

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 93110617.6

[45]授权公告日 2000 年 8 月 23 日

[11]授权公告号 CN 1055652C

[22]申请日 1993.3.12 [24]颁证日 2000.6.24

[21]申请号 93110617.6

[73]专利权人 胡 强

地址 412004 湖南省株洲市株洲冶炼厂 3 区 9 栋 103 号

[72]发明人 胡 强

[56]参考文献

DT2537630 1976. 3.11 B24B49/16

US4163346 1979. 8. 7 B24B53/14

US4163346 1979. 8. 7 B24B49/16

WO90109870 1990. 9. 7 B24B49/16

审查员 22 61

[74]专利代理机构 湖南省专利服务中心

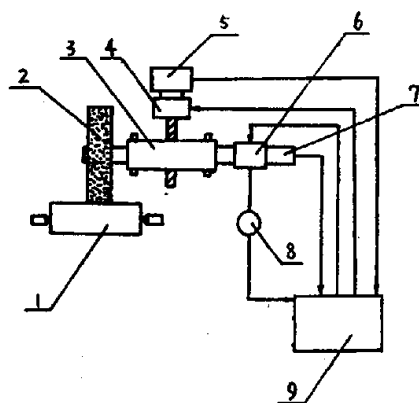
代理人 魏国先

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 时间控制磨削方法及装置

[57]摘要

本发明涉及一种时间控制磨削方法及装置,利用普通磨床,加上测量仪器和控制装置,即可实现整个磨削过程的自动控制,其控制原理是利用工件切除率与径向磨削力、切削速度及磨削功率之间的关系式,对工件切除率进行实时、有效地测算或控制,从而能够通过时间控制对工件切除量进行有效地控制,以限制加工工件的最后尺寸。本发明既能保证工件的表面磨削加工质量,又使得整个控制装置大大简化,减小功率消耗,大大提高了生产率。本发明用于改装普通磨床,无需对机床结构进行大的变动,改装成本低。本发明实用价值高,便于推广应用。



1、一种时间控制磨削方法，其特征在于包含以下步骤：

(1) 加工前先测量加工工件(1)的具体尺寸；

(2) 将工件(1)的具体尺寸输入控制装置(9)，由控制装置(9)根据工件(1)的最后尺寸计算出工件切除量V1，或者将根据工件(1)的具体尺寸和最后尺寸计算出的工件切除量V1直接输入控制装置(9)；

(3) 将工件(1)安装上磨床；

(4) 开始磨削；

(5) 各测量仪同时开始工作，分别测定或推算出磨削力 F_y 、磨削功率 P_m 、磨削速度 K 并输入控制装置(9)，控制装置(9)再结合预先输入在其中的工件(1)与砂轮(2)之间的摩擦系数 μ 、切除单位体积的切屑所需的能量 C_F ，计算出瞬时工件切除率 W ，计算公式为：

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F}$$

(6) 控制装置(9)对 W 进行对时间的数字积分运算，计算出工件切除量 V ，计算公式为： $V = \int_a^b W \times dt$

当工件切除量 V 达到预定值 $V1$ 时，控制装置(9)向进给装置(4)发出指令，使砂轮(2)退出磨削；这时， b 是砂轮(2)的退出时间，而 a 是磨削起始时间，实际控制的磨削时间是： $t = b - a$ 。

2、一种保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法，其特征在于包含以下步骤：

(1) 加工前先测量加工工件(1)的具体尺寸；

(2) 将工件(1)的具体尺寸输入控制装置(9)，由控制装置(9)根据工件(1)的最后尺寸计算出工件切除量 $V1$ ，或者将根据工件(1)的具体尺寸和最后尺寸计算出的工件切除量 $V1$ 直接输入控制装置(9)，同时又向控制装置(9)输入一个预定的工件切除率 $W1$ ；

(3) 将工件(1)安装上磨床；

(4) 开始磨削；

(5) 各测量仪器同时开始工作，测出或推算出磨削力 F_y 、磨削功率 P_m 、磨削

速度 K 并输入控制装置(9)。控制装置(9)再结合预先输入在其中的工件(1)与砂轮(2)之间的摩擦系数 μ 、切除单位体积的切屑所需的能量 C_p 等参量，计算出瞬时工件切除率 W ，并与预定的 W_1 相比较，若二者有差值则由控制装置(9)向进给装置(4)或电机(6)发出指令，以改变磨削力 F_y 或磨削速度 K ，使瞬时工件切除率 W 被调节到与预定的工件切除率 W_1 一致，计算瞬时工件切除率 W 的公式如下：

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_p}$$

(6) 经过一定时间 t 的磨削，工件切除量 $V = W \times t$ ，当 V 达到预定值 V_1 时，亦即 $t = V_1 / W_1$ 时，控制装置(9)向进给装置(4)发出指令，砂轮(2)退出磨削。

3、一种专为权利要求1或2所述方法而设计的磨削控制装置，包括用于传动的主轴变速驱动装置(3)、控制砂轮(2)进给或倒退的进给装置、带动砂轮(2)旋转的电机(6)和实现数据处理和各部件统一控制的控制装置(9)，其特征在于它还包括测量磨削力 F_y 的压力测量装置、测量电机(6)实时转速的转速计(7)、测量电机(6)瞬时功率的瓦特表(8)，其中控制装置(9)内存数据和系统控制软件，它分别与进给装置、压力测量装置、电机(6)、转速计(7)、瓦特表(8)相联，进给装置分别与主轴变速驱动装置(3)、压力测量装置(5)相联，电机(6)分别与主轴变速驱动装置(3)、转速计(7)、瓦特表(8)相联；压力测量装置、转速计(7)、瓦特表(8)所测得的参数都送至控制装置(9)处理并由控制装置(9)控制进给装置和电机(6)。

