

长输管道中大口径绝缘接头的焊接工艺

王晓梅（安徽常浩高压管件有限公司，安徽 合肥 230000）

摘要：针对大口径绝缘接头厚壁厚、承压高等结构特点和使用性能要求，将传统的钨极氩弧焊打底焊条电弧焊填充、盖面的焊接工艺，改成半自动 TIG 焊打底、埋弧自动焊进行填充、和盖面的新型焊接工艺。通过焊接工艺评定对其进行判定及验证，焊接质量和性能均满足相关的检测试验要求，目前已将新型焊接工艺方式批量应用于大口径、高承压、厚壁的绝缘接头生产线过中，保证焊接质量、改善作业环境、提高生产效率、减轻焊工的劳动强度，获得的较好的经济效益。

关键词：绝缘接头；厚壁；焊接工艺

1 绝缘接头设计数据

设计压力：13.9Mpa；工作温度：10~85℃；

介质：天然气；设计系数：0.6；

相连管线材质：API 5L-X70 PSL；许用应力：291Mpa；

接管直径：Φ914mm；接管厚度：38mm；

2 绝缘接头结构及焊缝示意图（见图 1）

绝缘接头接管材质：API 5L-X70 PSL（简称 X70）；上、下法兰及套筒锻件：ASTM A694 F65 级（简称 F65）；直径（鼓包直径）：Φ1224mm；鼓包长度：500mm；接管直径：Φ914mm；接管壁厚：38mm；接头总长：2570mm。焊缝分别对应图中示意位置：A1、A2、B1、B2、B3。

3 工艺评定

焊接工艺评定对焊接结构生产质量控制至关重要，只有经我们公司评定合格的工艺才能指导生产。本次工艺评定试样选用 X70 和 F65 两种材料，均为 Φ914mm×38mm×180mm 尺寸，从原材料上切割而得。试样中，X70 用于绝缘接头接管，F65 用于上、下法兰及套筒。经过化学分析，我们得到了这两种材料的详细化学成分和力学性能数据。在坡口加工方面，我们选择了对接接头形式和双 V 型坡口，并遵循绝缘接头坡口检测要求进行磁粉检测，以确保加工质量。这一系列的严谨流程，旨在确保焊接工艺的质量和可靠性，为后续的生产提供有力的技术支持。通过本次工艺评定，我们能更好地了解材料性能，优化焊接参数，

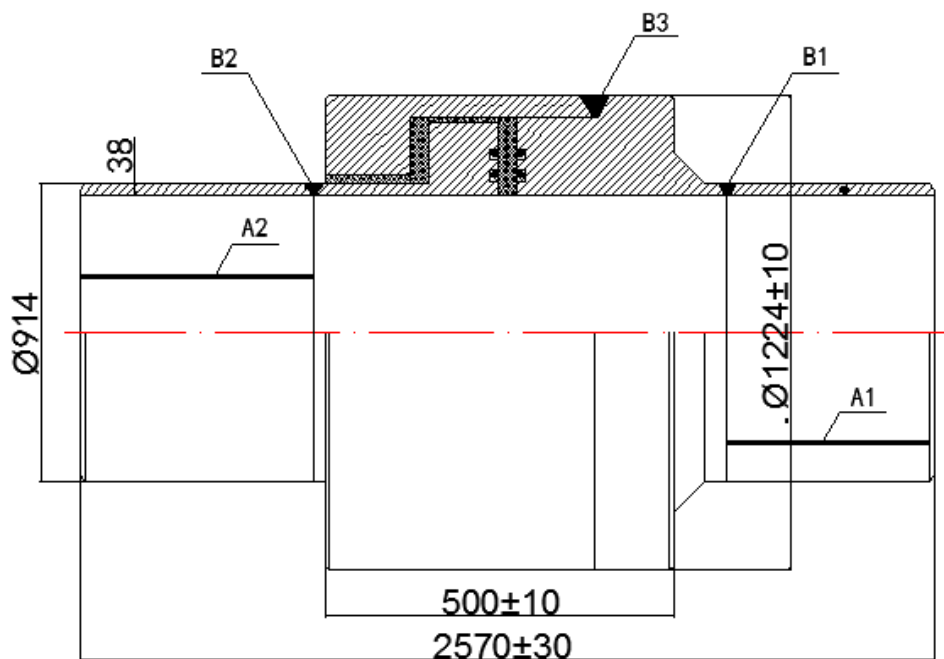


图 1

从而提升产品质量和生产效率。

3.1 焊接材料的选择

在 TIG 焊接过程中，我们选择钨极时会考虑电流的种类、极性和大小，力求在保证许用电流大于实际焊接电流的同时，选用直径较小的国产金属钨钨极，以利用其弧束细长、热量集中等优点。同时，我们选择经济且保护效果好的氩气作为保护气体。在填充金属的选择上，我们遵循等强度匹配原则，并确保在惰性气体的保护下，填充金属融化后成分保持稳定，不会因元素烧损而改变。

