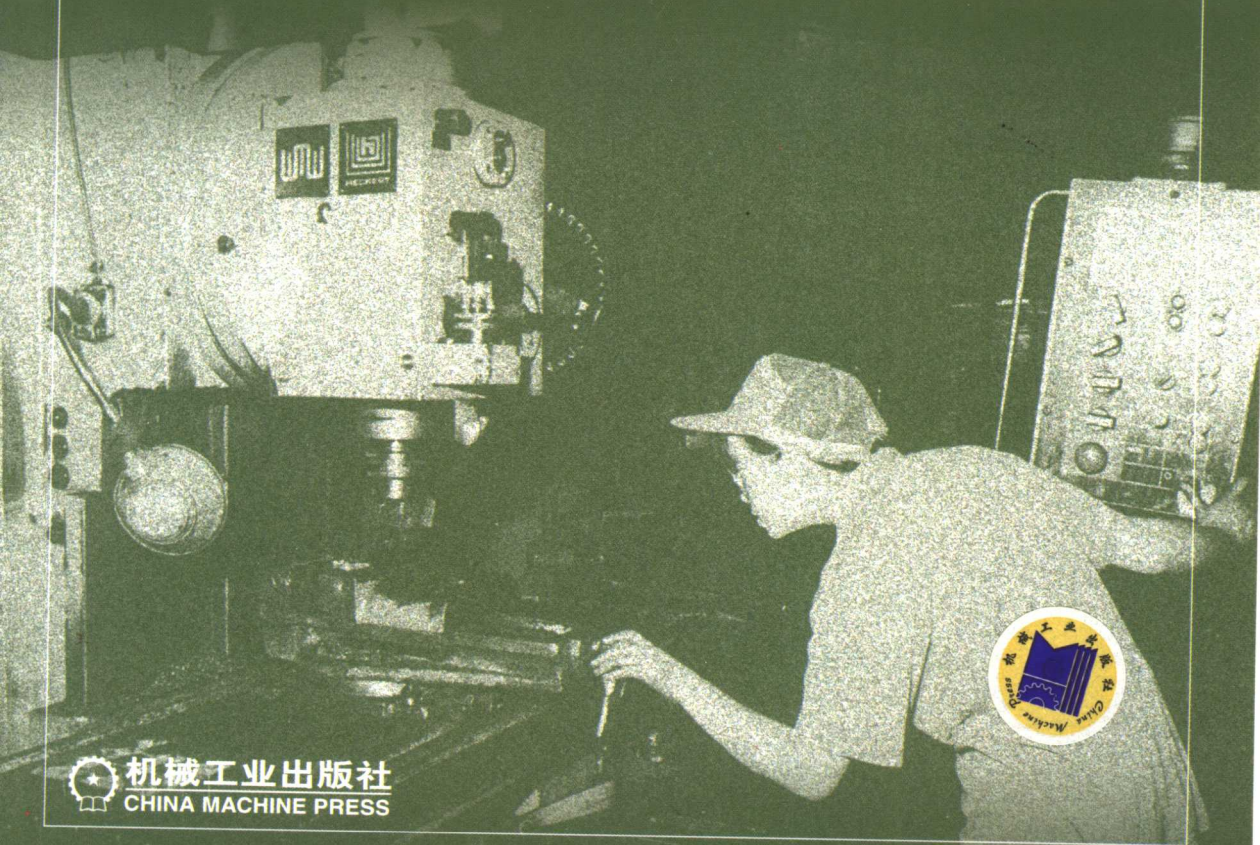


刨工操作 技术与窍门

何建民 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



刨工操作技术与窍门

何建民 编著



机械工业出版社

本书介绍了刨床和插床、刨刀和插刀以及夹具等工艺系统的工作原理和合理使用;比较全面地叙述了外直线表面(平面、斜面、螺旋斜面、连接面、正多边形等)、沟槽类工件(直角沟槽、斜形沟槽、键槽、多齿齿槽、等分槽、油槽、特种沟槽、花键等)、内外凸凹曲线,以及齿轮类工件的刨削和检验方法;最后,叙述了在插床上加工各种工件的操作技能。在介绍这些内容时,一方面讲述常规性技术,另一方面又突出了工艺窍门、操作关键和要点提示,还适当穿插进一些技术创新等方面的内容,并对典型工件的加工示例和提高生产率方面的改进措施,都尽量给以启发和引导,意在使读者在掌握操作技能的基础上,能进一步开发和探索新技术、新工艺,把刨削技术不断推向新水平。

本书理论联系实际,实用性强。本书适用于初、中、高级不同级别的刨工阅读,也可供一般技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

刨工操作技术与窍门/何建民编著. —北京:机械工业出版社, 2006.4

ISBN 7-111-18376-2

I. 刨... II. 何... III. 刨削—基本知识 IV. TG55

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第003092号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:曲彩云 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006年3月第1版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·8.75印张·337千字

0 001—4 000册

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线:(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着机械制造业的迅速发展,也对生产第一线工人的技术水平提出越来越高的要求。一个新型技工,不仅实际操作需要熟练,还要掌握基本理论和相关知识,具有分析解决实际问题的能力和善于探索创新。为了满足读者在理论和实践应用上的需要,我们编写了这套丛书,它共有4个分册:《铣工操作技术与窍门》、《车工操作技术与窍门》、《钳工操作技术与窍门》、《刨工操作技术与窍门》。

书中融汇了金属切削原理、工艺系统(机床、刀具、夹具)原理及其应用、各种工件的加工方法和计算、高效率切削、机床的扩大使用和多种形式应用等知识为一体,以典型工件的操作要点、技术关键、工艺窍门与加工经验,以及技术创新改造方面的内容为主线,理论联系实际,追求内容新颖和技术进步。编写目的在于使读者掌握职业技能,丰富知识内涵,进一步提高操作水平和生产率,并力求引导读者的创新思维。

