

以上是对 BP750R 型混凝土泵常见故障及排除进行分析,在实际生产过程中,会出现其它,故障,应根据其系统及时提出解决方案。

### 第三节 水泥混凝土泵车

混凝土泵车也称为混凝土布料泵车,主要用于混凝土的快速布料,用自身所带的混凝土泵通过布设于布料杆上的输送管道将混凝土泵送到需要的高度和范围。它主要由混凝土泵送系统、混凝土分配阀、搅拌器、折叠式布料杆以及混凝土输送管等组成。

现以国内厂家与日本石川岛合作生产的 IPF85B-2 型混凝土泵车液压系统(图 5-5-3)为例进行分析。

该液压系统为多泵开式系统。系统的 4 个定量液压泵由一台 180kW 的柴油机驱动。液压泵配置如下:

液压泵 16: 给回转马达, 3 节悬臂, 支腿油缸供油;

液压泵 18: 即主液压泵, 给混凝土泵的泵送油缸, 分配阀油缸供油;

双联泵 19: 分别给水泵或空压机马达以及搅拌器马达供油。

下面介绍各主要回路的工作原理。

#### 一、搅拌回路

在搅拌回路中,当搅拌换向阀组 21 中的手动三位四通换向阀 a 处于左位时,液压泵 19 泵出的压力油经手动换向阀 a 到达搅拌马达 20,使搅拌器旋转。若在搅拌过程中遇混凝土料卡滞使载荷增加,当正转压力大于 11MPa 时,阀组中的压力控制阀 b 打开,液流通过单向阀 c 使二位四通液控阀 d 到左位工作,进油的控制压力油使二位四通液控阀 e 工作在右位,从而使搅拌马达自动反转,以消除卡料现象。

当手动控制阀 a 处于中位时,马达处于浮动状态。

当手动换向阀处于右位时,马达反转。回路中还设有 15MPa 的溢流阀。若手动二位换向阀 25 处于左位,则回油经此阀到达液压油冷却器的风扇马达。

#### 二、清洗回路

混凝土泵车压送混凝土完毕后的配管情况,各种车型有各种不同的方法,即使同一车型在不同的工况下亦可采用不同的措施。一般来说,常用清洗有利用空气压缩机的空气情况和利用高压水泵等的水情况两种可供选择。

空气情况是由空气压缩机提供一定压力的压缩空气,通过气体软管连接到混凝土的输送管压送清洗活塞进行空气清洗。压缩机驱动方式有液压马达和电机驱动,本系统采用液压马达 26 驱动气压机 27 回路进行。



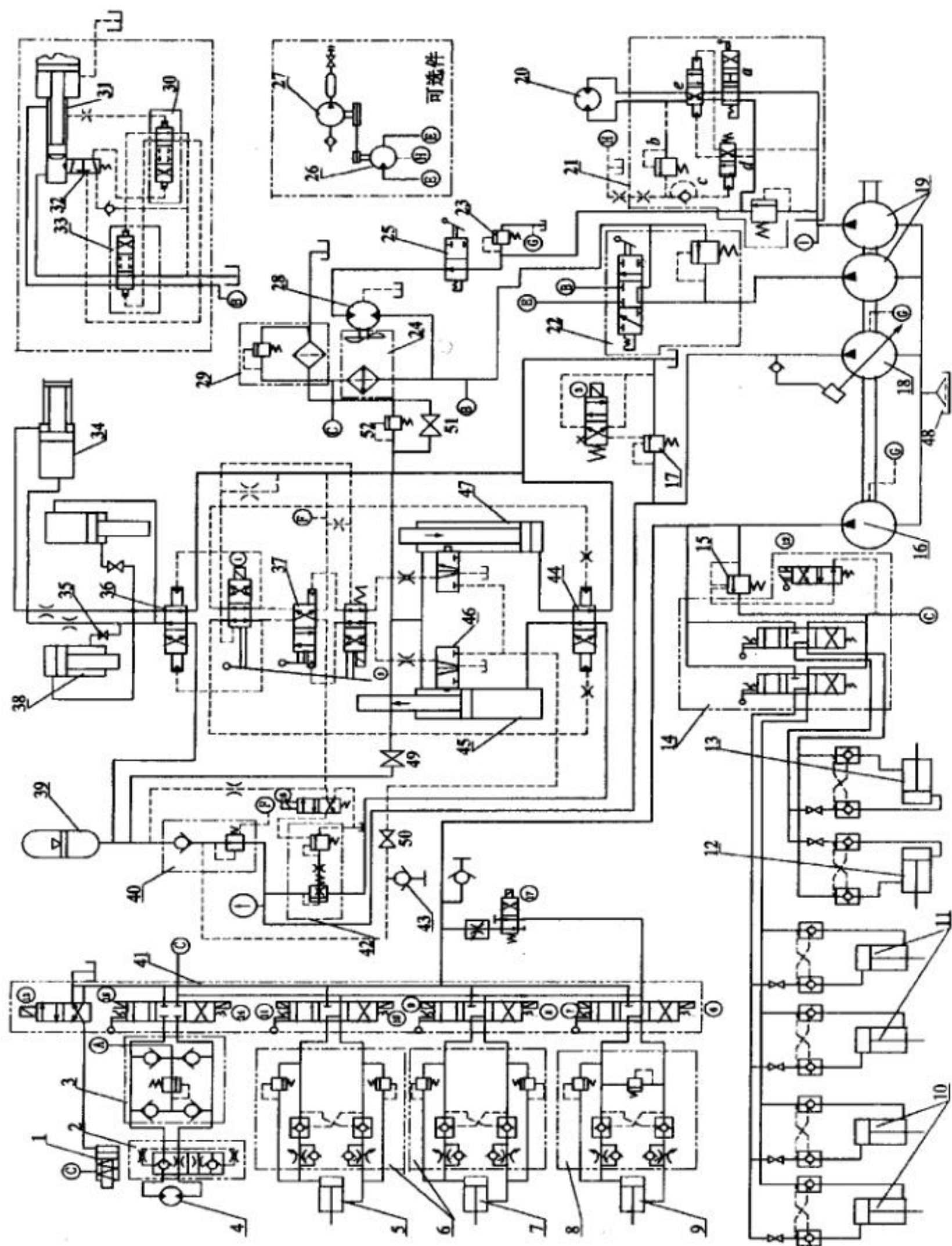


图 5-5-3 IPF85B-2 混凝土泵车液压系统

- 1-制动油缸；2-背压阀；3-过截补油阀；4-回转液压马达；5-上臂油缸；6-液压锁阀组；7-中臂油缸；8-液压锁阀组；9-下臂油缸；10-前部垂直支腿油缸；11-后部垂直支腿油缸；12-左水平支腿油缸；13-右水平支腿油缸；14-支腿操作阀；15-溢流阀；16-布料系统油泵；17-溢流阀；18-主液压泵；19-双联泵；20-液压马达；21-搅拌换向阀；22-换向阀；23-溢流阀；24-油冷却器；25-二位换向阀；26-液压马达；27-气压机；28-液压马达；29-过滤器；30-增压阀；31-水泵总成；32-先导换向阀；33-液压换向阀；34-油脂泵；35-截止阀；36-分配阀油缸四通阀；37-增压阀；38-分配阀油缸；39-蓄能器；40-减压阀；41-悬臂电磁阀组；42-顺序阀；43-手动运转阀；44-主四通阀；45-左主油缸；46-先导换向阀；47-右主油缸；48-吸滤器；49、50、51-截止阀；52-溢流阀



水清洗是利用高压水泵提供一定压力的水来压送残余混凝土输送泵车的形式。水清洗方式在大多泵车上得到运用。因为，它较压缩空气清洗有较多优点，如压力高、排量大、清洗效率高及较为安全等。水清洗因动力的不同有电泵、涡轮泵水清洗。本系统采用的是一种往复式活塞泵的水清洗液压系统。水清洗回路由液压泵 19、往复式活塞泵缸总成 31、水洗操作换向阀 22、水泵缸总成内二位三通行程开关先导阀 32、液动三位四通辅助阀 30、液动三位四通泵缸换向阀 33 等组成。

在水洗操作换向阀 22 打开后（左位），液压泵 19 经液控三位四通换向阀 33 向活塞式水泵缸 31 供油，驱动泵缸 31 动作（图示向左），活塞行程终了，活塞推触二位三通先导阀 32 换向，控制油路通过先导阀上位并使三位四通液动辅助换向阀 30 换向（左位工作），同时经过辅助阀的油路使三位四通主液动换向阀 33 换向，液压泵供油方向改变使活塞式水泵缸动作方向立即改变（向右）。当活塞向右行程终了时，水泵缸右端的油路经节流孔减压形成一定的液控压力，再经三位四通液控辅助换向阀 30 换向（右位工作），然后使三位四通液控换向阀 33 换向，水泵缸动作再次反向，这样形成一个循环动作。

### 三、冷却和润滑回路

冷却和润滑回路如系统图中所示都相对独立。

冷却回路由双联泵 19、换向阀 22、25、液压马达 28、冷却器 24、过滤器总成 29 组成。其操作有手动换向阀 22、25 进行较简单。也有的用温控器自行控制。

润滑回路设置在泵送回路（主液压回路内）。它由主液压泵 18、蓄能器 39、液动二位四通润滑阀 36、油脂分配阀缸 38、润滑油脂泵缸 34 等组成。润滑回路的油路较简单，它主要与泵送混凝土的主滑阀油缸油路相连，这是因为润滑回路主要是作用于主油缸（混凝土主输送缸）油路相连以保证其动作的一致性。

### 四、混凝土泵送回路（主液压回路）

主液压回路用来控制主油缸（泵送混凝土缸）的工作。是泵车最主要的主液压回路。回路由主液压泵（手动伺服恒功率变量柱塞泵）18、主安全阀门 17、顺序阀组 42、主二位四通液控换向阀 44、泵送主油缸 45 和 47、先导换向阀 46、增压阀 37、分配阀驱动油缸 38、二位四通液控阀 36、减压阀组 40、蓄能器 39 等组成。

主安全阀 17 作为液压回路的安全保护，工作时先打开二位三通电磁阀即可。顺序阀组 42 保证主油泵 18 提供的液压油先经减压阀组 40 进入润滑油脂回路及蓄能器 39 充液。当回路压力达到顺序阀的设定值时，顺序阀打开，由主泵来的液压油经主液控换向阀 44 进入主泵送油缸 45、47 工作。当主泵缸的活塞行程终了撞触击先导阀 46（装在主油缸上），控制油路来的油使手动液控二位四通阀 37、换向阀 36 和主换向阀 44 换向。主换向阀的控制油路上设有阻尼孔，以控制两个换向阀换向的先后顺序。另外，蓄能器中的油快速释放，为润滑油脂缸 34 迅速动作提供了液压能量（蓄能器释放的能量能使

滑阀有效动作 2~3 次)。当蓄能器内的压力降到不能维持顺序阀打开和供给滑阀油脂缸动作用油时,顺序阀关闭,顺序阀就完成了一次开闭工作循环。主回路中另外两个手动电磁换向二位四通阀是控制混凝土泵逆运转的。在主油缸上有杆腔油路上设有一个进油截止阀 49、一个出油截止阀 50 和一个溢流压力阀 52。其中,溢流压力阀用于设定压力,进油截止阀用于主油缸工作行程变短时进行补油,出油截止阀用于调节主油缸的工作行程。

## 五、回转油路、悬臂伸缩回路、支腿工作回路

回转油路、悬臂伸缩回路、支腿工作回路均由布料系统液压泵 16 供油。

### 1. 回转油路

当电磁阀 13 和电磁阀 15 右位同时工作时,液压泵 16 供给的压力油经由悬臂阀组 41 中的电磁阀 13 进入制动油缸的无杆腔,活塞克服弹簧压力左行,使液压马达的制动器松闸,同时压力油经由电磁阀 15 (右位)、过载补油阀组 3、背压阀组 2 进入液压马达 4,驱动回转机构旋转。若回转过程中遇到障碍物,使得进油压力升高,超过过载补油阀 3 中限压阀的允许压力 8MPa,则进油经阀组 3 中的单向阀、限压阀、单向阀,再经回油口 C 流回油箱。

当电磁阀 13 左位和阀 14 一起工作时,压力油经电磁阀 14 (左位)、过载补油阀 3、背压阀 2 进入马达,使马达反转。

### 2. 悬臂伸缩回路

悬臂伸缩回路由液压泵 16、悬臂电磁阀组 41、液压锁阀组 6 和 8、上臂油缸 5、中臂油缸 7、下臂油缸 9 组成。

当电磁阀 11 工作时,上臂油缸无杆腔进油,进油压力同时打开液压锁,使有杆腔回油;反之亦然。

中臂油缸的油路原理与上段油缸相同。

下臂油缸的油路原理与上、中臂的类似,不同之处在于液压锁阀组中溢流阀的设置,上臂油缸和中臂油缸因为可能双向受力,所以油缸两腔溢流阀是对称的,而下臂油缸基本上是单向受力,所以油缸两腔溢流阀不对称。

### 3. 支腿回路

支腿回路由支腿操作阀 14,垂直支腿油缸 10、11,水平支腿油缸 12、13,以及液压锁等组成。

当垂直、水平两支腿操作阀均处于上位时,所有油缸无杆腔进油,各支腿伸出。

反之,各支腿缩回。当手动操作阀处于中位时,由于双向液压锁的作用,保证了油缸不会自动缩回,以策安全。

系统常见故障分析与排除

表 5-5-1 列出的一些混凝土泵车常见故障的分析与排除,对操作者很有用处。



表 5-5-1 泵车常见故障分析与排除

1. 泵起动困难	
产生原因	排除方法
①蓄电池电液不足或已耗尽; ②起动机损坏; ③电路中断; ④停止警示灯一直在开的位置; ⑤液压油压力开关警示灯一直在开的位置	①用同样新蓄电池替换旧者,检查发电机效率; ②更换起动机; ③重新连接; ④检查相应系统,排出故障; ⑤停机检查
2. 主油泵压力计指示不动,主活塞也不动	
产生原因	排除方法
①取力手柄不到位; ②变速手柄未在正确位置; ③电源开关或操作台、遥控盒上的开关不在正常位置; ④主回路电磁阀的电路出现故障; ⑤排量调节装置的限位开关损坏或断路,连杆机构出现故障等	①将取力手柄挂到位; ②变速手柄按说明挂到正确档位; ③检查各开关应在各自正确位置; ④机械锁定电磁阀,工作完后,务必松开锁定; ⑤可用机械方式锁定,工作完后再检修
3. 液压有噪声或声响	
产生原因	排除方法
①吸入油管发生故障; ②液压油粘度太高; ③油中含有水份和空气; ④液压油量不足或液压油变质; ⑤发动机和液压泵之间连接器磨损	①清除障碍或更换油管,若是滤芯问题则更换滤芯; ②更换液压油严格按说明书规定执行; ③更换液压油,并经常注意液压油量保持在最低油面以上; ④更换损坏零件,并检查液压油; ⑤拆卸连接器,更换已磨损零件

4. 液压系统油压低

产 生 原 因	排 除 方 法
①主安全阀的压力未达到设定压力、主安全阀芯磨损或渗入杂质； ②主泵内部零件磨损； ③主油缸密封磨损； ④液压油粘度太低； ⑤油温过高(超过 80°)	①仔细清洗,当阀芯有磨损时更换阀芯,重新调整压力值； ②更换油泵或损坏的零件； ③更换已磨损部分,检查零件状况； ④更换液压油； ⑤停机检查冷却系统的效率

5. 液压油温过高

产 生 原 因	排 除 方 法
①空气通路有阻碍； ②散热器风扇损坏,或油温传感器不工作； ③主安全阀有渗漏现象； ④液压回路中应关闭的支路未关闭	①除掉阻碍物； ②更换风扇,或更换传感器； ③检修安全阀； ④锁定支路

