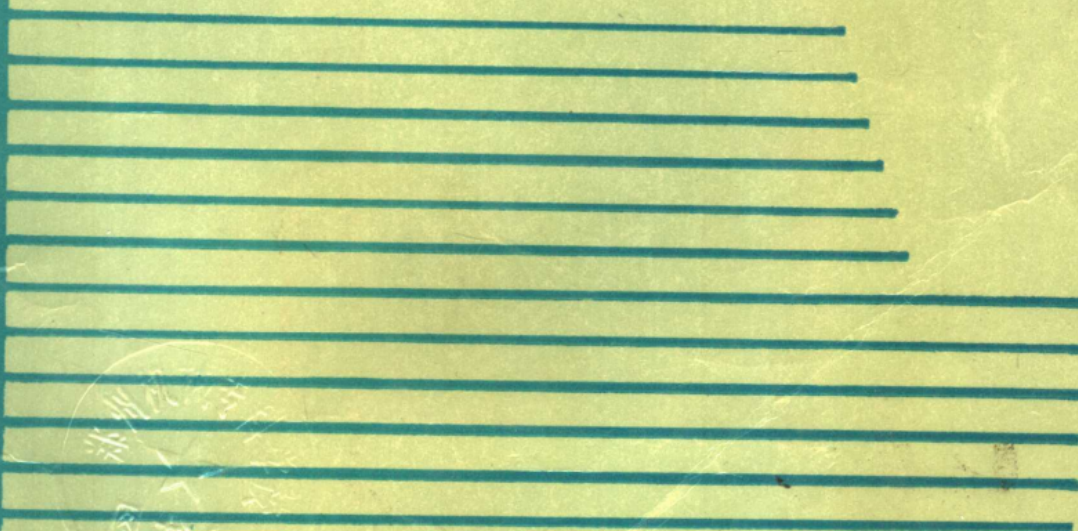


机床设计分析

(第二集)

戴 曙 主编



国家机械工业委员会北京机床研究所

机 床 设 计 分 析

(第二集)

戴 曙 主 编

国家机械委北京机床研究所

出版说明

1985年,大连工学院、哈尔滨工业大学和北京机床研究所调研了11台与国外合作生产和合作设计的机床,之后由大连工学院戴曙教授担任主编,编写出版了《机床设计分析》(第一集)。这本书受到了各机床厂和有关高等院校的普遍欢迎。此后,大连工学院和北京机床研究所继续调研了一批与国外合作生产、技术引进或根据引进样机自行设计的机床,在有关各单位提供资料的基础上,经过整理、分析,编写了《机床设计分析》(第二集)。通过阅读这些资料,可以使我们更好地了解国外70年代末、80年代初机床的技术水平,进一步加强对引进技术的消化吸收,使引进的技术植根于国内,并将其先进部分运用到自行设计中去。这将有利于提高我国机床产品的设计和工艺水平,促进开发技术进步产品,更好地为国民经济各部门服务。

国家机械委机床工具局

1987年11月

编写说明

本书系根据国家机械工业委员会机床工具局的决定，在中国机械工程学会生产工程学会于1986年8月在北京召开的引进技术研讨会上各厂提供的资料的基础上，由大连工学院和北京机床研究所分别编写初稿，最后由大连工学院戴曙教授统编而成。并经北京机床研究所汪星桥高级工程师审阅。

书中对各台机床有所评论，这些评论只是编者个人的意见。书中的计算，大部分也是编者所作，并非各厂的原设计计算资料。这些评论和计算如有不妥或错误之处，概由编者负责。

在编写本书的过程中，曾到有关机床厂调查研究和收集资料，得到了他们的大力支持，特在此表示深切的感谢。

限于编者水平，书中如有错误和不当之处，敬希读者指正。

引进技术研讨会资料的编者和本书各部分的编者如下：

机床名称	引进技术研讨会资料编者	本书编者
EEN400型数控车床	大连机床厂 谢元兰、许清明	大连工学院 李桂荣
Star-turn1200型计算机数控车床	沈阳第三机床厂 郑琨	北京机床研究所 遇立基
VDF CNC PNE480 L 型数控车床	上海第二机床厂 许丽玲	大连工学院 关慧贞、戴曙
TNS42/60型数控车床	南京机床厂 田士业、卢国声	大连工学院 戴曙
STAMA MC118型立式加工中心	常州机床厂 王培德	北京机床研究所 吕伯诚、刘淑兰、崔友捷
VR 5 A 型立式加工中心	北京第三机床厂 陈炎麟	北京机床研究所 吕伯诚、崔友捷
SOLON3-1型卧式镗铣加工中心	中捷友谊厂 方士源	大连工学院 冯辛安
FB260型数控落地铣镗床		大连工学院 冯辛安

机床名称
HDNC1210-A30型模具加工中心

引进技术研讨会资料编者

QUICKDRAW ATC自动换刀系统

WSNH25×6000型轧辊磨床

险峰机床厂

SD-32-X型碟形双砂轮磨齿机

覃鸿年

秦川机床厂

齐卫民、朱惠民

本书编者

大连工学院

关慧贞、戴曙

大连工学院

王胜利

大连工学院

戴曙

大连工学院

杨有君

参加本书插图工作的有大连工学院阎国瑞，锦州工学院黄恺，北京机床研究所吕伯诚、刘淑兰、崔友捷。

目 录

一、EEN400型数控车床.....	1
二、Star-Turn1200型计算机数控车床.....	13
三、VDF CNC PNE480 L型数控车床	32
四、TNS42/60型数控车床	47
五、STAMA MC118型立式加工中心	59
六、VR5A型立式加工中心.....	74
七、SOLON3-1型卧式镗铣加工中心.....	91
八、FB260型数控落地铣镗床	108
九、HDNC1210-A30型模具加工中心	122
十、QUICKDRAW ATC自动换刀系统.....	136
十一、WSVIH25×6000型轧辊磨床	141
十二、SD-32-X型碟形双砂轮磨齿机.....	156

一、EEN400型数控车床

EEN400型数控车床是1986年大连机床厂和匈牙利 SZIM 公司合作生产的机床。该机床采用普通车床的布局形式。数控装置采用匈牙利 EMG 公司的 HUNORPNC721 数控系统, 双坐标半闭环控制。适合在单件和中小批生产中加工形状复杂的工件。

