

《二氧化碳空气源热泵机组》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1、任务来源

2023 年 12 月 29 日国家标准化管理委员会《关于下达碳达峰、碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知》；计划编号：20232474-T-604；本项目为国标委“扩大内需”重点项目，项目周期 18 个月，计划下达时的起草单位包括中国建筑科学研究院有限公司、黑龙江爱科德科技有限公司、清华大学、建科环能科技有限公司、中建三局第一建设工程有限责任公司、启迪瑞景能源环境科学研究院（北京）有限公司、海尔集团等。

2、主要工作过程

按照工作计划，2024 年 5 月 11 日召开编制组成立暨第一次工作会议，对标准架构、主要问题及编制组人员分工、标准草案等进行研讨。2024 年 5 月 21 日，编制组主要核心成员赴合肥参加冷标委技术委员会组织的标准起草会议，讨论标准的征求意见稿草案。

标准起草初期收集到的意见及处理情况见附件 1。

结合两次会议的专家意见和收集到的行业建议，编制组多次组织专题会议，分章节讨论标准重点内容，在大量的研究分析、资料查证工作的基础上，结合实际应用经验，通过讨论论证，全面地总结和归纳，于 2024 年 8 月形成正式的征求意见稿，经组长审核后报至冷标委秘书处。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 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》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，综合考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

2、标准主要内容

本标准适用于以环境空气为热源，以二氧化碳为制冷剂与环境空气换热的供暖、供热水或供蒸汽的热泵机组。

本标准规定了二氧化碳空气源热泵机组的术语和定义、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。

标准部分条文的解释和说明见附件2。

3、解决的主要问题

本次标准的编制是国家“双碳目标”的需要，是制冷剂替代的需要，是北方地区清洁取暖的需要，也是市场推广的需要。本次标准制定，充分纳入和反映当今二氧化碳空气源热泵机组产品、技术、工艺的先进技术成果，规定了二氧化碳空气源热泵机组规格型号、基本参数及性能试验的相关规定。标准解决了二氧化碳空气源热泵机组现行国内标准缺失或适用性差的问题，为二氧化碳空气源热泵机组的推广应用提供了有力的技术支撑，为指导和规范二氧化碳空气源热泵机组的

设计、制造、选型、性能试验、产品验收提供了依据，有利于提高产品的技术性能、安全可靠，促进其技术水平的提升。

三、主要试验（或验证）情况

本标准为新制定的产品标准，是结合我国二氧化碳空气源热泵机组设计、生产和使用经验的基础上制定完成的。

标准征求意见稿起草阶段，编制单位通过对二氧化碳空气源热泵机组进行出厂检验和和现场试验，以及用户的现场使用经验，对不同型式的二氧化碳空气源热泵机组主要性能指标进行验证，如表 1。

表 1 不同型式的二氧化碳空气源热泵机组主要性能指标试验（验证）情况

序号	试验（验证）项目	试验（验证）结果 1	试验（验证）结果 2	试验（验证）结果 3
1	一般要求	合格	合格	合格
2	耐压试验	无异常变形和介质泄漏	无异常变形和介质泄漏	无异常变形和介质泄漏
3	泄漏试验	无泄漏	无泄漏	无泄漏
4	真空试验	压力回升 63Pa	压力回升 81Pa	压力回升 83Pa
5	绝缘电阻	$\geq 2\text{ M}\Omega$	$\geq 2\text{ M}\Omega$	$\geq 2\text{ M}\Omega$
6	电气强度	无火花无闪络	无火花无闪络	无火花无闪络
7	接地装置	$\leq 0.1\Omega$	$\leq 0.1\Omega$	$\leq 0.1\Omega$
8	运转试验	合格	合格	合格
9	名义制热量 65/45	214.61	465.87（低温型）	658.42
10	名义制热消耗功率	75.84	191.32	243.00
11	名义制热 COP	2.83	2.53	2.71
12	低温制热量 65/45	414.61	/	441.16
13	低温制热消耗功率	173.48	/	181.31
14	低温制热 COP	2.39	/	2.43
15	使用侧压力（蒸汽压力）	0.13 MPa	0.13 MPa	0.11 MPa
16	融霜试验	合格	合格	合格
17	噪声试验	400kW/80dB	400kW/79dB	400kW/80dB
18	振动	合格	合格	合格
19	盐雾试验	合格	合格	合格
20	涂层附着力试验	合格	合格	合格

序号	试验（验证）项目	试验（验证）结果 1	试验（验证）结果 2	试验（验证）结果 3
21	有害物质含量检测	合格	合格	合格
22	变工况	性能曲线	性能曲线	性能曲线
23	防护等级	合格	合格	合格

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

二氧化碳空气源热泵产品是二氧化碳再利用、零碳能源结构下清洁取暖和实现低品位热源高效转换为高品位热能的主要途径，是实现“双碳目标”的重要手段。随着北方地区“清洁取暖”大规模推进，“双碳目标”日益临近，标准的出台，可以从组件、结构、性能、用途和安全等各方面规范其质量，健全 CO₂ 空气源热泵质量保障措施，规范相关企业生产，助力“双碳目标”、“制冷剂替代”及北方严寒、寒冷地区“清洁取暖”的实现。

此产品标准的编制，可以推动空气源热泵产品的工质替代和产品升级，促进国内关键核心技术及前沿技术的研发，推动二氧化碳空气源热泵核心零部件的生产，引领产业链规范发展。将满足相关热泵产品技术发展的需求，保证产品适应当下技术发展趋势。

六、与国际、国外对比情况

为保证标准编制工作的顺利进行，对国内外二氧化碳空气源热泵机组的相关标准编制情况进行调研与对比。

（1）国外相关标准

对国际标准组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、欧洲标准委员会（EN）等国际相关标准化组织颁布的标准进行了综述，目前尚无二氧化碳空气源热泵机组的专门产品国际标准。但上述国际标准化委员会发布了一系列相关标准，对二氧化碳空气源热泵机组产品的部分性能和功能提供参考。

ISO 国际标准化组织发布了 ISO-21922-2021<Refrigerating systems and heat pumps- Valves - Requirements, testing and marking>《制冷系统和热泵-阀门-要求、测试和标记》，其中针对制冷系统和热泵的产品及关键部件的要求、测试和标记作出相关规定，为通用性标准，非专门的产品标准。同时，在车用空调领域，发布的 ISO 13043:2011<Road vehicles - Refrigerant systems used in mobile air conditioning systems (MAC) - Safety requirements>《道路车辆-移动空调系统（MAC）中使用的制冷剂系统-安全要求》，该标准主要内容是仅针对使用 R-134a、R-1234yf 和 R-744 为制冷剂的车用空调系统的制冷剂系统的安全性能提出了相关规定，而非专门的产品标准。

NIST（美国国家标准与技术研究所，美国商务部）发布的 Technical Note 2068 Revision 1<Laboratory Tests of a Prototype Carbon Dioxide Ground-Source Air Conditioner>《二氧化碳地源空调原型的实验室试验》，该标准主要内容是针对以二氧化碳为工质的地源热泵机组提出了实验室试验方法而非专门针对二氧化碳空气源热泵。美国采暖、制冷与空调工程师协会发布了系列相关标准，如 ASHRAE OR-10-056-2010<Performance of a Transcritical CO₂ Heat Pump for Simultaneous Water Cooling and Heating>《用于同时加热和冷却的跨临界 CO₂ 热泵性能》、<Emerging Technologies:CO₂ Heat Pump Water Heaters>《新兴技术：CO₂ 热泵热水器》、<4814-Performance

Measurement of CO₂ Heat Exchangers>《4814-CO₂ 热交换器的性能测量》、AC-02-01-3<Compact Counterflow Gas Cooler for R-744>AC-02-01-3《R-744 紧凑型逆流气体冷却器》，以上标准对于以跨临界二氧化碳热泵部分性能、CO₂ 热泵热水器性能、相关热交换器和气体冷却器等关键部件的性能测量及要求做出了相应规定。美国机动车工程师协会对车用以二氧化碳为制冷剂的移动空调系统的相关设计标准、维修和控制技术、制冷剂使用要求等发布了系列标准。美国 US-IIAR 国际氨制冷研究所发布的 ANSI/IIAR CO₂-2021<Safety Standard for Closed-Circuit Carbon Dioxide Refrigeration Systems>《闭路二氧化碳制冷系统安全标准》，是专门针对闭路二氧化碳制冷系统安全性能的标准。

德国标准化协会专门针对车用二氧化碳空调系统的制冷剂性能、关键部件的相关性能及设计维护控制等要求发布了系列标准，如：DIN SPEC 74102:2015-08<Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Connection technology>《道路车辆-R744-空调系统-连接技术》、DIN SPEC 74103:2015-08<Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - High pressure refrigerant to coolant chiller>《道路车辆 -R744- 空调系统 - 高压制冷剂冷却器》、VDMA 24020-4:2011-06<Operational requirements for refrigerating systems - Part 4: Refrigerating systems with carbon dioxide (CO₂ - R744)>《制冷系统的运行要求-第4部分：使用二氧化碳（CO₂-R744）的制冷系统》等。

丹麦、挪威等国家在车用 CO₂ 热泵制热（制冷）领域发布了相关标准，如：IN SPEC 74105:2015-08《道路车辆-R744-空调系统》。

日本工业标准调查会（JISC）现有针对二氧化碳空气源热泵的相关标准为 JIS C 9220:2018《家用热泵热水器》，为户用 CO₂ 空气源热水器标准，其分别对使用二氧化碳（CO₂）和羟基氟碳（HFC）为制冷剂的做出规定。

国外相关标准详见表 2。

表 2 国外相关标准情况

序号	国家	标准英文	标准中文	发布机构
1	美国	Technical Note 2068 Revision 1<Laboratory Tests of a Prototype Carbon Dioxide Ground-Source Air Conditioner>	《二氧化碳地源空调原型的实验室试验》	美国国家标准与技术研究所，美国商务部
2	美国	ASHRAE OR-10-056-2010 Performance of a Transcritical CO ₂ Heat Pump for Simultaneous Water Cooling and Heating	ASHRAE OR-10-056-2010《用于同时加热和冷却的跨临界 CO ₂ 热泵性能》	ASHRAE 美国采暖、制冷与空调工程师协会
3	美国	Emerging Technologies:CO ₂ Heat Pump Water Heaters	《新兴技术：CO ₂ 热泵热水器》	ASHRAE 美国采暖、制冷与空调工程师协会
4	美国	4814-Performance Measurement of CO ₂ Heat Exchangers	《4814-CO ₂ 热交换器的性能测量》	ASHRAE 美国采暖、制冷与空调工程师协会
5	美国	AC-02-01-3 Compact Counterflow Gas Cooler for R-744	AC-02-01-3《R-744 紧凑型逆流气体冷却器》	ASHRAE 美国采暖、制冷与空调工程师协会

序号	国家	标准英文	标准中文	发布机构
6	美国	SAE J 2842-2019 R-1234yf and R744 Design Criteria and Certification for OEM Mobile Air Conditioning Evaporator and Service Replacements	SAE J 2842-2019 《R-1234yf 和 R744 OEM 移动空调蒸发器和服务 更换的设计标准和认证》	US-SAE 美国机 动车工程师协 会
7	美国	SAE J 2845-2013 R-1234yf (HFO-1234yf) and R-744 Technician Training for Service and Containment of Refrigerants Used in Mobile A/C Systems	SAE J 2845-2013 《R-1234yf (HFO-1234yf) 和 R-744 移动空调系统制冷剂维 修和控制技术培训》	US-SAE 美国机 动车工程师协 会
8	美国	SAE J2845_202111-2021 R-12 (CFC-12), R-134a (HFC-134a), R-1234yf (HFO-1234yf), R-744, and R-152a (HFC-152a) Technician Training for Service and Containment of Refrigerants Used in Mobile A/C Systems	SAE J2845_202111-2021 《R-12(CFC-12)、R-134a (HFC-134a)、R-1234yf (HFO-1234yf)、R-744 和 R-152a (HFC-152a) 技术人员培训 用于维修 和控制移动空调系统中 使用的制冷剂》	US-SAE 美国机 动车工程师协 会
9	美国	SAE J2683_201603-2016 Refrigerant Purity and Container Requirements for Carbon Dioxide (CO2 R-744) Used in Mobile Air-Conditioning Systems	SAE J2683_201603-2016 《用于移动空调系统的 二氧化碳 (CO ₂ R-744) 的制冷剂纯度和容器要 求》	US-SAE 美国机 动车工程师协 会
10	美国	ANSI/IIAR CO ₂ -2021 Safety Standard for Closed-Circuit Carbon Dioxide Refrigeration Systems	ANSI/IIAR CO ₂ -2021 《闭路二氧化碳制冷系 统安全标准》	US-IIAR 国际氨 制冷研究所
11	德国	DIN SPEC 74102:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Connection technology	DIN SPEC 74102:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-连接技术》	DIN 德国标准 化协会
12	德国	DIN SPEC 74103:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - High pressure refrigerant to coolant chiller	DIN SPEC 74103:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-高压制冷剂冷却 器》	DIN 德国标准 化协会
13	德国	DIN SPEC 74104:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Condenser/gas cooler	DIN SPEC 74104:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-冷凝器/气体冷却 器》	DIN 德国标准 化协会

序号	国家	标准英文	标准中文	发布机构
14	德国	DIN SPEC 74105:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Refrigerant R744	DIN SPEC 74105:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-制冷剂 R744》	DIN 德国标准 化协会
15	德国	DIN SPEC 74106:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Refrigerant lines and IHX in coaxial design	DIN SPEC 74106:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-同轴设计的制冷剂 管路和 IHX 设计》	DIN 德国标准 化协会
16	德国	DIN SPEC 74107:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Orifice with bypass (OTB)	DIN SPEC 74107:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-带旁通孔的节流孔 (OTB) 》	DIN 德国标准 化协会
17	德国	DIN SPEC 74108:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Combined accumulator with internal thermal transmitter	DIN SPEC 74108:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-带内置热变送器的 组合式蓄能器》	DIN 德国标准 化协会
18	德国	DIN SPEC 74109:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Serviceport	DIN SPEC 74109:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-维修港》	DIN 德国标准 化协会
19	德国	DIN SPEC 74110:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Pressure limiting devices (PLD)	DIN SPEC 74110:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-压力限制装置 (PLD) 》	DIN 德国标准 化协会
20	德国	DIN SPEC 74111:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Accumulator-Dryer-Filter-Modules	DIN SPEC 74111:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-蓄能器-干燥器-过 滤器-模块》	DIN 德国标准 化协会
21	德国	DIN SPEC 74112:2015-11 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Back-pressure valves	DIN SPEC 74112:2015-11 《道路车辆-R744-空调 系统-背压阀》	DIN 德国标准 化协会
22	德国	DIN SPEC 74113:2015-11 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Evaporator	DIN SPEC 74113:2015-11 《道路车辆-R744-空调 系统-蒸发器》	DIN 德国标准 化协会
23	德国	DIN SPEC 74114:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Shut off valves	DIN SPEC 74114:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-截止阀》	DIN 德国标准 化协会