6. 油缸不正常伸缩

产 生 原 因	排 除 方 法
①液压回路供油不足,活塞行程缩小； ②油缸内渗漏过多； ③主油泵调节装置安全阀的故障引起； ④自动换向出现故障,导致主油缸不动作； ⑤闭合回路出现故障,导致主油缸行程变短或变长； ⑥混凝土堵塞	①检查油量(可察看调整流量调整器出口流量或检查排量手柄)排除相应的故障； ②拆卸油缸,检查零件的情况,予以更换； ③排除故障； ④检查并排除故障； ⑤检查并排除故障,重点可检查闭合回路两边的截止阀和安全阀； ⑥排除混凝土堵塞

7. 混凝土吸吐循环不能完成

产 生 原 因	排 除 方 法
①电磁阀被机械卡住； ②滑杆因砂砾嵌入锁住； ③油温太高； ④控制回路出现故障； ⑤电气部分失灵	①推动电磁阀两端看是否锁住,如锁住则排除其故障； ②滑杆拆卸清洗,检查是否损伤； ③检查过滤器； ④检查并排除故障； ⑤检查原因,更换其中损坏的元件



8. 油缸循环次数少,混凝土排出量较少

产 生 原 因	排 除 方 法
①油泵内漏过大; ②主油泵输出功率处于最低调整位置; ③主油缸行程过长; ④输送活塞磨损; ⑤输送缸磨损; ⑥管阀(或滑阀)磨损	①检修; ②调整; ③可按说明书规定调整; ④更换活塞; ⑤更换输送缸; ⑥检查管阀(或滑阀)

9. 阀或滑阀动作不正常

产 生 原 因	排 除 方 法
①控制其动作的截止阀未打开; ②阀旁或滑阀内混阀土硬结; ③骨料粒径过大; ④其回路的阀锁出现故障或压力设置过低; ⑤驱动油缸的活塞密封件损坏; ⑥润滑系统故障,润不到位使其咬住; ⑦回路中蓄能器损坏或气压不足	①打开球阀; ②清除硬结的混凝土并空车无负荷运行; ③检查料斗的保护栅格; ④检查并排除故障,调定压力至正常; ⑤更换损坏的元件; ⑥检查并排除故障; ⑦更换损坏的无件,充加氮气

10. 润滑系统失灵

产 生 原 因	排 除 方 法
①润滑油箱未加满润滑油; ②管道或过渡器堵塞; ③脂泵工作有故障或阻尼阀关闭; ④脂分配器动作不平滑; ⑤润滑脂太稠; ⑥管末端被堵塞; ⑦缓冲器调整失灵	①加满润滑油(油量不少于油箱总容量的 1/4); ②清理管道过滤器; ③检查并排除故障; ④更换分配器; ⑤更换润滑脂; ⑥清除堵塞; ⑦修理故障

11. 负载时搅拌装置不能转动

产 生 原 因	排 除 方 法
①搅拌系统安全阀设置压力过低; ②搅拌马达磨损或损坏; ③手动换向阀未在正确位置或内漏过大; ④混凝土坍落度过低	①重新设置系统压力; ②更换液压马达检查故障原因; ③更换损坏零件或总成; ④建议使用坍落度合适的混凝土

12. 搅拌轴不能自动反转

产 生 原 因	排 除 方 法
①自动反转的压力未调整好； ②自动反转恢复时间调节螺栓未调节好； ③自动反转装置有损坏或有故障； ④液压回路油管出现错误	①调到正常压力； ②调到正常时间； ③修理或更换； ④重新布置油管

13. 水泵工作不正常

产 生 原 因	排 除 方 法
①水箱水量不足； ②吸水管中有阻碍物或滤清器阻塞； ③水泵动力不够； ④水泵内泄过大； ⑤水系统安全失灵	①增加水量； ②清除阻碍； ③更换马达； ④检查水泵,更换密封件； ⑤检修或更换

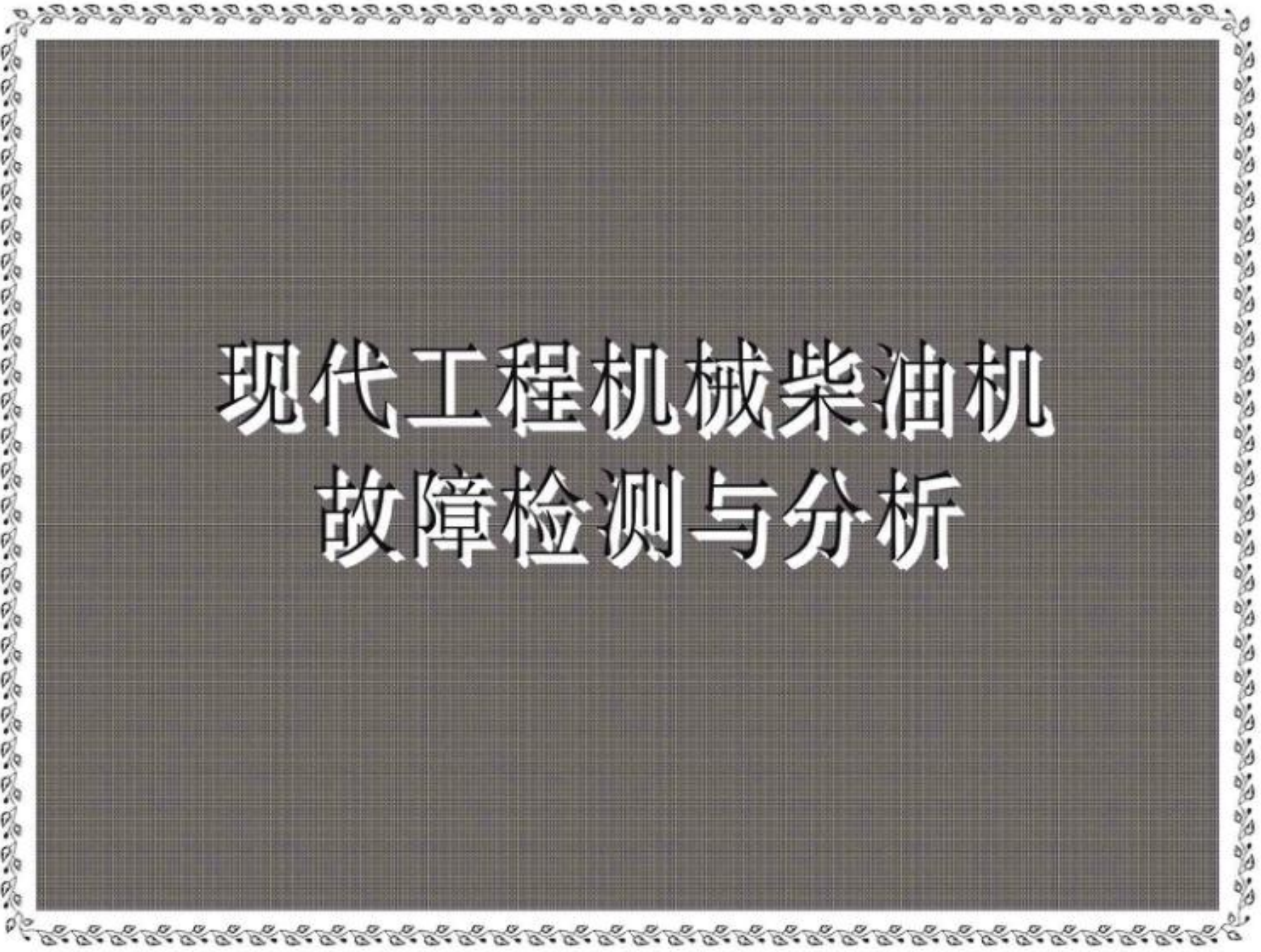
14. 臂架动作不正常

产 生 原 因	排 除 方 法
①电气线路故障引起臂架不动； ②电磁阀故障； ③中心回转接头的挡圈和 O 形圈损坏； ④臂架安全阀的故障； ⑤平衡阀有故障或内漏使臂架缓缓下降； ⑥臂架油缸密封件磨损使其缓缓下降； ⑦回转制动器的安全阀有故障； ⑧回转制动器的单向阀有故障； ⑨回转制动器打开的电磁阀或电气线路有故障使其不能回转	①检修故障； ②检修或更换,紧急时可锁定电磁阀； ③更换挡圈和 O 形圈； ④维修故障； ⑤维修故障； ⑥更换密封件； ⑦维修故障； ⑧维修或更换； ⑨维修故障,如果是电磁阀,紧急时可锁定

以上所列故障仅是一些常见故障及排除的经验资料。泵车故障多种多样，原因也较复杂，要想减少故障，应坚持定期、日常维护才行。



# 第六篇



## 现代工程机械柴油机 故障检测与分析





工程机械柴油机是以柴油为燃料，通过燃烧使柴油的化学能转化成机械能。目前国内外工程机械几乎百分之百的采用柴油机为动力装置。

工程机械柴油机是由许多机构和系统组成的复杂机械，主要包括曲柄连杆机构、配气机构、供给系、润滑系、冷却系、启动系等。柴油机总体结构见图 6-1-1。

工程机械柴油机技术状况因使用条件（转速、负荷等）、运转环境（海拔、气候等）、操作水平、维修质量的不同而发生变化。柴油机技术状况可通过其功率、扭矩的大小，燃润料消耗的高低，振动、异响的强弱，冷却、润滑和启动、加速性能的好坏，以及汽缸密封状况和排气烟色等反映出来。柴油机技术状况与其零件的质量情况，装配、调整正确与否，以及保养、修理水平密切相关。在检测与诊断柴油机技术状况变化的原因时，常因一种故障现象伴随多种原因而给故障识别与分析带来困难。研究柴油机技术状况的检测与诊断的目的，是利用科学的检测方法和手段，分析相同检测内容、不同检测方法的差异和特点，通过分析找出故障的原因，以指导柴油机的合理使用和正确维修。



# 第一章 工程机械柴油机曲柄连杆机构

曲柄连杆机构是柴油机（见图 6-1-1）的主要组成部分，其作用是：完成柴油机的工作循环，以曲轴旋转运动的形式向外输出动力。

曲柄连杆机构由以下三部分组成：

- 1) 机体组。主要包括汽缸体、汽缸套、汽缸垫、汽缸盖和曲轴箱等不动件。
- 2) 活塞连杆组。主要包括活塞、活塞环、活塞销、连杆及连杆轴承等运动件。
- 3) 曲柄飞轮组。主要包括曲轴及曲轴轴承、飞轮、扭转减振器等。

曲柄连杆机构的技术状况好坏，将直接影响柴油机的动力性、燃料使用经济性、运转平稳性及工作可靠性。因此，除了保证柴油机的制造、装配质量和正常维护外，应及时对其技术性能和故障予以检测、排除，以保持柴油机正常运转和使用寿命。柴油机曲柄连杆机构技术性能及故障检测的主要内容有汽缸密封性检测、曲轴箱窜气量检测、进气歧管真空度检测、异响检测等。

## 第一节 汽缸密封性检测

汽缸密封性是影响柴油机动力性和燃料使用经济性的主要因素之一。它与汽缸，汽缸盖，汽缸垫，活塞，活塞环，进、排气门等零件的技术状况有关。在柴油机使用过程中，由于零件的磨损、烧蚀、积炭、破损等原因，会引起汽缸密封性降低。检测汽缸密封性可利用测量汽缸压缩压力，汽缸漏气量或漏气率，曲轴箱窜气量和进气管真空度等几种方法。不同的检测方法有各自的应用特点。

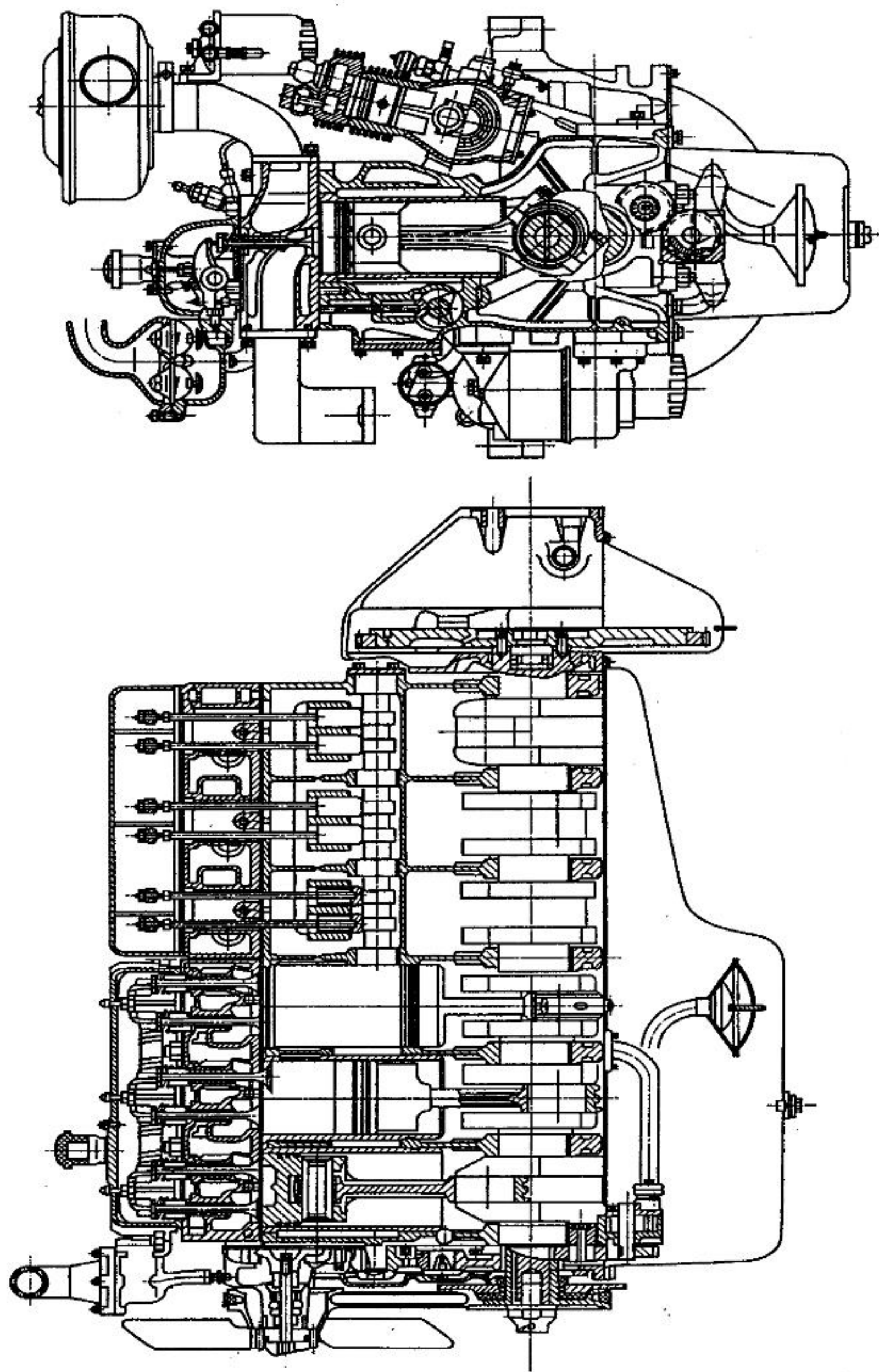
图 6-1-2 为常用几种汽缸密封性检测参数随强化试验时间变化的一组曲线。其中有的参数随时间的变化速率大，能灵敏地反映汽缸密封性的变化状况；有的参数变化缓慢，但具有检测简单易行的应用特点。

