



中华人民共和国国家标准

GB/T 45650—2025

二氧化碳空气源热泵机组

Air source heat pump packages with carbon dioxide as refrigerants

2025-04-25 发布

2025-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 型式与基本参数	2
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	16
附录 A (规范性) 二氧化碳空气源热泵机组制热量的试验和计算方法	19
附录 B (规范性) 蒸汽型机组试验方法	22
附录 C (规范性) 采暖热水型机组制热季节性能系数试验和计算方法	24
附录 D (规范性) 生活或工业(商业)热水型机组全年制热性能系数试验和计算方法	31
参考文献	36

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国冷冻空调设备标准化技术委员会(SAC/TC 238)归口。

本文件起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、清华大学、合肥通用机械研究院有限公司、启迪瑞景能源环境科学研究院(北京)有限公司、黑龙江爱科德科技有限公司、重庆美的通用制冷设备有限公司、北京大学、宁波美科二氧化碳热泵技术有限公司、福建雪人集团股份有限公司、江苏苏净集团有限公司、青岛海尔空调器有限公司、天津大学、青岛海信日立空调系统有限公司、比泽尔制冷技术(中国)有限公司、广东美的制冷设备有限公司、电装(中国)投资有限公司上海技术中心、青岛海尔开利冷冻设备有限公司、同方智慧能源有限责任公司、海信空调有限公司、济南工达捷能科技发展有限公司、日出东方控股股份有限公司、陕西一德新能源科技有限公司、广东芬尼克兹节能设备有限公司、港能科技(无锡)有限公司、广东纽恩泰新能源科技股份有限公司、中建三局安装工程有限公司、浙江正理生能科技有限公司、中节能城市节能研究院有限公司、台佳空调系统(江苏)有限公司、杭州温格科技有限公司、无锡同方人工环境有限公司、山东天罡能源科技有限公司、浙江科贸实业有限公司、杭州大湛机电科技有限公司、澳克莱环境科技股份有限公司、深圳市中宏低碳建筑科技有限公司、美瑞环境科技(苏州)有限公司、中国科学院理化技术研究所、中国建筑西北设计研究院有限公司、西安交通大学、天津商业大学、北京理工大学、中国特种设备检测研究院、中国标准化研究院、中国制冷空调工业协会、华中科技大学、合肥通用机电产品检测院有限公司、上海交通大学、国机通用机械科技股份有限公司、建科环能科技有限公司、中国节能协会、住房和城乡建设部科技与产业化发展中心、安徽工业大学。

本文件主要起草人：路宾、姜培学、徐伟、史琳、李效禹、周坤、祝银海、韩兴旺、颜利波、路加、姚建钢、张信荣、潘浩、安青松、张文强、王飞、周宏亮、李聪慧、田健、袁静、别清峰、张振涛、尹亚领、王长林、雷朋飞、曹锋、赵密升、姜玉雁、黄奕萌、毛显君、何辉、赵李曼、孙斌、蒙少锋、王汝金、何铭、刘伟、黄国华、史阳、邵英、熊丹、徐德峰、李敏霞、徐新华、代宝民、王振川、牛晓文、孔令博、刘晓红、陈雷昕、赵民、余偲、张欢、杜玉吉、郑明宇、赵恒谊、陈培譞、胡斌、唐亮亮、王选、杨强、曾勃、庄勇、孟杰、梁传志、阳春、王栋、唐峰、王天生、马骊。

二氧化碳空气源热泵机组

1 范围

本文件规定了二氧化碳空气源热泵机组的型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存的要求。

本文件适用于以空气为热源,以二氧化碳为制冷剂,通过与空气换热来制取采暖热水、生活热水、工业(商业)热水或制取蒸汽的热泵机组的设计、制造和检验。



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/T 150.4—2024 压力容器 第4部分:制造、检验和验收
- GB/T 1576—2018 工业锅炉水质
- GB/T 2423.17 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 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- 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 9068—1988 采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定 工程法
- 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 18430.1—2024 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 25131—2010 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组 安全要求
- GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
- GB/T 29044 采暖空调系统水质
- JB/T 7249 制冷与空调设备 术语
- TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

JB/T 7249 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二氧化碳空气源热泵机组 air source heat pump packages with carbon dioxide as refrigerants

以二氧化碳为制冷剂与空气换热的制取采暖热水、生活热水、工(商)业热水或制取蒸汽的空气源热泵机组。

3.2

制热性能系数 coefficient of performance for heating

COP

在规定的制热能力试验条件下,机组制热量与机组制热消耗的总功率之比。

注1: 单位为千瓦每千瓦(kW/kW),且保留2位小数(作为过程参数时至少保留3位小数)。

注2: 名义工况、低温工况制热性能系数分别用COP_n和COP_{lb}来表示。

3.3

单位产汽量耗电量 unit steam production power consumption

SP

在规定的工况条件下,二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组制取单位蒸汽量的总耗电量。

注: 单位为千瓦时每吨(kW·h/t)。

3.4

制热季节性能系数 heating seasonal performance factor

HSPF

在制热季节中,制取采暖热水型机组向室内送入的热量总和与消耗的电量总和之比。

注: 单位为千瓦时每千瓦时[kW·h/(kW·h)]。

3.5

全年制热性能系数 annual heat performance factor

AHPF

制取生活或工业(商业)热水型机组全年提供给被加热水的热量总和与同期间内消耗的电量总和之比。

注: 单位为千瓦时每千瓦时[kW·h/(kW·h)]。

3.6

制热工况热力学完善度 thermodynamic perfectibility on heating condition

设备在制热工况下运行的实测COP_r与此工况下的逆卡诺循环效率COP_e的比值。

3.7

制热季节总负荷 heating seasonal total load

HSTL

在制热季节中,机组制热运行时向建筑物室内送入的热量总和。

注: 单位为瓦时(W·h)。

3.8

制热季节耗电量 heating seasonal total energy

HSTE

在制热季节中,机组制热运行时所消耗的电量总和。

注: 单位为瓦时(W·h)。



4 型式与基本参数

4.1 型式

4.1.1 按二氧化碳空气源热泵机组(以下简称“机组”)的电源型式分为:

——单相电源型式(220 V/50 Hz);

——三相电源型式(380 V/50 Hz)。

4.1.2 按机组结构型式分为：

- 整体式；
- 分体式。

4.1.3 按机组用途分为：

- 户用；
- 工业或商业用。

4.1.4 按机组功能分为：

- 采暖热水型；
- 生活或工业(商业)热水型；
- 蒸汽型。

4.1.5 采暖热水型机组与生活或工业(商业)热水型机组按适用环境温度分为：

- 低环境温度型；
- 超低环境温度型。

4.2 型号

机组型号的编制方法可由制造商自行确定,但型号中应体现机组名义工况下的制热量。

4.3 基本参数

4.3.1 机组的电源为额定电压 220 V 或 380 V,额定频率 50 Hz;有特殊要求的应明示。

4.3.2 机组在下列条件下应能正常工作：

- 采暖热水型机组：低环境温度型机组适用的环境温度范围为 $-25^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$,超低环境温度型机组适用的环境温度范围为 $-35^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ ；
- 生活或工业(商业)热水型机组：低环境温度型机组适用的环境温度范围为 $-25^{\circ}\text{C} \sim 43^{\circ}\text{C}$,超低环境温度型机组适用的环境温度范围为 $-35^{\circ}\text{C} \sim 43^{\circ}\text{C}$ ；
- 蒸汽型机组：适用的环境温度范围为 $-25^{\circ}\text{C} \sim 43^{\circ}\text{C}$ 。

4.3.3 机组的一般性能试验工况参数见表 1、表 2 和表 3。

表 1 采暖热水型机组一般性能试验的标准工况

单位为摄氏度

测试工况		热源侧入口空气状态		使用侧	
		干球温度	湿球温度	进口温度	出口温度
名义工况	低环境温度型	-12	-13.5	40	60
	超低环境温度型	-25	—	40	60
低温工况	低环境温度型	-25	—	40	60
	超低环境温度型	-35	—	40	60
融霜	低环境温度型/超低环境温度型	2	1	40	60

表 2 生活或工业(商业)热水型机组一般性能试验的标准工况

单位为摄氏度

工况类型		热源侧		使用侧		
		干球温度	湿球温度	进水温度	出水温度	
高温工况	低环境温度型	27	19	19	55 ^a	
					85 ^b	
常温工况	低环境温度型/超低环境温度型	20	15	15	55 ^a	
					85 ^b	
名义工况	低环境温度型	7	6	9	55 ^a	
					85 ^b	
	超低环境温度型	-7	-8		55 ^a	
					85 ^b	
低温工况	低环境温度型	-7	-8		55 ^a	
					85 ^b	
	超低环境温度型	-25	—		55 ^a	
					85 ^b	
超低温工况	低环境温度型	-25	—	9	55 ^a	
					85 ^b	
	超低环境温度型	-35	—		55 ^a	
					85 ^b	
融霜	低环境温度型/超低环境温度型	2	1	9	55	

^a 户用热水型机组出水温度。

^b 工业或商业用热水型机组出水温度。

表 3 蒸汽型机组一般性能试验的标准工况

单位为摄氏度

工况类型	热源侧		使用侧温度	
	干球温度	湿球温度	进水温度	出口蒸汽饱和温度
名义工况	20	15	25	120
高温工况	27	19	19	
低温工况	-7	-8	9	
超低温工况	-25	—	9	
融霜	2	1	9	

