

海上平台燃气发动机的故障分析与处理

高峰

(中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300452)

摘要: 燃气发动机作为压缩机的驱动设备,近些年在海上平台得到了一定的应用,但是在海上恶劣的环境下,出现了各种各样的问题,本文通过对燃气发动机故障停机的原因进行统计和分析,找出了导致燃气发动机爆震停机的几个主要原因,大胆提出了降低燃气发动机爆震停机的几种方法,并通过对比论证的方法,在逐步落实了各项措施后,用数据进行总结分析,验证了降低燃气发动机爆震停机次数的几种方法是可靠的,解决了由于燃气发动机频繁爆震导致压缩机停机,天然气无法正常外输的问题。

关键词: 海上平台; 发动机; 爆震; 燃气

0 引言

近些年来,随着海上天然气开采的不断深入,为了提高海上天然气的有效利用率,减少天然气的放空带来的环境污染,燃气发动机在海上平台得到了广泛的应用,但是由于海上高温、高湿的环境特点,导致某平台在应用燃气发动机驱动压缩机外输天然气的过程中,出现了燃气发动机频繁爆震停机的现象,影响了天然气的正常外输,特别是在冬季天然气保供期间,给陆地居民的用气带来了非常大的困扰,也严重影响了现场工作人员的精神状态和工作状态。

1 燃气发动机的工作原理

少量的燃料气和空气以一定的比例在预燃室内混合,当发动机控制模块(ECM)在适当的时间向每个点火变压器的初级线圈发送大约 108 伏的一个脉冲,并维持适当的持续时间。变压器升压,在火花塞电极间产生一个火花。预燃室内的混合气体被点燃,燃烧的火焰在发动机的吸气冲程被吸入气缸内,引燃气缸内的混合气体,高温高压的气体作用于活塞顶部,推动活塞作往复直线运动,通过连杆、曲轴飞轮机构对外输出机械能。燃气机在进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程内完成一个工作循环。

2 燃气发动机的系统组成

燃气发动机的主要系统组成包括:

2.1 电子控制系统

发动机的电子控制系统主要由发动机控制模块(ECM)控制,它监视从传感器来的各种输入信号以便在合适的水平上促动继电器,电磁阀等。

2.2 发动机监测系统

发动机通过电子控制模块(ECM)监测发动机的工作参数。如果一个特定的发动机参数超出能被接受的范围,ECM将发出警告或关停。

2.3 点火系统

每个气缸有一个点火变压器。为了点燃,发动机控制模块(ECM)在适当的时间向每个点火变压器的初级线圈发送大约 108 伏的一个脉冲,并维持适当的持续时间。变压器升压,在火花塞电极间产生一个火花。

2.4 燃料系统

气体通过气体关断阀流入燃料控制阀,每个气缸有一个气体管路。大部分气体通过气体管路、孔和气体进入阀流入到气缸的进气口,燃烧所必须的空气进气也流入进气口,气体和燃

烧空气通过进气口和进气门的开口流到气缸主燃烧室。每个气缸有一个较小的气体管,余下的气体流经较小的气体管。

2.5 进排气系统

由压机机叶轮通过空气进口吸入到涡轮增压器压气机的空气滤清器清洁空气进气,空气被压缩并被强制通过阻风门,空气流经后冷器。在空气进入空气腔前,后冷器降低压缩空气的温度,空气进入到气缸盖的空气进口。

2.6 润滑系统

发动机通过机带泵将润滑油泵入各个部位。

2.7 冷却系统

发动机有两个冷却系统。水套水系统冷却气缸体、气缸盖和涡轮增压器。分开的系统冷却后冷器和发动机机油冷却器。

2.8 空气起动系统

空气起动马达用足够的转速来转动发动机飞轮,以便起动发动机。

2.9 电气系统

电气系统是一个 24VDC 系统。电气系统具有两个分开的电路,这两个电路是充电电路和起动电路。

3 燃气发动机故障停机的原因分析

根据现场调研情况,影响燃气发动机爆震故障停机的因素有如下几个方面:空气进气温度;火花塞损坏;点火提前角;空气进气量。下面分别对以上四个因素进行分析。

3.1 空气进气温度的影响分析

环境温度直接影响燃气发动机空气进气温度,根据设备运行点检报表,每年 10 月至次年 4 月,空气进气温度在 35℃~50℃之间。5 月至 9 月空气进气温度在 50℃~70℃之间。查阅天然气燃烧的条件和厂家技术资料可知,空气进气温度一旦超过 50℃,燃气发动机爆震停机的几率呈迅速上升趋势。

3.2 火花塞损坏的影响分析

对故障停机后的火花塞情况进行检查,发现 75% 以上故障停机都伴有火花塞损坏的现象,多数情况下只是其中 1 个火花塞损坏,其余 7 个火花塞却完好无损,工况良好。这就好比一个木桶理论,其中的一个短板影响了整体效果。分析得知,由于 8 个火花塞的生命周期不同步,导致火花塞损坏进而引起爆震停机。

火花塞作为燃气发动机点火装置的心脏,其在发动机的稳定运行中的作用不言而喻,通过统计 2016 年 4 月至 2016 年 10 月共 7 个月的时间里,三台机组爆震停机故障中火花塞

损坏的数据，如表 1 所示。从表 1 中可知 85% 以上的爆震停机是由于 8 个火花塞中的 1 个出现故障导致的，而其他 7 个完好无损。这就充分说明 8 个火花塞在使用上的生命周期彼此错位，没有处在同生命周期。因此认定火花塞损坏是造成爆震停机的次要因素。

