

中华人民共和国能源行业标准

NB/T ×××××—202×

太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖  
系统通用要求

General requirements for short-term solar energy storage and air-source  
heat pump combined heating system

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持文件一并附上。

202× - ×× - ××发布

202× - ×× - ××实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言.....	2
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	4
4 系统设计.....	4
5 工程施工.....	8
6 调试验收.....	10
7 运营维护.....	12

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国农村能源行业协会和农业农村部农业生态与资源保护总站提出。

本文件由能源行业农村能源标准化技术委员会（NEA/TC8）归口。

本文件由中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会负责组织起草。

本文件起草单位：汉诺威智慧能源科技（内蒙古）有限公司等。

本文件主要起草人：

# 太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖系统通用要求

## 1 范围

本文件规定了太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖系统（以下简称系统）的设计、工程施工、调试验收和运营维护等。

本文件适用于新建、改扩建的公共建筑和民用建筑中安装太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖的系统。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1576 工业锅炉水质

GB/T 6424 平板型太阳能集热器

GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则

GB/T 17581 真空管太阳集热器

GB/T 25127.1 低环境温度空气源热泵（冷水）机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的热泵（冷水）机组

GB/T 25127.2 低环境温度空气源热泵（冷水）机组 第2部分：户用及类似用途的热泵（冷水）机组

GB/T 30245.1 工业过程测量和控制系统用远程输入输出设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 38848 智能工厂过程工业能源管控系统技术要求

GB 50015 建筑给水排水设计规范

GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范

GB 50168 建筑物防雷设计规范

GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB 50189 公共建筑节能设计标准

GB 50207 屋面工程质量验收规范

GB 50242 建筑给水排水及采暖工程质量验收规范

GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

GB 50254 电气装置安装工程及验收规范

GB 50495-2019 太阳能供热采暖工程技术规范

GB 50981 建筑机电工程抗震设计规范

CJ/T 521 生活热水水质标准

CJJ 34 城镇供热管网设计规范

JC/T 2339 地暖用相变储能材料及构件

JGJ 142 辐射供暖供冷技术规程

NB/T 10150-2019 北方农村户用太阳能采暖系统技术条件

NB/T 10416 空气源热泵集中供暖工程安装验收规范

NB/T ×××××-2021 空气源热泵集中供暖工程设计规范

### 3 术语和定义

GB 50495-2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖系统 short-term solar energy storage and air-source heat pump combined heating system**

蓄热容量设计配置连续不超过一周的太阳能采暖系统和空气源热泵相结合的多能互补采暖系统。

#### 3.2

**太阳能采暖保证率 solar fraction for space heating**

太阳能采暖系统中由太阳能供给的能量占系统供给的总能量的百分比。

#### 3.3

**系统能效比 system energy efficiency ratio**

系统总的供热量与耗电量的比值。

#### 3.4

**单位面积日均运行费用 average daily operating cost per unit area**

系统运行期间，达到设计室内采暖温度时，单位建筑面积每天的平均耗电费用。

## 4 系统设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 系统的太阳能采暖保证率和分级应符合 NB/T 10150-2019 中 7.2 和 9.2 的规定，并结合系统所在地区的气候、太阳能资源条件、建筑物类型和功能、供暖热负荷、峰谷电价政策及业主要求等，选择相应的系统类型，确定适宜的太阳能短期蓄热系统、空气源热泵机组，以及在极端情况下其他辅助能源的类型、规模和比例。

4.1.2 系统能效比宜设计为不小于热泵能效系数的 4 倍，单位面积日均运行费用应不大于常规能源集中供热的日均费用。

4.1.3 系统应根据不同地区和使用条件采取防冻、除霜、防雹、抗风、抗震、消防和电气安全等技术措施，安装建筑屋顶本体应有相应的建筑避雷装置。

4.1.4 系统中太阳能集热器性能应符合 GB/T 17581 和 GB/T 6424 的规定，空气源热泵机组性能应符合 GB/T 25127.1 和 GB/T 25127.2 的规定，其余组成设备和部件的质量应符合国家相关产品标准的规定。

