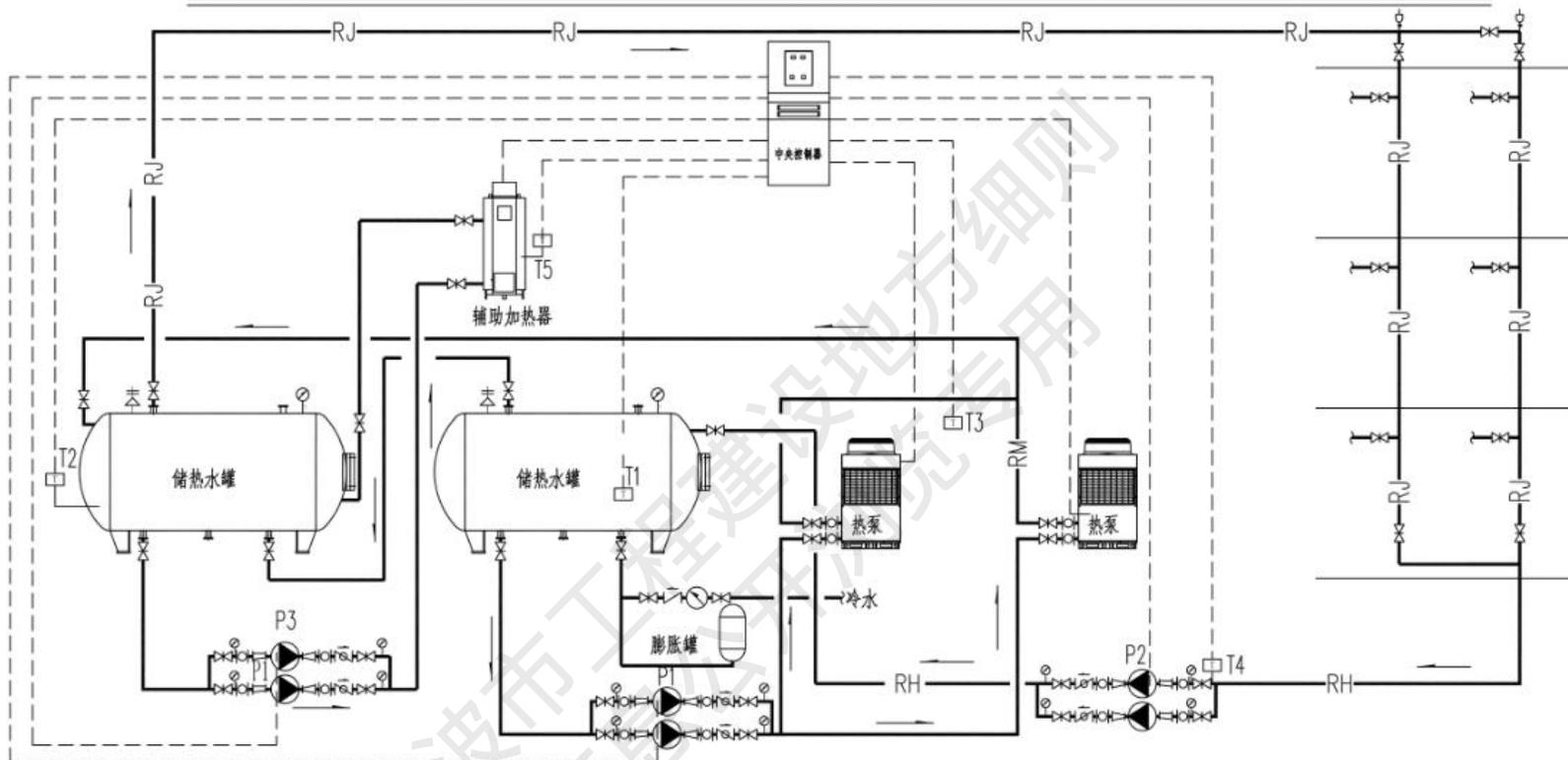


说明：

- 1、本图适用于带循环加热功能的一次加热式热泵热水机组为主机的热水系统，采用（容积式）燃气热水器或电热水器为辅助加热设备。当辅助加热设备露天布置时，应采用户外型热水器，电热水器机宜设置在房间内，热水出水温度要求达到恒温。
- 2、当系统中有2台以上机组时，需保证各机组的进出水管为同程布置，燃气热水炉的台数需与热泵主机的台数匹配（可以最多3台热泵配一台燃气炉）。
- 3、单台热泵机组需配置2台水泵，单台水泵的流量要符合热泵机组要求，单台机组内部额定阻力为0.09~0.1MPa；日用水量 $\leq 30\text{m}^3$ 的系统可以不用膨胀罐，采用泄压阀。
- 4、本系统储水罐水温设定范围为40~65℃，机组工作环境温度范围为-10~48℃。
- 5、热泵机组控制：
当 $T1 \leq 44^\circ\text{C}$ 时，电动球阀M2、水泵P1（P2）及热泵机组开启；
当 $T1 > 47^\circ\text{C}$ 时，电动球阀M2、水泵P1（P2）及热泵机组关闭。

- 6、热泵机组除霜控制：
当机组达到除霜条件时，电动球阀M3、水泵P1（P2）开启，热泵机组开启；
当机组除霜结束后，电动球阀M3、水泵P1（P2）关闭，热泵机组关闭。
- 7、热水回水泵控制：
当 $T7 \leq 40^\circ\text{C}$ （可调），水泵P3开启；
当 $T7 > 45^\circ\text{C}$ （可调），水泵P3关闭。
- 8、辅助加热器控制：
当热泵机组附近环境温度 $T6 \leq 5^\circ\text{C}$ （可调），且 $T1 < 35^\circ\text{C}$ 时，辅助加热器开启；
 $T1 > 60^\circ\text{C}$ （可调），辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度 $T6 > 10^\circ\text{C}$ （可调），辅助加热器停止运行或人工启闭。
- 9、当用水量较大时，宜采用二个或多个储水罐串接系统，保证用水的舒适性。

六、一次加热式(带循环加热功能)空气源热泵热水系统及控制原理图(承压双储水罐)



说明:

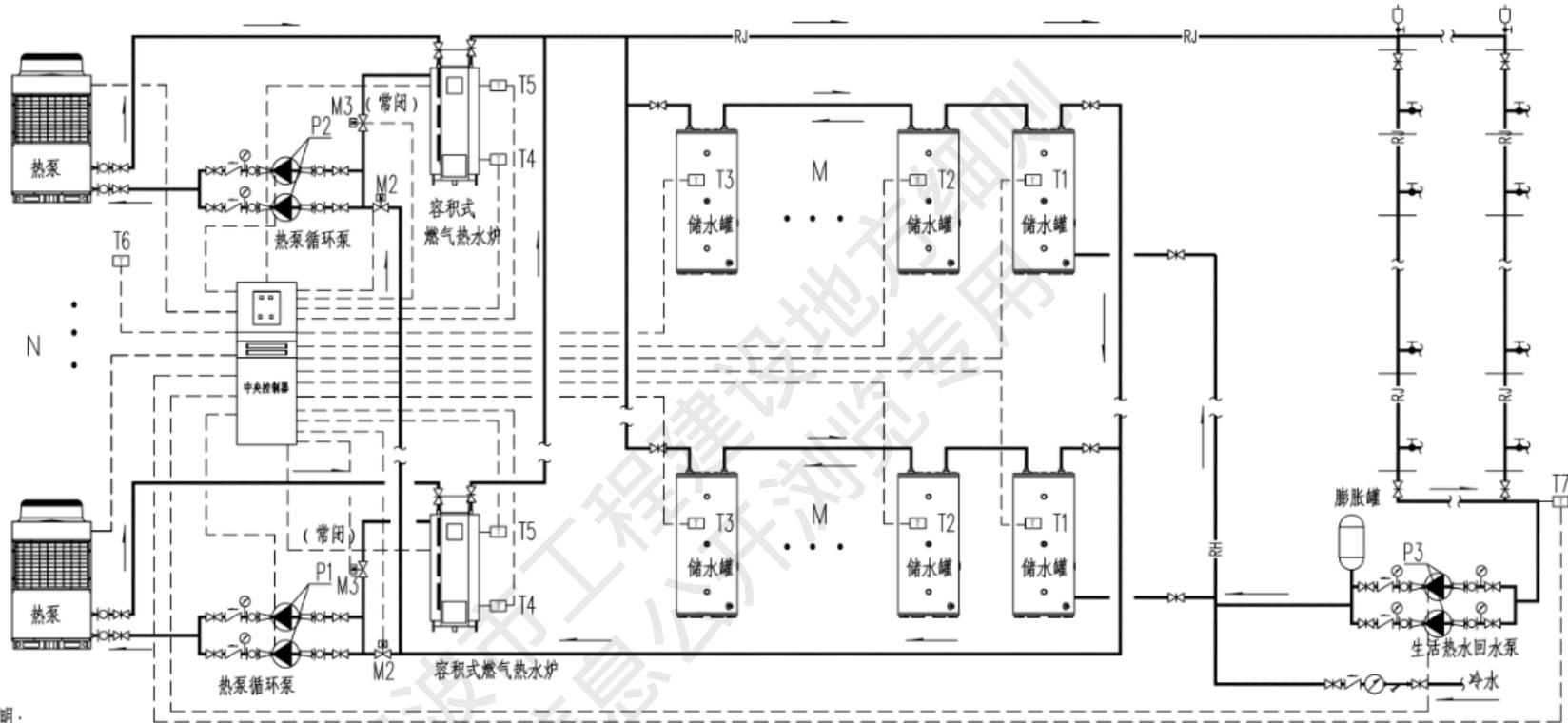
1. 本图适用于一次加热式(带循环加热功能)空气源热泵热水机组为主机的热水系统,采用(容积式)燃气热水器或电热水机为辅助加热设备,当辅助加热设备露天布置时,应采用户外型热水器。电热水机宜设置在房间内,热水出水温度要求达到恒温。
2. 当系统有2台以上机组时,需保证各机组的进出水管为同程安装。单台热泵机组的压力损失为0.08~0.10MPa,日用水量 $\leq 30\text{m}^3$ 系统可以不用安装膨胀罐,采用泄压阀。

3. 本系统储水罐水温设定范围为40~65℃;机组工作环境温度范围为-10~48℃。
4. 热泵机组控制:
当 $T1 \leq 44^\circ\text{C}$ 时,水泵P1及热泵机组运行;
当 $T1 \geq 47^\circ\text{C}$ 时,水泵P1及热泵机组停止。
5. 热水回水泵控制:
当 $T4 < 40^\circ\text{C}$ (可调)时,水泵P2启动;
当 $T4 > 45^\circ\text{C}$ (可调)时,水泵P2停止。

6. 辅助加热器控制:

- 当热泵机组附近环境温度 $T3 < 5^\circ\text{C}$ (可调)且 $T1 < 35^\circ\text{C}$ (可调)时,辅助加热器开启;
当 $T1 \geq 60^\circ\text{C}$ (可调),水泵P3及辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度 $T3 > 10^\circ\text{C}$ (可调),水泵P3及辅助加热器关闭,或人工启闭。
7. 所有温度设置为默认值,根据运行情况可调节,所有水泵一备一用,交替使用。

七、一次加热（带循环加热功能）热泵热水系统及控制原理图（承压式多个小水罐）



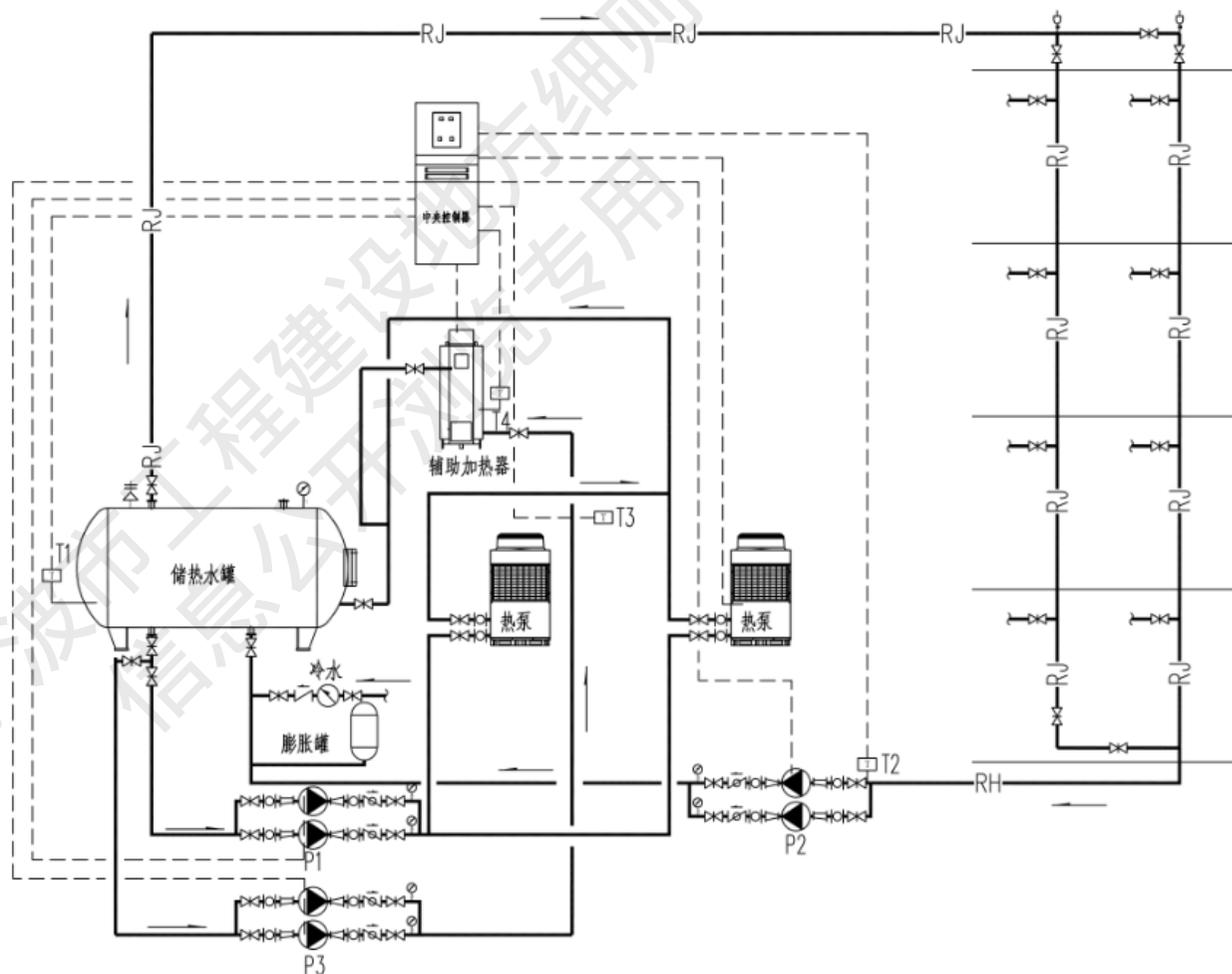
说明：

1. 本图适用于带循环加热功能的一次加热式热泵热水机组为主机的热水系统，采用（容积式）燃气热水器或电热水机为辅助加热设备。当辅助加热设备露天布置时，应采用户外型热水器，电热水机宜设置在房间内，热水出水温度要求达到恒温。
2. 当系统中有2台以上机组时，需保证各机组的进出水管为同程布置，燃气热水炉的台数需与热泵主机的台数匹配（可以最多3台热泵配一台燃气炉）。
3. 单排储水罐台数M最多为6台，超过6台需分路并联，每路并联的水罐数量需相同。
4. 单台热泵机组需配置2台水泵，单台水泵的流量要符合热泵机组要求，单台机组内部额定阻力为0.09~0.1MPa。
5. 安装时均需将T1~T5各自的5个温度传感器分别均匀安装于系统进口储热水箱、中间储热水箱、出口储热水箱中和辅助加热器的下部和上部。日用水量 $<30\text{m}^3$ 的系统可以不用膨胀罐，采用泄压阀。
6. 本系统水箱水温设定范围为40~65℃，机组工作环境温度范围为-10~48℃。
7. 热泵机组控制：
当 $T1 \leq 44^\circ\text{C}$ 时，电动球阀M2、水泵P1（P2）及热泵机组开启；
当 $T1 \geq 47^\circ\text{C}$ 时，电动球阀M2、水泵P1（P2）及热泵机组关闭。
8. 热泵机组除霜控制：
当机组达到除霜条件时，电动球阀M3、水泵P1（P2）开启，热泵机组开启；
当机组达到除霜结束后，电动球阀M3、水泵P1（P2）关闭，热泵机组关闭。
9. 热水回水泵控制：
当 $T7 \leq 40^\circ\text{C}$ （可调），水泵P3开启；
当 $T7 \geq 45^\circ\text{C}$ （可调），水泵P3关闭。
10. 辅助加热器控制：
当热泵机组附近环境温度 $T6 \leq 5^\circ\text{C}$ 时（可调），且 $T1 \leq 35^\circ\text{C}$ （可调）时，辅助加热器开启；
 $T1 \geq 60^\circ\text{C}$ （可调），辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度 $T6 \geq 10^\circ\text{C}$ 时（可调），辅助加热器停止运行。或人工启闭。

