

PG9171E 燃气轮机用辅助润滑油泵的设计与性能优化

陆国平¹,李清浦²,庄健²,郑志强²,陈岗²,章雷申²

(1. 南京汽轮机(集团)有限责任公司,南京 210037;
2. 上海市电力公司闸北发电厂,上海 200438)

摘 要:现阶段 PG9171E 燃气轮机用辅助润滑油泵存在成本高、故障率高等缺点,因此亟需自主设计、本土化生产的辅助润滑油泵取代,以降低燃气轮机的工作成本。本文介绍了上海电力公司闸北发电厂燃气轮机专用 LYT230-90 型辅助润滑油泵的设计方案,该泵可将流量增加 15%,电机输出轴与辅助润滑油泵齿轮的同心度降低到 0.05mm,大幅提升了其运行平稳性。

关 键 词:燃气轮机;辅助润滑油泵;结构设计;性能优化

中图分类号:TK478 **文献标志码:**B **文章编号:**1009-2889(2019)03-0064-03

上海市电力公司闸北发电厂拥有 4 台美国 GE 公司 PG9171E 燃气轮机,采用 2 拖 1 的布局方式,并加带 2 台汽轮机,形成机组的联合循环。自 1996 年 4 台燃气轮机依次投产,至今已运行了 22 年^[1]。

辅助润滑油泵是燃气轮机启、停过程中给润滑油系统供油的泵站,其关系到机组的冷却、润滑等作用^[2]。原先使用 GE 的辅助润滑油泵,使用年代久远,故障率极高,平均每月修理一次,给修理维护增加了不少工作量,且成本较高。因此,亟需自主设计、本土化生产的辅助润滑油泵取代,以降低燃气轮机的工作成本,优化其结构,进一步完善现阶段辅助油泵的性能。

1 LYT180-90 型辅助油泵的结构设计

1.1 辅助油泵的结构设计

LYT180-90 型辅助油泵为立式、单级、单吸离心油泵,专为上海电力公司闸北发电厂燃气轮机辅助润滑油泵设计并生产,该辅助润滑油泵与电机的连接结构形式如图 1 所示,设计结构图如图 2 所示,具体参数如表 1 所示。

该辅助润滑油泵的进口位于泵的下部,采用轴向吸入的方式;泵的出口位于支撑板的下方,呈径向布置。排油管路的接口布置在支撑板上,垂直向下分布,通过排油管组件和弯管组件将泵的出口和支撑板

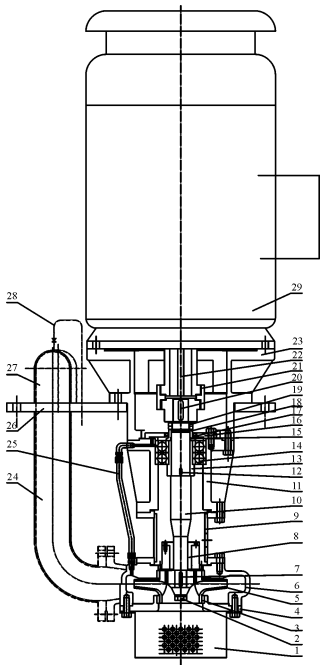


图 1 辅助油泵与电机的实际装配图

上的排油管路的接口进行连接。另外,泵的上部采用一对背靠背的推力球轴承进行定位,并承受转子部分的重量及剩余轴向力,下部采用滑动轴承进行辅助定位。通过润滑油管将泵输送的介质引入,对上部推力轴承进行润滑。叶轮采用离心式,叶轮设有平衡孔及前后密封环以平衡轴向力并减少泄漏。

表 1 LYT180-90 交流辅助油泵的性能参数

泵型号	流量/ (m ³ ·h ⁻¹)	扬程/ m	转速/ (r·min ⁻¹)	效率/ %	轴功率/ kW	配套电机	
						功率	型号
LYT 180-90	190	90	2 950	76	61.3	90	M2BAX 280SMG2