### 一、汽缸压缩压力检测

汽缸压缩压力是指活塞到达压缩行程上止点时汽缸内的气体压力，它是表示汽缸密封性最直接的参数。由于测量方法和仪表操作简便，故被柴油机的使用和维修单位广泛应用。

由图 6-1-2 可知，在柴油机正常使用范围内，随着使用时间的延长，汽缸压力变化并不明显。因此这种方法一般不用于检测汽缸、活塞的磨损情况，而常用于诊断汽缸、活塞的故障。





6-1-1 YC6108Q 型往复活塞式柴油机

### (一) 汽缸压力表

汽缸压力表是用于检测汽缸压缩压力的专用仪表，一般由压力表头、连接软管、单向阀和测量接头等组成，测量精度一般为 1.5 级。测量接头是螺纹连接式，它将锥形测量接头用螺母压装于喷油器座孔内。

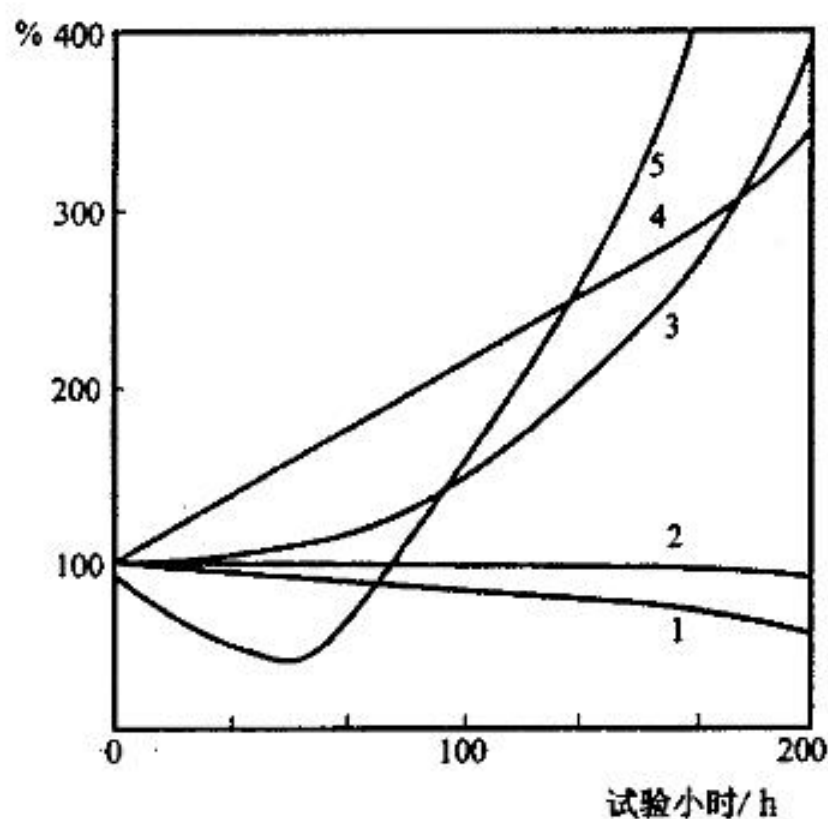


图 6-1-2 汽缸密封性检测参数随时间的变化

1- 汽缸压缩压力；2- 进气管真空度；  
3- 曲轴箱窜气量；4- 汽缸漏气率；5- 机油消耗量

### (二) 测量方法

预热柴油机至正常工作温度（冷却水温度为  $80 \sim 95^{\circ}\text{C}$ ），清洁喷油器座孔处积物，拆除各缸喷油器。检查进气道，不得阻碍进气气流的流动，如拆除空气滤清器等。

将汽缸压力表严密地压装在喷油器座孔上，用启动机带动柴油机旋转  $3 \sim 5\text{s}$ ，使被检测汽缸进行  $5 \sim 8$  次以上的压缩，读取压力表的极大值。按下放气单向阀，压力表指针恢复“0”位。依次检测其他汽缸。

### (三) 检测标准

按 GB3799《汽车发动机修理竣工技术条件》的规定，各汽缸压缩压力差应不超过 10%。但车用及工程机械用柴油机的汽缸压缩压力，目前尚无统一标准。为确定车用及工程机械用柴油机的动力性和燃料使用经济性，其主要性能指标（功率、扭矩、耗油率等）不得低于原厂规定值的 85%。为保证柴油机工作平稳，各汽缸压缩压力差应不超过 10%。

### (四) 检测结果分析

1) 试验表明，汽缸压缩压力的检测结果不仅与汽缸的密封性有关，还与曲轴转速有密切关系，即与压缩行程的持续时间有关。图 6-1-3 为曲轴转速与汽缸压缩压力的



关系曲线。曲轴转速较低时较小的转速差  $\Delta n$  能引起汽缸压缩压力较大的变化测量值  $\Delta p$ ，转速大于 150r/min 后汽缸压缩压力随转速的变化量很小。因此，在测量汽缸压缩压力时应使曲轴转速大于 150r/min，避免转速偏低时对汽缸压缩压力测试带来影响。

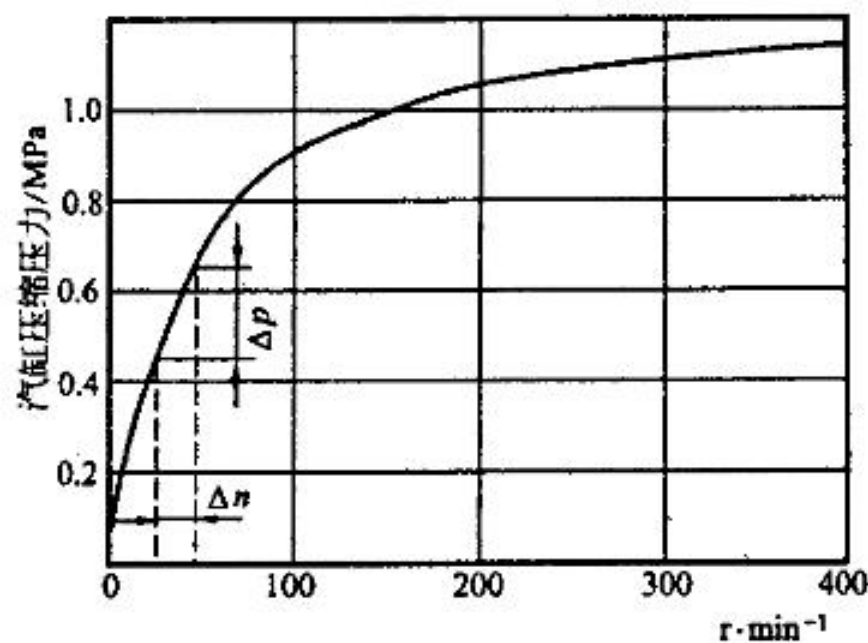


图 6-1-3 曲轴转速对汽缸压缩压力的影响

2) 某一汽缸压缩压力较低时，可向该汽缸注入 10~15mL 润滑油，片刻后用启动机带动曲轴旋转 3~5s，再重新测定该汽缸的压缩压力。若此时的汽缸压缩压力明显提高，则说明该汽缸的活塞及活塞环漏气严重；若汽缸压缩压力变化不明显，则应查明汽缸压缩压力低的另外原因。

3) 相邻两汽缸的压缩压力均偏低，说明两汽缸之间相互窜气。窜气最常见的原因是汽缸垫损坏。

4) 如果所有汽缸的压缩压力均明显低于规定值，则说明该柴油机的活塞及活塞环磨损过大，或进、排气门因严重积炭等原因而密封不严。

5) 汽缸压缩压力检测值与原规定值比较，虽然变化不明显，但柴油机动力不足，曲轴箱有大量排烟，这主要是由于活塞及活塞环、气门等因窜油、漏油使燃烧室内积炭严重，使燃烧室容积缩小，改变了柴油机的压缩比。此时测定的汽缸压缩压力值虽没有明显降低，但柴油机做功冲程时的严重漏气，导致曲轴箱排烟严重，并因此引起柴油机功率明显下降。

6) 虽然汽缸压缩压力不能准确地反映汽缸的密封状况，但可以方便地识别柴油机故障的原因。若需要分析引起某汽缸工作不良的具体原因是供油、喷油不良，还是汽缸压缩压力不足时，特别是工作不良的汽缸出现汽缸垫损坏和气门烧损或关闭不严时，利用汽缸压缩压力检查、判断更是方便简捷。

此外，还有利用启动电压降仪等方法检测柴油机汽缸的密封性。

## 二、汽缸漏气量（率）的检测

汽缸漏气量检测是将一定压力的压缩空气充入汽缸，汽缸漏气将引起充入气体压力的变化，以此变化量的大小来评价和分析汽缸的密封状况。这一方法与汽缸的实际密封



非常相似。此外，还可借助泄漏的声响，很方便地查找出汽缸泄漏的直接原因。

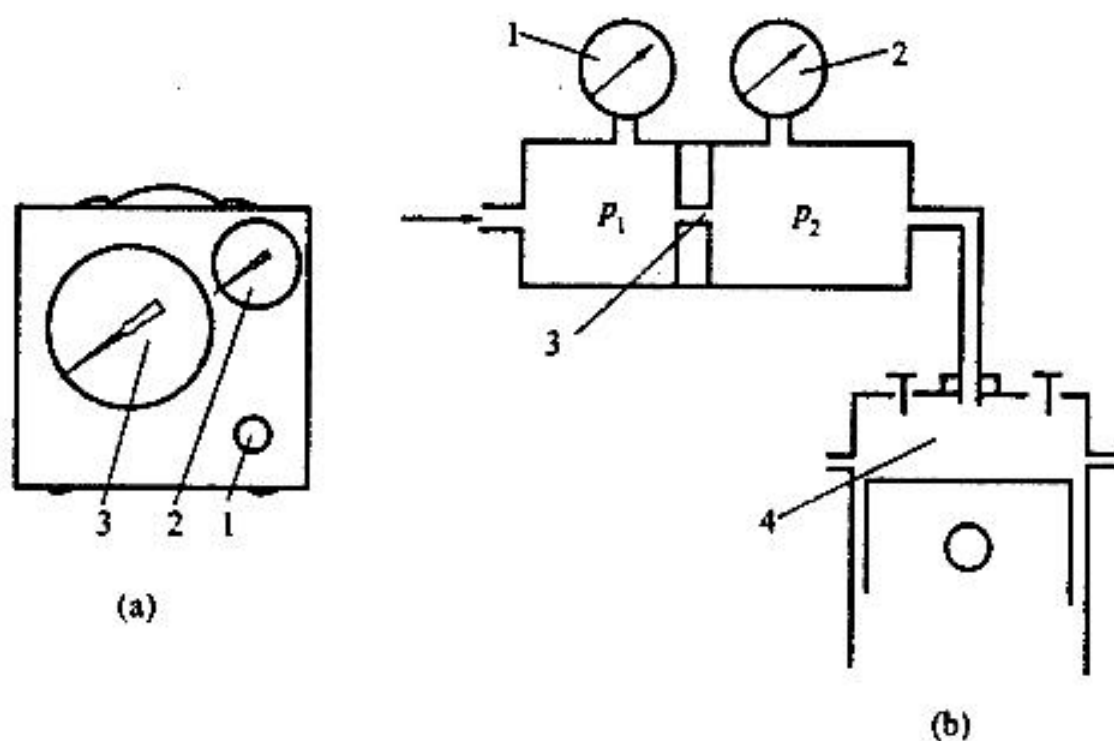


图 6-1-4 汽缸漏气量测量仪

(a) 面板 1—调压阀；2—进气压力表；3—测量压力表

(b) 工作原理 1—进气压力表 ( $p_1$ )；2—漏气量 (率) 表 ( $p_2$ )；3—量孔；4—汽缸

### (一) 汽缸漏气量测量仪

汽缸漏气量测量的面板和检测原理，如图 6-1-4 所示。

当经过调压控制的一定压力  $p_1$  的压缩空气经过孔板上量孔 3 进入处于压缩行程上止点位置的汽缸 4 时，由于汽缸内配合副间有一定间隙或其他密封不良，会引起压缩空气从汽缸的不密封处泄漏出去。此时量孔两端形成的压力差可通过下式计算：

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho Q^2}{2\varphi^2 A^2} \quad (\text{kPa}) \quad (6-1-1)$$

式中  $Q$ ——空气流量，即压缩空气泄漏量，L；

$\rho$ ——空气密度， $\text{kg/m}^3$ ；

$\varphi$ ——量孔阻力系数；

$A$ ——量孔截面积， $\text{m}^2$ ；

$p_1$ ——进气压力，kPa；

$p_2$ ——通过量孔后的压力，kPa。

令  $k = \rho/2A^2$ ，则

$$\Delta p = k \frac{Q^2}{\varphi^2} \quad (\text{kPa}) \quad (6-1-2)$$

由上式可知，当充入气体的压力  $p_1$  一定时，若量孔的截面积和技术状况不变（即  $\varphi$  不变），压力差  $\Delta p$  或  $p_2$  值则取决于漏气量——汽缸的密封程度。空气密度  $\rho$  的变化对压力差  $\Delta p$  的影响，一般均在允许的测量精度范围内。

压力表 1 用来显示经调压后进入的充气压力，通常为 580 ~ 880kPa，选用 1.5 级精度。压力表 2 用于显示汽缸的密封状况，选用 1 级精度。它有两种显示方式：一种是显示气压值，其最大量程与进气压力相同。 $p_2$  的指示值高，说明汽缸的密封性好；反之，

说明汽缸的密封性差。这种显示方式称为汽缸泄漏量。另一种显示方式是汽缸漏率，它与汽缸漏气量显示方式的不同点是，将压力表盘刻度值改为 0 ~ 100%。当  $p_2$  出气口被堵住、无任何泄漏时，表盘的指示状态设定为漏气率为“0”；当  $p_2$  的出气口直通大气、气体全部泄漏时，表盘指示状态设定为漏气率 100%。以漏气率表示的汽缸密封状况总是在 0 ~ 100% 范围内变动。

无论漏气量还是漏气率，仅是显示方式的区别，但其测量原理完全一致。因此，二者的检测值可以相互转换。

（二）检测标准

汽缸漏气量（率）的检测真实地反映了汽缸密封性，但目前由于对各种柴油机检测值与密封状况的研究还不够，尚无统一的检测标准。正常的汽缸泄漏值可以为 6% ~ 15%，若超出此范围应引起注意。

检测、诊断标准是根据柴油机类型，缸径，活塞、活塞环与汽缸的配合等影响因素通过试验制定。表 6-1-1、表 6-1-2 为柴油机汽缸密封性检测的参考值。

表 6-1-1 柴油机汽缸漏气率检测参考值

汽缸密封状况	仪器读数值/%	汽缸密封状况	仪器读数值/%
良 好	0 ~ 10	较 差	20 ~ 30
一 般	10 ~ 20	需换环或镗缸	30 ~ 40

表 6-1-2 不同机型柴油机汽缸漏气率检测参考值

测试条件	测 量 时 活塞位置	发动机汽缸直径/mm				
下列情况漏气率超过 右列数值者必须修理		汽油机/%			柴油机/%	
		51 ~ 75	76 ~ 100	101 ~ 130	76 ~ 100	101 ~ 130
经活塞环、气门等总漏气率	压缩行程开始位置	8	14	23 (16)	24	29
经活塞环、气门单独漏气率	同上	4	8	14 (10)	18	18
经汽缸总漏气率	压缩行程终止位置	16	28	50 (32)	45	52
压缩行程终止位置和开始 位置二次测量之差		12	20	30 (23)	30	30

注：括号内数值适合我国缸径为 102mm 左右的发动机。

（三）检测方法

预热柴油机至正常工作温度（冷却水温度为 80 ~ 95℃），清除喷油器座孔处的污物，拆除被检测汽缸的喷油器。安装转角指示刻度盘，确定被测汽缸处于压缩行程上止点。将压力校准后的检测仪出气口接到被测汽缸喷油器座孔上。为比较活塞在不同位置时汽缸密封状况的差异，还可以选择活塞在下止点附近，而进、排气门均处于关闭状态



