



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

机械原理及机械设计实验指导

(上册)

JIXIE YUANLI JI JIXIE SHEJI SHIYAN ZHIDAO

主 编 朱振杰 毕文波

主 审 葛培琪



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

机械原理及机械设计实验指导 (上册)

JIXIE YUANLI JI JIXIE SHEJI SHIYAN ZHIDAO

主 编 朱振杰 毕文波

主 审 葛培琪



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书为教材《机械原理及机械设计实验指导》的上册,主要介绍了机械基本实验,包括十个实验:机械结构分析及运动简图测绘,渐开线齿轮齿廓范成加工原理,渐开线齿轮参数的测定,刚性转子动平衡,机构认知,机械零部件认知,受翻转力矩作用的螺栓组连接,带传动的滑动率和效率测定,轴系结构的分析、拼装与测绘,减速器的拆装和结构分析。为了便于使用,在每个实验后面附有完整的实验报告,学生做完实验后可直接在教材上完成实验报告。

本书可作为普通高等院校机械类、近机械类专业机械基础实验指导书,也可供有关教师和实验室工作人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理及机械设计实验指导(上册)/朱振杰 毕文波 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-5609-7609-9

I. 机… II. ①朱… ②毕… III. ①机构学-实验-高等学校-教学参考资料 ②机械设计-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①TH111-33 ②TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 271139 号

机械原理及机械设计实验指导(上册)

朱振杰 毕文波 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 勤

封面设计:潘 群

责任校对:张 琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉科利德印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:6.25 插页:2

字 数:157千字

版 次:2012年1月第1版第1次印刷

定 价:12.00元



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

国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材
编 委 会

丛书主编 吴昌林 华中科技大学

丛书编委 (按姓氏拼音顺序排列)

邓宗全	哈尔滨工业大学
葛培琪	山东大学
何玉林	重庆大学
黄 平	华南理工大学
孔建益	武汉科技大学
蒙艳玫	广西大学
芮执元	兰州理工大学
孙根正	西北工业大学
谭庆昌	吉林大学
唐任仲	浙江大学
王连弟	华中科技大学出版社
吴鹿鸣	西南交通大学
杨玉虎	天津大学
赵永生	燕山大学
朱如鹏	南京航空航天大学
竺志超	浙江理工大学

序

知识来源于实践,能力来自于实践,素质更需要在实践中养成,各种实践教学环节对于培养学生的实践能力和创新能力尤其重要。一个不争的事实是,在高校人才培养工作中,当前的实践教学环节非常薄弱,严重制约了教学质量的进一步提高。这引起了教育工作者、企业界人士乃至普通百姓的广泛关注。如何积极改革实践教学内容和方法,制订合理的实践教学方案,建立和完善实践教学体系,成为高等工程教育乃至全社会的一个重要课题。

有鉴于此,“教育振兴行动计划”和“质量工程”都将国家级实验教学示范中心建设作为其重要内容之一。自2005年起,教育部启动国家级实验教学示范中心评选工作,拟通过示范中心实验教学的改进,辐射我国2000多万在校大学生,带动学生动手实践能力的提高。至今已建成219个国家级实验教学示范中心,涵盖16个学科,成果显著。机械学科至今也已建成14个国家级实验教学示范中心。应该说,机械类国家级实验教学示范中心建设是颇具成果的:各中心积极进行自身建设,软硬件水平都是国内机械实验教学的最高水平;积极带动所在省或区域各级机械实验教学中心建设,发挥辐射作用;成立国家级实验教学示范中心联席会机械学科组,利用这一平台,中心间交流与合作更加频繁,力争在示范辐射作用方面形成合力。

尽管如此,应该看到,作为实践教学的一个重要组成部分,实验教学依然还很薄弱,在政策、环境、人员、设备等方方面面还面临着许多困难,提高实验教学水平进而改变目前实践教学薄弱的现状,还有很多工作要做,国家级实验教学示范中心责无旁贷。近年来,高校实验教学的硬件设备都有较大的改善。与之相对应的是,实验教学在软的方面还亟待提高。就机械类实验教学而言,改进实验教学体系、开发创新性实

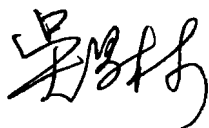
验教学项目、加大实验教材建设这三点就成为当务之急。实验教学体系与理论教学体系相辅相成,但与理论教学体系随着形势发展不断调整相比,现有机电实验教学体系还相对滞后,实验项目还缺少设计性、创新性和综合性实验,实验教材也比较匮乏。

