

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

霍尔交直流大电流传感器在线校准规范

On-line Calibration Specification for AC&DC Hall Effect High-Current

Sensors

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

霍尔交直流大电流传感器在线校准规范

JJF XXXX-XX

On-line Calibration Specification for AC&DC

Hall Effect High-Current Sensors

归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

本规范委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：（中国计量科学研究院）

（中国计量科学研究院）

参加起草人：

目 录

1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 一次电流.....	1
3.2 零点电流.....	1
3.3 零点误差.....	1
3.4 图像传感器.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 电流示值误差.....	2
5.2 零点误差.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准项目.....	4
7.2 校准前的准备工作.....	4
7.3 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	6
9 复校时间间隔.....	6
附录 A 测量不确定度评定示例.....	7
附录 B 校准原始记录格式.....	12
附录 C 校准证书内页格式.....	13

引言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编制。JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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》，共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

霍尔交直流大电流传感器在线校准规范

1 范围

本规范适用于 1kA~500kA 直流和交流 50Hz 的霍尔交直流大电流传感器的在线校准，其它原理的大电流传感器也可参照本规范（不适用不带二次显示单元的传感器）。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 20840.8-2007 互感器第 8 部分：电子式电流互感器

JB/T 7490-2007 霍尔电流传感器

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 术语和计量单位

以下术语和定义适用于本规范。

3.1 一次电流 primary current

一次电流是指被测量的回路电流。

3.2 零点电流 offset current

在输入信号为零时，霍尔电流传感器的输出电流。

3.3 零点误差 error of offset

零电流与霍尔电流传感器量程上限的商。

3.4 图像传感器 image sensor

摄像与图像识别技术相结合，实现对数码管、屏幕显示数值的图像识别和显示数值的还原。

4 概述

霍尔交直流大电流传感器（简称霍尔电流传感器）是基于霍尔效应将被测大电流转换成小电流或电压输出的传感器，原理如图 1 所示。一般由原边电路、磁环、霍尔器件、（副边补偿线圈）和放大电路和显示部分等组成。主要用于大电流测量。

霍尔电流传感器按工作模式通常分为：直流检测式（磁强计式）和零磁通式（磁平衡

式)。按测量电流通常分为：交流式、直流式和交直流通用式。按照测量直流电流方向通常分为：单向式和双向式。按照结构型式通常分为：通孔式和连接式。

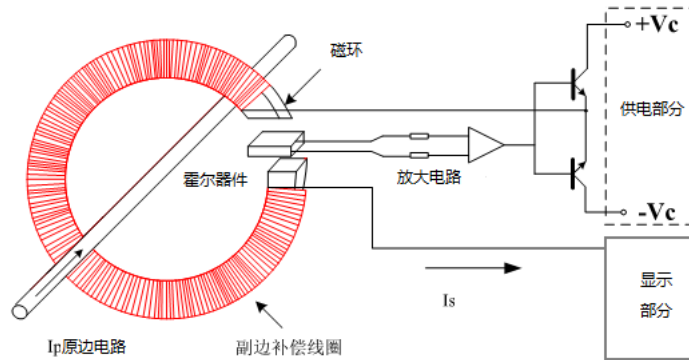


图 1 霍尔电流传感器原理图

5 计量特性

5.1 电流示值误差

在规定的测量范围内，霍尔电流传感器的一次电流示值的引用误差不应超过基本误差限。霍尔电流传感器的准确度等级及基本误差限按表 1 规定。

表 1 霍尔电流传感器的准确度等级及基本误差限

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
基本误差限%FS	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5

霍尔电流传感器一次电流示值的绝对误差用公式 (1) 表示，引用误差用公式 (2) 表示：

$$\Delta I = I_x - I_S \quad (1)$$

式中：

ΔI — 霍尔电流传感器一次电流的示值绝对误差，kA；

I_x — 被校霍尔电流传感器的示值，kA；

I_S — 对应的参考值（标准值），kA。

$$\gamma = \frac{\Delta I}{I_N} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

