

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXXXX—XXXX

烟气全热回收型溴化锂吸收式热泵

Lithium bromide absorption heat pump with flue gas total heat recovery

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 要求 2

6 试验方法 5

7 检验规则 6

8 标志、包装、出厂文件、运输和贮存 7

附录 A （规范性） 溴化锂溶液技术要求及管理 8

附录 B （规范性） 制热量试验方法 10

附录 C （资料性） 热水、余热水及补充水质 17

附录 D （规范性） 散热损失计算 18

附录 E （规范性） 压力损失试验方法 19

前 言

本文件是依据 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》的规定编写的。

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。

本文件负责起草单位：同方节能装备有限公司、……。

本文件主要起草人：……。

本文件为首次发布。

烟气全热回收型溴化锂吸收式热泵

1 范围

本文件规定了烟气全热回收型溴化锂吸收式热泵（以下简称“机组”）的术语和定义、型式与基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存等。

本文件适用于蒸汽、燃油、燃气、烟气、热水和导热油等热能为加热源的烟气全热回收型溴化锂吸收式热泵机组。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 18431 蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组

JB/T 7249 制冷设备 术语

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 150-2011 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB/T 18362 直燃型溴化锂吸收式冷（温）水机组

GB 18361 溴化锂吸收式冷（温）水机组安全要求

JB/T 4330 制冷和空调设备噪声的测定

GB/T 13306-2011 标牌

GB/T 14436 工业产品保证文件 总则

GB/T 9969—2008 工业产品使用说明书 总则

GB/T 17719-2009 工业锅炉及火焰加热炉烟气余热资源量计算方法与利用导则

3 术语和定义

GB/T 18431和JB/T 7249的术语和定义适用于本文件。本文件采用下列术语和定义。

3.1

烟气全热回收型溴化锂吸收式热泵 Lithium bromide absorption heat pump with flue gas total heat recovery

以水为制冷剂，溴化锂溶液为吸收剂，将发生器或高压发生器加热源的热量和蒸发器通过直接或间接换热器吸收的低温烟气中的烟气显热和水蒸气潜热的热量，转移到吸收器和冷凝器热水中的设备。

3.2

制热量 heat capacity

由热水带出机组的热量，单位：kW。

3.3

性能系数（COP） coefficient of performance

制热量除以加热源耗热量与消耗电功率之和所得的比值。

4 型式与基本参数

4.1 型式按加热源分类

机组按加热源分为三类：
——蒸汽型；
——直燃型。
——热源水型。

4.2 型号

机组型号由制造厂自行编制。

4.3 基本参数

4.3.1 机组的名义工况和性能参数

机组的名义工况和性能参数见表 1。

表 1 机组的名义工况和性能参数

名义工况参数范围 ^a									性能系数
型式	加热源			使用侧		热源侧			COP
	蒸汽型	直燃型	热源水型	热水		烟气			
	蒸汽压力 ^b MPa (G) ^c	燃料种类	热源水入口温度 ℃	进口温度 ℃	出口温度 ℃	进口温度 ℃	出口温度 ℃	消白（出口烟气含湿量） %	
—	0.1~0.8	—	≤130	40~70	50~90	≤180	≤30	≤5	≥1.60
	—	燃气、燃油							
	—	燃气、燃油							
^a 名义工况参数蒸汽压力、热源随热水、烟气进出口温度由企业和用户协商确定。									
^b 蒸汽压力指发生器或高压发生器蒸汽与用户边界处压力。									
^c 压力单位符号后面加“（G）”表示为表压（可省略），加“（a）”表示为绝压（不可省略）。									

4.3.2 机组名义工况的其他规定

- 4.3.2.1 新机组名义工况时的热水、余热水侧污垢系数均为 0.086m² ·℃/kW；
4.3.2.2 三相交流电为 380V，单相交流电为 220 V，额定频率 50 Hz。

5 要求

5.1 总则

机组应按经规定程序批准的图样和技术文件（或用户和制造厂的协议）制造，并符合本文件的规定。

5.2 公差要求

- 5.2.1 机组的制造公差按照设计图纸标注的公差范围执行；

5.2.2 机组的设计图纸中未单独标注的线性尺寸和角度尺寸公差与配合、倒圆脚半径和倒角高度尺寸，制造和检测时应遵照 GB/T 1804 中的相关规定，金加工件按精密 f 级、板焊件及组装件均按中等 m 级执行。