4、根据权利要求3所述的磨削控制装置，其特征在于控制装置(9)是一台计算机。

5、根据权利要求3所述的磨削控制装置，其特征在于进给装置由液压系统(10)加上液压缸(11)构成，压力测量装置采用压力表(16)；液压系统(10)分别与控制装置(9)、压力表(16)、液压缸(11)相联，液压缸(11)与主轴变速驱动装置(3)相联。

6、根据权利要求3所述的磨削控制装置，其特征在于进给装置由控制砂轮(2)的径向进给或倒退的电机(12)、将电机(12)的旋转运动转化为直线运动的进给箱(13)构成，压力测量装置由用于测量磨削力 F_y 的测力顶尖(14)和测力计(15)构成，电机(12)分别与控制装置(9)、进给箱(13)相联，进给箱(13)与主轴变速驱动装置(3)相联，测力计(15)分别与控制装置(9)、两个在工件(1)两侧的测力顶尖(14)相联。

时间控制磨削方法及装置

本发明涉及一种磨削方法和装置，具体是一种时间控制磨削方法和装置，利用普通磨床即可实现磨削过程的自动控制。

目前的磨削加工方法，采用分别调节几个磨削用量如工件速度 V_w 、切深进给量 f_r 、磨削宽度 B 的方法来加工工件，调整较为麻烦，一般是人工调整，不便于实现自动化。现今大部分的磨削工作仍是在单件、小批量生产的条件下完成，据统计，在小批量生产条件下，一台磨床全部定额时间的20%是用来调整的，且有25%左右的磨床为进行调整工作而让磨床停机或空转，工作效率低。

从目前的其它各种磨削方法来看，均不能对工件切除率进行有效的控制，从而限制了生产率的提高。美国专利US355303（德温特文献入藏号为83-766202/38）公开了一种磨床控制方法，是利用砂轮的磨损速率和对工件的给进速度之间的关系进行控制磨削，这种方法简单，但磨削精度不高。1986年8月由湖南大学出版社出版的《磨削原理与工艺》（书号为15412.17）一书中描述的美国威斯康星（Wisconsin）

大学研制的磨床约束适应控制系统，该系统采用改变砂轮转速的办法使实际消耗的功率接近预定的功率极限，从而维持比金属切除率大致不变。该系统是利用砂轮拖板及探头拖板两种位置反馈信息，由控制装置根据已经存入的工件所需的最后尺寸，发出对砂轮拖板位置进行修正的指令，而探头反馈给控制装置的反馈信息代表了工件的实际尺寸，一旦工件达到了规定的最后尺寸，控制装置便使砂轮拖板快速退回。该系统加工效率高。精度也相当高，能控制磨削功率为一定值，但对于磨削加工来说，总的磨削力来自磨削时的切屑变形和摩擦两种作用，切屑变形力和摩擦力都要消耗磨削功率，在磨削过程中磨削力随着砂轮的钝化而急剧变化，控制磨削功率不变并不能控制工件切除率不变，同时该系统也不能计算实际的工件切除率，因此不能采用时间控制磨削。可以认为，该系统对磨削功率的控制只是一种辅助的、近似的控制手段，而它主要是对工件的实际尺寸进行反馈控制，这一点又使整个系统结构比较复杂，本身的制作成本昂贵，不利于推广使用，也不符合国内大量的普通磨床、设备改造费有限的国情。联邦德国专利（DT 2537630）公开了一种磨削控制方法，即在磨削过程中测量工件材料的切除率，将实际工件切除率与计算机给定的计量值相比较，由实际工件切除率和预定计量值之间的差值控制进给装置移动，直至差值为零；最好测量切向磨削力并转换成信号，当信号超过约定标准时，减低

计量值；该方法不适应于单件、小批量条件下的自动化磨削，也不能实现时间控制磨削。

本发明的目的在于提供一种利用普通磨床即可实现自动控制磨削的方法及装置，通过对工件切除量 V 的有效实时计算和控制，以限定加工工件的最后尺寸，而其实质又是以计算或控制工件切除率 W 为技术核心，操作者可以仅以磨削时间控制磨削过程的完成。本发明既能保证工件的表面磨削加工质量，又使得整个控制装置大大简化。

本发明的技术方案如下：

本发明所提供的一种磨削控制装置，以下简称装置A，是由用于传动的主轴变速驱动装置3、控制砂轮2进给或倒退的进给装置、测量磨削力 F_y 的压力测量装置、带动砂轮2旋转的电机6、测量电机6实时转速的转速计7、测量电机6瞬时功率的瓦特表8、实现数据处理和各部件统一控制的控制装置9构成，其中控制装置9内存数据和系统控制软件，它分别与进给装置、压力测量装置、电机6、转速计7、瓦特表8相联，进给装置分别与主轴变速驱动装置3、压力测量装置相联，电机6分别与主轴变速驱动装置3、转速计7、瓦特表8相联；压力测量装置、转速计7、瓦特表8所测得的参数都送至控制装置9处理并由控制装置9控制进给装置和电机6。

