



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—202X

第二类溴化锂吸收式热泵机组

Category II lithium bromide absorption heat pump units

(征求意见稿)

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	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 型式与基本参数	2
5 技术要求	4
6 试验方法	6
7 检验规则	8
8 标志、包装、运输和贮存	8
附录 A（规范性）水质要求	10
附录 B（规范性）溴化锂溶液技术要求	11
附录 C（规范性）制热量试验方法	12
附录 D（规范性）机组热损失率计算方法	17
附录 E（规范性）蒸汽湿度测定方法	18
附录 F（资料性）压力损失的测定	22
图 C.1 制取蒸汽时的试验装置示意图	12
图 C.2 制取热水时的试验装置示意图	12
图 E.1 蒸汽取样头（一）	18
图 E.2 蒸汽取样头（二）	19
图 E.3 取样冷却器示意图	20
图 F.1 压力损失测试装置	22
图 F.2 压力测试孔	22
表 1 运行参数范围	3
表 2 部分负荷性能试验工况（蒸汽型）	3
表 3 部分负荷性能试验工况（热水型）	3
表 4 性能系数限定值	4
表 5 机组使用范围	5
表 6 机组安全器件	5
表 7 测量仪表的型式及准确度	6
表 8 检验项目	8
表 A.1 热水和余热水水质要求	10
表 A.2 冷却水水质要求	10
表 B.1 溴化锂溶液技术要求	11
表 C.1 试验参数的允许偏差	13
表 C.2 试验应记录的数据	13

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国冷冻空调设备标准化技术委员会（SAC/TC 238）归口。

本文件起草单位：荏原冷热系统（中国）有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、双良节能系统股份有限公司、冰山松洋制冷（大连）有限公司、希望深蓝空调制造有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司、中国制冷空调工业协会、浙江石油化工有限公司、国机通用机械科技股份有限公司、西藏国机高原机电装备科学研究有限公司。

本文件主要起草人：刘卫党、刘志清、李江、曹仲清、苏盈贺、熊自平、张秀平、王汝金、张丽娜、魏孔瑜、杨彬、姜继周、李亚运、张硕、李同彪、冯翠花、郎嘉琪。

第二类溴化锂吸收式热泵机组

1 范围

本文件规定了第二类溴化锂吸收式热泵机组（以下简称“机组”）的型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以余热蒸汽或余热水为低品位热源，制取高品位的蒸汽或热水的单级、两级升温型机组。多级以及利用其它介质的同类型机组参照使用。

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 151 热交换器

GB/T 13306 标牌

GB/T 18430.1—2024 蒸汽压缩循环冷水（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/T 9068 制冷与空调设备噪声声功率级的测定 声压法

JB/T 7249 制冷与空调设备 术语

GB/T 1576 工业锅炉水质

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

第二类溴化锂吸收式热泵机组 category II lithium bromide absorption heat pump units

以水为制冷剂、溴化锂溶液为吸收剂，在通入冷却水的条件下，利用低品位热源驱动制取高品位热源的设备。

3.2

单级升温第二类溴化锂吸收式热泵机组 single stage category II lithium bromide absorption heat pump units

利用低品位热源驱动，仅通过一次升温来制取高品位热源的**第二类溴化锂吸收式热泵机组**。

3.3

两级升温第二类溴化锂吸收式热泵机组 two stage category II lithium bromide absorption heat pump units

利用低品位热源一次升温后制取的高品位热源驱动，通过二次升温来制取更高品位热源的**第二类溴化锂吸收式热泵机组**。

3.4

制热量 heat capacity

在规定的试验条件下，机组单位时间内向被加热介质中输入的热量总和。

注：单位为千瓦（kW）。

3.5

低品位热源消耗量 consumption of low grade heat source

单位时间内机组回收的低品位热源（如余热蒸汽、余热水）的量。

注：单位为千克每小时（kg/h）。

3.6

低品位热源输入热量 heat consumption of low grade heat source

在规定的试验条件下，机组单位时间内从低品位热源中提取的热量总和。

注：单位为千瓦（kW）。

3.7

性能系数 coefficient of performance

COP

在规定的标准工况下或在机组特定的使用工况下，用相同单位表示的机组制热量和消耗电功率与低品位热源输入热量之和的比值。

注：单位为千瓦每千瓦（kW/kW）。

4 型式与基本参数

4.1 型式

4.1.1 机组按产出的高品位热源分为：

- 蒸汽型；
- 热水型。

4.1.2 机组按利用的低品位热源分为：

- 余热蒸汽型；
- 余热水型。

4.1.3 机组按级数分为：

- 单级升温型；
- 两级升温型。

4.2 型号

机组的型号编制方法由制造商自行确定。

4.3 基本参数

4.3.1 机组的额定电压单相交流为 220V，三相交流为 380V，额定频率为 50Hz。

4.3.2 机组的正常工作条件如下：

- 供电：稳态电压偏差为额定电压±5%，频率偏差±1Hz；
- 环境温度：5℃~40℃（户外无遮挡时为 5℃~55℃）；
- 环境湿度：30%~95%。

超出范围的情况由供需双方另行协议约定。

4.3.3 机组设计的运行参数范围见表 1。

表 1 运行参数范围

型式	热源侧		使用侧		冷却水侧
			蒸汽	热水	
	余热水进口温度 ℃	蒸汽压力 ^a MPa	蒸汽压力 ^b MPa	出口温度 ℃	进口温度 ℃
单级	55~170	-0.085~0.25	0.04~0.8	75~175	6~34
两级	55~120	-0.085~0.1	0.04~0.8	75~175	6~34

