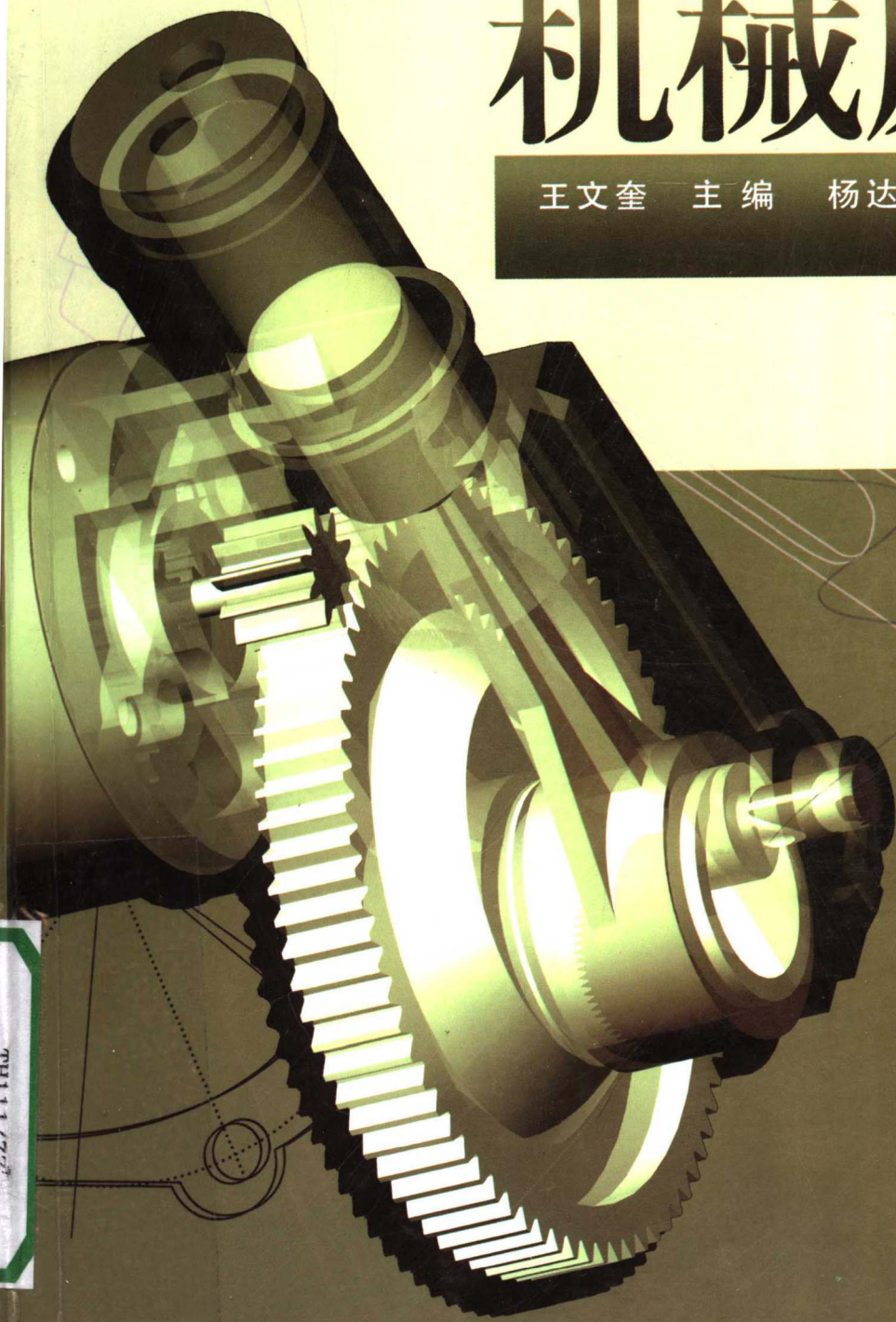


高等学校机电类规划教材

<http://www.phei.com.cn>

机械原理

王文奎 主编 杨达毅 陈周娟 副主编
华小洋 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TH111/77

2007

高等学校机电类规划教材

机械原理

王文奎
杨达毅 陈周娟
华小洋

主 编
副主编
主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材共 14 章。主要内容包括：机构的组成和平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构及其他常用机构、组合机构、机械的平衡、摩擦与效率、机械系统动力学、机构执行系统的方案设计、机构创新设计方法简介等。

