

使用维修

重型柴油机气缸盖和气门失效分析

徐 辉

(武汉大学动力与机械学院, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 针对某重型柴油机气门断弦并伴随气缸盖开裂的失效现象进行分析, 从气门设计、选材、制造、装配和应用条件等方面探讨了引起气门和缸盖失效的可能因素并提出了改进措施。

关键词: 重型柴油机; 气缸盖; 气门; 失效

中图分类号: TK423.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2014)02-0055-03

0 引 言

随着柴油机的不断强化, 气门的热负荷和机械负荷大幅度提高, 腐蚀影响增大, 致使某些方面超出原设定范围, 出现了随着柴油机强化程度提高, 气门失效率相应升高的现象。

本文研究的对象是某款四冲程直列六缸四气门重型大功率电控柴油机的气缸盖和进气门, 该柴油机标定功率为 505 kW, 标定转速为 2 200 ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$), 排量为 13 L, 最高燃烧压力为 220 MPa, 缸内燃烧温度在 500 °C 以上。

故障现象为一台道路试验车用发动机运行 11 万公里左右出现熄火并听到有缸内敲击异响, 停机拆检。

1 故障件分析

拆检发动机发现: 第 3 缸进气门弦断, 如图 1、2 所示; 同时对缸盖进行探伤发现: 燃烧室鼻梁区域出现贯穿裂纹, 如图 3 所示。

2 失效原因分析

柴油机气门的机械应力主要来自于配气机构的传动力、零件的惯性力和柴油机的燃烧压力等。配气机构的设计参数、驱动机构的几何位置和动力性能的不合理都可能使气门的应力增大, 导致柴油机气门失效。

气门断弦是从气门盘部密封面放射性贯穿到圆角区域的开裂, 一旦圆角区存在裂纹, 应力导致开裂路径从放射裂纹变为弦状; 断弦也可能是气门盘部受到高温气体泄漏导致。

下面采用故障树(如图 4 所示)的分析方法对

可能的故障原因进行逐一分析。

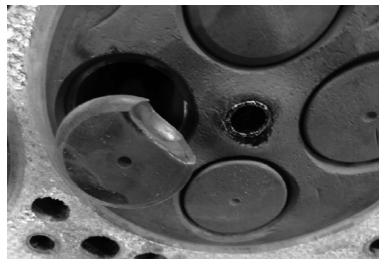


图1 第3缸进气门断弦



图2 第3缸进气门断口

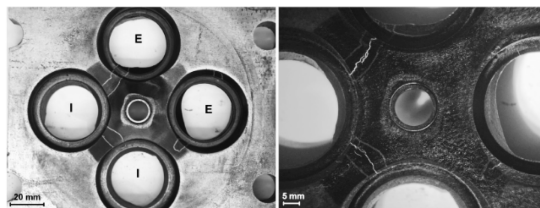


图3 缸盖探伤检查结果

(1) 气门间隙检查

收集了 10 台份气门间隙数据, 通过正态分布及过程能力分析发现, 气门间隙数据都在规格范围内, 但规范从 0.31 ~ 0.41 mm 调整为 0.39 ± 0.05 mm 后更合理, 且中值更接近名义值, 见图 5、6。

