

# 技 术 设 计

沈 阳 钻 镗 床 研 究 所

Z3040×16 型 摇 臂 钻 床

# 技 术 设 计

摇臂钻床“三化”系列联合设计组 编

沈 阳 钻 镗 床 研 究 所

## 内 容 简 介

本技术设计由六部分组成：第一部分为机床的用途及使用范围；第二部分为机床的主要技术规格；第三部分为机床的结构特征概述；第四部分为机床的运动计算；第五部分为设计计算；第六部分为机床的技术经济分析。

本技术设计可供摇臂钻床专业设计、制造、科研人员及机床行业设计人员参考。

参加编制本技术设计的单位有：

|            |           |
|------------|-----------|
| 湖北沙市第一机床厂  | 长春第四机床厂   |
| 天津第四机床厂    | 浙江钱江机械厂   |
| 保定地区钻床厂    | 重庆长江机床厂   |
| 桂林第二机床厂    | 上海第五机床厂   |
| 长沙第三机床厂    | 广州第二机床厂   |
| 河南焦作机床厂    | 河南新乡第一机床厂 |
| 山东滕县钻床厂    | 北京机床研究所   |
| 中捷人民友谊厂    |           |
| (沈阳钻镗床研究所) |           |

Z3040×16型

## 摇臂钻床技术设计

《摇臂钻床“三化”系列联合设计组》编

沈阳钻镗床研究所出版

沈阳市第二印刷厂印装

# 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。



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抗力    | 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。