1. 机床的主要技术参数和性能

(1) 主机的主要参数和规格

床身上最大回转直径(mm)	380
刀架上最大回转直径(mm)	158
车削长度(mm)	750/1250
纵向(Z轴)行程(mm)	750/1250
横向(X轴)行程(mm)	225
床身宽度(mm)	280
主轴锥孔	莫氏 6 号
主轴通孔直径(mm)	55
主轴转速(r/min)	40~2800
快速移动速度(m/min)	
X 轴	5
Z 轴	5
进给量(mm/r)	
X 轴	0.001~2
Z 轴	0.001~2
加工螺纹最大导程(mm)	32
主驱动直流电动机功率(kW)	11
主轴最大扭矩(N·m)	650
最大主切削力(N)	10000
X轴最大进给力(N)	3000
Z轴最大进给力(N)	5000
用尾架支承时的最大工件重量(kg)	150

(2) 数控系统的主要技术参数及性能

同时控制轴数: X 和 Z 轴 2

轨迹计算精度: 具有0.001mm 精度的直线和圆弧插补

尺寸定义: 绝对值系统和增量值系统两者都可用

程序输入:

手工 在控制板的键盘上手工输入

作为附加选择 由磁带盒或穿孔带输入

编程和校准存储: 配置 4 K RAM 内存, 能存储 100 个程序段。可扩展 4 K, 存储 250 个程序段

刀具补偿: 在存储器内存储 15 把刀具的位置。在全部插补区域内, 具有直径、长度和半径补偿的能力

零点偏置: 借助于专门类型程序段或在刀具测量方式中均可得到

固定循环: 粗加工循环、螺纹切削循环、带有坐标零点偏置的子程序段的重复执行操作方式:

a. 手工操作方式:

(a) 点动(JOG)

(b) 执行单个程序段

(c) 手摇脉冲发生器

b. 程序编辑方式

c. 刀具测量方式

d. 零点说明方式

e. 程序调用方式

f. 程序执行方式

显示: 32 个字符位置, 同时显示两个坐标。14 个发光二极管指示车床的操作状态

错误检查: 检查程序和刀具补偿存储的内容, 指示有故障车床的状态; 显示操作者的错误; 检查接口状态

反向误差: $\pm 0.001\text{mm}$ 到 $\pm 0.25\text{mm}$ 的齿隙值都能补偿

数据输入/显示: 在公、英制系统中, 公、英制尺寸的螺纹切削

等距离跟踪: 通过刀具半径和循环执行的自动改变, 计算等距离轨迹

自动刀具半径补偿: 直到 15 把刀具的位置, 在控制的轨迹中, 刀具半径值的自动存储和分析

自动刀具重调: 在程序中断以后, 重调刀具靠近到轨迹轮廓

2. 主 轴 箱

主轴箱的展开图见图 1-1, 转速图和功率扭矩特性图见图 1-2。

直流电动机经皮带传动 (140:187.5)、三速齿轮变速箱传动主轴。电动机的额定转速为 1350r/min, 最高转速为 3000r/min, 恒功率调速范围为 2.22。齿轮变速箱的传动比为:

$$u_1 = \frac{35}{28} \times \frac{45}{45} = 1.25 \quad u_2 = \frac{35}{28} \times \frac{26}{66} = \frac{1}{2.03}$$

$$u_3 = \frac{18}{45} \times \frac{26}{66} = \frac{1}{6.35}$$

其级比分别为:

$$\frac{u_1}{u_2} = 1.25 \times 2.03 = 2.54 \quad \frac{u_2}{u_3} = \frac{6.35}{2.03} = 3.13$$

