



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114309930 B

(45) 授权公告日 2024.03.15

(21) 申请号 202111271946.8

(22) 申请日 2021.10.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114309930 A

(43) 申请公布日 2022.04.12

(73) 专利权人 首都航天机械有限公司
地址 100076 北京市丰台区南苑警备东路2号

(72) 发明人 陈金存 王福德 张恒 孙国辉
郭盛斌 谢美蓉 徐坤和 王炜
刘天亮 陈明 吴楠 杜娟
石天雨 马唯琛 汤莹莹 张要卫

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009
专利代理师 高志瑞

(51) Int.Cl.

B23K 26/21 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 104889538 A, 2015.09.09

CN 109927047 A, 2019.06.25

RU 2186683 C1, 2002.08.10

US 2020269340 A1, 2020.08.27

陈志翔; Jean-Paul Boillot; Jeff

Noruk. DIGI-LAS激光焊接头在汽车及航空航天部件焊接中的应用. 焊接. 2009, (第05期), 全文.
徐中华; 吴建国; 张永康; 胡亮. 基于柔性机器人的光纤激光焊接白车身系统研究. 应用激光. 2009, (第06期), 全文.

审查员 石现林

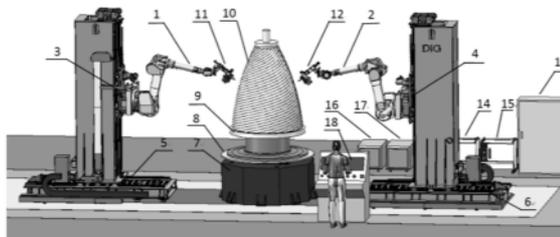
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

一种对称双工位喷管激光焊接装备

(57) 摘要

本发明公开了一种对称双工位喷管激光焊接装备,属于非标设备及工艺装备研制技术领域,包括:第一六轴工业机器人、第二六轴工业机器人、第一升降组件、第二升降组件、第一滑移组件、第二滑移组件、转台、转接盘、喷管焊接胎具、喷管、第一激光焊接头、第二激光焊接头、机器人控制系统、第一激光器、第二激光器、第一冷水机、第二冷水机和PLC主控制系统。本发明提升了焊接质量和生产效率。



1. 一种对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于包括:第一六轴工业机器人(1)、第二六轴工业机器人(2)、第一升降组件(3)、第二升降组件(4)、第一滑移组件(5)、第二滑移组件(6)、转台(7)、转接盘(8)、喷管焊接胎具(9)、喷管(10)、第一激光焊接头(11)、第二激光焊接头(12)、机器人控制系统(13)、第一激光器(14)、第二激光器(15)、第一冷水机(16)、第二冷水机(17)和PLC主控制系统(18);其中,

第一六轴工业机器人(1)的一端与第一激光焊接头(11)相连接,第一六轴工业机器人(1)的另一端与第一升降组件(3)相连接,第一升降组件(3)设置于第一滑移组件(5)上;

第二六轴工业机器人(2)的一端与第二激光焊接头(12)相连接,第二六轴工业机器人(2)的另一端与第二升降组件(4)相连接,第二升降组件(4)设置于第二滑移组件(6)上;

喷管(10)套设于喷管焊接胎具(9)的外表面,喷管焊接胎具(9)与转接盘(8)的上端相连接,转接盘(8)的下端与转台(7)相连接;

第一激光器(14)通过光纤与第一激光焊接头(11)相连接,第二激光器(15)通过光纤与第二激光焊接头(12)相连接;

第一冷水机(16)与第一激光器(14)相连接,第二冷水机(17)与第二激光器(15)相连接;

机器人控制系统(13)与PLC主控制系统(18)相连接;

PLC主控制系统(18)与机器人控制系统(13)进行通讯,PLC主控制系统(18)通过IO总线对第一激光器(14)和第二激光器(15)下达焊接开始指令。

2. 根据权利要求1所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:第一激光焊接头(11)和第二激光焊接头(12)的结构相同,均包括:激光焊接头主体(11-1)、跟踪传感器(11-2)、多自由度调节安装工装(11-3)、视频监控头(11-4)、跟踪传感器冷却口(11-5)和遮挡板(11-6);其中,

激光焊接头主体(11-1)与六轴工业机器人相连接;

视频监控头(11-4)设置于激光焊接头主体(11-1)的一侧;

跟踪传感器(11-2)通过多自由度调节安装工装(11-3)与激光焊接头主体(11-1)相连接;

跟踪传感器冷却口(11-5)设置于跟踪传感器(11-2)上;

遮挡板(11-6)设置于激光焊接头主体(11-1)的出光端口的下部。

3. 根据权利要求2所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:根据跟踪传感器(11-2)与激光焊接头主体(11-1)设计激光焊接轨迹规划方法。

4. 根据权利要求3所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:根据跟踪传感器(11-2)与激光焊接头主体(11-1)设计激光焊接轨迹规划方法包括如下步骤:

步骤一:将跟踪传感器通过连接工装与激光焊接头主体相连接;

步骤二:采用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头主体之间的相对位置关系;

步骤三:进行激光焊接头主体的焦点距离的平面标定;

步骤四:采用两垂直一对准的方法调整激光焊接头主体的姿态;

步骤五:根据步骤三的激光焊接头主体的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正;

步骤六:调节跟踪传感器的跟踪视场;

步骤七:找出喷管焊缝的空间曲线轨迹的四个示教点,将四个示教点输入到机器人控制系统,机器人控制系统控制六轴工业机器人按照四个示教点进行空间曲线轨迹运动。

5. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤一中,调整跟踪传感器的高度使得跟踪扫描线的位置处于跟踪传感器的最大分辨率位置;

跟踪传感器的底部与喷管工件表面的距离为100~110mm;

跟踪传感器与激光焊接头主体之间的角度为12~15°;

跟踪传感器的前视距离为12~15mm。

6. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤二中,用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头主体之间的相对位置关系包括如下步骤:

准备两块2mm厚度的上板和下板,将上板和下板搭接在一起,形成搭接接头,并将跟踪扫描线照射在搭接接头上,在搭接的接头上做两个标记点A和B,两个标记点之间的间距大于300mm;

进行激光焊接头主体的一点、二点的标定:调整激光焊接头主体姿态,使跟踪扫描线垂直照射在搭接接头上,并保持该姿态,点动机器人,使激光焊接头主体的TCP点和A点对准得到激光焊接头主体的一点,使激光焊接头主体的TCP点和B点对准得到激光焊接头主体的二点;

进行激光焊接头主体的三点、四点的标定:在机器人世界坐标系下移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部分别对准参考点A、B得到激光焊接头主体的三点、四点;

进行激光焊接头主体的五点、六点的标定:在机器人世界坐标系下沿Z方向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的五点;保持沿Z方向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的六点;

进行激光焊接头主体的七点、八点的标定:在机器人世界坐标系下沿Y方向正向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的七点;保持沿Y方向正向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的八点;

进行激光焊接头主体的九点、十点的标定:在机器人世界坐标系下沿Y方向反向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的九点;保持沿Y方向反向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的十点。

7. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤三中,进行激光焊接头主体的焦点距离的平面标定包括如下步骤:

在激光焊接头主体的一侧安装旁轴光投射装置,将激光焊接头主体的聚集镜与喷管工件表面的高度调整为管束焊接所需的正离焦的焦点距离h,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,调整旁轴光投射装置的投射角 β ,使落在工件上的旁轴光线和激光指示光红点重合即为激光焊接头主体的焦点距离的平面标定。

8. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤四中,采用两垂直一对准的方法调整激光焊接头主体的姿态包括如下步骤:

在机器人工具坐标系下,先进行激光焊接头主体绕X轴旋转,再进行激光焊接头主体绕

Y轴旋转,使激光焊接头主体的中轴线与喷管产品当前焊接型面的法线垂直;

