

ICS 27.010

CCS P 46

团 体 标 准

T/CECA-G 00XX—202X

民用建筑空气源热泵和燃气设备耦合系统技术规范

Technical specification for air-source heat pump and gas-fired equipment
composite system of civil buildings

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中 国 节 能 协 会 发 布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 设计参数及负荷计算.....	3
4.1 供暖设计参数.....	3
4.2 供暖热负荷计算.....	4
4.3 新风负荷计算.....	4
4.4 生活热水负荷计算.....	5
5 热源设计.....	6
5.1 一般规定.....	6
5.2 设备选型.....	6
6 末端设计.....	7
7 系统设计.....	7
7.1 一般规定.....	7
7.2 耦合供暖系统.....	7
7.3 耦合热水系统.....	8
8 输配系统设计.....	9
8.1 一般规定.....	9
8.2 管道设计.....	9
8.3 循环水泵.....	9
8.4 间接供热换热器.....	10
8.5 定压补水.....	11
9 电气控制及计量装置.....	11
9.1 一般规定.....	12
9.2 配电和防护.....	12
9.3 智能控制.....	12
9.4 计量装置.....	12
10 安装施工及调试验收.....	13
10.1 一般规定.....	13
10.2 热源设备及辅机辅件的安装.....	13
10.3 绝热与防腐.....	14
10.4 消声与隔振.....	14
10.5 电气与控制系统安装.....	14
10.6 系统试压、检漏与冲洗.....	14
10.7 调试与验收.....	15
参考文献.....	16

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国节能协会提出并归口。

本文件由中国节能协会热泵专业委员会负责组织起草。

本文件起草单位：艾欧史密斯（中国）水系统有限公司...

本文件主要起草人： ...。

民用建筑空气源热泵和燃气设备耦合系统技术规范

1 范围

本文件规定了民用建筑中空气源热泵与燃气设备耦合系统（以下简称“耦合系统”）的设计、施工、调试与验收要求。

本文件适用于民用建筑中，热源主机和末端间传热介质为水，采用下列形式的空气源热泵机组和燃气设备联合控制的供暖和热水系统：

- a) 单台名义制热量大于35kW的空气源热泵机组，可多台并联；
 - b) 单台名义制热量大于3kW的空气源热泵热水机，可多台并联；
 - c) 单台额定热负荷不超过100 kW且额定容积小于500L的燃气容积式热水器，可多台并联；
 - d) 单台额定功率不小于0.1MW的燃气热水锅炉，可多台并联；
- 下列耦合系统可参照执行：
- a) 具备空调功能的耦合系统；
 - b) 空气源热泵与其他热源设备（除燃气设备外）耦合系统；
 - c) 工业建筑中供暖和热水的耦合系统。

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 5749 生活饮用水卫生标准
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
- GB/T 9237 制冷系统及热泵 安全与环境要求
- GB/T 16803 供暖、通风、空调、净化设备术语
- GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- GB/T 18049 热环境的人类工效学 通过计算PMV和PPD指数与局部热舒适准则对热舒适进行分析测定与解释
- GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价
- GB 24500-2020 工业锅炉能效限定值及能效等级
- GB/T 29044 供暖空调系统水质
- GB 29541-2013 热泵热水机(器)能效限定值及能效等级
- GB 37480-2019 低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值及能效等级
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50028 城镇燃气设计规范
- GB 50041 锅炉房设计标准

GB 50052 供配电系统设计规范
 GB 50057 建筑物防雷设计规范
 GB/T 50155 供暖通风与空气调节术语标准
 GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准
 GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
 GB 50171 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 50242 建筑给水排水及供暖工程施工质量验收规范
 GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
 GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
 GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
 GB 51348 民用建筑电气设计标准
 GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
 GB 55020-2021 建筑给水排水与节水通用规范
 CJ/T 521 生活热水水质标准
 JGJ 142 辐射供暖供冷技术规程

3 术语和定义

GB/T 16803、GB 50015 和 GB/T 50155 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气源热泵和燃气设备耦合系统 commercial air-source heat pump and gas-fired equipment composite system

空气源热泵机组与燃气设备两种能源设备结合，通过集中控制等方法，使用水作为主机和末端间传热介质，实现系统联合控制，为建筑提供适宜的温度、生活热水集中式系统。

注：具体的耦合系统可以是：

- a) 空气源热泵机组耦合燃气设备，满足供暖或者同时满足供暖和生活热水需求；
- b) 空气源热泵热水机耦合燃气设备，满足生活热水需求；
- c) 空气源热泵机组、空气源热泵热水机和燃气设备耦合，同时满足供暖和生活热水需求。

3.2

耦合供暖系统 commercial combined heating system

满足供暖需求的耦合系统。

3.3

耦合热水系统 commercial combined hot water supply system

满足生活热水需求的耦合系统。

3.4

基础热源 primary heat source

耦合供暖系统中优先使用的热源。

3.5

调峰热源 heat source for peak modulation

耦合供暖系统中基础热源供热能力不足时辅助使用的热源。

3.6

主热源 primary source

耦合热水系统中的空气源热泵热水机。

3.7

辅助热源 supplementary source

热水系统中空气源热泵热水机供热能力不足时辅助使用的热源。

4 设计参数及负荷计算

4.1 供暖设计参数

4.1.1 人员长期逗留区域室内设计参数应符合表 1 的规定。

表 1 人员长期逗留区域室内设计参数

参数	热舒适度等级	温度 ℃	相对湿度 %	风速 m/s
供暖工况	I 级	22~24	≥30	≤0.2
	II 级	18~22	—	≤0.2
注 1: I 级热舒适度较高, II 级热舒适度一般。				
注 2: 热舒适度等级划分见 4.1.3。				

