

称重手册

CZSC

称 重 手 册

〔德〕曼弗雷德·柯希克主编

邹炳易 施昌彦 译

赵克功 校

中国计量出版社

新登(京)字024号

内 容 提 要

本书系国际法制计量委员会(CIML)委员、德国物理技术研究院(PTB)M·柯希克教授主编,由33位著名的称重计量专家和衡器制造专家联合撰写,是当前世界上规模最大、既有理论又有实践的一部称重专著。全书共分11章:从质量测定的起始到电子衡器、质量计量基础、称量原理、衡器的分类和结构、衡器的技术构造、衡器制造中的电子技术、衡器的附加装置、称重技术促进自动化、环境的影响、衡器的测量稳定性问题、衡器及附加装置型式批准与检定。书后有精密天平的发展史、衡器的规范、特性参数等五个附录,以及德中对照名词术语索引。作者们不仅论述了衡器的物理基础、发展历史、测量原理、结构型式、设计要求以及制造中的最新电子技术,还介绍了衡器的技术规格、应用范围、安装维护、计量检定以及法制管理。本书可供从事衡器设计制造、使用维修、计量检定和监督管理的科研人员、工程技术人员以及大专院校师生阅读参考。

Handbuch des Wägens

Manfred Kochsiek

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1989

称 重 手 册

[德]曼弗雷德·柯希克主编

邹炳易 施昌彦 译

赵克功 校

—†—

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

北京市华星计算机公司激光照排

冶金胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

—†—

开本1000M×1400/32 印张57.75 字数1095千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数1—1000

ISBN 7-5026-0536-3/TB·408

定价 59.00元(精)

[科技新书目: 274—075 ⑦]

前 言

衡器是确定物体质量或者作为质量函数的其它量值、数量、参数或特性的一种称重计量仪器，广泛应用于生产、科研、贸易和人民生活等各个方面。现代衡器已由精密机械向微电子和智能化方向发展，进入到生产过程之中，并渗透到物资流的各个环节，成为自动化检测和监控的重要设备。衡器量大面广、品种繁多，既涉及国内外贸易和经济发展，又涉及消费者的利益。对衡器的制造、使用和维修进行监督管理，历来是法制计量的一项重要内容之一。衡器被列入《中华人民共和国强制检定的工作计量器具目录》。

为提高我国称重计量水平，适应衡器制造行业迅速发展的需要，我们翻译了由国际法制计量委员会（CIML）委员、德国物理技术研究院（PTB）原力学处处长、现科技业务处处长曼弗雷德·柯希克（Manfred Kochsiek）教授主编的这本《称重手册》。它由德国计量部门、大学、协会及工厂等17个单位的33位称重计量专家和衡器制造专家联合撰写，是目前世界上规模最大、既有理论又有实践的一部称重专著。

这本手册不仅论述了衡器的物理基础、发展历史、测量原理、结构型式、设计要求以及制造中的最新电子技术，还介绍了衡器的技术规格、应用范围、安装维护、计量检定以及法制管理。在国际法制计量组织（OIML）第116期公报（1989年9月）中，对这本手册作了如下推荐：“人们可以毫无疑问地说，它是当今能够得到的最为完整的关于衡器的出版物”。

本书的翻译出版，得到了德国经济合作部的赞助，得到了PTB的M·柯希克本人、H.阿佩尔（H. Apel）先生、H.佛劳伯（H. Vorlob）先生、不伦瑞克技术大学克劳斯·洪（Klaus, Horn）教授以及弗里德里希·菲韦克（Friedr. Vieweg）父子出版社的协助，并得到了原中国计量出版社陈宽基社长和徐孝恩副总编辑、原国家技术监督局科技委蔡正平副主任的支持。译者中国驻德国大使馆（科技）二等秘书邹炳易高级工程师和中国计量科学研究院原力学处处长施昌彦研究员为此付出了辛勤劳动。

