

瀑布沟水电站水轮机座环法兰加工

吴贵川,王铭辉

(中国水利水电第七局工程局有限公司机电安装分局,四川 彭山 620860)

摘要 瀑布沟水电站水轮机单机装机容量为 550 MW,其 6 号机组座环总高约 3 720 mm,最大外径为 10 210 mm。阐述了该座环的现场加工过程,重点介绍机床安装调整和过程控制,为其他同类型电站座环的现场加工提供一定的参考。

关键词 座环法兰 机加工 瀑布沟水电站

中图分类号:TK73 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2011)S2-0009-02

瀑布沟水电站地下厂房共装设 6 台立轴混流式水轮发电机组,单机额定装机容量为 550 MW。6 号水轮机座环由东方电机股份有限公司制造,分 4 瓣到货。现场组装焊接成整体后,最小内径为 9 410 mm,最大外径为 10 210 mm,总高约 3 720 mm,上下环板材质为 HITEN610-Z35,厚度为 210 mm。

座环是水轮发电机组安装的基础,根据设计要求,为保证设备最终的安装质量,在制造厂进行座环加工面的粗加工,部分加工量留在现场座环外部混凝土浇筑定位后进行座环的现场精加工。座环法兰面加工为机组安装提供准确的高程,其加工精度直接影响到机组的安装质量。

1 机加工内容及控制样点放置

1.1 座环机加工的内容及要求

以瀑布沟 6 号机组座环加工为例,介绍座环法兰面的铣削工艺,座环现场加工位置如图 1 所示。

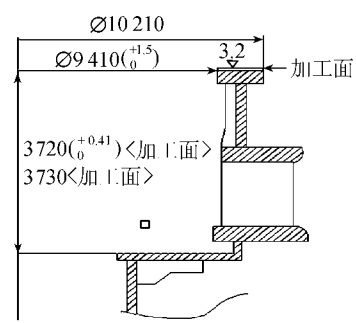


图 1 座环现场加工位置示意图(单位:mm)

加工内容即座环法兰面(顶盖安装基础面)的机加工。加工要求如下:平面度为 ± 0.20 mm,上法兰

和基础环开档尺寸为 $(3\,720 + 0.41)$ mm。

1.2 放置控制样点

a. 确定机组安装高程。用精密水准仪测量并记录 24 个固定导叶中心线的高程,计算出平均值,以此作为机组安装的基准高程。

b. 确定机组中心。座环待加工面清扫干净,除去高点,抛光,等分 24 个测点,用记号笔作出测点标记,检查法兰面的波浪度。用内径千分尺(精确度 0.01 mm)测量基础环到座环法兰 1 号测点加工面的开档,做好标记,找出法兰面的最低点,此最低点数据即是加工参考数据。表 1 为座环法兰到基础环实际开档尺寸记录。

由表 1 可知座环上法兰面最大加工量为 10.9 mm,最小加工量为 9.24 mm,在 +Y, -Y, +X, -X 方向做好标记,作为粗加工控制点。精加工前用内径尺检查后方能进行。

2 机床安装调整

机床的安装调整精度直接决定着座环加工的平面度、圆度偏差,同时也对座环加工效率造成影响。因此,必须精确调整机床的中心、水平度和垂直度,以保证座环加工面的精度要求。

座环平面和立面加工立铣床由东方电机厂提供,由底部支撑(包括支座、主副梁、栏杆脚踏板等)、回转机构(包括回转座、球面座等)、升降机构(包括中心立柱、升降传动机等)、集电环、前臂(包括滑梁、铣头等)、后臂(包括电气柜、配重块等)、顶部支撑(包括支撑座、调整座、拉杆装配)等部件组成。

表 1 4 号座环法兰到基础环实际开档尺寸 mm				
测点	测量记录	需要开档值	实际开档值	需加工值
1	5.15	3 720.2	3 729.44	9.24
2	6.59	3 720.2	3 730.88	10.68
3	6.77	3 720.2	3 731.06	10.86
4	5.77	3 720.2	3 730.06	9.86
5	5.55	3 720.2	3 729.84	9.64
6	6.11	3 720.2	3 730.40	10.20
7	5.46	3 720.2	3 729.75	9.55
8	5.86	3 720.2	3 730.15	9.95
9	6.22	3 720.2	3 730.51	10.31
10	6.71	3 720.2	3 731.00	10.80
11	6.81	3 720.2	3 731.10	10.90
12	6.81	3 720.2	3 731.10	10.90
13	5.15	3 720.2	3 729.44	9.24
14	6.12	3 720.2	3 730.41	10.21
15	5.67	3 720.2	3 729.96	9.76
16	6.25	3 720.2	3 730.54	10.34
17	6.72	3 720.2	3 731.01	10.81
18	6.72	3 720.2	3 731.01	10.81
19	6.71	3 720.2	3 731.00	10.80
20	6.69	3 720.2	3 730.98	10.78
21	5.23	3 720.2	3 729.52	9.32
22	5.78	3 720.2	3 730.07	9.87
23	6.14	3 720.2	3 730.43	10.23
24	6.61	3 720.2	3 730.90	10.70
最小值	5.15		3 729.44	9.24
最大值	6.81		3 731.10	10.90

