

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510123980.5

B23K 26/34 (2006.01)

B23K 26/42 (2006.01)

B23K 26/12 (2006.01)

C23C 24/08 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008年8月6日

[11] 授权公告号 CN 100408250C

[22] 申请日 2005.11.25

[21] 申请号 200510123980.5

[73] 专利权人 北京工业大学

地址 100022 北京市朝阳区平乐园100号

[72] 发明人 陈 铠 胡治华 阳建华 肖荣诗  
左铁钊

[56] 参考文献

JP11-28587A 1999.2.2

CN2853264Y 2007.1.3

CN2650884Y 2004.10.27

CN2510502Y 2002.9.11

US6396025B1 2002.5.28

US6326585B1 2001.12.4

同步送粉高能束粉末堆焊技术的研究现状.  
李辉, 单际国, 任家烈. 热加工工艺, 第4期.  
2001

审查员 刘巾娜

[74] 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有  
限公司

代理人 张 慧

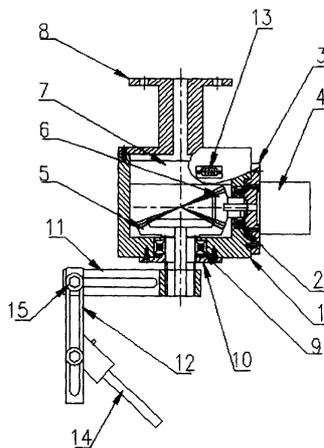
权利要求书4页 说明书12页 附图6页

[54] 发明名称

一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置  
及送粉方法

[57] 摘要

本发明涉及一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法, 属于激光材料加工技术领域。本发明的旁轴送粉装置, 由依次连接的上体、中间体和下体三部分组成; 其中上体主要包括腔体(1)、腔盖(8)和气帘装置(7), 中间体由长臂锥齿轮(5)与短臂锥齿轮(6)组成的齿轮副及电机(4)组成, 下体由角度位移调节机构及送粉喷嘴(14)组成。利用本发明进行激光粉末填充焊接过程中, 送粉喷嘴一边跟随激光器导光臂按加工轨迹方向运动, 同时以激光束为中心轴绕动, 绕动的角速度与导光臂沿加工轨迹方向运动的角度变化保持同步。本发明的送粉装置和方法, 可以有效、方便地对加工平面上为圆形、圆弧形轨迹进行旁轴送粉方式激光粉末填充焊接。



1、一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：由依次连接的上体、中间体和下体三部分组成；上体主要包括有腔体(1)、腔盖(8)和气帘装置(7)，中间体由相互啮合的长臂锥齿轮(5)与短臂锥齿轮(6)组成的齿轮副及电机(4)组成，下体由角度位移调节机构及送粉喷嘴(14)组成，角度位移调节机构主要由水平支架(11)、竖直支架(12)组成；其中，所述的腔盖(8)设置在本发明的装置最顶部，为一双层、卷筒式结构，上下两层为板状，中间为圆柱联接体，上层板与激光器导光臂连接，下层板与腔体(1)及设置在腔体(1)内的气帘装置(7)连接；长臂锥齿轮(5)与短臂锥齿轮(6)组成的齿轮副设置在腔体(1)内、气帘装置(7)下方，短臂锥齿轮(6)通过腔体(1)侧板与腔体(1)外部的电机(4)配合，长臂锥齿轮(5)通过腔体(1)底板与水平支架(11)的一端固定连接，水平支架(11)的另一端与竖直支架(12)连接共同构成一角度位移调节机构，送粉喷嘴(14)固定在竖直支架(12)上，改变水平支架(11)与竖直支架(12)的夹角和相对位置就能够调节送粉喷嘴内粉末的输送位置；腔盖(8)的中心位置即从上层板经过圆柱联接体到下层板的中心、长臂锥齿轮(5)的中间各设有一作为激光光束通道的通孔，与气帘装置(7)的通光孔保持同轴。

2、根据权利要求1所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：所述的气帘装置(7)主要由喷射腔体(22)、左安装臂(20)、右安装臂(21)、带通光孔的辅助挡板(23)构成；喷射腔体(22)被包夹在左安装臂(20)与右安装臂(21)之间，左、右安装臂的右端下部连接有辅助挡板(23)，喷射腔体(22)的内腔由拉伐尔喷管结构腔(25)及与之连接的进气管螺纹孔(26)组

成；在气帘装置的左、右安装臂分别对称设置有两个螺纹安装孔(24)，通过螺钉可以将气帘装置(7)固定在腔盖(8)的下层板底部，并保证气帘装置(7)的通光孔与腔盖(8)圆形通孔同轴。

3、根据权利要求1所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：所述的腔体(1)为长方体空腔结构，腔体(1)的一侧板上设置有短臂锥齿轮(6)安装用的圆形孔，腔体(1)底板设置有长臂锥齿轮(5)安装用的圆形孔；在腔体(1)的另一对相对的侧板上顶部，还设置有进气管通孔、出气口，进气管通孔和出气口位置及形状、尺寸与气帘装置(7)的安装位置及其喷射腔体内拉伐尔喷管结构腔的出气口形状、尺寸一致，保证气流出口通道顺畅。

4、根据权利要求1或3所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：腔体(1)内还包括引入的电机(4)的信号线、电源线，腔体(1)侧板上设置有与信号线、电源线相连的串口(13)，可利用计算机对电机(4)进行控制。

