

浅谈免砝码标定衡器的方法应用

□吴振兴¹ 罗检民¹ 贺华¹ 昌海² 王俊杰³

(1. 湖南省计量检测研究院 2. 张家界市计量测试检定所
3. 湖南惟楚线缆高分子材料有限公司)

【摘要】衡器在工业生产、商业贸易、科学研究等领域有着广泛的应用。传统的衡器标定通常需要使用大量的砝码，不仅操作繁琐、费时费力，而且在一些特殊场合，如大型衡器安装现场、野外作业等，砝码的搬运和使用极为不便。因此，研究和应用衡器的免砝码标定方法具有重要的现实意义。本文主要探讨了衡器在无砝码的情况下进行免砝码标定方法。通过对这些方法的原理、应用场景以及优点和不足的分析，为在相关领域的研究和实际工作应用提供了参考，旨在提高称重系统的标定效率和准确性。

【关键词】衡器；免砝码标定；标定效率和准确性

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2024) 09-0026-04

引言

称重传感器作为衡器的关键零部件，它是一种将质量信号转变为可测量的电信号输出的装置，其性能的准确性和稳定性直接影响到测量结果的可靠性。为了保证衡器的测量精度，在使用前需要进行标定，即确定传感器的输入输出特性关系。传统的标定方法是使用标准砝码对衡器施加已知的质量载荷，同时记录传感器的输出信号，通过数据处理得到传感器的标定曲线和参数。然而，这种方法存在诸多弊端，如需要大量的标准砝码、标定过程复杂、周期长、成本高，而且对于一些安装在高空、井下、大型设备上等特殊位置的衡器，砝码的加载和卸载非常困难，甚至无法实现。因此，免砝码标定方法成为了衡器研究领域的一个重要课题。

1 免砝码标定方法概述

免砝码标定的原理主要基于数学模型和算法优化、参考标准替代、多参数融合等手段和方法，获取测量设备的特性和规律，从而实现在衡器标定过程中不使用传统的标准砝码作为加载质量，而是通过其他方式或手段来模拟质量负载，或者利用相关原理、算法以及设备建立起称重传感器输入与输出

的对应关系，达到标定的目的。

1.1 数学模型和算法优化

建立精确的传感器数学模型，考虑传感器的物理特性、结构参数和工作环境等因素。通过对这些因素的分析 and 建模，预测传感器在不同输入条件下的输出。运用先进的优化算法，如最小二乘法、卡尔曼滤波等，对模型中的参数进行精确估计和调整，以提高标定的准确性。

1.2 参考标准替代

利用高精度的已知物理量或标准信号作为参考，替代传统的砝码。例如，采用稳定的电压源、电流源或标准频率信号来校准相关的测量设备。或者基于已校准的同类高精度传感器的输出作为参考，对被标定的传感器进行对比和校准。

1.3 多参数融合

综合考虑多个与测量相关的参数，不仅仅依赖于单一的物理量。例如，在称重传感器的标定中，同时考虑受力点位置、加载速度等因素对测量结果的影响。通过融合多个参数的信息，建立更加全面和准确的标定模型。

当然，免砝码标定还有利用具有已知准确特性

的实物来代替砝码，或者通过各种补偿等手段来完成标定过程。

2 免砝码标定方法的应用

免砝码标定方法在众多领域都有着广泛而重要的应用，例如在不能实现大量实物标准砝码或者需要频繁运用大量砝码标定的情况下，如料斗秤、电子汽车衡、非标衡器等应用场所。下面就该方法应用在实际工作中分享几个案例：

(1) 料斗秤校准

料斗秤在工业生产配料、物流控制与成本核算中起着举足轻重的作用，它的日常校准与计重准确度将直接影响到生产稳定运行及产品的质量。^[1]

