

三峡地下水轮发电机 首台定子机座装焊精度控制

渤海造船厂集团有限公司大件公司 (辽宁葫芦岛 125004) 田凤玉

【摘要】 定子机座是水电站发电机组中比较重要的部件之一。其外形尺寸较大, 外圆直径达到22m, 高度6195mm。装配精度要求高, 主要表现在高度公差要求控制在 $+2\sim+3\text{mm}$, 圆度控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。由于机座分五瓣装配, 所以要控制装配尺寸难度很大。但是我们采用了中心柱定位圆心, 在装配时采取了逐渐加高等一些有效的措施, 在装配和焊接中采取合理的装配和焊接顺序, 较好地控制了定子机座的变形, 达到了装配公差要求, 保证了产品质量。

1. 概述

长江水电站水轮发电机组地上26台地下6台, 每台机组70万kW, 创造了许多世界之最。其中定子机座是三峡地下水轮发电机的重要部件, 装配精度要求高, 整体尺寸大, 机座重量达到了209t, 装配难度相当大。

由于本台是我们生产第一台产品, 对于我们来说是全新的产品, 要按时保质地完成这个产品难度很大。因此, 我们在生产中要严格控制好每一个装配和焊接的环节, 以确保高质量地完成首台产品的生产任务。

2. 装配顺序及控制

(1) 本定子机座采用整体装配。首先在平台上确定圆心, 画出内外圆的位置线和分瓣线。其次在圆心处布置好中心柱; 在每瓣位置处放置四个支墩, 注意要放置在外圆位置处, 并避开插装斜立筋的位置。支墩与平台间用压板螺钉或焊接固定。

(2) 吊装下环到支墩上焊接。下环板工艺要求是分装配项, 要求焊后矫正然后再整体装配, 我们为了控制整体的变形, 在下环板装配后未进行焊接, 直接装配而后进行整体焊接, 调整平面度 $\leq 4\text{mm}$; 用中心柱调整圆心确定下环板正确位置, 将下环与支墩搭焊牢固。下环内外圆每隔1m与平台

间用 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的角钢焊接。合缝处用搭板焊接。

(3) 按图在下环板上划出斜立筋槽的位置线; 用半自动气割机割出下环板上斜立筋槽。气割后要对切割处用角向砂轮进行打磨。

(4) 在斜立筋上平板安装起吊工具, 吊装斜立筋。调整斜立筋的垂直度, 斜立筋到中心的尺寸、斜立筋下平面到定子铁心中心线2840mm尺寸符合图样要求。斜立筋调整后与下环板间搭焊固定。斜立筋间用200mm槽钢固定。

(5) 在下环板上划出项9隔板的位置线, 装配调整好位置及垂直度搭焊牢固。

(6) 装配第一层中环板, 中环板外圆要求与下环板对齐, 调整其与斜立筋的间隙和平面度满足图样公差要求。调整中环板接缝处的错边符合图样公差要求。中环板与斜立筋和项9隔板之间搭焊牢固。

(7) 本部件中环板共6层, 隔板7层, 高度为3172mm; 接上序逐层安装中环板和项9隔板。至最高层中环板装配高度应比其理论高度加高10mm, 并进行搭焊固定。加高10mm是为了保证其在焊接收缩后的高度满足图纸尺寸, 是我们采用的反变形措施。

(8) 为保证产品精度, 由专检人员按图对前面的装配尺寸进行检查, 并做好记录。

(9) 对前面装配项进行焊接, 焊接要分步进行, 不能一蹴而就, 以免发生大的焊接变形。本机座共分五瓣, 每瓣由两名焊工进行焊接。焊接前先进行定位焊, 每隔500mm焊接100mm长两段, 焊脚5mm, 双面角焊要对称施焊。先焊接项9隔板与中环板的焊缝, 将焊脚焊至5mm然后再焊满。

(10) 为控制焊接变形保证部件焊后尺寸, 项9隔板与下环板的焊缝、斜立筋与中环板的焊缝在装配项17~20壁板后进行焊接。

(11) 对机座下环板的平面度、斜立筋上平面至定子铁心中心线的距离等尺寸进行检查, 是否符合图样要求。

(12) 装配项17~20壁板, 调整好垂直度, 将其与斜立筋搭焊牢固。装配项9隔板, 搭焊牢固; 装配项4~8上环板。调整上环板的平面度, 搭焊牢固。

(13) 焊接。按本机座所要求的工艺规范进行焊接。先进行定位焊, 再进行整体焊接, 焊接时要注意为了控制焊接变形, 严格执行工艺提出的焊接顺序。先焊立焊再焊平焊及仰焊。按要求在圆周和高度方向上交替、对称焊接, 局部间隙大的地方要用垫片塞紧, 先将全部焊脚焊至5mm再焊至图样要求尺寸。焊接过程中要交替、对称焊接, 以控制焊接变形。焊接项9与下环的焊缝时, 要求在圆周方向上分开跳焊, 并用水准仪监测下环平面度, 根据测量结果及时调整焊接顺序以控制下环的变形。焊接斜立筋与下环的焊缝时, 因其焊接量较大, 要四周交替施焊, 严格控制下环平面度变化和斜立筋垂直度的变化。焊接过程中要随时监测下环平面度、斜立筋上平面平面度和斜立筋垂直度, 如发现变形要及时调整焊接顺序。

(14) 按图样尺寸进行检查, 并做记录。装配其余各项并焊接。

(15) 按图样尺寸划线并切割中环和上环合缝处坡口; 清除下环板合缝处搭板, 下环与支墩间的焊缝、下环与平台间的拉筋、斜立筋间的拉筋等, 释放焊接应力, 调整机座尺寸符合图纸要求。再将各合缝处的搭板和下环与支墩间固定焊接牢固。

(16) 用精密中心柱划出内圆线。用气割切割环板内圆, 最后切割下环板内圆。割后打磨。

(17) 清除合缝处搭板, 装上合缝装置, 然后进行其余各项检查。

3. 定子机座的装焊难点

(1) 整体高度的控制。公差要求 $+2 \sim +3$ mm, 对于这么大的焊接件来说公差范围很窄, 控制起来很困难。

(2) 内外圆的圆度控制。由于三峡定子机座尺寸较大, 尤其是其直径达到了22m, 并且整体是圆环中空式的, 所以圆度也是很难控制的。

(3) 定子机座整体结构较复杂, 尺寸较大, 重量大, 组成的零件较多, 是由于其发电机组较大造成的, 所以其装焊工艺也比较复杂且装配难度较大。

4. 针对以上难点采取的措施

(1) 由上述的定子机座装焊的整个过程可以看出, 为了控制由于焊接原因而引起其高度尺寸变化, 在装配过程中我们根据经验进行了加高处理, 整个高度方向上, 加高了10mm。根据焊接后的测量结果显示, 最终的测量尺寸是 $+3$ mm, 证明我们采取的这个方法是很成功的。

(2) 圆度控制是最难的, 对于此项, 我们在装配过程中首先保证外圆尺寸, 在内圆加放余量并在焊后切割掉; 另外我们采用边装边焊, 焊接过程中实时监控其焊接变形, 并且在焊接中采取循序渐进的方式, 严格控制其在圆度方向的变形。最终测量结果显示, 圆度方向最终尺寸在直径方向为 $+5 \sim +6$ mm, 说明我们采取的工艺措施也是很有成效的。

(3) 本定子机座装配焊接工艺可以说是非常复杂, 我们在装配焊接中逐步细化, 将整体难度分化每一个环节都得到了有效的控制。最后的测量结果显示, 定子机座整体变形非常小, 达到了最后的检查质量要求, 证明我们采取的措施是非常成功的。

5. 结语

经过采取合适的工艺措施和装配方法, 三峡地下首台定子机座的精度控制已达到非常先进水平, 无论是整体高度, 还是圆度方面及主体尺寸都符合世界同行业的制作标准。从后来三峡工地反馈的信息可以看出它的实际工作状况, 为发电机组提供了标准稳定的工作基础, 使三峡机组的额定发电量、转速等均达到了世界级的水准。MW

(20120826)