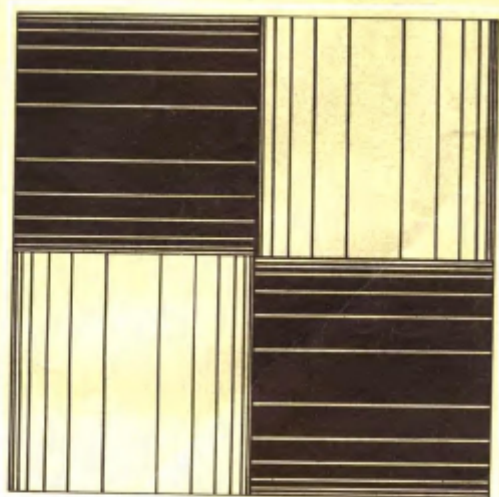


精密机械仪器零件

叶松林主编

仪器零件

木主编



浙江大学出版社



浙江大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍精密机械仪器、仪表中常用机构和零部件的工作原理及设计计算方法。全书分绪论、机构及其组成、连杆机构、凸轮机构及间歇机构、螺旋传动、带传动、齿轮传动、齿轮传动系统设计、轴、支承、联轴器和离合器、导轨、弹性元件、联接、限动装置、示数装置、阻尼器与减震器等共十七章。本书根据仪器、仪表中机械结构设计的要求,对各种机构和零部件的精度作了必要的分析。

本书可作为高等院校精密机械仪器仪表类专业的教材或教学参考书,也可供有关技术人员参考。

精 密 机 械 仪 器 零 件

叶松林 主 编

责任编辑 李桂云

• • •

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

• • •

开本 787×1092 1/16 20.125印张 字数 477千字

1989年5月第1版 1989年5月第1次印刷

印数1—3000

ISBN7-308-00332-9

TH·012 定价: 4.35元



前 言

本书为精密机械仪器仪表类专业的教学需要而编写。初稿曾于1984年铅印,供浙江大学、华东工学院等院校使用。这次出版是根据几年来教学实践经验,并吸取兄弟院校使用意见,在原稿基础上作了修改而成。

修订后的《精密机械仪器零件》是以精密机械仪器仪表中常用机构和零部件的功能、工作原理、设计计算方法及应用为主,适当介绍机构及零部件设计中的精度分析,而对设计中的强度计算则力求简化。为配合理论分析,各章选编了一些示例。

本书有关名词、术语和技术规范均以现行国家标准为依据,采用了国家新的法定计量单位制。

参加本书编写的有浙江大学叶松林(一、七、八章),冯骏良(二、三、四、六章),王友家(九、十、十一章),孙征伟(十二章),叶宗兴(十三、十七章)和华东工学院张超鹏(五、十四章),俞灵(第十五、十六章)等。全书由叶松林主编,全永昕教授主审。

本书在编写修订过程中曾得到哈尔滨工业大学初允绵教授和浙江大学光仪教研室的支持和帮助,编者对此深表感谢。由于编者水平所限,错误和不当之处,恳切希望批评指正。

编者 1988年9月

目 录

第一章 绪论

§1-1 本课程研究的对象及内容	(1)
§1-2 精密机械仪器零件工作能力的计算准则	(1)
§1-3 精密机械仪器中常用材料与热处理	(4)
§1-4 精密机械仪器零件的结构工艺性	(11)

第二章 机构及其组成

§2-1 机构的概念	(12)
§2-2 机构的组成	(12)
§2-3 机构具有确定运动的条件	(16)
§2-4 平面机构自由度的计算	(16)

第三章 连杆机构

§3-1 四杆机构的基本型式	(21)
§3-2 铰链四杆机构设计	(24)
§3-3 正切机构和正弦机构	(28)
§3-4 连杆机构的精度分析	(30)
§3-5 连杆机构结构设计中的几个问题	(32)

第四章 凸轮机构及间歇机构

§4-1 凸轮机构的应用和分类	(35)
§4-2 从动件常用运动规律	(37)
§4-3 按给定从动件运动规律设计凸轮廓线——作图法	(39)
§4-4 凸轮机构的压力角	(42)
§4-5 按给定从动件运动规律设计凸轮廓线——解析法	(43)
§4-6 间歇运动机构	(45)

第五章 螺旋传动

§5-1 概述	(50)
§5-2 螺旋副中的摩擦与效率	(54)
§5-3 螺旋传动的计算	(56)
§5-4 螺旋传动的误差分析及提高传动精度的方法	(59)
§5-5 滚珠螺旋传动简介	(66)

第六章 带传动

§6-1 概述	(71)
§6-2 带传动的工作情况分析	(74)
§6-3 同步齿形带传动	(78)
§6-4 其他挠性传动	(81)

