



中华人民共和国工业和信息化部
机械计量技术规范

JJF（机械）XXX—2024

电动乘用车电池更换站校准规范

Calibration Specification for Battery Swap Stations for
Electric Passenger Vehicles
(报批稿)

2024—**—**发布

2024—**—**实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

电动乘用车电池更换站 校准规范

Calibration Specification for
Battery Swap Stations for Electric
Passenger Vehicles

JJF (机械)XXX—2024

本规范经中国机械工业联合会于 20**年**月**日批准，并自 20**年**月**日起施行。

归 口 单 位：中国机械工业联合会

主要起草单位：上海机动车检测认证技术研究中心有限公司

南京市计量监督检测院

参加起草单位：中汽研汽车检验中心（天津）有限公司

襄阳达安汽车检测中心有限公司

中汽院新能源科技有限公司

本规范委托中国机械工业联合会负责解释

本规范主要起草人：

王 栋（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

郝春法（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

郝 亮（南京市计量监督检测院）

严晓东（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

参加起草人：

冯 珠（中汽研汽车检验中心（天津）有限公司）

李在春（中汽院新能源科技有限公司）

刘 茹（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
6 校准条件	(3)
7 校准项目及校准方法	(3)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 原始记录参考格式.....	(8)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(9)
附录 C 电池更换站直流电压校准结果不确定度分析评定示例.....	(10)
附录 D 电池更换站直流电流校准结果不确定度分析评定示例.....	(12)
附录 E 电池更换站紧固扭矩校准结果不确定度分析评定示例.....	(14)

引言

本规范依据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》编制、JJF 1001《通用计量术语及定义》及 JJF 1059.1-2019《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。

本规范介绍了电动乘用车电池更换站的组成，规定了其计量特性和校准方法。

本规范为首次制定。

电动乘用车电池更换站校准规范

1 范围

本规范适用于单个或多个换电车位的电动乘用车电池更换站的校准，也适用于同类充电系统及动力式扭矩工具紧固扭矩的电动汽车更换站的校准。校准参数范围：直流电压 $\leq 1000\text{V}$ ，直流电流 $\leq 500\text{A}$ ，紧固扭矩 $\leq 500\text{Nm}$ 。

2 引用文件

JJF 1610-2017 电动、气动扭矩扳子校准规范

GB/T 29317-2021 电动汽车充换电设施术语

GB/T 51077-2015 电动汽车电池更换站设计规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规则；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 29317-2021 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 电池更换站 battery swap station

为电动汽车提供电池更换服务的场所。

[来源：GB/T 29317-2021，3.1.2.1]

3.2 电池箱 swappable battery system; SBS

由若干单体蓄电池或动力蓄电池模块、箱体、电池信息采集单元及相关电气、机械附件等构成的装置，简称电池箱。

[来源：GB/T 29317-2021，8.1.1]

3.3 充电系统 charging system

由充电站内的所有充电设备、电缆及相关辅助设备组成的系统。

[来源：GB/T 29317-2021，7.2]

3.4 电池箱存储架 SBS storage rack

用于集中承载电池箱的设备。

[来源：GB/T 29317-2021，8.1.5]

3.5 电池箱更换设备 SBS swap equipment

用于卸载、搬运和装载电池箱的专用设备。

[来源：GB/T 29317-2021，8.1.7]

3.6 车辆引导系统 vehicle guiding system

实现导引电动汽车至规定位置以便进行电池箱更换的系统。

[来源：GB/T 29317-2021，8.1.9]

3.7 紧固扭矩 tightening torque

为达到规定预紧力拧紧螺栓或螺母所需要的力矩。

[来源：JJF 1610-2017，3.4]

3.8 螺栓螺母扭矩连接模拟器 experimental threaded joint

校准中模拟不同螺纹连接状态，起缓冲作用的连接器（以下简称模拟器）。模拟器包括高扭矩率和低扭矩率模拟器。

[来源：JJF 1610-2017，3.1]

4 概述

电动乘用车电池更换站是采用电池更换的方式为电动汽车提供电能供给的场所。目前市场上常见的电池更换站由电池箱、充电系统、电池箱存储架、电池箱更换设备、车辆引导系统组成。电池更换站通过电池箱更换设备将电力不足的电池与电池存储架上已经充电完成电力充足的电池进行互换，从而达到快速更换电池，保障电动汽车节省充电时间，实现车辆快速补能的目的。

