



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104551408 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201410809110. 2

B23K 26/70(2014. 01)

(22) 申请日 2014. 12. 23

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 王红才 王小环 杨明江 王之桐 彭林华 占剑

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理 事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

B23K 26/352(2014. 01)

B23K 26/08(2014. 01)

B23K 26/06(2014. 01)

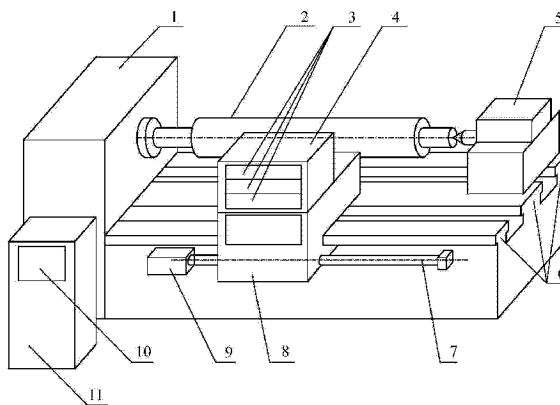
权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统 及加工方法

(57) 摘要

本发明提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统及加工方法,该系统包括带动辊类工件旋转的机床、将两束以上不同方向的入射光进行合成并经一聚焦组件会聚的多束光合成聚焦装置、安装在机床上并能带动多束光合成聚焦装置沿辊类工件分别径向和轴向移动的激光加工装置以及能控制辊类工件旋转、多束光合成聚焦装置的轴向、径向移动以及多束光合成聚焦装置在辊类工件表面光斑的间距的控制系统。本发明提高了激光毛化的加工速度;不易产生干涉条纹;便于规则和无规则分布参数的设定;便于实现更多光束的合成;在主轴速度受限的情况下提高激光毛化的加工速度;微坑组内微坑重合,用多台低功率激光器实现大光斑,高能量密度的特殊毛化加工。



1. 一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统,其特征在於,包括机床设备、多束光合成聚焦装置、激光加工装置和控制系统,其中:

所述机床设备,用于带动辊类工件旋转,包括机架和设置在所述机架上的主轴和带动所述主轴转动的主轴电机;

所述多束光合成聚焦装置,包括至少一多束光合成组件和聚焦组件,其中:

所述多束光合成组件,用于将两束以上不同方向的入射光进行合成,合成后的光束之间的夹角在 $0 \sim 30$ 度之间;包括至少两台激光器、与所述激光器数量等同的准直器和一个偏转总成;所述激光器与准直器之间均通过光纤连接;所述偏转总成包括至少一个用于改变经由所述准直器出射的光束方向的反射镜;

所述聚焦组件,用于将所述多束光合成组件合成后的光束进行汇聚;包括镜架和设置在所述镜架内的聚焦透镜;

所述激光加工装置,包括带动多束光合成聚焦装置沿所述辊类工件轴向移动的轴向调节机构,和带动多束光合成聚焦装置沿辊类工件径向移动的径向调节机构;

所述控制系统,包括工控机、主轴转动控制装置、增量编码器、轴向移动控制装置、径向间距跟踪控制装置、至少一激光器控制装置和至少一偏转总成控制装置,其中:

所述工控机,通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和两双路电隔离接口卡;

所述主轴转动控制装置,用于根据其中一个双路电隔离接口卡输入的信号控制主轴及辊类工件的转速;

所述增量编码器,安装在所述机床设备上,用于将反应辊类工件旋转位置的脉冲信号经所述可控分布接口卡发送给所述的工控机;

所述轴向移动控制装置,设置在所述轴向调节机构上,用于根据所述工控机由接收的来自于所述增量编码器的脉冲信号形成的轴向移动指令控制多束光合成聚焦装置沿辊类工件轴向移动速度;

所述径向间距跟踪控制装置,设置在所述径向调节机构上,用于实时跟踪多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的径向位移,并根据工控机的预设间距和上述实时跟踪结果控制所述多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的径向位移为上述预设间距;

所述激光器控制装置,包括至少两路激光驱动器;所述激光驱动器的输入端均连接所述可控分布接口卡,每个所述激光驱动器的输出端均连接激光器;所述激光驱动器根据所述工控机由接收的来自于所述增量编码器的脉冲信号形成的激光指令,控制所述激光器的工作状态和工作参数;

所述偏转总成控制装置,包括至少一偏转电机驱动器,所述偏转电机驱动器的输入端均连接另一所述双路电隔离接口卡,所述偏转电机驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机;所述偏转电机驱动器用于根据所述工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度,进而控制所述反射镜的角度。

2. 根据权利要求 1 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统,其特征在於:

所述主轴转动控制装置包括变频器,所述变频器接收其中一个所述双路电隔离接口卡的信号,驱动机床设备主轴旋转的主轴电机旋转,且转速无级可调;

所述径向间距跟踪控制装置设置在所述径向移动架上,包括径向伺服驱动器、位置调

节器、位移传感器；

所述位移传感器用于感应聚焦透镜与辊类工件之间的径向位移，并将该径向位移发送给所述位置调节器；

所述位置调节器根据所述工控机的预设间距与上述实时径向位移生成径向移动指令给所述径向伺服驱动器；

所述径向伺服驱动器驱动径向伺服电机径向移动至所述位移传感器实时发送的径向位移与所述预设间距相等。

3. 根据权利要求 2 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统，其特征在于：

所述径向调节机构包括设置在所述轴向移动架上的径向丝杠、设置在所述径向丝杠上并与其螺纹传动连接的径向移动架、与所述径向丝杠传动连接的轴向伺服电机，所述径向移动架与所述轴向移动架之间通过一滑动传动副连接；所述多束光合成聚焦装置设置在所述径向移动架上。

4. 根据权利要求 3 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统，其特征在于：

所述轴向调节机构包括设置在所述机床上的轴向丝杠、设置在所述轴向丝杠上的轴向移动架、与所述轴向丝杠传动连接的轴向伺服电机；

所述轴向转动控制装置包括轴向伺服驱动器，所述轴向伺服驱动器连接所述可控分布接口卡与所述轴向伺服电机。

5. 根据权利要求 4 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统，其特征在于：

所述控制系统还包括用于发出随机偏转信号的伪随机信号发生器，所述伪随机信号发生器连接在所述偏转电机驱动器与所述双路电隔离接口卡之间。

6. 一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 1，工控机通过一个双路电隔离接口卡分别传递主轴预设转速控制信号给变频器以及传递多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的预设间距控制信号给径向间距跟踪控制装置；

步骤 2，所述主轴电机带动辊类工件在主轴转动控制装置的作用下按照工控机的预设转速转动；所述径向调节机构带动所述多束光合成聚焦装置在所述径向间距跟踪控制装置的作用下径向移动至其与辊类工件之间的径向间距与所述工控机的预设间距相同；

步骤 3，所述增量编码器将反映所述主轴及辊类工件旋转位置的脉冲信号经所述可控分布接口卡发送给工控机，经工控机处理后分别形成激光指令和轴向移动指令，所述激光指令通过可控分布接口卡传递给所述激光驱动器，所述轴向移动指令通过可控分布接口卡传递给轴向移动控制器；

步骤 4，所述激光驱动器控制与该激光驱动器连接的所述激光器的工作状态和工作参数；所述轴向移动控制器根据所述轴向移动指令控制所述轴向调节机构带动所述多束光合成聚焦装置沿辊类工件轴向移动的速度；

步骤 5，所述偏转总成控制装置通过另一所述双路电隔离接口卡接收所述工控机的偏转指令，经偏转电机驱动器控制偏转电机转动角度，进而控制安装在所述偏转电机上的反

射镜的角度,以调整形成在辊类工件表面上的微坑间距。

7. 根据权利要求 6 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,其特征在于:

所述步骤 1 包括以下步骤:

步骤 11a,变频器接收主轴预设转速控制信号并将该信号转换为变频信号发送驱动机床设备主轴旋转的主轴电机的电源控制端;

步骤 12a,所述主轴电机在其电源的作用下按照预设转速转动;

步骤 11b,位置调节器接收所述预设间距控制信号和来自于位移传感器实时监测的聚焦透镜与辊类工件之间的径向位移信号;

步骤 12b,比较预设间距与实际径向位移并根据两者之差形成径向移动指令,将该指令发送给径向伺服驱动器;

步骤 13b,所述径向伺服驱动器驱动径向伺服电机按照上述径向移动指令转动。

8. 根据权利要求 7 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,其特征在于:

所述步骤 2 包括以下步骤:

步骤 21a,所述主轴电机带动辊类工件按照工控机的预设转速转动;

步骤 21b,所述径向伺服电机接收来自于所述径向间距跟踪控制装置的信号,并带动与所述径向伺服电机连接的径向丝杠转动;

步骤 22b,所述径向丝杠带动与其传动螺纹连接的径向移动架沿辊类工件径向移动;

步骤 23b,所述径向移动架带动设置在其上的多束光合成聚焦装置移动到预设间距。

9. 根据权利要求 8 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,其特征在于:

所述步骤 4 包括以下步骤:

步骤 41a,所述激光驱动器接收激光指令并对其进行处理后形成驱动指令对其进行处理后形成控制指令发送给激光器;

步骤 42a,所述激光器按照所述控制指令进行工作;

步骤 41b,轴向伺服驱动器接收来自于所述轴向移动控制装置的信号并驱动轴向伺服电机转动;

步骤 42b,所述轴向伺服电机带动与其传动连接的轴向丝杠转动;

步骤 43b,所述轴向丝杠带动与其传动螺纹连接的轴向移动架沿辊类工件轴向移动;

步骤 44b,所述轴向移动架带动设置在其上的径向移动架及多束光合成聚焦装置按照所述轴向移动指令移动。

10. 根据权利要求 7 所述的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,其特征在于:

所述步骤 5 包括以下步骤:

步骤 51,伪随机信号发生器发出随机偏转信号给偏转电机驱动器;

步骤 52,偏转电机驱动器接收随机偏转信号并驱动偏转电机的转动角度;

步骤 53,偏转电机带动安装在其上的反射镜转动,以随机调整形成在辊类工件表面上的微坑间距。

多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统及加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及离散激光加工控制技术,尤其是一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统及加工方法,适用于冷轧辊激光毛化等领域。

背景技术

[0002] 冷轧薄钢板具有厚度与板形精度高、表面质量好、力学性能好、厚度更薄等优点,应用非常广。冷轧板按粗糙度分为光面板和毛化板。毛化板采用毛化轧辊平整,表面形貌由毛化轧辊表面复制而来,粗糙度一般较大。相对光面板,毛化板因具有更好的延伸率和涂镀层结合力,在汽车、高铁、航空航天、家用电器以及食品包装等行业有广泛用途,是一种不可缺少的重要原料。

[0003] 轧辊毛化技术就是对磨光轧辊进行毛化,使其表面具有特殊形貌的技术。目前在工业上得到规模化推广应用的轧辊毛化技术是喷丸毛化、电火花毛化和激光毛化,其中比较先进的是电火花毛化和激光毛化。

[0004] 电火花毛化通过将轧辊和电极浸没在绝缘工作液中或在两电极的间隙喷绝缘工作液,两电极间的间隙足够小,电极上施加一定幅值和频率的脉冲电压,产生火花放电,在轧辊表面上产生一系列微熔微坑。

[0005] 激光毛化按使用的激光器种类分为 CO₂激光毛化和 YAG 激光毛化。CO₂激光毛化通过连续 CO₂激光器发出的连续激光,经斩波器变成频率一定的脉冲激光,通过沿轧辊轴向匀速移动聚焦镜将脉冲激光聚焦到匀速旋转的轧辊表面,使轧辊表面熔化、气化,产生大量的熔池,从而在整个辊面形成一定形貌的大量有凸台的硬化微坑。YAG 激光毛化通过连续泵浦 YAG 激光器经 Q 开关特殊调制输出高能量密度、高重复频率的 YAG 脉冲激光,通过沿轧辊轴向匀速移动聚焦镜将脉冲激光聚焦到匀速旋转的轧辊表面,使轧辊表面熔化、气化,产生大量的熔池;一定成分、一定压力的辅助气体沿一定角度侧吹熔池,使熔池凸台明显;轧辊自身热传导作用使熔池因熔融物迅速冷却而表面硬化;从而在整个辊面形成一定形貌的大量有凸台的硬化微坑。

[0006] YAG 激光毛化技术是中国科学院力学研究所在九十年代研究开发的,如发明专利“高重频调制多脉冲 YAG 激光刻花系统及加工方法”(ZL92113223.9)。为了增加微坑分布的各向均匀度,调节冷轧板的各向延伸率,中科院力学所开发了 YAG 激光毛化的二维可控分布技术,如发明专利“具有可控分布毛化点的辊类表面毛化激光加工系统”(ZL00128273.5)。工程中有相当多的毛化板要求微坑无规则分布。为了改善激光毛化板的外观质量,中科院力学所在二维可控分布技术的基础上开发可控无规则分布技术,如发明专利“圆周无规则毛化点的辊类表面毛化激光加工系统及方法”(ZL200510117158.8);又如发明专利“无规则偏转毛化点的辊类表面毛化激光加工系统及方法”(ZL 200510116750.6)。

[0007] 激光毛化在微坑的均匀性和再现性、运行条件、环境污染、运行成本等方面都比电火花毛化更优越。然而,在加工速度方面电火花毛化比激光毛化更有优势。同样的轧辊,激光毛化需一个小时,电火花毛化可能只需 20 分钟。对于激光毛化,毛化轧辊的微坑密度越

高,毛化频率不变的情况下加工速度越慢。现在高档汽车板、家电板的微坑密度越来越高,迫切希望提高激光毛化的加工速度。

[0008] 电火花毛化加工速度比较快的原因是多电极同时放电。同样,多微坑并行加工是提高激光毛化加工速度的必然选择。

[0009] 一般的激光毛化,采用单台激光器、单个聚焦镜的方案。采用多台激光器、多个聚焦镜的方案显然能提高毛化速度。该方案的最大缺点是多台激光器产生的微坑相对位置不好控制,极易产生致命的干涉条纹。其另一缺点是光路结构较庞大,能同时用的激光器的数量会受限。也可将单台激光器的单束光分成多束光,分别聚焦输出。此时分束后单束光的能量会受限,其产生的微坑的位置有相关性,也易出条纹。

[0010] 采用单台激光器、分束后单个聚焦镜聚焦的方案也能提高毛化速度,因同时产生的多个微坑间距很近,相当于一组微坑,不易出条纹。该方案的最大缺点是单坑的能量受限,只适合提高低粗糙度毛化的速度。其另一缺点是微坑组内的坑间距相对固定,不能实现无规则分布,影响了毛化辊形貌的整体提高。

[0011] 采用多台激光器、合束后单个聚焦镜聚焦的方案,克服了单坑的能量不足的问题,应是比较理想的方案。专用于CTP(computer to plate)的半导体激光模块,如Intense的CTP激光阵列成像模块系列,结合了精密的光学器件和简便快捷的电子器件接口,其拥有64个高可靠性的激光发射器阵列,每个通道内部提供了200mW的高可靠性的单模激光输出。该器件的最大缺点单束光能量太低,无法毛化。其另一缺点是各束光相对位置固定,无法实现微坑的无规则分布。

