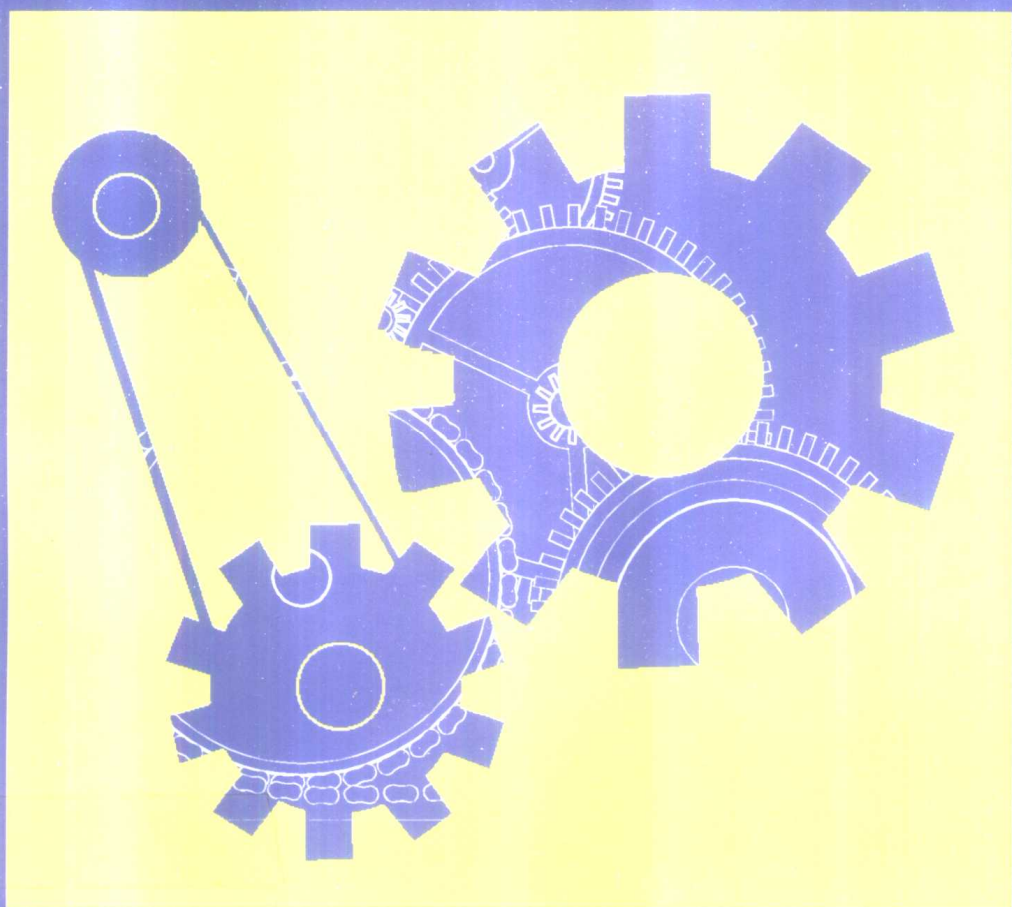


中等专业学校试用教材

工科机械类专业通用

机械设计基础

戴学增 主编
吴富铭 主审



机械工业出版社

中等专业学校试用教材
工科机械类专业通用

机械设计基础

主 编	戴学增					
副主编	李彦青	李 威	秦绍伟	班玉成		
编 者	王 玉	冯正奎	吕志华	刘 萍	李玉山	
	李清杰	周淑辉	高桂仙	贾瑞珍	靳文斌	
主 审	吴富铭					



机械工业出版社

内 容 简 介

本书是根据国家教委 1997 年组织拟定的中等专业学校工科机械类专业(100~120 学时)通用《机械设计基础》教学大纲的讨论稿编写的。

全书共有 15 章,后有附录。主要内容有:机械设计概论;联接;带传动;链传动;齿轮传动;蜗杆传动;齿轮系;支承零部件;联轴器和离合器;平面连杆机构;凸轮机构;其他传动机构;减速器和无级变速器;润滑和密封;回转件的平衡。各章后均有思考题与习题,附录主要列出了各章教学中所需要的部分国家标准。

本书可作为中等专业学校机械类各专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 戴学增主编. —北京:机械工业出版社,1998.12
ISBN 7-111-06958-7

I. 机… II. 戴… III. 机械设计-专业学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 34148 号

出 版 人: 马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李俊带 版式设计: 宋丽华 责任校对: 陈伟

封面设计: 周 辉 责任印制: 侯新民

北京市昌平振南印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 12 月第 1 版·1998 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·20.125 印张·496 千字

0 001—5000 册

定价: 21.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

本书是根据国家教委 1997 年组织拟定的中等专业学校四年制工科机械类《机械设计基础》教学大纲的讨论稿编写的。

全书共有 15 章, 后有附录。为了突出中专教育的特色, 以培养综合性的实用人才, 全书采用了最新国家标准, 在对过去教材进行精简的基础上, 充实了较多新的实用内容, 如新的机构、结构、标准元件等。另外还增加了部分典型零件测绘的内容。

本书突出了设计公式的应用及结构设计方面的内容, 摒弃了公式的繁琐推导过程。

为了培养学生分析问题解决问题的能力, 全书各章后都附有一定数量的思考题和习题。所收集的习题, 注意了典型性、实用性和启发性等。

书中的文字叙述力求概念明确, 推理严谨, 深入浅出, 简明易懂。

各章后附录列出了教学中所需要的部分国家标准。

书中带※的内容, 可供不同类型的学校根据不同专业的需要选学或自学。

该书由戴学增任主编、吴富铭主审。李彦青、李威、秦绍伟、班玉成任副主编。参加本书编写的还有(按姓氏笔画为序): 王玉、冯正奎、吕志华、刘萍、李玉山、李清杰、周淑辉、高桂仙、贾瑞珍、靳文斌。

