

工业过程用 电子秤

K. E. 诺登 著

陆伯勤 金广尧 楼才生 卜 禾 译

冶金工业出版社

工业过程用电子秤

K.E.诺登 著

陆伯勤 金广尧 楼才生 卜禾 译

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍电子秤的原理，称重传感器和二次仪表，称重传感器在各种类型电子秤中的安装方式，静态称重和配料称重系统的应用，车辆动态称重，皮带秤和物料流量控制，重量检验秤和计数秤，商用秤的计量法则等。书中结合各种电子秤的原理和应用展示了大量图片，为设计和应用工业电子秤提供了很多实例。

本书适用于从事工业电子秤设计和使用的工程技术人员，也可供相应专业的大专院校师生参考。

工业过程用电子秤

K. E. 诺登 著

陆伯勤 金广尧 楼才生 卜禾 译

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

河北省阜城县印刷厂印刷

*

850 × 1168 1/32 印张 10 5/8 字数 281千字

1991年8月第一版 1991年8月第一次印刷

印数00,001~2,500册

ISBN 7-5024-0791-X

TH·46 定价8.90元

原 序

电子秤作为各种工业过程中物料流动的在线控制工具显得越来越重要。电子秤既能组合在产品制造过程中优化生产、提高产品质量，又能把有关生产过程中物料流动的数据加以采集并传送到数据处理中心作为在线库存控制和财务结算之用，也可以同时实现这两种功能。

对电子秤提出精确的要求，可以给生产过程提供更为有效的控制功能，也为经营管理提供了可靠的数据信息。

毫无疑问，很多电子称重设备供货厂商是具有高标准和良好的声誉的负责任的公司，但在这个高速发展的技术领域里原有的产品必然要过时。发展的因素可能使人们热心于成立新公司，但他们在技术问题上缺乏足够的经验，实际做起来比较困难。

工业部门是电子称重装置的应用者，但他们可能并不具备必须的技术知识去详细地评价所推荐的装置，称重装置安装后，不能完全符合实际运行的要求，离最初投资所期望的经济效果相差甚远。

本书最主要的目的是告诉读者在工业电子称重中存在着哪些能做到，哪些不能做到的实际限制，这是作者基于多年的经验并结合有声誉的厂商提供的现代称重装置的知识而得出的。

因此，本书可作为电子称重技术的入门书供工业管理人员、学生和称重装置的使用者参考。

作者：K.E.诺登 (Norden)

中译本出版说明

本书是英国格拉纳达出版公司(Granada Publishing Ltd) 1984年出版的一本工业过程用电子秤(Electronic Weighing in Industrial Processes) 中译本。书中对工业过程用电子秤从原理到应用,从静态称重到动态称重,从简单的称重装置到复杂的微型计算机配料称重系统都作了比较全面的介绍。书中结合各种电子秤的原理和应用展示了大量图片,为设计和应用工业电子秤提供了很多实例。目前国内有关工业电子秤的书籍极少,把本书译成中文,希望对工业管理人员和从事这方面工作的专业人员有所帮助。

本书第1、2、4、11、12章由陆伯勤译,第6、7、8、9章由金广尧译,第3、10章由楼才生译,第5章由卜禾译。全书由陆伯勤通读校订。阎晋萍、张星火等同志也参加了部分校订工作,在此表示谢意。

由于译者水平所限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

译 者

1988年9月

目 录

1	电子秤的原理	1
2	称重传感器原理	7
2.1	Pressductor (压磁式) 称重传感器	7
2.2	振弦式传感器	12
2.3	电阻应变式称重传感器的理论和设计	14
2.4	称重传感器的安装——理论方面	44
2.5	静态称重系统中传感器的安装	58
3	电子线路和数据处理	89
3.1	电子称重仪表——模拟式	91
3.2	电子称重仪表——数字式	94
3.3	重量和参考数据的数据处理	107
4	静态称重系统的应用	115
4.1	基本部件	115
4.2	地衡和平台秤	116
4.3	吊车秤	133
4.4	运输车辆上的称重	144
4.5	电子秤在连续铸锭机中的应用	144
5	配料称重系统的应用	146
5.1	用于一种原料的硬件控制的配料秤	146
5.2	用于多种原料的硬件控制的配料秤	148
5.3	微型机控制的配料称重	148
5.4	各种配料系统的操作步骤和准确度	150
5.5	在造纸厂中自动涂料制备车间的配料系统	152
5.6	用微型计算机控制的配料称重系统	154
5.7	多种原料组分装入一个称量料斗的微型机配料系统	157
5.8	多种原料组分装入几个称量料斗的微型机配料控制器	159

