

技 术 设 计

沈 阳 钻 镗 床 研 究 所

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

精心设计，精心施工。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前

言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，从无产阶级文化大革命以来，摇臂钻床的生产发展极为迅速。不仅摇臂钻床制造厂已遍布全国各地，产品产量增长很多，且产品品种也有很大发展。对主参数来说，钻孔直径为40毫米但结构各不相同的摇臂钻床，就有4—5种，分别在十几个单位生产过或现仍在生产中。为了更好地发展摇臂钻床生产的大好形势，巩固和扩大已经取得的成果，根据党的经济政策和技术政策的要求，并根据部、局及有关领导部门的指示，由北京机床研究所和沈阳钻镗床研究所共同组织了有关生产厂、院校等18个单位，进行“三化”（即：标准化、系列化、通用化，简称“三化”）工作。在深入调查研究、访问用户、充分总结各制造厂的实践经验和科研成果的基础上，对比国内外技术水平，进行了摇臂钻床联合设计工作。本机床即属于系列中最大钻孔直径为40毫米的一个品种。

在设计本机床时，贯彻执行了下列标准和技术文件的有关规定：

- 1) JB1382—74《摇臂钻床参数》
- 2) JB/Z108—74《摇臂钻床系列型谱》
- 3) GC14—60《摇臂钻床精度》
- 4) GC1—60《金属切削机床通用技术要求》
- 5) 《摇臂钻床系列设计技术任务书》（简称《系列任务书》）

对于本技术设计中的设计计算部分，目前由于资料缺乏，只能根据我们手头上现有的一些资料，进行一些必要的计算。又由于在整个系列设计中，任务重，时间紧，人员少，经验不足，水平不高等原因，使得有的部分计算得粗糙一些，加上计算结果中有的尚未经生产实践的有效验证，因此，不当之处，在所难免。诚恳地希望阅读本技术设计的同志们，能指出错误，提出意见，以期使之达到能比较符合实际和较为完善的目的。

初稿完成之后，本机床随即投入样机试制，试制完成以后，经过国家鉴定，认为合格。又在四个生产厂根据定型后的图纸同时小批试制之后，十几个生产厂在一起，对图纸进行了统一标定。沈阳钻镗床研究所根据这一系列的生产实践情况，对初稿进行了必要的修改。

本技术设计在定稿前，承华中工学院及哈尔滨工业大学的机床教研室和力学教研室的同志们进行了全面而系统的审阅，并提出了许多宝贵意见，在此一并表示谢意。

目 录

前 言

一、用途及使用范围	1
二、主要技术规格	1
三、结构特征概述	2
1. 总布局	2
2. 主轴变速及进给变速传动系统	2
3. 变速操纵	5
4. 进给机构	11
5. 主轴及其平衡装置	11
6. 立柱结构	15
7. 摇臂升降机构	17
8. 主轴箱、立柱及摇臂夹紧	17
9. 冷却装置	22
10. 电器系统	23
11. 防漏油措施	24
四、机床运动计算	24
1. 主轴转速计算	24
2. 进给量计算	26
3. 水平轴手柄每转的主轴移动量计算	27
4. 蜗杆轴手轮每转的主轴移动量计算	27
5. 主轴箱移动手轮每转的主轴箱移动量计算	27
6. 摇臂升降速度计算	28
五、设计计算	31
1. 主传动构件及零件计算	31
1) 主电机功率的确定	31
2) 主轴扭矩及功率的确定	34
3) 各传动轴扭矩的确定	36
4) 齿轮计算	39

5) 轴的计算	44
6) 正反车摩擦离合器计算	55
2. 进给传动零件计算	56
1) 蜗轮副计算	56
2) 齿条——齿轮副计算	58
3) 进给离合器弹簧计算	59
4) 进给变速传动齿轮和轴的计算	61
3. 主轴计算	63
4. 主轴平衡弹簧计算	64
5. 摇臂升降机构的计算	66
1) 升降电机功率计算	66
2) 升降保险离合器计算	68
3) 丝杠螺母耐磨性验算	69
4) 摇臂套筒长度计算	69
6. 液压系统计算	70
1) 液压预选系统计算	70
2) 液压夹紧系统计算	73
7. 立柱夹紧力计算	75
1) 锥面夹紧时所需的沿立柱轴线的压紧力的计算	76
2) 圆板弹簧计算	79
3) 菱形块——杠杆机构夹紧力计算	80
8. 机床刚度计算	84
1) 内柱刚度计算	84
2) 摇臂刚度计算	87
3) 底座刚度计算	91
4) 机床总变形量	93
9. 机床重量计算	93
六、技术经济分析	94
参考资料	98

一 用途及使用范围

Z 3040×16型摇臂钻床,主要用于加工中小型零件。可以进行钻孔、扩孔、铰孔、铰平面及攻螺纹等工作。在有工艺装备的条件下,也可以用来镗孔。适用于各类机械制造业中之单件或成批生产的部门,也适用于各类机械修理部门和工具制造部门。

在设计本机床时,充分地考虑了有必要的万能性;同时,根据系列品种间不同的经济加工范围的区分,本机床的经济加工范围——即以标准刃磨的高速钢麻花钻头,在中等抗拉强度的钢材上,用经济的切削规范的最小和最大钻孔能力——为8至40毫米。