由于水平有限, 经验不足及编写时间较紧, 不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

1998 年 5 月

目 录

前言		
机械设计概论	1	
第一节 本课程的内容、性质和任务	1	
第二节 机械零件设计概述	3	
第三节 平面机构运动简图	10	
思考题	16	
习题	16	
第一章 联接	18	
第一节 键联接	18	
※第二节 花键联接	23	
第三节 销联接	24	
第四节 螺纹联接	27	
思考题	41	
习题	42	
附表	44	
第二章 带传动	45	
第一节 带传动的工作原理、类型和特点	45	
第二节 V带和V带轮	46	
第三节 带传动的受力分析和弹性滑动	50	
第四节 带传动的应力分析和设计准则	52	
第五节 V带传动设计	55	
第六节 V带传动的张紧、安装和维护	58	
思考题	62	
习题	62	
※第三章 链传动	63	
第一节 链传动概述	63	
第二节 链传动的失效形式与滚子链传动的设计计算	67	
第三节 链传动的布置与张紧	74	
思考题	76	
习题	76	
第四章 齿轮传动	77	
第一节 齿轮传动的特点和分类	77	
第二节 渐开线齿轮齿廓	78	
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及基本几何尺寸	80	
第四节 一对标准渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	85	
第五节 渐开线齿轮的切齿原理及根切现象	88	
※第六节 渐开线变位齿轮传动	90	
第七节 齿轮传动的精度	94	
第八节 齿轮的失效形式及计算准则	97	
第九节 齿轮的材料及热处理	99	
第十节 直齿圆柱齿轮的强度计算	101	
第十一节 斜齿圆柱齿轮传动	109	
第十二节 直齿圆锥齿轮传动	114	
第十三节 齿轮的结构	118	
思考题	120	
习题	121	
第五章 蜗杆传动	122	
第一节 蜗杆传动的类型和特点	122	
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	123	
※第三节 蜗杆传动的强度计算	126	
第四节 蜗杆传动的效率和热平衡计算	131	
第五节 蜗杆蜗轮的结构	132	
思考题	137	
习题	137	
第六章 齿轮系	138	
第一节 齿轮系及其分类	138	
第二节 定轴齿轮系传动比的计算	139	
第三节 行星齿轮系传动比的计算	142	
第四节 组合行星齿轮系传动比的计算	146	
第五节 齿轮系的应用	148	
※第六节 少齿差行星齿轮系和谐波齿轮传动简介	150	
思考题	152	
习题	152	

第七章 支承零部件	156		250
第一节 滑动轴承	156	※第五节 平面连杆机构的设计方法	254
第二节 滚动轴承	162	思考题	260
第三节 轴	182	习题	260
思考题	193	第十一章 其他传动机构	262
习题	194	第一节 间歇运动机构	262
附表	196	※第二节 螺旋机构	270
第八章 联轴器和离合器	207	思考题	272
第一节 联轴器	207	习题	273
第二节 离合器	215	第十二章 减速器和无级变速器	274
思考题	220	第一节 减速器	274
习题	220	第二节 无级变速器	285
附表	221	思考题	288
第九章 凸轮机构	224	习题	288
第一节 凸轮机构的类型和应用	224	第十三章 机械润滑与密封	289
第二节 从动件的常用运动规律及其选择	228	第一节 润滑剂	289
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	233	第二节 常用润滑方式及润滑装置	295
第四节 凸轮机构设计中的几个问题	237	第三节 通用零部件的润滑	298
第五节 凸轮材料及工作图	239	第四节 密封	306
思考题	240	思考题	309
习题	241	※第十四章 刚性回转件的平衡	310
第十章 平面连杆机构	243	第一节 平衡的目的和分类	310
第一节 铰链四杆机构	243	第二节 回转件的平衡计算	310
※第二节 铰链四杆机构的演化	246	第三节 回转件的平衡实验	313
第三节 铰链四杆机构中曲柄存在的条件	248	思考题	314
第四节 平面连杆机构设计中的几个问题		习题	315
		参考文献	315

机械 设计 概 论

第一节 本课程的内容、性质和任务

一、机器及其组成

在生产和生活中，使用着各种机器，如机床、汽车、拖拉机、织布机和洗衣机等。就其构造、用途和性能来说各不相同，但从它们的组成部分和运动的确定性以及功、能关系来看，这些机器存在着一些共同的特征。

从制造的角度分析，可将机器看成是由若干机械零件（简称零件）组成的。“零件”是指机器的制造单元。机械零件又分为通用零件和专用零件两大类：通用零件是指各种机器中经常用到的零件，如螺钉、螺母、轴和齿轮等；专用零件是指某种特定的机器上才用到的零件，如水泵中的叶轮、内燃机曲轴和机床主轴等。

从运动角度分析，可将机器看成是由若干构件组成的。“构件”是机器的运动单元。构件可以是一个零件，也可以是若干个零件的刚性组合体。如图 0-1b 所示内燃机的连杆，就是由连杆体 1、连杆盖 2、螺母 3 和螺杆 4 等零件组成的。因为组成连杆的各零件之间没有相对运动，而成为作平面运动的刚性组合体。