序号	国家	标准英文	标准中文	发布机构
24	德国	DIN SPEC 74115:2016-04 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Mechanical coolant compressor	DIN SPEC 74115:2016-04 《道路车辆-R744-空调 系统-机械冷却压缩机》	DIN 德国标准 化协会
25	德国	DIN SPEC 74116:2016-03 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Electric coolant compressor	DIN SPEC 74116:2016-03 《道路车辆-R744-空调 系统-电动冷却压缩机》	DIN 德国标准 化协会
26	德国	DIN SPEC 74117:2015-08 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - Combined pressure and temperature sensors	DIN SPEC 74117:2015-08 《道路车辆-R744-空调 系统-组合式压力和温度 传感器》	DIN 德国标准 化协会
27	德国	DIN SPEC 74118:2017-06 Road vehicles - R744-Air-conditioning systems - CO2- sensor	DIN SPEC 74118:2017-06 《道路车辆-R744-空调 系统-CO2-传感器》	DIN 德国标准 化协会
28	德国	VDMA 24020-4:2011-06 Operational requirements for refrigerating systems - Part 4: Refrigerating systems with carbon dioxide (CO ₂ - R744)	VDMA 24020-4:2011-06 《制冷系统的运行要求- 第 4 部分：使用二氧化碳 (CO ₂ -R744) 的制冷系 统》	DIN 德国标准 化协会
29	德国	SAE J 2842:2019-06 R-1234yf and R744 Design Criteria and Certification for OEM Mobile Air Conditioning Evaporator and Service Replacements	SAE J 2842:2019-06 《R-1234yf 和 R744 设计 标准以及 OEM 移动空调 蒸发器和维修更换认证》	DIN 德国标准 化协会
30	德国	SAE J 2683:2016-03 Refrigerant Purity and Container Requirements for Carbon Dioxide (CO ₂ R-744) Used in Mobile Air-Conditioning Systems	SAE J 2683:2016-03 《移动空调系统中使用的 二氧化碳(CO ₂ R-744) 的制冷剂纯度和容器要 求》	DIN 德国标准 化协会
31	德国	SAE J 2845:2021-11 R-12 (CFC-12), R-134a (HFC-134a), R-1234yf (HFO-1234yf), R-744, and R-152a (HFC-152a) Technician Training for Service and Containment of Refrigerants Used in Mobile A/C Systems	SAE J 2845:2021-11 《R-12 (CFC-12)、R-134a (HFC-134a)、R-1234yf (HFO-1234yf)、R-744 和 R-152a (HFC-152a)关于 移动空调系统所用制冷 剂的维修和密封的技术 员培训》	DIN 德国标准 化协会

序号	国家	标准英文	标准中文	发布机构
32	日本	/	JIS C 9220:2018 《家用热泵热水器》 (注: 分别对使用二氧化碳(CO ₂)和羟基氟碳(HFC)为制冷剂的做出规定)	JISC 日本工业标准调查会
33	国际	ISO-21922-2021 Refrigerating systems and heat pumps- Valves - Requirements, testing and marking	ISO-21922-2021 《制冷系统和热泵-阀门-要求、测试和标记》	ISO 国际标准化组织
34	国际	ISO 13043:2011 Road vehicles - Refrigerant systems used in mobile air conditioning systems (MAC) - Safety requirements	ISO 13043:2011 《道路车辆-移动空调系统(MAC)中使用的制冷剂系统-安全要求》 (注: 仅针对使用R-134a、R-1234yf和R-744为制冷剂的)	ISO 国际标准化组织

(2) 国内相关标准

国内现有 CO₂ 空气源热泵标准体系尚不健全。

现行空气源热泵标准《低环境温度空气源热泵(冷水)机组 第 1 部分: 工业或商业用及类似用途的热泵(冷水)机组》GB/T 25127.1-2020 和《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 25127.2-2020 均是基于非天然工质的热泵标准, 在-25℃环境温度下, 仅规定 1h 试验运行期间, 机组安全装置不启动, 未强制要求长期正常运转, 无法为 CO₂ 空气源热泵在严寒地区推广提供标准依据。

目前已发布 CO₂ 空气源热泵相关标准共 6 部, 其中涉及热水机标准 3 部, 分别为《家用和类似用途 CO₂ 制冷剂热泵热水器用全封闭型电动机-压缩机》GB/T 26181-2010、《以 CO₂ 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》GB/T 38734-2020、《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》NB/T 10778-2021, 使用范围均为热水机, 在供暖系统中适用性较低。涉及供暖机组标准 3 部, 分别为《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵供暖机组》NB/T 11236-2023、《二氧化碳(R744)空气源热泵通用技术规范》DB21/T 2970-2018、《二氧化碳空气源热泵机组》Q/CR 664-2018, 未见从国家层面出发, 涵盖工商业用及民用等全应用场景的 CO₂ 空气源热泵标准。

国内相关标准详见表 3。

表 3 国内相关标准情况

序号	标准名称及标准号	使用限制
1	《低环境温度空气源热泵(冷水)机组 第 1 部分: 工业或商业用及类似用途的热泵(冷水)机组》GB/T 25127.1-2020	基于非天然工质的热泵标准, 在-25℃环境温度下, 仅规定 1h 试验运行期间, 机组安全装

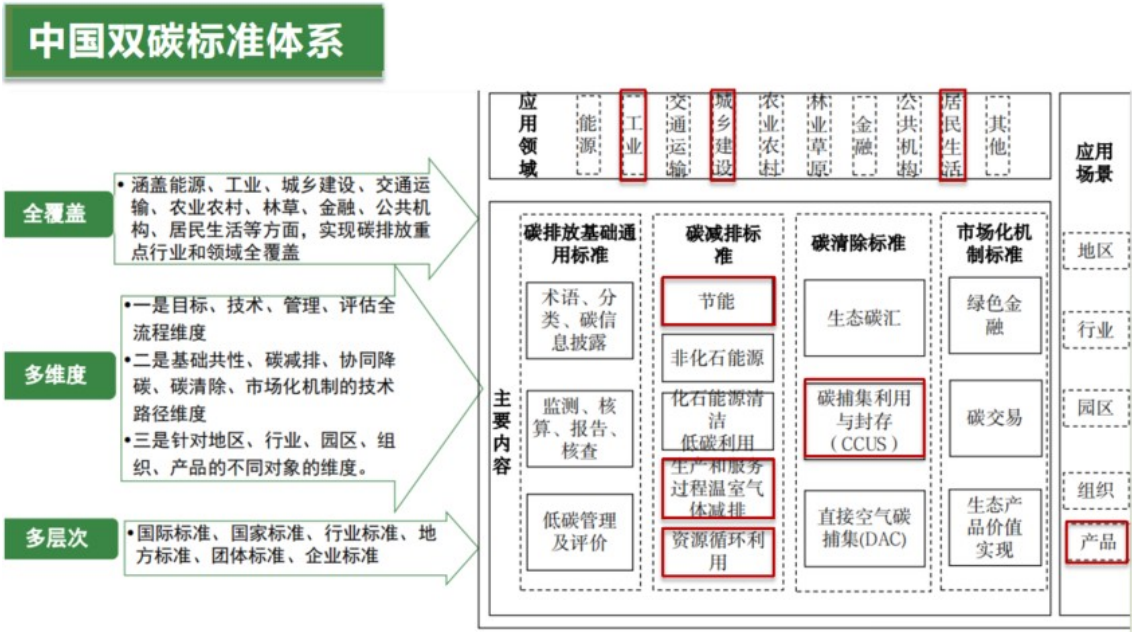
序号	标准名称及标准号	使用限制
2	《低环境温度空气源热泵（冷水）机组 第2部分：户用及类似用途的热泵（冷水）机组》GB/T 25127.2-2020	置不启动，未强制要求长期正常运转
3	《家用和类似用途 CO ₂ 制冷剂热泵热水器用全封闭型电动机-压缩机》GB/T 26181-2010	适用范围均为热水机，不适用于其他供热使用环境（如供暖系统）
4	《以 CO ₂ 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》GB/T 38734-2020	
5	《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》NB/T 10778-2021	
6	《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵供暖机组》NB/T 11236-2023	国家能源局发布的行业标准
7	《二氧化碳（R744）空气源热泵通用技术规范》DB21/T 2970-2018	辽宁省地方标准，为通用规范，非产品标准
8	《二氧化碳空气源热泵机组》Q/CR 664-2018	产品企业标准

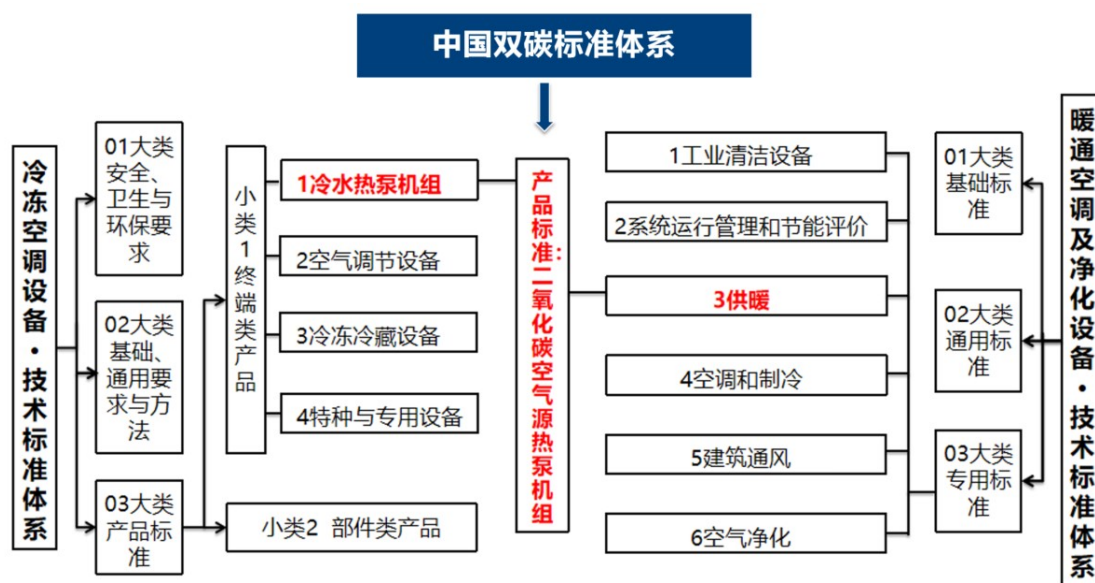
如前所述，上述标准主要有以下特点：1）标准相关性不强，目前国际相关标准以车用空调产品或热泵热水机为主，不适用于建筑用空气源热泵机组；2）国内现有 CO₂ 空气源热泵标准体系尚不健全。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于冷冻空调设备技术标准体系中“03 产品标准”大类—“终端类产品”小类—“冷水热泵机组”，也属于暖通空调及净化设备技术标准体系中“03 专用标准”—“供暖设备”小类。

此外，本标准为碳达峰、碳中和国家标准专项计划项目，也是国标委“扩大内需”重点项目。





本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

根据《住房和城乡建设领域贯彻落实<国家标准化发展纲要>工作方案》要求，要推进城乡建设绿色低碳发展标准化，要推广绿色低碳产品工程应用。《二氧化碳空气源热泵机组》标准的制订符合进一步推广绿色低碳产品的工程应用，夯实绿色低碳建筑供暖发展基础（工作方案第“三、（七）条”）；标准的制订还可以进一步提升可再生能源建筑应用，降低化石能源消费（工作方案第“三、（八）条”）；促进城镇供热提质增效（工作方案第“四、（十）条”）。《二氧化碳空气源热泵机组》的编制不仅将填补相关产品标准空白，也将极大的提升设备运行效率，进一步落实发展纲要的要求。

国内与本次申报标准相关的现行标准为《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021、《以 CO₂ 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》GB/T38734-2020、《低环境温度空气源热泵（冷水）机组》GB/T 25127-2020 系列标准。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 中 5.4.3 规定的严寒、寒冷地区空气源热泵 COP 不小于 1.8，普通空气源热泵无法满足要求。《以 CO₂ 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》GB/T38734-2020，使用的环境温度为-25℃-43℃，适用于制热量小于 16 千瓦的热水器，不适用于供热领域。《低环境温度空气源热泵（冷水）机组》GB/T 25127.1-2020 系列标准，为基于非天然工质的热泵标准，运行环境温度-25℃以上，且稳定运行时长要求为 1 小时，无法满足严寒、寒冷地区使用环境。因此，本标准可以弥补现行空气源热泵标准在超低温环境下技术要求不全面、不完整的不足，是现有标准的配套与补充。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

1、二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组的相关内容

（1）相关意见

- 1）性能要求是否增加 COP 和单位产汽量耗电量；
- 2）增加蒸汽温度、压力和蒸汽热量的测试方法；
- 3）删除蒸汽型机组相关内容。

（2）处理经过

根据标准内容分工，二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组相关内容的编制人员组织专题研讨会议。依据蒸汽型机组产品研发企业的研发技术成果和实际应用项目经验，经过研讨达成一致，在标准

中增加蒸汽型机组 COP 和单位产汽量耗电量的性能要求，同时附录中增加蒸汽温度、压力和蒸汽热量的测试方法，保留蒸汽型机组相关内容。

2、工况分类的相关内容

（1）相关意见

基准工况的目的、意义和定义方法。

（2）处理经过

根据标准内容分工，相关内容的编制人员组织专题研讨会议，经过研讨达成一致，删除“基准工况”的相关内容。

标准起草阶段引入“基准工况”的目的，是为了突出二氧化碳制冷剂的优势，扩大二氧化碳空气源热泵的使用温度范围，为严寒地区超低环境温度条件下使用二氧化碳空气源热泵提供依据和要求。经过讨论，为了与冷标委现有标准体系相协调，删除了原标准草案中“基准工况”的相关内容。同时《标准》修改了相关内容，按照机组适用环境温度机组分为普通型和低温型，依据冷标委现有标准体系的描述形式，分别规定了普通型和低温型机组的工况。

3、标准内压力容器的相关内容

（1）相关意见

国家对相关压力容器的相关执行标准和监管政策已经比较完善，建议删除压力容器的相关规定或在附录中表述相关内容。

（2）处理经过

根据标准内容分工，核心编制人员组织专题研讨会议。经过研讨达成一致，同时为与冷标委现有标准体系相协调，删除压力容器的相关规定，直接表述为：“机组中零部件属于压力容器的，应按 TSG21 的规定执行”。