5、根据权利要求1所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：短臂锥齿轮(6)中间还设置有一方形通孔；所述的电机(4)为普通直流电机或步进电机，其旋转输出轴为长方体形状，与短臂锥齿轮(6)内的长方形通孔紧固配合。

6、根据权利要求1或3所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：腔体(1)的侧板上安装有短臂锥齿轮安装轴承(2)，短臂锥齿轮安装轴承(2)内圈与短臂锥齿轮(6)的臂紧固配合安装；腔体(1)的底板上安装

有长臂锥齿轮安装轴承(9)，长臂锥齿轮安装轴承(9)内圈与长臂锥齿轮(5)臂的上段紧固配合安装；在侧板上轴承(2)和底板上轴承(9)的安装处，相应地还设置有侧轴承挡盖(3)、底轴承挡盖(10)。

7、根据权利要求1所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：所述的送粉喷嘴(14)，采用双层同轴送粉喷嘴(14)，送粉喷嘴(14)设置有同轴的内外两层管道，内层送粉管(35)利用载气输送焊接填充用粉末材料，外层送气管(34)输送保护气，形成汇聚粉末束流；送粉喷嘴(14)通过固定夹(36)用螺钉固定在角度位移调节机构的竖直支架(12)上，调整角度位移调节机构即能够调节送粉喷嘴(14)内粉末的输送位置。

8、根据权利要求1所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其特征在于：长臂锥齿轮(5)的长臂下段表面设有螺纹，水平支架(11)与长臂锥齿轮(5)连接的一端为内带螺纹的环状结构，水平支架(11)的另一端为一矩形长孔；竖直支架(12)为一长方形条状结构，支架上开有矩形长孔，通过紧固螺钉(15)即与水平支架(11)共同构成角度位移调节机构。

9、一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉方法，其特征在于：采用本发明的旁轴送粉装置，按以下步骤进行：

1) 在计算机中利用 CAD 软件绘制焊接加工图形：圆形或圆弧形，确定激光器导光臂运动线速度  $V$  即焊接速度；

2) 将 CAD 图转换为激光器导光臂运动轨迹格式文件；计算机根据 CAD 图的圆弧半径及弧度，计算得到双层同轴送粉喷嘴绕激光束同步转动的角速

度 $\omega$ ，并将其传递到计算机控制软件中；

3) 开启保护气体，调整送粉器进行粉末输送工作，保护气作为粉末的载气进入送粉器，同时保护气通过进气管进入本发明的送粉装置腔体的气帘装置内形成保护气气帘；

4) 启动计算机控制软件，激光输出，激光器导光臂以线速度  $V$  沿加工图形轨迹运动，同时旁轴送粉装置上的电机工作，带动腔体内相互啮合锥齿轮副运动，固定在长臂锥齿轮长臂下段的角度位移调节机构以及固定在角度位移调节机构上的双层同轴送粉喷嘴一边跟随激光器导光臂以线速度  $V$  沿加工图形轨迹运动，同时以激光束为中心轴、以角速度 $\omega$ 绕动，使得粉末束相对于激光束在任何时候都是从相同方向注入激光焊接熔池。

## 一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法

### 技术领域

本发明涉及一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法，属于激光材料加工技术领域。

### 背景技术

激光粉末填充焊接利用了粉末填充材料的优点，突破了填充焊丝的诸如顶丝、对送丝机构精度要求高等一些局限，目前已经成为激光焊接技术的一个新的发展方向。它利用激光做热源，激光束经导光系统聚焦在工件表面的接缝处形成焊接熔池，同时将事先合金化或机械方法混合后的粉末通过送粉喷嘴注入到激光熔池中，粉末材料熔化并与基体材料混合，冷却后即形成焊缝，将两块分离的工件连成一个整体。

激光粉末填充焊接的这种同步送粉方式目前主要有同轴送粉方式和旁轴（也称离轴、单侧）送粉方式，分别采用了同轴送粉喷嘴和旁轴送粉喷嘴。

同轴送粉方式激光粉末填充焊接，由于其输送的粉末束流与激光束同轴，因此使用这种送粉方式的激光粉末填充焊接能得到各向同性、质量一致的焊缝，并且能够对直线、圆弧、曲线的加工轨迹进行焊接加工。但是在实际加工中，由于喷嘴与熔池距离较近，反射激光及焊接熔池的辐射热极易使喷嘴端部升温，造成粘粉、堵粉或喷嘴损坏，不能确保焊接过程的稳定，因此大大限制了同轴送粉方式激光粉末填充焊接方法在实际加工中的应用。

旁轴送粉激光粉末填充焊接，其粉末束由单独送粉喷嘴输送，送粉喷嘴距离熔池有较大距离，并且相对于激光束存在一定的夹角，减小了反射激光及焊接溶池热辐射的影响，因此避免了同轴送粉焊接方式的缺点，在一个方向上可以取得很好的焊接效果，成为目前应用最广的激光粉末填充焊接方式。

但是正是由于送粉喷嘴与激光束存在一定的夹角，粉末束从相对于激光束的一侧按固定方向向激光熔池输送，当激光束运动方向发生改变时，粉末束从不同方向送入熔池，焊缝状态会发生明显变化，无法保证焊缝的精确一致性。因此目前常使用的旁轴送粉激光粉末填充焊接装置或系统针对平面焊接加工工件的加工轨迹只能是直线，而不能为圆形、方形或其它曲线。因此旁轴送粉的单向性限制了这一激光焊接方式在实际加工中的灵活应用。