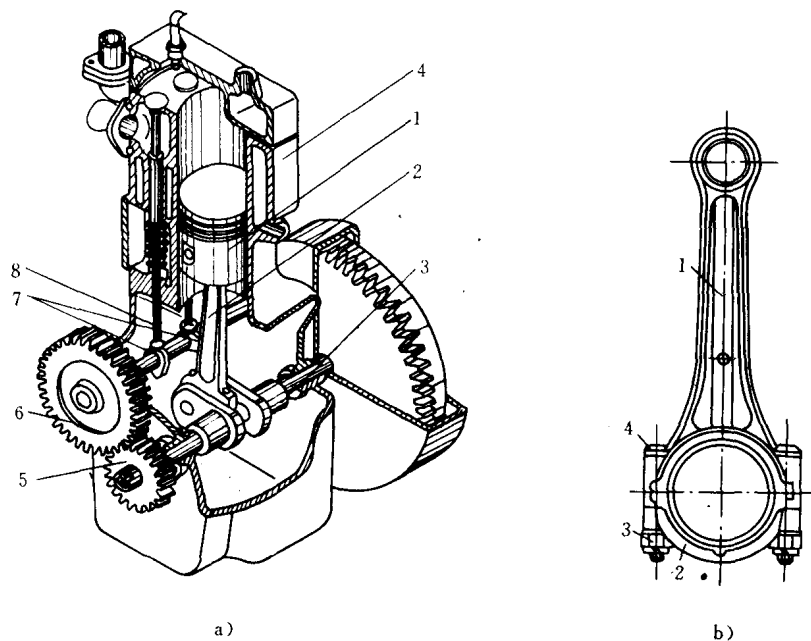


图 0-1 内燃机机构

从装配角度来分析,可以认为机器是由若干部件组成的。“部件”是指机器的装配单元。例如车床就是由主轴箱、进给箱、溜板箱及尾架等部件组成的。复杂的机器含部件较多,简单的机器含部件较少。把机器划分为若干部件,对于设计、制造、装配、运输和维护等都会带来许多方便。

下面再从运动的确定性及功、能关系来进行分析。如图 0-1a 所示的内燃机是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、缸体 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7 及推杆 8 等组成的。当燃气推动活塞往复移动时,通过连杆 2 带动曲轴 3 作连续转动,曲轴 3 的运动通过齿轮 5、6 及凸轮 7 带动推杆 8 按一定规律开闭气门,保证燃气定时进出气缸。从而使燃气的热能转化为曲轴的机械能。又如发电机主要是由转子和定子所组成。当驱动转子回转时,发电机就将机械能转换为电能。再如洗衣机是由电动机经带传动使叶轮回转,搅动洗涤液来进行洗涤。

从上面三个例子可以看出,机器具有以下三个特征:

- 1) 机器一般是由许多构件组成的;
- 2) 各构件间具有确定的相对运动;
- 3) 机器能代替或减轻人类劳动来完成有用的机械功或转换机械能。

当仅仅研究构件间的相对运动,而不考虑构件作功和能量转换方面所起的作用时,通常把具有确定相对运动,能实现运动的传递或运动形式转换的多构件的组合称为机构。最简单的机器只包含一个机构。例如电动机就是由一个双杆机构组成的。大多数的机器都包含若干个机构,例如内燃机就是由曲柄滑块、齿轮传动和凸轮传动三个机构组成的。

从结构和运动的角度来看,机器与机构之间是没有区别的。因此,为了叙述方便,通常将“机械”一词作为“机器”和“机构”的总称。

二、本课程的内容、性质及任务

本课程的主要内容是:介绍常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、运动和动力特性、系列标准、选型、使用和维护以及设计的基本原理和方法等。

本课程是一门骨干技术基础课。

本课程的任务是:通过对本课程的学习与实践,培养学生掌握常用机构与通用零件的基本知识、基础理论和基本技能,为学习专业课和新的科学技术提供必要的基础理论。通过对本课程的学习,将为从事工艺、运行和管理的技术人员在了解各种机器的传动原理、设备的正确使用和维护、故障的分析与排除以及革新改造旧设备、设计新产品等提供必要的基础理论与技能。

三、本课程在教学计划中的地位及学习本课程的方法

本课程是介于基础课与专业课之间的一门骨干技术基础课,也是一门可直接用于生产实践的设计性课程,其教学应在学生学习了机械制图、工程力学、金属工艺学和公差配合与技术测量之后进行。

由于本课程的实践性很强,所以,学习时要求在弄清基础理论知识的基础上,完成好每章的一些设计性作业,要重视结构设计,多参与实践,注意理论联系实际。要正确处理理论计算与结构设计、经验设计、实验设计之间的关系,要正确处理结构设计与其制造工艺的可行性等之间的关系。通过实践和设计训练,以巩固所学理论知识,培养学生的工程意识和综合的实际技能,锻炼和提高机械设计能力。

第二节 机械零件设计概述

一、机械零件设计的基本要求

任何一部机械都是由许多零件组成的。因此,要想设计、制造出符合要求的机械,就必须对组成机械的各个零件,根据它们在机械中的地位和作用提出一些相应的要求。

机械零件设计的基本要求:

机械零件要有足够的强度、刚度和寿命,要有良好的振动稳定性和良好的工艺性,同时要使零件的材料选择合理并使其结构、规格、尺寸等符合标准化。

当然,设计某一具体零件时,并不一定要求它能同时满足上述所有基本要求,而是应根据所设计的零件在具体的工作条件下产生的失效形式,来决定上述基本要求中哪些是主要的,哪些是次要的,抓住主要矛盾,全力解决它。例如,对于中速、低速回转或往复运动的零件,就不必进行振动和稳定性计算;对于一般机械中的传动轴不必作刚度计算;对于受力大而且重要的零件才选择优良的材料,等等。