4、标准内“机组制冷剂充灌量的碳排放责任计算”的相关内容

（1）相关意见

是否需要引入“碳排放责任”的概念，建议关注机组全寿命周期的碳排放责任。

（2）处理经过

根据标准内容分工，核心编制人员组织专题研讨会议。经过研讨达成一致，在当前及今后的环境形势和政策形势下，热泵产业和热泵机组必须向环境友好的方向发展，明确热泵机组制冷剂充灌量潜在碳排放责任，可以很好的量化每台热泵机组充灌的制冷剂的潜在碳排放能力，通过本定义可以明确减少制冷剂充灌量潜在碳排放责任所应采取的技术路径和方法，为热泵机组的潜在碳排放责任降低提供依据。同时，本标准作为产品标准，为区别本标准适用范围为以二氧化碳为制冷剂的空气源热泵机组与其他制冷剂的空气源热泵机组的不同，暂不规定在机组使用阶段的碳排放责任，仅关注因制冷剂充灌导致的碳排放。

九、标准性质的建议说明

本标准为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

标准起草工作组
2024 年 9 月 9 日

附件 1

意见汇总及处理报告

截止 2024 年 8 月 20 日，编制组收回不同单位意见共 18 份共 58 条。编制组将意见反馈各章节主编，并组织各章节主编对返回意见进行逐条讨论，共采纳或部分采纳 47 条意见。对标准草案进行相应修改后，于 2024 年 9 月 4 日形成标准征求意见稿。提出意见单位及专家名单见表 1，具体修改意见处理见表 2。

表 1 提出意见单位及专家名单

序号	单位	专家姓名
1	全国冷标委技术委员会	马金平、谢宝钢、周坤
2	清华大学	石文星
3	北京大学	张信荣
4	上海交通大学	胡斌
5	华中科技大学	徐新华
6	福建雪人股份有限公司	毛显君
7	中国标准化研究院	王长林
8	清华大学	李聪慧
9	天津大学	安青松
10	北京大学	曾民强
11	北京大学	郑秋云
12	黑龙江爱科德科技有限公司	李丽娜
13	中国建筑科学研究院有限公司	杨强
14	北京理工大学	郭聪
15	中国科学院理化技术研究所	李晓琼
16	青岛海尔空调器有限总公司	王飞
17	湖南江能低碳科技有限公司	曾江游
18	杭州温格科技有限公司	邵英

表 2 意见和建议的汇总及处理情况

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
1	/	对于蒸汽热泵，考虑到尚无成熟产品，建议本标准的二氧化碳空气源热泵机组的型式分类：采暖型和生活热水型。	全国冷标委技术委员会/马金平、谢宝钢、周坤	不采纳	/	保留“蒸汽型二氧化碳空气源热泵机组”的相关内容。
2	/	对于热水机，我们要考虑协调与 GB/T 38734-2020《以 CO ₂ 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》之间的关系，把本标准做成 GB/T 21362 的二氧化碳版本。 常规制冷剂的热泵热水机：家用-GB/T 23137-2020，工商用-GB/T 21362-2023 CO ₂ 制冷剂的热泵热水机：家用-GB/T 38734-2020，工商用-即本标准。 如果你们希望覆盖高出水温度的工艺型产品，则建议在水温梯度的设置上考虑多种主流应用场景。	全国冷标委技术委员会/马金平、谢宝钢、周坤	部分采纳	/	本标准作为产品国家标准，从二氧化碳制冷剂的热力学特性角度出发，可以覆盖更宽的出水温度范围，满足多种用途的需求。为保证标准对于热水器性能规定的完整性，保留两个出水温度的设定。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
3	/	对于供暖机，我们希望标准照顾到下述三种类型： 1) 集中供暖直供型（主机出水直接去用户使用的末端），名义制热工况：热源侧干球温度-12℃，湿球温度-13.5℃，出水温度 50℃，进出水温差 10℃； 2) 集中供暖间供型（主机出水去换热站的一次管网），名义制热工况：：热源侧干球温度-12℃，湿球温度-13.5℃，出水温度 65℃，进出水温差 5℃； 3) 热源耦合补充型（给热电厂或者燃气锅炉等作为补充或者提高锅炉的进水温度），名义制热工况：热源侧干球温度-12℃，湿球温度-13.5℃，出水温度 65℃，进出水温差 20℃。	全国冷标委技术委员会/马金平、谢宝钢、周坤	部分采纳	/	二氧化碳空气源热泵供暖型机组进出水温度的设置 45/65℃，主要考虑： 1、从热力学角度和二氧化碳制冷剂特性，二氧化碳机组适合大温差循环，能够出高温水，其高水温不是以牺牲 COP 来达到的。出水温度一定，二氧化碳空气源热泵机组的 COP 已经基本确定；机组温差小，则焓少，造成能源浪费。 2、考虑供暖规范和供暖二次网水温要求，供暖二次网供水温度一般为 60℃，供暖回水温度不低于 40℃；对于辐射供暖，根据辐射供暖供冷技术规程 3.1.7 建议，可以通过在入楼处设置混水装置等工程手段满足供水温度要求。 3、作为一个产品的国家标准，按其基础性能规定工况温度点。
4	/	编制说明中针对各种名义工况的应用场景要加以说明描述。	全国冷标委技术委员会/马金平、谢宝钢、周坤	采纳	详见本编制说明附件 2	已根据意见在编制说明中补充说明各种名义工况的应用场景。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
5	1	“本文件适用于以二氧化碳为制冷剂的空气源热泵机组。”，并且考虑对机组功能范围进行限定；对于“其他空气源热泵也可参照使用”建议删掉。	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 1.范围	标准编制确定两个关键点：1、热源是空气；2、与空气换热的制冷剂是纯的二氧化碳；3、基于现在我们国家和国际上二氧化碳空气源 的发展现状，只要低温级是二氧化碳制冷剂与空气换热，第二级的制冷剂不做约束。结合石老师意见修改至现在的表述内容。
6	3.1	空气源热泵已有定义，此处主要限定范围。	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 3.1	已修改，对于二氧化碳空气源热泵的范围在定义中体现。
7	3.2	目前市场上的复叠式二氧化碳空气源热泵不属于严格意义上的复叠式机组，建议对术语修改或直接删除。	清华大学/教授/石文星	采纳	删除	已删除
8	3.4	建议改为：以二氧化碳为制冷剂制取供暖用热水的空气源热泵机组	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 3.3	已修改，但是对热水不做限定。
9	3.5	建议改为：以二氧化碳为制冷剂制取蒸汽的空气源热泵机组	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 3.4	已修改
10	4.1.1	220V 和 380V 是指交流电源，再加上直流电源是目前常规的供电电源。其他电源是指什么？混合电源？建议确认	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 4.1.1	已修改，保留单相电源和三相电源规定，目前市面上还没有遇到用直流电源的二氧化碳机组，删掉直流电源和其他电源。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
11	4.1.2	这是目前对生活热水热泵热水器的制热方式，制取蒸汽的装置有可能有循环加热式和一次加热式，制取供暖热水的通常为循环加热式，但静态加热式在本标准中似乎很少或不存在。但如果本标准中也包含制取生活热水的系统，就一定有静态加热式，但在用途中需要阐述清楚。请核实或删除！	清华大学/教授/石文星	采纳	删除	已删除
12	4.1.3	“蒸汽机”具有特定含义，建议采用其他术语加以区分，避免误解。建议改为—— 供暖型； 热水型； 蒸汽型。 或 供暖型机组； 热水型机组； 蒸汽型机组。	清华大学/石文星	采纳	详见 4.1.3	已修改，分为：供暖型；热水型；蒸汽型。
13	4.1.4	建议增加热风式或按照功能修改	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 4.1.3	已修改，按照功能型式分类，并将章节号更新为 4.1.3

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
14	4.1.7	普通型,是否将最低温度确定在夏热冬冷地区以南,这样最低温度为-10℃足够低了。 低温型是否分为低环温型?超低环温型?还是指定一种最低温度条件?	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 4.1.5	已修改,根据功能限定温度上下限范围。 普通型:供暖机适用的环境温度范围为 -25℃~21℃;热水机和蒸汽型机组适用的环境温度范围为 -25℃~43℃。 低温型:供暖机适用的环境温度范围为 -35℃~21℃;热水机和蒸汽型机组适用的环境温度范围为 -35℃~43℃。
15	4.3.3 中表 1	这个只给出了制取热水的机组的工况。这好像是: -12℃对应此前的低环温; -25℃对应即将指定的超低环温。如果是这样就只满足二者之一(标注),才能设计出价格合理、满足性能的产品,如果二者都保障的话,是否会增加产品成本?是否给名义工况 1 和名义工况 2?	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 4.3.3 表 1	已修改,删除 4.3.3 中表 1 的基准工况,将机组按照适用环境温度分为普通型和低温型
16	4.3.3 中表 2	这里是生活热水机组的工况参数	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 4.3.3 表 2	已修改
17	5.3	耐压要求。这是二氧化碳系统的特殊要求,需仔细琢磨,给出具体指标。	清华大学/石文星	部分采纳	详见 5.3	跟特检院专家沟通,对于标准无法规定变形量,因为在压力试验中,无法预知或者确定哪个部位发生形变,如果发生可见形变,就已经表明零部件无法通过试验,如果目测无明显变形,对于金属制品,就算耐压试验通过。
18	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。”这是目测,最好定量。	清华大学/石文星	部分采纳	详见 5.3.1	
19	5.5	实际上是不容易发生的,重点是压力回升数据	清华大学/石文星	采纳	详见 5.5	已明确压力回升

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
20	5.7.9.3	此指标建议在前面术语中给出定义。 此指标适用于按制取热水的机组。可以叫做“全年制热性能系数（可以采用 AHPF）”	清华大学/石文星	采纳	详见 3.7、5.7.9.4	此概念引用 GB/T23137 的全年能源消耗效率。已更改为全年制热性能系数
21	5.9	机组变工况性能温度条件如表 6 所示，按 6.3.11 规定的试验方法进行试验并绘制性能曲线图或表。	清华大学/教授/石文星	采纳	详见 5.9	已修改
22	3.5	heater 改为 generator	上海交通大学/博士/胡斌	采纳	详见 3.5	已修改
23	4.3.3 中表 1	增加：极低温工况	上海交通大学/博士/胡斌	采纳	详见 4.3.3 中表 1	已按照普通型和低温型进行分类，在表 1 中超低温工况环境温度设定为 -45℃
24	4.3.3 中表 3	性能指标用 COP 还是用单位产汽量耗电量	上海交通大学/博士/胡斌	采纳	详见 5.7.7	已修改，规定名义 COP，同时增加各种工况下单位产汽量耗电量
25	5.7.12	全年制热能源消耗效率不应只是针对热水机	上海交通大学/博士/胡斌	不采纳	/	本标准中供暖机只在冬季供暖使用，蒸汽型机组产生蒸汽消耗大量电能的阶段在汽化潜热阶段，因此全年制热能源消耗效率只是针对热水机做出规定。
26	表 7	空气温度测量准确度和水侧应有所区别	上海交通大学/博士/胡斌	不采纳	/	该条延续国标 GB/T10870。表号由表 7 更新为表 10
27	6.3.4.6	附录 B 不对应	上海交通大学/博士/胡斌	采纳	详见附录 B	已修改
28	4.2.2	这是一个示例，800kW 制热量的单机应该很少（或许现在没有），建议用市场常见的机子做示例	华中科技大学/教授/徐新华	采纳	详见 4.2.2	采用实际工程中的集中式分布供暖用 400kW 机组示例

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
29	5.7.13.1	35-400kW 的室内机是指什么？这么大或做成分体式吗？为什么差异这么大？如果是供暖机，这么大室内侧应该是采用热水媒介，末端为风机盘管类，不会有这么大的噪音	华中科技大学/教授/徐新华	不采纳	详见 5.7.9.1	该分组内的机组已经在北方地区分布式集中供暖工程中多次使用。这里的室内机指安装在机房内的机组部分，包括冷凝器、压缩机、油分、气分等部件，室外机是安装在室外与空气换热的部分，主要包括蒸发器。随着标准修改，本条文变更至 5.7.9.1。
30	6.3.4.2	都只是给出了制热的性能测试，同时建议给出制冷的性能测试	华中科技大学/教授/徐新华	不采纳	/	二氧化碳空气源热泵制冷性能不突出，经协商一致同意删除制冷相关性能。
31	6.3.2	改为“按照 GB/T9237-2017 中 10.3.3 规定执行”。	福建雪人股份有限公司/毛显君	采纳	详见 6.3.2	已修改
32	6.3.4.7	与 GB/T25127 附录 B 水温不一致	福建雪人股份有限公司/毛显君	采纳	详见 6.3.4.5，附录 C	已增加本标准附录 C，规范制热季节性能系数计算方法
33	6.3.13	6.3.4.1 特指供暖机组，排除了热水机和蒸汽型机组，应写 6.3.4	福建雪人股份有限公司/毛显君	采纳	详见 6.3.4	本条已修改，根据内容增减条文号已更新。
34	表 7/附录 B	缺少蒸汽湿度测试方法和测量仪器；因为热泵蒸汽型机组可能存在不饱和蒸汽，不满足标准的适用范围。建议调整为机组的制热量通过测定制取的蒸汽流量、压力、温度以及给水的温度求得，并列公式。	中国建筑科学研究院有限公司/杨强	采纳	详见表 10 附录 B	附录 B 对蒸汽的测试方法装置做出规定。表号已更新至表 10
35	附录 A	缺少热泵蒸汽型机组测试装置和方法的描述，采用 GB/T10870 是否合适？有相变发生采用热力学完善度评价是否合适？	中国建筑科学研究院有限公司/杨强	采纳	/	见附录 B。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
36	4.2.1 第五部分	建议说明单位，是基于 kW 来做的标记。	中国科学院理化技术研究所/李晓琼	采纳	详见 4.2.1	已修改
37	5.1	(1) 相关条文是否有依据？如 5.1.7，是否参照了相关标准？ (2) 5.1.8 中经 6.3.9 的涂层附着力试验后的句点请修改。	中国科学院理化技术研究所/李晓琼	部分采纳	详见 5.1	(1) 5.1 部分已参照了相关标准； (2) 已修改。
38	3.1/3.2/3.12/5.1.10	将制冷剂改为工质	湖南江能低碳科技有限公司/曾江游	不采纳	/	制冷剂是标准 JB/T7249 中定义的名词，直接使用。
39	4.1.8	新增 4.1.8，按机组型式分类：a) 冷暖机；b) 热水机；c) 蒸汽型机组	湖南江能低碳科技有限公司/曾江游	采纳	详见 4.1.3	已修改，将原按使用侧介质分类改为机组功能分类，分为 a) 供暖机；b) 热水机；c) 蒸汽型机组；本章节号更新为 4.1.3
40	8.1.5	新增 8.1.5，标志、包装、运输和贮存 使用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”符号标识和颜色警示。	湖南江能低碳科技有限公司/曾江游	采纳	详见 8.1.5	已修改，新增 8.1.5 条款
41	A.2.3	建议制冷工况热力学完善度符号采用 η_{re} ，与正文中制冷符号 c 统一	北京大学/教授/张信荣	采纳	详见 A.2.3	已修改
42		全文缺乏对于机组核心设备，如压缩机、蒸发器等的要求	北京大学/教授/张信荣		详见 6.3.1.3	6.3.1.1 对于二氧化碳回路明确耐压试验采用气压试验，保证二氧化碳回路的洁净度和无杂质遗留。6.3.1.3 对换热器、气液分离器、油气分离器、节流装置等的强度和压力试验做了规定要求。
43	6.3.13	给出 GWP 值的基准，采用 IPCC 第四次评估报告 (AR4) 中给定的值？还是不做要求？	天津大学/教授/安青松	采纳	详见附录 E	已增加
44	表 5	低温型供暖机名义 COP 定 2.25 是否偏高	清华大学/博士/李聪慧	采纳	详见表 5	重新核算为 2.20

