

三偏心蝶阀阀座在线测量方法

姚鑫磊, 汤丹, 金天成, 金永芹, 徐艳华

江苏神通阀门股份有限公司 江苏启东 226232

摘要: 基于三偏心蝶阀阀座的结构特点和在线加工模型, 对几种阀座尺寸的在线测量方法及优缺点进行分析, 通过检测方法的优化和先进装备的应用, 减少尺寸测量误差, 便于关键尺寸在线实时修正, 提升了阀座加工精度。

关键词: 三偏心蝶阀; 阀座; 结构特点; 在线测量

1 序言

三偏心蝶阀的结构相对简单, 密封效果好, 在许多领域应用广泛, 但是其制造过程中某些关键尺寸的控制是个难题, 特别是阀体阀座, 因其结构特殊, 测量较困难, 故对加工精度控制、阀门装配的一次合格率及阀门的整体密封性能造成很大的影响。本文对阀体阀座在线加工过程中的测量方法进行研究, 优化测量方法, 提升阀座加工精度。

2 阀座特点

三偏心蝶阀阀体安装如图1所示。因阀座带有角度偏心, 故其截面呈椭圆形, 阀座在线加工时与水平面有一倾斜夹角, 呈一头高一头低的倾斜状态。阀座尺寸测量时有一定的难度, 需找准阀座的长短轴, 通过长短轴的尺寸判断阀座加工的尺寸精度是

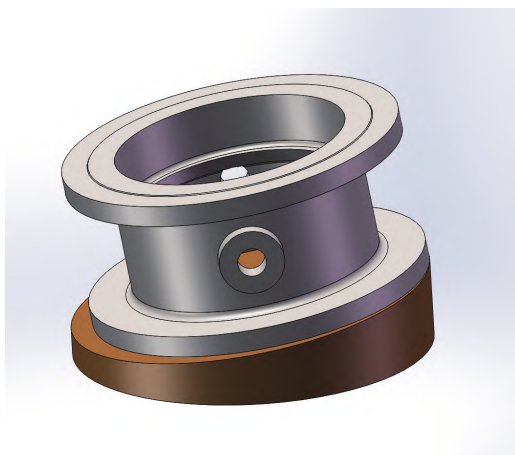


图1 三偏心蝶阀阀体安装示意

否符合设计要求。

通常机械加工过程中可只对阀座的长轴进行检测。长轴的尺寸通过高精度的测量工具或检测设备直接或间接地获取数据, 通过数据对比分析后, 实时对加工尺寸进行修正。

3 阀座结构模型

三偏心蝶阀 (DN500) 阀座加工模型如图2所示, 阀体置于具有一定斜度的夹具上, 保证锥面中心与夹具的回转中心同轴。装上夹具后, 阀座沿长轴方向保持一端高一端低的状态, 刀具沿锥面由外向内形成阀座在回转切削过程中间断切削的加工方式。

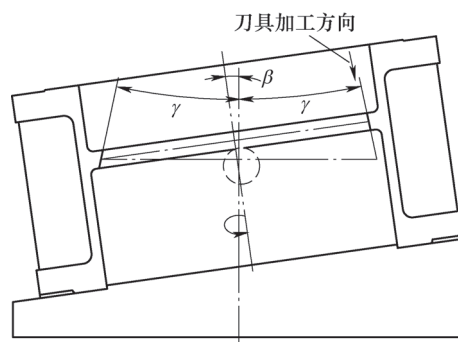


图2 阀座加工模型

进一步将阀座加工模型简化, 如图3所示, 阀座可以看作是带斜度 γ 的圆锥面与相对水平面具有一定角度 β 的面相交形成的椭圆形曲线组合成的密封锥面, 其中实线部分为长轴的截面, 虚线部分为短轴的截面^[1]。

