

从数字称重传感器谈起

□中国计量科学研究院 周祖濂

【摘要】本文对一些曾广泛使用的衡器做简要的评述，希望能在今后开发、制新型衡器时有所借鉴。

【关键词】数字称重传感器；核子皮带秤；非连续积累秤；循环链码

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）09-0011-03

1 关于数字式称重传感器

上世纪末，数字称重传感器曾风靡一时，几乎国外的主要生产厂家都推出了数字称重传感器，特别是柱式称重传感器可以将集成电路装入机壳内，直接输出“数字信号”，形成一个完整的“数字称重传感器”。但大多数应变称重传感器无法将集成电路与应变体构成一个“完整”的“数字称重传感器”，因此很多厂家推出了将A/D转换和控制的电路做成“通道”形式，设计出与应变称重传感器相连的所谓“数字化传感器”。

本世纪初数字称重传感器在国内外得到广泛的运用，并发表了很多文章介绍了数字称重传感器的优越性和运用的实例。我也曾写过不少文章介绍数字称重传感器。在美国的“*Weighing & Measurement*”杂志上连续发表了三篇文章，其中“*Digital Load Cells Gain Acceptance*”是比较全面介绍传感器数字技术与运用的文章。

应变式数字称重传感器的主要优点为：

（1）提高了信号输出的抗干扰能力，提高了信号传输的可靠性，克服了长线传输受温度的影响。

（2）单独具有一个独立的通讯地址，方便对每个敏感元件的查询，并可对每一个独立信号进行修正、诊断和补偿。早先模拟信号的衡器基本上是将整个衡器的传感器并联使用，所以只能提供一个综

合信号，而数字称重传感器的每一个传感器就可以提供一个信号，使得信息量大大增加，方便称重信号的处理和数学模型的建立。

（3）每一个称重传感器可建立统一的、准确的标称灵敏度值，给称重传感器的安装、调试和更换带来极大的方便。

（4）可实现对衡器的无砝码校准。

这些特点对应变式称重传感器的发展是一个质的进步。

以上涉及的应变式数字称重传感器，就本质而言不是“真正”的数字称重传感器，实质上是在传感器内加装了A/D变换器、CPU和能与数字通道连用的“数字化”应变传感器。

真正意义上的数字称重传感器，是可将力值或应变变量转变为“频率信号”的灵敏元件。常见的这类传感器有振弦式传感器、音叉式传感器和电容式传感器。

应变式数字称重传感器实质上是将电桥输出的模拟信号通过A/D转换器转变为数字信号的技术。在数字仪表出现后，这种数模转换技术早已为各种测量仪表所使用。所以，应变式传感器的所谓应变式数字称重传感器，只是把这种技术与应变器技术结合为一体，来实现模拟数字变化，再加上计算机的寻址等成熟技术，扩大了原模拟应变传感器的运用

能力和范围。

有一种观点认为，数字应变传感器只不过是将其A/D转换器安装在传感器内，或通过数字通道将其模拟信号转变为数字信号。这与早先通过数字仪表实现称重传感器的功能没有多大区别，更不存在本质上的差别。

虽然在上述Rob Woodward文章中将数字称重传感器技术称为称重工业的一个巨大飞跃（One Giant Leap for the Weighing Industry），然而数字称重传感器的运用仅仅持续了10年，我认为其原因主要如下：

数字应变传感器能得到市场或用户的认可，主要是得益于集成电路的普遍运用和价格的大幅度下降。在国外，传感器的价格不菲，而集成电路价格的大幅度下降，使得数字式传感器的价格相比模拟式传感器增加的幅度不大。而在国内生产的传感器的价格，比国外同类产品便宜很多，但集成电路基本上是靠进口，因此国内生产的数字称重传感器，要比模拟式传感器的价格明显贵很多。早期国内使用数字称重传感器几乎都是进口产品，价格很贵，加之进口产品的操作系统全是外文版，因此，除了一些特殊情况外，数字称重传感器早期在国内推广使用就有诸多不便。除了上述两个因素，由于数字称重传感器将A/D转换器等集成元件安装在传感器内或近邻传感器的地方，当在室外较严酷的工作环境下，这些不利因素对使用的集成元件的要求就会相应提高，价格也自然增加。由于在一个仪表的测量处增加很多电子元器件，从可靠性原理来讲，数字称重传感器的可靠性、稳定性要比模拟式传感器差得多。这是一个很不利的因素，对有关于寻址、控制、诊断和建模而言，现在的显示控制器都能具有同等的能力。再加上传感器的生产厂家几乎没有很强的研发二次仪表功能的能力，要进一步开发数字称重传感器智能化，不仅有困难也会增加产品的成本。

我认为，数字称重传感器虽然从表面上看有明显进步，但在使用的功能方面几乎完全可以被显示

控制仪表取代，所以从成本、可靠性等方面考虑，决定了数字称重传感器的运用不可能太广泛。

2 关于核子皮带秤

核子皮带秤由于结构简单几乎不需要维修，通常只需要在原来传输皮带上稍加改造就可以使用，因此一段时间内在国内得到广泛运用，但也像数字称重传感器一样，广泛使用持续的时间并不太长，现在已极少使用了。

