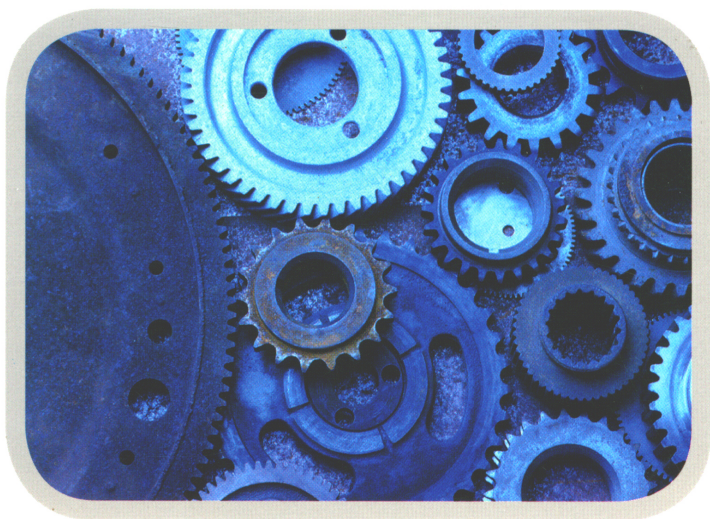




从校园到职场

机械零部件 设计入门与提高

于惠力 冯新敏 李伟 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



从校园到职场

机械零部件设计入门与提高

于惠力 冯新敏 李 伟 高宇博 韩彦勇 编著



机械工业出版社

本书概括了机械零部件设计的全部知识点，详细说明了常用零部件的常规设计和现代设计实例。本书分为两部分：第一部分为入门篇，深入浅出并高度概括地介绍了机械零部件设计所必需的基本设计理论和设计方法，常用金属材料及相关零件的机械制图、加工制造方法、精度设计等知识，同时还简明扼要地介绍了设计机械零部件所必需的常用设计软件；第二部分为提高篇，详述了常用零部件的设计实例，并用 AutoCAD 绘制了二维零件工作图，同时还用目前广泛流行的常用工程软件 Pro/Engineer 对主要零件进行了三维设计，最后对典型零件的实际加工进行了剖析，给出了详细的加工工艺过程，具有很强的实用性。

本书可供从事机械设计制造及其自动化专业的工程技术人员、大专院校相关专业的师生使用，尤其对刚走出校门准备走上机械设计岗位的大学毕业生具有指导意义。

图书在版编目（CIP）数据

机械零部件设计入门与提高 / 于惠力等编著.

—北京：机械工业出版社，2011.7

（从校园到职场）

ISBN 978-7-111-35314-0

I. ①机… II. ①于… III. ①机械元件—设计 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 137846 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：黄丽梅 责任编辑：黄丽梅

版式设计：张世琴 责任校对：刘志文

封面设计：路恩中 责任印制：李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·25 印张·485 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-35314-0

定价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

策划编辑（010）88379770

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销售一部：（010）68326294

销售二部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

寄语刚参加工作的大学生毕业生

当你大学毕业后，无论是在工厂、企业、公司、事业单位从事何种工作，都将发生角色转变，将从一名学生变成一名工程师、设计师、规划师、经济师等。可大多数大学生刚毕业时，还不能马上树立比较正确的人生目标，缺少生活经验、工作技能。为了帮助各位学子能尽快转变角色，少走弯路，尽快成为企事业骨干、社会栋梁，机械工业出版社组织编写出版了“从校园到职场”系列丛书，以“学校送一程、企业接一程”的理念，架起从校园到职场的桥梁。

1. 从学生到工程师的心理转变

学生，从小学到大学毕业，经过了16年的历程，已经有了一定的生活经历、生活观念与价值标准。学生成功与否的标准就是看考试成绩，生活的主体就是读书。人与人的关系是靠纯洁的友谊与真理的对错，人和人都是平等的，信念是理想的，但是，参加工作后，理想会有很多与现实不太吻合的东西。首先，判断一个人的成功，不再仅是考试成绩了，不是光靠用功读书就能成功的。工作后，完整地干好领导交给你的事情：修理好一台机器、设计好一个产品、组织一个活动、写一个工作方案等，你的工作结果是否符合实际要求、是否令同事与领导满意，就作为判断标准了。

