

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

电子皮肤柔性传感器

Electronic skin flexible sensor

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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 技术要求	1
4.1 外观尺寸要求	1
4.2 电性能要求	2
4.3 力学性能要求	2
4.4 耐久性要求	2
4.5 安全与环保要求	3
5 试验方法	3
6 检验规则	4
6.1 检验分类	4
6.2 出厂检验	4
6.3 型式检验	4
6.4 抽样方法	4
6.5 检验报告	4
7 标志、包装、运输与贮存	5
7.1 标志	5
7.2 包装	5
7.3 运输	5
7.4 贮存	5

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏日盈电子股份有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：江苏日盈电子股份有限公司、北京中研华采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司、北京骏宇汽车科技有限公司。

本文件主要起草人：方益民、乐志斌、夏卫彬、杨笛、朱军。

电子皮肤柔性传感器

1 范围

本文件规定了电子皮肤柔性传感器的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于采用柔性基底制备的，具备压力、温度、湿度等多模态感知功能的电子皮肤传感器，主要用于机器人触觉感知、智能穿戴设备及医疗监测等领域的设计、制造和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件
- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- GB/T 1958 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 检测与验证
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2790 胶粘剂180°剥离强度试验方法 挠性材料对刚性材料
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 3922 纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度
- GB/T 6146 精密电阻合金电阻率测试方法
- GB/T 6672 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法
- GB/T 7665 传感器通用术语
- GB/T 7921 均匀色空间和色差公式
- GB/T 16886.5 医疗器械生物学评价 第5部分：体外细胞毒性试验
- GB/T 18459 传感器主要静态性能指标计算方法
- GB/T 26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定
- GB 26572 电器电子产品有害物质限制使用要求

3 术语和定义

GB/T 7665、GB/T 18459界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电子皮肤柔性传感器 **electronic skin flexible sensor**

由柔性基底、电极层、敏感层及封装层构成的，可贴附于不规则表面并模拟人类皮肤感知功能的多模态传感阵列，能够同时或独立检测压力、温度、湿度等物理量。

4 技术要求

4.1 外观尺寸要求

电子皮肤柔性传感器外观应平整、无气泡、无裂纹，电极线路清晰连续。具体指标应符合表1规定。

表1 外观尺寸要求

类型	项目	要求
外观	表面缺陷	无可见裂纹、孔洞、异物杂质
	封装完整性	边缘密封宽度 ≥ 0.5 mm, 无分层
	颜色均匀性	$\Delta E \leq 3.0$ (CIELAB色差)
尺寸	长度	≤ 100 mm, 偏差 ± 0.5 mm; > 100 mm, 偏差 ± 1.0 mm
	宽度	≤ 50 mm, 偏差 ± 0.3 mm; > 50 mm, 偏差 ± 0.5 mm
	厚度	0.05 mm~0.20 mm, 偏差 ± 0.01 mm; 0.20 mm~0.50 mm, 偏差 ± 0.02 mm
	传感单元间距	1 mm~10 mm, 偏差 ± 0.1 mm

4.2 电性能要求

电子皮肤柔性传感器电学性能指标应符合表2规定。

表2 电性能要求

性能参数	压力传感通道	温度传感通道	湿度传感通道
灵敏度	≥ 0.15 kPa ⁻¹ (0 kPa~50 kPa)	$\geq 0.5\%$ °C ⁻¹ (25°C~45°C)	$\geq 0.3\%$ RH ⁻¹ (30%~90%RH)
线性度	$\leq 5\%$ FS	$\leq 3\%$ FS	$\leq 4\%$ FS
迟滞误差	$\leq 3\%$ FS	$\leq 2\%$ FS	$\leq 3\%$ FS
重复性	$\leq 2\%$ FS	$\leq 1\%$ FS	$\leq 2\%$ FS
响应时间	≤ 50 ms	≤ 10 s	≤ 15 s
检测范围	0 kPa~100 kPa	-20 °C~80 °C	10%RH~95%RH
分辨率	0.1 kPa	0.1 °C	0.5%RH

4.3 力学性能要求

传感器基底及封装材料的力学性能应符合表3规定。

表3 力学性能要求

项目	指标要求
拉伸强度	在拉伸速度50 mm/min下, 强度 ≥ 15 MPa
断裂标称应变	$\geq 500\%$
100%拉伸循环后电阻变化率	循环100次, $\leq 10\%$
剥离强度	180°剥离, 宽度25 mm, ≥ 5 N/cm
弯曲疲劳寿命	> 10000 次
最小弯曲半径	≤ 1.0 mm

