

五” 规划教材

五” 规划教材

五” 规划教材

普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

机械原理

JIXIE YUANLI

(第三版)

魏 兵 喻全余 主 编
杨家军 主 审



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



普通高等院校“十三五”规划教材

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

顾问 杨叔子 李培根

机械原理

(第三版)

主 编 魏 兵 喻全余
副主编 魏春梅 周剑萍 左惟炜
参 编 李 佳 汤 亮 王震国
郭毕佳
主 审 杨家军



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国 武汉

内 容 简 介

本教材按照教育部颁发的相关课程的“教学基本要求”编写。全书以培养学生的创新能力和机械系统方案设计能力为目标,在内容编排上贯穿了以设计为主线的思想,将全书内容进行了有机的组合。全书共分为5篇。第1篇中紧密结合几种典型机器的实例,引出一些基本概念。第2、3、4篇分别介绍了机构的组成和分析、常用机构及其设计和机械动力学的基础知识。“机械系统运动的方案设计和创新设计”作为第5篇,放在教材的最后,简单介绍了创新方法——TRIZ理论,可结合课程设计和课外科技活动来讲授,以适应课程设计的改革和当前课外科技活动新形势的要求。

本书主要作为面向应用型普通高等院校机械类专业学生的教学用书,也可作为非机械类专业学生及有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/魏兵,喻全余主编. —3版. —武汉:华中科技大学出版社,2018.1
普通高等院校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-3722-8

I. ①机… II. ①魏… ②喻… III. ①机械原理-高等学校-教材 IV. ①TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 018712 号

机械原理(第三版)

魏 兵 喻全余 主编

Jixie Yuanli(Di-san Ban)

策划编辑:张少奇

责任编辑:罗 雪

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:22 插页:2

字 数:470千字

版 次:2018年1月第3版第1次印刷

定 价:45.80元



华中出版

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

普通高等院校“十三五”规划教材
普通高等院校“十二五”规划教材
普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾问: 杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编: 吴昌林 华中科技大学

委员: (按姓氏拼音顺序排列)

崔洪斌 河北科技大学

冯 浩 景德镇陶瓷大学

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李 军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 湖北理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉纺织大学

孟 遼 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

杨振中 华北水利水电大学

易际明 湖南工程学院

尹明富 天津工业大学

张 华 南昌大学

张建钢 武汉纺织大学

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程大学

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技大学

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来，许多普通院校采用规划教材，已十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个开设有应用型机械专业院校的老师,在全国高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化绝不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科教学指导委员会主任

杨红子

2006.1

第三版前言

承蒙广大读者的厚爱,本书第二版自问世以来,历经9次重印,已经成为许多院校机械原理课程的首选教材或参考书。考虑到国家对创新人才培养的需求,同时,为适应和实施国家制定的“十三五”规划,加强应用型本科教育教学质量及教学改革,有必要再作修改。

鉴于广大读者对第二版教材内容体系结构的认可,在此次修订中基本保持了原有体系的结构,只是在各章的具体内容方面进行了适当的增删与更新,引入了一些新概念和新知识。此次重点修订的内容主要有以下三个方面。

1. 坚持“以设计为主线,分析为设计服务”的思想,仍将全书内容有机地整合为五篇,并对前后章节的内容衔接作了适当调整,便于学生更系统地掌握知识。

2. 在内容阐述和例题、习题的选择上,以机械工程中典型的实际问题为背景,并恰当引入生活中的机械原理问题,更加注重与工程实际的结合,以期培养学生的工程意识。

3. 结合多年科研及与企业合作的经验,将国家科技部推广的创新方法——TRIZ理论引入教材,以期培育学生的“创新基因”,培养学生的创新设计意识,使学生掌握创新知识,具有方案和机构创新设计的基本技能与素质。

本书的特点是内容全面而简练,由浅入深,易学易懂,实践性强。

参加本书修订的人员有:湖北工业大学魏兵、魏春梅、左惟炜、汤亮,湖北理工学院周剑萍。由魏兵、喻全余任主编,魏春梅、周剑萍、左惟炜任副主编。

本书承蒙华中科技大学杨家军教授精心审阅,他提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!

