建筑钢结构厚板窄间隙气电立焊工艺研究

杨弘生
浙江东南网架股份有限公司　浙江杭州　311209

摘要：钢结构件中的焊接H型钢，其厚板T形熔透焊缝焊接以人工气体保护焊打底、填充为主，效率较低。通过介绍采用窄间隙气电立焊方法进行H型钢厚板T形接头熔透焊缝焊接的工艺试验，为H型钢厚板T形熔透焊接提供了一种可借鉴的焊接工艺方法。

关键词：钢结构；H型钢；厚板熔透；窄间隙气电立焊；焊接工艺

Research on narrow-gap gas-electric vertical welding process of thick plate of building steel structure

YANG Hongsheng
Zhejiang Southeast Space Frame Co., Ltd., Hangzhou 311209, Zhejiang, China

Abstract: In the welding H-shaped steel of steel structure members, the welding of thick plate T-shape penetration weld is mainly based on artificial gas shielded arc welding, and the efficiency is low. This paper introduces the welding process test of T-shaped joint penetration welding of H-shaped steel thick plate by narrow-gap gas-electric vertical welding method, which provides a useful welding process method for T-shaped penetration welding of H-shaped steel thick plate.

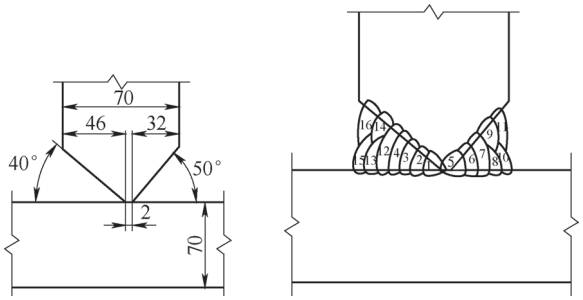
Keywords: steel structure; H-shaped steel; thick plate penetration; narrow-gap gas-electric welding; welding process

1　序言

钢结构与钢筋混凝土结构相比有着“高、轻、快”等优势，被广泛应用于机场、高铁站房、高层建筑等结构件[1, 2]。焊接H型钢作为钢结构主要构件形式，尤其是对于厚板全熔透H型钢，目前仍以人工焊接为主。但人工焊接劳动强度大、效率低，焊接质量因操作人员水平原因而波动较大。

对于焊接H型钢构件中翼板与腹板组成的T形接头，当腹板较厚且设计要求全熔透时，需将腹板开双面坡口。焊接方式为正面采用人工气体保护焊打底、填充，反面清根后再进行气体保护焊打底、填充，而后采用埋弧焊进行盖面焊缝的焊接。本文以70mm厚T形接头采用人工气体保护焊进行的打底、填充焊接为例进行说明，焊缝坡口形式和焊道布置如图1所示。采用平焊位置，正面焊接4道后，为减少焊接变形，反面清根后再焊接7道，而后再进行正面焊接，总计需16道左右焊缝打底、填充。采用此种方式的焊接填充量很大，对焊工操作水平要求也较高，且随板厚增加，焊接工作量呈几何级数增加。如能在减小坡口角度的情况下，采用新的焊接方法，则可降低焊接填充量，提高焊接效率。

本文简要介绍了窄间隙气电立焊原理、特点及焊接试验，为钢结构H型钢厚板T形接头熔透焊接提供了一种可借鉴的工艺方法。



a）坡口形式　　b）焊道布置

图1　焊缝坡口形式和焊道布置

2　窄间隙气电立焊原理及特点

窄间隙气电立焊是一种高效焊接方法，其将窄间隙焊的方法引入气电立焊，采用自动熔化极气体保护电弧焊施焊，利用水冷或空冷滑块挡住熔化焊缝金属，使之强迫成形，以实现立向上位置的焊接方法[3]。填充材料为实心焊丝或药芯焊丝，采用双丝形式施焊。窄间隙气电立焊焊缝的坡口形式为I形，焊缝背面侧贴陶瓷衬垫，组对间隙13～15mm。当常规气电立焊坡口形式为I形时，组对间隙一般为16～32mm，因此，尤其在厚板焊接时，窄间隙气电立焊坡口间隙小于常规气电立焊，焊接原理如图2所示。

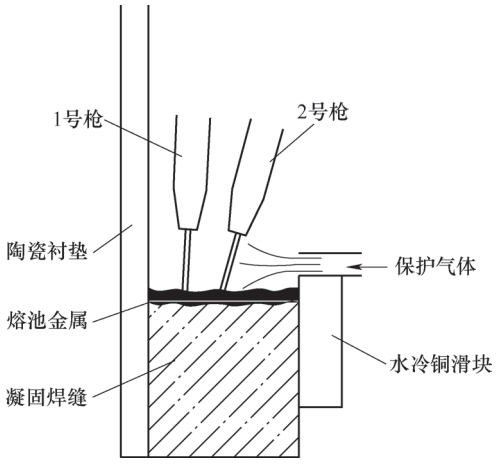
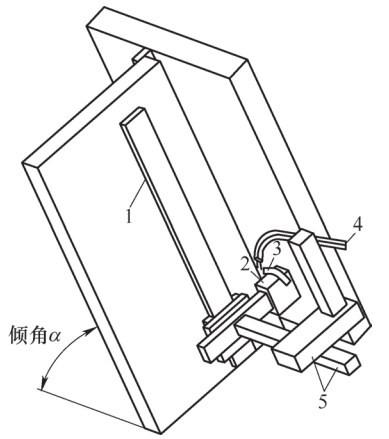


