



银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

数控技术应用专业领域

机械设计基础

季明善 主编



高等教育出版社

银领工程

高等职业教育技能型紧缺人才培养培训工程系列教材

机械设计基础

季明善 主 编

图样在强编目(CIP)数据

机械设计基础 / 季明善主编. —北京: 高等教育出版社, 2002.1 (2008重印)

ISBN 7-04-012703-

I. 机... II. 季... III. 机械-教材 IV. H123

中国版本图书馆CIP数据

责任编辑 王 金 责任印制 王 金

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区

邮政编码 100011

总 经 销 010-28881000

印 刷 北京经纬图书装订有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 38

字 数 620 000

版 次 2002年1月第1版

印 次 2006年6月第3次印刷

定 价 34.70元

高等教育出版社

社址: 北京市西城区

邮编: 100011

内容提要

本教材是根据《教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会关于确定职业技术学院开展数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训工作的通知》精神,按照两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案的要求编写的。主要内容为机械传动、刚体平衡计算、构件变形计算及机械零件设计等四部分。本书与原有分段式体系不同,根据高职高专教育的要求,以综合性、实用性和模块化的方式组织教材内容,形成了新的教材体系。

本教材内容简明、扼要、新颖、实用,前后连贯并以够用为度,从实际出发,直接切题,尽量避免理论推导,辅以生产现场实例和大量例题以期引起浓厚学习兴趣,体现了高职教育的特点。本教材可作为高等职业学校技能型人才培养的教材,尤其适用于二年制高等职业教育。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 季明善主编. —北京: 高等教育出版社, 2005. 1 (2006 重印)

ISBN 7-04-015703-9

I. 机... II. 季... III. 机械设计 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. H122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 138432 号

策划编辑 赵 亮 责任编辑 胡 纯 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 王 莹 责任校对 王效珍 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 国防工业出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 28
字 数 680 000

版 次 2005 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 6 月第 3 次印刷
定 价 34.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 15703-00

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007 年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自 2001 年 10 月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才，这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”，为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变，与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。同时，我们的想法和做法还得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪也专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004 年 9 月

前 言

高等职业教育的培养目标是生产、经营、服务、管理第一线的技术技能型的高素质专门人才。为进一步提高高等职业教育的质量,必须改革原有的课程体系,形成新的课程体系;课程设置应按岗位群的能力确定,以综合性和模块化的课程代替原有分段式课程。为此,用“机械设计基础”代替“工程力学”、“机械原理”及“机械零件”等课程,可使教材内容更能体现综合性和应用性。

本教材的特点:

1. 本教材主要内容包括机械传动、刚体平衡计算、构件变形计算及机械零件设计等四部分,共14章,打破了原有的分段式体系,结合高等职业教育特色,以综合性和模块化组织教学内容,形成新的教材体系。

2. 本教材应用面广。考虑到目前高等职业教育生源的多元化、起点不一、立足于生产第一线的需要和动手能力的提高,本教材对必要的准备知识(如金属材料热处理常识、生产现场实例、典型零件和常用传动结构等)进行了大量的概括性介绍,供教师选用。

3. 本教材内容力求简明、扼要、新颖、实用,摒弃了以往侧重理论推导公式的做法,直接切题。为了缩减篇幅,从生产实际出发,引出问题,提高了学生的学习兴趣,体现了高等职业教育的特点。

4. 本教材对原有领域知识进行了大胆整合,并求前后连贯、够用为度、相互衔接,力求打破传统教材体系束缚,对现有知识体系合理性进行了有益的探索。

本教材原始讲义已在校使用两届,并对使用过程中发现的错误进行了修改。现作为高等职业教育二年制教材,任课教师可进行适当的增、删。带“*”符号章节为选学内容。教材选用国家最新标准和规范。

参加本书编写的有上海第二工业大学季明善(第一、三、十二、十三章),黄雨龙(第二、四、九章),王振华(第六、十章),贾立新(第七、八、十一章),李龙根(第五、十四章)。全书由季明善任主编,黄雨龙任副主编。

本书由上海交通大学机械设计及理论国家重点学科博士生导师金先龙教授主审,对提高本书质量、符合高职高专教学特色起到了重要作用,对此表示衷心感谢。对给予本书帮助,并付出辛勤劳动的企业人员邢燕伟、傅瑜诚致谢意。

