

# 第 62 篇 金属切削加工自动化

(试 用 本)

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会



机械工业出版社

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 341



PHYSICS 341

PHYSICS 341

PHYSICS 341

TH-62

3

3:62

# 机械工程手册

## 第 62 篇 金属切削加工自动化

(试 用 本)

机械工程手册  
电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社



A 729922

本篇包括：第1章通用机床的自动化改装；第2章利用组合机床实现切削加工自动化；第3章利用数字控制实现切削加工自动化；第4章金属切削加工自动线。主要提供了结构、配置型式、数控装置、自动换刀装置、程序编制、自动线设计方案及实例等。

## 第62篇 金属切削加工自动化

(试用本)

第一机械工业部

大连组合机床研究所主编

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  · 印张  $16 \frac{1}{4}$  · 字数 468 千字

1980年7月北京第一版·1980年7月北京第一次印刷

印数 00,001—27,000 · 定价 1.20 元

\*

统一书号：15033·4652

## 编 辑 说 明

(一) 我国自建国以来，机械工业在毛主席的革命路线指引下，贯彻“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针，取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学研究方面的经验，同时采用国外先进技术，加强机械工业科学技术的基础建设，适应实现“四个现代化”的需要，我们组织编写了《机械工程手册》和《电机工程手册》。

(二) 这两部手册主要供广大机电工人、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用，也可供教学及其他有关人员参考。以便广大机电工人使用，有利于工人阶级技术队伍的发展和壮大。

(三) 这两部手册是综合性技术工具书，着重介绍各专业的理论基础，常用计算公式，数据、资料，关键问题以及发展趋向。在编写中，力求做到立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点。在内容和表达方式上，力求做到深入浅出，简明扼要，直观易懂，归类便查。读者在综合研究和处理技术问题时，《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成，构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分，共七十九篇；《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分，共五十篇。

(四) 参加这两部手册编写工作的，有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。

提供资料和参加审定稿件的单位和人员，更为广泛。许多地区的科技交流部门，为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中，广泛征求意见，发挥了广大群众的智慧和力量。

(五) 为了使手册早日与读者见面，广泛征求意见，先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验，试用本在内容和形式方面，一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证，提出批评和建议，以便今后出版合订本时加以修订。

(六) 本书是《机械工程手册》第62篇，由第一机械工业部大连组合机床研究所主编，参加编写的有西安庆安公司、西安交通大学、第一机械工业部北京机床研究所、长城机床厂。许多单位对编审工作给予大力支持和帮助，在此一并致谢。

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会编辑组

# 目 录

## 编辑说明

## 概 述

### 第1章 通用机床的自动化改装

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 1 变速自动化 .....             | 62-3  |
| 2 加工过程运动循环自动化 .....       | 62-4  |
| 2.1 机械传动系统运动循环自动化 .....   | 62-5  |
| 2.2 气动和液压传动的自动循环 .....    | 62-7  |
| 3 工作行程终点定位自动化 .....       | 62-8  |
| 3.1 用行程开关切断传动装置实现定位 ..... | 62-9  |
| 3.2 刚性挡块强制定位 .....        | 62-10 |
| 4 刀架转位自动化 .....           | 62-12 |
| 5 程序控制装置 .....            | 62-16 |
| 5.1 程序预选装置 .....          | 62-16 |
| 5.2 程序步进器 .....           | 62-18 |
| 6 通用机床自动化改装实例 .....       | 62-20 |
| 6.1 车床改装实例 .....          | 62-20 |
| 6.2 钻床改装实例 .....          | 62-29 |
| 6.3 铣床改装实例 .....          | 62-31 |
| 6.4 磨床的自动化改装 .....        | 62-33 |

### 第2章 利用组合机床实现 切削加工自动化

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 1 适用范围 .....                      | 62-33 |
| 2 配置型式及其应用 .....                  | 62-34 |
| 2.1 基本配置型式 .....                  | 62-34 |
| 2.2 工序高度集中的配置型式 .....             | 62-36 |
| 2.3 供大批大量生产用组合机床 .....            | 62-37 |
| 2.4 供中小批生产用组合机床 .....             | 62-38 |
| 3 型式的选定 .....                     | 62-40 |
| 3.1 影响机床型式的因素及评价不同<br>型式的指标 ..... | 62-40 |
| 3.2 稳定加工精度及其提高措施 .....            | 62-40 |
| 3.3 工艺方案的制订 .....                 | 62-41 |
| 3.4 组合机床生产率的计算 .....              | 62-45 |
| 4 通用部件及其选用原则 .....                | 62-46 |
| 4.1 通用部件的分类 .....                 | 62-46 |

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| 4.2 通用部件的标准化 .....                      | 62-46 |
| 4.3 典型通用部件 .....                        | 62-53 |
| 4.4 通用部件的选用原则 .....                     | 62-62 |
| 5 专用部件 .....                            | 62-64 |
| 5.1 组合机床夹具 .....                        | 62-64 |
| 5.2 组合机床主轴箱 .....                       | 62-70 |
| 6 工作循环的控制与互锁 .....                      | 62-74 |
| 6.1 工作循环的控制 .....                       | 62-74 |
| 6.2 工作循环的互锁要求 .....                     | 62-75 |
| 6.3 典型实例 .....                          | 62-75 |
| 7 利用组合机床实现切削加工自动化<br>实例 .....           | 62-77 |
| 7.1 加工车床进给箱体几种组合机床<br>方案的比较 .....       | 62-77 |
| 7.2 大批量生产小型工件用组合机床<br>方案实例 .....        | 62-79 |
| 7.3 中批量生产加工拖拉机中间齿轮<br>箱体用组合机床方案实例 ..... | 62-82 |
| 7.4 自动更换主轴箱式组合机床实例 .....                | 62-83 |

### 第3章 利用数字控制实现 切削加工自动化

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 1 机床数字控制的通用标准 .....      | 62-85  |
| 1.1 输入信息载体 .....         | 62-85  |
| 1.2 输入信息代码 .....         | 62-85  |
| 1.3 座标轴和运动方向的命名 .....    | 62-88  |
| 1.4 准备功能G和辅助功能M的代码 ..... | 62-88  |
| 1.5 进给和主轴速度代码 .....      | 62-92  |
| 1.6 信息代码在穿孔带上的排列格式 ..... | 62-93  |
| 2 数控装置 .....             | 62-94  |
| 2.1 输入回路 .....           | 62-95  |
| 2.2 几何运算回路 .....         | 62-97  |
| 2.3 进给速度控制 .....         | 62-105 |
| 2.4 刀具补偿 .....           | 62-109 |
| 2.5 其他功能 .....           | 62-111 |
| 3 数控机床的进给伺服系统 .....      | 62-113 |
| 3.1 常用驱动元件比较 .....       | 62-114 |