华中科技大学出版社在国家级实验教学示范中心联席会机械学科组的指导下,邀请机械类国家级实验教学示范中心,交流各中心实验教学改革经验和教材建设计划,确定编写这套《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》,是一件非常有意义的事情,顺应了机械类实验教学形势的发展,可谓正当其时。其意义不仅在实验教材的编写出版满足了本校实验教学的需要。更因为经过多年的积累,各机械类国家级实验教学示范中心已开发出不少创新性实验教学项目,将其写入教材,既满足本校实验教学的需要,又展示了各中心创新性实验教学项目开发成果,更为我国机械类实验教学开发提供借鉴和参考,体现了示范中心的辐射作用。

国内目前机械类实验教学体系尚未形成统一的模式,基于目前情况,“普通高等院校机械类‘十一五’规划实验教材”提出以下出版思路:各国家级实验教学示范中心依据自身的实验教学体系,编写本中心的实验系列教材,构成一个子系列,各子系列教材再汇聚成《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书。以体现百花齐放,全面、集中地反映各机械类国家级实验教学示范中心的实验教学体系。此举对于国内机械类实验教学体系的形成,无疑将是非常有益的探索。

感谢参与和支持这批实验教材建设的专家们,也感谢出版这批实验教材的华中科技大学出版社的有关同志。我深信,这批实验教材必将在我国机械类实验教学发展中发挥巨大的作用,并占据其应有的地位。

国家级实验教学示范中心联席会机械学科组组长
《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书主编



2008年9月

前 言

为了适应 21 世纪经济与社会发展对人才培养的要求,教育部启动了新世纪高等教育改革工程,加强了实验室建设和项目改造并制定了《高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》(以下简称《建设标准》),旨在全面贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量若干意见》文件精神,进一步从宏观上指导高等学校基础课实验室建设,推进实验教学改革。在高等学校建设一批具有辐射、示范作用的高层次基础课实验教学示范中心,有利于提高基础课实验室建设、管理和实验教学改革水平,为高等学校培养适应新世纪国家经济建设与社会发展需要的高素质创新性人才创造条件。

根据《建设标准》关于实验教材内容既要体现基础性又要具有先进性,既要体现课程内涵又要反映新技术、新方法、新设备的现代实验技术和手段的要求,我们根据《建设标准》规定的实验项目,本着全面培养学生的实验技能、综合分析和解决问题的能力,使学生具有创新精神和实践能力原则编写了《机械原理及机械设计实验指导》一书。

《机械原理及机械设计实验指导》分为上、下两册,可供不同专业选用。上册为机械基本实验,包括十个实验:机械结构分析及运动简图测绘,渐开线齿轮齿廓范成加工原理,渐开线齿轮参数的测定,刚性转子动平衡,机构认知,机械零部件认知,受翻转转矩作用的螺栓组连接,带传动的滑动率和效率测定,轴系结构的分析、拼装与测绘,减速器的拆装和结构分析。下册为提高及研究创新型实验,包括九个实验:机构运动参数测试,液体动力润滑径向轴承的油膜压力测定,润滑油黏度及黏温特性的测定,机械系统创意组合搭接,机械传动及其系统认知,机械传动性能综合测试,机械创新设计认知,机构组合创新设计,机械系统传动方案设计及结构分析。

为了便于使用,本教材在每个实验后面附有实验报告,学生可以在本书上直接完成实验报告。

本书为教材《机械原理及机械设计实验指导》上册,主编为朱振杰、毕文波,参加本书编写的有朱振杰(实验一、二、七、八、十)、毕文波(实验三、四、五、六)和马征(实验九)。全书由葛培琪教授主审。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,殷切希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

编 者
2011 年 8 月

目 录

实验一	机械结构分析及运动简图测绘.....	(1)
实验二	渐开线齿轮齿廓范成加工原理.....	(8)
实验三	渐开线齿轮参数的测定	(18)
实验四	刚性转子动平衡	(25)
实验五	机构认知	(35)
实验六	机械零部件认知	(48)
实验七	受翻转力矩作用的螺栓组连接	(55)
实验八	带传动的滑动率和效率测定	(64)
实验九	轴系结构的分析、拼装与测绘.....	(75)
实验十	减速器的拆装和结构分析	(83)
参考文献		(91)