^a 指蒸发器和发生器进口处的压力。
^b 指气液分离器或闪蒸罐出口处的压力。

4.3.4 机组的名义工况由制造商根据用户需求在表 1 的范围内选定。名义工况性能试验时，水温按 GB/T 18430.1—2024 的附录 B 进行修正（使用侧污垢系数为 $0.018 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/kW}$ ，热源侧、冷却水侧污垢系数为 $0.044 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/kW}$ ），并以修正后的温度设定试验工况。

4.3.5 机组部分负荷性能的试验工况按表 2 或表 3 的规定。

表 2 部分负荷性能试验工况（蒸汽型）

机组部位	名称	单位	部分负荷工况
使用侧	100%负荷蒸汽压力	MPa	名义工况时压力
	部分负荷蒸汽压力	MPa	名义工况时压力
冷却水侧	冷却水进口温度	℃	名义工况时温度
	冷却水流量	m ³ /h	名义工况时流量
热源侧	100%负荷余热流量	m ³ /h	名义工况时流量
	75%负荷余热流量	m ³ /h	a
	50%负荷余热流量	m ³ /h	b
	25%负荷余热流量	m ³ /h	c
	余热进口温度	℃	名义工况时名义值
	余热蒸汽压力	MPa	名义工况时名义值

a、b、c 为制造商与用户的协议值。

表 3 部分负荷性能试验工况（热水型）

机组部位	名称	单位	部分负荷工况
使用侧	100%负荷热水进口温度	℃	名义工况时温度
	部分负荷热水进口温度	℃	名义工况时温度
	热水流量	m ³ /h	名义工况时流量
冷却水侧	冷却水进口温度	℃	名义工况时温度
	冷却水流量	m ³ /h	名义工况时流量
热源侧	100%负荷余热流量	m ³ /h	名义工况时流量
	75%负荷余热流量	m ³ /h	a
	50%负荷余热流量	m ³ /h	b
	25%负荷余热流量	m ³ /h	c
	余热进口温度	℃	名义工况时名义值
	余热蒸汽压力	MPa	名义工况时名义值

a、b、c 为制造商与用户的协议值。

4.3.6 机组正常使用时，热水、余热水的水质要求参见附录 A 的表 A.1，冷却水的水质要求参见附录 A 的表 A.2。

4.3.7 机组正常使用制取蒸汽时，补给水的水质要求参见 GB/T 1576 中对补给水的要求，制取蒸汽的吸收器内循环水的水质要求参见 GB/T 1576 中对锅水的要求。

4 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 机组应符合本文件的规定并按经规定程序批准的图样和技术文件（或用户与制造商的协议）制造。

5.1.2 机组溴化锂溶液应符合附录 B 的规定。

5.1.3 低温环境中使用的机组应具有防冻措施。

5.2 气密性和压力试验

5.2.1 气密性

按 6.2.1.1 规定的方法试验时，机组整机泄漏率不应大于 $2.03 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

5.2.2 压力试验

按 6.2.1.2 规定的方法试验时，机组热源侧、冷却水侧、蒸汽或热水侧应无异常变形或泄漏。

5.3 名义工况性能

5.3.1 制热量

按 6.2.2.1 规定的方法试验时，机组实测制热量不应低于名义制热量的 95%。

5.3.2 低品位热源消耗量

按 6.2.2.2 规定的方法试验时，机组实测的余热蒸汽或余热水等低品位热源消耗量不应大于明示值的 105%。

5.3.3 消耗电功率

按 6.2.2.3 规定的方法试验时，机组实测消耗电功率不应大于明示值的 105%。

5.3.4 性能系数

按 6.2.2.4 规定的方法试验时，机组实测性能系数不应低于明示值的 95%，且不应低于表 4 规定的限定值。

表 4 性能系数限定值

型式	COP
单级升温型	0.44
两级升温型	0.28

5.3.5 蒸汽湿度

按 6.2.2.5 规定的方法试验时，机组制取的蒸汽相对湿度不应大于 3%。

5.3.6 水侧压力损失

按 6.2.2.6 规定的方法试验时，实测余热水、冷却水、热水的压力损失不应大于明示值的 110%。

5.4 使用工况性能

机组在表 5 规定的使用范围内应能正常工作。

表 5 机组使用范围

参 数			使用范围	间隔值	备注
使用侧	产生的蒸汽压力	MPa	$a \pm 0.01$	0.005	$0.04 < a \leq 0.2$
			$a_{-0.10}^{+0.05}$	0.05	$0.2 < a \leq 0.8$
	热水出口温度	°C	b_{-4}^{+2}	2	$75 \leq b \leq 130$
			b_{-6}^{+2}	2	$130 < b \leq 175$
热源侧	余热水进口温度	°C	c_{-2}^{+10}	2	$55 \leq c \leq 90$
			c_{-5}^{+10}	5	$90 < c \leq 170$
	余热蒸汽压力	MPa	$d \pm 0.02$	0.01	$-0.085 < d \leq 0.25$
冷却水侧	冷却水进口温度	°C	e_{-1}^{+2}	1	$6 \leq e \leq 20$
			e_{-4}^{+2}	2	$20 < e \leq 34$
a、b、c、d、e 为制造商明示的机组名义工况参数值。					

5.5 部分负荷性能

在表 2 或表 3 规定的部分负荷性能试验工况下，机组实测的各部分负荷下的性能系数均不应低于表 4 规定的限定值，且不应低于明示值的 92%。

5.6 噪声

按 6.2.5 规定的方法试验时，机组的噪声值不应大于明示值。

5.7 电气安全

5.7.1 绝缘电阻

机组冷态和热态绝缘电阻均应大于等于 $1M\Omega$ 。

5.7.2 安全保护元器件

机组本体应设置的安全保护元器件见表 6。各元器件在其额定电压的 90%~110% 范围内应能确保正常工作。当有异常情况发生时，机组应能输出警告，并采取必要的保护措施。

