

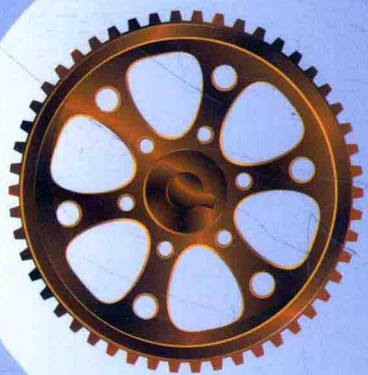
普通高等学校机械工程基础创新系列教材

丛书主编 吴鹿鸣 王大康

机械设计

JIXIE SHEJI

吴宗泽 吴鹿鸣◎主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校机械工程基础创新系列教材
丛书主编:吴鹿鸣 王大康

机 械 设 计

主 编 吴宗泽 吴鹿鸣
副主编 李 威 李德才 罗大兵 马咏梅 林光春
主 审 王大康

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

“普通高等学校机械工程基础创新系列教材”是清华大学、重庆大学、北京科技大学、西南交通大学等多所高校国家教学名师、名教授主编的,以国家教学成果奖、国家精品课程、国家精品资源共享课程、国家“十二五”规划教材遴选精神、卓越工程师培养理念为编写思想和内容支撑,强调工程背景和工程应用的高校机类、近机类平台课教材,力求反映当今最新专业技术成果和教研成果,适应当前教学实际,特色鲜明,作为现有经典教材的补充。本书是其中的一分册。

本书是根据 2011 年教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会编制的《机械设计课程教学基本要求》的精神编写。

本书编写精选基本内容,内容精炼,由机械零件入手学习和掌握机械设计,注重实践能力培养,并配有相应习题。本书内容主要包括绪论,机械设计概论,机械设计的强度问题,摩擦、磨损和润滑,螺纹连接,轴毂连接,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,螺旋传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器和离合器,弹簧等。

本书适合作为普通高等学校机械类专业的教材,也可供相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/吴宗泽,吴鹿鸣主编. —北京:中国铁道出版社,2016.1

普通高等学校机械工程基础创新系列教材

ISBN 978-7-113-20684-0

I. ①机… II. ①吴… ②吴… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 153379 号

书 名:机械设计
作 者:吴宗泽 吴鹿鸣 主编

策 划:李小军 曾露平 读者热线:(010)63550836
责任编辑:李小军
编辑助理:曾露平
封面设计:一克米工作室
封面制作:白 雪
责任校对:汤淑梅
责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷:北京明恒达印务有限公司

版 次:2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:25.5 字数:612千

书 号:ISBN 978-7-113-20684-0

定 价:56.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)51873659

普通高等学校机械工程基础创新系列教材

顾 问：谭建荣（中国工程院院士、浙江大学教授）

郑建东（中国铁道出版社原社长）

主 任：吴鹿鸣（西南交通大学教授、国家级教学名师）

范钦珊（清华大学教授、国家级教学名师）

副 主 任：王大康（北京工业大学教授）

严晓舟（中国铁道出版社原副总编辑、编审）

委 员：（按姓氏拼音排序）

高淑英（西南交通大学教授）

何玉林（重庆大学教授、国家教学名师）

李德才（清华大学教授）

李 威（北京科技大学教授）

李小军（中国铁道出版社编审）

罗圣国（北京科技大学教授）

沈火明（西南交通大学教授）

田怀文（西南交通大学教授）

吴宗泽（清华大学教授）

杨庆生（北京工业大学教授）

焦敬品（北京工业大学教授）

闫开印（西南交通大学教授）

赵 韩（合肥工业大学教授）

丛书主编：吴鹿鸣 王大康

序

随着机械学科的不断发展和教育教学改革的不断深入,以及当今大学生基础程度和培养目标的差异,需要在既有的经典教材基础上,出版各具特色,不同风格的教材是十分必要的。因此中国铁道出版社组织编写了一套力求反映当今最新专业技术成果和教研成果、适应当前教学实际、特点鲜明的机类、近机类专业平台课教材,作为现有经典教材的补充。编写的“普通高等学校机械创新系列规划教材”(以下简称“创新系列教材”)充分考虑了当今工程类大学生培养目标和现有学生基础,与传统教材相比,更强调工程背景和工程应用,具有以下特色:

1. 理念先进,特色鲜明

“创新系列教材”以国家教学成果奖、国家精品课程、国家精品资源共享课程、国家“十二五”规划教材等成果为该系列教材的编写思想和内容支撑,从而保证了该系列教材内容的先进性。为贯彻落实教育部组织的“卓越工程师教育培养计划”,在制订该系列教材编写原则时,编委会特别强调要将卓越工程师培养理念、国家“十二五”规划教材遴选精神融入该系列教材。为此,与传统教材相比,该系列教材强化了工程能力和创新能力,重视理论与实践结合,突出机械专业的实操性,并结合“绿色环保”思想,从根本上培养学生的设计理念,为改革人才培养模式提供了基本的知识保障。

2. 将理论力学、材料力学、工程力学纳入该系列教材

力学,作为“机械设计制造及其自动化”等专业的主干学科,在架构完整的知识体系和培养具有机械工程学科的应用能力方面起着尤为重要的作用。然而,机械专业对力学课程的要求不同于力学专业,也不同于土木建筑等专业,也就对其教材提出了新的要求,所以本系列教材将其纳入,形成一套完整的、科学的机械专业基础课教材体系,克服了传统教材各自为政的弊端。

3. 采用最新国家标准

国家标准是一个动态的信息,近年来随着机械行业与国际接轨步伐加快,我国不断推出了一系列新的国家标准,为加快新标准的推行,该系列教材作为载体吸收了机械行业最新的国家标准,“创新系列教材”融入了很多名师的心血和教育教学改革成果,希望能引起各校的关注与帮助,在实际使用中提出宝贵的意见和建议,以便今后进行修订完善,为我国机械设计制造及其自动化专业建设和高等学校教材建设作出积极的贡献。

中国工程院院士,浙江大学教授



2015年1月

前言

应中国铁道出版社和西南交通大学吴鹿鸣教授的盛情邀请,我参加了《机械设计》教材的编写工作。我想借这次机会把多年来教授本课程的一些方法和经验,力求在本书中有所反映。

大学的学习主要是掌握思想方法和学习方法,提高解决问题的能力。钱伟长先生在教我们《工程力学》课程时,多次提醒“会读书的人书越读越薄,不会读书的人书越读越厚”。实际上就是要求我们注意学习基本理论和方法,提炼出课程的核心内容,提高运用基本理论解决实际问题的能力。现代科学的发展越来越快,近年来我遇到的机械设计技术,很多在我上大学时都没有出现,如计算机技术、有限元计算、优化设计方法、可靠性设计、激光技术等,如果不能在工作中继续提高,做到“与时俱进”,那现在早已落后,不能胜任工作了。因此,通过大学的学习提高学习能力,掌握学习方法,是对大学生的基本要求,是学习质量的关键指标。不同的教学方法和学习方法,决定学生的学习质量和今后的发展潜力。希望读者通过本书的学习,有助于改进和提高学习方法,提高对学习的兴趣,养成终生不断学习提高的习惯。

我的导师郑林庆先生,非常注意提高解决实际问题的能力,指导我们深入实际,向实际学习,掌握工程实际知识,提高设计能力,强调机械设计师必须掌握制造技术和结构设计知识,重视习题作业和课程设计,他说“有些习题看一看就有启发,有助于提高解决实际问题的能力”。他的话使我终身受益。

本书力求体现以下特点:

(1)精选基本内容,内容精炼,适用于高校教学。

(2)各章配有关于学习方法的提示和用于复习的思考和习题,引导学生举一反三,通过典型零件设计的学习,掌握一般的设计方法。

(3)增加一些习题和例题,以加强引导、巩固、提高。

(4)指导阅读参考书或有关资料,在书后列出相关参考文献供学习参考。

由学习机械零件设计入手学习和掌握机械设计是一种简单、有效的学习方法,我亲身尝试过,深有体会,并终生得益于这一方法。希望读者通过本书的学习,有助于改进和提高学习方法,加强对学习的兴趣,养成终生不断学习提高的习惯。

