

ICS 17.100

N 13

团 体 标 准

T/CWIAS 0008—2025

石英晶体式称重传感器

Crystal quartz sensor

2025-06-10 发布

2025-09-01 实施

中 国 衡 器 协 会 发 布

目 次

前 言	III1
引 言	IV2
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型号及规格	5
4.1 型号	5
4.2 规格	6
5 计量要求	6
5.1 准确度等级	6
5.2 最大允许误差	6
5.3 加/卸载和稳定时间	6
5.4 计量单位	7
5.5 影响量	6
6 技术要求	8
6.1 典型尺寸	8
6.2 灵敏度	8
6.3 绝缘电阻	8
6.4 低噪声电缆	8
6.5 承载层	8
6.6 弹性体支架	8
6.7 长度方向的直线度	9
6.8 防腐	9
6.9 外壳防护	9
6.10 装配	9
6.11 外观	9
7 试验方法	10
7.1 试验条件	10
7.2 试验程序	11
8 检验规则	16
8.1 型式检验	16

8.2 出厂检验	16
9 标志、包装、运输和贮存	17
9.1 标志.....	17
9.2 包装.....	18
9.3 运输.....	18
9.4 贮存.....	18
附录 A（资料性）灵敏度和最大允许误差计算方法.....	19
附 录 B（规范性）承载层测试方法.....	21
图 1 测试点示意图.....	13
图 B.1 承载层正向加载试验装置及加载示意.....	22
图 B.2 承载层侧向加载试验装置及加载示意.....	23
表 1 最大允许误差.....	6
表 2 加/卸载和稳定时间.....	7
表 3 检验项目一览表.....	16
表 A.1 称重传感器原始测试数据.....	19
表 A.2 称重传感器输出值与拟合直线的差值.....	21

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这些专利的责任。

本文件由中国衡器协会提出。

本文件由中国衡器协会团体标准技术委员会归口。

本文件起草单位：四川奇石缘科技股份有限公司、四川兴达明科机电工程有限公司、郑州衡量科技股份有限公司、山东省计量科学研究院、广州晶石传感技术有限公司、杭州四方称重系统有限公司、奇石乐精密机械设备（上海）有限公司、深邦智能科技（青岛）有限公司、广州新流向电子科技有限公司、深圳亿维锐创科技股份有限公司。

本文件主要起草人：汤世友、戴星、黄晓、涂必文、鲁新光、张涛、俞河会、张灿、张泽谦、王健、汪庆。

——本文件为首次发布。

引 言

石英晶体称重传感器是动态称重测量的关键力-电转换部件，与电荷放大器、称重仪表共同组成石英晶体式动态公路车辆自动称重系统。二十一世纪初，随着我国实施公路计重收费以来，石英式动态汽车衡得到了广泛的应用。但截止目前，一直没有石英晶体式称重传感器的标准对产品的计量和技术要求做出统一的规定。市场上对石英晶体称重传感器的评价不规范，生产厂、技术机构等根据各自的理解采用了不同的测试方法，不利于石英晶体称重传感器的行业发展。

石英晶体称重传感器与其他动态公路测试设备相比，安装方便、施工量少、占地面积小、测量速度高、后期维护简单方便。这种传感器已在美国、英国、瑞士、德国、澳大利亚、韩国、日本等许多国家广泛应用，中国也是石英晶体式称重传感器的应用大国。

石英晶体式称重传感器

1 范围

本文件规定了测量质量用石英晶体式称重传感器的术语和定义、计量单位、准确度等级和技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存的内容，并给出了产品型号、规格及标记。

本文件适用于采用石英晶体作为力-电荷转换敏感元件，由石英晶体、弹性体支架、密封胶、电缆线和承载层组成的测量质量的石英晶体式称重传感器(如柱式、窄条式和组合板式等形式)。

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 包装储运图示标志

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB/T 7724 电子称重仪表

GB/T 7551 称重传感器

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 21296.5 动态公路车辆自动衡器 第5部分：石英晶体式

QB/T 1588.1 轻工机械 焊接件通用技术条件

QB/T 1588.3 轻工机械 装配通用技术条件

QB/T 1588.4 轻工机械 涂漆通用技术条件

JJG 338 电荷放大器

3 术语和定义

GB/T 7551、GB/T 21296.5 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

石英晶体式称重传感器 crystal quartz sensor

利用压电石英晶体在承受变化载荷时能产生与载荷变化呈一定比例的电荷这种压电特性来测量载荷变化的传感器。

注 1：宽度尺寸不大于 100mm 的石英晶体式称重传感器称为窄条式；

注 2：宽度尺寸大于 100mm 而小于 320mm 的石英晶体式称重传感器称为组合板式。

[来源：GB/T 21296.5—2020，3.3，有修改]

