

三峡上冠斜向孔加工工艺

哈尔滨电机厂有限责任公司 (黑龙江 150040) 翟玉明 何亮

转轮是水轮机的原动核心部件,由上冠、下环和叶片等超大型精加工部件装配焊接,再经过精密的机械加工而成。三峡转轮是当今世界上最大的转轮,转轮组件中的最重部件上冠,不仅吨位达到106.5t,直径达到9266mm,而且结构复杂,是带有斜向泄水孔的双锥面腔体结构。在三峡地下电站2[#]转轮(厂内编号)是我公司为三峡电站生产的最后一台转轮,在其生产过程中,由于上冠来料是半成品,没加工完全(剩余20个垂直法兰孔和16个斜向泄水孔没有加工)。只有上冠加工完成后才能开始后续上冠、叶片和下环的组焊及整体加工,因此上冠的加工情况成为影响地下2[#]转轮生产制造周期的一大瓶颈。

1. 三峡上冠的结构特点

上冠采用不锈钢材料06Cr13Ni4Mo整体铸造,高度为2375.2mm,最大直径为9266mm,成品重量为106.5t。如图1上冠剖面图所示,上冠背面为锥形过流曲面,正面也是锥曲面,中间为中空腔体结构。图2

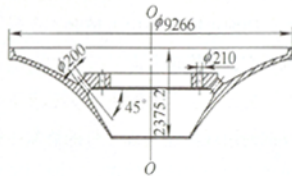


图1 上冠主剖面图

上冠俯视图上分布有20个 $\phi 210$ mm法兰孔、16个 $\phi 200$ mm泄水孔。分析图样可知,垂直于法兰面的20个 $\phi 210$ mm法兰孔可以利用立式镗孔机或将工件立起来,容易实现

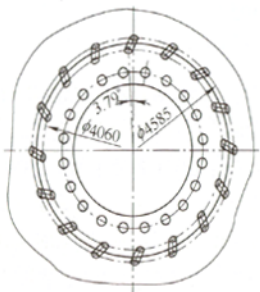


图2 上冠俯视图局部

加工。然而,16个 $\phi 200$ mm泄水孔由于孔是在超大型锥形工件中部深入内腔,孔本身相对工件轴线带有空间角度,而且直径较大,加工距离长,装夹点位少,因此采用常规设备加工非常困难。

2. 设备和工装实际

上冠本身很重,而且要加工的孔尺寸较大,能加工这种超大部件的镗床在国内少之又少。然而,上冠半成品来料的继续加工,使我们面临的设备实际是只能采用武汉重型机床厂生产的TX6925落地镗床。由于该设备没有旋转工作台,没有万向进给机构,虽然对于工件有关“重”、“大”的加工能力很强,但对于这种特殊的斜向泄水孔的加工却稍显“为难”。

TX6925落地镗床机床设备参数为:镗床立柱水平行程17m、主轴箱垂直行程6m、主轴箱滑枕工作行程1.5m,主轴工作行程1.5m。主轴直径250mm,只能沿轴向实现进给。由于厂内从未加工过超大型锥形部件的斜向孔,因此这台三峡上冠泄水孔的加工面临着没有专用设备,没有专用工装的局面。如何利用常用工装对重达106.5t的超大锥体实现有效固定和装夹,用常规设备对上冠斜向孔实现加工,成了上冠加工技术准备的核心问题。

3. 工艺分析与实现

(1) 初步分析 由图1和图2可知,利用TX6925镗床和常用工装,实现对16个 $\phi 200$ mm斜向泄水孔的加工,要解决以下问题:相对于机床,如何摆放工件;针对机床,采用什么样的工装;如何起吊工件,调整泄水孔的空间角度;镗床没有万向进给,如何轮转到下一个孔的加工。既然泄水孔带有空间的角度,机床又只能实现单一方向进给,那么要解决上述问题还得围绕泄水孔的空间角度,先从图样分析和计算着手。

