

再论数字称重系统

中国计量科学研究院 周祖濂

【摘要】 通过对数字传感器和数字接线盒产品的实物分析,揭示数字称重系统的本质特性和功能。

【关键词】 数字传感器 数字接线盒 无砝码校准 数字化补偿

一、前言

我曾在“衡器”杂志 2005 年第五期上发表过“数字称重系统——称重技术新概念”一文。对数字传感器和数字接线盒或数字仪器的基本特点做了介绍。本文准备根据数字传感器和数字接线盒的具体功能和技术指标做一些分析和介绍

二、数字传感器

目前各生产厂家的数字传感器只能在本厂的显示器或所提供的软件的支持下工作,相互间没有互换性。这是因为一些技术方面的原因,但在很大程度也取决于厂家的利益,在我国这方面的因素可能更突出一些。但此问题由另一方面来考虑,这种局限性也影响了数字传感器的广泛使用和推广。另外目前数字式传感器基本限于柱形,类型太少,也是限制广泛使用原因。

表 1

厂 家	HBM	HBM	FLINTEC
型 号	C16A C3	C16i C3	RC 3D
精度等级	C3 (0.0170%)	C3 (0.018%) 3000	C ₃ C ₄
最大检定分度 (n_{1c}) (V_{min})	3000	0.0100% E_{max}	3000 4000
灵敏度	2mv/v	1000000	200000
灵敏度误差 (C_n)	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.03\%$	$\leq \pm 0.020\%$ $\leq \pm 0.018\%$
温度对灵敏度影响 (TK_c)	$\pm 0.080\%cn/10k$	$\pm 0.0080\%cn/10k$	$\leq \pm 0.0010\%cn/^{\circ}C$ $\leq \pm 0.0008\%cn/^{\circ}C$

厂 家	HBM	HBM	FLINTEC
温度对零点影响 (TK _O)	±0./140%cn/10k	±0.0140%cn/10k	≤±0.0009%cn/°C
滞后误差 (dny)	±0.0170%cn	±0.0170%cn	——
非线性误差 (din)	±0.0180%cn	±0.0180%cn	——
蠕变及蠕变恢复(dcr)30min	±0.0167%cn	±0.0167%cn	≤±0.016%cn
额定温度范围 (BT)	-10°C……+40°C	-10°C……+40°C	-10°C……+40°C
工作温度 (B _{tu})	-30°C……+70°C	-30°C……+70°C	-40°C……+40°C
存储温度 (B _{tl})	-50°C……+85°C	-50°C……+85°C	——

在表 1 中我们把 HBM 公司和 FLINTEC 公司的数字传感器和技术指标相近的模拟传感器作比较。由表中有两点是非常显著的，首先由于 C16ic3 和 RD3 型为数字传感器，它们的输出为数字信号，即脉冲数列，而 C16AC3 型为模拟传感器的输出为模拟电压信号，所以它们灵敏度的表示是显然不同，前者为脉冲数，后者为 2mv/v 的电压信号。而且数字传感器是近期才出现的产品，在灵敏度的表示上各厂家并不统一，在 HBM 公司灵敏度、延用 Sensitivity 一词，而 FLINTEC 公司是用 Rated Output，即额定输出。另外还用内分辨率 (Internal resolution)，来表征输出的特征。对 RC3D 型、额定输出为 200000，内分辨率为 550000。使用者要特别留意不要将其与传感器的最大检定分度相混淆。由表 1 读者还可以看出在 HBM 公司对数字传感器技术指标的表示，也与 OIMLR60 国际建议的表示不一致。第二点，由表 1 中可明显看出、数字传感器和模拟传感器其它计量性能指标如：蠕变、温度性能等。几乎没有差别，这表明就目前的技术水平，对传感器的数字补偿和模拟补偿的结果无明显的差异。

三、数字接线盒

数字接线盒是英文 Digital J-Box 的中文名称。是延用模拟传感器的“J-BOX”——接线盒名称。模拟传感器的接线盒是真正起接线作用的器件。而数字接线盒一般除没有显示功能外，包含了称重显示器的基本功能，放大、数/模变换和数据传输。下面介绍三种数字接线盒的主要技术特性和主要功能。由表 2 中列举的四种数字接线盒的计量技术指标可看出，就此而言与近代称重显示器的技术指标基本上相同。接口也与称重显示器相同，而且根据需要还可选用电流环输出。所以从形式上讲，数字接线盒也可视没有显示器的称重显示器。另外现今的一些数字接线盒也备有称重值的显示。因此要严格区分数字接线盒和称重显示器是无明确的界线。但与工业中使用的称重控制仪相比，数字接线盒只有通信接口，而无控制信号的输入和输出口。只通过通信接口 RS485 或 RS232 连到专用