工作成功的标准，就是要把交给你的工作先是干完，然后是干好，之后是干精，最后是干出特色与创新。这样，才能逐渐适应工作、熟悉环境，赢得同事与领导的信任，并令领导认可你的工作能力，从而把更为复杂、重要的任务交给你，从而得到更多的锻炼，得到重用与提升。所以，进入社会后，首先要降低身份，以平等的地位同一切人交往，向周围的同事、工作人员、领导学习。要做到四勤：手勤、腿勤，嘴勤、脑勤。要做一个为人随和的人、积极向上的人，工作踏实的人。这样你就可以更快、更好地赢得尊重，获得成功。

2. 从学生到工程师的能力转变

一个大学毕业生到了工作岗位，首先要学习基本的技能、知识，熟悉环境、熟悉单位的工作流程，逐渐掌握基本技能。当你能够处理一个环节、一个工序或工艺中的问题，维护生产的正常运行时，你就成为一名初级工程技术人员了：当你能独立主持一件小产品的开发或大型产品里一个部件的开发工作，能把产品设计并制造出来，达到合格的技术要求后，你就是一名工程师了；当你要考虑如何把产品做好、如何把产品做精、如何把产品做出创新时，你就逐渐成为工程师中

的高手了；当你可以主持一个大型产品的研发时，你就具有高级工程师的水平了；再继续往上，当你具有把握企业技术发展方向、具有组织大型产品的研发能力时，就是总工程师的水平了。当然，还需要有足够的经历、资历与机会。一名大学生的技术水平就是这样逐渐提高的。

3. 从学生到工程师的专业知识积累

关于专业的问题，一个大学毕业生，是有一个专业特长的，如机械类、电气类、计算机、管理类，等等。在企业，首先要延伸学习你自己的专业知识，在学校所学仅仅是其皮毛而已，其次要注意学习其他专业的知识。因为，到工作岗位后，领导交给你的任务可能是多个专业交叉的问题，不一定是你很熟悉的内容，企业也更需要能为企业提供全面解决方案的综合型人才。此时就要自己学习了，找到有关的书籍，先学习基础理论，再通过网络学习、杂志学习、参观学习较新的知识，了解有关的知识与技能，你就可以拓宽知识面。此时要有信心，因为学过一个专业后，再学另一个专业，是比较容易的。再者，大学学习只有四年，工作可能要将近四十年，补充新知识是必然的，学习新知识是工作后经常的事。

4. 从学生到工程师的成长建议

判断与取舍：如果做一件事情是自己不擅长的，肯定做不好。只有放弃不适合的，才能在自己更适合的领域内投入做自己更擅长的事业。无法判断该放弃什么人，也无法判断该干什么。让鸭子学短跑，让兔子学游泳，即使练一辈子，也难以有好结果的。一个技术问题也一样，如果不具有可行性，那就要放弃。对任何一件事，要估计其最好和最坏的程序，如果最坏也能承受，就可以去干。

主动与闯劲：性格决定命运，主动的人比被动的人会有更多机会。要有主动精神与百折不挠的劲头、有闯出新天地的勇气，才有成功的可能。被动、胆小是成功的大敌。

水平与脾气：真正的高手是很谦虚的，因为他知道还有更多的未知。不必要的脾气在与人沟通时会设计障碍，失去获得知识、提高自己的机会。

继承与创新：科技中继承是大多数，创新是一点点，所以先要学会继承并掌握，才能在其基础上提出改进、有所创新。创造条件是创新的基础，只有达到某种条件后，创新可能才会出现，第一个发现机会并克服困难而成功实践的人，才是真正的高手。

坚持与规划：做事要坐得住，凡是心中长草到处乱跑的人，难以干好一件事情。做人要有规划，做事要有计划。要有近期规划和长远规划，否则极易容易随波逐流，人生的志向和成功也就丧失在繁琐的日常生活中了。

