

首钢大型轧钢电机转轴端面锥度键槽加工

孙军标

上海电机厂有限公司

摘要：叙述了大型电机转轴端面锥度键槽的加工方法及要点。

关键词：转轴；锥度键槽

1 前言

首钢大型轧机端面键槽为大型锥度键槽，该种结构在我公司大型轧钢传动电机上首次尝试，后在南山铝业轧机上采用，最近又在北京首钢粗轧电机项目中推广，加工工艺成熟，产品加工质量稳定。

2 工件结构特点

该结构端部槽形概述如图 1 所示，加工该槽有几个难点：

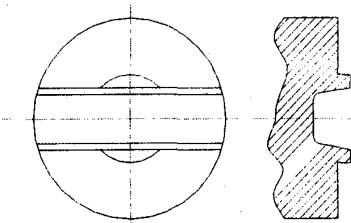


图 1 端部槽形

(1) 该结构电机重量极重，单件工件往往重达 50 t，加工前的校调困难。

(2) 加工时，要求键槽宽度中心对于转轴轴线上下误差在 0.01 mm 之内，要求极高，加工难度大。

(3) 键槽贯穿转轴法兰端面，连续加工长度超过 1 500 mm，对于键槽直线度控制在 0.02 mm 之内，加工难度大。

(4) 由于键槽深度达 142 mm，且直线连续长度超过 1 500 mm，加工表面光洁度要求 Ra1.6 μm，加工难度大。

3 工装准备

加工中，为了对键槽的对称度、直线度及键槽宽度尺寸随时进行检查、矫正，特制了两种测量辅助工装，概述如图 2 所示。该工装在线切割的基础上，又

在数控磨床上将其外形精磨，并用三维坐标仪进行尺寸测量，对实际数据进行记录，以保证产品加工中测量时能予以校正，保证加工的准确性。

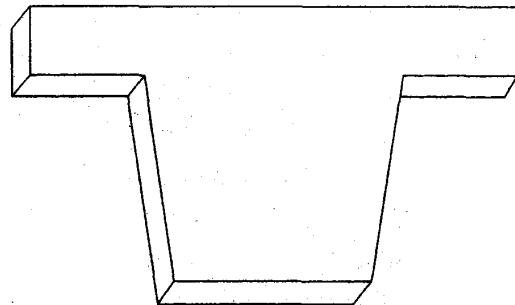


图 2 辅助工装的测量

4 加工前工件校调

电机加工前的校调对产品加工结果最终能否满足要求至关重要，因为采用何种校调方式与加工机床的自身安装精度、形位精度有关。通过先后几台电机转轴锥度键槽的校调及最终加工精度分析，确定以下校调方式最能满足产品加工要求：

(1) 电机转轴法兰端面面对镗床铣轴端面，转轴用贴有软铜皮或四氟板的 V 形托架及贴有软铜皮或四氟板的 V 形压板进行装夹固定。转轴另一非加工端面用止推板固定，如图 3 所示。

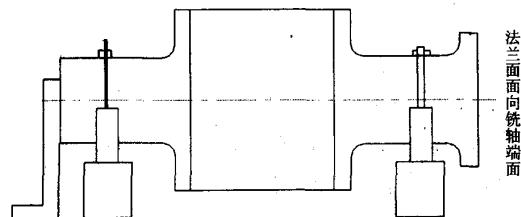


图 3 转轴非加工端面的固定

(2) 水平左右方向工件法兰端面与镗床铣轴端面的平行度,以镗床 X 轴方向移动。铣轴端面吸附千分表磁座,表头与工件轴法兰端面相接触,进行校调,要求千分表在法兰端面键槽全长范围之内读数小于 0.02 mm。此种校调方式也是加工时的镗床走刀实际轨迹,可借正镗床 X 轴移动由于导轨水平方向角度偏差引起的加工误差,保证加工时的尺寸精确性。采用 X 轴走刀,是因为 X 轴方向机床刚性大(镗床滑枕不运动,立柱沿导轨移动,受机床自重力影响,因切削而产生的切削力对引起镗床铣轴位移发生变化的概率小),对于加工质量保证度高。调整采用 30 t 或 50 t 油压千斤顶在法兰端面进行微量顶动调整。

