

防止和矫正钢结构焊接变形的的方法



钢结构离不开焊接,其连接普遍采用焊接,且对于一些重要焊缝一般都采用全熔透焊接。金属焊接时在局部加热、熔化过程中,加热区的金属与周边的母材温度相差很大,产生焊接过程中的瞬时应力。冷却至原始温度后,整个接头区焊缝及近缝区的拉应力区与母材在压应力区数值达到平衡,这就产生了结构本身的焊接残余应力。此时,在焊接应力的作用下焊接件结构发生多种形式的变形。残余应力的存在与变形的产生是相互转化的,认清变形规律,就不难从中找到防止减少和纠正变形的办法。

一、焊接变形的形式与原因

钢结构焊接后发生的变形大致可分为两种情况:即整体结构的变形和结构局部的变形。整体结构的变形包括结构的纵向和横向缩短和弯曲(即翘曲)。局部变形表现为凸弯、波浪形、角变形等多种。

1. 变形常见基本形式

常见焊接变形基本形式有如下几种:板材坡口对焊后产生的长度缩短(纵向收缩)和宽度变窄(横向收缩)的变形;板材坡口对接焊接后产生的角变形;焊后构件的角变形沿构件纵轴方向数值不同及构件翼缘与腹板的纵向收缩不一致形成的扭曲变形;薄板焊接后母材受压应力区由于失稳而使板面产生翘曲形成的波浪变形;由于焊缝的纵向和横向收缩相对于构件的中和轴不对称引起构件的整体弯曲,此种变形为弯曲变形。

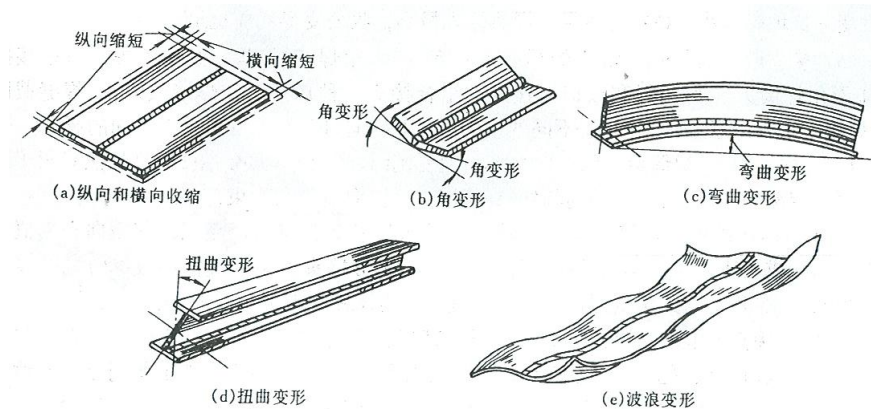


图 1：焊接变形的形式

这些变形都是基本的变形形式，各种复杂的结构变形都是这些基本变形的发展、转化和综合。

2. 焊接变形的原因

在焊接过程中对焊件进行了局部的、不均匀的加热是产生焊接应力及变形的原因。焊接时焊缝和焊缝附近受热区的金属发生膨胀，由于四周较冷的金属阻止这种膨胀，在焊接区域内就发生压缩应力和塑性收缩变形，产生了不同程度的横向和纵向收缩。由于这两个方向的收缩，造成了焊接结构的各种变形。

二、影响焊接结构变形的因素

影响焊接变形量的因素较多，有时同一因素对纵向变形、横向变形及角变形会有相反的影响。全面分析各因素对各种变形的影响，掌握其影响规律是采取合理措施控制变形的基础。否则，难以达到预期的效果。

1. 焊缝截面积的影响：焊缝截面积是指熔合线范围内的金属面积，焊缝面积越大，冷却时收缩引起的塑性变形量越大。

2. 焊接热输入的影响：一般情况下，热输入大时，加热的高温区范围大，冷却速度慢，使接头塑性变形区增大，不论对纵向、横向或角变形都有变形增大的影响。但在表面堆焊时，当热输入增大到一定程度时，由于整个板厚温度趋近，因而即使热输入继续增大，角变形不再增大，反而有所下降。

