

大直径压力钢管全位置自动焊机

田松亚, 丁坤, 傅强, 陈丽华*

(河海大学, 江苏常州 213022)

摘要: 分析了自行设计的大直径压力钢管全位置自动焊机, 该焊机包括行走轨道、夹紧装置、摆动控制电路、跟踪控制电路等几个部分。为了保证在焊接过程中齿轮的齿依此与齿块上侧隙变形的齿啮合, 齿轮的齿数不能为3的倍数。夹紧装置轴承轮与轨道的接触为点接触, 保证在焊接弯曲的工件时, 小车在轨道上爬行的稳定性。对于无坡口的情况设计摆动控制电路, 可以分别调节摆幅、摆速和两边的停留时间。对于有坡口的情况, 设计了跟踪控制电路。通过实际施焊, 得出了相应焊接工艺。该焊机在三峡二期工程左厂11号~14号压力钢管及湖北省兴山县古洞口水电工程引水压力钢管的焊接施工中得到了成功应用。

关键词: 全位置焊机; 摆动控制; 跟踪控制

中图分类号: TG439.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2003)05-56-04



田松亚

0 序 言

长期以来, 水电站压力钢管的焊接一直采用传统、简单而繁重的焊条电弧焊技术, 只有少量纵缝焊接时采用埋弧自动焊技术, 压力钢管的全位置自动化焊接技术在国内尚属空白。随着水电建设的高速发展和机组参数的不断增大, 压力钢管直径和壁厚也不断增加, 只有先进的全位置自动化焊接技术才能满足实际施工要求。国内近几年引进了国外的先进设备, 对球罐、油罐的焊接研究与应用取得了一定的成功, 但在水电部门尤其对大直径厚壁压力钢管, 采用全位置自动焊技术尚属空白。

压力钢管全位置自动焊不仅要实现焊接小车沿焊缝的自动行走, 焊丝的自动输送、调整, 摆动及对中等机电控制过程, 而且要解决焊丝的熔滴过渡形式, 保证全位置焊接的焊缝成形质量, 特别是对各种位置的焊接规范自动调整等一系列自动控制技术; 现场拼装的焊缝对装质量差, 施工环境恶劣, 较难满足自动化焊接施工的要求。压力钢管全位置自动化焊接技术在大直径厚壁压力钢管焊接中全面应用尚有一定难度, 其主要原因是: (1) 大直径厚壁压力钢管的安装环缝组装难以达到均匀一致的高精度, 这就要求全位置自动焊设备能根据坡口尺寸及偏差自动调整有关工艺参数, 以降低或消除不均匀参数对焊接质量的影响; (2) 焊缝空间位置不断变化, 要求

焊接系统能根据焊炬所在位置自动及时调整焊接工艺参数, 实现各处焊缝成形基本一致; (3) 要实现坡口尺寸、焊接熔池形状, 焊接规范参数实时调节三者匹配, 保证焊缝质量, 其自动控制技术难度较大。

因此设计出造价低, 适应性强、操作简单、焊接效率高的全位置焊接设备是解决上述问题的唯一途径。针对水电站压力钢管的焊接特点, 作者开发研制了一套独具特色的全位置自动焊机并在湖北省兴山县古洞口水电站压力钢管及三峡二期工程左厂11号、14号压力钢管纵缝的焊接施工中获得了成功应用^[1]。

1 轨道的设计

目前国内外全位置自动焊机常见的轨道主要有两种形式, 一种在钢带上直接冲空, 为了保证轨道的柔性, 钢带的一般厚度仅为1.5~2 mm, 在孔的厚度方向无法控制, 在前一牙接触到后一牙时这一周期中焊接小车速度变化高达10.6%。另一种是在钢带或铝带上固定齿条, 这种轨道保证恒定速度, 但制造柔性齿条非常困难。因此设计制造出能保证焊接小车平稳行走的柔性轨道是全位置自动焊机研制成功的关键之一。

在吸收国内外全位置自动焊机轨道优点的基础上作者设计了如图1所示的轨道。该轨道由钢带、接长板、齿块、带磁铁的支架组成, 齿块固定在钢带上, 所有钢带通过磁铁吸附在工件上, 由于钢带的厚度仅为2 mm, 轨道可随工件的形状弯曲, 这样焊接小车在轨道上平稳地爬行实现全位置焊接。因设计

收稿日期: 2003-01-20

基金项目: 水利部科技攻关项目(SZ 9526)

