

窄间隙埋弧自动焊关键技术的研究

华爱兵 蹇智勇 鲍云杰 雷勇

(北京时代科技股份有限公司 北京 100085)

摘要: 针对窄间隙埋弧自动焊的关键技术—排焊道和焊缝跟踪,设计了一种新型的导电嘴偏摆机构和长距离激光跟踪系统。导电嘴偏摆机构采用齿轮-齿条组合传动的方式,具有线性控制的特点,焊枪角度的重复定位精度高。长距离激光跟踪系统利用伺服电机带动激光点在窄间隙坡口内部扫描,实时提取坡口内部信息,确保焊丝端部到侧壁的距离恒定以及焊丝伸出长度不变。

关键词: 窄间隙埋弧焊; 激光跟踪; 扫描

Research on Critical Technologies of Narrow Gap SAW

HUA Ai-bing, JIAN Zhi-yong, LEI Yong

(Beijing TIME Technologies Co., LTD , Beijing, 100085, China)

Abstract: For critical technologies which arc bead array and seam tracking of narrow gap SAW, a new swing mechanism of conductive nozzle and a long-distance laser trace system arc designed. The combination drive of gear and rack is used for the swing mechanism, which characterized as liner control and high-precision of repeat positioning. The principle of long-distance laser tracking is that the inner groove is scanned by one laser point drove with servo motor and the groove message is real time exacted. So the distance from wire end to side wall and the length of wire extension remain constant.

Key words: narrow gap SAW; laser tracking; scanning

1 引言

上世纪六、七十年代,在已有的埋弧焊接方法和工艺的基础上,加上特殊焊丝向狭窄坡口内的导入技术以及焊缝自动跟踪等特别技术而形成的一种新的熔敷方法^[1],即窄间隙埋弧自动焊,它主要应用于锅炉、重型压力容器、石油化工以及核电制造等厚板领域的纵缝和环缝的焊接。与传统焊接方法相比,窄间隙埋弧焊具有几个优点:(1)与传统埋弧焊相比,窄间隙埋弧焊的坡口窄,焊材填充量小,因此焊接效率高、成本低;(2)与窄间隙 TIG 焊和窄间隙 MIG 焊相比,窄间隙埋弧焊的焊前准备时间较短,坡口制备要求不高,易于工人掌握;(3)焊接热输入小、热影响区窄、晶粒长大区域小,因此残余应力和焊接变形小;(4)窄间隙埋弧焊属于有规律的多层焊接,每一层焊缝对前面的焊缝具有回火作用,细化了焊缝金属的晶粒,因此焊接接头的韧性较好;(5)由于侧壁熔深一致,母材金属能够均匀地稀释到焊缝中去,因此热影响区的宽度和焊缝金属的成分比较均匀。

目前,瑞典 ESAB 公司、艾美特焊接自动化技术(北京)有限公司、哈尔滨焊接研究所、北京中电华强焊接工程技术有限公司等企业都能够提供各自的窄间隙埋弧焊接产品^[2-5]。本文在分析国内外几种主流窄间隙埋弧焊设备技术特点的基础上,研制了一种新型的窄间隙埋弧焊接系统,其核心技术主要包括线性控制的导电嘴偏摆机构、长距离激光跟踪系统、全数字控制系统。

2 线性控制的导电嘴偏摆机构

对于窄间隙埋弧焊而言,其突出问题在于如何解决脱渣和侧壁熔合。为了保证脱渣的可靠性,窄间隙埋弧自动焊基本采用一层两道或者一层三道的方式,当采用一层两道时,枪角的变换顺序为……左——右——左……,当采用一层三道时,枪角的变换过程为……左——右——中——左——右——中……,这就是通常所说的排焊道。

目前市场上主流窄间隙产品的排焊道实现方式不外乎两种(如图 1)所示,其一是瑞典伊萨公司为代表的偏摆型导电嘴(见图 1a),其二是哈尔滨焊接研究所为代表的转角式导电嘴(见图 1b),也可称为导电杆旋转型。



图 1 排焊道方式

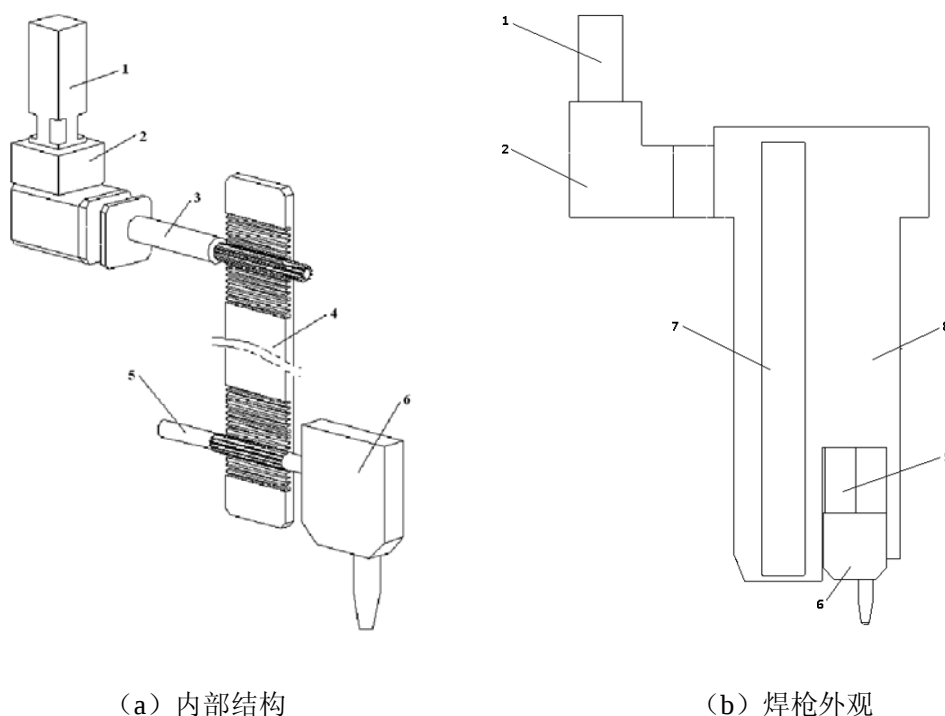
上述两种排焊道方式的特点如表 1 所示。

表 1 不同排焊道方式的特点

排焊道方式	传动机构	控制特点	传动间隙	电弧指向性	导电嘴磨损	电流承载能力
偏摆型导电嘴	拨叉	非线性控制	大	好	一般	高
转角式导电嘴	齿轮	线性控制	小	差	严重	稍低

由表可知，从控制角度看，转角式导电嘴的控制精度明显高于偏摆型导电嘴，但是前者的工艺性能又存在某些不足，例如转角式导电嘴的电流承载能力弱并且电弧的指向性角差，因此这种方式的电弧熔化侧壁的能力较弱，另外转角式导电嘴磨损一般较为严重，这势必影响电弧的稳定性，同时更换导电嘴也降低了焊接效率。除此之外，转角式导电嘴可以采用一层三道的焊接方式，这种方式特别适合超厚板的焊接。

本文所设计的一种导电嘴偏摆机构集中了上述两种排焊道方式的优势并且摒弃了各自的不足，即采用齿轮-齿条组合传动的偏摆型导电嘴^[6]，其结构如图 2 所示。齿轮-齿条组合传动确保了传动间隙小，控制精度高，同时偏摆型导电嘴又不失电弧指向性好和导电嘴磨损小等优点。



- 1-交流伺服电机；2-减速箱；3-主传动齿轮；4-传动齿条；5-副传动齿轮；
6-导电嘴；7-盖板；8-外壳；9-导电铜带

图2 齿轮-齿条组合传动的偏摆型导电嘴

从图2中可以看出，伺服电机作为动力源，经减速箱后使主传动齿轮旋转，在主传动齿轮的作用下，齿条会产生上下移动，从而带动副传动齿轮旋转，最终使导电嘴发生偏摆。由此可见，导电嘴的偏摆角度和偏摆方向完全取决于伺服电机的旋转角度和旋转方向，另外，齿轮和齿条的反向间隙较小且正反向间隙较为均匀，便于采用软件消除间隙的不利影响。

3 长距离激光跟踪系统

与机械式跟踪方法相比，激光跟踪属于非接触式，系统非常简单，安装调试方便，并且激光头远离工件，不会受到电弧热的影响，无需采取冷却措施，同时激光点非常小，因此纵向跟踪范围远远大于机械跟踪系统。

众所周知，线状激光器所包含的信息量最多，也最能反映当前焊接点的三维特点，但是对于窄间隙埋弧焊而言，通常坡口深度较大（最大为350mm），目前市场上最大功率的焊接跟踪用线状激光器都难以满足要求，另外线状激光器的成本过高，难以大量推广。为此，本课题选用点状激光器，利用交流伺服电机带动激光点在沿坡口扫描，从而提取坡口信息。

但是与传统的激光跟踪方法不同，窄间隙埋弧自动焊的横向跟踪目的不是寻找坡口的中心，而是确保焊丝端部到侧壁的距离恒定，如图3所示。传统激光跟踪一般用于坡口较浅的普通埋弧焊场合，此时不同焊接位置的坡口截面相差不大，并且普通埋弧焊的热输入相对较大，只要确保焊丝不偏离焊缝中心就能获得较好的焊缝质量。而窄间隙埋弧焊适用于厚板焊接，即使坡口角度很小，不同焊接位置的坡口截面相差有可能很大。另外，窄间隙埋弧焊为了确保热影响区充分窄，往往采用较小的焊接参数，在这种情况下如果仍然保证焊丝位置焊缝中心，有可能在不同的焊接位置出现侧壁未熔合。为此窄间隙埋弧自动焊激光跟踪的目的是为了保证单丝端部到侧壁的距离恒定，如图3b中所标出的距离A。



图3 不同激光跟踪方法比较

窄间隙埋弧焊激光跟踪程序是这样实现的：正式焊接之前，用户需要让激光点沿坡口内部扫描一次，从而确定激光跟踪基准，然后再启动焊接过程。激光程序能够自动识别枪角的当前位置，从而确定跟踪方向。当激光点扫描到枪角中心时，激光点停止，同时激光程序自动进行高度方向的跟踪。当换边时，激光会自动地由单边扫描转变为双向扫描，从而确定换边时横向伺服轴一次性移动的距离。换边结束后，跟踪程序重新调整为单边扫描。激光跟踪程序如图4所示。

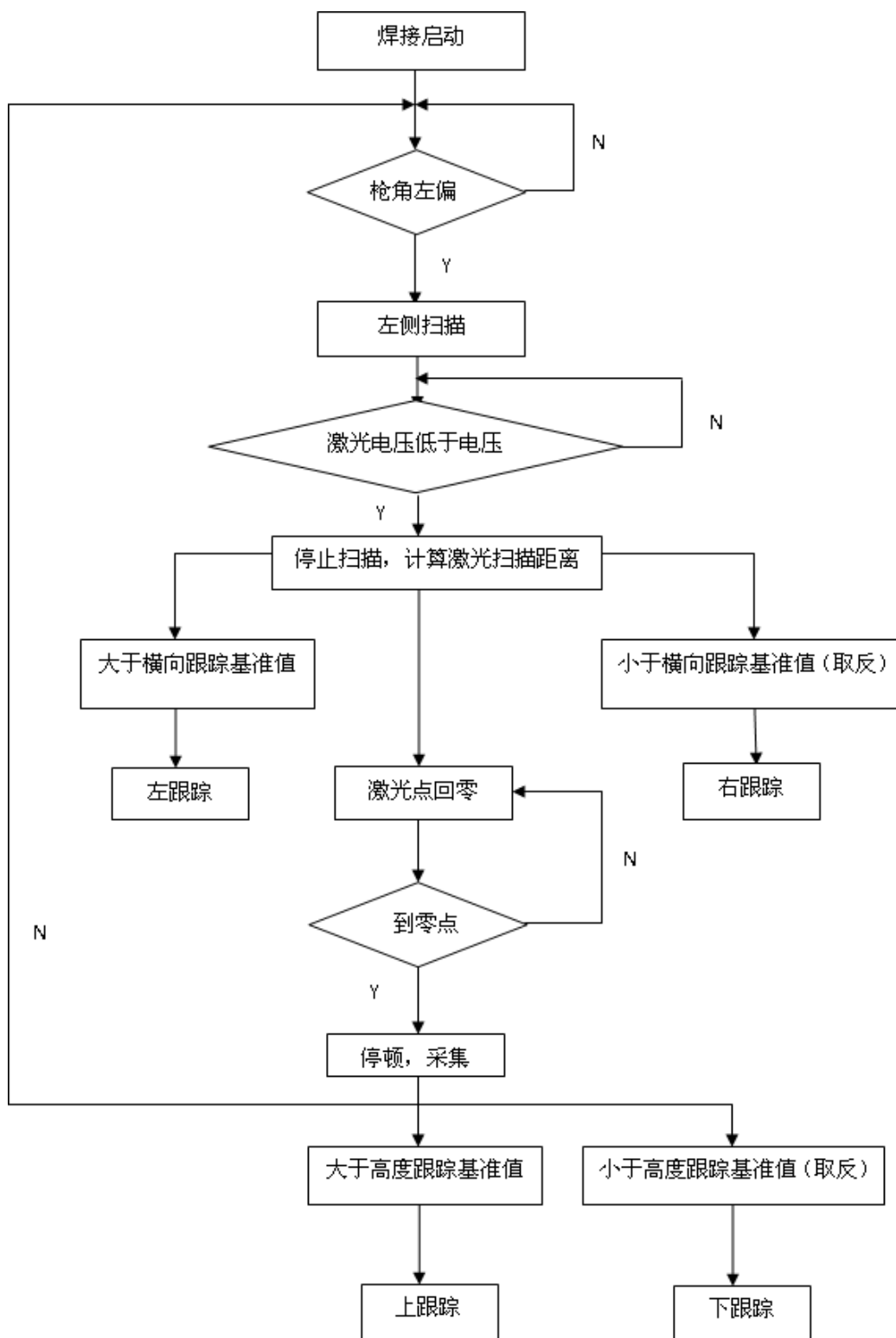


图 4 激光跟踪程序

4 精密数字化控制系统

窄间隙埋弧自动焊的控制系统采用高性能 PLC 作为控制核心（如图 5 所示），通过运动控制模块控制四个交流伺服轴，它们分别为垂直调整轴、水平调整轴、激光扫描轴和枪角偏摆轴，运动控制模块与四个伺服放大器之间采用通讯方式以降低信号传输的干扰。

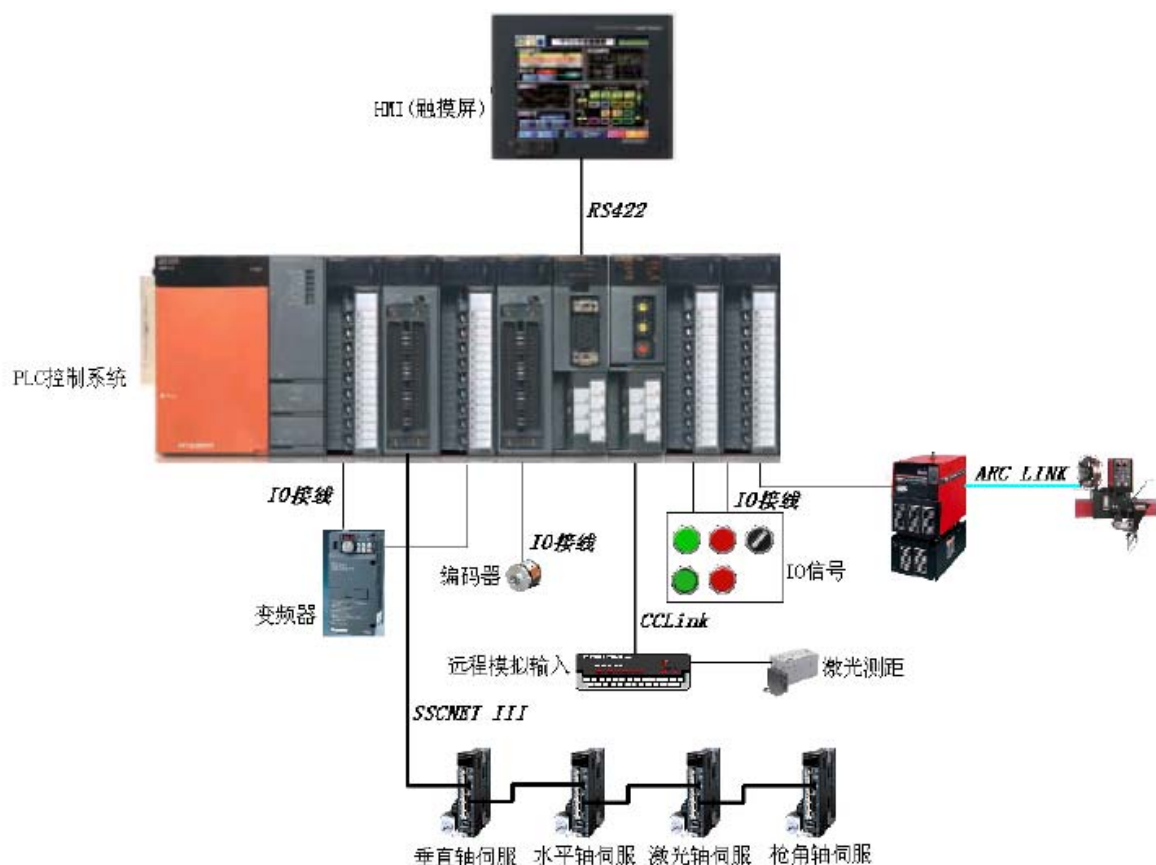


图 5 窄间隙埋弧自动焊机数字化控制系统

四个伺服轴全部采用绝对值控制方式，能够实时记忆并存储当前值，具备掉电、出错记忆功能，当设备重新启动后能够记住断电前所有的运动参数。

触摸屏安装于机头远程控制箱，触摸屏具备中英文菜单，所有焊接参数和各轴运动参数的设置、存储、调用和修改都可以方便地在触摸屏上完成。焊缝类型、焊道数、导电嘴偏摆速度、导电嘴偏摆以及焊接线速度都能够在触摸屏上预置。

操作机的横梁平移和立柱回转、滚轮架的回转采用变频控制，速度无级可调，其中滚轮架还配备了旋转编码器用以精确计算当前滚轮的旋转角度，与垂直轴相配合调整不同焊层的焊接角速度，最终目的时保证焊接过程中焊接线速度恒定。

系统具备报错功能，当在焊接过程中遇到运行或焊接故障时、设备能够自动停止焊接过程并在人机界面上显示出故障排查方案，方便操作者及时解决当前问题。

PLC 与激光控制器之间采用远程 CCLINK 通讯，而同焊接电源之间采用 DEVICENET 通讯。

5 结论

针对窄间隙埋弧自动焊，设计了一种新型导电嘴偏摆机构，采用交流伺服电机作为动力源，高精密齿轮-齿条组合传动的方法确保可靠排焊道，该导电嘴偏摆机构具有传动间隙小、控制精度和稳定性高。

设计了一种扫描式、长距离、高精度激光跟踪系统，通过伺服电机带动激光点沿坡口内部高速扫描，确保焊丝端部到坡口侧壁之间的距离以及焊丝伸出长度的恒定。

设计了窄间隙埋弧自动焊机的数字化控制系统，该系统以高性能 PLC 作为控制核心，利用运动控制模块控制垂直轴、水平轴、激光扫描轴和枪角偏摆轴的绝对位置，配合滚轮架上的旋转编码器可确保焊接线速度恒定。

参考文献

- [1] 张国栋,张富巨,卜旦霞.窄间隙埋弧焊的发展.电焊机.2007,37(2):28-29
- [2] 卢本,黄河.ESAB(瑞典)窄间隙焊接工作站技术分析.电焊机.1999(8):29-32
- [3] 姜轶.伊萨公司-HNG 系列窄间隙埋弧焊接系统.电焊机.1997(1):41-44
- [4] 陈裕川.厚壁容器窄间隙埋弧焊的研究与应用.压力容器.1991(1):8-9
- [5] 白金生,李伟武,段世新.窄间隙埋弧焊坡口形式和尺寸.电焊机.2009(8):94-96
- [6] 蔡东红,宁海峰,贺芷等.精密数字控制双丝窄间隙埋弧焊接系统.电焊机.2010(2):16-21

作者简介： 华爱兵（1977—），男，江苏淮安人，工学博士，主要从事高效焊接工艺以及非标自动化焊接设备的研究与开发工作。