



仪表零件及机构

庞振基 张弼光 主编

天津大学出版社

仪表零件及机构

庞振基 张弼光 主编

天津大学出版社

内 容 提 要

本书对仪器仪表中常用零部件及机构的工作原理、特点、应用范围、典型结构,以及设计和计算方法等方面均作了较详尽的阐述。

全书共分14章,分别为:仪表设计基础知识,弹性元件,机构及其自由度计算,连杆机构,凸轮机构及间歇机构,摩擦轮传动及带传动,齿轮传动,螺旋传动,轴、联轴器和离合器,支承,导轨,阻尼器及减震器,示数装置和联接。

本书可作为高等工业学校仪器仪表类专业仪表零件及机构课程的教材,亦可供有关专业师生和工程技术人员参考。

(津)新登字012号

仪表零件及机构

庞振基 张弼光 主编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本: 787×1092毫米¹/₁₆ 印张: 19³/₄ 字数: 490千字

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

印数: 1—3300

ISBN 7-5618-0282-X

TH·15

定价: 5.10元

前 言

本书是根据高等工业学校仪器仪表类自动化仪表、分析仪器和生物医学仪器等专业教学需要，并遵照《仪表零件及机构》教学大纲编写的。

仪表零件及机构是一门技术基础课程。其任务是使学生初步掌握有关仪器仪表及其零件、机构和设计的基本理论知识、计算方法、选型，并具备一定的结构设计能力。

本书在总结多年教学实践、教学改革和教材建设经验的基础上，运用辩证唯物主义和历史的唯物主义的观点，阐述本门学科的基本规律。在内容编排上，从仪器仪表对零、部件及机构的基本要求出发，介绍其工作原理、特点、应用范围和典型结构，进而分析研究各种常用零部件及机构的理论计算和结构设计方法。理论计算与结构设计并重。

本书由庞振基、张弼光主编。

参加本书编写的有：庞振基（绪论、仪表设计基础知识、齿轮传动），张弼光（弹性元件、示数装置），玄兆兴（机构及其自由度计算、连杆机构、凸轮机构及间歇机构），黄正义（螺旋传动、摩擦轮传动及带传动），张义成（轴、联轴器和离合器、联接），赵英（支承），秦文学（导轨、阻尼器及减震器）。

本书由叶松林、傅雄刚主审。他们对本书提出了不少宝贵意见和建议，在此谨致谢意。

编者殷切希望广大读者对书中不妥之处批评指正。

编 者

1990年7月8日。

目 录

绪论	(1)
第一章 仪表设计基础知识	(4)
§1-1 仪表设计的基本原则和步骤	(4)
§1-2 仪表零件的工作能力及其计算	(5)
§1-3 仪表的误差和精度分析	(8)
§1-4 结构工艺性	(9)
§1-5 材料及其选取的原则	(9)
§1-6 钢的热处理	(10)
§1-7 标准化及其应用	(12)
第二章 弹性元件	(14)
§2-1 概述	(14)
§2-2 片簧	(22)
§2-3 游丝	(27)
§2-4 螺旋弹簧	(31)
§2-5 热双金属弹簧	(48)
§2-6 膜片和膜盒	(53)
§2-7 波纹管	(62)
§2-8 弹簧管	(65)
§2-9 谐振弹性元件	(70)
第三章 机构及其自由度计算	(72)
§3-1 概述	(72)
§3-2 构件及运动副	(72)
§3-3 机构及机构运动简图	(73)
§3-4 平面机构自由度的计算	(75)
第四章 平面连杆机构	(77)
§4-1 概述	(77)
§4-2 四杆机构的基本型式	(77)
§4-3 四杆机构的演化型式	(78)
§4-4 四杆机构有曲柄的条件和几个基本概念	(80)
§4-5 四杆机构的设计	(82)
第五章 凸轮机构及间歇机构	(93)
§5-1 凸轮机构的应用及分类	(93)
§5-2 从动杆常用运动规律	(94)