其中控制装置9可以是一台计算机，或是其它带有存储器和具有可编程能力的计算控制装置。进给装置可以由液压系统10加上液压缸11构成，压力测量装置可采用压力表16，其中的液压系统10分别与控制装置9、压力表16、液压缸11相联，液压缸11与主轴变速驱动装置3相联。

本发明提供的另一种磨削控制装置，以下简称为装置B，是由用于传动的主轴变速驱动装置3、带动砂轮2旋转的电机6、测量电机6实时转速的转速计7、测量电机6瞬时功率的瓦特表8、实现数据处理和各部件统一控制的控制装置9、控制砂轮2的径向进给或倒退的电机12、将电机12的旋转运动转化为直线运动的进给箱13、用于测量磨削力 F_y 的测力顶尖14和测力计15构成，其中控制装置9内存数据和系统控制软件，它分别与电机6、转速计7、瓦特表8、电机12和测力计15相联，进给箱13分别与主轴变速驱动装置3、电机12相联，电机6分别与转速计7、瓦特表8、主轴变速驱动装置3相联，测力计15与两个在工件1两侧的测力顶尖14相联；转速计7、瓦特表8和测力计15所测得的参数都送至控制装置9处理并由控制装置9控制电机6和电机12。与装置A相比，装置B的进给装置是由控制砂轮2的径向进给或倒退的电机12、

将电机12的旋转运动转化为直线运动的进给箱13构成，压力测量装置则由用于测量磨削力 F_y 的测力顶尖14和测力计15构成，电机12分别与控制装置9、进给箱13相联，进给箱13与主轴变速驱动装置3相联，测力计15分别与控制装置9、两个在工件1 两侧的测力顶尖14相联。

本发明所提供的时间控制磨削方法，包含下列步骤：

(1) 加工前先测量加工工件1的具体尺寸；

(2) 将工件1的具体尺寸输入控制装置9，由控制装置9根据加工工件1的最后尺寸计算出工件切除量 V_1 ，或者将根据工件1 的具体尺寸和最后尺寸计算出的工件切除量 V_1 直接输入控制装置9；

(3) 将工件1安装上磨床；

(4) 开始磨削；

(5) 各测量仪器同时开始工作，测出磨削力 F_y 、磨削功率 P_m 、磨削速度 K 并输入到控制装置9，控制装置9再结合预先输入在其中的工件1与砂轮2之间的摩擦系数 μ 、切除单位体积的切屑所需的能量 C_F ，计算出瞬时工件切除率 W 。

计算公式为：
$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F}$$

(6) 控制装置9进行数字积分计算，计算出工件切除量 V 。

计算公式为：
$$V = \int_a^b W \times dt$$

当工件切除量 V 达到预定值 V_1 时，控制装置9向进给装置发出指令，使砂轮2 退出磨削；这时， b 是砂轮2的退出时间，而 a 是磨削起始时间，实际控制的磨削时间是： $t=b-a$ 。

本发明又提供一种保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法，它包含以下步骤：

(1) 加工前先测量加工工件1的具体尺寸；

(2) 将工件1的具体尺寸输入控制装置9，由控制装置9根据工件1的最后尺寸计算出工件切除量 V_1 ，或者将根据工件1 的具体尺寸和最后尺寸计算出的工件切除量 V_1 直接输入控制装置9，同时又向控制装置9输入一个预定的工件切除率 W_1 ；

(3) 将工件1安装上磨床；

(4) 开始磨削；

(5) 各测量仪同时开始工作，测出磨削力 F_y 、磨削功率 P_m 、磨削速度 K 并输入控制装置9，控制装置9再结合预先输入在其中的工件1与砂轮2之间的摩擦系数 μ 、切除单位体积的切屑所需的能量 C_F ，计算出瞬时工件切除率 W ，与预定的 W_1 相比较，如果有差值则由控制装置9向进给装置或电机6发出指令，以改变磨削力 F_y 或磨削速度 K ，使瞬时工件切除率 W 与预定的工件切除率 W_1 一致，计算瞬时工件切除率 W 的公式如下：

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F}$$

(6) 经过一定时间 t 的磨削，工件切除量 $V = W \times t$ ，当 V 达到预定值 V_1 时，亦即 $t = V_1 / W_1$ 时，控制装置9向进给装置发出指令，砂轮2退出磨削。

本发明可利用普通磨床，加之控制装置9，以及测量仪如压力测量装置、转速计7、瓦特表8，或是压力表16、测力计15、测力顶尖14等，构成对于普通磨床的一个测量控制装置，从而对工件切除量 V 进行有效地控制，实现自动磨削控制之目的。其主要原理是依据工件切除率 W 与磨削功率 P_m 、工件与砂轮之间的摩擦系数 μ 、径向磨削力 F_y 、磨削速度 K 和切除单位体积的切屑所需的能量 C_F ，这几个参量之间所存在的关系式，即：

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F}$$

通过对 P_m 、 μ 、 F_y 、 K 、 C_F 这几个参量值的测试或控制，以实现对工件切除率 W 的推算或控制，再进一步可以对工件切除量进行推算和控制。以下先对该关系式的推导过程做简要说明。

在磨削领域中，有如下三个公式：

$$F_z = 9.81 \times [C_F \times (V_w \times f_r \times B / K)] + \mu \times F_y \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P_m = F_z \times K / 1000 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$F_y = 9.81 \times C_F \times (\pi / 2) \times (V_w \times f_r \times B / V) \times \tan \alpha \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{另: } W = 1000 \times V_w \times f_r \times B \quad \dots\dots\dots (4)$$

