

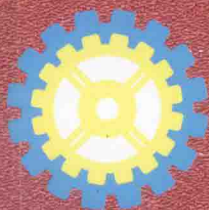


21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业参考书

机械设计与机械原理 考研指南(上册)

(第三版)

彭文生 杨家军 王均荣 主编



理论提要 · 例题精选 · 试题解答



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



机械设计与机械原理 考研指南(上册)

(第三版)

彭文生 杨家军 王均荣 主编

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书由国内具有代表性的七所重点大学有丰富教学、教材编写及研究生指导经验的教授编写。

全书分上、下两册,共三篇。上册含两篇(共21章)即:第一篇——机械设计(第1~10章);第二篇——机械原理(第11~21章)。下册为第三篇——参考答案与考研试题精选,包括:第一部分——各章复习与练习题参考答案;第二部分——考研试题精选。

本书可作为报考硕士学位研究生有关人员的考前复习辅导教材,本、专科大学生及自考学生学习“机械设计”“机械原理”和“机械设计基础”课程的复习资料与自学教材;也可供从事“机械设计”“机械原理”和“机械设计基础”课程教学的教师及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计与机械原理考研指南.上册/彭文生,杨家军,王均荣主编.—3版.—武汉:华中科技大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-5609-9636-3

I. ①机… II. ①彭… ②杨… ③王… III. ①机械设计-研究生-入学考试-自学参考资料 ②机构学-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 243278 号

机械设计与机械原理考研指南(上册) (第三版)

彭文生 杨家军 王均荣 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘勤

封面设计:李嫚

责任校对:张琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录排:武汉楚海文化传播有限公司

印刷:湖北新华印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:21.5

字数:547千字

版次:2009年10月第2版 2014年11月第3版第1次印刷

定价:39.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

本书第一版出版以来,作为当时国内第一本正式出版的机械类专业考研的主要参考书,受到广大报考机械类相关专业的考生、大学生和担任“机械设计”“机械原理”“机械设计基础”任课教师们的欢迎和好评。2005年出版的第二版将相关院校的研究生入学考试试题由第一版的14份增至29份。在2005—2012年的八年中,本书共进行了七次印刷,为适应考研的新形势决定出版第三版。

本书第一版出版时(2001年),全国在读硕士研究生的人数为27万,至本书第三版出版时(2013年),全国在读研究生的人数,据不完全统计已达160万,十三年间在读研究生的人数增加了近六倍。2013年研究生入学考试的人数达180万,创历史最高,比2012年增加15万。

在第一版前言中,我们曾指出:“当今社会对具有创新能力的高素质人才的需求比以往任何时候都更加迫切。因此,崇尚科学、崇尚知识,不仅是一种知识价值的体现,也是时代的需求和社会进步的标志。‘考研热’的兴起并持续升温,正体现了时代的需求和广大莘莘学子的愿望。”

党的十八大报告中指出:“全党必须更加自觉地把推动经济社会发展作为深入贯彻落实科学发展观的第一要义,牢牢扭住经济建设这个中心,坚持聚精会神搞建设、一心一意谋发展,着力把握发展规律、创新发展理念、破解发展难题,深入实施科教兴国战略、人才强国战略、可持续发展战略……”而要落实“科教兴国战略”与“人才强国战略”的关键,又在于落实中共中央、国务院印发的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》(以下简称《纲要》)所强调的,我国高等教育要牢固确立人才培养在工作中的中心地位,“着力培养信念执着、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才和拔尖创新人才”。而研究生的培养正是我国贯彻《纲要》,培养拔尖创新人才的主要途径之一。而据国际经济界权威人士预测,再过8~10年,我国经济总量将超过美国跃升至全球第一位。经济的发展急需一大批高科技的创新人才。人才从何而来?主要靠国内大学自己培养,同时从国外引进高科技创新人才。因此,今后国内985大学,每年招收研究生、博士生、博士后的人数将趋近本科生的数量。

