



CECS -XXX-201X

---

中国工程建设协会标准

# 空气源热泵供暖工程技术规程

Technical specification for air source heat pump heating system

(征求意见稿)

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字 [2016]038 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，结合工程实践，认真总结经验，并在充分征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 10 章，主要内容包括：总则、术语、统一规定、热源及输配系统设计、供暖末端、电气与控制、施工安装、调试与验收、评价、运行与维护等。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容解释。如有需要修改和补充之处，请将有关意见和建议寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号环能院，邮编：100013），以供今后修订时参考。

**主 编 单 位：**中国建筑科学研究院

**参 编 单 位：**

**主要起草人：**

# 目 录

1	总则	1
2	术语	2
3	统一规定	3
4	热源及输配系统设计	4
4.1	热负荷计算	4
4.2	空气源热泵选型与设计	4
4.3	辅助热源	6
4.4	输配系统	6
4.5	其他设备	7
5	供暖末端	8
5.1	地面辐射供暖	8
5.2	散热器供暖	9
5.3	风机盘管供暖	9
5.4	直接冷凝式供暖末端	9
6	电气与控制	11
6.1	一般规定	11
6.2	配电系统	11
6.3	控制系统	12
6.4	安全防护	13
7	施工安装	15
7.1	一般规定	15
7.2	施工准备	15
7.3	安装	16
8	调试与验收	18
8.1	一般规定	18
8.2	调试	18
8.3	验收	21
9	评价	22
9.1	评价指标与要求	22
9.2	性能分级	22
10	运行与维护	24
附录 A	最经济平衡点温度计算方法	25
附录 B	空气源热泵用供暖散热器末端选择设计	28
附录 C	空气源热泵系统测试及评价方法	32
C.1	测试方法	32
C.2	评价方法	34
附录 D	验收表格	38

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范空气源热泵供暖工程设计、施工、调试、验收以及效益评估，做到安全适用、经济合理、技术先进，同时保证工程质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于新建、扩建和改建建筑中使用空气源热泵供暖系统的工程，以及在既有建筑上改造或增设空气源热泵供暖系统的工程。

**1.0.3** 空气源热泵供暖工程的设计、施工、调试、验收以及效益评估，还应符合国家现行相关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 空气源热泵机组 air source heat pump unit

以空气作为低位热源的热泵机组。

### 2.0.2 空气源热泵供暖系统 air source heat pump heating system

以空气作为热源,由空气源热泵机组、输配系统、供暖末端组成的供暖系统。

### 2.0.3 空气源热泵热水机组 air source heat pump water heating unit

以空气为热源制取热水的热泵机组。简称热水机组。

### 2.0.4 空气源热泵热风机组 air source heat pump air heating unit

以空气为热源直接制取热风的热泵机组。简称热风机组。

### 2.0.5 空气源多联式热泵机组 air source multi-connected heat pump unit

以空气为低温热源制取热风的多联式热泵机组。

### 2.0.6 空气源热泵系统制热性能系数 coefficient of performance of air source heat pump systems( $COP_{sys}$ )

在一定的时间内,空气源热泵系统总制热量与热泵系统总耗电量的比值,热泵系统总耗电量包括热泵主机、循环水泵、末端设备耗电量。

### 2.0.7 空气源热泵机组制热性能系数 coefficient of performance of air source heat pump units(COP)

在特定工况条件下,空气源热泵机组制热量与耗电量的比值,耗电量仅包括热泵主机的耗电量。

### 2.0.8 辐射供暖 radiant heating

提升围护结构内表面中的一个或多个表面的温度,形成热辐射面,通过辐射面以辐射和对流的传热方式向室内供暖的方式。

### 2.0.9 平衡点温度 balance point temperature

建筑的热负荷与热泵机组制热量相等时所对应的室外温度。

### 3 统一规定

**3.1.1** 空气源热泵供暖应用的气候区为严寒地区、寒冷地区和夏热冬冷地区，在严寒地区使用时，应进行经济性分析。

**3.1.2** 空气源热泵供暖系统热源可采用热水机组或热风机组、直接冷凝式机组，必要时应设置辅助热源。

**3.1.3** 空气源热泵供暖系统连续供暖时热源宜选用热水机组。

**3.1.4** 空气源热泵供暖系统室内末端优先采用低温辐射供暖末端。

**3.1.5** 空气源热泵热水供暖系统的供/回水温度设计参数宜采用表 3.1.5 推荐值。

表 3.1.5 不同气候区空气源热泵热水供暖系统供/回水温度设计参数推荐值

气候区	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
设计供/回水温度	38℃/33℃	41℃/36℃	45℃/40℃

## 4 热源及输配系统设计

### 4.1 热负荷计算

**4.1.1** 供暖热负荷应按国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定进行计算。

**4.1.2** 采用辐射供暖末端时，供暖热负荷计算还应满足下列规定要求：

- 1 室内设计温度应对流末端供暖的设计温度降低 2℃取值。
- 2 进深大于 6m 的房间宜以距外墙 6m 为界分区，分别计算热负荷和进行加热部件布置。
- 3 高度大于 4m 的房间，应在基本耗热量和朝向、风力、外门附加耗热量之和的基础上计算高度附加率。每高出 1m 应附加 1%，但最大附加率不应大于 8%。
- 4 对敷设辐射供暖部件的建筑地面和墙面，不应计算其传热损失。

**4.1.3** 采用分户热计量或分户独立热源的供暖系统时，热负荷计算应考虑间歇运行和户间传热等因素。

**4.1.4** 当采用辐射供暖末端时，用于确定供暖地面加热管间距和水温的单位地面面积所需向上的散热量、供应房间的热媒供热量、建筑热源总供热量，应按《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的有关规定进行计算。

### 4.2 空气源热泵选型与设计

**4.2.1** 空气源热泵机组规格应按下列原则确定：

- 1 根据供暖热负荷计算结果选择系统的热源；
- 2 严寒和寒冷地区应按平衡点温度确定空气源热泵机组和辅助热源承担热负荷的比例，平衡点温度计算方法见附录 A，其他地区的平衡点温度可参考设计温度；
- 3 应根据设计工况确定空气源热泵机组的有效制热量，当设计工况与机组的标称工况不符时，应根据室外温、湿度及结、除霜工况对制热性能进行修正；

4 采用空气源多联式热泵机组时，还需考虑室内、外机组之间的连接管长和高差修正。

4.2.2 供暖系统中选用的空气源热泵机组应满足下列要求：

- 1 名义工况制热性能系数最低 COP 应满足表 4.2.2 要求；
- 2 在最初融霜结束后的连续制热运行中，融霜所需时间总和不应超过一个连续制热周期的 20%。

表 4.2.2 不同气候区空气源热泵热水机组性能参数

气候区	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区
名义工况温度/℃	空气干/湿球-20/-21， 出水 38	空气干/湿球-12/-14， 出水 41	空气干/湿球 7/6， 出水 45
低温工况温度/℃	空气干球-30，出水 38	空气干球-20，出水 41	空气干球-10，出水 45
最高供水温度/℃	≥41	≥41	≥45
COP-名义	1.7	2.1	3.0
COP-低温	1.4	1.6	2.2

4.2.3 空气源热泵机组形式可优先考虑以下原则：

- 1 适用于严寒及寒冷地区低温、防冻等工况运行；
- 2 适用于部分负荷供暖工况运行。

4.2.4 空气源热泵室外机的设置，应符合下列规定：

- 1 应确保进风与排风通畅，在排出空气与吸入空气之间不发生明显的气流短路；
- 2 多台室外机宜分散安装；
- 3 避免受污浊气流影响；
- 4 噪声和排热符合周围环境要求；
- 5 便于对室外机的换热器进行清扫；
- 6 室外机应有防积雪措施；
- 7 应采取可靠措施，对化霜水有组织排放。



## 4.3 辅助热源

**4.3.1** 在严寒和寒冷地区，当冬季室外设计温度低于当地平衡点温度时，或对于室内温度稳定性有较高要求的供暖系统，应设置辅助热源。辅助热源的加热能力应根据平衡点温度的计算结果确定。

**4.3.2** 辅助热源的选择应考虑不同辅助热源与空气源热泵联合供暖的可靠性、经济性和环保性。

**4.3.3** 空气源热泵供暖系统宜选用电和燃气作为辅助热源。若具备多种辅助热源时，应优先选用低品位清洁能源。

**4.3.4** 工程为既有建筑供暖改造项目时，应充分考虑建筑已有末端供暖形式，选取适宜的辅助热源。

## 4.4 输配系统

**4.4.1** 空气源热泵系统供暖水系统的循环泵选型应根据水力计算结果确定。

1 空气源热泵供暖系统的循环泵应满足系统冬季设计供热工况和夏季制冷工况所需流量和扬程的较大值要求。

2 设计流量下的水系统总阻力应包括热源，输配系统，供暖末端 3 部分阻力。

3 当采用制冷剂-水换热装置与室外主机一体放置在室外的机型时，添加防冻液的水系统应根据防冻液浓度和性质对系统循环流量和阻力进行修正。

**4.4.2** 在选配供暖系统的循环水泵时，应计算供暖系统耗电输热比（EER-h），并应在施工图设计说明中标注。

1 耗电输热比应按《公共建筑节能设计标准》GB 50189 相关规定进行计算。

2 供暖系统耗电输热比计算参数应符合下列规定：

1) 多台水泵并联运行时，A 值应按较大流量选取；

2) 多级泵热水系统，每增加一级泵 B 值可增加 40；

3) 当最远用户为风机盘管时， $\Sigma L$  应按机房出口至最远端风机盘管的供回

水管道总长度减去 100m 确定。

**4.4.3** 供暖季有冻结风险的地区，应考虑防冻措施。

## **4.5 其他设备**

**4.5.1** 空气源热泵供暖系统其他设备的安装位置应满足下列要求：

**1** 膨胀和定压设备的设计应满足《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定；

**2** 与室外主机分离的制冷剂-水热交换装置应设置在环境温度不低于 0℃ 的室内辅助房间。

**4.5.2** 安装在室外和室内设备之间的制冷剂配管长度和高差应符合机组的技术要求。

**4.5.3** 采用水容量较小的供暖末端时，系统宜设置缓冲水箱。

# 5 供暖末端

## 5.1 地面辐射供暖

5.1.1 采用地面辐射供暖时，室内设计温度宜使房间地表面平均温度在表 5.1.1 规定的适宜范围内，且不应高于最高限值。

表 5.1.1 地面辐射供暖地表面平均温度（℃）

环境条件	适宜温度	最高限值
人员长期停留区域	25~27	29
人员短期停留区域	28~30	32
无人员停留区域	35~40	42

5.1.2 辐射供暖系统供水温度不宜超过 45℃，且不宜小于 3℃，应考虑以下因素：

1 供水温度不应超过空气源热泵机组在当地室外供暖设计温度时能够达到的最高水温；

2 供水温度宜采用在室内设计温度和加热管最小敷设间距条件下，满足房间所需向上的散热量所需的水温；

3 同一系统各房间的设计水温应一致，即按要求水温最高的房间确定。

5.1.3 地面辐射供暖系统的地面构造应符合下列规定：

1 直接与室外空气接触的楼板、与不供暖房间相邻的地板为供暖地面时，必须设置绝热层；

2 与土壤接触的底层，应设置绝热层，设置绝热层时，绝热层与土壤之间应设置防潮层；潮湿房间，填充层上或面层下应设置隔离层；

3 地面辐射供暖面层材料热阻不宜大于 0.05m<sup>2</sup> K/W。

4 绝热层、隔离层、防潮层等的设置和地面面层的选择设置等，应符合《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的相关规定。

**5.1.4** 供暖地面类型可采用混凝土填充式、预制沟槽保温板式、水泥砂浆预制填充板式和预制轻薄供暖板等形式。

**5.1.5** 地面辐射供暖加热管的材质和壁厚的选择，应根据工程的耐久年限、管材的性能以及系统的运行水温、工作压力等条件确定。

## **5.2 散热器供暖**

**5.2.1** 散热器选择应根据供暖系统的压力要求确定散热器的工作压力，同时应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 和国家现行有关产品标准的规定。

**5.2.2** 散热器面积的确定应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中的相关规定。并根据散热器连接形式、安装方式、组装片数、热水流量、进出口温度等因素，按照附录 B 所规定的方法对散热器面积进行修正。

**5.2.3** 供暖系统非保温管道明设时，应计算管道的散热量对散热器面积的修正。

## **5.3 风机盘管供暖**

**5.3.1** 以下场所宜采用风机盘管供暖：

- 1 有供暖和空调需求；
- 2 室内温度有独立调节要求；
- 3 间歇供暖。

**5.3.2** 风机盘管规格应根据房间热负荷、设计供回水温度等确定，其他参数应满足《风机盘管机组》GB/T 19232 中有关规定。

**5.3.3** 采用风机盘管供暖时，应采取必要措施优化室内气流组织，减小温度梯度。

## **5.4 直接冷凝式供暖末端**

**5.4.1** 直接冷凝式供暖机组及其末端的供热能力应满足热负荷需求。

**5.4.2** 直接冷凝式热风供暖末端应合理优化气流组织，保持人员停留区舒适度。

**5.4.3** 直接冷凝式热风供暖末端在热泵主机除霜时应具有防吹冷风功能。

**5.4.4** 采用直膨式热风供暖末端的空气源多联式热泵机组应符合《多联机空调系

统工程技术规程》JGJ 174 的相关要求。

**5.4.5** 直接冷凝式辐射供暖末端可采用直接冷凝式地板辐射供暖模块、墙体辐射供暖模块以及直接冷凝式壁挂辐射板供暖模块等形式。

**5.4.6** 直接冷凝式辐射供暖末端应设置蓄热装置。

**5.4.7** 根据不同的直接冷凝式辐射供暖末端合理设计铜管管长以及布管方式。

**5.4.8** 直接冷凝式辐射供暖末端中铜管直径和管间距的选择,应根据建筑所需热负荷、系统运行温度以及工作压力等条件确定。

# 6 电气与控制

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 空气源热泵供暖系统的电气系统设计应符合国家现行标准《通用用电设备低压配电设计规范》GB 50055、《低压配电设计规范》GB 50054、《建筑物防雷设计规范》GB 50057、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 和《建筑设备监控系统工程技术规范》JGJ 334 的有关规定。