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!

由于编者水平有限,书中不当及欠妥之处在所难免,敬请同行教师和广大读者批评指正。

编 者
2017年2月

第二版前言

本书是在第一版的基础上,根据教育部最新制定的《高等学校机械类专业机械原理课程教学基本要求及其研制说明》、《教育部关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》(教高[2003]1号文)、《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》(教高[2007]2号文)等有关文件精神,参考多年来的教学实践经验和读者意见修订而成。

鉴于广大读者对第一版教材内容体系结构的认可,在此次修订中基本保持了原有体系的结构。此次重点修订的内容主要有以下几个方面。

1. 坚持“以设计为主线,分析为设计服务”的思想,仍将全书内容有机地整合为五篇,并对前后章节的内容衔接作了适当调整,便于学生更系统地掌握知识。

2. 在内容阐述和例题、习题的选择上,更加注重与工程实际的结合,以期培养学生的工程意识。

3. 对轮系及其设计(第8章)进行了补充完善,新增了其他行星轮系的简介。

4. 对第一版中的其他常用机构一章的内容进行了补充完善,并将其分解为间歇运动机构(第9章)和其他常用机构(第10章)两章。其中,新增了凸轮式间歇运动机构、万向联轴节、变自由度传动机构、能实现特殊功能的机构等内容。

5. 对机械运动方案及机构的创新设计(第13章)进行了补充完善,并以案例的形式讲述了机械运动方案设计的方法与过程,以期增强学生的创新设计意识,使其掌握创新知识,培养运动方案和机构创新的设计基本技能与素质。

参加本书修订的人员有:湖北工业大学魏兵、成都理工大学孙未(第1章、第6章),魏春梅(第8章),左惟炜(第9章、第10章);武汉纺织大学郭毕佳(第2章),王震国(第11章);武汉科技大学李佳(第3章);安徽工程大学喻全余(第4章、第7章、第13章);黄石理工学院周剑萍(第5章);北方工业大学王侃(第12章)。魏春梅负责全书习题的修订,魏兵负责全书的统稿、修改和定稿。本书由魏兵、喻全余、孙未任主编,魏春梅、周剑萍、王侃任副主编。

本书承蒙华中科技大学杨家军教授精心审阅,他提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢!

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!

由于编者水平有限,书中不当及欠妥之处在所难免,敬请同行教师和广大读者批评指正。

编 者

2011年7月

第一版前言

2005年8月1日至6日,华中科技大学机械学院、华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导与支持下,在华中科技大学接待中心召开了2005年机械类精品教材建设与立体化开发研讨会。

来自26所高校的60多名代表聚集一堂,探讨了新形势下机械工程学科教学改革与教学要求的新变化;交流了各校的教改经验和教材建设计划;探讨并确定了一批面向普通院校机械工程专业精品课程的教材编写计划。大家一致认为,高等学校在经历了扩招、规模发展的历史阶段后,今后很长一段时间内的重要工作就是提高教学质量。教育主管部门正对各高校进行教学质量评估,各校正积极建设精品课程,精品教材建设适逢其时,面向普通应用型大学的机械专业精品教材尤为缺乏。

应用型大学的机械类精品教材建设与立体化开发应满足应用型大学的实际需求。在内容的选取上要切合用人单位的需求,理论上以够用为度,篇幅上应适应应用型大学的课时要求;教学思路应探索案例式教学方式,用较多的实际应用案例来说明基本原理和应用技术。本着这一原则,本书在以下几方面进行了改进和提高。

