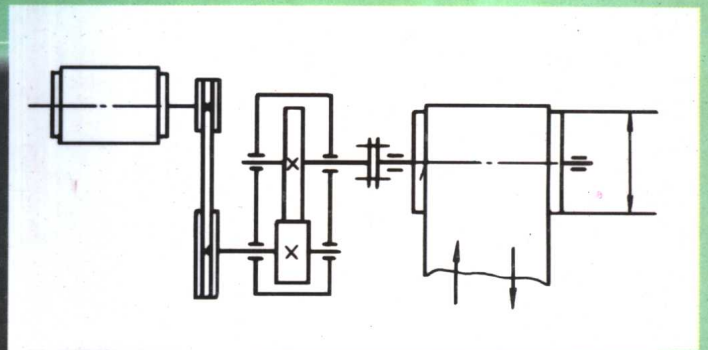


机械类专科系列教材

# 机械设计

王连明 荣涵锐 主编



哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨工业大学机械类高等工程专科系列教材

# 机 械 设 计

王连明 荣涵锐 主编

哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 提 要

本书是根据国家教委制定的“高等学校工程专科机械零件课程教学基本要求”，结合作者多年的本、专科教学体会编写的。本书突出了高等工程专科的特点，内容以机械传动装置设计为主线贯串全书，强调能力培养和技能训练，突出了应用性和综合性。

全书共十一章，主要内容有：机械设计概论、联接、机械传动、轴系零部件、机架零件等。

本书可作为普通专科学校、普通高等学校、成人教育学院等院校中机械类专业的专科教材，也可供有关专业工程技术人员参考。

## 哈尔滨工业大学机械类 高等工程专科系列教材编委会

主任委员	姜继海		
副主任委员	荣涵锐		
委 员	陈 明	王连明	荣涵锐
	李 旦	王广林	黄开榜
	韩荣第	周 明	姜继海

### 机 械 设 计

Jixie Sheji

王连明 荣涵锐 主编

\*

哈尔滨工业大学出版社出版

肇东粮食印刷厂印刷

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 12.25 字数 295 千字

1998 年 2 月第 1 版 1998 年 2 月第 1 次印刷

印数 1 - 5 000

ISBN 7-5603-1234-9/TH·56 定价 15.50 元

# 前 言

高等工程专科教育是我国高等教育的重要组成部分,主要是为工程第一线培养专门技术人才。为使专科教学水平不断提高,我们在总结多年教学经验的基础上,根据国家教委对高等工程专科教学的基本要求,并吸取兄弟院校专科教学的经验,编写了这套机械类专科系列教材。

这套系列教材包括机械原理、机械设计、金属切削机床、机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、液压传动六门机械制造专业专科学术技术基础课和专业课中的主干课程。

在这套系列教材编写过程中,我们特别注意把握专科教育与本科教育的区别,从专科教育特点出发,强调知识的应用与能力的培养。因此,在教学内容的选取上,处理好理论与实际应用的关系,基础理论知识以必需、够用为原则,对理论知识本身的产生过程,只讲思路,不做详细推导,重点介绍理论知识的应用,强调工程师的基本训练,加强分析、解决实际问题的能力及工程应用素质的培养。我们希望这套系列教材对我国机械类专科教育的发展能起到积极的作用。

哈尔滨工业大学机械工程系  
机械类专科系列教材编委会

1997年4月于哈尔滨

# 编者的话

本书是根据国家教委制定的“高等学校工程专科机械零件课程教学基本要求”，吸收各兄弟院校的专科教学经验、结合作者多年的教学体会编写的。在编写过程中，按照工程专科教育培养技术应用型人才的目标和规格要求，精选了内容。基础理论以必需、够用为度，尽量减少数理论证，同时加强了应用性和综合性。全书以机械传动装置设计为主线，强调了能力培养和技能训练，特别是设计能力的培养。

