数控落地铣镗床加工贯流式水轮机导水机构

中国长江动力公司 （武汉 430074） 高永江

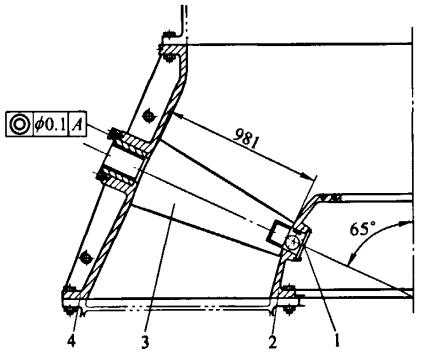
贯流式水轮机具有单位过流量大、转速高、效率高的特点，与轴流式水轮机相比，在相同水头和相同单机容量时，其机组尺寸小，重量轻，材料消耗少，机组造价低，具有更优良的能量特性。目前，贯流机组产品的多样性和技术适应性远不能满足国内外市场的需求，全面提升我国贯流式水轮机的设计制造技术水平，是水电设备生产厂家开拓市场的重中之重。

1. 大型数控机床操作加工经验不足成为瓶颈

由于我国大型数控设备起步比较晚，制造贯流式水轮机必须用到重型数控设备，但操作经验方面存在很大的不足。机床操作者如果对重型数控设备的特性没有完全掌握，必将影响产品质量的提高，特别是在水电、火电设备方面更为突出。多年来，大型数控机床加工经验不足，严重制约着我国重型装备制造业的发展。下面以在大型数控落地铣镗床加工贯流式水轮机导水机构为例，介绍如何掌握机床特性，更好地实现设计图样和工艺要求。

2. 贯流式水轮机特点

贯流式水轮机在制造过程中，有其自身特点。例如 GZ008 - WZ - 280 贯流式水轮机（见附图），导水机构由座环、外配水环、内配水环、导叶和控制环组成。导水机构的镗铣工序是最后的机械加工工序，也是制造难度最高的工序，其中外配水环导叶轴孔与内配水环导叶轴孔的同镗加工，是生产的难点。两导叶轴孔孔距为 981mm，要求同心，同轴度为 ϕ0.1mm。



贯流式水轮机导水机构

1. 导叶下轴 2. 内配水环 3. 导叶 4. 外配水环

3. 加工步骤

加工工艺步骤为：

（1）钳工将导水机构的座环、内配水环装配在一起，在数控旋转工作台上将工件校正，按内配水环上平面内圆校正与旋转工作台同心（为了方便加工，将座环、内配水环、外配水环圆周均布 4 个点 X、Y、$-X$、$-Y$，做好标记并打样冲）。

（2）机床装上万向角铣头，并将角度调整至图样规定角度（用平面旋转程序校正万用角铣头的角度）。按内配水环内圆找出 W 轴的坐标值，并校正 X

用下，螺母零件被逐渐夹紧。此时，螺母零件牢牢固定于钻模中。为保证零件孔钻削完成后的外观要求，以及钻孔时钻头排屑需求，可将单面钻孔深度控制在约 1/2，也就是将零件孔两面对钻完成。零件加工完成后，松开压紧螺钉，抽出销钉，可将零件从钻模中取出。如此反复可进行螺母零件批量加工。

3. 结语

通过对该螺母零件钻孔工艺分析，找出了难加工材料零件钻孔工艺方法，在工艺装备的设计策划时，努力做到加工精度可靠、操作便捷、劳动强度低。该钻模经过数批零件加工验证，工装设计结构合理，零件的取放顺利，钻削稳定可靠，满足了生产需求。对类似材料、类似零件的工装设计，可起到一定的借鉴作用。**MW** （收稿日期：20101201）