**6.1.2** 空气源热泵供暖系统的电气系统应采用单独回路供电，并宜设置计量装置。

**6.1.3** 空气源热泵供暖系统的主要设备应设置就地控制装置，宜设置自控系统。

**6.1.4** 空气源热泵供暖系统电气系统的安全防护设计应符合国家现行标准的有关规定。

## 6.2 配电系统

**6.2.1** 空气源热泵供暖配电系统设计应符合下列规定。

- 1 空气源热泵供暖系统供电电源电缆宜采用埋地或架空进线。
- 2 机组和辅助热源宜分别采用单独回路供电。
- 3 配电导体应采用铜芯电缆或电线，其导体载流量不应小于预期负荷的最大计算电流和按保护条件所确定的电流。
- 4 配电箱设在室外时应选择室外型箱体。

**6.2.2** 线路敷设及箱盘配线应符合下列规定：

- 1 布线用导管宜采用金属导管，通讯及信号传输线路应与交流电源线路分开敷设。
- 2 当电线管与热水管同侧敷设时，宜敷设在热水管的下面，当有困难时，也可敷设在其上面。相互间的净距离应符合下列规定：当电线管路平行敷设在热水管下面时，净距不宜小于 200mm；当电线管路平行敷设在热水管上面时，净距不宜小于 300mm；交叉敷设时，净距不宜小于 100mm。

- 3 箱盘配线及连接导线应符合《建筑电气工程施工质量验收规范》GB

50303 的有关规定。

4 配线箱内端子排应安装牢固，端子应有序号，强电、弱电端子应隔离布置，端子规格应与导线截面积大小适配。

**6.2.3** 空气源热泵供暖系统的电气系统安全保护应符合下列规定。

1 空气源热泵供暖系统配电线路应根据具体工程要求装设短路保护、过负荷保护、接地故障保护、过电压及欠电压保护，作用于切断供电电源或发出报警信号。

2 空气源热泵、水泵、风机的保护应装设相间短路保护和接地故障保护，并应根据具体情况分别装设过负荷、断相或低电压保护。

3 辅助热源应有安全保护措施。

## 6.3 控制系统

**6.3.1** 空气源热泵供暖系统的自控系统设计应包含下列内容：

- 1 监测和控制点表。
- 2 控制器、传感器、执行器以及线缆的选型、位置以及安装要求。
- 3 电控调节阀的选型及流通能力计算。
- 4 控制点参数设计值和工况转换边界条件。
- 5 控制逻辑及策略。
- 6 对于冬季有冻结可能的地区，系统的防冻报警和自动保护。
- 7 通讯接口应采用标准通讯协议。

**6.3.2** 空气源热泵供暖系统监测应包括下列内容：

- 1 室外空气温度及相对湿度。
- 2 室内空气温度。
- 3 供暖供、回水温度。
- 4 热媒介质循环流量或供热量。
- 5 电功率与耗电量。
- 6 空气源热泵机组、循环水泵、辅助热源等设备运行状态、故障状态和手

自动状态参数。

### **6.3.3 空气源热泵供暖系统宜符合下列节能控制要求：**

**1** 系统宜能根据室外气象参数、供暖末端供热能力和室内需求负荷进行供水（或回水）温度设定值的自动再设定。

**2** 系统宜能根据季节、昼夜、房间占用状态进行室内温度设定值的自动再设定。

**3** 系统和空气源热泵机组均应能按使用时间进行定时启停控制，宜对启停时间进行优化调整。

**4** 空气源热泵宜采用智能的除霜控制策略，应能远程控制启停和设定温度。

**5** 风机盘管宜采用电动水阀和风速相结合的控制方式，宜能通过联网群控管理。

## **6.4 安全防护**

**6.4.1** 空气源热泵供暖系统的防雷与接地设计除应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的规定外，还应符合下列规定：

**1** 空气源热泵供暖系统所有设备金属外壳、金属导管、金属槽盒和线缆屏蔽层，均应可靠接地。

**2** 当供电线缆和信号线缆由室外引入室内时，应配置电源和信号室外电涌保护器。

**6.4.2** 空气源热泵供暖系统电源干扰的防护应符合《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。

**6.4.3** 空气源热泵供暖系统配电系统的电击防护应符合《建筑物电气装置电击防护》GB/T 14821.1、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 以及《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

**6.4.4** 空气源热泵供暖系统谐波源设备的电磁兼容及谐波限值要求除应符合国家现行标准《电磁兼容环境公共低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水



平》GB/T 18039.3 的规定外，还应符合下列规定：

- 1 配电系统电源质量不应受到电磁谐波干扰。
- 2 为增强控制信号抗电磁干扰性能，信号传输线缆宜选用屏蔽型绞线。
- 3 室内外主机安装及线路敷设远离电视机或音响设备，以免发生图像干扰或噪音；数字式控制器或无线控制器设置远离灯具等高频干扰源。

# 7 施工安装

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 空气源热泵供暖工程的施工安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《通风与空调工程施工规范》GB 50738、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 及《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 的规定。

**7.1.2** 空气源热泵机组的安装应符合现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274 有关条文的规定。空气源热泵室外主机、多联机直接冷凝式室内机和制冷剂管道的施工安装应符合《多联机空调系统工程技术规程》JGJ 174 的规定。

**7.1.3** 电气系统的施工安装、检验、调试、验收除应执行本规程规定外，还应执行现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254、《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601 的相关规定。

**7.1.4** 辐射供暖系统的施工安装应符合行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的相关规定。

**7.1.5** 空气源热泵机组及末端系统的施工安装，应满足设备安装说明书等产品技术资料的各项要求。

## 7.2 施工准备

**7.2.1** 空气源热泵供暖工程施工前应具备下列条件：

- 1 设计施工图纸和有关技术文件齐全；
- 2 有完善的施工方案和施工组织设计，并已完成技术交底；
- 3 对施工人员进行岗前培训；
- 4 施工现场具有供水、供电条件，有储放材料的临时设施；

5 设备的基础应平整，设备基础已验收；。

6 测试仪器合格且配备齐全。

**7.2.2** 空气源热泵机组及其施工所用的管材、管件及防冻剂的运输、存放应采取保护措施。

## **7.3 安 装**

**7.3.1** 空气源热泵室外机组安装应符合下列规定：

1 应校核设备运行重量对屋面结构荷载和墙体承重能力的影响。

2 设备应安装在经过设计、有足够强度的水平基础之上，且设备应固定在基础上。

3 屋顶上的设备基础应设置在结构楼板上，基础上皮高于屋面应不小于300mm。

4 室外机组应采取减震措施。

5 室外机组、配电箱(柜)、水泵等机电设备应设置室外防护措施。

**7.3.2** 管道和管线穿越建筑物外围护结构时，应按建筑防水要求采取相应的防水措施，室外敷设的电气线路管线接线盒、出线口均应做防水防护处理。

**7.3.3** 设置在室内的制冷剂-水换热装置、水箱、水泵等设备的安装位置，应符合设计要求。安装时应满足下列规定：

1 挂墙安装时，墙体和连接件应能够承受设备运行重量，连接应牢固可靠。

2 热水水箱和底座间应设隔热垫。

3 有振动的设备应采取减振措施。

**7.3.4** 室内管道敷设应符合下列规定：

1 管道接头不应埋设在墙体和地面之内。

2 管道外包保温装饰材料时，应便于检修。

3 加防冻液的系统管件与管材焊接处，应根据防冻溶液的腐蚀特性进行有效的防腐处理。

**7.3.5** 水系统施工安装应符合下列规定：

- 1 系统在适当位置应安装过滤器，振动设备进出口宜采用柔性连接。
- 2 空调供暖管道上下拐弯的最高处应设自动放气阀，系统最低处应设泄水阀。
- 3 空气源热泵热水机组或循环水泵的进出口应安装压力表。

**7.3.6** 空气源热泵热水系统管网（不包括地面下敷设的供暖输配管和加热管）、制冷剂管道、膨胀水箱等设备在室外或不供暖房间设置时，应采取绝热措施。

**7.3.7** 电气系统施工和安装应符合下列规定：

- 1 设备安装前应进行下列检查：
  - 1) 机电设备及材料的防护及验证应符合设计和施工要求；
  - 2) 提供的电源应与铭牌及产品安装说明书要求的电源一致；
  - 3) 电源的安全性。
- 2 设备的保护器件选择及接地安装必须按产品及设计要求进行整定和接线到位。
- 3 选用的各种导线参数应符合产品及设计要求。
- 4 除国家现行标准允许的插座连接外，所有线路导体两端均应直接固定在设备相应的接线端子上，接线端连接应可靠。
- 5 传感器的选择与安装应符合产品、设计及施工验收规定。
- 6 控制面板和室温控制器应水平安装，并应牢固固定在墙面上。

# 8 调试与验收

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 空气源热泵供暖工程的调试应由施工单位负责，监理单位监督，设计、建设单位与设备厂家和供应商等单位参与。

**8.1.2** 空气源热泵供暖工程的竣工验收应由建设单位负责，组织施工、设计、监理等单位共同进行。

**8.1.3** 空气源热泵供暖工程种设备和材料进场时，应按设计要求对其类型、材质、规格及外观等进行验收，并应经监理工程师（建设单位代表）检查认可，且形成相关的验收记录。设备和材料的质量证明文件和相关资料应齐全，并应符合国家现行有关标准和规定。其中散热器、风机盘管和保温材料等进场时，应对其相关技术性能参数进行复验，复验应为见证取样送检。

**8.1.4** 空气源热泵供暖系统的调试和验收，除应执行本技术规程相关规定外，还应执行《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260 和《多联机空调系统工程技术规程》JGJ 174 的相关规定。

**8.1.5** 空气源热泵供暖工程的电气工程和自控工程调试验收除应执行本技术规程相关规定外，还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、《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254、《1kV 及以下配线工程施工与验收规范》GB 50575、《自动化仪表工程施工质量验收规范》GB 50131 和《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601 的有关规定。

**8.1.6** 空气源热泵供暖系统应在试运行和调试合格后使用。

## 8.2 调 试

**8.2.1** 空气源热泵供暖系统的试运行和调试，应在施工完毕后，且具备正常供暖和供电的条件下进行。

**8.2.2** 空气源热泵供暖工程的试运行和调试包括水压试验、冲洗试验、系统设备单机试运行、水系统和风系统的试运行和调试、系统联合试运行和调试。

**8.2.3** 应按照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260 进行下列水压试验：

1 水系统的阀门、散热器、风机盘管、换热设备和分集水器等应进行强度和严密性试验。

2 水系统管路应按照下列要求进行水压试验并记录试验结果。

1) 水压试验应在管道安装完成并经检查符合设计要求后进行；

2) 冬季进行水压试验时应采取可靠的防冻措施，试压完成后应及时将水放尽，必要时采用压缩空气将低点处的存水吹尽；

3) 水压试验水温应在 5℃~40℃ 之间，试验压力符合设计要求；

4) 地板辐射供暖盘管应在隐蔽前和隐蔽后分别进行水压试验。

**8.2.4** 应对水系统不同环路逐一进行冲洗试验，冲洗后应保证管路及设备中的水及冲洗液排尽；充水及防冻溶液应在系统冲洗和试压完毕后注入，防冻溶液浓度应满足防冻要求；防冻溶液可按照浓度或密度进行配置，配制过程中，应根据防冻剂产品说明书的要求，采取相应的防护措施。

**8.2.5** 空气源热泵机组单机试运行应满足设备技术文件的相关规定，做好运行前的准备工作，试运行期间应详细记录机组的相关运行状态参数。

**8.2.6** 水泵、风机和风机盘管等设备应进行单机试运行。

**8.2.7** 水系统试运行和调试应符合下列规定：

1 水系统的试运行和调试应在管道水压试验和冲洗试验、水系统各设备单机试运行完成且合格之后进行；

2 供水干管和各支管水流量测试结果与设计流量的偏差不应大于 10%；

3 辐射供暖水系统试运行和调试，应符合《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 中的相关要求。

**8.2.8** 风系统的调试应符合下列规定：

1 应对风管进行严密性试验，包括漏光量和漏风量检测；

2 应在风系统各设备单机试运行和风管严密性试验完成后进行风系统风量调试，总风量实际测试值与设计值的偏差不应大于 10%，各风口的实际测试值与设计值的偏差不应大于 15%。

**8.2.9** 空气源热泵供暖系统联合试运行与调试检测应符合下列规定：

1 系统处于稳定运行状态；

2 系统负荷不宜小于设计负荷的 60%，运行机组负荷不宜小于其额定负荷的 80%；

3 联合试运行和系统性能检测时间不低于 8h；

4 机组的设定温度应与设计工况一致。

**8.2.10** 空气源热泵供暖系统联合试运行和调试宜对下列性能参数进行检测：

1 室内温度；

2 机组进出水温度、流量；

3 系统各设备（包括机组、水泵、辅助热源、风机、风机盘管等）电功率和耗电量；

4 系统供热量；

5 水泵的水流量和进出口压差；

6 风机风量；

7 供暖房间噪声值等。

**8.2.11** 空气源热泵供暖系统联合试运行和调试的检测结果应符合以下规定：

1 室内空气温度满足设计要求；

2 水系统供、回水温差检测值不应小于设计温差的 80%，测试流量与设计流量的偏差不应大于 10%；

3 耗电输热比应符合设计要求；

4 风机单位风量耗功率应符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定；

5 供暖房间噪声值应满足设计要求。如无设计要求，则应符合《民用建筑

隔声设计规范》GB 50118 的相关规定；

6 对于辐射供暖系统，辐射体表面平均温度应满足《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 中的相关规定。

## 8.3 验收

8.3.1 空气源热泵供暖系统验收时，验收资料应包括附录 D 规定的记录表格及下列文件及记录：：

- 1 图纸会审记录、设计变更通知书和竣工图；
- 2 主要设备材料、设备、成品、仪表的出厂合格证明及进场检（试）验报告；
- 3 设备和材料的现场复检报告；
- 4 隐蔽工程检查和验收记录；
- 5 设备和管道的安装和检验记录；
- 6 水系统冲洗和试压试验；
- 7 设备单机试运行记录；
- 8 系统试运行与调试记录；
- 9 工程质量检验表。

