

高等学校教材

机械设计学习指南

(第四版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编著

濮良贵 纪名刚 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是西北工业大学机械原理及机械零件教研室编著,濮良贵、纪名刚主编,高等教育出版社2001年出版的《机械设计》(第七版)的配套用书,是在《机械设计学习指南》第三版(高等教育出版社,1997)的基础上修订而成的。本书内容以针对《机械设计》各章而撰写的学习辅导材料为主体,并编入了“关于机械设计课程的说明”、“机械零件结构设计基本知识”、“机械设计习题的解题方法”、“机械现代设计方法简介”、“创新的重要性及机械创新设计的构思途径简介”和“附录”(1. 结合生产、实习、参观或日常生活学习《机械设计》各章有关内容的提示;2. 机械现代设计方法常用参考书目)。本书主要用来指导高等院校机械类专业的学生如何学习《机械设计》,亦可供业余大学、函授大学、自修(培训)学院等机械专业的学生及广大自学者学习《机械设计》时参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计学习指南 濮良贵,纪名刚主编 .—4 版 .—北京:
高等教育出版社,2001
高等学校教材
ISBN 7-04-009351-0

机... . 濮... 纪... 机械设计-高等学校-
教学参考资料 .TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 07701 号

责任编辑 沈 忠 封面设计 李卫青 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 马桂兰 责任印制

机械设计学习指南(第四版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编著

出版发行	高等教育出版社				
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009		
电 话	010 - 64054588	传 真	010 - 64014048		
网 址	http: www.hep.edu.cn				
	http: www.hep.com.cn				
经 销	新华书店北京发行所				
印 刷					
开 本	850×1168 1/32	版 次	年 月第 版		
印 张	8.25	印 次	年 月第 版		
字 数	200 000	定 价	8.80 元		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有 侵权必究

前 言

本书是西北工业大学机械原理及机械零件教研室编著,濮良贵、纪名刚主编,高等教育出版社 2001 年出版的《机械设计》(第七版)(以下简称《机械设计》)的配套用书,是在《机械设计学习指南》第三版(高等教育出版社,1997)的基础上修订而成的。本书内容以针对《机械设计》各章而撰写的学习辅导材料为主体,并编入了“关于机械设计课程的说明”、“机械零件结构设计基本知识”、“机械设计习题的解题方法”、“机械现代设计方法简介”、“创新的重要性及机械创新设计的构思途径简介”和“附录”等,以供高等院校机械类专业的学生和业余大学、函授大学、自修(培训)学院等机械专业的学生,以及广大自学者学习《机械设计》时参考。

本书编写目的主要是指导读者如何学习《机械设计》各章的内容,帮助读者解决学习过程中可能产生的疑难问题,以便能较深入地了解和掌握各章的主要内容、重点、难点、学习要求及相应的学习方法,从而取得更好的学习效果。为此,本书开头先对机械设计课程作一轮廓介绍(详见“关于机械设计课程的说明”);然后对照《机械设计》分章作针对性的学习指导(详见“《机械设计》学习辅导材料”);为了便于读者掌握在机械零件毛坯、加工、装配等方面必备的结构设计基本知识,并加深对其重要性的理解,编入了“机械零件结构设计基本知识”;接着编入了“机械设计习题的解题方法”,用来指导学生增强解题的能力;为了使读者对机械设计的新发展有所了解,编入了“机械现代设计方法简介”,其中考虑到目前计算机的应用已较广泛,故对机械零件计算机辅助设计方法作了较详细的说明,以便加强学生运用电算进行机械零件设计的能力。为了增强读者的创新意识与探索精神,编入了“创新的重要性及机

械创新设计的构思途径简介”。此外,为了引导读者结合工作实践和日常生活,加强对机械及机械零件的观察、分析与研究,以便多途径地学习与增长关于机械设计的知识,在附录 G.1 中编入了“结合生产、实习、参观和日常生活学习《机械设计》各章有关内容的提示”;为了便于学有余力的学生对机械现代设计方法进行更深入的学习,在附录 G.2 中给出了“机械现代设计方法常用参考书目”。