§5-3	凸轮轮廓的设计	(97)
§5-4	凸轮机构设计中的几个问题	(100)
§5-5	间歇机构	(102)
第六章	摩擦轮传动及带传动	(108)
§6-1	概述	(108)
§6-2	摩擦轮传动	(108)
§6-3	带传动	(111)
§6-4	齿形带传动	(113)
§6-5	其他型式的带传动简介	(121)
第七章	齿轮传动	(123)
§7-1	概述	(123)
§7-2	齿廓啮合基本定律	(124)
§7-3	渐开线的形成及其性质	(125)
§7-4	渐开线齿廓满足齿廓啮合的基本规律	(128)
§7-5	渐开线齿轮各部分的名称、符号和几何尺寸的计算	(129)
§7-6	渐开线直齿圆柱齿轮传动	(133)
§7-7	渐开线齿廓切制原理	(137)
§7-8	齿廓的根切现象及最少齿数	(139)
§7-9	变位齿轮	(140)
§7-10	斜齿圆柱齿轮传动	(147)
§7-11	螺旋齿轮传动	(153)
§7-12	蜗杆传动	(154)
§7-13	圆锥齿轮传动	(159)
§7-14	轮系	(162)
§7-15	齿轮传动链的设计	(168)
§7-16	修正摆线(仪表圆弧)齿轮	(181)
§7-17	谐波齿轮传动简介	(185)
第八章	螺旋传动	(187)
§8-1	滑动螺旋传动	(187)
§8-2	滚动螺旋传动	(194)
第九章	轴、联轴器和离合器	(198)
§9-1	概述	(198)
§9-2	轴	(198)
§9-3	联轴器	(203)
§9-4	离合器	(208)
第十章	支承	(215)
§10-1	概述	(215)
§10-2	圆柱支承	(215)
§10-3	圆锥支承及顶针支承	(220)

§10-4	轴尖支承及球支承	(223)
§10-5	标准滚动轴承	(225)
§10-6	弹性摩擦支承	(237)
§10-7	其他支承简介	(239)
第十一章	导轨	(242)
§11-1	概述	(242)
§11-2	滑动摩擦导轨	(243)
§11-3	滚动摩擦导轨	(248)
§11-4	弹性摩擦导轨和流体摩擦导轨	(251)
第十二章	阻尼器和减振器	(254)
§12-1	概述	(254)
§12-2	阻尼器	(254)
§12-3	减震器	(264)
第十三章	示数装置	(270)
§13-1	概述	(270)
§13-2	标尺指针示数装置	(270)
§13-3	记录装置	(281)
§13-4	计数装置	(286)
第十四章	联接	(288)
§14-1	概述	(288)
§14-2	螺钉和螺纹联接	(290)
§14-3	销钉联接	(297)
§14-4	键联接	(299)
§14-5	钎接	(300)
§14-6	铆接	(301)
§14-7	压合	(303)
参考文献		(305)

绪 论

随着生产和科学技术的不断发展,仪器仪表广泛用于机械制造、冶金、化工、能源、环保、生物医学工程和航空航天等部门,成为观察、测量、计算、记录和控制自然现象与生产过程的工具。在现代工业企业中,由于采用高质量的自动化仪器仪表来自动调节和控制生产过程,这不仅更好地保证了产品质量,而且大大提高了劳动生产率。

为了发展国民经济,实现四个现代化,必须大力发展科学技术。而发展科学技术,除了需要进行理论上的研究探讨外,尚须进行一系列的科学实验,仪器仪表是进行科学研究的得力助手,是科学实验中必不可少的重要工具。因此,仪器仪表的发展水平在某种程度上代表了生产和科学技术的发展水平。

仪器仪表的品种繁多,工作原理和构造各不相同,但就仪器仪表本身的组成而言,则可划分为基本和辅助两大部分。

典型测量仪表的基本组成部分,通常由灵敏元件、传动放大机构和示数装置三部分组成。

1. 灵敏元件

测量仪表的工作,实质上就是使待测量与量测单位进行比较,其比值就是待测量的大小。但是,除了极少数物理量(如长度、重力)能够作出物质的量测单位(量具),直接与待测量进行比较外,对于多数的物理量(温度、压力等等)是不适于或不可能直接进行比较的。因此,在测量仪表中,常需要采用灵敏元件,以便把不便于直接进行比较的物理量转换成易于直接进行比较的物理量。如压力表中的弹簧管,用来将压力(待测量)转换为其上给定点的位移。

2. 传动放大机构

在测量仪表中,采用传动放大机构的目的是:

1) 传递或放大位移。灵敏元件上给定点的位移通常比较小,为了保证能准确读取测量结果,需要利用传动放大机构把灵敏元件上给定点的位移放大。

2) 改变位移的性质。根据仪表工作情况,通过传动机构把线位移转变为角位移;或者相反,把角位移转变为线位移。

3) 为了得到等分刻度标尺。在某些仪器仪表中,灵敏元件上给定点的位移与待测物理量的变化不成线性关系,这时,如果希望示数装置中的标尺是等分刻度,则需要利用变传动比的传动放大机构来补偿灵敏元件与待测物理量的非线性关系,使示数装置中指针的位移与待测物理量的变化成线性关系。

3. 示数装置

用来在接受传动放大机构的位移后,指示出待测量的数值。

现结合一具体的测量仪表来进一步说明。

图0-1a所示为弹簧管压力表示意图。弹簧管1的一端固定,另一端(自由端)用铰链B与连杆2联接在一起,3为扇形齿轮,4为小齿轮(韶轮),5为指针,6为标尺。

用作灵敏元件的弹簧管，为一弯曲的椭圆截面的薄壁弹性金属管。在压力（待测的物理

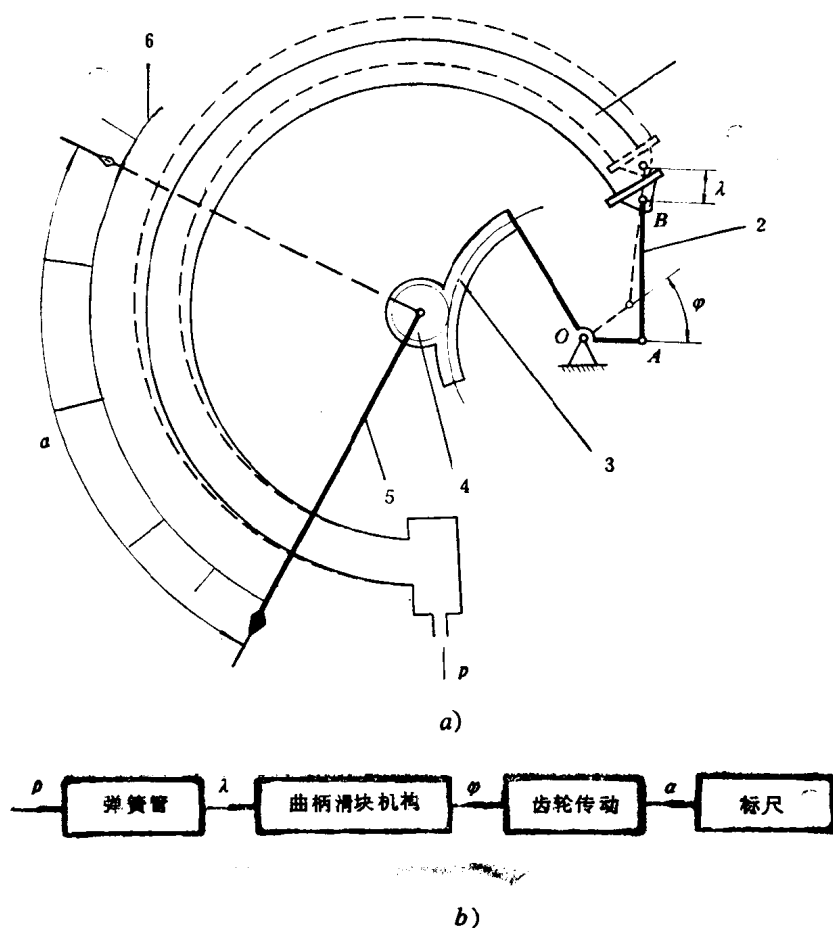


图0-1 弹簧管压力表

量）作用下，将产生使其伸直的力。这个力被弹簧管本身具有的弹性力平衡，并使其自由端（是封闭的）产生位移。

与弹簧管自由端相联的是传动放大机构。该机构由两个基本机构即连杆机构 OAB 和由扇形齿轮 3 与齿轮 4 组成的齿轮机构组成。前者把弹簧管末端的线位移改变为角位移，后者把位移放大，以便准确读数。

该测量仪表的示数装置是由指针 5 和标尺 6 组成。通过指针转动后的位置，即可在标尺上指示出压力数值。

表示仪表各基本组成部分相互关系及作用的原理图称为仪表框图，如图0-1b)所示。

应当指出，并不是所有的测量仪表都包含上述三个部分。例如，用来测量小位移或小长度的钟表式百分表，由于待测量本身可直接量测，因此不需要转变为其它物理量，所以不需要灵敏元件；又如，磁电式测量仪表（电流表、电压表）由于灵敏元件（游丝）输出的角位移已经足够大，因此不再需要传动放大机构。