3.2 焊前清理与层间清理

焊接过程中对污染极其敏感，焊前应对焊件、焊丝进行严格清理，清除油脂、油漆、涂层、加工时候的润滑剂、灰尘和氧化膜等，清理工作结束后应立即施焊防止再次沾上油污等；在熔敷下一层焊道之前，必须将前一道焊道的焊渣、表面缺陷、弧坑以及焊接残余物，用刷、磨、锉、凿等方法去除。

3.3 装配组对

采用 TIG 焊为打底焊缝，保证熔透不烧穿为控制要点，在定位焊之前严格控制组对间隙和错边量，尽可能使接头处在刚性固定下施焊。焊口组对前，应清楚坡口两侧 20mm 范围内的母材表面的油、锈、污等，防止其影响焊接质量。组对焊口应避免强力组对，若因管口椭圆度等影响组对，可通过氧气－乙炔加热、借助工装进行校核，须使错边量均匀分布方可进行定位焊接，定位焊缝应不少于 50mm。为保证焊接质量，降低其热影响区硬度，预防低合金钢焊接产生的轻裂纹产生，应采用焊前预热，预热温度≥ 150℃，且预

热面积与焊缝之间需保证单边 200mm 以上。

3.4 焊接

采用自动 TIG 焊打底，SAW 填充、盖面的焊接工艺进行。焊丝表面应无油、锈、污等且镀铜完好；焊剂使用前应按照 250℃烘焙，保温 2 小时之后方可使用进行焊接作业；焊丝伸出长度约 35mm，保证弧光不外露，且焊剂堆积高度适中。焊接时应时刻观察焊缝融合情况，以便及时调整工艺参数，焊接下道焊缝之前须彻底清楚焊渣等。TIG 焊打底焊道的焊接参数见表 1；埋弧焊焊接参数见表 2。

3.5 焊后检验

焊后对焊缝进行质量检验。焊缝表面缺陷可采用外观目视检查，表面缺陷超过相应的质量验收标准时，对气孔、夹渣、焊瘤、余高过大等缺陷，应用砂轮打磨并圆滑过渡，必要时应进行焊补；对焊缝尺寸不足、咬边、弧坑未填满等缺陷，应进行焊补，超宽部分亦应打磨圆滑过渡，焊缝外观质量合格后委托外协单位对焊缝内部缺陷进行射线探伤。

焊缝质量的检验项目，检验要求及合格等级，由产品技术要求和 NB/T47014 标准确定。

3.6 检验与试验

采用磨光机切割引弧板和息弧板后进行检测，焊缝质量评定经检验，焊缝表面成形良好，焊缝 X 射线探伤结果为 II 级合格，满足工艺评定试样不裂要求。

试样按 NB/T47016-2011《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》制备：2 个拉伸试样，4 个横向侧弯试样，9 件冲击试样（焊缝区、X70 和 F65 侧热影响区各 3 件），通过力学性能试验，验证预焊接工艺

表 1 TIG 焊打底焊道的焊接参数

焊丝直径 /mm	钨极直径 /mm	极性	焊接电流 / (A)	电弧电压 / (V)	焊接速度 / (mm/min)	运条方法	气体流量 / (L/min)
1.0	2	直流正接	120-150	14-16	80-120	半横向摆动	12-15

表 2 埋弧焊焊接参数

焊丝直径 /mm	焊接位置	焊接电流 / (A)	电弧电压 / (V)	焊接速度 (cm/min)
4.0	1 层	380-430	32-33	18-25
4.0	2、3 层	550-650	33-36	18-25
4.0	4 层	500-550	33-36	18-25

表 3 拉伸试验

试样编号	抗拉强度	断裂部位和特征
23-2-01	584	断于焊缝外
23-2-02	569	断于焊缝外

表 4 弯曲试验

试样编号	弯曲角度 (°)	试验结果
23-2-03	180	不裂
23-2-04	180	不裂
23-2-05	180	不裂
23-2-06	180	不裂

表 5 冲击试验结果

试样编号	冲击位置	冲击温度	冲击功
23-2-07	焊缝区	-20	140
23-2-08	焊缝区	-20	128
23-2-09	焊缝区	-20	125
23-2-10	热影响区 (X70)	-20	138
23-2-11	热影响区 (X70)	-20	144
23-2-12	热影响区 (X70)	-20	152
23-2-13	热影响区 (F65)	-20	147
23-2-14	热影响区 (F65)	-20	168
23-2-15	热影响区 (F65)	-20	178

的正确性。理化试验结果如下表 3、表 4、表 5。

3.7 工艺评定结果

X70 和 F65 钢的焊接工艺评定，验证了焊接工艺的可行性，试验数据可有效合理的运用于生产中。

4 绝缘接头与焊接相关的要求

绝缘接头焊接遵循 GB/T150.4-2011 标准，焊缝表面不得有缺陷，需圆滑过渡。焊后按 NB/T47013-2015 进行无损检测，包括射线与超声波检测。按 20.85Mpa 和 13.9Mpa 进行强度与严密性试验，遵循 GB/T150.4-2011，合格后按 GB/T21246 进行绝缘电阻测试，要求电阻大于 20 兆欧，无需盐水测试。

