



全国职业教育“十二五”精品教材

机械设计基础

主编 贾磊 陈秋霞 朱树红



航空工业出版社

全国职业教育“十二五”精品教材

机械设计基础

主 编 贾 磊 陈秋霞 朱树红



航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书是结合编者多年来高职院校机械设计基础教学改革实践经验,并依据“实用为主,够用为度,以应用为导向”的原则编写的。本书全面采用了最新的国家标准和规范术语;在内容选取上坚持少而精的原则,弱化理论分析,淡化公式推导,强调工程应用。

全书共分 17 章,包括了机械系统、机构、机械零部件三大部分,基本涵盖了高职高专机械设计基础课程中所要求的全部知识。全书内容具体包括绪论、机械设计基础知识、平面机构基础知识、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、联接与螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴、滑动轴承、滚动轴承、其他常用零部件及机械的调速与平衡等。

本书可作为高等职业院校机械类和近机类专业的机械设计基础课程教材,也可供其他相关人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 贾磊, 陈秋霞, 朱树红主编. -- 北京: 航空工业出版社, 2011.11
ISBN 978-7-80243-848-4

I. ①机… II. ①贾… ②陈… ③朱… III. ①机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 225850 号

机械设计基础 JiXie SheJi Jichu

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2011 年 11 月第 1 版

2011 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 23

字数: 574 千字

印数: 1—3000

定价: 48.00 元



《机械设计基础》作为高等职业院校中机械类和近机类专业的核心课程之一，对学生职业技能的培养起到了至关重要的作用。因此，每个机械类和近机类专业的学生都应该学好这门课程。

《机械设计基础》是根据高等职业教育机械相关专业教改教学基本要求，按照高等院校教育的培养目标和特点，并在充分考虑到教师和学生实际需求的基础上编写的。本教材具有以下几个鲜明的特点：

1. 全新理念。本教材在编写过程中，坚持以“实用为主，够用为度”为原则，以强化学生机械基础知识应用能力为目的，将理论讲解与工程应用进行了很好的结合。

2. 结构合理。本教材按照“机械系统——机构——机械零部件”来安排全书内容，并对机构和机械零部件的设计内容进行了优化整合，从而突出了本书的系统性和实用性。

3. 内容精炼。在内容的选取上，坚持少而精的原则，弱化理论分析，淡化公式推导，强调工程应用。

4. 图例丰富。本教材在对相关理论知识进行阐述时，配有大量的图例，以便学生能更直观地理解书中所述知识点。

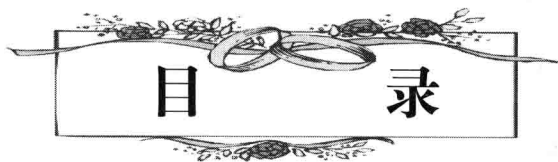
5. 实践性强。本教材强调工程背景，所举实例都与工程应用相结合，旨在培养学生分析和解决实际工程问题的能力。

6. 更新标准、规范术语。全书采用了最新的国家标准和规范术语，积极推进最新标准的实施。

本书由贾磊、陈秋霞和朱树红任主编，许兴广、李绍鹏、商冬青和李秀娟任副主编。在编写本教材的过程中，编者参阅了大量关于机械设计基础的相关资料和教材，在此，对这些资料的作者和编者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中不尽如人意之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2011年11月



目 录

第1章 绪 论	1
1.1 本课程的研究对象	1
1.1.1 机器、机构与机械	1
1.1.2 构件、零件与部件	4
1.2 本课程的研究内容、性质和任务	4
1.2.1 本课程的研究内容	4
1.2.2 本课程的性质和任务	5
本章小结	5
思考与练习	6
第2章 机械设计基础知识	7
2.1 机械设计的基本要求	7
2.1.1 机械产品设计的基本要求	7
2.1.2 机械零件设计的基本要求	8
2.2 机械设计的一般程序	9
2.2.1 机械产品设计的一般程序	9
2.2.2 机械零件设计的一般程序	11
2.3 机械零件的主要失效形式	11
2.4 机械零件的设计准则	12
2.4.1 强度准则	12
2.4.2 刚度准则	12
2.4.3 耐磨性准则	13
2.4.4 耐热性准则	13
2.4.5 可靠性准则	13
2.5 机械零件材料	13
2.5.1 机械零件常用材料	13
2.5.2 金属材料的热处理	15
2.5.3 机械零件材料的选择	16
2.6 摩擦、磨损与润滑	18
2.6.1 摩擦	18
2.6.2 磨损	19
2.6.3 润滑	20
本章小结	25
思考与练习	27