5.3 特种设备设计制造要求

5.3.1 当发生器或高压发生器设计为非圆形截面时，壳体及法兰强度计算执行 GB/T 150 的规定，管板强度计算参照 GB/T 151 的规定进行。

5.4 机组外观

机组外表面应整洁，漆膜表面应光滑、厚度均匀。机组外形尺寸应符合设计规定。

5.5 溴化锂溶液

机组使用的溴化锂溶液的技术要求及管理应符合附录 A（规范性）的要求。

5.6 性能要求

5.6.1 机组泄漏率

机组整机泄漏率应不大于 $2.03 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

5.6.2 液压试验

机组在液压试验时，热水、余热水和加热源侧各部位应无渗漏、异响和异常变形。

5.6.3 机组清洁度

机组组装时各零部件应清洁，机组内部任何部位用视觉或手触摸，不得看到或感到有异物存在。

5.6.4 名义工况性能

5.6.4.1 制热量

机组实测制热量应符合 GB/T 18362 的规定，不小于名义制热量的 95%。

5.6.4.2 加热源耗量

机组实测单位制热量的加热源耗量应符合 GB/T 18362 的规定，不大于名义值的 105%。

5.6.4.3 性能系数

机组实测性能系数应符合 GB/T 18362 的规定，不低于名义值的 95%。

5.6.4.4 水侧压力损失

机组热水、热源水的压力损失应不大于名义值的 110%。

5.6.4.5 消耗电功率

机组实测消耗电功率应不大于名义值的 105%。

5.6.4.6 噪声

机组实测噪声声压级应符合《工业噪声卫生标准》的规定，不高于 85db（A）。

5.6.5 变工况性能

机组在表 2 规定的范围内应能正常工作，并按间隔值进行变工况性能试验。

表 2 机组使用范围

参 数	单 位	使用范围	间隔值	备 注
蒸汽压力	MPa (G)	$a-0.05 \sim a+0.05$	0.05	$a \leq 0.4$
		$a-0.10 \sim a+0.05$	0.05	$0.4 < a \leq 0.6$
		$a-0.15 \sim a+0.05$	0.05	$0.6 < a \leq 0.8$
热源水进口温度	℃	$a-15 \sim a+15$	5	
热水进口温度	℃	$a-10 \sim a+5$	5	
烟气进口温度	℃	$a-25 \sim a+25$	5	
注：“a”为本文件明示的机组名义工况参数值。				

5.6.6 部分负荷性能

部分负荷工况规定如下：

- a) 热水进口温度：名义值；
- b) 热水流量：名义工况时满负荷流量；
- c) 热水出口温度：在进口温度不变的情况下，从 100% 负荷减少到 0% 负荷时，中间温度随负荷减小呈线性变化时的制热量；
- d) 烟气进口温度：名义值；
- e) 烟气流量：名义工况时满负荷流量；
- f) 部分负荷性能数据应分别以名义工况时满负荷性能数据的百分数来表示。

5.7 安全要求

5.7.1 绝缘电阻

绝缘电阻安全要求应符合 GB 18361 中 5.2 的规定。

5.7.2 耐电压强度

耐电压试验安全要求应符合 GB 18361 中 5.3 的规定。

5.7.3 安全保护器件动作

安全保护元器件动作要求应符合 GB 18361 中 5.7 的规定。

5.7.4 燃烧设备系统安全性

直燃型机组的燃烧设备系统的安全性应符合 GB 18361 中 4.2 的要求。

6 试验方法

6.1 测量仪器

仪表的类型及精度应符合表 3 的规定。

表 3 仪表的类型及精度

类 别	型 式	精 度
-----	-----	-----

类 别	型 式	精 度
温度测量	玻璃水银温度计 热电偶 电阻温度计 半导体温度计	a) 热水、余热水进、出口温度：±0.1℃； b) 冷剂水温度：±0.5℃； c) 溴化锂溶液、蒸汽及其凝水温度、环境温度：±1.0℃； d) 烟气温度：±2.0℃。
流量测量	差压式流量计 电磁式流量计 涡街式流量计 尾椎式流量计 液体计量容器	±1%（满量程）
压力测量	弹簧管式压力表 液柱压力计 压力传感器	±1%（满量程）
真空检漏	氦质谱检漏仪	灵敏度高于 $2.03 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
烟气分析	红外线式 氧化锆式 磁气式 电池式气体分析仪 烟浓度计 化学、电化学方法	>1%时，相对误差±2% 0.04%~1%时，相对误差±5% <0.04%时，绝对误差±0.002%
电工测量	指示式	±0.5% （0.5 级）
	积算式	±1.0% （1 级）
	绝缘电阻计	—
噪声测量	声级计	I 型或 I 型以上
时间测量	秒表	±0.2%
质量测量	台秤、天平、磅秤	±0.5%
注：以精度定义的测量仪表，其测量值应在仪表量程的1/3~2/3之间。		

