

复杂组合钢柱节点焊接工艺探究及应用

姜殿忠 张发荣 何志涛 程登 金欣 王笛

【摘要】以某高层塔楼钢结构工程为例，系统分析十字、箱型和圆管厚板组合钢柱加工工艺流程，并以实际加工构件为出发点，对十字、箱型和圆管组合钢柱的制作与焊接进行工艺分析。

1. 工程概况

ICON云端工程（见图1）位于成都高新区南端与华阳交界处，天府软件园二期南侧，西邻天府大道，东、南邻南河，北邻天府软件二期。由云端塔、住宅、音乐厅通过地下室连接为一个整体。本工程由云端塔、住宅、地下停车库、设备用房和天府音乐厅多功能小剧场组成。云端塔地上46层，结构高度185.10m，云端塔平面呈L型，立面在L型两端逐渐收进，采用钢管混凝土柱、钢梁、组合楼板的组合框架和钢筋混凝土核心筒的结构体系，其中十字、箱型和圆管组合柱位于外框第十五节钢柱外侧钢柱转换层部分，装配精度高，质量要求严格。

2. 节点介绍

（1）节点分析 十字、箱型、圆管及锥管组合柱主要是由贯穿钢柱的3块十字插板（板厚40mm、材质Q345B—Z15）、4块箱体面板（板厚30mm、材质Q345B）、4块四分之一圆



图1 建筑效果

（ $\phi 12\ 000\text{mm}$ ），以及钢柱端头 $\phi 1\ 000\text{mm}$ 变截为 $\phi 12\ 000\text{mm}$ 的锥管瓦片组成，其中圆管柱上存有连接现场钢梁的H型钢牛腿及箱型牛腿等，其单重约20t。构件节点形式复杂，涉及到关键管控尺寸较多且节点焊缝较多，并且多为厚板焊接，因此焊接前应先确定坡口大小、方向，焊接过程中应考虑焊接顺序，采取预防焊接变形、减少焊接填充量等管控措施。

（2）节点制作的重点与难点 本节点组合钢柱节点较复杂，涉及到钢结构钢柱中多项钢柱组合，且存有压弧精度控制、装配精度控制及密集型焊缝厚板

焊接控制等重点和难点。①1/4圆压弧精度控制。②合拢钢柱对接端口精度控制。③防止母材层状撕裂。④厚板焊接变形控制。⑤特定板件坡口加工制作制定措施。⑥牛腿装配精度及高效加工方法控制。

3. 制作与焊接工艺

（1）四分之一圆弧精度控制 鉴于本钢柱复杂节点及采购周期计划，车间在采购时预先采购同管径的圆管，然后由车间采用管道坡口切割机对圆管进行切割（见图2），最后采用液压机对弧度进行校准。过程如下：①利用铅垂粉线等将圆管进行四分之一画线。②利用管道坡口切

割机对圆管进行切割,切割时要求圆管端口预留工艺桥并架设支撑,避免切割过程中圆管脱落伤及工人。③根据圆管直径加工制作样板,圆管在压弧时要求实时检查压弧精度,出现偏差应及时调整液压机,压弧后对于出现偏差的部位采用火焰校正,保障四分之一圆的圆弧精度。

(2) 焊接因素控制措施 由于本节点焊缝较多,焊接工程量较大,考虑到焊接坡口过小容易导致焊接根部缺陷,焊接坡口过大会导致焊缝收缩量增加,且无形中增加了焊接材料的填充量,既影响了工作效率又浪费了生产成本;同时本节点板厚均为40mm左右,根据国家标准GB50661—2011《钢结构焊接规范》规定,必须对存在层状撕裂倾向的厚板焊接接头采取必要的防层状撕裂工艺措施。

焊接工艺措施主要包括以下几点:第一,十字插板与圆管处坡口焊接方法。本工程十字插板较厚且考虑十字插板与圆管间需预留一定的坡口间隙,为了避免焊接后的层状撕裂,要求在坡口表面焊接1~2道塑性层并控制焊接顺序,以减少焊接缺陷的产生。具体焊接方法如图3所示。

第二,多层多道焊接。采用多层多道焊能够有效的释放焊道



图2 圆管四分之一切割

中的有害气体,减少焊接应力集中。同时为了避免焊接过程中接头成形不良及接头部位存有夹渣等焊接缺陷,要求班组在焊接时采用接头错位焊接,具体如图4、图5所示。

第三,预热及道间温度控制。本节点操作室温20℃左右,因此焊接操作前采用局部加热,对焊道进行预热。在焊接过程中,最低道间温度控制在不低于预热温度。

第四,焊后回火消除焊接应力。厚板焊接过程中,多存有应力集中及局部氢聚积的现象,焊后及时进行回火处理是有效避免焊接应力集中及焊接氢致裂纹

(冷裂纹)的有效措施之一。

(3) 节点装配流程及焊接工艺措施 因本钢柱结构类型复杂,钢柱上存有较多的牛腿,精度要求高,且在设计上大量应用了40mm的中厚板。

考虑各道工序之间的交叉影响和装配工序的难度,在操作时应按如下要求进行:

第一,在平整的装配平台上,搭设胎架并采用刚性支撑加固十字板及胎架,其中十字板垂直于水平面方向采用铅垂定位,水平方向采用水平仪进行定位,定位后进行十字插板的焊接(见图6),焊接采用由中间向两端两侧插板同时进行焊接,以减少