发明内容

[0012] 本发明提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统及加工方法,用于克服现有技术中的缺陷,提高毛化加工速度、实现高能量密度毛化加工,且微坑组内的坑间距实时可控便于规则和无规则分布参数的设定。

[0013] 本发明提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统,包括机床设备、多束光合成聚焦装置、激光加工装置和控制系统,其中:

[0014] 所述机床设备,用于带动辊类工件旋转,包括机架和设置在所述机架上的主轴和带动所述主轴转动的主轴电机;

[0015] 所述多束光合成聚焦装置,包括至少一多束光合成组件和聚焦组件,其中:

[0016] 所述多束光合成组件,用于将两束以上不同方向的入射光进行合成,合成后的光束之间的夹角在 $0 \sim 30$ 度之间;包括至少两台激光器、与所述激光器数量等同的准直器和一个偏转总成;所述激光器与准直器之间均通过光纤连接;所述偏转总成包括至少一个用于改变经由所述准直器出射的光束方向的反射镜;

[0017] 所述聚焦组件,用于将所述多束光合成组件合成后的光束进行汇聚;包括镜架和设置在所述镜架内的聚焦透镜;

[0018] 所述激光加工装置,包括带动多束光合成聚焦装置沿所述辊类工件轴向移动的轴向调节机构,和带动多束光合成聚焦装置沿辊类工件径向移动的径向调节机构;

[0019] 所述控制系统,包括工控机、主轴转动控制装置、增量编码器、轴向移动控制装置、径向间距跟踪控制装置、至少一激光器控制装置和至少一偏转总成控制装置,其中:

- [0020] 所述工控机,通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和两双路电隔离接口卡;
- [0021] 所述主轴转动控制装置,用于根据其中一个双路电隔离接口卡输入的信号控制主轴及辊类工件的转速;
- [0022] 所述增量编码器,安装在所述机床设备上,用于将反应辊类工件旋转位置的脉冲信号经所述可控分布接口卡发送给工控机所述;
- [0023] 所述轴向移动控制装置,设置在所述轴向调节机构上,用于根据所述工控机由接收的来自于所述增量编码器的脉冲信号形成的轴向移动指令控制多束光合成聚焦装置沿辊类工件轴向移动速度;
- [0024] 所述径向间距跟踪控制装置,设置在所述径向调节机构上,用于实时跟踪多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的径向位移,并根据工控机的预设间距和上述实时跟踪结果控制所述多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的径向位移为上述预设间距;
- [0025] 所述激光器控制装置,包括至少两激光驱动器;所述激光驱动器的输入端均连接所述可控分布接口卡,每个所述激光驱动器的输出端均连接激光器;所述激光驱动器根据所述工控机由接收的来自于所述增量编码器的脉冲信号形成的激光指令控制该激光驱动器连接的所述激光器的工作状态和工作参数;
- [0026] 所述偏转总成控制装置,包括至少一偏转电机驱动器,所述偏转电机驱动器的输入端均连接另一所述双路电隔离接口卡,所述偏转电机驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机;所述偏转电机驱动器用于根据所述工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度,进而控制所述反射镜的角度。
- [0027] 本发明还提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,包括以下步骤:
- [0028] 步骤 1,工控机通过一个双路电隔离接口卡分别传递主轴预设转速控制信号给主轴转动控制装置以及传递多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的预设间距控制信号给径向间距跟踪控制装置;
- [0029] 步骤 2,所述主轴电机带动辊类工件在主轴转动控制装置的作用下按照工控机的预设转速转动;所述径向调节机构带动所述多束光合成聚焦装置在所述径向间距跟踪控制装置的作用下径向移动至其与辊类工件之间的径向间距与所述工控机的预设间距相同;
- [0030] 步骤 3,所述增量编码器将反映所述主轴及辊类工件旋转位置的脉冲信号经所述可控分布接口卡发送给工控机,经工控机处理后分别形成激光指令和轴向移动指令,所述激光指令通过可控分布接口卡传递给所述激光驱动器,所述轴向移动指令通过可控分布接口卡传递给轴向移动控制器;
- [0031] 步骤 4,所述激光驱动器根据所述激光指令控制与该激光驱动器连接的所述激光器的工作状态和工作参数;所述轴向移动控制器根据所述轴向移动指令控制所述轴向调节机构带动所述多束光合成聚焦装置沿辊类工件轴向移动的速度;
- [0032] 步骤 5,所述偏转总成控制装置通过另一所述双路电隔离接口卡接收所述工控机的偏转指令,经偏转电机驱动器控制偏转电机转动角度,进而控制安装在所述偏转电机上的反射镜的角度,以调整形成在辊类工件表面上的微坑间距。
- [0033] 本发明提供的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统及加工方法,位于聚

焦透镜的焦平面上的辊类工件旋转,多束光合成聚焦装置沿着辊类工件轴向移动,通过一台或多台多束光合成装置将多台激光器经光纤和准直器产生的多束平行光合成,经同一聚焦透镜汇聚,在辊面上同时或分时产生微坑组,增大了单位时间内的毛化区域,从而提高了激光毛化的加工速度;单聚焦透镜输出,毛化辊面不易产生干涉条纹;微坑组内的坑间距实时可控,便于规则和无规则分布参数的设定;多台多束光合成装置级联,便于实现更多光束的合成;微坑组内微坑可沿辊的轴线方向直线排列,在主轴速度受限的情况下提高激光毛化的加工速度;微坑组内微坑重合,用多台低功率激光器实现大光斑,高能量密度的特殊毛化加工。

附图说明

[0035] 图1为本发明实施例提供的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统的结构示意图;

[0036] 图2为本发明实施例的增量编码器与主轴连接示意图;

[0037] 图3a为三束光合成聚焦装置主视图;

[0038] 图3b为三束光合成聚焦装置的俯视图;

[0039] 图4为本发明实施例的多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统的方框图;

[0040] 图5是三台三束光合成聚焦装置级联结构示意图

[0041] 图6a是一台三束光合成聚焦装置同步输出微坑组示意图;

[0042] 图6b是两台三束光合成聚焦装置同步输出微坑组示意图;

[0043] 图6c是三台三束光合成聚焦装置同步输出微坑组示意图;

[0044] 图6d是四台三束光合成聚焦装置同步输出微坑组示意图;

[0045] 图7为两台两束光合成聚焦装置二维无规则分布微坑组矩形排列示意图;

[0046] 图8为两台两束光合成聚焦装置二维无规则分布微坑组菱形排列示意图;

[0047] 图9为两台及三台三束光合成聚焦装置分时输出直线排列微坑组示意图。

具体实施方式

[0048] 参见图1-7,本发明实施例提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工系统,包括机床设备、激光加工装置、多束光合成聚焦装置3及控制系统;

[0049] 参见图1,机床设备用于带动辊类工件2旋转,包括机架和设置在机架上的机床主轴17和带动机床主轴17转动的主轴电机;机床设备由机床床头1,机床床身和控制柜11三部分组成,具有与二维数控车床相似的结构形式;机床床头1包括主轴变频电机(即主轴电机)、机床主轴变速箱15、机床主轴17及机床主轴套16、高精度高分辨率的增量编码器12及增量编码器安装套14、卡盘和润滑系统等。床身包括机床导轨6和顶尖座5等。辊类工件2随机床主轴17转动过程中顶尖座5始终抵在机床主轴17悬置端,防止产生弯曲变形;