6.2 试验方法

6.2.1 机组泄漏率

机组用干燥、洁净的空气或氮气进行气密性试验，试验压力应不小于 0.11MPa，用泡沫剂检查无泄漏后，再用灵敏度高于 $2.03 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦质谱检漏仪，按 GB/T 18431 中 6.2.1.1 的方法执行。

6.2.2 液压试验

6.2.2.1 液压试验按 GB/T 18431 中 6.2.1.2 的规定进行，以无渗漏、异响和异常变形为合格；

6.2.2.2 当有奥氏体不锈钢部件时，应控制试验用水中的氯离子含量不应超过 25mg/L。

6.2.3 名义工况性能试验

6.2.3.1 制热量

按附录B（规范性）给定的方法，在表1中机组名义工况及在表B.1允许偏差范围内进行试验。

6.2.3.2 加热源耗量

按附录 B 给定的方法，试验时未采取绝热措施的，应按附录 D(规范性)给定的方法计算散热损失系数，再按附录 B 的式 (B. 6) 进行修正。

6.2.3.3 性能系数 COP

按 6.2.3.2 方法实测加热源耗热量与按 6.2.3.5 实测消耗电功率之和,按附录 B 的式 (B. 14) 计算所得的比值。

6.2.3.4 水侧压力损失测试

按附录 B 进行名义工况试验，待制热量数值稳定时，按附录 E（规范性）进行测试。

6.2.3.5 消耗电功率测定

在名义工况下运行，用 6.1 规定的仪表测定机组的输入电功率。

6.2.3.6 噪声测定

按附录 B 试验中待制热量数值稳定时，按 JB/T 4330 方法测定和计算机组噪声。

6.2.4 变工况试验

按附录B和5.7.5规定的变工况试验条件及间隔值，在其他参数与名义工况不变的条件下，有选择的单独改变某一参数进行变工况试验。

6.2.5 部分负荷试验

按附录 B 和 5.7.6 规定的部分负荷工况进行试验，测定制热量和加热源耗量。

7 检验规则

7.1 总则

机组须经公司质检部门检验合格，并签发合格证后方可出厂。

7.2 检验类别

机组检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2.1 出厂检验

每台机组均应做出厂检验，检验项目和试验方案按表 4 的规定。

7.2.2 型式检验

新产品或定型产品作重大改进对性能有影响时，第一台产品应做型式检验。检验项目和试验方法按表 4 的规定。

表 4 检验的项目、要求和试验方法

序号	项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	成套设备组成	○	○	按总装图	视检
2	标志及安全标识			8.1	视检
3	机组泄漏率			5.6.1	6.2.1
4	液压试验			5.6.2	6.2.2

序号	项目		出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
5	绝缘电阻				5.7.1	GB 18361 的 5.2
6	耐电压强度				5.7.2	GB 18361 的 5.3
8	安全保护器件动作				5.7.3	GB 18361 的 5.7
9	燃烧设备性能 ^a				5.7.4	GB 18361 的 4.2
10	机组外观				5.4	视检或用直尺测量
11	名义工况 性能	制热量 ^b	—		5.6.4.1	6.2.3.1
12		加热源耗量 ^b			5.6.4.2	6.2.3.2
13		消耗电功率 ^b			5.6.4.5	6.2.3.5
14		性能系数 ^b			5.6.4.3	6.2.3.3
15		水侧压力损失 ^b			5.6.4.4	6.2.3.4
16	噪声测定				5.6.4.6	6.2.3.6
17	变工况性能				5.6.5	6.2.4
18	部分负荷试验				5.6.6	6.2.5
注：“○”为需要，“—”为不需要。						
^a 供应商能够提供证明时，可不做。						
^b 可在用户现场进行试验。						

8 标志、包装、出厂文件、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台机组应有耐久性铭牌固定于明显部位。铭牌的尺寸和技术要求应符合 GB/T 13306 的规定。

8.1.2 铭牌上应标示下列内容：

- 制造厂名称和地址；
- 产品型号和名称；
- 主要技术参数；
- 产品出厂编号；
- 制造日期。

8.1.3 对于压力容器产品或部件，应有符合 TSG 21 附录 B 中规定内容的铭牌。

8.2 包装

- 机组外露的不涂漆表面应采取防腐措施，应对连接管断开处采取封堵或包扎保护，外露的螺纹接头用丝堵塞堵、法兰孔用盲板封堵以免异物进入；
- 机组出厂时应有防雨、防尘、防腐包装；
- 机组与大气连接的阀门应有防护措施，使其不易打开。

