

钢结构变形要素分析

袁野

(锦州港股份有限公司)

【摘要】钢结构因其技术成熟、施工周期短、易于回收等独特优势，在海上油气结构设施中得到了迅速发展和普遍应用。而焊接作为一项重要的钢结构制作和连接技术，广泛应用于平台钢结构的预制与安装中，但随之带来的焊接变形问题也日益突出，对钢结构的外形美观、顺利安装和使用功能等造成了一定的影响，而且给焊后带来大量复杂的矫正工作，严重的变形甚至会使焊件结构报废。因此，综合分析平台钢结构焊接变形产生的原因及其影响因素，采取适当措施控制焊接变形，对于保证平台钢结构工程质量具有重要意义。

【关键词】结构；焊接；变形；措施

1 平台钢结构的组成

平台钢结构一般由平台立柱、梁、撑杆、铺板等组成。这些系统构件采用焊接 H 型钢、热轧 H 型钢、角钢、槽钢、钢板、结构无缝（有缝）钢管，以及各种用于节点的异型钢和箱形梁等。

2 平台钢结构焊接变形的基本形式及变形分析

2.1 平台钢结构焊接变形的基本形式

平台钢结构焊接变形的基本形式有：焊接过程中产生的变形及焊后残留在结构中的焊接残余变形，其中焊接残余变形对平台钢结构焊接质量有较大影响。

焊接残余变形按其对整个结构影响程度不同，可分为整体变形和局部变形；按其特征可分为：收缩变形、角变形、弯曲变形、波浪变形、扭曲变形和错边变形等。在这些焊接残余变形中，角变形和波浪变形属于结构局部变形，其它的属于结构整体变形。而平台钢结构最多发生的是结构整体焊接变形。

2.2 平台钢结构焊接变形的原因分析

根据焊接基本原理分析，平台钢结构产生焊接变形的根本原因是：焊接时局部的不均匀加热和冷却使结构中各部分金属热胀冷缩的程度不同，而焊件结构本身是一个整体，各部分金属的膨胀和收缩因受到了周围金属的影响、制约，不能自由地进行，这样在结构内部就会产生焊接变形。

2.3 影响平台钢结构焊接变形的因素

2.3.1 焊缝的布置

焊缝若沿构件截面分布不对称，则会引起该构件焊接时产生弯曲变形。

2.3.2 结构刚性

焊后焊缝一般都产生纵向和横向收缩，这种收缩受到整个结构的限制而产生“收缩力”。对于刚性大的焊接结构在这种力的作用下产生的变形比较小；而刚性小的焊接结构在这种力的作用下就产生较大的变形。

2.3.3 装配和焊接顺序

结构的整体刚性总是比它的部件的刚性大，抗变形能力也大。有了合理的装配顺序还需要有合理的焊接顺序配合，以控制变形。

2.3.4 备料和装配质量

备料情况和装配质量对焊接变形也会产生影响。例如，装配间隙大，焊缝的横向收缩也大。此外还应考虑焊件的自重和形状，对长形构件，在焊前需恰当地加以支撑。

2.3.5 焊接参数

在诸多焊接参数中焊接线能量与焊接变形成正比，焊接线能量越大则焊接时产生的塑性变形区面积越大，焊后的焊接变形越大，反之则越小。决定焊接线能量的因素主要有：焊缝尺寸的大小；焊接的分层方式；焊接的初始温度；焊缝是否连续。

2.3.6 焊接方法

对于相同焊件、相同焊缝，不同的焊接方法，其焊接变形也不同，埋弧焊的焊接变形最大，其次为手弧焊，最小的焊接变形为 CO₂ 气体保护焊。

在平台钢结构焊接生产中，不同种类的焊接变形往往并不是单独出现的，而是同时出现，互相影响的。只有全面分析影响焊接变形的各种因素，掌握其影响规律，才能采取合理的措施来控制焊接变形。