[0050] 图2是本发明实施例中的增量编码器12与机床主轴17连接示意图,主轴变频电机经机床主轴变速箱15与机床主轴17相连;机床主轴17一侧固定卡盘,卡盘用于装卡辊类工件2;另一侧固定主轴套16,主轴套16(带轴头)与机床主轴17用螺纹连接,主轴套16经弹性片联轴节13与增量编码器12轴直连;增量编码器12端面固定增量编码器安装套14并经安装套与机床主轴变速箱15相连。润滑系统包括润滑泵、油箱及油管等,润滑系

统用于润滑机床主轴变速箱。

[0051] 参见图 1, 激光加工装置, 包括带动多束光合成聚焦装置 3 沿辊类工件 2 轴向移动的轴向调节机构和带动多束光合成聚焦装置 3 沿辊类工件 2 径向移动的径向调节机构;

[0052] 轴向调节机构包括设置在机床上的轴向丝杠 7、设置在轴向丝杠 7 上的轴向移动架 8、与轴向丝杠 7 传动连接的轴向伺服电机 9; 轴向伺服电机 9 与轴向丝杠 7 直联; 轴向移动架 8 能在机床导轨 6 上轴向滑动;

[0053] 径向调节机构包括设置在轴向移动架 8 上的径向丝杠、设置在径向丝杠上并与其螺纹传动连接的径向移动架 4、与径向丝杠传动连接的径向伺服电机, 径向移动架 4 与轴向移动架 8 之间通过一滑动传动副连接; 多束光合成聚焦装置 3 设置在径向移动架 4 上。径向丝杠、导轨和滑座构成一传动副, 它与装在滑座上的位移传感器、径向伺服驱动器及位置 PID 调节器构成间距自动跟踪器, 跟踪间距可由工控机 10 内的双路隔离 D/A 卡设定;

[0054] 参见图 3a、图 3b, 多束光合成聚焦装置 3, 包括至少一多束光合成组件和一个聚焦组件;

[0055] 多束光合成组件用于将两束以上不同方向的入射光进行合成, 合成后的光束之间的夹角在 $0 \sim 30$ 度之间; 包括至少两台激光器、与激光器数量等同的准直器 18 和一个偏转总成 20; 激光器与准直器 18 之间均通过光纤连接; 偏转总成 20 包括至少一个用于改变经由准直器 18 出射的光束方向的反射镜 29;

[0056] 聚焦组件用于将多束光合成组件合成后的光束进行汇聚; 包括镜架 23 和设置在镜架内的聚焦透镜 24;

[0057] 图 3a、图 3b 是三束光合成聚焦装置的结构示意图。滑座通过支架与三束光合成装置的前导光管 22、后导光管 19 相连。本实施例的偏转总成 20 包括上下错位排列的偏转电机 28、反射镜 29 及机座 30, 偏转电机 28 与反射镜 29 之间通过联轴节 27 连接。三束光合成装置可在一定范围内绕前后导光管的轴线旋转并能用螺钉锁紧。每台激光器都对应该准直器 18, 彼此通过光纤连接。准直器 18 输出平行光, 它与三束光合成装置通过螺纹连接, 用螺钉锁紧。聚焦组件包括镜架 23、聚焦透镜 24、保护镜 25、气嘴 26 等。气嘴 26 侧面有进气孔。气流从保护镜之前引入, 气路与会聚激光束同轴, 从气嘴射出的气流用于阻隔激光与金属作用的粉尘及飞溅物使保护镜不被污染。聚焦透镜 24 是一组组合透镜, 除了将激光束聚焦于辊类工件表面的作用外, 还能消除光学像差, 减少激光束的弥散性。

[0058] 参见图 1 及图 4, 控制系统, 包括: 工控机 10、主轴转动控制装置、增量编码器、轴向移动控制装置、径向间距跟踪控制装置、至少一激光器控制装置和至少一偏转总成控制装置;

[0059] 工控机 10, 安装于控制柜 11 上, 通过 AT 总线分别连接可控分布接口卡和两个双路电隔离接口卡; 本实施例中双路电隔离接口卡采用双路隔离 D/A 卡;

[0060] 主轴转动控制装置用于根据其中一个双路电隔离接口卡输入的信号控制机床主轴 17 及辊类工件 2 的转速; 本实施例中主轴转动控制装置包括变频器, 变频器接收其中一个双路电隔离接口卡的信号, 驱动机床主轴 17 旋转的主轴电机旋转, 且转速无级可调;

[0061] 增量编码器 12 安装在机床设备上, 用于将反应辊类工件 2 旋转位置的脉冲信号经可控分布接口卡发送给工控机 10;

[0062] 轴向移动控制装置设置在轴向调节机构上, 用于根据工控机 10 由接收的来自于

增量编码器 12 的脉冲信号形成的轴向移动指令控制多束光合成聚焦装置 3 沿辊类工件轴向移动速度；本实施例中轴向转动控制装置包括轴向伺服驱动器，轴向伺服驱动器连接可控分布接口卡与轴向伺服电机；

[0063] 径向间距跟踪控制装置设置在径向调节机构上，用于实时跟踪多束光合成聚焦装置 3 与辊类工件 2 之间的径向位移，并根据工控机的预设间距和上述实时跟踪结果控制多束光合成聚焦装置 3 与辊类工件 2 之间的径向位移为上述预设间距；本实施例中径向间距跟踪控制装置设置在径向移动架 4 上，包括径向伺服驱动器、位置调节器、位移传感器；位移传感器用于感应聚焦透镜与辊类工件之间的径向位移，并将该径向位移发送给位置调节器；位置调节器根据工控机的预设间距与上述实时径向位移生成径向移动指令给径向伺服驱动器；径向伺服驱动器驱动径向伺服电机径向移动至位移传感器实时发送的径向位移与预设间距相等；其中位置传感器为位置 PID 调节器；

[0064] 激光器控制装置，包括至少两激光驱动器；激光驱动器的输入端均连接可控分布接口卡，每个激光驱动器的输出端均连接激光器；激光驱动器根据工控机由接收的来自于增量编码器的脉冲信号形成的激光指令，控制与该激光驱动器连接的激光器的工作状态和工作参数；

[0065] 偏转总成控制装置包括至少一偏转电机驱动器，偏转电机驱动器的输入端均连接另一双路电隔离接口卡，偏转电机驱动器的输出端均连接一安装有用于改变上述激光器发出的光束方向的反射镜的偏转电机；偏转电机驱动器用于根据工控机的偏转指令控制与其连接的偏转电机的转动角度，进而控制反射镜的角度。

[0066] 除此之外，控制系统还包括用于发出随机偏转信号的伪随机信号发生器，伪随机信号发生器连接在偏转电机驱动器与双路电隔离接口卡之间。伪随机信号发生器包括单片机和偏转接口卡；单片机提供 PC 全部功能；偏转接口卡与单片机的扩展总线连接；其中偏转接口卡包括定时器模块、信号源、第一 D/A 模块和第二 D/A 模块；定时器模块用于产生单步定时脉冲，其值由单片机设定；信号源内存有一组按正弦波变化的数字量，按定时器模块产生的单步定时脉冲向第二 D/A 模块输出按正弦波变化的数字量；第一 D/A 模块按半周期定时向第二 D/A 模块输出基准电压，其值由单片机设定；第二 D/A 模块，按定时器模块产生的单步定时脉冲向偏转电机驱动器输出模拟电压；单片机通过 PC/104 总线与第一 D/A 模块及定时器模块的输入端连接；单片机上设置有 RS232C 接口，通过该 RS232C 接口与工控机连接。