* 参加此项研究工作的还有经士农

的轨道长 1.4 m,所以设计了接长板、可方便准确接长,保证长焊缝的连续焊接。因每块齿块上有三个齿,为了保证在正常工作过程中齿轮的齿依此与齿块上侧隙变形的齿啮合,齿轮的齿数不能为 3 的倍数。为了验证这种轨道在实际使用中的性能,将轨道铺设在不同直径的钢管上(最小为 800 mm 的管道)焊接小车在沿轨道爬行过程行走平稳无噪音。

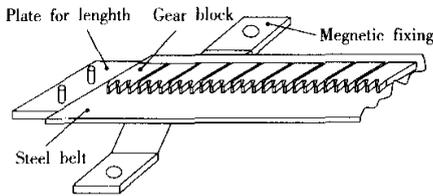


图 1 全位置自动焊机轨道
Fig.1 Automatic welding machine track for all position welding

图 2 是行走驱动小车与轨道啮合,构件 1 是电缆线夹,构件 2 是带轴承轮的滑块,构件 3 是轨道,构件 4 是离合装置,元件 1 是印刷电机、旋钮 1 是齿轮与齿条装置的旋钮,旋钮 2 是夹持轨道的轴承轮滑块轮的旋钮。

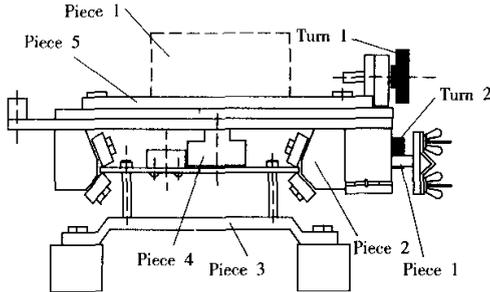


图 2 驱动小车与轨道啮合简图
Fig.2 Connection of track and moving carriage

全位置焊接中,由于焊接小车的空间位置是在不断变化的,在不同的空间位置上,为了保证焊接小车能可靠、安全在轨道上爬行,则需要一种夹紧装置将小车固定在爬行轨道。图 2 中一对轴承互成 60°角,固定在滑块上有两对这样的轴承,共有四块滑块,左边的一块固定在行走驱动小车的底板。右边的滑块不是固定在地板上,而是通过导杆和螺杆固定于底板下的导向孔中,当旋转旋钮 2 时,该滑块就可以左右进出,当滑块向左移动时就可以夹紧轨道。

采用这一形式的夹紧装置主要是考虑到当焊接曲面焊缝时,轨道有一定的弯曲变形,如果不考虑弹性变形,则轴承轮与轨道的接触为点接触。这样轨道的弯曲就不会影响轴承的运动,保证焊接在弯曲

的轨道爬行稳定^[2]。

2 跟踪摆动系统

此焊机的控制分为两部分,小车行走和焊枪的摆动。而焊枪的摆动又有两种工作方式自动跟踪摆动和设置摆动,自动跟踪摆动部分(如图 3 的下部)采用接触式坡口的传感器。此传感器由倒 Y 形的传感组件,两个光电传感器光耦 D_1 、 D_2 、 VT_1 、 VT_2 及线包 J_1 和 J_2 组成。当左触杆触到左边的坡口时,通过摆杆的运动使光电传感器 $D_1 - VT_1$ 产生讯号,经 $R - S$ 触发器 Q 端输出高电平,控制摆杆向左,同时 Q_1 导通, J_1 通电将摆杆吸到右边,以防止触杆一直和坡口接触造成磨损并保证摆杆的确切位置,使电路工作可靠。 C_6 和 R_6 、 R_7 组成坡口右边停留时间的调整。同理当右触杆触到右边的坡口时,右边的光耦接通, $D_2 - VT_2$ 光电传感器输出高电平经 $R - S$ 触发器 Q 输出低电平,控制摆杆向右, Q_2 导通, J_2 通电,将摆杆吸到左边,控制摆向右。 C_5 和 R_8 、 R_{15} 组成坡口左边停留时间的调整。如此反复,焊接机头的摆动由传感器来控制。两边的控制经反相器 1 A、2 A 反相,3 A 逻辑或后控制电机的停和摆中 Q 输出决定是左右摆,而 74LS02 决定摆和停。

3 设定摆动系统

通过双反相器构成无稳态振荡器,调节电位器可以调节振荡频率,输出的脉冲经电路整形后,送给脉冲计数电路计数,经过时序译码分为两路:摆动时间脉冲数设定和停止时间脉冲数的设定,分别经延时复位输出脉冲,而作为摆动和停止时间的设定。

