

91)

T1-763-6
x26

仪器仪表零件结构设计

夏宏玉 尚建忠 编

国防科技大学出版社
·湖南长沙·

内 容 提 要

本书是在国防科学技术大学机械设计教研室夏宏玉、李栋成主编《仪器仪表零件结构设计》(胶印版)的基础上,根据国家教育委员会颁发的“仪器仪表零件结构设计课程教学基本要求”(1995年修订版),结合我校仪器仪表检测专业的特点和几年来的教学实践经验修订而成的。

全书共十五章,包括绪论,仪器、仪表设计基础知识,仪表弹性元件,机构及其自由度的计算,杠杆传动,间歇机构与螺旋传动,摩擦轮传动与带传动,齿轮机构,轴和联轴器,支承和导轨,示数装置,阻尼器和减震器,联接,微动装置和锁紧装置,外壳与机座。除绪论和仪器、仪表设计基础知识二章外,各章均附有一定数量的思考题及练习题。

本书可作为高等院校仪器仪表类专业的教材,也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

仪器仪表零件结构设计/夏宏玉,尚建忠编. —长沙:国防科技大学出版社,2001,2
ISBN 7-81024-715-8

I. 仪… II. 夏… III. ①仪器-零部件-结构设计②仪表元件-结构设计 IV.
TH703.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73979 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn
责任编辑:卢天颢 责任校对:张 静
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:422 千
2001 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—3000 册

*

定价:24.00 元

前 言

本书是在 1995 年国防科学技术大学出版的胶印版的基础上,在满足国家教育委员会颁发的“仪器仪表零件结构设计课程教学基本要求”(1995 年修订版)规定内容的前提下,结合几年来的教学经验总结修订而成的。

本书根据我校仪器仪表检测专业的要求,从仪器仪表对机构和零部件的基本要求出发,主要介绍了仪器仪表中的常用机构和零部件的组成、结构、工作原理、传动规律、特点、应用和设计计算理论、方法以及结构设计的要点。

本书着重基础知识和基本理论的介绍,并与典型机构、零件的分析、设计密切结合,着重于结构设计和精度、误差分析的介绍,基本内容编排符合学生的认识规律和循序渐进的过程。通过本课程的学习,目的是使学生初步掌握有关仪器仪表及零部件和机构设计的基本理论知识、设计计算方法、精度分析方法,并初步具备简单仪器仪表的设计能力。

本书考虑到工业技术的发展需求,对零部件的误差计算和精度分析作了重点讨论,已使学生具备设计高精度仪器仪表的能力。

本书采用的有关标准全部是最新的现行国家标准。

本版更正了原书文字、插图及计算中的疏漏和印刷中的错误。

参加本书胶印版(1995 年)编写的有:李栋成(第一章至第八章),夏宏玉(第九章至第十五章)。

参加本书编写和修订的有:尚建忠(第一章至第八章),夏宏玉(第九章至第十五章)。

编者殷切希望广大读者对书中不妥之处提出批评和改进意见。

编 者

2000 年 11 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 本课程的研究对象和内容	(1)
1.3 课程特点及在教学中的地位	(3)
第二章 仪器、仪表设计基础知识	(4)
2.1 仪器、仪表设计的基本原则和步骤	(4)
2.2 仪器、仪表设计中的基本问题	(5)
2.3 材料及其选用原则	(6)
2.4 钢的热处理	(7)
第三章 仪表弹性元件	(9)
3.1 概述	(9)
3.2 片簧	(16)
3.3 游丝	(19)
3.4 螺旋弹簧	(24)
3.5 热双金属弹簧	(34)
3.6 膜片与膜盒	(37)
3.7 波纹管	(44)
3.8 弹簧管	(46)
习题	(52)
第四章 机构及其自由度计算	(53)
4.1 机构的基本知识	(53)
4.2 平面机构运动简图的绘制	(54)
4.3 运动链具有确定运动的条件	(58)
习题	(61)
第五章 杠杆传动	(62)
5.1 概述	(62)
5.2 曲柄滑块机构	(63)
5.3 正弦机构和正切机构	(64)
5.4 杠杆机构的设计原则	(65)