其中 F_z (N) 为切向磨削力， F_y (N) 为径向磨削力， V_w 为工件速度 (m / s)， f_r 为径向进给量 (mm)， B 为磨削宽度 (mm)， α 为假设磨粒为圆锥形时锥顶半角。

将(1)式中的 F_z 和 $V_w \times f_r \times B$ 二项，分别由(2)式和(4)式通过数学变换可以求出，再同时代入(1)式，经数学变换后可求出。

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F} \quad \dots\dots (C)$$

单位: W 为 mm^3/s , K 为 m/s , P_m 为 kW , F_y 为 N , C_F 为 kgf/mm^2

该关系式是本发明之原理的核心。对于磨削加工来说，总的磨削力来自磨削时的切屑变形和摩擦两种作用，切屑变形力和摩擦力都要消耗磨削功率，该关系式的意义在于通过测得的总磨削功率及摩擦力消耗的功率来确定切屑变形力所消耗的功率，从而计算出实际的瞬时工件切除率 W ，从而为通过时间控制来达到控制工件切除量 V 提供了可能性。控制装置9是本发明中的核心装置，可以是一台计算机，并配置有必要的接口电路，它能进行计算、数据分析和比较、向其它部件发出控制指令等操作，其过程可以全部或部分地由计算机软件控制。

本发明所提供的时间控制磨削方法和保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法，在其实施磨削之前都需要预先将一些固定的参量输入控制装置9之中，其中包括：主轴变速驱动装置3的传动比、电机6的总效率、砂轮2的直径、工件1和砂轮2之间的摩擦系数 μ 、切除单位体积的切屑所需的能量 C_F 或液压缸11的活塞面积等，以下列举一些常用的 μ 和 C_F 值，这些数值在磨削领域中是公认的和标准的。

表1：各种工件材料的 C_F 值 (使用GB80R1A和TL80R1A型砂轮)

工件材料	花岗石	硅	纯铁	铸铁	高速钢
$C_F (\text{kg} \cdot \text{f/mm}^2)$	430	550	280	490	1800

表2：磨削时摩擦系数 μ 的数值

工件材料	砂轮\切削液	豆油	轻油	乳化液	水	干磨
退火碳素钢	GZ46Z2A	0.21	0.61	0.35	0.82	0.73
淬火高速钢	GZ46R1A	0.10	0.15	0.16	0.38	0.32

综上所述，本发明所提供的时间控制磨削方法和保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法，均可由装置A或装置B实施，在实施磨削过程中，磨削力 F_y 可以是变化的，也可以通过控制装置9控制电机12的转速使 F_y 保持恒定，或者由进给装置来维持恒定的磨削力 F_y ，亦即不一定采用控制力磨削。本发明可适用带砂轮的普通磨床。电机6和电机12如有调速要求则采用伺服电机和步进电机。

本发明对于单件、小批量磨削来说，由于简化了机床调整和免去了试切第一个工件所需要的时间，可以大大提高生产率，如采用控制力磨削，则可以保证工件的表面质量并减小功率消耗，本发明对于单件、小批量的生产可以实现自动化，本发明用于改装普通磨床而实现时间控制磨削，不需要对机床结构进行大的变动就可实现。本发明提供的磨削控制方法可以和其它磨削方法结合使用，以保证加工精度。本发明所述的磨削控制方法，加工精度与磨削余量的多少成正比，减少磨削余量不仅可以提高生产率，而且可以提高加工精度，因此提高磨削前加工的精度有重要意义。本发明对于粗磨、精磨、光磨均可适用。本发明可以免去磨削时的人工调整，至多也只要限制一下砂轮的轴向移动距离，加工过程可自动完成。本发明可以使现有的普通磨床稍加改进即可实现自动控制磨削，对工件切除量进行有效的控制，从而既保证了工件表面磨削加工质量和精度，又使整个控制装置大大简化，并极大地简化了磨床的调整，便于采用机、电一体化或机、电、液(气)一体化技术实现磨削加工的自动化。

以下结合附图说明本发明的技术方案：

图1是本发明的磨削控制装置的原理结构图；

图2是本发明的磨削控制装置的实施例一之结构图；

图3是本发明的磨削控制装置的实施例二之结构图；

图4是图2中的液压系统10的原理结构图。

图1或图2所示的装置均属于装置A，图3所示为装置B。以下参看图1至图4，对于装置A和装置B，结合它们在运用本发明所提供的时间控制磨削方法以及保持工件切除率恒定的时间控制磨削方法的过程，进一步说明其结构和运用。

装置A在运用时间控制磨削方法时，首先在加工前要测量加工工件1的具体尺寸，将测量的尺寸输入控制装置9，由控制装置9根据操作者输入在其中的加工工件1加工后所确定的最后尺寸，亦即磨削后的定型尺寸，通过数学计算求出工件的

