

# Q420C钢在建筑钢结构箱形梁柱焊接质量控制中的应用研究

张新宁, 胡文华

河南华斯豪智能科技有限公司, 河南 新乡

收稿日期: 2021年11月24日; 录用日期: 2021年12月8日; 发布日期: 2021年12月24日

---

## 摘要

随着我国经济的快速提升, 建筑钢结构工程得到了快速发展, 而它的质量越来越引起重视, 本文主要就低合金高强度结构钢Q420C厚度25 mm钢在多种节点形式中应用, 与相应的焊接方法组合对焊接接头进行性能检测, 其力学性能满足标准规定和设计要求, 为类似生产提供经验。

## 关键词

Q420C钢, 建筑钢结构节点, 焊接工艺

---

# Application Research of Q420C Steel in Welding Quality Control of Box Beam-Column of Building Steel Structure

Xinning Zhang, Wenhua Hu

Henan Huasihao Intelligent Technology Co., LTD., Xinxiang Henan

Received: Nov. 24<sup>th</sup>, 2021; accepted: Dec. 8<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 24<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

With the rapid development of China's economy, construction steel structure engineering has been rapidly developed, and its quality has attracted more and more attention. In this paper, the low-alloy high-tensile structural steel Q420C of 25 mm thick is applied in various joint forms, and

the corresponding welding method is combined to test the performance of the welded joint. Its mechanical properties meet the standards and design requirements, providing experience for similar production.

## Keywords

Q420C Steel, Building Steel Structure Joints, Welding Process

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 工程概况

新乡忆通壹世界 6#楼项目是钢结构商住建筑, 位于新乡市平原路与牧野大道交叉口西南角, 与牧野湖一路之隔。本单体地下三层, 地上二十六层, 其中地下三层和地下一层为储藏室, 地下二层为非机动车停车库, 建筑物大屋面高度为 75.35 m, 主体结构采用钢框架 - 延性墙板结构体系, 楼盖采用钢 - 混凝土组合楼盖。建筑效果见图 1 所示。

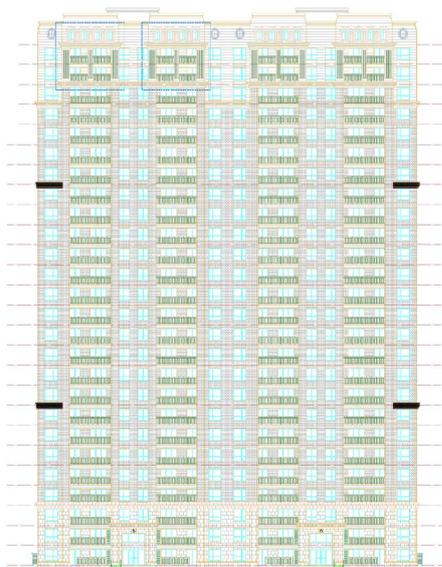


Figure 1. Architectural renderings

图 1. 建筑效果图

本项目地上结构包括裙房, 一层局部为商业网点, 一层至二十六层均为住宅, 主要由箱形柱、箱形梁、H 形钢梁、箱形斜撑、X 节点、Y 节点等组成, 材质主要为 Q420C, 板厚为 30 mm 左右。主要节点形式见图 2 所示:

1) X 节点: 长 2.0 m, 高 1.0 m, 最大重量 3.2 t, 最大板厚达 30 mm, 板件多, 焊缝密集, 端部尺寸精度要求高。

2) Y 节点: 长 1.8 m, 高 1.1 m, 重量达 2.1 t, 最大板厚达 30 mm, 节点位置封闭成日字形箱体, 焊缝密集, 端部尺寸精度要求高。

3) 米字形节点梁: 长 3.1 m, 高 1.2 m, 重量达 2.5 t, 最大板厚达 30 mm, 牛腿端部相对尺寸精度要求高, 焊接量大, 尺寸精度控制难度较高。

