|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 27.180 |
| CCS | |  | | --- | |  |   F 19 |

团体标准

T/CASMES XXX—2024

储能锂离子电池液冷热管理系统安全性能要求和试验方法

Safety performance requirements and test methods for liquid cooling and thermal management system of energy storage lithium-ion batteries

2024 - XX - XX发布

2024 - XX - XX实施

中国中小企业协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc178251249)

[1 范围 1](#_Toc178251250)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc178251251)

[3 术语和定义 1](#_Toc178251252)

[4 安全保护功能要求 2](#_Toc178251253)

[5 安全性能 3](#_Toc178251254)

[6 试验条件 4](#_Toc178251255)

[7 试验方法 5](#_Toc178251256)

[附录A机组空气干、湿球温度的测量（取样法） 9](#_Toc178251257)

[附录B机组水侧压力损失的测量 10](#_Toc178251258)

[附录C冷却水水质 12](#_Toc178251259)

1. 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。

本文件由中国中小企业协会提出并归口。

本文件起草单位：山东凌工新能源科技有限公司、盛忆镐科技（江苏）有限公司、北京宝光智中能源科技有限公司、钧能（宁波）电源科技有限公司、深圳永泰数能科技有限公司、苏州复能科技有限公司、双一力（宁波）电池有限公司、深圳亿兰科电气有限公司、江苏德春电力科技股份有限公司、哲弗智能系统（上海）有限公司、深圳市英维克科技股份有限公司、深圳市海雷新能源有限公司、 华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：刘瑜、周庆鹏、齐炜煜、王飞、倪安业、刘栋、盛剑明、徐智慧、陈硕、石桥、苗东方、张磊、何少强、徐雷、刘海涛、杨亚飞、柯彬彬、陈京才、陈文、李华、任国静。

储能锂离子电池液冷热管理系统安全性能要求和试验方法

* 1. 范围

本文件规定了储能锂离子电池液冷热管理系统的安全保护功能要求、安全性能要求及试验方法。

本文件适用于储能锂离子电池液冷热管理系统的安全设计与安全试验。

* 1. 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 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB 4208 外壳防护等级IP代码

GB/T 10870 蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法

GB/T 17758 单元式空气调节机

JB/T 4750 制冷装置用压力容器

JB/T 8654 容积式和离心式冷水,热泵,机组安全要求

DB32/T 4682—2024 预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 液冷 liquid cooling

一种采用液体带走发热器件热量的冷却方案，适用于需提高计算能力、能源效率、部署密度等应用场景。

* + 1. 储能系统 energy storage system

由多个锂离子电池模块串并联组，并含有主控系统的电池储能系统。

* + 1. 电池管理系统 battery management system（BMS）

管理电池系统的电池运行状态（包括电池温度、电压、电流、荷电状态，健康状态、安全状态等），提供通信接口和保护功能的系统。

* + 1. 电池热管理系统 battery thermal management system（BTMS）

根据温度对电池性能的影响，结合电池的电化学特性与产热机理，维持电池在最佳的工作温度范围内，保证电池的使用特性和热安全的系统。

* + 1. 荷电状态 state of charge （SOC）

当前电池单体、模块、系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

* + 1. 热失控 thermal runaway

电池内部放热反应引起不可控温升的现象。

* + 1. 制冷工质 refrigerant

制冷工质又称制冷剂，在[制冷系统](https://baike.so.com/doc/6441715-6655395.html" \t "https://baike.so.com/doc/_blank)中不断循环并通过其本身的状态变化以实现制冷的工作物质。制冷工质在蒸发器内吸收被[冷却介质](https://baike.so.com/doc/4096791-4295714.html)（水或空气等）的热量而[汽化](https://baike.so.com/doc/506620-536421.html" \t "https://baike.so.com/doc/_blank)，在[冷凝器](https://baike.so.com/doc/2167032-2293031.html)中将热量传递给周围空气或水而冷凝。

* + 1. 载冷剂 coolant

载冷剂（冷却液）是以间接冷却方式工作的制冷装置中，将被冷却物体的热量传给正在蒸发的制冷剂的物质。载冷剂通常为液体，在传送热量过程中一般不发生相变，如:水、盐水、乙二醇溶液或丙二醇溶液、氟化液等。