本次修订是为了适应考研的新形势,主要进行了以下几项工作。

(1) 在保持原版体系、特色和风格不变的前提下,对各章内容进行了重新审核、校对与勘误,删去了“考试复习与练习题”中的一些重复内容,个别章节充实了一些内容。

(2) 增加了第21章机械创新设计。

(3) 对下册第二部分“考研试题精选”的内容进行了全面更新,共选出华中科技大学、哈尔滨工业大学、华南理工大学、东北大学、武汉理工大学、中南大学等六

所大学的硕士研究生入学考试模拟试题共 35 份,其中学术型研究生(三年制)试题 33 份,专业型研究生(两年制)试题 2 份,包括“机械设计”“机械原理”“机械设计基础”课程的内容。而华中科技大学从 2008 年起的试题中还包括一道较灵活的关于机械创新设计的试题(参见第二部分该校的考研模拟试题精选)。

参加此次修订工作的有:华中科技大学彭文生(第 2、3、4、10 章及下册第三篇的第二部分)、杨家军(第 11、12、13、14、17、20、21 章及下册第三篇的第二部分);武汉理工大学王均荣(第 1、5 章)、余培明(第 15 章);华南理工大学朱文坚(第 6 章)、李杞仪(第 16 章);东北大学陈良玉、闫玉涛(第 7、9 章)、陈良玉、杨强(第 18、19 章);哈尔滨工业大学宋宝玉(第 8 章)。

下册第一部分的复习与练习题参考答案,均由第一版或第二版各对应编撰者提供,但出第三版时少数原作者有变动,但新作者对上册原稿及下册相应的复习与练习题参考答案都进行了认真的核对与修改。

需要说明的是:由于目前国内各高校使用的教材不尽相同,因此,在选入下册第二部分的 35 份研究生入学考试模拟题中,为保持“原汁原味”,同一内容表达的个别符号,可能不尽相同。此外,参与第二版编撰的个别作者,由于各种原因未参加本版的修订工作,在此,对这些作者在前两版付出的辛勤劳动表示感谢。此外,中南大学刘瞬尧教授为本书提供了部分研究生入学模拟试题,在此深表谢意!

本书由彭文生、杨家军、王均荣担任主编。诚恳地欢迎广大读者对本书中的不妥之处批评指正,并先在此致谢!

编著者

2014 年 8 月

第二版前言

本书第一版于2001年出版以来,作为考研的主要参考书,受到广大考研者、学生和教师们的欢迎和好评。由于近三年来硕士研究生入学考试科目和内容有所变动,考研形势发生了很大变化,为了适应新的考研形势而出版第二版。

一是全国招收研究生的人数每年以30%以上的速度递增:2001年全国在读研究生人数共计29万人;而2002年全国招收研究生人数为20万人;2003年全国招收研究生人数为27万人;2004年全国招收研究生人数为33万人。以上数字表明:“当今社会对具有创新能力的高素质人才的需求比以往任何时候都更加迫切。……‘考研热’的兴起并持续升温,正体现了时代的需要和广大莘莘学子的愿望。”^①

最近教育部更明确指出:今后要继续扩大硕士研究生的招生规模。从发展趋势看,今后全国重点大学,每年招收研究生的人数将超过招收本科生的人数。

二是从2002年起,硕士研究生入学考试科目,由五门改为四门,即除全国统一命题的政治、数学、外语三门基础课程之外,另一门考试科目由各校自定。但对于各高校大机械类学科各专业(机械、动力、汽车、船舶、能源等),绝大多数大学都是从“机械设计”、“机械原理”、“机械设计基础”中选一门列为必考科目。也有少数学校曾考过“机械设计基础”加力学或加公差等内容的题目。

三是从2003年起,一些重点大学被批准自己划定录取分数线,自主招生录取的权限在逐步扩大。

第二版修订工作是在总结第一版使用经验的基础上进行的。修订的原则是:以继承为主,既保持第一版的特色和风格,又考虑了当前考研形势的发展与变化,对全书内容进行了整体优化与整合,以增强对考研的针对性和适应性。具体进行了以下几项工作。

(1) 在保持第一版体系、特色和风格不变的前提下,对绝大多数章节在内容上做了些压缩,去掉“考试复习与练习题”中的一些重复内容。

(2) 对下册第二部分“考研试题精选”,第一版共选出1998年及1999年的研究生入学考试试题计14份。第二版对这部分的内容全部做了更新,共选出2000—2005年的研究生入学考试试题29份,其内容包括:机械设计、机械原理、机械设计基础、机械工程基础(含机械设计、机械原理及互换性)等考研试题。

