

《跨临界二氧化碳冷热联供机组》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 任务来源

【编制依据】工信部 2025 年度第一批行业标准制修订项目计划（工信厅科函[2025]84 号文），计划编号 2025-0049T-JB。

【项目概况】计划项目名称：跨临界二氧化碳冷热联供机组；项目周期：12 个月；计划下达时的主要起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、安徽正刚新能源科技有限公司、宁波市哈雷换热设备有限公司等。项目类别为普通项目。

2 制定背景

随着我国工业节能事业的深入发展和二氧化碳制冷、热泵等技术的不断提高，传统氟利昂机组加速淘汰。跨临界二氧化碳冷热联供技术可以同时实现大温差制冷和制热，将废热变为能源，代替锅炉等高耗能设备，节能降碳，实现低品位工业余热提质增效。近年来，跨临界二氧化碳冷热联供机组已在生物医药、锂电新能、化学工业、食品加工、矿山采掘、电子信息等工业领域得到了广泛的推广应用，已经成为了一个新兴产业。

目前国内关于二氧化碳空气源热泵机组、空气源二氧化碳热泵热水机、空气源二氧化碳热泵供暖机组、二氧化碳热泵热水器、二氧化碳压缩机的设计、制造、验收方面，有了基本的系列标准。但这些标准仅覆盖单一制热场景，热源侧为空气，热汇侧为热水，未涉及制冷功能与联供逻辑。对于大多是以液相介质为热源的工业应用场景来说，以上标准还存在一定的局限性。在工业领域用大型跨临界二氧化碳冷热联供方面，标准仍为空白，比如冷热端介质温度及其对应的能效指标，承压件的强度试验和密封性试验、测试及评价方法等，都没有规范。设计制造单位一般采用热泵或制冷的标准和规范进行试验验收。为规范和引导我国跨临界二氧化碳冷热联供技术的发展，我们应总结适合我国跨临界二氧化碳冷热联供机组生产制造经验，需加快制定出具有国际先进水平的产品生产制造及检验标准，这对规范、指导和提升国内跨临界二氧化碳冷热联供机组的设计、制造水平，推动跨临界二氧化碳冷热联供产业化具有十分重要的意义。

3 主要工作过程

起草阶段：2025 年 4 月 7 日标准计划任务下达后，项目的牵头单位合肥通用机械研究院有限公司在冷标委秘书处的协助下，联手安徽正刚新能源科技有限公司等有关单位启动了标准草案的编制工作，成立了标准起草工作组。工作组相关人员随即展开了广泛的现场测试和调研，收集了相关产品的实测数据、用户使用的产品形式和主观效果评价信息，补充测试了相关产品多种工况下的能源效率，随后对收集到的数据进行了研究分析和整理，并参考现有相关标准，针对本文件的技术内容进行了详实周密的讨论。最后，在此基础上编制了标准的草案。2025 年 12 月 17 日，由合肥通用机械研究院有限公司牵头在合肥组织召开了由国内相关企业参与的标准讨论会，根据会议讨论的结果，工作组对标准进行了完善，并形成了正式的征求意见稿，于 2025 年 12 月 30 日提交冷标委秘书处。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

1 标准编制原则

本文件编制过程中遵循以下原则：

（1）原则性本文件在结构编写和内容编排等方面严格依据 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编制。

（2）适应性标准充分反映当前国内生产企业的技术水平，便于生产，宜于应用；标准规定的技术要求符合用户要求，保护消费者利益；标准规定的试验方法便于实际实施，具有较强的可操作性。

（3）先进性标准考虑最新科研成果，有利于促进相关产品的研发、生产和技术进步；有利于推进跨临界二氧化碳冷热联供机组在工业领域的应用，推动工业热泵产业健康、有序发展。

2 标准主要内容

本文件规定了跨临界二氧化碳冷热联供机组的型式、基本参数和技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于以二氧化碳为工质，采用跨临界热力循环工作的工商业用冷热联供机组的制造。标准关键部分的条文说明详见附件。

3 解决的主要问题

本文件为首次制定。

当前，在双碳战略的大背景下，我国工业节能提效工作向纵深发展，跨临界二氧化碳冷热联供机组作为一种清洁、高效、紧凑的新型冷热联供设备受到越来越多的关注和应用。然而，国内却尚无此类设备的产品标准。因此本次标准制定，充分纳入和反映了当今新产品、新技术的先进技术成果，以适应工业领域冷热双供为目标，以明确机组冷热端载冷或载热介质对应温度下的机组效率、机组模块设计、系统集成技术为重点，对跨临界二氧化碳冷热联供机组一般规定、参数等级、模块与设计、能效计算方法与限定值、主要零部件、机组质量检验、机组性能检验等进行了规定，为产品的设计、制造提供了统一的标准，以确保相关产品在实际使用中的安全性、可靠性和有效性，为产品的规模化推广应用提供了有力的技术支撑。

三、主要试验（或验证）情况

本文件为新制定的产品标准，是结合我国跨临界二氧化碳冷热联供机组设计、生产和使用经验的基础上制定完成的。

1 厂家调研

标准征求意见稿起草阶段，编制单位对我国二氧化碳机组厂家进行了全面的调研，调研情况如表1所示。可以看出，目前国内二氧化碳机组厂家主要产品还是以空气源机组为主，但这些厂家都在逐步向工业应用场景上拓展。其中正刚、苏净等厂家已有不少的工业领域跨临界二氧化碳冷热联供项目业绩。

表 1 二氧化碳机组厂家调研情况

序号	厂家	主要产品	应用场景	备注
1	黑龙江爱科德	空气源热水/供暖为主（侧重低温制热的商业应用）、亚临界低温制冷机组（制冰冷冻行业）	唯一冷热联供场景为冷库（制热侧制取 55 或 85 热水），其余主要为铁路站点供暖、小区集中供热、油田供热	在跟踪工业领域食品厂工艺冷水+CIP 热水（应用 85℃ 热水）
2	宁波美科	空气源热水/供暖为主，水源热水/热风很少	无工业领域冷热联供应用。油田、铁路站点的空气源热水/供暖为主	在跟踪工业领域冷热联供场景

3	陕西一德	空气源二氧化碳复叠热水/ 供暖机组多	无工业领域冷热联供应用。油田、 铁路站点的空气源热水/供暖为主	在做百威啤酒厂 85℃热水巴氏杀菌 项目，复叠机组
4	苏净集团	空气源、水源都有，热水、 热风机组都有	有工业领域冷热联供应用。污泥干 化（85℃热水+7℃冷水） 锂电转轮除湿、电子元器件电镀等	聚焦工业非标场景
5	福建雪人	空气源热水/供暖，无热风机 组	无工业领域冷热联供应用	不仅是集成商，压缩 机等能自己做
6	正刚	水源热水机组、水源热风机 组	有工业领域冷热联供应用。食品 厂、锂电转轮除湿、制药厂等	工业细分领域非标 场景最多

2 应用案例

近年来，随着生物医药、锂电新能、化学工业、食品加工、矿山采掘、电子信息等工业领域冷热联供需求的释放，跨临界二氧化碳冷热联供机组在很多企业都得到了应用。例如，黄山胶囊、安徽华塑、安徽丰原明胶、安徽金蟾药业、国轩高科（南京、庐江）、山西陈醋等。另外，国内许多厂家在其设计、制造、安装和使用方面已积累了丰富的经验，多种型号规格的跨临界二氧化碳冷热联供机组均已经过生产实践验证，用户对冷热联供效果和节能效益均反映良好。几个典型应用案例分别如图 1-6 所示。



图 1 正刚黄山胶囊 GMP 恒温恒湿车间二氧化碳冷热联供机组（冷水-热水型）



图 2 正刚安徽丰原明胶二氧化碳冷热联供机组（冷水-热水型）



图 3 正刚福建明胶二氧化碳冷热联供机组（冷液-热水型）



图 4 正刚国轩高科转轮除湿二氧化碳冷热联供机组（冷水-热风型）



图 5 苏净新加坡某电镀厂零部件清洗二氧化碳冷热联供机组（冷水-热水型）



图 6 苏净巢湖东城污水处理厂污泥干化二氧化碳冷热联供机组（冷水-热水型）

3 理论分析

本文件在制定过程中，起草单位也对本文件中名义工况下的性能系数进行了理论分析。基于压缩机选型软件及 Aspen Hysys 软件，对四种型式名义工况下的热力学过程开展了热平衡模拟，分别如图 7-10 所示，结果表明对于本文件的能效限定值，模拟均能满足，理论上是可行的。

HGX56/680-4 SH CO2 T

Application: Refrigeration & AC

Power supply: 50 Hz, 400 V

Motor: 380-420V Y/YYY -3- 50Hz PW

EN12900

Refrigerant: R744

Reference temperature: Dew point

Evaporating temperature: 0.0 °C

Evaporating pressure (abs.): 34.85 bar

Condensing temperature: - °C

High pressure (abs.): 87.89 bar opt.

Gas cooler outlet temperature: 35.0 °C

Frequency inverter: []

Supply frequency: 50 Hz

Suction gas temperature: 20 °C

Subcooling (outside cond.): 0 K

Usable superheat: [x] 100% or individual -4 K

Compressor refrigeration capacity: 183.00 kW

Evaporator refrigeration capacity: 183.00 kW

Power consumption: 70.00 kW

Current draw (400 V): 122.00 A

Coefficient of performance (COP/EER): 2.62

Gas cooler heat rejection: 253.00 kW

Mass flow: 1.150 kg/s

Discharge end temperature: 104.9 °C

Oil return must be guaranteed. SH compressor recommended for to > 6°C.

图 7 冷水-热水型模拟结果

HGX56/680-4 SH CO2 T

Application: Refrigeration & AC

Power supply: 50 Hz, 400 V

Motor: 380-420V Y/YY -3- 50Hz PW

EN12900

Refrigerant: R744

Reference temperature: Dew point

Evaporating temperature: -12.0 °C

Evaporating pressure (abs.): 25.01 bar

Condensing temperature: - °C

High pressure (abs.): 89.91 bar

Gas cooler outlet temperature: 35.0 °C

Frequency inverter: ☐

Supply frequency: 50 Hz

Suction gas temperature: 4 °C

Subcooling (outside cond.): 0 K

Usable superheat: ☒ 100%

or individual: 4 K

Compressor refrigeration capacity: 124.00 kW

Evaporator refrigeration capacity: 124.00 kW

Power consumption: 67.10 kW

Current draw (400 V): 118.00 A

Coefficient of performance (COP/EER): 1.84

Gas cooler heat rejection: 191.00 kW

Mass flow: 0.783 kg/s

Discharge end temperature: 121.3 °C

Oil return must be guaranteed. SH compressor recommended for to > 5°C.

图 8 冷液-热水型模拟结果

HGX56/680-4 SH CO2 T

Application: Refrigeration & AC

Power supply: 50 Hz, 400 V

Motor: 380-420V Y/YY -3- 50Hz PW

EN12900

Refrigerant: R744

Reference temperature: Dew point

Evaporating temperature: 0.0 °C

Evaporating pressure (abs.): 34.85 bar

Condensing temperature: - °C

High pressure (abs.): 120.00 bar

Gas cooler outlet temperature: 35.0 °C

Frequency inverter: ☐

Supply frequency: 50 Hz

Suction gas temperature: 19 °C

Subcooling (outside cond.): 0 K

Usable superheat: ☒ 100%

or individual: 5 K

Compressor refrigeration capacity: 194.00 kW

Evaporator refrigeration capacity: 194.00 kW

Power consumption: 92.00 kW

Current draw (400 V): 155.00 A

Coefficient of performance (COP/EER): 2.11

Gas cooler heat rejection: 286.00 kW

Mass flow: 1.076 kg/s

Discharge end temperature: 137.4 °C

Oil return must be guaranteed. SH compressor recommended for to > 5°C.

图 9 冷水-热风型模拟结果

HGX56/680-4 SH CO2 T

Application: Refrigeration & AC

Power supply: 50 Hz, 400 V

Motor: 380-420V Y/YY -3- 50Hz PW

EN12900

Refrigerant: R744

Reference temperature: Dew point

Evaporating temperature: -12.0 °C

Evaporating pressure (abs.): 25.01 bar

Condensing temperature: - °C

High pressure (abs.): 89.91 bar

Gas cooler outlet temperature: 35.0 °C

Frequency inverter: ☐

Supply frequency: 50 Hz

Suction gas temperature: 4 °C

Subcooling (outside cond.): 0 K

Usable superheat: ☒ 100%

or individual: 5 K

Compressor refrigeration capacity: 124.00 kW

Evaporator refrigeration capacity: 124.00 kW

Power consumption: 67.10 kW

Current draw (400 V): 118.00 A

Coefficient of performance (COP/EER): 1.84

Gas cooler heat rejection: 191.00 kW

Mass flow: 0.783 kg/s

Discharge end temperature: 121.3 °C

Oil return must be guaranteed. SH compressor recommended for to > 5°C.

图 10 冷液-热风型模拟结果

4 试验验证

本文件在制定过程中，合肥通用机电产品检测院有限公司对安徽正刚新能源科技有限公司生产的 2 套冷水-热水型跨临界二氧化碳冷热联供机组产品（1、ZG-15/21-YY：名义制冷量 1500kW，名义制热量 2100kW；2、ZG-21/29-YY：名义制冷量 2100kW，名义制热量 2900kW。）进行了现场测试，并出具了检验报告，有关测试数据如表 2 所示，测试报告如图 11 所示。

表 2 试验验证数据

型号	ZG-15/21-YY（冷水-热水型，名义制冷量 1500kW，名义制热量 2100kW）	ZG-21/29-YY（冷水-热水型，名义制冷量 2100kW，名义制热量 2900kW）
制冷量/kW	1100.637	1209.726 kW
制热量/kW	1596.459	1701.052 kW
总用电功率/kW	432.366	563.310 kW
制冷性能系数/COP _c	2.55	2.15
制热性能系数/COP _H	3.69	3.02
综合性能系数/COP _I	6.24	5.17
蒸发器进水温度℃/出水温度℃	8.05/3.97	10.84/5.97
气冷器进水温度℃/出水温度℃	31.46/83.04	32.35/87.37



图 11 正刚 2 套冷水-热水型机组第三方检验报告

可以看出，1号机组在80%负荷下，蒸发器进水8℃、出水4℃，气冷器进水31℃、出水83℃的工况下，制冷性能系数、制热性能系数、综合性能系数即达到了本文件表3的性能系数限定值。2号机组在不到70%负荷下，蒸发器进水11℃、出水6℃，气冷器进水32℃、出水87℃的更严苛的工况下，制冷性能系数、制热性能系数、综合性能系数也有还不错的表现。

此外，合肥通用机电产品检测院有限公司对安徽欧益暖通节能设备有限公司（正刚控股）生产的1套冷水-热风型跨临界二氧化碳冷热联供机组产品（二氧化碳冷热转轮除湿机组：OYC02-25K-3K-D160）进行了现场测试，并出具了检验报告，有关测试数据如表3所示，测试报告如图12所示。

表3 试验验证数据

型号	OYC02-25K-3K-D160（冷水-热风型转轮除湿机组）
制冷量/kW	43.887
制热量/kW	57.740
总用电功率/kW	13.940
制冷性能系数/COP _c	3.15
制热性能系数/COP _h	4.14
综合性能系数/COP _i	7.29
蒸发器进水温度℃/出水温度℃	11.22/6.44
气冷器进风温度℃/出风温度℃	17.96/72.32

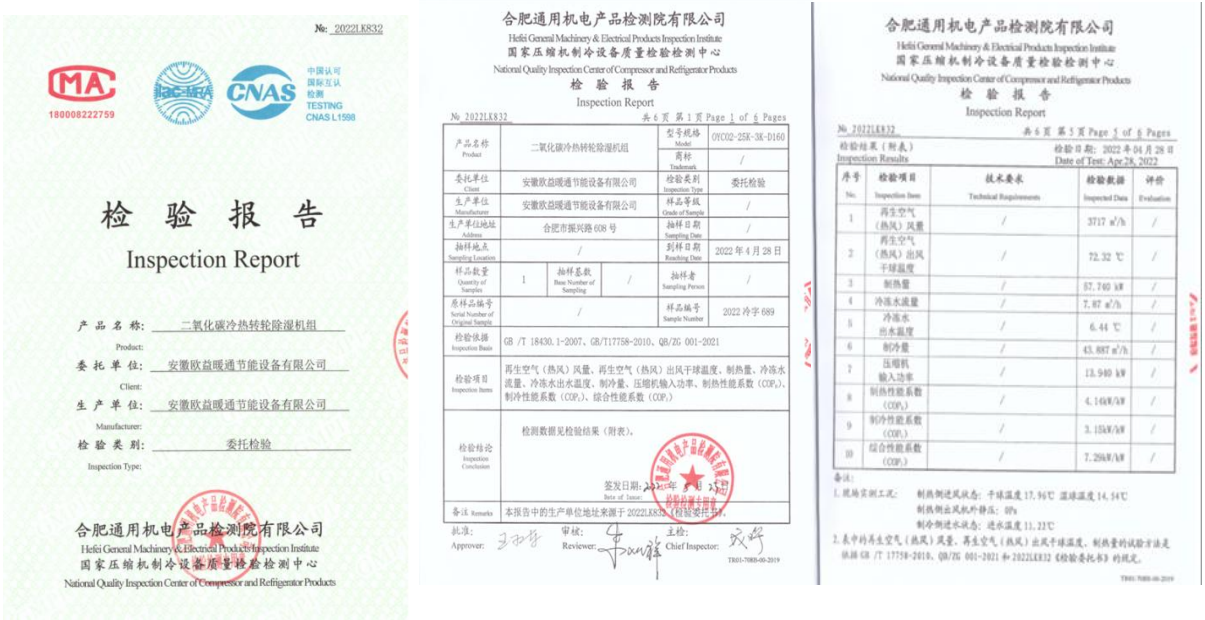


图12 正刚1套冷水-热风型机组第三方检验报告

可以看出，该工况下的制冷性能系数、制热性能系数、综合性能系数有较高的表现，远超出了本文件表3的性能系数限定值。

最后，合肥通用机电产品检测院有限公司对苏州苏净安发环境科技有限公司生产的1套冷水-热水型跨临界二氧化碳冷热联供机组产品（SJSRS-150II/C）进行了4种工况下的现场测试，并出具了

检验报告，有关测试数据如表 4 所示，测试报告如图 13 所示。

表 4 试验验证数据

型号	SJSRS-150II/C（冷水-热水型）			
制冷量/kW	/	/	/	/
制热量/kW	149.789	130.992	134.268	119.843
总用电功率/kW	32.845	43.366	41.441	46.159
制冷性能系数/COP _c	/	/	/	/
制热性能系数/COP _H	4.56	3.02	3.24	2.60
综合性能系数/COP _I	/	/	/	/
蒸发器进水温度℃/出水温度℃	15.03/10.02	20.00/13.94	15.05/-	30.03/20.06
气冷器进水温度℃/出水温度℃	15.11/55.02	35.17/85.00	15.18/90.10	50.11/90.06



