

JIXIESHEJI JIANMING JIAOCHENG



机械设计简明教程

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

陕西科学技术出版社

内 容 提 要

本书是参照1980年8月审订的高等学校工科非机械类专业试用《机械原理及机械零件教学大纲(草案)》(65学时左右)的要求,在多年教学实践的基础上编写的。

全书除绪论、附录外,共十六章,包括机构的组成及其具有确定运动的条件、常用传动机构的类型及应用、平面机构的运动分析、平面机构的受力分析、机械零件强度计算的基本知识,机械零件的材料和结构工艺性、斜面机构及螺旋机构、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和减速器、带传动和链传动、联接、轴承、轴和联轴器、弹簧。各主要章节末尾都附有一定数量的习题。

本书可作为高等学校工科非机械类专业的教材,也可供其它专业的师生及工程技术人员参考。

编 者 的 话

高等学校工科非机械类专业的类型很多,各专业对机械设计(机械原理及机械零件)课程的要求不尽相同,安排的先修课程也不一样。根据1980年8月审订的高等学校工科非机械类专业试用《机械原理及机械零件教学大纲(草案)》说明中对先修课程的要求,学生在学习机械设计课程之前,应已学过机械制图、金属工艺学、理论力学、材料力学等课程。但是有不少类型的非机械类专业,如无线电类专业、控制类专业、自动化类专业、计算机专业、管理工程专业等,虽然根据专业的需要,也要求开设机械设计课程,但却没有安排金属工艺学、材料力学等先修课程。而现有的几种有关的教材,又都是在上述先修课程的基础上编写的,因此给这些专业的机械设计课程的教学造成一定的困难。

为了适应上述非机械类型专业的教学需要,参照1980年8月审订的高等学校工科非机械类专业试用《机械原理及机械零件教学大纲(草案)》(65学时左右)的要求编成本书。本书除绪论、附录外,共十六章,分为三篇。第一篇总论(包括第一章至第六章),主要介绍本课程研究的对象、内容及有关机械设计的基本知识(包括机械零件的常用材料、强度计算及结构工艺性等方面的基本知识)。第二篇常用传动机构(包括第七章至第十二章),介绍各种常用传动机构的特点、应用及分析和设计的基本方法。第三篇通用机械零、部件(包括第十三

章至第十六章)，介绍各种通用机械零、部件工作特点、适用场合及设计或选用的基本准则和方法。

参加本书编写工作的有孙桓、张榛、管叙源、任宏达、朱克先、屈中元、张永才和周延海等同志，最后由孙桓、任宏达和管叙源三位同志审阅定稿。并由濮良贵、付则绍同志复审。

由于我们的水平所限，所以书中的缺点和漏误之处在所难免，深切希望广大读者批评指正。

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

1986年7月

目 录

绪 论

- § 0—1 本课程研究的对象及内容…………… (1)
- § 0—2 机械设计的基本原则和一般过程…………… (5)
- § 0—3 学习本课程的目的及注意事项…………… (7)

第一篇 总 论

- 第一章 机构的组成及其具有确定运动的条件…………… (9)
 - § 1—1 机构的组成…………… (9)
 - § 1—2 机构运动简图…………… (13)
 - § 1—3 机构具有确定运动的条件…………… (18)
 - *§ 1—4 平面机构自由度的计算…………… (19)
 - *§ 1—5 计算平面机构自由度时
应注意的事项…………… (21)
习题…………… (23)
- 第二章 常用传动机构的类型及应用…………… (28)
 - § 2—1 通过低副接触直接传动的机构…………… (28)
 - § 2—2 通过高副接触直接传动的机构…………… (31)
 - § 2—3 通过中间连杆的间接传动机构…………… (41)
 - § 2—4 具有挠性中间构件的间接传动机构…………… (44)
 - § 2—5 组合机构…………… (47)
 - § 2—6 机构的选用…………… (50)

第三章 平面机构的运动分析..... (56)

§ 3—1 机构运动分析的任务和目的..... (56)

§ 3—2 平面机构的速度和加速度图解法..... (58)

§ 3—3 机构的运动线图..... (63)

§ 3—4 速度瞬心及其在机构速度
分析中的应用..... (64)

习题..... (68)

第四章 平面机构的受力分析..... (70)

§ 4—1 作用在机械上的力..... (70)

§ 4—2 机构力分析的任务和方法..... (72)

§ 4—3 平面机构的动态静力分析..... (73)

§ 4—4 构件惯性力的平衡..... (77)

习题..... (82)

第五章 机械零件强度计算的基本知识..... (84)

