

第 1 篇 机械设计总论



本篇简要阐述机械设计课程的性质、任务及机械设计过程中涉及的一些共性问题,内容包括机械设计概论、机械零件的强度和摩擦、磨损及润滑共 3 章。

本篇的目的在于了解课程的性质、特点、任务,引出与机械零件与系统设计相关的共性、基础性、原则性的问题以及解决问题的一般原则与方法。而这些问题和解决的方法将贯穿于后续各篇的具体章节中。因此,本篇内容对后续各章内容的学习有引领的作用。

第 1 章

机械设计概论

内容提要：本章内容包括机械设计课程性质和任务、机械设计的一般程序、零件的失效形式和计算准则、材料选择原则及现代机械设计的理论方法和新进展等。首先介绍了课程研究对象、性质和学习方法，对机械系统和零件设计的要求和过程进行了阐述。针对常见的机械零件的失效形式，介绍了一些最基本的设计准则：强度、刚度、耐磨性、振动、耐热性和可靠性等准则。材料是机械设计的重要环节，本章第 4 节介绍了机械制造常用和最新的材料和选用原则。本章最后简要介绍了机械设计的现代理论与方法及最新进展，以期拓展同学的学习视野。

本章重点：了解课程的研究对象，掌握学习方法。对机械设计的过程、要求、基本准则和常用材料选择原则形成概念。掌握机械零件“标准化、系列化、通用化”的概念。对机械设计的新理论和新方法有所了解。

1-1 机械设计课程的性质与任务

机器(machine)是人类进行生产以减轻体力劳动和提高劳动生产率的主要工具。**机械**(machinery)是**机器**和**机构**(mechanism)的总称。使用机械进行生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

随着科学技术的进步和生产的发展，国民经济的各个生产部门正日益要求实现机械化和自动化，我国的机械产品正面临更新换代，要求上质量、上水平、上品种，提高经济效益的局面。随着全球经济的一体化，我国的机械产品不可避免地要参与同世界上先进国家机械产品的竞争，因此设计、制造更先进的、高质量的机械产品成了我国的机械设计与制造工作者所面临的紧迫任务，时代对机械设计工作者提出了更新、更高的要求。

在一部现代化的机器中，往往会包含着机械、电气、液压、气动、控制、监测等系统的部分或全部，但是机器的主体仍然是机械系统。任何一部机器，它的机械系统总是由一些机构组成，每个机构又是由许多零件组成。组成机器的不可拆的基本单元称为**机械零件**(machine elements)或简称**零件**；为完成特定的功能在结构上组合在一起并协同工作的零件组合称为**部件**(mechanical components)，如联轴器、轴承、减速器等。机械零件一般泛指零件与部件。

各种机器中普遍使用的零件称**通用零件**(universal componens)，如螺钉、键、带、齿轮、轴、弹簧等；只在特定的机器上使用的零件称为**专用零件**(special components)，如发动机的曲轴、汽轮机的叶片、船用螺旋桨等都是专用零件。

在不同类型、不同规格的各种机器中，将同类零件或部件的结构型式、尺寸、材料等限定

在合理的数量范围内,称为**标准化**(standardization)。按规定标准生产并给以标准代号的零件和部件称为**标准件**(standard components),不按规定标准生产的零件和部件称为**非标准件**。国家现有的标准有国家标准(代号 GB),部颁标准(代号 YB、JB 等)和地方、企业标准。出口产品采用国际标准(International Organization for Standardization, ISO)或进口国的国家或行业标准。根据要求,按一定规律优化组合零、部件系列,称为**系列化**。系列化是标准化的重要内容,如螺栓系列、滚动轴承的类型和尺寸系列等。最大限度地减少和合并零、部件的型式、尺寸和材料品种等,称为**通用化**(universalization)。通用化可以减少一台机器或企业内部零部件的种数,从而可简化生产管理和提高经济效益。标准化、系列化、通用化通称“三化”。机械产品实现“三化”有利于使产品实现优质、高产、低消耗和高效益,并有利于缩短产品的开发试制周期和便于产品的更新换代,所以一个机械产品“三化”程度的高低是评价产品优劣的重要指标之一。