考虑到目前在摇臂钻床类机床上,作高速强力加工尚不普遍,以及功率的使用一般都比较小等实际使用情况,故本机床在强度、刚度方面,以及在主电机功率方面,都没有留有不必要的过大的储备。但是,在需要时,将主电机功率由3瓩提高到4瓩,机床构件或零件都是允许的。

本机床在主轴转速 $n = 80$ 转/分以下时,不应传递满功率,只能按最大扭矩工作。

二 主要技术规格

最大钻孔直径	40毫米
跨距	1600毫米
主轴圆锥孔	莫氏4号
主轴行程	315毫米
主轴端面至底座工作面最大距离	1250毫米
主轴箱水平移动距离	1250毫米
摇臂回转角度	360°
摇臂升降距离	600毫米
主轴转速范围	25—2000转/分
主轴转速级数	16级
主轴进给量范围	0.04—3.2毫米/转
主轴进给量级数	16级
主轴允许的最大扭转力矩	40公斤·米
主轴允许的最大进给力	1600公斤
主电机功率	3瓩
机床重量	约3500公斤
机床轮廓尺寸(长×宽×高)	2490×1035×2625毫米

三 结构特征概述

本机床总布局及各部结构的设计，均符合《系列任务书》所规定的设计原则。

1. 总 布 局

本机床总布局型式是在国产新老产品的基础上继承下来的。但在设计时，考虑了以下几点：

(1) 由于操作方便、各运动部件运动灵活、工作可靠，是摇臂钻床类机床的主要性能要求，故本机床在设计时，将各操纵手柄，均集中安设在水箱水平轴及水平轴以下位置，使得操作非常方便，同时，各部结构安排（如水箱重心配置，内外柱回转等处），也都充分地注意到上述要求，而妥善地予以处理。

(2) 各主要部件均能单独装配调整，并能按小装→部装→总装进行装配，以缩短制造周期。

(3) 各大件的加工工艺性，例如：水箱箱体、摇臂、升降体壳等，都考虑了在大批生产时用组合机床镗孔的要求。

(4) 外观造型和机床布局方面，应力求在满足使用要求和制造简单的前提下，有独特的风格。本机床在设计时，在此方面虽有所注意，但由于外观风格的建立是一个很复杂的问题，故有待今后逐步解决。就目前来看，一般地，对本机床的评价为：外观匀称、大方。

