



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

运动冰场制冰机使用要求及检验方法

Operational requirement and testing method for ice machines in sports ice rinks

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024.05.13)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 使用要求	5
4.1 使用性能要求	5
4.2 使用安全	7
4.3 环境适应性要求	8
4.4 使用可靠性要求	8
5 检验方法	8
5.1 使用性能检验	8
5.2 使用安全检验	15
5.3 环境适应性检验	16
5.4 使用可靠性检验	16
6 选型、使用、标准包装运输和贮存	16
6.1 选型	16
6.2 使用	17
6.3 标志包装运输和贮存	17

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家体育总局提出。

本文件由全国冷冻空调设备标准化技术委员会（SAC/TC238）归口，由全国体育标准化技术委员会（SAC/TC456）副归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

运动冰场制冰机使用要求及检验方法

1 范围

本文件规定了运动冰场制冰机的技术要求、使用要求及其检验方法。

本文件适用于运动冰场用制冰机，包括直接制冰用压缩冷凝机组和间接制冰用低温盐水机组。其他类似用途的制冰机参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.5-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 5657-2013 离心泵技术条件（Ⅲ类）
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7190.1-2018 机械通风冷却塔 第1部分：中小型开式冷却塔
- GB/T 7190.2-2018 机械通风冷却塔 第2部分：大型开式冷却塔
- GB/T 9237 制冷系统及热泵 安全与环境要求
- GB/T 10079-2018 活塞式单级制冷剂压缩机（组）
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 19410-2008 螺杆式制冷压缩机
- GB/T 20801-2020（所有部分） 压力管道规范
- GB 50072-2021 冷库设计标准
- 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
- JB/T 7658.2 氨制冷装置用辅助设备 第2部分：油分离器
- JB/T 7658.3 氨制冷装置用辅助设备 第3部分：立式蒸发器
- JB/T 7658.4 氨制冷装置用辅助设备 第4部分：卧式蒸发器
- JB/T 7658.5 氨制冷装置用辅助设备 第5部分：蒸发式冷凝器
- JB/T 7658.8 氨制冷装置用辅助设备 第8部分：贮液器
- JB/T 7658.12 氨制冷装置用辅助设备 第12部分：紧急泄氨器
- NB/T 47012-2020 制冷装置用压力容器
- TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

JB/T 7249界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

运动冰场制冰机 ice machine in sports ice rinks

一种用在运动冰场以电动机械压缩式制冷的方式将淡水冻成冰面的设备。

3.2

冰场直接制冰用压缩冷凝机组 direct-cooling ice-making unit for ice rink

由一台或多台电动机驱动的制冷压缩机、冷凝器（气冷器）、节流装置及必要的辅助设备（不含蒸发器）所组成用于人工冰场制冰的压缩冷凝机组，该机组通过蒸气压缩制冷循环产生的低温制冷剂直接输送到人工冰场制冷层的管道中制冰，不经过中间换热环节。

3.3

冰场间接制冰用低温盐水机组 low temperature saline water unit for indirect ice making in ice rink

一种采用电动机驱动的蒸气压缩制冷循环的工艺型冷水机组，其制取的冷量通过载冷剂低温盐水输送到人工冰场用于间接冷却制冰。

3.4

制冷量 cooling capacity

在规定的制冷工况下机组吸入口制冷剂蒸气的比焓与排出口制冷剂液体的比焓之差乘以流经机组压缩机的制冷剂质量流量的值。

注：单位为千瓦（kW）。

3.5

制冷消耗功率 refrigeration consumption power

在规定的制冷工况下压缩机消耗功率加上机组中包括的其他辅助设备（如风机、泵等）所有消耗功率之和。

注：单位为千瓦（kW）

3.6

制冷性能系数 coefficient of performance for cooling

在规定的制冷工况试验条件下，机组制冷量与制冷消耗功率之比。

3.7

热回收换热器 heat recovery heat exchanger

一种将蒸气压缩制冷循环系统的冷凝热转移到热回收介质（水）中去的热交换设备。

注：它可能是机组冷凝器或者独立于机组冷凝器（气冷器）之外的热交换设备。

3.8

安全性 safety

产品所具有的不导致人员伤亡、系统毁坏、重大财产损失或不危及人员健康和环境的能力。

3.9

环境适应性 environmental worthiness

产品在其寿命周期预计可能遇到的各种环境的作用下能够实现其所有预定功能、性能和（或）不被破坏的能力。

3.10

可靠性 reliability

产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。

注1：规定的条件是指产品在其寿命周期内所承受的全部外部作用条件，包括自然环境条件、诱发环境条件、使用条件和维修条件等；

注2：规定的时间是指产品能够完成规定功能的时间量度，通常对应产品的可靠性指标，如平均故障间隔时间（MTBF）；

注3：规定的功能是指产品功能、性能、技术指标等；

注4：使用可靠性是产品在实际的环境中使用时所呈现的可靠性，它反映产品设计、制造、安装、使用、维修和环境等因素的综合影响。

3.11

可靠性试验 reliability test

对产品可靠性量度或性质进行测量、定量或分类所实施的试验。

注1：可靠性试验不同于环境试验，环境试验的目的是证明产品能经受得住存储在存储、运输和使用中极端环境的试验；

注2：可靠性试验可包括环境试验。

3.12

平均故障间隔时间 mean time between failures

MTBF

可修复产品的一种基本可靠性参数。

其度量方法为：在规定的条件下和规定的期间内，产品寿命单位总数与故障总数之比。

3.13

责任故障 chargeable failure

在规定的使用条件下可能发生的故障，或合同规定在制造商责任范围内发生的故障。

注1：实际应用中，由于设计缺陷、工艺缺陷或制造不良而造成的故障，由于零部件和元器件潜在缺陷致使其失效二造成的故障，软件错误引发的故障，明显的操作、维护和维修程序不当引起的故障等其他与受试样机本身缺陷引起的故障都算作责任故障。