学习一门课程,主要是靠读者结合自己的具体情况,创造性地建立起自己的一套最有效的学习方法。本书内容只是针对本课程的一些特殊性,向读者作些必要的介绍和引导,仅供读者参考。关于如何使用本书的问题,下面提出一点参考性的建议:一般可先阅读“前言”,然后结合在先修课程中掌握的知识阅读“关于机械设计课程的说明”和“机械零件结构设计的基本知识”,在学习配套教材各章内容之前和之后,可仔细阅读本书相应章节的辅导材料,以便加深理解和掌握。在学过一章后,要分别用书面(或口头)答出该章的复习思考题,并用自己的语言和惯用的符号写出言简意赅的总结(例如参照第十章末尾列出的“总结提纲”写出齿轮传动一章的总结)。关于较复杂的设计方法和步骤,还应编出设计流程框图(参看图 8.1 及图 12.1);有条件者最好自行(或参考本书 E.3“机械零件计算机辅助设计方法”)编制出相应的电算程序,试算少量习题,以便整理设计思路,增强设计能力和计算机应用能力。在学完教材第二章后,即应初读一下“机械现代设计方法简介”和“创新的重要性及机械创新设计的构思途径简介”,并在学习过程中及学完教材后反复学习和体会这两个部分,以便加强对机械现代设计方法的了解与创新精神的培养。在作习题前,应仔细阅读“D. 机械设计习题的解题方法”中的有关部分,按照指引的步骤和注意要点进行解题,以便加深理解和提高解题效率。最后,还应检查一下自己对所学内容的掌握程度是否已满足各章指出的学习要求;如不满足,则应针对薄弱部分进行适当的补充学习。

由于本书的“B”部分只是针对《机械设计》这本教材而编写的学习辅导材料,故对本课程其它教学环节(如习题课、讨论课、实验课、现场教学、设计作业及课程设计等)的学习方法,仅在“关于机械设计课程的说明”中稍加提及。在进行其它教学环节时读者还应阅读有关资料(如实验指导书、课程设计指导书等)。

此外,本书内容以紧密结合读者学习《机械设计》时的基本需要为原则,内容的深广度均不超出该教材的范围,学有余力的读者尚可酌情选读附录 G.2 中介绍的机械现代设计方法常用参考书或配套教材所列的参考书刊及其它有关文献。

这次修订主要工作是:1)针对《机械设计》第七版的内容修编了各章的辅导材料;2)加强机械现代设计方法和创新思路的介绍;3)结合大多院校已在计算机教学中改用 C 语言,故将计算机辅助设计部分改用 C 语言编写。

本书所引用的图号、表号、公式号及其它有关符号,均与配套教材相对应;新增加的图号、表号、公式号则用“x . x”表示,以便与配套教材中的“x - x”相区别;新增加的符号均已随时说明其含义;补充习题则接着配套教材中的习题序号编号。

本书由配套教材《机械设计》的编者编写,袁茹同志参加了“E”中的一部分编写工作,全书由濮良贵、纪名刚同志主编。

限于编者水平,加以时间仓促,误漏不当之处,敬烦读者和任课老师随时予以批评指正。来信请寄 710072(邮编),陕西省西安市,西北工业大学 178 信箱。

编 者

2000 年 12 月于西安

目 录

A. 关于机械设计课程的说明.....	1
B. 《机械设计》学习辅导材料.....	8
第一篇 总论	8
第一章 绪论	8
第二章 机械设计总论	9
第三章 机械零件的强度.....	15
第四章 摩擦、磨损及润滑概述	21
第二篇 联接	29
第五章 螺纹联接和螺旋传动	29
第六章 键、花键、无键联接和销联接.....	37
第七章 铆接、焊接、胶接和过盈联接.....	40
第三篇 机械传动	45
第八章 带传动.....	46
第九章 链传动.....	52
第十章 齿轮传动.....	56
第十一章 蜗杆传动.....	65
第四篇 轴系零、部件	71
第十二章 滑动轴承.....	71
第十三章 滚动轴承.....	77
第十四章 联轴器和离合器	85
第十五章 轴.....	87
第五篇 其它零、部件	93
第十六章 弹簧.....	93
第十七章 机座和箱体简介	97
第十八章 减速器和变速器	97
教材附录.....	98

