



仪器仪表工人
技术培训教材

天平与砝码装校工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社

本书共分十一章，其中第一、三、四章和第十章的1~5节及第十一章适作初级工人培训之用，主要内容包括：天平的发展概况、基本概念、结构和装校工艺，砝码的基本知识和校正。其余各章适作中级工人培训之用，主要内容包括天平的理论、单盘天平、液体比重天平、天平与砝码的检定、校正的专用工具，精密衡量法等。

本书可作为天平与砝码生产厂的初、中级工人的培训教材，也可供有关专业科技人员及天平使用维修人员作参考。

本书由湘西仪器仪表总厂主编，奚沧周、计本龙、蔡臻、任伟兴同志编写。白步洲、金大宾等同志审稿。

天平与砝码装校工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

责任编辑：卢若薇

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄洼里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 11 3/4·字数 256 千字

1987年4月北京第一版·1987年4月北京第一次印刷

印数 0,001—2,350·定价 2.20 元

统一书号：15033·6472



前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 基本概念	4
----------------	---

1-1 质量与重量	4
-----------------	---

一、质量	4
------------	---

二、重量	5
------------	---

三、质量与重量的关系	6
------------------	---

1-2 杠杆	6
--------------	---

一、杠杆的特点和分类	6
------------------	---

二、力矩	7
------------	---

三、杠杆的平衡	7
---------------	---

四、杠杆原理	8
--------------	---

复习题	9
-----------	---

第二章 天平的基础理论	10
-------------------	----

2-1 衡量	10
--------------	----

一、杠杆平衡原理	10
----------------	----

二、弹性元件变形原理	11
------------------	----

三、液压原理	11
--------------	----

2-2 天平的稳定性	12
------------------	----

一、稳定性的定义和稳定的条件	12
----------------------	----

二、影响天平稳定性的因素	17
--------------------	----

2-3 天平的正确性	19
------------------	----

一、天平的正确性及其有关因素	19
----------------------	----

二、天平正确性的特征	22
------------------	----

2-4 天平的灵敏度	24
------------------	----

一、灵敏度的概念	24
----------------	----

二、灵敏度公式的推导	25
三、影响灵敏度的因素	27
2-5 天平的不变性	36
一、不变性的概念	36
二、产生示值变动性的主要原因	36
复习题	38
第三章 天平的精度等级、分类及基本构造	39
3-1 天平的精度等级	39
3-2 天平的分类	40
3-3 双盘天平的基本构造	41
一、横梁部分	41
二、立柱部分	46
三、悬挂系统	49
四、开关部分	51
五、读数标牌	52
六、光学系统	53
七、机械加码装置	55
八、外框部分	56
九、骑码装置	56
复习题	57
第四章 天平的装配和校正	58
4-1 天平的部件装配	58
一、装配工艺总则及规定	58
二、“502”冷胶胶合工艺及方法	59
三、“环氧树脂”的胶合方法及工艺	60
四、横梁部的装配(以TG328A、B为主作介绍)	60
五、立柱部的装配	77
六、挂篮部的装配	82
七、开关部的装配	85

八、光学部的装配	89
九、外框部的装配	94
十、加码部的装配	98
4-2 天平的整机装配	106
一、贴门条	106
二、装开关及夹固圈	106
三、装立柱	106
四、装配横梁部	108
五、装配光学部	111
六、装配阻尼器	113
七、装配加码部	114
4-3 校正	115
一、校正工艺的计量参数要求	115
二、校正工艺流程	116
三、高低温处理	116
四、校正中的有关要求	116
五、校正步骤及调整	117
4-4 天平常见故障及调整	128
复习题	133
第五章 双盘微量天平的装配及校正	134
5-1 双盘微量天平的部件装配	134
一、横梁各部的装配	134
二、立柱部的装配	141
三、悬挂部的装配	144
四、开关各部件的装配	146
五、光学各部件的装配	149
六、加码部的装配	152
5-2 双盘微量天平的校正步骤及调整、测定方法	152
一、计量参数要求	152