## 62-VI 目 录

|     |                           |        |
|-----|---------------------------|--------|
| 3.2 | 位置测量系统 .....              | 62-115 |
| 3.3 | 进给伺服系统的工作原理 .....         | 62-115 |
| 4   | 数控机床的结构特点 .....           | 62-116 |
| 4.1 | 提高刚度和抗振性 .....            | 62-116 |
| 4.2 | 进给传动系统 .....              | 62-117 |
| 4.3 | 回转工作台 .....               | 62-122 |
| 5   | 数控机床的自动换刀装置 .....         | 62-125 |
| 5.1 | 主轴自动装卡刀具结构 .....          | 62-125 |
| 5.2 | 主轴自动定向装置 .....            | 62-127 |
| 5.3 | 转塔式自动换刀装置 .....           | 62-129 |
| 5.4 | 刀库式自动换刀装置 .....           | 62-130 |
| 5.5 | 刀库与交换主轴结合换刀方式 .....       | 62-138 |
| 5.6 | 可以自动更换单刀及主轴箱的自动换刀装置 ..... | 62-139 |
| 5.7 | 可更换刀库和主轴箱的自动换刀装置 .....    | 62-139 |
| 6   | 数控机床的应用 .....             | 62-140 |
| 6.1 | 提高数控机床的效率 .....           | 62-142 |
| 6.2 | 计算机化数控 .....              | 62-142 |
| 6.3 | 数控机床的适应控制系统 .....         | 62-143 |
| 7   | 程序编制 .....                | 62-145 |
| 7.1 | 手工编程 .....                | 62-145 |
| 7.2 | 自动编程 .....                | 62-150 |
| 7.3 | 其他程序编制方法 .....            | 62-157 |

## 第4章 金属切削加工自动线

|     |                           |        |
|-----|---------------------------|--------|
| 1   | 自动线总体方案 .....             | 62-159 |
| 1.1 | 影响自动线工艺方案和结构方案的主要因素 ..... | 62-159 |

|      |                        |        |
|------|------------------------|--------|
| 1.2  | 自动线工艺方案 .....          | 62-160 |
| 1.3  | 自动线结构方案 .....          | 62-164 |
| 1.4  | 自动线控制、工作循环与联锁保护 .....  | 62-173 |
| 2    | 旋转体工件加工自动线主要装置 .....   | 62-178 |
| 2.1  | 上下料装置及机械手 .....        | 62-178 |
| 2.2  | 自动线传送装置 .....          | 62-178 |
| 2.3  | 自动线贮料装置 .....          | 62-182 |
| 3    | 箱体、杂类工件加工自动线主要装置 ..... | 62-184 |
| 3.1  | 箱体工件的自动上下料装置 .....     | 62-184 |
| 3.2  | 输送装置 .....             | 62-189 |
| 3.3  | 转位装置 .....             | 62-199 |
| 3.4  | 中间贮料库 .....            | 62-203 |
| 3.5  | 随行夹具 .....             | 62-206 |
| 3.6  | 固定夹具 .....             | 62-212 |
| 3.7  | 随行夹具的返回装置 .....        | 62-215 |
| 3.8  | 排屑装置 .....             | 62-219 |
| 3.9  | 镗刀的自动补偿 .....          | 62-223 |
| 3.10 | 刀具破损的自动检查 .....        | 62-227 |
| 4    | 加工自动线实例 .....          | 62-229 |
| 4.1  | 汽车变速器第二轴加工自动线 .....    | 62-229 |
| 4.2  | 前后刹车调整臂加工自动线 .....     | 62-231 |
| 4.3  | 汽缸盖加工自动线 .....         | 62-233 |
| 4.4  | 平衡轴加工自动线 .....         | 62-236 |
| 4.5  | 轴承环加工自动线 .....         | 62-240 |
| 4.6  | 活塞综合加工自动线 .....        | 62-242 |
| 4.7  | 连杆加工自动线 .....          | 62-244 |
|      | 参考文献 .....             | 62-248 |
|      | 索引 .....               | 62-249 |

## 概 述

金属切削加工自动化是机械工业生产自动化的一个主要内容。系指利用某种类型的金属切削机床、辅以某种机构及相应控制系统来控制刀具与工件的相对位置、运动速度、运动轨迹及运动循环,使切削加工能按规定的程序自动地进行,完成一定的加工任务。切削加工实现全自动化或半自动化,不仅可以减轻工人的劳动强度、节约劳动力,并且可以提高产品加工精度、提高劳动生产率、减少在制品数量、提高生产的综合技术经济效益。

实现切削加工自动化的途径,要根据生产批量大小、工件形状、工件材质、加工工艺和精度要求的不同,采取不同型式的半自动机床或全自动机床以及相应的辅助设备和控制系统。

在一般机械制造工厂中,为了充分发挥设备潜力,可以通过对通用机床进行局部改装,配置上下料装置、刀具自动运动循环系统,实现单机切削加工自动化。

在通用金属切削机床中,有些机床如液压仿形车床、多轴自动车床等,都具有工件自动夹紧机构与刀具自动运动循环系统;当配置料仓与工件上下料装置后,即可实现全部切削加工自动化。

根据特定工件所要求进行的工序而设计制造的专用机床,一般都带有完整的自动化工作循环或半自动化工作循环,可以实现切削加工自动化。由大部分经过实践考验的通用部件设计制造的专用机床,即组合机床,在实现切削加工自动化方面具有很好的技术经济效益,在近代机器制造业中,得到广泛应用。这类机床生产率高,适合大批量生产企业采用。

对于在机器制造业中占大多数的中、小批生产企业,通常通过机床的快速调整和工件“成组”加工的途径实现切削加工自动化。例如:适于中、小批生产采用的多面转塔组合机床、自动更换主轴箱式组合机床,可以在一台机床上集中更多的加工工序,或实现多品种“成组”加工,解决了中、小批生产采用高效设备机床负荷率不高的缺点。具有快速调整特点的小型组合机床适合多品种、轮番生产的仪器、仪表工业。