3.14

有效检验时间 effective test time

在验证平均故障间隔时间（MTBF）指标的检验中，经测试证明受试样机正常运行的时间。该时间不包括受试样机发生故障后带故障运行的检验时间、故障排除过程运行时间等不可用时间。

4 使用要求

4.1 使用性能要求

4.1.1 直接制冰用压缩冷凝机组

4.1.1.1 制冷系统密封性能

机组各部位应无渗漏。

机组制冷剂泄漏量应不大于14g/a。

4.1.1.2 性能要求

性能要求应符合下述要求规定：

- a) 机组的实测制冷量不应小于名义制冷量的 95%；
- b) 机组的实测制冷消耗功率不应大于名义制冷消耗功率的 110%；
- c) 机组实测制冷性能系数不应低于明示值的 92%。

4.1.1.3 噪声

按JB/T 4330的规定布置测量点，噪声测定值应不大于明示值。

4.1.1.4 水侧压力损失

水冷式机组冷凝器（气冷器）以及热回收换热器的水侧压力损失应不大于机组名义规定值的115%。

4.1.2 间接制冰用低温盐水机组

4.1.2.1 一般要求

- a) 机组用制冷压缩机组应符合 GB/T 10079-2018 第 5 章或 GB/T 19410-2008 第 5 章的规定；
- b) 制冷系统附属设备应符合 JB/T 7658.2、JB/T 7658.3、JB/T 7658.4、JB/T 7658.5、JB/T 7658.8 及 JB/T 7658.12 的规定；
- c) 制冷系统内压力容器应符合 NB/T 47012-2020、GB 150-2011 第 4 部分和 TSG 21-2016 第 1 章的相关规定；
- d) 制冷系统管路的设计与安装应符合 GB/T 20801-2020 第 5 部分的规定；
- e) 制冷系统中压力表、阀门及安全附件等应完好无损，管路连接应简单整齐，安装安全可靠；低温设备和管路保温良好，应无结露现象，符合 GB 50072-2021 第 6 章的规定；
- a) 冷却塔及水泵应与水冷冷凝器配套选用，冷却塔应符合 GB/T 7190.1-2018 第 5 章、GB/T 7190.2-2018 第 5 章的规定水泵应符合 GB/T 5657-2013 第 4 章的规定。

4.1.2.2 密封性能

机组的制冷系统各部位不应有泄漏：

- a) 对于制冷量不大于 150kW 的机组，压力回升不应大于 100Pa；
- b) 对于制冷量大于 150kW 的机组，压力回升不应大于 150Pa。

4.1.2.3 名义工况性能

- 5.2.2.3.1 机组的实测名义制冷量不应小于明示值的 95%。
- 5.2.2.3.2 机组的实测名义制冷消耗功率不应大于明示值的 110%。
- 5.2.2.3.3 机组名义制冷工况下的性能系数不小于明示值的 95%。

4.1.2.4 水侧压力损失

机组蒸发器、冷凝器以及热回收换热器（如果有）的水侧压力损失不应大于机组明示值的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。

4.1.2.5 高温制冷运行工况

机组在高温制冷运行工况试验的过程中，应满足以下要求：

- a) 机组应能保持正常工作；

- b) 机组各零部件不应有损坏，过载保护装置不应跳开；
- c) 试验过程中运行电流的最大值不应大于机组最大运行电流的明示值。

4.1.2.6 低温制冷运行工况

机组在低温制冷运行工况试验的过程中，应满足以下要求：

- a) 机组应能保持正常工作；
- b) 机组各零部件不应有损坏，低压、过载或其他保护装置不应跳开。

4.1.2.7 变工况性能

机组变工况性能温度范围如表 1 所示。

表1 变工况性能温度范围

项目	使用侧		热源侧（或放热侧）					
			水冷式		风冷式		蒸发冷却式	
	进液温度 (°C)	出液温度 (°C)	进水温度 (°C)	出水温度 (°C)	干球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	干球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
变工况性能	—	-20~-3	20~36	—	5~43	—	—	15.5~29