全书以培养学生的机械系统创新设计意识和能力为目标，注意加强对各种机构原理、特点功能、创新设计方法、机械运动方案设计和机械动力学的介绍，以适应本科教育大众化的时代特点和 21 世纪培养通用人才及跨行业多元化人才的需要。

本书主要适用于工程应用机械类专业本科教学用书，也可作为其他机械类或近机类专业学生及工程技术人员的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理 / 王文奎主编. —北京: 电子工业出版社, 2007. 8
高等学校机电类规划教材
ISBN 978-7-121-04383-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 068765 号

策划编辑: 田领红

责任编辑: 夏平飞 康霞 特约编辑: 王占禄

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 461 千字

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本教材为“机械设计制造及其自动化”专业的改革教材,是“机械设计制造及其自动化”专业的主干技术基础课教材。本书针对机械工程领域科学技术的发展、我国机械制造业的飞跃、我国本科教育大众化等背景下,本科专业人才培养目标多层次化的客观现实和需求,结合国内外同行教改实践及科研成果,以工程应用型专业人才的培养为主要目标编写而成。在保证学科知识体系完整性的前提下,对教学内容进行了分层次调整,努力做到知识连贯,重点突出。从工程应用和有利于读者理解的角度出发,对描述方式和语言风格进行了调整,努力做到既严谨准确,又利于理解和应用;从学科发展和技术创新的角度出发,对机械创新技术进行了必要的介绍,试图达到培养学生创新意识和素质的目的。

为取得最佳学习效果,在本书教授前,希望学生具备一定的工程图学基础和工程力学基础。本书第14章的内容建议采用专家教授开设讲座的方式进行教学,以求通过研讨使学生了解机构创新设计的新进展。

本书按62个课内学时编写。建议在本书教授过程中开设不少于6个学时的实验和进行不少于业余1周的课程设计。

在本书编写过程中,参考和借鉴了不少同行前辈的实践经验,听取了来自学生的学习体会,但由于编者经验不足,对本书内容的取舍、繁简深浅的把握等方面必有不尽理想之处。恳请使用本书的广大师生、读者多提宝贵意见,以求改进。

本书由绍兴文理学院王文奎老师任主编,长春工程学院杨达毅老师和山西运城学院陈周娟老师任副主编,绍兴文理学院吕森灿老师和浙江工业职业技术学院陈琼老师参加编写。第1章、第11章、第12章、第13章、第14章由王文奎老师编写,第5章、第6章由杨达毅老师编写,第2章、第3章、第4章由陈周娟老师编写,第9章、第10章由吕森灿老师编写,第7章、第8章由陈琼老师编写。全书由绍兴文理学院华小洋教授主审,浙江工业大学胡夏夏、肖刚教授协助审定。全书编写过程中一直得到编者所在单位领导、同事和出版单位的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

编 者

2007年1月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机械原理课程的研究对象	(1)
1.1.1 机器	(1)
1.1.2 机构	(2)
1.2 机械原理课程的研究内容	(3)
1.2.1 机构的运动设计	(3)
1.2.2 机械的动力设计	(3)
1.2.3 机械系统的方案设计	(4)
1.3 机械原理学科的发展动向	(4)
1.3.1 机构的结构理论	(4)
1.3.2 平面与空间连杆机构	(5)
1.3.3 凸轮机构	(5)
1.3.4 间歇运动机构	(5)
1.3.5 组合机构	(6)
1.3.6 机械动力学	(6)
1.3.7 机构的最优化设计	(7)
1.3.8 仿生机构学	(7)
1.3.9 微型机械	(7)
1.3.10 机构系统设计	(8)
1.4 机械原理课程的地位及本课程的学习目的	(8)
1.4.1 机械原理课程的地位	(8)
1.4.2 本课程的学习目的	(9)
本章小结	(9)
思考与练习 1	(10)
第 2 章 机构的组成和平面机构的结构分析	(11)
2.1 机构的组成	(11)
2.1.1 构件与运动副	(11)
2.1.2 自由度与约束	(12)
2.1.3 运动链与机构	(13)
2.2 机械运动简图	(13)
2.2.1 运动简图	(13)
2.2.2 运动简图的绘制	(16)
2.3 平面机构的自由度计算及机构运动确定条件	(17)
2.3.1 平面机构的自由度计算	(17)
2.3.2 机构具有确定运动的条件	(17)