第3章 平面机构的结构分析	29
3.1 运动副	29
3.1.1 平面运动副及其分类	29
3.1.2 空间运动副及其分类	30
3.2 平面机构运动简图	31
3.2.1 平面机构的表示方法	31
3.2.2 平面机构运动简图的绘制	33
3.3 平面机构的自由度	35
3.3.1 平面机构自由度的计算	35
3.3.2 平面机构具有确定运动的条件	35
3.3.3 计算平面机构自由度的注意事项	36
本章小结	39
思考与练习	40
第4章 平面连杆机构	42
4.1 平面连杆机构的特点	42
4.2 平面铰链四杆机构	43
4.2.1 基本概念	43
4.2.2 铰链四杆机构的类型	43
4.2.3 铰链四杆机构的曲柄存在条件和基本类型的判别	46
4.3 铰链四杆机构的演化	47
4.3.1 曲柄滑块机构	47
4.3.2 曲柄转动导杆机构	48
4.3.3 曲柄摆动导杆机构	49
4.3.4 移动导杆机构	49
4.3.5 摆动导杆滑块机构	50
4.3.6 偏心轮机构	50
4.4 平面四杆机构的运动特性	50
4.4.1 急回特性	50
4.4.2 行程速比系数	52
4.4.3 压力角与传动角	52
4.4.4 死点位置	53
4.5 平面四杆机构的设计	54
4.5.1 按给定的连杆位置设计	54
4.5.2 按给定的行程速比系数 K 设计	55
本章小结	57
思考与练习	58
第5章 凸轮机构	61
5.1 概 述	61
5.1.1 凸轮机构的组成和特点	61

5.1.2 凸轮机构的分类	62
5.2 从动件的运动规律	65
5.2.1 凸轮机构的运动分析	65
5.2.2 从动件常用的运动规律	66
5.3 凸轮轮廓曲线的设计方法	72
5.3.1 凸轮轮廓曲线设计的基本原理	73
5.3.2 用作图法设计凸轮的轮廓曲线	73
5.4 凸轮机构设计中应注意的问题	77
5.4.1 滚子半径的选择	77
5.4.2 压力角的选择	78
5.4.3 基圆半径的选择	79
5.4.4 凸轮的固定方式、材料、精度要求及加工方法	80
本章小结	82
思考与练习	83
第 6 章 间歇运动机构	85
6.1 棘轮机构	85
6.1.1 棘轮机构的组成和工作原理	85
6.1.2 棘轮机构的类型	85
6.1.3 棘轮机构的特点和应用	87
6.1.4 棘轮转角的调节方法	87
6.1.5 棘轮机构的参数和几何尺寸计算	88
6.2 槽轮机构	90
6.2.1 槽轮机构的组成和工作原理	90
6.2.2 槽轮机构的类型	90
6.2.3 槽轮机构的特点和应用	90
6.2.4 槽轮机构的运动特性系数	91
6.2.5 槽轮机构的主要参数和几何尺寸	92
6.3 不完全齿轮机构	93
6.3.1 不完全齿轮机构的工作原理和类型	93
6.3.2 不完全齿轮机构的特点和应用	94
本章小结	94
思考与练习	95
第 7 章 联接与螺旋传动	97
7.1 螺纹的形成、类型、主要参数、特点及应用	97
7.1.1 螺纹的形成与类型	97
7.1.2 螺纹的主要参数	98
7.1.3 常见螺纹的特点及应用	99
7.2 螺纹副的受力分析与自锁	99
7.2.1 矩形螺纹的受力分析与自锁	100



