

模拟恶劣工况下的物料试验

——介绍一种皮带秤耐久性试验方法

南京三埃工控股份有限公司 袁延强 盛伯湛 陆勤生

【摘要】 计量器具能否长期稳定于预期的准确度是用户的主要关注点。我国皮带秤的检定规程、标准及国际建议都设置了耐久性条款，有助于促进皮带秤的可靠性，然而却没有提出如何评价皮带秤耐久性的具体试验方法与指标。鉴于皮带秤的耐久性在很大程度上体现在它对于恶劣环境和工况的适应能力，我们采用了能量化、可复现的模拟恶劣工况试验来评价皮带秤的耐久性。

【关键词】 皮带秤试验；耐久性试验；型式评价

众所周知，皮带秤极易受到各种外界因素的影响而使计量结果不可靠。因此评价作为可靠性（reliability）三大要素之一的耐久性（durability），对于皮带秤的意义尤为突出。（另两个要素分别是“操作安全性 Security of operation”和“可修复性 restorability”）

一、一种全新的皮带秤耐久性试验方法

皮带秤的耐久性在很大程度上体现在它对于恶劣环境和工况的抵御能力。生产出性能优越，能适应恶劣环境和工况，容易安装、免于维护的皮带秤一直是我们的愿望。经过三年多的努力，我公司发明的阵列式皮带秤（专利号：ZL2007 1 002 5317.0），已走向市场，受到众多用户的欢迎。在研发过程中，我们采用模拟恶劣工况下的物料试验来对产品的耐久性摸底试验。

皮带秤是一种动态自动衡器，物料试验是目前唯一被普遍接受的试验方法。为了将物料试验成为对皮带秤的开发、设计、改进提供依据的常规手段，我公司投资两千余万元建造了“多输送机接续物料循环式多功能皮带秤自动校验系统（专利号：ZL 2008 2018 6875.5）”及附属工厂，该系统已由江苏省科技厅和财政厅命名为“江苏省动态称重工程技术研究中心”。对于阵列式皮带秤在额定操作条件及模拟恶劣工况下的性能试验即在该中心进行。

1、恶劣工况模拟试验的方法和要求

我们的试验方法是：在模拟恶劣工况下，对皮带秤进行散状物料自动称量试验，每次试验的物料量不少于最小累计载荷。试验前允许对空秤重新校零，但不得修正斜率系数。要求：物料试验的动态累计误差不大于相应准确度等级皮带秤使用中检验的最大允许误差。

现行国际建议 OIML R50:1997 规定的最高准确度等级是 0.5 级。对于本公司发明的阵列式皮带秤（8 称重单元），我们按优于该等级的 0.2 级指标考核，即：在额定操作条件下，动态累计误差不劣于 $\pm 0.1\%$ ；模拟恶劣工况时，动态累计误差不劣于 $\pm 0.2\%$ 。

2、恶劣工况模拟试验的项目

为涵盖使用现场常见的恶劣工况，我们选择了以下五项模拟工况试验：

- （1）给料流量变动影响试验

在同一次物料试验的过程中，人为改变给料流量的大小，其中最大给料流量不小于最大流量的80%，最小给料流量可至0，给料流量变化循环次数不少于2次，断流无料时间不少于五分之一的试验时间。

(2) 皮带张力影响试验

上述中心的校验系统所配套输送机的皮带张紧装置下增设了水箱以代替标配的重锤箱（参见图1），通过远程自动控制水箱的给排水，可以改变皮带张力的变化（图2是皮带秤校验系统显示屏的截图，显示3#皮带秤的水箱内的贮水量由998kg变为42kg）。



