

王云章 编著



# 电阻应变式传感器 应用技术



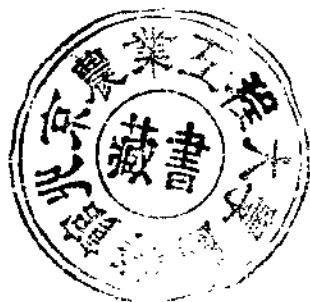
中国计量出版社

TPD12

29

# 电阻应变式传感器应用技术

王云丰 编著



中国计量出版社

## 内 容 提 要

电阻应变式传感器是在力学各领域内应用最广泛的力敏元件。本书全面地介绍了该传感器在各种条件下的应用技术，并着重介绍传感器的故障分析及维修技术和国内外的有关先进技术。本书可供传感器的研究者、生产者、使用维修人员及有关院校的师生实用参考。

ZR30/28  
18

## 电阻应变式传感器应用技术

王云章 编著

责任编辑 孙维民

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲1号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本850×1168/32 印张9.875 字数255千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数 00001—10000

ISBN7-5026-0422-7/TB.338

定价5.00元

## 前 言

电阻应变式力传感器应用日趋广泛，为数甚多的各行各业的工程技术人员、经营人员、院校传感器专业的学生及专业技工，都希望有一本传感器应用技术方面的资料。以使用很少的时间和精力就能系统了解电阻应变式力传感器在国内外各个工程领域内应用开发方面的全貌。当他们计划实现自己某一称重测力装置的设想时，也希望从国内外已实现的应用实例中寻求借鉴和启发；更希望了解在某些特殊条件下使用的称重测力装置的设计技术、补偿技术和应用技术。广大使用者还迫切需要掌握传感器选型、故障判断及修理等方面技术。

出于这样的目的，本书分专题把十多年来搜集的国内外各种典型的实例加以介绍，力求图文并茂；并综合汇集了作者十多年来的实践经验。本书文字上偏重于应用技术方面的阐述，以期对大家的实际工作有较大的参考价值。

许多教授专家曾向我们赠送了大量国外资料，使本书有较广阔的取材来源，本书还参考了国内专家学者在历次学术交流会上和期刊上发表的论文和图例，特此致谢！

本书受作者水平和精力所限，在内容的广度、深度及针对性方面甚感不足，其中也一定有不少错误之处，恳盼大家指正。

王云璋

一九九〇年三月

# 目 录

<b>第1章 概论</b> .....	(1)
<b>第2章 电阻应变式传感器在电子衡器中的应用</b> .....	(7)
§ 2.1 传感器在商用电子秤中的应用 .....	(7)
2.1.1 概述 .....	(7)
2.1.2 电子商用秤传感器的结构 .....	(8)
2.1.3 电子商用秤传感器的弹性体材质及热处理工艺 .....	(11)
2.1.4 电子商用秤传感器的布片工艺 .....	(15)
2.1.5 电子商用秤传感器的角差修正 .....	(16)
2.1.6 电子商用秤的检定 .....	(18)
2.1.7 电子商用秤的使用注意事项 .....	(19)
2.1.8 国外电子商用秤的技术指标 .....	(20)
2.1.9 其它结构型式的电子商用秤 .....	(21)
§ 2.2 传感器在电子汽车秤中的应用 .....	(22)
2.2.1 概述 .....	(22)
2.2.2 深坑拉式结构的电子汽车秤 .....	(22)
2.2.3 低坑电子汽车秤的设计制作技术 .....	(23)
2.2.4 无坑式电子汽车秤的设计制作技术 .....	(24)
2.2.5 传感器在动态电子汽车秤中的应用 .....	(26)
2.2.6 传感器在机械杠杆秤电子化改造中的应用 .....	(27)
2.2.7 电子汽车秤秤架和基础的主要技术要求 .....	(30)
2.2.8 电子汽车秤用传感器的安装技术 .....	(30)
2.2.9 电子汽车秤的调试和检定 .....	(33)
2.2.10 电子汽车秤和电子钢材秤 .....	(35)
§ 2.3 传感器在电子容器秤中的应用 .....	(36)
2.3.1 概述 .....	(36)
2.3.2 电子容器秤的支承结构 .....	(36)
2.3.3 容器与管道的连接 .....	(41)
2.3.4 电子容器秤限位连杆的设置 .....	(43)