图 13 苏净 1 套冷水-热水型机组第三方检验报告

可以看出，4 种工况下的制热性能系数也有较高的表现，但气冷器进水温度的升高（特别是超过二氧化碳假临界温度时）会使机组的制热性能系数有较大衰减。

综上所述，第三方测试数据表明，本文件规定的主要技术指标和技术要求既先进合理，又切实可行。

5 成果支撑

起草单位前期在跨临界 CO₂ 热力循环、CO₂ 气冷器、CO₂ 压缩机运行与控制方法、CO₂ 冷热联供装置集成等方面，前期已授权多件发明专利，如表 5 所示。2021 年 7 月通过中国机械工业联合会组织的产品鉴定，2022 年 03 月入选安徽省首台套重大技术装备目录，2023 年 01 月入选国家清洁生产先进目录（2022），如图 14 所示。以上成果为本文件的制定奠定了基础。

表 5 跨临界二氧化碳冷热联供机组相关专利情况

序号	专利名称	编号	专利类型	专利权人
1	一种耦合跨临界 CO ₂ 冷热联供的 SOFC 热管理系统	202311453891.1	发明	合肥通用机械研究院有限公司
2	一种跨临界 CO ₂ 热泵用高压钎焊板式气冷器的结构设计方法	202510369843.7	发明	合肥通用机械研究院有限公司
3	一种跨临界 CO ₂ 动力循环耦合跨临界 CO ₂ 热泵的热电联供系统	202511366503.5	发明	合肥通用机械研究院有限公司
4	一种二氧化碳工作容量精确调节装置	201811419589.3	发明	安徽正刚新能源科技有限公司
5	一种普通电动阀实现自动高精度调节控制系统	201811418538.9	发明	安徽正刚新能源科技有限公司
6	一种 500/ 600kW - 5000/ 6000kW 冷热联供装置	201811417507.1	发明	安徽正刚新能源科技有限公司
7	一种压缩机回油自动调节和精确控制系统	201811417431.2	发明	安徽正刚新能源科技有限公司
8	一种多台压缩机并联运行实现自动调节和精确控制系统	201811418540.6	发明	安徽正刚新能源科技有限公司
9	兆瓦级跨临界二氧化碳冷热联供装置再热系统	201910988406.8	发明	安徽正刚新能源科技有限公司



图 14 跨临界二氧化碳冷热联供机组相关奖励情况

四、标准中涉及专利的情况

本标准项目不涉及知识产权问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本文件为制定项目。标准实施后可以推动跨临界二氧化碳冷热联供机组广泛应用于生物医药、锂电新能、化学工业、食品加工、矿山采掘、电子信息等传统与战略性新兴产业中的节能降碳改造。推动重点工业行业绿色低碳发展，降低能源消耗，保障能源安全，引领高质量发展。另外，该标准的实施能够规范、指导和提升国内二氧化碳冷热联供装置的设计、制造水平，推动二氧化碳冷热联供产业化，随着产业化加快，帮助企业降低成本，提高了产品质量和劳动生产率，提高经济效益。

本文件与党的二十届四中全会“关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议”精神高度契合，也与《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030年)》、《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》等纲要十分契合，为我国实现“双碳”目标提供有力支撑。

本文件为跨临界二氧化碳冷热联供机组的设计、制造、试验、检验提供了统一明确的切实可行的实施规范，填补了国内外此类设备的产品标准空白。同时，本文件向工业热泵产业链下游延伸，紧密结合了各类典型应用场景，进而丰富了整个工业热泵的技术标准体系。

六、与国际、国外对比情况

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检索，目前尚无跨临界二氧化碳冷热联供机组的专门产品国际标准。另外，美国机动车工程师协会 SAE、德国标准化协会 DIN 以及丹麦、挪威等国家标准化组织主要针对车用 CO₂ 热泵制热（制冷）领域发布了系列标准，工业领域 CO₂ 机组相关标准还很少。

国外二氧化碳机组领域相关标准详见表 6。NIST（美国国家标准与技术研究所，美国商务部）发布的 Technical Note 2068 Revision1<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跨临界二氧化碳冷热联供机组。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，而非专门的产品标准。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。

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。

日本工业标准调查会（JISC）发布的标准 JIS C 9220:2018《家用热泵热水器》，为户用 CO₂ 空气源热水器产品标准。

表 6 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
6	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
7	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
8	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

2、国内相关标准

国内在跨临界二氧化碳冷热联供机组方面的标准仍为空白。

现有的二氧化碳机组相关标准详见表 7。可以看出，现有标准体系主要针对二氧化碳空气源热泵机组，即以空气为热源，制取采暖热水、生活热水、工业(商业)热水的热泵机组。首先，未见以液体为热源的二氧化碳热泵机组标准；其次，未见制取高温热风的二氧化碳热泵机组标准；最后，未见同时考虑制冷和制热功能的二氧化碳冷热联供机组标准。

表 7 国内相关标准情况

序号	标准名称及标准号	使用限制
1	GB/T 45650-2025 二氧化碳空气源热泵机组	适用于以空气为热源，制取采暖热水（60℃）、生活热水（55℃）、工业(商业)热水（85℃）或制取蒸汽（120℃）的热泵机组
2	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	适用于以空气为热源，额定制热量不超过 16kW，以提供热水为目的的家用和类似用途的热泵热水器
3	NB/T 10778-2021 商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机	适用于以空气为热源，名义制热量 16kW 以上，以提供热水为目的的一次加热式热泵热水机
4	NB/T 11236-2023 商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵供暖机组	适用于以空气为热源，名义制热量 16kW 以上，以供暖为目的，以液体为供热介质的循环加热式供暖机组
5	GB/T 29030-2012 容积式 CO ₂ 制冷压缩机（组）	适用于容积式 CO ₂ 制冷压缩机
6	JB/T 12326-2015 CO ₂ 制冷系统用换热器	适用于以 CO ₂ 为制冷剂的制冷系统用换热器
7	JB/T 14843 二氧化碳制冷系统用电子膨胀阀	适用于热泵热水及冷冻冷藏领域以 CO ₂ 为制冷剂、额定电压不大于 DC36V、阀门口径不大于 8mm 的制冷系统用电子膨胀阀的制造
8	JB/T 12840-2016 空气源热泵高温热风、高温热水机组	适用于以空气为热源，提供 55℃-80℃高温热风或 65℃-80℃高温热水的机组，高于 80℃的机组可参照使用。但并非专门针对二氧化碳工质。
9	GB/T 21362-2023 商业或工业用及类似用途的热泵热水机	适用于以空气或水为热源，以提供热水为目的(名义制热量 3 kW 以上)的热泵热水机。但并非专门针对二氧化碳工质。

可以看出，无论是国外还是国内，上述标准与跨临界二氧化碳冷热泵机组产品的相关性都不强。

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

本文件在冷冻空调设备技术标准体系中属于“冷水热泵机组”小类。

本文件与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本文件的性质为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准的实施日期为批准发布后 6 个月。由标委会秘书处或组织起草人、专家进行解读，方式为专题会议、期刊发文、微信公众号等。

十一、废止现行相关标准的建议

本文件为首次制定。

十二、其他应予以说明的事项

无。

附件：关键部分的条文说明

标准起草工作组
2025 年 12 月 30 日

标准关键部分的条文说明

1 关于标准的适用范围

本范围强调了：1、制冷剂是单一的二氧化碳，不包括二氧化碳与其他制冷剂混合的制冷剂；2、机组以跨临界循环方式工作，并非冷冻冷藏行业的亚临界二氧化碳机组；3、机组的应用场景为工业（商业）；4、机组的功能是冷热联供，并非空气源机组。

2 规范性引用文件

3 术语和定义

对于制冷量、制热量、输入总功率、制冷性能系数、制热性能系数的定义，主要参考了 JB/T 7249。但需要注意的是，输入总功率（机组消耗的总电功率）不包括水泵和风机的运行功率。因为不像空气源机组，风机是装在机组上的，工业领域跨临界二氧化碳冷热联供机组的制冷和制热使用侧动力设备通常由用户自备。跨临界二氧化碳冷热联供机组定义为：以二氧化碳为制冷剂，采用蒸气压缩制冷循环，循环高低压侧分别在超临界状态和亚临界状态工作，同时提供制冷与制热功能的机组。其主要由压缩机、气体冷却器、节流装置、回热器、蒸发器等组成，几种典型的机组原理图可参见附录 A。跨临界二氧化碳冷热联供机组的术语重点强调了：1、制冷剂为纯的二氧化碳；2、采用单级蒸气压缩制冷循环，不包括复叠机组；3、冷热联供是同时发生。综合性能系数定义为机组制冷性能系数与制热性能系数之和。

4 型式和基本参数

本文件第4.1条规定了跨临界二氧化碳冷热联供机组的型式。根据功能（应用场景）可分为“冷水-热水型”、“冷水-热风型”、“冷液-热水型”、“冷液-热风型”这4种机组型式（这里冷液特指非水液体）：1、冷水-热水型用于工业生产中既需要冷水又需要热水的场景，如酿醋、啤酒等食品行业，或污泥干化等环保行业；2、冷液-热水型用于工业生产中需要低温乙二醇水溶液，同时需要热水的场景，如医药胶囊行业、明胶行业；3、冷水-热风型用于工业生产中既需要冷水又需要热风的场景，如锂电转轮除湿等；4、冷液-热风型用于工业生产中既需要低温乙二醇水溶液又需要热风的场景，如食品烘干等。目前，这4种机型已经覆盖了所有的应用场景。

本文件第4.2条规定了型号与编制方法。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冷量和制热量。具体编制方法可参见附录B。型号表示方式为：机组型式-单台压缩机的电机功率/台数-机组制冷量/机组制热量。由于工业领域冷热联供规模通常在MW级，往往需要使用多台机组并联的方式，并联的技术方案主要有：1、1压缩机+1气冷器（串联或单独），然后多模块并联；2、多压缩机+1气冷器（大的管壳式）；3、多压缩机+多气冷器（气冷器并联，存在多个用户）。考虑到并联方式的多样性，为简化型号编制，将机组考虑为一个整体进行命名。目前本文件的型号与编制方法主要凸显几个方面：1、明确机组型式；2、明示单台压缩机电机功率和台数；3、体现名义工况下的制冷量和制热量，体现机组总容量。

本文件第4.3条规定了基本参数。首先明确机组的电源为额定电压 380 V，应用于工业。并非 220V 的户用。

对于名义工况的确定，考虑了以上 4 种型式的冷热联供机组在实际使用场景中较多出现的工况。

1、冷水-热水型用于工业生产中既需要冷水又需要热水的场景，冷水一般用于工艺冷却或冷冻除湿，名义工况定义 12℃进，7℃出。热水一般用于工艺加热，对于食品行业，必须要达到 80℃以上的巴氏灭菌要求，再考虑到二氧化碳机组高温出水的特点，参考 GB/T 45650-2025 二氧化碳空气源热泵机组、NB/T 10778-2021 商用或工业用及类似用途空气源二氧化碳热泵热水机等标准，名义工况定义 15℃进，85℃出。

2、冷液-热水型用于工业生产中需要低温乙二醇水溶液，同时需要热水的场景，低温乙二醇水溶液用于胶囊或明胶的快速冷却，名义工况定义-5℃进，-10℃出。热水主要用于工艺加热，此时 CO₂ 工作温区相较于冷水-热水型降低，再考虑到乙二醇水溶液的比热小于水的比热，为保证较高的 COP 输出，并考虑到实际应用场景，这里定义名义工况 15℃进，70℃出(JB/T 12840-2016 空气源热泵高温热风、高温热水机组中明确高温热水温度不低于 65℃)。

3、冷水-热风型用于工业生产中既需要冷水又需要热风的场景，冷水一般用于工艺冷却或冷冻除湿，名义工况定义 12℃进，7℃出。热风用于转轮除湿机的除湿转轮再生，结合实际应用，再考虑到二氧化碳机组高温出风的特点，参考 JB/T 12840-2016 等标准，名义工况定义 35℃进，85℃出。

4、冷液-热风型用于工业生产中既需要低温乙二醇水溶液又需要热风的场景，低温乙二醇水溶液用于工艺低温冷却，名义工况定义-5℃进，-10℃出。热风用于工艺干燥或烘干等，此时 CO₂ 工作温区相较于冷水-热风型降低，再考虑到乙二醇水溶液的比热小于水的比热，为保证较高的 COP 输出，并考虑到实际应用场景，参考 JB/T 12840-2016 等标准，名义工况定义 35℃进，70℃出。

需要说明的是，本文件适用于工业（商业）场景，不同于户用热水机的 55℃出水温度，制取的为 65℃以上的高温热水。另外，本机组实际应用中，制热侧的热水多为一次加热式（直流供水式），制热侧的热风多为新风（直流送风式）。

另外，本文件定义了冷热联供机组的极限工况，不仅考虑了跨临界 CO₂ 压缩机的工作特点，也结合了实际工业应用中冷热两侧出现的极端工况，用于考察机组极限变工况工作下的稳定性。极限工况可分为极限高温工况、极限低温工况。

极限高温工况下，制冷侧载冷剂为水（对应冷水-热水与冷水-热风型），考虑到工业应用中制取 15℃的中温冷冻水需求，这里定义 25℃进，15℃出。此时蒸发器在高蒸发压力下工作，压缩机进口温度高，排气温度也较高，气冷器侧向高温工作区滑移。制热侧载热剂为水时，高温工况下进水温度一般较高（但气冷器进水温度不能过高，充分利用二氧化碳在假临界区域的强换热性能），结合工业应用中的纯水温度，参考 GB/T 21362-2023 商业或工业用及类似用途的热泵热水机、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、NB/T 10778-2021、JB/T 12840-2016 等标准，这里定义 29℃进，90℃出（参考 GB/T 25861-2023 蒸汽压缩循环水源高温热泵机组中的高温出水工况）。制热侧载热剂为风时，高温工况下进风温度一般较高（但气冷器进风温度不能过高，充分利用二氧化碳在假临界区域的强换热性能），结合实际环境，参考 JB/T 12840-2016 等标准，这里定义 43℃进，90℃出（高温出风工况）。

极限低温工况下，制冷侧载冷剂为冷冻液（对应冷液-热水与冷液-热风型），考虑到工业应用中制取低温乙二醇水溶液的需求，这里定义-10℃进，-15℃出，此时蒸发器在低蒸发压力下工作，压缩机进口温度低，排气温度也较低，气冷器侧向低温工作区滑移。制热侧载热剂为水时，低温工况下进水温度一般较低，结合实际应用，参考 GB/T 21362-2023、GB/T 38734-2020、NB/T 10778-2021、JB/T 12840-2016 等标准，这里定义 9℃进，70℃出。制热侧载热剂为风时，低温工况下进风温度一般较低，结合实际环境，参考 JB/T 12840-2016 等标准，这里定义 20℃进，70℃出。

最后本文件也考虑到了工业应用场景的多样性，对于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

对于 5.1 一般要求，主要参考了 GB/T 45650-2025。对于 5.2 安全要求，在 45650 基础上增加了一些额外的要求，这是考虑到跨临界二氧化碳冷热联供机组工作压力较高的特点和密闭空间中二氧化碳泄漏的危害而制定的。增加“对于安装在室内的机组，应配置二氧化碳检测仪，其浓度应符合 GB/T 18883 的规定”，机组的安全与环境要求除了应符合 GB/T 9237，还应符合 GB 25131 的规定。5.3 耐压要求、5.4 密封要求、5.5 真空要求、5.6 运转试验，主要参考了 GB/T 45650。增加了 5.7 极限运行试验，按照表 2 的极限工况运行，是为了考察机组极限状态下稳定工作的能力，并要求机组型式试验时必须做极限运行试验。

对于 5.8 性能要求规定了机组在名义工况下试验时制冷量、制热量的保证值和消耗功率的最大值以及制冷、制热性能系数的保证值，这个与行业上大多标准的要求是一致的，比如 GB/T 45650。但本文件对机组性能系数的评价采用的是单点评价，并非像空气源机组采用制热性能系数（COP）、制热季节性能系数（HSPF）和全年制热性能系数（AHPF）等参数来评价。表 3 中的性能系数限定值，是在调研和汇总了多个项目的数据基础上得出的，符合 GB 19577-2024 热泵和冷水机组能效限定值及能效等级的要求。此外，由于并非像空气源机组热源为空气且主要放置在室外，删除了融霜；考虑到跨临界二氧化碳冷热联供机组主要用于各种工业场景，使用侧压力要求通常由用户满足，删除了使用侧压力要求；由于冷热联供机组工作时制冷、制热侧需要同时满足工艺生产要求，往往工作工况相对固定，不存在变工况条件，因此也不存在变工况时不同型号机组无法横向比较的问题，这里删除了热力学完善度的表述；对于噪声和振动的要求，主要参考了 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）机组这种冷热水型机组标准的要求。另外，增加了 5.8.1 “冷液型机组制冷侧供冷温度最低不高于-15℃，冷水型机组制热侧供热温度最高不低于 90℃”，工作范围与表 2 相一致。

对于 5.9 电气安全性能、5.10 防护等级，主要参考了 GB/T 45650-2025 二氧化碳空气源热泵机组的要求。

6 试验方法

对于 6.1 仪表准确度和测量规定与 6.2 机组安装和试验规定，本文件主要参考了 GB/T 10870-2014 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法和 GB/T 45650-2025 二氧化碳空气源热泵机组。对于表 5（试验用仪器仪表的型式及准确度），增加了耐压试验中的压力表和真空试验中的真空表的要求，删除了水银玻璃温度计及其要求。

对于 6.3，本文件在 GB/T 45650-2025 二氧化碳空气源热泵机组的基础上进行了适应性修改。6.3.1 耐压试验主要按照 GB/T 150.4—2024 中第 11 章的耐压试验方法进行。6.3.2 将“气密性试验”的说法改成“密封试验”，因为 GB/T 150.4—2024 中第 11 章的泄漏试验范围更广，气密性试验只是泄漏试验的方法之一。相较于 45650，提高了 6.3.3 真空试验的要求：真空试验应在气密性试验合格后抽真空至 50Pa（绝对压力）以下，至少保压 30min。6.3.4 性能试验，删除了融霜试验；蒸发器的制冷量按 GB/T 10870—2014 规定的液体载冷剂法进行；对于热水机组，气冷器的制热量按 GB/T 10870—2014 规定的液体载冷剂法进行；对于热风机组，主要参考了热风型机组的性能试验方法，如 GB/T 17758-2023 单元式空气调节机、JB/T 12840-2016 空气源热泵高温热风、高温热水机组的测试方法。并增加了附录 C 以描述具体测试方法。对于 6.3.5 噪声和振动试验、6.3.6 运转实验，主要参考了 18430.1 和 45650。增加了 6.3.7 极限运行试验的方法：机组在型式试验时应进行至少一次极限运行试验，极限高温或极限低温工况下，试验时间不低于 1h。6.3.8 电气安全试验、6.3.9 盐雾试验、6.3.10 涂层附着力试验、6.3.11 有害物质含量检测、6.3.12 防护等级试验等参考了 45650，删除了变工况试验。

7 检验规则

该部分在 GB/T 45650-2025 和 GB/T 18430.1-2024 的基础上进行了适应性修改。明确了极限运行试验在出厂检验时可不做，在抽样检验和型式检验时需要做。

8 标志、包装、运输和贮存

该部分在 GB/T 45650-2025 和 GB/T 18430.1-2024 的基础上进行了适应性修改。8.1 标志中除了机组质量、机组尺寸、名义制冷性能系数、名义制热性能系数、名义综合性能系数等基本标记内容以外，增加了设计压力（高压/低压）等标记选项。8.2 包装中产品使用说明书的主要技术参数中除了铭

牌标示的主要技术性能参数外，还应包括载冷剂和载热剂的流量。