表 6 机组安全器件

安全部件	蒸汽型	热水型	备注
吸收器压力控制器	△	△	
吸收器温度控制器	△	△	
吸收器液位控制器	△	△	
真空侧超压泄放器件	○	○	含易熔塞、爆破片

安全部件	蒸汽型	热水型	备注
蒸汽安全阀	○	—	
排污器件	○	—	排污阀
过载保护器	○	○	溶液泵、冷剂泵
电源保护装置	○	○	
电气接地接口	○	○	

注：“○”表示应配备；“—”表示不必配备；“△”表示根据情况配备。

6 试验方法

6.1 测量仪表的型式及准确度

试验用测量仪表的型式及准确度应不低于表7的规定，并应经检定合格且在有效期内。

表7 测量仪表的型式及准确度

类别	型式	准确度
温度测量仪表	玻璃水银温度计、热电偶温度计、电阻温度计、半导体温度计	a) 冷却水、热水：±0.1℃ b) 冷剂水、余热水：±0.5℃ c) 溴化锂溶液、蒸汽及凝水、给水、环境温度：±1.0℃
流量测量仪表	差压式流量计、电磁式流量计、容积式流量计、涡街式流量计、液体计量容器	±1.0%
压力测量仪表	液柱压力计、电子压力计、弹簧管压力计、膜片压力计	±1.0%
电工测量仪表	指示式电量测量仪	0.5级
	积算式电量测量仪	1级
	绝缘电阻计	5级
噪声检测仪表	声级计	I型或I型以上
真空检测仪表	氦质谱检漏仪	灵敏度高于 $2.03 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
时间测量仪表	秒表	测定经过时间的±0.2%
质量检测仪表	天平、台秤、磅秤	测定质量的±0.5%
电导率测量仪表	电导率仪	±1.0%

6.2 试验方法

6.2.1 气密性和压力试验

6.2.1.1 气密性试验

机组用0.08MPa以上干燥、洁净空气或氮气气泡检漏合格后，再用氦罩法检漏。

6.2.1.2 压力试验

6.2.1.2.1 压力试验条件符合以下规定：

- a) 试验液体应为洁净的水；
- b) 试验压力为 1.25 倍的设计压力；
- c) 水温不应低于 5℃。

6.2.1.2.2 压力试验方法符合以下规定：

- a) 试验时容器顶部应设排气口，充水时应将容器内的空气排尽。试验过程中容器观察表面应保持干燥；
- b) 试验时压力应缓慢上升，达到规定试验压力后，保压 10 min，然后降至设计压力，并保持足够长的时间对所有焊接接头和连接部位进行检查；
- c) 压力试验完毕后应将水排尽，并用干燥、洁净的压缩空气将内部吹干。

6.2.1.2.3 如果热源侧、使用侧按 GB/T 151 的规定进行设计，制造时按 GB/T 151 的规定进行压力试验。

6.2.2 名义工况性能试验

6.2.2.1 制热量

在表 1 规定的名义工况下，机组名义制热量按附录 C 规定的方法进行试验。

6.2.2.2 低品位热源消耗量

按附录 C 的规定，在测定机组名义制热量的同时，测定机组低品位热源消耗量。试验时若机组未进行绝热施工，应按附录 D 规定的方法修正低品位热源消耗量。

6.2.2.3 消耗电功率

在表 1 规定的名义工况下运行时，测定机组的输入电功率。

6.2.2.4 性能系数

按附录 C 规定的测量方法及公式计算性能系数。

6.2.2.5 蒸汽湿度

按附录 C 规定的方法进行试验，按附录 E 规定的测定方法及公式计算蒸汽湿度。

6.2.2.6 水侧压力损失

在表 1 规定的名义工况下进行试验时，按附录 F 规定的方法测定机组余热水、冷却水、热水的压力损失。

6.2.3 使用工况试验

按表 5 规定的使用范围和间隔值，分别单独改变某一参数，其它条件保持不变，重复名义工况性能试验，并将试验结果编制成表格。

6.2.4 部分负荷试验

在表 2 或表 3 规定的部分负荷工况下，按照附录 C 的规定测量制热量及低品位热源输入热量。

6.2.5 噪声试验

在名义工况下，按 GB/T 9068 中矩形六面体测量表面的方法测量机组的噪声，并按 GB/T 9068 中表面声压级的方法计算噪声值。

6.2.6 电气安全试验

6.2.6.1 绝缘电阻试验

分别在冷态和性能试验刚结束时，用 500V 的绝缘电阻计测量机组带电部分与非带电金属部分之间的绝缘电阻。

6.2.6.2 安全保护器件动作试验

根据设计参数对各安全保护器件进行动作验证。安全保护器件可能因安装等因素引起参数改变的，试验应在安装后进行。

7 检验规则

7.1 检验项目

机组检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台机组均应做出厂检验，检验项目和试验方法按表 8 的规定。

