ROTAFLEX 皮带机整箱式减速器制造质量控制

石油大学（华东） （山东东营 257091） 白培君

我们生产 320D 型整箱式变速箱配在 900 型抽油机上出口美国，质量要求为装抽油机后整体噪声≤87dB，齿轮啮合长度 100%，外观无缺陷。

箱体我们采用卧式镗床粗镗，龙门加工中心精镗；齿轮用立车加工；轴类一般用 30、40 车床加工后，再采用磨床进行精磨。轮齿齿部加工方法是成形滚刀滚齿，在普通级滚齿机上，用普通精度滚刀，只能加工出 8 级精度轮齿。而整箱式变速箱轴齿轮啮合要求的精度为 8—7—7 级，且滚齿加工时主要是以两中心孔和端面做定位基准，因此，分析滚齿的误差来源，掌握保证和提高加工精度的方法非常重要。

1. 提高箱体加工精度

由于我们采用加工中心来加工箱体，最后的精加工是一次装夹后按程序运行，所以保证机床精度就可以保证加工精度。同时操作工每天在加工前都要检查机床的精度，然后每加工 5 件箱体后用关节臂三坐标测量仪检验 1 件箱体，确保精度稳定。

2. 提高滚齿加工精度

（1）影响滚齿加工精度的因素 滚齿精度主要和运动精度、平稳性精度、接触精度有关。滚齿加工中用控制公法线长度和齿圈径跳来保证运动精度，用控制齿形误差和基圆偏差来保证工作平稳性精度，用控制齿向误差来保证接触精度。下面对滚齿加工中易出现的几种误差原因进行分析。

①齿圈径向圆跳动误差（即几何偏心） 齿圈径向圆跳动是指在齿轮转一转范围内，通过用百分表测头测量放在齿槽内的测量棒，测头相对于轮齿轴线的最大变动量，也是轮齿齿圈相对于轴中心线的偏心。它是由于在安装零件时，零件的两中心孔与工作台的回转中心安装不重合或偏差太大而引起，或因顶尖和顶尖孔制造不良，使定位面接触不好造成偏心。

②公法线长度误差（即运动偏心） 滚齿是到用展成原理加工的，从刀具到齿坯间的分齿传动链要按一定的传动比保持运动的精确性。但这些传动链由一系列传

便。带台阶的心轴（见图 3），其外圆面与工件内孔保持较小的间隙配合，工件靠螺母压紧，常用来一次装夹多个工件。

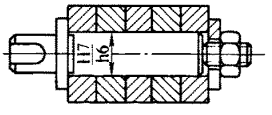


图 3

②胀力心轴

胀力心轴靠材料弹性变形所产生的胀力来固定工件，如图 4 为装夹在车床主轴中的胀力心轴，胀力心轴的圆锥角最好为 30°左右，最薄部分壁厚 3 ~ 6mm，为了使胀力均匀，槽可做成三等分（见图 5）。胀力心轴装卸方便，定心精度高，故广泛应用。

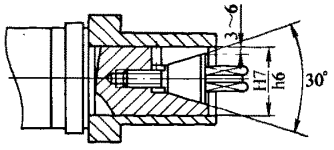


图 4

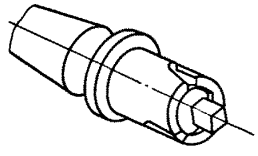


图 5

3. 结语

加工套类零件时，要根据零件上的技术要求，制定合理的加工工艺，选择合适的装夹方法。若批量生产，要进行首件检测，检查各形状公差是否正确，产生废品时，能找出产生废品的原因和预防措施。保证套类零件的形状公差，主要是选取合适的装夹方法。**MW**

（收稿日期：20081124）

动元件组成，它们的制造和装配误差，在传递运动过程中必然要集中反映到传动链的末端零件上，产生相对运动的不均匀性，影响轮齿的加工精度。公法线长度变动是反映齿轮牙齿分布不均匀的最大误差，它主要是滚齿机工作台蜗杆副回转精度不均匀，滚齿机工作台圆形导轨磨损，分度蜗轮与工作台圆形导轨不同轴，分齿交换齿轮齿面有严重磕碰，交换齿轮时咬合太松或太紧等原因造成。