激光焊接头主体绕Z轴旋转,使得跟踪传感器射出的跟踪扫描线与当前喷管的管束曲线呈垂直关系;

调节机器人工具坐标系的X轴,激光焊接头主体的激光指示红点落在当前要焊接并跟踪的焊缝位置上,并且跟踪扫描线的一半位置处对准激光指示红点。

9. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤五中,根据步骤三的激光焊接头主体的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正包括如下步骤:

基于焦点距离的平面标定,保证旁轴光投射装置和激光焊接头主体的相对位置及投射角 β 不变的前提下,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,通过调节机器人工具坐标系的Z轴,将落在喷管曲面上的旁轴光线调整至与激光指示红光重合得到准确的激光头焦点距离。

10. 根据权利要求4所述的对称双工位喷管激光焊接装备,其特征在于:在步骤六中,调节跟踪传感器的跟踪视场包括如下步骤:

基于单根管束的宽度4mm,将跟踪传感器的横向有效跟踪视场范围调节为-2~4mm,跟踪传感器的高度方向的有效跟踪视场范围调节为15.5~21.5mm。

一种对称双工位喷管激光焊接装备

技术领域

[0001] 本发明属于非标设备及工艺装备研制技术领域,尤其涉及一种对称双工位喷管激光焊接装备。

背景技术

[0002] 航天发动机的喷管延伸段是推力室的重要组件,采用了螺旋管束式结构,由数百根空间螺旋曲线方管焊接而成,整体外形为两头不等直径的钟罩形轮廓。管束式喷管在模胎上紧密装配后,需保证千米级焊缝的熔深、熔宽一致性良好,要求焊接质量稳定可靠。

[0003] 以往喷管的自动氩弧焊接只有一个工位,并且受焊接速度的限制,喷管的焊接效率较低。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供了一种对称双工位喷管激光焊接装备,提升了焊接质量和生产效率。

[0005] 本发明目的通过以下技术方案予以实现:一种对称双工位喷管激光焊接装备,包括:第一六轴工业机器人、第二六轴工业机器人、第一升降组件、第二升降组件、第一滑移组件、第二滑移组件、转台、转接盘、喷管焊接胎具、喷管、第一激光焊接头、第二激光焊接头、机器人控制系统、第一激光器、第二激光器、第一冷水机、第二冷水机和PLC主控制系统;其中,第一六轴工业机器人的一端与第一激光焊接头相连接,第一六轴工业机器人的另一端与第一升降组件相连接,第一升降组件设置于第一滑移组件上;第二六轴工业机器人的一端与第二激光焊接头相连接,第二六轴工业机器人的另一端与第二升降组件相连接,第二升降组件设置于第二滑移组件上;喷管套设于喷管焊接胎具的外表面,喷管焊接胎具与转接盘的上端相连接,转接盘的下端与转台相连接;第一激光器通过光纤与第一激光焊接头相连接,第二激光器通过光纤与第二激光焊接头相连接;第一冷水机与第一激光器相连接,第二冷水机与第二激光器相连接;机器人控制系统与PLC主控制系统相连接;PLC主控制系统与机器人控制系统进行通讯,PLC主控制系统通过IO总线对第一激光器和第二激光器下达焊接开始指令。

[0006] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,第一激光焊接头和第二激光焊接头的结构相同,均包括:激光焊接头主体、跟踪传感器、多自由度调节安装工装、视频监控头、跟踪传感器冷却口和遮挡板;其中,激光焊接头主体与六轴工业机器人相连接;视频监控头设置于激光焊接头主体的一侧;跟踪传感器通过多自由度调节安装工装与激光焊接头主体相连接;跟踪传感器冷却口设置于跟踪传感器上;遮挡板设置于激光焊接头主体的出光端口的下部。

[0007] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,根据跟踪传感器与激光焊接头主体设计激光焊接轨迹规划方法。

[0008] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,根据跟踪传感器与激光焊接头主体设计激

光焊接轨迹规划方法包括如下步骤:步骤一:将跟踪传感器通过连接工装与激光焊接头主体相连接;步骤二:采用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头主体之间的相对位置关系;步骤三:进行激光焊接头主体的焦点距离的平面标定;步骤四:采用两垂直一对准的方法调整激光焊接头主体的姿态;步骤五:根据步骤三的激光焊接头主体的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正;步骤六:调节跟踪传感器的跟踪视场;步骤七:找出喷管焊缝的空间曲线轨迹的四个示教点,将四个示教点输入到机器人控制系统,机器人控制系统控制六轴工业机器人按照四个示教点进行空间曲线轨迹运动。

[0009] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤一中,调整跟踪传感器的高度使得跟踪扫描线的位置处于跟踪传感器的最大分辨率位置;

[0010] 跟踪传感器的底部与喷管工件表面的距离为100~110mm;跟踪传感器与激光焊接头主体之间的角度为12~15°;跟踪传感器的前视距离为12~15mm。

[0011] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤二中,用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头主体之间的相对位置关系包括如下步骤:准备两块2mm厚度的上板和下板,将上板和下板搭接在一起,形成搭接接头,并将跟踪扫描线照射在搭接接头上,在搭接的接头上做两个标记点A和B,两个标记点之间的间距大于300mm;进行激光焊接头主体的一点、二点的标定:调整激光焊接头主体姿态,使跟踪扫描线垂直照射在搭接接头上,并保持该姿态,点动机器人,使激光焊接头主体的TCP点和A点对准得到激光焊接头主体的一点,使激光焊接头主体的TCP点和B点对准得到激光焊接头主体的二点;进行激光焊接头主体的三点、四点的标定:在机器人世界坐标系下移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部分别对准参考点A、B得到激光焊接头主体的三点、四点;进行激光焊接头主体的五点、六点的标定:在机器人世界坐标系下沿Z方向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的五点;保持沿Z方向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的六点;进行激光焊接头主体的七点、八点的标定:在机器人世界坐标系下沿Y方向正向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的七点;保持沿Y方向正向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的八点;进行激光焊接头主体的九点、十点的标定:在机器人世界坐标系下沿Y方向反向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头主体的九点;保持沿Y方向反向转动15°不变,移动激光焊接头主体,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头主体的十点。

[0012] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤三中,进行激光焊接头主体的焦点距离的平面标定包括如下步骤:在激光焊接头主体的一侧安装旁轴光投射装置,将激光焊接头主体的聚焦镜与喷管工件表面的高度调整为管束焊接所需的正离焦的焦点距离 h ,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,调整旁轴光投射装置的投射角 β ,使落在工件上的旁轴光线和激光指示光红点重合即为激光焊接头主体的焦点距离的平面标定。

[0013] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤四中,采用两垂直一对准的方法调整激光焊接头主体的姿态包括如下步骤:在机器人工具坐标系下,先进行激光焊接头主体绕X轴旋转,再进行激光焊接头主体绕Y轴旋转,使激光焊接头主体的中轴线与喷管产品当前焊接型面的法线垂直;激光焊接头主体绕Z轴旋转,使得跟踪传感器射出的跟踪扫描线与当前喷管的管束曲线呈垂直关系;调节机器人工具坐标系的X轴,激光焊接头主体的激光指

示红点落在当前要焊接并跟踪的焊缝位置上,并且跟踪扫描线的一半位置处对准激光指示红点。

[0014] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤五中,根据步骤三的激光焊接头主体的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正包括如下步骤:基于焦点距离的平面标定,保证旁轴光投射装置和激光焊接头主体的相对位置及投射角 β 不变的前提下,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,通过调节机器人工具坐标系的Z轴,将落在喷管曲面上的旁轴光线调整至与激光指示红光重合得到准确的激光头焦点距离。

[0015] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤六中,调节跟踪传感器的跟踪视场包括如下步骤:

[0016] 基于单根管束的宽度4mm,将跟踪传感器的横向有效跟踪视场范围调节为-2~4mm,跟踪传感器的高度方向的有效跟踪视场范围调节为15.5~21.5mm。

