

ICS xx. xxx

J xx



中国制冷空调工业协会标准

T/CRAAS XXX—20XX

直膨式冰浆机组

Direct expansion ice slurry chiller

（征求意见稿）

20XX-XX-XX发布

20XX-XX-XX实施

中国制冷空调工业协会 发布

重要声明

安全建议

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

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

目 次

前 言..... II

引 言 III

1 范围..... 4

2 规范性引用文件..... 4

3 术语和定义..... 5

4 型式和基本参数..... 6

5 技术要求..... 7

6 试验方法..... 9

7 检验规则..... 12

8 标志、包装、运输和储存..... 13

附录 A（规范性）过冷水机组名义工况性能和冰浆机组制冰性能试验方法 15

 A.1 试验工况 15

 A.2 过冷水机组试验方法 15

 A.3 冰浆机组成冰制冷量、成冰制冷消耗功率的试验方法 16

附录 B（规范性）试验用仪器仪表的型式及准确性的规定 18

 B.1 试验用仪器仪表的型式及准确度 18

 B.2 测量规定 18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件是首次制定。

本规范由中国制冷空调工业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：青岛海信日立空调系统有限公司。

本文件参加起草单位：清华大学、合肥通用机电产品检测院有限公司。

本文件主要起草人：孟庆超、张文强。

本文件参加起草人：丛辉、石文星、郑明宇、王静。

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

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

本文件由中国制冷空调工业协会标准法规与技术服务部负责解释。

引 言

随着我国电能获取方式的多元化，以及供需匹配的精准需求增加，以冰浆蓄冷为代表的长时间储能成为缓解电网峰谷的有效技术手段之一，为实现电网的智能调度提供了可能，同时，冰浆本身也是较好的食品冷链、工艺介质，具有很好的应用前景。本文件为规范直膨式过冷水制备冰浆机组的性能及要求，提供了依据。

本文件在制定过程中，规范编制组开展了相关专题研讨，在总结国内制冷空调设备及系统相对成熟经验的基础上，吸收近年来众多有代表性专业企业实践成果，并以多种方式广泛征求了全国各有关单位和行业专家的意见，最终形成本规范。

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

直膨式冰浆机组

1 范围

本文件规定了直膨式冰浆机组的型式和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于水冷式采用电动机驱动的蒸气压缩制冷循环直接制取过冷水，并通过促晶器等装置制取冰浆，且所用制冷剂的GWP小于2500的制冷机组（以下简称“机组”），其他类似机组参照使用。

2 规范性引用文件

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

GB 2894—2025 安全色和安全标志

GB 4706.32—2024 家用和类似用途电器的安全 第32部分：热泵和空调器和除湿机的特殊要求

GB/T 9237 制冷系统及热泵 安全与环境要求

GB/T 10870 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 17758—2023 单元式空气调节机

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 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组安全要求

GB/T 26194 蓄冷系统性能测试方法

JB/T 4330 制冷和空调设备噪声的测定

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

NB/T 47012—2020 制冷装置用压力容器

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

过冷水 supercooled water

温度低于0℃的液态水。

3.2

过冷水机组 supercooled water chiller

制取过冷水的冷水机组。

3.3

促晶器 a device that making ice crystals into ice slurry

将过冷水转化为冰浆的设备。

3.4

蓄冰槽 ice storage tank

用于储存冰浆以及尚未转化为冰浆的水体的装置。

3.5

冰浆机组 ice slurry chiller

将蓄冰槽中的冷水冷却至过冷水，再通过促晶器制取冰浆的机组。通常由冰晶过滤装置、预热器、过冷水机组、促晶器组成。

3.6

全球变暖潜能值 global warming potential (GWP)

全球变暖潜能(GWP)是一种衡量制冷剂对地球气候影响程度的指标。它表示的是在一定时间内(一般为 100 年)，制冷剂排放到大气中的二氧化碳当量对地球气温上升的影响能力。

3.7

过冷水机组制冷量 evaporator cooling capacity of superchiller

Q_w

在规定的制冷能力试验条件下，单位时间内机组制取过冷水时从蒸发器输出的制冷量，单位为千瓦(kW)。

3.8

成冰制冷量 ice cooling capacity of ice slurry chiller

Q_{ice}

在规定的制冷能力试验条件下，单位时间内过冷水机组制冷量中转化为冰水的冷量，单位为千瓦(kW)。

3.9

过冷水机组性能系数 coefficient of performance of superchiller

COP_w

在规定的标准工况或特定的使用工况下，过冷水机组制冷量与其输入功率的比值。其中，过冷水机组输入功率（ P_w ）包括压缩机及对应机组电控柜等的消耗功率。

注：过冷水机组输入功率应包括实现机组正常功能包括的所有部件消耗的功率，不包括预热器、促晶器的功率。

$$COP_w = \frac{\text{过冷水机组制冷量}}{\text{过冷水机组输入功率}} = \frac{Q_w}{P_w} \dots\dots\dots (1)$$

