



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

压缩机能效测量装置校准规范

Calibration Specification for Energy Efficiency

Testing Apparatus of Compressors

(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 发布

压缩机能效测量装置校准规范

Calibration Specification for Energy

Efficiency Testing Apparatus of

Compressors

JJFXXXX-XXXX

归口单位：全国能源资源计量技术委员会
能效标识计量分技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国能源资源计量技术委员会能效标识计量分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及其他设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	11
9 复校时间间隔.....	11
附录 A 校准原始记录格式.....	12
附录 B 校准证书内页格式.....	16
附录 C 测量不确定度评定示例.....	20

引 言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

压缩机能效测量装置校准规范

1 范围

本规范适用于冰箱、冷柜、空调等家用及类似用途电动机-压缩机为测试对象，以第二制冷剂量热计法为主要试验方法的能效测量装置的校准，具有相同测量原理的其他测量装置也可参照本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 105 转速表检定规程

JJG 837 直流低电阻表检定规程

JJG 875 数字压力计检定规程

JJF 1366 温度数据采集仪校准规范

JJF 1472 过程仪表校验仪校准规范

JJF 1491 数字式交流电参数测量仪校准规范

JJF 1708 标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范

GB/T 5773 容积式制冷压缩机性能试验方法

GB/T 9098 电冰箱用全封闭型电动机-压缩机

GB/T 15765 房间空气调节器用全封闭型电动机-压缩机

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

GB/T 5773、GB/T 9098 和 GB/T 15765 界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

压缩机能效测量装置（以下简称“测量装置”）是集多物理量参数监测于一体的综合性性能检测系统，主要适用于冰箱、冷柜、空调等制冷压缩机的制冷量、输入功耗、能效比等关键性能参数的试验测试与量化评价。该装置以第二制冷剂量热计法为主要测试方法，辅以制冷剂液体流量剂法或 GB/T 5773 规定的其他测试方法为校核方法，为被测压缩机提供稳定、

可控、可复现的标准试验工况，并准确测量被试机性能。系统集成温度、压力、电参数、介质流量四大核心测量子系统，配套工业铂热电阻、热电偶、压力变送器、数字功率计、流量计等计量设备，同步采集试验过程中的温度、压力、电功率、介质流量等关键参数。通过对实测数据进行运算处理，可准确获取被测压缩机的制冷性能、能耗指标、能效比及其他相关性参数，是开展压缩机能效检测、性能评定的核心试验装备。

5 计量特性

测量装置的典型测量范围和最大允许误差见表 1。

表 1 典型测量范围和最大允许误差

项目		典型测量范围	最大允许误差
温度	铂电阻	$(-30\sim 90)^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
	热电偶	$(-50\sim 150)^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$
压力		$(0\sim 6)\text{MPa}$	$\pm 0.2\%\text{FS}$
电参数	电压	$(50\sim 300)\text{V}$	$\pm 0.3\%$
	电流	$(0.01\sim 20)\text{A}$	$\pm 0.3\%$
	功率	$(0.1\sim 6000)\text{W}$	$\pm 0.5\%$
	频率	$(45\sim 65)\text{Hz}$	$\pm 0.3\%$
	功率因数	$0.20\sim 1.00$	± 0.02
流量		$(0\sim 300)\text{kg/h}$	$\pm 0.5\%$
转速		$(30\sim 10000)\text{r/min}$	$\pm 1.0\%$
绕组电阻		$(0.1\sim 2000)\Omega$	$\pm 1.0\%$
制冷量		——	$\pm 3.0\%$

注：以上技术性指标仅供参考，不做符合性判定。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(15\sim 35)^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 环境湿度： $(45\sim 85)\%\text{RH}$ 。

