

清华大学名优教材

机械设计基础系列课程教材

机械原理教程(第3版)

Theory of Machines and
Mechanisms
Third Edition

● 申永胜 主编
● Shen Yongsheng

清华大学出版社

机械设计基础系列课程教材

机械原理教程(第3版)

Theory of Machines and Mechanisms Third Edition

申永胜 主编
Shen Yongsheng

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是在第2版的基础上,根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会最新编制的《机械原理课程教学基本要求》和《机械原理课程教学改革建议》的精神,结合近几年来教学改革实践的经验修订而成的。

全书分上、中、下3篇。上篇为机构的运动设计,主要介绍机构的组成原理及各种机构的类型、特点、功能和运动设计方法,包括:机构的组成和结构分析,连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构,其他常用机构,组合机构,开式链机构;中篇为机械的动力设计,主要介绍机械运转过程中所出现的若干动力学问题以及如何通过合理设计和试验来改善机械的动力性能,包括:机械的力分析,机械系统动力学,机械的平衡;下篇为机械系统的方案设计,主要介绍机械系统方案设计的内容、过程、设计思想和设计方法,包括:机械系统总体方案设计,机械执行系统的方案设计,机械传动系统的方案设计和原动机选择。

本书可作为高等学校机械类各专业的教学用书,也可供机械工程领域的研究生和有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械原理教程/申永胜主编.--3版.--北京:清华大学出版社,2015

机械设计基础系列课程教材

ISBN 978-7-302-37898-3

I. ①机… II. ①申… III. ①机构学—高等学校—教材 IV. ①TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 204861 号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:王淑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:27.25 字 数:663千字
附光盘 1 张

版 次:1999年8月第1版 2015年1月第3版 印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:52.00元

产品编号:059708-01

第3版前言



本书是在前两版的基础上修订而成的。修订中,参考了教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会编制的最新版本的《机械原理课程教学基本要求》。在保持前两版教材体系和基本框架不变的基础上,本次修订主要作了以下变动:

1. 调整了教材的体例。本书前两版出版时,各章的习题是安排在其配套教材《机械原理辅导与习题》一书中的,本次修订中,在对这些习题进行精选和补充后,将其移至本书各章后;本书前两版出版时,其配套的课件《机械原理多媒体教学系统》是以光盘的形式单独发行的,本次修订中,在对该课件进行同步修订后,将其以书配盘的形式附在了本书后。教材体例的这样调整,进一步方便了读者使用。

2. 强化了中篇“机械的动力设计”各章的内容。修订后的中篇由机械的力分析、机械系统动力学和机械的平衡三章组成。在机械的力分析一章中,增加了机构的动态静力分析的内容;在机械系统动力学一章中,强化了机械动力学方程的求解方法和工程实例介绍;在机械的平衡一章中,引入了摆动力和摆动力矩的概念,以期方便读者对机械动力平衡有更全面的了解。

3. 修订了其他部分章节的内容。例如,在连杆机构一章中,增加了平面机构的整体运动分析法;在凸轮机构一章中,强化了从动件运动规律设计的内容;在其他常用机构一章中,增加了对可展机构、并联机构、柔顺机构和基于智能材料驱动的机构的简要介绍;在机械传动系统方案设计部分,增加了常用典型机械传动部件的介绍;在原动机选择部分,增加了原动机机械特性和工作机负载特性的介绍等。

4. 同步修订了《机械原理辅导与习题》一书,进一步突出了其辅导功能,并将其更名为《机械原理学习指导》。

与国内同类教材相比,本书篇幅相对稍大。编者认为教材篇幅多于讲课内容是国际通例,它不仅可以为学有兴趣且学有余力的学生提供一个进一步开阔知识视野的平台,也可以给工程技术人员提供更多相关的学习、阅读和参考资料。