的显示器或计算机。也有能与现场总线（Field bus）连接的数字接线盒，如 gwt 公司的 PR1720。但是，数字接线盒和数字传感器的出现，虽然从表面上看与过去的模拟结构没有多大区别。而实际上在理念上确有完全不同的进步。

厂 家	FLINTEC	Sartorius group Gwt	STS	HBM
型 号	FAD-4	PR1720	2230	AD101B
Q/D 通道数	四通道	单通道	四通道	单通道
精度级	III10000 (EU 型式批准)	III3000d (OIMLR76)	10000dd (HB44)	0.01 6000d
输入灵敏度	0.1 μ v/d 0.4 μ v/d (贸易)	0.16 μ v/d	0.1 μ /d	1 μ v/e
内分辨率	550000	>75000 (12mv) >21000 (36mv)	1048000	——
线 性	<0.002%	<0.007%	——	\pm 0.01%
长时间稳定性	\leq 0.02%F.S/每年	——	——	——
零点温度影响	\leq 2ppm/ $^{\circ}$ C	0.1 μ v/K	——	\pm 0.005%/10k
量程温度影响	\leq 2ppm/ $^{\circ}$ C	<+/-6ppm/K	——	\pm 0.005%/10k
接 口	RS485A RS232C	RS232	RS485 RS232	RS485/422 RS232 TTY

四、分析与讨论

从表 1 和表 2 可看出无论是数字传感器还是数字接线盒的技术指标与模拟传感器和模拟称重表的技术指标基本相同，但数字系统的下述功能确是模拟系统不能办到。

1. 偏载的数字调整。此种方法在国内已得到大家的认可，并得到广泛的运用。这以梅特勒——托利多衡器公司在汽车衡运用中大力推广是分不开的。此种方法不需打开接线盒调整，可通过仪器的面板键或计算机界面自动或手动调节。表 2 中的 FAD-4 和 2230 均具有些种功能。PR1720 由于只有一个信号输入通道，无此功能。

2. 无砝码校准。此项功能在我国还得不到认可和使用。无砝码校准在一些数字接线盒的操作说明中，也称为 Digital Calibration（数字校准），Smart Calibration（智能校准），Adjustment with load cell data（传感器数据调节法）等。虽然名称各异，但功能均相同，仅需输入传感器的数据就能达到无砝码校准的目的。并且各厂家无砝码校准的操作程序基本相似。所不同的是有的通过专用显示控制器，有的接计算机用软件来控制，完成无砝码校准操作程序。FLINTEC 和 STS 公司的接线盒

既可用专用显示器，也可用软件来完成无砝码校准。图 1 是 FLINTEC 公司 FAD-4 数字接线盒校准的流程图，左边为数字校准，右边为传统的砝码校准。图中各条指令的内容如下：

数字校准	传统的砝码校准
“A” 死载荷校准（输满载 mv/v 数）	“a” 死载荷校准（空载重量）
“B” 量程校准（每只传感器的容量）	“b” 量程校准（砝码的重量）
“C” 每只传感器的额定值（mv/v）	“c” 角偏载校准（砝码）

无砝码的数字校准，是一种快速、省钱、省力的校准方法，特别是对非强制检定的衡器和在不具备砝码校准条件的情况，是一种非常有效的校准方法。在国外从上世纪九十年代这种方法已得到认可和运用，特别是对于大型工业用的衡器更为方便有效，现在很多数字系统都具有此种功能，遗憾的是此种方法在我国一直得不到认可和重视。我曾对无砝码校准做过深入的研究和实际运用，对于设计合理的衡器，校准精度优于 0.1%。

在 1992 年“*Weigling & Measurement*”杂志中是这样介绍数字校准技术：“加工工业的用户可以用低于建立模拟装置的费用装备数字传感器系统。无需花费高的校准费用和免除停机时间。用户自己可以直接校准数字系统直到每一只传感器。通常模拟系统的用户需要花费大量的时间和经费请校准部门用标准砝码或传感器模拟器校准复杂的载荷传感器系统，仅在校准方面节约的经费就高于数字方法在购置通用高精度数字系统方面的费用。数字校准只要通过键盘输入单个传感器的灵敏度和称重系统的称量，就可对系统进行校准。”