第七章 齿轮传动

§7-1 概述	(84)
§7-2 齿轮啮合几何学	(84)
§7-3 齿轮加工原理	(93)

§7-4 变位齿轮简介	(95)
§7-5 斜齿圆柱齿轮传动	(96)
§7-6 圆锥齿轮传动	(99)
§7-7 螺旋齿轮传动	(101)
§7-8 蜗杆蜗轮传动	(104)
§7-9 齿轮的精度与侧隙	(108)
§7-10 齿轮的材料与热处理	(109)
§7-11 齿轮传动受力分析与强度校验	(110)
§7-12 齿轮传动的结构设计	(115)
§7-13 修正摆线齿轮传动	(118)
§7-14 谐波齿轮传动	(121)
第八章 齿轮传动系统设计	
§8-1 齿轮传动系统传动比的计算	(127)
§8-2 齿轮传动级数及传动比分配	(131)
§8-3 齿轮传动系统的传动误差与空回误差	(137)
第九章 轴	
§9-1 概述	(147)
§9-2 轴的材料	(148)
§9-3 轴的设计计算	(148)
§9-4 轴的结构设计	(151)
第十章 支承	
§10-1 概述	(159)
§10-2 滑动摩擦支承	(159)
§10-3 液体摩擦支承	(172)
§10-4 滚动摩擦支承	(175)
§10-5 弹性支承简介	(194)
§10-6 轴系的精度分析	(195)
第十一章 联轴器和离合器	
§11-1 联轴器	(206)
§11-2 离合器	(213)
第十二章 导轨	
§12-1 概述	(217)
§12-2 滑动摩擦导轨	(218)
§12-3 滚动摩擦导轨	(223)
§12-4 弹性摩擦导轨和流体静压导轨	(227)
§12-5 导轨的精度分析	(229)
第十三章 弹性元件	
§13-1 概述	(235)
§13-2 弹性元件常用材料	(237)
§13-3 圆柱形螺旋弹簧设计	(239)
§13-4 片簧	(248)
§13-5 游丝	(252)
§13-6 膜片和膜盒	(255)

§13-7 波纹管	(258)
§13-8 弹簧管	(260)
第十四章 联接	
§14-1 可拆联接	(262)
§14-2 不可拆联接	(266)
§14-3 光学零件的固定	(268)
第十五章 限动装置	
§15-1 概述	(275)
§15-2 螺旋限动器	(276)
§15-3 垫圈限动器	(278)
§15-4 齿轮凸块限动器	(280)
§15-5 齿轮挡销限动器	(285)
第十六章 示数装置	
§16-1 概述	(288)
§16-2 指针标尺示数装置的组成及分类	(288)
§16-3 标尺的基本参数及其选择	(289)
§16-4 指针标尺示数装置的误差	(292)
§16-5 示数装置的精读方法	(295)
§16-6 数字显示装置	(296)
第十七章 阻尼器与减震器	
§17-1 阻尼器	(301)
§17-2 减震器	(307)

第一章 绪 论

§1-1 本课程研究的对象及内容

随着科学技术和经济建设发展的要求,精密机械的研究和应用已渗透到许多重要的科学技术领域和产业部门,例如火箭、人造地球卫星、精密加工机床,测试设备以及精密机械仪器等。

现代精密机械技术已发展成为一个技术密集领域,它要求综合应用精密元件、新型材料、表面技术、电测技术、光测技术以及自动控制和计算机等多方面先进技术,以达到充分利用信息流、精确控制物质流与能流的转换。现代精密机械仪器的特点之一是光学系统、电路系统和精密机械结构三者密切联系、互相配合,共同保证其各种技术性能的实现。而精密机械结构的主要作用是组成具有确定性运动规律的相对活动系统来传递、转换和控制运动,传递和显示数值,以及调整、固定和稳定光学部件、光电元件和机械构件的相对位置。因此,精密机械结构对保证各种精密仪器技术性能的实现有着极为重要的作用。

组成精密机械结构的最基本单元称为零件或元件(如弹簧、齿轮、轴及螺钉等)。为了完成某种作用由一些零件组合而成的组合体称为部件(如阻尼器、减震器等)。而为了完成某种特定运动规律的某些构件的组合则称为机构(如连杆机构、凸轮机构等)。

精密仪器零件主要是研究精密机械仪器中常用的机构、零件、部件的工作原理,工作能力、精度和结构设计计算的原则和方法。

本课程是一门技术基础课,它将综合运用工程制图、工程力学、金属工艺学等方面的知识,使学生掌握有关精密机械结构设计的基础理论知识和设计计算的初步能力。

§1-2 精密机械仪器零件工作能力的计算准则

组成精密机械仪器的最基本单元是零件,为了使仪器达到预期设计要求,必须使零件工作可靠,并具有一定的工作能力。零件的工作能力主要包括:强度、刚度、耐磨性、精确度和可靠性等。