参加本书修订工作的人员有:申永胜(绪论,第1章,第3章,第5章,第8章,第9章,第12章,第14章,附录),郝智秀(第2章,第6章,第10章),阎绍泽(第4章,第7章),贾晓红(第11章),肖丽英(第13章,第15章)。本书由申永胜任主编,负责全书的统稿、修改和定稿。

II 机械原理教程(第3版)

参加光盘《机械原理多媒体教学系统》修订工作的人员有：申永胜、郝智秀、阎绍泽、程嘉、肖丽英。由申永胜任主编。

值此第3版出版之际，对为本书前两版编写做出贡献的人员表示衷心感谢。本书在修订过程中，参考了一些相关著作，特向其作者表示诚挚谢意。

由于编者水平所限，书中误漏欠妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

主编 申永胜

2014年8月于清华园

第 2 版前言

本书第 1 版自 1999 年出版以来,以其鲜明的特色受到有关专家和同行的广泛关注,先后被评为“普通高等教育‘九五’国家级重点教材”和“面向 21 世纪课程教材”。短短几年,已连续印刷 10 余次,被众多高等学校作为教材使用,受到使用者和专家的一致好评,并于 2001 年获国家级教学成果二等奖,2002 年获全国普通高等学校优秀教材一等奖。其编写体系和教材内容已被近年来新出版的若干同类教材所借鉴。

本书是在第 1 版的基础上修订而成的。修订时,以教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会 2004 年最新制定的“机械原理课程教学基本要求”为依据,参考了课程指导分委员会提出的“机械原理课程教学改革建议”,并吸取了近几年教学改革的成功经验和同行专家及广大使用者的意见。

本次修订,保持了第 1 版的以下重要特色并加以完善:

(1) “以设计为主线,分析为设计服务,落脚点是机械系统的方案设计”是本书第 1 版编写时建立的机械原理课程新体系。近年来,该体系已得到越来越多专家和同行的肯定。本次修订,仍坚持这一被实践证明是正确的新体系,教材内容仍由机构的运动设计、机械的动力设计、机械系统的方案设计 3 篇共 15 章组成。同时,根据新的教学基本要求,对某些内容作了新增和删减,例如:在第 2 章中删除了空间连杆机构的分析与设计,代之以空间连杆机构的应用实例;在第 7 章中增加了其他物理效应的机构简介;在第 15 章中删除了机械控制系统简介等。同时,为了满足不同学时的教学需要,对某些扩充性内容加注了 * 号,以供选用。

(2) 在教材各章后编写“文献阅读指南”是本书第 1 版编写时在国内大学教材中所做的首次尝试。实践证明这一尝试是成功的,它不仅有利于教师的提高,也方便了学生自学和扩大知识视野。这一做法得到了国内外同行和专家的赞赏,也受到了广大读者的欢迎。本次修订,仍坚持这一做法,并根据科技发展做了进一步完善,以利于培养学生自主获取知识的能力,方便各校研究型教学的开展。

(3) 书后附录中编写的“机械原理重要名词术语中英文对照表”是本书第 1 版的另一特色,它方便了读者阅读有关国外参考书和科技文献资料,同时为教育部倡导的双语教学的开展提供了方便。本次修订仍保持这一做法。

(4) 与《机械原理教程》配套编写的《机械原理辅导与习题》一书,方便了读者自学,也为

目前倡导的研究型学习的开展提供了一个合适的载体。本次在对《机械原理教程》一书修订的同时,也对《机械原理辅导与习题》一书进行了同步修订。

(5) 编写立体化教材是本书第1版编写时就提出并加以实施的教材建设理念。几年来,作者研制的“机械原理多媒体教学系统”已被国内众多高校使用,受到广大师生的普遍欢迎。本次结合文字教材的修订,也将对多媒体教学系统加以修订,以方便教师教学,并为学生创造一种轻松活泼的自主学习环境,进一步提高教学质量和教学效益。