二、机械零件设计的方法和步骤

(一) 机械零件设计的方法

机械零件设计的方法通常分为常规设计方法和现代设计方法。常规设计方法是长期以来所采用的设计方法,是本书主要介绍的内容。

机械零件的常规设计方法有以下几种:

1. 理论设计

根据长期总结出来的设计理论和实验数据所进行的设计,称为理论设计。按设计计算顺序的不同,理论设计的计算过程又可分为:

1) 设计计算 按照已知的运动要求,载荷情况,零件的材料性能等,由理论计算公式直接求得零件的主要尺寸,然后再根据具体工作条件和工艺要求,确定出零件的结构形状。这种方法多用于设计力学模型较简单的零件。例如:转轴的强度和刚度计算。

2) 校核计算 先参照实物(或图样)和经验数据初步设计出零件的主要尺寸和形状,然后用有关理论公式进行校核计算。这种方法多用于结构和应力分布都较复杂,且又能用现有的应力或应变分析方法进行计算的零件。例如:转轴的精确校核计算。由于校核计算考虑了零件尺寸形状及具体结构对强度的影响,所以计算的结果更近于实际。

用理论计算方法能得到比较精确而可靠的结果,一些重要的零部件应选择这种方法。但是对于一些形状复杂、受力状态不明的零部件有时就难于用理论计算的方法计算。

2. 经验设计

这种设计是根据实践中归纳出的经验公式、数据或图表,或采用类比的方法进行设计。

经验设计的最大优点是简便、迅速、可靠,在有些情况下它是一种很实用和有效的方法。但它的局限性较大,往往受到被类比机械条件的限制。而经验公式、数据和图表都是在一定的工作条件下总结出来的。因此,在采用经验设计时要注意具体分析,以便在原有的基础上提高一步。

对于机架、箱体等结构形状复杂的零部件,大多采用这种设计方法。

3. 模型实验设计

对于一些尺寸巨大而结构又很复杂的重要零部件,为了提高设计的可靠性,可采用模型实验设计的方法。即把初步设计的零部件或机器做成小模型或小样机,通过模拟实验对其进行性能检测,根据实验结果对设计进行逐步修改,使其不断完善,最终达到设计要求。这种设计方法周期长、耗资多,因此只适用于特别重要的设计中。

(二) 机械零件设计的一般步骤

机械零件设计的一般步骤为:

- 1) 根据机器对零件的工作要求,选择零件的类型。
- 2) 确定作用在零件上的载荷。在理想平稳的工作条件下作用在零件上的载荷,称为名义载荷。然而,在机器运转时,零件还可能受到各种附加载荷的作用,通常用引入载荷系数 k 来考虑附加载荷的影响。名义载荷与载荷系数的乘积,称为计算载荷。在进行强度计算时一般要代入计算载荷。
- 3) 根据零件的使用、工艺和经济等方面的要求,选择合适的材料和热处理方法。
- 4) 根据零件的主要失效形式,确定计算准则,根据计算准则进行计算以确定零件的基本尺寸,并加以圆整或取标准值。
- 5) 根据工艺性和标准化等原则进行零件的结构设计。
- 6) 在结构设计完成后,必要时进行详细的校核计算,以判定其结构和尺寸的合理性。
- 7) 绘制零件工作图,编写计算说明书。

上述只是机械零件设计的一般步骤,其各项工作相互联系为一有机结合(不能相互割裂)。所以,在设计中需交叉进行,有时需反复修改多次才能完成。上述设计步骤也不是一成不变的,应随设计情况的变化而变动。

三、机械零件的强度

机械零件由于某种原因不能正常工作时,称为失效。机械零件的主要失效形式有:断裂或塑性变形;过量的弹性变形;表面磨损或损伤;发生强烈的振动;联接的松弛;带传动的打滑等。通常强度是机械零件承载能力的最基本要求(强度不足时,就会发生不允许的塑性变形,甚至造成断裂破坏,轻则使机械停止工作,重则发生严重事故),本节只讨论机械零件的强度问题。至于有关刚度、耐磨性、振动、稳定性和温度影响等问题,则在与其紧密联系的章节中叙述。

当机械零件按强度条件确定时,一般方式是使危险截面处的计算应力(按计算载荷求得的应力)不应超过零件材料的许用应力。即

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \quad (0-1)$$

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (0-2)$$

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\text{lim}}}{S_H} \quad (0-3)$$

式中 $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 、 $[\sigma_H]$ ——材料的许用应力;

S_{σ} 、 S_{τ} 、 S_H ——安全系数;

σ_{lim} 、 τ_{lim} 、 $\sigma_{H\text{lim}}$ ——材料的极限应力,对于断裂破坏,极限应力取为强度极限;对于疲劳破坏,极限应力取为疲劳极限;对于塑性变形,极限应力取为屈服点。

σ, τ, σ_H ——分别为拉伸(压缩、弯曲)、剪切(扭转)、接触点、线受压时的工作(计算)应力;

此处应说明,在一般机器中,只有一部分零件是通过强度计算确定其形状和尺寸的,而大部分零件则仅根据工艺要求和结构要求进行设计。所以,对零件的结构设计必须给以足够的重视。