(3) 垂直上下方向工件法兰端面与镗床铣轴端面的平行度,以镗床铣轴转动。铣轴外圆吸附千分表磁座,磁座上采用加长杆,千分表固定于加长杆上,千分表表头与工件法兰轴端面接触。表头与铣轴中心距离为 500 mm,缓慢转动铣轴,要求千分表在全圆范围之内小于 0.02 mm。此种校调方式也是模拟实际加工状况。因镗床铣轴轴线安装时或多或少均有一定的倾斜度,因此工件端面若校平直,则实际加工时槽形中心会与工件轴线之间产生倾角,如图 4 所示,影响电机加工质量。工件的调整采用 30 t 或 50 t 油压千斤顶在法兰端面下方进行微量顶动后调整两只 V 形托架的一只高度进行。

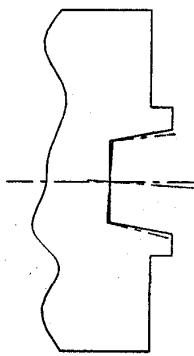


图 4 槽形中心与工件轴线之间的倾角

5 加工流程

经几次制造的比较分析,下述的转轴法兰端面锥度键槽的加工及测量最为适用我公司的实际情况,同时满足工件的精度要求。

(1) 采用大直径立铣刀(根据镗床主轴输出转矩大小及刀具所用材质而定,直径大则加工效率提

高)先铣直槽。直槽宽度大小比锥度键槽要求宽度最小值小 4~6 mm。直槽深度比锥度键槽要求深度浅 0.5~1 mm。

(2) 装上万能角度铣头。按照锥度键槽斜度预先扳好铣头角度,采用大直径镗刀将锥度键槽粗成型。要求比锥度键槽图纸宽度单边小 1~1.5 mm。

(3) 拆掉万能铣头,装上特制端部切削刃 R 角与图纸相符的立铣刀。加工锥度键槽底部的过渡圆弧。

(4) 换装事先按照锥度键槽斜度定做的成型半精铣刀(切削刃开有分屑槽)。铣刀刀柄采用圆柱刀柄,用强力铣夹头夹持半精加工锥度键槽。锥度键槽要求比锥度键槽图纸宽度单边小 0.1~0.15 mm。加工时,应按图 5 所示测量锥度键槽相对轴线的对称度及按图 6 要求测量键槽实际尺寸,要求保证 I 与 II 之间的绝对值之差小于 0.04 mm。I 与 II 之间的绝对值之差反映为键槽相对于转轴中心的对称度精度;1、2、3、4 之处的 A1、A2、B1、B2 值误差相互间不得大于 0.03 mm。A1、A2、B1、B2 之间的绝对值之差反映为锥度键槽的尺寸及形位精度。根据加工前的校调方式,一般 A1 与 A2、B1 与 B2 的绝对值之差可以保证,而 A 与 B 之间的绝对值之差由于校调时考虑轴线问题,未将立柱的倾斜度考虑在内,因此须根据实际加工后的测量值。通过 Z 轴键槽上、下两斜边不同进给量的调整来加以实现。

(5) 换装上事先按照锥度键槽斜度定做的成型精铣刀(与成型半精铣刀相比,区别仅在于缺少分屑槽,因此为节省成本,可预先多定制精刀,再根据需要改制成半精铣刀)。铣刀刀柄采用圆柱刀柄,用强力铣夹头夹持后进行精加工锥度键槽,(圆柱刀柄与锥柄相比较,在精加工中的优点为:由于刀具制造过程中,刀柄与切削刃之间的同轴度总有一定的偏差,这样切削时往往几个切削刃中实际只有一个在工作,因此该刃磨损后,通过将圆柱铣刀换位后,可以换成其它切削刃继续加工,减少磨刀次数,提高加工效率及刀具的利用率;而锥柄由于其结构的限制,无法进行转位,只能重新刃磨刀具)。加工过程中,由于受刀具结构限制,切削量要小(防止刀具变形),同时加工中应按图 5 所示测量锥度键槽相对轴线的对称度,及按图 6 要求测量键槽实际尺寸。要求保证

(下转第 31 页)