1. 强度

零件在工作时,既不发生任何形式的破坏、也不产生超过容许限度的残余变形,就认为满足了强度要求。

判断零件强度有两种方法:一种方法是判断危险剖面处的最大应力(σ, τ)是否小于材料的许用应力。此时,强度条件式为:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{或} \quad \tau \leq [\tau]$$

而
$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{[S_\sigma]}, \quad [\tau] = \frac{\tau_{lim}}{[S_\tau]}$$

式中 σ_{lim} 、 τ_{lim} ——零件的极限应力；

$[S_\sigma]$ 、 $[S_\tau]$ ——许用安全系数。

另一种方法是判断危险剖面处的实际安全系数是否大于许用安全系数，即

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma} \geq [S_\sigma]$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{lim}}{\tau} \geq [S_\tau]$$

2. 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗变形的能力。对于某些零件，要求有足够大的刚度，即在载荷作用下，零件的变形不超过允许的限度。例如在齿轮传动中，如果轴的刚度不足，将影响齿轮的正常啮合，引起齿轮传动误差，降低工作精度。

刚度计算主要是限定弹性变形量，即

$$y \leq [y], \quad \varphi \leq [\varphi]$$

式中 y ——零件的变形量（伸长、挠度等）；

φ ——零件的变形角（挠角、扭角等）。

许用变形量 $[y]$ ， $[\varphi]$ 可根据工作要求确定。

3. 耐磨性

耐磨性是指零件在载荷作用下抵抗磨损的能力，零件的磨损量超过一定限度后，尺寸及形状将改变，工作表面精度也随之下降，从而丧失工作能力，不能执行预期功能。

由于影响磨损的因素比较复杂，诸如载荷大小、摩擦副材料表面品质、滑动速度及润滑条件等。通常用限制压强 p （单位接触面积上的正压力）和 $p \cdot v$ 值来控制不产生过度磨损，即

$$p \leq [p];$$

$$p \cdot v \leq [p \cdot v]$$

式中 v ——两接触表面的相对滑动速度。

为降低磨损最有效的方法是使两滑动表面间得到充分润滑，两接触表面由润滑剂隔开，如图 1-1 所示。油膜厚度 $h > R_{z1} + R_{z2}$ ，这里 R_{z1} 、 R_{z2} 为两接触表面不平度。

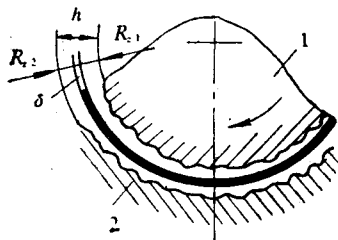


图 1-1

4. 精度

精度是衡量精密机械仪器性能和质量的一项重要指标。表征测得结果与真实值接近程度的量称为精度。精度高低可以用误差的大小来度量，误差愈小，则精度愈高。设计和制造精密机械仪器时，必须使误差限制在技术条件规定的精度范围之内。为此，精密机械仪器设计的基本任务之一就是必须对结构中某些关键和重要的零部件进行误差分析，分析可

能出现的各种误差因素及其对精度的影响,以便采取措施减少和控制误差。

精密机械仪器误差,主要来自以下三方面:

(1) 原理误差

这类误差产生于设计过程,由拟订工作原理图时所作的近似假定等原因而引起。

(2) 制造误差

这类误差产生于加工和装配过程中,由机床、刀具、夹具本身的误差以及加工过程中工艺系统的弹性变形等原因而引起。

(3) 使用误差

这类误差产生在仪器使用过程中,如环境温度、压力等条件对零件尺寸和元件性能的影响造成的误差,以及由于零件磨损所造成的误差等。

误差按其性质,即误差出现的规律和特征,又可分为系统误差和偶然误差(或随机误差)。

(1) 系统误差

误差大小及方向固定不变或按一定规律变化。其大小和方向可以通过实验方法得知和预测,因而有可能控制,甚至加以消除。例如螺旋传动的空回误差可以用单向传动或单面接触加以消除。

(2) 偶然误差

这种误差是由许多互不相关的独立因素引起的,其大小和方向不能事先预测,因而只能部分地控制和减小,而无法消除。例如在同一生产条件下加工一批零件,虽然它们的尺寸都在公差范围以内,但各零件所得到的真实尺寸彼此仍各不相同,其中任一零件的误差在公差范围内的分布情况属于偶然误差。偶然误差虽然从个别情况来看,表面上好象没有一定变化规律,但如对一批零件的尺寸误差的分布情况,利用数理统计作出分布曲线进行分析,即可判断这种加工方法所产生的尺寸误差的大小及其分布规律。