§ 5—1 机械零件的承载能力及其
变形的基本形式..... (84)

§ 5—2 轴向拉伸与压缩..... (87)

§ 5—3 剪切..... (96)

§ 5—4 扭转..... (99)

§ 5—5 弯曲..... (102)

§ 5—6 变应力下零件的强度概念..... (108)

§ 5—7 机械零件接触强度概述..... (112)

习题..... (113)

第六章 机械零件的材料和结构工艺性..... (116)

§ 6—1 机械零件的材料及其选择原则..... (116)

§ 6—2 机械零件的结构工艺性..... (135)

第二篇 常用传动机构

第七章 斜面机构和螺旋机构	(141)
§ 7—1 斜面机构和螺旋机构的应用及特点	(141)
§ 7—2 斜面机构的受力分析	(143)
§ 7—3 斜面机构的效率及自锁	(145)
§ 7—4 螺旋机构的运动分析	(150)
§ 7—5 螺旋机构的效率和自锁	(154)
习题	(158)
第八章 平面连杆机构	(160)
§ 8—1 平面连杆机构的类型、应用 及其演化	(160)
§ 8—2 四杆机构传动的一些基本知识	(174)
§ 8—3 四杆机构设计简介	(181)
习题	(187)
第九章 凸轮机构	(190)
§ 9—1 凸轮机构及其分类	(190)
§ 9—2 推杆常用的运动规律	(193)
§ 9—3 凸轮轮廓曲线的设计	(199)
§ 9—4 凸轮机构的压力角与凸轮的 基圆半径	(208)
§ 9—5 圆柱凸轮机构概述	(212)
习题	(213)
第十章 齿轮传动	(215)
§ 10—1 齿轮传动及其类型	(215)
§ 10—2 齿廓啮合的基本定律	(218)
§ 10—3 渐开线的形成及其性质	(221)

§ 10—4	渐开线齿廓的啮合特性·····	(223)
§ 10—5	渐开线齿轮各部分的名称和尺寸·····	(226)
§ 10—6	渐开线齿轮的啮合传动·····	(231)
§ 10—7	齿轮的加工方法·····	(237)
§ 10—8	齿轮的失效形式和齿轮的材料简介·····	(240)
§ 10—9	直齿圆柱齿轮传动基本参数的确定·····	(244)
§ 10—10	斜齿圆柱齿轮传动·····	(248)
§ 10—11	圆锥齿轮传动·····	(256)
§ 10—12	蜗杆蜗轮传动·····	(261)
§ 10—13	齿轮及蜗杆、蜗轮的结构设计·····	(276)
	习题·····	(270)
第十一章 轮系和减速器·····		(278)
§ 11—1	轮系及其分类·····	(278)
§ 11—2	定轴轮系的传动比·····	(281)
§ 11—3	周转轮系的传动比·····	(284)
§ 11—4	复合轮系的传动比·····	(289)
§ 11—5	轮系的功用·····	(291)
* § 11—6	几种特殊型式的齿轮传动机构简介·····	(298)
§ 11—7	减速器·····	(301)
	习题·····	(308)
第十二章 带传动和链传动·····		(310)
§ 12—1	传动带的类型和特点·····	(310)
§ 12—2	带传动的几何关系·····	(314)
§ 12—3	带传动的工作情况·····	(315)
§ 12—4	三角胶带传动的设计步骤·····	(321)
§ 12—5	三角带轮的结构·····	(327)

§ 12—6	传动链及链轮·····	(330)
§ 12—7	链传动的工作情况·····	(334)
§ 12—8	套筒滚子链传动的设计·····	(336)
	习题·····	(341)

第三篇 通用机械零、部件

第十三章	联接·····	(343)
------	---------	-------

§ 13—1	联接总论·····	(343)
§ 13—2	键和花键联接·····	(346)
§ 13—3	螺纹和螺纹联接件·····	(353)
§ 13—4	螺栓(螺钉)组的结构设计·····	(358)
§ 13—5	螺纹联接件的强度计算·····	(360)
§ 13—6	提高螺纹联接件的疲劳强度和 防松的方法·····	(362)
	习题·····	(365)

第十四章	轴承·····	(367)
------	---------	-------

§ 14—1	滑动轴承·····	(368)
§ 14—2	滚动轴承·····	(379)
§ 14—3	滚动轴承的选择·····	(386)
§ 14—4	滚动轴承的组合设计·····	(390)
* § 14—5	滚动轴承的承载能力计算·····	(395)
	习题·····	(402)

第十五章	轴和联轴器·····	(405)
------	------------	-------

§ 15—1	概述·····	(405)
§ 15—2	轴的结构设计·····	(408)
§ 15—3	轴的强度计算·····	(413)