时的汽缸密封状况，以分析被测汽缸磨损对汽缸密封状况的影响。

按上述方法，依次检测各汽缸的密封性。

#### （四）检测结果分析

1) 汽缸漏气量的检测比汽缸压缩压力的检测复杂、费时，但检测结果能直观、真实地反映零件各部位的密封状况。又由于不解体条件下的汽缸、活塞难以接近，因而这种方法常用于汽缸密封性的深入研究和故障分析。

2) 当被测汽缸的活塞，进、排气门都处于密封状态时，可通过察听漏气声响的方法查找漏气的位置所在。例如，由曲轴箱通气口或润滑油的加油口，能听见汽缸、活塞间的漏气声响，由散热器加水口可听见冷却水道有无漏气声响；通过进气管口听见气门的漏气声响和通过相邻两汽缸或汽缸盖周边听见汽缸垫有无冲坏的声响等。

## 第二节 曲轴箱窜气量的检测

曲轴箱窜气主要是指汽缸、活塞、活塞环和气门等密封状况不良，使做功行程时的汽缸内气体窜入曲轴箱，特别是随着上述零件的磨损、配合间隙增大，使汽缸密封性下降；窜入曲轴箱的气体愈多，说明汽缸、活塞环的磨损愈严重。因此可通过检测曲轴箱窜气量的大小，在不解体的情况下评价柴油机汽缸密封性的优劣，同时也为评价整机的技术状况提供充分依据。

由图 6-1-5 可见，曲轴箱的窜气量随使用时间的变化率很大，即对柴油机汽缸与活塞、活塞环的配合状况和磨损的影响有着较为灵敏的反应。图 6-1-5 同时也清楚地表明了曲轴箱窜气量对柴油机功率和燃油消耗的影响，即随着曲轴箱窜气量的增加，柴油机的功率逐渐下降，燃油消耗线性增加。

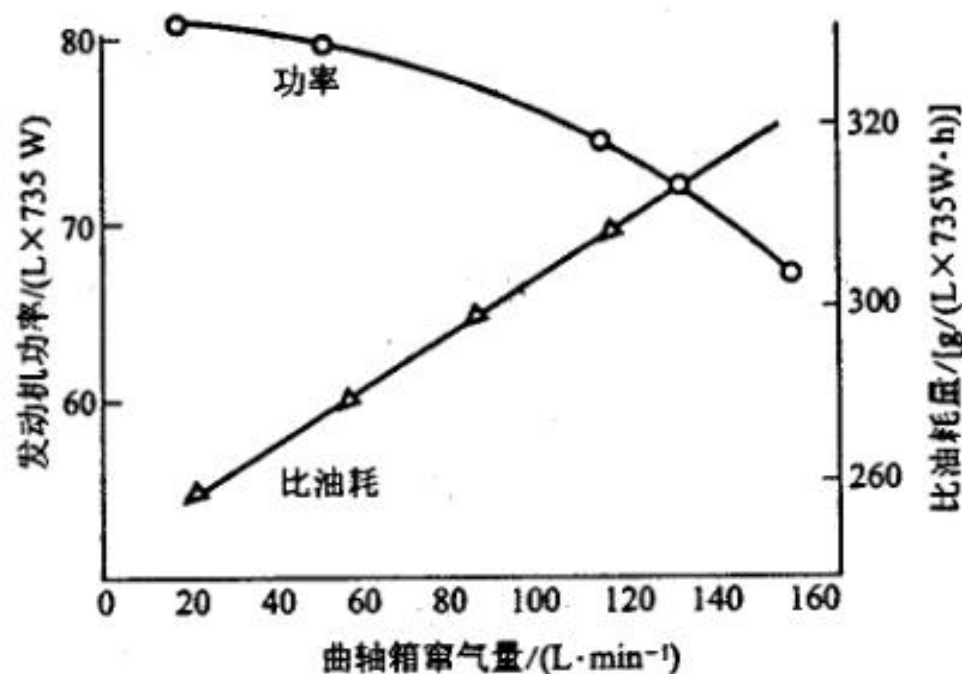


图 6-1-5 曲轴箱窜气量与柴油机功率、燃油消耗的关系



## 一、曲轴箱窜气量检测仪

图 6-1-6 为曲轴箱窜气量检测仪，它由稳压箱、流量计和二次仪表（显示仪表）等三部分组成。来自曲轴箱的漏窜气体首先进入稳压箱，以减少气体脉动引起对测量结果的影响。稳压后的气体流经流量计并转换成电信号，最后由二次仪表显示出气体流量。

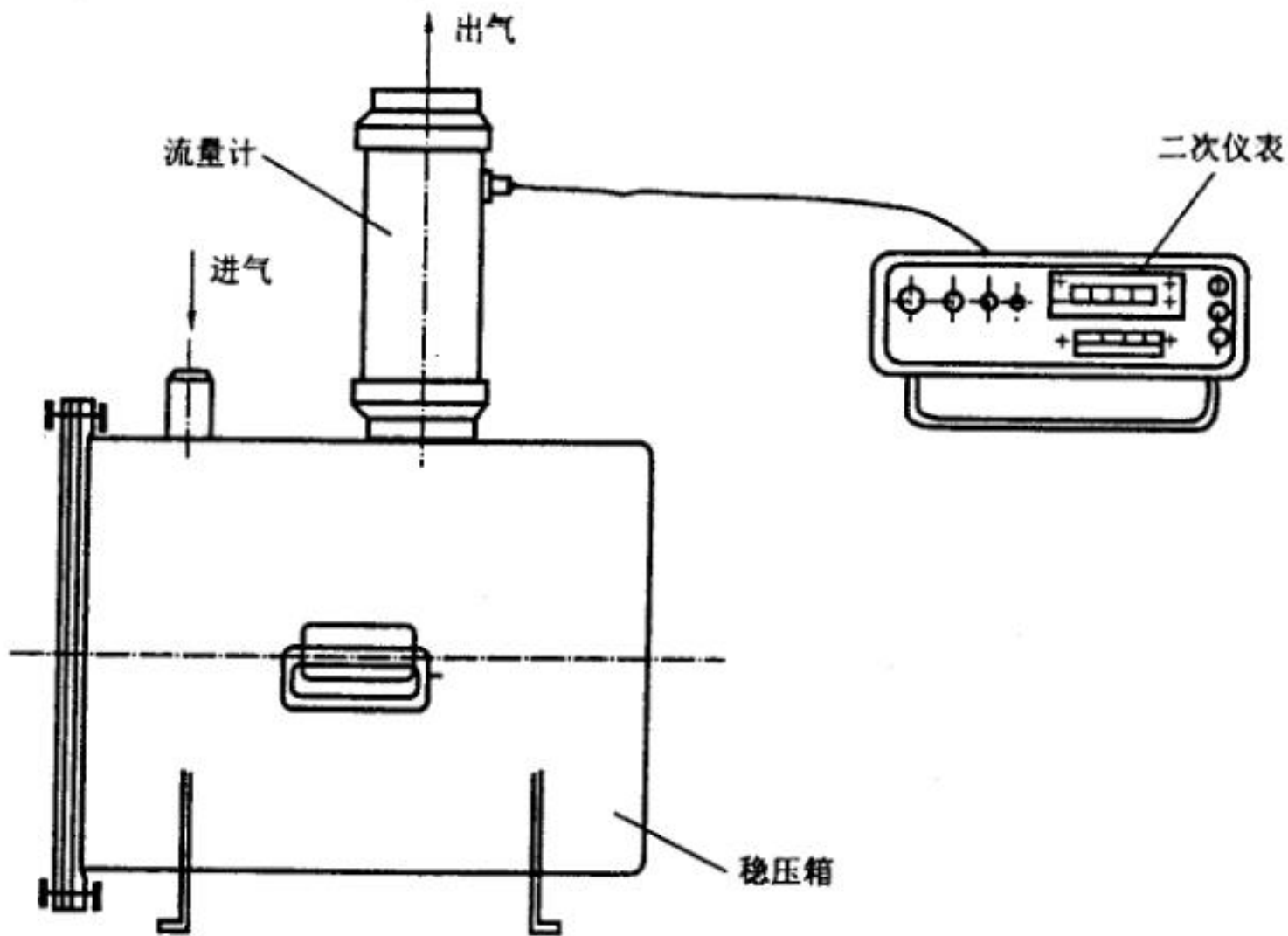


图 6-1-6 曲轴箱窜气量检测仪

图 6-1-7 为 U 形管式玻璃流量计，它由 U 形管式压力计 1、流量孔板 3、流量孔板变量手柄 4 和刻度板 6 等组成。当气体沿图示箭头方向流动时，由于流量孔板两端存在压头差，使压力计水柱移动，直至压力与水柱落差平衡为止，由压力计水柱高度确定气体的流量。孔板备有不同直径的小孔，旋动孔板手柄，可选择不同孔板量孔的直径，以适应不同流量的测试需要。

## 二、检测方法

曲轴箱窜气量除了与汽缸、活塞环的密封状况有关外，还与柴油机的负荷、转速有关。柴油机的充气量愈大，则泄漏量相对也大。因此一般选定柴油机在最大扭矩附近测定其曲轴箱窜气量。

为使柴油机能在测试中加载，常选用测功试验台对柴油机进行测试（或选用底盘测功机对机械整车进行测试）。测试时柴油机的热负荷、机械负荷、进气状态等应与测功

试验台的要求相符。

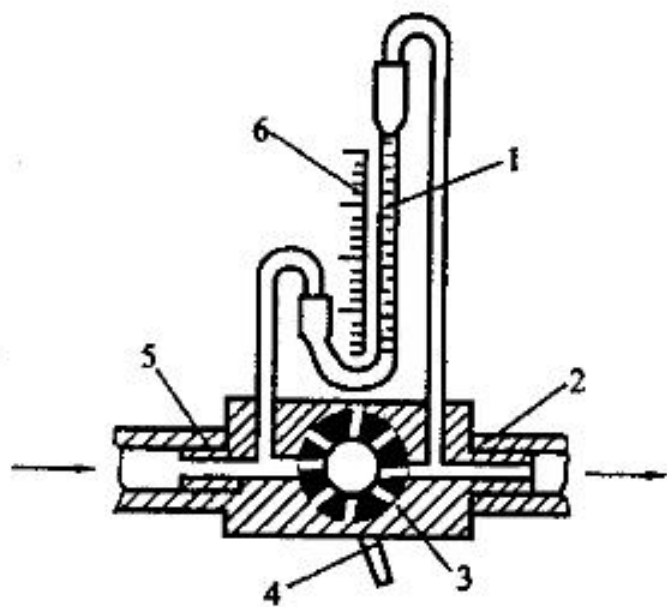


图 6-1-7 U 形管式气体流量计

1-压力计；2-出气口；3-流量孔板；4-孔板手柄；5-进气口；6-刻度板

检测柴油机曲轴箱窜气量时应在曲轴箱上部通风处进行，测量时应堵塞油尺口、强制通风口等，避免气体由非测量口外泄而引起测量误差。

曲轴箱窜气量检测仪的测试精度为：测量误差不大于所测值的  $\pm 6\%$ 。

### 三、检测标准

目前，关于曲轴箱窜气量的检测标准还不够完善，现将国内有关规定介绍如下，以供参考：在 JT201—95《汽车维护工艺规范》中，新柴油机的单缸平均窜气量为  $3 \sim 8\text{L}/\text{min}$ ，需要大修柴油机的为  $18 \sim 28\text{L}/\text{min}$ 。

## 第三节 进气歧管真空度的检测

在空气滤清器工作性能正常情况下，柴油机进气歧管真空度主要随汽缸、活塞组等零件的磨损而变化，此外还与配气机构零件状况以及供油系的调整有关。

### 一、检测方法

- 1) 让柴油机高于正常怠速的转速空转约  $30\text{min}$ ，使柴油机达到正常工作温度。
- 2) 将真空表的软管和进气歧管上的测压孔连接起来。
- 3) 在柴油机稳定怠速运转的情况下，读取真空表上的显示值。

### 二、检测结果分析

- 1) 进气真空度正常（见图 6-1-8（a））。指针位于  $17 \sim 21$  的刻度之间，真空表读



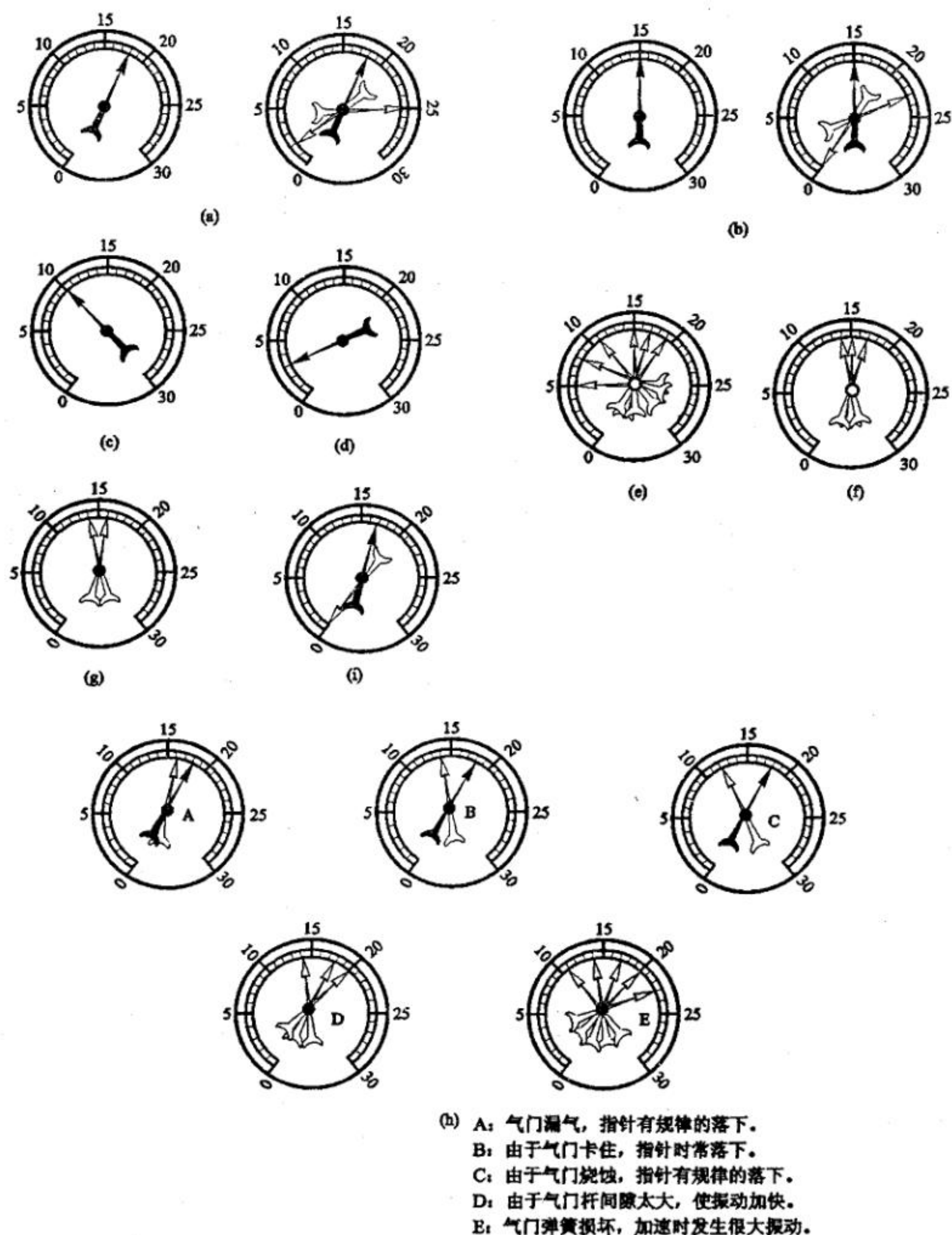


图 6-1-8 真空表的显示

(a) 进气真空度正常; (b) 读数下降; (c) 读数偏低; (d)、(h) 指针摇摆;  
 (e) 怠速后读数下降; (f) 指针时而摇摆; (g) 指针移动缓慢或不稳定



