

中俄原油管道二线冬季焊接施工措施研究及应用

张先龙 王潮海 姜威 倪来兴 郭建明 王开庆

【摘要】 中俄原油管道（漠大二线）工程是我国北方重要的油气战略储备通道之一。施工地区冬季平均气温 -25°C ，最低气温 -52°C ，如何保证在如此低温环境下的焊接质量是施工的重点。通过制定合理的冬季施工措施，成功解决了中俄原油二线冬季施工问题。

关键词： 低温；冬季施工；保温；层间温度

中俄原油二线工程管道起始于漠河县、终止于大庆市，工程全长941.8km，管径813mm，壁厚为17.5mm、16mm、14.2mm和12.5mm，穿越多条大中型河流及公路，经过原始森林、丘陵、永冻土等生态环境脆弱地区。工程处于高寒地区及大兴安岭林区，工程区域冬季寒冷，每年积雪时间长达5个月，近年来出现过 -52°C 的超低温。如何在冬季进行管道的焊接成为急需解决的问题。本文通过制定合理的冬季施工措施，成功解决了中俄原油二线冬季施工问题。

1. 冬季施工

根据“建筑工程冬期施工规程”（JGJ104—2011）的规定，室外日平均气温连续5天稳定低于 5°C 即进入冬期施工；当室外日平均气温连续5天稳定高于 5°C 时解除冬期施工。黑龙江省一般为每年10月15日至第二年4月15日为供暖期，应为冬季施工，起

止期日可经实测确定。

2. 焊前准备

在中俄原油二线工程施工时，主线路自动焊根据焊接方法和焊口组对方式主要分两种：一种为内焊机组对，一种为内对口器组对，这两种设备在管口组对时均采用气动胀紧方式。因黑龙江冬季降雪量较大，空气湿度大，在采用空气压缩机对内焊机或内对口器进行压缩空气充装时，气路部分会含有水分，所以在室外暴露时短时间内就会结冰，导致对口过程中胀紧力不足和设备不能行走，致使管口组对时出现错边、有间隙（内焊机）、间隙不均匀（内对口器）及胀紧力不足导致间隙变化等状况。为了解决以上问题，主要采取以下措施。

（1）在对口设备上加装保温设备 为保证压缩空气不结冰或充装压力大，工程施工时在内焊机 and 内对口器的压缩气包上加

装了保温棉被，在一定程度上保证了气包内压缩空气的温度（见图1）。

（2）安装空气干燥器 为保证从空气压缩机到内焊机或内对口器压缩空气干燥，自行制作了空气干燥罐，同时安装了吸附式干燥机，保证了压缩空气的干燥和温度。

（3）施工前设备预热 施工前由于设备在夜间已经放置约10h，整体温度和大气温度一致，一般为 -30°C 左右，为了保证设备中的电器元件和润滑系统能顺利工作，正式施工前对设备进行预热。通常预热方式有两种：一是将内焊机或对口器放置在固定管段内，从管外进行火焰预热，从而使设备整体温度上升，由于该方法存在温度不宜控制，一般不采用；二是使用空气预热器对设备进行整体加热，保证设备整体温度，采用如图2所示的柴油预热器，使操作空间温

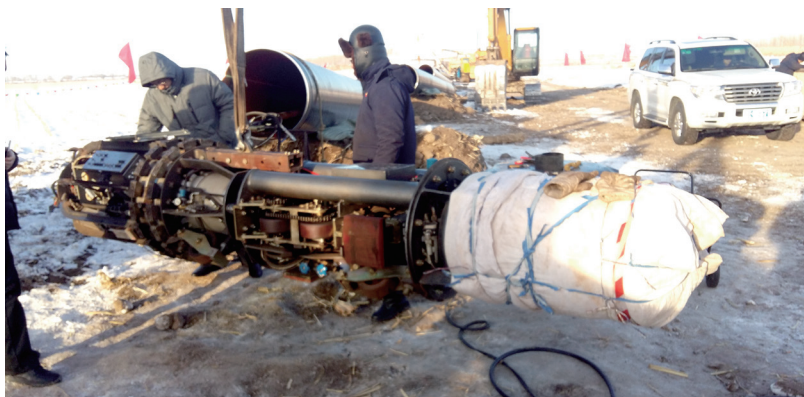


图1 内焊机保温措施

度从大气温度升高到5℃左右，用时一般约10min，使用效果较好。

3. 防风棚温度控制

为了保证焊接温度达到标准要求，同时为焊接操作人员营造一个良好的操作空间，通常采取如下措施：一是采用保温防风棚，保证整体环境温度；二是防风棚内安装了两台四灯头的浴霸，快速增加棚内环境温度；

三是在保温防风棚外再铺设保温被，进行保温处理。通过以上三个措施，在管口焊前预热时的余温以及焊接过程中产生的温度，防风棚内的温度在一层的焊接周期内可达到5~8℃，保证了整个焊接过程的环境温度。

