

使用维修

大功率中速柴油机曲轴箱油雾爆炸分析

王海洋

(昆山调峰电力有限公司, 江苏 昆山 215300)

摘 要: 针对大功率柴油机电站主机曲轴箱油雾爆炸的部件损坏现象进行分析。分析表明: 曲轴箱爆炸非运行不当, 而为部件自身疲劳损坏引发。据此制定防范措施并加以执行, 且执行情况也有效验证分析结果的可靠性。

关键词: 柴油机; 活塞销; 曲轴箱; 爆炸; 油雾

中图分类号: TK423.3⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2013)06-0056-02

0 引 言

由油雾引起的柴油机曲轴箱爆炸, 即使不考虑人身伤害, 也会造成严重的经济后果。通常油雾由主轴瓦、连杆大端轴瓦烧伤引起, 随着柴油机气缸内喷压、爆压不断提高, 也开始出现活塞组件疲劳破坏导致更严重的曲轴箱爆炸, 结果不仅要更换活塞总成、气缸套, 甚至要更换曲轴。

由此可见, 安装油雾探测自动保护装置, 并在日常柴油机中修、大修时对重负荷运动件探伤检测就显得特别重要。以下是某大功率柴油电站主机曲轴箱油雾爆炸事故分析。

1 相关参数

该柴油机为 MAK 8M601C、四冲程、8 缸直列式、缸径 580 mm、冲程 600 mm、燃重油。

1.1 运行参数

额定功率 9 800 kW, 额定转速 428 (r·min⁻¹), 平均有效压力 2.23 MPa, 最高燃烧压力 16 MPa, 压缩比 13.15, 每天按 95% 额定功率全自动程控连续运行 12 至 15 h, 累计运行 1.6 万 h。

1.2 维护保养

按 MAK 维修手册, 在 MAK 工程师指导下, 周期性完成 3 000 h 保养、6 000 h 中修、9 000 h 保养、1.2 万 h 大修、1.5 万 h 保养项目。

1.3 爆炸相关部件

曲轴箱防爆阀为自动闭合阻燃式、0.02 MPa 开启、贺尔碧格产; 活塞总成德国 KS 公司产; 活塞销材质为低碳合金钢、表面渗碳淬火、外径 240 mm、内孔

80 mm、长 490 mm、重 156 kg; 活塞群材质为铸造铝合金; 气缸套材质为合金铸铁、内孔表面软氮化处理。

2 故障经过

2.1 故障现象

3 号机进入 16 000 h 运行时段后, 某日开机运行数小时各参数正常, 负荷平稳, 至 12:54 时, 曲轴箱突然发生爆炸, 机侧黑烟滚滚, 机工马上按下紧急停机手柄, 再手动起动电动滑油泵、淡水泵, 防止柴油机部件过热, 此刻发现滑油自动反冲洗滤器超频次动作反冲, 暗示滑油系统不明颗粒物过量。经保险公司许可, 打开机体防爆门检查, 发现 1 缸严重拉缸, 气缸套下方四周、油底壳布满铝合金颗粒。

2.2 1 缸部件损坏程度

(1) 活塞顶 各环槽很干净、没有积炭, 但拉缸时受熔着金属挤压, 环槽严重变形, 镀铬层脱落, 活塞环在槽内卡死不能动, 切断后敲出。

(2) 活塞裙 外圆 80% 以上面积出现热熔性粘着深度(1~3 mm)磨损, 且磨痕与气缸套中心线平行, 活塞销座孔被活塞销断口轧压变形。

(3) 活塞销 在活塞裙内卡死、无法转动, 两端止动卡簧变形无法拆卸, 最后破坏活塞裙才取出, 活塞销开放式折断成两截, 销内孔有一处面积 8 mm×50 mm 渗碳表层脱落(平行于销中心线), 其平行立面断口处有一深 30 mm 宽 50 mm 边缘分明的疲劳磨损亮带, 由此亮带沿轴向展伸出整个不规则大断面。

(4) 气缸套 内孔表面粘附有大量的铝合金熔化皮, 与孔铸铁表面呈胶着状态, 手工无法剥离, 送专业缸套厂珩磨后, 内孔椭圆度达 0.6 mm(应<

0.3 mm), 无法修复。

(5) 连杆总成小端衬套 Miba 产三金属轴瓦, 经活塞销断口切挤, 表面铅镀层与镍栅完全破坏, 铜铝合金底层完全呈现并深损, 参照 Miba 公司轴瓦比较图谱, 不能使用, 后通过锯开取下再浸液氮冷装新衬套。

