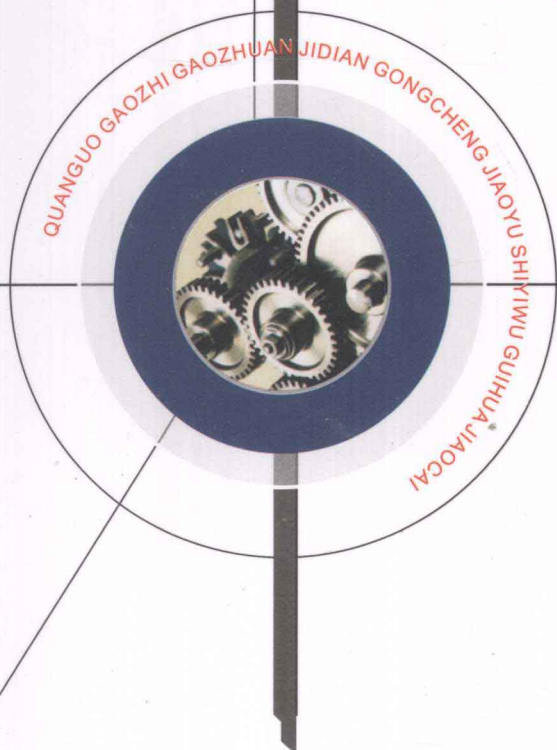




全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材



机电工程系列

金属切削机床

主编 张 君 张立娟

西北工业大学出版社

全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材
教育部高职高专机电设备技术类教学指导委员会精品课教材

金属切削机床

主 编 张 君 张立娟



西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 本书共分5个课题,课题1和课题2全面介绍了普通车床、磨床、齿轮加工机床及其他常见的通用机床(铣床、钻床、镗床、刨床和拉床)等典型机床的传动与结构;课题3在介绍数控机床的工作原理、性能指标的基础上,分别介绍了数控车床、数控铣床、加工中心、数控机床的辅助装置,并对数控机床主传动系统、进给传动系统、自动换刀系统及位置检测装置等典型结构进行了系统的介绍;课题4介绍了特种加工机床的原理、特点、应用等;课题5介绍了数控机床的使用、安装调试及保养维修。每个课题配有思考与练习,以帮助学习者及时全面地掌握学习内容。

本书适合高等职业技术学院和高等专科学校机械类专业、机电类专业、数控专业及其他非机电类专业作为金属切削机床课程的教材,也可作为成人高等教育相关专业的教学用书,同时供从事相关专业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削机床/张君,张立娟主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.5
ISBN 978-7-5612-2752-7

I. ①金… II. ①张…②张… III. ①金属切削—机床 IV. ①TG502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 035560 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号

邮政编码:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西兴平报社印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm

1/16

印 张:14.375

字 数:348 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版

2010 年 5 月第 1 次印刷

定 价:33.00 元

前 言

本书以满足高等职业教育人才培养为基本宗旨,以金属切削机床的基本知识为起点,在阐述数控机床基本原理的基础上,分别详尽地介绍了各种数控机床的结构与功能,总结分析了数控机床的典型结构,并对数控机床的使用、安装调试以及保养维修等方面的常识进行了系统而全面的介绍,以帮助学习者从原理、结构、使用与维护等方面系统地了解与熟悉数控机床。本书内容丰富详实,图文并茂,通俗易懂。

在本书的编写过程中,我们始终注重把握高职教育的特点,以适度够用为原则设计教学内容,力求贴近生产,使教材内容适应生产的现状和发展的需要,力争使教材具有鲜明的思想性、先进性、启发性、应用性和科学性,突出职业教育的特色,以适应培养应用型人才的需要。

在编写过程中,力求作到:

- (1)贯彻“少而精”的原则,突出重点,以点带面;
- (2)注重基本知识、基本理论的阐述,注重理论联系实际,重点放在对技能型人才的能力培养上;
- (3)适当反映机床领域的新成就。

本书由平顶山工业职业技术学院的张君、张立娟主编,平顶山工业职业技术学院的闫巧枝任副主编。参加编写的还有平顶山工业职业技术学院王岗岭、刘东晓,河南平宝煤业有限公司董双喜。全书由张君统稿。

在编写过程中参考和利用了许多文献资料,我们谨向这些文献资料的编著者和支持编写工作的单位表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中不妥之处在所难免,望广大读者在使用本教材时给予关注,多提宝贵意见和建议。

编 者

2009 年 11 月

目 录

课题1 普通车床	1
1.1 CA6140 型卧式车床	1
1.2 其他车床介绍	21
思考与练习	24
课题2 其他类型机床	25
2.1 磨床	25
2.2 滚齿机	36
2.3 铣床	49
2.4 钻床	52
2.5 镗床	54
2.6 刨床和拉床	57
思考与练习	60
课题3 数控机床	61
3.1 概述	61
3.2 数控车床	79
3.3 数控铣床	96
3.4 加工中心	102
3.5 数控机床的辅助装置	107
3.6 数控机床主传动系统	113
3.7 数控机床的进给传动系统	123
3.8 数控机床的自动换刀系统	153
3.9 数控机床的位置检测装置	163
思考与练习	176
课题4 特种加工机床	178
4.1 概述	178
4.2 数控电火花线切割机床	179

4.3 数控电火花线成型机床	194
4.4 激光切割机	196
思考与练习	200
课题5 数控机床的安装调试及保养维修	201
5.1 数控机床的基本使用条件	201
5.2 数控机床的安装调试	203
5.3 数控机床的保养维修	209
思考与练习	222
参考文献	223