5 绝缘接头的焊接

5.1 焊前准备

采用 HDNC-600 七轴焊接专机进行自动钨极氩弧焊打底焊接，MZ-1000 进行埋弧焊填充、盖面。为了获得良好的焊接质量，在焊按前先对焊接部位进行清洁，可用火焰烘烤法（将母材加热到 200-315℃之间）去除焊接坡口两侧 20mm 范围内油污、氧化皮等，再用砂轮机将坡口内打磨出金属光泽。焊接之前应将定位焊缝打磨出金属光泽并检查定位焊缝有无焊接缺陷，否则应将定位焊缝打磨干净。打底焊接应保持连续操作，尽量检查中断现象，若遇到夹钨，则应停止施焊作业，清除焊接缺陷，修磨钨棒后方可继续施焊。

5.2 上、下接头与短管的焊接

组对前应对法兰与短管的壁厚进行检查，确保厚度一致达到射线探伤要求。在焊接过程中要严格控制电流、电压，不能采取大于工艺评定的最大热输入值。

焊接过程中除了要控制焊接过程中的热输入外，还要对层间温度进行监测与控制，确保层间温度不超过 300℃。

5.3 上接头与固定套筒的焊接

上接头与固定套筒焊接前应用 500-3000 兆欧表测量绝缘接头电阻，另外亦应当考虑以下问题：整体式绝缘接头的密封圈、绝缘套、绝缘垫片等元件在高温环境中使用性能会有所影响甚至失效，因此在焊接过程中必须严格控制温度。在焊接时，尽量加大焊缝与绝缘垫片、绝缘套装配位置的尺寸；其次，在保证焊接质量以及绝缘接头使用功能正常的情况下将锻件的截面积适当扩大，以这种方式来增加散热区域，提高散热速度，并且同时采取降温措施。使焊接质量能得到保证且不影响内部结构件的使用性能。

焊接时严格控制焊缝温度，确保焊缝温度不超过 40℃，在进行下一层的焊接时先对上

一道焊缝温度进行检查，在确定焊缝不烫手后再进行下一层的焊接工作。

5.4 绝缘接头接管与封头的焊接

在绝缘接头焊接结束焊缝检测合格后，再焊接封头与短管，焊接过程仍然需要控制焊接质量并且严格按照工艺评定试样参数进行，焊后同样需要对焊缝进行无损检测，确保与封头间焊缝质量。否则将影响试验结果。

5.5 焊缝表面质量要求

具体要求：不得有表面 裂纹、未焊透、未熔合、表面 气孔、弧坑、未填满和肉眼可见 的夹渣等缺陷；

焊缝与母材应当圆滑过渡；绝缘接头焊缝表面的咬边深度 < 0.5 毫米，咬边连续长度 < 100 mm，焊缝两侧咬边的总长不得超过该焊缝长度的 10%。

5.6 检测试验

根据 SY/T0516-2016《绝缘接头与绝缘法兰技术规范》逐次进行试验

6 效果验证

大口径、高承压、厚壁绝缘接头的主体焊缝选用了自动极氩弧焊打底、埋弧自动焊正面填充、盖面的新的组合焊接工艺通过技术革新提高了生产效率，克服了手工电弧焊存在的缺点，弥补了钨极氩弧焊熔敷率低的不足，改善了焊缝的表面成形质量、焊接过程中熔滴过渡平稳；解决了手工 TIG 焊容易咬边的问题，避免了手工电弧焊容易存在的夹渣问题。

验证结果表明，焊缝质量达到了绝缘接头的设计要求并且在 8 个 DN900 PN13.9 的绝缘接头中试验一次合格率达 100%。组合工艺的自动化程度及焊接生产率与手工电弧焊及手工氩弧焊相比大为提高，获得

了良好的经济效益。

7 评价与应用

整体式绝缘接头是管道的重要组成部分，接头质量对管道的密封性、可靠性有直接影响。在进行整体式绝缘接头焊接工作时，要能通过多方面提升质量与高效意识，不断优化焊接工艺，全面保证整体式绝缘接头焊接质量，以此保证整体式绝缘接头的使用性能及使用寿命。X70 与 F65 焊接工艺评定，验证了焊接工艺的可行性，试验数据可有效合理的运用于生产中，并获得优良的焊接质量。

参考文献：

- [1] 杨永良，董洋，侯玮光，邵宏智，沙彬斌，整体式绝缘接头焊接工艺概述. 金属加工（热加工），2019（02）：30-32.

作者简介：

王晓梅（1989-），女，汉，安徽太和人，本科，安徽常浩高压管件有限公司，工程师，研究方向：焊接工艺。