7.2.2 非矩形螺纹的受力分析与自锁	101
7.3 螺纹联接的基本类型及螺纹紧固件	102
7.3.1 螺纹联接的基本类型	102
7.3.2 螺纹紧固件	103
7.4 螺纹联接的预紧与防松	105
7.4.1 螺纹联接的预紧	105
7.4.2 螺纹联接的防松	106
7.5 螺栓联接的结构设计	108
7.6 螺栓联接的强度计算	110
7.6.1 普通螺栓联接的强度计算	110
7.6.2 铰制孔螺栓联接的强度计算	113
7.6.3 螺纹联接件的材料	114
7.7 提高螺栓联接强度的措施	116
7.7.1 改善螺纹牙间的载荷分布	116
7.7.2 减小螺栓的应力变化幅度	117
7.7.3 减小应力集中	117
7.7.4 避免附加弯曲应力	118
7.7.5 采用合理的制造工艺方法	118
7.8 螺旋传动	118
7.8.1 螺旋传动的分类	118
7.8.2 滑动螺旋传动的材料和结构	120
7.8.3 滑动螺旋传动的设计计算	120
7.9 键、花键、销联接	124
7.9.1 键联接	124
7.9.2 花键联接	130
7.9.3 销联接	132
7.10 其他常用联接	132
本章小结	134
思考与练习	136
第8章 带传动	139
8.1 概述	139
8.1.1 带传动的组成和工作原理	139
8.1.2 带传动的类型	139
8.1.3 带传动的特点和应用	140
8.2 V带与V带轮	141
8.2.1 V带的结构和标准	141
8.2.2 V带轮的材料、结构及轮槽尺寸	142
8.3 带传动的设计	145
8.3.1 带传动的工作情况分析	145



8.3.2 V 带的设计计算	149
8.4 带传动的张紧、安装与维护	157
8.4.1 带传动的张紧	157
8.4.2 带传动的安装与维护	159
8.5 同步带传动的简介	159
8.5.1 同步带的结构及工作原理	159
8.5.2 同步带传动的特点和运用	160
本章小结	160
思考与练习	162
第 9 章 链 传 动	164
9.1 概 述	164
9.1.1 链传动的工作原理和类型	164
9.1.2 链传动的特点和应用	165
9.2 滚子链和链轮	165
9.2.1 滚子链的结构	166
9.2.2 滚子链的相关标准	167
9.2.3 链轮的齿形、结构和材料	167
9.3 链传动的运动特性	169
9.3.1 平均链速和平均传动比	170
9.3.2 瞬时链速和瞬时传动比	170
9.3.3 链传动中的动载荷	171
9.4 滚子链传动的设计计算	172
9.4.1 链传动的失效形式	172
9.4.2 滚子链传动的额定功率曲线	172
9.4.3 滚子链传动的主要参数的选择和设计计算	175
9.5 链传动的布置、张紧和润滑	177
9.5.1 链传动的布置	177
9.5.2 链传动的张紧	177
9.5.3 链传动的润滑	178
本章小结	180
思考与练习	181
第 10 章 齿轮传动	184
10.1 概 述	184
10.1.1 齿轮传动的特点	184
10.1.2 齿轮传动的分类	185
10.2 齿廓啮合基本定律	186
10.3 渐开线和渐开线齿廓	187
10.3.1 渐开线的形成	187
10.3.2 渐开线的性质	188



10.3.3 渐开线方程	188
10.3.4 渐开线齿廓的啮合特性	190
10.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮	191
10.4.1 直齿圆柱齿轮各部分的名称和符号	191
10.4.2 直齿圆柱齿轮的基本参数	192
10.4.3 标准直齿圆柱齿轮几何尺寸的计算公式	193
10.4.4 渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合的条件	195
10.4.5 渐开线齿轮连续传动的条件及重合度	195
10.4.6 渐开线齿轮的正确安装条件	197
10.5 渐开线齿轮的加工	198
10.5.1 渐开线齿轮的加工方法	198
10.5.2 渐开线齿廓的根切现象及不产生根切的最小齿数	199
10.6 变位齿轮传动	201
10.6.1 变位齿轮的概念	201
10.6.2 最小变位系数	202
10.6.3 变位齿轮的几何尺寸和特点	203
10.7 齿轮的失效形式和计算准则	204
10.7.1 齿轮的失效形式	204
10.7.2 齿轮传动的计算准则	206
10.8 齿轮的常用材料、热处理及传动精度	206
10.8.1 齿轮材料的基本要求	206
10.8.2 常用材料及热处理	206
10.8.3 齿轮的传动精度	207
10.9 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	208
10.9.1 直齿圆柱齿轮转动的受力分析	208
10.9.2 计算载荷	210
10.9.3 齿面接触疲劳强度的计算	210
10.9.4 齿根弯曲疲劳强度的计算	213
10.10 齿轮参数的选择、许用应力和传动设计步骤	214
10.10.1 齿轮参数的选择	214
10.10.2 许用应力	215
10.10.3 齿轮传动的设计步骤	218
10.11 渐开线斜齿圆柱齿轮传动	221
10.11.1 斜齿圆柱齿轮齿廓曲面的形成及其啮合特点	221
10.11.2 斜齿圆柱齿轮传动的基本参数	222
10.11.3 斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	224
10.11.4 斜齿圆柱齿轮正确啮合的条件和重合度	224
10.11.5 斜齿圆柱齿轮传动的当量齿数	225
10.11.6 斜齿圆柱齿轮传动设计	226