3.2

石英晶体式称重传感器输出 crystal quartz sensor output

被测量（质量）通过石英晶体式称重传感器的转换而得到的可测量（电荷）。

3.3

灵敏度 sensor sensitivity

S_q

石英晶体式称重传感器输出的变化与相应激励（施加的载荷）的变化之比，简称“灵敏度”。

注：灵敏度的单位为 pC/kg（皮库/千克）。

3.4

最大秤量 maximum capacity

$E_{\max}$

可施加在石英晶体式称重传感器的承载面上，而其测量结果的误差不会超出其最大允许误差的最大量值（质量）。

注：最大秤量也称为石英晶体式称重传感器的额定载荷。

[来源：GB/T 7551—2008，3.3.5，有修改]

3.5

测量范围的最大载荷 maximum load of the measuring range

$D_{\max}$

试验或使用，施加于石英晶体式称重传感器承载面上的最大量（质量）值，该值不应大于 $E_{\max}$ 。

3.6

最小静载荷 minimum dead load

$E_{\min}$

可施加在石英晶体式称重传感器承载面上, 而其测量结果的误差不会超出其最大允许误差的最小量(质量) 值。

3.7

测量范围的最小载荷 minimum load of the measuring range

$D_{\min}$

试验或使用时, 施加到石英晶体式称重传感器上的最小量(质量) 值。该值不应小于 $E_{\min}$ 。

[来源: GB/T 7551-2008, 3.3.11, 有修改]

3.8

安全极限载荷 safe load limit

$E_{\lim}$

可以施加于石英晶体式称重传感器上, 而不会使其性能特性产生超过规定值的永久性改变的最大载荷。

[来源: GB/T 7551-2008, 3.3.15]

3.9

石英晶体式称重传感器误差 crystal quartz sensor cell error

石英晶体式称重传感器测量结果与被测量(以质量为单位的载荷) 的真值之差。

[来源: GB/T 7551—2008, 3.4.7, 有修改]

3.10

非线性 non-linearity

L

石英晶体式称重传感器的进程信号输出曲线与规定直线的偏差。

[来源: GB/T 7551—2008, 3.4.10, 有修改]

3.11

滞后误差 hysteresis error

H

施加同一载荷时, 石英晶体式称重传感器两次输出读数之间的差值, 其中一次是从最小载荷 $D_{\min}$ 开始递增载荷取得的读数, 而另一次是从最大载荷 $D_{\max}$ 开始递减载荷取得的读数。

[来源: GB/T 7551—2008, 3.4.6, 有修改]

3.12

重复性 repeatability

R

在相同的试验条件下，以相同的方式在石英晶体式称重传感器上连续多次施加相同载荷时，石英晶体式称重传感器提供一致的测量结果的能力。

[来源：GB/T 7551—2008，3.4.11]

3.13

量程稳定性 span stability

使用周期内，石英晶体式称重传感器将最大载荷 $D_{\max}$ 的输出与最小载荷 $D_{\min}$ 的输出之差保持在规定极限内的能力。

[来源：GB/T 7551—2008，3.4.15]

3.14

温度对最小载荷输出的影响 temperature effect on minimum load output

由环境温度变化引起的最小载荷输出的变化。

[来源：GB/T 7551—2008，3.4.16]

3.15

温度对灵敏度的影响 temperature effect on sensitivity

由环境温度变化引起的灵敏度变化。

[来源：GB/T 7551—2008，3.4.17]