二、检查刀子质量及各部装配	152
三、调整平衡	152
四、测定空称分度值	152
五、测定重称分度值	153
六、不等臂性误差及四角误差的调整	154
七、全面复校计量性能	157
八、高低温处理	157
九、校正时可能出现的问题及解决方法	157
复习题	158
第六章 单盘天平	159
6-1 单盘天平的优点	159
6-2 单盘天平的分类	161
一、按结构分类	161
二、按用途分类	163
6-3 TD12单盘分析天平的装配	164
一、横梁部	164
二、立柱部	169
三、悬挂系统	171
四、开关部	173
五、光学读数部	175
六、减码部	179
七、外框部	185
6-4 TD-12天平的整机装配和校正	192
6-5 其他单盘天平简介	198
一、DT-100型单盘天平	198
二、TG-729C型单盘天平	200
三、3DG20-1单盘微量天平	201
复习题	205
第七章 液体比重天平	206

7-1 液体比重天平的结构、原理和应用	206
一、液体比重天平的结构	206
二、液体比重天平的工作原理	208
三、液体比重天平的使用	210
7-2 液体比重天平的装配	213
一、液体比重天平的部件装配	213
二、液体比重天平的总装	215
7-3 液体比重天平的调试	216
一、调试前的准备	216
二、液体比重天平的调试方法	216
三、调试后对示值变动性的测试	221
7-4 校正测锤的体积	222
一、校正测锤体积所需的工具	223
二、校正步骤	223
7-5 液体比重天平的检定	226
一、外观质量要求	226
二、液体比重天平的计量性能指标	226
三、天平计量性能检定步骤	227
复习题	228
第八章 天平的检定	229
8-1 天平的技术要求	229
一、天平的计量性能指标	229
二、天平的外观质量要求	235
8-2 天平的检定	238
一、天平检定室的要求	238
二、天平的存放时间	238
三、天平外观质量的检查	239
四、天平计量性能的检定	240
8-3 检定结果的处理	257

8-4 天平检定举例	259
复习题	277
第九章 专用装配工具	278
9-1 拨棍	278
9-2 扳手	278
9-3 玛瑙平面、玛瑙角尺	282
9-4 等量砝码和吊角器	284
9-5 挂码拨叉和加码杆校正扳手	285
9-6 距离卡板和平面卡板	286
9-7 支点刀角尺	294
9-8 三角冲头、铲刀、顶刀板和冲头	296
9-9 装门葫芦和盘绕门葫芦弹簧专用工具	297
9-10 标准水准器	299
复习题	301
第十章 砝码	302
10-1 砝码的基准	302
一、公斤原器	302
二、质量单位的分量和传递系统	303
10-2 砝码的组合及其材料	305
一、砝码组合原则	305
二、砝码的材料	305
三、砝码的结构形式	306
10-3 砝码的使用范围和保养	306
一、砝码的使用范围	306
二、砝码的使用方法	307
三、砝码的保养	307
10-4 砝码的校正	308
一、对砝码表面质量的要求	308
二、天平的选择	309

三、砝码校正的注意事项	309
四、圆台体和圆柱体砝码的校正方法	310
五、片砝码的校正方法	311
六、挂砝码的校正方法	311
七、骑码的制作和校正	316
10-5 砝码的检定	316
一、有关的名词术语	316
二、单个砝码的检定	317
三、2~5等砝码的检定	324
四、砝码检定中的数据处理	326
10-6 1等砝码的检定	327
一、砝码的组合比较	327
二、检定	335
10-7 砝码材料的统一名义密度	336
一、统一名义密度的建立	337
二、采用统一名义密度后砝码量值的改变	338
三、采用统一名义密度所产生的误差	340
四、砝码材料统一名义密度的应用	342
10-8 砝码材料密度的测定	344
一、测定方法	344
二、测定时的注意事项	345
10-9 精密衡量法和误差	346
一、衡量公式	346
二、精密衡量和误差	348
复习题	358
第十一章 天平的使用和包装	359
11-1 天平的使用	359
一、对天平室的要求	359
二、使用前的准备	359
三、使用时的注意事项	359
四、天平的维护保养	360
11-2 天平的包装	361
一、对天平包装的要求	361