用来保证仪器仪表正常工作而又不属于上述三部分的零、部件或装置（如轴、支承、导轨、阻尼器和减震器等），称作仪器仪表的辅助部分。

应该指出，辅助部分是保证仪器仪表正常、可靠工作所必需的部分，没有它仪器仪表将无法工作。它的优劣和完善与否，也是保证和提高仪器仪表质量的关键。

组成仪器仪表的零、部件及机构是多种多样的，基本上可以划分为通用和某些仪器仪表专用两大类。《仪表零件及机构》课程主要研究组成仪器仪表的通用零、部件及机构的工作原理、特点、结构及其设计计算的一般原则和方法。

仪表零件及机构是高等工业学校仪器仪表类各专业的技术基础课程。它综合运用理论力学、材料力学、金属工艺学、金属学及热处理、公差及技术测量和机械制图等课程中的有关知识，来解决零、部件及机构的设计问题。同时，本门课程又为学习有关专业课程准备了必要的条件。

本课程的任务是使学生通过学习掌握仪器仪表中通用零、部件及机构的工作原理、结构特点和设计计算的基本理论和基本方法，培养学生根据给定的条件和要求，正确选型及进行设计的能力，为各专业仪器仪表的设计打下基础。

第一章 仪表设计基础知识

§ 1-1 仪表设计的基本原则和步骤

一、基本原则

仪器仪表的设计任务可分为两类：1) 设计新的仪器仪表；2) 改进和完善现有的仪器仪表。不论那一类任务，都是为了把仪器仪表制造出来交付使用。因此评定仪器或仪表设计优劣的主要技术经济指标是：

- 1) 是否能够最大限度地满足使用要求；
- 2) 是否具有良好的工艺性并能够最经济地制造出来。

为此，在设计过程中，应遵循下述基本原则。

(一) 满足规定的使用要求

由于仪器仪表的种类繁多，工作条件不同，使用要求也不相同，但可以归纳为下述四个方面：

- 1) 首先应满足基本性能要求。其中包括仪器仪表的工作范围、精度和灵敏度等；
- 2) 在使用期限内，应保证工作可靠，性能稳定。要求组成仪器仪表的零件和机构具有足够的强度、刚度、耐磨性和抗振性，同时，尚需考虑温度、湿度和气压变化等环境条件对仪器仪表的影响；
- 3) 满足某些特殊要求——高温、低温和耐腐蚀等；
- 4) 体积小、重量轻，操作方便、安全，维护修理简便，外形美观。

(二) 良好的工艺性和经济性

这是指在一定的生产规模和生产条件下，使仪器仪表能够以最小的劳动量和最少的加工费用制造出来，这就要求：

- 1) 在满足使用要求的前提下，结构尽量简单，尽量使安装调整方便，必要时应考虑调整环节和补偿环节；
- 2) 合理规定零件的制造精度、表面粗糙度及其它技术要求；
- 3) 尽量采用标准零、部件及标准尺寸，以便于互换、制造和维修，有利于缩短设计和生产周期，降低成本；
- 4) 合理选用材料，使材料既能满足使用要求，又要价格便宜；要尽可能节约贵重材料，特别是我国稀缺的材料。

上述各项原则，相互关联又相互矛盾。例如，为了保证工作可靠，提高强度，而不得不增大机构和零件的尺寸，这样将招致结构笨重而浪费材料。因此，要同时满足所有的要求是困难的，设计时必须根据具体情况全面分析，分清主次，合理设计。为此，要求设计者除应掌握有关设计计算方法外，尚需具备足够的工艺知识，熟悉有关材料的性能和供应情况。

二、一般步骤

设计过程没有一成不变的步骤，它与产品（仪器仪表）的具体要求、生产条件、生产周期以及设计人员的经验有关。但对于组织批量生产的新产品设计，一般可按下述步骤进行。

（一）依据使用要求拟定设计任务书

为了保证产品满足使用要求，设计时，应编制出详细的设计任务书，明确规定产品用途、主要性能指标及要求。例如工作范围、精度要求、工作条件、重量及尺寸限制、特殊要求和生产批量等。设计任务书是产品设计的主要依据。