图1 取代皮带张紧装置重锤的水箱

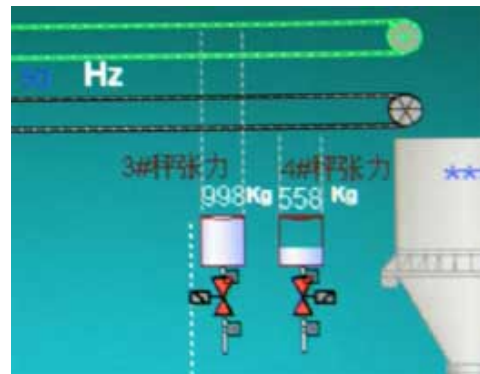


图 2-1 水箱满的时候贮水量

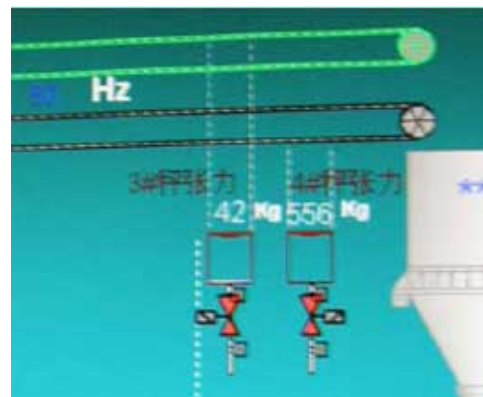


图 2-2 水箱空的时候贮水量

试验时，水箱的贮水量改变不少于400kg（对于带宽650mm、800mm皮带秤）、600kg（带宽1000mm）、700kg（带宽1200mm）。在水箱的贮水量改变后进行物料的自动称量试验。

(3) 托辊跳动和非准直性影响试验

在各称重单元的每一托辊组上任选1支托辊，在其表面各绑扎直径大于 $\phi 3$ 的铁丝不少于3根，铁丝大致沿托辊外柱面母线安放并按底面圆周均布，以此模拟托辊沾料（参见图3和图4）。

这时托辊的径向跳动剧增，输送机托辊组序列的准直性遭到破坏，且发生机架振动和皮带跳动。与此同时进行物料的自动称量试验。



图3 试验人员正在托辊上绑铁丝



图4 已绑上铁丝的托辊

(4) 水平力影响试验

在各称重单元的每一托辊组上任选 1 支托辊，用木块或其它合适材料，使托辊不能转动（参见图 5）。

在模拟托辊被堵转，对皮带造成水平力的条件下进行自动称量试验。



图5 被堵转的托辊

(5) 带速变动影响试验

改变皮带输送机驱动电机供电变频器的输出频率，使带速降低到原带速的 25%以下（但不低于电机和变频器的许可频率），在皮带速度与原速度偏差很大的条件下进行自动称量试验。

二、选择模拟恶劣工况试验评价皮带秤耐久性的理由

1、现行法规无耐久性试验的具体方法和程序

《连续累计自动衡器》国家计量检定规程 JJG 195-2002 和国家标准 GB/T 7721-2007 依照 OIML R50:1997 设置了耐久性条款，要求电子皮带秤在使用中长期保持其性能特征，能在额定操作条件下不超过最大允许误差；能在受到干扰时不出现显著增差，或能检测出显著增差并对其作出反应。然而，上述三种技术法规却语焉不详，都没有提出如何评价皮带秤耐久性的具体试验程序。

2、皮带秤性能对于工况的依赖性极强

皮带秤性能对于工况的依赖性极强。物料重力以外的附加力骚扰会对称重传感器产生影响，而这些附加力在皮带秤使用中是极易出现的。物料流量大小、皮带厚薄和松紧度、托辊高度差（准直性）、皮带输送机上升倾角（凹凸弯曲）等诸因素的变化均会引起皮带张力的变化，皮带运行时会对托辊施加水平力，托辊沾料会引起皮带的跳动和跑偏，皮带速度的不稳定也会造成称重累计失准。为了减小上述不利因素的影响，传统理论对于皮带秤的制造、安装、维护提出了很高的要求。下面是《电子皮带秤》旧规程 JJG 650-90 曾提出过的部分要求：