3 控制平台钢结构焊接变形的设计措施

平台钢结构焊接节点构造形式多，比较复杂。如果在节点构造设计上考虑得比较周全，注意减少钢结构焊接变形，往往比单纯从焊接工艺上来解决问题方便得多。

在平台钢结构焊接节点构造设计时，应注意以下几点：

3.1 尽量减少焊缝的数量、尺寸

钢结构中焊缝数量越多、尺寸越大，焊接热源对结构的热输入就越大，产生的焊接变形也就越大。因此在设计钢结构节点构造时，应力求减少焊缝数量和尺寸。

3.2 合理选用焊缝的坡口形状和尺寸

设计平台钢结构节点焊缝时，应在保证结构具有足够承载能力的条件下，采用适当的坡口形状和尺寸，以减少焊缝截面积及结构的焊接变形。

3.3 焊缝位置应对称于构件截面的中性轴

焊缝位置尽可能对称于构件截面的中性轴，或者尽量靠近中性轴，这对减少梁、柱等一类钢结构的挠曲变形有良好的效果。

3.4 避免焊缝集中和双向、三向相交

这样可减少焊缝交叉点处或焊缝集中处的热量及应力，从而减少焊接变形。

3.5 焊缝位置应避开高应力区

焊缝区的应力越大，则钢结构越容易产生焊接变形及焊接裂纹。

4 控制平台钢结构焊接变形的工艺措施

在平台钢结构焊接施工过程中，根据不同的节点构造及焊缝形式，采取适当的焊接工艺措施，对于控制钢结构焊接变形也具有非常重要的作用。

4.1 采用合理的装配焊接顺序

4.1.1 将钢结构尽可能先装配成整体再焊接

这样可以增大钢结构焊接时的刚性，以减少变形。以 H 型钢梁为例，先整体装配再焊接，其焊后的上拱弯曲变形，要比边装边焊顺序所产生的弯曲变形小得多。

4.1.2 对称焊缝应采用对称焊接法

对截面形状、焊缝布置均匀对称的钢结构件，应采用对称焊接施工。

4.1.3 不对称焊缝先焊焊缝少的一侧

一般先焊的焊缝由于结构刚度较小易使结构产生变形。因此，对于不对称焊缝的钢结构，应先焊焊缝少的一侧，后焊焊缝多的一侧。这样可使后焊的变形足以抵消先焊一侧的变形，以减少结构总体变形。

4.2 反变形

焊前将平台钢结构装配成具有与焊接变形方向相反、大小相等的预先反变形，以抵消结构焊后形成的变形。例如，为了防止 H 型钢梁上下翼板焊后产生角变形，可在焊前使用油压机或折边机将其翼板预先反向压弯。

4.3 刚性固定

在没有反变形的情况下，利用外加约束来固定构件，限制其焊接变形。例如，采用装焊胎卡具等增加钢结构在焊接时的刚度，以减少变形。

(下转第 29 页)

(上接第 28 页)

4.4 热平衡法

对于某些焊缝不对称布置的平台钢结构,焊后往往会产生弯曲变形。如果在结构上与焊缝对称的位置上采用气体火焰与焊缝同步加热,只要加热的工艺参数选择适当,就可以减少或防止结构弯曲变形。

4.5 合理地选择焊接方法和焊接工艺参数

选用热量集中、热影响区较窄的 CO₂ 气体保护焊等焊接方法代

替手弧焊、埋弧焊,可减少平台钢结构焊接变形;选用较小的焊接热输入及合适的焊接工艺参数,可减少钢结构受热范围,从而减少焊接变形。

4.6 提高平台钢结构板材平整度和构件组装精度

对于较长平台钢结构的扭曲,主要靠提高钢结构板材平整度和构件组装精度,来使坡口角度和间隙准确,电弧的指向对中准确,以使焊缝角变形和翼板及腹板纵向变形值与钢结构长度方向一致,以减少钢结构的扭曲变形。