

运用检修

V-2.4/9型空气压缩机曲轴断裂 故障分析与预防

陈 予¹, 刘 高¹, 黄志高², 袁 甫¹, 张宏斌¹

(1. 武南机务段, 湖北 武汉 430064;
2. 武汉铁路职业技术学院, 湖北 武汉 430205)

摘 要: 通过对V-2.4/9型空气压缩机曲轴断裂故障分析, 探究故障主要原因, 为消除客运机车空气压缩机断轴故障提供方案。

关键词: 空气压缩机; 曲柄臂; 连杆颈; 断裂; 断口; 碾瓦

中图分类号: U269.6; U264.5⁺1 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2013)03-0099-02

1 问题的提出

V-2.4/9型空气压缩机在武南机务段长交路、直达客运机车上广泛运用。空气压缩机作为制动系统重要部件, 如果发生故障必然增大客运列车安全风险, 干扰铁路运输秩序。

如SS₉194机车运行中, 空气压缩机故障, 拆检发现曲轴高压活塞连杆颈与曲柄臂发生断裂, 连杆瓦严重碾瓦、连杆大端磨损。据记录, 2012年已出现3起曲轴相同部位发生断裂失效故障。

2 空气压缩机结构及工作原理

V-2.4/9型空气压缩机由ZD319型直流电动机驱动, 最高转速1 500 r/min, 排风压力900 kPa。曲轴上安装1个高压活塞、3个低压活塞。高压活塞安装在曲轴输入端第一连杆颈位, 高压活塞对低压活塞提供的压缩空气进行再次压缩, 两连杆轴线互成90°夹角。机油泵安装在空气压缩机最右端, 由曲轴带动。曲轴、连杆颈、连杆瓦、活塞及相关部件润滑冷却主要依靠机油泵提供压力机油来完成, 结构原理见文献[1]。

3 曲轴断裂失效分析

3.1 曲轴连杆颈及曲柄臂应力理论分析

理论上每根曲轴自身或多或少都存有薄弱环节。曲轴工作运行特性决定了承载受力方式复杂, 总会出现应力集中区域。加上金属属性固有不足, 所以产生金属疲劳裂纹在所难免。曲轴连杆颈上应力分布复杂, 两边大于中间, 连杆颈与曲柄臂连接过渡圆弧地带,

为应力聚集高密度区^[2]。本文分析的空气压缩机, 第一连杆颈上安装高低压2个活塞, 高压活塞泵风压力最高为900 kPa, 低压活塞泵风压力最高为450 kPa(正常情况下为250 kPa)^[3], 由此形成了第一连杆颈上载荷的不对称性, 造成低压活塞一侧曲柄臂聚集应力概率比高压活塞一侧曲柄臂要高, 低压活塞一侧曲柄臂失效机率远大于高压活塞侧曲柄臂。曲轴理论上应力分布情况如图1, 箭头所示为应力聚集区, 圆圈所示部分为曲柄臂内部油孔位置, 应力分布最复杂, 易产生裂纹的地区^[2]如图1。

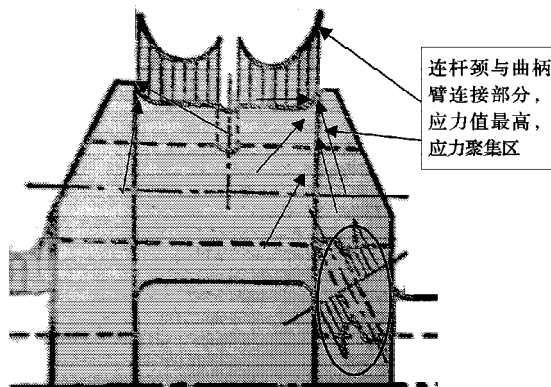


图1 曲轴连杆颈及曲柄臂应力理论分布图

曲柄臂运转中受拉伸、压缩、弯曲、扭转多种载荷交替作用。连杆颈承受旋转正反双向不对称载荷, 对连杆颈与曲柄臂连接部分产生正反弯矩作用。两处疲劳源各自对应承载区域互成180°转角。

所以空气压缩机曲轴连杆颈与曲柄臂连接部位是4种载荷交替变化频率最高区域, 注定是应力聚集、形成裂纹的高密区。

3.2 曲轴断裂断口分析

曲柄臂断口如图2, 断口平面与轴线垂直。断口形貌3/4面积平展、致密、放射状形貌清晰, 大部分断面为典型的金属扭转疲劳失效。断口中1/4面积磨损、撞挤部分是最终断裂部位。断裂后被旋转的连杆颈断面反复摩擦、撞、蹭。