本书由清华大学吴宗泽、西南交通大学吴鹿鸣担任主编,北京科技大学李威、清华大学李德才、西南交通大学罗大兵、四川大学马咏梅、四川大学林光春担任副主编。本书编写人员分工如下:第0、1、5、14章由吴宗泽编写,第2、11章由林光春编写,第3、12章由李德才编写,第4、10、15章由罗大兵编写,第6、7章由吴鹿鸣编写,第8、9章由李威编写,第13章由马咏梅编写。

北京工业大学王大康教授担任主审。王教授仔细审阅全书,提出了许多宝贵意见,对提高本书质量起了很大的作用,在此表示衷心感谢!

由于编者能力所限,本书中难免有一些疏漏欠妥之处,敬请读者不吝指正。

清华大学 吴宗泽

2015年10月

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 机械设计的重要意义	1
0.2 本课程的性质和任务	1
0.3 本课程的内容和要求	1
0.4 本课程的特点	2
0.5 本课程的学习要求和学习方法	3
思考题、讨论题和习题	3
第 1 篇 机械设计总论	
第 1 章 机械设计概论	4
1.1 概述	4
1.2 机械零件的失效形式和计算准则	6
1.3 机械零件材料和热处理的选择	7
1.4 机械零件的标准化	8
1.5 机械结构设计	8
1.6 机械设计技术的新发展	16
思考题、讨论题和习题	16
第 2 章 机械设计的强度问题	19
2.1 概述	19
2.2 疲劳强度的基本理论	20
2.3 影响疲劳强度的主要因素	25
2.4 稳定变应力时机械零件的疲劳强度计算	27
2.5 规律性非稳定变应力时机械零件的疲劳强度计算	31
2.6 机械零件的表面强度	34
2.7 延迟断裂(长期静应力破坏)	36
思考题、讨论题和习题	37
第 3 章 摩擦、磨损和润滑	38
3.1 摩擦	38
3.2 磨损	42
3.3 润滑剂、添加剂和润滑方法	45

3.4 流体润滑原理简介	51
思考题、讨论题和习题	53

第 2 篇 连接件设计

第 4 章 螺纹连接	54
4.1 螺纹	54
4.2 螺纹连接的类型和标准螺纹连接件	56
4.3 螺纹连接的预紧和防松	63
4.4 螺栓组连接的设计	67
4.5 单个螺栓连接强度计算	74
4.6 提高螺纹连接强度的措施	79
思考题、讨论题和习题	86
第 5 章 轴毂连接	91
5.1 概述	91
5.2 键连接	93
5.3 花键连接	97
5.4 过盈配合连接	99
5.5 胀套连接	104
5.6 型面连接	105
思考题、讨论题和习题	105

第 3 篇 机械传动件设计

第 6 章 带传动	108
6.1 概述	108
6.2 带传动的基本知识	110
6.3 V 带结构与基本标准	113
6.4 摩擦型带传动的基本理论	118
6.5 V 带传动设计计算的基本方法	130
6.6 带传动的张紧	133
6.7 同步带传动	137
6.8 高速带传动简介	147
思考题、讨论题和习题	149
第 7 章 链传动	152
7.1 链传动基本知识	153
7.2 滚子链	156