机械设计是为了满足机器的某些特定功能要求而进行的创造性工作,即应用新的原理或新的概念,开发创造出新的产品;或对现有机器局部进行创造性的改革,如改进不合理的结构、增加或减少机器的功能、提高机器的效率、降低机器能耗、变更机器的零件、改用新材料等。

本课程在简单介绍机器设计基本知识的基础上,主要研究对象是一般参数的通用零件(巨型、微型及在高温、高压、高速等特殊条件下工作的通用零件除外),即研究通用零件的设计理论和设计方法,具体内容包括零件的工作能力设计、结构设计、设计计算机理、设计计算方法和步骤4个部分。

由上可知,本课程的性质是以一般通用零件的设计计算为核心的设计性课程,而且是论述它们的基本设计理论和方法,本课程具有内容多、涉及面广、综合性和实践性突出的特点,是一门设计性、综合性和实践性都很强的技术基础课,是学习许多专业课程和从事机械设备设计的基础。

本课程的主要任务是培养学生:①树立正确的设计思想,了解国家当前的有关技术经济政策;②掌握通用机械零部件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有初步设计机械传动装置和简单机械的能力;③具有运用标准、规范、手册和查阅有关技术资料的能力;④掌握典型机械零件的实验方法,获得基本的实验技能的训练;⑤对机械设计的新发展有所了解。

本课程在学习中,要综合运用先修课程中所学的有关知识与技能,结合各种教学实践环节进行机械工程技术必要的基本锻炼。另外,由于本课程的结构体系没有一般理论性课程那么严密,所涉及的内容多而杂,系统性不强,所以在学习中应注意学习方法,具体应注意以下一些方面:

(1) 要注意紧密联系生产实际,将零件放到整体机械中加以考虑。要注意每种零件在机器中的作用、功能及与整机和机器上其他零件的相互关系,注意零件在机器上的安装结构以及机器正常工作对零件的要求等。这样学得的零件知识就能够很好地为整体机械系统设计服务。

(2) 要注意各种零部件设计知识的共性。虽然各种类型零部件各有特点、各不相同,但对零件设计知识掌握的要求上有共同的特点,即均要求掌握其类型与工作特点、工作原理与结构型式、可能的失效形式与受力分析和设计计算方法等。

(3) 注意掌握零部件设计的一般思路,即根据零件的工作状况、运动特点进行受力分析→确定该零件工作时可能出现的主要失效形式→建立不产生失效的设计准则→导出设计(或校核)公式→设计该零件的主要参数(或校核其强度)→进行结构设计并绘制零件工作图。

1-2 机械设计的基本要求及设计程序

1. 机械设计的基本要求

机械设计的基本要求,包括对机器整机的设计要求和对组成机器的零部件的设计要求两个方面,两者相互联系、相互影响。对机械零部件的设计要求是以满足对机器设计的基本要求为前提的,而对机器设计基本要求的不同也就决定了对零部件的不同设计要求。

1) 对机器设计的基本要求

(1) 对机器使用功能方面的要求。实现预定的使用功能是机器设计的最基本的要求,好的使用性能指标是设计的主要目标。另外操作使用方便、工作安全可靠、体积小、重量轻、效率高、外形美观、噪声低等往往也是机器设计时所要求的。对不同用途的机器还可能提出一些特殊的要求,如巨型机器有起重运输的要求,对生产食品的机器有保持清洁和不污染环境的要求等。随着社会的发展、技术的进步和人们生活质量的提高,对机器使用方面的要求也越来越多、越来越高。

(2) 对机器经济性的要求。机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中,在设计机器时要全面综合地进行考虑。设计的经济性体现为合理的功能定位、实现使用功能要求的最简单的技术途径和最简单、合理的结构;制造的经济性体现为采用合理的加工制造工艺、尽可能采用新的制造技术和最佳的生产组织管理,从而使机器在保证设计功能的前提下有尽可能低的制造成本;使用的经济性表现为机器应有较高的生产率、高效率,较少地消耗能源、原材料和辅助材料,管理和维护保养方便、费用低。总之,机器设计的经济性要求所设计的机器应该有最佳的性能价格比,以能获得最大经济效益的机器设计为最佳设计。

