

《石英晶体称重传感器》团体标准 编制说明（征求意见稿）

一、工作简况，包括任务来源、主要工作过程、主要起草人及其所做的工作等

2023年9月20日，团标委秘书处下发了衡团标协〔2023〕25号文，“关于确定石英晶体称重传感器衡协团体标准起草小组的通知”，起草单位共有10家单位组成，他们是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。项目计划编号：2023003，项目周期12个月，要求在2024年9月以前完成团标起草任务。

接到任务后，第一起草单位四川奇石缘科技股份有限公司汤世友、戴星立即开始起草工作。于2023年12月12日完成起草小组工作草稿，于2023年12月19日，完成标准的编制说明起草小组工作稿，并发至起草组全体成员征求意见。

起草组其他成员反馈的意见，主要集中在三点：

1、石英晶体称重传感器的准确度等级：是按照GB/T 7551-2008《称重传感器》标准的规定，取C级、D级；还是按照与GB/T 21296.5-2020《动态公路车辆自动衡器 第5部分：石英晶体式》中的规定取0.2、0.5、1、2、5级，二种准确度等级的标准体系要求不一样，应采用那种？

2、石英晶体称重传感器的加载测试方法：

①以相同的增量施加递增力值，直到额定值，逐级加载测试三次（JJG 632-1989《动态力传感器检定规程》中规定的方法），然后卸载至最小负荷。

②按照“复位-加载-读数-卸载”的顺序（GB/T 21296.5-2020中规定的方法），单点加载测试三次，逐级施加递增负荷，直到最大秤量；然后卸载至最小负荷。上述二种方法应采用那种？

3、石英晶体称重传感器技术指标的计算方法：①理想直线采用最小二乘法（用最小二乘法求取称重传感器的输出示值平均值与载荷点的拟合直线斜率及截距， $k = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2}$ ， $b_0 = \bar{y} - k \bar{x}$ ）。②理想直线采用端基法（ $Sq = \frac{V_n}{F_n}$ ）。应采用那种？

为此，起草组全体成员于2024年4月15日召开了《石英晶体式称重传感器》团体标准关键问题研讨会，经过讨论，第1条，采用GB/T 21296.5-2020中规定的方法，第2、3条，会议决定会后由起草组成员按照二种方法分别进行测试和计算，验证二种方法的适宜性。

会后经奇石缘公司、四川兴达明科公司和郑州恒量公司做了多次试验和数据计算，最终决定按照“复位-加载-读数-卸载”的顺序施加载荷和理想直线采用最小二乘法进行称重传感器技术参数的计算。

2024年5月17日，完成对标准草稿的修改，形成标准起草组第二稿，并发给起草组各单位成员进行二次征求意见，期间，还做了部分试验对标准的内容进行论证。

2024年7月26日，收集整理起草单位的反馈意见，形成标准起草组第三稿，并发给起草组各单位征求意见。

2024年9月上旬，收集整理反馈意见形成标准第四稿，并整理形成《标准编制说明》和《标准反馈意见汇总处理表》提交会议审核。2024年10月24日，经秘书处牵头，召开了标准启动会和起草组标准研讨会，经起草组全体成员对《标准项目计划书》和《反馈意见汇总处理表》进行了讨论，通过了《石英晶体称重传感器项目计划书》，会后，根据会议研讨意见，修改完成《标准征求意见稿》。

二、标准编写原则

1、探本求源、结合应用实际的原则

石英晶体称重传感器实际上是一种动态称重传感器，利用其无外接电源、压电石英效应、动态响应快的特点，实现了石英晶体式动态公路车辆自动衡器在车辆高速运行的情况下，完成动态称重的目的。车辆高速运行时，路面的不平、颠簸、凹坑等引起的车辆垂直方向的弹性谐振发生的不完全，车速越高、弹性谐振的振幅越小、与重力加速度叠加之后形成的振动力对称重结果的影响越小，所以称量精度越高。当前的石英晶体式动态汽车衡的速度范围可以达到 200km/h，远远超过高速公路对载货汽车的限速范围 100km/h。所以说，起草本标准应该以动态称重传感器的原理为出发点进行考虑。