1. 在内容编排上,贯穿了以设计为主线的思想,将全书内容进行了有机的组合,共分为5篇。第1篇中紧密结合几种典型机械的实例,引出一些基本概念。第2、3、4篇分别介绍了机构的组成和分析、常用机构及其设计和机械动力学的基础知识。第5篇为机械系统的方案设计和创新设计,放在教材的最后,可结合课程设计和课外科技活动来讲授,以适应课程设计的改革和当前课外科技活动新形势的要求。

2. 在内容阐述上,注重知识面的扩大和“三基”(基本理论、基本知识和基本技能)的掌握,以及解决问题能力的培养,加强了机构设计、机构系统设计和创新设计的内容。每章内容前都引入了案例,利用该案例让学生了解新的一章将要讲述的内容;每章用较多的实际应用案例来说明基本原理和应用技术;每章内容后有知识总结,便于系统掌握各章内容和自学。

3. 在内容的取舍上,注重了实用性和先进性的关系,舍弃了一些陈旧的传统内容,保留了实用性很强的内容。由于学时有限,对学科前沿的新发展未能详尽介绍,因此,在每章后附有“知识拓展”,对一些有重要价值但又限于时间不能展开的内容扼要提及,并介绍有关参考文献,这样可使读者开阔眼界、了解学科发展趋势,使教材具有开放性。

参加本书编写的有湖北工业大学魏兵(第1章、第6章),武汉纺织大学郭毕佳(第2章),武汉科技大学李佳(第3章)、汤勃(第4章),黄石理工学院周剑萍(第5章),武汉科技大学杨金堂(第7章第1~5节)、熊禾根(第7章第6~10节),湖北工业大学魏春梅(第

8 章),湖北教育学院吴建兵(第 9 章),武汉纺织大学林富生(第 10 章),北方工业大学王侃(第 11 章),武汉科技大学赵刚(第 12 章)。本书由魏兵、熊禾根任主编,魏春梅、周剑萍、王侃任副主编。

本书由武汉科技大学孔建益教授主审,他认真地审阅了全书,并提出了许多宝贵的修改意见。在此,谨致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中不当及欠妥之处在所难免,真诚希望同行教师和广大读者批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第1篇 总 论

第1章 绪论	(1)
1.1 机械原理课程的研究对象	(1)
1.2 机械原理课程的主要内容和学习方法	(5)
1.3 机械原理课程的地位和作用	(7)

第2篇 机构的组成和分析

第2章 机构的组成及结构分析	(9)
2.1 研究机构结构的目的	(9)
2.2 机构的组成及其运动简图的绘制	(10)
2.3 平面机构自由度的计算及机构运动确定的条件	(16)
2.4 平面机构的高副低代、结构分析和组成原理	(21)
本章重点、难点及知识拓展	(26)
思考题与习题	(27)
第3章 平面机构的运动分析	(31)
3.1 机构运动分析的目的和方法	(31)
3.2 速度瞬心法及其在机构速度分析中的应用	(32)
3.3 用矢量方程图解法作机构的速度和加速度分析	(35)
3.4 用解析法作机构的运动分析	(39)
本章重点、难点及知识拓展	(50)
思考题与习题	(50)
第4章 平面机构的力分析	(54)
4.1 概述	(54)
4.2 运动副中摩擦力的确定	(55)
4.3 不考虑摩擦时机构的力分析	(59)
4.4 考虑摩擦时机构的力分析	(65)
4.5 机械的效率与自锁	(67)
4.6 提高机械效率的途径	(74)

4.7 摩擦在机械中的应用	(74)
本章重点、难点及知识拓展	(76)
思考题与习题	(77)

