

对电子皮带秤几个热点问题的初探

清华大学博士研究生 沈兴来 常文

摘要: 在铜陵市三爱思电子有限公司为期 6 周的社会实践活动中,我们就电子皮带秤的几个热点问题展开了调研,并在该公司的指导下,提出一些粗浅看法和建议供探讨。

关键词: 电子皮带秤, 耐久性试验, 带型修正装置, 自动修正装置, 双秤计量校验集成系统

1. TC9/SC2, USNWG, CST, SSS 与皮带秤相关的最新动态

1.1 TC9/SC2

TC9/SC2 是 OIML (国际法制计量组织的简称) 的质量技术委员会/自动衡器计量分委员会,主要负责国际建议的制定和修改。针对涉及皮带秤 R50 的最新修订,我们重点关注“耐久性试验”以及“带形修正装置”这两个热点问题

1.2 USNWG

USNWG 是 the United States National Working Group 的简写,也就是美国国家工作组。2013 年该工作组的成员包括法规制定者、使用者和生产者。他们有 NIST 的代表,退休的检测员,俄亥俄州 Edison 公司、Duke 能源、南方公司等使用者代表,还有生产厂家 Thermo-Ramsey、Thayer、Merrick 和 CST 的代表。每年,USNWG 的会员都会聚在一起,协商如何针对新的需求改进标准,去除过时的条款,还有如何让 Handbook44 和国际建议 OIML R50 更加匹配相容。

在 2013 年的会议上有一个重要的讨论议题,那就是是否应该取消对皮带长度的限制。HB44 中规定皮带长度应限制在 12—300 米之间。这样的话现存的大量皮带秤传输机将不被包括在内。CST 公司认为要进行技术创新,制造出性能良好的长皮带秤是制造商应该思考的问题,这种限制反而制约了皮带秤的发展创新,这种限制有望在今年进行修改。

这次会议中另一个议题是对非整数圈小计量试验可行性的讨论。CST 公司认为,对长皮带可以利用带形修正装置进行小计量试验。他们认为这种试验是有实践应用背景的,因为在澳大利亚有很多皮带秤用于长皮带输送机,如果不容许非整数圈试验的话将无法完成对这些皮带秤的试验,但是在这次会议的最后时刻,这个提议被否决了,显然这个问题 USNWG 还需进一步研究。

1.3 CST

CST 是澳大利亚 Control system technology 公司的缩写,号称皮带秤行业的领导者,据其网站介绍,对高精度皮带秤的应用做出了多项创新,其中计量托辊组以及安装调试工艺等创新技术对皮带秤准确度和耐久性的提高起到了积极作用。同时,CST 近几年还积极参与 TC9/SC2、USNWG 的活动,积极推进带型修正装置等创新技术,提高了澳大利亚皮带秤技术在国际上的话语权。

1.4 SSS

SSS 是铜陵市三爱思电子有限公司的缩写,也是皮带秤的省级著名商标,据最新改版的公司网站 t1-sss.com 介绍:该公司多年来“专心·专业·只做皮带秤”取得了几十项技术成果(含专利);最新提出了创新宗旨:“确保双秤每 24 小时的相对误差在容忍范围内”、质量方针:“创新是超越的动力,品质是生存的尊严”;建立了皮带秤研发中心及皮带秤模拟现场实验室;积极参与中国衡器协会、全国衡器标准化技术委员会、全国衡器计量技术委员会的相关活动;组织了由国内外专家参与的学术交流活动,为促进我国皮带秤技术的发展

做出了积极的贡献。

2. 带型修正装置

2.1 CST 公司提出的带型修正装置在 R50-3CD 中被采纳，并在 4CD、5CD 中一直保留。

5CD¹ 中描述如下：

皮带（空载）运转一圈期间，可以对承载器上变化的载荷进行修正的装置。此装置利用软件维护储存的皮带（空载）运转一圈的数据并对带形进行同步修正。

如皮带秤装有带形修正装置，该系统应：

- a) 永久运行，或永久禁用（该装置的运行应印封，以防止用户使用）；
- b) 含有能可靠地将所储存的（空）皮带数据与皮带位置同步的装置。（例如：可以利用传感器检测固定在皮带上运动的标签）。

该装置可：

- a) 与自动或半自动调零装置结合，例如运行调零装置可获得并储存新的（空）皮带带形据。
- b) 以独立于自动或半自动调零装置运行，在这种情况下自动或半自动调零装置可通过确定皮带一整圈的平均值来修正（空）皮带带形的平均值。

2.2 在 2012 年中船重工集团九江七所的胡吕兵等人发表过与带形修正装置极其类似的文献²。文章将其描述为分段去皮重，用一系列零点代替一整圈的平均零点。在小重量载荷的烟草行业，且在皮带重量分布不均匀的情况下优势明显。