本次修订过程中,在坚持本书第1版的基本体系和特色的基础上,作者对各章的结构和基本概念都做了认真反复的推敲,力求严谨准确。同时,注意到国内各高校机械原理课程教学改革的情况,对传统内容做了适度精简,增加了与工程实际紧密联系的应用实例,力求使教材更便于教学与学习。

参加本书修订的人员有:申永胜(绪论,第3章,第5章,第8章,第9章,第11章,第14章,第15章的一部分,附录),翁海珊(第1章,第6章,第13章,第15章的一部分),郝智秀(第2章,第12章),阎绍泽(第4章直齿圆柱齿轮部分),贾晓红(第4章其他齿轮部分),于晓红(第7章,第10章)。本书由申永胜任主编,负责全书的统稿、修改和定稿。

值此第2版出版之际,对为本书第1版编写做出贡献的人员表示深情感谢。本书在修订过程中,参考了一些同类著作,特向其作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中误漏欠妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

主编 申永胜

2005年8月于清华园

第 1 版前言



为了培养 21 世纪的科技人才,教育部正在组织实施“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”。机械设计系列课程体系改革是这一计划的重要组成部分,其改革的总体目标是培养学生的综合设计能力。机械原理课程作为机械类专业的一门主干技术基础课,在培养学生综合设计能力的全局中,承担着培养学生机械系统方案创新设计能力的任务,在机械设计系列课程体系中占有十分重要的地位。从系列课程体系改革的总体目标出发来审视目前的教材体系,就会发现,现有的机械原理教材多数是以机构分析为主线的知识和智能体系。虽然这种结构体系对培养学生分析问题的能力曾起过重要的作用,但是,随着机械产品的设计逐渐向高速化、高效化、精密化和智能化方向发展,这种知识结构体系已越来越不能适应科技的发展和人才培养的要求。为了使学生在未来的工作中能够设计出性能优良、在国际市场上具有竞争力的产品,必须从机械设计系列课程体系改革的总体目标出发,改革现有的教材体系。本书正是为了适应这一需要编写的。

本书从机械原理课程在机械设计系列课程总体框架中所处的地位出发,以培养学生具有一定的机械系统方案创新设计能力为目标,建立了“以设计为主线,分析为设计服务,落脚点是机械系统方案设计”的新体系。全书由上、中、下 3 篇组成:上篇为机构的运动设计,主要介绍机构的组成原理及各种机构的类型、运动特点、功能和设计方法;中篇为机械的动力设计,主要介绍机械运转过程中的若干动力学问题,以及通过合理设计来改善机械动力性能的途径;下篇为机械系统的方案设计,主要介绍机械系统方案设计的内容、过程、设计思想及设计方法。通过这一新的体系,力求达到使学生初步具有机械系统方案创新设计能力的教学目的。

在全书内容的取舍和安排上,作者根据多年来致力于教学改革的经验,力图正确地处理好以下几个方面的关系。

1. 少而精与博而通的关系

少而精,指重点突出、讲深讲透,使学生能举一反三,触类旁通,这是教学过程中应遵循的原则;博而通,指广博的知识面,在解决实际问题时能浮想联翩,应对自如,这需要通过教师的引导和学生长期刻苦的自学来逐步实现。两者的关系处理得好,就有望使学生能够掌握广博的知识,具有创造性。为此,在构筑本书的基本框架时,我们坚持教材的重点要突出一些,知识面要广一些,既体现少而精的原则,又为博而通创造前提。例如,“机构的运动设

计”一篇,既重点介绍了连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等主要机构的设计方法,又简要介绍了间歇运动机构、其他常用机构(包括螺旋机构、摩擦传动机构、挠性传动机构、液压、气动机构)、组合机构、开式链机构等内容;在各章内容安排上,既重点讨论了平面机构,又简要介绍了空间机构。从而使学生在机械系统方案设计阶段,在进行方案构思和机构型式设计时具有更广博的知识面和更开阔的思路。