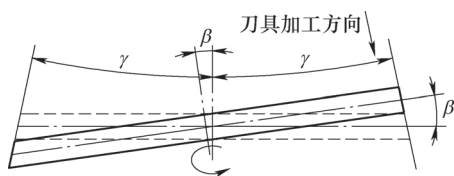


图3 阀座加工简化模型

4 阀座在线测量方法

4.1 游标卡尺测量

游标卡尺测量是最常用的测量方式，如图4所示，操作简便，精度高。针对像阀体阀座这样特殊的不规则圆锥，实际测量时影响因素较多，卡尺的空间位置较为不确定。为方便研究，将卡尺位置简化为如下3种特殊情形进行分析与探讨。

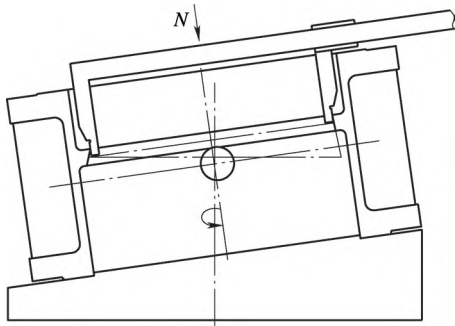


图4 游标卡尺测量

卡尺测量简化为垂直和平行于阀座2个方向，每个方向进行单独的误差分析。

设卡尺测量时垂直于阀座方向没有偏差，平行于阀座方向存在左右角度偏差，未对准长轴的高低点，这种情形，分为以下2种极限状态。

1) 卡尺过密封椭圆中心 O 偏一个角度 θ_1 ，与椭圆分别相交于点 A 、点 B ，以中心 O 为坐标原点，椭圆长轴为 x 轴，椭圆短轴为 y 轴建立直角坐标系，如图5所示。根据三角函数关系式 $\tan\theta_1 = y_1/x_1$ ，椭圆

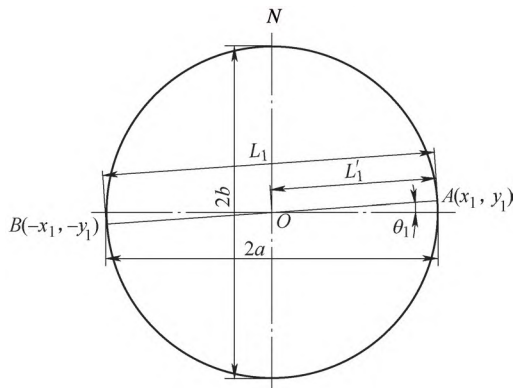


图5 过椭圆中心坐标系

标准公式 $x_1^2/a^2 + y_1^2/b^2 = 1$ ，以及 $L_1 = 2L'_1 = 2(x_1^2 + y_1^2)^{1/2}$ ，可得测量长度 L_1 关于偏转角的表达式为

$$L_1 = 2\{[1 + (\tan\theta_1)^2]a^2b^2/[a^2(\tan\theta_1)^2 + b^2]\}^{1/2} \quad (1)$$

2) 卡尺过密封椭圆长轴一端顶点偏一个角度 θ_2 ，与椭圆分别相交于点 C 、点 D ，以中心 O 为坐标原点，椭圆长轴为 x 轴，椭圆短轴为 y 轴建立直角坐标系，如图6所示。根据三角函数关系式 $\tan\theta_2 = y_2/(a+x_2)$ ，椭圆标准公式 $x_2^2/a^2 + y_2^2/b^2 = 1$ ，以及 $L_2 = [(a+x_2)^2 + y_2^2]^{1/2}$ ，可得测量长度 L_2 关于偏转角的表达式为

$$L_2 = \{2ab^2/[b^2 + a^2(\tan\theta_2)^2]\}^{1/2}[1 + (\tan\theta_2)^2]^{1/2} \quad (2)$$