当前,不少机械加工企业,特别是中、小机械厂、乡及乡以上的金属制品企业,在实际工作中,尤其在大批量加工条件下,往往显得设备不完善、不配套和机床精度低等不足。为了解决这方面难题,多是采用改造机床设备和创新工艺,以及改进刀具与夹具的办法,利用通用机床来代替专用机床,挖掘设备潜力,提高了机床的利用率和使用效能。考虑到基层生产者在这方面的实际需要,本套丛书都有针对性地列举出不少范例,其意图也正是引导读者能够举一反三,从中受到启发,领悟和找到工作经验及技术窍门,结合自己的工作特点,提出解决问题的方案,用普通机床保质保量地加工出合乎要求的产品。

编写中,本着实用和实效的原则,注重了内容充实和拓宽读者的知识面。我们期望这套丛书能对读者有一定的帮助。

由于水平有限,书中难免有不妥之处甚至错误的地方,真诚希望广大读者给以批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 刨床和插床 1

第一节 刨削类机床及其传动系统 1

- 一、常用刨削类机床 1
- 二、常用刨削类机床传动系统 4
- 三、刨削类机床型号组成和基本编制方法 13

第二节 刨床应用装置的改进 17

- 一、牛头刨床自动进刀装置 17
- 二、牛头刨床自动抬刀方法 19
- 三、刨床安全防护装置 22

第三节 刨削类机床地基和地脚螺栓 22

- 一、刨削类机床地脚螺栓 23
- 二、刨床地基基础的维修 24

第四节 刨床的调整和故障判断 25

- 一、刨床常见故障的调整 25
- 二、从刨床运转声音中判断故障情况 28

第二章 刨刀和刨削原理 29

第一节 刨刀切削原理 29

- 一、刨刀上的刀头 29
- 二、选择刨刀角度的基本原则 33
- 三、常用刨刀材料及其性能 36
- 四、刨刀的结构形式 40
- 五、刨刀的刃磨和研磨 43

六、硬质合金刀片为什么会产生

- 裂纹 45

第二节 刨削工作原理 46

- 一、切屑是怎样形成的 46
- 二、刀头上产生积屑瘤及其预防 47
- 三、刨削中的切削力 49

第三节 切削用量及其选择 52

- 一、切削用量和基本计算 52
- 二、切削用量的选择原则 53

第三章 工件的定位安装和刨床夹具 55

第一节 工件是怎样装在夹具内的 55

- 一、刨床上装夹工件的基本形式 55
- 二、装夹工件中的定位和找正工作 66

第二节 怎样使用压板装夹工件 70

- 一、压板结构形式 70
- 二、支承垫铁的结构形式 70
- 三、使用压板装夹工件的注意事项 75

第三节 大批量加工中使用的夹具 77

- 一、加工板类和矩形工件使用的专用夹具 77
- 二、大批量加工圆柱类工件时使用的专用夹具 79
- 三、大批量加工异形或不规则工件

时使用的专用夹具	79	一、普通沟槽刨削方法	141
第四章 外直线表面的刨削	83	二、键槽刨削方法	144
第一节 刨削外直线表面使用的		三、刨削孔内键槽	148
刨刀	83	第二节 特种沟槽类工件的刨	
一、硬质合金整体式刨刀	83	削	151
二、机械夹固式刨刀	86	一、刨削 V 形槽、T 形槽和燕尾	
三、宽刃精刨刀	90	槽	151
四、加工非铁（有色）金属材料使		二、工件平面上刨削多齿齿槽	156
用的刨刀	93	三、等分槽工件的刨削	159
五、精刨刀具的安装	93	四、刨孔内直线油槽	162
第二节 平面的刨削	95	五、刨圆孔内斜形沟槽	162
一、刨平面中的操作要点	95	第三节 刨床上加工矩形外花	
二、刨平面中常出现的问题及解决		键	163
方法	98	一、外花键及其规格尺寸	163
三、平面检测方法	100	二、刨床上加工矩形外花键	165
第三节 刨削斜面镶条和螺旋斜		第四节 沟槽和键槽的检测	166
面	102	一、沟槽宽度的检测	166
一、斜度的计算	102	二、沟槽深度的检测	167
二、刨削普通斜面	103	三、键槽对称度的检测	167
三、刨削镶条类工件	108	第六章 刨削曲线类工件	170
四、螺旋斜面的刨削	113	第一节 凸曲线表面的刨削	170
五、斜面工件角度的检测	114	一、刨普通凸曲线表面	170
第四节 刨削连接面	117	二、刨圆柱形中间带翼的凸圆	
一、垂直面刨削方法	117	弧面	175
二、台阶刨削方法	123	三、刨圆形中间带翼的凸圆弧	
第五节 正多边形的刨削	125	面	178
一、正多边形各部尺寸计算	125	四、刨筒形工件端面上螺旋形	
二、正多边形工件加工方法	130	凸面	180
第六节 提高刨削效率的主要途		第二节 凹曲线表面的刨削	181
径	134	一、成形刨刀法刨凹曲线工件	181
一、缩减基本时间	134	二、靠模法加工凹曲线工件	181
二、缩短辅助时间	138	三、绕中心（或支点）旋转刨凹	
第五章 沟槽类工件的刨削	141	圆弧面	183
第一节 刨削普通直角沟槽类工		第三节 工件平面上刨凹曲	
件	141	线	186
		第四节 曲线类工件检验方	