[0017] 上述对称双工位喷管激光焊接装备中,在步骤七中,四个示教点分别为P1点、P2点、P3点和P4点;其中,P1点距离前道焊缝末端的距离为6~8mm,P2点在前道焊缝末端,P3点为激光开始收光点、P4点为激光功率衰减至零的点。

[0018] 本发明与现有技术相比具有如下有益效果:

[0019] (1) 本发明提出了一种焊接效率高、焊缝质量好、自动化程度高、实用性强的管束式喷管双工位激光焊接装备,其具有广泛的应用前景;

[0020] (2) 本发明实现了双工位激光焊接装备十七个轴的运动执行功能。带升降和滑移功能的两个六轴工业机器人分别为组1、组2、转台为组3,编程中予以调用,完成了双工位机器人的协调运动并启动同步作业,能够实现各自的跟踪状态下同步焊接功能。双工位激光焊接装备可显著提高焊接效率;

[0021] (3) 本发明在焊缝跟踪和视频监控下,实现了密排管束式喷管的精密激光焊接。喷管满足I级焊缝要求,焊缝外观光滑、对中、连续。并通过了煤油试验、通道检查、X射线检查、打压测试等。

[0022] (4) 本发明可满足其它大尺寸和复杂结构的精密对接焊,配备的焊缝跟踪系统能够识别及跟踪焊缝,提升焊接质量和焊接自动化水平,降低操作人员的编程工作量。

附图说明

[0023] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0024] 图1是本发明实施例提供的双工位喷管激光焊接装备示意图;

[0025] 图2是本发明实施例提供的激光焊接头的结构示意图;

[0026] 图3是本发明实施例提供的双工位激光焊接装备的各部件连接及控制线路图。

[0027] 图4是本发明实施例提供的根据跟踪传感器与激光焊接头主体设计激光焊接轨迹规划方法的流程图;

[0028] 图5是本发明实施例提供的跟踪传感器与激光焊接头的安装的示意图;

[0029] 图6(a)是本发明实施例提供的跟踪传感器的十点标定的一个示意图;

- [0030] 图6(b)是本发明实施例提供的跟踪传感器的十点标定的另一个示意图；
[0031] 图6(c)是本发明实施例提供的跟踪传感器的十点标定的又一个示意图；
[0032] 图6(d)是本发明实施例提供的跟踪传感器的十点标定的又一个示意图；
[0033] 图6(e)是本发明实施例提供的跟踪传感器的十点标定的又一个示意图；
[0034] 图7(a)是本发明实施例提供的焦点距离的平面标定的一个示意图；
[0035] 图7(b)是本发明实施例提供的焦点距离的平面标定的另一个示意图；
[0036] 图7(c)是本发明实施例提供的焦点距离的平面标定的又一个示意图；
[0037] 图8是本发明实施例提供的激光头姿态调整的示意图；
[0038] 图9是本发明实施例提供的喷管空间曲线的激光头焦点距离找正的示意图；
[0039] 图10是本发明实施例提供的跟踪视场的调节示意图；
[0040] 图11是本发明实施例提供的空间曲线轨迹的四点编程的示意图。

具体实施方式

[0041] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开，并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0042] 随着激光焊接技术的发展，激光焊接应用越来越广泛。激光聚焦光斑小，加热速度快，作用时间短，热影响区和热变形小，特别适合焊接对变形控制要求高的薄壁喷管结构件。提高产品焊接质量的同时，可以减少焊接生产过程中因收缩变形增加的装配调整时间。激光焊接速度快，与目前氩弧焊3~4mm/s的焊接速度相比，激光焊接速度可达到10~15mm/s，有助于提升焊接效率。激光焊接由激光光束直接轰击金属表面产生热效应的焊接方法，无氩弧焊的扎枪、断弧而引起的夹钨、气孔等焊接缺陷。鉴于管束式喷管的密排焊缝累计长度达到千米级，采用双工位同步激光焊接方式能有效提高焊接效率。

[0043] 喷管采取垂直立式摆放的形式，空间上便于实现对称双工位焊接。为满足喷管激光焊接要求，需要研制适合密排管束喷管精密焊接的双工位激光焊接装备。

[0044] 图1是本发明实施例提供的双工位喷管激光焊接装备示意图。如图1所示，该双工位喷管激光焊接装备包括：第一六轴工业机器人1、第二六轴工业机器人2、第一升降组件3、第二升降组件4、第一滑移组件5、第二滑移组件6、转台7、转接盘8、喷管焊接胎具9、喷管10、第一激光焊接头11、第二激光焊接头12、机器人控制系统13、第一激光器14、第二激光器15、第一冷水机16、第二冷水机17和PLC主控制系统18。其中，

[0045] 第一六轴工业机器人1的一端与第一激光焊接头11相连接，第一六轴工业机器人1的另一端与第一升降组件3相连接，第一升降组件3设置于第一滑移组件5上；第二六轴工业机器人2的一端与第二激光焊接头12相连接，第二六轴工业机器人2的另一端与第二升降组件4相连接，第二升降组件4设置于第二滑移组件6上；喷管10套设于喷管焊接胎具9的外表面，喷管焊接胎具9与转接盘8的上端相连接，转接盘8的下端与转台7相连接；第一激光器14通过光纤与第一激光焊接头11相连接，第二激光器15通过光纤与第二激光焊接头12相连接；第一冷水机16与第一激光器14相连接，第二冷水机17与第二激光器15相连接；机器人控

制系统13与PLC主控制系统18相连接;PLC主控制系统18与机器人控制系统13进行通讯,PLC主控制系统18通过IO总线对第一激光器14和第二激光器15下达焊接开始指令。

[0046] 图2是本发明实施例提供的激光焊接头的结构示意图。如图2所示,第一激光焊接头11和第二激光焊接头12的结构相同,均包括:激光焊接头主体11-1、跟踪传感器11-2、多自由度调节安装工装11-3、视频监控头11-4、跟踪传感器冷却口11-5和遮挡板11-6。其中,

[0047] 激光焊接头主体11-1与六轴工业机器人相连接;视频监控头11-4设置于激光焊接头主体11-1的一侧;跟踪传感器11-2通过多自由度调节安装工装11-3与激光焊接头主体11-1相连接;跟踪传感器冷却口11-5设置于跟踪传感器11-2上;遮挡板11-6设置于激光焊接头主体11-1的出光端口的下部。

[0048] 双机器人配置是采用两个六轴工业机器人,可带50公斤负载,两个机器人的底座各装在两侧的升降组件上。

[0049] 转台做旋转运动,喷管焊接胎具连同转接盘安装在转台上,转台驱动焊接胎具做旋转运动。转台包括伺服电机和减速机。喷管激光焊接过程中,每焊接完成一道分段焊缝,转台按照分度角度旋转,至下一道焊缝的起始位置,机器人执行轨迹程序继续下一道焊缝的焊接。

[0050] 机器人滑移组件为丝杠滑轨,升降组件安装在丝杠滑轨上。机器人升降组件有效升降高度2.5m,水平滑移组件的滑轨有效距离3.0m。丝杠滑轨为两组,左右对称位置摆放,中心线位置重合布置,并且滑轨中心线通过转台的旋转中心轴。

[0051] 六轴工业机器人、转台、升降组件、滑移组件统称为运动执行机构。

[0052] 焊接器包括激光器和激光焊接头。激光器的功率1KW。激光焊接头为模块化的焊接组合头、准直焦距125mm,聚焦焦距300mm、光斑直径0.48mm。激光焊接头分别安装在六轴工业机器人的执行末端。