7.3 型式检验

新产品定型时或定型产品进行重大改进对性能有影响时，第 1 台产品应做型式检验。检验项目和试验方法按表 8 的规定。

表 8 检验项目

序号	项目		出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法	
1	气密性试验		√	√	5.2.1	6.2.1.1	
2	压力试验				5.2.2	6.2.1.2	
3	电气安全试验	绝缘电阻			5.7.1	6.2.6.1	
4		安全保护元器件			5.7.2	6.2.6.2	
5	名义工况性能试验	制热量 ^a	—		5.3.1	6.2.2.1	
7		低品位热源消耗量 ^a			5.3.2	6.2.2.2	
8		消耗电功率 ^a			5.3.3	6.2.2.3	
9		性能系数 ^a			5.3.4	6.2.2.4	
10		蒸汽湿度 ^a			5.3.5	6.2.2.5	
11		水侧压力损失 ^a			5.3.6	6.2.2.6	
12	使用工况试验 ^a				5.4	6.2.3	
13	部分负荷试验 ^a				5.5	6.2.4	
14	噪声 ^a				5.6	6.2.5	
注 1：“√”表示应检验的项目，“—”表示不需要检验的项目。							
注 2：当制取热水时，蒸汽湿度不检测。							
^a 可在用户现场进行试验。							

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台机组应在显著位置固定永久性铭牌，铭牌应符合 GB/T 13306 的规定。铭牌上应标示下列内容：

- 制造商名称和商标；
- 产品型号和名称；
- 主要技术参数（名义制热量、制取蒸汽压力及流量、给水温度、热水进出口温度及流量、冷却水进出口温度及流量、余热蒸汽压力及流量、余热水进出口温度及流量、水侧最高工作压力、电源、消耗电功率、质量等）；
- 产品出厂编号；
- 制造日期。

8.1.2 每台机组出厂时应随带下列文件：

- a) 产品合格证，其内容包括：
 - 产品型号和名称；
 - 产品出厂编号；
 - 检验结论；
 - 检验员签字或印章；
 - 检验日期。
- b) 安装使用说明书，其内容包括：
 - 产品型号和名称；
 - 产品的结构示意图、电气图及接线图；
 - 安装说明和要求；
 - 使用说明、维修和保养注意事项。
- c) 装箱单。

8.2 包装

机组外露的易锈表面应采取防锈措施，螺纹接头用螺塞堵住，法兰孔用盲板封盖。

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 机组出厂前应充入 0.01 MPa~0.03 MPa 的干燥氮气或保持真空。
- 8.3.3 机组应存放在库房或有遮盖的场所。

附录 A
(资料性)
水质要求

A.1 机组热水和余热水的水质要求见表 A.1。

表 A.1 热水和余热水水质要求

项目	单位	基准值	倾向		
			腐蚀	结垢	
基准项目	酸碱度 (pH) (25℃)	—	6.5~8.0	○	○
	导电率 (25℃)	μ S/cm	≤300	○	
	氯离子 (Cl ⁻)	mg(Cl ⁻)/L	≤50	○	
	硫酸根离子 (SO ₄ ²⁻)	mg(SO ₄ ²⁻)/L	≤50	○	
	酸消耗量 (PH=4.8)	mg(CaCO ₃)/L	≤50		○
	全硬度	mg(CaCO ₃)/L	≤70		○
参考项目	铁 (Fe)	mg(Fe)/L	<0.5	○	○
	硫离子 (S ²⁻)	mg(S ²⁻)/L	不应检出	○	
	氨离子 (NH ₄ ⁺)	mg(NH ₄ ⁺)/L	≤0.3	○	
	氧化硅 (SiO ₂)	mg(SiO ₂)/L	≤30		○

注：“○”表示腐蚀或结垢倾向的有关因素。

A.2 机组冷却水的水质要求见表 A.2。

表 A.2 冷却水水质要求

项目	单位	基准值	倾向		
			腐蚀	结垢	
基准项目	酸碱度 pH (25℃)	—	6.5~8.0	○	○
	导电率 (25℃)	μ S/cm	≤800	○	
	氯离子 (Cl ⁻)	mg(Cl ⁻)/L	≤200	○	
	硫酸根离子 (SO ₄ ²⁻)	mg(SO ₄ ²⁻)/L	≤200	○	
	酸消耗量 (PH=4.8)	mg(CaCO ₃)/L	≤100		○
	全硬度	mg(CaCO ₃)/L	≤100		○
参考项目	铁 (Fe)	mg(Fe)/L	<1.0	○	○
	硫离子 (S ²⁻)	mg(S ²⁻)/L	不应检出	○	
	氨离子 (NH ₄ ⁺)	mg(NH ₄ ⁺)/L	≤1.0	○	
	氧化硅 (SiO ₂)	mg(SiO ₂)/L	≤50		○

注：“○”表示腐蚀或结垢倾向的有关因素。

附录 B
(规范性)
溴化锂溶液技术要求

溴化锂溶液的技术要求见表 B.1。

表 B.1 溴化锂溶液技术要求

成分	钼系列
溴化锂 (LiBr)	48%~55% (质量分数) ^a
钼酸锂 (Li ₂ MoO ₄)	0.05%~0.20% (质量分数) ^a
碱度或 pH	0.01 mol/L~0.20 mol/LPH 值为 9~10.5
氨 (NH ₃)	≤0.0001% (质量分数)
钙离子 (Ca ²⁺)	≤0.001% (质量分数)
镁离子 (Mg ²⁺)	≤0.001% (质量分数)
硫酸根 (SO ₄ ²⁻)	≤0.02% (质量分数)
氯离子 (Cl ⁻)	≤0.05% (质量分数)
钡离子 (Ba ²⁺)	≤0.001% (质量分数)
铁 (Fe)	≤0.0001% (质量分数)
铜离子 (Cu ²⁺)	≤0.0001% (质量分数)
溴酸盐 (BrO ₃ ⁻)	无反应
^a 可根据需要调整。	