2.3.3	平面机构自由度计算时应注意的事项	(18)
2.4	平面机构的结构分析和组成原理	(21)
2.4.1	平面机构的结构分析	(21)
2.4.2	平面机构的组成原理	(24)
2.4.3	平面机构的高副低代	(24)
	本章小结	(26)
	思考与练习 2	(26)
第 3 章	平面连杆机构	(29)
3.1	平面四杆机构的基本形式	(29)
3.1.1	曲柄摇杆机构	(29)
3.1.2	双曲柄机构	(30)
3.1.3	双摇杆机构	(31)
3.2	平面四杆机构的演化	(31)
3.2.1	运动副转化	(31)
3.2.2	机架构件变换	(32)
3.2.3	运动副尺寸扩大	(33)
3.3	平面四杆机构的工作特性	(34)
3.3.1	运动特性	(34)
3.3.2	传动特性	(36)
3.4	平面连杆机构的特点及功能	(38)
3.4.1	平面连杆机构的特点	(38)
3.4.2	平面连杆机构的功能	(38)
3.5	平面连杆机构的运动分析	(40)
3.5.1	瞬心法及其应用	(40)
3.5.2	杆组法及其应用	(42)
3.6	平面连杆机构的设计	(47)
3.6.1	平面连杆机构设计的基本问题	(47)
3.6.2	刚体导引机构的设计	(48)
3.6.3	函数生成机构的设计	(50)
3.6.4	急回机构的设计	(51)
3.6.5	轨迹生成机构的设计	(53)
	本章小结	(54)
	思考与练习 3	(54)
第 4 章	凸轮机构	(58)
4.1	凸轮机构的组成、应用和特点	(58)
4.2	凸轮机构的类型和分类方法	(59)
4.3	从动件运动规律	(62)
4.3.1	从动件常用运动规律	(63)
4.3.2	运动规律的组合	(67)

4.3.3	选择或设计从动件运动规律时应考虑的问题	(68)
4.4	凸轮轮廓曲线设计	(69)
4.4.1	凸轮廓线设计基本原理	(69)
4.4.2	作图法设计凸轮廓线	(69)
4.4.3	解析法设计凸轮廓线	(72)
4.5	凸轮机构基本尺寸设计	(75)
4.5.1	移动滚子从动件盘形凸轮机构	(77)
4.5.2	直动平底从动件盘形凸轮机构	(78)
	本章小结	(79)
	思考与练习 4	(79)
第 5 章	齿轮机构	(81)
5.1	齿轮机构的类型和功用	(81)
5.1.1	齿轮传动的功用及特点	(81)
5.1.2	齿轮传动的类型	(81)
5.2	平面齿轮机构齿廓啮合基本定律	(84)
5.2.1	齿廓啮合基本定律	(84)
5.2.2	齿廓曲线的选择	(85)
5.3	渐开线齿廓	(85)
5.3.1	渐开线的形成	(85)
5.3.2	渐开线的性质	(86)
5.3.3	渐开线方程	(86)
5.3.4	渐开线齿廓的啮合特性	(88)
5.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮	(90)
5.4.1	外齿轮	(90)
5.4.2	内齿轮	(95)
5.4.3	齿条	(95)
5.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(96)
5.5.1	正确啮合条件	(96)
5.5.2	无齿侧间隙啮合条件	(98)
5.5.3	连续传动的条件	(101)
5.5.4	齿廓滑动与磨损	(105)
5.6	渐开线齿轮的加工	(106)
5.6.1	范成法切制齿轮的基本原理	(106)
5.6.2	用标准齿条型刀具加工齿轮	(108)
5.6.3	渐开线齿轮的根切	(109)
5.7	渐开线变位齿轮	(112)
5.7.1	变位齿轮	(112)
5.7.2	变位齿轮几何尺寸的变化	(113)
5.7.3	变位齿轮的啮合传动	(115)