4.1.5 系统设计时应在实地勘测的前期条件下，充分考虑施工安装、操作使用、运行管理、部件更换和维护保养操作空间要求。

4.1.6 系统储热装置应放置在地面经过找平硬化的机房或地下室，不宜放置在室外屋顶上，并应和太阳能集热器实行分离式安置。

- 4.1.7 系统中的所有管道、管道附件、设备等都应在施工图中绘制出来，标明管道规格、水平管道标高，坡向与坡度；标明散热设备的规格、数量、标高，散热设备与管道的连接方式；标明系统中的膨胀罐、排气管口等与系统的连接方式。
- 4.1.8 太阳能和空气源热泵采暖、热水系统的垂直管线不应敷设在建筑物的风道内。室外管道设计应符合 GB/T 8175 和 CJJ 34 相应的规定。
- 4.1.9 储热装置外层应设置保温，保温材料应选择耐火级别 B1 的环保性防水保温材料，导热系数小于  $0.024\text{w}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。
- 4.1.10 采暖和热水的系统可双循环运行，可多路供暖及供热水，供暖水和生活卫生热水不应混用，系统应水电分离。
- 4.1.11 热水型供暖系统的水质水处理设计，应符合 GB 50015 及 GB 1576 的规定。
- 4.1.12 系统设计包括供暖热源入户整套设计，但不包括采暖工程外的配套工程。如有需求，应同步设计实施。
- 4.1.13 支架安装水泥墩等土建基础、热泵放置地面的硬化土建基础、储热装置外罩房屋以及控制系统设备所需的地面及墙面基础建设属于项目附属设施，应同步实施。
- 4.1.14 项目施工建设应有水电系统，由设计施工方根据工程用电负荷的性质及运行负荷的要求，对项目建设方提出主电源、水源接入机房的要求，并且在项目前期进行配套工程的设计、施工。
- 4.1.15 系统中应设置热计量、水计量与能耗计量装置。
- 4.1.16 系统应有 485 通讯口支持标准的 MODBUS RTU 协议，并可实现 CS/BS 跨平台控制，可对接 DTU。