附录 C
(规范性)
制热量试验方法

C.1 试验方法

制取蒸汽时，机组的制热量通过测定制取的蒸汽流量、压力、温度以及给水的温度求得。
制取热水时，机组的制热量通过测定制取热水的流量和进、出口温度求得。

C.2 试验装置

机组的试验装置如图 C.1 和图 C.2 所示。试验装置中应设有能提供连续稳定的流量和水温的附加装置。

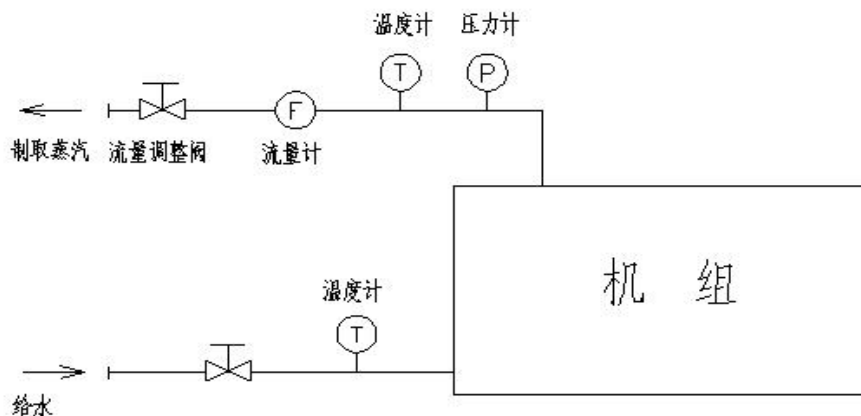


图 C.1 制取蒸汽时的试验装置示意图

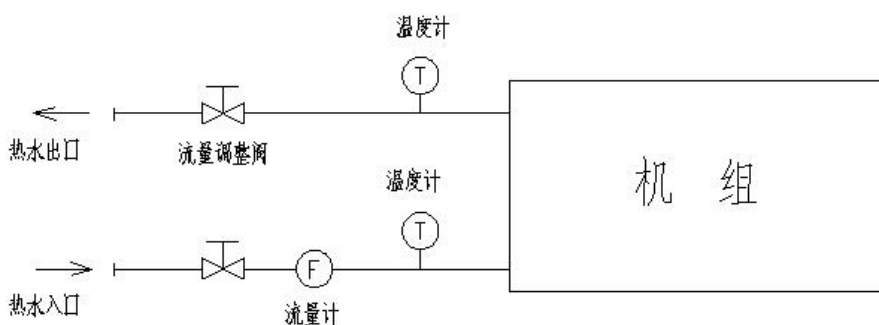


图 C.2 制取热水时的试验装置示意图

C.3 试验规定

C.3.1 一般规定

- C.3.1.1 被试机组应按制造商规定的方法进行安装，且不应进行影响制热量的改装。
- C.3.1.2 被试机组应充分抽气，并充注规定的溶剂量。

C.3.1.3 排尽水管内的空气，并确认管内已灌满水。

C.3.2 试验和记录规定

C.3.2.1 测量应在机组试验工况稳定后进行，每隔 15 min 测量一次，连续记录不少于 3 次的平均值作为计算依据。试验参数的允许偏差应符合表 C.1 的规定。

表 C.1 试验参数的允许偏差

试验参数		单位	允许偏差	
使用侧	制取蒸汽	压力	MPa	±5%
		给水温度	°C	±5
	制取热水	出口温度	°C	±1
		流量	m ³ /h	±5%
热源侧	余热水	进口温度	°C	±0.5
		流量	m ³ /h	±5%
	余热蒸汽	压力	MPa	±5%
冷却水侧	冷却水	进口温度	°C	±0.3
		流量	m ³ /h	±5%
电压		V	±5%	
频率		Hz	±1%	

C.3.2.2 机组每次测量的数据应用热平衡法校核，其偏差应在±5%以内。

C.4 试验记录

试验记录应记录的数据见表 C.2。

表 C.2 试验应记录的数据

序号	项目		单位	
1	使用侧	制取蒸汽	给水温度	°C
2			出口温度	°C
3			出口压力	MPa
4			流量	kg/h
5	制取热水		进口温度	°C
6			出口温度	°C
7			流量	m ³ /h
8	热源侧	余热水	进口温度	°C
9			出口温度	°C
10			流量	m ³ /h
11		余热蒸汽	压力	MPa
12	温度		°C	

序号	项 目		单位
13			流量
14			凝水温度
15	冷却水侧	冷却水	进口温度
16			出口温度
17			流量
18	消耗电功率		kW
19	产品型号、出厂编号		—
20	试验地点环境温度		°C
21	试验地点、试验日期		—
22	试验人员名单		—

C.5 试验结果计算

C.5.1 制热量

机组的制热量按以下规定进行计算：

- a) 制取蒸汽时，机组制热量按公式（C.1）计算。

$$Q_h = q_{sh}(h_{h1} - h_{h2})/3600 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- Q_h ——制热量，单位为千瓦（kW）；
- q_{sh} ——制取蒸汽流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{h1} ——制取蒸汽比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- h_{h2} ——给水比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）。

- b) 制取热水时，机组制热量按公式（C.2）计算：

$$Q_h = q_{vh} c_h \rho_h (t_{h1} - t_{h2})/3600 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- Q_h ——制热量，单位为千瓦（kW）；
- q_{vh} ——热水体积流量，单位为立方米每小时（m³/h）；
- c_h ——平均温度下热水的比热容，单位为千焦每千克摄氏度 [kJ/（kg·°C）]；
- ρ_h ——热水密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；
- t_{h1} ——热水进口温度，单位为摄氏度（°C）；
- t_{h2} ——热水出口温度，单位为摄氏度（°C）。