3. 数字系统可以得到每只传感器的原始称重信号，并可对每一传感器各自寻址。这样使可能对每一只传感器的称重状态进行监测和分析，可实现在线故障检测；在不影响校准情况下更换传感器；以及在多只传感器系统中，当有一只传感器发生故障时，仍可根据该传感器以往信息，在不更换该传感器情况下，使系统在保证一定精度的情况下继续工作。这对配料系统的情况具有很重要的意义。而这些功能是在将传感器并联使用的模拟系统所不能完成的。

4. 至于如较早一些数字式称重传感器厂家在宣传资料上列举的数字传感器的一些特点，如：数字信号均在 3-4 伏左右，抗干扰能力强，可传输 5 百米；解决防潮防腐问题以及数字式称重具有防雷击和大电流放电能力、高分辨力等。这些功能对模拟系统而言基本上也能办到。甚至包括角偏载调节也不是数字系统独有的特点，模拟系统也同样能完成角偏载调节。

数字传感器电桥与放大器间引线极短，因此由传感器引线引入的噪声和温度影响可降致最低。

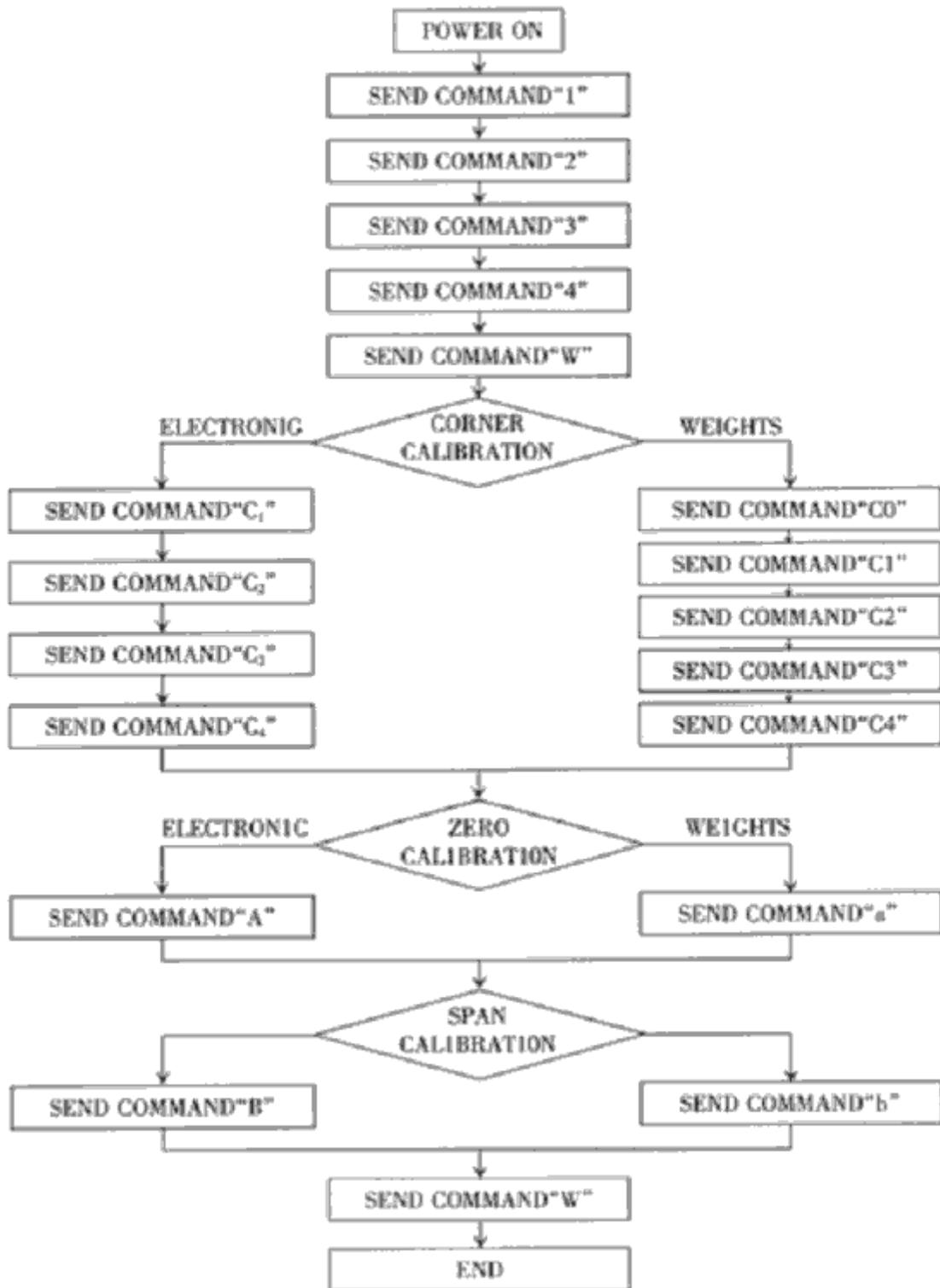


图 1 有无砝码校准和砝码校准的流程图

综上所述，数字系统的最主要的特点在于：第一，每只传感器具有各自的地址，可通过 RS-485 等通信接口查询单个传感器的工作状态；第二，可以直接获得每只传感器的原始输出信号，而不是得到一个由多只传感器并联组合在一起的无物理量相对应未知模拟信号。正是有了这两大特点，才使数字系统能够真正实现探测、辨认，诊断等“智能”化问题，也是能实现无砝码校准的基础。有了这两个基本特点，要实现一些功能是比较方便的。大和公司的陈日兴，陈总曾向我介绍，日本大和公司推出一种汽车衡，能测车辆的总重、轴重和偏载。我想利用数字系统来实现这样的功能是不太困难，因为此时我们不像模拟系统只有四只传感器并联后的一个信号，而是四只传感器的四个独立的原始信号，而且确切知道四只传感器时实的受力情况，因此当车辆上、下秤台时，可以清楚知道每一轴上、下时的受力情况，和整车在秤台上的受力分布，加之可利用秤台校准时参数。