§ 15—4	联轴器、离合器.....	(417)
	习题.....	(422)
第十六章	弹簧.....	(423)
§ 16—1	弹簧的功用和类型.....	(423)
§ 16—2	弹簧的材料和制造.....	(427)
§ 16—3	拉压圆柱形螺旋弹簧的结构参数及 特性曲线.....	(429)
§ 16—4	圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧的 设计计算.....	(434)
§ 16—5	其它弹簧简介.....	(437)
	习题.....	(442)
	附录.....	(444)
	参考书目.....	(452)

绪 论

§ 0—1 本课程研究的对象及内容

在日常生活和生产中，我们都接触过许多机器。例如自行车、缝纫机、汽车、拖拉机、电动机、内燃机、机床等等。各种机器具有不同的构造、型式和用途。然而，这些品类繁多的机器，却具有以下的一些共同特征：

(1) 任何机器都是由许多机械零件组成的。例如图 0—1，a所示的内燃机，就是由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 及 6、凸轮 7、气阀 8、弹簧、销钉、螺栓、螺母、垫圈等一系列机械零件组成的。在这些零件中，有的零件本身就是一个独立的运动单元体，在机器的工作过程中，相对于机器的其他部分而运动；另外一些零件，则往往由于工艺及结构方面的原因，而被彼此刚性地联接在一起，构成一个整体而运动，即共同形成一个运动单元体。例如图中的连杆 3 就是连杆体、连杆头、螺栓、螺母等零件组成的刚性系统。显然，从运动的观点来看，由几个零件所组成的刚性系统与具有独立运动的单一零件是没有区别的。我们把由几个零件组成的刚性系统称为一个构件。显然，一个不与其他零件刚性地联接在一起的单独零件，也可以说是最简单的构件。由上所述可知，零件和构件的区别在于：零件是单独加工出来的加工单元体，而构件