6.1.3 大气压力： $(96\sim 106)\text{kPa}$ 。

6.1.4 工作区域无明显空气对流、机械振动和电磁干扰。

6.1.5 当校准用设备对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

6.2 测量标准及其他设备

校准用测量标准及其它设备如表2所示。

表 2 主要校准设备一览表

序号	设备名称	技术要求	用途
1	标准铂电阻温度计	二等	测量温度参考值
2	电测设备	温度测量范围应覆盖标准铂电阻温度计的测量范围，准确度等级：0.005 级及以上	与标准铂电阻温度计配套使用
3	恒温槽	控温范围应覆盖温度测量系统的测量范围，均匀性不超过 0.01℃，波动性不超过 0.02℃/10min	温度源
4	压力标准器	测量范围应覆盖压力测量系统的测量范围； 最大允许误差：±0.05%	提供标准压力
5	功率标准表或功率标准源	电参数的测量或输出范围应覆盖电参数测量系统的测量范围；电压、电流、频率、功率因数测量或输出最大允许误差：±0.10%，功率测量或输出最大允许误差：±0.15%	测量电参数参考值或向电参数测量系统提供标准电压、电流、功率、频率及功率因数
6	负载	负载容量应覆盖电参数测量系统的测量范围	提供稳定的负载
7	温度校验仪	温度模拟信号输出范围应覆盖热电偶信号采集系统的测量范围；最大允许误差：±0.3℃	向热电偶信号测量系统提供温度模拟信号
8	标准流量计	测量范围应覆盖流量测量系统的测量范围； 最大允许误差：±0.15%	测量流量参考值
9	标准转速发生装置	测量范围应覆盖转速测量系统的测量范围； 最大允许误差：±0.3%	测量转速参考值
10	直流电阻箱	测量范围应覆盖绕组电阻测量系统的测量范围； 最大允许误差：±0.3%	提供标准电阻值
11	制冷量标准传递装置	具有参考值的标准压缩机，或能够测量自身输出制冷量的专用装置；最大允许误差：±1.5%	向测量装置提供制冷量
注：除负载外，其余主要仪器设备及装置均应具有有效的检定或校准证书。			

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测量装置的校准项目见表 3，应根据测量装置的结构类型及客户要求，选择相关的校准项目。

表 3 测量装置的校准项目

序 号	项 目 名 称	技术要求条款	校准方法章节号
1	温度	表 1	7.2.2
2	压力	表 1	7.2.3

3	电参数	表 1	7.2.4
4	流量	表 1	7.2.5
5	转速	表 1	7.2.6
6	绕组电阻	表 1	7.2.7
7	制冷量	表 1	7.2.8

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

校准前应检查测量装置各部分均应处于正常工作状态。

7.2.2 温度校准方法

7.2.2.1 校准点选取

校准点应均匀分布在整個測量範圍內，不少於 5 個校準點。必要時，可根據測量裝置常用試驗工况或用戶需求增加校準點。

7.2.2.2 铂电阻温度校准步骤

参照 JJF 1366 对铂电阻温度测量系统进行校准。

将标准铂电阻温度计和被校温度传感器同时插入恒温槽内，插入深度一般不小于 100mm，并处于相同有效温度区域内，如图 1 所示。将恒温槽设定至校准点，并待其足够稳定，且标准铂电阻读数与校准点偏差不超过±0.1℃时，用标准铂电阻温度计读取恒温槽中的温度 T_B ，温度测量仪表显示的温度为 T_X 。

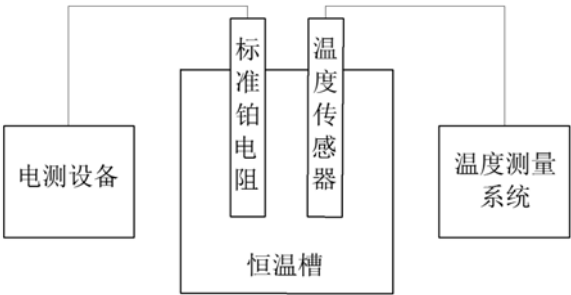


图 1 铂电阻温度校准示意图

7.2.2.3 热电偶温度校准步骤

对于不更换热电偶传感器的通道，校准方法可参照 7.2.2.2。

参照 JJF 1472 对热电偶信号测量系统进行校准。

使用铜导线将温度校验仪输出端与热电偶接线盘上的接线端子连接，如图 2 所示。关闭温度校验仪的参考端温度自动补偿功能，并设置为热电偶信号输出模式。将温度校验仪调节至需要的热电偶信号类型，并依次输出校准点，待热电偶信号测量系统读数足够稳定后，读