习题	(73)
第六章 间歇机构和螺旋传动	(74)
6.1 间歇机构	(74)
6.2 螺旋传动	(77)
第七章 摩擦轮传动与带传动	(88)
7.1 概述	(88)
7.2 摩擦轮传动	(88)
7.3 带传动	(92)
7.4 齿形带传动简介	(97)
习题	(98)
第八章 齿轮机构	(99)
8.1 齿轮机构的类型及特点	(99)
8.2 齿廓啮合基本定律	(99)
8.3 渐开线及渐开线齿廓的啮合特点	(101)
8.4 渐开线齿轮各部分名称和基本尺寸	(103)
8.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(105)
8.6 齿轮的加工原理	(108)
8.7 根切现象及防止根切的措施	(110)
8.8 斜齿圆柱齿轮机构	(112)
8.9 螺旋齿轮传动	(117)
8.10 圆锥齿轮机构	(119)
8.11 蜗杆传动	(121)
8.12 轮系	(126)
8.13 齿轮传动的传动比分配原则	(132)
8.14 齿轮传动的误差与精度分析	(136)
习题	(145)
第九章 轴和联轴器	(147)
9.1 概述	(147)
9.2 轴	(147)
9.3 联轴器	(153)
习题	(158)
第十章 支承和导轨	(159)
10.1 概述	(159)

10.2 滑动摩擦支承	(160)
10.3 滚动摩擦支承	(174)
10.4 弹性摩擦支承	(192)
10.5 滑动摩擦导轨	(194)
10.6 滚动摩擦导轨	(199)
10.7 滑动、滚动导轨设计中的几个主要问题	(202)
10.8 弹性摩擦导轨简介	(204)
习题	(205)
第十一章 示数装置	(207)
11.1 概述	(207)
11.2 标尺指针示数装置	(207)
11.3 记录装置	(218)
11.4 计数装置	(222)
习题	(223)
第十二章 阻尼器和减震器	(224)
12.1 概述	(224)
12.2 阻尼器	(224)
12.3 减震器	(232)
习题	(238)
第十三章 联接	(239)
13.1 概述	(239)
13.2 螺钉、螺纹联接	(239)
13.3 销钉联接	(247)
13.4 键联接	(250)
13.5 不可拆联接	(252)
13.6 光学零件的联接	(258)
13.7 仪器仪表中选用联接结构的基本原则	(261)
习题	(261)
第十四章 微动装置和锁紧装置	(262)
14.1 概述	(262)
14.2 微动装置	(263)
14.3 锁紧装置	(267)
习题	(270)

第十五章 外壳与机座	(271)
15.1 概述	(271)
15.2 外壳	(272)
15.3 精密仪器基座的特点和结构设计	(279)
15.4 电子仪器基座	(281)
习题	(282)

第一章 绪论

1.1 概述

仪器仪表零件结构设计，也就是仪器仪表机械设计。广义地说，任何人造的工具都是机械。机械是现代工业社会的支柱性产业，它与人类社会的生产、生活息息相关。回顾一下人类社会的发展历史，可以发现，一部人类社会的发展史，也就是机械不断变革、不断更新的历史。现代社会，机械的自动化、智能化、机电一体化的程度是衡量一个国家工业发展水平的重要标志，随着科学技术的不断发展，在国民经济和国防工业的各个部门，都广泛应用着各种类型的精密机械和仪器仪表。精密机械与仪器仪表是一个技术高度密集、自动化、智能化和机电一体化程度发展最为迅速的领域。现代的精密机械与仪器仪表，事实上已不再局限于纯机械类的精密机械元件或零部件的组装，而是精密机械技术、电子技术（包括计算机控制技术）和检测技术（包括光电检测）的结合体。

20 世纪 80 年代以来，由于以微电子技术、信息科学、能源科学、材料科学、海洋工程、生物工程、宇航工业和智能机器人等为标志的新技术革命的兴起，人们对仪器仪表提出了愈来愈高的要求。日本和德国相继提出了“精密工程”和“精密技术”的概念，一些国家还设立了“微细技术”专业。这些动向表明，为了适应现代科学技术发展的需要，从事仪器仪表工作的工程技术人员，既应有良好的精密机械技术的训练，又要善于将其与电子技术及其它技术结合起来，才能推动科学技术不断向前发展。例如，目前微电子技术已由大规模向超大规模发展，而且随着集成度的不断提高，其图形线条的宽度也越来越细，在科研产品上已开始由微米级（ μm 级）向亚微米级（ $0.1\mu\text{m}$ ）过渡，将来的目标是毫微米级（ $0.001\mu\text{m}$ 级）。要制造这样的微细线条，必须要有一整套高精度的微细加工和精密检测设备。这些设备的数量，一般要占整个生产线上设备总数的 $1/3$ 以上。在一些现代化的工业企业中，由于采用了高质量的自动化仪器仪表来自动调节和控制生产的各个环节，不仅有效地保证了产品的质量，而且大大提高了劳动生产率。