则是一个运动单元体。

在我们介绍了有关构件的概念之后，从运动的观点来看，也可以说任何机器都是由许多构件组成的。

(2) 组成机器的各个构件之间都具有确定的相对运动。例如在上述的内燃机中，曲轴与连杆之间、连杆与活塞之间、活塞与气缸之间，等等，就都具有完全确定的相对运动。

(3) 机器在工作时能够完成有益的机械功（改变工作物的外形、性质及空间位置等）或转化机械能。例如发电机将机械能转化为电能，内燃机将热能转化为机械能，而各种机床则

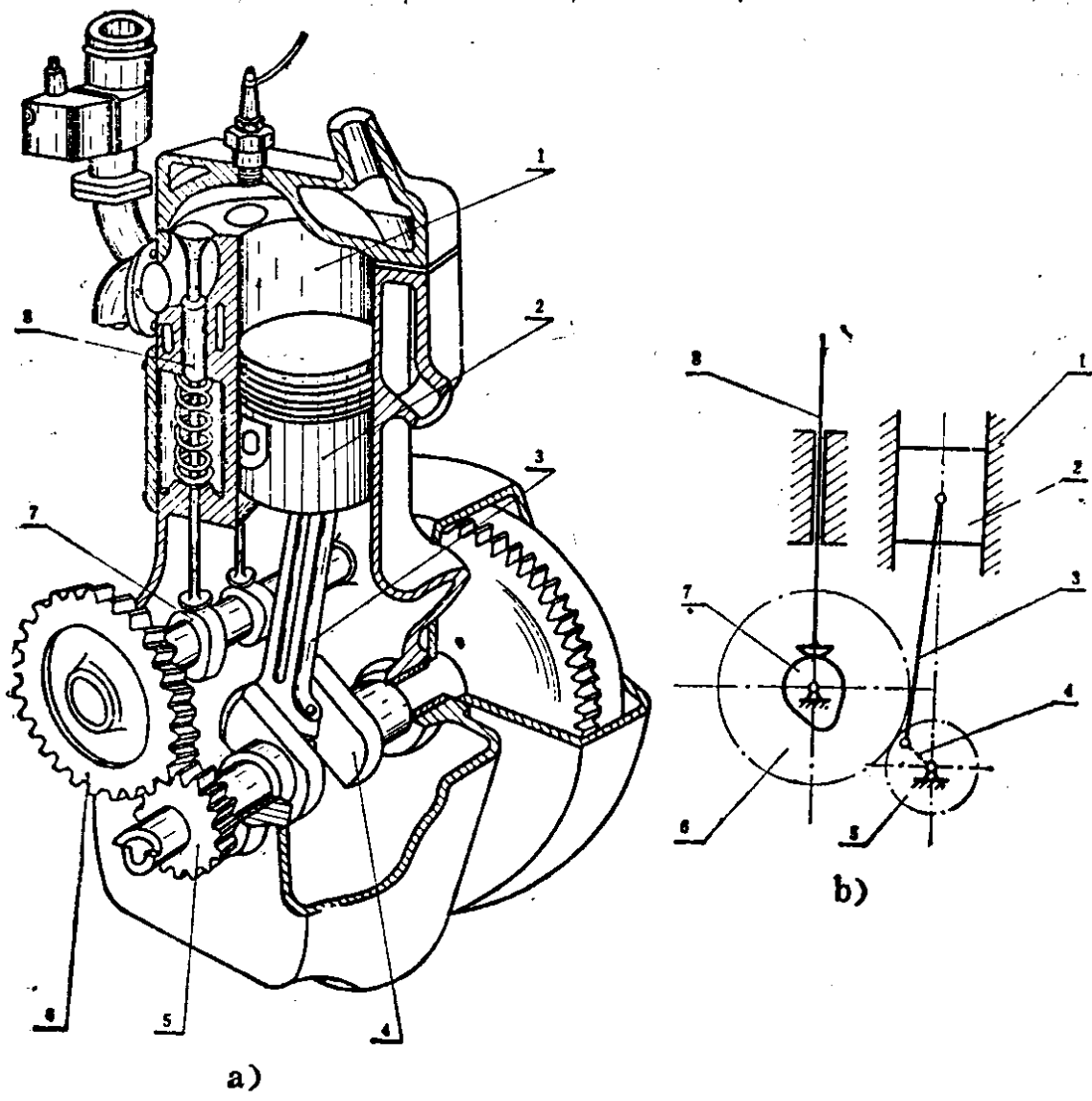


图0—1

利用机械能来完成有益的机械功。

根据上述的分析，我们可以给机器下一个一般的定义，即机器乃是一种人为的构件组合体，其各构件之间具有确定的相对运动，而且可以用来完成有益的机械功或转化机械能。

如果一个构件组合体，其各构件之间也具有确定的相对运动，只是我们不考虑其能否完成机械功或转化机械能的问题，那末这样一种具有确定相对运动的构件组合体则称为机构。由此可见，若撇开机器完成机械功或转化机械能的作用，而仅从结构和运动的角度来看，机构与机器并没有什么区别。因此，在习惯上我们常用“机械”一词作为它们的总称。

各种机器的构造、型式和用途，虽然各不相同，但组成这些机器的机构的类型却并不是很多的。通过对各种不同机器的剖析不难看出，即使是非常复杂的机器，也无非是由齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、带及链条传动机构等等一些常用的基本传动机构组合而成的。所以本课程将把这些常用的传动机构作为研究的主要对象之一。又如前述各种机器都是由许多机械零件组成的，在这些零件中，有些是某种机器所专用的零件（如飞机的螺旋桨、内燃机的气阀等），而大量的则是在各种机器中都会用到的一些通用的机械零件和部件（如轴、轴承、弹簧、螺栓等等）。关于专用零件的设计，不属于本课程的研究范围，而各种最常用到的通用零件和部件，则是本课程研究的主要对象。

本课程研究的内容，主要有以下几方面：

（1）机构的组成及其具有确定运动的条件 研究机构是如何由构件组合起来的，又在什么条件下机构各构件之间才具有确定的相对运动。同时还将介绍如何用简单的图形把机械的

运动情况表示出，此即所谓机构运动简图的绘制问题。

(2) 机构的运动分析和受力分析 介绍对机构进行运动分析和受力分析的方法，以便了解机构的运动和受力情况。这对于新机械的设计是一个必须的步骤；对于合理有效地使用现有机械也是必不可少的依据。此外，通过对机械的运动及受力分析，还可进一步研究机械动力学的有关问题。如机械效率的问题；在外力作用下机械的真实运动规律问题；机械运转速度波动的调节问题，以及为了减小机械运转速度的波动和节省动力在机械中安装的飞轮的设计问题；机械平衡的问题等等。不过，限于对本课程的要求，这些问题就不再专门介绍了。