C. 机械零件结构设计基本知识	100
一、铸造零件结构设计要点	101
二、锻造及冲压零件结构设计要点	102
三、机械加工零件结构设计要点	103
四、关于装配工艺方面的零件结构设计要点	106
五、关于提高零件强度方面的结构设计要点	109
六、关于节约零件材料方面的结构设计要点	110
D. 机械设计习题的解题方法	111
一、解题的作用和目的	111
二、机械设计习题的主要类别和解题工作内容	111
三、解题前的准备工作	113
四、解题的一般步骤和注意要点	113
五、解题方法示例	114
1. 螺栓联接设计	114
2. 带传动设计	117
3. 链传动设计	121
4. 齿轮传动设计	123
5. 蜗杆传动设计	131
6. 滑动轴承设计	134
7. 滚动轴承选择	141
8. 轴的设计	145
9. 弹簧设计	155
E. 机械现代设计方法简介	159
E.1 机械优化设计简介	159
一、概述	159
二、优化设计的数学模型	160
三、优化设计的几何描述	165
四、优化方法的分类及常用优化方法简介	166
五、机械优化设计的一般步骤	171
E.2 机械可靠性设计简介	173
一、概述	173

二、	随机变量的分布密度函数及其数学模型	174
三、	应力 - 强度干涉模型及其应用	178
四、	安全系数与可靠度	181
五、	机械系统的可靠度	182
E.3	机械零件计算机辅助设计方法	184
一、	概述	184
二、	编写机械零件设计计算程序的注意事项	184
三、	编写机械零件设计计算程序的一般步骤	185
四、	数表和图线的程序化	186
五、	减速器主要零部件设计计算程序的编写方法	193
1.	设计计算程序的功能	193
2.	电动机型号确定及运动参数计算程序的编制	193
3.	普通 V 带传动设计计算程序的编制	198
4.	齿轮传动设计计算程序的编制	203
5.	轴强度校核计算程序的编制	213
6.	键的选择计算程序的编制	222
7.	滚动轴承选择计算程序的编制	223
六、	计算机绘图简介	230
E.4	其它几种较常见的机械现代设计方法简介	233
F.	创新的重要性及机械创新设计的构思途径简介	236
一、	创新的重要性	236
二、	创新意识和创新能力的培养	236
三、	机械创新设计的一般构思途径简介	237
G.	本书附录	239
G.1	结合生产、实习、参观或日常生活学习	
《机械设计》各章有关内容的提示		239
G.2	机械现代设计方法常用参考书目录	252

A. 关于机械设计课程的说明

学习任何一门课程,都得首先对它有个轮廓的了解,因而有必要先对机械设计课程作一简要说明。

一、本课程在专业教学计划中的地位和作用

本课程是机械类专业教学计划中的主干课程之一,也是最后的一门技术基础课。因而它不仅要求学生预先学完机械制图、理论力学、材料力学、工程材料及机械制造基础、机械原理、公差与技术测量、工厂实习等先修课程,而且要求学生结合本课程的学习,能够综合运用所学的基础理论和技术知识,联系生产实际和机器的具体工作条件,去设计合用的零部件及简单的机械,以便为顺利地过渡到专业课程的学习及进行专业产品和设备的设计打下初步的基础。因此,本课程不仅在学习进程上具有从理论性课程过渡到结合工程实际的设计性课程,从基础课程过渡到专业课程的承先启后的桥梁作用,而且还有对机械设计工作者进行基本素质培养的启蒙作用。另一方面,由于本课程所讨论的内容,主要是通用机械零部件设计和选用方面的基本知识、基本理论和基本方法,所以也都是—般机械工程技术人员必备的基础。

二、本课程的性质与任务

本课程是一门培养学生机械设计能力的技术基础课,属于设计性的课程。

本课程的主要任务已在教材 § 1 - 3 中说明,需要强调指出的是,这里列出的任务是通过本课程的各个教学环节来完成的,而且对于学生基本素质、创新精神、创业精神的培养则是通过整个教学计划来实现的。