由数字控制的各类金属切削机床、自动换刀机床具有更大的灵活性与通用性,适用于批量不大、改型频繁、精度要求高、形状又较复杂工件的加工。配有适应控制敏感元件的数控机床,亦称“适应”数控机床,可以通过各种检测装置,将加工条件发生的各种变化量测量出来,然后送到“适应”控制装置,与预先贮存入的有关刀具、机床功率等数据进行比较,使机床根据加工状态及时进行调整,以适应每一工件的加工要求,使机床始终处于最佳状态下进行工作,是自动化技术最完备的一类机床。

借助工件自动传送系统,可将多台自动化单机联成自动线。在自动线上,被加工工件由工人装卸或自动上下料,然后工件由传送系统从一个工位(工段、工区)送到下一工位(工段、工区),依次完成所需要进行的加工工序。自动线与自动化单机比较,具有更高的劳动生产率。

控制系统是保证实现可靠的切削加工自动化的重要条件。先进的控制系统进一步增加机床的灵活性并提高其生产效率。常用控制方式及其应用见下表。

切削加工自动化常用的控制方式及其应用表

| 控 制 类 型                   | 实 现 方 法                               | 应 用 举 例               | 优 缺 点                   |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 行程控制:控制刀具的切削长度、切削深度、空行程长度 | 利用固定挡块、活动挡块、电气限位开关、凸轮机构等控制刀具移动行程或转换位置 | 大批量和中批量生产中各种切削运动循环    | 可获得较高加工精度,结构简单、可靠,但调节费时 |
| 速度控制:控制主运动回转速度、刀台或工作台移动速度 | 采用直流电动机、液压马达、液压调速阀或机械无级调速器            | 按指定速度移动刀台或工作台,以等速切削端面 | 调节方便,可以保证获得较好表面光洁度      |

(续)

| 控 制 类 型                                                                       | 实 现 方 法                                    | 应 用 举 例                        | 优 缺 点                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| 刀具运动轨迹控制：按样板或样件进行加工                                                           | 采用机械靠模装置、液压仿形刀架、电气仿形装置及相应控制系统              | 中、小批生产中，车、刨、铣、镗带多台阶形和复杂形状工件的加工 | 结构简单，调节方便                                     |
| 刀具安全保护控制：控制钻头的最大扭矩，控制钻头的钻削深度                                                  | 在主轴上安装各种扭矩控制装置和信号发生器；采用时间继电器、液压定时器控制刀具进给时间 | 小直径（ $\phi 6$ 毫米以下）深孔加工        | 保护小直径钻头钻深孔时少折断或不折断                            |
| 数字控制：对机床的各种运动和操作变成数字信息，通过信息载体送给专用电子数字计算机，经计算机运算和变换，发出各种指令，控制机床按预定的要求顺序动作，自动加工 | 需有专用数控系统                                   | 各种数控机床和自动换刀数控机床                | 精度高，效率高，能加工复杂形面；适应加工对象频繁变化，灵活性、通用性强。成本高，维修较复杂 |
| 适应性控制：按事先给定的评价指标自动改变加工系统的参数，使之尽可能接近给定指标                                       | 在机床上装设各种适应性控制系统                            | 用于车、铣、钻、磨等切削运动                 | 可提高生产率20~40%，控制系统复杂                           |

## 第1章 通用机床的自动化改装

机械制造业中使用着大量的通用机床。对这些机床进行自动化改装，实现加工过程自动化或半自动化，可以提高生产效率，稳定加工质量，减轻工人劳动强度。机床改装投资少，收效快，是充分发挥现有设备潜力，对企业进行技术改造的重要内容。

本章内容主要是对通用机床进行加工工序自动循环的改装。机床自动化改装还应包括实现机床自动上下料（见第56篇），工件自动夹紧（见第48篇）和加工尺寸的自动测量（见第64篇）。在多数情况下，只需对机床的某些环节进行改装，即可实现加工半自动化。经过自动化改装的通用机床，还

可以进一步组成自动生产线。

决定机床改装方案时，要考虑生产规模和改装费用，使改装后能获得良好的技术经济效益。

机床改装时，应充分利用原有传动系统。一般可利用电动机、电磁离合器、电磁铁等进行电气-机械控制；当机床原有机传动系统不便于改装成电气-机械控制时，可利用电磁阀等进行电气-气动或电气-液压控制，也可用气、液射流或其它气动逻辑元件控制。

通用机床可改装成：专用机床（工作程序固定），仿形机床，程序控制机床和简易数字控制机床。

表62·1-1 几种机床改装方式的比较

| 项 目   | 改 装 类 型             |                             |                                   |                      |
|-------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
|       | 专 用 机 床             | 仿 形 机 床                     | 程 序 控 制 机 床                       | 数 字 控 制 机 床          |
| 机床性能  | 工作程序固定，性能单一         | 在一次或数次连续加工中，按样板的形状和尺寸加工出零件  | 工作程序和定位尺寸可以根据不同加工对象选择。可以多工步自动连续加工 | 同 左                  |
| 可 调 性 | 程序固定，可以调整刀具或工件的移动距离 | 更换样板即可改变被加工零件的形状、刀具或工件的移动距离 | 能在一定范围内选择工作程序和调整刀具或工件的移动距离        | 能灵活选择各种程序和刀具或工件的移动距离 |

(续)

| 项 目    | 改 装 类 型        |                 |                  |             |
|--------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
|        | 专 用 机 床        | 仿 形 机 床         | 程 序 控 制 机 床      | 数 字 控 制 机 床 |
| 定位方式   | 行程开关、刚性挡块      | 样板              | 开关、尺寸鼓或多级挡块      | 各种检测装置和数控装置 |
| 控制装置   | 凸轮、继电器、气或液控制装置 | 机、电、液仿形装置       | 多采用继电器控制         | 电子元件控制      |
| 适用对象   | 大批大量生产、固定工序    | 大、中批生产中形状较复杂的零件 | 中、小批生产中简单或中等复杂零件 | 中、小批生产中复杂零件 |
| 调整时间   | —              | 较 短             | 较 长              | 短           |
| 使用维护要求 | 低              | 中 等             | 中 等              | 高           |

对机床进行自动化改装，要特别注意改装后工作的可靠性，必要时应采取相应的保护措施。改装不应削弱机床刚度，必要时还应采取一些增强刚度的措施，以保证充分利用刀具的切削性能，提高生产效率。