2. 先进性和传统内容的关系

教材必须适当反映学科前沿的最新发展,传统内容中已经过时的陈旧内容必须抛弃,这是教材编写中应遵循的原则。当前,机构设计的新理论、新方法不断涌现,教材中对这些内容必须有所反映。然而,在工程实际中,通常需要应用一切可以使用的理论和技术,有许多传统的方法虽然并不先进,但使用的机会可能更多。在本书的编写过程中,我们从工程实际的需要出发,既对有用的传统内容加以重新组织和扩展,又通过在每章后编写的“文献阅读指南”,对机械原理课程的前沿内容和某些扩展内容作了适当的介绍,力求使教材跟上科技发展的步伐,具有时代气息。这样,既照顾到了现实的需要,又指出了前进的方向,便于学生自学和扩大知识面。

3. 系统性和趣味性的关系

机械原理课程是一门具有较强系统性的课程,教材编写必须强调系统性才能使学生深入掌握;但对初学者来说,又要求避免枯燥、引人入胜。正确处理好两者的关系,才能收到良好的教学效果。为了达到这一目的,我们在坚持教材内容系统性的同时,又图文并茂地介绍了工程实际中大量的应用实例,以激发学生对机械原理课程的兴趣。多媒体手段的使用,将使这一问题得到很好的解决。

为了适应 21 世纪教育与教学模式的变化,配合本书的编写,作者研制了一套多媒体电子教材。它充分利用计算机多媒体的各种功能,将图形、动画、音像、文字、声音有机地结合起来,发挥多种媒体的综合优势,将不易观察和理解的机构运动状态及运动关系生动地表现出来,并展示各种机构在实际机械中的应用实例,使教材成为真正意义上的立体化教材。它通过人机交互方式,为学生创造一种轻松、活泼、自主学习的环境,从而培养学生的形象思维能力和创新能力,提高教学质量和教学效益。

改革开放使我们与世界各国的学术交流日益频繁,为了便于读者阅读有关机械原理的国外参考书和科技文献资料,在本书的附录中编写了“机械原理重要名词术语中英文对照表”。

为了配合学分制的全面开通,便于读者自学,我们编写了《机械原理辅导与习题》一书,作为本书的配套教材供使用。

本书适用于普通高等学校工科机械类各专业。全书上、中、下 3 篇既是一个整体,又各自独立成篇,自成系统,这就为教材的灵活使用提供了条件。各校可根据自身的课程安排和学时情况灵活选用:课内学时为 64 左右的学校,可将上、中、下 3 篇作为一个整体使用;学时为 50 左右的学校,可仅讲上、中两篇,下篇既可配合课程设计由学生自学,也可作为机械系统方案设计选修课的教材使用;对机械的动力设计内容要求不高的专业,也可只讲上篇的内容。书中带 * 号的内容为有关的扩充材料,不属于教学基本要求的范围,可供因材施教和自学提高之用,学生只需对它有一般了解即可。

书中每章后编有“文献阅读指南”，这种做法在国内大学教材尚属首次尝试。我们相信，这对于有兴趣的读者进一步学习和研究是很有帮助的。

参加本书编写的有：申永胜（绪论、第3章、第5章、第8章、第9章、第14章、第1~12章的文献阅读指南和附录）、翁海珊（第1章、第6章、第13章、第14章部分内容和第15章）、郝智秀（第2章和第12章）、方嘉秋（第4章）、于晓红（第7章和第10章）和汤晓瑛（第11章）。全书由申永胜教授担任主编。

本书由中国工程院院士张启先教授和教育部高等学校工科机械基础课程教学指导分委员会副主任委员张策教授担任主审，他们对书稿进行了认真细致的审阅，并提出了极为宝贵的修改意见，对提高本书的编写质量给予了很大帮助，在此谨致以衷心的感谢！

作者还要感谢清华大学出版社的领导和本书的责任编辑。他们以全力支持教学改革为己任，早在我们进行课程改革试点和教材编写的酝酿阶段，就对本书的编写给予了热情的关注和大力扶持。