图 3 上部分为摆动设定电路, $J - K$ 触发器作为 T-触发器用,计数器输出的信号见图 4,通过 CP 进行分频,输出控制步进电机的正转反转,实现左摆和右摆。 R 、 S 端通过开关 S_1 决定 $J - K$ 触发器的初始状态,在实际施焊时决定开始向左摆或向右摆,以满足实际焊接要求。在焊接过程中需要根据坡口的位置进行摆动幅度的调整,为了决定是左摆摆幅或右摆摆幅的调整,设置了开关 S_2 ,摆动幅度的调整必须在摆动结束后再延时,因此采用了 R_{10} 、 R_{11} 、 C_6 组成延时电路,当输入脉冲为低电平即在摆动结束后 +5 V 通过 R_{10} 、 R_{11} 向电容 C_6 放电,延长 $t = RC$ 的时间内, $U_1 A$ 输出高电平,与此时摆动方向为高电平相与后 ($U_2 A$ 、 $U_3 A$),加到相应的摆动方向,经过 4075 或门延长摆动时间,该线路虽简单,但完全满足焊接要求。

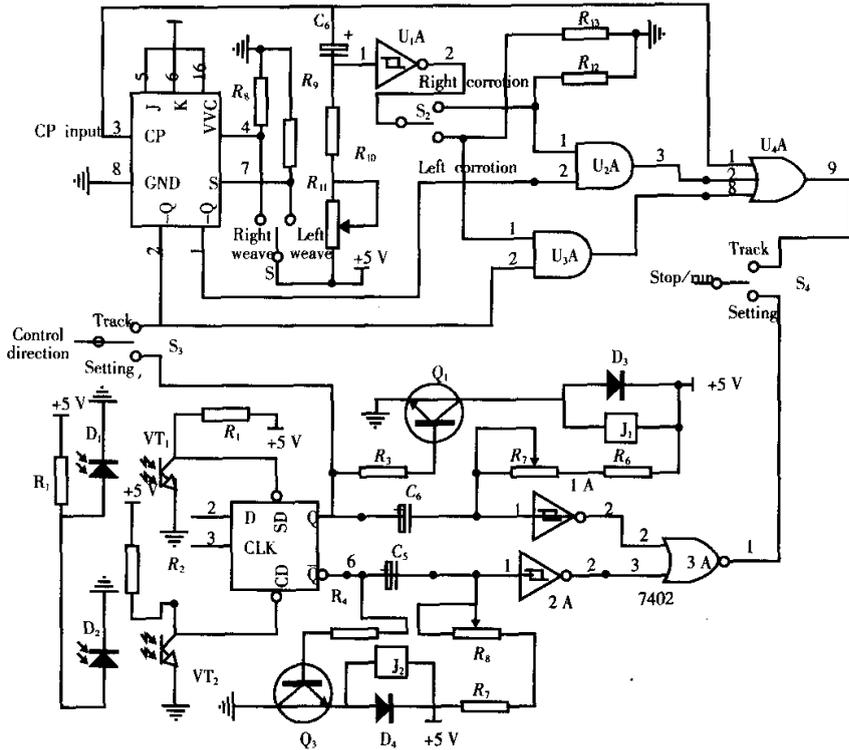


图 3 焊接机头跟踪和摆动控制电路

Fig. 3 Circuit diagram for tracing and weaving control

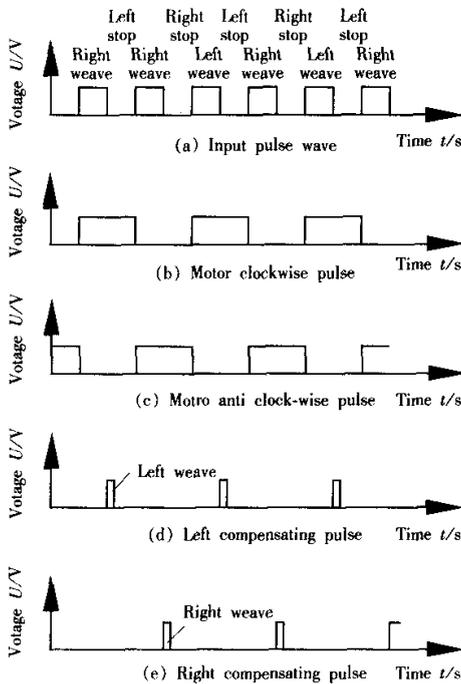


图 4 计数和控制停止摆动时序

Fig. 4 Count and control stop weave sequence

4 全位置焊机的工作参数

该全位置自动焊机具有下面的性能:焊接速度 0 ~ 360 mm/min;摆杆摆动速度:1 200 ~ 3 180 mm/min,摆杆两侧停留时间:0 ~ 3.5 s;摆动宽度:0 ~ 90 mm;手动调节距离:500 mm;电源电压:220 V, 50 Hz。该全位置自动焊机在进行打底焊和盖面焊时最佳焊接规范参数见表 1,焊接的母材和焊材分别为工件材料:Q235;工件的厚度:14 mm,焊丝:直径 $\phi 1.2$ mm, H08Mn2Si。

表 1 焊接工艺参数

Table 1 Welding parameter

	Welding speed mm/min	Weaving speed mm/min	Stop time of weaving rod t/s	Weaving width w/mm	Arc voltage U/V	Arc current I/A
Backing welding	65 ~ 70	1 260	70	6.5	22 ~ 23	100 ~ 120
Overlap welding	60 ~ 65	1 260	105	10	22 ~ 23	100 ~ 120

5 实际焊接工艺

该焊机在古洞口压力钢管和三峡二期工程左厂

11 号~14 号压力钢管现场焊接的工艺参数见表 2。

采用以上焊接工艺所焊焊缝成形美观、射线检验合格。

表 2 全位置自动焊工艺参数

Table 2 Welding parameter for automatic welding machine in all position

Welding carriage	Welding source	Welding material	Wire diameter ϕ /mm	Shielding gas	Control mode	Welding current I/A	Welding voltage U/V	Welding speed $v/(m \cdot h^{-1})$