切除量V1，或是直接由操作者将所确定或计算出的工件切除量V1输入控制装置9，再将工件安装上磨床，开动磨床开始磨削。这时，压力测量装置5、转速计7、瓦特表8和控制装置9也同时开始工作，其中压力测量装置5测量磨削力 F_y ，转速计7测量电机6的实时转速，瓦特表8测量电机6的瞬时功率，砂轮2磨削工件1，主轴变速驱动装置3用于传动，进给装置4控制砂轮2的进给或倒退，电机6带动砂轮2旋转，控制装置9可以是一台计算机，其存储器中存有数据和系统控制软件，并能对输入的数据进行处理和发出指令，实现整个系统的磨削过程自动化。磨削力 F_y 、磨削速度 K 可以由控制装置9在磨削前预先指定一个适当的初始值。磨削时电机6带动砂轮2旋转，进给装置4带动砂轮2径向进给，砂轮2接触工件1开始磨削，压力测量装置5测得的压力、瓦特表8测得的电机6的功率、转速计7测得的电机转速等参量都被送到控制装置9，控制装置9按以下几个公式可求出几个参量：

$$(\text{磨削力 } F_y) = (\text{压力}) \times (\text{活塞面积}) - (\text{阻力})$$

$$(\text{磨削速度 } K) = [\text{电机6转速}] \div [\text{主轴变速驱动装置3传动比}] \times (\text{砂轮直径}) \times \pi$$

$$(\text{磨削功率 } P_m) = [\text{电机6的功率}] \times (\text{总效率})$$

这里，磨削力 F_y 的计算方法是当进给装置4是采用了液压系统10、液压缸11，以及压力测量装置是采用压力表16时所适用的，具体结构如图2所示，活塞面积和阻力均为液压系统10和液压缸11的参数。其中，液压系统10用于实现磨床对砂轮2进给的要求并保持恒压，液压缸11用于推动砂轮2径向进给和倒退，压力表16测定液压缸11的压力值，液压系统10是利用液压缸11推动砂轮2进给并保持压力恒定，其结构如图4所示，从而实现控制力磨削。实际上图2所示的装置A是图1所示原理结构的一种具体实施例。

至此，利用求出的 P_m 、 F_y 、 K 值及已知的 μ 、 C_F 值，即可按下式计算出瞬时工件切除率 W ：

$$W = \frac{1000 \times (1000 \times P_m - \mu \times F_y \times K)}{9.81 \times C_F} \quad \dots\dots (C)$$

然后，再由控制装置9对 W 进行数字积分运算，计算出实时的工件切除量 V ，计算公式为：

$$V = \int_a^b W \times dt \quad \dots\dots\dots (D)$$

当工件切除量 V 达到预定的工件切除量 V_1 时，控制装置9对进给装置4或液压系统10发出指令，使砂轮2退出磨削。这时， b 是砂轮2的退出时间，而 a 是磨削起始时间，实际控制的磨削时间是： $t=b-a$ 。

需要说明的是，在磨削过程中，磨削功率 P_m 值应被确定在一定范围内，以避免工件表面烧伤或生产率过低，当磨削功率 P_m 过低，工件切除率 W 过低，这时需及时修整砂轮，修整后，砂轮直径减小，这时应向控制装置9输入新的砂轮直径数据。采用时间控制磨削方法的装置A，整个过程自动进行，无需人工干预，结构简单。

装置A在运用保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法时，对于操作者而言，过程基本相同，只是需要在磨削之前预先向控制装置9预先给定一个预定的工作切除率 W_1 ，在磨削过程中，控制装置9利用计算式(C)计算出瞬时工件切除率 W ，再与预定的 W_1 相比较，如果二者有差值则由控制装置9向进给装置4或液压系统10、也可向电机6发出修正指令，以改变磨削力 F_y 或磨削速度 K ，如当 $W < W_1$ 时，增大电机6的转速，当 $W > W_1$ 时，减小电机6的转速，从而控制了磨削速度 K ，进而使 W 调节到与 W_1 一致，经过一定时间 t 的磨削，工件切除量 $V = V_1$ 时，实际上，所用的磨削时间 $t = V_1 / W_1$ ，则控制装置9向进给装置4或液压系统10发出指令，使砂轮2退出磨削。这种控制工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法简单实用，不需要控制装置9做复杂的数字积分运算，磨削时间固定，但需要配备可调速的电机6，如伺服电机。该方法实际上是时间控制磨削方法的一个特例。

磨削力 F_y 的调节可由电液比例压力阀或电液伺服阀调节。

这里介绍一下液压系统10的原理及结构。如图4所示， T_1 为二位四通电磁阀， T_2 为二位三通电磁阀， Q_1 和 Q_2 为节流阀， U_1 和 U_2 为减压阀， P_H 为压力油， P 为进入液压缸11的压力油。粗磨时， T_1 和 T_2 失电，压力油经 U_2 、 Q_2 、 T_2 、 T_1 进入液压缸11，推动活塞前进；精磨时， T_1 失电， T_2 得电，压力油经 U_1 、 Q_1 、 T_2 、 T_1 进入液压缸11，推动活塞前进；快退时， T_1 和 T_2 得电，压力油经 U_1 、 Q_1 、 T_2 、 T_1 进入液压缸11，推动活塞后退。

装置B实际上与装置A的原理相同，只是进给装置是采用了电机12、进给箱13，而对于磨削力 F_y 的测量是采用测力顶尖14和测力计15，如图3所示。装置B也可以运用时间控制磨削方法以及保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法完成自动磨削过程。