此外，还须说明以下几点：

(1)本书主要适用于高等工程专科机械类专业，也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

(2)本书采用的设计计算方法，主要从技术基础课本身的性质出发，使学生通过一种基本的方法去掌握设计计算的基本理论和技能，因而不可能与各类专业设计中使用的方法和数据完全相同。故在进行具体专业产品和设备的设计时，应视具体情况，区别对待。

(3)本书所引用的有关标准、规范、数据、资料等，均为与阐明问题密切有关的部分，详细的数据和资料可另查有关手册。在实际设计时，应以当时的现行最新标准、规范为依据。

参加本书编写的有：王连明(第一、二、三、六章)、荣涵锐(第七、八、十一章)、姜洪源(第四、九章)、王黎钦(第五章)、曲建俊(第十章)。全书由王连明、荣涵锐主编，陈铁鸣教授主审。本书在编写过程中得到了哈尔滨工业大学机械类专科系列教材编委会的指导和哈尔滨工业大学机械设计教研室全体老师的热情帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。

编者

1997年12月

# 目 录

## 第一章 绪论

- 1.1 机械的组成及本课程研究的对象 ..... (1)
- 1.2 本课程的性质、地位和任务 ..... (2)
- 1.3 本课程的特点和学习方法 ..... (2)

## 第二章 机械设计概论

- 2.1 机械设计的主要内容和一般设计程序 ..... (4)
- 2.2 机械零件设计概述 ..... (5)
- 2.3 机械设计中的标准化 ..... (12)
- 2.4 常用机械传动装置 ..... (12)
- 2.5 电动机的选择 ..... (15)
- 2.6 传动装置的传动比分配及运动和动力参数的确定 ..... (19)
- 思考题和习题 ..... (21)

## 第三章 螺纹联接与螺旋传动

- 3.1 螺纹 ..... (23)
- 3.2 螺纹联接的基本类型和标准螺纹联接件 ..... (26)
- 3.3 螺纹联接的预紧与防松 ..... (27)
- 3.4 螺纹联接的强度计算 ..... (30)
- 3.5 螺栓组联接的结构设计 ..... (37)
- 3.6 螺旋传动 ..... (40)
- 思考题和习题 ..... (45)

## 第四章 带传动

- 4.1 概述 ..... (48)
- 4.2 普通 V 带的结构、型号和基本尺寸 ..... (51)
- 4.3 带传动的工作情况分析 ..... (52)
- 4.4 普通 V 带传动的设计计算 ..... (54)
- 4.5 V 带轮的结构 ..... (60)
- 4.6 带的张紧 ..... (62)
- 4.7 同步带传动简介 ..... (64)
- 思考题和习题 ..... (65)

## 第五章 齿轮传动

- 5.1 齿轮传动的失效形式及设计准则 ..... (66)
- 5.2 齿轮常用材料及热处理方式 ..... (68)
- 5.3 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 ..... (69)

5.4	标准斜齿圆柱齿轮的强度计算	(79)
5.5	直齿圆锥齿轮的强度计算	(82)
5.6	齿轮的结构	(84)
5.7	齿轮传动的润滑	(87)
	思考题和习题	(87)
<b>第六章 蜗杆传动</b>		
6.1	概述	(89)
6.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(91)
6.3	蜗杆传动的失效形式、设计计算准则和材料选择	(94)
6.4	普通圆柱蜗杆传动的强度计算	(95)
6.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(98)
6.6	蜗杆和蜗轮的结构	(101)
	思考题和习题	(104)
<b>第七章 轴和轴毂联接</b>		
7.1	概述	(105)
7.2	轴的材料	(107)
7.3	轴径的初步估算	(108)
7.4	轴的结构设计	(109)
7.5	轴的强度校核计算	(115)
7.6	轴的刚度计算	(116)
7.7	轴毂联接	(118)
	思考题和习题	(123)
<b>第八章 滚动轴承</b>		
8.1	滚动轴承的构造和特点	(124)
8.2	滚动轴承的类型和选择	(124)
8.3	滚动轴承代号	(127)
8.4	滚动轴承的失效形式和计算准则	(131)
8.5	滚动轴承的寿命计算	(132)
8.6	滚动轴承的静强度计算	(136)
8.7	滚动轴承的极限转速	(137)
8.8	滚动轴承部件结构设计	(138)
8.9	减速器输出轴部件设计	(143)
	思考题和习题	(150)
<b>第九章 联轴器</b>		
9.1	联轴器的类型和应用	(152)
9.2	固定式刚性联轴器	(153)
9.3	可移式刚性联轴器	(154)
9.4	弹性联轴器	(156)
	思考题和习题	(158)

