水轮发电机镜板加工工艺

福建南电电机有限公司　（南平　353001）　应恒晶

摘要：分析了镜板的作用和技术要求，制定出镜板的机械加工工艺。在立车上通过精车→砂带磨削→研磨、抛光的方法使加工镜面的平面度、平行度以及表面粗糙度都得到可靠保证。

镜板是水轮发电机组推力轴承的关键部件之一，它和推力轴承瓦构成摩擦副，当轴承运行时，它承受机组的全部轴向负荷。而油膜厚度只有0.03～0.07mm，因此对镜板的材质、加工精度和表面粗糙度都有较高要求。如果镜面有伤痕、硬点等缺陷，则可能破坏油膜，甚至造成烧瓦事故；如果镜面的平面度和表面粗糙度达不到要求，则轴承的承载能力下降，摩擦损耗增加。镜板上、下两平面的平行度对安装时机组摆度的调整和运行稳定性有直接影响。因此，镜板的加工是水轮发电机制造厂的一项核心技术。

1. 镜板的技术要求

如图1所示，镜板的上平面是通过螺栓孔和销孔与推力头把合的结合面，下平面是镜面（摩擦面），外侧圆柱面上有一对装吊柄用的螺孔。

镜板多采用45号锻钢，对材

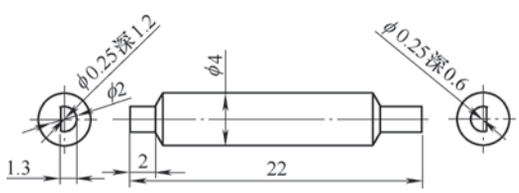


图7　压配夹具

然后用夹具另一端浅孔把凸模芯压紧。压配凸模芯时要注意垂直压入，用力适中，不能使凸模芯弯曲。凸模芯台阶位置要压平，保证凸模芯根部无缝隙，否则瓷料会渗入造成瓷管飞边。

（3）顶件器的加工。加工顶件器的工艺过程为：车外形→淬火→磨两端面配型腔高度→抛光。该零件加工的关键点在于顶件器的内、外形尺寸要与凸模、凹模的配合间隙在双边0.01～0.02mm，间隙过小会不透气而使瓷管有气孔，过大会使瓷管有飞边。

（4）底板的加工。底板的加工工艺过程为：车外形→磨两端面→做穿丝孔→线切割割内孔（与凹模装配后与凹模孔一同割出）→铰孔→凸模压配→做其余安装孔。

底板加工的关键点在于：①磨两面的平行度≤0.01mm。②割内孔时与凹模一同割出，保证与凹模孔的同心度≤0.01mm。③凸模孔与底板的垂直度≤0.01mm。

4. 结语

模具解决了瓷管内腔、微孔成型的问题，制作的瓷管尺寸公差符合要求；整个模具结构紧凑、操作简单；采用镶嵌式结构，凹模及凸模在磨损后维修方便。

参考文献：

[1] 王孝培. 冲压设计资料[M]. 2版. 北京：机械工业出版社，2005.
[2] 冯炳尧，韩泰荣，殷振海，等. 模具设计简明手册[M]. 上海：上海科技出版社，1984.
[3] 周泽清，黄建方，顾柏峰. 一模四出瓷管压铸模设计及加工[J]. 模具工程，2005（6）：17-18.

MW（收稿日期：20150228）

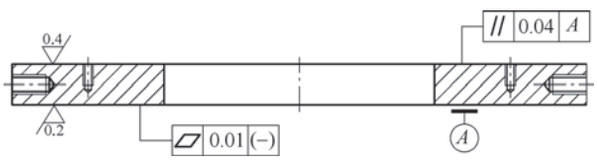


图1　镜板

质的要求为：①机械性能和化学成分应符合GB/T 699－1999。②两平面的硬度值应为180～229HBW，镜面硬度差值不超过30HBW。

对镜板的机械加工要求有：①镜面平面度0.01mm（凹）；两面平行度0.04mm。②镜面表面粗糙度值R_a=0.2μm，与推力头结合面表面粗糙度值R_a=0.4μm。