2.3 带形修正装置的重点在于用一系列的分段零点，代替一个平均的零点。许多年来，皮带秤的零点矫正的方法是秤架结构的静态重量加上空皮带的动态重量的平均。然后在每次的测量中从测量的物料重量中减去这个平均的常数重量。然而，整个重量的积分只对整圈运转有效。而带形修正装置是在数据存储中存储空皮带的一系列零点，当皮带秤相应的区域经过称重区域时，系统从存储中调出相应区域存储的零点值，然后从称重的重量中减去这个相应的零点值，显然，在非整数圈的试验中采用带形修正装置应该会有更好的效果。

2.4 在整数圈的试验中采用带形修正装置的理论分析：

设 M_p ， $M_{p'}$ 分别为采样到的重量信号值和存储的皮重值，我们可以模型化的认为它们

是关于时间的可积函数。记 M_v 为速度脉冲值，记 K_n 为流量系数， $q = K_n \times M_p \times M_v$ 为瞬

时流量，这样，如果按照整数圈去皮法，则累计流量为 $W = \int_0^{t'} q dt - W_0$ ，其中 W_0 为一整圈

的皮带重量。如果按照分段去皮法，则累计流量为 $W' = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_n} q_i dt$ ，其中

$q_i = K_n \times (M_{pi} - M_{p'i}) \times M_{vi}$ ，注意到 M_{pi} ， $M_{p'i}$ ， M_{vi} 分别为 M_p ， $M_{p'}$ ， M_v 所对应的第 i 部分的取值，从而利用积分可加性有：

$$\int_0^{t'} q dt = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_n} M_{pi} dt, \quad W_0 = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_n} M_{p'i} dt$$

从而 $W=W'$ ，也就是说对于整圈运行来说两种去皮方法得到的结果在理论上是相同的。

综上所述，对于能具备整数圈试验的条件下，采用带形修正装置的效果并不明显，这也许是 USNWG 对该项提议否决的原因之一。

2.5 CST 公司提出的带型修正装置最终被 R50 采纳，这给我们带来一个很大的启发，我国应

该要通过不懈的努力将具有实质性的创新内容参与国际建议的研讨及修制订,这将具有更大的意义。

3. 耐久性试验

3.1 耐久性试验的定义

耐久性试验为检验被测皮带秤 (EUT) 在经过规定的使用周期后能否保持其性能特征的一种试验。

3.2 在 R50-3CD 中对皮带秤耐久性试验规定

在“首次试验”和“最终试验”之间应运行至少 6 个月仍能保持首次检定的性能特征,且在此期间衡器应该被封装且不可调整 (除了用户进行或自动进行的调零操作)。但由于在实施中困难较大,所以在 R50-4CD 中被删除,同时又提出:可以在国家法规的约束下采取一些措施来确保皮带秤的耐久性,如果采取了确保稳定性的措施,可以制定相关文件并向 TC9/SC2 工作组通报将来工作中的建议以及耐久性发展方面的协调需求和指导措施。

3.3 国内文献对耐久性试验的几种意见

3.3.1 皮带秤存在着两种耐久性³:一是某种皮带秤型式的耐久性潜能;二是某台具体在用皮带秤耐久性的实际表现。对于前者,须事先采用实验室试验的型式评价方式,以预测和评估该型式皮带秤的耐久性水平,作为鉴定其能以何种准确度等级的名义获得《制造计量器具许可证》,是法制管理计量器具市场准入的必备条件之一。对于后者,可在售后采用用户现场日常监测和检验的方式,用以对该台皮带秤的耐久性进行验证,对使用中皮带秤性能考核的结果,可以作为更合理地确定个性化校准或检定周期的依据。

3.3.2 皮带秤的型式评价应进行耐久性试验,耐久性试验应在实验室中采用模拟运行条件 (无皮带) 试验的方式进行⁴,即使用静态载荷在无皮带输送机情况下进行模拟运行试验。皮带秤的首次检定和后续检定以及使用中检验无需做耐久性试验。

3.3.3 电子皮带秤的耐久性试验应以现场试验的方式进行⁵,即在完整安装的电子皮带秤的使用现场上进行才更有实际意义。这是因为从应用的角度来看,皮带秤安装在各种不同的现场均应确保:每一段较长时间 (如每 24 小时) 或每一批较多物料 (如每装卸一艘船的物料) 的累计量应符合要求。