4.1.2.8 噪音与振动

- a) 机组的实测声压级噪声值不应大于其明示值+2dB(A)。
- b) 机组的实测振动值不应大于其明示值。

4.2 使用安全

4.2.1 制冷系统安全

4.2.1.1 机组制冷系统的安全性能应符合 GB/T 9237 的相关规定。

4.2.1.2 制冷系统内的压力容器应符合 NB/T 47012—2020、GB/T 150—2011（所有部分）和 TSG 21—2016 的相关规定。

4.2.2 安全控制器件

机组应具有防止运行参数（如温度、压力等）大于规定范围的安全保护措施和器件，保护器件设置应符合设计要求并灵敏可靠。

4.2.3 机械安全

机组的设计应保证在正常运输、安装和使用时具有可靠的稳定性。机组应有足够的机械强度。

4.2.4 电气安全

4.2.4.1 绝缘电阻

机组带电部位和易触及的金属部件之间的绝缘电阻值应满足以下要求：

- a) 额定电压单相交流 220V、三相交流 380V 时不应小于 2MΩ；
- b) 额定电压三相交流 3000V、6000V 时不应小于 5MΩ；
- c) 额定电压三相交流 10000V 时不应小于 10MΩ。

4.2.4.2 电气强度

机组带电部位和非带电部位之间加上500V试验电压时，应无击穿和闪络现象发生。

4.2.4.3 防护等级

机组的防护等级不应低于制造商声称的级别，且对于风冷式和蒸发冷却式机组至少应达到GB/T 4208规定的IPX4，对于水冷式机组至少应达到IP20。

4.3 环境适应性要求

4.3.1 在低温环境（包含贮存或运行）的影响下，制冰机应不产生材料脆化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

4.3.2 在高温环境（包含贮存或运行）的影响下，制冰机应不产生材料老化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

4.3.3 在高温高湿环境（包含贮存或运行）的影响下，制冰机应不产生材料老化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

4.3.4 在振动或冲击的影响下，制冰机应不产生结构变形、连接松动等引起的外观、功能、性能异常。

4.4 使用可靠性要求

可靠性指标一般用平均故障间隔时间（MTBF）表示，如没有规定MTBF评定指标，使用方可自行选取MTBF值进行验证，推荐从1 000h开始，间隔为500h的序列中进行选取，如1 000h、1 500h、2 000h等。

5 检验方法

5.1 使用性能检验

5.1.1 制冷系统密封性能试验

5.1.1.1 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 规定的试验方法进行。

5.1.1.2 真空试验

真空试验按以下规定进行：

- a) 对单一系统制冷量 $\leq 150\text{kW}$ 的机组，抽真空至 266Pa 以下，保压 10min 以上，检查机组泄漏和压力回升等情况；
- b) 对单一系统制冷量 $> 150\text{kW}$ 的机组，抽真空至 300 Pa 以下，保压 30min 以上，检查机组泄漏和压力回升等情况。

5.1.1.3 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 1.15 倍设计压力的气压试验，保压 10min 以上，检查机组水系统的变形、渗漏等异常情况。

5.1.2 制冷量的计算

5.1.2.1 装置的构造

- a) 量热器由两个独立的彼此进行热交换的流体回路所组成。液体制冷剂走内层回路，使其蒸发与过热。供热介质走外层回路，提供蒸发与过热所需的热量。对于不同的供热介质：
 当水蒸气作为供热介质时，量热器应制成同心管式；
 当水和盐水作为供热介质时，量热器应制成一个带有一组直接蒸发制冷剂盘管的液体冷却器，而盘管浸在一个容器内的第二流体中。
- b) 制冷剂的流量由紧靠量热器安装的膨胀阀控制。膨胀阀和量热器之间的制冷剂管路应隔热。
- c) 量热器的漏热量应不大于机组名义制冷量的 5%。
- d) 二次流体量热器法试验装置的示意图如图 1 所示。

5.1.2.2 装置的校准

- a) 量热器的漏热量是由供热介质在量热器外层回路循环流量来确定。对于不同的供热介质：
 当以水或盐水作为供热介质时，则水或盐水的进口、出口温差应不小于 6℃。这时，环境温度应在 32℃ 以下的任意温度的 ±1℃ 之内。水或盐水的进口温度应比环境温度高 15℃。试验应持续进行，并维持流量不变。每隔 1h 测量一次，直至连续四次测得量热器的水或盐水进口、出口温度的波动都不大于 ±1℃。
 当以水蒸气作为供热介质时，则用从供热介质回路中收集的凝结水来确定量热器的漏热量，水蒸气压力应保持在任意值的 ±4 kPa 之内。这时，环境温度应在 32℃ 以下的任意温度的 ±1℃ 之内。保持进入量热器的水蒸气过热度不小于 5℃，同时采用是凝结水过冷的办法，防止收集的凝结水由于蒸发而造成损失。同心管外表面的平均温度至少用 10 个等距分布的测温仪表来测量，试验应持续进行，每隔 1h 测量一次，直至连续四次凝结水量读数之差不超过 ±5%。
- b) 漏热系数计算：
 当使用水或盐水时：