由于编者水平有限,缺点在所难免,恳请使用本书的教师和读者给予批评、指正。

编 者

2004年9月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

绪论	1	* 第七章 动力学基本方程	138
第一章 机械传动基础知识	4	第一节 点的运动、速度和加速度 及实例	138
第一节 机械传动系统图和机构运动简图	4	第二节 刚体的运动、速度和加速度 及实例	143
第二节 平面机构的自由度	10	第三节 动力学基本方程及应用实例	147
第三节 静力学公理	15	习题	159
第四节 受力图	18	第八章 基本变形计算	162
习题	23	第一节 概述	162
第二章 螺旋机构和机械效率	27	第二节 拉伸和压缩	164
第一节 斜面机构和螺旋机构的特点 及应用	27	第三节 剪切和挤压	177
第二节 受力分析	31	第四节 扭转	184
习题	37	第五节 弯曲	199
第三章 齿轮传动机构	39	习题	221
第一节 渐开线特性和齿轮传动的分类	39	第九章 组合变形	233
第二节 圆柱齿轮传动机构	44	第一节 强度理论	233
第三节 圆锥齿轮传动机构	65	第二节 强度计算及实例	234
第四节 蜗杆传动机构	70	习题	245
第五节 行星齿轮传动机构	73	* 第十章 压杆稳定	248
习题	77	第一节 细长杆的临界力和临界应力	248
第四章 平面连杆机构	83	第二节 压杆稳定计算及实例	253
第一节 常用四杆机构的主要类型	83	习题	256
第二节 四杆机构的基本特性	87	第十一章 机械零件设计概述	258
第三节 四杆机构应用实例	88	第一节 机械零件的材料及热处理	258
习题	91	第二节 摩擦、磨损与润滑	265
第五章 其他传动机构	92	第三节 机械零件设计的基本准则	268
第一节 凸轮传动机构	92	习题	273
第二节 步进传动机构	96	第十二章 连接零件设计	274
第三节 挠性件传动机构	100	第一节 螺纹连接设计计算	274
习题	107	第二节 键连接设计计算	286
第六章 力系平衡计算	108	第三节 销连接设计计算	294
第一节 平面力系基本定理及应用实例	108	第四节 焊接设计	296
第二节 平面力系平衡计算	112	第五节 联轴器、离合器连接设计	300
第三节 空间力系基本公式及实例	120	第六节 弹簧设计	308
第四节 空间力系平衡计算	122	习题	318
习题	131		

第十三章 传动零件设计	322	第八节 步进机构的设计	398
第一节 圆柱齿轮传动设计计算	322	习题	399
第二节 圆锥齿轮传动设计	342	第十四章 轴系零件	403
第三节 蜗杆传动设计计算	349	第一节 轴的设计及计算	403
第四节 带传动设计计算	358	第二节 滑动轴承的设计计算	416
第五节 链传动设计	378	习题	433
第六节 平面四杆机构的设计	386	参考文献	436
第七节 凸轮机构设计	393		

绪 论

“机械设计基础”课程是一门培养学生具有一定工程技术分析能力和机械设计能力的技术基础课。本课程由机械传动、刚体平衡计算、构件变形计算和机械零件设计等内容组成。

本课程的研究对象是机械,机械是机器和机构的统称。机器的作用是实现能量转换或完成有用的机械功,或传递物料、信息。从运动角度分析,机器的主体是由原动机(提供机器做功的动力,如电动机、内燃机等)、工作机构(直接代替人的劳动,如车床上装有刀具的刀架)、传动装置(把原动机的运动和动力传递给工作机构)和操纵控制系统(一般机器采取机构操纵,自动化机器采用电子、电器、计算机控制技术)组成的。

图0-1表示卧式车床外形图。它的原动机是电动机,电动机安装在床身的左下面;工作部分包括主轴和溜板箱(刀架);传动装置包括带传动机构、圆柱齿轮传动机构、蜗杆传动机构、齿轮齿条传动机构和螺旋传动机构等;它们分别安装在主轴箱、进给箱和溜板箱内。

