

船舶建造中变形的预防、控制与矫正

范庆^{1,2}, 周烈²

(1. 上海交通大学, 上海 200030; 2. 总装车船军代局驻杭州军代室, 浙江 杭州 310027)

摘要:叙述了焊接变形的原理和变形种类, 详细介绍了船舶建造中正确的焊接结构设计、合理的装配焊接工艺、反变形措施、刚性固定法约束控制, 提出了在采取控制变形措施后仍无法消除船体件的焊接变形时, 可采用的矫正变形的的基本方法, 从而达到提高船舶建造质量, 缩短船舶建造周期的目的。

关键词:船体建造; 变形; 控制与矫正

中图分类号: U671.84

文献标识码: A

船舶建造过程中的变形是一种常见现象, 主要是由于船体结构在焊接后产生的局部和整体变形所导致。如不及时采取有效措施, 会造成尺寸偏差、结构失稳、强度降低等后果, 给下一阶段的焊接和装配工作带来很大困难, 不仅导致工期延长, 甚至无法达到规范、标准规定的质量要求。因此, 研究焊接变形产生的原因, 采取正确的预防和控制措施, 合理的对变形进行矫正, 对缩短船舶建造周期, 提高船舶建造质量具有重要意义。

1 焊接变形的原理和变形种类

产生焊接变形最基本和最本质的因素是焊接过程中的热变形和焊接构件的刚性条件, 在焊接过程中的热变形受到了构件刚性条件的约束, 出现了压缩塑性变形。凡是与焊接热变形和构件刚性有关的各种因素, 都会对焊接残余变形产生影响。与热变形有关的因素有焊接工艺方法、焊接参数、焊缝数量和断面大小、施焊方法、材料的热物理性能等, 与构件刚性有关的因素有尺寸和形状、胎夹具的应用、装配焊接程序等。由于实际生产过程中焊接是一个非常复杂的过程, 影响焊接变形的不可知因素很多, 试图完全消除焊接变形是不可能的, 只有根据焊接变形的基本原理及影响焊接变形的主要因素, 采取相应的调节措施, 以达到预防和控制焊接变形的目的。

船体变形可大致分为总体变形(中垂、中拱、总尺寸缩短)和构件局部变形两种。

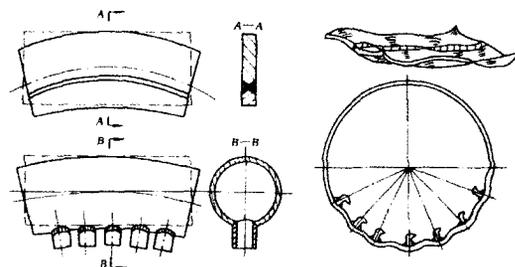
总体变形是整个船体的尺寸或形状发生的变化, 包括纵向和横向的收缩变形、弯曲变形和扭转变

形等, 其中纵向变形对船舶施工和性能的影响较大, 主要表现在船艏部上翘, 这种现象在整体建造中尤为明显。按照 CB/T 4000-2005《中国造船质量标准》要求, 艏上翘变形应在 20mm 以内, 艏上翘应在 30mm 以内。总尺寸缩短是由于结构焊接时, 受热部分的金属在受热膨胀, 然后冷却收缩过程中, 形成不可逆转的塑性变形, 产生焊缝周围的长度缩短, 导致总尺寸减少。通常在 10m 长度内的收缩量为 10~20mm 左右。

局部变形包括角变形、弯曲变形、波浪变形、失稳变形、错边变形等, 表现为焊后构件的平面围绕焊缝产生角位移, 焊缝位置与构件截面中性轴不对称, 焊后构件成波浪形, 焊件长度或厚度方向上的错边等。角变形、弯曲变形、波形变形分别如图 1、图 2 所示。



图1 角变形



(a) 弯曲变形

(b) 失稳变形

图2 弯曲变形、波浪变形

2 焊接变形的预防与控制

由于焊接变形有可能造成的严重后果, 我们在船舶建造过程中必须做好对船体变形的控制, 尽量

收稿日期: 2008-01-03

作者简介: 范庆(1981-), 男, 上海交通大学船舶与建筑工程学院研究生, 研究方向为船舶工程。

减少变形,预防超标准的变形情况出现。目前在实际生产中,主要应用以下四种办法控制变形。

2.1 正确的焊接结构设计

正确的焊接结构设计是控制焊接变形与应力最主要的方法之一,正确的设计能够有效的减少焊接变形。根据前人的总结和作者的经验认为,焊缝设计原则至少应包括以下几点:①选用对称截面的结构,尽可能使焊缝对称于截面中性轴,避免焊接后产生扭曲或较大弯曲变形;②在保证结构承载能力条件下,综合施工工艺的可能性,尽可能选取小的焊缝尺寸;③尽可能减少焊缝数量,优先考虑型钢代替钢板,想方设法提高钢材的利用率;④设计薄板结构时,应校核和提高构件的稳定性,防止波浪变形。