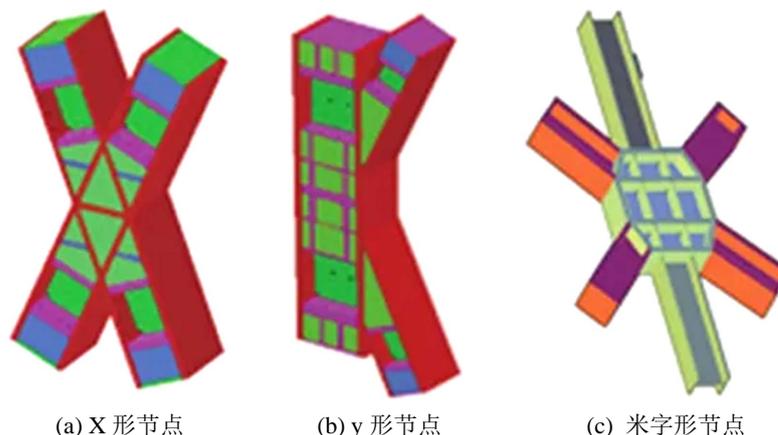


Figure 2. Node form diagram  
图 2. 节点形式示意

## 2. 工程焊接方法分析

本工程焊接质量要求高, 焊缝质量等级 I 级, 钢板厚度大(最厚达 32 mm), 且构件截面较小(最大口 300 mm × 200 mm), 施焊空间狭小, 焊接难度大, 焊接量大, 焊接变形大。由于节点位置焊缝纵横交错, 大量十字形、丁字形焊接接头纵横交错, 因此如何保证焊接质量、控制焊接变形需要结合工地施工选用合适的焊接方法。

依据设计图纸中的节点布置情况和《钢结构焊接规范》GB50661-2011 的规定[1], 需要对主要接头形式进行焊接工艺改进并进行试验, 确保接头的性能满足要求:

## 3. 焊接工艺

从该工程中选择四种对接接头形式, 加以改进并进行焊接试验和工艺评定(箱型中的隐蔽焊缝需要其它焊接方法):

### A. 接头形式

1) 同材质等厚度对接接头形式, 钢材用 Q420C + Q420C, 厚度 25 mm, 采用埋弧自动焊接, 其坡口形式见图 3 所示:

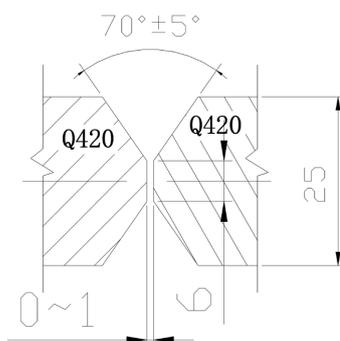


Figure 3. Butt groove form of submerged arc welding  
图 3. 埋弧焊对接坡口形式

2) 异种钢材拼接(Q420C + Q355B), 厚度 25 mm, 采用埋弧自动焊接, 其坡口形式见图 4 所示:

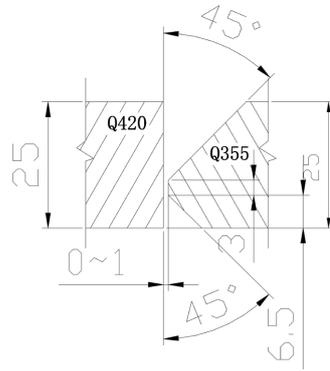


Figure 4. Dissimilar butt groove of submerged arc welding  
图 4. 埋弧焊异种对接坡口形式

3) 同种钢板对接(Q420C + Q420C): 选用 CO<sub>2</sub> 焊半自动焊接, 其坡口形式见图 5 所示:

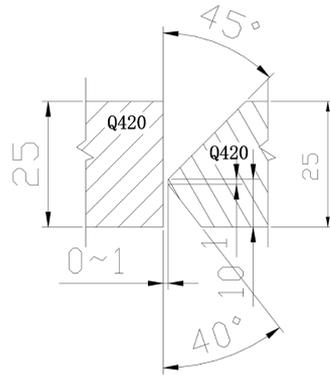


Figure 5. Groove form of CO<sub>2</sub> welding semi-automatic butt welding  
图 5. CO<sub>2</sub> 焊半自动对接焊接坡口形式