法	188	一、插床的运动特点	233
一、透光法直接检测曲线表面	188	二、插刀和插刀杆	234
二、专用装置检测弧形面	188	第二节 普通工件的插削	238
三、圆弧尺寸的测量和计算	188	一、插削外直线表面	238
四、圆弧曲率半径的间接检测和 计算	190	二、插削楔形槽齿纹	238
第七章 齿轮和齿条的刨削	192	三、插削内多边形工件	238
第一节 齿轮的齿形和圆柱齿 轮各部尺寸计算	192	四、插削孔内键槽	239
一、渐开线齿形及其性质	192	五、插削矩形内花键	243
二、齿轮的原始齿廓和参数	193	六、插床上加工孔内油槽	244
三、直齿圆柱齿轮各部尺寸计 算	195	七、插削孔内螺旋槽	245
第二节 刨床上加工直齿圆柱 齿轮	196	八、插床上加工内外圆弧表 面	248
一、怎样在刨床上加工直齿圆柱 齿轮	196	第三节 齿轮类工件的插 削	252
二、装夹工件中的操作要点	203	一、插削直齿圆柱齿轮	252
第三节 刨床上加工齿条	205	二、插削扇形齿轮	256
一、齿条各部尺寸计算	205	三、插床上加工齿条	257
二、刨齿条使用的成形刨刀	207	附录	258
三、齿条工件的安装	207	附录 A 极限与配合基本知 识	258
四、刨齿条中控制齿距的方法	208	一、公差的概念	258
五、刨削大模数齿条	210	二、两种配合制度	260
六、刨削斜齿条	211	三、公差表及其查表方法	262
第四节 牛头刨床上加工直 齿锥齿轮	211	四、间隙和过盈的计算	263
一、直齿锥齿轮各部尺寸计算	212	附录 B 形状公差和位置公差 基本知识	264
二、仿形法刨削直齿锥齿轮	214	一、基本概念	264
三、展成法刨削直齿锥齿轮	219	二、形位公差及其在图样上的标注 方法	264
第五节 齿轮和齿条的检测	223	三、刨工常用到的形位公差	266
一、齿轮的检测	223	附录 C 表面粗糙度常识	269
二、齿条的检测	230	一、表面粗糙度的符号和代表 意义	269
第八章 插床和插削	233	二、表面粗糙度的评定	269
第一节 插床和插刀	233	三、表面粗糙度检验方法	271

第一章 刨床和插床

刨床和插床两者很相似，所以，刨床的工作原理、加工内容、刨刀及其切削原理、刨床夹具和工件的安装与定位，以及各种工件切削方法等，在插床上工作时都可以借鉴和选用。

第一节 刨削类机床及其传动系统

一、常用刨削类机床

常用刨削类机床包括牛头刨床、龙门刨床和插床等。

1. 牛头刨床和龙门刨床简介

刨床是刨削工件的机床。在刨床上，使用不同类型的刨刀可以进行平面、垂直面、倾斜面、角度面、阶台、曲线表面、普通沟槽、特种沟槽（燕尾槽、V形槽、T形槽）、成形表面，以及齿条和低精度大模数齿轮等工件的加工，如图 1-1 所示。

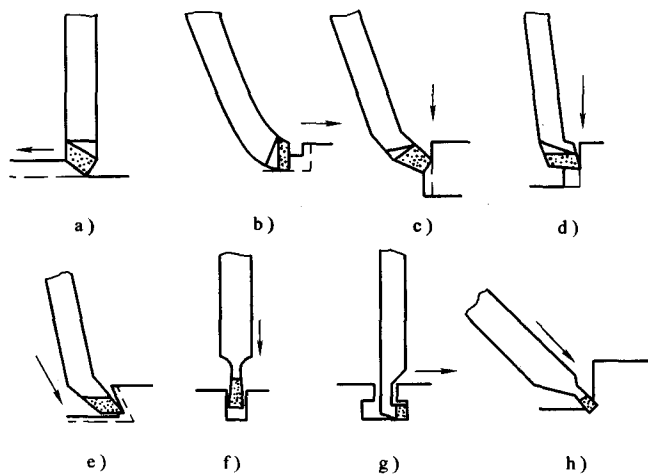


图 1-1 刨床工作范围

- a) 刨平面 b) 刨垂直面 c) 刨侧面 d) 刨阶台
e) 刨燕尾槽 f) 切断 g) 刨 T 形槽 h) 刨槽

牛头刨床（图 1-2）多用于刨削长度不超过 1m 的中小型工件。它完成刨削

工作有 3 个基本运动，即主运动、进给运动和辅助运动。刨削时，滑枕带着刀架上的刨刀作直线往复运动，这是主运动。滑枕前进时刨刀对工件进行切削，而滑枕返回时刨刀不切削工件；被切削工件装夹在工作台上，通过进给机构使工作台在横梁上作间歇式直线移动，这是进给运动。牛头刨床的辅助运动是横梁连同工作台沿床身垂直导轨作上下升降和刀架带动刨刀作上下垂直移动。刀架可偏转一定的角度，以完成角度类工件的刨削。

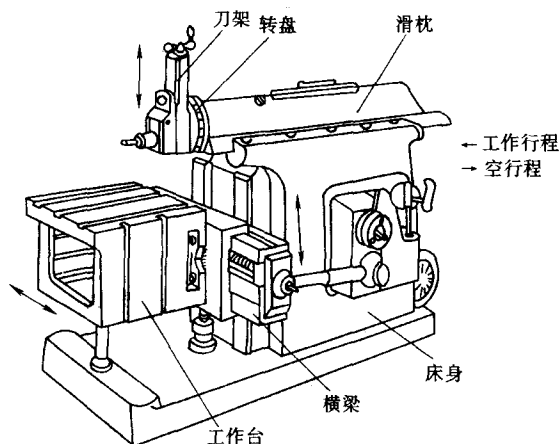


图 1-2 牛头刨床

龙门刨床（图 1-3）的工作情况与牛头刨床不一样，它以工作台的直线往复移动为主

运动，而刨刀的间歇式进刀移动是进给运动。由于龙门刨床工作台的刚性好，所以，被加工工件的重量不受限制，它可以承受大重量和大尺寸工件，也可在工作台上依次装夹数个工件同时进行加工。