（二）拟定设计方案

设计人员接受设计任务后，应首先对任务书进行分析研究，明确产品要求，然后拟定设计方案。为了使设计方案正确合理，需要进行调查研究，包括访问使用和制造单位，了解他们的意见和要求，查阅有关技术资料，了解有关科研成果的应用、技术情报及专利情况。在此基础上，根据不同工作原理，拟出不同的设计方案，经过全面分析比较，确定最佳的设计方案。

（三）技术设计

技术设计内容包括拟定详细的传动系统图（必要时拟出电气线路图）和分析计算。

分析计算常包括：运动计算，以保证机构能实现预期的动作，满足传动特性要求；动力分析计算，以求出作用于机构各零件上的载荷大小；工作能力计算，以保证零件满足强度、刚度、耐磨性等要求；误差分析计算，以满足仪器仪表的精度要求等。通过各项计算确定零件的有关尺寸参数。

（四）结构设计

结构设计即进行装配草图的设计，确定零、部件之间的相对位置和联接方法以及零件的具体形状和尺寸。在设计过程中，结构设计与分析计算交错进行，因为绘制装配草图时，需要利用分析计算求得的尺寸参数，而分析计算时，又常需要从装配草图中量取某些尺寸作为计算的原始数据。

（五）拟订生产技术文件

绘制总装配图、部件装配图、零件图；编制技术说明书、标准件和外购件明细表等。

（六）试制和试验

通过试制和试验阶段，可根据结果对原设计进行改进，全面审查和校核技术文件，直到定型生产。

上述设计步骤在具体设计中常常不易划分出来而是交错进行。并随着设计任务、生产条件 and 设计人员的经验不同，设计步骤也可不同。例如，对于仿制或改进现有仪表来说，就常从分析原仪表的特点和使用要求由测绘开始。

§ 1-2 仪表零件的工作能力及其计算

仪表零件的尺寸是根据机构的运动要求（给定特性）、工作能力（强度、刚度、耐磨性等）、结构条件和工艺要求决定的。对于承受载荷较大的零件，工作能力是决定其尺寸的主要因素；而对于承受载荷较小的零件，则往往是按照运动特性、结构条件和工艺要求来确定其尺寸和形状，必要时再进行工作能力的验算。

一、强度

强度是指零件承受载荷后不发生断裂或超过允许限度的残余变形的能力。设计时,判断强度的方法是把零件在载荷作用下产生的应力(σ 、 τ)与许用应力($[\sigma]$ 、 $[\tau]$)比较,零件的强度条件为

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{或} \quad \tau \leq [\tau] \quad (1-1)$$

许用正应力 $[\sigma]$ 和许用切应力 $[\tau]$ 可由下式求得

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{[S_\sigma]} \quad \text{或} \quad [\tau] = \frac{\tau_{lim}}{[S_\tau]} \quad (1-2)$$

式中 σ_{lim} 、 τ_{lim} ——材料的极限应力;

$[S_\sigma]$ 、 $[S_\tau]$ ——安全系数,根据零件的载荷性质和重要程度选取。

根据材料在变形过程中有无屈服现象,材料分为塑性材料(延伸率 $\delta_s > 5\%$)的脆性材料($\delta_s < 5\%$)。大部分零件不允许产生塑性变形,否则就会失去工作能力。所以,对于塑性材料,屈服极限 σ_s 或 τ_s 是强度计算的主要依据,即取 $\sigma_{lim} = \sigma_s$ 或 $\tau_{lim} = \tau_s$ 。对于脆性材料或考虑零件不产生断裂所能承受的最大应力时,则强度极限 σ_b 或 τ_b 是强度计算的主要依据,即取 $\sigma_{lim} = \sigma_b$ 或 $\tau_{lim} = \tau_b$ 。但在具体应用中,有时塑性材料也采用 σ_s 来计算,此时,安全系数应取大些。

当零件承受交变载荷(随时间作周期性变化的荷载)或冲击载荷(突然施加的荷载)时,还应进行疲劳强度或冲击强度计算。不过,在仪器仪表中,某些弹性元件的设计,一般不进行此种计算,而是用降低材料许用应力(加大安全系数)的办法按静强度进行简化计算。