首先在加工前也要测量加工工件1的具体尺寸，将测量的尺寸输入控制装置9，由控制装置9根据该工件的最后尺寸计算出工件切除量 V_1 ，或是操作者直接将工件切除量 V_1 输入控制装置9，再将工件1装上磨床开始磨削，这时，转速计7、瓦特表8、测力顶尖14、测力计15和控制装置9同时开始工作，其中测力计15通过测力顶尖14直接测定磨削力 F_y ，转速计7和瓦特表8所测定的电机6的转速和瞬时功率可分别由控制装置9通过数学计算求出磨削速度 K 和磨削功率 P_m ，而进给箱13可将电机12的旋转运动转变为直线运动，电机12控制砂轮的径向进给或倒退，当装置B采用控制力磨削时，电机12采用步进电机，由控制装置9进行控制。根据所测定或计算求出的 F_y 、 K 、 P_m 等参量，可以根据计算式(C)求出瞬时工件切除率 W 。

当装置B是采用时间控制磨削方法时，控制装置9对 W 按计算式(D)做数学积分运算，计算出工件切除量 V ，当 V 达到了预先输入控制装置9中的预定工件切除量 V_1 时，控制装置9向电机12发出控制指令，使砂轮2退出磨削。

当装置B是采用了保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法时，则将按计算式(C)求出的工件切除率 W 与预先输入在控制装置9中的预定工件切除率 W_1 相比较，若二者有差值，则控制装置9向电机12或电机6发出修正指令，以改变磨削力 F_y 或磨削速度 K ，如当 $W < W_1$ 时，就控制电机12或电机6增大转速，当 $W > W_1$ 时，就控制电机12或电机6减小转速，进而使 W 调节到与 W_1 一致。调节电机12的转速是用来调节磨削力 F_y ，调节电机6的转速是用来调节磨削速度 K 。当装置B采用控制力磨削时，电机12可采用步进电机，由控制装置9进行控制，电机6采用伺服电机，通过改变磨削速度 K 来控制 W 。由于工件切除量 $V = W \times t$ ，其中 t 为磨削时间，即可求出工件切除量 V ，当 V 达到预定切除量 V_1 时，控制装置9向电机12发出指令，使砂轮2退出磨削。

下面以实例说明一下：

例1：粗磨一铸铁轴类工件的外圆，长300mm，考虑到磨削前工件的实际尺寸有一定的公差，因此先测出工件的实际尺寸，计算出工件切除量 V 。实际测得工件尺寸为 $\phi 60.203\text{mm}$ ，要求达到 $60_{-0.046}^{+0.046}$ 的精度，表面粗糙度 R_a 值 $2.5\mu\text{m}$ ，实际工件切除量 $V=12800\text{mm}^3$ ，磨削力 F_y 调定为392N， $C_r=490\text{kgf/mm}^2$ ， $\mu=0.20$ ，工件转速 $n=110\text{r/min}$ ，工作台往复次数100次/min，磨削功率 P_m 由实际测出，磨削速度 K 由控制装置9自动控制，并控制工件切除率 $W=1050\text{mm}^3/\text{S}$ ，磨削时间 $t=12.2\text{S}$ 。这里是由装置A采用保持工件切除率 W 恒定的时间控制磨削方法完成的。