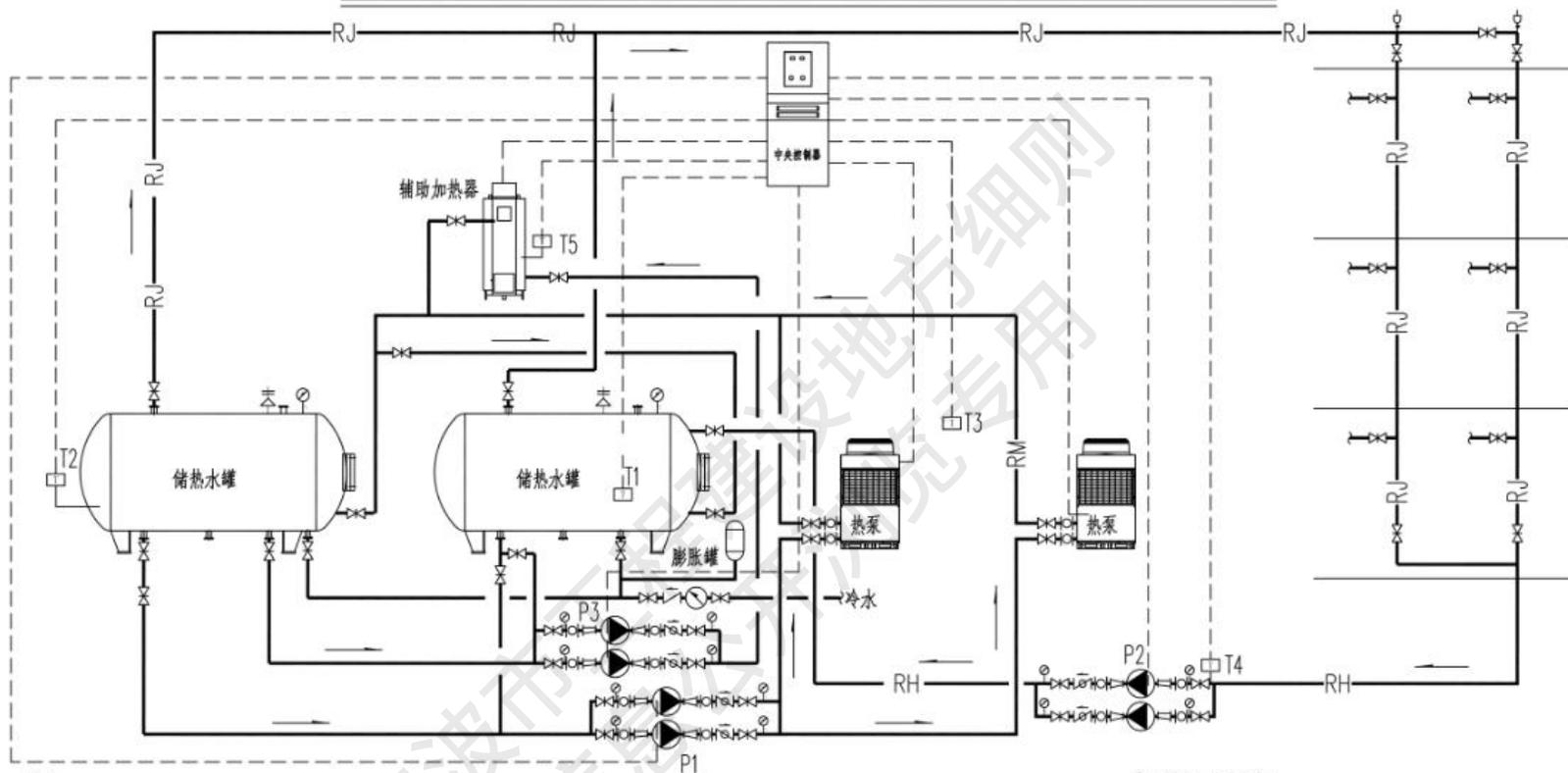
说明：

1. 本图适用于循环式空气源热泵机组为主机的热水系统，采用（容积式）燃气热水器或电热水器为辅助加热设备，当辅助加热设备露天布置时，应采用户外型热水器。电热水器机宜设置在房间内，热水出水温度要求达到恒温。
2. 当系统有2台以上机组时，需保证各机组的进水管为同程布置。单台热泵机组的压力损失为 $0.08 \sim 0.10\text{MPa}$
3. 日用水量 $< 30\text{m}^3$ 系统可以不用安装膨胀罐，采用泄压阀。
4. 本系统储水罐水温设定范围为 $40 \sim 65^\circ\text{C}$ ；机组工作环境温度范围为 $-10 \sim 48^\circ\text{C}$ 。
5. 热泵机组控制：
当 $T1 \leq 4^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵P1及热泵机组运行；
当 $T1 \geq 7^\circ\text{C}$ （可调），水泵P1及热泵机组停止。
6. 热水回水控制：
当 $T2 \leq 40^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵P2启动；
当 $T2 \geq 45^\circ\text{C}$ （可调），水泵P2停止。
7. 辅助加热器控制：
当热泵机组附近环境温度 $T3 \leq 5^\circ\text{C}$ （可调），且 $T1 \leq 35^\circ\text{C}$ 时，水泵P3及辅助加热器开启； $T1 \geq 60^\circ\text{C}$ （可调），水泵P3及辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度 $T3 \geq 10^\circ\text{C}$ （可调），辅助加热器关闭，或人工启闭。
8. 所有温度设定为默认值，根据运行情况可调节，所有水泵一用一备，交替运行。

八、循环式空气源热泵热水系统及控制原理图（承压单储水罐）



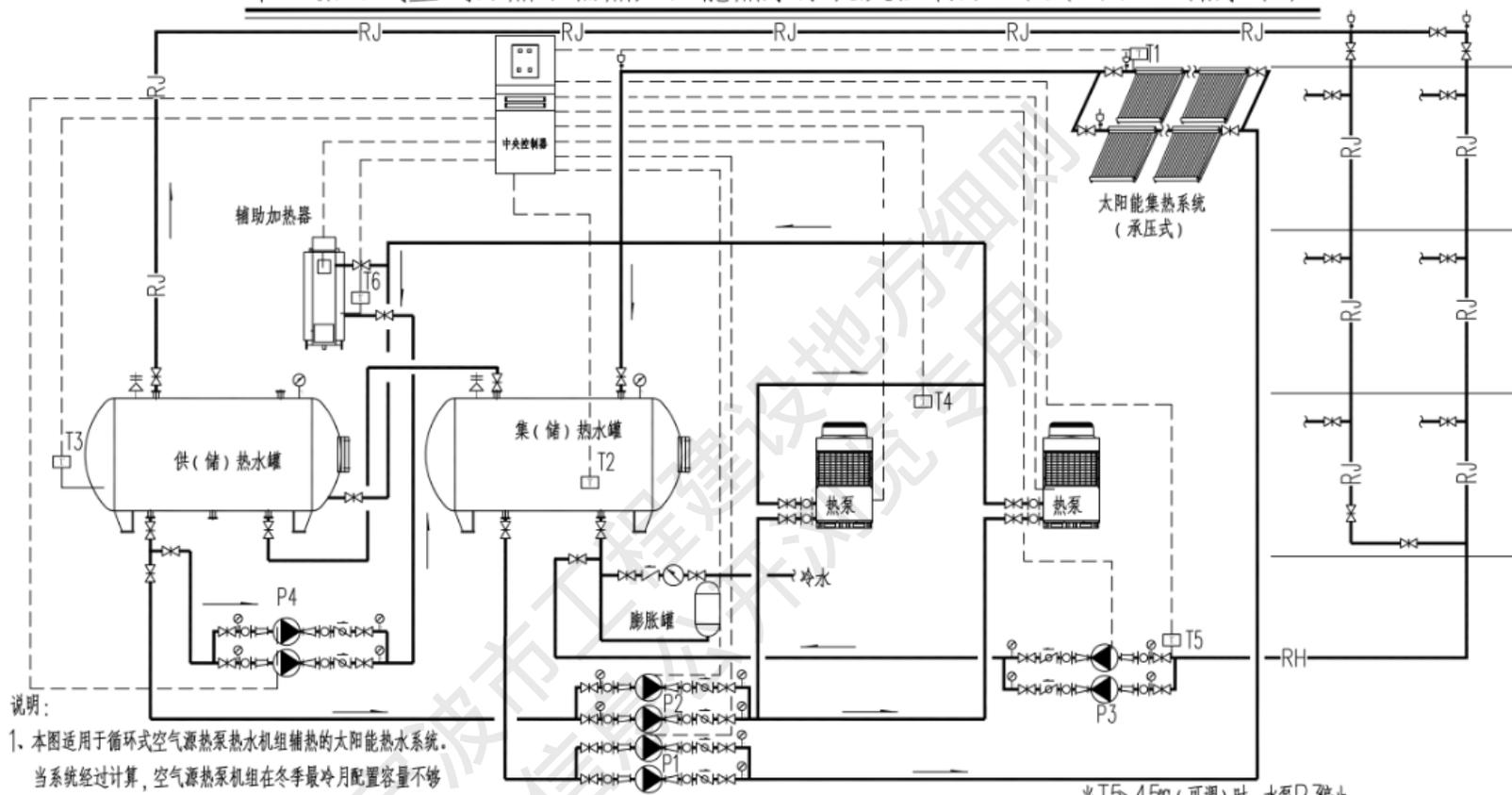
九、循环式空气源热泵热水系统及控制原理图（承压双储水罐）



说明：

1. 本图适用于循环式空气源热泵热水机组为主机的热水系统，采用（容积式）燃气热水器或电热水机为辅助加热设备，当辅助加热设备露天布置时，应采用户外型热水器。电热水机宜设置在房间内，热水出水温度要求达到恒温。
2. 当系统有2台以上机组时，需保证各机组的进水管为同程安装。单台热泵机组的压力损失为0.08~0.10MPa，日用水量<30m³系统可以不用安装膨胀罐，采用泄压阀。
3. 本系统储水罐水温设定范围为40~65℃；机组工作环境温度范围为-10~48℃。
4. 热泵机组控制：
当T2<44℃时，水泵P1及热泵机组运行；
当T2>47℃时，水泵P1及热泵机组停止。
5. 热水回水泵控制：
当T4<40℃（可调）时，水泵P2启动；
当T4>45℃（可调）时，水泵P2停止。
6. 辅助加热器控制：
当热泵机组附近环境温度T3<5℃（可调）且T2<35℃（可调）时，辅助加热器开启；
当T2>60℃（可调），水泵P3及辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度T3>10℃（可调），水泵P3及辅助加热器关闭，或人工启闭。
7. 所有温度设置为默认值，根据运行情况可调节，所有水泵一备一用，交替使用。

十、循环式空气源热泵辅热太阳能热水系统及控制原理图（承压双储水罐）



说明:

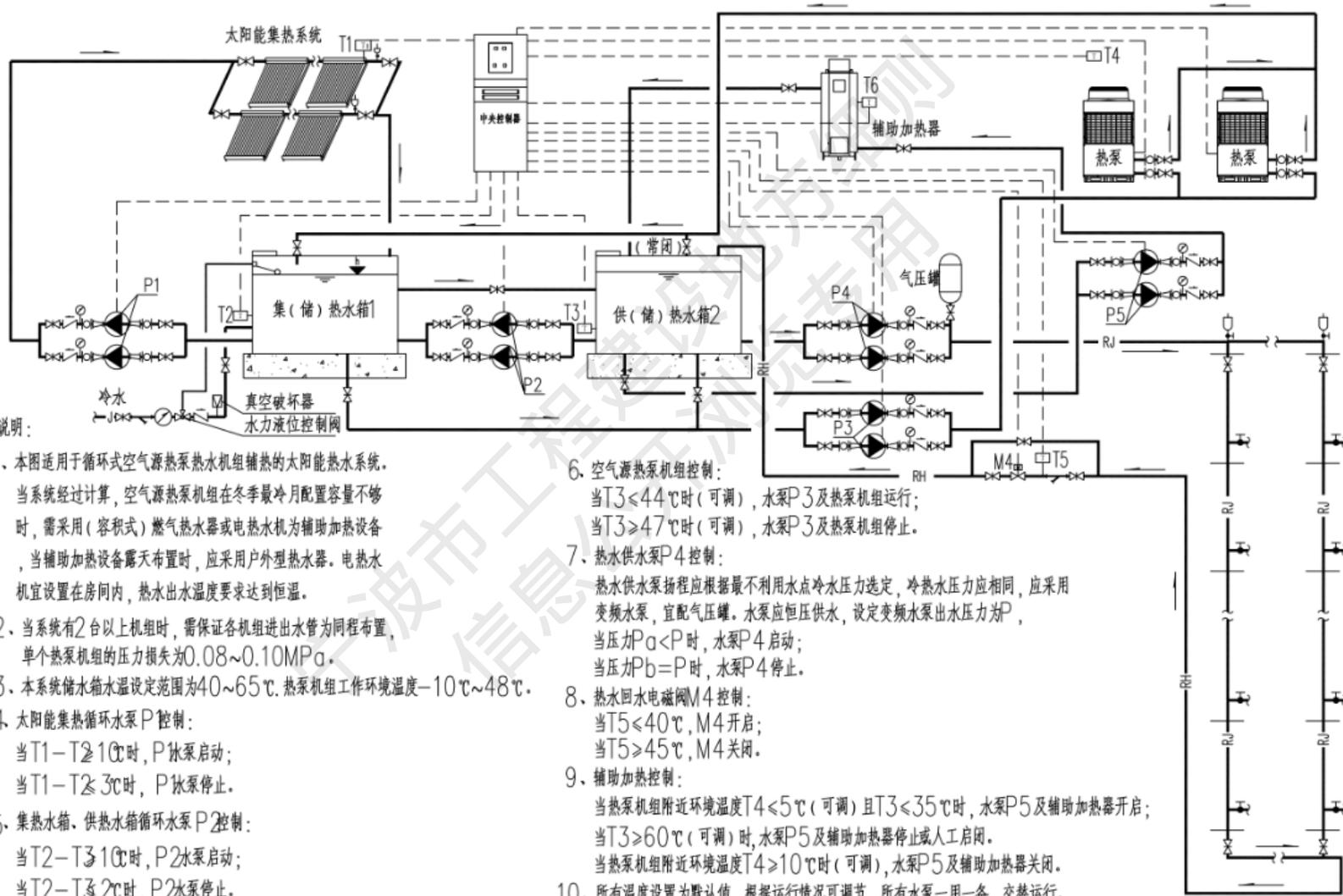
1. 本图适用于循环式空气源热泵热水机组辅热的太阳能热水系统。
当系统经过计算，空气源热泵机组在冬季最冷月配置容量不够时，需采用（容积式）燃气热水器或电热水机为辅助加热设备，当辅助加热设备露天布置时，应采用户外型热水器。电热水机宜设置在房间内，热水出水温度要求达到恒温。
2. 当系统有2台以上机组时，需保证各机组的进出水管为同程布置。
单台热泵机组的压力损失为 $0.08 \sim 0.10 \text{ MPa}$
日用水量 $\leq 30 \text{ m}^3$ 的系统可以不用安装膨胀罐，采用泄压阀。
3. 本系统储水罐水温设定范围为 $40 \sim 65^\circ\text{C}$ ；空气源热泵机组工作环境温度范围为 $-10 \sim 48^\circ\text{C}$ 。

4. 太阳能集热循环水泵 P 控制：
当 $T1 - T2 \geq 10^\circ\text{C}$ 时，P 水泵启动；
当 $T1 - T2 \leq 3^\circ\text{C}$ 时，P 水泵停止。
5. 空气源热泵机组控制：
当 $T3 < 4^\circ\text{C}$ 时，水泵 P2 及热泵机组运行；
当 $T3 > 4^\circ\text{C}$ 时，水泵 P2 及热泵机组停止。
6. 热水回水泵 P3 控制：
当 $T5 \leq 40^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵 P3 启动；