注：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）。

3.10

冰浆机组性能系数 coefficient of performance of ice slurry chiller

COP_{ice}

在规定的标准工况或特定的使用工况下，冰浆机组成冰制冷量与其输入功率的比值，其中冰浆机组输入功率（ P_{ice} ）包括预热器、过冷水机组、促晶器以及防止过冷水结晶的装置（若有）所消耗的总输入功率。

$$COP_{ice} = \frac{\text{成冰制冷量}}{\text{冰浆机组输入功率}} = \frac{Q_{ice}}{P_{ice}} \dots\dots\dots (2)$$

3.11

制冰量 ice making capacity

C

在规定条件下，冰浆机组1小时的制冰量，单位为吨每小时（t/h）。

4 型式和基本参数

4.1 型式

4.1.1 按结构类型分为：

——整体式；

——分体式。

4.2 型号

机组型号的编制方法可由制造商自行确定，但型号中宜体现名义工况下的过冷水机组制冷量或冰浆机组成冰制冷量。

注：名义工况下的制冷量可以是名义制冷量的近似值。

4.3 基本参数

4.3.1 过冷水机组与冰浆机组名义工况性能试验的标准工况

机组一般性能试验的标准工况分别按表1 的规定。

表1 水冷式机组一般性能试验的标准工况

工况类型	使用侧		排热侧	
	冰槽出口温度 ℃	流量 m ³ /h	进水温度 ℃	单位制冷量流量 m ³ /（h·kW）
名义制冷	0	a	28	0.215
制冷最大负荷			33	b
制冷最小负荷			19	b
a 使用侧流量按照标称值确定。 b 按照名义工况确定的排热侧水流量。				
注1：表中的“单位制冷量水流量”中的制冷量按照过冷水机组制冷量标称值确定。 注2：水温按GB/T 18430.1—2024 中附录B进行排热侧污垢系数修正（排热侧污垢系数为0.044 m ² ·℃/kW），并以修正后的温度设定试验工况。				

5 技术要求

5.1 一般要求

除满足GB/T 18430.1—2024的一般要求外，还需满足如下要求。

- 5.1.1 机组应采用 ODP 值为 0 的制冷剂，宜采用无毒、且较低 GWP 值的制冷剂。
- 5.1.2 机组蒸发器应具有防冻耐受能力，有蒸发器冰堵风险的机组应具备蒸发器解冻功能。

5.2 密封性与压力试验

- 5.2.1 机组的制冷系统应具有良好的密封性，按 6.4.1.1 进行气密性试验时，机组的制冷系统各部位不应有泄漏。
- 5.2.2 机组的制冷系统进行真空试验时，不应有泄漏，压力回升不大于 150Pa。
- 5.2.3 机组水路压力进行试验时，各部件及连接处应无异常变形和渗漏。

5.3 试运转

机组进行试运转试验时应能正常启动，且运行过程中无任何异常。

对于需要现场组装的大型机组或其他不具备出厂试运转条件的机组，出厂前可只进行压缩机机头运转试验以及电控系统的模拟试验，或与用户协议在现场进行试运转试验。

5.4 过冷水机组名义工况性能

- 5.4.1 实测过冷水机组名义制冷量不应小于明示值的 95%。
- 5.4.2 实测过冷水机组名义制冷消耗功率不应大于明示值的 110%。
- 5.4.3 实测过冷水机组名义制冷性能系数 COP_w不应低于表 2 规定的限值，且不低于明示值的 95%。

5.5 冰浆机组性能

5.5.1 实测冰浆机组成冰制冷量不应小于明示值的 95%。

5.5.2 实测成冰制冷消耗总功率不应大于明示值的 110%。

5.5.3 实测冰浆机组名义性能系数 COP_{ice} 不应低于表 2 规定的限值，且不低于明示值的 95%。

表2 水冷式机组的能效参数限值

过冷水机组名义制冷量 (CC) kW	能效参数	
	COP_w kW/kW	COP_{ice} kW/kW
$50 < CC \leq 300$	3.30	2.40
$300 < CC \leq 528$	3.90	2.90
$528 < CC \leq 1163$	4.20	3.10
$CC > 1163$	4.40	3.30

5.6 冰浆机组连续成冰

在规定工况下连续运行不少于 30 min 或 1 个完整控制周期，系统应稳定产出冰浆。

5.7 制冰量

冰浆机组在名义工况下的制冰量不应小于明示值的 95%。

5.8 水侧压力损失

机组冷水侧（制取冰浆侧）、冷却水侧的水侧压力损失不应大于各明示值的 115%。

注：对于自带水泵的机组，相应水路的换热器压力损失不做考核。

5.9 过冷水机组和冰浆机组制冷最大负荷

在制冷最大负荷试验的过程中应满足以下要求：

- 机组能保持正常工作；
- 机组各零部件无损坏，过载保护器不动作；
- 运行电流的最大值不大于机组最大运行电流的明示值。

5.10 过冷水机组和冰浆机组制冷最小负荷

在制冷最小负荷试验的过程中应满足以下要求：

- 机组能保持正常工作；
- 机组各零部件无损坏，低压、防冻及过载保护器不动作。

5.11 噪声和振动

5.11.1 过冷水机组和冰浆机组的实测声压级噪声值不应大于其明示值+2dB(A)。

5.11.2 过冷水机组和冰浆机组的实测振动值不应大于其明示值。

5.12 安全要求

机组的安全要求应符合 GB/T 18430.1-2024 中 5.13 的规定。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 场地环境和试验资源