注：使用侧出口蒸汽为饱和蒸汽或过热蒸汽。

4.3.4 特定用途机组的名义工况和运行范围可由制造商与用户协商确定,但应在铭牌和使用说明书中明确标注。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 机组应符合本文件的规定，并按经规定程序批准的图样和技术条件（或按用户和制造商的协议）制造。
- 5.1.2 机组除应配置所有制热系统组件外，一般还可包括热水循环水泵、管路、辅助防冻保护装置（不以供热为目的，仅为避免机组被冻坏而设置的装置）和附件。热水循环水泵的流量和扬程应保证机组的正常工作。
- 5.1.3 机组的黑色金属制件表面应进行防锈蚀处理。
- 5.1.4 机组电镀件表面应光滑，色泽均匀，不应有剥落、露底、针孔、明显的花斑和划伤等缺陷。
- 5.1.5 机组涂装件表面应平整，涂布及色泽均匀，不应有明显的气泡、流痕、皱纹等瑕疵或损伤，也不应有漏涂、底漆外露等情况。
- 5.1.6 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。
- 5.1.7 机组电镀件应具有耐腐蚀性，经 6.3.8 的盐雾试验后金属镀层上的每个锈点或锈迹面积应不超过 1 mm^2 ，每 100 cm^2 试件镀层应不超过 2 个锈点或锈迹，小于 100 cm^2 时不应有锈点或锈迹。
- 5.1.8 机组涂装件的涂层应具有良好的附着力。经 6.3.9 的涂层附着力试验后，其结果应不大于 0.30。
- 5.1.9 机组的零部件和材料应能满足使用性能的要求。
- 5.1.10 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。
- 5.1.11 机组各零部件的安装应牢固、可靠，压缩机应具有防振动措施。
- 5.1.12 机组的隔热层应隔热性能良好，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。
- 5.1.13 机组应配置二氧化碳安全泄压装置，且在使用和贮存时的静置状态下二氧化碳管路不应产生泄压。

5.2 安全要求

- 5.2.1 机组的电气控制应包括对压缩机、循环水泵、风机、节流装置和电磁阀等的控制，一般还应具有电机过载保护、相序保护（三相电机组）、水系统断流保护、防冻保护、漏电保护、系统高低压保护、泄压保护、高温保护等功能或器件。
- 5.2.2 机组中零部件属于压力容器的，应按 TSG 21 规定执行。
- 5.2.3 机组的控制系统硬件中有害物质含量应符合 GB/T 26572 的规定。
- 5.2.4 机组的安全与环境要求应符合 GB/T 9237 的规定。

5.3 耐压要求

- 5.3.1 二氧化碳回路应具有足够的强度，按照 6.3.1.1 进行压力试验时，系统各部位及接头处应无异常变形和介质泄漏。
- 5.3.2 其他循环回路应具有足够的强度，按照 6.3.1.2 进行压力试验时，系统各部位及接头处应无异常变形和介质泄漏。

5.4 密封要求

- 机组的制冷系统管路应具有良好的密封性能，按 6.3.2 进行气密性试验时，系统各部分不应有泄漏。

5.5 真空要求

按 6.3.3 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 133 Pa。

5.6 运转试验

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。

5.7 性能要求

5.7.1 名义制热量

按 6.3.4 中相应机组的方法试验时,机组的实测制热量应不小于名义制热量明示值的 95%。

5.7.2 名义制热消耗功率

按 6.3.4 中相应机组的方法试验时,机组的实测制热消耗功率应不大于名义制热消耗功率明示值的 110%。

5.7.3 低温制热量

按 6.3.4.1.2 规定的方法试验时,机组的实测制热量应不小于低温制热量明示值的 95%。

5.7.4 低温制热消耗功率

按 6.3.4.1.2 规定的方法试验时,机组的实测制热消耗功率应不大于低温制热消耗功率明示值的 110%。

5.7.5 超低温制热量

按 6.3.4 中相应机组的方法试验时,机组的实测制热量应不小于超低温制热量明示值的 95%。

5.7.6 超低温制热消耗功率

按 6.3.4 的相应机组方法试验时,机组的实测制热消耗功率应不大于超低温制热消耗功率明示值的 110%。

5.7.7 单位产汽量耗电量

按 6.3.4.3 的方法试验时,蒸汽型机组的实测单位产汽量耗电量应不大于表 4 的规定。

表 4 蒸汽型机组单位产汽量耗电量

工况类型	单位为千瓦时每吨
名义工况	500

5.7.8 融霜

按 6.3.4.4 的方法试验时,机组满足以下要求:

- a) 安全保护元器件不应动作而停止运行;
- b) 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;

- c) 融霜总时间不应超过试验总时长的 20%，有两个以上独立制冷系统的机组，各系统融霜总时间不应超过各系统试验总时长的 20%；
- d) 机组融霜不宜采用电热管、电热带等直热式融霜方式。

5.7.9 性能系数

5.7.9.1 名义制热性能系数

按 6.3.4.5 的方法试验时，机组名义制热性能系数应不低于表 5 的规定，且不低于明示值的 95%，其值保留两位小数。

5.7.9.2 低温制热性能系数

按 6.3.4.5 的方法试验时，机组低温制热性能系数应不低于表 5 的规定，且不低于明示值的 95%，其值保留两位小数。

5.7.9.3 制热季节性能系数



按 6.3.4.5 的方法试验，机组制热季节性能系数应不低于表 5 的规定，且不低于明示值的 95%，其值保留两位小数。

5.7.9.4 全年制热性能系数(AHPF)

按 6.3.4.5 的方法试验时，机组全年制热性能系数应不低于表 5 的规定，且不低于明示值的 95%，其值保留两位小数。

表 5 制热性能系数

机组型式		名义工况性能系数(COP _h)	低温工况性能系数(COP _{lh})	制热季节性能系数(HSPF)	全年制热性能系数(AHPF)
采暖热水型机组	低环境温度型	2.50	2.20	2.70	—
	超低环境温度型	2.20	1.70	2.30	—
生活或工业(商业)热水型机组	出水温度 55 ℃	低环境温度型	3.20	—	3.10
		超低环境温度型	2.70	—	2.70
	出水温度 85 ℃	低环境温度型	2.90	—	—
		超低环境温度型	2.30	—	—
蒸汽型机组		1.50	—	—	—

5.7.10 使用侧压力要求

按 6.3.4.6 的方法试验时，采暖热水型机组和生活或工业(商业)热水型机组的水侧压力损失应不大于明示值的 115%；蒸汽型机组的蒸汽出口压力应不小于明示值的 95%。

5.7.11 热力学完善度

按附录 A 中 A.3 的方法试验和计算时，采暖热水型机组、生活或工业(商业)热水型机组的名义工况热力学完善度数值应不小于明示值的 95%。

5.7.12 噪声和振动

5.7.12.1 噪声

按 6.3.5.1 的方法测量噪声,其实测值应不高于表 6 规定的限值,且不高于明示值 +2 dB(A)[机组的明示值 +2 dB(A) 小于表 6 规定的限值]。

表 6 机组制热噪声限定值(声压级)

名义制热量 kW	噪声限定值(声压级) dB(A)
≤5.7	60
>5.7~11.4	62
>11.4~22.5	64
>22.5~35.0	66
>35.0~400.0	77
>400.0	80 ^a

^a 或按制造商与用户的协议执行。

5.7.12.2 振动

按 6.3.5.2 的方法进行振动测量,其各位置的振动参数实测值应不大于机组的明示值。

5.8 电气安全性能

5.8.1 绝缘电阻

机组带电部件和易触及的金属部件之间的绝缘电阻值应符合 GB 25131—2010 中 4.4.2 的规定。

5.8.2 电气强度

机组按 6.3.7.2 的规定进行电气强度试验时,不应发生击穿和闪络现象。

5.8.3 接地装置

5.8.3.1 机组应具有永久可靠的保护接地装置,机组上可导电的电气设备、电气控制柜的外壳、可导电的机械部件均应与接地装置可靠连接。保护接地电路应符合 GB/T 5226.1—2019 中 8.2 的规定。

5.8.3.2 机组的保护接地端子和接地点应符合 GB/T 18430.1—2024 中 5.13.3.2 的要求。

5.8.3.3 当机组安装及电气连接完成时,应通过回路阻抗测试检验保护接地电路的连续性。测试按 6.3.7.3 的规定进行,接地端子和各测试点间的实测电压降应不超过表 7 的规定值。

表 7 接地端子与测点间实测电压降限值

被测保护导线支路最小有效截面积 mm ²	最大的实测电压降(对应测试电流为 10 A 的值) V
1.0	3.3
1.5	2.6

表 7 接地端子与测点间实测电压降限值(续)

被测保护导线支路最小有效截面积 mm ²	最大的实测电压降(对应测试电流为 10 A 的值) V
2.5	1.9
4.0	1.4
>6.0	1.0

5.9 变工况性能

机组变工况性能温度条件见表 8,按 6.3.11 规定的试验方法进行试验并绘制变工况性能曲线图或表。

表 8 变工况性能温度条件

机组类型		使用侧出口温度	热源侧干球温度
采暖热水型机组	低环境温度型	25 ℃~60 ℃	-25 ℃以上
	超低环境温度型		-35 ℃以上
生活或工业 (商业) 热水型机组	出水温度 55 ℃	低环境温度型	-25 ℃以上
		超低环境温度型	-35 ℃以上
	出水温度 85 ℃	低环境温度型	-25 ℃以上
		超低环境温度型	-35 ℃以上
蒸汽型机组		105 ℃~120 ℃	-25 ℃以上

5.10 防护等级

机组室外部分的防护等级至少应达到 GB/T 4208—2017 中规定的 IPX4。对机组进行溅水试验后,其绝缘电阻和电气强度仍应符合 5.8.1 和 5.8.2 的规定。

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、仪表的型式及准确度按表 9 的规定并经校准或检定合格。温度和压力等易受现场接线或安装影响的仪器、仪表,宜在测量现场对传感器、二次仪表和软件等进行整体校准。

表 9 试验用仪器仪表的型式及准确度

类别	型式	准确度
温度	水银玻璃温度计、电阻温度计	制冷剂温度:±0.1 ℃ 水温及水温温差:±0.1 ℃ 空气温度:±0.1 ℃
流量	记录式、指示式、积算式	测量流量的±1.0%

表 9 试验用仪器仪表的型式及准确度(续)