当 $T5 > 45^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵 P3 停止。

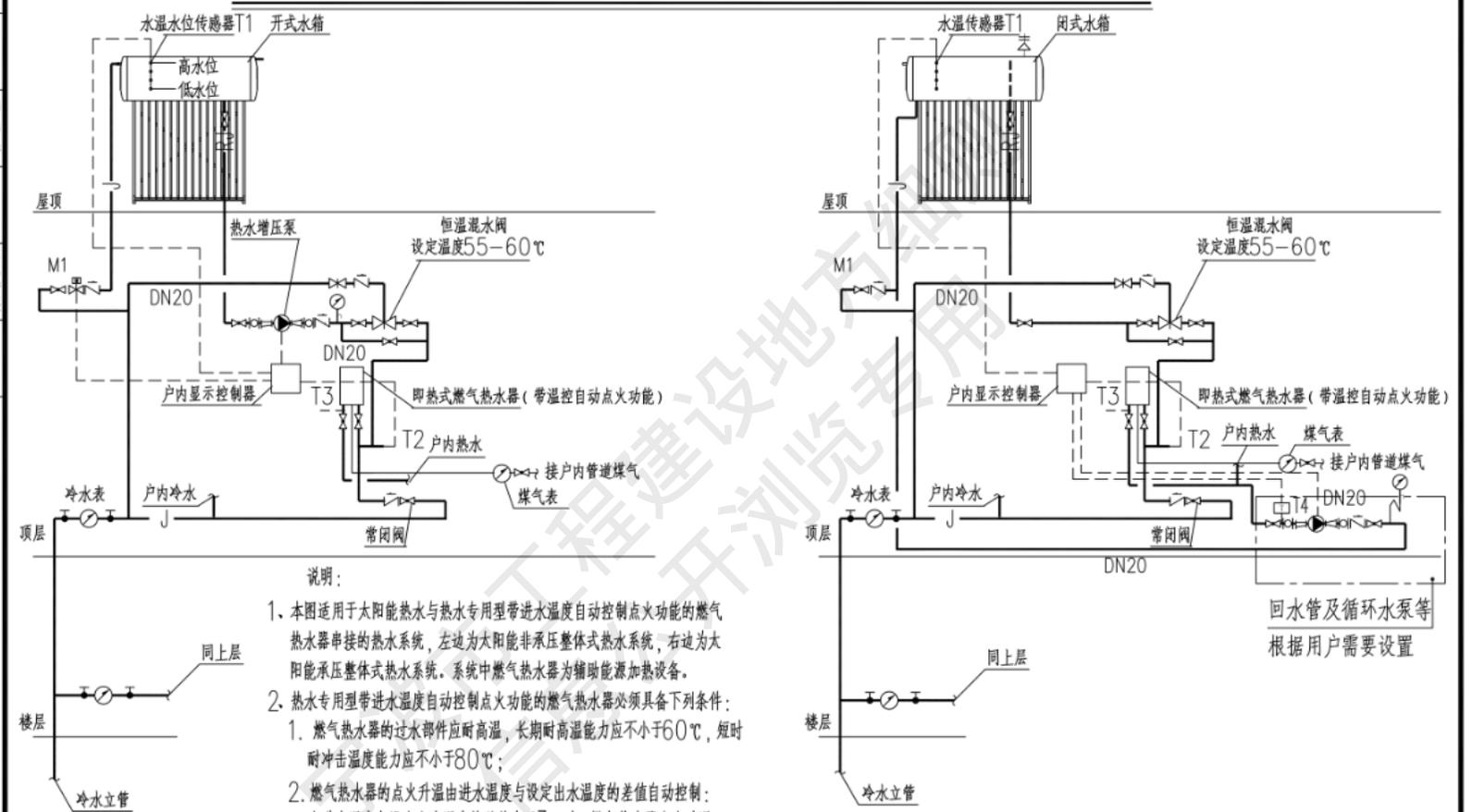
7. 辅助加热器控制：
当热泵机组附近环境温度 $T4 < 5^\circ\text{C}$ （可调），且 $T3 < 35^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵 P4 及辅助加热器开启；或人工启闭。
当 $T3 > 60^\circ\text{C}$ （可调）时，水泵 P4 及辅助加热器停止。
当热泵机组附近环境温度 $T4 \geq 10^\circ\text{C}$ （可调），水泵 P4 及辅助加热器关闭。
8. 所有温度设置为默认值，根据运行情况可调节，所有水泵一用一备，交替运行。

十一、循环式空气源热泵辅热太阳能热水系统及控制原理图（开式双水箱）



王云
核
审
曹宝奎
校
戴威强
设计
本图版权仅为《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统应用技术细则》所有，盗版必究。

(非承压式)太阳能热水与热水专用型燃气热水器串接系统及控制原理图(承压式)



- 说明:
1. 本图适用于太阳能热水与热水专用型带进水温度自动控制点火功能的燃气热水器串接的热水系统，左边为太阳能非承压整体式热水系统，右边为太阳能承压整体式热水系统。系统中燃气热水器为辅助能源加热设备。
 2. 热水专用型带进水温度自动控制点火功能的燃气热水器必须具备下列条件：
 1. 燃气热水器的过水部件应耐高温，长期耐高温能力应不小于60℃，短时耐冲击温度能力应不小于80℃；
 2. 燃气热水器的点火升温由进水温度与设定出水温度的差值自动控制：当进水温度与设定出水温度的差值大于3℃时，燃气热水器点火升温；当进水温度与设定出水温度的差值小于等于3℃时，燃气热水器不点火升温，水流只是流过燃气热水器；
 3. 燃气热水器必须具备恒温出水的功能，且能显示出水温度值。

3. 太阳能热水出水进燃气热水器之前必须设置恒温混水阀，进燃气热水器水温应控制不大于60℃。
4. 热水回水泵控制：定时控制设定某时段（如18:0-22:0时）T4<40℃时，水泵启动；或手动定温控制。 T4≥45℃时，水泵停止。

附录 E 空气源热泵热水系统安装自检表

表（一）设备安装质量自检报告

序号	检验项目	技术要求	检测结果	单项判定
1	设备进场检验	外包装	外包装无明显损坏； 包装封口符合	
2		内部设备配件	根据产品配件交付清单核对，应无缺少及	
3		设备外观	符合系统设计（能评）要求	
4	安装前场地查勘	设备布置位置是否满足安装及检修空间要求	满足安装要求，宜有检修空间	
5		水箱位置是否有排水措施	需要有排水设施	
6		设备安装部位承重是否满足要求，是否安全可靠	荷载满足结构许可荷载要求	
7		设备接电、接地条件是否满足	接电条件满足机组要求，接地可靠	
6	安装质量评价	主机、水泵等设备与建筑的连接	设置减隔震措施	
7		各设备与建筑连接	牢固可靠	
8		主机机组进出口管线连接方式	柔性连接、活接头	
9		水罐的接地要求	符合《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB50169 要求	
10		管线布置	应横平竖直	
11		保温设置	按设计要求	
12		压力试验	符合《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242 要求	
13		系统冲洗	试压后进行冲洗，排除的水不含泥沙、铁屑等杂质，且水色不浑浊。	

表（二） 系统（含控制系统）试运行状况自检报告

序号	检验项目	技术要求	检测结果	单项判定
1	单机设备运行情况	设计负荷下水泵、热泵等能连续正常工作		
2	阀门控制系统	阀门位置正确，开启灵活。能通过阀门实现设计功能要求		
3	仪表、显示设备	显示正常、读数准确		
4	控制仪表	控制仪表操作方便，指示反应准确		
5	电压、水压读数	读数正常，在设计范围要求内		
6	系统调试	在设计负荷下，各设备在各工况下运行正常。 1.产水量正常，温升正常； 2.主机、水泵等设备噪音值正常，符合相关环境噪音值要求。 3.管道系统无渗漏。		
7	系统使用说明书	需要提供系统使用说明书		
8				

附录 F 太阳能集热器面积补偿系数表 λ (忽略任何可能的遮挡因素)

方位角 倾角	0(南)		10		20		30		40		50		60		70		80		90	
	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季
90	78%	128%	73%	115%	68%	100%	64%	85%	62%	74%	59%	66%	58%	59%	56%	54%	55%	50%	54%	47%
80	86%	136%	80%	124%	75%	109%	68%	93%	67%	81%	64%	72%	62%	65%	60%	59%	58%	54%	56%	50%
70	93%	142%	87%	130%	81%	116%	76%	100%	72%	88%	69%	78%	66%	70%	64%	63%	62%	58%	60%	53%
60	98%	145%	93%	134%	87%	120%	82%	106%	77%	94%	74%	84%	71%	75%	68%	68%	65%	62%	63%	57%
50	103%	144%	97%	135%	91%	123%	87%	109%	82%	98%	79%	89%	75%	80%	72%	73%	70%	67%	68%	61%
40	105%	141%	100%	133%	95%	123%	91%	110%	87%	101%	83%	92%	80%	85%	77%	80%	75%	72%	73%	66%
30	106%	134%	102%	128%	98%	120%	95%	110%	91%	103%	88%	95%	85%	87%	82%	83%	80%	77%	78%	72%
20	105%	125%	102%	120%	99%	115%	97%	108%	95%	102%	92%	97%	89%	92%	87%	87%	86%	83%	84%	79%
10	103%	113%	101%	111%	99%	108%	98%	104%	96%	101%	95%	98%	95%	95%	93%	92%	92%	89%	91%	87%
0	100%																			

附录 G 壁挂式集热器面积补偿系数表 α' (倾角 $\alpha = 90, \theta = 0$) 考虑正前方楼层遮挡, 结合附录 F 使用)

建筑楼层	前方遮挡建筑层数为 6 层		前方遮挡建筑层数为 11 层		前方遮挡建筑层数为 18 层	
	全年	冬季	全年	冬季	全年	冬季
1F	85% [96%]		78% [90%]		77% [89%]	
2F	87% [98%]		80% [91%]		78% [90%]	
3F	89% [99%]		83% [94%]		80% [91%]	
4F	90% [99%]		86% [97%]		81% [92%]	
5F	91% [99%]		87% [97%]		84% [95%]	
6F	92% [99%]		88% [98%]		85% [96%]	
7F	100%		89% [99%]		87% [97%]	
8F	100%		90% [99%]		87% [97%]	
9F	100%		90% [100%]		88% [98%]	
10F	100%		91% [100%]		89% [98%]	
11F	100%		92% [100%]		89% [99%]	
12F	100%		100%		89% [99%]	

注: ①该表应结合附录 E 使用, 例如对 6 层遮挡, 考虑底层 (1F): $\alpha = 90, \theta = 0$ 的情况, 应首先根据附录 E 表查出对应 α 为 78%, 则最终修正后的参数 $[\alpha'] = \alpha \cdot \alpha' = 78\% \times 85\% = 66\%$ 。

② α 为集热器倾角, θ 为集热器方位角。

本细则用词说明

1. 为便于在执行本细则条文时区别对待，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. 《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034（浙江省标准）
2. 《家用和类似用途热泵热水器》GB/T 23137
3. 《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》GB/T 21362
4. 《热泵热水机（器）能效限定值及能效等级》GB 29541
5. 《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364
6. 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
7. 《太阳能集热器热性能试验方法》GB/T 4271
8. 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
9. 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
10. 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169
11. 《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981
12. 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303

宁波市工程建设地方细则

宁波市空气源热泵与太阳能热水系统应用技术细则

2019 甬 DX-07

条文说明

目 次

1 总 则	78
2 术 语	80
3 基本规定.....	81
4 系统分类与选择.....	84
4.1 系统分类	84
4.2 系统选择	86
5 系统设计.....	93
5.1 一般规定	93
5.2 太阳能集热器	94
5.3 热泵主机	99
5.4 储热水箱（罐）	102
5.5 辅助能源	105
5.6 集热（供热）循环泵	108
5.7 管路设计	110
5.8 运行控制设计	111
5.9 电气及智能化设计	112
6 建筑与结构设计.....	113
6.1 建筑设计	113
6.2 结构设计	117
7 系统安装与验收.....	117
7.1 一般规定	117
7.2 基座与支架	118
7.3 储热水箱（罐）安装	119
7.4 太阳能集热器安装	120
7.5 空气源热泵机组安装	120
7.6 管路安装	120
7.8 运行控制系统安装	121
7.9 试压、检漏、冲洗	122
7.11 验收	122
附录 C 宁波市不同月份冷水温度表.....	122
附录 D 常用空气源热泵热水系统及控制原理图.....	122

1 总 则

1.0.1 自 2012 年 10 月 1 日起施行的《浙江省可再生能源开发利用促进条例》、2015 年 3 月 1 日起实施的《宁波市民用建筑节能管理办法》明确提出，太阳能、空气能等非化石能源为可再生能源，浙江省住建厅发布了《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034-2016 于 2017 年 1 月 1 日施行，宁波市需根据本市气候特征依法制定太阳能、空气源等可再生能源制备生活热水的地方细则。

自 2009 年宁波市获批国家可再生能源建筑应用示范市以来，在省市法规及政策的推动下，太阳能热水系统得到了大规模应用。空气源热泵热水系统近几年也得到了快速发展。由于太阳能、空气源热泵热水系统与建筑一体化涵盖了建筑设计、机械加工、自动控制、热能工程等多个领域，故需要多环节的质量控制与规范操作，任何一个环节的问题都有可能系统出现问题。为使建筑太阳能和空气源热泵热水系统安全可靠、性能稳定、节能高效、与建筑协调统一，规范太阳能和空气源热泵热水系统的设计、施工及验收，促进以太阳能和空气源热泵热水系统为代表的绿色能源的广泛应用，是本细则制定的目的。

1.0.2 本条规定了本细则的适用范围。

根据《浙江省绿色建筑条例》，细则中的民用建筑，是指居住建筑、办公建筑和用于商业、服务业、教育、卫生等其他用途的公共建筑，包括工业用地范围内用于办公、生活服务等用途的建筑。

本细则从技术层面解决太阳能和空气源热泵热水系统在民用建筑中应用并与建筑结合的问题。这些技术内容适用于新建各类民用建筑上的太阳能和空气源热泵热水系统，既有民用建筑上增设或改造已安装的太阳能和空气源热泵热水系统同样适用于本细则。工业建筑可参考本细则执行。

1.0.3 太阳能和空气源热泵热水系统的组成部件在材料以及系统设计、施工、验收及运行维护等方面均有相关的产品标准及技术要求，因此系统首先应符合这些标准的要求。目前主要标准、技术要求有《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364、《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034（浙江省标准）、《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统工程建设管理技术细则》、《家用和类似用途热泵热水器》GB/T 23137、《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》GB/T 21362 等。

太阳能和空气源热泵热水系统在民用建筑上应用是综合技术，实际工程中要涉及到太阳能、热泵及建筑工程等多方面技术，因此除符合现行的太阳能、热泵系统方面的标准外，还应符合建筑工程方面的标准规定，如《建筑给水排水设计规范》GB 50015、《建筑防雷设计规范》GB 50016、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 等相关标准，尤其是其中的强制性条文必须严格执行。

2 术 语

2.0.27 空气源热泵热水机组工作原理如下：根据逆卡诺循环原理，热泵机组输入少量的电能，系统循环工质即制冷剂在蒸发器中通过相变（液态→气态），吸收空气中的热量（低温热能）；通过压缩机的工作变为高温热能，被输送到冷凝器中通过相变（气态→液态），将热量释放到进入冷凝器的冷水中，水被加热成高温热水，直接进入保温水箱；经过相变放热的循环工质以液态形式进入膨胀阀（节流装置），经过节流降压后再进入蒸发器中通过相变吸热。循环工质不断地将空气中热量转移到冷凝器中，进入冷凝器的冷水，不断地被加热成高温热水储存到水箱中供用户使用。当水箱中的水温降低到一定值时，机组自动开启，通过不断从空气中吸收热量，将水箱中水加热到设定温度。

所以空气源热泵热水器能耗低、效率高、速度快、安全性好、环保性强，源源不断的供应热水。作为生活热水系统它具有很多优点，但空气源热泵的一个主要缺点是供热能力和供热性能系数随着环境气温的降低而降低，所以它的使用受到环境温度的限制，一般适用于最低温度在 -10°C 以上的地区。

3 基本规定

3.0.1 本条规定了太阳能和空气源热泵热水系统类型选择时应遵循的基本原则。

太阳能和空气源热泵热水系统类型的选择，是系统设计的重要内容，系统设计时应根据宁波市的气候特征、太阳能资源，结合建筑物类型、用户需求，经过技术经济分析，确定采用太阳能热水系统、空气源热泵热水系统或者上述二者结合的太阳能空气源热泵热水系统类型。

3.0.2 太阳能是一种低密度不稳定的分散性能源，不能全天候供给，无法像常规能源一样按使用要求及时加热。因此，太阳能热水系统应配备可靠的辅助能源。对于集中集热，分户辅助加热、分户分散式等太阳能热水系统，如果没有辅助加热设备，阴雨天气，太阳能制备的热水达不到使用温度，不能满足生活热水的需要，因此全装修住宅、公寓等建筑都应配置辅助能源加热设备，不能由住户自理。否则不符合本细则要求，不得通过竣工验收、交付使用。

3.0.3 地处长江中下游的宁波地区，为夏热冬冷型气候，30年典型气象年冬季最冷月为1月，平均气温为4.7℃，日最低温度为-2℃，市区历年极端最低气温为-8℃，属于空气源热泵在冬季安全使用的临界区域。

1款 根据工程实际经验，集中式开式空气源热泵热水系统热泵机组的加热方式为主机内大管（冷媒）套小管（被加热冷水）的加热方式，在正常运行时，冬季最冷月最不利工况制热水温度达不到50℃（接近50℃）；集中式闭式空气源热泵热水系统热泵机组的加热方式为主机内大管（冷媒）套小管（被加热冷水）的加热方式，在正常运行时，冬季最冷月最不利工况制热水温度约53℃（接近设计依据55℃），上述两种系统的热泵制热水温度，如要再提高水温，会影响热泵压缩机的使用寿命。而项目设计时空气源热泵机组的制热水温度以55℃为计算依据。另一方面，集中式空气源热泵机组当进水温度大于47-48℃（各个厂家产品略有不同，基本上在这个温度范围内）时，机组不制热，处于保护状态。也就是说冬季只有当水箱（罐）内温度降至47℃以下时，热泵机组才会开启环循加热保温。根据以上两个方面的原因，为提升储水箱（罐）内的热水水温，保证热水系统的供水质量及热泵压缩机的使用寿命，集中式开式和闭式

空气源热泵热水系统均应配置辅助能源加热设备。

2 款 居住建筑分散式闭式空气源热泵热水系统，即家用型空气源热泵热水系统，其加热方式是在水箱外壁缠绕设加热器的方式，为静态加热系统，经过实际测试，空气源热泵在冬季最冷月最不利工况正常运行时制热水温度可以达到 55℃（设计参数值）。依据宁波市气候特征，该系统宜配置辅助能源加热设备。

空气源热泵热水机组制热能力随环境温度变化而变化，环境温度越高，制热能力越大，反之越小。空气源热泵热水机组制热能力按年平均环境温度和水温条件的工况是按冬季最冷月平均环境温度和水温条件的工况时的 2.09 倍（引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034）。如热泵按年平均环境温度和水温条件下的参数进行制热量计算选型时，必须采用冬季最冷月平均环境温度和水温条件下的参数计算制热量并进行热泵工作时间校核。热泵按冬季最冷月环境温度和水温条件下的参数进行校核计算时，热泵的制热量一般是名义制热量的 0.50-0.60 倍，具体按各个生产厂家提供的样本参数确定，在设计阶段未确定厂家时，可按 0.50 倍校核。