(3) 常用机构的分析及设计 主要介绍各种常用传动机构的工作特点、用途以及分析和设计的方法。

(4) 通用机械零、部件的设计或选用 一部新机器的设计，最终需要设计出其全部机械零件，即选定各零件的材料，并通过工作能力设计及结构设计定出各零件的具体结构形状和尺寸。关于零件的材料问题，本课程将介绍一些常用材料的品种、性能、适用场合，以及选用材料的一般原则。关于零件的工作能力设计，一般主要是强度设计，对某些零件还要进行刚度、寿命等方面的设计。本课程将首先对在零件强度计算中遇到的一些力学基础知识加以介绍，然后再结合各种不同的零、部件，介绍它们的用途和工作条件以及其设计计算或选用的基本准则和方法。同时还将介绍某些标准零、部件的标准规范及其选用。

设计一部机器，当然需要多方面的知识，而本课程对各种常用传动机构的分析、设计和对各种通用机械零、部件的设计或选用问题的研究，显然是机械设计所需的最重要和最基本的知识。

§ 0—2 机械设计的基本原则和一般过程

设计任何机器，都应该在正确的设计思想指导下进行。一般应遵循以下一些基本原则：

(1) 满足使用要求 机器的使用要求，就是要求所设计的机器能够有效地执行预期的全部职能。这包括执行职能的可能性和可靠性两个方面：首先是能够按照预期的技术要求顺利执行全部职能；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。这些要求都要靠正确设计和选择机构组合以及机械的零、部件来保证。

(2) 满足经济性的要求 机器的经济性是一个综合指标，它体现在设计、制造和使用的整个过程中。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。

(3) 满足工艺性要求 在不影响机器工作性能的前提下，应使机器的结构尽可能简单，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。

(4) 满足劳动保护的要求 要特别注意操作安全；要最大限度地减少工人操作时的体力及脑力消耗；并要尽可能改善操作者的工作条件。

(5) 满足其它特殊的要求 有些机器各自还有一些特殊

的要求：如经常搬动的机器有便于拆、装和运输的要求；食品、纺织、造纸等机械有不得污染产品的要求等。

至于机械设计的具体步骤和方法，虽然由于各种机器的用途、性能要求不同，设计的具体条件不同，而不尽一样，但大体说来，它们设计的一般过程和主要内容却基本上是一致的。现就机械设计的一般过程和主要内容概述如下：

（1）选定机器的工作原理 机器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，例如为了加工齿轮。我们可采取用刀具将齿轮的齿一个一个地加工出来的工作原理；而在某些情况下，也可以采取用压力加工的办法将齿轮所有的齿一次冲压出来的工作原理。显然，采用的工作原理不同，所设计出来的机器也就根本不同。一部机器是否先进，在很大程度上决定于其所采用的工作原理是否先进。选定机器的工作原理，需要广泛的基础知识、专业知识和实践经验。这项工作主要属于专业机械设计的范围，本课程不拟作过多的论述。

（2）进行机器的运动设计 机器运动设计的任务是根据选定的工作原理，妥善地选择所需要的机构，拟定机器的机构组合方案，并进行机构的运动设计，最后绘出足以表明机器运动情况的机构运动简图。

（3）进行机器的动力设计 机器的运动设计完成后，即可进而根据其所受的载荷，工作速度以及机构运动简图中各构件的运动及动力参数对机器进行动力分析，以便确定出各构件所受的力，以及机器所需的驱动功率，作为对机械零件进行强度设计以及为机器选择合适的原动机的依据。

（4）进行机械零件的工作能力设计及结构设计 为了使

所设计的机器能够实现预期的使用目的,除了在运动及动力性能方面必须满足要求外,机器所有零件还必须满足强度、刚度、寿命等方面的要求。根据强度、刚度、寿命等方面的要求来设计零件的过程,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,此即所谓机械零件的结构设计。通过结构设计,将机器的机构运动简图改变为具体的装配图,并进而设计出全部零件图。

必须指出,上述机构运动简图、装配图和零件图的设计,不可能是截然分开的三个阶段,而必然是相互牵连、相互影响的,因而往往是反复交叉进行的。

§ 0—3 学习本课程的目的及注意事项

上面我们把本课程研究的主要内容概括地作了介绍。在了解了本课程研究的内容后,对于为什么要学习这门课程就不难理解了。首先,各工科专业的学生,在以后的学习和工作中,总要遇到许多关于机械设计和使用方面的问题,而本课程的内容就是研究现有机器的运动及工作性能和设计新机械的知识基础。所以,本课程在各专业教学计划中都被列为必修课。学好本课程,对于学习专业,以及将来搞好技术工作都是十分必要的。

另一方面,在国家的“四化”建设中,科学技术的现代化占据着首要地位,为了发展生产,改善人民生活,应力求在一切能够用机器操作的部门和地方,通通使用机器操作。显然这就需要创造许多新的机械,或对现有机进行革新改造,而要完成这些工作,则本课程所介绍的知识,也是必不可少的。