

# MANK6Z 柴油机增压器喘振故障与对策

宁波海运(集团)总公司 蒋国光

**[内容提要]** 此文分析船舶主机 MANK6Z57/80 增压器喘振发生的原因, 提出避开压气机喘振的相应措施。

**关键词:** 柴油机 增压器 喘振 对策

## 1 引言

(1) 目前, 船舶大型低速二冲程柴油机采用废气涡轮增压器来提高柴油机的进气压力, 通过中间冷却器的水冷却, 使进入柴油机气缸的空气密度增加, 从而可以增加喷入气缸的燃油, 以提高输出功率, 降低发动机单位马力重量和尺寸以及主机油耗。同时, 随着柴油主机使用年龄的增长和燃用劣质燃油, 增压器系统故障也大大提高, 如喘振。

(2) 宁波海运集团公司有一艘多用途集装箱船, 主机型号: MANK6Z57/80F, 标定功率  $P_e = 5400\text{HP}$  (约  $4000\text{kW}$ ), 额定转速  $N_b = 225\text{r/min}$ , 常用转速  $N = 195\text{r/min}$ , 正常扫气压力  $P_k = 0.048\text{MPa}$ , 正常增压器转速  $N_{\text{No.1.2}} = 10000\text{r/min}$ 。主机增压系统采用两台增压器定压增压后与其中三缸活塞增压泵并联供气。如图(1)

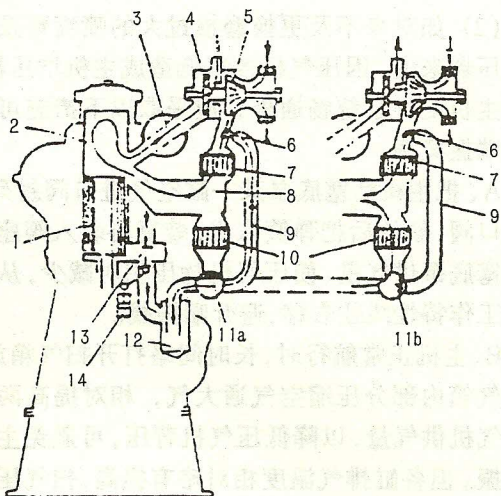


图1 KSZ型并联喷射系统

1-活塞; 2-气缸; 3-排气管; 4-废气涡轮; 5-压气机; 6-喷嘴; 7-冷却器; 8-扫气箱; 9-喷管; 11-转换滑阀; 12-油气分离器; 13-活塞下部增压泵; 14-关闭机构

前几年, 该船航行于宁波北仑港至日本、香港航线。主机柴油机曾一段时间常常出现增压器压气机喘振现象, 导致柴油机工作不正常。当时采取拆卸、清洗、检测增压器部件和空冷器部件, 但重新装妥以上部件运行一段时间后就会再次出现喘振。对此, 公司、船舶上下管理人员费了神, 出了许多力仍感头痛、麻烦。

## 2 压气机喘振情况及喘振故障分析

### 2.1 压气机喘振情况

该轮柴油主机是一台原东德制造的已有二十多年的老龄机, 其增压系统由两台 VTR400 增压器和 No.1.2&3 缸活塞下部增压泵组成 (如图1)。主机低速运行时, 增压系统采用串联工作; 由活塞泵排出压缩空气分别进入两台压气机排出口, 进中冷器后进入扫气箱。主机正常运行时, 增压系统并联工作, 上述活塞泵和压气机排出的压缩空气经各自中冷器冷却后进入扫气箱。船正常航行时, 如遇大风浪或满舵操作时, 增压器突然出现“呼哧”、“呼哧”咆哮声, 一旦一台增压器喘振, 引起另一台增压器喘振概率较多。喘振时, 主机扫气压力下降, 各缸排气温度急剧上升, 两台增压器转速大大下降并忽高忽低。增压器发生喘振后, 主机增压器系统串并联转换相当难。在船检修时, 发现排气管中废气涡轮进口前燃气滤网被断环和燃烧氧化产物脏堵, 空冷器气侧油污和进水侧海生物受堵严重; 发现个别缸活塞环磨损偏大及其中一缸活塞环断裂迹象; 发现两台废气涡轮增压器喷嘴环及转子叶片磨损过大。上述一种因素作用或所有因素共同作用, 均有诱发增压器压气机喘振的可能。