* + 1. 灭火剂 fire extinguishing agent

灭火剂是能够有效地在燃烧区破坏燃烧条件,达到抑制燃烧或中止燃烧的物质,常用灭火剂有气体灭火剂、液体灭火剂、干粉灭火剂等。

* 1. 安全保护功能要求
     1. 系统安全

系统安全保护功能应符合下列要求：

1. 系统控制器开机自检，当系统开机时，主控制器开机自检；
2. 通讯自检，系统应对通讯端口及信号状态进行自检，故障时，发出告警并保护；
3. 传感器自检，系统应对传感器状态进行自检，故障时，发出告警并保护；
4. 关键状态自检，系统应对关键部件状态进行自检，故障时，发出告警并保护。
   * 1. 电器安全

电器安全保护功能应符合下列要求：

1. 相序保护，当电源相序出现错误或缺项时，发出告警并保护；
2. 欠压保护，当电路电压低于保护设定值时，发出告警并保护；
3. 短路保护，当电路出现短路时，发出告警并保护；
4. 过流/过载保护，当电路出现过流/过载时，发出告警并保护。
   * 1. 结构安全

结构安全保护功能应符合下列要求：

1. 防外力；
2. 防震动；
3. 防冲跌落冲击；
4. 离倾倒。
   * 1. 防护安全

防护安全应符合下列要求：

1. 防雷击；
2. 防水；
3. 防沙尘；
4. 防鼠虫害；
5. 靠海的防腐蚀；
6. 防老化。
   * 1. 液冷热管理系统安全

液冷热管理系统安全保护功能应符合下列要求：

1. 高压报警保护，当系统内冷凝压力高，超过最高值，发出告警并保护；
2. 低压报警保护，当冷却蒸发压力低，低于最低值，发出告警并保护；
3. 制冷剂泄漏报警保护，当系统内制冷剂发生泄漏，报警并保护；
4. 储能热管理系统冷却液泄漏报警保护；
5. 热管理系统中的液冷管道内部高低压报警保护；
6. 冷却液回水口的高温报警。
   * 1. 泵安全

泵安全保护功能应符合下列要求：

1. 超压保护，当泵内液体压力超过保护设定值时，发出告警并保护；
2. 低压保护，当泵内液体压力低于正常压力值时，发出告警并保护；
3. 过温保护，当泵的工作温度超过保护设定值时，发出告警并保护；
4. 泄漏保护，当系统漏液时，发出告警并保护；
5. 流量保护，当泵道流量高于或低于保护设定值时，发出告警并保护；
6. 电气故障保护，当泵发生断电、电流过大或功率过大等电气故障时，发出告警并保护。
   * 1. 冷却液回路安全

冷却液回路安全保护功能应符合下列要求：

1. 超压保护，当液体回路的冷却液压力超过保护设定值时，发出告警并保护；
2. 低压保护，当液体回路的冷却液压力低于正常压力值时，发出告警并保护；
3. 过温保护，当液体回路的冷却液温度超过保护设定值时，发出告警并保护；
4. 低温保护，当液体回路的冷却液温度低于保护设定值时，发出告警并保护；
5. 泄漏保护，当液体回路的冷却液发生泄漏时，发出告警并保护；
6. 流量保护，当液体回路的冷却液流量高于或低于保护设定值时，发出告警并保护。
   * 1. 换热器安全

换热器应清洁和可维护，保持内部无锈蚀和板片无破损。

* + 1. 消防安全

1. 超压保护，当灭火剂压力超过保护设定值时，发出告警；
2. 低压保护，当灭火剂压力低于正常压力值时，发出告警；
3. 泄漏保护，当灭火剂发生泄漏时，发出告警。
   * 1. 安全监控及信息

实时显示储存并上传系统工作状态、各组件的运行数据、告警记录及视频资料。

* 1. 安全性能
     1. 接地性能

系统接地应具有明显标志，外壳以及所有可触及的金属零部件与接地螺母之间的电阻≤0.1 Ω。

* + 1. 绝缘电阻

试验电压为直流1000V时，电池液冷热管理系统正负接线端对外壳绝缘电阻均应＞2 MΩ。

* + 1. 抗电强度

电池液冷热管理系统正负输出端对地应能承受2500 V直流电压（漏电流≤1 mA）1 min，且无击穿与无飞弧现象；对外部通讯接口应能承受4525 V直流电压（漏电流≤1 mA）1 min，且无击穿与无飞弧现象。