类别	型式	准确度
蒸汽压力	压力表、变送器	测量压力的±1.6%
相对湿度	电阻式、电容式等	测量相对湿度的±5%
电量	功率表(指示式、积算式)、数字功率计、电流表、电压表、功率因素表、频率表、互感器	指示式功率表不低于0.5级精度； 积算式功率表不低于1.0级精度； 数字功率计：±0.2%量程； 电流表、电压表、功率因素表、频率表不低于0.5级精度； 互感器不低于0.2级精度
质量	制冷剂质量	测定质量的±1.0%
大气压力	气压表、气压变送器	大气压读数的±0.1%
时间	秒表	测定经过时间的±0.2%
振动	测振仪	测量振动的±5%
噪声	声级计	I型及I型以上

6.1.2 测量应按以下规定进行：

- 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) 机组使用侧热水压力损失的测量按GB/T 18430.1—2024中附录F的规定；
- d) 机组使用侧蒸汽压力的测量按附录B的规定。

6.2 机组安装和试验规定

6.2.1 测试过程中，相关水温读数的平均变动幅度应符合表10的规定，最大变动幅度应符合表11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10和表11的规定时，即认为机组达到稳定运行状态。

表 10 机组测试温度读数允差(平均变动幅度)

单位为摄氏度

项目	使用侧		热源侧	
	进口温度	出口温度	干球温度	湿球温度
高温制热	±0.3	±0.3	±0.5	±0.5
常温制热	±0.3	±0.3	±0.5	±0.5
名义制热	±0.3	±0.3	±0.3	±0.3
低温制热	±0.3	±0.3	±0.5	—
超低温制热	±0.3	±0.3	±0.5	—
融霜	±0.3	±0.3	±0.5	±0.5

注：融霜为融霜运行前的条件，开始融霜时满足表12规定的温度条件即可。

表 11 机组测试温度读数允差(最大变动幅度)

单位为摄氏度

项目	使用侧		热源侧	
	进口温度	出口温度	干球温度	湿球温度
高温制热	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0
常温制热	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0
名义制热	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
低温制热	±0.5	±0.5	±0.5	—
超低温制热	±0.5	±0.5	±0.5	—
融霜	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0

注：融霜为融霜运行前的条件，开始融霜时满足表 12 规定的温度条件即可。

表 12 融霜过程的工况读数允差

单位为摄氏度

工况	平均变动幅		最大变动幅	
	使用侧	热源侧	使用侧	热源侧
	出口温度	干球温度	出口温度	干球温度
融霜 ^a	±3.0	±3.0	±3.0	±5.0

^a 适用于热泵融霜过程和融霜结束后的前 10 min。机组的名义制热如果测试期间有融霜的参照本表要求。

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热量的构造改装。

6.2.4 采暖热水型机组、生活或工业(商业)热水型机组的进水水质应符合 GB/T 29044 的规定。

6.2.5 蒸汽型机组的进水水质应符合 GB/T 1576—2018 的规定,且宜使用蒸馏水。

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

6.3 试验项目

6.3.1 耐压试验

6.3.1.1 二氧化碳回路的耐压试验,按 GB/T 150.4—2024 中第 11 章试验方法中的气压试验进行试验,应符合 5.3.1 的规定。

6.3.1.2 其他循环回路可采用液压试验,对于不适合液压试验的回路可采用气压试验,按 GB/T 150.4—2024 中第 11 章耐压试验的方法进行试验,应符合 5.3.2 的规定。

6.3.1.3 换热器、气液分离器、油气分离器、节流装置等的强度校核试验的压力应大于设计压力 3 倍,试验过程中应采取相应的安全防护措施。

6.3.2 气密性试验

气密性试验在耐压试验合格后进行,二氧化碳循环回路和其他制冷剂循环回路应分别按 GB/T 150.4—2024 中第 11 章泄漏试验的方法进行试验,应符合 5.4 的规定。在现场进行泄漏试验时,

应符合 GB/T 9237 中密封性试验的规定。

6.3.3 真空试验

真空试验应在气密性试验合格后抽真空至 133 Pa(绝对压力)以下,至少保压 10 min,应符合 5.5 的规定。

6.3.4 工况性能试验

6.3.4.1 采暖热水型机组工况性能试验

将机组压缩机的运行频率或容量调至名义制热量设计额定值(定速或定容量压缩机的机组将卸载机构等能量调节装置置于名义制热量设计额定值位置),在表 1 规定的名义制热工况下,制热量按附录 A 中的方法进行试验。名义制热消耗功率包括压缩机电动机、油泵电动机、操作控制电路和热源侧风机电动机等的输入总电功率(水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率)。名义制热量和名义制热消耗功率应符合 5.7.1 和 5.7.2 的规定,并同时测量运行电流和功率因数。

6.3.4.1.2 低温制热量和低温制热消耗功率试验

将机组压缩机的运行频率或容量调至适宜值(定速或定容量压缩机的机组将卸载机构等能量调节装置置于低温制热量设计额定值位置),在表 1 规定的低温制热工况下,制热量按附录 A 中的方法进行试验。低温制热消耗功率测试和计算同 6.3.4.1.1 的规定。低温制热量和低温制热消耗功率应符合 5.7.3 和 5.7.4 的规定,并同时测量运行电流和功率因数。

6.3.4.2 生活或工业(商业)热水型机组名义制热量和名义制热消耗功率试验

将机组压缩机的运行频率或容量调至名义制热量设计额定值(定速或定容量压缩机的机组将卸载机构等能量调节装置置于名义制热量设计额定值位置),在表 2 规定的名义制热工况下,制热量按附录 A 中的方法进行试验。对于带有辅助电加热的机组,试验期间应关闭辅助电加热。名义制热消耗功率包括压缩机电动机、油泵电动机、操作控制电路和热源侧风机电动机等的输入总电功率(水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率)。名义制热量和名义制热消耗功率应符合 5.7.1 和 5.7.2 的规定,并同时测量运行电流和功率因数。

6.3.4.3 蒸汽型机组工况性能试验名义工况性能系数和单位产汽量耗电量试验

将机组压缩机的运行频率或容量调至名义制热量设计额定值(定速或定容量压缩机的机组将卸载机构等能量调节装置置于名义制热量设计额定值位置),在表 3 规定的名义制热工况下,性能系数和单位产汽量耗电量按附录 B 中的方法进行试验和计算。单位产汽量耗电量包括压缩机电动机、油泵电动机、操作控制电路和热源侧风扇电机等的输入总电功率(水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率)。并同时测量运行电流和功率因数。

6.3.4.4 融霜试验

机组在规定的融霜工况下,首次融霜结束后(自动融霜或者手动触发融霜),再连续运行两个完整的制热融霜周期或连续运行 3 h,取其长者。如果连续运行 3 h,期间没有出现融霜,试验总时间为从首次融霜结束时开始,至 3 h 后首次出现的融霜结束为止。如果连续运行满 3 h 时,有一个制热融霜周期还没有结束,则试验总时间延长至这一个制热融霜周期结束为止。

6.3.4.5 性能系数

性能系数按如下方法获得。

a) 采暖热水型机组

- 名义制热性能系数(COP_h):按3.2的定义,利用6.3.4.1.1的试验结果计算得出;
- 低温制热性能系数(COP_{lh}):按3.2的定义,利用6.3.4.1.2的试验结果计算得出;
- 制热季节性能系数(HSPF):按3.4的定义,按附录C的方法计算得出。

b) 生活或工业(商业)热水型机组

- 名义制热性能系数(COP_h):按3.2的定义,利用6.3.4.2的试验结果计算得出;
- 全年制热性能系数(AHPF):按3.5的定义,按附录D的方法计算得出。

c) 蒸汽型机组

- 名义制热性能系数(COP_h):按3.2的定义,利用6.3.4.3.1的试验结果计算得出。

6.3.4.6 使用侧压力试验

采暖热水型机组和制取生活或工业(商业)热水型机组制热状态下的水侧压力损失,在进行名义制热性能试验时,按GB/T 18430.1—2024的规定测量机组水侧压力损失。

蒸汽型机组的蒸汽出口压力,在进行名义工况制取蒸汽性能试验时,按附录B的规定测量蒸汽出口压力。

6.3.4.7 热力学完善度

机组热力学完善度按附录A的方法计算得出。

6.3.5 噪声和振动试验

6.3.5.1 噪声试验

机组应按使用说明书进行安装,噪声试验应在名义工况下进行,其结果应符合5.7.12.1的规定。制热量大于35 kW的机组应按GB/T 9068—1988中规定的方法,测试机组分频噪声,并绘制A声功率级倍频带或1/3倍频带的声功率级图谱。

6.3.5.2 振动试验

机组应在噪声试验的工况下进行振动的测量,并以各工况下实测的最大值为准。振动试验的测点位置、测量要求、测量结果处理应符合GB/T 18430.1—2024中6.4.11.2的规定。振动试验结果应符合5.7.12.2的规定。

6.3.6 运转试验

机组在出厂前应以额定电压和额定频率供电,进行至少一次开机试运转。

6.3.7 电气安全性能试验

6.3.7.1 绝缘电阻试验

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。

6.3.7.2 电气强度试验

机组进行的电气强度试验符合以下规定:



- a) 在机组带电部位和非带电金属部位之间应加一个频率为 50 Hz 基本正弦波电压, 试验电压值为(1 000 V+2 倍额定电压值), 试验时间为 1 min; 试验时间也可采用 1 s, 但试验电压值应为 1.2 倍的(1 000 V+2 倍额定电压值);
- b) 已由制造商进行电气强度试验并出具检测报告的电机, 可不再进行该项目测试;
- c) 已进行电气强度试验的部件可不再进行试验;
- d) 在控制电路的电压范围内, 对地电压值为直流 30 V 以下的控制回路中应用的电子器件可免去电气强度测试。

6.3.7.3 接地装置

机组的接地装置应按以下方法进行试验:

- a) 对机组保护接地装置的规定, 通过视检和手动试验判断其是否合格;
- b) 对机组保护接地端子及保护接地螺钉的规定, 通过视检和手动试验判断其是否合格;
- c) 对保护接地电路连续性的试验, 从空载电压不超过 12 V(50 Hz 或 60 Hz)的 PELV(保护特低电压)安全电源取至少 10 A 的电流, 让该电流轮流在接地端子与机组各个易触及金属部件之间通过并保持至少 10 s, 记录最大电压降。

6.3.8 盐雾试验

机组电镀件的盐雾试验按 GB/T 2423.17 的规定进行, 试验周期应为 24 h。试验前, 电镀件表面清洗除油; 试验后, 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。

6.3.9 涂层附着力试验

在涂装件外表面任取 10 mm×10 mm 的面积, 用新刀片纵横各划 11 条间隔 1 mm, 深达底材的平行切痕。用医用氧化锌胶布贴牢划痕部分, 然后沿其中一组划痕的方向快速撕下胶布。检查划痕范围内漆膜脱落的格数(每小格漆膜保留不足 70% 的视为脱落), 并以对 100 的比值评定附着力。

6.3.10 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按 GB/T 26572 的规定进行, 检测结果应符合 5.2.4 的规定。

6.3.11 变工况试验

机组应在表 8 给出的温度范围内运行, 使用侧温度保持不变, 改变热源测温度(其他按名义工况时的温度条件), 测定其制热量以及对应的消耗功率。将试验结果绘制成为变工况试验曲线图或编制成变工况试验表格, 每条变工况试验曲线或表格应包含不少于 5 个测点。

6.3.12 防护等级试验

应按 GB/T 4208—2017 中 IPX4 等级进行溅水试验, 结束后立即进行 6.3.7.1 的绝缘电阻试验和 6.3.7.2 的电气强度试验。

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能出厂。

7.2 检验类别

检验应分为出厂检验、抽样检验和型式检验。检验项目、技术要求和试验方法按表 13 的规定。

表 13 二氧化碳空气源热泵机组检验项目表

序号	检验项目	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	√	√	√	5.1	目视检查			
2	耐压试验				5.3	6.3.1.1 6.3.1.2			
3	泄漏试验				5.4	6.3.2			
4	真空试验				5.5	6.3.3			
5	绝缘电阻				5.8.1	6.3.7.1			
6	电气强度				5.8.2	6.3.7.2			
7	接地装置				5.8.3	6.3.7.3			
8	运转试验				5.6	6.3.6			
9	名义制热量				5.7.1	6.3.4			
10	名义制热消耗功率				5.7.2	6.3.4			
11	低温制热量				5.7.3	6.3.4			
12	使用侧压力				5.7.10	6.3.4.6			
13	单位产汽量耗电量 ^a				5.7.7	6.3.4.3			
14	制热季节性能系数 ^b				5.7.9.3	6.3.4.5			
15	全年制热性能系数 ^c				5.7.9.4	6.3.4.5			
16	热力学完善度				5.7.11	6.3.4.7			
17	融霜试验				5.7.8	6.3.4.4			
18	噪声试验				5.7.12.1	6.3.5.1			
19	振动试验				5.7.12.2	6.3.5.2			
20	盐雾试验				5.1.7	6.3.8			
21	涂层附着力试验				5.1.8	6.3.9			
22	有害物质含量检测				5.2.3	6.3.10			
23	变工况试验				5.9	6.3.11			
24	防护等级				5.10	6.3.12			
注：“√”表示需要检验的项目；“—”表示不需要检验的项目。									
^a 蒸汽型机组适用。									
^b 采暖热水型机组适用。									
^c 生活或工业(商业)热水型机组适用。									

7.3 出厂检验

每台机组均应做出厂检验，检验合格并出具合格证后方可出厂。

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应由制造商自行确定。

7.5 型式检验

7.5.1 检验项目

检验项目应按表 13 的规定执行。

7.5.2 检验条件

有下列情况之一,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;
- 正式生产时,每两年进行一次;
- 产品停产两年后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次有较大差异时;
- 发生重大质量事故时。

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,且应包含表 14 的内容。

表 14 铭牌内容

序号	内容	机组型式		
		采暖热水型机组	生活或工业(商业)热水型机组	蒸汽型机组
1	型号	√	√	√
2	名称			
3	额定电压/V;相数;频率/Hz			
4	名义制热量			
5	名义制热消耗功率			
6	名义制热性能系数		—	—
7	低温制热量			
8	低温制热消耗功率			
9	低温制热性能系数			
10	单位产汽量耗电量	—	√	√
11	热力学完善度	√		

表 14 铭牌内容 (续)

序号	内容	机组型式		
		采暖热水型机组	生活或工业(商业)热水型机组	蒸汽型机组
12	最大运行电流	√	√	√
13	使用侧压力损失/蒸汽压力(kPa/MPa)			
14	制冷剂代号及充灌量(kg)			
15	机组外形尺寸(mm)			
16	机组总质量			
17	制造商名称和商标			
18	制造年月及产品编号			

注：“√”表示需要；“—”表示不需要。

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)本文件编号。

8.1.4 使用可燃性制冷剂的机组,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 30 mm。

8.1.5 二氧化碳空气源热泵机组其外包装、机身及应用场所应有明确的“R744”符号标识和颜色标识。标识颜色宜使用绿色,且位置突出。

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。机组外露的不涂漆加工表面应采取防锈措施,螺纹接头应用螺塞堵住,法兰孔应用盲板封盖。

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

a) 产品合格证的内容应包括:

- 型号和名称;
- 产品编号;
- 制造商名称和商标;
- 本文件编号;
- 检验结论;
- 检验员;
- 检验负责人签章及日期。

b) 产品说明书的内容应包括:

- 产品型号和名称、工作原理、本文件编号;
- 特点及用途、适用范围;
- 主要技术参数;
- 安装说明和要求(对于使用可燃性制冷剂机组的安装应符合 GB/T 9237 的规定);
- 使用要求;
- 维护保养及注意事项;

- 结构示意图、系统图、电气原理图和接线图；
- 机组变工况试验曲线或表格；
- 噪声 A 声功率级倍频带或 1/3 倍频带的声功率级图谱。

8.3 运输和贮存

8.3.1 二氧化碳空气源热泵机组在运输过程中,应防止剧烈震动,不应抛掷、碰撞等,应防止雨雪淋袭及化学物品的侵蚀。

8.3.2 机组出厂前应充入或保持规定的制冷剂量,或充入 0.02 MPa~0.03 MPa(表压)的干燥氮气。

8.3.3 机组贮存仓库应通风干燥,场所内应无酸、碱、易燃、易爆、有毒等化学物品和其他具有腐蚀性的气体及物品。



附录 A
(规范性)
二氧化碳空气源热泵机组制热量的试验和计算方法

A.1 二氧化碳空气源热泵机组制热性能结果表达

二氧化碳空气源热泵机组制热性能结果宜包括:

- a) 制热量(单位产汽量耗电量);
- b) 制热输入功率;
- c) 制热性能系数;
- d) 制热工况热力学完善度。

A.2 实验室试验和计算方法

应按照 GB/T 10870—2014 的规定,采用液体载冷剂法进行试验和计算。

A.3 现场试验和计算方法

A.3.1 通则

现场测试方法应基于机组能力和现场条件对机组进行测试,以液体载冷剂计算方法进行计算。二氧化碳空气源热泵机组现场性能检测应在系统实际运行状态下进行。

A.3.2 测试要求

A.3.2.1 测试参数应包括以下内容:

- a) 环境温湿度、大气压力;
- b) 机组热源侧进出口温度;
- c) 机组使用侧介质进出口温度、流量、压力(表压);
- d) 机组输入功率(单位产汽量耗电量)(不含循环泵输入功率,机组内部全部用电设备均包含,如压缩机、风机、机组自带传感器、控制单元等);
- e) 机组制热性能系数;
- f) 机组制热热力学完善度。

A.3.2.2 测试用仪器应符合以下要求:

- a) 试验用仪器仪表经计量检验部门检定或校准合格,并在适用的有效期内;
- b) 试验用仪器仪表的型式及准确度符合表 10 的规定;
- c) 试验用仪器仪表的记录时间间隔不大于 60 s;
- d) 环境温湿度传感器、大气压力传感器安装在二氧化碳热泵机组蒸发器附近,并安装在百叶箱内或简易通风罩内;
- e) 测试过程中,热源侧温度传感器,用户侧温度、流量、压力传感器和电功率计的安装符合 GB/T 10870—2014 的规定。

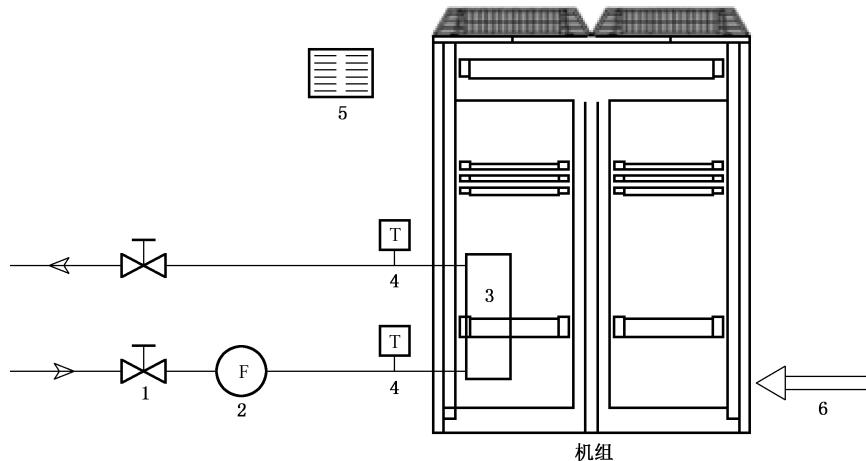
A.3.2.3 被试机组应符合以下要求:

- a) 被试机组安装完毕,并能够正常运行和使用;且运行机组负荷不宜小于其额定负荷的 80%;
- b) 被试机组能够进入稳定运行工况;测试时,机组运行工况至少涵盖名义工况、低温工况、超低温工况中的某一个工况;

- c) 检测工况下,系统达到稳态后,每隔5 min记录一组数据,连续测量不低于35 min,并取平均值作为该工况的检测值。

A.3.3 现场测试方法

A.3.3.1 现场测试方法的原理图见图A.1。



标引序号说明:

- 1——流量调节阀;
- 2——流量计;
- 3——使用侧换热器;
- 4——使用侧温度计;
- 5——环境温湿度计、大气压计;
- 6——电能测试仪。

图A.1 现场测试方法原理图

A.3.3.2 使用侧进出口温度、流量测点见图A.1;机组的输入功率应包括压缩机电动机、油泵电动机、操作控制电路和热源侧风扇电机等输入功率。

A.3.3.3 热源侧进出口温度等效采用环境温度。

A.3.4 制热工况下热力学完善度的计算方法

A.3.4.1 计算参数

A.3.4.1.1 定义、符号及单位

计算方法中涉及参数的定义、符号及单位见表A.1。

表A.1 参数的定义、符号及单位

定义	符号	单位	定义	符号	单位
逆卡诺循环低温热源温度	T_{low}	K	逆卡诺循环高温热源温度	T_{high}	K
逆卡诺循环 高温热源进口温度	$T_{\text{high-in}}$	K	逆卡诺循环 高温热源出口温度	$T_{\text{high-out}}$	K
环境温度	T_{amb}	K	制热工况下热力学完善度	η_{he}	—

A.3.4.1.2 逆卡诺循环值

逆卡诺循环高温热源温度应取劳伦兹循环热源进出口温度的平均值,低温热源温度采用等效环境温度法取环境温度值,逆卡诺循环高低温热源温度分别按公式(A.1)和公式(A.2)计算。

A.3.4.1.3 实测性能系数

机组的制热量应按 A.3 中的方法进行试验, 试验应采用液体载冷剂法进行试验测定和计算。

机组的输入功率应按 A.3 中的方法进行测试。

机组的实测制热性能系数 COP_r 应为制热量与输入功率的比值。

A.3.4.1.4 逆卡诺循环效率

制热工况下,逆卡诺循环效率 COP_c 应按公式(A.3)计算。

$$COP_c = \frac{T_{high}}{T_{high} - T_{low}}$$

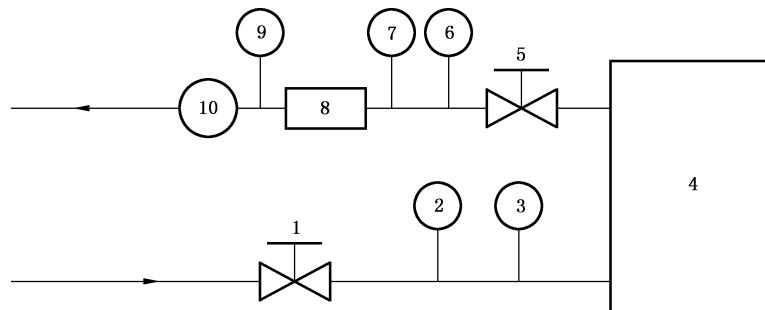
A.3.4.2 制热工况热力学完善度

机组制热工况热力学完善度 η_{he} 应按公式(A.4)计算,结果保留 2 位小数。

附录 B
(规范性)
蒸汽型机组试验方法

B.1 试验装置

B.1.1 试验装置见图 B.1, 在机组使用侧的给水管路安装有调节阀、压力计、温度计, 在机组的使用侧蒸汽出汽管路安装有流量计、温度计、压力计、调节阀和管道电加热器。



标引序号说明:

- 1 —— 给水流量调节阀;
- 2 —— 给水压力计;
- 3 —— 给水温度计;
- 4 —— 机组;
- 5 —— 蒸汽压力调节阀;
- 6 —— 蒸汽温度计;
- 7 —— 蒸汽压力计;
- 8 —— 管道电加热器;
- 9 —— 蒸汽温度计;
- 10 —— 蒸汽质量流量计。

图 B.1 试验装置

B.1.2 试验装置应有提供满足热源侧空气环境温湿度试验条件的附件装置。

B.1.3 应记录的数据包括:

- a) 给水侧: 给水温度, 给水压力;
- b) 热源侧: 环境空气温度、湿度;
- c) 使用侧: 蒸汽压力, 进管道电加热器前后的蒸汽温度, 蒸汽质量流量。

B.2 试验要求

B.2.1 给水侧与使用侧的进(出)水(汽)温度和压力以及所有这些参数的允许偏差应符合规定试验工况的要求。

B.2.2 电源的电压、频率符合试验工况的要求。

B.2.3 试验设备应进行标定, 满足 6.1 的规定。

B.2.4 管道应进行保温处理。

B.3 试验规定

B.3.1 保证测试前机组、管道内的水排尽。

B.3.2 当热源侧温度符合工况规定时,开机运行。

B.4 蒸汽热量的测量和计算

按公式(B.1)计算蒸汽的热量。

式中：

Q_z —— 蒸汽热量, 单位为千焦(kJ);

C_1 ——水的比热容,单位为千焦每千克摄氏度[$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$];

C_2 ——通过蒸汽压力计(图 B.1 标引序号 7)测得压力下的蒸汽定压比热容, 单位为千焦每千克摄氏度 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$];

m ——过热蒸汽的质量流量,通过蒸汽质量流量计(图 B.1 中标引序号 10)测量,单位为千克每秒(kg/s);

r ——蒸汽在 100 °C 的汽化潜热, 查表, 单位为千焦每千克(kJ/kg);

t_1 ——给水温度,通过给水温度计(图 B.1 中标引序号 3)测量,单位为摄氏度(°C);

t_2 ——进入管道电加热器之前的蒸汽温度,通过蒸汽温度计(图 B.1 中标引序号 6)测量,单位为摄氏度(°C);

t_3 ——进入管道电加热器之后的蒸汽温度,通过蒸汽温度计(图 B.1 中标引序号 9)测量,单位为摄氏度(°C)。

B.5 机组输入功率

在规定的工况下,测量机组的输入功率,输入功率应包括压缩机电动机、油泵电动机、操作控制电路和热源侧风扇电机等的输入总电功率(不包括循环水泵电动机的输入电功率)。

B.6 单位产汽量耗电量

单位产汽量耗电量按公式(B.2)计算：

武中：

SP——单位产汽量耗电量,单位为千瓦时每吨($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$):

P ——实测输入功率,单位为千瓦(kW);

q ——实测产汽量,单位为吨每小时(t/h);

m ——过热蒸汽的质量流量,通过蒸汽质量流量计(图 B.1 中标引序号 10)测量,单位为千克每秒(kg/s)。

附录 C

(规范性)

采暖热水型机组制热季节性能系数试验和计算方法

C.1 低环境温度型机组

C.1.1 工业或商业用型

制热工况下房间热负荷根据名义制热量的明示值由公式(C.1)进行计算,工业或商业用低环境温度采暖热水型机组热负荷率曲线见图 C.1。

式中：

$L_{h(t_j)}$ ——温度(t_j)时的房间热负荷,单位为瓦(W);

$\varphi_{\text{fulh}(-12)}$ ——机组的名义制热量明示值,单位为瓦(W);

t_j ——温度区间 j 对应的室外温度。

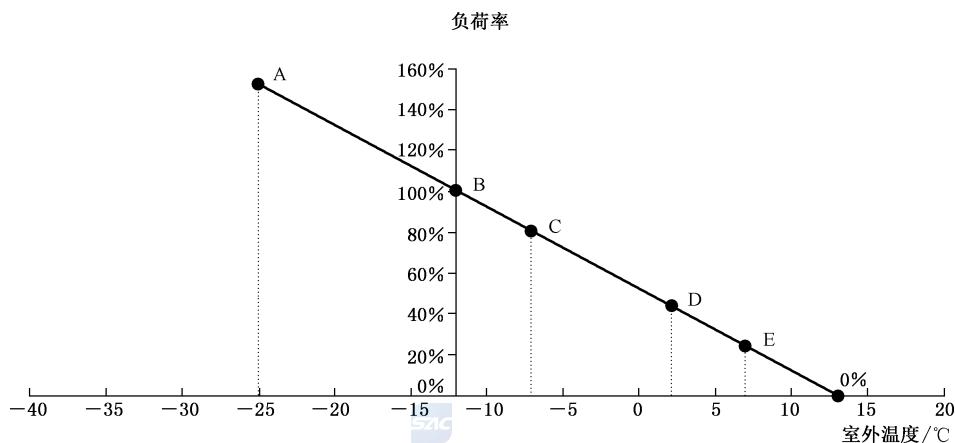


图 C.1 工业或商业用低环境温度采暖热水型机组热负荷率

C.1.2 戶用型

制热工况下房间热负荷根据名义制热量的明示值由公式(C.2)进行计算,户用低环境温度采暖热水型机组热负荷率曲线见图 C.2。

式中：

$L_{h(t_j)}$ ——温度(t_j)时的房间热负荷,单位为瓦(W);