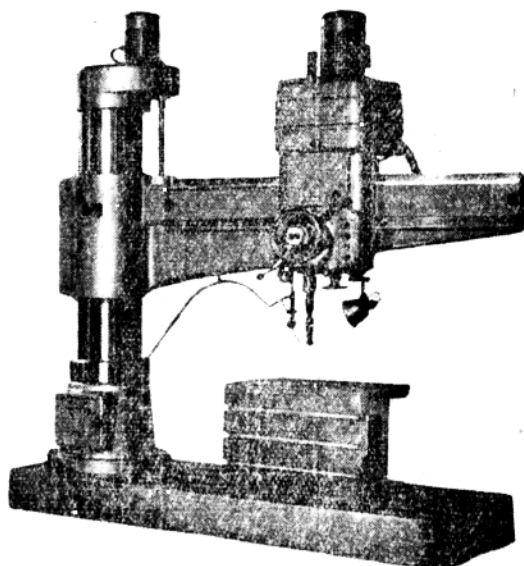


图1 Z3040×16型摇臂钻床

2. 主轴变速及进给变速传动系统

本机床主轴变速及进给变速传动系统（见图2、图3）的特点为：

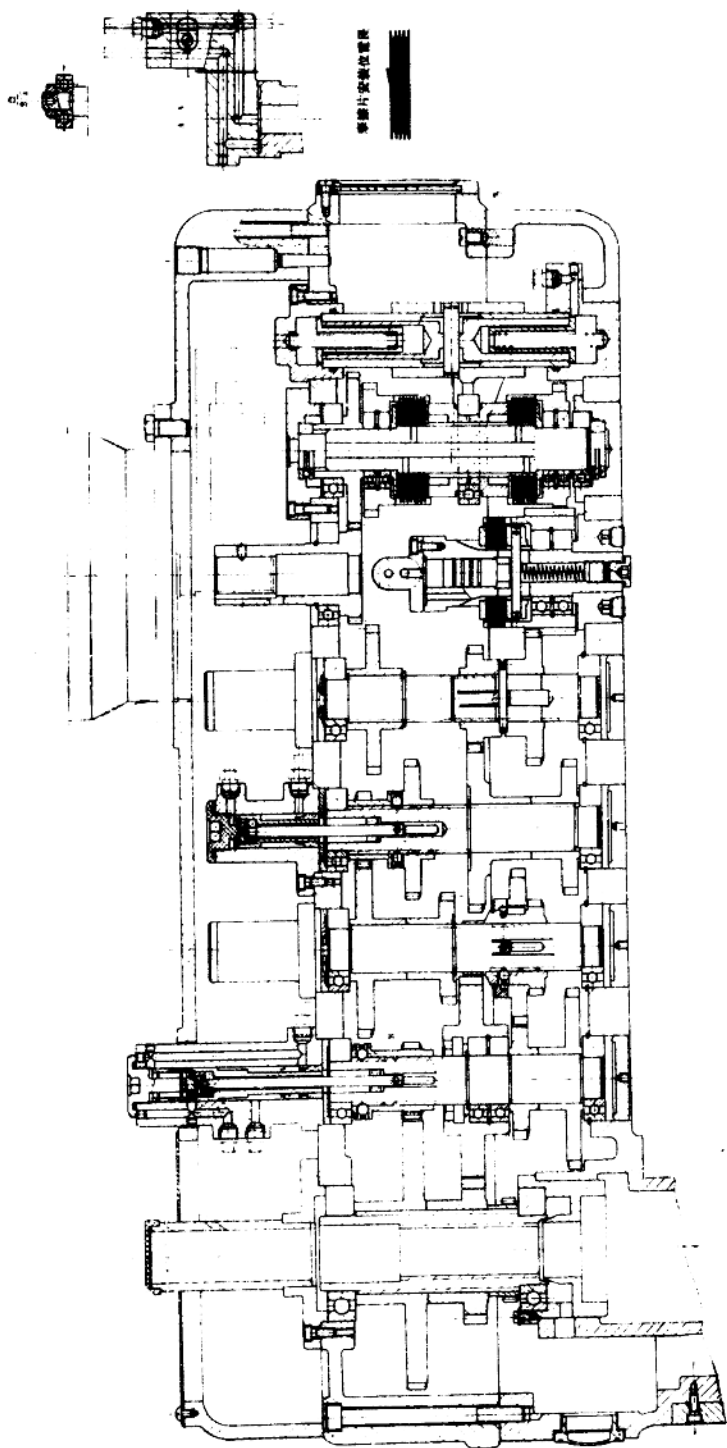
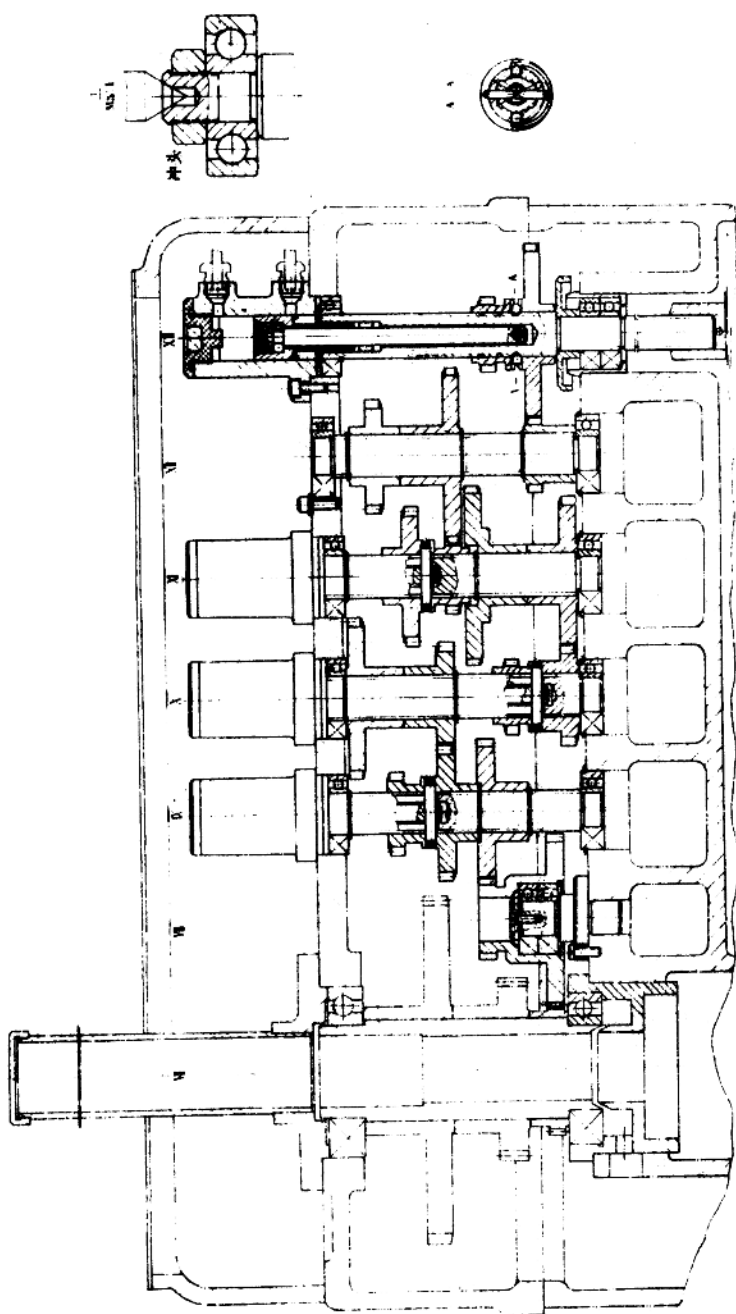