[0053] 焊缝跟踪系统适配FANUC机器人双机系统,视场深度范围16mm,在标称安装高度时的视场范围 $\pm 3\text{mm}$,焊缝识别的水平测量精度 $\pm 0.05\text{mm}$,焊缝识别的垂直测量精度 $\pm 0.05\text{mm}$,焊缝跟踪精度0.1mm。焊缝跟踪系统包括激光扫描跟踪传感器和跟踪接口盒。跟踪传感器和激光焊接头连接,跟踪接口盒与机器人控制柜连接。

[0054] CCD视频监控系统安装在激光焊接头上,为了观察熔池和焊缝成形。

[0055] 本发明所述的运动执行机构包括两组对称设置的六轴工业机器人、升降组件、滑移组件。所述滑移组件包括两组滑轨。所述升降组件设置在滑轨上,并在滑轨上滑动,所述升降组件可上下升降。所述六轴工业机器人固定在升降组件的合适部位,并随升降组件能够做上下移动,并可随升降组件在滑轨上移动。六轴工业机器人,具有较高的自由度,可实现较大范围和多种姿态的运动。

[0056] 升降组件选用本领域常用的升降结构,升降组件有效升降高度0.5-2.5m。水平滑移组件采用两组丝杠滑轨结构,左右对称位置摆放,中心线位置重合布置,并且滑轨中心线通过转台的旋转中心轴。选用高承载型号的滑轨,可保证移动及工作中无晃动,确保焊接时激光焊接头的稳定性,滑轨前后移动的最大有效距离具体的优选为0.5-3m。

[0057] 装台包括伺服电机和减速机,伺服电机驱动减速机,通过无间隙齿轮传动技术驱动转台旋转。转台可做不限回转圈数的无限旋转运动。最大承载载荷5吨,旋转定位精度 $\pm 0.03^\circ$ 。

[0058] 喷管(产品)装配在喷管焊接胎具上,采用转接盘将焊接胎具底座与转台连接在一起。转台与转接盘连接、转接盘与焊接胎具底座连接,采用的是中心轴和中心孔H7/g6的间隙配合方式,中心定位后,通过周向均匀分布的螺钉拧紧。

[0059] 如图2放大图所示,集成了跟踪传感器和视频监控头等装置的激光焊接头安装在六轴工业机器人的执行末端。采用多自由度调节安装工装将跟踪传感器与激光焊接头相连接,通过工装调整,跟踪传感器相对激光焊接头做垂直方向、前后方向和倾斜角度的多维调整,以确定最佳的安装位置,满足焊缝跟踪前视距离和跟踪视场的需要。跟踪传感器外接气体冷却,通过冷却口连接气路。视频监控头安装在激光焊接头一侧,接口为HDMI高清多媒体接口,可以通过视频显示器实时观察熔池和焊缝成形。遮挡板安装在跟踪传感器靠近激光焊接头的侧边面上,遮挡激光反射光11-7,防止激光的反射光进入跟踪传感器视窗内,避免对焊缝跟踪造成干扰。

[0060] 如图3双工位激光焊接装备的各部件连接及控制线路图所示,采用激光通讯线将焊缝跟踪传感器与跟踪接口盒相连。采用网线将工业网络交换机分别与跟踪接口盒、双机系统的机器人控制柜、跟踪状态显示用电脑等相连,实现焊缝跟踪与机器人之间的通讯。接入到机器人控制柜中的网线需要接在指定接口和端口。跟踪接口盒需要采用电缆接头进行24V电源供电。

[0061] PLC主控制系统通过IO输入输出总线与机器人控制系统进行通讯,CCD视频监控控制系统通过视频监控线与PLC主控制系统相连,主控制柜带操作台面,视频显示器安装在操作台面上,可进行激光出光、急停等按键操作和焊接时的熔池及焊缝成形观察。PLC主控制系统与机器人控制系统进行通讯,通过IO总线对激光器下达Weldstart焊接开始指令,激光器采用15m长度的光纤对激光焊接头进行激光输出。激光焊接头上除了连接跟踪传感器、视频监控头之外,外接高压空气和焊接保护气。冷水机系统的供水分两路,分别实现了给光纤激光焊接系统外光路、激光器进行水冷。

[0062] 本发明提供的对称双工位喷管激光焊接装备的工作原理在于:

[0063] PLC主控制系统与机器人控制系统进行通讯,对机器人和激光器下达Weldstart焊接开始指令后,对称分布的两侧机器人带动激光焊接头按照轨迹程序同步开始行进下的焊接,激光焊接头的姿态始终保持和当前空间曲面轨迹路径的法线方向垂直。焊缝跟踪传感器实时检测出水平位移和垂直位移两个方向的轨迹偏差量,传递给机器人控制系统,由机器人运动执行机构完成轨迹纠偏。工作人员在主控制柜操作台面前通过CCD视频监控显示器进行熔池及焊缝成形观察。喷管激光焊接过程中,对称双工位各自焊接完成一道分段焊缝后,激光焊接头抬起,转台按照分度角度旋转,至下一道焊缝的起始位置,双工位机器人执行轨迹程序继续同步进行下一道焊缝的焊接。喷管焊接由大端往小端进行,多次每圈分段焊接后,其焊接位置接近机器人较佳路径范围的极限时,滑移组件向靠近转台方向运动,升降组件向上运动,使机器人的运动路径范围重新达到较佳状态,重新轨迹编程后继续进行焊接。

[0064] 图4是本发明实施例提供的根据跟踪传感器与激光焊接头主体设计激光焊接轨迹规划方法的流程图;如图4所示,方法包括如下步骤:

[0065] 步骤一:将跟踪传感器通过连接工装与激光焊接头相连接;

[0066] 步骤二:采用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头之间的相对位置关系;

- [0067] 步骤三:进行激光焊接头的焦点距离的平面标定;
- [0068] 步骤四:采用两垂直一对准的方法调整激光焊接头的姿态;
- [0069] 步骤五:根据步骤三的激光焊接头的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正;
- [0070] 步骤六:调节跟踪传感器的跟踪视场;
- [0071] 步骤七:找出喷管焊缝的空间曲线轨迹的四个示教点,将四个示教点输入到机器人控制系统,机器人控制系统控制六轴工业机器人按照四个示教点进行空间曲线轨迹运动。
- [0072] 1、跟踪传感器与激光焊接头安装
- [0073] 如图5所示,跟踪传感器通过连接工装安装在激光焊接头旁边,连接工装具有高度方向调整、前后方向调整、角度调整等功能。
- [0074] 跟踪扫描线为跟踪传感器投射在工件上的激光条纹,该扫描线的位置决定了对工件进行焊接轨迹识别及轨迹准确性检查的当前区域。
- [0075] 首先进行跟踪传感器的高度调整,通过调整传感器的安装高度使跟踪扫描线的位置处于跟踪传感器的最大分辨率位置附近。结合薄壁管束焊接时的激光焊接头的最佳聚焦位置,经安装,跟踪传感器的底部与工件表面的距离为100~110mm。
- [0076] 跟踪传感器的安装角度需要根据工件表面的反光情况进行调整,工件表面的反光情况越严重安装角度越大,若是不反光的工件,其跟踪传感器安装角度可为零度。管束材料表面为较亮的金属光泽,反光较严重,通过连接工装调整跟踪传感器与激光焊接头之间的角度,在12~15°范围内,使用效果最好。
- [0077] 跟踪传感器投射的跟踪扫描线与激光头投射的指示光红点之间有一个距离,为前视距离,该距离表征了跟踪扫描位置早于当前焊接位置的提前量。在满足安装无干涉的前提下,前视距离应尽量缩短。通过连接工装进行前后方向的调整,前视距离在12~15mm范围内能够满足跟踪及焊接要求。
- [0078] 2、跟踪传感器的十点标定
- [0079] 采用十点标定法建立跟踪传感器与激光焊接头之间的相对位置关系。
- [0080] 标定的步骤:
- [0081] 在采用十点法标定之前,准备两块2mm左右厚度的上板和下板平板工件,将上板和下板搭接在一起,形成搭接接头,并将跟踪扫描线照射在搭接接头上,能够有效识别。在搭接的接头上做两个标记点A和B,标记点之间的间距大于300mm即可。
- [0082] 如图6(a),进行激光焊接头的一、二点的标定。调整激光焊接头姿态,使跟踪扫描线垂直照射在搭接接头上,并保持该姿态,点动机器人,使激光焊接头的TCP点和A、B点对准得到激光焊接头的一、二点,将两点位置记录在机器人操控盒中。TCP点为工具坐标系下的机器人的坐标原点,一般在机器人第六轴的法兰盘平面中心。
- [0083] 如图6(b),进行三、四点的标定。在机器人世界坐标系下移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部分别对准参考点A、B得到激光焊接头的三、四点,将两点位置记录下来。
- [0084] 如图6(c),进行五、六点的标定。在机器人“世界”坐标系下沿Z方向转动15°,并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头的五点,记录该位置。保持沿Z方向转动15°不变,移动激光焊接头,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头的六

