

机械设计基础

欧阳祖行 主编



航空工业出版社

TH122

68

机械设计基础

欧阳祖行 主编

航空工业出版社

1992

(京)新登字161号

内 容 简 介

本书主要内容为各种常用机构的组成、分析、综合知识和方法,常用机械零件的设计、计算知识和方法,也包括零构件的拉压、弯曲、扭转、剪切、挤压变形和强度、刚度计算的基本方法,以及疲劳强度的基本知识。

本书各章内容相互联系,且系统性较强,阐述详细,重点深入。各章的理论、实例及各章后面所附的复习思考题与习题,三者紧密配合,符合教学规律,使用方便。

本书可作为高等工业院校机电类专业、电气技术类专业,以及其它近机械类或非机械类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

D2 71/107

机 械 设 计 基 础

欧阳祖行 主编

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里14号)

—邮政编码: 100029—

全国各地新华书店经售
南京航空学院印刷厂印刷

1992年9月第1版

1992年9月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16

印张: 23

印数: 1—2500

字数: 574千字

ISBN 7-80046-452-0/TH·019

定价: 6.30元

前 言

为适应当代四化建设人才培养的需要,高等学校教育正在进行改革,专业要改造,课程设置与各个教学环节要紧密配合。因此,1989年11月航空航天工业部高等学校航空专业教材第三委员会审定了电气技术专业本科四年制的培养目标,基本业务规格,主干课程目录及主干课程教学基本要求,专业大类教材建设选题规划。要求编写一本《机械设计基础》,这本书能包括电气技术专业或其它近似专业所必需的强度刚度计算、机械设计等基本知识和方法。以达到既避免所开课程门数过多,各门课程前后重复,浪费学时,又不致于削弱机械设计及强度刚度计算等方面的基本训练的目的。还要求本书的使用学时为100学时。

本书共分二十章,前八章讲述零(构)件的拉伸、压缩、剪切、挤压、弯曲、扭转、组合变形以及交变应力等基本知识,并把键销联接等内容结合起来论述,后十二章论述通用零件以及常用机构的工作原理、特点和设计计算等。

本书力求将基本概念阐述清楚,符合教学规律,又不使分量过多。使用本书时可以根据实际情况,对章次和内容进行取舍。

参加本书编写的有:欧阳祖行(第一章、第十六章、第十七章)、张培明(第二章、第三章、第四章、第五章)、张维海(第六章、第七章、第八章、第十九章)、李汝实(第九章)、李明(第十章)、夏浒(第十一章)、刘东明(第十二章)、孙启瑞(第十三章、第十四章)、戴振东(第十五章)、易书元(第十八章)、尹明德(第二十章)。由欧阳祖行主编。

本书承华东工学院黄德耕副教授审稿,南京航空学院云铎教授、潘升材教授也进行了审阅,提出了很多宝贵意见,编者表示衷心感谢。

限于编者的水平,谬误及欠妥之处在所难免,请使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

1990年3月

主要符号表

A, A_a	面积	β	角度, 表面加工系数, 温度系数
a	距离	γ	角度, 系数
B, b	宽度, 厚度	δ	延伸率, 厚度, 广义位移
C, c	系数	ε	滑动率, 应变
D, d	直径	ε_σ	正应力尺寸系数
E	拉、压弹性模量	ε_τ	剪应力尺寸系数
F	外力(载荷), 自由度	η	效率, 动力粘度
f	摩擦系数	θ	角度
G	剪切弹性模量	μ	泊桑比
H, h	高度	ρ	摩擦角, 曲率半径, 润滑油密度
i	传动比	σ	正应力
I	[轴]惯性矩	σ_B	强度极限
K	系数	σ_a	应力幅
k	刚度	σ_b	弯曲应力
K_σ	有效正应力集中系数	σ_c	离心拉应力
K_τ	有效剪应力集中系数	σ_e	弹性极限
L, l	长度	σ_p	比例极限, 挤压应力
m	质量, 模数	σ_s	屈服极限
M	力矩, 弯矩	σ_m	平均应力
n	转速, 弹簧圈数	σ_α	斜截面上的正应力
N	循环次数	$[\sigma]$	许用拉伸(压缩)应力
p	压强, 弹簧节距	$[\sigma]_p$	许用挤压应力
P	功率	σ_{-1}	对称循环弯曲疲劳极限
Q	剪力	τ	切应力
R, r	半径	τ_ρ	扭转横截面上任一点的切应力
S	轴承内部轴向力, 安全系数	τ_B	剪切强度极限
s	螺距, 灵敏度	τ_s	剪切屈服极限
T	扭矩	τ_{-1}	对称循环剪切疲劳极限
t	温度	φ	角度
v	速度	ω	角速度
W	功, 重量	Δ	线位移
W_T	抗扭剖面模量	ψ	截面收缩率
W_z	抗弯剖面模量	λ	升角, 位移
y	挠度	ν	运动粘度
α	角度, 系数		