测出座环加工机床底部支撑安装高程和安装方位,并做好安装标记,测量座环加工机床回转座上法兰中心至底部支撑的实际高度,按其安装高程在基础环立面 X 和 Y 轴线方向测 4 点,做好记号,并按机组中心线测出此 4 点的半径作为回转中心(机床中心),调整基准。机床的安装主要包含以下几方面内容:

a. 底部支撑安装。由于底部支撑安装位置在锥管口以下,为了方便施工,采用单根整体倾斜吊入法进行安装。将中主梁与支座清扫连接。根据其质量选择在桥机钩上挂 3 个手动葫芦,其中 2 个作为主要承重,1 个作为主梁窄面水平调整,将中主梁一头高、一头低吊入机坑,利用手动葫芦调整水平度小于 0.2 mm/m,高程为 ± 5 mm、中心方位小于 2 mm,符合要求后加固。用同样的方法吊装另外 2 根侧主梁。把副梁与支座清扫连接,吊入机坑与主梁连接加固,然后进行支撑与锥管的焊接,焊完后复测水平。

b. 回转机构安装。将球面座安装在中主梁中心上,吊入回转座按底座中心调整的方向对准 X 和 Y 轴线放在三主梁上并焊接。然后将回转座按基础环预留中心调整至已定机组中心,并调整其水平度小于 0.05 mm/m,注意底部球面座必须接触,不能有间隙(用塞尺检查),以保证整个机床在底部支撑的受力。符合要求后安装脚踏板栏杆。

c. 升降机构等安装。将中心主柱升降机顶丝锁定吊入机坑连接在回转座上,安装集电环,然后吊装后臂、前臂以及爬梯、栏杆、脚踏板等。前臂吊装时须锁定滑梁。

d. 顶部支撑安装。将支撑座吊入使碳刷架与集电环相对应(保证碳刷接触 2/3 以上),调平放在中心立柱 4 个顶丝上并进行电气配线,顶部中心调整座,将其套入集电环并锁紧螺母,拧紧其余连接螺丝,吊入拉杆装配与支撑座连接,与机坑里衬焊接。焊接完毕将立柱顶丝与支撑座分开(约 10 mm)。此时机床安装基本完成。

e. 机床整体调试。利用顶部支撑调整座调节立柱垂直度,松开升降机构锁定顶丝将其升至座环所需加工的位置,安前臂上、下拉杆装配,在铣头上安装检测棒。在座环平面放置调整平台,用百分表测滑梁滑动水平值,利用前臂上下拉杆进行调节,利用水平仪及铣头顶丝进行铣头周向、径向垂直度调节,在安装刀盘的位置安装校正杆,用水准仪测量机床旋至 X 和 Y 的 4 个方位时,校正杆的水平值,精确调整机床底部顶丝和压紧螺母,使 4 个点的水平误差小于 0.20 mm。

3 加工过程控制

该铣床采用逆向铣削方式,铣削平面时采用 125 mm 标准 8 刀刃端面铣刀,切削速度为 120 ~ 170 mm/min,每齿进给量为 0.13 mm/z,最大切削深度为 2 mm,最大切削宽度为 115 mm。

从测量数据看出最高点在 1 号。最低点为 11 号及 12 号点,最高点和最低点之间的差值为 1.66 mm。以 1 号点作为开始加工参考点,进刀量为 0.55 mm 左右。待法兰面被加工出金属光泽时便可以加大进刀量,进刀量控制在 0.5 ~ 1.0 mm/次。此加工阶段被称为粗加工,在粗加工过程中复查铣床的水平及中心 1 ~ 2 次,确保铣床没有移动。当加工量剩余 1 mm 左右时,法兰面进入精加工阶段。在精加工过程中每次进刀量控制在 0.10 mm。加工余量剩余 0.1 ~ 0.15 mm 时,进刀量控制在 0.05 mm/次。操作上无论是粗加工还是精加工,铣刀的转速均控制在 300 ~ 350 r/min,铣刀的行走速度(支臂旋转速度)粗加工时为 150 ~ 170 mm/min,精加工时为 120 ~ 150 mm/min。精加工过程中法兰面每加工 1 圈后用精密水准仪测量加工面的水平和高程,用光学合像水平复查铣床的水平。若局部水平超标,须进行处理。在操作中主轴与横臂转速的调整采用逐步加大并保证机床运行稳定的原则进行。

(下转第 47 页)