四、机械零件的常用材料及选择原则

机械零件最常用的材料是钢和铸铁,其次是有色金属合金,另外还有非金属材料如塑料、橡胶等,在机械制造中也有着独特的使用价值。

(一) 金属材料

1. 钢

钢具有较高的强度、韧性和塑性,并可用热处理方法改善其力学性能和加工性能。钢制零件的毛坯可用锻造、冲压、焊接或铸造等方法取得,因此其应用极为广泛。

普通碳素结构钢,常用于制造受力不大,而且基本上是静应力的不太重要的零件,一般不进行热处理。

优质碳素结构钢,常用于制造受力较大,且受循环载荷或冲击载荷的零件,使用时一般需经过热处理,以提高其力学性能。但由于其淬透性差,淬火变形大,所以淬火后都要回火。基于以上原因,优质碳素结构钢不能用于制造尺寸大且要求金相组织均匀的重要零件。

合金结构钢,主要用于零件受力较大,工作情况复杂或有特殊要求(高强度、高耐磨性、耐高温、耐腐蚀、高弹性等),而用优质碳素结构钢不能满足要求的场合。使用合金结构钢时,

若两个零件在受载前是点接触或线接触,受载后,由于变形其接触处为一小面积,通常此面积甚小而表层产生的局部应力却很大,这种应力称为接触应力。这时零件强度称为接触强度。如齿轮、滚动轴承等机械零件,都是通过很小的接触面积传递载荷的,因此它们的承载能力不仅取决于整体强度,还取决于表面的接触强度。

由弹性力学分析可知,当两个轴线平行的圆柱体相互接触并受压时(图0-2)其接触面积为狭长矩形,最大接触应力发生在接触区中线上,其值为

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_n}{\pi b} \cdot \frac{\frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}}} \quad (a)$$

对于钢或铸铁,可取泊松比 $\mu=0.3$,以 $\mu_1=\mu_2=0.3$ 代入上式,整理后得

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{2\pi(1-\mu^2)} \cdot \frac{F_n E}{b \rho}} = 0.418 \sqrt{\frac{F_n E}{b \rho}} \quad (b)$$

式(a)、(b)称为赫兹(H. Hertz)公式。其中

σ_H ——最大接触应力或赫兹应力;

b ——接触长度;

F_n ——作用在圆柱体上的载荷;

ρ ——综合曲率半径, $\rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 \pm \rho_1}$, 正号用于外接触(图0-2,a),负号用于内接触(图b);

E ——综合弹性模量, $E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}$, E_1, E_2 分别为两圆柱体材料的弹性模量。

接触疲劳强度的判定条件为

$$\sigma_H \leq [\sigma_H], \text{ 而 } [\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} \quad (c)$$

式中 σ_{Hlim} ——由实验测得的材料接触持久极限,对于钢其经验公式为 $\sigma_{Hlim} = 2.76HB - 70 \text{ N/mm}^2$ 。

若两零件的硬度不同时,常以较软零件的接触持久极限为准。由图0-2可看出,接触应力具有上下对等、左右对称及稍离接触区中线即迅速降低等特点。由于接触应力是局部性的应力,且应力的增长与载荷 F_n 并不成直线关系,而要缓慢得多[见式(a)或(b)],故安全系数 S_H 可取为等于或稍大于1。

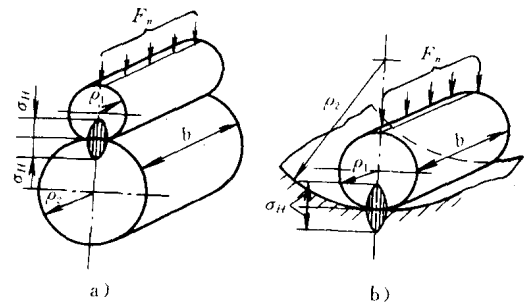


图 0-2 圆柱体相互接触

必须进行热处理,以便充分发挥其潜在的性能优势。但是合金钢的价格较贵。

2. 铸钢

铸钢由于塑性很差,容易产生龟裂,所以不能锻造。但其强度与耐磨性均较好,故常用于承受重载,几何尺寸大而形状复杂的铸造零件。铸钢分为碳素铸钢和合金铸钢两种,一般多用碳素铸钢,特殊情况下可采用合金铸钢。由于铸钢的铸造性差,收缩率较大,内应力大,所以在加工前应进行正火处理,以消除其内应力及硬度的不均匀。

3. 灰铸铁

灰铸铁属于脆性材料,不能进行辗压和锻造。由于灰铸铁中的片状石墨破坏了基体的连续性,因此,其抗拉强度低,塑性和韧性均差。但其具有良好的流动性,故可铸造成形状复杂的零件。此外,灰铸铁的抗压强度高,减振性、耐磨性和易切性均好。因此,对于受力不大、冲击载荷小、形状复杂或需要减振耐磨的零件多采用灰铸铁制造。如机床床身、机座、箱座、阀体等。

4. 球墨铸铁

球墨铸铁中的石墨呈球状或团状,其削弱基体的作用较小,所以强度比灰铸铁高得多,且具有一定的塑性和韧性,还可以通过热处理显著提高其力学性能。因此,广泛用于制造受冲击载荷的高强度铸件,如齿轮、曲轴、凸轮轴等。

5. 铜合金

铜合金主要有青铜和黄铜。青铜有较高的力学性能,耐蚀性、减摩性和铸造性能均较好,主要用于制造摩擦件,如轴瓦、蜗轮、螺旋传动中的螺母等,也可用于在水或水蒸汽和油中工作的机械零件。黄铜具有良好的耐蚀性和导电性及足够的强度和良好的工艺性,价格比青铜低,其广泛用于制造耐蚀和耐磨零件,如阀门、管件等。