在湖南浦湘环保有限公司垃圾焚烧发电厂，针对高位料仓下的大型料斗秤(Max=30t,d=1kg)进行免砝码标定。标定完成后进行物料对比试验(即将物料在经检定过的室内使用电子汽车衡(Max=80t,分度值d=20kg)称重后再倒入料斗秤进行复核比较)，试验3次数据见表1：

表1 复核试验结果

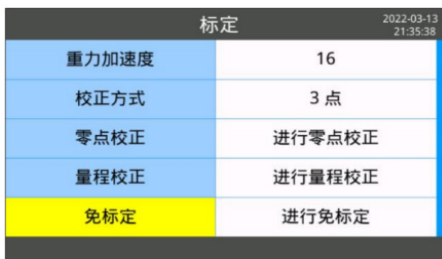
| 序号 | 汽车衡示值(kg) | 料斗秤示值(kg) | 相对误差(%) |
|----|-----------|-----------|---------|
| 1 | 11180 | 11146 | -3.0 |
| 2 | 13480 | 13442 | -2.8 |
| 3 | 12640 | 12603 | -2.9 |

该试验结果令试验人员和生产方人员接受，这种方法解决了砝码难以在料斗秤承载器上无法放置的问题，满足了生产急需。

(2) 汽车衡的免砝码校准

对大型汽车衡的调试和校准是一非常费时、费力的过程^[2]。计量检测人员对一台到检定周期的汽车衡(Max=60t、e=20kg、FT-201(P)称重仪表)进行免砝码标定。免砝码标定参照如下方法^[3]：

① 在称台标定参数界面，选择免标定。



② 按回车键进入免标定界面。



③ 输入传感器参数。

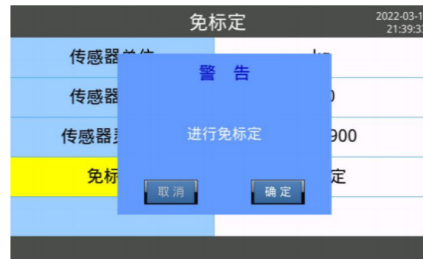
例如：4个200kg传感器做免标定。

a. 输入传感器的总量程，则输入800kg。

b. 输入传感器的平均灵敏度，例如(1.9992+2.0002+1.9998+2.0005)/4=1.9999，输入1.9999



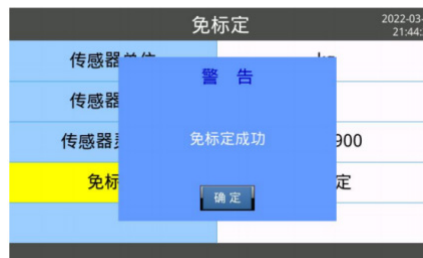
④ 选择免标定按确定键会显示如下界面，仪表会询问是否进行免标定。因为如果进行免标定则原先2点标定参数就会丢失。



⑤ 按确定，若免标定成功则会显示免标定成功界面。若免标定失败则有以下原因：

a. 查看设置传感器的容量是否小于仪表量程参数。

b. 查看零点内码值是否太高，仪表计算零点加量程的内码不能超过满量程的100万内码。



⑥ 按ESC键退出主界面，查看重量是否和实际

重量差不多。若偏差较大则在传感器灵敏度系数调整。

参照上述方法对汽车衡实施免砝码标定后，随后载荷采用5轴铰链检衡车及配备的标准砝码，参照JJG539-2016 检定规程进行重复性、角差、称量验证，结果如表2、表3、表4：

表2 重复性验证结果

| 序号 | 载荷重量(kg) | 示值(kg) | 重复性误差(kg) |
|----|----------|--------|-----------|
| 1 | 40400 | 40400 | Max-Min=0 |
| 2 | | 40400 | |
| 3 | | 40400 | |

表3 角差验证结果(采用5t承载能力的叉车承载4t标准砝码试验)

| 承载器位置 | 示值(kg) | 承载器位置 | 示值(kg) |
|-------|--------|-------|--------|
| 1 | 11500 | 5 | 11500 |
| 2 | 11500 | 6 | 11500 |
| 3 | 11500 | 7 | 11500 |
| 4 | 11500 | 8 | 11500 |

