



耐候钢Q355NHB埋弧焊接工艺分析

宋统战

【摘要】 通过耐候钢Q355NHB钢板埋弧焊接H型钢梁，合理选择焊接材料，匹配合适的焊接参数，成功地应用于铁路古交电管廊项目产品的焊接生产中，对于今后类似项目应用具有一定的借鉴价值。

关键词： 耐候钢；埋弧焊；焊接工艺

1. 概述

耐候钢（耐大气腐蚀钢）是通过加入少量铜、磷、铬、镍，使其在金属基本表面上形成保护层，以提高钢材的耐候性能。按耐大气腐蚀性能可将耐候钢分为两类：一类是高耐候结构钢，一类是焊接结构用耐候钢。在我国，耐候钢主要用于桥梁、建筑等结构。目前，由于市场上相应的埋弧焊接材料较少，所以用于耐候钢焊接的工艺方法主要以焊条电弧焊和CO₂气体保护焊为主。鉴于用埋弧焊这种高效、优质焊接方法焊接耐候钢工艺技术的报道甚少，尚无文献可以借鉴，然而近年来耐候钢的应用却越来越广泛，故对用埋弧焊焊接耐候钢的技术需求更加关注。因此，我们借助工程的实际，对Q355NHB耐候钢进行了埋弧焊焊接工艺试验。

2. 耐候钢Q355NHB的材质分析

(1) Q355NHB钢材的力学性能

我们对进厂钢板的力学性能进行复验，并与要求值进行对比，结果合格如表1所示。

(2) Q355NHB钢材的化学成分 对进厂的钢材的化学成分进行了复验，并与要求值进行对比，结果合格如表2所示。

3. 焊接工艺试验

(1) 焊接材料及设备 我单位承接某铁路产品，用Q355NHB耐候钢焊接H型钢梁，规格为：H482mm×300mm×11mm×15mm、H300mm×300

mm×10mm×15mm、H400mm×400mm×13mm×21mm；共计385t，材料为甲方提供。为了提高生产效率，决定选用埋弧焊接方法，I型对接形式，正反各一遍。我们选取厚度为13mm板进行了埋弧焊接工艺试验，即确定焊接材料和选择合适的焊接参数。试板尺寸为600mm×200mm×13mm，对接试件的力学性能试验及取样数量如表3所示。

焊接试板表面不得有裂纹、

表1 钢材力学性能要求值及复验值

钢材规格 /mm	下屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长率 (%)	冲击吸收能力 /J	冷弯试验
Q355NHB标准	≥355	490~630	≥22	≥47	2a
13×15000×6000	423	586	23.0	50	完好

表2 钢材的化学成分求值及复验值

钢材规格 /mm	化学成分（质量分数，%）							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
Q355NHB标准	≤0.16	≤0.50	0.050~1.5	≤0.030	≤0.030	0.25~0.55	0.40~0.80	≤0.65
13×15000×6000	0.10	0.35	0.42	0.010	0.005	0.39	0.85	0.55

表3 试件的力学性能及取样数量

试件规格/mm	拉伸试验	弯曲试验		冲击试验	
	拉力试样	面弯试样	背弯试样	焊缝区试样	热影响区试样
600×200×13	2	2	2	3	3



结疤、折叠、气孔和夹渣等对检测性能有害的缺陷，并不得有分层现象。

在试板焊接前均需对焊接材料进行抛丸除锈和喷涂无机硅酸盐锌粉漆，并烘干。

焊接材料的选择，由于Q355NHB耐侯钢用埋弧焊接方法尚无文献可以借鉴，埋弧用焊接材料产品也较少生产，文献报道较多的是焊条和半自动混合气体保护焊，按照焊接材料化学成分和强度选用原则，决定选用与母材强度略高和化学成分接近的且市面有货的TH550-NQ-Ⅲ焊丝，其化学成分和力学性能如表4、表5所示。焊剂选用SJ101，其焊剂成分及熔敷金属力学性能如表6所示。焊接设备选用ZX5-1000型埋弧焊机。

(2) 焊接工艺 焊接坡口：

对于厚度13mm的板材，两板组对不留间隙（实际会有1~2mm间隙），不开坡口，试件组对形式如附图所示。

(3) 焊接方法、焊接参数及顺序 对试板进行组对，调整好间隙0~2mm，并保证错边量不超过1mm。用ZX5-1000型埋弧焊机、SJ101焊剂施焊，焊完一侧自检无裂纹、气孔、夹渣等缺陷后，翻转进行另一侧的焊接，然后再对焊接质量进行自检，焊接参数如表7所示。

(4) 外观检查及UT检测 首先，进行感观目测，查看焊缝表面有无裂纹、未焊透、未熔合及气孔等缺陷，然后使用焊口检测器进行焊缝宽度、余高测量，看是否均匀，焊缝宽度差应 ≤ 2 mm；余高应在1~2 mm内；焊接

表4 焊接材料的化学成分

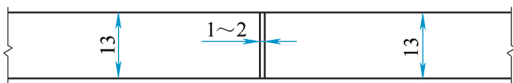
材质	化学成分（质量分数，%）							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
TH550-NQ-Ⅲ标准	≤ 0.12	≤ 0.35	0.11.00 ~ 2.00	≤ 0.025	≤ 0.020	0.20 ~ 0.50	0.30 ~ 0.90	0.20 ~ 0.80
材质书	0.086	0.21	1.47	0.010	0.005	0.35	0.40	0.45

