

ICS 17.100

N 13

团 体 标 准

T/CWIAS 0009—2024

石英晶体式称重传感器

Quartz crystal load cell

（征求意见稿）

2024-00-00 发布

2024-00-00 实施

目 次

目 次	I
前 言	1
引 言	2
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 规格及型号	5
4.1 产品型号	5
4.2 产品结构	6
4.3 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 温度对灵敏度的影响 (/℃)	6
5.4 灵敏度横向一致性 (%)	7
5.5 加/卸载和稳定时间	7
5.6 计量单位	7
5.7 影响量	7
6 技术要求	8
6.1 典型尺寸	8
6.2 电荷灵敏度	8
6.2 绝缘电阻	8
6.3 零点输出	9
6.4 低噪声电缆	9
6.5 承载研磨层	9
6.6 长度方向的直线度	9
6.7 弹性体支架的要求	9
6.8 防腐要求	9
6.9 装配要求	10
6.10 外观	10
7 试验方法	10

7.1 试验条件	10
7.2 试验程序	12
8 检验规则.....	16
8.1 型式检验	16
8.2 出厂检验	17
9 标志、包装、运输和贮存	18
9.1 标志.....	18
9.2 包装.....	18
9.3 运输.....	19
9.4 贮存.....	19
附录 A.....	20
（资料性附录）	20
灵敏度测试结果计算方法	20
A.1 总则	20
A.2 测试数据示例	20
A.3 根据 7.2.3.6 灵敏度计算	20
A.4 根据 7.2.3.7 最大允许误差计算	21
附 录 B （资料性） 石英晶体式称重传感器研磨层测试方法	22
B.1 总则	22
B.2 研磨层测试方法	22
B.2.1 研磨层正向加载测试	22
B.2.2 研磨层粘接强度测试	22
图 1 测试点示意图.....	14
图 B.1 研磨层正向加载试验装置及加载示意.....	22
图 B.2 研磨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 读数前加/卸载和稳定时间.....	7
表 3 检验项目一览表.....	16

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。

本文件参考国际法制计量组织第 60 号国际建议 OIML R60-1: 2017 《称重传感器计量规程 第 1 部分：计量和技术要求》起草，与 OIML R60-1 的一致性程度为非等效。

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

石英晶体动态称重传感器是动态称重测量的关键传力部件，与电荷放大器、称重控制器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，石英晶体式称重设备得到了广泛的应用。将石英晶体式称重传感器埋设于路面下，可以快速进行公路车辆轴载超载预判、桥梁超载报警、隧道保护和车辆轴载计量，取得了很好的应用效果。

石英晶体式称重传感器是可以直接安装在道路上，用以完成车辆动态称量的装置。与其他称重设备相比，其占地面积小、施工量少、安装维护简单方便。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的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、产品结构等技术要求，描述了相应的检验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存的内容，并给出了产品分类和型号标记。

本文件适用于采用石英晶体作为力-电荷转换元件，由石英晶体、弹性体支架、密封胶、测量电路和承载研磨层组成的测量质量的石英晶体式称重传感器（如柱式、条式等形式）。

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 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 load cell

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。

[来源：GB/T 21296.5—2020，3.3]

3.2

石英晶体式称重传感器输出 crystal quartz load cell 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

电荷灵敏度 load cell sensitivity

S_q

石英晶体式称重传感器响应（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：电荷灵敏度的单位为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]

3.5

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

$D_{\max}$

试验或使用时，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

最小载荷 minimum 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值（质量）。

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值（质量）。该值不应小于 $E_{\min}$ 。

[来源：GB/T 7551-2008, 3.3.11]

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，而不会使其性能产生超过规定值的永久性改变的最大载荷。

3.9

预热时间 warm-up time

从石英晶体式称重传感器接通电源起，到石英晶体式称重传感器能够达到规定要求为止的时间间隔。

[来源：GB/T 7551—2008, 3.3.16]

3.10

石英晶体式称重传感器示值误差 crystal quartz load 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]

3.11

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]

3.12

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]

3.13

重复性误差 repeatability error

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—2008，3.4.12]

3.14

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]

3.15

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]

3.16

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]