8.3 出厂文件

每台机组出厂时应随带下列文件：

- 符合 GB/T 14436 规定的产品合格证；
- 符合 GB/T 9969 规定的“使用说明书”，其内容至少应包括：概述、结构特征与工作原理、技术特性、外形尺寸、重量、安装调试、使用操作、故障分析与排除、安全保护装置及事故处理、保养维修、运输、贮存、开箱及检查等。

- c) 出厂文件应包括：外形图、基础图、电气原理图、电路图、接线图及压力容器成套资料等。
- d) 各包装箱应有与之对应的装箱单，每份装箱单所列内容应分别与包装箱内的物品名称、规格、型号及数量相一致。

8.4 运输

- a) 机组可采取汽运或铁路运输方式；
- b) 装车时应将机组放置平稳，机组架台不得悬空，且应将机组与车体固定；
- c) 机组装车时应将所有水室排水阀打开，确保液压试验残留水排净；
- d) 机组运输中不应有剧烈振动和冲击，以免对机组造成损伤。

8.5 贮存

8.5.1 机组出厂前应充入 0.01MPa~0.03MPa 的干燥氮气或保持真空。

8.5.2 机组应存放在库房或有遮盖的场所。

附 录 A
(规范性)
溴化锂溶液技术要求及管理

A.1 溴化锂溶液技术要求

溴化锂溶液技术要求见表A.1。

表 A.1 溴化锂溶液技术要求

项 目	钼酸锂缓蚀剂系列	铬酸锂缓蚀剂系列
溴化锂 LiBr	50%~55%	50%~55%
钼酸锂 Li_2MoO_4	0.05%~0.20%	—
铬酸锂 LiCrO_4	—	0.10%~0.30%
pH 值或碱度	pH=9~10.5 或 LiOH 0.05~0.2mol/L	
硫酸根 SO_4^{2-}	<0.02%	
氯离子 Cl^-	<0.05%	
钾钠合计 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$	<0.02%	
氨 NH_3	<0.0001%	
钙 Ca^{2+}	<0.001%	
镁 Mg^{2+}	<0.001%	
钡 Ba^{2+}	<0.001%	
铜 Cu^{2+}	<0.0001%	
总铁 Fe	<0.0001%	
硫化物 S^{2-} 试验	无反应	
溴酸盐 BrO_3^- 试验	无反应	
有机物试验	无反应（添加剂辛醇等除外）	