<b>第十章 滑动轴承</b>	
10.1 摩擦磨损基本知识 .....	(159)
10.2 滑动轴承的结构形式 .....	(160)
10.3 轴承材料和轴瓦的结构 .....	(162)
10.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算 .....	(168)
10.5 润滑剂和润滑装置 .....	(171)
10.6 液体动压润滑原理简介 .....	(177)
思考题和习题 .....	(178)
<b>第十一章 机架零件</b>	
11.1 概述 .....	(180)
11.2 计算载荷、剖面形状及壁厚 .....	(181)
11.3 减速器机体的结构设计 .....	(182)
思考题和习题 .....	(186)
<b>参考文献</b> .....	(187)



# 第一章 绪 论

## 1.1 机械的组成及本课程研究的对象

人类在生产劳动中,创造出了各种各样的机械设备,如机床、汽车、起重机、运输机、缝纫机、洗衣机等。机械既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产大大提高劳动生产率和产品质量,同时还便于集中进行社会化大生产。因此,生产的机械化和自动化已成为反映当今社会生产力发展水平的重要标志。改革开放以来,我国社会主义现代化建设在各个方面都取得了长足的发展,国民经济的各个生产部门正迫切要求实现机械化和自动化,我国的机械产品正面临着更新换代的局面,要求上质量、上水平和上品种。这一切都对机械工业和机械设计工作者提出了更新、更高的要求。而本课程就是为培养机械工程师而设置的。随着国民经济的进一步发展,本课程在社会主义建设中的地位和作用将日益显得更加重要。

### 一、机械的组成

生产和生活中的各种各样机械设备,尽管它们的构造、用途和性能千差万别,但是一般都是由原动机、传动装置和工作机三大基本部分组成的。例如,带式运输机(见图 1.1)就是由电动机(原动机)、V 带传动及齿轮减速器与联轴器(传动装置)、卷筒及输送带(工作机)所组成。原动机是机械设备完成其工作任务的动力来源,最常用的是各类电机;传动装置是将原动机的运动和动力传递给工作机的装置;工作机则是直接完成生产任务的执行装置,其结构型式取决于机械设备本身的用途。

从制造和装配方面来分析,任何机械设备都是由许多机械零、部件组成的。机械零件是机械制造过程中不可分拆的最小单元,而机械部件则是机械制造过程中为完成同一目的而由若干协同工作的零件组合在一起的组合体。凡在各类机械中都用到的零、部件称为通用零、部件。例如,螺栓、齿轮、轴、滚动轴承、联轴器、减速器等。而只在特定类型的机械中才能用的零、部件称为专用零、部件。例如,涡轮机上的叶片、往复式活塞内燃机的曲轴、飞机的起落架、机床的变速箱等。