3 故障原因分析

3.1 现象分析

柴油机在 95% 额定负荷(单缸 1 160 kW)运行, 活塞销突然折断, 其断口轧入连杆小端衬套及活塞裙销座孔, 两端也被卡簧卡住, 无法转动, 致使活塞无法在上下往复运动中自由摆动, 其裙部下缘与缸套内孔由柔性面接触变成刚性线接触, 过大的表面接触应力破坏了气缸油膜而产生干磨损, 摩擦热会合下窜的高温燃气, 很快使活塞裙部铝合金固熔并剥落, 熔着部位又被没有停止的上下运动撕裂, 产生磨粒(小颗粒由自动滤器反冲去分油机分离, 大颗粒后由机工进曲轴箱从油底壳清出)成为加剧表面磨损的磨料, 磨料在运动中堵塞了 4 只气缸油出油孔, 经磨料的堆积、过热、挤压, 又造成活塞环槽变形, 所有活塞环在槽中卡死无法回缩和张开, 气缸套也因热变形、内孔椭圆度由 0.1 mm 增大至 0.6 mm, 气缸下部气封彻底破坏, 高温高压燃气直接下冲进入曲轴箱与滑油油雾混合(滑油气化温度约 200 °C, 闪点 270 ~ 350 °C), 油雾浓度达到可燃混合比即发生爆炸。

3.2 原因分析

柴油机运行中活塞销突然折断引发曲轴箱爆炸可以认定, 但制造商认为活塞销折断是使用方运行方式不当、过载引起, 但我方认为与部件材质有关, 理论依据如下:

3.2.1 材质与金相组织

大功率柴油机活塞销一般由低碳合金钢锻制后加工, 表面渗碳淬火后精磨至 0.2 μm 的粗糙度, 渗碳层一般是 1 ~ 2 mm 厚的马氏体组织, 如碳含量过高, 渗碳层易出现大量块状、网状碳化物, 使脆性增加, 容易在气缸正常燃烧压力冲击下剥落, 而渗碳层过薄易引起表面疲劳剥落。

3.2.2 设计应力

按设计理论及应力场分析, 活塞销负载时所受最大压应力与拉应力均在孔内表面的不同点上, 故损坏一般自内孔表面开始, 然后沿内孔的长度方向发展产生裂纹(可观察断销内孔表面的脱落层)。

3.3.3 可靠性及寿命

按制造商使用说明书, 活塞组件大修期 3 万 h (累计运行时间未达 3 万小时可不拆检)、经济寿命 6 ~ 7.2 万 h, 此次活塞销运行 1.6 万 h 就发生折断, 失效期大大提前, 不正常。

4 防范措施

(1) 定期拆检活塞销。按 MAK 维修手册, 活塞销检查属不定期项目, 为防同类事故再发生, 公司主动对三台机组所有活塞销进行拆检, 发现 1 号机 3 缸、7 缸活塞销内孔有肉眼可见纵向裂纹, 先着色探伤确认, 后超声波探伤, 裂纹长 120 mm、深 50 mm, 如继续使用, 还会发生两次曲轴箱爆炸。据此, 公司自行规定: 每逢柴油机周期性 6 000 h 中修、12 000 h 大修, 必须拆解活塞组件、对所有活塞销表面进行探伤检查。

(2) 安装油雾探测报警装置。每台机安装德国 SCHALLER 产 VN115/93 型油雾探测器, 在运行中监测曲轴箱内油雾浓度, 在部件严重损坏之前自动报警触发停机, 避免机损事故。

(3) 加装主轴瓦温度监视。

5 结 论

因三台机气缸总数 24 只, 运行 1.6 ~ 1.8 万 h, 就有 3 只活塞销(一只已折断)出现裂纹, 德国 KS 公司一个批次产品失效率达 12.5%, 实属少见。经 MAK 公司与我司认可, 有裂纹未断开的 1 号机活塞送往国际船业公认权威检测机构“新加坡动力科技有限公司”, 解剖进行金相、晶状组织检测。

检测鉴定结论如下: 活塞销由于疲劳断裂损坏, 主要原因是内孔硬化层下有一簇氧化杂质; 活塞销铬含量、硬度、硬化深度不符合标准, 晶状图显示有带状及不规则簇状铁素体, 导致材质物理及化学性质不均匀, 降低抗疲劳强度。

据此结论, MAK 公司改用德国 MAHLE(马勒)公司活塞总成, 并优惠供我司一套活塞总成、两只活塞销、一只气缸套, 保证机组继续安全运行。

参考文献

- [1] Failure Analysis of a Cracked M 601 C Piston pin 8450-0803-01337 [R]. 2003.
- [2] Engineer's Handbook Mak-M601C [R]. 2003.
- [3] 候天理, 何国伟. 柴油机手册 [M]. 上海: 上海交大出版社, 1993.
- [4] 刘茂东. 船舶柴油机试题 300 详解 [M]. 上海: 上海海事大学出版社, 1995.