取温度校验仪输出值 T_B 和热电偶测量系统测量值 T_X 。

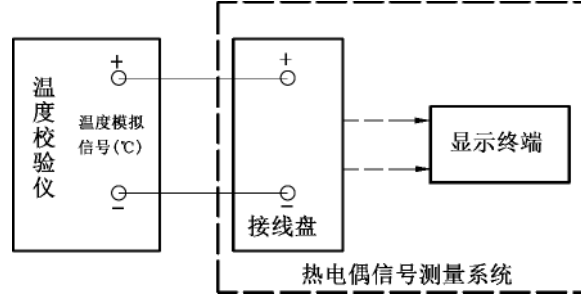


图2 热电偶测量系统校准示意图

7.2.2.4 示值误差

温度示值误差按式（1）计算：

$$\Delta t = t_x - t_B \quad (1)$$

式中：

Δt —— 温度示值误差，℃；

t_x —— 温度测量仪表显示值，℃；

t_B —— 温度标准值，℃。

7.2.3 压力校准方法

7.2.3.1 校准点选择

校准点应均匀分布在整個测量范围内，不少于 5 个校准点，必要时根据试验要求或客户要求增加校准点。

7.2.3.2 校准步骤

参照 JJG 875 对压力测量系统进行校准。

将压力标准器置于被校压力传感器相同的高度，并将压力标准器和被校压力传感器同时接入压力发生器中；校准时，按照升压、降压顺序，依次平稳地将压力发生器调整至校准点并待其足够稳定，分别读取压力标准器示值 p_B 和压力测量仪表示值 p_X ，计算测量误差较大值为该校准点的示值误差。校准所使用的工作介质应为洁净、无腐蚀性的气体。

7.2.3.3 示值误差

压力示值误差按式（2）计算：

$$\Delta p = p_X - p_B \quad (2)$$

式中：

Δp —— 压力示值误差，kPa 或 MPa；

p_X —— 压力测量仪表示值，kPa 或 MPa；

p_B —— 压力标准值，kPa 或 MPa。

7.2.4 电参数校准方法

7.2.4.1 校准点选择

应根据电参数测量系统测量范围合理选择校准点，一般不少于 5 个校准点，对于三相功率测量系统可按照单相校准要求逐相进行，必要时根据试验要求或客户要求增加校准点。

7.2.4.2 校准步骤

参照 JJF1491 对电参数测量系统进行校准。

1) 当使用功率标准表法进行校准时：

将标准功率表、负载连接至被校电参数测量系统的实际负载接线端，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 3 所示；

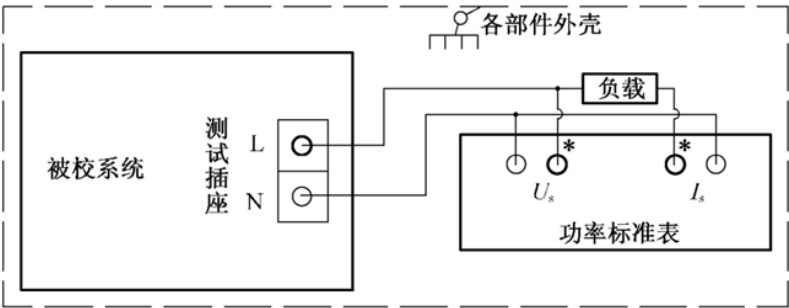


图 3 功率标准表法校准示意图

注：图中*为同名端。

按照功率渐升顺序，依次平稳地将负载调整至校准点，同时读取功率标准表和被校电参数测量系统的电压、电流、功率、频率和功率因数示值。

2) 当使用功率标准源法进行校准时：

将被校功率计的测量端与检测装置断开，然后与功率标准源的对应端子连接，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 4 所示；