$\varphi_{\text{fulh}(-12)}$ ——机组的名义制热量明示值,单位为瓦(W);

t_j —— 温度区间 j 对应的室外温度。

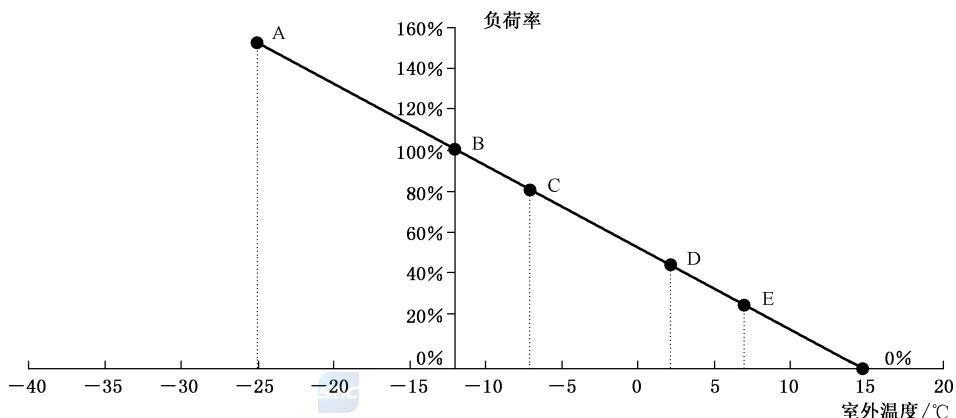


图 C.2 户用低环境温度采暖热水型机组热负荷率

C.2 超低环境温度型机组

C.2.1 工业或商业用型

制热工况下房间热负荷根据名义制热量的明示值由公式(C.3)进行计算,工业或商业用超低环境温度采暖型热水机组热负荷率曲线见图 C.3。

式中：

$L_{h(t_i)}$ —— 温度(t_i)时的房间热负荷, 单位为瓦(W);

$\varphi_{\text{fulh}(-12)}$ —— 机组的名义制热量明示值, 单位为瓦(W);

t_j ——温度区间 j 对应的室外温度。

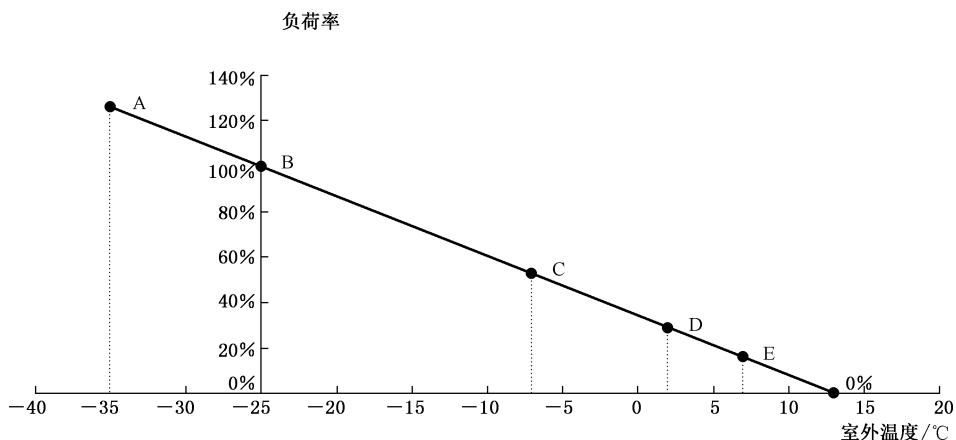


图 C.3 工业或商业用超低环境温度采暖型热水机组热负荷率

C.2.2 户用型

制热工况下房间热负荷根据名义制热量的明示值由公式(C.4)进行计算,户用超低环境温度采暖热水型机组热负荷率曲线见图 C.4。

式中：

$L_{h(t_j)}$ ——温度(t_j)时的房间热负荷,单位为瓦(W);
 $\varphi_{fulh(-12)}$ ——机组的名义制热量明示值,单位为瓦(W);
 t_j ——温度区间 j 对应的室外温度。

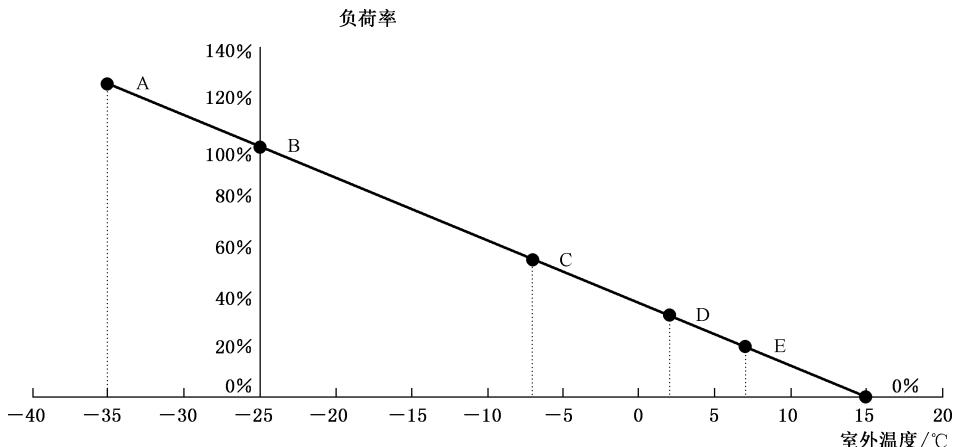


图 C.4 户用超低环境温度采暖热水型机组热负荷率

C.3 工况条件及各温度发生时间

工业或商业用型制热季节性能系数的试验工况条件见表 C.1,以酒店建筑为代表建筑;户用型制热季节性能系数的试验工况条件见表 C.2;低环境温度型机组制热季节性能系数计算以北京作为典型城市,超低环境温度型机组制热季节性能系数计算以漠河作为典型城市,工业或商业用型制热季节需要制热的各温度的发生时间见表 C.3,户用型制热季节需要制热的各温度的发生时间见表 C.4,其他主要城市的制热季节各温度发生时间参见 GB/T 25127.1—2020 中表 B.5、表 B.6 和表 B.7 以及 GB/T 25127.2—2020 中表 B.5。

表 C.1 工业或商业用型制热季节性能系数试验工况条件

工况点	热负荷部分 负载率	机组类型	热源侧入口空气状态		使用侧状态	
			干球温度 $^{\circ}\text{C}$	湿球温度 $^{\circ}\text{C}$	进水温度 $^{\circ}\text{C}$	出水温度 $^{\circ}\text{C}$
A	152.0%	低环境温度型	-25	—	40.0	60.0
	126.0%	超低环境温度型	-35	—	40.0	60.0
B	100.0%	低环境温度型	-12	-13.5	40.0	60.0
	100.0%	超低环境温度型	-25	—	40.0	60.0
C	80.0%	低环境温度型	-7	-8	42.0	58.0
	53.0%	超低环境温度型	-7	-8	47.5	58.0
D	44.0%	低环境温度型	2	1	47.2	56.0
	28.0%	超低环境温度型	2	1	50.2	56.0
E	24.0%	低环境温度型	7	6	49.2	54.0
	16.0%	超低环境温度型	7	6	50.8	54.0

表 C.2 户用型制热季节性能系数试验工况条件

工况点	热负荷部分 负载率	机组类型	热源侧入口空气状态		使用侧状态	
			干球温度 ℃	湿球温度 ℃	进水温度 ℃	出水温度 ℃
A	148.0%	低环境温度型	-25	—	40.0	60.0
	125.0%	超低环境温度型	-35	—	40.0	60.0
B	100.0%	低环境温度型	-12	-13.5	40.0	60.0
	100.0%	超低环境温度型	-25	—	40.0	60.0
C	81.0%	低环境温度型	-7	-8	41.7	58.0
	55.0%	超低环境温度型	-7	-8	47.0	58.0
D	48.0%	低环境温度型	2	1	46.4	56.0
	33.0%	超低环境温度型	2	1	49.5	56.0
E	30.0%	低环境温度型	7	6	48.1	54.0
	20.0%	超低环境温度型	7	6	50.0	54.0

表 C.3 工业或商用型制热季节需要制热的各温度的发生时间

温度区间 (j)	室外温度 (t_j) ℃	小时数 h		温度区间 (j)	室外温度 (t_j) ℃	小时数 h	
		低环境 温度型	超低环境 温度型			低环境 温度型	超低环境 温度型
1	-44	0	0	30	-15	14	123
2	-43	0	5	31	-14	14	127
3	-42	0	6	32	-13	30	97
4	-41	0	12	33	-12	39	123
5	-40	0	21	34	-11	36	106
6	-39	0	34	35	-10	62	104
7	-38	0	61	36	-9	76	103
8	-37	0	70	37	-8	98	96
9	-36	0	93	38	-7	120	99
10	-35	0	83	39	-6	155	117
11	-34	0	118	40	-5	145	95
12	-33	0	110	41	-4	180	93
13	-32	0	102	42	-3	242	94
14	-31	0	132	43	-2	271	84
15	-30	0	116	44	-1	242	97
16	-29	0	132	45	0	211	88
17	-28	0	123	46	1	190	104
18	-27	0	130	47	2	180	80
19	-26	0	137	48	3	194	101
20	-25	0	130	49	4	204	97
21	-24	0	142	50	5	177	74
22	-23	0	161	51	6	136	58
23	-22	0	155	52	7	117	64
24	-21	0	149	53	8	128	56
25	-20	0	143	54	9	82	38
26	-19	1	151	55	10	81	44
27	-18	1	131	56	11	75	28
28	-17	3	148	57	12	43	38
29	-16	6	121	总计		3 353	5 344

表 C.4 户用型制热季节需要制热的各温度的发生时间

温度区间 (j)	室外温度 (t_j) ℃	小时数 h		温度区间 (j)	室外温度 (t_j) ℃	小时数 h	
		低环境 温度型	超低环境 温度型			低环境 温度型	超低环境 温度型
1	-44	0	0	32	-13	30	97
2	-43	0	5	33	-12	39	123
3	-42	0	6	34	-11	36	106
4	-41	0	12	35	-10	62	104
5	-40	0	21	36	-9	76	103
6	-39	0	34	37	-8	98	96
7	-38	0	61	38	-7	120	99
8	-37	0	70	39	-6	155	117
9	-36	0	93	40	-5	145	95
10	-35	0	83	41	-4	180	93
11	-34	0	118	42	-3	242	94
12	-33	0	110	43	-2	271	84
13	-32	0	102	44	-1	242	97
14	-31	0	132	45	0	211	88
15	-30	0	116	46	1	192	104
16	-29	0	132	47	2	181	80
17	-28	0	123	48	3	195	101
18	-27	0	130	49	4	206	97
19	-26	0	137	50	5	181	74
20	-25	0	130	51	6	137	58
21	-24	0	142	52	7	119	64
22	-23	0	161	53	8	130	56
23	-22	0	155	54	9	83	38
24	-21	0	149	55	10	84	44
25	-20	0	143	56	11	76	28
26	-19	1	151	57	12	45	38
27	-18	1	131	58	13	48	16
28	-17	3	148	59	14	40	6
29	-16	6	121	60	15	—	6
30	-15	14	123	总计		3 663	5 372
31	-14	14	127	—	—	—	—