当有两个或多个独立有偶然因素影响零件加工的尺寸偏差时,以及两个或多个零件装在一起的相关尺寸偏差,都是按偶然误差的性质分布的。则零件加工总误差等于各独立偶然误差之和,零件装配相关尺寸的总误差也等于各部分误差之和。即

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n = \sum_{i=1}^n \delta_i$$

这种按代数和求取总误差的方法,计算简单,可以保证所有零件完全互换,但当总误差一定时,对零件的加工精度以及对影响零件加工精度的各种因素的控制,均要求较高。但是,实际上各种误差因素的极限情况以及各零件误差的极限值出现的机会是极少的,而且这些极端情况同时出现的机会就更少。由于一般情况下各偶然误差具有互相补偿的性能,因此,对偶然误差的合成,用均方根计算更接近实际情况。即

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \cdots + \delta_n^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}$$

5. 可靠性

一个零件的偶然失效或一个控制系统的偶然失灵,都有可能造成事故,这就促使人们

认识到获得高可靠性的重要意义。

通常用可靠度 R_t 作为可靠性的指标。在规定时间和规定使用条件下,不失效地发挥其规定功能的概率称为可靠度。它是衡量零件和产品在寿命方面的质量指标。

设有 N_T 个零件,在预定时间 t 内,有 N_f 个零件随机失效,剩下 N_s 个零件仍能继续工作,则可靠度

$$R_t = \frac{N_s}{N_T} = \frac{N_T - N_f}{N_T} = 1 - \frac{N_f}{N_T}$$

根据概率统计,可求出不同时间内零件随机失效数 N_f 的分布曲线,分布曲线往往呈现正态分布和指数分布。强度寿命、工艺误差、测量误差等一般按正态函数分布。

一个由许多零件组成的系统,当各零件的功能呈串联关系时,只要其中之一失效,则该系统即告失效。若各零件的可靠度为 $R_1, R_2 \cdots R_n$,则串联系统的可靠度为

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdots R_n$$

由上式可知,串联系统的可靠度一定低于最低可靠度零件的可靠度。而且串联零件越多,可靠度越低。

为了提高可靠性,在设计上采取的措施有:

- (1) 在满足要求前提下,力求结构简单,零件数目少;
- (2) 尽可能选用有可靠度保证的标准件;
- (3) 安全系数要留有余地;
- (4) 增加重要环节的备用系统;
- (5) 合理规定维修期等。

§1-3 精密机械仪器中常用材料与热处理

一、常用材料

在精密机械仪器仪表中常用的材料有黑色金属(钢和铸铁)、有色金属合金和非金属材料等。

(一) 金属材料

1. 普通碳素结构钢

其代号为A,钢号为A0、A1、A2、……、A7,钢的号码愈大,表示其强度愈高,而塑性则愈低。

2. 优质碳素钢

其含硫、磷等杂质较少,具有较好的机械性能,其牌号用两位数字表示,该数字是钢的含碳量的万分数。如45号钢表示其含碳量为0.45%。

3. 合金钢

为了提高钢的综合机械性能和热处理能力,在钢中加入一些合金元素熔炼成合金钢。加入的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼等。锰能提高钢的强度、硬度、耐磨性和冲击韧性,常用锰钢制造耐磨零件和弹簧。硅能提高钢的强度、硬度和弹性,增加疲劳强度。铬能提高钢的强度、硬度和淬透性,是不锈钢的主要成分。镍能提高钢的强度、韧性和耐热