10.12 直齿圆锥齿轮传动	228
10.12.1 直齿圆锥齿轮传动概述	228
10.12.2 锥齿轮的齿廓曲线、背锥和当量齿数	228
10.12.3 直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算	230
10.12.4 直齿圆锥齿轮传动设计	231
10.13 齿轮的结构设计及齿轮传动的润滑	233
10.13.1 齿轮的结构设计	233
10.13.2 齿轮传动的润滑	234
本章小结	235
思考与练习	237
第 11 章 蜗杆传动	240
11.1 蜗杆传动的特点与类型	240
11.1.1 蜗杆传动的特点	240
11.1.2 蜗杆传动的类型	241
11.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	242
11.2.1 蜗杆传动的主要参数	242
11.2.2 蜗杆传动的几何尺寸	245
11.3 蜗杆传动的失效形式和计算准则	246
11.4 蜗杆传动的常用材料及结构	246
11.4.1 蜗杆传动的材料	246
11.4.2 蜗杆和蜗轮的结构	247
11.5 蜗杆传动的强度计算	248
11.5.1 蜗杆传动的受力分析	248
11.5.2 蜗杆传动的强度计算	249
11.6 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	251
11.6.1 蜗杆传动的效率	251
11.6.2 蜗杆传动的润滑	253
11.6.3 蜗杆传动的热平衡计算	253
本章小结	256
思考与练习	258
第 12 章 轮 系	260
12.1 轮系的类型	260
12.1.1 定轴轮系	260
12.1.2 周转轮系	261
12.2 定轴轮系传动比的计算	261
12.2.1 平面定轴轮系传动比的计算	261
12.2.2 空间定轴轮系传动比的计算	262
12.3 周转轮系传动比的计算	263
12.3.1 平面周转轮系传动比的计算	263



12.3.2 空间周转轮系传动比的计算	264
12.4 混合轮系传动比的计算	265
12.5 轮系的应用	265
本章小结	267
思考与练习	268
第 13 章 轴	269
13.1 概 述	269
13.1.1 轴分类及应用	269
13.1.2 轴的材料及其选用	271
13.1.3 阶梯轴的结构组成	272
13.2 轴的结构设计	273
13.2.1 确定零件在轴上的固定方式	273
13.2.2 轴的结构工艺性	275
13.3 提高轴强度的措施	275
13.4 轴的强度计算	276
13.4.1 按扭转强度条件计算	276
13.4.2 按弯扭合成强度条件计算	277
本章小结	282
思考与练习	283
第 14 章 滑动轴承	285
14.1 概 述	285
14.1.1 滑动轴承的特点及应用	285
14.1.2 滑动轴承的类型	285
14.1.3 滑动轴承的结构	286
14.2 轴瓦的结构	288
14.3 滑动轴承的材料和润滑	289
14.3.1 滑动轴承的材料	289
14.3.2 滑动轴承的润滑	290
14.4 非液体摩擦滑动轴承的计算	293
14.4.1 向心滑动轴承的计算	293
14.4.2 推力滑动轴承的计算	294
本章小结	294
思考与练习	296
第 15 章 滚动轴承	297
15.1 概 述	297
15.1.1 滚动轴承的结构	297
15.1.2 滚动轴承的结构特性及分类	298
15.2 滚动轴承的代号及选择	301
15.2.1 滚动轴承的代号	301