由于级比的不同, 造成图 1-2 b 中的缺口也不同, 使得主轴在计算转速 $n_j = 115\text{r/min}$ 以上

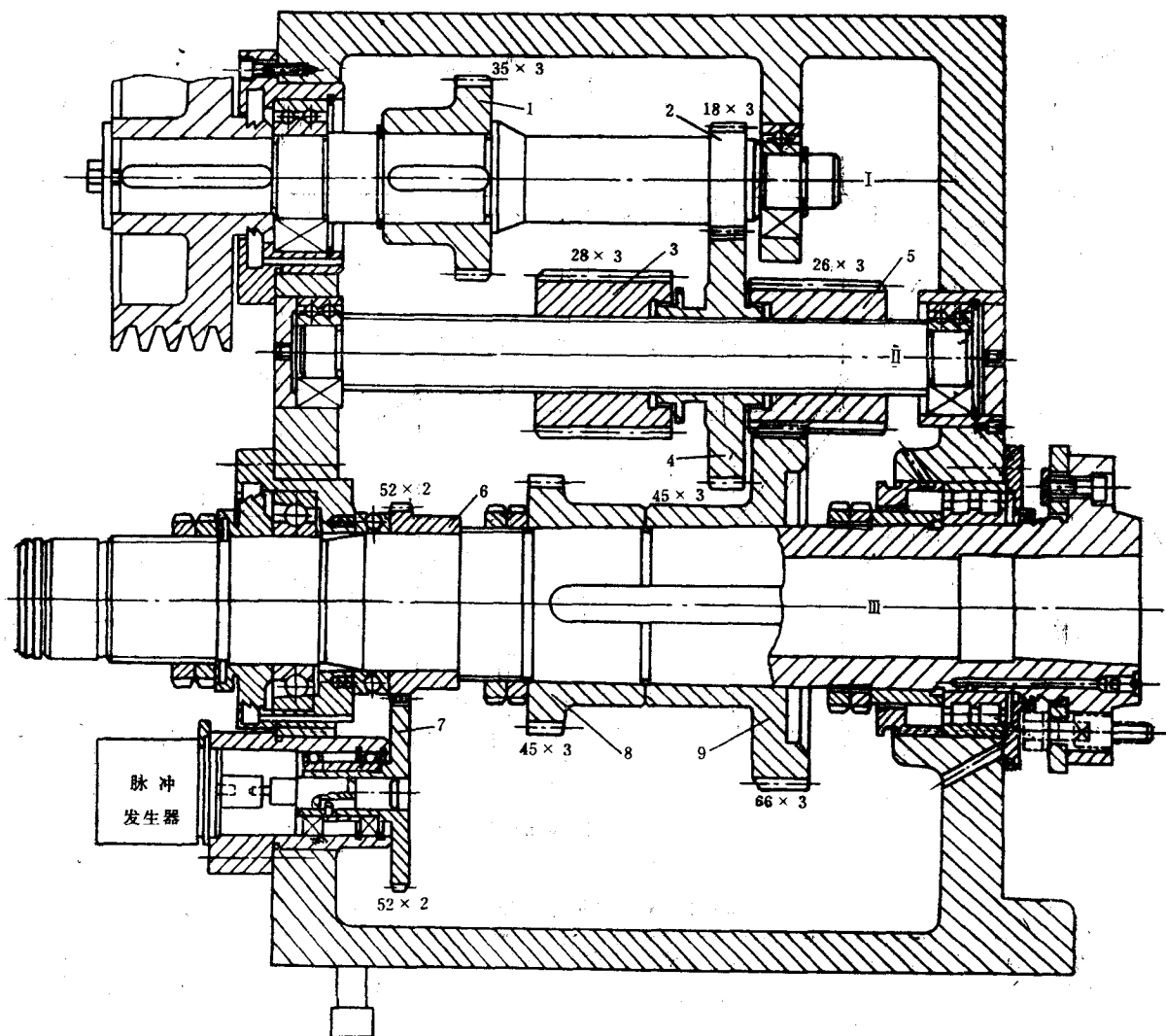


图1-1 主轴箱展开图

任意转速下可能利用的电动机最大功率仅为7.8kW。这是这台机床设计中的一个缺陷。

从 u_1 、 u_2 、 u_3 的计算中可以看出，3个最小的齿轮 $z = 18$ 、 $z = 26$ 、 $z = 28$ 的使用机会， $z = 18$ 为 $1/3$ ， $z = 26$ 和 $z = 28$ 均为 $2/3$ 。事实上， $z = 26$ 和 $z = 28$ 是宽齿轮。在 u_1 和 u_2 中， $z = 28$ 的啮合位置是不同的（右半或左半）。同样，在 u_2 和 u_3 中， $z = 26$ 的啮合位置也不同，每一个位置的使用机会均为 $1/3$ 。因此， $z = 26$ 和 $z = 28$ 这两个齿轮的使用机会实际上均为 $1/3$ ，这就有利于提高机床的使用期限。

轴 II 上的3个齿轮是用螺纹联接的。这主要是因为两个小齿轮较小，难以套装。此外，这样的结构，3个齿轮与轴 II 的同轴度要高于套装结构。

主轴后端经一对齿轮52/52驱动脉冲发生器。主轴每转发1024个脉冲，经数控系统处理后送至Z轴或X轴的伺服系统。

主轴箱设计具有一定的特色。表1-1是主轴箱齿轮的主要参数和材料。

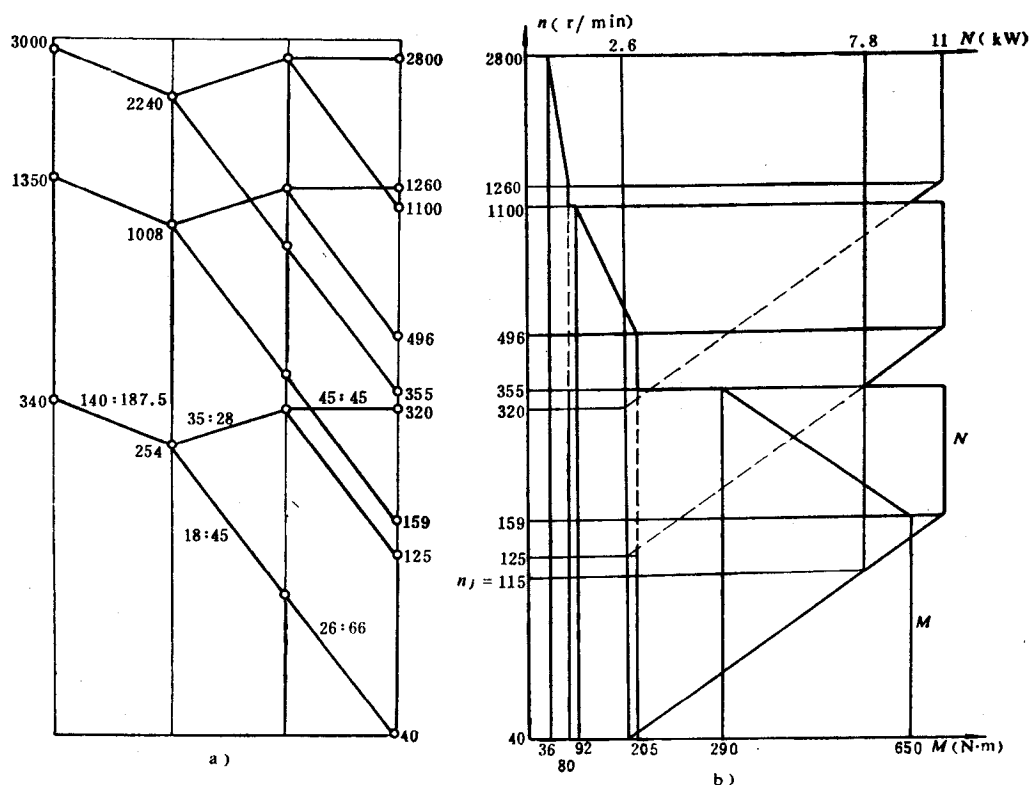


图1-2 转速图和主轴的功率扭矩特性

表1-1 齿轮主要参数和材料

齿轮序号	齿轮齿数	齿轮模数	变位系数	齿宽	材料	热处理	精度等级	压力角
1	35	3	0.406220	20	40Cr	G52	6	20°
2	18	3	0.479376	20	45	G52	6	20°
3	28	3	0.425579	75	40Cr	G52	6	20°
4	45	3	0.352423	20	40Cr	G52	6	20°
5	26	3	0.173084	75	40Cr	G52	6	20°
6	52	2	0	13	40Cr	G52	6	20°
7	52	2	0	10	40Cr	G52	6	20°
8	45	3	0.349732	20	40Cr	G52	6	20°
9	66	3	-0.497057	30	40Cr	G52	6	20°