2.3.5	电子容器秤用传感器的选择及防护措施 .....	(44)
2.3.6	电子容器秤支承框架的设计 .....	(47)
2.3.7	电子容器秤的总体校核 .....	(48)
2.3.8	电子容器秤应用实例 .....	(49)
<b>§ 2.4</b>	<b>传感器在电子吊车秤及塔吊力矩限制器中的应用 .....</b>	<b>(52)</b>
2.4.1	概述 .....	(52)
2.4.2	传感器在门式吊车上的应用 .....	(53)
2.4.3	传感器在其它吊车和起重设备上的应用 .....	(61)
2.4.4	传感器在电子吊钩秤中的应用 .....	(64)
2.4.5	在运动状态下进行正确计量的技术措施 .....	(66)
2.4.6	测力传感器在塔吊力矩限制器中的应用 .....	(67)
2.4.7	电子吊车秤及负荷、力矩限制器用传感器的选择 .....	(71)
<b>§ 2.5</b>	<b>传感器在电子皮带秤中的应用 .....</b>	<b>(73)</b>
2.5.1	概述 .....	(73)
2.5.2	电子皮带秤的称量原理 .....	(73)
2.5.3	传感器在单托辊电子皮带秤中的应用 .....	(74)
2.5.4	传感器在多托辊电子皮带秤中的应用 .....	(77)
2.5.5	传感器在悬浮式多托辊电子皮带秤中的应用 .....	(80)
2.5.6	传感器在皮带配料秤中的应用 .....	(81)
2.5.7	皮带秤的速度检测 .....	(81)
2.5.8	电子皮带秤用传感器的选型 .....	(82)
2.5.9	提高电子皮带秤精度的措施 .....	(83)
2.5.10	电子皮带秤的调试和标定 .....	(87)
<b>§ 2.6</b>	<b>传感器在电子轨道衡中的应用 .....</b>	<b>(91)</b>
2.6.1	概述 .....	(91)
2.6.2	电子轨道衡的计量原理和方法 .....	(92)
2.6.3	轨道衡的称量特点及技术措施 .....	(94)
2.6.4	轨道衡的结构特点 .....	(97)
2.6.5	几种特殊型式的电子轨道衡 .....	(101)
2.6.6	动态电子轨道衡的误差来源 .....	(106)
2.6.7	电子轨道衡的调试和检定 .....	(108)
<b>第3章</b>	<b>电阻应变式传感器在力值测量中的应用 .....</b>	<b>(108)</b>
<b>§ 3.1</b>	<b>传感器在轧制力检测中的应用 .....</b>	<b>(108)</b>
3.1.1	概述 .....	(108)
3.1.2	轧机用测力传感器的选型 .....	(111)