数约为 457mmHg (4.5kPa) 时则可认为柴油机运转正常。如果大气压力增加, 柴油机进气歧管真空度则应下降。

2) 真空表读数下降 (见图 6-1-8 (b)、(c))。说明活塞环处出现漏气现象 (或喷油过迟或配气相失准), 将造成汽缸压缩压力及柴油机功率下降。

3) 真空表指针在读数非常低的位置上 (见图 6-1-8 (d)), 说明进气歧管垫或汽缸垫破损而出现明显的漏气现象。

4) 提高柴油机转速后真空表指针出现摇摆现象, 见图 6-1-8 (e)、(g)。一般是由于汽缸垫、进气歧管垫破损而漏气, 或气门关闭不严、着火不良等原因, 造成柴油机部分或全部功率损失。

5) 真空表指针移动缓慢, 或不稳定 (见图 6-1-8 (f))。说明柴油机怠速的空燃比调整的不合适, 或进气歧管垫漏气、曲轴箱通风装置堵塞。

6) 真空表指针时而发生摇摆 (见图 6-1-8 (h))。一般是由于气门烧蚀而关闭不严或着火不良等原因而引起柴油机功率的不规则下降。

7) 柴油机怠速运转后真空表指针读数逐渐下降 (见图 6-1-8 (i))。说明柴油机排气系统有较大的反向压力。

## 第四节 异响检测

曲柄连杆机构在工作中的摩擦、磨损会使相关配合间隙增大, 运动机件受冲击载荷作用而发出金属敲击声响, 则称为异响。它不仅要引发事故, 而且直接影响机件的使用性能和寿命。产生异响的根本原因是机械振动, 通过对曲柄连杆机构振动测量与分析, 便可知道曲柄连杆机构相互配合件的技术状况。

### 一、压电加速度计

压电加速度计是测量机械振动时将机械能变成电能的机电式换能器, 其结构、工作原理如图 6-1-9 所示。

在压电材料 (通常为石英晶体或钛酸钡等) 上固定一个质量块, 固定的方法是用弹簧、或螺钉、或树脂粘接等。当压电加速度计受到振动时, 由质量块产生的惯性力为

$$F = ma \quad (\text{N}) \quad (6-1-3)$$

式中  $m$ ——质量块质量, kg;

$a$ ——加速度,  $\text{m/s}^2$ 。

惯性力  $F$  作用在压电材料上, 使其产生压电效应, 其表面产生的电荷为

$$Q = d_{33}F \quad (\text{mA}) \quad (6-1-4)$$

式中  $d_{33}$ ——压电材料的压电常数;

$F$ ——质量块的惯性力, N。

电荷  $Q$  又可写成  $Q = d_{33}ma$ 。当压电式加速度计的结构一定时, 其压电材料的压电

常数  $d_{33}$  和质量块的质量  $m$  均为常数，因此电荷  $Q$  仅与加速度  $a$  成正比，亦即压电加速度计便可将振动加速度转换成电量。

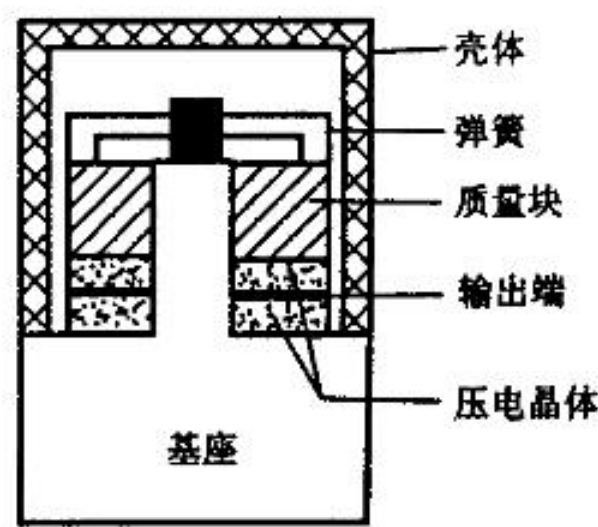


图 6-1-9 压电加速度计

## 二、发动机测试仪

用发动机测试仪对柴油机进行异响检测时，常采用手握式加速度计，如图 6-1-10 所示。

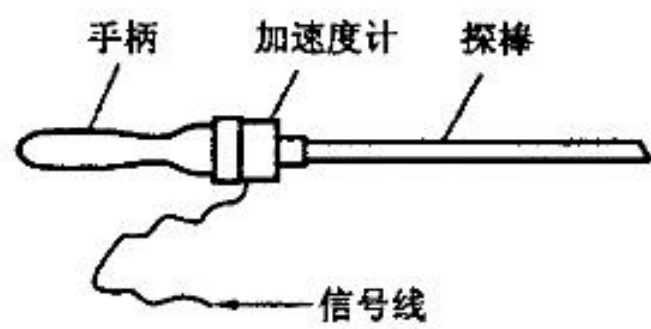


图 6-1-10 手握式加速度计

手握式加速度计主要由加速度计（见图 6-1-11）、探棒、手柄等信号线等组成，

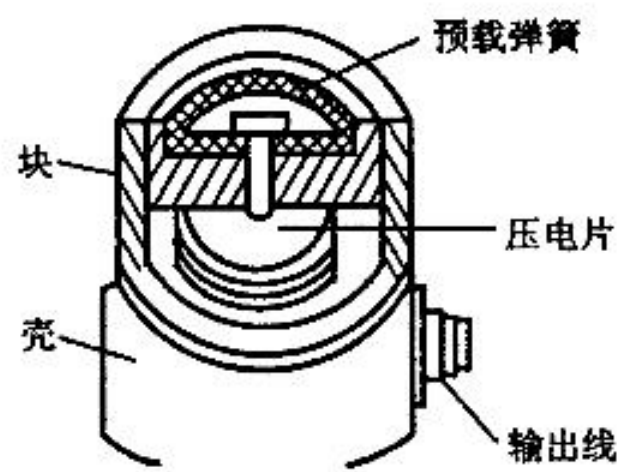


图 6-1-11 加速度计结构

加速度计与手探棒组装在一起。检测时将加速度计与探棒一起与所需要的检测点接触，检测点的振动沿着探棒传到加速度计。加速度计进行机电能量转换后将电信号输入到测



示仪，测试仪经过选频放大后再送到示波管上显示出来。

检测人员通过波形的频率、幅度、相位调节，再加上检测过程中运用对检测点的部位变化、发动机单缸缺火和加减速运转等辅助手段，便可将各种异响检测出来，随后进行分析和判断。

## 第五节 故障分析

### 一、机体组零件失效

汽缸体和汽缸盖是发动机的基础件，它们结构复杂，工作时受热和受力情况严重，容易产生变形和裂纹，从而影响发动机的使用，并且会影响到发动机其他机构和系统的技术状态。此外，汽缸与高速运动的活塞、活塞环相配合，当它发生故障时，将直接影响到发动机的主要性能指标，汽缸的磨损程度决定了发动机是否需要三级保养或大修。

#### （一）汽缸体

1) 汽缸体的裂纹和孔洞。汽缸体产生裂纹的主要原因是由于发动机急剧的温度变化而形成的内应力引起的。例如，发动机在缺水或水垢严重的情况下大负荷运转，会因散热不良而使发动机过热，如果此时发动机急速停车或加注冷却水，便会使汽缸体产生裂纹；在低温的季节和地区，发动机带负荷运转后立即停车，且放出冷却水，也容易使汽缸体产生裂纹，或发动机熄火一定时间后又忘记放掉冷却水，致使汽缸体冻裂。

汽缸体孔洞多数是由于事故性原因造成的。例如，由于连杆或连杆螺栓断裂、活塞破碎等击破汽缸体。

汽缸体细微裂纹不易察觉，需要利用水压试验来检验。水压试验时将汽缸体各个水口堵住，只留下个注水口。待水套内注满水后用手压泵旋加 400kPa 压力，观察汽缸体是否有渗水现象。对汽缸体进行水压试验时，可将汽缸体翻转以检查阻水圈等处是否漏水。

2) 汽缸体上平面的翘曲。汽缸体上平面翘曲不平将会引起漏水和汽缸密封失效，其原因有：发动机过热使汽缸体变形；汽缸盖螺栓拧紧力不一或松动；汽缸盖螺栓未按规定顺序拧紧和旋松。

汽缸体上平面变形可用直尺、厚薄规予以检查，亦可用标准平板涂以红铅油后与汽缸体上平面对研，观察其接触印痕来判断。一般要求汽缸体上平面每 50mm × 50mm 范围内平面度误差为 0.05mm，整个上平面的平面度误差为 0.10 ~ 0.20mm，超出此规定值时应进行修理。



## （二）汽缸

1) 汽缸磨损。这是汽缸最常见的失效形式，并且不仅一个汽缸磨损很不均匀，多缸发动机的几个汽缸磨损也不完全相同，其正常磨损的特征是：

（1）轴向方向上的磨损呈上大下小、近似锥形，如图 6-1-12 所示。磨损的部位主要是在活塞环移动的区域，第一道活塞环位于上止点处的磨损最为严重，且形成明显的台阶。这是因为此时活塞环的运动速度为零，油膜较薄或处于边界磨擦状态，活塞环对缸壁的压力最大，换向时的冲击作用，以及燃烧产物中的酸性物质的腐蚀作用等原因造成。离上止点几十毫米处汽缸磨损较小，再向下汽缸磨损既小又不均匀。

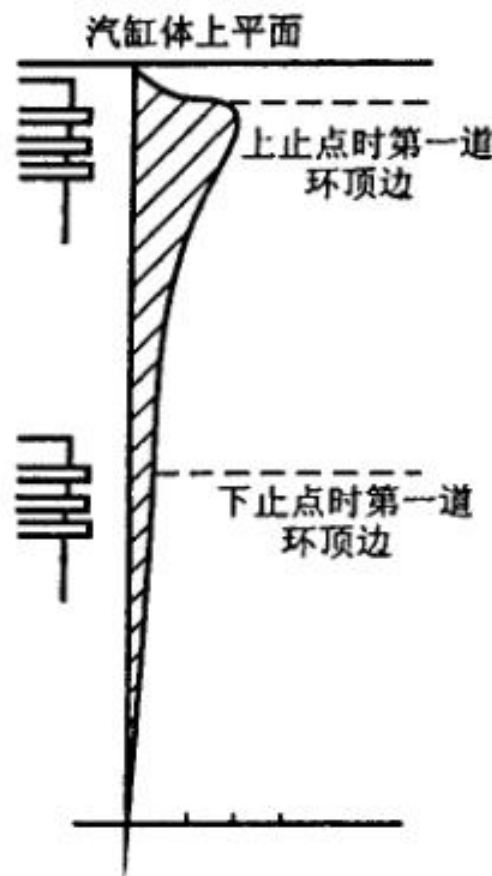


图 6-1-12 汽缸轴向磨损

（2）径向方向上的磨损呈椭圆形，甚至是多边形。椭圆的长短轴方向受多种因素的影响，其长轴可能在发动机纵向方向上，也可能在与之垂直方向上或其他方向上。这种椭圆形的不均匀性随汽缸磨损程度的不同而不同，在第一道活塞环上止点处磨损量最大，其圆度误差（即径向磨损不均匀性）也最大。在以下的一段部位径向磨损较小，其圆度误差也变得很小，即基本成正圆磨损。

汽缸径向磨损不均匀的原因是多方面的。例如：连杆摆动产生的侧压力会加大在连杆摆动方向上汽缸的磨损。偏置销座活塞使做功行程时减小对汽缸壁的侧压力，而在压缩和排气行程时则加大对汽缸壁的侧压力，结果使一个工作循环中汽缸壁两边所受的侧压力接近相等而使汽缸径向磨损较均匀；活塞受热变形、受气体压力变形、受侧压力变形等使其销轴方向尺寸增大而增加了汽缸沿发动机纵向方向的磨损；汽缸体热变形时沿发动机横向方向上的自由度较大，因此热车时发动机纵向方向上的汽缸磨损较大，冷车时则相反；安装不正确等也会增加汽缸径向磨损的不均匀性，如连杆弯曲时会使汽缸产生附加侧压力，连杆轴颈锥度较大会使连杆倾斜，造成汽缸在发动机纵向方向上的磨损较大。



(3) 多缸发动机各缸的磨损程度是不均匀的,这也是受多方面因素的影响。但一般来说,冷却强度比较大的汽缸的磨损量较大。

汽缸磨损后与活塞的配合间隙增大,活塞环的开口间隙也相应增大,使发动机产生漏气、窜机油、压缩不良、功率下降、启动困难、机油消耗量增加且易变质,各缸磨损不均匀还会使发动机工作不稳定、容易产生振动。

2) 拉缸。拉缸是发生在活塞环移动区域内,它在汽缸壁上形成较大的带有颜色的熔化状条纹,其磨损量比正常磨损时的大几十倍甚至几百倍以上。拉缸多发生在新组装或大修后不久的时期内,甚至在发动机装配后启动几分钟就发生,即多发生在发动机的磨合阶段,称之为“早期拉缸”。少数的在发动机使用中出现,称为“晚期拉缸”。

汽缸产生拉缸后使发动机漏气量和窜油量急剧增多,以致几小时后发动机便不能正常运转。严重的拉缸还会使活塞、活塞环与汽缸壁咬死在一起。

拉缸主要是由以下几个原因造成的:

(1) 发动机在磨合期内以大负荷或超负荷运转。在磨合期内,发动机相对运动零件的摩擦表面的微观状态是凹凸不平,还未形成最有利的滑动表面和润滑油膜,大负荷运转会造成摩擦表面过热、局部高温熔化金属而导致拉缸。

(2) 活塞与汽缸壁的配合间隙太小,一方面飞溅的润滑油难以进入活塞与汽缸塞的间隙,另一方面活塞膨胀时与汽缸壁贴紧而产生高温,形成了拉缸。

(3) 润滑油供油不足,汽缸壁缺油,未能形成所需要的油膜而造成拉缸。

(4) 发动机运转过程中较长时间内冷却不良(如冷却水量不足、转速偏低、冷却水管路堵塞等),使活塞、活塞环和汽缸过热而形成拉缸。

(5) 汽缸修理时所用珩磨条过钝,使基体材料被挤压到石墨片脉络上,形成“复盖薄皮层”,使其储油性及磨合性变坏,造成磨合阶段的拉缸。

此外,汽缸和活塞环的材料及工艺对拉缸也有影响,例如采用磷化汽缸和镀铬活塞环就不容易出现拉缸现象。

3) 汽缸裂纹。汽缸裂纹多发生在汽缸的纵向方向上,一般裂纹比较细小,但严重的也会使汽缸沿汽缸纵向裂开。任何裂纹都会使冷却水流入汽缸而导致发动机无法工作。

汽缸裂纹产生的原因与汽缸体的相同,即主要由于发动机在过热状态下急速冷却造成的,其具体原因如汽缸体裂纹所述。当汽缸材料有缺陷时,将更容易产生裂纹。

4) 汽缸套穴蚀。强化程度较高的柴油机,其汽缸套外表面与冷却水接触的部位有时会产生聚集的深孔状的穴蚀破坏,其结果使汽缸套产生裂纹,或形成穿透整个汽缸套的针状孔洞而使汽缸渗水。穴蚀多发生在连杆摆动方向上,其位置在作功行程中受侧压力的一面以及对着进水口和水流转弯等处的汽缸套外表面上。穴蚀与腐蚀不同,它没有腐蚀生成物、表面大多是清洁的。