最后，希望各位学子能尽快适应新的工作岗位，事业顺利，找到自己的发展空间。做人低调，做事认真，忍得住寂寞，受得了批评。还要记住：对于不断追

求进步的人，学习是终生的任务和义务。在充满未知与新奇、充满平淡与辉煌、充满快乐与痛苦、充满成功与失败的人生道路上永远向前！向前！当我们年迈时，回首曾经的岁月，不一定有多大的成功，但我们可以说“我认真努力过了，我不后悔。”就足够了。

机械工业出版社“从校园到职场”丛书编委会

前 言

机械设计类专业是一门实践性非常强的专业之一，尽管在学校系统地学习了相关专业的理论知识，但是当毕业生开始步入职场时，往往不能立即胜任设计工作。根据我们对企业的调查表明，为了使毕业生能尽快承担机械设计工作，企业对设计人员提出了以下要求：① 有一定的机械设计理论基础；② 熟练掌握常用材料及热处理知识；③ 熟悉常用机械零部件的制图、加工工艺等知识；④ 掌握常用的机械零部件设计软件；⑤ 熟悉机械零部件的国家标准和企业标准，熟悉企业的设计规范和质量手册；⑥ 了解企业设备加工能力，了解产品装配工序，掌握实际工程设计要求与书本上的不同点，从而能结合车间的实际生产能力，设计出满足技术要求的产品。

为了缩短学校与职场的差距，使刚出校门的学生能尽快承担机械零部件的设计工作，我们编写了本书。本书概括了机械零部件设计的全部知识点，详细给出了常用零部件的常规设计和现代设计实例。深切地希望本书能对步入机械设计岗位及从事机械设计的人员起到指导作用。

本书分为两部分，第一部分为入门篇，共 9 章，深入浅出地介绍了机械零部件设计所必需的基本设计理论和设计方法、常用金属材料、零件的机械制图、加工制造方法、精度设计及常用机械设计软件。第二部分为提高篇，共 7 章，给出常用零件的详细设计实例，并用 AutoCAD 绘制了二维零件工作图，同时还用目前广泛流行的常用工程软件 Pro/Engineer 对零件进行了三维设计。最后结合企业对典型零件的实际加工进行了剖析，给出了详细的加工工艺过程。本书可使读者在短时间内尽快掌握机械零部件设计（含现代设计方法）的全过程，具有很强的实用性。

本书采用最新颁布的国家标准、规范及法定计量单位。

参加本书编写的有于惠力（第 1 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章 7.3~7.6 节）、冯新敏（第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章、第 14 章、第 15 章、第 16 章）、李伟（第 2 章、第 4 章、第 7 章 7.1 节与 7.2 节）、韩彦勇（第 8 章、第 9 章）、高宇博（第 3 章）。

本书可供从事机械设计制造及其自动化专业的工程技术人员、大专院校相关专业师生使用，尤其适合从事机械设计的人员使用。

由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，殷切希望广大读者对书中的错误和欠妥之处提出批评指正。

编 者

2011年1月

目 录

前言

入 门 篇

第 1 章 机械零部件设计概述	1
1.1 机械零部件及其设计的概念	1
1.2 机械零部件设计的基本要求和步骤	2
1.3 机械零部件设计的失效形式及设计准则	3
第 2 章 机械零部件常用金属材料	7
2.1 工业用钢	7
2.1.1 钢的分类	7
2.1.2 常用钢的主要用途	8
2.2 铸铁	9
2.2.1 铸铁的分类	9
2.2.2 铸铁的主要用途	9
2.3 有色金属及其合金	10
2.3.1 有色金属及其合金的分类	10
2.3.2 有色金属及其合金的主要用途	10
第 3 章 机械零部件机械制图及标准	12
3.1 螺纹	12
3.1.1 螺纹的形成和基本要素	12
3.1.2 螺纹的规定画法	13
3.1.3 螺纹的种类和标注	14
3.1.4 螺纹紧固件	17
3.2 键联接	21
3.3 销联接	24
3.4 齿轮	25
3.5 弹簧	26
3.6 滚动轴承	27
第 4 章 机械零部件精度设计概述	29
4.1 孔、轴结合尺寸精度设计	29