[0067] 控制柜 11 包括工控机 10、变频器、轴向伺服驱动器、径向伺服驱动器和其他继电器控制电路等。图 4 是本发明激光毛化设备控制系统方框图。工控机内 AT 总线上装有一块可控分布接口卡、两块电隔离双路 D/A 接口卡。主轴电机连同辊类工件旋转时增量编码器 12 输出反映辊类工件 2 旋转位置的脉冲信号，脉冲信号传给工控机 10 内的可控分布接口卡，经计算机处理后控制 A 路激光驱动器、B 路激光驱动器、C 路激光驱动器和轴向伺服驱动器。A、B、C 路激光驱动器分别控制 A、B、C 路激光器通过脉冲激光产生微坑；轴向伺服驱动器驱动轴向伺服电机 9，经轴向丝杠 7 带动轴向移动架 8 在机床导轨 6 上左右移动。工控机 10 内的一块 D/A 接口卡发两路信号给 B 路偏转控制器和 C 路偏转控制器，控制 B 路偏转电机的偏转和 C 路偏转电机的偏转；其中 A 路激光器的发射光束经准直器 18 后直接射入聚焦透镜 24 的中心，未经偏转总成中的反射镜改变方向；工控机 10 内的另一块 D/A 接口卡发

一路信号给变频器,变频器驱动主轴电机连同辊类工件 2 旋转,且转速无级可调;D/A 接口卡发另一路信号给位置 PID 调节器。激光与辊类工件表面间距自动跟踪器由工控机 10、位置 PID 调节器、电感式非接触位移传感器、径向伺服驱动器及径向伺服电机、径向丝杠传动副等构成,它是一个闭环控制系统,工控机 10 设定间距大小,位移传感器检测实际间距,伺服驱动器工作在速度控制方式。

[0068] 前述的三束光合成装置的后导光管 19 能与前导光管 22 滑配连接并用螺钉缩紧,故多台三束光合成装置可以级联。

[0069] 图 5 是三台三束光合成聚焦装置级联结构示意图,其中 a ~ g 分别代表各台激光器对应的准直器。图 6 是一至四台三束光合成聚焦同步输出微坑组示意图。如果各激光器同步输出,聚焦镜焦平面上的微坑组的分布由三束光合成装置的排列角度和其内部电机的偏转角度决定。图 6a 的特征是三个微坑在一条直线上,一个微坑居中,另两个在其两侧对称分布,通过一台三束光合成装置实现。图 6b 的特征是四个微坑在正方形的角上,一个微坑居中,通过两台三束光合成装置正交排列实现。图 6c 的特征是六个微坑在正六边的角上,一个微坑居中,通过三台三束光合成装置 60 度角交叉排列实现。图 6d 的特征是四个微坑在正方形的角上,四个微坑在正方形的四边中点上,一个微坑居中,通过四台三束光合成装置 45 度角交叉排列实现。

[0070] 在三束光合成装置的侧导光管 21 轴线与辊类工件 2 的轴线不成 90 度角的前提下,通过伪随机信号发生器控制激光束的偏转,同时通过伪随机延时装置控制各激光器发出激光束的延时,可使三束光合成装置两侧准直器的光束形成的焦斑在一定范围内呈二维无规则分布。再通过可控规则分布就可实现二维无规则分布微坑组的规则排列,其特征是微坑组内是无规则分布的,微坑组间是规则排列的。图 7 是两台两束光合成聚焦二维无规则分布微坑组矩形排列示意图,图 8 是两台两束光合成聚焦二维无规则分布微坑组菱形排列示意图。这是一种实现多束光合成聚焦二维无规则微坑分布毛化的新方法。

[0071] 在加工频率相等的情况下,多束光合成聚焦毛化的加工速度与激光器的台数成正比。由图 6 可知,在多台三束光合成装置级联的情况下,如果各激光器同步输出,微坑组的工作区域直径约为单微坑的 3 倍,在加工频率相等的情况下,多束光合成聚焦毛化的主轴速度是单束光毛化的 3 倍,这会对主轴传动提出更高要求,有时很难满足,从而影响了毛化速度的进一步提高。由于工件匀速旋转,通过各激光器分时输出,可使多束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列,从而在加工频率相等的情况下,多束光合成聚焦毛化的主轴速度与单束光毛化的相等,很好地解决了这一问题。图 9 是两至三台三束光合成聚焦分时输出直线排列微坑组示意图,图中 A ~ G 分别代表各台激光器和对应的聚焦光斑。E 和 F 激光器先出光,其次是 A、B、C 激光器出光,最后是 D 和 G 激光器出光。因辊类工件在匀速旋转,通过计算机计算处理,工控机通过向 A、B、C、D、E 激光驱动器的输入脉冲信号参数配合,可使两台三束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列;工控机通过向 A、B、C、D、E 和 F 激光驱动器的输入脉冲信号参数配合,可使三台三束光合成聚焦后在辊面产生的微坑沿工件轴线直线排列。

[0072] 通过多束光合成装置的偏转电机的偏转,可使各台激光器的聚焦光斑重合,这种方法可方便地成倍提高聚焦光斑的能量密度,用多台低功率激光器实现大光斑,高能量密度的毛化加工。

[0073] 本发明实施例还提供一种多束光合成聚焦的辊类表面毛化激光加工方法,包括以下步骤:

[0074] 步骤 1,工控机通过一个双路电隔离接口卡分别传递主轴预设转速控制信号给主轴转动控制装置以及传递多束光合成聚焦装置与辊类工件之间的预设间距控制信号给径向间距跟踪控制装置;

[0075] 步骤 2,主轴电机带动辊类工件在主轴转动控制装置的作用下按照工控机的预设转速转动;径向调节机构带动多束光合成聚焦装置在径向间距跟踪控制装置的作用下径向移动至其与辊类工件之间的径向间距与工控机的预设间距相同;

[0076] 步骤 3,增量编码器将反映主轴及辊类工件旋转位置的脉冲信号经可控分布接口卡发送给工控机,经工控机处理后分别形成激光指令和轴向移动指令,激光指令通过可控分布接口卡传递给激光驱动器,轴向移动指令通过可控分布接口卡传递为轴向移动控制器;

[0077] 步骤 4,激光驱动器根据激光指令控制与该激光驱动器连接的激光器的工作状态和工作参数;轴向移动控制器根据轴向移动指令控制轴向调节机构带动多束光合成聚焦装置沿辊类工件轴向移动的速度;

[0078] 步骤 5,偏转总成控制装置通过另一双路电隔离接口卡接收工控机的偏转指令,经偏转电机驱动器控制偏转电机转动角度,进而控制安装在偏转电机上的反射镜的角度,以调整形成在辊类工件表面上的微坑间距。

[0079] 步骤 1 包括以下步骤:

[0080] 步骤 11a,变频器接收主轴预设转速控制信号并将该信号转换为变频信号发送驱动机床设备主轴旋转的主轴电机的电源控制端;

[0081] 步骤 12a,主轴电机在其电源的作用下按照预设转速转动;

[0082] 步骤 11b,位置调节器接收预设间距控制信号和来自于位移传感器实时监测的聚焦透镜与辊类工件之间的径向位移信号;

[0083] 步骤 12b,比较预设间距与实际径向位移并根据两者之差形成径向移动指令,将该指令发送给径向伺服驱动器;

[0084] 步骤 13b,径向伺服驱动器驱动径向伺服电机按照上述径向移动指令转动。

[0085] 步骤 2 包括以下步骤:

[0086] 步骤 21a,主轴电机带动辊类工件按照工控机的预设转速转动;

[0087] 步骤 21b,径向伺服电机接收来自于径向间距跟踪控制装置的信号,并带动与径向伺服电机连接的径向丝杠转动;

[0088] 步骤 22b,径向丝杠带动与其传动螺纹连接的径向移动架沿辊类工件径向移动;

[0089] 步骤 23b,径向移动架带动设置在其上的多束光合成聚焦装置移动到预设间距。

[0090] 步骤 4 包括以下步骤:

[0091] 步骤 41a,激光驱动器接收激光指令并对其进行处理后形成驱动指令发送给激光驱动器;

[0092] 步骤 42a,激光驱动器接收驱动指令并对其进行处理后形成控制指令发送给激光器;

[0093] 步骤 43a,激光器按照控制指令进行工作;

[0094] 步骤 41b, 轴向伺服驱动器接收来自于轴向移动控制装置的信号并驱动轴向伺服电机转动;

[0095] 步骤 42b, 轴向伺服电机带动与其传动连接的轴向丝杠转动;

[0096] 步骤 43b, 轴向丝杠带动与其传动螺纹连接的轴向移动架沿辊类工件轴向移动;

[0097] 步骤 44b, 轴向移动架带动设置在其上的径向移动架及多束光合成聚焦装置按照轴向移动指令移动。

[0098] 步骤 5 包括以下步骤:

[0099] 步骤 51, 伪随机信号发生器发出随机偏转信号给偏转电机驱动器;

[0100] 步骤 52, 偏转电机驱动器接收随机偏转信号并驱动偏转电机的转动角度;

[0101] 步骤 53, 偏转电机带动安装在其上的反射镜转动, 以随机调整形成在辊类工件表面上的微坑间距。

[0102] 本发明与现有技术设备和加工方法相比具有以下优点:

[0103] 1、多束光同时或分时产生的微坑组代替单微坑, 提高了加工速度;

[0104] 2、单聚焦镜输出, 毛化辊面不易产生条纹;

[0105] 3、微坑组内的坑间距实时可控, 便于规则和无规则分布参数的设定;

[0106] 4、多台三束光合成装置级联, 便于实现更多光束的合成;