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 机械设计基础课程的研究对象和内容.....	(1)
§ 1-2 机械设计的基本原则和一般步骤.....	(4)
§ 1-3 学习本课程应注意的几个问题.....	(5)
§ 1-4 机械零件的常用材料及钢的热处理概念.....	(5)
§ 1-5 机械零件的结构工艺性.....	(10)
复习思考题与习题.....	(12)
第二章 零（构）件的拉伸与压缩强度和刚度计算	(13)
§ 2-1 零（构）件变形的基本形式.....	(13)
§ 2-2 拉（压）零（构）件横截面上的内力与截面法.....	(15)
§ 2-3 拉（压）零（构）件横截面上的应力.....	(16)
§ 2-4 拉（压）杆件斜截面上的应力.....	(18)
§ 2-5 材料的拉、压试验.....	(19)
§ 2-6 拉（压）零（构）件中应力和应变的关系——虎克定律.....	(26)
§ 2-7 零（构）件拉伸（压缩）时的强度计算.....	(27)
§ 2-8 零（构）件拉伸（压缩）时的刚度和稳定性计算.....	(28)
§ 2-9 零（构）件拉伸或压缩时的计算例题.....	(29)
复习思考题与习题.....	(32)
第三章 零（构）件的剪切与挤压强度计算	(34)
§ 3-1 剪切与挤压的受力特点和实例.....	(34)
§ 3-2 剪切变形和剪切应力.....	(34)
§ 3-3 挤压变形和挤压应力.....	(35)
§ 3-4 剪切与挤压的强度计算.....	(36)
§ 3-5 键联接的选用和计算.....	(39)
§ 3-6 销联接.....	(43)
复习思考题与习题.....	(45)
第四章 零（构）件的扭转强度和刚度计算	(47)
§ 4-1 扭转的基本概念.....	(47)
§ 4-2 圆轴扭转时的变形和应力.....	(49)
§ 4-3 圆轴扭转的强度计算和刚度计算.....	(54)

复习思考题与习题	(57)
----------	--------

第五章 零（构）件的弯曲强度和刚度计算 (60)

§ 5-1 有关弯曲的基本概念	(60)
§ 5-2 梁横截面上的内力——弯矩和剪力	(61)
§ 5-3 梁弯曲时横截面上的正应力	(67)
§ 5-4 弯曲时梁的强度计算	(70)
§ 5-5 梁的刚度计算	(75)
复习思考题与习题	(87)

第六章 应力状态理论和强度理论 (92)

§ 6-1 应力状态的概念	(92)
§ 6-2 二向应力状态的应力分析	(94)
* § 6-3 二向应力状态的应力圆	(98)
§ 6-4 三向应力状态的最大切应力和广义虎克定律	(102)
* § 6-5 在复杂应力状态下的弹性变形能	(104)
§ 6-6 强度理论和复杂应力状态的强度条件	(107)
复习思考题与习题	(112)

第七章 零（构）件组合变形时的强度计算 (115)

§ 7-1 组合变形的概念	(115)
§ 7-2 拉伸（压缩）和弯曲零（构）件的组合变形	(115)
§ 7-3 弯曲（或拉压）与扭转零（构）件的组合变形	(119)
* § 7-4 斜弯曲	(123)
复习思考题与习题	(126)

第八章 交变应力 (129)

§ 8-1 交变应力的实例和循环特性	(129)
§ 8-2 疲劳破坏的特点、疲劳试验和材料的疲劳极限	(131)
§ 8-3 影响疲劳极限的主要因素	(133)
§ 8-4 零（构）件在交变应力下的疲劳强度计算	(136)
复习思考题与习题	(139)

第九章 弹性元件 (141)

§ 9-1 概述	(141)
§ 9-2 弹性元件的材料和制造	(145)
§ 9-3 圆柱形螺旋弹簧	(151)
§ 9-4 片簧和热敏双金属片簧	(163)
§ 9-5 其他类型弹性元件简介	(175)