如果能够提供这样一种装置或方法，即在焊接加工过程中，使旁轴送粉喷嘴随激光束运动轨迹的变化而同步保持相应的变化，也就是使粉末束相对于激光束在任何时候都是从同一方向注入激光焊接熔池。这样就能克服目前旁轴送粉方式单向性的不足，解决旁轴送粉激光粉末填充焊接不能对圆形、方形或其他曲线形轨迹的焊接加工的问题，大大拓宽旁轴送粉激光粉末填充焊接方式的应用领域。但是，在激光材料加工技术领域目前还没有出现相关技术和装置。

#### **发明内容：**

本发明的主要目的就在于提供一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，使其能够克服目前旁轴送粉方式单向性的不足，使旁轴送粉激光粉末填

充焊接方式能够对加工平面上的圆形、圆弧形轨迹进行激光焊接加工，满足工业生产实际需求。

本发明的另一目的就是提供一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉方法，使旁轴送粉喷嘴随激光束运动轨迹的变化而同步保持相应的变化，也就是使粉末束相对于激光束在任何时候都是从同一方向注入激光熔池，满足加工平面上圆形、圆弧形加工轨迹对旁轴送粉激光粉末填充焊接的要求。

为达到以上目的，本发明的技术方案包括有基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法两部分，参照附图1及附图2，所述的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，由依次连接的上体、中间体和下体三部分组成；上体主要包括有腔体1、腔盖8和气帘装置7，中间体由相互啮合的长臂锥齿轮5与短臂锥齿轮6组成的齿轮副及电机4组成，下体由角度位移调节机构及送粉喷嘴14组成，角度位移调节机构主要由水平支架11、竖直支架12组成；其中，所述的腔盖8设置在本发明的装置最顶部，为一双层、卷筒式结构，上下两层为板状，中间为圆柱联接体，上层板与激光器导光臂连接，下层板与腔体1及设置在腔体1内的气帘装置7连接；长臂锥齿轮5与短臂锥齿轮6组成的齿轮副设置在腔体1内、气帘装置7下方，短臂锥齿轮6通过腔体1侧板与腔体1外部的电机4配合，长臂锥齿轮5通过腔体1底板与水平支架11的一端固定连接，水平支架11的另一端与竖直支架12连接共同构成一角度位移调节机构，送粉喷嘴14固定在竖直支架12上，改变水平支架11与竖直支架12的夹角和相对位置就能够调节送粉喷嘴内粉末的输送位置；

腔盖 8 的中心位置即从上层板经过圆柱联接体到下层板的中心、长臂锥齿轮 5 的中间各设有一作为激光光束通道的通孔，与腔体 1 内气帘装置 7 的通光孔保持同轴。

参照附图4，根据本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，所述的气帘装置7采用申请号为200420118096.3的实用新型：一种激光焊接超音速横向气帘装置，该气帘装置7主要由喷射腔体22、左安装臂20、右安装臂21、带通光孔的辅助挡板23构成。喷射腔体22被包夹在左安装臂20与右安装臂21之间，左、右安装臂的右端下部连接有辅助挡板23，喷射腔体22的内腔由拉伐尔喷管结构腔25及与之连接的进气管螺纹孔26组成；在气帘装置的左、右安装臂分别对称设置有两个螺纹安装孔24，通过螺钉可以将气帘装置7固定在腔盖8的下层板底部，并保证气帘装置7的通光孔与腔盖8圆形通孔同轴。当有气流进入气帘装置时，在喷射腔体喷嘴处形成的超音速横向气帘，可有效将激光焊接时产生的飞溅及烟气吹除，保护激光器导光臂内的光学系统不受污染，同时辅助挡板与喷射腔体之间形成负压气流通道，避免喷嘴气流产生的负压气流引起焊接区周围空气扰动，提高焊接质量。

根据本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，所述的腔体 1 为长方体空腔结构，腔体 1 的一侧板上设置有短臂锥齿轮 6 安装用的圆形孔以及固定用的轴承 2；腔体 1 底板设置有长臂锥齿轮 5 安装用的圆形孔以及固定用的轴承 9；在腔体 1 的另一对相对的侧板上顶部，还设置有进气管通孔、出气口，进气管通孔和出气口位置及形状、尺寸与气帘装置 7 的安装位置及

其喷射腔体内拉伐尔喷管结构腔的出气口形状、尺寸一致，保证气流出口通道顺畅；腔体 1 内还包括引入的电机 4 的信号线、电源线，腔体 1 侧板上设置有与信号线、电源线相连的串口 13，可利用计算机对电机 4 进行控制。

根据本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其中间体主要由相互啮合的长臂锥齿轮 5 与短臂锥齿轮 6 组成的齿轮副及电机 4 组成，其中短臂锥齿轮 6 的臂较短，通过腔体 1 侧板上的圆孔并与孔内的轴承 2 紧固配合，短臂锥齿轮 6 中间还设置有一通孔；长臂锥齿轮 5 的臂较长，其上段外表面为光洁表面，通过在腔体 1 底板上的圆孔并与孔内的轴承 9 紧固配合，长臂下段表面设置有螺纹，与本装置下体的角度位移调节机构的水平支架 11 连接；长臂锥齿轮 5 中间还设置有圆形通孔，作为激光束的通道，与上体气帘装置 7 的通光孔、腔盖 8 的圆形通孔保持同轴。所述的电机 4 为普通直流电机或步进电机，其旋转轴与短臂锥齿轮 6 内的通孔紧固配合，电机 4 的信号线、电源线被引入腔体，与设置在腔体侧板上的串口 13 相连，可利用计算机对其进行控制。为防止工作时候粉末对轴承 2、轴承 9 的损坏以及轴承的滑动，在侧板上轴承 2 和底板上轴承 9 的安装处，相应地还设置有侧轴承挡盖 3、底轴承挡盖 10，轴承挡盖 3、10 通过螺钉与腔体 1 连接，其中侧轴承挡盖 3 还与电机 4 螺钉连接。