3.16

灵敏度横向一致性 sensitivity uniformity

S_y

相同试验环境下，相同载荷施加在石英晶体式称重传感器长度方向上不同加载点，石英晶体式称重传感器各个加载点的灵敏度的相对偏差。

3.17

影响因子 influence factor

其值在石英晶体式称重传感器额定工作条件之内的影响量。

3.18

额定工作条件 rated operation conditions

使石英晶体式称重传感器的计量特性处在规定的最大允许误差范围内的使用条件。

3.19

电荷放大器 charge amplifier

电荷放大器是一种输入阻抗极高的前置放大器。用于测量石英晶体式称重传感器在载荷作用下的输出电

荷，并将该微弱的电荷信号输出转化为放大的电压信号，其输出电压量正比于石英晶体式称重传感器的输出电荷量。

3.20

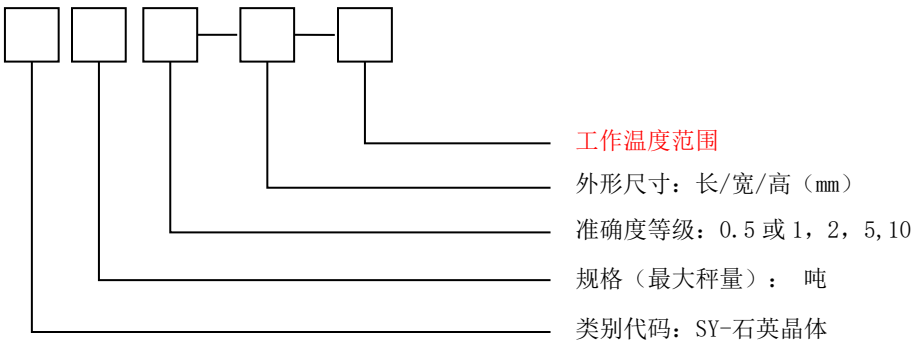
承载层 bearing layer

用于传递载荷并通过研磨调整石英晶体式称重传感器上表面高度的结构层。该结构层由粘结剂、固化剂、骨料按规定比例混合后，粘接固化在称重传感器壳体的上表面。

4 型号及规格

4.1 型号

石英晶体式称重传感器（以下简称为称重传感器）产品的分类与命名应符合下述规定，也可根据企业各自的标准规定型号代码。



示例：称重传感器最大称量 3 t，准确度等级 1 级，外形尺寸 1500mm（长）×48mm（宽）×58mm（高），工作温度范围-20℃～60℃，则型号为：

SY-3-1--1500/48/58

即：类别：石英 SY；最大称量：3 t；准确度等级：1 级；外形尺寸：1500mm 长，48mm 宽，58mm 高。工作温度范围：-20℃～60℃可以不标注。若有特殊工作温度范围应做标注。

4.2 规格

以称重传感器可以测量的质量最大值表示，并标明称重传感器的外形尺寸，长/宽/高（mm）。

5 计量要求

5.1 准确度等级

称重传感器的准确度等级划分为5个等级，用符号表示为：0.5，1，2，5，10级，由非线性、滞后误差、重复性误差、温度对灵敏度的影响和灵敏度横向一致性5项指标中的最大误差确定。

5.2 最大允许误差

各准确度等级的最大允许误差见表1。

表 1 最大允许误差

序号	技术指标	称重传感器等级				
		0.5	1	2	5	10
1	非线性（% F.S）	±0.5	±1	±2	±5	±10
2	滞后误差（% F.S）	±0.5	±1	±2	±5	±10
3	重复性误差（% F.S）	0.25	0.5	1	2.5	5
4	灵敏度横向一致性（%）	±2		±3		±5
5	温度对灵敏度的影响 （%F.S/10℃）	0.03		0.05		

5.3 加/卸载和稳定时间

试验时，应在开始加载/卸载后按表 2 规定的时间间隔立即读数。

表2 加/卸载和稳定时间

载荷（kg）		时间（s）		
大于	不大于	加载(不大于)	卸载(不大于)	稳定
0	100	30	10	5~10
0	1 000	40		
0	10 000	40		
0	100 000	50		

注：稳定时间是指加载至满量程的测试载荷后立即读取的时间至传感器输出信号稳定的时间。

5.4 计量单位

称重传感器的质量计量单位是：千克（kg）、吨（t）；电荷的单位是：库伦（C）。

5.5 影响量

5.5.1 温度

5.5.1.1 温度限值

如果在称重传感器的说明书中没有说明特定的工作温度，则其应在-20℃~60℃范围内符合 5.2 的要求。

5.5.1.2 特殊温度限值

对于规定了特殊工作温度限值的称重传感器，在规定温度限值内应符合 5.2 的要求。特殊的温度范围不应小于 30℃。

5.5.1.3 温度对灵敏度的影响

在 5.5.1.1 或 5.5.1.2 规定的温度范围内，环境温度变化 10℃时，各级别称重传感器灵敏度的变化不应超过表 1 中规定的相对误差值。

5.5.2 湿度

按 7.2.8 湿度试验要求进行试验时，称重传感器应满足表 1 的要求。

6 技术要求

6.1 典型尺寸

称重传感器长度的典型值为1000mm, 1250mm, 1500mm, 1750mm, 2000mm, 2250mm。窄条式称重传感器宽度的典型值为48 mm、58mm和80mm, 高度的典型值为58mm。组合板式称重传感器宽度的典型值为320mm, 高度的典型值为86mm。

6.2 灵敏度

称重传感器的灵敏度数值及单位优先选用下列数值, 也可根据企业各自的标准规定灵敏度:

20, 25 pC/kg

误差范围不大于 $\pm 10\%$ 。

6.3 绝缘电阻

在一般试验大气条件下, 采用100V的电压对称重传感器的输出极与外壳之间的绝缘阻抗进行测量, 不应小于100G Ω 。

6.4 低噪声电缆

称重传感器使用的低噪声电缆噪声不应大于 5mV。

6.5 承载层

6.5.1 承载层设置要求

承载层的设置不应对称重传感器的计量性能造成影响。

6.5.2 承载层正向加载要求

带有承载层的称重传感器表面, 在承受150%称重传感器最大秤量的正向加载时应保证承载层不会损坏, 无断裂、破碎现象, 无明显压痕。

6.5.3 承载层与称重传感器承载面的粘接性能

承载层与称重传感器承载面应粘接牢固, 其粘结强度不应低于1 MPa。在其受到30%称重传感器最大秤量的侧向力时应与称重传感器的承载面紧密结合, 无断裂、破碎现象, 无明显压痕。

6.6 弹性体支架

弹性体支架的材料成分应符合 GB/T 3190-2020 中表 3 的要求。其机械性能应优于 GB/T 6892-2015 中热挤压状态 2A12 硬铝合金的要求，并应经过时效处理，消除应力、防止变形。

