

第十一章 柴油机的常见故障及应急处理

第一节 运转中发生故障时的处理原则及分析判断

船舶经常在海上航行,有时还会遇到复杂的航区及恶劣的气象条件,若此时柴油机一旦发生故障或因处理不当而影响到柴油机的正常运行,那是相当危险的。

柴油机在运转中,往往会出现这样或那样的故障。有的故障,很容易就可以发现并能迅速排除。但事实上,有许多故障并不是一下子就排除得了的。要准确地判断出故障的确切原因,有时还得认真地进行分析,尤其是有些故障本身就是由若干原因造成的。

柴油机在运转中如果突然发生故障,管理人员应视故障的性质和后果的危险性以及该机能否替代而采取不同的应急措施。如果认为继续运行下去,会引发更严重的事故(如主机润滑系统油路压力突然下降至零)或会威胁人身安全时,必须采取果断措施,立即停车处理。但如遇特殊情况(如海区环境,气象条件等),不允许停机检修,暂时也不会酿成机损事故时,就应设法先保证柴油机能继续运转,待船舶到达安全地带,再进行检查修理。

在分析判断柴油机故障时,为了准确地找出发故障的部位及原因,轮机管理人员必须对柴油机的结构及其系统十分清楚。同时还要有丰富的和正确的感性材料,如近期的运行情况、拆检修理情况及零件的更换情况等等。在分析过程中,应把所掌握的材料综合地加以研究,逐步地由浅入深,由表及里,由简单至复杂,把真正的原因揭示出来。这样才能做出迅速、准确的判断和处理。船员们在生产实践过程中,积累了丰富的经验,总结出处理故障的几个原则,对生产实践有一定的指导意义。现将这些原则归纳如下:

(1)发生故障后,首先要采取应急措施,然后才分析研究原因,以防止故障进一步扩大。

(2)在没弄清故障原因之前,不能随意乱拆机器,以免因无谓的拆装而延误排除故障的时间或因拆装不当而造成新的或引起更大的故障。

(3)在分析排除故障的过程中,应先外后内(即先从外部的原因找起,然后才分析内部原因);先系统后机械;先运动机件,后固定机件等。并结合柴油机的历史情况进行判断。

(4)在排除故障后进行启动时,应先盘车,后启动运转。

第二节 各种应急情况下的操作和管理

一、封缸运行

柴油机运行中若一个或一个以上的气缸发生故障而一时无法修复,此时可采取停止故障气缸运转的措施,即封缸运行。根据我国船规的规定,六缸以下柴油机应能保证在停掉一个气缸的情况下继续运转;六缸以上者应能保证在停掉两个气缸的情况下继续运转。

(一)封缸运行的三种情况及措施

1. 停止该缸供油发火

如果有一个气缸发生故障,如喷射系统故障,气阀咬死,气缸漏气等,这些故障只有使该气工不能发火而运动部件仍可运转。在此情况下,根据柴油机的具体情况可提起喷油泵滚轮,使喷油泵不工作,避免造成喷油泵偶件干磨而咬死。此种封缸亦称减缸运行或停缸运行。在停E喷油的同时还应将排气阀锁定在开启位置,以减少活塞消耗的压缩功。

2. 活塞组件拆出,十字头和连杆留在机内

如果是活塞或气缸损坏而无法修复使用,但连杆和十字头尚能正常工作,则必须拆掉活塞组件(含填料函),并采取下列措施:

(1)提起喷油泵滚轮,停止泵油;

(2)弯流扫气者用专用工具封住气缸套排气口,直流扫气者或四冲程柴油机将气阀锁住在正常关闭位置;

(3)用专用工具封住活塞杆填料函盖;

(4)在十字头上安装专用封盖;

(5)封闭活塞冷却系统。

(6)拆下气缸起动阀控制空气管并封住;

(7)关闭该缸气缸冷却水的进、出口阀;

(8)该缸气缸油注油量减至最少;

(9)活塞组件拆除后重新安装气缸盖。

3. 活塞、连杆和十字头全部拆出

如果连杆、十字头或导板严重损坏 ,轴承损坏 ,则需拆除全部运动部件。此时除采取上述二种措施外 ,还需采取下列措施 :

- (1) 用夹具封闭曲柄销上的油孔 ;
- (2) 封闭十字头润滑系统。

(二) 封缸运行的应急处理

封缸运行时应酌情降低柴油机的运行转速 ,可按以下原则选择适宜的转速维持航行 :

- (1) 各缸排气温度不允许超过标定值 ;
- (2) 废气涡轮增压器不发生喘振 ;
- (3) 船体或机体不发生异常振动。

在机动操纵时如发生起动困难(被封气缸恰好处于启动位置) ,可先向相反转向短促起动下使曲轴改变位置 ,然后再换向起动。此外亦应向驾驶室说明 ,尽量减少起动次数。

二、停增压器运转

柴油机运转中如增压器损坏(如轴承烧毁 ,叶片断裂等)而无法修复 ,则柴油机应转入停增压器紧急运转。此时应对故障增压器进行技术处理(如锁住转轴或吊出转轴) ,同时尽快使柴机恢复运转。

(一) 四冲程柴油机的停增压器运行

四冲程柴油机停增压器运行时相当于非增压柴油机。此时依靠活塞的吸排作用 ,仍可完换气过程 ,因而柴油机尚可运转 ,但因其气缸充气量大幅度降低 ,而且有关定时也不适应非压工作 ,因而其运转功率和转速会明显降低。如某四冲程柴油机其标定功率 $P_b = 820.3 \text{ kW}$,定转速 $n_b = 750 \text{ r/min}$,标定有效耗油率 $g_e = 221.3 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$,停增压器后运转允许的最大转速为 390 r/min ,运转功率降为 138 kW ,有效耗油率增至 $407.7 \text{ S/(kW} \cdot \text{h)}$ 。

