

DC—500Ⅲa管道 多功能焊机的开发及应用

山东奥太电气有限公司 (济南 250101) 李海涛 张光先
中国石油管道局第五工程公司 (河北任丘 062552) 陈 强 武保安

【摘要】通过分析长输管线通常的焊接工艺及相关设备，针对性地提出一种新型管道多功能焊机研制方案，并生产出相应的焊接设备，成功批量应用于中缅线、中贵线及西气东输三线，弥补了同类设备的缺陷，填补了国内空白，为广大长输管道施工技术人员提供了一款性价比高的经济型管道多功能焊接电源。

1. 概述

随着社会经济的飞速发展，我国石油天然气长输管线建设越来越多，管道施工地形、环境、气候各异，管线的直径越来越大，管线用钢的等级越来越高，对长输管线的焊接工艺和焊接质量要求也越来越高。目前为止，长输管线的主要焊接工艺有多种方案：纤维素焊条下向焊打底和铁粉低氢型焊条下向焊填充、盖面；纤维素焊条下向焊打底和自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面；低飞溅实芯焊丝气保焊打底和自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面；低飞溅金属粉芯焊丝气保焊打底和自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面以及全位置自动焊接专机打底和填充、盖面。其中焊条电弧焊根焊+自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面及低飞溅实芯/金属粉芯焊丝气保护半自动焊根焊+自保护药芯焊丝半自动焊填充、盖面是目前国内应用最为成熟，施工单位使用最多的工艺。

目前管道市场上手工纤维素和自保护药芯焊一体的多功能焊机较多，但是低飞溅实芯/金属粉芯焊丝结合手工焊、自保护药芯焊与一体的焊机国内尚属空白，施工单位采用上述工艺时必须配置两台焊接电源。为简化现场设备配置，减少设备投资，特开发DC—500Ⅲa管道多功能焊机（见图1），既

能满足纤维素焊条、自保护药芯焊、氩弧焊的焊接要求，又能实现实芯焊丝/金属粉芯焊丝的低飞溅焊接，可以为现场施工队伍提供性价比高的经济型管道多功能电源。



图1 山东奥太DC—500Ⅲa管道多功能焊机

2. 系统组成及原理

DC—500Ⅲa电源系统分为三个部分：逆变部分、输出电流斩波部分及波形控制部分，如图2所示。

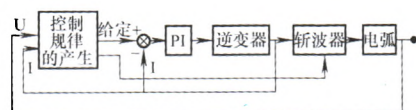


图2 DC—500Ⅲa电源系统

(1) 电源主回路方案 其中主回路选用山东奥

太改进型的移相谐振式电路, 如图3所示。

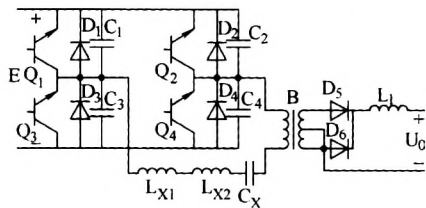


图3 主电路形式

注: Q_1 、 Q_3 为超前臂, Q_2 、 Q_4 为滞后臂, C_1 、 C_3 为超前臂电容, C_2 、 C_4 为滞后臂电容, $C_1=C_3>>C_2=C_4$, C_X 为抑制环流电容, L_{X1} 为变压器回路等效漏感, L_{X2} 为饱和电感, B 为变压器, E 为输入电感, U_o 为输出电压。

控制方式：软开关实现模式， Q_1 、 Q_3 为PWM控制， Q_2 、 Q_4 为互补180°导通，不进行PWM调制， Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 驱动波形如图4所示。

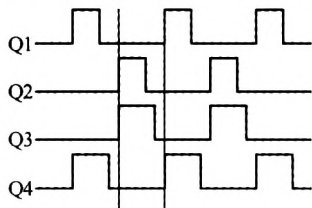


图4 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 驱动波形

整个工作过程分为五个模式：

模式1—— Q_1 , Q_4 导通, 电流通路为:

$$E^+ \rightarrow Q_1 \rightarrow L_{x1} \rightarrow L_{x2} \rightarrow C_x \rightarrow B \rightarrow Q_4 \rightarrow E$$

模式2—— Q_1 截止,电流通路为:

$E^+ \rightarrow C_1 \rightarrow L_{x1} \rightarrow L_{x2} \rightarrow C_x \rightarrow B \rightarrow Q_4$, E 、 Q_1 两端电
压上升。

模式3——当 Q_1 电压至 E 时， D_3 导通，电流通路为：

$$E \rightarrow D_3 \rightarrow L_{x1} \rightarrow t_{x2} \rightarrow C_x \rightarrow B \rightarrow Q_4 \rightarrow E$$

模式4—— Q_4 截止，电流通路为：

$$E \rightarrow D_3 \rightarrow L_{x1} \rightarrow L_{x2} \rightarrow C_x \rightarrow B \rightarrow C_3 \rightarrow E$$

模式5 ——当 C_4 电压至 E 时, 电流通路为:

$$E^- \rightarrow D_3 \rightarrow L_{x1} \rightarrow t_{x2} \rightarrow C_x \rightarrow B \rightarrow D_2 \rightarrow E^+$$

该种主回路逆变器有效解决了焊机全负载范围内的软开关工作,大大提高了焊机逆变器的可靠性,为整个焊接系统可靠工作奠定了坚实的基础。

(2) 输出斩波部分的方案 低飞溅气体保护焊时,在短路初期和短路后期,为了降低飞溅,要在几十个微秒内将焊接电流迅速由几百安培降至几十安培,实现方案有两种:原边逆变器控制方案;副边串联斩波方案,我们选用后者。采用串联斩波方

式输出的电流电压波形如图5所示。

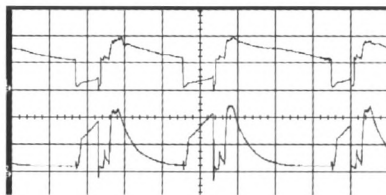


图5 采用串联斩波方式输出的电流电压波形

由图5可见,采用斩波以后,电流下降率增加,飞溅率明显降低,焊接稳定性很高,取得了最佳的焊接效果。

(3) 控制部分的方案 采用软件和硬件相结合的方式, 准确检测熔滴过渡的各个时刻, 使检测正确率达到99%; 飞溅产生前将电流迅速降低, 使熔滴平稳过渡, 降低了飞溅, 有效减少了焊接缺陷。

3. 焊接工艺评定

我公司与中国石油管道局第五工程公司教育培训中心进行合作,全面针对现场长输施工摸索制定DC—500Ⅲa焊接参数,并进行相关工艺评定。

试验管子选用X80

钢, 尺寸为 $\phi 1016\text{mm}$

× 17.5mm, 对口间

隙 1.5~3 mm, 钝边

1~1.5mm, 坡口形式

如图6所示。打底及填

充盖面焊参数如表1。

表2所示。

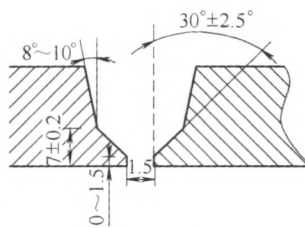


图6 坡口形式

表1 DC—500IIIa低飞溅实芯焊丝半自动打底焊参数

焊道	焊材 牌号 /mm	峰值 电流 /A	基值 电流 /A	送丝速度 /cm·min ⁻¹	拖尾	起弧	保护 气体
根焊	φ1.2 JM-58	300~320	40~50	340~380	1~3	1	100%CO ₂

表2 自保护药芯半自动焊热焊及填充盖面焊参数

焊道	焊材 牌号	焊丝 直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	送丝机 电压/V	送丝速度 /cm·min ⁻¹
热焊	FS.81N1	2.0	190~210	19~20	18.2	215.9
填充1			220~240	20~21	19.0	266.7
填充2			220~260	20~21	19.5	279.4
填充3			230~270	21~22	20.0	292.1
盖面1			190~220	20~21	18.6	228.6

经过研发人员与管道公司焊培高级技师和一线焊工的反反复复摸索、试验，按照表1、表2参数进行了

若干试验和工艺评定, 结论认为DC—500Ⅲa管道多功能焊机成功实现了管道的全位置实芯焊丝高效根焊和自保焊填充盖面, 并且焊接质量和焊接一致性非常高, 目前一次探伤合格率达到98%。

4. 焊机的可靠性设计及测试

众所周知, 管道焊机的施工环境非常恶劣, 而且施工强度非常大, 每天可能达到10~12h, 一旦设备出现故障会导致流水线作业大面积窝工, 给用户造成很大的损失, 我们深知这一点, 所以在设计之初就全面考虑可靠性, 并在该设备推入市场前按照相关国家标准做了全面深入的可靠性测试, 并最终通过。我公司相关环境测试设备如图7所示。



图7 山东奥太环境测试设备

5. 焊接设备及工艺推广与应用

该设备已生产销售100余台, 成功应用于中缅线、中贵线、西气东输三线等国家大型管道建设, 多采用低飞溅气保护半自动焊根焊+药芯自保护焊填充盖面, X射线探伤合格率达到98%, 焊缝成形良好; 由于改进后的药芯自保护焊工艺操作简单, 易于掌握, 得到焊工的一致好评, 因此, 此款设备在管道焊接领域有良好的应用前景。

主要应用案例介绍如下:

(1) 中缅线、中贵线 ①管材材质为X80, 规

格为 $\phi 1016\text{mm} \times 15.3\text{mm}$ 。②根焊采用低飞溅气保护, 焊材选用锦泰JM—58, $\phi 1.2\text{mm}$, 100%CO₂气保护。③自保焊采用金桥生产的JC—30自保护药芯焊丝, $\phi 2\text{mm}$ 。④坡口形式为V形和复合V形, 钝边 $(1.2 \pm 0.4)\text{mm}$, 对口间隙2.0~3.5mm。现场应用情况如图8所示。



图8 DC—500Ⅲa多功能焊机中缅线、中贵线应用

(2) 西气东输三线 ①管材材质为X80, 规格为 $\phi 1219\text{mm} \times 18.4\text{mm}$ 。②根焊采用低飞溅气保护, 焊材选用锦泰JM—58, $\phi 1.2\text{mm}$, 100% CO₂气保护。③自保焊采用赫伯特生产的Fabshield 81N1自保护药芯焊丝, $\phi 2\text{mm}$ 。④坡口形式双V复合形坡口, 钝边1.0~1.5mm, 对口间隙2.0~3.5mm。多功能焊机药芯自保护焊盖面效果如图9所示。



图9 多功能焊机药芯自保护焊盖面效果

6. 结语

我公司DC—500Ⅲa多功能管道焊机成功批量应用于中缅线、中贵线及西气东输三线, 弥补了同类设备的缺陷, 填补了国内空白, 为广大长输管道施工技术人员提供了一款性价比高的经济型管道多功能焊接电源, 将为我国以后管道建设做出更大的贡献。MW (20140110)