溢流阀体钢球孔漏油的分析及改进

无锡威孚高科技集团股份有限公司 （江苏 214000） 王耀彬 顾 吟

摘要：溢流阀体组件本身的装配性能上的漏油和无毛刺，对溢流阀体产品来说是非常重要的质量指标。其中漏油的失效模式主要是溢流阀体钢球孔的问题。本文主要对钢球孔在整个机加工的过程中存在的7个漏油失效模式进行逐一专项原因分析。

柴油共轨CPN2.2溢流阀体由阀芯、弹簧、钢球和阀体组成，主要用于高压泵的零件，起到调节缸内油压、稳定油压作用。溢流阀体内部工作状态如图1所示，当缸内压力大于设定值后，油压推动阀芯压缩弹簧，使多余的油从溢流口流出，从而实现恒定缸内油压。

溢流阀体组件本身的装配性能上漏油和无毛刺，对于溢流阀体单个产品是非常重要的质量指标。漏油主要是溢流阀体钢球孔的问题，溢流阀体钢球孔在机加工后，还存在去毛刺、热处理、发蓝、喷砂及镀锌等各个不同的环节，本文主要和大家分享：加工过程中钢球孔漏油失效模式的原因分析及改进。

1．溢流阀体钢球孔内腐蚀，导致漏油

溢流阀体钢球孔在装配后存在漏油现象，将该零件解剖后查看，发现孔内（与钢球孔相接触部位）存在圆弧凹坑（见图2）。

对该缺陷进行理化分析，根据分析结果，可以确认凹坑为受到腐蚀而导致：溢流阀体钢球孔在机加工后，还存在去毛刺、热处理、喷砂和镀锌这几个环节，经过对整个过程的排查分析，发现在镀锌这个环节上存在问题。

所使用的阻镀橡皮塞的密封不严，导致孔内镀锌液体被腐蚀，原因是阻镀的橡皮塞已老化（如橡皮塞老化、尺寸小、间隙大、分型面飞边严重和胶塞清洗不彻底），致镀锌后残留液体，流入孔内造成腐蚀性的凹坑。

因此后期对于镀锌使用的阻镀橡皮塞，需要进行定期的寿命验证、检查和更换。

溢流阀体正常表面的显微组织为针状马氏体和少量残余奥氏体（见图3），凹陷表面显微组织为板条马氏体和条状、点状铁素体（见图4），心部显微组织为板条马氏体和块状、点状铁素体（见图5）。