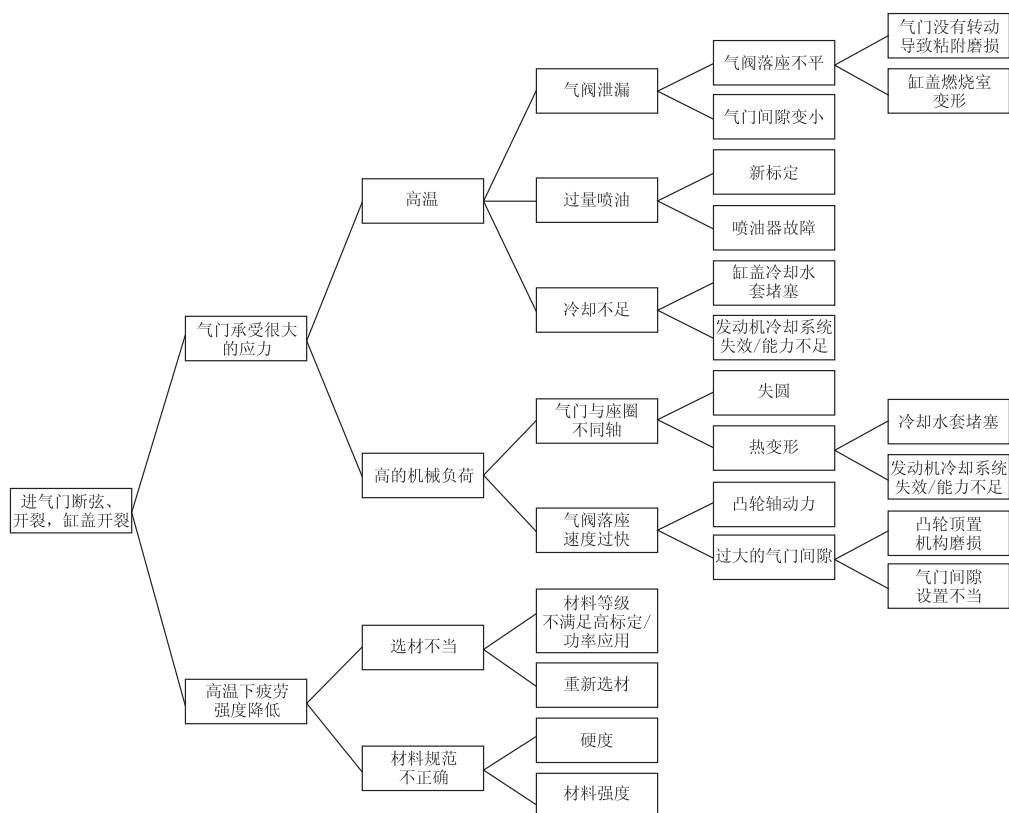


图 4 失效分析故障树

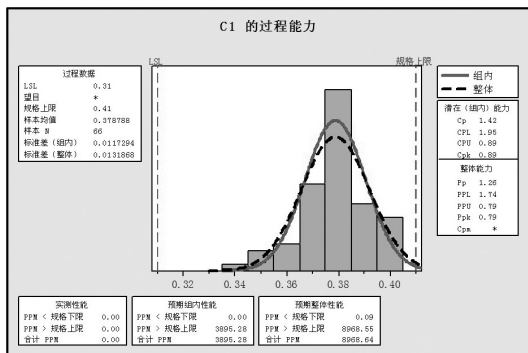


图 5 进气门间隙规范调整前正态分布及过程能力分析

100 h 试验后对发动机进气门间隙进行测量发现: 气门间隙变小(见表 1)。气门间隙变小直接影响气门的开度, 会导致气门密封不严。

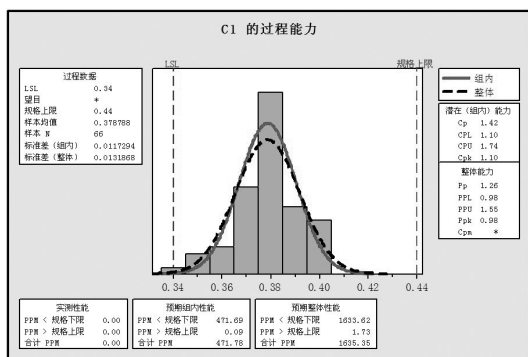


图 6 进气门间隙规范调整后正态分布及过程能力分析

表 1 运行 100 h 后测量进气门间隙

单位: mm

测量项目	1 缸	2 缸	3 缸	4 缸	5 缸	6 缸
进气门间隙最大值	0.3	0.3	0.25	0.35	0.35	0.35

(2) 气门导管测量

从 A-B-C 三个截面测量气门导管的内径, 从测量结果看导管不存在问题, 见图 7。

(3) 座圈底孔对气门导管的跳动检查

跳动规范为最大 0.08, 测量第 3 缸两个进气阀座跳动为 0.389 7 和 0.704 4。

从图 8 缸盖的跳动检查发现, 跳动超差可能系缸盖机加工误差导致, 第 4 缸的跳动接近跳动规范值也说明这一点, 后来的加工过程能力调查表明加工过程能力不足。

(4) 缸盖水套堵塞情况检查

缸盖切割检查没有发现水套堵塞情况, 见图 9。

(5) 缸盖的材料成分、硬度和抗拉强度检测

在开裂区域附近取样检测, 两个部位的抗拉强度分别为 209 MPa 和 235 MPa, 都小于最小规范 290 MPa 的要求。缸盖的抗拉强度低是其开裂的原因, 也会导致座圈变形。