常的工艺加压浸漆时间来说,对树脂的渗透有一定好处,但效果很小,基本保持一致。因此,现行工艺加压时间(6 kV 加压浸漆时间 5 h; 10 kV 加压浸漆时间 8 h)是合理的,无需延长浸漆时间以保证渗透效果。

3.2 缩短加压时间

在延长浸漆时间对树脂渗透效果不明显的情况下,考虑缩短浸漆时间,验证绕组浸漆是否也达到饱和。

表 5 缩短加压时间电容数据 pF

电容组别	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
6: 37: 56 时的电容	217 500	207 600	210 300	244 370	212 120
7: 31: 16 时的电容	213 570	206 150	206 900	243 390	210 660
电容下降总值	3 930	1 450	3 400	980	1 460
每分钟电容下降值	72.78	26.85	62.96	18.15	27.04

说明:(1)工件状况为一个大气压及漆液浸没绕组,放到常压维持 54 min。

(2) C_1 - 630L52993 C_2 - 560Y52393
 C_3 - 560Y52945 C_4 - 560Y52A18
 C_5 - 560Y52939

选一炉 10 kV 和 5 台定子(工号见表 5), 工艺采用加压 600 kPa 保压 6 h, 放到常压维持 1 h, 再升压

(上接第 28 页)

I 与 II 之间的绝对值之差小于 0.02 mm。1、2、3、4 之处的 A1、A2、B1、B2 值误差互相之间小于 0.02 mm。

(6) 键槽的加工尺寸确认,要以图 6 中 A、B 的测量尺寸为准。而 A、B 的加工确切值应以测量工装加工结束后三维坐标仪测量的数值为准,公差为 ± 0.1 mm(该差值实际加工测量中,A1、A2、B1、B2 应为同一值)。

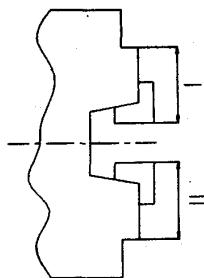


图 5 键槽相对轴线的对称度测量

600 kPa 保压 2 h, 再放压回漆。测试数据见表 5。与上炉(序号 2.2 所选的这炉)第一次放压阶段对比(即上炉 6 kV 电机按工艺保压 5 h, 再放回到常压);此炉 10 kV 电机比工艺缩短 2 h 再放回到常压。两者都处于漆液浸没电机,一个大气压的情况下。

试验结果分析:

(1) 上炉 6 kV 电机加压 5 h 再降到常压阶段,电容平滑下降,再次加压时电容值未再上升。

(2) 此炉 10 kV 电机加压 5 h(比工艺缩短 3 h)后降到常压阶段,电容明显下滑,每分钟电容下降值明显偏大。而且再次加压时,电容值又再次上升。

(3) 两炉对比,说明此炉缩短 2 h 加压时间静电容量值不饱和,绕组没有浸透。

4 总结

通过电容测量装置,可记录 VPI 过程中浸漆工件的静电容量,如实反映树脂的渗透过程。并通过静电容量数值间的比较,有效的反映树脂在绕组中的渗透程度。以达到判断浸漆是否饱和的目的。

通过延长加压时间和缩短加压时间的试验,反映出延长加压时间,对树脂渗透效果不大;缩短加压时间,绕组的浸漆未达到饱和,质量无法保证。证明现行的 VPI 工艺有其合理性。

(7) 为保证工件锥度键槽加工面的表面粗糙度,在最后一次进给时切削量要小(在 0.03 ~ 0.05 mm 左右),转速要高(在 300 rpm 以上)。加工后,铣刀要来回走空刀,以将工件表面打光。

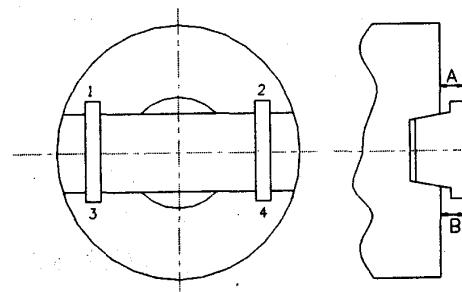


图 6 键槽实际尺寸的测量

6 结语

以上加工方式目前仅在于镗铣床适用,另外其校调方式也仅适用于 FBTR225 镗铣床,若在其它机床加工,校调方式应根据该机床的自身特性加以适当调整,以保证产品加工质量。