

比例阀阀芯的加工工艺

□ 山东鑫亚工业股份有限公司/郎延芹 胡阳 孟庆芦

对比例阀偶件阀芯的加工工艺进行了比较分析，针对不同的加工方式，结合实际生产中阀芯外圆及三角孔的加工情况，对外圆及三角孔的精密加工工艺进行了实际对比分析，认为对于外圆使用高精度无心磨工艺可以缩短工艺路线及生产成本；对于三角孔使用光纤激光切割机加工工艺可以提高生产效率及产品质量。



当今环境污染问题日益严重，排放法规和燃油经济性不断提高，国内高压共轨系统的研发及批量生产被推上了日程。共轨泵上的比例计量阀可以严格控制供入轨道的油量，也就是供入柱塞压缩腔的油量，实现目标轨压。由此可见，比

例电磁阀是共轨系统最关键的部件之一。目前国内的专业供应商，在稳定性、线性走向和密封性等方面与博世公司BOSCH还有一定的差距，直接影响了共轨系统的开发。比例电磁阀除了所用壳体、衔铁及滑阀偶件的材料问题难以解决，其

次就是偶件工艺的加工。

本文通过研究滑阀偶件阀芯的加工工艺，利用现有的老设备及高精度设备，运用比较分析方法，探讨最优的加工工艺，希望对缩小国产比例计量阀与BOSCH的差距贡献一份力量。

外圆顶磨工艺

比例阀阀芯最终要与阀体配成偶件，偶件的滑动性要求高，不能有丝毫的卡滞现象，否则会导致计量阀卡死，油量不可控，从而无法实现所需的轨压，使发动机出现故障。因而要求阀芯的圆度、直线度、平行度及粗糙度均有非常严格的要求，如图1所示。

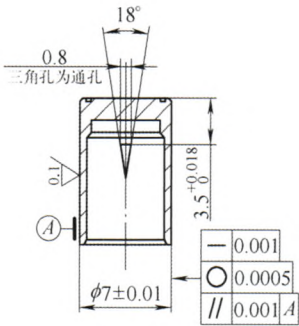


图1 阀芯

一般来讲，精磨外圆都是采用顶磨，而此零件一端是孔，另一端是平面且有两小孔，因此我们加一个工艺头来实现顶磨。工艺设计工序为：粗磨外圆→半精磨外圆→精磨外圆→配磨→割工艺头→磨端面→加工端面孔→加工三角孔。此工艺只用最普通的CM6125设备、M1312和MG1420C即可完成，精磨外圆工序是采用顶阀芯两端的中心孔来磨外圆，阀芯的外圆圆度及粗糙度可以达到技术要求。不足之处：一是由于零件壁薄，平行度达不到要求，测量后的平行度一般为0.001 5~0.002mm；二是留有工艺头，需配磨好后再去掉工艺头，容易混淆，不易批量加工，此工艺行不通（见表1）。

采用无心磨加工外圆

通常工艺设计工序为：粗磨外圆→磨端面→加工端面孔→加工

三角孔→半精磨外圆→精磨外圆。此工艺没有工艺头，磨外圆工序均采用无心磨床，粗磨及半精磨皆采用MGT1040无心磨床加工，精磨采用MGT1050加工，阀芯外圆圆度、直线度、平行度及粗糙度很难达到技术要求。技术熟练的技术工人操作有时也可加工出达到要求的零件，但调整起来较费力，仅调整机床达到技术要求的精度就要2天的时间，而且调整后，只能一气呵成，设备停止运转后，需要再次调整，因而批量生产无法保证零件的精度。此时我们只需将精磨工序的设备改为高精无心磨床即可解决此问题。阀芯外圆由MGT1050加

工到 $\phi 7.02 \pm 0.01\text{mm}$ ，从开机需稳定到调整设备参数30~40min，而且加工余量只需0.01~0.02mm，每班可加工960件，这个是一次性磨削5个，如果每次磨的件数增加，那么效率还会提高。阀芯的精度可满足直线度0.001mm、平行度0.001mm、圆度0.000 5mm、粗糙度 $R_z=1 \mu\text{m}$ 等要求（见表2）。

三角孔的加工

比例计量阀就是靠三角孔打开的大小来控制进入柱塞的油量，因而三角孔的加工也是比较关键的工序。三角孔的大小、角度、最小锐角的R角都是问题的关键。一般来

表1 顶磨工艺加工的外圆几何公差数据

序号	外圆直线度/ 10^{-3} mm	外圆圆度/ 10^{-3} mm	外圆平行度/ 10^{-3} mm	外圆粗糙度 $R_z/\mu\text{m}$
1	1.0	0.5	0.15	0.8
2	1.1	0.46	0.18	0.9
3	1.3	0.42	0.2	1.0
4	1.2	0.35	0.16	0.7
5	1.4	0.43	0.2	0.8
6	1.3	0.46	0.18	0.8
7	1.1	0.40	0.16	0.7
8	1.2	0.42	0.18	0.8
9	1.3	0.46	0.19	0.9
10	1.2	0.43	0.18	0.8
要求	1.0	0.5	1.0	1.0