4) 同种钢材带衬板对接组合焊接方法(选用埋弧焊 + CO<sub>2</sub> 焊), 其坡口形式见图 6 所示:

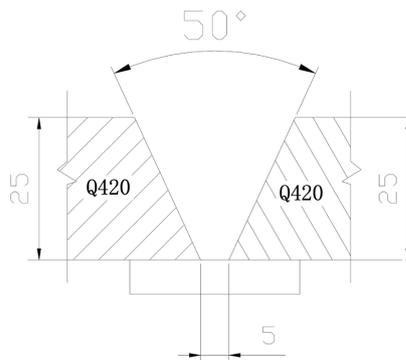


Figure 6. Butt groove form of composite welding  
图 6. 组合焊对接坡口形式

#### B. 焊材选择

考虑到 Q420C 低合金高强度结构钢的抗拉强度[3]、冲击韧性的要求, 选择埋弧焊用焊丝为 H10Mn2,

直径为  $\phi 4.0$  mm, 焊剂为 SJ101; 二保焊用焊丝为 ER55-G, 直径为  $\phi 1.2$  mm; 点固用焊条为 E5015 (J507), 直径为  $\phi 3.2$  mm。

### 1) 母材的焊接性分析

钢材的焊接性主要取决于它的化学成分, 随着钢材强度级别的提高, 钢中的合金元素含量越来越多, 成分也越来越复杂, 因此对焊接性的影响也更加复杂。Q420C 化学成分和力学性能见表 1 和表 2。

**Table 1.** Chemical composition of Q420C steel (mass fraction) (%)

**表 1.** Q420C 钢的化学成分(质量分数) (%)

GB3531 标准	C	Mn	Si	Ni	Cu	S	P	Cr	Mo	CEV
		$\leq 0.20$	$\leq 1.7$	$\leq 0.55$	$\leq 0.30$	$\geq 0.40$	$\leq 0.030$	$\leq 0.030$	$\leq 0.30$	$\leq 0.20$
材料 $\delta = 25$	0.129	1.53	0.14	0.20	0.03	0.013	0.011	0.30	0	0.40%
复验 $\delta = 25$	0.125	1.42	0.13	0.15	0.026	0.005	0.015	0.25	/	0.43%

**Table 2.** Mechanical properties of Q420C steel

**表 2.** Q420C 钢力学性能

钢板厚度/mm	拉伸试验			冲击试验 $K_{V2}/J$ ( $0^{\circ}C$ )	
	Rm/MPa	ReL/MPa	A (%)	纵向	横向
标准 $\delta = 25$	520~680	$\geq 410$	$\geq 20$	34	27
复验 $\delta = 25$	650	420	24	36	29

Q420C 钢的冷裂纹敏感性:

碳当量[4]  $C_{ev} (%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15 = 0.42%$ 。Q430C 钢属于 III 类钢, 焊接性较难, 所以选择好焊接材料、焊接工艺和控制好线能量是焊缝性能的关键。

### 2) 焊剂的选择

焊剂的碱度对韧性能具有一定的影响作用, 金属中氧化物是降低冲击韧性的主要夹杂物, 降低焊缝中氧含量可以提高其韧性, 而焊缝的含氧量与焊剂的碱度有紧密关系, 焊剂的碱度越大, 焊缝中的氧含量越低, 冲击韧性就越高。因此, 酸性焊剂不适宜用于高强度钢的焊接中。豫林 SJ101 是氟碱性烧结焊剂, 碱度约为 1.8 左右, 呈灰色圆形粒状, 粒度为 10~60 目(约 2.0~0.28 mm), 具有大热输入焊接, 冶金效果好、焊缝和热影响区强度高、塑性和韧性配合的优点, 豫林焊材公司 SJ101 成分见表 3。熔敷金属力学性能见表 4。