(2) 审图计算 泄水孔轴线在垂直剖面上的投影与工件轴线呈 45° 夹角; 在俯视图 (即水平投影面) 上, 泄水孔进口投影节圆为 $\phi 4585\text{mm}$, 出口投影节圆为 $\phi 4060\text{mm}$; 在俯视图 (即水平投影面) 上, 泄水孔出口投影中心的向心线与进口投影中心的向心线呈 3.79° 夹角。

利用三角函数和空间直线方程, 经计算可以求得 (或用 SolidWorks 软件, 模拟上冠实体, 测量得到); 在俯视图上 (即水平投影面), 以 1° 泄水孔为例, $\phi 200\text{mm}$ 泄水孔进口中心的轴线投影与泄水孔进口中心的呈 26.7° 夹角 (见图 3)。

该投影线可做以后加工泄水孔的找正线, 找正工件时可以使该线与镗床水平导轨垂直。

在空间调整工件, 以 1° 泄水孔为例, 绕工件轴线 $O-O$ 旋转, 使泄水孔轴线与镗床水平导轨垂直 (即泄水孔轴线的水平投影平行于镗床主轴)。保持工件轴线与镗床水平导轨垂直, 然后再调整工件轴线 $O-O$ 与镗床主轴轴线之间的角度, 使泄水孔轴线与主轴轴线平行。此时, 工件轴线 $O-O$ 与镗床主轴呈 48.6° 夹角 (见图 4)。

经过上面的图样分析和计算可以看出, 对于每一个泄水孔, 我们只需要按图 3 所示的找正线、图 4 所示的

图 4 斜孔平行主轴

角度找正工件, 将工件上的泄水孔调整成与镗床主轴平行, 然后在工装上有效装夹工件就可以实现斜向泄水孔的加工。

(3) 工艺设计 利用车间内常用工装、工具, 对泄水孔的加工形成如下工艺方案: 做出 20 个 $\phi 210\text{mm}$ 法兰孔加工线、16 个 $\phi 200\text{mm}$ 泄水孔加工线, 利用样板 (用镀锌板剪裁制作), 做出泄水孔轴线在法兰面上的投影线 (即俯视图上的投影), 如图 3 所示; 利用立式镗孔机 (型号 WHZ-067 芜湖机床厂生产) 加工出 20 个 $\phi 210\text{mm}$ 法兰孔 (也可立放工件, 法兰面垂直镗轴加工); 用常规大件吊攀, 把合

在与 1° 泄水孔相对应的 4 个法兰孔内, 起吊工件; 将工件落到设计好的工装组合上, 按 26.7° 投影线和 48.6° 工件轴线空间角, 微调工件, 使 1° 泄水孔轴线与镗轴平行; 找正压牢工件, 钻、镗 1° 泄水孔到图样要求; 改变起吊孔, 重新调整工件, 按顺序加工其余泄水孔。

(4) 工装设计 如图 5 将 2 个常用的 45° 斜铁加以改造 (斜面焊接钢板, 按角度加工), 改造成 2 个 41.4° 靠模。该靠模斜面上与上冠锥口端面靠平贴齐, 此时工件轴线与镗床主轴轴线呈 48.6° 夹角。利用 3 个 $1200\text{mm} \times 1500\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 方箱、一个转胎架、2 个 V 形铁、2 个 41.4° 靠模进行组合, 构成上冠泄水孔加工的工装, 具体如图 6 所示。

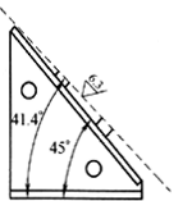


图 5

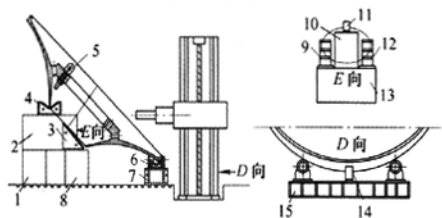


图 6 工装组合

1、2、8、10、13. 方箱 3、9、12. 斜铁 4、6、11、14. V 形铁
5. M150 吊攀 7、15. 转胎架

4. 注意的问题

(1) 起吊时, 由于主钩 1 的两个吊点是主要承重点, 主钩 2 的两个吊点为辅助承重 (与主钩 1 吊点保持对称), 主钩 1 上两个吊点之间连线的垂直平分线是起吊垂线, 因此这两个吊点的位置决定了起吊垂线与找正线的偏差 (见图 7)。按特定法兰孔起吊上冠后, 在吊攀、吊绳规格完全相同的前提下, 按照法兰孔与泄水孔的分布角度经计算得出工件的起吊垂线与要加工泄水孔的找正线有少许偏差 ($0.3^\circ \sim 4.8^\circ$)。因此, 利用均布的法兰孔起吊工件, 不但可以起吊到下一个泄水孔的作用, 还可以初步找正工件。