C.5.2 冷却水排放的热量

冷却水排放的热量按公式（C.3）计算：

$$Q_w = q_{vw} c_w \rho_w (t_{w2} - t_{w1})/3600 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- Q_w ——冷却水排放的热量，单位为千瓦（kW）；
- q_{vw} ——冷却水体积流量，单位为立方米每小时（m³/h）；
- c_w ——平均温度下冷却水的比热容，单位为千焦每千克摄氏度 [kJ/（kg·℃）]；
- ρ_w ——冷却水密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；
- t_{w1} ——冷却水进口温度，单位为摄氏度（℃）；
- t_{w2} ——冷却水出口温度，单位为摄氏度（℃）。

C.5.3 低品位热源输入热量

低品位热源输入热量按以下方式计算：

- a) 余热蒸汽输入量按公式（C.4）计算

$$Q_i = q_{ms}(h_{s1} - h_{s2}) / 3600 \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- Q_i ——余热蒸汽输入量，单位为千瓦（kW）；
- q_{ms} ——余热蒸汽消耗量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{s1} ——余热蒸汽比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- h_{s2} ——凝结水比焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）。

- b) 余热水输入量按公式（C.5）计算

$$Q_i = q_{vk} c_k \rho_k (t_{k1} - t_{k2}) / 3600 \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

- Q_i ——余热水输入量，单位为千瓦（kW）；
- q_{vk} ——余热水体积流量，单位为立方米每小时（m³/h）；
- c_k ——平均温度下余热水的比热容，单位为千焦每千克摄氏度 [kJ/（kg·℃）]；
- ρ_k ——余热水密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；
- t_{k1} ——余热水进口温度，单位为摄氏度（℃）；
- t_{k2} ——余热水出口温度，单位为摄氏度（℃）。

C.5.4 热平衡校核

机组热平衡偏差按公式（C.6）计算：

$$\Delta = \frac{Q_i + P - Q_h - Q_w}{Q_h + Q_w} \times 100\% \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

- Δ ——热平衡偏差；
- Q_i ——低品位热源输入热量，单位为千瓦（kW）；
- P ——耗电功率，单位为千瓦（kW）；
- Q_h ——制热量，单位为千瓦（kW）；
- Q_w ——冷却水排放的热量，单位为千瓦（kW）。

C.5.5 性能系数

机组的性能系数按公式 (C.7) 计算

$$\text{COP} = \frac{Q_h}{Q_i + P} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

- Q_h ——制热量, 单位为千瓦 (kW);
- Q_i ——低品位热源输入热量, 单位为千瓦 (kW);
- P ——消耗电功率, 单位为千瓦 (kW)。

附录 D
(规范性)
机组热损失率计算方法

D.1 热损失量

热损失量按公式 (D.1) 和式 (D.2) 计算:

$$Q_0 = A \cdot h(t_0 - t_a) \dots\dots\dots (D.1)$$

$$Q_1 = \frac{A(t_0 - t_a)}{\frac{1}{h} + \frac{\delta}{\lambda}} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

- Q_0 ——绝热施工前热损失量, 单位为千瓦 (kW);
- A ——表面积, 单位为平方米 (m^2);
- h ——表面传热系数, 单位为千瓦每平方米开 [$kW/(m^2 \cdot K)$], 取 $h=11.6 \times 10^{-3} kW/(m^2 \cdot K)$;
- t_0 ——表面温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}C$);
- t_a ——环境温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}C$), 取 $t_a=20^{\circ}C$;
- Q_1 ——绝热施工后热损失量, 单位为千瓦 (kW);
- δ ——保温材料厚度, 单位为米 (m);
- λ ——保温材料导热系数, 单位为千瓦每米开 [$kW/(m \cdot K)$].

D.2 热损失率

热损失率按公式 (D.3) 计算:

$$l = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_i} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

- l ——热损失率;
- Q_0 ——绝热施工前热损失量, 单位为千瓦 (kW);
- Q_1 ——绝热施工后热损失量, 单位为千瓦 (kW);
- Q_i ——低品位热源输入热量, 单位为千瓦 (kW)。

