

ICS xx.xxx

J xx



# 中国制冷空调工业协会标准

T/CRAAS XXX—20XX

---

## 燃气锅炉与热泵耦合供热机组

Gas boiler and heat pump coupled heating equipment and system

（征求意见稿）

20xx-xx-xx发布

20xx-xx-xx实施

---

中国制冷空调工业协会 发布

## 重要声明

## 安全建议

本协会竭力推荐制冷空调产品或系统的设计、制造、安装、维修及保养执行国家认可的安全规范和标准。

作为行业协会，中国制冷空调工业协会力求在制定本协会标准时，采用当前的技术工艺水平和成熟有效的实践经验。但是，中国制冷空调工业协会不保证按照这些标准进行的任何实践无害或没有风险。

## 目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 型式与基本参数.....	3
5 技术要求.....	5
6 试验方法.....	9
7 检验规则.....	14
8 标志、包装、运输和贮存.....	15
附 录 A.....	18
附 录 B.....	20
附 录 C.....	22

## 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。

本文件是首次制定。

本规范由中国制冷空调工业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：深圳市燃气集团股份有限公司、深圳市深燃清洁能源有限公司、北京科技大学、广东为之优科技有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司、上海工业锅炉研究所有限公司。

本文件参加起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件参加起草人：XXX。

本文件于 XXX 年 XXX 月 XXX 日通过中国制冷空调工业协会技术委员会审查。

本文件于 XXX 年 XXX 月 XXX 日经中国制冷空调工业协会会长审核批准。

本文件由中国制冷空调工业协会标准法规与技术服务部负责解释。

## 引 言

本文件为规范空气源热泵与燃气锅炉耦合的气电互补低温供暖型热泵机组的生产、检测和使用提供了依据。

本文件在制定过程中，规范编制组开展了相关专题研讨，在总结国内空气源热泵和燃气锅炉设备及多能耦合供热系统管理相对成熟经验的基础上，吸收近年来众多有代表性专业企业实践成果，并以多种方式广泛征求了全国各有关单位和行业专家的意见，最终形成本规范。

本文件在实施过程中，希望各单位注意总结经验、积累资料，如发现需要修改和补充之处，请随时将有关意见和建议反馈给中国制冷空调工业协会，以便今后修订时参考。

# 燃气锅炉与热泵耦合供热机组

## 1 范围

本文件规定了燃气锅炉与热泵耦合供热机组的术语定义、型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于同时集成电力驱动空气源热泵与燃气锅炉（具备气电智能互补运行功能：支持纯电、纯气、气电互补模式），并利用燃气锅炉烟气余热（如化霜预热）的供暖机组。

本文件不适用于单一能源驱动设备（如独立空气源热泵、独立燃气锅炉）；无智能调控能力的简单并联机组；热源形式不符合上述组合的供暖设备。

## 2 规范性引用文件

下列文件对本规范的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Ka：盐雾

GB 2894-2008 安全标志及其使用导则

GB/T 3785 （所有部分） 电声学声级计

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB 4706.1-2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求

GB 4706.32-2012 家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9237 制冷系统及热泵安全与环境要求

GB/T 10870-2014 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求

JB/T 4330-1999 制冷和空调设备噪声的测定

GB 19577-2024 热泵和冷水机组能效限定值及能效等级

GB/T 18340.1 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组

GB/T 25127.1-2020 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 18111-2021 燃气容积式热水器

GB/T 13611 城镇燃气分类和基本特性

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

### 3 术语和定义

GB/T 18430.1、GB/T 25127.1、GB 18111 和 JB/T 7249 界定的以及以下术语和定义适用于本规范。

#### 3.1 燃气锅炉与热泵耦合供热机组 gas boiler and heat pump coupled heating equipment

是一种由电动机驱动的蒸汽压缩循环空气源热泵系统与燃气燃烧换热锅炉系统集成构成的可以在不低于-35℃的环境温度下制取热水的供热机组。该机组应具备以下运行模式：其一为以空气为热源的热泵制热模式，其二为以燃气燃烧直接加热的锅炉模式；并具备两种模式协同运行以制取热水的能力。

#### 3.2 气电切换 gas-electric switching

机组从空气源热泵供热切换到燃气锅炉供热运行状态或从燃气炉供热切换到空气源热泵供热运行状态。

#### 3.3 气电价比 price ratio of natural gas to electricity

天然气价格与电力价格的比值。

#### 3.4 纯电运行模式 pure electricity-consuming operating mode

机组仅运行空气源热泵对外供热，燃气锅炉不投入运行的工作模式。

#### 3.5 纯气运行模式 pure natural gas-consuming operating mode

机组仅运行燃气锅炉对外供热，空气源热泵不投入运行的工作模式。

#### 3.6 气电运行模式 both gas and electricity-consuming operating mode

机组同时运行燃气锅炉与空气源热泵协同对外供热的工作模式。

#### 3.7 烟气化霜 flue gas defrosting

当空气源热泵处于逆循环除霜运行状态时，机组正处于或通过切换进入气电运行模式，燃气锅炉燃烧排放的高温烟气与空气源热泵制冷循环的低温制冷剂进行换热，从而减少化霜阶段对用户末端热量的消耗。