2. 镜板机械加工工艺分析

镜板是由上、下两平面，内、外圆柱面和内螺纹表面组成的结构形状较简单的盘类零件。但对其上、下两平面的技术要求较高，特别是对镜面的硬度差值、平面度和粗糙度要求更高。镜板的上、下两平面是主要表面，镜面的机械加工是镜板加工中的主要矛盾，在拟定镜板机械加工工艺时，要紧紧抓住主要矛盾，综合考虑以下几方面内容。

（1）由于镜板是大型零件（直径在1 800mm以上）且对上、下两平面的精度、表面粗糙度等要求都很高，一般的平面磨床无法加工这样的大型零件。在选择主要表面加工方法时，综合分析同行业的加工经验，比较了各种超精加工方法所能达到的效果后，选择将镜板放在立式车床上加工。镜面的加工方法为：粗车→半精车、精车→砂带磨削→研磨、抛光；上平面的加工方法为：粗车→半精车、精车→砂带磨削。

（2）镜面的精加工放在最后进行，这样既不会受到其他表面加工或应力分布的影响，又能使镜面精加工后及时得到油封处理，防止镜面锈蚀。

（3）镜板毛坯锻件加工余量大，切除大量金属后会引起内应力重新分布而变形，在安排工序时，应将粗车、精车分开进行。

（4）技术要求镜板两平面的硬度为180～229HBW，镜面硬度差不超过30HBW。在两平面粗加工之后，用硬度计分别检查两平面硬度，选择没有缺陷、硬度差值较小的平面作为镜面。

（5）上平面的内螺纹加工一般安排在镜板上平面粗车后、精车前进行。但它的加工也不宜放在上平面精车之后进行，以免破坏上平面已有的加工精度。销孔、装吊柄用的螺孔可适当穿插加工。

镜板的机械加工工艺流程为：粗车→超声波探伤→检查两平面硬度，选镜面→划线→钻攻上平面的螺孔→钻攻装吊柄用的螺孔→半精车、精车、砂带磨削上平面→与推力头把合→与推力同钻铰销孔→与推力头分离、去毛刺→半精车、精车、砂带磨削、研磨、抛光镜面→ 检查→油封处理。

3. 镜面的精车

为保证镜面的加工精度，作为后续超精加工的基础，精车后的镜面平面度和两平面平行度就应该达到技术要求，并要求精车表面粗糙度值达R_a=1.6μm。随着我国刀具材料和刀具技术的发展以及国外先进刀具的引进，精车镜面所需刀具的材料、结构参数和寿命已不成问题，但是，为达到精车镜面的平面度和表面粗造度要求，对立式车床精度要求很高：工作台端面跳动应≤0.02mm，横梁水平度和直线度分别≤0.02mm/m。精车前必须检查、调整立车的游隙，可通过试车来调整横梁水平度；必须先转动立车工作台到轴瓦油膜稳定后才能进行精车。

精车镜面及后续加工都是以镜板与推力头的结合面为定位基准面。为减少安装误差，达到镜板两平面平行度要求，夹具安装在立式车床上之后，其定位面要进行一次精车和砂带磨削，其精度和表面粗糙度应不低于镜板的定位基准面。然后镜面朝上将镜板装入夹具，均匀拧紧螺栓，检查定位面间应无间隙。

由于精车用的立式车床精度要求较高，不宜用作粗车。因此，粗车后镜板两平面各留2mm余量，在精车工序中，先半精车一刀，留0.3～0.5mm余量，选择合适的刀具，一次走刀完成精车。采用硬质合金可转位刀具精车镜板两平面，一般线速度选100～120m/min，进给量在0.2mm/r左右；也有采用8mm宽刃刀，吃刀量0.3mm，进给量2～3mm/r精

车镜板两平面。

4. 镜面的砂带磨削

砂带磨削是应用粘满尖锐磨粒的砂带，进行多刀多刃切削加工的新型高效磨削工艺。由于砂带磨削摩擦生热少，磨粒散热时间间隔长，可有效地减少工件变形、烧伤。且因砂带磨削与工件是柔性接触，具有较好的跑合和抛光作用。与车削配合，砂带磨削加工精度一般可达到IT7～IT6，表面粗糙度值可达R_a=0.8μm。