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
45	4.3.3 表 3	(1) 出口压力 $\geq 0.1\text{MPa}$ (表压), 对应的饱和蒸汽温度是 120.2°C , 出口介质温度给的 $\geq 110^{\circ}\text{C}$, 是不是不太合适? (2) 产蒸汽的形式: 如果是采用高温高压水换热+闪蒸的形式, 出口介质温度是不是可以更高一些? (3) 蒸汽的状态: 是否过热, 过热度多少, 是否需要明确?	北京理工大学/郭聪	不采纳	/	本标准仅对蒸汽型机组做出基础规定: 能产出蒸汽并进入输送管道, 至于蒸汽的物理参数及使用不做规定。
46	附录 B	采用接触式测温元件测量时, 如果测温端有水冷凝析出, 温度测量偏差如何消除? 热泵机组产出的蒸汽容易夹带液滴, 而且流动过程中由于压损也容易析出水, 直接采用流量计测量估计测不准。需要新的测量手段。	北京理工大学/郭聪	采纳	详见附录 B	本标准仅对蒸汽型机组做出基础规定: 能产出蒸汽并进入输送管道, 输送管道上可以采用补偿温度措施等。
47	8.1.1	表 11 铭牌内容: 未见二氧化碳回路最高允许工作压力, 无法对应 6.3 中各项试验要求 (耐压/泄露/真空), 同时, 也无法针对 5.1.9 中设计压力 3 倍于强度校核实验压力进行明确。	杭州温格科技有限公司/邵英	不采纳	详见 8.1.1	原 5.1.9 已调整至 6.3.1.3, 其对应零部件设计压力, 校核试验压力由零部件厂家给出; 二氧化碳空气源热泵机组还有高低压保护和泄压保护功能。
48	8.2.3	产品合格证内容上增加执行标准	杭州温格科技有限公司/邵英	采纳	详见 8.2.3	已修改
49	4.3.3	此处分为了供暖机、热水机及蒸汽型机组三种测试工况, 而 4.1 型式分类并没有供暖机	青岛海尔空调器有限总公司/王飞	采纳	详 4.1.3	已修改 4.1 中型式分类
50	4.3.3	问题: 此处的测试工况考核了融霜 $2/1^{\circ}\text{C}$ 工况 建议: 增加 $-7/-8^{\circ}\text{C}$ 工况融霜测试, 这个防止低温冻结	青岛海尔空调器有限总公司/王飞	不采纳	/	采用现有国标规定。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
51	4.3.3	1、问题：户用普通型推广还需要考虑经济性，-35℃工况太苛刻 建议：户用型 CO2 热泵机组去掉-35℃考核，增加-7/-8℃工况考核； 2、问题：户用普通型推广还需要考虑经济性，名义工况-25℃太苛刻 建议：户用型 CO2 热泵机组名义工况按-12℃考核； 3、问题：45℃的回水温度设定依据，进口介质温度和出口介质温度如果是一次热源没有问题，如果是直接进用户家采暖则温度过高 建议：户用普通型采用 35℃回水温度； 4、问题：① 名义工况制冷是不是必须具备的功能？② 35℃的考核温度偏高，建议：① 名义工况制冷功能可以没有② 如果带制冷功能，参考 GB/T7725 降低至 29℃工况考核； 5、普通型：建议名义工况为-12℃，低温工况为-25℃正常运行，不考核能效 低温型：建议名义工况为-25℃，低温工况-35℃； 6、问题：表 2 中，名义（20℃）55℃出水，而超低温（-7/-25/-35℃）时，出口介质温度 85 度，对于非复叠式系统，无法达到（或者是小流量可实现） 建议：统一为 65℃； 7、问题：户式空调用户比较在意能效等级，比如现在 R32 一拖一机组会粘贴能效标贴明示一级、二级等 建议：标准中也分 A/B/C 等能效等级，不仅准入，促进 CO2 空气源热泵的市场推广	青岛海尔空调器有限公司/王飞	部分采纳	详见 4.3.3 表 1、表 2、表 3	1/2/4/5/6 已修改，按照普通型和低温型分别规定； 3、二氧化碳制冷剂制热性能好，可以高温出水，使用场景还包括分布式集中供热模式；家用达到标准规定，实际使用中可以调节机组运行参数； 7、未采纳，本标准为产品标准，仅规定产品基础性能。现有能效标准 19577 适用范围不包括二氧化碳空气源热泵机组；本标准中供暖型机组规定了制热季节性能系数，热水型机组规定了全年制热性能系数。为机组能效等级标定做准备。

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
52	第 4 章	章节结构，将 4.1 独立成第 4 章，标题为：……分类；4.2 和 4.3 独立成第 5 章，标题为：型号和参数	中国标准化研究院/ 王长林	不采纳	/	沿用现有冷标委标准结构模式
53	第 5 章	1) 5.2 的安全要求往后移，并与 5.8 电气安全性能、5.10 防护等级等集中在一起； 2) 5.3 耐压 5.4 密封 5.5 真空三条和 5.7 都是性能要求，所以 5.7 的标题与 5.3 等不在一个层级。（如果 5.7 改叫工况性能，5.3，5.4 等也要给个类名）。建议分类 3) 5.6 运转试验不是技术指标要求。建议修改表述，以及可放入 5.1 中，或（最好）删掉（不用担心，有法律保障） 4) 5.1 一般要求建议精简，或分解，分别改为如：机组外观要求、机组结构要求、零部件要求。5.1.14 和 5.1.15 合并至安全类部分；5.1.1 删掉，非技术要求，且没有实际意义 5) 若干处提及“不小于明示值的 95%”（如 5.7.1），需要给出理由（几乎是都放宽的理由）	中国标准化研究院/ 王长林	部分采纳	详见第 5 章	1) 5.2 的安全要求往后移，并与 5.8 电气安全性能、5.10 防护等级等集中在一起； 2) 沿用现有低环境温度空气源热泵机组标准结构模式； 3) 沿用现有低环境温度空气源热泵机组标准结构模式； 4) 沿用现有低环境温度空气源热泵机组描述；5.1.14 和 5.1.15 合并至安全类部分。 5) 沿用现有空气源热泵类标准技术要求。
54		第 5 章和第 6 章指标项目顺序尽量对应（目前不太对应），且第 5 章的所有要求均应在第 6 章中给出试验方法（如 5.2 没有给出试验方法）。另，两章之间对应内容的表述应一致。如 6.3.4 的“工况性能”6.3.4.1 供暖机组在第 5 章中没有相应表述和对应的结构划分	中国标准化研究院/ 王长林	采纳	详见第 5 章第 6 章	已修改

序号	章节/条文号	意见或建议	提意见单位、专家	意见处理	修改后	备注
55	第 7 章	“抽样检验”不建议与出厂和型式检验并列。建议删掉相关内容。型式检验也是抽样。另，建议给出判定规则，如有一项不合格，即为不合格，还是可以有几项不合格，还是可以加倍抽样复检一次等。	中国标准化研究院/ 王长林	部分采纳	详见第 7 章	抽样检验为控制主要的技术性能进行的检验，由各个厂家明确合格与否的标准。在第三方抽样检验中，一项不合格即加倍抽样，再次出现不合格判定为不合格。
56	附录 A	附录 A 中的现场试验？现场能够做到标准化吗（保证一致性等）。如否，不能作为标准。	中国标准化研究院/ 王长林	不采纳	/	现场试验同样要求固定的环境温度工况进行试验，并以热力学完善度表征最后结果。
57	表 5	出水温度不一样的时候，机组的制热效率会有衰减，特别是环境温度高的时候。建议对制热系数的要求应做出区别的。	黑龙江爱科德科技有限公司/李丽娜	采纳	详见表 5	已修改
58	5.1.9	这个是对进货检验的要求吗？机组的生产厂家一般都做不了这种测试，都是配件的厂家根据标准要求自己做。建议调整说法。	黑龙江爱科德科技有限公司/李丽娜	部分采纳	详见 5.1.9	对二氧化碳机组零部件全产业链上厂家的规范，只要是用于二氧化碳机组，都应满足此要求。

1 关于标准的适用范围

本文件界定了二氧化碳空气源热泵机组的术语和定义、型式与基本参数，规定了二氧化碳空气源热泵机组的技术要求、检验规则、标志、包装、运输和贮存，描述了相应的试验方法。

本文件适用于以环境空气为热源，以二氧化碳为制冷剂与环境空气换热的供暖、供热水或供蒸汽的热泵机组。

说明：本范围强调了：1、热源是空气；2、与空气换热的制冷剂是单一制冷剂二氧化碳，不包括二氧化碳与其他制冷剂混合的制冷剂；3、机组的使用范围。

2 关于标准中“二氧化碳空气源热泵机组”的定义

3.1 二氧化碳空气源热泵机组 carbon dioxide (CO₂) air source heat pump packages

以二氧化碳为制冷剂与环境空气换热的供暖、制取热水或蒸汽的空气源热泵机组。

说明：在现有标准对空气源热泵机组的定义基础上，本术语重点强调：1、低温级制冷剂为纯的二氧化碳；2、低温级热源为环境空气。

3 关于标准中蒸汽型机组的相关内容

3.1 关于蒸汽的定义和分类

1、蒸汽亦称“水蒸气”。水蒸气是由液态水经汽化而来的一种气体，当液体在有限的密闭空间中蒸发时，液体分子通过液面进入上面空间，成为蒸汽分子，蒸汽由此形成。常压状态下，蒸汽的温度为 100℃。当水被加热到 100℃时，其蒸汽压强达到标准大气压，此时水开始汽化成水蒸气，随着加热的继续，水蒸气温度不再上升，而是转化成更高温度的蒸汽。

2、定义中强调标准大气压下，蒸汽温度为 100℃，（在不同压力条件，其温度会不同，如高原和平原地区水汽化的温度不同），但都需要转化为标准大气压下的蒸汽。

3、蒸汽的用途：用于加热/加湿、用于动力/驱动、用于降温、用于清洗

4、根据压力和温度对各种蒸汽的分类为：饱和蒸汽、过热蒸汽。

饱和蒸汽：当液体在有限的密闭空间中蒸发时，单位时间内进入空间的分子数目与返回液体中的分子数目相等时，蒸发与凝结处于动平衡状态，这时虽然蒸发和凝结仍在进行，但是空间中蒸汽分子的密度不再增大，此时的状态称为饱和状态，其蒸汽称为干饱和蒸汽（饱和蒸汽）。

过热蒸汽：把饱和蒸汽继续进行加热，其温度升高，并超过该压力下的饱和温度，这种蒸汽称为过热蒸汽。过热蒸汽的明显优点是使用时基本不会产生冷凝水。

3.2 关于蒸汽热力过程的一般步骤

1、用蒸汽图表由初态的两个已知参数求其他参数；

2、根据过程性质，如压力不变、容积不变、温度不变和绝热等，加上另一个终态参数在图上确定进行的方向和终态，并读得终态参数。

3、根据已求得的初、终态参数，应用热力学第一和第二定律等基本方程计算热量。

4、热量计算过程：水从初始温度加热到 100℃、100℃的汽化潜热，防止冷凝输入的热量；

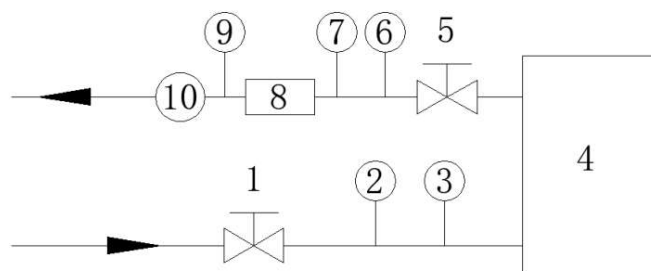


图 B.1 试验装置

按式（1）计算蒸汽的热量：

$$Q_0 = C_1 m (100 - t_1) + m r - C_2 m (t_3 - t_2) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

Q_0 ——蒸汽热量，单位为千焦（kJ）；

C_1 ——水的比热容，单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/（kg·℃）]；

C_2 ——通过蒸汽压力计测得压力下的蒸汽定压比热容，单位为千焦每千克每摄氏度[kJ/（kg·℃）]；

m ——过热蒸汽的质量流量，通过蒸汽质量流量计测量，单位为千克每秒（kg/s）；

r ——蒸汽在100℃的汽化潜热，查表，单位为千焦每千克（kJ/kg）；

t_1 ——给水温度，通过给水温度计测量，单位为摄氏度（℃）；

t_2 ——进入管道电加热器之前的蒸汽温度，通过蒸汽温度计测量，单位为摄氏度（℃）；

t_3 ——进入管道电加热器之后的蒸汽温度，通过蒸汽温度计测量，单位为摄氏度（℃）。

3.3 关于标准对二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组的规定

本标准仅对机组做出以下规定：

- （1）机组中二氧化碳制冷剂与空气换热加热水，在复叠机中供机组后续工艺产生蒸汽；
- （2）充分利用二氧化碳制冷剂的大温差特性，能够从超低温环境中取热，并制取高温热水或蒸汽；
- （3）二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组供出的蒸汽为基本态蒸汽，即压力为 0.1MPa，温度为 110℃（保证出机组不立刻冷凝）；
- （4）实际使用中，根据使用场景的需要，对机组供出的蒸汽进行二次处理（加压、加热等），此程序不在本标准考虑的范围。

3.4 关于蒸汽型机组“单位产汽量耗电量”

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

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（kWh/t）。

说明：1、考虑蒸汽产生过程中由 100℃的水到 100℃的蒸汽需要吸收大量的热，而不发生温度变化，单纯用 COP 来考核性能不能完全反映机组的能力。使用单位产汽量耗电量能够涵盖从常温水进入机组到产出蒸汽全过程中机组的耗电量。2、工业蒸汽用户，考量的不是热泵机组性能，而是用能成本，也就是最直接的耗电量。

4 关于标准中机组“制冷剂充灌量潜在碳排放责任”

4.1 关于国际公约中的碳排放责任

目前公约当中规定的污染责任划分原则将碳排放责任范围界定为：“国家或地区应该对其行政范围内所排放的所有碳排放承担责任^①。”

IPCC 将其责任边界规定为：“在国家领土和该国拥有司法管辖权的地区，包括近海海区，发生的温室气体排放和消除”，也即属地原则（Territorial Responsibility Principle）。