(3) 更正了第一版文字、插图及计算中的疏漏和印刷错误。

参加此次修订工作的有:华中科技大学彭文生(第一篇的第二、三、四、十章及第三篇的第二部分)、杨家军(第二篇的第十一、十二、十三、十四、十七、二十章及

^① 参见第一版前言。

第三篇的第二部分);西南交通大学吴鹿鸣、罗大兵(第一章);武汉理工大学王均荣(第五章)、余培明(第十五章);华南理工大学朱文坚(第六章)、李杞仪(第十六章);东北大学张钰(第七、九章)、王淑仁(第十八、十九章);哈尔滨工业大学王连明(第八章)。

下册第一部分的复习与练习题参考答案,均由各对应章的编撰者提供。本书由彭文生、杨家军、王均荣担任主编。

需要说明的是:由于目前国内各高校使用的教材不尽相同,因此选入下册第二部分的29份考试试题中,为保持其“原汁原味”,同一内容表达的个别符号,可能不尽相同。另外,参与第一版编撰的个别作者,由于各种原因未能参加第二版的修订工作,在此,对这些作者为第一版付出的辛勤劳动表示感谢。

诚恳地欢迎广大读者对本书中不妥之处批评指正。

编著者

2005年5月

第一版前言

人类社会在经历了农业、工业经济的文明历程之后,已逐渐进入到信息时代。21世纪将是人类更多地依靠知识创新、知识的创新应用和可持续发展的时代。而新世纪的核心是科技,关键是人才,基础是教育。我们的国家、民族以至每一个人,都面临着充满竞争的全球化知识经济时代的机遇与挑战。当今社会对具有创新能力的高素质人才的需求比以往任何时候都更加迫切。因此,崇尚科学、崇尚知识,不仅是一种知识价值的体现,也是时代的需求和社会进步的标志。“考研热”的兴起并持续升温,正体现了时代的需求和广大莘莘学子的愿望。

研究生入学考试是通向研究生之路的阶梯,而考试成绩的高低又是能否被录取的主要依据。现国内各高校机械类各专业(含部分力学专业、管理类等专业)的研究生入学考试科目,除全国统一命题的外语、数学、政治三门基础课外,还将“机械设计”、“机械原理”和“机械设计基础”中的一门课程列为必考科目。为了帮助考生进行有效的复习备考,以便在较短的时间内掌握有关课程的内容,我们在总结参编7校近10年来考研命题经验的基础上,特编撰本书。

本书分上、下两册,共三篇。上册有两篇共20章,即第一篇——机械设计(10章);第二篇——机械原理(10章)。而每一章的内容包括:主要内容与基本要求、重点与难点分析、例题精选与解析、考试复习与练习题等四个部分。在重点与难点分析中,对考生应掌握的基本概念、基础理论、分析计算方法、机构分析与设计方法,均进行了总结性、规律性的阐述和一般性指导。在例题精选与解析中,通过示范解题给考生以解题思路和技巧。在考试复习与练习题中,按单项选择题、填空题、问答题、分析计算题、结构题(图解题),共给出了1400多道考题。本书所选用的例题、考试复习与练习题,绝大多数来自参编7校近5~10年的硕士研究生入学考试试题和本科生课程考试试题,也包括参考文献所列有关资料中的部分试题。本书下册为第三篇——参考答案与考研试题精选,即包括:第一部分,各章复习与练习题参考答案,给出了除问答题以外的其他题型的参考答案计1200多道题;第二部分,考研试题精选,共选出7校1998年及1999年的研究生入学考试试题计14份。其中,“机械设计”试题6份;“机械原理”试题5份;“机械设计基础”试题3份。所选入的考研试题在全国有较广泛的代表性。

本书既可作为报考硕士学位研究生有关人员的考前复习辅导教材以及本、专科大学生学习“机械设计”、“机械原理”、“机械设计基础”课程的自学教材,也可供教师和有关工程技术人员参考。

参加本书编撰工作的有:华中科技大学彭文生(第一篇的第二、三、十章及第三篇的第二部分)、杨家军(第二篇的第十一、十二、二十章及第三篇的第二部分);西南交通大学吴鹿鸣(第一章);浙江大学周银生(第四章)、陈文华(第十三、十四、

十七章);武汉理工大学王均荣(第五章)、余培明(第十五章);华南理工大学朱文坚(第六章)、李杞仪(第十六章);东北大学张钰(第七、九章)、王淑仁(第十八、十九章);哈尔滨工业大学王连明(第八章)。下册第一部分各章的复习与练习题参考答案,均由各对应章的编撰者提供。本书由彭文生、杨家军、王均荣担任主编。