试验场地和试验资源应符合GB/T 18430.1-2024 中6.1的规定。

6.1.2 机组蒸发器蒸发温度取制冷剂出口压力对应的饱和温度。

6.1.2 仪器仪表

6.1.2.1 试验中仪器仪表的型式及准确度应符合附录B 的规定，并经计量检验部门检定或校准合格，在适用的有效期内。

6.1.2.2 试验用流量计的安装应符合GB/T 18430.1-2024 的规定。

6.1.2.3 振动测量仪的频率范围应包含10 Hz～1000 Hz。且在此频率范围内的相对灵敏度以160 Hz的相对灵敏度为基准，其他频率的相对灵敏度应在基准灵敏度的 90% ～ 105% 的范围内。

6.1.3 工装设备

6.1.3.1 机组空气侧干、湿球温度的测量应采用满足 GB/T 10870-2014 附录 B 要求的测量装置。

6.1.3.2 机组水侧压力损失和温度的测量应采用 GB/T 18430.1-2024 附录 F 规定的测量装置。

6.2 安装

6.2.1 被试机应安装稳固，满足说明书或制造商的有关规定。

6.2.2 冰浆机组、水泵、蓄冰槽等的安装应当符合有关规定。

6.3 数据处理

6.3.1 试验过程中，各工况参数的允差应符合表 3 和表 4 的规定。

6.3.2 数据的采集和处理应符合 GB/T 10870 的规定。

表3 试验工况的读数允差（平均变动幅度）

试验工况	使用侧		排热侧	
	冷水		水冷式	
	进/出水温度 ℃	水流量	进/出水温度 ℃	水流量
名义制冷	±0.3	±5%	±0.3	±5%

制冷最大负荷	±0.5		±0.5	
制冷最小负荷	±0.5		±0.5	
连续成冰	±0.3		±0.3	

表4 试验工况的读数允差（最大变动幅度）

试验工况	使用侧		排热侧	
	冷水		水冷式	
	进/出水温度 ℃	水流量	进/出水温度 ℃	水流量
名义制冷	±0.5	±5%	±0.5	±5%
制冷最大负荷	±1.0		±1.0	
制冷最小负荷	±1.0		±1.0	
连续成冰	±0.5		±0.5	

6.4 试验步骤

6.4.1 密封性与压力试验

6.4.1.1 密封性试验

6.4.1.1.1 气密性试验

气密性试验按NB/T 47012—2020 中7.8.2.1 或7.8.2.2 的规定的试验方法进行。

6.4.1.1.2 真空试验

对机组抽真空至300Pa以下，保压30min以上，检查机组泄漏和压力回升等情况。

6.4.1.2 压力试验

机组水路系统进行1.25 倍设计压力的液压试验或者1.10 倍设计压力的气压试验，保压10 min 以上，检查机组水系统的变形、渗漏等异常情况。

6.4.2 试运转试验

机组在额定电压和额定频率下进行开机试运转试验。

6.4.3 过冷水机组名义工况性能试验

将机组能量调节装置调至适宜位置， 在本标准表1 规定的制冷名义工况下， 按附录A规定的方法测定和计算蒸发器能力与过冷水机组消耗总电功率，应符合本标准5.4.1～5.4.3 的规定。

6.4.4 冰浆机组性能试验

6.4.4.1 冰浆机组成冰制冷量 Q_{ice} 、成冰制冷消耗功率 P_{ice} 、名义性能系数 COP_{ice} 应按表1 规定的工况条件下，按照附录A 的试验方法获得。

6.4.5 连续成冰试验

机组按照附录A的测试方法，在表1 规定的排热侧条件下运行，当蒸发器出口侧温度 $<-0.5^{\circ}\text{C}$ 后，再运行30min（在此过程中，蒸发器出口侧温度 $>-0.5^{\circ}\text{C}$ ），且在系统出口观测到制取的冰浆。

6.4.6 制冰量试验

冰浆机组按表1 规定的工况下连续运行并达到稳定状态后，在测量时间 t 内（ t 应不小于30 min，且 $t_2 < -0.5^{\circ}\text{C}$ ），记录过冷水机组制冷量 Q_w 、蒸发器进水温度 t_1 、蒸发器出水温度 t_2 。

制冰量按照公式（3）进行计算：

$$C = \frac{Q_w \times \left(\frac{0 - t_2}{t_1 - t_2} \right) \times 3600}{L \times 1000} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C ——制冰量，单位为吨每小时（t/h）；

