

使用维修

喷油泵柱塞卡滞原因分析及对策

薛庆恩, 于海勃, 王 伟, 胡启奎, 张平彦

(中国石油集团济柴动力总厂, 山东 济南 250306)

摘 要: 针对引起柴油机喷油泵柱塞卡滞问题的原因进行分析。分析表明: 清洁度问题、柱塞偶件间隙、定位螺钉过长、泵体上柱塞套支承面和柱塞孔的垂直度超差、出油阀紧座拧紧力矩是导致柱塞卡滞的主要因素。并提出了相应的解决措施。

关键词: 喷油泵; 柱塞; 卡滞

中图分类号: TK423.8⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2015)02-0057-03

0 引 言

喷油泵是柴油机燃料供给系统的“心脏”, 而柱塞偶件是柴油机喷油系统中的三大精密偶件之一。在柴油机试车和使用过程中经常发生柱塞卡滞问题, 成为影响柴油机可靠性的一个主要因素。柱塞偶件卡滞, 会影响调速器的正常工作, 导致柴油机转速不稳, 严重时会导致柴油机熄火和飞车事故。本文总结了导致柱塞卡滞的因素, 并提出了相应的解决措施。

1 导致柱塞卡滞的因素

1.1 清洁度问题

柱塞偶件是精密偶件, 其配合间隙非常小, 如果有颗粒杂质进入柱塞和柱塞套间隙, 会导致柱塞拉伤、卡滞。

国家机械行业标准中的柴油机油泵油嘴产品清洁度限值及测定方法对中、小功率柴油机用柱塞式喷油泵总成、分配式喷油泵、输油泵等部件均有相应的清洁度限值规定。

清洁度表示产品内腔的清洁程度, 以每台产品所含杂质重量及所含颗粒的最大尺寸表示清洁度限值。杂质是指有一定极限尺寸的一切固体颗粒, 而这一极限尺寸与过滤元件的尺寸有关, 所以一切金属颗粒、涂料、塑料、纺织品等残留物均是杂质。杂质颗粒度是指杂质颗粒的尺寸大小, 以杂质颗粒长、宽、高方向的最大尺寸表示。

单缸喷油泵清洁度限值见表 1。

(1) 分配式喷油泵清洁度限值:

杂质重量 W_1 按式(1)计算:

$$W_1 = K_1 i + G_1 \quad (1)$$

式中: W_1 为杂质重量, mg; K_1 为每缸经验常数, 取 10 mg; i 为喷油泵缸数, $i \leq 6$; G_1 为补偿量, 取 30 mg。

杂质颗粒度为 ≤ 0.8 mm。

(2) 多缸喷油泵清洁度限值:

润滑腔杂质重量 W_2 按式(2)计算; 燃油腔杂质重量 W_3 按式(3)计算。

$$W_2 = K_2 i + G_2 \quad (2)$$

$$W_3 = K_3 i \quad (3)$$

式中: W_2 为润滑腔杂质重量, mg; W_3 为燃油腔杂质重量, mg; K_2 、 K_3 为每缸经验常数, 见表 2; i 为喷油泵缸数; G_2 为补偿量, 见表 3。

表 1 单缸喷油泵清洁度限值

系列	清洁度限值	
	杂质重量/mg	杂质颗粒/mm
O、I、K、A、B 型	27	≤ 0.8
C、Z 型	50	

表 2 多缸喷油泵每缸经验常数

缸心距 L/mm	K_2/mg		K_3/mg	
	铝泵体	铁泵体	铝泵体	铁泵体
$L \leq 30$	6	—	6	7
$30 < L \leq 34$	7	8	7	8
$34 < L \leq 36$	9	10	10	11
$L > 36$	11	12	12	13

表 3 多缸喷油泵补偿量

补偿量 G_2/mg	铝泵体/mg	铁泵体/mg
	25	30

燃油腔中杂质颗粒度 ≤ 0.8 mm。

提高喷油泵系统及相关零部件清洁度,建立有效的控制方法,对解决柱塞卡滞,提高喷油泵的可靠性和使用寿命有重要的意义。

1.2 柱塞偶件间隙影响

柱塞偶件间隙指通过柱塞套配油孔的密封横截面上的间隙,一般要求在 $3 \sim 4 \mu\text{m}$ 之间。柱塞外圆和柱塞套内孔都有较高的圆柱度要求,圆柱度误差只允许在远离配油孔位置的截面上间隙越来越大,如果偶件的锥度磨反了,就会使偶件的最小间隙小于配油孔处的密封截面间隙,如此,喷油泵工作时发生柱塞卡滞的可能性就会增大。