表2 无心磨工艺加工的外圆几何公差数据

序号	外圆直线度/ 10^{-3} mm	外圆圆度/ 10^{-3} mm	外圆平行度/ 10^{-3} mm	外圆粗糙度 $R_z/\mu\text{m}$
1	0.15	0.25	0.3	0.36
2	0.22	0.35	0.35	0.5
3	0.2	0.29	0.4	0.56
4	0.25	0.39	0.3	0.55
5	0.48	0.47	0.6	0.7
6	0.32	0.42	0.46	0.56
7	0.39	0.48	0.49	0.60
8	0.26	0.30	0.4	0.56
9	0.46	0.40	0.50	0.65
10	0.47	0.49	0.56	0.7
要求	1.0	0.5	1.0	1.0

此处锐角圆弧R较大

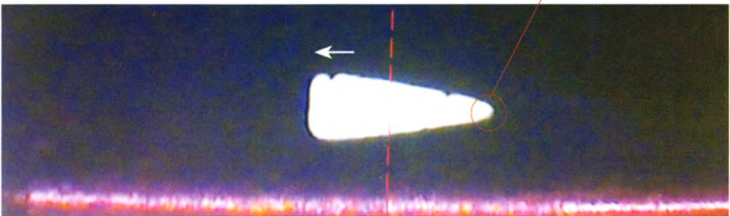


图2 电火花加工的三角孔

说，喷油器偶件的喷孔都是用电火花加工的，且能满足要求，但喷孔是圆的，此处是三角孔，且角度很小，范围在10° ~20° 。用D300电火花机床加工，选择符合要求的电极丝来加工三角孔，加工好的三角孔放大后图像如图2所示。

三角孔的角度 R 很大，孔壁残渣较多，三条边不直，都是圆弧形的，特别是小锐角处前端是未打通的，加工时间为每件3min。检测10个数据见表3。

由表3可以看出，电火花加工的孔尺寸散差较大，不易控制。

现在国内一些较精密的孔已经采用激光束来加工，为了解决三角孔精度的问题，我们采用了多种激光设备来加工这个零件，最终确认采用150WIPGQCW单模光纤激光器和PRECITEC激光切割头。激光波长1 064nm，最小聚焦光斑直径 $\leq 0.03\text{mm}$ ，工作台定位精度为 $\pm 0.003\text{mm}$ ，重复定位精度为 $\pm 0.002\text{mm}$ 。利用这种激光切割机来加工三角孔，首先画出需切割的图形并导入软件，把零件固定在工作台上，接着调整设备参数，利用光纤激光束来加工，加工好的三角孔图形如图3所示，检测数据见表4。

由表2的数据得出三角孔的尺寸散差较小，小锐角 $R\leq 0.03\text{mm}$ ，从图3上可以看出，加工孔壁残渣较少，切割边较直。而且激光切割工艺速度快，效率高，加工一件大约1min以下，比电火花工艺节省约2min，大大提高了生产效率，因而光纤激光切割工艺更适用于阀芯三角孔的加工。

表3 电火花加工三角孔的尺寸、角度数据

序号	三角短边到端面距离/mm	三角孔的高/mm	最小锐角角度	最小锐角R/mm
1	3.518	2.40	20° 20′	0.1
2	3.48	2.25	19° 43′	0.12
3	3.477	2.13	19° 46′	0.15
4	3.456	2.31	19° 25′	0.11
5	3.44	2.296	17° 35′	0.13
6	3.514	2.318	19° 36′	0.12
7	3.58	2.362	18° 41′	0.12
8	3.46	2.32	19° 27′	0.15
9	3.502	2.38	20° 08′	0.14
10	3.492	2.30	19° 50′	0.12
要求	3.5+0.018 0	2.5	18° ±30′	<0.06

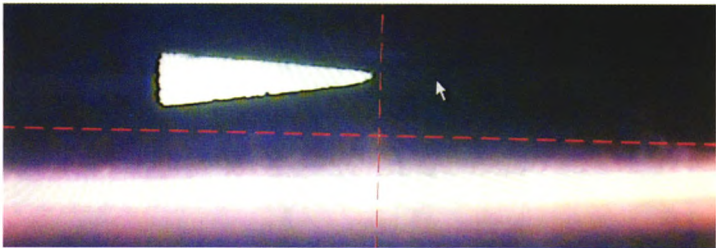


图3 激光切割机加工的三角孔

表4 激光切割机加工三角孔的尺寸、角度数据

序号	三角短边到端面距离/mm	三角孔的高/mm	最小锐角角度	最小锐角R/mm
1	3.501	2.497	17° 50′	0.03
2	3.512	2.482	17° 58′	0.024
3	3.517	2.508	17° 50′	0.03
4	3.512	2.495	17° 46′	0.03
5	3.516	2.503	17° 53′	0.03
6	3.51	2.492	17° 35′	0.03
7	3.515	2.497	17° 51′	0.027
8	3.511	2.482	18° 11′	0.03
9	3.502	2.495	17° 39′	0.03
10	3.517	2.505	17° 56′	0.03
要求	3.5+0.018 0	2.5	18° ±30′	<0.06

结语

通过试验数据和工艺对比分析，采用以上经过优化的工艺所得到的阀芯精度大幅提高，基本与外购样件的精度相吻合，配成偶件

的滑动性较好，合格率高，可以达到降低生产成本、缩短零件生产周期和改善零件质量的目的。

AUTO1950