如需长期运转 ,则应增大压缩比提高压缩压力以降低排气温度 ,适当调整气阀定时 ,减小进排气重叠角以免废气倒流 ,适当减少气阀间隙以免阀杆撞击。

(二) 二冲程柴油机的停增压器运行

当二冲程柴油机停增压器运行时 ,本身无法完成换气过程 ,因而无法运转。此时为使柴油机能够运转必须采取应急措施。此应急随机型不同而异。如 Sulzer RTA 和

MAN - B&WL - MC 机型采取的应急措施是：

- (1) 起动电动辅助鼓风机(该机型为定压增压系统,设有电动辅助鼓风机);
- (2) 使用专用工具将增压器转轴两端固定,如应急运转时间很长,则应抽出转子并用专用盖板封住增压器壳体两端;
- (3) 从排气旁通管上拆上封闭盲板,使排气旁通到烟囱。

柴油机应急运行时的参数限制：

根据电动鼓风机功率的大小,柴油机最高可在 25% 输出功率,63% 标定转速和 40% 标定平均有效压力下运转。按照常规,柴油机的运转功率尚需根据排气温度,排气颜色和运转情况酌情降速运转。

对于复合增压系统(如串联,并联,串联旁通等)它们不设电动应急或电动辅助鼓风机。当增压器损坏时应将扫气箱盖板打开,以便扫气泵直接从机舱内吸气。

三、拉缸

(一)拉缸现象

拉缸指活塞环或活塞裙与气缸套之间直接接触,由两者相对运动表面的相互作用而发生的表面损伤,划痕甚至咬死。此种损伤按照程度不同可分为划伤,拉缸和咬缸,在广义上统称为拉缸。

通常,活塞环与缸套之间的拉缸限于运转初期,即台架试验,试航和开航初期,一旦磨合完毕之后几乎不再发生此种拉缸。而活塞裙与缸套之间的拉缸,往往发生在磨合完毕后稳定运转的数千小时内。

拉缸损伤的机理过程大多是由于滑动表面的润滑油膜受到局部破坏,使运动表面的突起部分首先产生金属接触干摩擦。然后局部出现微小的“熔着”现象,而熔着部位由于相对运动而被撕裂,在金属表面形成硬化层。当此硬化层破坏时,产生的金属颗粒将成为加剧磨损的磨料。在出现熔着磨损的过程中,活塞与气缸表面出现沿气缸中心线方向的磨痕,即拉缸现象。严重时滑动部位完全粘着或卡住甚至会在两个表面的薄弱部位产生裂纹,即“咬缸”。

(二)拉缸的原因

拉缸的原因十分复杂,既有设计,制造与装配上的原因,也有运转管理中的原因。以下主要介绍运行管理中的原因。

1. 气缸润滑不良

气缸润滑油不足或供油中断,使活塞与气缸套过热而过度膨胀,失去原来正常间隙而拉缸。其主要原因有:注油量过小;注油管堵塞;注油接头漏油;气缸套注油孔或油槽堵塞;注油器故障;气缸油品种不当或变质;四种程柴油机的刮油环刮油效果过

强。

2. 磨合不良

磨合时应遵循磨合规范进行。既应加速磨合又应防止拉缸。通常 ,应注意以下几方面问题 :

- (1)磨合期应适当加大气缸油注油量 ;
- (2)活塞环换新后应先在低负荷运转一段时间 ;
- (3)活塞与缸套换新后应先进行磨合再加大负荷。

3. 冷却不良

原因有 :

- (1)冷却水泵排出压力不足 ,供水不足或中断 ;
- (2)冷却水腔锈蚀或脏污 ;
- (3)水中含有大量空气积存在冷却腔内没有排出 ;
- (4)水质太脏 ,水温太高。

4 活塞环断裂

原因有 :

- (1)活塞环搭口间隙过小 ;
- (2)活塞环天地间隙过小使活塞环卡死 ;
- (3)积炭太多使活塞环粘结在环槽内失去弹性 ,气缸漏气 ;
- (4)活塞环搭口间隙太大漏气严重。

5. 燃用劣质燃油

燃用劣质燃油后将造成由不完全燃烧而产生过多的积炭或因燃烧不良使排气温度升高。

6. 长期超负荷运转

超负荷运转使气缸热负荷增加 ,燃烧室部件发生过热膨胀 ,破坏了原有的正常间隙等。

另外 ,活塞装置对中不良也是原因之一。

(三)拉缸前的征兆

- (1)气缸冷却水出口温度和活塞冷却液出口温度增高 ;
- (2)气缸内出现活塞与气缸壁的干摩擦异常响声 ;
- (3)该缸活塞越过上止点位置时将发生敲击声 ,此时柴油机转速会迅速下降或自行停车 ;
- (4)曲轴箱和扫气箱温度升高 ,甚至有烟气冒出。

(四)拉缸时的应急处理

(1)早期发现拉缸时应首先加大气缸滑油注油量。如过热现象没有改变,可采取单缸停油,降低转速,加强活塞冷却等措施,直到过热消除为止。

(2)当发现拉缸时,必须迅速降低转速,然后停车。继续活塞冷却,同时进行盘车。但此时切勿加强气缸冷却,否则使拉缸加剧,使事故更加恶化。

(3)如因活塞咬死的情况比较严重时,可向气缸内注入煤油,待活塞冷却后盘车。如活塞仍不能动作时,可将起吊螺栓装在活塞顶上用吊车吊出活塞。起吊时应边注入煤油,边用软金属敲打活塞顶,慢慢吊出活塞,防止起吊螺栓拉断或起吊螺孔拉坏。

(4)吊缸检查时,应将活塞与缸套表面上的拉痕用油石仔细磨平。若活塞和缸套损坏严重,应予以换新。

(5)活塞装复时,必须仔细检查气缸上的各注油孔注油是否正常。若活塞和气缸套换新,则在装复后应进行磨合,磨合时应从低负荷开始逐渐地加负荷并连续运转。

(6)如拉缸事故不能修复或不允许修复时,可采取封缸方法继续运行。

四、敲缸

(一)敲缸现象及分类

柴油机在运行中产生有规律性的不正常异响或敲击声,这种现象称为敲缸。

敲缸常分为燃烧敲缸和机械敲缸。由于燃烧方面的原因在上止点发出尖锐的敲击声称为燃烧敲缸或热敲缸。在发生燃烧敲缸现象时,若继续运行,则发动机的最高燃烧压力异常地增高,各部件的机械负荷增大,在冲击力的作用下,运动部件会过快地磨损,并导致损坏。因运动部件和轴承间隙不正常所引起的钝重的敲击声或磨擦声,其特征是发生在活塞的上下止点部位或越过下止点时,这种现象称为机械敲缸或冷敲缸。