这样实现对车辆的总重，轴重和偏载的测量，我想是不会太困难的。第三，能对传感器实现数字化的软件的补偿。例如：温度、线性、蠕变等。从原理上讲只要传感器的稳定性是非常好，都可以数字化经过软件实现理想的补偿。这种方法在对传感器的补偿早已得到证明。这样我们可以将传感器的制造精力主要放在稳定性上。另外，数字接线盒虽然不能对传感器的温度等进行补偿，但对泄后同样能进行补偿或改正。例如 PR1720 就有这样的功能。可进行 Hysteresis correction，只要保证这种偏差不是由于秤的机械造成的偏斜或缺陷。

四、结束语

当前数字称重系统的主要功能体现在：能对传感器通过微电子器件做数字化补偿，使得我们对传感器的制造主要关注其稳定性。因为数字化补偿比模拟补偿的适应范围更宽，更灵活，更精确。第二，数字传感器和数字接线盒可使每一只传感器具有各自的地址，能检测到相应的未处理的原始称重信号，可实现对称重系统的实时监测和诊断。第三，根据以上特点，用数字系统可完成对静态衡器的无砝码校准，此功能在国外已得到认可，在大多数字接线盒的操作说明书均有无砝码校准的操作说明。至于数字系统的一些特点，以为大家熟知和认可在此不再重述。在此需要注意，使用无砝码校准技术时，由于厂家的说明不够明确，使用时大多会发现较大的误差，我们在初次使用时也曾遇到这样的问题，经过我们的认真分析和实验已完全掌握了此种校准方法。对不同厂家的产品，在各种使用场合，只要衡器本身无设计和安装上的缺陷校准精度可达千分之一，甚至更高。

数字称重系统在国外得到认可，使用至今也就近十年的时间，它的很多潜在的优点还未充分发挥，目前在配料秤、定量秤/包装秤和冶金、钢铁行业的大型衡器无砝码方面的运用，已显示出模拟数字显示称重仪表所不能完成的优点，遗憾的是在我国数字称重系统除在汽车衡四角偏载方面，得到认可和运用外，在其它方面还很少使用和得到认可。

我写本文的意图是再次希望厂家和用户能重视数字技术在衡器产业方面的运用，提高我国衡器产业的发展和进步。

作者通讯地址：北京海淀区柳林馆南里二号楼 244 号 邮编：100038