

水电设备定子机座焊接变形的分析与控制

天津赛瑞机器设备有限公司 (300301) 张贵芳 王天德

大型水电设备的定子机座是发电机的核心部件之一,对其的制作尺寸及加工精度要求十分严格。美国纽约某水电站大型水电设备定子机座,重31.9t,高2883.3mm,最大直径12 154mm,焊后对第1层和第6层法兰的上平面及把合板的端面进行机械加工。机座由四部分构成,通过把合板在电站装配成完整的定子机座。由于机座的直径大,焊接量大,刚性差,在焊接过程中容易产生较大的变形。因此,对机座的后序加工及使用性能都将产生重大的影响。图1为定子机座的1/4部分。

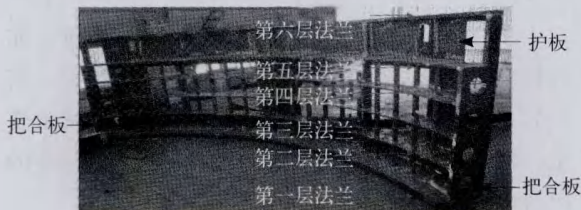


图1 1/4定子机座

1. 定子机座焊接变形的分析

(1) 椭圆 由于定子机座的直径较大,刚性差,所以焊接时如果圆周方向受力不均,易产生椭圆。

(2) 焊后机座成锥体 由于定子机座第一层法兰的钢板较厚,而且整体装配前已单独焊接完成,所以其刚性较大(见图2a)。而第2~5层的法兰与把合板有8处焊缝接头(见图2b),焊接后每道焊缝在冷却时将产生横向的收缩,从而带动机座整体变形使机座的整体轮廓成锥体。

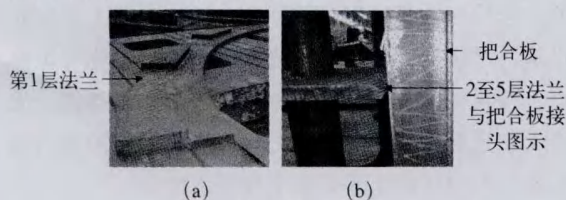


图2

(3) 机座直径变小 由于机座的直径较大,圆周方向的焊接量大,所以焊后每一层法兰的焊缝都要收缩,在6层法兰焊接应力的共同作用下易使机座整体直径变小。

(4) 机座高度的变化 当每层法兰与钢管及护板焊接时,由于被加热的金属不能自由地膨胀和收缩,所以产生压缩塑性变形,使机座的整体高度变小。另外第6层法兰与护板及把合板所形成的接头,(见图3a)和第1层法兰与护板及把合板所形成的接头(见图3b),焊后在收缩应力的作用下使机座高度变小。

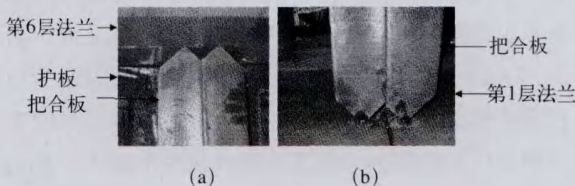


图3

(5) 法兰变形 ①每1/4机座部分中有22根钢管,当焊接第2层~第4层法兰与所接触的钢管时,如果法兰上下面的焊缝受力不均,将使法兰发生角变形,使这层法兰的平面度变差。②第1层和第5层法兰与钢管两侧端头的焊缝,在焊后收缩时将拉动第1层和第5层法兰变形(见图1)。③第1层和第6层法兰与机座护板焊接时,由于焊缝不是在中性轴的位置,所以焊后易使第1层法兰和第6层法兰的平面度变差。

2. 工艺措施

(1) 椭圆 定子机座由相同的四部分构成,焊接时不论在机座的高度上或圆周方向都要对称施焊,且焊接参数也要保持一致。最好4个人同时焊接,每人负责1/4,其目的在于焊接时机座圆周方