区别燃烧敲缸和机械敲缸的方法是:如果是燃烧敲缸,则采取降速或切断该缸供油时,敲击声音即应消除。如敲击声不能消除,则可能是机械敲缸所造成,可用听诊棒检查敲击声发生的部位。

(二)敲缸的原因

1. 燃烧敲缸的原因

(1)燃油喷射时间过早,使平均压力升高率和最高爆发压力过高;

(2)喷油器的喷嘴针阀在开启位置卡住发生漏油;

(3)喷油器弹簧断裂而漏油;

(4)喷油器弹簧松动,启阀压力下降,喷油提前;

- (5) 该缸超负荷运转, 喷油量过大;
- (6) 所用燃油的燃烧性能差, 发火滞后。

上述燃烧敲缸除用切断供油和听其敲击声来判别外, 也可采用测取示功图检查燃烧状况和 P_{max} 来断定。

2. 机械敲缸的原因

气缸上部机械敲缸的原因有:

- (1) 第一道活塞环碰到气缸套上部的磨台;
- (2) 活塞连杆中心线与曲轴中心线不垂直, 使活塞有倾斜运动;
- (3) 曲柄销轴承的编磨损引起活塞敲击声。

气缸中部敲击的原因有:

- (1) 四冲程柴油机活塞销间隙过大;
- (2) 四冲程柴油机活塞与气缸套间隙过大;
- (3) 气缸套严重磨损。

气缸下部及曲轴箱敲击的原因有:

- (1) 十字头轴承间隙过大;
- (2) 十字头滑块与导板间隙过大;
- (3) 连杆轴承或主轴承间隙过大;
- (4) 主要运动部件的螺栓松动。

(三) 敲缸时的应急处理

首先采取降速运行的措施, 避免部件损坏。如判定是燃烧敲缸, 再停车进行如下检查修复。

- (1) 对喷油器进行试压和调整, 必要时予以换新。
- (2) 检查喷油泵的供油量, 必要时调整其有效行程;
- (3) 检查和调整喷油定时。

如因气缸或活塞过热产生沉重而又逐渐加重的敲击声, 在未进行降速前, 会出现转速随之自行下降的现象, 这可按过热拉缸的措施进行处理;

因机械的缺陷造成敲击, 一般没有应急的调整方法, 只有更换备件进行修理。没有备件或不能修理时, 可降低到某个安全的转速继续航行。

若机件的损坏影响安全运行又无备件可以更换, 则可采取封缸的措施继续航行。

五、扫气箱着火

(一) 扫气箱着火的原因

扫气箱着火必须同时具备两个条件: 一是扫气箱内积聚有大量的可燃物; 二是有

高温火源的存在。

扫气箱污染的主要原因是由于燃烧产物经气缸和扫气口漏入扫气箱底板和隔板上。在正常情况下这种污染是很轻的,但在燃烧不良时就严重起来。漏入气缸油或没有完全燃烧的燃油沉积在扫气箱内蒸发而成很容易着火的油气混合物,一遇火花就会起火。十字头式柴油机的活塞杆填料函失效是扫气箱被污染的另一途径。

1. 燃烧不良的原因

- (1) 喷油器工作不正常,影响雾化和喷射;
- (2) 燃油过冷,预热不够。
- (3) 喷油泵定时调节不当。
- (4) 柴油机负荷剧烈变化,暂时进气不足,燃烧恶化。
- (5) 扫气系统污染造成气缸进气不足。如增压空气中含有透平油雾。
- (6) 气缸油过多。

2. 燃烧产物泄漏的原因

- (1) 活塞环磨损、卡住和断裂。
- (2) 气缸润滑不正常,密封性变差。
- (3) 气缸摩擦表面损坏,纵向沟纹泄漏。
- (4) 负荷急剧变化,引起活塞环密封效果变坏。

3. 扫气温度升高的原因

- (1) 空气冷却器脏堵。
- (2) 扫气压力降低排气倒流。
- (3) 气缸燃气泄漏。

总之,由于燃烧不良形成的燃烧产物通过上述密封不良处泄到扫气箱,日积月累不予清除,这就形成了扫气箱着火的基本条件。在扫气开始前,高温的燃气经活塞和气缸的间隙和密封不良处漏入活塞下部的缓冲空间。这个间隙对弯流扫气柴油机来说,扫气侧要大些,因为燃气和扫气的合力把活塞压向排气侧。因此,这些部位就有可能发生小火星,如扫气温度较低,冲出的火星被熄灭。当扫气温度较高时,冲出的火星就成为点燃扫气箱油污而形成扫气箱着火的火源。

(二) 扫气箱着火的现象和预防措施

扫气箱着火,其现象表现为排气温度增加,扫气温度提高,扫气箱过热,打开扫气箱放泄旋塞检查时有烟或火花喷出,柴油机转速自动下降;与该缸相连的增压器发生喘振,扫气箱着火时因压力温度急剧升高发生扫气箱爆炸使安全装置起跳。

预防措施有:

- (1) 每班把扫气箱的排放阀逐个打开一会儿,以放泄残油;

- (2) 定期检查清洁扫气空间,避免扫气空间内积聚油污过多;
- (3) 在部分负荷时,减少气缸油的注入量;
- (4) 控制好正常的扫气温度,不使其升高;
- (5) 避免长时间的低速运行,低速将造成燃烧不良;
- (6) 避免超负荷运行,超负荷加剧磨损和燃气泄漏;
- (7) 在大风浪时降低柴油机的转速,避免负荷突变的范围过大;
- (8) 正确地调整喷油器的雾化状态;
- (9) 正确地调整喷油器的喷油定时;
- (10) 定期检查活塞环的状态,对磨损、断裂和粘住的活塞环及时更换;
- (11) 定期检查气缸套的磨损、圆度和圆柱度情况,超过磨损极限时应及时更换和修理。