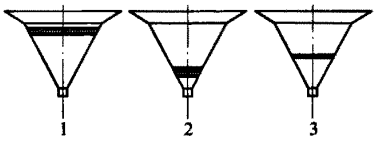
③齿形误差　齿形误差是指在齿形工作范围内，包容实际齿形轮廓线的两理想渐开线间的法向距离。在实际加工过程中不可能获得完全正确的渐开线齿形，总是存在各种误差，影响传动的平稳性。齿轮的基圆是决定渐开线齿形的惟一参数，如果在滚齿加工时基圆产生误差，齿形势必也会有误差。在滚齿加工过程中渐开线齿形主要靠滚刀与齿坯之间保持一定速比的分齿来保证，由此可见，齿形误差主要是滚刀齿形误差决定的，而滚刀刃磨质量不好，滚刀在安装中产生的径向圆跳动和轴向窜动对齿形误差有影响。常见的齿形误差有不对称、齿形角误差（齿顶变肥或变厚）和产生周期误差等。

④齿向误差　齿向误差是在分度圆柱面上，全齿宽范围内，包容实际齿向线的两条设计齿向线的端面距离。引起齿向误差的主要原因是机床、刀架的垂直进给方向与零件轴线有偏移，或上尾座顶尖中心与工作台回转中心不一致，还有滚切斜齿轮时，差动交换齿轮计算误差大，差动传动链齿轮制造和调整误差太大。另外，夹具和齿坯制造、安装、调整精度低也会引起齿向误差。

（2）提高滚齿加工精度的方法　通过以上对滚齿加工精度的分析，我们明确了滚齿加工过程中各种误差的产生来源，主要因素是所加工零件本身的精度、机床夹具、刀具以及整个工艺系统的精度、加工过程中的调整等。要提高滚齿加工精度，首先应从以下方面考虑采取相应措施，找到解决的方法。

①提高齿坯本身的加工质量　齿坯本身的加工精度是影响齿圈径跳和齿向误差的重要因素。轴类零件一般以两中心孔作为定位基准，所以要保证两中心孔的制造精度和锥面粗糙度，不允许有任何磕碰。我们用车床加工中心孔，先用普通中心钻，表面粗糙度值 R_a = 3.2μm，然后再研磨中心孔。外圆跳动一般不能超过0.05mm，端面圆跳动在0.03mm以内。

在实际生产中，由于顶尖用外圆磨床加工容易达到要求，而顶尖孔用中心钻加工容易出现问题，主要是锥度、圆度和表面粗糙度达不到要求，滚齿完成后可发现顶尖孔接触异常，表现形式主要有附图所示三种。



第1种接触太靠上，第2种接触太靠下，第3种虽然在中间部位接触但宽度过窄，如果表面粗糙度达不到要求，三种情况都会出现拉伤。理想的情况是：接触在中间部位，接触宽度3mm以上，表面没有拉伤。在实际生产中发现，如果顶尖和顶尖孔的接触达不到要求，轴齿轮每转一圈会出现一次响声。

齿轮类一般是控制其端跳不能超差，即内孔和端面垂直度要符合要求。在生产中我们发现，只要出现轮齿啮合线游离并有周期性噪声出现，一般都是端跳超差造成的。

②提高滚齿夹具的制造、安装精度　由前面的分析可知，滚齿夹具的制造、安装精度不高，会产生齿圈径向圆跳动和齿向误差。齿坯的安装精度主要取决于夹具的制造精度和安装精度。对轮齿类而言，主要控制好其滚齿工装，如其平面度不够可采用刮研的办法进行修整，要求其平面度小于0.02mm；对轴类零件而言，滚齿夹具的结构一般考虑用上下顶尖和端面定位，夹紧外圆或端面的方法。因此，顶尖制造质量的好坏对轮齿齿圈径跳影响很大。实践证明，顶尖锥面粗糙度值 $R_a \leq 0.8\mu m$，顶尖中心线的径向圆跳动不能大于0.008mm，锥面不允许有磕碰和过度磨损。对定位套基准面要求与底面平行在0.01mm以内。在提高夹具制造精度的同时，滚刀刀杆、刀垫、螺母的制造精度也应保证，设计时必须要求刀杆直径精度按6级制造，配合处表面粗糙度值 $R_a \leq 0.08\mu m$，两顶尖孔的同轴度要求在0.01mm以内，端面圆跳动在0.005mm以内，刀杆锥部与机床刀架主轴的接触面积在70%以上，螺母拧在刀杆上后，其端面对刀杆轴线的垂直度不大于0.01mm。在使用端面键刀时，端面键套两端面平行度和键槽对称度必须严格要求。一般刀杆、滚刀系统在机床上安装好后用千分表检查刀杆