2.2 合理的装配焊接工艺

合理的装配焊接法是另外一种控制总体和结构变形的重要方法。船体装配应尽可能地在无装配应力强制下进行。若装配应力过大,则有可能在未焊接时即产生波浪变形或挠曲。对薄板构件的焊接装配尤其需要注意。

焊接电流、焊接速度、焊接方向、焊接顺序、焊接方法等都会对结构变形产生影响。针对不同的板材及焊接方法,可选取不同的焊接电流与焊接速度,但焊接顺序和焊接方向一般来说具有一定的原则性,且对整个船体的变形影响显著。整体造船的常规焊接工艺程序是:先焊好骨架间的连接焊,焊好壳板间的横向焊缝、纵向焊缝,焊好骨架结构与壳板间的连接角焊。也有将壳板间纵向焊缝放到最后进行焊接的,这样可以减少船体纵向变形量,但增加了施工难度,对船厂施工工艺的要求较高。全船焊缝均应由船中往两侧、由舫往艏艉、由下往上焊接,以减少焊接变形,消除焊接应力,保证建造质量。此外,应尽量采用线能量较低的焊接方法,用多层焊代替单层焊,也可显著地减少焊接变形。

2.3 反变形措施

反变形措施也称为变形补偿控制,主要针对船体总尺寸的收缩变形及中垂(或中拱)进行变形量的弥补。目前主要采取的措施是在线型放样中及胎架上施放反变形量。根据经验,一般来说可在纵向每档肋距加放1mm的焊接收缩量,横向每档肋距加放0.5mm的焊接收缩量,可较好的抵消总尺寸的缩短;在每档肋距施放1mm高度反变形,可较好地抵消船体中垂(或中拱)变形。这两种反变形措施都

具有良好的补偿效果。

2.4 刚性固定法约束控制

刚性固定法是将构件固定在具有足够刚性平台或胎架上,待构件上所有焊缝冷却后再去掉刚性固定的方法,一般在无反变形的情况实施,多应用于各种船体构件的施焊过程。采取这种措施可使构件的变形远小于自由状态下焊接所产生的变形,特别用来防止角变形和波浪变形效果明显。

3 焊接变形的矫正

虽然在船体建造过程中,采取了以上措施,但仍无法完全消除船体构件的焊接变形,甚至会出现变形超差的情况。此时,需要对变形超出公差要求的部位进行矫正,使其满足规范和标准的要求。矫正变形的的基本方法包括机械矫正和水火矫正两种。

3.1 机械矫正法

机械矫正法也称做冷加工法,其原理是:在室温条件下,对焊接构件施加外力,使构件压缩塑性变形区金属伸展,减少或消除焊缝区的塑性变形,达到矫正变形的目的。由于这种方法需要消耗掉一部分材料本身的塑性储备,不宜用于脆性或塑性较差的材料,因此在实际生产中受到一定的限制,仅用于备料过程和成批生产的小型焊接构件。

3.2 水火矫正法

水火矫正法也称做热加工法,其原理是:通过对变形构件伸长部分金属进行有规则的火焰集中加热再冷却,使该部分金属获得不可逆的压缩塑性变形,达到矫正变形的目的。这种方法同样要消耗一部分材料的塑性,但同时也是利用了材料在高温时所形成的塑性变形,塑性变形越大,范围越广,矫正率也越高。但该方法也会使船体钢材的金相组织发生变化,使理化性能受到损害,不宜同一部位多次重复使用,否则即使涂装以后也很容易产生剥蚀。水火矫正法在船体建造过程中已得到了广泛的应用,也取得了公认的良好效果,但其理论研究尚不够完善,矫正效果主要还是依靠技工本人的经验和技能,缺乏制式的操作规范。

参考文献:

- [1] 陈楚. 船体焊接变形[M]. 北京:国防工业出版社, 1985.
- [2] 李鸣,任慧龙,曾骥. 预测船体分段焊接变形方法概述[J]. 船舶工程, 2005, 27(5): 55-58.