本书的编写前后历时5年，三易其稿。书中绝大部分内容均在清华大学和北京科技大学的课程改革试点中使用过多遍。尽管如此，由于按照新体系编写此书尚属首次尝试，加之作者水平有限，误漏欠妥之处仍在所难免。欢迎广大同仁和读者批评指正。

主编 申永胜

1998年12月于清华园

目录

0 绪论	1
0.1 机械原理课程的研究对象	1
0.2 机械原理课程的研究内容	4
0.3 机械原理课程的地位及学习本课程的目的	5
0.4 学习机械原理课程的方法	6

上篇 机构的运动设计

1 机构的组成和结构分析	9
1.1 机构的组成	9
1.2 机构运动简图	13
1.3 运动链成为机构的条件	18
1.4 机构的组成原理和结构分析	23
文献阅读指南	27
习题	28
2 连杆机构	33
2.1 平面连杆机构的类型	33
2.2 平面连杆机构的工作特性	41
2.3 平面连杆机构的特点及功能	47
2.4 平面连杆机构的运动分析	50
2.5 平面连杆机构的运动设计	66
*2.6 空间连杆机构简介	74
文献阅读指南	77
习题	79

3 凸轮机构	84
3.1 凸轮机构的组成和类型	84
3.2 凸轮机构的特点和功能	88
3.3 从动件运动规律设计	89
3.4 凸轮廓线设计	101
3.5 凸轮机构基本参数设计	110
3.6 凸轮机构的计算机辅助设计	116
文献阅读指南	120
习题	122
4 齿轮机构	126
4.1 齿轮机构的组成和类型	126
4.2 渐开线齿廓及其啮合特性	128
4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮	133
4.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	136
4.5 渐开线齿轮的范成加工及渐开线齿廓的根切	144
4.6 渐开线变位齿轮	146
4.7 渐开线直齿圆柱齿轮的传动设计	150
4.8 斜齿圆柱齿轮机构	155
4.9 蜗杆蜗轮机构	163
4.10 圆锥齿轮机构	167
4.11 非圆齿轮机构	171
文献阅读指南	173
习题	174
5 轮系	176
5.1 轮系的类型	176
5.2 轮系的传动比	178
*5.3 轮系的效率	185
5.4 轮系的功能	190
5.5 轮系的设计	195
*5.6 其他类型的行星传动简介	203
文献阅读指南	206
习题	206
6 间歇运动机构	212
6.1 棘轮机构	212
6.2 槽轮机构	216
6.3 凸轮式间歇运动机构	218

6.4	不完全齿轮机构	219
6.5	间歇运动机构设计的基本要求	221
	文献阅读指南	224
	习题	224
7	其他常用机构	225
7.1	螺旋机构	225
7.2	摩擦传动机构	227
7.3	挠性传动机构	229
7.4	可展机构	233
7.5	并联机构	234
7.6	柔顺机构	235
7.7	基于智能材料驱动的机构	236
7.8	其他物理效应机构简介	238
	文献阅读指南	239
	习题	240
8	组合机构	241
8.1	机构的组合方式与组合机构	241
8.2	组合机构的类型及功能	244
8.3	组合机构的设计	250
	文献阅读指南	251
	习题	252
9	开式链机构	255
9.1	开式链机构的特点及功能	255
9.2	开式链机构的结构分析	256
9.3	开式链机构的运动学	261
	文献阅读指南	268
	习题	269
 中篇 机械的动力设计 		
10	机械的力分析	273
10.1	作用在机械上的力	273
10.2	机械中的摩擦	274
10.3	机械的效率和自锁	282
10.4	机构的动态静力分析	287
	文献阅读指南	292