(三) 扫气箱着火的应急处理

- (1) 首先降低柴油机的转速,并切断着火气缸的燃油供应,如火势不重并得到了控制,可等待积油烧完为止;
- (2) 如火势严重,可立即减速或停车,采取灭火措施;
- (3) 采用蒸汽灭火,蒸汽灭火的优越性是不致形成有关部件的骤冷损伤,但缺点是可能形成锈蚀;
- (4) 采用 CO_2 灭火,火势猛烈可用 CO_2 灭火,但容易使有关部件造成骤冷损伤;
- (5) 必要时用温水喷洒扫气箱外壳,以降低温度;
- (6) 适当加大着火气缸的滑油注油量,以保证缸内充分润滑;
- (7) 火被扑灭后,一般情况下在 5 ~ 15min 以后重新把切断的喷油泵接通,慢慢提高柴油机的转速,并使气缸油注油量逐渐降至正常值;
- (8) 火熄灭后,如需停车检查,待冷却后打开扫气箱,盘车检查气缸活塞组件等有无烧损现象,并在活塞杆上涂以滑油。由于扫气箱流通的空气量很大,因此不大可能形成可爆性的油气混合物。

六、曲轴箱爆炸

所谓爆炸是指在发生火焰的同时伴随着高压,高压是由火焰诱发而产生的,如无高压存在只可称之为着火。爆炸所形成的破坏力是双重的,即在发生火灾的同时伴随着冲击破坏。

在封闭式强力润滑的柴油机中,任何运动部件的失常都有可能导致曲轴箱发生爆炸。曲轴箱爆炸属于恶性事故,不仅造成柴油机的冲击破坏而且会有人员伤亡,因此应给予足够重视。

(一) 曲轴箱爆炸的原因

由于曲柄连杆机构的运动飞溅出许多润滑油油滴,再加上油滴的蒸发汽化,在运行中的柴油机曲轴箱内充满着油气。但是这种油气与空气的混合比例不一定处于可爆燃的混合比。即便达到了可爆燃的混合比,如果没有高温热源的存在也是不会发生爆炸的,如果内部出现了局部高温热源,飞溅在热源表面上的油滴就会汽化,而滑油蒸汽在离开热源表面后又被冷凝成为更多更小的油粒悬浮在空气中,使油气的浓度逐渐加浓,形成乳白色的油雾。当油雾的浓度达到某一范围时,它就成为可爆燃的混合气,并会在高温热源的弓1燃下着火。如果着火前已有大量油雾存在,则一经着火就会使曲轴箱有限空间内的温度和压力急剧升高,并产生强烈的冲击波,造成具有破坏性的曲轴箱爆炸。

因此,曲轴箱爆炸的原因是:

- (1) 曲轴箱内油雾浓度达到可爆燃的混合比是爆炸的基本条件;
- (2) 高温热源的存在是爆炸的决定性因素。

在正常情况下,曲轴箱中不应出现高温热源(或称热点)。当两块金属直接接触时出现不正常磨损导致高温,如轴承过热或烧熔、活塞环漏气、拉缸等都会出现高温热源,它既能使滑油蒸发成油雾,又是可爆燃混合气的点火源。

曲轴箱的油雾浓度只有在一定的范围内才能引燃。据资料介绍,空气与油雾的可爆燃的比例下限为 100 :1,而爆燃的比例上限为 7 :1。当油雾浓度到达下限与上限之间时,在高温热源的引燃下可发生爆炸。产生爆炸的条件也是由所需温度的上限和下限值所决定。对润滑油蒸汽来说着火下限为 270 ~ 350℃,上限高于 400℃,而润滑油的蒸发温度约在 200℃ 以上。燃油如果漏入曲柄箱中会降低润滑油的着火温度,从而使油雾在较低的温度下产生爆炸。

(二) 曲轴箱爆炸的典型实例

例 1 某二冲程十字头式主机在航行中推力轴承端有油气冒出,值班轮机员发现后立即降低主机转速并报告轮机长。此时第二缸曲轴箱防爆门突然被炸开,火焰将机旁的柴油发电机的油漆烧坏,幸未伤人。停车 20min 后打开该缸曲轴箱道门,进入检查,发现活塞杆与填料函壳体相摩擦。于是吊出第二缸活塞,将气口封住,封缸运行。到港后修理,发现活塞杆弯曲 3.4mm/m。

例 2 一台二冲程单作用十字头式柴油主机,在营运 8 个月后发生曲轴箱爆炸事故,爆炸气体冲开了防爆门,喷出了着火的机油 1400L,火焰和烟气上升到机舱棚顶并冲出天窗,轮机人员立即减速至 40r/min,运行 45min 后停车检查,发现一个链轮轴承的供油通路被金属屑堵塞,导致轴承发热。

例 3 某轮一台六缸四冲程筒形柴油发电机,由于缸套水封圈漏水,拉出缸套更

换水封圈 ,装复后运行不到 20min 发现曲轴箱透气孔中有大量烟气外溢 ,立即启动另一台发电机组 ,在转移负荷时就发生了曲轴箱爆炸 ,爆炸气体将曲轴箱道门打碎。其原因是换用了较粗的缸套橡胶水封圈 ,在热状态下气缸套变形 ,造成拉缸而成为爆炸的热源。

(三)曲轴箱爆炸的预防

如果平时对柴油机维护得很好 ,在有危险时又能及时发现和恰当处理 ,则在很大程度上可以排除爆炸的可能。为了防止曲轴箱爆炸 ,常采用如下措施 :

(1)在管理上要避免使柴油机出现热源。应保证运动机件正常的相对位置和间隙 ,保持正常的润滑和冷却 ,以免运动部件过热、白合金烧熔、燃气泄漏等。运行中值班人员应定期探摸曲轴箱的温度。

(2)在柴油机上装设油雾浓度检测器 ,用以连续监测箱内油雾浓度的变化 ,在油雾浓度达到着火下限之前 ,就发出警报。

(3)为了保证润滑油蒸汽温度低于爆炸下限 ,在柴油机上采取了曲轴箱通风措施。在曲轴箱上装有透气管或抽风机 ,用以将油气引出机舱外 ,防止油气积聚 ,透气装置应装有止回阀 ,以防新鲜空气流入曲轴箱。