断裂过程中承受不同形式载荷, 断口不同区域、时期存留各异形貌。疲劳源在曲柄臂与连杆颈连接部分。如图2中所示, 曲柄臂长期承受扭转载荷。断口特征: 中部内凹、平展, 说明空气压缩机启机频繁, 每次启机都对曲柄臂形成扭转冲击。在裂纹扩展区, 放射状形貌、海滩花形样清晰, 裂纹随箭头方向扩展。扭转、弯曲载荷高频次作用曲柄臂, 当曲轴应力临界值接近或大于材料的屈服值, 金属疲劳程度加重, 疲劳失效扩展区增大, 断口金属失效形式转变为拉伸、弯曲性质, 见图2中方框标示。断口金属受拉伸、弯曲载荷作用, 断口失效形式不断发生变化, 断口小面积呈撕裂状、瞬间断裂形貌^[4], 见图2中左圆圈所示。

低压活塞连杆颈裂纹起源于油孔导角过渡圆弧的

上边缘区。该区域是应力聚集易发金属疲劳、细小裂纹的常见区。随轴颈在工作中承受活塞正反方向压力作用,承受弯曲压缩载荷,疲劳裂纹由表面向轴心深入。凹缺部分断面显疲劳失效特征,如图3。

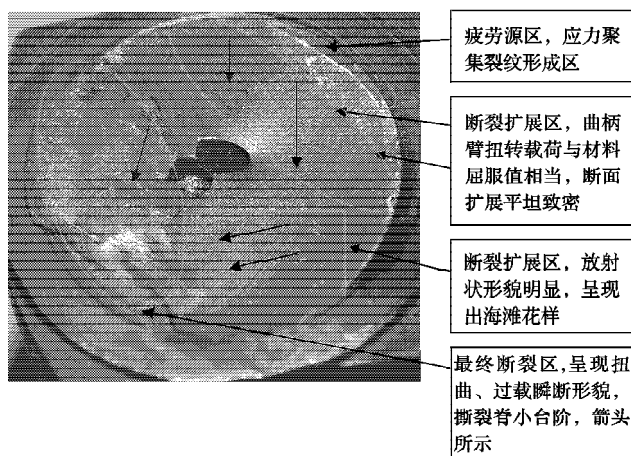


图2 曲柄臂断口形貌

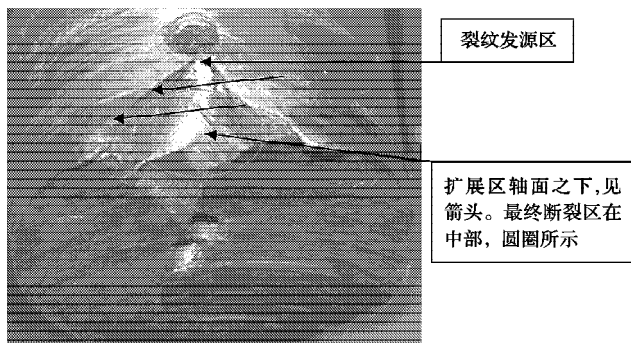


图3 低压活塞连杆颈断裂形貌

4 预防措施

①司乘人员日常运用中,应注意空气压缩机工作时有无异音、异味。风压变化是否异常。长交路直达客车运行至高供风区段时,需对空气压缩机出气温度、机油压力,充放电电流进行检查确认。

②检修人员以及相关部门要增加机油检查及化验频次。重点是在机车出库前,要对空气压缩机进行全面试验,重点注意机油温度、压力,运转时机油压力在270~430 kPa范围内,排风口温度低于180℃。

③机车进库检修要加强运动部件检查、检测。特别是曲轴探伤作业范围、工艺标准要落实到位。连杆颈与曲柄臂连接部位要列为探伤重要项点。建议长交路、直达客运机车改装供风能力更强的空气压缩机。

5 结语

针对客运机车空气压缩机曲轴断裂故障,武南机务段相关部门在一个月对全部客运机车空气压缩机进行普查、摸底,发现5台机车空气压缩机隐存故障。根据具体情况制定了检查办法及检修修程,近半年来所有客运机车空气压缩机运行良好。

参考文献:

- [1] 武汉铁路局. SS₉机车检修工艺-V-2.4/9型空气压缩机部分[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [2] 陆修涵. 柴油机[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
- [4] 孙智. 失效分析—基础与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

(上接第57页)

调查,最终在创文国检这一关键时间节点前问题得以解决,保障了创文工作的顺利开展,维护了广州地铁公司良好的形象及声誉。

虽然此故障表象为空调压缩机异常停机,但检修人员没有将问题限制在空调系统,而是同时对相关控制元件及供电系统等进行详细检查,举一反三、跳出思维定势,为解决城市轨道交通列车疑难技术问题拓宽了思路。

参考文献:

- [1] 西门子(中国)有限公司. 广州地铁3号线车辆维护手册

[M].北京: 西门子(中国)有限公司, 2006.

- [2] 刘国良. 广州地铁列车空调系统的设计差异分析[J]. 机电传动, 2007(3): 53-54.
- [3] 周绿. 广州地铁4号线和5号线空调制冷等级调节分析[J]. 机电传动, 2011(6): 64-65.
- [4] 彦启森. 制冷技术及其应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [5] 朱士友. 车辆检修工[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009.
- [6] 西门子(中国)有限公司. SIBAS-G-Reader逻辑功能描述[M]. 北京: 西门子(中国)有限公司, 2009.