1.3 定位螺钉过长

定位螺钉过长,螺钉会将柱塞套顶紧,使柱塞套变歪,导致柱塞卡滞发涩。

1.4 泵体上柱塞套支承面和柱塞孔的垂直度超差

泵体上柱塞套支承面和柱塞孔的垂直度超差,柱塞套被出油阀紧座压紧后,发生歪斜,与泵体不同心,同时因柱塞套上端面受力不均,使柱塞变形,造成柱塞卡滞。

1.5 出油阀紧座拧紧力矩影响

将柱塞装入泵体或法兰套,拧紧出油阀紧座后,由于拧紧力的作用,柱塞套就不能上下窜动了(如图 1 所示)。压紧力均匀分布在柱塞套大端面的圆环面上,则对柱塞套大端面 and 肩胛面之间的圆管而言:首先,由于进回油孔的存在削弱了柱塞筒相应的截面强度;其次,由于作用在套筒上的压紧力与泵体对套筒的支撑力不在同一圆周上,使中间段承受弯矩的作用。通过分析发现,由于弯曲变形,套筒内孔在油孔处的截面上内径缩小,间隙减少,进回油孔处的柱塞套的密封横断面在变形后成椭圆形,如果出油阀紧座的拧紧力过大,则柱塞运动时易卡死。

但出油阀的拧紧力矩又不能太小,因为压紧力还与柱塞泵油压力的峰值和柱塞套大端面与出油阀端面的密封面面积有关,且与柱塞肩胛面与泵体接触的密封面面积有关。通常情况下,柱塞套大端面与出油阀偶件,及柱塞肩胛面与泵体是相贴合而密封的,其贴合密封不可能 100% 接触,柴油总要进入整个平面间的一些地方,有压力的柴油就会对平面产生推力。如果柱塞套与接触面周围接触良好,则油进不了平面,这时推力最小;如果平面的周边接触不太好,则油进入平面,几乎整个平面受油的作用产生推力,这时推力最大。当油产生的推力大于压紧力时,则会使柱塞套两接触面产生分离趋势,就有漏油的可能;当油产生的推力等于或小于压紧力时,平面能起密封作用。

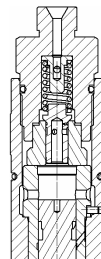


图 1 柱塞示意图

2 应对措施

2.1 保证清洁度

保证清洁度是喷油泵能正常工作的基本要求,很多环节都会影响到清洁度。油泵装配环境最好是清洁的封闭空间,油泵装配所用的零件在装配前都须去除毛刺,用水或柴油清洗干净,特别是柱塞偶件彻底去除毛刺和清洗干净尤为重要;柴油机供油管道系统的清洁度也须保证;所用柴油的质量也是影响因素之一。在调试喷油泵和柴油机正常工作过程中,应注意选用优质柴油,如果调试所用柴油中实际胶质含量较大,酸度较高,调试后在喷油泵精密偶件配合表面会黏附一层残存的油膜。若喷油泵储存过久,这层油膜会逐渐生成有机沉渣并结胶,装机后便会产生卡滞现象。喷油泵储存保管不善,包装不严,防潮防锈材料漏装或损坏,油管接头防尘帽损坏或丢失等,均会导致卡滞现象发生。

在喷油泵零部件加工过程中严格控制加工工艺,有效去除机械加工过程中形成的毛刺,采用各种有效手段保证产品的清洁度,是喷油泵零部件加工工艺中十分重要的环节。

(1) 喷油泵及相关零部件去毛刺技术

机械零件在加工过程中,各种金属切削会在相惯或相交的表面产生不同的毛刺,按工艺类型可归纳为以下类型:螺纹部分的毛刺,各种相交相惯孔造成的翻边和毛刺,金属切削表面边缘毛刺和切削刀痕。

