

高等学校教材

# 机械设计学习指导书

(第二版)

邱宣怀 主编

高等教育出版社

74.22

Q78

(2)

357161

高等学校教材

# 机械设计学习 指导书

(第二版)

邱宣怀 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是与邱宜怀主编的《机械设计》(第三版)一书配套使用的学习指导书。目的是帮助读者进一步理解教材中的一些问题。

本书为《机械零件学习指导书》(第一版)的修订版。和第一版相比,问题、例题、图、表都有大量增加,所以本书篇幅也较第一版增加一倍还多。

本书可作为机械类各专业全日制或函授学生的辅助教材,也可供青年教师及工程技术人员参考。

D270/02

高等学校教材  
机械设计学习指导书  
(第二版)  
邱宜怀主编

机械工业出版社出版  
新华书店北京科技发行所发行  
河北省三河科教印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 8.75 字数 220 000  
1987年4月第1版 1992年4月第2版 1992年4月第1次印刷

印数0001—4 637

ISBN 7-04-003689-4/TH·296

定价3.20元

## 第二版序

此次修订，将原书每章分为三节改为四节。第一节为“重点学习内容”，在简要介绍本章内容的基础上，指出本章应学习的学习重点。第二节为“学习要求”，与教材节次相应，逐节说明本节的基本内容，并分别说明应掌握或应了解的有关知识。第三节为“一些问题的说明”，着重介绍与本章内容有关的某些问题，如：重点或难点的补充说明；计算公式或某些系数的论证；适当拓宽视野的资料等。第四节为补充例题，教材例题偏少，且多为设计计算题，乘这次修订指导书的机会，增加了例题数量和类型。

和第一版一样，本书章号、名词、符号等都和教材一致。冠以章号的公式号、图号、表号都是教材上的公式、图、表，没有冠以章号的图号、表号都是本书新加的。

参加本书第一版编写的编者见第一版序。为了工作上的方便，并征得部分原编者的同意，本版的编者略有更动，分工如下：邱宣怀——第1、4、10、15、17、19、20、21章；汤绍模——第5、12、13、18章；郭芝俊——第2、3、16章；左宝山——第11、14章；杨景蕙——第6、7、8、9章；并由邱宣怀主编。

对书中不妥或有误之处，欢迎读者批评指正。

编者

1991年5月

## 第一版序

本书是与许镇宇、邱宣怀主编的《机械零件》(修订版)教材配套使用的学习指导书。目的是帮助学生掌握教材的主要内容,明确学习重点和要求。为此,本书对教材中的某些问题作了必要的说明和补充,有些公式还作了推导。有必要指出,公式的推导只是为了帮助读者进一步理解导出公式的前提(或假说)、逻辑推理的过程和某些物理含义,从而增加读者分析问题、解决问题的能力,不宜作为课堂讲授的基本内容。

本书章号、名词、符号等都和教材一致。冠以章号的公式号、图号、表号都是教材上的公式、图、表,没有冠以章号的公式号、图号、表号都是本书新加的。

读者关于《机械零件》教材的来信,对编写此书有一定帮助,在此致以谢意!

本书承北京钢铁学院余梦生同志审阅,敬致谢意!

参加本书编写的有:邱宣怀——第一、三、四、九、十三、十四、十九、二十章;郭芝俊——第二章;郭可谦——第五、七、八章;何祖莱——第五、六章;左宝山——第十、十八章;刘余生——第十一、十二章;吴宗泽——第十五、十六章;黄纯颖——第十七章;并由邱宣怀主编。