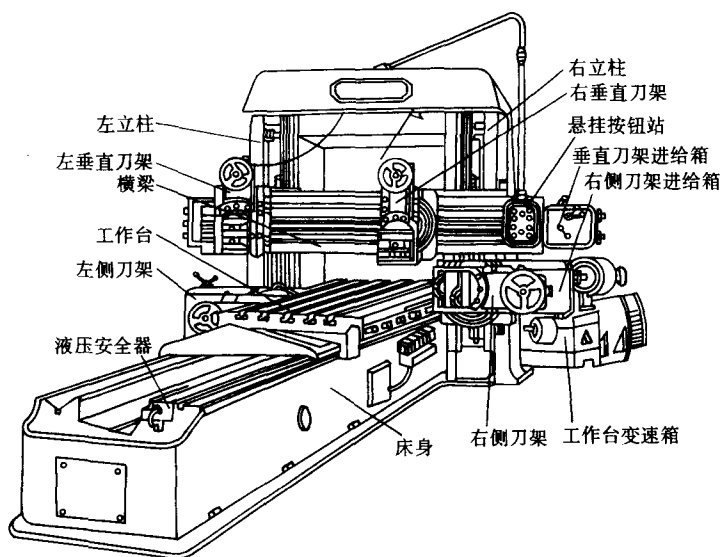


图 1-3 龙门刨床

2. 牛头刨床的传动特点

牛头刨床的最大传动特点就是采用了曲柄摇杆机构，它的作用是将电动机传至大斜齿圆柱齿轮的旋转运动，转变成滑枕的往复直线运动。图 1-4 所示是 B6050 型牛头刨床的曲柄摇杆机构，它主要由一对传动比 $i = 1$ 的直齿锥齿轮、大斜齿圆柱齿轮（图中大齿轮）、行程长度调节螺杆、偏心滑块螺母、摇杆和上、下滑块等组成。当大斜齿圆柱齿轮带动偏心滑动螺母顺时针方向做等速转动时，装在曲柄销上的摇杆上滑块在摇杆的导槽中上下滑动，并带动摇杆做左右往复摆动。由于摇杆的上端用叉形块与滑枕相连接（图 1-4a），所以，当摇杆摆动时，就带动滑枕做往复直线运动，并且，大斜齿圆柱齿轮每转一转，滑枕就往复运动一次。调整滑枕的行程长度（即滑枕的运动长度）时，只要改变偏心滑块螺母的位置即可，这样，就改变了大斜齿圆柱齿轮与偏心滑块螺母回转中心的偏心距。这个偏心距越大，滑枕的运动长度越大，反之则越小。

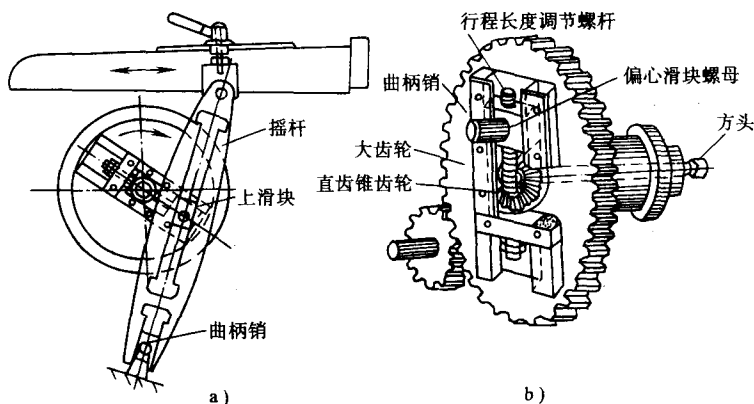


图 1-4 曲柄摇杆机构在刨床上的应用

a) 曲柄摇杆机构与滑枕相连接 b) 曲柄摇杆机构

还需要提出的是，当大斜齿圆柱齿轮做等速旋转时，滑枕的往复速度是不相等的，刨床滑枕的回程速度要比工作（前进）行程速度快，就是说刨刀返回时总比前进时的速度快。这是因为滑枕向前进时，大斜齿圆柱齿轮转过的角度为 α （图 1-5b），而回程时，大斜齿圆柱齿轮转过的角度为 β ，因为大斜齿圆柱齿轮始终是等速旋转的，所以， α 角总是大于 β 角，滑枕的回程速度也就大于工作行程速度。刨刀在工作行程中进行切削，而回程不切削，以减少辅助时间，提高加工效率。

3. 插床简介

插床不同于插齿机，这是两种完全不同的机床，插床（图 1-6）和牛头刨床同属一个类别。插床的滑枕是沿垂直于水平面方向做上下直线往复运动，插床的工作台除了做纵向和横向的进给运动外，还可做回转运动，以完成圆弧形表