复习思考题与习题	(181)
第十章 螺纹联接和螺纹联接件	(183)
§ 10-1 螺纹的形成和主要参数	(183)
§ 10-2 螺纹副的受力分析、效率和自锁	(185)
§ 10-3 螺纹联接和螺纹联接件	(187)
§ 10-4 螺纹联接的强度计算	(189)
§ 10-5 螺栓(螺钉)组的结构设计	(197)
§ 10-6 提高螺纹联接件疲劳强度与防松的方法	(199)
复习思考题与习题	(201)
第十一章 齿轮传动和轮系	(203)
§ 11-1 概述	(203)
§ 11-2 渐开线齿轮	(204)
§ 11-3 标准渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(208)
§ 11-4 直齿圆柱齿轮的强度计算	(209)
§ 11-5 斜齿圆柱齿轮传动	(216)
§ 11-6 直齿圆锥齿轮传动	(219)
§ 11-7 蜗杆传动	(222)
§ 11-8 轮系及其传动比	(227)
复习思考题与习题	(233)
第十二章 带传动	(236)
§ 12-1 带传动的类型	(236)
§ 12-2 带轮设计	(239)
§ 12-3 带传动时的工作情况分析	(241)
§ 12-4 普通 V 带传动的设计计算	(250)
§ 12-5 带传动的使用保养与张紧装置	(252)
§ 12-6 其它带传动简介	(253)
复习思考题与习题	(254)
第十三章 滚动轴承	(256)
§ 13-1 滚动轴承的构造、基本类型和特性	(256)
§ 13-2 滚动轴承的代号	(260)
§ 13-3 滚动轴承的选择	(265)
§ 13-4 滚动轴承的失效形式与选择计算	(267)
§ 13-5 滚动轴承的润滑与密封	(275)
§ 13-6 滚动轴承的组合设计	(278)
复习思考题与习题	(281)

第十四章 滑动轴承	(282)
§ 14-1 滑动轴承的分类.....	(282)
§ 14-2 滑动轴承的结构型式与轴承材料.....	(283)
§ 14-3 非液体润滑滑动轴承的计算.....	(288)
§ 14-4 滑动轴承常用的润滑剂、润滑装置和密封装置.....	(290)
§ 14-5 动压润滑滑动轴承简介.....	(293)
复习思考题与习题.....	(295)
第十五章 轴	(296)
§ 15-1 轴的分类和材料.....	(296)
§ 15-2 轴的结构设计.....	(298)
§ 15-3 轴的强度计算.....	(301)
复习思考题与习题.....	(304)
第十六章 联轴器和离合器	(305)
§ 16-1 概述.....	(305)
§ 16-2 联轴器.....	(305)
§ 16-3 离合器.....	(307)
复习思考题与习题.....	(310)
第十七章 平衡	(311)
§ 17-1 平衡的目的.....	(311)
§ 17-2 回转构件的静平衡.....	(312)
§ 17-3 回转构件的动平衡.....	(313)
复习思考题与习题.....	(316)
第十八章 平面连杆机构	(317)
§ 18-1 概述.....	(317)
§ 18-2 平面连杆机构的类型、应用及其演化.....	(318)
§ 18-3 四杆机构传动的一些基本知识.....	(325)
§ 18-4 平面四杆机构的设计.....	(329)
复习思考题与习题.....	(334)
第十九章 凸轮机构	(336)
§ 19-1 概述.....	(336)
§ 19-2 从动件的运动规律.....	(337)
§ 19-3 用图解法设计盘形凸轮轮廓线.....	(340)
§ 19-4 设计凸轮机构应注意的几个问题.....	(343)

复习思考题与习题·····	(345)
第二十章 其它常用机构 ·····	(346)
§ 20-1 万向联轴节·····	(346)
§ 20-2 棘轮机构·····	(347)
§ 20-3 槽轮机构·····	(350)
§ 20-4 不完全齿轮机构·····	(352)
§ 20-5 组合机构·····	(354)
复习思考题与习题·····	(355)
主要参考文献 ·····	(355)

第一章 绪 论

§ 1-1 机械设计基础课程的研究对象和内容

机械是人们在利用和转变机械能进行生产时借以减轻体力劳动，提高生产率的主要工具；也是人们利用机械进行工作时借以实现自动控制，提高运动精确性的重要设备。它的发展程度是衡量一个国家工业水平的标志。