在机器设计的全过程中,都要充分注意对机器的使用功能要求和经济性要求两者的合理平衡。一方面,功能多、适用范围广、自动化程度高、使用维护方便的机器,成本虽然可能会高一点,但由于使用性能好,用户容易接受,产量就可以提高,销售价就可以上升,综合经济效益反而会好;另一方面,如过分地追求不必要的功能和过高的性能指标要求,反而会造成功能的浪费和操作使用上的不便,而且会使生产制造成本上升,从而失去市场竞争力。

2) 对机械零件设计的基本要求

机械零件是组成机器的基本单元,对机器的设计要求最终都是通过零件的设计来实现的,所以设计零件时应满足的要求是从设计机器的要求中引申出来的,即也应从保证满足机器的使用功能要求和经济性要求两方面考虑。

(1) 要求在预定的工作期限内正常可靠地工作,从而保证机器的各种功能的正常实现。这就要求零件在预定的寿命期内不会产生各种可能的失效,即要求零件在强度、刚度、振动稳定性、耐磨性、温升等方面必须满足必要的条件,这些条件就是判定零件工作能力的准则。

(2) 要尽量降低零件的生产制造成本。这要求从零件的设计和制造等多方面加以考

虑,例如:设计时应合理地选择材料和毛坯的形式、设计简单合理的零件结构、合理规定零件加工的公差等级以及认真考虑零件的加工工艺性和装配工艺性等。另外要尽量采用标准化、系列化和通用化的零部件。

2. 机械设计的一般程序

机械设计的程序也包括机器设计程序和零件设计程序两个方面。

1) 机器设计的一般程序

狭义的设计过程仅是指根据设计任务书的要求提供原理设计方案并进行具体的总体结构设计和零部件设计。而要向市场提供性能好、质量高、成本低、受用户欢迎、有市场竞争力的机械产品,则设计工作应从市场调研、可行性研究开始,并应贯穿于样机的试制、试验及产品生产制造和市场销售的全过程。一个新产品的的设计是一个复杂的系统工程,要提高设计质量,必须有一个科学的设计程序。根据人们设计新的机械产品的经验,一部机器的比较完整的设计程序如表 1-1 所示。

表 1-1 机器设计的一般程序

设计阶段	工作步骤与内容	各阶段工作目标
市场调研、可行性研究		设计任务书
原理方案设计 (schematic design)		确定最佳原理方案
技术设计 (technical design)		总装图、部件图、零件工作图、设计计算书、零件明细表和其他技术文件

续表

设计阶段	工作步骤与内容	各阶段工作目标
改进设计阶段		考核设计功能,完善设计方案
		考核工艺性能,收集用户意见
		根据用户要求不断完善设计

需要注意的是,由于所设计的产品不同,设计的要求不同,机器设计的程序也不是一成不变的,应根据具体情况选择合理、可行的机器设计程序。

2) 机械零件设计的一般步骤

(1) 根据机器的工作情况,按力学方法建立零件简化的力学模型,确定零件上的计算载荷。根据原动机的额定功率或根据机器在稳定和理想工作条件下的工作阻力,按力学方法计算出的作用在零件上的载荷称为名义载荷(或称公称载荷、额定载荷)。考虑原动机与工作机间实际载荷随时间的变化、载荷在零件上分布的不均匀性及其他影响零件受力等因素的影响,引入载荷系数 K (或工作情况系数)来作概略估计。载荷系数 K 与名义载荷的乘积称为计算载荷。

(2) 根据零件的使用要求,选择零件的类型与结构。为此,必须对各种零件的不同类型、优缺点、特性与适用范围等进行综合比较并正确选用。

(3) 根据零件的工作条件和材料的力学性能等选择适当的零件材料。

(4) 根据零件可能的失效形式确定计算准则,并根据零件的工作能力准则,确定零件的基本尺寸,并加以标准化和圆整。

(5) 根据工艺性和标准化等原则进行零件的结构设计。

(6) 绘制零件工作图,并编写计算说明书。零件工作图是制造零件的依据,故应对其进行严格的检查,以保证零件有合理的结构和加工工艺性。

机械零件的计算可分为设计计算(design calculation)和校核计算(checking calculation)两种。设计计算是先根据零件的工作情况和选定的工作能力准则拟定出安全条件,用计算方法求出零件危险截面的尺寸,然后根据结构和工艺要求,确定具体的零件结构。校核计算是先参照已有的零件实物、图纸或根据经验初步拟定零件的结构和基本尺寸,然后根据工作能力准则校核危险截面是否安全。校核计算时,因为已知零件的有关尺寸和结构,所以计算结果一般较精确。在机械零件的设计过程中,设计计算和校核计算一般同时存在,并交替进