#### 3.8 名义工况性能系数 performance coefficient of nominal condition

$COP_c$ 、 $COP_h$

在规定的名义工况下，机组以纯电模式运行时，机组以相同单位表示的制热（冷）量与总输入电功率的比值。

注：COP<sub>c</sub>为名义制冷性能系数；COP<sub>h</sub>为名义制热性能系数。单位为瓦〔特〕每瓦〔特〕（W/W）。

### 3.9 低温制热性能系数 coefficient of heating performance under low temperature condition

COP<sub>dh</sub>

在规定的低温制热工况下，机组以纯电模式运行时，机组以相同单位表示的制热量与总输入电功率的比值。

注：单位为瓦〔特〕每瓦〔特〕（W/W）。

### 3.10 制热季节性能系数 heating seasonal performance factor

HSPF

在制热季节中，机组以纯电模式运行时，机组向室内送入的热量总和与消耗的电量总和之比。

注：单位为瓦〔特〕每瓦〔特〕（W/W）。

### 3.11 名义制热能源利用效率 Nominal heating energy utilization efficiency

MUE

机组在气电运行模式或纯气运行模式下，在规定的名义制热工况条件下，机组输出的总热量与输入总能源功率之比。

注：单位为瓦〔特〕每瓦〔特〕（W/W）。

### 3.12 低温制热能源利用效率 coefficient of heating performance under low temperature condition

MUE<sub>dh</sub>

机组在气电运行模式或纯气运行模式下，在规定的低温制热工况下，机组输出的总热量与输入总能源功率之比。

注：单位为瓦〔特〕每瓦〔特〕（W/W）。

### 3.13 综合制热季节性能系数 heating seasonal performance factor

HSPF

在制热季节中，机组以纯电模式运行时，机组向室内送入的热量总和与消耗的电量总和之比。

## 4 型式与基本参数

### 4.1 型式

#### 4.1.1 按机组功能分为：

- 单热型；
- 冷暖型。

#### 4.1.2 按机组适用的环境温度范围分为：

- 常温型（适用环境温度范围：不低于-15℃）；
- 低温型（适用于环境温度范围：不低于-35℃）。

## 4.1.3 按机组匹配的末端分为：

- 地板辐射型；
- 风机盘管型；
- 散热器型；
- 其他。

## 4.1.4 按使用燃气种类分为：

- 适用于液化石油气；
- 适用于天然气；
- 其他。

## 4.1.5 按燃烧方式分为：

- 全预混式；
- 大气式。

## 4.2 型号

机组型号的编制方法可由制造商自行确定，但型号中应体现本部分名义工况下机组的制热能力。

注：名义工况下的制热能力可以是名义制热量的近似值。

## 4.3 基本参数

4.3.1 机组的电源为额定电压 220V 或 380V，额定频率 50Hz。

4.3.2 机组在下列条件下应能正常工作：

- 单热型机组：-15℃~21℃（常温型）、-35℃~21℃（低温型）；
- 冷暖型机组：-15℃~43℃（常温型）、-35℃~43℃（低温型）。

4.3.3 机组的各项试验工况参数见表 1。

表 1 试验工况

项目		热源侧入口空气状态		使用侧状态		
		进风干球温度, °C	进风湿球温度, °C	地板辐射型	风机盘管型	散热器型
				出水温度(°C)/单位制冷(热)量水流量[m³/(h·kW)]		
纯电模式	名义制冷	35	-	-	7/0.172	-
	制冷最大负荷	43			15/0.172	
	制冷最小负荷	21			5/0.172	
	名义制热	-12	-13.5	35/0.172	41/0.172	50/0.172
	低温制热	-20	-			
	融霜	2	1			
纯气模式	名义制热	-12	-13.5	35/0.172	41/0.172	50/0.172
气电模式	名义制热	-12	-13.5			
		低温制热	-20	-		

	融霜	2	1			
--	----	---	---	--	--	--

4.3.4 机组试验工况时性能参数限值如表 2 所示。

表 2 性能参数限值

	名义制热性能系数 COP <sub>h</sub>	名义制冷性能系数 COP <sub>c</sub>	低温制热性能系数 COP <sub>dh</sub>	制热季节性能系数 HSPF	名义制热能源利用效率 MUE	低温制热能源利用效率 MUE <sub>dh</sub>	综合制热季节性能系数 HSPF
纯电模式	2.50 <sup>a</sup> /2.30 <sup>b</sup> /1.80 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.10/1.80/1.50	3.00 <sup>a</sup> /2.70 <sup>b</sup> /2.30 <sup>c</sup>	/	/	/
纯气模式	/	/	/	/	2.20	2.20	2.20
气电模式	/	/	/	/	2.30 <sup>a</sup> /2.20 <sup>b</sup> /2.00 <sup>c</sup>	2.10 <sup>a</sup> /2.00 <sup>b</sup> /1.80 <sup>c</sup>	2.60 <sup>a</sup> /2.40 <sup>b</sup> /2.20 <sup>c</sup>

注：燃气发电效率取 40%，气电模式性能系数为燃气炉和热泵单元制热量各占比 50%工况下数值。

- a. 末端为地板辐射型；
- b. 末端为风机盘管型；
- c. 末端为散热器型；

## 5 技术要求

### 5.1 一般要求

5.1.1 机组应符合本部分的规定，并按经规定程序批准的图样和技术文件（或按供需双方的协议）制造。

5.1.2 机组除配置所有制冷、热力系统组件外，还可包括循环水泵、管路与附件及智能控制系统。

5.1.3 机组的金属制件表面应进行防锈蚀处理。电镀件表面应光滑，色泽均匀，不应有剥落、露痕、针孔、明显的花斑和划伤等缺陷。

5.1.4 机组涂装件表面应平整，涂布均匀，不应有明显的气泡、流痕、皱纹等瑕疵，并具有良好的附着力。

5.1.5 机组装饰性塑料件表面应平整光滑，色泽均匀，不应有裂痕、气泡和明显缩孔等缺陷，塑料件应耐老化。

5.1.6 机组的零部件和材料应能满足机组使用性能的要求。

5.1.7 充装制冷剂之前，机组内与制冷剂和润滑油接触的表面应保持清洁、干燥，机组外表面应清洁。

5.1.8 机组各零部件的安装应牢固、可靠，制冷压缩机应具有防振动措施。

5.1.9 机组的隔热层应隔热良好，机组正常运行时隔热层不应有凝露现象。隔热层应无毒、无异味，且有自熄性能。

5.1.10 机组的电气控制应包括对压缩机、循环水泵和风机等的控制,并应具有电机过载保护、缺相保护(三相电源)、水系统断流保护、防冻保护、系统高、低压保护等功能或器件。

5.1.11 机组控制系统硬件中的有害物质含量应符合 GB/T 26572 的规定。

5.1.12 机组的安全与环境要求应符合 GB/T 9237 的规定。

## 5.2 单元设备要求

5.2.1 空气源热泵单元应符合下列适用标准的规定:

- a) 蒸气压缩循环冷水机组应符合 GB/T 18430.1 或 GB/T 18430.2 的规定;
- b) 家用和类似用途热泵热水器应符合 GB/T 23137 的规定;
- c) 商用或工业用及类似用途热泵热水机应符合 GB/T 21362 的规定;
- d) 低环境温度空气源热泵(冷水)机组根据其用途应符合 GB/T 25127.1 或 GB/T 25127.2 的规定。

5.2.2 燃气锅炉单元应符合下列适用标准的规定:

- a) 燃气容积式热水器应符合 GB 18111 的规定;
- b) 燃气采暖热水炉应符合 GB 25024 的规定。

## 5.3 运行与功能要求

5.3.1 运行模式

机组应具备并能在以下模式中稳定、可靠地运行:

a) 纯电运行模式: 机组仅运行空气源热泵单元进行制热(或制冷)。该单元应能在其对应标准 5.2.1 规定的名义工况下稳定工作。

b) 纯气运行模式: 机组仅运行燃气锅炉单元进行制热。该单元应能在其对应标准 5.2.2 规定的工况下稳定工作。

c) 气电运行模式: 机组同时运行空气源热泵单元和燃气锅炉单元进行制热。两个单元应能协调工作,并分别在各自标准规定的工况下稳定运行。

5.3.2 气电自动切换

机组应根据预设条件,实现不同运行模式间的自动切换。触发自动切换的条件应至少包括:

- 环境温度;
- 设定负荷需求与实际能力匹配;
- 能源价格(气电价比);
- 设备故障状态及故障恢复后。

5.3.3 烟气化霜功能

若机组宣称具备烟气化霜功能,则当启用该功能,应能有效利用燃气锅炉烟气余热,加速热泵单元的化霜过程,减少化霜时间和能量损失。

5.3.4 通信功能

机组应设置本地通信接口,接口应有可靠的固定措施。通信方式可选用 RS485、以太网、光缆、PLC 电力载波等。通信内容应至少包含机组的运行状态、运行模式、主要参数及故障告警信息。

## 5.4 密封性能和强度要求

### 5.4.1 密封性能

机组的制冷系统管路应具有良好的密封性能:按 6.3.1.1 进行气密性试验时,系统各部分不应有泄漏;按 6.3.1.2 进行真空试验时,系统各部位应无异常变形,且压力回升应不大于 133Pa。