6.7 长度方向的直线度

称重传感器在长度方向上，应呈一条直线，其弯曲、扭曲等变形量不应大于总长度的 0.1%。

6.8 防腐

称重传感器应具有防止腐（锈）蚀的能力：

——表面设计镀层的，其镀层应平整完好、牢固均匀、色泽一致，不得有斑痕、划伤。

——表面设计涂漆层的，其涂漆漆层应平整、光洁牢固、色泽一致。漆层不得有刷纹、流挂、起皱、气泡、起皮、脱落等缺陷，涂漆后表面完整无漏漆，应符合 QB/T 1588.4 的要求。

6.9 外壳防护

称重传感器应具有良好的防水、防水汽能力，其外壳防护等级不低于 IP 68 的要求。

防护等级和试验条件应符合 GB/T 4208-2017 中表 2 及表 3 中的规定。

6.10 装配

称重传感器的装配，应符合 QB/T 1588.3 的要求。

6.11 外观

称重传感器的外壳、电缆保护层、橡胶层、铭牌等均应保持完好，不得有剥落、开裂等缺陷，文字和符号应清晰。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验装置

7.1.1.1 总则

由力标准机、参考称重传感器、数据处理装置、电荷放大器和数字电压表组成的载荷发生、测量系统，其系统扩展不确定度 U （包含因子 $k=2$ ）不应超过被测称重传感器最大允许误差的三分之一。

7.1.1.2 力标准机

使用的力标准机的准确度等级不应低于JJG 734 中规定的 0.05 级要求。

7.1.1.3 参考称重传感器

使用的参考称重传感器的准确度等级应高于GB/T 7551中规定的C2等级的要求。

注：通常参考称重传感器是电阻应变称重传感器。

7.1.1.4 数据处理装置

使用的数据处理装置的准确度等级应高于GB/T 7724中规定的3级等级2000分度的要求。

7.1.1.5 电荷放大器

使用的电荷放大器的准确度等级应符合JJG 338-2013中规定的一级B类的要求。

7.1.1.6 数字电压表

使用的数字电压表的最大允许误差不应大于称重传感器最大允许误差的1/3倍。

7.1.1.7 高阻仪或静电仪

使用的高阻仪或静电仪的绝缘阻抗测试范围应符合6.3的要求。

7.1.1.8 连接导线

连接导线采用低噪声屏蔽电缆，电缆的长度与使用时的称重传感器相匹配。称重传感器的连接头和电缆必须保持清洁、干燥。电缆的绝缘电阻不低于所接称重传感器的相应技术指标。

7.1.2 试验条件

7.1.2.1 试验的参比大气条件

性能试验应在下列参比大气条件下进行。试验时，除了被测试的影响量以外，其他影响量都应保持下列值：

温度： 20 °C ± 5 °C

湿度： 50% RH ~ 70% RH

大气压力： 86 kPa ~ 106 kPa

试验期间温度的最大温差不大于5℃，且温度变化率不大于5℃/h.

7.1.2.2 正常工作条件

称重传感器的正常工作条件：

温度：-20℃～60℃

湿度：≤90% RH

大气压力：86 kPa～106 kPa

7.1.2.3 其它环境条件

应尽量避免磁场、机械振动对被测称重传感器的影响。

7.1.3 加载条件

7.1.3.1 由于称重传感器为一长条形状，为防止悬空状态产生非固有误差，测试时应保持称重传感器的水平和坚固状态，应考虑使用适当的水平支架（板），避免称重传感器受到自身翻转力矩和弯折力矩的影响。

7.1.3.2 称重传感器的支承面应清洁、平滑。

7.1.3.3 所加载荷的轴线应穿过被测传感器横断面的几何中心，使倾斜、偏心力影响减到最小。

7.1.3.4 根据称重传感器的宽度尺寸，在称重传感器的受力点上方应加与其宽度适配的、强度大于支撑架的承压垫，接触长度尺寸建议为280mm～320mm。

7.1.4 测量范围限值

若载荷发生系统允许，其最小测试载荷 $D_{\min}$ 应尽可能的接近称重传感器的最小载荷 $E_{\min}$ ，但不小于最小载荷。最大测试载荷 $D_{\max}$ 应大于 $E_{\max}$ 的 90%，但不大于 $E_{\max}$ 。

7.1.5 稳定时间

测试过程中的稳定时间应符合表2中规定的时间。

7.2 试验程序

7.2.1 总体要求

- 称重传感器的性能试验，应在规定的温度范围内，对称重传感器进行试验。
- 完成性能试验后，再进行湿度试验。
- 设计有承载层的称重传感器，应在设置承载层后进行计量性能测试。
- 所用仪器应有良好的接地，使用同一接地点。

