

转轮主轴现场同铰工装设计

浙江富春江水电设备股份有限公司 (桐庐 311500) 付友爱 王雪飞 余永明 吴国成

百龙滩电站位于广西壮族自治区都安、马山两县交界处的红水河中游,安装有单机容量32MW的灯泡贯流水轮发电机6台,首台机于1996年2月并网发电。2010年11月,在对4#机组A级检修过程中,发现主轴与转轮联接销孔和转矩销配合尺寸不符合要求,特别是主轴侧尺寸偏大,达不到传递转矩的效果。孔与销钉配合不好将会影响机组的安全稳定运行,直接后果就是造成联轴螺栓受力过大而断裂,因此要求现场对销孔重新进行加工,并根据加工完的销孔尺寸重新配制转矩销。为此,百龙滩电厂委托我公司设计一套方案来完成现场销孔的铰削。

1. 分析

在主轴与转轮现场销孔加工中,当前广泛采用镗孔机进行同铰工作。但是,该机组需要在不拆卸的情况下完成对销孔的加工,相对于主轴与内导环之间狭小的工作空间,现有的镗孔机尺寸就显得过大,不利于加工。因此,根据水轮机主轴直径、主轴法兰环圈尺寸,联接销孔及联接螺孔分布、所铰销孔尺寸及精度要求等因素,我们设计了一套简易的专用手动铰孔工装,如图1所示。

处理方案:①现场重新抛去销孔锈斑,检查、测量,为下步确定加工方案提供铰刀直径数据(见图2)。②现场实际观察、测量相关方案所需数据。③现场用量具: $\phi 160\text{mm}$ 量缸表、300mm刀口尺、2m卷尺及电筒等。④利用MD02增力扳手及导向胀紧套和 $\phi 160\text{mm}$ 铰刀及相关工装现场铰削 $\phi 160\text{mm}$ 销孔(根据测量数据销孔铰削后直径比原尺寸大 $0.35\sim 0.5\text{mm}$)(见图3),铰削后满足相关形位公差要求,配合间隙控制在 $0.03\sim$

0.05mm ,一一对应配制转矩销。

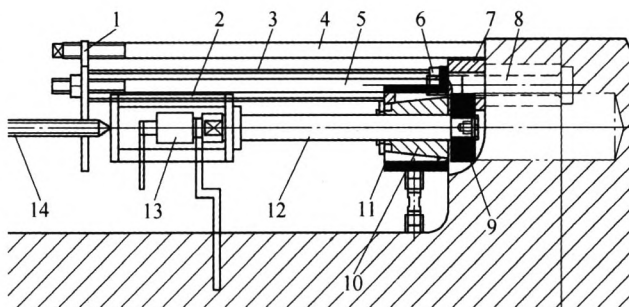


图 1

1. 顶尖固定板 2. 增力扳手架 3. 支撑钢管 4. 支撑螺杆
5. 双头固定螺杆 6. 螺母 7. 定位垫块 8. 定位螺杆 9. 铰刀
10. 胀紧机构 11. 胀紧机构外壳 12. 铰刀铰杆
13. 增力扳手 14. 带顶尖螺杆

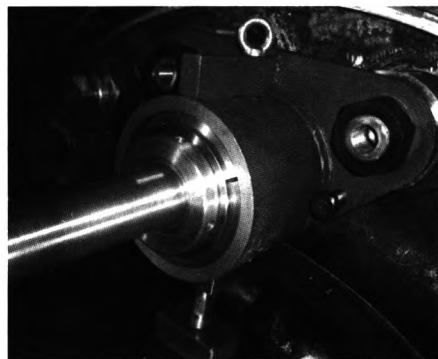


图 2

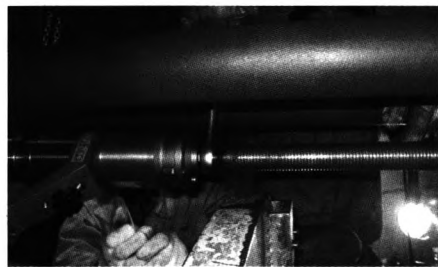


图 3

2. 设计思路

百龙滩电站主轴与转轮联接销孔直径160mm, 在 $\phi 1450$ mm圆周上均布6只, 全长370mm, 其中主轴段210mm, 转轮段160mm。孔径大, 深度深, 这对动力及导向提出了较高的要求。针对这种情况, 该工装进行了以下几方面的设计。