课题 1 普通车床

1.1 CA6140 型卧式车床

1.1.1 概述

车床是切削加工的主要技术装备,它能完成的切削加工种类最多,因此,在机械制造工业中,车床是一种应用得最广泛的金属切削机床。

车床的种类很多,按其用途和结构的不同,主要可分为:卧式车床和落地车床;立式车床;转塔车床;单轴和多轴自动、半自动车床;仿形车床和多刀车床;数控车床和车削中心;各种专门化车床,如凸轮轴车床、曲轴车床、车轮车床、铲齿车床等。此外,在大批量生产的工厂中还有各种各样的专用车床。本课题以 CA6140 型卧式车床为例进行介绍。

1. 车床的功能及特点

车床类机床主要用于车削加工。在车床上可以加工各种回转表面和回转体的端面,有的车床还可以进行螺纹面以及孔加工。在车床上使用的刀具主要是各种车刀,多数车床还可以采用各种孔加工刀具及螺纹刀具。

卧式车床的“万能性”较大,它适用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的回转表面,如图 1-1 所示,如车削内、外圆柱面,圆锥面,环槽及成形回转表面;车削端面及各种常用的米制、英制、模数制和径节制螺纹;在卧式车床上还能作钻孔、扩孔、铰孔及滚花等工作。

2. 车床的运动

为了加工出各种表面,机床刀具与工件之间要保持必要的相对运动,由如图 1-1 所示可以看出卧式车床必须具备下列运动:

(1) 工件的旋转运动 车床通常以工件的旋转运动作为主运动,转速以 $n(\text{r/min})$ 表示。主运动是实现切削最基本的运动,其特点是速度高且消耗的动力较大。

(2) 刀具的移动 这是车床的进给运动,进给量常以 $f(\text{mm/r})$ 表示。进给运动方向可以是平行于工件轴线或垂直于工件轴线,也可以是与中心线成一定角度或作曲线运动,进给运动速度较低,所消耗的动力也较小。

主运动和进给运动是形成被加工表面形状所必需的运动,称为机床的表面成形运动。

此外,机床上还有一些其他运动,如切入运动和分度运动。卧式车床上的切入运动,通常与进给运动的方向垂直,且由工人手动操纵刀架来实现。

为了减轻工人的劳动强度和节省空行程时间,CA6140 型卧式车床还具有刀架纵向及横向的快速移动。机床中除了成形运动、切入运动和分度运动等直接影响加工表面形状和质量的

运动外,为成形创造条件的运动和辅助动作,称为辅助运动。

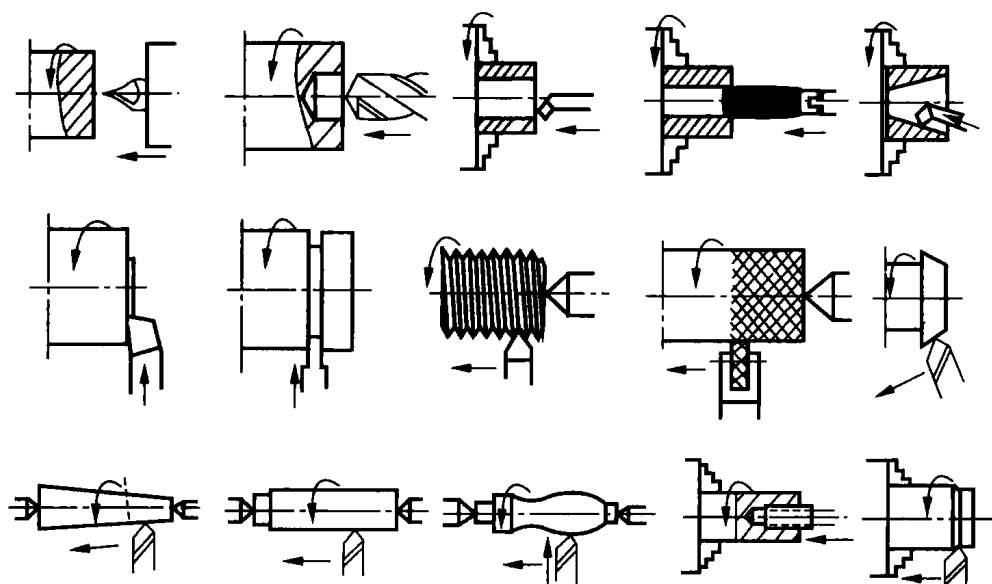


图 1-1 卧式车床所能加工的典型表面

3. 车床的组成

卧式车床主要由床身、主轴箱、进给箱、溜板箱、刀架及尾座等部件组成。如图 1-2 所示是 CA6140 型卧式车床的外形图。它的床身固定在左、右床腿上,用以支承车床的各个部件,使它们保持准确的相对位置,主轴箱固定在床身的左端,内装主轴和变速传动机构,工件通过卡盘等夹具装在主轴的前端,由主轴带动工件按照规定的转速旋转,以实现主运动。在床身的右端装有尾座,其上可装后顶尖以支承长工件的另一端,也可以安装孔加工刀具,以进行孔加工,尾座可沿床身顶面的一组导轨(尾座导轨)作纵向调整移动,以适应加工不同长度工件的需要。刀架部件由纵向、横向溜板和小刀架组成,它可带着夹持在其上的车刀移动,实现纵向和横向进给运动。进给箱固定在床身的左前侧,它是进给运动传动链中主要的传动比变换装置,其功用是改变被加工螺纹的螺距或机动进给的进给量。溜板箱固定在纵向溜板的底部,可带动刀架一起作纵向运动,其功用是把进给箱传来的运动传递给刀架,使刀架实现纵向进给,横向进给,快速移动或车螺纹,在溜板箱上装有各种操纵手柄和按钮,工作时工人可以方便地操纵。

1.1.2 CA6140 型卧式车床的传动系统

1. 机床的传动联系和传动原理图

(1) 机床传动的组成 为了实现加工过程中所需的各种运动,机床必须有运动源、传动装置和执行机构三个基本部分。

1) 运动源 运动源是为执行件提供运动和动力的装置,如交流异步电动机、直流或交流调速电动机和伺服电动机等。可以几个运动共用一个运动源,也可以每个运动有单独的运动源。