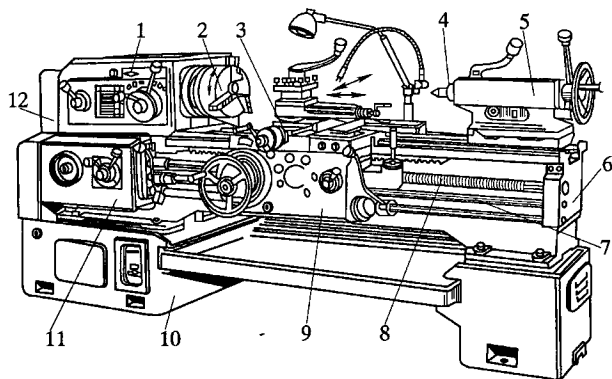


图0-1 卧式车床外形图

1—主轴箱; 2—卡盘(主轴); 3—刀架; 4—顶尖; 5—尾座;
6—床身; 7—光杠; 8—丝杠; 9—溜板箱; 10—床腿; 11—进给箱; 12—挂轮箱

图0-2表示立式加工中心外形图。它主要由控制介质、数控装置(数控柜)、伺服机构、机械手、刀库及机床本体等组成。操作面板的功用是根据加工要求对机床发出指令;数控装置的功用是接收操作面板所发出的指令后,作出判断;伺服机构的功用是按照数控装置的意图驱动加工中心刀具旋转运动和工作台纵横向移动;加工中心根据加工要求从刀库内选取刀具,通过机械手自动换装。

机器是由许多常用机构和零件组成。机构是由若干个具有确定相对运动的构件组合而成,用来传递并转换力和运动,实现运动形式或速度的变化。所谓构件是指机构的基本运动单元,它可以是单个零件,也可以是几个零件连接而成的运动单元。当变形可以忽略不计时,可近似地认为这种运动单元是不变形的,则称为刚体。由若干个刚体组成的系统称为刚体系统。刚体或刚体系

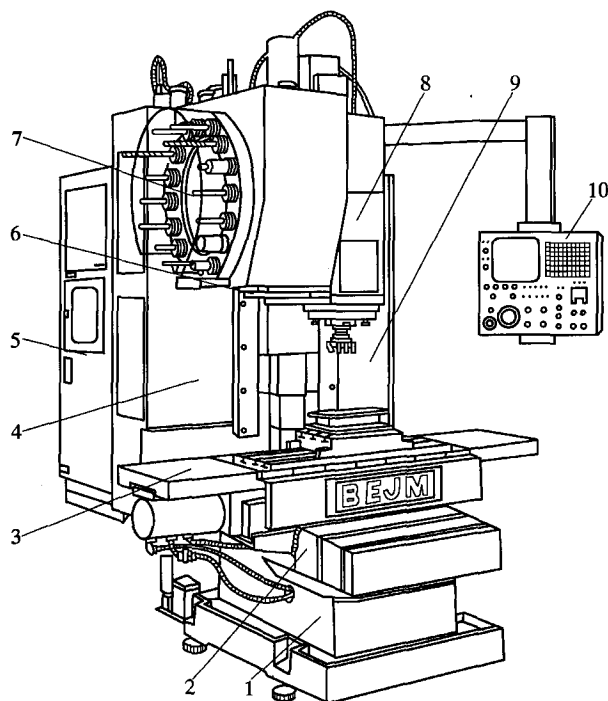


图 0-2 立式加工中心

- 1—床身；2—滑座；3—工作台；4—立柱；5—数控柜；6—机械手；
7—刀库；8—主轴箱；9—驱动电柜；10—操作面板

统都是对现实物体的科学抽象,使所讨论的问题得到简化。刚体或刚体系统的平衡问题,刚体的平动和绕定轴转动等理论力学知识就是建立在这个前提基础上的,当然由此而引导出来的种种结论,因为有了这个前提而带有局限性。

在实际工程问题上,一般地说,要求构件具有足够的强度、刚度和稳定性,研究构件的强度、刚度和稳定性时,要将制成各种构件的不同材料视为变形固体,根据其主要性质作某种假设:如材质的连续性、均匀性、各向同性等假设,将构件抽象为一种理想模型以便使构件变形计算简化。一般情况下,要求构件上可发生弹性变形,而不允许发生塑性变形。上述这些限制或理想化在学习相关章节内容时必须明确,以免造成理论和理解上的错乱。