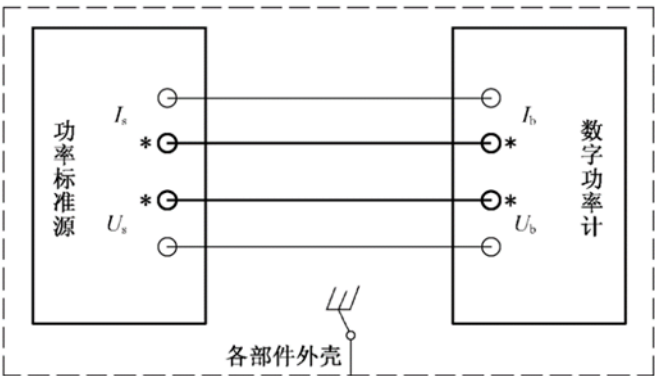


图 4 功率标准源法校准示意图

注：图中*为同名端。

按照功率渐升顺序，依次平稳地将功率标准源调整至校准点并待其足够稳定，读取功率

标准源和被校电参数测量系统的电压、电流、功率、频率和功率因数示值。

7.2.4.3 示值误差

1) 电压相对误差按式(3)计算:

$$\delta_U = \frac{U_x - U_B}{U_B} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

ΔU ——电压相对误差, %;

U_x ——电压显示值, V;

U_B ——电压标准值, V。

2) 电流相对误差按式(4)计算:

$$\delta_I = \frac{I_x - I_B}{I_B} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ_I ——电流相对误差, %;

I_x ——电流显示值, A;

I_B ——电流标准值, A。

3) 功率相对误差按式(5)计算:

$$\delta_P = \frac{P_x - P_B}{P_B} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

δ_P ——功率相对误差, %;

P_x ——功率显示值, W;

P_B ——功率标准值, W。

4) 频率相对误差按式(6)计算:

$$\delta_f = \frac{f_x - f_B}{f_B} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

δ_f ——频率相对误差, %;

f_x ——频率显示值, Hz;

f_B ——频率标准值, Hz。

5) 功率因数示值误差按式(7)计算:

$$\Delta PF = PF_x - PF_B \quad (7)$$

式中:

ΔPF ——功率因数示值误差;

PF_x ——功率因数显示值;