C.4 制热季节性能系数试验方法

在额定电压下,按附录 A 规定的方法,分别进行下列 5 个工况点试验:

- A 工况试验:在额定电压下,在表 C.1 和表 C.2 规定的 A 工况下,定频/定速机组在工频下运行,变频/变容机组将压缩机的运行频率或容量调至适宜值,测定机组的制热量和制热消耗功率;
- B 工况试验:在额定电压下,在表 C.1 和表 C.2 规定的 B 工况下,定频/定速机组在工频下运行,变频/变容机组将压缩机的运行频率或容量调至设计频率或容量,测定机组的热泵制热量和热泵制热消耗功率;
- C 工况试验:在额定电压下,在表 C.1 和表 C.2 规定的 C 工况下,定频/定速机组在工频下运行,变频/变容机组将压缩机的运行频率或容量调至适宜值,使机组的制热量=名义制热量×部分负载率×(100±10)%,测定机组的制热量和制热消耗功率;
- D 工况试验:在额定电压下,在表 C.1 和表 C.2 规定的 D 工况下,定频/定速机组在工频下运行,变频/变容机组将压缩机的运行频率或容量调至适宜值,使机组的制热量=名义制热量×部分负载率×(100±10)%,测定机组的制热量和制热消耗功率;
- E 工况试验:在额定电压下,在表 C.1 和表 C.2 规定的 E 工况下,定频/定速机组在工频下运行,变频/变容机组将压缩机的运行频率或容量调至适宜值,使机组的制热量=名义制热量×部分负载率×(100±10)%,测定机组的制热量和制热消耗功率。

C.5 制热季节性能系数计算方法

制热季节性能系数(HSPF)按公式(C.5)计算。

$$\text{HSPF} = \frac{\text{HSTL}}{\text{HSTE}} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.5})$$

制热季节总负荷(HSTL)按公式(C.6)计算。

$$\text{HSTL} = \sum_{j=1}^n L_{h(t_j)} \times n_j \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.6})$$

式中:

$L_{h(t_j)}$ ——温度(t_j)时的房间热负荷,单位为瓦(W);

n_j ——制热季节中制热的各温度下工作时间,单位为小时(h)。

制热季节耗电量(HSTE)按公式(C.7)计算:

$$\text{HSTE} = \sum_{j=1}^n \left[\frac{L_{h(t_j)} - P_{\text{RH}(t_j)}}{\text{COP}_{\text{bin}(t_j)}} + P_{\text{RH}(t_j)} \right] \times n_j \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.7})$$

式中:

$\text{COP}_{\text{bin}(t_j)}$ ——各工作温度下的制热性能系数;

$P_{\text{RH}(t_j)}$ ——机组在温度(t_j)时,所投入辅助电加热的消耗功率,单位为瓦(W)。

当 $L_{h(t_j)} > \varphi_{\text{ful}(t_j)}$ 时,机组制热量不足需要补充其电加热, $P_{\text{RH}(t_j)}$ 由公式(C.8)确定:

$$P_{\text{RH}(t_j)} = L_{h(t_j)} - \varphi_{\text{ful}(t_j)} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.8})$$

式中:

$L_{h(t_j)}$ ——温度(t_j)时的房间热负荷,单位为瓦(W);

$\varphi_{\text{ful}(t_j)}$ ——温度(t_j)时的机组实测制热量,单位为瓦(W)。

$\text{COP}_{\text{bin}(t_j)}$ 通过测试和计算获得,计算如下。

$$\text{COP}_{\text{bin}(t_j)} = \begin{cases} \text{COP}_{\text{bin}(t_A)} + \frac{\text{COP}_{\text{bin}(t_B)} - \text{COP}_{\text{bin}(t_A)}}{t_B - t_A} \times (t_j - t_A) & t_A < t_j \leq t_B \\ \text{COP}_{\text{bin}(t_B)} + \frac{\text{COP}_{\text{bin}(t_C)} - \text{COP}_{\text{bin}(t_B)}}{t_C - t_B} \times (t_j - t_B) & t_B < t_j \leq t_C \\ \text{COP}_{\text{bin}(t_C)} + \frac{\text{COP}_{\text{bin}(t_D)} - \text{COP}_{\text{bin}(t_C)}}{t_D - t_C} \times (t_j - t_C) & t_C < t_j \leq t_D \\ \text{COP}_{\text{bin}(t_D)} + \frac{\text{COP}_{\text{bin}(t_E)} - \text{COP}_{\text{bin}(t_D)}}{t_E - t_D} \times (t_j - t_D) & t_D < t_j \leq t_E \\ \text{COP}_{\text{bin}(t_E)} + \frac{\text{COP}_{\text{bin}(t_E)} - \text{COP}_{\text{bin}(t_D)}}{t_E - t_D} \times (t_j - t_E) & t_j > t_E \end{cases}$$

在 C、D、E 工况试验中,若热泵机组的制热量超过要求负荷的 110%时,则与要求负荷对应的 $COP_{bin(t_j)}$ 通过公式(C.9)进行计算。

$$\text{COP}_{\text{bin}(t_C, t_D, t_E)} = \frac{\text{COP}_{\text{DC}(t_C, t_D, t_E)}}{C_p} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{C.9})$$

式中：

$COP_{DC(t_C, t_D, t_E)}$ ——C、D、E工况及规定的负荷率下连续制热运行时测得的制热性能系数；

C_D ——衰减系数,通过测试获得,或按公式(C.10)、公式(C.11)进行计算。

式中：

LF —— 负荷系数；

LD ——需要计算的负荷点；

Q_{FL} ——名义制热量(明示值),单位为瓦(W);

Q_{PL} ——部分负荷制热量(实测值),单位为瓦(W)。

附录 D

(规范性)

生活或工业(商业)热水型机组全年制热性能系数试验和计算方法

D.1 试验工况

试验工况按表 D.1 和表 D.2 的规定。融霜工况运行期间至少融霜 1 次。

表 D.1 低环境温度型机组的试验工况

项目	使用侧/水侧		空气侧	
	进水温度/初始水温 ℃	终止水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
高温工况	19	55/85	27	19
常温工况	15	55/85	20	15
名义工况	9	55/85	7	6
低温工况	9	55/85	-7	-8
超低温工况	9	55/85	-25	—
融霜工况	9	55/85	2	1

表 D.2 超低环境温度型机组的试验工况

项目	使用侧/水侧		空气侧	
	进水温度/初始水温 ℃	终止水温 ℃	干球温度 ℃	湿球温度 ℃
常温工况	15	55/85	20	15
名义工况	9	55/85	-7	-8
低温工况	9	55/85	-25	—
超低温工况	9	55/85	-35	—
融霜工况	9	55/85	2	1

D.2 试验方法

D.2.1 55 ℃出水型机组性能试验

D.2.1.1 制热量试验

制热量试验和计算按附录 A 的规定进行。

D.2.1.2 制热消耗功率试验

按本文件规定的方法测定制热量的同时,测定机组运行时所消耗的总功率。

D.2.1.3 每日所需的总热水热能(W_j)

时间表中日平均气温为 t_j 时每日所需的总热水热能(W_j)按公式(D.1)计算。

$$W_j = G_m \times G \times (40 - T_{j,c}) \times \rho \times 4.187 \quad \text{.....(D.1)}$$

式中：

W_j —— 总热水热能,单位为千焦(kJ);

G_m —— 40 °C热水使用量(55 °C热水与9 °C冷水混合为40 °C的热水),单位为千克(kg);

$T_{j,c}$ —— 平均温度为 t_j 时的冷水温度,单位为摄氏度(°C);

ρ —— 平均温度下水的密度,单位为千克每升(kg/L)。

当 $t_j \leq 7$ °C时, $T_{j,c} = 9$;

$$\text{当 } 7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } T_{j,c} = 9 + \frac{6 \times (t_j - 7)}{13};$$

$$\text{当 } 20^{\circ}\text{C} < t_j \leq 27^{\circ}\text{C} \text{ 时, } T_{j,c} = 15 + \frac{4 \times (t_j - 20)}{7};$$

$$\text{当 } 27^{\circ}\text{C} < t_j \leq 43^{\circ}\text{C} \text{ 时, } T_{j,c} = 19 + \frac{10 \times (t_j - 27)}{16};$$

G_m 按公式(D.2)计算。

$$G_m = \frac{55 - 9}{40 - 9} \times G \times 8 \quad \text{.....(D.2)}$$

式中：

G_m —— 40 °C热水使用量(55 °C热水与9 °C冷水混合为40 °C的热水),单位为千克(kg);

G —— 对于一次加热式,为额定制热工况时的1 h总水量;对于循环加热式和静态加热式机组,为额定制热工况时的1 h名义产水量。单位为千克(kg)。

D.2.2 85 °C出水型机组性能试验**D.2.2.1 制热量试验**

机组的制热量试验和计算按附录A的规定进行。

D.2.2.2 制热消耗功率试验

按本文件规定的方法测定制热量的同时,测定机组运行时所消耗的总功率。

D.2.2.3 每日所需的总热水热能

时间表中日平均气温为 t_j 时每日所需的总热水热能(W_j)按公式(D.3)计算。

$$W_j = G_m \times G \times (T_h - T_{j,c}) \times \rho \times 4.187 \quad \text{.....(D.3)}$$