II

二、标志、运输与保管	362
三、天平包装举例	362
复习题	363

绪 论

天平是一种最古老的计量仪器。早在春秋战国时期就已使用天平，如果考虑我国第一次使用天平的时间，那还要早得多。春秋末期，楚国已广泛使用小型的权衡器称量黄金，它制作精巧，最小的砝码只有0.2克。三国时期，我国又出现了杆秤，对衡量技术的发展作出了重大贡献。唐朝时，我国的衡量技术传到了日本和其他东方各国，对这些国家的衡量技术产生过积极的影响。

早期的天平由一根横梁和两个秤盘组成，横梁的中央用细绳悬挂作为支点，秤盘用细绳悬挂在横梁的两端，横梁两端有孔，细绳穿过孔加以固定。到公元初年的古罗马时期，天平在设计上得到了改进，采用一根细针穿过横梁中央作为支点。在漫长的中世纪，天平几乎没有什么发展。到十八世纪，天平开始采用刀子支承，这样大大提高了精度。到十九世纪下半叶，天平的精度基本上达到了我们今天所具有的精度水平。目前，还有许多国家用于检定公斤基准砝码的原器天平，仍然使用十九世纪的产品。十九世纪下半叶到二十世纪初期，天平在结构上又得到了许多改进：

1851年首次在天平上装设骑码装置；

1866年开始采用短臂横梁来代替以往的长臂横梁结构；

1872年首次用铝作横梁的材料；

1902年在天平上引入机械加码装置；

1915年在天平上使用链条作调零机构。

以后又出现设有内装砝码、光学读数和空气阻尼的分析天平。后来又在天平上增设微读机构。这些结构的改进使天平的性能得到很大的提高。

1945年瑞士研制成功第一台实用的单盘天平。它比起传统的双盘天平具有更多的优越性，如它能消除不等臂误差和灵敏度不随载荷的变化而变化等（详细内容见第六章）。所以单盘天平一问世，就引起很大的重视，并在世界各生产厂之间就单盘与双盘天平哪种优越的问题掀起了一场论战，这场论战持续了十多年，直到1960年美国国家标准局发表了一篇报告，列举了单盘天平的十一大优点，这场论战才宣告结束。从此，新型的单盘天平就逐渐取代了传统的双盘天平。

第二次世界大战后，由于天平的精度已能基本满足使用要求，各天平生产厂就致力于研究如何加快天平的称量速度，改善天平的性能，提高使用的方便性，提高天平的自动化程度、稳定性和可靠性等。在加快称量速度的课题中，采用了预称装置，把称量过程分成预称和精称两个步骤。这样可以减少选择砝码的时间，加快称量过程，同时起到保护刀子的作用，避免为选择适量的砝码而多次开关天平使刀子受到磨损。预称装置在一定的程度上加快了称量过程，但是结构复杂，造价高，因此不能算是很理想的结构。此外，在天平上还引入了去皿装置，包括光学读数去皿、全量机械去皿和自动制动装置。这不仅提高了称量工作的效率，而且由于保护了刀子，从而提高了天平的稳定性和可靠性，同时也给使用者带来方便。