7.2.2 预热

测试前须对称重传感器与配用的电荷放大器、数字电压表通电连接预热，预热时间应符合制造厂的规定。没有明确规定的一般预热时间不少于 30min。

7.2.3 称重传感器的最大允许误差测试

7.2.3.1 测试前的准备

a) 试验条件

试验前，应检查试验条件是否符合本文件7.1的规定。

b) 称重传感器的安装

将称重传感器放入载荷发生系统，将力标准机的压头中心点对准被测称重传感器的几何中心点，放置承压垫，施加最小试验载荷并稳定。连接导线，调整电荷放大器和指示仪表的零点，通电预热。

c) 预加载荷

预加载3次，每次加载到最大试验载荷，然后退回到最小试验载荷。施加3次预载荷后，调好电荷放大器和指示仪表的零点，等待3 min。

7.2.3.2 测试载荷值的选取

一般选取称重传感器最大秤量的 10%，20%，50%，80%，100%五个载荷值；

7.2.3.3 施加测试载荷

按照“复位-加载-读数-卸载”的顺序，施加递增载荷，直到最大秤量；对每个测试点重复加载三次，每加一级力值后按表 2 的规定保持一定时间，再读取、记录每次加载后电荷放大器的输出电压值。然后以同样的方法施加递减载荷（如：80%，50%，20%，10%，最小测试载荷）和读取输出值，直到零点，读取零输出值。

7.2.3.4 灵敏度

按以下公式计算称重传感器灵敏度：

$$\text{灵敏度} \quad k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{截距} \quad b = \bar{y} - k\bar{x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： x_i ——施加的测试载荷值；

y_i ——称重传感器的输出值；

n ——载荷点数；

$\bar{x}$ ——测试载荷平均值；

$\bar{y}$ ——输出平均值。

7.2.3.5 最大允许误差

按以下公式计算相应的最大允许误差：

$$\text{非线性} \quad L = \frac{\Delta V_L}{V_n} \times 100[\%FS] \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{滞后} \quad H = \frac{\Delta V_H}{V_n} \times 100[\%FS] \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{重复性} \quad R = \frac{\Delta V_R}{V_n} \times 100[\%FS] \dots\dots\dots (5)$$

式中： ΔV_L ——进程平均校准曲线与规定直线之间偏差的最大值；

ΔV_H ——回程示值与进程示值各级力值点输出差值的最大值；

ΔV_R ——进程重复校准时，各级力值点输出差值的最大值。

V_n ——规定直线。指进程测量时根据测试结果，使用最小二乘法计算出的直线， $\bar{y} = k\bar{x} + b$ 。

附录A列出了称重传感器灵敏度和最大允许误差计算方法。

7.2.4 灵敏度横向一致性测试

7.2.4.1 测试点的选取

沿被测称重传感器长度上选取5个位置，如图 1 所示，选取位置为P₁（左侧边缘处，应保证压头边缘不超出传感器长度的边缘）、P₂（左侧1/4传感器长度处）、P₃（传感器长度中点）、P₄（左侧3/4传感器长度处）、P₅（右侧边缘处，应保证压头边缘不超出传感器长度的边缘）。

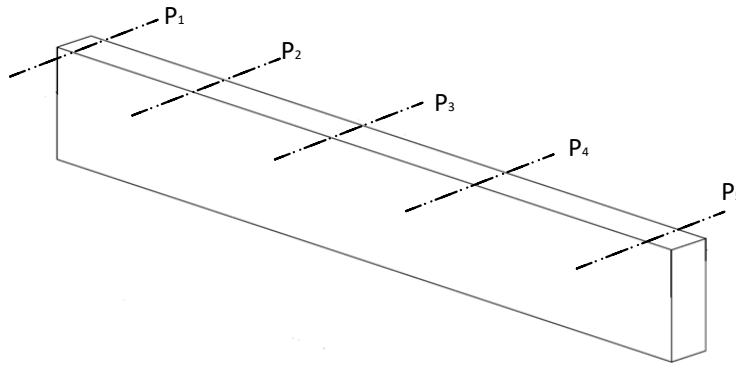


图 1 测试点示意图

7.2.4.2 加载测试

选取最大秤量的载荷作为测试载荷，灵敏度横向一致性偏差测试按照如下程序进行：

a) 移动称重传感器位置，使力标准机加载压头中心对准称重传感器中间点（P₃）加载位置，一般的称重传感器的测试点要加承压垫。施加最小测试载荷并稳定，观察并确认称重传感器无变形和位移；

b) 连接电荷放大器、测试电缆、数字电压表，按通电源预热。然后按照7.2.3.1c)的要求施加三次预载荷，等待3分钟，将数字电压表归零；

c) 向称重传感器施加最大秤量的载荷，记录其示值，然后卸载测试载荷至零点，记录零点示值；

d) 重复上述c)的步骤三次，记录示值。取三次测试的平均值，计算P₃点的灵敏度S₃；

e) 移动称重传感器位置分别至P₁，P₂，P₄，P₅各点，按照a)～d)的测试要求，直至所有测试点测试完毕，计算各点的灵敏度；

7.2.4.3 计算

以长度方向的中点（P₃）位置的灵敏度作为参考值，按照如下公式计算灵敏度横向一致性偏差：

即任意一点灵敏度S_i与P₃位置灵敏度S₃的偏差

$$S_y = \frac{S_i - S_3}{S_3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