点,记录该位置。

[0085] 如图6 (d),进行七、八点的标定。在机器人“世界”坐标系下沿Y方向正向转动 15° (使激光焊接头TCP指向上板),并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头的七点,记录该位置。保持沿Y方向正向转动 15° 不变,移动激光焊接头,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头的八点,记录该位置。

[0086] 如图6 (e),进行九、十点的标定。在机器人“世界”坐标系下沿Y方向反向转动 15° (使激光焊接头TCP指向下板),并移动X、Y、Z方向将跟踪扫描线中部对准参考点A得到激光焊接头的九点,记录该位置。保持沿Y方向反向转动 15° 不变,移动激光焊接头,将跟踪扫描线中部对准参考点B得到激光焊接头的十点,记录该位置。

[0087] 3、激光焊接头的焦点距离的平面标定

[0088] 在激光焊接头的一侧安装旁轴光投射装置。如图7 (a)所示,将激光焊接头的聚焦镜与喷管工件表面的高度调整为管束焊接所需的正离焦的焦点距离 h ,在焦点距离准确的前提下,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,调整旁轴光投射装置的投射角 β ,使落在工件上的旁轴光线和激光指示光红点重合。即为激光焊接头的焦点距离的平面标定。

[0089] 保持投射角 β 不变,当 h 值变小(焦点距离偏小),如图7 (b);或者变大(焦点距离偏大),如图7 (c)时,都会发现落在工件上的旁轴光线和激光指示光红点不能重合。通过观察重合性,验证焦点距离 h 是否准确。

[0090] 4、针对空间曲线的激光焊接头姿态调整

[0091] 采用“两垂直一对准”的方法进行激光头姿态的调整。如图8所示,在机器人“工具”坐标系下,先进行激光焊接头绕X轴旋转,再进行激光焊接头绕Y轴旋转,过程中用直角尺和角度测量工具进行检查,使激光焊接头的中轴线与喷管产品当前焊接型面的法线垂直,满足图6中的激光头角度 α 与喷管当前型面的切线角 α 一致。

[0092] 激光焊接头绕Z轴旋转,使得跟踪传感器射出的跟踪扫描线与当前喷管的管束曲线呈垂直关系。

[0093] 调节机器人“工具”坐标系的X轴,激光焊接头的激光指示红点落在当前要焊接并跟踪的焊缝位置上,并且跟踪扫描线的一半位置处(跟踪扫描线全长 L ,一半位置处为 $L/2$)对准激光指示红点。

[0094] 5、根据激光焊接头的焦点距离的平面标定结果完成针对空间曲线的激光头焦点距离找正

[0095] 为了获得稳定可靠的焊接过程,需要保证激光焊接头焦点距离(即图9中所示的 Z 值)准确。因为喷管当前焊接表面为曲面,在曲面上通过直接量取图9中所示的 Z 值不方便且有误差,采用“恒定高度下的投影重合法”进行激光头焦点距离找正。

[0096] 基于焦点距离的平面标定,保证旁轴光投射装置和激光焊接头的相对位置及投射角 β 不变的前提下,打开旁轴光投射装置的开关,使其投射出旁轴光线,通过调节机器人“工具”坐标系的Z轴,将落在喷管表面上的旁轴光线调整至与激光指示红光重合得到准确的激光头焦点距离。

[0097] 此时的激光焊接头焦点距离即调整为与图6 (a)中的 h 值一致,即为准确的激光头焦点距离。

[0098] 6、跟踪传感器的跟踪视场的调节

[0099] 通过轨迹示教将目标焊缝移到跟踪视场中心,依据喷管焊缝的特征点位置坐标确定出一个左右“边界”,合理规定“有效视场范围”,使激光器只对该范围内的特征点进行处理,这样,即便由于某种因素影响,邻近焊缝进入视野内,但不在有效视场范围内,也不进行处理,不仅排除了干扰,也提高了处理速度。如图10所示,基于单根管束的宽度4mm,将跟踪传感器的横向有效跟踪视场范围调节为-2~4mm,跟踪传感器的高度方向的有效跟踪视场范围调节为15.5~21.5mm。

[0100] 7、空间曲线轨迹的四点编程

[0101] 找出喷管焊缝的空间曲线轨迹的四个示教点,将四个示教点输入到机器人控制系统,机器人控制系统控制六轴工业机器人按照四个示教点进行空间曲线轨迹运动。

[0102] P1点距离前道焊缝末端的距离为6~8mm(近似为激光出光点位置),P2点在前道焊缝末端,P3点为激光开始收光点、P4点为激光功率衰减至零的点。

[0103] 针对管束的空间曲面分段焊缝,采用“四点编程规划方案”。借助焊缝跟踪系统,可以简化P1~P4点共4点位置的示教编程。如图11所示,P1点距离前道焊缝末端的距离约为6~8mm(近似为激光出光点位置),P2点大致在前道焊缝末端,P3点为激光开始收光点、P4点为激光功率衰减至零的点。以P1为例,具体方法为调节机器人末端姿态并行进,使跟踪扫描线位于P1点附近并垂直于曲面轨迹,观察跟踪显示屏,进行高度和横向两个方向的调节,使识别的当前接头分别位于跟踪视场高度范围的中间位置、跟踪视场横向范围的中间位置,此即为编程获得的P1点。基于焊缝跟踪的轨迹规划相比严格目视对中接缝的示教编程,可以缩短轨迹编程工作量,充分利用跟踪功能。

[0104] 8、搭接焊区域编程处理

[0105] 跟踪下的管束曲线激光焊,先行进到P1、P2示教点之后,焊缝识别跟踪功能发挥作用,准确识别到当前跟踪点PR3,为保证当前分段焊缝和前面一圈焊缝末端有一定的搭接焊区域,给PR3点设置Y-方向(与焊缝前进方向相反)的偏移量约10mm,然后给出激光出光命令,保证激光出光焊接的起始位置在搭接区域。

[0106] 本发明实现跟踪传感器的传感头与激光焊接头多维调节下的连接,保证跟踪扫描线处于最大分辨率位置附近,和投射到工件上的激光指示光斑之间距离合适,并采用“十点标定法”建立了跟踪传感器与激光焊接头TCP之间的相对位置关系。准确设置焊缝跟踪视场,避免了焊接过程中将邻近焊缝当成目标焊缝进行跟踪而造成“窜道”焊接的风险。

[0107] 本发明针对空间曲线轨迹采用“四点编程法”,通过激光头姿态调整和激光头焦点距离找正,结合焊缝跟踪系统,实现激光头姿态过渡平稳、激光焦点位置恒定、轨迹可识别可跟踪的焊接过程。

[0108] 本发明采用设置前移偏置量的方法,方便迅捷地实现了当前分段焊缝和前面一圈焊缝有一定的搭接焊区域,激光出光点在搭接位置,当前跟踪扫描线落在未焊接的接头区域,可进行识别与跟踪,跟踪效果不受搭接焊区域的影响。