6. 轴承合金

轴承合金有锡基轴承合金、铅基轴承合金、铜基轴承合金和铝基轴承合金等。它们都是高质量低硬度的减摩材料,专门用以制造轴承和轴承衬。

7. 轻合金

轻合金包括铝合金、镁合金和钛合金等。它们的密度小,单位质量的承载能力(比强度)相当高。其中钛合金在各种介质中有良好的耐蚀性。轻合金多用于需大幅度减轻质量的场合和高速运动的零件。特别是在航空、汽车、船舶、化工和石油工业中应用较多。

(二) 非金属材料 and 复合材料

1. 非金属材料

非金属材料种类繁多,应用日益广泛。常用的非金属材料主要是塑料和橡胶。塑料具有质轻、绝缘、减摩、耐磨、耐腐蚀、自润滑等特点,而且可以用注射成型的方法制成形状复杂的零件,如罩壳、支架、盖板、手轮、油管等一般零件及耐蚀件、密封件。由于塑料品种多,随着技术的改进,强度逐步提高,是一种很有发展前途的工程材料。

橡胶有高弹性和良好的绝缘性,常用于制造各种弹性件、密封件和绝缘件。橡胶摩擦系数大,抗拉强度低,主要用作传动带的材料。但橡胶不耐热,在 80℃ 以上易老化。

2. 复合材料

复合材料是利用几种特性不同的材料复合制成的一种新型材料。例如双金属,它可以是普通钢与不锈钢的复合,也可以是钢与有色金属的复合。这种材料既能满足对零件芯部的要求,又能满足对表层的要求,可节约贵重金属,降低成本。机械工业中应用较多的是纤维增

强复合材料。它是以金属、塑料或陶瓷作基材，与硼、碳、玻璃或细不锈钢丝等高强度纤维复合而成。强度比常规材料高很多倍，适用于制造薄壁压力容器，汽车外壳等。

复合材料是材料工业的发展方向之一，随着科技的进步，它会得到越来越广泛的应用。

（三）机械零件材料的选择原则

关于零件的材料，其选择是否得当。对整个机械的尺寸、重量、成本、寿命及工作好坏都将产生重大影响。

在选择零件材料时，应考虑的主要问题有：使用要求、制造工艺要求和经济要求等。

1. 使用要求

1) 所选零件的材料，要满足使用中对强度和刚度的要求

若零件按强度条件设计时，则应选用强度较高的材料；若零件表面的接触应力较高时，则应选用表面可进行强化处理的材料；若零件按刚度条件设计时，则应选用弹性模量较大的材料。

2) 所选零件的材料应满足使用中的特殊要求

对于易磨损的零件(如蜗轮、滑动轴承等)，应选用耐磨性和减磨性好的材料；对于在高温下工作的零件，应选用耐热性能好的材料；对于在腐蚀介质中工作的零件，应选用耐腐蚀性能好的材料；对于要求体积小重量轻的零件，应选用强重比大的材料。

2. 工艺要求

1) 对于零件毛坯材料的选择，其应与生产批量及零件尺寸相适应

对于大批量生产的大型零件或形状复杂的零件，宜用铸造毛坯，应选用铸造性能好的材料；对于单件小批量生产的大型零件，宜用焊接毛坯，应选用焊接性能好的材料。

2) 对于需进行机械加工的零件，其材料应具有良好的切削性能(易断屑、加工表面光洁、刀具磨损小等)。

3. 经济性

1) 在满足使用要求的前提下，应尽可能选用价格低廉的材料。

2) 在选用材料时，对同一零件的不同毛坯费用和机加工费用(方案)进行比较，综合考虑其经济效益，从中选取最佳方案。

3) 为了降低材料费用，应优先选用我国资源丰富的材料，节约稀有材料。

五、机械零件的结构工艺性

所设计的零件，不仅要满足使用方面的要求，而且还必须符合生产工艺方面的要求。否则，就有可能制造不出来，或虽能制造出，但费工、费料很不经济。

在具体的生产规模和生产条件下，如所设计的零件能用最少的工时和最低的费用加工出时，就称这样的零件具有良好的工艺性。机械零件有关结构工艺性的基本要求如下：

1) 零件的结构，要与生产条件、批量大小及获得毛坯的方法相适应

零件的结构工艺性与生产条件、批量大小及获得毛坯的方法密切相关。单件小批量生产的零件，往往设计成比较简单的结构形式，宜采用焊接件或自由锻造件毛坯，以便利用已有的生产条件，降低生产费用。在大批量生产中，对于复杂的结构形式，宜采用铸件或模锻件毛坯，以利于提高生产率降低成本。

当获得毛坯的方法不同时，则零件的结构也应该有所区别。各种毛坯的合理结构见金属工艺学课程。

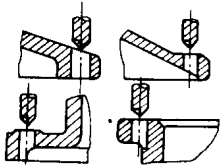
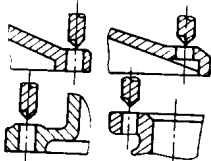
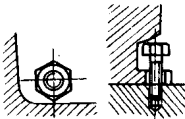
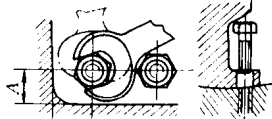
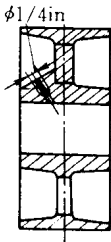
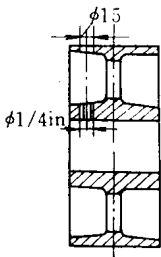
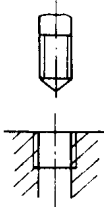
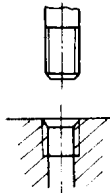
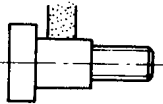
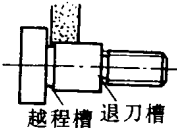
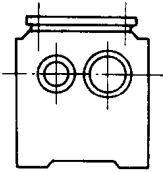
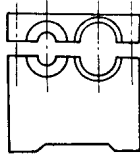
2) 零件的结构要简单合理便于加工。零件的形状越复杂, 制造越困难, 则成本会越高。因此, 在设计零件的结构形状时, 最好采用最简单的表面(如平面、圆柱面等)及其组合。同时还应当尽量使加工面数目最少, 切削面积最小, 加工面与非加工面分开等。