表1-1 常用钢及铸铁材料的性能及应用举例

牌 号		抗拉强度 σ_B (MPa)	弯曲强度 σ_{Bb} (MPa)	压缩强度 σ_c (MPa)	屈服极限 σ_s (MPa)	硬 度 HB	弹性模量 E (GPa)	应 用 举 例
灰 铸 铁	HT20-40	200	400	750	—	170~220	80~100	机壳、机架，一般机械零件
	HT25-47	250	470	1000	—	175~240	100~130	一般机械零件
	HT30-54	300	540	1100	—	180~250	130	重载零件与薄壁零件
球 墨 铸 铁	QT40-10	400	—	—	300	156~197	175	一般机械零件
	QT45-5	450	—	—	330	170~207	175	齿轮
	QT50-1.5	500	—	—	380	187~255	175	曲轴
		拉伸强度 σ_B (MPa)	屈服极限 σ_s (MPa)	延伸率 δ (%)	硬 度			
					HB (正火、 回火)	HB (调质)	HRC (表面淬火)	
铸 钢	ZG35	500	280	16	≥ 143	—	40~45	机架，一般机械零件
	ZG45	580	320	12	≥ 153	—	40~45	重载零件如齿轮
	ZG42SiMn	600	380	12	163~217	—	45~53	重载耐磨零件如齿轮
	ZG55	650	350	10	169~229	—	45~55	重型机械重要零件如 齿轮
普 通 与 优 质 碳 素 钢	A3	410~430	230	26	126~159	—	—	金属结构件、一般紧 固件
	08F	320	180	35	≤ 131	—	—	垫片等冲压件
	20	400	220	24	103~156	—	—	锻压件、中载零件、 小螺栓、渗碳件
	35	520	270	18	149~187	—	35~45	中载零件如轴、螺栓
	45	600	300	15	170~217	—	40~50	重载耐磨零件如齿轮
	55	660	330	12	187~229	—	45~55	轮缘、不重要的小板 簧
合 金 结 构 钢	35SiMn	800	520	15	—	229~286	45~55	中、小零件如齿轮、 轴、重要紧固件
	40Cr	750	550	15	—	241~286	48~55	中载重要零件如齿 轮、轴
	42SiMn	800	520	15	—	217~269	45~55	大型重载零件如大齿 轮齿圈
	40MnB	750	550	12	—	241~286	—	40Cr的代用钢材
	20CrMnTi	1100	850	10	—	—	56~62 (渗碳)	重要渗碳零件如齿轮
	38CrMoAlA	1000	850	14	—	—	HV>850 (氮化)	重载氮化零件如齿 轮、主轴
弹 簧 钢	65	1000	800	9	硬度HB(热轧) ≤ 255			小尺寸的各种普通弹 簧
	65Mn	1000	800	8	≤ 269			大尺寸的各种普通弹 簧
	60Si2Mn	1300	1200	5	≤ 302			各种重要弹簧

注：表中钢号后字母F代表沸腾钢。

性。钼能提高钢的强度和硬度。

必须指出，合金钢不经过热处理，其机械性能是提高得不多的。

4. 灰铸铁

其因含碳量高，且大部分碳以石墨形式存在于组织中，故机械性能较差。但价格低且有良好的铸造性，故常用于制造仪器的底座、立柱、支架、工作台等尺寸较大、形状复杂的零件。灰铸铁代号为HT，其后面两组数字分别代表抗拉强度限和抗弯强度限。如HT15-33的抗拉强度限为150MPa，抗弯强度限为330MPa。

常用钢及铸铁材料的性能及应用举例见表1-1。

(二) 有色金属材料

1. 铜合金

(1) 黄铜

黄铜是铜和锌的合金，具有较好的机械性能和工艺性能。常用的牌号有H80、H68、H62等，主要用作弹性元件（波纹管、膜片等）。

(2) 锡青铜

锡青铜是铜与锡的合金，具有高的耐磨性、机械性能、铸造性及良好的耐蚀性。其常用的牌号有ZQSn10-1、ZQSn6-6-3等。主要用于制造耐磨零件，如轴承、衬套、导轨等。

(3) 铍青铜

铍青铜是一种机械性能、物理化学性能均较好的合金。经过淬火和调质后，它具有很高的强度、弹性、屈服极限和疲劳极限，此外，还有较好的导电性、导热性、耐磨性及硬度。但其价格较高。其常用的牌号有QBe2、QBe2.15、QBe1.7、QBe1.9等，常用来制造高级精密的弹性元件及特殊要求的耐磨零件。

(4) 铝青铜

铝青铜的特点是化学稳定性高，比锡青铜更耐酸、碱。同时具有相当好的耐磨性和工艺性能。其强度、硬度和塑性都超过锡青铜。铝青铜主要用作弹簧和其它要求耐蚀的弹性元件及高载荷下工作的抗磨、耐蚀零件，如轴承、轴套、齿轮、蜗轮等。常用的牌号有QA15，QA17，QA19-2，QA19-4等。

(5) 硅青铜

硅青铜QSi3-1具有高的强度，弹性和耐磨性，常用作在腐蚀介质中工作的各种零件，如弹簧、齿轮、蜗轮、蜗杆、轴套等。

(6) 钛青铜

其性能与铍青铜近似。只是导电性稍差，价格便宜，因此可代替铍青铜作弹性材料使用。常用的钛青铜有QTi3.5-0.2和QTi1.5-2.5-0.5。

常用铜合金的性能及应用举例见表1-2。

2. 铝合金

在铝中加入适量的硅、铜、镁、锰等元素，即形成铝合金。铝合金的最大特点是密度小，比强度（即强度极限与密度的比值）高，同时还有相当好的塑性和良好的耐蚀能力。铝合金包括变形铝合金及铸造铝合金两类。

