

某海洋石油支持船柴油机增压器喘振分析

王常胜

中海油田服务股份有限公司 广东湛江 524057

摘要: 增压器是现代柴油机提高功率的主要方式。由于增压器高转速, 工作条件恶劣, 容易发生故障, 约占柴油机主要部件故障的20%, 而在增压系统主要的故障就是喘振。本文结合发生在某海洋石油支持船上的增压器喘振情况, 并对喘振的原因进行分析, 提出了在维护和管理中减少船舶柴油机增压器喘振的预防措施。

关键词: 柴油机; 增压器; 喘振; 废气

Surge analysis of diesel supercharger of an offshore oil support ship

Changsheng Wang

China Oilfield Services Co. LTD, Zhanjiang, Guangdong, 524057

Abstract: Supercharger is the main way to improve the power of modern diesel engines. Due to the high speed of the supercharger and poor working conditions, it is prone to failure, accounting for about 20% of the main parts of the diesel engine failure, and the main fault in the supercharging system is surge. In this paper, based on the turbocharger surge on an offshore oil support ship, the reasons of surge are analyzed, and the preventive measures for reducing turbocharger surge in maintenance and management are put forward.

Keywords: Diesel engine; The supercharger; Surging; Waste gas

1 引言

据相关统计数据表明在二冲程柴油机上增压系统故障占柴油机系统故障的47%, 在四冲程柴油机系统故障里占20%。增压器喘振是增压系统故障里面出现最多的故障, 增压器不允许在喘振下工作。当发生喘振时, 压气机叶轮与扩压器叶片都发生强烈的振动, 增压压力显著下降, 有时造成叶片疲劳断裂, 严重时造成增压器损坏。船舶在航行期间, 增压器发生喘振可能是诸多因素共同作用下的结果。因此, 轮机人员必须在提高管理水平, 加强对增压系统管理的同时, 充分了解船舶柴油机增压系统的运行规律及引起喘振的机理, 并采取积极的预防措施和对策, 以保证增压器高效安全的运行。

2 增压系统的基本组成和原理

增压器由废气涡轮和压气机组成, 增压器涡轮运转所需要的驱动功由柴油机排出废气的能量提供。将废气

的压力能经涡轮端的喷嘴节流后, 将内能转化为动能, 驱动由涡轮同轴带动的压气机来压缩空气, 压缩的空气经过空气冷却器冷却后当柴油机工作在进气冲程时送入柴油机气缸, 在气缸内支持燃油燃烧, 推动活塞做功, 向外输出机械功率, 当在排气行程时, 做功后的混合燃气排出, 推动涡轮, 进而保持增压器的连续运转。该支持船上是纯废气涡轮增压器, 其增压系统基本组成如图1所示:

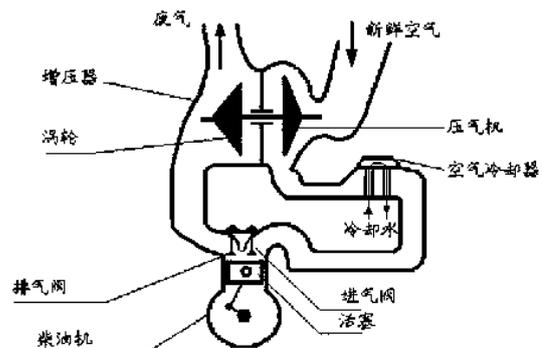


图1 废气涡轮增压系统的组成

2.1 轴流式涡轮

增压器是一个单极的涡轮, 它的喷嘴环和叶轮的流

作者简介: 王常胜 (1988.3-), 男, 汉族, 四川会理, 大学本科, 中海油田服务股份有限公司, 主要研究方向: 轮机管理; 船舶工程。

道均成渐缩型流道。当柴油机气缸内燃油燃烧后由排气阀排出的废气经过喷嘴环由于节流作用后,其压力下降,温度也同时下降,废气的速度增加。在此过程中,实现了废气的部分内能向动能的转化。当废气进入叶片间的通道后,废气继续膨胀,其压力、温度继续下降,流动的气体与叶片相互作用后,作用在叶片上的力形成转动力矩推动涡轮高速旋转。

2.2 离心式压气机

压气机叶轮在同轴涡轮的带动下,与涡轮叶轮一起高速旋转,在压气机叶轮中心的进口处行成一个低压区(且低于大气压力),外界空气在压差的作用下由流道进入压气机的入口(叶轮的进口处)聚集,当新鲜空气沿着叶轮通道进入压气机叶轮后,随压气机叶轮一起高速旋转,在离心力的作用下,新鲜的空气被压缩,同时沿着叶轮通道向外流动,在扩压器和蜗壳中,被压缩空气的速度下降,压力增加,气体的动能转化为内能。

3 增压器喘振的原因分析

该支持船的主机时四冲程中速柴油机,直列型6缸,某日在由湛江基地驶往北部湾油田,遇到大风,且顶风顶流航行,在机舱巡回检查时,发现左主机的增压器有微微的喘息声,发生增压器喘振。发生喘振时各缸的排温如表1所示:

表1 发生喘振时左测1、2#主机各缸的排温温度
单位: °C

位置	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO6
1#主机	365°C	370°C	370°C	380°C	355°C	380°C
2#主机	370°C	360°C	360°C	360°C	370°C	360°C

3.1 流道阻塞

该支持船主机运行时,增压系统的气体流动路线是:压气机进口滤器(毛毡)和消音器→压气机叶轮→压气机扩压器→空气冷却器→柴油机进气口(阀)→排气口(阀)→排气管→废气涡轮喷嘴环→废气涡轮叶轮→烟囱。

若流动路线中任一环节的流道发生堵塞时,如脏污、结碳、变形等,都会使流动阻力增大而有效的通流面积减小使压气机流量减少,均有可能引起喘振。其中容易脏污的部件是压气机进口滤网、压气机叶轮和扩压器、空气冷却器、排气口(阀)、废气涡轮喷嘴环、废气涡轮叶轮。

(1) 空气滤器及进气管道阻塞的影响

当增压器的滤网阻塞,使进气阻力增大,压气机进口的压力降低,当涡轮运行在同样的转速下时,压气机的增压比不变,而出口压力降低,相当于压气机进口处的节流系数增大,导致增压空气的流量减小,柴油机气缸内的燃油的燃烧欠佳,导致涡轮与压气机的功率不平

衡,进而发生增压器喘振。

(2) 空气排气管路及废气气路阻塞空冷器流阻的影响

当压气机的扩压器污阻、空冷器的气侧污阻、涡轮进口栅格污阻、涡轮的喷嘴环污阻、废气涡轮的叶轮及烟囱污阻时,流动阻力增大,会导致气体流动背压升高,流过柴油机压缩空气的流量减小,过量空气系数减小,燃烧恶化,柴油机排烟温度升高,导致增压器喘振。

3.2 非流道阻塞

(1) 柴油机的部件故障引起的增压器喘振

当柴油机的排气阀由于烧蚀等原因有泄漏,活塞环由于过度磨损造成燃油在燃烧时漏气,均会导致燃油燃烧不良,而柴油机燃烧后排出废气的温度较高,即相应进入废气涡轮的能量较高,增压器的转速会与废气能量成比例的升高。而柴油机发出的功率有所下降,四冲程柴油机的通流能力不会升高,有可能伴随柴油机转速下降(柴油机功率下降)而降低,这就导致柴油机需要的空气的流量小于压气机输送出气体的流量,在压气机端形成高背压,而发生喘振。

(2) 柴油机系统不正确的定时引起的增压器喘振

当四冲程柴油机工作时,其排气阀提前开启的角度过大及供油时其提前角过小,均会导致柴油机燃烧后排除废气的能量较正常情况升高,而柴油机获得的做功能力相对于正常情况的有所下降,废气涡轮获得更多的能量,涡轮的转速升高,增压压力上升。柴油机的通流能力却可能保持不变或有所下降,在压气机端形成高背压,而发生喘振。

(3) 喷油器故障引起的增压器喘振

当喷油器由于启阀压力降低、喷油嘴密封不严、喷油嘴高温积碳等原因,均会引起喷油器喷进气缸的燃油雾化不良,使燃油在气缸内的燃烧恶化,造成燃烧后排出废气的温度增高,使涡轮获得更多的废气能量,而柴油机的通流能力不变或有所下降,在增压器压气机端形成高背压,而造成增压器喘振。

(4) 空气冷却器的冷却能力变差引起的增压器喘振

当增压系统的空气冷却器由于水侧使用时间过长,其传热系数减小,对增压后温度相对较高的空气冷却能力变差,增压空气进入柴油机燃烧时的温度可能会高于设计值一个很大量,与燃油燃烧后排除废气的温度也成一定关系的增加,空冷器气侧的污阻是增压器压气机发生喘振的重要原之一。

(5) 环境温度变化的影响

当船舶航行在温度较低的海域时,由于温度较低,空气的密度相对较高,而此时由海底门吸入送至增压器空气冷却器海水的温度也较低,冷却后空气的密度更高,

柴油机工作时过量空气系数更大, 排除废气的温度降低、压力升高, 但其压力升高的影响大于温度降低的影响, 所以涡轮获得更多的能量, 增压器运转的速度升高, 情况恶化时会导致柴油机气缸内的燃烧恶化, 造成气道阻塞引起喘振。

3.3 操作性失误

(1) 加速过快引起的增压器喘振

当柴油机加速时, 进入气缸的喷油量可瞬间随油门推杆的推进而增加, 柴油机气缸内燃油燃烧后排出废气的能量随之增大, 即涡轮获得的能量增大, 增压器转速升高, 增压比也随之升高, 导致增压器压气机的背压升高, 流量相对减小, 造成小流量高背压, 柴油机与增压器在运行中暂时失配, 严重时将会引起增压器喘振。