$$K_L = m_L c (t_1 - t_2) / [0.5 \times (t_1 + t_2) - t_a] \quad (\text{A.1})$$

当使用水蒸气时：

$$K_L = (h_{s1} - h_{s2}) \times m_s / (t_c - t_a) \quad (\text{A.2})$$

- c) 机组试验时的漏热量按式(A.3)、式(A.4)计算：
 当使用水或盐水时：

$$Q_a = K_L \times [0.5 \times (t_1 + t_2) - t_a] \quad (\text{A.3})$$

当使用水蒸气时：

$$Q_a = K_L (t_a - t_c) \quad (\text{A.4})$$

式中：

- K_L ——漏热系数，单位为瓦每平方米每摄氏度 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$];
 m_L ——循环水或盐水的流量，单位为千克每秒 (kg/s) ;
 c ——在 20℃ 时水或盐水的比热容，单位为焦每千克每开 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];
 Q_a ——漏热量，单位为瓦 (W) ;
 t_1 ——量热器进口的水或盐水的温度，单位为摄氏度 (°C) ;
 t_2 ——量热器出口的水或盐水的温度，单位为摄氏度 (°C) ;
 t_c ——同心管外表面平均温度，单位为摄氏度 (°C) ;
 t_a ——平均环境温度，单位为摄氏度 (°C) ;

h_{s1} ——进入量热器的水蒸气的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

h_{s2} ——凝结水在出口温度的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

m_s ——凝结水的流量，单位为千克每秒（kg/s）。

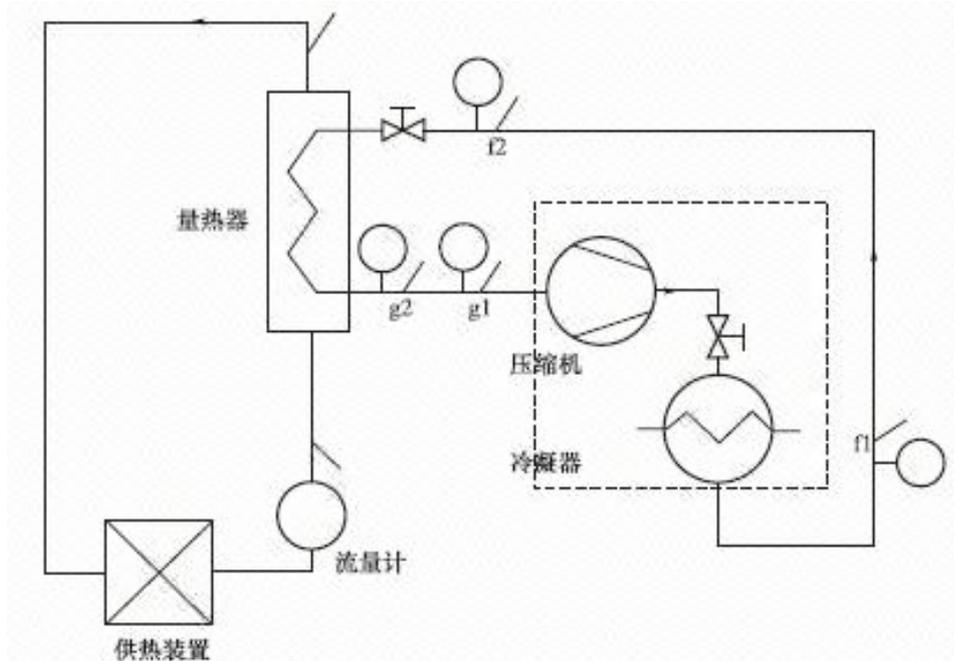


图1 二次流体量热器法试验装置示意图

5.1.2.3 试验工况的调节方法和要求

- a) 制冷剂饱和温度所对应的机组吸入压力由膨胀阀来调节。
- b) B.3.2 制冷剂蒸汽的吸入温度由输入给二次流体加热量来调节。
- c) B.3.3 当使用水或盐水为供热介质时，量热器进水、出水或盐水的温度波动值不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，通过量热器的循环水或盐水的流量波动量应不大于0.5%。
- d) B.3.4 当使用水蒸汽为供热介质时，进入量热器的蒸汽过热度应不小于 5°C ，同时要防止凝结水因蒸发而造成损失。
- e) B.3.5 试验工况确定后，应记录的数据包括：
 - 量热器出口的制冷剂蒸气压力、温度；
 - 膨胀阀出口处的液体制冷剂压力、温度；
 - 量热器的环境温度；
 - 当使用水或盐水时，量热器进水、出水或盐水的温度，循环水或盐水的流量；
 - 当使用水蒸气时，量热器进口水蒸气温度，量热器中的水蒸气压力，量热器出口凝结水温度、流量和蒸汽管的表面温度。
- f) 每15 min 测量一次，试验应持续进行，直至连续四次读数均在表6规定范围内。
- g) 试验期间供热介质压力和温度的波动量不应大到足以使机组制冷量的变化超过 $\pm 1\%$ 。

5.1.2.4 制冷量的计算

当使用水或盐水时，制冷量按式(A.5)计算：

$$Q = (h_{g1} - h_{f1}) / (h_{g2} - h_{f2}) \times [m_L c \times (t_1 - t_2) + Q_a] \times v_1 / v_{g1} \quad (\text{A.5})$$

当使用水蒸气时，制冷量按式(A.6)计算：

$$Q = (h_{g1} - h_{f1}) / (h_{g2} - h_{f2}) \times [m_s \times (h_{s1} - h_{s2}) + Q_a] \times v_1 / v_{g1} \quad (\text{A.6})$$