1. 滤网;2. 叶轮螺母;3. 密封环;4. 泵盖;5. 叶轮;6. 泵体;
7. 键(叶轮);8. 滑动轴承;9. 支撑管;10. 轴;11. 轴承体;
12. 键(轴承内套);13. 轴承内套;14. 滚动轴承;15. O型密封圈;
16. 轴承压盖;17. 油封;18. 轴承挡套;19. 圆螺母;20. 键(泵联);
21. 联轴器部件;22. 键(电联);23. 电机支架;24. 排油管组件;
25. 润滑油管部件;26. 支撑板;27. 弯管组件;28. 排气管组件;
29. 交流电机

图2 LYT180-90 交流辅助油泵-结构图

1.2 关键零部件的使用寿命

在设计后期,将 LYT180-90 型辅助油泵的关键部件的使用寿命做了实验验证,具体结果如表 2 所示,表明该辅助油泵的关键零部件满足国标的使用要求,间

接说明该泵的结构设计合理,运行较为平稳。

表 2 LYT180-90 型辅助油泵关键零部件的使用寿命

备件名称	叶轮	滚动轴承	联轴器部件
预计使用寿命/h	20 000 ~ 30 000	20 000 ~ 30 000	20 000 ~ 30 000
备件名称	密封环	油封	滚动轴承
预计使用寿命/h	10 000 ~ 30 000	10 000 ~ 30 000	10 000 ~ 30 000
备件名称	轴承挡套	轴承内套	圆螺母
预计使用寿命/h	10 000 ~ 30 000	10 000 ~ 30 000	10 000 ~ 30 000

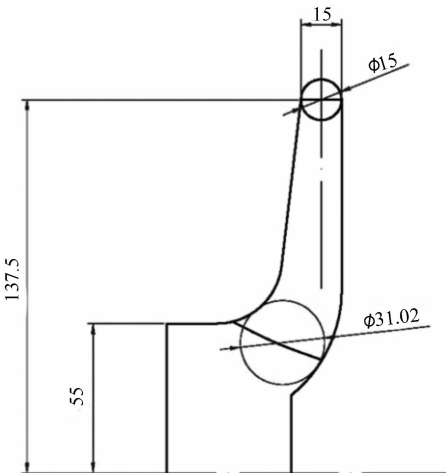
2 LYT180-90 型辅助油泵的改进

2.1 叶轮结构优化

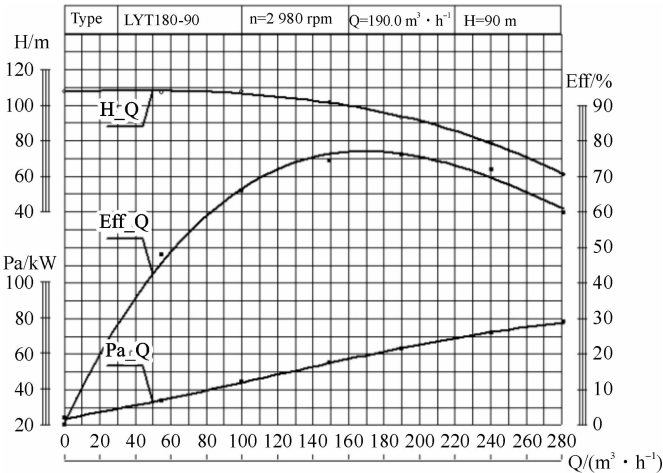
当机组停机时,积存在气缸内部的蒸气将使机组上缸温度高于下缸,因此导致转子受热不均匀,进而导致弯曲变形。基于以上背景,在启动之前必须进行盘车,进一步减小上下气缸的温差,进一步降低冲转力矩,因此在起动机启动时,各摩擦副之间的润滑效果会进一步影响压气缸的盘车阻力,为此,进一步改进该辅助润滑油泵的流量对于机组的平稳的运行具有重要的作用。

LYT180-90 型辅助油泵的叶轮结构图与轴功率-流量,效率-流量和扬程-流量曲线如图 3 所示,可以看出当泵的流量为 $190\text{ m}^3/\text{h}$ 时,该辅助润滑油泵的机械功率为 76 %,轴功率为 61.3 kW,扬程为 90 m;当流量大于 $190\text{ m}^3/\text{h}$ 时,该泵的机械效率降低,因此该辅助油泵的运行流量不应大于 $190\text{ m}^3/\text{h}$ 。