## 4.2 系统组成和分类

### 4.2.1 系统组成

系统由太阳能集热系统、空气源热泵系统、蓄热系统、换热系统、保温系统、防冻系统、智能控制系统、管路系统，计量系统，以及支架、设备基础、附件等几部分组成。

### 4.2.2 系统分类

4.2.2.1 按集热系统的运行方式可分为：

- a) 直接式系统；
- b) 间接式系统。

4.2.2.2 按所使用的末端采暖系统类型可分为：

- a) 水散热系统；
- b) 风散热系统。

4.2.2.3 按蓄热材料可分为：

- a) 水体蓄热系统；
- b) 相变蓄热系统；
- c) 固体蓄热系统；
- d) 复合蓄热系统。

4.2.2.4 按照智能控制系统可分为：

- a) 本地自动化控制系统；
- b) 本地和远程自动化控制系统。

### 4.3 采暖系统负荷计算

4.3.1 采暖系统负荷计算，应符合 GB 50189、GB 50019 和 CJJ 34 和 GB 50495-2019 的相关规定。

4.3.2 对不设置集中采暖的地区或建筑，宜根据当地的实际情况，适当降低室内空气计算温度。

#### 4.4 太阳能集热系统设计

4.4.1 集热系统设计应符合下列规定：

- a) 在建筑物上或周围无遮挡空间安装的太阳能集热系统，集热系统不应遮挡相邻建筑采光及消防通道；
- b) 直接式太阳能集热系统宜在冬季环境温度较高，防冻要求不严格的地区使用，冬季环境温度较低的地区，宜采用排空、排回或间接式太阳能集热系统；
- c) 太阳能集热系统的防冻设计应根据管道温度采用自动控制运行，集热器管路防冻保护应设置开/闭功能。集热器管路防冻循环开启温度设置初始值  $8^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，集热器管路防冻循环关闭温度设置初始值  $13^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 系统在断电、停电等意外情况发生时，集热系统内应有工质机械式排回或无电强制流动防冻措施设计；
- e) 集热器应有高温保护及报警提示。集热器高温保护温度值设置（ $85^{\circ}\text{C}\sim 95^{\circ}\text{C}$ ），达到时强制循环。集热温差循环开启温度设置（ $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ），集热温差循环关闭温度设置（ $3^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ）；
- f) 集热系统管道应选用耐温不低于  $70^{\circ}\text{C}$ ，耐腐蚀，内管壁不易结垢，常温下能承受至少  $12.5\text{MPa}$  的压力，抗冲击性能和长期蠕变性能好，且便于安装连接的管材和附件。室外集热管应为有三层的保温外壳、保温层及内管的管材，保温外壳宜采用绝缘、耐低温、耐腐蚀、化学稳定性好的 PE/PVC 等轻质管材，内管应无毒、耐腐蚀、耐低温、耐高温。保温材料导热系数应小于  $0.024\text{w}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

4.4.2 集热器的安装设计应符合 GB 50495-2019 的规定。

#### 4.5 空气源热泵系统选型设计

4.5.1 空气源热泵系统的设备选型和布置应符合 NB/T ×××××-2021 中 5.5 和 5.6 的规定。

4.5.2 空气源热泵系统的额定容量选择应能满足平均日用采暖用热量调节的要求，热泵供热能力可按平均日耗热量配置。

4.5.3 空气源热泵系统主机应按采暖季室外平均的环境温度和热量需求、循环介质温差等条件计算输入功率。

4.5.4 成组布置的空气源热泵采暖机组应采用并联方式换热，机组宜采用同程管路的形式。

4.5.5 当空气源热泵系统采用直热式机组时，应设置循环加热系统保证水箱内水温不低于设计值。

#### 4.6 蓄热系统设计

4.6.1 蓄热系统设计应符合下列规定：

- a) 应根据工程所在地区、太阳能集热系统形式、空气源热泵循环形式、系统性能、系统投资，采暖负荷和太阳能保证率等条件进行技术经济分析，选取适宜的集中蓄热和采暖末端分散式蓄热系统。地面上集中蓄热箱体应加外壳和保温材料层，保温材料导热系数应低于聚氨酯的导热系数，耐火级别 B1；
- b) 室外温度低于  $0^{\circ}\text{C}$  地区，地上蓄热水箱应放置室内；
- c) 采暖末端分散式蓄热材料应达到耐火级别 B1、无毒无腐蚀、无味环保型建材级别，并符合 JC/T 2339 的规定；
- d) 地下储热水池顶端盖部深度不易低于冻土层，储热水池应做地下散热、顶端盖部散热及与土壤接触位置的热量流失止损设计，蓄热水池不应与消防水池合用。

#### 4.6.2 液体工质蓄热系统设计应符合下列规定：

- a) 应合理布置太阳能集热系统、空气源热泵系统、蓄热子系统的连接管位置，实现适应与不同采暖末端不同温度需求相匹配的供热温度。地板辐射散热蓄热水箱出口温度设定宜为 35℃～40℃，暖气挂片散热蓄热水箱出口温度为 55℃～65℃；
- b) 供暖水箱进、出口处流速宜根据系统负荷设计进行控制，流速宜为（1～2）m/s；
- c) 同一套系统同时供应多个采暖（或热水）末端时，宜采用水流分布器；
- d) 蓄热水池的槽体结构、保温结构和防水结构的设计应符合 GB/T 8175 的规定；
- e) 蓄热水箱保温材料的导热系数应低于聚氨酯的导热系数；
- f) 相变材料应根据太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖系的工作温度选择确定，其相变温度应比集热系统的出口温度低 5℃～8℃。