从表中可看出：除传给脉冲发生器的传动副52/52的模数为2 mm外，其余全是3 mm。材料除轴齿轮 $z_2 = 18$ 与轴的材料相同，为45号钢外，其余齿轮材料皆为40Cr。各齿轮都进行高频淬火，硬度为HRC52。齿轮的精度等级都是6级，齿轮压力角都是20°。这给备料、制造等带来很大的方便，并可降低成本。

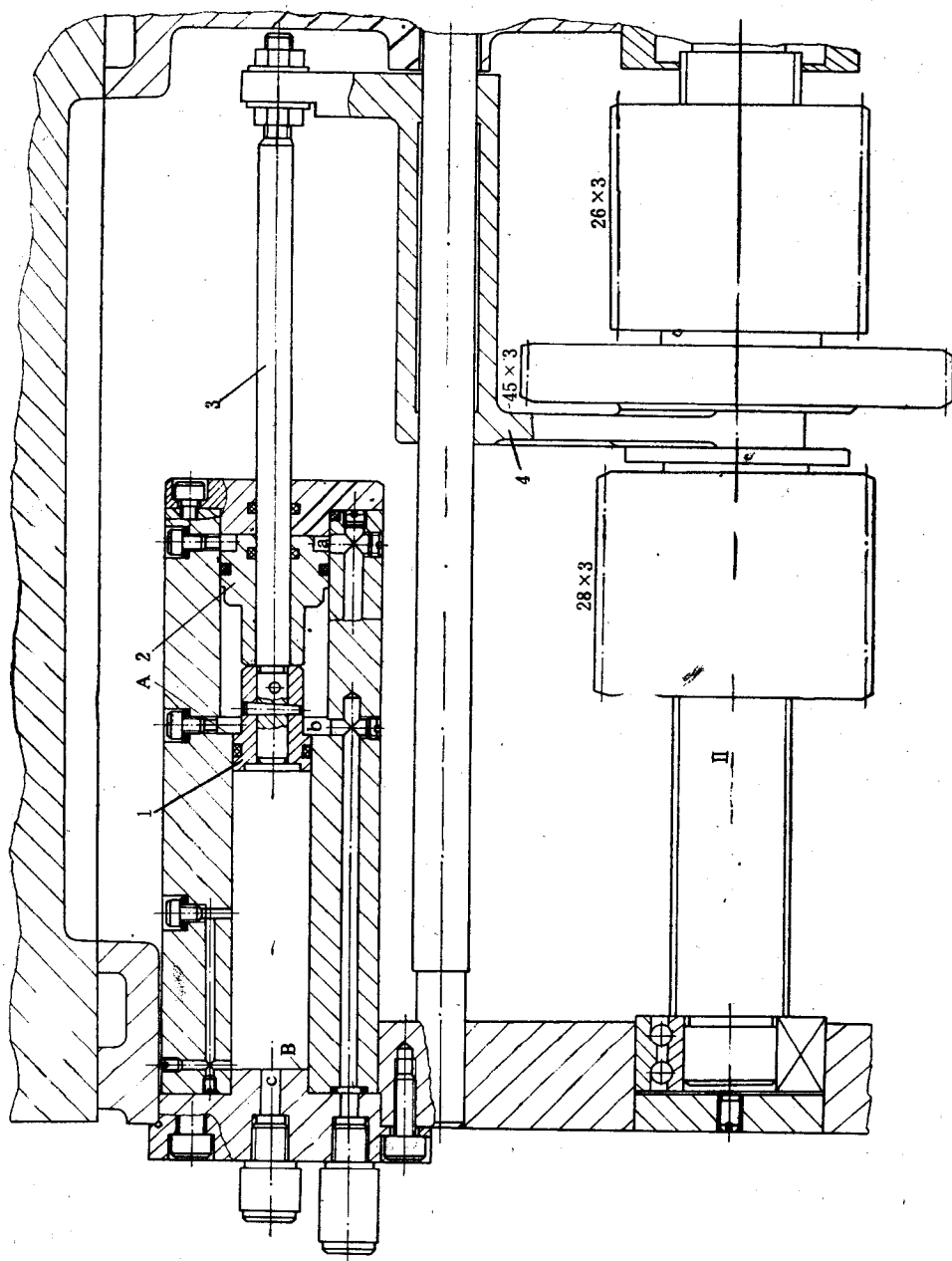


图1-3 复合油缸的结构原理图
1、2—活塞 3—活塞杆 4—缸叉

从表中还可以看出,除主轴传给脉冲发生器的齿轮副(序号6和7)外,其余齿轮:行变位。其中除主轴上的大齿轮 $z_9=66$ 为负变位外,其余齿轮都是正变位。最小齿轮 $z_2=18$ 的变位系数最大,除齿轮 $z_5=26$ 外(原因见下文),其余各齿轮的变位系数按齿数的减少而增大。Ⅱ轴上的齿轮 $z_4=45$ 是公用齿轮,所以变位系数大于Ⅲ轴上的齿轮 $z_8=45$ 。

Ⅰ-Ⅱ轴之间两对齿轮的齿数和相等,都是63。其标准中心距应为94.5mm。为了提高齿轮的强度,使各齿轮均为正变位,把中心距加大到96.8mm。Ⅱ-Ⅲ轴之间的两对齿轮齿数和分别为 $45+45=90$ 和 $26+66=92$,标准中心距分别为135mm和138mm,取中心距为137mm。Ⅱ轴上 $z_4=45$ 的变位系数已定,故定Ⅲ轴上的 $z_8=45$ 为0.349732。齿轮 $z_5=26$ 和 $z_9=66$ 为负角变位传动。 $z_5=26$ 由于齿数较少,希望为正变位,故齿轮 $z_9=66$ 应取较小的负变位系数。但变位系数又不能太小(绝对值不能太大),故 $z_5=26$ 的变位系数不能太大,这就是 $z_5=26$ 的变位系数较小的原因。

主轴组件见图1-1。结构比较简单,主轴头为JB2521-79标准中的6号C型主轴头,通过插销螺柱及转垫实现快速连接。主轴孔径与外径之比近似地等于0.7,主轴孔对主轴刚度的影响很小。