### 5.4.2 强度要求

机组的水系统管路应具有足够的强度,按 6.3.1.3 进行压力试验时,系统各部位及接头处应无异常变形和水泄漏。

## 5.5 运转要求

机组在进行运转试验时应能正常启动,且运转过程中无异常。

## 5.6 名义工况性能

5.6.1 在纯电运行模式下,机组的实测制热量应不小于其名义制热量明示值的 95%。

5.6.2 在纯电运行模式下,机组的实测制热消耗功率应不大于其名义制热消耗功率明示值的 110%。

5.6.3 在纯气运行模式下,机组的实测制热量应不小于其名义制热量明示值的 95%。

5.6.4 机组在纯电运行模式下的性能系数均不应小于明示值的 95%,且不应低于表 2 规定的限值。

5.6.5 机组在纯气运行模式和气电运行模式下的名义制热能源利用效率均不应小于明示值的 95%,且不应低于表 2 规定的限值。

## 5.7 最大和最小负荷性能

机组在最大和最小负荷工况下应能正常工作,各部件不应损坏,过载保护器不应跳开。

## 5.8 低温工况性能

5.8.1 机组在低温工况下应能正常运行,各部件不应损坏,高压、防冻及过载保护器不应跳开。

5.8.2 对于低温型机组,应能在-35°C或机组明示的最低热源侧环境温度下运行 1h,且安全装置不应动作。

## 5.9 融霜

按 6.3.6 的方法试验,机组应满足以下要求:

- 安全保护元器件不应动作而停止运行;
- 融霜应自动进行、功能正常、融霜彻底,融霜时的融化水应能正常排放;
- 融霜所需的总时间应不超过试验总时间的 20%。

## 5.10 变工况性能

机组变工况性能温度条件如表 3 所示，按 6.3.3-6.3.5 规定的试验方法进行试验并绘制性能曲线图或表。

表 3 变工况性能温度条件

项目	使用侧		热源侧	
	进口水温, °C	出口水温, °C	干球温度, °C	湿球温度, °C
制热	-	25~50	-25~21	-
制冷		5~15	21~43	

## 5.11 噪声和振动

5.11.1 机组应按第 6.3.10 的规定的试验方法测量噪声，其平均表面声压级应不高于机组明示值十 2dB(A)。

5.11.2 机组应进行振动测量，其各明示的振动参数实测值均应不大于机组的明示值。

## 5.12 电气安全

5.12.1 绝缘电阻：机组的绝缘电阻值应不小于 2 MΩ。

5.12.2 电气强度：机组进行电气强度试验时，不应发生击穿和闪络现象。

5.12.3 接地装置：机组应具有永久可靠的保护接地装置，并符合 GB/T 5226.1 的相关规定。

## 5.13 防护等级

机组的室外部分防护等级至少应达到 GB/T 4208-2017 中规定的 IPX4。对机组进行喷水试验后，其绝缘电阻和电气强度仍应符合 5.12.1 和 5.12.2 的规定。

## 5.14 系统安全要求

### 5.14.1 连锁与故障安全

机组应具备完善的系统连锁与故障安全逻辑，确保在任何单一组件或单元发生故障时，能防止事故扩大，并安全地停机或切换至安全模式运行。

#### 5.14.1.1 故障切换

当空气源热泵单元或燃气锅炉单元因故障停机时，控制系统应能自动判断并可安全地切换至纯气运行模式或热泵模式，并应向用户发出明确的故障切换警示。

#### 5.14.1.2 紧急停机

当发生可能导致严重后果的系统级故障（如供暖水路严重泄漏、火焰意外熄灭后再次点火失败、安全传感器失效等）时，机组应能立即进入紧急停机状态，切断所有能源输入（电力和燃气），并锁定系统直至人工复位。

#### 5.14.1.3 冲突防止

控制逻辑应确保热泵单元的压缩机启动、化霜等大电流操作，与燃气锅炉的点火器、循环泵等操作在时序上错开，避免同时启动对电网和系统造成过大冲击。

### 5.14.2 烟气安全

对于具备烟气化霜功能的机组，其烟气-制冷剂换热系统应满足以下要求：

a) 密封性：该换热系统应具有极高的气密性，确保燃烧烟气零泄漏到制冷剂侧。应能承受不低于 1.5 倍的烟气侧设计压力。

b) 防腐与耐久：接触烟气的材料应能抵抗冷凝酸性烟气的腐蚀，确保在机组设计寿命内的安全运行。

c) 压力泄放：若烟气换热器构成一个封闭的承压腔，应设置可靠的压力泄放装置，其设定值不应超过该腔体设计压力的 1.1 倍。

### 5.14.3 电气与燃气交互安全

#### 5.14.3.1 电磁兼容性

机组的控制系统应能承受其内部燃气锅炉点火器、变频驱动器等产生的电磁干扰，正常工作而不误动作。机组的静电放电抗扰度应满足 GB/T17626.2—2018 抗扰度等级 3 的要求。

#### 5.14.3.2 信号隔离

燃气锅炉的火焰检测信号、燃气阀控制信号等与热泵主控系统之间，应采取可靠的电气隔离措施，防止地电位差和干扰信号影响安全判断。

## 6 试验方法

### 6.1 仪表准确度和测量规定

6.1.1 试验用仪器、仪表的准确度应符合 GB/T 10870—2014 中附录 C 的规定并经校准或检定合格。

6.1.2 测量按以下规定进行：

- a) 测量仪表的安装和使用按 GB/T 10870—2014 中附录 C 的规定；
- b) 机组的空气干、湿球温度的测量按 GB/T 10870—2014 中附录 B 的规定；
- c) 机组水侧压力损失的测量按 GB/T 18430.1—2007 中附录 B 的规定。

### 6.2 机组安装和试验规定

6.2.1 测试过程中，相关水温、流量等读数的平均变动幅度应符合表 4 的规定；最大变动幅度应符合表 5 的规定。

注 1：平均变动幅度指实测的平均值与各试验工况的规定值的偏差。

注 2：最大变动幅度指试验过程中实测的最大值和最小值与各试验工况的规定值的偏差。

注 3：当机组平稳运行在各工况下，有关读数允差符合表 4 和表 5 的规定时，可认为机组达到稳定运行状态。

表 4 机组测试温度和流量读数允差（平均变动幅度）

项目		使用侧		热源侧（或放热侧）	
		水流量 m <sup>3</sup> /h	出口水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
纯电模式	名义制冷	规定水流量的	±0.3	±0.3	-

	制冷最大负荷	±5%	±0.5	±0.5	-
出点	制冷最小负荷		±0.5	±0.5	-
	名义制热		±0.3	±0.5	±0.5
	低温制热		±0.3	±0.5	-
	融霜		±0.5	±0.5	±0.5
	纯电模式		名义制热	±0.5	±0.5
气电模式	名义制热		±0.5	±0.5	±0.5
	低温制热		±0.5	±0.5	-
	融霜		±0.5	±0.5	±0.5
融霜为融霜运行前的条件，开始融霜时满足表 6 规定的温度条件即可。					