A.2 溴化锂溶液的管理

A.2.1 定期检查溴化锂溶液的浓度、pH值、碱度、缓蚀剂、辛醇含量及杂质污染程度等。

A.2.2 根据检查结果，调整浓度、pH值、碱度、添加缓蚀剂、辛醇，分离除去杂质。

附录 B (规范性) 制热量试验方法

B.1 适用范围

本附录规定了机组的制热量试验方法。

B.2 试验方法

机组的制热量通过测定机组吸收器和冷凝器热水的流量和进出口温度，进行计算。试验所得的制热量，可由热量旁通阀或热交换器予以平衡。

B.3 试验装置

试验装置如图B.1所示。试验装置中应装有稳定流量和水温的附加装置。

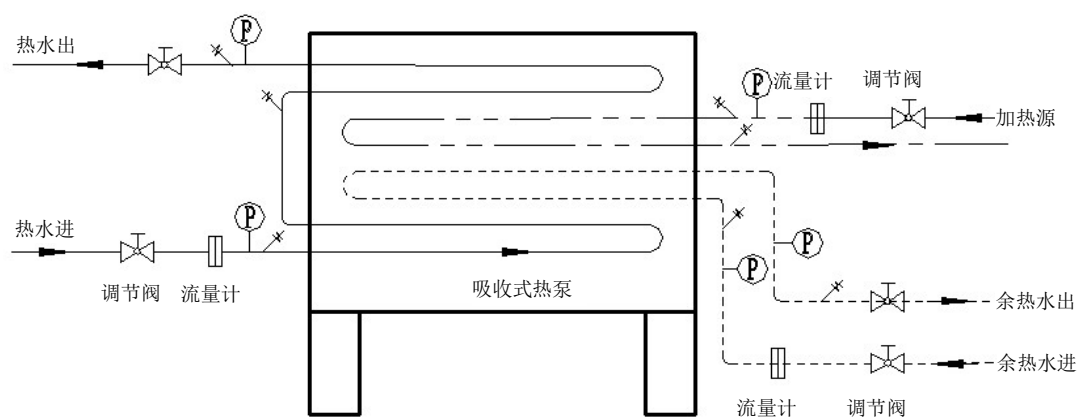


图 B.1 试验装置系统图

B.4 试验规定

B.4.1 一般规定

- B.4.1.1 机组应按照图B.1规定的方法进行安装，不应做影响制热量试验的改装；
- B.4.1.2 排除机组中的不凝性气体，确认机组无泄漏；
- B.4.1.3 溴化锂溶液应符合附录B的规定，溶液量、浓度和辛醇量应按设计规定添加；
- B.4.1.4 机组各阀门、仪表、安全保护装置应调整妥当；
- B.4.1.5 排除试验装置水配管内的空气，确认管内充满水；
- B.4.1.6 采用适当措施，使进口工作蒸汽处于过热状态，过热度为 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ；
- B.4.1.7 直燃型机组使用的燃料应符合GB/T 18362的规定；
- B.4.1.8 机组使用的热水、余热水和补充水质应符合附录D的规定。

B.4.2 试验和记录规定

B.4.2.1 试验数据应在工况稳定后进行测量，每隔15min测一次，各数据应同时测取，连续记录不少于3次的算术平均值为该项性能的试验数据。

B.4.2.2 每次测量的数据应用热平衡法校核，其偏差应在 $\pm 5\%$ 以内。

B.4.2.3 试验数据的允许偏差见表B.1。

表 B.1 试验参数的允许偏差

试验参数		每次测量值与规定值间的 最大允许偏差	三次测量平均值与 规定值的偏差
热 源 水	进口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	出口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	流量， m^3/h	$\pm 5\%$	—
热 水	进口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	出口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	流量， m^3/h	$\pm 5\%$	—
烟 气	进口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	出口温度， $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	—
	流量， m^3/h	$\pm 5\%$	—
蒸汽压力，MPa		$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
电压，V		$\pm 10\%$	$\pm 5\%$
频率，Hz		± 1	$\pm 1\%$

B.5 试验记录

试验时应记录的内容和数据见表B.2。

表 B.2 试验应记录的数据

序号	记录内容		单位
1	吸收器、冷凝器	热水进口温度	$^{\circ}\text{C}$
2		热水出口温度	$^{\circ}\text{C}$
3		热水流量	m^3/h
4		热水比热容	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$
5		热水密度	kg/m^3
6	蒸发器及烟气换热器	余热水进口温度	$^{\circ}\text{C}$
7		余热水出口温度	$^{\circ}\text{C}$
8		余热水流量	m^3/h
9		余热水比热容	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$
10		余热水密度	kg/m^3
11		烟气进口温度	$^{\circ}\text{C}$
12		烟气出口温度	$^{\circ}\text{C}$
13		烟气流量	Nm^3/h

表 B.2 (续)

序号	记录内容		
14	蒸发器及烟气换热器	烟气入口平均比热容	$\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
15		烟气入口平均比热容	$\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
16		凝水流量	m^3/h
17		凝水温度	$^\circ\text{C}$
18	发生器或高压发生器	蒸汽压力	MPa
19		蒸汽温度	$^\circ\text{C}$
20		蒸汽流量	kg/h
21		凝结水温度	$^\circ\text{C}$
22		燃气低位热值	kJ/m^3
23		燃气流量	m^3/h
24		燃油低位热值	kJ/kg
25		燃油流量	kg/h
26		烟气温度	$^\circ\text{C}$
27	其它	消耗电功率	kW
28		产品型号、出厂编号	
29		试验地点环境温度	$^\circ\text{C}$
30		试验地点、试验日期	
31		试验人员名单	

B.6 试验结果计算

B.6.1 制热量计算

制热量按式 (B.1) 计算:

$$Q_w = (1/3600)W_w C_w \rho_w (t_{w2} - t_{w1}) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

Q_w —— 制热量, kW ;
 W_w —— 热水流量, m^3/h ;
 C_w —— 平均温度下热水的比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;
 ρ_w —— 热水密度, kg/m^3 ;
 t_{w1} —— 热水进口温度, $^\circ\text{C}$;
 t_{w2} —— 热水出口温度, $^\circ\text{C}$ 。