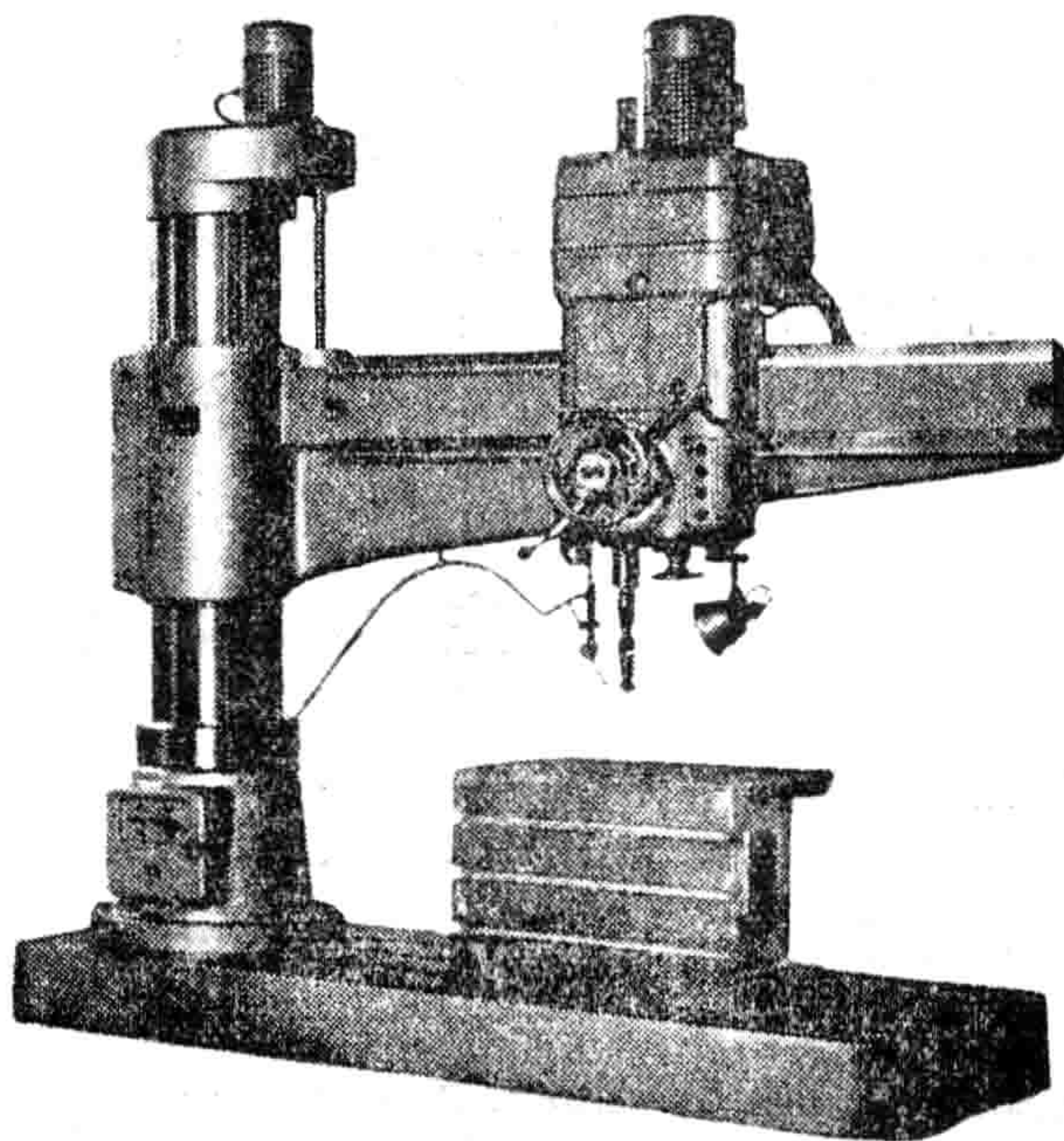


图1 Z3040×16型摇臂钻床

#### 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：

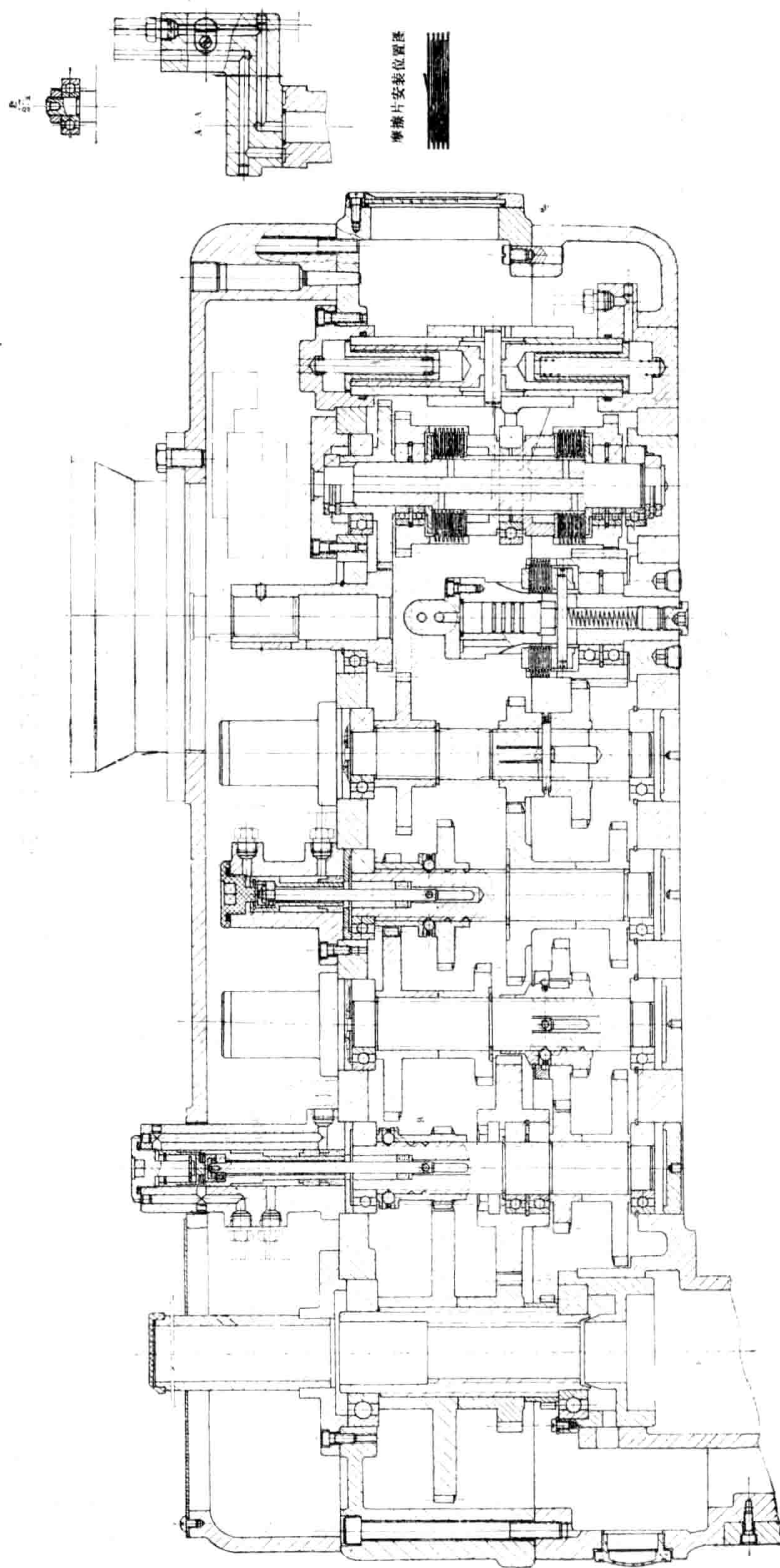


