



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106141373 A

(43)申请公布日 2016. 11. 23

(21)申请号 201610564531.2

B23K 37/00(2006.01)

(22)申请日 2016.07.18

B23K 103/10(2006.01)

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市江宁区将军大道29号

(72)发明人 占小红 杨建凯 陈莉莉 彭康森 刘芸

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 贺翔 吴庭祥

(51) Int. Cl.

B23K 9/04(2006.01)

B23K 9/28(2006.01)

B23K 9/16(2006.01)

B23K 9/32(2006.01)

B23K 9/133(2006.01)

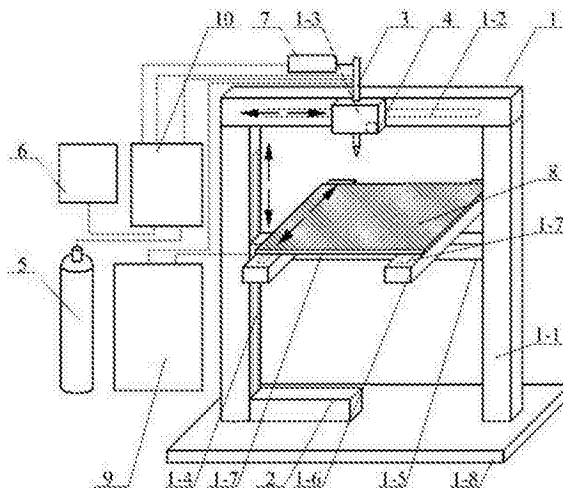
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

铝合金结构件的电弧3D打印设备及打印方法

(57)摘要

本发明公开了一种铝合金结构件的电弧3D打印设备。包括三维联动机构、三维联动闭环控制单元、电弧传感器、焊接控制系统、焊枪、氩气供应机构、水供应机构、送丝机构和构件基板；氩气供应机构、水供应机构和送丝机构连接焊枪；焊枪、构件基板安装在三维联动机构上，焊枪位于构件基板的上方，焊枪与构件基板之间可相对移动；电弧传感器安装在三维联动机构上，三维联动机构和电弧传感器均电连接三维联动闭环控制单元。本发明可动态控制电弧长度，使电弧长度基本保持不变，提高电弧稳定性，并且能够精确定位焊枪位置，使其在构件基板上按照预设路径堆焊出结构件。本发明还公开了一种利用铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法。



1. 一种铝合金结构件的电弧3D打印设备,其特征在于:包括三维联动机构、三维联动闭环控制单元、电弧传感器、焊接控制系统、焊枪、氩气供应机构、水供应机构、送丝机构和构件基板;

所述氩气供应机构、水供应机构和送丝机构连接焊枪;所述焊接控制系统控制氩气供应机构、水供应机构、送丝机构和焊枪运行;

所述焊枪、构件基板安装在三维联动机构上,焊枪位于构件基板的上方,所述焊枪与构件基板之间可相对移动;

所述电弧传感器安装在三维联动机构上,所述三维联动机构和电弧传感器均电连接三维联动闭环控制单元,所述三维联动闭环控制单元根据电弧传感器反馈的电弧位置信号实时控制三维联动机构调整焊枪与构件基板相对位置。

2. 根据权利要求1所述铝合金结构件的电弧3D打印设备,其特征在于:所述三维联动机构包括门形支架,支架的上部设有横向滑轨,滑轨内设有可移动的横向滑块,所述焊枪与电弧传感器安装在横向滑块上;所述支架竖向相向的内侧分别设有竖向滑轨,两竖向滑轨之间连接可沿竖向滑轨上下移动的第一移动杆;所述第一移动杆上安装与其垂直设置的第二移动杆,所述第二移动杆沿轴向设有纵向滑轨,纵向滑轨上安装可沿纵向滑轨移动的焊接基座,所述构件基板固定焊接基座上。

3. 一种利用权利要求1所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于包括以下步骤:

1)、在构件基板上确定起弧点,开始第一层第一道圆环的焊接;