[0107] 5、微坑组内微坑可沿辊的轴线方向直线排列, 在主轴速度受限的情况下提高激光毛化的加工速度。

[0108] 6、微坑组内微坑重合, 用多台低功率激光器实现大光斑, 高能量密度的特殊毛化加工。

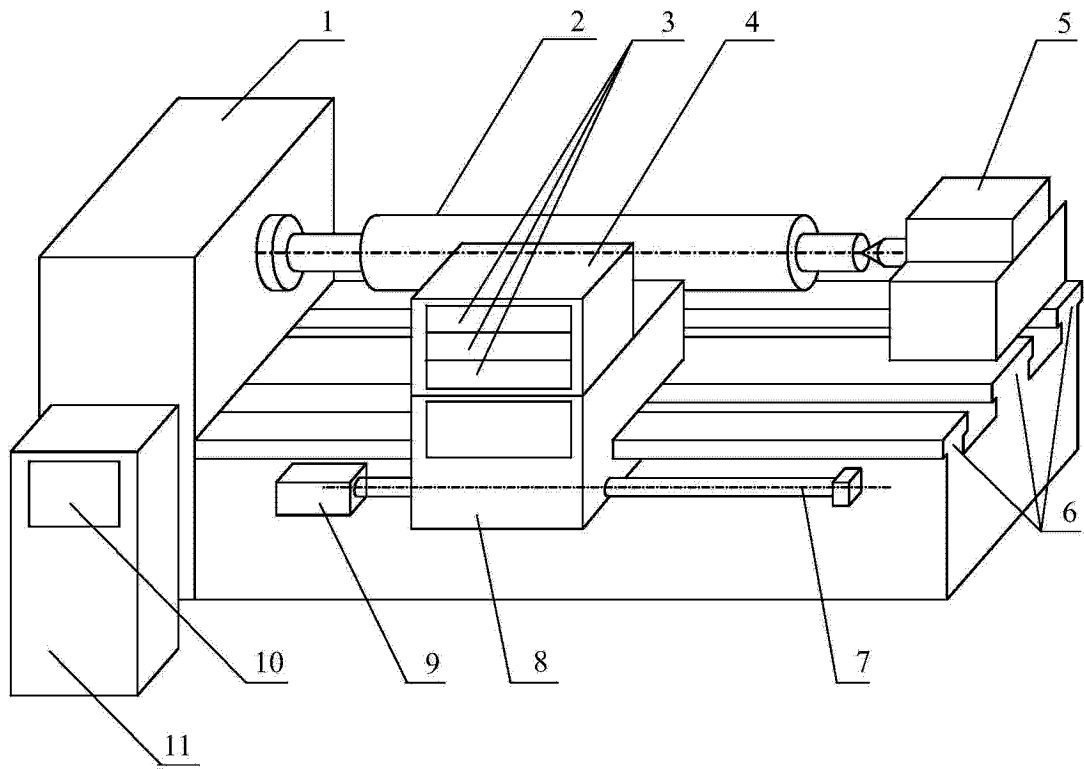


图 1

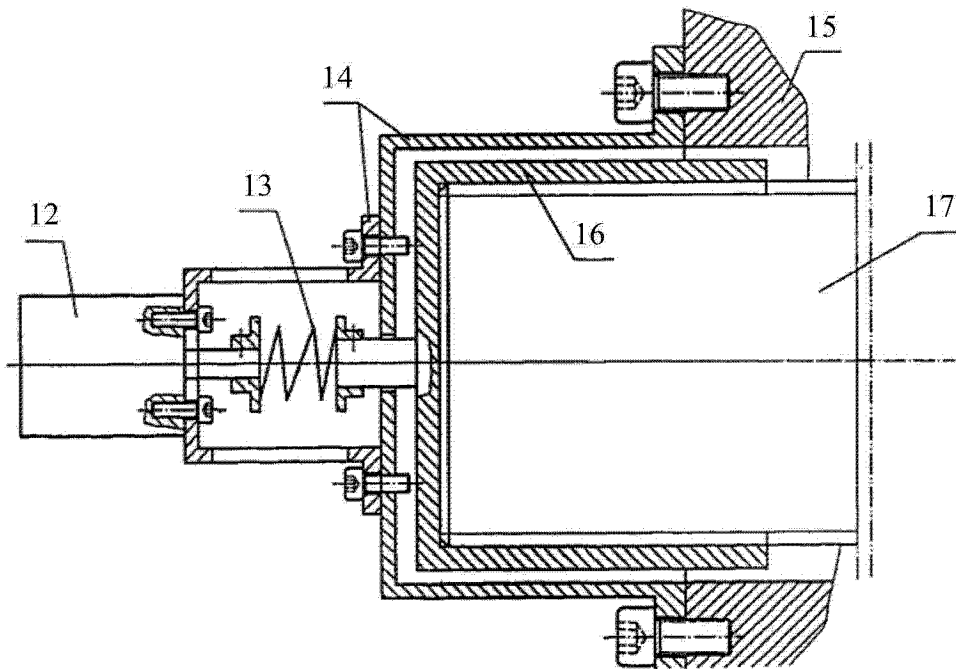


图 2

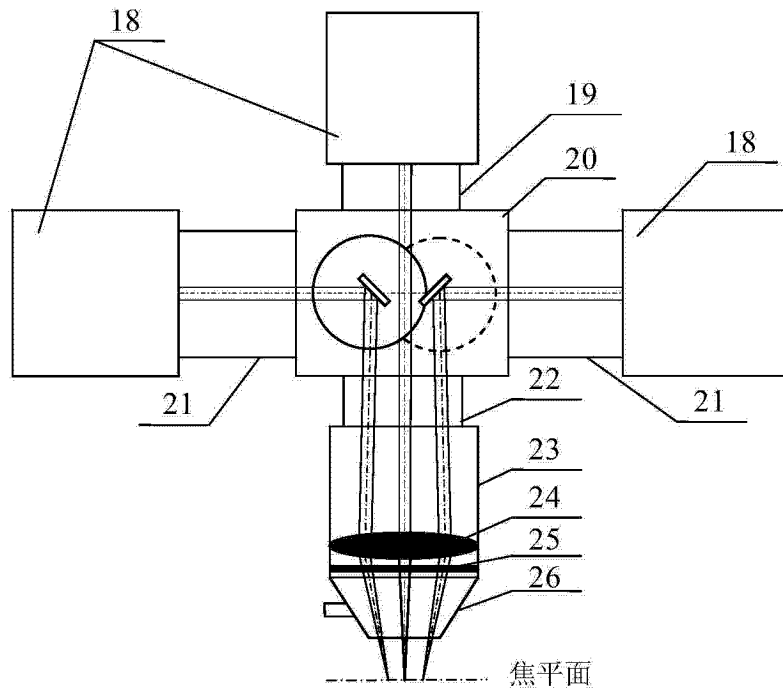


图 3a

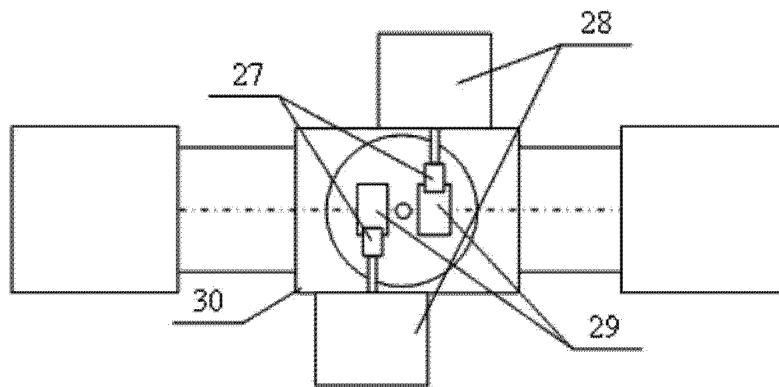


图 3b

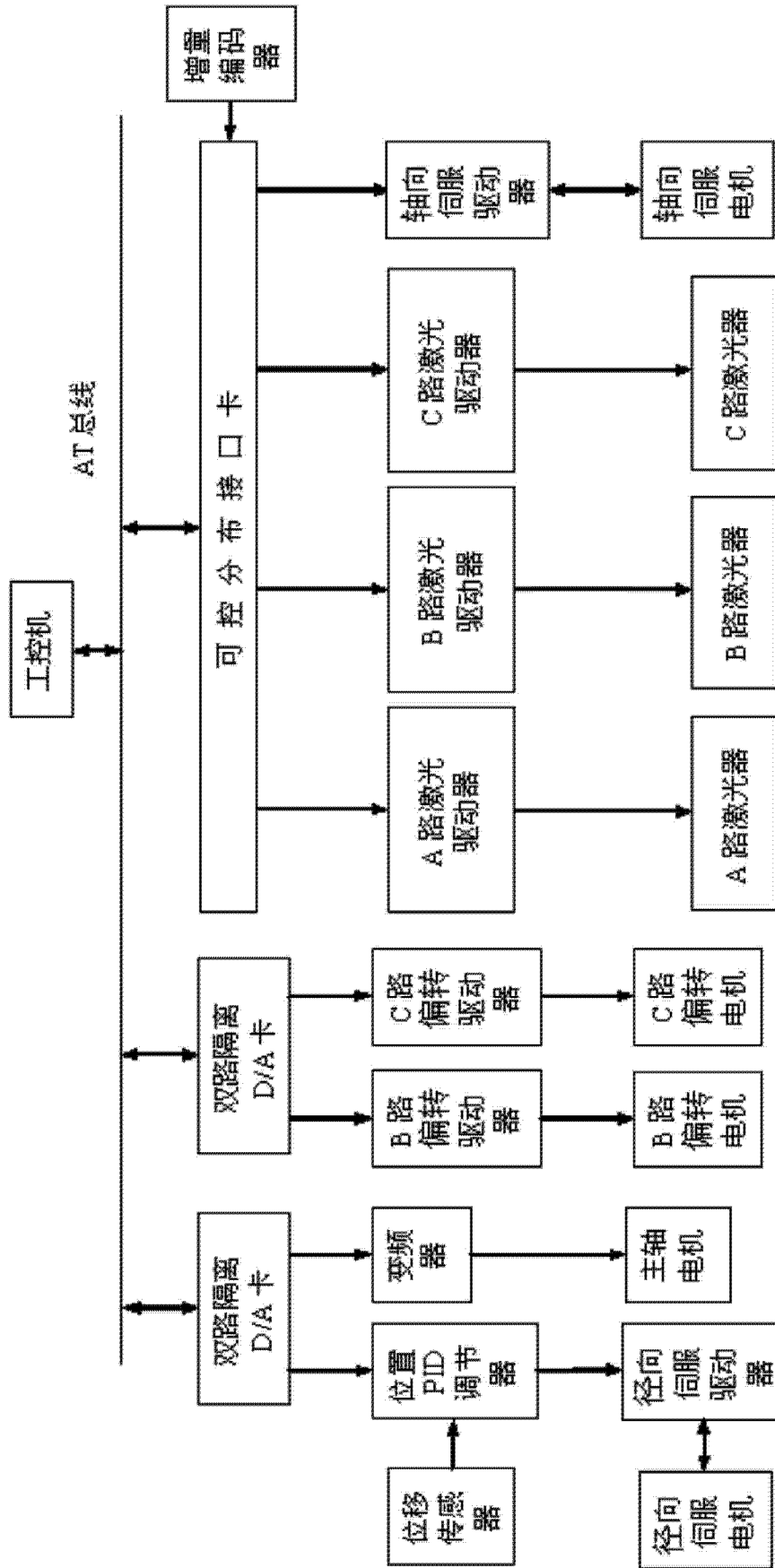


图 4