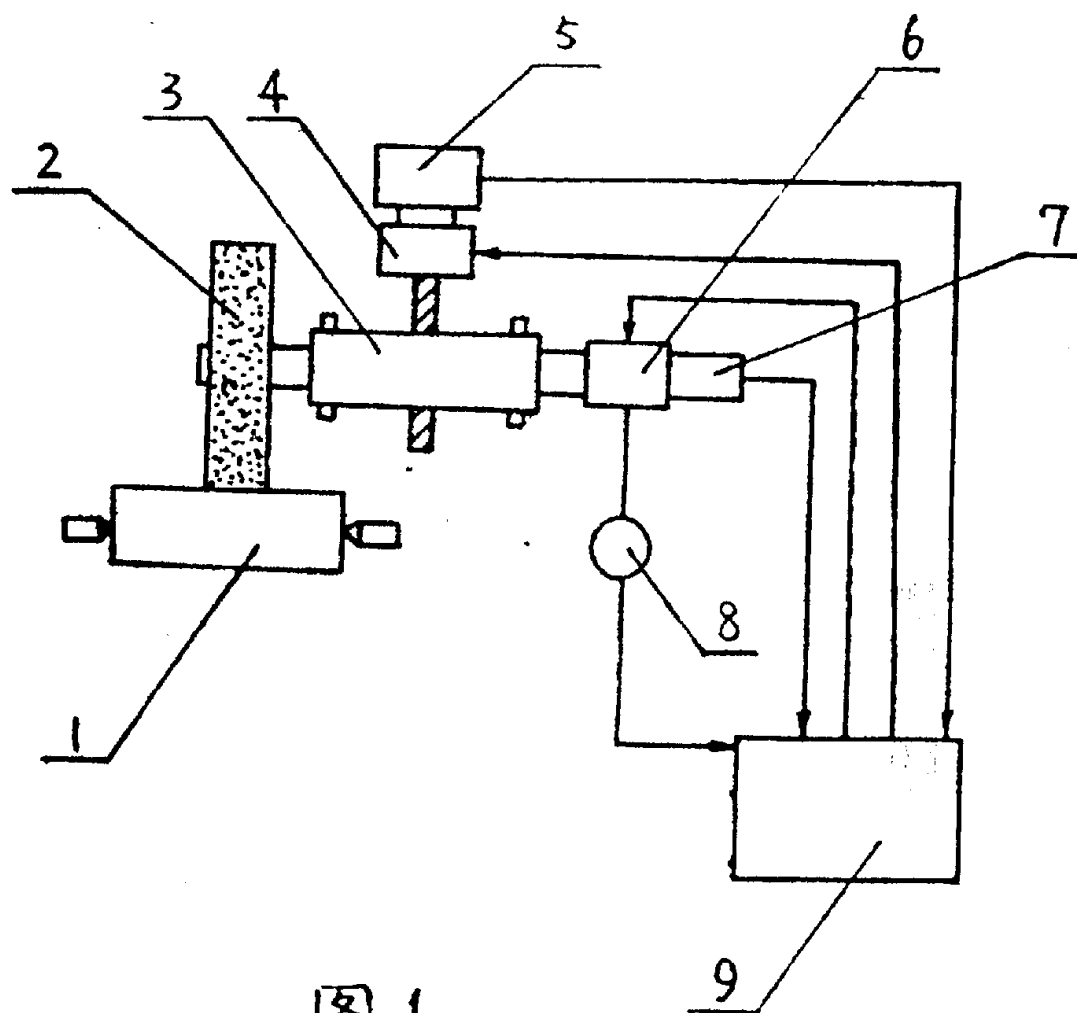


图 1

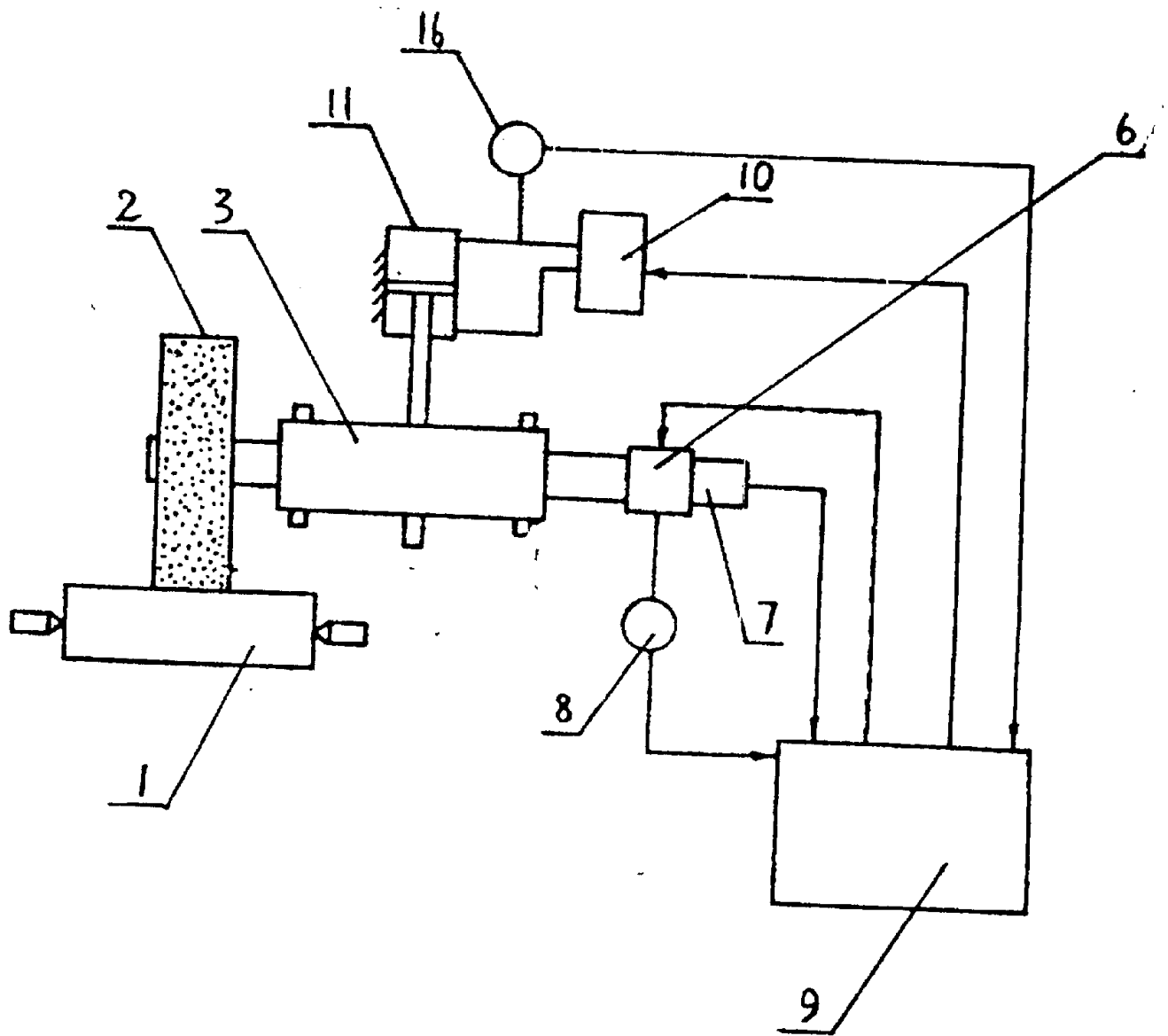


图 2