表 5 机组测试温度和流量读数允差（最大变动幅度）

项目		使用侧		热源侧（或放热侧）	
		水流量 m <sup>3</sup> /h	出口水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
纯电模式	名义制冷	规定水流量 ±5%	±0.5	±0.5	-
	制冷最大负荷		±1.0	±1.0	-
	制冷最小负荷		±1.0	±1.0	-
	名义制热		±0.5	±1.0	±1.0
	低温制热		±0.5	±1.0	-
	融霜		±1.0	±0.5	±0.5
纯电模式	名义制热		±1.0	±1.0	±1.0
气电模式	名义制热		±1.0	±1.0	±1.0
	低温制热		±1.0	±1.0	-
	融霜		±1.0	±0.5	±0.5
融霜为融霜运行前的条件，开始融霜时满足表 6 规定的温度条件即可。					

表 6 融霜时的温度偏差

工况	使用侧	热源侧（或放热侧）
	出口水温	干球温度
融霜	±3	±6

6.2.2 机组应在其铭牌规定的额定电压和额定频率下运行，电压偏差应不大于±5%，频率偏差应不大于±0.5 Hz。

6.2.3 被试机组应按制造商规定的方法进行安装，并且不应进行影响制冷量、制热量及综合性能的构造改装。

6.2.4 机组试验的其他要求应符合 GB/T 10870—2014 中的规定。

### 6.3 试验项目

#### 6.3.1 气密性、真空及压力试验

### 6.3.1.1 气密性试验

机组制冷剂侧在设计压力下，按 NB/T 47012—2010 中泄漏试验的方法进行检验，应符合 5.4.1 的规定。机组燃气系统的气密性试验应按 GB 18111 或 GB 25034 中规定的方法进行，应符合 5.4.1 的要求。

### 6.3.1.2 真空试验

机组制冷剂侧进行气密性试验合格后，抽真空至 266 Pa 以下，至少保压 10 min，应符合 5.4.1 的规定。

### 6.3.1.3 压力试验

机组水侧在 1.25 倍设计压力(液压)或在 1.15 倍设计压力(气压)下，按 NB/T 47012—2010 中压力试验的方法进行试验，应符合 5.4.2 的规定。

## 6.3.2 运转试验

机组在出厂前应进行运转试验。试验时，应以额定电压和额定频率供电，并按以下步骤检查其基本运行功能，其结果应符合 5.5 的规定：

- a) 纯电运行模式检查：启动并运行空气源热泵单元，检查其启动、运行是否正常，有无异常声响或振动；
- b) 纯气运行模式检查：启动并运行燃气锅炉单元，检查其点火性能、燃烧工况是否正常，以及熄火保护等安全装置是否准确动作；
- c) 气电运行模式检查：启动并运行整个耦合机组，使空气源热泵单元与燃气锅炉单元同时工作，检查系统控制逻辑是否正常，两个单元能否协同稳定运行。（若具备烟气化霜功能，可在此模式下进行初步功能验证）；
- d) 模式切换功能检查：在机组运行过程中，模拟或触发模式切换条件（如改变设定温度、模拟环境温度变化等），检查机组在纯电、纯气、气电三种模式之间的自动切换功能是否准确、可靠、平稳。

## 6.3.3 名义工况性能试验

### 6.3.3.1 纯电运行模式名义制热量和消耗功率

将空气源热泵单元压缩机的运行频率或容量调至名义制热量设计额定值，在表 1 规定的名义制热工况下，按 GB/T 10870—2014 的规定，采用液体载冷剂法进行试验测定和计算。制热消耗功率包括压缩机、风机、控制系统等的输入总电功率。测定值应符合 5.6.1 和 5.6.2 的规定。

### 6.3.3.2 纯气运行模式名义制热量和效率

仅运行燃气锅炉单元，在其名义工况下，按照 GB 18111 或 GB 25034 中规定的方法测试其制热量和输入热负荷，计算其运行效率，应符合设计要求及 5.6.3 的规定。同时应检查烟气中 CO 含量等燃烧产物指标。

### 6.3.3.3 气电运行模式综合性能

机组在气电运行模式下,在表 1 规定的名义工况下运行,待稳定后,测量机组总制热量、热泵单元耗电量、锅炉单元输入热负荷。按附录 A 规定的方法计算机组名义制热能源利用效率,其结果应符合表 2 和 5.6.5 的规定。

#### 6.3.3.4 性能系数计算

名义制热性能系数、名义制冷性能系数利用 6.3.3.1 的试验结果计算得出。制热季节性性能系数可参照 GB/T 25127.1—2020 附录 B 规定的方法进行试验和计算。

#### 6.3.4 最大和最小负荷运行试验

机组在额定电压和额定频率及表 1 规定的制冷最大和最小负荷工况下运行,达到稳定状态后再运行 2 h,应符合 5.7 的规定。

#### 6.3.5 低温运行试验

机组应在额定电压和额定频率下,按表 1 规定的低温制热工况(或制造商明示的更低允许温度)运行。试验过程中,机组应能正常启动与运行,各部件不应发生损坏,高压、防冻及过载保护器等安全装置不应误动作。对于低温型机组,还应按 5.8.2 的要求,在-35℃或明示的最低热源侧环境温度下连续运行至少 1h,期间所有安全保护装置不得动作。

##### 6.3.5.1 纯电模式低温性能试验

在表 1 规定的低温制热工况下,将机组设置为纯电运行模式。待运行稳定后,按照 6.3.3.1 规定的方法,测量机组的制热量与总输入电功率。根据测量结果计算低温制热性能系数  $COP_{dh}$ ,其值应符合表 2 中对应末端类型的限值要求,且不应低于明示值的 95%。

##### 6.3.5.2 纯气模式低温性能试验

在表 1 规定的低温制热工况下,将机组设置为纯气运行模式。待运行稳定后,按照 6.3.3.2 规定的方法,测试燃气锅炉单元的制热量与输入热负荷。根据测量结果计算低温制热能源利用效率  $MUE_{dh}$ ,其值应符合表 2 中规定的限值,且不应低于明示值的 95%。试验中还应检查燃气锅炉在低温环境下的点火可靠性、燃烧稳定性及烟气排放指标。

##### 6.3.5.3 气电模式低温性能试验

在表 1 规定的低温制热工况下,将机组设置为气电运行模式。待运行稳定后,按照 6.3.3.3 规定的方法,测量机组总制热量、热泵单元总输入电功率及燃气锅炉输入热负荷。根据测量结果计算低温制热能源利用效率  $MUE_{dh}$ ,其值应符合表 2 中对应末端类型的限值要求,且不应低于明示值的 95%。

#### 6.3.6 融霜试验

##### 6.3.6.1 热泵单元单独融霜

按 GB/T 25127.1—2020 中 6.3.2.6 规定的方法进行试验,应符合 5.9 的要求。

##### 6.3.6.2 烟气辅助化霜

机组在表 1 规定的融霜工况下运行,并触发或等待热泵单元进入除霜周期。当热泵单元开始逆循环除霜时,确保燃气锅炉单元同时运行(或按制造商声明的控制逻辑运行),产生

高温烟气。试验应持续进行，直至完成至少两个完整的制热融霜周期或连续运行 3 h（取其长者）。试验过程中，观察并记录化霜效果、化霜时间、烟气换热系统的运行状态及凝结水排放情况，应符合 5.9 的要求，并验证 3.6 定义的“烟气化霜”功能有效性。