5.9 在塑料工业中的应用	162
5.10 在洗涤剂生产中的应用	163
5.11 在食品工业中的应用	165
5.12 在铸造厂中的应用	167
5.13 具有可移动称量车的配料系统	169
5.14 在玻璃生产中的应用	171
5.15 在高炉上的应用	173
5.16 在炼钢(氧气顶吹转炉)中的应用	181
6 车辆动态称重	185
6.1 轨道衡	185
6.2 动态干扰力	186
6.3 在列车联挂称重中防止干扰力影响的措施	188
6.4 在列车摘钩称重中防止干扰力影响的措施	189
6.5 双秤台系统	190
6.6 用于两次牵引称重的单个短秤台	191
6.7 动态称重系统的电子设备	194
6.8 微型机控制的两次牵引动态轨道衡	194
6.9 空运货物和载重量的动态称重	198
6.10 用动态称重控制铁路车辆的加载	202
6.11 用于分析交通状况的动态称重	203
6.12 用于实施高速公路载重量法规的动态称重(WIM) 系统	205
7 皮带秤	209
7.1 一般原理	209
7.2 机械特性	210
7.3 称重准确度	212
7.4 称重传感器上负荷的计算	215
7.5 称重传感器在皮带运输机中的应用	216
7.6 皮带秤仪表	224
8 用皮带秤控制物料流量	232
8.1 恒定流量的皮带给料器	233
8.2 带皮带给料器的综合流量控制系统	240
9 重量检验秤	249

9.1	一般原理	249
9.2	重量检验装置的典型应用	249
9.3	数据处理、统计和打印	250
9.4	重量检验装置的统计应用	251
9.5	重量检验装置的工作原理	252
9.6	重量检验装置的机械部件	253
9.7	重量检验装置的电子部件	262
9.8	包装重量控制理论	265
9.9	重量检验装置的准确度	273
9.10	重量检验装置的设计和应用	276
9.11	投资的利润率——超装的费用	284
10	计数秤	289
10.1	一般原理	289
10.2	误差的来源和计数的准确度	290
10.3	计数秤的应用和用途	291
10.4	设计和操作原理	292
10.5	技术数据	294
10.6	典型计数秤的设计	296
11	对称重装置和系统的技术要求	301
11.1	一般原则	301
11.2	购置电子称重装置的典型技术要求	302
12	经计量部门批准的商用秤规程	305
12.1	国际法制计量组织	305
12.2	用于静态秤规程的原则	305
12.3	中等准确度级 (III) 的称重指示值或打印值的最大 允许误差	306
12.4	用于皮带秤规程的原则	307
12.5	美国国家标准局44号手册	310
附录	电子称重装置制造厂商索引	316

1 电子秤的原理

采用电子秤的目的是为了尽可能以最高的准确度来确定被称物的重量。

获得的重量信息可按不同的用途以不同的方法来处理，如用于批料的配比或保证物料流量的恒定等。

按照配料单进行配料的复杂系统，不论是静态（批料配比）或动态（流量配比），都能应用计算机技术来实现。系统也可由其他因子来确定物料流量，例如反应器中的温度可作为流量变量的设定值，这样反应器的瞬时重量与变量设定值相比较，其差值去控制给料器的给料速度。

称重装置最基本的用途是称量物体的重量。然而，在重量信息与其他有关信息（诸如物料的种类、价格、用户与（或）供货者等）联系在一起之前，对单独的重量信息是不感兴趣的。现在，通过电子数据处理（EDP）把与重量关联的其他数据组合在一起已是很普遍了，但在许多工业领域仍由人工提供这些数据。

机械秤或天平的使用已经有很长的历史。约在1500年L.文西（Vinci）设计出带有刻度头和配重的机械秤基本原理图，1747年L.尤勒（Euler）在圣彼得斯堡实际解决了秤的制作问题，同年H.屈恩（Kuhn）在但泽改进了设计的主要部分（图1-1）。图1-2示出了现代双摆秤头的原理。

在许多机械秤中，一般的工作原理是用已知重量的砝码去平衡未知的重量，这样质量对质量的比较使这类秤与地球引力无关。因此，这类秤移到引力不同的地方时不需要改变校准值。

采用称重传感器的电子秤基本上是测量质量受到地球引力的作用而产生的力。由于引力随海拔高度而变化，当电子秤移到引力不同的地方时，必须对该秤重新校准。

使用的国家里,在使用电子秤之前,秤的所有部件必须通过严格的测试。在使用现场秤还必须经计量部门的测试。

设计机械秤首要的是杠杆放大系统,系统中载重架上比较小的垂直偏移经放大后在秤的刻度盘指针上形成很大的偏转。然而载重架的偏移通常很大,所以不允许机械秤装在工业过程的设备中。