通用机床的自动化改装，对车床收效较大，其次为钻床与铣床。因为这几类机床一般自动化程度较低，工人操作繁重。

关于简易数控机床见本篇第 3 章。

机械化是实现自动化的前提条件。本章除介绍改装机床时常用的一些自动化装置外，也介绍一部分机械化的典型装置和环节。

1 变速自动化

当加工过程中需要自动改变切削用量时，应改装机床的变速系统，使其能按指令自动变速。

机床改装常用的自动变速方式有电动机变速、齿轮变速、液压变速三种。

表62·1-2 改装中三种常用变速方法的比较

| 变速方式 | 电动机变速      | 齿轮变速               | 液压变速         |
|------|------------|--------------------|--------------|
| 变速原理 | 改变电动机供电参数  | 利用离合器或多位油缸来改变齿轮传动比 | 利用节流阀等改变油的流量 |
| 变速范围 | 小          | 大                  | 大            |
| 变速特性 | 功率随转速降低而降低 | 功率恒定、扭矩与转速成反比变化    | 推动力与扭矩不变     |
| 机械结构 | 简 单        | 较复杂                | 简 单          |

齿轮变速在机床改装中应用最广，常用电磁摩擦离合器来接通或切断齿轮传动系统(图 62·1-1)。

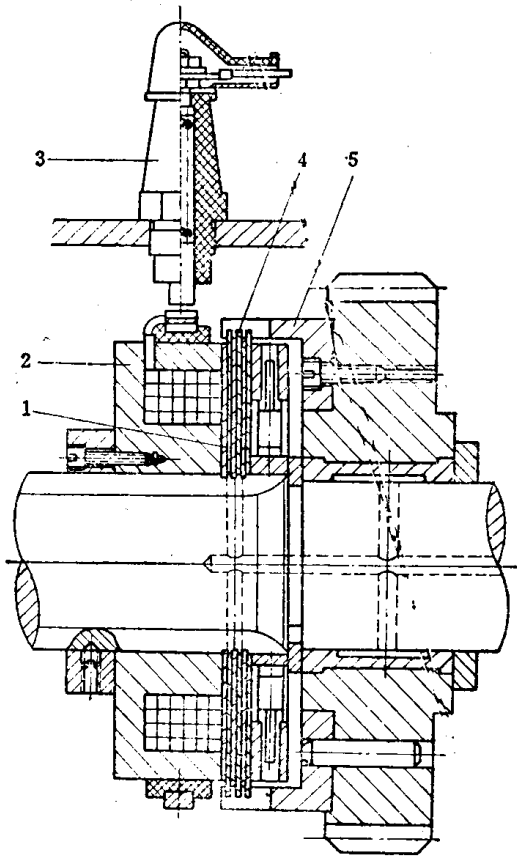


图62·1-1 电磁摩擦离合器

1—内摩擦片 2—磁轭 3—电刷 4—外摩擦片  
5—拨盘

牙嵌式电磁离合器(图 62·1-2)也常用来实现自动变速。与摩擦离合器比较,牙嵌式离合器启动时没有滑动,传递扭矩恒定,在传递同样负载扭矩的情况下,结构尺寸小,但啮合时有冲击,高速时不易合上,较适用于进给系统中。

当受结构限制或其它原因不能采用电磁离合器时,可以采用油压变速,用油缸活塞组成的轴向推

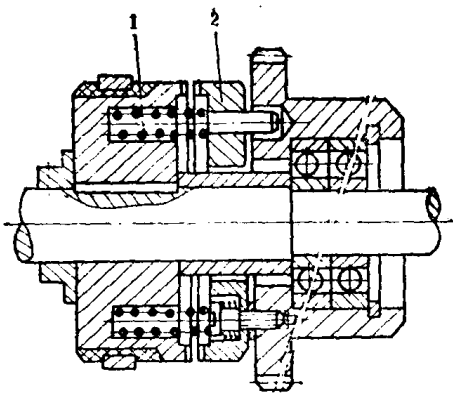


图62-1-2 牙嵌式电磁离合器  
1—带齿的磁轭 2—带齿的拨盘

拉式机构（图 62-1-3）使变速齿轮滑移。当压力油经过管接头进入油缸 5 时，推动活塞 4 向左或向右移动，通过拉杆 3 和销子 1 拨动滑移齿轮 2。

自动变速级数过多会使变速系统过于复杂。必要时可以将自动变速与手动变速结合起来，利用操作手柄将转速范围分成几个转速组，按被加工零件的材料和尺寸选定一个转速组后，在该组内几挡速度可在一次连续加工中自动变换。这样将自动变速与手动变速相结合，既可满足较广泛的速度变化要求，又不致使变速机构过于复杂。

表62-1-3 分组自动变速举例

单位  $r/min$

| 变速挡数 | 自动 转 速 组 别 |     |      |      |
|------|------------|-----|------|------|
|      | 1          | 2   | 3    | 4    |
| I    | 80         | 125 | 200  | 315  |
| II   | 200        | 315 | 500  | 800  |
| III  | 500        | 800 | 1250 | 2000 |

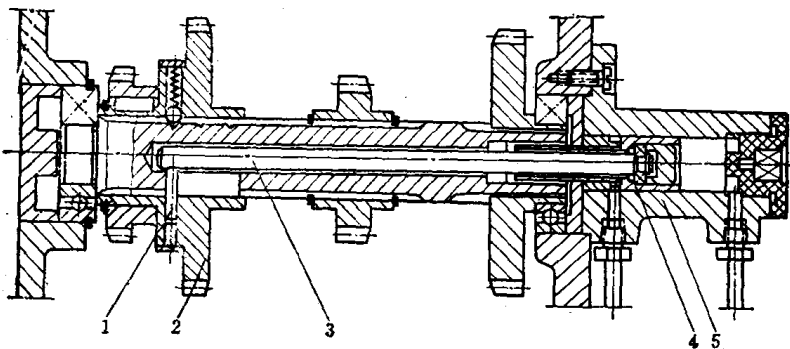


图62-1-3 用活塞推移齿轮  
1—销子 2—齿轮 3—拉杆 4—活塞 5—油缸

在机床的主变速系统中，最好设置自动制动装置，以保证主轴迅速停止。

## 2 加工过程运动循环自动化

切削加工过程中，刀具相对于工件的运动轨迹和工作位置决定被加工零件的形状和尺寸。实现机床运动循环自动化，切削加工过程就可自动进行。

表62-1-4 车削加工典型运动循环举例

| 加工零件<br>举 例 | 运 动 循 环 |
|-------------|---------|
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |
|             |         |