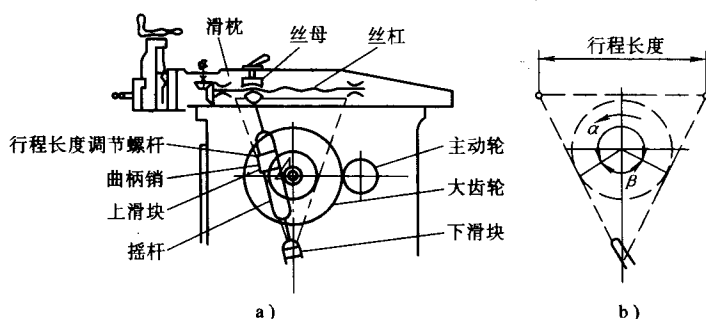


图 1-5 滑枕回程速度大于工作行程速度原理

a) 刨床曲柄摇杆机构 b) 滑枕工作行程和回程中不同转角

面的加工。插床主要用于在刨床上难以加工的内外表面或槽类（如孔内键槽等）工件。

二、常用刨削类机床传动系统

1. B6050 型牛头刨床传动系统

在刨床中，B6050 型牛头刨床目前应用较为广泛。其传动系统由主运动、工作台进给运动和工作台快速移动 3 个部分组成，如图 1-7 所示。

(1) 主运动 牛头刨床的主运动为滑枕的直线往复运动。图中，电动机的转动经一对传动比为 $\phi 95/\phi 362$ 的 V 带传动给轴 I。当制动器 F 松开，轴 I 上的摩擦离合器 M 向左移动时，使内、外摩擦片压紧，空套在轴 I 上的三联齿轮随轴 I 一起转动，并将运动传给轴 II 左边的三联滑移齿轮。利用三联滑移齿轮移动的不同位置，可使轴 II 得到 3 种不同的转速。

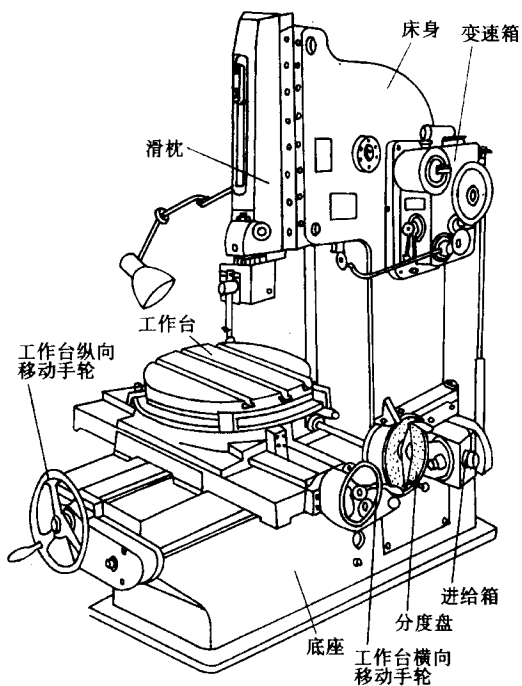


图 1-6 插床

其传动比分别为 25/53、48/30 及 52/26。此运动经轴 II 右边的三联滑移齿轮传给轴 III，与轴 III 上的固定三联齿轮啮合，其传动比分别为 40/40、23/57 及 31/49。这样，通过轴 II 的每一种转速，轴 III 又可获得 3 种不同转速。此时，当轴 I

只有一种转速，通过两组三联滑移齿轮分别移至不同位置，轴Ⅲ可以获得 $3 \times 3 = 9$ 种不同的转速。再由轴Ⅲ左端 $z = 23$ 的斜齿圆柱齿轮传给轴Ⅳ上 $z = 115$ 的大斜齿圆柱齿轮，最后经曲柄摇杆机构，带动滑枕做往复直线运动。当大斜齿圆柱齿轮每旋转一周，滑枕就往复移动一次。

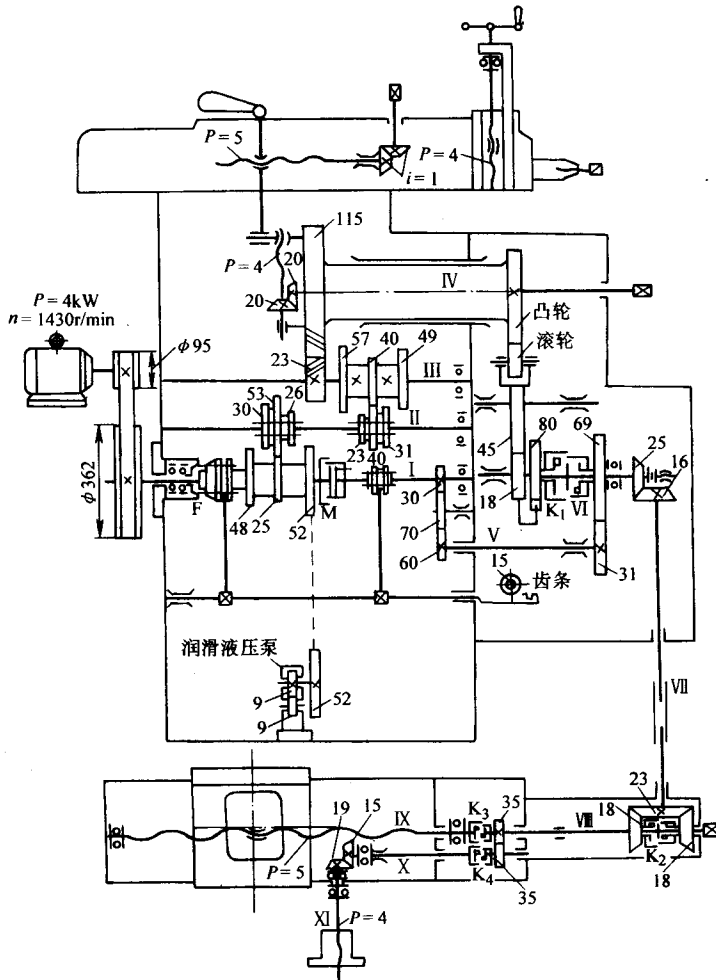


图 1-7 B6050 型牛头刨床传动系统

(2) 工作台进给运动 牛头刨床的进给运动是滑枕回程时，在刨刀尚未再次切入工件之前的瞬间来完成的。牛头刨床滑枕每往复一次，工作台（工件）在横梁上水平移动一个直线距离称横向进给。图 1-7 中，固定在大斜齿圆柱齿轮套筒轴Ⅳ上的凸轮随大斜齿圆柱齿轮转动时，通过滚轮，使一对扇形齿轮（ $z = 45$