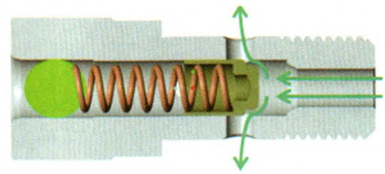

图1 溢流阀体内部工作状态

图2 切割截面呈腐蚀性孔洞

图3 溢流阀体正常表面

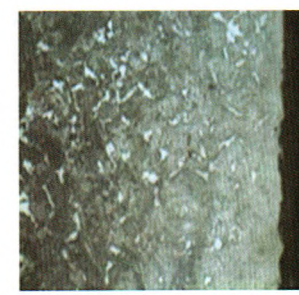

图4 溢流阀体凹陷表面

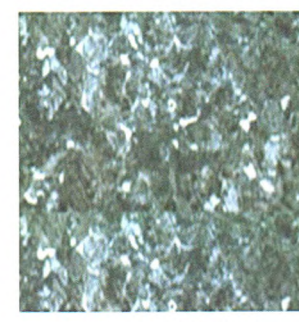

图5 溢流阀体心部

2. 溢流阀体钢球孔内存在圆弧凹陷，导致漏油

钢球孔内孔出现圆弧状的凹陷，使其在与钢球压配时产生一定的间隙，从而导致漏油。

对该缺陷模式剖开后经4%硝酸酒精溶液腐蚀，可见表面并无碳层。

初步推断：该缺陷模式凹陷部位无碳层，但是有镀层，应该发生在渗碳之后，镀锌之前。

同时也发现一个规律，该缺陷只存在于镀锌工艺的阀体，发蓝工艺的阀体从未发生过。

内部也同时进行整个过程的排查，对热处理、喷砂和镀锌的每道工序前后，均进行了100%的跟踪，都发生在喷砂之后、镀锌之前。

（1）阀体正常部位的硬度、硬化层和金相正常。

（2）1#阀体缺陷部位无碳层（见图6）；2#阀体凹陷部位硬度降低，硬化层变浅（见图7）。说明两个阀体的表面缺陷，均发生在渗碳之后。

（3）阀体凹陷部位可见镀层，该缺陷有可能为镀锌时的局部电流，集中烧融所致。

图6　1#阀体六角头部凹陷

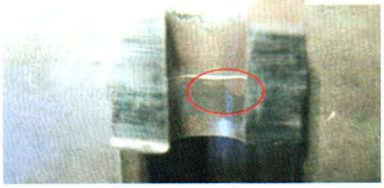

图7　2#阀体中孔凹陷

3. 溢流阀体钢球孔圆度超差，导致漏油

对漏油零件的钢球孔，测量圆度为0.05mm，并且圆度扫描下来，发现图形呈一个8字形（见图8），对零件进行外观检查，同时发现钢球孔四周倒角不一致：一边大，一边小（见图9）。