式中：

W_j —— 总热水热能,单位为千焦(kJ);

G_m —— 热水使用量,单位为千克(kg);

T_h —— 机组实际运行的出水温度,单位为摄氏度(°C);

$T_{j,c}$ —— 平均温度为 t_j 时的冷水温度,单位为摄氏度(°C);

ρ —— 平均温度下水的密度,单位为千克每升(kg/L)。

当 $t_j \leq 7$ °C时, $T_{j,c} = 9$;

$$\text{当 } 7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } T_{j,c} = 9 + \frac{6 \times (t_j - 7)}{13};$$

当 $20^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 27^{\circ}\text{C}$ 时, $T_{j,c} = 15 + \frac{4 \times (t_j - 20)}{7}$;

当 $27^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 43^{\circ}\text{C}$ 时, $T_{j,c} = 19 + \frac{10 \times (t_j - 27)}{16}$ 。

D.2.3 全年制热性能系数

D.2.3.1 全年制热性能系数(AHPF)按公式(D.4)计算。

$$\text{AHPF} = \frac{\sum_{j=1}^n (W_j \times n_j)}{\sum_{j=1}^n (W_j \times n_j / \text{COP}_j) + \sum_{j=p}^n \{[(\text{COP}_j - 1) \times (W_j - 24 \times 3600 \times Q_j) \times n_j / \text{COP}_j]\}} \times G \times 8 \quad (\text{D.4})$$

式中:

n ——气温编号;

p ——气温编号中,机组加热(W_j)所需总时间大于 24 h 的气温编号;

W_j ——总热水热能,单位为千焦(kJ);

n_j ——时间表中日平均气温编号(j)的发生天数;

Q_j ——时间表中日平均气温为 t_j 时机组的制热量,单位为千瓦(kW);

COP_j ——时间表中日平均气温编号(j)的性能系数,单位为千瓦每千瓦(kW/kW)。

D.2.3.2 COP_j 按以下规定取值。

a) 对于低温型机组:

当 $t_j \leqslant t_{ol}$ 时, $\text{COP}_j = 1$;

当 $t_o < t_j \leqslant -35^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-35} + \frac{(\text{COP}_{-25} - \text{COP}_{-35})}{-25 - (-35)} \times [t_j - (-35)]$;

当 $-35^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant -25^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-35} + \frac{(\text{COP}_{-25} - \text{COP}_{-35})}{-25 - (-35)} \times [t_j - (-35)]$;

当 $-25^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant -7^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-25} + \frac{(\text{COP}_{-7} - \text{COP}_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]$;

当 $-7^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 2^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-7} + \frac{(\text{COP}_2 - \text{COP}_{-7})}{2 - (-7)} \times [t_j - (-7)]$;

当 $2^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 7^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_2 + \frac{(\text{COP}_7 - \text{COP}_2)}{7 - 2} \times (t_j - 2)$;

当 $7^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 20^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_7 + \frac{(\text{COP}_{20} - \text{COP}_7)}{20 - 7} \times (t_j - 7)$;

当 $t_j > 20^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{20} + \frac{(\text{COP}_{20} - \text{COP}_7)}{20 - 7} \times (t_j - 20)$ 。

b) 对于普通型机组:

当 $t_j \leqslant t_{ol}$ 时, $\text{COP}_j = 1$;

当 $t_o < t_j \leqslant -25^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-25} + \frac{(\text{COP}_{-7} - \text{COP}_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]$;

当 $-25^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant -7^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-25} + \frac{(\text{COP}_{-7} - \text{COP}_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]$;

当 $-7^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 2^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_{-7} + \frac{(\text{COP}_2 - \text{COP}_{-7})}{2 - (-7)} \times [t_j - (-7)]$;

当 $2^{\circ}\text{C} < t_j \leqslant 7^{\circ}\text{C}$ 时, $\text{COP}_j = \text{COP}_2 + \frac{(\text{COP}_7 - \text{COP}_2)}{7 - 2} \times (t_j - 2)$;

$$\begin{aligned}
 & \text{当 } 7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } \text{COP}_j = \text{COP}_7 + \frac{(\text{COP}_{20} - \text{COP}_7)}{20 - 7} \times (t_j - 7); \\
 & \text{当 } t_j > 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } \text{COP}_j = \text{COP}_{20} + \frac{(\text{COP}_{20} - \text{COP}_7)}{20 - 7} \times (t_j - 20); \\
 & \text{当 } 20^{\circ}\text{C} < t_j \leq 27^{\circ}\text{C} \text{ 时, } \text{COP}_j = \text{COP}_{20} + \frac{(\text{COP}_{27} - \text{COP}_{20})}{27 - 20} \times (t_j - 20); \\
 & \text{当 } t_j > 27^{\circ}\text{C} \text{ 时, } \text{COP}_j = \text{COP}_{27} + \frac{(\text{COP}_{27} - \text{COP}_{20})}{27 - 20} \times (t_j - 27)。
 \end{aligned}$$

注: t_{o} 制造商规定的机组最低工作环境温度, 单位为摄氏度(°C)。

D.2.3.3 机组的制热量 Q_j 按以下规定取值。

a) 对于超低环境温度型机组:

$$\begin{aligned}
 & \text{当 } t_j \leq t_{\text{o}} \text{ 时, } Q_j = W_j / (24 \times 3600); \\
 & \text{当 } t_{\text{o}} < t_j \leq -35^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-35} + \frac{(Q_{-25} - Q_{-35})}{-25 - (-35)} \times [t_j - (-35)]; \\
 & \text{当 } -35^{\circ}\text{C} < t_j \leq -25^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-35} + \frac{(Q_{-25} - Q_{-35})}{-25 - (-35)} \times [t_j - (-35)]; \\
 & \text{当 } -25^{\circ}\text{C} < t_j \leq -7^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-25} + \frac{(Q_{-7} - Q_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]; \\
 & \text{当 } -7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 2^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-7} + \frac{(Q_2 - Q_{-7})}{2 - (-7)} \times [t_j - (-7)]; \\
 & \text{当 } 2^{\circ}\text{C} < t_j \leq 7^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_2 + \frac{(Q_7 - Q_2)}{7 - 2} \times (t_j - 2); \\
 & \text{当 } 7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_7 + \frac{(Q_{20} - Q_7)}{20 - 7} \times (t_j - 7); \\
 & \text{当 } t_j > 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{20} + \frac{(Q_{20} - Q_7)}{20 - 7} \times (t_j - 20)。
 \end{aligned}$$

b) 对于低环境温度型机组:

$$\begin{aligned}
 & \text{当 } t_j \leq t_{\text{o}} \text{ 时, } Q_j = W_j / (24 \times 3600); \\
 & \text{当 } t_{\text{o}} < t_j \leq -25^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-25} + \frac{(Q_{-7} - Q_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]; \\
 & \text{当 } -25^{\circ}\text{C} < t_j \leq -7^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = Q_{-25} + \frac{(Q_{-7} - Q_{-25})}{-7 - (-25)} \times [t_j - (-25)]; \\
 & \text{当 } -7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 2^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = COP_{-7} + \frac{(Q_2 - Q_{-7})}{2 - (-7)} \times [t_j - (-7)]; \\
 & \text{当 } 2^{\circ}\text{C} < t_j \leq 7^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = COP_2 + \frac{(Q_7 - Q_2)}{7 - 2} \times (t_j - 2); \\
 & \text{当 } 7^{\circ}\text{C} < t_j \leq 20^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = COP_7 + \frac{(Q_{20} - Q_7)}{20 - 7} \times (t_j - 7); \\
 & \text{当 } 20^{\circ}\text{C} < t_j \leq 27^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = COP_{20} + \frac{(Q_{27} - Q_{20})}{27 - 20} \times (t_j - 20); \\
 & \text{当 } t_j > 27^{\circ}\text{C} \text{ 时, } Q_j = COP_{27} + \frac{(Q_{27} - Q_{20})}{27 - 20} \times (t_j - 27)。
 \end{aligned}$$

D.2.3.4 全年各温度(日平均)发生时间见表 D.3。低环境温度型机组发生时间以北京气象数据为准, 超低环境温度型机组发生时间以哈尔滨气象数据为准。

表 D.3 主要城市日平均温度发生表

温度区间 (j)	日平均温度 (t_j) ℃	日平均温度为 t_j 的 各地区发生天数		温度区间 (j)	日平均温度 (t_j) ℃	日平均温度为 t_j 的 各地区发生天数	
		北京	哈尔滨			北京	哈尔滨
1	35	0	0	30	6	7	6
2	34	0	0	31	5	6	7
3	33	0	0	32	4	10	6
4	32	0	0	33	3	8	8
5	31	1	0	34	2	7	6
6	30	4	0	35	1	16	2
7	29	5	0	36	0	9	0
8	28	10	0	37	-1	6	4
9	27	14	1	38	-2	12	7
10	26	18	3	39	-3	8	2
11	25	21	5	40	-4	10	9
12	24	22	14	41	-5	6	2
13	23	14	16	42	-6	3	10
14	22	8	23	43	-7	8	9
15	21	5	12	44	-8	3	7
16	20	8	14	45	-9	2	4
17	19	10	10	46	-10	1	12
18	18	10	13	47	-11	3	4
19	17	10	11	48	-12	2	11
20	16	9	6	49	-13	0	10
21	15	8	3	50	-14	0	8
22	14	11	12	51	-15	0	7
23	13	12	11	52	-16	0	4
24	12	5	1	53	-17	0	10
25	11	4	5	54	-18	0	7
26	10	6	11	55	-19	0	8
27	9	10	3	56	-20	0	1
28	8	7	6	57	-21	0	3
29	7	6	9	58	-22	0	2

参 考 文 献

- [1] 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
- [2] GB/T 25127.2—2020 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
-