根 清理焊缝 用 PT 检查焊缝根部。根据变形的情况交替焊接 ,直到焊完整条焊缝。焊接工艺参数见表 2。

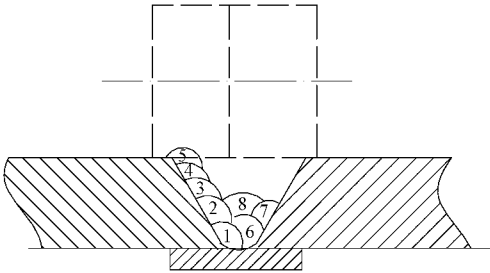


图 11 带背面垫板的对接焊缝的焊接示意图

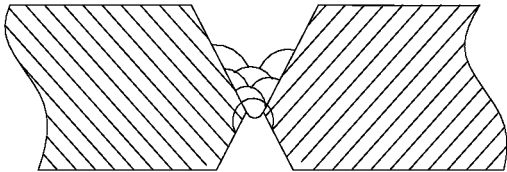


图 12 X 形对接焊缝的焊接示意图

表 2 焊接工艺参数

焊条直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V
3.2	80 ~ 120	23 ~ 25
4.0	150 ~ 180	25 ~ 28

2.3 监控项目

为控制焊接变形尺寸 ,在中心体的上法兰面 4 个方向打上标记 ,并在标记处装上合象水平仪 ,监控中心体水平 ,在底部架设水准仪监测制动闸板的水平和倾斜度 ,在径向合缝处做好标记 ,监控径向收缩量。当完成下述每道工序时 ,要对各项数据进行测量并作好记录。①转子支架中心体和外环组件组装后 ,定位板焊前 ;②定位板全部焊完 ;③制动闸板焊接 1/3 2/3 ,清根、背缝焊接 ;④上环缝焊接 1/2 , 2/3 3/3 ;⑤下环缝焊接 1/2 2/3 3/3 ;⑥中环缝焊接 1/3 2/3 3/3 ;⑦转子支架径向缝焊接 ;⑧转子支架立缝焊接 ;⑨转子支架所有焊缝焊完后冷却。

发机班和焊工班需配合好 ,每次测量后数据及时反映到监控负责人处 ,及时根据变形情况调整焊接顺序。

2.4 转子支架焊接后检查结果

所有一类、二类焊缝采用 UT 检查 ,一次合格率为 99.89%。

3 结 语

a. 转子支架组装焊接质量直接影响转子的整体组装质量。通过本工艺的有效控制 ,转子支架组装焊接后 ,各项焊后技术要求均达到了设计及规范标准 ,不仅为转子整体组装创造了良好条件 ,同时也

为机组的安全运行奠定了基础。

b. 加强焊接过程的监控力度 ,所有参与人员配合好 ,根据变形情况及时调整焊接顺序 ,转子支架的焊接变形控制在技术要求范围内。

c. 对焊接人员的要求 ,既要控制好焊接变形 ,还得控制好焊缝内部质量。如果一次合格率低于 95% ,局部返修 ,直接影响整体变形控制效果。

(收稿日期 2011-08-12 编辑 :方宇彤)

(上接第 10 页)

座环平面加工时 ,水平面倾斜或波浪度达不到设计要求。分析原因主要是由于机床本身以及其他振动的影响。因此 ,要随时跟踪检查加工进刀量的变化情况 ,并且每加工完一遍必须检查加工面的水平情况并进行相应的处理。

4 结 语

通过加工前的精确调整和加工中的跟踪控制、及时分析和工艺调整 ,瀑布沟电站 6 号机组座环最终的加工质量达到了优良标准 ,表面粗糙度也完全满足设计图纸的要求。加工工期比原计划提前了 15 d ,并且为后期的机组安装提供了良好的基础 ,大幅度减小了机组运行的振动。

(收稿日期 2011-07-10 编辑 :高建群)

(上接第 43 页)

d. 加热过程中应有足够的钳工、电工、消防人员值班。

e. 高处作业应遵守有关规定 ,上下层交叉作业必须有良好的防护措施 ,严禁上下抛掷工具、杂物等。

8 环境保护措施

a. 工作地点及通道必须保持整洁通畅 ,物件堆放必须整齐、稳固 ,每天下班前应清扫场地 ,保持场地清洁 ,做到工完、料尽、场地清。

b. 避免使用石棉制品等对人体有害的物质。

c. 施工中应注意对环境的保护 ,施工垃圾应集中处理。

d. 地下厂房临时通风设备应连续运行。

9 结 语

瀑布沟电站的 6 号、5 号、4 号、3 号机组转子磁轭热打键的热胀量均匀 ,所用时间均在 8 ~ 10 h 以内 ,笔者认为瀑布沟水电站转子磁轭加温的技术比较成熟 ,值得推广。

(收稿日期 2010-08-12 编辑 :方宇彤)