B.6.2 余热源放出的热量

B.6.2.1 余热水放热量按式 (B.2) 计算:

$$Q_c = (1/3600)W_c C_c \rho_c (t_{c1} - t_{c2}) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- Q_c —— 余热水放热量, kW;
 W_c —— 余热水流量, m^3/h ;
 C_c —— 平均温度下余热水的比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;
 ρ_c —— 余热水密度, kg/m^3 ;
 t_{c1} —— 余热水进口温度, $^\circ\text{C}$;
 t_{c2} —— 余热水出口温度, $^\circ\text{C}$ 。

B. 6. 2. 2 烟气放出的热量按式 (B. 3) 计算:

$$Q_y = (1/3600) \left(V_y t_{y1} - \left(V_y - \frac{W_n}{0.833} \right) \times t_{y2} - W_n C_n \right) \dots\dots\dots (\text{B. 3})$$

式中:

- Q_y —— 烟气放热量, kW;
 V_y —— 烟气流量, Nm^3/h ;
 H_{y1} —— 烟气入口平均比热容, 按实测烟气确定, $\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;
 H_{y2} —— 烟气出口平均比热容, 按实测烟气确定, $\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;
 t_{y1} —— 烟气入口温度, $^\circ\text{C}$;
 t_{y2} —— 烟气出口温度, $^\circ\text{C}$;
 W_n —— 烟气凝结水量, kg/h ;
 C_n —— 烟气凝结水温度下的比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

B. 6. 2. 3 蒸汽输入热量

B. 6. 2. 3. 1 蒸汽流量的测量

- 用两种以上流量计测量;
- 由孔板流量计指示值读出, 直接按测定工况与孔板流量计设计流量的偏差进行修正;
- 用凝结水箱 (筒) 测量, 由测得的凝结水量按式 (B. 4) 计算蒸汽流量:

$$W_s = G_{sw} \rho_{sw} X \frac{1}{1-f} \dots\dots\dots (\text{B. 4})$$

式中:

- W_s —— 蒸汽流量, kg/h ;
 G_{sw} —— 凝结水量, L/h ;
 ρ_{sw} —— 凝结水密度, kg/L ;
 X —— 蒸汽的干度 (%), 过热蒸汽及经过汽水分离后的饱和蒸汽 $X=1$;
 f —— 测定凝结水量时, 从凝结水中蒸发掉的蒸汽比值。

B. 6. 2. 3. 2 具有绝缘措施时, 蒸汽输入热量按式 (B. 5) 计算:

$$Q_i = (1/3600) W_s (h_{s1} - h_{s2}) \dots\dots\dots (\text{B. 5})$$

式中:

- Q_i —— 蒸汽耗热量, kW;
 W_s —— 蒸汽流量, kg/h ;
 h_{s1} —— 蒸汽比焓, kJ/kg ;
 h_{s2} —— 凝结水比焓, kJ/kg 。

B. 6. 2. 3. 3 无绝热措施时, 蒸汽耗热量按式 (B. 6) 计算:

$$Q_i = (1/3600)W_s(h_{s1} - h_{s2})(1 - \iota) \dots\dots\dots (B. 6)$$

式中:

ι —— 散热损失系数 (见附录D)。

B. 6. 2. 4 热源水输入热量

制热量按式 (B. 7) 计算:

$$Q_i = (1/3600)W_r C_r \rho_r (t_{r1} - t_{r2}) \dots\dots\dots (B. 7)$$

式中:

Q_i —— 制热量, kW;

W_r —— 热水流量, m³/h;

C_r —— 平均温度下热水的比热容, kJ/(kg·°C);

ρ_r —— 热水密度, kg/m³;

t_{r1} —— 热水进口温度, °C;

t_{r2} —— 热水出口温度, °C。

热源水输入热量计算时, 未进行绝热施工时应按附录E进行修正。

B. 6. 2. 5 燃气输入热量

燃气输入热量按式 (B. 8) 计算:

$$Q_i = (1/3600) q_i r_i \dots\dots\dots (B. 8)$$

式中:

Q_i —— 燃气输入热量, kW;

q_i —— 燃气消耗量, m³/h;

r_i —— 燃气热值, kJ/m³。

燃气输入热量计算时, 未进行绝热施工时应按附录 E 进行修正。

B. 6. 2. 6 燃油输入热量

燃油输入热量按式 B. 9 计算。

$$Q_i = (1/3600) q_o r_o \dots\dots\dots (B. 9)$$

式中:

Q_i —— 燃气输入热量, kW;

q_o —— 燃油消耗量, kg/h;