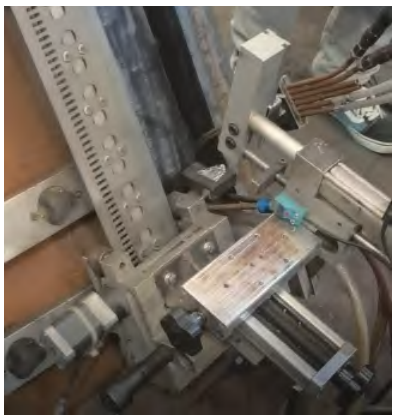
图2　窄间隙气电立焊焊接原理

窄间隙气电立焊焊枪导电嘴为柔性可弯曲金属管导电嘴，导电嘴外径约是焊丝直径的4倍，具体为4～8mm，导电嘴末端为转角弯曲形，使焊丝在窄间隙空间指向坡口内部。焊枪带有水冷系统，以实现长时间焊接。窄间隙气电立焊焊缝轴线垂直或接近垂直，但焊接过程中焊枪是沿板厚度方向水平移动并逐层沿高度方向上移的，焊缝一次成形，而不是多层多道焊，实际焊接位置为平焊位置，具有平焊位置焊接优点，容易操作，产生各种缺陷的概率大大降低。

窄间隙气电立焊焊接设备包括磁性滑轨、水冷滑块、伸缩摆动装置及焊枪等，如图3所示。焊枪固定于伸缩摆动装置上，焊接过程中，焊枪深入坡口间隙内，以沿板厚度方向往返摆动的方式填满焊缝间隙，同时沿磁性滑轨高度方向，按设定速度自适应提升向上爬行完成焊接过程，水冷滑块随焊接过程的进行逐步上移。



a）结构



b）实物

图3　窄间隙气电立焊焊接设备

1—磁性滑轨 2—水冷滑块 3—保护气管 4—焊枪 5—伸缩摆动装置

窄间隙气电立焊焊接过程容易观察，中断后重新起焊容易，焊接热输入较低，焊缝金属冷却速度较快，焊态下焊缝金属力学性能相比电渣焊有很大改善。由于焊缝坡口间隙的减小，使焊缝金属填充量大为降低，具有节省焊接材料、焊接效率高等优点。

3 焊接工艺试验

3.1 试件形式

试件用钢材质为Q345JGB，试件翼板尺寸为1200mm×200mm×70mm，腹板尺寸为1200mm×400mm×70mm。由翼板和腹板组成T形试件，坡口形式为I形，组对间隙为13mm，腹板不开坡口为直边，试件背面加陶瓷衬垫，试件组对及坡口形式如图4所示。试件竖向倾斜放置，倾斜角度为55°左右，试件正面与侧面如图5所示。

3.2 试件焊接

采用双丝、窄间隙气电立焊的方法进行试件的焊接。焊丝型号为G49A3C1S6，焊丝直径为1.2mm，导电嘴外径为4.8mm，保护气体为混合气体（80%Ar+20%CO_2），焊接电源型号为MIG-6800P，电源极性为直流反接。总计焊接700mm左右长度焊缝，焊缝一次成形，中间未停顿，焊接过程所选用的焊接参数见表1，试件焊接过程如图6所示，焊后正面与背面焊缝成形如图7所示。

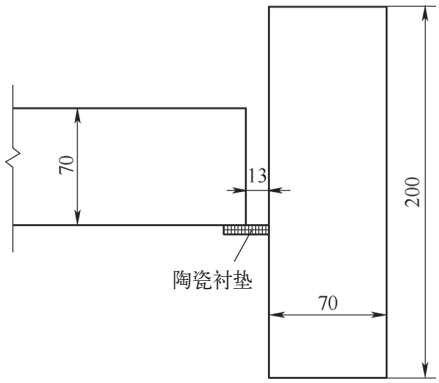


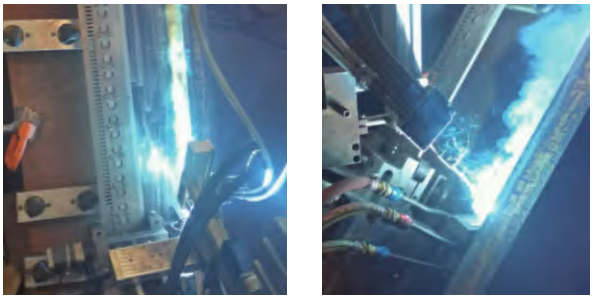
图4 试件组对及坡口形式

a）正面　　b）侧面

图5 试件正面与侧面

表1 窄间隙气电立焊焊接参数

焊丝直径/mm	气体流量/（L/min）	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/（mm/min）	送丝速度/（mm/min）
1.2	20～25	550±40	33～36	39～43	16～20