需要说明的是:由于目前国内各高校使用的教材不尽相同,因此选入下册第二部分的14份考研试题,为保持“原汁原味”,题中同一内容表达的个别符号可能不尽相同。

因编撰此类书属于首次,加之作者水平和时间所限,书中错漏之处在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编著者

2000年6月

目 录(上册)

第一篇 机械设计

| | |
|---------------------------|-------|
| 第 1 章 机械设计总论 | (1) |
| 1.1 主要内容与基本要求 | (1) |
| 1.2 重点与难点分析 | (2) |
| 1.3 例题精选与解析..... | (10) |
| 1.4 考试复习与练习题..... | (15) |
| 第 2 章 齿轮传动 | (24) |
| 2.1 主要内容与基本要求..... | (24) |
| 2.2 重点与难点分析..... | (24) |
| 2.3 例题精选与解析..... | (33) |
| 2.4 考试复习与练习题..... | (43) |
| 第 3 章 蜗杆传动 | (54) |
| 3.1 主要内容与基本要求..... | (54) |
| 3.2 重点与难点分析..... | (54) |
| 3.3 例题精选与解析..... | (57) |
| 3.4 考试复习与练习题..... | (63) |
| 第 4 章 挠性传动 | (70) |
| 4.1 主要内容与基本要求..... | (70) |
| 4.2 重点与难点分析..... | (70) |
| 4.3 例题精选与解析..... | (74) |
| 4.4 考试复习与练习题..... | (83) |
| 第 5 章 滚动轴承 | (93) |
| 5.1 主要内容与基本要求..... | (93) |
| 5.2 重点与难点分析..... | (95) |
| 5.3 例题精选与解析 | (104) |
| 5.4 考试复习与练习题 | (112) |
| 第 6 章 滑动轴承 | (122) |
| 6.1 主要内容与基本要求 | (122) |
| 6.2 重点与难点分析 | (122) |
| 6.3 例题精选与解析 | (124) |
| 6.4 考试复习与练习题 | (128) |
| 第 7 章 轴毂连接 | (135) |
| 7.1 主要内容与基本要求 | (135) |
| 7.2 重点与难点分析 | (136) |

| | | |
|---------------|----------------------------|-------|
| 7.3 | 例题精选与解析 | (138) |
| 7.4 | 考试复习与练习题 | (142) |
| 第 8 章 | 螺纹连接(含螺旋传动) | (148) |
| 8.1 | 主要内容与基本要求 | (148) |
| 8.2 | 重点与难点分析 | (149) |
| 8.3 | 例题精选与解析 | (151) |
| 8.4 | 考试复习与练习题 | (164) |
| 第 9 章 | 现代设计方法及机械系统设计 | (171) |
| 9.1 | 主要内容与基本要求 | (171) |
| 9.2 | 重点与难点分析 | (171) |
| 9.3 | 例题精选与解析 | (175) |
| 9.4 | 考试复习与练习题 | (175) |
| 第 10 章 | 机械设计综合题 | (177) |
| 10.1 | 综合填空题 | (177) |
| 10.2 | 综合受力分析计算题 | (178) |
| 10.3 | 机械传动方案的分析与比较题 | (187) |

第二篇 机械原理

| | | |
|---------------|--------------------------|-------|
| 第 11 章 | 平面机构的结构分析 | (193) |
| 11.1 | 主要内容与基本要求 | (193) |
| 11.2 | 重点与难点分析 | (195) |
| 11.3 | 例题精选与解析 | (195) |
| 11.4 | 考试复习与练习题 | (198) |
| 第 12 章 | 平面连杆机构 | (204) |
| 12.1 | 主要内容与基本要求 | (204) |
| 12.2 | 重点与难点分析 | (207) |
| 12.3 | 例题精选与解析 | (208) |
| 12.4 | 考试复习与练习题 | (219) |
| 第 13 章 | 机械中的摩擦和机械效率 | (224) |
| 13.1 | 主要内容与基本要求 | (224) |
| 13.2 | 重点与难点分析 | (224) |
| 13.3 | 例题精选与解析 | (225) |
| 13.4 | 考试复习与练习题 | (234) |
| 第 14 章 | 凸轮机构 | (240) |
| 14.1 | 主要内容与基本要求 | (240) |
| 14.2 | 重点与难点分析 | (240) |
| 14.3 | 例题精选与解析 | (241) |
| 14.4 | 考试复习与练习题 | (247) |
| 第 15 章 | 齿轮机构 | (255) |
| 15.1 | 主要内容与基本要求 | (255) |