由于我们的译、校水平所限，难免会有错误或不当，恳请读者批评指正。

中国计量科学研究院院长、研究员

赵克功

1992年7月于北京

中文版序

呈现在我们面前的这本称重手册，是1989年的新版本，它有幸在联邦经济合作部的赞助下得以译成中文。

本手册全面地介绍称重技术及其有关问题，其内容包括质量计量的基础和计量的确定性，以及目前的质量量值传递系统的结构。为了帮助读者更好地了解称重传感器（一切现代衡器的核心），书中详细地讲解了传感技术、模拟技术和数字技术的进展情况。书中按照德国标准 DIN 8120 的分类法，对衡器的结构型式进行了划分。然后，针对各类衡器分别讨论其结构型式、测量原理、技术规格、称量范围、能达到的测量不确定度，以及值得注意的特点。另外，还详尽地讲解了测量值的处理及输出问题、自动化的可能性、称重的舒适性，以及附加装置诸如计算机、打印机、屏幕显示器或 EDV（译者注：电子式数据处理装置）设备等，附设于衡器或者装入衡器内部的问题。

由于受检衡器对于贸易等强制检定领域具有重要的意义，所以，手册中专门说明了对它们的要求和量值传递检验问题。在这方面，掌握环境影响量的情况十分重要，同时，衡器在环境的影响下应当仍能无误地工作，所以，书中深入地讨论了这个问题，以及可靠性问题和功能故障识别问题。

本手册的编写不仅面向科技工作者、工程师和大学生，也面向各行各业的广大的衡器使用人员。所以，它除了讲解物理技术基础以外，还介绍了衡器的技术数据、应用领域和正确使用的要领。

感谢硕士高级工程师邹炳易先生和处长研究员施昌彦先生，承担了本手册的中文翻译工作。同时，衷心地感谢所有为中文版的问世作出贡献的人们，尤其是院长研究员赵克功先生，以及计量出版社的工作人员。

曼弗雷德·柯希克

1990. 1. 2

第 1 版 原 序

本书既然名为称重手册,理所当然地应全面介绍称重技术及其有关的问题。这本手册出版的时机看来很适宜,因为称重技术确定无疑地恰恰已经完成了由精密机械技术到电子技术的根本性转变。目前,由于微处理机的普及,称重领域的蓬勃发展必将进一步提高衡器的经济性,促使其进一步小型化,而功能更为扩展,操作更加方便。

本手册的写作既面向科技工作者、工程师、大学生,也面向各行各业中使用衡器的人员。因此,书中除了讲述物理技术基础以外,还提供了衡器的技术数据、应用范围和正确使用知识。书中列出的参考书目将有助于读者进一步深入钻研。我们的这本手册选择了三个方面的内容作为重点,即衡器的物理技术基础(第三章),计量可靠性和法制计量问题(第六、九章,附录B),以及衡器的发展历史综述(附录A)。关于模拟信号和数字信号的处理方法问题,我们没有作详细的介绍,因为它们属于通用技术范畴,而不是只限于称重技术领域。

本手册介绍了包括测量不确定度在内的质量测定基础知识,并指出了目前质量量值系统的极限。书中对于现代衡器的核心——称重传感器所涉及传感技术,以及模拟和数字技术的进展作了讲解。手册按DIN 8120对衡器进行分类,对于每一种类型的衡器,阐述其结构型式、测量原理、技术规格、称量范围、不确定度以及值得注意的特点。对于附加设备或内装辅助设备,例如计算机、打印机、显示屏或电子数据处理装置等,作者对它们的称量方便性和经济性问题进行了解释。鉴于受检衡器的技术要求和性能试验问题,在商业等强制检定领域中意义重大,所以,手册对它们作了专门的介绍。在这方面,重要的是掌握环境影响量,让衡器在其影响下仍能无误地工作;同样重要的,还有可靠性问题和功能故障识别问题。

有一些问题,不少读者曾向主编询问过,这些问题值得向更广大的读者们介绍,所以将其编在附录里。

本书末还附有详尽的名词术语索引。

尽管作者们力求介绍称重技术的最新状况,但有些内容过几年后仍然不可避免地会由于技术的发展而趋于陈旧。因此,主编和作者们恳请广大读者提出意见和建议。

最后,谨向本手册的全体作者表示衷心的感谢。

M·柯希克

1984年12月,不伦瑞克

第 2 版 原 序

《称重手册》第一版的问世时间尽管很短，但是，主编者和出版社还是决定对它进行全面的修改，并且再增加两章内容。因为称重技术和电子技术的飞速发展，要求手册的内容、插图以及文献索引都必须适应最新的技术发展状况。所以，有些章节缩短了，有些章节扩充了，同时，新增了“衡器制造中的电子技术”和“称重技术促进自动化”两章。称重手册的这次修改融入了作者和许多读者的新见解、新意见。抱歉的是，尽管主编者和作者们努力进行过压缩，全书的篇幅还是增加了。