[0109] 本发明提出了一种焊接效率高、焊缝质量好、自动化程度高、实用性强的管束式喷管双工位激光焊接装备。在焊缝跟踪和视频监控下,实现了密排管束式喷管的精密激光焊接。该双工位激光焊接装备可满足其它大尺寸和复杂结构的精密对接焊,具有广泛的应用前景。

[0110] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

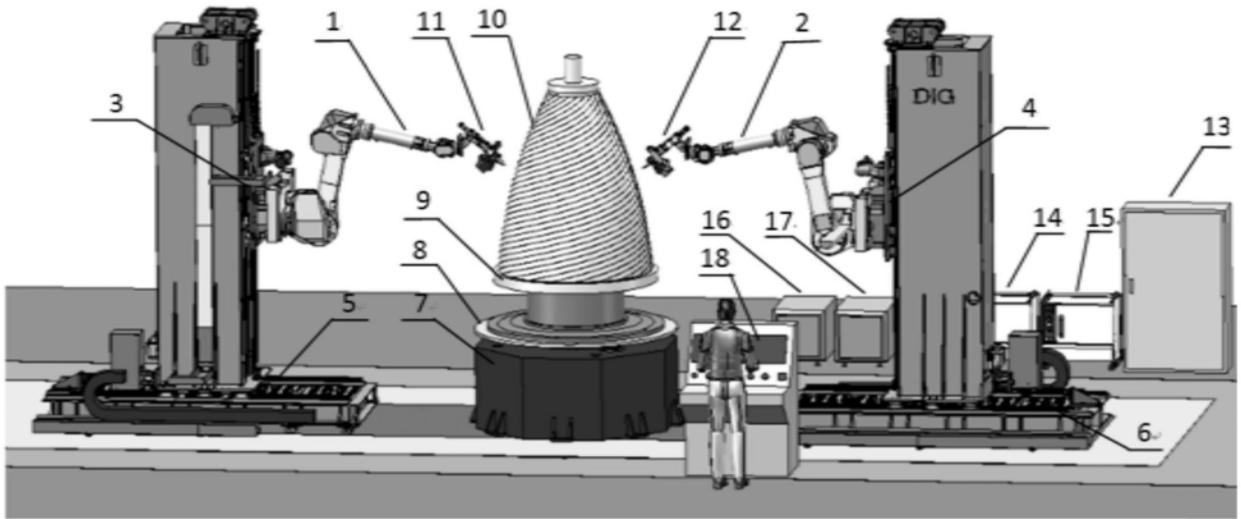


图1

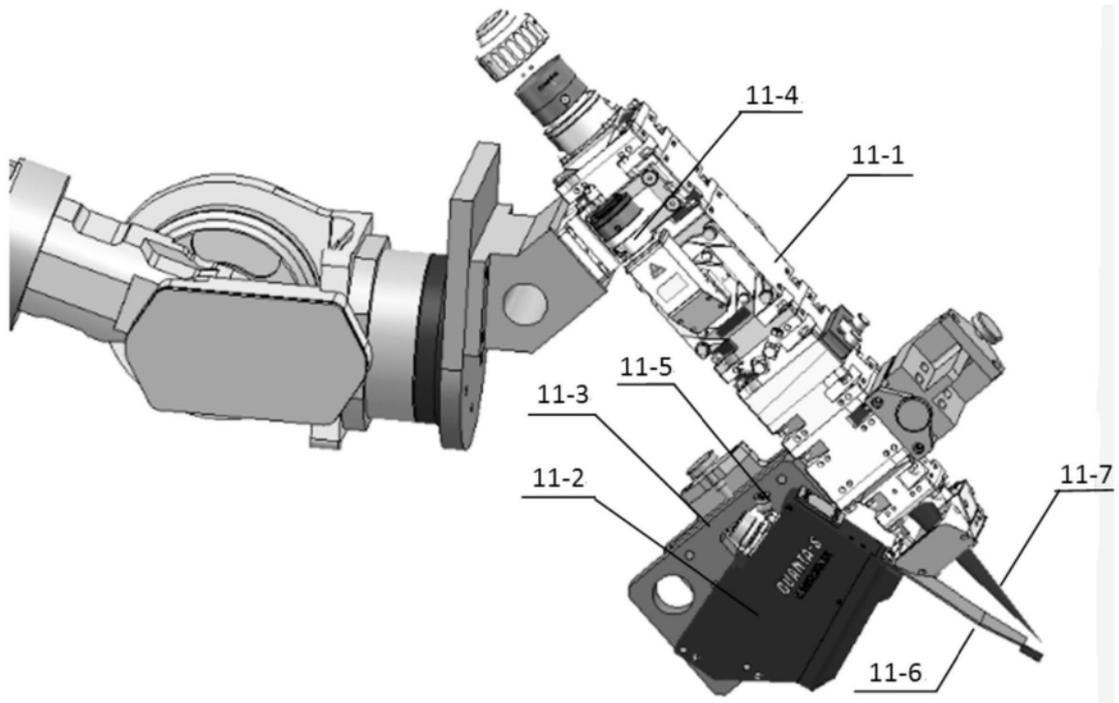


图2

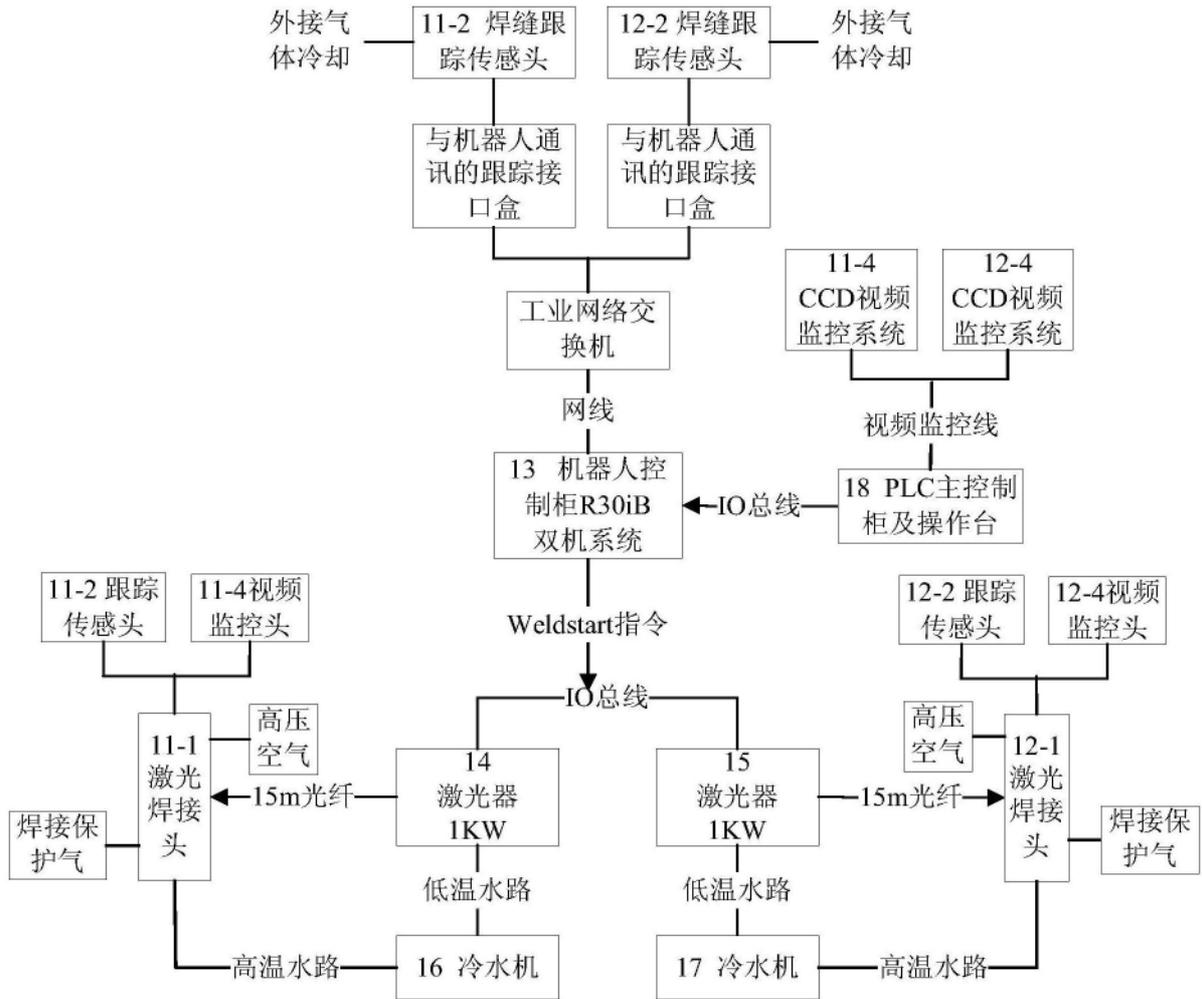


图3

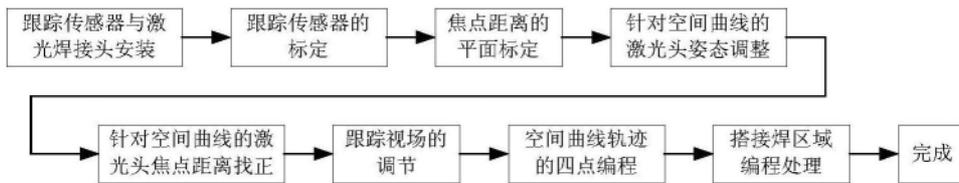