(4)在曲轴箱的排气侧盖上装有防爆门。防爆门的开启压力一般为 $0.01N/mm^2$,当曲轴箱内压力高到一定程度时 ,防爆门开启 ,释放曲轴箱内的气体 ,降低压力 ,随后自动关闭 ,从而可防止严重的爆炸事故发生。初次爆炸由于缓慢的燃烧速度 ,其压力不是很高 ,然而也足够冲破曲轴箱道门。如果不装防爆门 ,那么初次爆炸形成的真空 ,将通过打碎的道门吸入新鲜空气 ,如曲轴箱一直存在高温热源和很浓的油气 ,与新鲜空气混合后将产生带有爆震现象的第二次更强烈的爆炸。第二次爆炸出现爆炸火焰 ,在高压和强烈的冲击波下高速传播。

(5)在曲轴箱上装设 CO_2 灭火接头与 CO_2 管系相联 ,有关的截止阀应绝对密封良好。

(四)曲轴箱爆炸的应急处理

(1)如发现有爆炸危险的任何迹象 ,如曲轴箱过热、透气管冒出大量油气和嗅到油焦味 ,或者油雾检测器发出警报 ,都表明曲轴箱内出现了热源而有引起爆炸的危险。此时应立即停车或降速运行 ,发电柴油机应在转换负荷后降速运行 ,如果停车 ,自带的滑油泵和冷却水泵也将停泵 ,反而容易在刚停车时发生曲轴箱爆炸。

(2)在发现曲轴箱有爆炸危险其间 ,机舱人员不许在柴油机的装有防爆门的一侧停留 ,以免造成人身伤亡。

(3)当曲轴箱爆炸发生并将防爆门冲开后 ,要立即采取灭火措施 ,但不可马上打开曲轴箱道门或检查孔救火。

(4)如因曲轴箱内某些机件发热而停车,至少停车 15min 后再开道门检查,以免新鲜空气进入而引起爆炸。

(5)曲轴箱内部的灭火采用装设在曲轴上的 CO_2 管系把 CO_2 充入其中(但不要輕易在曲轴箱内使用灭火剂,因它对金属有腐蚀作用)。

七、烟囱冒火

装有废气锅炉的柴油主机,往往会发生烟囱喷出火花的情况。这种烟有大量的火花连续喷出现象,俗称烟囱冒火。烟囱冒火时还常伴随着废气锅炉的汽压突然升高,锅炉安全阀冲开发生跑汽。柴油机烟囱冒火,不仅会引起火灾,特别是危及油轮的安全,而且也是柴油机运行状态不佳和管理不善的反映。轮机人员应能立即分析判断烟囱冒火的形成原因,并采取相应措施消除。

(一) 烟囱冒火的原因

柴油机烟囱冒火,通常是由于未烧尽的燃油或含油积存物随高温燃气带出烟囱遇空气再燃烧所产生的,即燃料在气缸内燃烧过程的延续。从火花形成原因看烟囱冒火可分成三种情况。

1. 油雾燃烧所形成的火花

这种火花在白天不易发现,在黑天可看到细而短的浅粉红色火花从烟囱中冒出。火花大多在随其排烟的流动中自行熄灭,而无炭垢或黑色的颗粒落下。

这种情况多发生在柴油机超负荷、部分气缸燃油雾化较差或气缸空气供应不足等情况下,使气缸内喷入的燃料不能完全燃烧,气缸内过量的油雾或微细油珠被高温排气直接带出烟囱时遇氧而燃烧。

2. 残油燃烧所形成的火花

此类火花形状较前述稍长,颜色也稍深,由烟冲入天空并随风飘流后自行熄灭。有微细炭粒及烟灰带出。

这种火花一般发生在柴油机部分喷油器滴油或在低负荷运行中燃烧不良的情况下,尤其当排烟系统的温度、压力长期偏低时,尚未燃烧的油分常常积存在排烟道内,即使被带出烟道,也难以被低温燃气所点燃。一些老型号的柴油机,在此情况下总是采用旁通废气锅炉的方法使燃气直接排出,防止污染锅炉内加热盘管。近代船舶,多数已取消旁通排烟管道,燃气只能经废气锅炉排出,排气背压升高。所以长期低负荷运行中的二冲程柴油机烟道内积油会逐渐增多。积存的残油经过着火前的物理及化学准备过程,如有较充分的空气,当排气温度高于 210°C 时或遇明火时,便会在排烟管道内部的烟出口处着火。

3. 烟灰沉积物燃烧所形成的火花

从烟囱排出的火花,大多是板状,火花产生的时间,往往是出航后不久以及航行10~15天之后,火花持续的时间自0.5~3h不等。白天因光线关系不大被注意,晚间则甚为可惊。这类火花亮点较大,呈黑红色,持续时间较长,有灰分及不同形状固体颗粒伴随火花同时从烟囱冲出,常常在甲板上还继续燃烧,容易引起火灾。

一般情况,在排气系统中,自增压器出口至废气锅炉进口这一段管路上很少着火,而且在废气锅炉的过热蒸汽盘管上烟垢也不很多。但在饱和蒸汽盘管上往往固体沉积物较多,这些沉积物是产生火花的主要来源。

这类烟囱冒火最为常见,危险性也最大,其原因有:

(1)燃油质量差。柴油机燃用轻油时产生的烟灰沉积物数量甚微,而燃用劣质油时其数量不仅增多,而且所含有的可燃性物质也更多。

(2)燃油的喷油设备不完善或故障,不完全燃烧使排气中的含油物质增加。

(3)气缸润滑油的注油量太大。

(4)气缸进气系统工作不完善。四冲程柴油机换气条件优于二冲程柴油机,所以发生烟囱冒火的情况也少些。

(5)废气锅炉脏堵。当排气的流量阻力增加到12.7~13.3kPa时容易发生烟囱冒火,冒火停止后,烟灰沉积物当自减少,排气流动阻力可下降0.67~1.33kPa。