I_N — 量程的上限, kA;

γ — 霍尔电流传感器一次电流示值的引用误差。

5.2 零点误差

霍尔电流传感器的零点误差, 应不超出表 1 规定的基本误差限的 50%或不超过霍尔电流传感器说明书中规定的零点最大允许误差值。

霍尔电流传感器零点误差用公式 (3) 表示:

$$\gamma_z = \frac{I_0}{I_N} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

I_0 — 被校霍尔电流传感器的零点电流, kA;

I_N — 量程的上限, kA;

γ_z — 霍尔电流传感器零点误差。

注: 以上指标不用于合格性判别, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

校准环境条件满足以下要求:

a) 温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$;

b) 相对湿度: $\leq 85\%$ 。

注:

环境温度的允许偏差也可参照霍尔电流传感器的使用说明书中规定;

环境湿度的允许偏差也可参照霍尔电流传感器的使用说明书中规定;

超出标准电流传感器溯源环境温度时需温度系数的修正。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准电流传感器测量范围应能覆盖被校准霍尔电流传感器的测量范围, 其最大允许误差绝对值应不大于被校霍尔电流传感器相对应最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.2 图像传感器

图像传感器具有连续识别功能, 图像精准识别率优于 99%。

6.2.3 同步数据测量系统

同步数据测量系统具有同步读取、连续测量、数据存储功能。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

霍尔电流传感器的校准项目按表 2 规定进行。

表2 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	零点误差	5.2	7.3.1
2	电流示值误差	5.1	7.3.3
注：霍尔电流传感器一次电流可调时需校准零点误差。			

7.2 校准前的准备工作

7.2.1 标准电流传感安装

- a) 不能安装在阳光直射处、有腐蚀性气体或液体处和对本体有直接振动或冲击影响处；
- b) 与一次电流导体之间应有隔热和绝缘保护层；
- c) 标准电流传感器与被测传感器安装在同一段母线相邻，不能安装在一次电流导体拐弯处。

7.2.2 外观检查

- a) 被校霍尔电流传感器的外形结构完好，外露件等不应损耗或脱落，机壳、端钮等不应有影响正常工作的机械碰伤，按键无卡死或接触不良的现象；
- b) 被校霍尔电流传感器产品名称、制造厂家、型号、测量范围、准确度和出厂编号等均有明确标识，供电电压和频率标志应正确无误；
- c) 被校霍尔电流传感器测量功能、小数点位置正确，显示字符应完整。

7.3 校准方法

7.3.1 零点误差校准

被校霍尔电流传感器一次电流值为 0 时，读取被校霍尔电流传感器的电流示值。

7.3.2 电流示值误差校准点选择

- a) 被校霍尔电流传感器一次电流不可调状态校准点选择，按照运行实际情况的要求选取校准点；
- b) 被校霍尔电流传感器一次电流可调状态校准点选择，校准点应覆盖所有量程并兼

顾各量程之间的覆盖性及量程内的均匀性，电流基本量程一般选取 3~5 个校准点，应覆盖满量程值的 10%点，50%点和量程值（或接近量程值）点；

c) 被校单位特殊校准点选择，按照被校单位的要求选取校准点。

7.3.3 电流示值误差校准

一次电流 10 分钟的短期漂移优于被校霍尔电流传感器的准确度等级的 1/5 时，比较法校准线路如图 2 所示，一次电流 10 分钟的短期漂移性大于被校霍尔电流传感器的准确度等级的 1/5 时，同步比较法校准线路如图 3 所示，标准电流传感器读数值和被校霍尔电流传感器一次电流示值同步读取。记录被校霍尔电流传感器电流示值和标准电流传感器的读数值。计算霍尔电流传感器一次电流的绝对误差 ΔI 和引用误差 γ 。