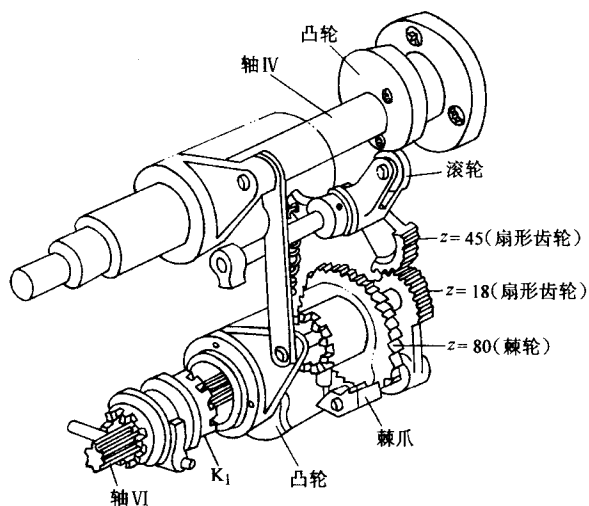


图 1-8 B6050 型牛头刨床进给机构

及 $z = 18$) 作往复摆动 (进给运动的传动机构见图 1-8), 并传给棘轮机构。当齿形啮合器 K_1 向左移动时, 空套在轴 VI 上的棘轮, 通过齿形离合器 K_1 带动轴 VI 转动, 经越程安全机构使传动比 $i = 25/16$ 的一对锥齿轮带动可伸缩轴 VII, 并使变向机构锥齿轮转动。离合器 K_2 向左或向右移动时, 轴 VIII 得到两种不同旋转方向。当操纵轴 IX 上的齿形离合器 K_3 , 使之向右移动时, 通过螺杆 ($P = 5\text{mm}$), 使工作台产生左右方向的横向自动进给; 但操纵轴 X 上的齿形离合器 K_4 , 使之右移时, 经一对锥齿轮传动 ($i = 15/19$), 通过螺杆 ($P = 4\text{mm}$) 工作台获得垂直方向的自动进给。

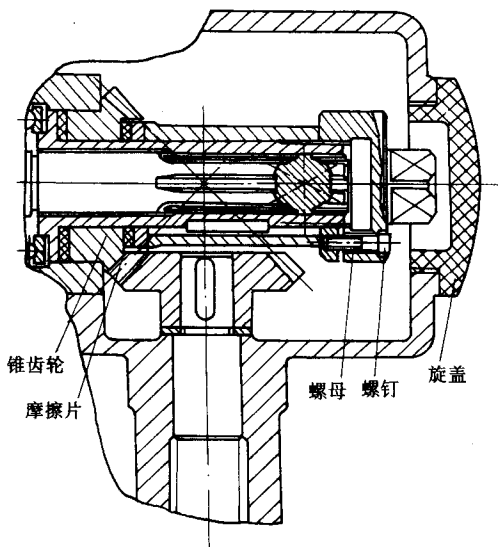


图 1-9 B6050 型牛头刨床工作台越程安全机构

图 1-9 所示是 B6050 型牛头刨床工作台的越程安全机构, 它安装在图 1-7 中轴 VI 的右端。在正常情况下, 摩擦片与锥齿轮侧面上的摩擦盘是相互贴紧的, 靠两结合面的摩擦力将机床动力传递给进给机构。当操作不慎, 使进给运动超过工作台的最大行程范

围, 或者在切削过载情况下, 摩擦片与摩擦盘之间会自行打滑, 使进给运动停止。

若摩擦片与摩擦盘间的接触不严密, 就会在正常进给过程中出现不规则的断续打滑现象, 这将影响加工, 使切削表面粗糙, 这时, 应进行调整。调整时先将旋盖打开, 并旋松螺钉, 然后, 根据摩擦片和摩擦盘间接触的松紧程度, 使用扳手转动螺母, 直至进给机构能正常工作为止。调整时应注意不能使摩擦盘压得过紧, 以防止不起越程安全作用。调整后, 仍将螺钉旋紧和装上旋盖。

(3) 工作台快速移动 为了缩短空走刀的辅助时间和减轻劳动强度, 在刨削完毕后, 工作台需要快速返回, 或者在调整工作台与刨刀的相对位置时, 为了使工件尽快地接近刨刀, 都需要使工作台移动得快一些, 这时可操纵快速移动手柄。

图 1-7 和图 1-8 中, 在通常情况下, 轴 VI 上的齿形离合器 K_1 由于受弹簧 (图中未画出) 力的作用下, 保持棘轮和棘爪相啮合, 当工作台需要快速移动时, 操纵快速移动手柄, 齿形离合器 K_1 向右移动, 位于轴 I 右端 $z = 30$ 的齿轮, 经 $z = 70$ 的中间齿轮和 $z = 60$ 的齿轮, 将动力传给 V 轴上 $z = 31$ 的齿轮和 VI 轴上 $z = 69$ 的齿轮, 使轴 VI 转动 (这时, 传动路线不再经过棘轮机构), 通过锥齿轮 $z = 25$ 和锥齿轮 $z = 16$, 而带动轴 VII 转动, 以下的传动路线均与常速进给时相同。这样, 就可使工作台进行横向或垂直方向的快速移动。在工作台快速移动过程中, 操作者始终扳着快速移动手柄, 当松开快速移动手柄, 齿形离合器 K_1 在弹簧力作用下, 棘轮与棘爪相啮合, 进给系统又恢复原来状态, 工作台的快速移动停止。