表5 焊接材料的力学性能

材质	下屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长率 (%)	冲击吸收能量 /J (-40℃)	冷弯试验
TH550-NQ-Ⅲ标准	≥ 550	≥ 450	≥ 22	≥ 60	2a
材质书	589	490	27.0	140	完好

表6 SJ101焊剂成分及熔敷金属力学性能

SJ101	化学成分（质量分数，%）					力学性能			
	SiO ₂ +TiO ₂	CaO+MgO	Al ₂ O ₃ +MnO	CaF ₂	S	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 (%)	a_k /J (-20℃)
标准	25	30	25	20	≤ 0.06	480~650	≥ 400	≥ 22	≥ 27
质量书	25	32	22	21	0.027	≥ 492	≥ 410	≥ 23	≥ 33
复验	25	31	24	20	≤ 0.03	≥ 497	≥ 420	≥ 24	≥ 35



试件的组对形式

表7 焊接参数

焊接位置	焊丝牌号	焊机型号	焊剂	焊丝直径 /mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm.min ⁻¹	极性
正	TH550-NQ-Ⅲ	ZX5-1000	SJ101	$\phi 4.0$	500~550	32~34	300~320	DC反接
反	TH550-NQ-Ⅲ	ZX5-1000	SJ101	$\phi 4.0$	650~700	34~38	280~300	DC反接

试件错边量 <1 mm，焊接变形全宽 <2 mm；最后使用超声波探伤仪进行UT检测，焊缝质量达到二级为合格，并用记号笔画出缺陷位置，以便取样时避开。

(5) 力学性能试验 拉力试验：根据焊接工艺评定，拉力试样的抗拉强度应不低于母材钢号强度标准规定值的下限，Q355NHB耐侯钢的抗拉强度要 >490 MPa，本次试验的抗拉强度值为520~600MPa，高于母材的抗拉强度下限，表明试验结果合格。

弯曲试验：根据焊接工艺评定，弯曲试验后试样的外侧不得

有裂纹，本次试验弯曲直径等于2倍板厚，弯曲角度为180°，各种试样面弯、背弯各做两件，经检测均无裂纹，表明试验结果合格。

冲击试验：根据有关标准，要求试验的冲击吸收能量不小于母材最小值（60J）的75%，即 ≥ 45 J，本次冲击试验试件尺寸为10mm $\times$ 10 mm $\times$ 55 mm，试验温度为20℃，冲击值在62~80J之间，符合要求，试验结果为合格，焊接试件力学性能数值如表8所示。

4. 结语

焊接工艺试验结果表明，选



中厚板焊接缺陷产生原因及返修方案

周萌

【摘要】 在空心轴内筒的焊接制作过程中，圆环板与锻环的焊接出现未熔合缺陷。通过对现场施焊环境及施工工艺各方面进行分析，确定缺陷产生原因，并采取控制措施，解决了问题，保证了产品质量。

关键词： 中厚板；焊接；缺陷

1. 概述

我公司一项目的空心轴内筒，其圆环板与锻环材质分别为SA-516 Gr.70N和SA-266 Gr.1，圆环板厚度为120mm，锻环厚度为127mm，化学成分和力学性能如表1、表2所示。为保证施工效率和焊接质量，选用埋弧焊焊接，焊接完成后经UT检查，发现焊缝有未熔合缺陷，缺陷深度为52~65mm，长度在250mm范围内，缺陷到端盖外沿315~325mm。具体位置如图1所示。

2. 现场情况

(1) 焊接工艺 母材的化学成分和力学性能如表1、表2所示。

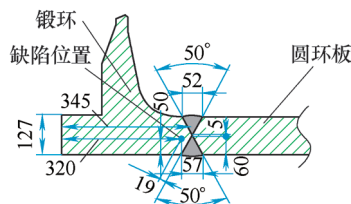


图 1

根据母材的化学成分和力学性能，按照ASME IX标准，焊丝和焊剂选择大西洋和洛阳牡丹F5A2-H10Mn2/SJ101，并在业主代表和第三方见证下，严格按照ASME IX进行了焊接工艺评定，达到了标准规定的各项指标，符合使用条件，具体焊接参数如表3所示。

表1 母材的化学成分（质量分数） (%)

材质	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	V
SA-516 Gr.70N	0.19	0.28	1.24	0.002	0.011	0.04	0.01	0.01	0.003	0.003
SA-266 Gr.1	0.16	0.28	0.88	0.005	0.010	0.04	0.05	0.03	0.02	0.002

表8 试件力学性能

焊接方法	试样编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	冲击吸收能量/J (20℃)
埋弧焊	A13-1	450	520	—
	A13-2	476	600	—
	A104	—	—	62
	A10-5	—	—	68
	A10-7	—	—	70
	A10-8	—	—	80

用埋弧焊接方法，采用TH550-NQ-Ⅲ焊丝配合SJ101焊剂，适

当焊接设备和焊接参数能够满足Q355NHB耐侯钢要求，具有一

定的推广应用和借鉴作用。

参考文献：

[1] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京：机械工业出版社，2002.

作者简介：宋统战，河南天丰钢结构有限公司。

MW 20160923