2)、完成第一层第一道圆环焊接后,焊枪向第一道圆环外侧移动一个焊道宽度,开始第一层第二道圆环的焊接,第一层第二道圆环的焊接方向与第一层第一道圆环的焊接方向相反,焊缝相互搭接;

3)、完成第一层第二道圆环焊接后,重复步骤2),再完成若干道圆环焊接,直至宽度达到模型预设宽度,形成第一层环形件,然后收弧;

4)、将构件基板下降设定的层厚,在第一层环形件上确定第二层起弧点,开始第二层第一道圆环的焊接,第二层第一道圆环的焊接方向与下面的第一层环形件的相应道圆环的焊接方向相反;

5)、完成第二层第一道圆环焊接后,焊枪向圆环外侧移动一个焊道宽度,开始第二层第二道圆环的焊接,第二层第二道圆环的焊接方向与第二层第一道圆环的焊接方向相反,焊缝相互搭接;

6)、完成第二层第二道圆环焊接后,重复步骤5),再完成若干道圆环焊接,同层相邻道圆环焊接采用相反方向,由这些圆环组成第二层环形件,然后收弧;

7)、重复步骤4)至步骤6),再完成若干层环形件焊接,直至达到模型预设高度,最终由若干层环形件组成的铝合金结构件。

4. 根据权利要求3所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述同一层相邻圆环焊缝搭接宽度为0.4-0.8mm。

5. 根据权利要求3所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述焊道宽度为1-2mm。

6. 根据权利要求3所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述

上下两层焊道起弧点的水平间距不小于10mm。

7. 根据权利要求3所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述焊接时采用的焊丝为铝镁焊丝,焊丝直径为1.6mm,熔滴过渡方式采用亚射流过渡。

8. 根据权利要求3所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述焊接电流为240-290A,焊接电压为25-28V,堆焊速度为600mm/min,送丝速度为7.3-8.9m/min,电弧长度为5mm,氩气流量为22L/min。

9. 根据权利要求4所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述焊道宽度为1-2mm。

10. 根据权利要求9所述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,其特征在于:所述上下两层焊道起弧点的水平间距不小于10mm。

## 铝合金结构件的电弧3D打印设备及打印方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种3D打印设备,具体讲是一种铝合金结构件的电弧3D打印设备及打印方法,属于铝合金电弧3D打印增材制造领域。

### 技术领域

[0002]

[0003] 铝合金是工业中应用最广泛的有色金属结构材料,在航空、航天、汽车、机械制造及船舶等领域已大量应用。特别是近些年来科学技术及工业经济的迅速发展,对铝合金焊接构件的需求日益增多,使铝合金的研究日益深入。

[0004] 电弧增材制造采用逐层堆焊的方式制造致密金属实体构件,因以电弧为载能束,热输入高,成形速度快,适用于大尺寸复杂构件,其制造成本低、效率高。增材制造技术是由零件三维数据驱动,采用材料逐层叠加的方法制造实体零件的快速成形技术。该成形方法最大优势是无需传统的刀具即可成形、减少工序、缩短产品制造周期,在航空航天、生物医学、能源化工、微纳制造等领域具有广阔应用前景。

[0005] 金属增材制造技术按热源类型可分为三类:激光、电子束和电弧。过去20年主要研究以激光、电子束为热源的粉基金属增材制造技术,但由于其原材料、热源特点,金属粉基激光、电子束增材制造技术在成形某些特定结构时受到一定限制而无法实现或即使可以成形,其原材料、时间成本也很高。

[0006] 现有的技术成形复杂结构件时表现出一定的局限性,为了应对大型化、整体化航天结构件的增材制造需求,基于堆焊技术发展起来的低成本、高效率的电弧增材制造技术逐渐受到关注。