图 2 主轴变速展开图

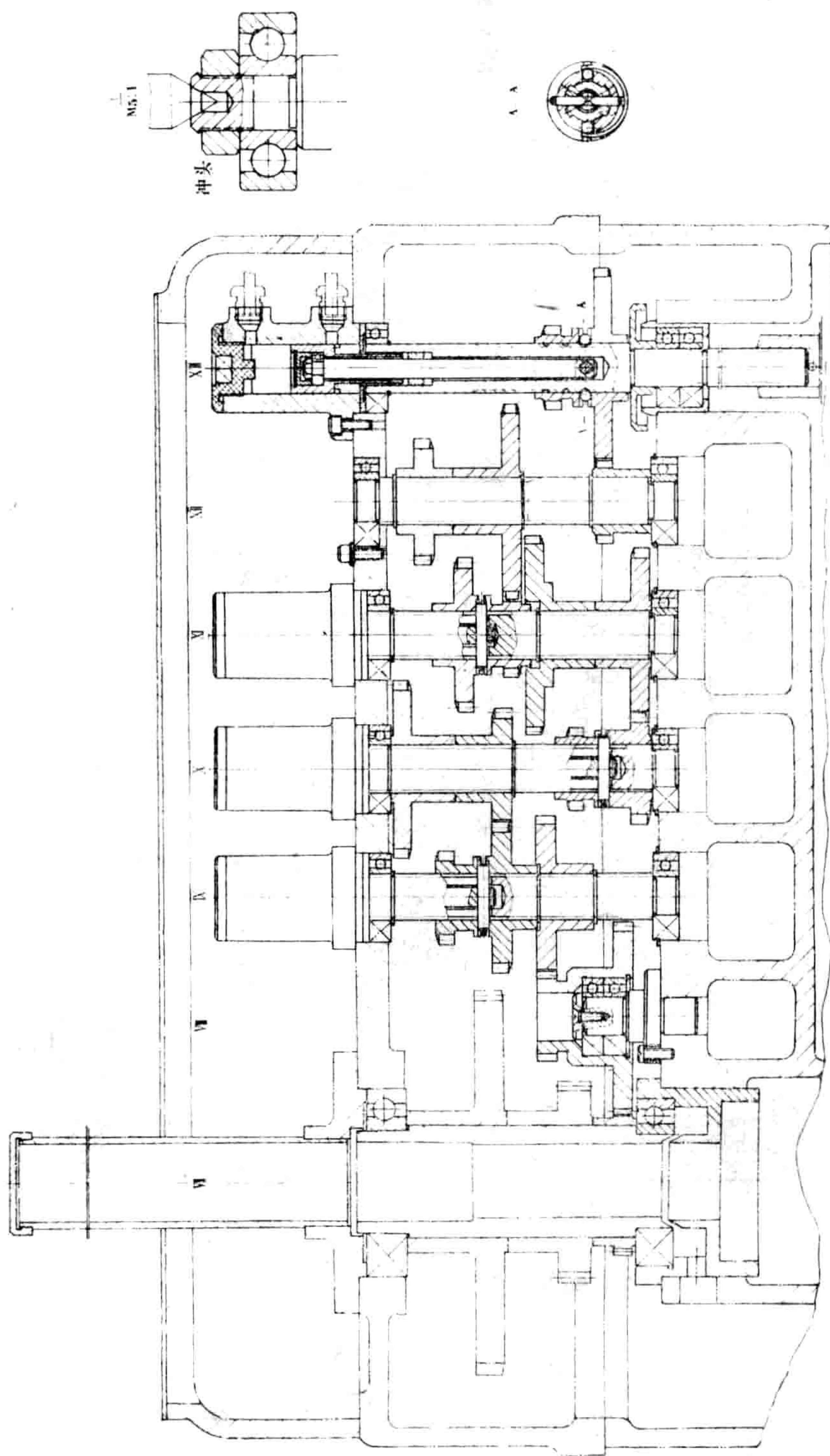


图 3 进给变速展开图

(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 ( $40\text{公斤}\cdot\text{米}$ ), 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  $0.04\sim 3.2$  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