4.1.2 人员短期逗留区域室内设计供暖工况温度宜比人员长期逗留区域低 1℃~2℃, 风速宜不大于 0.3 m/s。

4.1.3 供暖室内热舒适性应按 GB/T 18049 的有关规定执行, 热舒适度等级应按表 2 划分。

表 2 热舒适度等级

热舒适度等级	PMV	PPD
I 级	$-0.5 \leq \text{PMV} \leq 0.5$	10%
II 级	$-1 \leq \text{PMV} < -0.5, 0.5 < \text{PMV} \leq 1$	27%
注: PMV 为预计平均热感觉指数, PPD 为预计不满意者的百分数。		

4.1.4 室内人员所需最小新风量按下列情况确定。

a) 公共建筑主要房间每人所需最小新风量应符合表 3 的规定。

表 3 公共建筑主要房间每人所需最小新风量

建筑房间类型	每人所需最小新风量 m ³ /h
办公室	30
客房	30

大堂、四季厅	10
--------	----

- b) 居住建筑设置新风系统时，宜具备良好气密性，所需最小新风量宜按换气次数法确定，设计最小换气次数见表 4。

表 4 设计最小换气次数

人均居住面积 F_p	每小时换气次数
$F_p \leq 10 \text{ m}^2$	0.70
$10 \text{ m}^2 < F_p \leq 20 \text{ m}^2$	0.60
$20 \text{ m}^2 < F_p \leq 50 \text{ m}^2$	0.50
$F_p > 50 \text{ m}^2$	0.45

- c) 医院建筑设置新风系统时，所需最小新风量宜按换气次数法确定，设计最小换气次数见表 5。

表 5 医院建筑设计最小换气次数

功能房间	每小时换气次数
门诊室	2
急诊室	2
配药室	5
放射室	2
病房	2

- d) 高密人群建筑每人所需最小新风量应按人员密度确定，且应符合表 6 的规定。

表 6 高密人群建筑每人所需最小新风量

建筑类型	每人所需最小新风量 m^3/h		
	$P_F \leq 0.4$	$0.4 < P_F \leq 1.0$	$P_F > 1.0$
影剧院、音乐厅、大会厅、多功能厅、会议室	14	12	11
商场、超市	19	16	15
博物馆、展览厅	19	16	15
公共交通等候室	19	16	15
歌厅	23	20	19
酒吧、咖啡厅、宴会厅、餐厅	30	25	23
游艺厅、保龄球房	30	25	23
体育馆	19	16	15
健身房	40	38	37
教室	28	24	22
图书馆	20	17	16
幼儿园	30	25	23

注： P_F 为人员密度，即每平方米的人数

4.2 供暖热负荷计算

- 4.2.1 耦合系统热负荷计算应符合 GB 50736 的规定，宜采用专业软件进行计算。

4.2.2 民用建筑的户内供暖总热负荷应包含：

- a) 外围护结构的传热耗热量；
- b) 由外门、窗缝隙渗入室内的冷空气耗热量；
- c) 当外门开启时经外门进入室内的冷空气耗热量；
- d) 户间传热量。

4.2.3 若设置新风系统，产生的新风热负荷应计入户内供暖总热负荷，按 4.3 计算。

4.2.4 辐射面的传热量计算应符合 JGJ 142 的有关规定。

4.3 新风负荷计算

4.3.1 采用耦合系统的建筑，其新风补充方式主要有：

- a) 门、窗的自然渗透；
- b) 新风未经处理，由小型风机直接送风；
- c) 新风经新风空气处理机组处理，送入室内；
- d) 室外新风经热回收装置处理后送入室内。

4.3.2 新风量应按 4.1.4 确定。

4.3.3 新风负荷的计算应符合下列规定：

- a) 新风未经处理直接进入室内，其负荷全部由室内末端设备负担时，新风负荷按公式（1）计算：

式中：

- Q_f —— 新风负荷，单位为瓦（W）；
 q_v —— 新风量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；
 ρ_a —— 新风密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；
 h_w —— 室外计算参数的比焓，单位为千焦每千克（ kJ/kg ）；
 h_n —— 室内计算参数的比焓，单位为千焦每千克（ kJ/kg ）。

- b) 当新风经新风空气处理机组处理到室内空气等焓值时，新风负荷全部由新风空气处理机组负担，房间末端设备不负担新风负荷；当没有处理到室内空气等焓值，还需要房间末端设备进一步处理至室内空气状态焓值时，这部分新风负荷由房间末端设备承担，可按公式（1）计算，此时室外计算参数的比焓按空气处理机组后新风焓值。
- c) 新风经热回收装置处理后，往往达不到室内空气状态等焓值。这部分新风直接送入房间或通过空调系统末端设备送入房间时，如果是通过专门的新风空气处理机组处理，则新风负荷由该空气处理机组承担。如果未设置新风空气处理机组，则新风负荷由室内末端设备负担，可按公式（1）计算，此时室外计算参数的比焓按热回收装置后新风焓值。