[0007] 目前,国内外很多科研机构都对电弧增材制造技术进行了相关研究。德国弗劳恩霍夫激光技术研究所、美国南卫理工会大学、英国克莱菲尔德大学等科研机构对电弧增材制造技术几何形状的成形能力及组织性能开展了相关研究。国内一些科研院所和高校也开展了电弧增材制造技术的研究。但目前电弧增材制造设备不能精确定位焊枪位置,无法控制电弧长度和电弧稳定性,直接影响成型件的尺寸精度和成型质量,同时其产品成型效率较低,大大提高了制作成本。

### 发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术缺陷,提供一种可有效提高成品的尺寸精度和成型质量且成型效率高的铝合金结构件电弧3D打印设备及打印方法。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明提供的铝合金结构件的电弧3D打印设备,包括三维联动机构、三维联动闭环控制单元、电弧传感器、焊接控制系统、焊枪、氩气供应机构、水供应机构、送丝机构和构件基板;

[0010] 所述氩气供应机构、水供应机构和送丝机构连接焊枪;所述焊接控制系统控制氩气供应机构、水供应机构、送丝机构和焊枪运行;

[0011] 所述焊枪、构件基板安装在三维联动机构上,焊枪位于构件基板的上方,所述焊枪与构件基板之间可相对移动;

[0012] 所述电弧传感器安装在三维联动机构上,所述三维联动机构和电弧传感器均电连接三维联动闭环控制单元,所述三维联动闭环控制根据电弧传感器反馈的电弧位置信号实时控制三维联动机构调整焊枪与构件基板相对位置。

[0013] 本发明中,所述三维联动机构包括门形支架,支架的上部设有横向滑轨,滑轨内设有可移动的横向滑块,所述焊枪与电弧传感器安装在横向滑块上;所述支架竖向相向的内侧分别设有竖向滑轨,两竖向滑轨之间连接可沿竖向滑轨上下移动的第一移动杆;所述第一移动杆上安装与其垂直设置的第二移动杆,所述第二移动杆沿轴向设有纵向滑轨,纵向滑轨上安装可沿纵向滑轨移动的焊接基座,所述构件基板固定焊接基座上。

[0014] 本发明还提供了一种利用上述铝合金结构件的电弧3D打印设备的打印方法,包括以下步骤:

[0015] 1)、在构件基板上确定起弧点,开始第一层第一道圆环的焊接;

[0016] 2)、完成第一层第一道圆环焊接后,焊枪向第一道圆环外侧移动一个焊道宽度,开始第一层第二道圆环的焊接,第一层第二道圆环的焊接方向与第一层第一道圆环的焊接方向相反,焊缝相互搭接;

[0017] 3)、完成第一层第二道圆环焊接后,重复步骤2),再完成若干道圆环焊接,直至宽度达到模型预设宽度,形成第一层环形件,然后收弧;

[0018] 4)、将构件基板下降设定的层厚,在第一层环形件上确定第二层起弧点,开始第二层第一道圆环的焊接,第二层第一道圆环的焊接方向与下面的第一层环形件的相应道圆环的焊接方向相反;

[0019] 5)、完成第二层第一道圆环焊接后,焊枪向圆环外侧移动一个焊道宽度,开始第二层第二道圆环的焊接,第二层第二道圆环的焊接方向与第二层第一道圆环的焊接方向相反,焊缝相互搭接;

[0020] 6)、完成第二层第二道圆环焊接后,重复步骤5),再完成若干道圆环焊接,同层相邻道圆环焊接采用相反方向,由这些圆环组成第二层环形件,然后收弧;

[0021] 7)、重复步骤4)至步骤6),再完成若干层环形件焊接,直至达到模型预设高度,最终由若干层环形件组成的铝合金结构件。

[0022] 本发明中,所述同一层相邻圆环焊缝搭接宽度为0.4-0.8mm。

[0023] 本发明中,所述焊道宽度为1-2mm。

[0024] 本发明中,所述上下两层焊道起弧点的水平间距不小于10mm。

[0025] 本发明中,所述焊接时采用的焊丝为铝镁焊丝,焊丝直径为1.6mm,熔滴过渡方式采用亚射流过渡。

[0026] 本发明中,所述焊接电流为240-290A,焊接电压为25-28V,堆焊速度为600mm/min,送丝速度为7.3-8.9m/min,电弧长度为5mm,氩气流量为22L/min。

