



0Gr18Ni9管子全位置对接焊技术的探讨及应用

卢忠华

【摘要】 主要介绍了0Gr18Ni9不锈钢管应用于柴油机试车管路焊接制作，探讨管子全位置对接焊（5G）的工艺措施以及生产实际中的焊接技术。同时介绍了0Gr18Ni9不锈钢管的力学性能和化学成分。

关键词： 不锈钢管；0Gr18Ni9；焊接工艺；全位置焊接

本公司是生产大型船用柴油机的公司，柴油机总装完成后需要进行台架试验，以检测整机的性能。每个试车台位需要配套试车管路，其中滑油管与辅房接口处总是出现尺寸误差，通过工艺改进，将最后接口改为现场配焊。由于这些接口的焊接位置为全位置，也就是水平固定向上焊（5G），焊接难度非常大。所以制定合理有效的焊接工艺是关键。

1. 0Gr18Ni9不锈钢管性能

管子材质为0Gr18Ni9，属于奥氏体不锈钢，具有良好的耐蚀性、耐热性、低温强度和力学性能，冲压弯曲等热加工性好，无热处理硬化现象，无磁性，有较好的抗晶间腐蚀性能，优良的耐腐蚀性及冷加工冲压性能。

0Gr18Ni9管子具有良好的工艺性能和焊接性能，化学成分和力学性能如表1和表2所示。

2. 工艺方案

（1）工艺分析 0Gr18Ni9管子全位置对接焊，共需要焊接4层，全部为单层单道焊。焊接步骤：先焊接打底层，然后焊接过渡层，再焊接填充层，最后焊接盖面层，如图1所示。

0Gr18Ni9管子对接焊，全部采用手工钨极氩弧焊（GTAW/141）。打底层和过渡层时，管子内部需要充氩气对焊缝背面进行保护，否则将产生严重的氧化，影响焊缝成形和焊接性能。

（2）工艺特点 钨极氩弧焊（GTAW/141）的电弧稳定，热

量比较集中，在惰性气体（氩气）的保护下，焊缝质量比较好。

钨极氩弧焊（GTAW/141）对于打底焊具有很多优越性，它不仅能充分保证母材根部的良好熔透，焊缝具有良好的成形，同时可提高根部焊缝的塑性和韧

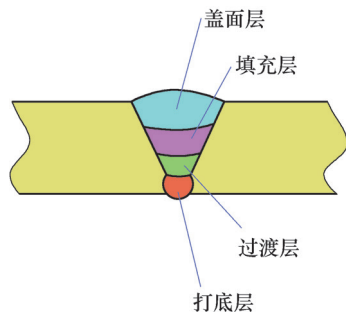


图1 焊接步骤示意

表1 0Gr18Ni9管子的化学成分（质量分数）（%）

牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0Gr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.035	17~19	8~11

表2 0Gr18Ni9管子的力学性能

牌号	$R_{p0.2}$ /MPa	R_m /MPa	A (%)	HBW
0Gr19Ni9	≥205	≥520	≥40	≤187

性，减少焊接应力，从而可以避免产生根部裂纹，焊接过程中也不易出现未焊透、夹渣、气孔等缺陷。

(3) 工艺流程 管路焊接制作过程中，主要工艺步骤：管子切割→坡口加工→组装→焊接→外观检测（VT）→无损检测（RT）→管路整体水压试验→管路整体气密性试验等几个部分。

3. 焊前准备

(1) 下料及坡口加工 管子的切割下料与坡口加工采用冷加工方法。切割采用带锯床或是无齿锯进行切割下料，长度尺寸预留2~3mm加工余量。管子切割后，将切口修整光滑，毛刺打磨干净。