4.4 生活热水负荷计算

4.4.1 设有集中生活热水供应系统的民用建筑，生活热水的小时耗热量应按下列规定计算：

- a) 当配套公共设施最大用水时时段与居民住宅最大用水时时段一致时，按两者的设计小时耗热量相加；
- b) 当配套公共设施最大用水时时段与居民住宅最大用水时时段不一致时，按配套公共设施平均小时耗热量与居民住宅设计小时耗热量相加。

4.4.2 宿舍（居室内设卫生间）、住宅、别墅、酒店式公寓、招待所、培训中心、旅馆、宾馆的客房（不含员工）、医院住院部、养老院、幼儿园、托儿所（有住宿）、办公楼等民用建筑设置全日集中热水供应系统时，其设计小时耗热量应按公式（2）计算：

式中：

- Q_h —— 设计小时耗热量, 单位为千焦每小时 (kJ/h);
 K_h —— 小时变化系数;
 m —— 用水计算单位数 (人数或床位数);
 q_r —— 热水用水定额, 单位为升每人天[L/(人·d)或升每床天[L/(床·d)]];
 c_{pw} —— 水的定压比热容, 单位为千焦每千克摄氏度[kJ/(kg·°C)], 取 4.187 kJ/(kg·°C);
 t_r —— 热水温度, 单位为摄氏度 (°C), 取 60°C;
 t_l —— 冷水温度, 单位为摄氏度 (°C), 按不同季节选取, 应以当地实测数据资料确定。
 当无水温资料时, 可按 GB 50015-2019 中表 6.2.5 取值;
 ρ_r —— 热水密度, 单位为千克每升 (kg/L);
 T —— 每日使用时间, 单位为小时 (h);
 C_γ —— 热水供应系统的热损失系数, 取 1.10~1.15。

4.4.3 企业生活间、公共浴室、宿舍 (设公用盥洗卫生间)、剧院化妆间、体育场 (馆) 运动员休息室等建筑设置定时集中热水供应系统时, 建筑的全日集中热水供应系统及局部热水供应系统的设计小时耗热量应按公式 (3) 计算:

式中:

- q_h —— 卫生器具热水的小时用水定额, 单位为升每小时 (L/h);
 t_{r1} —— 使用温度, 单位为摄氏度 (°C);
 n_0 —— 同类型卫生器具数;
 b_g —— 同类型卫生器具的同时使用百分数。

4.4.4 具有多个不同热水使用部门的单一建筑或具有多种使用功能的综合性建筑, 当其热水由同一全日集中热水系统供应时, 设计小时耗热量可按同一时间内出现用水高峰的主要用水部门的设计小时耗热量, 与其他用水部门的平均小时耗热量之和。

5 热源设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 耦合系统应配置空气源热泵机组与燃气设备两种热源设备, 每种热源设备宜不少于 2 台。
 5.1.2 寒冷地区和严寒地区, 宜采用低环境温度空气源热泵机组。
 5.1.3 空气源热泵机组有效制热量应根据室外环境温度和湿度、除霜工况等对额定制热量修正获得。
 5.1.4 空气源热泵机组能效等级不低于 GB 37480-2019 规定的 2 级, 空气源热泵热水机能效等级应不低于 GB 29541-2013 规定的 2 级, 燃气设备能效等级应不低于 GB 24500-2020 规定的 2 级。
 5.1.5 空气源热泵机组应具备自动除霜功能。
 5.1.6 耦合系统热源设计应符合下列要求:
 a) 系统全生命周期成本经济合理;
 注: 全生命周期成本包括设备初投资、安装、能源增容、系统运行能源消耗和设备维护等费用。
 b) 系统运行节能减排效果良好;
 c) 在当地气候条件下能稳定运行;
 d) 具备能源供给、安装空间、建筑承重、管道安装和通风等安装条件;
 e) 满足国家及地方的排放要求;
 f) 满足消防、防振和噪音要求;
 g) 满足末端设计的水温要求。

5.2 设备选型

- 5.2.1 耦合系统用于供暖，或兼顾供暖和生活热水时，热源设备应符合下列规定：
- 仅供暖时，空气源热泵机组和燃气设备的总有效制热量应不小于建筑热负荷；
 - 兼顾供暖和生活热水时，燃气设备除满足 a) 要求外，剩余有效制热量不小于热水设计小时供热量；
- 5.2.2 耦合系统用于生活热水时，热源设备应符合下列规定：
- 空气源热泵热水机和燃气设备总有效制热量应不小于热水的设计小时供热量；
 - 全日集中热水供应系统的设计小时供热量应按公式（4）计算：

式中：

Q_g —— 空气源热泵热水机设计小时供热量，单位为千焦每小时（kJ/h）；
 T_1 —— 空气源热泵热水机设计工作时间，单位为小时每天（h/d），取 8h/d~16h/d。