居住建筑分散式闭式空气源热泵热水系统，如不设辅助能源加热设备，必须按冬季最冷月平均环境温度和水温条件下的参数计算制热量并进行热泵工作时间校核，校核计算时热泵的冬季最冷月制热量按系统能效比 1.5 进行计算，当热泵按冬季最冷月工况在全年最高日用水量工作时间平均每人不超过 2 小时时，可不配置辅助能源加热设备。另外，住宅空气源热泵热水机组的输入功率（不包括辅助加热的配电功率）不宜小于 0.24kW/人。

计算例题：某品牌家用型分体式空气源热泵主机输入功率为 0.826kW，标称名义制热量为 3.1kW，配备 150L 外盘管立式水箱，没有配置电辅助加热器，校核计算能否满足本细则要求？

1. 热泵的输入功率应不小于 $0.24 \times 3.2 = 0.768\text{kW}$ ，满足要求。

2. 热泵小时供热量计算：

$$Q_g = k_1 \frac{mq_r C(t_r - t_l) \rho_r}{T_1}$$

$$= 1.1 \frac{150 \times 4.187 \times (60 - 15) \times 1}{3.5 (\text{分散式系统取 } 3.5)} = 8882 \text{ kJ/h} = 2.47 \text{ kW}$$

配置的名义制热量为 3.1 kW，满足要求。

3. 冬季最冷月工况校核：查附录 B 得到宁波最冷月为 1 月，平均环境气温为 4.7℃，水温 9℃。一个人最高日热水用水量为 40L（下限值），热水温度 60℃，冷水温度 9℃，

最高日需热量 $Q = 40 \times 4.187 \times (60 - 9) \times 1 = 8541 \text{ kJ/h} = 2.37 \text{ kW}$

冬季最冷月热泵小时制热量为 $0.826 \times 1.5 (\text{COP}) = 1.239 \text{ kW/h}$

所需热泵制热水时间 $T_1 = 2.37 / 1.239 = 1.91 \text{ 小时} < 2 \text{ 小时}$ ，满足要求。

可不配置电辅助加热器。以上计算最高日热水用水量按最小值 40L 取值，当最冷月低温天气使用时，实际用水量可能会大于 40L，此时空气源热泵制热水时间要大于每人 2 小时，因此对于二口以上普通家庭居住建筑，选用上述配置空气源热泵热水机组时宜设辅助能源加热设备或增大水箱容积。

3.0.4 本条浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》BD33/1034-2016 为强制性条文。因钢质固定支架长年暴露在日晒雨淋的环境中，一旦维护不善，极可能在台风等灾害天气的触发下发生支架垮塌，圆形水箱沿坡屋面滚落造成严重的安全事故，国内已发生多起类似案例。集热器重量轻，且容易固定在屋面上，滑落的可能性和危害性相对较小，但需注意集热器的支架仍应与屋面结构设计配合，确保承重和连接符合安全要求。

此外，坡屋面上设置的整体（背包）式太阳能热水系统的水箱如果明露设置，对建筑屋面景观影响较大。目前技术的发展完全有条件采用非承压式强制循环系统以及承压式强制循环系统予以替代，通过设计将水箱隐藏设置。因此，坡屋面上的太阳能热水系统，必须采用水箱与集热器分离的分离式系统，宜采用承压式强制循环系统。安装在瓦屋面上的集热器应与屋面平行，可架空或镶嵌安装，架空安装时集热器底面与瓦屋面的距离不应超过 20cm。

宁波市住建委于 2016 年 4 月 14 日甬建发[2016]39 号文件转发了省住建厅《关于进一步加强可再生能源建筑一体化应用工作的通知》，的文件，要求加强可再生能源建筑一体化应用工作。明确了建筑设计时应考虑设备平台，以放置空气源热泵热水机组或太阳能热水系统的水箱、水泵等设备。设置在平屋面上的太阳能和空气源热泵热水系统，应利用女儿墙等建筑构件围挡。在平屋面上设

置太阳能和空气源热泵热水系统设备时，为了方便运行管理，往往建筑设计时屋面为上人屋面，此时女儿墙高度应满足上人屋面要求。阳台栏板式太阳能热水系统由于集热器放置在阳台，对建筑立面美观性有影响，且对集热器的牢固要求非常高，对于高档住宅不适宜采用。

3.0.5 本条参考国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364的相关条文。

4 系统分类与选择

4.1 系统的分类

4.1.1 目前国内太阳能热水技术的发展已形成了稳定的系统，若按集热与储热的集中程度分类，可分为分散集热、分散储热，集中集热、分散储热和集中集热、集中储热等三大类。

分散集热、分散储热的分散式太阳能热水系统，指采用分散的太阳能集热器和分散的储热水箱（罐）供给各个用户所需热水的小型系统，也就是通常所说的家用太阳能热水系统；

集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统，指采用集中的太阳能集热器和分散的储热水箱（罐）供给各个用户所需热水的系统；

集中集热、集中储热的集中式太阳能热水系统，指采用集中的太阳能集热器和集中的储热水箱（罐）供给多个用户、一幢或几幢建筑物所需热水的系统。

分散式、半集中式、集中式三种太阳能热水系统各有利弊。不同建筑、不同需求可以采用不同的系统。

目前，大多数系统仍然是各用户独立的分散式太阳能热水系统。这种系统原理简单，安装、维护、使用时互不干扰；自来水及运行电费收费、维护成本计算简单，责任到户。但因其分散，会造成太阳能热水系统对太阳能光热资源的利用不充分，即在同一单元中会出现有些家庭储热水箱（罐）中的热水因长时间不用而闲置冷却，而另一些家庭却因热量不够用而不得不采用辅助能源强行

加热，造成能源消耗增大。此外，该系统用户多时，管道总数量多，所需管道井面积大，布置困难。尤其是住宅，给建筑专业配合带来极大难度。

集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统具有管路相对较少；辅助加热和储热单元都在用户室内、不需要设热水表、用户冷热水压力平衡等优点，但该系统存在户内储热水箱（罐）热量倒流到热媒水管网中的可能，必须采取可靠的控制装置防止热量倒流的发生。此外该系统还存在各户吸收的热能不均、热媒水系统公共水泵运行电费如何分摊、对运行技术要求高、分户水箱（罐）须要有设备平台等问题。

集中式太阳能热水系统可以克服分散式系统的缺点，并且能使公共部位的管路减少到每组二到三根，运行效果提高，同时系统可采用保温循环等措施使无效冷水减少到最少程度，应该鼓励采用该系统。但与分散式系统相比，集中式系统每户需要设置热水表，存在需要收取热水费的环节，对运行技术要求虽然低于半集中式系统，但系统一旦出现问题，必须及时抢修，否则会影响一个单元或一幢建筑的所有用户，集中式系统建议由专业公司运行维护。宁波市主城区自来水公司要求高层住宅屋顶的集中式太阳能热水系统水箱冷水补水应自行加压，不允许与住户生活冷水供水管道合用。这种规定增加了开发商对太阳能热水系统的初投资，为该系统的推广应用增加了不少难度。建设方在前期需要和当地供水部门做好沟通衔接工作。

4.1.2 太阳能热水系统按系统集热运行方式分类，可分为：自然循环系统、强制循环系统和直流式系统等三类。

自然循环系统是仅利用传热工质内部的温度梯度产生的密度差进行循环的太阳能热水系统。在自然循环系统中，为了保证必要的热虹吸压头，储热水箱（罐）的下循环管口应高于集热器的上循环管口。自然循环系统也可称为热虹吸系统。

强制循环系统是利用机械设备等外部动力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。强制循环系统运行可采用温差控制、光电控制及定时器控制等方式。强制循环系统也可称为机械循环系统。

直流式系统是传热工质（水）一次经过集热器加热后，进入储热水箱（罐）或用热水处的非循环太阳能热水系统。直流式系统可采用非电控的温控阀控制

方式或电控的温控器控制方式。直流式系统也可称为定温放水系统。

实际工程中，某些太阳能热水系统是一种复合系统，即是上述几种方式组合在一起的系统，例如由强制循环与定温放水组合而成的复合系统。

4.1.4 直接系统是指在太阳能集热器中直接加热水给用户的太阳能热水系统。

间接加热系统由传热工质集热并通过热交换设施将热量传递给被加热的生活热水。因采用间接加热方式，一次传热工质可以采用防冻液防止寒冷季节管道冻裂，同时由于传热工质的硬度易于控制，可以有效地防止结垢。但由于采用间接加热，系统存在一定的热交换损失。

直接加热和间接加热两种系统有各自不同的适用场合。间接加热系统适用于冬季较寒冷、水质较硬（原水总硬度大于 150mg/L）、对生活热水水质要求高的工程。直接加热系统适用于冬季气温较高又普遍使用地面水作为水源、水质较软（原水总硬度不大于 150mg/L）、对生活热水水质要求一般的工程。

宁波市自来水水源几乎全部采用水库水，水质好，经过自来水厂处理后生活饮用水总硬度不大于 150mg/L，宁波市属于夏热冬冷地区，冬季气温小于 0℃，历年极端最低气温-8℃左右。太阳能热水系统设计时可根据用户要求、项目情况等条件采用直接加热或间接加热任何一种系统。

4.2 系统选择

4.2.1 在实际工程中，可对太阳能及空气源热泵热水系统的各种分类进行合理组合，选择最适合于工程实际的太阳能、空气源热泵和其他能源（如余热废热、生物质能、燃气、电等）辅助的太阳能或空气源热泵热水系统。

低层（别墅及联排）住宅上下层均属同一户，不存在公共管线敷设在套内空间的问题，且一般采用市政水压直供或者变频加压供水的低层住宅区，在顶层余压较高，供水水压条件较好。若采用非承压的整体式热水系统，顶层的冷热水压力难以平衡，而采用分离承压式热水系统可以使顶层不失压。

另一方面，低层住宅的外立面要求较高，整体式太阳能热水器与屋面相结合的处理相对比较困难。虽然分离承压式太阳能热水系统价格相对较高，但对于属高档房产的低层（别墅及联排）住宅而言是相适宜的。当工程实际条件允许

时，且与建筑一体化结合较好的情况下（屋檐、阁楼隐藏水箱等场合），也可采用分离承压式自然循环太阳能热水系统，该系统热水出水采用顶水式，用水点处冷热水压力基本相同。故系统在满足用户热水舒适性的同时，又可避免强制循环水泵产生的噪声。

低层（别墅及联排）住宅中也可以采用承压式家用空气源热泵热水系统。在安装空气源热泵热水机组时，应考虑室外机组的安装条件，保证机组进出风通畅，避免多台室外机吹出气流相互干扰，热泵热水机组放置处要便于安装维修，且不影响建筑立面要求。

在多层民用建筑中，分散式、半集中式、集中式三种太阳能热水系统应根据不同的场合合理选用。

分散式太阳能热水系统优点是运行、控制分散独立，各户互不干扰，缺点是垂直管线较多，布置困难。该系统可用于楼层数较少、垂直管线较短且易布置的多层民用建筑。

以单元或单栋建筑为系统规模的集中式系统和半集中式系统适宜于多楼层、多用户的太阳能热水系统。首先，要使太阳能热水系统与建筑一体化普及并推广，关键点是利用各幢建筑的屋面资源，合理布置太阳能集热器。集热器的布置一般以一个单元或一栋为一个组合系统，其次，为了便于运行维护，也是以单元或幢为一个组合系统，这就决定了以单元或单栋建筑为系统规模的集中式系统和半集中式系统是一种合理的选择。

集中式、半集中式太阳能热水系统的优点是集中管理，系统较大，同时使用系数变小更易于发挥系统的调节能力，设备总容量的配置可以适当缩小。但系统规模不宜过大，规模过大，尤其循环供回水管路太长，会使系统的供回水均衡性难度加大，管网热损失也增加。太阳能热水系统的规模大小应通过技术经济比较得出。建议以单元为单位设计独立的集中式、半集中式太阳能热水系统。半集中式太阳能热水系统以一个单元为一个系统时，控制总户数不宜大于 24 户。高层建筑采用集中式太阳能热水系统时，应竖向分区，考虑到卫生器具给水配件承受的最大静压不得大于 0.60MPa，18 层及以下建筑可以采用此系统。大于 18 层建筑虽可以采用减压措施，但减压阀损坏后系统对卫生器具可能造成压力破坏，因此不宜采用集中式系统。

宁波市自 2009 年底获批国家首批可再生能源建筑应用示范市以来，太阳能热水系统在建筑中得到了大量应用。住宅建筑太阳能热水系统主要型式为以一个住宅单元为单位集中集热、分户储热的半集中式系统，分户水箱大部分设在卫生间或厨房间上空，少部分设在设备平台中，极个别项目设在生活阳台上。该系统型式在屋顶共用集热器和水泵等设备，运行时集热、供热水泵需要少量运行电费，按 11 层高层住宅一梯二户计算，平均分摊到每户不超过 6.5 元/月。系统交付使用后，除小部分分户换热水箱设在设备平台的项目尚在运行外，绝大部分分户换热水箱设在卫生间或厨房间上空或生活阳台上的项目分户换热水箱已经拆除，系统处于瘫痪状态。分析原因，除物业公司主观上不愿意运行管理外，该系统的运行对技术要求较高，热媒水分户电磁阀、立管上的电磁总阀属于易损品，使用寿命较短，如果出现故障，没有及时修复，影响住户的使用效果，还有集热器炸管、管路冻坏、控制系统故障等其他问题，物管人员的专业技能差，无法满足系统的正常运行。因此，住宅集中集热、分散储热式太阳能热水系统宜由专业公司运行管理，否则不宜采用该系统。

以小区或建筑组团为系统规模的大型集中式太阳能热水系统由于管线总长度较长（尤其是室外埋地管线），热损失总量相对较大；同时集热器要求集中布置，难度较大，运行维护困难。一般只适宜在有其他可靠的廉价热源的场合，太阳热能只是作为一种季节性补充。

对于屋面资源不足的高层建筑，太阳能不能满足整栋建筑热水系统要求时，可采用分段解决方式。高层建筑上部日照条件较好，仍可采用分散式、集中式太阳能热水系统，下部建议采用分散式的空气源热泵热水系统或者阳台栏板式、壁挂式系统。采用阳台栏板式、壁挂式太阳能热水系统时，应保证集热器能充分地采集阳光，保证冬至日至少 4 小时的累计日照时间，对于日照时数不足的屋面、阳台和墙面安装太阳能集热板，会使系统的经济性能降低。当高层建筑要求热水系统需统一时，可采用集中式太阳能热水系统或家用型空气源热泵热水系统。但集中式太阳能热水系统对运行管理要求高，系统一旦出现问题影响面广，甚至可能涉及所有用户，因此建议由专业公司运行。

根据《宁波市住宅设计实施细则》2018 甬 DX-03，对于住宅建筑，至少顶层需要设置太阳能热水系统，其他楼层可以采用空气源热泵热水系统或太阳能

热水系统。

放置在平屋面上的整体式太阳能热水器由于水箱明露在屋面上给建筑立面带来影响，建筑设计时需要建筑专业考虑设女儿墙等措施进行围挡，当女儿墙等围挡高度满足上人屋面要求（多层建筑女儿墙高度不小于 1.05 米、高层建筑女儿墙高度不小于 1.1 米）时，放置在屋面的整体式太阳能热水器由于日照要求必须离开女儿墙一米以上，对建筑立面几乎没有影响，此时可采用整体式太阳能热水系统；承压整体式太阳能热水系统具有热效率高、控制运行简单、故障率极小、用户冷热水压力平衡等优点，虽然价格比非承压整体式太阳能热水系统高，但略低于分离承压式太阳能热水系统，承压整体式太阳能热水系统是平屋面住宅比较理想的系统，因此当女儿墙等围挡高度满足上人屋面要求时，可以采用。非承压整体式太阳能热水系统在最高三层住宅用户热水压力不够，热水出水管上需要设增加水泵，且用水点冷热水压力不易做到平衡。算上增压泵的非承压整体式太阳能热水系统价格与承压整体式太阳能热水系统价格已相近。但增加了增压水泵就多了一处设备运行维护的工序。实际工程中因增压水泵冻坏、用户对运行操作不熟悉、选泵不合理等问题而影响太阳能热水系统的正常使用比较普遍。因此规定非承压整体式太阳能热水系统不得应用于平屋面住宅建筑中。

太阳能热水系统的集热器日照时间是保证其制热效果的重要因素。根据本细则 6.1.3 条要求，阳台栏板式太阳能热水系统，冬至日日照时间累计少于 4 小时的楼层不得采用此系统，也不应采用增大集热器面积来设计此系统。普通住宅至少需要 3 m²的集热器面积，如增大集热器面积，阳台平面位置很难布置得下，且影响住宅的其他使用功能，此时可考虑采用空气源热泵热水系统等其他方案。当阳台栏板式太阳能集热器与水平面倾角大于 75° 时，集热器得热量影响较大；另外集热器面积大小应符合本细则 5.2.9 条要求、水箱容积应符合本细则 5.4.13 条要求，否则不得采用该系统。阳台栏板式太阳能热水系统宜采用传热工质自然循环的方式，水箱底至少高出集热器顶部 0.3m。如采用水泵对传热工质强制循环的方式，水泵设在生活阳台上，运行时产生的噪音对住户产生严重影响；如水泵设在建筑北面的设备平台等处，由于传热工质从南到北管路较长，且在住宅套内不易布置，因此不宜采用热媒强制循环的方式。