| | | |
|---------------|------------------|-------|
| 15.2 | 重点与难点分析 | (257) |
| 15.3 | 例题精选与解析 | (259) |
| 15.4 | 考试复习与练习题 | (264) |
| 第 16 章 | 轮系 | (275) |
| 16.1 | 主要内容与基本要求 | (275) |
| 16.2 | 重点与难点分析 | (277) |
| 16.3 | 例题精选与解析 | (279) |
| 16.4 | 考试复习与练习题 | (289) |
| 第 17 章 | 其他常用机构 | (292) |
| 17.1 | 主要内容与基本要求 | (292) |
| 17.2 | 重点与难点分析 | (292) |
| 17.3 | 例题精选与解析 | (293) |
| 17.4 | 考试复习与练习题 | (296) |
| 第 18 章 | 机械速度波动的调节 | (299) |
| 18.1 | 主要内容与基本要求 | (299) |
| 18.2 | 重点与难点分析 | (301) |
| 18.3 | 例题精选与解析 | (301) |
| 18.4 | 考试复习与练习题 | (302) |
| 第 19 章 | 机械的平衡 | (307) |
| 19.1 | 主要内容与基本要求 | (307) |
| 19.2 | 重点与难点分析 | (307) |
| 19.3 | 例题精选与解析 | (308) |
| 19.4 | 考试复习与练习题 | (309) |
| 第 20 章 | 机械原理综合题 | (311) |
| 20.1 | 主要内容与基本要求 | (311) |
| 20.2 | 重点与难点分析 | (311) |
| 20.3 | 例题精选与解析 | (313) |
| 20.4 | 考试复习与练习题 | (317) |
| 第 21 章 | 机械创新设计 | (320) |
| 21.1 | 主要内容与基本要求 | (320) |
| 21.2 | 重点与难点分析 | (320) |
| 21.3 | 例题精选与解析 | (321) |
| 21.4 | 考试复习与练习题 | (326) |
| 参考文献 | | (331) |

第一篇 机械设计

第1章 机械设计总论

1.1 主要内容与基本要求

1.1.1 主要内容

1. 机械设计课程的内容、性质与任务

本课程的内容,主要是研究通用机械零件的设计问题。它是一门设计性的技术基础课,其主要任务有两方面: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去解决一般参数的通用机械零件设计问题;二是设计技能的训练,使学生具有设计机械传动和简单机械的能力。

2. 机械及机械零件设计概要

(1) 主要说明机械与机械零件设计的一般程序。

(2) 阐述机械零件的主要失效形式、设计准则及设计方法。

机械零件的主要失效形式有:整体断裂、表面破坏(如磨损、压溃、点蚀、胶合等)、变形量过大、功能失效(如打滑)。它们是制定设计准则的依据。归纳多种失效形式,提出强度、刚度、耐磨性等设计准则。设计准则确定后,一般用理论或经验设计的方法来设计机械零件。

3. 机械零、部件设计的强度问题

从分析载荷与应力开始,一般介绍了静应力下机械零件的强度问题,重点阐述了变应力作用下机械零件的强度,还对机械零件的接触疲劳强度作了一定的说明。

4. 机械零、部件的摩擦、磨损与润滑

主要阐述机械零、部件的摩擦、磨损的分类、机理和影响因素,形成流体动压油膜的承载机理和雷诺方程,以及弹性流体动压润滑的基本知识。

1.1.2 基本要求

(1) 要搞清本课程“为什么学”、“学什么”和“如何学”这三个大问题,树立学习好本课程的信心与决心。

(2) 要从总体上建立机械设计,尤其是机械零件设计的总体概念。即从机械的总体要求出发,引出对零件的要求,根据零件的失效→拟定设计准则→用一定的设计方法来设计零件。

(3) 掌握静强度计算中三个强度理论的概念和公式;了解疲劳曲线与极限应力曲线的来源、意义和用途,能根据材料的几个基本力学性能(如 σ_b 、 σ_s 、 σ_{-1} 、 σ_0 等)^①及零件的几何特性,绘制零件的极限应力简化曲线图;学会单向变应力的强度计算方法与双向变应力的强度校核方