1.2 本课程的研究对象和内容

1.2.1 本课程的性质、任务

1. 性质

本课程是一门技术基础课，介绍的是仪器仪表中机械传动和机械结构的原理和设

计, 以及机械装置中一般参数的通用零部件及机构的设计基本规律和方法, 它是以后学习专业课中的仪器仪表设计及专用零部件设计的基础。

2. 任务和基本要求

本课程的任务和基本要求是:

1) 掌握仪器仪表中通用零件的工作原理、特点、应用范围、选型及其设计计算方法。

2) 掌握仪器仪表中常用机构的基本知识, 能够比较合理地进行选用。

3) 能对仪器仪表零件进行性能和结构分析, 对某些典型零部件进行精度分析和实验。

4) 能正确使用有关的标准、规范、手册、图表, 具有设计简单仪器仪表和精密机械传动装置的能力, 正确了解设计的方法和步骤。

5) 培养理论联系实际的学习方法和科学作风。

1.2.2 仪器仪表及其组成的概念

1. 仪器、仪表与机械

1) 机械

机械是机器和机构的总称。机器是具有下述三个特征的人为装置:

- A. 它是人为的多件实物组合体;
- B. 各实物之间具有确定的相对运动;
- C. 能做有用的机械功或转换机械能。

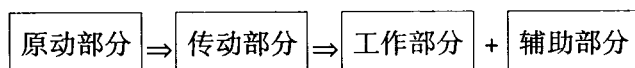
机构只具备机器的前两个特征而不具备第三个特征, 也就是说, 机构是具有确定相对运动的人为的多件实物组合体。

2) 仪器与仪表

仪器与仪表属于机构的范畴, 它们是用于观察、测量、记录和控制自然现象或生产过程的工具。如压力表、弹簧秤、钟表等。在设计方法上, 机械设计通常需要进行强度和效率计算, 而仪器仪表则往往由于载荷很小, 只需根据结构或工艺条件确定尺寸参数。一般不作强度计算。

2. 仪器、仪表的组成

仪器、仪表的种类繁多, 构造各异, 但从运动传递的角度来看, 仪器、仪表通常可由下述几个部分组成:



原动部分用于产生动力或转换物理量; 工作部分实现或完成仪器仪表的功用; 而传动部分则用来传递能量或运动, 其作用是:

- 1) 传递或放大位移;
- 2) 改变位移的性质;
- 3) 得到等分刻度标尺;
- 4) 进行能量的传递和分配。

根据用途的不同，传动可分为力传动和示数传动。

1.2.3 研究对象和内容

本课程的研究对象是仪器、仪表中的机械传动和机械结构以及常用的机械零、部件及机构。不同的仪器、仪表，其设计的着重点不同，要解决的问题也不同，但最基本的问题都是要解决运动和工作能力问题，因此，本课程的主要内容是：

- (1) 工作原理；
- (2) 运动设计；
- (3) 受力分析；
- (4) 结构设计；
- (5) 精度分析和误差计算。

1.3 课程特点及在教学中的地位

本课程的特点是：

(1) 综合性强。设计中要求综合运用以前所学的知识，如工程制图、工程力学、金属工艺学、金属材料、公差与技术测量等，必要时还须自行拓宽有关知识面。

(2) 实践性强。设计中必须从工程实际出发，零部件的好坏必须在整机上体现，因此设计中应坚持“以整机为依归”的思想。在学习中要多观察实物，要经常对实物进行操作或装拆，以增加感性认识，更好地实现理论和实践的统一。

(3) 工程性强。仪器、仪表的种类很多，完成同一任务可选用不同的零、部件或机构，而同一种零、部件或机构在不同的场合下，其受力状况、工作效率、设计原则和方法都不尽相同，因此必须牢记具体问题具体分析的观点。同时，在设计中还要大量采用经验数据和经验公式。因此，设计中一题多解的情况是普遍的，设计者必须权衡比较，在众多的可行方案中，找到最佳的答案。