2、技术指标体系与石英式动态汽车衡相匹配的原则

本标准的石英晶体式动态称重传感器，是一种条式称重传感器，要适应于在高速公路宽度方向的全范围内的覆盖，以保证完全测量到载货汽车每一个轮胎重量。按照衡器标准技术指标体系的确定原则，石英晶体称重传感器的性能指标体系要与石英晶体式动态汽车衡的技术指标体系相匹配，并提高一定的精度级别，才便于对应动态汽车衡对称重传感器的兼容性要求。见下表：

表1 石英式动态汽车衡用两轴刚性参考车辆试验时的最大允许误差

单轴载荷 准确度等级	最大允许误差 (以静态参考单轴载荷约定真值的百分比表示)
C	$\pm 1.50\%$
D	$\pm 2.00\%$
E	$\pm 4.00\%$
F	$\pm 8.00\%$

上述最大允许误差，实际上是计算的单轴载荷约定真值的相对误差。

在对石英晶体称重传感器的标定中，我们使用的是测力机-标准称重传感器-标准称重仪表组成的测量系统。对测力机精度等级的标

定，是采用的相对误差来进行标定的。要求测力机按照相对误差测试的准确度等级是被试称重传感器准确度等级的三分之一。如：称重传感器如果是 0.03（万分之三）级，则测力机的相对误差就需要达到 0.01（万分之一）；但是，此时称重传感器的精度计算是按照满量程输出的百分数来计算的，测力机和传感器的误差计算方式是不一样的。但据此也可以看出，二种计算方式是可以用来互相评价的。所以，提出石英晶体称重传感器的准确度误差按照下表来表述：

表2 石英晶体称重传感器等级对应的最大允许误差

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
4	温度对灵敏度的影响（/℃）	±0.03		±0.05		
5	灵敏度横向一致性（%）	±2		±3		5

3、针对条状石英晶体称重传感器结构特点的原则

标准中确定的石英晶体称重传感器是一个长条形状，从力学受力分析，其中间和两端受力后的支反力是不同的，中间的支反力是两端支反力的 2 倍；压电石英的感应电荷中间和两端也是不同的。应当检测其灵敏度横向一致性。该指标的确定，影响到石英晶体称重传感器

埋设于高速路面时，多排石英称重传感器排列时，所选择的弹性体长度尺寸的大小，或者说，如果传感器的横向一致性误差小，可以只使用相对尺寸短的石英晶体称重传感器而不再考虑传感器端头受力后输出误差大的影响。这样可以相对的降低石英晶体称重传感器的成本。

4、采用最小二乘法作为理想直线计算的理由

最小二乘法在高等数学中属于“多元函数微分法”的范畴，它是根据加载力值测试点—传感器输出多组试验数据，来找出测试点和传感器输出之间关系的近似表达式，并且采用了一条理想直线： $y=ax+b$ ，使加载测试点的各点输出值与该直线之间的偏差的平方和为最小。该方法在石英晶体称重传感器生产企业中，已经使用了许多年，各个生产企业对该方法也比较熟悉。所以本标准采用了最小二乘法作为理想直线来计算传感器的线性、灵敏度等指标。

三、标准主要条文或技术内容的依据及专利情况说明

1、表2中，石英晶体称重传感器的最高级别规定为0.5级，是考虑到石英式动态汽车衡的最高准确度等级为1.5%，按照兼容性要求，传感器准确度等级提高3倍，则是0.5%。

2、根据石英晶体受温度影响小或者温度灵敏度系数小的特点，并且石英晶体称重传感器在使用时是埋设于路面，冬季、夏季温度范围宽，温度对灵敏度的影响提高了10倍，并且考虑到目前电子称重仪表都设计有零点自动跟踪装置，所以没有规定传感器的“温度对零点的影响指标”。

3、灵敏度横向一致性指标的确定

该指标的计算，是以中间点为标准值的，所以测试得到的两端额定输出值的大小，是以与中间值误差大小的百分比来计算的。目前的2%指标相当于动态汽车衡的D级，是根据当前较高的生产水平而提出的，一般的在3%~5%左右，基本满足石英式动态汽车衡的准确度等级要求。