电池液冷热管理系统正负输出端对地应能承受2500 V直流电压（漏电流≤1 mA）1 min，且无击穿与无飞弧现象；对外部通讯接口应能承受4525 V直流电压（漏电流≤1 mA）1 min，且无击穿与无飞弧现象。

* + 1. 恒定湿热

按规定进行试验，其外观应无明显变形、锈蚀、冒烟或爆炸。

* + 1. 抗振动

按规定进行试验，其外观应无明显损伤、漏液、冒烟或爆炸，并能正常工作。

* + 1. 阻燃性能

对于塑料部件、电缆电线、电器件、保温材料，按规定进行试验，应符合GB/T 4208-2008中8.3.2 FH-1(水平级)和9.3.2 FV-0（垂直级）的要求。

* + 1. 短路

按规定进行测试，不应有漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

* + 1. 挤压

按规定进行测试，不应有漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

* + 1. 跌落

按照规定进行测试，不应有漏液、冒烟、起火、爆炸现象。

* + 1. 盐雾与高温高湿

在靠近海边条件下应用的电池液冷热管理系统应满足盐雾性能要求， 在喷雾-贮存循环条件下，不应起火、爆炸、漏液，外壳应无破裂现象。

在非海洋性气候条件下应用的电池液冷热管理系统应满足高温高湿性能要求，在高温高湿贮存条件下，不应起火、爆炸、漏液，外壳应无破裂现象。

* + 1. 热失控

按规定进行测试，不应起火、爆炸，不应发生热失控扩散。

* + 1. 密封

对于电池液冷热管理系统，按规定进行测试，电池液冷热管理系统组件的密封性能应符合DB32/T 4682-2024中的要求。

* + 1. 低温

对于电池液冷热管理系统，在-50 ℃条件下，冷却液不发生结冻；液冷热管理系统应具备加热功能，使冷却液不发生低温失效。

* + 1. 腐蚀和变质

对于电池液冷热管理系统，在长期运行条件下，液冷系统管道、外壳不应出现腐蚀、变形现象，冷却液不应出现变质、性能变化现象。

* 1. 试验条件
     1. 一般要求

除另有规定，试验应在温度为-5 ℃～45 ℃、相对湿度25%～85%，大气压力为86 kPa～106 kPa的环境中进行，试验场地应具备完善的消防和应急措施。

1. 低温启动测试在-30℃时应正常启动。

测试样品交付时需包括必要的操作文件，以及和测试设备连接所需的接口部件。

当测试的目标环境温度改变时，测试样品需要在进行测试前完成环境适应：

1. 在低温下静置不少于24 h；
2. 在高温下静置不少于16 h。
   * 1. 试验装置

测量仪器、仪表准确度应符合下列要求：

1. 电压测量装置：不低于0.5级；
2. 电流测量装置：不低于0.5级；
3. 温度测量装置：±0.5℃；
4. 时间测量装置：±0.1%；
5. 流量测量装置：不低于0.5级；
6. 压力测量装置：不低于0.5级；
7. 短路试验装置：±0.005 Ω；
8. 热冲击试验装置：温度偏差±2 ℃，温度均匀度2℃，温度波动±0.5 ℃，升温速率，(5±2)℃/min。
   * 1. 测量误差

试验过程中控制值和目标值之间的误差应符合下列要求：

1. 电压：±1%；
2. 电流：±1%；
3. 温度：±2℃；
4. 流量：±0.2 L/min；
5. 压力：±1%。
   * 1. 数据记录间隔

除另有规定，试验数据的记录间隔应≤1 s。

* 1. 试验方法
     1. 测量仪表准确度和测量规定

测量仪表、仪器准确度按本标准附录A的规定并经校验或校准合格。

测量按以下规定进行：

1. 测量仪表的安装和使用按GB/T 10870的规定；
2. 机组空气干、湿球温度的测量采用取样法测量，取样器按附录A的要求。
   * 1. 安装和试验规定

测试时，应符合以下规定的条件：

1. 机组的水温及空气干、湿球温度偏差按表1的规定；
2. 被试机组应在额定频率、额定电压下运行，其频率偏差值不应大于0.5Hz、电压偏差不应大于±5%。

被测试机组应按生产厂规定的方法进行安装，并且不应进行影响制冷量的构造改装。风冷式机组的测试环境应充分宽敞，机组附近的风速应减小到充分低的值，以免影响机组的性能。

机组使用的水质应符合附录C的规定。

机组测试时，温度和流量偏差应符合表1规定。

1. 风冷式液冷机组测试温度和流量偏差

| 项目 | | 使用侧 | | 热源侧（或放热侧） | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 冷、热水 | | 风冷式 | |
| 水流量/  [m³/(h·kW)] | 出水温度  ℃ | 干球温度 | 湿球温度 |
| ℃ | |
| 制冷 | 名义工况 | ±0.5% | ±0.3 | ±0.5 |  |
| 最大负荷工况 |  |
| 低温工况 | ±0.5 |  |
| 制热（或电加热） | 名义工况 | ±0.3 | ±0.5 |
| 最大负荷工况 | ±0.5 |