二、刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力(单位变形所需施加的载荷)。有些零件,要求有足够大的刚度,即在载荷作用下,零件的变形应尽可能小,否则,将使相互联系的一些零件不能很好地协同工作,降低工作精度。例如齿轮传动中,若轴的扭转刚度不足,将会产生转角误差,降低传动精度。而对另外一些零件,则要求有一定的刚度,即在载荷作用下,零件应产生给定的变形,例如弹性元件、减震器等。因此,对于这类零件必须进行刚度计算。

从材料力学可知,零件刚度的大小与材料的强度无关,而只与材料的弹性模量、零件的截面形状和几何尺寸有关。例如,轴的扭转刚度为

$$T' = \frac{T}{\varphi} = \frac{GI_p}{L} \quad (1-3)$$

式中 T ——扭矩;

φ ——扭转角;

G ——材料的切变模量;

I_p ——极惯性矩;

L ——受扭矩作用部分的长度。

由于钢碳与合金钢的弹性模量相差甚小,所以,对于主要由刚度条件确定尺寸的零件,应该选用碳钢而不应采用合金钢来制造。只有要求高强度时,才采用合金钢。

由于零件刚度的精确计算非常困难,因此,目前采用的零件刚度计算方法是具有条件性的,即根据一些简化条件,用材料力学公式计算出零件的变形,然后与许用值加以比较。变形的许用值是根据经验或从实践中整理出来的统计资料确定的。

三、磨损

零件的尺寸在摩擦条件下沿其工作表面逐渐改变的过程，称为磨损。磨损将改变零件间的接合性质，从而引起一系列不良后果，甚至使零件失效。所以，应设法减轻磨损和提高零件的耐磨性。

减轻磨损的主要措施有：

1) 使摩擦表面充分润滑。遵循一定条件建立起来的液体摩擦的润滑状态基本上可以消除磨损。在磨损过程中产生的大量金属粉末起着磨料的作用。因此，定期清洗，更换润滑油和加设过滤器等，可以减小磨损，延长零件寿命。

2) 选用适当的密封装置，防止硬质微粒落入摩擦表面。

3) 合理选择摩擦表面的硬度和粗糙度。

硬度是指材料表面抵抗另一种物体压入体内的能力（抵抗表面局部塑性变形的能力）。因此，零件的硬度反映了零件的耐磨性。根据测量硬度的方法不同，常用的有布氏硬度(HB)和C级洛氏硬度(HRC)。此外，也应用A级和B级洛氏硬度(HRA和HRB)或维氏硬度(HV)。各种不同硬度值的换算关系及不同材料热处理或化学处理后的硬度数值，可在有关资料或手册中查取。

4) 合理选择摩擦副材料。因为相同金属比异种金属的粘着倾向大，所以，在滑动摩擦条件下工作的两零件应采用不同材料制造，通常是把其中之一（如滑动轴承的轴瓦、摩擦轮传动中的蜗轮摩擦轮）用减摩材料或摩擦材料制造。

减摩材料是具有摩擦系数小，抗磨性高、跑合性好等特点的材料。例如青铜、黄铜、巴氏合金、减摩铸铁和某些非金属材料。减摩材料的金相结构是由许多硬度不同的成分组成的。由于在这样的结构中各部分的磨损不同，于是在摩擦表面间形成相互串联的局部间隙。这就为润滑油在摩擦面间的贮存和循环流动、局部油楔的形成和流畅地排除磨掉的材料微粒等创造了条件。

摩擦材料是具有摩擦系数高而稳定，抗磨性和耐热性好等特点的材料。例如铸铁、金属陶瓷和许多非金属材料等。制动器、摩擦离合器和摩擦轮传动的零件多用这类材料制造摩擦表面。

由于影响磨损的因素较多（例如载荷的性质和大小、滑动速度、润滑和冷却条件等），因此很难建立有充分理论基础的磨损计算方法。目前多采用条件性计算方法。即根据压强 P 和与摩擦功成比例的量—— Pv 值近似地判断零件的抗磨强度，同时令 P 和 Pv 的计算值满足下列条件：