汽缸套穴蚀主要是由于汽缸套高频振动而引起冷却水穴泡爆破造成的。即当活塞在上止点处换向时对汽缸套产生撞击,并引起其高频振动、与其接触的冷却水交替地拉伸和压缩。当汽缸套振离冷却水而使其压力降低到该温度下的饱和蒸汽压或某一临界压力时,溶于水中的气体便开始以穴泡形式分离出来。当汽缸套重新振动冷却水时,已形成



的穴泡便因压力升高而突然爆破，并以很大的压力（可达数兆帕）冲击、挤压汽缸套的外表面。在微小面积上产生压力高峰、局部高温。这一过程反复进行的结果，促使汽缸套材料疲劳、材料粒子逐渐地从汽缸套表面上碎裂下来，最初使汽缸套外表面粗糙，接着就出现越来越大的凹坑，呈孔穴状斑蚀，最后导致汽缸套裂纹和穿孔。

汽缸套穴蚀的产生及其强烈程度与很多因素有关，例如活塞与汽缸配合间隙的大小，汽缸套材料、外表面的粗糙度与处理情况，冷却水的温度、压力、有无防蚀剂，汽缸套振幅大小，发动机工况等。一般来说，减小活塞与汽缸的配合间隙，汽缸套外表面进行镀铬处理，提高冷却水温度和压力并添加防蚀油和乳化油以及减小汽缸套振幅等均可减少或抑制穴蚀的产生。

### （三）汽缸盖

汽缸盖直接承受高温高压气体的作用，且内部结构复杂，故比汽缸体更容易损坏。汽缸盖失效形式主要有下平面翘曲、裂纹等。

1) 汽缸盖下平面翘曲。由于在高温高压气体作用下，汽缸盖的材料金相组织发生了变化而使其体积变化，例如，当珠光体转变为铁素体加石墨时其体积增大，因而产生了组织应力使汽缸盖变形。此外，拆装汽缸盖时未按一定的顺序拧紧、旋松汽缸盖螺栓，使汽缸盖受力不均而变形。

汽缸盖下平面翘曲后将不能均匀地压紧汽缸垫，从而造成汽缸垫烧毁以及汽缸漏气、漏水等故障，以致发动机无法工作。

汽缸盖下平面翘曲可用直尺、厚薄规来检查，也可用标准平板与汽缸盖下平面对研或用百分表进行检查。一般来说，汽缸盖下平面的平面度误差与汽缸体上平面的相同。

2) 汽缸盖裂纹。汽缸盖裂纹主要发生在受热表面，常见的是在两个气门座孔之间、气门座孔与喷油器座孔之间，以及气门座孔周围等处。

汽缸盖裂纹主要是由于过热时材料蠕变产生的残余热应力所致。一般来说，当汽缸盖受热面温度长时间超过  $350^{\circ}\text{C}$  时即容易产生裂纹，因为此时汽缸盖材料的抗蠕变性能将显著降低，因此，当汽缸盖受热面的热膨胀受到限制时便产生很大的压缩应力，进而产生塑性变形。热变形后的汽缸盖冷却时又将产生很大的残余拉伸应力，此拉伸应力与作功行程产生的机械应力、温差应力等共同引起汽缸盖裂纹。

发动机使用中应避免长时间的超负荷运转、缺水、水垢过多、风扇皮带打滑等，不让发动机过热。此外，发动机带负荷运转后不要立即熄火或急加冷却水。

3) 其他故障。气门导管孔因过盈量消失而产生磨损，汽缸盖与汽缸体接合面的烧蚀和腐蚀；螺纹损坏；预燃室或涡流室的喷口烧损等。

## 二、活塞连杆组零件的失效

活塞连杆组是发动机重要的组件之一。其中的活塞、活塞环、活塞销等零件在汽缸中以很高的速度、加速度作往复运动，并承受燃烧爆发压力和高温燃气的作用，冷却、润滑条件较差，因此机械负荷和热负荷都很严重；连杆作平面运动，受力复杂。总之，

活塞连杆组零件在使用中容易失效，并将直接影响发动机的动力性、燃料使用经济性和工作可靠性。

### （一）活 塞

活塞失效的形式有顶部烧损和裂纹、环槽磨损、销座磨损和裂纹、裙部磨损等。

1) 顶部烧损和裂纹。活塞顶部直接与高温燃气接触，温度很高，膨胀时其边缘很容易与汽缸发生粘着性磨损。此外，活塞顶部各点之间有很大的温度梯度，故产生较大的热应力，尤其是柴油机活塞的热负荷更为严重。如果活塞温度超过  $370 \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，其疲劳强度显著降低，顶部则容易出现疲劳热裂现象。平顶活塞的顶部裂纹无一定方向，而顶部有燃烧室凹坑的柴油机活塞，其裂纹多垂直于燃烧室凹坑边缘，且往往与活塞销轴线成垂直方向，大多集中在气门凹坑附近。裂纹较大时可造成活塞顶部漏气，发动机功率下降，甚至使活塞裂碎。

2) 环槽磨损。高速发动机多使用铝合金活塞，其常见的故障是环槽磨损，尤其是第一道环槽磨损最为严重。环槽磨损是活塞报废的主要原因之一。

环槽磨损的部位是环槽的上下两个侧面，特别是其边缘处。环槽磨损后呈梯形断面。环槽磨损主要是在高压下与活塞环撞击、摩擦的结果。高温作用是环槽磨损的又一重要因素，它烧掉环槽内的润滑油，使活塞环与环槽成半干摩擦或干摩擦状态，同时使活塞材料的塑性增加、耐磨性降低。

环槽磨损后将使活塞环与活塞环槽的配合侧隙增大，降低了汽缸的密封性，导致发动机动力性下降、燃料消耗增加。

3) 销座磨损与裂纹。销座磨损是由于摩擦产生的，磨损部位是在销座的上下方向上。销座磨损后增大了与活塞销的配合间隙，工作时产生冲击载荷和较大的撞击声。

销座裂纹往往是由于上述冲击载荷引起单位面积上的压力过大造成的，例如铝合金活塞销座单位面积压力超过  $56 \sim 63\text{MPa}$  时即容易产生裂纹。销座裂纹通常是从内表面开始，沿销座长度方向分布。

4) 裙部磨损。活塞裙部磨损发生在连杆摆动方向上承受侧压力约  $110^{\circ}$  范围内。如果活塞裙部尺寸偏小或与汽缸配合间隙偏大，会加速裙部磨损，严重时会使其导向性变差、敲缸现象加重，并且会使活塞、活塞环的磨损加剧，汽缸密封性下降，加重汽缸套的穴蚀现象。

### （二）活塞环

在发动机运转过程中，活塞环工作条件恶劣，机械负荷、热负荷繁重而复杂，很容易磨损、弹力下降和折断，尤其是铸铁为材料的活塞环。

1) 活塞环磨损。活塞环是在高温、高压、高速条件下工作的，会产生严重的磨损，其磨损的主要部位是外圆工作表面，其次是上下两个侧面。第一道气环比其他活塞环的磨损更快、更严重，这是因为它经常处于半干摩擦状态。实践证明，油环的磨损也比较严重，这是因为润滑油中的磨料造成的。

活塞环磨损通常有摩擦磨损、磨料磨损、腐蚀磨损、熔着磨损和早期磨损等几个



形式。

活塞环磨损后使其装配间隙（端隙、侧隙、背隙）加大，造成燃烧室向曲轴箱窜气，使汽缸的压缩压力及爆发压力降低、发动机功率下降，并使润滑油质量变坏。与此同时，使机油窜入燃烧室，破坏了可燃混合气的正常燃烧，并增加机油消耗和排气冒烟。严重的熔着磨损会导致拉缸，使发动机无法工作。

2) 活塞环弹力下降。造成活塞环弹力下降的主要原因有：环的磨损，高温气体的作用，环的材料热稳定性差等。活塞环弹力降低后使其对汽缸的密封性下降、颤动程度加剧，进而使发动机动力性及燃润料使用经济性下降，以及容易产生发动机启动困难等故障。

3) 活塞环折断与卡死。活塞环折断在强化程度高的发动机上时有发生，折断时通常是环的两端产生小块脱落，继而使环产生折断。柴油机活塞环往往折断成许多碎段（柴油机爆发压力高，振动、冲击力大）。活塞环折断主要是复杂的运动和冲击振动等使其应力超过机械强度等原因引起的。活塞环折断多发生在第一道气环，其次是第二道气环。

活塞环卡死是由于不完全燃烧时生成的积炭、尘埃、磨屑等堵塞于环槽内，使活塞环卡在环槽中而失去作用。严重时造成环的折断，此种情况多发生在第一、二道气环，它容易刮伤汽缸，损坏活塞环槽，汽缸压缩压力降低，使燃烧恶化和发动机功率下降。

### （三）活塞销

活塞销主要的失效形式是外圆磨损，使它与连杆衬套及活塞销座的配合间隙增大。当间隙增大到一定程度后会出现不正常的敲击声，通常与活塞销外圆磨损大于 0.5mm 时应予以更换。

### （四）连 杆

弯曲和扭曲是连杆最常见的失效形式，这是因为连杆除了受力复杂外，还由于在制造或修理时多次校正造成的内应力，以及发生活塞环卡死或折断、拉缸、抱轴、连杆螺栓断裂等故障时造成连杆非正常的过大应力。

一般情况下，连杆弯曲产生在大小头轴线所在的平面内（即前后弯曲），造成大小头轴线不平行。连杆扭曲将使大小头轴线不在一个平面内。连杆的弯曲或扭曲不仅降低了本身的强度，而且使活塞与汽缸的配合情况失常、受力恶化、产生异常磨损。

### （五）连杆螺栓

连杆螺栓在发动机运转过程中承受很大的交变拉伸载荷，其主要失效形式是螺纹磨损和损伤，有时也会产生裂纹甚至断裂。镀铜连杆螺栓经过多次拆装后其铜层会被磨掉而不能自锁。连杆螺栓出现缺陷时都应更换，以免造成重大事故。但铜层磨损后可重新镀铜，继续使用。



### 三、曲轴及轴承的失效

曲轴是发动机的重要零件，曲轴与轴承的配合又是发动机中关键的配合之一。曲轴及其与轴承配合的技术状况直接影响到发动机的工作可靠性和使用寿命。当轴承配合间隙过小时，将引起烧瓦甚至抱轴；反之，将因过大的冲击载荷而加速零件的磨损，甚至使曲轴断裂。

#### （一）曲 轴

曲轴受力情况复杂、负荷较重，而且本身结构复杂、刚度较差。使用中曲轴的失效形式有轴颈磨损、弯曲与扭曲、断裂等。

1) 轴颈磨损。这包括主轴颈和连杆轴颈的磨损。其中连杆轴颈磨损较大。

主轴颈磨损后尺寸变小，且呈椭圆形，在向着连杆轴颈的部位磨损严重。这是因为由活塞连杆组零件及连杆轴颈等产生的往复惯性力、离心力以及燃烧爆发压力等作用的结果。主轴颈的轴向磨损基本上是均匀的。

连杆轴颈磨损后呈现明显的不均匀性，径向有较大的圆度误差，轴向也有一定的圆柱度误差。连杆轴颈的径向磨损属“内边磨损”，即磨损的最大部位是在向着主轴颈（即内侧面）的部位上，其原因与所受的作用力有关，如图 6-1-13 所示。在发动机运转过程中，连杆轴颈承受的气体压力、活塞连杆组零件的往复惯性力以及连杆大头的离心力等所形成的合力，始终作用在轴颈的内侧面上，因此该部位磨损最大。

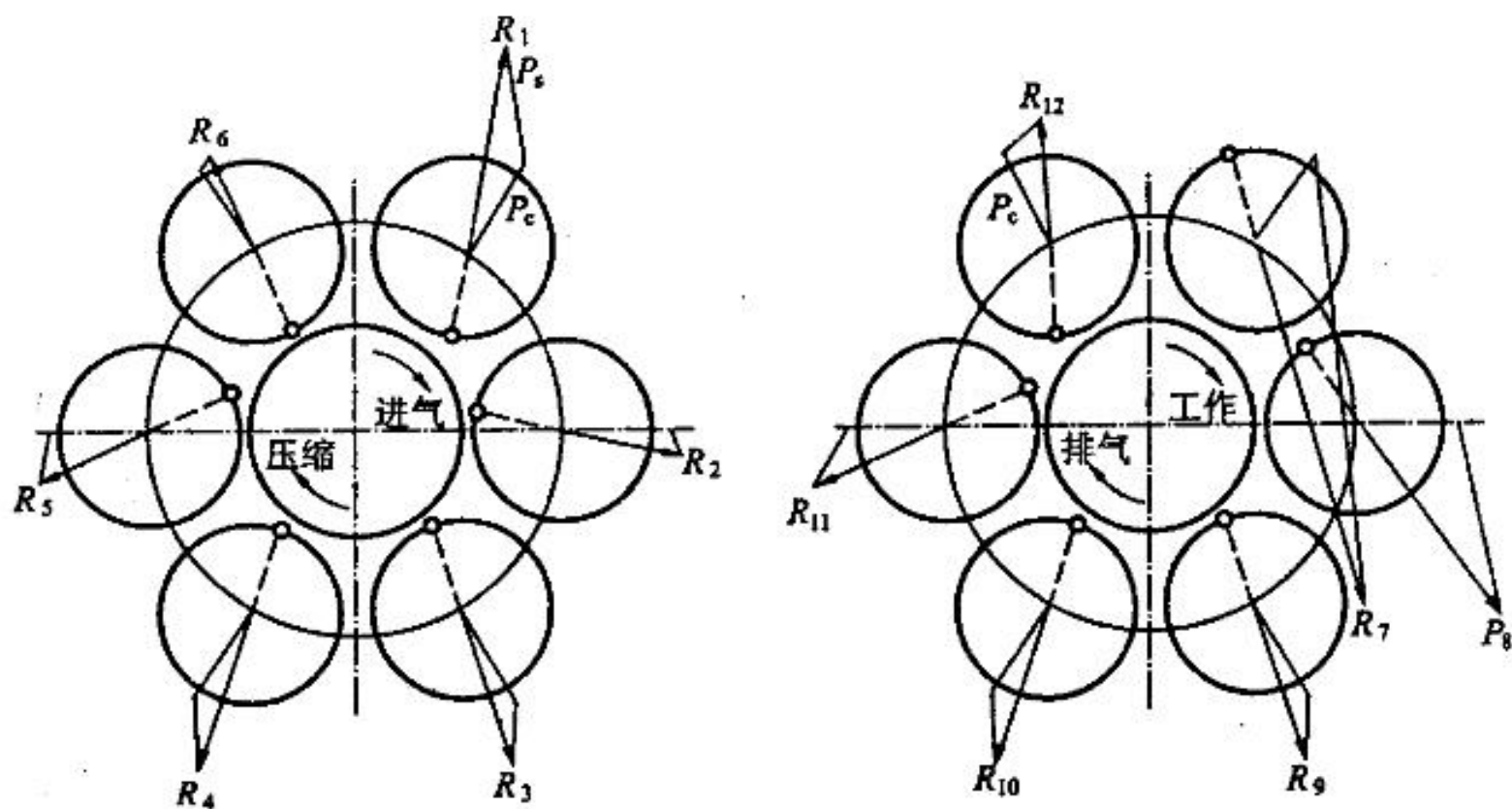


图 6-1-13 连杆轴颈的受力

连杆轴颈磨损成锥形的主要原因是油道出口处结构形状不合理及润滑油中机械杂质较多。由于连杆轴承中的润滑油一般是以主轴颈经倾斜油道而来的，曲轴旋转时在离心力的作用下，机械杂质流向连杆轴颈的一端，如图 6-1-14 所示，因而使连杆轴颈的一端磨损加重。油道出口具有离心沉淀室结构的曲轴减少润滑油中机械杂质对连杆轴颈