主轴为两支承,前支承是C3182118双列短圆柱滚子轴承,后支承用D8115推力球轴承和D46214向心推力球轴承。

主轴的推力轴承装在后支承内对数控车床是不利的。由于数控系统的坐标原点通常都设定在主轴端或主轴之前(图中为右),发热后,这样结构的主轴将向右膨胀,工件与坐标原点之间将产生轴向位移,影响加工精度。推力轴承的选型也有缺陷,8115推力轴承的极限转速,脂润滑时仅为2000r/min,油润滑时也仅为3200r/min。这台车床主轴的最高转速为2800r/min,用这种轴承已较勉强。这些都反映了这种机床的设计不够先进。

主轴箱3级变速由复合油缸操纵。复合油缸的结构原理图见图1-3。图中,Ⅱ轴(图1-1)上的三联齿轮处于右端位置。复合油缸内的活塞1和2都处于右端的极限位置,这时油口c进油,油口a和b排油。当油口a和c同时进油、b排油时,由于活塞2的面积大于活塞1,活塞2推活塞1向左移动,当移至活塞2的左端面与油缸内A面接触时,活塞停止移动。这时,活塞连同活塞杆3和拨叉4推三联滑移齿轮至中间位置。当油口a和b进油, c排油时,活塞1向左移动至活塞1的左端面与油缸盖的端面B接触。这时活塞1带活塞杆3和拨叉4将三联滑移齿轮移向左端位置。

3. 进给系统

纵向(Z轴)进给机构见图1-4。

伺服系统为半闭环。具有行程测量装置(位置编码器)的直流伺服电动机1,通过同步齿形带2驱动滚珠丝杠4。滚珠螺母5是内循环,每个螺母三圈,固定在刀架上。

滚珠丝杠的左端支承是滚柱复合轴承3,靠修磨隔套实现预紧。碟形弹簧8用来实现预拉伸,以补偿热变形。预拉伸靠螺母7调整,6锁紧。这样的结构,同步齿形带处于闭环之外,因而对齿形带和带轮的精度要求较高,齿形带又是一个弹性元件,所以进给系统的精度不太高。