根据本原则，生产国应当承担其责任边界内生产产品和服务所产生的碳排放责任，包括由生产贸易产品或服务引起的碳排放责任，多数学者将此原则也称为生产者原则。

——以上摘自 COP21（2015 年 11 月 30 日至 12 月 11 日）

4.2 相关标准及相关学者研究内容

（1）中国城镇供热协会、中国制冷学会《热量制备和输送过程的碳排放责任核算标准》（征求意见稿）

该标准规定了热源直接制备热量的碳排放责任：单位输出热量对应的碳排放责任，包括燃料、驱动热源、输入电力三部分。

4 热量制备过程的碳排放责任核算

4.1 热源直接制备热量

4.1.1 热源直接制备热量的方式是指消耗能源且产出产品仅为热量的供热方式（如图 1 所示），包括利用各种燃料燃烧、电或其他能源输出热量的供热锅炉、利用热泵从自然界低温热源或生产和生活过程中低温热源提取热量、利用太阳能集热器产热、利用太阳能集热和热泵联合产热等方式。



图 1 热量制备装置的能源输入输出形式

4.1.2 热量制备装置的碳排放责任按下式计算：

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^n (QF_i \times R_i) + Q_d \times H_d + W \times D}{Q_o} \quad \#(1)$$

式中：

CR——输出热量对应的碳排放责任，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

QF_i ——输入第 i 种燃料燃烧产生的供热量，单位为吉焦（GJ）；

R_i ——输入第 i 种燃料的碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ），见附录 B；

Q_d ——作为驱动热源的高温热量，单位为吉焦（GJ）；

H_d ——作为驱动热源的高温热量的单位热量碳排放责任，单位为吨二氧化碳每吉焦（tCO₂/GJ）；

W——输入的电力值，单位为兆瓦时（MWh），此处应包括系统所有用电量，包括热量制备系统中的风机、循环水泵、热泵、电锅炉、补水系统等设备的电量；

D——输入电力对应的单位电力碳排放责任，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（tCO₂/MWh），计算方式见附录 A；

Q_o ——输出热量，单位为吉焦（GJ）。

——以上摘自中国城镇供热协会、中国制冷学会《热量制备和输送过程的碳排放责任核算标准》（征求意见稿）

（2）相关学者研究内容

相关学者对设备整个生命周期内当量 CO₂ 排放量的计算进行了研究，该学者认为设备生命

周期对应的碳排放责任，包括制冷剂充注、泄露、回收三部分。

对于 AHP 或 SAAHP 系统而言，除考虑上述污染物排放以外，还应考虑制冷剂泄漏所导致的环境破坏问题。具体破坏程度可采用等效温室效应的方法核算成其当量 CO₂ 排放量。

设备整个生命周期内的当量 CO₂ 排放量可由下式计算：

$$m_{direct} = GWP m_0 (L_0 L_{time} + 1 - \alpha_0) \quad (5-10)$$

式中，GWP 为制冷剂的全球变暖潜力值； m_0 为系统制冷剂充注量，kg，本文的跨临界 CO₂ 热泵系统的制冷剂充注量是 26kg； L_0 为制冷剂的年泄露率； L_{time} 为系统寿命周期； α_0 为制冷剂回收率。表 5.3 展示了 SAAHP 系统的环境效益模型中相关参数及设定值的情况。

——以上摘自清华大学李聪慧博士论文

4.3 本标准关于机组“制冷剂充灌量潜在碳排放责任”的内容

3.8 制冷剂充灌量潜在碳排放责任 potential carbon emission responsibility of refrigerant charge

设备在名义工况下，热泵机组充灌的制冷剂应承担责任的二氧化碳排放量。

在当前及今后的环境形势和政策形势下，热泵产业和热泵机组必须向环境友好的方向发展，明确热泵机组制冷剂充灌量潜在碳排放责任，可以很好的量化每台热泵机组充灌的制冷剂的潜在碳排放能力，通过本定义可以明确减少制冷剂充灌量潜在碳排放责任所应采取的技术路径和方法，为热泵机组的潜在碳排放责任降低提供依据。本标准是双碳专项标准之一，应从降低氢氟烃类制冷剂角度增加相关条款。

标准中给出了相关要求及计算方法如下：

5.11 制冷剂充灌量潜在碳排放责任

制冷剂充灌量潜在碳排放责任按照 6.3.13 的规定进行计算，不应超过明示值的 110%。

6.3.13 制冷剂充灌量潜在碳排放责任

应以 6.3.4 测试的名义制热量为基础，计算出制冷剂充灌量潜在碳排放责任 CR。制冷剂充灌量潜在碳排放责任按下式计算：

$$CR = \frac{GWP_{CO2} \times M_{CO2} + \sum_{i=1}^n (GWP_i \times M_i)}{Q_o} \\ = \frac{GWP_{CO2} \times M_{CO2} + \sum_{i=1}^n (GWP_i \times M_i)}{N \times COP} \quad (1)$$

式中：

CR——名义工况下，制冷剂充灌量对应的潜在碳排放责任，单位为吨二氧化碳每千瓦 (tCO₂/kW)；

GWP_i ——GWP 为制冷剂的全球变暖潜力值；设备中第 i 种制冷剂的 GWP（制冷剂 GWP 值见附录 E）；

M_{CO2} ——设备中二氧化碳制冷剂的充灌量，单位为吨 (t)；

M_i ——设备中第 i 种制冷剂的充灌量，单位为吨 (t)；

Q_o ——热泵机组名义工况输出热量，单位为千瓦 (kW)；

N——热泵机组名义工况总输入电功率，单位为千瓦 (kW)；

COP——机组名义制热性能系数。

对于本标准中制冷剂充灌量潜在碳排放责任的计算公式说明如下：

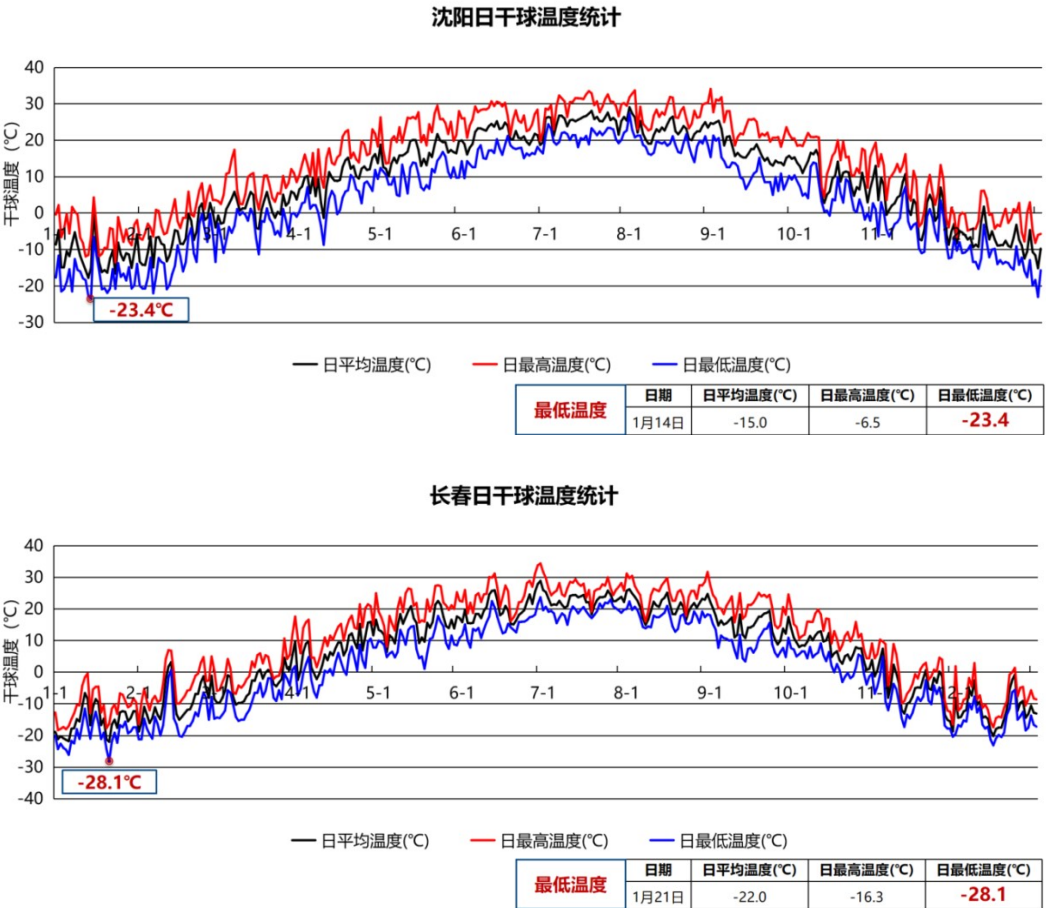
- 1) 分子第一项鼓励采用二氧化碳制冷剂去替代其他制冷剂，因为二氧化碳的 $GWP=1$ ，采用二氧化碳肯定会使得第一项相对较小；
- 2) 分子第二项考虑复叠机，鼓励采用低 GWP 类制冷剂和减少充灌量；在多个复叠系统中，鼓励减少复叠级数，降低换热损失；
- 3) 分母是 $N \cdot COP$ ，也就是制冷剂充灌量完全相同时，对 COP 进行比较， COP 越大，输入功率越小；
- 4) 该计算公式总体表达了既要鼓励氟利昂降低使用，又鼓励 COP 提高。

5 关于标准中机组按适用环境的分类

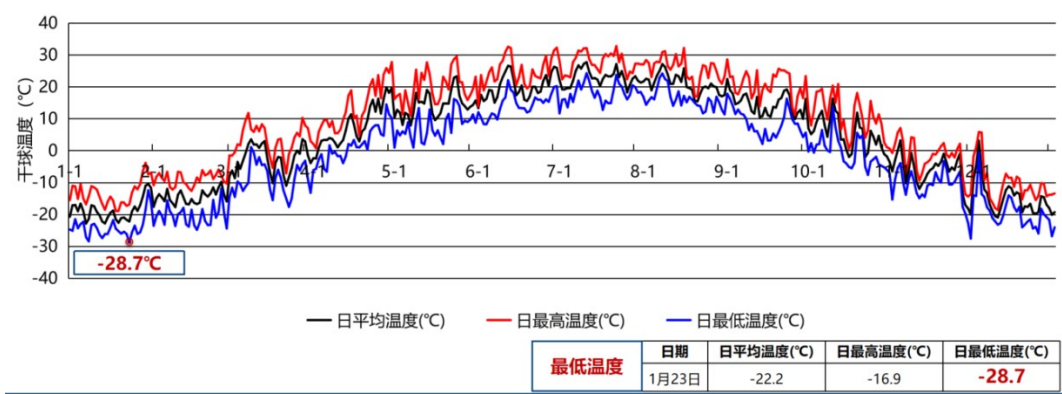
5.1 严寒地区及部分寒冷地区使用环境温度分析

在供暖电力化背景下，热泵是电力高效转为热量的最佳途径。北方地区冬季清洁取暖，空气源热泵是主要技术路线。

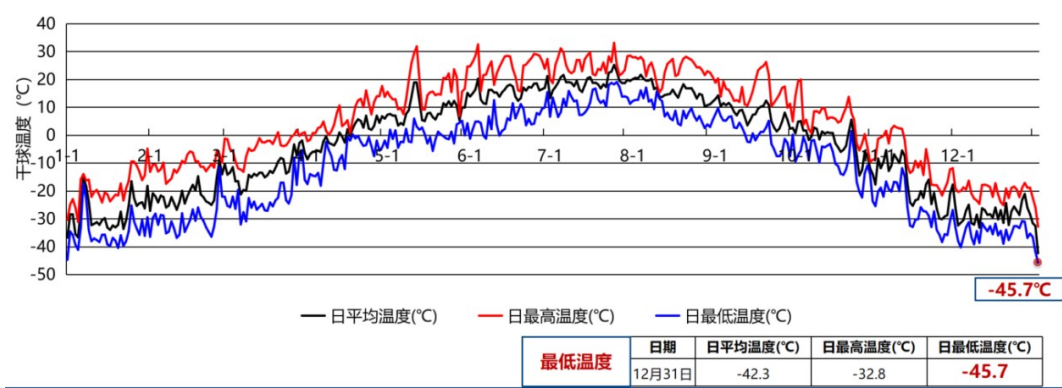
典型城市冬季室外日干球温度统计：



哈尔滨日干球温度统计



漠河日干球温度统计



甘肃、宁夏、辽宁、吉林、黑龙江、新疆、内蒙古等严寒地区总供暖面积超过 100 亿平方米，冬季室外环境温度低于-20℃，且极寒温度会降低至-30℃以下。普通氢氟烃类工质的空气源热泵机组在室外温度低于-20℃时，效率极低，且往往无法保障正常供暖需求。



城市	-12℃以下天数	-23℃以下天数	极寒温度(℃)
哈尔滨	111	56	-28
长 春	83	16	-24
沈 阳	57	9	-21
呼和浩特	78	7	-23
根 河	164	144	-35
齐齐哈尔	117	77	-28

来源：中国气象网2021-2022年采暖季数据

5.2 本标准对机组适用环境温度的规定

- 4.1.5 按适用环境温度分为：
- 普通型；
- 低温型。
- 4.3.2 机组在下列条件下应能正常工作：
- 普通型：供暖型机组适用的环境温度范围为 -25℃～21℃；热水型机组和蒸汽型机组适用的环境温度范围为 -25℃～43℃。
- 低温型：供暖型机组适用的环境温度范围为 -35℃～21℃；热水型机组适用的环境温度范围为 -35℃～43℃。
- 说明：我国幅员辽阔，南北地区温度差异大，按照建筑气候划分为：严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、温和地区、夏热冬暖地区等区域，为保证机组使用效果且又不浪费资源，可以按机组使用的目标区域进行区别生产设计，但是应满足使用环境温度的要求。普通型适用的环境温度范围为-25℃以上；低温型适用的环境温度范围为-35℃以上。温度划分与现有标准保持一致。
- 温度划分引用现有标准体系划分规定，与现有标准保持一致。

6 关于标准中机组各项试验工况参数

6.1 供暖型机组各项试验工况参数设定研究

- 4.3.3 机组的各项试验工况参数见表 1、表 2 和表 3。

表 1 供暖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	普通型	-12	-13.5	45	65
	低温型	-25	/	45	65
低温工况	普通型	-25	/	45	65
	低温型	-35	/	45	65
融霜 ^a	普通型/低温型	2	1	45	65

说明：

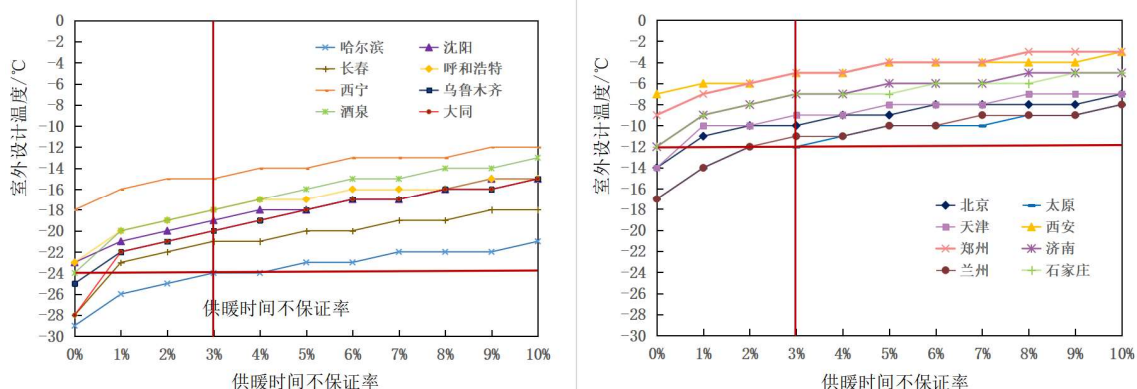
一、供暖型机组名义工况温度参数设定研究

对于本标准中供暖型机组名义工况的确定，我们参考了如下文献：

[1] 韩林俊,王嘉,石文星,等.低温空气源热泵(冷水)机组名义工况的确定研究[J].制冷学报,2009,30(01):19-24.