在此，我谨向提出过批评意见和见解的读者们，向辛勤地认真改稿的各位作者，向自始至终友好合作的菲韦克出版社，表示衷心的感谢。

M·柯希克

1988年11月，不伦瑞克

作者介绍

雷纳·巴尔洪 (Reiner Balhorn)

博士、技术专员、计量师

黑森州计量管理局局长，达姆斯塔特 (Darmstadt)

赫尔穆特·比尔曼 (Helmut Biermann)

工学学士

比柴尔巴 (Bizerba) 衡器公司型式批准与计量检定部副主任，巴林根 (Balingen)

奥古斯特·达恩彻 (August Daentzer)

工学学士

爱思曼 (Eßmann) 称重技术公司前技术负责人，哈尔斯滕贝克 (Halstenbek)

爱尔哈得·戴伯勒 (Erhard Debler)

工学博士

联邦物理技术研究院 (PTB) 自动衡器实验室主任，不伦瑞克 (Braunschweig)

盖尔德·费尔登 (Gerd Felden)

工学学士

托利多 (Toledo) 公司开发部，科隆 (Köln)

彼特·盖赛克 (Peter Giesecke)

教授，工学博士

申克 (Schenck) 公司自由雇员，达姆斯塔特

克劳斯·戈弗洛 (Klaus Goffloo)

博士，技术专员

克劳斯·洪 (Klaus Horn)

教授，工学博士

不伦瑞克技术大学测量技术与互换性研究所所长

汉斯·叶乃曼 (Hans Jenemann)

化学学士

索特 (Schott) 玻璃厂前科研人员, 美因茨 (Mainz)

盖尔哈德·约斯特 (Gerhard Jost)

工学博士

申克公司设计部主任, 达姆斯塔特

里查得·卡穆夫 (Richard Kamuff)

工学学士

申克公司计划部主任, 达姆斯塔特

曼弗雷德·柯希克 (Manfred Kochsiek)

工学博士, 处长, 教授

联邦物理技术研究院科技业务处处长, 不伦瑞克

海伯特·克劳斯哈尔 (Herbert Kraushaar)

工学学士

德国机器与设备制造协会 (VDMA) 衡器专业分会前业务领导人, 法兰克福 (Frankfurt)

瓦尔特·E·库珀 (Walter E. Kupper)

博士

梅特勒 (Mettler) 仪器公司生产经理, 美国, 海斯顿 (Hightstown)

诺尔伯特·缪勒 (Norbert Müller)

工学学士

申克公司部门副主任, 达姆斯塔特

艾力克·纳戈尔 (Erik Nagel)

工学学士

申克公司计划部主任, 达姆斯塔特

卡尔-海因茨·乃布特 (Karl-Heinz Nebuth)

工程师

申克公司高级工程师, 达姆斯塔特

荷尔斯特·奥克特 (Horst Ockert)

工程师

索勒 (Soehne) 衡器公司前雇员, 慕尔哈特 (Murrhardt)

海因茨-阿尔诺德·奥林 (Heinz-Arnold Oehring)

物理学学士

联邦物理技术研究院自动衡器实验室高级业务顾问, 不伦瑞克

威廉·派尔逊 (William Pearson)

福格-哈克 (seca Vogel und Halke) 公司前雇员, 汉堡 (Hamburg)

隋固得·莱因哈得 (Sigurd Reinhard)

工学学士, 公司计量管理师

石荷州经济技术交通部计量局局长, 基尔 (Kiel)

弗里茨·桑德哈克 (Fritz Sandhack)

工程师

联邦物理技术研究院非自动衡器实验室技术人员, 不伦瑞克

汉斯-狄特·苏尔茨-梅特克 (Hans-Dieter Schulz-Methke)

艾思派拉 (Espera) 公司前技术负责人, 杜伊斯堡 (Duisburg)

阿尔弗雷得·苏斯特 (Alfred Schuster)