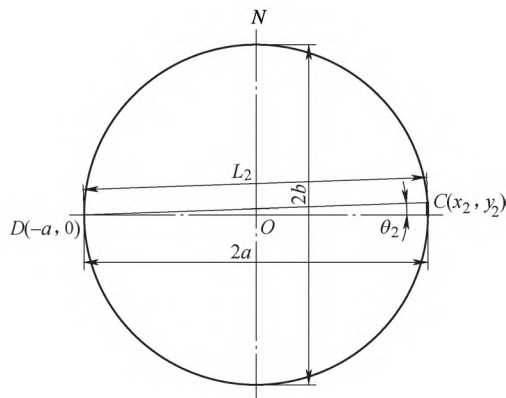


图6 过椭圆端点坐标系

设卡尺测量时平行于阀座方向没有偏差，垂直于阀座方向存在上下角度偏差，没有完全与阀座面平行，如图7所示，则测量长度 L_3 关于偏转角的表达式为

$$L_3 = 2a\cos\alpha \quad (3)$$

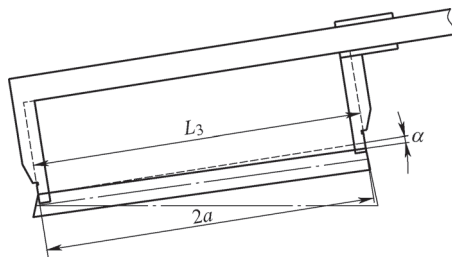


图7 垂直于阀座方向偏转

利用上述阀座模型及公式，根据正常使用游标卡尺测量阀座的经验，给定极限偏转角，得出理论测量的极限长轴与实际的长轴之间的误差，见表1。

通过表1中3个口径阀座的理论测量尺寸与实际

表1 游标卡尺测量阀座的理论极限尺寸与实际尺寸对比

口径	$\beta/ (^{\circ})$	$\gamma/ (^{\circ})$	偏转角/ ($^{\circ}$)			a/mm	b/mm	测量尺寸/mm	误差/mm	结果
			θ_1	θ_2	α					
DN500	8	12	1	—	—	227.17	224.76	$L_1 = 454.34$	$L_1 - 2a = 0$	无偏差
			—	0.5	—			$L_2 = 454.32$	$L_2 - 2a = -0.02$	偏差小
			—	—	1			$L_3 = 454.27$	$L_3 - 2a = -0.07$	偏差略大
DN1000	8	12	0.6	—	—	466.86	461.90	$L_1 = 933.72$	$L_1 - 2a = 0$	无偏差
			—	0.3	—			$L_2 = 933.71$	$L_2 - 2a = -0.01$	偏差小
			—	—	0.5			$L_3 = 933.69$	$L_3 - 2a = -0.04$	偏差略大
DN1500	8	12	0.5	—	—	711.45	703.90	$L_1 = 1422.90$	$L_1 - 2a = 0$	无偏差
			—	0.3	—			$L_2 = 1422.88$	$L_2 - 2a = -0.02$	偏差小
			—	—	0.5			$L_3 = 1422.85$	$L_3 - 2a = -0.05$	偏差略大

尺寸的误差对比, 卡尺平行于阀座方向的角度偏移获得的理论测量尺寸几乎没有误差, L_1 和 L_2 的误差均 $\leq 0.02\text{mm}$, 即游标卡尺的精度尺寸。主要误差来自于 L_3 , 原因为卡尺没有完全与阀座面平行, 即垂直于阀座方向存在游标卡尺与阀座的上下角度偏差 α 。

在游标卡尺应用得当的情况下, 以上误差可以控制得更小, 满足普通三偏心蝶阀密封副尺寸控制的测量要求, 可认为三偏心蝶阀阀座关键尺寸利用游标卡尺测量是比较准确的, 尺寸是可控的。

当然游标卡尺测量也存在缺点。对于DN1000以上大口径阀门的测量, 游标卡尺笨重且测量时跨度大, 需要两人配合, 控制好测量时的角度较难。测量人员操作的不确定因素会给测量精准度造成一定的影响, 这就需要更先进的测量方法。