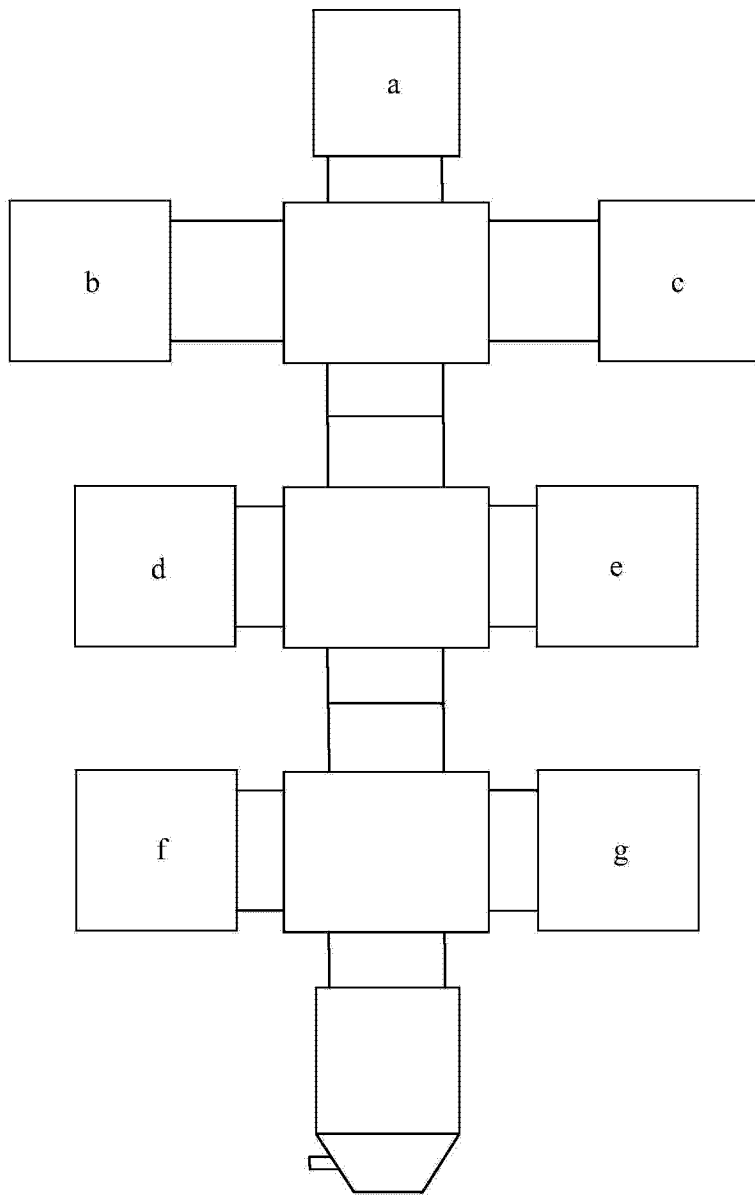


图 5



图 6a

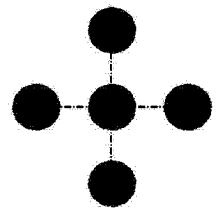


图 6b

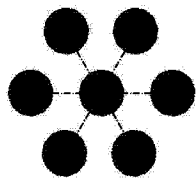


图 6c

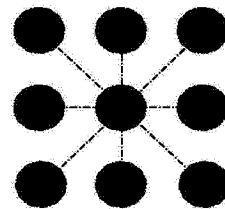


图 6d

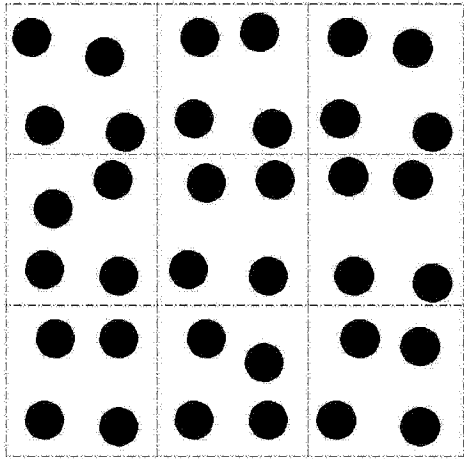


图 7

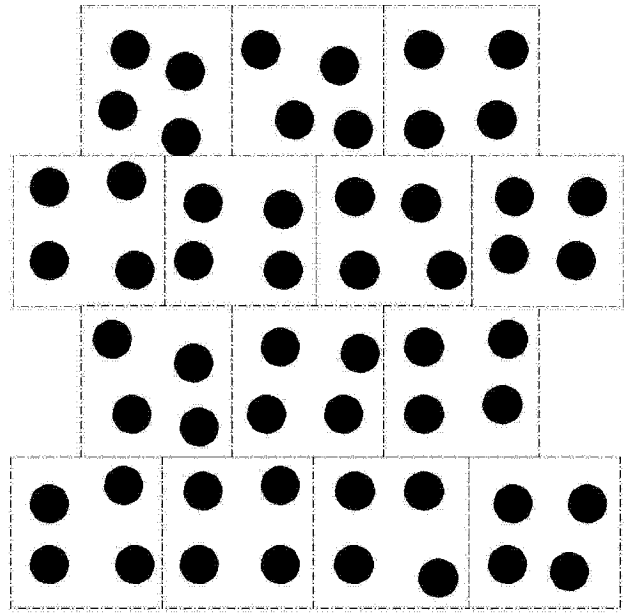


图 8

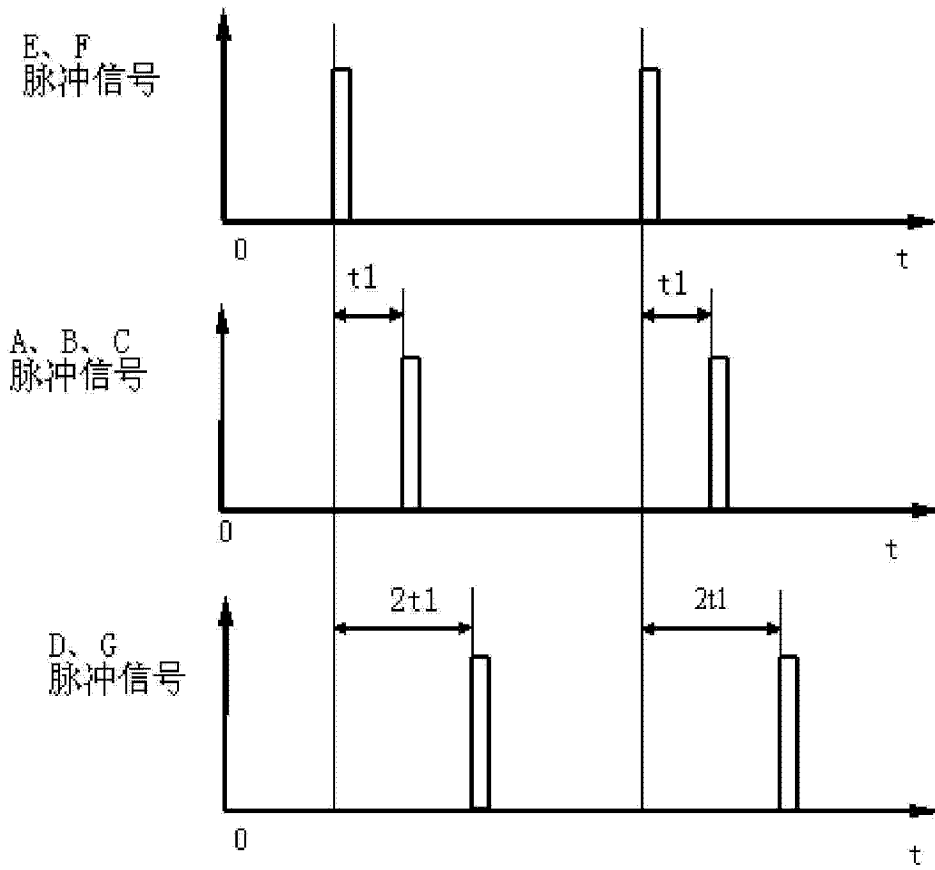
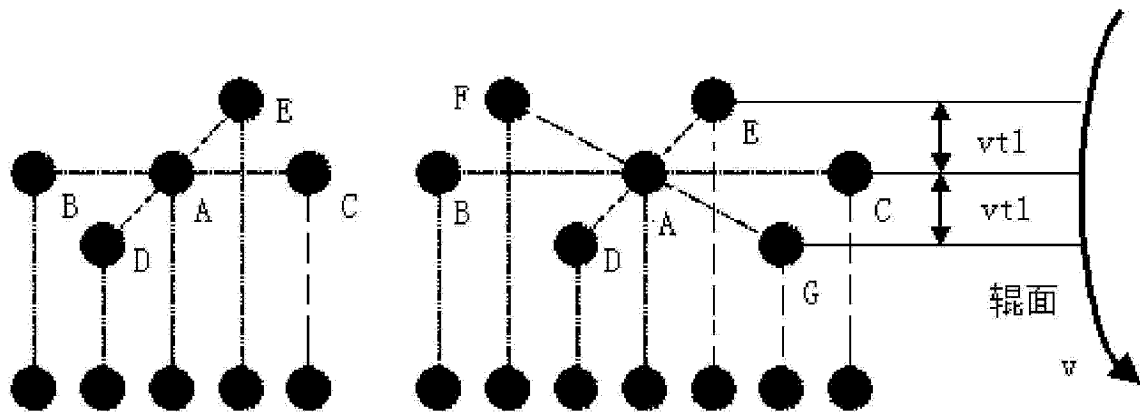


图 9