图1-5为间隙消除方法的示意图。垫片4轴向有两个凸耳A和B,其上固定两个切向调整螺钉3。拧动螺钉3,可使滚珠螺母2和6相对转动一个角度,从而消除滚珠丝杠螺母的

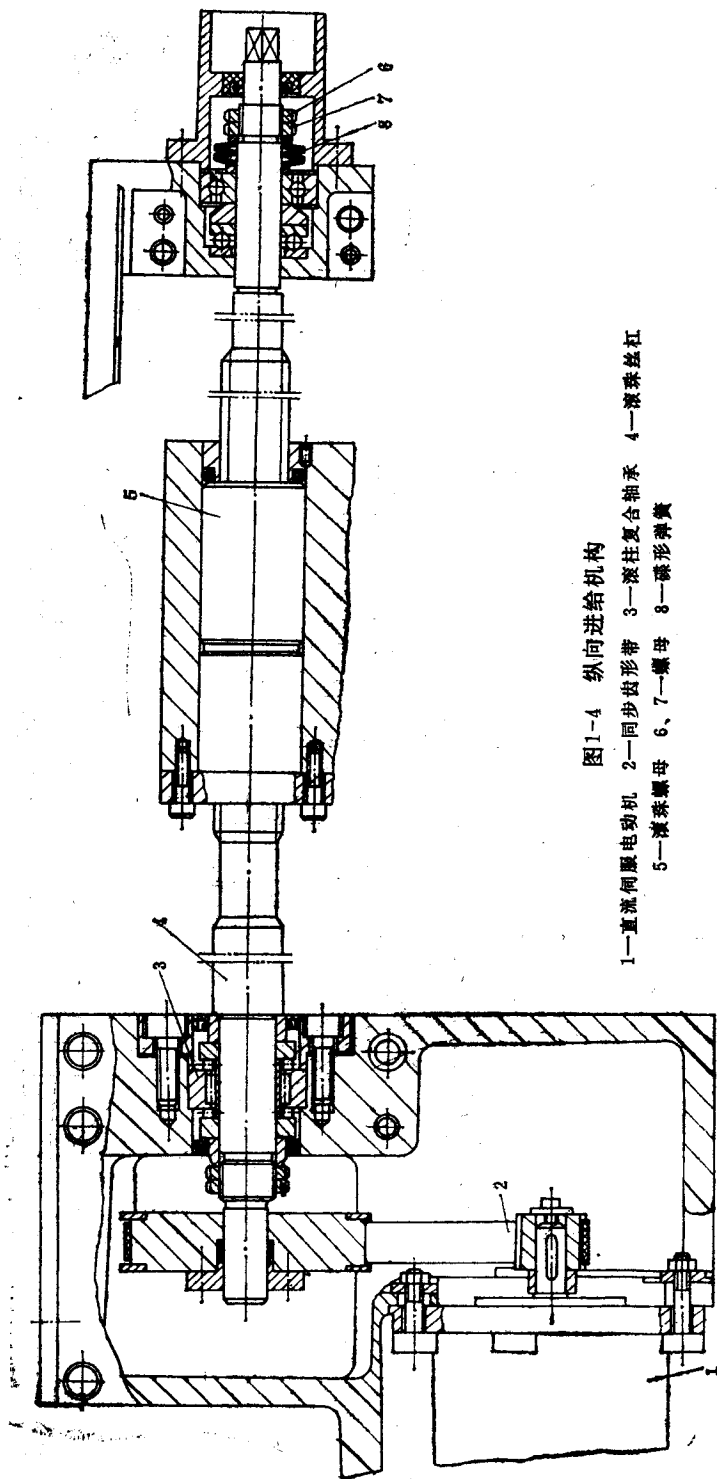


图1-4 纵向进给机构

1—直流伺服电动机 2—同步齿形带 3—滚柱复合轴承 4—滚珠丝杠
5—滚珠螺母 6、7—螺母 8—碟形弹簧

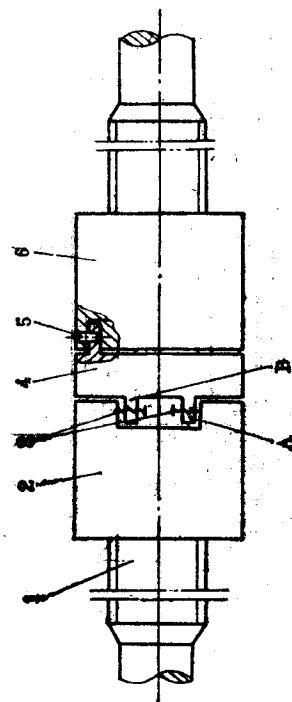
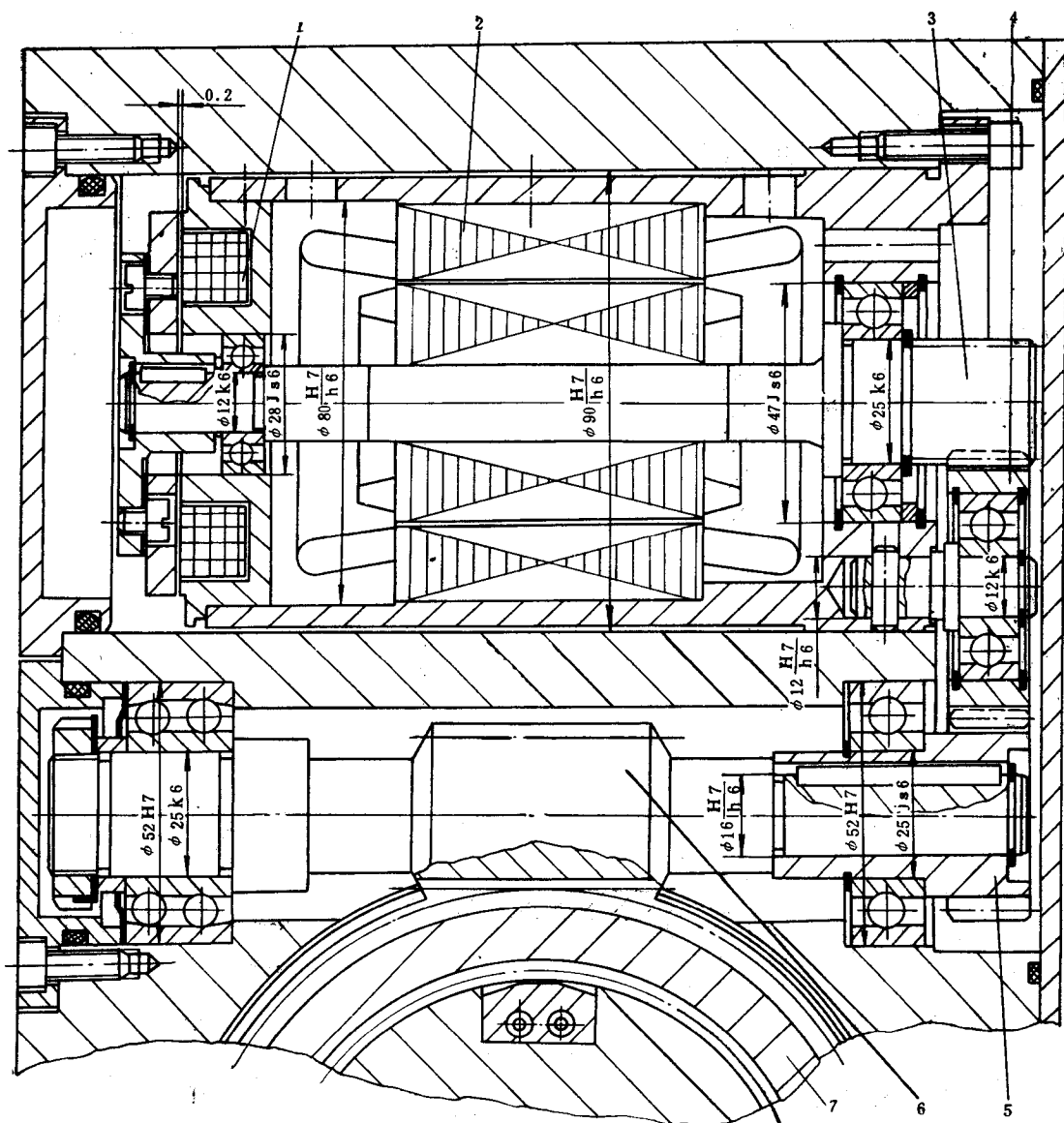