4.2 检测坐标测量

随着数控技术的发展, 机床逐渐由普通数控机床向加工中心发展, 加工零件类型更复杂, 加工精度更高, 得益于先进的测控技术, 在线实时检测技术也在部分领域如五轴加工中心得到应用, 可以做到边加工、边检测和边修正, 最终加工出的零件可以保证极高的加工精度^[2]。

普通数控车床尚缺乏这项技术的应用。大部分用于加工的数控车床卡盘缺分度的功能, 对于三偏心蝶阀这种椭圆形的密封副结构, 需要自动定位到长短轴极点的功能。

在数控车床具备卡盘分度功能的前提下, 给刀架加装检测设备。接触式探头检测阀座如图8所示, 阀座自动转到待检位后, 检测设备的接触式探头传感器接触阀座长轴的高低极点, 将接触后的长轴高低极点坐标自动反馈到设备终端, 显示位移坐标,

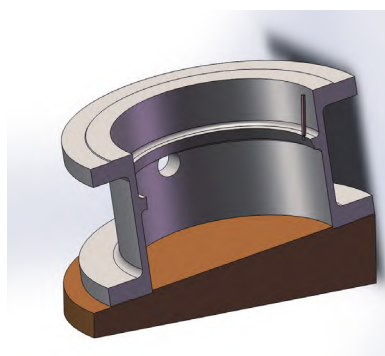


图8 接触式探头检测阀座

x 轴方向的坐标与阀座密封端直径之间的关系可通过三角函数转换, 从而实现从粗加工到精加工的实时在线检测, 并完成切削量的及时修正。

通过检测到阀座高低点 (见图9中 E 点、 F 点) 相对于原点的坐标位置, 可推算出锥口椭圆长轴尺寸。同样根据理论锥口尺寸反推切削点的编程直径大小, 这样可以进行锥口尺寸的实时修正。

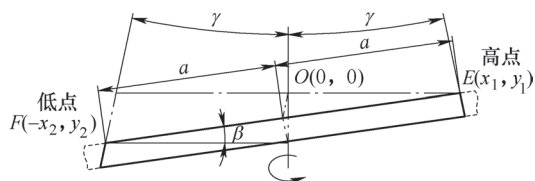


图9 阀座高低点坐标

阀座角度通过专用工装和机床本身的精度来保证, 角度是常数, 坐标与长轴之间的转换关系利用正弦定理获得: 由高点 E 的 x 轴坐标绝对值 x_1 , 得长半轴 $a = x_1 \sin (90^{\circ} + \gamma) / \sin (90^{\circ} - \beta - \gamma)$; 由低点 F 的 x 轴坐标绝对值 x_2 , 得长半轴 $a = x_2 \sin (90^{\circ} - \gamma) / \sin (90^{\circ} - \beta + \gamma)$ 。

采用坐标检测的测量方式也存在局限性, 如对设备的要求较高, 数控车床卡盘需具备分度功能,

对操作技能的要求较高，专用夹具等的安装需保证精度，才能保证该阀座的长轴与机床卡盘分度位置的一致性，从而保证坐标测量的精度。

4.3 激光三维测量

激光测量在工程、工业领域已经得到推广应用，测量设备有激光测距仪、激光三维测量仪等。激光测距仪精度为1mm，主要应用在建筑等工程领域；激光三维测量仪可应用的领域较广，如航空航天、工业测量及虚拟现实等，其特点是可以快速扫描被测物体，可直接获得高精度扫描点的空间坐标值，根据点的空间坐标值计算出被测物体的几何尺寸、形状和位置^[3]。