实验一

机械结构分析及运动简图测绘

一、概述

我们在对机构进行分析和设计时,常常撇开构件的实际外形、运动副的具体结构和组成构件的零件数目等与运动无关的因素,而用简单的线条和规定的符号代表构件和运动副,并按一定比例表示各运动副的相对位置和构件尺寸,这种用来表明机构各构件相对运动关系的简单图形称为机构运动简图。机构运动简图可以简明地表达一部机器的传动原理,是工程技术人员进行机构设计、分析和交流的工具,工科学生应当加强机构运动简图测绘的训练。

二、实验目的

- (1) 了解所研究机构的实际应用及运动变换功能。
- (2) 掌握机构运动简图的测绘方法。
- (3) 掌握机构自由度的计算并判定机构运动是否确定。

三、实验设备和工具

- (1) 缝纫机头。
- (2) 多种机构模型。

四、机械结构分析及运动简图的测绘方法

这里用一个具体实例加以说明。图 1-1 所示为一回转变导杆机构,要求分析其结构特点,绘出运动简图并计算机构自由度。

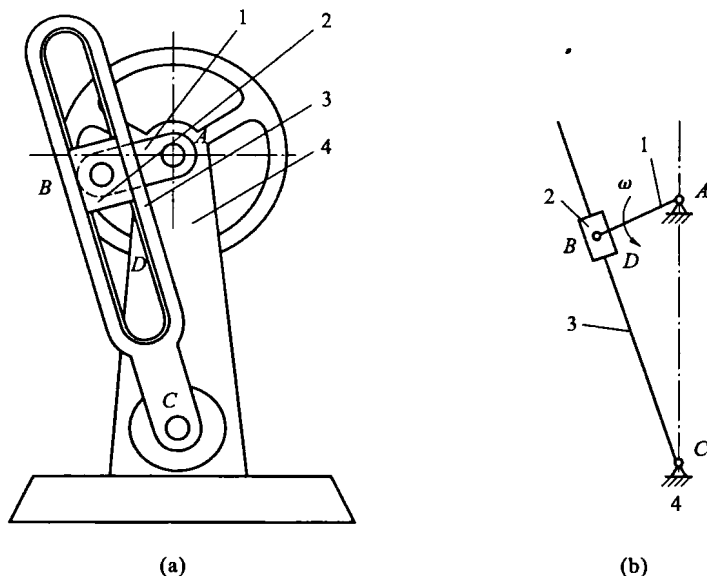


图 1-1 回转导杆机构

1—连杆;2—滑块;3—导杆;4—机架;5—手轮

1. 数清构件数目

转动手轮使机器或机构缓慢运动,从主动件开始仔细观察构件的运动,确定构件的数目并分清哪些是活动构件,哪些是固定构件,给构件编号。如在本导杆机构中:1 表示连杆;2 表示滑块;3 表示导杆;4 表示机架;5 表示手轮。

2. 判断各构件间运动副的性质

反复转动手轮,可以清楚地看到:

(1)构件 1(连杆)与构件 4(机架)的相对运动是绕轴 A 的转动,故构件 1 与构件 4 组成以轴 A 为中心的回转副 A;

(2)构件 1(连杆)与构件 2(滑块)绕滑块上的销轴 B 相对转动,故构件 1 与构件 2 组成以销轴 B 为中心的回转副 B;

(3)构件 2(滑块)与构件 3(导杆)沿导杆方向作相对移动,故构件 2 与构件 3 组成移动副 D;

(4)构件 3(导杆)与构件 4(机架)的相对运动,是绕轴 C 的转动,故构件 3 与构件 4 组成以轴 C 为中心的回转副 C。

3. 长度比例尺及投影面的选择

(1)根据机器构件的实际长度尺寸选择适当的长度比例尺 μ_l :

$$\mu_l = \frac{\text{构件的实际长度}}{\text{图纸上画出的长度}} \left(\frac{\text{m}}{\text{mm}} \right) \quad (1-1)$$

(2)选择适当的投影面:

一般选择能清楚地表明运动副形式和构件间相对运动关系的运动平面为投影面。

4. 画出机构运动简图

(1)选择机构运动时某一位置,按照所量得的尺寸画出各回转副的轴心位置和移动副的导路方向。

(2)由机架和主动件开始,按运动传动顺序,用规定的符号依次画出各运动副(其中机架加画斜线表示),并用英文字母 A、B……分别标出各运动副。

(3)用线条连接相应的转动副,依次将各构件用阿拉伯数字 1、2……标注。

组成转动副的两构件不管其实际形状如何,都用两转动副之间的连线来代表。例如:AB 代表构件 1,BC 代表构件 3。

(4)标明原动件(用箭头标出其运动方向)。

图 1-1(b)即为回转导杆机构的机构运动简图。

5. 计算机构自由度

$$\text{平面机构自由度} \quad F=3n-2P_L-P_H \quad (1-2)$$

式中: n ——活动构件数;

P_L ——低副数;

P_H ——高副数。

如在前面的回转导杆机构中:

$n=3$ (构件 1、2、3 是活动构件);

$P_L=4$ (共 4 个低副,转动副 A、B、C 和移动副 D);

$P_H=0$ 。

代入公式,得

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 4-0=1$$

6. 校对计算结果

根据计算结果 $F=1$,实例中给出一个原动件(手轮),当其转动时,可观察到机构各构件的运动是确定的,因此计算结果符合实际情况。

五、实验内容

本次实验要求完成如下任务。

(1) 选择一个实际机构(教学模型),按步骤绘出机构运动简图,并计算机构自由度。

(2) 绘制缝纫机中各机构的运动简图,并计算机构自由度。

图 1-2 所示为一种工业用缝纫机机头的简图,机头主要由以下 4 个部分组成。

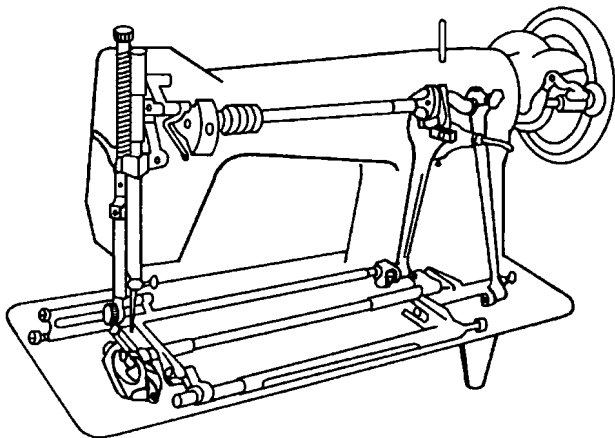


图 1-2 缝纫机机头简图

① 引线机构 缝纫机的引线机构如图 1-3 所示,工作时面线经挑线杆等穿入机针针孔中,针杆上下运动,带动机针面线一起刺穿布料。运动传递路线:当主轴转动时,带着轴端偏心轮转动,偏心轮带着小连杆运动,小连杆带动针杆和机针上下运动。

② 挑线机构 在缝纫过程中,挑线机构(见图 1-4)完成的动作是使挑线杆上下运动,其任务是供应、收紧面线和底线。运动传递路线:主轴转动,带动轴端偏心轮转动,偏心轮带动挑线杆上下运动。

③ 摆梭机构 摆梭机构(见图 1-5)的原动件是上轴曲轴,当上轴旋转时,上轴曲轴即带着大连杆作平面复杂运动。此时,大连杆带动摆轴叉,摆轴叉拨动滑块,滑块带动下轴,在下轴轴端装有摆梭托,摆梭托在 $205^{\circ} \sim 210^{\circ}$ 之间作弧形往复摆动。