Q_w ——过冷水机组制冷量（蒸发器换热量），单位为千瓦（kW）；

t_1 ——蒸发器进水温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

t_2 ——蒸发器出水温度，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

L ——水的凝固潜热，取 334 kJ/kg；

6.4.7 水侧压力损失试验

按照GB/T 18430.1 规定的方法进行水侧压力损失的测试，机组使用侧的水侧压力损失测量在水温 $1^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 条件下测定。

6.4.8 过冷水机组和冰浆机组制冷最大负荷试验

机组在表1 规定的制冷最大负荷工况下运行，达到稳定状态后再运行 0.5 h，对机组各零部件、过载保护器和运行电流等进行检查。

6.4.9 过冷水机组和冰浆机组制冷最小负荷试验

机组在表1 规定的制冷最小负荷工况下运行，达到稳定状态后再运行 0.5 h，对机组各零部件和低压、防冻及过载保护器等进行检查。

6.4.10 噪声和振动试验

6.4.10.1 冰浆机组在名义工况下运行，按JB/T 4330 规定的测试方法测量噪声。

6.4.10.2 冰浆机组的振动试验按照GB/T 18430.1 规定的方法测量。

6.4.11 电气安全试验

机组的电气安全试验应按GB/T 18430.1—2024 中6.4.12规定的方法测定。

7 检验规则

7.1 机组的检验分为出厂检验、抽样检验和型式检验。检验项目、技术要求及试验方法按表5 的规定。

表5 检验项目

序号	项目		出厂 检验	抽样 检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	一般要求		—	—	√	5.1	视检和验证
2	密封性	气密性试验	√	√	√	5.2.1	6.4.1.1.1
3	与压力 试验	真空试验	√	√	√	5.2.2	6.4.1.1.2
4		压力试验	—	√	√	5.2.3	6.4.1.2
5	试运转		√	√	√	5.3	6.4.2
6	电气 安全	绝缘电阻	√	√	√	5.12	6.4.11
7		电气强度	√	√	√	5.12	6.4.11
8		接地装置	√	√	√	5.12	6.4.11
9		耐湿性能	—	—	√	5.12	6.4.11
10		防护等级	—	—	√	5.12	6.4.11
11	过冷水机组名义工况性能		—	√	√	5.4	6.4.3
12	冰浆机组性能		—	√	√	5.5	6.4.4
13	冰浆机组连续成冰		—	√	√	5.6	6.4.5
14	制冰量		—	√	√	5.7	6.4.6
15	水侧压力损失		—	√	√	5.8	6.4.7
16	制冷最大负荷		—	—	√	5.9	6.4.8
17	制冷最小负荷		—	—	√	5.10	6.4.9
18	噪声和振动		—	—	√	5.11	6.4.10
注：“√”表示需要检验的项目；“—”表示不需要检验的项目。							
a 对于批量生产的机组（如模块机）在进行出厂检验时，允许制造商采用等效的抽真空工艺以缩短检验时间，但应确保按本文件的方法进行的抽样检验和型式检验获得通过。							

7.2 每台机组应经制造商质量检验部门检验合格后方可出厂。

7.3 制造商的产品质量控制措施中应主动包含抽样检验，尤其是批量生产的机组，但具体的抽样方案、检查水平及合格质量水平等可由制造商自行确定。

7.4 型式检验应确保每4 年进行一次。当有下列情形发生时，第1 台产品应做型式试验：
——新产品开发或定型产品进行了重大改进；

- 使用了全新的生产线；
- 生产线搬迁或生产线进行了重大改进。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 机组应在明显部位设置永久性铭牌，铭牌应符合GB/T 13306 的规定。且包含如下内容：

- (1) 产品名称、型号；
- (2) 制造商名称、商标；
- (3) 额定电压、相数、频率；
- (4) 最大运行电流（A）；
- (5) 制冷剂编号、充注量（kg）；
- (6) 过冷水机组名义制冷量（kW）、消耗功率、名义性能系数；
- (7) 冰浆机组名义制冷量（kW）、消耗功率、名义性能系数；
- (8) 制冰量（T/ht/h）；
- (9) 水侧阻力损失（kPa）；
- (10) 外形尺寸；
- (11) 机组（撬块）总质量；

8.1.2 机组相关部位上应设有指示运行状态的标志（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（如产品说明书、铭牌等）标明本文件的编号。

8.1.4 若机组使用了可燃性制冷剂，则应按照GB 2894—2008 表2 中编号2-2 警告标志（“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不应小于30 mm。