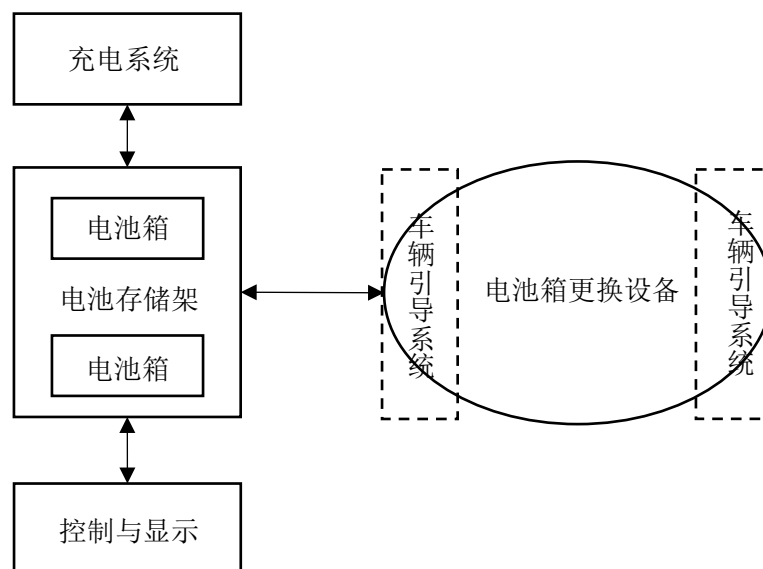


图1 电动乘用车电池更换站结构原理图

5 计量特性

计量特性表见表 1

表 1 计量特性表

序号	校准参数	测量范围	计量特性
1	直流电压	(100~1000) V	示值误差: $\pm 0.5\%$
2	直流电流	(10~500) A	示值误差: $\pm 1\%$
3	紧固扭矩	(1~500) Nm	示值误差: $\pm 3\%$ 示值重复性: $\pm 3\%$

注: 以上指标不适用于合格性判别, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: $(-20\sim 50)^\circ\text{C}$;

相对湿度: $(5\sim 95)\%$;

电源: 单相 $(220\pm 33)\text{V}$ 或三相 $(380\text{V}\pm 57)\text{V}$; 频率: $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

6.2 校准用标准器

表 2: 校准用计量标准器和设备一览表

序号	校准设备	测量范围	最大允许误差
1	直流电压测量装置	(100~1000) V	$\pm 0.1\%$
2	直流电流测量装置	(10~500) A	$\pm 0.2\%$
3	标准扭矩仪	(1~500) Nm	$\pm 1\%$

注: 可选用以上满足校准要求的测量设备, 也可选用符合要求的其他设备。

7 校准项目及校准方法

7.1 校准项目

校准项目一览表见表 3。

各系统应性能良好, 无影响校准的缺陷。

表 3：校准项目一览表

序号	校准参数	校准条款
1	直流电压	7.2.1
2	直流电流	7.2.2
3	紧固扭矩	7.2.3

7.2 校准方法

7.2.1 直流电压

7.2.1.1 校准点的选择

选取以充电机额定工作输出最大电流 I_{\max} 时的电压和额定工作输出电流 $0.5I_{\max}$ 时的电压作为校准点。在实际操作过程中也可以按用户的需要选择合适的校准点。

7.2.1.2 校准过程

单个充电机为单个负载充电，将直流电压测量装置并联至负载端，按图 2 连接仪器。

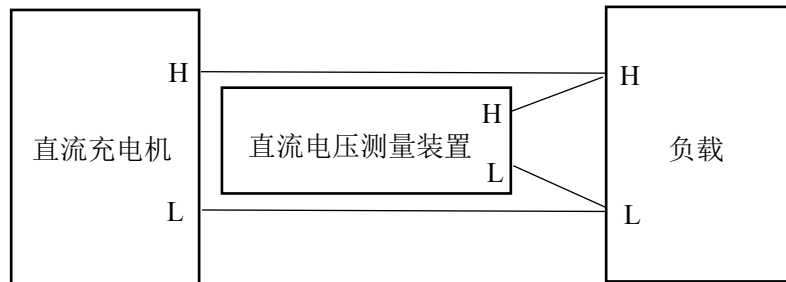


图 2 直流电压的校准

调节充电系统至校准点，记录控制显示仪电压显示值 U_x 和直流电压测量装置实测值 U_s 。结果记入附录 A 表 A.1。按式（1）计算示值误差。

$$\Delta U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

ΔU ——直流电压示值误差，%；

U_x ——直流电压显示值，V；

U_s ——直流电压测量装置实测值，V。

7.2.2 直流电流

7.2.2.1 校准点的选择

选取以充电机额定工作输出最大电流 I_{\max} 和额定工作输出电流 $0.5I_{\max}$ 作为校准点。在实际操作过程中也可以按用户的需要选择合适的校准点。