各类机械中,经常使用的传动机构称为常用传动机构,如齿轮传动机构、凸轮传动机构、带传动机构等。

所有机器依据其复杂程度划分成一定数量的部件和零件。组成机器的基本单元称为零件。不同类型的机器经常采用的机械零件称为通用零件,如齿轮、轴、螺钉等。只适用于一定类型机器的机械零件称为专用零件,如曲轴、阀和活塞等。

生产的机械化和自动化,是实现四个现代化的重要措施之一,可以提高劳动生产率,降低生产成本,改进产品质量,改善劳动条件。加快机器的运转速度是提高劳动生产率的重要途径,也是现代机械设计的特点之一。提高机械效率,节约能源,这对解决我国能源供应问题有着十分重要的意义。

学习本课程过程中,要着重搞清基本概念,理解基本原理,掌握机构分析和设计的基本方法。使学生获得正确设计和改进零件的基础知识。要理论联系实际,深入工厂、车间,对各种机构和机器进行细微观察和分析,做到理论与实际的良好结合,努力钻研,勇于实践,不断创新。

第一章

机械传动基础知识

导学 看懂机械传动系统图和学会平面机构运动简图的绘制,这是本课程的入门基本功。机构是两个以上具有确定的相对运动的构件组合体。机构中各构件应如何组合,又在什么条件下才能具有确定的相对运动呢?这是本章研究的主要问题。

力系是指作用于刚体上的一组力。力系只有在一定条件下才能成为平衡力系。静力学是研究刚体在力系作用下平衡规律的科学。静力学研究的主要问题是力学的简化和建立刚体在各种力系作用下的平衡条件,并通过它对物体进行受力分析。学会受力分析,是本章重点之一。

第一节 机械传动系统图和机构运动简图

一、传动方式

在现代机器的传动装置中,主要使用四种传动方式:

1. 机械传动

它采用齿轮传动机构、摩擦轮传动机构、挠性件传动机构、凸轮传动机构、连杆传动机构、螺旋传动机构等。利用传动机构作为工作介质,以实现机器的原动机与工作机构之间转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

2. 液压传动

它采用液压元件,利用液体(油或水)作为工作介质,以压力和流量实现机器的原动机与工作机构之间转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

3. 气压传动

它采用气压元件,利用气体作为介质,以压力和流量实现机器的原动机与工作机构之间转速(速度)、转矩(力)或运动形式的传递。

4. 电气传动

它采用电气设备和电子元件,利用调整其电压、电流及控制波形等实现能量和控制的传递。

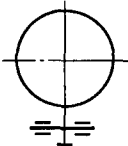
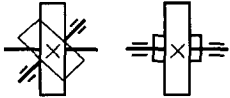
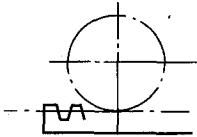
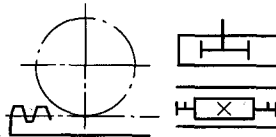
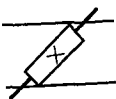
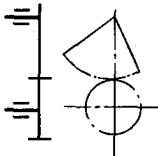
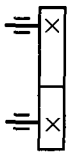
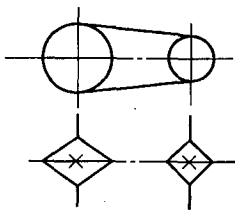
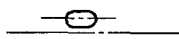
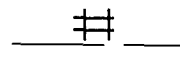
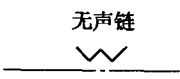
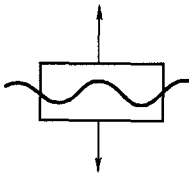
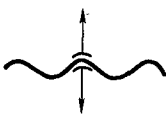
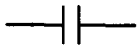
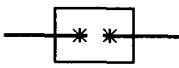
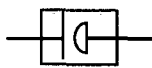
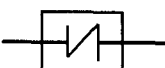
二、机械传动系统图

机械传动系统是通过常用机构和零件,将机器的原动机和工作机构连接起来的传动装置。它既反映转矩和运动的传递,又协调多个工作机构之间的运动关系。若用一些规定的图形符号,表达各机械传动装置的综合简图,称为机械传动系统图。常用机构、零件的图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 常用机构、零件图形符号