图1-5 间隙消除方法

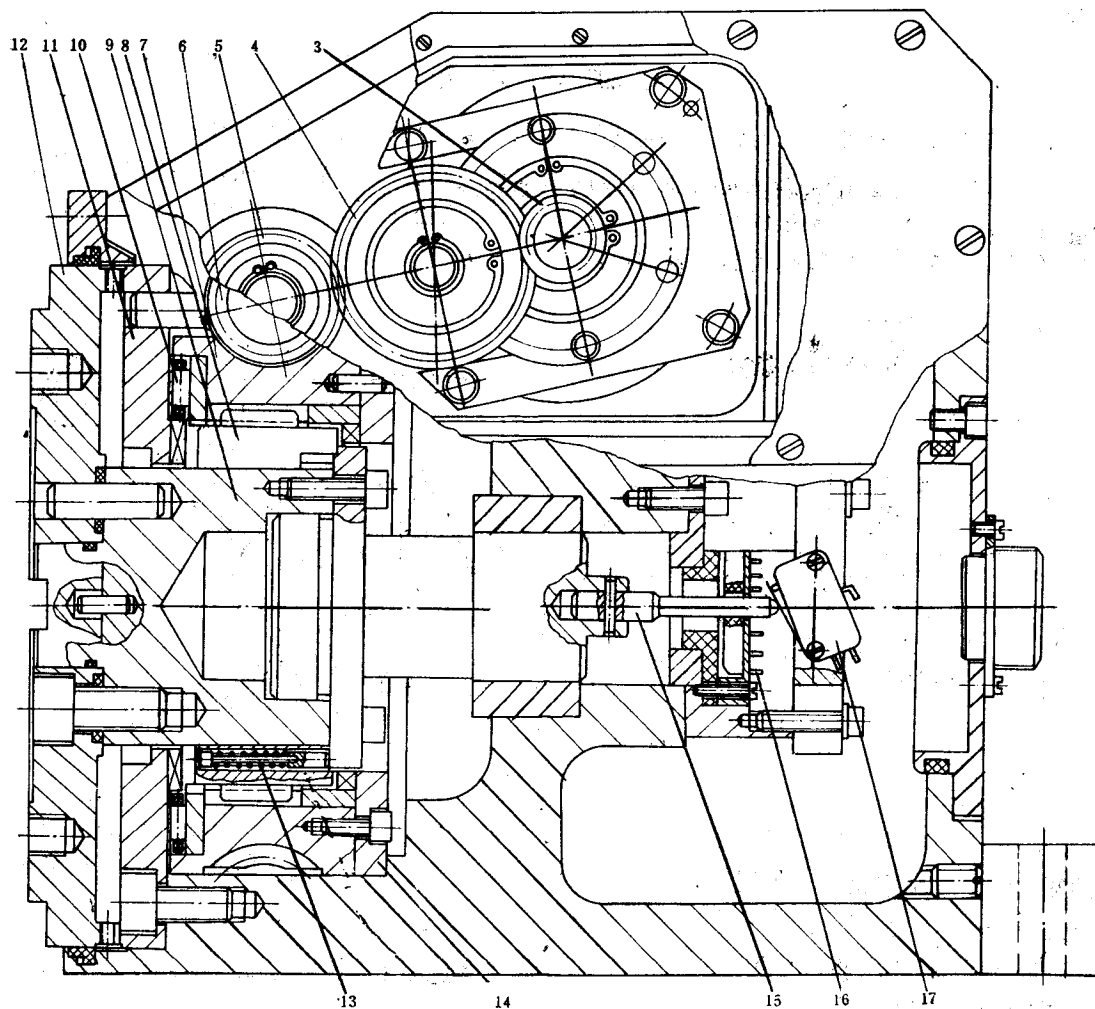
1—滚珠丝杠 2、6—滚珠螺母 3—切向调整螺钉
4—垫片 5—碟形弹簧



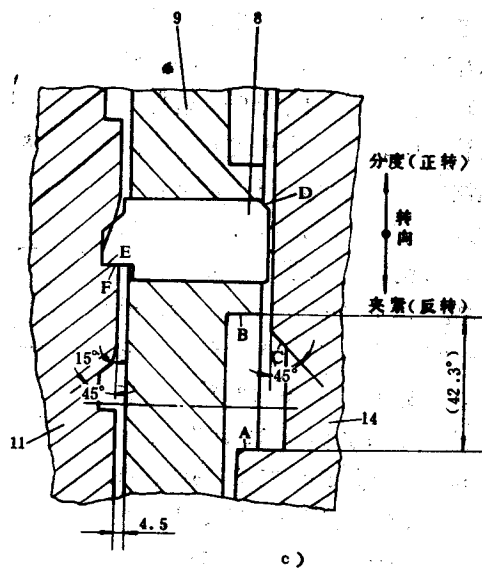
a)

图1-6 回转刀

1—电磁制动器 2—电动机 3、4、5—传动齿轮 6—蜗杆
13—弹簧 14—盘 15—限位杆



b)



c)

架构造原理图

7—蜗轮 8—方销 9—轴 10—推力轴承 11、12—端齿盘
16—转换开关 17—行程开关

间隙。

4. 回 转 刀 架

回转刀架的构造和立体示意图分别见图1-6和1-7。两图的编号是统一的。

电动机 2 (图1-6 a) 装在刀架的上部, 用以驱动回转刀架转塔的松开、抬起、转位、定位和夹紧。为了防止在夹紧状态时因振动而使回转刀架松动, 电动机 2 内有电磁制动器 1。在整个夹紧过程中, 电磁制动器一直通电。

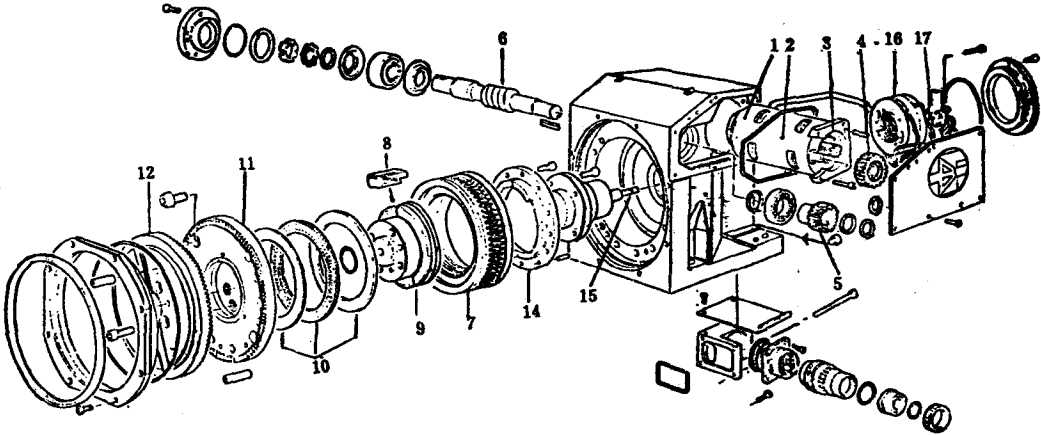


图1-7 回转刀架立体图

转塔 (图中未画出) 固定在上端面齿盘 (鼠牙盘) 12 (图1-6 b) 上, 靠与固定盘 11 之间的端面齿进行精定位。刀架尾部有转换开关 16 和行程开关 17, 控制转塔的运动。运动循环图见图1-8。

转位开始 (图1-8的 a 点) 制动器 1 反接, 反接时间 $t_1 = 30\text{ms}$, 使电磁铁消磁。电动机 2 则延时 t_2 ($t_2 > t_1$) 后通电正转 (b 点)。经齿轮 3、4、5、蜗杆 6 使蜗轮 7 正转。蜗轮 7 与轴 9 之间为梯形螺纹联接 (左旋, 导程 25.5mm , 3 线)。在轴 9 径向有两个方销 8。方销内有弹簧 13, 使方销抵紧在固定盘 11 的缺口内 (参看图 1-6 c), 故轴 9 不转, 仅向左移动。当蜗轮 7 旋转 42.3° 时, 轴 9 连同上端面齿盘 12 向左移动 3mm , 与固定盘 11 的端面齿脱开。这时, 行程开关 17 动作, 发出定位放开信号。在图 1-8 中为