我国的仪器仪表工业发展是很快的，但与国际先进水平相比，还存在不小的差距。仪器仪表零部件结构设计是精密机械与仪器仪表设计的基础，零部件水平在很大程度上决定着整机的水平，零部件的质量决定着整机的质量。为了赶超世界先进水平，为了振兴我国的仪器仪表工业，首先要把基础打好，要使精密机械与仪器仪表工业上升到一个新的台阶，认真学习好本课程极为重要。

第二章 仪器、仪表设计基础知识

2.1 仪器、仪表设计的基本原则和步骤

2.1.1 设计的基本原则

工程设计一般有两种：改进设计和重新设计，其目的都是为了使设备更好地满足使用要求，因此评定一个设计好坏的标准就是：

1) 是否最大限度地满足了使用要求？

2) 制造是否最经济？

因此设计时应满足：

1. 使用要求

使用要求又称技术要求，它是指使用者对设计所提出的必须满足的技术指标。

对仪器、仪表的使用要求一般有如下四个方面：

1) 基本性能 仪器的工作范围和在此范围内要达到的精度。

2) 可靠性和稳定性 在一定的工作范围和条件下，其结构和零件应有足够的强度和刚度，活动件运动灵活，磨损小，寿命长，保证仪器、仪表能正常持久地工作，能按规定的要求完成预定的功能和实现基本的性能指标。

3) 操作安全，方便，维护修理简单，外形美观。

4) 其它特殊要求 指因使用条件而对仪器、仪表提出的附加要求。如对体积、重量、低温条件、外壳固定型式等的要求。

2. 经济要求

这是在满足使用要求的前提下必须满足的又一基本要求。经济性好就是要求成本低。成本包括设计成本、制造成本和使用成本。成本的高低主要决定于设计的好坏。故在仪器、仪表的设计中，结构设计（包括结构工艺性）是一个极其重要并必须加以妥善解决的问题。

综上所述，要合理设计仪器、仪表零部件，必须紧紧抓住精度、强度和结构设计这三个环节。

2.1.2 设计的一般步骤

设计没有一成不变的步骤，但一般说来，大致可归纳成如下几个步骤：

(1) 明确设计的任务和要求 即设计什么，要实现什么功能，应具备哪些指标。

(2) 可行性分析 从技术和经济两方面考察设计是否可行。

(3) 总体方案设计 查阅有关技术资料、文献、技术情报和专利情况，根据不同的

工作原理提出几个可供选择的设计方案，进行分析比较，确定一个最佳方案。

(4) 技术设计 总体结构或总装配图设计，零、部件设计，精度分析和误差计算（或强度分析），编写设计计算说明书。

(5) 制造样机，样机鉴定，定型生产。

2.2 仪器、仪表设计中的基本问题

仪器仪表零件的结构尺寸是根据运动要求、工作能力（强度、刚度、磨损等）、结构和工艺性要求决定的。当受载较大时，其主要尺寸应按工作能力计算确定；当受载较小时，则常按运动特性、工艺结构以及设计规范来确定。

2.2.1 工作能力计算

1. 强度

强度是指零件承受载荷的能力（即不发生断裂或不超过允许限度的残余变形的能力）。强度条件为：

$\sigma \leq [\sigma]$ 或 $\tau \leq [\tau]$ ， σ 、 τ 为零件的工作应力， $[\sigma]$ 为零件的许用弯曲应力， $[\tau]$ 为零件的许用剪切应力。

$$[\sigma] = \sigma_{\text{lim}}/S, \quad [\tau] = \tau_{\text{lim}}/S$$

S 是安全系数，按载荷的性质或零件的重要性选取， σ_{lim} 、 τ_{lim} 为零件的极限应力。

塑性材料

$$\sigma_{\text{lim}} = \sigma_S, \quad \tau_{\text{lim}} = \tau_S \quad (\sigma_S、\tau_S \text{ 为屈服极限}),$$

脆性材料

$$\sigma_{\text{lim}} = \sigma_B, \quad \tau_{\text{lim}} = \tau_B \quad (\sigma_B、\tau_B \text{ 为强度极限})。$$