7.3 链传动的基本理论	158
7.4 滚子链传动设计计算的基本方法	162
7.5 链传动结构设计	167
思考题、讨论题和习题	174
第8章 齿轮传动	176
8.1 概述	176
8.2 齿轮传动的失效形式和设计准则	177
8.3 齿轮常用材料及许用应力	178
8.4 齿轮传动精度等级及其选择	186
8.5 齿轮的计算载荷	186
8.6 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	189
8.7 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	201
8.8 标准直齿锥齿轮传动的强度计算	208
8.9 齿轮的结构设计	212
8.10 齿轮传动的润滑	214
思考题、讨论题和习题	215
第9章 蜗杆传动	217
9.1 蜗杆传动的特点及类型	217
9.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	218
9.3 蜗杆传动的失效形式和材料选择	222
9.4 蜗杆传动的强度计算	222
9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡	228
9.6 蜗杆和蜗轮的结构	234
思考题、讨论题和习题	235
第10章 螺旋传动	237
10.1 螺旋传动概述	237
10.2 滑动螺旋传动设计	239
10.3 其他螺旋传动简介	244
思考题、讨论题和习题	248
第4篇 轴系零件设计	
第11章 轴	250
11.1 概述	250
11.2 轴的结构设计	252
11.3 轴的强度计算	257
11.4 轴的刚度计算	263
11.5 轴的临界转速概念	264

思考题、讨论题和习题	265
第 12 章 滑动轴承	268
12.1 概述	268
12.2 滑动轴承的主要结构形式	269
12.3 轴瓦结构	272
12.4 滑动轴承的失效形式及常用材料	275
12.5 滑动轴承润滑剂的选用	279
12.6 不完全液体润滑滑动轴承设计计算	280
12.7 液体动力润滑径向滑动轴承设计计算	282
12.8 其他形式滑动轴承简介	294
思考题、讨论题和习题	300
第 13 章 滚动轴承	301
13.1 概述	301
13.2 滚动轴承的分类、代号及其选择	304
13.3 滚动轴承的载荷分布、应力分析、失效形式和计算准则	314
13.4 滚动轴承尺寸选择计算	318
13.5 滚动轴承的组合结构设计	332
思考、讨论题和习题	346
第 14 章 联轴器和离合器	352
14.1 概述	352
14.2 常用联轴器	355
14.3 常用离合器	360
思考题、讨论题和习题	366
第 5 篇 其他零部件设计	
第 15 章 弹簧	368
15.1 概述	368
15.2 弹簧的材料和制造方法	369
15.3 圆柱螺旋压缩弹簧和拉伸弹簧的设计计算	373
15.4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算	381
15.5 其他弹簧简介	384
思考题、讨论题和习题	387
附录 A	389
参考文献	393

第0章 绪 论

【学习提示】

从现在起,读者就要把自己当作一个机械设计师,学习本课程时,用“一个机械设计师”的标准来要求自己 and 思考问题。由此出发,理解和掌握本课程的内容和方法。按照本课程的特点学习它。

0.1 机械设计的重要意义

我国已经迅速发展成为居于世界前列的制造业大国,制造业大国必须用高效率的、先进的机械设备生产出大量具有高水平的产品。因此我国的工程师必须开发出在国内外市场上具有竞争能力的物美价廉的产品,还必须制造出生产这些产品所需的生产设备。

要做世界一流的制造强国,必须有世界一流的机械设计师,不断根据世界生产的需要,开发出新产品,有些专用的特殊生产设备也必须专门设计,才能高效率、高质量地生产出所需的产品。据统计,产品设计的成本只占产品生产总成本的百分之几,而产品成本的70%~80%在设计阶段就已经确定了。产品的使用、维修以及报废后的处理,节能减排,环境保护等很多问题,都要在设计阶段充分考虑。设计对于产品生产的成败,具有巨大的作用。所以,培养出大量优秀的机械设计师是我国当前的任务。

0.2 本课程的性质和任务

“机械设计”是培养机械设计人才的重要课程。本课程适合以机械学为主干学科的各专业学生对机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的培养和训练。本课程的主要任务是通过理论教学和课程设计培养学生:

- (1) 掌握通用机械零部件的设计原理、方法和机械设计的一般知识。
- (2) 树立创新意识,培养机械设计的创新能力。
- (3) 具有运用设计资料、标准、手册、图册的能力,提高计算机应用能力。
- (4) 初步建立正确的设计思想。
- (5) 了解实验对于设计的重要性,学习一些机械设计的实验方法。
- (6) 初步了解机械设计的新发展。