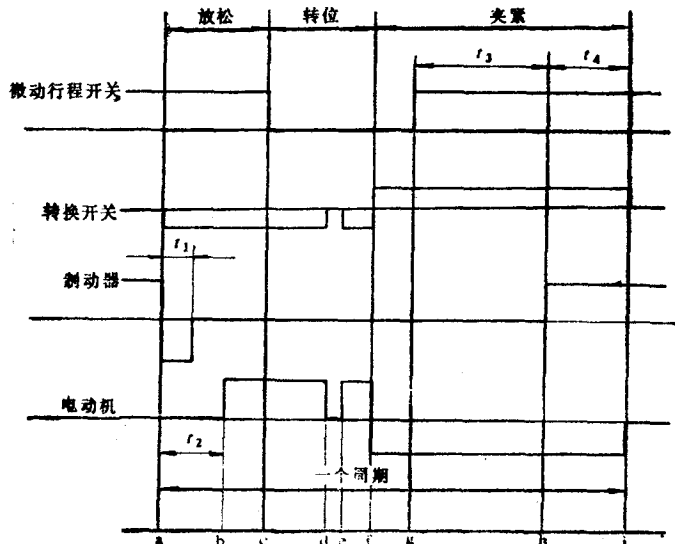


图1-8 运动循环图

c 点。只有行程开关发出信号，循环才能继续进行。

在蜗轮旋转的同时, 固定在蜗轮上的盘14也转过同样的角度。A面(图1-6c)碰到B面。蜗轮的继续旋转将使轴9也旋转。方销8则因左端的斜面而向右移, 右端进入盘14的缺口。转塔每次转位转几个工位, 由数控系统控制, 由转换开关16反馈。当转塔转至程序所决定的工位的前一工位(例如程序决定转至第6工位, 则当转至第5工位)时, 转换开关使电动机断电, 然后又再进行接通, 使电动机速度减慢。如图1-8的d和e点所示。

当转到要求的工位时,转换开关发出电动机反转信号,如图1-8的f点所示。电动机反转,盘14也反转(见图1-6b)。盘14上的45°斜面C经斜面D推动方销8向左移动,在与弹簧13的联合作用下,方销进入固定盘11的缺口。由于上述45°斜面的存在,使轴9反转(反靠动作),一直到E面靠上F面,进行粗定位。以后,轴9就不能旋转了。蜗轮继续旋转使轴9右移,靠端面齿盘精定位。

定位完毕,行程开关发出信号(图1-8的g点),延时 $t_3=300\text{ms}$ 至h点,制动器制动。延时 t_3 的目的是使电动机的输出扭矩上升,以保证齿盘上有足够的压紧力。然后再延时 $t_4=150\text{ms}$ 至i点,电动机断电。延时 t_4 的目的是使制动可靠后再停电动机。总的目的是保证

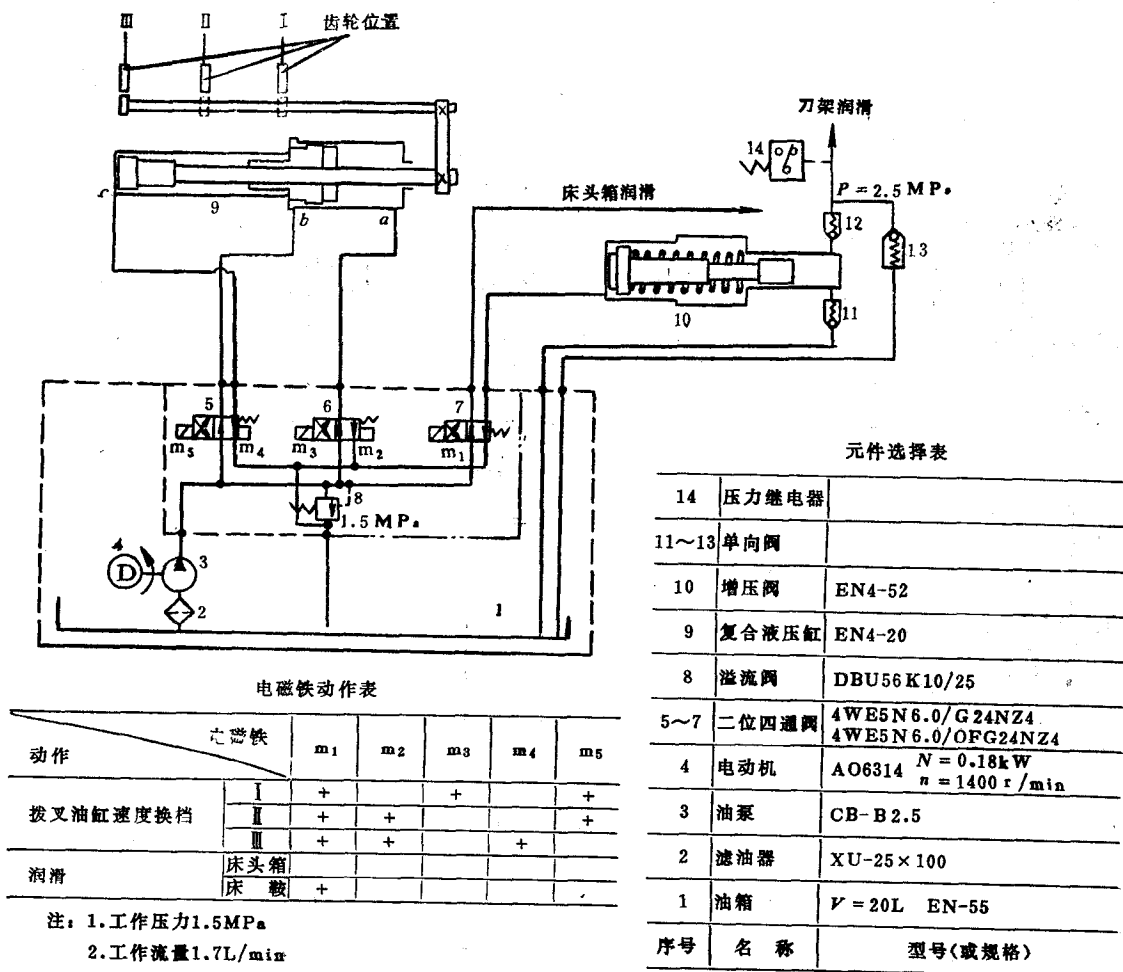


图1-9 机床的液压原理图