根据本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，其下体主要由角度位移调节机构及安装在角度位移调节机构上的送粉喷嘴 14 构成。其中角度位移调节机构由水平支架 11、竖直支架 12 和紧固螺钉 15 组成，其中水

平支架 11 一端为内带螺纹的环状结构，用于长臂锥齿轮 5 的长臂下段螺纹连接，水平支架 11 的另一端为一矩形长孔；竖直支架 12 为一长方形条状结构，支架上开有矩形长孔，通过紧固螺钉 15 即与水平支架 11 共同构成一角度位移调节机构，改变竖直支架 12 在水平支架 11 上的位置以及改变竖直支架 12 与水平支架 11 之间的夹角就可以方便地实现该机构的角度位移调节。

根据本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置，所述的送粉喷嘴 14，采用双层同轴送粉喷嘴，送粉喷嘴设置有同轴的内外两层管道，内层送粉管利用载气输送焊接填充用粉末材料，外层送气管输送保护气，形成汇聚粉末束流。送粉喷嘴 14 通过固定夹用螺钉固定在角度位移调节机构的竖直支架上，调整角度位移调节机构即能够调节送粉喷嘴内粉末的输送位置。

参照附图 6，其表示本发明的基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置工作原理图。旁轴送粉装置固定在激光器导光臂上，当导光臂以一定的线速度沿确定的圆弧形轨迹运动时，计算机可根据圆弧形轨迹的弧度和半径即可计算出导光臂运动所需要的时间，同时计算机根据导光臂运动时间计算并确定送粉喷嘴转过相同弧度所需要的角速度，以保持送粉喷嘴与导光臂同步运动，实现旁轴送粉激光粉末填充焊接方式对加工平面上的圆形、圆弧形轨迹的激光焊接加工。

参照附图 8 及附图 9，根据本发明的另一方面，提供一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉方法。其特征在于采取如下步骤：

- 1) 在计算机中利用 CAD 软件绘制焊接加工图形：圆形或圆弧形，确定激

激光器导光臂运动线速度  $V$  即焊接速度；

2) 将 CAD 图转换为激光器导光臂运动轨迹格式文件；计算机根据 CAD 图形的圆弧半径  $r$  及弧度  $\theta$ ，计算得到双层同轴送粉喷嘴绕激光束同步转动的角速度  $\omega$ ，并将其传递到计算机控制软件中；

3) 开启保护气体，调整送粉器进行粉末输送工作，保护气作为粉末的载气进入送粉器，同时保护气通过进气管进入本发明的送粉装置腔体的气帘装置内形成保护气气帘；

4) 启动计算机控制软件，激光输出，激光器导光臂以线速度  $V$  沿加工图形轨迹运动，同时旁轴送粉装置上的电机工作，带动腔体内相互啮合锥齿轮副运动，固定在长臂锥齿轮长臂下段的角度位移调节机构以及固定在角度位移调节机构上的双层同轴送粉喷嘴一边跟随激光器导光臂以线速度  $V$  沿加工图形轨迹运动，同时以角速度  $\omega$ 、以激光束为中心轴绕动，使得粉末束相对于激光束在任何时候都是从相同方向注入激光焊接熔池。

其中在将 CAD 图转换为激光器导光臂运动轨迹格式文件同时，计算机根据 CAD 图的圆弧半径及弧度，计算得到双层同轴送粉喷嘴绕激光束同步转动的角速度，并将其传递到计算机控制软件中；在保护气的输送步骤中，保护气作为粉末的载气进入送粉器，同时保护气通过进气管进入本发明的送粉装置腔体的气帘装置内形成保护气气帘。

根据本发明提供的送粉装置和送粉方法，可以有效、方便地对加工平面上为圆形、圆弧形轨迹进行旁轴送粉激光粉末填充焊接。

**附图说明：**

图 1 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置结构示意图；

其中：1、腔体 2、短臂锥齿轮安装轴承 3、侧轴承挡盖 4、电机  
5、长臂锥齿轮 6、短臂锥齿轮 7、气帘装置 8、腔盖  
9、长臂锥齿轮安装轴承 10、底轴承挡盖 11、水平支架  
12、竖直支架 13、串口 14、送粉喷嘴 15、紧固螺钉

图 2 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置立体结构分解示意图（不包含送粉喷嘴）；

图 3 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置立体示意图（不包含送粉喷嘴）；

图 4 为一种激光焊接超音速横向气帘装置结构示意图；

20、左安装臂 21、右安装臂 22、喷射腔体 23、辅助挡板  
24、安装孔 25、拉伐尔喷管结构腔 26、进气管螺纹孔

图 5 为一种激光粉末填充焊接用双层同轴送粉喷嘴结构示意图；

30、送粉腔 31、粉末入口 32、保护气腔 33、保护气入口  
34、送气管 35、送粉管 36、固定夹

图 6 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置工作原理图；

图 7 为表示利用目前旁轴送粉激光粉末填充焊接装置进行圆弧形轨迹焊接加工过程示意图；

图中 ⊗ 表示激光器导光臂或激光束 ⊙ 表示送粉喷嘴

图 8 为利用本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置进行圆弧形轨迹焊接加工过程示意图；

图中 ⊗ 表示激光器导光臂或激光束 ⊙ 表示送粉喷嘴

图 9 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置的送粉工作图；

图 10 为本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法在激光粉末填充焊接加工过程中的应用实例示意图。