$$P \leq [P] \quad (1-4)$$

$$Pv \leq [Pv] \quad (1-5)$$

式中 P ——压强，即单位接触面积上的压力 (MPa)；

v ——接触面间的相对滑动速度 (m/s)；

$[P]$ 、 $[Pv]$ —— P 、 Pv 的许用值。

四、振动稳定性

零件发生周期性变形的现象称为振动。如果零件的固有频率（自振频率）与载荷的作用频率相同，将会发生共振。一般情况下，零件会因共振丧失工作能力而失效。

一般零件由于刚度较大，固有频率很高，产生共振的可能性很小。但弹性元件及其系

统,固有频率较低,因而容易与载荷作用频率相同而产生共振。

防止共振的方法有:1)消除引起共振的载荷;2)改变零件的固有频率;3)采用由减震器组成的隔振系统。

§ 1-3 仪表的误差和精度分析

仪表的精度是指仪表工作结果的正确程度。例如,任何测量仪表,都不可能把所测物理量的大小绝对正确地指示出来。测量结果与实际值之间的差异称为仪表误差。

误差和精度是两个相互对立的概念,也就是说,误差愈小,精度愈高。

为了便于分析和研究如何采用合理方法提高仪表的精度,首先须弄清影响精度的因素,找出产生误差的原因。

产生误差的原因较多,主要有以下三类:

1)设计误差。这类误差产生在设计过程中,例如在拟定设计方案时,由于选用近似机构代替理想机构,以及采用了近似的假定,使所设计的机构在原理上就有了误差,这种误差又称为原理误差;

2)工艺误差。这类误差产生在制造过程中,例如,零件材料性质不均匀,零件尺寸和形状不可能制造准确以及装配调整不够准确而引起的误差;

3)使用误差。这类误差产生在使用过程中,例如,零件配合表面的磨损和变形、零件在相对运动中形成的摩擦、环境温度的变化而引起零件尺寸的改变以及振动等原因所造成的误差。

应当指出,上述三类误差有时是互相制约的。例如,为了减少设计误差而不采用近似机构,将会使仪表结构复杂,因而增加了制造困难和工艺误差。此外,为了减小工艺误差,采用较严格的公差以提高仪表的精度,将会提高制造成本。因此,如何处理好这三类误差的关系,对合理提高仪表精度至关重要。

下面介绍一些提高仪表精度的基本原则:

1)在满足使用要求的前提下,应尽可能简化结构。这样,不仅能降低制造成本,且由于制造简单、工艺误差小,有利于提高精度;

2)单纯靠提高零件的制造精度来保证仪表精度是不合理的。因为这样不但提高了制造成本,而且提高精度的目标有时也难以实现。因此在设计高精度仪表时,需考虑采用调整装置和补偿环节,藉以保证和提高精度。

3)传动机构中的空程是造成仪表误差的原因之一。设计时,应采用消除空程误差的结构,以保证精度;

4)对很多仪表来说。示数传动机构中的摩擦是重要的误差根源。因此,在设计这一类仪表时,应力求减小其摩擦。减小摩擦的方法有:应用摩擦小的支承和导轨;采用摩擦系数小的材料;降低摩擦表面的粗糙度等。

5)零件表面的磨损是仪表逐渐丧失原始精度的主要原因。因此,在设计仪表时,需设法提高零件的耐磨性,或采用磨损后可以进行调节的结构。

应当指出,并非所有零件的精度对仪表精度都有重要影响。设计时应进行具体分析,对不影响整个仪表精度的零件,如制造精度太高,只会增加产品成本。显然,这也是不合理的。

§ 1-4 结构工艺性

在设计仪器仪表时，除应很好满足使用要求外，还应该使其能够最经济地制造出来。因此，应注意整体结构以及各个零件的工艺性。

工艺性良好的标志是：1) 需要的工时少，且不要求技术水平很高的工人；2) 需要的复杂设备少；3) 材料消耗少；4) 准备生产的费用低。

必须指出，工艺性与生产规模和具体的生产条件有关。对于某一种生产条件下是工艺性很好的结构，而在另一种生产条件下就不一定也是很好的。虽然如此，仍可提出一些通用的改善结构工艺性的原则：