7.2.2.2 校准过程

单个充电机为单个负载充电，将直流电流测量装置串联至电流回路，按图 3 连接仪器。

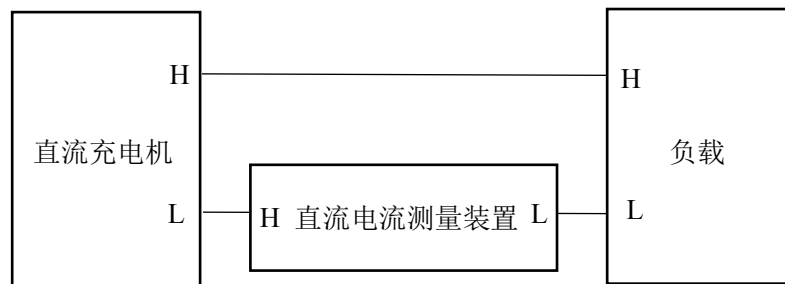


图 3 直流电流的校准

调节充电系统至校准点，记录控制显示仪电流显示值 I_x 和直流电流测量装置实测值 I_s 。结果记入附录 A 表 A.1。按式（2）计算示值误差。

$$\Delta I = \frac{I_x - I_s}{I_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

ΔI ——直流电流示值误差，%；

I_x ——直流电流显示值，A；

I_s ——直流电流测量装置实测值，A。

7.2.3 紧固扭矩

7.2.3.1 校准点选择

紧固扭矩的校准按照用户要求结合实际设备使用工艺选取校准点。无明确要求时，在工艺范围内选取最大值、中间值、和最小值 3 个点。

7.2.3.2 模拟器安装

根据紧固扭矩校准点和旋转方向选择相应的专用模拟器，将其和电池箱更换设备中的螺栓拧紧机和标准扭矩仪稳固安装连接，并且确保它们的同轴性。

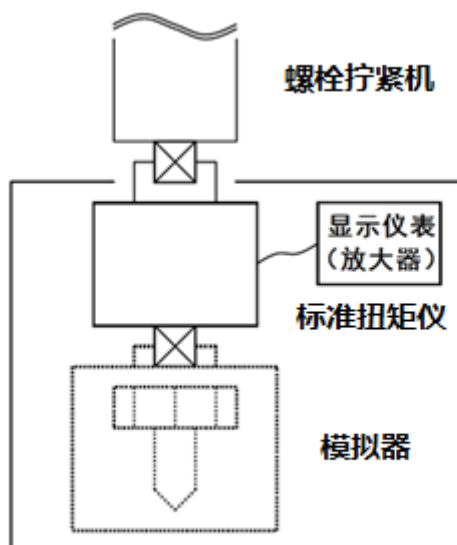


图4 紧固扭矩的校准

7.2.3.3 校准过程

根据紧固扭矩校准点，逐个施加扭矩，同时记录扭矩设定值和扭矩仪实测值。每个校准点重复至少3次校准过程。

示值误差按式（3）计算：

$$\delta_j = \left(\frac{T_j - \bar{T}_j}{\bar{T}_j} \right) \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_j ——第 j 个校准点的示值误差，%；

T_j ——第 j 个校准点的设定值，Nm；

\bar{T}_j ——第 j 个校准点扭矩仪实测值的算术平均值，Nm。

示值重复性按式（4）计算：

$$R_j = \left(\frac{T_{jimax} - T_{jimin}}{\bar{T}_j} \right) \times 100\% \quad (4)$$

R_j ——第 j 个校准点的示值重复性，%；

T_{jimax} ——第 j 个校准点第 i 次扭矩仪的最大扭矩示值，Nm；

T_{jimin} ——第 j 个校准点第 i 次扭矩仪的最小扭矩示值，Nm；

\bar{T}_j ——第 j 个校准点扭矩仪实测值的算术平均值，Nm。

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：“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) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、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。

