



中华人民共和国国家军用标准

FL 6117

GJB 11733—2024

直流漏电流传感器规范

Specification for DC leakage current sensor

2025—01—07 发布

2025—03—01 实施



中央军委装备发展部 颁布

前 言

本规范由中国机械科学研究总院集团有限公司提出。

本规范起草单位：沈阳仪表科学研究院有限公司、中机生产力促进中心有限公司、国家仪器仪表元器件质量检验检测中心、传感器国家工程研究中心、绵阳市维博电子有限责任公司、中国北方发动机研究所、航天科技集团公司第一研究院第十八研究所、新乡北方车辆仪表有限公司、福建顺昌虹润精密有限公司、国机传感科技有限公司。

本规范主要起草人：徐丹辉、岳永威、于振毅、李洪儒、张 阳、陈志扬、彭正红、彭春文、李 挺、李永清、智海峰、朱廷伟、范光华、刘 阳、尚耀明。

直流漏电流传感器规范

1 范围

本规范规定了直流漏电流传感器的要求、质量保证规定和交货准备等。

本规范适用于直流漏电流传感器(以下简称传感器)的设计、生产、检验及验收。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

GB/T 191 包装储运图示标志

GJB 150.3A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第3部分:高温试验

GJB 150.4A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第4部分:低温试验

GJB 150.5A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第5部分:温度冲击试验

GJB 150.8A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第8部分:淋雨试验

GJB 150.9A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第9部分:湿热试验

GJB 150.10A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第10部分:霉菌试验

GJB 150.11A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第11部分:盐雾试验

GJB 150.14A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第14部分:浸渍试验

GJB 150.16A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第16部分:振动试验

GJB 150.18A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第18部分:冲击试验

GJB 151B—2013 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量

GJB 179A—1996 计数抽样检查程序及表

3 要求

3.1 外观

传感器的外观应符合下列要求:

- 壳体表面光洁完好,无划痕及其他损伤;
- 电气接口端子或引出线的标号应清晰完整。

3.2 标志

传感器应在醒目的位置上进行标志,标志内容如下:

- 量程及精度;
- 出厂编号;
- 检验批识别代码;
- 生产厂的名称或商标。

如果空间有限,应至少标志 a) 和 b)。

3.3 重量

传感器的重量公差应不超过 $\pm 10\%$ 。

3.4 性能

3.4.1 测量范围

除另有规定外,传感器的测量范围应从表1中选取。

表 1 传感器的测量范围

双极性传感器测量范围	单极性传感器测量范围
(-10~0~10) mA	(0~10) mA
(-20~0~20) mA	(0~100) mA
(-50~0~50) mA	(0~500) mA
(-100~0~100) mA	(0~1000) mA
(-200~0~200) mA	—
(-500~0~500) mA	—
(-1000~0~1000) mA	—

3.4.2 基本误差限

传感器的基本误差限和准确度等级应在表 2 规定值中选取。

表 2 基本误差限和准确度等级之间关系

基本误差限 %FS	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0
准确度等级	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0

3.4.3 静态特性

3.4.3.1 基本误差

传感器在规定的测量范围内的基本误差应不超过表 2 给定的基本误差限。

3.4.3.2 非线性误差

传感器在规定的测量范围内的非线性误差应不超过表 2 给定的基本误差限。

3.4.3.3 重复性误差

传感器在规定的测量范围内的重复性误差应不超过表 2 给定的基本误差限的绝对值。

3.4.3.4 失调电压(电流)误差

传感器的失调电压(电流)误差应不超过基本误差限的 80%。

3.4.4 输出纹波(峰—峰值)

传感器的输出纹波应不超过输出范围的 2%。

3.4.5 响应时间

传感器的响应时间应不大于 100ms。

3.4.6 绝缘电阻

传感器输入端子和输出端子并接后与外壳之间的绝缘电阻应不小于 100MΩ/250VDC。对于隔离型传感器,应增加测量传感器输入端子与输出端子之间的绝缘电阻,绝缘电阻应不小于 100MΩ/250VDC。

3.4.7 绝缘强度

传感器输入端子和输出端子并接后与外壳之间应能承受 2000V, 50Hz 的正弦交流电压 1min, 在规定的时间内传感器应无击穿和飞弧现象。

3.4.8 影响量

影响量发生变化时,传感器基本误差限的改变量应不超过表 3 规定的允许改变量。

3.4.9 过载能力

传感器按表 4 要求经过载试验后,其与准确度等级有关的技术指标应符合 3.4.3 的要求。

表3 使用范围极限和允许改变量

影响量	影响量改变范围	允许改变量
温度漂移	工作温度范围	绝对值 $\leq 0.08\%FS/^{\circ}C$
辅助电源电压	额定值 $\pm 15\%$ (5V为 $\pm 5\%$)	\leq (基本误差限 $\pm 5\%$)
输出负载	输出负载	\leq (基本误差限 $\pm 5\%$)
地磁场	传感器可任意方向放置	\leq (基本误差限 $\pm 50\%$)
外磁场	0~400A/m	\leq (基本误差限 $\pm 100\%$)

表4 过载能力

过载类型	施加电流	施加时间	施加次数	间隔时间
短期过载	输入量程最大值的10倍	3s ± 0.5 s	5次	5min
长期过载	输入量程最大值的3倍	2h ± 10 s	1次	—

3.5 对辅助电源的要求

3.5.1 辅助电源电压

直流辅助电源电压的额定值宜从下列数值中选取：

- a) 双电源： $\pm(12V \pm 15\%)$ ； $\pm(15V \pm 15\%)$ ；
- b) 单电源： $5V \pm 5\%$ ； $12V \pm 15\%$ ； $15V \pm 15\%$ ； $24V \pm 15\%$ 。

3.5.2 辅助电源工作电流

辅助电源工作电流应满足以下条件：

- a) 电压输出型：辅助电源提供的工作电流应不低于15mA；
- b) 电流输出型：辅助电源提供的工作电流应不低于 $15mA + I_o$ 。

注： I_o 为传感器的输出电流，单位：mA。

3.6 负载范围

传感器输出方式、输出范围、辅助电源额定值及输出负载范围可按表5选取。

表5 输出方式与辅助电源、输出负载之间的关系

传感器输出方式	输出范围	辅助电源额定值	输出负载范围
电压输出 (U_o)	(0~5)V	12V, 15V, 24V	10k Ω ~100k Ω
	(1~5)V	12V, 15V, 24V	10k Ω ~100k Ω
	(0.5~4.5)V	12V, 15V, 24V	10k Ω ~100k Ω
	(0~10)V	12V, 15V, 24V	10k Ω ~200k Ω
	(0 $\sim \pm 5$)V	$\pm 12V, \pm 15V$	10k Ω ~200k Ω
电流输出 (I_o)	(0~20)mA	12V, 15V, 24V	50 Ω ~300 Ω
	(4~20)mA	12V, 15V, 24V	50 Ω ~300 Ω
	(12 ^a ± 8)mA	$\pm 15V, 15V, 24V$	50 Ω ~300 Ω
	(12 ^a ± 8)mA	5V	50 Ω ~150 Ω

^a 表示12mA为偏置零位(带电零位)。

3.7 环境适应性

3.7.1 高温贮存

传感器的贮存温度上限值一般应从下列数值中选取，同时应保证高温贮存温度不超过传感器的高温

工作温度。

贮存温度上限值：70℃，85℃，105℃，125℃和150℃。

传感器应能经受上限贮存温度的贮存环境，经高温贮存试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.2 低温贮存

传感器的贮存温度下限值一般应从下列数值中选取，同时应保证低温贮存温度不超过传感器的低温工作温度。

贮存温度下限值：-60℃，-55℃，-50℃，-45℃，-25℃和-10℃。

传感器应能经受下限贮存温度的贮存环境，试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.3 高温工作

传感器的高温工作温度上限值一般应从下列数值中选取：

高温工作温度上限值：70℃，85℃，105℃，125℃和150℃。

传感器应能在上限工作温度的环境条件下正常工作，试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.4 低温工作

传感器的工作温度下限值一般应从下列数值中选取：

低温工作温度下限值：-60℃，-55℃，-50℃，-45℃，-25℃和-10℃。

传感器应能在下限工作温度的环境条件下正常工作，试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.5 温度冲击

传感器应能经受3.7.1和3.7.2规定的上限贮存温度和下限贮存温度的温度冲击，试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.6 振动

按GJB 150.16A—2009表1要求选择振动环境类别。试验后传感器的组件结构不应损伤，端子不应松动，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.7 冲击

传感器经受GJB 150.18A—2009中规定的冲击试验后，传感器的组件结构应完好，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定。

3.7.8 湿热

传感器应能经受GJB 150.9A—2009规定的湿热试验。试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定，绝缘电阻应符合3.4.6的规定。

3.7.9 盐雾

传感器应能经受GJB 150.11A—2009规定的盐雾试验。试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定，绝缘电阻应符合3.4.6的规定。

3.7.10 淋雨

传感器应能经受GJB 150.8A—2009中程序I规定的淋雨试验。试验后传感器与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定，绝缘电阻应符合3.4.6的规定。

3.7.11 浸渍

传感器应能经受GJB 150.14A—2009中程序II规定的浸渍试验，试验后传感器外观应符合3.1的规定，与准确度等级相关的技术指标应符合3.4.3的规定，绝缘电阻应符合3.4.6的规定。

3.7.12 霉菌

按GJB 150.10A—2009中规定的霉菌试验，试验后传感器表面霉菌生长情况应不超过2级。

3.8 电磁兼容性

按 GJB 151B—2013 的规定，检测项目应从 CE102、CS101、CS114、CS115、CS116、RE102、RS103 中选取，传感器敏感度应符合检测项目的规定。

3.9 寿命

传感器应能经受 1000h 交变电量脉冲试验，试验后传感器与准确度等级相关的技术指标应符合 3.4.3 的规定。

3.10 筛选

在鉴定检验和质量一致性检验之前，传感器应按表 6 要求进行 100%筛选试验，不合格品应予以剔除。

表 6 筛选要求

序号	检验项目	试验方法
1	电老炼	通电 48h
2	高温贮存试验	见 4.5.17
3	低温贮存试验	见 4.5.18

4 质量保证规定

4.1 检验分类

本规范规定的检验分为：

- a) 鉴定检验；
- b) 质量一致性检验。

4.2 环境条件

传感器应在下列条件下进行所有检验：

- a) 温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：20%～80%；
- c) 气压：86kPa～106kPa。

4.3 鉴定检验

4.3.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行鉴定检验：

- a) 产品设计定型和生产定型；
- b) 产品在结构、材料、工艺方面有较大改变；
- c) 产品停产两年以上恢复生产时；
- d) 产品转厂生产，异地首次生产的产品；
- e) 用户提出要求。

4.3.2 检验项目

鉴定检验项目应按照表 7 的规定进行。

4.3.3 检验顺序

检验顺序按表 7 的规定进行。

4.3.4 受检样品数

鉴定检验样品数为 4 只。4 只样品全部经受表 7 中第 1 项～第 11 项试验，然后分两组，其中 2 只经受第 12 项～第 31 项试验（第 30 项除外），另外 2 只接受第 32 项试验。对于霉菌试验可另抽样品进行。

4.3.5 合格判据

鉴定检验项目全部符合要求，则判定鉴定合格。如有任意一样品任意一项检验项目不符合要求，则判定鉴定检验不合格。

表 7 检验项目表

序号	检验项目	鉴定检验	质量一致性检验			要求 章条号	检验方法 章条号
			A 组	B 组	C 组		
1	外观	●	●	—	—	3.1	4.5.1
2	标志	●	●	—	—	3.2	4.5.2
3	重量	●	●	—	—	3.3	4.5.3
4	基本误差	●	●	—	—	3.4.3.1	4.5.5.4
5	非线性误差	●	●	—	—	3.4.3.2	4.5.5.5
6	重复性误差	●	●	—	—	3.4.3.3	4.5.5.6
7	失调电压(电流)误差	●	●	—	—	3.4.3.4	4.5.5.7
8	输出纹波	●	●	—	—	3.4.4	4.5.6
9	响应时间	●	●	—	—	3.4.5	4.5.7
10	绝缘电阻	●	●	—	—	3.4.6	4.5.8
11	绝缘强度	●	●	—	—	3.4.7	4.5.9
12	温度漂移影响量	●	—	●	—	3.4.8	4.5.10
13	辅助电源电压影响量	●	—	●	—	3.4.8	4.5.11
14	输出负载变化影响量	●	—	●	—	3.4.8	4.5.12
15	地磁场影响量	●	—	●	—	3.4.8	4.5.13
16	外磁场影响量	●	—	●	—	3.4.8	4.5.14
17	短期过载	●	—	●	—	3.4.9	4.5.15
18	长期过载	●	—	●	—	3.4.9	4.5.16
19	高温贮存	●	—	●	—	3.7.1	4.5.17
20	低温贮存	●	—	●	—	3.7.2	4.5.18
21	高温工作	●	—	●	—	3.7.3	4.5.19
22	低温工作	●	—	●	—	3.7.4	4.5.20
23	温度冲击	●	—	●	—	3.7.5	4.5.21
24	振动	●	—	—	●	3.7.6	4.5.22
25	冲击	●	—	—	●	3.7.7	4.5.23
26	湿热	●	—	—	○	3.7.8	4.5.24
27	盐雾	●	—	—	○	3.7.9	4.5.25
28	淋雨	●	—	—	○	3.7.10	4.5.26
29	浸渍	●	—	—	○	3.7.11	4.5.27
30	霉菌	●	—	—	○	3.7.12	4.5.28
31	电磁兼容性	●	—	—	○	3.8	4.5.29
32	寿命	●	—	—	●	3.9	4.5.30

注：●必检项目；○订购方和承制方协商检验项目；—不检项目。

4.4 质量一致性检验

4.4.1 分组

质量一致性检验分为 A 组、B 组和 C 组。质量一致性检验前，产品应是经过筛选合格的产品。

4.4.2 检验批

一个检验批的产品应在同一生产周期内以相同材料和工艺条件生产的相同型号的所有产品组成。

4.4.3 检验项目

质量一致性检验项目按表 7 规定进行。

4.4.4 A 组检验

A 组检验为 100%逐只检验，若全部符合要求，则判该产品合格。

4.4.5 B 组检验

B 组检验为逐批检验，样品应从 A 组检验合格的产品中随机抽取，并按 GJB 179A—1996 中的一次正常检验抽样方案进行，检验水平为一般检验水平 II，可接受质量水平 (AQL) 值为 2.5。当不合格品数小于拒收判定数时，则判 B 组检验合格。

4.4.6 C 组检验

C 组为周期检验，检验周期为 24 个月。样品从通过 A 组检验合格的产品中随机抽取，抽样数量按表 8 规定选取，其中 2 只用于寿命试验，其余用于其他试验。若全部符合要求，则判 C 组检验合格。

表 8 C 组抽样方案

单位为只

产品数量	≤50	50~200	200 以上
C 组抽样数量	3	5	7

4.5 检验方法

4.5.1 外观

用目测及触摸的方法检查传感器的外观。

4.5.2 标志

目测检查传感器的标志。

4.5.3 重量

用衡器或天平称量传感器的重量。

4.5.4 试验准备

4.5.4.1 安装与连接

将传感器按试验要求安装到试验装置上，被测试传感器、电流标准器、辅助电源和读数记录仪按图 1 连接。

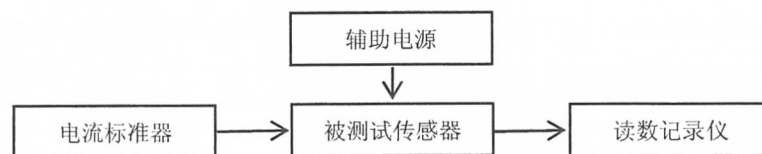


图 1 静态性能试验安装连接图

4.5.4.2 预热

将被测试传感器和试验有关的试验装置正确安装、连接后，应使其在检验环境条件放置 1h 以上。

试验前，被测试传感器应通电预热 15min~30min，对电流标准器、辅助电源和读数装置按说明书的规定进行通电预热。

4.5.5 静态特性试验

4.5.5.1 量程选取

与准确度等级指数有关的试验，应在检验环境条件下进行。

传感器被测值之前，传感器应在量程内作三次全量程范围内的运行。然后，在量程范围内各选取量程的 0%、20%、40%、60%、80%、100% 六个校准点。正行程测量从 0%~100%，共 6 个校准点；反行程测量从 80%~0%，共 5 个校准点，每一个循环共计 11 个校准点。

4.5.5.2 正行程测量

试验从输入信号 0 开始，然后将输入信号缓慢增加(无过冲)到 20%量程的校准点，稳定一段时间后，记录输入和输出信号的相应值。在每个校准点上重复以上过程，直到达到量程的 100%。

4.5.5.3 反行程测量

从量程的 100%测试点，缓慢地将输入信号降低到 80%量程的校准点，稳定一段时间后，记录输入和输出信号的相应值；再依次降到其他校准点上，直至量程的 0%。从而形成一个完整的测量循环。这样的测量循环要分别作三次。

4.5.5.4 基本误差

传感器的基本误差 δ_i 为在各校准点上误差的最大值，按公式(1)计算。

$$\delta_i = \pm \frac{|\bar{Y}_i - Y_{ni}|_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- δ_i ——传感器在任一循环中第 i 个校准点上的误差(注：校准点不少于 6 点)；
- \bar{Y}_i ——传感器在任一循环中增加或减少输入时，第 i 个校准点上的实际输出信号值；
- Y_{ni} ——对应第 i 点的输出信号理论值；
- Y_{FS} ——满量程输出值。
- Y_{ni} 由公式(2)确定：

$$Y_{ni} = \frac{i}{k-1} \cdot Y_{FS} + Y_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- i ——校准点序号(0、1、2、……、 $k-1$)；
- k ——校准点总数；
- Y_0 ——输入信号为零时传感器的输出信号理论值，无偏置零位时 Y_0 为零。
- Y_{FS} 由公式(3)确定：

$$Y_{FS} = Y_{\max} - Y_{\min} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- Y_{\max} ——传感器测量上限(正量程 100%)时的输出值；
- Y_{\min} ——传感器测量下限(负量程 100%)时的输出值。

4.5.5.5 非线性误差

采用端基直线作为参比工作直线。

传感器的非线性误差 δ_L 按公式(4)计算：

$$\delta_L = \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

δ_L ——传感器的非线性误差;

ΔL_{\max} ——同一校准点上正程、回程 3 次测量的输出信号的算术平均值与参比工作直线上相应点的最大差值。

4.5.5.6 重复性误差

传感器的重复性误差 δ_R 按公式(5)计算:

$$\delta_R = \frac{|\Delta R_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

δ_R ——传感器的重复性误差;

ΔR_{\max} ——同一行程同一校准点上 3 次测量的输出信号值之间的最大差值。两次测量时间间隔应不大于 1min。

4.5.5.7 失调电压(电流)误差

传感器的失调电压(电流)误差 δ_Z 按公式(6)计算:

$$\delta_Z = \frac{\bar{y}_0 - Y_0}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:

δ_Z ——传感器的失调电压(电流)误差;

\bar{y}_0 ——输入信号为零时传感器的实际输出信号的平均值。

4.5.6 输出纹波(峰—峰值)

在最小和最大负载、满量程的测试条件下,记录输出值中纹波含量的最大峰—峰值,以输出量程的百分数表示。

4.5.7 响应时间

在被测试传感器的输入端施加阶跃变化信号。用示波器观察传感器的输出波形,测量输出信号值从稳态值的 10%到 90%所需要的时间,即为传感器的响应时间。

4.5.8 绝缘电阻

不施加辅助电源,将传感器的输入端子和输出端子并接,用绝缘电阻测试仪或相应仪表测量并接端子与传感器外壳之间的绝缘电阻。试验时,非测量端子予以接地。

对于隔离型传感器,用上述方法测量传感器输入端子与输出端子之间的绝缘电阻。

4.5.9 绝缘强度

不施加辅助电源,将传感器的输入端子和输出端子并接,在并接端子与传感器外壳之间施加 2000V,50Hz 的正弦交流电压,并保持 1min,传感器应无击穿和飞弧现象。

4.5.10 温度漂移影响量

取工作温度上限和工作温度下限作为高温校准点和低温校准点。在读取试验测量值之前,应将被试传感器在每个试验温度上放置 2h 以上,以达到热稳定。具体步骤如下:

- 将传感器接上辅助电源,在检验环境条件下,测量其正、负量程信号为 0%和 100%时对应的输出值 U_{X0} 和 U_{X+100} 、 U_{X-100} ;
- 将传感器放进温度试验箱,温度试验箱以不超过 1°C/min 的速度升温至高温校准点,保温时间不少于 2h,使其达到温度稳定。记录在此温度下,传感器正、负量程信号为 0%和 100%时对应的输出值 U_{XCH0} 和 $U_{XCH+100}$ 、 $U_{XCH-100}$;
- 将温度试验箱以不超过 1°C/min 的速度下降,直至达到低温校准点,保温时间不少于 2h,使其达到温度稳定。记录在此温度下,传感器正、负量程信号为 0%和 100%时对应的输出值 U_{XCL0} 和 $U_{XCL+100}$ 、 $U_{XCL-100}$ 。

在工作温度范围内，温度每变化 1℃，传感器失调电压温度漂移 δ_{iO} 按公式(7)、公式(8)计算：

$$\delta_{iOH} = \frac{U_{XCH0} - U_{X0}}{(t_1 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$\delta_{iOL} = \frac{U_{XCL0} - U_{X0}}{(t_2 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

δ_{iOH} ——工作温度上限、输入信号为 0 时，传感器失调电压(电流)温度漂移；

δ_{iOL} ——工作温度下限、输入信号为 0 时，传感器失调电压(电流)温度漂移；

U_{X0} ——检验环境条件下输入信号为 0 时，传感器输出平均值；

U_{XCH0} ——工作温度上限、输入信号为 0 时，传感器输出平均值；

U_{XCL0} ——工作温度下限、输入信号为 0 时，传感器输出平均值；

t_0 ——标准环境温度；

t_1 ——工作温度上限；

t_2 ——工作温度下限。

在工作温度范围内，温度每变化 1℃，传感器高、低温区的正量程输出温度漂移 δ_{iH+} 、 δ_{iL+} 按公式(9)、公式(10)计算：

$$\delta_{iH+} = \frac{U_{XCH+100} - U_{X+100}}{(t_1 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

$$\delta_{iL+} = \frac{U_{XCL+100} - U_{X+100}}{(t_2 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

δ_{iH+} ——工作温度上限、正量程输入信号为 100%时，传感器温度漂移；

δ_{iL+} ——工作温度下限、正量程输入信号为 100%时，传感器温度漂移；

U_{X+100} ——在检验环境条件下、正量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值；

$U_{XCH+100}$ ——工作温度上限、正量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值；

$U_{XCL+100}$ ——工作温度下限、正量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值。

在工作温度范围内，温度每变化 1℃，传感器高、低温区的负量程输出温度漂移 δ_{iH-} 、 δ_{iL-} 按公式(11)、公式(12)计算：

$$\delta_{iH-} = \frac{U_{XCH-100} - U_{X-100}}{(t_1 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

$$\delta_{iL-} = \frac{U_{XCL-100} - U_{X-100}}{(t_2 - t_0) \cdot Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中：

δ_{iH-} ——工作温度上限、负量程输入信号为 100%时，传感器温度漂移；

δ_{iL-} ——工作温度下限、负量程输入信号为 100%时，传感器温度漂移；

U_{X-100} ——在检验环境条件下、负量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值；

$U_{XCH-100}$ ——工作温度上限、负量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值；

$U_{XCL-100}$ ——工作温度下限、负量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值。

4.5.11 辅助电源电压影响量

辅助电源电压变化试验程序如下：

a) 将传感器接上辅助电源额定值，测量其正、负量程信号为 0%和 100%时对应的输出值 U_{X0} 和

U_{X+100} 、 U_{X-100} ；

- b) 将辅助电源的正电压调到额定值的 115%，辅助电源的负电压调到额定值的 115% (双电源时)，测量正、负量程信号为 0% 和 100% 对应的输出值 U_{XA0} 和 U_{XA+100} 、 U_{XA-100} ；

注：辅助电源电压为 5VDC 时，需将辅助电源电压调到额定值的 105%。

- c) 将辅助电源的正电压调到额定值的 85%，辅助电源的负电压调到额定值的 85% (双电源时)，测量正、负量程信号为 0% 和 100% 对应的输出值 U_{XB0} 和 U_{XB+100} 、 U_{XB-100} 。

注：辅助电源电压为 5VDC 时，需将辅助电源电压调到额定值的 95%。

辅助电源电压变化引起的失调电压 (电流) 改变量 δ_{UA0} 、 δ_{UB0} 可按公式 (13)、公式 (14) 计算：

$$\delta_{UA0} = \frac{U_{XA0} - U_{X0}}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

$$\delta_{UB0} = \frac{U_{XB0} - U_{X0}}{Y_{FS}} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

式中：

δ_{UA0} —— 辅助电源为额定值的 115%，输入信号为 0 时，传感器失调电压 (电流) 改变量；

δ_{UB0} —— 辅助电源为额定值的 85%，输入信号为 0 时，传感器失调电压 (电流) 改变量；

U_{XA0} —— 辅助电源为额定值的 115%，输入信号为 0 时，传感器输出平均值；

U_{XB0} —— 辅助电源为额定值的 85%，输入信号为 0 时，传感器输出平均值。

辅助电源电压变化引起的正量程输出改变量 δ_{UA+100} 、 δ_{UB+100} 可按公式 (15)、公式 (16) 计算：

$$\delta_{UA+100} = \left| \frac{U_{XA+100} - U_{X+100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

$$\delta_{UB+100} = \left| \frac{U_{XB+100} - U_{X+100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

式中：

δ_{UA+100} —— 辅助电源为额定值的 115%，正量程输入信号为 100% 时，传感器输出改变量；

δ_{UB+100} —— 辅助电源为额定值的 85%，正量程输入信号为 100% 时，传感器输出改变量；

U_{XA+100} —— 辅助电源为额定值的 115%，正量程输入信号为 100% 时，传感器输出平均值；

U_{XB+100} —— 辅助电源为额定值的 85%，正量程输入信号为 100% 时，传感器输出平均值。

辅助电源电压变化引起的负量程输出改变量 δ_{UA-100} 、 δ_{UB-100} 可按公式 (17)、公式 (18) 计算：

$$\delta_{UA-100} = \left| \frac{U_{XA-100} - U_{X-100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

$$\delta_{UB-100} = \left| \frac{U_{XB-100} - U_{X-100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

式中：

δ_{UA-100} —— 辅助电源为额定值的 115%，负量程输入信号为 100% 时，传感器输出改变量；

δ_{UB-100} —— 辅助电源为额定值的 85%，负量程输入信号为 100% 时，传感器输出改变量；

δ_{XA-100} —— 辅助电源为额定值的 115%，负量程输入信号为 100% 时，传感器输出平均值；

δ_{XB-100} —— 辅助电源为额定值的 85%，负量程输入信号为 100% 时，传感器输出平均值。

4.5.12 输出负载影响量

输出负载变化试验程序如下：

- a) 电压输出的传感器，输出负载取额定值与无穷大 (开路电压) 比较；
- b) 电流输出的传感器，输出负载取额定值与短路比较。

测量传感器在正、负量程信号为 0%和 100%对应的输出值 U_{X0} 和 U_{X+100} 、 U_{X-100} 。改变输出负载后，测量传感器在正、负量程信号为 0%和 100%对应的输出值 U_{RX0} 和 U_{RX+100} 、 U_{RX-100} 。

输出负载引起的传感器在失调电压及正、负量程输出时的改变量 δ_{R0} 及 δ_{R+100} 、 δ_{R-100} 可按公式 (19)、公式 (20)、公式 (21) 计算：

$$\delta_{R0} = \left| \frac{U_{RX0} - U_{X0}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (19)$$

$$\delta_{R+100} = \left| \frac{U_{RX+100} - U_{X+100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

$$\delta_{R-100} = \left| \frac{U_{RX-100} - U_{X-100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- δ_{R0} ——输出负载改变后，输入信号为 0 时，传感器失调电压(电流)改变量；
- U_{RX0} ——输出负载改变后，输入信号为 0 时，传感器输出平均值。
- δ_{R+100} ——输出负载改变后，正量程输入信号为 100%时，传感器输出改变量
- δ_{R-100} ——输出负载改变后，负量程输入信号为 100%时，传感器输出改变量；
- U_{RX+100} ——输出负载改变后，正量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值；
- U_{RX-100} ——输出负载改变后，负量程输入信号为 100%时，传感器输出平均值。

4.5.13 地磁场影响量

将传感器接上辅助电源，水平放置，测量在正、负量程信号为 0%和 100%对应的输出值 U_{X0} 和 U_{X+100} 、 U_{X-100} 。翻转改变其放置方向，测量其输出值的改变量。

测量传感器翻转改变方向后，在正、负量程为 0%和 100%对应的输出值 U_{T0} 和 U_{TX+100} 、 U_{TX-100} 。

地磁场引起的传感器在失调电压(电流)及正、负量程输出的改变量 δ_{T0} 及 δ_{T+100} 、 δ_{T-100} 可按公式 (22) 及公式 (23)、公式 (24) 计算：

$$\delta_{T0} = \left| \frac{U_{T0} - U_{X0}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (22)$$

$$\delta_{T+100} = \left| \frac{U_{TX+100} - U_{X+100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (23)$$

$$\delta_{T-100} = \left| \frac{U_{TX-100} - U_{X-100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- δ_{T0} ——地磁场变化，输入信号为 0 时，传感器失调电压(电流)改变量；
- U_{T0} ——地磁场变化，输入信号为 0 时，传感器输出平均值。
- δ_{T+100} ——地磁场变化，输入信号为 100%时，传感器正量程改变量；
- δ_{T-100} ——地磁场变化，输入信号为 100%时，传感器负量程改变量；
- U_{TX+100} ——地磁场变化，输入信号为 100%时，传感器正量程输出平均值；
- U_{TX-100} ——地磁场变化，输入信号为 100%时，传感器负量程输出平均值。

4.5.14 外磁场影响量

将传感器接上辅助电源，测量其正、负量程信号为 0% 和 100% 对应的输出值 U_{X0} 和 U_{X+100} 、 U_{X-100} 。

然后，将传感器位于线圈中间，线圈的平均直径为 1m，径向厚度小于直径。通过的直流电流应能在线圈中心产生 400A/m 的磁场强度。

测量传感器在正、负量程为 0% 和 100% 对应的输出值 U_{M0} 和 U_{MX+100} 、 U_{MX-100} 。

外部磁场引起的传感器在失调电压及正、负量程输出的改变量 δ_{M0} 及 δ_{M+100} 、 δ_{M-100} 可按公式 (25) 及公式 (26)、公式 (27) 计算：

$$\delta_{M0} = \left| \frac{U_{M0} - U_{X0}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

$$\delta_{M+100} = \left| \frac{U_{MX+100} - U_{X+100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (26)$$

$$\delta_{M-100} = \left| \frac{U_{MX-100} - U_{X-100}}{Y_{FS}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (27)$$

式中：

δ_{M0} ——外磁场变化，输入信号为 0 时，传感器失调电压(电流)改变量；

U_{M0} ——外磁场变化，输入信号为 0 时，传感器输出平均值。

δ_{M+100} ——外磁场变化，输入信号为 100% 时，传感器正量程改变量；

δ_{M-100} ——外磁场变化，输入信号为 100% 时，传感器负量程改变量；

U_{MX+100} ——外磁场变化，输入信号为 100% 时，传感器正量程输出平均值；

U_{MX-100} ——外磁场变化，输入信号为 100% 时，传感器负量程输出平均值。

4.5.15 短期过载

按表 4 中“短期过载”试验要求，对传感器施加输入量程最大值 10 倍的电流，时间 3s，重复 5 次，间隔 5min。试验结束后，测量与准确度等级有关的技术指标。

4.5.16 长期过载

按表 4 中“长期过载”试验要求，对传感器施加输入量程最大值 3 倍的电流，时间 2h。试验结束后，测量与准确度等级有关的技术指标。

4.5.17 高温贮存

在下列条件下，按 GJB 150.3A—2009 中试验程序 I 规定的试验方法进行试验：

a) 温度：贮存温度的上限温度值 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

b) 试验时间：48h。

试验后，传感器在检验环境条件下恢复 2h~8h 后，检测其外观和准确度等级。

4.5.18 低温贮存

在下列条件下，按 GJB 150.4A—2009 中试验程序 I 规定的试验方法进行试验：

a) 温度：贮存温度的下限温度值 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

b) 试验时间：24h。

试验后，传感器在检验环境条件下恢复 2h~8h 后，检测其外观和准确度等级。

4.5.19 高温工作

在下列条件下，按 GJB 150.3A—2009 中试验程序 II 规定的试验方法进行试验：

a) 温度：工作温度的上限温度值 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

b) 试验时间：不少于 2h；

c) 输入信号：零点和满量程；

d) 试验时, 每隔 1h 检测一次传感器的输出。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h~8h 后, 检测其外观和准确度等级。

4.5.20 低温工作

在下列条件下, 按 GJB 150.4A—2009 中试验程序 II 规定的试验方法进行试验:

a) 温度: 工作温度的下限温度值 $\pm 2^{\circ}\text{C}$;

b) 试验时间: 不少于 2h;

c) 输入信号: 零点和满量程;

d) 试验时, 每隔 1h 检测一次传感器的输出。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h~8h 后, 检测其外观和准确度等级。

4.5.21 温度冲击

在下列条件下, 按 GJB 150.5A—2009 中试验程序 I 规定的试验方法进行试验:

a) 温度: 贮存温度上限值;

贮存温度下限值;

b) 极值温度下试验时间: 1h;

c) 转换时间: 不大于 1min;

d) 循环次数: 5 次。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h, 检测其外观和准确度等级。

4.5.22 振动

在下列条件下, 按 GJB 150.16A—2009 中规定的试验方法进行试验。

a) 振动频率: 10Hz~60Hz;

b) 振动加速度: 100m/s^2 ;

c) 振动方向: 垂直、横向和纵向三个方向;

d) 振动时间: 每个方向各振 30min;

e) 试验时, 每隔 10min 检测一次传感器的输出。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h, 传感器检测其外观和准确度等级。

4.5.23 冲击

在下列条件下, 按 GJB 150.18A—2009 中试验程序 I 规定的试验方法进行试验。

a) 加速度: 20g;

b) 冲击脉冲: 半正弦波;

c) 方向及次数: 三个方向各冲击 3 次;

d) 持续时间: 11ms。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h, 传感器检测其外观和准确度等级。

4.5.24 湿热

在下列条件下, 按 GJB 150.9A—2009 规定的试验方法进行试验:

a) 温度: $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;

b) 相对湿度: 85%~95%;

c) 试验时间: 不应少于 240h。

试验后, 传感器在检验环境条件下恢复 2h, 检测其外观、绝缘电阻和准确度等级。

4.5.25 盐雾

在下列条件下, 按 GJB 150.11A—2009 规定的试验方法进行试验:

a) 温度: $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;

b) 盐水浓度: $5\% \pm 1\%$ (质量百分比);

c) 试验时间：应从下列时间中选取：96h、144h、192h 和 384h。

试验后，用清水冲洗，检测其外观、绝缘电阻和准确度等级。

4.5.26 淋雨

按 GJB 150.8A—2009 中程序 I 规定的试验方法。试验后，检测其外观、绝缘电阻和准确度等级。

4.5.27 浸渍

按 GJB 150.14A—2009 中程序 II 规定的试验方法。试验后，检测其外观、绝缘电阻和准确度等级。

4.5.28 霉菌

在下列条件下，按 GJB 150.10A—2009 中规定的试验方法进行试验：

- a) 时间：28d；
- b) 菌种按产品技术文件选取。

试验后，检测其外观。

4.5.29 电磁兼容性

按 GJB 151B—2013 中规定的试验方法，对传感器进行试验。试验后，检测其准确度等级。

4.5.30 寿命

将传感器安装在专用测试装置上，按规定的信号输入范围，在传感器输入端循环施加“输入信号下限值~输入信号上限值~输入信号下限值”电量脉冲，循环周期为 20s~30s。试验共进行 1000h。试验后，检测传感器准确度等级。

5 交货准备

5.1 包装

传感器应有专用的包装盒，包装盒应具有足够的强度；包装盒内应有垫衬或填充防振保护。盒内应装有合格证、使用说明书和装箱单。

包装盒上应有封签，盒上标志应符合 GB/T 191 的规定，并标明：

- a) 生产厂的名称或商标；
- b) 产品型号；
- c) 检验日期、检验员印章；
- d) 检验批识别代码。

5.2 储存

传感器应存放在环境温度为一20℃~50℃、相对湿度不大于 80%、无腐蚀性气体的影响、通风良好的库房内。

5.3 运输

传感器运输时应有牢固的包装箱。箱外标志应按 GB/T 191 的规定标明“易碎”、“怕雨”等标志。装有产品的包装箱允许用任何工具运输，运输中应避免机械撞击和雨、雪的直接淋袭。

6 说明事项

6.1 预定用途

本规范规定的直流漏电流传感器，预定用于对车辆、船舶、地面设施等用电设备、供电设备的直流泄漏电流的检测。

6.2 订购文件中应明确的内容

订单或合同中应包括下列内容：

- a) 本规范的名称、编号和发布日期；
- b) 产品名称、规格；

- c) 使用场合与连接方式;
- d) 特殊的装箱与交通运输的要求;
- e) 合同中应明确产品的安装方式、外形尺寸和安装尺寸及相应的公差。



中华人民共和国
国家军用标准
直流漏电流传感器规范
GJB 11733—2024

*

国家军用标准出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷
国家军用标准出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1½ 字数 40 千字
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

*

军标出字第 16690 号