在试运行过程中,发现该泵的流量仍不足保证机组运行平稳,为此,需进一步优化叶轮结构,具体叶轮结构与尺寸的优化结果,如图 4 与表 3 所示。具



(a) 叶轮结构图



(b) 轴功率-流量,效率-流量和扬程-流量

图3 优化前的叶轮结构图和相关参数-流量曲线图

体将叶轮进口直径 (D_0) 增大了 20%, 增大到 132 mm, 叶轮出口直径 (D_2) 从 275 mm 增大到 280 mm, 叶轮径向剖面进口节圆直径 (d_1) 增大了 37.1%, 增大到 42.52 mm, 叶轮径向剖面出口节圆直径 (d_2) 增大了 33.3%, 达到 20 mm。优化后的泵型号由 LYT180 - 90 更正为 LYT230 - 90。优化后

泵的轴功率 - 流量, 效率 - 流量和扬程 - 流量曲线如图 4(b) 所示。当泵的流量为 230 m^3/h 时, 该辅助润滑油泵的机械功率处于最高值, 且轴功率为 81.6 kW, 较 LYT180 - 90 型泵的轴功率增大了 33 %。

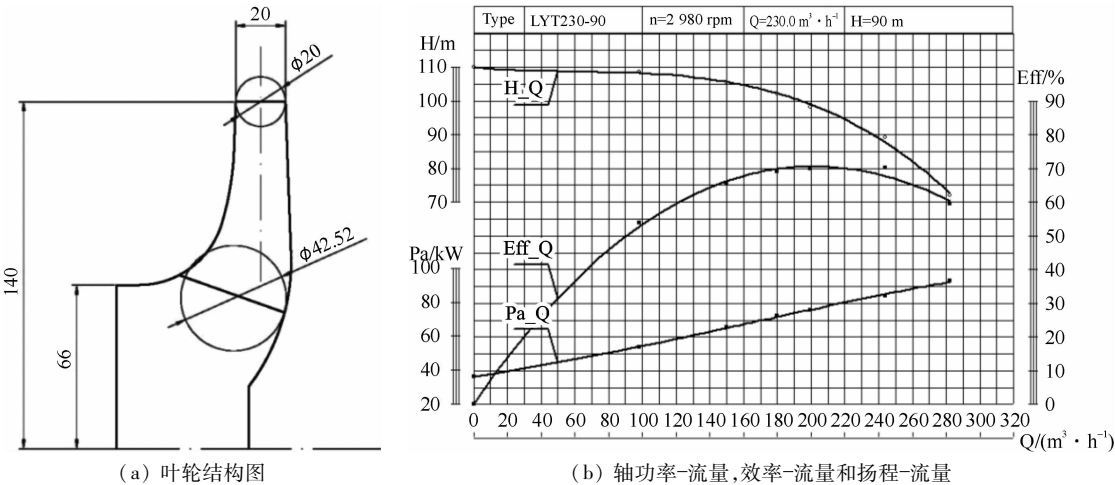


图 4 优化后的叶轮结构图和相关参数-流量曲线图

表 3 优化前后叶轮的关键技术尺寸

	叶轮进口直径 (D_0)	叶轮出口直径 (D_2)	叶轮径向剖面进口节圆直径 (d_1)	叶轮径向剖面出口节圆直径 (d_2)	叶轮出口宽度 (b_2)
改进前	110	275	31.02	15	15
改进后	132	280	42.52	20	20

2.2 电机与泵连接的同心度调整

电机与辅助润滑油泵的连接方式为立式连接, 配套电机的位置较高, 重心较高, 导致运行不稳定。在设备试运行阶段, 采用百分表测量电机与该辅助润滑油泵的同心度, 其结果为 0.2 mm, 不满足国标要求 (同心度不超过 0.1 mm)^[3], 因此, 采用加装稳定销钉的方案进一步加固电机输出轴、辅助润滑油泵的齿轮与连轴器之间的连接, 使其同心度从 0.2 降低到 0.05 mm。