8.3.2 工程验收通过后，施工单位应对使用方进行必要的交底或使用培训。工程质保期不应少于两个供暖期，并应保证系统能够满足设计要求。



# 9 评价

## 9.1 评价指标与要求

**9.1.1** 空气源热泵供暖工程的评价指标及其要求应符合下列规定，测试方法和评价方法应符合本规程附录 C 的规定：

1 空气源热泵机组制热性能系数应符合设计文件的规定，当设计文件无明确规定时应符合表 4.2.2 的规定。

2 室内温度应符合设计文件的规定，当设计文件无明确规定时应符合国家相关设计规范的规定。

3 空气源热泵供暖工程常规能源替代量、二氧化碳减排量、二氧化硫减排量、粉尘减排量应符合项目立项可行性报告等相关文件的要求，当无文件明确规定时，应在评价报告中给出。

**9.1.2** 空气源热泵系统验证应包括下列内容：

1 室内温度

2 热泵机组制热性能系数（COP）

3 热泵系统制热性能系数（COP<sub>sys</sub>）

**9.1.3** 空气源热泵系统测试所用设备仪器应符合《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 相关规定。

## 9.2 性能分级

**9.2.1** 空气源热泵系统应采用长期测试的系统制热性能系数进行性能级别评价。本规程空气源热泵系统性能共分 3 级，1 级最高，级别应按表 9.2.1 进行划分。

表 9.2.1 空气源热泵系统性能级别划分

气候区域	1 级	2 级	3 级
严寒地区	$\text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.4$	$2.4 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.0$	$2.0 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 1.6$
寒冷地区	$\text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.6$	$2.6 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.2$	$2.2 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 1.8$
夏热冬冷地区	$\text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.9$	$2.9 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.5$	$2.5 > \text{COP}_{\text{sys}} \geq 2.1$

## 10 运行与维护

**10.0.1** 空气源热泵供暖工程的管理和维护单位应制定空气源热泵供暖工程的运行管理与维护的规章制度，及日常运行的记录文件。

**10.0.2** 空气源热泵供暖系统的主要设备应定期进行维护保养。

**10.0.3** 空气源热泵机组工作环境应持续满足设备正常运行的要求。

**10.0.4** 空气源热泵供暖系统运行出现异常时，应委托专业人员进行检修，并做好防冻措施。

**10.0.5** 空气源热泵热水供暖系统冬季不用时，应以防冻模式运行或在水系统中充注防冻液。

## 附录 A 平衡点温度计算方法

**A.0.1** 严寒和寒冷地区应按平衡点温度确定空气源热泵机组和辅助热源承担热负荷的比例。以下最经济平衡点温度计算方法，以全生命周期成本为目标函数，保证系统可靠运行及良好的经济性。

**A.0.2** 空气源热泵全生命周期成本，可按下式计算：

$$LCC = C_h Q_{h0} + C_f (Q_0 - Q_{h0} \eta_h) + C'_e + OC \quad (A.0.2)$$

式中：

LCC——生命周期成本（元）；

$C_h$ ——空气源热泵机组的装机价格（元/kW）；

$Q_{h0}$ ——空气源热泵机组的名义制热量（kW），按本规程第 A.0.4 条确定；

$C_f$ ——辅助加热设备的装机价格（元/kW）；

$Q_0$ ——冬季供暖最不利工况下建筑物热负荷（kW）；

$\eta_h$ ——空气源热泵的修正系数，当机组在冬季室外最低温度下可运行时即为厂家提供修正系数，若不能运行时即为 0；

$C'_e$ ——电力增容费，住宅类已取消电力增容费，其他类建筑可咨询当地电力部门（元）；

OC——运行成本（元），按本规程第 A.0.3 条确定。

**A.0.3** 运行成本按下式计算：

$$OC = \sum_{p=1}^{p=t} \frac{\left( \sum_{i:T_b}^{i:T_b} \frac{Q_h h_i}{COP_h} + \sum_{j:T_b}^{j:T_{max}} \frac{Q_h h_j}{COP_h \cdot PLF} \right) C_e + \sum_{i:T_l}^{i:T_b} P_f Q_f C_f + \frac{\eta_m [C_h Q_{ho} + C_f (Q_o - Q_{ho} \eta_h)]}{t} + MC}{(1+r)^p} \quad (A.0.3-1)$$

$$PL = \frac{CR}{Cd_h \times CR + (1 - Cd_h)} \quad (A.0.3-2)$$

式中：

$T_b$ ——空气源热泵供暖系统的预设平衡点温度（℃）；

$T_{min}$ ——热泵机组供暖可运行的最低室外温度（℃）；

$T_{max}$ ——热泵机组供暖运行的最高室外温度（℃），根据《单元式空气调节机》GB/T 17758 相关规定，制热零负荷点为 13℃，取 12℃；

$T_l$ ——使用地区冬季供暖期最低室外温度（℃）；

$Q_h$ ——热泵机组在冬季供暖期某室外温度下的制热量（kW）；

$h_{i,j}$ ——i, j 对应供暖期室外温度区间内出现小时数（h）；

$COP_h$ ——热泵机组制热性能系数，应根据厂家提供的数据计算，应不低于表 9.2.1 中的限值规定；

$PL$ ——部分负荷热泵机组 COP 修正系数；

$Cd_h$ ——热泵部分负荷运行时制热性能衰减系数；

$CR$ ——供暖容量比，工程应用中定义为实际制热量与设备额定容量的比例，根据欧盟标准 EN 14825:2016 计算；

$P_f$ ——辅助加热设备的能源消耗量折算系数；

$Q_f$ ——辅助加热设备的制热量，按本规程第 A.0.5 条确定；

$C_f$ ——辅助加热设备消耗能源单价；

$C_e$ ——平均电价（元/kW h），根据当地电价确定；

$MC$ ——年维护费用（元），根据当地具体情况确定；

$r$ ——贴现率；

$\eta_m$ ——设备维修费用修正系数；

$t$ ——运行成本的计算时间（年），一般为设备使用寿命，根据厂家提供的相应的机组寿命。

**A.0.4** 机组名义工况制热量按下式计算：

$$Q_{h0} = \frac{Q'_0}{K_1 K_2} \quad (\text{A.0.4})$$

式中：

$Q'_0$ ——预设平衡点温度下热泵机组制热量（kW）；

$K_1$ ——预设平衡点温度下热泵机组修正系数，根据厂家提供的机组制热量变化曲线或数据图表确定；

$K_2$ ——预设平衡点温度下热泵机组结除霜损失系数，根据使用地区的冬季气象参数选取。

**A.0.5** 辅助加热设备的制热量应根据低温时的建筑热负荷和机组制热量，并按下式计算：

$$Q_f = Q - Q_h \quad (\text{A.0.5-1})$$

$$Q_h = K_1(T) K_2(T) Q_{h0} \quad (\text{A.0.5-2})$$

$$Q = K(T - T_n) \quad (\text{A.0.5-3})$$

式中：

$Q_f$ ——辅助加热设备在冬季供暖期某室外温度下的制热量（kW）；

$Q$ ——建筑在冬季供暖期某室外温度下的热负荷（kW）；

$K_1(T)$ ——热泵机组在冬季供暖期某室外温度修正系数，根据厂家提供的机组的制热量变化曲线或数据图表确定；

$K_2(T)$ ——热泵机组在冬季供暖期某室外温度下结除霜损失系数，根据使用地区的冬季气象参数选取；

$K$ ——建筑物综合传热系数（kW/℃）；

$T$ ——某一时刻室外温度（℃）；

$T_n$ ——供暖室内设计温度（℃）。

**A.0.6** 空气源热泵预设平衡点温度的全寿命周期函数 LCC 可表示为：

$$\text{LCC} = f(T_b) \quad (\text{A.0.6})$$

## 附录 B 空气源热泵用供暖散热器末端选择设计

**B.0.1** 空气源热泵用供暖散热器末端选择设计的目的是确定供暖房间所需散热器的片数（或者米数）。

**B.0.2** 散热器作为空气源热泵系统供暖末端时，需要对按照《实用供热空调设计手册（第二版）》第 5 章第 5.5.1 节散热器选择与计算方法进行计算得到的散热器散热片数  $n$  进行过余温度修正。

$$n_{pump} = n \cdot \beta_5 \quad (\text{B.0.2})$$

式中： $n_{pump}$ —空气源热泵用供暖散热器选择片数。

$n$ —按照《实用供热空调设计手册（第二版）》第 5 章第 5.5.1 计算得到的散热器片数（或者米数）；

$\beta_5$ —散热器不同过余温度下的片数修正系数，见表 B.0.2；

表 B.0.2 散热器不同过余温度下的片数修正系数  $\beta_5$

过余温度/°C	64.5	50	46	42	38	34	30	26	21	16
辐射型	1	1.38	1.54	1.73	1.97	2.27	2.66	3.19	4.20	5.94
自然对流型	1	1.41	1.58	1.78	2.04	2.37	2.81	3.41	4.55	6.57
强制对流型	1	1.30	1.42	1.56	1.73	1.94	2.20	2.55	3.18	4.21

注：1 过余温度定义为散热器的进出水算术平均温度与室内空气温度的差值。

2 经研究，对于同一台散热器，不同过余温度下的散热量，相对标准工况线性衰减，故不同过余温度下的修正系数只需要在上表基础上线性插入即可。

**B.0.3** 散热器用于空气源热泵供热的设计选型方法

本附录散热器选择计算方法可用于确定供暖房间所需散热器的片数（或者米数），散热器片数（或者米数）的计算方法如下。

$$n = \frac{Q}{q_{test}} \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \beta_5 \quad (\text{B.0.3})$$

式中： $n$ —散热器的片数（或者米数）；

$Q$ —供暖房间的热负荷，W；

$q_{test}$ —散热器的名义工况下的单位散热量，W/片或者 W/米；通过实验室在标准测试工况下测试得出，可由《实用供热空调设计手册（第二版）》第 5 章 5.5.1 查阅得到，对应的测试标准工况过余温度为 64.5℃。

$\beta_1$ —散热器组装片数（或安装长度）修正系数，见表 B.0.3-1；

$\beta_2$ —散热器支管连接方式修正系数，见表 B.0.3-2；

$\beta_3$ —散热器安装形式修正系数，见表 B.0.3-3；



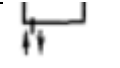
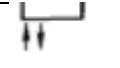
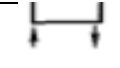
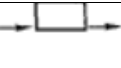
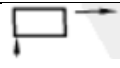
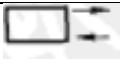
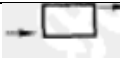
$\beta_4$ —散热器的流量修正系数，见表 B.0.3-4；

$\beta_5$ —散热器不同过余温度下的片数修正系数，见表 B.0.3-5。

表 B.0.3-1 散热器组装片数（或安装长度）修正系数  $\beta_1$

散热器形式	组装式				整体式		
	<6 片	6-10 片	11-20 片	>20	≤600mm	800mm	≥1000mm
$\beta_1$	0.95	1	1.05	1.1	0.95	0.92	1.00

表 B.0.3-2 散热器支管连接方式修正系数  $\beta_2$

连接方式					
各类柱型	1.0	1.009	—	—	—
铜铝复合柱翼型	1.0	0.96	1.01	1.14	1.08
连接方式					
各类柱型	1.251	—	1.39	1.39	



铜铝复合柱翼型	1.10	1.38	1.39	—	
---------	------	------	------	---	--

表 B.0.3-3 散热器安装形式修正系数  $\beta_3$

安装方式	$\beta_3$
安装在墙体的凹槽内（半暗装），上部距离窗台或墙体约为 100mm	1.06
明装，但是散热器上部有遮挡，散热器距离上部遮挡物的距离为 150mm	1.02
暗装，上部敞开，下部距离地面 150mm	0.95
暗装，上下部敞开，开口高度为 150mm	1.04

表 B.0.3-4 进入散热器的流量修正系数  $\beta_4$

散热器类型	流量增加倍数						
	1	2	3	4	5	6	7
柱形、柱翼型、多翼型、长翼型、镶翼型	1	0.9	0.86	0.85	0.83	0.83	0.82
扁管型	1	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90

注：1 表中流量增加倍数为 1 时的流量即为散热器进出口水温为 25℃时的流量，亦称标准流量。

2 经研究，对比散热器测试标准工况（95℃/70℃/18℃）与空气源热泵供热设计工况（41℃/36℃/18℃）条件下的流量，结果显示在散热器用于空气源热泵供暖时，流量修正系数取值推荐值为：柱形、柱翼型、多翼型、长翼型、镶翼型取值为 0.95，扁管型取值为 0.97。

表 B.0.3-5 散热器不同过余温度下的片数修正系数  $\beta_5$

过余温度/℃	64.5	50	46	42	38	34	30	26	21	16
辐射型	1	1.38	1.54	1.73	1.97	2.27	2.66	3.19	4.20	5.94
自然对流型	1	1.41	1.58	1.78	2.04	2.37	2.81	3.41	4.55	6.57

强制对流型	1	1.30	1.42	1.56	1.73	1.94	2.20	2.55	3.18	4.21
-------	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

