

## 金属粉芯焊丝焊接设备的研制

邢敏周, 李 缙, 杨万刚, 肖介光

(成都熊谷电器工业有限公司, 四川成都 610091)

**摘 要:** 随着石油天然气工业的发展, X80 管道钢将越来越多地用于石油天然气管道建设, 而金属粉芯焊丝是 X80 管道钢理想的焊接材料之一。成都熊谷电器工业有限公司开发了适合金属粉芯焊丝焊接的 DSA-500 数字化脉冲 MIG/MAG 焊机。该焊机具有直流、脉冲 MIG/MAG 焊功能, 使用了软件开关逆变技术, 实现了熔滴过渡、整机控制的数字化。文章介绍了该焊机的基本原理、主电路结构、控制系统和主要焊接功能。

**关键词:** 金属粉芯; 电焊机; 数字化; X80 管道钢

**中图分类号:** TE973.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2206 (2008) 01-0046-03

### 0 引言

随着石油天然气工业的发展, 为了增加管道输送量和降低工程成本, 满足越来越苛刻的使用条件, 大口径、耐高压、薄壁化的高强韧性管道钢成为发展趋势。德国、加拿大等欧美国家已经在陆地和海洋建设了 X80 管道。我国国产高强 X70 管道钢在西气东输工程中全面使用, 而 X80 管道钢目前仅在冀宁管道上成功试用过。

X80 钢是一种高强韧性管道钢, 属于低合金高强度钢、低碳或超低碳的微合金控轧钢, 采用了精炼、微合金化、控轧控冷、形变热处理等先进工艺, 这使得管材含碳量极低、洁净度高、晶粒细化, 具有较高的强韧性和良好的焊接性, 尤其是焊接热影响区冷裂纹敏感性大大降低, 粗晶区韧性大幅度提高, 更加适合高效率、大线能量的焊接工艺。

对 X80 管道钢的焊接, 混合气保护金属粉芯焊丝焊接是可供选择的方法之一。金属粉芯焊丝造渣量极少, 却具有比实芯焊丝更高的熔敷速度和效率, 焊接性能好, 电弧柔软, 飞溅少, 抗气孔极佳, 可不清渣, 可连续进行 3~4 道多层焊接以及全位置焊接。

Hobart TM-771 金属粉芯焊丝是适合 X80 管道钢较理想的焊接材料之一, 中国石油管道局技术中心、四川石油局管道焊接技术中心都用这种焊丝进行过焊接试验, 并做了工艺评定, Hobart TM-771

金属粉芯焊丝的规范见表 1 和表 2。

表 1 Hobart TM-771 金属粉芯焊丝焊接规范

焊层	焊接位置	保护气体	熔滴过渡形式	平均焊接电流/A	平均焊接电压/V
根焊			短路过渡	120	20
填充	X80 管道钢 全位置焊	85%Ar+ 15%CO <sub>2</sub>	脉冲射流过渡	230	25
盖面			脉冲射流过渡	230	25

表 2 Hobart TM-771 熔敷金属主要化学成分

C	Mn	Si	P	S	Ni
0.04	0.91	0.26	0.014	0.013	0.47

在国内, 适合金属粉芯焊丝焊接的自动、半自动焊接设备的研制还比较滞后, 油气管道建设的飞速发展, 迫切需要这种新型的焊接设备。

成都熊谷电气工业有限公司为适应市场和客户的需要, 从 2005 年就开始了适合金属粉芯焊丝焊接 X80 管道钢的 DSA-500 数字化脉冲 MIG/MAG 焊机的开发与研制。

### 1 DSA-500 数字化脉冲 MIG/MAG 焊机的研制

#### 1.1 基本原理

DSA-500 逆变焊机的总体框图如图 1 所示, 整套装置主要由弧焊电源主电路、PWM 控制电路、驱动电路、送丝调速电路和处理器等电路组成, 另外, 还有隔离、采样、焊接状态识别电路和时序电路等辅助电路。DSA-500 逆变焊机的基本工作原

理如下:

工频电网电压直接经整流、滤波, 得到大约 540 V 的直流电压。该直流电压施加到逆变器上。IGBT 由逆变控制电路提供的矩形波电压脉冲激励而交替地通断, 将直流电压变换成中频交流矩形波电压, 经中频变压器隔离降压, 然后经整流、滤波, 得到适合焊接的直流电。

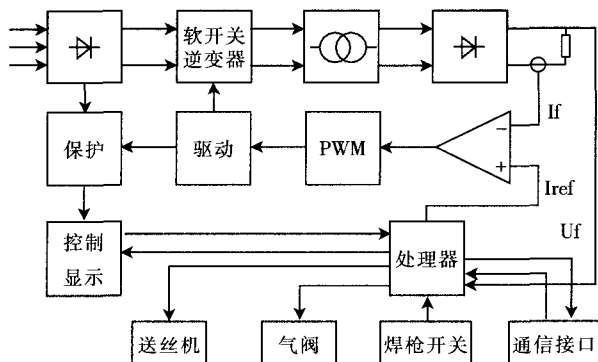


图 1 DSA-500 焊机原理框图

## 1.2 主电路结构

目前, 逆变焊机正在向高频化、轻量化、大容量化方向发展。传统的硬开关逆变电源在开关瞬间会承受较大的电流、电压应力, 开关损耗较大, 增加了缓冲吸收电路的能量消耗, 使功率器件寿命下降, 整机工作可靠性受到一定影响。

这些硬开关电源本身的问题影响了逆变电源的稳定性、可靠性, 迫使逆变弧焊电源向软开关方向发展。采用软开关技术, 可有效地降低功率器件的开关损耗, 减少电磁干扰, 提高效率, 并改善器件的运行环境, 代表着逆变焊接电源发展的方向。

软开关技术问世以来, 经历了不断的发展和完善, 涌现出多种电路形式, DSA-500 焊机采用了零电压-零电流相移 PWM 软开关技术。DSA-500 焊机的主电路简图如图 2 所示。

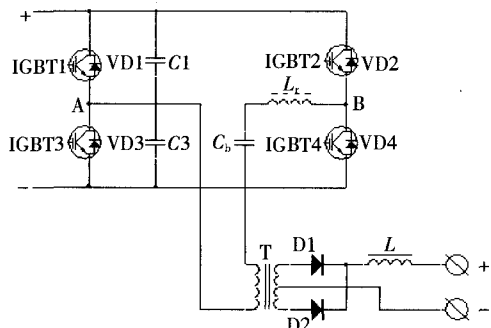


图 2 DSA-500 焊机的主电路简图

在电路中, 变压器一次侧串联了电容, 可以使滞后桥臂的 2 个开关工作在零电流状态, 超前桥臂的 2 个开关工作在零电压状态, 这种电路的优越性明显, 有效地解决了全桥移相零电压软开关中滞后桥臂续流电流衰减快, 使 VD2 和 VD4 开通时间短, 零电压开通有一定的限制范围的问题。

## 1.3 控制系统及主要焊接功能

DSA-500 焊机可用于直流短路过渡、脉冲射流过渡两种模式。图 3 是 DSA-500 焊机前面板图。

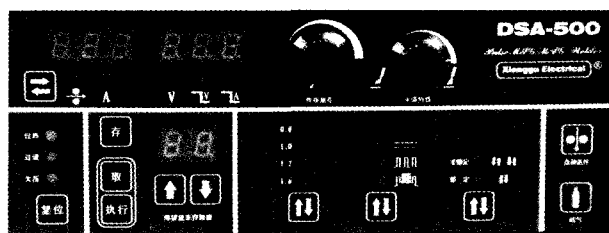


图 3 DSA-500 焊机的前面板

### 1.3.1 PWM 控制

对于软开关控制电路的设计和制作, 首先应选择合适的移相控制芯片。UC3875 是美国 Unitrode 公司生产的用于移相全桥型软开关电源控制的集成 PWM 控制器, 该集成电路包含了振荡器、PWM 比较器、误差放大器 (EA)、分频器、欠电压锁定电路和封锁电路等。

在控制电路中, 振荡参数的设定是首要的, 先选定逆变频率和占空比后, 确定参数值, 再根据定时电阻  $R_T$  确定定时电容  $C_T$ 。实际应用时, 由于  $C_T$  难以灵活调节, 可先选定合适定时电容  $C_T$ ,  $R_T$  选用精密电阻, 通过两者的匹配达到 20 kHz 的逆变频率。

此外, 死区时间参数的选择也十分关键, 总的原则是死区时间不宜过大, 保证同一桥臂的上管和下管安全运行即可。死区时间精度由接入延迟端电阻的漏电流来决定。在实际考虑时要结合主电路的负载变化以及电感  $L_r$ 、移相电容  $C_b$  等来综合考虑。死区时间也不能过大, 死区时间过大将使超前桥臂与滞后桥臂共同导通时间减少, 从而导致逆变电源的输出功率减小, 会使占空比丢失严重。

### 1.3.2 脉冲射流过渡控制

采用了 U-I 方式, 在焊接过程中峰值电压和基值电流恒定, 实现了无飞溅的一脉一滴过渡。具体说明如下:

在用金属粉芯焊丝焊接 X80 管道钢时, 填盖

焊接主要靠脉冲 MAG 焊来完成, 由于电弧长度在焊接过程中会随摆动而变化, 所以维持稳定的电弧长度是保证焊接过程稳定和焊接质量的关键之一。

DSA-500 焊机采用了弧长控制技术, 在熔化极气体保护焊中, 电弧的稳定性主要取决于电弧弧长的稳定性。为了控制弧长, 必须找到一个物理量, 能够准确及时地反映电弧长度的变化。一般都选取电弧电压作为表征电弧长度的物理量。在熔化极脉冲氩弧焊中, 电源的能量是以脉冲方式输出的, 通过采样反馈电压, 计算脉冲频率, 以压频转换的方式, 使输出电压的平均值保持稳定。压频转换的灵敏度和精度, 直接影响电弧弧长的稳定性。

电弧电压经传感器检测后进入处理器, 和预先设定的参考电压比较, 计算后得到脉冲基值时间, 从而实现压频转换过程。然后通过处理器输出一峰值时间、峰值大小和基值大小恒定而基值时间自适应调整的脉冲信号, 作为电流控制器的参考信号。电流传感器检测到的电流反馈信号和该参考信号比较后, 经 PI 调节、脉冲宽度调制 (PWM), 控制 IGBT 逆变器的输出脉冲宽度, 使焊接电流做出相应的变化, 调节焊丝的熔化速度, 从而保证电弧长度稳定, 实现稳定焊接。

图 4 是 DSA-500 焊机的脉冲 MAG 焊波形, 焊接平均参数为 142 A / 22V。

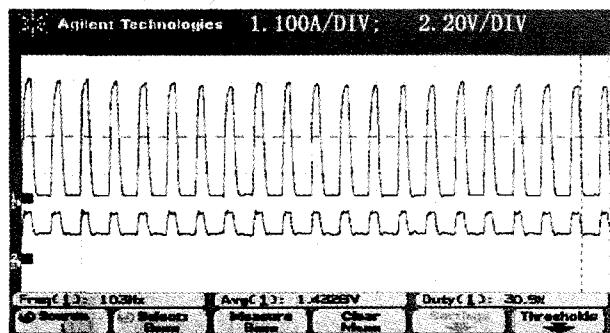


图 4 DSA-500 焊机的脉冲 MAG 焊波形

在一脉一滴的情况下, 脉冲峰值决定了熔滴的大小, 但不能让熔滴在峰值期间过渡, 否则会产生飞溅, 熔滴应该在下降到接近基值时过渡, 这样既无飞溅, 又不会短路。

图 5 是 TPS-4000 焊机与 DSA-500 焊机分别使用 Hobart TM-771 金属粉芯焊丝脉冲 MAG 焊的焊缝对比。由图 5 可见: DSA-500 焊机的焊缝熔深较大, 热影响区相对较小。

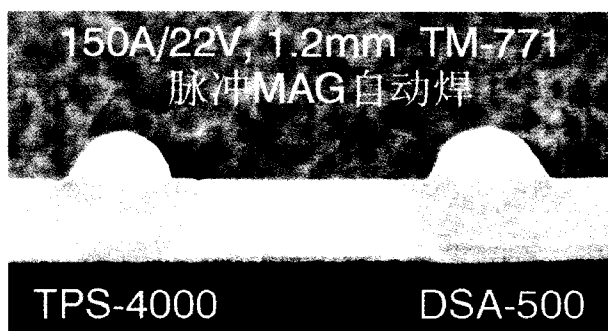


图 5 DSA-500 焊机与 TPS-4000 焊机脉冲 MAG 焊焊缝的对比

### 1.3.3 直流短路过渡控制

试验表明, 在用金属粉芯焊丝进行 X80 管道钢根焊时, 焊机的短路过渡波形对焊缝的质量并不起决定性的作用, 即使用完全无波形控制的抽头式 CO<sub>2</sub> 气保焊机焊接, 只要操作得当, 一样能焊出合格的焊缝。在实际焊接实践中, 可控硅、一般逆变 CO<sub>2</sub> 气保焊机在根焊中的表现还可以, 但使用不同的焊机, 在正、反面的成型方面稍有区别。

由于用金属粉芯焊丝根焊时电弧的长度变化比填充盖面焊更大, 要求焊机具有较强的电弧自调节能力, 所以 DSA-500 焊机直流短路过渡采用了自适应弧长控制技术。只要保证了焊接过程中电弧的稳定, 一般都能获得较好的根焊效果。

## 2 结束语

实验证明, 用于金属粉芯焊丝焊接的 DSA-500 焊机, 具有直流、脉冲 MIG/MAG 焊功能, 符合用金属粉芯焊丝焊接 X80 管道钢的要求。

DSA-500 焊机使用了软开关逆变技术, 实现了熔滴过渡、整机控制的数字化, 采用了先进的电弧长度自适应控制, 该焊机是一种通用性很好的 MIG/MAG 焊机, 可用于一般碳钢、不锈钢、铝及铝合金的焊接。

随着国内 X80 管道钢在冀宁管道的成功应用, 更高级管道钢 X100 和 X120 不久也将应用在国内管道建设上, 同时必然对焊接设备提出新的更高的要求。在新焊接设备的开发应用方面还有很多工作要做, 熊谷电气工业有限公司将在这一领域继续努力, 为我国石油天然气工程建设作出更大贡献。

作者简介: 邢敏周 (1977-), 男, 四川南充人, 工程师, 2003 年毕业于成都电子高等专科学校, 主要从事焊接设备研制和技术管理工作。

收稿日期: 2007-06-18