(二) 烟囱冒火的预防措施

(1)使柴油机气缸内的燃烧保持良好状态。

(2)加强对各缸燃烧过程的监测,及时发现不正常情况。

(3)加强废气锅炉的管理,保持良好的燃烧效果。

(4)选用合适的除炭剂等化学品,定期向排烟管或废气锅炉内投放,以便预防结垢和疏通系统,使管壁上的积炭软化、脱落,甚至降低燃点后燃烧。

(5)为保证油轮的安全,烟囱内装有喷水灭火装置。

(三) 烟囱冒火的应急处理

(1)若出现第一类火花,应立即降低柴油机负荷或慢慢停车。查明原因并消除故障后再继续使用,待排烟正常后再加至需要的负荷。

(2)若出现第二、三类火花,在环境允许的条件下应让其继续“喷冒”,使排气系统内的油性沉积物尽量吹掉、烧尽。但应加强柴油机和废气锅炉的维护管理以及防火工作。

(3)除火势过猛、个别缸或局部排烟管过热需降速外,必须尽量使柴油机保持较高负荷运行。

(4)不要轻易使用灭火设备,特别是CO₂灭火设备,以防止高温金属因温度急剧降低而产生炸裂。

八、连杆螺栓断裂

柴油机工作时连杆螺栓必须十分可靠,连杆螺栓一旦断裂就会击毁柴油机,或伤害工作人员。连杆螺栓的断裂事故,几乎完全发生于四冲程柴油机,这是因为四冲程柴油机上往复运动质量的惯性力在连杆螺栓上产生了较大的交变拉伸力。

(一)对连杆螺栓断裂事故的统计

根据日本海事协会对船用柴油发电机损伤事故的调查,对连杆螺栓的断裂位置和原因统计归纳如下:

1. 断裂位置:

- (1)在螺纹部分断裂的占 46% ;
- (2)在中央圆角处断裂的占 40% ;
- (3)在螺栓头根部断裂的占 10%。

2. 断裂原因:

- (1)由于疲劳,占 40% ;
- (2)忘记装防止螺帽转动的开口销等,占 25% ;
- (3)上紧不良,占 13% ;
- (4)圆角不足等设计和加工不良,占 12% ;
- (5)材料本身存在缺陷,占 6%。

(二)故障实例

例 1 某轮柴油发电机为 MANG7V23.5/33,运行中发现频率下降,有敲击声,尚未停车第一缸一声巨响已被炸开,结果其右侧连杆螺栓断裂,断面有缩口;左侧连杆螺栓弯曲扭断。连杆大端轴承与平衡块飞落,连杆弯曲,缸套与活塞破碎;曲轴箱破裂,该曲柄销拉毛。

原因分析:此事故是由于连杆螺栓受力不均,右侧连杆螺栓在安装时预紧力过大,使螺栓伸长,在运转中被拉断。右螺栓断后力都集中在左侧连杆螺栓,使其弯曲并带着下轴承盖撞击机体而断裂,使机架破裂。

例 2 某 A278-B 型柴油发电机在运行中突然发出激烈的敲击声并停车,结果是第三缸连杆螺栓折断,使曲轴箱破裂,连杆飞出,许多运动部件损坏。

原因分析:第三缸右侧连杆螺栓的开口销不知何时脱落,螺帽松脱,使右侧连杆螺栓脱落。连杆轴承呈单边靠紧状态,使左侧连杆螺栓集中受力而断裂,轴承分开,最后使连杆飞出。

例 3 某 MRB6 型柴油发电机右侧连杆螺栓断裂,引起曲轴箱破裂、活塞裙部缺损、连杆弯曲、连杆轴承破坏等。

原因分析 :断裂部位在螺帽固紧的螺纹部分 ,断裂起点在螺栓内侧 ,而外侧螺帽紧配平面接触很紧 ,因上紧时接触面倾斜 ,螺栓中心线挠曲 ,产生应力集中。

处理 :更换连杆、活塞、连杆轴承、气缸套 ,焊补曲轴箱 ,连杆 T 形端的下表面与曲柄销轴承的上表面用平台研磨 ,垫片全部更换。

(三)对连杆螺栓的检查

对新换的螺栓和使用中的连杆螺栓要仔细检查后再安装使用 ,其检查要领是 :

(1)使用放大镜或肉眼检查有无缺陷 ,特别要注意检查螺栓的头部、螺纹与螺纹根部。

(2)用牙规和直尺检查螺纹的螺距和弯曲情况。

(3)装上螺帽 ,看其是否过松来检查螺纹的磨损情况 ,尤其要检查螺帽和螺栓头部与轴承的接触面是否均匀接触 ,贴合是否良好。

(4)将螺栓用丝绳吊起来 ,用手锤敲打 ,与新的螺栓比较它们的声音来判别有无缺陷和疲劳程度。

(5)螺栓若在轴承上、下两半紧配处的孔中松动 ,则轴承盖由于离心力而移位 ,就会使螺栓受到剪切力作用。若在上、下轴承合缝处露出白合金 ,则在安装螺栓时会将其挤出来 ,易使螺栓咬死。

(6)检查连杆螺栓与螺栓孔的配合间隙 ,不可过紧。

(7)检查定位销是否松动或磨损。

(8)上紧螺帽插入开口销时 ,应检查开口销是否与螺帽上表面接触。

(9)测量连杆螺栓的总长以检查其伸长量。

(10)中型以下的四冲程发动机连杆螺栓的寿命约为 15000—20000h ,超过此时间 ,即使在外表上无异状也应更换。

(四)上紧连接杆螺栓的注意事项

(1)必须保持垫片和轴承上、下接合面的清洁 ,确保其完全接触 ;

(2)一般螺栓的固紧状态几乎没有上紧不足的 ,过度地上紧螺栓将使其疲劳 ,并不安全 ;

(3)两侧的连杆螺栓必须交替上紧而不要造成单边固紧 ;

(4)根据需要的固紧力大小 ,选用合适的扳手和长度 ,最好使用扭力扳手 ,并且用力均匀 ;

(5)将螺帽拧入贴合后 ,再旋紧 50℃ 左右作为固紧的限度 ;