§ 3.2 传感器在压力检控中的应用 .....	(114)
3.2.1 概述 .....	(114)
3.2.2 压力传感器在检控中的应用 .....	(115)
3.2.3 压力传感器在高温介质压力检测中的应用 .....	(121)
3.2.4 传感器在微压测量中的应用 .....	(124)
3.2.5 传感器在差压检测中的应用 .....	(126)
3.2.6 压力传感器在特殊介质压力检控中的应用 .....	(127)
3.2.7 超小型压力传感器在点压力测量中的应用 .....	(128)
3.2.8 压力传感器的安装技术 .....	(128)
3.2.9 压力传感器面临的问题 .....	(129)
§ 3.3 传感器在扭矩、转矩、功率检测中的应用 .....	(131)
3.3.1 概述 .....	(131)
3.3.2 扭矩传感器的结构设计 .....	(132)
3.3.3 转矩传感器的信号传输技术 .....	(136)
3.3.4 测力传感器在功率平衡法检测中的应用 .....	(141)
3.3.5 其它物理效应的扭矩传感器及其应用 .....	(146)
3.3.6 扭矩传感器的传力构件及标定 .....	(149)
§ 3.4 传感器在建筑、水利和地质勘测中的应用 .....	(151)
3.4.1 概述 .....	(151)
3.4.2 土压传感器 .....	(152)
3.4.3 孔隙水压传感器 .....	(153)
3.4.4 钢筋应力传感器 .....	(154)
3.4.5 地基承载力和桩基承载力测量传感器 .....	(155)
3.4.6 混凝土应力-应变检测传感器 .....	(156)
3.4.7 土壤抗剪强度测试中的电阻应变式十字板探头 .....	(156)
3.4.8 机电百分表——百分表改装的电阻应变式位移传感器 .....	(157)
3.4.9 断裂位移传感器 .....	(158)
3.4.10 倾角传感器 .....	(159)
3.4.11 测力传感器在工程地基勘测中的应用——静力触探 .....	(161)
§ 3.5 传感器在微小力值测量中的应用 .....	(167)
3.5.1 概述 .....	(167)
3.5.2 应用举例 .....	(168)
3.5.3 悬臂梁式传感器承载构件的改进设计 .....	(180)
3.5.4 测力传感器在微小力值检测中存在的问题 .....	(182)
3.5.5 弹性薄片传感器 .....	(185)

§ 3.6 多分量传感器在力值测量中的应用 .....	(186)
3.6.1 在机械制造中的应用 .....	(186)
3.6.2 在农业机械性能测试中的应用 .....	(189)
3.6.3 在飞机模型风洞试验、船舶流体力学试验中的应用 .....	(193)
<b>第4章 电阻应变式传感器的相关连接件</b> .....	(197)
§ 4.1 概述 .....	(197)
§ 4.2 吊挂式传力构件的设计、制作和应用 .....	(199)
§ 4.3 压式传力构件的设计、制作和应用 .....	(206)
§ 4.4 水平限位器的设计、制作和应用 .....	(218)
<b>第5章 称重传感器的选择</b> .....	(223)
§ 5.1 概述 .....	(223)
§ 5.2 传感器结构的基本形式及性能 .....	(224)
§ 5.3 传感器的选择 .....	(229)
5.3.1 传感器精度的选择 .....	(230)
5.3.2 传感器密封状态的选择 .....	(231)
5.3.3 传感器量程的选择 .....	(231)
§ 5.4 传感器技术参数的选择 .....	(232)
<b>第6章 电阻应变式传感器的并联组秤技术</b> .....	(234)
§ 6.1 概述 .....	(234)
§ 6.2 并联组秤的工作原理 .....	(235)
§ 6.3 并联组秤用传感器的设计、制造 .....	(237)
§ 6.4 并联组秤用传感器参数的测试 .....	(238)
§ 6.5 并联组秤用传感器的安装和对称重仪表的要求 .....	(240)
§ 6.6 并联组秤接线盒的设计制作和调试 .....	(241)
<b>第7章 电阻应变式传感器在温度剧变状况下的应用</b> .....	(243)
§ 7.1 概述 .....	(243)
§ 7.2 温度剧变状况下传感器零点输出变化的机理 .....	(244)
§ 7.3 弹性体在温度剧变状况下的温度梯度 .....	(247)
§ 7.4 电子衡器在温度剧变状况下的应用技术和补偿技术 .....	(249)
7.4.1 弹性体外围的温度隔离技术 .....	(249)
7.4.2 温度剧变状况下的线路补偿技术 .....	(251)
§ 7.5 结论 .....	(254)
<b>第8章 负荷传感器和电子衡器的抗冲击设计</b> .....	(258)