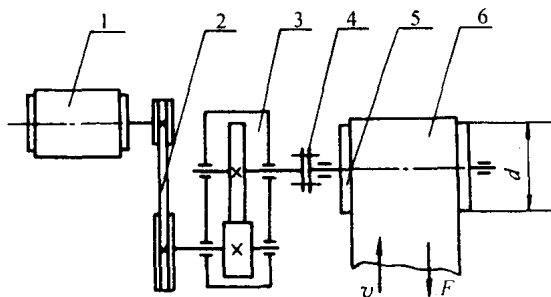


图 1.1 带式运输机

1—电动机;2—V 带传动;3—齿轮减速器;  
4—联轴器;5—卷筒;6—输送带

## 二、本课程研究的对象

本课程主要从研究一般机械传动装置的设计计算出发,研究一般工作条件和常用参数范围内的通用机械零、部件的工作原理、结构特点、基本设计理论和设计计算方法。

### 1.2 本课程的性质、地位和任务

本课程是一门设计性的技术基础课。它综合运用工程力学、机械原理、金属工艺学、机械工程材料与热处理、公差与技术测量、机械制图等先修课程的知识 and 生产实践经验,解决通用机械零、部件的设计问题,使学生在设计一般机械传动装置或其他简单机械方面得到初步训练,为学生进一步学习专业课程和今后从事机械设计工作打下基础。因此,本课程在机械类专业教学计划中具有承前启后的重要作用,是一门主干课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- (1)初步树立正确的设计思想;
- (2)掌握通用机械零、部件的设计或选用方法,了解机械设计的一般规律,具有设计一般机械传动装置和简单机械的能力;
- (3)具有计算能力、绘图能力和运用标准、规范、手册、图册及查阅有关技术资料的能力;
- (4)掌握本课程实验的基本知识,获得实验技能的基本训练。

### 1.3 本课程的特点和学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课向实践性很强的专业课过渡的一个重要转折点。因此,学生在学习时必须掌握本课程的特点,在学习方法上要有相应的转变。一般讲,在学习本课程时应注意以下几点:

(1)要理论联系实际。本课程是一门实践性很强的课程,它所研究的对象又是各种机械设备中普遍使用的零、部件。因此,在学习时必须了解机械的工作情况与要求,只有从整台机械设备分析入手,才能设计出满足生产实际要求的机械零、部件,才能设计出性能优异的机械设备。也正因如此,本课程的设计计算题没有唯一解,但却有设计质量的差异。

(2)要抓住“设计”这条主线,掌握通用机械零、部件的设计规律。本课程是一门设计性的课程,它所研究的零、部件又各种各样,不同类别的零、部件在工作原理、结构特点、材料、载荷与应力等方面都有很大差别,因而设计计算准则和计算公式也各不相同,给人一种支离破碎、杂乱无章的印象,其实和其他任何课程一样,本课程有它自身的内在联系,各种机械零、部件的设计计算也有它自己的规律。因此学习本课程时必须抓住“设计”这条主线,熟练掌握这些规律。一般情况下,设计各种机械零、部件的程序和要考虑的问题是:

- ① 研究要设计的零、部件的工作原理、类型、特点及其适用场合;
- ② 对零、部件的工作情况进行分析,如受力分析、应力分析等;
- ③ 研究零、部件的失效形式和防止发生失效的设计计算准则,并导出相应的设计计算或校核计算公式;
- ④ 选择合适的材料及热处理方式,确定材料的机械性能(主要是许用应力);

⑤ 按设计公式确定该零、部件的主要几何参数和尺寸,或按校核公式校核该零、部件的主要几何参数和尺寸是否满足设计计算准则(主要是强度条件);

⑥ 进行零、部件的结构设计,绘制零件工作图。

(3) 要广义地理解“设计”,努力培养解决工程实际问题的能力。既然本课程是一门实践性很强的设计性课程,那么设计机械零、部件时,就既要考虑承载能力方面考虑强度、刚度、耐磨性等问题,又要从制造、装拆、调整、使用与维护等方面来考虑结构工艺性问题。因此在机械设计中,固然计算是很重要的,但不是唯一的,计算的结果往往仅为确定零件的主要几何参数和尺寸提供了依据,而零件的主要几何参数和尺寸的最终数值往往取决于结构设计。所以在学习本课程时一定要重视结构设计,注重培养结构设计能力,这就要求学生“多看”(机械实物或模型)、“多想”、“多问”、“多练”,逐步积累结构设计知识。另外,在设计机械零件时,经常要用到一些经验公式和经验数据,有时在设计计算过程中需凭经验或类比法先初选参数,最后再作修正,这都是实际工程设计中经常用到的方法,在学习本课程时要尽快适应这一点,按解决工程实际问题的思维方式和模式,努力培养自己的机械设计能力。