用车床将管子两端余量加工掉，再进行坡口加工，坡口形式为单V形坡口，坡口角度30°，钝边保留1.5mm，如图2所示。

(2) 焊接材料 采用 $\phi 2.4\text{mm}$ ，ER308L焊丝焊接，焊材的化学成分及力学性能如表3和表4所示。

(3) 保护气体 钨极氩弧焊（GTAW/141）保护气体选用纯度 $\geq 99.98\%$ Ar。氩气主要是对熔池进行有效的保护，在焊接过程中防止空气对熔池侵蚀而引起氧化。同时对焊缝区域进行有效的隔离空气，使焊缝区域得到保

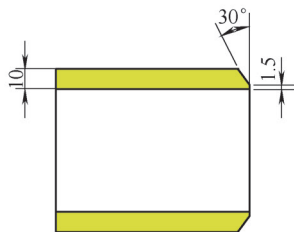


图2 管子坡口加工

表3 焊材的化学成分（质量分数） (%)

牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
ER308L	0.03	0.65	1.0~2.5	0.03	0.03	19.5~22	9.0~11	0.75

表4 焊材的力学性能

牌号	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A(\%)$	KV_2/J
ER308L	≥ 320	≥ 510	≥ 25	—

护，提高焊接性能。

氩气的调节方法是根据被焊金属材料、电流大小及焊接方法来决定的，电流越大，保护气越大，为了保护的效果好，气体流量与喷嘴直径要相互配合。

(4) 焊接电极 钨极氩弧焊（GTAW/141）的电极选用钨钨极， $\phi 2.5\text{mm}$ 。钨极作为一个电极，它要负担传导电流，引燃电弧和维持电弧的作用。钨极是高熔点材料，熔点 $(3410\pm 10)^\circ\text{C}$ ，在高温时有强烈的电子发射能力，并且钨极有很大载流能力。

4. 管子焊接

(1) 管子焊接工艺要求 钨极氩弧焊（GTAW/141）属于气体保护焊，焊接时如果有风，将会影响焊接质量。焊接场所应采取防风、防寒等措施，确保施焊环境 $\geq 5^\circ\text{C}$ ，气体保护焊时风速 $> 2\text{m/s}$ 、相对湿度 $> 90\%$ ，禁止施焊。

组对前，应把管子坡口两侧20mm范围内进行打磨，直至露出金属光泽，然后再用丙酮或酒精清洗坡口，确保无加工的切削液、油、铁锈、水垢或其他有害物质，以免焊接过程中产生气孔等缺陷。

对奥氏体不锈钢在组对和焊接时不允许接触碳钢材料，需要

在平台和工装上垫上帆布或木板；打磨用砂轮片不得用于打磨其他材料，钢丝刷必须是用奥氏体不锈钢丝制做的。

为避免焊缝在敏化温度区间内因停留时间长而析出铁素体和 δ 相，层间温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ 。因此，焊接时要采用短电弧、小电流、快速焊，严格控制焊接热输入。

(2) 管子组对及定位焊 为了保证管子组对的精度，最好采用工装进行管子的组对，保证焊接间隙符合工艺要求的4mm，并且周圈均匀。测量对接完的焊口，内外壁要求齐平，错边量不能超过复层壁厚的10%，且 $\leq 2\text{mm}$ ，管子组对如图3所示。

由于打底焊时会产生较大的焊接应力，收缩焊接间隙，影响打底焊背面的成形，所以需要进行定位焊。定位焊采用三点焊法，每个焊点单面焊双面成形，长度一般为10~15mm，厚度为2~3mm。定位焊工艺规范必须与打底焊一致，采用 $\phi 2.4\text{mm}$ ，ER308L焊丝，电流一般应控制在80~90A，定位焊如图4所示。