线与 W 垂直，将主轴回转中心对准内配水环的一个导叶孔中心，加工 16 个导叶孔及内部端面。

（3）内配水环导叶孔加工完成后，装上外配水环，复校外配水环小法兰内圆。注意：加工的核心，加工内、外配水环保证是一个工件坐标系，否则将不能保证内外导叶轴孔同轴。

（4）粗镗外配水环 16 个导叶轴孔，检查余量。余量均匀的情况下，半精镗、精镗 16 个导叶轴孔。具体为 16 个导叶孔圆周均布，如附图所示，与 G17 平面（XY 平面）成 65°斜角。

4. 数控落地铣镗床加工导水机构出现的问题

（1）加工平面的选择　方法一：G17 平面（XY 平面），X、W 轴联动。旋转加工平面以后，所加工的导叶轴孔的表面质量较差，远远达不到 1.6μm 的要求，通过三坐标测量仪检测外配水环与内配水环导叶轴孔的同轴度为 ϕ0.16mm，远远超过图样技术要求。

加工程序：

```
G54
T0101
G17G90
M3S300
ROT X65
G0X0Y0
W0
G1W-200F200
…
```

方法二：选择 G19 平面（YW 平面），用 X、Y 轴联动进行斜面加工，工作中刀具切削平稳，导叶轴孔的表面质量良好，孔径尺寸容易控制，同轴度达到技术要求。加工工艺一样，都是同一工件坐标系完成内、外配水环导叶孔及相关工序的加工，加工结果确有大的差异。

加工程序：

```
G54
T0101
G19G90
M4S300
ROT W65
G0Y0W0
X0
G1X-200F200
…
```

（2）分析原因　数控落地铣镗床（滑枕为 W 轴，镗杆为 Z 轴，主轴箱上下为 Y 轴，下滑座为 X 轴）对零件进行精加工时，必须考虑滑枕液压补偿和镗杆绕度对加工的影响。滑枕的液压补偿往往受到机床各方面的影响，不能准确的补偿，补偿方式不同对精加工也有影响。目前国内外机床厂家的补偿方式可能不一样，但补偿的目的是相同的，确保 W 轴所运动的轨迹与 G18 平面平行。国内生产的数控落地镗铣床液压补偿都是分段的补偿，分段范围 50 ~ 100mm。就拿 50mm 来说，滑枕伸出 50mm，PLC 对滑枕附加一个补偿值，也就是说补偿不是线性的。镗杆在 0 ~ 600mm 之间，绕度很小，可以忽略不计，但是随着伸长量的增加绕度越来越严重，拿 FB260 数控落地铣镗床（机床主轴直径为 260mm）来说，当主轴伸出 1 560mm 时，主轴的绕度就达到 0.02mm。当工件坐标系旋转以后，如果 W 轴参与联动，对精加工表面的影响更为突出。

通过以上分析，由于 Z、W 轴在加工中存在的问题，在加工中应考虑这些因素，在旋转加工平面时，Z、W 轴存在的原因对工件加工质量的影响更为突出。在加工过程中，尽量避免或降低这些因素的影响。由此分析，两种加工方式结果不同的原因就迎刃而解了，方法二能避免 W 轴液压补偿不稳定的影响，同时 X、Y 轴都是全闭环系统，加工精度高，机床刚性好，所以工件的各项精度都容易保证。例如，在镗深孔时，就应该以工作台 V 轴（工作方向与 Z、W 相同）作为进给轴，而不应该选择 Z、W 轴，V 轴刚性好，加工平稳，同轴度较容易保证。

将 G19 平面旋转来加工导水机构，不仅保证导叶轴孔的几何位置精度，而且孔的表面质量较其他方法有很大的提高。这种加工方法简单方便，不需要设计任何工装辅具，对加工刀具没有特殊要求，普通的加工刀具（玉米螺旋铣刀、精镗刀、面铣刀等）就可以完成。此加工方法在生产同类产品时可以通用。

5. 结语

在水轮机、汽轮机行业，工艺人员和机床操作者掌握数控落地镗铣床的自身特性，对校正和加工工件都有很大的帮助，有利于提高产品加工质量，节约生产费用和缩短生产周期，为技术革新创造条件。**MW**

（收稿日期：20110219）