[0027] 本发明的有益效果在于:(1)、本发明的电弧3D打印设备基于三维联动技术和闭环控制系统,可动态控制电弧长度,使电弧长度基本保持不变,提高电弧稳定性,并且能够精确定位焊枪位置,使其在构件基板上按照预设路径堆焊出结构件,从而提高成型件的尺寸精度和成型质量;(2)、通过氩气保护,电弧空间无氧化性,在堆焊过程中避免铝合金的氧

化;采用铝合金MIG焊工艺的阴极清理作用去除结构件表面氧化膜,得到成型和性能良好的铝合金结构件;(3)、采用铝镁焊丝,其具有较高的强度和良好的抗腐蚀性能,流动性适中,适合进行表面堆焊和快速成形;(5)、同一层相邻圆环焊缝搭接宽度0.4-0.8mm,上下两层焊道起弧点的水平间距不小于10mm,可以有效提高成型铝合金结构件的稳定性;(4)、本发明工艺方法简单,操作方便,可快速有效地进行铝合金结构件的增材制造,与传统的激光3D打印相比,产品成型效率高,制作成本较低。

### 附图说明

[0028] 图1为本发明铝合金结构件的电弧3D打印设备结构示意图;

[0029] 图2为送丝机构结构示意图;

[0030] 图3为三维联动闭环控制系统工作流程图;

[0031] 图4为焊丝熔滴过渡频率(体积)与电流的关系。

### 具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明进一步详细说明。

[0033] 如图1如示,本发明铝合金结构件的电弧3D打印设备,包括三维联动机构1、三维联动闭环控制单元2、电弧传感器4、焊接控制系统10、焊枪3、氩气供应机构5、水供应机构6、送丝机构7、构件基板8和焊接电源9。

[0034] 三维联动机构1包括门形支架1-1,支架1-1固定在底座1-8上;支架1-1的顶层部设有横向滑轨1-2,横向滑轨1-2内安装横向滑块1-3,横向滑块1-3可沿横向滑轨1-2移动,即Y轴方向移动。支架1-1两竖杆相向的内侧分别设有竖向滑轨1-4,两竖向滑轨1-4之间连接第一移动杆1-5,第一移动杆1-5可沿竖向滑轨1-4上下移动,即Z轴方向移动。第一移动杆1-5上安装两根平行设置的第二移动杆1-6,第二移动杆1-6与第一移动杆1-5设置垂直设置。第二移动杆1-6沿其轴向分别设有纵向滑轨1-7,纵向滑轨1-7上安装焊接基座,焊接基座可沿纵向滑轨1-7移动,即X轴方向移动。本发明中,三维联动机构采用现有技术中常规的驱动机构进行驱动,在此不再展开赘述。驱动机构连接三维联动闭环控制单元2,由三维联动闭环控制单元2控制三维联动机构1的运动。

[0035] 焊枪3与电弧传感器4固定安装在横向滑块1-3上,可随横向滑块1-3移动。焊枪3连接焊接控制系统10。电弧传感器4连接三维联动闭环控制单元2,用于向三维联动闭环控制单元2实时反馈电弧位置信号。三维联动闭环控制单元2根据电弧传感器4反馈的电弧位置信号实时控制三维联动机构1调整焊枪3和构件基板8相对位置,使电弧长度基本保持不变,提高电弧稳定性,并且能够使焊枪3在构件基板8上方按照预设路径堆焊出所需结构件。

[0036] 氩气供应机构5连接焊枪3,用于在焊接过程中向焊枪3供应氩气,堆焊过程采用氩气保护可有效防止铝合金的氧化,阴极清理作用去除结构件表面氧化膜,得到成型和性能良好的结构件。焊接控制系统10连接氩气供应机构5,控制氩气供应机构5的运行。