注：经研究，对于同一台散热器，不同过余温度下的散热量，相对标准工况线性衰减，故不同过余温度下的修正系数只需要在上表基础上线性插入即可。

# 附录 C 空气源热泵系统测试及评价方法

## C.1 测试方法

**C.1.1** 当空气源热泵系统装机容量偏差在 10% 以内时，视为同一类型空气源热泵系统。同一类型空气源热泵系统测试数量为该类型系统总数量的 5%，且不得少于 1 套。

**C.1.2** 空气源热泵系统的测试分为长期测试和短期测试。

1 长期测试应符合下列规定：

1) 对于已安装测试系统的空气源热泵系统，其系统性能测试宜采用长期测试；

2) 对于供暖工况，应分别进行测试，长期测试的周期与供暖季同步；

3) 长期测试前应对测试系统主要传感器的准确度进行校核和确认。

2 短期测试应符合下列规定：

1) 对于未安装测试系统的空气源热泵系统，其系统性能测试宜采用短期测试；

2) 短期测试应在系统开始供热 15d 以后进行测试，测试时间不应小于 4d；

3) 系统性能测试宜在系统负荷率达到 60% 以上进行；

4) 热泵机组的性能测试宜在机组的负荷达到机组额定值的 80% 以上进行；

5) 室内温湿度的测试应在建筑物达到热稳定后进行，测试期间的室外温度测试应与室内温湿度的测试同时进行；

6) 短期测试以 24h 为周期，每个测试周期具体测试时间根据热泵系统运行时间确定，但每个测试周期测试时间不宜低于 8h。

**C.1.3** 室内温湿度测试方法及技术要求应符合下列规定：

1 长期测试的时间应符合本规程第 C.1.2 条的规定。

2 室内温湿度选取典型区域进行测试，抽样测试的面积不低于空调区域的 10%。

- 3 测试并记录系统的室内温度  $t_{ni}$ ，记录时间间隔不得大于 600s。
- 4 室内温湿度应取测试结果的算术平均值。

**C.1.4** 热泵机组制热性能系数测试应按下列规定进行：

- 1 测试宜在热泵机组运行工况稳定后 1h 进行，测试时间不得低于 2h。
- 2 应测试系统机组进出水温度、流量、电功率和耗电量等参数。
- 3 机组的各项参数记录应同步进行，记录时间间隔不得大于 600s。
- 4 热泵机组制热性能系数按下式计算：

$$COP = \frac{Q_H}{N_i} \quad (C.1.4-1)$$

式中：

$COP$ ——热泵机组的制热性能系数；

$Q_H$ ——测试期间机组的平均制热量(kW)；

$N_i$ ——测试期间机组的平均输入功率(kW)。

机组测试期间的平均制热量按下式计算：

$$Q = V \rho c \Delta t_w / 3600 \quad (C.1.4-2)$$

式中：

$Q$ ——测试期间机组的平均制热量(kW)；

$V$ ——热泵机组用户侧平均流量 ( $m^3/h$ )；

$\Delta t_w$ ——热泵机组用户侧进出口介质平均温差 ( $^{\circ}C$ )；

$\rho$ ——热介质平均密度 ( $kg/m^3$ )；

$c$ ——热介质平均定压比热 ( $kJ/kg \cdot ^{\circ}C$ )。

**C.1.5** 系统能效比的测试方法及技术要求应符合下列规定：

- 1 长期测试的时间应符合本规程第 C.1.2 的规定。
- 2 应测试系统的热源侧流量、系统用户侧流量、系统热源侧进出口水温、系统用户侧进出口水温、机组消耗的电量、水泵消耗的电量等参数。
- 3 热泵系统制热性能系数根据测试结果按下式计算：

$$COP_{sys} = \frac{Q_{SH}}{\sum N_i + \sum N_j} \quad (C.1.5-1)$$

$$Q_{SH} = \sum_{i=1}^n q_{hi} \Delta T_i \quad (C.1.5-2)$$

$$q_{hi} = V_i \rho_i c_i \Delta t_i / 3600 \quad (C.1.5-3)$$

式中：

$COP_{sys}$  —— 热泵系统的制热性能系数；

$Q_{SH}$  —— 系统测试期间的累计制热量 (kWh)；

$\sum N_i$  —— 系统测试期间，所有热泵机组累计消耗电量 (kWh)；

$\sum N_j$  —— 系统测试期间，所有水泵累计消耗电量 (kWh)。

$q_{hi}$  —— 热泵系统的第  $i$  时段制热量 (kW)；

$V_i$  —— 系统第  $i$  时段用户侧的平均流量 ( $m^3/h$ )；

$\Delta t_i$  —— 热泵系统第  $i$  时段用户侧进出口介质的温差 ( $^{\circ}C$ )；

$\rho_i$  —— 第  $i$  时段冷媒介质平均密度 ( $kg/m^3$ )；

$c_i$  —— 第  $i$  时段冷媒介质平均定压比热 ( $kJ/kg \cdot ^{\circ}C$ )；

$\Delta T_i$  —— 第  $i$  时段持续时间 (h)；

$n$  —— 热泵系统测试期间采集数据组数。

## C.2 评价方法

**C.2.1** 常规能源替代量应按下列规定进行评价：

1 空气源热泵系统的常规能源替代量  $Q_s$  应按下列式计算：

$$Q_s = Q_t - Q_r \quad (C.2.1-1)$$

式中：

$Q_s$  —— 常规能源替代量 (kgce)；

$Q_t$  —— 传统系统的总能耗 (kgce)；

$Q_r$  —— 空气源热泵系统的总能耗 (kgce)；

2 传统系统的供暖总能耗  $Q_t$  应按下列式计算：

$$Q_t = \frac{Q_H}{\eta_t q} \quad (\text{C.2.1-2})$$

式中：

$Q_t$ ——传统系统的总能耗（kgce）；

$Q$ ——标准煤热值（MJ/kgce），本规程取  $q=29.307\text{MJ/kgce}$ ；

$Q_H$ ——长期测试时为系统记录的总制热量，短期测试时，根据测试期间系统的实测制热量和室外气象参数，采用度日法计算供暖季累计热负荷，（MJ）；

$H_t$ ——以传统能源为热源时的运行效率，按项目立项文件选取，当无文件规定时，根据项目适用的常规能源，其效率应按下表确定。

表 C.2.1 以传统能源为热源时的运行效率  $\eta_t$

常规能源类型	热水系统	供暖系统	热力制冷空调系统
电	0.31 <sup>注</sup>	/	/
煤	/	0.70	0.70
天然气	0.84	0.80	0.80

注：综合考虑火电系统的煤的发电效率和电热水器的加热效率。

3 整个供暖季空气源热泵系统的年耗能量应根据实测的系统能效比和建筑全年累计热负荷按下式计算：

$$Q_{rh} = \frac{DQ_H}{3.6COP_{sys}} \quad (\text{C.2.1-3})$$

式中：

$Q_{rh}$ ——空气源热泵系统年制热总能耗（kgce）；

$D$ ——每度电折合所耗标准煤量(kgce/kWh)，根据国家统计局最近 2 年内公布的火力发电标准耗煤水平确定，并在折标煤量结果中注明该折标系数的公布时间及折标量；

$Q_H$ ——建筑全年累计热负荷（MJ）；

$COP_{sys}$  —— 热泵系统的制热性能系数。

4 当空气源热泵系统既用于冬季供暖又用于夏季制冷时，常规能源替代量应为冬季和夏季替代量之和。

**C.2.2** 环境效益应按下列规定进行评价：

1 空气源热泵系统的二氧化碳减排量应按下列式计算：

$$Q_{co_2} = Q_s \times V_{co_2} \quad (C.2.2-1)$$

式中：

$Q_{co_2}$  —— 二氧化碳减排量 (kg/年)；

$Q_s$  —— 常规能源替代量 (kgce)；

$V_{co_2}$  —— 标准煤的二氧化碳排放因子，本规程取  $V_{co_2}=2.47$ 。

2 空气源热泵系统的二氧化硫减排量应按下列式计算：

$$Q_{so_2} = Q_s \times V_{so_2} \quad (C.2.2-2)$$

式中：

$Q_{so_2}$  —— 二氧化硫减排量 (kg/年)；

$Q_s$  —— 常规能源替代量 (kgce)；

$V_{so_2}$  —— 标准煤的二氧化硫排放因子，本规程取  $V_{so_2}=0.02$ 。

3 空气源热泵系统的粉尘减排量应按下列式计算：

$$Q_{fc} = Q_{sd} \times V_{fc} \quad (C.2.2-3)$$

式中：

$Q_{fc}$  —— 粉尘减排量 (kg/年)；

$Q_s$  —— 常规能源替代量 (kgce)；

$V_{fc}$  —— 标准煤的粉尘排放因子，本规程取  $V_{fc}=0.01$ 。

**C.2.3** 经济效益应按下列规定进行评价：

1 空气源热泵系统的年节约费用  $C_s$  按下式计算：

$$C_s = P \times \frac{Q_s \times q}{3.6} - M \quad (C.2.3-1)$$

式中：

$C_s$ ——空气源热泵系统的年节约费用（元/年）；

$Q_s$ ——常规能源替代量（kgce）；

$q$ ——标准煤热值（MJ/kgce），本规程取  $q=29.307\text{MJ/kgce}$ ；

$P$ ——常规能源的价格（元/kWh）；

$M$ ——每年运行维护增加费用（元），由建设单位委托运行维护部门测算得出。

2 常规能源的价格  $P$  应根据项目立项文件所对比的常规能源类型进行比较，当无文件明确规定时，由测评单位和项目建设单位根据当地实际用能状况确定常规能源类型，应按下列规定选取：

1) 常规能源为电时，对于热水系统  $P$  为当地家庭用电价格，供暖和空调系统不应考虑常规能源为电的情况；

2) 常规能源为天然气或煤时， $P$  应按下列式计算：

$$P=P_r/R \quad (\text{C.2.3-2})$$

式中：

$P$ ——常规能源的价格（元/kWh）；

$P_r$ ——当地天然气或煤的价格（元/ $\text{Nm}^3$  或元/kg）；

$R$ ——天然气或煤的热值，天然气的  $R$  值取  $11\text{kWh}/\text{Nm}^3$ ，煤的  $R$  值取  $8.14\text{kWh}/\text{kg}$ 。

3 空气源热泵系统增量成本静态投资回收年限  $N$  应按下列式计算：

$$N=C/C_s \quad (\text{C.2.3-3})$$

式中：

$N$ ——空气源热泵系统的静态投资回收年限；

$C$ ——空气源热泵系统的增量成本（元），增量成本依据项目单位提供的项目决算书进行核算，项目决算书中应对可再生能源的增量成本有明确的计算和说明；

$C_s$ ——空气源热泵系统的年节约费用（元）。



# 附录 D 验收表格

**D.0.1** 空气源热泵供暖工程的设备进场检查验收应完成以下表格中的信息。

表 D.0.1 设备进场检查记录

工程名称										
分部(子分部)工程名称						验收单位				
施工总包单位						项目经理				
施工分包单位						分包项目经理				
专业工长(施工员)						施工质量检查员				
进场设备					检查项目及施工单位检查记录					
名称		型号	数量	编号	设备		技术文件			
空气源热泵机组	室外主机 □整体机 □分体机				外包装		装箱单			
					设备外观		合格证			
					备品备件		产品说明书			
					其他		其他			
	室内主机 □分体机					外包装		装箱单		
						设备外观		合格证		
						备品备件		产品说明书		
						其它		其他		
施工单位检查评定结果				项目专业质量检查员：						
				年月日						
监理(建设)单位验收结论				监理工程师：						
				(建设单位项目专业技术负责人)						
				年月日						

**D.0.2 空气源热泵供暖工程的系统试运转测试（调试）验收应完成以下表格中的信息。**

**表 D.0.2 系统试运转测试（调试）检验记录**

工程名称						
分部（子分部）工程名称		验收单位				
施工总包单位		项目经理				
施工分包单位		分包项目经理				
专业工长（施工员）		施工质量检查员				
调试单位		调试负责人				
空气源热泵系统测试数据记录						
测试区域位置		主机编号				
调试工况			制冷 <input type="checkbox"/> 制热 <input type="checkbox"/>			
室内设定温度（℃）						
测试项目		测试数据				
		开机前	30min	60min	90min	备注
室外环境温度（℃）						
室内温度（℃）						
热泵主机	排气温度（℃）					
	油温（℃）					
	高/低压（MPa）					
	冷凝器气管温度（℃）					
	冷凝器液管温度（℃）					
	运转电流（A）					
	电压（V）					
冷热水系统	供回水温度（℃）					
	供回水压力(MPa)					
空调末端设备	进/出风温度（℃）					
	风扇档位					
其他试运转项目记录						
项目		运转情况				
水泵运转						
风机盘管及开关控制						
直接蒸发末端及开关控制						
自控阀动作						
.....						
施工（调试）单位检查评定结果		项目专业质量检查员：  年月日				
监理(建设)单位验收结论		监理工程师： (建设单位项目专业技术负责人)  年月日				

**D.0.3** 空气源热泵供暖工程的系统安装验收应完成以下表格中的信息。

**表 D.0.3 空气源热泵系统安装工程质量检验记录**

工程名称			
分部（子分部）工程名称		验收单位	
施工单位		项目经理	
分包单位		分包项目经理	
专业工长（施工员）		施工班组长	
施工执行标准名称及编号		《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243—2002 《多联机空调系统工程技术规程》JGJ174—2010 《空气源热泵供暖工程技术规程》DEC××××	
序号	内容		监理单位评定检查记录
1	热泵系统	设备及基础的验收	
2		热泵机组的安装	
3		设备的严密性试验及试运行	
4		制冷剂管道及管配件的安装	
5		制冷剂管路的强度、气密性试验	
6	冷热水系统	配套设备、管材及配件验收	
7		水泵、膨胀罐等配套设备安装	
8		管道（包括柔性接管）连接	
9		管道（包括柔性接管）安装	
10		管道支吊架	
11		检修阀、自控阀、安全阀、放气阀、排水阀、减压阀等的安装	
12		过滤器等其他部件的安装	
13		系统的冲洗排污	
14		隐蔽管道的验收	
15		系统的试压	
		管道的保温	
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员：   年月日	
监理（建设）单位验收结论		监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）  年月日	

**D.0.4** 空气源热泵供暖工程的自控和电气系统验收应完成以下表格中的信息。

表 D.0.4 空气源热泵供暖系统自控和电气系统工程质量检验记录

工程名称			
分部（子分部）工程名称		验收单位	
施工单位		项目经理	
分包单位		分包项目经理	
专业工长（施工员）		施工班组长	
施工执行标准名称及编号	《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB50150 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254 《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB50617 《1kV 及以下配线工程施工与验收规范》GB50575 《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB50093 《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB50601 《空气源热泵供暖工程技术规程》DEC××××		
序号	内容	施工单位评定检查记录	监理(建设)单位验收记录
1	电气 工程	电气设备及材料验证	
2		电源质量测试	
3		配电箱(柜)等电气装置安装与接线	
4		配电线路安装、敷设与接线	
5		剩余电流动作的保护装置测试	
6		电气绝缘电阻测试	
7		防雷与接地	
8	自控 工程	传感器、控制器等器件验证与安装	
9		自控线路安装、敷设与接线	
10		电气绝缘电阻测试	
11		通信与信号传输检测	
12		传感器信号精度测试	
13		运行控制功能完整性测试	
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员：  年月日	
监理（建设）单位验收结论		监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）  年月日	

# 本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
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：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