行。一般总是先根据简化的零件受力模型和计算准则用设计计算的方法确定出零件的主要尺寸,进行合理的结构设计以后,再根据情况对较精确的零件受力模型进行必要的校核计算。

1-3 机械零件的主要失效形式和设计计算准则

1. 机械零件的失效形式

机械零件丧失正常工作能力或达不到设计要求的性能时,称为失效(failure)。所以失效并不单纯意味着破坏(destroy)。机械零件的失效形式很多,常见的有:因整体强度不足而断裂,因表面强度不够而引起的表面压碎和表面点蚀,过大的弹性变形或塑性变形,摩擦表面的过度磨损、打滑或过热,联接的松动和精度丧失等。具体某种零件的失效形式取决于该零件的工作条件、材料及表面状态、载荷和应力的性质及工作环境等多种因素。即使是同一种零件,由于工作情况及机械的要求不同也可能出现不同的失效形式,例如齿轮传动的失效形式就可能有轮齿折断、磨损、齿面疲劳点蚀、胶合或塑性变形等多种。

机械零件虽然有很多种可能的失效形式,但综合起来,可以归结为由于强度、刚度、耐磨性、温度对工作能力的影响以及振动稳定性、可靠性等方面的问题。

2. 机械零件的计算准则

零件不发生失效时的安全工作限度称为工作能力。根据零件失效分析结果,以防止产生各种可能失效为目的,拟定的零件工作能力计算依据的基本原则,称为计算准则(criterion)。机械零件常用的计算准则有如下一些。

1) 强度准则

强度(strength)是指零件抵抗破坏的能力。强度准则要求零件中的应力不超过许用极限,其表达式为

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \\ \tau &\leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中, σ, τ 分别是零件危险剖面上的正应力和切应力; $[\sigma], [\tau]$ 分别为零件的许用正应力与切应力; $\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ 分别为零件的极限正应力与切应力,对于静强度下的脆性材料为强度极限 $\sigma_b (\tau_b)$,对于静强度下的塑性材料为屈服极限 $\sigma_s (\tau_s)$,对于疲劳强度而言则为疲劳极限 $\sigma_y (\tau_y)$; S_{σ}, S_{τ} 分别为正应力和切应力时的许用安全系数。

2) 刚度准则

刚度(rigidity)是零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。刚度准则要求为:零件的弹性变形 y 小于或等于许用的弹性变形量 $[y]$ 。其表达式为

$$y \leq [y] \quad (1-2)$$

其变形可以是挠度(deflection)、偏转角(deflection angle),也可以是扭转角(angel of torsion)。弹性变形量 y 可以用理论或实验的方法确定,许用弹性变形量则可以根据不同的使用场合

和要求根据理论或经验来确定。

3) 耐磨性准则

耐磨性(wear resistance)是指作相对运动的零件其工作表面抵抗磨损的能力。零件磨损后,将改变其尺寸与形状,削弱其强度,降低机械的精度,从而导致机械的工作性能变坏,甚至引起破坏。据统计,一般机械中由于磨损而导致失效的零件约占全部报废零件的80%。

关于磨损的计算,目前尚无可靠、定量的计算方法,一般以限制与磨损有关的参数作为磨损的计算准则:一是限制比压 p 不超过许用值 $[p]$,以保证工作面不致产生过度磨损;二是对相对滑动速度 v 较大的零件,为防止胶合破坏,要限制单位接触表面上单位时间产生的摩擦功不能过大,即限制 pv 值不超过许用值 $[pv]$ 。其验算式为

$$p \leq [p], \quad pv \leq [pv] \quad (1-3)$$

4) 振动与噪声准则

随着机械向高速发展和人们对环境舒适性要求的提高,对机械的振动(vibration)与噪声(noise)的要求也越来越高。如果机械或零件的固有频率 f (natural frequency)与激振源作用引起的强迫振动频率 f_p (exciting frequency)相同或为其整数倍时,则将产生共振。它不仅影响机械的正常工作,甚至会造成破坏性的事故,而振动又是产生噪声的主要原因。因此对高速机械或对噪声有严格限制的机械,应进行振动分析与计算,确定机械或零件的固有频率 f 、强迫振动频率 f_p ,分析其噪声源,并采取措施降低振动与噪声,一般应保证