其中：

S_y：为灵敏度横向一致性偏差；

S_i：为第i个测试点的测量灵敏度平均值；

S₃：为第3个测试点的测量灵敏度平均值。

7.2.5 温度对灵敏度的影响测试

7.2.5.1 测试程序

温度对灵敏度影响的测试按下述程序进行：

a) 在室温条件下，选取传感器长度方向上的中心位置，标记为P₃

b) 将传感器放入带有温度变化及控制装置的力标准机中，移动支撑平台或传感器位置，使力标准机测试压头中心对准P₃，放置承压垫，并确定称重传感器没有悬空部分。施加最小测试载荷，并稳定。

c) 施加三次预载荷至最大秤量，每次加载后完全卸载，等待3分钟。

d) 按照“复位-加载-读数-卸载”的顺序，施加最大秤量的测试载荷，重复加载三次，并记录每次加载后称重传感器的额定输出和零点输出值。计算得到传感器在室温条件下的平均灵敏度指标S_{t0}。

e) 改变环境温度，在称重传感器温度范围的下限T_L（-20℃附近）和上限T_H（60℃附近），重复c)、d)所述的操作，分别得到高、低温条件下的称重传感器平均灵敏度指标S_L（低温）和S_H（高温）。环境温度达到设定值后应保持 4 h 以上，直至被测传感器内部温度也达到设定温度值并且充分均匀。

7.2.5.2 计算

以室温条件下的灵敏度输出为基准值，计算低温和高温的传感器温度系数，确定温度对灵敏度的影响。

低温时：

$$TC_L = \frac{S_{t0} - S_L}{S_{t0} \times (T_0 - T_L)} \times 100\% / 10^\circ\text{C} \quad \dots\dots\dots (7)$$

高温时：

$$TC_H = \frac{S_H - S_{t0}}{S_{t0} \times (T_H - T_0)} \times 100\% / 10^\circ\text{C} \quad \dots\dots (8)$$

其中：T₀—试验室的温度（℃）

T_L—低温温度（℃）；

T_H—高温温度（℃）；

S_{t0}—常温时灵敏度；

S_L—低温时测得的灵敏度；

S_H—高温时测得的灵敏度；

TC—温度系数；

TC_L—低温时温度系数，每10℃的变化量；

TC_H—高温时温度系数，每10℃的变化量。

7.2.6 绝缘电阻测试

使用外加电压为100V的高阻仪或静电计以及合适的连接适配器，从被测称重传感器同轴电缆末端测试绝缘阻抗。

7.2.7 承载层测试

7.2.7.1 承载层正向加载测试

按照附录B.2.1的规定进行测试。

7.2.7.2 承载层与称重传感器承载面的粘接性能测试

按照附录B.2.2的规定进行测试。

7.2.8 湿度对称重传感器的影响测试

7.2.8.1 总则

——根据GB/T 2423.3进行恒定湿热试验。

——本试验是将称重传感器置于恒温、恒湿条件下，按7.2.3的规定进行试验，输出连接线留在箱外，接通称重传感器的电源。

7.2.8.2 试验程序

- a) 在参比温度20 ℃和 50%RH湿度下按照7.2.3的要求进行试验；
- b) 在规定的称重传感器温度范围的上限温度和85% RH湿度条件下，保持温度、湿度稳定48h后，按照7.2.3的要求进行试验；
- c) 在参比温度20 ℃和 50% RH湿度条件下按照7.2.3的要求进行试验。

8 检验规则

8.1 型式检验

8.1.1 型式检验条件

在下述情况下称重传感器应进行型式检验：

- 8.1.1.1 新产品首批投产前；
- 8.1.1.2 设计、工艺、关键零部件(弹性体支架、石英晶体片)有重大改进，可能使计量性能变化时；

8.1.2 型式检验要求

称重传感器样机应符合第 5 章和第 6 章的计量和技术要求。

8.1.3 型式检验项目

型式检验时，应对表 3 规定的全部计量要求和技术要求进行检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 外观和变形量检查

用目测法和直尺检查称重传感器的外观和长度方向的直线度。

8.2.2 检验项目

称重传感器应经制造厂检验部门检验合格，出厂检验应逐台进行并附有产品合格证方能出厂。检验项目按表 3 的规定执行。

表3 检验项目一览表

检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	检验方法
标志	+	+	9.1.1.1	目测
a) 产品型号和规格	+	+		
b) 计量特性	+	+		

c) 计量器具型式批准标志和编号	+	+		
d) 采用标准号	+	+		
外观	+	+	6.11	8.2.1
变形量检查	+	+	6.7	8.2.1
非线性误差	+	+	5.2	7.2.3
滞后误差	+	+	5.2	7.2.3
重复性	+	+	5.2	7.2.3
灵敏度横向一致性	+	+	5.2	7.2.4
温度对灵敏度的影响	+	—	5.2	7.2.5
绝缘电阻	+	+	6.3	7.2.6
承载层测试	+	—	6.5	7.2.7
湿度影响	+	—	5.5.2	7.2.8
注：“+”表示必检项目。“—”表示可不检项目				