在阀门制造领域，可采用带关节臂的超高精度三维激光扫描仪。图10所示为三维激光扫描仪扫描阀体

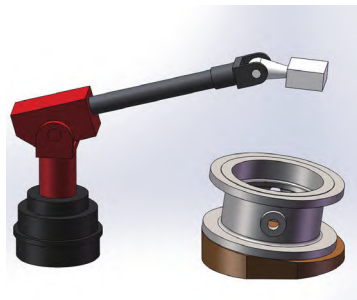


图10 三维激光扫描仪扫描阀体

描阀体，扫描检测精度能达到微米级。一次扫描可将整个零件的三维模型导出，获取精确的三维模型后，不仅可对阀体阀座的尺寸进行检验，而且可对其余不易测量的尺寸进行检验，检测的精度和效率相比传统测量工具更理想、更可靠。

带关节臂的超高精度三维激光扫描仪工作方式和使用流程分别如图11、图12所示。利用高精度激光扫描仪在线对阀体进行360°全方位扫描，生成的三维模型自动导入到计算机，操作人员对三维模型中需要的尺寸进行测量，对于未达要求的尺寸进行修正加工处理，修正后再次进行三维扫描，检测合格后下线入库。通过激光三维扫描测量加工的零件可以保证极高的加工精度。

当然采用超高精度三维激光扫描仪进行测量也存在缺点，即设备投入成本高，对操作人员的专

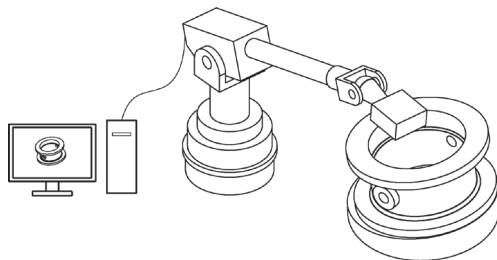


图11 三维激光扫描仪工作方式

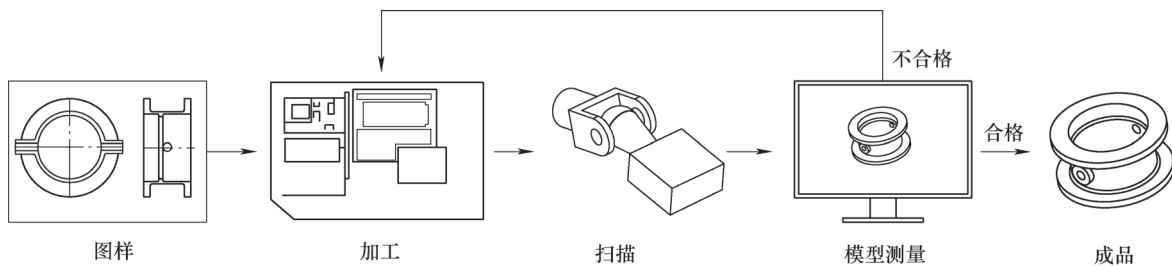


图12 三维激光扫描仪使用流程

业能力要求也高，加工单位需要权衡生产投入产出比。但是对于加工高质量的产品来说，该测量方法是一种非常理想的生产过程检测方法。

5 结束语

三偏心蝶阀因结构特殊，故其阀座在线加工时呈不规则的圆锥形状，给加工和测量带来了一定的难度。文中介绍的3种专门针对阀座尺寸的测量方法，各有特点。通过检测方法的优化和先进装备的应用，可提高阀座尺寸的测量精度，尽量减小加工误差，不断提高阀门关键尺寸的加工精度，从而提

升三偏心蝶阀的整体制造水平，使其产品质量和性能得到进一步提高。

参考文献：

- [1] 郑子林，张秀林，周永坚. 三偏心硬密封蝶阀干涉设计新方法[J]. 通用机械，2011（6）：92-94.
- [2] 戴宝庆，陈高峰. 雷尼绍探头在数控加工中的应用[J]. 机床自动化，2013（15）：56-57.
- [3] 郑德华，沈云中，刘春. 三维激光扫描仪及其测量误差影响因素分析[J]. 测绘工程，2005（2）：32-34，56.