[0037] 水供应机构6连接焊枪3,用于在焊接过程中向焊枪3供应水体,冷却焊枪。焊接控制系统10连接水供应机构6,控制水供应机构6的运行。

[0038] 送丝机构7连接焊枪3,用于在焊接过程中持续向焊枪3供应焊丝。如图2所示,焊丝盘7-1上的焊丝7-2经送丝滚轮7-3夹持,从焊枪3的喷嘴伸出。焊接控制系统10连接送丝机

构7,控制送丝机构7运行。本发明中,焊丝7-2为铝镁焊丝,直径为1.6mm。铝镁焊丝具有较高的强度和良好的抗腐蚀性能,流动性适中,适合进行表面堆焊和快速成形,熔滴过渡方式采用亚射流过渡。熔滴过渡频率(体积)与电流的关系,如图4所示。

[0039] 构件基板8采用3mm厚的LF6铝合金,构件基板8安装在焊接基座上,可以随三维联动机构1进行X、Z轴方向移动,焊枪3位于构件基板8的上方,由三维联动闭环控制单元2控制焊枪3与构件基板8之间相对位置,以满足正常的打印需要。

[0040] 构件基板8和焊枪3分别连接焊接电源9,焊接电源9和焊接控制系统10采用MIG焊接设备,其焊接电流为240-290A,焊接电压为25-28V,堆焊速度为600mm/min,送丝速度为7.3-8.9m/min,电弧长度为5mm,氩气流量为22L/min。

[0041] 本发明采用堆焊方法由若干层环形件叠加形成铝合金结构件,即送丝机构输送焊丝,焊枪熔化焊丝进行焊接,由内至外的环形焊道间依次搭接形成一层环形件,然后构件基板降低一个层厚,重复上述焊接方式再形成另一层环形件,如此往复,最终由若干层环形件叠加形成铝合金结构件,具体打印步骤如下:

[0042] (1)、在构件基板上选取起弧点,焊接控制系统启动开始第一层第一道圆环的焊接;

[0043] (2)、完成第一层第一道圆环焊接后,三维联动闭环控制单元控制焊枪向第一道圆环的外侧移动1-2mm(即一个焊道的宽度),然后开始第一层第二道圆环的焊接,第一层第二道圆环的焊接方向与第一层第一道圆环的焊接方向相反,两道圆环的焊缝搭接0.4-0.8mm;

[0044] (3)、完成第一层第二道圆环焊接后,重复步骤(2),再完成若干道圆环焊接,直至宽度达到模型预设宽度,由这些圆环组成第一层环形件,然后收弧;

[0045] (4)、三维联动闭环控制单元控制构件基板降低一个层厚(2mm),在第一层环形件上与该层起弧点水平间距为10mm位置选取第二层起弧点,开始第二层第一道圆环的焊接,第二层第一道圆环的焊接方向与下面的第一层环形件的相应道圆环的焊接方向相反;

[0046] (5)、完成第二层第一道圆环焊接后,三维联动闭环控制单元控制焊枪向圆环外侧移动1-2mm,开始第二层第二道圆环的焊接,第二层第二道圆环的焊接方向与第二层第一道圆环的焊接方向相反,焊缝间搭接0.4-0.8mm;

[0047] (6)、完成第二层第二道圆环焊接后,重复步骤(5),再完成若干道圆环焊接,同层相邻道圆环焊接采用相反方向,由这些圆环组成第二层环形件,然后收弧;

[0048] (7)、重复步骤(4)至步骤(6),再完成若干层环形件焊接,直至达到模型预设高度,最终由若干层环形件组成铝合金结构件。

[0049] 如图3所示,打印过程中,电弧传感器实时向三维联动闭环控制系统反馈电弧位置信号,三维联动闭环控制系统根据电弧位置信号动态控制三维联动机构实时调整焊枪和构件基板相对位置,使电弧长度基本保持不变,从而提高电弧稳定性,使焊枪在构件基板上按照预设路径堆焊出所需铝结构件。