4.1.1	基本术语及其定义	29
4.1.2	配合制（基孔制、基轴制）及其选用	31
4.1.3	孔、轴的基本偏差	32
4.1.4	配合标注示例	36
4.2	几何精度设计	36
4.2.1	几何公差的特征及符号	36
4.2.2	几何公差的公差带及几何公差的标注	38
4.2.3	几何公差的选用	39
4.2.4	公差原则和公差要求及其选用	40
4.2.5	基准要素的选用	40
4.2.6	几何精度设计示例	41
4.3	表面粗糙度设计	41
4.3.1	表面粗糙度的选用	41
4.3.2	基本符号的类型	42
4.3.3	表面粗糙度标注示例	43
第 5 章	连接零部件设计简介	44
5.1	螺纹联接	44
5.1.1	螺纹	44
5.1.2	螺纹联接的基本类型和标准螺纹联接件	46
5.1.3	螺纹紧固件的常用材料和力学性能等级	49
5.1.4	螺纹公差及精度的选用	50
5.1.5	螺纹联接的拧紧	50
5.1.6	螺纹联接的防松	53
5.1.7	螺栓组联接的结构设计和受力分析	55
5.1.8	单个螺栓联接的强度计算	58
5.1.9	提高螺栓联接强度的措施	64
5.2	键联接	67
5.2.1	平键联接的设计计算	67
5.2.2	花键联接	69
5.3	销联接	72
5.4	无键连接	73
5.4.1	成形连接	73
5.4.2	弹性环连接	74
5.4.3	过盈连接	74
5.5	其他形式的连接	75

5.5.1 铆接	75
5.5.2 焊接	78
5.5.3 胶接	79
第6章 传动零部件设计简介	81
6.1 带传动	82
6.1.1 概述	82
6.1.2 基本设计理论	87
6.1.3 V带传动设计流程框图	92
6.1.4 V带传动设计的部分数据	92
6.1.5 平带传动设计的部分数据	99
6.1.6 带轮结构设计的部分数据	103
6.1.7 同步齿形带传动设计的部分数据	106
6.2 链传动	113
6.2.1 概述	113
6.2.2 基本设计理论	117
6.2.3 链传动的设计流程图	121
6.2.4 链传动的部分设计数据	121
6.3 齿轮传动	133
6.3.1 基本设计理论	133
6.3.2 圆柱齿轮传动设计流程	156
6.4 蜗杆传动	158
6.4.1 基本设计理论	158
6.4.2 蜗杆传动设计流程	175
第7章 轴系零部件设计简介	176
7.1 轴	176
7.1.1 基本设计理论	176
7.1.2 轴的设计流程	189
7.1.3 轴设计的部分数据	190
7.2 滚动轴承	196
7.2.1 基本设计理论	196
7.2.2 滚动轴承部分设计数据	214
7.3 滑动轴承	221
7.4 联轴器	237
7.4.1 概述	237
7.4.2 联轴器的分类及应用	237

7.4.3 联轴器的选择计算	238
7.5 离合器	239
7.5.1 概述	239
7.5.2 分类及应用	240
7.5.3 离合器的计算	243
7.6 制动器	246
7.6.1 概述	246
7.6.2 制动器的分类	246
7.6.3 制动器的选择与计算	248
第 8 章 常用计算机设计软件概述	252
8.1 AutoCAD	252
8.1.1 简介	252
8.1.2 特点	252
8.1.3 基本功能	253
8.1.4 应用领域	253
8.2 Pro/Engineer	254
8.2.1 主要特性	254
8.2.2 软件版本	255
8.2.3 常用模块	255
8.3 ANSYS	257
8.3.1 ANSYS 软件功能简介	258
8.3.2 前处理模块 PREP7	258
8.3.3 求解模块 SOLUTION	259
8.3.4 后处理模块 POST1 和 POST26	261
8.3.5 ANSYS 软件的质量认证	261
第 9 章 金属切削加工简介	262
9.1 车削加工	262
9.1.1 车削的工艺特点	262
9.1.2 车削的应用	263
9.2 铣削加工	265
9.2.1 铣削的工艺特点	265
9.2.2 铣削的应用	265
9.3 钻削和镗削加工	267
9.3.1 钻削加工	267
9.3.2 镗削加工	268