0.3 本课程的内容和要求

本书有以下两大部分:

(1) 基本知识(第1篇)

第1篇机械设计总论(第1~3章):机械设计概论,机械设计的强度问题,摩擦、磨损和润滑的基本知识;

(2) 典型零部件设计(第2~5篇)

第2篇连接件设计(第4、5章):螺纹连接,轴毂连接(键、花键、过盈连接);

第3篇机械传动件设计(第6~10章):带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,螺旋传动;

第4篇轴系零部件设计(第11~14章):轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器和离合器;

第5篇其他零部件设计(第15章):弹簧。

除此以外,“机械设计”课程还包括机械设计课程设计,与本书密切相关,另有专门的教材。

本课程重点研究在普通工作条件下通用机械部零件的设计问题,如齿轮、滚动轴承、联轴器、螺栓连接、键和花键等。在某些机械设备中专用的机械零件,如起重吊钩、钢丝绳、船舶的螺旋桨、气轮机叶片、内燃机曲轴等属于专用机械零件,在本书中不讨论。在特殊条件下工作的一般零件,如高速滚动轴承、高精度轴系等也不属于本课程的范围。

0.4 本课程的特点

本课程具有以下特点:

(1) 系统性。本课程为工程技术课程,与科学理论性课程(如物理、理论力学)的系统不同。

工程技术课程:从满足社会的某种需要出发,经过研究和分析求得解决方案,利用物理、化学或生物学原理设计出满足需要的新型机械,最后得到适合社会要求的产品。

科学理论性课程:从某种自然现象出发,提出一种理论或假说,用实验研究或理论分析的方法,证明该理论的正确性,从而确定该理论或自然规律,最后把该理论用于解决实际问题。

如“机械设计”课程就是以“如何设计××零件”为题,组织各章的内容的。初学本课程的学生,不理解这一点,总想按力学或物理学的思考方法理解本课程,就感到它“太零碎”“没有系统”,影响了对本课程的学习。

(2) 综合性。在解决零部件设计问题时会遇到各种问题,因此需要具有广泛的知识基础,如力学、摩擦学、材料学、机械原理、机械制图、机械制造工艺、互换性与技术测量,甚至物理、化学、生物学等。有时还要根据工作需要进行学习,扩展知识。

(3) 工程性。解决工程问题常常必须进行必要的简化,这些方法是简单有效的,但是初学工程设计课程时对此常有一些不习惯。实际上进行必要的简化,建立合理可用的物理模型和数学模型是解决设计问题的一个重要的方法。这些处理工程设计问题的方法是有典型意义的。计算方法与生产发展密切联系,一个零件可能有多种计算方法。例如,齿轮强度计算,最初齿轮用铸铁等材料制造,按轮齿的弯曲强度计算;采用软齿面钢材时,齿面接触疲劳强度成为主要的计算方法;以后大量采用硬齿面,胶合强度成为计算必须考虑的条件;随着齿轮强度的提高,减速器的尺寸减小,发热成为重要问题,热功率计算方法已经用于齿轮设计。又如轴常用的强度计算方法有3种,本书都有介绍,它们适用于不同的载荷情况,轴的计算精度要求

和重要性,可用于轴的不同设计阶段。这些情况反映了工程计算的特点。此外,作为一个好的设计师,必须对产品的原材料供应、加工、装配、安装调整、销售、使用、修理维护、安全、环境保护、节能减排等都要考虑。

(4)典型性。由于学时有限,难以全部仔细讲授和安排练习作业,本书只介绍了为数不多的机械零件。但是,读者应该注意其典型性和启发性,善于学习,从中体会机械零部件设计的特点和工作方法,希望经过课程设计以后,读者能够得到机械设计的基本训练。以后通过手册和参考文献的帮助能够触类旁通,解决一些其他的机械设计问题。

(5)创新性。自主创新已经成为我国的一项战略任务,而设计就是创新,因为当前没有的产品才需要设计。设计师必须站在创新行列的前面,正确体会和实践我国创新和发展的各项政策和要求。