机械的种类很多。图 1-1 所示为飞机起落架的简图，图 1-1a 为结构示意图，图 1-1b 为

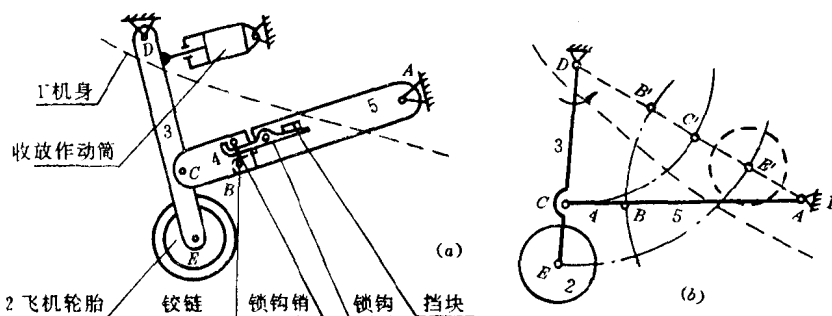


图 1-1 飞机起落架

机构运动简图。当飞机着陆时，需要将着陆轮 2 从机身 1 中推送出来（图 1-1a, b 中的实线所示）；起飞后，为减少飞行中的空气阻力，又要将着陆轮 2 收进机身中去（图 1-1b 中的虚线所示）。这种收放动作是由原动摇杆 3 通过连杆 4，带动从动杆 5 以及着陆轮 2 来实现的。