工学学士

申克公司部门副主任, 达姆斯塔特

艾伯哈得·撒也勒 (Eberhard Seiler)

工学博士

联邦物理技术研究院技术合作部主任, 不伦瑞克

威里·松托伯斯基 (Willi Sontopski)

工程师

福格-哈克公司电子开发部主任, 汉堡

约尔根·蒂勒 (Jörgen Thiele)

工学学士

格尔也夫 (Greif) 公司业务负责人, 吕贝克 (Lübeck)

沃夫岗·特阿珀 (Wolfgang Trapp)

工学博士

巴伐利亚州计量局前局长，慕尼黑 (München)

克里斯蒂安·伍尔里希·佛克曼 (Christian Ulrich Volkmann)

工学博士，主任，教授

联邦物理技术研究院质量实验室主任，不伦瑞克

海尔穆特·瓦因贝格 (Helmut Weinberg)

高级工程师

比柴尔巴公司工业设备技术部主任，巴林根

克劳斯·维德曼 (Klaus Wiedemann)

工学学士

联邦物理技术研究院非自动衡器实验室的科研人员，不伦瑞克

威尔弗里得·温瑟 (Wilfried Wünsche)

工学学士

联邦物理技术研究院自动衡器实验室高级业务顾问，不伦瑞克

马丁·崔弗勒 (Martin Ziefle)

工学学士

比柴尔巴公司型式批准与计量检定部主任，巴林根

目 录

1 从质量测定的起始到电子衡器 W. Trapp	(1)
1.1 质量测定的起始	(1)
1.2 古代的衡器	(1)
1.2.1 等臂杠杆天平	(3)
1.2.2 简单的游砣秤	(3)
1.3 18世纪末以前商用秤的发展	(4)
1.3.1 贸易习俗和官方的监督	(4)
1.3.2 衡器制造者	(5)
1.4 19世纪里的发展——新的衡器系列	(7)
1.4.1 等臂的桥秤(架盘天平)	(7)
1.4.2 不等臂的桥秤	(8)
1.4.3 吊车秤	(11)
1.4.4 倾斜杠杆秤	(12)
1.4.5 弹簧秤	(14)
1.4.6 自动秤	(15)
1.5 20世纪里的发展	(17)
1.5.1 机械式衡器的继续发展	(19)
1.5.2 电子技术渗入衡器制造业	(24)
1.5.2.1 打印机构	(24)
1.5.2.2 电子式的控制	(26)
1.5.3 电子衡器	(26)
1.5.4 衡器进入生产过程	(28)
1.5.5 零售秤的特别发展	(28)
1.5.6 精密天平和高精密天平	(28)
1.5.7 自动检验秤	(35)
1.6 展望	(37)
参考文献	(38)
2 质量计量基础 R. Balhorn, M. Kochsiek	(39)
2.1 质量	(39)
2.2 重力	(39)
2.3 衡量值	(40)
2.3.1 作为质量近似值的衡量值	(40)
2.3.2 液体静力衡量	(41)
2.3.3 约定衡量值	(41)

2.4	质量单位和质量量值系列	(44)
2.4.1	质量单位	(44)
2.4.2	质量标准器的等级制度	(45)
2.4.3	质量量值系列	(47)
2.5	质量块和砝码	(47)
2.6	质量计量所能达到的不确定度	(50)
2.7	称量的方法	(51)
2.8	称量结果的数值计算 S. Reinhard	(52)
2.8.1	质量的计算	(52)
2.8.1.1	把衡量值换算为质量	(52)
2.8.1.2	空气密度	(55)
2.8.2	体积的测定	(55)
2.8.3	密度的测定	(56)
2.8.3.1	液体的密度	(56)
2.8.3.2	固体的密度	(56)
2.8.4	测量序列的数据处理	(56)
2.8.4.1	概述	(56)
2.8.4.2	估计值	(57)
2.8.4.3	期望值的置信区间	(57)
2.8.4.4	标准偏差的置信区间	(59)
2.8.4.5	剔除值	(59)
2.8.5	测量偏差的传递	(60)
2.8.5.1	系统测量偏差	(60)
2.8.5.2	随机测量偏差	(61)
2.8.6	测量不确定度	(61)
2.8.6.1	概述	(61)
2.8.6.2	随机分量	(61)
2.8.6.3	系统分量	(62)
2.8.6.4	举例	(62)
2.8.7	测量结果的完整表达	(63)
	参考文献	(64)
3	称量原理 K. Horn	(65)
3.1	理论基础	(65)
3.2	测定惯性质量的方法	(67)
3.2.1	按运动定律测定质量	(67)
3.2.2	按动量定理测定质量	(71)
3.2.3	按动量守恒定理测定质量	(78)
3.2.4	通过科氏力测定质量	(79)
3.2.5	按转动定律测定质量	(81)