15.2.2 滚动轴承类型的选择	303
15.3 滚动轴承的计算	304
15.3.1 滚动轴承的受力分析	304
15.3.2 滚动轴承的失效形式	304
15.3.3 滚动轴承的计算准则	305
15.3.4 滚动轴承的计算	305
15.4 滚动轴承的组合设计	312
15.4.1 轴承的固定	312
15.4.2 轴组件的轴向固定	313
15.4.3 轴承组合的调整	315
15.4.4 轴承的预紧	316
15.4.5 轴承的配合与装拆	316
15.5 滚动轴承的润滑与密封	317
本章小结	321
思考与练习	323
第 16 章 其他常用零部件	326
16.1 联轴器	326
16.1.1 联轴器的功用和分类	326
16.1.2 联轴器的结构和特点	327
16.1.3 联轴器的选择	330
16.2 离合器	331
16.2.1 离合器的分类	331
16.2.2 离合器的选择	333
16.3 制动器	333
16.3.1 制动器的功用和应满足的要求	333
16.3.2 常见的制动器	333
16.4 弹 簧	334
16.4.1 概述	334
16.4.2 圆柱螺旋弹簧设计	336
本章小结	342
思考与练习	343
第 17 章 机械的调速与平衡	345
17.1 机械速度波动的调节	345
17.1.1 机械速度波动的原因及类型	345
17.1.2 机械速度波动的调节方法	346
17.2 机械的平衡	347
17.2.1 机械平衡的目的	347
17.2.2 回转件的静平衡	348
17.2.3 回转件的动平衡	350



本章小结	351
思考与练习	352
参考文献	354

第 1 章 绪 论

【引 子】

机械设计是根据使用要求对机械的工作原理、结构、运动方式，零件的材料、几何形状等进行构思、分析和计算，并将其转化为具体的描述，以作为制造依据的工作过程。机械设计是机械工程的重要组成部分，是机械生产的第一步，是决定机械性能的最主要的因素。因此，为了学好机械设计基础这门课程，我们首先来学习该课程的研究对象、内容、性质和任务等知识。

【本章内容提要】

- ◆ 理解机器、机构与机械的概念、联系与区别
- ◆ 理解构件、零件与部件的概念与区别
- ◆ 了解本课程的内容、性质和任务

1.1 本课程的研究对象

在学习本课程之前，我们首先要了解一些基础知识，如机器、机构、机械、构件、零件以及部件等。这些基础知识也是本课程的研究对象。

1.1.1 机器、机构与机械

机器、机构与机械之间既有联系，又有区别。下面我们进行一一讲解。

1. 机器

机器是根据某种使用要求而设计的一种执行机械运动的装置，用来代替或减轻人类的劳动强度，改善劳动条件，提高劳动生产率。例如，人们在日常生活中使用的汽车，工业上使用的内燃机、机床，农业上使用的拖拉机、收割机等。

(1) 机器的组成

机器的类型繁多，功能各异。但从功能的角度来说，一台机器包括原动部分、传动部分、执行部分和控制部分四个基本组成部分（参见图 1-1），其各组成部分的作用如下：

- **原动部分：**是驱动机器完成预定功能的动力源，最常见的有内燃机和电动机等，其主要作用是将其其他形式的能量转换为机械能。
- **传动部分：**是联接原动部分和执行部分的中间部分，其主要作用是把原动机的运动和动力传递给执行部分。
- **执行部分：**是直接完成工作任务的部分，主要作用是完成预定的动作。

- **控制部分：**是用来控制机器的其他组成部分，使操作者能随时完成或终止机器的各项预定功能。

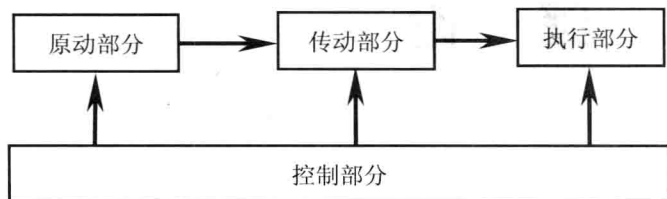


图 1-1 机器的组成

如图 1-2 所示工业机器人，它主要由铰接臂机械手 1、计算机控制器 2、液压装置 3 和电力装置 4 组成。其中，机械手是执行部分，主要作用是传递运动和执行任务；计算机控制器是控制部分；电力装置和液压装置是原动机部分，主要作用是提供动力。

(2) 机器的特征

机器的种类很多，其形式、构造、性能和用途各不相同，如图 1-3 所示单缸内燃机，它由机架（气缸体）1、活塞 2、连杆 3、曲柄 4、齿轮 5 和 6、凸轮轴 7、连气推杆 9、进气阀门 11 等组成。当燃气推动活塞作往复移动时，通过连杆使曲柄作连续转动，从而把燃料产生的热量转换成机械能。这部机器的主要作用是将燃气燃烧时的热量转化成机械能。