图 2 主轴承盖展开图





図は、機械部品の断面図である。

(1) 主轴变速及进给变速传动部分, 都设置在主轴箱上部。这样, 使得主轴箱上部分为三层。最上层为电机座, 里面安放液压变速操纵机构的全部零件, 中间这层为传动齿轮, 下层为主轴箱体。这种结构型式的优点是: ①主轴箱体结构大为简化, 铸造工艺性显著改善。②变速操纵的液压系统, 包括油泵、操纵阀、变速油缸及所有油管等全部安放在最上层, 使得装配调整、排除故障、使用维修都非常方便。

(2) 由于主轴允许最大扭矩较大(40公斤·米), 又由于工艺上的原因, 主轴在低速范围内工作时, 扭矩不会超过额定值, 所以不必设置过扭矩保护装置。

(3) 用摩擦离合器来实现主轴正、反转, 使运转平稳, 并因摩擦离合器所能传递的最大扭矩一定, 转速一定, 故它不仅限制了该轴的扭矩, 而且使主轴输出功率亦受到限制, 即当过载到一定数值时, 摩擦离合器就打滑。

(4) 用了8个双联滑移齿轮, 以简化变速操纵机构。

(5) 主轴能得到“空挡”位置, 以便于用手能轻便地转动主轴(精度检查及更换刀具时必须)。“空挡”位置, 直接由主操纵手柄向上抬一下, 即可得到。结构简单, 使用方便, 此为本机床操作性能方面的一个显著特点。

(6) 整个进给变速系统, 由于《系列任务书》规定之进给量范围, 对钻孔直径为40、63、80毫米三种规格的机床, 均为0.04~3.2毫米/主轴每转, 故从系列化、通用化的角度出发, 应该而且亦可能使之通用于三种不同规格的机床上。换言之, 即40、63、80毫米三种规格机床进给变速传动系统全部通用。在设计本机床此部结构时, 已予实现。进给变速传动系统的结构型式与主轴变速传动系统则完全相似。

综上所述, 对比目前新老系列产品, 本机床传动系统, 无论在使用性能方面或工艺性方面, 都有一定的提高。

3. 变 速 操 纵

本机床的变速操纵机构, 是液压控制的(见图4、图5、图6), 结构较新, 且具有操纵轻便, 机构简单, 工作可靠, 装配调整容易, 维修方便等优点。

变速操纵部分包括以下几个内容:

(1) 正、反车摩擦片操纵:

本机床采用油缸推压摩擦片, 操纵力小, 且摩擦片轴所传递的扭矩和功率都是恒定的。这样, 既继承了老系列产品中用摩擦片来控制正、反车的优点, 同时, 又克服了老产品(如Z35、Z37等)用弹簧压摩擦片所带来的操纵力过大的严重缺点。

(2) 变速操纵:

本机床采用了“轴心提拉式”变速操纵机构。变速油缸位于滑移齿轮所在轴的顶端, 通过轴心, 用拉杆直接推移齿轮。这种变速机构有两个特点: 一是节省了拨叉、拨叉支架等形状复杂的零件, 使零件数减少得比较显著。例如, 国产Z37型机床液压预选操纵机构共有160种, 250余件; 本机床则只有50余种, 100件左右。以种数计, 减少约70%; 以件数计, 减少约60%。由于取消了一般机床上的变速操纵拨叉, 使得传动效率

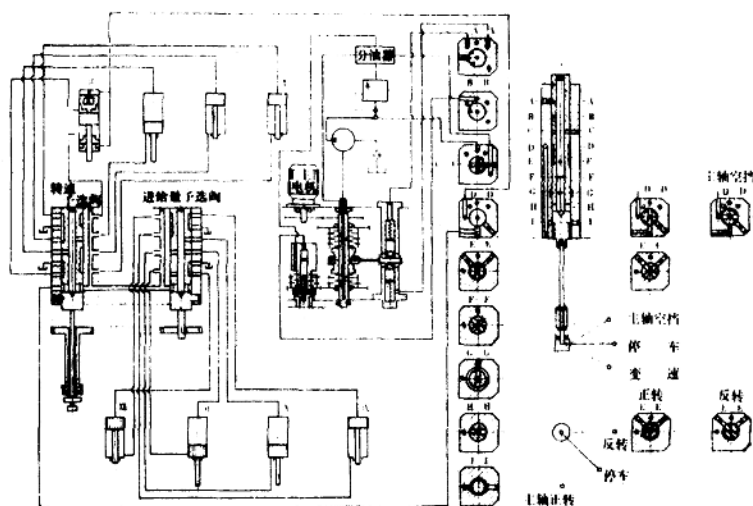


图4 液压原理图

提高，使用单位省掉了拨叉易损件的配换方面的工作，且拨叉与齿轮间磨下的铁屑，污染箱体及油池的现象消除了，可以延长传动零件及轴承的使用寿命。二是变速平稳轻便。

由于本机床采用了“轴心提拉式”变速机构，因而8个滑移齿轮所在的传动轴，是空心的，且开有长键形通孔的槽。这种在轴的中心又钻孔又开槽的传动轴（见图7），其强度和刚度与实心轴相比，虽然有所削弱，但仍足以能保证正常工作。这可以从两个方面来证明，一是从理论计算结果看（详见“设计计算”部分）是允许的，二是从产品实际使用效果来看也是没有问题的。