习题	292
11 机械系统动力学	296
11.1 外力作用下机械的运转过程	296
11.2 机械的等效动力学模型	298
11.3 机械动力学方程的建立	302
11.4 机械动力学方程的求解	303
11.5 机械的周期性速度波动及其调节方法	314
11.6 机械的非周期性速度波动及其调节方法	320
文献阅读指南	322
习题	323
12 机械的平衡	327
12.1 平衡的分类和平衡方法	327
12.2 刚性转子的平衡设计	328
12.3 刚性转子的平衡试验	331
*12.4 挠性转子平衡简介	335
12.5 平面机构的平衡设计	335
文献阅读指南	341
习题	342

下篇 机械系统的方案设计

13 机械系统总体方案设计	347
13.1 机械产品设计的过程	347
13.2 机械产品设计的分类	349
13.3 机械系统总体方案设计的任务和内容	350
13.4 机械系统总体方案设计中的设计思想	352
文献阅读指南	356
习题	357
14 机械执行系统的方案设计	358
14.1 执行系统方案设计的过程和内容	358
14.2 执行系统的功能原理设计	361
14.3 执行系统的运动规律设计	364
14.4 执行机构的型式设计	367
14.5 执行系统的协调设计	379
14.6 方案评价与决策	385
文献阅读指南	389

习题	389
15 机械传动系统的方案设计和原动机选择	392
15.1 传动系统的功能和类型	392
15.2 机械传动系统的方案设计	395
15.3 原动机的选择	403
文献阅读指南	410
习题	410
附录 机械原理重要名词术语中英文对照表	413
参考文献	421



绪 论

0.1 机械原理课程的研究对象

机械原理是机器和机构理论的简称,顾名思义,它是一门以机器和机构为研究对象的学科。

1. 机器

提起机器,人们并不陌生。在日常生活和工作中,我们见到过或接触过许多机器:从家庭用的缝纫机、洗衣机,到工业部门使用的各种专门机床;从汽车、推土机,到工业机器人、机械手等。机器的种类繁多,构造、用途和性能也各不相同。对于一般的机器,我们在日常生活和工作中已经有了一定的感性认识。但一部机器究竟是怎样组成的呢?它有哪些特征呢?为了说明这些问题,先来看两个具体的实例。

图 0.1 所示为一台内燃机。它可以把燃气燃烧时产生的热能转化为机械能。其工作原理如下:燃气由进气管通过进气阀 3 被下行的活塞 2 吸入气缸 1,然后进气阀 3 关闭,活塞 2 上行压缩燃气,点火使燃气在气缸中燃烧、膨胀产生压力,推动活塞 2 下行,通过连杆 5 带动曲轴 6 转动,向外输出机械能。当活塞 2 再次上行时,排气阀 4 打开,废气通过排气管排出。图中,凸轮 7 和顶杆 8 用来启、闭进气阀和排气阀;齿轮 9,10 则用来保证进气阀、排气阀和活塞之间形成一定规律的动作。以上各部分协同配合动作,便能将燃气燃烧时的热能转变为曲轴转动的机械能。

图 0.2 所示为一送料机械手。工作要求它具有 3 个运动,即手指的开合、手臂绕 y 轴的上下摆动、手臂绕 z 轴的回转。其工作原理如下:电动机通过减速装置(图中未画出)减速后,通过链轮 1 带动分配轴 2 转动,通过齿轮 17 和 16 把运动传给盘形凸轮 19,使摆杆 18 绕固定转轴 O_2 摆动,通过杆件 20 和 9(它们之间可以相对转动)以及杆件 10,11,12 和连杆 13 使手指 14 张开,以等待夹持工件;手指的复位夹紧是由弹簧来实现的。同时,盘形凸轮 5 随分配轴 2 一起转动,通过摆

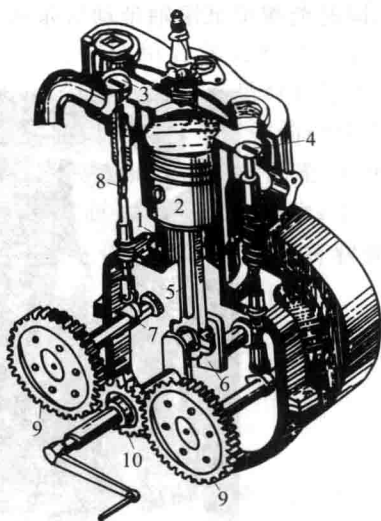


图 0.1 内燃机结构图

杆 21 和圆筒 7 使大臂 15 绕 O_3 轴上下摆动(O_3 轴支承在转盘 8 上)。此外,分配轴 2 上的圆柱凸轮 3 的转动,通过齿条 4 和齿轮 6 使转盘 8 往复回转。以上各部分的协同动作,便能使机械手依次完成手指张开,手指夹料,手臂上摆,手臂回转,手臂下摆,手指张开放料,手臂再上摆、反转、下摆、复位等动作,从而代替人完成有用的机械功。

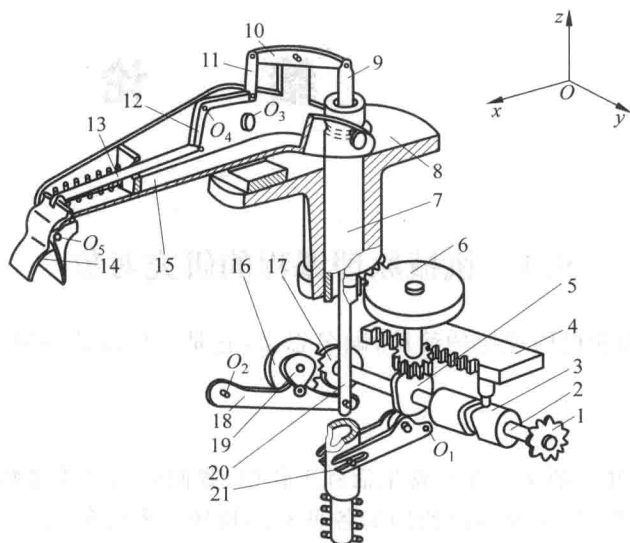


图 0.2 送料机械手结构示意图

图 0.3 所示为一台打印机的内部结构图。其工作原理如下：

机身后侧齿轮带动进纸滚轴转动,将纸张卷入。同时滚轴内部结构发热,对纸张进行预热处理。在齿轮组带动下,后端滚轴继续转动,纸张通过传送板到达硒鼓。已经过预热处理的高温纸张与硒鼓接触,墨粉在纸面融化,留下字迹。通过齿轮组的不断运动,硒鼓循环转动,同时前端出纸滚轴带动纸张从出纸口导出,整页打印完毕。

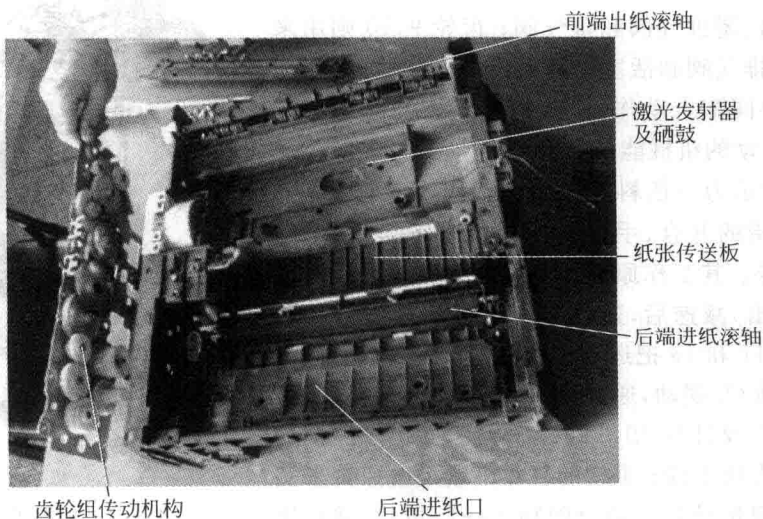


图 0.3 打印机内部结构图