

Q690D 气体保护焊接接头力学性能试验报告

1 试验用板材

所用板材为 Q690D(或 XG785D), 钢板号为 9814301200。试板尺寸为 500mm (轧向) ×200mm×40mm。

板材化学成份及力学性能见表 1、表 2。

表 1 板材化学成份

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb、V、Ti、B
0.14	0.28	1.08	0.013	0.001	0.24	0.23	0.23	微量

表 2 板材力学性能

Rm(MPa)	Rel(MPa)	A(%)	-20℃冲击功 Akv(J)
885	845	20	(207+215+209)=210

根据国际焊接学会提供的碳当量公式

$CE=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$ 计算, 其碳当量 CE 为 0.44%。

考虑该钢碳含量不大于 0.16%、抗拉强度在 400~900MPa 范围内, 决定采用日本伊藤建立的低合金高强度钢的焊接裂纹敏感性组成 P_{cm} 和焊接冷裂纹敏感性指数 P_c , 来计算和预测焊接预热温度 T_0 。即:

$$P_{cm}=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B$$

$$P_c=P_{cm}+[H]/60+t/600 \quad (\%) \quad T_0=1440P_c-392 \quad (^\circ\text{C})$$

式中: $[H]$ ——采用日本 JIS 3113 标准测定的熔敷金属扩散氢含量 (ml/100g);

t ——板厚 (mm); T_0 ——最低焊前预热温度 ($^\circ\text{C}$)。

针对试验用钢板的 P_{cm} 值等于 0.2487%, 以及本试验用 CHE807RH 超低氢焊条, 其熔敷金属扩散氢含量 $[H]$ 值取 1.5ml/100g。则按上述公式计算, 40mm 厚钢板的焊接冷裂纹敏感性指数 P_c 为 0.34%, 则小铁研试验不裂的最低焊前预热温度 T_0 约为 98 $^\circ\text{C}$ 。故焊前最低预热温度定为不低于 100 $^\circ\text{C}$ 。

2 焊接材料

本试验焊材选用大西洋生产的 CHW-80C1 气保护焊丝, 符合 GB/T 8110ER76-G 标准, 直径 1.2mm。保护气体为 Ar (80%) + CO₂ (20%), 自产。

焊丝化学成分及熔敷金属力学性能分别见表 3、表 4。

表3 CHW-80C1焊丝化学成分%

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
0.076	1.72	0.45	0.006	0.007	0.32	2.15	0.53	0.21

表4 CHW-80C1焊丝熔敷金属力学性能

Rm(MPa)	Rel(MPa)	A(%)	-40℃冲击功 Akv(J)	保护气体
820	700	18	115	80%Ar+20% CO ₂

3 焊接设备

本试验选用焊机为美国林肯焊机，型号 Power Wave 455M/STT。

4 交货状态

Q690D 板材的交货状态：淬火+回火

5 焊接过程

焊接试板开设双 V60° 坡口、无钝边、留间隙 3mm，平位置对接焊，气体流量为 20-25L/min。焊接过程的详细工艺参数见表 5、表 6。

表5 焊接工艺参数 (XG785D-23)

焊接道次	电流 /A	电压/V	焊接速度 cm/min	焊接热输入 kJ/cm	层间温度 °C
1 正面 1	110	16.3	20.2	5.3*	150
2 反面 1	275	23.5	50	7.8	≤200
3 反面 2	275	23.5	41.4	9.4	≤200
4 反面 3	275	23.5	27.5	14.1	≤200
5 正面 2	275	23.5	37.9	10.2	≤200
6 正面 3	275	23.5	27.7	14.0	≤200
7 正面 4	285	25.2	25.2	17.1	≤200
8 正面 5	285	25.2	20.5	21.0	≤200
9 反面 4	285	25.2	23.4	18.4	≤200
10 反面 5	285	25.2	32.1	13.4	≤200
11 反面 6-1	285	25.2	36	12.0	≤200
12 反面 6-2	285	25.2	28.8	15.0	≤200

13 反面 7-1	285	25.2	31.9	13.5	≤200
14 反面 7-2	285	25.2	26.9	16.0	≤200
15 正面 6-1	285	25.2	39.6	10.9	≤200
16 正面 6-2	285	25.2	36	12.0	≤200
17 正面 7-1	285	25.2	26.3	16.4	≤200
18 正面 7-2	285	25.2	24.8	17.4	≤200
平均热输入 kJ/cm				13.6	
平均热输入 (扣除第一层 STT 打底) kJ/cm				14.0	

*注：用特殊装置 STT 功能打底。

表6 焊接工艺参数 (XG785D-24)

焊接道次	电流 /A	电压/V	焊接速度 cm/min	焊接热输入 kJ/cm	层间温度 °C
1 正面 1	160	16.5	17.4	9.1*	180
2 反面 1	280	23.1	40.0	9.7	≤200
3 反面 2	290	25	31.3	13.9	≤200
4 正面 2	300	25.4	35.0	13.1	≤200
5 正面 3	300	25.4	26.7	17.1	≤200
6 正面 4	300	25.4	19.1	23.9	≤200
7 反面 3	300	25.4	26.5	17.3	≤200
8 反面 4	300	25.4	18.1	25.3	≤200
9 反面 5	300	25.4	18.2	25.1	≤200
10 反面 6	300	25.4	18.2	25.1	≤200
11 正面 5	300	25.4	19.4	23.6	≤200
12 正面 6	300	25.4	16.0	28.6	≤200
13 正面 7	300	25.4	15.0	30.5	≤200
平均热输入 kJ/cm				20.2	
平均热输入 kJ/cm(扣除第一层 STT 打底)				21.1	