图 1-2 所示为航空电机转子结构图。转子转动以后，通过衬套、空心轴、半圆键、软轴，最后由轴端头的花键输出功率和转速。

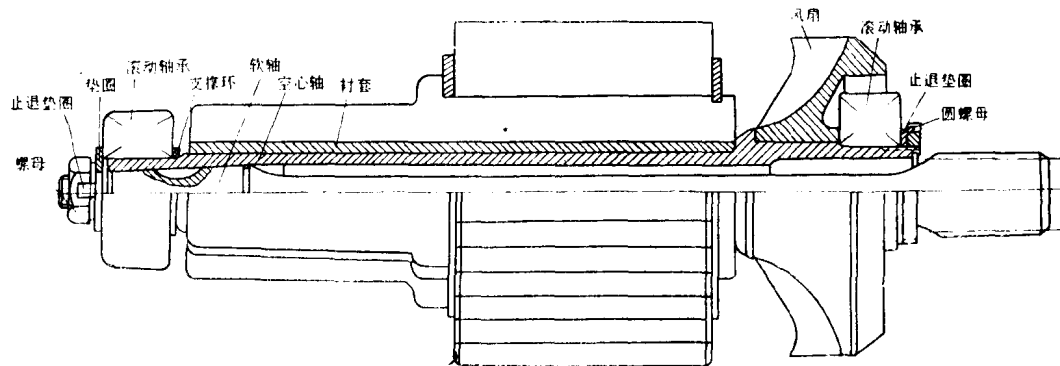


图 1-2 航空电机转子

图 1-3 所示为气压式高度表的结构示意图。飞机飞行到某一高度时，具有气压 p_H 的空

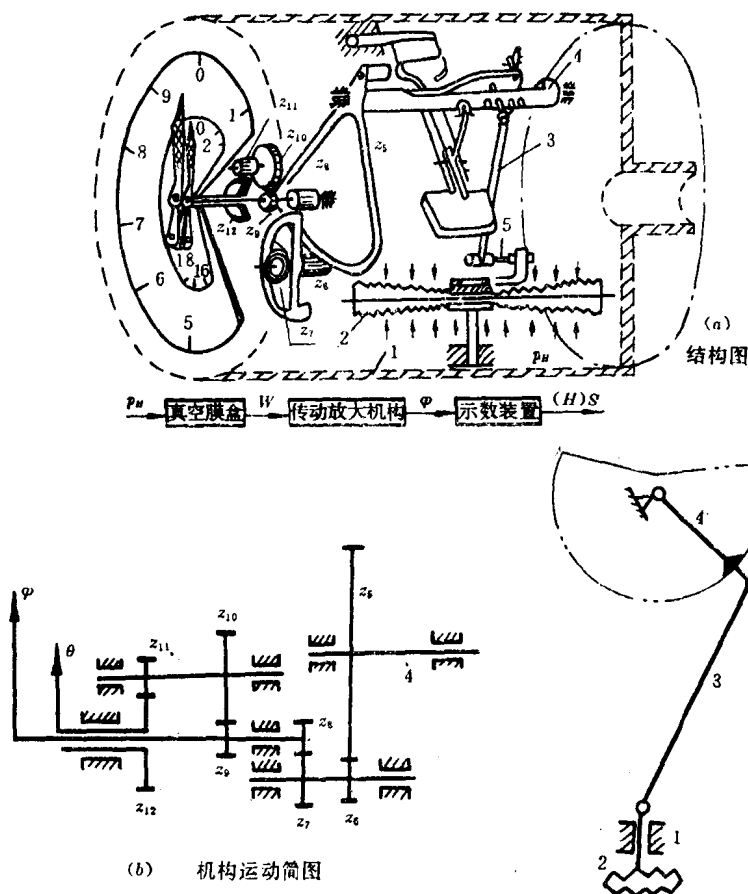


图 1-3 气压式高度表

气，经过管道引入高度表的表壳 1 中。感受压强的元件，一般采用“真空膜盒”。真空膜盒的下部通过金属杆固定在高度表的外壳上，当飞行高度增加时，气压 p_H 减小，由于金属弹力的作用，膜盒上膜片的中心就相对于固定的下膜片中心逐渐胀开。随着上膜片中心位移的变化，上膜片将推动“传动放大机构”运动，先推动连杆 3 使曲柄 4 转动，又通过两对扇形齿轮传动，使得长指针轴转动 φ 角。同时，再通过两对圆柱减速齿轮传动，使得短指针轴转动 θ 角，因此，高度表的刻度盘上的刻度值就显示出飞机的飞行高度。

图 1-4a 所示为内燃机示意图，它主要由汽缸（即机体）1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、进汽阀推杆 8（排汽阀部分在图中未画出）等组成。燃气推动活塞 2 在汽缸 1 中作直线移动，通过连杆 3 使曲轴 4 作连续转动，从而将燃气的热能转换为机械能。

从以上几种机械、仪表可以看出，尽管它们的结构型式、功用和性能不同，但都具有以下的共同特征：

- 一、它们是由许多人为实体的组合；
- 二、各实体间具有确定的相对运动；
- 三、在工作时，有些机械（如内燃机）能进行能量转换或做有效的机械功。

凡上述三个特征同时具有的机械称为机器，仅具有前两个特征的机械则称为机构。一般常以机械作为机构和机器的统称。当组成机构的所有构件都在同一平面或相互平行的平面内

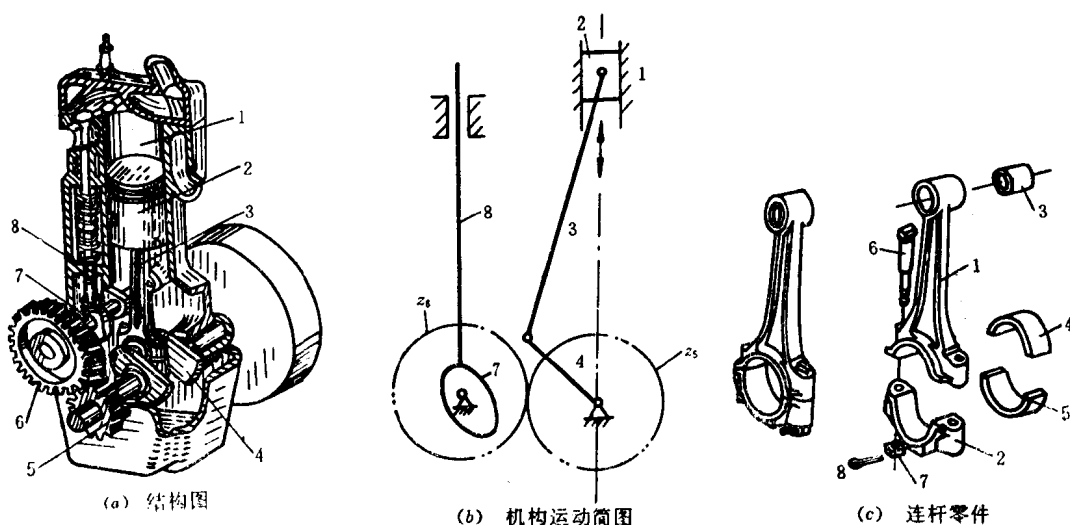


图 1-4 内燃机

运动时,这种机构称为平面机构,否则就称为空间机构。我们在本课程中只学习平面机构。

构件可以是单一的一个零件,也可以是由几个零件组成的刚性结构。图 1-1a 所示的从动杆 5,是由挡块、锁钩及钢管等几个零件组成的一个构件;图 1-4b 所示的连杆,是由连杆 1、连杆盖 2、轴套 3、轴瓦 4 和 5、螺栓 6、螺母 7、开口销 8 等零件组成的一个构件;图 1-4 所示的推杆 8 是一个零件组成的构件。因此,可以说,零件是制造的单元,而构件是运动的单元。

零件视其用途不同可分为通用零件和专用零件。凡各种机械中都经常使用的零件,例如齿轮、螺钉、平键等,称为通用零件;只在某些特定机械中使用的零件,例如膜盒、曲轴等,称为专用零件。