例如，中捷人民友谊厂生产的老Z3080型机床，从1971年初出厂的第一批产品，到目前为止，已经使用了三年多，没有发现这种又钻孔又开槽的传动轴有问题。又该厂在70年生产的Z3140型机床上开始采用空心轴，数年来亦未发生过问题。此外，在北京第三机床厂生产的Z3040B等产品上，也采用类似结构，经过几年的实际使用，也没有发生过什么问题。由此可见，采用“轴心提拉式”变速机构，轴的强度是够用的。必须注意的是，不论滑移齿轮处于空心轴的那个位置，其轮毂部分都应将长方形槽孔包容住，不能使槽孔外露，以改善空心轴的工作条件。

在生产实践中，我们还遇到过变速滑移齿轮在切削过程中，由于种种因素影响造成，产生轴向移动，直至完全脱开啮合，使主轴停止转动。这种现象，即所谓“掉挡”，亦称“掉叉子”。例如Z37型机床上，就有两个齿轮在切削试验时产生这种“掉挡”现象。滑移齿轮沿传动轴移动的轴向力，一般不超过17公斤，这十几公斤的轴向力是怎样产生的？暂且不论。为了弄清空心轴是否会影响“掉挡”？或者说对产生“掉挡”现

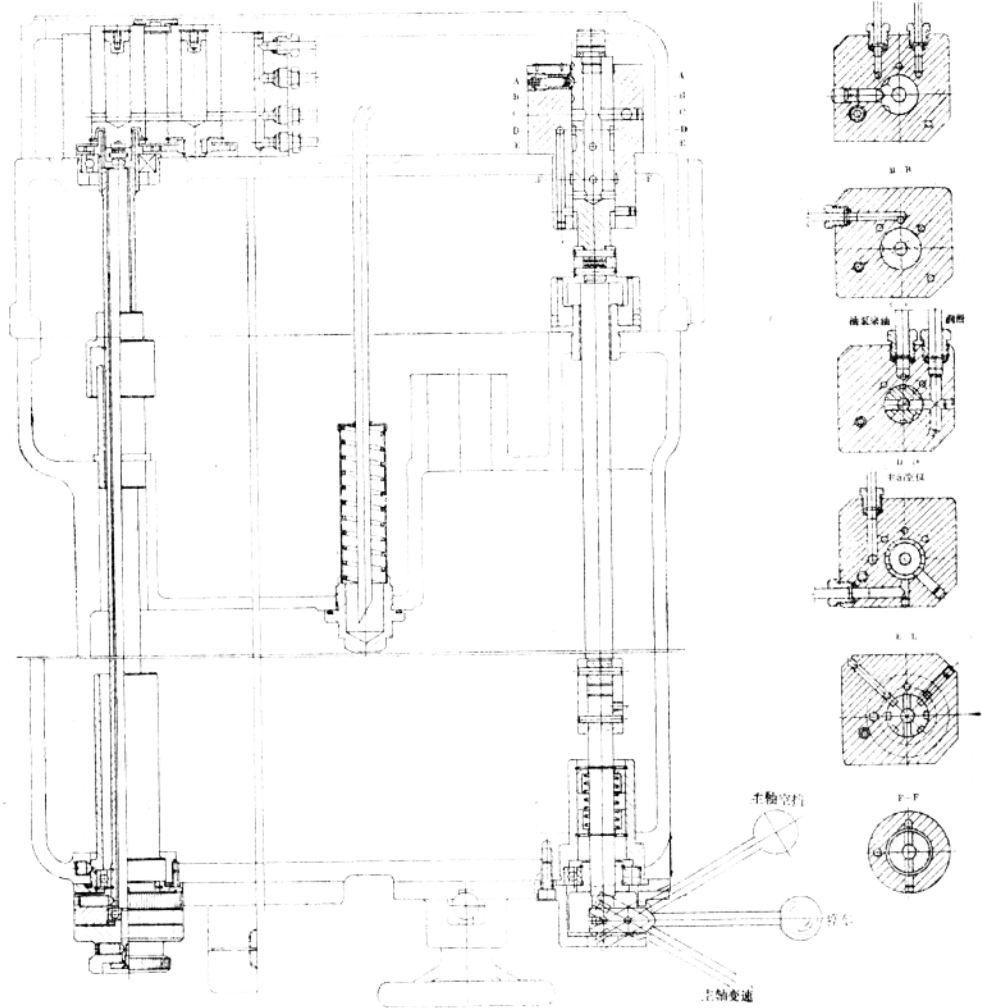


图5 操纵机构图

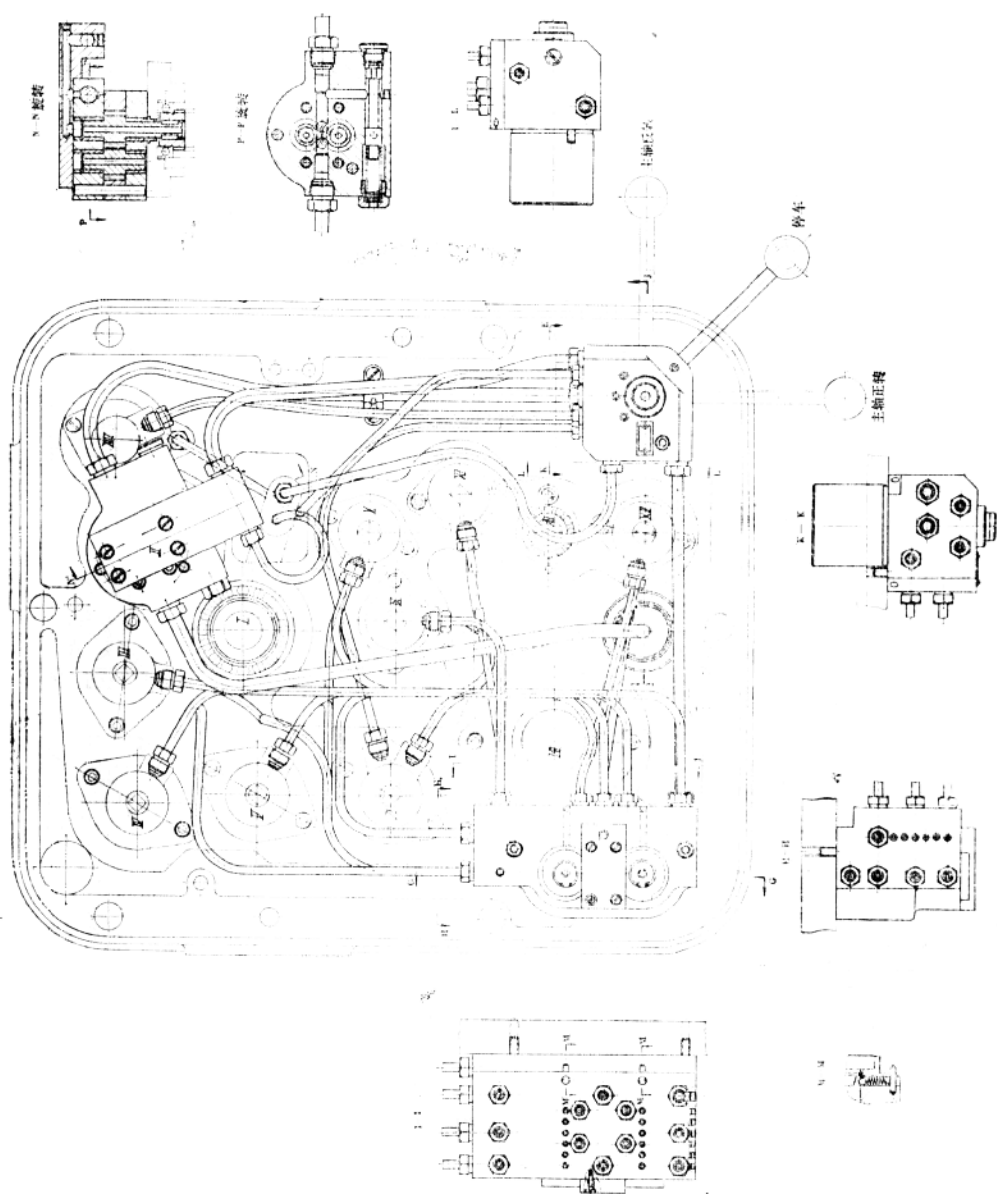


图6 接管图

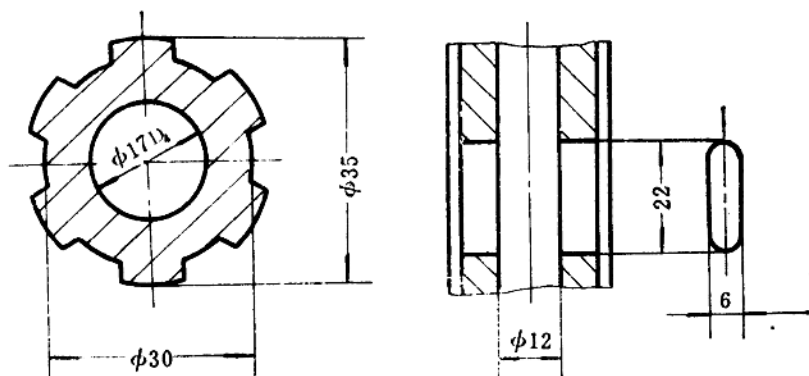


图7

象,空心轴是否比实心轴严重?中捷厂曾对Z3140型机床进行过试验,结果表明,在相同条件下比较,空心轴、实心轴,全淬硬或表面淬硬,对“掉挡”的影响,都没有明显差别。因此,对于在本机床上采用的空心的并开通槽的传动轴的强度和刚度,都是完全用不着担心的。