#### 4.7 控制系统设计

##### 4.7.1 系统自动控制设计应符合下列基本规定：

- a) 采暖系统宜采用自动控制变流量运行；
- b) 在供电系统中具有漏电、缺相、低电压、浪涌、保护报警功能；
- c) 系统安全防护控制的功能应包括防冻保护、防过热保护和防过流保护；
- d) 控制方式应简便、直观、可靠，相应的元件性能应符合相关产品标准要求；
- e) 控制方式包括手动、自动模式；
- f) 自动控制系统具备掉电记忆功能；
- g) 自动控制系统中使用的传感器，温度的最大允许误差应不大于±0.3℃，其他计量仪器、仪表的最大允许误差应不大于±5%；
- h) 采暖控制模式应适合控制策略需求，具有多段定时控制，定温控制功能和低水温停止运行控制功能。

##### 4.7.2 系统运行和设备工作切换的自动控制应符合下列规定：

- a) 采暖系统宜采用时间和温差或温差循环运行控制；
- b) 变流量运行的采暖系统，宜采用变频恒压控制系统和分布式温度传感器配合的方式；
- c) 太阳能集热系统、储热装置和空气源热泵设备的相互工作切换宜采用定时定温、级别优先控制
- d) 采暖系统的控制柜应增加泵、阀手动投切功能；
- e) 采暖系统后期远程运维应实现无人值守，公共建筑和 300m<sup>2</sup> 以上的户用建筑采暖系统的控制柜应增加远程控制、手机 APP 及大数据云平台管控，控制系统的设计应符合 GB/T 30245.1 和 GB/T 38848 的要求。

##### 4.7.3 系统安全和防护的自动控制应符合下列规定：

- a) 使用排空和排回防冻措施的直接和间接式太阳能集热系统宜采用定温或定时控制；
- b) 水箱防过热执行温度应按照不同地区的大气压强设定，一般宜设定在 80℃ 以内。系统防过热温度传感器应设置在集热系统出口，防过热执行温度的设定范围应与系统的运行工况和部件的耐热能力相匹配；
- c) 安全阀应安装在泄压时排出的高温蒸汽和水不会危及周围人员的安全的位置上，并应配备相应的措施。

#### 4.8 末端采暖系统设计

##### 4.8.1 采暖系统的末端采暖系统设计应符合 GB 50019 和 JGJ 142 的规定。

##### 4.8.2 水散热系统可采用低温热水地板辐射散热系统、墙体暖气挂片散热系统、墙壁毛细管散热系统。

##### 4.8.3 风散热系统可采用新风加回风循环的风管送风系统，系统运行噪声应符合国家相关标准的要求。



4.8.4 同一套系统多路供热水时，应增加管路分水器。

#### 4.9 非采暖季热水系统设计

4.9.1 采暖系统中热水系统的供热水范围，应根据所在地区气候、太阳能资源条件、建筑物类型、功能，综合业主要求、投资规模、安装等条件确定，系统应在非采暖季通过采暖管路供给生产、生活热水。

4.9.2 热水系统设计应符合 GB 50015 的规定。

4.9.3 生活热水系统水质的卫生指标，应符合 CJ/T 521 的要求。

### 5 工程施工

#### 5.1 一般规定

5.1.1 采暖系统的施工安装不应破坏建筑物的结构、屋面、地面防水层和附属设施，不应削弱建筑物在寿命期内承受荷载的能力。

5.1.2 采暖系统的施工安装应单独编制暖通施工组织设计，并应包括结构施工图、给排水施工图、电气施工图等相关工种的协调配合方案和安全措施等内容。

5.1.3 采暖系统施工安装前应具备下列条件：

- a) 设计文件齐备，且已审查通过；
- b) 施工组织设计及施工方案已经批准；
- c) 施工场地符合施工组织设计要求；
- d) 现场水、电、场地、道路等条件能满足正常施工需要；
- e) 预留屋面及地面基础、基座、孔洞、及相关辅助性基础设施符合设计图纸，并已验收合格；
- f) 既有建筑经过检测机构同意安装系统的文件。

