

柴油机气门座圈 开裂原因分析

□ 中国船舶重工集团公司第725研究所/王明建 潘恒沛 夏申琳

采用力学、化学、金相及扫描电镜等手段研究了柴油机气门座圈开裂的主要原因。研究及分析结果显示，发生开裂气门座圈的硬度、化学成分、金相组织等均符合标准要求，气门座圈本身质量并没有什么问题。扫描电镜分析结果显示，气门座圈断口的微观形貌符合疲劳断裂的微观形貌特征，结合气门座圈开裂位置的宏观形貌分析，最后结论认为：气门座圈装配的不合理，导致气门座圈在工作时受到了异常的冲击力，是气门座圈发生疲劳断裂的主要原因。

气门座圈是柴油机汽缸盖上的重要零件之一，它镶在柴油机的气缸盖上，作用是气门紧密配合以达到密封发动机的目的。气门座圈在工作中要同时承受气门的循环冲击以及燃烧后高温气体的冲刷作用。所以气门座圈的材料要具有优良的耐磨性与抗热性，这样才能确保柴油机的高负荷持续性正常运转。

某厂生产的柴油机，在使用一段时间后出现了故障，在返厂检修时发现其中一气门座圈发生了断裂，导致密封不严使得气缸发生了漏气现象，进而导致柴油机发生故障。据了解，气门座圈的材料牌号为QZ5。为找到气门座圈发生开裂的原因，要求对座圈进行分析，并找到相应的解决措施，以确保不再发生类似的故障。

实验过程

首先对气门座圈的宏观形貌进行了分析，以获得气门座圈现有的状态信息；然后分析了气门座圈的化学成分、维氏硬度以及金相组织，目的是为了检验气门座圈本身材料的质量情况，最后采用环境扫描电镜对气门座圈开裂断口的微观形貌进行了分析，确定了断口的开裂模式。

宏观分析

送检气门座圈的宏观形貌如图1所示，可见气门座圈已经完全发生了断裂；图1b所示为座圈的侧面形貌，可以看出座圈裂纹具有明显的上宽下窄特征，所以可以判断裂纹是由图示座圈的上部起裂，然后

向下部扩展形成的。观察气门座圈内表面裂纹的起始位置，发现该位置区域有明显的碰撞摩擦痕迹，痕迹沿着座圈的圆周方向，长度约占到了整个圆周的1/4，见图1c所示；另外未发现有其他异常情况。

硬度分析

对气门座圈直接进行硬度检测，结果见表1，可知气门座圈的硬度符合JB/T 9769.1—2010《内燃机 铸铁气门座 第一部分：技术条件》对QZ5气门座圈硬度的要求，该标准要求QZ5气门座圈硬度范围为36~45 HRC。

表1 气门座圈硬度检测结果 (HRC)

检测点	1	2	3	平均
气门座圈	41	41	43	42



图1 气门座圈宏观形貌

化学成分分析

在气门座圈上取样进行化学成分分析（见表2），可见气门座圈的化学成分符合JB/T 9769.1—2010《内燃机 铸铁气门座 第一部分：技术条件》对QZ5气门座化学成分的要求。

金相分析

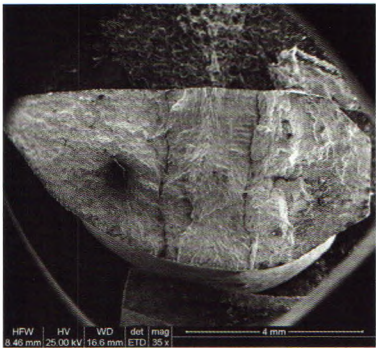
在气门座圈上取金相试样，磨制、抛光并腐蚀后用光学金相显微镜观察，金相组织形貌如图2所示，依据JB/T 9769.2—2010《内燃机 铸铁气门座 第二部分：金相检

验》标准对气门座圈进行检测，气门座圈金相组织为回火索氏体+合金碳化物组织，金相组织未发现有异常情况。

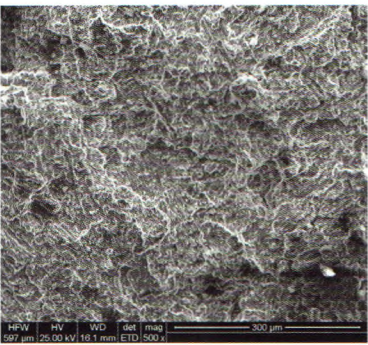
扫描电镜断口分析

将送检的气门座圈从断裂位置处打开，并使用扫描电镜对断口的微观形貌进行分析，断口的微观形貌如图3所示。图3a为断口的低倍形貌，从断口的纹路形貌可以看出，断口起裂于座圈的一端，然后逐渐向外辐射扩展，断口扩展方向见图箭头所示，这与前文宏观分