101、本发明的旁轴送粉装置    102、激光器导光臂    103、激光器  
104、计算机    105、保护气气瓶    106、送粉器    107、焊接工件  
108、圆弧焊缝

#### 具体实施方式：

以下结合一个具体实施例来详述本发明的一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置及送粉方法。

参照附图 1 及附图 2。一种基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置由依次连接的上体、中间体和下体三部分组成；上体主要包括有腔体 1、腔盖 8 和气帘装置 7，中间体由相互啮合的长臂锥齿轮 5 与短臂锥齿轮 6 组成的齿轮副及电机 4 组成，下体由角度位移调节机构及送粉喷嘴 14 组成，角度位移调节机构主要由水平支架 11、竖直支架 12 组成。

其中，所述的腔盖 8 设置在本发明的装置最顶部，为一双层、卷筒式结

构，上下两层为方形板状，中间为圆柱联接体，上下两层周边分别均匀布置有多个圆形直孔，上层板的四个直孔用于与激光器导光臂螺钉连接，下层板的六个直孔用于与腔体 1 螺钉连接，下层板上、靠近圆柱体周围还设置有四个直孔，与气帘装置 7 螺钉连接。

气帘装置 7 采用公知的激光焊接超音速横向气帘装置，用螺钉固定在腔体 1 内、腔盖 8 的下层板底部。

腔体 1 为一长方体空腔结构，腔体 1 的一侧板和底板上分别设置有短臂锥齿轮 6 及长臂锥齿轮 5 的圆形安装孔，圆形孔内分别设置有短臂锥齿轮安装轴承 2 及长臂锥齿轮安装轴承 9，短臂锥齿轮安装轴承 2 内圈与短臂锥齿轮 6 的臂紧固配合安装，长臂锥齿轮安装轴承 9 内圈与长臂锥齿轮 5 臂的上段紧固配合安装；在侧板上轴承 2 和底板上轴承 9 的安装处，相应地还设置有侧轴承挡盖 3、底轴承挡盖 10，轴承挡盖 3、10 通过螺钉与腔体 1 连接，其中在侧轴承挡盖 3 上设置有多个沉头孔，通过沉头螺钉与电机 4 连接；在腔体 1 的另一对相对的侧板上顶部，还设置有进气管通孔、出气口，进气管通孔为一 U 形豁口，设置在与串口孔座同侧的腔体 1 侧板上，与之相对的腔体 1 侧板上设置有出气口，出气口为长方形，尺寸与气帘装置 7 喷射腔体 22 内拉伐尔喷管结构腔 25 的出气口大小一致；电机 4 的信号线、电源线被引入腔体 1，与设置在腔体侧板上的串口孔座内的串口 13 相连。

长臂锥齿轮 5 与短臂锥齿轮 6 组成的齿轮副设置在腔体 1 内、气帘装置 7 下方，短臂锥齿轮 6 的臂较短，中间设置有一方形通孔，短臂锥齿轮 6 通过

腔体 1 侧板与腔体 1 外部的电机 4 配合；电机 4 为普通直流电机或步进电机，其旋转轴输出端为长方体形状；长臂锥齿轮 5 的臂较长，其上段外表面为光洁表面，下段表面设置有螺纹，长臂锥齿轮 5 通过腔体 1 底板与本发明装置下体角度位移调节机构的水平支架 11 的一端固定连接。

角度位移调节机构由水平支架 11、竖直支架 12 和紧固螺钉 15 组成，其中水平支架 11 一端为内带螺纹的环状结构，为防止水平支架 11 在长臂下段松动，环状结构上还设置有顶丝孔，内装顶丝，平支架 11 的另一端为一矩形长孔；竖直支架 12 为一长方形条状结构，支架上开有矩形长孔，通过紧固螺钉 15 即与水平支架 11 共同构成角度位移调节机构。

参照附图 5，送粉喷嘴 14 为一种双层同轴送粉喷嘴，送粉喷嘴设置有同轴的内外两层管道，内层送粉管 30 为焊接填充用粉末材料输送管道，外层送气管 34 为保护气输送管道。送粉喷嘴 14 通过固定夹 36 用螺钉固定在角度位移调节机构的竖直支架 12 上。

腔盖 8 的中心位置即从上层板经过圆柱联接体到下层板的中心、长臂锥齿轮 5 的中间各设有一作为激光光束通道的通孔，与气帘装置 7 辅助挡板 23 上的通光孔保持同轴。

参照附图 9 及附图 10。在本发明的上叙的基于激光粉末填充焊接的旁轴送粉装置下，对材质为 45#钢、加工轨迹为圆形的平面加工工件进行旁轴送粉激光粉末填充焊接，其送粉方法步骤如下：1) 在计算机 104 中利用 CAD 软件绘制焊接加工图形：圆形，半径  $r=50\text{cm}$ ，弧度  $\theta=2\pi$ ，确定激光器导光臂