### 2.2 喘振故障分析

(1) 在定压增压器系统中, 主机 No.1.2&3 及 4.5&6 各三缸废气排入同一个废气总管, 在总管通向涡轮前各有一只废气滤网。由于年久活塞断环及燃油燃烧后氧化物阻塞该滤网小孔, 由原  $\phi 8\text{mm}$  小孔变为  $\phi 5\sim 6\text{mm}$  小孔, 甚至有的小孔全部被断环阻塞。这样该滤网流通面积大大减少, 一方面使高压高温燃气进涡轮前产生节流, 降压降速, 使推动转子旋转的废气定压能及脉冲能下降; 另一方面各缸废气排出不畅, 这不但促使增压器压气机排出的扫气空气背压升高、压气机供出的流量相对减少: 由  $Q_1$  变为  $Q_2$ , 使压气机工作特性线往左上角移, 增加喘振的可能性。(如图2)

(2) 个别缸活塞环过度磨损或断环, 易造成该缸燃气下窜, 诱发扫气箱着火。上述高温、高压燃气混入扫气箱后使扫气压力偏高, 扫气温度升高, 气缸内残余废

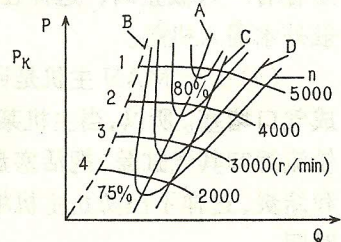
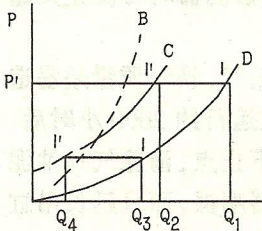


图2 并联增压系统的工作特性线 图3 离心式压气机的特性曲线



气含量增加,使增压器转速升高,但增压器效率相对下降,压气机运行工作点往该曲线左上角移动,喘振裕量减少。(如图3)

(3) 由于柴油机使用年久,废气涡轮增压环及转子叶片遭受断裂活塞环碎片打击和燃油燃烧后个别氧化物腐蚀,使喷嘴环变形和磨损,喷嘴环流通截面增大和转子叶片半径及叶片有效截面积减少,导致涡轮废气能量利用率下降,压气机效率下降,使增压器压气机工作点接近喘振线B。另外,由于本轮主机正常航行时增压系统采用并联工作,柴油机各缸所需要的空气量是增压器和活塞泵二者排量之和(图2中)。图C为增压器压气机进气特性线,D为柴油机进气特性线。所以柴油机正常航行工作时,活塞泵排量为 $Q_1-Q_2$ 。当我轮从宁波开往日本横滨时遇日本海黑潮(顺流)作用,车速从195r/min增加到200r/min时,扫气压迅速提高,主机增压器发生喘振。由图2可知:在主机供油量不变时,因增压器效率低,主机快速增速,活塞泵供气 $Q_1-Q_2$ 迅速增加,把已近喘振线的压气机工作点被挤压进入喘振区。

### 3 对策

#### 3.1 系统流道畅通措施

(1) 岁修时,打开废气排气总管,取出各缸活塞断环,防止断环堵塞废气涡轮进口滤网。并把该滤网拆卸,用 $\phi 8\text{mm}$ 钻头打通各眼子,滤网内、外四周用钢丝刷刷去结垢的氧化物。