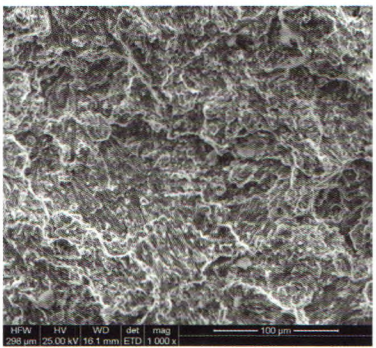
析结果相一致。断口的高倍形貌见图3b和图3c所示，从图中可以看出断口的微观形貌符合铸铁材料疲劳断裂的微观形貌特征，这充分说明气门座圈发生的是疲劳开裂。



(a)



(b)

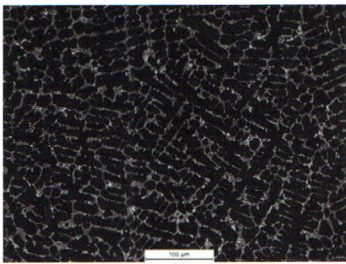


(c)

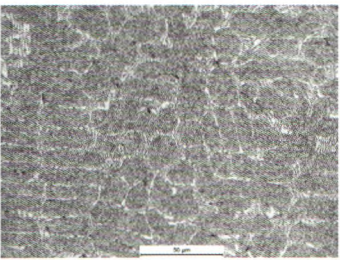
图3 气门座圈断口微观形貌

表2 气门座圈化学成分检测结果（质量分数：%）

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
气门座圈	1.72	1.67	0.94	0.06	0.05	14.3	0.41
JB/T 9769.1 要求	1.5~ 2.0	1.5~ 2.0	0.6~ 1.2	≤0.10	≤0.10	13.5~15	0.35~ 0.5



(a) 200×



(b) 500×

图2 气门座圈金相组织形貌

分析与讨论

检测分析结果表明，气门座圈的硬度、化学成分及金相组织均未发现异常，所以可以判断气门座圈

的生产质量符合标准要求。

气门座圈的宏观分析结果显示，座圈已经完全发生了断裂；且从座圈裂纹上宽下窄的形态特征判断座圈裂纹是由一端起裂，然后向另一端扩展形成的；观察气门座圈内表面裂纹的起始位置，发现该位置区域有明显的碰撞摩擦痕迹，且痕迹长度约占到了整个圆周的1/4，这说明座圈在工作时受到了气门的偏磨现象。气门座圈在正常的情况下与气门是均匀接触并均匀受力的，不会产生明显的偏磨现象。因此从送检座圈的偏磨现象判断，气门座圈在装配时应该没有装配到

位，使得气门与座圈不能够正常的进行密封，从而发生了偏磨现象。

扫描电镜分析结果表明，气门座圈是由一端起裂，然后向另一端扩展的，这与宏观分析结果相符合；断口微观形貌分析发现座圈的开裂断口符合铸铁材料疲劳断裂的形貌特征，这说明座圈的失效属于疲劳断裂。

座圈在装配时没有装配到位，使得气门在与座圈接触时产生了异常的工作应力，且该应力是随着气门的开合周期性产生的。座圈在长时间周期性的异常工作应力作用下，在应力最大的位置发生了开

裂，并进一步的向外扩展，最终导致座圈发生了断裂失效，进而使得柴油机发生了故障。

结语

综合以上分析，结论如下：

（1）气门座圈的硬度、化学成分及金相组织均符合标准要求。

（2）气门座圈的失效模式为疲劳断裂。气门座圈在装配时没有装配到位，使得气门座圈在运行时受到了异常的工作应力，是气门座圈发生疲劳失效的主要原因。

AUTO1950

汽车工艺师 2017年 第7期 广告目次 Advertisement Catalogue

单位名称	查询编号	位置
汽车工艺师		封面
上海北展东博展览有限公司	8012	封二
上海东浩兰生国际服务贸易（集团）有限公司工博会项目分公司	6014	封三
上海申克机械有限公司	6231	封底
世媒公关咨询（北京）有限公司	7099	1
青岛金诺国际会展有限公司	6004	2
浙江三维大通精锻科技有限公司	1739	3
金属加工APP	8686	4