### 6.3.7 变工况性能试验

机组在表 3 给出的温度范围内，按 GB/T 25127.1—2020 中 6.3.9 规定的方法进行试验。应特别测试不同环境温度下，纯电、纯气及气电互补模式下的制热量/制冷量、能耗及性能参数，并绘制性能曲线图或表，以表征不同气电占比下的系统性能。

### 6.3.8 气电自动切换功能验证

在实验室可控条件下，模拟 5.3.2 中规定的自动切换触发条件（如改变环境温度实验室设定值、调节负荷需求、模拟设置气电电价比、模拟设备故障等），验证机组在不同运行模式（纯电、纯气、气电）间切换的准确性和可靠性。

### 6.3.9 电气安全性能试验

6.3.9.1 绝缘电阻：试验采用额定电压等级为 500 V 的绝缘电阻计进行测量。测量应在机组带电部位与可能接地的非带电部位之间进行，结果应符合 5.12.1 的规定。

6.3.9.2 电气强度：按 GB/T 25127.1—2020 中 6.3.5.2 的规定进行试验，应符合 5.12.2 的规定。

6.3.9.3 接地装置：按 GB/T 25127.1—2020 中 6.3.5.3 的规定进行检查和试验，应符合 5.12.3 的规定。

### 6.3.10 噪声试验

机组噪声应按 GB/T 25127.1—2020 附录 C 规定的方法进行测量。测量工况应包括纯电运行（名义制热/制冷）、纯气运行（名义制热）模式以及气电运行（名义制热）模式。

### 6.3.11 振动试验

机组振动按 GB/T 25127.1—2020 中 6.3.3 的规定进行试验，并符合相关规定。

### 6.3.12 防护等级试验

按 GB/T 4208—2017 中规定的 IPX4 等级对机组室外部分进行溅水试验，试验结束后立即进行绝缘电阻和电气强度试验，结果仍应符合 5.12.1 和 5.12.2 的规定。

### 6.3.13 盐雾试验

机组电镀件的盐雾试验按 GB/T 2423.17 的规定进行，试验周期为 24h。试验前，电镀件表面应清洗除油；试验后，应先用清水冲掉残留在表面的盐分，然后再检查电镀件的腐蚀情况。

### 6.3.14 涂层附着力试验

机组涂层附着力试验应按 GB 25127.1-2020 的规定进行，其结果应符合其中 6.3.7 的规定。

### 6.3.15 有害物质含量检测

机组控制系统硬件的有害物质含量检测应按 GB/T 26572 的规定进行，其结果应符合其中 5.1.15 的规定。

### 6.3.16 系统安全试验

#### 6.3.15.1 故障切换与安全停机试验

模拟 5.14.1 中所述的各种故障（如断开压缩机接触器模拟热泵故障、模拟水流开关故障等），验证机组是否能按设计要求准确执行模式切换或紧急停机，并正确报警。

#### 6.3.15.2 烟气换热器密封性试验

对于烟气化霜系统，应设计专项检验。例如，在烟气侧充入一定压力的干燥氮气或惰性气体，并将制冷剂侧与灵敏的检漏仪相连，保压一段时间后，检漏仪应无报警，或压力低于规定值。具体方法应由制造商在技术文件中明确。

#### 6.3.15.3 电磁兼容性试验

按 GB/T17626.2—2018 的规定，进行机组的静电放电抗扰度试验。

## 7 检验规则

### 7.1 一般要求

每台机组应经制造商质量检验部门检验合格后方可出厂。

### 7.2 检验类别

检验分为出厂检验、抽样检验和型式检验。检验项目、技术要求和试验方法按表 9 的规定。

表 9 检验项目

序号	项目	出厂检验	抽样检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	一般要求（外观、标识等）	√	√	√	5.1	视检
2	真空试验	√	√	√	5.4.1	6.3.1.2
3	运转试验	√	√	√	5.5	6.3.2
4	绝缘电阻	√	√	√	5.12.1	6.3.9.1
5	电气强度	√	√	√	5.12.2	6.3.9.2
6	接地装置	√	√	√	5.12.3	6.3.9.3
7	气密性试验	√	√	√	5.4.1	6.3.1.1
8	压力试验	√	√	√	5.4.2	6.3.1.3
9	纯电模式-名义制冷性能系数	-	√	√	5.6.4	6.3.3.4
10	纯电模式-名义制热性能系数	-	√	√	5.6.4	6.3.3.4
11	纯电模式-低温制热性能系数	-	√	√	5.6.4	6.3.5
12	纯电模式-制热季节性能系数	-	-	√	5.6.4	6.3.3.4
13	纯气模式--名义制热能源利用效率	-	√	√	5.6.5	6.3.3.2
14	气电模式-名义制热	-	√	√	5.6.5	6.3.3.3

	能源利用效率					
15	气电模式-低温制热 能源利用效率	-	√	√	5.6.5	6.3.5
16	制冷最大负荷	-	√	√	5.7	6.3.4
17	制冷最小负荷	-	√	√	5.7	6.3.4
18	融霜	-	√	√	5.9	6.3.6
19	变工况性能	-	-	√	5.10	6.3.7
20	气电自动切换功能	√	√	√	5.3.2	6.3.11
21	噪声（制冷）	-	√	√	5.11	6.3.9
22	噪声（制热）	-	√	√		
23	振动	-	√	√	5.11.2	6.3.9
24	水侧压力损失	-	-	√	6.1.2	6.1.2
25	盐雾试验	-	-	-	-	6.3.13
26	涂层附着力试验	√	√	√	5.1.4	6.3.14
27	有害物质含量检测	-	-	√	5.1.11	6.3.15
28	防护等级	-	√	√	5.13	6.3.12

### 7.3 出厂检验

每台机组均应做出厂检验。

### 7.4 抽样检验

批量生产的机组应进行抽样检验。批量、抽样方案、检查水平及合格质量水平等由制造商质量检验部门自行确定。

### 7.5 型式检验

7.5.1 当有下列情形之一时，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产一年以上，恢复生产时；
- 出厂检验或抽样检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

7.5.2 型式检验应每三年进行一次。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

8.1.1 每台机组应在明显部位设置永久性铭牌，铭牌应符合 GB/T 13306 的规定，且包含表 10 的内容。当使用可燃性制冷剂时，铭牌上还应给出符合 GB 2894-2008 规定的“当心火灾”的警告标志，标志的垂直高度应不小于 10mm，可不着色。