1) 整体结构应能很容易地分拆成若干部件，各部件之间的联系和相互配置应能保证易于装配，维修和检验；

2) 在结构中应尽量采用已经掌握并已生产过的零、部件，特别是尽量选用标准件，在同一结构中，应尽量采用相同零件；

3) 仪器仪表结构中的零、部件应具有互换性。互换性可使其装配容易，维修方便。

零件工艺性也与生产规模和生产条件有关。改善零件工艺性的一般原则是：

1) 零件的形状应尽量简单。例如尽量采用圆柱面、平面等，以利于加工；

2) 零件中的孔、槽等尺寸，应尽可能选用标准刀具制造；

3) 由于仪器仪表中的零件一般尺寸较小，设计时，应使其具有必要的刚度，防止加工时变形，以保证必要的精度。

§ 1-5 材料及其选取的原则

一、常用材料

仪器制造中应用的材料种类繁多，常用的有如下材料。

(一) 黑色金属材料

黑色金属是指由铁和碳两种主要元素组成的铁碳合金，根据合金中碳的含量可分为以下三种。

1. 纯铁 (含碳量 $<0.04\%$)

纯铁主要用于导磁性能要求高的电器零件。

2. 铸铁 (含碳量 $>2\%$)

铸铁又名生铁，因其性脆，不能锻打只能铸造，故称铸铁。根据金相组织不同，铸铁分为灰铸铁、白口铸铁、球墨铸铁和可锻铸铁。其中，灰铸铁的应用最广，常用牌号有 HT150、HT200、HT250 和 HT300 等。

3. 钢 (含碳量在 $0.04-2\%$ 之间)

按化学成分不同，钢分为碳钢和合金钢。碳钢又按含碳量不同，分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。合金钢是在钢中加入一些合金元素。如锰、铬、镍、钼等而成。根据加入合金元素的总量不同，合金钢分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。常用的牌号有：A3、A5、30、45、50、20Mn、45Mn、T8、T10、T8A、T10A、3Cr13、1Cr18Ni9Ti 等。

（二）有色金属材料

除铁和钢以外的金属都叫有色金属。与铁和钢比较，有色金属在物理性能和化学性能上有很多优点，例如，密度小、耐腐蚀和高的导电、导热性能以及耐高温性能和良好的工艺性能等。为了充分发挥有色金属的性能，一般多用有色金属的合金。仪器制造中常用的有色金属有：H62、HPb59-1、ZQSn10-1、ZQAl9-4、QBe2等。

（三）非金属材料

仪器制造中常用的非金属材料，主要有各种工程塑料、人造宝石、橡胶、有机玻璃、陶瓷等。

由于工程塑料具有优良的性能，因此在仪器仪表中应用日渐广泛。常用的品种有：聚酰胺塑料（尼龙）、聚甲醛、聚碳酸酯、聚四氟乙稀和聚砒等。

上述材料，绝大多数已经标准化，关于它们的化学成分，力学性能，使用场合均可以在有关的标准或资料中查到。

二、材料的选用原则

在产品设计中，合理地选择材料是一个很重要的问题，是保证产品质量、降低成本和提高产量的重要措施之一。因同一零件如采用不同材料制造，则零件尺寸、结构、加工方法、工艺要求等都会有所不同。

选择材料的基本原则是根据产品对材料的要求，合理选用。因此，在选择材料时，应主要考虑下列三方面的问题。

1) 使用要求

使用要求包括零件所受载荷和应力的性质及分布情况，也包括工作条件（即零件所处环境如介质、工作温度、摩擦性质等）、对零件尺寸和重量的限制、零件的重要程度和其它特殊要求（如导电性、抗磁性）等。

2) 工艺要求

为使零件容易制造，选用的材料应与零件结构、尺寸大小和毛坯的制造方法相适应。例如，外形复杂、尺寸较大的零件，若用铸造毛坯，则应选铸造性能好的材料，若采用焊接毛坯，则应选焊接性能较好的材料；尺寸小、外形简单、批量大的零件，适用于冲压或模锻的方法制造，所选用材料的可塑性应较好。此外，在选材料时，还必须考虑热处理工艺。

3) 经济要求

在选择材料时应综合考虑各方面的情况，保证零件能最经济地制造出来。首先是材料的价格，应在满足使用要求的前提下，采用价格较低的材料，这对大批生产尤其重要；其次是材料的加工费用要低。

此外，尚需考虑材料的供应情况，简化材料的供应和贮存的品种。为此，应尽可能减少同一产品中材料的品种和规格，以免给供应和生产造成困难。

§ 1-6 钢的热处理

钢的热处理是利用固态加热、保温和冷却方法，来改变钢的内部组织，从而达到改善钢的性能的一种工艺方法。

热处理与一般机械加工和铸造工艺不同。机械加工和铸造是为了获得一定形状、一定精