2) 传动装置(传动件) 传动装置是传递运动和动力的装置,通过它把执行件和运动源或有关的执行件之间联系起来。机床的传动装置有机械、液压、电气、气压等多种形式。常见的机械传动件有齿轮、链轮、带轮、丝杠、螺母等。

3) 执行机构 执行机构是执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等,其任务是装夹刀具或工件,直接带动它们完成一定形式的运动(旋转或直线运动),并保证其运动轨迹的准确性。

运动源—传动件—执行件或执行件—传动件—执行件构成机床的传动联系。

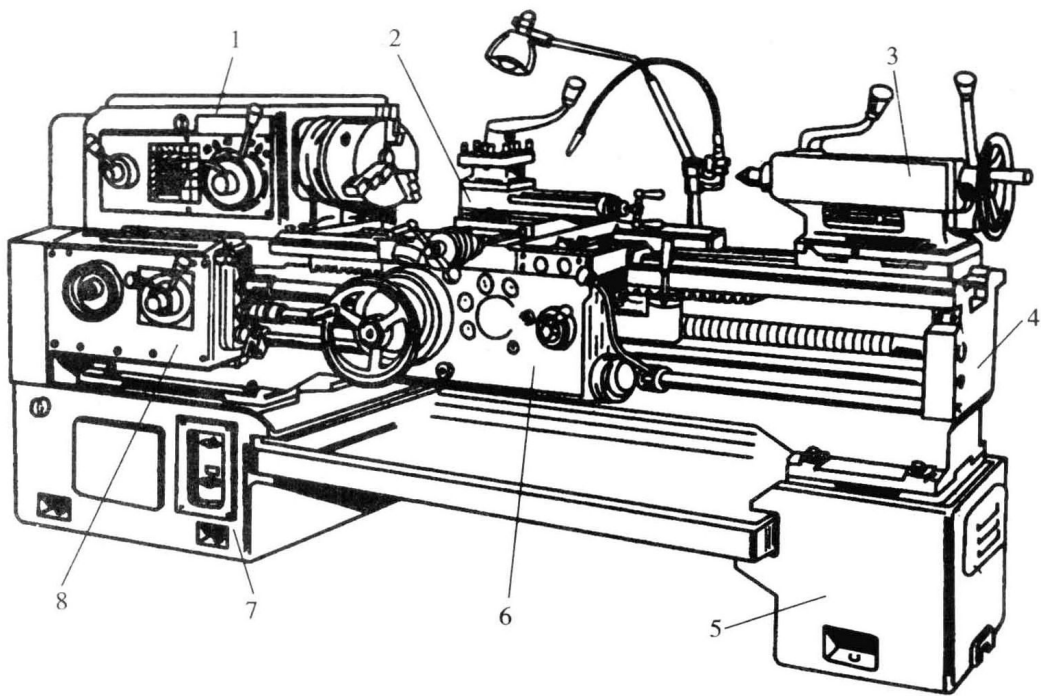


图 1-2 CA6140 型卧式车床外形图

1—主轴箱; 2—刀架; 3—尾座; 4—床身; 5、7—床腿; 6—溜板箱; 8—进给箱

(2) 机床的传动联系和传动链 机床上为了得到所需要的运动,需要通过一系列的传动件把执行件与运动源(如把主轴和电动机),或者把执行件和执行件(例如把主轴和刀架)联系起来,称为传动联系。构成一个传动联系的一系列顺序排列的传动件,称为传动链。传动链中通常包含两类传动机构:一类是传动比和传动方向固定不变的传动机构,如定比齿轮副、蜗杆蜗轮副、丝杠螺母副等,称为定比传动机构;另一类是根据加工要求可以变换传动比和传动方向的传动机构,如挂轮变速机构、滑移齿轮变速机构、离合器换向机构,称为换置机构。根据传动联系的性质,传动链可以分为两类。

1) 外联系传动链 它是联系运动源(如电动机)和机床执行件(如主轴、刀架、工作台等)之间的传动链,如图 1-3 所示,车削圆柱螺纹时,从“电动机—1—2— u_x —3—4—车床主轴”的传动链就是外联系传动链,它只决定车削螺纹速度的快慢,而不影响螺纹表面的成形。

2) 内联系传动链 它是联系两个有关的执行件,并使其保持确定的运动关系的传动链。由此可知,在内联系传动链中,各传动副的传动比必须准确,不应有摩擦传动或瞬时传动比变化的传动件。如图 1-3 所示,车削圆柱螺纹时需要工件旋转 B_{11} 和车刀直线移动 A_{12} 组成的复合运动,这两个单元运动应保持严格的运动关系:工件每转一转,车刀准确地移动工件螺纹一个导程的距离。“主轴—4—5— u_x —6—7—刀架”的传动链就是内联系传动链。

每条传动链都有一定的传动比,它是用来保证机床运动部件按一定规律完成加工过程所需要的运动。在切削过程中,一台机床每个运动都对应着一条传动链,正是这些传动链和它们

之间的相互联系,构成了整台机床的传动系统。

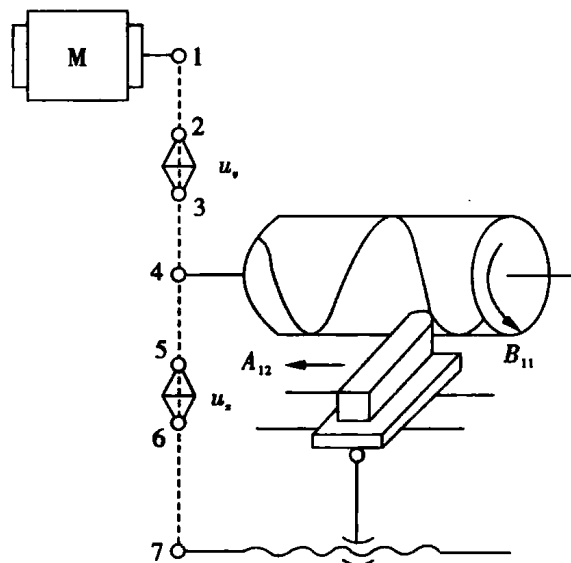


图 1-3 车削圆柱螺纹

3) 传动原理图 为了便于分析和研究机床的传动联系,常用一些简明的符号把机床的传动原理和传动路线表示出来,这就是机床的传动原理图,如图 1-3 所示。如图 1-4 所示为传动原理图常用的部分符号。