图4

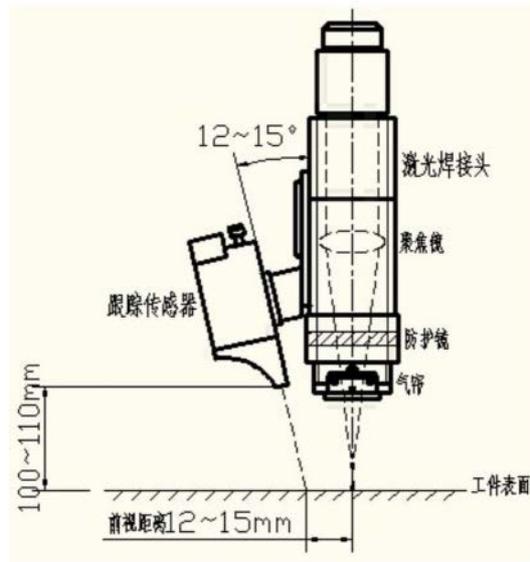


图5

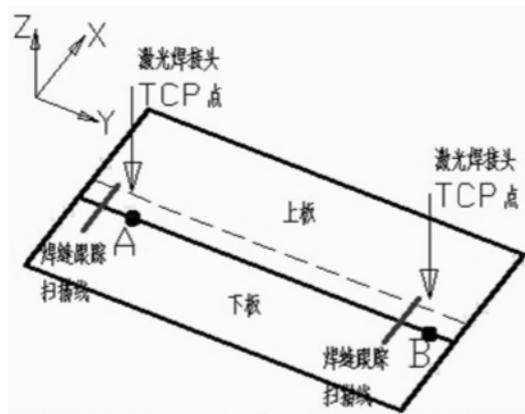


图6(a)

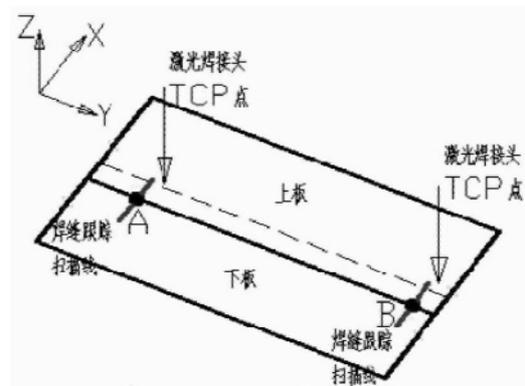


图6(b)

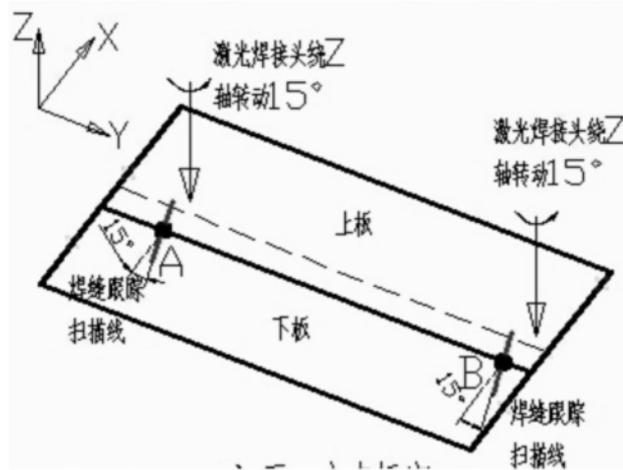


图6(c)

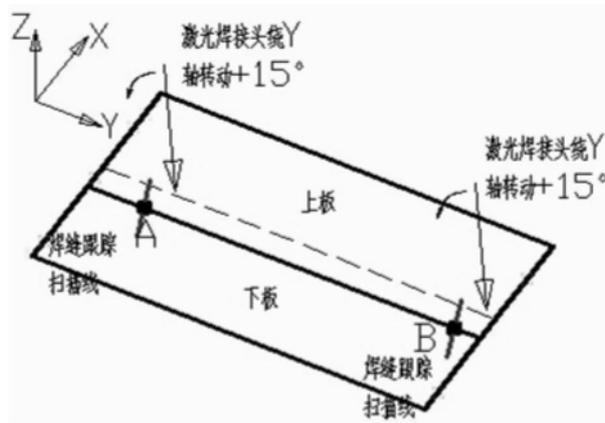


图6(d)

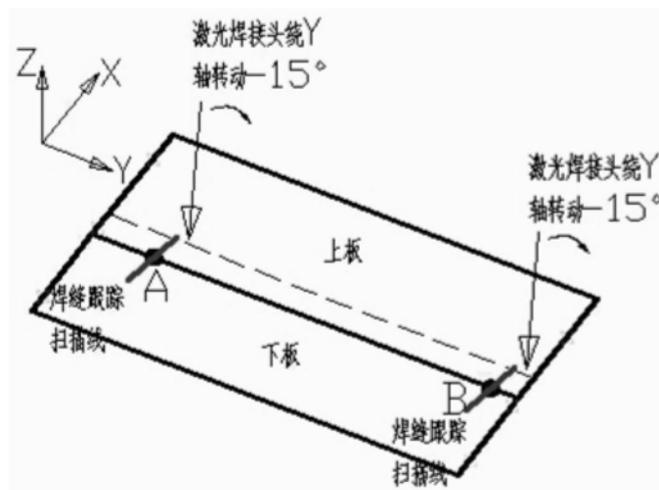


图6(e)

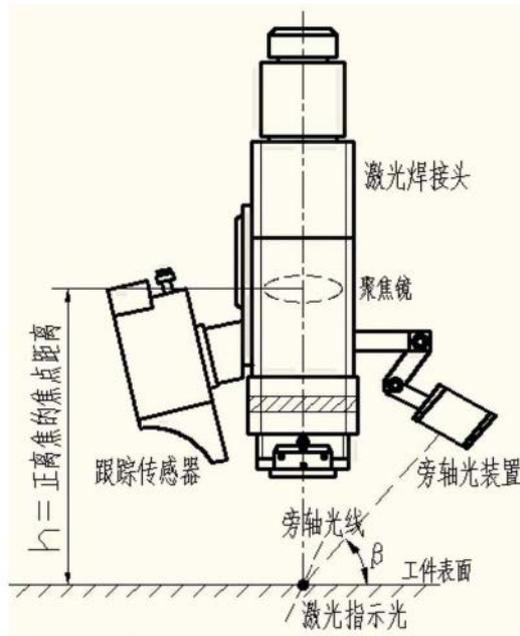


图7(a)