R_o —— 燃油热值, kJ/kg。

燃油输入热量计算时, 未进行绝热施工时应按附录 E 进行修正。

B. 6. 2. 7 烟气热损失

a) 燃气烟气热损失按式 (B. 10) 计算:

$$Q_q = (1/3600) G_q (V_{py2} C_{py} t_{py} - \alpha V_{o2} C_k t_k) \dots\dots\dots (B. 10)$$

b) 燃气烟气热损失按式 (B. 11) 计算:

$$Q_q = (1/3600) G_q (V_{py1} C_{py} t_{py} - \alpha V_{o1} C_k t_k) \dots\dots\dots (B. 11)$$

式中:

Q_q —— 直燃型烟气热损失, kW;

G_q —— 烟气量, m^3/h ;

V_{py2} —— 每立方米干燃气烟气体积, m^3/m^3 ;

C_{py} —— t_{py} 温度下烟气的平均体积定压热容, 按实测烟气确定, $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$;

t_{py} —— 直燃机排烟口平均温度, $^\circ C$;

α —— 排烟过量空气系数, 按 GB/T 15319 相关规定计算;

V_{o2} —— 每立方米干燃气理论空气量, m^3/m^3 ;

C_k —— t_k 温度下空气的平均体积定压热容, $kJ/(m^3 \cdot ^\circ C)$;

t_k —— 直燃机空气进口处空气平均温度, $^\circ C$;

V_{py2} —— 每立方米干燃气烟气体积, m^3/m^3 ;

V_{o1} —— 每千克燃油理论空气量, m^3/kg 。

上式中 V_{py1} 、 V_{py2} 、 V_{o2} 按 GB/T 17719 相关规定计算。

B. 6. 2. 8 机组热平衡校核

B. 6. 2. 8. 1 蒸汽型机组热平衡偏差按式 (B. 12) 计算:

$$\Delta = \frac{Q_i + Q_c + A - Q_w}{Q_w} \times 100\% \dots\dots\dots (B. 12)$$

式中:

Δ —— 热平衡偏差;

A —— 消耗电功率, kW。

B. 6. 2. 9 直燃型机组热平衡偏差按式 (B. 13) 计算:

$$\Delta = \frac{Q_i + Q_c + A - Q_w - Q_q}{Q_w} \times 100\% \dots\dots\dots (B. 13)$$

式中:

Q_q —— 直燃型烟气热损失。

C. 6. 2. 10 烟气换热塔热平衡偏差按式 (B. 14) 计算:

$$\Delta = \frac{Q_y - Q_c}{Q_y} \times 100\% \dots\dots\dots (B. 14)$$

B. 6. 3 性能系数按 (B. 15) 计算:

$$COP = \frac{Q_w}{Q_i + A} \dots\dots\dots (B. 15)$$

式中:

COP —— 性能系数;

JB/T XXXXX—XXXX

Q_w —— 制热量, kW;

Q_i —— 加热源耗热量, kW;

A —— 消耗电功率, kW。

附 录 C
(资料性)
热水、余热水及补充水质

C.1 热水、余热水、热源水水质见表C.1。

表 C.1 热水、余热水、热源水水质

项目		基准值	倾 向	
			腐 蚀	结 垢
基准项目	酸碱度 pH (25℃)	6.5~8.0	○	○
	电导率 (25℃) $\mu\text{S}/\text{cm}$	<800	○	○
	氯离子 Cl^- $\text{mg}(\text{Cl}^-)/\text{L}$	<200	○	—
	硫酸根离子 SO_4^{2-} $\text{mg}(\text{SO}_4^{2-})/\text{L}$	<200	○	—
	酸消耗量 (pH4.8) $\text{mg}(\text{CaCO}_3)/\text{L}$	<100	—	○
	全硬度 $\text{mg}(\text{CaCO}_3)/\text{L}$	<200	—	○
参考项目	铁 Fe $\text{mg}(\text{Fe})/\text{L}$	<1.0	○	○
	硫离子 S^{2-} $\text{mg}(\text{S}^{2-})/\text{L}$	检验不出	○	—
	铵离子 NH_4^+ $\text{mg}(\text{NH}_4^+)/\text{L}$	<1.0	○	—
	氧化硅 SiO_2 $\text{mg}(\text{SiO}_2)/\text{L}$	<50	—	○
注：“○”表示存在腐蚀或结垢倾向的有关因素，“—”表示无关。				

