

《离心式制冷剂压缩机》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1 任务来源

【编制依据】国家标准化管理委员会关于下达 2023 年第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知（国标委发[2023]37 号文），计划编号 20230614-T-604。

【项目概况】计划项目名称：磁悬浮离心式制冷剂压缩机；项目周期：18 个月；计划下达时的主要起草单位：广东美的暖通设备有限公司。

2 主要工作过程

起草阶段：2023 年 8 月，标准申报立项通过后，在冷标委秘书处的组织下成立了标准起草工作组，启动了标准草案的编制工作。工作组人员对相关产品的技术资料进行了充分的研究分析，充分考虑离心式制冷剂压缩机的使用场景、新产品和新技术，并对收集到的资料和数据进行了全面的总结和归纳，跟关联标准充分协调，参考现有相关标准的基础上编制了标准的征求意见稿草案。2024 年 4 月 19 日，由冷标委秘书处组织行业在合肥召开了标准起草工作会议，对标准的主要内容等进行了认真细致的讨论，充分听取了行业主流厂家的意见，起草组依据讨论的结果，在会后对关键问题展开了进一步的分析和处理，并最终形成正式的征求意见稿，经组长审核后于 2024 年 7 月 15 日提交至冷标委秘书处。

二、标准编制原则和主要内容

1 标准编制原则

本标准编制过程中遵循以下原则：

(1) 本标准在结构编写和内容编排等方面严格依据 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》进行编制。

(2) 标准编制充分考虑了国内企业的技术水平与生产能力，宜于应用；标准规定的技术要求符合用户利益；标准规定的试验方法易于实现，具有较强的可操作性。

(3) 标准结合有关科研成果，有利于促进相关产品的研发、生产和技术进步；有利于进一步节能，实现产业可持续发展。

2 标准主要内容

本文件规定了离心式制冷剂压缩机及离心式制冷剂压缩机组的型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

2.1 压缩机分类

本标准第 4.1 条规定了离心式制冷剂压缩机的分类形式。本标准参考的 JB/T 12843-2016《离心式制冷剂压缩机》中将压缩机按结构分为开启式和半封闭式，按级数分为单级、双级、多级。随着离心式制冷剂压缩机的发展，此分类方式显得较为粗略，并不能对目前主流的压缩机型式进行有效区分，市面上常见的离心式制冷剂压缩机大都可归类到半封闭式双级压缩机，因此本标准对压缩机的分类形式进行了细化。

首先按照轴承型式，可将压缩机分为机械式轴承压缩机和悬浮式轴承压缩机，其中机械式轴承

压缩机又可分为油润滑轴承压缩机、制冷剂润滑滚动轴承压缩机；悬浮式轴承压缩机又可分为磁悬浮轴承压缩机、气悬浮轴承压缩机。其次按照压缩机是否有油可分为有油压缩机和无油压缩机。

2.2 名义工况

本标准表 1 压缩机（组）的名义工况中规定的制冷和制热工况，与 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》中表 5 中数据中心专用型机组名义制冷工况、表 1 中水冷式舒适型机组名义制冷、名义制热工况、表 E.1 中名义蓄冷 I（冰蓄冷）工况以及表 2 中风冷式舒适型机组名义制冷工况相对应。具体对应关系见下表 1 所示。

表 1 名义工况与 GB/T 18430.1-2024 的对应关系

类型		蒸发温度 (端温差)	冷凝温度 (端温差)	吸气温度 (过热度)	膨胀前的制冷 剂液体过冷度	GB/T18430.1-2024 对应工况
制冷	水冷数据中心	14 (1)	36 (1)	17 (3)	3	表 5 数据中心名义制 冷工况
	水冷名义制冷	6 (1)	36 (1)	9 (3)	3	表 1 标况水冷名义制 冷
	水冷冰蓄冷	-8 (2.5)	35 (2.5)	-5 (3)	3	表 E.1 名义蓄冷 I 工况
	风冷名义制冷	6 (1)	50 (5)	11 (5)	5	表 2 标况风冷名义制 冷
制热	水冷名义制热	6 (1)	46 (1)	9 (3)	3	表 1 标况水冷名义制 热