**Table 3.** Basicity and chemical composition of SJ101 flux (%)

**表 3.** SJ101 焊剂碱度及化学成分(%)

碱度	$Si_2 + TiO_2$	CaO + MgO	$Al_2O_3 + MnO$	CaF <sub>2</sub>	S	P
1.5~2.0	20~30	25~35	15~30	15~25	$\leq 0.06$	$\leq 0.08$

**Table 4.** Mechanical properties of metal deposited with SJ101 flux and wire H10Mn2

**表 4.** SJ101 焊剂配合焊丝 H10Mn2 熔敷金属力学性能

焊丝	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率%	夏比 V 型缺口冲击功平均值(J) ( $-40^{\circ}C$ )
H10Mn2	$\geq 400$	480~650	$\geq 22$	$\geq 34$

### 3) 埋弧焊丝的选择

埋弧焊丝的选择既要考虑焊丝成分的影响, 也要考虑母材成分的影响。为满足所要求的焊缝熔敷金属成分和力学性能, 故选用山东聚力 JL-H10Mn2 焊丝。H10Mn2 焊丝化学成分及性能见表 5。

**Table 5.** H10Mn2 welding wire chemical composition mass fraction (%)

**表 5.** H10Mn2 焊丝化学成分质量分数(%)

焊丝牌号	C	Si	Mn	S	P
H10Mn2	0.082	0.03	1.80	0.008	0.010

### 4) 二保焊丝的选择

CO<sub>2</sub> 焊丝的选择主要是考虑焊丝成分和焊接工艺性, 选用大西洋公司 ER55-G, 直径  $\phi 1.2$  mm, 焊丝化学成分及力学性能见表 6。

**Table 6.** CO<sub>2</sub> wire snow composition (mass fraction) and mechanical properties

**表 6.** CO<sub>2</sub> 焊丝幻雪成分(质量分数)及力学性能

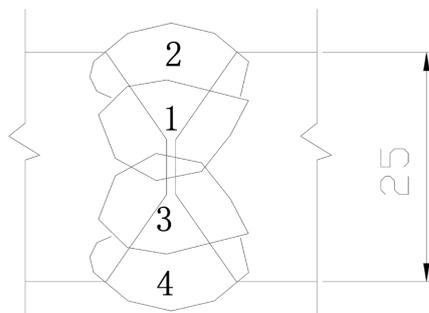
项目	化学成分(%)						力学性能			
	C	Mn	Si	Cr	S	P	Rm (MPa)	Rel/MPa	A (%)	冲击功(J) (-40℃)
规范	≤0.10	1.6~2.0	0.40~0.60	≤0.30	≤0.020	≤0.025	≥550	≥470	≥20	≥27
材料	0.076	1.70	0.60	0.020	0.0041	0.0084	658	600	26	69

## 4. 焊接工艺参数

### 1) 同材质等厚度埋弧焊对接:

焊接工艺参数不同, 焊接热量输入也就不同, 会导致焊接热循环发生变化, 从而影响到焊缝金属组织和力学性能。25 mm 厚 Q420C 钢板, 焊丝牌号 H10Mn2 + SJ101, 焊丝直径为  $\phi 4.0$  mm, 及焊接道次见图 7 所示, 采用双面埋弧焊, 背面碳弧气刨清根, 焊前不预热, 焊后不热处理。焊接工艺参数见表 7 所示。