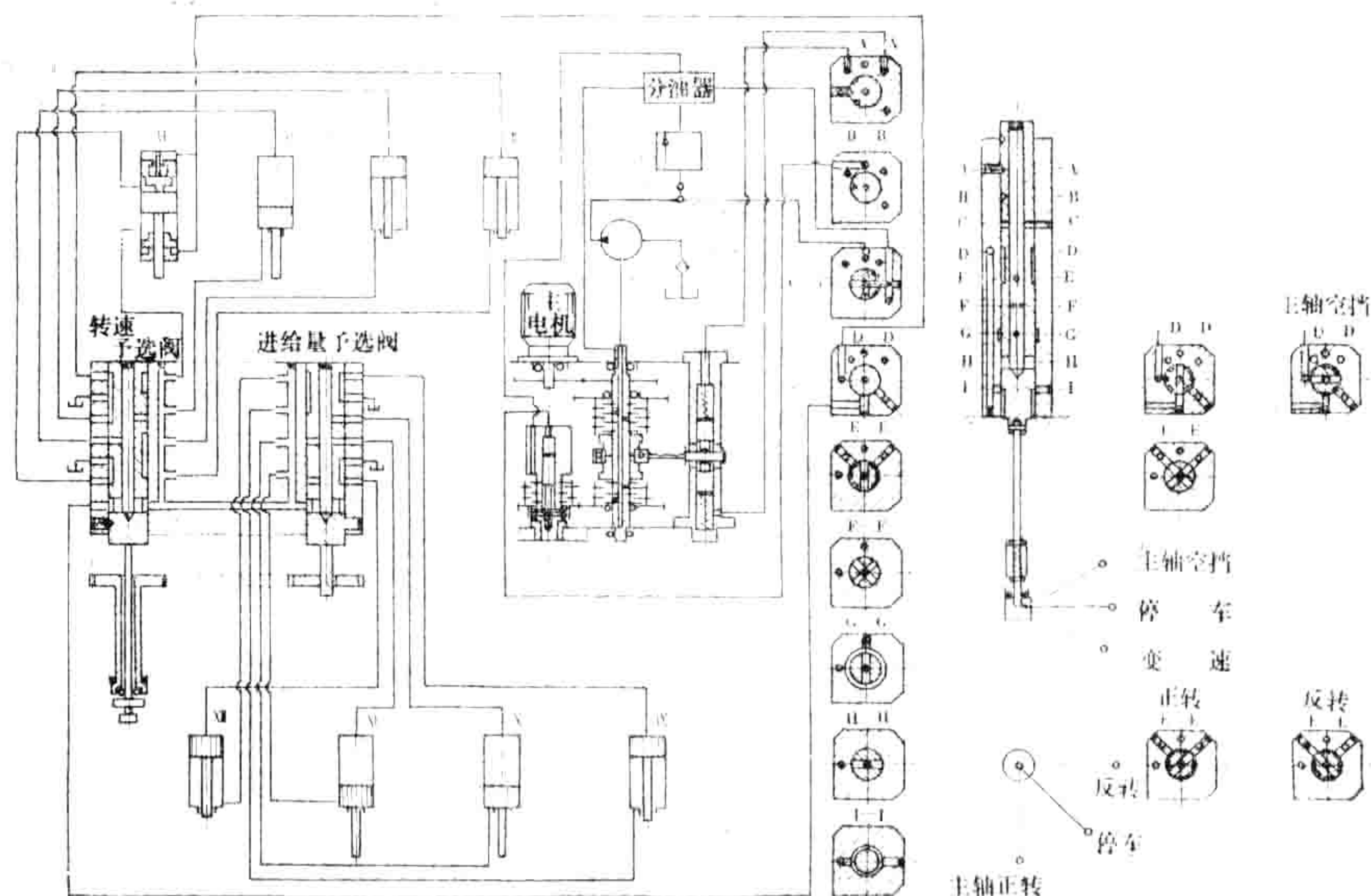


图4 液压原理图

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

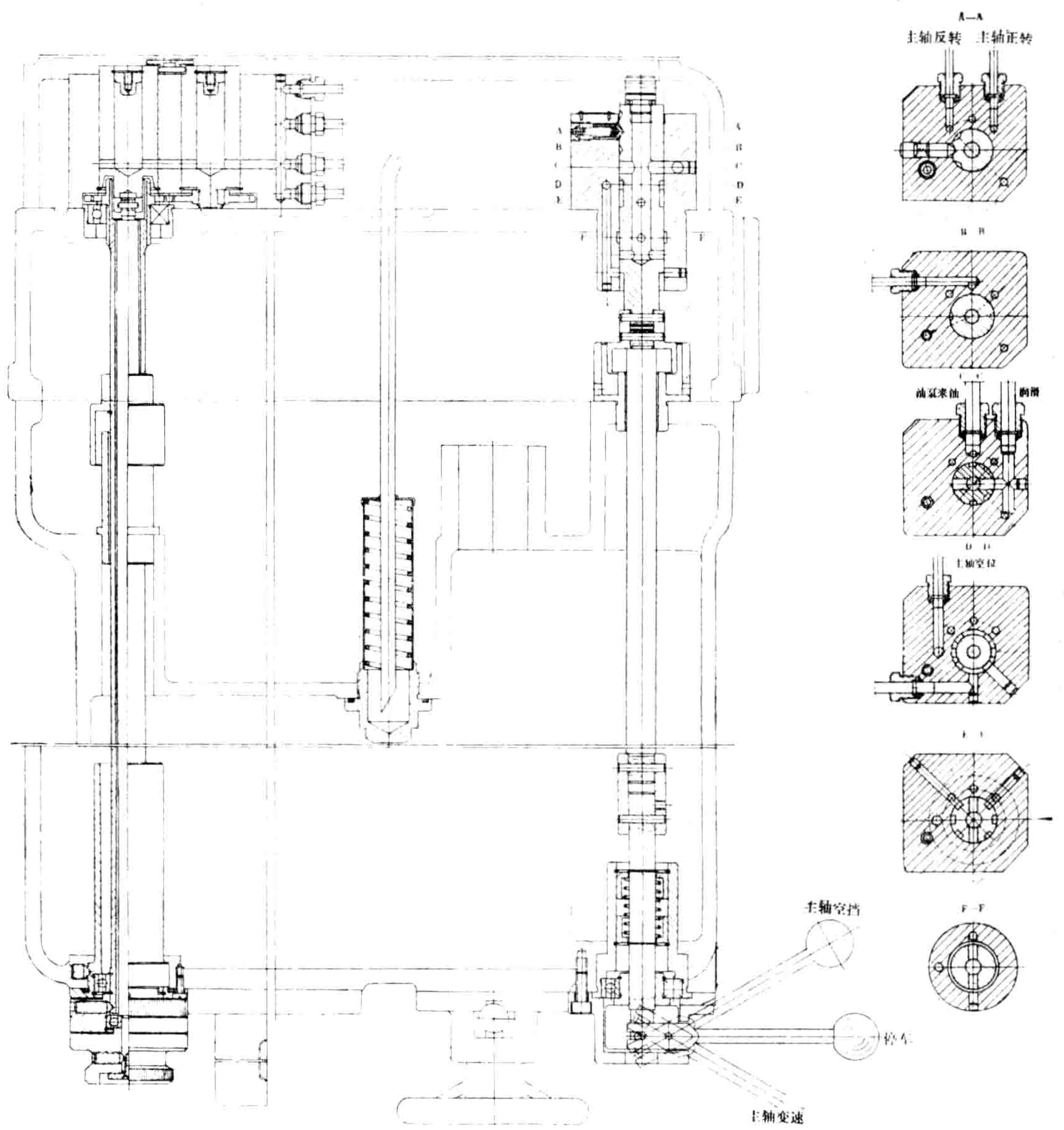


图5 操纵机构图

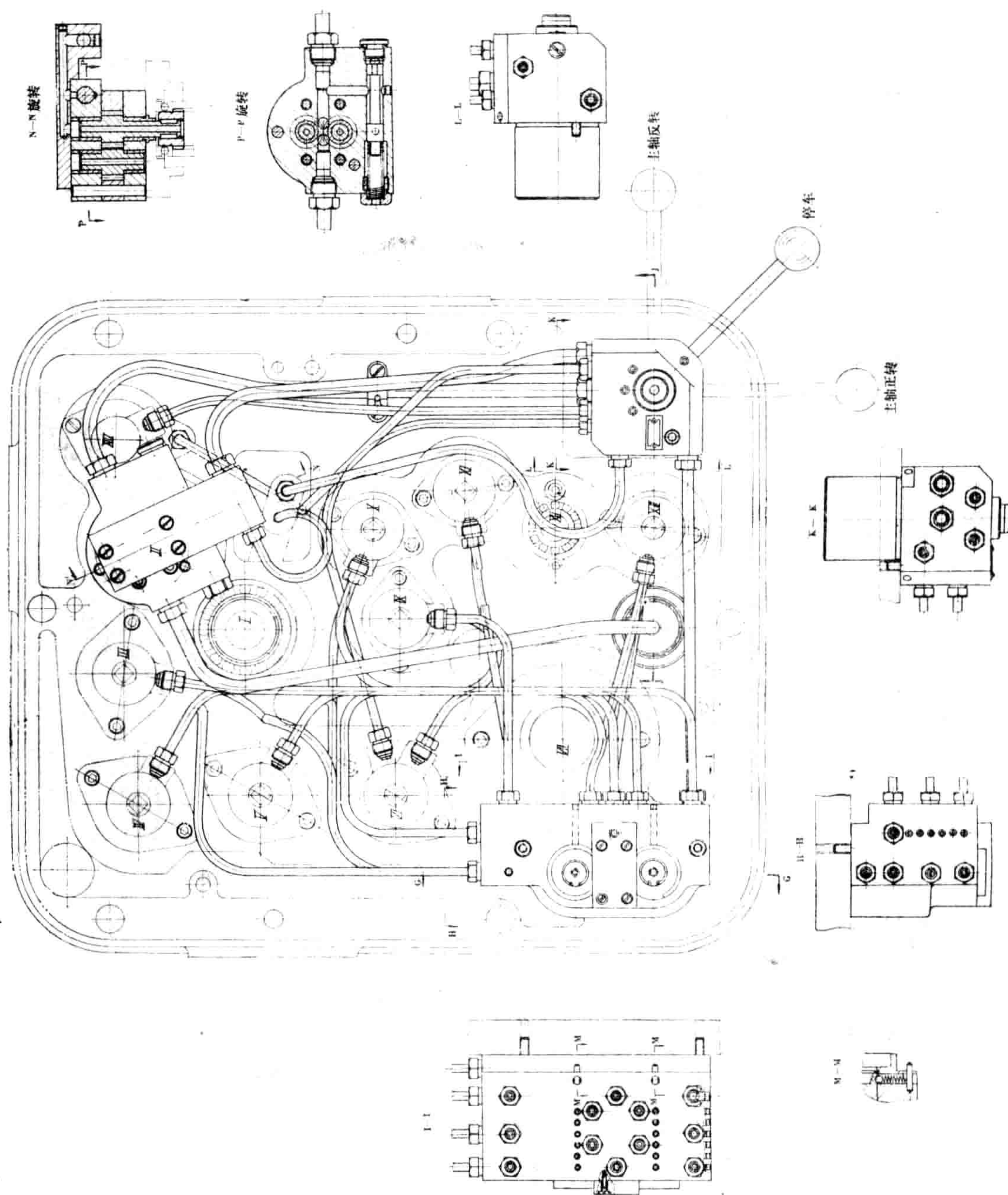


图 6 接管图