名 称	图 形 符 号
圆柱齿轮、轴(直齿或斜齿,固定、滑移或空套)	
人字齿轮、轴、轴承	
圆锥齿轮(直齿斜齿或弧齿)	
圆柱齿轮传动机构(外啮合或内啮合)非圆柱齿轮传动	
圆锥齿轮传动机构(准双曲面齿轮传动机构)	
圆柱蜗杆传动机构(球面蜗杆传动机构)	
带传动机构(若需指明传动带类型,可标上相应符号)	V 带 圆带 同步带 平带

续表

名 称	图 形 符 号
交错轴斜齿轮传动机构	 
齿轮齿条传动机构 (蜗杆与蜗线齿条、蜗杆与齿条)	  
扇形齿轮传动机构	 
链传动机构(若需指明传动链类型,可标上相应符号)	 环形链  滚子链  无声链 
螺旋传动机构(开合、整体或滚珠螺母)	    
联轴器(一般、固定、可移、弹性)	   

续表

名 称	图 形 符 号
离合器(啮合、摩擦、电磁;单向、双向)	
电动机(或装在机架上)制动器	

机械传动系统图的作用是表达机器内部的机械传动规律。它一般可绘制成平面展开图。机械传动系统图的识读方法:首先根据机器的工作要求找出传动系统的两端,即主动件和从动件;其次按照图形符号研究有哪些机构和零件,它们与轴之间连接的性质(固定、滑移或空套);最后分析整个机械传动的顺序。图 1-1 表示机械传动系统图,图中主动件是电动机,从动件是螺母,它们之间的传动装置有 V 带传动机构、圆柱齿轮传动机构、圆锥齿轮传动机构、蜗杆传动机构和螺旋传动机构,共 5 根轴。整个机械传动顺序是电动机的动力经小带轮(与轴为固定连接),V 带传到大带轮和轴 II,通过齿轮与轴 II 之间的固定连接,经一对圆柱齿轮啮合传到轴 III,一对圆锥齿轮啮合传到轴 IV,再经过一对蜗杆、蜗轮啮合传到丝杠轴 V,最后经螺旋传动使螺母产生轴向移动,达到传递运动和动力的目的。

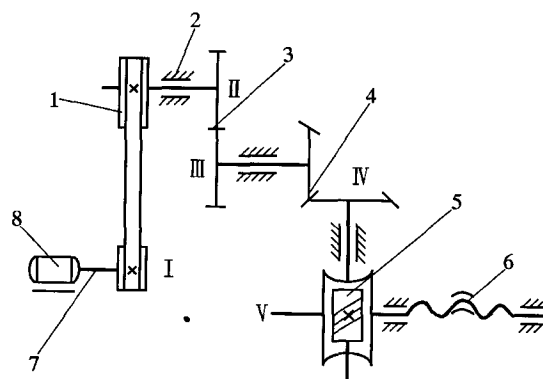


图 1-1 机械传动系统图

1—V 带传动; 2—轴承; 3—圆柱齿轮传动; 4—圆锥齿轮传动; 5—蜗杆传动;
6—螺旋传动; 7—轴; 8—电动机

图 1-2 表示车床主运动机械传动系统图。图中主动件是电动机,从动件是主轴,它们之间的传动装置有 V 带传动机构,三联齿轮(为滑动连接,能沿 II 轴线作轴向移动)、双联齿轮传动,共 5 根轴。整个机械传动顺序是:电动机的动力经 V 带传动到轴 I,通过轴 I 上 3 个固定齿轮分别与三联齿轮啮合,将动力传到轴 II,使其得到 3 种转速,再经两组双联齿轮分别与轴上固定齿轮啮合,动力传到轴 III 和轴 IV,使主轴产生转动,并得到 12 种转速。

