链码与循环链码

中国计量科学院 周祖濂

链码与循环链码是两种常用来对皮带秤进行模拟试验的模拟载荷装置。二十世纪九十年代,在我国《连续累计自动衡器(皮带秤)JJG195-2002》皮带秤国家计量检定规程中,将循环链码列为可用于对0.5级皮带秤进行模拟试验的模拟载荷装置后,循环链码在我国,特别是电力行业成为主要使用的模拟试验装置。但在国外至今仍以链码和掛码作为皮带秤模拟试验的主要装置,极少使用循环链码。

我试图对链码和循环链码这两种皮带秤模拟载荷装置做一些分析,供大家参考。

皮带秤的称重由于有所谓“皮带效应”的影响,至今没有能得到满意的数学解析表达式。所给出的一些数学表达式很少具有实用价值。众所周知作用在皮带秤称重传感器上的力可表示为:

$$Fn = nqL \pm 2K \frac{d}{L} T + f(T)$$

其中:

q——皮带秤单位长的载荷重量;

L——托辊间距离;

d——皮带下垂的位移量;

n——托辊的称重段的数目;

f(T)——与皮带张力、刚性系数等因数有关的附加力。且因皮带传输机而异;

K—— ≥ 1 的系数。

现有的模拟试验装置,包括链码和循环码都不能完全模拟上式第二项和第三项的“由皮带效应”造成的附加力的影响。至今,国际上公认对皮带秤的实物校验是对皮带秤标定的唯一方式。但是,实物校验是非常费时、费力和花钱的校验方法,而且为了获得好的结果,必需在建立皮带秤的同时就要考虑实物校验装置的建立。例如:专用的校验斗秤,符合校验要求的轨道衡、汽车衡等。链码和循环码虽然不是皮带秤可溯源的检定标准,但是它们可根据皮带秤物料试验结果进行归算修正,进行“溯源”。在以后的校验就可以使用模拟校验来完成,不必每次都要通过实物检验。必须注意的是为了保证称重的准确可靠,当发现模拟载荷试验结果误差过大时,需再次进行实物检验。更不能某一特定的皮带秤得到的归算链码用作其它皮带秤的归算链码。

我们首先讨论链码的校验。链码是有许多个质量相等的链辊,通过链板和销轴等另件连接成的一整条链子,辊和轴之间装有滚珠轴承。安装好的链码,各节能自由弯曲,辊子能自由转动,以保证校验时链辊能完全压在皮带上。在国外链码已形成系列化,可以满足中、小量程皮带秤的校验需要,使用两条或三条链码可以实现对皮带秤的量程实验。

链码各段的链辊、链板和销轴等所有零件的质量必须满足皮带秤模拟实验的精度要求,我国曾制定过有关链码的检定规程。链码应有足够的长度,通常要求该长度不得小于皮带秤

有效称量段之前和之后第二个固定托辊间之距离。国外有的国家规定链码的长度满足 $\geq 2.5L$ (L为称量长度), 对于单托辊皮带秤应取长度为 $\geq 4L$ 。

链码的节距应是托辊的整数倍, 且称重托辊与皮带机托辊的间距应相等。称重秤台称量辊与前、后固定托辊的间距也应相等。否则, 当链码在皮带上相对于托辊的位置变化时, 称重传感器所受的载荷也随之变化, 使校验结果不一致, 而引起误差。下面的计算可看出这种变化。为简化起见, 以单托辊皮带秤为例。设初始时, 链码的一个链辊正好与称重辊重合, 在称重辊前、后托辊间各有 n 个链辊。托辊间距为 2L, 链距为 d, 与前、后托辊最近的链辊距托辊的距离为 d'。且 $d > d'$ 。每个链辊的“有效质量”为 m。