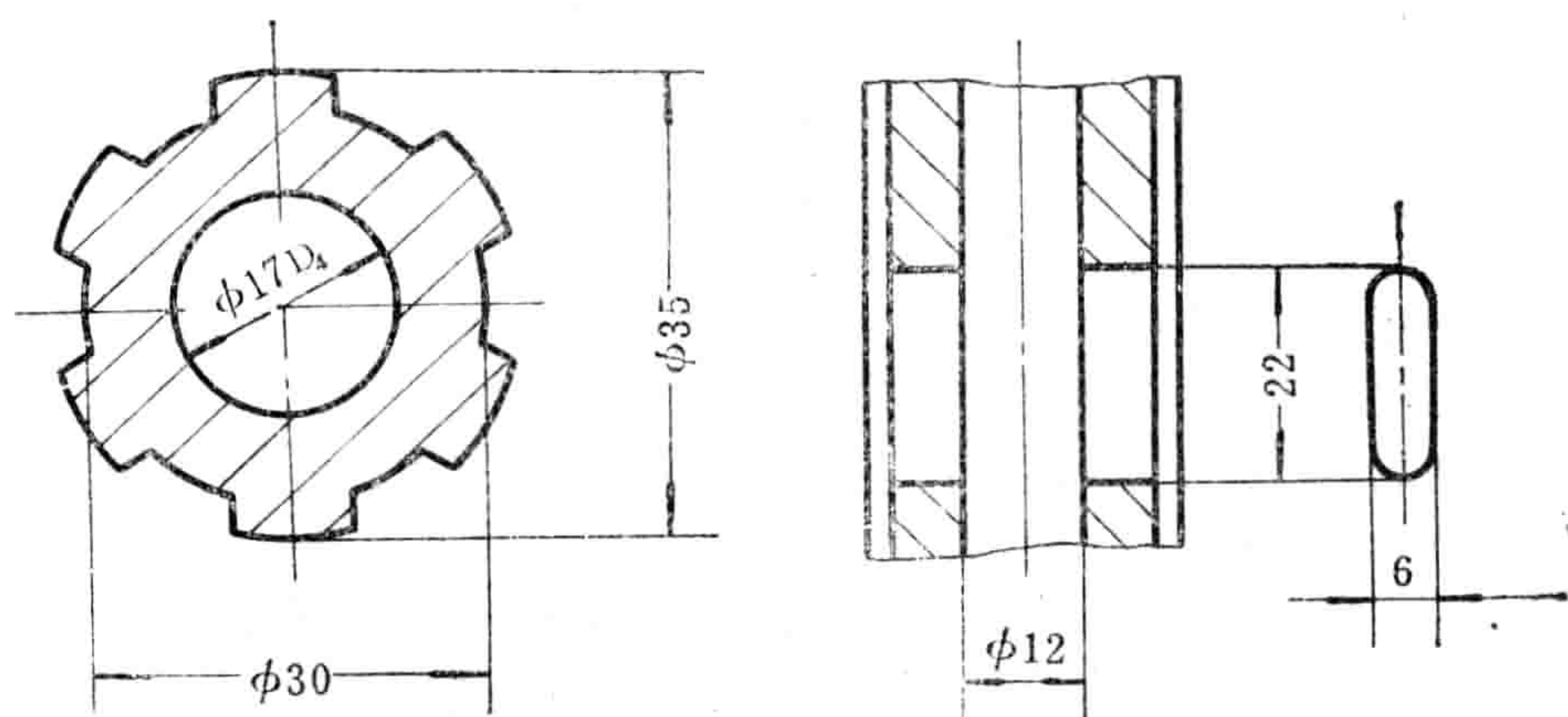


图 7

象，空心轴是否比实心轴严重？中捷厂曾对 Z 3140 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 Z 3080、Z 3080 A、Z 30100 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、调整和用户维修时方便，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），因而不用蓄能器，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 $\nabla 9$ ；阀体孔按2级精度，光洁度 $\nabla 8$ ，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了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 |