* + 1. 试验要求
       1. 气密性、 真空和压力试验

1. 气密性试验： 机组制冷剂侧在设计压力下， 按JB/T 4750 中气密性试验方法进行检验， 应符合GB/T 10870的规定；
2. 真空试验：机组制冷剂侧进行气密性试验合格后，抽真空至0.3kPa，至少保压30min，应符合GB/T 10870的规定；
3. 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，按JB/T 4750中液压试验方法进行检验，应符合GB/T 10870的规定。
   * + 1. 名义工况性能试验
          1. 制冷量和消耗总电功率试验
4. 将机组卸载机构等能量调节置于最大制冷量位置，在GB/T 10870规定的制冷名义工况下，按以下规定进行试验测定和计算制冷量与消耗总电功率，并应符合GB/T 10870的规定。同时测量运行电流和功率因数。
5. 风冷式液冷机组的制冷量按GB/T 10870的规定，采用液体载冷剂法进行试验测定和计算。放热侧采用GB/T 17758的空气焓差法中的室内空调装置使其达到放热侧环境温度条件。风冷式液冷机组应包括放热侧冷却风机消耗的电功率。
   * + - 1. 制热量和消耗总电功率试验
6. 将电加热器设置在最大制热量的位置，在GB/T 10870规定的制热名义工况下，按以下规定进行试验测定和计算制热量与消耗总电功率，并应符合 GB/T 10870的规定。同时测量运行电流和功率因数。
7. 制热量按GB/T 10870的规定，采用液体载冷剂法进行试验测定和计算。
   * + - 1. 名义工况性能系数

名义工况性能系数根据求得的制冷量（制热量）Qn（kW）和消耗总电功率N0(kW）按公式（1）计算，计算结果应符合GB/T 10870的规定。

()

式中：

*——*名义工况性能系数；

*Qn——*制冷量（制热量）；

*No——*消耗总电功率。

* + - * 1. 水侧压力损失

在进行上述试验时，按附录B的方法测量冷、热水和冷却水的压力损失，应符合GB/T 10870的规定。

* + - 1. 运转试验

机组进行运转试验，检查机组运行是否正常。

* + - 1. 机组设计和使用范围试验
         1. 最大负荷试验

在额定电压和额定频率以及GB/T 10870规定的最大负荷工况下运行，达到稳定状态后再运行2h，应符合GB/T 10870的规定。

* + - * 1. 低温试验

在额定电压和额定频率以及GB/T 10870规定的制冷低温工况下运行6h。

* + - 1. 噪声和振动
         1. 噪声测量

噪声测量按JB/T 4330矩形六面体测量表面的方法，并按JB/T 4330表面平均声压级的方法计算声压级。

* + - * 1. 振动测量

机组按如下方法测量振动：

1. 测量仪器的频率范围应为10Hz～500Hz。在此频率范围内的相对灵敏度以80Hz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＋10％～-20％的范围以内；
2. 机组安装在平台上。安装平台和基础应不产生附加振动或机组共振，机组运行时安装平台的振动值应小于被测机组最大振动值的10％；
3. 机组在测定时的运行状态：机组应在输入电源的额定频率和额定电压的名义工况运行状态下进行测定；
4. 测点的配置：测点数一般为一点，该测点应在机架下部压缩机正下方分别按轴向、垂直轴向和水平面垂直轴向配置；
5. 测量的要求：测量时，测量仪器的传感器与测点的接触应良好，并应保证具有可靠的连接。机组的振动值系以各测点测得的最大数据为准；
6. 试验报告：试验报告中应写明机组型号、测定的工况、机组制造厂名及产品编号。试验报告中应注明最大振动值的测点位置。
   * + 1. 电气安全试验
          1. 电压变化试验