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 说明性标志

9.1.1.1 说明性标志的内容：

- 产品名称、型号和规格；
- 准确度等级；
- 最大称量 $E_{\max}$ ；
- 制造厂名称，商标（若适用）；
- 产品出厂编号及制造日期；
- 计量器具型式批准标志和编号；
- 采用标准号；

h) 工作温度范围(应在-20℃~60℃,也可根据制造厂的温度要求表示)。

9.1.1.2 对说明标志的要求

说明标志应牢固可靠,字迹大小和形状应清楚、易读(大写字母的高度至少应为2 mm)。

说明标志应集中在一块标牌上,采用胶粘或铆钉紧固等方式,固定于称重传感器的明显易见的地方,不破坏标牌无法将其拆下。

9.1.2 包装标志

包装箱外除按GB/T 191 的规定外还应有下列标志:

- a) 毛重;
- b) 体积。

9.2 包装

9.2.1 称重传感器的包装应符合GB/T 13384 的要求。包装箱中应有可靠的防尘、防震、防弯曲措施,以保证产品在运输中不致损坏。

9.2.2 随同产品应提供的技术资料:

- a) 使用说明书;
- b) 产品出厂合格证;
- c) 装箱清单。

9.3 运输

装卸、运输称重传感器时应小心轻放,禁止抛、扔、避免碰撞,防止剧烈震动和雨淋受潮。

9.4 贮存

9.4.1 称重传感器应贮存在环境温度为-10℃~40℃,相对湿度不大于85%、不含腐蚀性气体、通风良好的室内。保管和堆放时,不应直接接触地面,防止雨淋,并避免多层叠放使包装箱受损。

9.4.2 贮存期超过六个月,出厂或再次使用前应按出厂文件要求重新进行检验。

附录 A

（资料性附录）

灵敏度和最大允许误差计算方法

A.1 总则

下面列出对称重传感器测试完成后，根据测试结果，采用最小二乘法计算灵敏度的方法。

A.2 测试数据示例

表A.1 称重传感器原始测试数据 单位 克（kg）

测试点	1	2	3	4	5	6					
x	0	300	600	1500	2400	3000	2400	1500	600	300	0
y	4	600	1216	3082	4942	6219	4963	3077	1205	595	3

A.3 根据 7.2.3.4 灵敏度计算

灵敏度 $k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$, 截距 $b = \bar{y} - k\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}{6} = \frac{0 + 300 + 600 + 1500 + 2400 + 3000}{6} = 1300$$

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6}{6} = \frac{4 + 600 + 1216 + 3082 + 4942 + 6219}{6} = 2680$$

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x} = 0 - 1300 = -1300;$$

$$\Delta x_2 = x_2 - \bar{x} = 300 - 1300 = -1000$$

.....

$$\Delta x_6 = x_6 - \bar{x} = 3000 - 1300 = 1700。$$

$$\Delta y_1 = y_1 - \bar{y} = 4 - 2680 = -2676;$$

$$\Delta y_2 = y_2 - \bar{y} = 600 - 2680 = -2080$$

.....

$$\Delta y_6 = y_6 - \bar{y} = 6219 - 2680 = 3539;$$

$$\Delta x_1 \Delta y_1 = (-1300) * (-2676) = 3478800 \dots \Delta x_6 \Delta y_6 = 1700 * 3539 = 6016300;$$

$$\Sigma \Delta x \Delta y = \Delta x_1 \Delta y_1 + \Delta x_2 \Delta y_2 \dots + \Delta x_6 \Delta y_6 = 3478800 + 2057000 \dots + 6016300 = 15149700;$$

$$\Delta x_1^2 = \Delta x_1 * \Delta x_1 = (-1300) * (-1300) = 1690000 \dots \Delta x_6^2 = \Delta x_6 * \Delta x_6 = 1700 * 1700 = 2890000;$$

$$\Sigma \Delta x^2 = \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 \dots \Delta x_6^2 = 1690000 + 1000000 \dots + 2890000 = 7320000$$