注：←--- 快速运动，←— 工作进给。

铣床的运动循环，随工件形状而定。一般包括沿三个坐标轴的运动。

实现铣削加工过程的自动循环，必须能在工作进给行程的起始位置自动接通工作进给运动，在指定位置能实现由快速空行程运动自动转换为工作进给运动。

表62-1-5 钻削加工典型运动循环举例

| 工 序 名 称 | 钻 孔 | 钻孔并镗端面 | 钻 深 孔 | 镗 两 端 孔 | 攻 丝 |
|---------|-----|--------|-------|---------|-----|
| 加工简图    |     |        |       |         |     |
| 运动循环    |     |        |       |         |     |

## 2.1 机械传动系统运动循环自动化

### 2.1.1 运动的接通和停止

在机械传动系统中,运动的接通和停止有三种方式:凸轮控制,挡块-杠杆控制,挡块-开关-离合器控制。

表62-1-6 运动循环的三种控制方式比较

| 控制方式 | 凸轮控制                              | 挡块-杠杆控制                 | 挡块-开关-离合器控制                          |
|------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 控制原理 | 在分配轴上安装不同形状的凸轮,通过操纵杠杆或行程开关控制各执行机构 | 运动部件上的挡块碰撞杠杆,操纵离合器或运动部件 | 运动部件上的挡块压下行程开关,通过电磁铁、气缸或油缸操纵离合器或运动部件 |
| 主要优点 | 适于大批大量生产中的单一零件加工,受机床结构影响较大        | 控制简单,受机床结构影响较大,操纵系统磨损大  | 机械结构较简单,容易改变程序,但控制系统比较复杂             |
| 采用情况 | 较多                                | 较少                      | 较多                                   |

在机床自动化改装中,有时利用一个部件的运动,通过杠杆操纵另一部件的运动。图62-1-4为利用一个刀架操纵另一刀架的例子。图62-1-4 a 为刀架4纵向进给时,通过销子3和杠杆2推动刀架1横向切入。刀架4后退时,弹簧拉刀架1退回。图62-1-4 b 为前刀架5横向进给时,通过顶杆4推动杠杆3,触销2带动刀架1横向切入,靠弹簧使刀架1后退。

机床自动化改装常采用挡块和行程开关发出电信号,由电信号控制离合器来接通和断开传动系统。图62-1-5 为用片式电磁离合器实现控制。运动

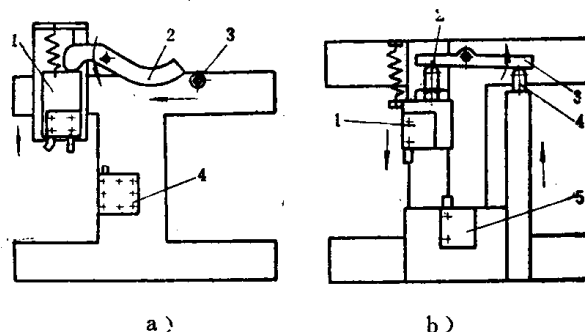


图62-1-4 用一个部件的运动操纵另一个部件  
a) 1—刀架 2—杠杆 3—销子 4—刀架  
b) 1—刀架 2—触销 3—杠杆 4—顶杆 5—刀架

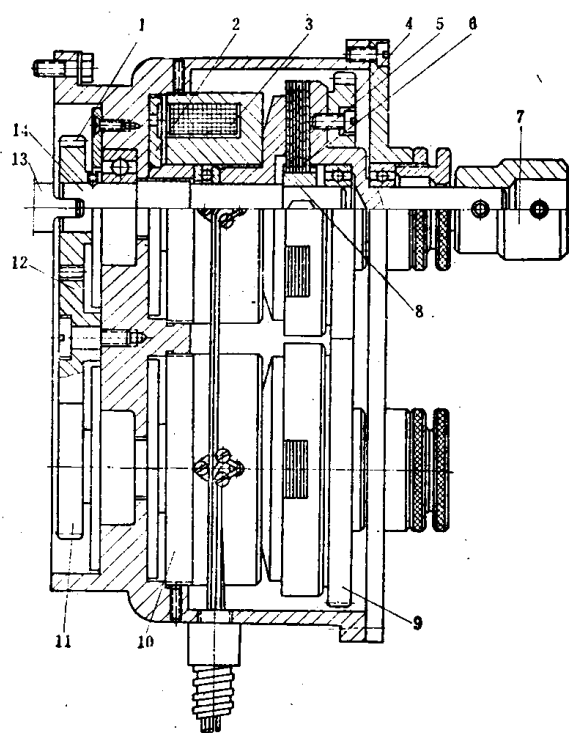


图62-1-5 用片式电磁离合器控制运动

由轴 13 传给轴 14, 而由轴 14 经摩擦离合器、联接套 7 传给光杠。线圈 3 通电, 吸动衔铁 2, 压紧摩擦片 6, 轴 14 经套 8 和摩擦离合器直接带动轴 5 旋转。如果线圈 3 断电, 离合器 10 通电, 齿轮 9 通过摩擦离合器与轴联接, 轴 14 经齿轮 1、12 和 11, 再经摩擦离合器 10 与齿轮 9 和 4, 带动轴 5 旋转。当离合器 3 和 10 都断电时, 轴 14 与轴 5 不联接, 停止传递运动。

图 62-1-6 为用锥面式电磁离合器实现控制。运动由走刀箱轴传入, 经齿轮 1 和 11 传给圆锥齿轮 10。离合器左线圈通电时, 吸引衔铁 8 左移, 衔铁的左锥面压向圆锥齿轮 10 而被带动旋转, 衔铁 8 经过四个具有安全保险作用的钢珠带动轴 5, 再经齿轮 4 和 3 带动光杠。离合器右线圈 6 通电时, 衔铁 8 的右锥面与圆锥齿轮 7 接合。运动由圆锥齿轮 10、9 和 7, 再经齿轮 4 和 3 传给光杠。左右线圈均不通电时, 停止传动光杠。