3. 工件的预热、层间温度影响：预热温度和层间温度越高，相当于热输入增大，使冷却速度减慢，收缩变形增大。

4. 焊接方法的影响：在建筑钢结构焊接常用的几种方法中，除电渣焊以外，埋弧焊热输入最大，在其他条件如焊缝面积等相同情况下，收缩变形最大。手工电弧焊热输入居中，收缩变形比埋弧焊小。 CO_2 气体保护焊热输入最小，收缩变形响应也最小。

5. 焊缝位置对变形的影响：由于焊缝位置在结构中不对称，焊缝位置不对称等将引起各种变形。

6. 结构的刚性对焊接变形的影响：结构的刚性大小，主要取决于结构的形状和其截面大

小，刚性较小的结构，焊接变形大；刚性大的结构，焊后变形较小。

7. 装配和焊接规范对焊接变形的影响：由于采取的装配方法不同，对结构的变形也有影响。整体装配完再进行焊接，其变形一般小于边装配边焊接。

在工程焊接中，由于各种条件、因素综合作用，焊接残余变形的规律比较复杂，了解各因素单独作用的影响便于对工程具体情况作具体的综合分析。

三、防止和减少结构变形的措施

1. 减小焊缝截面积：在得到完好、无超标缺陷焊缝的前提下，尽可能采用较小的坡口尺寸（角度和间隙）。

2. 对屈服强度 345MPa 以下，淬硬性不强的钢材采用较小的热输入，尽可能不预热或适当降低预热、层间温度；优先采用热输入较小的焊接方法，如 CO₂ 气体保护焊。

3. 厚板焊接尽可能采用多层焊代替单层焊。

4. 双面均可焊接操作时，要采用双面对称坡口，并在多层焊时采用与构件中和轴对称的焊接顺序，如下图 2：

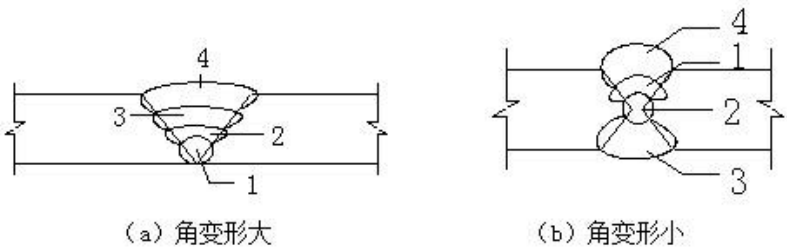


图 2：用双面坡口对称焊接顺序减小角变形

5. T 形接头板厚较大时采用开坡口角对接焊缝，见图 3：

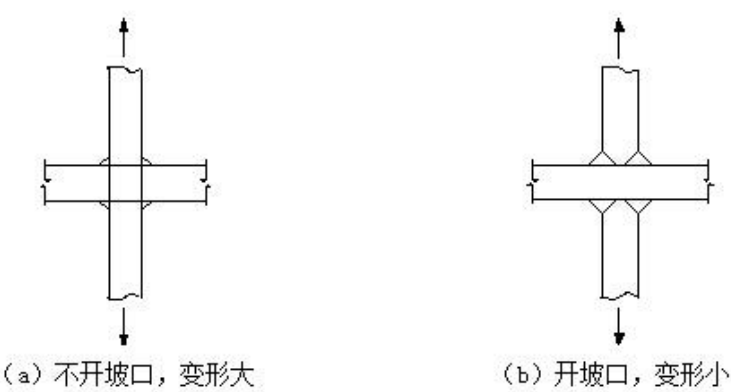


图 3：T 形接头板厚较大时采用开坡口角对接焊缝

6. 采用焊前反变形方法控制焊后的角变形，此法是生产中最常见的一种方法，而预先把焊件作出基本抵消（补偿）。焊后弯曲的反变形，来达到防止焊后变形的目的。表 1、图 4 分别为箱形柱、H 型钢焊接前反变形参考数值：

表1：箱形梁翼缘板的角度反变形值

序号	腹板厚 (mm)	翼板厚 (mm)	反变形角 α	图示
1	25	50		
2	25	25	$3^{\circ} \sim 3.5^{\circ}$	
3	16~20	25	$2^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$	
4	40~50	35~50	$3^{\circ} \sim 3.5^{\circ}$	