磨损的影响，因而其磨损量及圆柱度误差都较小。另外，连杆的弯曲与扭曲变形、汽缸套沿曲轴轴向方向的倾斜、曲轴的弯曲变形等也会使连杆轴颈受力不均而产生圆柱度误差。

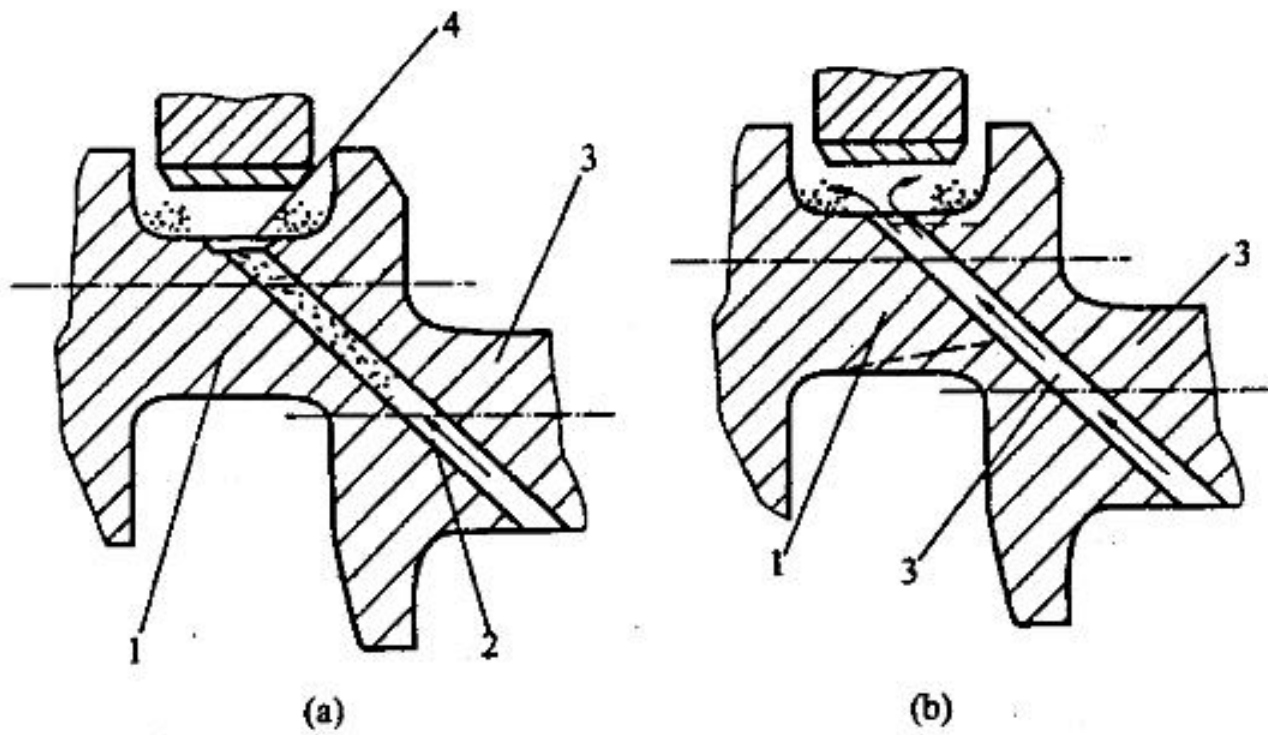


图 6-1-14 曲轴油道

(a) 有沉淀室；(b) 无沉淀室

1 - 连杆轴颈；2 - 油道；3 - 主轴颈；4 - 沉淀室

多缸发动机曲轴的各个轴颈的磨损是不均匀，一般中间轴颈的磨损量和不均匀程度要比两端轴颈的大，后端轴颈又比前端轴颈的磨损严重，这是由于受力和曲轴弯曲变形不同所致。

从磨损量与磨损不均匀程度来看，连杆轴颈要比主轴颈严重得多，这是因为连杆轴颈比主轴颈工作条件差、受力复杂、刚度差等缘故。

影响曲轴轴颈磨损的主要因素有：工作载荷的大小。工作中经常受冲击载荷时轴颈与轴承间不容易形成油膜，或油膜容易被破坏，此时曲轴轴颈的磨损将增加。配合间隙的大小。配合间隙过小对油膜不易形成，会造成半干摩擦和局部高温，导致烧瓦和抱轴，使轴颈磨损急剧增加。反之，因润滑油容易流失，且因冲击载荷也破坏了油膜，同样使轴颈磨损加剧。润滑油的质量及杂质含量。实践证明，这是影响轴颈磨损的最重要因素，因此必须经常注意润滑油的品质和清洁。

曲轴轴颈磨损的后果是：从磨损量大小来看，轴颈磨损引起配合间隙增大，产生冲击载荷，使轴颈的承载能力降低；从磨损不均匀性来看，轴颈圆柱度误差过大时将引起轴颈上载荷分布不均匀，产生应力集中。当圆度误差过大时，将破坏液体摩擦所必须的楔形油层，也会引起轴颈磨损加剧。

2) 曲轴弯曲与扭曲。曲轴的允许弯曲程度取决于它的长度，当曲轴长度小于 1.5m 时，径向跳动允差为 0.03mm；当曲轴长度大于 1.5m 时，径向跳动允差则为 0.06mm。对于组合式曲轴，其径向跳动量一般应不大于 0.09mm。曲轴的扭曲要求是，曲柄各中心线的偏差不大于  $\pm 20'$ ，当测量在同一角度的各连杆轴颈高度时，其允差一般不超过 0.15mm。



当曲轴的弯曲和扭曲超过使用限度时，将加剧轴颈、轴承以及汽缸、活塞等零件的磨损，同时因应力集中使曲轴产生裂纹、甚至断裂。

曲轴弯曲和扭曲的主要原因是发动机的超负荷运转。此外还有，各活塞连杆组零件不平衡引起的发动机振动、冲击载荷；因配合间隙过大而引起冲击载荷；突然加速、加载引起的超负荷；爆震燃烧引起的动载荷；因烧瓦、抱轴而引起的制动载荷以及飞车等引起的意外的集中负荷等。

3) 曲轴断裂。它常发生在轴颈与曲柄相连接的拐角处，或连杆轴颈、曲柄上。曲轴断裂的主要原因是，由于曲轴在内应力及交变载荷的作用下（尤其是超负荷时），使曲轴内部极细小的显微裂纹不断扩大而形成的疲劳裂纹。

由于轴颈与曲柄相连接的拐角处应力较集中，因此当拐角圆弧半径过小或冷作硬化处理不当（如滚压）不当时，即容易使曲轴在拐角处断裂。

## （二）轴 承

发动机多使用滑动轴承，少量的使用滚动轴承。滑动轴承的失效主要发生在减磨合金层，其失效形式有合金层的磨损、疲劳裂纹与剥落、腐蚀、烧瓦等。

1) 合金层磨损。发动机运转时轴颈与轴承间虽然有较充足的润滑油，但仍不可避免地要发生摩擦磨损。轴承的磨损程度与发动机的使用、维护有很大关系。例如，发动机经常启动或加速等将使轴承因受非稳定负荷而使油膜间断，破坏了液体摩擦条件，使轴承磨损增加。此外，当润滑油中含有较多的尘土、机械杂质时，也促使轴承磨损加快并产生较大的圆度和圆柱度误差，有时还会在合金层表面产生严重的划痕（尤其是在油道口附近）。实践证明，因润滑油不清洁而造成的轴承损坏故障约占轴承故障发生率的70%。因此保持润滑油的清洁对减少轴承的磨损具有重要意义。另外，制造和修理发动机时轴承表面粗糙度较低或形状、位置误差较大也会使轴承磨损加剧。

2) 合金层疲劳裂纹与剥落。这也是轴承的主要失效形式之一，尤以巴氏合金最为突出。

轴承工作时承受复杂的载荷，如正压力、摩擦力、弯曲应力等，在这些应力长期、反复的作用下，首先在合金层的轴向方向上产生微小的疲劳裂纹，然后进一步扩大，最终导致合金层成片的脱落。轴承合金层的裂纹与剥落主要发生在轴瓦的中央部分，因为此区域内负荷较重。其次在轴瓦剖分面附近，因轴瓦过高和螺栓扭紧力过大，使轴瓦产生收口变形、与轴颈摩擦而产生疲劳。从上下轴瓦比较来看，连杆上轴瓦的疲劳比下轴瓦的严重得多，这是因为连杆上轴瓦的较大负荷所致。

轴承合金层的疲劳程度与许多因素有关，凡是能促使润滑条件恶化、局部载荷增加、工作温度升高等都会促使合金层的疲劳。实验还证明，合金层愈厚则愈容易产生疲劳损坏；发动机修理时轴瓦刮削不好而形成较高的凸起，瓦背有脏物引起轴瓦变形；合金层与瓦背结合不好；轴颈或轴承有较大的形状、位置误差等都容易使合金层产生疲劳。

3) 合金层腐蚀。由于润滑油中某些残留的以及燃油燃烧生成的酸性物质的作用，使轴承合金层产生腐蚀作用，尤其是含铅较多的合金层（如铜铝合金等）腐蚀则更为严



重。腐蚀后的合金层表面呈天花状的溃烂和麻点，且会产生显微裂纹，促使合金层疲劳。由于发动机所用燃油和润滑油的种类、牌号不同，其残留及生成的酸性物质也不一样，因此对轴瓦的腐蚀程度也不相同，所以发动机的燃油和润滑油应按要求正确使用，不可随意更换。

4) 烧瓦。当曲轴的轴颈与轴承的配合间隙过小、润滑油供应不足或发动机负荷过大时，会使轴瓦合金层的局部温度升高、合金层熔化并与轴颈粘结在一起，此故障称为“烧瓦”。烧瓦后的合金层表面常呈紫蓝色，并有许多熔化的合金瘤和被轴颈粘去的金属印痕。

烧瓦多发生在新发动机和修理后的发动机磨合期内，因为此时的轴颈与轴瓦合金层还未磨合好，显微凸峰使轴瓦与轴颈间不易形成油膜，因此当发动机转速及负荷较高时，使合金层产生局部摩擦而造成烧瓦。

## 第二章 工程机械柴油机的配气机构

配气机构在柴油机上的作用是：按照柴油机工作循环与着火顺序，定时地使空气进入汽缸；使燃烧后的废气排出汽缸；在压缩和作功冲程中使汽缸密闭。配气机构是一种控制机构。

进入汽缸的空气越多（相应的柴油循环供油量也越多），则柴油机所发出的功率越大，配气机构的技术状况是提高柴油机充气效果的重要因素之一。因此要求配气机构的结构和参数尽可能地使进、排气阻力减小到最低程度，进、排气门的开闭时刻，运动速度及加速度，开放过程的持续时间等适当，使进、排气尽量充分和完善。

凸轮－气门式配气机构（见图 6-2-1）广泛运用在四冲程（部分二冲程）柴油机上，它不仅工作可靠，而且对汽缸的密封性也好。

顶置气门式配气机构由气门 3、气门弹簧 4 和 5、凸轮轴及凸轮 15、推杆 13 及挺杆 14、摇臂 10 及摇臂轴 9 等主要零件组成。在曲轴与凸轮轴的正时齿轮的驱动下，凸轮轴转动，凸轮轴上凸轮的凸起部分逐渐顶动挺杆，通过推杆、调整螺钉使摇臂摆动，气门间隙消除后在克服气门弹簧弹力的同时，摇臂迫使气门开启。凸轮凸起部分的顶点越过挺杆时，气门在气门弹簧弹力作用下逐渐地关闭而密封汽缸，摇臂、推杆、挺杆等零件回到原来的位置。

配气机构是处于高温、高压、冷却及润滑不良、频繁的冲击载荷等条件下工作，其零件容易磨损、烧蚀、变形，促使发动机的动力性和燃料使用经济性下降，严重时会使发动机无法正常启动和运转。配气机构故障主要包括零件失效、异常响声和配气相失准。

### 第一节 主要零件失效分析

配气机构主要零件包括气门、气门导管、气门弹簧、摇臂、推杆、挺杆、凸轮轴及正时齿轮等。

#### 一、气 门

气门是配气机构中控制气体流通、保持燃烧室及汽缸密封性的主要零件。气门在高温、高压条件下高速运动，并且缺少良好的冷却与润滑，工作中磨损、烧蚀、变形、卡滞，引起汽缸密封性下降以至丧失等故障时有发生。



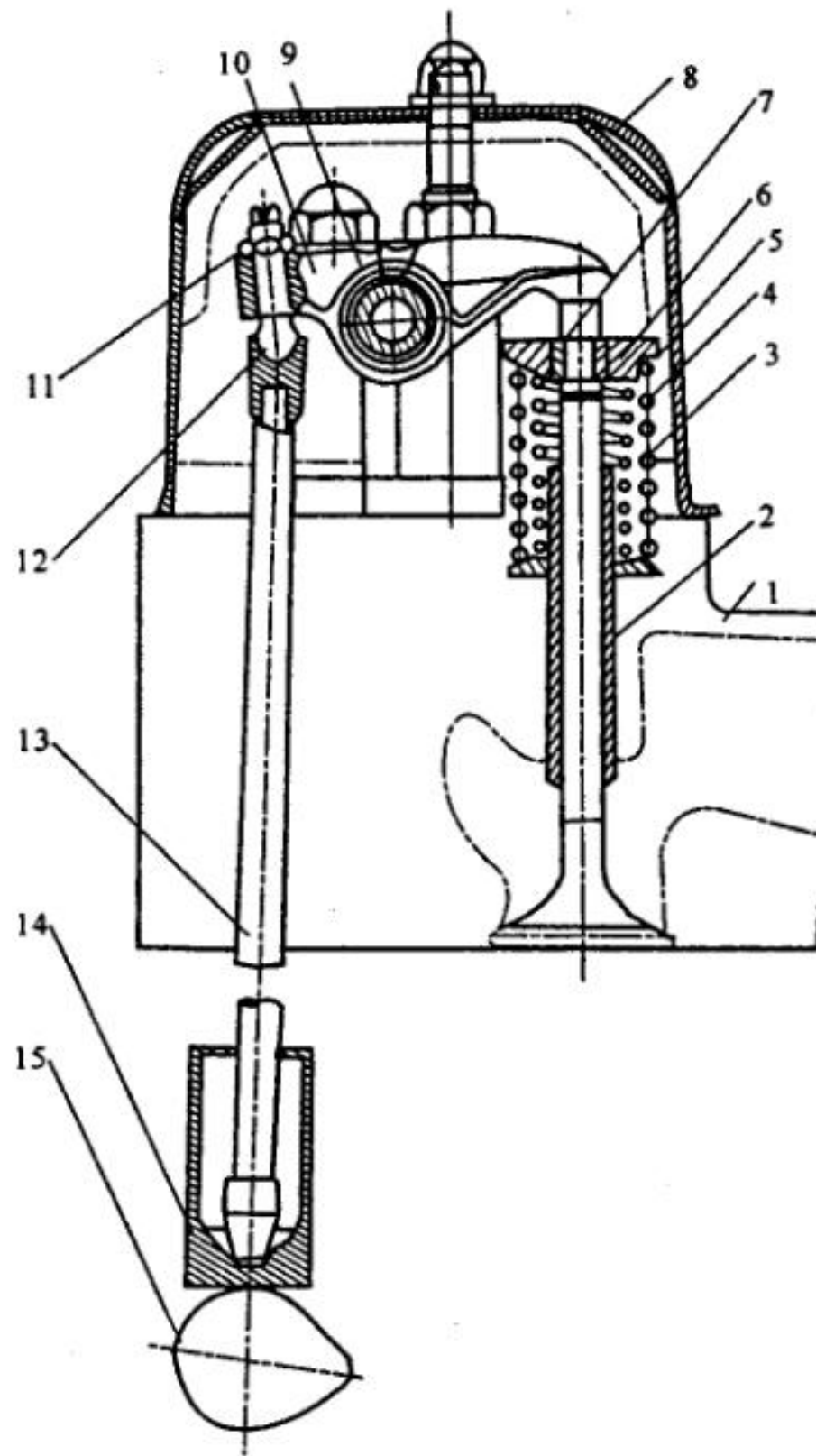


图 6-2-1 顶置气门式配气机构

1-汽缸盖；2-气门导管；3-气门；4、5-气门弹簧；6-弹簧座；7-锁片；8-气门室罩；  
9-摇臂轴；10-摇臂；11-锁紧螺母；12-调整螺钉；13-推杆；14-挺杆；15-凸轮