其中，“本次校准所用测量标准的溯源性及有效说明”中应包括标准器的名称、型号规格、测量范围及不确定度（或准确度等级、最大允差）、有效日期等说明。

“校准环境的描述”中应包括环境温度、相对湿度和供电的状况。

“校准结果及其测量不确定度的说明”中应给出每个被校参数的测量结果以及相应的扩展不确定度和包含因子，如各被校点的扩展不确定度相差不大，可以取最大的代替。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，为了确保装置在其规定的技术性能下使用，建议最长为1年。

附录 A

原始记录参考格式

委托单位：	仪器名称：	制造厂：	型号规格：	出厂编号：			
校准地点：	环境温度：℃	环境湿度：%RH					
表 A.1 直流电压							
显示值（V）	实测值（V）	示值误差（%）	扩展不确定度				
表 A.2 直流电流							
显示值（A）	实测值（A）	示值误差（%）	扩展不确定度				
表 A.3 紧固扭矩							
设定值 (Nm)	实测值（Nm）				示值误差 （%）	重复性 （%）	扩展不确定度
	1	2	3	平均值			

附录 B

校准证书内页参考格式

1 直流电压				
显示值（V）		示值误差（%）		扩展不确定度
2 直流电流				
显示值（A）		示值误差（%）		扩展不确定度
3 紧固扭矩				
设定值 （Nm）	平均值 （Nm）	示值误差 （%）	示值重复性 （%）	扩展不确定度

附录 C 电池更换站直流电压校准不确定度分析评定示例

C.1 概述

用于电池更换站直流电压的测量设备主要由直流电压测量装置组成。校准方法见 7.2.1，其测量模型用公式（C1）表示。

C.2 数学模型

$$\Delta U = \frac{U_x - U_s}{U_s} \times 100\% \quad (\text{C1})$$

式中：

ΔU ——直流电压示值误差，%；

U_x ——直流电压显示值，V；

U_s ——直流电压测量装置实测值，V。

C.3 输入量的灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta U / \partial U_x = 1/U_s = 0.0026$$

$$c_2 = \partial \Delta U / \partial U_s = -U_x U_s^{-2} = -0.0026$$

C.4 标准不确定度来源及分析

C.4.1 由被校电池更换站直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(U_s)$

调节充电机的电流至额定工作输出最大电流 I_{max} ，控制显示仪输出直流电压读数 $U_x = 386.7\text{V}$ ，作 10 次独立重复测量，从直流电压测量装置读取 10 次测量值，其测量列如表 C-1 所示。

表 C-1 重复测量列

i (次数)	U_i/V	i (次数)	U_i/V
1	386.9	6	387.1
2	387.2	7	386.9
3	387.1	8	386.8
4	387.0	9	386.9
5	387.1	10	386.8

由贝塞尔公式计算的实验标准差作为被校电池更换站直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(U_s)$ 为:

$$u_1(U_s) = 0.14V$$

C.4.2 由直流电压测量装置最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(U_s)$

根据直流电压测量装置最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 则区间半宽度为 $a = 0.39V$, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则直流电压测量装置最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(U_s)$ 为:

$$u_2(U_s) = 0.39/\sqrt{3} = 0.23V$$

因直流电压测量装置分辨力所引入的不确定度较小, 忽略不计。

C.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 C-2 所示

表 C-2 不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
1	被校电池更换站直流电压测量重复性	$u_1(U_s)$	-0.0026	0.14V
2	直流电压测量装置最大允许误差	$u_2(U_s)$	-0.0026	0.23V

C.6 合成标准不确定度

输入量 U_x 和 U_s 的各不确定度彼此不相关, 则合成标准不确定度按式 (C2) 计算:

$$u_{\text{crel}}(\Delta U) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(U_s) + c_2^2 u_2^2(U_s)} = 0.07\% \quad (\text{C2})$$

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}}(\Delta U) = 0.14\% \quad (k=2)$$

附录 D 电池更换站直流电流校准结果不确定度分析评定示例

D.1 概述

用于电池更换站直流电流的测量设备主要由直流电流测量装置组成。校准方法见 7.2.2，其测量模型用公式（D1）表示。

D.2 数学模型

$$\Delta I = \frac{I_x - I_s}{I_s} \times 100\% \quad (\text{D1})$$

式中：

ΔU ——直流电流示值误差，%；

U_x ——直流电流显示值，A；

U_s ——直流电流测量装置实测值，A。

D.3 输入量的灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta I / \partial I_x = 1/I_s = 0.0065$$

$$c_2 = \partial \Delta I / \partial I_s = -I_x I_s^{-2} = -0.0065$$

D.4 标准不确定度来源及分析

D.4.1 由被校电池更换站直流电流测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(I_s)$

调节充电机的电流至额定工作输出最大电流 I_{max} ，控制显示仪输出直流电流读数 $I_x = 153.8\text{A}$ ，作 10 次独立重复测量，从直流电流测量装置读取 10 次测量值，其测量列如表 D-1 所示。

表 D-1 重复测量列

i (次数)	I_i/A	i (次数)	I_i/A
1	153.1	6	153.5
2	153.3	7	153.3
3	153.3	8	153.3
4	153.2	9	153.4
5	153.2	10	153.3

由贝塞尔公式计算的实验标准差作为被校电池更换站直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(I_s)$ 为：

$$u_1(I_s) = 0.11A$$

D.4.2 由直流电流测量装置最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(I_s)$

根据直流电流测量装置最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，则区间半宽度为 $a = 0.31 A$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则直流电流测量装置最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(I_s)$ 为：

$$u_2(I_s) = 0.31/\sqrt{3} = 0.18A$$

因直流电流测量装置分辨力所引入的不确定度较小，忽略不计。

D.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 D-2 所示

表 D-2 不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
1	被校电池更换站直流电流测量重复性	$u_1(I_s)$	-0.0065	0.11A
2	直流电流测量装置最大允许误差	$u_2(I_s)$	-0.0065	0.18A

D.6 合成标准不确定度

输入量 I_x 和 I_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（D2）计算：

$$u_{\text{crel}}(\Delta I) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(I_s) + c_2^2 u_2^2(I_s)} = 0.14\% \quad (\text{D2})$$

D.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}}(\Delta I) = 0.28\% \quad (k=2)$$

附录 E 电池更换站紧固扭矩校准结果不确定度分析评定示例

E.1 概述

用于电池更换站紧固扭矩的测量设备主要由标准扭矩仪组成。校准方法见 7.2.3，其测量模型用公式（E1）表示。

E.2 数学模型

$$\delta_j = \left(\frac{T_j - \bar{T}_j}{\bar{T}_j} \right) \times 100\% \quad (\text{E1})$$

式中：

δ_j ——第 j 个校准点的示值误差，%；

T_j ——第 j 个校准点的设定值，Nm；

\bar{T}_j ——第 j 个校准点扭矩仪实测值的算术平均值，Nm。

E.3 输入量的灵敏系数

$$c_1 = \partial \delta_j / \partial T_j = 1 / \bar{T}_j = 0.01$$

$$c_2 = \partial \delta_j / \partial \bar{T}_j = -T_j \bar{T}_j^{-2} = -0.01$$

E.4 标准不确定度来源及分析

E.4.1 由被校电池更换站紧固扭矩测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{T}_j)$

将动力式扭矩工具设置为 100Nm，作 10 次独立重复测量，从标准扭矩仪读取 10 次测量值，其测量列如表 E-1 所示。

表 E-1 重复测量列

i （次数）	T_j/Nm	i （次数）	T_j/Nm
1	100.1	6	100.5
2	100.4	7	100.6
3	100.8	8	100.2
4	100.2	9	100.7
5	100.1	10	100.3

实际测量中以 3 次测量值的平均值作为测量结果，由贝塞尔公式计算的实验标准差作为被校电池更换站直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\overline{T}_j)$ 为：

$$u_1(\overline{T}_j) = 0.25/\sqrt{3} = 0.15\text{Nm}$$

E.4.2 由标准扭矩仪最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(\overline{T}_j)$

根据标准扭矩仪最大允许误差为 $\pm 1\%$ ，则区间半宽度为 $a = 1\text{Nm}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则标准扭矩仪最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(\overline{T}_j)$ 为：

$$u_2(\overline{T}_j) = 1/\sqrt{3} = 0.58\text{Nm}$$

因标准扭矩仪分辨力所引入的不确定度较小，忽略不计。

E.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 E-2 所示

表 E-2 不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
1	被校电池更换站紧固扭矩测量重复性	$u_1(\overline{T}_j)$	-0.01	0.15Nm
2	标准扭矩仪最大允许误差	$u_2(\overline{T}_j)$	-0.01	0.58Nm

E.6 合成标准不确定度

输入量 I_x 和 I_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（E2）计算：

$$u_{\text{crel}}(\delta_j) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(\overline{T}_j) + c_2^2 u_2^2(\overline{T}_j)} = 0.6\% \quad (\text{E2})$$

E.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}}(\delta_j) = 1.2\% \quad (k=2)$$