- 企业生活间、公共浴室、宿舍（设公共盥洗卫生间）、剧院化妆间、体育场（馆）运动员休息室等建筑设置定时集中热水供应系统时，建筑的全日集中热水供应系统及局部热水供应系统的设计小时供热量，应按公式（4）计算，当用水计算单位数不确定时，也可按公式（5）计算：

式中：

T_2 —— 定时集中热水供应时数，单位为小时（h）。

- 5.2.3 耦合系统包含空气源热泵机组、空气源热泵热水机和燃气设备，兼顾供暖和生活热水时，热源设备应符合下列规定：
- 空气源热泵机组和燃气设备的总有效制热量应不小于建筑热负荷；
 - 空气源热泵热水机和燃气设备总有效制热量应不小于热水设计小时供热量；
 - 空气源热泵机组、空气源热泵热水机和燃气设备的总有效制热量应同时满足 a) 和 b)。

6 末端设计

- 6.1 按系统功能的要求和使用习惯选择末端的型式，末端应符合相关产品标准的规定。
- 6.2 末端设备设计选型时，供回水温度宜符合下列规定。
- 风机盘管或空气处理机组供热时，供水温度按 45℃ 计算，供回水温差不小于 5℃。
 - 热水地面辐射供暖时，供回水温度由计算确定，供水温度不大于 45℃，供回水温差不大于 10℃ 且不小于 5℃。
 - 散热器供暖时，供水温度按 50℃ 计算，供回水温差不小于 5℃。

7 系统设计

7.1 一般规定

- 耦合系统的供暖方式，宜以分布式为主。
- 耦合供暖系统的基础热源和调峰热源、耦合热水系统的主热源和辅助热源，应采用阶梯加热方式。
- 耦合系统的水泵、管道、水罐等的承压能力应不小于系统设计压力。
- 耦合系统应能通过智能调节，使多热源协作，经济运行。
- 耦合系统应设置用能与用水量的计量装置，并符合 GB 55015 的规定。
- 既有建筑改造设置耦合系统时，系统方案应根据原系统运行能耗和建筑围护结构，进行负荷校核和运行分析，并应满足节能改造的要求。

7.1.7 空气源热泵机组使用的制冷剂应符合 GB/T 9237 的规定，宜优先采用低 GWP（全球变暖潜能值）制冷剂。

7.1.8 燃气设备室外安装时，其防水等级宜为 IPX5。

7.2 耦合供暖系统

7.2.1 热源应包括基础热源和调峰热源，每个热源设备都应在高效区稳定运行。

7.2.2 系统应能自动判断和调整以供暖成本较低的热源为基础热源，优先投入运行。系统基础热源不能满足需求或无法正常工作时，调峰热源应自动介入系统运行，与基础热源协同或单独运行，快速满足供暖需求。

7.2.3 结合环境温度、末端型式、系统水温、安装条件和水力计算等因素进行系统设计。

7.2.4 系统回水应先由空气源热泵加热。

7.2.5 耦合供暖系统应满足各热源的水流量要求，宜采用二级泵、压差旁通阀、电动阀和流量平衡阀等调节措施。

7.2.6 耦合供暖系统的水质应符合 GB/T 29044 和 GB 1576 的相关规定。

7.2.7 耦合供暖系统的回水温度不宜大于 50℃。

7.3 耦合热水系统

7.3.1 耦合热水系统的热源应包括主热源和辅助热源。主热源应为空气源热泵热水机，辅助热源宜为燃气设备。热源设备选型应符合 GB 50015 的相关规定。

7.3.2 空气源热泵热水机宜采用一次加热式空气源热泵热水机。冬季空气源热泵热水机不能满足需求或无法正常工作，燃气设备应自动介入系统运行，与空气源热泵热水机协同或单独运行，快速满足热水需求。

7.3.3 热源应符合下列规定：

- a) 空气源热泵热水机的设计小时供热量应按春分、秋分所在月的平均气温和冷水温度计算；
- b) 辅助热源的加热功率应按冬季最冷月平均冷水温度下的设计小时供热量扣除相同条件下热泵热水机的设计小时供热量确定。

7.3.4 耦合热水系统宜控制规模，按分栋建筑或单元设置。

7.3.5 耦合热水系统水质应符合 CJ/T 521 和 GB 5749 的相关规定。

7.3.6 热水品质要求高的场合宜采用闭式承压系统。

7.3.7 耦合热水系统应设置贮热水箱（罐）。贮热水箱（罐）的水容积应按 GB 50015 的相关规定计算，并符合下列规定：

- a) 当采用系统控制的方式，使空气源热泵热水机按热水需求运行时，全日集中热水供应系统贮热水箱（罐）的总容积应按公式（6）计算：

式中：

V_T —— 贮热水箱（罐）总容积，单位为升（L）；

k_1 —— 用水均匀性的安全系数，按用水均匀性取值，取 1.25~1.50；

T_3 —— 设计小时耗热量持续时间，单位为小时（h），全日集中热水供应系统取 2h~4h；定时集中热水系统等于定时供水的时间；当 Q_g 计算值小于平均小时耗热量时， Q_g 应取平均小时耗热量；

t_{t2} —— 设计热水温度，单位为摄氏度（℃）。

- b) 全日集中热水供应系统的贮热水箱（罐）的贮热量应不小于 30min 设计小时耗热量。

- c) 当全日集中热水供应系统中空气源热泵的控制方式采用定时运行时，使用时间小于 24h 的热水系统，贮热水箱（罐）的总容积宜为全部热水量；使用时间为 24h 的热水系统，贮热水箱（罐）