(2) 修正起吊垂线与找正线相一致: 在偏差较小情况下, 可在工件与转胎架之间加千斤顶可以实现微调。在偏差较大情况下, 需要对吊绳进行配长,

由专利申请看未来机床技术开发趋势

辽宁省粮食科学研究所 (沈阳 110032) 任丽辉

机械工业信息研究院 (北京 100037) 王峰丽 胡端阳

就过去十几年的机床及切削加工技术领域中日本、美国、欧洲的相关专利申请情况,我们预测机床行业未来的技术发展趋势,分析今后一段时间可能开展的技术研发课题。在机床以及切削加工技术领域的框架内,选定五个关键词:主轴的高速化、进给的高速化、机床的结构形态、超精密加工和环境保护。

1. 主轴高速化领域轴承技术最重要

由近几年的机床研发情况看到,关于主轴的高速化始终被业界关注。为了适应超精密、微细加工以及小直径孔的加工,主轴旋转速度比以往任何时候都需要更快。为了让主轴进一步获得高速及高精度旋转,抑制振动和减少发热,以及最近引起高度重视的环境问题、减少能源消耗等问题必然会成为很重要的课题。具体来说涉及以下的研究方向:

(1) 研究新的主轴结构 作为适合主轴高速化的主轴结构,内装电动机主轴结构(电主轴)在过去几年一直倍受关注,研究开发的成果很多。目前这方面的专利申请已经有减少的趋势,可能是因为目前高速电主轴已经达到实用化的水平。为了进一步提高主轴旋转速度,还要进一步研究新的主轴结构。

(2) 应用新材料 为了减小热变形,以及承受随着旋转速度提高而增大的离心力,将需要强度更高的结构材料,而且这种材料制造的主轴应该具有更小的转动惯量。因此,研究应用新材料将成为未来机床技术发展的关键问题。

(3) 抑制主轴振动 主轴高速旋转的情况下,微小的质量偏心就会引起振动。振动不仅影响加工

调整绳子的短长可以实现调整起吊垂线。具体操作:可用 50t 以上的各种规格卡环接长配绳,以及调整吊攀的把和长度等来进行调整。

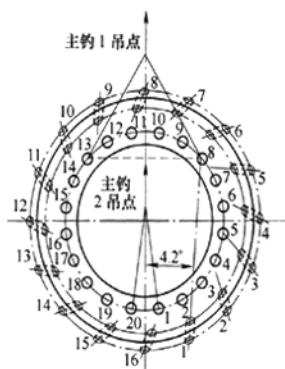


图7 起吊示意

(3) 由于三峡上冠是曲面锥体,工件本身超重,达到 106.5t,倾斜摆放时,在重力作用下会产

生非常大的水平分力,因此在工装的组合单元之间,以及工装与镗床平台之间要有防滑移措施。可在方箱和平台的 T 形槽内放挡块防止滑移,V 形铁可与滚胎架进行焊接固定,找正工件后对工装、工件进行多点可靠压牢。

(4) 在工件压点的设计上,要充分考虑在重力、切削力作用下工件的移动趋势,要在上冠锥口与两个靠模的接触点、上冠外圆与滚胎架、V 形铁的接触点等至少 5 处进行压牢。

5. 结语

三峡地下 2[#] 转轮上冠采用如上方案,顺利的实现了空间斜孔的加工,保证了三峡转轮的生产进度,说明这次利用常规设备和工装,在工艺的设计和实现上是成功的。这也从一个侧面证明,只要开动脑筋、细致分析、积极思考,就一定能够突破难关。MW

(收稿日期:20110214)