(4) 要综合运用先修课的知识,解决工程实际问题。本课程讲授的各种零、部件的设计,从分析研究到设计计算,直至完成零件工作图,要用到多门先修课程的知识,因此在学习本课程时必须及时复习先修课程的有关内容,做到融会贯通、综合应用。

## 第二章 机械设计概论

### 2.1 机械设计的主要内容和一般设计程序

机械设计是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、力和能量的传递方式,以至各个零件的材料、尺寸和形状,以及使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性工作过程。这种过程的结果一般要表达成设计图纸、说明书及其他技术文件。

机械设计是机械生产的第一步,也是影响机械产品制造过程和产品性能的一个重要环节。可以说机械的设计阶段是决定机械好坏的关键。因此在进行机械设计时,一定要认真考虑在满足预期功能要求的前提下提出的诸多基本要求,例如,工艺性良好、制造成本低、工作安全可靠、结构紧凑、质量轻、使用维护方便等,并从整台机械的全局出发,设计好每个零、部件,以获得最理想的设计结果。

由于一台完整的机械是一个复杂的系统,因此要提高设计质量,就必须有一个科学的设计程序。现将一般机械设计的主要内容和程序介绍如下:

#### 一、确定设计任务书

根据生产或市场的需求,由用户和设计部门制定设计任务书,对机械设备的性能、结构型式、主要技术参数等做出明确规定。设计任务书是设计、调试和验收等的主要依据。

#### 二、方案论证和初步设计

设计者根据设计任务书的规定拟出几种不同的实施方案,并进行可行性论证和优缺点比较,从中选出最好方案,并进行初步设计。初步设计时应应对机械中主要部分进行运动学及动力学分析,确定其主要运动及动力参数,并对主要零件进行工作能力计算,确定其主要几何参数和尺寸。

#### 三、结构设计

根据初步设计确定出的参数和尺寸,绘制机械设备的装配草图,然后根据设计任务书对装配草图进行初步审查,对不符合要求的地方进行修改,以至初步审查通过,再绘制机械设备的正式装配图、部件装配图和零件工作图。

#### 四、编写说明书

设计说明书是重要的技术文件,也是生产、检验、安装、调试、使用和维护的依据。

#### 五、技术审定和产品的鉴定

设计资料经审定认可后,方可进行产品试制。样机运行后再做技术审定。技术审定通

过后可投入小批量生产。经过一段时间的使用实践再做产品鉴定,鉴定通过后即可根据市场需求组织生产。

以上介绍的机械设计内容和程序在实际工作中并不是一成不变的,而是随具体任务而改变。但是,不管情况有何不同,设计中计算和绘图总是相互交错、配合进行的。

## 2.2 机械零件设计概述

### 一、机械零件的主要失效形式和设计准则

当机械零件不能正常工作,失去所需的工作效能时,称该零件失效了。其主要失效形式有:断裂及塑性变形、过大的弹性变形、表面失效——如磨损、疲劳点蚀、胶合、塑性流动、压溃和腐蚀等,以及破坏正常条件引起的失效——如带传动中的打滑、受压杆件的失稳等。应该指出:同一种零件可能有多种失效形式,以轴为例,它可能发生疲劳断裂,也可能发生过大的弹性变形,也可能发生共振。在各种失效形式中,到底以哪一种为主要失效形式,这应该根据零件的材料、具体结构和工作条件等因素来确定。仍以轴为例,对于载荷稳定、一般用途的转轴,疲劳断裂是其主要失效形式;对于精密主轴,弹性变形量超过其许用值是其失效形式;而对于高速转动的轴,发生共振、丧失振动稳定性是其失效形式。