一般来说,机械零件、构件都要传递运动(转动、移动、摆动),或者传递载荷(如动力、自重量等)。因此,机械零件、构件会受到拉伸、压缩、扭转、弯曲、剪切、挤压以及复合载荷的作用,产生变形甚至破坏。所以必须对机械零件、构件进行强度或刚度的计算。强度是指零件(或者构件)抵抗破坏的能力;刚度是指零件(或构件)抵抗变形的能力。

“机械设计基础”是一门重要的技术基础课。为了取得较好的效果,把材料力学、机械原理、机械零件归并为一门“机械设计基础”,这样便于减少重复,加强整体联系。本书主要阐述一般机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点和基本的设计理论和计算方法;同时阐述拉伸、压缩、扭转、弯曲、剪切、挤压、复合载荷,以及交变载荷状态下的强度、刚度计算方法;还要扼要地介绍国家标准和规范,以及某些标准零件的选用原则和方法。

为了学好这门课程,首先必须掌握机械制图、理论力学、金属材料及热处理、机械制造基础等基础课程的有关知识。通过本课程的学习,使学生具备认识、使用和维护机械设备的一些基本知识;掌握一般的强度、刚度计算方法;培养学生能运用在本课程中所学的知识和方法,以及机械设计方面的工程手册,设计简单机械的能力,为学习有关专业课程和参与技术革新、技术改造,提供必要的基础。

§ 1-2 机械设计的基本原则和一般步骤

一、机械设计的基本原则

机械的类型虽然很多，但其设计的基本原则却大致相同，主要有以下几个方面。

(一) 满足使用要求。首先是能够按照预期的技术要求顺利地执行机械的全部职能；其次是能在预定的寿命期限内可靠地工作而不发生破坏，不致因过度的磨损或产生过度的变形而导致机械的失效，也不会因机械的运转不准确，以及强烈的冲击振动等而影响机械的正常工作质量。

(二) 满足经济性的要求。机械的经济性是指在设计、制造上要求成本低、生产周期短；在使用上要求生产率高，效率高，适应范围大，能源和辅助材料消耗少，操作方便，以及维护费用低廉等。

(三) 满足工艺要求。机械的工艺性要求是指在不影响机械工作性能的前提下，应使机械的结构尽可能简单，选用最简单合理的机构组合方案，尽量采用标准的零、部件，并且要求制造装配的劳动量最少，装拆维修方便。

(四) 满足劳动保护的要求。劳动保护是指操作的安全性，最大限度地减少工人操作时的体力和脑力消耗，改善操作者的工作条件，降低噪声等。

(五) 满足其它特殊要求。有些机械各自还有本身的特殊要求，如航空航天产品要求重量轻，经常搬动的机械要便于拆、装和运输等。

二、机械设计的步骤和方法

由于各种机械的用途、性能要求不同，设计的具体条件不同，所以设计的步骤和方法不完全一致，但设计的一般过程和主要内容却基本上是一致的。

(一) 选定机械的工作原理。机械的工作原理是实现预期职能的根本依据。同样的预期职能，可以采用不同的工作原理来实现。选定机械的工作原理，需要有广泛的基础知识、专业知识和实践经验。并且要根据市场要求，分析现有的有关产品，参考国内外的技术资料，经过调查研究，分析对比，最后才能确定所要设计的机械的工作原理。

(二) 进行机械的运动设计。根据选定的工作原理，妥善地选择所需要的机构和机构组合方案，并进行机构的运动设计，绘出表明机械运动情况的机构运动简图。

(三) 进行机械的动力设计。动力设计就是根据所受的载荷、工作速度以及各构件的运动及动力参数，对机械进行动力分析，以便确定出各构件所受的力以及机械所需的驱动功率，作为对机械零件进行强度设计以及选择合适的原动机的依据。

(四) 进行机械零件的工作能力设计及结构设计。根据强度、刚度、寿命等方面的要求来确定机械零件主要参数的过程，称为机械零件的工作能力设计；而在进行零件工作能力设计的过程中，同时还要根据零件的受力情况、装配关系、工艺要求等，确定出各零件的具体结构形状和尺寸，这就是机械零件的结构设计。强度是保证机械零件工作能力的最基本的要求，机械零件工作时不应承受过大的静载荷或动载荷，以免发生断裂或永久变形等形式的失效，否则将使机械不能正常工作，甚至可能导致安全事故。例如航空变流机，要求它工作可靠，绝不允许主轴发生断裂破坏现象；机械零件的刚度不足，变形过大，机械也不能正常工