砂带磨削镜板如图2所示，利用自制砂带磨头，安装在立式车床刀夹上，分精磨和终磨进行，砂带磨料选用白刚玉（WA）。

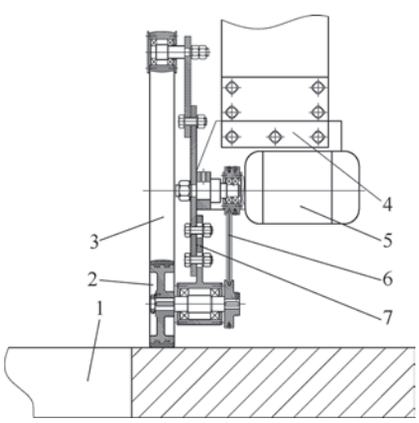


图2　砂带磨削镜面

1.镜板　2.接触轮　3.砂带　4.立车刀夹
5.电动机　6.三角皮带传动　7.支架

精磨时，砂带粒度P400，工件速度v_w=20m/min，磨削深度a_p=0.01～0.03mm，进给量f_a=2.00mm/s，磨削后表面粗糙度值R_a=0.8μm。

然后检查镜面的平面度，如果超差，再用砂带磨头按上述切削用量进行修正，直至符合设计图样要求为止。

终磨时，用精磨使用的砂带，空刀来回走1～2次，f_a=1.00mm/s，磨削后表面粗糙度值可达R_a=0.8μm。

5. 镜面的研磨和抛光

镜面分粗研磨—精研磨—抛光3个工步进行。粗研磨的目的是降低表面粗糙度值至R_a≤0.4μm，同时还可以减小平面度偏差；精研磨的目的是进一步降低镜面表面粗糙度值至R_a≤0.2μm；抛光的目的是获得光亮光滑镜面。

如图3所示，先用酒精将精车后的镜面洗净擦干，将研磨剂较均匀地涂在镜面上。然后把直径大于镜板环宽度的研磨盘置于镜面上，其工作面靠自重紧贴镜面。再把与研磨盘用球面轴承联接的轴固定在立车刀夹上不动。当立车带动镜板转动时，由于镜面内外圆线速度差使研磨盘绕自身轴线转动，其工作面在镜面上就形成研磨作用。研磨运动使镜面各点均有相近的被切削条件，任一点的运动轨迹不出现周期性重复。

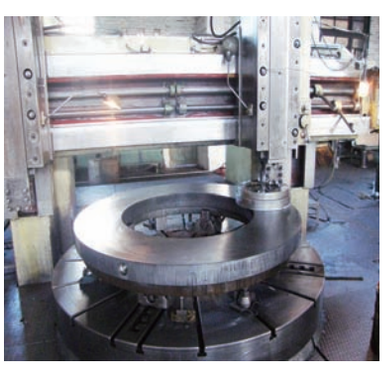


图3　研磨镜面

抛光镜面与研磨镜面类似，但抛光盘工作面里层包裹细呢子，外层包裹金丝绒布，浸透混合油（按煤油：20#机油=1：1混合过滤）后在其外层均匀喷上抛光剂。由金丝绒布附着抛光剂对镜面进行抛光。

研磨盘的结构、材质和制造精度是保证镜面精度的重要因素，它一方面把本身工作面的几何形状复映给镜面，另一方面又是研磨剂的载体。粗研磨盘用灰铸铁制作，要求材料组织结构细致均匀，有较高的稳定性和耐磨性、较好的嵌存磨料的性能，硬度稍软于镜面；精研磨盘主体用普通钢板制作，工作面浇注25～30mm厚锡基轴承合金。要求轴承合金材料纯净度高，成分均匀、致密、无杂质。两种研磨盘都要求工作面平面度≤0.005mm，表面粗糙度值R_a≤0.2μm。同时在工作面上开有60°V形螺旋沟槽，槽宽和槽深均约4mm，其螺旋方向应考虑研磨盘旋转时，研磨剂能向内侧循环移动，与离心力作用相抵消。抛光盘用普通钢板制作，工作面不开有沟槽。磨料在研磨中起切削作用，研磨加工的效率、精度和表面粗糙度都与磨料有密切的关系。根据镜板的材料、硬度选择白刚玉（WA）研磨微粉作磨料。微粉粒度为粗研磨W28，精研磨W10。