附录 E
(规范性)
蒸汽湿度测定方法

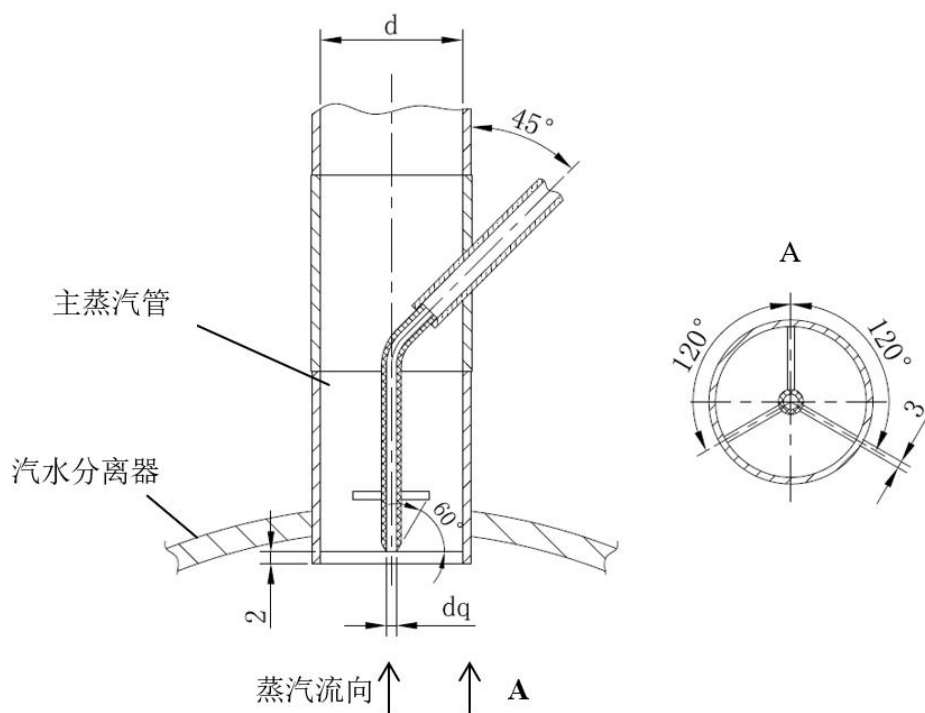
E.1 总则

蒸汽湿度可采用氯根法（硝酸银容量法）或电导率法进行测定。

E.2 蒸汽和循环水样的采集

E.2.1 取样头

取样头可采用图 E.1 所示结构，若蒸汽引出管径大于 100 mm 以上，也可采用图 E.2 所示结构。



注： d_q 一般为 10 mm。

图 E.1 蒸汽取样头(一)

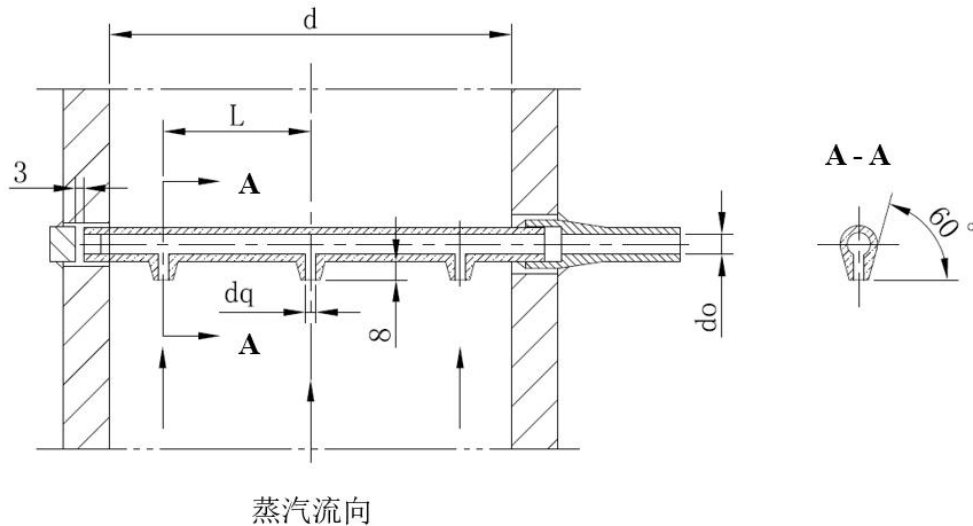


图 E.2 蒸汽取样头 (二)

注: $L \approx 0.433d$; $d_o = 10 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}$; d_q 一般为 $3 \text{ mm} \sim 4 \text{ mm}$ 。

E.2.2 等速取样时蒸汽试样流量

为使蒸汽取样管取出的蒸汽含水量与蒸汽引出管中的蒸汽含水量一致, 蒸汽取样管中的蒸汽速度应与蒸汽引出管中蒸汽速度相等, 等速取样时蒸汽试样流量可按公式 (E.1) 或公式 (E.2) 确定:
对于单孔取样:

$$G_q = \frac{d_q^2}{d^2} D_{sc} \dots\dots\dots (E.1)$$

对于多孔取样:

$$G_q = \frac{n d_q^2}{d^2} D_{sc} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

G_q ——蒸汽试样流量, 单位为千克每小时 (kg/h);

d_q ——蒸汽取样管孔内径, 单位为毫米 (mm);

d ——蒸汽引出管内径, 单位为毫米 (mm);

D_{sc} ——机组输出蒸汽量, 单位为千克每小时 (kg/h);

n ——取样孔数。

蒸汽取样应调节调节阀至计算的试样流量, 其偏差值不宜超过 $\pm 10\%$ 。

E.2.3 取样点及取样要求

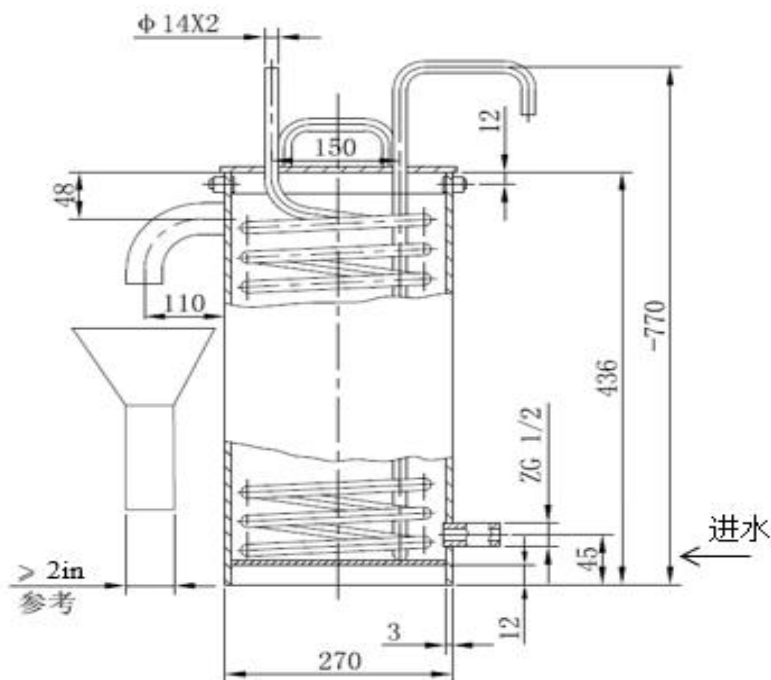
E.2.3.1 循环水取样点应从具有代表循环水浓度的管道上引出。

E.2.3.2 蒸汽和循环水样品, 应通过冷却器冷却到低于 $30^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 。取样冷却器的结构如图 E.3 所示。取样管道与设备应采用不影响分析的耐腐蚀材料制成。蒸汽和循环水样品应保持常流, 并加以计量, 以确保样品具有充分的代表性。

