



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114799422 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 25

(21) 申请号 202210205286.1

(22) 申请日 2022.03.03

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114799422 A

(43) 申请公布日 2022.07.29

(73) 专利权人 湘潭大学  
地址 411105 湖南省湘潭市雨湖区湘潭大学

(72) 发明人 贾爱亭 黄慧玲 罗米娜 农钰祥 吴乐

(51) Int. Cl.  
B23K 9/167 (2006.01)  
B23K 9/127 (2006.01)  
B23K 9/32 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 102615390 A, 2012.08.01
- CN 104668739 A, 2015.06.03
- CN 106002022 A, 2016.10.12
- CN 106113049 A, 2016.11.16
- CN 106825870 A, 2017.06.13
- CN 107414253 A, 2017.12.01
- CN 108213788 A, 2018.06.29
- CN 109702297 A, 2019.05.03
- JP 2008238227 A, 2008.10.09
- JP S6471578 A, 1989.03.16
- KR 101669370 B1, 2016.10.25
- US 2021154836 A1, 2021.05.27
- US 6127651 A, 2000.10.03

审查员 汪卫婷

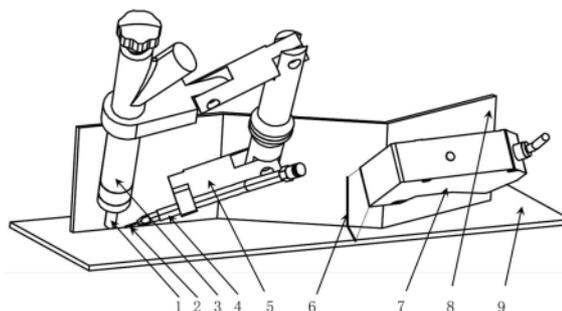
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

## (54) 发明名称

一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW(钨极惰性气体保护焊)自适应填丝方法。针对大量存在于大型起重装备、航空航天、核电建设等领域中的3D折线焊缝在填丝GTAW过程中填丝位置难以自适应控制以及容易受到触碰干扰的问题,本发明提出一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW(钨极惰性气体保护焊)自适应填丝方法。在焊接开始前,利用焊丝-钨极-工件自适应感知系统确定焊丝与钨极的相对位置以及焊丝与工件起焊点的相对位置;焊接过程中,利用弧长识别系统自适应填丝的高度,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰。



1. 一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法,用于3D折线焊缝实时跟踪过程中自适应填丝,其特征在于:

步骤(1):自适应确定焊丝钨针的相对位置

在自适应焊丝与钨针的相对位置过程中,首先,填丝臂控制焊丝在喷嘴下方垂直钨针的方向移动,当触碰到钨针时,自适应感知器获取触碰信号并记录钨针第一个触碰感知点的三维位置 $(x_1, y_1, z_1)$ ;然后,填丝臂控制焊丝在垂直钨针的方向后退距离 $d_1$ ;后退完成后,沿钨针平行方向下降距离 $d_2$ ;下降完成后,填丝臂控制焊丝沿垂直钨针方向前进 $d_1+D/2$ ,其中 $D$ 为钨针的直径;前进完成后,填丝臂控制焊丝沿钨针平行方向移动,直到自适应感知器获取触碰信号并记录钨针第二个触碰感知点的三维位置 $(x_2, y_2, z_2)$ ,从而确定钨针与焊丝的相对位置;