8.2 包装

8.2.1 机组在包装前应进行清洁处理，各部件应洁净、干燥（包括与制冷剂和润滑油接触的内表面），易锈部件应涂防锈剂。

8.2.2 机组在包装前应充入或保持规定的制冷剂量，或充入0.02 MPa~0.03MPa（表压）的干燥氮气。

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

a) 产品合格证的内容包括：

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

b) 产品说明书的内容应包括：

- 产品型号和名称、工作原理、适用范围、本文件的编号、主要技术参数（除铭牌标示的主要技术性能参数外，还应包括接口尺寸、流量等）；
- 产品的结构示意图、系统图、电气原理图及接线图；
- 安装说明和要求（对于使用可燃性制冷剂的机组的安装应满足GB/T 9237 的要求）；
- 使用说明、维护保养和注意事项（对于使用可燃性制冷剂的机组的维修和保养除应满足GB/T 9237 的要求外还应满足GB 4706.32-2012 附录D 的要求）。

8.2.4 机组应采取防尘措施（如外包热缩膜、缠绕膜等），其包装应符合GB/T 13384 的规定。

8.3 运输和贮存

8.3.1 机组在运输和贮存过程中不应被碰撞、倾斜或遭受雨雪淋袭。

8.3.2 产品应贮存在干燥且通风良好的场所中，并注意电气系统的防潮。

8.3.3 若因尺寸或重量受限，经供需双方协商产品（撬块）可分成几部分现场组装，但应确保现场组装的质量。

附录 A

(规范性)

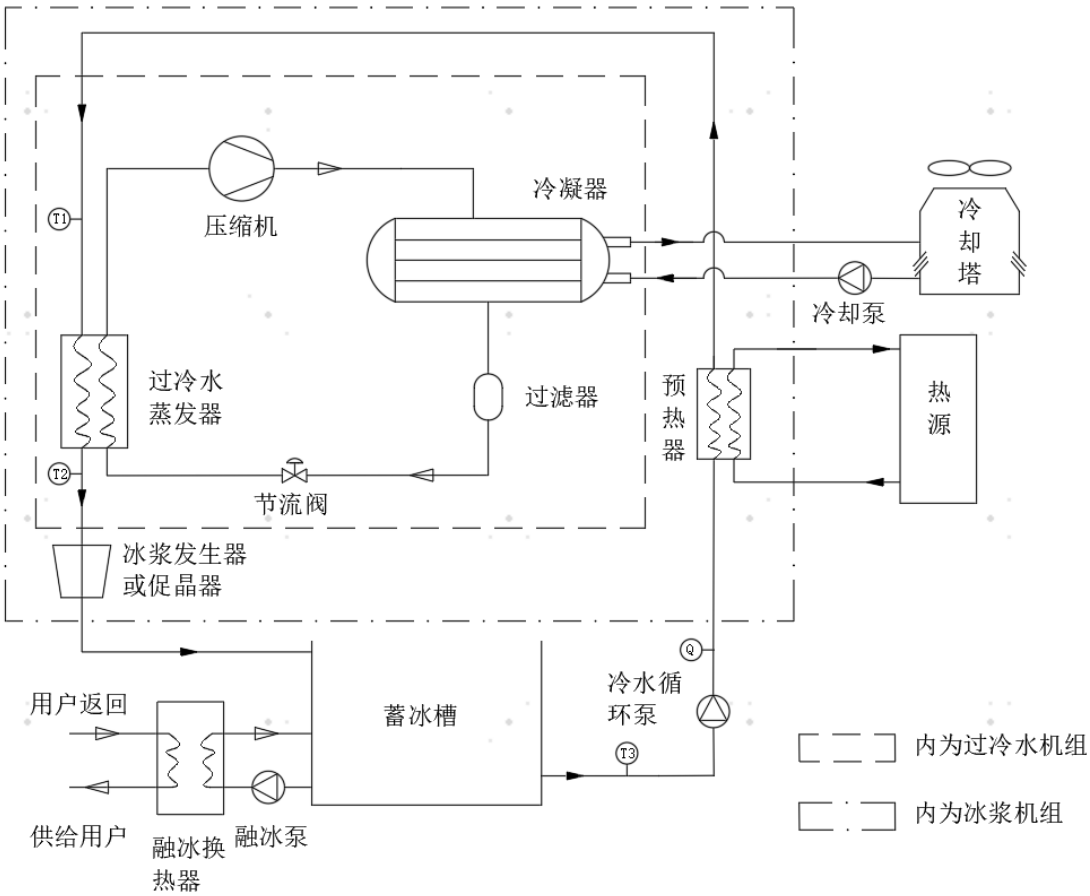
过冷水机组名义工况性能和冰浆机组性能试验方法

A.1 试验工况

- A.1.1 冰浆机组成冰制冷量和制冷消耗功率的试验工况按表 1 工况条件，机组以能够制取冰浆为基本要求，试验稳定后过冷水机组出口温度应不高于 -0.5°C 。
- A.1.2 冰浆机组制冰性能系数的试验工况按照表 1 工况条件，并应按照公式 (2) 进行计算。

A.2 过冷水机组试验方法

- A.2.1 温度、流量测定位置参照图 A.1 中的 T_1 、 T_2 、 Q 所示 (T_3 标出的温度点为方便理解，可不设)，其安装及操作方法参照 GB/T 18430.1-2024 中附录 F 进行。