六十年代以来，电子技术获得了惊人的发展，在各个领域里得到了广泛的应用。古老的天平和新兴的电子技术相结合，便出现了所谓的全电子天平，上皿式天平就是其中一

例。上皿式天平分为机械式和电子式两种，近年来电子天平已逐步取代机械天平。上皿式电子天平与传统的杠杆式天平大不相同。它没有横梁，没有刀子，没有砝码，应用的是磁悬原理。电子天平的秤盘由弹性元件支承，秤盘支架置于线圈产生的磁场中，其位移用光电传感器检测，检测所得的信号，经放大后通过电子电路产生一般的补偿电流，此电流通过线圈，产生磁力，将秤盘支架托回到零位。补偿电流的大小与负载成正比，可用数字电压表测量和显示。目前，上皿式电子天平大多采用大规模集成电路或微处理机，能自动称重，连续去皿，整个天平只有一个控制杆，操作非常简便。通过输出可与数据处理装置相连，可自动打印数字，计算零件数量，测物体比重和含水量等。

天平的应用十分广泛，不仅用于计量部门，还用于工业、农业、国防、科学研究甚至于日常生活中。天平除一般的称重外还可测定比重、含水量、颗粒大小及其分布、表面张力、微压、吸附率、蒸发率等。在专用热分析中，可作热重分析。在风调试验中，可测分力的大小。如今，天平的应用还在不断地扩大。

展望未来，天平尤其是电子天平会继续向增强功能的方向发展，而整个趋势是向高精度、高效率、高抗扰能力和单盘天平取代双盘天平、电子天平取代机械式天平、上皿式取代下皿式的所谓“三高三代替”的方向发展。可以预测，今后将会有越来越多的外部设备和天平结合起来。不用多久，天平、计算器、处理机和打印机将会结合成一个整体。

第一章 基本概念

1-1 质量与重量

一、质量

质量表示物体所含物质的多少，是物体惯性大小的量度，而惯性则是反映了物体的固有属性。如空载的汽车启动时容易，紧急制动也不难停住；满载的汽车启动和制动都比较困难。又如运动员赛跑时，从起跑到达一定的速度，以及从疾跑中停下来，都需要一定的时间。这就是“惯性”在起作用。牛顿第二定律就对这种现象作了准确的描述。

根据牛顿第二定律，在惯性运动中，任何一个物体受力后所得到的加速度，其大小与所受力的大小成正比，而与该物体的质量成反比，其方向与所受力的方向相同。用公式表示为：

$$a = \frac{F}{m}$$

式中 F ——物体所受的外力；

m ——物体的质量；

a ——物体受外力作用时所得的加速度。

从上式可看出，用同一大小的力，作用在任何两个不同质量的物体上，质量小的物体得到的加速度大，即速度的变化率大，也可以说该物体保持原来运动速度的能力小；质量大的物体则相反。这种物体受力时保持原来运动速度的能

力，叫做物体的惯性。质量大的物体惯性大；质量小的物体，惯性小。因此说质量是物体惯性的量度。

物体的质量，可以用天平来量度。例如：欲测某一物体的质量，只需将该物体置于天平一端的秤盘中，在另一盘中用100克的砝码与它平衡，则此物体的质量就是100克。物体的质量不随地区而变化，无论在地球的两极还是在赤道，在地面还是在高空，其质量总是恒定的。也就是说，物体的质量只与物体本身所含物质的多少有关，而与它在空间所处的位置无关。

二、重量

物体受地球吸引的力，叫做重力，习惯上称之为重量。在这个力的作用下，自由物体从高处落下，水向低处流；若物体不是自由的，则重力表现为物体对支持物的压力或对系挂物的拉力。压力或拉力越大，说明物体的重量越大。

物体的重量在不同的区域或高度是不同的，同一物体，它在赤道上的重量要小于在两极上的重量，这是因为两极到地心的半径小于赤道到地心的半径。同样，高山上的物体要比地面上物体的重量轻些。这种现象可以从万有引力公式得出：

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中 F —— 引力；

m_1, m_2 —— 物体的质量；

r —— 两物体间的距离；

K —— 比例常数。

从公式中可看出距离与引力大小成反比，也就是物体离地心越远，其重量就小。

物体的重量随着区域和高度改变而不同的情况，可用弹