(1) 变形铝合金

表1-2 常用锡青铜、黄铜的牌号、成分、性能及用途

名称	牌 号	Cu以外成分(%)		机 械 性 能				用 途 举 例
		Sn	其他	状态	σ_b (MPa)	δ (%)	HB	
铸造锡青铜	ZQSn10-1	9~11	P0.6~1.2	S	220	3	80	耐磨、耐冲击负荷的重要零件、如齿轮轴承、轴套等
				J	250	5	90	
	ZQSn6-6-3	5~7	Zn5~7	S	180	8	60	中等或较高载荷下的耐磨零件、如轴承、衬垫、仪器导轨等
			Pb2~4	J	200	10	65	
压力加工锡青铜	QSn4-3	3.5~4.5	Zn2.7~3.3	软	350	40	60	扁弹簧、圆弹簧等弹性元件、轴承、衬套等耐磨零件及抗磁零件
				硬	550	4	160	
	QSn6.5-0.1	6~7	P0.1~0.25	软	350~450	60~70	70~90	弹簧和导电性好的弹簧接触片、精密仪器中的耐磨零件和抗磁零件
				硬	700~800	7.5~12	160~200	
黄铜		化学成分(%)						
		Cu	其他					
	H80	79.0~81.0	Zn		320	52	53	仪器仪表中受力不大的弹簧与膜片，并用于镀层及装饰
	H68	67.0~70.0	Zn		320	55	—	仪器仪表中的波纹管及散热器外壳和导管等
	H62	60.5~63.5	Zn		320	49	56	仪器仪表中受力不大的弹簧及膜片，热电阻保护套管，铆钉、垫圈、螺母等

变形铝合金有较好的塑性，适于进行冷、热压力加工。变形铝合金中包括有防锈铝(LF21, LF5)、硬铝(LY12)、超硬铝(LC4)、锻铝(LD5, LD7)等。其中硬铝应用较多，常用来制造光学仪器 and 精密机械中结构零件，如绳轮、皮带轮、齿轮及导轨等。也可用作自动化仪表中的指针、度盘等。

常用变形铝合金性能及应用举例见表1-3。

表1-3 常用变形铝合金的牌号性能及应用

根据(YB604—66摘编)

名称	牌 号	机 械 性 能			主要特性	应 用
		σ_b (MPa)	δ_{10} (%)	HB		
防锈铝	LF21	130	23	30	耐蚀性好、压力加工及焊接性好，强度低	自动化仪表中的面板、铆钉及防爆接头等
	LF5	260	22	65		
硬 铝	LY12	420~500	10~18	105~131	强度高，耐蚀性不高	仪表外壳、面板、门罩及支架等
超硬铝	LC4	600	12	156	室温下强度最高	承力构件和高载荷零件
锻 铝	LD5	420	13	105	锻造性能好	形状复杂、中等强度的锻件、冲压件
	LD7	440	12	120	耐热性能好	高温下工作的复杂锻件及结构材料

注：表中机械性能数值：防锈铝为退火状态指标；硬铝为(淬火+自然时效)状态指标；超硬铝为(淬火+人工时效)状态指标；锻铝为(淬火+人工时效)状态指标。

(2) 铸造铝合金

铸造铝合金具有较好的铸造性能，它包括有铝硅合金(ZL101)，铝铜合金(ZL201)，铝镁合金(ZL301)、铝锌合金(ZL401)。它们主要用作铸造仪器仪表壳体等。

常用铸造铝合金性能及应用举例见表1-4。

表1-4 常用铸造铝合金的牌号性能及应用

(根据GB1173—74摘编)

名称	牌 号	机械性能(不低于)				主要特性	应 用	
		铸造方法	热处理状态	σ_b (MPa)	δ_s (%)			HB
铝 硅 合 金	ZL ₁₀₁	J	T ₅	210	2	60	铸造性、耐蚀性好，强度高、耐热性不好	形状复杂、承受中等载荷、要求耐蚀性，气密性高的仪表外壳，仪器零件
	ZL ₁₀₂	J	T ₂	150	3	50	铸造性、耐蚀性好、机械性能、耐热性不高	形状复杂、承受较低负荷，要求耐蚀性气密性高的仪表壳体
	ZL ₁₀₃	J	T ₅	250	0.5	75	铸造性尚好，耐热性较高，耐蚀性较差	承受中等载荷，工作温度较高，耐蚀性要求不高的仪表外壳及油泵壳体
铝铜合金	ZL ₂₀₁	S	T ₄	300	8	70	强度及耐热性高，铸造性及耐蚀性差	高温下承受高载荷的形状不太复杂的零件
铝镁合金	ZL ₃₀₁	S	T ₄	280	9	60	机械性能好，耐蚀性极高，铸造性差，耐热性不高	形状不复杂、承受高载荷并与腐蚀介质接触的零件
铝锌合金	ZL ₄₀₁	J	T ₁	250	1.5	90	铸造性良好，强度高、耐热性低	大型、高载、复杂的仪器零件及医疗器械