2) 同种钢板对接(Q420C + Q420C): CO<sub>2</sub> 焊半自动焊接, 其焊接道次见图 8 所示, 焊接工艺参数见表 8 所示。

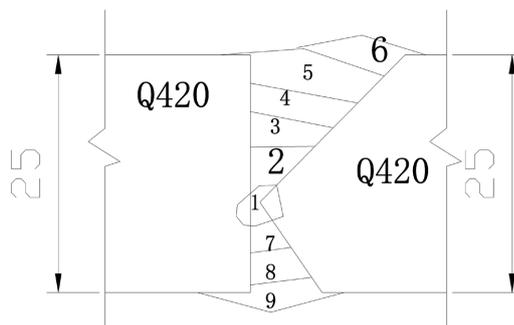


**Figure 7.** Layout and sequence of weld layer and pass

**图 7.** 焊层、焊道布置及顺序

**Table 7.** Process parameters of submerged arc welding  
**表 7.** 埋弧焊工艺参数

焊丝 + 焊剂	坡口型式	焊层	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度(cm/min)
H10Mn2 + SJ101	X 型、钝边 6 mm, 坡口角度 70°	正面第一层	630~720	35~37	45~48
		正面第二层	670~690	36~38	38~40
		背面清根			
		背面第三层	630~720	35~37	45~48
		背面第四层	670~690	36~38	38~40



**Figure 8.** Weld pass layout and welding sequence  
**图 8.** 焊道布置及焊接顺序示意

**Table 8.** CO<sub>2</sub> welding process parameters  
**表 8.** CO<sub>2</sub> 焊工艺参数

焊接方法	焊条或焊丝		焊剂或保护气	保护气流量 (L/min)	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度 (cm/min)	热输入 (KJ/cm)	备注
	牌号	φ(mm)							
GMAW	ER55-G	Φ1.2	CO <sub>2</sub>	15~25	100~120	20~26	26~32		
GMAW	ER55-G	Φ1.2	CO <sub>2</sub>	15~25	210~280	28~36	36~40		
GMAW	ER55-G	Φ1.2	CO <sub>2</sub>	15~25	210~280	28~36	30~34		
	砂轮打磨		道间清理			打磨			
	碳弧气刨								

## 5. 实验结果

### 1) 射线(RT)检验

试件焊好后, 清理干净焊道表面焊渣及毛刺, 经目视检测, 表面无可见缺陷后, 经 48 h 冷却后进行 100%RT 检测, 检测标准按《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T3323, 合格级别 II 级。

### 2) 力学性能检验[5]

力学性能检验按国家标准的规定取样, 接头拉伸试样分层取 2 个, 侧弯试样 4 个, 进行力学性能试验、焊缝区和热影响区冲击试样各 3 个, 力学性能试验结果见表 9 所示。

从试验数据可以看出, 选用焊接工艺参数, 对于焊接性较难的 Q420C 钢板, 即便不预热和后热处理, 焊接接头的力学性能能够满足设计要求, 焊缝和热影响区的冲击吸收能量高于规范规定值。

**Table 9.** Mechanical properties of welded joints  
**表 9.** 焊接接头力学性能

板厚(mm)	抗拉强度(MPa)	弯曲试验	0℃夏比 V 型冲击试验	
			部位	冲击功(J)
25	560~600	合格	热影响区	36/43/42
			焊缝区	51/47/52
25	600~660	合格	热影响区	38/40/45
			焊缝区	50/47/50

## 6. 结束语

通过焊接工艺试验和焊接工艺评定, 选用的自动埋弧焊方法, 采用 H10Mn2 焊丝配合 SJ101 焊剂; 选用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊, 采用 ER55-G 焊丝, 使用合适的焊接设备和焊接工艺参数能够满足 Q420C 低合金高强度钢性能要求, 用于工程的制作中, 取得了理想的效果, 具备一定的推广和借鉴价值。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB506661-2011 钢结构焊接规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 王旭光, 高磊, 张莹莹. 16MnDR 钢板埋弧焊对接接头性能研究[J]. 石油化工设备, 2011, 40(2): 276-230.
- [3] 陈祝年. 焊接工程师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [4] 曹良裕, 魏战江. 钢的碳当量及其在焊接中的应用[J]. 材料开发及应用, 1999, 14(1): 39-43.
- [5] 李亚江, 王娟, 刘鹏. 低合金钢焊接及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.