3.2.6	按动量矩定理测定质量	(82)
3.2.7	按动量矩守恒定理测定质量	(84)
3.2.8	通过离心力测定质量	(85)
3.3	测定重力质量的方法	(86)
3.3.1	按万有引力定律测定质量	(86)
3.3.2	按重力定律测定质量	(87)
3.3.3	利用偏转的方法测定质量	(89)
3.3.3.1	横向型弹簧秤	(89)
3.3.3.2	扭力天平	(90)
3.3.3.3	位移型称重传感器式衡器	(90)
3.3.3.4	液压秤	(90)
3.3.3.5	采用质量比较方式的偏转法	(90)
3.3.4	利用补偿位移的方法测定质量	(94)
3.3.4.1	等臂杠杆天平和不等臂杠杆天平	(94)
3.3.4.2	液压传递式衡器	(96)
3.3.4.3	游铰秤	(97)
3.3.4.4	零位弹性体秤	(99)
3.3.4.5	静电天平	(99)
3.3.4.6	电磁天平	(101)
3.3.4.7	电动天平	(102)
3.3.4.8	陀螺秤	(104)
3.4	利用替代法测定质量	(106)
3.5	液静式测定质量	(107)
3.5.1	通过底部压力测定质量	(107)
3.5.2	通过浮力测定质量	(109)
3.5.3	液静替代式天平	(110)
3.6	运动中线性负荷的重力质量的测定	(111)
3.6.1	加法型皮带秤	(113)
3.6.2	积分型皮带秤	(113)
3.6.3	重力式面积重量秤	(115)
3.7	测定质量的其它方法	(116)
3.7.1	质量分光计	(116)
3.7.2	体积流量计	(116)
3.7.3	辐射吸收法	(118)
3.7.4	射线反射法	(120)
3.8	称重传感器工作原理	(120)
3.8.1	综述	(120)
3.8.2	位移补偿型称重传感器	(125)
3.8.3	位移敏感型欧姆式传感器	(125)

3.8.4	位移敏感型电感式传感器	(125)
3.8.5	位移敏感型电容式传感器	(126)
3.8.6	位移敏感型干涉式传感器	(128)
3.8.7	位移敏感型振弦式传感器	(128)
3.8.8	电阻应变片式称重传感器	(129)
3.8.9	声表面波谐振式称重传感器	(132)
3.8.10	磁弹性式称重传感器	(134)
3.8.11	压电式称重传感器	(135)
3.8.12	力敏型机械振子式称重传感器	(135)
3.8.13	电液式称重传感器	(137)
参考文献		(138)
4	衡器的分类和结构 H. Weinberg	(142)
4.1	衡器的分类	(142)
4.1.1	按用途分类 (143DIN 8120 第1集)	(142)
4.1.2	按受检性分类	(143)
4.1.3	按自动秤和非自动秤分类	(144)
4.1.4	按平衡指示能力分类	(144)
4.1.5	按称量原理分类	(145)
4.1.6	按测量系统分类	(145)
4.1.7	按静态或动态称量分类	(147)
4.1.8	按输送和称量过程分类	(148)
4.2	衡器的构造	(148)
4.2.1	基本结构	(149)
4.2.2	附加装置	(149)
4.2.3	负荷接受器和求值系统的构件	(151)
4.2.4	求值装置和指示装置	(159)
4.3	DIN 8120关于衡器的几个名词定义	(162)
4.4	称重系统和称重装置的功能流程	(162)
4.4.1	具有数据记录和处理能力的秤	(162)
4.4.2	用于过程控制的称量设备	(163)
参考文献		(164)
5	衡器的技术构造 W. Kupper, M. Kochsiek	(165)
5.1	分析天平和实验室天平	(165)
5.1.1	概况和分类	(165)
5.1.2	物理学原理	(167)
5.1.3	机械式天平的结构型式	(169)
5.1.3.1	杠杆天平的工作原理	(169)
5.1.3.2	机械式分析天平的构造	(170)
5.1.3.3	机械式天平的附加装置	(174)