机组分别在表1中制冷和热泵制热名义工况下，使电源电压在额定电压值±5％的范围内变化运行1h，应符合GB/T 10870的规定。

* + - * 1. 电动机绕组温度试验

机组按7.3.2.1或7.3.2.2做制冷量或热泵制热试验的同时，利用电阻法测定电动机绕组温度，应符合JB/T 8654的规定；对具有调速设备的机组，应分别进行最高和最低转速的试验。

* + - * 1. 绝缘电阻试验

按表2规定，用绝缘电阻计测量机组带电部位与可能接地的非带电部位之间的绝缘电阻，并符合GB/T 10870的规定。

1. 在控制电路的电压范围内，在对地电压为直流30V以下的控制回路中应用的电子器件，可免去该项耐电压试验。
2. 绝缘电阻计额定电压

| 输入电压值 | 绝缘电阻计额定试验电压(V) |
| --- | --- |
| V≤500 | 500 |
| 500＜V≤3000 | 1000 |
| V＞3000 | 2500 |

* + - * 1. 耐电压试验

机组经绝缘电阻试验后，或耐湿试验、淋水试验后，按以下方法进行耐电压试验：

1. 在机组带电部位和非带电金属部位之间加上一个频率为50Hz的基本正弦波电压，试验电压值为1000V＋2倍额定电压值，试验时间为1min；试验时间也可采用1s，但试验电压值应为1.2倍的（1000V＋2倍额定电压值）。
2. 电机已由生产商进行耐电压试验并出具检测报告的，可不再进行该项目测试。
3. 已进行耐电压试验的部件可不再进行试验。
4. 在控制电路的电压范围内，在对地电压为直流30V以下的控制回路中应用的电子器件；可免去该项耐电压试验。
   * + - 1. 启动试验

启动试验包括启动电流试验和启动电压试验：

1. 启动电流试验：在电机转子停止状态时，施加额定频率的某一电压值，该值应是电流达到与在制冷消耗总电功率试验时测得的电动机电流值相似测得的电压值。由公式（2）算出启动电流值，并应符合GB/T 10870的规定。

()

式中：

*IQ一一*启动电流，单位为安（A）；

*ID一一*额定电压下的堵转电流，单位为安（A）；

*I’D一一*在额定电压下制冷消耗总电功率试验时测得的电动机电流值相近的堵转电流，单位为安（A）；

*V一一*额定电压，单位为伏（V）；

*V'D一一与*电流I'D相对应的阻抗电压，单位为伏（V）。

1. 以常规的控制方式使两台以上电动机同时启动的机组启动电流，是指同时通电时的启动电流或各自启动电流之和。对分别启动电动机的机组，是指在表5制冷名义工况下，直到最后一台电动机启动后的最大电流。
2. 启动电压试验：机组在表1规定的制冷名义工况下运转后，使电动机停止运行，按制造厂规定的停止间歇时间后，再施以额定频率下的90%额定电压进行启动，应符合GB/T 10870的规定。
   * + - 1. 耐湿试验

机组在低温试验后，立即进行绝缘电阻试验和耐电压试验，应符合GB/T 10870的规定。

* + - * 1. 淋水绝缘试验

淋水绝缘试验应按GB 4208中IPX4等级进行淋水试验，结束后立即进行绝缘电阻试验和耐电压试验，测试结果应分别符合GB/T 10870的规定。

* + - * 1. 接地电阻值测试

检查机组是否安装具有符合规定的接地装置。在接地端子和保护接地电路部件之间，通过保安特低电压电源的50 Hz、至少10A电流和至少10s时间，测量接地端子和各测试点间的电压降，由电流和该电压降计算出电阻。