图A.1 水冷式直膨式冰浆机组系统示意图

A.2.2 过冷水机组名义工况性能试验

将机组能量调节装置调至适宜位置，在规定的制冷工况下进行试验，过冷水机组名义制冷量和制冷消耗功率按以下规定进行测试。

使用侧和排热侧按A. 2. 1的规定对进出水温度和水流量进行测量，机组蒸发器换热量的测试方法采用GB/T 10870—2014中的液体载冷剂法。蒸发器的换热量按公式（A-1）计算，漏热量按公式（A-2）计算。

制冷消耗功率应包括压缩机电动机、油泵电动机和操作控制电路等的输入功率。

A. 2. 3 过冷水机组性能计算

$$Q_w = 1/(3600 \times 1000) C_{pe} \rho_e V_e (t_1 - t_2) + Q_{el} \dots \dots \dots (A-1)$$

$$Q_{el} = \left(\frac{1}{1000} \right) K_e A_e (t_{atm} - t_{em}) \dots \dots \dots (A-2)$$

式中：

Q_w ——过冷水机组制冷量（蒸发器换热量），单位为千瓦（kW）；

Q_{el} ——蒸发器与环境空气之间的漏热量，单位为千瓦（kW）；当蒸发器与空气之间有隔热时，A-1式中的 Q_{el} 可忽略不计，无隔热时， Q_{el} 由A-2式计算确定。

C_{pe} ——蒸发器水进、出口平均温度决定的比热容，单位为焦耳每千克摄氏度[J/（kg·℃）]；

ρ_e ——蒸发器水的密度（由流量计处的温度决定的或由接近流量计处温度的进口或出口温度代替），单位为千克每立方米（kg/m³）；

V_e ——蒸发器水的体积流量，单位为立方米每小时（m³/h），考虑到制取冰浆时水中存留的冰晶可能会对体积流量造成扰动，取蒸发器通入1℃～5℃水时测定的体积流量；

t_1 、 t_2 ——分别为蒸发器进水、出水温度，单位为摄氏度（℃）；

K_e ——蒸发器与环境空气之间的传热系数，单位为瓦每平方米摄氏度[W/（m²·℃）]，蒸发器有隔热措施的取0，没有隔热措施的取20，或根据实际情况评估调整；

A_e ——蒸发器外表面积，单位为平方米（m²）；

t_{atm} ——蒸发器周围平均环境空气温度，单位为摄氏度（℃）；

t_{em} ——蒸发器水进、出口温度的平均值，单位为摄氏度（℃）。

A. 3 冰浆机组成冰制冷量、成冰制冷消耗功率的试验方法

A. 3. 1 温度、流量测定位置参照图 A. 1 中的 T_2 、 T_3 、 Q 所示（ T_3 标出的温度点为方便理解，可不设），其安装及操作方法参照 GB/T 18430.1-2024 中附录 F 进行。

A. 3. 2 冰浆机组制冰性能试验

将机组能量调节装置调至适宜位置，在规定的制冷工况下进行试验，冰浆机组系统成冰制冷量和成冰制冷消耗总功率按以下规定进行测试。

按 A. 3. 1 的规定对冰槽出口、蒸发器出口温度和水流量进行测量，冰浆机组成冰制冷量的测试方法采用 GB/T 10870—2014 中的液体载冷剂法。成冰制冷量按公式（A-3）计算。

制冷消耗总功率应包括冰浆制备过程中投入的总功率，包括预热器、过冷水机组、促晶器、以及防止过冷水结晶的装置（若有）所消耗的输入功率之和。

A. 3. 3 冰浆机组成冰制冷量计算

$$Q_{ice} = 1/(3600 \times 1000) C_{ic} \rho_{ic} V_e (t_3 - t_2) \dots\dots\dots (A-3)$$

式中：

Q_{ice} ——冰浆机组成冰制冷量，单位为千瓦（kW）；

C_{ic} ——蒸发器水出口、冰槽出口平均温度决定的比热容，单位为焦耳每千克摄氏度 [J/（kg·℃）]，当缺乏相关数据时以 0℃ 水的比热容代替；

ρ_{ic} ——蒸发器水的密度（由流量计处的温度决定的或由接近流量计处温度的进口或出口温度代替），单位为千克每立方米（kg/m³）；

V_e ——蒸发器水的体积流量，单位为立方米每小时（m³/h），考虑到制取冰浆时水中存留的冰晶可能会对体积流量造成扰动，取蒸发器通入 1℃～5℃ 水时测定的体积流量；

t_3 、 t_2 ——分别为蓄冰槽出口、蒸发器出口温度，单位为摄氏度（℃），默认 $t_3 = 0℃$ 。

A. 3. 4 冰浆机组名义性能系数

冰浆机组名义性能系数，按照公式（2）的计算方法进行计算。

附录 B

(规范性)