相反,用于电子秤的称重传感器的压缩量通常可以忽略不计,因而在实践中可以安装在工业过程的任何地点。

如上所述,称重传感器把机械力转换成一个电气量,如电阻的变化、磁特性的变化或频率的变化等。由称重传感器来的电信号经放大和处理后,在模拟指针仪表或记录器上给出偏转量,或通过模数转换后在数字显示器上显示,或同时输入到电子数据处理(EDP)系统。

在某些情况下,如在低外形平台秤中,采用了杠杆与一个或两个称重传感器相结合的混合系统。在改造带有刻度盘的机械秤时,为了获得数字输出值,往往也用同样的方法,即在平台杠杆系统和刻度盘之间的连杆上插接一个拉式传感器。然而,在这些系统中机械和电子部件都会产生误差,这些误差还会叠加在一起。

许多工业过程中,对过程仪表的准确度要求在 $0.5\sim 1.5\%$ 之间,从生产的需要和系统的投资两方面来看是合适的。然而,当系统中实际配置电子秤时,对称重系统的准确度大多要求优于 0.5% ,也就是说规定的准确度通常为 $0.1\sim 0.5\%$ 。

由于准确度为 $0.1\sim 0.3\%$ 的称重系统比准确度为 $0.5\sim 1\%$ 系统的价格高出 50% ,因此弄清楚工业过程的真实需要是很必要的。

在工业过程中称重系统是配置在工艺设备中的,一般情况下要检查零点和校正值都是很困难的。这将导致两种可能:一种情况是称重仪表的供货者提供的称重装置并不符合要求,或者是他安装的装置在零点和校正值两方面都具有长时间的稳定性。

微处理机在称重电子线路中被广泛使用之前，所有这些问题必须通过硬件来解决。最终的准确度取决于对所用器件、电源和放大器的要求，尤其是直接影响准确度的传感器供桥电源必须稳定。大多数系统中电桥电路采用直流供电，放大器的长期稳定性就成为很大的问题。

微处理机的应用使这个技术领域形成了完全新的概念。为了保证长期稳定性对所需的电子线路的准确度要求大幅度地降低了，这是由于微处理机实现了数字运算，例如在重量显示之前把瞬时值减去实际零值，然后检查系统常数、校正所测结果。此外，在重量显示之前，可求得多次测量的平均值，这样的求平均过程每秒可实现多次。由于显示的重量读数仅相当于内部分度的 $1/4 \sim 1/40$ ，给人们带来了称重系统具有高稳定性的印象。这在显示的重量值上也确实如此，虽然在过了一段时间后零点和校正值可能会变化。

采用微处理机和称重传感器及其安装方式无疑有许多优点，但仍需对准确度和长期稳定性坚持前述的严格要求。侧向力和力的旁路将影响称重传感器输出这一点，仍然是重要的。因此对于特殊的安装方式在选择称重传感器时要非常注意，在传感器与工艺设备组合安装时也要十分小心，即使是最好的称重传感器，如果不能正确安装，也不会得到好的结果。

微处理机出现之前，所有设定点的设定、操作顺序的编制等都必须通过对硬件的连线来实现，这在复杂的配料系统中是十分困难的，同时使整个系统变得极其复杂和昂贵。数据处理与数据采集顺序以及重量和其它有关数据打印也是用同样的方法来实现，这使得系统灵活性差而费用高。

图1-3示出了一个比较简单的配料系统的典型框图。

称重传感器(LC)通过接线盒(J)连接到供桥电源单元(BS)。由称重传感器来的模拟信号在模/数转换器(A/D)中进行转换，重量值在数字显示器(D)上显示出来。打印机通过键盘和顺序单元(K)与系统连接，通过编程和继电器单元(R)