$$f_p < 0.85f, \quad f_p > 1.15f \quad (1-4)$$

若不满足上述条件,则可改变机械或零件的刚度,或采取减振等措施。

5) 热平衡准则

工作时发生剧烈摩擦的零件,其摩擦部位将产生很大的热量。若散热不良,则零件的温升过高,破坏零件的正常润滑条件,改变零件间摩擦的性质,使零件发生胶合甚至咬死而无法正常工作。因此,对摩擦发热量大的零件应进行热平衡(heat balance)计算。热平衡计算的准则为:达到热平衡时机械或零件的温升不超过正常工作允许的最大温升。

6) 可靠性准则

可靠性(reliability)表示系统、机器或零件在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。满足强度要求的一批完全相同的零件,由于材料强度、外载荷和加工质量等都存在离散性,因此在规定的条件下和使用期限内,并非所有零件都能完成规定的功能,必有一定数量的零件会丧失工作能力而失效。

机械或零件在规定的工作条件下和规定的工作时间内完成规定功能的概率,称为它们的可靠度。

设有 N 个相同的零件,在相同的条件下同时工作,在规定的时间内有 N_f 个零件失效,剩下 N_t 个仍能继续工作,则可靠度

$$R_t = \frac{N_t}{N} = \frac{N - N_f}{N} = 1 - \frac{N_f}{N} \quad (1-5)$$

不可靠度(失效概率)为

$$F_t = \frac{N_f}{N} = 1 - R_t \quad (1-6)$$

可靠度与不可靠度之和为1,即

$$R_i + F_i = 1 \quad (1-7)$$

由多个零件组成的串联系统,任一个零件的失效都会引起整个系统的失效,设 R_1 、 R_2 、 $\cdots$ 、 R_n 分别为组成机器的几个零件的可靠度,则整个机器的可靠度为

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot \cdots \cdot R_n \quad (1-8)$$

对于可靠性要求较高的系统或机械,为保证所设计的零件、机械或系统具有所需的可靠度,就需要进行可靠性设计。而机械零件可靠性水平的高低,直接影响到机械系统的可靠性。

1-4 机械零件常用材料及其选择原则

机械零件常用材料有黑色金属、有色金属、非金属材料和各种复合材料等,其中尤以属于黑色金属的钢与铸铁应用最广。

各类机械零件适用的材料牌号及机械性能将在有关各章节予以介绍。本节只简述各种常用材料的基本特性及选择材料的一般原则。

1. 机械零件的常用材料

1) 黑色金属

机械零件中常用的黑色金属(ferrous metal)材料有灰铸铁、球墨铸铁、铸钢、普通碳素钢、优质碳素钢、合金钢等。

(1) 灰铸铁(gray cast iron)。灰铸铁成本低、铸造性能好,适用于制造形状复杂的零件。灰铸铁具有良好的切削加工性能和良好的减震性能,故常用于制造机器的机座或机架。

(2) 球墨铸铁(nodular cast iron)。球墨铸铁的强度比灰铸铁高并和普通碳钢相近,其延伸率与耐磨性均较高,而减震性比钢好,因此广泛应用于受冲击载荷的零件,如曲轴、齿轮等。

(3) 可锻铸铁(malleable cast iron)。可锻铸铁也称马铁,其强度和塑性均比较高。当零件尺寸小、形状复杂不能用铸钢或锻钢制造,而灰铸铁又不能满足零件高强度和高延伸率要求时,可采用可锻铸铁。

(4) 铸钢(cast steel)。铸钢主要用于制造承受重载的大型零件。铸钢的强度性能和碳素结构钢相似,但组织不如轧制件和锻压件致密,因此强度值略低。按合金元素含量,可分为碳素铸钢、低合金铸钢、中合金铸钢和高合金铸钢。按用途可分为一般铸钢和特殊铸钢(耐蚀铸钢、耐热铸钢等)。铸钢的强度、弹性模量、延伸率等均高于铸铁,但铸钢的铸造性能比灰铸铁差。