对该零件钢球孔的圆度和倒角进行分析：与之前返修零件的测量非常接近，因此可以推断为钢球孔的孔径返修零件。

返修的原因为：CPN2.2阀体在机加工后，会经过热处理，热处理会导致缩孔，对孔径的影响较大。因此为避免缩孔后导致的尺寸超差报废，进行了孔径的返修。

返修存在二次装夹，对加工的过程稳定性存在较大影响，后续针对该问题，实施了钢球孔硬车工序：钢球孔粗加工→热处理钢球孔缩孔→钢球孔热后最终尺寸加工。

这样就可以彻底地解决热处理对钢球孔孔径的影响，保证钢球孔加工的稳定性。

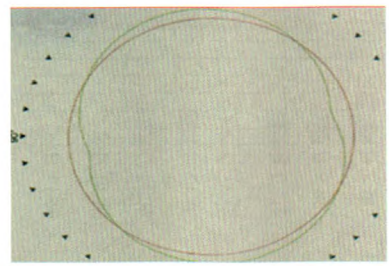

图8　阀体钢球孔的圆度图形

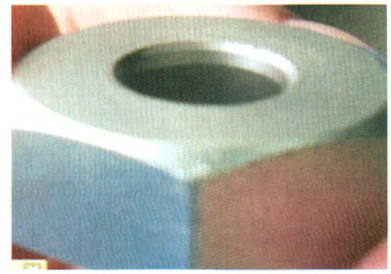

图9　阀体钢球孔四周的倒角不一致

4. 溢流阀体钢球孔孔径突变，导致漏油

溢流阀体钢球孔为镗刀加工，使用的为W形镗刀片，且悬伸有点长，对于$^{+0.02}_{0}$mm的公差，保证能力较差，导致加工过程的不稳定性。

（1）采取了C形镗刀刀片进行验证，发现对于刀具的寿命有一个明显的提高。

（2）镗刀走刀余量与参数进行优化，对于孔径的稳定性有较大提升。

（3）当背轴的镗刀加工时，正轴正好也在割槽，本身镗刀杆的悬伸有点长，正轴割槽的走步移动所产生的振动，对背轴镗刀的加工存在影响。

于是优化背轴镗刀加工时，正轴的加工内容和步骤，使之间产生一定的错位，对钢球孔孔径镗刀加工的稳定性，有一个非常明显的三步改进的整体效果（见图10）。

5. 溢流阀体钢球孔珩磨工艺，导致漏油

过程中发现：对珩磨孔加工的零件也发生漏油，统计的比例大约在0.06%，当初使用珩磨工序，也是主要为了钢球孔的孔径超差后的返修。

珩磨工序主要是考虑返修的效率比较高，因钢球孔加工后会经过热处理，受到的影响较大，一旦热处理过程发生异常，孔径的超差也是批量性的返修。

对珩磨工序发生漏油的零件，内部进行的分析：

（1）直径。经测量符合图样

要求，未发现直径超差件。

（2）圆度。经测量也符合要求，并未发现存在8字形图形。

（3）表面粗糙度质量。经测量也符合图样要求，并未发现明显拉毛，剖开零件检查，也是没有发现存在孔内凹坑、孔内腐蚀现象。

（4）纹路对比。通过对钢球孔的车削加工和珩磨加工的两种纹路进行对比，用万能工具显微镜放大，发现两者存在明显的差异。

（5）车加工纹路（见图11）。非常整齐，刀痕纹路为圈状式的排列。

（6）珩磨后纹路（见图12）。刀痕纹路不规则，为网格状的纹路，相对比车加工纹路较杂乱。后续针对这一问题，取消钢球孔的珩磨，未再发生此类漏油。

6. 溢流阀体钢球孔测量方式，导致漏油

溢流阀体批量生产时，考虑到孔径的测量快速，一般使用塞规类检具进行测量。

在过程中也发现了这个问题：当塞规没有进行很好保护时，掉落在地或者撞伤磨损后，在塞规的头部会存在或多或少细微的不规则凹凸。此时塞规的这种测量头部状态，在测量孔径0.02mm公差范围时，存在孔内划伤的风险。

对漏油零件剖开检查，钢球孔壁存在明显深度的划痕印子。热处理前硬度低，将检验头部有磕碰缺口的塞规，对零件进行100%测量后，再100%内窥镜前后做对比，发现孔内存在明显的塞规塞过的划痕印子（见图13）。

后续也采取了对应的解决措施：

（1）取消塞规，使用100%气动量仪检验（非接触式量具），双级测量头改为单级测量（见图14）。

（2）对塞规定期检查，需要查看头部是否存在明显磕碰凸起。

7. 溢流阀体去毛刺工序，导致漏油

溢流阀体起初在去毛刺工序的过程中，也存在划伤钢球孔的风险。因交叉孔毛刺当初采用的是铰刀从钢球孔内伸进去，这就导致了这样的风险：当铰刀的切削刃蹭到钢球孔，就有可能将钢球孔划伤。