# 引用标准名录

- 1 《低压配电设计规范》 GB 50054
- 2 《通用用电设备低压配电设计规范》 GB 50055
- 3 《建筑物防雷设计规范》 GB 50057
- 4 《自动化仪表工程施工质量验收规范》 GB 50131
- 5 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》 GB 50150
- 6 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 7 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 8 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243
- 9 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》 GB 50254
- 10 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》 GB 50274
- 11 《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303
- 12 《建筑节能工程施工质量验收规范》 GB 50411
- 13 《1kV 及以下配线工程施工与验收规范》 GB 50575
- 14 《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》 GB 50601
- 15 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 16 《通风与空调工程施工规范》 GB 50738
- 17 《建筑物电气装置电击防护》 GB/T 14821
- 18 《单元式空气调节机》 GB/T 17758
- 19 《电磁兼容环境公共低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平》 GB/T 18039
- 20 《风机盘管机组》 GB/T 19232
- 21 《可再生能源建筑应用工程评价标准》 GB/T 50801
- 22 《民用建筑电气设计规范》 JGJ 16
- 23 《辐射供暖供冷技术规程》 JGJ 142
- 24 《多联机空调系统工程技术规程》 JGJ 174
- 25 《建筑设备监控系统工程技术规范》 JGJ 334

**26 《采暖通风与空气调节检测技术规程》 JGJ/T 260**

中国工程建设协会标准

# 空气源热泵供暖工程技术规程

Technical specification for air source heat pump heating system

（征求意见稿）

条文说明



# 目 录

1	总则.....	47
2	术语.....	49
3	统一规定.....	50
4	热源及输配系统设计.....	52
	4.1 热负荷计算.....	52
	4.2 空气源热泵选型与设计.....	53
	4.3 辅助热源.....	55
	4.4 输配系统.....	55
	4.5 其他设备.....	57
5	供暖末端.....	58
	5.1 地面辐射供暖.....	58
	5.2 散热器供暖.....	59
	5.3 风机盘管供暖.....	60
	5.4 直接冷凝式供暖末端.....	60
6	电气与控制.....	62
	6.1 一般规定.....	62
	6.2 配电系统.....	62
	6.3 控制系统.....	63
	6.4 安全防护.....	65
7	施工安装.....	67
	7.1 一般规定.....	67
	7.2 施工准备.....	67
	7.3 安装.....	68
8	调试与验收.....	71
	8.1 一般规定.....	71
	8.2 调试.....	72
	8.3 验收.....	78
9	评价.....	79
	9.1 评价指标与要求.....	79
10	运行与维护.....	80

# 1 总 则

**1.0.1** 本条说明了制定本规程的目的和意义。

冬季供暖是我国北方居民的基本生活需求。我国煤炭储量大，开采、使用成本较低，燃煤是我国供暖的主要形式。然而大量使用化石燃料，导致我国温室气体排放量不断增加，也带来了环境污染等问题。空气源热泵是利用清洁能源供暖的有效措施之一，有着使用成本低、易操作、供暖效果好、安全等多重优势。以无处不在的环境空气为低品位能源，通过少量电能驱动压缩机运转，实现热量的转移，能够减少传统供暖给大气环境带来的大量污染物排放，保证供暖功效的同时兼顾节能环保。在北京市推进农村“煤改清洁能源”，河北省“美丽乡村建设”等过程中，空气源热泵作为清洁能源供暖技术，得到了重点推广应用。除京津冀地区外，山西、辽宁等省市也已将空气源热泵作为替代燃煤供暖的重要技术手段进行试点推广，并已收到显著成效。

目前，我国尚未制定专门针对空气源热泵供暖工程的国家层面的标准，也没有关于空气源热泵供暖工程的设计、施工、调试及验收的统一标准规定，工程质量、适用性和安全性均无法得到保障，且多数工程没有验收后的效益评估，导致经济性和技术先进性无法得到有效体现，从而妨碍了空气源热泵供暖工程在我国的合理应用和有效推广。因此，为了在归纳总结现有研究成果的基础上，规范空气源热泵供暖工程技术，保证工程质量的同时达到安全适用、经济合理、技术先进可靠的目的，促进空气源热泵供暖工程在我国的发展，提高居民生活水平，改善环境，推动绿色经济和可持续发展，制定本规程。

**1.0.2** 本条规定了本规程的适用范围。

空气源热泵供暖的工程应用灵活多样，不仅适合城市建筑，也适用于村镇建筑。总体来看，在我国需要供暖的地区均可以应用。本规程主要对利用空气源热泵进行供暖的工程进行了规定，利用热泵进行空调应用的相关规范已经比较完善，本规范中不再进行规定，可以直接引用《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》

GB 50736。

**1.0.3** 空气源热泵供暖工程是建筑和热泵应用领域多项技术的综合利用，在建筑领域，涉及到建筑、结构、暖通空调、电气等多个专业。本规程只能针对空气源热泵供暖工程本身具有的特点进行规定和要求，不可能把所有相关的专业技术规定都纳入其中，所以，与空气源热泵供暖工程应用相关的其他国家现行标准都应遵守执行。

## 2 术 语

**2.0.8** 辐射供暖的辐射面可以是地面、顶棚或墙面；工作媒介可以是热水、热空气或电热设备，此外，目前还有以制冷剂作为工作媒介的辐射供暖系统，但是这种形式的辐射供暖系统刚出现 4~5 年，还未经过长时间检验，因此本规程中暂未涉及相关内容。

**2.0.9** 在供暖室内温度一定时，随着室外温度的降低，建筑物的热负荷将逐渐增大，机组的制热量则与之相反，会逐渐减少。设计时如按照供暖室外计算温度选择热泵，会造成机组容量过大，初投资与后期运行费用过高。为避免上述问题，设计宜按照优化的平衡点温度选取热泵机组。室外温度高于平衡点温度时，由热泵机组满足建筑热负荷需求，室外温度低于平衡点温度时，热泵机组制热量不足部分由辅助加热设备提供。

## 3 统一规定

**3.1.1** 从气候区来看，严寒地区、寒冷地区和夏热冬冷地区均有供热需求，采用空气源热泵可全部满足或部分满足要求。空气源热泵的可靠性、运行时间、制热能力及制热能效比与室外环境温湿度密切相关，一般来讲，室外环境温度越高，空气源热泵的适用性越好，能效和可靠性越高。在夏热冬冷和寒冷地区，空气源热泵应用优势明显；在严寒地区，空气源热泵能效和可靠性变差，使用时需要与其他的供热方式进行技术性、经济性、适用性比较。夏热冬暖地区或其他有供暖需求的地区可参照夏热冬冷地区执行。

**3.1.2** 空气源热泵供暖系统热源主要包括空气源热泵热水机组和热风机组，制冷剂配合辐射末端直接冷凝供热的空气源热泵机组在技术成熟时可选用。

随着室外气温的降低，采用空气源热泵供暖的经济性和可靠性变差，采用辅助热源配合空气源热泵可解决极端寒冷气候条件下的可靠性，同时避免了空气源热泵由于选型过大，造成的初投资和运行费用的提高。

**3.1.3** 空气源热泵热水机组直接制取热水，具有输送方便、便于施工、热惰性大，温度波动小的优点，在连续供暖应用时，采用热水机组供暖室内温度波动小，热舒适度高。空气源热泵热风机组直接制取热风，具有升温速度快，不怕冻的优点，可根据需要开启或关闭机组，实现按需供暖，节能性较好，但由于吹风干燥感及噪声，热风的舒适性相对较差，比较适合间歇供暖，不太适合连续供暖的场合。直接冷凝式机组施工工艺较为复杂，目前仅处于推广应用阶段。

**3.1.4** 对于冬季温度较低的室外空气源来说，低温辐射供暖末端需求侧供暖温度要求较低，一般在  $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，非常适合空气源热泵机组的运行温度范围。且供暖温度越低，空气源热泵系统能效越高，使用费用越低，因此，空气源热泵供暖系统室内末端优先采用低温辐射供暖末端。对于夏热冬冷地区冷热兼顾的末端系统优先采用风机盘管。

**3.1.5** 为方便空气源热泵热水机组及其末端系统的设计选型，需要明确不同气候

区域的供/回水温度的设计工况。受空气源热泵技术条件的限制，并从经济性角度考虑，严寒地区建筑围护结构保温及气密性较好，采用空气源热泵系统，末端一般需配置地板辐射采暖，供水温度范围宜在 33℃~43℃，寒冷地区同样要求围护结构达到节能设计标准，采用空气源热泵，末端一般可配置低温散热器或地板辐射采暖，供水温度范围宜在 36℃~46℃合适，夏热冬冷地区一般需要冷热兼顾，采用空气源热泵，末端一般配置风机盘管，设计供水温度范围宜在 40℃~50℃合适。采用水泵输送热水的供暖系统，从经济性考虑，供回水温差宜设置为 5℃。

## 4 热源及输配系统设计

### 4.1 热负荷计算

**4.1.1** 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，集中供暖系统的施工图设计，必须对每个房间进行热负荷计算。供暖热负荷的正确计算对供暖设备选择、管道计算以及节能运行都起到关键作用，应用空气源热泵供暖的系统设计，也应符合相应规范要求，且与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 和《公共建筑节能设计标准》GB 50189 保持一致。

#### 4.1.2

**1** 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736，对流散热器供暖的室内设计温度，严寒和寒冷地区主要房间应采用  $18^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。采用地面辐射供暖时，人体的舒适度受辐射影响较大，因此其供暖室内设计温度比上述温度低  $2^{\circ}\text{C}$  时，可以达到同样的舒适度。在利用地面散热量计算表时，“室内空气温度”也应是低  $2^{\circ}\text{C}$  的地面供暖的“室内设计温度”。

**2** 为适应外区较大热负荷的需求，确保室温均匀，对进深较大房间作此规定。

**3** 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 及《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142，采用辐射供暖时，也要考虑高度附加，其附加值约按对流散热器供暖计算值 50% 取值。

**4** 敷设辐射供暖部件的地面或墙面，不存在通过地面或墙面向外的传热负荷，因此房间外围护结构热负荷不包括敷设辐射供暖部件辐射面的传热负荷，相应的热损失另外计算在热媒供应量内。

**4.1.3** 可参考下式计算。

$$Q = Q_j + Q_h + Q_x \quad (4.1.3-1)$$

$$Q_h = q_h \cdot M \quad (4.1.3-2)$$

$$Q_x = \alpha Q_j \quad (4.1.3-3)$$

式中：Q——考虑附加后房间热负荷（W）；

$Q_j$ ——房间热负荷（W），按 4.1.1 条进行计算；

$Q_h$ ——房间户间传热附加耗热量（W），如下确定：

- 1 无邻户的独立住宅  $Q_h=0$ ；
- 2 仅有个别房间存在与邻户相联的内墙的联体别墅可仅计算该房间的内墙传热量，其他房间  $Q_h=0$ ；
- 3 多层和高层住宅按式（4.1.3-2）计算确定；
- 4 集中供暖的公共建筑  $Q_h=0$ ；

$Q_x$ ——房间间歇供暖附加耗热量（W）；

$q_h$ ——房间单位面积平均户间传热附加耗热量（W/m<sup>2</sup>），可取  $q_h=5\sim 7\text{W/m}^2$ ，当新建多层和高层住宅满足现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的热工指标限值时，可取较小数值；改造建筑围护结构热工性能不满足该标准要求时，选用较大数值；

M——房间使用面积，即围护结构内表面包围的房间地面积（m<sup>2</sup>）；

$\alpha$ ——考虑间歇供暖的附加系数，可取 0.1~0.3。

## 4.2 空气源热泵选型与设计

**4.2.1** 当空气源热泵系统以供暖为主时，应以供暖热负荷选择系统热源。随后，根据不同地区的实际条件，进行技术经济比较确定空气源热泵机组和辅助热源承担热负荷的合理比例，该过程可根据附录 A 最经济平衡点温度的计算方法，确定空气源热泵机组的供热量。设计工况下的供热量参数及修正方法应由机组生产厂家提供。

此外，采用空气源多联式空调（热泵）机组时，连接管长度和高差的增加将导致压力变化导致制热运行时的冷凝温度降低、制热量减小、能效比降低制冷剂沉积与闪发，由此会引起系统性能衰减和安全、稳定运行，故需考虑管长和高差修正。



**4.2.2** 对于冬季寒冷、潮湿的地区，使用时必须考虑机组的经济性和可靠性。室外温度过低会降低机组制热量；室外空气过于潮湿使得结霜时制热量降低、融霜时间过长，同样也会降低机组的有效制热量，因此设计师必须计算冬季名义工况下机组 COP，与当地常规能源供热相比，当热泵机组失去节能优势时就不应采用。低温工况是指在该环境温度下，机组可正常运行，且运行时的 COP 不低于表 4.2.2 中的规定值。

优异的融霜技术是机组冬季运行的可靠保证。机组在冬季制热运行时，室外空气侧换热盘管表面温度低于进风空气露点温度且低于 0℃时，换热翅片上就会结霜，会大大降低机组制热量和运行效率，严重时导致机组无法运行，为此必须除霜。除霜的方法有很多，优异的除霜控制策略应具有判断正确、除霜时间短、融霜修正系数高的特征。

### **4.2.3**

**1** 有条件的工程，可采取主机分体式布置，室外侧仅为室外侧换热器及风扇，压缩机、膨胀阀以及冷凝器等放置于室内侧。

**2** 推荐采用变频机组；或多压缩机并联，共用室外侧换热器模式，采取分级启停控制，以提高机组部分负荷性能。

### **4.2.4**

**1** 空气源热泵机组的运行效率，很大程度上与室外机与大气的换热条件有关。考虑主导风向、风压对机组的影响，机组布置时应避免产生热岛效应，保证室外机进、排风的通畅，防止进、排风短路是布置室外机时的基本要求。当受位置条件等限制时，应创造条件，避免发生明显的气流短路，如设置排风帽，改变排风方向等方法，必要时可以借助于数值模拟方法辅助气流组织设计。此外，控制进、排风的气流速度也是有效地避免短路的一种方法；通常机组进风气流速度宜控制在 1.5m/s~2.0m/s，排风口的气流速度不宜小于 7m/s。