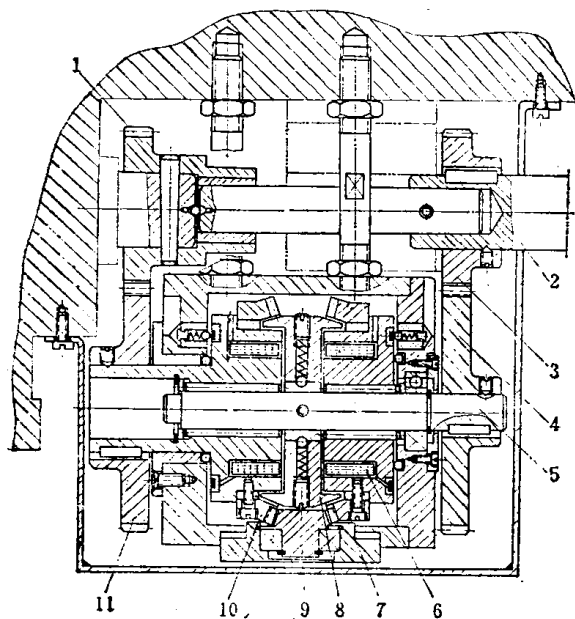


图62-1-6 用锥面式电磁离合器控制运动

图 62-1-7 为用牙嵌式离合器控制的反正向传动装置。

图 62-1-8 为常见的挡块-杠杆式自动停车装置。当行程终端碰上刚性挡块后, 传动扭矩增大, 离合器右半部 3 在左半部 2 斜面作用下, 克服弹簧 8 的弹力而向右移动, 杠杆 5 顺时针方向转动。当挡块 6 的尖端与挡块 7 的尖端对齐时, 由于弹簧 8

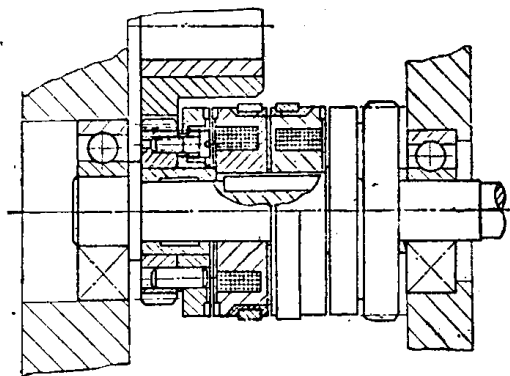


图62-1-7 用牙嵌式电磁离合器控制运动

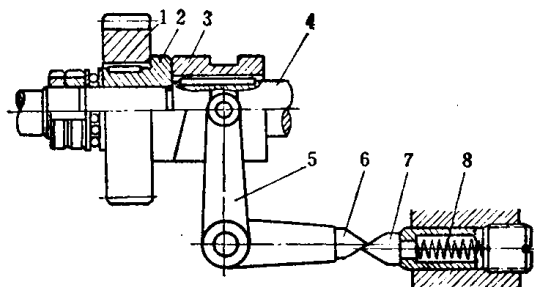


图62-1-8 瞬时脱开的自动停车装置

的作用, 挡块 7 迅速伸出, 迫使杠杆 5 快速顺时针方向转动, 使离合器 3 和 2 瞬时脱开, 减少离合器间的磨损。

在机床自动化改装中, 为充分利用机床原有结构, 还可利用电磁铁、气缸、油缸来操纵机床原有手柄(图 62-1-9), 以实现运动循环自动化。

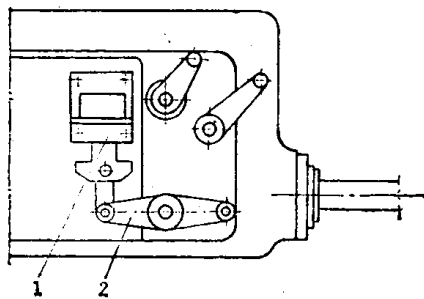


图62-1-9 用电磁铁操纵手柄

1—电磁铁 2—手柄

## 2.1.2 快速空行程运动和工作进给的自动转换

机床自动化改装时, 要求机床具有快速运动, 以缩短空行程时间。有些机床的快速运动已是机械化的, 只需增加自动控制装置, 即可实现自动化。

有些机床的空行程快速运动是靠手工操作,要实现机床自动化改装,首先需要实现快速运动的机械化。在机床传动系统中,快速运动可来自传动装置中某一根中间轴(图 62·1-10 a 和 b),也可用单独的快速电动机驱动(图 62·1-10 c、d 和 e)。图 62·1-10 a 为借助主轴箱中的中间轴 I 实现快速运动。离合器  $M_1$  结合,  $M_2$  脱开为工作进给;  $M_2$  结合,  $M_1$  脱开为快速运动。尽量选择转速较高的轴作快速运动的驱动轴。这种驱动方式的缺点是快速运动速度决定于走刀箱内选定的齿轮传动链,且快速传动时,走刀箱的轴和齿轮高速旋转,容易磨损。图 62·1-10 b 中,快速运动直接传给走刀箱最后一根轴,克服了图 62·1-10 a 的缺点,但某些环

节仍高速旋转,最好是将快速运动直接传给传动装置的末环,或尽可能靠近末环。采用快速电动机时,为使快速运动不致传给走刀箱,可以在快速轴和走刀箱之间加超越离合器(图 62·1-10 d)。超越离合器的结构见第 28 篇。

进给装置一般都有工作进给的正、反向变换装置(图 62·2-10 e)。快速进给接通时,正反向离合器  $M_3$  和  $M_4$  都处于脱开状态。

机床快速移动实现机械化后,再在运动部件上装挡块,用挡块压行程开关,发出离合器通、断和电动机开、停及正、反转控制指令,就能实现快速空行程运动和工作进给运动的自动变换。