5.8	渐开线直齿圆柱齿轮的传动设计	(116)
5.8.1	传动类型及其选择	(116)
5.8.2	齿轮传动的设计步骤	(118)
5.9	斜齿圆柱齿轮机构	(120)
5.9.1	渐开线斜齿圆柱齿轮机构	(120)
5.9.2	平行轴斜齿圆柱齿轮机构	(125)
5.9.3	交错轴斜齿轮机构	(128)
5.10	蜗杆蜗轮传动	(131)
5.10.1	蜗杆蜗轮的形成	(131)
5.10.2	蜗杆蜗轮的啮合传动	(132)
5.10.3	蜗杆蜗轮机构的特点及应用	(133)
5.10.4	蜗杆机构的传动设计	(133)
5.11	圆锥齿轮机构	(135)
5.11.1	圆锥齿轮传动的特点和应用	(135)
5.11.2	直齿圆锥齿轮齿廓的形成	(136)
5.11.3	直齿圆锥齿轮的啮合传动	(138)
5.11.4	直齿圆锥齿轮传动的设计	(138)
	本章小结	(140)
	思考与练习 5	(140)
第 6 章	轮系	(144)
6.1	轮系的类型和运动特点	(144)
6.1.1	定轴轮系	(144)
6.1.2	周转轮系	(145)
6.1.3	混合轮系	(146)
6.1.4	轮系的功用	(147)
6.2	轮系的传动比	(148)
6.2.1	定轴轮系的传动比	(148)
6.2.2	周转轮系的传动比	(149)
6.2.3	混合轮系的传动比	(153)
6.3	轮系的设计	(156)
6.3.1	定轴轮系的设计	(156)
6.3.2	周转轮系的设计	(158)
	本章小结	(165)
	思考与练习 6	(165)
第 7 章	间歇运动机构	(169)
7.1	间歇运动机构设计的基本问题	(169)
7.2	棘轮机构	(170)
7.2.1	棘轮机构的组成和工作原理	(170)
7.2.2	棘轮机构的类型及特点	(170)
7.2.3	棘轮机构的功能和设计方法	(172)

7.3 槽轮机构	(176)
7.3.1 槽轮机构的组成和工作原理	(176)
7.3.2 槽轮机构的类型和特点与应用	(176)
7.3.3 槽轮机构的设计方法	(177)
7.4 其他间歇运动机构简介	(181)
7.4.1 凸轮式间歇运动机构	(181)
7.4.2 凸轮式间歇运动机构的特点和应用	(181)
7.4.3 圆柱凸轮间歇运动机构的设计要点	(182)
7.5 不完全齿轮机构	(183)
7.5.1 不完全齿轮机构的工作原理和特点	(183)
7.5.2 不完全齿轮机构的设计要点	(184)
本章小结	(185)
思考与练习 7	(185)
第 8 章 其他常用机构简介	(186)
8.1 螺旋机构	(186)
8.1.1 螺旋机构的工作原理及类型	(186)
8.1.2 螺旋机构的特点及功能	(187)
8.2 摩擦传动机构	(189)
8.2.1 摩擦传动机构的工作原理及特点	(189)
8.2.2 摩擦传动机构的类型及应用	(189)
8.3 挠性传动机构	(190)
8.3.1 带轮机构	(190)
8.3.2 链轮机构	(193)
8.4 液压、气动机构	(196)
8.4.1 液压机构	(196)
8.4.2 气动机构	(199)
本章小结	(201)
思考与练习 8	(201)
第 9 章 组合机构	(203)
9.1 机构的组合方式与组合机构	(203)
9.1.1 机构的组合方式	(203)
9.1.2 组合机构	(206)
9.2 组合机构的类型及功能	(206)
9.2.1 凸轮-连杆组合机构	(206)
9.2.2 齿轮-连杆组合机构	(209)
9.2.3 凸轮-齿轮组合机构	(211)
本章小结	(212)
思考与练习 9	(212)
第 10 章 机械的平衡	(214)
10.1 平衡的分类和平衡方法	(214)

10.1.1	机械平衡的分类	(214)
10.1.2	机械平衡的方法	(215)
10.2	刚性转子的平衡设计	(215)
10.2.1	静平衡设计	(215)
10.2.2	动平衡设计	(216)
10.3	刚性转子的平衡试验	(218)
10.3.1	静平衡试验	(218)
10.3.2	动平衡试验	(219)
10.4	平面机构的平衡设计	(220)
10.4.1	平面机构惯性力的平衡条件	(220)
10.4.2	机构惯性力的完全平衡	(220)
10.4.3	机构惯性力的部分平衡	(221)
	本章小结	(222)
	思考与练习 10	(222)
第 11 章	机械的摩擦与效率	(223)
11.1	机械中的摩擦	(223)
11.1.1	移动副中的摩擦	(223)
11.1.2	螺旋副中的摩擦	(225)
11.1.3	转动副中的摩擦	(227)
11.2	机械效率和自锁	(230)
11.2.1	机械效率的表达形式	(230)
11.2.2	机械系统的机械效率	(231)
11.2.3	机械的自锁	(233)
11.3	提高机械效率的途径	(234)
11.4	摩擦在机械中的应用	(234)
	本章小结	(236)
	思考与练习 11	(237)
第 12 章	机械系统动力学	(238)
12.1	作用在机械上的力及机械的运转过程	(238)
12.1.1	作用在机械上的力	(238)
12.1.2	机械的运转阶段及特征	(238)
12.2	机械的等效动力学模型	(240)
12.2.1	等效动力学模型的建立	(240)
12.2.2	等效量的计算	(240)
12.3	机械运动方程式的建立及求解	(242)
12.3.1	机械运动方程式的建立	(242)
12.3.2	机械运动方程式的求解	(243)
12.4	机械的速度波动及其调节方法	(244)
12.4.1	周期性速度波动及其调节	(244)
12.4.2	非周期性速度波动及其调节方法	(246)
12.5	飞轮设计	(247)