3.17

横向灵敏度一致性 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。

3.18

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。

3.19

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。

3.20

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。

3.21

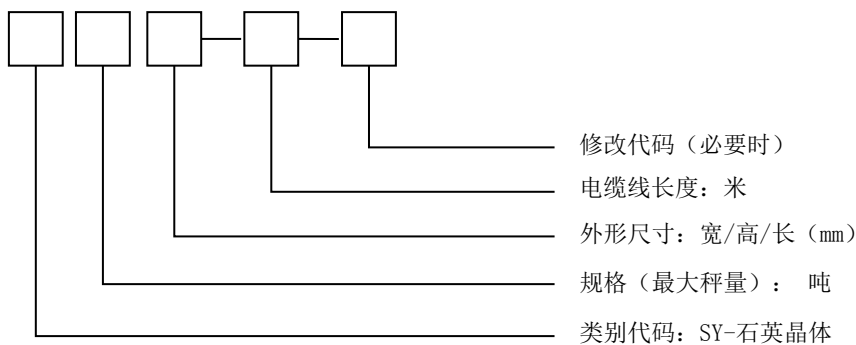
承载研磨层 abrasive bearing layer

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，该结构层由环氧树脂胶、固化剂、石英砂按规定比例混合后，粘接固化在称重传感器壳体的上表面。

4 规格及型号

4.1 产品型号

产品的分类与命名应符合 GB/T 7551 的规定，也可根据企业各自的标准规定型号代码。



示例：石英晶体式称重传感器最大秤量 3t，截面尺寸 1500mm（长）×48mm（宽）×58mm（高），电缆线长度 20m，则型号为：

SY-3-48/58/1500-20

即：类别：石英 SY；最大秤量：3t；外形尺寸 1500mm 长，48mm 宽，58mm 高，电缆线长度 20m。

4.2 产品结构

称重传感器由石英晶体、弹性体支架、测量电路和承载研磨层组成。

4.3 规格

以称重传感器可以测量的质量最大值表示，并标明石英晶体式称重传感器的外形尺寸，长/宽/高（mm）和电缆线长度。

5 计量要求

5.1 准确度等级

称重传感器的准确度等级分为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横向灵敏度一致性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MPE

序号	技术指标	石英晶体称重传感器等级（%）				
		0.5	1	2	5	10
1	非线性	±0.5	±1	±2	±5	±10
2	滞后误差	±0.5	±1	±2	±5	±10
3	重复性误差	0.25	0.5	1	2.5	5

5.3 温度对灵敏度的影响（/℃）

称重传感器等级 0.5，1 级，温度对灵敏度的影响应不大于 0.03%/℃。称重传感器等级 2，5，10 级，温度对灵敏度的影响应不大于 0.05%/℃。

5.4 灵敏度横向一致性（%）

称重传感器等级 0.5，1 级，灵敏度横向一致性应不大于 2%。称重传感器等级 2，5 级，灵敏度横向一致性应不大于 3%。称重传感器等级 10 级，灵敏度横向一致性应不大于 5%。

5.5 加/卸载和稳定时间

试验时，应在开始加载的初始时间，按表 2 规定的时间间隔读取初始读数。

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		

5.6 计量单位

称重传感器的质量计量单位是：千克（kg）、吨（t）；

5.7 影响量

5.7.1 温度

5.7.1.1 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，则石英晶体式称重传感器应在-10℃~40℃范围内符合 5.2 的要求。

5.7.1.2 特殊温度限值

对于规定了特殊工作温度限值的石英晶体式称重传感器，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℃。

5.7.1.3 温度对灵敏度的影响

在 5.6.1.1 或 5.6.1.2 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。

5.7.2 大气压力

在 86kPa~106 kPa 的大气压力范围内，大气压力变化 1 kPa 所引起的称重传感器输出的变化量应小于表 1 中规定的值。

5.7.3 湿度

5.7.3.1 总则

称重传感器应具有良好的防水、防水汽能力，其防护等级不低于 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。

5.7.3.2 湿度影响

按 7.2.9 湿度（热）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，1200mm，1500mm，1750mm，2000mm。宽度的典型值为 48mm、58mm 和 80mm。高度的典型值为 58mm。