针对上述毛刺产生的机理和清洁度的要求,可配置多种去毛刺工艺技术:如电解去毛刺技术,挤压研磨去毛刺技术,螺纹机械去毛刺技术,高性能退磁技术等。

(2) 喷油泵及相关零部件清洗技术

喷油泵及相关零部件种类多,型腔复杂,这些零部件的清洗须要采取多种手段。常用的清洗手段有:通道式多功能清洗,多工位超声波清洗,多功能高压清洗等。

2.2 控制柱塞偶件间隙

控制好柱塞偶件的形位公差,保证柱塞偶件的

质量。

2.3 解决定位螺钉过长问题

可在螺钉下垫一个铜质密封垫圈,使螺钉尾部卡在柱塞套的定位长槽里,柱塞套能上下活动,而不能左右转动。

2.4 解决泵体上柱塞套支承面和柱塞孔的垂直度超差问题

维修时可将支承面铣平,垫上钢质垫圈,恢复原高度。在生产中该垂直度可由工艺保证,应定期用涂色法抽检支承面和柱塞孔的垂直度,如发现偏差过大应立即找出原因,进行排除,避免发生批量质量事故。

2.5 控制好出油阀紧座的拧紧力矩

拧紧出油阀的拧紧力矩不能太大,也不能太小,过大会增加弯曲变形,引起柱塞套变形,柱塞运动受阻,易卡死;过小会漏油。拧紧力矩大小由出油阀紧座螺纹中径大小和柱塞泵油压力大小来确

定。在生产中可通过计算和实际试验来确定合理的扭矩数值,然后用扭力扳手来保证。

3 结 论

综上所述,在喷油泵的制造、装配和使用过程中都存在可能导致柱塞卡滞事故发生的因素,控制好这些因素,才能彻底解决柱塞卡滞问题,提高柴油机的可靠性。

参考文献

- [1] 周毅,唐维平,张丽敏,等.提高喷油系统零部件清洁度的工艺技术研究[J].现代车用动力,2010,138(2):52-56.
- [2] JB/T7661-2004,柴油机油泵油嘴产品清洁度限值及测定方法[S].
- [3] 冯春晃.工程机械内燃机[M].大连:大连海事大学出版社,2000.

(上接第54页)

(4) 针对调速器油位过高问题,采取的措施是:从柴油机上拆下调速器,拧开旋塞放掉旧油,重新加油到调速器油位玻璃刻线,然后将调速器安装到柴油机上,并进行驱气。

4 结 论

(1) 安装底座与柴油机机身之间临时增加垫片,保证了调速器传动伞齿轮齿隙在在0.01~0.10 mm之间;在图纸上增加配对齿轮研磨并抛光技术条件及伞齿轮安装端面垂直度要求,解决了调速器传动伞齿轮齿隙超差问题,提高了调速器对信息响应的敏感性,从根本上杜绝了该型柴油机游车事故发生。

(2) 在满足性能的前提下,通过降低花键联轴

节的硬度,使其与调速器花键轴相匹配,解决了调速器花键轴异常磨损问题。

(3) 通过改进花键联轴节结构尺寸,增加花键内孔同轴度,改进机加工艺,提高了调速器信息响应的灵敏度,杜绝了高压油泵齿条抖动问题,使调速器游车问题得到解决。

(4) 通过严格控制调速器滑油油位并驱气,避免了空气进入调速器油道,提高了滑油流动的连续性和对补偿作用的敏感性,消除了调速器游车影响因素。

总之,经采取以上措施,柴油机转速间歇性波动现象消失,6DK28e柴油发电机组顺利完成并车试验;后续生产的6DK28e柴油发电机组再未出现过游车现象。

(上接第56页)

TCD2015V06柴油机为V型,发火顺序为1-6-3-5-2-4,当1缸不工作时,发火顺序为6-3-5-2-4,发火不均匀,导致柴油机抖动。

导线束插头系通过模具一次热压成形,导线束插头卡片失效为产品质量问题。

4 结 论

以上分析表明:TCD2015V06柴油机台架试验抖动故障系导线束在国产化过程中出现产品质量问题所致。鉴于此,督促生产厂家对模具和材料严格控制,对产品质量严格把关,杜绝此类问题的发生,同时加强产品入厂检验。

参考文献

- [1] 周龙保.内燃机学[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [2] 杨连生.内燃机设计[M].北京:中国农业机械出版社,1981.
- [3] 吉林工业大学内燃机教研室.内燃机理论与设计:下册[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [4] 吴兆汉.内燃机设计[M].北京:北京理工大学出版社,1990.
- [5] H 李斯特,A 匹辛格.内燃机设计总论[M].高宗英.北京:机械工业出版社,1986.
- [6] J. B. Heywood. Internal Combustion Engine Fundamentals [M]. McGraw-Hill.