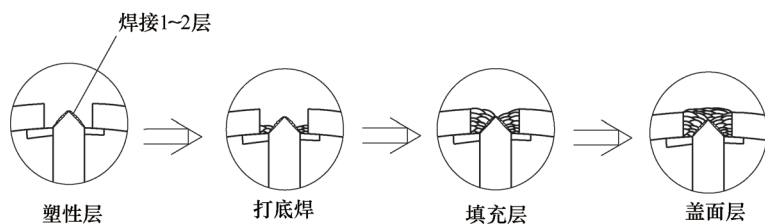


图 3



图4 多层多道焊

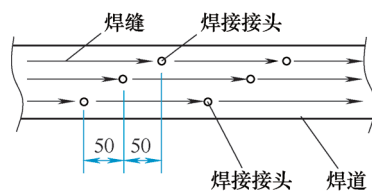


图5 接头错位焊接

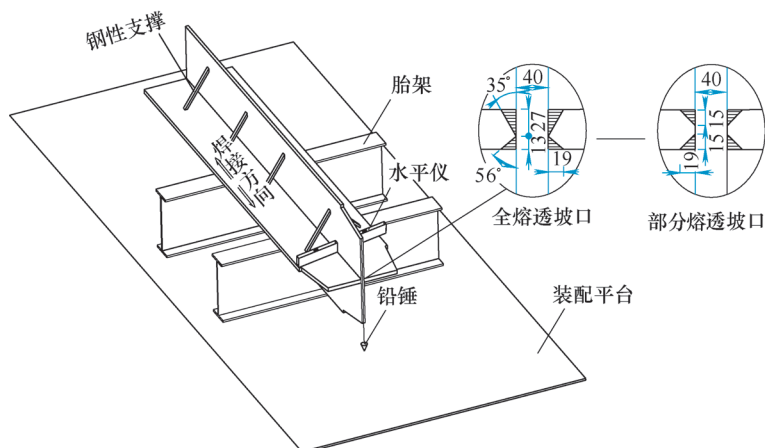


图6 装配、焊接十字插板

焊接变形。

第二，待焊缝冷却后通知UT检测人员进行无损检测，待检测合格后根据构件图尺寸，画出箱体在十字插板的定位线，并装配箱体面板；箱体与十字插板存有自然坡口，班组不需加工坡口。

第三，将装配好的箱体一面翻转，根据上述箱体面板的装配流程装配另一侧箱体面板并焊接。

第四，箱体装配焊接后，经UT检测合格后装配钢柱端头封板及画出十字柱外侧圆的定位线，然后装配其中半圆与十字插板坡口。

第五，待上述半圆装配后，将钢柱翻转180°装配另外两个半圆并装配钢柱端头的锥管；圆管的焊接方法同样由中间向两端对称焊接，如图7所示焊工①和③，②和④同时进行焊接，待焊缝焊接冷却后通知UT检测人员进行无损检测。

第六，待上述焊接经UT检测合格后，根据构件图给出的尺寸及点对点坐标定位，装配环形牛腿。牛腿的装配方式有两种：①H型牛腿在地面上先组立焊接，再散件拼装到钢柱上。②装配平台上将环形牛腿装配焊接后，再整体套装在钢柱主体上。班组可以根据需要自行装配牛腿，装配、焊接后需保证尺寸符合规范要求。

第七，焊接牛腿与圆管柱本体焊缝，待焊接后冷却后通知质管人员进行检测，检测合格后转入下一道工序。

十字插板组立、焊接如图8所示，组合圆管柱如图9所示。

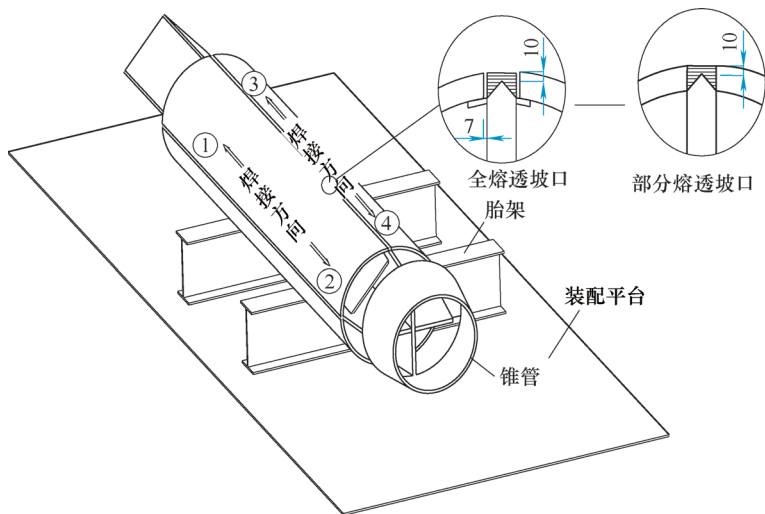


图7 装配端头锥管焊接圆管主体

①~④代表4名焊工。



图8 十字插板组立、焊接



图9 组合圆管柱

4. 结语

通过对复杂组合钢柱装配及焊接过程中存在的诸多问题进行加工前的预防工艺，焊接过程中采取有效地过程控制，焊后及时采取相应的修补工艺，能够很好完成构件的加工，构件到达现场后能够顺利进行安装。上述加工方法可为类似工程构件加工起到引领及借鉴作用。

参考文献：

- [1]姜殿忠，张发荣，何志涛．多层多方向斜向托座复杂圆管柱制作工艺探究[J]．建筑技术，2015，46（7）：601-604．
- [3]姚东伟，姜殿忠，杨文华．

某海湾工程中厚板焊接技术[J]．电焊机，2013，43（12）：77-81．

[4]戴为志，高良．建筑钢结构工程焊接技术及实例[M]．北京：化学工业出版社，2010．

[5]张发荣，何志涛，姜殿忠．超高层钢结构转换桁架节点制作工艺研究应用[J]．施工技术，2012，27（167）229-235．

作者简介：姜殿忠等，湖北精工钢结构有限公司。

MW 20160420