(5) 碳钢与合金钢(carbon steel and alloy steel)。这是机械制造中应用最广泛的材料,其中碳钢产量大、价格较低,常被优先采用。碳钢分普通碳钢和优质碳钢。对于受力不大,而且基本上承受静载荷的一般零件,均可选用普通碳钢。当零件受力较大,而且受变应力或受冲击载荷时,可选用优质碳钢。当零件受力较大,工作情况复杂,热处理要求较高,用优质碳钢不能满足要求时,可选用合金钢。合金钢是在优质碳钢中,根据不同的要求加入各种合

金元素(如铬、镍、钼、锰、钨等)而形成的钢种。加入不同的合金元素后可以改善机械性能,例如提高耐磨性、硬度、冲击韧性、高温强度等。合金元素低于5%(质量分数,余同)者称低合金钢;合金元素介于5%与10%之间称中合金钢;合金元素高于10%者称高合金钢。优质碳素钢和合金钢均可用热处理的方法来改善机械性能,这样便能满足各种零件对不同机械性能的要求。常用的热处理方法有正火、调质、淬火、表面淬火、渗碳淬火、氰化、氮化等。

2) 有色金属

有色金属(nonferrous metal)及其合金具有许多可贵的特性,如减摩性、抗腐蚀性、耐热性、电磁性等。在有色金属中,除铝、镁、钛合金具有比较高的强度,可用于制造承载零件外,其他有色金属主要作为耐磨材料、减摩材料、耐腐蚀材料、装饰材料等使用。

(1) 铝合金(aluminium alloy)。铝合金的重量轻,导热导电性好,塑性高。变形铝合金的强度与普通碳素钢相近,铸造铝合金的强度低于变形铝合金。铝合金硬度低,抗压强度低,因此不能承受较大的表面载荷。铝合金不耐磨,但可以通过镀铬、阳极氧化等表面处理方法提高耐磨能力。铝合金的切削性能好,但铸造性能差,因此在铸件的形状上要特别注意它的结构工艺性。由于铝合金重量轻,所以在汽车、飞机及其他行走类机械上,采用铝合金有较大的意义。但铝合金的价格比钢贵得多。

(2) 铜合金(copper alloy)。铜和锌及其他元素的合金称为黄铜;铜和锡及其他元素的合金称为青铜;铜和铝、镍、锰、硅(二元或多元)的合金统称为无锡青铜。铜合金具有耐磨、耐腐蚀和自润滑的性能,在机械中铜合金常因其良好的耐磨和减摩性能而被用来制造轴瓦、蜗轮等零件。

其他常用的有色金属材料有镁合金(magnesium alloy)、钛合金(titanium alloy)和轴承合金(bearing alloy)等。

3) 非金属材料

(1) 橡胶(rubber)。橡胶除具有良好的弹性和绝缘性能外,还具有耐磨、耐化学腐蚀、耐放射性等性能和良好的减震性。橡胶在机械中应用很广,常被用来制造轮胎、胶管、密封垫、皮碗、垫圈、胶带、电缆、胶辊、同步齿形带、减震元件等。

(2) 塑料(plastic)。塑料是以天然树脂或人造树脂为基础,加入填充剂、增塑剂和润滑剂等而制成的高分子有机物。塑料的优点是重量极轻、容易加工,可用注射成型方法制成各种形状复杂、尺寸精确的零件。塑料的抗拉强度低,延伸率大,抗冲击能力差,减摩性好,导热能力差。塑料分热固性塑料(如酚醛)和热塑性塑料(如尼龙),两者均可用作减摩材料,也可用于制造一般的机械零件、绝缘件、装饰件、密封件、传动带和家电及仪器的机壳等。

4) 复合材料

复合材料(composite material)是由两种或两种以上性质不同的金属或非金属材料,按设计要求进行定向处理或复合而得到的一种新型材料。复合材料有良好的综合机械性能和使用性能。复合材料有纤维复合材料、层叠复合材料、细粒复合材料、骨架复合材料等。机械工业中,用得最多的是纤维复合材料。例如在普通碳素钢板外面贴附塑料或不锈钢,可以得到强度高而耐腐蚀性能好的塑料复合钢板和金属复合钢板。

2. 机械零件材料的选用原则

选择材料和热处理方法是机械设计的一个重要问题。不同材料制造的零件不但机械性