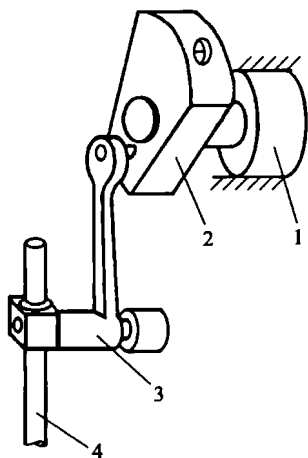


图 1-3 引线机头简图

1—主轴;2—偏心轮;3—小连杆;4—针杆

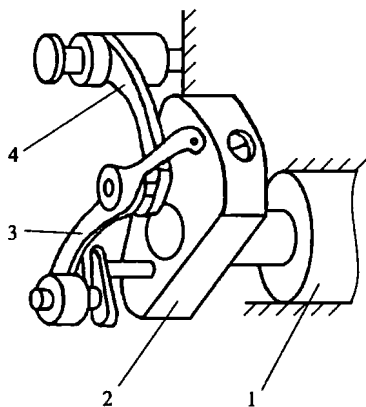


图 1-4 挑线机构

1—主轴;2—偏心轮;3—挑线杆;4—支撑杆

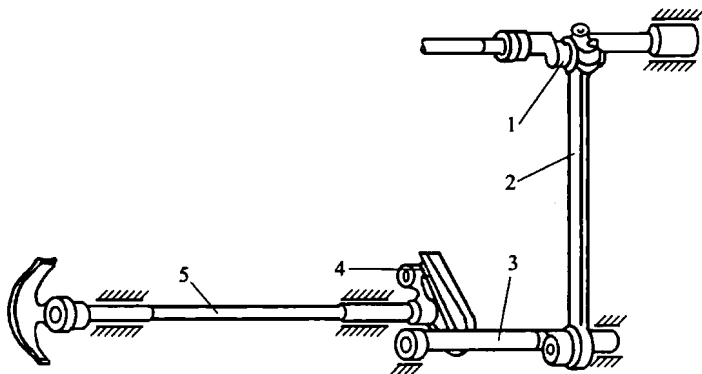


图 1-5 摆梭机构

1—上轴曲轴;2—大连杆;3—摆梭叉;4—滑块;5—下轴

④ 送布机构(本实验不要求画该机构的运动简图)

注:在绘制缝纫机各机构运动简图时,由于测量工具的限制,可以不按精确比例绘制,只按大致相对位置关系,表达清楚机构的运动特征,即只需绘制机构示意图。

机械结构分析及运动简图测绘实验报告

专业_____ 班级_____ 姓名_____ 实验时间_____

一、实验目的

二、实验设备和工具

三、预习作业

1. 什么是机构运动简图?
2. 在绘制机构运动简图时,长度比例尺及投影面怎样选择?

长度比例尺: $\mu_l =$

投影面的选择方法:

3. 机构具有确定运动的条件是什么?

4. 什么是复合铰链、局部自由度、虚约束? 在计算机构自由度时,如何处理?

四、实验结果

1. 机构 1

机构 1 的名称:

长度比例尺:

机构自由度计算:

是否有确定的运动:

机构运动简图:

2. 机构 2

机构 2 的名称:

长度比例尺:

机构自由度计算:

是否有确定的运动:

机构运动简图:

3. 机构 3

机构 3 的名称:

长度比例尺:

机构自由度计算:

是否有确定的运动:

机构运动简图:

4. 机构 4

机构 4 的名称:

长度比例尺:

机构自由度计算:

是否有确定的运动:

机构运动简图:

实验二

渐开线齿轮齿廓范成加工原理

一、概述

范成加工是利用一对齿轮(或齿轮与齿条)相互啮合时,其共轭齿廓互为包络线的原理来加工齿轮的。在一对渐开线齿轮中,若把其中一个齿轮(或齿条)制成具备切削能力的刀具(另一齿轮为尚未切齿的齿轮毛坯),用刀具加工齿轮时,毛坯与刀具按固定的传动比作对滚切削运动,就可以切出与刀具共轭的具有渐开线齿廓的齿轮。

用范成法原理进行切齿加工的主要方法及刀具如下所述。

1. 插齿

1) 齿轮插刀

插齿加工相当于把一对互相啮合的齿轮中的一个齿轮磨制出有前、后角、形成切削刃的齿轮插刀,另一齿轮为齿轮毛坯,齿轮插刀的模数和压力角与需加工得到的齿轮相同。插齿时,插刀与毛坯像一对齿轮传动那样,以一定传动比转动,同时插刀沿轮坯轴线的平行方向作上下往复切削运动。轮齿的齿廓是刀刃在切削运动中所占据的一系列位置的包络线。为了切出全齿高,插刀还有沿轮坯的径向进给运动,同时,插刀返回时,轮坯还应有让刀运动,以避免刀刃碰伤齿面。