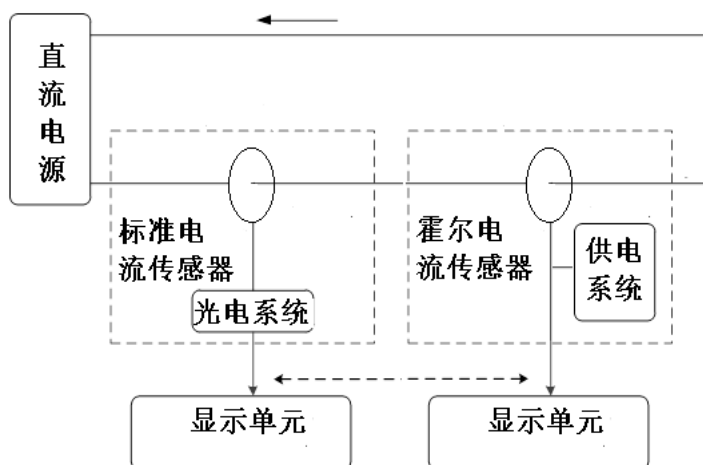


图 2 比较法校准线路

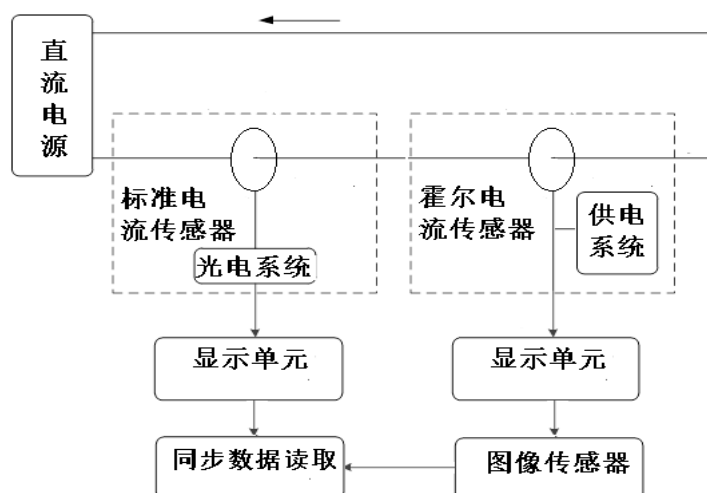


图 3 同步比较法校准线路

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书(报告)上反映,校准证书(报告)应至少包括以下信息:

- a) 标题:“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) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- 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

建议复校时间间隔为 24 个月。被校单位也可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A 测量不确定度评定示例

霍尔交直流电流传感器在线校准测量结果不确定度评定

A.1 概述

直流电流是霍尔交直流大电流传感器（以下简称霍尔电流传感器）在线校准最重要的测量参数，霍尔交直流大电流传感器在线校准规范将其列为校准项目，本文对霍尔电流传感器在线校准结果的测量不确定度进行评定。

选用一台霍尔电流传感器，额定电流为 500kA。校准环境条件：温度 25.0℃，相对湿度：40%RH，标准电流传感器为光纤电流传感器，以测量电流 400kA 为例进行不确定度评定。

A.2 直流电流示值误差测量不确定度评定

A.2.1 测量模型

霍尔电流传感器在线校准直流电流示值误差校准方法见规范 7.3.3， I_N 为被校霍尔电流传感器量程上限值。由于在线校准的霍尔电流传感器几乎都是连续测量特定的电流值，而且霍尔电流传感器安装固定，因此在线校准条件下，霍尔电流传感器的偏心影响、杂散磁场和零点等带来的影响几乎固定且包含在示值误差。直流电流示值误差的测量模型可用公示（1）表示：

$$\Delta I = I_x - I_S \quad (1)$$

式中：

ΔI —— 霍尔电流传感器在线校准直流电流的示值误差，kA；

I_x —— 霍尔电流传感器在线校准一次直流电流的示值，kA；

I_S —— 标准电流传感器电流读数值，kA。

由于各输入量之间不相关，不确定度传播可用公式（2）表示。

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{u^2(I_x) + u^2(I_S)} \quad (2)$$