9.4 刨削和拉削加工	269
9.4.1 刨削	269
9.4.2 拉削	270
9.5 磨削加工	272
9.5.1 磨削的工艺特点	272
9.5.2 磨削的应用	274

提 高 篇

第 10 章 带传动	275
10.1 V 带传动设计及带轮工作图绘制	275
10.1.1 V 带传动设计实例	275
10.1.2 应用 Pro/Engineer 设计 V 带轮	278
10.1.3 应用 AutoCAD 绘制带轮工作图	280
10.2 平带传动设计及带轮工作图绘制	283
10.2.1 平带传动设计实例	283
10.2.2 应用 Pro/Engineer 设计平带轮	284
10.2.3 应用 AutoCAD 绘制平带轮工作图	285
10.3 同步齿形带传动实例	286
第 11 章 齿轮传动	289
11.1 直齿圆柱齿轮传动设计及直齿轮工作图绘制	289
11.1.1 直齿圆柱齿轮传动设计实例	289
11.1.2 应用 Pro/Engineer 设计直齿圆柱齿轮	293
11.1.3 应用 AutoCAD 绘制直齿圆柱齿轮工作图	295
11.1.4 圆柱齿轮精度设计部分数据	297
11.2 斜齿圆柱齿轮传动设计及斜齿轮工作图绘制	303
11.2.1 斜齿圆柱齿轮传动设计实例	303
11.2.2 应用 Pro/Engineer 设计斜齿圆柱齿轮	306
11.2.3 应用 AutoCAD 绘制斜齿圆柱齿轮工作图	308
11.2.4 斜齿轮精度设计部分数据	309
11.3 直齿锥齿轮传动设计及锥齿轮工作图绘制	310
11.3.1 直齿锥齿轮传动设计实例	310
11.3.2 应用 Pro/Engineer 设计直齿锥齿轮	331
11.3.3 应用 AutoCAD 绘制直齿锥齿轮工作图	334
11.3.4 锥齿轮精度设计部分数据 (GB/T 11365—1989)	336

第 12 章 蜗杆传动	339
12.1 阿基米德蜗杆传动设计实例.....	339
12.2 应用 Pro/Engineer 设计阿基米德蜗杆.....	342
12.3 应用 Pro/Engineer 设计蜗轮.....	343
12.4 应用 AutoCAD 绘制阿基米德蜗杆工作图.....	345
12.5 应用 AutoCAD 绘制蜗轮工作图.....	345
12.6 蜗杆传动精度部分数据 (GB/T 10089—1988).....	347
第 13 章 链传动	350
13.1 套筒滚子链传动设计及链轮工作图绘制.....	350
13.1.1 套筒滚子链传动设计实例.....	350
13.1.2 应用 Pro/Engineer 设计套筒滚子链链轮.....	351
13.1.3 应用 AutoCAD 绘制套筒滚子链链轮工作图.....	351
13.2 齿形链设计实例.....	353
第 14 章 轴系部件设计实例	355
14.1 轴的设计实例.....	355
14.2 应用 Pro/Engineer 设计轴.....	363
14.3 应用 AutoCAD 绘制轴工作图.....	364
14.4 轴承选择计算.....	364
14.5 联轴器选择设计计算实例.....	367
第 15 章 用 Pro/Engineer 装配传动部件	369
15.1 装配图的建立.....	369
15.2 装配操作.....	369
15.3 轴系部件装配实例.....	371
第 16 章 典型零件加工过程实例剖析	375
16.1 齿轮零件加工工艺分析.....	375
16.2 轴类零件的加工工艺分析.....	378
16.3 V 带轮加工工艺分析.....	382
16.4 套类零件加工工艺分析.....	383
参考文献	385