**2** 需要设置多台室外机时，应避免集中放置导致局部空气温度过低。

**3** 室外机除了避免自身气流短路外，还应避免其他外部含有热量、腐蚀性

物质及油污微粒等排放气体的影响，如厨房油烟排气和其他室外机的排风等。

4 室外机运行会对周围环境产生热污染和噪声影响，因此室外机应与周围建筑物保持一定的距离，以保证热量有效扩散和噪声自然衰减。对周围建筑物产生噪声干扰，应符合国家现行标准《声环境质量标准》GB 3096 的要求。

5 保持室外机换热器清洁可以保证其高效运行，因此为清扫室外机创造条件很有必要。

### 4.3 辅助热源

4.3.1 随室外温度变化，空气源热泵机组实际供热量曲线与建筑热负荷线交点所对应的室外温度为平衡点温度。平衡点温度受建筑围护结构特性、空气源热泵机组容量及性能等多因素影响，根据确定原则与方法的不同，最佳平衡点温度分为最佳能量平衡点、最小能耗平衡点和最经济平衡点，对于空气源热泵供暖系统建议参照本规程附录 A 最经济平衡点温度计算方法进行计算。

#### 4.3.3

1 工业余热、废热、太阳能、燃油、生物质或其他热源也可作为空气源热泵供暖系统的辅助能源，应根据工程当地实际能源具备情况，并结合可靠性、经济性和环保性进行选择。

2 建筑热负荷峰值常出现在电网低谷时段时，推荐采用电作为辅助能源。

3 电作为辅助能源时，应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015 的相关规定。

4.3.4 在既有建筑供暖改造过程中，如建筑内已有供暖末端，选择的辅助能源应能满足既有供暖末端的使用需求。如已有对流散热器作为供暖末端，则辅助能源的供、回水温度等参数应能满足其工作要求。

### 4.4 输配系统

4.4.1 设计流量下的水系统总阻力可按下式进行计算：

$$H = 1.1(H_1 + H_2 + H_3) \quad (4.4.1)$$

式中：H——循环水系统总阻力（mH<sub>2</sub>O）；

H1——制冷剂-水换热器的水侧阻力（mH<sub>2</sub>O），由空气源热泵机组产品确定；

H2——夏季空调冷水管道阻力，或冬季供暖时换热器至一次分集水器前管道阻力（mH<sub>2</sub>O），由设计计算确定；

H3——夏季末端阻力（mH<sub>2</sub>O），由产品确定；或冬季供暖时一次分集水器至末端的环路总阻力，应根据所采用的末端供暖系统类型进行计算。

**4.4.2** 规定集中供暖系统耗电输热比(EHR-h)的目的是为防止采用过大的循环水泵，保证水泵的选择在合理的范围，降低水泵能耗，提高输送效率。公式 4.4.2 同时考虑了不同管道长度、不同供回水温差因素对系统阻力的影响。考虑到空气源热泵供暖工程通常供暖半径不大，因此计算方法与《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015 第 4.3.9 条一致，按下式计算：

$$EER-h = 0.003096 \sum (G \times H_b / \eta_b) / Q \leq A(B + \alpha \sum L) / \Delta T \quad (4.4.2)$$

式中：EER-h——供暖系统耗电输热比；

G——每台运行水泵的设计流量（m<sup>3</sup>/h）；

H<sub>b</sub>——每台运行水泵对应的设计扬程（mH<sub>2</sub>O）；

η<sub>b</sub>——每台运行水泵对应的设计设计工作点效率；

Q——设计热负荷（kW）；

A——与水泵流量有关的计算系数，按《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015 选取；

B——与机房及用户的水阻力有关的计算系数，一级泵系统时取 17，二级泵系统时取 21；

ΣL——机房至供暖末端（散热器或辐射供暖分集水器）供回水管道的总长度（m）；

ΔT——设计供回水温差（℃）；

α——与 ΣL 有关的计算系数，按下表选取：

表 4.4.2 与  $\Sigma L$  有关的计算系数  $\alpha$

地区	管道长度范围 (m)		
	$\Sigma L \leq 400\text{m}$	$400\text{m} < \Sigma L < 1000\text{m}$	$\Sigma L \geq 1000\text{m}$
严寒	$\alpha=0.009$	$\alpha=0.0072+0.72/\Sigma L$	$\alpha=0.0059+2.02/\Sigma L$
寒冷			
夏热冬冷	$\alpha=0.0024$	$\alpha=0.002+0.16/\Sigma L$	$\alpha=0.0016+0.56/\Sigma L$

**4.4.3** 与室外主机一体的制冷剂-水热交换装置，循环水系统可添加符合卫生要求的防冻液，防冻液应按冻结点温度不高于当地极端最低温度配置。

## 4.5 其他设备

**4.5.3** 考虑化霜、除霜、室内供暖温度的需求，水容量较小的系统宜设置缓冲水箱。缓冲水箱的容积视实际需求不同确定。

## 5 供暖末端

### 5.1 地面辐射供暖

**5.1.1** 为了保证室内温度场均匀性,可在加热管所在平面上方覆盖导热膜;导热膜宜采用铝箔或地暖导热膜,安装位置应位于加热管上方,紧贴加热管;地面辐射供暖系统在加入导热膜后,在满足室内供暖要求的前提下,应使得热媒温度有所降低。

**5.1.2** 采用空气源热泵供暖时,基于以下原因,推荐最高水温为 45℃,温差不宜小于 3℃:

1 空气源热泵机组在室外较低温度的供暖设计工况下运行时,对冷凝温度和供水温度有一定的限制,因此设计水温不能过高。

2 采用 5℃温差,相对于 10℃温差,在相同的平均水温下供水温度可以较低,对热源效率有利,因此,空气源热泵供暖系统供回水温差可按热源设备的名义工况确定,符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 在采用热泵等产品供暖时的有关规定。

3 目前,热泵产品的名义工况水量和水泵配置为 5℃温差,且大多数企业水泵不能变速难以适应大温差需求;限制温差下限不小于 3℃是为了避免选择过大设备,否则定型水泵流量过大会产生小温差大流量的高能耗现象。

4 采用毛细管网辐射系统时,供水温度宜采用 30℃~35℃,供回水温差宜采用 3℃~5℃。

#### 5.1.3

1 为减少辐射热损失,直接与室外空气接触的楼板、与不供暖房间相邻的地板为供暖地面时,必须设置绝热层。

2 为保证绝热效果,规定绝热层与土壤间设置防潮层。对于潮湿房间,混凝土填充式供暖地面的填充层上,预制沟槽保温板或预制轻薄供暖板供暖地面的地面面层下设置隔离层,以防止水渗入。

3 面层热阻的大小,直接影响到地面的散热量。为了节省能耗和运行费用,采用地面辐射供暖供冷方式时,要尽量选用热阻小于 $0.05\text{m}^2 \text{K/W}$ 的材料做面层。

#### 5.1.4

1 供暖地面的分类和各类型的构造应符合《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 中的有关规定。

2 适用于空气源热泵低温热水的“水泥砂浆预制填充板”式地面供暖形式,目前产品分为 I 型(敷设外径 10mm 加热管)和 II 型(敷设以集水干管和外径 4.3mm 加热管组成的管网,也称毛细管网)。

5.1.5 热水地面辐射供暖加热管管材的具体要求如下:

1 塑料管材质和连接方法的选择应以保证工程长期运行的安全可靠为原则,根据塑料管的抗蠕变能力的强弱、许用环应力的大小、工程环境等因素,经综合比较后确定。

2 铝塑复合管长期工作温度和允许工作压力应满足一定要求,可采用搭焊接和对焊接两种形式。

3 无缝铜管状态和类型的选择应满足系统工作压力。

4 热水地面辐射供暖系统加热管物理参数的有关推荐值可参照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142。

## 5.2 散热器供暖

5.2.1 散热器产品标准中规定了不同种类散热器的工作压力,即便是同一种类的散热器也可能因加工材质、厚度不同,工作压力也不尽相同。此外不同系统所要求的散热器工作压力也不完全相同。

5.2.2 散热器数量的确定应符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中的相关规定。另外,空气源热泵供暖系统供水温度较低,供暖工况偏离散热器的实际测试工况,因此,加入了散热器流量修正和不同过余温度下散热器片数的修正,具体参见本规程附录 B。既有建筑应按照该方法进行修正并适当增加面积。

**5.2.3** 根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 中相关规定，管道明设时，非保温管道相当于散热器的一部分，其散热量直接进入房间，有提高室温的作用，故可补偿一部分耗热量，其值应通过明装管道外表面与室内空气的传热计算确定。

## 5.3 风机盘管供暖

**5.3.1** 风机盘管用于冬季供暖时，供水温度要求较高，且造成的吹风感也会一定程度地影响室内舒适性，因此采用空气源热泵供暖时，优先推荐采用低温供暖末端。然而，风机盘管具有启动快、加热速度快，便于独立调节等优点，因此对于需要间歇供暖或室内温度有独立调节要求的场所，可以采用该种形式末端供暖。

## 5.4 直接冷凝式供暖末端

**5.4.3** 空气源热泵机组除霜时，运转模式转为逆卡诺循环，此时室内侧由吹热风转为吹冷风，给室内人员造成极大的不适，室内舒适度下降明显，因此直接冷凝式热风供暖末端要求具有防吹冷风功能。目前多数空气源多联式热泵机组厂家在机组除霜时，采用了室内侧风机停转，除霜结束后通过感应室内机冷媒盘管温度联动室内机风机开启，有效的防止了因机组除霜或除霜结束初期，室内侧吹冷风造成的舒适度下降问题。另有个别厂家在室内机出风口额外增加一个温度传感器，通过感应室内机出风口周围温度，以及室内机冷媒盘管温度两个温度参数联动室内机风机开启，最大程度的防止了热风供暖末端吹冷风的现象。

**5.4.5** 直接冷凝式辐射供暖大致分为三类：直接冷凝式地板辐射供暖、直接冷凝式墙体辐射供暖、直接冷凝式壁挂板辐射供暖。压缩机排出的制冷剂气体进入直接冷凝式辐射供暖末端装置以辐射形式为主向室内供暖，避免水路热量损失，节省水路循环管路及相应的循环水泵，提高系统的经济性。

**5.4.6** 蓄热装置代替了传统空气源热泵机组室内机中的辅助加热器，蓄热装置中储存的蓄热量应保证热泵机组冬季除霜所需热量，避免机组反向运转除霜时直接吸收室内热量，保证供暖末端装置表面温度不低于室内露点温度，解决供暖末端

表面结露问题。采用水蓄热时应设置手动或自动排气阀,并在最低点设置泄水口。

#### **5.4.7**

1 采用直接冷凝式地板辐射供暖末端时,铜管不易过长,以免增加冷凝器阻力,造成压力损失过大,回油动力不足,致使压缩机缺油停机;

2 采用直接冷凝式壁挂辐射供暖末端时,应选用水平布管方式,避免末端换热管路中制冷剂气体在弯管处的凝结积液问题,减少直接冷凝式辐射供暖末端压降,解决进入辐射供暖装置末端的润滑油的回油问题,保证机组的有效运行。

#### **5.4.8** 直接冷凝式辐射供暖末端中铜管连接具体要求如下:

1 铜管连接方式应以保证工程长期运行的安全可靠为原则,根据铜管的抗腐蚀能力结合工程环境等因素,经综合比较后确定;

2 合理设计铜管弯曲半径,防止曲率过大,致使铜管应力受损;

3 铜管之间可采用焊接、无缝连接等连接方式。



# 6 电气与控制

## 6.1 一般规定

**6.1.2** 空气源热泵供暖系统的电负荷比较大，在设计时应考虑独立回路供电。为了对空气源热泵供暖系统进行性能评价，公共建筑应设置电能计量系统，住宅建筑宜参考执行。

**6.1.3** 随着控制技术的不断发展，自动控制的应用已经成为趋势，在允许的情况下宜设置自控系统，可以对空气源热泵供暖系统进行优化控制，提高系统的运行效率，延长设备使用寿命。

**6.1.4** 空气源热泵供暖系统电气系统的安全防护设计应包括防雷设计、防电击设计、防干扰设计。防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的有关规定。防电击设计应符合现行国家标准《建筑物电气装置电击防护》GB/T 14821以及《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的有关规定。防干扰设计应符合现行国家标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的有关规定。

## 6.2 配电系统

### 6.2.1

**1** 空气源热泵供暖系统采用单独回路供电时，应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的规定。机组和辅助热源宜单独回路供电，如果不能分别适用单独回路，应考虑两者共同运行时的容量需求。

**2** 空气源热泵供暖系统配电导体选用应符合规范《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的规定。

**3** 考虑到安全性以及可维护性，空气源热泵供暖系统的配电箱宜设置在室内，当室内安装条件不满足而安装室外时，考虑到防雷、防雨、防尘等因素，应选用室外型箱体，应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的规定。

### 6.2.2

1 空气源热泵供暖系统配电线路多为明敷设，为了有效的保护线缆，布线用导管宜采用金属导管。为了防止交流电源对传输信号的干扰，通讯及信号传输线路应与交流电源线路分开敷设。

2 当电线管与热水管以及其他管道同侧敷设时，应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。

3 箱盘配线及连接导线应符合现行标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定。

4 配电箱内端子排安装应符合现行标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的相关规定。

## 6.3 控制系统

### 6.3.1

1 设计自控系统时，应根据监控功能需求设置监控点，编制监测和控制点表。

2 空气源热泵供暖系统的自控系统设计应选用先进、成熟和实用的技术和设备，符合技术发展的方向，并容易扩展、维护和升级。应根据系统的规模、功能要求及选用产品的特点确定自控系统网络结构。产品选型、位置以及安装要求应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。

3 供暖末端的水路电控调节阀宜选用模拟量两通调节阀，调节阀的口径应根据调节对象要求的流通能力，通过计算选择确定。风门电控执行器的转矩应符合设计工作压力和最大允许压差的要求确定。

4 控制点参数主要包括供水（或回水）温度设定值、室内温度设定值，工况转换边界条件包括冬、夏和过渡季转换时的温度、焓值等设定值。

5 控制策略的选择要与特定的控制对象相匹配，应包括空气源热泵机组台数控制策略、设备连锁控制策略、室内温度控制策略等，宜采用先进控制技术制定节能优化控制策略，在保证系统运行安全稳定、室内热舒适性条件下，提高空气源热泵系统效率。