欢迎读者对书中不妥之处批评指正。

编者

1986年5月

# 目 录

## 第二版序

## 第一版序

第1章	机械设计概论	( 1 )
第2章	机械零件的工作能力和计算准则	( 12 )
第3章	机械零件的疲劳强度	( 31 )
第4章	摩擦、磨损、润滑	( 46 )
第5章	机械常用材料和制造工艺性	( 59 )
第6章	螺纹联接	( 77 )
第7章	键、花键、销、成形联接	( 93 )
第8章	过盈联接	( 101 )
第9章	铆接、焊接、粘接	( 105 )
第10章	摩擦轮传动	( 110 )
第11章	带传动	( 117 )
第12章	齿轮传动	( 131 )
第13章	蜗杆传动	( 154 )
第14章	链传动	( 166 )
第15章	减速器	( 178 )
第16章	轴	( 181 )
第17章	滑动轴承	( 198 )
第18章	滚动轴承	( 209 )
第19章	联轴器 and 离合器	( 241 )
第20章	弹簧	( 254 )
第21章	机架零件	( 269 )

# 第1章 机械设计概论

## 一、重点学习内容

本章简要地介绍与学习机械设计有关的问题。其中，应以课程性质和任务、设计机器的基本原则和设计程序、机械零件设计概述三节为重点学习内容，其他可作一般了解。一般了解并非不重要，如设计人员素质一节，对每个设计人员都很重要。

关于机械设计课程的教学内容，详见教材目录。全书共分5篇，除第1篇总论集中介绍有关零件设计的共性基础知识之外，其余各篇均为机械零件的设计和计算。将共性知识集中在一起，且放在前面，目的是便于学习后续零件时直接引用，也有利于了解零件设计的规律性。开始学习这一篇时不易掌握要领，因此在学习过程中，要注意联系实际，明确目的性，并在学习以后各零件设计时，注意前后呼应。

## 二、学习要求(读者应掌握的基本内容)

### 1. 课程性质和任务(1-1)

(1)几个常用基本名词：机器、器械、仪器；机械零件、部件；通用零件，专用零件；标准件，易损件；设计，机械设计。

(2)本课程的性质和任务。

(3)广义机械设计和七事一贯制。

以上两方面的补充说明见本章第三节说明1、2。

### 2. 设计机器的基本原则和设计程序(1-2)

(1)机械设计应满足的要求。

(2)设计方法。补充说明见本章第三节说明4。

(3) 产品开发设计程序。因企业、机器复杂程度等而有所不同，一般都要经过初步设计、技术设计、施工设计三个阶段。

(4) 技术经济综合评价。属于价值工程的基本内容，对决策起着比较重要的作用。在设计中，只讲技术，不讲经济的思想是片面的。

### 3. 机械零件设计概述(1-3)

(1) 机械零件设计应满足的基本要求。

(2) 设计步骤。

(3) 设计计算和校核计算。这是常用的两种方法，前者是在已知载荷、材料等因素下，求取零件的主要尺寸；后者则是已知零件的尺寸，计算能承受的最大载荷或最大应力，核算零件是否安全可靠。

(4) 标准化、通用化、系列化。初学者不易理解，但在日常生活中不难找到类似的例子，就会得出应有的结论。

4. 设计人员的素质(1-4) 是试编内容，概括未必全面。建议同时阅读本章第三节说明 6。

5. 机械设计的新发展(1-5) 可作一般了解。

## 三、一些问题的说明

1. 课程性质和任务 本课程是一门设计性的技术基础课，主要任务有二：一是培养学生综合运用基础理论、工程技术基础和基本知识解决一般参数的通用机械零件的设计问题；二是设计技能的基本训练，使学生获得初步的设计机械传动装置或简单机械的能力。两者同等重要。设计能力的培养和提高，关键在于设计实践，学生必须认真完成习题、设计作业和课程设计。对待设计工作，一定要做到态度严肃，不盲目抄袭，多观察，多思考，在分析现有结构的基础上有所创新，逐步培养一个设计者所需要的想象力和创造思维能力。

传统的观念把设计简单地看成是计算加制图，现在看来，不



够完善，应该把设计思维能力(包括构思、创新、改革等)也作为设计的基本技能之一。

下面引用沈鸿同志为《机械设计》杂志(1986年第1期)写的“祝辞”中的一段话，对从事设计教育的工作者很有启发：“长期以来，机械设计这门学问，并不为所有机械管理者们所真正重视，以为它只是翻翻书本、算算数据、画画图纸而已。把一项科学的严肃而又实际的‘生产技术中的第一道工序’(引自周总理在1965年机械产品设计革命化会议上的讲话)的作用看得那么简单。第一道工序的质量高低，是决定机械产品一系列的技术和经济效果的问题，在这道工序上，下的功夫愈多和愈符合客观，则效果愈高。我们许多机械的质量问题，大多是由于设计不周所引起的，给国家造成很大损失。设计有广义、狭义之分。我们现在的的设计，一般尚处于狭义阶段，认为图纸完成，即算设计完成，这是一种孤立的保守的观念。应该过渡到广义的设计阶段，才能成为有主动权的、能不断创新的完整的机械设计。什么叫广义设计？曾在若干重大工程实践中行之有效的七事一贯制的设计方法(试验、研究、设计、制造、安装、使用、维修)，以设计为主来综合权衡，而后设计制图和说明，这种广义设计的效果，远远超过狭义的设计。”<sup>①</sup>

2. 机械设计和机械零件 作为课程或教材名称，两者通用。因本课程具有设计性质，且最终教学目的在于设计机器，故称机械设计要好些，也有利于课程改革。从国内外目前出版的教材看，两者内容基本一致，都以机械零件的设计和计算为基本教学内容。在(日)中岛尚正编《工程设计学丛书》的序言中提到：“学习机械设计课程的主要目的在于掌握机械零件方面的知识。要求完成的设计必须能给出具体的空间、形状、尺寸和材料等内容，一般表现为设计图纸。在机械设计的最后阶段(指新产品开发设

---

<sup>①</sup> 见沈鸿同志为《机械设计》杂志写的“祝辞”，1986年第一期。

计程序中，经过调查、决策、试验研究等阶段，最后进行具体设计的阶段——编者），有关机械零件的知识是必不可少的。因此，以机械零件为学习对象的机械设计的重要性是不言自明的”。在（美）J·E·希格利著《机械工程设计》的序言中，也提到“机械设计是机械工程中其他专业课程和设计课程的基础课程。因此学习机械设计似乎是大学生开始机械工程实践的最有效和最经济的方法”。

但是，在《工程设计学丛书》中也提到：“以往的机械设计对于设计的全局性问题研究不够，虽然可能培养出能从事细节设计的技术人员，但对于具有更广阔视野的设计人员来说就显得非常不够”。如何开阔学生的视野，是当前课程改革中值得探索的课题。

3. 产品设计的重要性 随着时代的发展，产品设计已日益受到世界各工业国家的重视，认为：“设计是工业的生命，不重视产品设计，工业必将崩溃”；“产品设计是工业发展的命脉，工业革新必须以设计为中心”等等。日本产品在当今世界上具有如此强大的竞争力是高度重视产品设计的结果。

下面从另一角度说明产品设计的重要性，不少机械的质量问题大多是由于设计不周造成的。图1为某国汽车因不同原因被索赔或退货件数的统计比率图。由图可说明三个问题：1）索赔原因由于设计失误的约占50%，由于加工失误和材料不良的约占36%，由于装配失误的约占14%；2）制动系统和转向系统存在设计问题比较多，分别占20%和10%；3）销售服务反馈来的信息，有利于改进设计，提高产品质量。

为加强我国机电产品设计工作，机械电子工业部已于1990年2月颁布《加强机电产品设计工作的规定》（以下简称《规定》），从各方面采取措施，促进我国机电产品设计水平的提高。

4. 设计方法 设计方法的名称很多。内插式设计相当于类比设计或相似性设计，因设计处于两个已知领域之间，所以把握

性较大。外推式设计则不同，因外推部分处于未知领域，用简单“延伸”的办法，不一定能得到预期的效果。以滑动轴承为例，当

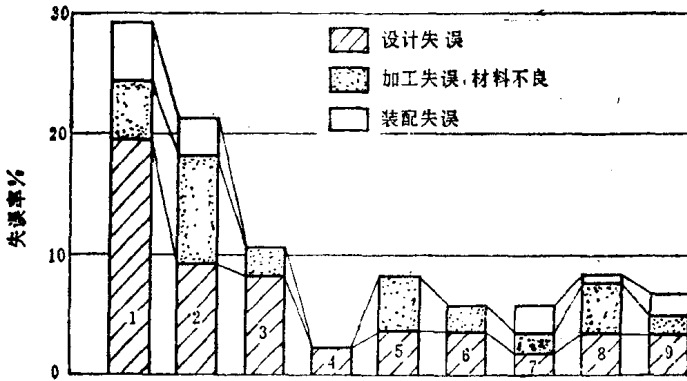


图1 因不同原因发生索赔、退货统计图

- |         |           |           |
|---------|-----------|-----------|
| 1——制动系统 | 2——转向系统   | 3——发动机    |
| 4——车轮   | 5——悬挂系统   | 6——车身     |
| 7——燃料系统 | 8——变速驱动系统 | 9——仪表、附件等 |

雷诺数  $Re \leq 2000$  时，液体流动为层流，但当  $Re > 2000$  时，液体流动变为紊流。两者过渡阶段的摩擦特性不具有连续性，见图2。紊流时功耗大，温升高，计算方法也和层流不同。开发性设计是指新产品的的设计，对于创新产品和更新产品，国家已有明确规定。创新产品一定要有新意，如应用新的技术原理、具有新的设计构思、在技术上有较大突破等；更新产品也必须在结构、材质、工艺等方面有明显改善，从而提高和扩大产品的功能。

5. 设计方案的形成和技术经济综合评价 开发新产品时，宜先多构思几种方案，经过若干次评价和论证后，使问题逐渐深化，经比较筛选，最后作出决策，选取其中最经济、最合理的设计方案。设计方案形成过程见图3，其中也可能出现合并或提出新的方案。

技术经济综合评价是筛选设计方案作出决策的主要依据，书

中方法取自德国机械工程师协会制订的规范。

技术评价时，首先要列出评价的项目，可分为分项目和子项目。分项目如：功能要求，机械结构和性能，装配性能，维修性

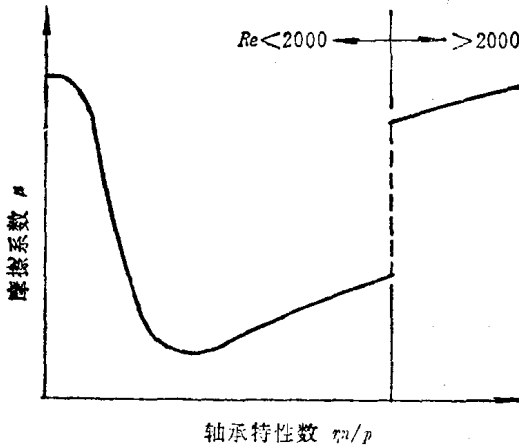


图2 滑动轴承的摩擦特性曲线

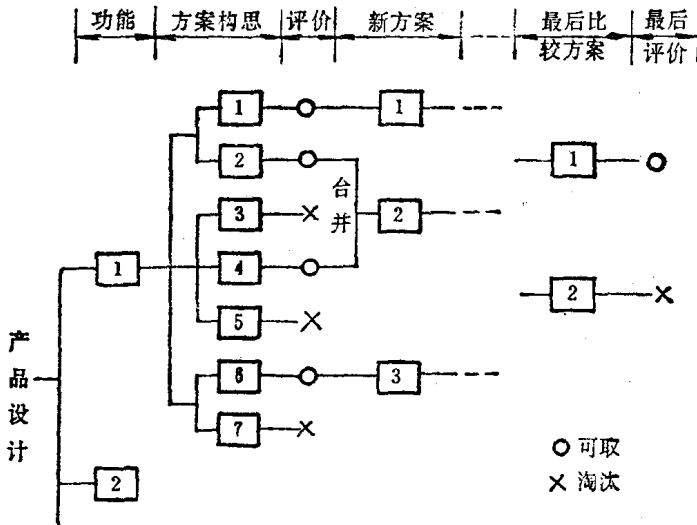


图3 设计方案的形成

能,使用性能,尺寸因素,标准化等。各分项目中,又可分列若干子项目,其细化程度依不同要求而定。项目确定以后,即可用加权法逐一评分。

经济评价的公式可写为

$$y = \frac{\text{理想制造费用 } H_1}{\text{实际制造费用 } H} = \frac{0.7 \times \text{允许制造费用 } [H]}{\text{实际制造费用 } H}$$

若实际制造费用等于理想制造费用,则 $y=1$ ,表示评价最为理想。若实际制造费用等于允许制造费用,则 $y=0.7$ 。因允许制造费用一般低于市场最低价格,所以仍能保证有一定的利润,经济评价也是可取的。

6. 设计人员的素质 《规定》第十一章为“不断提高设计人员的素质”,对设计人员提出了应具备的基本能力。这个问题具有相当重要的现实意义,为此,照录第三十六条全文如下:

“第三十六条 机电产品设计人员应具备的基本能力是:

一、技术基本能力:包括计算、绘图、结构设计、实验、基本工具(计算机、基本测量仪器等)的使用能力等。

二、创造性能力:表现在善于探索解决问题的新途径、塑造新构想和发现新关系。设计创造能动性的促进作用受着许多个人特点的影响,因此要求设计人员具有理想、乐观的态度、满怀信心、坚韧不拔、不满足现状、勤奋、有耐心、有干劲、精益求精等个人特点。

三、掌握信息的能力:即设计人员要通过培训、调研、自学、实验等方式掌握新技术、新方法及一切对设计有用的信息的能力。

四、决策能力:在各种不同的设计方案中能通过充分分析各方面的因素和合理评价作出正确的决策,以求最佳设计方案的能力。

五、集体合作设计能力:即要具备谦虚、合作配合的态度,

善于在集体合作中发挥个人及他人的智慧和创造。”

一个成熟的设计人员约需十年左右的设计经验。若能在大学设计教育中，一开始就注意加强以上几方面的培养，肯定对设计能力的提高有一定的积极意义。

7. 现代设计方法 现代设计方法包括哪些内容目前尚无统一的公认的说法。结合我国情况，《规定》中列出的项目有：可靠性设计、优化设计、工业艺术设计、价值工程、反求工程、现代设计方法学、计算机设计计算等。以下内容除价值工程、反求工程外，余均摘自《规定》。（除上列项目外，还有模块化设计、机械动态设计、专家系统、智能工程等——编者。）

可靠性设计的内容包括：固有可靠度设计，维修性设计，冗余设计，可靠度预测和使用可靠度设计。要求与新产品设计同时进行可靠性设计，以排除一切不可靠性的主要因素和危险事故发生的可能性，拟定事故预防措施。新产品试制过程中要进行可靠性增长试验。产品定型鉴定时要对可靠性进行评审。（想使零件可靠度近于1，费用会急剧增加，为使可能频繁出现故障的重要零件不影响机器的使用，应有备品，以便能在短期内代替工作。这种比较经济的做法叫做冗余设计。汽车上常备的轮胎就是例子——编者。）

优化设计的目的是提高产品性能、节约原材料和降低成本。为尽快普及，优化方法要尽量采用我国开发成功的常用优化方法程序库OPB。

工业艺术设计的任务是在产品满足使用功能和经济的条件下，提高产品的艺术形象和美观程度，使产品外观呈现出色彩美、造型美、工艺精良等方面的和谐和统一。

设计方法学研究的内容包括：研究设计过程，寻求符合设计规律的设计程序；研究设计中解决问题的逻辑程序；研究设计中的科学思维方法（以调动设计人员的主观能动性和创造性）；研究设计过程中的具体方法和应遵循的原则。因此，所有的设计人员