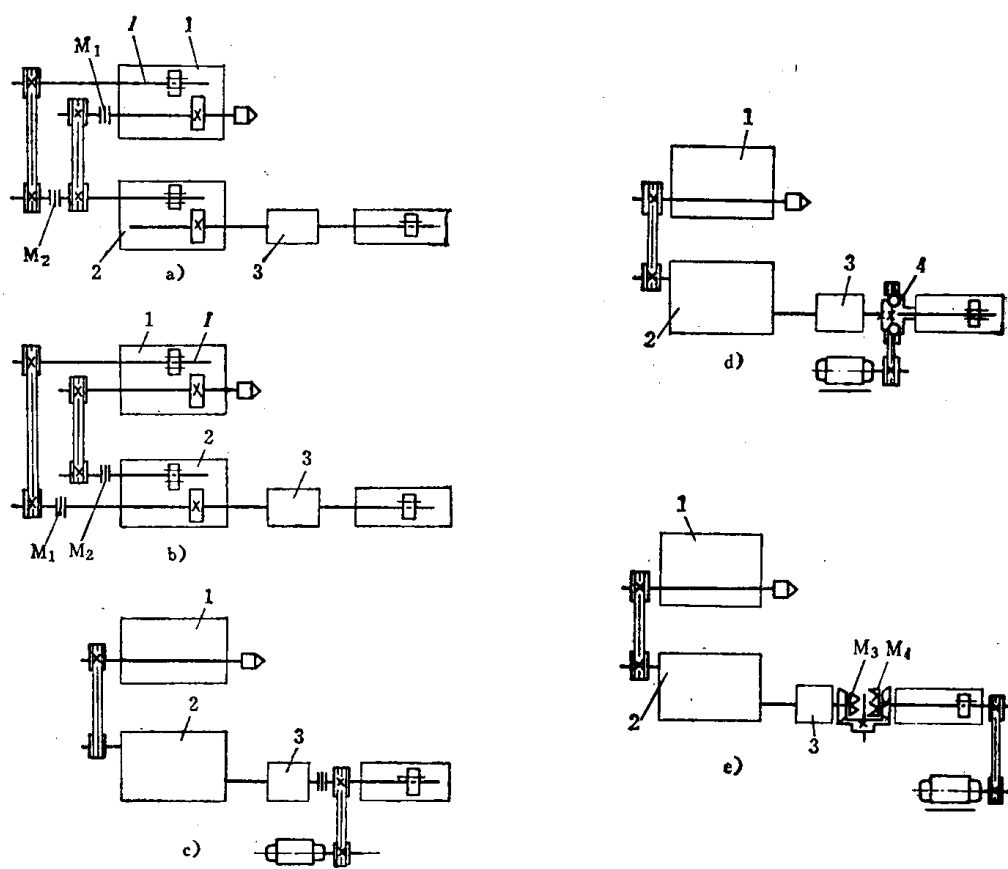


图62·1-10 快速运动改装

1—主轴箱 2—走刀箱 3—走刀箱与拖板间的中间传动 4—超越离合器

## 2.2 气动和液压传动的自动循环

由于气动和液压传动的机械结构简单,容易实现自动循环,动力部件和控制元件的安装都不会有很大困难,故应用比较广泛。

在机床改装中,还经常采用气动-液压传动,

即用压缩空气作动力,用液压系统中的阻尼作用使运动平稳和便于调速。动力气缸与阻尼油缸有串连和并连的两种形式(图 62·1-11)。

阻尼油缸的结构尺寸较大,如果机床结构不允许,可采用气-液转换的形式(图 62·1-12)。气-液能量转换器可装在床身的任何地方,通过管

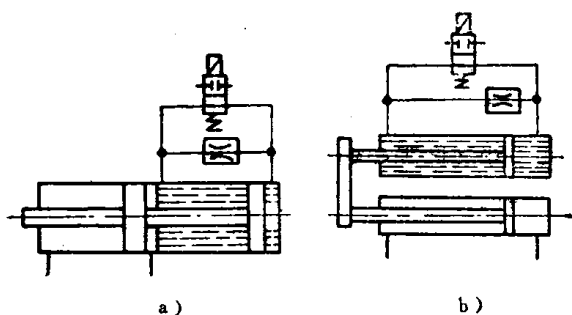


图62-1-11 气缸与油缸的连接形式

a) 阻尼油缸与气缸串联 b) 阻尼油缸与气缸并联

道与执行油缸连接。为防止通气时油液飞溅，液面上可加隔板。隔板用软木或中空的金属盒。用这样的装置，要采取补油措施。

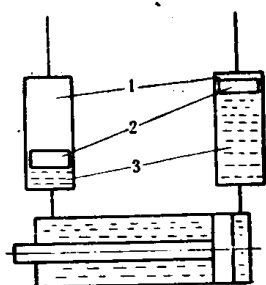


图62-1-12 气-液能量转换

1—气 2—隔板 3—油

实现气动和液压自动工作循环的方法

相同，都是通过方向阀来控制。

图 62-1-13 是快速变慢速的各种方法：图 62-1-13 a 为挡块直接压行程阀，行程阀压下时为慢速，放开时为快速。在挡块压行程阀的回程中也是慢速运动。图 62-1-13 b 为用挡块压单向行程阀，前进过程中单向阀关闭，行程快慢取决于挡块是否压行程阀，回程时单向阀打开，全部为快速行程。图 62-1-13 c 为挡块压电气行程开关，通过中间继电器控制电磁阀，电磁阀通电为慢速，断电为快速。图 62-1-13 d 为挡块压气压或液压开关，由发出的信号控制二通阀，实现快、慢速变换。

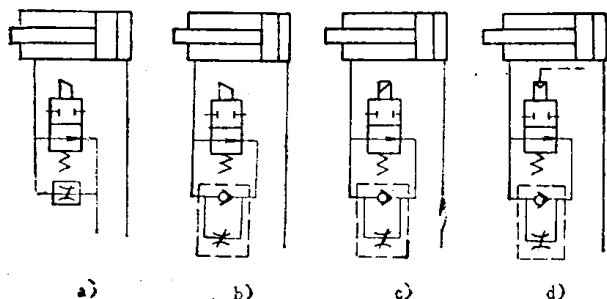


图62-1-13 液压传动的快速进给和慢速进给

在快速行程长度固定的机床上，可在油缸内做出快速回路，以简化控制系统。如图 62-1-14 所示，活塞开始前进时，活塞左边的油经过缸壁上的

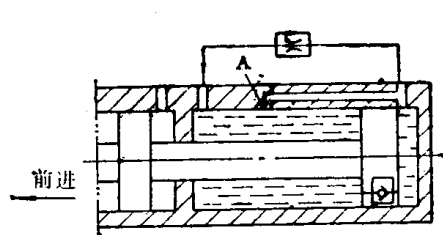


图62-1-14 油缸内有快速通路

通路 A 流向活塞右边，活塞快速前进。当活塞前进至堵住通路 A 后，左边的油只能经过节流阀流向活塞的右边，实现慢速进给。回程时活塞上的单向阀打开，活塞快速退回。

液压传动系统中，运动的接通和切断靠换向阀控制，可以切断油源或用固定挡块来使运动停止。前者一般用三位四通阀控制(图 62-1-15 a)，后者可用三位四通阀，也可用二位四通阀(图 62-1-15 b)。气动传动系统与此类似，但因为气体具有可压缩性，用切断动力源的办法停止运动，工作不准确，一般都用固定挡块定位。