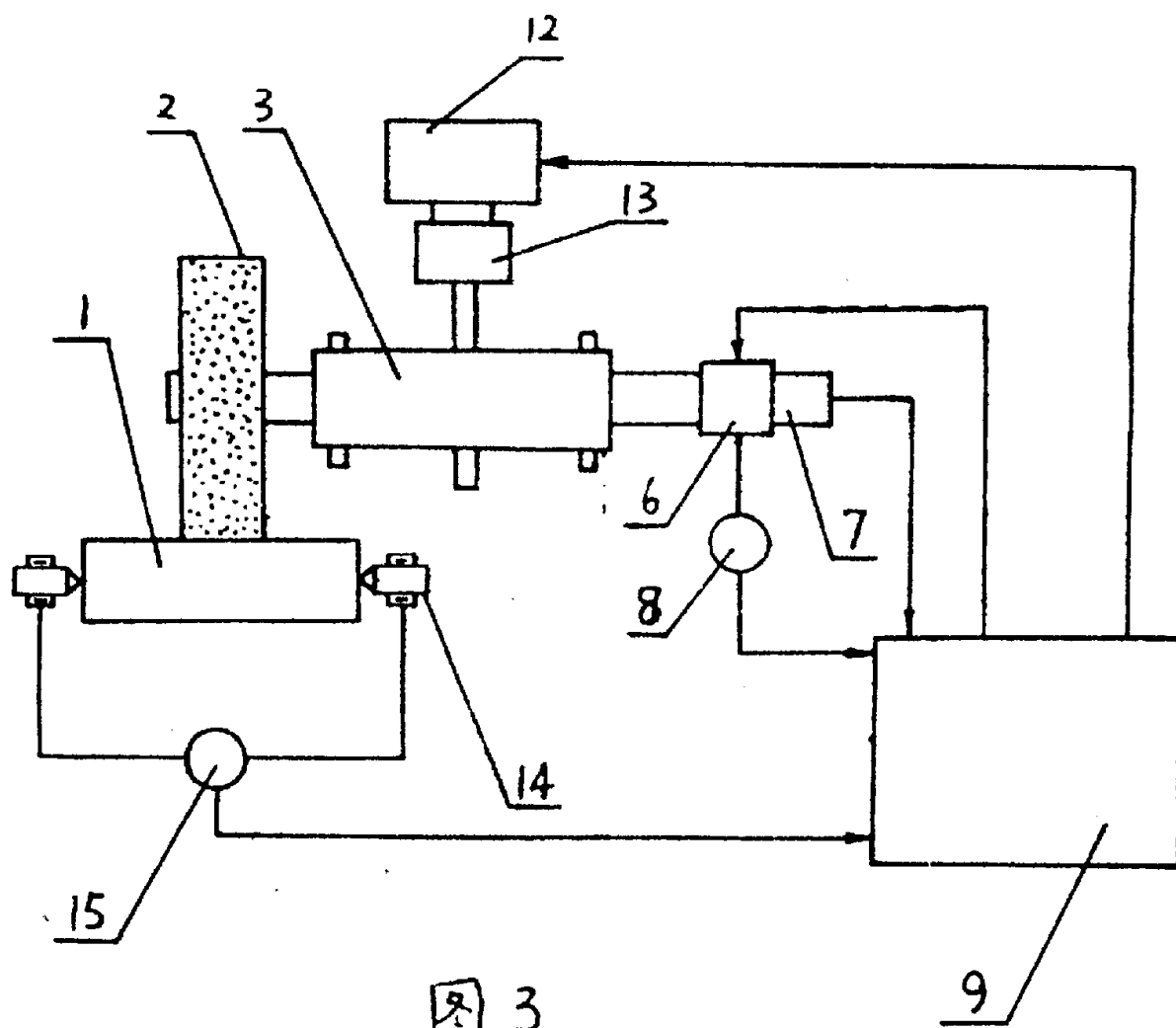


图 3

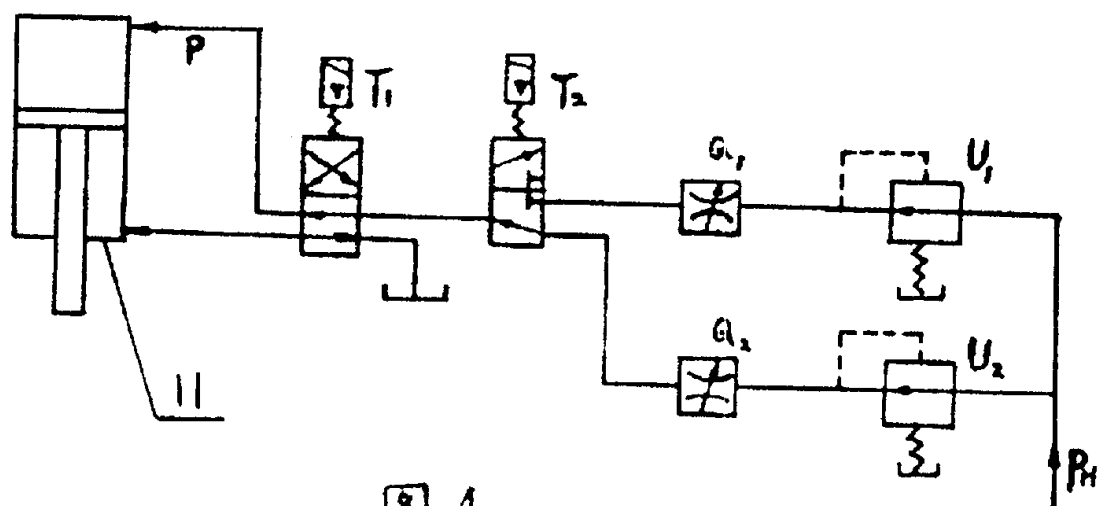


图 4