作。例如航空变流机,不允许转子与定子有相互碰撞的现象,并应尽可能好地保持它们之间气隙的均匀性,即对主轴在工作时的变形有一定的限制。但是有些机械零件,如弹簧、膜盒等,却要求有适当的柔度。通过结构设计,不但要定出各零件的具体结构形状和尺寸,而且要绘制出机械零件的工作图,还要根据机械的机构运动简图绘制出具体的装配图,编写设计技术说明书及标准件、外购件的明细表等。

需要指出的是,上述步骤不是截然分开的,是有机联系的,相互影响的,有时需要相互交叉进行,多次反复,不断修正,才能使设计完善。

§ 1-3 学习本课程应注意的几个问题

上面我们把本课程研究的主要内容等概括地作了阐述。为了学好本课程,还需要注意以下几个问题:

一、在学习过程中,应注意把一般的原理和方法与对各种具体机构和机械零件、部件的研究结合起来,并随时注意联系在日常生活和生产中所遇到的各种机械和机械设计问题,根据所学到的知识进行观察和分析,做到理论与实际紧密联系。

二、本课程是一门技术基础课,它不象其它的理论基础课程,而是更结合实际。其所阐述的各部分内容之间,既有共同性也有一定的独立性。例如在齿轮机构与连杆机构之间,虽然有一些共性问题,而更重要的则是它们有各自的特性。又例如拉伸强度和弯曲强度之间也是如此。在学习本课程时必须注意到技术基础课程的这一特点。

三、工程实际问题往往是比较复杂的,牵涉到许多方面的因素。解决工程实际问题,有些需要有严格的理论分析和公式推导,有些则是依据可靠的实验数据,或大量的实践经验。在机械设计中常引用实验数据和经验公式。对于这些实验数据和经验公式,应象对待理论分析的结果一样加以重视。这就是说,在学习本课程时要有一定的工程观点。总之,本课程与理论基础课程有许多不同的地方,因此,在学习方法上也必须适当加以改变。

§ 1-4 机械零件的常用材料及钢的热处理概念

一、机械零件的常用材料

机械零件常用的材料主要是钢和铸铁,其次是有色金属合金,以及非金属材料。

(一) 钢

钢和铸铁都是由铁和碳两个基本元素组成的合金,含碳量小于2%的铁碳合金称为钢。

钢可分为碳素钢和合金钢两大类。碳素钢的性能主要取决于含碳量。当含碳量为0.08~0.25%时,称为低碳钢,它塑性好,适于焊接、冲压、渗碳等;含碳量为0.3~0.7%时称为中碳钢,其中含碳量为0.5~0.7%的钢用作高强度结构零件或弹性零件;含碳量0.7~1.4%时称为高碳钢,适宜于做工具、模具、刀具等。钢中还含有少量磷、硫等杂质。为了使钢具有某些特定的性能,加入一些铬、镍、钼、钛、钨等元素,称为合金钢。合金钢价贵,只用于制造重要的和具有特殊性能的机械零件。

下面简略介绍一部分钢种。

1. 普通碳素钢 普通碳素钢又分为甲类钢、乙类钢和特类钢三种。其中甲类钢能保证

机械性能，应用最广。甲类钢的牌号有 A0、A1、A2、……A7。随着牌号数字的增加，钢的强度增加，塑性降低。甲类钢多用于制造一般要求的机械零件。

2. 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢中只含极少量的有害杂质硫、磷（硫使钢在高温时产生脆性，磷使钢在低温时产生脆性），能保证钢中的化学成分，又能保证机械性能，因此质量较高，可用于制造较重要的机械零件，是广泛采用的钢种。优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，这两位数字代表钢中的平均含碳量，以 0.01% 为单位。例如，45 号钢表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。如果是含锰的优质碳素结构钢，则在两位数字后面附以 “Mn”，如 45Mn 等。

3. 合金结构钢 合金结构钢中含有一定数量的合金元素，其牌号采用 “数字+化学元素+数字” 的表示方法。如 40Cr，表示含碳量为 0.4%，含铬量小于 1.5% 的铬钢；又例如 2Cr13，表示含碳量为 0.02%，含铬量 13% 的铬钢（即不锈钢）。

4. 铸钢 铸钢也分为碳素铸钢和合金铸钢两类。其牌号的表示方法与前述的几类钢的表示方法基本相同，所不同的只是在牌号前冠以 “ZG” 字样。例如 ZG45 表示平均含碳量为 0.45% 的碳素铸钢。

（二）铸铁

含碳量大于 2% 的铁碳合金称为铸铁。铸铁的抗拉强度、塑性和韧性较差，但抗压强度较高，具有良好的铸造性，切削加工性和减摩性等，而且价格低廉。常用于制造承受压力的基础零件或形状复杂、对机械性能要求不高的机械零件。常用的有灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁三种。