(3) 所谓“缓速”动作的实现(参看图2):为了使滑移齿轮能顺利地进入啮合位置,在变速过程中,应使传动链有一个缓慢的转动,以避免出现齿轮齿顶齿现象。本机床开始采用的是一套共6个小齿轮的所谓“定速”传动来得到缓速的。在变速过程中,整个传动链以一定的低转速回转。这种方案的优点是变速“挂车”准备好了较好的条件,可使变速顺利完成。缺点是增加了6个齿轮,箱体上增加了两个小孔,使加工复杂,尤其是用联动镗加工更为困难,而且Ⅲ轴根部受到很大削弱。在本机床设计完成之后,在设计其它规格机床时,安排同类结构比较困难,会使系列化效果不理想。为了解决上述问题,其后在试制过程中改用差动油缸“缓速”。为了验证用操纵正、反车摩擦离合器的差动油缸进行“缓速”是否能顺利“挂车”,我们曾对中捷厂生产的Z3080、Z3080A、Z30100三种产品进行试验,反复多次变速(偏重挂高速挡),在近二百多次变速过程中,几乎没有挂不上车的现象,仅有两、三次“磨齿”声出现。关键在于:①差动油缸之面积差选得要适当,既要保证齿轮容易啮合,又要使之产生的作用在摩擦离合器上的正压力要小,小到只能使整个传动链回转,而不能传递较大的扭矩值。②变速执行手柄的操作动作应为手柄往下压,直到主轴已连续回转,证明变速已完成,才松开手柄,使之复原。

从以上分析可见,“缓速”动作不必非加上“定速”转动不可。考虑到大批量制造机床时成本的降低,用正、反车摩擦离合器来实现“缓速”是最简单而又可靠的方法。本机床在第二次试制时,最后已将“定速”齿轮取消。

(4) 最高转数与最大进给量的“互锁”:

本机床的高转数级(2000、1250、800转/分,三级)与大进给量级(3.2、2、1.25毫米/转,三级)不能同时接通,以防止意外事故的发生。这是通过预选阀上末端凸形曲线和一个销子得到的,结构很简单,而机床性能得到了提高。

(5) 结构工艺性和维修

本机床由于采用液压预选, 为了满足生产批量大所提出的工艺性要求, 以及装配、调整 and 用户维修时方便, 有如下几个特点:

① 整个液压系统的所有液压元件, 包括齿轮油泵、变速油缸、预选阀、分配阀等全部零件位于主轴箱上层, 顶盖上仅安放一个主电机, 只要把顶盖拆开 (这是很方便的), 就可以调整、修理整个液压系统。

② 主轴箱内相应部分, 除了安放主变速及进给变速传动系统的轴承孔外, 没有别的加工工作量, 使箱体加工大为简化。

③ 由于所采用的齿轮油泵流量较大 (每分钟三公升), 因而不需蓄能器, 以简化机构, 并使装配工艺性大为改善。与同类型机床相比, 有的在采用了蓄能器之后, 油泵流量仍为 1.5 升/分, 相应液压系统却大为复杂化。我们在生产 Z37 型机床的过程中已经知道, 类似这样的液压预选系统是不可取的。为了解决由于油泵要求油池容积相应加大, 以避免油的过热的问题, 在主轴箱体中, 所设计的“副油池”应尽可能加大, 这在本机床上是完全能够实现的。

④ 关于液压元件的制造质量要求问题。由于液压预选之液压系统不同于其它类型机床的液压驱动, 质量要求也应有所区别, 因此, 滑阀与阀体可分开进行精加工, 而不必相互配研。滑阀按 1 级精度, 光洁度 V_9 ; 阀体孔按 2 级精度, 光洁度 V_8 , 就完全可以满足要求。对于预选阀及主操纵阀以及夹紧油缸等, 按前述技术要求之外, 可相互配磨, 使滑阀与阀体的配合间隙为 0.008—0.015 毫米即可。这是对传统工艺方法的一个突破。过去在 Z37 型机床上, 所有滑阀与阀体, 均为配研, 制造费工费力。按本机床技术要求, 取消了配研, 加工工艺性显著改善。经过中捷厂在 Z3080 型机床生产已近七百多台的考验, 无论是在制造过程中, 或在用户使用过程中, 液压预选及液压系统中的油缸、滑阀等尚未发生过问题。由此可知, 这样做是切实可行的。

(6) 本机床变速操纵机构存在的问题:

由于考虑到装配和加工工艺性的改善, 以及为了防止空心轴上的长方孔外露而加大丁的滑移齿轮的长度等的影响, 导致主轴箱体高度尺寸增大。现比较如下:

数 值	H	h
制 造 厂		
北京第三机床厂	?	300
上海第五机床厂	~800	240
本 机 床	905	320

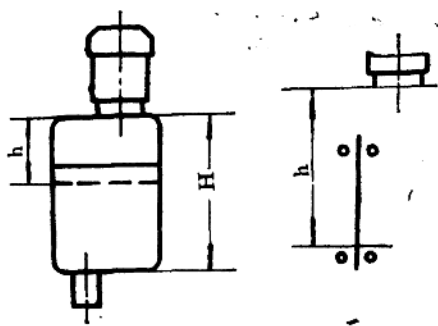


图 8

从上所述可以看出,主传动轴以上高度及主轴箱总高度比同型号机床都大。对于小规格机床,此问题较明显,但在大规格机床上此矛盾则不突出。目前,要压缩此尺寸尚很困难。考虑到“轴心提拉式”变速机构的一系列优点,我们认为,轴向尺寸略大一些是可以的。