设计机械零件时,保证零件不产生失效时所依据的基本准则,称为设计计算准则。主要有:强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则等。其中强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为了保证零件工作时有足够的强度,设计计算时应使其危险截面上或工作表面上的工作应力(或计算应力)不超过零件的许用应力,其表达式为

$$\begin{aligned} \sigma \text{ 或 } \sigma_{ca} &\leq [\sigma] \\ \tau &\leq [\tau] \end{aligned} \quad (2.1)$$

亦可表达为危险截面上或工作表面上的安全系数  $S$  大于或等于其许用安全系数  $[S]$ ,即

$$S \geq [S] \quad (2.2)$$

### 二、设计机械零件应满足的基本要求

机械零件是组成机械的最小单元,机械零件的性能决定着整台机械的性能。因此设计或选用机械零件时,必须满足从机械整体出发对其提出的基本要求。概括地说,主要有以下几点:

#### 1. 使用功能良好

使用功能良好是设计机械零件时的最基本要求,例如设计一个用于支承转动件的转轴,就要保证轴上零件定位准确、固定可靠,并便于装拆。

#### 2. 工作可靠

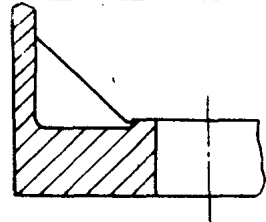
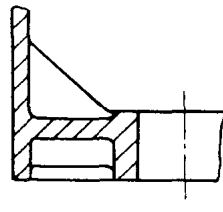
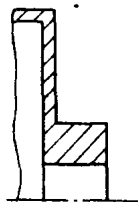
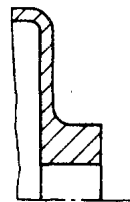
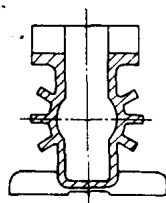
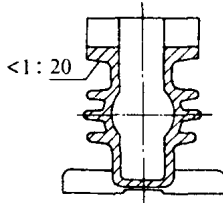
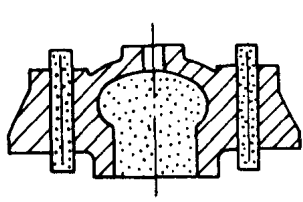
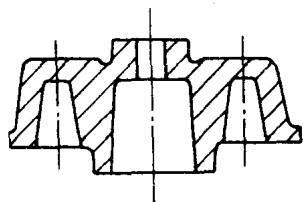
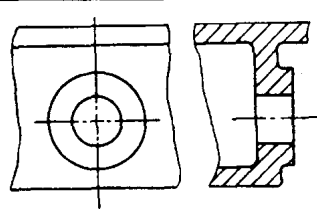
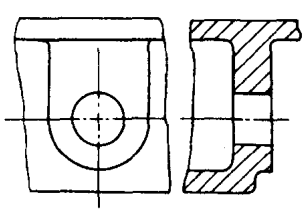
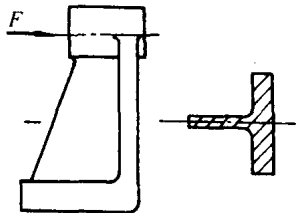
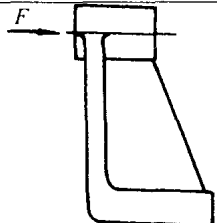
工作可靠指在规定的使用寿命内不发生各种失效。因此,设计机械零件时要满足强度、刚度、寿命及稳定性等准则。