(1) 刀具的设计 考虑到制造成本及使用方便, 刀具选用刃倾角 8° 的镶齿三面刃铣刀, 齿数为18, 这种刀具的优点是在加工时切削刃逐渐切入工件, 工作平稳性好, 加工完的销孔表面质量较好。另外由于现场销孔情况较差, 主轴侧偏大, 若所用刀具尺寸过小, 则销孔无法完全铰出, 使铰孔质量达不到要求。若所用刀具尺寸过大, 则因切削用量过大而加大每一个刀齿的切削负荷, 破坏了铰削过程中的稳定性, 且增加了切削热, 使铰刀的直径胀大, 孔径也随之扩张, 切屑的形成必然呈撕裂状态, 造成加工表面粗糙。因此, 根据现场实测的销孔数据, 我们设计了四种尺寸规格的铰刀, $\phi 160_{-0.1}^{+0.15}$ mm、 $\phi 160_{+0.25}^{+0.3}$ mm、 $\phi 160_{+0.35}^{+0.4}$ mm、 $\phi 160_{+0.5}^{+0.55}$ mm, 从小到大依次进行铰削, 合理分配了切削用量, 提高了被铰销孔的质量。

(2) 动力装置的选用 由于现场加工空间的限制, 不便采用镗孔机, 故决定利用手工进行同铰销孔。在小孔的手工铰削时, 一般在扳手上套一根加长杆即可完成铰削工作。但是 $\phi 160$ mm销孔所需的铰削转矩过大, 光靠加长力臂的方法显然行不通。经过粗略估算, 我们采用了可提供最大转矩为3200N·m的MD02增力扳手, 该增力扳手齿数比为1:1, 通过较小的人力即可提供较大的转矩, 为手工铰削大直径销孔提供了良好的解决方案。

(3) 导向装置的设计 在手铰销孔过程中, 在没有导向装置的情况下, 铰刀受加工孔的引导进给, 由于通过人手直接扳动铰刀, 处于自由状态, 稍有不慎, 铰刀就会左右摇摆, 影响加工孔直线度、圆度的质量。根据现场实际情况, 设计了胀紧套导向装置, 主要由支持套、定心套、导向胀紧套及辅助支撑组成。定心套根据联轴螺孔与销孔的孔位关系制作, 初定位后, 利用可调式心轴调节螺栓和辅助支撑进行微调。导向胀紧套装在定心套内, 铰刀杆安装就位后, 由导向胀紧套进行锁紧定位,

导向部分长度200mm, 可以有效防止因铰刀杆摆动而造成的销孔圆度及直线度超差现象。另外由于刀杆较长(740mm), 在刀杆后面加设了顶尖螺杆, 与胀紧套结合使用, 可起到更好的导向作用。

(4) 铰刀回转中心与销孔轴线的同心度、直线度校正设计 在铰孔之前要对主轴和转轮把合后的销孔进行与导向装置同心度、直线度的找正, 为此专门设计了可调式心轴并与导向装置配合使用, 实际操作后效果比较好。

3. 工艺过程

(1) 校正 按工艺顺序先对被加工孔与导向装置进行找正。具体方法: 利用铰孔杆与铰刀配合的外圆, 做一内径与铰孔杆相配合的可调外径的校正心轴装在铰孔杆上, 然后把固定螺杆联接在转轮上, 按工装安装顺序初步固定在主轴上, 通过可调外径的校正心轴在销孔内的配合情况, 仔细调整导向装置并最终压紧固定, 然后换掉可调校正心轴, 装上 $\phi 160_{-0.1}^{+0.15}$ mm的铰刀进行第一次试铰, 铰孔中仔细观察切削情况, 以保证铰刀轴线与被铰孔的轴线重合。

(2) 加工 按铰削孔的余量选择铰刀直径大小, 依次进行铰削加工。此次百龙滩主轴和转轮销孔的铰削采用三面刃错齿铣刀(18齿 $\times 25$ mm宽)改造而成。铰削过程不宜进给过快, 切削深度不宜过大, 因为铰的是370mm的深盲孔, 在离底部20mm左右时要退出铰刀, 清理切屑。实践证明工装设计比较合理, 370mm长度直线度基本控制在0.02mm, 铣刀代替铰刀也能铰出表面粗糙度值 $R_a=1.6\sim 3.2\mu\text{m}$, 圆度0.01mm的销孔。