^① 几个材料力学性能符号,新国标已有所改变,但不涉及对材料力学性能的正确理解与表达,故第三版不跟进修改。

法;了解疲劳损伤累积假说(Miner 法则)的意义与用途;了解机械零件接触疲劳强度及其计算公式。

(4) 扼要地了解各类摩擦的机理、物理特性及其影响因素;初步了解磨损的一般规律(即磨损曲线)及各种磨损的机理、物理特性和影响因素;了解润滑的作用及润滑剂的主要质量指标;掌握流体动压润滑的基本概念与油楔承载机理,而对弹性流体动压润滑只需有一初步的了解。

1.2 重点与难点分析

1.2.1 重点

1.2.1.1 本课程的性质、特点与学习方法

本课程是一门设计性的重要技术基础课,其特点是:①综合性 它要综合应用先修课的知识来解决机械零、部件的设计问题;②实践性 其设计题目来自生产实际,而设计成果又可直接用于生产实际;③设计性 它是论述机械设计理论、研究机械设计方法、培养学生具有机械设计能力的课程。

针对本课程的特点,必须采取如下学习方法:①把握机械零件设计分析问题的主线,即要时刻贯穿“零件失效形式→受力分析→强度计算→结构设计”这一主线,无论学习何种机械零、部件设计,如果以此为主线为纲,就便于入门、便于掌握;②要理论联系实际,必须从生产实际的条件与要求出发来考虑问题,注意公式的使用条件与范围,参数选择也要紧密结合实际来进行;③机器是由许多零件按一定方式连接起来的,零件之间有一定联系,因此要从整体出发来考虑零件的设计,并注意零件间的协调与配合,特别是零件设计的原始数据和要求,要与整机要求相适应;④必须重视结构设计,初学者往往只看重计算而忽略结构设计,要认识到计算虽重要,它只为结构设计提供一个基础,而零、部件和机器的最后尺寸与形状,通常是由结构设计决定的,它在设计工作量中也占有较大比重,因而必须高度重视结构设计;⑤更新设计观念,重在培养综合设计能力,要建立符合时代要求的新的设计观念,特别是要把创新的思想贯彻进去,所谓综合设计能力主要包括技术基本能力、创造性能力、掌握信息与自学能力、评价与决策能力及集体合作设计能力等,要通过学习与训练,逐步提高学生综合设计的能力。

1.2.1.2 载荷与应力的分类、机械零件的强度及表面接触疲劳强度

1. 载荷与应力的分类

载荷与应力的分类如图 1-1 所示。

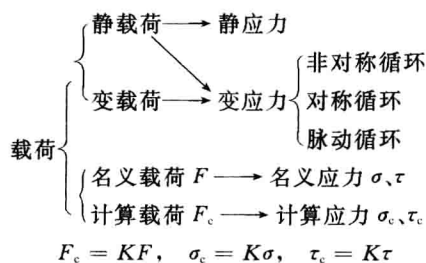


图 1-1 载荷和应力的分类

零件所受的载荷是静载荷还是变载荷较易判别,但在分析零件的应力时,容易出错,特别

是零件承受静载荷时,不仅产生静应力,有时也能产生变应力。比如,承受静载荷的回转运动或周期运动的零件将产生变应力。

2. 机械零件的强度

1) 强度判定方法(强度准则)

$$\text{最大应力} \leq \text{许用应力} \left(= \frac{\text{材料的极限应力}}{\text{许用安全系数}} \right)$$

即

$$\begin{cases} \sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \\ \tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \end{cases} \quad (1-1)$$

$$\text{实际安全系数} \left(= \frac{\text{材料的极限应力}}{\text{最大应力}} \right) \geq \text{许用安全系数}$$

即

$$\begin{cases} S_{\sigma\text{ca}} \left(= \frac{\sigma_{\text{lim}}}{\sigma} \right) \geq S_{\sigma} \\ S_{\tau\text{ca}} \left(= \frac{\tau_{\text{lim}}}{\tau} \right) \geq S_{\tau} \end{cases} \quad (1-2)$$

$$\text{材料的极限应力} \begin{cases} \text{静应力状态下} \begin{cases} \text{脆性材料取抗拉强度 } \sigma_b \\ \text{塑性材料取屈服强度 } \sigma_s \end{cases} \\ \text{变应力状态下} \begin{cases} \text{脆性材料} \\ \text{塑性材料} \end{cases} \end{cases} \text{均取疲劳极限 } \sigma_{rN}$$