第3篇 常用机构及其设计

第5章 平面连杆机构及其设计	(81)
5.1 概述	(81)
5.2 平面连杆机构的基本类型及其演化	(82)
5.3 平面连杆机构的工作特性	(89)
5.4 平面四杆机构的设计	(96)
本章重点、难点及知识拓展	(111)
思考题与习题	(111)
第6章 凸轮机构及其设计	(115)
6.1 凸轮机构的类型及应用	(115)
6.2 从动件的运动规律设计	(118)
6.3 凸轮轮廓曲线的设计	(124)
6.4 凸轮机构基本尺寸的设计	(133)
本章重点、难点及知识拓展	(141)
思考题与习题	(142)
第7章 齿轮机构及其设计	(145)
7.1 齿轮机构的应用和分类	(145)
7.2 渐开线齿轮的齿廓与啮合特性	(147)
7.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	(153)
7.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(157)
7.5 渐开线齿廓的加工	(163)
7.6 变位齿轮传动	(169)
7.7 斜齿圆柱齿轮传动	(175)
7.8 直齿圆锥齿轮机构	(180)
7.9 蜗杆机构	(184)
本章重点、难点及知识拓展	(188)
思考题与习题	(189)
第8章 轮系及其设计	(192)
8.1 轮系及其分类	(192)
8.2 定轴轮系及其传动比	(194)

8.3 周转轮系及其传动比	(198)
8.4 复合轮系及其传动比	(201)
8.5 轮系的功用	(203)
8.6 行星轮系的类型选择及设计	(206)
8.7 其他类型的行星传动简介	(210)
本章重点、难点及知识拓展	(213)
思考题与习题	(213)
第9章 其他常用机构	(216)
9.1 棘轮机构	(216)
9.2 槽轮机构	(222)
9.3 不完全齿轮机构	(227)
9.4 螺旋机构	(229)
9.5 万向联轴节	(233)
本章重点、难点及知识拓展	(235)
思考题与习题	(236)

第4篇 机械系统的动力学

第10章 机械系统的运转及其速度波动的调节	(239)
10.1 概述	(239)
10.2 机械的运动方程	(243)
10.3 机械系统运动方程的建立及其求解	(247)
10.4 机械系统速度波动的调节	(251)
本章重点、难点及知识拓展	(258)
思考题与习题	(259)
第11章 机械的平衡	(263)
11.1 机械平衡概述	(263)
11.2 刚性转子的平衡	(264)
11.3 刚性转子的平衡实验	(268)
11.4 机构的平衡	(270)
本章重点、难点及知识拓展	(275)
思考题与习题	(276)

第5篇 机械系统运动的方案设计和创新设计

第12章 机械系统运动方案设计	(279)
------------------------------	-------

12.1	概述	(279)
12.2	组合机构的创新设计	(281)
12.3	机构选型	(289)
12.4	机构系统运动循环图及其类型	(292)
12.5	机械运动方案设计	(294)
12.6	机械运动方案的评价体系和评价方法	(300)
	本章重点、难点及知识拓展	(303)
	思考题与习题	(304)
第 13 章	创新设计与 TRIZ 理论	(307)
13.1	常规设计与创新设计	(307)
13.2	创造性思维	(309)
13.3	创新设计的基本原理	(313)
13.4	TRIZ 与创新思维	(315)
附录 A	阿奇舒勒矛盾矩阵表	(328)
参考文献		(340)

第 1 篇 总 论

第 1 章 绪 论

本章讲述何谓机械、何谓机械原理、机械原理是一门什么性质的课程、为什么要学习机械原理、机械原理研究哪些内容、怎样学习机械原理这门课程、学习机械原理可以培养哪些方面的能力等。

1.1 机械原理课程的研究对象

机械是机构与机器的总称。机械原理是一门以机构与机器为研究对象的学科。

1.1.1 机器的定义

什么是机器？人们对它并不陌生。在日常生活和生产过程中，人类广泛地使用着各种各样的机器，用以减轻人类自身的体力劳动、脑力劳动及提高工作效率。在有些人类难以涉足的场合，更是需要用机器来代替人进行工作。之前，我们对机器已有一些直觉的认识，知道汽车、拖拉机、各种机床、缝纫机、洗衣机等都是机器，而且知道机器的种类繁多，构造、用途和性能也各不相同。但什么是机器？它有何特征呢？下面通过两个实例来分析、归纳它们的性能特征，从而给机器下一个定义。