注：1.表中铸造方法符号为：J为金属型铸造；S为砂型铸造。

2.表中热处理状态代号为：T₁为人工时效；T₂为退火；T₄为淬火；T₅为淬火和部分时效。

3. 精密合金

精密合金是指具有特殊物理性能（如恒弹性、定热膨胀性等）的合金。

(1) 弹性合金

弹性合金用作仪器、仪表、精密机械中的弹性元件，如膜片、膜盒、波纹管、簧片、游丝等，它们的质量好坏关系到仪器仪表的精度、稳定性和使用寿命。常用的弹性合金包括高弹性合金和恒弹性合金等。高弹性合金的特点是有高的弹性模量和强度以及较好的耐蚀性。恒弹性合金的特点是在一定的温度范围内，弹性模量变化很微小，或其固定频率随温度的变化很小。常用的高弹性合金有3J21、3J22等。恒弹性合金有3J53、3J58等。

(2) 定膨胀合金

如4J29的铁镍钴玻璃封接合金，它在-60℃~+400℃温度范围内，具有一定的线膨胀系数，且与玻璃的线膨胀系数接近。

(三) 非金属材料

随着工业生产的发展，非金属材料应用亦愈来愈广泛。特别是非金属材料的成型工艺

简单,又具有某些特殊的性能,已成为仪器、仪表工业所用材料的重要组成部分。

1. 工程塑料

工程塑料是以合成树脂为主要成分的有机高分子材料。它具有很好的成型加工性能,能制成各种形状的制品。

常用的工程塑料有:

(1) 尼龙(PA)

尼龙具有坚韧、耐磨、耐疲劳、耐油、耐水、吸水性强等特点。主要用作仪表齿轮、凸轮、轴承等机械零件。

(2) 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯具有良好的机械性能,尤其是抗冲击强度高和抗蠕变性好、尺寸稳定性好,但易开裂。

(3) 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚体(ABS)

ABS的综合性能较好,具有高的抗冲击韧性和较高的机械强度,优良的耐油、耐水性能和化学稳定性,耐寒性好,尺寸稳定性高,并有低的摩擦特性和一定的耐磨性,其缺点是耐候性差。其改性品种有AAS、ACS。ABS是目前应用最广的工程塑料之一,在仪器仪表中常用来制造齿轮、轴承、仪表壳、仪表盘等零件。此外,聚氯乙烯、聚甲醛等在仪器仪表中也多有应用,不一一赘述。

2. 橡胶

橡胶是一种高分子材料,其独具的性能是有高弹性、有缓和冲击、吸收震动的能力,广泛用作仪器仪表中减震器元件。

二、钢的热处理概念

通过金属在固态下加热、保温和冷却,改变金属金相组织,从而改变金属性能的工艺方法,称为金属热处理。

由于热处理时的加热温度、保温时间及冷却方式的不同会出现不同的热处理效果。形成不同的热处理方法。

钢的热处理一般包括退火、正火、淬火、回火、调质及时效等。

1. 退火

将钢件加热到临界温度(一般碳钢为 $750^{\circ}\sim 800^{\circ}\text{C}$,某些合金钢为 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$)以上 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$,经一定时间保温,然后随炉缓慢冷却。退火目的在于降低硬度消除内应力。使其易于切削加工;使钢晶粒细化、组织均匀,提高强度、韧性和塑性。

2. 正火

将钢件加热到临界温度以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,然后在空气中自然冷却,冷却速度比退火快。可获得比退火更细的组织,从而得到较高的机械性能。

3. 淬火

将钢件加热到临界温度以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,然后在水、盐水或油中急速冷却。淬火的目的在于提高钢件的硬度和强度。淬火可分整体淬火和表面淬火两种:整体淬火是把整个零件按上述过程进行淬火。整体淬火后钢件有较大内应力,必须进行回火;表面

淬火是将零件表面迅速加热到淬火温度，然后急速冷却，使表面获得高硬度，而内心部结构不变。保持原有的韧性。表面淬火有高频淬火和火焰表面淬火两种。

4. 回火

将经过淬火后的钢件加热到临界点以下的温度，保温一定时间，然后在空气、水或油中冷却。回火目的在于消除淬火后的脆性和内应力，提高塑性和韧性，适当降低硬度和强度。根据加热温度，回火又可分为：

低温回火——加热温度为 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ ，其目的在于保持高硬度前提下降低淬火应力和脆性。

中温回火——加热温度在 $250\sim 450^{\circ}\text{C}$ ，目的是消除内应力获得较高的弹性、一定的硬度和韧性。

高温回火——加热温度为 $450\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，目的在于消除淬火后内应力，获得较高的塑性和韧性。