的总容积宜按公式（7）计算：

- d) 定时集中热水供应系统的贮热水箱（罐）的总容积宜为最长定时供应时段的全部热水量。
- 7.3.8 耦合热水系统应设热水循环，居住建筑热水配水点出水温度达到最低出水温度的出水时间应不大于 15s，公共建筑配水点的出水温度应不大于 10s。
- 7.3.9 耦合热水系统的灭菌要求应符合 GB 55020-2021 中 5.2.3 的规定。
- 7.3.10 医院建筑的耦合热水系统所采用的热源设备和储热设备应无冷温水滞水区。
- 7.3.11 热源的出水温度应不高于 70℃，配水点的热水出水温度应不低于 46℃。

8 输配系统设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 输配系统的辅件辅材应符合相应产品标准的规定。
- 8.1.2 耦合系统的循环水系统应设置排气和泄水装置。
- 8.1.3 耦合系统的热源、换热器、循环水泵和补水泵等设备的入口管道上，应设置过滤器或除污器。
- 8.1.4 耦合热水系统中直接加热、存储和输配生活热水的设备、材料和管件等应满足 GB/T 17219 的要求。
- 8.1.5 空气源热泵机组循环水泵流量应按机组名义制热量计算。

8.2 管道设计

- 8.2.1 耦合供暖系统的管网应满足各热源的水流量要求，管网水流量不满足热源要求时，宜采用二级泵形式进行耦合。
- 8.2.2 耦合供暖系统的管网应根据冬季室外计算温度下的供、回水温度和设计热负荷确定流量。
- 8.2.3 耦合供暖系统的管网应根据设计流量通过水力计算确定管道管径和循环水泵扬程。
- 8.2.4 耦合供暖系统管道中的热媒流速，应根据系统的水力平衡要求及防噪要求等因素确定，最大流速不宜超过表 7 规定的数值。

表 7 耦合供暖系统管道中热媒的最大流速

管道管径 DN/mm	15	20	25	32	40	≥50
有特殊安静要求的场合/（m/s）	0.50	0.65	0.80	1.00	1.00	1.00
一般场合/（m/s）	0.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.00

- 8.2.5 耦合供暖系统的布置和管径选择，宜减少并联环路之间压力损失的相对差额。当设计工况各并联环路之间（不包括共用段）压力损失的相对差额超过 15%时，采取下列措施达到水力平衡：

- 环路布置应均衡对称，作用半径不宜过长，负担的立管数不宜过多；
- 应调整管径，使并联环路之间压力损失的相对差额计算值达到最小；
- 宜设置平衡阀。

- 8.2.6 耦合热水系统的管道设计及选用应符合 GB 50015 的相关规定。

8.3 循环水泵

- 8.3.1 耦合供暖系统的循环水泵选用应符合下列规定：

- 热水循环泵的流量、扬程、台数、允许使用温度应满足供暖设计工况及部分负荷工况的使用要求；
- 应设置独立的供暖热水循环泵，热水循环泵台数应按系统设计流量和调节方式确定，每个分区

不宜少于 2 台；当同级水泵都采用变速调节方式时，台数不宜过多；

c) 严寒及寒冷地区，每个分区运行的热水循环泵少于 3 台时，应设 1 台备用泵。

8.3.2 选配供暖系统循环水泵时，应按公式（8）计算供暖系统耗电输热比，并应标注在施工图的设计说明中。

$$EHR-h$$

式中：

$EHR-h$ —— 供暖系统耗电输热比；

G —— 每台循环水泵的设计流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

H —— 每台循环水泵对应的设计扬程，单位为米（ m ）；

η_b —— 每台循环水泵对应的设计工作点效率；

Q_1 —— 设计热负荷，单位为千瓦（ kW ）；

ΔT —— 设计供回水温差，单位为摄氏度（ $^{\circ}C$ ）；

A —— 与水泵流量有关的计算系数，当 $G \leq 60 m^3/h$ 时 $A=0.004225$ ，当 $60 m^3/h < G \leq 200 m^3/h$ 时 $A=0.003858$ ，当 $G > 200 m^3/h$ 时 $A=0.003749$ ；

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

ΣL —— 热力站至供暖末端（散热器或辐射供暖分集水器）供回水管道的总长度，单位为米（ m ）；

α —— 与 ΣL 有关的计算系数，当 $\Sigma L \leq 400 m$ 时 $\alpha=0.0115$ ，当 $400 m < \Sigma L < 1000 m$ 时 $\alpha=0.003833+3.067/\Sigma L$ ，当 $\Sigma L \geq 1000 m$ 时 $\alpha=0.0069$ 。