表 10 铭牌内容

序号	内容	机组型式
----	----	------

		常温型	低温型
1	型号	√	√
2	名称	√	√
3	额定电压/V；相数；频率/Hz	√	√
4	纯电模式-名义制热量/kW	√	√
5	纯电模式-名义制热消耗功率/kW	√	√
6	纯电模式-名义制热性能系数（COP <sub>h</sub> ）	√	√
7	纯电模式-名义制冷量/kW	△	△
8	纯电模式-名义制冷消耗功率/kW	△	△
9	纯电模式-名义制冷性能系数（COP <sub>c</sub> ）	△	△
10	纯电模式-低温制热量/kW	-	√
11	纯电模式-低温制热消耗功率/kW	-	√
12	纯电模式-低温制热性能系数（COP <sub>dh</sub> ）	-	√
13	纯电模式-制热季节性能系数（HSPF）	△	△
14	纯气模式-名义制热能源利用效率（MUE）	√	√
15	气电模式-名义制热能源利用效率（MUE）	√	√
16	气电模式-低温制热能源利用效率（MUE <sub>dh</sub> ）	√	√
17	适用燃气种类及额定压力	√	√
18	最大运行电流/A	√	√
19	水侧阻力/kPa	√	√
20	噪声（声压级） <sup>a</sup>	√	√
21	制冷剂代号及充注量/kg	√	√
22	机组外形尺寸/mm	√	√
23	机组总质量/kg	√	√
24	制造商名称和商标	√	√
25	制造年月及产品编号	√	√
26	机组型式 <sup>b</sup>	√	√
注：“√”表示必备；“△”表示可选；“—”表示不需要。			
<sup>a</sup> 单热型机组噪声（声压级）只标注名义制热工况下的噪声（声压级），冷热型机组噪声（声压级）既要标注名义制冷工况也要标注名义制热工况下的噪声（声压级）。			
<sup>b</sup> 指按匹配末端划分的机组型式。			

8.1.2 机组相关部位上应设有运行状态的标志（如转向、水流方向、指示仪表以及各控制按钮等）和安全标识（如接地装置、警告标识等）。

8.1.3 机组应在相应的地方标明（如产品说明书、铭牌等）执行标准的编号。

8.1.4 若机组使用了可燃性制冷剂，则应按照 GB 2894-2008 中 2-2 警示符号“当心火灾”的颜色和样式在机组的显著位置上进行永久性标示，标示符号的垂直高度应不小于 30mm。

## 8.2 包装

8.2.1 机组在包装前应进行清洁处理，各部件应清洁、干燥，易锈部件应涂防锈剂。

8.2.2 机组应外套塑料罩或防潮纸并应固定在包装箱内，其包装应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.3 包装内应附随机文件，随机文件包括产品合格证、产品说明书和装箱单等。

产品合格证的内容应包括：

- 产品型号和名称；
- 产品出厂编号；
- 制造商名称；
- 检验结论；
- 检验员、检验负责人签章及日期。

产品说明书的内容应包括：

——产品型号和名称、工作原理、适用范围、执行标准、主要技术参数（除铭牌标示的主要技术性能参数外，还应包括冷（热）水侧压力损失、辅助电加热功率，循环水泵的扬程、流量及功率、最大运行电流等）；

- 产品的结构示意图、系统图、电气原理图及接线图；
- 安装说明和要求（对于使用可燃性制冷剂的机组的安装应符合 GB/T 9237 的规定）；
- 使用说明、维护保养和注意事项（对于使用可燃性制冷剂的机组的维修和保养除满足 GB/T 9237 的要求外还应符合 GB 4706.32-2012 中附录 DD 的规定）。

### 8.3 运输和贮存

8.3.1 机组在运输和贮存过程中不应碰撞、倾斜或遭受雨雪淋袭。

8.3.2 机组出厂前应充入或保持规定的制冷剂量，或充入 0.02MPa~0.3MPa（表压）的干燥氮气。

8.3.3 产品应贮存在干燥的通风良好的场所中，并注意电气系统的防潮。

## 附 录 A (规范性) 运行性能评价指标检测与计算方法

### A.1 检测方法一般规定

机组运行性能的检测应遵循以下规定，确保数据测量的准确性和一致性。

#### A.1.1 热泵单元参数检测

空气源热泵单元的相关参数，包括但不限于：室内外温湿度、系统循环水流量、热源侧进出风/水温、使用侧进出水温、系统制热/制冷量、机组及其辅助设备（如循环水泵、风机）消耗的电量等，其检测方法应按照 DB11/T 1382 或 GB/T 10870 中的相关规定执行。

#### A.1.2 燃气锅炉单元参数检测

燃气锅炉单元的相关参数，应至少包括：

燃气消耗量：使用精度符合要求的燃气流量计进行测量。

燃气压力：在锅炉进口处测量，压力表精度等级不低于 1.6 级。

燃气热值：采用实际燃气的低位热值，可通过气质报告获取或使用气相色谱仪等设备测量。

烟气参数：包括排烟温度、烟气中 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>和 CO 含量等，其测量方法应按照 GB 18111 或 GB 25034 中的相关规定执行。

输入热负荷与输出制热量：通过燃气消耗量、燃气热值及锅炉热效率计算得出，或通过测量水侧温升和流量按公式计算，具体方法应按照 GB 18111 或 GB 25034 中的相关规定执行。

#### A.1.3 系统整体参数检测

机组作为整体系统的参数，包括：

系统总制热量：通过在机组总出水口和回水口处测量水温差及系统总循环水流量进行计算。

系统总输入能源功率：为热泵单元总耗电功率与燃气锅炉单元输入热负荷之和。

### A.2 机组名义制热能源利用效率运行性能评价指标计算方法

机组的名义制热能源利用效率（MUE）按公式（A.1）计算。该指标表示在规定的运行时间内，机组输出的总热量与输入总能源功率之比。输入总能源功率为空气源热泵消耗的电功率与燃气锅炉输入热负荷乘以燃气发电效率之和。