#### 3. 结构工艺性良好

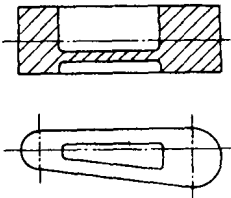
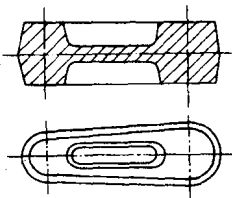
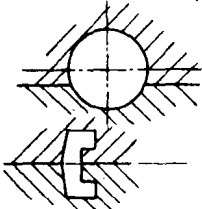
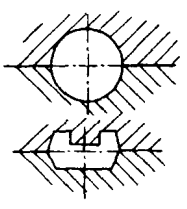

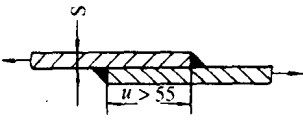
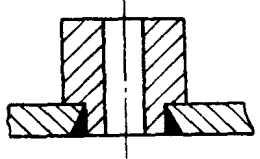
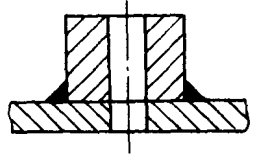


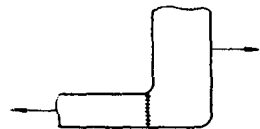
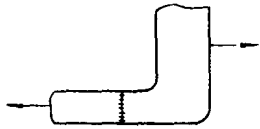
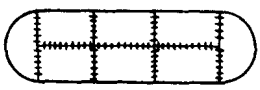
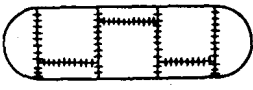
结构工艺性良好是指在既定的生产条件下,能方便而经济地生产出满足使用功能要求

的零件,并且便于装配成机械。因此,零件的结构工艺性应从毛坯制造、热处理、机械加工和装配等几个生产环节加以综合考虑。其示例见表 2.1。

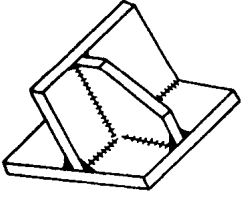
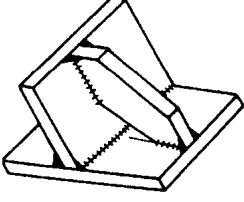
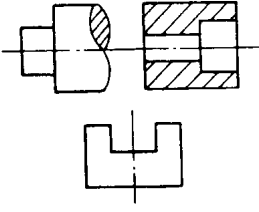
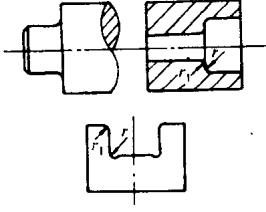
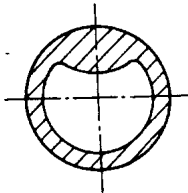
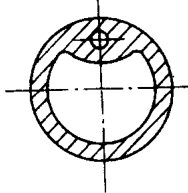
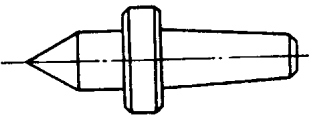
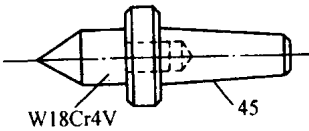
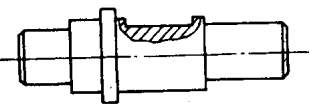
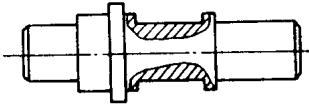
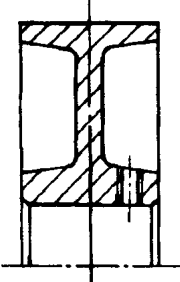
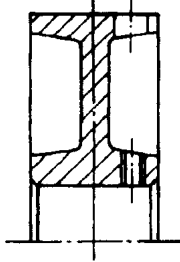
表 2.1 机械零件的结构工艺性示例