图 1-1(a)所示为一台单缸四冲程内燃机，它是汽车、飞机、轮船、装载机等各种流动性机械最常用的动力装置。其工作过程为：吸气→压缩→做功→排气。

气缸 1 中的活塞 4 向下移动时，排气阀门 5 关闭，进气阀门 7 在凸轮 8 的控制下打开，将可燃气体吸入气缸，这一过程称为吸气冲程；当活塞 4 向上移动时，进、排气阀门均关闭，可燃气体受到压缩，这一过程称为压缩冲程；压缩冲程结束后，火花塞 6 利用高压放电，使燃气在气缸中燃烧、膨胀，从而产生压力推动活塞 4 向下移动，活塞 4 向下移动的同时，通过连杆 3 推动曲轴 2 转动，向外输出机械能（力和运动），这一过程称为做功冲程；当活塞 4 再次上移时，进气阀门 7 继续处于关闭状态，排气阀门 5 在凸轮 12 的控制下打开，

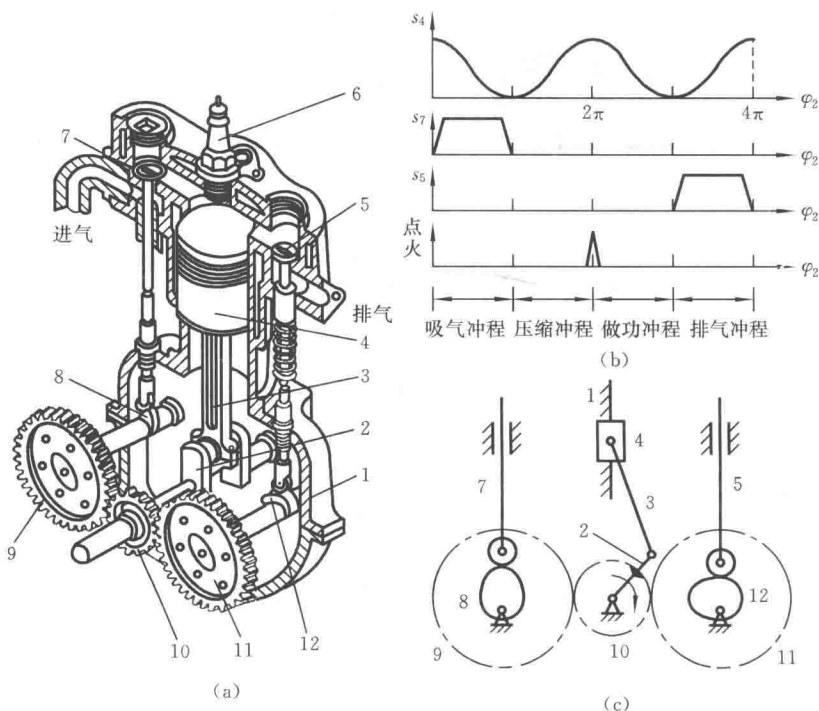


图 1-1 单缸四冲程内燃机

将废气排出,这一过程称为排气冲程。活塞上、下移动一次,曲轴转一圈,而曲轴每转两圈才完成一次产生动力的循环。一个循环中,进气阀门 7 和排气阀门 5 各进行一次开、闭运动,所以曲轴上的齿轮 10 转两圈,齿轮 9 和 11 才转一圈。根据上述运动的关系,画出以曲轴转角 φ_2 为横坐标,以活塞、阀门的位移 s_4 、 s_7 、 s_5 及点火花作为纵坐标的位移图,如图 1-1(b)所示,该图称为运动循环图。运动循环图是表达机器运动协调关系的工程语言,从图上可清楚地看出各执行构件的运动配合关系。图 1-1(c)所示为内燃机的运动简图,是描述机器运动的工程语言。由此可知,内燃机有以下三个部分。