0.5 本课程的学习要求和学习方法

要达到本课程的学习要求,建议注意以下几点:

- (1)领会机械设计的重要意义,建立学好本课程的决心和信心。
- (2)体会本课程的特点,掌握机械设计的思想方法和工作方法,按照本课程的特点进行学习。
- (3)精读本教材,可以选择性地深入一两个章节,看一些参考资料。
- (4)认真完成“思考题、讨论题和习题”,机械设计是一种技术,没有练习就不能掌握和体会其特点和要诀。认真完成习题,它会告诉你,机械设计要解决什么问题,如何解决。
- (5)注意阅读教材中的图,掌握机械零部件的结构是掌握机械设计的基础。
- (6)注意结合设计使用设计手册和资料,这是设计师的重要能力。

思考题、讨论题和习题

0-1 小学生的校车是一种有特殊要求的车辆,你认为它要满足哪些要求?其结构应该有什么特点?

0-2 节能减排是当前制造业应该考虑的重要问题,请说明机械设计如何考虑节能减排?以汽车设计为例。

0-3 你是否遇到过机械设备发生事故?其原因是什么?应该如何避免?

0-4 机械产品报废以后,应该按循环经济的原则正确处理,你认为汽车报废以后可以怎样处理?在设计时应该如何考虑,使它便于处理?

注:循环经济的4R原则为减轻化(Reduce)、再利用(Reuse)、再循环(Recycle)、再制造(Remmanufacture)。

0-5 举出一两种你看到的设计成功的新产品,分析说明其成功的原因,由此体会设计的原则(也可以举出一两种设计失败的新产品,分析说明失败的原因)。

第1篇 机械设计总论

第1章 机械设计概论

【学习提示】

这一章是本课程的基础,介绍了本课程的特点和一些基本知识。学习它时应该注意:

①本课程的工程性、实用性,与过去所学理论课程有很大不同。

②介绍了机械设计的一些基本知识,如机械设计的典型过程、失效、工艺性、标准化等概念。

③注意学习插图,本书有许多机械零部件结构图,它们是机械工程经常遇到的典型结构,读者要仔细阅读,认真学习。

④结合本课程的学习,复习已经学过的知识,如关于材料和热处理、力学、制图、公差等课程。

⑤阅读手册和参考书。有些机械设计题目必须查阅手册才能完成,必须注意培养这方面的能力。

本课程与过去的课程有许多不同,可是它更接近实际,请读者按照本课程的特点进行学习。

1.1 概 述

1.1.1 机械设计的任务

机械装置生产的目的是为了社会的需要,而生产的第一个步骤就是进行机械设计。所以机械设计的任务就是设计出满足社会需要的机械产品,另外,机械产品作为一种商品,必须具有市场竞争能力,并且满足节能环保等一系列要求。设计常常是生产、销售和使用成败的一个决定性环节。

高水平的设计师能够敏感地领会到社会的需求,研制出适用的、有市场竞争力的机械产品,并在适当的时机推出。只有不断开发出新产品,才能保持优势,使企业有持续发展的生命力。

1.1.2 机械设计的一般程序

典型的机械设计可以分为以下几个阶段：

1. 制订工作计划

在调查研究的基础上,根据社会需要和技术的发展,确定所设计机械装置的基本要求和性能、经济指标,明确机械的技术关键,研究解决这些问题的可能性,制订设计任务书。

2. 方案设计

根据设计任务书的要求,拟定机械系统的工作原理、组成和总体布置,选择原动机和传动装置的形式,应该在多种可行的方案之间进行比较、计算和分析,选择最优方案。

3. 技术设计

对已经选定的方案进行运动学和动力学分析,确定机械装置的主要尺寸,必要时进行模拟试验、现场测试,计算并绘制设计总图。

4. 施工设计

绘制全部部件图和零件图,考虑零件的工艺性,确定各零件的材料、热处理、配合和公差、表面粗糙度,进行必要的强度、刚度和耐磨性校核计算。编制使用说明书等技术文件。

5. 产品定型

按设计试制少量样机(一般为一两台),进行试验,如果能够达到预定的功能,满足预先提出的要求,其可靠性、经济性等经过验证,则可以进行技术鉴定,确定可以投产或需要改进设计。改进设计以后,可以进行小批量生产,由用户在实际条件下使用。根据用户意见作进一步的改进,成为定型产品,组织正式生产。