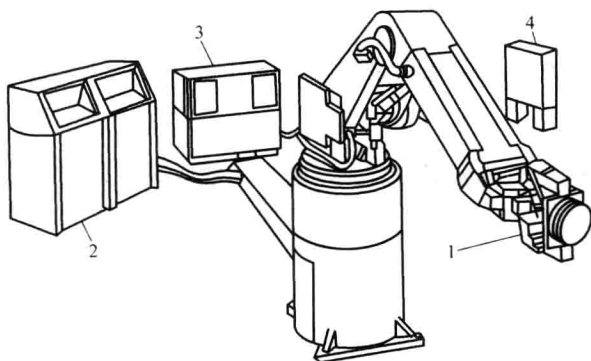


图 1-2 工业机器人图

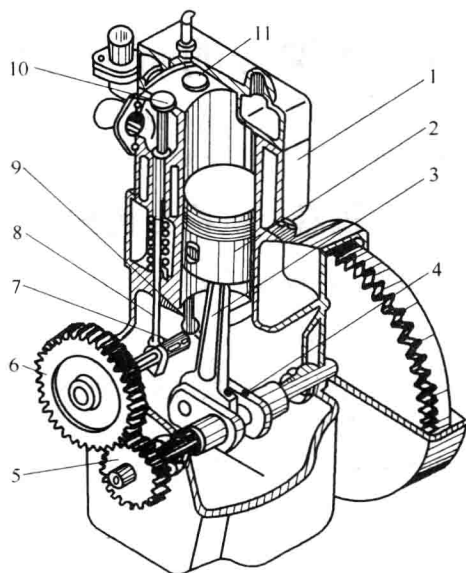


图 1-3 单缸内燃机

如图 1-4 所示牛头刨床，它是由工作台 1、刀架 2、滑枕 3、电机 4、机身 5、工作台横向进给机构 6、横梁 7、丝杠 8 等组成，它的主要作用是切削加工长度较大的平面，把电能转换为机械能。

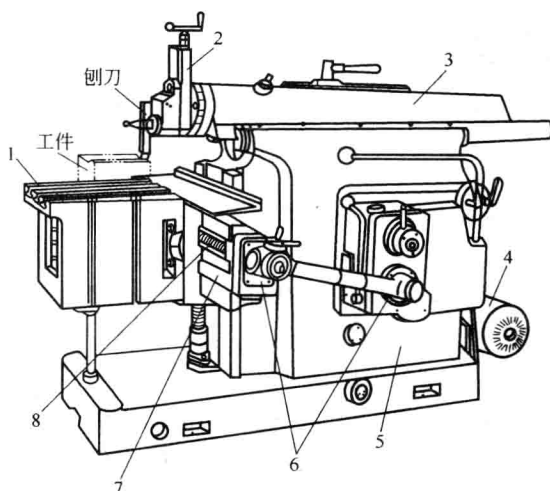


图 1-4 牛头刨床

由以上分析可知,虽然机器的组成、用途和性能等各不相同,但具有以下一些共同的特征:

- ① 机器是人为的多种实物的组合体。
 - ② 组成机器的各部分之间都具有确定的相对运动。
 - ③ 机器能够代替或减轻人们的劳动,有效地完成机械功或转换机械能。
- 凡是同时具备以上三个特征的均为机器。

2. 机构

机构是人为的实物组成,其各个部分之间具有确定的相对运动。因此,机构具有机器的前两个特征。机构有很多类型,常用的有连杆机构、齿轮机构、凸轮机构以及各种间隙运动机构等。

从运动的角度来看,机构是一种执行机械运动的装置。如图 1-3 所示单缸内燃机中的曲柄滑块机构由活塞 2、连杆 3、曲柄 4 和机架 1 构成,其作用是将活塞的往复运动转化为曲柄的连续运动;齿轮机构由齿轮 5、6 和机架 1 构成,其作用是改变转速的大小和方向;凸轮机构由凸轮 7、推杆 8 和机架 1 构成,其作用是将凸轮的连续转动转化为推杆的往复运动。

于是可知,机构与机器的区别为:机构是一个构件系统,而机器除构件系统外还包含电气、液压等其他装置;机构只用于传递运动和力,实现预期的机械运动,而机器除传递运动和力外,还具备传递和变换能量、物料和信息的功能。机构与机器的联系为:机器是由几个机构组成的系统,最简单的机器只有一个机构。

3. 机械

从运动的观点来看,机器与机构之间并没有区别。因此,习惯上将机器和机构统称为机械。