4.4 耐久性要求

传感器的长期稳定性指标应符合表4规定。

表4 耐久性要求

测试项目	要求
温度循环寿命	-20℃~60℃，循环周期30 min，≥5000次，温度灵敏度变化≤5%
耐化学腐蚀	汗液（pH 4.5~7.5）75%酒精、清水，各浸泡24 h，灵敏度变化≤8%
振动	正弦振动，频率10Hz~150Hz，加速度5m/s ² ，每轴向30min，灵敏度衰减≤15%

4.5 安全与环保要求

有害物质限量应符合GB 26572要求，铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯及其醚含量不得超过规定限值。用于人体接触的传感器应通过GB/T 16886.5细胞毒性测试，细胞存活率≥80%。

5 试验方法

电子皮肤柔性传感器试验方法按照表5执行。

表5 电子皮肤柔性传感器试验方法

类别	指标	简要试验方法/步骤	执行标准
外观尺寸 试验	表面缺陷	在光照强度≥500lx条件下目视检查，必要时使用10倍放大镜或光学显微镜观察表面裂纹、孔洞及杂质	目视法
	封装完整性	目视测量边缘密封宽度，使用工具显微镜或影像测量仪；对封装层进行180°剥离测试验证结合强度	GB/T 2790
	颜色均匀性	使用色差仪在CIELAB色空间下测量传感器表面5个不同位置，计算ΔE值	GB/T 7921
	长度	使用数显卡尺或影像测量仪在室温下测量3次取平均值，测量点应避开边缘5mm以上	GB/T 1958
	宽度	使用数显卡尺或影像测量仪在室温下测量3次取平均值，测量点应避开边缘5mm以上	GB/T 1958
	厚度	使用千分尺或薄膜测厚仪，在传感器上均匀选取5个测量点，取平均值	GB/T 6672
	传感单元间距	采用影像测量仪或工具显微镜，测量相邻传感单元中心点之间的距离，取10组数据计算偏差	GB/T 1958
电性能试 验	灵敏度	在标准环境（23℃±2℃，50%RH±5%）下，施加标准压力/温度/湿度载荷，记录输出信号变化，计算电阻或电压变化率	GB/T 18459
	线性度	在满量程范围内均匀选取≥5个测试点，正反向各测试3次，采用最小二乘法计算非线性误差。	GB/T 18459
	迟滞误差	在满量程范围内加载至测试点后卸载，同一测试点正反向输出值的最大偏差与满量程之比	GB/T 18459
	重复性	在相同条件下对同一测试点连续测量6次，计算标准偏差与满量程之比	GB/T 18459
	响应时间	施加阶跃物理量（压力从0kPa→50kPa，温度从25℃→45℃），记录输出信号从10%上升到90%稳定值所需时间	GB/T 18459
	检测范围	从下限值开始逐步增加物理量直至上限值，记录传感器有效工作的最小值和最大值	GB/T 18459
	分辨率	在测量下限附近施加微小递增物理量，观察可分辨的最小变化值	GB/T 18459
力学性能 试验	拉伸强度	按GB/T 1040.3制备5型试样，在拉力试验机上以50mm/min速度拉伸至断裂，记录最大载荷	GB/T 1040.3
	断裂标称应变	同上，测量断裂时夹具间距离变化，计算断裂标称应变。	GB/T 1040.3
	100%拉伸循环后电阻变化率	在拉力机上进行100%拉伸循环100次，循环前后用电阻测试仪测量电阻值，计算变化率	GB/T 6146
	剥离强度	将传感器封装层与基底剥离，宽度25mm，在剥离试验机上以100mm/min速	GB/T 2790

		度进行180°剥离，记录平均剥离力	
	弯曲疲劳寿命	将传感器固定在弯曲半径≤5mm的夹具上，以30次/分钟频率反复弯曲，直至功能失效或性能下降>5%，记录次数	GB/T 1449
	最小弯曲半径	将传感器绕不同半径圆柱弯曲，性能指标下降5%时的最小半径即为最小弯曲半径	GB/T 1449
	温度循环寿命	在温度循环箱内-20℃~60℃循环，转换时间≤5min，保持时间≥25min，循环5,000次后测试性能	GB/T 2423.22
	耐化学腐蚀	分别浸泡在人工汗液（pH 4.5~7.5）75%酒精、清水中24h，浸泡前后测试灵敏度变化	GB/T 3922
	振动试验	将传感器固定在振动台上，进行正弦振动，频率10-500Hz，加速度10m/s ² ，每轴向30min	GB/T 2423.10
安全与环保试验	有害物质限量测定	采用X射线荧光光谱法筛选，对超标样品用ICP-OES或ICP-MS精确测定铅、汞、镉、六价铬含量	GB 26572 GB/T 26125
	细胞毒性测试	按ISO 10993-5方法制备浸提液，与L929细胞共培养72h，采用MTT法或CCK-8法测定细胞存活率	GB/T 16886.5

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件要求的检验分为出厂检验和型式检验两类。

6.2 出厂检验

出厂检验的项目应包括：外观、拉伸强度、响应时间、最小弯曲半径。指标均满足本文件的要求时，方可被判定为合格产品。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理。

6.3 型式检验

6.3.1 检验时机

有下列情形之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产满一年时；
- 间隔一年以上再生产时；
- 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时。

6.3.2 检验项目及要求

型式检验应在国家认可的检测机构或者具备相关认证资质的实验室完成，检验的项目应包括表1中的所有指标。

6.3.3 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

6.4 抽样方法

产品检验的抽样方法应按照GB/T 2828.1的规定进行，采用逐批检验抽样计划。抽样检验的样本量应根据产品批量大小和接收质量限（AQL）确定。

6.5 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；

- b) 检验目的与检验依据;
- c) 检验环境与检验设备清单等;
- d) 检验方法与检验过程;
- e) 检验数据: 详细列出各项的检测数据;
- f) 检验结论: 评估该批次产品是否合格。

7 标志、包装、运输与贮存

7.1 标志

电子皮肤柔性传感器产品的标志应满足以下内容:

- a) 产品标志: 每件产品应在非功能区粘贴耐久性标签, 注明产品型号、规格(长×宽×厚度)、批号、生产日期、生产单位名称及地址; 标签应符合GB/T 191要求, 且不得影响传感器性能;
- b) 包装标志: 外包装箱应标注“防静电”“易碎物品”“向上”“防潮”等图示标志, 符合GB/T 191, 并注明箱内产品数量、毛重、净重、体积及生产单位信息。

7.2 包装

电子皮肤柔性传感器产品的包装应满足以下内容:

- a) 内包装: 每件传感器用防静电铝箔袋或防静电聚乙烯袋单独抽真空封装, 袋内放置硅胶干燥剂和湿度指示卡, 密封后放入定制抗静电泡沫盒, 泡沫盒内槽与产品外形匹配, 确保传感器电极面不受压迫;
- b) 外包装: 采用双瓦楞纸箱, 符合GB/T 6543要求, 每箱放置≤15件内包装产品, 箱内用缓冲材料填充, 箱口用胶带密封并加贴防伪封条;
- c) 随箱文件: 每箱应附带产品合格证、产品说明书、性能测试报告(批次抽样数据)及装箱单, 文件应密封防潮包装。

7.3 运输

电子皮肤柔性传感器产品的运输应满足以下内容:

- a) 运输工具: 采用厢式货车或集装箱, 避免敞篷运输, 车厢内应清洁、干燥、无尘, 无腐蚀性气体, 建议铺设防静电胶垫;
- b) 运输条件: 运输过程中应避免剧烈震动、碰撞、挤压、弯折及雨淋, 环境温度-5℃~40℃, 相对湿度≤70%, 运输速度在颠簸路段≤40 km/h;
- c) 装卸要求: 装卸时应轻拿轻放, 禁止抛掷、翻滚, 避免尖锐物品接触, 堆叠高度≤2层, 并确保包装箱“向上”标识朝上。

7.4 贮存

电子皮肤柔性传感器产品的贮存应满足以下内容:

- a) 贮存环境: 应存放在清洁、干燥、通风的防静电库房内, 远离火源、热源、强电磁场及腐蚀性物质, 库房温度5℃~30℃, 相对湿度≤60%, 避免阳光直射及紫外光源照射;
- b) 贮存方式: 产品应水平放置在防静电货架上, 货架承重≥30 kg/层, 堆叠高度≤1层, 距地面高度≥15 cm, 距墙壁≥50 cm, 不同批次产品应分区存放;
- c) 贮存期限: 在本文件规定条件下, 贮存期限为12个月; 超过期限的产品, 需重新进行出厂检验, 重点检测灵敏度和响应时间, 合格后方可使用。