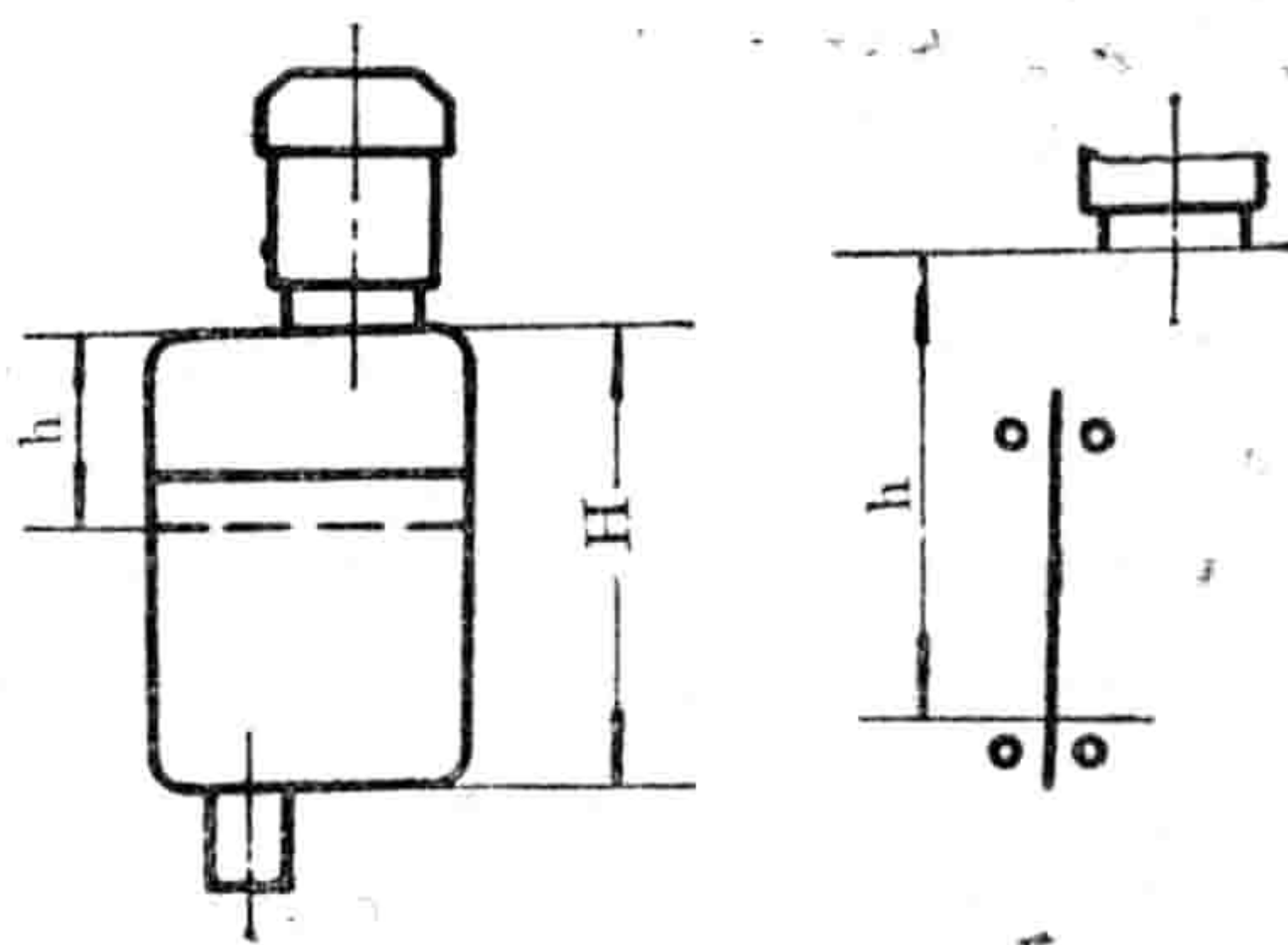


图 8