不同材料，不同工作条件的零件，其许用应力可在有关的设计手册中查到。

2. 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。一般用产生单位变形所需的外力或外力矩来表示。

例如，轴的扭转刚度 $M' = M_t/\varphi = GI_p/L$

式中： L 为轴的受扭长度；

I_p 为轴的截面极惯性矩；

G 为轴的剪切弹性模量。

零件的刚度与材料的强度极限无关，只与材料的弹性模量、零件材料的截面形状和几何尺寸有关。由于碳钢和合金钢的弹性模量相差甚小，所以对主要由刚度条件确定尺寸的零件，应优先选用碳钢。

有些零件要求有足够的刚度，否则当零件的刚度不够时，将使相互联系的一些零件不能很好地协同工作，降低零件的工作精度。另有些零件，则要求在一定的载荷作用下，能产生给定的变形，如弹性元件、减震器等，对这两种情况，都应进行刚度计算。

3. 磨损

磨损是指零件的表面形状和尺寸在摩擦条件下逐渐改变的过程。磨损将改变零件间的结合性质，改变运动的传递关系等，最终导致零件的失效。

磨损主要有两种，磨料磨损和跑合磨损。降低磨损的基本措施有：

- 1) 使接触表面充分润滑，定期换油。
- 2) 选用适当的密封装置。
- 3) 合理选择摩擦表面的硬度和粗糙度。常用硬度的测量标准有：布氏硬度（HB）、C级洛氏硬度（HRC）和维氏硬度。
- 4) 合理选择摩擦副的材料，尽量采用减摩耐磨材料，如巴氏合金、青铜、铸铁等。
- 5) 进行耐磨性计算。

2.2.2 零件的精度和误差

精度是衡量产品的性能和质量的重要指标，因此在设计产品时，应对产品的精度进行分析和计算，规定组成产品的各个零部件的精度。

精度又称精确度，它是指实际参数值（尺寸、几何形状等）与公称值的接近程度；误差则是指实际参数值与公称值之间的差异。误差越小、精度越高，成本也就越高。

产生误差的原因主要有三类：

1. 设计误差

设计误差又称原理误差，它主要产生在设计过程中，如在方案设计时采用近似机构代替理想机构，或采用近似的假定等，这就使得设计一开始就在原理上有了误差。

设计误差属于系统误差，在计算总误差时应按代数和相加。

2. 制造误差

制造误差又称工艺误差，它主要产生在零件的制造过程中，如零件材料性能上的差异，零件的尺寸和形状在制造和安装中的不准确等所引起的误差。

制造误差属于随机误差，在计算总误差时常假定误差按正态分布，故可按几何相加。

3. 使用误差

使用误差产生在零件的使用过程中。如零件的配合表面的磨损、在载荷作用下的变形、环境温度的变化而引起零件尺寸的改变以及震动、摩擦等原因所造成的误差。

使用误差也属于随机误差，在计算方法上与制造误差相同。

上述三类误差是互相制约的，应正确处理上述三类误差，以提高零件的精度。

2.3 材料及其选用原则

2.3.1 常用材料

仪器制造中应用的材料种类繁多，常用的可归纳如下：

- 1. 金属材料
 - 黑色金属
 - 铸铁：灰铸铁、球墨铸铁等。
 - 钢：碳素钢、合金钢、不锈钢等。
 - 精密合金：恒弹性合金、高弹性合金。
 - 有色金属
 - 铜合金：铅黄铜、锡青铜、铍青铜。
 - 铝合金：工业纯铝、硬铝、铸铝合金等。
 - 锌合金。
- 2. 非金属材料
 - 塑料：聚四氟乙烯、尼龙等。
 - 橡胶：氯丁橡胶、丁腈橡胶等。
 - 陶瓷：氧化物陶瓷、氮化物陶瓷、碳化物陶瓷。
 - 胶接剂：环氧树脂等。
 - 皮革
 - 人造宝石。
- 3. 复合材料

2.3.2 材料的选用原则

材料的正确选择是产品设计的一个重要问题，因为产品的工作能力、性能和成本在很大程度上决定于材料选用的正确与否。

选择材料的原则是：所选材料

- (1) 应具备保证零件正常工作时所必需的性质。
- (2) 应是具备同样必需性质的各种材料中较经济的一种。
- (3) 应是具备同样必需性质的各种材料中工艺性较好的一种。