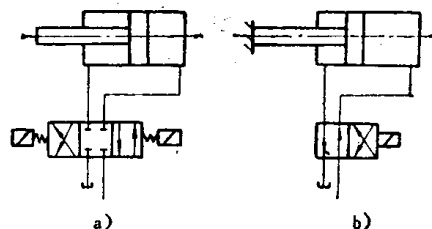


图62-1-15 停止运动方式

### 3 工作行程终点定位自动化

工件的尺寸加工精度主要取决于刀具或工件工作行程终点的位置精度。在机床改装中，为了使工作行程终点达到较高的位置精度，常用表 62-1-7 所列的三种定位方法。

表62-1-7 改装中常用的三种定位方法

| 定位方法   | 用行程开关切断传动装置        | 刚性挡块强制定位       | 脉冲计数定位      |
|--------|--------------------|----------------|-------------|
| 适用条件   | 进给工作系统为机械传动时采用     | 一般用在气动或液压传动系统中 | 用于数字控制机床系统中 |
| 精度     | 取决于定位和控制系统的结构与制造精度 | 一般较高           | 高           |
| 行程调整范围 | 大                  | 较小             | 大           |

### 3.1 用行程开关切断传动装置实现定位

用行程开关切断传动装置时,为了提高重复定位精度,除了采取表 62·1-8 中所列的措施外,还应改进停车过程的各个控制环节,以减小各控制环节的误差,如采用图 62·1-16 的杠杆挡块机构或选用动作时间短的继电器。为了减少离合器动作时间,还可采用如图 62·1-17 线路,其中  $J_1$  为控制离合器继电器,  $J_2$  为接通预制动继电器。闭合  $J_1$  常开触点,传动离合器  $M_1$  接通;闭合  $J_2$ ,通过  $J_2$ - $R_1$ - $R_2$

表62·1-8 提高重复定位精度的措施

| 措施内容                  | 实现方法                                                                                                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 降低传动装置切断时的速度          | 通过变速装置或降低电动机转速的办法,使传动装置在切断以前减速                                                                      |
| 减小传动部件和运动部件的惯性力矩      | 1. 合理设计运动部件和传动装置的几何尺寸<br>2. 如果用切断电动机进行定位,要选用低惯量电动机<br>3. 如果用切断离合器进行定位,离合器应尽量安装在传动链的最后(即靠近运动部件)的传动轴上 |
| 增大制动力矩并使之稳定           | 在传动系统中增加电磁制动装置                                                                                      |
| 保持摩擦力矩稳定,并使制动力矩大于摩擦力矩 | 提高滑动导轨和传动装置精度,采用滚珠丝杠和滚动导轨保证运动均匀、稳定                                                                  |

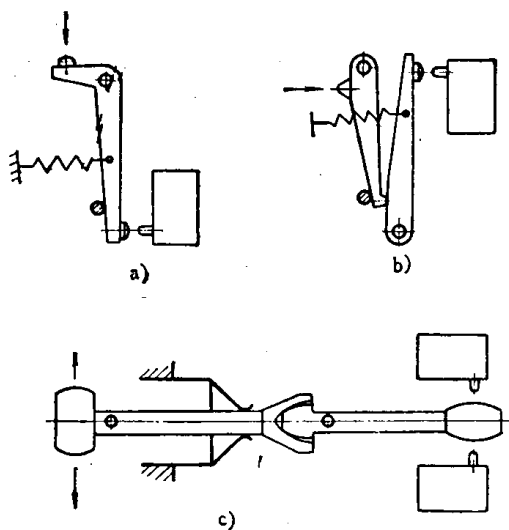


图62·1-16 杠杆机构

回路,使制动离合器预制动。切断  $J_1$  的常开触点,通过  $J_1$  的常闭触点与  $R_2$  组成的回路,制动离合器最后制动。

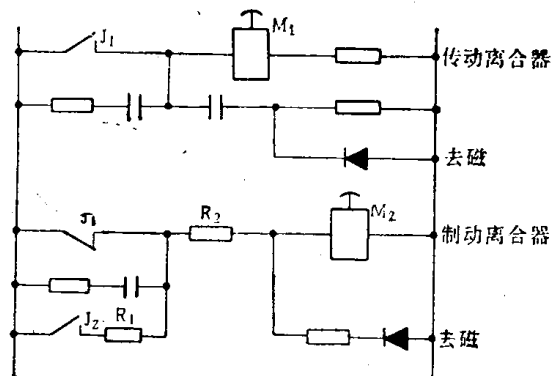


图62·1-17 离合器控制线路  
 $M_1$ —传动离合器  $M_2$ —制动离合器

为了适应多品种中小批生产的特点,在改装中要求定位系统完成多种尺寸定位,图62·1-18为适用于机械传动系统的多尺寸定位器。整个定位装置分

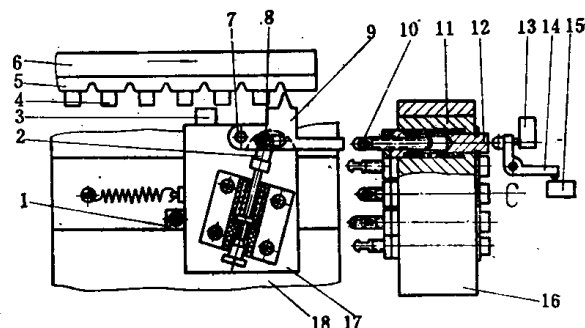


图62·1-18 多尺寸定位器

1—限位块 2—电磁铁衔铁 3,4—信号发生器 5—精密齿条 6—工作台 7,8—销子 9—定位器 10—挡杆 11—旋转鼓 12—滑套 13,15—微动开关 14—杠杆 16—壳体 17—滑座 18—底座

三部分。第一部分为工作台 6,其上固定有精密齿条 5 和信号发生器 4。第二部分为定位机构。定位器 9 通过销子 7、8 分别与滑座 17 和电磁铁衔铁 2 连接。定位器由电磁铁控制转动。滑座 17 可在底座 18 的导轨上滑动,壳体 16 固定在机床床身上。借拉力弹簧的作用,滑座 17 向左靠住限位块 1。第三部分为装在滑套 12 上的挡杆 10,其伸出长度可调整。滑套 12 装在旋转鼓 11 内,旋转鼓装在壳体 16 内,由步进机构(图中未绘出)带动旋转。每加工完一个工步,旋转鼓步进一步,转换一根挡杆。杠杆 14 和开关 13、15 都装在床身上。工作