入 门 篇

第1章 机械零部件设计概述

1.1 机械零部件及其设计的概念

从制造和装配的观点看，机器是由许多独立加工、独立装配的单元体组成的，这些单元体称为零件。机械零件是组成机器的基本单元，如螺栓、螺母、垫片、齿轮、轴等。而构件是运动的基本单元，一个构件可以由一个零件或多个零件组成。

按用途不同机械零件可分为通用机械零件和专用机械零件。在各类机器中普遍使用的零件称通用机械零件，例如：起联接作用的零件有螺纹零件、键、销等；起传动作用的零件有带、齿轮、蜗轮、链等；起支承传动零部件作用的零件，如轴；起支承轴的零部件，如滚动轴承、滑动轴承等；还有其他用途的零件，如弹簧、机架等。而专用机械零件是指在某些机器中特殊使用的机械零件，如曲轴、叶片等。

本书所介绍的是在普通条件下工作的具有一般参数的通用机械零部件的设计理论和设计方法。

所谓在“普通条件下工作”是指常温常压的工作条件，高温高压条件下工作的机械零部件的设计具有特殊性，不在本书讨论。“一般参数”是指机械零件的尺寸不是过大或过小。过大的机械零件，如建筑用的地脚螺栓，有的重1.8t，其设计不能用普通机械零件的设计方法来处理。再如，女式手表中的齿轮直径为1mm，因尺寸过小，也不能用常规的设计方法来处理，可根据精密机械的理论和方法来解决。

“部件”是指为了完成某项功能而由若干零件组成的零件组合体，如减速器、变速器、联轴器、离合器、制动器等。这些部件可用以完成特定的工作，往往独立加工装配。

“设计”是指为满足某一特定要求而进行的创造过程，一般包括设计计算及画出可用于加工的工作图。

“机械零部件设计”是机械设计的关键，其质量直接影响机器的设计质量，

因此，对于机械工程技术人员而言掌握机械零部件的设计方法是最基本的要求。

1.2 机械零部件设计的基本要求和步骤

1. 机械零部件设计的基本要求

机械零部件设计是机械设计的重要组成部分，机械运动方案中的机构和构件只有通过零部件设计才能得到用于加工的零件工作图和部件装配图，同时它也是机械总体设计的基础。机械零部件设计的主要内容：根据运动方案和总体设计的要求，明确零部件的工作要求、性能、参数等，选择零部件的结构构形、材料、精度等，进行失效分析和工作能力计算，画出零件图和部件装配图。

设计机械零件时，零件主要应满足以下三项基本要求。

1) 要有一定的工作能力，即零件不发生失效时的安全工作限度，这是设计机械零件时应满足的首要条件。所谓“工作能力”是指机械零件要有一定的强度、刚度、耐磨性和可靠性等。

2) 经济性好，即机械零件的成本要低。想要达到成本低的目的，就应当从机械零件的选材、合理地选定精度等级和采用标准件等方面综合考虑。

3) 具有良好的结构工艺性，即机械零件在既定的生产条件下，能够方便而经济地加工出来，且便于装配，同时还要考虑加工的可能性及难易程度等机械零部件设计应满足的要求。

此外，还要满足噪声控制、防腐性能、不污染环境等环境保护要求和安全要求等。以上要求往往互相牵制，需全面综合考虑。

2. 设计机械零部件的一般步骤

1) 选择零件的材料。在满足工艺要求的条件下，优先考虑国产材料，尽量选用市场广泛供应、货源充足的材料，并考虑价格、质量等因素综合评价选择。

2) 建立零件的受力模型。对零件进行受力分析，确定零件的计算载荷，例如求计算功率：

$$P_c = KP$$

式中 P ——名义载荷（公称载荷、额定载荷）；

K ——载荷系数。

3) 选择零件的类型与结构。可参考各种图册和手册，或根据实际经验确定。

4) 理论计算 包括两部分内容：

① 设计计算。由作用到零件上的力计算零件的几何尺寸，即根据零件的主要失效形式确定零件的设计依据和公式，求零件的主要参数、尺寸。例如，根据齿面接触疲劳强度求出齿轮的主要参数——分度圆直径的计算即为设计计算。

② 校核计算。即已知零件的几何尺寸求零件的工作能力。例如：根据齿面接