步骤(2):基于焊丝四点触碰的3D折线焊缝起焊点位姿识别

填丝臂控制焊丝触碰3D折线焊缝工件立板,当焊丝触碰到立板时自适应感知器获取触碰信号并记录当前焊丝的位置 $(x_{w1}, y_{w1}, z_{w1})$ ;填丝臂控制焊丝在x方向移动距离 $D_{w1}$ ,然后控制焊丝沿z轴负方向移动,当焊丝触碰到工件平板时,自适应感知器获取触碰信号并记录当前焊丝的位置 $(x_{w2}, y_{w2}, z_{w2})$ ;根据第一个触碰感知点和第二个触碰感知点的位置确定第一个焊缝点的位置 $(x_{ws1}, y_{ws1}, z_{ws1})$ ,其坐标值通过式(1)计算;填丝臂控制焊丝沿z轴正方向移动距离 $D_{w2}$ ,沿y轴负方向移动距离 $D_{w3}$ ,然后填丝臂控制焊丝沿z轴负方向移动,直到焊丝触碰到工件平板,自适应感知器获取感知信号并记录当前焊丝的位置 $(x_{w3}, y_{w3}, z_{w3})$ ;填丝臂控制焊丝沿z轴正方向移动距离 $D_{w4}$ ,然后控制焊丝沿x轴移动,直到焊丝触碰到工件立板并记录当前焊丝的位置 $(x_{w4}, y_{w4}, z_{w4})$ ;根据第三个触碰感知点和第四个触碰感知点的位置确定第二个焊缝点的位置 $(x_{ws2}, y_{ws2}, z_{ws2})$ ,其坐标值通过式(2)计算;焊缝法向的单位向量为 $(x_{wo}, y_{wo}, z_{wo})$ ,各坐标通过式(3)计算;焊缝起焊点的单位方向向量 $(x_{wn}, y_{wn}, z_{wn})$ 通过式(4)计算;

$$\begin{cases} x_{ws1} = x_{w1} \\ y_{ws1} = y_{w1} = y_{w2} \\ z_{ws1} = z_{w2} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_{ws2} = x_{w4} \\ y_{ws2} = y_{w3} = y_{w4} \\ z_{ws2} = z_{w3} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_{wo} = \frac{(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \\ y_{wo} = \frac{(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \\ z_{wo} = \frac{(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_{wn} = \frac{x_{ws1}-x_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \\ y_{wn} = \frac{y_{ws1}-y_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \\ z_{wn} = \frac{z_{ws1}-z_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \end{cases} \quad (4)$$

步骤(3):利用加权弧长识别系统自适应填丝的高度

在焊接过程中,利用自适应感知器获取电弧信号,根据焊丝的直径确定电弧信号的权

值 $k_d$ ,利用模糊PID控制算法根据加权后的电弧信号值和焊接电压之后的关系对送丝高度进行自适应调整;

步骤(4):自适应送丝角度避免送丝臂与工件发生触碰干扰

利用激光位移传感器实时获取3D折线焊缝的3D轨迹信息,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰干扰。

## 一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及焊缝跟踪领域,是一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法。

### 技术背景

[0002] 3D折线焊缝大量存在于大型起重装备、航空航天、核电建设等领域,通常使用填丝GTAW工艺,实现填丝GTAW自动焊接是提高焊接效率和质量的有效途径。填丝GTAW过程中,钨极是易损件,需要经常更换,每次钨极的更换都会导致钨极和焊丝之间的相对位置发生变化,需要人工对送丝机构进行调整,严重影响了焊接效率。在焊接过程中,3D折线焊缝的位姿信息是实时变化的,当弧长发生变化时,为了保证焊接质量,需要对送丝高度进行实时调整。3D折线焊缝工件由不同位姿的折线段构成,为了避免焊接过程中填丝机构与工件发生触碰,需要实时对填丝角度进行调整。针对以上难题,本发明提出了一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法。

### 发明内容

[0003] 为了解决现有技术存在的不足,更好的推动焊接设备的自动化的进程,针对大量存在于大型起重装备、航空航天、核电建设等领域中大量存在的3D折线焊缝在填丝GTAW过程中填丝位置难以自适应控制以及容易受到触碰干扰等问题,本发明提出了一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法。