研磨剂调配方法是将煤油、20#机油按1：1的比例混合过滤后，再按1：1的比例将混合油和研磨微粉合成稠状，调匀。抛光剂选用7μm的金刚石喷雾研磨剂。正确选择研磨压力和速度可明显提高研磨效果。粗研磨：压力0.15～0.20MPa，镜板线速度40m/min；精研磨：压力0.10～0.16MPa，镜板线速度20m/min；抛光：压力0.04MPa，镜板线速

度60m/min。研磨和抛光的压力都来自研磨盘或抛光盘的自重。

研磨时，每隔10～15min在镜面上加一次新的研磨剂，每研磨40～60min需停车检查镜面表面粗糙度值，粗研磨要求表面粗糙度值达R_a=0.4μm为止；精研磨要求表面粗糙度值R_a≤0.2μm。

抛光时，每隔5～10 min在镜面上加一次新的混合油，然后在混合油上较均匀地喷一层金刚石喷雾研磨剂。一般抛光30～50min即可。

更换不同粒度的研磨剂前或研磨、抛光结束后，都要彻底洗净、擦干镜面和研磨盘，不得残留研磨微粉及脏物等。

6. 镜面平面度检查

镜面经砂带磨削后，可在立式车床上用WL11型数字水平仪（Ⅱ档分辨率0.001mm/m）检测平面度。测量时，把带桥板的水平仪置于镜面上，按照一定的布线逐渐测量。通过对一些有代表性截面直线度误差的测量，根据这些截面的相互关系，按评定原则进行数据处理，求得镜面的平面度误差。

不具备测量仪器的厂家可用检定合格的0级平尺借助塞尺的方法进行检查、判定。由于精车后镜面的平面度与车床工作台跳动和横梁的直线度有关系，因此，用平尺检查时必须兼顾圆周方向和直径方向。

镜面进入抛光阶段就不能再用接触检测手段进行平面度、表面粗糙度等的检测，以免损坏镜面并引起锈蚀。

7. 结语

（1）镜板的两平面是主要表面，镜面的机械加工是镜板加工中的主要矛盾。在拟定机械加工工艺时，要紧紧抓住这一点，其他问题就迎刃而解了。

（2）精车是镜面后续超精加工的基础，要求精车后的镜面的平面度0.01mm(凹)，两平面平行度0.04mm，表面粗糙度值达R_a=1.6μm；砂带磨削的目的在于降低镜面表面粗糙度值达R_a≤0.8μm，也可用于修正平面度偏差。最后，通过对镜面进行粗研磨—精研磨—抛光，可以稳定、可靠地获得符合技术要求、合格的镜面。

（3）国内同行业厂家在镜面精车后多用自制砂轮磨头磨削。如果磨头制造精度不高，砂轮不平衡等都会复映在镜面上，出现镜面平面度误差扩大，表面粗糙度达不到磨削效果等缺陷。笔者主张用自制砂带机磨削。砂带机结构简单，制造精度要求不高，且砂带与工件是柔性接触，具有较好的跑合和抛光作用。用砂带磨削不仅能很快达到表面粗糙度值要求，而且修正一定偏差范围内的镜面平面度比用砂轮磨头磨削容易得多。另外，选用金刚石喷雾研磨剂作为抛光剂，不需配制，比使用氧化铬抛光膏更方便、高效。

参考文献：

[1] 赵志修. 机械制造工艺学[M[. 北京：机械工业出版社，1984.
[2] 孟少农. 机械加工工艺手册[M[. 北京：机械工业出版社，1991.

MW（收稿日期：20150417）

专家点评



大型零件的镜面一直是机械加工的难点，文章详细阐述了在立车上通过精车→砂带磨削→研磨、抛光，最终获得镜面的步骤和方法，作者的创新之处在于改进了传统的平面磨削工艺，主张用自制的砂带机磨削平面，并给出了具体的磨削参数，砂带与工件是柔性接触，具有较好的跑合和抛光作用。不仅能很快达到表面粗糙度要求，而且修正一定范围内的平面度误差，比砂轮磨削容易得多。正如作者所说，在拟定机械加工工艺时，要紧紧抓住主要矛盾，动脑筋，想办法，主要矛盾解决了，其他问题就会迎刃而解。