式中：

$u_c(\Delta I)$ —— 被校霍尔电流传感器在线校准一次电流示值误差的合成标准不确定度, kA;

$u(I_X)$ —— 被校霍尔电流传感器引入的标准不确定度, kA;

$u(I_S)$ —— 标准电流传感器引入的标准不确定度, kA。

A.2.2 标准不确定度来源

A.2.2.1 $u(I_S)$ 的来源

a) 标准电流传感器测量电流准确度引入的不确定度 $u_1(I_S)$;

a) 标准电流传感器温度系数引入的不确定度 $u_2(I_S)$ 。

A.2.2.2 $u(I_X)$ 的来源

a) 被校霍尔电流传感器电流示值分辨力引入的不确定度 $u_1(I_X)$;

b) 被校霍尔电流传感器电流示值重复性引入的不确定度 $u_2(I_X)$;

c) 被校霍尔电流传感器电流示值与标准电流传感器读数值读取不同步引入的不确定度 $u_3(I_X)$ 。

A.2.3 标准不确定度评定

A.2.3.1 标准电流传感器测量电流准确度引入的标准不确定度 $u_1(I_S)$

标准电流传感器测量电流准确度引入的标准不确定度 $u_1(I_S)$ 采用 B 类方法评定。

标准电流传感器经上级计量机构量值传递合格, 标准电流传感器测量电流技术指标 $\pm 0.2\%$, 在 400 kA 测量点最大允许误差为 ± 0.8 kA, 则分散区间的半宽度为 $a = 0.8$ kA, 在该区间内为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则标准电流传感器测量电流引入的标准不确定度为:

$$u_1(I_S) = \frac{a}{k} = \frac{0.8 \text{ kA}}{\sqrt{3}} = 0.46 \text{ kA}$$

A.2.3.2 标准电流传感器温度系数引入的标准不确定度 $u_2(I_S)$

标准电流传感器温度系数为 $+0.002\%$, 上级计量机构量值传递的环境温度为 20°C , 在 400 kA, 测量点, 环境温度为 25°C 时, 因标准电流传感器的温度系数, 需修正 $+0.04$ kA, 则分散区间的半宽度为 $a = 0.04$ kA, 在该区间内为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则标准电流

传感器测量电流引入的标准不确定度为：

$$u_2(I_s) = \frac{a}{k} = \frac{0.04\text{kA}}{\sqrt{3}} = 0.02\text{kA}$$

A.2.3.3 被校霍尔电流传感器电流示值引入的标准不确定度 $u(I_x)$

A.2.3.3.1 被校霍尔电流传感器电流示值分辨力引入的不确定度 $u_1(I_x)$

被校霍尔电流传感器电流示值分辨力为 1kA，按 B 类方法进行评定，其区间半宽为 $a = 0.5\text{kA}$ ，为均匀分布，则包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_1(I_x) = \frac{a}{k} = \frac{0.5\text{kA}}{\sqrt{3}} = 0.29\text{kA}$$

A.2.3.3.2 被校霍尔电流传感器电流示值重复性引入的不确定度 $u_2(I_x)$

测量结果的重复性引入的标准不确定度采用 A 类方法评定。10 次重复测量结果如表 1 所示，用贝塞尔公式（3）计算实验标准差。

$$s(I_x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta I_i - \overline{\Delta I})^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中：

$\overline{\Delta I}$ —— 被校霍尔电流传感器与标准电流传感器差值 10 次的平均值，kA；

ΔI_i —— 被校霍尔电流传感器与标准电流传感器第 i 次差值，kA；

n —— 重复测量的次数。

当用算术平均值作为被测量估计值时，被测量估计值的 A 类标准不确定度计算公式如下：

$$u_2(I_x) = s(\overline{I_x}) = \frac{s(I_x)}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