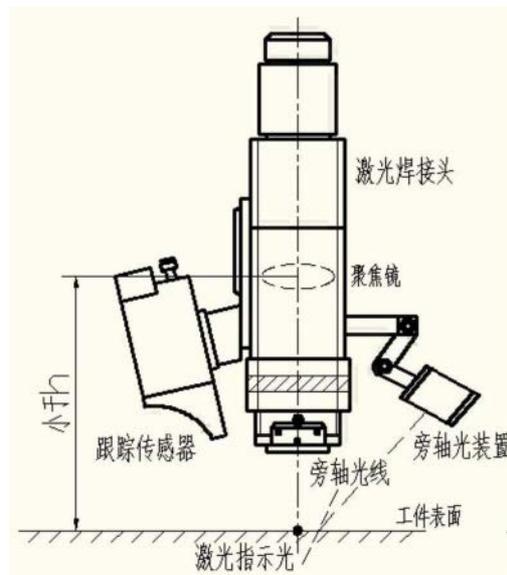


图7(b)

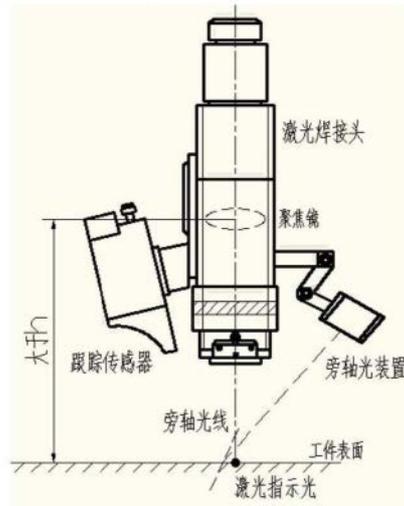


图7(c)

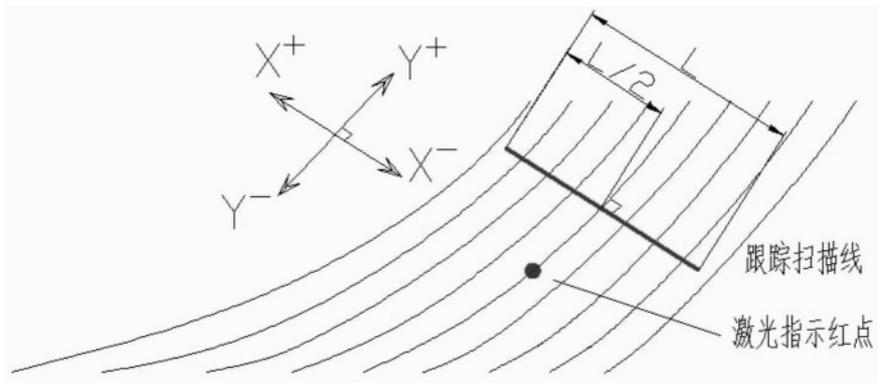


图8

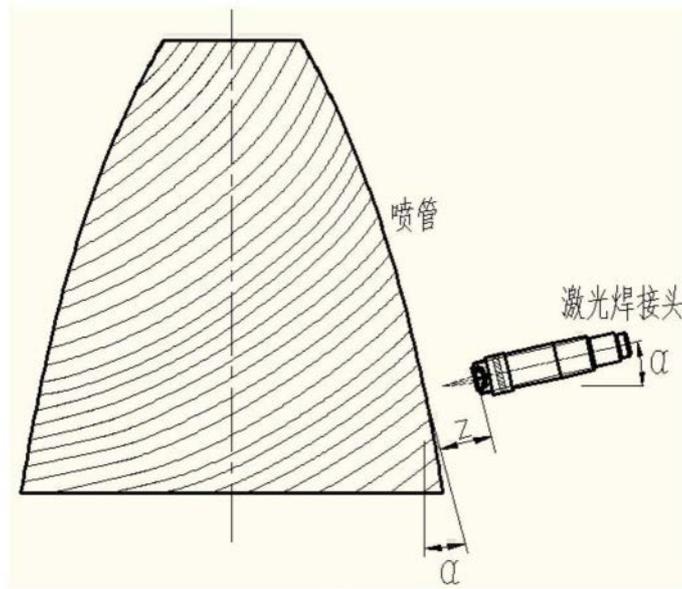


图9

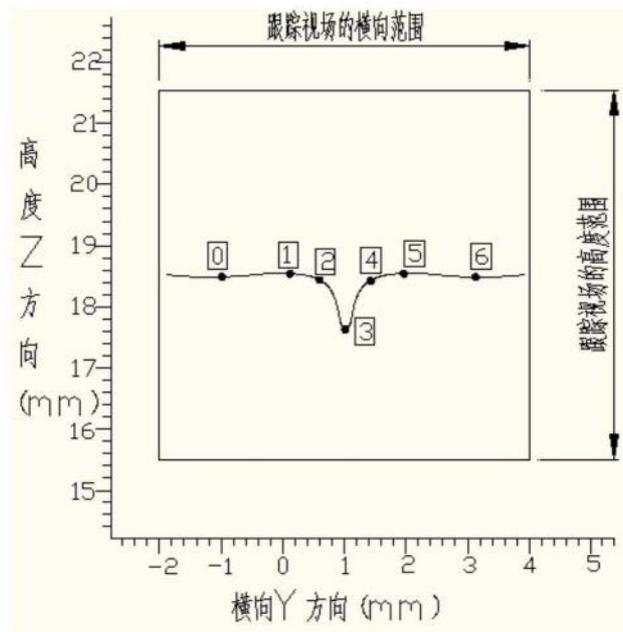


图10

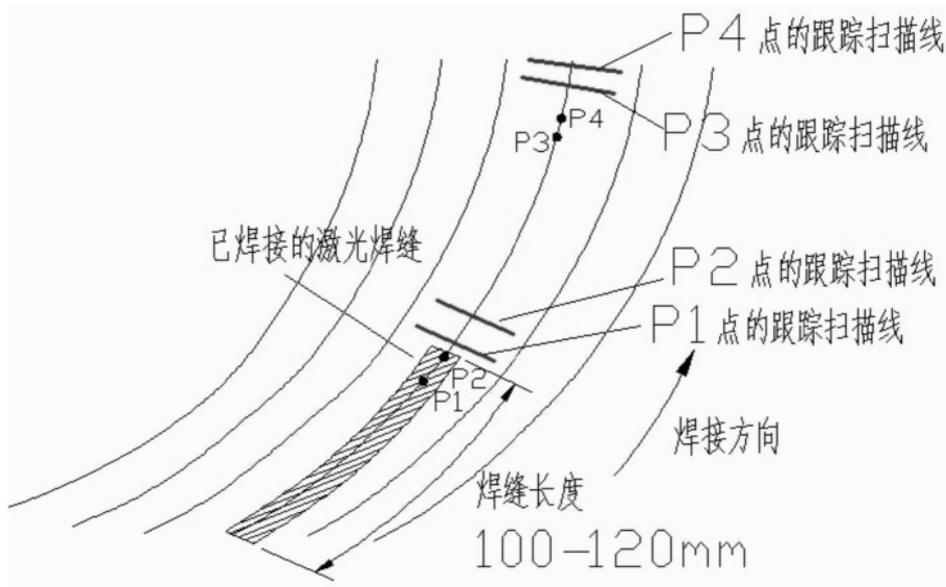


图11