C.2 补充水水质见表D.2。

表 C.2 补充水水质

项目		基准值
基准项目	酸碱度 pH(25℃)	6.0~8.0
	电导率 (25℃) $\mu\text{S}/\text{cm}$	<200
	氯离子 Cl^- $\text{mg}(\text{Cl}^-)/\text{L}$	<50
	硫酸根离子 SO_4^{2-} $\text{mg}(\text{SO}_4^{2-})/\text{L}$	<50
	酸消耗量 (pH4.8) $\text{mg}(\text{CaCO}_3)/\text{L}$	<50
	全硬度 $\text{mg}(\text{CaCO}_3)/\text{L}$	<50
参考项目	铁 Fe $\text{mg}(\text{Fe})/\text{L}$	<0.3
	硫离子 S^{2-} $\text{mg}(\text{S}^{2-})/\text{L}$	检验不出
	铵离子 NH_4^+ $\text{mg}(\text{NH}_4^+)/\text{L}$	<0.2
	氧化硅 SiO_2 $\text{mg}(\text{SiO}_2)/\text{L}$	<30

附 录 D

(规范性)

散热损失计算

D.1 散热损失量按式 (D.1)、或式 (D.2) 计算:

$$Q_o = (t - t_a) \alpha A \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

$$Q_i = (t - t_a) A / (1/\alpha + \delta/\lambda) \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

- Q_o —— 采取绝热措施前的散热损失量, W;
 Q_i —— 采取绝热措施后的散热损失量, W;
 T —— 表面温度, °C;
 t_a —— 环境温度, °C;
 α —— 表面放热系数, 取 $\alpha = 11.63 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 A —— 表面积, m^2 ;
 δ —— 保温材料厚度, m;
 λ —— 保温材料导热率, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

D.2 散热损失系数按式 (D.3) 计算:

$$\iota = (Q_o - Q_i) / Q_i \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

- ι —— 散热损失系数;
 Q_i —— 加热源耗热量, kW。

D.3 散热损失系数随机组型式、结构、制热量、保温结构不同而异, 按式 (D.3) 计算的, 名义工况时散热损失系数的平均值见表D.1。

表 D.1 散热损失系数

制热量 MW	1~10	>10~20	>20~40	>40~60	>60~100
—	0.08	0.07	—	—	—

附 录 E
(规范性)
压力损失试验方法

E. 1 测定装置

机组热水、余热水、热源水配管进出口连接测定用直管，如图E. 1所示。直管长度至少为配管内径的4倍，在距机组至少2倍配管内径处设置测定孔，其位置与机组内部及系统配管弯头成垂直方向。

测定孔径为2mm～6 mm或1/10测定用直管内径的较小值，如图E. 2所示，孔与管内壁成垂直方向，深度至少为孔径的2倍，其表面应光滑，孔口应无毛刺。

压力损失采用6. 1规定的弹簧管式压力表测定。

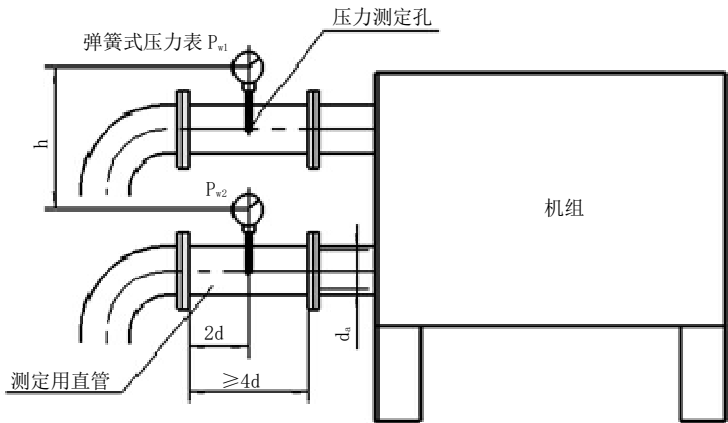


图 E. 1 压力损失测定装置

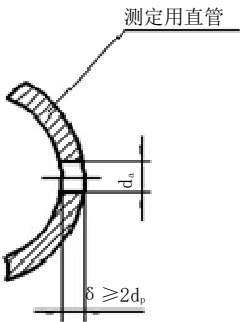


图 E. 2 压力测定孔

E. 2 测定方法

在名义水量下，测量机组热水、余热水、热源水进出口侧的压力差，测试前应完全排除仪表与压力测定孔之间接管内的空气，充满清水。

E. 3 计算方法

压力损失按式 (E. 1) 计算：

$$h_w = (P_{w1} - P_{w2}) - 0.01h \dots\dots\dots (E. 1)$$

式中：

h_w —— 压力损失，MPa；

P_{w1} —— 机组进口侧压力，MPa；

P_{w2} —— 机组出口侧压力，MPa；

h —— 进出口侧压力表中心垂直距离 (h)，出口高时为正值，出口低时为负值。