三、本课程的教学环节及学生应有的认识

本书只是针对如何学好教材内容而编写的。但是,本课程的教学环节除了讲课(包括自学)外,还有习题课、讨论课、实验课、现场教学、答疑、设计作业及课程设计等。虽然学好教材内容是一个重要方面,但它远非本课程的全部,因而企图通过单单学习书本知识就把这门课程学好,最后必将落得一知半解,缺乏实践能力和设计素养,不能达到本课程的学习要求。这一点,每个学生都必须充分认识,并随时加以警惕。如果一个学生在作习题、设计作业和课程设计时,不注意进行理论和技术分析,不认真查阅手册、图册和有关资料;做实验时不详细弄清实验目的、仪表功能、测试原理及操作方法;在现场教学中不细心观察零件的结构、材料、制法、工作情况、失效形式和有关机器的运转性能,那他就不可能学好这门课程,也不可能成为一个优秀的机械设计者。所以学习本课程时必须明确,书本知识固属重要,但在工程实际中,很少是靠单独运用书本知识就能正确解决问题的,而是还需掌握一定的经验资料和具备较强的工程判断能力。因为实际的机械设计问题都不会只有一个答案的,新理论、新技术、新材料、新工艺以及新的市场信息等,都将使答案发生变化。所以一定要善于全面分析、综合协调、灵活处理,并富有想象力、洞察力、探索精神和创新勇气,从而对各式各样的设计问题作出机敏的工程判断。而这些能力是要靠一系列课程的各个教学环节来综合培养的。本课程应该负担培养的部分,则是通过前述全部教学环节来实现的,决不是单单学习了教材就能奏效。

由于前述本课程各个教学环节大多已有专用的指导书,如实验指导书、设计作业指导书、课程设计指导书等,余下的环节,教师也都会随时作出适当的、有针对性的指导,因而学生应如何正确对待和充分利用这些环节,取得最大的学习收获,这里就不细说了。

四、本课程教材 的特点

指本书的配套教材,下同。

1. 教材论述机械零(部)件时的一般顺序及目的

《机械设计》中,除第一篇“总论”是综合论述本课程的主要内容、性质、任务及一般机械设计的共性问题外,以后四篇都是分章论述常用的通用机械零(部)件。各章内容的一般顺序是:首先介绍零(部)件的主要类型、构造、功能、材料、制法、标准、优缺点、适用场合等基本知识,以便对该章论述的零(部)件有初步的了解,从而为学习设计准备条件。然后论述工作情况、受力分析、应力状态、失效形式、设计准则、设计方法与步骤、参数选择原则、常用参考资料以及有关注意事项等,以便初步掌握零(部)件的设计理论与方法。最后给出释义例题(包括典型的工作图),以便引向设计实践,并给出若干习题,以便试行运用所学的有关知识、设计理论、设计方法及参考资料,进行初步的设计锻炼,从而加深与巩固所学的知识与技能,进一步开发智力,提高设计能力。这样就为进行设计作业、课程设计和某些简单的机械的设计,准备了必要的条件。

2. 教材内容的繁杂性及其对策

由于本课程研究对象和性质上的特点,决定了教材内容本身的繁杂性。只有对这一点有较深的认识和充分的思想准备,才能在整个学习过程中加以正确的对待。教材内容的繁杂性主要表现在“关系多、门类多、要求多、公式多、图形多、表格多”。形成上述“六多”的主要原因是:

1) 由于本课程是建立在前述很多门先修课程的基础之上的(即“血缘”很杂),因而必须和那些先修课程内容时时挂钩,紧密联系,才能把它们综合地运用来为机械设计服务。这就形成了“关系多”的特点。因此在学习过程中,需要经常回顾与检查自己对各有关先修课程内容掌握的程度,并及时复习与深化有关的内容,清除学习道路上的障碍,提高学习效率与质量。

2) 由于本课程要分门别类地选择一些典型的通用零(部)件,一一分章论述(实际上有些章里还包含了几个独立的部分),而各种零(部)件本身都包含着很多类型,所以就形成了“门类多”的特