成分检测发现, 缸盖材料 Mo 含量偏低(实测为 0.21%, 规范要求 0.40%), Mo 含量偏低会降

低缸盖抗热疲劳性能。

硬度实测值为 195HB，规范要求 200 ~ 260HB。

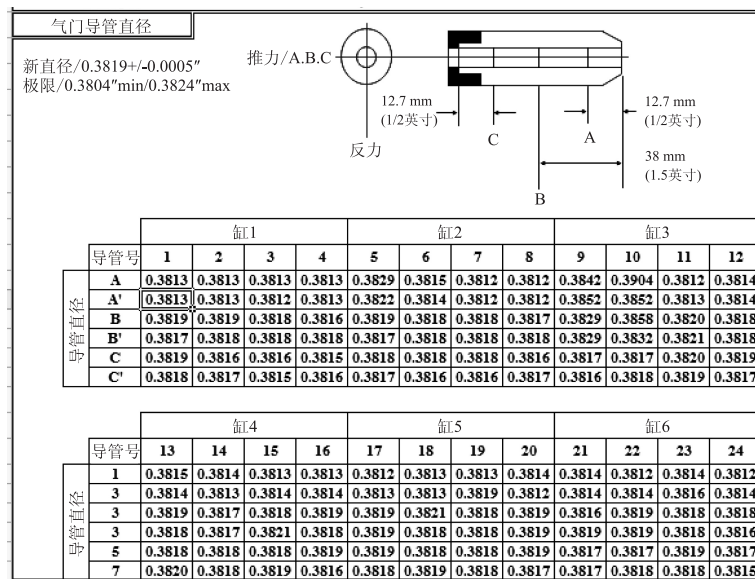


图 7 气门导管孔直径测量

精细测量#	气门#	直径误差 (+/- 0.018)	超出规格?	圆度	径向跳动 (0.08)	超出规格?
进气#3-1	9	-0.0293	Yes	0.1115	0.3897	Yes
进气#3-2	10	-0.0083	No	0.0343	0.7044	Yes
排气#3-1	12	-0.0558	Yes	0.1408	0.193	Yes
排气#3-2	11	-0.0281	Yes	0.0461	0.1002	Yes
进气#4-1	13	-0.0122	No	0.0265	0.0533	No
进气#4-2	15	-0.0066	No	0.0298	0.0853	Yes
排气#4-1	14	-0.0056	No	0.0363	0.0953	Yes
排气#4-2	16	-0.0186	Yes	0.0427	0.0551	No

图 8 失效缸盖座圈对气阀导管跳动测量

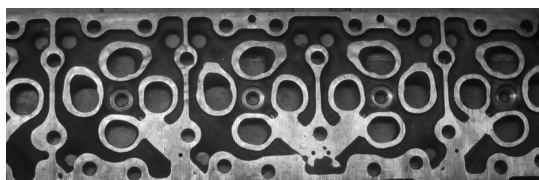


图 9 切割检查缸盖水套

(6) 供应商对气门分析

供应商分析结果认为：气门失效是由于温度过高造成，温度过高是由于气缸盖燃烧室变形及不均匀的气阀落座力造成。

(7) 三缸喷油器检测

对喷油器进行流量测试和堵塞检测，没有发现问题。

(8) 气门座圈检测

通过测量座圈跳动发现：10#进气门座圈偏磨

和变形现象明显，排气门座圈磨损也很明显，这可能与发动机的最高燃烧压力相关。

综上所述，抗拉强度偏低和 Mo 含量偏低是导致缸盖燃烧室鼻梁区开裂的原因；而进气门断弦根本原因是由于气阀座圈底孔对导管孔的跳动超差导致，其机理是跳动超差后，气阀和座圈密封面不均匀磨损，导致高温排气泄漏，对进气门冲蚀导致断弦。

3 结 论

通过对气缸盖的抗拉强度、材料成分及缸盖阀座及导管孔加工质量进行改进控制，并且采取在发动机铭牌上注明气门间隙调整规范，在保养手册上注明调整周期等手段后，缸盖开裂和进气阀断弦的现象得到了遏制，发动机的可靠性得到提高。