本标准的水冷名义制冷、水冷冰蓄冷和水冷名义制热工况与现行 JB/T12843-2016《离心式制冷剂压缩机》表 1 中的中温、低温和热泵工况相同；水冷数据中心工况与现行 JB/T 12843-2016《离心式制冷剂压缩机》表 1 高温工况在蒸发温度和吸气温度两项分别低 2℃。为避免整机系统偏差对压缩机评价的影响，端温差和过冷度取值与 JB/T12843-2016《离心式制冷剂压缩机》保持一致，蒸发温度、冷凝温度分别与使用侧出水温度、热源侧出水温度的温差为 1℃（冰蓄冷为 2.5℃），吸气过热度 3℃，膨胀前的制冷剂液体过冷度 3℃，遇小数进行圆整，因此整体来看这一规定是合理的。

表 1 中风冷名义制冷工况在现行 JB/T12843-2016《离心式制冷剂压缩机》中没有参考工况，在 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》中对应表 2 中风冷式舒适型机组名义制冷工况。为避免整机系统偏差对压缩机评价的影响，端温差和过冷度取值参考 JB/T 12843-2016《离心式制冷剂压缩机》，将蒸发温度、冷凝温度分别与使用侧出水温度 1℃、热源侧的温差为 5℃，吸气过热度 5℃，膨胀前的制冷剂液体过冷度 5℃，遇小数进行圆整，因此整体来看这一规定是合理的。

为保持标准体系的延续性和一致性，本标准中表 1 压缩机（组）的名义工况和 JB/T《磁悬浮离心式制冷剂压缩机》（计划编号 2022-1792T-JB）报批稿中表 1 压缩机（组）的名义工况保持一致。

2.3 部分负荷工况

本标准表 2 压缩机（组）的部分负荷工况中规定的水冷数据中心全年综合制冷工况、水冷名义制冷部分负荷工况、风冷制冷季节工况，与 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》中表 6 部分负荷性能试验工况、表 7 制冷季节性能试验工况（风冷）和表 8 全年综合制冷性能试验工况相对应。具体对应关系见下表 2 所示。

表 2 部分负荷工况与 GB/T 18430.1-2024 的对应关系

工况	负荷率	蒸发温度 (端温差)	冷凝温度 (端温差)	吸气温度 (过热度)	膨胀前的制冷 剂液体过冷度	GB/T18430.1-2024 对应工况
水冷数据中心 全年综合 制冷工况	100%	14 (1)	36 (1)	17 (3)	3	表 8 全年综合制冷 性能试验的标准工况 条件
	100%	14 (1)	31 (1)	17 (3)	3	
	100%	14 (1)	27 (1)	17 (3)	3	
	50%	14 (1)	24 (1)	17 (3)	3	
水冷名义制 冷部分负荷 工况	100%	6 (1)	36 (1)	9 (3)	3	表 6 部分负荷性能 试验工况条件
	75%	6 (1)	31 (1)	9 (3)	3	
	50%	6 (1)	26 (1)	9 (3)	3	
	25%	6 (1)	21 (1)	9 (3)	3	
风冷制冷季 节工况	100%	6 (1)	50 (5)	11 (5)	5	表 7 制冷季节性能 试验的标准工况条件 (风冷式舒适型机 组)
	75%	6 (1)	44 (5)	11 (5)	5	
	50%	8 (1)	38 (5)	13 (5)	5	
	25%	10 (1)	32 (5)	15 (5)	5	

为避免整机系统偏差对压缩机评价的影响，参考 JB/T 12843-2016 的压缩机工况定义，在 GB/T 18430.1-2024 标准机组工况基础上，通过上表端温差、过冷度及过热度修正并圆整后定义压缩机的工况，试验方法参考 JB/T 12843-2016，因此整体来看这一规定是合理的。