3.4 耐久性试验初探

3.4.1 在耐久性定义中“规定的使用周期”应该是指在完整安装的电子皮带秤的使用现场的使用周期,因此,“耐久性试验应以现场试验的方式进行”更加符合耐久性的定义。

3.4.2 在 R50-3CD 中对皮带秤耐久性试验规定是对耐久性定义的充分诠释,尽管实施有较大困难,但对耐久性试验的研究还是应该在此规定的基础上进行。

3.4.3 耐久性试验实施困难的主要因素是:由于皮带张力、现场环境温度、运行磨损老化等对皮带秤的干扰到目前为止还没发现有彻底解决的方案,导致被测皮带秤在经过规定的使用周期后很难保持其性能特征。

3.4.4 耐久性试验解决方案:一是彻底的解决由于皮带张力、现场环境温度、运行磨损老化等对皮带秤的干扰,保留 R50-3CD 中对皮带秤耐久性试验规定;二是引入自动修正装置对皮带秤的干扰进行实时自动修正等相应技术手段,使得皮带秤安装在各种不同的现场均能确保:每一段较长时间 (如每 24 小时) 或每一批较多物料 (如每装卸一艘船的物料) 的准确度能保持“首次试验”时的特征。从目前来看前者应该是一个彻底的解决方案但实施的困难较大,后者的可行性较大,但具体细节以及试验数据还待完善。

4. 多称重单元模块式组合皮带秤

据资料显示,在 20 年前,多称重单元模块组合皮带秤就被厂商所采用。由于它采用模

块式多称重单元组合，因此制作、安装调试、维护相对简便，同时对输送机的工艺要求相对较低，受环境因素的干扰相对较小，因此用于工艺计量时其稳定性突显优越，但就其单个称重单元与悬浮式 4 托辊 4 传感器结构相比其动态性能相对较差。国内近年来创新的阵列式皮带秤也是一种多称重单元组合式皮带秤，相关资料介绍，阵列式皮带秤是一种有别于传统皮带秤的创造性的产品，它的出现给皮带秤这个古老的行业带来了新的活力。但输送机运行时皮带张力、环境温度的变化、输送机长期运行后的磨损、皮带的老化对皮带秤的干扰以及皮带秤的校验手段，尚未发现有效的解决方案介绍，虽然该系统已经考虑到了环境温度影响因素，但由于环境温度对皮带秤的影响很复杂，如皮带秤用在异于试验室的现场（如皮带长度、宽度、老化的程度等）其温度性能补偿的通用性还有待进一步研究。

5. 双皮带秤计量/校验集成系统

该系统从 2005 年开始由铜陵市三爱思电子有限公司与中国科技大学合作研发，2008 年通过省级鉴定，2009 年被列为科技部创新基金项目。通过几十个现场应用的数据表明：该系统 90%以上已达到或优于设计要求，有近 10%属现场条件比较恶劣，从应用数据分析该系统的适应性还有提升的空间。该系统集成了成熟的双秤应用技术、高精度连续可调式计量托辊组成的准直技术、“物料+棒码”在线校验及例行传递技术，以及一整套安装、调试、使用、维、首次试验、使用中检验、耐久性考核等技术规范。大大降低了由于皮带张力、现场环境温度、运行磨损老化等对皮带秤的干扰，使得皮带秤安装在各种不同的现场均能确保：每一段较长时间（如每 24 小时）或每一批较多物料（如每装卸一艘船的物料）的累计量符合使用要求。

在面对当下皮带秤领域无法彻底解决的诸多问题时，双皮带秤计量校验集成系统提供了一种简单、可行、易操作的解决方案，具有很强的实际应用性。当然，对双皮带秤计量校验集成系统我们也有一些建议。比如系统的适应性还有提升的空间，尽管“物料+棒码”在线校验方法简便实用，但要形成国家标准还需进一步完善。

结束语：皮带秤是一种已经被长期广泛应用的连续散料计量设备。但是由于影响其测量的因素很多，在应用中也受到如准确度，耐久性不高等制约，而这种复杂性也正是其魅力所在。经过人们长期的努力，最近在皮带秤领域也出现了诸多很有影响力的创新。比如，上文提到的带形修正装置、阵列式皮带秤、双皮带秤计量校验集成系统等。当然在提高皮带秤的准确度和耐久性方面还有提升空间。

参考文献

1. OIML R50-1-5CD: 2012
2. 胡吕兵, 杨晓光, 张明; “一种解决电子皮带秤皮重跳变的新技术”, 【J】衡器, 2012 No. 2, p24-26,
3. 盛伯湛, “皮带秤的两种耐久性试验方法及其不同作用”,
<http://www.weighment.com/discourse/>
4. 何福胜, “对皮带秤耐久性问题的探讨”, 【J】衡器, 2011 年第 10 期, p. 35-37,
5. 徐厚胜 电子皮带秤耐久性试验研究 《中国计量》 2013 年 第 3 期 p77-78