* + - 1. 外观

目测机组外观，应符合GB/T 10870的规定。

* + - 1. 试验报告

根据各项试验内容，记录测试参数和结果，并根据相应标准的规定进行计算。

试验操作人员、审核人员签字。

1. 机组空气干、湿球温度的测量（取样法）
   1. 适用范围

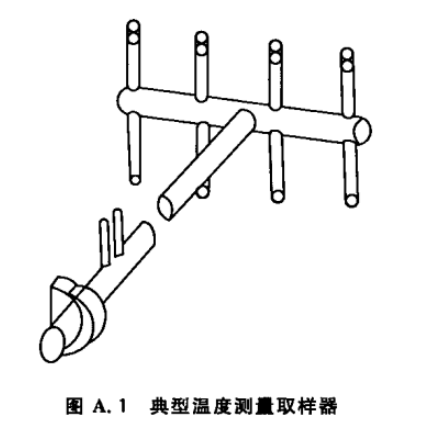
本附录规定了风冷冷水(热泵)机组空气干、湿球温度的测量(取样法)。

* 1. 试验方法

机组空气进口处的温度测量应在风冷翅片热交换器周围至少取3点,测量点的空气温度不应受机组排出空气的影响。

温度测量仪表取样器(典型的取样器见图A.1)的位置应离风冷翅片热交换器的表面600mm。

* 1. 典型温度测量取样器



测出的温度应是机组周围温度的代表值。

经过湿球温度测量仪表的空气流速应为5m/s左右,在空气进口和出口处的温度测量应用同样的流速。

1. 机组水侧压力损失的测量
   1. 适用范围

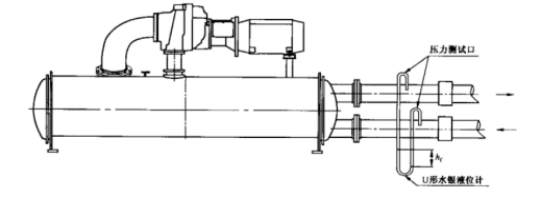
本附录规定了蒸气压缩循环冷水(热泵)机组水侧压力损失的测量。

* 1. 试验方法
     1. 水侧压力损失测定装置

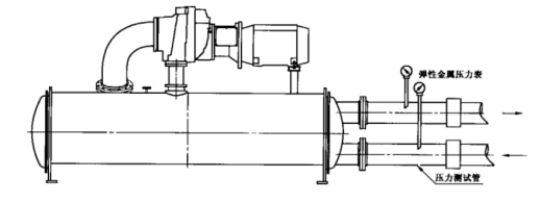
水侧压力损失测定装置,在冷水(热泵)机组的水配管接头上连接压力测试用管,按以下装置测定冷水、冷却水或热水进口侧与出口侧的压差。

U形水银液柱计水侧压力损失测定装置(图B.1)。

弹性金属管压力表水侧压力损失测定装置(图B.2)。

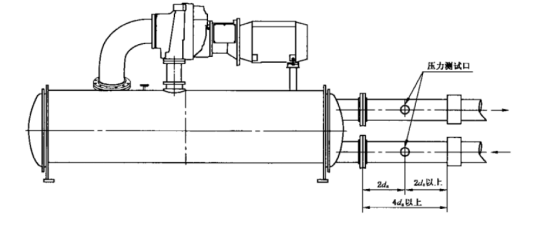


* 1. U型水银液柱计水侧压力损失测定装置



* 1. 弹性金属管压力表水侧压力损失测定装置
     + 1. 压力测试管

冷水(热泵)机组的冷水、冷却水及热水进出接口上连接各自的直管,直管长度为配管直径4倍以上的直管，在距加接后的配管直径2倍以上位置圆周上设置一个压力测试孔，其位置与冷水(热泵)机组内部配管及连接配管弯头平面成垂直方向(图B.3)。



* 1. 压力测试管
     1. 水侧压力损失测定方法

在规定水量时，测定冷水（热泵）机组进口侧与出口侧的压力差。此时应完全排除仪表及仪表与压力测试孔之间接管内的空气，并充满清水。

2. 冷却水水质
   1. 冷却水水质

冷却水水质见表C.1。

* 1. 冷却水水质

| 项目 | | | 基准值 | 倾向 | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐蚀 | 结构 |
| 基准项目 | 酸碱度PH(25℃) |  | 6.5～8.0 | 0 | 0 |
| 导电率(25℃) | μS/cm | ＜800 | 0 | 0 |
| 氯离子Cl- | mg(Cl-)/L | ＜200 | 0 |  |
| 硫酸根离子SO2- | mg(SO2-)/L | ＜200 | 0 |  |
| 硝酸耗量（PH=4.8） | mg(CaCO3)/L | ＜100 |  | 0 |
| 全硬度 | mg(CaCO3)/L | ＜200 |  | 0 |
| 参考项目 | 铁Fe | mg(Fe)/L | ＜1.0 | O | O |
| 硫离子S2- | mg(S2-)/L | 不得检出 | O |  |
| 铵离子NH+ | mg(NH+)/L | ＜1.0 | O |  |
| 氧化硅SiO2 | mg(SiO2)/L | ＜50 |  | O |
| 1. “O”标识腐蚀或结垢倾向的有关因素。 | | | | | |