12.5.1	飞轮设计的基本原理	(248)
12.5.2	最大盈亏功 $[W]$ 的确定	(248)
12.5.3	飞轮主要尺寸的确定	(249)
	本章小结	(251)
	思考与练习 12	(251)
第 13 章	机械执行系统的方案设计	(253)
13.1	执行系统方案设计的过程和内容	(253)
13.1.1	功能原理设计	(254)
13.1.2	运动规律设计	(254)
13.1.3	执行机构形式设计	(254)
13.1.4	执行系统的协调设计	(255)
13.1.5	机构尺度设计	(255)
13.1.6	运动和动力分析	(255)
13.1.7	方案评价与决策	(255)
13.2	执行系统的协调设计	(255)
13.2.1	执行系统协调设计的原则	(256)
13.2.2	执行系统协调设计的方法	(257)
13.2.3	机械运动循环图	(257)
13.3	方案评价与决策	(258)
13.3.1	方案评价的意义	(258)
13.3.2	评价准则、评价指标和评价体系	(259)
13.3.3	评价方法和评价结果的再设计处理	(260)
13.4	方案设计和原动机选择	(261)
13.4.1	方案设计	(261)
13.4.2	原动机的选择	(263)
	本章小结	(264)
	思考与练习 13	(264)
第 14 章	机构创新设计方法简介	(265)
14.1	功能、动作和执行机构	(265)
14.1.1	功能	(265)
14.1.2	动作和执行机构	(266)
14.1.3	执行机构的选型	(266)
14.1.4	执行机构的评价内容	(267)
14.2	基于机构结构理论和组成原理的创新机构	(267)
14.3	利用构件运动特点的创新机构	(269)
14.4	基于运动链类型的综合创新机构	(271)
14.5	基于多种驱动元件的创新机构	(273)
	本章小结	(275)
	思考与练习 14	(275)
参考文献	(277)

第1章 绪 论

【本章提要】

机械原理是机械类专业中研究机械共性问题的—门主干技术基础课，它的任务是使学生掌握机械学和机械动力学的基本理论、基本知识和基本技能，并初步具有拟订机械运动方案、分析和设计机构的能力，为以后学习机械设计和相关专业课程，以及掌握新的科学技术知识，综合运用有关机械设计和工艺等各种知识打好工程技术的理论基础。

本章首先主要介绍机械原理的基本概念和术语、本课程研究的对象和主要内容及所用的一般方法、机械运动简图设计的基本要求，然后介绍机械原理学科的地位、发展趋势和本课程的学习目的，初步明确本课程的重要地位及在国民经济中的作用。

1.1 机械原理课程的研究对象

机械原理又称为机器理论与机构学，是研究机构和机器的运动及动力特性，以及机械运动简图设计的一门基础技术学科。机械原理研究的对象是机械，机械是机器与机构的总称。

1.1.1 机器

机器是一种作机械运动的装置，它用来变换或传递能量、物料和信息，以代替或减轻人的体力劳动或脑力劳动。根据机器主要用途的不同，可分为：

1. 动力机器

动力机器的功用是把某—种能量变换成机械能，或者把机械能变换成其他形式的能量，如内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等。

2. 工作机器

工作机器的功用是完成有用的机械功或搬运物品。工作机器可分为加工机器和运输机器两类，如金属切削机床、轧钢机、织布机、包装机等属于加工机器；汽车、机车、飞机、起重机等属于运输机器。

3. 信息机器

信息机器的功用是完成信息的传递和变换，如计算机、复印机、打印机、绘图机、传真机、照相机等。

虽然机器的种类繁多，各有其不同形式的构造和用途，但是它们都具有三个共同

的特征:

- ① 都是由一系列运动单元体（构件）组成的；
- ② 组成机器的各部分之间都具有确定的相对运动；
- ③ 能够实现机械能转换或完成有用的机械功。

如图 1-1 所示为一送料机械手简图。工作要求其具有三个运动，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 和杆件 9（它们之间可以相对转动）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，通过摆杆 21 和圆筒 7 使大臂 15 绕 O_3 轴上下摆动（ O_3 轴支撑在转盘 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，手臂回转一角度，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。

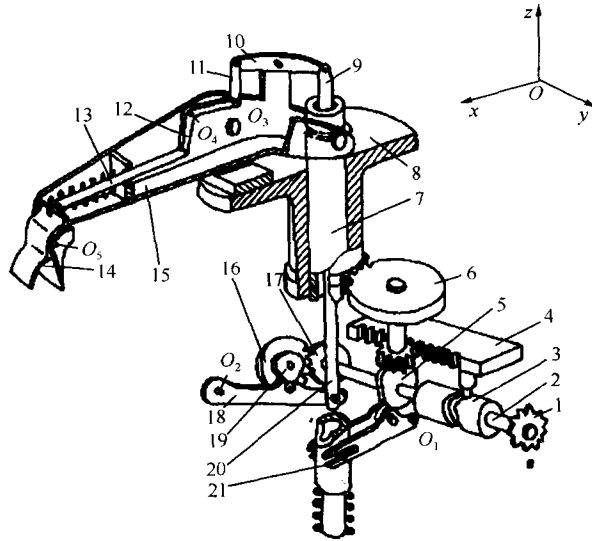


图 1-1 送料机械手简图

1.1.2 机构

不管现代机器如何先进，机器与其他装置的主要不同点是它能够产生确定的机械运动，完成有用的工作过程。因此，实现机械运动的执行机构系统是机器的核心，机器中的各个机构通过有序的运动和动力传递来最终实现功能变换，完成自己的工作过程。机器中的运动单元体被称为构件。而把一个或几个构件的运动变换成其他构件所需的具有特定运动的构件系统，则称为机构。

从现代机器发展趋势来看，机构中的各构件可以都是刚性的，某些构件也可以是挠性

的、弹性的或是由液、气、电磁件构成的。现代机器中的机构不再是纯刚性构件的机构。在机构中给定运动的构件称为输入构件，又称为原动件；完成执行动作的构件称为输出构件，又称为执行构件。

机器的类型虽然很多，但组成各种机器的基本机构的种类并不很多。最常用的机构有：连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、螺旋机构、带传动和链传动机构等，这些机构也是本课程主要的研究对象。

机构虽然有多种类型，多种用途，但都具有与机器前两个特征相同的特征，即

- ① 机构都由若干个构件所组成；
- ② 组成机构的各构件之间都有确定的相对运动。

通过以上分析可知，机器是由各种机构组成的，它可以完成能量的转换或做有用的机械功，而机构则仅仅起着运动及动力的传递与形式转换的作用。从结构和运动的角度来看，机构和机器之间是没有区别的，因此，人们常用“机械”一词来作为它们的总称。

机械一般由以下几部分组成。

1) 原动部分：是机械动力的来源，也称为原动机。常用的原动机有电动机、内燃机、液压缸或气动缸等。

2) 执行部分：处于整个传动路线的终端，完成机械预期的动作。其结构形式完全取决于机械本身的用途。

3) 传动部分：介于原动机和执行部分之间，把原动机的运动和动力传递给执行部分。

4) 控制部分：用来控制机械的其他基本部分，使操作者能随时实现或终止各种预定的功能。一般来说，现代机械的控制部分既包括机械控制系统，又包括电子、液压、声、光等控制系统，其作用包括监测、调节、控制等。

1.2 机械原理课程的研究内容

机械原理课程的研究内容，大体分为以下三部分，即机构的运动设计、机械的动力设计和机械系统的方案设计。

1.2.1 机构的运动设计

机构运动设计的任务是分析和研究机构的组成原理及各种常用机构的类型、运动特点、功能及设计方法。机器的种类虽然繁多，但组成这些机器的基本机构的种类却不是很多，即使是最复杂的机器，也无非是由齿轮、凸轮、连杆等一些常用基本机构组合而成的。机器虽然不同，组成它们的主要机构却可以是相同的。正是由于这个原因，本课程将把机构的运动设计作为重要内容之一加以研究，它将为机械系统的方案设计打下必要的运动学基础。