5.1.4 采暖系统配件选用的材料应耐受系统的最高工作温度和工作压力以及使用寿命。

5.1.5 进场安装的热泵采暖系统产品、配件、材料有产品合格证，其性能应符合设计要求；集热器、储能装置和空气源热泵设备应有产品性能检测报告。

#### 5.2 太阳能集热系统施工

5.2.1 集热器的安装平面或者是坡面应预先完成找平、硬化、防水、承重加固、基座、预埋件等前期性配套施工。

5.2.2 集热器的安装方位应符合设计要求，偏差率合格。

5.2.3 集热器的相互连接以及真空管与联箱的密封应按照产品说明书的连接和密封方式安装。

5.2.4 安装在平屋面专用基座上的集热器，应按照设计要求保证基座的强度，基座与建筑主体结构应牢固连接，做好防水处理。防水制作应符合 GB 50207 的规定。

5.2.5 埋设在坡屋面结构层的预埋件应在结构层施工时同时埋入，位置应准确。预埋件应做防腐处理，在集热系统安装前应妥善保护。

5.2.6 带支架安装的集热器，其支架强度、抗风能力、防腐处理和热补偿措施等应符合设计要求。

5.2.7 集热系统管线穿过屋面、露台时，应做防水处理。

5.2.8 采暖系统的管道施工安装应符合 GB 50242 和 GB 50243 的规定。

#### 5.3 空气源热泵施工

5.3.1 空气源热泵的施工和安装应符合 NB/T 10416 的规定。

- 5.3.2 空气源热泵系统的室外主机应在通风条件良好的屋顶、阳台、室外平台等处布置。成组布置时进风侧的间距宜大于1倍进风口的高度，靠墙一侧的主机距墙面的净距宜大于1.5倍的进风口高度。
- 5.3.3 空气源热泵机组摆放位置应满足设计要求。机组底部应安装减振装置，以防止振动。
- 5.3.4 水循环系统的空气源热泵主机进水口应安装Y型过滤器。主机进水管应做好保温措施。
- 5.3.5 空气源热泵主机距离地面高度应不小于300mm，同时应解决化霜时产生的冷凝水导致机组下方及周边不结冰。

#### 5.4 蓄热系统施工

- 5.4.1 蓄热系统施工应符合GB 50495-2019中6.4.1~6.4.3的规定
- 5.4.2 蓄热水箱应设置自动排气装置和地面隔离水泥墩。
- 5.4.3 相变储热装置现场施工制作时，应符合JC/T 2339的要求。

#### 5.5 控制系统施工

- 5.5.1 系统的电缆线路施工和电气设施的安装应符合GB 50168和GB 50254的相关规定。
- 5.5.2 系统中全部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。

#### 5.6 系统管道和附件施工

- 5.6.1 管道应选用耐腐蚀和安装连接方便可靠的管材；太阳能集热循环系统和空气源热泵系统应采用铜管或不锈钢管。各类管材的连接应符合各自的施工要求，管道连接不应漏水。
- 5.6.2 管道系统应有补偿管道热胀冷缩的措施。
- 5.6.3 管道应作保温，保温层厚度经计算确定。
- 5.6.4 管道横管的敷设坡度不宜小于3‰~5‰。
- 5.6.5 系统应设置排气装置和泄水装置。
- 5.6.6 法兰连接的管道，法兰面应与管道中心垂直并同心。
- 5.6.7 管道与主机、水泵、水箱等连接接头宜采用活接。
- 5.6.8 各类阀门的材质及型号应符合GB 50015的相关规定。
- 5.6.9 管道支托架应焊接平整，固定牢固。支架焊接完毕后，应作防腐处理。支架、托架、吊架之间的距离应满足设计要求，当设计无要求时，应符合GB 50242的相关要求。
- 5.6.10 管道支架、托架及吊架的设置应符合GB 50981的相关要求。

#### 5.7 系统的水泵、阀门和计量仪器、仪表安装

- 5.7.1 水泵安装前应复核水泵的主要参数满足设计要求，安装位置、方向应正确。
- 5.7.2 水泵的基础强度、标高、尺寸和螺栓孔位置应符合设计或选用产品的要求
- 5.7.3 水泵周围应留有维修空间。
- 5.7.4 水泵宜安装在室内，当安装在室外时，应采取适当的防雨保护措施。结冰地区还应采取适当的防冻保护措施。
- 5.7.5 集热器总进出管口和空气源热泵水管进出口均应装设阀门。
- 5.7.6 阀门应装设在易操作处。
- 5.7.7 计量仪器、仪表安装前应复核仪器的主要参数满足设计要求，安装位置、方向应正确。

#### 5.8 采暖系统末端施工

- 5.8.1 采暖系统末端的施工安装应按GB 50242和GB 50243的相关规定执行。

5.8.2 低温热水地板辐射采暖系统的施工安装应符合 JGJ 142 的相关规定。

## 6 调试验收

### 6.1 一般规定

6.1.1 采暖工程安装完毕投入使用前，应进行系统调试。系统调试应在竣工验收阶段进行，不具备使用条件时，经建设单位同意，可延期进行。

6.1.2 系统调试应包括设备单机、部件调试和系统联动调试。系统联动调试应按照实际运行工况进行，联动调试完成后，应进行连续 3 天试运行。

6.1.3 竣工验收应在工程移交用户前，工程验收合格后进行。竣工验收应提交下列验收资料：

- a) 设计变更证明文件和竣工图；
- b) 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；
- c) 屋面防水检漏记录；
- d) 隐蔽工程验收记录和中间验收记录；
- e) 系统水压试验记录；
- f) 系统生活热水水质检验记录；
- g) 系统调试及试运行记录；
- h) 系统热工性能检验记录；
- i) 系统能耗记录；
- j) 备品备件移交记录；
- k) 系统操作说明书移交记录；
- l) 系统维护保养手册移交记录；
- m) 现场培训记录。

6.1.4 采暖系统工程施工质量的保修期限，自竣工验收合格日起计算为 2 个采暖期。在保修期内发生施工质量问题的，施工企业应履行保修职责，责任方承担相应的经济责任。

### 6.2 试压、检漏、冲洗

6.2.1 系统安装完毕后，在设备及管道保温前，各承压管道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 GB 50242 的相关要求。

6.2.2 系统安装完毕后，在设备及管道保温前，非承压管路系统和设备应做灌水试验。集热器、空气源热泵管道在充满水后 2 h 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 h，应无渗水、漏水现象。