6.2 电荷灵敏度

称重传感器的灵敏度优先选用下列数值：

1.0，1.5，2.0，2.5 pC/N

误差范围不大于 ±10%。

6.2 绝缘电阻

在一般试验大气条件下，称重传感器的输出端子（正极）与外壳（负极）之间的绝缘阻抗应不小于 100GΩ。

6.3 零点输出

称重传感器的零点输出为测试条件下数据处理装置的无载荷输出，其值应小于额定输出的 2%。

6.4 低噪声电缆

称重传感器使用的低噪声电缆噪声应不大于 5mV。

6.5 承载研磨层

6.5.1 研磨层设置要求

研磨层的设置不对称重传感器的计量性能造成影响。

6.5.2 研磨层正向加载要求

带有研磨层的称重传感器表面在承受150%称重传感器最大秤量时应保证研磨层不会损坏，无断裂、破碎现象，无明显压痕。测试方法见附录B。

6.5.3 研磨层与称重传感器承载面的粘接性能

称重传感器研磨层与金属基座应粘接牢固，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。测试方法见附录B。

6.6 长度方向的直线度

在称重传感器的长度方向上，应呈一条直线，其弯曲、扭曲等变形量应不大于总长度的 1%。

6.7 弹性体支架的要求

弹性体支架的材料成分应符合 GB/T 3190 中表 3 的要求。其机械性能不低于 GB/T 6892 中热挤压状态 2A12 硬铝合金的要求，并应经过时效处理，防止变形。

6.8 防腐要求

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，涂漆后表面应完整无漏漆，符合QB/T 1588.4的要求。

6.9 装配要求

称重传感器的装配，应符合 QB/T 1588.3 的要求。

6.10 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、测量用称重传感器、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 $k=2$ ）不应超过受试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应高于JJG 734 中规定的 0.05 级要求。

7.1.1.3 传感器

使用的测量用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：一般的，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应不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应符合6.2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：

环境温度：20 °C ± 5 °C

环境相对湿度：60% RH～75% RH

大气压力：86 kPa～106 kPa

试验期间温度的最大温差不大于5°C，且温度变化率不大于5°C/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：-10 °C～40 °C

相对湿度：≤90% RH

大气压力：86 kPa～106 kPa

7.1.2.3 其它环境条件

应消除磁场、机械振动对受试称重传感器的影响。

7.1.3 加载条件

7.1.3.1 由于称重传感器为一长条形结构，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 称重传感器的轴线与所加载荷的轴线相重合，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

一般的，测试过程中的稳定时间不小于5 s。

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。
- 设计有承载研磨层的称重传感器，应在设置承载研磨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受试称重传感器的中心点，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。每次施加力值前，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：

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

$$\text{截距} \quad b = \bar{y} - k\bar{x}$$

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：

$$\text{非线性} \quad L = \frac{\Delta V_L}{V_n} \times 100[\%FS] \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{滞后} \quad H = \frac{\Delta V_H}{V_n} \times 100[\%FS] \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{重复性} \quad R = \frac{\Delta V_R}{V_n} \times 100[\%FS] \dots \dots \dots (3)$$

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；

V_n ——进程测量时，最大秤量力值输出与零点输出的差，即满量程输出信号；

ΔV_H ——回程示值与进程示值各级力值点输出极差的最大值；

ΔV_R ——进程重复校准时，各级力值点输出极差的最大值。

注：规定直线为根据测试结果，使用最小二乘法计算出的直线， $\bar{y} = k\bar{x} + b$

7.2.4 横向灵敏度一致性测试

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 P_1 （左侧边缘处，应保证压头边缘不超出传感器长度的边缘）、 P_2 （左侧1/4传感器长度处）、 P_3 （传感器长度中点）、 P_4 （左侧3/4传感器长度处）、 P_5 （右侧边缘处，应保证压头边缘不超出传感器长度的边缘）。