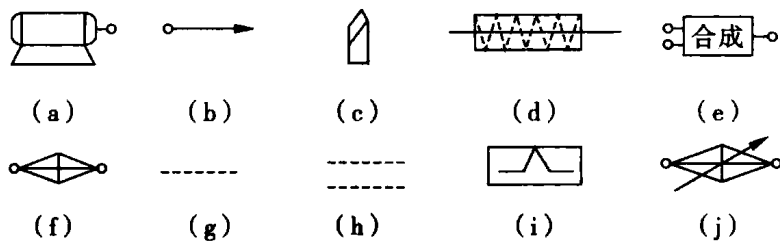


图 1-4 传动原理图常用的一部分符号

- (a) 电动机; (b) 主轴; (c) 车刀; (d) 滚刀; (e) 合成机构
(f) 传动比可变换的换置机构; (g) 传动比不变的机械联系; (h) 电的联系;
(i) 脉冲发生器; (j) 快速换置机构—数控系统

2. CA6140 型卧式车床的传动系统

为了便于了解和分析机床的传动情况,通常应用传动系统图。机床的传动系统图是表示机床全部运动关系的示意图,图中用简单的规定符号代表各种传动元件。我国的规定符号见《国家标准 GB 138—74 机械制图——机动示意图中的规定符号》。机床的传动系统图画在一个能反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上,并尽可能绘制在机床外形的轮廓线内,在图中各传动元件是按照运动传递的先后顺序,以展开图的形式画出来的,对于展开后失去联系的传动副,要用大括号或虚线连接起来以表示它们的传动联系,传动系统图只表示传动关

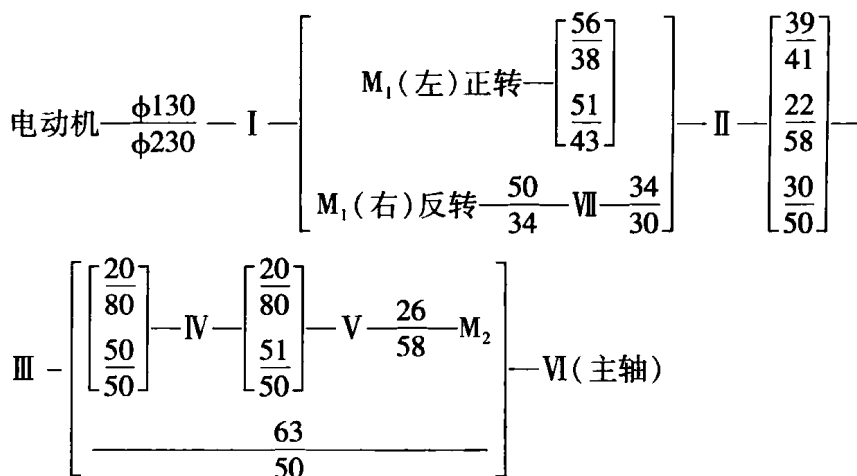
系,而不代表各元件的实际尺寸和空间位置,在图中还须注明齿轮及蜗轮的齿数,带轮的直径,丝杠的导程和头数,电动机的转速和功率及传动轴的编号等。

如图1-5所示是CA6140型卧式车床的传动系统图。它包括主运动传动链、进给运动传动链以及刀架快速移动传动链。其中,进给运动传动链又分为车削螺纹和纵向、横向进给传动链。

(1)主运动传动链 认识机床传动系统的关键在于传动链的分析,分析传动链可按下列步骤进行:首先找出两个运动部件,即此传动链两端的首末端件,确定它们的运动参数;其次,根据传动系统图找传动路线,写出传动路线表达式;最后写出运动平衡方程式。

主运动传动链是电动机与主轴间的传动联系,它是一条外联系传动链。它的功用是把运动源(电动机)的运动及能量传给主轴,使主轴带动工件完成主运动。

1)传动路线 主运动传动链的传动路线表达式如下:



根据如图1-5所示,运动由电动机经传动带传至主轴箱中的轴I。在轴I上装有双向多片式摩擦离合器 M_1 ,用于控制主轴(轴VI)正转、反转或停止。 M_1 的左、右两部分分别与空套在轴I的两个齿轮连在一起。当离合器 M_1 向左接合时,主轴正转,轴I的运动经 M_1 左部的摩擦片及齿轮副 $\frac{56}{38}$ 或 $\frac{51}{43}$ 传给轴II;当离合器 M_1 向右接合时,主轴反转,轴I的运动经 M_1 右部的摩擦片及齿轮 z_{50} 传给轴VII上的空套齿轮 z_{34} ,然后再传给轴II上的齿轮 z_{30} ,使轴II转动。这时,由轴I传到轴II的运动多经过了一个中间齿轮 z_{34} ,因此轴II的转动方向与经离合器 M_1 左部传动时相反;离合器 M_1 处于中间位置,即左、右都不接合时,轴I空转,主轴停止转动。轴II的运动可分别通过三对齿轮副 $\frac{39}{41}$, $\frac{22}{58}$ 或 $\frac{30}{50}$ 传至轴III。运动由轴III到主轴可以有两条不同的传动路线:①主轴需高速运转时($n_{\pm} = 450 \sim 1400 \text{ r/min}$),主轴上的滑动齿轮 z_{50} 处于左端位置,轴III的运动经齿轮副 $\frac{63}{50}$ 直接传给主轴。②当主轴需要以较低的转速转动时($n_{\pm} = 10 \sim 500 \text{ r/min}$),主轴上滑动齿轮 z_{50} 移到右端位置,使离合器 M_2 啮合,于是轴III上的运动经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{50}{50}$ 传给轴IV,然后轴VI的运动经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{51}{50}$ 传给轴V,轴V的运动经 $\frac{26}{58}$ 及齿轮离合器 M_2 传给主轴。