[2] 石文星,杨子旭,王宝龙.对我国空气源热泵室外名义工况分区的思考[J].制冷学报,2019,40(05):1-12.

根据整理寒冷地区和严寒地区各 8 个代表城市的典型气象年逐时的室外温度（见下图），按照供暖时间不保证率 3% 确定名义工况，可得到如下结论：



名义工况差距较大：在相似的供暖不保证时间下，寒冷地区空气侧名义工况为 -12°C ，严寒地区制热工况室外干球温度为 -25°C ，相较寒冷地区降低了 13°C 。

普通氟利昂制冷剂空气源热泵：额定工况从环境温度 -12°C 的空气中吸热，放热温度一般不超过 41°C 。且 -25°C 时，在电辅热条件下，稳定运行 1 小时，即认为设备合格。（不能满足严寒地区供暖需求）

因此，根据 CO_2 制冷剂的特性，结合哈尔滨等典型严寒地区城市供暖不保证率 3% 的要求，将 -25°C 定义为供暖型普通型机组名义工况温度；同时，根据查询和参照中国建筑气候区划图相关城市的温度范围，并且查询“十三五”课题《建筑节能设计基础参数研究》的成果， -35°C 涵盖我国地域范围的绝大部分区域（漠河根河极端天气除外），因此将 -35°C 定义为供暖型低温型机组名义工况温度。

二、二氧化碳空气源热泵供暖型机组进出水温度的设置 $45/65^{\circ}\text{C}$ ，主要考虑：

1、从热力学角度和二氧化碳制冷剂特性，二氧化碳机组适合大温差循环，能够出高温水，其高温水不是以牺牲 COP 来达到的。出水温度一定，二氧化碳空气源热泵机组的 COP 已经基本确定；机组温差小，则焓少，造成能源浪费。

2、考虑供暖规范和供暖二次网水温要求，供暖二次网供水温度一般为 60°C ，供暖回水温度不低于 40°C ；对于辐射供暖，根据辐射供暖供冷技术规程 3.1.7 建议，可以通过在入楼处设置混水装置等工程手段满足供水温度要求。

3、作为一个产品的国家标准，按其基础性能规定工况温度点。

6.2 热水型机组各项试验工况参数设定研究

表 2 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	普通型	27	19	19	55^{a}
					85^{b}

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
常温工况	普通型/低温型	20	15	15	55 ^a
					85 ^b
名义工况	普通型	7	6	9	55 ^a
					85 ^b
	低温型	-7	-8		55 ^a
					85 ^b
低温工况	普通型	-7	-8	9	55 ^a
					85 ^b
	低温型	-25	/		55 ^a
					85 ^b
超低温工况	普通型	-25	/	9	55 ^a
					85 ^b
	低温型	-35			55 ^a
					85 ^b
融霜	普通型/低温型	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。					

说明：

1、本标准引用 GB/T21362-2023 的工况点温度值取值，并根据二氧化碳空气源热泵机组的适用环境温度，区分为普通型和低温型，并对适用温度扩展至-35℃。

2、表 2 和现有 3 个标准（GB/T21362-2023、GB/T23137-2020、GB/T38734-2020）区别：本表涵盖二氧化碳热泵热水型机组 16kW 以下和 16kW 以上能力范围，对出水温度分别规定，16kW 以下出水温度 55℃，16kW 以上出水温度 85℃。

3、二氧化碳空气源热泵热水型机组出水温度设置为 55/85℃，主要考虑：a)、55℃出水温度与现有空气源热泵热水器标准的出水温度保持一致；考虑使用场景，中国健康住宅评价标准明确要求热水供水温度不低于 55℃同时要有抑菌杀菌措施。欧洲饮用水标准要求，热水供水温度不低于 65/55℃，冷水供水温度不高于 25℃，25-55℃是军团菌滋生的最佳舒适区，因此要满足杀灭军团菌的要求；b)、在餐具消毒、汤浴洗浴等行业，国家卫生标准规定满足消毒要求的最低水温为 80℃，为满足消毒温度要求，将出水温度设置为 85℃；c)、针对二氧化碳空气源热泵大温差的特性，为提高机组性能系数做储备空间。

6.3 蒸汽型机组各项试验工况参数设定研究

表 3 蒸汽型机组一般性能试验的标准工况

工况类型	热源侧		使用侧		
	干球温度 ℃	湿球温度 ℃	进水温度 ℃	蒸气出口温 度℃	蒸气出口压力 MPa
高温工况	27	19	19	≥110	≥0.1
常温工况	20	15	15		
名义工况	7	6	15		

工况类型	热源侧		使用侧		
	干球温度 ℃	湿球温度 ℃	进水温度 ℃	蒸气出口温 度℃	蒸气出口压力 MPa
低温工况	-7	-8	9		
超低温工况	-25	-	9		
融霜	2	1	9	≥110	≥0.1
注：出口压力为表压力。					

说明：

1、二氧化碳空气源热泵蒸汽型机组只规定机组热源侧进口温度和使用侧介质温度、出口压力，保证蒸汽型机组能够供出蒸汽；以满足介质后续工艺需求和循环动力要求。

2、规定蒸汽型机组的 COP 应大于一定的数值，因为在蒸汽型机组中，虽然水的汽化过程需要的热量远远多于将水加热至 100℃需要的热量，但总体来说其热量来源还是空气，在水汽化的过程中，温度不变，焓值增加，但从热量来源来看，使用 COP 来规定机组可以提高行业技术发展和整体水平提升。

7 关于机组性能系数要求

7.1 GB 55015-2021《建筑节能与可再生能源利用通用规范》关于能效等级参数的规定

GB 55015-2021《建筑节能与可再生能源利用通用规范》对于空气源热泵机组的制热性能系数使用 COP 来规定，要求其设计工况制热性能系数（COP）满足如下规定：

5.4.3 采用空气源热泵机组供热时，冬季设计工况状态下热泵机组制热性能系数（COP）不应小于表 5.4.3 规定的数值。

表 5.4.3 空气源热泵设计工况制热性能系数（COP）

机组类型	严寒地区	寒冷地区
冷热风机组	1.8	2.2
冷热水机组	2.0	2.4

二氧化碳空气源热泵机组标准编制时，需选用制热性能系数 COP 参数。

7.2 GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》关于能效等级参数的规定

（1）适用的产品类型：

蒸气压缩循环冷水（热泵）机组、低环境温度空气源热泵（冷水）机组、水（地）源热泵机组、溴化锂吸收式冷（温）水机组、蒸气压缩循环高温热泵机组、间接蒸发冷却冷水机组、一体式冷水（热泵）机组。

1 范围

本文件规定了热泵和冷水机组的能效限定值及能效等级的技术要求,描述了相应的试验方法,明确了本文件的实施。

本文件适用的热泵和冷水机组的类型包括蒸气压缩循环冷水(热泵)机组、低环境温度空气源热泵(冷水)机组、水(地)源热泵机组、溴化锂吸收式冷(温)水机组、蒸气压缩循环高温热泵机组、间接蒸发冷却冷水机组和一体式冷水(热泵)机组。

(2) 采信的检测方法

GB/T 10870 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

GB/T 18362 直燃型溴化锂吸收式冷(温)水机组

GB/T 18430.1 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 18430.2 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组 第2部分:户用及类似用途的冷水(热泵)机组

GB/T 18431 蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组

GB/T 19409 水(地)源热泵机组

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

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

GB/T 25861 蒸气压缩循环水源高温热泵机组

JB/T 12839 一体式冷水(热泵)机组

JB/T 12840 空气源热泵高温热风、高温热水机组

JB/T 14640 计算机和数据处理机房用复合式间接蒸发冷却冷水机组

JB/T 14642 露点间接蒸发冷却高温冷水机组

(3) 对于低环境温度空气源热泵(冷水)机组的规定

该标准对于低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效限定值,在规定的标准工况条件下,低环境温度空气源热泵(冷水)机组采用以下参数的最小允许值来判定:

- 1) 名义制热性能系数(COP_h);
- 2) 低温制热性能系数(COP_{dh});
- 3) 制热季节性能系数(HSPF);
- 4) 全年性能系数(APF)。

3.2

低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效限定值 minimum allowable values of energy efficiency for low ambient temperature air source heat pump (water chilling) packages

在规定的标准工况条件下,低环境温度空气源热泵(冷水)机组的名义制热性能系数(COP_h)、低温制热性能系数(COP_{dh})、制热季节性能系数(HSPF)和(或)全年性能系数(APF)的最小允许值。

注:对于风机盘管型机组,季节性能系数考核全年性能系数(APF);对于地板采暖型和散热器型机组,季节性能系数考核制热季节性能系数(HSPF)。

该标准对于低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效限定值:

- 1) 依据 GB/T25127 标准,其适用环境温度为-25℃以上;
- 2) 名义工况环境温度为-12/-13.5℃,低温工况环境温度为-20℃;
- 3) 1级和2级能效等级使用 HSPF/APF 限定,3级可以使用 HSPF/APF、 COP_{dh} 、 COP_h 。

表 3 低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效等级指标

机组类型		名义制热量 kW	能效等级				
产品标准	型式		1 级	2 级	3 级		
			HSPF/APF [*]	HSPF/APF [*]	HSPF/APF [*]	COP _{dh}	COP _h
GB/T 25127.2	地板采暖型	≤35	3.60	3.20	2.80	2.00	2.30
	风机盘管型		3.05	2.85	2.65	1.80	2.10
	散热器型		2.60	2.40	2.30	1.50	1.70
GB/T 25127.1	地板采暖型	>35	3.40	3.20	3.00	2.10	2.50
	风机盘管型		3.30	3.10	3.00	1.80	2.30
	散热器型		2.60	2.40	2.30	1.50	1.80
* 地板采暖型和散热器型机组的能效指标为 HSPF,风机盘管型机组的能效指标为 APF。							

(4) 对该标准的借鉴分析

通过对 GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》的以上分析，具体到二氧化碳空气源热泵机组，我们分析以下三个问题：

1) GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》是否适用于二氧化碳空气源热泵机组？

从产品类型和GB19577-2024的规定，GB19577-2024适用范围不包含二氧化碳空气源热泵，其适用环境温度范围小于二氧化碳空气源热泵机组的工作温度范围。

2) 二氧化碳空气源热泵机组能效等级用什么参数限定？

GB19577-2024 其评价的方法可以借鉴应用在二氧化碳空气源热泵机组，选用制热季节性能系数（HSPF）和全年制热性能系数（AHPF）两个参数；

其中：

供暖型机组采用制热季节性能系数（HSPF）：由于二氧化碳空气源热泵机组不涉及制冷相关内容，因此此处用制热季节性能系数（HSPF），不使用全年性能系数（APF）；热水型机组采用全年制热性能系数（AHPF）。

3) 确定了使用限定的参数后，结合二氧化碳空气源热泵机组，确定相应的计算方法。

7.3 相关标准中机组性能系数限定值要求

(1) GB 19577-2024《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》

表 3 低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效等级指标

机组类型		名义制热量 kW	能效等级				
产品标准	型式		1 级	2 级	3 级		
			HSPF/APF ^a	HSPF/APF ^a	HSPF/APF ^a	COP _{dh}	COP _h
GB/T 25127.2	地板采暖型	≤35	3.60	3.20	2.80	2.00	2.30
	风机盘管型		3.05	2.85	2.65	1.80	2.10
	散热器型		2.60	2.40	2.30	1.50	1.70
GB/T 25127.1	地板采暖型	>35	3.40	3.20	3.00	2.10	2.50
	风机盘管型		3.30	3.10	3.00	1.80	2.30
	散热器型		2.60	2.40	2.30	1.50	1.80
^a 地板采暖型和散热器型机组的能效指标为 HSPF,风机盘管型机组的能效指标为 APF。							

该标准对于低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值：3级能效采用 GB/T25127.1 和 GB/T25127.2 的标准和数值规定。

(2) GB/T 25127.1-2020 《低环境温度空气源热泵（冷水）机组》

该标准针对工业或商业用及类似用途的热泵（冷水）机组，对于低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值：

4.3.4 机组的性能系数及其限值如表 2 所示。

表 2 性能系数

机组型式	性能系数				
	名义制冷性能系数 COP_c	名义制热性能系数 COP_h	低温制热性能系数 COP_{dh}	制热季节性能系数 HSPF	全年性能系数 APF
地板辐射型	—	2.50	2.10	3.00	—
风机盘管型	2.70	2.30	1.80	2.70	3.00
散热器型	—	1.80	1.50	2.30	—

(3) GB/T 25127.2-2020 《低环境温度空气源热泵（冷水）机组》

该标准针对户用及类似用途的热泵（冷水）机组，对于低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值：

4.3.4 机组的性能系数及其限值如表 2 所示。

表 2 性能系数

机组型式	性能系数				
	名义制冷性能系数 COP_c	名义制热性能系数 COP_h	低温制热性能系数 COP_{dh}	制热季节性能系数 HSPF	全年性能系数 APF
地板辐射型	—	2.30	2.00	2.80	—
风机盘管型	2.50	2.10	1.80	2.60	2.65
散热器型	—	1.70	1.50	2.30	—

(4) 《超低环境温度空气源热泵（冷水）机组》（征求意见稿）

该标准对于超低环境温度空气源热泵（冷水）机组能效限定值如下（来源于该标准征求意见稿）：

5.4.4 制热季节性能系数

按附录B的规定测试，机组的制热季节性能系数不应低于表2规定的限值，且不低于明示值的95%，其值保留两位小数。

表 2 性能系数

机组型式		性能系数			
		名义制冷性能系数 (COP _c)	名义制热性能系数 (COP _h)	低温制热性能系数 (COP _{hL})	制热季节性能系数 (HSPF)
户用型	地板辐射型	—	2.10	1.70	2.70
	风机盘管型	2.50	1.80	1.50	2.40
	散热器型	—	1.50	1.20	2.00
商用型	地板辐射型	—	2.10	1.70	2.70
	风机盘管型	2.50	1.80	1.50	2.40
	散热器型	—	1.50	1.20	2.00

(5) GB/T 23137-2020 《家用和类似用途热泵热水器》

该标准针对家用和类似用途热泵热水器能效限定值：按照制热方式分别以一次加热式、循环加热式和静态加热式分别规定了 APF 限定值。

5.5.9 全年能源消耗效率(APF)

按 A.2.2 规定的试验方法，空气源热泵热水器的全年能源消耗效率(APF)实测值应不低于表 4 规定的数值，并不应低于制造厂明示值的 95%。

表 4 空气源式热泵热水器全年能源消耗效率(APF)限定值

制热方式	空气源式
一次加热式、循环加热式	3.2
静态加热式	2.8

(6) GB/T 21362-2020 《商业或工业用及类似用途热泵热水机》

该标准针对商业或工业用及类似用途热泵热水机能效限定值：包括空气源式和水源式热泵热水机。对于空气源式热泵热水机，按照普通型（-7℃-43℃）和低温型（-25℃-43℃）分别给出 COP 和 AHPF 数值。

4.2.3 热水机名义工况下的性能指标限值见表 3。

表 3 热水机名义工况下的性能指标限值

单位为千瓦每千瓦

热水机型式	COP			AHPF	
	空气源式		水源式	空气源式	
	普通型	低温型		普通型	低温型
静态加热式	2.90	1.50	4.20	2.80	2.40
一次加热式	3.20	1.80	4.50	3.10	2.70
循环加热式(不提供水泵)	3.20	1.80	4.40	3.10	2.70
循环加热式(提供水泵)	3.10	1.70	4.30	3.00	2.60

7.4 本标准对机组性能系数选用及限定值要求

在二氧化碳空气源热泵机组标准编制时，选用制热性能系数（COP）、制热季节性能系数（HSPF）和全年制热性能系数（AHPF）两个参数；

其中：供暖型机组采用制热性能系数（COP）（分为名义工况和低温工况）、制热季节性能系数(HSPF),热水型机组采用名义工况制热性能系数(COP)、全年制热性能系数(AHPF)，蒸汽型机组采用名义工况制热性能系数（COP）。

调研和汇总了多个项目的数据,参考超低环境温度空气源热泵(冷水)机组和国标 GB/T25127、GB/T23137、GB/T21362，给出下表格。

表 5 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)
供暖型 机组	普通型		2.50	2.20	2.70	--
	低温型		2.20	1.70	2.30	--
热水型 机组	出水温度 55℃	普通型	3.20	--	--	3.10
		低温型	2.70	--	--	2.70
	出水温度 85℃	普通型	2.90	--	--	2.80
		低温型	2.30	--	--	2.20
蒸汽型机组			1.60	--	--	--

8 关于机组压力安全、耐压要求、真空要求及相关试验

8.1 有关标准关于压力及压力容器的规定

关于机组压力及压力容器的规定，编制组调研以下 9 本现行有关标准（见下表），调研分析情况如下：

我国国内空气源热泵机组的相关标准均未明确将机组是否认定为压力容器,或列出压力容器的认定条件；NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》规定了不适用的压力容器条件，从结构尺寸、型式等方面说明。我国国内空气源热泵机组的相关标准均规定了密封性能、承压或强度要求。美国 ASHRAE-15 明确了压力容器的定义，内容范围，标记规定和试验压力要求。标准对二氧化碳制冷剂的压力试验进行了单独规定（9.2.6）。

序号	标准号及标准名称	压力范围	使用指标	耐压与压力试验	备注
1、	NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》	标准设计压力不高于 5.0MPa	不适用的范围：a)、内直径（非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸）大于或者等于 150 mm 或者容积小于 0.03 m ³ 的容器；b)、无壳体的套管式热交换器、冷却排管、板式热交换器等；c)、直燃型吸收式制冷装置的发生器。	/	/
2、	NB/T10778-2021《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》	引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》，设计压力不高于 5.0MPa	对机组高压侧的高压保护装置型式和设计压力进行规定。	对压力试验（强度试验、耐压试验）做了具体规定	二氧化碳空气源热泵跨临界循环临界压力为 7.38MPa，最高工作压力可超过 10MPa，从适用压力范围角度讲，该标准引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》存在适用压力范围不准确的问题。未明确提到是否认定为压力容器
3、	NB/T11236-2023《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵供暖机组》	引用 NB/T10778-2021，设计压力不高于 5.0MPa	对二氧化碳制冷剂的系统高低压设计压力进行规定。	二氧化碳回路压力试验引用 NB/T10778-2021	未明确提到是否认定为压力容器
4、	GB/T23137-2020《家用和类似用途热泵热水器》（家电标委归口、含空气源和水源热泵）	未引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》，未明确压力值。	/	对气密性和承压要求、试验进行规定，见 5.4 要求和 6.2 试验方法；	该标准由家电标委归口、含空气源和水源热泵，未明确提到是否认定为压力容器
5、	GB/T 38734-2020《以 CO2 为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》	引用 GB/T23137	该标准气密性和承压要求引用 GB/T23137。	该标准规定需要设置高压保护装置，见 5.1.5；	该标准由家电标委归口、适用于机组制热能力小于 16kw，未明确提到是否认定为压力容器

序号	标准号及标准名称	压力范围	使用指标	耐压与压力试验	备注
6、	GB/T21362-2023《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》（冷标委归口、含空气源和水源热泵）	引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》，设计压力不高于5.0MPa	含空气源和水源热泵，名义制热量3kW以上。	该标准对气密性和液压提出要求（5.3.1、5.3.2），并对试验进行规定（6.4）。	该标准由冷标委归口、未明确提到是否认定为压力容器
7、	GB/T26181-2010 家用和类似用途CO2制冷剂热泵热水器用全封闭型电动机-压缩机	/	/	该标准对压缩机壳体的气密性、强度试验压力进行规定，见B.3。对于残余水量、杂质等进行规定。	该标准由家电标委会归口，未明确提到是否认定为压力容器
8、	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_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	/	/	该标准规定密封性能和强度要求，见5.2；对于气密性和压力试验进行规定，见6.3.1。	该标准由冷标委归口，未明确提到是否认定为压力容器
9、	ASHRAE-15 Safety Standard for Refrigeration Systems (制冷系统安全标准)	/	该标准明确提到压力容器的定义（3.1 章节），压力容器的尺寸规定、标记规定、压力容器的试验压力要求（9.3 章节） 二氧化碳回路的耐压测试要求，试验压力的规定（9.2.6 章节）	/	压力容器：制冷系统中包含制冷剂的容器。但其中不包括蒸发器，如果每个独立的蒸发器部分的制冷剂容积不超过0.5 立方英尺（0.014 立方米），则不考虑最大内部尺寸。这其中也不包括蒸发器盘管、压缩机、冷凝器盘管、控制器、集管、泵和管道

(1) NB/T47012-2020 《制冷装置用压力容器》

该标准规定设计压力不高于 5.0MPa,二氧化碳空气源热泵跨临界循环临界压力为 7.38Mpa,最高工作压力可超过 10MPa,从适用压力范围角度讲,NB/T47012-2020 不适用于二氧化碳空气源热泵。

该标准规定了不适用的范围:a)、内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)大于或者等于 150 mm 或者容积小于 0.03 m³ 的容器;b)、无壳体的套管式热交换器、冷却排管、板式热交换器等;c)、直燃型吸收式制冷装置的发生器。

1 范围

1.1 本文件规定了以液化气体为制冷剂、设计压力不高于 5.0MPa、设计温度不高于 200℃的制冷装置用压力容器(包括制冷装置用管壳式热交换器,以下简称“容器”)的设计、制造、检验与验收要求。

1.2 制冷装置工作循环应采用蒸气压缩式制冷循环及热泵等类似循环。

1.3 本文件不适用于下列压力容器:

- a) 内直径(对非圆形截面容器指截面内边界最大几何尺寸)小于 150mm 或容积小于 0.03m³ 的容器;
- b) 无壳体的套管式热交换器、冷却排管、板式热交换器等;
- c) 直燃型吸收式制冷装置的发生器。

1.4 不能采用本文件确定结构尺寸的容器或受压元件,允许用以下方法进行设计:

- a) 采用包括有限元法在内的应力分析计算和评定,具体要求应符合 GB/T 150.1—2011 附录 E 的规定;
- b) 采用可比的已投入使用的结构进行对比经验设计,具体要求应符合 GB/T 150.1—2011 附录 D 的规定;
- c) 采用验证性试验分析方法进行设计。其中,当采用验证性爆破试验方法进行设计时,具体要求应符合 GB/T 150.1—2011 附录 C 的规定;当采用验证性外压试验方法进行铜及铜合金、钛合金制整体翅片换热管的外压设计时,应符合附录 A 的规定。

(2) NB/T10778-2021《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》

该标准引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》；未明确提到是否认定为压力容器及应执行的规程规定。对压力试验做了具体规定，见 6.12；对机组高压侧的高压保护装置型式和设计压力进行了规定，见 7.2-7.4。

二氧化碳空气源热泵跨临界循环临界压力为 7.38MPa，最高工作压力可超过 10MPa，从适用压力范围角度讲，NB/T10778-2021《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》引用 NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》存在适用压力范围不准确的问题。

6.12 压力试验

6.12.1 强度试验

6.12.1.1 热水机部件强度试验的试验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。

6.12.1.2 以水或其他液体进行耐压试验，试验步骤为：

- a) 将被测部件充满常温液体，并排尽内部空气；
- b) 逐渐加压至设计压力，确认无泄漏后继续加压至规定的试验压力，保压时间应不小于 30min；
- c) 逐渐减压至设计压力保压，确认无变形后逐渐减至常压，试验结束；
- d) 各保压期间的压力应维持不变；
- e) 试验结束后，应将液体排尽并用压缩空气将部件内部吹干；
- f) 记录不同试验阶段保压的压力和时间，及被测部件是否有破裂、泄漏或变形。

6.12.1.3 强度试验合格的批次或型号产品无需进行耐压试验，被测样品不应再次利用。

6.12.2 耐压试验

6.12.2.1 热水机部件应进行耐压试验，试验压力应大于设计压力 1.5 倍。

6.12.2.2 以水或其他液体进行耐压试验时，试验步骤应符合 6.12.1.2 的规定。

6.12.2.3 由于技术原因不能用液体做耐压试验，应采用空气或其他无危险的气体进行试验，并采取相应的安全防护措施，试验步骤为：

- a) 将被测部件充满空气或其他无危险的气体；
- b) 逐渐加压至规定的试验压力的10%，保压5min；
- c) 加压至规定的试验压力的50%，确认无泄漏后，按规定的试验压力的10%逐级加压，直至试验压力为止，保压10min；
- d) 逐渐减压至设计压力保压，确认无泄漏后逐渐减至常压，试验结束；
- e) 各保压期间的压力应维持不变；
- f) 记录不同试验阶段保压的压力和时间，检查被测部件是否有破裂、泄漏或变形。

7.2 高压侧应设置高压保护装置，高压保护装置宜为手动复位式，若能保障热水机运转或停机压力均不超过设计压力，亦可采用自动复位式。

7.3 无泄压装置时，高压保护装置的设定压力应不大于高压侧设计压力；有泄压装置时，压力限制装置的设定压力应为泄压装置整定压力的 90%或更低。

7.4 热水机含多台压缩机且压缩机共用排气管时，高压保护装置可共用。

(3) NB/T11236-2023《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵供暖机组》

该标准二氧化碳回路压力试验引用NB/T10778-2021规定,未明确提到是否认定为压力容器;NB/T10778-2021《商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机》引用NB/T47012-2020《制冷装置用压力容器》存在适用压力范围不准确的问题。

该标准二氧化碳制冷剂的系统的高低压设计压力进行规定,见5.1.2;

5.1.2 供暖机组中充注二氧化碳制冷剂的系统的高压侧及低压侧应分别设定设计压力,并应符合下列要求:

- a) 各部件的设计压力应不大于组成各部件的制冷零件的设计压力;
- b) 高压侧的设计压力值应取工作或静止状态时该侧制冷剂气体的最高压力或工作压力;
- c) 低压侧的设计压力值应取工作或静止状态时该侧制冷剂气体的最高压力或工作压力,或在最高可能环境温度下设备处于静止状态时系统内制冷剂气体压力的最大值。

5.8 压力试验

供暖机组中系统内制冷剂为二氧化碳的部分应符合NB/T 10778-2021中5.12的规定。

供暖机组中系统内非二氧化碳制冷剂的部分应符合GB/T 25127.1-2020中5.2的规定。

6.8 压力试验

供暖机组中系统内制冷剂为二氧化碳的部分的压力试验按NB/T 10778-2021中6.12给出的方法试验,非二氧化碳制冷剂的部分的压力试验按GB/T 25127.1-2020中6.3.1给出的试验方法试验。

(4) GB/T23137-2020《家用和类似用途热泵热水器》(家电标委归口、含空气源和水源热泵)

该标准由家电标委归口、含空气源和水源热泵,未明确提到是否认定为压力容器;
该标准对气密性和承压要求、试验进行规定,见5.4要求和6.2试验方法;

5.4 气密性和承压要求

5.4.1 制冷系统气密性要求

热泵热水器制冷系统各部分应密封,按6.2.1的方法试验后,不应有制冷剂泄漏现象。

5.4.2 水系统承压要求

按6.2.2的方法试验后,热泵热水器水侧各部位不应有水泄漏,并且不应有任何可能影响安全的永久变形。

注:如果热泵热水器水箱内部装有热交换器,则水箱和热交换器都要按相关标准规定的压力进行试验。

6.2 热泵热水器气密性和承压试验

6.2.1 制冷系统气密性试验

热泵热水器在正常的制冷剂充注量下,不通电置于环境温度为 $16^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的正压室内,用灵敏度为 $1\times 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 的检漏仪进行检验。

6.2.2 水系统承压试验

向容器和热交换器施加水压,水压以 0.13 MPa/s 的速率增至下述规定值并在该值保持 5 min 。

水压为:

- 对于密闭式容器为允许工作过压的2倍;
- 对于敞开式容器为 0.15 MPa 。

(5) GB/T 38734-2020《以CO₂为制冷剂的热泵热水器技术要求和试验方法》(家电标委归口, 小于16kw)

该标准由家电标委归口、适用于机组制热能力小于16kw, 未明确提到是否认定为压力容器;

该标准规定需要设置高压保护装置, 见5.1.5;

该标准气密性和承压要求引用GB/T23137。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 热泵热水器的工作环境温度范围为-25℃~43℃, 比该温度范围更严酷的工作环境温度可由制造商明示。热泵热水器的安全应符合GB 4706.32的要求, 并按经规定程序批准的图样和技术文件(或按用户和制造商的协议)制造。

5.1.2 在进水水质符合GB 5749的前提下, 所有热源水侧的管路、换热设备应具有抗腐蚀的能力, 使用过程中热泵热水器不应污染所使用的水源。

5.1.3 热泵热水器的电磁兼容性应符合GB 4343.1和GB 17625.1的要求。

5.1.4 热泵热水器运行过程中的压缩机运行工况, 应符合GB/T 26181的要求。

5.1.5 热泵热水器应具有高压保护装置, 且高压保护装置动作设定值应符合GB 9237的规定。

2

5.4 气密性和承压要求

气密性和承压要求应符合GB/T 23137—2020中5.4的规定。

(6) GB/T21362-2023 《商业或工业用及类似用途的热泵热水机》（冷标委归口、含空气源和水源热泵）

该标准由冷标委归口、含空气源和水源热泵，名义制热量 3kW 以上。未明确提到是否认定为压力容器；

该标准对气密性和液压提出要求（5.3.1、5.3.2），并对试验进行规定（6.4）。

5.3.1 气密性要求

热水机制冷系统各部分应密封，按 6.4.1 的规定进行气密性试验后，热水机制冷系统各部分不应有制冷剂泄漏现象。

5.3.2 液压要求

5.3.2.1 按 6.4.2.1 的方法试验时，热水机使用侧各部位应无异常变形和泄漏。

5.3.2.2 热水机自带的承压式水箱的设计压力不应小于 0.7 MPa。按 6.4.2.2 的方法试验时，水箱各部位及接头处不应有异常变形和泄漏现象。

6.4 气密性和液压试验

6.4.1 气密性试验

热水机制热系统在正常的制冷剂充注量下，不通电置于环境温度为 16℃～35℃ 的室内，用灵敏度为 $1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ (泄漏量为 7.5g/a) 的检漏仪进行检验。

6.4.2 液压试验

6.4.2.1 热水机使用侧在 1.25 倍设计压力下，按 NB/T 47012 中液压试验方法进行检验。

6.4.2.2 往承压式水箱内充入洁净水并保证 1.25 倍设计压力并保持 5 min，观察各部位及接头处。

(7) GB/T26181-2010 家用和类似用途 CO₂ 制冷剂热泵热水器用全封闭型电动机-压缩机
该标准由家电标委会归口, 未明确提到是否认定为压力容器;

该标准对压缩机壳体的气密性、强度试验压力进行规定, 见 5.3.6 和 6.7 规定, 对于压缩机的结构进行规定, 见 B.3。对于残余水量、杂质等进行规定。

5.3.6 压缩机壳体的气密性

按 6.7 规定的方法进行试验, 壳体(含被固定在壳体上的密封零件)不应渗漏。

6.7 压缩机壳体的气密性试验

压缩机壳体内充入不低于产品规格书规定的气密性试验压力的氮气或干燥空气(露点-35℃以下)后, 浸入水槽中视检, 持续 1 min。

B.3 结构

B.3.1 壳体应能承受在正常使用时的预期压力, 其中:

——处于高压侧的壳体应能承受 3 倍设计压力, 试验压力圆整至 0.5 MPa, 且不低于 42 MPa 的强度试验压力;

——处于低压侧的壳体应能承受不低于 28.6 MPa 的强度试验压力。

压缩机高压侧的设计压力为正常运行期间可能达到的最高压力。

B.3.2 两级电动机-压缩机, 壳体承压要求为:

——在第二级排气直接排出壳体外的, 按低压侧设计;

——在第二级排气没有直接排出壳体外的, 按高压侧设计。

若壳体承压要求按低压侧设计, 应校核制冷系统正常运行期间壳体可能达到最高压力, 若不超过 9.5 MPa, 强度试验压力按 28.6 MPa 规定; 若超过 9.5 MPa, 应按可能达到的最高压力的 3 倍规定强度试验压力, 且该试验压力圆整至 0.2 MPa。

(8) 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/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

该标准由冷标委归口,未明确提到是否认定为压力容器;

该标准规定密封性能和强度要求,见5.2;对于气密性和压力试验进行规定,见6.3.1。

5.2 密封性能和强度要求

5.2.1 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133 Pa。

5.2.2 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。

6.3.1 气密性和压力试验

6.3.1.1 气密性试验

机组制冷剂侧在设计压力下,不通电置于环境温度为16℃~35℃的室内,用灵敏度不低于 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的检漏仪进行检验;或者采用氦气检漏仪进行。检验结果应符合5.2.1的规定。

气密性试验用气体的要求按NB/T 47012的规定。

6.3.1.2 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,观察各部位及接头处,应符合5.2.2的规定。

(9) ASHRAE-15 Safety Standard for Refrigeration Systems (制冷系统安全标准)

该标准明确提到压力容器的定义 (3.1 章节)，压力容器的尺寸规定、标记规定、压力容器的试验压力要求 (9.3 章节)

二氧化碳回路的耐压测试要求，试验压力的规定 (9.2.6 章节)

压力容器：制冷系统中包含制冷剂的容器。但其中不包括蒸发器，如果每个独立的蒸发器部分的制冷剂容积不超过 0.5 立方英尺 (0.014 立方米)，则不考虑最大内部尺寸。这其中也不包括蒸发器盘管、压缩机、冷凝器盘管、控制器、集管、泵和管道。

pressure vessel: any refrigerant containing receptacle in a refrigerating system. This does not include *evaporators* where each separate *evaporator* section does not exceed 0.5 ft³ (0.014 m³) of refrigerant containing volume, regardless of the maximum *inside dimension*. This also does not include *evaporator coils, compressors, condenser coils, controls, headers, pumps, and piping*.

9.2.6 Components of refrigerating systems that use carbon dioxide (R-744) as a heat transfer fluid shall comply with the minimum *design pressure* requirements in Sections 9.2.6.1 through 9.2.6.4. The pressure at maximum operating conditions referenced by Sections 9.2.6.1 through 9.2.6.3 shall be the highest pressure experienced during the following conditions:

- Start-up
- Full-load operation at the warmest heat-rejection design condition
- Defrost, for systems designed with defrost capability

9.2.6.1 For circuits without *compressor*, the *design pressure* shall be not less than 120% of the circuit pressure at maximum operating conditions.

9.2.6.2 Cascade refrigerating systems shall comply with all of the following:

- The *highside design pressure* shall be not less than 120% of the maximum pressure developed by a *pressure imposing element*.
- The *lowside design pressure* shall be not less than 120% of the pressure at maximum operating conditions, corresponding to the warmest location in the circuit.

9.2.6.3 Transcritical refrigerating systems shall comply with all of the following:

- The *highside design pressure* shall be not less than 110% of the maximum pressure developed by a *pressure imposing element*.
- The *lowside design pressure* shall be not less than 120% of the pressure at maximum operating conditions.
- The *intermediate pressure stage*, where present, shall have a *design pressure* that is not less than 120% of the pressure at maximum operating conditions.

9.2.6.4 Where the *design pressure* calculated in Sections 9.2.6.1 through 9.2.6.3 will be exceeded in the event of *refrigerant* warming to ambient temperature during normal standstill or emergency standstill conditions, one of the following means shall be provided to maintain pressure at or below the *design pressure*:

- A pressure relieving connection that will relieve excess pressure to a lower pressure part of the system.
- A *pressure relief valve* in accordance with Section 9.7.5.

9.3 Refrigerant-Containing Pressure Vessels

9.3.1 Inside Dimensions 6 in. (152 mm) or Less. These vessels have an inside diameter, width, height, or cross-sectional diagonal not exceeding 6 in. (152 mm), with no limitation on length of vessel.

9.3.1.1 Pressure vessels having inside dimensions of 6 in. (152 mm) or less shall be

- a. listed either individually or as part of an assembly by an approved, nationally recognized testing laboratory;
- b. marked directly on the vessel or on a nameplate attached to the vessel with a “U” or “UM” symbol signifying compliance with ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII⁶; or
- c. when requested by the AHJ, the manufacturer shall provide documentation to confirm that the vessel meets the design, fabrication, and testing requirements of ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII.

Exception to 9.3.1.1: Vessels having an internal or external design pressure of 15 psig (103.4 kPa gage) or less.

Pressure vessels having inside dimensions of 6 in. (152 mm) or less shall be protected by either a pressure relief device or a fusible plug.

9.3.1.2 If a pressure relief device is used to protect a pressure vessel having an inside dimension of 6 in. (152 mm) or less, the ultimate strength of the pressure vessel so protected shall be sufficient to withstand a pressure at least 3.0 times the design pressure.

9.3.1.3 If a fusible plug is used to protect a pressure vessel having an inside diameter of 6 in. (152 mm) or less, the ultimate strength of the pressure vessel so protected shall be sufficient to withstand a pressure 2.5 times the saturation pressure of the refrigerant used at the temperature stamped on the fusible plug, or 2.5 times the critical pressure of the refrigerant used, whichever is less.

9.3.2 Inside Dimensions Greater than 6 in. (152 mm). Pressure vessels having an inside diameter exceeding 6 in. (152 mm) and having an internal or external design pressure greater than 15 psig (103.4 kPa gage) shall be directly marked, or marked on a nameplate, with a “U” or “UM” symbol signifying compliance with the rules of ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII⁶.

9.3.3 Pressure Vessels for 15 psig (103.4 kPa gage) or Less. Pressure vessels having an internal or external design pressure of 15 psig (103.4 kPa gage) or less shall have an ultimate strength to withstand at least 3.0 times the design pressure and shall be tested with a pneumatic test pressure no less than 1.25 times the design pressure or a hydrostatic test pressure no less than 1.50 times the design pressure.

8.2 本标准中对机组压力安全、耐压要求、真空要求及相关试验的规定

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、缺相保护、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。

说明：二氧化碳空气源热泵机组经常处于跨临界循环状态，高压压力可以达到 10MPa 左右，最高可以达到 15MPa，因此应具有完备的二氧化碳高压保护和泄压保护功能，如采用复叠式系统，高温侧 R245fa 等也应具有低压保护和泄压保护等功能。因此需要对高低压保护、泄压保护功能进行强调。

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。

说明：二氧化碳空气源热泵机组的二氧化碳回路，因为二氧化碳制冷剂对洁净度要求高，压力试验采用气压试验，此处将二氧化碳回路和其他回路区分开单独要求。

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 133Pa。

说明：133Pa 为一毫米汞柱的压力，采用现有标准 GB/T25127 的真空要求数据。

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。

说明：二氧化碳空气源热泵经常处于跨临界循环状态，高压压力可以达到 10MPa 左右，最高可以达到 15MPa，因此对于机组零部件和材料的强度等使用性能要求更高，特别是承受高压的部件，包括换热器、气液分离器、油气分离器、节流装置，强度校核试验要求其强度校核实验压力应大于设计压力的 3 倍，并在试验时做好防护。

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 133Pa（绝对压力）以下，至少保压 10min，应符合 5.5 的规定。

说明：参考 ASHRAE147 标准，正确选择泄漏测试方法可以优化测试的灵敏度、成本和可靠性。基于压力变化（压力衰减和真空衰减）的测试方法通常没有足够的灵敏度来满足 HVAC 应用中使用的组件和系统的需求，在 ASHRAE147 标准中定义了高真空，其绝对压力为 133Pa 以下。根据二氧化碳的特性和在 ASHRAE147 标准中对于二氧化碳制冷剂的真空规定，采用在高真空的条件下进行二氧化碳空气源热泵的真空试验，即绝对压力 133Pa 以下。

9 关于标准中引入热力学完善度

9.1 关于引入热力学完善度的原因及计算方法

为解决不同型号的机组在偏离工况下运行时无法横向比较的问题，引入热力学完善度的概念。

劳伦兹循环：它是由两个等熵过程及两个多变过程组成的可逆制冷循环，其结果是消耗外功将热从低温冷源移向高温热源。

逆卡诺循环：它是由两个等熵过程及两个等温过程组成的可逆制冷循环，其结果是消耗外功将热从低温冷源移向高温热源。

A. 3. 3 制热工况下热力学完善度的计算方法。

A. 3. 3. 1 术语和定义

A. 3. 3. 1. 1 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_c 的比值。

A.3.3.2 计算参数

A.3.3.2.1 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	$T_{high-in}$		逆卡诺循环高温热源出口温度	$T_{high-out}$	
环境温度	T_{amb}	K	制热工况下热力学完善度	η_{he}	/

A.3.3.2.2 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式（A.1）和式（A.2）计算：

$$T_{high} = (T_{high-in} + T_{high-out}) / 2 \quad (A.1)$$

$$T_{low} = T_{amb} \quad (A.2)$$

A.3.3.2.3 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.3.3.2.4 逆卡诺循环效率

制热工况下，逆卡诺循环效率 COP_c 应按式（A.3）计算：

$$COP_c = \frac{T_{high}}{T_{high} - T_{low}} \quad (A.3)$$

A.3.3.3 制热工况热力学完善度

A.3.3.3.1 机组制热工况热力学完善度 η_{he} 应按式（A.4）计算：

$$\eta_{he} = \frac{COP_r}{COP_c} \quad (A.4)$$

A.3.3.3.2 取值要求

热力学完善度计算数值应保留小数点后2位。

9.2 关于机组热力学完善度限值

通过调研和计算不同厂家、不同型式二氧化碳空气源热泵机组的热力学完善度，计算结果如下表。其中热力学完善度最小值为 0.24，最大值为 0.55，平均值为 0.45。

序号	输入值				计算值	
	环境温度	供水温度	回水温度	COP	理想循环 COP	热力学完善度
1	-6.23	58.32	45.81	3.07	5.58	0.55
2	-16.69	54.82	40.58	2.6	4.98	0.52
3	-26.08	51.68	40.5	2.22	4.42	0.50
4	-35.74	48.37	40.47	1.77	3.96	0.45
5	-46.69	51.96	45.43	1.6	3.37	0.47
6	-25.09	64.96	46.93	2.13	4.06	0.52
7	-30.02	64.8	48.31	1.94	3.81	0.51
8	-7	42	33	2.7	6.98	0.39
9	-12.04	64.55	50.72	2.5	4.75	0.53
10	-25.21	57.75	45.08	2.25	4.24	0.53
11	-24.93	55.68	45.11	2.2	4.30	0.51
12	-35.1	55.25	45.07	1.7	3.79	0.45
13	-45.35	53.82	45.08	1.5	3.40	0.44
14	7	55	9	2.98	12.21	0.24
15	7	85	9	2.88	8.00	0.36
16	-7	55	9	2.8	7.82	0.36
17	-7	85	9	2.65	5.93	0.45
18	-25	55	9	2.2	5.35	0.41
19	-25	85	9	2.1	4.45	0.47
20	-35	55	9	1.76	4.55	0.39
21	-35	85	9	1.62	3.90	0.41

作为一个产品的国家标准,应按大部分机组热力学完善度能达到的值作为标准中机组热力学完善度限值。根据统计分析,75%以上机组制热工况热力学完善度可到达 0.40 以上。因此,本标准中关于机组热力学完善度限值规定如下:

“5.7.11 热力学完善度

按附录 A 的方法试验和计算时,名义工况下,供暖型机组的热力学完善度数值应不小于 0.40;热水型机组的热力学完善度数值应不小于 0.40。”