点。为此,学习时就要从各种零件的工作性能和适用场合等方面多作对比,从它们在机器中的功能、相互影响、装配关系等方面多作分析,找出各零件间的关联;更要从设计理论及方法上找出各章之间的共性和特性,要认真分析各个零件之间的内在联系;特别是要从中总结出某些普遍规律,以使用来解决现在没有学到而将来可能遇到的新型零件的设计问题。所以,绝对不应把一个个的零件孤立起来,否则就难免产生内容零碎杂乱的感觉。如果出现这种感觉,就正好说明了还未能抓住本课程教学内容的精髓和正确的学习方法。

3) 由于设计一个零件时,可能除了需要满足强度、刚度、耐久性、工艺性、体积、质量、经济、安全、方便、美观等一系列一般要求外,有时还要满足绝缘、抗磁、耐酸、防锈等特殊要求。对于部件还常常会提出更多的要求,这就形成了“要求多”的特点。因此,学习时必须善于全面分析比较,权衡轻重,区别对待。“要求多”是由于全面考虑、分别论述的结果,而对于具体的零(部)件,则应该用“具体问题具体分析”的方法来处理。

4) 由于本课程是设计性课程,内容自应紧密围绕零(部)件的设计问题。设计包括多方面的内容,但其主要部分通常是工作能力设计和结构设计,而工作能力设计一般须进行某些计算(如强度计算、刚度计算、寿命计算、热平衡计算等),这就形成了“公式多”的特点。因此,学习时必须彻底搞清公式的性质、使用条件、符号意义及代入单位、计算结果的单位等,然后才能正确应用它们。教材中的公式,有解析性的、经验性的、半经验性的、定义性的等,其中有些是在先修课程里学过的,有些则是新遇到的,还有的是只求会用而不要求懂得其理论根据和推导方法的(如零件曲面接触应力的计算公式是引自弹性力学)。尽管公式很多,但除了一些定义性公式(如许用正应力 $[\sigma] = \lim S$;标准直齿圆柱齿轮的模数 $m = d/z$ 等,这里各符号的意义和代入单位与配套教材中相同)应在了解的基础上记住外,其余公式只要求能正确使用而不必硬记。

5) 由于本课程很多内容要用图形表达,这就必然形成“图形多”的特点。因此,学习时应把所有的插图一一看懂,并分清哪些是分析图,哪些是结构图,哪些是示意图;哪些是定性的,哪些是定量的;哪些图(曲线图)相当于表格(但比表格直观,可以利用“引出线”直接查找数据而不需插算,只是精确性比用表格差些)等等。这样虽然图形很多,也就不难对付了。

6) 由于设计性课程的教材需要附有为了阐明问题和作简单习题所必须的最基本资料(其余的则可查阅手册、图册、标准、规范等),这就形成了“表格多”的特点。学习时应对每个表格搞清其适用场合及如何查用,并应注意一些表格下方的“表注”,忽视了这点就会造成查用上的错误,甚至带来严重的后果。还应注意观察与分析表中数据的变化情况(递减还是递增,中间小还是两头小,原因何在),这会有助于了解有关各量之间的相互影响及概略的变化规律。

对于上述六点,如能认真采取适当对策,就能有利于找出各零件间的某些共性,明确相应的设计规律,使“六多”的特点“为我所用”。

此外,还要注意在教材的很多章节中都会遇到国家标准、部颁标准等,其中有必须执行的,也有只是指导性的或参考性的,应该区别对待;而且有的标准可能在教材出版后又重新进行了修订,在具体使用时,均需以该时的现行标准为依据。

五、本课程要求的学习方法

前已指出,本课程要起到“从理论性课程过渡到结合工程实际的设计性课程,从基础课程过渡到专业课程”的作用,因而必须认清这个“过渡”对学习方法提出的特殊要求。机械设计课程的学习方法,不仅和过去学习理论基础课时有根本的差别,而且和学习理论力学、材料力学、机械原理等技术基础课时也大不相同。例如:材料力学由于研究范围的不同,对于一个受有垂直集中载荷的简支梁,并不管梁上的载荷是哪个物体(零件)传给它的,这个物体是