§ 8.1 概述 .....	(256)
§ 8.2 冲击及冲击特性.....	(256)
§ 8.3 传感器受冲击损坏后的现象和分析.....	(261)
§ 8.4 电子衡器的抗冲击设计 .....	(268)
§ 8.5 结论 .....	(269)
<b>第9章 电阻应变式传感器在爆炸危险场所的应用 .....</b>	<b>(270)</b>
§ 9.1 概述 .....	(270)
§ 9.2 传感器的防爆技术.....	(271)
9.2.1 隔爆技术 .....	(271)
9.2.2 不引爆技术 .....	(274)
9.2.3 本质安全型技术 .....	(274)
§ 9.3 电子衡器接线盒和称重仪表的防爆技术.....	(277)
§ 9.4 防爆标志、分类及防爆仪表产品送检和认证手续 .....	(281)
<b>第10章 电阻应变式传感器的故障判断及修理 .....</b>	<b>(283)</b>
§ 10.1 概述 .....	(283)
§ 10.2 传感器的机械损坏分析及修理 .....	(283)
§ 10.3 桥路网络的故障及其分析.....	(286)
§ 10.4 故障环节寻索.....	(292)
§ 10.5 几种常见故障判断一览表 .....	(296)
<b>第11章 电阻应变式传感器的使用、保存、运输和更换 .....</b>	<b>(299)</b>
§ 11.1 使用要点 .....	(299)
§ 11.2 使用前的检查.....	(300)
§ 11.3 使用前的保存.....	(300)
§ 11.4 使用中的保护.....	(300)
§ 11.5 传感器的更换.....	(301)
§ 11.6 传感器的运输.....	(301)
参考资料 .....	(303)

# 第1章 概 论

称重传感器已被广泛应用于各类电子衡器。电子衡器的日益普及，除决定于传感器设计技术、工艺技术的不断提高外，还有赖于传感器应用技术的不断改进和应用领域的不断开拓。

衡器是国民经济各部门使用最普遍、数量最多的一种计量装置。

考古资料证明，我国早在公元前16世纪（商朝、西周）时，就已有称量物料质量的简单衡器，公元前5世纪的春秋时期，《墨经·经下》中已对木杆秤有了文字记载。木杆秤已整整应用了30余世纪。时至今日，就我国来说，它仍然是一种民间最普及的衡器。而在工业发达国家，木杆秤已是一种难于寻觅的历史文物了。

机械式衡器，我国始于19世纪末（清朝末期），我国商业、工矿企业过去普遍使用的案秤、磅秤和各种机械式汽车衡、轨道衡即属于此类。

早期的机械案秤、磅秤是由国外引入的。我国的工匠从使用、修理中了解了它的工作原理，并建立了自己的机械衡器作坊。

至今，我国的机械式衡器制造业已有一百多年的生产历史，已具有相当的技术水平和生产规模。据统计，全国现有256个衡器生产厂，产品除了供应国内市场需求外，还出口东南亚。

就目前状况而言，我国使用中的各种商业衡器和各种工业上使用的地中衡，极大部分仍然是机械衡器。随着计量工作的日趋加强，机械衡器仍保持着一定的销售市场。

随着国际、国内贸易的发展，机械式衡器已不能满足现代化

管理对商业称重快速、精确的要求，尤其随着工业生产过程自动化程度的不断提高，称重装置已发展成为过程控制中的一种必需的设备。控制系统要求称量装置快速、可靠、准确地提供与被称量物料成比例的电信号，以便经过电脑处理后，发出执行指令去控制生产过程。显然，这对于原有的、未经改造的机械秤是无法实现的。

人类社会生产力的发展，对传统的称量手段产生了强烈的冲击。

60年代，研究成功了一种机电结合的自动秤——光栅秤，它由杠杆系统、光栅装置和电子线路三部分组成。杠杆系统在载荷作用下产生位移，光栅装置将这一位移转换成数字信号送入电子线路，最后用数码管直观的显示重量。