由于管子是不锈钢，管子内部焊缝会产生严重的氧化，为保证焊缝成形和焊缝质量，管子内部必须进行充氩气保护。充氩气前，需要用纸胶带将所有的管口

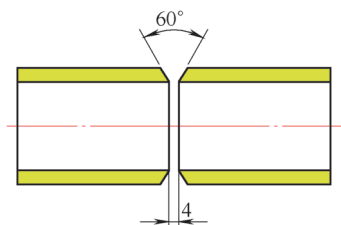


图3 管子组对示意

进行封闭, 然后进行充氩, 氩气流量为6~14 L/min。

(3) 管子焊接 用砂轮机将所有定位焊焊点的两端修磨成缓坡状, 以保证打底焊接头时完全熔透。

焊接顺序: 从管子底部6点位置开始, 分左、右由下向上焊接, 直至焊接至12点位置。按照焊接顺序进行打底层焊接, 然后焊接过渡层, 再焊接填充层, 最后焊接盖面层。焊接顺序如图5所示。

钨极氩弧焊 (GTAW/141) 操作注意事项: ①对于钨极氩弧焊 (GTAW/141), 必须采用直进焊技术, 焊枪尽可能垂直于工件, 焊枪与工件夹角 $\geq 70^\circ \sim 80^\circ$, 提前送气, 焊丝倾角为 $11^\circ \sim 20^\circ$ 。②焊枪作直线匀速移动, 焊丝的送进速度与焊接速度要匹配, 焊丝不能与钨极接触, 以免烧坏钨极。③为避免焊丝过热氧化, 填充材料的

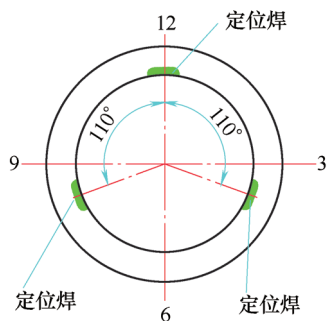


图4 定位焊示意

尖端在焊接时必须一直处于气体保护下。④电弧熄灭前, 焊缝终端要多添加些焊丝金属来填满弧坑, 防止弧坑裂纹。熄灭电弧后, 在熄弧处多停留一段时间, 使焊缝终端得到充分氩气保护, 防止氧化。

由于不锈钢焊接的特殊性, 需严格执行焊接参数, 如表5所示。

具体操作方法如下:

第一, 打底层焊接: 打底层焊接前, 保证管子内部始终在充氩气保护状态下。打底层焊接采用单面焊双面成形技术, 是管子全位置对接焊质量要求最高、难度最大的一步。打底层焊接从管子底部6点位置开始, 分左、右由下向上焊接, 直至焊接至12点位置。

6~3点位置和6~9点位置的送丝形式采用内填丝, 如图6所示。9~12点和3~12点位置的送丝形式采用外填丝。如图7所示。

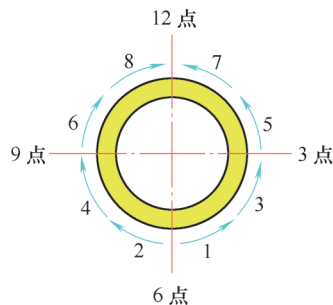


图5 焊接顺序示意

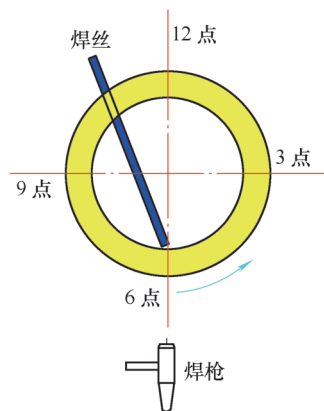


图6 内填丝示意

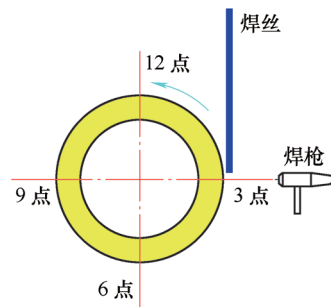


图7 外填丝示意

表5 钨极氩弧焊 (GTAW/141) 焊接参数

焊道名称	焊接方法	焊丝牌号	焊丝直径/mm	焊接电流/A	极性	气体流量/L·min ⁻¹
打底层	GTAW/141	ER308L	2.4	80±10	DC-	9~12
过渡层	GTAW/141	ER308L	2.4	110±10	DC-	9~12
填充层	GTAW/141	ER308L	2.4	120±10	DC-	9~12
盖面层	GTAW/141	ER308L	2.4	100±10	DC-	10~13

