

# CVT 阀芯孔加工缩孔的刀具问题改善

梅章飞 宋业波 缪家庆

芜湖万里扬变速器有限公司

**摘要:** 在 CVT 阀体生产中, 针对阀芯孔加工缩孔导致刀具寿命被严重降低的问题, 从“人机料法环”方面进行全面分析, 得出刀具设计尺寸和切削参数两项关键影响因素。制定措施增加刀具本体设计尺寸、优化切削参数等, 成功解决刀具寿命低问题, 达到降本增效目标。

**关键:** 阀芯孔; 缩孔; 刀具寿命

## 1 背景描述

### 1.1 现状调查

在阀体阀芯孔加工过程中, 工件各部分的冷却速度不一致, 导致热收缩不均匀, 从而形成缩孔, 特别是厚壁部分比薄壁部分冷却较缓慢, 更容易出现缩孔。阀芯孔由多截面组成, 结构复杂且精度要求高, 缩孔现象对阀芯孔产生关键因素, 严重影响刀具使用寿命如图 1、图 2 所示。

(1) CVT 上/下阀体加工阀芯孔共需 9 把精铰刀具, 均存在阀芯孔缩孔现象, 即新刀实际加工直径尺

寸小于刀具设计尺寸, 平均缩孔 0.005 mm, 其中上阀体 H1 孔, 下阀体 H1、H2 这 3 个孔缩孔较大, 平均缩孔 0.007 mm, 缩孔值见表 1。

(2) 同一阀芯孔孔径检测三段尺寸差异较大, 其中上阀体 H1 孔, 下阀体 H1、H2 这 3 个  $\phi 17$  mm 孔径缩孔值差异平均达到 0.004 mm; 从现场实际检测数据观察, 同一个孔存在头尾孔径大, 中间孔径小的现象 (原机型阀体阀芯孔检测也有此类现象)。

### 1.2 设定目标

CVT 阀体阀芯孔孔径公差带仅有 0.012 mm, 平均缩孔值 0.005 mm, 其中有 3 个阀芯孔缩孔值 0.007 mm,

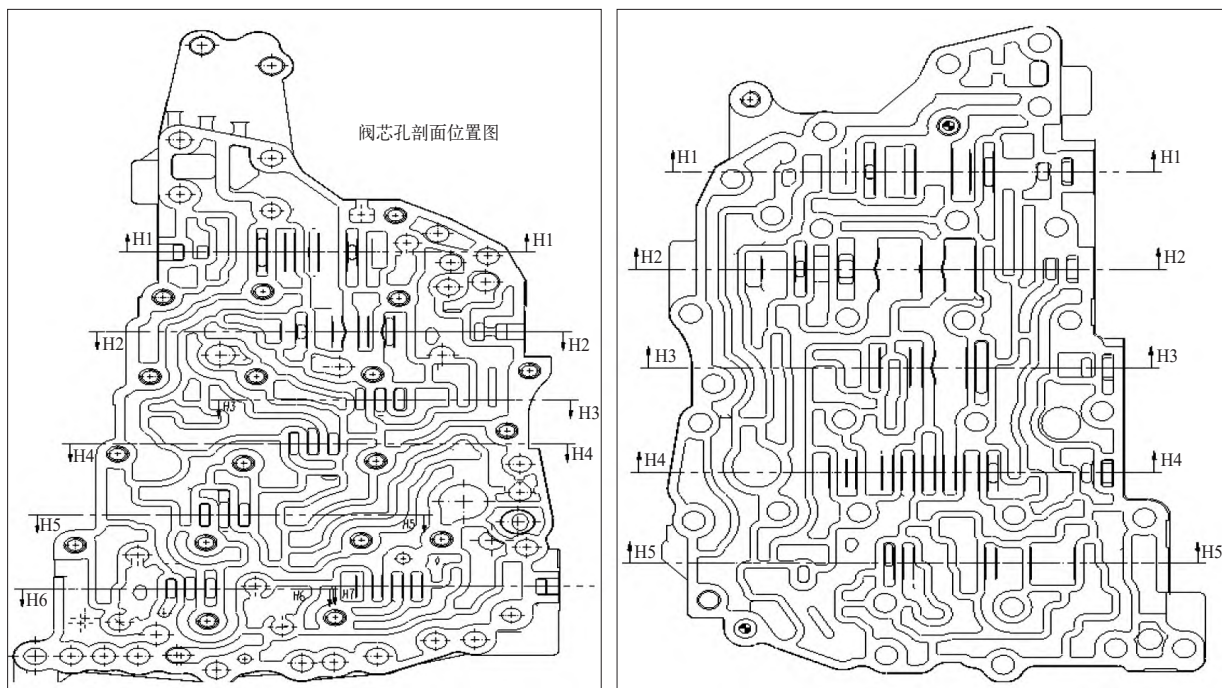


图 1 上/下阀体产品结构与阀芯孔号

表 1 上 / 下阀体阀芯孔缩孔值 (单位 : mm)