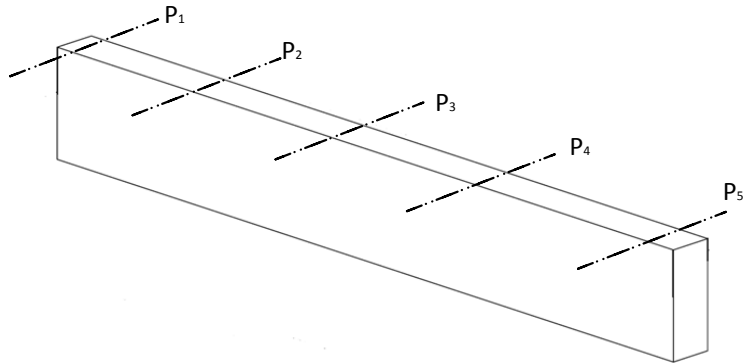


图 1 测试点示意图

7.2.4.2 加载测试

选取最大秤量的载荷作为测试载荷，横向灵敏度一致性偏差测试按照如下程序进行：

- d) 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（ P_3 ）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；
- e) 连接电荷放大器、测试电缆、数字电压表，接通电源预热。然后按照7.2.3.3的要求施加三次预载荷，等待3分钟，将数字电压表归零；
- f) 向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；
- g) 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 P_3 点的灵敏度 S_3 ；
- h) 移动称重传感器位置分别至 P_1 ， P_2 ， P_4 ， P_5 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（ P_3 ）位置的灵敏度作为参考值，按照如下公式计算横向灵敏度一致性偏差：

即任意一点灵敏度与 P_3 位置灵敏度 S_3 的偏差

$$S_y = \frac{S_i - S_3}{S_3} \times 100\%$$

其中：

S_y 为横向灵敏度一致性偏差；

S_i 为第*i*个测试点的测量平均值；

S_3 为第3个测试点的测量平均值。

7.2.5 温度对灵敏度影响的测试

7.2.5.1 测试程序

温度对灵敏度的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 P_3
- 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 P_3 ，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 （-10℃附近）和上限 T_H （40℃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：

$$TC_L = \frac{S_{t0} - S_L}{S_{t0} \times (T_0 - T_L)} \times 100\%$$

高温时：

$$TC_H = \frac{S_H - S_{t0}}{S_{t0} \times (T_H - T_0)} \times 100\%$$

其中： T_0 —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（TemperatureCoefficient）；

TC_L —低温时温度系数，每度（℃）的变化量；

TC_H —高温时温度系数，每度（℃）的变化量。

7.2.6 零点输出测试

将称重传感器与电荷放大器、数字电压表连接，测量称重传感器无载荷条件下的输出。

7.2.7 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。

7.2.8 研磨层过载测试

在称重传感器长度方向上，选择3个位置，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。按照传感器最大秤量的150 % 施加载荷3次，传感器不应发生变形、破损或性能的改变。

7.2.9 湿度对称重传感器的影响测试

7.2.9.1 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、恒相对湿度条件下，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。

7.2.9.2 试验程序

- a) 试验在参比温度20 °C和 50% RH相对湿度下进行试验；
- b) 在规定的称重传感器温度范围的上限温度和85% RH相对湿度条件下，保持温度、湿度稳定48h后进行试验；
- c) 在规定的称重传感器温度范围的下限温度和85% RH相对湿度条件下，保持温度、湿度稳定48h后进行试验；
- d) 在参比温度20 °C和 50% RH相对湿度下进行试验。

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(外壳、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是否变形。

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

测试项目	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	+	+	6.9	8.2.1
变形量检查	+	+	6.5	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
零点输出	+	+	6.3	7.2.6
绝缘电阻	+	+	6.2	7.2.7
研磨层过载测试	+	-	6.4.2	7.2.8
湿度影响	+	-	5.5.3	7.2.9
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：

- a) 产品名称、型号和规格；
- b) 准确度等级；
- c) 最大称量 $E_{\max}$ ；
- d) 制造厂名称，商标（若适用）；
- e) 产品出厂编号及制造日期；
- f) 计量器具型式批准标志和编号；
- g) 采用标准号；
- h) 工作温度范围(应在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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（纸牌）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(RH)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)
灵敏度测试结果计算方法

A.1 总则

下面列出对石英晶体式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

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 7.2.3.6 灵敏度计算

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

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

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

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

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

.....