运动线速度即焊接速度  $V=2\text{m}/\text{min}$ ；2) 将 CAD 图转换为激光器导光臂 102 运动轨迹格式文件；3) 开启保护气气瓶 105，保护气同时进入送粉器 105 及本发明的旁轴送粉装置 101 腔体内的气帘装置；调整送粉器 106 输送粉末（镍基合金粉末  $10\text{g}/\text{min}$ ）；4) 启动计算机 104 控制软件，激光器 103 出光，激光器导光臂 102 以线速度  $V=2\text{m}/\text{min}$  沿圆形加工轨迹运动，本发明的旁轴送粉装置 101 上的电机同时工作，旁轴送粉装置 101 腔体内相互啮合的锥齿轮副将运动传递给角度位移调节机构，带动双层同轴送粉喷嘴一边跟随导光臂 102 以线速度  $V=2\text{m}/\text{min}$  沿圆形加工轨迹运动，同时以激光束为中心轴、以计算得到的角速度  $\omega \approx 229^\circ / \text{min}$  绕动，进行粉末输送，使得粉末束相对于激光束在任何时候都是从相同方向注入激光焊接熔池，直到粉末填充焊接过程完成，在材质为 45#钢的平面加工工件 107 上得到成型的圆弧焊缝 108。

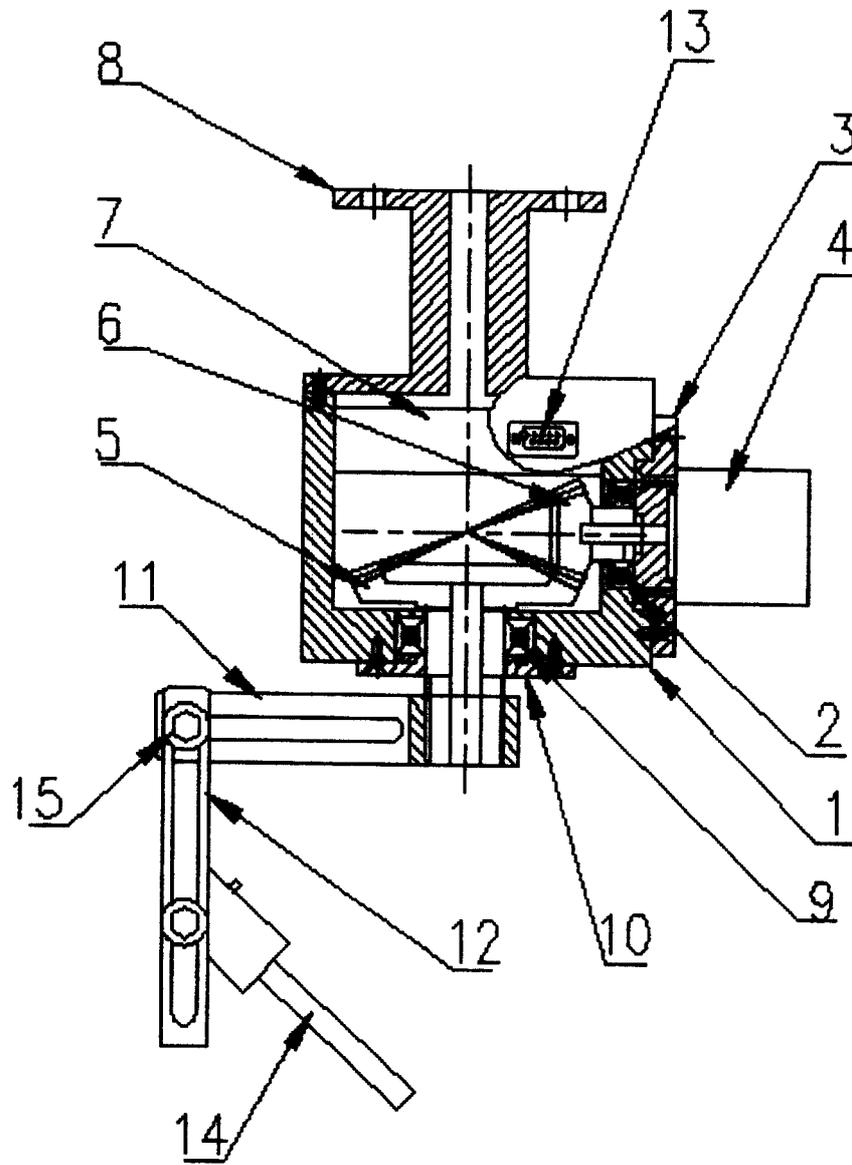


图 1

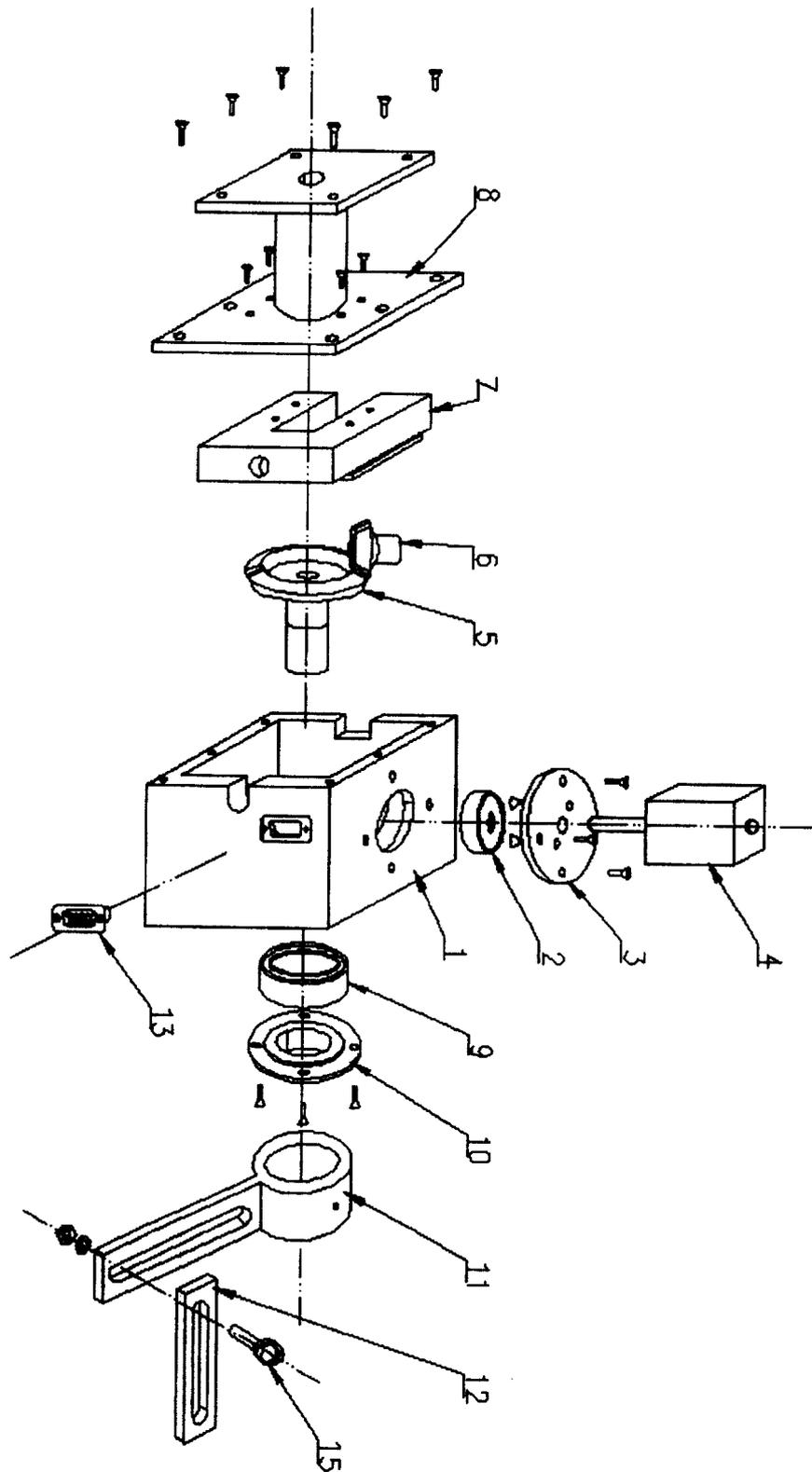


图 2

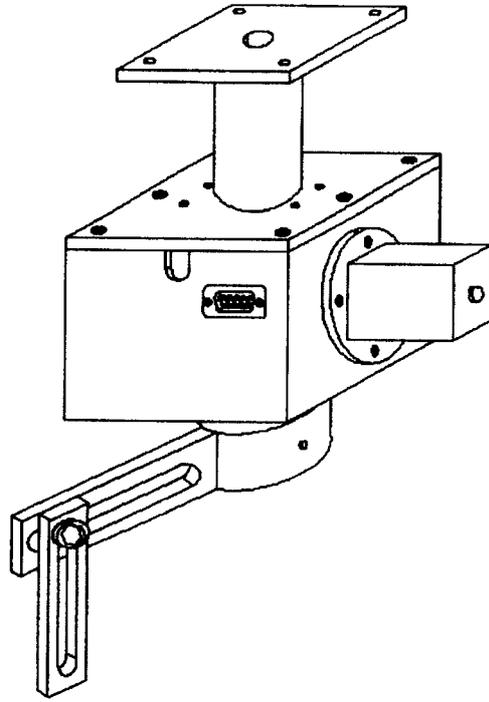