5.1.3.4	结构规格	(175)
5.1.4	电子式分析天平	(177)
5.1.4.1	电子式分析天平的工作原理	(178)
5.1.4.2	电磁式分析天平的结构	(179)
5.1.4.3	天平的功能	(180)
5.1.4.4	结构规格	(180)
5.1.5	特殊的结构形式	(181)
5.1.6	称量系统	(189)
5.1.7	安装、使用、影响量和干扰量	(189)
5.1.7.1	天平的安装	(190)
5.1.7.2	天平的使用	(190)
5.1.8	发展趋势	(193)
参考文献		(194)
5.2	零售秤和计价秤 H. D. Schulz-Methke, M. Ziefle	(194)
5.2.1	机械式商用计价秤	(196)
5.2.1.1	机械系统	(196)
5.2.1.2	指示系统	(196)
5.2.2	电子计价秤	(197)
5.2.2.1	负荷的接受	(198)
5.2.2.2	称重传感器	(198)
5.2.2.3	获得重量与计算售价	(199)
5.2.3	计价零售秤	(201)
5.2.3.1	造型和人机工程学考虑	(201)
5.2.3.2	称量范围和分度值	(201)
5.2.3.3	键盘	(204)
5.2.3.4	显示装置和可读性	(205)
5.2.3.5	零售秤的打印机构	(206)
5.2.3.6	收款台结算用秤	(207)
5.2.3.7	数据联网中的零售秤	(207)
5.2.3.8	自售秤	(208)
5.2.4	用于预包装品的计价标签秤	(208)
5.2.4.1	生产率和人机工程学考虑	(208)
5.2.4.2	称量系统和价格计算机	(210)
5.2.4.3	调零装置和皮重装置	(211)
5.2.4.4	商品标签文字	(211)
5.2.4.5	给出日期和钟点	(211)
5.2.4.6	重量的变化	(211)
5.2.4.7	标签打印机构	(211)
5.2.4.8	价格标签	(211)

5.2.4.9	机器可判读的代码	(213)
5.2.4.10	数据联网中的计价标签秤	(213)
5.2.5	自动式计价标签秤	(215)
5.2.5.1	货物传送系统	(215)
5.2.5.2	分离器	(216)
5.2.5.3	包装品的传送控制	(216)
5.2.5.4	承荷器上的传送	(218)
5.2.5.5	标签打贴装置	(218)
5.2.5.6	装入包装机中的秤	(219)
5.2.5.7	特殊装置	(220)
5.2.6	展望	(221)
参考文献		(223)
5.3	商业和工业用平台秤 G. Felden	(223)
5.3.1	定义及限定范围	(223)
5.3.2	平台秤的一般结构	(224)
5.3.2.1	负荷的接受	(224)
5.3.2.2	求重装置和指示装置	(228)
5.3.3	几种重要的标准结构型式	(230)
5.3.3.1	机械式平台秤	(231)
5.3.3.2	机电混合式平台秤	(234)
5.3.3.3	电子式平台秤	(235)
5.3.4	平台秤的选用准则	(235)
5.3.5	特殊设计的平台秤	(241)
5.3.5.1	低台面平台秤	(241)
5.3.5.2	移动式平台秤	(242)
5.3.5.3	壁秤	(243)
5.3.5.4	活畜秤	(243)
5.3.5.5	长材秤	(243)
5.3.5.6	重工业用的平台秤	(243)
5.3.5.7	其它的型式	(245)
参考文献		(249)
5.4	吊秤 A. Daentzer	(250)
5.4.1	引言	(250)
5.4.2	称量静止或几乎静止负荷用的吊秤	(250)
5.4.3	称量运动中的负荷用的吊秤	(254)
5.4.3.1	吊车秤	(254)
5.4.3.2	悬轨秤	(266)
5.4.3.3	特殊的结构型式	(268)
参考文献		(273)