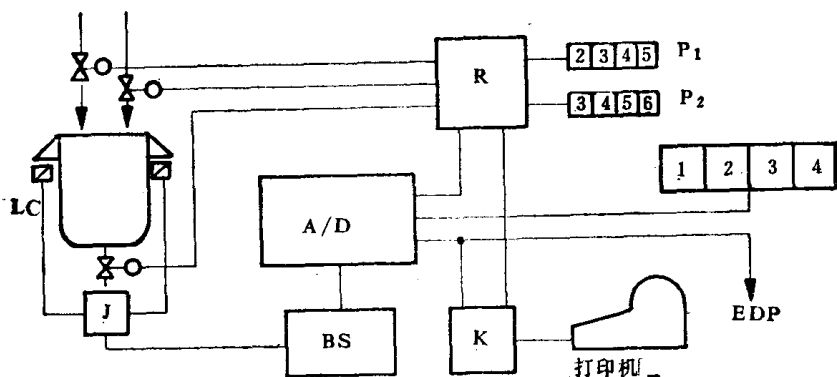


图 1-3 简单的配料系统框图

实现配料，设定值（ P_1 ）和（ P_2 ）与从A/D转换器输出的数字重量值也在继电器单元（R）中比较。当重量值达到设定值时，继电器单元（R）使阀门关闭，带有原料编号的重量值在打印机上被打印出来，并传输到EDP。

在现代微处理机系统中所有这些都由软件来实现，并使配料编程、顺序控制、数据处理等具有不同级别的灵活性。当然，输出信号去控制阀门、电动机的起动器、给料器等仍然需要通过继电器或通过大功率晶体管或可控硅。但整个系统的价格自从使用微处理机以来，已有了相当大的下降。

图1-4示出了采用微型计算机的与上述相类似的配料系统。单个配料重量值可通过键盘（K）或从卡片读入器（PR）或从EDP送入微型计算机。设定值和实际值的比较在微型计算机中进行，阀门通过联锁单元（IL）开启和关闭。某些配料程序不需要另加设定单元就能使用，如使某种原材料的配料比例于另一种原材料的实际重量等。这种系统的灵活性实际上是不受限制的，仅取决于软件设计。

不但有许多电子称重设备制造厂制作它们自己的电子装置和称重传感器，而且还有许多公司专门制造非常先进的电子称重装

置或专做高质量的称重传感器。

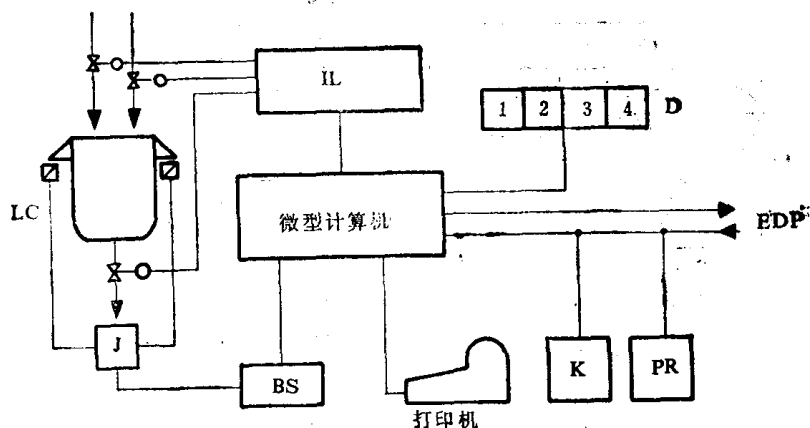


图 1-4 微机配料系统

然而，即使采用最先进的电子装置和最好的传感器，如果传感器安装不正确，或在使用中不仅有代表真实重量的垂直力，而且其他方向的力也能加到传感器上，那末整个称重系统也不能正常工作。

所以，电子称重技术包含有关工作性能的正确了解，专门的应用知识，称重传感器的正确机械安装，以及有关称重传感器的检定准确度和长期稳定性。

2 称重传感器原理

在电子称重系统中称重传感器的作用是把它上面的被测力最准确地转换成相应的电气量。

称重传感器可用不同的物理原理做成，如：

- (1) 感应式——电感
- (2) 电容式——电容
- (3) 压磁式——导磁率
- (4) 压电式——电荷
- (5) 振弦式——频率
- (6) 应变式——电阻

基于电感、电容和压电原理的测力传感器经常用于物理测量，很少用于电子称重。

采用其余三种原理（压磁、振弦和应变）的传感器在电子称重系统中都获得了应用，这些传感器将在后面详细探讨。

瑞典亚细亚（ASEA）公司制造的压磁式称重传感器“Pressductor”是大家所熟悉的，它具有独特的设计并且坚固耐用。它是利用受力时铁心导磁率变化的原理。

2.1 Pressductor(压磁式)称重传感器

许多原子由于它们特有的电子结构而具有象磁针那样有南北极的磁矩。铁磁元件（铁、钴和镍）具有明显的特性——固态时它们以“宏观”尺寸（ $1 \sim 10 \mu\text{m}$ ）形成连续的区域，在此区域内原子的磁矩作用于同一方向。这些区域称为韦斯（Weiss）磁畴，而每个磁畴在一定的方向表现为强有力的磁力线。通常，磁畴的相互取向导致该材料从外部看是无磁性的。