2) 复合应力状态下工作的零件

对塑性材料的零件,应按第三或第四强度理论确定强度准则。

第四强度理论适用于拉应力和切应力的复合应力,其强度准则为

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq [\sigma] \quad (1-3)$$

第三强度理论适用于弯、扭复合应力,其强度准则为

$$\sigma = \sqrt{\sigma_w^2 + 4\tau_1^2} \leq [\sigma] \quad (1-4)$$

上述两种强度准则用安全系数表达为

$$S_{\sigma\text{ca}} = \frac{S_{\sigma}S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq S \quad (1-5)$$

对脆性材料的零件,应按第一强度理论确定强度准则,即

$$\sigma = \frac{1}{2}[\sigma_w + \sqrt{\sigma_w^2 + 4\tau_1^2}] \leq [\sigma] \quad (1-6)$$

$$S_{\sigma\text{ca}} = \frac{2\sigma_b}{\sigma_w + \sqrt{\sigma_w^2 + 4\tau_1^2}} \geq S \quad (1-7)$$

3. 表面接触疲劳强度

高副机构(如齿轮传动、滚动轴承等),其载荷是通过线接触或点接触传递动力的,大多数零件在循环接触条件下工作,所以接触应力是循环的变应力。因此,接触疲劳强度的准则为

$$\sigma_{\text{Hmax}} \leq [\sigma]_{\text{H}} \quad (1-8)$$

式中： σ_{Hmax} 为接触部位的最大接触应力； $[\sigma]_H$ 为接触零件的许用接触应力。

齿轮副齿廓的接触状况与两圆柱体接触状况相似，其 σ_{Hmax} 可借用两圆柱体相接触的赫兹公式，即

$$\sigma_{Hmax} = \sqrt{\frac{1}{\pi[(1-\mu_1^2/E_1)+(1-\mu_2^2/E_2)]} \cdot \frac{F_n}{L\rho_\Sigma}} \quad (1-9)$$

式中： ρ_Σ 为综合曲率半径， $\frac{1}{\rho_\Sigma} = \frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}$ (ρ_1, ρ_2 分别为两圆柱体的曲率半径，“+”号用于外接触，“-”号用于内接触)； F_n 为外载荷； L 为接触线长度； E_1, E_2 分别为两圆柱体的弹性模量； μ_1, μ_2 分别为两圆柱体的泊松比。

1.2.1.3 雷诺流体动压方程与油楔承载机理

首先要了解在讨论动压油膜的形成原理时所作的一些简化假定，其次要了解雷诺流体动压方程的推导过程，从而进一步掌握动压油膜的形成条件，以及搞清楚油楔的承载机理。

要记住一维流体的动压轴承基本方程(又称一维雷诺方程)：

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 6\eta v \frac{h-h_0}{h^3} \quad (1-10)$$

由上式可知，油膜压力的变化与润滑油的黏度、表面相对滑动速度和油膜厚度的变化有关。利用这一公式，可求得油膜上各点的载荷 p 沿 x 方向的分布，再将该压力积分便可求得油膜的承载能力。

进一步分析可知，形成流体动压润滑的必要条件是：①两滑动表面必须具有收敛的楔形间隙；②移动件必须有足够的速度(方向从大口指向小口)；③润滑油应有一定的黏度，且供油要充分。