对漏油件进行分析：钢球孔内存在竖直状较细微的划痕（见图15），通过去毛刺铰刀的故障重现，验证了去毛刺铰刀的使用风险。

为了保证溢流阀体孔内交叉孔毛刺的有效去除，也为了保证在去毛刺的同时，又不会导致其他的问题，后续就使用了磨粒流设备，来代替手工的铰刀去毛刺。

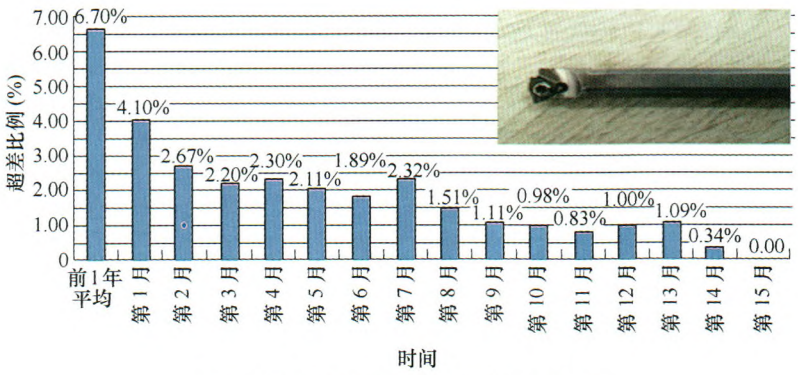

图10　阀体、钢球孔径尺寸突变的改进效果

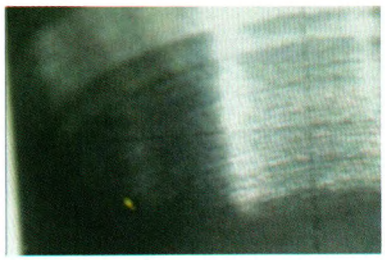

图11　正常阀体、钢球孔的车加工纹路

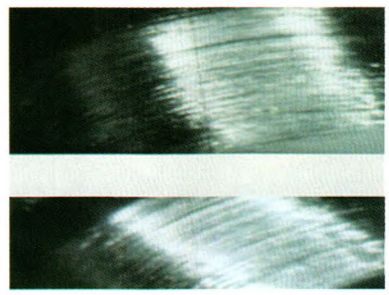

图12　漏油阀体、钢球孔的珩磨加工纹理

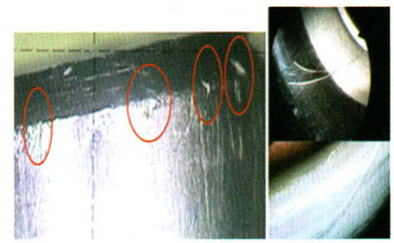

图13　塞规100%测量时，头部磕碰尖锐

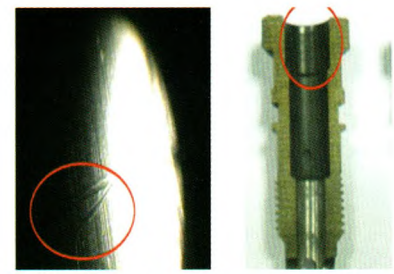

图14　阀体钢球孔被塞规划伤的部位

图15　去毛刺铰刀导致钢球孔划痕

凹底平车换装轴承改造

■ 哈尔滨双通铸锻有限责任公司 （黑龙江 150056） 王广亮

摘要： 本文简要介绍了D_{25A}、D_{2A}型凹底平车技术参数、换装轴承改造原因和改造过程，以及改造后的质量检测情况。

1. 概述

D_{25A}型凹底平车（见图1）是哈尔滨车辆公司于1998年研制的长大货物车，先后生产了6辆。该车适用于装运大型发电机定子和变压器等250t级长大货物，具有自重较轻、载重大等特点。

D_{2A}型凹底平车（见图2）是哈尔滨车辆公司于1999年研制的长大货物车，只生产了1辆。该车适用于装运大型发电机定子和变压器等210t级长大货物，具有自重轻、大底架凹底承载面低及通过铁路桥梁性能好等特点。

（1）基本结构。D_{25A}型、D_{2A}型凹底平车基本结构形式相同，都是由一个大底架、两个小底架、两个A型4E轴转向架、两个B型4E轴转向架、空气制动装置、手制动装置及车钩缓冲装置等部分组成（见图3、图4）。两种车型均采用了完全相同的转向架。

4E轴转向架为焊接构架式，由构架、RE_{2A}型轮对、下心盘、基础制动装置及均衡弹簧装置等部分组成。每台转向架上装有独立的空气制动装置，一、四位A型转向架端部装有车钩缓冲装置和手制动装置（见图5a）。

（2）改造原因。由于D_{25A}型、D_{2A}型凹底平车转向架装用的197730钢保持架滚动轴承已停止生产，且不符合运装货车电〔2007〕2297号电中“所有钢保持架轴承必须全部退卸并按规定换装塑钢保持架”的要求。为确保铁路运输安全和便于检修，需要对到达厂修期的D_{25A}型、D_{2A}型凹底平车进行换装353130X2-2RZ型或353130B型轴承改造。

（3）改造方案确定。2014年10月，我公司提出了D_{25A}、D_{2A}型凹底平车换装轴承改造方案，上报中国铁路总公司申请审查。2014年12月11日，中国铁路总公司在北京组织专家召开了“D_{25A}、D_{2A}型凹底平车换装轴承

图1 D_{25A}型凹底平车

图2 D_{2A}型凹底平车

通过对溢流阀体的7个漏油问题失效模式的过程改进，并后续编制Lessens Learned的汇总培训教材，在持续改进的路上逐步积累经验，通过PDCA的改进循环，保证了溢流阀体在泵体装配过程中的质量可靠性。

参考文献：

[1] 宝珠. 典型精密零件机械加工工艺分析及实例[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

[2] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 2版. 北京：机械工业出版社，2011.

MW（收稿日期：20161012）