式中：

Q——机组的制冷量，单位为瓦（W）；

h_{g1} ——在规定工况下进入机组的制冷剂蒸汽的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

h_{g2} ——量热器出口的制冷剂蒸汽的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

h_{f1} ——离开机组的制冷剂液体的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

h_{f2} ——膨胀阀进口处的制冷剂液体的比焓，单位为焦每千克（J/kg）；

v_1 ——进入机组制冷剂蒸汽实际比体积，单位为立方米每千克（ m^3/kg ）；

v_{g1} ——在规定工况下进入机组制冷剂蒸汽比体积，单位为立方米每千克（ m^3/kg ）。

5.1.3 制冷机组负荷计算

5.1.3.1 冰面维持负荷

a) 冰面维持负荷按(A.7)计算：

$$Q_o = Q_c + Q_m + Q_r + Q_d + Q_i \quad (\text{A.7})$$

冰面维持负荷是指在维持一定温度，一定厚度冰面，以及修整冰面浇水冻冰所需的制冷量，通常为了减少设备的投资，冰场的设计负荷可以按最大的维持负荷，冰场投入使用初次冻冰可采用延长冻冰时间的措施来减少初冻负荷，以减少一次投资的费用。维持负荷由以下几项组成：

b) 空气与冰面对流放热负荷按(A.8)计算：

$$Q_c = a_c \cdot f \cdot (t_a - t_i)(w) \quad (\text{A.8})$$

式中：

a_c ——冰面与空气对流放热系数，风速按照2m/s（最不利工况）来获取。

c) 对流传质负荷按(A.9)计算：

$$Q_m = F \cdot \& \cdot (d_a - d_i) \times 10 - 3 \times r \times 3600 \times 1.163 \quad (\text{A.9})$$

式中：

F——冰场面积，单位为平方米（ m^2 ）；

d_a ——空气含湿量，单位为克每千克（g/kg）；

d_i ——冰面温度下饱和空气含湿量，单位为克每千克（g/kg）；

r——凝结和凝固潜热，单位为大卡每千克（cal/kg），取80；

&——传质系数，单位为千克每平方米每开（ $\text{kg}/\text{m}^2 \text{K}$ ）。

d) 太阳辐射负荷按(A.10)计算：

$$r_r = F \cdot A \cdot J_n(W) \quad (\text{A.10})$$

式中：

F——冰场面积，单位为平方米（ m^2 ）；

A——对太阳辐射的吸收系数；

J_n ——水平面太阳辐射强度，单位为瓦每平方米（ W/m^2 ）；

由于考虑为室内冰场，所以辐射负荷不考虑。

e) 地下及冰池维护结构传热负荷按(A.11)计算：

$$Q_d = F \cdot k \cdot \Delta t (\text{kcal/h}) \quad (\text{A.11})$$

式中：

F——冰池底及四周表面积，单位为平方米（ m^2 ）；

k——冰池围护结构传热系数，单位为千卡每平方米每小时每摄氏度（ $\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ ）；

Δt ——冰温同地温的温差，单位为摄氏度（ $^\circ\text{C}$ ）。

f) 修正冰面负荷按(A.12)计算：

冰场使用一段时间后，冰面上出现许多冰刀划出的沟痕和冰屑，需要隔一定时间进行修整，一般使用 70~80 $^\circ\text{C}$ 净水浇水。

$$Q_i = F \cdot b \cdot P_i \cdot (\Delta h) / \Delta t (\text{kcal/h}) \quad (\text{A.12})$$

式中：

F ——冰面面积，单位为平方米（ m^2 ）；

b ——每次浇冰厚度，按0.5mm计算；

P_i ——冰的密度，单位为千克每平方米（ kg/m^3 ）；

Δh ——水从80 $^\circ\text{C}$ 冷却并结成-5 $^\circ\text{C}$ 冰所需要的热量162kJ/kg；

Δt ——每次浇冰冻结时间，单位为小时（h）。

5.1.3.2 冻冰负荷及冻冰时间

a) 初次冻结负荷按(A.13)计算：

$$Q_o = Q_b + Q_d + Q_c + Q_e \quad (\text{A.13})$$

考虑到各种不利因素，综合考虑人员散热、灯光散热、室外风侵入等种种不利因素，在选择压缩机时，初次冻结负荷应为计算结果适当放大 30%。

b) 所需制冰量按(A.14)计算：

$$G = F \cdot \delta \cdot P_i \quad (\text{A.14})$$

式中：

F——冰面面积，单位为平方米（ m^2 ）；

δ ——冰的厚度，单位为毫米（mm）；

P_i ——冰的密度，单位为千克每平方米（ kg/m^3 ）。

c) 制冰所需负荷按(A.15)计算：

$$Q_b = G \cdot \Delta t_1 + G \cdot r + G \cdot \Delta t_2 (\text{kcal}) \quad (\text{A.15})$$

式中：

G ——制冰量，单位为千克（kg）；

Δt_1 ——冻冰用水温与 0 $^\circ\text{C}$ 水的温差，单位为摄氏度（ $^\circ\text{C}$ ）；

Δt_2 ——0 $^\circ\text{C}$ 冰与冰层终温的温差，单位为摄氏度（ $^\circ\text{C}$ ）；

r ——凝结凝固潜热，单位为千卡每千克（ kcal/kg ），取80。

d) 混凝土所需负荷按(A.16)计算：

$$Q_e = G_{\text{混}} \cdot \lambda \cdot \Delta t \quad (\text{A.16})$$

式中：

λ ——砂层比热，单位为千卡每千克摄氏度（kcal/kg℃），取0.2；

Δt ——砂层初、终温差，单位为摄氏度（℃）。

5.1.4 制冷消耗功率

将机组能量调节装置调至适宜位置，在规定的名义制冷工况下进行试验，按6.1.2规定的试验方法在制冷量测定的同时，测定机组的制冷消耗功率、电流。水冷式不包括水泵的功率。