对于酒店、宾馆、医院、集体宿舍等热水用水量比较大的公共建筑，当屋面有可以布置太阳能集热器的条件时，应优先选用太阳能热水系统，当项目没有余热废热等辅助能源时，宜采用空气源热泵辅助加热，由于公共建筑热水用水量大，采用空气源热泵辅助加热比仅采用电力一种能源作为辅助加热能源时要节能。自 2013 年起，通过对宁波市已建成使用的几十栋上述类型公共建筑（部分为国家可再生能源建筑应用示范项目）的集中式太阳能热水系统进行现场调查总结，除个别项目属于系统设计问题外，其余全部项目集中式太阳能热水系统均运行正常，且节能效果良好。

4.2.2 本条主要针对分散式太阳能热水系统的管道布置。由于分散式太阳能热水系统每户需要 2 根管道，多层建筑中管道总数量较多，占用空间较大，布置困难。引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034。

4.2.3 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统，采用间接加热的形式具有总管线较少，集热器可以共用、不需要设热水表等优点。

宁波市之前建成的住宅太阳能热水系统 80%以上项目为集中集热，分散储（换）热的半集中式太阳能热水系统，大部分项目分户换热水箱设在卫生间或厨房上空，为卧式水箱；个别项目分户换热水箱设在生活阳台地面上，采用立式水箱。水箱容积主要有 100L，个别为 120L，小户型为 80L，100L 卧式水箱尺寸为外径 $\Phi 450 \sim 480\text{mm}$ ，总长度 1105~1155mm，80L 卧式水箱尺寸为外径 $\Phi 450$ ，总长度 900mm，120L 卧式水箱尺寸为外径 $\Phi 461 \sim \Phi 480\text{mm}$ ，总长度 1200mm，不同品牌尺寸略有不同。上述卧式水箱占有吊顶空间大或影响生活阳台的使用功能，一般分户电磁阀设在吊顶内或阳台地面上，损坏后更换不便或减少阳台使用面积；卧式水箱的水温梯度比立式水箱差，住宅交付使用后，装修时很多业主拆除了分户换热水箱，太阳能热水系统即报废。因此要求分户换（储）热水箱应设在设备平台上，分户电磁阀设在水箱旁边的设备平台上以便安装维修。

集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统当户内水箱水温高于传热工质水温时，存在户内水箱热量被传热工质带走的可能性，因此要求有可靠的技术措施防止储热水箱（罐）内热量（通过辅助能源自行加热）倒流至传热工质系统。

4.2.4 集中式太阳能热水系统的集热器一般布置在屋面上，住宅建筑集热器一

一般都是布置在各栋住宅屋面上。而热水管线在栋与栋之间埋地或架空敷设会造成大量的热量损失。另外，系统规模太大不利于运行管理。因此，住宅集中式太阳能热水系统当集热器在各栋屋面分散布置时，系统的规模宜以单元或栋单位，一般以一个单元为一个系统较合理。对于公共建筑的集中式太阳能热水系统，以一栋为一个系统较合理。

4.2.5 住宅建筑的空气源热泵热水机组水箱的储水容积要求不小于 40 升/人，输入功率不宜小于（不包括辅助加热的配电功率）0.24kW/人。按照全年平均水温计算（进水水温按 15℃计，出水水温按 60℃计），年均日用水量 40 升热水所需要的热量为 2.1kWh。系统的平均能效比 2.5，考虑到住宅热水用水的集中性，每人所需热水的加热时间不宜超过 3.5 小时，因此热泵的输入功率不宜小于 0.24kW/人。同时住宅建筑应根据产品的特点并结合相关规范要求合理配置空气源热泵机组的制热量和水箱容积。

家用型空气源热泵热水机组之水箱换热盘管有水箱内设换热盘管及水箱外壁绕换热器两种方式，几年前都是水箱内设换热盘管，此种方式的优点是换热效率高，缺点是高压（热泵冷媒工作压力依据不同介质可达 2.0-2.5MPa)工作状态下的换热盘管易渗漏，造成冷媒渗入生活热水中，后期水箱维护返工量大。目前国内主要的空气源热泵生产厂家已停止生产水箱内盘管产品。水箱外壁绕换热器换热方式，虽然热交换效率低于前者，但冷媒不易渗漏，使用寿命长，后期维护工作量少。国内主流厂家都采用此种方式，因此本条对水箱换热器方式作出规定。外绕换热器中的外绕盘管加工宜为 D 型或微通道，冷媒管道材料及厚度要符合产品标准要求，传热好且能承受高压工作，常用的有铜管、铝管等材料，管道厚度偏小时容易损坏泄露。

当空气源热泵热水系统进水水质总硬度不大于 150mg/L 时，可选用直接加热的系统。

4.2.6 公共建筑中的生活热水系统分类组合的选择，可参考表 4.2.6，本表引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034, 本细则对表中酒店式公寓及职工、学生宿舍建筑热水系统应用略有调整。

表 4.2.6 公共建筑中生活热水系统选用表

建筑类型	热水用水性质	太阳能系统类型(A) 空气源热泵热水系统(B)
------	--------	----------------------------

		空气源热泵辅助的太阳能热水系统 (A+B)
酒店式公寓	生活洗浴	A3, B1, B2, A+B
宾馆、酒店	生活洗浴	A3, B2, A+B
医院	生活洗浴	A3, B2, A+B
办公楼的值班室、 休息间	生活洗浴	A1, A3, B1, B2, A+B
大型商超(肉蔬区)	清洗、卫生	A3, B2, A+B
职工、学生宿舍	生活洗浴	A3, B1, B2, A+B
疗养院、休养所	生活洗浴	A3, B1, B2, A+B
公共浴室	洗浴	A3, B2, A+B
餐馆、食堂	清洗、卫生	A3, B2, A+B

注：A1 —— 分散集热、分散储热的分散式太阳能热水系统；

A2 —— 集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统；

A3 —— 集中集热、集中储热的集中式太阳能热水系统；

B1 —— 家用型空气源热泵热水系统；

B2 —— 商用型空气源热泵热水系统；

A+B——空气源热泵辅助的太阳能热水系统。

应用于医院的太阳能或空气源热泵热水系统应采取保证热水水质安全的措施。根据《综合医院建筑设计规范》GB51039 要求，生活热水系统的水加热器出水温度不应小于 60℃，系统回水温度不应小于 50℃。目前商用空气源热泵热水机组冷媒几乎都采用氟利昂，制热水出水温度达不到 60℃，一般为 55℃（冬季时实际出水温度为约 50-53℃），因此对于综合医院等要求生活热水温度不小于 60℃ 的建筑，必须配置除空气源热泵热水机组外的辅助能源加热设备，如燃气热水器、电热水器等加热设备，才能使出水温度不小于 60℃。以上类型的公共建筑中还可以采用除太阳能和空气源热泵热水系统外的其他能源的加热方式并组合，在此不再列出。

4.2.7 本条是为了强调冷热水调温所需要的水压要求。根据《民用建筑节水设

计标准》(GB 50555)的要求,用水点处冷热水供水压差不宜大于0.02MPa。

5 系统设计

5.1 一般规定

5.1.1 太阳能和空气源热泵热水系统属建筑给水排水专业的设计范围。可分为土建设计阶段和专项设计阶段两个阶段。在整体建筑设计出图(土建设计阶段)时,给排水专业应将热水系统的供回水管路设计完成,并应符合《建筑给水排水设计规范》GB 50015等规范的要求。太阳能和空气源热泵热水系统的热源部分的设计深度应满足招标的要求,热源部分需要深化(专项)设计。

在土建设计阶段,给排水设计人员应首先确定热源方案,主要包括系统选型、系统原理图绘制及设备布置和管线通道的预留。热泵或集热器的位置、类型及数量要与建筑师配合设计,在承载力复核、基础预留、供配电、控制等方面要与结构、电气及智能化等专业配合设计,使太阳能和空气源热泵热水系统真正纳入到建筑设计当中。

主要设备招标完成后,确定了产品品牌及规格,太阳能系统的集热器、水箱水泵、辅助加热设备布置,热泵系统主机、水箱水泵、辅助加热设备布置,基础详图、管线设计等热源部分施工图深化(专项)设计,应由专业公司或供货方完成,建筑设计单位认可。如果热源部分深化设计时,热水系统供回水管路也作了变更,深化设计也应包括管路系统。考虑到系统方案变更对建筑、结构、电气等专业的影响,因此要求深化(专项)设计在主体结构施工之前完成并报审图机构专项审查直至合格。

5.1.2 本条从建筑美观性和方便维修要求考虑,对太阳能和空气源热泵热水系统的垂直管道敷设作出了要求。引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034。垂直管道安装在设备平台(阳台)是合理的,但不得安装在生活阳台上。

5.1.3 太阳能和空气源热泵热水系统的设计涉及到建筑、结构、电气及智能化等专业。专项设计出图单位与土建设计单位为同一家单位时，各专业可以互相协商使专项设计符合国家及地方规范、标准要求，且满足使用功能，施工图出图时各专业会签方便。如专项设计单位与土建设计单位确实无法做到同一家单位时，专项设计的施工图应征得主體建筑设计单位认可并出具书面材料以免影响建筑的使用功能、结构安全、用电负荷、防雷等要求。

5.2 太阳能集热器

5.2.1 本条确定了太阳能集热器的布置原则，集热器布置处应做日照分析并提供详细的日照分析资料。太阳能集热器的布置受日照时间、方位角的影响。宁波市已建成的不少工程尤其是住宅部份集热器被女儿墙、电梯机房、前排集热器遮挡，冬至日日照时间达不到 4 小时，影响集热器的集热效率。因此强调在初步设计阶段应做日照分析，保证太阳能集热器冬至日日照时间达不小于 4 小时。条文所规定的集热器朝向有利于最大限度地吸收太阳热能，且南偏西较之于南偏东更有利于吸收太阳辐射。对于方位角大于 $\pm 30^\circ$ 的情况应视日照分析确定是否适宜，其目的是为了限制某些不合理的设计。宁波市太阳能集热器方位角对得热量的影响，由中国建筑科学研究院上海分院和宁波市房屋建筑设计研究院有限公司的专家根据宁波的气象参数经过计算机模拟计算所得，列于本细则附录 F 中。该表对于方位角影响集热器的得热量已换算成集热器面积补偿系数。

5.2.2 太阳能集热器的得热量除了受日照时间、方位角的影响外，还受倾角的影响。本条也是根据日照条件的分析而得出的。在工程实践中，集热器布置会受到屋面造型的影响，甚至会要求贴平屋面上安装，这样肯定会影响最需要太阳热量的冬季集热效果，应尽量将集热器倾角做大，以充分顾及冬季的集热效果。因此，具体工程设计时应与建筑专业协商，集热器倾角布置既要影响建筑对立面的美观性要求，又要满足集热器的得热量要求。应结合厂家的产品对集热器进行合理布置，如横插管式集热器的得热量东西向布置时受倾角的影响就小。宁波市太阳能集热器倾角对得热量的影响，由中国建筑科学研究院上

海分院和宁波市房屋建筑设计研究院有限公司的专家根据宁波的气象参数经过计算机模拟计算所得，列于本细则附录 F 中。

5.2.3 本条公式 5.2.3 为现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 中公式。此公式与国标上一版（2005 年版）及省标现行版（2016 年版）比较，考虑了集热器方位角对前方遮光物或集热器前后排之间的最小距离的影响，此公式比较合理。当集热器多排布置及前有遮光物的情况时，集热器的布置间距要求按公式 5.2.3 计算。集热器布置一般按全年性使用考虑，太阳高度角按冬至日正午 12 时取值计算前后排间距。在场地条件允许的情况下应适当放大集热器布置间距，使冬季的集热器采光面上有充分的日照。

5.2.4 本条引自现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364，为强制性条文。为了保障太阳能热水系统的使用安全，特别强调了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措施，防止因热水渗漏到屋内或楼下等处而危及人身安全。例如当太阳能集热器放置和平屋面的构架上架空设置，集热器下面为人行通道时，如集热器采用全玻璃真空管，集热器下面应增设集水排水用金属板，可采用镀锌铁皮板等措施防止集热器渗水烫伤行人。

5.2.5 集中式太阳能热水系统，若所有集热器全部采用串联形式，则集热循环时的水头损失过大，集热时间过长，影响水温的稳定，但可相对节约管路。反之若全部采用并联形式，虽能使集热时循环水头损失减小，但总管路过长也不可取，因此，应两者合理结合。

1-4 款较为具体地规定了太阳能集热器设置的技术要求，有关集热器分组及相互连接的数据等内容是根据现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 的规定。

5 款是要求集热器采用同程布置，除非有可靠的控制手段保证集热器组任何一点都能均衡地将热量输出。在直接用真空玻璃管充水集热的系统中，每组集热器的进出水管必须设阀门，以避免其中任何一根玻璃管破裂而造成整个系统瘫痪。

5.2.6 本条列出了集中式的太阳能热水系统常用的两种运行方式。对于分离承压式的太阳能热水系统应采用强制循环的方式收集热量。而对于定温放水式系

统，则可以利用冷水压力顶水收集热量。实际工程中，根据具体条件及要求，可以将系统设计成强制循环与定温放水组合的方式有利于发挥各自的优势，但系统和控制要求相对复杂。

5.2.7 本条规定了集热器无论布置在平屋面还是构架上应考虑安装、维修通道。在平屋面布置时，应避开消防通道，架空布置时，其下部消防通道的宽度、高度应符合《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求；布置在坡屋面时，集热器应与坡屋面有机结合；集热器作为屋面板时，对其支撑方式作出了规定。

5.2.8 太阳能热水系统集热器总面积的确定是一个十分重要的问题，而集热器总面积的计算又是一个比较复杂的问题。国际上通用的集热器总面积的精确计算一般采用 F-Chart 软件、Trnsys 软件或其他类似的软件来进行，它们是根据系统所选太阳能集热器的瞬时效率方程（通过测试所得）及安装位置（方位角和倾角），再输入系统所在地的地理纬度、平均太阳辐照量、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一定的计算机程序计算出来的。我国目前还没有用软件进行日常计算。

本条所列的公式是太阳能集热器总面积计算的经典公式。公式中的各项内容都在符号解释中列出了可供选择的参数。设计者只要根据工程实际及经济、技术条件在各参数的上、下限范围内取值即可。公式中需注意区分集热器采光面积与集热器总面积两者的区别。集热器采光面积是指非汇聚太阳辐射进入集热器的最大投影面积，不包括那些太阳辐射从垂直于采光面方向入射时太阳辐射被遮挡的透明部分。而集热器总面积是指集热器采光面上包括外壳边框在内接收太阳辐射的最大投影面积。采光面积用于判断某一集热器产品的集热性能指标是否合格，总面积则用于计算确定所需集热器的数量和总占地面积，一般用于实际工程中。对于平板型集热器，采光面积略小于总面积，但对于真空管型集热器采光面积远小于总面积。

太阳能集热器总面积确定一般情况考虑系统全年使用，集热器采光面上辐照量取全年平均日太阳辐照量（其他参数也取全年平均值），如果是注重冬季使用的用户，建议采用冬至所在月日均太阳辐照量及其他参数。

如果是空气源热泵（其他能源）辅助的太阳能热水系统，集热面积的确定可由设计者在保证系统能够安全使用的前提下进行选择 and 计算，前提是必须满足

浙江省《可再生能源应用核算标准》的核算要求。

集热器年平均集热效率 η_{cd} 的确定：

宁波市基于集热器总面积的年平均集热效率 η_{cd} 经验取值为0.30-0.50，其中全玻璃真空管型集热器为 $\eta_{cd}=0.30\sim 0.45$ ；平板型、热管和U型管式真空管集热器 $\eta_{cd}=0.45\sim 0.50$ 。 η_{cd} 准确数据应根据集热器产品的测试所得的瞬时效率方程经过计算所得，有一次拟合和二次拟合二种方程式。

一次拟合： $\eta_{cd}=\eta_o-UT^*$

式中： η_{cd} —基于集热器总面积的全年平均集热效率，%；

η_o — $T^*=0$ 时的集热器热效率，测试得出，%；

U—以 T^* 为参考的太阳能集热器总热损系数， $W/(m^2\cdot^\circ C)$ ；

T^* —归一化温差， $(m^2\cdot^\circ C)/W$ ；按设计参数和当地气象参数计算， $T^*=(t_i-t_a)/G$ ；

其中： t_i —集热器工质进口温度（ $^\circ C$ ）；

t_a —使用期环境空气平均温度（ $^\circ C$ ），宁波市中心城区取 $16^\circ C$ ；

G—总太阳辐照度（ W/m^2 ）， $G=J_r/3.6 Sy$ ；

J_r —当地集热器采光面上的年平均日太阳辐照量 [$kJ/(m^2\cdot d)$]，按附录 A 选取；

Sy—系统所在地年平均日照时数，宁波市中心城区取 5.2 小时；

t_i 分为单水箱和双（多）水箱两种计算公式；

单水箱时： $t_i=t_L/3+t_e\times 2/3$ ；

双水箱或多水箱时： $t_i=t_L/3+[2f(t_e-t_L)]/3-5$ ；

t_L —贮水箱内水的初始温度（ $^\circ C$ ）；

t_e —贮水箱内水的终止温度（ $^\circ C$ ）；

f—太阳能保证率，无量纲。

二次拟合： $\eta_{cd}=\eta_o-a1\times T^*-a2\times G\times (T^*)^2$

式中： η_{cd} —基于集热器总面积的全年平均集热效率，%；

η_o — $T^*=0$ 时的集热器热效率，测试得出，%；

a1—以 T^* 为参考的系数，测试得出参考集热器检测报告；

a2—以 T^* 为参考的系数，测试得出参考集热器检测报告；

$$T^* = \frac{(t_i - t_a)}{G};$$

式中：T*—归一化温差，(m²·°C) /W；

计算例题：某品牌全玻璃真空管太阳能集热器，经过测试得到瞬时效率曲线方程为： $\eta_{cd}=0.428-1.342T^*$ （基于集热器总面积）

$$\begin{aligned} \text{太阳辐照度 } G &= J_T / 3.6S_y = 12595 \text{KJ} / 3.60 \times 5.2 \\ &= 673 \text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{d} \end{aligned}$$