【案例分析 1-1】 由于制订工作计划的失误,对用户要求调研不足,方案有明显不足,导致设计失败。

图 1-1 所示为一个冲床的改进方案,设计者考虑一般的冲床机架为 C 型[见图 1-1(a)],受很大的弯曲应力,认为结构不合理,提出了一种框架式结构[见图 1-1(b)],避免了弯曲应力。但是,由于框架的限制只能加工很窄的条料,使用范围有限,市场上用户很少,设计失败。

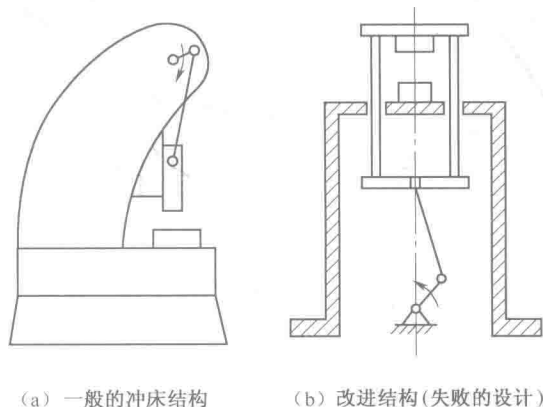


图 1-1 制订工作计划的失误导致设计失败

【案例分析 1-2】 通过样机试验,改进了四轮车的驱动方法。

某工程师设计了一台四轮小车供残疾人使用,最初设计用一根前轴与两个前轮固定连接

作为驱动轴,前面的两个车轮为驱动轮。样机试验时,发现该车转弯不灵活,改为一个前轮驱动,使用效果良好,按此方案定型生产。(原因请读者思考)

1.1.3 机械创新设计

机械设计师必须具有创新能力,要有坚实的基础理论和广泛的实际知识。其中创新能力是机械设计高级人才的重要素质。一个国家知识创新和技术创新成果的多少,是决定其在国际上地位的重要指标。为了加强创新能力的培养,要努力提高以下几个方面的能力:

1. 对环境事务的敏感性

设计者能够发现潜在的社会要求。为了满足这些要求提出新产品,进行设计,并获得成功。这种需求往往是不明显的,只有对环境事物敏感的设计师才能够抓住机会。

2. 善于联想,有预见

一种新事物的出现,会连带提出许多要求。如高层建筑的修建对供水压力,电梯的速度,电梯的保养、维修、安全,高层建筑的消防设备,停车库等都提出了新的要求,要开发许多新机械产品。我国汽车制造业发展很快,围绕汽车运行的需要,开发了许多新产品。设计师要随时观察周围的发展情况,提出新产品的开发计划。

3. 掌握技术信息

一种新技术的出现,会带动一批工业产品出现,设计师要注意利用新技术,开发多种新产品。例如:把物理、化学、生物学的新成就用于新机械产品的开发,有许多成功的实例,如电子表、电动自行车、激光测量仪器、计算机等都是利用新技术开发的新产品。这些产品解决了许多用以前的技术不能解决的问题,生产的新产品有很强的市场竞争能力,设计师必须注意利用新技术开发新产品。

4. 有较强的机械设计能力

创新设计常具有较高的难度,参考资料较少,对设计师的机械设计能力要求较高。

5. 有坚强的毅力、广泛的兴趣和广阔的知识面

创新设计遇到的困难较多,遇到的问题涉及面广泛,遭遇失败的机会较大。因此,要求设计师具有百折不挠的精神,克服困难,有广泛的知识,能全面考虑问题,能够与时俱进,不断丰富自己的知识,提高能力,努力争取较大的成功机会。