[0004] 本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法,用于3D折线焊缝实时跟踪过程中自适应填丝,其特征在于:所述的一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法,在焊接开始前,利用焊丝-钨极-工件自适应感知系统确定焊丝与钨极的相对位置以及焊丝与工件起焊点的相对位置;焊接过程中,利用弧长识别系统自适应填丝的高度,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰。

[0006] 在焊接开始前,利用焊丝-钨极-工件自适应感知系统确定焊丝与钨极的相对位置以及焊丝与工件起焊点的相对位置;所述的焊丝-钨极-工件自适应感知系统由自适应感知器、5自由度填丝臂、钨针和工件组成;所述的自适应感知器利用焊丝与钨针触碰确定焊丝与钨针的相对位置,利用焊丝与工件立板、平板的四点触碰确定焊缝相对于焊丝的位姿,进而确定钨针相对于焊缝的位姿;所述的四点触碰为填丝臂控制焊丝在工件立板和平板各触碰两个点,根据平行四边形定位法确定焊缝的位姿;所述的5自由度填丝臂它具有5个自由度,可以控制焊丝在三维空间中移动。

[0007] 焊接过程中,利用加权弧长识别系统自适应填丝的高度,所述的加权弧长识别系统利用填丝GTAW过程中弧长与焊接电压的关系确定弧长,根据弧长的变化确定钨针与焊缝之间的距离,进而自适应焊丝与钨针和工件之间的距离。

[0008] 焊接过程中,利用激光位移传感器实时获取3D折线焊缝的3D轨迹信息,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰干扰。

[0009] 发明的有益效果:

[0010] 本发明涉及一种用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法。在焊接开始前,利用焊丝-钨极-工件自适应感知系统确定焊丝与钨极的相对位置以及焊丝与工件起焊点的相对位置;焊接过程中,利用弧长识别系统自适应填丝的高度,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰。本发明解决了3D折线焊缝填丝GTAW过程中,无法实现自适应填丝的难题。

## 附图说明

[0011] 图1为基于填丝GTAW自适应填丝3D折线焊缝实时跟踪系统图。

[0012] 图中:1-钨极,2-焊丝,3-GTAW焊枪,4-填丝嘴,5-5轴填丝臂,6-激光条纹,7-视觉传感器,8-3D折线焊缝工件立板,9-3D折线焊缝工件平板。

[0013] 图2为自适应获取焊丝钨针相对位置原理图。

[0014] 图中:1-气罩,2-钨针,3-钨针触碰感知点1,4-钨针触碰感知点2,5-填丝嘴。

[0015] 图3为自适应获取3D折线焊缝起焊点位姿原理图。

[0016] 图中:1-触碰感知点3,2-焊缝点2,3-触碰感知点4,4-触碰感知点2,5-焊缝点1,6-触碰感知点1,7-3D折线焊缝工件平板,8-3D折线焊缝工件立板。

[0017] 图4为用于3D折线焊缝实时跟踪的填丝GTAW自适应填丝方法原理图。

## 具体实施方式

[0018] 为了更好地表达整个发明的技术方案与有益效果,下面结合附图和实施案例对本发明做进一步详细说明。本发明的实施方式不限于此。

[0019] 步骤1:自适应确定焊丝钨针的相对位置。

[0020] 填丝GTAW过程中为了精确自适应填丝位置,在焊接前需要自适应确定焊丝与钨针的相对位置。图2中所示,在自适应焊丝与钨针的相对位置过程中,首先,填丝臂控制焊丝在喷嘴下方垂直钨针的方向移动,当触碰到钨针时,图4中自适应感知器的输入通道1获取感知信号并记录钨针触碰感知点1的三维位置 $(x_1, y_1, z_1)$ (相对于填丝臂的基坐标);然后,填丝臂控制焊丝在垂直钨针的方向后退距离 $d_1$ ;后退完成后,沿钨针平行方向下降距离 $d_2$ ;下降完成后,填丝臂控制焊丝沿垂直钨针方向前进 $d_1+D/2$ ( $D$ 为钨针的直径);前进完成后,填丝臂控制焊丝沿钨针平行方向移动,直到自适应感知器的输入通道1获取感知信号并记录钨针触碰感知点2的三维位置 $(x_2, y_2, z_2)$ (相对于填丝臂的基坐标),从而确定钨针与焊丝的相对位置。