5.1.5 制冷性能

5.1.5.1 制冷性能试验

将机组能量调节装置调至适宜位置，在规定的制冷工况以及6.1~6.3规定下进行试验，机组实测制冷量和制冷消耗功率按以下规定进行测试：

a) 水冷式机组

使用侧和热源侧按附录 B 的规定对进出液温度和流量进行测量，机组制冷量按公式(A.17)计算得出；热源侧换热量按公式(A.19)计算得出；为保证试验的有效性，通过公式(A.21)计算主辅偏差，不应大于 GB/T 10870—2014 中 4.2.2 规定的允许偏差。

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（水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率）。

b) 风冷式机组

使用侧按附录 B 的规定对进出液温度和流量进行测量，热源侧的进风干湿球温度按 GB/T 10870—2014 附录 B 的规定布置空气取样装置进行测量，机组制冷量按公式(A.17)计算得出。

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，还应包括热源侧冷却风机的输入功率（水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率）。

c) 蒸发冷却式机组

使用侧按附录 B 的规定对进出液温度和流量进行测量，热源侧的进风干湿球温度采用 GB/T 10870—2014 附录 B 的规定布置空气取样装置进行测量，测量期间机组的补水系统应自动运行，机组制冷量按公式(A.17)计算得出；

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，还应包括热源侧淋水装置用水泵和冷却风机的输入功率（使用侧水系统自带水泵的机组不应包含该水泵的功率）。

5.1.5.2 性能参数的计算

5.1.5.3 制冷剂-载冷剂换热器（蒸发器）

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.17)计算，漏热量按公式(A.18)计算：

$$Q_{ec} = 1/(3600 \times 1000)C_{pe}\rho_e V_e(t_{e1} - t_{e2}) \quad (\text{A.17})$$

$$Q_{el} = \left(\frac{1}{1000}\right)K_e A_e(t_{atm} - t_{em}) \quad (\text{A.18})$$

式中：

Q_{ec} ——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）；

C_{pe} ——蒸发器乙二醇或盐水等溶液进、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·°C)]；

ρ_e ——蒸发器乙二醇或盐水等溶液的密度(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 ——蒸发器乙二醇或盐水等溶液的体积流量，单位为立方米每小时(m³/h)；

t_{e1} 、 t_{e2} ——分别为蒸发器乙二醇或盐水等溶液进、出口温度，单位为摄氏度(°C)；

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·°C)]，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(°C)；

t_{em} ——蒸发器乙二醇或盐水等溶液进、出口温度的平均值，单位为摄氏度(°C)。

5.1.5.4 制冷剂-水换热器(冷凝器)

机组冷凝器换热量的测试方法采用GB/T 10870—2014中的液体载冷剂法。冷凝器换热量按公式(A.19)计算，漏热量按公式(A.20)计算：

$$Q_{cc} = 1/(3600 \times 1000)C_{pc}\rho_c V_c(t_{c2} - t_{c1}) \quad (\text{A.19})$$

$$Q_{cl} = \left(\frac{1}{1000}\right)K_c A_c(t_{cm} - t_{atm}) \quad (\text{A.20})$$

式中：

Q_{cc} ——冷凝器换热量，单位为千瓦(kW)；

Q_{cl} ——冷凝器与环境空气之间的漏热量，单位为千瓦(kW)；

C_{pc} ——冷凝器水进、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·°C)]；

ρ_c ——冷凝器水的密度(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_c ——冷凝器水的体积流量，单位为千克每立方米(kg/m³)；

t_{c1} 、 t_{c2} ——分别为冷凝器水进、出口温度，单位为摄氏度(°C)；

K_c ——冷凝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·°C)]，冷凝器有隔热措施的取0，没有隔热措施的取20，或根据实际情况评估调整；

A_c ——冷凝外表面积，单位为平方米(m²)；

t_{atm} ——冷凝器周围平均环境空气温度，单位为摄氏度(°C)；

t_{cm} ——冷凝器水溶液进、出口温度的平均值，单位为摄氏度(°C)。

5.1.5.5 制冷主辅偏差

$$\text{主辅偏差} = 2 \times \left| \frac{Q_{ec} + Q_{el} + P - (Q_{cc} + Q_{cl})}{Q_{ec} + Q_{el} + P + Q_{cc} + Q_{cl}} \right| \times 100\% \quad (\text{A.21})$$

