

文章编号:1006-2467(2008)S-0053-04

基于 Matlab/ Simulink 的 A-TIG 焊缝跟踪系统建模与仿真

黄健康^a, 吴明亮^b, 贺 军^a, 石 旻^a, 樊 丁^a

(兰州理工大学 a. 有色金属合金及加工教育部重点实验室; b. 机电工程学院, 兰州 730050)

摘 要: 为了探讨基于 A-TIG 焊的焊缝跟踪技术, 根据 A-TIG 焊的电弧电压特性, 建立了 A-TIG 焊在焊接过程的电弧电压数学模型, 确定利用积分差值方法为其焊缝跟踪方法, 利用 Matlab/ Simulink 建立 A-TIG 焊的焊缝跟踪仿真模型. 建模仿真结果表明, 所获得波形与实际测量结果一致, 从而验证了所建立的电弧电压数学模型的正确性. 研究结果为实现 A-TIG 焊缝跟踪提供理论指导.

关键词: A-TIG; 焊缝跟踪; 数学建模; 仿真

中图分类号: TG 409

文献标识码: A

Modeling and Simulation of A-TIG Welding Seam Tracking System Based on Matlab/ Simulink

HUANG Jian-kang^a, WU Ming-liang^b, HE Jun^a, SHI Yu^a, FAN Ding^a

(a. Key Laboratory of Non-ferrous Metal Alloys, Ministry of Education;

b. School of Mechanical & Electronical Engineering,

Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: In order to discuss the seam-tracking technology based on A-TIG welding, from the arc voltage characteristics of A-TIG welding, an arc voltage mathematical model of the process of A-TIG welding was built, and the integration differential method of seam-tracking was used, then a simulation model of the seam-tracking of A-TIG welding with Matlab/ Simulink was built. The waveform got by modeling and simulation is consistent with the actual measurement which proves that the arc voltage mathematical model is suitable and correct. The model provides support for A-TIG welding.

Key words: A-TIG; seam tracking; mathematical model; simulation

焊缝跟踪和焊接质量控制一直是焊接自动化研究的重点和热点问题,焊缝跟踪是保证自动化焊接质量的前提之一^[1],因此,焊缝跟踪至今仍是一个十分活跃的研究方向^[2].国内外焊接工作者已对焊缝跟踪开展了大量的研究,发展了多种焊缝跟踪方法,

其中一些在特定的领域已经应用于生产,但还没有一种能够满足所有焊接过程的焊缝跟踪系统^[3].众多学者利用旋转电弧对 V 形破口焊缝跟踪进行研究^[4,5].对活性剂惰性气体钨极保护焊(A-TIG)焊研究表明,利用表面活性剂可以有效增加惰性气体钨

收稿日期:2008-08-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50675093);甘肃省自然科学基金资助项目(3ZS051-A25-029);教育部春晖计划资助项目

作者简介:黄健康(1981-),男,湖南邵阳人,在读博士生,主要从事焊接控制及模拟等方面的研究.

樊 丁(1961-),男,甘肃庆阳人,教授,博导,电话(Tel.):0931-2972765;E-mail:lwzq@mail2.lut.cn.

极保护焊(TIG)熔深;且对焊缝涂敷表面活性材料后会引发电弧电压的明显变化^[6]. 本文利用活性剂对电弧电压的影响来进行焊缝跟踪^[7], 通过在工件表面涂覆活性剂, 运用 NI 公司的 Labview 软件, 在对 I 形焊缝进行跟踪实验系统的基础上建立了 A-TIG 焊缝跟踪的数学模型, 并利用 Matlab 的 Simulink 工具实现了 A-TIG 焊缝跟踪系统的动态仿真, 并与实际测量的信号进行仿真对比分析, 同时进行焊缝路径跟踪仿真.

1 实验系统

A-TIG 焊缝跟踪系统如图 1 所示, 其系统包括焊接电源 TIME WSM-200、双轴实验台、电弧传感器、研华 PCL-812PG 型数据采集卡. 软件部分包括双轴光码盘、调理电路、顺康 6212P 运动控制卡、工作台控制程序和 Labview 平台的数据采集程序.

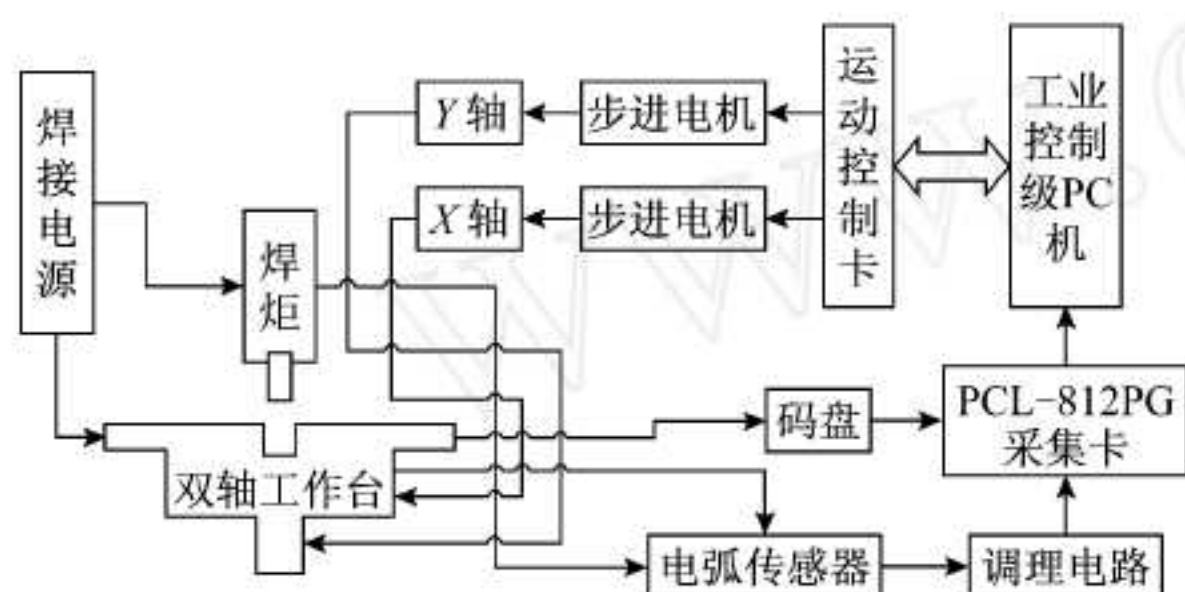


图1 实验系统图

Fig. 1 Schematic of test system

2 A-TIG 焊缝跟踪建模仿真

焊缝跟踪建模涉及很多问题, 为了解决这些问题, 将整个系统分解, 分别建立子系统模型, 然后将子系统模型连接而成为整体模型. 焊接过程控制仿真主要包括电弧扫描方式模块仿真(表示焊缝轨迹的行进路线模块仿真)、噪声信号模块和时间信号模块仿真及仿真控制模块等, 图 2 为仿真系统示意图.

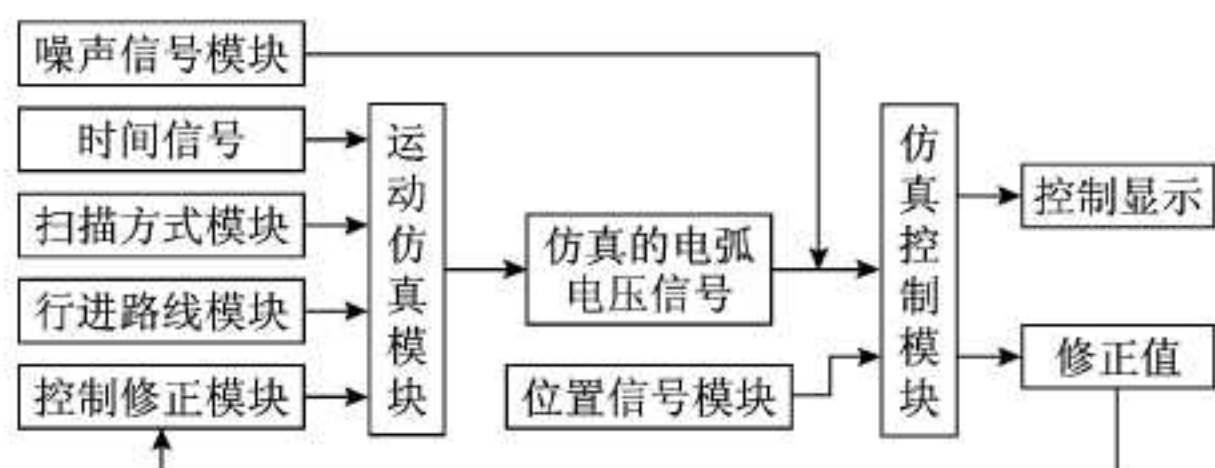


图2 仿真系统示意图

Fig. 2 Schematic of simulation system

2.1 A-TIG 焊缝跟踪电压信号建模与仿真

图 3 所示为电弧平面位置示意图. L 为电弧区

域中有活性剂区的宽度, X 为从电弧中心位置到有活性剂区左边缘的距离, R 为电弧区域半径, S_L 为电弧区域中有活性剂区域的面积, S_V 为电弧区域中无活性剂区域的面积.

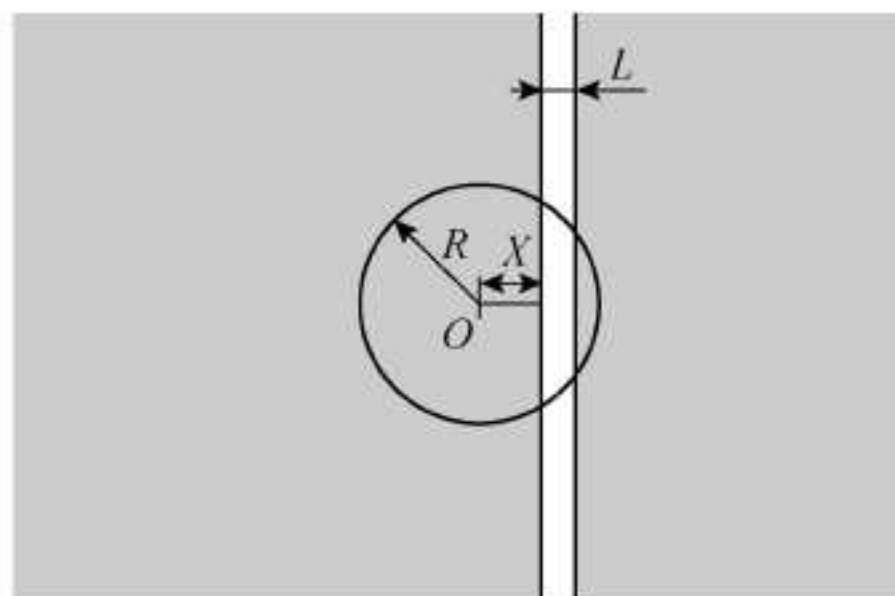


图3 电弧平面位置图

Fig. 3 Sketch of arc model diagram

根据电弧扫描轨迹与无活性剂区域的关系, 有

$$SL = \begin{cases} 0 & X \geq R \text{ 或 } X < -(R+L) \\ R^2 \arccos \frac{X}{R} - X \sqrt{R^2 - X^2} & X \geq R-L, X < R \\ R^2 \arccos \frac{|X+R|}{R} - (X+L) \sqrt{R^2 - (X+L)^2} & X \geq 0, X < R-L \\ R^2 \arccos \frac{|X|}{R} - |X| \sqrt{R^2 - X^2} + R^2 \arccos \frac{L-|X|}{R} - (L-|X|) \sqrt{R^2 - (L-|X|)^2} & X < 0, X \geq -L \\ R^2 \arccos \frac{|X|-L}{R} - (|X|-L) \sqrt{R^2 - (|X|-L)^2} - R^2 \arccos \frac{|X|}{R} - |X| \sqrt{R^2 - X^2} & X < -L, X \geq -R \\ R^2 \arccos \frac{|X|-L}{R} - (|X|-L) \sqrt{R^2 - (|X|-L)^2} & X < -R, X \geq -(R+L) \end{cases} \quad (1)$$

$$SU = \pi R^2 - SL$$

式中: U 为电弧电压, $V = \alpha \times SL + \beta \times SV$; α 为有活性剂区域电弧电压的系数; β 为无活性区电弧电压的系数. 根据所建模型, 取 $\alpha = 1.6$, $\beta = 1$, 在 Simulink 中进行仿真. 图 4(a) 所示为斜焊缝所仿真的电弧电压信号, 可以看出, 在焊接开始时, 电弧电压波

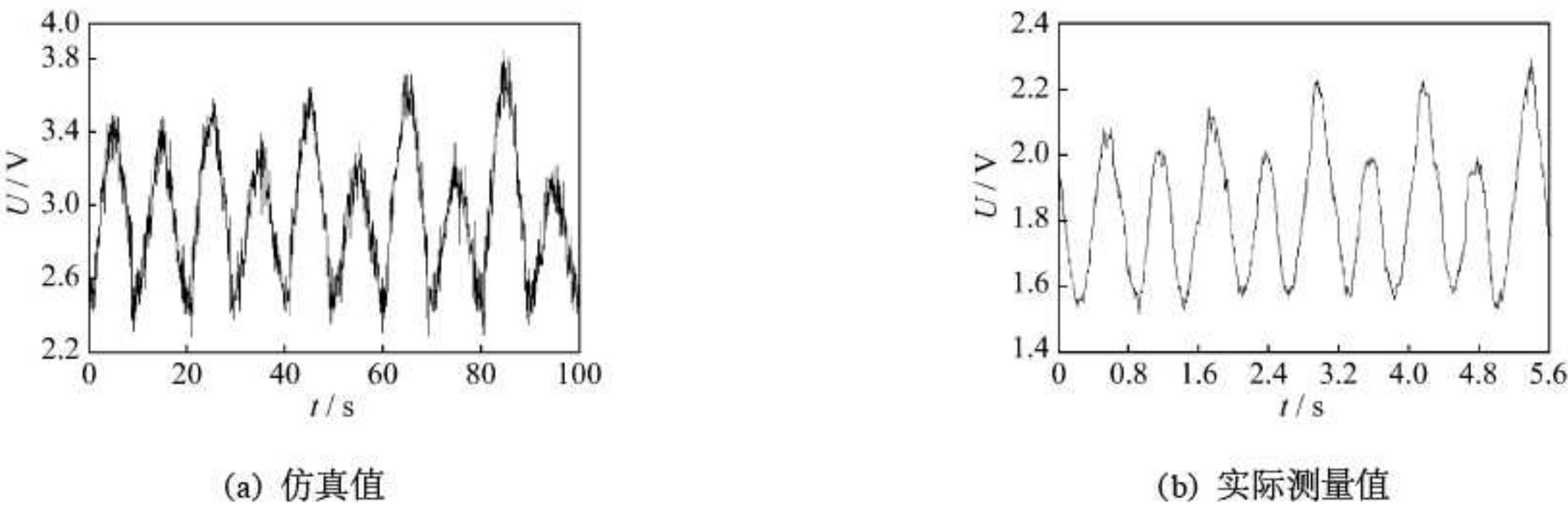


图 4 斜焊缝电压信号的仿真与实际测量值对比
Fig. 4 Simulation and measuring comparative analysis

形基本对称;随着焊接的进行,电弧中心逐渐偏离焊缝中心位置,图中奇数波的电弧电压逐渐上升,偶数波的电弧电压逐渐下降.图 4(b)为实际焊接时斜焊缝的电压波形.可见实际所测电弧电压信号与仿真波形几乎一致,表明所建模型与实际情况相吻合.

2.2 A-TIG 焊缝跟踪仿真

焊缝跟踪算法主要有积分差值法、最大值比较法、类型比较法和频谱分析法.其中积分差值法是通过左、右 2 个位置的积分值差异来进行焊缝跟踪,此方法简单直观,应用广泛,可作为电弧的摆动扫描及

旋转扫描方式^[8].

图 5 所示为跟踪控制过程的仿真模块,主要包括路径偏差计算单元、线性控制模块和数据存储单元等.路径偏差计算模块通过输入获取仿真的电弧电压信号和码盘信号来计算左右位置的积分值,再通过输入获取前一周期左右位置的积分数值数据,对当前积分值与前一周期的左、右积分值进行比较,获得积分差值并传递给线性控制模块进行路径修正,以实现焊缝跟踪.图 6 所示为焊缝跟踪的仿真结果.

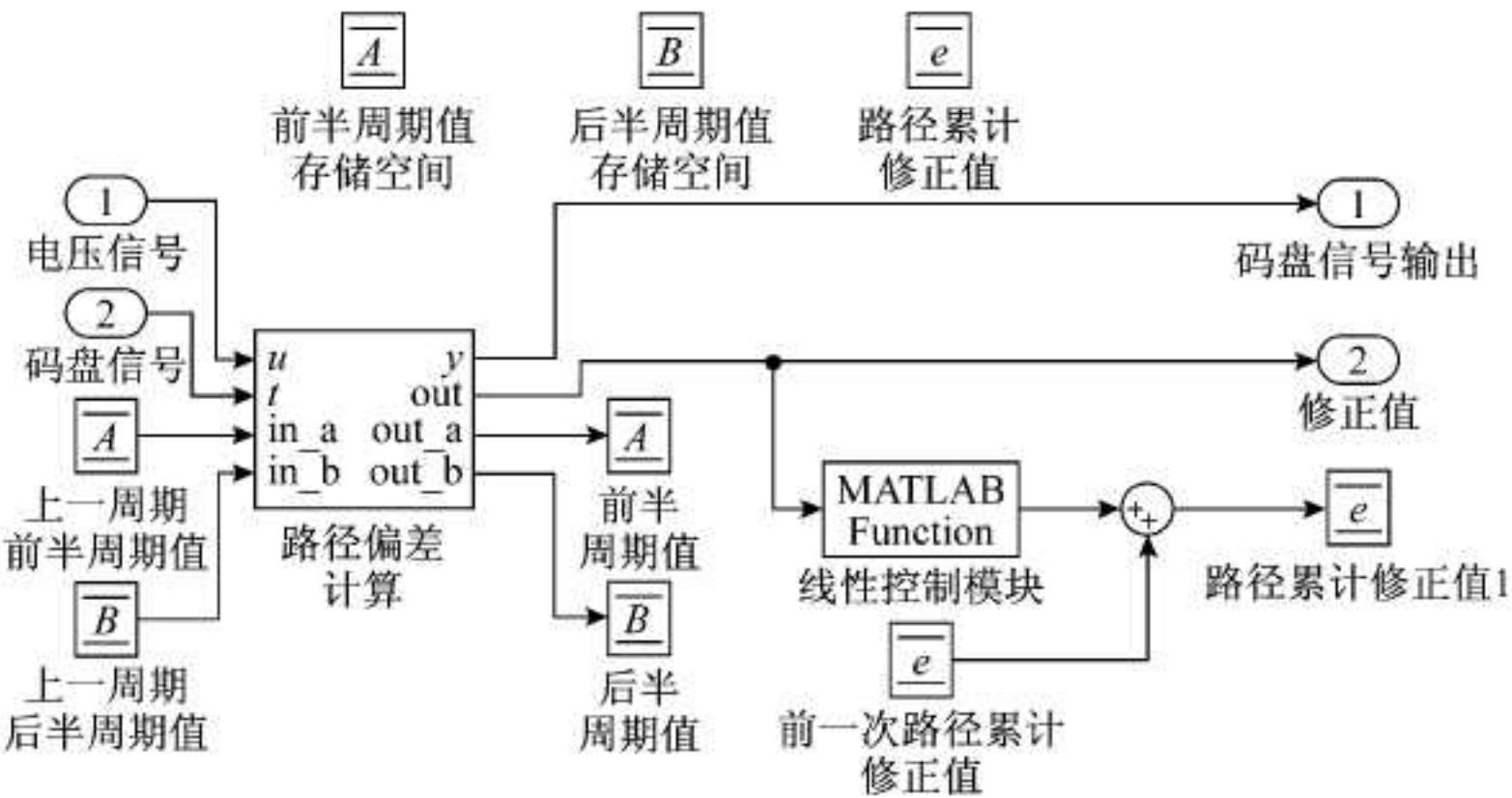


图 5 A-TIG 焊缝跟踪过程仿真模块
Fig. 5 Tracking process simulation module

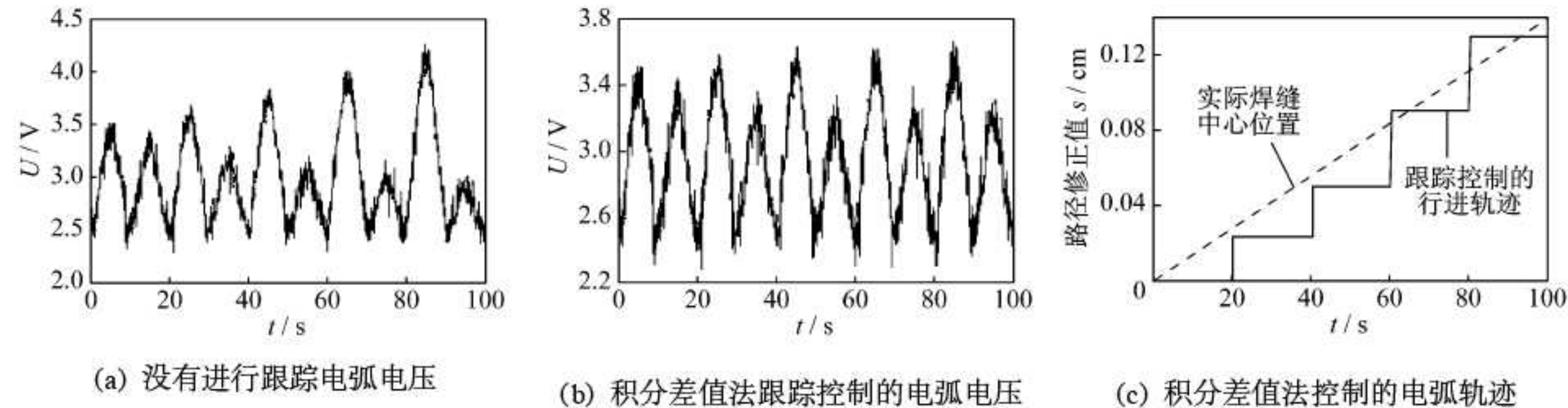


图 6 焊缝跟踪仿真结果
Fig. 6 Tracking simulation results

3 结 论

(1) 利用 A-TIG 焊对电弧电压的影响进行 I 型焊缝的焊缝跟踪是可行的。

(2) 通过建模与仿真所测量的信号对比分析表明,所建立的模型能够客观正确地反映 A-TIG 焊的焊缝跟踪过程。

参考文献:

- [1] 徐健宁,陈焕明,熊震宇. 电弧传感器的研究及应用现状与面临的问题[J]. 机械工人(热加工), 2002(5): 19-21.
XU Jian-ning, CHEN Huan-ming, XIONG Zhen-yu. Research, application status and problems facing of welding arc sensor[J]. *Machinist Metal Forming*, 2002(5): 19-21.
- [2] 潘际奎. 现代弧焊控制[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [3] 吕学勤,张 柯,吴毅雄. 焊缝自动跟踪的发展现状与展望[J]. 机械工程学报, 2003, 39(12): 80-85.
LU Xue-qin, ZHANG Ke, WU Yi-xiong. Condition and expectation of automatic weld seam tracking system[J]. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2003, 39(12): 80-85.

- [4] 熊震宇,张 华,潘际奎. 电弧传感器的发展状况及应用前景[J]. 焊接技术, 2001(5): 2-6.
XIONG Zhen-yu, ZHANG Hua, PAN Ji-luan. Development status and application prospects of welding arc sensor[J]. *Welding Technology*, 2001(5): 2-6.
- [5] 屈岳波,洪 波,潘际奎,等. 低频旋转电弧传感器焊缝跟踪技术[J]. 电焊机, 2005(4): 52-55.
QU Yue-bo, HONG Bo, PAN Ji-luan, et al. Seam tracking technology based on low-frequency rotatable arc sensor[J]. *Electric Welding Machine*, 2005(4): 52-55.
- [6] 樊 丁,顾玉芬,林 焰. 低碳钢 A-TIG 焊接法的实验研究[J]. 焊接, 2002(2): 16-19.
FAN Ding, GU Yu-fen, LIN Yan. Experimental study of A-TIG procedure of carbon steel[J]. *Welding & Joining*, 2002(2): 16-19.
- [7] 杨春利,等. 电弧焊基础[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2003.
- [8] Eichhorn F, 潘际奎. 新型自动焊跟踪系统[J]. 机械工程学报, 1987, 8(3): 1-14.
Eichhorn F, Pan Ji-luan. New automatic seam tracking system[J]. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 1987, 8(3): 1-14.

(上接第 52 页)

(3) 实验结果证明,焊缝偏差检测系统实时有效,跟踪效果和质量均符合要求。

参考文献:

- [1] 张 柯,吕学勤,吴毅雄. 移动焊接机器人的研究现状及发展趋势[J]. 焊接, 2004(8): 5-9.
ZHANG Ke, LU Xue-qin, WU Yi-xiong. Research status and development trend about mobile welding robots[J]. *Welding & Joining*, 2004(8): 5-9.
- [2] 潘际奎. 现代弧焊控制在爬行式全位置弧焊机器人中的应用研究[J]. 河北科技大学学报, 2007(3): 1-4.
PAN Ji-luan. Study on crawl type all position welding robot with modern arc welding control[J]. *Journal of*

- Hebei University of Science and Technology*, 2007(3): 1-4.
- [3] 毛鹏军,黄石生,薛家祥,等. 弧焊机器人焊缝跟踪系统研究现状及发展趋势[J]. 电焊机, 2001(10): 9-12.
MAO Peng-jun, HUANG Shi-sheng, XUE Jia-xiang, et al. The researching status and development trend of arc welding robotic seam tracking system[J]. *Electric Welding Machine*, 2001(10): 9-12.
- [4] 袁 灿,洪 波,潘际奎,等. 智能弧焊机器人的运动学建模[J]. 焊接学报, 2005, 26(3): 70-72.
YUAN Can, HONG Bo, PAN Ji-luan, et al. Kinematics modeling for arc welding robot[J]. *Transactions of the China Welding Institution*, 2005, 26(3): 70-72.