3 工程效果

自 2018 年 12 月 10 日使用至今, 使用情况总结如下:

- 1) 该辅助润滑油泵的运行稳定性更加可靠, 噪音降低 (测量数据 70 dB)。
- 2) 该辅助润滑油泵结构紧凑, 由一台交流电机驱动, 拆装非常方便。
- 3) 该辅助润滑油泵上部由一对推力球轴承定位, 下部由巴氏合金滑动轴承径向辅助支撑。轴承采用输送的润滑油进行润滑、冷却。使用维护极为

方便, 对比原油脂润滑轴承, 无需考虑轴承润滑油脂的消耗、添加等问题, 省去了原来泵维护中添加轴承润滑脂的诸多不便, 同时可延长轴承使用寿命。

4) 该辅助润滑油泵定型后互换性强、不同购买日期的设备都可互换使用。

5) 该辅助润滑油泵在使用过程中对流量做了一次提升改进, 考虑了压气机盘车阻力增加时, 将流量增加了 15% 的富裕量, 目前已基本达到预期效果。

6) 该泵采用先进的验证方法, 获得较高的效率, 从而使得泵的流量提高 15% 后, 配套功率仍然够用。

参考文献:

[1] 章雷申, 郑志强, 陈刚, 等. PG9171E 燃气轮机整缸起吊与调整检修技术[J]. 燃气轮机技术, 2019, 32 (1): 59-62.
[2] 刘孝峰, 邵志祥. 600MW 气轮机辅助润滑油泵设计分析[J]. 上海汽轮机, 2002, 3: 20-23.
[3] 李蕊, 任怡, 沈晓斌. 常见的几种同心度标注对应的测量方法[J]. 煤矿机械, 2013, 34 (4): 152-153.

东电力,2009,37(8):1422-1425.

[5] MEHER-HOMJI C B,BROMLEY A. Gas turbine axial compressor fouling and washing [C]. Proceedings of the Thirty-Third Turbomachinery Symposium. Texas, America: Texas A&M University, College Station,2004:1 63-192.

[6] GULEN S C, GRIFFIN P, RPAOLUCCI S. Real-time on-line performance diagnostics of heavy—duty industrial gas turbines[J]. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power,2002,124(4): 910-921.

[7] 程元,陈坚红,盛德仁,等. 联合循环发电机组燃气轮机水洗策略优化模型研究[J]. 中国电机工程学报,2013,33(26):95-100.

Development of On-line Judgment Program for Offline Washing
and Research on the Optimal Washing Cycle

Ma Wende, Liu Ji

(Dongguan Shenzhen Energy Zhangyang Power Co. ,Ltd, Guangdong Dongguan 523637, China)

Abstract: GE did not give a fixed reference on gas turbine compressor offline water washing, according to the correction curve provided by GE, combined with the compressor efficiency and the compressor polytropic index, optimal washing cycle calculation formula and so on, using the MATLAB software, has developed a comprehensive online judge compressor offline washing application, which can better judge the dirty state of the compressor, and gives the reference value of off-line water washing of compressor from many aspects.

Key words:offline washing; compressor efficiency; polytropic index; optimal washing cycle; application development

(上接第 66 页)

Structural Design and Performance Optimization of
the Auxiliary Lubrication Pump Used for PG9171E Gas Turbine

Lu Guoping¹, Li Qingpu², Zhuang Jian², Zheng Zhiqiang², Chen Gang², Zhang Leishen²

(1. Nanjing Turbine & Electric Machinery (Group) Co. , Ltd. , Nanjing 210037, China;
2. Shanghai Zhabei Power Plant, Shanghai 200438, China)

Abstract: An auxiliary lubrication pump designed and fabricated locally is needed due to its current shortcomings of high cost and high failure rate, which can largely induce the operation cost. In this work, a specialized auxiliary lubrication pump (LYT230-90) used for the gas turbine of Shanghai Zhabei Power Plant has been designed and its quantity of flow has been enhance by 15 percent and the concentricity has been decreased to 0.05mm, which results in a high operating stability.

Key words:gas turbine;auxiliary lubrication pump;structural design; performance optimization