所谓核子皮带秤，从本质上讲是属于固体流量计，它的测量结果是通过传输皮带上物料的体积来测量的。早先的核子皮带秤备有一台物料密度测量装置，实际上它对物料动态的密度测量精度不会太高。此外，倘若被测量物是煤，而煤的含水量对测量结果影响很明显，从实际效果而言，增加的密度测量装置除了增加费用外，对提高实际测量精度没有多大效果，所以，之后国内使用的核子皮带秤都没有再配备密度测量装置。

核子皮带秤的测量原理是通过被测物料、放射源强度吸收量的大小来测量传输皮带上物料的体积。由于不同物料对放射源的吸收量差异很大，核子皮带秤也和普通皮带秤一样，对它的校准只能通过实物进行。

核子皮带秤使用了放射性物质，由于对放射线的接触，特别是长期接触，为了保护使用人员的身体健康，对此都有严格规定，而且还要增加使用者的费用。由于人们对放射线的防护和危害性认知有差别，在实际运用时，这种认识上的差异往往妨碍了核子皮带秤的正常运用。另外，在国内偶有放射源被盗的情况，从而引发放射物扩大伤人的风险，也是造成核子皮带秤使用困难的原因之一。

用核子皮带秤“称重”与传输皮带的称重作对比，但从我的观点来看，由于两种计量器具的测量对象不同：一个是用体积，一个是用重量，所以这些对比测量结果的“结论”都经不起推敲，严格上讲没有多大实际意义。然而，在有些特殊场合，核子皮带秤作为一种“重量/质量”监测器具还是很方便和有效的。

3 关于非连续累积秤

有一段时间非连续累积秤作为粮食秤在粮仓称重计量装置中使用甚广。“金钟”衡器公司曾引进了荷兰MOLEN公司产品的技术。我也曾到荷兰MOLEN公司本部，为该产品在国内准许使用做型式批准的试验、检定认证。

非连续累积秤作为大宗散料的测量装置，不失为一种测量精度较高的计量衡器。由于它的基本称重装置是建立在技术成熟的斗秤上，因此对一般衡器生产厂家而言，制造这种秤都不会存在很大困难。它的称重是“准静态”，精度可以做得比较高。荷兰MOLEN公司对它的测量做了一个小的技术专利改进，从而大大提高它的测量结果的长期稳定性。

非连续累积秤与皮带秤都是能够对散料连续称重的自动衡器。非连续累积秤与皮带秤的差异，首先体现在如今的皮带秤可达到对每小时上万吨流量的物料进行称重，而这是非连续累积秤远远不能达到的。但是对小流量物料称重时（即对每小时几十吨流量物料的称重时），非连续累积秤不仅在准确度、长期稳定性、价格方面都有优势，而且可以做到可移动式的系统。所以，尽管目前非连续累积秤的使用者较少，但我认为，它仍是一种值得推广、有发展前途的衡器。

4 循环链码

上世纪末以来，循环链码开始作为皮带秤模拟校验装置得到广泛的应用。在此之前滚动链码一直是作为模拟校验的校验装置得到认可的，这两种模拟校验有什么不同呢？我认为，从校验实质而言没有不同，都是在皮带秤的称重段的托辊上施加已知重量的载荷，从而模拟在皮带上传输散料的称重过程。

由于循环链码的载荷是跟随皮带一起做运动的，而滚动链码的载荷不能随皮带运动，它与皮带秤的称重托辊保持相对静止。这些差异给人们一个错觉，认为循环链码更接近皮带秤“真实”的称重状

态。实际上皮带秤的基本称重原理是将称重托辊上载荷重量的信号按时间累加起来得到的，即在这段时间内重量信号的总和，而与重量信号的加载方式无关。所以，无论循环链码还是滚动链码，施与称重托辊的载荷效果没有差别，效果是一样的。

循环链码和滚动链码都不可能模拟皮带效应产生的“附加”张力。对皮带秤而言，实物校验仍是唯一正确的方法。循环链码在中国运用的初期，厂家、甚至很多专业人士都认为使用循环链码可替代实物校验，结果花了很大的人力、物力和时间都没有结果。其根本的错误在于对皮带秤的基本称重原理的认识的失误。这两种链码各有优缺点，在此就不进行深入讨论。虽然目前循环链码的运用更为普遍，但我认为，在JJG195—2002年连续累计自动衡器（皮带秤）检定规程中（附录D），对皮带秤用户的要求（强制性）的第D条使用中示值的核查，若再加上对皮带秤做“零载荷最大偏差试验”的校验，这样就可以发现皮带秤的张力影响变化。国外港口的皮带秤在每天使用前都进行零点和量程稳定性的检验，以此来保证皮带秤的正确使用，这是一种非常有效和方便的方法。而我们国家运用上述链码进行核查检验，则无法检验出皮带张力变化的影响。

从本质上讲，链码并不是皮带秤可溯源的检定标准，所以链码线重量（单位长度的重量）的“校准值”必须根据皮带秤实物试验的结果对其进行溯源归算，对于归算值还需定期修正。另外，对于循环链码，在使用时若链码与皮带之间有相对运动，将产生额外的误差，这在实际使用时也是经常被忽略的因素。

作者简介

周祖濂，中国计量科学研究院质量称重实验室退休职工。