齿轮插刀多用来加工内齿轮、双联或多联型齿轮上的小齿轮(见图 2-1)。

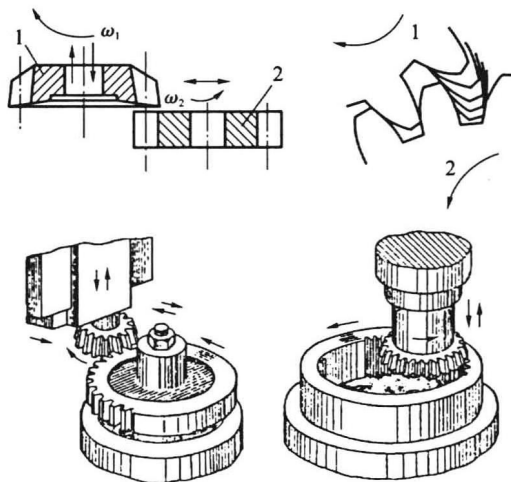


图 2-1 齿轮插刀切齿

1—齿轮插刀;2—齿轮毛坯

2) 齿条插刀

当齿轮的基圆直径趋于无穷大时,它的齿形由渐开线变成斜直线,此时齿轮成为具有直线齿廓的齿条。若将齿条磨出刀刃来做成齿条插刀,并且顶部比传动用的齿条高出 c^*m (以便切出传动时的径向间隙),强行让这把齿条插刀与一个齿轮毛坯按一定的传动比传动,这就是齿条插刀加工齿轮的范成运动情况。在实际加工中,齿条插刀还要作上、下往复的切削运动,这样,齿条刀具刀刃的一系列直线轮廓即包络出齿轮的渐开线齿形。

2. 滚齿

齿条插刀虽然能够加工齿轮,但使用起来有一定的局限性,所加工齿轮的直径较大时,受到刀具长度的限制而难以加工。所以,目前广泛采用滚齿法加工直、斜齿轮。滚齿用的齿轮滚刀形状似螺旋,如图 2-2 所示。在螺旋体的圆周上开有若干条垂直于螺旋线的纵向斜槽,从而在与螺旋线相截的切面上形成切削刀。对于阿基米德滚刀,其轴向截面为标准齿条,其模数和压力角与被加工齿轮相同。加工时滚刀绕自身轴线转动,相当于齿条的连续移动,轮坯则按与齿条相啮合时的一定速度关系转动,就像齿轮与齿条啮合一样,按这样的范成运动,在轮坯上切出渐开线齿廓。滚刀除旋转外,还沿轮坯作轴向进给运动,以便切出整个齿宽。

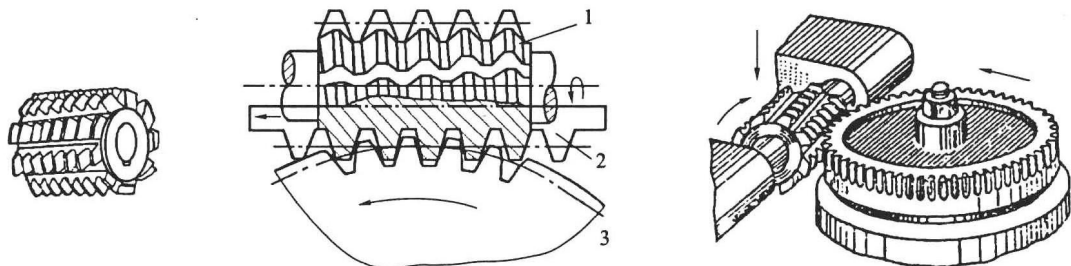


图 2-2 滚刀切齿

1—滚刀;2—假想齿条;3—轮坯

在工厂实际加工齿轮时,通常无法清楚地看到刀刃包络的过程。在本次实验中,用齿轮范成仪来模拟齿条刀具与轮坯的范成加工过程,将刀具刀刃在切削时曾占有的各个位置的投影用铅笔线记录在绘图纸上。齿轮的渐开线齿形是参加切削的刀具的一系列连续位置的刃痕线组合,并不是一条光滑的曲线,而是由许多折线组成的。尽量让折线细密一些,可使齿廓更光滑。因此,在这个实验中,能够清楚地观察到齿轮范成的全过程和最终加工出的完整齿形。

二、实验目的

- (1) 掌握用范成法加工渐开线齿轮齿廓的基本原理。
- (2) 熟悉渐开线齿廓的基本特征,掌握齿轮各部分的名称及基本尺寸的计算。
- (3) 了解渐开线齿轮产生根切的现象及利用变位来避免根切的方法。
- (4) 分析、比较标准齿轮和变位齿轮的异同。