4、专利情况

本标准没有涉及到专利问题。

四、主要试验、验证及试行结果

1、主要试验、验证结果：

现有产品按照本标准的试验和计算方法，得出的准确度级别的试验报告见 附件 1。

温度对灵敏度的影响和温度对零点的影响试验报告见附件 2、3。

2、试行结果：

国内自 20 世纪初即开始石英晶体称重传感器的研究和生产，随着石英晶体式动态公路车辆自动衡器产品的快速发展，目前国内已有近十家生产厂家生产石英晶体称重传感器。对传感器的加载测试方式，即按照“复位-加载-读数-卸载”的顺序加载，大家有一定的共识，但对于精度计算、传感器准确度等级的设计、是否测试石英称重传感器的蠕变等等，有不同的看法。本标准的推出，需要各个生产厂家对现有的称重传感器进行测试，以便确定目前确定的技术指标是否合理。统一称重传感器的准确度等级设计和采取统一的测试方法，是本标准编制的目的

五、与相关标准的关系分析

1、本标准参考了 OIML R60-1： 2017（E） 《称重传感器计量规程 第 1 部分：计量和技术要求》国际建议编写。

本标准中的大量名词术语，都采用自 OIML R 60-1，产品的技术指标，如非线性、滞后、重复性、温度对灵敏度的影响等，也是参考了 OIML R 60-1 的计量要求并结合石英晶体称重传感器的原理而有所更改，如去掉了温度对零点的影响，增加了灵敏度横向一致性并对测试设备的横向支撑稳定性提出了一定的要求等；其使用条件、参比测试条件、对测量系统的要求等，都是参考了 OIML R 60 国际建议。

2、本标准参考了 JJG 632-1989 《动态力传感器检定规程》，其

第3章 基本技术指标有13项静态技术指标要求：额定力值，最大力值、电荷灵敏度、直线度、滞后、重复性、绝缘电阻、刚度、稳定性、电容、灵敏阈、灵敏度温度系数，工作温度范围等。动态技术指标分为时间域：包括力的相对幅值准确度、自振频率、上升时间；频率域：包括工作频率范围、工作频率范围内相对幅值准确度和共振频率。考虑本标准确定的石英晶体称重传感器为该产品的一种特殊形式一条形石英称重传感器，其应用场合是十分确定的；另外，由于受到高速公路对载货汽车的限速要求，如限速100 km/h，只是石英晶体称重传感器信号上升时间的一半，而这是由石英的压电效应决定的，所以，对于动态技术要求进行了简化。

3、本标准参考了 GB/T 21296.5-2020《动态公路车辆自动衡器 第5部分：石英晶体式》

a) 关于使用温度范围

按照 GB/T 21296.5 的温度使用范围，本标准提出了温度使用范围为：-10℃~40℃作为评价石英晶体称重传感器时的技术要求，该温度使用范围和 GB/T 7551-2008《称重传感器》标准的规定相一致，这样也便于比较这二个不同原理的产品的温度性能，同时便于现有的技术机构利用自身已有的测试设备对石英晶体称重传感器进行温度测量。

b) 关于外壳防护等级 IP 68 和恒定湿热

考虑到传感器埋设于路面后，室外环境会经受风尘雨雪、冻冷炙烤，并且应保证传感器的长期稳定性，所以规定了石英晶体称重传感器需要达到 IP 68 的要求，同时规定了在经受了恒定湿热试验时，应保证称重传感器的计量要求。

六、采用国际标准的程度及水平分析

目前，石英晶体动态称重传感器尚无对应的国际标准。

七、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准与现有的法律、法规相协调、统一，无冲突。

八、重大分歧或重难点的处理经过和依据

该标准无重大分歧。

九、贯彻措施及预期效果

《石英晶体称重传感器》标准的编制，集中了国内生产石英晶体称重传感器的生产单位和用户数十年的经验和技术，可以为生产厂提供一个测试、评价该产品的统一的技术规范，可以使用户了解购买的石英晶体称重传感器有哪些技术指标并且是如何评价的。也便于进行国内外相同产品的性能比较，找出目前国内产品与国外产品的技术差距，发现问题、寻找原因并提出改进措施。

对于标准贯彻方面，标准的过渡期建议为 6 个月，建议标准颁布后，由中国衡器协会团体标准技术委员会牵头，由负责起草单位配合团标委组织新标准的宣贯和组织实施，加强生产企业和用户方面对本标准的理解，逐步规范产品及市场应用。

十、修改或废止有关标准的建议

本标准为首次制定，无修改或废止有关标准的建议。

十一、其他应说明的事项

本标准是动态称重传感器方面的第一个标准，建议广泛的征求意见，听取动态称重技术的有关专家、学者提出的意见，提高石英晶体称重传感器的质量水平。

《石英晶体称重传感器》团标起草组

2024 年 10 月 25 日