图 3

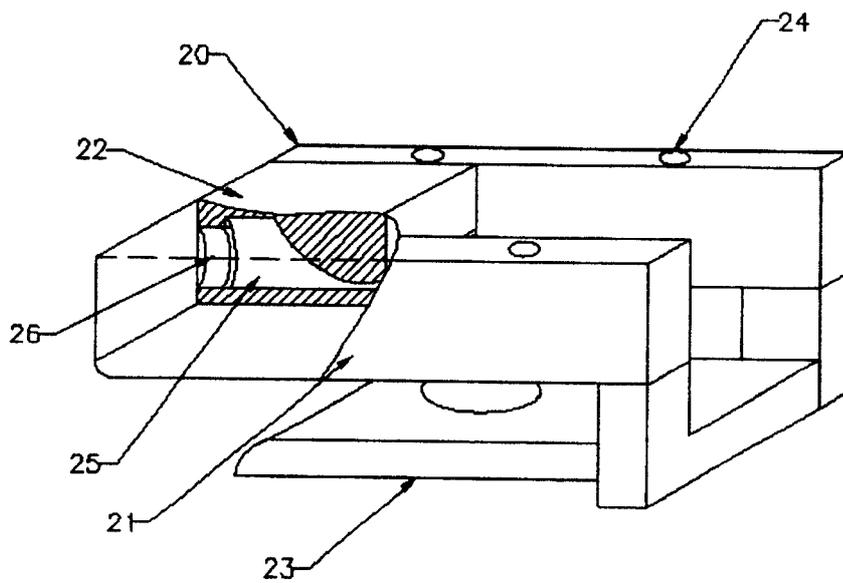


图 4

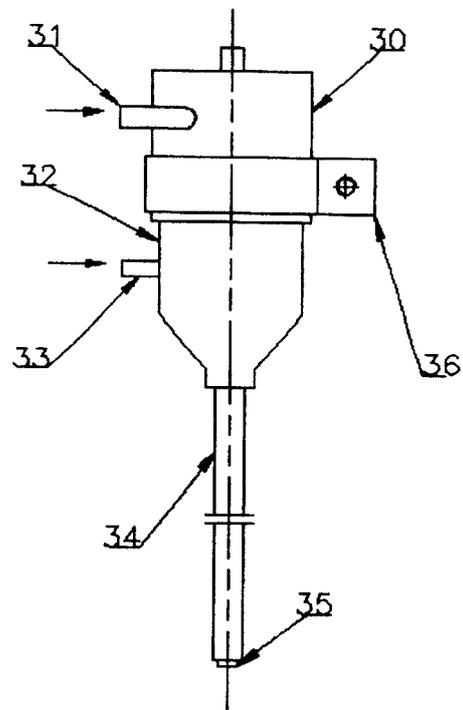


图 5

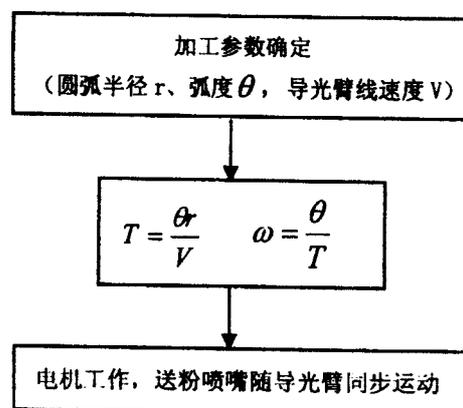


图 6

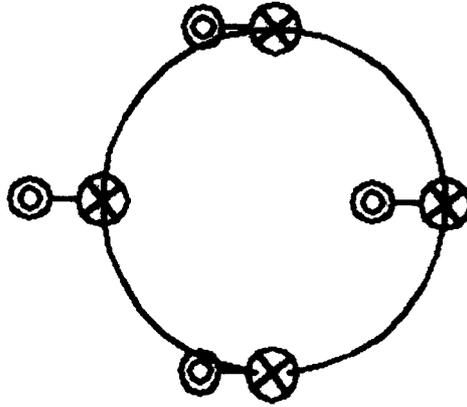


图 7

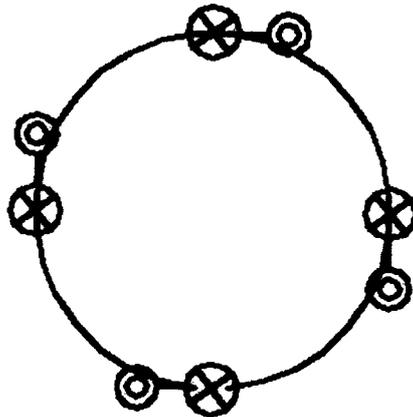


图 8

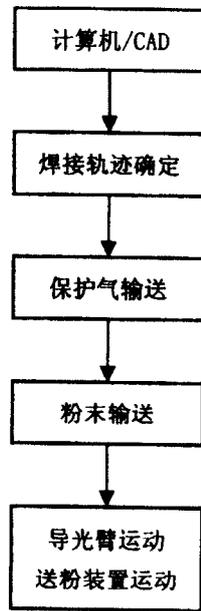


图 9

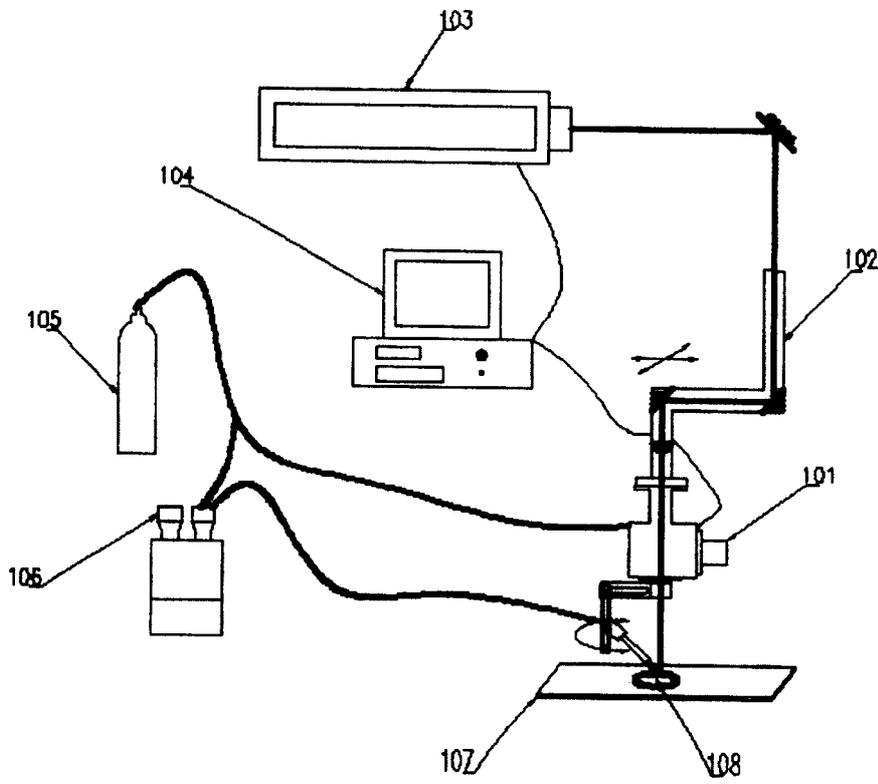


图 10