向受力均匀。每层焊接顺序如图4所示。另外,为了避免焊后1/4定子机座弧度发生变化,焊前增加的防变形支撑如图5所示。

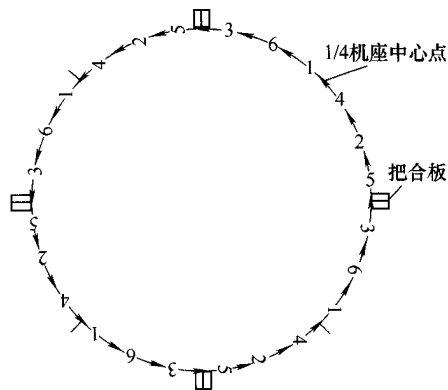


图 4

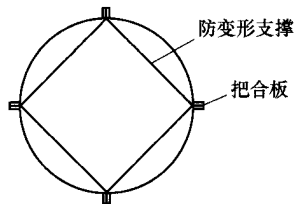


图 5

(2) 焊后机座成锥体 先用较小的电流对法兰、把合板及主要的支柱焊缝进行打底焊,顺序是:第1层法兰→把合板、第6层法兰→把合板、第5、3、2、4层法兰→把合板。最后加固每层法兰与钢管的焊缝。加固钢管焊缝时要选择跳焊,目的在于增大机座的刚性,提高其整体抗变形能力,避免在大量焊接时由于机座的上部分收缩量大而形成锥体。

(3) 机座直径变小 圆周方向焊缝的收缩是影响机座变小的主要原因,所以焊接时对于圆周方向的长焊缝要采用较小的热输入、短焊、段焊、跳焊和退焊等措施,来控制焊缝纵向的收缩。对于宽焊缝要采用多道焊接,避免横向摆动。

(4) 机座高度的变化 由于定子机座焊接后高度方向将产生收缩,所以最好的方法是对第6层法兰进行装配前,根据经验预加焊接收缩量,或第6层法兰最后焊接,待第1~第5层法兰焊接结束后,测量机座的整体高度,然后再调整第6层法兰的尺寸,确保焊接后机座整体高度达到设计要求。具体的做法是装配前,根据经验预加4mm收缩量。

(5) 法兰变形 根据设计要求,焊后法兰的平

面应控制在 $\pm 2\text{mm}$,法兰与钢管的焊脚为10mm,因此,需要焊接两层才能达到焊脚尺寸的设计要求,所以先焊接法兰的下部,即法兰与钢管焊缝的仰焊位部分的第一层,而后再焊接它上面部分两层。待每个机座1/4部分翻转后再对原仰焊部位一层的焊缝进行盖面焊。目的在于随着法兰刚性的增大抗变形能力增强,法兰的变形会减小。第1层法兰可在正式施焊前用临时装配块与装配平台连接在一起。目的在于使第1层法兰及整体机座的刚性增大,提高其抗变形能力。第5层及第6层法兰焊接前可用短支撑与护板连成三角形。

3. 焊接顺序

(1) 先用临时装配块把第1层法兰内外圆与装配平台连接在一起,临时装配块间距为600mm左右。然后再用临时装配块把4对把合板连接在一起,装配块间距500mm左右。

(2) 先对把合板与机座的主要支柱进行打底焊。然后对各层法兰与护板,以及钢管所接触的接头进行打底焊,焊接时4名焊工对称在机座圆周及高度方向要保持一致,并且要采用跳焊方法。

(3) 焊接量较大的接头部位要最后焊接,能焊接到的焊缝需在定子机座分解前尽量焊接完。避免定子机座分解后因焊接量较大而使机座发生变形。焊接后通过振动时效的方法,消除定子机座的焊接应力。

4. 焊后检验

焊后对每件1/4定子机座部分进行检验,焊后高度收缩4mm,减去装配前预增加的4mm收缩量,刚好符合设计尺寸的要求。每层法兰的平面度都控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内。1/4机座部分的弦长略有增大,是由法兰与护板焊接造成的,通过矫形,交验合格。

5. 结语

大型结构件焊接时,因其结构复杂,刚性较差,焊接应力与变形比较复杂。通过采取上述工艺措施,严格控制焊缝的热输入量,采用对称定位施焊、预置临时装配块、预增加反变形量等措施,使得大型水电设备定子机座的焊接变形得到控制,可为类似大型结构件的焊接工程提供借鉴。

MW (20110530)