2. B2012A 型龙门刨床传动系统

在龙门刨床中, B2012A 型龙门刨床应用较为广泛。它适用于加工大、中型工件, 并可安装铣头或磨头, 进行铣削或磨削加工。

(1) 主运动 龙门刨床的主运动是工作台的直线往复运动。B2012A 型龙门刨床主运动是采用直流发电机—电动机组的传动, 采用调解直流电动机的电压来调节电动机的转速 (简称调压调速), 以及两级齿轮变速的机电联合调速方法。

图 1-10 中, 直流电动机 ($n = 100 \sim 1000 \text{r/min}$) 经弹性联轴器传动联接轴 1, 扳动变速箱手柄, 使双向内齿离合器左移, 经传动比 $i = 23/126$ 齿轮副传动, 使工作台在低速挡 ($n = 6 \sim 60 \text{m/min}$) 移动; 若离合器右移, 则经传动比 $i = 32/118$ 齿轮副传动, 使工作台移动在高速挡 ($n = 9 \sim 90 \text{m/min}$)。

工作台前进或后退的速度调整, 以及左、右侧刀架, 左、右垂直刀架, 润滑和照明等多项控制, 均集中在电气柜操纵台 (图 1-11) 上用旋钮操纵, 以实现工作台在较大范围内无级调节和往复直线运动的循环动作。