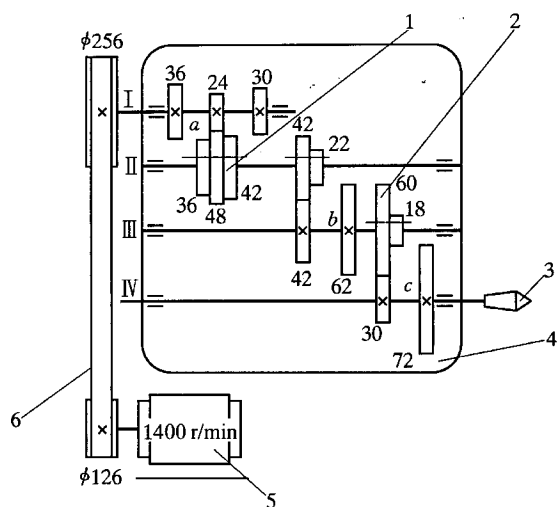


图 1-2 车床主运动机械传动系统图

1—三联滑移齿轮；2—双联滑移齿轮；3—主轴；4—主轴箱；5—电动机；6—V 带传动

三、平面机构运动简图

1. 运动副的表示方法

平面机构是指机构在运动过程中,各构件上每一点的轨迹都位于相互平行的平面上。为研究机构的运动规律、受力情况或设计新机构时,都需要首先画出运动简图。若用一些构件和运动副的规定符号(表 1-2),按比例表示各运动副相对位置的简图,称为平面机构运动简图。不按比例表示时称为机构示意图。运动副是指两构件直接接触,且能作相对运动的连接。若两构件之间作相对转动或摆动的连接则称为转动副;若作相对移动的连接,则称为移动副;若作线(点)接触运动的连接,则称为高副。

表 1-2 机构运动简图符号(摘自 GB/T 4460—1984)

名 称		简图符号	名 称		简图符号
构 件	轴、杆		机 架	机架	
	三副元素 构件			机架是转动 副的一部分	
	构件的永久 连接			机架是移动 副的一部分	

续表

名 称		简图符号	名 称		简图符号
平面低副	转动副		平面高副	外啮合	
	移动副			内啮合	
				凸轮副	

2. 绘制步骤

平面机构运动简图的绘制一般按下列步骤进行：

(1) 全面了解机构的组成、运动情况及运动副。

(2) 选择视图，一般选择与各构件运动平面相平行的面作为视图面。

(3) 画出机构示意图，测量各运动副之间相互位置的尺寸。

(4) 用构件及运动副的规定符号，选择适当的比例尺， $\mu_l = \frac{\text{构件实际尺寸(m)}}{\text{构件图样尺寸(mm)}}$ ，绘制机构运

动简图。

(5) 标上运动副代号、构件号，主动件上画出运动方向的箭头。

例 1-1 试绘制图 1-3a 所示牛头刨床主体运动机构的机构示意图。

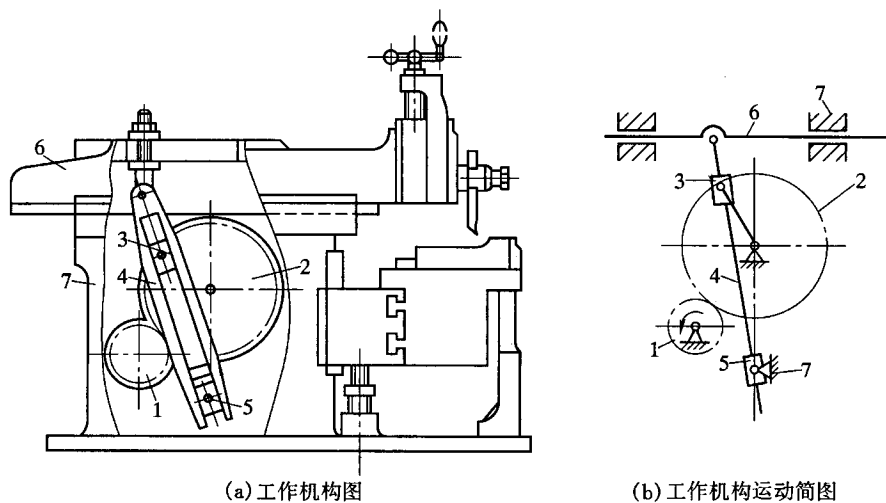


图 1-3 牛头刨床的主体运动机构

1、2—圆柱齿轮传动；3—滑块；4—导杆；5—摇块；6—滑枕；7—机架