6 考虑到冬季有冻结可能的地区，应具有防冻报警和自动保护的功能。设置防冻报警传感器，当室外温度过低时防冻开关自动断开，其发出的信号可通过控制器开启水泵、供暖热水阀门，通过水系统强制循环，保护热泵机组、盘管不被冻裂。防冻开关应具有手动复位和自动复位功能。

7 控制接口需要根据被控设备自控系统要求设置，接口内容包括供电及接地方式、连接方式和传输介质、通信协议说明、通过接口传输的具体内容、涉及接口工作双方的责任界面和接口测试内容等。通讯接口应采用标准通讯协议，如 Modbus 通讯协议或 BACnet 通讯协议。空气源热泵的通讯接口应包含工作模式设定、启停控制、温度设定和故障状态等基本内容。由于接口是工程中出现问题较多的环节，需要特别关注，涉及接口的双方单位互相配合形成文件来明确接口的相关技术及测试内容，确保接口的实施质量。

### 6.3.2

1 在整个供暖季内，为保障系统安全、可靠、稳定地运行，自控系统对空气源热泵供暖系统进行长期监测，监测内容应为系统的监测和评价提供基础数据。

2 温度、湿度传感器的布置位置应符合《建筑设备监控系统工程技术规范》JGJ 334 的规定。温度、湿度传感器应布置在能反映被测区域参数的部位，且附近不应有热源和湿源，并应符合下列规定：

1) 风道和水道温度传感器应保证插入深度。

2) 壁装式空气温度传感器应布置在空气流通，能反映被测空间空气状态的部位，不应布置在阳光直射处和靠近风口处。

3) 与风机盘管等设备配套使用的壁装式空气温度传感器应布置在能反映其对应设备服务区域温度的部位。

4) 对于大空间场所，宜根据工作区域均匀布置多个空气温度、湿度传感器。

5) 室外温度、湿度传感器应布置在能真实反映室外空气状态的位置，不应布置在阳光直射的部位和靠近新风口、排风口的部位，并宜采用气象测量用室

外安装箱。

**3** 总耗电量包括热泵机组、循环水泵、辅助热源、供暖末端等供暖系统所有用电装置的耗电量。

**4** 数据采集装置应能测量、发送和存储实时监测数据，按照设定的周期进行数据采集、计算，并按照一定周期传输至数据中心，上传至数据中心的监测数据应连续无间断。在网络繁忙时可缓存数据并在网络恢复正常后根据需要上传失败的数据。记录周期不应大于 10min，记录数据在数据库中的保存时间不应小于 1 年，并可导出到其他存储介质。

### **6.3.3**

**1** 系统工作在部分负荷工况时，应适当提高供暖的水温设定值，在不影响室内热舒适的情况下，提高空气源热泵的运行效率。宜根据室外温度、供暖末端供热能力和室内需求负荷等条件，采用最优控制、自适应控制、模糊控制和模型预测控制等先进控制技术实现供暖的水温自动再设定。

**2** 在季节不同、昼夜不同时间、房间占用状态不同时，室内温度设定值应能自动调整，以减少室内需求负荷，降低供暖能耗。

**3** 风机盘管是空调末端设备，宜由联网式温度控制器根据室内温度自动控制电动水阀通断，有节能控制模式对风机高、中、低三种风速转换。系统宜能够实现风机盘管群控管理，按照日程表控制风机盘管启停，调节室内设定温度。

## **6.4 安全防护**

### **6.4.1**

**1** 空气源热泵供暖系统电气装置的接地要求应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的规定，下列电气装置的外露可导电部分均应接地：

- 1) 电机；
- 2) 配电设备、配电屏与控制屏的框架；
- 3) 室内、外配电装置的金属架构；
- 4) 电缆的金属外皮和电力电缆的金属保护导管、接线盒及终端盒。

2 采用架空电缆引入时，在入户处需加装避雷器，并将电缆金属外护层及自承钢索接到电气设备的接地网上。

**6.4.2** 空气源热泵供暖系统电源干扰的防护应符合现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 规定。

**6.4.3** 空气源热泵供暖系统配电系统的电击防护应符合现行标准《建筑物电气装置电击防护》GB/T 14821.1、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16-2008 第 7.7 条规定，以及《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015 第 5.1.2 条规定。

**6.4.4** 目前，市场销售的空气源热泵产品中有使用变速机组等谐波源设备，不加限制会因谐波过大造成干扰、损耗等很多不利影响，导致电网电能质量下降。因此，应选用符合国家标准要求的产品。可遵循的国家现行相关标准有《电磁兼容环境公共低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平》GB/T 18039.3，以下措施可有效减少电磁干扰：

1) 尽量远离干扰源。

2) 增加缆线敷设的相互距离减少互感干扰是最经济且效果显著的方法，实际工程中经常采用屏蔽电缆。

# 7 施工安装

## 7.1 一般规定

**7.1.1~7.1.5** 空气源热泵供热（空调）系统的制冷设备与制冷剂管道，地面辐射供暖、风机盘管、散热器等末端散热设备，电气系统等涉及多专业多工种，相关标准中已经有较详细的施工安装规定，均应遵照执行，本规程不做过多赘述。空气源热泵机组及其系统的类型多样，各产品有其自己的特点和要求，因此还应满足设备安装说明书等产品技术资料的各项要求。

## 7.2 施工准备

**7.2.1** 施工安装前的准备工作是保证施工质量的重要环节。施工前应制定施工技术方案，做好产品人员培训和技术交底，图纸及材料接收，检验进场设备、管材、辅助材料等相关准备工作。其中施工图纸应是经过二次深化设计、具备施工条件的图纸，技术文件还包括产品本身的安装说明书等技术资料。制冷剂管道系统连接时可能发生制冷剂泄漏并需要补充等情况，施工安装人员需要通过测试仪器准确诊断故障，以便于快速检修。因此应具备万用表、电流表、冷媒检测仪、压力表、真空泵等测试仪器，且这些测试仪器必须是符合相关国家标准的合格产品。

### 7.2.2

**1** 空气源热泵机组的搬运和吊装、运输，应符合产品技术文件的规定，并应做好设备的保护工作，防止因搬运或吊装而造成的设备损伤。运输时，应选择路况较好的公路，防止过度颠簸。搬运时，机组的倾角应保持在  $75^{\circ}\sim 105^{\circ}$  范围内，不可过度倾斜。热泵机组及其他设备应做好防潮、防磕碰等措施；热泵机组不宜在高温、高湿、低温环境下存放，热泵机组应尽量将设备搬到距离安装地点最近的地方，再进行拆箱。

**2** 管件、防冻剂应包装后运输，不得裸露散装；在运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖。待安装管材、管件不得暴晒雨淋；并应避免

因环境温度和物理压力受到损害。防冻剂应按产品说明书的要求存放。

## 7.3 安 装

**7.3.1** 本条文是对室外设备的安装要求。

1 设备（包括室外主机、室外设置的循环水泵、水箱、配电柜等）安装在屋面上时，应校核设备运行重量对屋面结构荷载的影响。在外墙安装时，设备基础一般应该是土建专业已经设计了符合强度要求的专用室外机出挑搁板；如果改造工程需要在外墙上设置钢支架基础时，外墙应该由足够的承重能力，对加气混凝土等非承重砌块外墙应采取加强支撑的措施。

2 基础与设备之间必须牢固连接，才能具有抗风、抗地震能力，以保证安全。

3 要求在屋顶平台上设置与结构楼板相连的具有一定高度的设备基础，而不能直接将设备置于屋面之上，是为了保护屋面保温层和防水层，保证设备的稳定性以减少震动和附加噪声，使设备不被积雪覆盖。

4 有振动设备的减振设施可以由产品配带，也可以在设备和基础之间加减振装置，减振器应确保所配机组的运行重量介于所选减振器的允许承载范围之内

5 室外安装的主机、配电箱(柜)必须符合相应的防护等级要求，否则不具备室外安装条件。水泵安装在室外时，电机应设防雨罩。

6 当室外设备尺寸变化、安装位置移位等原因，导致未处于初始设计的建筑物防雷系统的保护范围时，应增加相应的避雷措施，并符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的相关规定。

**7.3.2** 管道和管线包括制冷剂管、水管和电气管线，要防止室外雨水、积水等通过管道管线流入室内和设备。

**7.3.3** 室内设备的安装位置由设计确定，主要考虑安装环境的温度、检修、减少噪声影响、排水、系统阻力等因素。

制冷剂-水换热装置挂墙安装时，应考虑墙体承载能力确定安装方法：

1 钢筋混凝土及承重混凝土砌块等墙体，可用膨胀螺栓或带钩膨胀螺钉固

定；

- 2 轻质隔墙及墙厚小于 120mm 砌体，可用穿墙带钩膨胀螺钉固定挂钩；
- 3 加气混凝土等非承重砌块，用带钩膨胀螺钉固定挂钩，并加支架支撑；
- 4 热水水箱和底座间的隔热垫是为了防止直接刚性连接形成热桥增加热损失。

**7.3.4** 室内管道包括制冷剂管道和水系统管道。为了防止泄漏时难以检修，管道接头不应埋设在墙体和地面之内，与《地面辐射供暖技术规范》DB 11/806 的相关规范一致。即使无接头的管道，除地暖管外都有外保温，尤其是制冷剂管道、冷水管和冷凝水管，为防止外表面产生凝结水更必须保温，埋设在墙体或地面内更加困难，因此也不应提倡。但是管道可以敷设在容易拆卸的吊顶等装修材料围成的空间之内。

**7.3.5** 安装柔性软管是为了消除水泵震动产生的噪声影响，尤其是对功率较大的水泵。制冷剂-水换热装置机组或循环水泵的进、出口安装压力表，是为了检测水系统压力。进口和出口安装两个压力表，其差值可以反映过滤器的堵塞和系统的水流情况，但有些产品水系统配置了水流开关，起到了相同的检测作用，这种情况可以只在进口或出口设置一个压力表。

**7.3.6** 绝热层可以减少制冷剂管道、空气源热泵循环水系统管网和加热水箱等的热量损失，因此均应采取绝热措施。理论上绝热层厚度应按现行国家标准《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 中的经济厚度的方法计算。为简化计算方便使用，本条推荐的绝热层厚度参考了现行国标《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 按燃气热价等条件计算出的数据。



表 7.3.6 循环冷热水系统管道和设备最小绝热层厚度

绝热材料		柔性泡沫橡塑			超细玻璃棉
室内	公称管径	≤DN20	DN2~DN40	DN50	≤DN50
	管道最小绝热层厚度 (mm)	25	28	32	40
	热设备最小绝热层厚度 (mm)	45			65
室外	公称管径	—			≤DN80
	管道最小绝热层厚度 (mm)	—			50
	热设备最小绝热层厚度 (mm)	—			75

## 8 调试与验收

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本条文明确规定空气源热泵供暖工程完工后的系统调试，应以施工单位为主，监督单位监督，设计单位、建设单位、设备厂家和供应商等参与配合。设计单位的参与，除应提供工程设计的参数外，还应对调试过程中出现的问题提出明确的修改意见；监理、建设、厂家和供应商等单位参加调试，既可起到工程的协调作用，又有助于工程的管理和质量的验收。

**8.1.2** 本条文明确规定空气源热泵供暖工程的验收工作，应以建设单位为主，施工、设计、监理单位配合进行。对于新建建筑的空气源热泵供暖工程的验收，应作为分项工程纳入建筑整体验收程序。

**8.1.3** 本条文对空气源热泵供暖工程的设备和材料的验收进行了要求。根据《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 的相关规定，为保证空气源热泵供暖工程的质量控制，对系统中的机组、阀门、仪表、管材、保温材料、散热器和风机盘管等设备和材料的进场，要按照设计要求对其类别、规格及外观等进行逐一核对验收，并检查各种设备和材料的质量证明文件和相关技术资料。验收一般应由供货商、监理、施工单位的代表共参加，并经监理工程师（建设单位代表）检查认可，形成相应的验收记录。需要复验的设备和材料主要包括散热器、风机盘管和保温材料等，其热工性能是否符合设计要求将直接影响空气源热泵供暖工程的运行和节能效果。复验应采取见证抽样送检的方式，即在监理工程师或建设单位代表的见证下，按照有关规定从施工现场随机抽取试样，送至有见证检测资质的检测机构进行检测，并形成相应的复验报告。

**8.1.4** 规定了空气源热泵供暖系统的调试和验收还应执行国家和行业相关技术标准的规定。《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2002 在第 11 章和第 12 章对通风与空调系统的调试和验收工作进行了详细规定，其中涉及到空气源热泵供暖工程的部分，除了按照本技术规程的要求逐步进行调试和验收之外，还

应遵守该标准的相关规定。《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260-2012 在第 4 章和第 5 章详细规定了供暖通风与空气调节系统的试运行与调试方法、步骤和要求，同样适用于空气源热泵供暖工程，在系统试运行与调试的过程中可参照执行。《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411-2007 第 3 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章、第 13 章对设备及材料、供暖工程、通风及空调工程、空调与供暖系统冷热源及管网节能工程、监测与控制节能工程等进行了详细规定。

**8.1.5** 本条文规定了空气源热泵供暖工程中电气系统和自控系统的调试验收还应执行国家和行业相关技术标准的规定。电气工程的主要验收项目包括电气设备和材料检验、电源质量测试、配电箱（柜）等电气装置安装与连线、配电线路安装敷设与连线、剩余电流动作的保护装置测试、电气绝缘电阻测试和防雷接地等一系列的检验和测试。自控工程主要验收项目包括传感器控制器等器件验证和安装、自控线路安装、敷设与接线、电气绝缘电阻测试、通信和信号传输检测、传感器信号精度测试以及运行控制功能的完整性测试。以上检验和测试项目在上述相关标准中已经有较详细的规定，均应遵照执行，本规程不再过多赘述。

**8.1.6** 在空气源热泵供暖系统未经调试与试运行过程之前，应严格限制随意启动运行，避免对系统造成损坏。试运行与调试是一个发现问题并解决问题的过程，空气源热泵供暖工程不经调试直接使用，轻则导致系统的水力工况和热力工况达不到设计要求从而应用效果不佳，重则导致系统内各设备如机组、水泵和风机等损坏。