为保持标准体系的延续性和一致性，本标准中表 2 压缩机（组）的部分负荷工况和《磁悬浮离心式制冷剂压缩机》JB/T 报批稿中表 2 压缩机（组）的部分负荷工况保持一致。

2.4 可靠性要求和试验方法

本标准第 5.4 条规定了可靠性要求，6.4 条规定了可靠性要求的试验方法。JB/T 12843-2016《离心式制冷剂压缩机》中没有单独的可靠性要求和试验方法相关的内容，本标准增加了这部分内容。可靠性要求分为通用的可靠性要求以及专用的可靠性要求，专用的可靠性要求是按照轴承型式分类，这与 4.1 条中离心式制冷剂压缩机的分类形式相对应。JB/T 12843-2016 中 5.3.2 气密性、5.3.3 运转、5.3.5 叶轮动平衡、5.3.6 叶轮超速和 5.3.13 绕组温度均为性能要求，在本标准中依旧保留，并被划分为通用可靠性要求，分别对应 5.4.1.1 气密性、5.4.1.2 运转、5.4.1.3 旋转部件动平衡、5.4.1.4 叶轮超速和 5.4.1.5 绕组温度。

1) 喘振可靠性要求

喘振是气流沿压缩机轴线方向发生的低频率、高振幅的气流振荡现象，这种低频率高振幅的气流振荡是一种很大的激振力来源，它会导致压缩机部件的强烈机械振动和热端超温，并在较短时间内造成压缩机内部结构损坏。

本标准通用可靠性要求中新增了 5.4.1.6 喘振可靠性要求，本标准结合离心压缩机喘振的特性，考虑到虽然压缩机企业都有正向的防喘振机制，但每个企业的防喘振方案不同，难以量化评判，而空调系统受外部系统断水、负荷急剧变化等影响，容易在喘振控制介入前被动进入喘振状态。站在产品寿命角度，压缩机需具备抵抗喘振冲击的能力或识别喘振并控制压缩机脱离喘振的保护功能，确保不会因喘振导致压缩机（组）损坏而无法运行。

在本标准第 6.4.1.6 喘振可靠性试验中，提出了喘振承载能力试验或喘振保护功能试验来评价喘振可靠性。压缩机（组）喘振次数达到制造商明示值后，仍能正常运行、无故障报警、无异常振动可判定合格；或者压缩机（组）需要在进入喘振后能及时触发报警保护并脱离喘振，重复测试的次数达到 5 次后，仍能正常运行、无故障报警、无异常振动可判定合格。

2) 紧急断电可靠性要求

离心式制冷剂压缩机运行过程中，因紧急断电或供电系统故障，可能导致压缩机轴承或结构动静部件之间产生严重损伤，是压缩机最主要的失效工况之一。

本标准通用可靠性要求中新增了 5.4.1.7 紧急断电可靠性要求，针对磁悬浮轴承压缩机、机械式轴承压缩机、静压气悬浮压缩机和动压气悬浮压缩机分别有不同的要求，这是由于不同轴承型式的压缩机的工作原理不同。

针对磁悬浮轴承压缩机，应设置辅助供电系统，在紧急断电时用于为磁悬浮轴承系统持续供电，保证转子组件落下时的转速不应影响磁悬浮轴承系统以及备降轴承寿命；针对机械式轴承压缩机，应设置紧急供油/液系统，在压缩机（组）紧急断电时，持续供油/液直至转轴停转；针对静压气悬浮轴承压缩机，应设置辅助供气系统，保证在气悬浮轴承系统过载、故障或失效时支撑转轴至停转，防止压缩机损坏；针对动压气悬浮压缩机无需设置辅助系统，压缩机可直接断电，轴承能够抗跌落。对于全部种类的压缩机（组），紧急断电可靠性的试验方法均按照 6.4.1.7 紧急断电可靠性试验进行判定。

3) 吸气带液可靠性要求

吸气带液会造成液态制冷剂直接冲击压缩机的导叶和叶轮，增加了机器的振动和噪音，可能导致压缩机部件产生严重损坏。

本标准通用可靠性要求中新增了 5.4.1.8 吸气带液可靠性，吸气带液对离心式制冷剂压缩机的可靠性影响巨大，因此所有的压缩机都需具有抵抗吸气带液冲击的能力，确保不会因带液导致压缩机（组）损坏无法运行。

在本标准第 6.4.1.8 条中，针对带液可靠性提出测试评价要求和办法，通过改变机组频率，不断增大机组负荷，使机组达到带液状态，当压缩机（组）保持带液状态继续运行 2h 后，仍能正常运行、无故障报警、无异常振动则判定合格。鉴于测试时间和测试代价的考虑，用 2h 作为评价压缩机吸气带液可靠性的评价指标是合理的。

4) 磁悬浮轴承压缩机专用可靠性要求

本标准中专用的可靠性要求中新增了 5.4.2 条磁悬浮轴承压缩机可靠性要求，其中包含电磁兼容和备降轴承硬跌落寿命。

磁悬浮轴承压缩机为机电控一体化产品，与常规离心压缩机比，电子元器件和测控系统比较复杂对抗电磁干扰的能力要求较高，故本标准中有针对性地增加电磁兼容性相关要求 5.4.2.1 和试验方

法 6.4.2.1,与《调速电气传动系统第 3 部分:电磁兼容性要求及其特定的试验方法》GB/T 12668.3-2012 中 5.2.3、5.3.3、6.4.2 的规定保持一致。

磁悬浮轴承压缩机,在磁悬浮轴承系统正常工作时可以较好的保证与运行可靠性,但由于该系统是一个非常复杂的电子电控系统,需要考虑出现偶发的程序错误或电控元器件单点故障造成控制系统突然失控后,压缩机转轴会直接硬跌落到备降轴承上,又由于压缩机全无油对备降轴承在无油条件下的硬跌落寿命是一个巨大的考验。因此,备降轴承作为压缩机结构可靠性的最后一道防线,在设计和测试验证时应该具有最基本的跌落寿命保证很有必要。

备降轴承硬跌落寿命的要求和试验方法分别在 5.4.2.2 和 6.4.2.2。压缩机(组)需要运行至制造商明示运行范围的最高转速 $\pm 5\%$ 和高于压缩机(组)名义工况下功率,保持 1 分钟以上;然后直接切断磁悬浮轴承和变频器前端供电,不启用辅助供电系统,仅通过压缩机的备降轴承承受转子组件高速硬跌落的冲击直至停转,记录为一次,复位后重复试验;达到硬跌落次数 ≥ 2 次后,压缩机(组)能正常校轴、悬浮及运行则判定合格。

5) 气悬浮轴承压缩机专用可靠性要求

本标准中专用的可靠性要求中新增了 5.4.3 条气悬浮轴承压缩机可靠性要求。其中包含静压气悬浮轴承耗气量和动压气悬浮压缩机最低运行转速。

针对静压气悬浮压缩机,若轴承耗气量较大,会对压缩机的可靠性产生严重影响,因此需要保证在压缩机(组)设计工况下,轴承耗气量不超过压缩机吸气量的 $1/1000$ 。在压缩机运行范围内,轴承耗气量的波动不超过 2% 。

针对动压气悬浮压缩机,则需要对压缩机最低运行转速提出要求。需要保证在设计工况下,压缩机最低运行转速应大于动压气浮轴承起飞转速的 1.2 倍以上。

2.5 产品数智化功能

本标准第 6.1.11 条,在一般性要求中提出了一条智能化和数字化相关要求:压缩机(组)宜具备智能控制功能,包括但不限于运行数据采集、自动调节、稳定控制、报警保护等功能。该条要求在智能控制相关维度对离心式制冷剂压缩机的要求进行了完善,对产品的健康度评价、可靠运行提供有利支持,整体来看这一规定是合理的。

3 解决的主要问题

本标准为首次制定。

当前,我国夏热冬冷地区的制冷和采暖需求日趋旺盛,对于商业和工业用制冷和采暖,离心式压缩机和其他类型的压缩机相比,在相同冷量的情况下,机组的重量及尺寸较小,优势较明显,离心式制冷剂压缩机的需求势必会越来越多。随着行业的发展,目前离心式制冷剂压缩机相关的行标 JB/T 12843-2016,名义工况的定义需要更新,可靠性相关的要求也需要完善。因此本次标准制定,充分考虑了不同型式离心式制冷剂压缩机的可靠性要求,结合 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》中最新的工况定义,以重新定义分类形式和名义工况以及细化技术要求为重点,对离心式制冷剂的型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等进行了规定,为相关产品的设计、制造提供了最新的标准,以确保其在实际使用中的安全性、可靠性和有效性,为产品的大规模推广应用提供了有力的技术支撑。

三、主要试验(或验证)情况

本标准以现有行标 JB/T 12843-2016《离心式制冷剂压缩机》作为基准,依据 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》现

行标准作为参考，行业相关的生产企业较为熟悉且有多年的使用经验，积累了一定的技术数据，对本标准的技术指标起到了很好的验证作用。

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

本标准制定项目。通过本标准制定，对高速发展的离心式制冷剂压缩机市场起到产品规范和技术进步的重要促进作用。

本标准针对离心式制冷剂压缩机的特点，充分纳入和反映了离心式制冷剂压缩机的先进技术成果。在标准工况及部分负荷工况均与 GB/T 18430.1 进行对应，同时对可靠性及数字化提出要求，对离心式制冷剂压缩机的型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等进行了规定，以确保相关产品在实际使用中的安全性、可靠性和有效性。

本标准涉及到离心式制冷剂压缩机，目前尚无此项技术的国家标准，且现行的行业标准也有待完善。可以认为，本标准是对现有标准体系的有力补充和完善，是离心式制冷剂压缩机在商业或工业用及类似用途的制冷（热）应用的重要的规范性技术文件。

六、与国际、国外对比情况

本标准制定过程中未查询到同类国际和国外标准，本标准没有采标。也未测试过国外的样品、样机。

本标准达到国内先进水平。

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

本标准在冷冻空调设备技术标准体系中属于部件类产品标准中的“制冷剂压缩机（组）”小类。本标准与现行法律、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

建议本标准的性质为推荐性国家标准。

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

本标准为首次制定。

十二、其他应予以说明的事项

在标准的起草阶段将标准的名称由“磁悬浮离心式制冷剂压缩机”调整为“离心式制冷剂压缩机”。主要考虑到：经历了约十年的追赶和磨砺后，国产品牌制造商已逐步掌握了速度型压缩机（离心式）的制造技术和工艺，并不断获得了新的突破，磁悬浮、气悬浮、液悬浮等新兴无油技术相继推出。磁悬浮市场化刚刚渐入佳境，气悬浮压缩机也已成熟，且凭借更简单的结构和控制逻辑、更低的成本优势，大有快速取代磁悬浮的趋势。为了跟进产业技术最新的变化，满足行业发展的现实需求，同时本着精简整合以及体系优化的原则，且考虑到磁悬浮、气悬浮等同属离心式压缩机，在基本原理以及安全可靠性的共性要求基本一致，不论是从标准的技术内容还是从标准服务的产业对象来看，同步制定在一个标准中更为科学合理，又能够确保实施后标准的适用性不会迅速的打折。综上，对标准的名称进行了调整。

标准起草工作组

2024.07.15