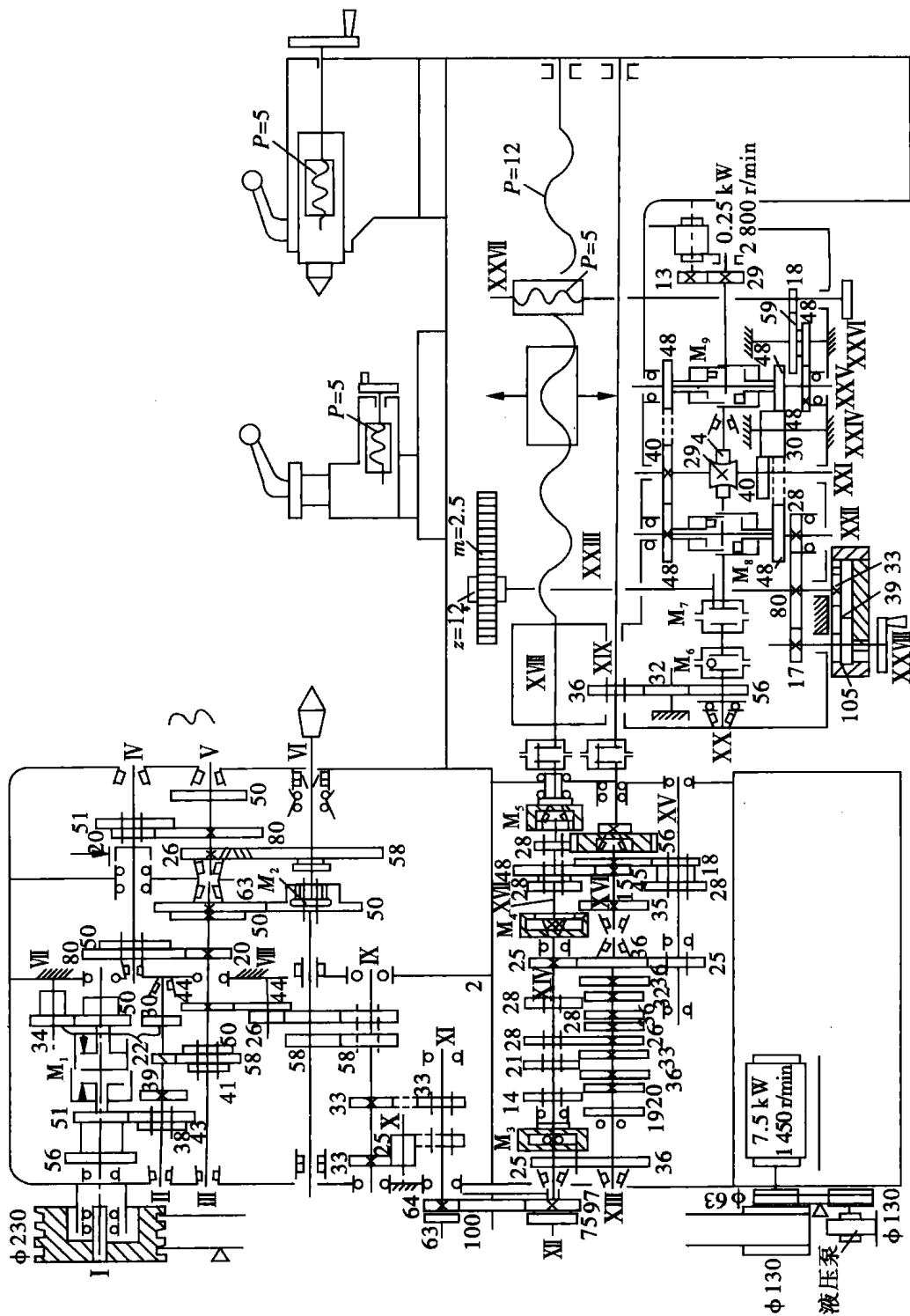


图1-5 CA6140型卧式车床的传动系统图

2) 主轴的转速级数与转速计算 由传动系统图和传动路线表达式可以看出, 主轴正转时, 共有 $2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2) = 30$ 种传动主轴的路线, 但由于轴Ⅲ到轴Ⅴ之间的 4 条传动路线的传动比分别为

$$u_1 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16}, u_2 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4}$$

$$u_3 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4}, u_4 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1$$

其中 u_2 和 u_3 基本相同,所以实际上 4 条传动路线只有 3 种不同的传动比,主轴的实际转速级数为 $2 \times 3[1 + (2 \times 2 - 1)] = 24$ 级。

同理,主轴反转的传动路线可以有 $3 \times (1 + 2 \times 2) = 15$ 条,但主轴反转的转速级数实际有 $3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 12$ 级。

主轴的各级转速,可用下列运动平衡式进行计算:

$$n_{\text{主}} = 1450 \times (1 - \varepsilon) \times \frac{130}{230} \times u_{\text{I-II}} u_{\text{II-III}} u_{\text{III-VI}}$$