表 0-1 列出了机加工工艺性示例供参考。

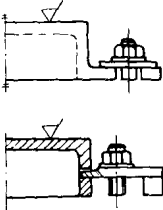
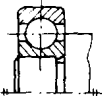
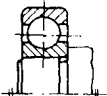
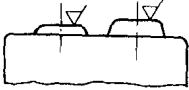
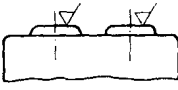
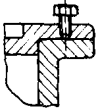
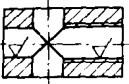
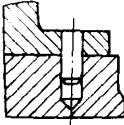
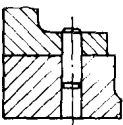
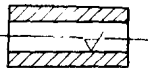
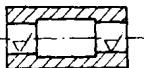
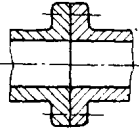
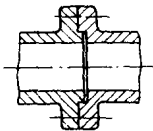
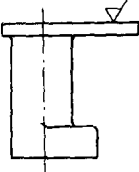
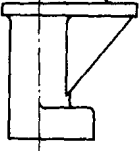
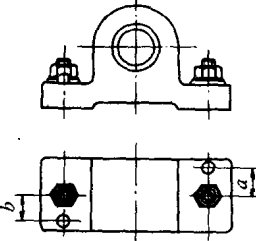
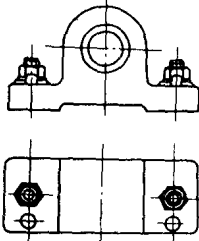
3) 零件的制造精度和表面粗糙度规定要合理。零件的加工费用随着精度的提高而增加, 尤其是对于精度较高的情况, 其增加极为显著。因此, 在没有充分根据时, 不应当追求高的精度。同理, 零件的表面粗糙度也应根据配合表面的实际需要, 作出适当的规定。

4) 零件的结构要便于装、拆和调整。零件的结构应使装配工序简单方便, 要特别注意防止不能安装和拆卸的结构。表 0-1 列出了装、拆工艺性的示例供参考。

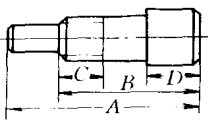
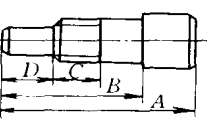
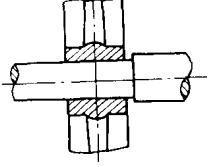
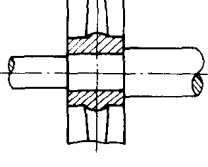
表 0-1 机加工工艺性和装拆工艺性示例

机加工工艺性示例		装拆工艺性示例	
不合理的结构	改进后的结构	不合理的结构	改进后的结构
 在斜面上钻孔, 钻头单边受力, 易损坏钻头, 且不能保证加工精度	 孔端面与钻头轴线垂直, 钻孔精度易保证且不损坏钻头	 必要空间太小, 不能装、拆	 必要空间合适, 装、拆方便
 带轮油孔倾斜, 不便于加工	 可简化加工	 螺纹端部未倒角, 安装不便	 螺纹端部均倒角, 安装方便
 切螺纹无法退刀, 磨外圆无法至端面	 越程槽 退刀槽 切螺纹、磨外圆均方便	 轴和零件的装拆不便	 轴和零件的装拆方便

(续)

机加工工艺性示例		装拆工艺性示例	
不合理的结构	改进后的结构	不合理的结构	改进后的结构
 难以在机床上固定	 开夹紧工艺孔或留出凸台	 轴肩过高, 轴承拆卸困难	 轴肩高度应小于内圈厚度
 需要两次走刀	 一次走刀	 圆柱面配合较紧时, 拆卸不便	 增设拆卸螺钉
 需要两次装卡	 一次装卡, 易保证孔的同轴度	 销孔未钻穿, 铁屑不易落出, 且销子不易取出	 销孔钻穿, 铁屑易落出, 且销子易取出
 精车长度过长	 减小精车长度	 用受拉螺栓联接无定位基准, 不能满足同轴度要求	 有定位基准, 同轴度容易保证
 刚度不足, 加工变形影响精度	 增设加强肋	 定位销对角布置 $a=b$, 易导致安装错误 (误转 180°)	 将销同侧布置或使 $a \neq b$

(续)

机加工工艺性示例		装拆工艺性示例	
不合理的结构	改进后的结构	不合理的结构	改进后的结构
 该尺寸标注,在加工时须计算尺寸,确定凸肩位置,以调整滑板挡块,此外,工件运转时,很难测量其尺寸	 该尺寸标注,在加工时,尺寸不必计算,可直接确定滑板挡块,而运转中也能测量凸肩尺寸	 轴的配合部分加工过长,轮毂的装拆不便	 轴头配合部分的长度与孔长相近,装、拆方便