5. 调质

将钢件加热到临界点稍高的温度保温后进行淬火，然后进行高温回火。调质的目的在于使钢件获得很高的韧性和强度，增加塑性，改善切削性能，使其具有良好的综合机械性能。

6. 时效

时效分人工时效和自然时效两种：

人工时效——将钢件加热到 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 或更低一些的温度，长时间($10\sim 40$ 小时)保温后逐渐冷却。

自然时效——将零件长时间放在室外。时效的目的在于消除冷、热加工过程中产生的内应力，以使零件在长期使用过程中保持尺寸的稳定。

7. 化学处理

将零件加热至高温，保温一定时间，使其它化学元素的原子扩散并渗入零件的表层，从而改变零件表层的化学成分和组织结构。常见的化学处理有：

(1) 渗碳——将低碳钢件放在大量含碳的固体、液体或气体介质中，加热至 $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间，使碳原子扩散渗入至钢件表层内，使表面含碳量可达 $0.8\sim 1.2\%$ ，经淬火后钢件表面硬度可以提高，并能提高疲劳极限及耐磨性，而使心部保持一定的韧性和塑性。

(2) 氮化——将钢件在含氮的介质中，加热至 $500\sim 620^{\circ}\text{C}$ ，长时间(一般 $20\sim 50$ 小时)保温，使氮原子扩散渗入钢件表层内。使钢件表面硬度大大提高，并能提高疲劳极限及耐磨性、耐腐蚀性。但渗氮层一般较薄，仅 0.5 毫米左右。

(3) 氰化——将钢件放在含有氰盐或氰根的活性介质中，加热至 $500\sim 620^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间，使碳与氮同时扩散渗入钢件表层内。可以大大提高钢的表面硬度，提高表层的耐磨性和疲劳极限，而保持钢件心部的塑性和韧性。

(4) 表面氧化处理——分为发蓝与发黑。发蓝是利用回火的方法使零件表面生成各种不同颜色的氧化膜，当回火温度在 $295\sim 315^{\circ}\text{C}$ 时，零件表面形成一层蓝色的氧化铁薄膜，使表面美观并提高抗腐蚀能力。主要用于处理小零件，如指针、螺钉、螺母、垫圈

等。发黑是把去油除锈后的零件放在很浓的碱及氧化剂溶液中加热至 $135\sim 145^{\circ}\text{C}$ 并氧化,使其表面生成带有磁性的四氧化三铁薄膜。提高抗腐蚀能力和寿命。

§1-4 精密机械仪器零件的结构工艺性

结构工艺性就是要求所设计的零件结构,在满足使用技术性能要求前提下,适应具体生产条件和规模,能用最少的时间、劳动量、工具设备以及最简单的工艺方法和过程生产出来。

结构工艺性是一个复杂而实际的问题,它涉及的问题非常广泛,下面仅举几例说明结构工艺性所考虑的内容。

一、合理地选择毛坯种类和形状

零件的毛坯可以是铸件、锻件、冲压件、焊接件和塑料等,应根据零件的使用要求、零件的几何特征、生产数量和具体生产条件进行选择。

二、零件结构设计时应尽可能提高零件的刚度

如图1-2所示的零件应配置加强筋。

三、零件结构设计应保证刀具工作的可能性

如图1-3所示钻孔位置应避免与高壁靠近,以免钻卡头和钻床主轴与高壁发生干涉。

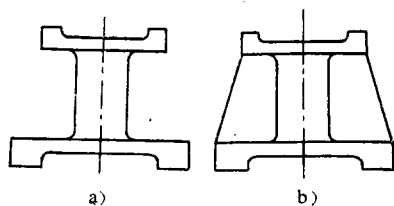


图1-2 保证零件具有足够的刚度

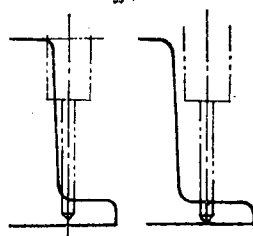


图1-3 钻孔位置避免靠近高壁

四、零件结构设计,应保证装配的可能性

如图1-4所示结构,由于轴的中部直径大于壳体两端轴承孔的直径,轴无法从两端伸入,如改为图1-4b所示的结构,在壳体左侧配上一个轴承套,即可装入。

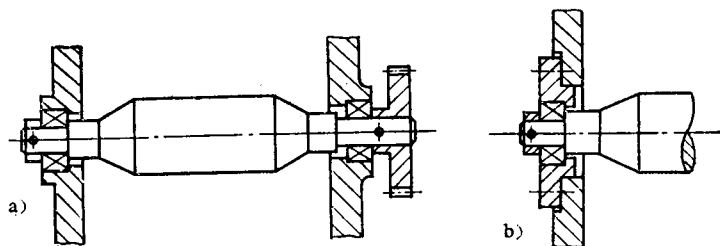


图1-4 保证装配的可能性