- 皮带接头不超过三个，各连接段皮带型号规格应一致。不能用金属卡子连接，应粘接。接缝与皮带侧边夹角不大于 45° （1.3.2）；
- 输送机纵梁在最大负荷下的相对挠度不大于 0.012%（1.3.5）；
- 称重框架在最大流量下挠度小于 0.5mm（2.4.1）；
- 托辊的径向跳动应小于 0.2mm，轴向窜动小于 0.5mm（2.4.2）；
- 诸托辊与皮带接触的共面性（即准直性）应不大于 0.5mm（2.4.3）。

虽然现行技术法规已不再明文规定上述要求，但仍有不少厂家把这些要求列入了皮带秤装配调试工艺，以求他们的产品能在试验中达到规定的指标。然而，即使在安装时暂且满足了这些要求，也难以在皮带秤使用现场长期保持，又如何体现皮带秤的耐久性呢？用激光准直仪固然可以在调整托辊高度时做到 0.5mm 的共面度，但加工装配中的残余应力变化及环境气候的影响都可能使原本精心调好的准直性遭到破坏，而皮带、托辊的松动或沾料更可能使改变的尺寸远远超过要求的共面度公差。某种型式皮带秤抵御恶劣工况的本领，在很大程度上反映了其能否长期保持规定计量性能的潜在能力。

3、在用户现场定期复检的方式不适合型式评价

有人认为，耐久性试验是为检验被测皮带秤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；因此可以用周期检定或使用中检验来作为耐久性试验的方法。

我们认为，这种在产品投用后再检的方式仅是对于某台特定皮带秤的耐久性评价，并不能反映该型号系列的普遍状况，不适合于型式评价。因为：

（1）型式评价的对象是新产品或试制阶段的老产品（如在结构、材料、工艺等方面有较大改变，或转厂生产等情况），把客户对于未经耐久性评价的个别试制产品的试用作为规范的型式评价方式，显然缺乏代表性和说服力，对客户也是不负责任的；

（2）在用户现场以定期复检的方式进行耐久性试验，要求被测皮带秤在两次试验的间隔期间不得调整。这一的要求可能会影响用户的正常使用，也难以得到有效的监督保证；

（3）各家用户的环境、工况和维护水平有很大的差异，试验条件难以量化和可复现，无法做到基本一致，会使试验结果缺失公正的可比性。

4、短时高严酷度试验是耐久性试验的普遍原则

IEC 和 GB 已经制定了数以百计的环境试验方法作为对电工电子产品耐久性的评判依据。这些方法多数属于用较短时间的高严酷度试验来模拟长期的影响。例如，用几十小时或几天的高低温或湿

热循环来模拟一年四季的气候变化，以各种频率和加速度的振动、冲击或跌落来模拟使用周期中可能出现的种种意外，等等。我们认为，同样可以用模拟恶劣工况的试验作为对皮带秤使用现场耐久性的评判依据。

三、结语

三年多来，我公司开发的多称重单元阵列式皮带秤在大量的物料试验支持下，结构日益完善，性能不断改进，能在各种恶劣的环境和工况中长期保持优于 0.2% 的准确度，成为客户乐于选用的大宗物料快速贸易计量的解决方案。其中，模拟恶劣工况试验这种行之有效的耐久性方法所起的作用功不可没。为此，我们认为模拟恶劣工况试验作为型式评价的耐久性评价方法是可行的，也愿意为其它厂商生产的皮带秤提供试验场地和设施，使众多皮带秤的性能都能长期满足规定的要求，让古老的皮带秤技术焕发青春！

注：

作为 OIML TC9/SC2 秘书国代表，英国国家计量办公室（NMO）业务部负责人、国家法制计量院副院长 Adrian Rudd 和产品认证部长 Gavin Stones 先生于 2009 年 5 月 9 日访问了我公司。Rudd 和 Stones 两先生在参观皮带秤试验中心和阵列式皮带秤时表达了浓厚的兴趣和关注。Rudd 先生在回国后发来的邮件中告诉我们，在新版 OIML R50 中增加准确度为 0.2 级的皮带秤的意见，已列入起草组的修订计划。