a）正面　　b）侧面

图6 试件焊接过程

a）正面　　b）背面（去除陶瓷衬垫）

图7 试件正面与背面焊缝成形

4 焊接试验结果分析

试件焊接完成24h后进行超声波检测，结果满足一级焊缝的质量要求。合格后的试件经加工并依据GB 50661—2011《钢结构焊接规范》要求进行相关性能检测。

（1）焊接接头冲击试验　试验温度为20℃，冲击试验结果均不低于母材要求冲击性能标准值47J，结果见表2，均符合规范要求。

表2 冲击试验结果　（J）

焊缝中心	热影响区
85、96、102	123、109、117

（2）宏观金相检测　宏观酸蚀金相检测照片如图8所示。由图8可知，焊缝熔宽均匀，未见焊接缺陷，热影响区宽度也较小。但正背面的焊缝成形因存在过多余高，不利于后续埋弧焊盖面工序进行，因此

（下转第44页）

的凸点，再使用重砣缓慢下压凸点位置的方式进行调修，如图10所示。

图10　底架边梁调修示意

（2）工艺试验数据　按照工艺试验大纲完成方案2和方案3的焊接工艺试验，焊后测量的反变形数据见表3。

表3　方案2、方案3焊接变形数据分析　（mm）

方案	变形数据	
	调修前	调修后
方案2	15	7
方案3	5	3

通过对比方案2和方案3的焊接变形数据可看出，最终经过调修处理后变形量差别不大，且经过后道工序验证，底架边梁平面度控制在≤10mm/3m的范围时均可接受。综合考虑零部件工艺路线、生产节拍、制造难度等，优先选择方案2进行批量生产。

4　结束语

本文通过对不锈钢地铁车辆底架边梁组焊工艺过程进行分析，底架边梁焊接变形主要是由于内部补强板及边梁封板焊接时产生的变形。由于内部补强板处于封闭空间，只能针对边梁封板焊接及底架边梁加工工艺路线角度提出解决方案。通过模拟仿真技术和工艺试验验证手段对解决方案进行有效验证，两种方案均能有效减小底架边梁的焊接变形，提升了产品的质量，为解决类似不锈钢产品焊接变形提供了可参考的工艺方法。

参考文献：

[1] 张兴品. 焊接工艺对不锈钢焊接变形的影响分析及控制措施[J]. 中国设备工程，2021（5）：109-110.

[2] 王宇，卢玲. 基于Ansys的有限元网格划分方法应用研究[J]. 起重运输机械，2014（3）：53-56.

[3] 周禄军，李树栋，周成候，等. 不锈钢地铁车顶典型焊接接头有限元分析[J]. 电焊机，2017，10（10）：80-85.

MW 20240305

（上接第40页）

在埋弧焊盖面前，需将焊缝余高打磨处理匀顺。

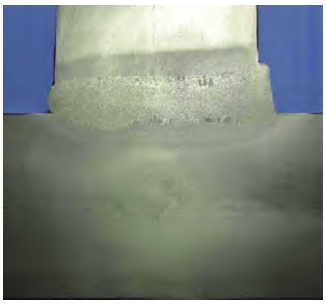


图8　宏观酸蚀金相检测照片

5　结束语

1）通过焊接试验验证了采用窄间隙气电立焊进行H型钢厚板T形接头熔透焊接工艺的可行性，试验结果满足规范要求。

2）将窄间隙气电立焊与开坡口双面人工气体保护焊进行对比，均在焊缝填平（不盖面）前提下，以板厚70mm的T形接头为例来说明。结果表明，窄间隙气电立焊焊接填充量约为开坡口焊接填充量的60%；人工气体保护焊焊接，在未计反面清根、层间清理、焊工休息等时间的情况下，窄间隙气电立焊焊接时间约为人工焊接时间的40%。因此，采取窄间隙气电立焊方法进行H型钢腹板与翼板T形全熔透焊缝焊接，可免去坡口加工工序，减小焊缝金属填充量，同时可节约焊接成本，大大提高生产效率。

3）采用窄间隙气电立焊进行H型钢T形接头焊接也存在不足之处，比如在焊接前，需将构件竖向放置，并采用工装夹具将腹板和翼板固定，焊前准备工作量较大；因厂房高度限制，不适合较长构件的焊接；焊缝内部出现质量问题时，返修困难较大；批量化生产才能体现出其焊接优越性，因此需综合考虑其具体应用场景。

参考文献：

[1] 陈雄雄. 建筑钢结构技术应用原则及质量控制要点[J]. 大众标准化，2023（11）：22-24.

[2] 邓鹏，明水峰，孙吉华，等. 建筑钢结构质量控制及关键工艺研究[J]. 金属加工（热加工），2021（6）：79-83.

[3] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册：焊接方法及设备[M]. 3版. 北京：机械工业出版社，2008.

MW 20240409