E.2.3.3 盛取蒸汽凝结水样品的容器应是塑料制成的瓶, 盛取循环水样品的容器也可用硬质玻璃瓶。

采样前，应先将取样瓶彻底清洗干净，采样时再用水样冲洗三次后，按计算的试样流量取样，取样后应迅速盖上瓶塞。

E. 2. 3. 4 在试验期间应定期同时对循环水和蒸汽进行取样和测定。



注：尺寸仅供参考。

图 E. 3 取样冷却器示意图

E. 3 两种测定方法

E. 3. 1 氯根法（硝酸银容量法）

E. 3. 1. 1 用循环水分析仪进行饱和蒸汽湿度的测定，测量方法按仪器说明书的规定。

E. 3. 1. 2 用氯根法测得的饱和蒸汽凝结水和循环水氯离子含量之比的百分数即为饱和蒸汽湿度，按公式（E.3）计算：

$$\varphi = \frac{\rho_D(\text{Cl}^-)}{\rho_S(\text{Cl}^-)} \times 100 \dots\dots\dots (\text{E.3})$$

式中：

φ ——饱和蒸汽湿度，以百分数表示；

$\rho_D(\text{Cl}^-)$ ——饱和蒸汽凝结水氯离子含量，单位为毫克每千克（mg/kg）；

$\rho_S(\text{Cl}^-)$ ——循环水氯离子含量，单位为毫克每千克（mg/kg）。

E. 3. 2 电导率法

E. 3. 3. 1 用电导率仪进行饱和蒸汽湿度的测定，测量方法按仪器的说明书进行操作。

E. 3. 3. 2 电极常数按电极上标定的系数进行操作。

E. 3. 3. 3 循环水和蒸汽冷凝水的电导率值之比的百分数为饱和蒸汽湿度，按公式（E.4）计算：

$$\varphi = \frac{G_D}{G_S} \times 100 \dots\dots\dots (E.4)$$

式中：

φ ——饱和蒸汽湿度，以百分数（%）表示；

G_D ——饱和蒸汽凝结水电导率值，单位为微西每厘米（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）；

G_S ——循环水电导率值，单位为微西每厘米（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）。

附录 F
(规范性)
压力损失的测定

F.1 测定装置

在机组的热水、余热水及冷却水配管上连接压力测试管，采用图 F.1 所示装置测定热水、余热水及冷却水进口侧与出口侧的压差。试验装置符合以下规定：

- a) 压力测试管：机组的热水、余热水及冷却水进出口接口上连接各自的直管，直管长度为配管内径 4 倍以上，在直管上距接口 2 倍配管内径以上位置设置一个压力测试孔，其位置与热泵内部配管及连接配管的弯头平面成垂直方向。
- b) 压力测试孔为 2 mm~6 mm 或压力测试管内径的 1/10，取两者之中较小的值，如图 F.2 所示，与管内壁垂直，其深度为孔径的 2 倍以上。其表面应光滑，孔内缘应无毛刺。

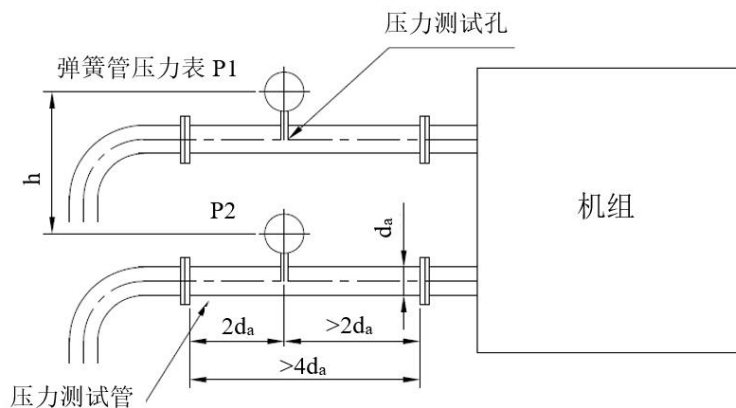


图 F.1 压力损失测试装置

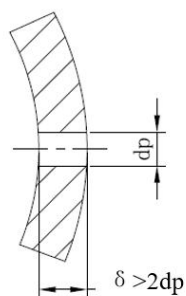


图 F.2 压力测试孔

F.2 测定方法

在规定水量时，测定机组进口与出口侧的压力差，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。

F.3 计算方法

压力损失按公式 (F.1) 计算：

$$h_w = p_1 - p_2 - 0.01h \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

h_w ——压力损失，单位为兆帕 (MPa)；

p_1 ——机组进口处压力，单位为兆帕 (MPa)；

p_2 ——机组出口处压力，单位为兆帕 (MPa)；

h ——两压力表中心之间的垂直距离，单位为米 (m)，出口高于进口时取正值，出口低于进口时取负值。