Automatic welding tractor	DC-400 Lincon	Flux core wire E70T-1 Lincon	1.2	100% CO ₂	Weaving control	120~160	22~25	4.5~6
Automatic welding tractor	P5000 kenbiter	H08Mn2SiA wire (China)	1.2	80% Ar+20% CO ₂	Tracing control	140~160	23~24	5~6

6 结 论

设计的跟踪摆动和设定摆动的控制电路,通过设计焊接小车平稳行走的柔性轨道以及夹紧装置和跟踪摆动及控制电路,在跟踪时,两边停留时间可调,摆速可调,在设定时,摆动时间和停止时间单独可调,该电路简单可靠实用。

参考文献:

[1] HUU-1 大直径压力钢管全位置自动化焊机验收报告[R]. 葛

洲坝集团公司,2001.

[2] 丁 坤. 大直径压力钢管全位置自动化焊机研制[D]. 常州: 河海大学,2000.

作者简介: 田松亚,男,1963 年 12 月出生,工学硕士,副教授。主要从事逆变焊机可控硅等离子切割机、自动跟踪以及焊条的研究和教学,参加并完成多项部级项目以及为企业服务的应用课题,发表论文 10 余篇。

Email: tiansongya@sohu.com

[上接第 55 页]

制在系统中进行合理的资源分配,在线合理规划生产任务,并监控资源的利用和运行,以求达到充分利用系统资源,提高生产可靠性和效率,最后通过图形仿真软件进行了系统的生产规划和监控的仿真试验,证明了应用 MAS 技术作为控制方案,能够使系统的可靠性、资源分配合理性及其运行效率得到显著提高。

参考文献:

[1] 宋天虎. 先进制造技术的发展与焊接技术的未来[A]. 北京: 第八次全国焊接会议论文集(第一册)[C]. 北京:机械工业出版社,1997. 17~27.

[2] Angsana A, Passino K M. Distributed intelligent control of flexible

manufacturing system[A]. Proceedings of the america control conference[C]. 1993. 1524~1529.

[3] Dunin-Keplicz B. Compositional formal specification of multi-agent systems[R]. Lecture Notes in AI,1994.

[4] 段广洪,钱 立,王君英. 多智能体系统:一种新型的生产运行模式[J]. 中国机械工程,1998,9(2):23~28.

[5] Lefrancois P, Montreuil B. An organization-oriented modeling approach to support the analysis and design of intelligent manufacturing systems [J]. Journal of Intelligent Manufacturing System, 1994,5(2):121~142.

作者简介: 朴永杰,男,1974 年 4 月出生,博士研究生。从事多智能体、多机器人协调,焊接智能化以及焊接机器人系统应用工程等方面的研究,发表论文数篇。

Email: parkyj@sjtu.edu.cn