表4 称量验证结果

| 序号 | 标称值(kg) | 示值(kg) | 误差(kg) |
|----|---------|--------|--------|
| 1 | 3000 | 3000 | 0 |
| 2 | 10000 | 10000 | 0 |
| 3 | 18000 | 18000 | 0 |
| 4 | 40400 | 40400 | 0 |

该验证结果良好，在一定程度上说明了免砝码标定技术的优越性。当然，试验对象也就是该电子汽车衡本身计量性能可能就比较，而对于秤体结构受力不均或者称重传感器计量性能不好的电子汽车衡采用这种方法的效果还有待进一步验证。

(3) 钢管秤的免砝码校准

对一台钢管秤 (Max = 5t、d = 1kg、4 个支点称重传感器、ind570 称重仪表) 进行免砝码校准后，用已知重量 (3t) 的核查用钢管进行对比验证测试。三次加载 3t 的示值均为 2999kg，因生产不允许做更多次测试，三次测量的重复性误差为零，相对误差约为万分之三，优于千分之一，校准效果较好，用户十分满意。

这些展示了免砝码标定技术在不同场景下的应用，为解决砝码难以使用或校准不便的问题提供了有效的解决方案，提高了工作效率，降低了成本。但需要注意的是，免砝码标定技术的准确性和可靠

性可能会受到多种因素的影响，在实际应用中，应根据具体情况进行评估和验证，并按照相关规范和要求进行操作。

3 免砝码标定方法的优点和不足

3.1 免砝码标定技术的优点包括

(1) 节省成本。对于一些难以或无法运送砝码的场合，可避免使用大量砝码进行校准的高昂费用。

(2) 操作简便，节省时间和人力成本。免砝码标定方法不需要搬运和使用大量的砝码，减少了标定过程中的操作步骤和工作量，提高了标定效率。

(3) 适用范围广，可解决特殊场合的校准难题。例如在高位料仓、狭窄空间或复杂环境下的衡器，砝码难以到位或无法放置，免砝码标定，提供了可行的校准方法。

3.2 免砝码标定技术也存在一些不足

(1) 当前在业界说服力和认可度受限。由于其校准主要依据称重传感器的工厂校准数据，忽略了机械传力结构系统的误差，难以进行砝码对比验证，其有效性常遭到质疑，难以得到非计量检定人员的普遍认可。

(2) 对衡器和传感器要求高。要求衡器配置的称重传感器具有足够高的准确度、良好的稳定性和可靠性，分度数必须大于等于衡器的分度数，还需附有技术参数齐全的正式校准检测报告。同时，衡器的传力结构要简单，采用规范的连接组件，以确保物料重量准确传递给称重传感器，且衡器的空载零点需稳定。

(3) 校准准确度可能受限。不同的免砝码标定方法和系统其校准准确度有所差异。模拟称重系统的免砝码校准准确度一般为0.5% ~ 1.0%，数字称重系统的免砝码校准准确度通常为0.4% ~ 0.1%^[4]。

在实际应用中，应根据具体情况权衡利弊，在满足校准要求的前提下，合理选择是否采用免砝码标定技术。同时，需注意按照相关规范和要求进行操作，以确保校准的准确性和可靠性。如果条件允许，可尽量进行实物对比试验验证，以增加校准结果的可信度。

4 免砝码标定方法的挑战与展望

4.1 挑战

4.1.1 精度与可靠性的保障

(1) 免砝码标定方法通常依赖于复杂的数学模型和算法,模型的准确性和适应性可能受到多种因素的影响,如传感器的非线性特性、温度变化、电磁场干扰等,从而导致标定精度的不稳定。