PF_B ——功率因数标准值。

7.2.5 流量校准方法

当流量测量系统未预留在线校准端口时，将流量计委托计量机构进行检定或校准。当流量测量系统预留在线校准端口时，可采用下述方法对流量计进行在线校准。

7.2.5.1 校准点选择

一般应包括测量范围内至少 3 个点。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.5.2 校准步骤

参照 JJF1708 对流量测量系统进行校准。

1) 可选择图 5 中的一种连接方式串联标准流量计与被校流量计，并充分排空管路中的空气。

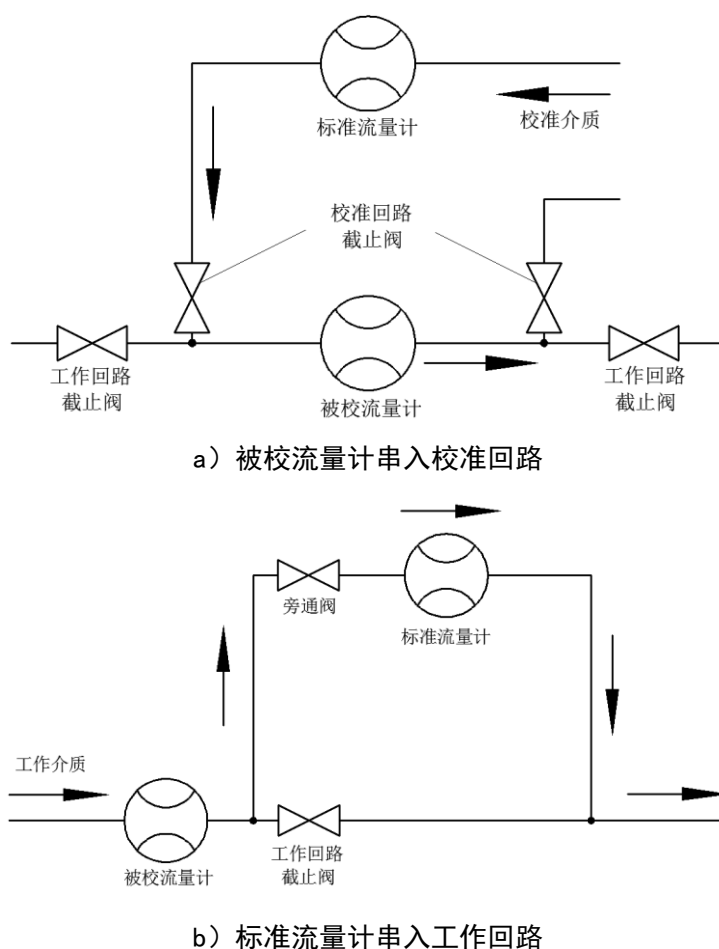


图 5 流量计在线校准连接示意图

2) 依次调节校准回路工作介质流量至校准点，待流量稳定后同时读取标准流量计和被校流量计的示值（10 分钟累积值）。

7.2.5.3 示值误差

流量示值误差按式（8）计算：

$$\delta_q = \frac{q_x - q_B}{q_B} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

δ_q —— 流量相对误差，%；

q_x —— 被校流量计示值，L/min或m³/h；

q_B —— 标准流量计示值，L/min或m³/h。

7.2.6 转速校准方法

7.2.6.1 校准点选择

一般应包括测量范围内至少 5 个点。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.6.2 校准步骤

先启动转速标准装置完成预热，规范安放待校转速传感器，确认传感器测量功能正常。选定校准点进行试运行，待传感器转速示值稳定后，方可开展示值误差校准工作。

将转速标准装置与被测转速传感器置于同一位置，调节标准装置输出至对应校准转速；待转速输出平稳后，在该校准点连续读取三次，取其平均值作为转速测量值。

7.2.6.3 相对误差

转速相对误差按式（9）计算：

$$\delta_r = \frac{\bar{r} - r_B}{r_B} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

δ_r —— 转速相对误差，%；

$\bar{r}$ —— 转速传感器测量平均值，r/min；

r_B —— 标准转速装置显示值，r/min。

7.2.7 绕组电阻校准方法

7.2.7.1 校准点的选择

校准点应在装置测量范围的10%~100%均匀选取，一般不少于5个校准点，也可根据用户的要求选点。校准前应消除测量引线带来的误差，处理方式如下：在示值误差校准前，将测试线短接，测得引线电阻并对测量结果进行修正；对具有零位电阻清除功能的，可直接操作清零按键消除零位偏移。

7.2.7.2 校准步骤

按图6所示连接好校准回路，绕组电阻校准采用四线制接线方式。设置被校装置为绕组电阻测试功能，并选定对应测试相位；按下测试键，调节直流标准电阻箱至各校准电阻点，同步记录标准电阻箱电阻值与被校装置绕组电阻显示值。

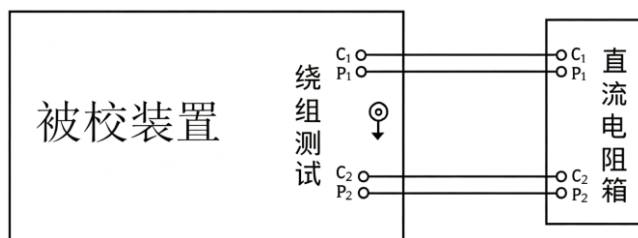


图6 绕组电阻校准示意图

7.2.7.3 相对误差

绕组电阻相对误差按式（10）计算：

$$\delta_R = \frac{R_x - R_B}{R_B} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

δ_R —— 绕组电阻相对误差，%；

R_x —— 绕组电阻显示值， Ω ；

R_B —— 标准电阻箱示值， Ω 。

7.2.8 制冷量比对方法

7.2.8.1 比对点确定

应包括测量范围内至少 2 个点，尽量覆盖制冷量测量范围的中低端和中高端。必要时，可根据客户需求调整或增加比对点。

7.2.8.2 比对步骤

1) 将制冷量标准传递装置安装在被校准能效测量装置内，具体安装要求可参照 GB/T 5773 有关要求。测量开始前设置运行状态至赋值时使用状态。

2) 运行测量装置，并将运行工况设置为制冷量标准传递装置校准赋值时所使用状态，待工况及制冷量标准传递装置运行稳定后，连续记录 30min 制冷量测量数据，取其平均值作为制冷量测量结果。

3) 重复以上步骤，完成所有比对点测量，按式（11）计算制冷量相对误差。

$$\delta_Q = \frac{\bar{Q}_i - Q_N}{Q_N} \times 100\% \quad (11)$$

式中：

δ_Q —— 制冷量相对误差，%；

$\bar{Q}_i$ —— 制冷量测量平均值，W；

Q_N —— 制冷量参考值，W。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范偏离的说明（若有）；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

仪器的复校时间间隔建议不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

附录 A

校准原始记录格式

(推荐性表格)

委托单位名称			
委托单位地址			
设备名称			
制造单位			
规格型号		仪器编号	

校准用主要计量标准器具

标准器名称	规格型号	设备编号	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期

校准依据：_____

环境条件 温度：_____相对湿度：_____

校准地点：_____

备注：_____

校准日期：_____

校准人员：_____核验人员：_____

1 温度测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (°C)	标准器示值 (°C)	测得值 (°C)	示值误差 (°C)
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

2 压力测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (MPa)	标准器示值 (MPa)	测得值 (MPa)	示值误差 (MPa)
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

3 电参数测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
电压 (V)			
校准点 (V)	标准器示值 (V)	测得值 (V)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
电流 (A)			
校准点 (A)	标准器示值 (A)	测得值 (A)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
功率 (W)			
校准点 (W)	标准器示值 (W)	测得值 (W)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			

测量不确定度:			
频率 (Hz)			
校准点 (Hz)	标准器示值 (Hz)	测得值 (Hz)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
功率因数			
校准点	标准器示值	测得值	示值误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

4 流量测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (kg/h)	标准器示值 (kg/h)	测得值 (kg/h)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

5 转速测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (r/min)	标准器示值 (r/min)	测得值 (r/min)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

6 绕组电阻

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (Ω)	标准器示值 (Ω)	测得值 (Ω)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			

测量不确定度：			
7 制冷量			
校准条件			
吸气压力（kPa）	排气压力（kPa）	吸气温度（℃）	排气温度（℃）
电压（V）	频率（Hz）		
校准结果			
参考值（W）	测得值（W）	相对示值误差	测量不确定度

附录 B

校准证书内页格式

(推荐性表格)

证书编号: XXXX—XXXX

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点:				
温 度		地 点		
相对湿度		其 他		
校准所依据的技术文件 (代号、名称):				
校准所使用的主要测量标准:				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书标号	证书有效期 至

注:

- 1、XXXX XXXX 仅对加盖“XXXXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
- 2、本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
- 3、未经实验室书面批准, 不得部分复印证书。

第 页, 共 页

证书编号: XXXX—XXXX

校准结果

1 温度测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (°C)	标准器示值 (°C)	测得值 (°C)	示值误差 (°C)
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

2 压力测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (MPa)	标准器示值 (MPa)	测得值 (MPa)	示值误差 (MPa)
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

3 电参数测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
电压 (V)			
校准点 (V)	标准器示值 (V)	测得值 (V)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
电流 (A)			
校准点 (A)	标准器示值 (A)	测得值 (A)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
功率 (W)			
校准点 (W)	标准器示值 (W)	测得值 (W)	相对误差
校准点 1			
...			

校准点 n			
测量不确定度：			
频率 (Hz)			
校准点 (Hz)	标准器示值 (Hz)	测得值 (Hz)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			
功率因数			
校准点	标准器示值	测得值	示值误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			

4 流量测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (kg/h)	标准器示值 (kg/h)	测得值 (kg/h)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			

5 转速测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (r/min)	标准器示值 (r/min)	测得值 (r/min)	相对误差
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			

6 绕组电阻

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (Ω)	标准器示值 (Ω)	测得值 (Ω)	相对误差
校准点 1			
...			

校准点 n			
测量不确定度：			

7 制冷量

校准条件			
吸气压力 (kPa)	排气压力 (kPa)	吸气温度 (°C)	排气温度 (°C)
电压 (V)	频率 (Hz)		
校准结果			
参考值 (W)	测得值 (W)	相对示值误差	测量不确定度

校准员：

核验员：

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 铂电阻温度校准结果不确定度评定

C.1.1 测量模型

铂电阻温度示值误差测量模型见公式 (C.1):

$$\Delta t = t_x - t_B \quad (\text{C.1})$$

式中:

Δt —— 温度示值误差, °C;

t_x —— 温度测量仪表显示值, °C;

t_B —— 温度标准值, °C。

灵敏度系数:

$$c_{t_x} = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_x} = 1 ; c_{t_B} = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_B} = -1$$

C.1.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源, 见表 C.1。

表 C.1 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
恒温槽温场波动度引入的标准不确定度	u_2	-1
恒温槽垂直温场引入的标准不确定度	u_3	-1
标准温度计引入的标准不确定度	u_4	-1
恒温槽水平温场引入的标准不确定度	u_5	-1
电测设备引入的不确定度	u_6	-1

C.1.3 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

10 次独立测量结果见表 C.2。

表 C.2 10 次独立测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (°C)	10.05	10.04	10.04	10.02	10.04	10.03	10.05	10.04	10.04	10.04

则单次测量的标准偏差为:

$$u_1 = s = 0.009 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.1.4 恒温槽温场波动度引入的标准不确定度 u_2

恒温槽温场波动度为 0.04°C ，由于读数间隔在 1 min 以内，估计引入的误差为 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，则：

$$u_2 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006^{\circ}\text{C}$$

C.1.5 恒温槽垂直温场引入的标准不确定度 u_3

恒温槽垂直温场偏差估计为 $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，则：

$$u_3 = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012^{\circ}\text{C}$$

C.1.6 二等标准铂电阻温度计引入的标准不确定度 u_4

主要考虑标准铂电阻的重复性和稳定性，在水三相点附近，二等标准铂电阻的重复性满足 0.005°C ，稳定性满足 0.010°C ，按均匀分布，则：

$$u_4 = \sqrt{\left(\frac{0.005}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.010}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0.0065^{\circ}\text{C}$$

C.1.7 恒温槽水平温场引入的标准不确定度 u_5

恒温槽水平温场偏差估计在 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，则：

$$u_5 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006^{\circ}\text{C}$$

C.1.8 电测设备引入的不确定度 u_6

电测设备可直接显示温度值，由技术资料得，对应 $(0\sim 50)^{\circ}\text{C}$ 范围内温度最大允许误差为 $\pm 0.008^{\circ}\text{C}$ ，按正态分布，则：

$$u_5 = \frac{0.008}{2} = 0.004^{\circ}\text{C}$$

C.1.9 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 C.3。

表 C.3 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数	输出不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.009	1	0.009
恒温槽温场波动度引入的标准不确定度	u_2	0.006	-1	0.006
恒温槽垂直温场引入的标准不确定度	u_3	0.012	-1	0.012
标准温度计引入的标准不确定度	u_4	0.0065	1	0.0065
恒温槽水平温场引入的标准不确定度	u_5	0.006	-1	0.006
电测设备引入的不确定度	u_6	0.004	-1	0.004

则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.019^\circ\text{C}$$

C.1.10 扩展不确定度

温度为 10°C 时，其测量结果扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.04^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

C.2 压力校准结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

压力示值误差测量模型见公式 (C.2)：

$$\Delta p = p_x - p_B \quad (\text{C.2})$$

式中：

Δp —— 压力示值误差，kPa 或 MPa；

p_x —— 压力测量仪表示值，kPa 或 MPa；

p_S —— 压力标准值，kPa 或 MPa。

灵敏度系数：

$$c_{p_x} = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_x} = 1 ; c_{p_B} = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_B} = -1$$

C.2.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源，见表 C.4。

表 C.4 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
被测仪器分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

C.2.3 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

10 次独立测量结果见表 C.5。

表 C.5 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (MPa)	1.001	1.000	1.001	1.000	0.999	0.999	0.998	0.999	0.999	1.000

则单次测量的标准偏差为：

$$u_1 = s = 0.0010\text{MPa}$$

C.2.4 被测仪器分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测仪器测量分辨力为 0.001 MPa，则由被测仪器分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.0003\text{MPa}$$

C.2.5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据压力校验仪技术指标：MPE= $\pm 0.05\%FS$ ，按均匀分布，则标准器准确度引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.05\% \times 1}{\sqrt{3}} = 0.0003\text{MPa}$$

C.2.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 C. 6。

表 C. 6 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ MPa	灵敏系数	输出不确定度分量/ MPa
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.0010	1	0.0010
被测仪器分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.0003	1	0.0003
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.0003	-1	0.0003

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.0010\text{MPa}$$

C.2.7 扩展不确定度

压力为 1MPa 时，其测量结果扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.002\text{MPa} \quad (k=2)$$

C. 3 功率校准结果不确定度评定

C.3.1 测量模型

功率示值误差测量模型见公式 (C.3)：

$$\Delta P = P_x - P_B \quad (\text{C.3})$$

式中：

ΔP ——功率示值误差，W；

P_x —— 电参数测量仪功率显示值，W；

P_B —— 功率标准值，W。

灵敏度系数：

$$c_{P_X} = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_X} = 1 ; c_{P_B} = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_B} = -1$$

C.3.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源，见表 C.7。

表 C.7 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
被测仪器分辨力引入的标准不确定度	u_2	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	-1

C.3.3 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

10 次独立测量结果见表 C.8。

表 C.8 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (W)	99.92	99.88	99.96	99.96	99.92	99.90	99.88	99.90	99.86	99.92

则单次测量的标准偏差为：

$$u_1 = s = 0.033 \text{ W}$$

C.3.4 被测仪器分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测仪器功率测量分辨力为 0.01 W，则由被测仪器分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003 \text{ W}$$

C.3.5 标准器准确度引入的标准不确定度 u_3

依据功率标准源技术指标：MPE= $\pm 0.05\% P_X$ ，按均匀分布，则标准器准确度引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.05\% \times 100}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ W}$$

C.3.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 C.9。

表 C.9 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/W	灵敏系数	输出不确定度分量/W
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.033	1	0.033
被测仪器分辨力引入的标准不确定度	u_2	0.029	1	0.029
标准器准确度引入的标准不确定度	u_3	0.029	-1	0.029

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.044 \text{ W}$$

C.3.7 扩展不确定度

功率为 100 W 时，其测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{k \cdot u_c}{P_x} = 0.09\% \quad (k=2)$$

中华人民共和国
国家计量技术规范
XXXXXXXXXX 规范
JJFXXXX—XXXX

国家市场监督管理总局发布