1.2 机械零件的失效形式和计算准则

机器都是由零部件组成的,所以机械零部件设计是机械设计的基础。而由学习零部件设计入手学习机械设计是最佳的学习途径。

失效分析是机械零件设计的重要步骤。失效并不单纯意味着破坏。常见的失效形式有整体断裂、过大的弹性变形或塑性变形、表面破坏、连接的松弛、剧烈振动、带传动打滑等。

同一种零件可能有多种失效形式。例如:轴的失效可能是疲劳断裂,也可能由于过大的弹性变形(即刚度不足)致使轴颈在轴承中倾斜,影响正常工作,或可能是发生了共振。在各种失效形式中,其主要的失效形式将由零件的材料、具体结构和工作条件等决定。

为了避免失效,要采用各种措施防止它的发生,其中包括计算、试验等,计算所依据的条件

称为计算准则。

零件不发生失效时的安全工作限度称为工作能力。对载荷而言的工作能力称为承载能力。工作能力有时是对变形、速度、温度、压力等的限度而言。同一种零件对于各种失效形式具有不同的工作能力。如轴的工作能力可能取决于轴的疲劳强度,也可能取决于轴的刚度。显然,起决定作用的将是工作能力中的较小值。

机械零件虽然有多种可能的失效形式,但归纳起来,主要是由强度、刚度、耐磨性、温度等影响因素以及振动稳定性、可靠性等方面的问题引起的。对于各种不同的失效形式,相应地有各种不同的工作能力判定条件。这种为防止失效而制定的判定条件称为计算准则。常用的计算准则有以下几种:

(1)强度准则:要求机械零件的工作应力不超过许用应力。

(2)刚度准则:要求机械零件在载荷作用下的弹性变形量不超过许用值。

(3)寿命准则:腐蚀、磨损和疲劳都是影响机械零件寿命的主要因素,但它们各自发展过程的规律不同。迄今为止,还没有提出实用有效的腐蚀寿命计算方法,而磨损产生的机理也尚未完全研究清楚,只能利用一些经验数据计算。疲劳寿命的计算方法已较为成熟,这将在本章后面节次中介绍。

(4)振动稳定性准则:在设计时,使受激振作用零件的固有频率 f_p 与激振源的频率 f 错开,避免发生共振。当 $f < f_p$ 时,要求满足条件 $1.15f < f_p$;当 $f > f_p$ 时,要求满足条件 $0.85f > f_p$ 。

(5)耐热性准则:机械零件过度发热会引起硬度降低、热变形、润滑失效等问题。因此,发热较大的零件必须限制工作温度,必要时可采取强制降温措施。

(6)可靠性准则:对于重要的机械零件要求计算其可靠度。假设一批零件有 N 个,在一定的工作条件下进行试验。如在时间 t 后仍有 N_s 个正常工作,则这批零件在该工作条件下,达到工作时间 t 的可靠度 R 为

$$R = \frac{N_s}{N} = \frac{N - N_f}{N} = 1 - \frac{N_f}{N}$$

式中 N_f ——在时间 t 内失效的零件数, $N = N_s + N_f$ 。

1.3 机械零件材料和热处理的选择

材料和热处理的选择对于零件的性能、加工方法、经济性、可靠性等有很大的影响。设计者应根据使用要求、生产条件、手册资料、实际经验并参照类似零件选材情况等,选择材料。下面介绍一般性原则和知识。

1.3.1 机械零件的常用材料

1. 钢

钢是广泛使用的材料。最常用的是轧制钢材(有冷轧和热轧钢材)、锻钢件和铸钢件。可按机械零件的性能要求和形状进行选择。钢具有较高的强度、刚度、韧性、耐磨性和耐热性,可以进行机械加工、焊接、锻造、冲压、铸造、热处理和表面处理。对于合金钢常进行热处理以充分发挥其性能。铸钢用于制造强度要求较高的大型复杂零件。钢结构一般用型钢焊接而成。