(6)解体柴油机时 ,一般在螺帽的原来位置上打一记号 ,以便安装时参考。

九、紧急刹车

对于采用直接传动式推进装置的船舶,船舶倒航通常以改变主机回转方向来实现。

船舶航行遇到避碰等紧急情况时,为使船舶尽快停止运动或改为倒航而对主机进行制动并迅速倒转的操纵过程称为紧急刹车。

(一)紧急刹车操作

紧急刹车的操作因机型而异,现以 Sulzer 和 MAN—B&W 机型为例分别介绍。

1. Sulzer 型主机紧急刹车操作

(1)根据驾驶室车令(一般是由前进三直接到后退三),立即将车钟手柄拉至相对应位置。

(2)当车钟手柄越过“停车”位置时,断油伺服器立即使高压燃油泵停止向主机供油,主机转速迅速下降。此时,由于车钟手柄已位于倒车位置,换向伺服器使凸轮轴、空气分配器换向。

(3)将燃油手柄置于起动油量位置。

(4)当换向机构的换向动作完成之后(转速通常可下降 60% ~ 70%),迅速拉动手柄。起动空气随即按倒车正时进入正车运转的气缸(即正在压缩的气缸)对正转的主机起制动作用。此制动作用可分为“能耗制动”和“强制制动”两个阶段。前者在制动初期当活塞上行将起运空气压入起动空气总管,相当于空压机消耗掉柴油机正转的能量。后者在压缩空气作用下,使主机迅速强制停止转动,并在持续的压缩空气作用下开始反转,运转方向联锁释放,达到发火转速后反向运转。

(5)主机倒转之后,按驾驶室车令适当调节供油量。

2. B&W 型机紧急刹车操作

(1)摇动车钟后柄回车令

(2)将起动调油手柄拉至停车。

(3)将换向手柄推至倒车位置,双轮式空气分配器进行换向操作。

(4)换向动作完成后,将起动调油手柄推至“起动”位置进行倒车起动,起动空气按倒车规律向仍在正转的主机气缸送入起动空气,使主机制动,其过程与 Sulzer 机相同。

(5)倒车运转。当主机停车后随即反向起动,待达到起动转速后,将起动调油手柄推至“给油”位置,主机按给定油量反向运转。

(二)紧急刹车的注意事项

(1)保证压缩空气的压力,否则刹车过程很难有效进行。对于 Sulzer 型机,保持

较高的滑油压力可以使差动换向动作迅速完成。

(2)为了保证倒车起动成功,可根据情况适当将起动油量略调大些(如 Sulzer 机可从 3.5 格移至 5.0 格)。

(3)为了使主机迅速刹车和反方向起动,拉动起动手柄时可略停顿一下。这样,当转速降至零后随即便可反向起动起来,可大大缩短刹车过程的时间。

(4)当主机和船舶在高速下刹车时,进行一次操作可能无法使主机刹车成功,且这样的操作将使主机曲轴承受较大的附加力,同时也会使空气消耗量过大,为了改善上述状况,采取几次间断刹车的操作方式较为有利。

(5)对于 B&W 型机,尽管具有联锁装置,但在操作中当换向手柄未推至极端位置时,切不可过早拉动起动调油手柄,以免发生意外。同样,当主机差动换向未完成时,切不可过早将起动调油手柄推到起动供油位置。否则可能由此产生严重后果。

(6)由倒航特性知,操作中要避免一下子将油门加得过大,以防超负荷。在特别紧急的情况下(驾驶室将车令重复一次),则应尽快给出相应转速,以保证船舶安全。

(7)紧急刹车操作的时机十分重要,既要考虑操作前的主机转速、船舶航速,又要清楚主机的具体技术性能和状态,同时要熟悉其他辅助设备如空气压缩机等的工作能力。此外,操作过急、过缓都将失去紧急刹车的意义并可能造成严重后果。

(8)对采用遥控系统的主机,上述操作均按设定程序自动完成,但需密切注意压缩空气压力,以防起动空气消耗过多。日常除对系统中各元件、设备加强管理外,当遥控系统本身发生故障时,应及时转换为集控室直接作用。平时,留心对机旁应急装置进行必要的维护保养,保持随时可用。

第三节 运转中的常见故障及排除

一、柴油机起动不了

柴油机起动不了,是指当起动手柄或手轮已推至起动位置,而柴油机没有转动起来。起动不了的主要原因有:

(1)盘车机未脱开,盘车机连锁阀在关闭位置,起动空气不能通过。脱开盘车机则可解决。

(2)空气瓶出口阀或主停气阀未开,确认开启。

(3)主起动阀卡死,起动空气不能通入气缸,检查主起动阀或用手柄把阀拉起。

(4)起动空气分配器阀芯严重磨损,造成大量漏气或因空气分配器定时不对而使气缸起动阀不能开启或气缸起动阀不灵,应查明原因予以消除。

(5) 起动空气压力不足(压缩空气起动)或电池容量不足(电起动),应充至规定值。

二、柴油机不发火

如果燃油杆已放到供油位置,柴油机也已在外力的带动下转动起来而未能发火,其原因常在于燃油系统中,主要有:

(1) 燃油阀未开或日用油柜中的燃油用光,或燃油中沉积有大量残水未能放出。

(2) 燃油滤器脏污堵塞,应进行转换或清洗。

(3) 燃油系统漏入空气,应对燃油系充油放气。

(4) 起动操作过快,发动机尚未达到起动转速就开始供油,气缸内温度压力过低不足以发火或起动后供油太少,应重新操作。

(5) 油量调节杆或调速器拉杆在供油量很小或停油位置上卡死或动作不灵活,应设法使之动作灵活。

(6) 设有安全保护装置的柴油机,因润滑油或冷却水压力不足,保护装置未解除对燃油供应的控制,应将压力调至正常值。

(7) 超速保护装置动作后未复位,燃油供应被切断,应立即将其复位。

(8) 燃油粘度过大,气缸温度过低,进气不足等造成发火困难,应提高油温、暖机,启动应急鼓风机以加大进气量。

三、柴油机转速自行下降或自行停车

正在运转中的柴油机,在燃油手柄没有移动(或没经人为操纵)的情况下,转速自行下降或突然自动停止运转的现象。主要原因如下:

运转中的柴油机转速突然降低可能是个别气缸不发火(如喷油泵不供油或喷油器堵塞)而引起的。

柴油机突然自行熄灭停车则可能是下列三种原因引起的。

1. 系统故障

(1) 燃油系统:燃油中有过多的水分,滤器堵塞,系统中漏入空气,油箱中无油,油温过高汽化造成“汽隔”(或叫“汽阻”)而引起供油中断。

(2) 润滑油或冷却水压力过低,保安机构(若装有的话)起作用而半闭油门。

2. 机械损伤

如拉缸造成活塞与缸套咬死,轴颈与轴承咬死。

3. 负荷过重

螺旋桨被异物缠绕住等。

尤其内河船舶 ,航道窄 ,水浅 ,脏物多 ,常会碰到渔网、尼龙绳、山藤等物将螺旋桨和尾轴缠住甚至进入到尾轴管与尾轴之间 ,造成主机超负荷而自动熄火停车。凡运转过程中出现声音低沉、排气冒黑烟继而自动熄火停车的多属此种。

若碰到柴油机运转中自动熄火停车 ,首先将油门手柄板至“ 停车 ”位置 ,通过盘车来判断是哪一种原因引起的 ,并迅速排除 ,尽快恢复主机的工作。

四、柴油机不能停车

柴油机不能停车是指燃油手轮或手柄已经转(或拉)回停车位置 ,但柴油机仍在继续运转。此时应迅速关闭燃油总管上的截止阀或速闭阀以停止供油 ,使柴油机停车。然后检查油量调节杆等传动机构是否有故障 ,如无故障 ,重新调整燃油泵的零油位则可。

五、排气烟色不正常

正常的排气烟色应是隐约可见的淡灰色 ,当出现下列烟色时 ,就说明柴油机工作不正常。

(一)排气呈黑色

主要是由于燃烧不完全所引起的。具体原因有 :

- (1)喷油器启阀压力太低 ,喷油器漏油 ,喷孔部分堵塞或喷油器弹簧断掉等使雾化不良 ;
- (2)喷油泵供油定时太迟而产生后燃。可通过测取示功图进行验证 ;
- (3)燃油质量不符合要求 ;
- (4)扫气压力和压缩压力过低。应酌情检查增压(扫气)系统或活塞环的工作状态 ;
- (5)排气阀漏气或气口严重结炭 ;
- (6)超负荷运行或由于负荷分配不均而造成某些缸超负荷。

(二)排气呈蓝色

主要是大量滑油进入燃烧室造成的 ,应减少气缸注油量 ,或检查增压器轴封是否漏油 ,对筒形活塞式柴油机应酌情检查刮油环是否失效或装反。

(三)排烟呈白色

排气中有大量水蒸汽就会使排气呈白色。应检查是否有冷却水漏入气缸。气缸盖或气缸套是否有裂漏 ,空气冷却器管束是否有漏水等。

六、柴油机工作参数不正常

1. 最高燃烧压力下降

排气温度升高 耗油量增加 ,但压缩压力无明显变化。其原因可能是 :

(1) 喷油泵或喷油器经长期工作后 ,喷油质量变差 ,产生滴漏 ,雾化不良和延迟喷射等。必须拆检喷油设备。

(2) 供油定时不对 ,喷油提前角过小 ,燃烧太迟 ,应及时调整。

2. 工作粗暴 ,个别气缸最高燃烧压力太高

其主要原因有 :

(1) 油量调节机构失灵或喷油器针阀卡死在全开的位置 ,造成过多的燃油进入气缸。应检查油量调节机构和油泵的有效供油行程以及喷油器的技术状态。

(2) 喷油过早。检查供油定时。

(3) 轴承间隙过大或运动部件连接螺栓松动。要及时检查和调整。

3. 扫气压力下降

(1) 涡轮增压器损坏 ,或空气滤器和空气冷却器污堵 ,阻力太大。

(2) 涡轮背压太高 ,增压器转速降低 ,应结合扫气压力 ,排气温度及增压器是否喘振等进行判断、处理。

(3) 增压器气封环间隙过大或安装不正确造成漏气。应重新安装。

(4) 换气系统中的进气阀阀片断裂或扫气泵活塞环磨损 ,使扫气泵扫气效果变差。

(5) 排气回转阀损坏或间隙太大。

4. 扫气压力升高

(1) 在直流扫气中 ,由于排气阀关不严 ,造成排气能量大 ,使涡轮转速升高。

(2) 燃烧不良、后燃严重 ,排气温度升高。

(3) 发生了活塞环咬住、损坏或轴承油膜破坏等故障而未能及时发现 ,机械效率急剧下降 ,在这种情况下却盲目加大油门。

由于上述原因 ,使排气能量增加 ,增压器转速升高 ,柴油机超负荷运转 ,应及时停车检修 ,以免发生更大事故。

5. 排气温度不正常

柴油机在各种不同负荷下运转时 ,排气温度比正常情况偏高或偏低 ,或者各缸排气温度相差悬殊 ,就称排气温度不正常。

1) 排气温度偏高的原因与排除

(1) 负荷过大。应查明原因或降低负荷。

(2) 喷油过迟或喷油雾化不良、或密封不严而造成后燃严重。应校正定时, 拆检喷油器。

(3) 扫气压力或增压压力不足, 燃烧不良。应检查清洁扫气通道、增压器滤网、空气冷却器等。

(4) 排气背压过高, 应检查消音器及排气管道、清除积炭、污垢。

2) 排气温度偏低

(1) 负荷较小或船舶顺风顺水航行。

(2) 喷油过早。应调校喷油定时, 可配合测爆发压力或测取示功图判断。

(3) 喷油器孔堵塞, 清洁并疏通喷油器。

(4) 喷油泵弹簧折断或柱塞不灵活。

3) 各缸排气温度不均匀

在多缸柴油机中, 为保证各缸负荷均匀, 要求各缸的排气温度只相差规定值的5%。各缸排气温度不均匀的主要原因有:

(1) 各缸喷油器启阀压力不一。应检查并调整。

(2) 各缸喷油量不均匀。调整各喷油泵齿条刻度, 使各缸喷油量一致。

(3) 喷油定时不一致。检查并校正喷油定时。

(4) 排气定时不对。检查并校正定时。

(5) 温度表或热电偶有误差。检查并校准之。