6.2.3 试压合格后，应对系统进行冲洗，直至排出的水不浑浊、无杂质为止。

### 6.3 系统调试

6.3.1 采暖系统工程的调试，应由施工单位负责，监理单位监督，设计单位与建设单位参与和配合。系统调试的实施单位可以是施工企业或委托给有调试能力的其他单位。

6.3.2 系统工程中太阳能集热系统、短期储热系统和空气源热泵系统的联动调试，应在设备单机、部件调试和试运转合格后进行。

6.3.3 设备单机、部件调试应包括下列内容：

- a) 太阳能集热装置、储能装置、空气源热泵的安装位置和安装方向；
- b) 检查水泵、阀门等的安装方向；

- c) 温度、温差、电流、电压、水位、流量、压力、热量等仪表显示正常；
  - d) 电气控制系统应达到设计要求功能，动作准确；
  - e) 电流保护装置动作准确可靠；
  - f) 防冻、过热保护装置工作正常；
  - g) 各种阀门开启灵活，密封严密。
- 6.3.4 系统联动调试应包括下列内容：
- a) 调整系统各个分支回路的调节阀门，使各回路流量平衡，达到设计流量；
  - b) 调试储能蓄热装置、空气源热泵与太阳能集热系统的工作切换，达到设计要求；
  - c) 调整电磁阀，使阀前阀后压力处于设计要求的压力范围内；
  - d) 调试集热器、储能装置、空气源热泵之间的智能控制转换。
- 6.3.5 系统联动调试后的运行参数应符合下列规定：
- a) 额定工况下采暖系统的流量和供热水温度等参数的调试结果与设计值的偏差不应大于 GB 50243 的相关规定；
  - b) 额定工况下系统的流量与设计值的偏差不应大于 10%；
  - c) 额定工况下采暖系统进出口工质的温差应符合设计要求；
  - d) 在实现远程运维，系统无人值守，手机 APP 及大数据云平台管控达到设计要求，适合各项参数随时可调、智能化远程管理。

## 6.4 竣工验收

### 6.4.1 系统工程的分项验收可按表 1 划分。

表 1 太阳能短期蓄热和空气源热泵联合采暖工程分项验收划分表

序号	分项工程	验收内容
1	太阳能集热系统	太阳能集热器安装、管道及配件安装、系统水压试验及调试、防腐、防冻、绝热
2	空气源热泵系统	空气源热泵安装、管道及配件安装、系统水压试验及调试、防腐、防冻、绝热
3	蓄热系统	蓄热水箱及配件安装、地下水池施工、管道及配件安装、辅助设备安装、防腐、绝热
4	室内采暖系统	管道及配件安装、低温热水地板辐射采暖系统安装、水—空气处理设备安装、辅助设备及散热器安装、系统水压试验及调试、防腐、绝热
5	室内热水供应系统	管道及配件安装、辅助设备安装、防腐、绝热
6	控制系统	电控柜、控制器、传感器及安全附件安装、计量仪表安装、电缆线路施工安装

- 6.4.2 采暖系统中的隐蔽工程，在隐蔽前应经监理人员验收及认可签证。
- 6.4.3 采暖系统中的土建工程验收前，应在安装施工中完成下列隐蔽项目的现场验收：
- a) 安装基础螺栓和预埋件；
  - b) 基座、支架、集热器、储能装置、空气源热泵的四周与主体结构的连接节点；
  - c) 基座、支架、集热器、储能装置、空气源热泵的四周与主体结构之间的封堵及防水；
  - d) 基座、支架、集热器、储能装置、空气源热泵的四周与主体结构之间的封堵及防水、防腐处理；
  - e) 采暖系统与建筑物避雷系统的防雷连接节点或系统自身的接地装置安装。
- 6.4.4 集热器的安装方位角和倾角应满足设计要求，安装误差应在 $\pm 3^\circ$ 以内。
- 6.4.5 采暖工程的功能验收应包括下列主要内容：
- a) 压力管道、系统、设备及阀门的水压试验；
  - b) 系统的冲洗及水质检测；
  - c) 系统的热性能试验；

d) 过热性耐高温试验;

e) 室内温度、太阳能供回水温度、空气源热泵供回水温度、采暖供回水温度检测。

6.4.6 采暖管道的水压试验压力和工作压力应符合设计要求。设计未注明时, 开式集热系统应以系统顶点工作压力加 0.1MPa 作水压试验; 闭式集热系统和采暖系统应按 GB 50242 的规定进行。

6.4.7 系统的各项工程指标应达到设计要求, 验收没达到要求时, 应按照甲方和设计要求重新整改。

## 7 运营维护

7.1 运营维护应建立专业的运维团队, 宜采用本地自动化控制和远程物联网大数据技术运维同步实施, 线上、线下相结合的方式进行。

7.2 运营维护包括但不限于以下内容:

a) 远程监控监测;

b) 故障预告预警;

c) 数据统计计量;

d) 系统在线纠错;

e) 系统能效评估;

f) 定期检查维护;

g) 及时现场处理故障。