光栅秤的刀刃和刀垫容易磨损和锈蚀，因此维修工作量大，并且系统的结构庞大，故未能获得大量的推广。

60年代迅猛发展起来的以电阻应变式力传感器为转换元件的电子秤，由于它具有以下一系列长处，正在日益广泛的取代原来的机械式衡器，而向各称重领域渗透；它给称重技术带来了彻底的更新。

(1) 能实现快速自动称量，效率高。

(2) 秤台结构简单，没有刀刃、刀垫和杠杆等运动部件，维修保养简单，使用寿命长。

(3) 不受安装地点限制，能安装在设备本体上。

(4) 能把重量信息进行远距离传输，从而可进行数据处理和遥控遥测。

(5) 传感器能做成全密封型，并可对温度影响进行各种补偿，所以能应用在各种恶劣环境。

(6) 坑基小而浅，甚至可制成无坑式、可移式电子衡器。

各种物理效应的力传感器相继问世，就称重领域而言，瑞典-ASEA公司生产的0.03~0.05级压磁传感器和我国郑州市储运公司生产的超高精度电容式传感器，均已成功地应用于商贸用电子

汽车秤和电子吊钩秤。但由于电阻应变式传感器具有制作方便、工艺成熟、价格便宜、精度高、稳定性好和已有系列产品等方面的独到长处，所以不论在国内和国外，仍占有绝对的优势。

电阻应变式传感器的工作原理，基于四个基本的转换环节：力（重力）——应变（ $\varepsilon$ ）——电阻变化（ $\Delta R$ ）——电压输出（ $\Delta U$ ）。

1856年，英国物理学家W. Tomson首先发现了金属材料的应变效应：即一根金属导线，在其拉长时电阻增大，在受压缩短时电阻减小。这个自然规律，以后称为金属材料的电阻应变效应。事隔八十多年，于1937年，美国科学家E. Simmons和A. Rug<sup>o</sup>制成了世界上第一片纸基丝绕电阻应变计。1940年，研制发明了第一代电阻应变式传感器。经过50年来努力，应变式传感器的设计技术和工艺技术日趋完善，测量精度和使用可靠性日趋提高。至今，它已几乎应用到了所有称量领域和各种测力领域。

微处理机的出现，给称重技术再一次带来了更新。现在，二次仪表已可用较低的价格和较小的体积来完成许多复杂的计算功能，使电子秤在传统市场以外的广阔领域内也得到了应用。由于微处理机可以利用任何数学上可定义的函数来修正力传感器的输出特性，所以对力传感器的制作和补偿技术也带来了革新。

现在，世界上所有先进工业国家都已大量采用电子秤。从世界水平来看，50年代前是机械秤的时代；60年代是机电结合秤的时代；而70年代则是全电子秤的时代；80年代是电子秤与微处理机结合的时代。

电阻应变式传感器的另一个广阔应用领域是力值测量，更确切的说，是广泛应用于以质量为基本量的各种导出量的测量。例如力（N）、压强（Pa或MPa）、密度（ $g/cm^3$ 或 $kg/m^3$ ）、扭矩（ $N \cdot m$ ）等。

几年来，人们都已习惯于负荷传感器（Load-cell）或称重传感器（Weighing cell）的称呼。而就其本质而言，这两个含义一致的传感器都是以质量（kg）为量值单位的。

尽管从理论上说，表征实体性质的质量与上述导出量毫无关系，但从测量技术而论，又是密切相关的。其一，质量不能直接测量，它是利用地球重力场中质量的力效应来精密测量的，而重量本身就是专指地球与物体之间引力的一种力学量。所以，就这点而论，负荷传感器与测力传感器有类同之处。其二，力是一个向量，不是材料的性质，所以力的标准器又是从质量标准器导出的。

尽管两者有如此密切的关系，但测力传感器作为电阻应变式传感器的一个并列的分支，除计量单位不同外，在测量范围、误差带的表示法、使用中的工作温度、载荷特性及设计时的刚度、固有频率均有其特殊要求。