$$MUE = Q_H / (P_{ele} + Q_{gas} \times \eta_p) \quad (A.1)$$

$Q_H$ ：机组在规定运行时间内输出的总热量，kW；

$P_{ele}$ ：机组输入总电功率，kW；

$Q_{gas}$ ：燃气锅炉输入热负荷，kW；

$\eta_p$ ：燃气发电效率，为一个约定的折算系数，用于将燃气热负荷统一折算至等效电功率进行计算。本标准中，该系数取值为 0.40。

---

注 1: 计算时, 应确保  $Q_H$ 、 $P_{ele}$  和  $Q_{gas}$  为同一规定运行时间内的累计值。

注 2: 燃气发电效率  $\eta_p$  的取值是基于燃气内燃机发电的一个典型值, 用于能源综合利用率的公平对比, 并不代表特定电厂的实际效率。

## 附 录 B (资料性) 机组气电切换控制策略示例

### B.1 总则

本附录为标准正文中 5.3.2 “气电自动切换”功能提供几种常见的控制策略示例，以供制造商、用户和检测机构参考。实际产品的控制逻辑可基于但不限于此。

### B.2 气电切换关键参数

#### B.2.1 环境温度

环境温度对空气源热泵的性能有显著影响。空气源热泵在低环境温度下制热能力衰减，制热性能系数降低，单位电力制热成本增大。

#### B.2.2 气电价比

天然气能源和电力能源价格差异极大程度地影响了机组的运行成本，需要根据不同区域以及不同时刻的能源价格决定机组的运行方式以获取最低的综合运行成本。

#### B.2.3 制热成本比值

制热成本比值为燃气单位制热成本与电力单位制热成本之比，根据式(B.1)计算。根据制热成本比值可以判断燃气与电力单位制热成本高低，以切换更加经济的运行方式。

$$\lambda = \frac{LHV \times \eta \times \alpha}{COP} \quad (B.1)$$

式中：

$\lambda$ ——制热成本比值；

LHV——天然气低位热值（MJ/Nm<sup>3</sup>），根据机组实际使用的天然气成分确定，常见数值为 36 MJ/Nm<sup>3</sup>；

$\eta$ ——燃气锅炉热效率，可从实际采用的燃气炉规格参数表中获取，常见数值为 90%；

$\alpha$ ——气电价比，元/方天然气与元/度电的比值；

COP——空气源热泵的性能系数；

### B.3 气电切换控制策略示例

图 B.1 为气电切换控制逻辑示例。通过读取设备检测的环境温度、机组设定的出水温度以及控制平台设置的对应时间段的气电价比，经公式（A.1）可计算得到制热成本比值。当 $\lambda \geq 1$ 时，说明电力制热成本更低，此时热泵单元优先，燃气单元为从机，且排序在所有热泵单元后面。启动热泵单元主机，判定设定出水温度与实际出水温度的偏差值，根据偏差值判定设备开启情况，直至机组出水温度稳定在设定温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。当 $\lambda < 1$ 时，说明燃气制热成本

更低，此时燃气单元优先，热泵单元为从机，且排序在所有燃气单元后面。启动燃气单元主机，同样通过判定出水温度与实际出水温度的偏差值确定机组运行方式直至水温稳定。

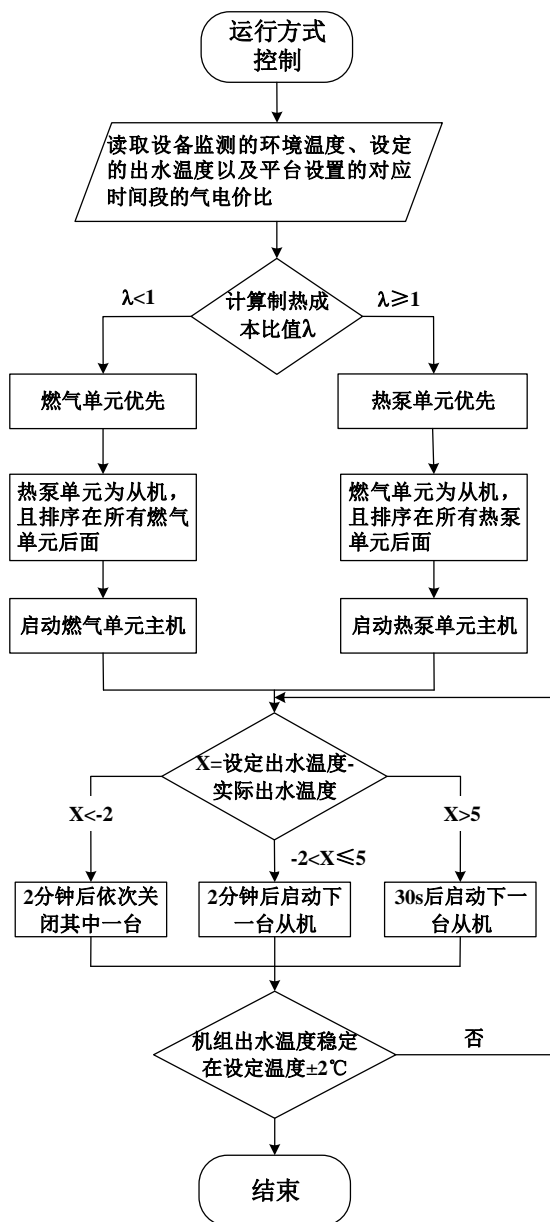


图 B.1 气电切换控制逻辑示例图

## 附 录 C (规范性) 机组不同运行模式下的性能与功能试验方法

### C.1 范围

本附录规定了燃气锅炉与热泵耦合供热机组（以下简称“机组”）在动态、变工况及模式切换过程中的综合性能、控制策略有效性及系统稳定性的专项试验方法。它侧重于评估能源耦合与智能控制的协同效果，是对本标准第 6 章试验方法的补充和深化。

### C.2 试验条件

#### C.2.1 环境条件

试验应在标准规定的名义工况、低温工况（如适用）及其他相关工况（见表 1）下进行。环境实验室的条件应能稳定维持在规定工况的允许偏差范围内。

#### C.2.2 试样与安装

被试机组应按制造商规定及本标准 6.2 的要求进行安装，并包含其正常运行所必需的全部附件、管路及智能控制系统。

#### C.2.3 测量仪器

测量仪器的准确度及测量规定应符合本标准 6.1 的要求。

### C.3 试验项目与方法

#### C.3.1 多模式协同性能图谱测试

##### C.3.1.1 试验目的

绘制机组在不同环境温度、不同气电输出比例下的名义制热能源利用效率图谱，全面评估其耦合性能优势。

##### C.3.1.2 试验方法

在名义制热工况和低温制热工况下，固定环境温度。通过调节控制系统，使机组运行在不同的燃气和热泵制热比例。在每个稳定比例点，测量并记录总制热量、热泵耗电量、燃气输入热负荷。计算每个比例点下的名义制热能源利用效率，并绘制“MUE-气电制热比例”关系曲线。

##### C.3.1.3 结果评定

报告应包含上述关系曲线，并分析在何种配比下系统能效最优，验证其智能分配逻辑的能效基础。

#### C.3.2 动态负荷响应与模式切换验证

##### C.3.2.1 试验目的

验证机组在面临剧烈负荷变化时，模式切换的平滑性、响应速度及系统稳定性。

##### C.3.2.2 试验方法

在名义制热工况下，机组以纯电模式启动运行。在运行稳定后，阶跃式地大幅提高系统负荷（如提高设定出水温度）。记录从负荷变化开始，到热泵单元达到最大能力，再到燃气锅炉自动启动并参与供热，直至系统重新达到稳定状态的全过程。

关键记录参数：系统出水温度变化曲线、热泵功率变化、燃气阀开启信号、模式切换时间、系统压力波动。

### C.3.2.3 结果评定

- a) 模式切换过程应平稳、无剧烈的水温或压力震荡。
- b) 从负荷变化到系统基本稳定所需时间应符合制造商明示值。
- c) 不应有任何安全保护装置误动作。

## C.3.3 基于气电价比的动态优化运行试验

### C.3.3.1 试验目的

验证机组能否根据实时气电价比，自动选择并切换至运行成本最低的模式。

### C.3.3.2 试验方法

在控制系统中预设几组不同的气电价比，在每种气电价比设置下，让机组在自动运行模式下启动。观察并记录机组最终自主选择的稳态运行模式（纯电、纯气或气电）。验证其选择结果是否符合附录 B 中所述的成本最优原则。

### C.2.2 结果评定

机组的模式选择策略应与预设的气电价比优化目标一致。

## C.3.4 耦合系统极限工况下的安全与冗余测试

### C.3.4.1 试验目的

测试在单一单元故障时，耦合系统的故障应对能力和供暖冗余性。

### C.3.4.2 试验方法

机组运行在气电模式下。模拟热泵单元/燃气单元突发故障。记录控制系统检测到故障的时间、切换至纯气/纯电模式的时间，以及在此过程中，系统出水温度的最大降幅和恢复时间。同理，可测试纯气模式下模拟燃气锅炉故障，系统是否具备相应的应对策略。