	不合理的结构	改进后的结构	改进后结构的优点
铸造工艺性			避免缩孔,减轻质量,增加强度和刚度
			避免产生过大的内应力和出现收缩裂纹
			容易造型,便于拔模
			不需用型芯和活块
			
			将加强筋布置在受力对面,充分利用铸铁的抗压强度高的特点

续表 2.1

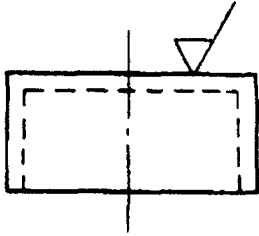
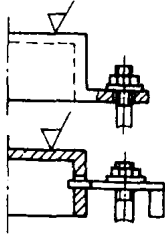
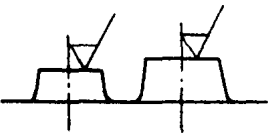
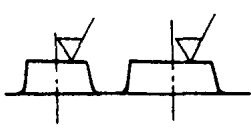
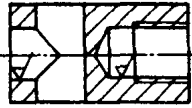
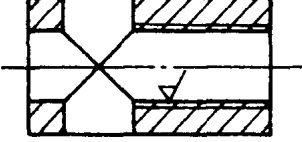
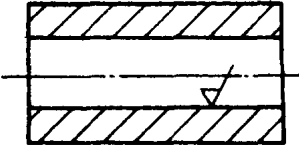
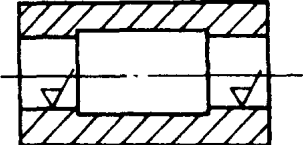
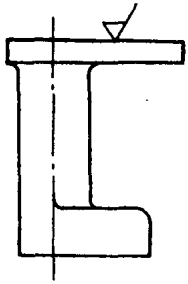
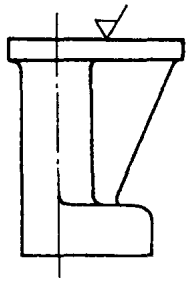
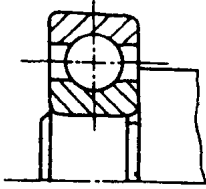
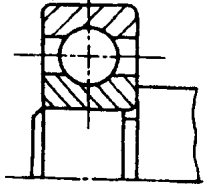
	不合理的结构	改进后的结构	改进后结构的优点
模锻工艺性			<p>形状对称,有拔模斜度,便于锻造</p>
			<p>正确选定分模线,便于锻造</p>
焊接工艺性			<p>加大搭接长度后,为平衡外弯矩,焊缝受力小</p>
			<p>不开坡口,工艺简单</p>
			<p>未焊的一侧不受拉应力,焊缝受力好</p>
			<p>焊缝不在应力集中处,焊缝应力小,强度高</p>
			<p>焊缝错开,可减小内应力</p>

续表 2.1

	不合理的结构	改进后的结构	改进后结构的优点
焊接工艺性			切去焊缝交叉处筋板的角,可减小内应力
热处理工艺性			将尖角、棱角倒圆或倒角,可减小应力集中,避免淬火时开裂
			加开工艺孔,减轻剖面厚薄不均匀的程序,使淬火变形小
			采用组合结构,可避免整体淬火时发生开裂,又可节省 W18Cr4V
			加开对称工艺槽,淬火分形小
切削加工工艺性			轮缘上开工艺孔后,便能加工螺纹孔



续表 2.1

	不合理的结构	改进后的结构	改进后结构的优点
切削加工工艺性			增加夹紧凸缘或开夹紧工艺孔, 便于在机床上固定
			只需一次走, 并可同时加工几个零件, 生产效率高
			只需一次装卡, 并易保证孔的同轴度
			减少精车长度, 提高生产效率
			增设加强筋, 防止加工时变形, 可提高加工精度
装配工艺性			轴肩高度小于内圈厚度, 便于将轴承从轴颈上拆卸下来