单水箱时：集热器进口工质温度

$$\begin{aligned} t_i &= t_L / 3 + t_e \times 2/3 = 15.3/3 + 2 \times 60/3 \\ &= 45.1^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{归一化温差 } T^* = (t_i - t_a) / G = (45.1 - 16) / 673$$

$$= 0.0432 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C) /W}$$

$$\eta_{cd} = 0.428 - 1.342T^* \text{ (基于集热器总面积)}$$

$$= 0.428 - 1.342 \times 0.0432 = 0.37$$

双水箱或多水箱时：集热器进口工质温度

$$\begin{aligned} t_i &= t_L / 3 + [2f(t_e - t_L)] / 3 - 5 \\ &= 15.3/3 + [2 \times 0.40(60 - 15.3)] / 3 - 5 \\ &= 12.02^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{归一化温差 } T^* = (t_i - t_a) / G = (12.02 - 16) / 673$$

$$= -0.0059 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C) /W}$$

$$\eta_{cd} = 0.428 - 1.342T^* \text{ (基于集热器总面积)}$$

$$= 0.428 - 1.342 \times (-0.0059) = 0.44$$

系统的储水箱及管路热损失率经验值 η_L 在管路较长的分散式系统和集中集热分散储热的系统中应视管路的具体情况予以计算和修正。

5.2.9 可布置集热器的屋面面积、阳台宽度及高度、辅助能源获得的种类、系统的经济性及其可靠性等多种因素综合影响太阳能热水系统的集热器总面积。对普通住宅、低层联排住宅、低层双拼或独栋住宅等建筑的最小集热器总面积作出规定，是为了满足住户对生活热水用水量的基本要求、类似工程的一致性。

但对于附近有可供利用的工业余热或废热的建筑，其太阳能集热器总面积可按夏季冷水水温和辐照量进行设计计算，计算结果如集热器总面积小于条文中规定的最小面积应取实际计算值，其他季节不足的热热水由辅助能源提供，如此设计较好地解决了夏季超温、超压等问题。因此，在太阳能热水系统设计时应根据建筑具备的条件、用水要求等实际情况，合理选取冷水水温及太阳辐照量以计算集热器总面积。

5.3 热泵主机

5.3.1 本条引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034。一般热水系统用水量最高峰和气温、水温条件最差的时段不重合，因此可以通过加大储热水箱（罐）容积来调节最大时与平均时的不均衡性，所以空气源热泵热水系统主机可不按最高日用水量配置。

5.3.3 参见 3.0.3 条文说明。

5.3.4 浙江省对民用建筑可再生能源应用有具体规定，可再生能源综合利用量不能小于浙江省《民用建筑可再生能源应用核算标准》DB 33/1105 的要求。当空气源热泵热水系统进行全年节能量计算时，根据浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034，宁波地区的生活热水系统热源部分（不包括热水供、回水管的热损失）全年系统能效比约为 2.5 左右，而在冬季工况下的系统能效比约为 1.5 左右。

根据浙江省《民用建筑可再生能源应用核算标准》DB 33/1105 的要求，空气源热泵热水系统设计时应满足最小装机功率的要求，最小装机功率计算时，热泵的系统能效比（COP）为 2.5，工作时间取 8 小时。

热泵主机标准工况下的能效比（即名义工况 COP）可以达到 3.7~3.9。本次课题研究，课题组对广东美的暖通设备有限公司、艾欧史密斯（中国）热水器有限公司、北京四季沐歌太阳能有限公司的三个品牌的家用型空气源热泵热水机组进行了交换互测，测试内容及条件见下表 1：

家用型分体式空气源热泵热水机组测试内容及条件 表 1

测试项目	空气侧	水侧
------	-----	----

	干球温度/℃	湿球温度/℃	进水温度/℃	出水温度/℃
名义工况	20	15	15	55
最大运行工况	43	26	29	55
自动除霜工况	2	1	9	55
最小运行工况	7	6	9	55
低温运行工况	-7	-8	9	55

被测试三家产品的冷媒材料均为 R22，采用 150L 立式外盘管或微通道加热器水箱，测试结果主要参数见表 2，表中外机噪音和 COP 值为实测数据。

表 2

品牌	标称名义制热量	标称额定输入功率	外机噪音 (A)	名义工况 COP	除霜 (2℃) COP	低温 (-7℃) COP	最大 (43℃) COP	最小 (7℃) COP
A	3.1KW	0.826KW	52.3dB	3.90	2.27	1.62	3.28	2.97
B	3.4KW	0.89KW	50.3dB	3.99	2.46	1.96	4.76	3.28
C	3.4KW	0.88KW	52.8dB	3.86	2.41	1.48	3.56	3.23

空气源热泵名义能效比 (COP 值) 是指在环境温度 20℃，冷水温度 15℃，热水出水温度 55℃时测得的数值。受环境温度、被加热水水温等影响，在实际使用过程中其能效比远达不到其名义工况下的数值。为反映机组实际运行过程中的节能效果，以空气源热泵热水器在某一时期内制取热水获得的总热量和同一周期内消耗的总电量之比 (即系统能效比) 来进行可再生能源应用节能量计算。

空气源热泵的制热量及能效比是热泵机组的二个重要参数，能够反映热泵机组的主要性能。不同产品热泵主机名义制热量、名义能效比值、输入功率差异较大，不同产品空气源热泵在相同制热量情况下，能效比越高，则输入功率越小，性能越好。在实际工程设计时，所选用的空气源热泵机组制热量要满足项目的需求，能效比、机组噪音等参数达到国家或者地方标准要求的等级。至于热泵机组的输入功率则由产品本身决定，不同产品空气源热泵在相同制热量情况下，可能输入功率不同。

5.3.5 本条空气源热泵热水器的性能系数(COP)根据国家标准《热泵热水机(器)能效限定值及能效等级》GB29541-2013 得到。热泵热水机能源效率分为 1、2、

3、4、5 五个等级，1 级表示能源效率最高，2 级表示节能认证的最小值，热泵机组性能系数（COP）达到 2 级及以上时为节能产品。工程项目应用时，对于制热量大于等于 10kW（一般为商用机）机组，要求性能系数（COP）不应低于 2 级；制热量小于 10kW（一般为家用机）的热泵热水机要求性能系数（COP）不低于 3 级，宜为 2 级。

5.3.6 本条对空气源热泵热水器主机及水箱的噪音和振动作出了规定，噪音要符合国家标准《家用和类似用途热泵热水器》GB/T 23137 和《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》GB/T 21362 的要求。表 5.3.6 列出的是家用型空气源热泵热水器噪声限定值（声压级），商用型空气源热泵热水器噪声限定值（声压级）详见国家产品标准 GB/T 21362。

5.3.7 空气源热泵主机及其循环水泵运行时会产生噪音、振动，影响其上层、下层或毗邻的居住用房。商用型热泵主机产生的噪音约为 65-74dB（A）。居住用房包括住宅及宿舍的卧室、书房、酒店客房、医院病房、养老院卧室等有安静要求的房间。空气源热泵主机及其循环水泵基础应设隔振垫，热泵主机及其循环水泵与管道的连接应采用减振接头；家用型热泵主机产生的噪音约为 52dB（A），如果设在生活阳台上，会影响住户正常的生活，因此本条规定空气源热泵主机不得布置在生活阳台上，且要求设置热泵机组的屋顶、平台需要人员进入的通道以便安装维修。

进风口高度是指热泵机组换热翅片的垂直高度。本条的主要目的是为了避开成组或靠墙布置时热泵的进风条件不能满足机器的进风要求。当热泵主机排风面有高于排风口上端的侧墙时，为保证热泵主机正常排风，应采取侧墙设排风百叶等技术措施。

5.3.8 采用异程布置的管路容易造成机组之间工作的不平衡性，这样不能充分地发挥每台热泵热组的最佳性能。除非设计人员有可靠的技术手段保证机组中各台主机工作的均衡性，此时可以采用异程的管路形式。

5.3.9 一次加热式（直热式）热泵机组在非承压的热泵系统中应用很广泛，它可简化系统（详见附录 D）。集中式空气源热泵热水系统的热水箱往往明露在屋面，热量损失较大，已被加热的水储存一段时间后水温下降明显，特别是冬季最冷月时段储水箱内水温不到 50℃（接近 50℃），为满足用户对水温、水量的

要求，保证热水系统正常使用，一次加热式（直热式）空气源热泵热水系统应设循环加热回路，并要求配置辅助能源加热设备。

5.4 储热水箱（罐）

5.4.1 本条引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034。理论上储热水箱（罐）应根据产热、用热包括辅助加热三者之间的变化曲线求得需要调节的热量，换算出储热水箱（罐）的容积。但实际上这种曲线的取得有一定的难度，而且太阳能热水系统的特点是使用时段基本上与集热时段错开，而辅助加热时段一般在使用时间段之前。储水箱的容积与产热量（集热面积）的关系非常密切。储水箱容积的大小直接影响到系统效率，容积越大，对太阳能的集热效益越好，反之，则相反。当然，容积过大会使水温过低、浪费辅助能源、影响集热效率，总之水箱容积与集热器面积要匹配。在实际工程设计时，集中式太阳能热水系统建议按最高日热水使用量、可布置的集热面积产热量及辅助加热能力等因素综合考虑后确定储热水箱（罐）的容积。

空气源热泵热水系统的水箱应在分析用水时段需热量和加热时段的供热量之间的按时变化曲线后，以最高日需要调节的水量为设计值。宁波属于能利用谷电地区，当热泵在谷电时段制备热水时，用水量接近于零，则贮热容积可考虑按日用水量确定。

5.4.3 公式 5.4.3-1 为国家标准《建筑给水排水设计规范》（GB50015）对全日制集中热水供应系统贮热水箱（罐）有效容积的计算公式。这个公式按设计小时耗热量持续时间来确定储热水箱（罐）的容积，在物理概念上是正确的，但设计小时耗热量持续时间值很难取值，不同设计人员所取数值差异较大，导致贮热水箱（罐）有效容积差异较大。

公式 5.4.3-2 引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034，按日均用水量减去热泵工作时的产水量求出水箱的容积。这个公式的物理含义就是假设每天热泵工作时段内的产水量和供水量是平衡的（即热泵的设计小时供热量等于系统的设计小时需热量），需要储存的是热泵不工作时段内

的平均时用水量之和。

对于定时热水供应系统的贮热水箱（罐）有效容积，应为定时供水时段的全部热水用量以保证定时用水阶段的大水量要求。目前以氟利昂为冷媒的空气源热泵产水温度为 55℃，而国家热水用水定额按 60℃ 计，因此用水量确定时应进行换算。

5.4.4 储热水箱（罐）根据系统分类，分为承压式和非承压式，其中承压式系统中的储热水罐是压力容器，应要有承压能力的计算和等级的标注，有效容积 600L 以上的承压式储热水罐应有相关政府管理部门的压力容器生产许可证。

5.4.6 立式水箱相比卧式水箱的温度随水箱高度的变化曲线要平缓很多，有利于充分利用水箱容积。在项目设计时，当条件允许时，应尽可能采用立式水箱（罐），但当储热水箱（罐）明露设置在屋面上时，大容量的立式水箱（罐）高度较大，如采用立式，可能会影响建筑立面的美观性，此时应征得建筑师同意。水箱（罐）的进出水管道应合理布置，不得产生死水，影响水质和水温。

5.4.7 热水使用期间储水箱（罐）内的水温恒定是生活用水舒适性的重要因素，串接连接的双水箱（罐）热水系统的水温恒定性要好于单水箱（罐），但对于日用水量较小的建筑可以采用单个储水箱（罐）系统，水箱有效容积不大于 4 m³ 是推荐值。闭式承压式热水系统易做到用水处冷热水压力相近，用水器具出水水温恒定，不会产生使用时忽冷忽热的现象，用水舒适度高；开式热水系统设计时，为达到用水处冷热水压力相近，设计时水力计算工作量大，精度要求高，一般设计人员不易做好，造成热水用水处冷热水压力不平衡，出水忽冷忽热。实际工程中有许多不成功的案例，因此太阳能或空气源热泵热水系统设计时尽可能要采用闭式承压式系统。

5.4.8 集中式热水开式单水箱不能采用浮球阀补水，否则热水使用期间由于冷水同时补水，水温持续下降，影响生活用热水的舒适性。采用电磁阀（电动阀）设定水位高度补充冷水方式时，在非补水时段水箱内的水温是恒定的，另外设定的热水最低水位不能使冷水补水期间热水使用时出现断水情况。

5.4.9 集中式双（多）水箱（罐）热水系统水箱之间的串联方式比并联方式在冷水补水期间对系统的出水温度降低影响小得多，冷水补入第一个水箱（罐），用水从第二个（最后一个水箱（罐））接出，水温梯度小、人体不易感知到。水

箱（罐）容积大小、之间的管路连接、换热器的换热面积大小取值是否合理都要影响热水系统的使用效果，本条对上述参数的选用、计算作出了规定。

5.4.10 本条是对储热水箱（罐）保温效果国家标准的重申。

5.4.11 本条所列的要求是对储热水箱（罐）的常规要求，同时要求水箱的水位和水温、储热水罐的压力和水温通过电信号远传至控制系统中。

5.4.12 太阳能热水系统受天气、用户使用量等因素的影响，水温在不断变化。对于分户整体式太阳能热水器，夏天时水箱内温度很容易达到 95℃ 以上，如果未设置防止热水系统超温的技术措施极易发生烫伤事故，因此需要设置热水系统防过热措施。直接供水系统可采用分散设置恒温混水阀等技术措施，根据太阳能热水的出口温度，自动选择冷水与太阳能热源的出水比例，达到恒温出水的效果，充分利用太阳能、同时保证热水的舒适性和安全性。目前国内生产的恒温混水阀产品质量参差不齐，相同规格的产品不同厂家价格相差较大。应选用质量可靠的产品，否则恒温混水阀易损坏，影响太阳能热水系统的正常使用，进口产品质量好，但价格偏高。间接供水系统可通过控制供热循环水泵的启动使储水箱（罐）内的水温不会太高，以达到防止系统过热的功能。

5.4.13 本条对普通住宅、低层联排住宅、低层双拼（或独栋）住宅等建筑的储热水箱（罐）最小有效容积作出规定，是为了满足住户对生活热水用水量的基本要求、类似工程的一致性。阳台栏板式太阳能热水系统一般为间接加热系统，目前挂式水箱的最大容积为 120L，120L 以上为落地式水箱。挂式水箱对生活阳台的使用功能影响较小，可不受条文中第 3 款限制，落地式水箱最小容积为 150L，放在生活阳台要影响阳台的使用功能，因此 150L 及以上阳台栏板式太阳能水箱不得放置在生活阳台上。对于分散式空气源热泵热水系统当没有配置辅助能源加热设备时，为保证冬季最冷月的热水供应，其储水罐容积按 1、2 款条件选用时宜相应地扩大，按 1 款条件选用时建议扩大 50L，按 2 款条件选用时建议扩大 100L。

5.4.14 集热系统不承压，换热系统承压的集中集热、分散储热系统是近年来经常采用的系统，集热系统不承压可以降低工程造价。这种系统的集热和换热系统之间需增设非承压的缓冲水箱。因为缓冲水箱的存在，系统不需设置膨胀罐。缓冲水箱容量确定要考虑多方面因素。从传热工质温升速度来说，容量越小，

温升越快且水温高、换热效率越高，但系统高温会给日常维护带来不利。另一方面缓冲水箱的容量太小会使集热、供热循环水泵的启停频率增加。综合系统水温、集供热循环水泵的启停频率及运行维护因素，缓冲水箱容积推荐按集热循环水泵 2min 流量并预留膨胀及停泵时回水容积计算确定。

5.5 辅助能源

5.5.1 太阳能热水系统的辅助加热能源，应视各种能源的使用价格、使用便利性及节能效率等方面进行技术经济比较后确定。辅助能源宜首先选择工业余热、废热、地热；也可采用空气源热泵作为辅助能源；在沿江、沿海、沿湖、地表水源充足，水文地质条件适宜地区，宜采用地表水源热泵热水系统；最后，在保证全年供热的热力管网的区域，可采用城市热网作为其辅助能源。在没有以上各种辅助能源时，可采用燃气、燃油或电作为辅助加热能源，但电受负荷配置的影响，其热流量无法与燃气、燃油相比。

在分散式太阳能热水系统中，当辅助能源同时具备电力和燃气时，宜优先选用热水专用型带进水温度自动控制点火功能的燃气热水器作为辅助能源加热设备与太阳能热水出水串接连接。这种燃气辅助加热设备及连接方式具有以下优势：

1. 燃气热水器加热速度比电加热快得多，能够瞬时获得恒温的热水，满足用户需要；

2. 燃气热水器加热的使用费用比电价低，使用安全性高于电加热，且安装空间不影响住户的正常装修；

3. 燃气热水器辅热的初投资要略高于电加热，但综合使用期内（国标规定燃气热水器使用寿命不小于 8 年）的使用成本、获得热水的舒适度、使用安全性等多种因素，燃气热水器要优于电加热；