其自由度为 $\nu = n-1=9$ 。

被校霍尔电流传感器一次电流约为 400kA，同步读取霍尔电流传感器一次电流示值和

标准电流传感器读数，在相同环境条件下，重复测量 10 次，获得的测量数据如表 1 所示：

表 1 重复性测量数据

第 i 次测量	I_{Si}/kA	I_{xi}/kA	$\Delta I_i = I_{xi} - I_{Si}$
1	399.88	400	0.12
2	399.97	400	0.03
3	400.02	400	-0.02
4	399.96	400	0.04
5	399.93	400	0.07
6	399.90	400	0.10
7	399.92	400	0.08
8	399.92	400	0.08
9	400.04	400	-0.04
10	399.90	400	0.10

根据公式 (3) 计算出单次测量值的实验标准差为：

$$s(I_x) = 0.05 \text{ kA}$$

则测量重复性引入的不确定度为：

$$u_2(I_x) = s(I_x) = 0.02 \text{ kA}$$

为避免重复计算测量结果的重复性和霍尔电流传感器电流示值的分辨力引入的不确定度，取两者较大值作为被校测霍尔电流传感器引入的合成标准不确定度分量。因 $u_1(I_x) > u_2(I_x)$ ，故舍去被校霍尔电流传感器电流示值重复性引入的标准不确定度分量 $u_2(I_x)$ 。被校测试仪引入的标准不确定度为：

$$u(I_x) = u_1(I_x) = 0.29 \text{ kA}$$

A.2.3.3.3 被校霍尔电流传感器一次电流示值与标准电流传感器读数读取不同步引入的不确定度 $u_3(I_x)$ 。

$u_3(I_x)$ 引入的标准不确定度忽略不计。

A.2.4 不确定分量一览表

不确定度分量见表 2 所示：

表 2 霍尔电流传感器电流示值测量不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布类型	k 值	标准不确定度
$u_1(I_S)$	标准电流传感器电流测量准确度	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.46 kA
$u_2(I_S)$	标准电流传感器温度系数	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.02 kA
$u(I_S)$	标准电流传感器	0.46kA			
$u_1(I_X)$	被校霍尔电流传感器电流示值仪分辨力	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.29 kA
$u_2(I_X)$	被校霍尔电流传感器电流示值仪重复性	A	正态	1	0.02 kA
$u(I_X)$	被校霍尔电流传感器	0.29 kA			

A.2.5 合成标准不确定度 $u_c(\Delta I)$

合成标准不确定度按公式 (2) 计算。

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{u^2(I_X) + u^2(I_S)} = 0.54 \text{ kA}$$

A.2.6 扩展不确定度 $U(\Delta I)$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta I) = k \times u_c(\Delta I) = 1.1 \text{ kA} \quad (k=2)$$

附录 B 校准原始记录格式

霍尔交直流大电流传感器在线校准原始记录

第 页, 共 页

委托单位:		校准证书编号:	
委托单位地址:		校准依据:	
仪器名称:	型号/规格:	出厂编号:	
生产厂商:		仪器状况:	
校准地点:		环境温度:	相对湿度:
联络信箱:		其 它:	

校准用主要标准器

名称	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	证书有效期至

直流电流

比较法

量程	示值	实际值	引用误差	扩展不确定度

交流电流

比较法

量程	示值	实际值	引用误差	扩展不确定度

接收日期:

校准日期:

校准人员:

核验人员:

附录 C 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 它		
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	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

表 1 直流电流

示值 (A)	实际值 (A)	引用误差	扩展不确定度 U (A) $k=2$

零点:

以下空白

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

表 2 交流电流 (50Hz)

示值 (A)	实际值 (A)	引用误差	扩展不确定度 U (A) $k=2$

零点:

说明:

根据客户要求和校准规范_____的规定, 通常情况下_____个月校准一次。

声明:

1. 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员:

核验员:

第 X 页 共 X 页