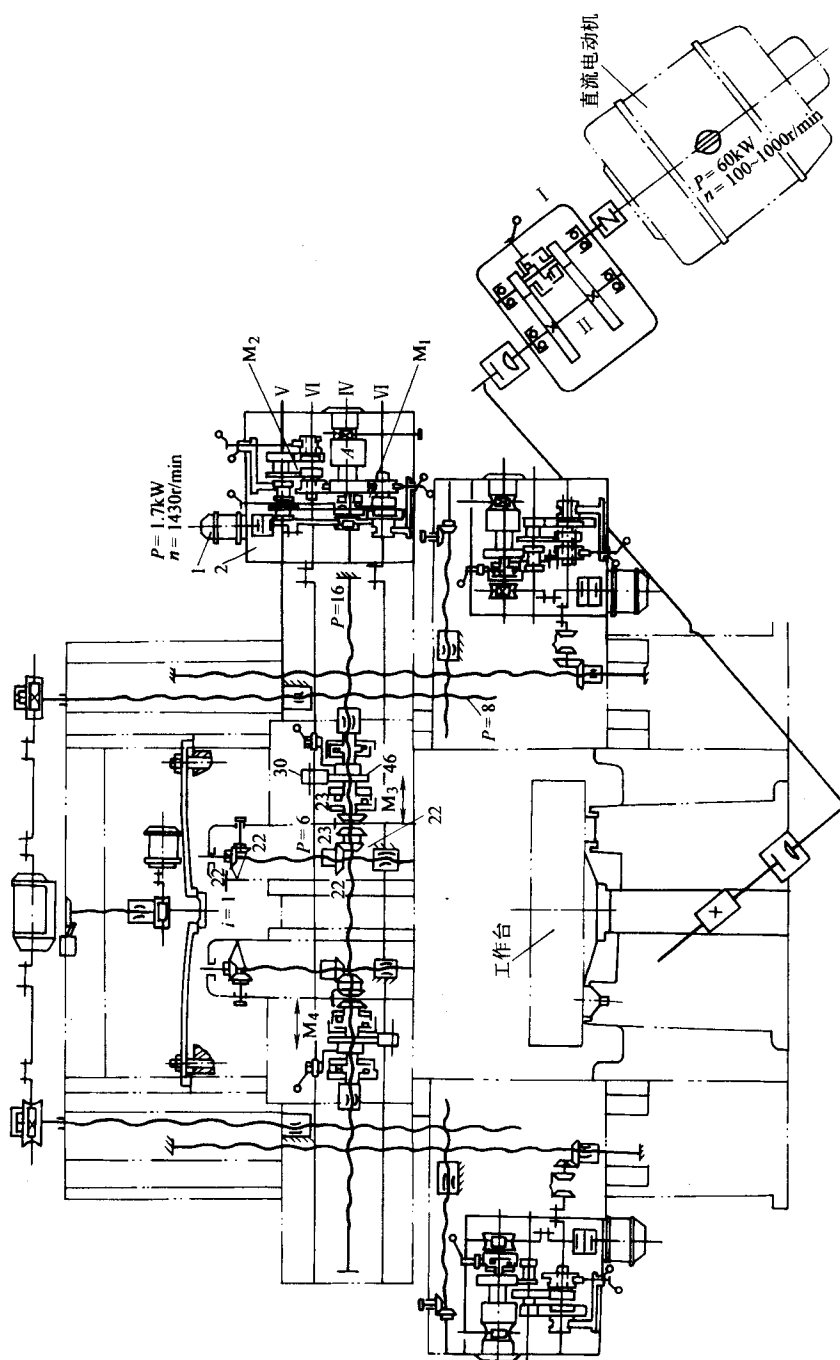


图 1-10 B2012A 型龙门刨床传动系统

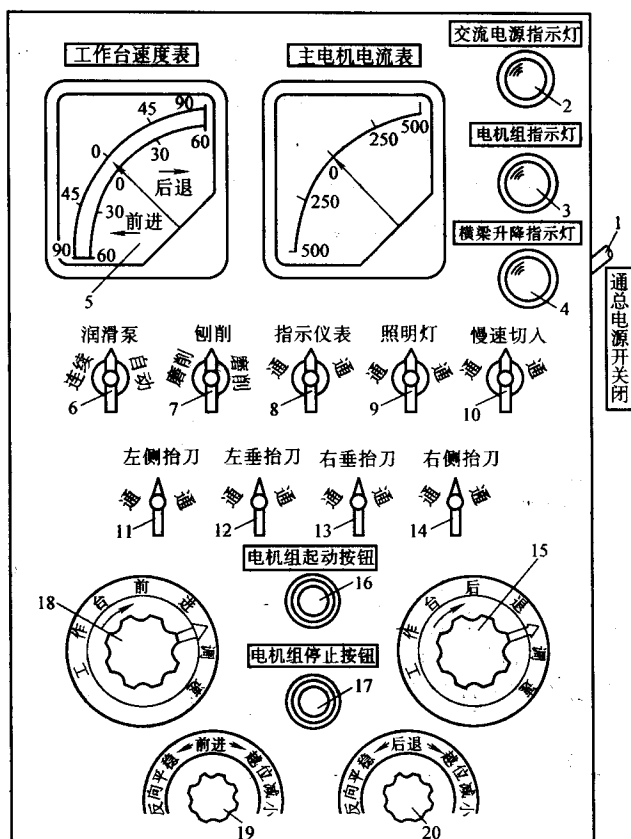


图 1-11 龙门刨床电气柜操纵台

- 1—总电源开关 2—交流电源指示灯 3—电机组指示灯 4—横梁升降指示灯
5—工作台速度表 6—润滑泵开关 7—刨削、磨削开关 8—指示仪表开关
9—照明开关 10—慢速切入开关 11、12、13、14—刀架的抬刀开关
15、18—工作台行程调速手轮 16—电机组启动按钮 17—电机组停止按钮
19、20—调整工作台反向速度的手轮

(2) 刀架进给运动 龙门刨床上有 4 个刀架，即两个垂直刀架和两个侧刀架，它们可以根据加工需要在 $\pm 60^\circ$ 范围内扳至任意角度。垂直刀架安装在横梁上，可以实现上下和水平方向的自动进给及快速移动；两个侧刀架分别安装在两个立柱上，可以实现上下自动进给及快速移动。刨削工件的刨刀就装夹在刀架上。

安装在立柱上的二个侧刀架水平进给时采用手动，而两个侧刀架垂直进给和横梁上的两个垂直刀架在水平、垂直进给时，均由进给电动机驱动（两个垂

直刀架合用一个, 两个侧刀架各用一个), 刀架可作快速移动, 也可作机动进给。

1) 垂直刀架的快速移动 图 1-12 中, 电动机通过离心式摩擦离合器及联轴器与轴Ⅲ相连接。当齿式离合器 M_1 接合时, 运动由传动比 $i = 1/20$ 的蜗杆蜗轮副传给轴Ⅳ上 $z = 90$ 的齿轮, 经齿轮副 $90/42$ 、 $26/52$ 及 $22/55$ 传给轴Ⅵ, 上光杆得到低速转动; 当轴Ⅵ上的离合器 M_2 左移, 与 $z = 26$ 的齿轮结合时, 运动直接由内齿轮啮合传到轴Ⅵ, 上光杆得到高速转动。

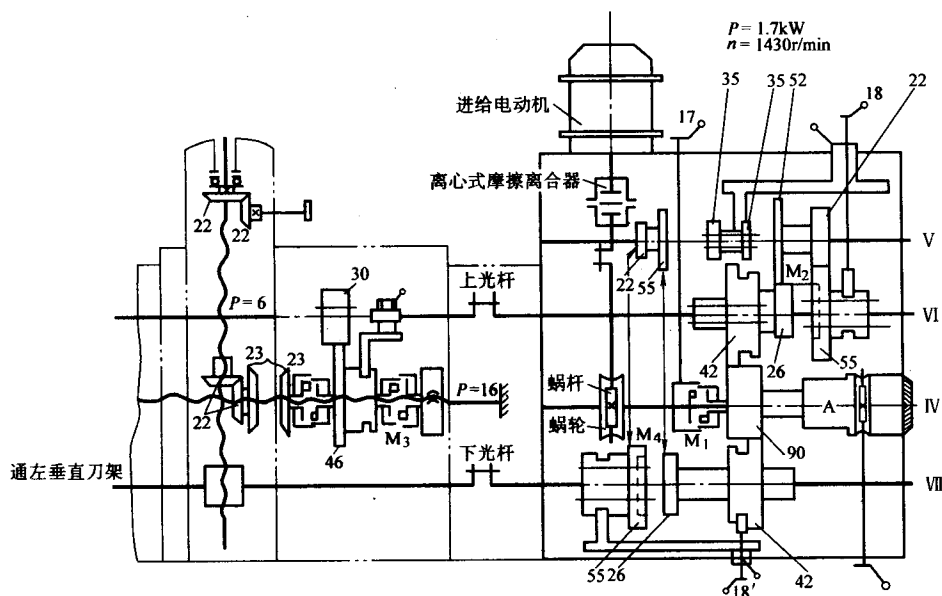


图 1-12 B2012A 型龙门刨床垂直刀架进给箱传动系统

上光杆的传动 (低速或高速转动) 经传动副 $30/46$, 当 M_3 右移时, 通过蜗杆螺母副 ($p = 16\text{mm}$) 使刀架产生水平移动 (低速或高速); 当 M_3 左移时, 经锥齿轮副 $23/23$ 及 $22/22$, 通过蜗杆螺母副 ($p = 6\text{mm}$) 使刀架垂直移动 (低速或高速)。

当轴Ⅵ上 $z = 42$ 的齿轮在空套齿轮 ($z = 26$) 轴套上向左移动后, 与轴Ⅴ上的双联齿轮啮合, 运动由 $90/35$ 及 $35/42$ 使 $z = 26$ 的齿轮反转, 从而使垂直刀架在水平及垂直方向可以得到反向移动。

由此可见, 垂直刀架的水平 and 垂直移动, 可以实现高速、低速、正向或反向。