4. 电是二次能源，综合效率较低，为 0.31，我国平均发电效率，即热能到电能的能源转换效率为 0.336，从节能角度出发，太阳能热水系统以电为辅热时，太阳能保证率只有达到 67%以上时，才能起到节能作用。实际工程中，太阳能保证率很少能达到 67%，一般在 40-50%。课题组对宁波市西河花园一户六

层顶层带阁楼的住户（常住人口 2 人，但爱好运动）太阳能热水系统（采用整体非承压式太阳能热水器）与热水专用型燃气热水器（辅热）串接进行了二年时间的测试，太阳能出水设置了增压稳压水泵及恒温混水阀，恒温混水阀出水温度设定为 50-55℃（可调），总体效果良好，燃气使用量极少。从 2017 年 5 月 1 日到 2018 年 4 月 30 日只用了 79.5m³ 天然气（没有设电辅热），平均每月消耗天然气仅为 6.6 m³，非常节能。按宁波市住宅天然气价格 2.95 元/m³（不考虑用气梯度价格），平均每月生活热水使用费为 19.5 元。燃气热水器设定出水温度为 50℃（另有 45℃、55℃、60℃可调），当太阳能出水温度为小于 47℃进入燃气热水器时，燃气热水器点火升温，出水能达到 50℃恒温，当太阳能出水温度为 47℃及以上时，燃气热水器不点火升温，热水只是流过燃气热水器。目前国内对于此种燃气热水器已有不少于 2 家企业已研发成功。选用家用型的燃气热水器作为太阳能辅助加热装置串接连接，应注意不能采用市场上普通型的燃气热水器（冷水型），这种燃气热水器的进水温度一般为小于 30℃，该产品出厂测试条件是以小于 30℃冷水进水为依据，当进水大于 30℃时，出水不能达到预先设定的恒温值，出水热水温度无法控制，会引起烫伤事故，且燃气热水器过水原配件不耐高温易损坏。

5.5.2 宁波市全年大约有三分之一时间为阴雨天气，特别是梅雨季节，会出现连续多日的阴雨天气。在这种时段，太阳能热水系统的集热功能几乎完全丧失，为保证系统出水的水温满足使用要求，辅助能源加热设备设计时应按不计太阳能热水系统集热供热能力来计算。此时的热水系统就是一种完全依靠辅助能源加热的普通热水系统。

5.5.3 辅助能源加热系统采用直接加热或间接加热方式，应根据项目所具备的条件，综合考虑冷水水质、辅助能源及系统的种类加以选用。辅助热源直接加热必须满足国家相关的安全认证要求。

对于居住建筑分散式太阳能热水系统储热水箱（罐）的电辅助加热输入功率最小值作出规定是为了保证用户太阳能储水箱（罐）的加热速度和类似工程的一致性。

5.5.4 太阳能热水系统出水与热水专用型带进水温度自动控制点火升温功能的燃气热水器（辅助能源加热设备）串联连接系统是一种近几年来新研发的太阳

能热水系统，该系统的关键设备是能与太阳能热水系统出水串联连接的热水专用型带进水温度自动控制点火升温功能的燃气热水器。该燃气热水器与目前市场上大量销售的普通型燃气热水器不同。热水专用型带进水温度自动控制点火升温功能的燃气热水器必须具备以下功能：

1. 燃气热水器的过水部件应耐高温，长期耐高温能力应不小于 60°C ，短时耐冲击高温能力应不小于 80°C ，否则当太阳能热水出水流过燃气热水器时，过水部件要损坏无法使用；

2. 燃气热水器应具备由进水水温自动控制点火升温的功能，当进水温度与设定的出水温度差值大于 3°C 时，燃气热水器开始点火升温，且出水能达到设定的恒温值，出水温度值在燃气热水器控制面板上显示；当进水温度与设定的出水温度差值小于等于 3°C 时，燃气热水器不点火升温，太阳能出水只是流过燃气热水器。

太阳能热水系统出水与热水专用型带进水温度自动控制点火升温功能的燃气热水器（辅助能源加热设备）串联连接系统一般控制进燃气热水器的水温为 $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，如果前端进水温度可能高于这个水温，如采用整体式太阳能热水器，夏季水温可达 95°C ，则进燃气热水器之前系统应采取控制温度的措施，如采用恒温混水阀等方法。该太阳能热水系统不需要设自动或手动控制三通阀，该系统的运行控制完全自动化。课题组在宁波市西河花园六层顶层带阁楼住宅进行了该太阳能热水系统的应用测试，自 2017 年 5 月 1 日安装完毕开始使用至今已使用了近二年，并且对住户系统使用的冷水热水量、太阳能供热量、水温、燃气热水器串接后的出水温度、供热量及用气量进行了数据采集及远程发送。该太阳能热水系统运行稳定可靠，节能效果优良，阴雨天气燃气热水器加热速度快、出水恒温，用户非常满意，具有推广应用价值。但热水专用型燃气热水器的进水水质要求比普通冷水型燃气热水器高，主要是控制燃气热水器进水的水垢，进水温度一般不宜大于 55°C ，安装进水过滤器的地方要便于维护、排污清洗。对于冷水硬度较高的水质要软化处理。

5.5.6 《建筑给水排水设计规范》（GB50015）规定：最冷月平均气温低于 10°C 的区域的空气源热泵热水系统宜设辅助能源加热设备，宁波市典型气象年的最冷月为 1 月份，平均气温为 4.7°C ，日最低温度为 -2°C ，属于宜设辅助能源加

热设备的地区。空气源热泵热水系统辅助能源加热设备的设计按 3.0.3 条原则执行。如果系统需要设置辅助能源加热设备，则热泵的设计由设计者根据项目情况计算后确定。如果不配置辅助能源加热设备，可依靠延长热泵的工作时间来满足最不利时段的用热需求，热泵的选型应留有余地，应满足典型气象年最冷月最冷日气温 -2°C 时（历年极端低温为 -8°C ），每日工作时间不应超过 17 小时。辅助能源加热设备计算时，应考虑优先使用可再生能源并提供大部份热量。

5.5.7 间接换热的太阳能热水系统会使太阳能热利用率下降，但热水水质好且能够适应较硬的原水水质（原水硬度大于 150mg/L ）和寒冷的气候条件（传热工质采用防冻液）。实际工程中，应视用户对热水用水水质、集热器防冻等要求、冷水硬度及项目具备的条件合理选择直接或间接加热太阳能热水系统。

5.5.8 目前空气源热泵热水机组工质即制冷剂主要为氟利昂（Freon），常用的有 R22（成分为 CHClF_2 ）、R134a（成分为 $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ ）、R410a 三种，还有 R407c、R290 等氟利昂系列产品、R744（ CO_2 ），后三种产品用得比较少。R410a 是一种混合制冷剂，它是由 R32（二氟甲烷）和 R125（五氟乙烷）组成的混合物，其优点在于可以根据具体的使用要求，对各种性质，如易燃性、容量、排气温度和效能加以考虑，量身合成一种制冷剂。根据《蒙特利尔议定书》，R22 由于分子式中含有 Cl（氯）元素对臭氧层有破坏作用，2020 年底前要被禁止使用，具体以国家发布的政策为准。R134a、R410a、R407c、R290、R744 不含有 Cl（氯）元素对臭氧层没有破坏作用，为环保制冷剂。以氟利昂为制冷剂的空气源热泵热水机组，正常运行时其出水温度可达 55°C ，但冬季最冷月时段储水箱（罐）内水温达不到 55°C （约 $50\text{--}53^{\circ}\text{C}$ ），当医院等建筑要求供热水温度不小于 60°C 时，必须配置辅助能源加热设备，如果空气源热泵主机工质即制冷剂采用 R744（ CO_2 ）等其他材料，产生的热水温度大于 60°C 时，可根据具体工程设计情况，当水温水量能够满足使用要求时，可以不配置辅助能源加热设备。

5.6 集热(供热)循环泵

5.6.1 分离式系统中由于集热装置跟储热水箱（罐）有一定的距离，依靠温差

异重的压差自然循环往往很困难，设置循环泵能够保证集热系统正常运行。循环泵的功率很小，相对于集热量而言，循环泵的能耗可以忽略不计。

5.6.2、根据国家标准 GB/T 4271-2007《太阳能集热器热性能试验方法》8.1.3.3 条得到。

5.6.3 本公式引自浙江省《太阳能与空气源热泵热水系统应用技术规程》DB 33/1034。

5.6.4 集热（供热）循环泵的扬程应包括在设计流量条件下的循环供回水管路的水头损失、流过集热器的水头损失及通过水泵本身和阀门、过滤器等的水头损失。

5.6.5 集热（供热）循环泵的启停一般为温差循环控制，具体的温差数值应视实际工程根据系统大小、产品性能等因素确定。

5.6.6 本条对非承压式集中集热、分散储热半集中式太阳能热水系统的热媒水循环水泵的启、停作出了规定。通常热媒循环水泵由缓冲（中间）水箱与回水管末端的温差控制及缓冲（中间）水箱的定温控制二种运行方式。前者能充分利用太阳能，后者运行方式，当缓冲水箱低温时，热量不能被充分利用，热利用率比前者要低。

5.6.7 空气源热泵热水系统的循环流量设计相对于太阳能热水系统更加明确，各参数取值比较明确。

5.6.8 本条《城镇给水排水技术规范》GB 50788 为强制性条文，所有水泵机组布置时必须满足要求。太阳能循环泵虽然功率小、噪音低，但也不能忽视其对居住用房内卧室、书房、酒店客房、医院病房等有安静要求房间的影响。尤其是夜间，循环泵对居住用房的影响更加突出。水泵基础应设隔振垫，水泵的进出口应设减振接头以免水泵振动噪音通过管道传递至室内。另外循环泵布置时宜靠近储热水箱（罐），以保证循环泵吸水安全，避免循环泵的设置位置过高，在循环泵吸水管上出现低压或负压释气现象，使循环泵出现空转、气蚀等不利状况。

5.6.9 本条是对普通水泵配件设置的基本要求。另水泵在室外安装时需设置防雨罩，水泵控制箱等电气设备需设置防雨、防雷保护等措施。

5.6.10 热水系统的循环泵一般功率不大，但需要常年运行，如果系统不设备用

水泵，当一台水泵损坏时，整个系统就要停用，因此设备用水泵十分必要。太阳能与热泵组合的热水系统，两者的循环流量、运行时段、控制方式等要求不同，故两种系统管路应分开设置，水泵也应分开设置，不得合用。

5.7 管路设计

5.7.2 太阳能间接加热系统中，集热循环的热媒水水温高，夏季时开式系统的热媒水水温可接近 100°C ，闭式系统的集热媒水水温最大可接近 200°C （汽水混合状态），因此管道的材质及配件应能承受高温，耐温应不小于 200°C ，必须采用金属管材。不锈钢波纹管、铜管软管管材由于管壁薄不能承受高压和高温，因此禁止用于间接加热系统的热媒水管路。也不得采用塑料类或金属塑料复合管材。太阳能热水供水的温度一般小于 70°C ，属于 PPR、PEX 等塑料热水管材能够承受的正常温度，但热水供水立管、主干管道如果采用塑料管由于膨胀系数大要引起弯曲变形，所以上述管道应采用金属管材。另外金属与塑料复合管道由于内外材质不同膨胀系数不同，很容易造成管道内部脱落发生管路堵塞，故不得使用。

太阳能直接加热系统中，集热循环管道温度随天气状况变化较大，温差变化范围在 $5^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，甚至更高。热水供水水温一般小于 70°C ，但有时会超温（如集热器防过热运行时），因此集热循环管道应采用金属管材，热水供水管道宜采用金属管材，不宜采用塑料热水管道，不得采用金属塑料复合管材。

分户整体式太阳能热水夏季水温可接近 100°C ，因此应采用金属管材，不宜采用塑料热水管材。当系统设置恒温混水阀时，设定出水温度小于 65°C ，可采用塑料热水管道，且管路允许工作压力宜取中高值。

空气源热泵热水系统的水温小于 65°C ，可以采用金属管材或塑料热水管材。

5.7.3 太阳能和空气源热泵热水系统的管道有一部分暴露在室外，宁波冬季气温小于 0°C ，因此管路设计时要采取防冻措施。

太阳能热水系统有以下等防冻措施：1. 采用集（供）热循环泵强制循环的方式；
2. 间接加热系统热媒水采用防冻液；3. 管路放空防冻。

空气源热泵热水系统由于管路中充满热水，防冻要求相对较低，可采取以下等防冻措施：1. 管路保温；2. 管路定温、定时循环运行。

太阳能热水系统在夏季由于辐照度高，热媒水水温也高，甚至达到接近沸点的水平，尤其是闭式承压式间接加热系统，水温更高，当用水量小时，热媒水可能引起蒸发，介质为水汽混合状态，发生超温、超压现象。因此系统设计时需要有技术措施防止超温、超压现象出现破坏管路。可采用强制循环、设泄压装置等，也可考虑在夏季对部分集热器设置遮阳材料等措施以免水温过高。一般防冻液的冰点要大于 100°C ，对于防过热是有利的。但如果温度太高会影响防冻液的性能。另外，太阳能热水系统应选用具有更强温度耐受力的管道和连接方式，可以采用薄壁铜管、不锈钢管等金属管材，连接方式可采用焊接、卡压式等。

5.7.4 采用工质循环的闭式太阳能热水系统，不得使用泄压阀做工质膨胀压力缓冲设备。对于分户分离式闭式太阳能热水系统，当夏季工质温度超过 100°C 时（如住户长时间出差不使用太阳能热水等情况），热媒水会产生汽化现象，如果膨胀罐调节容积不能满足系统的膨胀量，此时工质循环系统存在破坏的风险，增设泄压阀可防止工质系统极端状态的发生，但泄压阀动作压力应设定为工质系统最大允许工作压力，这样正常情况下，工质膨胀首先由膨胀罐起作用，只是当极端状态发生时，泄压阀才开启泄压，保护工质系统不被破坏。

5.7.5 本条是为了防止热水系统中的热水回流至冷水系统，造成水质污染。常用的防水质污染措施有空气间隙、倒流防止器和真空破坏器等，详见《建筑给水排水规范》（GB50015）中相关条文。

5.8 运行控制设计

5.8.1 太阳能和空气源热泵热水系统中各个分支系统采用全自动方式控制是系统本身的需要，正常情况下需人工操作的运行很难实施。

5.8.2 辅助加热设备是保证系统热水温度达到使用要求的重要手段，不同系统有不同的控制方式，其启停的原则是首先充分地利用太阳能和空气能，在上述

可再生能源制备的热水不能满足使用要求的情况下适时开启辅助加热设备，保证热水系统的供水品质。宁波市属于住宅执行峰谷电价的地区，谷电时间为22:00-8:00（第二天），谷电价格是峰电的50%（不考虑梯度电价）。可利用谷电时段对热水系统进行辅助加热，并按不同时段实行变温控制，以节约辅助加热费用。

5.8.3 本条列出了主要的智能化功能。在具体工程设计时应视实际需要予以扩展。

《浙江省绿色建筑条例》对新建国家机关办公建筑和总建筑面积一万平方米以上的其他公共建筑，明确了用能分项计量及数据采集传输装置的设计、建设要求。宁波市已经对部份政府投资的项目实行能耗监测，如医院、学校、政府办公楼等，包括集中式太阳能、空气源热泵热水供应等系统，采集的数据上传至市住建局信息中心或业主的中央控制室以便进行节能效率及运行分析。

5.8.4 远程管理系统随着互联网及信息技术的发展已经容易实现。因此项目设计时要考虑采用远程控制系统方便运行管理。

太阳能集热系统的工质不管是人工定期补液还是自动补液，如果管路出现严重渗漏，会影响集热系统的正常运行，甚至烧毁循环水泵；直接加热的太阳能集热系统或空气源热泵热水系统如果管路严重漏水或开式水箱严重溢水，不但会浪费水资源且影响系统的制热效果，当开式热水箱出现最低水位且无法补水时，系统继续运行会损坏相关设备。因此运行控制系统应具有智能诊断功能，如果出现可能导致严重后果的故障，应自行关闭循环功能或补液功能等运行，并报警。

5.9 电气及智能化设计

5.9.2 根据供配电系统形式、配电容量等具体情况，选择从变配电房、分配电间或配电总箱单独给热水系统配出专用供电回路均可。

5.9.3 为保证系统及人身安全，特提出本条要求。等电位联结应包括固定式设备的所有能同时触及的外露可导电部分和外界可导电部分。

- 5.9.4 热水系统设备不能遭受直击雷，必要时应为设备专设接闪器。
- 5.9.5 不同建筑的能耗监测系统的具体情况不同，计量装置的设置应与之相适应，但至少应设有计量表。
- 5.9.6 控制箱宜设置在非露天场所；当设置在室外时，室外型箱体形式的确定应符合现场的地理环境，包括防潮、防雨、防腐、防冻、防晒、防雷击等措施。

6 建筑与结构设计

6.1 建筑设计

6.1.1 水系统设计确定建筑物朝向、日照标准、房屋间距、建筑密度、建筑布局规划设计是在一定的规划用地范围内进行，对其各种规划要素的考虑和确定应结合太阳能热、道路组织、绿化和空间环境及其组成的有机整体。而这些均与建筑物所处建筑气候分区、规划用地范围内的现状条件及社会经济发展水平密切相关。在规划设计中应充分考虑、利用和强化已有的特点和条件，为整体提高规划设计水平创造条件。

6.1.2 太阳能集热器是系统的重要组成部分，建筑设计需将集热器作为建筑元素，与建筑有机结合，保持统一和谐的外观，并于周围环境协调，包括建筑风格、色彩等。方案设计阶段宜在各类设计图纸中表述建成效果，初步设计阶段宜在图纸中按实绘制。