4. 管口焊接

(1) 焊前预热 根据工艺规程要求，焊前需要预热到80~100℃，为了保证预热温度均

匀且温度达到工艺规程要求，焊前采用中频预热方式进行预热，管口从环境温度预热到要求温度， $\phi 813\text{mm} \times 14.2\text{mm}$ 的预热时间一般在4~5min，大大提高了施工效率。

(2) 层间保温及缓冷 在焊接过程中，工艺要求层间温度不低于预热温度，因两层焊接间需要移动防风保温棚，为了保证层间温度不低于预热温度，采用双层石棉被进行层间保温和焊后缓冷，待进行下一层焊接时，根据检测的层间温度数值，确定是否再进行预热。根据现场实际检测的温度，层间温度基本达到了工艺要求，温度为100~110℃。

5. 焊接工艺

中俄原油二线的管材为L415，根据工艺规程要求，焊接时采用RMD打底，气体保护药芯焊丝填充盖面，填充盖面采用管道自动焊，设备选择为



图2 柴油预热器



图3 中频加热器

熊谷A—300X，焊接材料选用的均是金桥焊材，直径为1.2mm，规格分别为E70C—6M—H4和E81T1—M21A4—G，具体选择如表1所示。

焊接工程中严格执行工艺要求，保证各层的焊接参数和温度要求， $\phi 813\text{mm} \times 12.5\text{mm}$ 的工艺参数如表2所示。

6. 结语

通过制定合理的冬季施工措施和保温措施，在施工过程中严格执行各项工艺，同时进行及时有效的检查和检测，保证了中俄原油二线管道施工质量和施工效率，大庆油田在中俄原油二线累计施工470km，焊接一次合格率超过了96%。

表1 焊接电源、设备及焊材选择

工艺名称	打底	填充	盖面
焊接电源	米勒PIPEPRO450RFC	熊谷MPS—500	熊谷MPS—500
设备名称	—	熊谷A—300X	熊谷A—300X
保护气种类	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
焊接材料	E70C—6M—H4金桥	E81T1—M21A4—G金桥	E81T1—M21A4—G金桥

表2 焊接参数

焊道名称	电弧电压 /V	摆频 /次·min ⁻¹	摆宽 /mm	送丝速度 /cm·min ⁻¹	行走速度 /cm·min ⁻¹	左右停留时间 /ms
F1	21~24	80~100	2.0~3.0	650~700	30~35	150~250
F2	21~24	80~100	2.5~3.5	680~720	25~30	80~150
F3	21~24	80~100	5.0~7.0	650~720	20~25	80~150
CAP	21~24	80~100	8.0~10.0	600~650	18~22	30~100

作者简介：张先龙等，大庆油田工程建设公司培训中心。

MW 20171030

(上接第26页)

在国标GB/T 8110标准中，没有与Q345E钢性能匹配的焊丝，但标准中存在一类开放型的材料ERXX—G，对化学成分、力学性能、冲击韧性等验收指标未做出具体规定，包括试样状态（退火或焊态）都由供需双方协商确定。需方制定采购技术规范，明确焊丝复验的条件：包括焊接热输入、道间温度、保护气体及焊后热处理等，保持与产品焊接工艺评定条件一致，由焊材供应商通过调整材料的化学成分，控制原材料的S/P有害杂质元素的含量，最终使焊接材料性能满足产品的设计要求。

4. 结语

(1) 焊接材料熔敷金属的性能复验时，应遵守经评定合格

的焊接工艺条件。保证材料性能复验条件与焊接工艺评定条件的统一，避免选择到与母材不匹配的焊接材料。个别情况下选择特殊定制材料，对保证焊接接头的使用性能意义重大。

(2) 建议对现行标准GB/T 8110的试验条件进行修订，适当放宽限制条件，以符合实际焊接施工的需求。或者将焊材复验标准与焊材选择标准分开，为焊材与母材匹配的选择单独制订标准，以避免上述现象的发生。

(3) 随着钢材质量水平的提高，GB/T 1591标准中低合金高强钢的焊接性越来越好，有适应大焊接热输入的趋势，这使得当今的焊接生产活动更加高效。但现行国家标准中却没有与之匹

配的适应大焊接热输入的焊接材料，这就需要钢厂、制造厂和焊材生产厂商的频繁互动，将应用成熟的ERXX—G类焊接材料转化为标准材料进行推广应用。

参考文献：

[1] 尹士科.焊接材料及接头组织性能[M].北京：化学工业出版社，2011：278-282。
[2] 中国国家标准化管理委员会.GB/T 8110—2008 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝[S].北京：中国标准出版社，2008。

作者简介：王庆伟，东方电气集团东方电机有限公司。

MW 20171030