由于焊丝在坡口的反面，可以清晰地看清钝边和焊丝的熔化情况，眼睛的余光也可以看见反面余高的情况，所以焊缝熔合好，反面余高和未熔合可得到很好的控制。

焊接至距离12点大约有50mm的位置时，马上停止焊接，将内部保护气体流量减少至3L/min，以防止气压过大而使最后接头处焊缝产生内凹。然后将12点位置的定位焊两端打磨成斜坡状，当焊接至斜坡时，暂停送丝，用电弧把斜坡处熔化成熔孔再进行送丝，完成最终接头。

打底层完成后，应认真检查打底层焊缝质量，特别是管子内部成形情况，确认满足质量要求后再进行过渡层焊接。打底焊内部焊缝效果如图8所示。

第二，过渡层焊接：过渡层焊接前，管子内部继续充氩气进行保护。

过渡层焊接送丝形式采用外填丝，其焊丝头在坡口正面。电弧引燃后要在焊件开始的地方预热3~5s，形成熔池后开始送丝，左手捏焊丝，不断送进熔池进行焊接，焊丝送入要均匀，焊枪向前移动要平稳。

第三，填充层焊接：为了保证熔融金属需要进行摆动焊，摆动最大幅度不能超过3倍焊丝直径。焊枪向前移动要平稳左右摆动，焊道两侧稍慢，中间稍快。

焊接过程中，要密切注意熔池的变化，当熔池变大、焊缝变宽或出现下凹时，要加快焊速或重新调小焊接电流。当熔池熔合不好和送丝有送不动的感觉时，要降低焊接速度或加大焊接电

流。

第四，盖面层焊接：盖面层焊缝外形与母材平滑过渡，接头与焊缝高低一致，焊缝宽窄均匀顺直，焊缝宽度以盖过坡口边缘1~1.5mm为宜。

焊接过程中，要密切观察熔池变化，控制焊缝两侧熔合好，减少咬边出现。咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，且焊缝两侧咬边总长度不得超过该焊缝长度的10%。盖面焊焊缝效果如图9所示。

5. 管子检测

(1) 焊缝检测 按照表6中的标准，对不锈钢管焊缝进行VT和RT检测。焊缝外观成形良好，外形平滑过渡。焊缝表面不得低于母材表面，焊缝余高 $\Delta h=1+0.2b$ ，且 $\leq 3\text{mm}$ （ b 为组对后的坡口宽度），不允许有裂纹、未熔合、气孔及夹渣等缺陷。

对于无损检测不合格的返修部位，必须按照以上的工艺步骤

进行，清除缺陷、补焊，补焊完成后进行无损检测。

(2) 水压试验 用 $\geq 5^\circ\text{C}$ 的水进行水压试验，试验压力为设计压力的1.5倍，保压时间 $\geq 15\text{min}$ 。

(3) 气密试验 气密性试验应在水压试验合格后进行，试验所用气体应为干燥、清洁的空气、氮气或其他惰性气体，试验压力为设计压力的1.15倍。

首先把所有管路联接在一起，然后开始升压，压力应缓慢上升，达到规定试验压力后保压10min，然后降至设计压力，对所有焊缝和连接部位涂刷肥皂水进行检查，以无泄漏为合格。如有泄漏，修补后重新进行水压试验和气密试验。

6. 结语

利用钨极氩弧焊电弧稳定，控制好，质量优的特点，进行打底层焊接，可以实现全位置的单面焊双面成形；再进行全位置的过渡层、填充层焊接，可以保



图8 打底层内部焊缝效果



图9 盖面焊缝效果

表6 检测要求

检测名称	检验项	检测范围 (%)	试验标准
0Gr18Ni9不锈钢管	VT	100	ISO5817-B
	RT	100	ISO 17636
	RT	100	ISO 10675