[0021] 步骤2:基于焊丝四点触碰的3D折线焊缝起焊点位姿识别。

[0022] 在3D折线焊缝自动焊接过程中,焊接前需要自动确定焊缝起焊点与钨针的相对位置和姿态。本发明提出一种基于焊丝四点触碰的3D折线焊缝起焊点位姿识别方法。填丝臂控制焊丝触碰3D折线焊缝工件立板,当焊丝触碰到立板时图4中自适应感知器输入信号2获取触碰信号并记录当前焊丝的位置 $(x_{w1}, y_{w1}, z_{w1})$ 。填丝臂控制焊丝在x方向移动距离 $D_{w1}$ ,然后控制焊丝沿z轴负方向移动,当焊丝触碰到工件平板时,图4中输入信号2获取触碰信号并

记录当前焊丝的位置 $(x_{w2}, y_{w2}, z_{w2})$ 。根据触碰感知点1和触碰感知点2的位置确定焊缝点1的位置 $(x_{ws1}, y_{ws1}, z_{ws1})$ ，其中坐标值通过式(1)计算。填丝臂控制焊丝沿z轴正方向移动距离 $D_{w2}$ ，沿y轴负方向移动距离 $D_{w3}$ ，然后填丝臂控制焊丝沿z轴负方向移动，直到焊丝触碰到工件平板，图4中自适应感知器获取感知信号并记录当前焊丝的位置 $(x_{w3}, y_{w3}, z_{w3})$ 。填丝臂控制焊丝沿z轴正方向移动距离 $D_{w4}$ ，然后控制焊丝沿x轴移动，直到焊丝触碰到工件立板并记录当前焊丝的位置 $(x_{w4}, y_{w4}, z_{w4})$ 。根据触碰感知点3和触碰感知点4的位置确定焊缝点2的位置 $(x_{ws2}, y_{ws2}, z_{ws2})$ ，其中坐标值通过式(2)计算。焊缝法向的单位向量为 $(x_{wo}, y_{wo}, z_{wo})$ ，各坐标通过式(3)计算。焊缝起焊点的单位方向向量 $(x_{wn}, y_{wn}, z_{wn})$ 通过式(4)计算。

$$[0023] \quad \begin{cases} x_{ws1} = x_{w1} \\ y_{ws1} = y_{w1} = y_{w2} \\ z_{ws1} = z_{w2} \end{cases} \quad (1)$$

$$[0024] \quad \begin{cases} x_{ws2} = x_{w4} \\ y_{ws2} = y_{w3} = y_{w4} \\ z_{ws2} = z_{w3} \end{cases} \quad (2)$$

$$[0025] \quad \begin{cases} x_{wo} = \frac{(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \\ y_{wo} = \frac{(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \\ z_{wo} = \frac{(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})}{\sqrt{[(x_{w1}-x_{ws1})+(x_{w2}-x_{ws1})]^2+[(y_{w1}-y_{ws1})+(y_{w2}-y_{ws1})]^2+[(z_{w1}-z_{ws1})+(z_{w2}-z_{ws1})]^2}} \end{cases} \quad (3)$$

$$[0026] \quad \begin{cases} x_{wn} = \frac{x_{ws1}-x_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \\ y_{wn} = \frac{y_{ws1}-y_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \\ z_{wn} = \frac{z_{ws1}-z_{ws2}}{\sqrt{(x_{ws1}-x_{ws2})^2+(y_{ws1}-y_{ws2})^2+(z_{ws1}-z_{ws2})^2}} \end{cases} \quad (4)$$