8.3.3 耦合热水系统的循环水泵设计及选用应符合 GB 50015 的相关规定。

8.3.4 循环水泵效率不应低于 GB 19762 规定的节能评价价值。

8.4 间接供热换热器

8.4.1 耦合供暖系统在下列情况时，热源应设置换热器，进行间接供热。

- 热源与末端的水质、压力和温度要求不一致。
- 末端之间的水质、压力、温度和功能需求不一致。

8.4.2 耦合供暖系统进行间接供热时，宜采用板式换热器，并应满足下列要求：

- 高效、紧凑，便于维护管理，使用寿命长；
- 类型、构造、材质满足换热介质理化特性和换热系统使用要求；

8.4.3 配置耦合供暖系统换热器时，符合下列规定：

- 换热器总台数应不多于四台。全年使用的换热系统，换热器的台数应不少于两台；非全年使用的换热系统，换热器台数宜不少于两台；
- 换热器总换热量应在换热系统设计热负荷的基础上乘以附加系数，附加系数宜取 1.1~1.15；
- 换热器一台停止工作时，剩余换热器的设计换热量应满足寒冷地区不应低于设计供热量的 65%，严寒地区不应低于设计供热量的 70%。

8.4.4 耦合热水系统的生活热水加热设备应根据使用特点、耗热量、热源、维护管理及卫生防菌的要求选择，并符合下列规定：

- 换热效率高，体积小；
- 生活热水侧阻力损失小；
- 应留有人孔等方便维护检修的装置；
- 应配置控温、泄压等安全阀件，符合 GB 50015 的相关规定。

8.4.5 耦合热水系统水加热设备的设计小时供热量宜按下列原则确定：

- 导流型容积式水加热器或贮热容积与其相当的水加热器、燃油（气）热水机组应按下列公式计算：

式中：——导流型容积式水加热器的设计小时供热量(kJ/h)；当计算值小于平均小时耗热量时，应取平均小时耗热量；

——有效贮热容积系数，导流型容积式水加热器取 0.8~0.9；第一循环为自然循环时，卧式贮热水罐取 0.80~0.85；立式贮热水罐取 0.85~0.90；第一循环为机械循环时，卧、立式贮热水罐取 1.0；

- b) 半容积式水加热器或贮热容积与其相当的水加热器、燃油（气）热水机组的设计小时供热量应按设计小时耗热量计算；
- c) 半即热式、快速式水加热器的设计小时供热量应按下列式计算：

式中：——集中热水供应系统供水总干管的设计秒流量(L/s)。

8.5 定压补水

8.5.1 耦合供暖系统循环水系统的设计补水量（小时流量）可按系统水容量的 1%计算。

8.5.2 循环水系统的定压和膨胀方式，应根据建筑条件，经技术经济比较后确定，并符合以下原则：

- a) 建筑条件允许时，尤其是当系统静水压力接近热源设备所能承受的工作压力时，宜采用高位膨胀水箱定压；
- b) 建筑不具备设置高位膨胀水箱条件时，可改成设置补水泵和气压罐定压。

8.5.3 配置含氧量要求高的散热设备时，宜采用能容纳膨胀水量的下列闭式定压方式或其他除氧方式：

- a) 采用高位定压密闭膨胀水箱定压；
- b) 采用隔膜式气压罐定压，且宜根据不同水温时气压罐内的压力变化，确定补水泵的启泵和停泵压力。

8.5.4 循环水系统的定压和膨胀设计符合下列规定：

- a) 定压点宜设在循环水泵的吸入口处，定压点最低压力应使管道系统任何一点的表压均高于 10kPa；
- b) 设置独立的定压设施时，膨胀管上不应设置阀门；
- c) 各系统合用定压设施且需分别检修时，膨胀管上应设置带电信号的检修阀，且各循环水系统应设置安全阀；
- d) 系统的膨胀水量应进行回收。

8.5.5 采用高位膨胀水箱定压时，应通过膨胀水箱直接向系统补水；采用其他定压方式时，如果补水压力低于补水点压力，应设置补水泵。

8.5.6 系统补水泵的选择及设置符合下列规定：

- a) 扬程应使补水压力比补水点的工作压力高 30kPa~50kPa；
- b) 宜设置 2 台，总小时流量宜为系统水容量的 5%~10%；
- c) 按 b)规定的总流量设置 1 台补水泵时，应设置备用泵。

8.5.7 设置补水泵时，循环水系统应设补水调节水箱。水箱的调节容积应根据水源的供水能力、软化设备的间断运行时间及补水泵运行情况等因素确定。

9 电气控制及计量装置

9.1 一般规定

9.1.1 耦合系统的电气设计应满足系统的用电可靠性和运行安装要求，应符合 GB 51348 的规定。

- 9.1.2 耦合系统中空气源热泵机组、空气源热泵热水机和燃气设备等应各自采用单独的回路供电。电源应专供专用，并满足设计负荷要求。
- 9.1.3 耦合系统电气系统的安全防护设计还应包括防雷电设计、防电击设计和防干扰设计。
- 9.1.4 耦合系统中电气设备的正上方不应设置水管道。

9.2 配电和防护

- 9.2.1 耦合系统的供电回路应设置过负荷保护、短路保护、接地故障保护、过电压及欠电压保护，保护动作应具备切断供电电源或发生报警信号等功能。
- 9.2.2 燃气锅炉房的供电负荷级别和供电方式应满足工艺、燃气锅炉容量、热负荷要求和环境要求，并符合 GB 50052 的相关规定。
- 9.2.3 耦合系统配电导体选用应符合 GB 51348 的相关规定。
- 9.2.4 室外设备应处于接闪器的保护范围内，并按 GB 50057 的相关规定采取防雷措施。
- 9.2.5 室外安装的控制柜应采取防护措施或配置户外型控制柜，防护等级不应低于 IP55。