[0050] 以上对本发明的具体实施方式进行了描述,但本发明并不限于以上描述。对于本领域的技术人员而言,任何对本技术方案的同等修改和替代都是在本发明的范围之内。因此,在不脱离本发明的精神和范围下所作的均等变换和修改,都应涵盖在本发明的范围内。

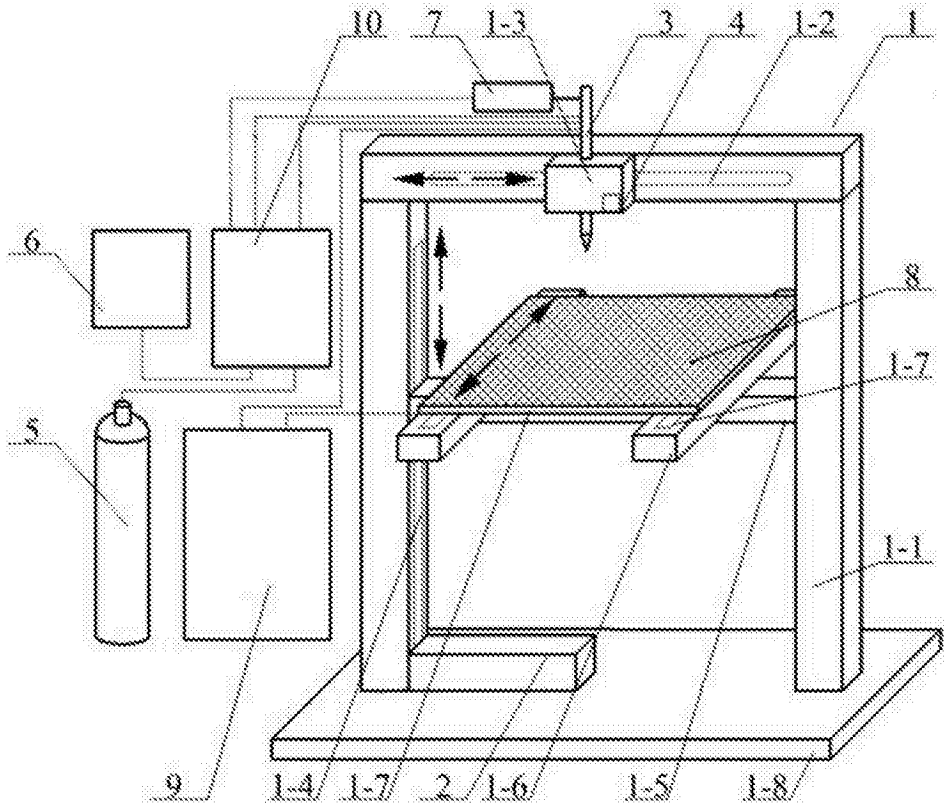