(2) 缺乏统一的标准和规范,不同的免砝码标定方法之间可能存在较大的差异,使得标定结果的可比性和可靠性受到质疑。

4.1.2 环境因素的影响

(1) 实际应用环境中的温度、湿度、振动等因素可能会对称重传感器的性能产生影响,而免砝码标定方法在考虑这些环境因素的补偿方面可能存在不足。

(2) 环境中的电磁干扰也可能会干扰传感器的信号传输和处理,影响标定的准确性。

4.1.3 传感器个体差异

(1) 由于制造工艺和材料的差异,不同的衡器称重传感器个体之间可能存在性能上的差异,这使得一些通用的免砝码标定方法在应用于特定称重传感器时效果不佳。

(2) 对于老旧或已经使用一段时间的衡器,其性能可能已经发生变化,免砝码标定方法可能难以准确捕捉这些变化并进行有效的标定。

4.2 展望

(1) 更高的准确性和可靠性。随着技术的不断进步,免砝码标定技术将致力于提高标定结果的准确性和可靠性,以满足各种对精度要求较高的应用场景。

(2) 智能化和自动化。未来可能会更加智能化和自动化,减少人工操作和干预,提高标定的效率和一致性。例如,通过自动读取传感器参数、自动分析数据和自动调整标定参数等功能,实现更便捷的标定过程。

(3) 适用范围扩大。不断拓展其适用范围,能够应用于更多类型和规格的称重设备,包括一些特殊形状、安装位置困难或无法使用砝码的设备。

(4) 与其他技术融合。可能会与物联网、大数据、人工智能等新兴技术相结合。例如:利用物联网技术实现远程标定和监控;借助大数据分析来优化标定算法,提高标定的准确性;或者通过人工智能算法对传感器的性能进行预测和诊断。

(5) 易于验证和溯源。发展出更有效的验证手段,以增强其说服力和可信度。同时,标定过程和结果将更加易于溯源,确保标定的合法性和可追溯性。

(6) 操作简便性提升。朝着操作更加简便的方向发展,降低对操作人员专业知识的要求,使更多非计量检定人员也能够轻松进行标定操作。

(7) 实时监测和自校准功能。具备实时监测衡器计量性能的能力,并在需要时自动进行校准,以确保称重设备在长期使用中的准确性和稳定性。

(8) 制定更加完善的标准和规范。明确标定的流程、方法、精度要求等,以提高标定结果的可比性和可靠性。

5 结语

衡器的免砝码标定检测方法是一种具有创新性和实用性的技术,能够有效解决传统砝码标定方法存在的问题,提高标定效率和精度,降低成本和操作难度。从商务及技术先进性角度来讲,那些没有掌握免标定技术的公司在竞标中就处于劣势,而能提供给用户有免标定功能的厂家明显就占据竞争优势^[5]。虽然目前免砝码标定方法还存在一些不足之处,但随着技术的不断发展和完善,其应用前景非常广阔。在实际应用中,应根据不同的场合和需求,选择合适的免砝码标定方法,以满足衡器的测量要求。相信在不久的将来,免砝码标定方法将在称重计量领域发挥更加重要的作用,为工业生产、商业贸易、科学研究等领域提供更加准确、可靠的质量测量服务。

参考文献

- [1] 陈日兴,李之炯.大型料斗秤无砝码标定装置解析.计量技术,2014.No.2.
- [2] 周祖谦,称重、偏载、无砝码校准、称重法测重心.衡器,2019(01).
- [3] Flintec FT-210(P) 称重仪表操作手册.
- [4] 张加祥,范晓峰,唐岩,李欣国,张海平,朱报平.免砝码校准标定方法的探讨.衡器,2019(09).
- [5] 李拥军.称重系统免砝码标定研究.衡器,2016(06).

作者简介

吴振兴,湖南省计量检测研究院衡器所副主任工程师,中级工程师职称,计量标准二级考评员,一级注册计量师。从事计量技术工作10余年。