六、机械零件的标准化

在不同类型、不同规格的各种机器中,对零件同类型的结构形式、规格尺寸、材料性能、检验方法、设计方法、制图规范等都规定了标准加以限定,称为标准化。最大限度的减少和合并零部件的型式,规格尺寸和材料品种等,使之有一定通用性,称为通用化。将零部件或产品由小到大,按一定规律优化组合成系列称为系列化。在生产中,一般都强调“零件标准化、部件通用化、产品系列化”。标准化、通用化和系列化称为“三化”。“三化”是长期生产实践和科研成果的可靠技术总结,“三化”工作的贯彻和推广具有重要意义:

“三化”是我国现行的一项很重要的技术政策。“三化”程度的高低,也是评价产品的重要指标之一。因此,在设计和生产中,只有当采用标准零件不能满足要求时,才允许使用非标准零件。

我国现行标准分国家标准(GB)、部颁标准(如JB、YB)和地方、企业标准。我国参加了国际标准化组织(ISO),出口产品应采用国际标准(ISO),随着我国改革开放的不断深入发展,国家标准已逐步靠近国际标准。

第三节 平面机构运动简图

一、平面机构的组成

(一) 运动副及其分类

运动副 两构件直接接触,既保持联系,又能保持相对运动的联接,称为运动副。

约束 当两构件用运动副联接后,构件间的相对运动就受到了限制,运动副限制构件独立运动的作用,称为约束。

根据运动副中两构件间相对运动方式的不同,运动副可分为平面运动副和空间运动副,本节只研究平面运动副。当被联接的两构件只能在同一平面或平行平面内作相对运动时,称为平面运动副。根据构件间相互接触的方式,平面运动副又可分为低副和高副。

1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。根据它们间的相对运动是转动或移动,还可分为转动副和移动副。

1) 转动副 若组成运动副的两构件只能在同一个平面内作相对转动, 这种运动副称为回转副, 或称为铰链。如图 0-3a 所示的轴 1 和轴承 2 组成的转动副, 它有一个构件是固定的, 故称为固定铰链。图 0-3b 所示构件 1 与构件 2 也组成转动副, 它的两个构件都未固定, 故称为活动铰链。

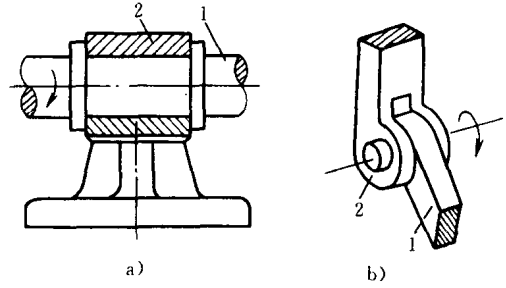


图 0-3 5 回转副

2) 移动副 若组成移动副的两构件只能沿某一轴线相对移动, 这种运动副称为移动副。

图 0-4 中构件 1 与构件 2 组成的是移动副。图 0-1a 中的活塞和气缸体所组成的也是移动副。

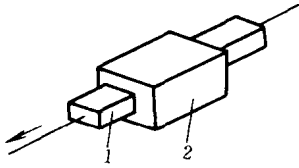


图 0-4 移动副

2. 高副

两构件通过点接触或线接触组成的运动副称为高副。图 0-5a 中所示的车轮 1 与钢轨 2 的接触、图 b 中的凸轮 1 与从动件 2 的接触以及图 c 中的齿轮 1、2 间的齿廓啮合都为高副。

低副和高副由于其接触部分的几何特点不同, 因此在制造和使用上的特点也不同: 低副的接触面一般为平面或圆柱面, 承载后单位面积上的压力较小, 传动刚度较大, 便于润滑, 所以磨

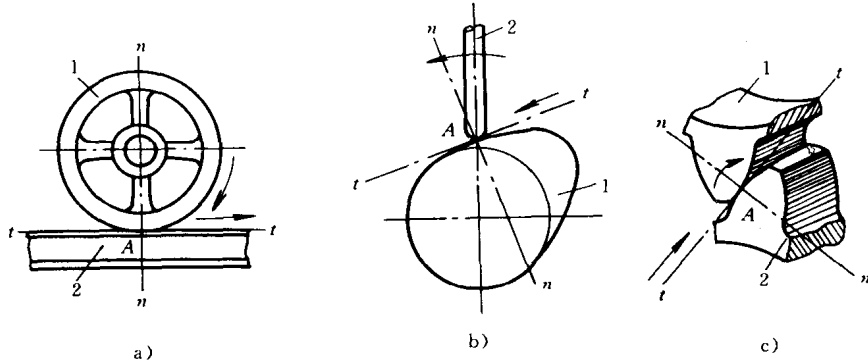


图 0-5 高副

损较小, 寿命较长; 又由于两构件间联接处是圆柱面或平面, 制造比较简单, 能比较容易地获得较高的制造精度。

高副由于是点接触或线接触, 在承载时单位面积上的压力较大, 构件接触处容易磨损, 制造和维护较困难。但高副能传递较复杂的运动规律。

(二) 平面机构的组成

如前所述, 机构即是由运动副联接而成的具有确定运动的构件系统。若组成机构的各构件间的相对运动是在同一平面或相互平行的平面内时, 则称此机构为平面机构。平面机构的应用最多, 本节重点介绍。

组成机构的构件, 按其运动情况一般可分为三类:

1) 机架(固定件)是用来支承活动构件的构件, 图 0-1a 中的气缸就是机架, 它用以支承活塞和曲轴等构件。

2) 原动件 是机构中接受外部给定运动规律的活动构件。在机构的结构和尺寸关系已经