怎样安装在梁上的,更不要要求设计或选择出两端所需的支承;机械原理研究一个机构时,只要求确定各个构件的长度,并不要求确定构件的结构形状、材料、加工方法、强度、刚度、寿命等。但是到了机械设计课,就得解决一系列的实际问题,直到每个零件能够有效地完成其工作职能,并达到预期的工作寿命。因此,学习机械设计课程时,在学习方法上就面临着一个新的而且是特别重要的转折点,如果仍旧沿用以前的学习方法,那就会轻重倒置,不得要领。因而如果在学习方法上“转折”得好,那就会事半功倍,迅速提高联系实际分析问题与解决问题的能力。所以学习方法正确与否,是具有重要意义的。

怎样才能在学习方法上“转折”得好,关键在于是否真正摸清了这门课程的性质。既然机械设计是一门实践性很强的设计性课程,那就应该除了努力学好教材外,还要认真学好各个实践性教学环节的内容,并注意把主要精力用于钻研零件的结构、选材、制法、标准、规范、适用场合、工作情况、受力及应力状态、失效形式及其机理、设计准则、设计方法与步骤,以及可能出现的问题与对策上,而对公式的推导、经验数据的取得、某些曲线的来历等,只需作一般的了解,不必反复深钻,以免偏离重点。譬如在学习过程中,在适当的时候到实验室去亲手拆装一台较简单的机器或一个完整的部件(例如减速器),详细了解一下它的构造、功能、机构、零件、材料、毛坯、加工、装配、润滑、密封、运转、维护等,就会帮助你较全面地了解这门课程,抓住较好的学习方法,不要等到作完了课程设计,最后才恍然大悟:原来这门课程各部分内容之间,确实存在着多方面的联系!

最后,还要特别提醒三点:

一是必须明确,设计决非只是计算,计算虽也重要,但它只是为结构设计提供一个基础,而零件、部件和机器的最后尺寸和形状,通常都是由结构设计取定的,计算所得的数字,最后往往会被结构设计所修改。结构设计在设计工作量中一般占较大比重,因

而必须给予足够的重视。为此,本书在 C 部分中编入了“机械零件结构设计基本知识”,供初学者参考。

二是必须认清,教材中给出的一个例题或一个零件的设计结果,仅为表明如何运用基础知识和经验资料去解决一个实际问题的范例,而不是唯一正确的答案或一切设计方法的终结;论述某个零件的设计方法和步骤,决非仅仅为了使学生会那个零件的设计,而是为了培养学生掌握这些“武器”,从而具备对于各种有关零件(包括教材中没有编入的和大量尚未出现的零件)的设计能力。所以全力追索不断增殖的设计能力才是学习本课程的中心目的。

三是必须牢记,创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。创新首先要有敢于突破束缚、突破惯例和大胆否定现存事物、否定客观状态的精神,同时也要有宽广而坚实的基础知识和创新思维与细心观察的努力。关于机械设计方面的创新发展思路,可参看本书 F 部分的介绍。

B. 《机械设计》学习辅导材料

第一篇 总 论

本篇(第一~四章)论述了机械设计课程、教学内容总纲、设计基本知识和一些共性问题,学习以后各章时,将会经常用到它们。所以切实学好本篇内容,就为学好这门课程奠定了初步基础。

第一章 绪 论

一、本章主要内容、特点及学习要求

本章主要内容是:机器的作用,组成机器的基本要素(零件);零件的概括分类;零件(局部)与机器(总体)的关系;机械设计的主要内容及处理有关矛盾的原则;本课程的内容、性质和任务。

绪论一章的特点是:它既是本课程的序幕,又是本课程的总纲。因而它的内容要贯穿全课程的始末,并涉及本课程的前后关联。所以学好本章对于了解本课程及作好学习本课程的思想准备等,是至关重要的。

本章的学习要求是:明确机械设计在四化建设中的重要作用;弄清零件设计在机械设计中的地位;了解本课程的内容、性质、特点、与先修及后继课程之间的关系,以及相应的学习方法,从而对整个课程获得一个鸟瞰。所以总起来说,学习本章的要求就是要搞清“为什么学?”、“学什么?”和“如何学?”这三个大问题,并与学好本领、建设祖国的信念紧密联系起来,树立起学好本课程的决心