式中：

P ——制冷消耗功率，单位为千瓦(kW)。

5.1.6 噪声检验

机组在名义制冷工况下进行噪声的测试。噪声按JB/T 4330规定的矩形六面体测量表面布置测量点，并JB/T 4330规定的平均声压级计算方法的得出。

5.1.7 水侧压力损失检验

5.1.7.1 水侧压力损失和温度测量装置

测量段、压力损失测量仪表和温度测量仪表应按图2布置，并满足表 2 的要求。

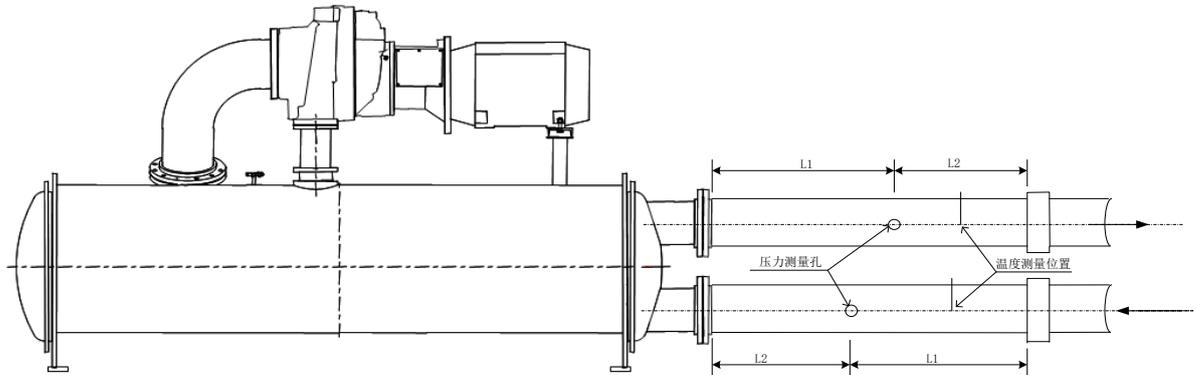


图2 水侧压力损失测量装置示意图

表2 水侧压力损失测量装置尺寸要求

机组连接管道的标称直径 d mm	直管段长度		温度设置位置
	取压点上游 L1	取压点下游 L2	
d < 100	≥ 10d	≥ 3d	取压点外侧，距离取压点至少 0.5d
200 < d ≤ 100	≥ 6d	≥ 2d	
≥ 200	≥ 3d	≥ 1d	

5.1.7.2 压力测量

- 水侧压力测点的水平位置应能满足表 2 的要求。
- 应在垂直水流方向的管道圆周上均匀地布置 3~4 个压力测量孔，并将这些测量孔连成环状通路后进行测量。
- 测量孔开孔处的管壁内外表面应光滑平整，开孔应与管壁垂直，孔径 2~6mm，孔内缘无毛刺。

5.2 使用安全检验

5.2.1 制冷系统安全检验

5.2.1.1 机组制冷系统的安全性能按照GB/T 9237规定检验。

5.2.1.2 制冷系统内的压力容器按照NB/T 47012—2020、GB/T 150—2011（所有部分）和TSG 21—2016的相关检验。

5.2.2 安全控制器件检验

目测具有防止运行参数（如温度、压力等）大于规定范围的安全保护措施和器件，

5.2.3 机械安全检验

5.2.3.1 目视及使用量具测量内旋卷入部位的防护装置及可能对人体造成伤害的部位所配置的防护装置。

5.2.3.2 结合空运转检验，检查包装机运行时零部件连接的有效性。

5.2.3.3 目视及操作检查能开启的防护装置的联动开关。

5.2.3.4 目视及操作检查安全标志、故障显示灯。

5.2.3.5 目视检查各控制台上是否安装有总电源急停开关，操作检查各急停装置的有效性。

5.2.4 电气安全检验

5.2.4.1 制冰机的机械电气安全基本要求，按照 GB/T 5226.1-2019 中第 4 章的规定进行核查，应符合本文件 5.2.4 的要求。

5.2.4.2 制冰机的保护联结电路按 GB 5226.1-2019 中 8.2 的方法进行检验，通过视检和手动检验判断制冰机保护接地端子及保护接地螺钉，应符合本文件 5.2.4 的要求。

5.2.4.3 制冰机的电阻按 GB 5226.1-2019 中 18.3 的方法进行检验，在动力电路导线和保护联结电路间施加 500 Vd.c，测得的绝缘电阻应符合本文件 5.2.4 的要求。

5.2.4.4 制冰机的耐压按 GB 5226.1-2019 中 18.4 的方法进行检验，检验电压的标称频率为 50 Hz 或 60 Hz，最大检验电压具有两倍的制冰机额定电压值或 1000 V，取其中的较大者。最大检验电压应施加在动力电路导线和保护电路之间至少 1s 时间，检验结果应符合本文件 5.2.4 的要求。

5.3 环境适应性检验

5.3.1 低温试验检验按 GB/T 2423.1-2008，制冰机应在温度为-20℃的名义或变工况下均能正常工作 8h 以上；在温度-40℃的条件下贮存 24h 后通电能正常启动。检验结果应符合 5.3 的要求。

5.3.2 高温试验检验方法按 GB/T 2423.2-2008，制冰机应在温度为 55℃的名义或变工况下均能正常工作 8h 以上；在温度 70℃的条件下贮存 24h 后通电能正常启动。检验结果应符合 5.3 的要求。

5.3.3 恒定湿热试验检验方法参考 GB/T 2423.3-2016，制冰机应在温度为 40℃、93%RH 的名义或变工况下均能正常工作 24h 以上；在温度 70℃的条件下贮存 24h 后通电能正常启动。检验结果应符合 5.3 的要求。