试验用仪器仪表的型式及准确性的规定

B.1 试验用仪器仪表的型式及准确度

试验用仪器仪表的型式及准确度按表 B.1 的规定。

表B.1 试验用仪器仪表的型式及准确度

类别	型式	准确度
温度测量仪表	水银玻璃温度计、 电阻温度计	制冷剂温度：±0.1 °C 水温及水温温差：±0.05 °C 空气温度：±0.1 °C
	热电偶	热电偶温度：±0.5 °C
制冷剂压力测量仪表	压力表、变送器	测量压力：±2.0%
空气压力测量仪表	气压表、气压变送器	静压差：±2.45 Pa
流量测量仪表	记录式、指示式、积算式	测量流量：±1.0%
电量测量仪表	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	功率表：指示式不低于 0.5 级精度， 积算式不低于 1 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
功率测量仪表	转矩转速仪、天平式测功计、标准电动机和其他测功仪表	测定轴功率的±1.5%
转速测量仪表	机械式、电子式	测定转速的±1.0%
时间测量仪表	秒表	测定经过时间的±0.2%
质量测量仪表	各类台秤、磅秤等	测定质量的±1.0%

B.2 测量规定

B.2.1 温度测量

B.2.1.1 温度计套管采用薄壁钢管或不锈钢薄壁管，垂直插入流体（温度计套管的尺寸不使流体受到明显影响），管径较小时可逆流或斜插或用测温管，插入深度为二分之一管道直径。套管内注润滑油或其他导热介质，读数时不应拔出温度计。

B.2.1.2 可能时，在用于测量水和制冷剂进、出口温差时，应在每次读数之后，交换进、出口温度计进行测量，以提高测量准确度。

B.2.1.3 图 A.1 中蒸发器出口温度 T_2 的设置应尽可能减少对过冷水的扰动。

B.2.1.4 空气进口温度的测量按 GB/T 10870 的规定。

B.2.2 压力测量

压力的测量按GB/T 10870 的规定。

B.2.3 流量测量

流量的测量按GB/T 10870 的规定。

B.2.4 电气测量

电气的测量按GB/T 10870 的规定。

《直膨式冰浆机组》

编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

集中式空调系统作为现代城市大型建筑不可缺少的部分，其耗电量越来越大，部分大中城市夏季中央空调的耗电量已占其高峰时段用电量的20%以上，与工业用电负荷一起造成了电力尖峰负荷，加大了电网的峰谷负荷差，导致白天用电紧张、而夜晚大量电力却无法消耗。采用冰蓄冷系统，通过在夜间低谷时段蓄冷，在白天供冷时段将冷量释放，可以减少空调制冷机组在用电高峰期的耗能，一方面可以有效实现电力“移峰填谷”，另一方面由于存在峰谷电价差，冰蓄冷系统也节约空调整体运行费用，带来经济效益。

2018年6月，国家发改委下发了《国家发展改革委关于创新和完善促进绿色发展价格机制的意见》，指出“完善峰谷电价形成机制，加大峰谷电价实施力度，运用价格信号引导电力削峰填谷。利用峰谷电价差、辅助服务补偿等市场化机制，促进储能发展”。2025年8月，国家发改委、国家能源局联合下发了关于印发《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》的通知，通知明确“发挥新型储能支撑建设新型能源体系和新型电力系统作用，培育能源领域新质生产力，进一步扩大内需，推动新型储能规模化建设和高质量发展”。冰蓄冷作为长时储能的一种技术手段，一直以来备受行业瞩目。动态冰蓄冷系统通过在动态过程中制取冰浆的方式，解决了传统冰蓄冷技术占地空间大、制冰效率低、能耗高等缺陷，成为冰蓄冷技术的主要发展方向。

现有动态冰蓄冷系统采用常规具有冰蓄冷功能的冷水机组，对乙二醇等载冷剂进行冷却，被冷却的载冷剂经由单独设置的换热器（一般采用板换）对淡水降温至0℃以下，使之成为过冷水，过冷水再经由促晶器产生冰浆，冰浆进入蓄冰槽存储。一旦有负荷需求，则对存储于蓄冰槽的冰浆进行释冷，满足负荷需求。也有少部分厂家对现有动态冰蓄冷系统进行优化：取消二次换热器，机组直接制取过冷水或冰浆，减小换热温差，提升系统效率。

针对用户侧平抑制冷空调造成的电力负荷峰谷差、提升制冷系统能效、规模消纳可再生能源富余电能的迫切需求。国家能源局发布了国家重点研发计划“储能与智能电网技术”重点专项2024年度项目申报指南，将冰蓄冷作为超长时间尺度储能技术之一，提出高效低成本冰浆蓄冷储能关键技术（共性关键技术类），并将制冷剂直接换热高效冰浆制备技术及大型机组研制列为需要重点攻关的技术。

结合以上政策方针和国家重大发展战略，发展制冷剂直接换热高效冰浆制备技术及设备研制已成为我国制冷行业新的重要发展方向。

但是制冷剂直接换热高效冰浆机组有别于常规冷水机组或具有蓄冷功能的冷水机组，尚缺乏标准对其进行规范，导致制造厂商的产品良莠不齐，监管部门缺失监管依据，影响激励政策实施。此外，也未发现国外有相关标准。