(2) 减速过快引起的增压器喘振

当柴油机减速时, 喷油量可瞬间随油门推杆的拉回而减小, 柴油机气缸内燃油燃烧后推动活塞做功的能力随之较小, 而由于增压器的转速非常高, 转动惯量大, 不能随柴油机的运转速度下降而同步降低, 此时柴油机的空气消耗量变小, 造成压气机前端高背压, 严重时引起增压器喘振。

(3) 调速器的不正确转速设定引起的增压器喘振

主机采用全制式调速器, 而船舶在大风浪天或者顶风顶流航行时, 船舶前进的阻力增大, 调速器会根据阻力的变化自动推动油门杆, 增加喷油器的供油量, 主机处于高负荷运行状态, 压气机的背压较高, 流量相对较小, 严重时引起增压器喘振;

4 增压器喘振预防措施

该支持船轮增压器发生轻微喘振后, 值班轮机员与值班驾驶员协商后, 减小变距桨的运行螺距, 几分钟后, 观察各缸及排烟总管温度有所下降, 压气机喘息声音消失。在前几次海况较差的航行中, 1#主机的增压器也有轻微的喘息现象, 中午在轮机长的指导下, 打开压气机端清水冲洗阀大概8秒钟左右关闭, 清洗压气机叶轮, 大概运行十五分钟后, 再此清洗压气机叶轮。在达到预定地点抛锚后, 更换了压气机端空气滤网上的毛毡。此后在近几个航次中, 没有出现增压器喘振。基于实践经验有以下措施可预防柴油机增压器喘振:

(1) 对于增压器压气机端空气滤器上的毛毡, 由于受工作环境的影响, 应根据实际外表的脏污情况视情更换, 避免由于污阻而导致进气的阻力过大;

(2) 在正常情况下, 可根据油门的刻度及各缸的排烟温度判断气缸燃油的燃烧情况, 若发现异常, 可从喷油系统、活塞环的密封性、进排气阀是否泄露等方面着手及时查找原因, 排除故障;

(3) 按柴油机的说明, 定期测量排气阀摇臂与其顶

杆之间的间隙值, 若超过正常值时, 应及时调整修正, 确保进排气定时在厂家给定的范围内;

(4) 在柴油机运行时间超过一周后, 要根据厂家建议说明用清水对增压器的涡轮端及压气机端进行水洗;

(5) 在不同的季节, 应根据环境温度调节增压器空气冷却器上的三通阀的开度, 调节进入空气冷却器的冷却水量, 确保扫气的压力及温度在正常的范围内;

(6) 当遇到大风浪天或者顶风顶流等船舶航行阻力较大的情况时, 可根据实际情况适当增大船舶的压载, 减小柴油机转速的设定值, 在运行中减小螺旋桨的螺距, 降低螺旋桨的负荷, 避免柴油机运行在高负荷低转速状态;

(7) 在柴油机变工况时, 应避免启动时加负荷过快和柴油机运行在高负荷时突降油门减到0刻度突然停车;

(8) 正常航行时应限制油门开度, 不使其超过额定位置, 为防止超负荷运行;

(9) 当船舶在夏季且在高温海域航行时, 如果机舱温度过高, 机舱应加强通风;

(10) 当有喘振发生时, 可以根据增压器喘振分析故障树, 综合分析, 进而排除故障。

5 结论

船舶在航行中的增压系统中流道阻塞、非流道阻塞、操作失误等因素都会引起增压器喘振裕量的变化, 增压器喘振有可能不仅仅是单一因素引起, 影响增压器喘振裕量的各因素之间也相互影响。当有喘振现象发生时, 可以根据增压器喘振分析故障树, 结合此时增压系统里相关的运行参数及热力参数综合分析判断, 逐一排查找出引起喘振的原因, 及时采取恰当的处理措施, 避免损坏增压器。在四冲程柴油机增压器发生喘振主要是由于增压系统的流道阻塞引起。所以在平时工作中, 确保增压器运行时不要进入增压器发生喘振的运行区, 提高轮机人员管理水平, 加强轮机管理是关键, 是保证增压器高效运行的重点所在。

参考文献:

- [1] 黄少竹. 现代船舶柴油机故障分析[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2005.20.
- [2] 夏治发, 刘超, 蒋祖星. MAK8M435C型主机增压器喘振及故障排除过程[J]. 航海技术, 2002(03): 48-49.
- [3] 顾宣炎, 缪敏. 2160kW海洋拖船操车不当引发的主机增压器严重喘振的分析[J]. 航海技术, 2001(04): 47-49.
- [4] 李可顺, 孙培廷, 常东晓. 环境条件对船舶柴油机涡轮增压器性能的影响[J]. 世界海运, 2004(06): 48-49.
- [5] Eric Wiklund and Claes Forssman. Bypass Valve Modeling and Surge Control for turbocharged SI engines[D]. Linköping university's master's thesis, 2005.42 ~ 43.