| 序号 | 加工零件 | 加工部位        | 产品公差要求          | 刀具设计尺寸 |        | 实际加工直径 | 缩孔值    |
|----|------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
|    |      |             |                 | 刀具设计直径 | 公差     |        |        |
| 1  | 上阀体  | H3/H4/H5/H6 | 16.000 ~ 16.015 | 16.011 | ±0.002 | 16.007 | -0.004 |
| 2  | 上阀体  | H1          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012 | ±0.002 | 17.005 | -0.007 |
| 3  | 上阀体  | H2          | 14.004 ~ 14.016 | 14.012 | ±0.002 | 14.008 | -0.004 |
| 4  | 上阀体  | H7          | 10.004 ~ 10.016 | 10.012 | ±0.002 | 10.006 | -0.006 |
| 5  | 下阀体  | H1          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012 | ±0.002 | 17.005 | -0.007 |
| 6  | 下阀体  | H2          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012 | ±0.002 | 17.005 | -0.007 |
| 7  | 下阀体  | H3          | 15.004 ~ 15.016 | 15.012 | ±0.002 | 15.008 | -0.004 |
| 8  | 下阀体  | H4          | 13.004 ~ 13.016 | 13.012 | ±0.002 | 13.007 | -0.005 |
| 9  | 下阀体  | H5          | 12.004 ~ 12.016 | 12.012 | ±0.002 | 12.007 | -0.005 |

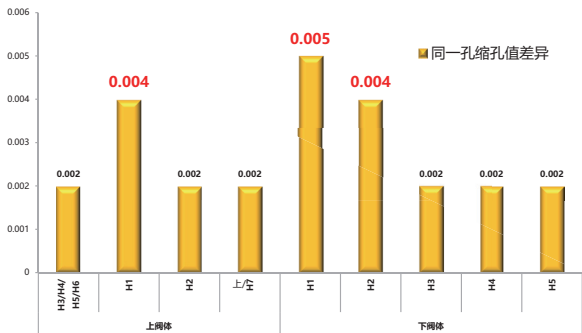


图 2 上 / 下阀体产品结构与阀芯孔号

直接影响刀具加工寿命，导致刀具单台成本增加。阀芯孔 9 把刀具单台成本高达 11.05 元 / 台，制定改善措施，将 9 把刀具的单台成本控制在 6 元 / 台。

2 原因分析

为找到阀芯孔缩孔的根本原因所在，公司组织成立攻关小组，针对此问题进行重点分析攻关，解决此问题。小组成员包含产品、生产、工艺和质量人员。依据产品特性、刀具结构与加工工艺等方面，对加工缩孔的可能因素进行了系统分析，最终锁定对刀具设计直径和刀具切削参数进行优化改进。

2.1 人员技能影响

经现场调研，操作员通过标准化作业、质量和安全意识等培训，已具备正式上岗资格的合格人员，可排除此项因素。

2.2 设备主体影响

设备采用卧式加工中心，实测主轴跳动符合要求。液压夹具带气检，工作状态正常，可排除此项因素。

2.3 工件材料硬度影响

阀体使用材料是 ADC12，对标公司内部其它机型也使用同类材料，检测各项成分均满足要求。取样检测阀体毛坯硬度，30 组数据完全满足要求 HB80-100

的标准，排除此项因素。

2.4 刀具设计尺寸影响

排除刀具长时间使用后磨损，导致精度下降和孔径变小以外，刀具的设计尺寸大小直接影响孔径结果，此项为关键要素，将刀具返厂换片，再进行现场试切验证。

2.5 加工环境影响

冷却润滑不足，会导致切削温度过高，材料膨胀后收缩，导致孔径变小。

切削参数选择不合理，也会造成缩孔现象，需要对切削参数进行优化，对试切数据进行分析验证，最终确定合适的切削参数，此项为关键要素。

3 方案实施

3.1 刀具设计直径：加大刀具设计直径

通过加工现场数据收集与验证，经产品、工艺最终确认，变更阀芯孔刀具设计尺寸，其中上阀体 H1 孔及下阀体 H1、H2 孔直径增加 0.004 mm，其他孔均增加 0.002 mm，见表 2。