*注：用特殊装置 STT 功能打底。

6 接头力学性能

本次焊接试验检验执行 GB/T2650《焊接接头冲击试验方法》GB/T2651《焊

接接头拉伸试验方法》GB/T2653《焊接接头弯曲及压扁试验方法》。

6.1 焊接接头拉伸试验

本试验采用两个减薄至 25mm 拉伸试样覆盖全厚 40mm 拉伸，取两个位置，拉伸试验断口均位于母材，拉伸试验结果分别列于表 7、表 8。焊接接头抗拉强度数据符合标准要求。

表7 接头抗拉强度（XG785D-23）

试样编号	抗拉强度MPa	抗拉强度均值MPa	断裂位置
XG785D-23-1	835	840	母材
XG785D-23-2	845		母材
XG785D-23-3	850	845	母材
XG785D-23-4	840		母材
标准要求	770~940	—	

表8 接头抗拉强度（XG785D-24）

试样编号	抗拉强度MPa	抗拉强度均值MPa	断裂位置
XG785D-24-1	850	845	母材
XG785D-24-2	840		母材
XG785D-24-3	840	850	母材
XG785D-24-4	860		母材
标准要求	770~940	—	

6.2 弯曲试验

本试验采用的侧弯试验： $d=6a$ ，弯曲角度为 180° ，试验在室温下进行，试验后，用肉眼检查试样弯曲部分外侧没有出现裂纹或起层等缺陷，焊接接头侧冷弯试验合格。

6.3 冲击试验

冲击试样采用标准的夏比 V 型缺口。在接头上表面 1~2mm 的焊缝中心，距离熔合线 0mm、2mm、5mm 的热影响区和焊缝根部取冲击样，冲击试验温度采用 -20°C 。冲击试验结果分别列于表 9、表 10 中。从表中数据可知，焊接接头冲

击试验数值满足标准要求。

表9 接头不同位置试件冲击结果 (XG785D -23)

试样位置		试样编号	-20℃冲击功 /J
表面2mm	焊缝中心	XG785D -23-1	(65+67+73) /3=68
	熔合线	XG785D -23-2	(131+151+130) /3=137
	距离熔合线2mm处	XG785D -23-3	(195+124+204) /3=174
	距离熔合线5mm处	XG785D -23-4	(82+76+161) /3=106
焊缝根部	焊缝中心	XG785D -23-5	(138+116+144) /3=133
规范			≥24

表10 接头不同位置试件冲击结果 (XG785D -24)

试样位置		试样编号	-20℃冲击功 /J
表面2mm	焊缝中心	XG785D -24-1	(67+58+54) =60
	熔合线	XG785D -24-2	(78+73+77) =76
	距离熔合线2mm处	XG785D -24-3	(105+135+143) =128
	距离熔合线5mm处	XG785D -24-4	(207+211+210) =209
焊缝根部	焊缝中心	XG785D -24-5	(84+86+82) =84
规范			≥24

6.4 焊接接头不同部位硬度检验

对接接头硬度试验测点位置示意如图 1，试验结果见表 11。

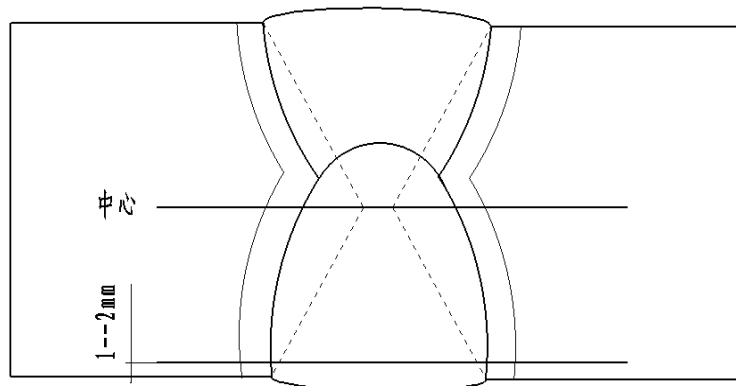


图 1 对接接头硬度试验测点位置示意图

表 21 对接接头硬度试验 (HV₁₀) 结果

试件号	测试位置	硬度值								
		焊缝			热影响区			基体		
XG785D-23	板厚中心	275	273	277	271	274	274	259	260	252
					241	244	251	247	234	242
	后焊面下	288	274	266	289	358	340	268	276	283
	1-2mm				299	309	305	279	279	272
XG785D-24	板厚中心	289	283	277	299	303	294	275	268	263
					290	287	252	278	267	270
	后焊面下	266	271	266	283	284	287	285	281	282
	1-2mm				310	302	288	272	270	267

从以上数据看出，测点数据均远小于 400 的判据，硬度值符合要求。

7 结论

通过对Q690D钢板进行混合气体保护焊接试验，焊后进行检测，在热输入为14kJ/cm、21kJ/cm的条件下焊接，Q690D钢板焊接性能优良，能满足标准要求。

湖南华菱湘钢科技开发中心

焊接实验室

2009年9月26日