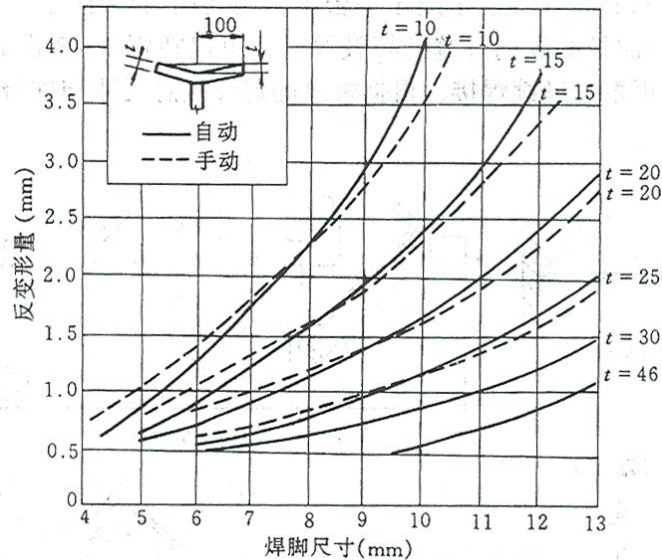


图 4：H 型钢焊接前翼缘的反变形量参考值

7. 刚性固定法：又称为强制法。在实际制作中，对于刚性大的构件焊后变形一般较少，对刚性小的构件可在焊前加强构件刚性，焊后变形也相应减小。在采用这种方法时，必须等焊接冷却后再把夹具和支撑卸去，几种常见的方法有夹具法、支撑法、胎具法、临时固定法（如焊钉固定和压紧固定法）、定位焊接法。

8. 锤击焊缝法：此法主要适用于薄板的焊接。当薄板的焊缝及其热影响区还没有完全冷却时，立即对该区域进行锤击，对于厚板则用风枪敲击。

9. 采用构件预留长度法补偿焊缝纵向收缩变形。

10. 设计上要尽量减少焊缝的数量和尺寸；合理布置焊缝，除了要避免焊缝密集以外，还应使焊缝位置尽可能靠近构件的中和轴，并使焊缝的布置与构件中和轴相对称。

11. 正确选择焊接顺序。在钢结构中同时存在对焊缝和角焊缝时，原则上先焊对焊缝，反焊角焊缝。对十字型焊缝和 T 字型焊缝，更应采取正确的顺序，避免焊接应力集中，保证接头焊接质量。采取对称于整个钢结构的中和轴的焊接和采取从中间向两端焊接，对减少变形十分有利。对钢结构中强度要求高的重要部位焊接，应尽量使接头能自由收缩，不受约束。

四、焊接变形的焊后矫正方法

为了达到设计、规范要求，发生了焊接变形的焊接结构构件必须矫正，从另外一个角度

来解释,这种矫正实质上都是设法造成新的变形来补偿或抵消已发生的变形。在施工生产中,最常用的焊后残余变形的矫正方法可以分为施力矫正和加热矫正以及两种方法的结合运用。

1. 施力矫正法

施力矫正一般用千斤顶、螺旋加力器、辊压矫正机或在大型压力机上完成。

2. 加热矫正法

即利用不均匀的加热使结构获得反向的变形来补偿或抵消原来的焊接变形。加热矫正法的加热方法可分为点状加热、线状加热、三角形加热。加热矫正能消除很多施力矫正无法解决的变形,掌握火焰局部加热引起的变形的规律是做好矫正的关键,决定火焰矫正效果主要是加热的位置和加热温度。低碳钢和普通合金的焊接结构通常采用 650~800℃的加热温度,一般不宜超过 900℃。参见表 2 各种颜色可判别温度范围。

表2： 板材加热颜色及其相应温度

颜色	温度	颜色	温度
深褐红色	550~580℃	樱红色	770~800℃
褐红色	580~650℃	浅樱红色	800~830℃
暗樱红色	650~730℃	亮樱红色	830~900℃
深樱红色	730~770℃	橙黄色	900~1050℃

在利用加热矫正的同时,为了提高矫正效果,也可在加热过程中施加外力矫正,火焰矫正时,加热点的冷却有两种方法:即自然冷却和水冷却。采用水火矫正法能使结构矫正收效快,并可以使矫正量大于自然冷却的矫正量。如矫正大截面的 H 型钢。

通过对焊接变形的研究,掌握其变形规律,并在实践中总结出各类参数,在焊接前采用一些预防性措施和科学合理的焊接工艺,可提高工程质量,避免一些焊后变形的矫正工作,提高工作效率。

来源：摘自网络