3.2 切削参数优化：改善同一阀芯孔头尾尺寸偏差较大

基于 CVT 阀体产品结构的特殊性，加工设备采用进口卧式加工中心，经现场优化切削参数反复加工验证，结合霍梅尔综合量仪检测结果，见表 3。

(1) 选择合适的切削速度、进给速度和切削深度，可以在保证加工效率的同时减少孔壁收缩。

(2) 铰刀与孔壁间的压应力会导致孔壁产生弹性变形和塑性变形。当铰刀离开孔壁后，由于材料的弹性能力，弹性变形部分会恢复，导致孔径缩小。

较慢的进给速度会导致加工孔的过程中摩擦系数增大，同时对壁厚处的挤压力增大，从而产生的切削热量和孔的变形程度大，出现阀芯孔头尾直径大，中

表 2 刀具设计直径增加值 (单位 : mm)

| 序号 | 加工零件 | 加工孔部位       | 产品公差要求          | 变更前刀具尺寸 |        | 变更后刀具尺寸 |        | 变更直径增加值 |
|----|------|-------------|-----------------|---------|--------|---------|--------|---------|
|    |      |             |                 | 直径      | 公差     | 刀具直径    | 公差     |         |
| 1  | 上阀体  | H3/H4/H5/H6 | 16.000 ~ 16.015 | 16.011  | ±0.002 | 16.013  | ±0.002 | 0.002   |
| 2  | 上阀体  | H1          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012  | ±0.002 | 17.016  | ±0.002 | 0.004   |
| 3  | 上阀体  | H2          | 14.004 ~ 14.016 | 14.012  | ±0.002 | 14.014  | ±0.002 | 0.002   |
| 4  | 上阀体  | H7          | 10.004 ~ 10.016 | 10.012  | ±0.002 | 10.014  | ±0.002 | 0.002   |
| 5  | 下阀体  | H1          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012  | ±0.002 | 17.016  | ±0.002 | 0.004   |
| 6  | 下阀体  | H2          | 17.004 ~ 17.016 | 17.012  | ±0.002 | 17.016  | ±0.002 | 0.004   |
| 7  | 下阀体  | H3          | 15.004 ~ 15.016 | 15.012  | ±0.002 | 15.014  | ±0.002 | 0.002   |
| 8  | 下阀体  | H4          | 13.004 ~ 13.016 | 13.012  | ±0.002 | 13.014  | ±0.002 | 0.002   |
| 9  | 下阀体  | H5          | 12.004 ~ 12.016 | 12.012  | ±0.002 | 12.014  | ±0.002 | 0.002   |

表 3 阀芯孔铰刀技术改善效果对比

| 刀号 | 刀具名称   | 现刀具寿命 / 件 | 优化后寿命 / 件 | 单台使用数量 / 个 | 现刀具单台成本 / 元 | 优化后单台成本 / 元 | 实际节约成本 / 元 |
|----|--------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|------------|
| T1 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.79        | 0.53        | 0.26       |
| T2 | PCD 铰刀 | 10000     | 25000     | 1          | 1.77        | 0.71        | 0.47       |
| T3 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.88        | 0.59        | 0.29       |
| T4 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.79        | 0.53        | 0.26       |
| T5 | PCD 铰刀 | 10000     | 25000     | 1          | 2.00        | 0.80        | 0.53       |
| T6 | PCD 铰刀 | 10000     | 25000     | 1          | 2.07        | 0.83        | 0.55       |
| T7 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.94        | 0.63        | 0.31       |
| T8 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.98        | 0.65        | 0.33       |
| T9 | PCD 铰刀 | 20000     | 30000     | 1          | 0.83        | 0.55        | 0.28       |
| 合计 |        |           |           |            | 11.05       | 5.81        | 5.24       |

间小的问题。

反之提高刀具进给速度，使摩擦系数降低，孔壁的挤压力减小，更能快速的将切削热量带走，从而减少缩孔值，提高了加工效率；

(3) 上阀体 H1 阀芯孔，下阀体 H1 阀芯孔、H2 阀芯孔，这 3 把  $\phi 17\text{ mm}$  的 PCD 刀具进给量由 0.25 mm/r 优化至 0.4 mm/r。

(4) 更换润滑性能更好的油性切削液，减小切削过程中的摩擦和热量，适当增加刀具内冷压力，改善冷却散热与排削效果。

4 效果验证

根据方案实施结果跟踪，其中缩孔值改善前后对比下降约 0.003 mm，同一孔缩孔值改善前后对比下降约 0.002 mm，刀具寿命改善前后对比整体提高约 10000 件 ~ 15000 件。最终实现，阀芯孔 9 把刀具单台成本

由 11.05 元降低到 5.81 元，单台节约 5.24 元。

年度经济效益约：5.24 元 / 台 × 300 000 万台 = 157.2 万元（按年产 30 万计算）。

5 结语

通过技术改善，阀芯孔精加工铰刀寿命得到革命性地提高，取得显著降本效果。结合多方面的试验验证与数据分析，为类似问题的解决提供了参考方案，目前该方案已在公司其它基地生产线推广，已陆续取得良好效果。

参考文献：

[1] 陈鹏, 刘涛. 液压阀阀体加工的刀具方案 [J]. 流体传动与控制, 2008,(1):55-56.  
[2] 郑俊华, 李娜. 自动变速器阀体试制加工工艺探讨 [J]. 汽车制造业, 2015,(5):33-37.