1.2.2 难点

本章的难点主要是，零件在变应力作用下，其极限应力和安全系数的确定。

本课程对这部分问题的讨论，主要是在材料力学的基础上进一步扩展与深化，以便在其他有关章节中得到应用。

机械零件工作时可能经受的变应力，大体上可归纳为两大类：稳定循环变应力(见图 1-2(a))和非稳定循环变应力(见图 1-2(b))。

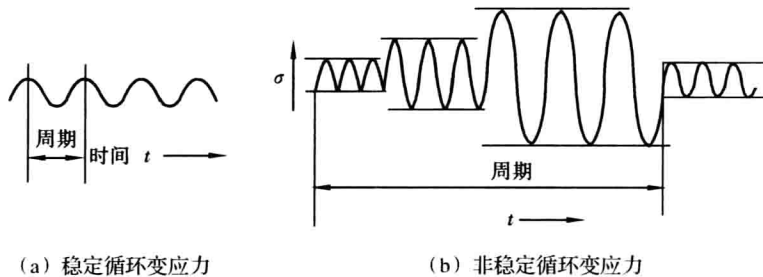


图 1-2 变应力

无论是稳定还是非稳定循环变应力，都可能是简单应力(只有弯曲或扭转应力等)，也可能是复杂应力(如既有弯曲应力也有扭转应力)。

因为作用在机械零件上的应力类型和应力循环次数，对零件材料的极限应力有明显影响，

所以应力类型和应力循环次数不同,其极限应力和安全系数确定的方法也不相同。

1.2.2.1 稳定循环简单变应力时极限应力和安全系数的确定

稳定循环简单变应力是最基本的变应力,掌握了它的极限应力与安全系数的有关概念与计算方法后,其他应力类型的问题就较易解决了。

从应力的循环特性来看,稳定循环简单变应力可分为对称循环变应力($r=-1$)、脉动循环变应力($r=0$)和非对称循环变应力($-1 < r < 0$ 和 $0 < r < 1$)。从应力循环次数来看,若以 N_0 表示应力循环的基本循环次数,则实际应力循环次数 N 可以大于或小于 N_0 。当应力循环特性和循环次数不同时,其极限应力也不同。下面按不同情况进行讨论。

1. 当应力循环次数 $N=N_0$ 时零件在对称循环变应力下的极限应力和安全系数

这种应力是最基本的应力,其极限应力由实验确定,在有关手册中可以查到。

循环特性 $r=-1$ (对称循环)时,极限应力为 σ_{-1} (或 τ_{-1})。按照定义,安全系数为极限应力与工作应力之比,即 $S=\text{极限应力}/\text{工作应力}$ 。

因为零件在对称循环变应力作用下,其极限应力为 σ_{-1} ,最大工作应力 $\sigma_{\max}=\sigma_a$ (见图 1-3),则安全系数为

$$S_{ca} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a} \quad (1-11)$$

考虑应力集中等因素的影响,得

$$S_{ca} = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \sigma_a} \quad (1-12)$$

式中: $K_\sigma=k_\sigma/(\epsilon_r\beta)$ 为考虑应力集中(k_σ)、零件绝对尺寸(ϵ_r)以及零件表面状态(β)等对零件极限应力的综合影响系数。

2. 当应力循环次数 $N=N_0$ 时零件在非对称循环应力下的极限应力和安全系数

为了确定零件在非对称循环应力作用下的极限应力 σ_r ,需要借助于极限应力图。

若材料在 $N=N_0$ 、 $r=-1$ 时的极限应力为 σ_{-1} , $N=N_0$ 、 $r=0$ 时的极限应力为 σ_0 ,静应力($r=+1$)时的抗拉强度极限和屈服强度分别为 σ_b 和 σ_s ,则可作出其相应的极限应力图,如图 1-4 所示。

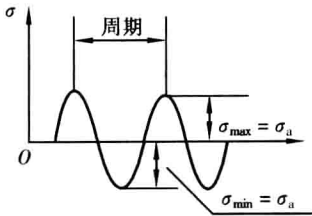


图 1-3 对称循环变应力

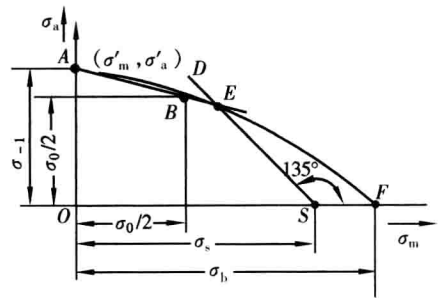


图 1-4 极限应力图

图中曲线 ABF 为极限应力曲线,曲线上点 A 为对称循环点 $(0, \sigma_{-1})$,点 B 为脉动循环点 $(\sigma_0/2, \sigma_0/2)$,点 F 为静应力点 $(\sigma_b, 0)$ 。对于塑性材料,曲线 ABF 可以简化为两根折线 AE 和 ES , AES 为简化后的极限应力曲线,其上的任一点 (σ'_m, σ'_a) 是与之相应的某一循环特性 r 时的极限应力,即

$$\sigma_r = \sigma'_m + \sigma'_a \quad (1-13)$$

设零件工作时,作用在其上的应力幅为 σ_a ,平均应力为 σ_m ,对于稳定循环的变应力,如图