式中 $n_{\text{主}}$ ——主轴转速, r/min;

$u_{\text{I-II}}, u_{\text{II-III}}, u_{\text{III-VI}}$ ——轴 I—II、II—III、III—VI 间的可变传动比;

ε ——V 带传动滑动系数, $\varepsilon = 0.02$ 。

例 1 计算如图 1-5 所示齿轮啮合位置时的主轴转速。

$$n_{\text{主}} = 1450 \times 0.98 \times \frac{130}{230} \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{63}{50} \approx 450 \text{ r/min}$$

例 2 计算如图 1-5 所示主轴正转时的最高、最低转速。

$$\text{正转 } n_{\text{max}} = 1450 \times 0.98 \times \frac{130}{230} \times \frac{56}{38} \times \frac{39}{41} \times \frac{63}{50} \approx 1450 \text{ r/min}$$

$$n_{\text{min}} = 1450 \times 0.98 \times \frac{130}{230} \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{26}{58} \approx 10 \text{ r/min}$$

同理,可以计算出主轴正转时的 24 级转速为 10 ~ 1 400 r/min,反转时的 12 级转速为 14 ~ 1 580 r/min。主轴反转通常不是用于切削,而是为了车削螺纹退回刀架,所以采用较高转速可以节省辅助时间。

(2) 进给运动传动链 进给运动传动链是使刀架实现纵向或横向运动的传动链。传动链的两末端件是主轴和刀架。

进给运动传动链的传动路线:运动由主轴 VI 经过 IX 轴(或再通过 X 轴),传至 XI 轴,经过挂轮机构进入进给箱中,进给箱中为一系列齿轮变速机构。运动输出后分两条路线:一条经丝杠带动溜板箱,使刀架做纵向移动用于加工各种螺纹;另一条经光杠带动溜板箱,使刀架做纵向或横向运动用于一般的机动进给。

1) 车削螺纹 CA6140 型卧式车床可加工常用的米制、英制、模数制及径节制等四种标准螺纹,无论加工什么型号的螺纹,都必须严格保证主轴转一周,刀架移动一个导程的运动关系。即

$$1_{(\text{主轴})} \times u \times P_{\text{丝}} = L_{\text{工}}$$

式中 $1_{(\text{主轴})}$ ——主轴转一周;

u ——主轴至丝杠之间全部传动机构的总传动比;

$P_{\text{丝}}$ ——机床丝杠的螺距, CA6140 型卧式车床的 $P_{\text{丝}} = 12 \text{ mm}$;

$L_{\text{工}}$ ——被加工螺纹的导程, mm。

上式即为螺纹加工运动平衡式。可以看出通过不同的齿轮传动,改变不同的 u 值,即可加工出不同导程的螺纹。

不同标准的螺纹用不同的参数表示其螺距,如表 1-1 所示列出了米制、英制、模数制和径

节制四种螺纹的螺距参数及其与螺距 P 、导程 L 之间的换算关系。

表 1-1 螺距参数及其与螺距、导程的换算关系

螺距种类	螺距参数	螺距/mm	导程/mm
米制 模数制	螺距 P/mm 模数 m/mm	$P = P$ $P_m = \pi m$	$L = KP$ $L_m = KP_m - k\pi m$
英制 径节制	每英寸牙数 $a/(\text{牙}/\text{in})$ 径节/ $DP(\text{牙}/\text{in})$	$P_a = \frac{25.4}{a}$ $P_{DP} = \frac{25.4\pi}{DP}$	$L_a = KP_a = \frac{25.4K}{a}$ $L_{DP} = KP_{DP} = \frac{25.4\pi k}{DP}$

A. 米制螺纹 米制螺纹是我国常用的螺纹,在国家标准中已规定了米制螺纹的标准螺距值。CA6140 型车床可以加工的正常螺距为 1,1.25,1.5,1.75,2,2.25,2.5,3,3.5,4,4.5,5,5.5,6,7,8,9,10,11,12(mm)等。由螺距值可以看出,米制标准螺距数列是按分段等差级别的规律排列的,各段等差数列的差值互成倍数关系。

车削米制螺纹时,进给箱中的齿式离合器 M_3 和 M_4 脱开, M_5 接合。此时,运动由主轴 VI 经齿轮副 $\frac{58}{58}$,轴 IX 至轴 XI 间的左右螺纹换向机构 $\frac{33}{33}$ (车左螺纹时经 $\frac{33}{25} \times \frac{25}{33}$)、挂轮 $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ 传至进给箱的轴 XII,然后由移换机构的齿轮副 $\frac{25}{36}$ 传至轴 XIII,由轴 XIII 经两轴滑移变速机构的齿轮副 $\frac{19}{14}, \frac{20}{14}, \frac{36}{21}, \frac{33}{21}, \frac{26}{28}, \frac{28}{28}, \frac{36}{28}$ 或 $\frac{32}{28}$ 传至轴 XIV,然后再经移换机构的齿轮副 $\frac{25}{36} \times \frac{36}{25}$ 传至轴 XV,轴 XV 的运动再经过轴 XV 与 IX V II 间的滑移齿轮变速机构(倍增机构)和离合器 M_5 传动丝杠 XV III 旋转。当溜板箱中的开合螺母闭合时,就可带动刀架车削米制螺纹。

车削米制螺纹时传动链的传动路线表达如下:

$$\text{主轴 VI} - \frac{58}{58} - \text{IX} - \left[\begin{array}{l} \text{右螺纹} \frac{33}{33} \\ \text{左螺纹} \frac{33}{25} - \text{X} - \frac{25}{33} \end{array} \right] - \text{XI} - \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} - \text{XII} - \frac{25}{36} -$$

$$\text{XII} - u_{\text{基}} - \text{XIV} - \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} - \text{XV} - u_{\text{倍}} - \text{XVII} - M_k - \text{XVIII}(\text{丝杠}) - \text{刀架}$$