1. 灰铸铁 灰铸铁中的碳主要以片状石墨形式存在，因断口呈灰色而得名。灰铸铁的牌号由 “HT” 和数字组成。如 HT150，表示抗拉强度极限为 150N/mm² 的灰铸铁。

2. 可锻铸铁 可锻铸铁中碳主要以团状石墨形式存在。可锻仅说明它比灰铸铁有较好的塑性，实际上并不能锻造，仍然只能用于铸造。前一组数字表示其最低抗拉强度，后一组数字表示其最低延伸率。为了区分可锻铸铁的类别，以 “KTH” 表示黑心可锻铸铁、“KTZ” 表示珠光体可锻铸铁、“KTB” 表示白心可锻铸铁。如 KTH350-10 表示黑心可锻铸铁，抗拉强度极限不小于 350N/mm²，延伸率不小于 10%。可锻铸铁主要用于制造形状复杂、承受振动的薄壁小型零件。

3. 球墨铸铁 球墨铸铁中的碳主要以球状石墨形式存在，从而提高了铸铁的强度，并具有较好的塑性。球墨铸铁常被用于代替铸钢和锻钢来制造某些机械零件。球墨铸铁的牌号由 “QT” 和两组数字组成，如 QT600-2，前一组数字表示最低抗拉强度极限为 600N/mm²，后一组数字表示最低延伸率为 2%。

几种钢铁的牌号及机械性能如表 1-1 所示。

（三）有色金属合金

在工业上，把铁以外的金属统称为有色金属，以有色金属为主要元素组成的合金称为有色金属合金或有色合金。有色合金具有一些特殊性能，如高的导电性、导热性、耐蚀性和减摩性等。但有色合金稀少，价格贵，只是在满足特殊要求时才采用。

1. 铜和铜合金

a. 纯铜呈紫红色，常称紫铜。纯铜有良好的导电、导热和耐蚀性，也有良好的塑性，因而被广泛地用于电器制造工业，制造电器元件等。

表 1-1 几种钢、铁牌号和机械性能

牌 号	热处理方法	屈服极限	抗拉强度 极 限	延 伸 率	硬 度		应用举例
		$\sigma_s(\text{N/mm}^2)$	$\sigma_b(\text{N/mm}^2)$	$\delta_s(\%)$	HBS	HRC (表面 淬火)	
A3		230	380~470	26			普通螺钉、垫圈
A5		270	500~620	20			
10	正火	210	340	31	≤ 137		铆钉等
20	正火回火	220	400	24	103~156		轴套等
35	正火	320	540	20	≤ 187		螺栓等
	调质	300	560	19	156~207		转轴等
45	正火	360	610	16	≤ 241	40~50	齿轮等
	调质	360	650	17	217~255		
20Cr	渗碳 淬火 回火	400	650	13		渗碳 56~62	蜗杆、齿轮等
30CrMnSiA	调质	950	1100	7			航空螺栓等
2Cr13不锈钢		450	660	16			制造不锈钢零件
40Cr	调质	800	1000	15	241~256	48~55	重要的齿轮等
60Si2Mn	淬火 460°C 回火	1200	1300	5		40~48	重要弹簧等
ZG25	正火 回火	240	450	20	≥ 131		机座及管路附件等
ZG45	正火 回火	320	580	12	≥ 153	40~50	联轴器等
HT150		330	150		163~229		床身、轴承座等
HT200		400	200		170~241		汽缸、齿轮等
QT500-5		350	500	5	147~241		凸轮轴、齿轮等

b. 黄铜是以铜、锌为主的合金，根据成分不同又可分为普通黄铜和特殊黄铜。由铜和锌组成的合金称为普通黄铜，黄铜的代号用“H”表示，如 H80 表示含铜 80%，其余为锌的普通黄铜。为了进一步改善黄铜的性能，在黄铜中加入铝、锰、锡、硅、铁等元素，便成为特殊黄铜，例如 ZHA166-6-3-2 等，“Z”表示铸造。四组数字表示一些有色金属的含量百分数，由有关材料手册中可以查出。

c. 青铜。凡是铜合金中加入的元素不是以锌为主的铜合金，称为青铜。加入元素以锡为主的称为锡青铜。它具有良好的铸造性，铸件精确而不变样，耐腐蚀，减摩性好。用以制造轴承衬套、轴瓦等。锡青铜的牌号用“Q”表示，后加主加元素的化学符号，并依次表示各主要成分的含量的百分数，如 ZQSn10-1，表示铸造锡青铜，含锡 10%，其余数字表示