得出：

$$\text{灵敏度} \quad k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\Sigma \Delta x \Delta y}{\Sigma \Delta x^2} = \frac{15149700}{7320000} = 2.0696$$

$$\text{截距} \quad b = \bar{y} - k\bar{x} = 2680 - 2.0696 * 1300 = -10.48$$

A.4 根据 7.2.3.5 最大允许误差计算

$$\text{非线性} \quad L = \frac{\Delta V_L}{V_n} \times 100[\%FS]$$

$$\text{滞后} \quad H = \frac{\Delta V_H}{V_n} \times 100[\%FS]$$

根据A.3计算结果，按 $Y = kx + b$ 拟合直线输出

表A.2 称重传感器输出值与拟合直线的差值

Y	-10.5205	610.3689	1231.2582	3093.9262	4956.5943	6198.3730
ΔV_L	14.5205	12.6311	21.2582	11.9262	14.5943	20.6270
ΔV_H	1	28	5	5	-21	

$$\Delta V_L = |y_i - Y_i|_{\max} = 21.2582$$

$$\Delta V_H = |y_{ui} - Y_{di}|_{\max} = 28$$

$$V_n = y_{\max} - y_{\min} = 6219 - 4 = 6215$$

得出：

$$\text{非线性} \quad L = \frac{\Delta V_L}{V_n} \times 100[\%FS] = \frac{21.2582}{6215} \times 100[\%FS] = 0.342\%$$

$$\text{滞后} \quad H = \frac{\Delta V_H}{V_n} \times 100[\%FS] = \frac{28}{6215} \times 100[\%FS] = 0.451\%$$

注：以上测试数据y输出，电荷放大器输出灵敏度倍率为0.1，归一化读数9.99pC/ Unit，输出灵敏度1mV/ Unit。

将其数据还原，灵敏度2.0696pC/ N或2.0696mV/ N，非线性、滞后不发生变化。

附录 B
(规范性)
承载层测试方法

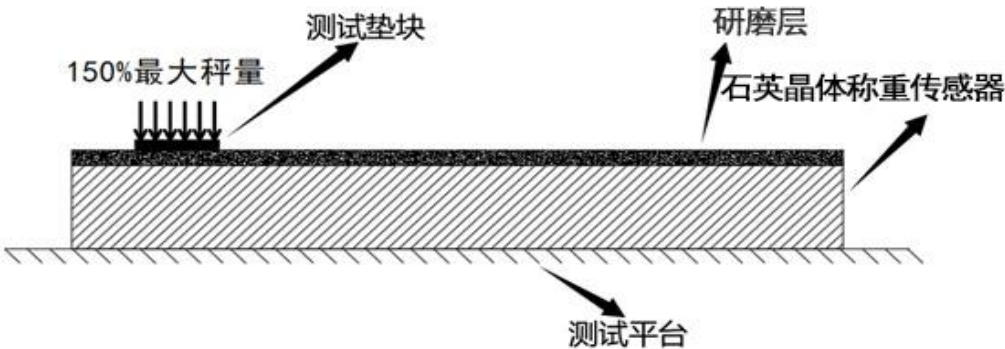
B.1 总则

设置有承载层的称重传感器，应对其粘贴性能进行测试。

B.2 承载层测试方法

B.2.1 承载层正向加载测试

对称重传感器承载层进行正向加载测试方法如图B.1所示。正向放置设置有承载层的称重传感器，在传感器长度方向上随机选取3个测试位置，移动传感器或支撑平台使称重传感器测试位置与力标准机的压头对准，并保证传感器处于水平位置。通过一个（200mm*50mm*称重传感器宽度）的垫块向称重传感器加载150%最大秤量，保持20分钟后恢复至未加载状态；重复以上操作三次。

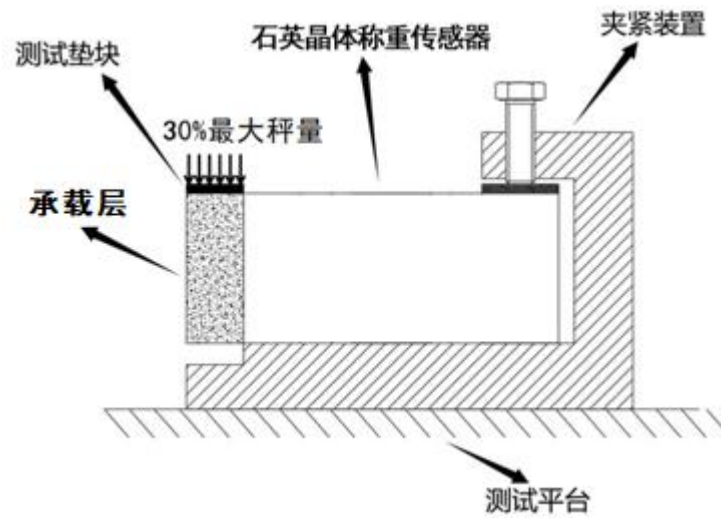


图B.1 承载层正向加载试验装置及加载示意

测试完成后检查传感器承载层，承载层应无断裂、破碎现象，无明显压痕。

B.2.2 承载层粘接强度测试

对称重传感器承载层进行粘接强度测试，方法如图B.2所示，侧向夹紧设置有承载层的称重传感器承载层之外的本体，在称重传感器长度方向上随机选取3个测试位置，通过一个（200mm*承载层厚度mm*30mm高）的垫块向承载层加载30%最大秤量，保持20分钟后恢复至未加载状态；重复以上操作三次。



图B.2 承载层侧向加载试验装置及加载示意

测试完成后检查承载层，承载层应与称重传感器保持稳定连接，承载层无脱离、裂缝等现象存在。