当固体受到机械应力时，通常导致一定的变形能量储存在物体中。然而材料也会产生其他效应，例如，加压力时冰融化，石

英释放电荷，从而形成电场等等。铁磁元件受压时改变了磁畴的磁矩，其结果是沿着机械力作用的方向改变磁特性。这称为磁弹性效应，是Pressductor传感器的基础。

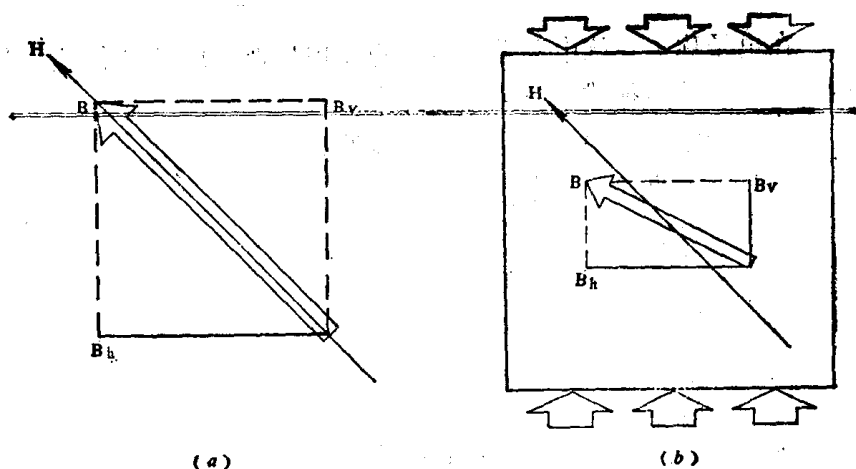


图 2-1 Pressductor 称重传感器工作

原理图之一

a —空载； b —加载

图2-1示出Pressductor传感器是如何工作的。变压器铁心的方形薄片沿着一条对角线被磁化〔图2-1a〕。假定磁性是各向同性的，也就是说磁力线强度向量 (B) 平行于磁场向量 (H)，且 $B_v = B_h$ 。

当施加垂直力时〔图2-1b〕，由于磁弹效应将产生磁各向异性现象，因此沿着力的方向导磁率减小，且 $B_v < B_h$ 。

假如穿过对角线上两个孔绕上圈数为 n 的一个线圈（如图2-2a所示），则此线圈包围的横截面为 A ，当没有施加垂直力时磁力线 (Φ) 为零，当施加垂直力（如图2-2b所示）时，通过线圈的磁力线将为：

$$\Phi = AB \cos \phi \quad (2-1)$$

磁场随时间的变化将在线圈中感应出电压 (V)，

$$V = n \frac{d\Phi}{dt} \quad (2-2)$$

因此，感应电压取决于磁弹特性，因而也就取决于所加的力。

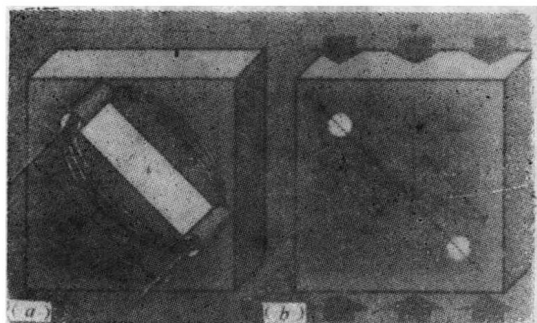


图 2-2 Pressductor称重传感器工作

原理之二

a—Pressductor中的绕组；b—加载后磁场的变化

Pressductor传感器基本上由一个叠片式铁心和两个相互垂直的绕组组成。按照空载的模式，使交流电通过初级绕组建立起交流磁场（图2-3），而在垂直的次级绕组中没有感应电压。

在铁心上加负荷时，使导磁率变化，磁力线（ B ）改变角度，由此在二次绕组中产生与所加负荷大体上成比例的感应电压。

Pressductor传感器的检验曲线大体上是S形，要获得高精度必需线性化。这可从采用具有内应力铁心材料和外部线性化元件两方面来实现。

Pressductor传感器的输出阻抗非常低，对每个额定吨位仅约 1Ω 。初级绕组流过的电流使铁心磁化饱和，因而传感器对电流、磁场、绝缘电阻等引起的外界干扰不敏感。输出功率大，在频率为50Hz的额定负载下，每吨输出1mW，且正比于传感器的载重量。

2000年