为破解产业化困局，让建筑楼宇作为用户侧可调节资源参与电网互动，平抑制冷空调造成的电力负荷峰谷差，并大规模消纳可再生能源的富余电能，降低一次能源的使用率，推动行业技术进步，增强我国在蓄冷系统和产品的产业化应用的领先地位，增强我国自主创新产品在国际市场上的竞争力。作为上述2024国家重点研发计划专项承接单位的青岛海信日立空调系统有限公司联合清华大学等单位，于2025年5月正式提报本标准立项申请。经权威专家论证，确认本标准的制定是打通“双碳目标-建筑节能-技术落地”实施链条的核心抓手，对推动我国能源转型，技术引领具有重要战略意义。

2025年6月，中国制冷空调工业协会正式下发《关于发布2025年度第四批一项协会标准制定计划的通知》（中国冷协【2025】61号），将其列入2025年度团体标准优先编制计划。

1.2 参编单位

青岛海信日立空调系统有限公司、清华大学等。

1.3 主要工作过程

协会批复意见下达后，在协会指导下，组成了标准编写领导小组、编写工作办公室和由相关企业组成的编写小组。先后召开了两次编写工作会议，逐步明确了编写工作的指导思想、编写大纲、编写工作方式和工作进度等原则问题。在编写工作进程中，及时交流编写工作情况。总体工作进展情况如下：制定编写大纲；各编写小组按照大纲要求完成分系统的规范草稿；经对规范草稿汇总并提出修改意见后发各编写小组修改；收集各小组修改意见后形成汇总稿草稿；汇总草稿再次征求小组意见和修改后，完成规范征求意见稿及相应编制说明。

2025年3月，青岛海信日立空调系统有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司共同确定课题，并联合组建标准工作组，对国内外相关产品的现状及发展情况进行了全面调研，广泛搜集和检索国内外相关产品的技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作。

2025年5月，完成标准初稿编写，提交中国制冷空调工业协会申请立项。

2025年6月10日，中国制冷空调工业协会正式批准该项目立项。

2025年12月，标准编制组组织召开了第一次标准讨论会，会中各位专家各抒己见，青岛海信日立空调系统有限公司标准起草小组对各位专家的意见进行解答及回复并根据讨论结果形成标准修改稿。会后，标准编制组对标准进行修改完善。

2026年4月，标准编制组组织召开了第二次标准讨论会，会上讨论了标准内容，对低承压性能、压力保护等性能进行重点讨论。

2026年4月-5月，通过多轮小组讨论的形式，标准编制组对标准内容修改完善。

2026年5月，标准编制组完成标准征求意见稿编写，将标准征求意见稿和编制说明提交到中国制冷空调工业协会。

2 本规范制定原则

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

(2) 适应性：从用户需求及国家电力平衡角度出发，提出了直膨式冰浆机组的产品要求和性能评价方法，可以引导行业技术革新，推进产品的迭代升级，可推动整个空调行业的健康发展，服务于国家战略。

(3) 先进性：反映最新科研发展趋势，规定了直膨式冰浆机组的术语定义、试验方法、评价指标等相关要求，有助于该类产品的推广应用。

3 主要内容说明

本文件适用于水冷式采用电动机驱动的蒸气压缩循环直接制取过冷水，并通过促晶器等装置制取冰浆的GWP<2500的制冷机组，规定了直膨式冰浆机组的型式和基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

1) 范围

主要阐明制订本标准适用范围。

2) 规范性引用文件

给出本规范条文中提及的相关标准名称与编号。

3) 术语与定义

给出与本规范内容相关的术语与定义。一般通用性术语与定义不列入。

4) 型式和基本参数

给出型式分类、基本参数、标准工况等要求

5) 技术要求

给出一般性要求、名义工况性能、连续成冰、最大负荷、最小负荷、安全等要求

6) 试验方法

给出试验条件、安装、数据处理、试验步骤等要求。

7) 检验规则

给出出厂检验、抽样检验、型式检验等要求。

8) 标志、包装、运输和储存

给出标志、包装、运输和储存等要求。

9) 附录

给出过冷水机组和冰浆机组性能试验方法、试验用仪器仪表的规定等

4 与国际或国外标准水平对比情况

国内外目前还没有直膨式冰浆机组相关的标准，因此不做标准水平对比。

5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范在编制中遵循现行法律、法规和强制性国家标准，不存在相互冲突条款。

6 规范性引用文件

GB 2894—2008 安全标志及其使用导则

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

GB/T 9237 制冷系统及热泵 安全与环境要求

GB/T 10870 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 17758—2023 单元式空气调节机

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 蒸气压缩循环冷水（热泵）机组安全要求

GB/T 26194 蓄冷系统性能测试方法

JB/T 4330 制冷和空调设备噪声的测定

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

NB/T 47012—2020 制冷装置用压力容器

《直膨式冰浆机组》编制组

2026年6月