### C.3.4.3 结果评定

系统应能快速识别故障，无危险状况发生，并能平稳切换至可行的备用模式，保证基本供暖不中断。

### C.3.4.3 试验结果评定

试验报告除常规数据外，应重点分析与评价：a) 耦合系统在不同工况和不同能源配比下的能效特性；b) 动态切换过程中的系统稳定性和控制品质；c) 智能控制策略（成本优化、故障应对）的实际效果与可靠性；d) 最终给出关于机组“耦合”与“智能”水平综合性结论。

## 《燃气锅炉与热泵耦合供热机组》编制说明

### 1 工作简况

#### 1.1 任务来源

本标准《燃气锅炉与热泵耦合供热机组》的编制任务，源于我国深入推进能源转型、落实“碳达峰、碳中和”战略目标的宏观背景，以及寒冷、严寒地区冬季清洁供暖领域存在的具体技术挑战与市场需求。为有效解决单一空气源热泵在超低温环境下制热能力衰减、运行效率下降等行业共性难题，推动气电互补高效供暖技术的规范化应用，由行业领先的制造企业、科研高校及行业协会共同提议，经相关标准化技术组织论证与立项，正式确立了本团体标准的编制任务。

任务的提出直接响应了国家关于构建清洁低碳、安全高效能源体系，以及大力发展绿色低碳产业的政策导向。当前，市场上燃气与电力协同驱动的复合式供暖机组技术发展迅速，但缺乏统一的产品技术规范与性能评价标准，导致产品质量参差不齐、性能宣称混乱，不仅影响了用户权益和市场的健康发展，也制约了该先进技术在降低建筑能耗与减少污染物排放方面潜在效益的充分发挥。

因此，本标准的编制旨在通过确立统一的技术要求、性能指标和测试方法，填补该细分领域标准空白，引导产品研发与制造，规范市场秩序，促进技术创新与优化，从而确保气电互补热泵机组能够在确保供暖可靠性的前提下，实现能效提升、运行成本降低与减排效益最大化，切实支撑国家节能减排、清洁供暖与电网柔性调节能力的提升。本编制任务的核心目标是形成一份兼具前瞻性、科学性和可操作性的技术标准，为产品的设计、生产、检测、认证及应用提供权威依据，助力行业高质量发展。综上所述，制定《燃气锅炉与热泵耦合供热机组》团体标准，是规范新兴市场、保障产品性能与用户权益、加速先进低碳技术落地应用、切实降低能源消耗与环境污染、支撑国家能源与环保政策的必要且紧迫的基础性工作。

2025年10月，中国制冷空调工业协会正式下发《关于发布2025年度第六批三项协会标准制定计划的通知》（中国冷协【2025】109号），将其列入2025年度团体标准编制计划。

#### 1.2 参编单位

深圳市燃气集团股份有限公司、深圳市深燃清洁能源有限公司、北京科技大学、合肥通用机电产品检测院有限公司、广东为之优科技有限公司、上海工业锅炉研究所有限公司等。

#### 1.3 主要工作过程

协会批复意见下达后，在协会指导下，组成了规范编写领导小组、编写工作办公室和由相关企业组成的编写小组。先后召开了两次编写工作会议，逐步明确了编写工作的指导思想、编写大纲、编写工作方式和工作进度等原则问题。在编写工作进程中，及时交流编写工作情况。总体工作进展情况如下：制定编写大纲；各编写小组按照大纲要求完成分系统的规范草

稿；经对规范草稿汇总并提出修改意见后发各编写小组修改；收集各小组修改意见后形成汇总稿草稿；汇总草稿再次征求小组意见和修改后，完成规范征求意见稿及相应编制说明。

2025年8月，深圳市燃气集团股份有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司等共同确定课题，并联合组建标准工作组，对国内外相关产品的现状及发展情况进行了全面调研，广泛搜集和检索国内外相关产品的技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作。

2025年9月，完成标准初稿编写，提交中国制冷空调工业协会申请立项。

2025年10月，中国制冷空调工业协会正式批准该项目立项。

2025年10月，标准编制组组织召开了第一次标准讨论会，会中各位专家各抒己见，青岛海信日立空调系统有限公司标准起草小组对各位专家的意见进行解答及回复并根据讨论结果形成标准修改稿。会后，标准编制组对标准进行修改完善。

2025年11月，标准编制组组织召开了第二次标准讨论会，会上讨论了标准内容。

2025年11月，通过多轮小组讨论的形式，标准编制组对标准内容修改完善。

2025年12月，标准编制组完成标准征求意见稿编写，将标准征求意见稿和编制说明提交到中国制冷空调工业协会。

## 2 本规范制定原则

(1) 原则性：根据《中华人民共和国标准化法》、《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1—2020进行编制。

(2) 适应性：从用户的实际需求出发，提供了燃气锅炉与热泵耦合供热机组测试及评价依据，可以引导行业进行科学评价，推动整个产业的健康发展。

(3) 先进性：采用了名义制热能源利用效率以及综合制热季节性能系数等先进的能效评价方法。

## 3 主要内容说明

本标准规定了燃气锅炉与热泵耦合供热机组测试及评价方法。

本标准适用于同时集成电力驱动空气源热泵与燃气锅炉（具备气电智能互补运行功能：支持纯电、纯气、气电互补模式），并利用燃气锅炉烟气余热（如化霜预热）的供暖机组。

## 二、主要技术内容

### 1) 范围

主要阐明制订本标准适用范围。

### 2) 规范性引用文件

给出本规范条文中提及的相关标准名称与编号。

### 3) 术语与定义

给出与本规范内容相关的术语与定义。一般通用性术语与定义不列入。

### 4) 型式与基本参数

给出机组的基本型式和主要参数。

## 5) 技术要求

明确密封性能和强度要求、性能要求等。

## 6) 试验方法

给出试验和计算方法。

## 7) 检验规则

给出出厂检验、抽样检验和型式检验的检验项目、技术要求和试验方法。

## 8) 标志、包装、运输和贮存

## 4 与国际或国外标准水平对比情况

国内外目前还没有针对燃气锅炉与热泵耦合供热机组的标准，因此不做标准水平对比。

## 5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范在编制中遵循现行法律、法规和强制性国家标准，不存在相互冲突条款。

## 6 规范性引用文件

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 Ka:盐雾

GB 2894-2008 安全标志及其使用导则

GB/T 3785 （所有部分） 电声学声级计

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB 4706.1-2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求

GB 4706.32-2012 家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9237 制冷系统及热泵安全与环境要求

GB/T 10870-2014 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求

JB/T 4330-1999 制冷和空调设备噪声的测定

GB 19577-2024 热泵和冷水机组能效限定值及能效等级

GB/T 18340.1 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组

GB/T 25127.1-2020 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 18111-2021 燃气容积式热水器

GB/T 13611 城镇燃气分类和基本特性

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

《燃气锅炉与热泵耦合供热机组》编制组

2025年12月