安装精度和滚刀两端面的径向圆跳动和轴向窜动。此外，在调整夹具安装精度时一定注意，上尾座顶尖中心与工作台回转中心应保持一致，装夹零件后检查其径跳不能超过0.01mm，或更换夹具磨损零件，以提高夹具的安装精度。

③提高刀具的制造和刃磨精度　刀具本身的制造和刃磨精度对被切轮齿的齿形精度有很大的影响，因此，为了保证加工精度，必须正确选择刀具的公差等级和提高刀具的刃磨精度。刀具精度一般按被加工齿轮的精度选择，用精度过高的滚刀加工一般的齿轮是不经济的，反之亦然。一般应委托专业制造滚刀的工具厂家来生产，从而保证滚刀的加工精度。使用磨损后的滚刀滚齿时，会降低齿轮的齿形精度和恶化表面质量，也会加剧机床的振动。滚刀的磨损量在粗切时超过0.8～1mm或精切时超过0.2～0.5mm，就需要重磨前刀面。滚刀的重磨精度对于滚刀的齿形精度有很大影响，必须十分重视。为了提高滚刀的刃磨精度，我公司购买了专用刀具刃磨床，配备了先进的检测设备来检测滚刀的刃磨精度，在工艺控制上强化滚刀刃磨频次。实践证明，有效执行以上方法，能够取得很好的效果。

④保证和提高机床本身的精度和调整精度　从前面的误差分析可知，机床传动链的传动误差会造成齿轮的运动偏心，而且影响最大的环节是分度蜗杆副，因此，保持机床应有的工艺精度是保证齿轮加工精度的重要方面。如果发现滚齿后公法线长度变动超差，就应检查机床工作台分度蜗杆副的啮合情况，如果啮合间隙超过0.03mm就应调整，保证始终在0.03mm以内，否则须对蜗杆副进行检修。在滚切斜齿轮时，应注意差动交换齿轮比的计算要准确到小数点后五位或六位。

3. 提高装配质量

正确的装配方式可提高减速器的质量，减少噪声，避免早期磨损。

（1）齿轮与轴的安装采用冷装　冷装可以减小齿轮因加热造成的变形，包括齿形、端面圆跳动等。同一批齿轮采用不同装配方式，冷装的减速器噪声能降低3～5dB。

（2）控制好齿轮的啮合间隙　在装配中进行适当的选配，使啮合间隙在0.12mm左右。啮合间隙过大，齿轮运行中会有撞击声；啮合间隙过小，声音会发闷，增加噪声。

（3）做好减速器装配完后的跑合　跑合能使减速器的齿面得到强化，避免在工作状态下突然的大负荷导致早期磨损。如果跑合后的齿面啮合更好，整体噪声比跑合前能降低2dB左右。

4. 结语

减速器制造质量控制是一个系统工程，配件从毛坯加工到滚齿及装配，每一个环节都必须保证精度，几何尺寸和形位公差可通过测量控制，而齿形的控制就需要从控制机床调整、滚刀磨削和安装精度入手，装配主要是控制齿轮的变形。**MW**

（收稿日期：20081126）

《金属加工》（热加工）2009年第3期要目

谈谈模具生产制造中的裂纹问题
离子渗氮在动力机械中的应用
R1粗轧辊的喷雾淬火热处理工艺实践
GCr15轴承圈回火硬度的变化规律
关于调质零件的反弯问题
用于风电设备表面处理的整体解决方案
不锈钢与碳钢同炉气体渗氮工艺试验
台车式电阻炉炉门升降系统的改进
铸造铝合金中的针孔及其防止
金属型铸造球墨铸铁凸轮轴材料与工艺研究
冲天炉新技术特点及炉气余热利用
φ1000mm铸钢轧辊工艺方案的确定
ZCuAl10Fe3和ZCuAl10Fe4Ni4铸铜合金研究
高强度灰铸铁中硫道的作用浅析
化学成分对MHT—1耐磨铸铁件的影响探索
螺旋弹簧应力松弛测试设备的研制