(1) 原动部分:是火花塞点火,使燃气燃烧产生推动活塞的压力,从而将燃气燃烧时产生的热能转变为机械能的部分。

(2) 主运动传动部分:是将活塞 4 的往复移动转换成曲轴 2 的连续转动,从而输出并传递能量(力和运动)的部分。

(3) 协调控制部分:是使进气阀门 7 和排气阀门 5 定时开闭和适时点火的部分。

图 1-2(a)所示为牛头刨床示意图。电动机 1 的旋转运动通过皮带传动,使齿轮 2 带动大齿轮 3 转动(同时传力);大齿轮 3 上用销子铰接了一个滑块 4,它可在杆 5 的槽中滑动,

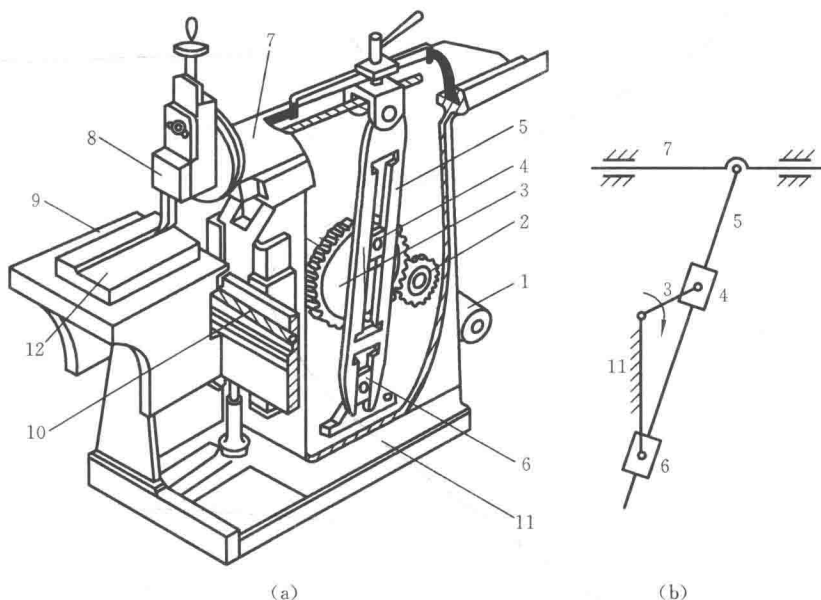


图 1-2 牛头刨床

杆 5 下端的槽中有一个与机架 11 铰接的滑块 6, 当大齿轮 3 上的销子做圆周运动时, 滑块 4 在杆 5 的槽中滑动, 同时推动杆 5 绕滑块 6 的中心做往复摆动; 杆 5 的上端用销子和牛头 7 铰接, 推动牛头 7 在刨床床身的导轨中往复滑动; 牛头 7 上装有刀架 8, 牛头在工作行程中切削工件 12, 回程时, 刀架 8 稍抬起后与牛头 7 一起快速退回。在再次切削行程前, 齿轮 3 通过连杆和棘轮(图中未画出)及螺杆 10 使工作台 9(工件)横向移动一个进刀的距离, 以进行下一次切削。由此可知, 牛头刨床也有以下三个部分。

- (1) 原动部分: 电动机将电能转化为机械能。
- (2) 主运动传动部分: 电动机的转动变为牛头的往复移动。
- (3) 协调控制部分: 齿轮转动变为工作台适时的间歇运动。

以上两台机器都是由原动部分、主运动传动部分、协调控制部分组成, 虽然它们的构造、用途和性能各不相同, 但从其组成、运动确定性及功能关系来看, 它们均具有以下几个共同的特征。

- (1) 它们都是人为的实物组合体。
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动。
- (3) 能够用来变换或传递能量、物料与信息。

因此, 同时具有以上三个特征的实物组合体就称为机器。国家标准对机器的定义为: