



让纳若尔油田天然气处理及综合利用工程焊接技术

贾伦

【摘要】 本文以哈萨克斯坦让纳若尔油田天然气处理及综合利用工程第三油气厂II、III期项目中容器预制为例，分析在容器预制过程中的焊接技术。针对其中的重点和关键技术进行分析，对提高产品质量和施工技术的焊接方法进行详细描述，从而总结出一套类似工程的焊接技术方法。

一、工程概况及特点

哈萨克斯坦让纳若尔油田天然气处理及综合利用工程第三油气厂II、III期项目位于哈萨克斯坦共和国阿克纠宾州的穆戈贾尔区，整套装置的基础设计和详细设计由中国石油集团工程设计有限公司西南分公司负责，我公司负责其中17台容器的焊接及制造。

该地区年气温从-40℃（1、2月份）到40℃（7月份）温差较大，而且让纳若尔油田的天然气含硫量偏高，介质为含湿H₂S的燃料天然气，对容器抗腐蚀能力要求较高。因此，该工程有10台容器材质设计为Q345R(R-HIC)、Q245R(R-HIC)，并要求壳体主要受压元件材料及焊缝需进行抗氢致开裂（HIC）试验和抗硫化物应力开裂（SSCC）试验。

我们项目部根据材料的特殊性、国际项目的重要性、设计的相关要求及施工细节的具体要求，参考了国内外先进的、适合我公司现有设备和技术能力的焊接方式方

法。在焊接材料选取、焊接参数选择等方面进行了多次试验，以保证焊接接头的焊接质量及低温韧性符合要求。最终对不同的容器直径及焊接部位分别制定了适用、高效的焊接方法及工艺。

二、关键焊接技术

1. 焊接工程主要施工特点

10台容器材质为Q345R(R-HIC)、Q245R(R-HIC)，介质为含湿H₂S的燃料天然气。这10台容器中筒体最长为段塞流捕集器，由4段壳体组成，每段壳体分为上下两层，上层8m，下层60m。容器壳体直缝总长272m，环缝总长532m。设计要求接触介质的壳体主要受压元件材料及焊缝应具有抗HIC和SSCC性能，受压元件材料和焊缝应做抗氢致开裂（HIC）试验和抗硫化物应力开裂（SSCC）试验。因此在焊接材料选取方面选用专用焊接材料，焊接工艺方面合理选择焊接参数，控制焊接热输入，以保证焊接接头的焊接质量及低温韧性要求。

2. 焊接方法选择

直缝采用埋弧焊，环缝根据壳体直径大小采用不同的焊接，工艺。 $\phi 2\ 000\text{mm}$ 以上壳体环缝焊接根据生产情况采用了双机单丝同时同步外环缝焊接以及内外焊缝同时同步埋弧焊接工艺。 $\phi 2\ 000\text{mm}$ 以下壳体内环缝采用自动MAG焊（75%~80%Ar+25%~20%CO₂配比混合气体保护焊），外环缝采用埋弧焊。

直径为500mm的接管及配件与壳体的焊接采用半自动MAG焊。我公司常用的是80%Ar+20%CO₂的混合气体，由于混合气体中氩气占的比例较大，故常称为富氩混合气体保护焊。在这批产品中采用MAG焊短路过渡进行焊接，包括与产品筒体接触的正接管、斜插管、大小口、大法兰等，从而使产品获得稳定的焊接工艺性能和良好美观的焊接接头。 $\geq \phi 500\text{mm}$ 的接管为了提高生产效率还使用了马鞍形埋弧焊。焊接效率远远大于焊条电弧焊，而且超声一次检测

合格率高。小直径接管与法兰的对接焊口使用钨极氩弧焊，单面焊双面成形，无需打磨处理。

3. 焊接工艺评定

按照此项目容器的设计温度及相关参数，并依据TGS Z6002《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求，根据厂内设备、工装及人员条件选取合理的焊接方法，并按NB/T47014—2011《承压设备焊接工艺评定》进行焊接工艺评定，具体评定项目如附表所示。

通过评定结果显示所采用的焊接材料、焊接方法、焊接热输入能够满足材料力学性能、化学成分的要求，因此可以此为依据制订焊接工艺。

4. 关键焊接工艺方法

(1) 管径 $\geq 2\ 000\text{mm}$ 筒体B类焊缝焊接 采用双机单丝内外环焊缝同时同步埋弧焊（见图1）。使用同一焊接滚轮架，外环缝采用伸缩臂式埋弧焊机，内环缝采用伸缩臂式埋弧焊机或小车式埋弧焊。第一道外环缝焊接完成后，内环缝清根的同时可以焊接下一道外环，清根结束后马上进行第一道内环缝的焊接，第二道外环缝焊接同时进行。第一道内环缝与第二道外环缝同时焊接减小了筒体焊接变形，保证了筒体直线度。同时第一道内环缝的焊接也起到了对第一道外环缝焊后消氢的作用。

此外，也采用了外环缝双机臂单丝同时同步埋弧焊的焊接方法（见图2），由于都为两道环缝同时同步，因此与单机臂埋弧焊相比，焊接效率大大提高的同

时焊接合格率也不会受到影响。

(2) 管径 $\leq 2\ 000\text{mm}$ 筒体B类焊缝焊接 采用自动MAG焊。MAG焊焊缝成形美观，同时减少了工人在狭窄作业空间的劳动强度，大大的提高了生产效率，外环缝采用埋弧焊。

(3) 管径 $\leq 500\text{mm}$ 接管、垫板、其他配件与筒体以及筒体内件焊接 采用半自动熔化极混合气体保护焊（MAG）+药芯焊（FCAW），提高了电弧的稳定性，不仅焊接飞溅小，而且在较小的临界电流下能够获得稳定的轴向射流过渡和脉冲射流过渡，熔敷效率高，元素烧损程度轻，

焊缝成形美观（见图3）。

(4) DN $\geq 500\text{mm}$ 大接管与壳体的焊接 使用马鞍形埋弧焊，实现自动化焊接，减少了焊条电弧焊的使用，焊接效率大大提高，减少了人为因素对焊接合格率的影响。使用该焊接方法超声一次检测合格率很高。

(5) 小直径接管与法兰的焊接 对接焊口使用钨极氩弧焊焊接，单面焊双面成形，无需打磨处理。

5. 焊接检测系统的使用

使用德国HKS焊接检测系统对过程质量进行在线监测。检测的过程中完成了以下工作：①焊接过程

焊接工艺评定

序号	评定编号	母材钢号	规格/mm	焊接方法	焊接材料	母材厚度/mm	焊缝金属厚度/mm
1	PQR2012-17	345R(R-HIC)	8	SMAW	J507SHA	8~16	≤ 16
2	PQR2012-18	345R(R-HIC)	8	GTAW	ER50—6	8~16	≤ 16
3	PQR2012-19	345R(R-HIC)	16	GTAW + SMAW	ER50—6 + J507SHA	16~32	≤ 32
4	PQR2012-20	345R(R-HIC)	38	SAW	H09MnSHA/SJ204SHA	16~200	≤ 200
5	PQR2012-21	345R(R-HIC)	38	SMAW	J507SHA	16~200	≤ 200
6	PQR2012-18	345R(R-HIC)	4	GTAW	ER50—6	2~8	≤ 8
7	PQR2012-17	345R(R-HIC)	4	SMAW	J507SHA	2~8	≤ 8
8	PQR2010-03	245R(R-HIC)	6	SMAW	J427SHA	2~12	≤ 12
9	PQR2010-03	245R(R-HIC)	10	SAW	H08MnSHA/SJ204SHA	10~20	≤ 20



图1 筒体内外环缝同时同步焊接



图2 筒体双机组同时焊接环缝

参数的记录。②对焊接记录进行筛选、统计。③焊接缺陷的在线探测。④焊接质量的评定。⑤焊接设备的校准。⑥焊接过程的分析。⑦通过分析，做工艺评定及优化焊接工艺。⑧通过分析，识别设备及工件出现问题。

通过此对此监测系统的全面应用，保证了对产品过程质量的控制，减少了缺陷的产生，大大提高了产品一次检测合格率。

三、焊接设备、焊接材料应用情况

1. 焊接材料

在此工程焊接过程中使用的焊材有焊条J427SHA、J507SHA，氩弧焊丝ER50—6，埋弧焊丝H09MnSHA，埋弧焊剂SJ204SHA，实芯气体保护焊焊丝S-6。

2. 焊接设备

本工程使用的主要焊接设备有：2台悬臂式埋弧焊机，2台小车式埋弧焊机，5台半自动气体保护焊机（配备5台气体配比器），马鞍口埋弧焊机1台，钨极氩弧焊机1台，德国HKS焊接监测系统1套。这些设备的合理应用大大提高了生产效率，同时保证了产品一次无损检测合格率。部分焊接设备如图4~图7所示。

四、结语

由于合理的配备了人力物力资源，同时制定了合理的焊接工艺措施，仅用了127天的时间就圆满的完成了17台大型容器的预制任务，而且焊接合格率大大

提高，其中主体焊缝射线一次合格率99.5%，产品检验合格率100%。此外，该工程大大降低了焊材使用成本以及焊工劳动强

度，节约了焊工劳务费，无损检测费用。整个工程节省资金146.2万元，并且工效得到了大幅度的提高。



图3 半自动熔化极混合气体保护焊 (MAG) +药芯焊 (FCAW)



图4 马鞍口埋弧焊机



图5 德国HKS焊接监测系统



图6 林肯埋弧焊机



图7 奥太气体保护焊机

作者简介：贾伦，大庆油田工程建设有限公司。

MW 20141209