1.2.2 机械的动力设计

机械动力设计的内容包括：

1) 分析和研究机械在外力作用下的真实运动规律和速度波动问题, 以及如何合理地设计调速装置来降低速度波动的不良影响;

2) 分析和研究机械运转时惯性力和惯性力矩的平衡问题, 以及如何通过合理设计和试验来消除或减小不平衡惯性力所引起的有害振动;

3) 分析和研究影响机械效率的主要因素, 掌握机械效率的计算方法, 以及在设计机械时如何合理地选择机构的尺寸参数以提高机械效率。

通过对这些内容的学习, 将为机械系统的方案设计打下必要的动力学基础。

1.2.3 机械系统的方案设计

机械系统的方案设计是在研究机构运动设计和机械动力设计的基础上, 介绍机械总体方案的拟订、机械执行系统的设计、机械传动系统的设计及原动机的选择, 并对机械的控制系统作简要介绍。这部分内容的重点是机械执行系统的原理方案设计, 主要包括: 根据机械预期实现的功能, 确定机械的工作原理; 根据工艺动作的分解, 确定机械的运动方案; 合理地选择机构的形式并将其恰当地组合起来, 实现机械的预期动作; 根据工艺动作的要求, 使各机构协调配合工作等。

1.3 机械原理学科的发展动向

机械原理学科作为机械设计与理论学科的重要组成部分, 是机械工业和现代科学技术发展的重要基础。目前, 机械原理学科已经和电子学、信息科学、计算机科学、生物科学及管理科学等相互渗透, 相互结合, 而成为一门崭新的学科, 充满着生机与活力。它的研究领域已扩展到航空航天、深海作业、生物工程、微观世界、机械电子等。它的研究课题层出不穷, 它的研究方法日新月异。

1.3.1 机构的结构理论

由于机器人、步行机、人工假肢和新型机器的发展需要, 以及机器的动力源广泛采用液压与气动, 因此近年来对于多自由度、多闭环的多杆机构以及开式运动链的结构理论有了较多的研究。同时, 由于空间连杆机构应用日益广泛, 对于空间连杆机构的公共约束和过约束等问题也作了很多的研究。

在机构的结构理论研究中, 近年来采用了图论、网络分析、线性几何学、螺旋坐标等各种工程数学方法。利用计算机系统研究机构的结构类型及运动自由度问题也日益普遍。

为了创造和设计出更好的机构, 开展机构创新方法的研究越来越得到重视。为了深入研究机械运动简图设计理论和方法, 开展机构分类方法、机构类型知识库建立和机构选型的研究也日益受到重视。为了广泛地应用机电一体化技术, 开展包括液压、气动、电磁、电子、光电等非机械传动元件的广义机构设计方法的研究已迫在眉睫。

1.3.2 平面与空间连杆机构

为了广泛地采用电子计算机进行平面连杆机构各种复杂的分析和综合的运算,人们已开发出较为成熟的商业软件,利用电子计算机来编制表示其主要参数与运动特性、动力特性之间关系的曲线图谱。电子计算机的广泛应用也推动了平面连杆机构的最优化综合。对于用多自由度、多闭环、多杆的平面连杆机构的连杆曲线来再现各种工作机械中工艺要求的轨迹,已引起注意并加以研究。另外,近年来已开展了具有可变长结构、可变运动学和动力学参数的机构的研究。

对空间连杆机构的分析与综合的计算公式和运算过程都比较繁复,常常采用矢量、张量、矩阵、对偶数、四元数、旋量计算等数学工具进行研究。对于空间连杆机构的最优化设计问题也开始进行研究。近年来由于机器人技术发展的需要,多自由度空间机构与开式空间运动链及特殊串联和多环并联机器人机构的工作空间、运动分析与综合,包括它们的动力学已作了不少有效的研究。

1.3.3 凸轮机构

为了改善凸轮机构的动力性能,凸轮曲线由等加-等减速运动规律、正弦加速度运动规律、余弦加速度运动规律改用为改进正弦加速度运动规律、改进梯形加速度运动规律和代数多项式运动规律。寻找高速运转时具有良好动力性能的凸轮曲线是一个重要的研究内容。按动力学要求设计凸轮廓线除了采用动力多项式凸轮曲线外,现在较多地采用具有某些符合动力特性要求的凸轮曲线,这种曲线使凸轮从动件系统残留振动的振幅在全部工作速度范围内不超过某一极限值。

在凸轮-从动件系统动力学问题的研究中,对于凸轮-从动件系统动力学模型的建立,动力学模型的运动微分方程式及其求解方法,系统动力响应的分析,凸轮机构设计参数的选择及其最优化,凸轮廓线的动力综合等问题都取得了重要的研究成果。

为了建立更符合实际情况的动力学模型和更精确的分析和设计方法,考虑质量分布、弹性变形、间隙、阻尼、外界干扰的频率、不平衡力、表面润滑等多方面的动力学问题正得到重视和加以研究。

1.3.4 间歇运动机构

槽轮机构是一种常用的间歇运动机构。为了提高机器运行速度,改善动力性能、近年来提出了改直线槽为曲线槽,使用串联槽轮机构,导杆机构与槽轮机构组合使用,采用链条式槽轮机构,以及使用行星链轮式槽轮机构等。

凸轮间歇分度机构由于分度凸轮的加速度变化规律可以自由选择,使冲击与振动现象大大减轻,工作平稳性和送料精度有较大提高。目前最高使用速度已达每分钟 2000 次分度。对于凸轮间歇分度机构的运动规律、凸轮空间曲面设计以及制造技术均有不少研究。开展这类机构的 CAD / CAM 研究也受到重视。

1.3.5 组合机构

组合机构由于其结构相对简单又能实现单一基本机构所无法实现的运动规律和运动轨迹,如能近似或精确地实现某些预期的轨迹,或输入-输出运动规律,常可用做实现直线、圆弧或平行导向,能实现有停歇期或步进运动等特殊工作要求。因此近年来在农业机械、纺织机械、印刷机械、包装机械、冶金机械中应用得较为广泛。组合机构常用的有齿轮-连杆机构、凸轮-连杆机构和齿轮-凸轮机构等。

对于组合机构的组成原理、基本类型、功能等方面尚需做深入、系统的研究,其应用领域也需要进一步扩展。英、美各国对组合机构的分析和综合是以复数矢量法等解析法为主,德国则多采用简化计算和图表等实用方法进行计算。对于各种组合机构的最优化设计的研究也在不断加强。

此外,机械与液压、气动、电磁等传动相组合的广义机构的设计方法还需做深入研究。微处理器控制的智能组合机构还需要做进一步开发。

1.3.6 机械动力学

随着机械装置向高速、精密和重载方向发展,对于机械的精度和可靠性要求也日益提高,按动力性能要求进行机构的分析与综合越来越受到重视。

对于刚性构件组成的机构的动力学有了进一步深入研究。例如,用能量分配法进行空间机构的动力分析,用线性相关法分析在弹簧载荷作用下加速启动的运动过程及对运动副具有间隙的机械系统的动力学模型和动力响应的研究。

机构的平衡问题也受到重视,对平面机构惯性力完全平衡的研究比较充分,采用的方法也较多,如主矢量法、线性无关矢量法、附加机构法等。平面机构惯性力矩平衡问题也有不少研究成果,如利用惯性配重和物理摆杆的方法。对于空间连杆机构的平衡问题已作了不少研究。另外,对于平面连杆机构和空间连杆机构惯性力和惯性力矩的综合优化平衡的研究也摆上日程。

机构运转速度提高后,在惯性力的作用下,构件将产生复杂的横向振动与纵向振动,其振幅大小不仅影响机构综合的精度,而且这些振动在一定条件下还会出现失衡的状态,带来严重的危害。因此,研究这一动力学问题显得十分重要。另外,对变质量构件的机构动力分析,在机械设计中空前受到重视。

机构的运动弹性动力学已经发展成为机构学与机械动力学的一个重要分支。机构在高速运转时,改善构件惯性力所引起的弹性变形对机构运动产生的附加影响,是提高机构综合精度的有效途径,目前常采用有限元法的结构动力学分析方法来进行研究。对于运动弹性动力综合的研究,目前还限于用最优化理论在机构重量最轻的条件下来确定构件的截面积,并保证弹性力和变形在允许范围内。

近年来还研究了在刚性构件中用加装弹簧的方法来改善机构高速运动时的动力响应,用弹性件来调节机构的运转速度,在构件连接处加装弹簧及阻尼装置时的多自由度机构动力学等。

转子动力学中比较广泛地研究转子-轴承系统的振动特性和动态稳定性等问题。对于大