根据力矩平衡, 在此种情况下, 称重链辊可受的力 F, 由下式确定:

$$LF = d'm + (d'+d)m + (d'+2d)m + \dots + [d' + (n-1)d]m + Lm + d'm + (d'+d)m + (d'+2d)m + \dots + [d' + (n-1)d]m$$

$$= 2\{d' + (d'+d) + (d'+2d) + \dots + [d' + (n-1)d]\}m + Lm$$

$$= [2^{nd'} + n(n-1)d]m + Lm$$

当链码放置的位置与上述位置有差异时, 例如向前增加了 $-\Delta d$ 。此时称重托辊上的受力变为 F'。有:

$$LF' = (d' + \Delta d)m + [(d' + \Delta d) + d]m + [(d' + \Delta d) + 2d]m + \dots + [(d' + \Delta d) + (n-1)d]m + (L - \Delta d)m + (d' - \Delta d)m + [(d' - \Delta d) + d]m + [(d' - \Delta d) + 2d]m + \dots + [(d' - \Delta d) + (n-1)d]m$$

$$= [2^{nd'} + n(n-1)d]m + (L - \Delta d)m$$

由于位置有差异产生的相对误差为:

$$\sigma = \frac{F - F'}{F} = \frac{\Delta d}{L} m$$

产生误差的原因在于, 此时的加载是非连续的与皮带秤实际工作的连续加载不同造成的。

循环链码在国外的运用早有报道, 但使用远不及链码。链码是非连续加载, 而循环链码是由一定质量码块构成的链条, 是连续加载, 与皮带秤的实际工作状态相同。在实际运用时, 有这样一些问题。目前我国一些循环链码的生产厂家, 给出的循环链码的精度为, 每米质量误差: 优于 $\pm 0.05\%$ 。据我所知, 此精度是将整条链码的总体重量的误差, 除以链码的长度得到, 并不是真正每段链码的精度, 循环链码是由数百个“均匀”的质量块连成。如果要求任取一段的误差差都能保证优于 $\pm 0.05\%/m$, 是很不容易的。而且现有循环链码生产厂家, 在生产过程中也没有适当的计量器具来保证。

循环链码通常是用支架放置在皮带秤的上面、使用时放下来。一般来说皮带秤的使用环境条件都比较差。不能像链码, 使用后放回箱内。根据过去对 20kg 或 25kg, M 级的平行六面体砖码的维护, 在检定周期内质量变化万分之几是常见的, 计量部门也曾多次组织力量试图找出质量改变的原因, 但都未有确切的答案。循环链码不仅形状比平行六面体砖码复杂, 而且表面积更大, 要保持其质量的稳定可能更困难。目前循环链码的系列为 10kg / m, 20kg / m, 30kg / m, 40kg / m 和 50kg / m 等。以 10kg / m 为例, $\pm 0.05kg / m$ 的容差, 相当于 5g/m。对用在煤矿和冶金、钢铁场所的循环链码, 受其污染和腐蚀使质量发生每米克数量

级的改变是极有可能的。所以对于循环链码，使用时应定期进行周检，才能保证检定的可靠性。循环链码虽然解决了连续模拟载荷，但在保证质量变化方面不及链码可靠。为此，应制定循环链码的检定规程，规定循环链码的检定方法与检定周期。

对使用循环链码，有的用户还存在误解，因为有的循环链码生产厂家是这样说明循环链码是如何进行校验的：要求将循环链码装置的累计值与皮带秤累计器的累计值进行比较，来确定皮带秤的累计值误差。实际上循环链码只有在相对皮带无运动时，这样的比对才成立。若链码与皮带之间存在相对运动时，在相同时间的累计值是不一样的。皮带秤在使用时，是以皮带秤皮带的实际速度来确定累计值。循环链码由其本身速度确定的累计值，并不是皮带秤此时实际累计值。循环链码附加的位移传感器，校验累计器，称重传感器等，实际上都是多余的。对于循环链码作为皮带秤的模拟载荷，用在校准时只要知道每米的准确重量就足够了。循环链码在校验时是循环加载，这样可以降低链环每米重量的精度要求。这是循环链码的另一优点。有的厂家所以附加那些器件是因为在循环链码使用初期，有一种错误的想法，企图用它来替代皮带秤的实物校验，这是非常错误的。而且实际证明也是行不通的。这种做法只会增加循环链码的价格，而且还会造成校验的错误。

与普通链码相比，在短期校验时，使用循环链码的重复精度较好，但若仔细保持普通链码校准的位置时，也可得到很好结果。能达到与循环链码校验装置相同的0.1%的不确定度。