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

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

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

.....

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

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

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

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

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

得出：

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

$$\text{截距} \quad b = \bar{y} - k\bar{x} = 2680 - 2.0696 * 1300 = -10.5205$$

A.4 根据 7.2.3.7 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

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
(资料性)
石英晶体式称重传感器研磨层测试方法

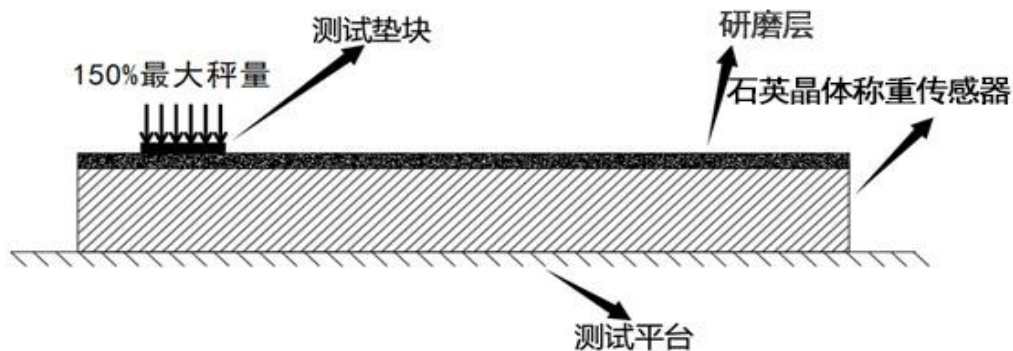
B.1 总则

设置有研磨层的石英晶体式称重传感器，在出厂检验和型式试验时应应对石英晶体式称重传感器研磨层的粘贴性能进行测试。

B.2 研磨层测试方法

B.2.1 研磨层正向加载测试

对石英晶体式称重传感器研磨层进行正向加载测试方法如图C.1所示。正向放置设置有研磨层的石英晶体式称重传感器，在传感器上随机选取测试位置，通过一个（200mm*50mm*石英晶体式称重传感器宽度）的垫块向石英晶体式称重传感器加载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。

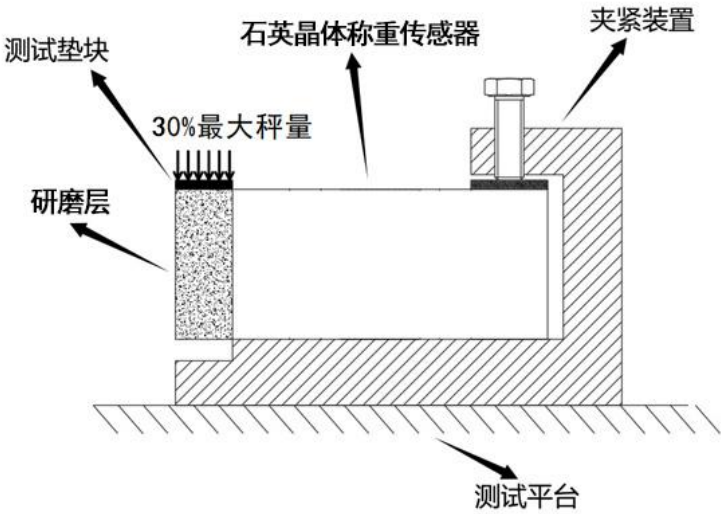


图B.1 研磨层正向加载试验装置及加载示意

测试完成后检查传感器研磨层，研磨层应无断裂、破碎现象，无明显压痕。

B.2.2 研磨层粘接强度测试

对石英晶体式称重传感器研磨层进行粘接强度测试，方法如图C.2所示，侧向夹紧设置有研磨层的石英晶体式称重传感器研磨层之外的本体，在石英晶体式称重传感器上随机选取测试位置，通过一个（200mm*研磨层厚度mm*30mm高）的垫块向研磨层加载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 研磨层侧向加载试验装置及加载示意

测试完成后检查研磨层，研磨层应与石英晶体称重传感器保持稳定连接，研磨层无脱离、裂缝等现象存在。