[0027] 步骤3:利用加权弧长识别系统自适应填丝的高度。

[0028] 3D折线焊缝填丝GTAW过程中电弧的长度会发生变化,为了保证焊接质量,填丝的高度也需要自适应变化。在焊接过程中,利用图4所示的自适应感知器获取电弧信号,根据焊丝的直径确定电弧信号的权值 $k_d$ ,利用模糊PID控制算法根据加权后的电弧信号值和焊接电压之后的关系对送丝高度进行自适应调整。

[0029] 步骤4:自适应送丝角度避免送丝臂与工件发生触碰干扰

[0030] 3D折线焊缝填丝GTAW过程中,需要自适应填丝角度以避免填丝臂与工件产生触碰干扰。本发明利用图1中7所示的激光位移传感器实时获取3D折线焊缝的3D轨迹信息,并根据激光位移传感器获取的焊缝的三维位姿自适应送丝角度以避免送丝臂与工件发生触碰干扰。

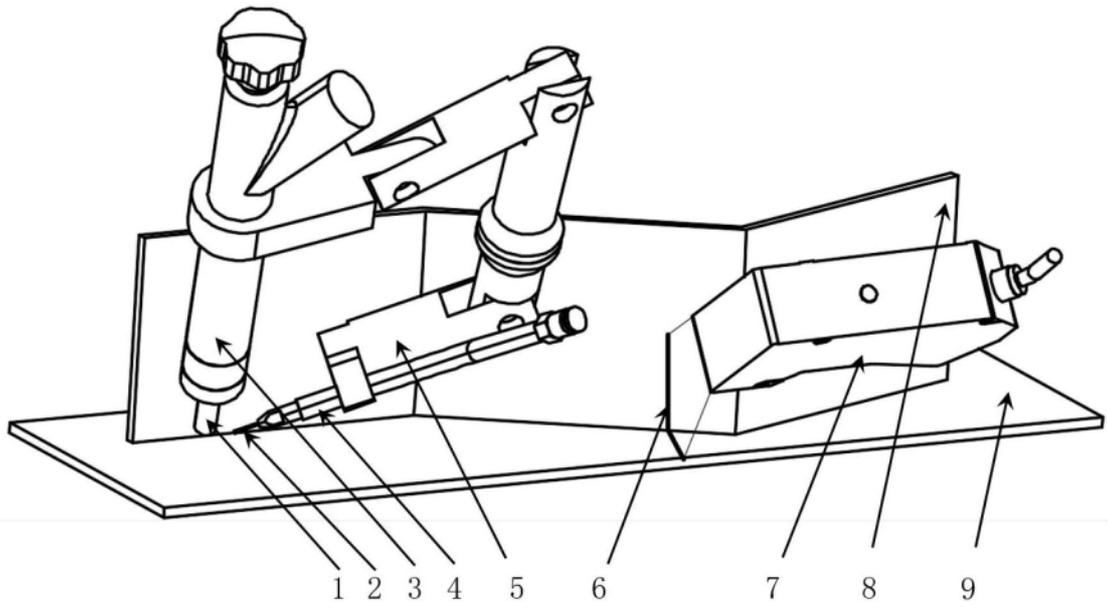


图1

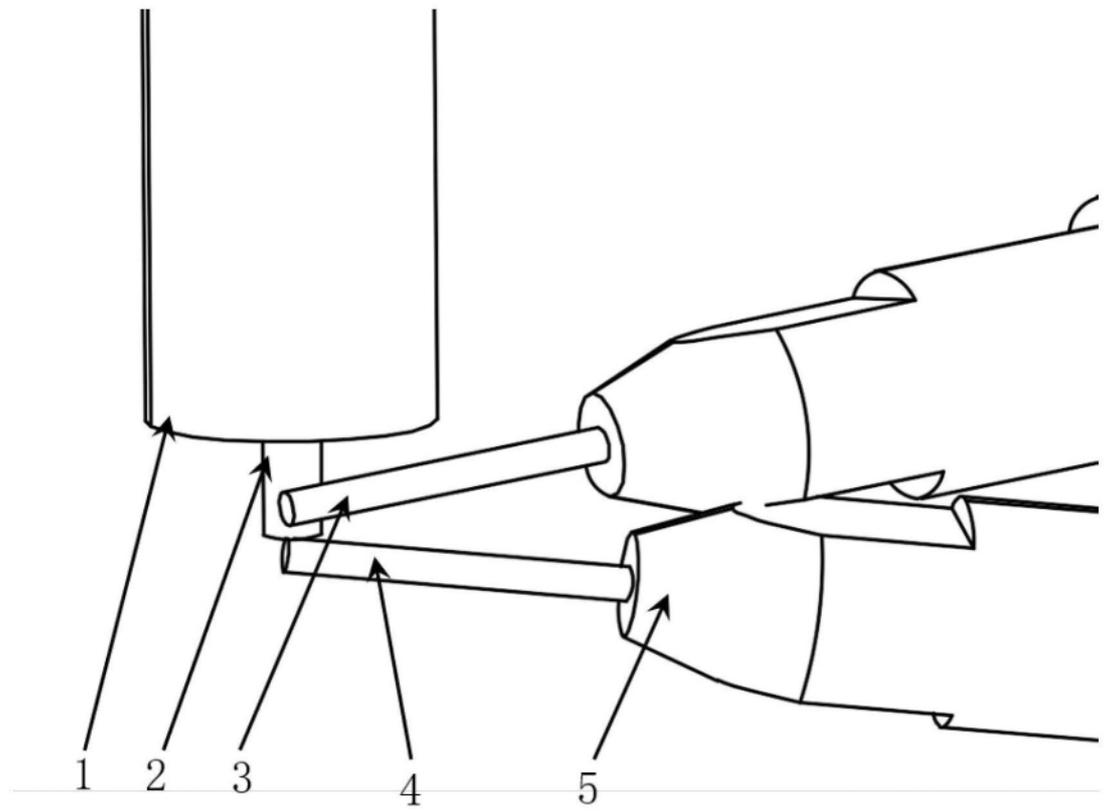


图2

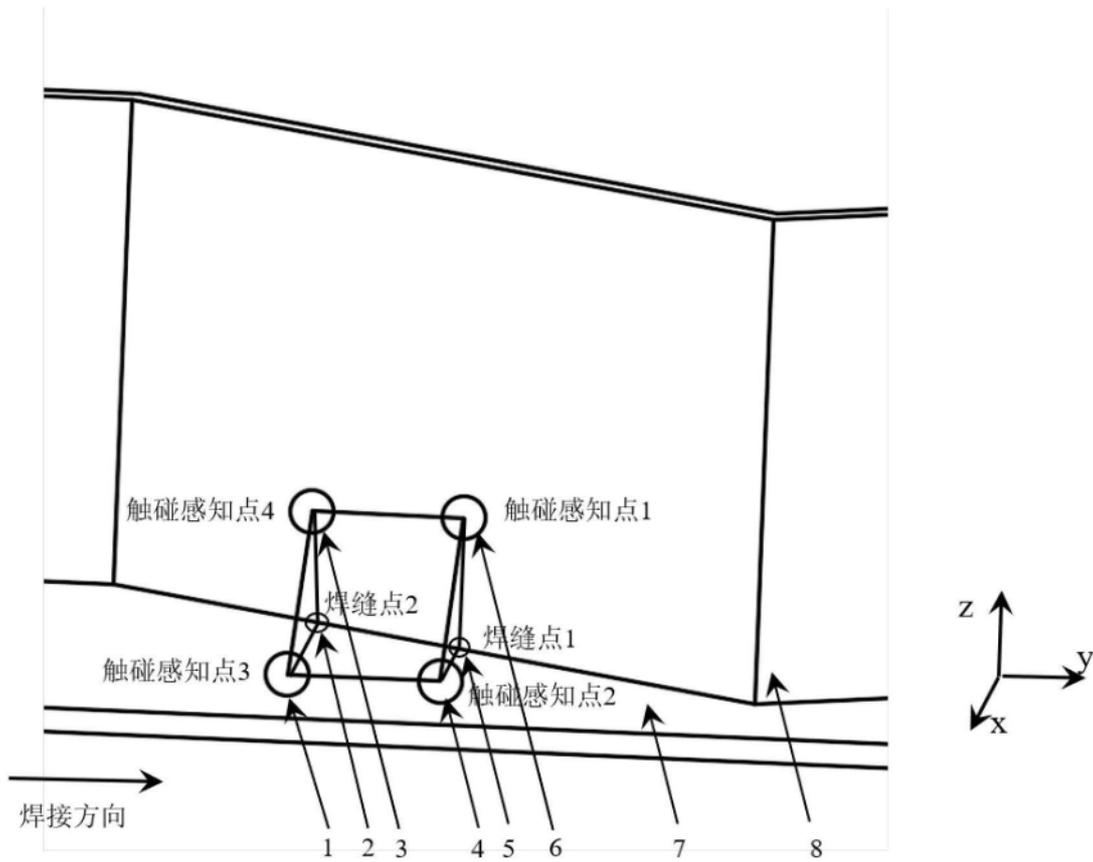


图3

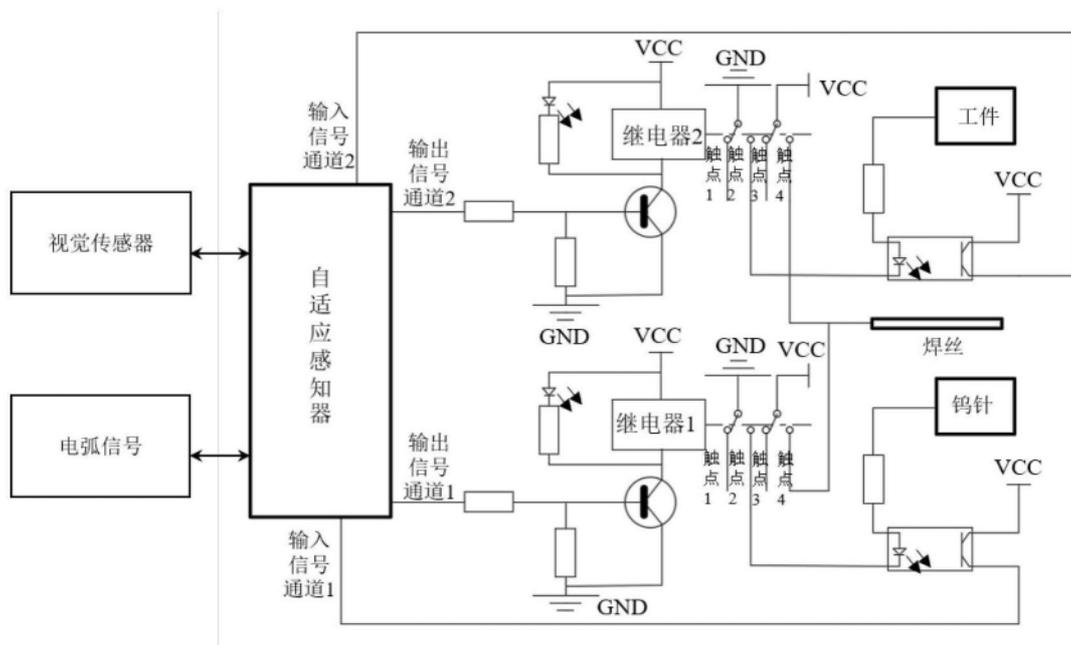


图4