## 8.2 调试

**8.2.1** 试运行和调试的目的，是使系统的水力工况和热力工况达到设计要求，为此具备正常供暖和供电条件是进行调试的必要条件。若暂时不具备正常供暖和供电条件时，调试工作应推迟进行。

**8.2.2** 本条文对空气源热泵供暖工程的试运行和调试过程中必要的检测和调试项目进行界定，以满足工程追溯检查和验收的需要，同时也是系统安装过程的定性检查的需要以及工程交付使用性能的检验。空气源热泵供暖工程的调试过程应

严格按照水压试验——冲洗试验——设备单机试运行——水系统和风系统的试运行调试——系统联合试运行调试的步骤进行。

**8.2.3** 水压试验主要包括强度试验和严密性试验，其中强度试验主要是为了检验水系统各设备和管道的力学性能，而严密性试验主要是为了检查设备本身的密封性能以及管道设备之间的连接质量。通常在安装前应相对系统各设备和组件进行强度和严密性试验。

由于现场作业可能会对管道造成损坏或者管路本身存在质量问题，以及存在水系统安装不到位的情况，必须在系统安装完成并经检查符合设计要求后对系统承压管路进行水压试验。管道系统试压完成后，及时排除管内积水主要是考虑北方地区冬季较为寒冷，防止管道发生胀裂，给后续施工带来不必要的隐患、返工和经济损失。试验压力应符合设计要求，由于系统的最低点为最大承压点，提出试验压力以系统最低点的压力为准。当设计未注明时，应符合《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260 的规定。

水系统各设备和管道的水压试验方法和步骤可参照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260 的相关要求和规定进行。在此过程中应注意检查各部位是否存在渗漏现象，且应分别在试验压力和工作压力下进行全面检查并及时记录。对于地板辐射供暖系统的加热盘管的水压试验方法，可参照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的相关规定，由于加热盘管在隐蔽施工过程中可能损坏管路，因此要求在隐蔽前和隐蔽后应分别进行水压试验。

**8.2.4** 管道冲洗的目的是为了清除管道在生产以及安装过程中产生的灰尘、焊渣等杂质，使之排出管道，避免在系统投入使用后由于这些外部因素而出现问题。冲洗时应保证有一定流速及压力，流速过大，不容易观察水质情况，流速过小，冲洗无力，管道内冲洗流速不应低于介质工作流速，冲洗水排出时应具备排放条件，当排出水与冲洗水色度和透明度相同且无明显杂质存在时即视为合格。严禁以水压试验过程中的放水代替管道冲洗。具体的管路冲洗和充水步骤可参照《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260-20114.3.1 条的规定进行。

对于严寒或寒冷地区，空气源热泵供暖水系统可能会用到防冻溶液。为节约防冻溶液，一般先采用常规水冲洗和试压，完成后充注防冻溶液，为防止管路的存水对防冻溶液浓度的影响，必须将存水和冲洗液排净。防冻溶液可按照浓度或密度配比，并应考虑管道防腐，防冻溶液内需考虑增加缓蚀剂等防护措施。

**8.2.5** 本条主要是为了确保空气源热泵机组的安全性。空气源热泵机组单机试运行前应做好下列准备工作：

- 1 对出厂未充注制冷剂的空气源热泵机组，应按设备技术文件的规定充注制冷剂；
- 2 系统中各安全保护继电器、安全装置应经整定，其整定值应符合设备技术文件的规定，其动作应灵敏可靠；
- 3 根据设备技术文件的规定，开启或关闭系统中相应的阀门；
- 4 水系统应运行畅通，满足运行要求；
- 5 根据设备技术文件的规定进行压缩机预热。

程序上的错误和检测数据的异常在机组启动时就可能造成机组的损坏，因而在机组启动前要按照要求进行检查和各项测试工作并记录，发现异常必须立即停止，排除异常和故障，重新启动。在机组试运行的过程中，应详细记录各类状态参数，观察机组的运行状态，并填写相关记录表。

**8.2.6** 本条文规定了空气源热泵供暖工程系统水泵、风机和风机盘管需进行单机试运行试验。对于水泵，主要是检查电机的安全保障、水泵的性能及确保水泵安全运行的状态。应保证水泵充水和转动方向正确的条件下进行，连续运行观察其性能状态的稳定性、各转动部件的异常振动和声响，异常的振动和声响将是设备故障的先兆。风机同样需要进行单机试运行，在单机试运行前应检查风机叶轮旋转方向、运转平稳状态、有无异常振动与声响，其电机运行功率应符合设备技术文件的规定。风机盘管的单机试运行主要为了检测其温控和调速功能是否能正常使用，应在风机正常运转的状态下进行，调整变速或温控开关的档位或状态，风机运行动作状态应与试验要求的运行状态对应。具体可参照《通风与空调工程施

工质量验收规范》GB 50243-2002 中 11.2.2 条的相关规定。

**8.2.7** 本条文对空气源热泵供暖工程水系统试运行和调试提出了相关要求，水系统的试运行和调试的主要目的是为了检测水系统的水力工况是否达到设计要求，包括各管段的流量以及水力平衡。如果水流量测试结果与设计流量的偏差较大，如超过 10%，则说明系统实际水力工况与设计工况相差较大，实际运行时可能会出现系统末端热量不足或者分布不均的状况。此时应调整管路中的阀门使水系统流量接近设计值甚至重新设计选型。水系统的试运行和调试步骤可参照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260-2011 中 5.5.6 条的相关规定进行。地面辐射供暖水系统试运行和调试的方法和步骤应按照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 中 6.1 节的相关规定进行。

**8.2.8** 本条文规定了空气源热泵热风供暖工程的风系统试运行和调试的相关要求。与水系统类似，风系统在进行试运行和调试前应对风管进行漏光量和漏风量检测，具体试验步骤可参照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260-2011 中 5.2 节的相关规定进行。

风系统风量调试的目的也是为了使得风系统管道的实际风量达到设计要求，否则会造成末端热量不足或热量分配不均的状况。风系统风量调试的步骤可参照《采暖通风与空气调节检测技术规程》JGJ/T 260-2011 中 5.5.8 条的相关规定进行。

**8.2.9** 空气源热泵供暖工程的联合试运行与调试，应在水压和冲洗试验、系统各设备、水系统以及风系统试运行和调试合格后进行。在对空气源热泵供暖系统联合试运行与调试检测时，系统应在合理的负荷下运行，如果负荷率过低，系统运行工况与设计工况相差较大，其系统性能不具备代表性。经过对不同项目的设计资料 and 实际工程项目运行参数分析，对系统性能进行测试时系统负荷率在 60% 以上运行比较合理，系统能效保持相对比较高的范围。根据《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177 和《可再生能源建筑应用工程评价标准》GB/T 50801 的规定，对机组性能进行测试时，机组负荷率宜在 80% 以上。根据相关研究结果，机

组运行在负荷率 80% 以上时,同满负荷时相比较,性能系数变化相对较小。因此,本规程规定系统性能测试宜在系统负荷不低于实际运行最大负荷的 60% 且机组制热(冷)能力达到机组额定值的 80% 以上的条件下进行。为保证相关性能测试能充分反映系统联合试运行的动态性能,同时测试具有可操作性,规定系统联合试运行时间不低于 8 小时,且在此期间应对系统性能进行连续测试。

**8.2.10** 本条文主要规定了空气源热泵供暖工程联合试运行与调试时需进行的测试项目,具体的测试方法如下:

**1** 根据《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 的规定,室内空气温度、湿度测点应设于活动区域,且应在距地面(700~1800)mm 范围内有代表性的位置,而《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 中规定,辐射供暖时,宜以房间中央离地 0.75m 高处的空气温度作为评价依据,因此室内温湿度传感器宜放置于供暖房间中央离地 0.75m 高处。测点数量可参照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 中 4.0.2 条的规定。室内空气温度、湿度应进行连续检测,检测时间不得少于 6h,且数据记录时间间隔最长不得超过 30min。

**2** 对机组的进出水温和流量的测试主要是为了计算机组的性能系数。具体的测试方法可参照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 附录 C 的相关规定。

**3** 机组和和水泵风机等设备的电功率和耗电量测点应设在测试设备的供电主线上,保证对设备运行时的输入功率进行动态测量,应与水流量和水温度同时进行连续记录,宜采用具有自动采集和存储数据功能的电能质量分析仪。系统耗电量为机组、风机、水泵和系统末端的消耗电量总和。

**4** 对于系统供热量的测试,水温度测点与水流量测点都在靠近机组进口和出口的总供水和总回水的管段上。具体测点的布置要求与机组供热量测试相同。

**5** 水泵水流量和进出口压差是计算水泵效率的必需参数。若现场不具备上述条件,也可根据现场的实际情况确定流量测点的具体位置。

**6** 风机风量和电功率是计算风机单位风量耗功率的必需参数,当现场不能满足风量的测试条件,可根据现场实际情况调整,距离可适当缩短,且应适当增

加测点数量。除应执行以上要求外，还应满足《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 中附录 E 的相关规定。

7 系统运行噪声是空气源热泵供暖系统试运行和调试的重要内容，由于供暖房间在白天和晚上对噪声级的要求不同，因此应分别测试。噪声测试应在系统正常运行的状态下，按照《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 附录 A 规定的噪声测量方法进行。

8 此外，根据《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 中的相关规定，辐射供暖宜对辐射体表面平均温度进行测定，并符合该技术规程 6.1.7 条的规定。

**8.2.11** 本条文对空气源热泵供暖系统联合试运行和调试效果进行了要求。

根据机组进出水温度、流量以及机组电功率等参数的测试结果，按照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 中 8.2.2 条规定的计算方法来计算空气源热泵机组的实际性能系数。

国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015 第 4.3.9 条规定热水系统设计供回水温差为 5℃，检测工况为空气源热泵机组达到 80% 负荷，热水流量保持不变，则热水供回水温差应达到 4℃ 以上，避免出现小温差大流量不节能的现象。

根据水泵电功率、流量和进出水口压差的测试结果，按照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 中 8.2.2 条规定的计算方法来计算水泵的效率。

根据风机电功率和风量的测试结果，按照《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009 中 9.2.2 条规定的计算方法来计算风机的单位风量耗功率。

工程实践表明，目前空气源热泵供暖系统存在的很大问题就在于系统运行噪声大，严重影响了人们的正常生活。保证空气源热泵供暖系统运行噪声符合要求是系统调试和试运行的主要内容，也是工程验收的重要检查项目。系统正常运行状态下，供暖房间噪声应符合设计规定，如无相应规定，则参照《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 中 4.1.1 条的相关要求。

辐射供暖表面平均温度可参照《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 中



3.1.3 条的规定。

## **8.3 验收**

**8.3.1** 本条文规定了空气源热泵供暖工程竣工验收应提供的文件和资料。

**8.3.2** 由空气源热泵供暖工程施工单位对使用方进行交底和使用培训,有助于使用方全面了解系统特点,从而在实际使用中发挥出系统最佳的应用效果。

# 9 评价

## 9.1 评价指标与要求

### 9.2.1

1 根据国家能源局最新发布的全国电力工业统计数据（2017.1，[http://www.nea.gov.cn/2017-01/16/c\\_135986964.htm](http://www.nea.gov.cn/2017-01/16/c_135986964.htm)）：每度电折合标准煤耗 312gce/kWh，电网线路损失率 6.47%，当空气源热泵供暖系统的  $COP \geq 1.63$  时，其相对于一次能源（标准煤，29.3MJ/kgce）的热效率超过 60%，优于国标《民用水暖煤炉通用技术条件》GB 16154-2005 规定的民用水暖燃煤炉最低热效率 60%。建议空气源热泵供暖系统 COP 下限定位 1.6。

2 对于寒冷地区，按《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 25127.2-2010 规定，机组 IPLV(H)  $\geq 2.4$ ，出水温度为 41℃，但是考虑系统实际运行过程中有如下情况：

1) 水泵能耗占系统总功耗约为 10%~18%；

2) 考虑配置暖气片，出水温度设置不低于 45℃，有 8%~12%的衰减。综合下来应在 IPLV(H)的限值基础上有 25%的衰减，系统 COP 下限为  $2.4 \times 0.75 = 1.8$ ；

3) 对于夏热冬冷地区，其系统 COP 限值在寒冷地区限值的基础上提升 15%，取限值为 2.1。

## 10 运行与维护

**10.0.1** 空气源热泵供暖工程一般具备多空气源热泵机组并联的特性，水泵和机组较多，需要制定运行管理与维护的规章制度。实际运行中，系统大部分时间处于部分负荷运行状态，多台空气源热泵和水泵存在多种匹配选择，为满足实际运行能效比的要求，需降低耗电输热比，因此节能运行的规章制度一般基于降低耗电输热比的方法。记录文件用于分析设备运行的正常与否及判定是否节能至关重要，同时，为了保证系统正常运行的需要，应做好定期巡查。

### 10.0.2

1 日常巡查空气源热泵机组的整体运行情况，检查制冷系统压力、制冷剂外部管路接头和阀门处是否有油污，确保机组制冷剂无泄漏。

2 日常巡查水泵、水路阀门是否工作正常，水管接头是否渗漏，排气装置工作是否正常，空气源热泵机组空气侧换热器是否被杂物堵塞进风通道，闭式水系统压力是否正常，开式水系统补水容器内液位是否正常。

3 根据空气源热泵机组的故障情况，需要时清洗水路过滤器及系统补水。

4 供暖季开始前，根据需要清洗空气源热泵机组空气侧换热器。

5 供暖季开始前，检查机组的电源和电气系统的接线是否牢固，电气元件是否动作异常，如有应及时维修和更换。

6 应定期检查防冻液的浓度在设计许可范围内。

**10.0.3** 空气源热泵涉及到从空气中取热，对周围环境要求较高，要求周围清洁干燥，通风良好。用户在使用过程中，可能存在机组周围堆放杂物的情况，这种情况要排除，北方地区化霜冷凝水问题会比较突出，需要关注冷凝水结冰是否能得到及时清理。

**10.0.4** 空气源热泵专业性比较强，当出现异常时，需由专业人员进行维修，当冬季机组不能启动时，需切断电源开关，启用备用热源，做好防冻。

**10.0.5** 空气源热泵冬季不运行时，需考虑到防冻措施，短期不运行时，可启动

防冻模式，长期不运行时，需泄水或充注防冻溶液。