(2) 在对增压器定期拆卸、检查、保养时,尤其应对喷嘴环涡壳燃气侧燃烧沉积物清除。平时主机每运行100小时,用UNITOR中冷器清洗剂稀释成30%的浓度对压气机端定期冲洗,船抵港时定期打开中冷器气侧刀门,用压缩空气喷漆枪,把已释成30%UNITOR中冷器清洗剂冲洗气侧,同时接受热水柜热水水管,热水同时冲洗,效果很好。

(3) 由于本轮航行区域海生物较多,中冷器进口铜管很易发生堵塞。主机扫气温度每下降 $1^\circ\text{C}$ ,主机各缸排气温度相应可下降 $4^\circ\text{C}$ 。为了提高增压空气密度和增压器效率,防止压气机喘振,保证中冷器一定的冷却流量是很必要的。为此,在每只中冷器海水进口管前各装一只一定容量滤器,滤网孔眼10mm左右,最好滤器前后各有一只截止阀,这样在清洗该滤器时可防止大量舷外水漏入机舱。

(4) 由于MAN主机是回流扫气,换气质量差易造成气口堵塞。所以,当主机某一缸运行约2000小时后,轮流拆卸其气缸盖,把活塞盘到下止点,清除气口油泥和结炭,这样不但防止主机增压器喘振,而且延长吊缸时间。

(5) 对废气燃油两用锅炉,过去由水蒸汽吹灰改为

现在投药吹灰。本轮在年度修理时,装了一只用压缩空气作动力UNITOR吹灰筒,容量似普通热水瓶大,筒底部装进出阀各一只,筒上部盖为普通滤器盖。每半月投UNITOR烟灰松散剂一次,把废气锅炉烟管壁难以清除的烟灰都随主机排出废气一道带出烟囱,一方面提高废气锅炉热效率,消除因天冷蒸汽不足缺陷,另一方面减少主机增压器排气背压,提高了废气涡轮增压器压气机的工作效率。

#### 3.2 减少活塞环磨损和防止活塞环窜气措施

(1) 发现个别缸活塞环磨损严重或当活塞有一根气环断裂时,及时吊缸检修,更换不合格气环,同时多检查气缸润滑油分布状况,分次调节气缸油注油量到理想的值。因注油量过大,会引起气口堵塞,活塞环粘结、断环故障。

(2) 对发现个别活塞与气缸或活塞头与活塞裙部中心线不准确,引起活塞环偏心,需把该活塞吊车间上车床测量,然后再修复到正常值。以减少气环与缸套磨损,防止环断裂和窜气。

#### 3.3 对增压器喷嘴环及转子叶片磨损过大的措施

(1) 最理想的是对磨损过大的增压器喷嘴环及转子叶片进行换新,以提高压气机工作效率,使其工作特性曲线偏离喘振线。转子叶片更换后,需对转子进行动平衡试验,装配时需认真测量L、M、K值。

(2) 如对来不及更换磨损过大的喷嘴环及转子叶片增压器来说,因压气机效率低造成主机增压器喘振,除了主机配气系统畅通外,应采取以下措施可减少增压器喘振概率:

A、把主机活塞底泵某一缸空气进口阀封死,拆卸该进口阀,解体后把弹簧取出,装复再装入阀座。以减少活塞底泵供气量,使压气机背压相对减少,从而使压气机工作特性线往右移,避开喘振线。

B、主机正常航行时,长时间略打开扫气箱放气阀,让扫气箱内部分压缩空气通大气,相对提高两台增压器压气机供气量,以降低压气机背压,可避免主机增压器喘振。但各缸排气温度相对略有提高,扫气压力略有下降。

### 4 结束语

柴油机增压器压气机喘振是压气机的固有特性。增压系统中气体经过的以下十大环节:空气滤网、压气机、中冷器、扫气箱、进气口、排气管、废气涡轮、废气锅炉、烟囱,只要以上某一环节出现故障或变化造成涡轮增压器与柴油机匹配不良,都有可能引起压气机喘振。上述几种排除喘振的方法,只不过是我们在实践中应用而已。

#### 参考文献

- 1 杜荣铭,钱天社.船舶柴油机.大连海运学院出版社.1992.12.