(3) 检查 ①每加工一刀对销孔尺寸进行6个截面 90° 两个方向的测量, 刀口尺光隙检查直线度, 以保证每次铰削孔的形位公差。②检查数据表如附表所示。

由附表可以看出, 由本套工装加工出的销孔直线度和圆度都比较好, 除了5号销孔由于铰孔时进给过快, 直线度和表面粗糙度不够理想, 加工完进行了局部处理。根据每只孔的实测尺寸, 确定所配销子的配合尺寸, 只是5号销孔与销间隙0.06mm外, 其他孔配合间隙均控制在0.025~0.035mm之间, 满足了设计要求。

检查数据表 (单位: mm)

销孔	主轴侧取点位置			转轮侧取点位置		
	1	2	3	4	5	6
1号X	160.60	160.605	160.60	160.605	160.61	160.61
1号Y	160.61	160.605	160.60	160.615	160.615	160.61
2号X	160.605	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60
2号Y	160.595	160.60	160.60	160.60	160.605	160.605
3号X	160.59	160.61	160.60	160.59	160.60	160.59
3号Y	160.59	160.60	160.60	160.60	160.61	160.61
4号X	160.59	160.60	160.595	160.595	160.595	160.60
4号Y	160.595	160.60	160.59	160.60	160.60	160.60
5号X	160.62	160.61	160.62	160.615	160.62	160.61
5号Y	160.64	160.64	160.64	160.63	160.625	160.64
6号X	160.60	160.60	160.61	160.60	160.60	160.60
6号Y	160.61	160.60	160.61	160.61	160.61	160.60

4. 铰孔过程中的质量控制

转轮主轴联轴销孔是水轮机传递动力的重要组成部分，销孔的质量直接影响到机组的安全稳定运行。因此，质量控制显得尤为重要，特别是这种大直径深孔的手工铰削，必须严格遵守手工铰孔的工艺规程，从而保证手工铰孔的质量。

(1) 因现场加工条件较差，准备工作应尽量充分，备足切削液和刀具，加工前检验准备的刀具是否合适与完好。

(2) 导向装置校正一定要准确，否则会因切削量不均匀而使加工完的孔表面质量差，直线度、圆度不符合要求。校正夹紧后一定要有他人见证，保证铰刀轴线和孔轴线重合。

(3) 由于处于水平位置铰削，应采取相应的措施使铰刀轴线和孔轴线保持重合，在这里我们采用了辅助支撑，一端撑在主轴上，一端顶住支持套，防止了支持套的下沉。同时，加工时在支持套两侧各设一只百分表监控，出现异常应立即停止进刀，分析原因。

(4) 在铰削过程中，扳动扳手的速度要均匀，以保持铰削的稳定性。

(5) 铰削进刀时，不要猛力压铰杆，要随着

铰刀的旋转轻轻加压于铰杆，使铰刀缓慢地引进孔内并均匀地进给，以保持良好的内孔表面粗糙度（5号销孔正是由于进给过快而造成表面粗糙度不够理想）。

(6) 在铰削过程中，铰刀被卡住时，不要猛力扳动旋转铰杆，以防止铰刀崩刃，而是应该将铰刀取出，清除切屑，检查铰刀和销孔情况。排除问题后继续进行加工。

(7) 在铰削过程中，应不停浇注合适的切削液（高速钢铰刀选用30%菜油加70%乳化液），改善切屑、工件与刀具的摩擦状况，降低切削力和切削温度，减少刀具磨损，抑制积屑瘤和鳞刺的生长，从而提高铰孔质量。

(8) 铰刀退刀时不能反转，因为铰刀有后角，反转会使得切屑塞在铰刀齿后面和孔壁之间将孔表面划伤，同时铰刀也容易磨损。

(9) 每加工完一刀，必须对销孔尺寸和精度进行测量，以保证销孔的质量，并为下一步确定工艺措施提供参考。

5. 结语

虽然现场加工条件差，但是合理的工装设计，完善的工艺方案，保证了百龙滩转轮主轴同铰工作的顺利进行，所加工的销孔及转矩销配车尺寸均满足设计要求，圆满地完成了电站的委托任务。而且本工装相对于一般的镗孔机来说，制造成本要低得多，为今后此类工作提供了有益的参考。MW

(收稿日期: 20130301)

“模具” 栏目征稿启事

本刊“模具”栏目征稿方向如下：①典型模具结构优化设计。②复杂、大型、精密模具制造技术：主要包括模具型腔五轴加工；高速铣削加工；特种工艺加工；快速成形与快速制模。③新型模具材料与应用。④模具测量。⑤模具数字化制造。⑥模具再制造。⑦现代模具技术及应用：主要包括汽车、IT、航空航天、医疗器械等应用领域。

欢迎网上投稿！http://www.metalworking1950.com/tougao_xz.asp。