4. 进 给 机 构

本机床进给机构(见图9、图10),包括蜗杆轴和水平轴两个部分。它们可以分部组装后,整个地装入主轴箱中。整个机构的结构工艺性比较好,既便于装配,又便于调整和维修。有以下几个特点:

(1) 进给机构是使用机会最多的机构之一,务必使其操作简单、方便。为达此目的,本机床根据《系列任务书》的相应规定,将接通机动进给的操纵手柄,设置在蜗杆轴手轮处。采用这种结构形式也带来一些缺点,即:蜗杆轴结构稍嫌复杂,零件数有所增加。

(2) 蜗杆轴上设置有进给保险离合器,位于蜗杆轴上端,滑动摩擦面数少(只一对),因而工作时比较稳定。又由于进给力超过规定值后,离合器牙对脱开,切断进给,以减少离合器之间的相对磨损,可使机构使用期限延长。试制时反复试验的结果表明,只要保证内齿与花键孔之同心度要求,则机构灵敏、稳定。

(3) 定程切削是机械撞块限位后,“硬性地”切断蜗杆轴上的运动,而使保险离合器脱开来实现的(与国产老系列产品中Z37、Z310型机床上类似结构的原理相同),因而可以保证钻削深度的一致性比较准确。

(4) 为了使水平轴在切削过程中能尽可能地轻便地拉开手柄,本机床设计了一套钢球——斜面式机构,借助于由切削力在斜面上产生的水平分力,以推开结合套,又由于钢球是滚动摩擦,故所需操纵力较小,这样能减轻工人的体力劳动强度。如果进给力很大(本机床为1600公斤,大机床则更大),只能先拉开蜗杆轴上接通或断开机动进给的手柄,然后拉开水平轴手柄。

(5) 进给刻度盘设有微调调整装置,游标读数精度为0.1毫米。只要提高游标刻度的精确度,就能得到精确的钻削深度。目前由于用户未提出此项要求,本机床的游标尺采用标示牌制版方法,精确度较差。本机床所以设置微调蜗杆副,用于完成定程切削撞车,是其一个重要原因。目前以这种结构最为简单、可靠。

(6) 根据用户要求,立柱及主轴箱夹紧和松开按钮,应设置在水平轴手轮中间。这样不仅操纵方便,且可以提高机床的生产率。本机床对此已予实现。

5. 主 轴 及 其 平 衡 装 置

(1) 主轴结构继承了老产品的普通型式。实践证明,这种型式所采用的提高精度的普通滚珠轴承及止推轴承,能够保证使用要求。

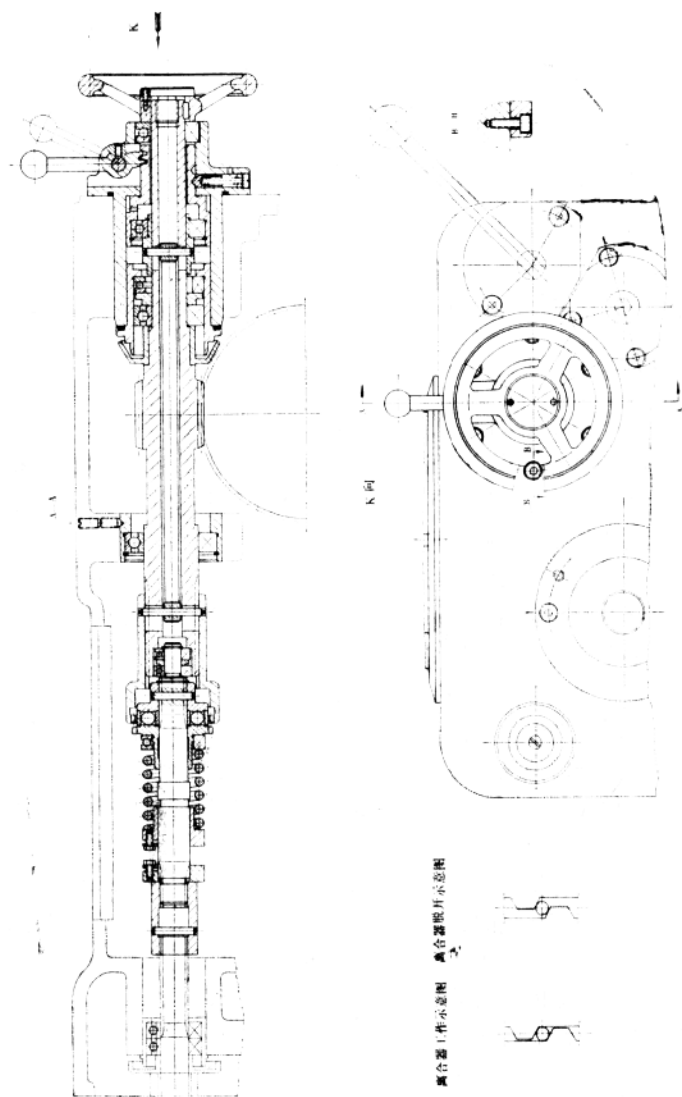


图 9 蜗杆轴