5.3.4 碰撞试验检验方法按 GB/T 2423.5-2019，制冰机在带包装的状态下，应耐受 Z 方向 1000 次峰值加速度为 10g，脉冲持续时间为 16ms 的半正弦波形碰撞试验。检验结果应符合 5.3 的要求。

5.3.5 振动试验检验方法按 GB/T 2423.10-2019，制冰机在不带包装通电的状态下，应耐受 3 轴方向上 10 次频率为 10~150Hz，峰值加速度为 20m/s² 的正弦振动，扫频频率为 1 OCT/min。检验结果应符合 5.3 的要求。

5.4 使用可靠性检验

使用可靠性检验方法推荐选择使用方风险为 30%的定时截尾统计方案，即检验时间为规定值的 1.204 倍的“零故障”方案。当完成检验工作（积累有效检验时间达到统计方案规定的时间），检验前、中、后制冰机累积判决故障数未出现责任故障，则检验结论为通过且符合本文件5.4的使用可靠性要求。当检验不通过时，使用方应在制造商的协助下完成故障归零整改，之后重新进行检验，直至达到规定的使用可靠性要求则终止检验。

6 选型、使用、标准包装运输和贮存

6.1 选型

不同冰面面积冰场的制冷机组制冷量负荷的至少满足下表 3 规定。

表3 不同面积冰场所需制冰机匹配制冷量和负荷

序号	冰面面积 m ²	理论制冷量负荷 kW	匹配机组制冷量 kW
1	300	115	135
2	1000	249	292
3	1800	690	752

6.2 使用

6.2.1 直接制冰用压缩冷凝机组

机组的设计和使用条件按表 4 规定。

表4 设计和使用条件

吸气露点温度 (相应的蒸发温度) (°C)	热源侧 ^a		
	风冷式	水冷式	蒸发冷却式
	干球温度 (°C)	进水温度 (°C)	湿球温度 (°C)
-25~0	-7~43	7~33	≤29

^a 对亚临界循环制冰机组热源侧为冷凝器侧，对跨临界循环制冰机组热源侧为气冷器侧。

6.2.2 间接制冰用低温盐水机组

间接制冰用低温盐水机组使用条件：

- a) 工作环境温度：不大于 43°C，不小于 0°C；
- b) 制冰用水温度：不大于 30°C；
- c) 人工冰场环境温度：不大于 30°C。

6.2.3 操作与使用

7.2.3.1 水冷机组控制柜上应具有急停按钮，急停按钮共有两个功能，一是当机组发生紧急情况时按下此按钮，以立即停止机组运行，以保护机组的安全，二是可以当PLC的电源开关，切断PLC的供电，用于更改连接线路等维护工作时。

7.2.3.2 水冷机组控制柜应具有起始画面，通过起始画面可进入操作系统。

7.2.3.3 水冷机组控制柜应有状态信息画面，通过状态信息画面应可确认样机各个模块的状态信息。

7.2.3.4 水冷机组控制柜应具参数设定画面，通过参数设定画面应可修改水冷机组各项设定。

7.2.3.5 水冷机组控制柜应具有系统控制画面，通过系统控制画面可反应当前机组的主要运行状态。

7.2.3.6 冷机组控制柜应具有警报画面，当系统运行时保护装置被触发时，系统可自动产生报警信息并停机以保护设备。

7.2.3.7 水冷机组控制柜应具有历史报警画面，通过历史报警画面可存储系统遇到的故障原因和报警信息，方便维修人员了解设备状态。

7.2.3.8 水冷机组控制柜应具帮助系统画面，帮助系统画面主要向操作人员介绍控制系统的操作和基本信息。

7.2.3.9 机组在最大负荷运行的过程中应能保持正常工作，零部件不应有损坏，过载保护器不应跳开，最大运行电流不应大于其明示值。

6.3 标志包装运输和贮存

6.3.1 标志

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，且包含以下内容：

- a) 机组的型号、名称；
- b) 机组的名义制冷量（kW）、名义制冷消耗功率（kW）；
- c) 额定电压（V）、相数、频率（Hz）；
- d) 制冷剂类型及充注量（kg）；
- e) 制造厂名称；
- f) 机组的出厂编号和出厂日期；
- g) 机组相关部位上应设有运行状态的标志（如转向、水流方向、指示仪表以及各控制按钮等）和安全标识（如接地装置、警告标识等）；
- h) 机组应在相应的地方标明（如产品说明书、铭牌等）本文件的编号。
- i) 主要技术性能参数（至少应包括名义工况条件、名义制冷量、制冷消耗功率、性能系数、蒸发温度范围、制冷剂、电压、频率、相数、重量等）；
- j) 机组相关部位上应有运行状态标志，如冷凝风机旋向、制冷压缩机油位、水冷冷凝器（气冷器）的进出水口、电气控制等标志；
- k) 应在相应地方（如铭牌、产品说明书等）标注产品执行的标准编号。

6.3.2 包装

机组包装箱上应有下列标志：

- a) 制冰机名称；
- b) 规格型号；
- c) 制造商名称。

6.3.3 运输和贮存

6.3.3.1 有关包装、储运、收发货标志应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

6.3.3.2 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。

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

6.3.3.4 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。