表 1 火花塞损坏情况统计表

火花塞损坏个数	1	2	3	3 以上
A 机	58	6	2	1
B 机	50	5	2	2
C 机	63	9	3	1

3.3 点火提前角的影响分析

对于多缸燃气发动机点火提前角的规律，为了使活塞在压缩上止点结束后，一进入动力冲程能立即获得动力，通常都会在活塞达到上止点前提前点火。而对于过于提前的点火会使得活塞还在压缩行程时，大部分油气已经燃烧，此时未燃烧的油气会承受极大的压力自燃，而造成爆震。

3.4 空燃比不正确

过于稀薄的燃料空气混合比，会使得燃烧温度提高，而燃烧温度提高会造成发动机温度提升，当然容易爆震。

3.5 空气进气量的影响

由于空气进气滤器脏堵或者环境风向的影响，可导致机组进气量不均衡不稳定，空气进气不充分导致发动机爆震停机。

4 制定改善措施

通过增加板式换热器板片从而增加换热面积，降低空气进气温度：

2017 年 5 月开始对 A/C 机板式换热器增加板片；

对发动机冷却系统进行充分的排空，对发动机内部流道进行物理冲刷及清洁；

对板式换热器附属蝶阀及管线进行清洁维保；

对板式换热器板片逐片进行清洁、检查，发现存在变形或不能继续使用的予以更换；

在板片回装时增加板片数量，由原先的 53 片增加至 59 片，换热量增加了 10%；

提高板式换热器内部流道清洗频次，每年夏季的清洗频次由 1 次增加到 2 次，使空气进气温度长期保持在较低水平。

2017 年 5 月增加板式换热器板片时，对 A/C 机各板片进行一次清洗；

2017 年 8 月对 A/C 机板式换热器板片进行第二次清洗；

同一时间对 A/C 机火花塞进行更换及清洁维保，确保火花塞同生命周期。

火花塞使用时间按照 1000 小时计算，到下次 1000 小时维保时进行统一更换；

一次更换下来的火花塞统一清洁维保，检查火花塞工况，对于明显劣于其他火花塞的直接淘汰，保留下来的火花塞留作备用；

火花塞连续使用超过 4000 小时，进行统一报废。

5 措施效果检验

通过对设备运行工况进行数据记录、统计，如表 2 所示。

三台机组以 1 个月时间为周期的平均空气进气温度数据统计如下（单位：℃）：

2017 年 4 月在对 A/C 机统一进行火花塞更换后，单次

表 2 空气进气温度统计表（A/C 为实验组，B 为对照组）

时间	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
A 机	52.7	55.9	62.7	54.3	60.8	58.9
B 机	60.7	65.8	71.5	65.3	69.2	66.8
C 机	51.4	53.9	58.7	52.6	60.3	57.4

表 3 调整后火花塞损坏统计表（A/C 为实验组，B 为对照组）

火花塞损坏个数	1	2	3	3 以上
A 机	26	11	3	2
B 机	45	3	2	1
C 机	28	17	4	1

爆震停机故障中火花塞损坏情况统计，如表 3 所示。

整体措施落实后，从 2017 年 4 月开始对三台机组故障停机次数进行了统计跟踪和分析，如图所示。

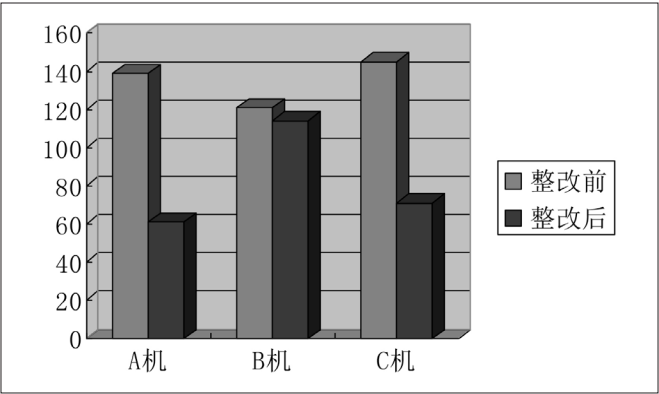


图 整改前后三台机组爆震停机次数对比

通过项目实施前后两个时间段停机总次数、爆震停机次数、爆震停机占总停机次数占比三个数据进行分析得到如下结论：实验组 A/C 机组在施行整改措施后，爆震停机次数占比从 58% 左右降至 35% 左右，在同时段，对照组 B 机爆震停机次数占比整体未有明显变化从 58.45% 略降至 56.16%，从对照机组中可以看出，机组自身以及环境对机组爆震停机的影响较小，可以排除干扰，整改措施达到了预期的作用，取得了良好的成效。

6 结语

通过此次项目的实施，极大地降低了燃气发动机空气进气温度的数值，降低了由于单个火花塞损坏导致的频繁故障停机，改善了机组运行工况。

参考文献：

[1] 叶庆凡, 吴建平. 燃气发动机转速波动原因分析及处理探索 [J]. 化工管理, 2018(22):140-141.

[2] 吴田海, 熊学, 范忠, 等. 天然气压缩机组用燃气发动机故障的诊断方法探索 [J]. 区域治理, 2019,000(004):217.

[3] 麦志龙. 燃气轮机运行故障分析及排除措施分析 [J]. 内燃机与配件, 2019,298(22):106-107.

[4] 殷高飞. 9E 燃气轮机运行故障的分析与处理 [J]. 内燃机与配件, 2020,000(001):131-132.

作者简介：高峰（1986.01-），男，汉族，黑龙江海伦人，本科，工程师，研究方向：机械设备的管理与维修。