都必须程度不同地逐步掌握设计方法学。

价值工程的目的是寻求从产品设计、正式投产、销售服务等全过程中，以最低的成本实现产品的功能，并致力于提高产品价值的有组织的活动。

反求工程和一般常规的设计顺序不同，它是对现有产品进行试验、测定、测绘过程中，进行全面的分析和研究，寻求一系列的比较完整的设计资料和数据，包括工作原理、设计公式、结构、尺寸、材料、工艺、技术要求等，从而为创新产品的设计提供可靠的依据。选择反求对象是关键的一步，它必须具有先进水平、社会评价好、适用对路、可靠性高、有满意的经济效益。反求对象也可以是图片、产品样本、专利情报等软资料。反求工程有利于消化、吸收引进的先进技术，从而加快创新产品的步伐，在质量、水平、品种等各方面得到进一步发展。根据反求工程设计的新产品在质量上至少应比原有产品高一二个量级。

计算机设计计算是缩短设计周期、提高设计数据处理能力、加快新产品设计和开发的一项措施。要求大中型企业的主要产品在三五年内，采用计算机设计和计算。要求科研院所和高等学校加强与企业的配合，研究和编制设计程序，供企业选用。

现代设计方法和其他新学科(参看1-5节)对一个专职设计人员来说，无疑都是需要的。但由于学习年限有限，这些知识不可能都在学校中学到，有的要在工作岗位上根据需要，通过继续教育或其他方式逐步掌握。有的只要求了解其梗概，以便和合作者之间有共同语言。

本课程的教学对象是初学者，着重点无疑应在基本内容和基本技能训练方面，这是基础。本课程为开阔学生视野，对某些新内容只作了简介。

8. 创造性思维 在《规定》中，提出创造性能力是设计人员应具备的基本能力之一。在教材1-4节中，也提到设计人员要有不断创新的精神和改革的意愿。由此可见，创造性能力的培养和

锻炼是十分重要的。这里只是把问题提出来，希望引起大家注意。

创造性思维首先要发现问题，这往往是在外来信息的刺激下开始的，需要用新的眼光来观察和分析旧的问题，同时还需要有丰富的、创造性的想象力。在此基础上，才能提出新的设想、新的构思方案和新的解决问题的途径。发现问题是第一步，往往比解决问题更为宝贵。

创造性思维可以从以下几方面着手：

(1) 信息情报——如专利、文献资料、产品样本、市场调查、维修服务和退货索赔情报等；

(2) 用户意见——应特别重视用户的不满意意见和建议；

(3) 对比分析——对同类产品逐项进行分析和对比，巩固和发扬自身优点，消除和改革缺点，寻求过剩和不足功能，为重新设计做好准备工作。本法最宜于产品的改进设计。

(4) 联想与仿生 为实现某种功能，联想现有机器中相似或相近的功能原理或结构，从而提出新的设计方案。仿生也是一种联想，只是联想的对象是生物。模仿生物而创造的机械称为仿生机械。仿生机械已从简单模仿生物形态、结构、运动、材料等，向高级模仿发展，如感觉、决策、指令、反馈等机能，称为智能机械。

(5) 集体智慧——组织若干有经验的技术人员，通过无拘束的讨论、畅所欲言，相互启发和补充，在各种可能实施的思路、方案的基础上，取长补短，归纳成若干个创新方案。会议不作结论，严禁否定和批评。

9. 设计观念 生产有市场竞争力的对路产品，设计观念必须符合时代的要求。做好调查研究，掌握市场信息，了解使用对象的购买心理和经济水平，是提出恰当设计观念的前提。长期以来，我国产品存在着品种单一、几十年一贯制、着眼于国内市场、只求坚固耐用、不讲经济、不重视造型美观等的旧观念，必须彻



底改变。增加花色品种、能在短期内改革变型、提高可靠性程度、在规定使用期限内基本做到不返工维修、立足于市场竞争、树立面向全球的观念、适当反映民族特色，费用适中等，都是目前比较适合国情的设计观念。

使用对象不同，对产品的设计观念也应各有侧重。例如设计普及型产品，一般要求技术比较先进、使用可靠、主要功能齐全、制造方便、价格合理是第一位的，而装饰和美观则是第二位的；设计豪华型产品，要求技术先进、功能齐全、舒适美观是第一位的，是否易于生产和价格则是第二位的。