$u_{\text{基}}$ 为轴 XIII—XIV 间变速机构的可变传动比,共八种:

$$u_{\text{基}1} = \frac{26}{28} = \frac{6.5}{7}, \quad u_{\text{基}2} = \frac{28}{28} = \frac{7}{7}$$

$$u_{\text{基}3} = \frac{32}{28} = \frac{8}{7}, \quad u_{\text{基}4} = \frac{36}{28} = \frac{9}{7}$$

$$u_{\text{基}5} = \frac{19}{14} = \frac{9.5}{7}, \quad u_{\text{基}6} = \frac{20}{14} = \frac{10}{7}$$

$$u_{\text{基}7} = \frac{33}{21} = \frac{11}{7}, \quad u_{\text{基}8} = \frac{36}{21} = \frac{12}{7}$$

它们按近似等差数列的规律排列。上述变速机构是获得各种螺纹导程的基本机构,故通常称为基本螺距机构或称基本组。

$u_{\text{倍}}$ 为 XV—XVII 间变速机构的可变传动比,共四种:

$$u_{\text{倍}1} = \frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1, \quad u_{\text{倍}2} = \frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$$

$$u_{\text{倍}3} = \frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}, \quad u_{\text{倍}4} = \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$$

它们按倍数关系排列。这个变速机构用于扩大机床车削螺纹导程的种数,通常称为倍增机构或倍增组。

根据传动链的传动路线表达式,可列出车削米制螺纹(右旋)时的运动平衡式:

$$L = KP = I(\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times u_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times u_{\text{倍}} \times 12$$

式中 L ——螺纹导程(对于单头螺纹,螺纹导程 L 即为螺距 P), mm;

$u_{\text{基}}$ ——轴 XIII—XIV 间基本螺距机构传动比;

$u_{\text{倍}}$ ——轴 XV—XVII 间倍增机构传动比。

将上式化简后可得:

$$L = 7u_{\text{基}} u_{\text{倍}}$$

把 $u_{\text{基}}$ 和 $u_{\text{倍}}$ 数值代入上式,可得 $8 \times 4 = 32$ 种导程值,但其中符合标准的只有 20 种。

B. 模数螺纹 模数螺纹主要用在米制蜗杆中。例如, Y3150E 型滚齿机的垂直进给丝杠就是模数螺纹。

标准模数螺纹的导程(或螺距)排列规律和米制螺纹相同,但导程(或螺距)的数值不一样,而且数值中含有特殊因子 π 。所以,车削模数螺纹时的传动路线与米制螺纹基本相同,唯一的差别就是这时的挂轮换成 $\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$, 这样与移换机构齿轮 $\frac{25}{36}$ 组合,以消除特殊因子

$\pi \left(\frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{25}{36} \right) \approx \frac{7\pi}{48}$ 。模数螺纹运动的平衡式为:

$$Lm = K\pi m = I(\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{25}{36} \times u_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times u_{\text{倍}} \times 12$$

$$Lm = K\pi m = \frac{7}{4} \times \pi u_{\text{基}} u_{\text{倍}}$$

$$m = \frac{7}{4K} \times u_{\text{基}} u_{\text{倍}}$$

变换 $u_{\text{基}}$ 和 $u_{\text{倍}}$, 便可车削各种不同模数螺纹。

C. 英制螺纹 英制螺纹又称英寸螺纹,在采用英制国家中应用广泛。我国的部分管螺纹目前也采用英制螺纹。

英制螺纹的螺距参数以每英寸长度上的螺纹牙(扣)数 a 表示,标准的 a 值也是按分段等差数列的规律排列的。由螺距换算公式 $P_a = \frac{25.4}{a}$ mm 可以看出,英制螺纹的螺距与米制螺纹有两点不同:

①因 P_a 公式分母 a 的值是分段等差数列,故英制螺纹的螺距值 P_a 和导程值 $L_a (= KP_a)$ 是分段调和数列(分母是分段等差数列)。为此,切削时需将基本组的主动与从动传动关系加

以对换,既轴 XIV 为主动,轴 XIII 为从动,这样基本组的传动比为 $\frac{1}{u_{\text{基}}}$ 。

②在传动链中改变部分传动副的传动比,使其包含特殊因子 25.4。

传动链的具体调整情况为:挂轮用 $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$,进给箱中离合器 M_3 和 M_5 接合, M_4 脱开,同时将轴 XV 左端的滑移齿轮 z_{25} 左移,与固定在轴 XIII 上的齿轮 z_{26} 啮合,其余部分传动路线与车削米制螺纹是相同。此时英制螺纹运动平衡式如下:

$$L_a = KP_a = \frac{25.4K}{a} (\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{1}{u_{\text{基}}} \times \frac{36}{25} \times u_{\text{倍}} \times 12$$

式中, $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{36}{25} = \frac{25.4}{21}$,传动路线中包含了特殊因子 25.4。

将平衡式化简得:

$$a = \frac{7Ku_{\text{基}}}{4u_{\text{倍}}}$$

变换 $u_{\text{基}}$ 和 $u_{\text{倍}}$,便可车削不同英制螺纹。

D. 径节螺纹 径节螺纹主要用于英制蜗杆。它是用径节 DP 来表示的。径节螺纹的螺距为 $P_{DP} = \frac{\pi}{DP} \text{in} = \frac{25.4\pi}{DP} \text{mm}$

车削径节螺纹的传动路线与车削英制螺纹相同,利用挂轮 $\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$ 及移换机构齿轮 $\frac{36}{25}$ 以消除 $25.4\pi \left(\frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{36}{25} \right) = \frac{25.4\pi}{84}$ 。此时径节螺纹运动平衡式如下:

$$L_{DP} = KP_{DP} = \frac{25.4K\pi}{DP} I (\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{1}{u_{\text{基}}} \times \frac{36}{25} \times u_{\text{倍}} \times 12$$