9.3 智能控制

- 9.3.1 耦合系统应具备针对所有热源设备的状态监测功能和主动控制功能。
- 9.3.2 耦合系统应设置多能源设备协作的系统控制装置及各能源设备独立操控的设备控制装置，并可实现手动或自动转换。
- 9.3.3 通讯接口应采用标准通信协议。
- 9.3.4 各热源设备在与系统控制装置断开连接时，应具备自主运行能力。
- 9.3.5 系统控制装置应具备防冻报警和自动防冻保护功能，设备控制装置应具备独立的防冻警报和自动防冻保护功能。
- 9.3.6 系统宜具备数据分析及处理能力，可计算和定期统计系统能耗、各热源设备连续和累计运行时间、节能量等参数。
- 9.3.7 系统监控满足应下列要求：
 - a) 具备改变系统控制设定值，控制各热源设备的启、停和调节的功能；
 - b) 具备监测建筑的能源消耗、室内外环境、设备及系统的运行等参数的功能；
 - c) 具备显示、查询、报警和记录功能，存储介质和数据库应能连续记录和保存一年以上的运行参数；
 - d) 具备根据季节、室外气象参数、昼夜更替、末端需求及状态变换、预定时间表设置、节能控制需求及用户自定义的需求等，完成对热源设备的启停时间和设定温度的优化调整，合理利用各热源设备实现节能运行的功能；
 - e) 具备监测室内外空气温度、供回水温度、供热量、燃料耗量、耗电量、循环水泵功耗电量、补水量等参数的功能。

9.4 计量装置

- 9.4.1 耦合系统应对下列项目进行计量：
 - a) 燃气设备的燃料消耗量；
 - b) 空气源热泵机组的耗电量；
 - c) 热源站总供热量、基础热源和调峰热源的单独供热量；
 - d) 补水量；
 - e) 系统循环水泵耗电量。
- 9.4.2 计量装置的通讯接口应采用标准通讯协议。
- 9.4.3 热量计量装置应采用不间断电源供电。

9.4.4 计量装置应定期检定。

10 安装施工及调试验收

10.1 一般规定

10.1.1 耦合系统的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。

10.1.2 耦合系统的设备和材料的质量证明文件和相关技术资料应齐全，并应符合现行相关标准的规定。

10.1.3 耦合系统应在试运行和调试验收合格后交付使用。

10.1.4 耦合系统设计、施工、验收、服务和售后宜具备全流程数字化追溯功能，不限于设计文件、施工图、验收记录、调试记录、检测记录和整改记录等。

10.2 热源设备及辅机辅件的安装

10.2.1 空气源热泵机组的安装应符合系统设计要求，并符合下列规定：

- a) 应不损坏建筑物的结构，不破坏屋面防水层和建筑物的附属设施；
- b) 安装位置应设置在通风良好的场所，安装空间应符合空气源热泵机组的通风、维修空间要求，与相邻的空气源热泵机组、墙体或其他障碍物的最小间距不宜小于 0.5m；
- c) 应设有平稳并具有足够的承载能力的基础或基座，宜采用混凝土或钢结构制作，当采用钢结构基座时应做防腐处理；
- d) 基础或基座应按设计要求施工，当无设计要求时，高度宜不小于 150mm 且应不小于当地最大的降雪深度和可能的最大降雨积水深度。寒冷和严寒地区的供暖系统的基础或基座宜采用架高设计，架高高度宜不小于 500mm；
- e) 基础或基座之间应安装减振装置；
- f) 基础或基座四周应设置相应的排水措施，当安装于室内或其他特殊场所时应采用接水盘进行集中排水；
- g) 有冻结风险区域应设置化霜水防冻结措施；
- h) 进出水口应采用柔性连接，并应设置相应的活接和阀门；
- i) 安装于室内或其他封闭空间时，宜采用强制通风进行换热，强制通风量应符合空气源热泵机组的通风量要求，且空气源热泵机组的进风和出风不应短路。

10.2.2 燃气设备机房的设置与设计应符合 GB 50016 和 GB 50028 的有关规定以及工程所在地主管部门的管理要求。燃气热水锅炉的机房设置与设计还应符合 GB 50041 的有关规定。

10.2.3 燃气设备机房内部设备布置应符合下列要求：

- a) 管道布置方便、整齐、经济、便于安装维修；
- b) 机房主要通道的净高度不小于 1.5m；
- c) 机组与墙之间净距不小于 1.0m，与配电柜的距离不小于 1.5m；
- d) 机组与机组或其它设备之间的净距不小于 1.2m；
- e) 机组与其上方管道、烟道、电缆桥架等的净距不小于 1.0m。

10.2.4 耦合系统的循环水泵进、出口母管之间，应设置带止回阀的旁通管。

10.2.5 耦合系统的热量表进水口应安装过滤装置。

10.2.6 耦合系统的热量表安装时，热量表前后应有足够的直管段，没有特别说明的情况下，热量表前直管段长度应不小于 8 倍管径，热量表后直管段长度应不小于 6 倍管径。