2.4 钢的热处理

将零件加热到预定温度，保温一段时间，使其内部组织发生变化，然后按预定方式冷却到室温，以形成一定的金相组织结构，改变零件的性质，这一过程就称为热处理。

热处理的目的主要是：

- (1) 提高零件的强度、硬度和表面耐磨性。
- (2) 降低硬度，改善机械加工性能。
- (3) 消除零件内部的残余内应力。
- (4) 满足防锈、防腐等一些特殊要求。

常用的热处理方式有：

(1) 退火：将钢加热到稍高于临界温度，在此温度下保温一段时间，然后随炉温慢慢冷却。退火可降低钢的硬度，消除内应力，改善机械加工性能。

(2) 正火：将钢加热到稍高于临界温度，在此温度下保温一段时间，然后在空气中冷却。正火常用作普通零件的最后热处理（不再进行淬火和回火），此外低碳钢还常用正火来提高硬度，便于切削加工。

(3) 淬火：将钢加热到临界温度以上某一温度，保温一段时间后，在水或油中迅速

冷却。淬火能提高钢的硬度和耐磨性。

(4) 表面淬火：将钢的表面快速加热到临界温度以上某一温度，然后在水或油中迅速冷却。

(5) 回火：将淬火后的钢再加热到临界温度以下的某一温度，保温一段时间，然后在空气或油中冷却。回火可消除淬火产生的内应力，降低脆性，增加材料的韧性，淬火后必须回火处理。

根据加热温度的不同，回火又分为：

低温回火：加热温度为 150 – 250℃；

中温回火：加热温度为 300 – 400℃；

高温回火：加热温度为 500 – 650℃；通常将淬火 + 高温回火称为调质处理，调质处理可提高零件的综合机械性能。高温回火温度越高，钢的硬度也越低，但塑性和韧性越好。

(6) 时效处理：时效分为人工时效和自然时效两种；人工时效是将零件加热到 100 – 150℃，保温较长时间（一般为 5 – 20 小时），然后逐渐冷却。自然时效则是将零件长期放在室外。

时效的目的是消除冷、热加工过程中产生的内应力，使零件尺寸稳定。

(7) 冷处理：淬火后的零件立即放入零度以下的冷槽冷冻；其目的就是使零件的尺寸稳定，提高零件的硬度和寿命。

(8) 化学处理：将零件和其它化学元素一起加热至高温，保温一段时间，使化学元素的原子渗入零件的表面层，从而改变零件表面层的化学成分和组织结构。

常见的化学处理方法有：

1) 渗氮：氮原子渗入零件表面层的过程叫渗氮。渗氮后零件的表面硬度和耐腐蚀性好。

2) 渗碳：把零件加热到高温，使碳原子渗入到零件的表面层。渗碳后零件的表面硬度高，心部的塑性、韧性好，常用于低碳（合金）钢。

3) 氰化：氰化是将碳和氮同时渗入零件的表面层。氰化的目的是提高零件表面的硬度、耐腐蚀性和疲劳强度。

4) 表面氧化：表面氧化分为发蓝和发黑。发蓝是采用回火方法，使零件表面生成不同颜色的氧化膜；发黑（煮黑）是将洗净的零件放在高浓度的碱及氧化剂溶液中加热（135 – 145℃）和氧化，使其表面生成带有磁性的四氧化三铁薄膜。

表面氧化可提高抗腐蚀能力和寿命，并增加美观。

第三章 仪表弹性元件

3.1 概述

材料在外力作用下产生变形,除去外力后又能恢复原状的性质称为材料的弹性。利用材料的弹性完成各种功能的元件叫弹性元件。弹性元件在仪器、仪表中应用非常广泛,如液压控制装置、继电器、传感器、测力计、钟表、压力计、流量计等仪器、仪表中都使用了各种弹性元件。

3.1.1 弹性元件的类型

弹性元件的种类很多,它主要有如下几种分类方式:

1. 按结构形状分

- 1) 片簧:用矩形截面的金属薄片制成(图 3.1 (a))。
- 2) 平面涡卷弹簧:用金属带材绕制而成的平面螺旋弹簧(图 3.1 (b))。
- 3) 螺旋弹簧:用弹簧钢丝按空间螺旋线旋绕而成(图 3.1 (c))。
- 4) 压力弹簧管:用薄壁管制成的圆弧形中空管,并具有椭圆形或扁平形截面(3.1 (d))。
- 5) 波纹管:用圆柱形薄壁筒制成的带有环形波纹的弹性元件(3.1 (e))。
- 6) 膜片与膜盒:用圆形薄片制成的带有同心环状波纹(或无波纹)的弹性元件称为膜片(图 3.1 (f));两个膜片在边缘焊接起来称作膜盒。

2. 按用途分

1) 弹性敏感元件:在自动化仪表或自动控制系统中用弹性敏感元件将力、压力、温度等物理量转换成位移量(弹性元件的变形),以便测量或控制这些量。如片簧、螺旋弹簧、膜片、膜盒、波纹管等。

2) 力弹性元件:利用弹性元件的恢复力(或力矩)来完成一定的功能。在仪表中,这类弹性元件主要用作传动系统的能源或压紧元件。例如钟表机构中的发条、照相机快门机构中的动力弹簧和定位器(图 3.2(a))、棘轮机构中的接触弹簧等(图 3.2(b))。

3) 其它弹性元件:如用作控制、密封、补偿和导向作用的弹性元件。

图 3.3(a)所示的球面跳跃膜片具有突变的特性。当容器内下方的压力高于膜片上方的压力时,膜片向上弯曲;当两边压力差达到临界值时,膜片将失去稳定,产生跳跃,成为上凸形膜片,从而接通触点 2;当膜片两边的压力差降低到某一数值时,膜片又产生跳跃,恢复到原来的形状,触点 2 被断开。膜片在此过程中,具有控制触点开合的功能。图 3.3(b)所示为利用波纹管 1 作密封装置,以防止有害介质进入壳体 3 内部侵蚀电位计 4,同时又不影响杠杆 2 的运动。图 3.3(c)所示的水平调整器中,波纹管 2 和弹簧 3 组合系

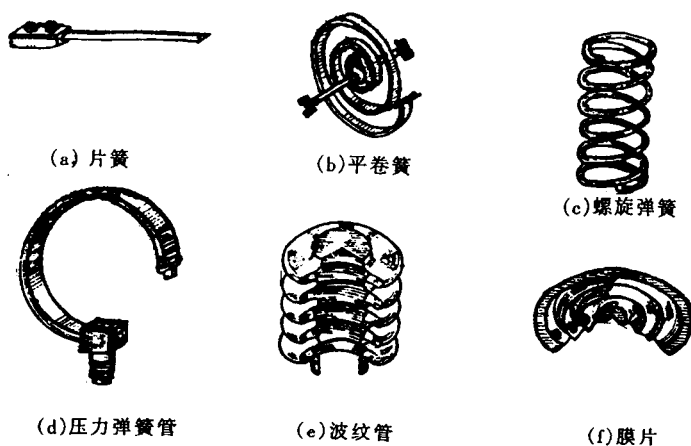


图 3.1 弹性元件的类型

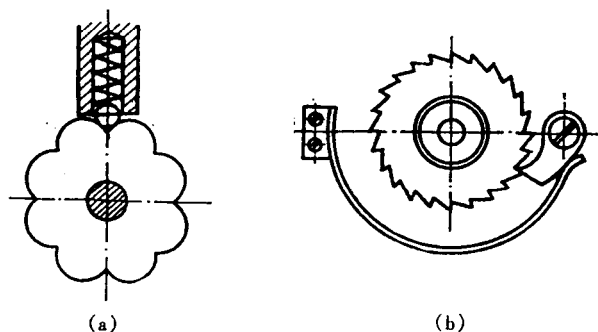


图 3.2 力弹性元件

统的作用是补偿温度变化时液体体积的影响,以保证气泡 1 的大小不变。导向用弹性元件详见弹性支承和弹性导轨部分。

3.1.2 弹性元件的基本特性及其影响因素

1. 弹性元件的基本特性

作用于弹性元件上的物理量(力、压力、温度等)与其引起的变形(位移或转角)之间的关系,称为弹性元件的基本特性。

1) 特性的表示方法

弹性元件的基本特征可用解析式表示,例如

$$\lambda = f(F)$$

$$\varphi = f(T)$$

$$\lambda = f(p)$$

式中 λ 、 φ 为弹性元件的变形;