图1

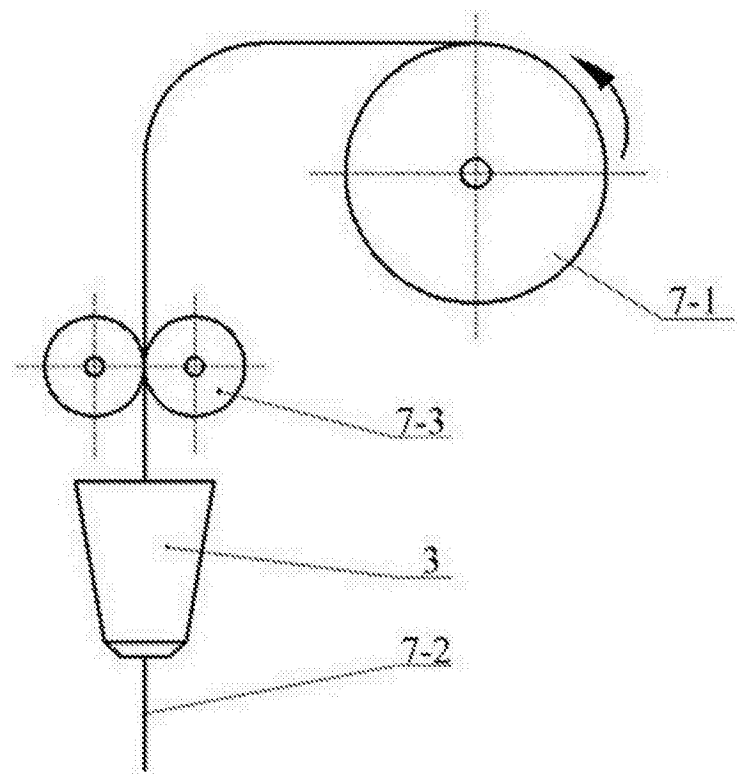


图2



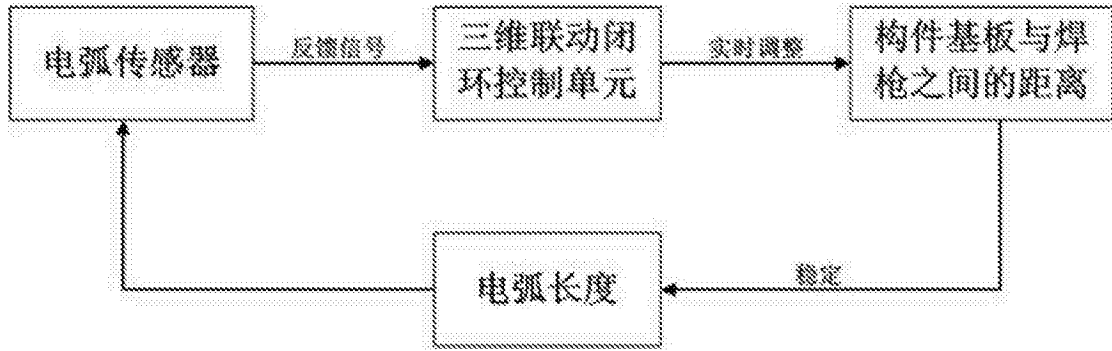


图3

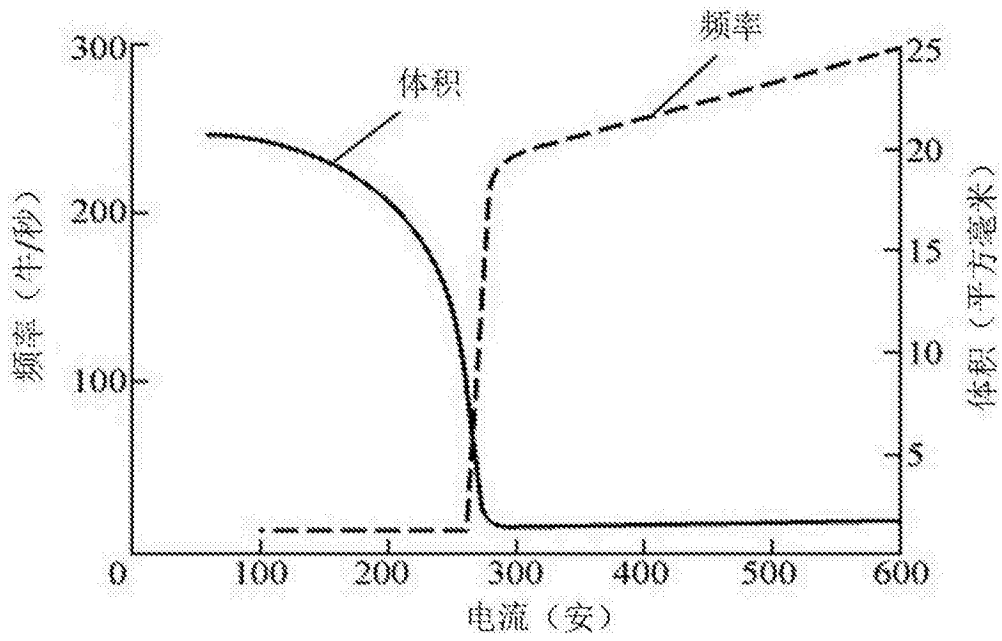


图4