在力值测量的很多场合，被测的力值有时远比重力复杂，要求测力传感器不干扰地分别输出被测力值各个力值分量对应的电信号，所以结构上和电子线路上就比称重传感器复杂。再则，被测力值往往是时间的函数，频率从几赫到几千赫。为使幅频特性不失真，传感器本身的自振频率对测力传感器而言就成为一个极重要的技术参数。

随着电子衡器制作水平的提高和应用的日趋普及，电子衡器检定规程和产品标准的日趋完善，与此并列的测力传感器的确切定义及统一的检定规程和标准，正有待建立。鉴于上述原因，本书为不致分类过细，把与力（N）相关与不相关的一些物理量的测量，例如压强、扭矩、密度等暂且都包含在测力传感器的范围之内加以阐述。

用电阻应变式测力传感器获取力值信息具有下列优点：转换元件体积小、反应快、失真小、测力范围宽（从几克到几千吨）及效率高、使用简便、可远距离传递信号、可同现代的计算机配套。由于电阻应变式传感器在测力领域内的应用，力值测量技术正经历着一场深刻的变革。

钢铁工业早在50年代就已把力传感器作为轧制力的检控元件应用在轧钢机的检控系统中，现在各大钢厂使用的2000t轧制力

电阻应变式力传感器，是以7.5万马克(相当于每台15万人民币)的高价从加拿大引进的，正有待国产化。

其它工业部门近年来也相继用力传感器作为生产工艺过程中力值的检控元件，来解决许多传统的工艺难题。

航空工业部门早年就已用多分量力传感器在风洞中研究各种飞机模型的力学特性；金属切削机床研究所用多分量传感器测量车削力、钻削力、磨削力和铣削力；农机研究所用多分量传感器研究农具耕作时的受力状况；工程建筑部门已普遍应用一种连续贯入的双桥静力触探探头来快速了解土层的结构和性能。转矩传感器作为装配线上自动工装器械的一次元件而有广阔的市场需求。测力传感器作为测功仪的关键元件近年来的需求量已日益递增。从大型动力设备到微型家用电器，有效功率的实测可为设备本身的改进提供数字依据。

轮船牵引力、锚链拉力、桩基锤击贯入力、桩基长期承载力等工程测试中，需要几百吨，甚至几千吨的大力值传感器；而生物医学工程的基础研究和临床测试，则需要测力范围为几毫牛的力传感器。

机械式材料试验机已日益广泛被电子化、数字化的材料试验机所取代。

由于力传感器制作水平的提高，一种精心制作的力值比对传感器，综合误差已可达0.006%，因此力传感器已普遍用来作力值比对和力值传递的工具。50t、100t、2000t力值比对式标定设备，已在近年研制成功并已投入生产和使用。

法国、波兰等许多国家近年来相继研制成功多分量力值比对传感器，它不仅可以把需要比对的力值精确地测量出来，还可以把测力机自身因执行器件摩擦、间隙、旋转、横向运动及非轴向加荷等因素产生的“寄生负荷”分别测量出来。不难期望，用这种多分量力值比对传感器作为标准力值信号源的新一代测力机，将不需要庞大的装置，对此已引起大家的注目。

在称重测力传感器的研究及应用领域内，国内外的学术活动

和商业活动近年来相当活跃。国际法制计量组织 (OIML)、国际计量联合会 (IMEKO) 以及各种科学团体, 都定期组织学术交流会议。国内有关传感技术的学术活动频繁而活跃, 相应的检定规程和产品标准也日趋完善。

美国把传感器技术列为2000年内重点开发的十五项关键技术之一; 日本把传感器技术同计算机、激光、半导体、超导同列为六大核心技术; 我国各部、省、市也都把传感器技术的研究和产业开发列为“七五”期间的重点项目。