10.2.7 耦合系统用于严寒和寒冷地区时，应采取防冻措施。

10.3 绝热与防腐

10.3.1 耦合系统的管道与设备应采取保温措施。绝热层的设置应符合下列规定：

- a) 绝热材料及其制品的主要性能符合 GB/T 8175 的有关规定；
- b) 保温层厚度按 GB/T 8175 中经济厚度计算方法进行计算；
- c) 管道和支架之间，管道穿墙、穿楼板处采取防止“热桥”的措施；
- d) 采用非闭孔材料保温时，外表面设保护层。

10.3.2 设备、管道及其配套的部、配件的材料，应根据接触介质的性质、浓度和使用环境等条件，结合材料的耐腐蚀特性、使用部位的重要性及经济性等因素确定。

10.3.3 除有色金属、不锈钢管、不锈钢板、镀锌钢管、镀锌钢板和铝板外，金属设备与管道的外表面宜采用涂漆进行防腐，涂层应能耐受环境大气腐蚀。

10.4 消声与隔振

10.4.1 耦合系统的消声与隔振设计计算，应根据工艺和使用的要求、噪声和振动的大小、频率特性、传播方式及噪声振动允许标准等确定。

10.4.2 耦合系统的噪声与振动，传播至使用房间和周围环境的噪声级与振动级应符合相关标准的规定。

10.4.3 热源设备及其机房的位置，不宜靠近声环境要求较高的房间。必要时，应采取隔声、吸声和隔振措施。

10.4.4 暴露在室外的设备，当其噪声超过环境噪声限值要求时，应采取降噪措施。

10.5 电气与控制系统安装

10.5.1 电源线和控制线应采用穿金属管或桥架敷设，且不应沿锅炉热风道、烟道、热水箱和其他载热体表面敷设。当需要沿载热体表面敷设时，应采取隔热措施。

10.5.2 强电和弱电系统应分开排布，不互相干扰，不与连接管和阀体接触。

10.5.3 电气线路施工应符合 GB 50168 和 GB 50303 的相关规定。

10.5.4 配电箱和电控箱的安装施工应符合 GB 50171 的相关规定。

10.5.5 电气接地装置的施工应符合 GB 50169 的相关规定。

10.5.6 电气与控制系统的防雷与接地安装应符合 GB 50057 的相关规定。

10.6 系统试压、检漏与冲洗

10.6.1 耦合系统安装完毕，经检查符合设计要求后，在设备及管道保温前应对水系统进行水压试验并记录试验结果。水压试验应符合 GB 50242 的有关规定，并符合下列规定：

- a) 承压系统的水压试验压力应符合设计文件的规定，当无设计文件规定时，按 GB 50242 的相关规定执行；
- b) 非承压系统应做灌水试验。管道在充满水后 2h 内应无渗水、漏水现象。贮热水箱（罐）、补水箱应做满水试验，满水静置 24h 内应无渗水、漏水、变形现象；
- c) 水压试验的水温应在 5℃~40℃之间，冬季进行水压试验时应采取可靠的防冻措施。
- d) 水压试验合格后，应及时对系统进行冲洗并清理过滤器和除污器，直至排出的水不浑浊、无杂质为止。

10.6.2 耦合系统冲洗时，宜切断管路与热源设备的连通，热量表的安装位置应采用相同长度的替代管连接。

10.6.3 耦合系统冲洗完毕后，应通水、加热，并进行试运行和调试。在冬季当不具备加热条件时，应将系统内的水及时排尽，必要时采用压缩空气将低点处的存水吹尽。

10.6.4 生活热水系统管道和设备在交付使用前应消毒，系统的水质应进行见证取样检验，水质应符合 7.3.5 的规定。

10.7 调试与验收

10.7.1 耦合系统投入使用前,应进行运行前的调试,各项功能应符合产品和系统设计要求,记录调试过程的相关数据和结果。

10.7.2 耦合系统调试应包括空气源热泵机组、燃气设备、水泵、各类阀门和控制系统等,并应符合下列要求:

- a) 电气装置接线正确,标志明显,接地良好;
- b) 热源设备正常工作,燃气设备的烟气排放符合当地大气污染物排放指标;
- c) 各类水泵、阀门开启正常,动作灵活,无异常噪音;
- d) 各类系统控制部件、显示器工作正常;
- e) 热源设备的进出水温度或温差、水系统的供回水温度或温差,水泵的流量和进出口压差等符合设计要求。

10.7.3 耦合系统调试正常后,应对系统进行不少于3天的连续运行观察,检查各设备的运行状态、系统联调联试是否正常。

10.7.4 耦合系统调试完毕后应按照 GB 50242 相关内容进行施工质量验收。施工质量不符合要求时,应按 GB 50300 的规定进行处理。

10.7.5 耦合系统验收合格后,施工单位应对使用方进行必要的交底或使用培训。

10.7.6 工程质保期应满足国家及地方的相关规定。

参考文献

- [1] GB 50015-2019 建筑给水排水设计标准
 - [2] 中国建筑设计研究院有限公司.建筑给水排水设计手册：3 版[M].北京：中国建筑工业出版社，2019
 - [3] 陆耀庆.实用供热空调设计手册：2 版[M].北京：中国建筑工业出版社，2008
-