将平衡式化简得:

$$DP = \frac{7Ku_{\text{基}}}{u_{\text{倍}}}$$

变换 $u_{\text{基}}$ 和 $u_{\text{倍}}$,便可车削不同径节螺纹。

E. 大导程螺纹 当需要车削大于符合规定的标准导程螺纹的大导程螺纹(如大导程多线螺纹、油槽等)时,就得使用扩大螺距机构。这时应将 IX 轴上的滑移齿轮 z_{58} 向右移动,使其与 VIII 轴上的齿轮 z_{56} 啮合,并将 M_2 右移接合。此时主轴 VI 与丝杠通过下列传动路线实现传动联系:

$$\text{主轴 (VI)} - \frac{58}{26} - \text{V} - \frac{80}{20} - \text{IV} - \left[\begin{array}{c} 50 \\ 50 \\ 80 \\ 20 \end{array} \right] - \text{III} - \frac{44}{44} - \text{VIII} - \frac{26}{58} - \text{IX} - \text{XXIII (丝杠)} (\text{与车削常用螺}$$

纹传动路线相同)

于是,主轴 VI 至轴 IX 间的传动比 $u_{\text{扩}}$ 如下:

$$u_{\text{扩}1} = \frac{58}{26} \times \frac{80}{20} \times \frac{50}{50} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} = 4$$

$$u_{\text{扩}2} = \frac{58}{26} \times \frac{80}{20} \times \frac{80}{20} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} = 16$$

而车削常用螺纹时,主轴Ⅵ至轴Ⅸ间的传动比 $u_{正常} = \frac{58}{58} = 1$ 。这表明,螺纹进给传动链经过调整后,可使主轴与丝杠间的传动比增大4倍或16倍,车出的螺纹导程也相应地扩大4倍或16倍。因此,一般把上述传动机构称为扩大螺距机构。

必须指出,扩大螺纹螺距机构的传动齿轮就是主运动的传动齿轮,所以只有当主轴上的 M_2 合上,即主轴处于低速状态时才能扩大螺距机构;主轴转速为 $10 \sim 32 \text{ r/min}$ 时,导程扩大16倍;主轴转速为 $40 \sim 125 \text{ r/min}$ 时,导程扩大4倍。大导程螺纹只能在主轴低转速时车削,这也符合工艺上的需要。

F. 非标准和较精密螺纹 当需要车削非标准螺纹或虽是标准螺纹,但精度要求较高时,利用上述传动路线是无法得到的。这时,需将齿式离合器 M_3, M_4 和 M_5 全部啮合,则轴Ⅻ的运动经轴Ⅺ及轴Ⅻ直接传动丝杠Ⅻ,传动路线便大大缩短,减少了齿轮传动的误差,从而提高了传动精度。此时,运动平衡式为:

$$L = KP = I(\text{主轴}) \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times u_{挂} \times 12$$

化简后得挂轮的换置公式为:

$$u_{挂} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{KP}{12}$$

应用此公式,适当的选择挂轮 a, b, c, d 的齿数就可车削出所需导程的螺纹。

2) 车削圆柱面与端面

圆柱面与端面的加工由光杠输入溜板箱,经转换机构带动刀架实现纵向和横向切削。

A. 车削圆柱面 刀架的纵向传动链属于外联系传动链,其传动路线为:首先断开进给箱中的离合器 M_5 ,运动经轴Ⅺ上的齿轮 z_{28} 与轴Ⅻ左端齿轮 z_{56} 啮合,将运动传至光杠Ⅻ;经 $\frac{36}{32}$ 传至轴Ⅺ,经超越离合器 M_6 、安全离合器 M_7 , $\frac{4}{29}$ 蜗杆蜗轮传动将运动传至轴Ⅺ(运动方向改变了 90°);运动再经 $\frac{40}{48}$ 或 $\frac{40}{30} \times \frac{30}{48}$ 传至轴Ⅺ,经双向离合器 M_8 ,轴Ⅺ上齿轮 $\frac{28}{80}$ 传至轴Ⅺ,轴Ⅺ上的小齿轮 z_{12} 与固定在机床床身上的齿条相啮合,当小齿轮 z_{12} 转动时,带动溜板箱与刀架作纵向移动,实现圆柱面切削的进给运动。轴Ⅺ上离合器 M_8 向前、向后的啮合用以控制刀架的向左与向右移动。当需要手动进给时,将 M_8 处于中间位置,转动溜板箱外的手轮,通过轴Ⅺ上的齿轮 $\frac{17}{80}$ 传至轴Ⅺ,通过齿轮齿条实现手动进给。传动路线表达式如下:

$$\begin{aligned} & \text{Ⅺ} - \frac{28}{56} - \text{Ⅻ(光杠)} - \frac{36}{32} \times \frac{32}{56} - M_6(\text{超越离合器}) - M_7(\text{安全离合器}) - \text{Ⅺ} - \frac{4}{29} - \\ & \text{Ⅺ} - \left[\begin{array}{l} \frac{40}{48} - M_8 \uparrow \\ \frac{40}{30} \times \frac{30}{48} - M_8 \downarrow \end{array} \right] - \text{Ⅺ} - \frac{28}{80} - \text{Ⅺ} - z_{12} - \text{齿条} \end{aligned}$$

B. 车削端面 车削端面主要是刀架实现横向进给,传动路线在Ⅺ之前与纵向进给路线相同,运动到轴Ⅺ后,经 $\frac{40}{48}$ 或 $\frac{40}{30} \times \frac{30}{48}$,双向离合器 M_9 ,传至轴Ⅺ,经 $\frac{48}{48}$ 传到轴Ⅺ再经 $\frac{59}{18}$ 传到