传感器技术是信息社会的关键技术, 传感器技术的水平在一定程度上标志一个国家的科学技术水平。

电阻应变式传感器作为传感技术中的一个重要分支, 作为国民经济中已具有相当规模, 并已部分进入国际市场的新颖产业, 正受到政府各部门的重视。

在人类社会已跨入信息时代的今天, 我们必须尽快的普及传感器技术, 尤其是应用方面的技术。传感器产品的应用开发, 不仅能提高工业自动化程度, 而且还将进一步促进传感器技术的提高和传感器产业的兴旺发达。

## 第2章 电阻应变式传感器 在电子衡器中的应用

### § 2.1 传感器在商用电子秤中的应用

#### 2.1.1 概 述

自1983年以来,日本大和制衡株式会社生产、国内东昌电子衡器厂组装的商用电子计价秤在国内各大城市得到了日益广泛的使用。这种以电阻应变式称重传感器为转换部件的计价秤,已逐渐在国内取代传统的机械式案秤和光栅式码盘秤。这种电阻应变式计价秤用称重传感器的误差已可做到小于满量程的0.02%。所以,电子计价秤已能完全符合国际商用秤2500分度的精度要求。目前,3000分度的电子计价秤已属一般产品;不少先进国家已制成了5000~6000分度的电子计价秤。

电阻应变式商用电子秤精度高、反应速度快、结构紧凑、抗振抗冲击性能强,能广泛应用于商业计价秤、邮包秤、医疗秤、计数秤、港口秤、人体秤及家用厨房秤。

电子计价秤在秤台结构上的一个显著特点是:一个相当大的秤台,只在中间装置一只专门设计的传感器来承担物料的全部重量。这与传统的用4个传感器作支承的秤台在结构上截然不同。

图1.1为0~5kg电子计价秤的外形及功能部件方位示意图;图1.2为这种电子计价秤的传感器部分的结构示图。

尽管单只传感器支承了一个大面积的秤台,但仍能保证四角误差小于1/2000~1/3000,因为通过对传感器贴片部位的锉磨,



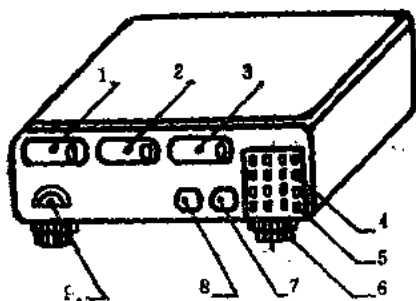


图 2.1.1 商用计价秤外形及功能部件方位图

1. 重量 2. 单价 3. 金额 4. 计算数码键(触摸开关) 5. 清除 6. 校平脚  
7. 去皮 8. 置零 9. 水平仪

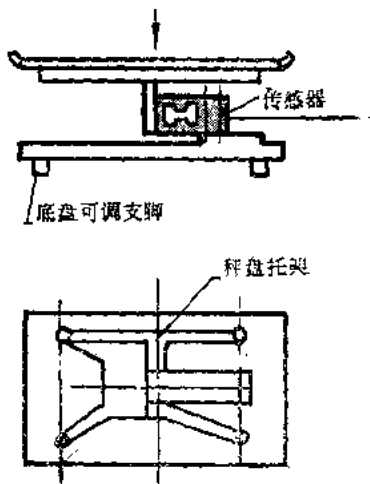


图 2.1.2 电子计价秤内部结构示意图

可以综合消除被称量物料在秤台坐标面上任意位置时的  $x$  向和  $y$  向的应变输出误差。

单只传感器支承大秤台的设计方案，不仅大大降低了秤台和传感器的造价，而且使激励电源、仪表的数据处理及秤的调试大为简化，大大降低了系统的成本。

微处理机的应用，使商用电子秤具有多种功能，例如自动跟踪去零、自动去皮、单价显示、费用累计等，通过一定接口电路，还可进行自动打印。

近年来，商用电子计价秤已逐渐国产化，其它诸如邮件秤、电子磅秤等工业用商用电子秤，早几年已能全部国产化。

## 2.1.2 电子商用秤传感器的结构

图2.1.3~图2.1.6为几种常用的计价秤用传感器的结构示意图