6.1.3 太阳能集热器安装在建筑屋面、阳台、墙面或其他部位，不应有任何障碍物遮挡阳光，满足冬至日全天累计有不少于4小时的日照时数要求。

为满足建筑通风和采光要求，建筑平面经常会出现不太规整、凹凸较多的情形，容易造成建筑自身对阳光的遮挡。此外，L形、U形、曲尺形平面或形体高低错落的建筑物（包括电梯机房、出屋面楼梯、各类构架及超高女儿墙等建筑体量），还有周围高大建筑和绿色植物等也能造成阳光的遮挡，在建筑设计和绿

化种植时均应予以充分考虑，避免对投射到集热器上的阳光造成遮挡，以保证集热器的集热效率。

6.1.4 建筑外围护功能主要包括建筑保温、隔热、隔声、防火、防水、防雷、防盗等内容。太阳能与空气源热泵热水系统的各组成部分，包括储热水箱(罐)、水泵机组、辅助加热装置及控制系统设备等均应与建筑整体有机结合，除满足热水供应要求、满足建筑外观统一和谐和使用功能不受影响，还应满足以上各项建筑外围护功能的要求。

6.1.5 太阳能集热器主要安装在建筑屋面、墙面(或构架)、阳台等外部位置，其外表形状、质感、色彩与亮度应与所在建筑物本身及环境相协调，否则极易产生色彩污染与光污染等视觉污染。要注意选择好太阳能集热器的安装位置，保证不降低相邻建筑的日照标准。

日照标准是根据宁波的气候区、城市规模和建筑物的使用性质决定的，不同类型建筑的日照标准要求不同，应符合相关标准的规定。

热泵主机一般放置在设备平台上，对相邻建筑的影响相对较小，但要注意热泵主机吹出的冷风对周边环境的影响；当热泵主机与空调室外机放在同一设备平台时，应考虑不同系统之间的干扰对设备效率的影响。

6.1.6 连接部位应充分考虑系统各类部件的荷载及被安装建筑部位的结构强度、安装的便捷性；安装太阳能集热器的阳台栏板宜采用实体栏板。当然，安装过程中及安装完成后，均不得破坏屋面板、阳台栏板、墙板等建筑构件的保温、隔热、防水、安全防护等功能。

6.1.7 本条要求是根据《宁波市民用建筑节能管理办法》的规定而提出的，新建民用建筑物的可再生能源应用设施应当与建筑物主体工程同步设计、同步施工、同步验收，鼓励既有民用建筑改造时对可再生能源应用设施同步改造。设备平台上安装公共管道不属于公共管道入户。

6.1.8 安装太阳能集热器和空气源热泵机组的建筑部位，为防止集热器和热泵机组损坏而掉下伤人，除应将集热器和热泵在建筑物上固定牢固外，应采取必

要的技术措施，如设置挑檐、入口处设雨篷，或建筑周围进行绿化种植使人不易靠近等。阳台栏板式太阳能热水系统，除应注意其日照时间是否满足要求外，应更多地关注其是否设置有防止坠落的安全防护设施。

6.1.9 建筑主体结构在伸缩缝、沉降缝、抗震缝等变形缝两侧易发生相对位移，太阳能集热器跨越变形缝设置时容易被破坏，所以太阳能集热器不应跨越主体结构的变形缝设置，否则应采用与主体建筑变形缝相适应的构造措施。

6.1.10 太阳能与空气源热泵热水系统的管线应布置在公共空间且不得穿越其他用户的室内空间，以免管线渗漏影响其他用户使用，也便于管线维修。当无法避免时，可采用竖向管井解决，以保证户界清晰。

管线集中、整齐布设，并设置管道井，除考虑美观因素外，更有利于缩短管线长度、提高系统能效，也便于管线的集中维护与统一管理。需要强调的是住宅集中集热、分散储热的半集中式太阳能热水系统热媒水立管不得明设在楼梯间平台上，应设在管道井内。宁波市已建成的部份住宅小区该系统立管明设在楼梯间平台上，不但影响美观性，而且对住户使用也有一定的影响（如搬运家具等）。

6.1.11 太阳能集热器支架基座与结构的连接件主要是指预埋钢板与预埋地脚螺栓，其与屋面的锚固强度和与支架的连接强度等级应按产品要求确定。为防止屋面板受损漏水，连接件应在施工时预留。

在平屋面防水层上安装集热器，要加强基座的防水措施，基座上应设附加防水层。附加防水层宜空铺，空铺宽度不应小于 200mm，同时要防止防水层卷材在收头处翘边而导致雨水从开口处进入，应按设计要求做好收头处理。卷材防水层应用压条钉压固定，或用密封材料封严。

伸出屋面的管线，应在屋面结构层施工时预埋穿屋面套管，可采用钢套管。套管四周的找平层应预留凹槽用密封材料封严，并增设附加层。上翻至管壁的防水层应用金属箍或镀锌钢丝紧固，再用密封材料封严。避免在已做好防水保温的屋面上凿孔打洞。

对于需经常维修的集热器周围和检修通道，以及屋面出入口和人行通道之间应设置刚性保护层以保护防水层不被破坏，一般可铺设水泥砖（板），按上人屋面处理。

楼梯不出屋面的多层建筑和部分设备层，布置相关设备后，检修的通行要求较高，采用垂直爬梯或检修口不便于维护或检修。

6.1.12 屋面坡度取决于太阳能集热器接收阳光的最佳倾角（当地纬度 $\pm 10^\circ$ ），集热器安装倾角一般与宁波地区纬（ $N28^\circ 51' \sim N30^\circ 33'$ ）相同。如系统侧重在夏季使用，其安装倾角应等于宁波地区纬度减 10° ；如系统侧重在冬季使用，其安装倾角应等于宁波地区纬度加 10° 。宁波地区夏季阳光充沛，冬季则相对较弱，所以确定宁波地区纬度 $+ (0 \sim 10^\circ)$ 作为屋面坡度的最佳取值范围。

为了与屋面统一，架空设置的集热器宜与屋面同坡，且有一定的架空高度，以保证屋面排水通畅；架空高度一般不大于 100mm （以屋面完成面为基准），太高不易与屋面形成一体。

嵌入屋面设置的集热器与四周屋面及伸出屋面管道均应做好水，防止雨水进入屋面。首先屋面穿管应预先埋设套管，其次四周应用密封材料封严。集热器与屋面交接处应设置挡水盖板。

设置在坡屋面的集热器采用支架与预埋在屋面结构层的预埋件固定应牢固可靠，并应承受风荷载和雪荷载。当集热器作为屋面板时，应满足屋面的承重、保温、隔热和防水等要求。坡屋面在安装集热器附近的适当位置应设置出屋面人孔，作为检修出口。

6.1.13 太阳能集热器可放置在阳台栏板上或直接构成阳台栏板。宁波地区，由于太阳高度角较大，阳台栏板或直接构成阳台栏板的太阳能集热器应有适当的倾角，以便接收到较多的阳光。

阳台栏杆（板）应选用坚固、耐久的材料制作，并能承受荷载规范规定的水平荷载；作为阳台栏板的集热器应有足够的强度和防护高度，以保证使用者安全。临空高度在 24 米及以上的民用建筑或 7 层及以上住宅，阳台栏杆（板）

的高度不应低于 1.10 米，其余部位不应低于 1.05 米。

集热器固定在阳台上，为防止集热器金属支架、金属锚固构件生锈对建筑墙面（特别是浅色的外墙面）造成污染，建筑设计应在该部位加强防锈的技术处理或采取有效的技术措施，避免金属锈水对建筑表面造成不易清洗的污染。当由于结构或其他原因造成不易排水时，应采取合理的排水措施，确保排水通畅。

6.2 结构设计

6.2.1 抗震设计时，太阳能热水系统结构设计应考虑计算重力荷载、风荷载和地震作用效应；安装太阳能热水系统的主体结构必须具备承受太阳能集热器、储热水箱（罐）、水泵等设备正常运行时含内部传热介质及满水状态等传递的各种作用的能力（包括检修及风荷载）。主体为钢筋混凝土结构时，为保证与主体结构的连接可靠性，该部位混凝土强度等级不应低于 C25。

6.2.2 本条条文参考了现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364。

6.2.3 本条条文参考了现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364。

6.2.4 本条条文引自现行国家标准《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364。

7 系统安装与验收

7.1 一般规定

7.1.1 将太阳能和空气源热泵热水系统作为机电安装工程的专项部分，纳入当地工程质量技术监督部门竣工备案的内容，可以保障太阳能和空气源热泵热水

系统的施工质量和运行效果。建设、设计、审图、施工、监理、质监等部门应按照现行国家及地方标准、规范进行有序管理，保证工程达到预期的效果。太阳能和空气源热泵热水系统的设计分为土建设计阶段和专项设计阶段，土建设计阶段的图纸一般与主体设计其他内容的图纸都会进行审图并加盖审查合格章，但专项设计施工图及重大变更设计文件，实际工程中有些项目没有审图或者审查不合格就作为施工的依据进行施工，因此要求相关监管部门在工作中仔细核查，尽心尽责。对于设计文件没有审图或者审查不合格的项目不得施工、不得备案、不得通过验收，对于发现的问题要求及时整改。

7.1.2 实际施工中，建筑主体工程的施工资质一般都能符合国家及地方规定，但对于太阳能和空气源热泵热水系统分项工程，很多项目施工单位没有施工资质，由主体总包单位分包给个人或者没有机电施工资质的单位进行安装，施工人员缺少专业知识，没有经过专业培训，没有专业岗位的上岗证；有的项目生产厂家身兼生产、设计、施工三职。因此对于太阳能和空气源热泵热水系统工程要求实际施工单位应具备机电工程施工总承包叁级及以上的资质或建筑机电安装工程专业承包叁级及以上的资质。根据国家规定，上述叁级资质能够承担总造价 1000 万元及以下的工程施工，实际工程的绝大部分太阳能和空气源热泵热水系统分项工程造价在 1000 万以内，因此规定叁级资质是合理的。

7.2 基座与支架

7.2.1 基座是很关键的部分，关系到太阳能和空气源热泵热水系统的稳定和安全，应与主体结构连接牢固，太阳能热水系统的基座主要用于固定集热器。尤其是在既有建筑上增设的基座，由于不是与原建筑同时施工，更要采取技术措施，与主体结构可靠地连接。

7.2.2 由于施工误差，有时基座与预埋件之间可能会出现空隙。要求该空隙应采用细石混凝土填捣密实，保护预埋件与基座的稳定。

7.2.3 一般情况下，太阳能和空气源热泵热水系统的承重基座都是在屋面结构层上现场浇（砌）筑。对于在既有建筑上安装的太阳能和空气源热泵热水系统，

需要刨开屋面面层做基座，因此将破坏原有屋面的防水层。基座完工后，被破坏的部位需重做防水。

7.2.4 大部份太阳能热水系统集热器支架的基座是与屋面混凝土同时浇筑。当太阳能和空气源热泵热水系统的基座采用预制的基座时，应摆放平稳、整齐，并与建筑连接牢固，做好防水处理。

7.2.5 实际施工中，基座顶面的金属预埋件的防腐经常被忽视，本条对此加以强调。

7.2.6 本条强调了热水系统的支架应按图纸要求制作，生产厂家不能根据其经验随意制作，支架制作应符合相关标准的要求。

7.2.7 支架的角度、间距、位置是其三个重要因素，施工时应符合设计要求，不能有差错。支架应安装在承重结构上，与基座连接应牢固可靠，才能保证热水系统的稳定运行。宁波地处沿海地区，每年有台风来临，历年有多次登陆。太阳能热水系统集热器的防风非常重要，主要是通过支架实现的，所有支架防风能力必须达到设计要求。

7.2.8 钢结构支架是导电物体，为避免雷电伤人，应与建筑物接地系统可靠连接。

7.2.9 钢结构支架的防腐质量关系到支架的使用寿命，防腐施工质量应符合《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 和《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》GB 50224 及其他地方标准的要求。

7.3 储热水箱（罐）安装

7.3.2 实际工程中，考虑到运输及建筑现场吊装、搬运等因素，不少钢板储热水箱尤其是大容量水箱采用现场焊接，因此对焊接质量及水箱内外壁特别是内壁的防腐提出要求，以保障人体健康和承受热水的最高温度，保证水箱的使用寿命。

7.3.5 水箱施工工序应先检漏，后保温，且应保证保温质量。

7.4 太阳能集热器安装

7.4.1 本条强调了集热器摆放位置以及与支架的固定，以防止集热器滑脱。阳台栏板式和外墙上的集热器与主体结构的连接特别需要引起重视，必须保证牢固固定。如果发生滑落，造成的后果不堪设想。

7.4.2 不同厂家生产的集热器，集热器与集热器之间的连接方式可能不同。实际工程中，应按照专项设计要求连接，以防止连接方式错出现漏水。

7.4.3 为防止集热器漏水，需进行检漏试验。

7.4.4 平板型集热器内的水流通道管道一般为焊接连接，冬季时如果防冻措施出现问题，水流通道会冻裂，集热器无法使用。防冻措施有多种，对于平板型集热器，放空防冻是一种可靠、简便的方法，因此平板型太阳能热水系统设计时，流道管路应考虑不小于 1% 坡度并能排空。

7.5 空气源热泵机组安装

7.5.3 安装 Y 型过滤器是为了防止焊渣或杂质进入机组损坏设备，Y 型过滤器应做成可拆卸式，方便冲洗和维修，热泵机组附近应有排水设施以便过滤器维护及热泵机组检修时排水。

7.6 管路安装

7.6.1 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242 规范了各种管路施工要求。太阳能和空气源热泵热水系统的管路施工应符合上述规范的要求。

7.6.2 本条对水泵安装的主要技术要求作出了规定。

7.6.3 太阳能或空气源热泵热水系统的水泵有些项目泵体及功率较小，采用角钢或槽钢做成的支架可以满足支承水泵的要求，由于角钢支架是空心的，因此水泵与角钢支架基础之间的隔振垫无法密实安装，这样起不到减振效果。宁波

属于多雨、冬冷地区，安装在室外的水泵应采取有效的防雨和防冻措施，且应符合安装场所的环境条件。

7.6.4 电磁阀、电动阀由于其本身构造的原因需要水平安装，如果垂直安装会影响其使用寿命。为防止细小杂质堵塞电磁阀、电动阀，要求阀前安装细网过滤器。

7.6.5 本条引自《民用建筑太阳能热水系统应用技术标准》GB 50364 对水泵、电磁阀、电动阀及其他阀门的安装主要技术作出了规定。

7.6.6 为防止管路和设备漏水，承压和非承压的太阳能和空气源热泵热水系统应做漏水试验，试验方法按《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的相关要求进行。

7.6.7 本条强调应先检漏，后保温，且应保证保温质量。

7.6.8 宁波属于夏热冬冷地区，冬季气温小于 0°C ，因此室外安装的以水为工质的管路必须保温，包括管道、阀门、过滤器等所有设施以免冻坏，影响系统正常使用。

7.8 运行控制系统安装

7.8.1 在实际应用中，太阳能热水和空气源热泵热水系统常常需要进行温度、温差、压力、水位、时间、流量等控制，本条提出了传感器安装的质量要求及注意事项。

7.8.2 现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168，规定了各种电缆线路的施工。限于篇幅，引用了该标准。

7.8.3 现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303，对各种电气工程施工做出规定。限于篇幅，引用了该标准。

7.8.4 从安全角度考虑，本条强调了所有电器设备和与电气设备相连接的金属部件应做接地处理，并提出电气接地装置的质量要求。

7.9 试压、检漏、冲洗

7.9.3 管路冲洗前应拆下系统中过滤器，关闭水泵前后阀门、关闭减压阀、排气阀、电磁阀、电动阀等附件前面阀门，以免杂质进入滤网、水泵或阀体，打开排空阀放水冲洗。

7.9.4 当气温低于 0℃时，系统会结冰冻裂，要采取可靠的防冻措施。

7.11 验收

7.11.2 宁波目前太阳能和空气源热泵热水系统工程招标大部份项目是实行低价中标制。为保证低价中标后项目的工程质量，本条规定了相关的责任人，应对系统在完成竣工验收交付用户使用后的正常运行负责。在原保证的系统工作寿命期内，发生因产品性能、系统设计、施工质量等因素造成系统不能正常运行时，应对负责竣工验收的相关人员实施问责。

7.11.3 宁波目前很多太阳能和空气源热泵热水工程的实际施工单位没有施工资质。属于建筑主体施工单位（有施工资质）分包给无施工资质的单位或个人施工，施工人员没有经过专业培训。因此项目竣工验收时，验收组应仔细核查太阳能和空气源热泵热水工程的实际施工单位资质，对于施工资质不符合要求的项目不得通过验收，不得交付使用。

7.11.9 系统验收完成后，太阳能与空气源热泵热水系统的热源部分可按《宁波市太阳能与空气源热泵热水系统工程建设管理技术细则》进行能效测评。

附录 C 宁波市不同月份冷水温度表

宁波市不同月份设计冷水温度数据是根据 2011-2013 年横山水库、白溪水库和皎口水库三个水源在自来水厂进口配水井处的水温实测所得，原始数据由宁波市自来水总公司提供。

附录 D 常用空气源热泵热水系统及控制原理图

本附录是参考性附录。针对目前集中式空气源热泵热水系统设计阶段存在的

问题，编制组经过实地调研、多次研讨、修改，完成了常用的空气源热泵热水系统及控制原理图，以便建设、设计、审图、验收等人员参考使用。

宁波市工程建设地方细则
信息公开浏览专用