### (一) 气门的磨损、弯曲和歪斜

气门头受高温高压气体的作用，机械负荷和热负荷严重，容易烧蚀和磨损。气门头与气门座圈的密封锥面，由于气门频繁的开启和关闭，相互撞击，承受着冲击载荷，容易出现密封锥面的磨损、沟槽、斑点和凹陷等损伤。

气门杆在气门导管内运动时不停地摩擦，润滑条件差，气流携带尘土、积炭等磨料，使两者均受到磨损。

气门杆尾端与摇臂之间的相互撞击，使两者都受到磨损，并促使气门杆弯曲变形。

气门头或气门座圈的密封锥面与气门杆、气门座圈与气门导管的同轴度误差较大时，更容易促使气门杆弯曲。

气门杆与气门导管磨损后配合间隙增大时气门杆在导管内晃动而使气门歪斜，容易引起气门头和气门座圈的密封锥面的偏磨，也促使气门杆弯曲。

气门杆弯曲后形成气门头歪斜偏摆，使气门对汽缸密封功能的减弱以至丧失。

### （二）气门漏气

气门漏气是指气门头与气门座圈的密封锥面的配合不良，引起汽缸密封性下降，使发动机的汽缸压缩压力、爆发压力减小，启动困难，功率下降，燃料的耗油率增加，并引起排气冒烟、异常声响等故障。

气门漏气时会发出一定的声音，例如，在排气消声器处听到“唏、唏”的声音，则说明排气门有漏气现象；在空气滤清器处听到“嘘、嘘”的声音，则说明进气门有漏气现象。

气门漏气的原因有：

- 1) 气门与气门座圈的密封锥面磨损、烧蚀，产生斑点或凹坑，或聚有积炭，使气门关闭不严。
- 2) 气门杆与气门导管的间隙过大，气门杆晃动，或气门杆弯曲变形，使气门头歪斜而偏磨。
- 3) 气门杆在气门导管内发涩或卡住，使气门运动迟滞或不能上下运动。
- 4) 气门弹簧的弹力减弱或折断，使气门不能及时地落坐在气门座圈上。
- 5) 气门间隙过小，气门杆受热膨胀后使气门不能完全关闭。
- 6) 气门杆折断使气门失去作用。

### （三）气门积炭和结胶

气门积炭和结胶是气门头、气门座圈、气门导管处聚集有不完全燃烧形成的炭渣、胶性物质。积炭会造成气门与气门座圈的密封锥面贴合不好，引起气门漏气和传热不良、气门烧蚀等不良现象。结胶严重时会使气门运动迟滞甚至卡住气门导管内而无法运动。

气门积炭过多并发动机达到一定温度后将发出尖锐的“喋、喋”声响。

促使气门产生积炭和结胶的原因有：

- 1) 空气滤清器内的机油过多，机油进入汽缸而破坏可燃混合气的正常燃烧。
- 2) 活塞与汽缸的配合间隙过大，或活塞环的弹性下降、开口间隙过大、方向装错等使其密封性降低，使机油窜入汽缸。
- 3) 气门杆与气门导管磨损过甚、间隙过大，以及气门关闭不严，使机油被吸入汽缸。
- 4) 发动机低温运转时间过长。
- 5) 机油的质量欠佳或粘度过小，油底壳中机油液面过高，促使机油窜入燃烧室。
- 6) 使用含有多胶质的柴油，或柴油喷射时雾化不良，造成燃烧不完全。

### （四）气门烧蚀

气门是在高温、高压条件下工作，且与气门座圈、摇臂的冲击频率较高，因此气门与气门座圈的密封锥面容易烧损、腐蚀，它将引起气门漏气、汽缸密封失效等故障。



进气门烧损、腐蚀后进气歧管有过热烫手现象，排气门烧损、腐蚀后在排气消声器处有冒白色或灰色的烟雾现象。

气门烧损、腐蚀的原因有：

- 1) 气门间隙太小，气门受热膨胀后关闭不严。
- 2) 气门杆与气门导管的间隙过大而摇晃。
- 3) 气门杆弯曲或气门头变形后而倾斜。
- 4) 气门杆积炭过多，使气门在气门导管内运动受阻滞。气门杆与气门导管的间隙过小，气门运动不灵活。
- 5) 发动机负荷重、温度高，气门又传热不良。
- 6) 气门座附近的冷却水套内因水垢等原因使冷却效果不良。
- 7) 气门材料和制造质量欠佳。
- 8) 喷油过迟、可燃混合气质量等原因使燃烧过程延长，使排气门过热。

## 二、气门弹簧

气门弹簧在使用过程中会出现弹性减弱或因损伤而折断等失效现象，影响配气相的准确性、气门关闭的严密性，引起发动机启动困难、功率下降，严重时还会造成气门掉入汽缸的严重事故。

引起气门弹簧的弹性减弱、折断的原因有：

- 1) 气门弹簧经长期使用（压缩和伸张）后发生塑性变形，促使弹性疲劳而弹性不足，或疲劳折断。
- 2) 气门弹簧又是在高温的情况下工作，或因润滑不良，弹簧变软而弹力减弱。
- 3) 气门弹簧材质不好，或热处理不当，或自由长度缩短，或歪斜变形等使弹力不足。
- 4) 发动机转速频繁地急剧变化，使气门弹簧的压缩和伸张的频率增大，加速其疲劳折断。

## 三、挺杆

挺杆依靠凸轮轴的凸轮旋转而推动气门运动，它承受凸轮作用的轴向力和侧向力。在与导孔的相对运动中产生摩擦磨损，引起挺杆偏斜摆动，或出现敲击声响。

产生挺杆及其导孔磨损的原因有：

- 1) 挺杆及其导孔经长期的相对运动后产生自然磨损。当两者磨损过大、配合松动时，挺杆的上下运动将发生偏斜、摆动，导孔的导向作用减弱，更加速两者的磨损，并出现敲击声。
- 2) 挺杆与凸轮的接触面，在凸轮推力、侧向力作用下也产生摩擦磨损。
- 3) 挺杆在其导孔内若不能灵活地上下和旋转运动，除加重挺杆与凸轮的接触面磨损外，还因凸轮作用的横向力的加大而加重了挺杆的摆动和振动。

## 四、摇臂、推杆

摇臂、推杆经常处于高速、冲击载荷下工作，容易出现磨损、变形和折断等故障。引起的原因有：

1) 摇臂和推杆都是往复运动的零件。摇臂长端的圆柱面与气门杆尾端的接触部分、短端调整螺杆头部与推杆上端的球面凹坑的接触部分，推杆下端的球头与挺杆接触的球面凹坑等都是相互推动的，长期使用后均有磨损。如果润滑不良，或缺油时则更加速其磨损。

2) 气门弹簧的弹力过大，超过摇臂的动力负载能力，以致造成摇臂损伤而折断或推杆弯曲变形。

3) 活塞连杆组装配不当，活塞顶面高出汽缸体上平面并与气门相碰而顶坏推杆和摇臂。

4) 气门导管装配不当——未压到位、留得过长，以致气门弹簧上座的气门开启时碰击气门导管，而摇臂短端受凸轮、推杆的推动，或气门间隙过小，或推杆位置不正等均将迫使推杆弯曲变形，或摇臂折断。

5) 摇臂、推杆的材质不好或工艺欠佳。

## 五、凸轮轴及凸轮

凸轮轴及凸轮的磨损速度，在正常情况下因润滑较充分、热处理等原因，要比其他运动零件较缓慢。但经长期使用或因其他部位发生故障，也将促使凸轮轴产生弯曲、扭转变形，凸轮工作表面磨损，凸轮轴轴颈及轴承磨损等故障，影响配气相的准确性。

凸轮轴及凸轮磨损、弯扭变形的原因有：

1) 由于凸轮轴细又长的结构特点和周期性地承受不均衡载荷的工作特点，促使它在工作中产生轴颈和轴承的磨损，导致失圆和整个轴线的弯曲变形。

2) 由于凸轮和挺杆的相对运动，使凸轮外形和径向方向受到磨损，造成气门升程减小和配气相失准。

3) 若挺杆转动不灵活，将加速挺杆和凸轮的磨损。

4) 使用中凸轮轴轴向间隙会逐渐增大，使凸轮轴前后移动，这不仅加大各接触部位的磨损，而且由于正时齿轮的斜齿啮合，对配气相的准确性产生一定的影响。

5) 凸轮轴的材质不好、热处理工艺欠佳或润滑不可靠等也将促进凸轮轴及凸轮的磨损。

## 六、正时齿轮

通常，凸轮轴与曲轴的正时齿轮分别用胶木和金属制成。胶木齿轮噪音很小，但容易磨损和损坏。引起正时齿轮磨损和损坏的原因有：



1) 正时齿轮经长期使用而自然磨损。啮合间隙增大后发动机怠速时有轻微的“嘎啦、嘎啦”声响，中速时声响突出，高速时声响变得杂乱无章。

2) 两正时齿轮的齿形不一，且啮合较紧，不仅加速正时齿轮的轮齿磨损，而且会发出连续不断的“嗷——”声响。

3) 曲轴和凸轮轴的轴线不平行，或正时齿轮中心不正，致使两齿轮因啮合不均而磨损，且发出有节奏、间隔性的“嘎、嘎”声响，发动机转速越高，该声音越大。

4) 凸轮轴的轴向间隙过大，或凸轮轴的轴向定位螺栓松动，在加大正时齿轮磨损、影响配气正时的同时，发动机高速运转时出现连续的“嘎——”声音。

5) 两正时齿轮新旧不一、齿形不一、未经磨合而加快轮齿的磨损，并发出有节奏的“咯啦、咯啦”的撞击声响。

6) 正时齿轮的轮齿碰伤或损坏或个别轮齿不规则时将加速正时齿轮的磨损和损坏，发出复杂的声响。例如，发动机怠速时发出“嗒啦、嗒啦”的声响，中速时则变为连续的“嗒、嗒、嗒”的声响，轮齿损坏时则发出有节奏的“啃、啃”声响。

## 第二节 异常声响分析

配气机构在工作过程中，由于零件质量差、润滑不充分、装配不正确、磨损和损坏、调整不当等原因会产生各种声响。除上述气门漏气、正时齿轮损伤引起的异常声响外，还包括气门间隙过大引起的气门脚响、气门弹簧折断引发的声响等。

### 一、气门脚响

发动机上部传出“哒哒”金属敲击声，发动机怠速时该声音清晰、均匀，转速升高时响声随之增大。若多个气门脚响，声音嘈杂。

引起气门脚响的原因是：

- 1) 气门间隙调整过大，或相关零件磨损过度。
- 2) 气门间隙调整螺钉松动。
- 3) 发动机温度偏低。

### 二、挺杆响

挺杆响是一种有节奏的清脆、坚实的敲击声，类似于活塞头部的敲缸响。多个挺杆发响时声音显得杂乱。

引起挺杆响的原因有：

- 1) 挺杆与导孔磨损，使配合间隙增大。
- 2) 挺杆与凸轮的接触面烧蚀、碰伤。

### 三、凸轮轴轴承响

该响声比挺杆响沉重，发动机中速时较明显，高速时响声减弱或消失。断火试验时响声无变化。

引起凸轮轴轴承响的原因有：

- 1) 凸轮轴轴颈与轴承因磨损而松旷。
- 2) 凸轮轴弯曲变形，使新换轴承与轴颈的配合间隙过大。
- 3) 轴承安装时过盈量小而走外圈，使轴承烧损。
- 4) 凸轮轴的轴向间隙过大。

## 第三节 配气相失准分析

发动机配气相是指以曲轴转角来表示的气门开始开启和关闭终了的时刻。通常，对于机械式配气机构来说，它是在发动机常用转速下，通过发动机充气性能试验来确定的。配气相的准确性、工作可靠性对发动机的动力性、燃料使用经济性及使用寿命等均有很大的影响。

在发动机使用、修理过程中，由于下列原因会引起配气相的变化：

- 1) 修磨曲轴时曲柄与轴颈之间的角度、曲柄与曲轴正时齿轮键槽之间的角度产生误差。
- 2) 修磨凸轮轴时凸轮与凸轮轴键槽之间产生误差。
- 3) 因正时齿轮磨损，或因新正时齿轮键槽与正时齿轮标志的相对位置不准。
- 4) 凸轮轴或曲轴的轴向间隙过大。
- 5) 新凸轮轴的形状、位置误差过大。
- 6) 气门间隙失准。

## 第四节 配气机构故障预防

配气机构发生故障时，轻者会影响发动机的充气性能，使发动机的功率下降、耗油量增加，重者会直接阻碍发动机的运转。

预防配气机构的故障，主要从使用、调整和润滑三方面入手，使得配气正时，气门关闭严密，整个配气机构工作平稳。

### 一、配气机构早期磨损故障预防

配气机构的早期磨损有别于它的自然磨损，是与使用有关的人为异常磨损。例如凸



轮轴的擦伤和麻点等，其中的擦伤的主要原因是在较高的接触压力下润滑不良造成的，可划为人为原因造成的故障。分析早期磨损的原因主要是润滑不良和配合间隙调整不当所致，其预防应从以下三方面着手：

- 1) 保证有充足的清洁的润滑油。
- 2) 发动机不要长时间高速运转。加速踏板应慢踩缓抬，避免发动机转速变化，并尽可能地让发动机在某一转速下稳定运转。
- 3) 注意气门间隙的变化，并及时予以调整。

## 二、正时齿轮早期损坏的预防

正时齿轮一旦发生早期损坏，轻者使传动不平稳、产生异常声响，重者使发动机无法运转。其预防的方法是：

- 1) 平时要注意正时齿轮的工作情况，如有异常要及时检修或更换。
- 2) 保证正时齿轮润滑良好。
- 3) 要尽量避免发动机长时间的高速运转、全负荷运转，油门开度的变化要缓慢，以免发动机转速急剧变化。

## 三、摇臂轴折断故障的预防

摇臂轴折断的主要原因是：摇臂轴质量差；安装时同轴度误差大；气门间隙调整不当；润滑不良等。

根据以上分析，摇臂轴折断故障的预防措施是：

- 1) 在更换摇臂轴时，要注意检查新摇臂轴的质量，若配合过紧要予以研磨，不要硬性压入使用，装配要符合规定要求。
- 2) 注意听察摇臂室罩内的响声，若有异常要及时调整气门间隙。
- 3) 发动机不要长时间地高速或大负荷运转，不要猛轰油门，要平顺地改变油门开度。
- 4) 保证充分的润滑。
- 5) 发动机冷启动时预热后方可带负荷运转。

## 第五节 配气相检测

前已述及，配气相是指发动机进、排气门开始开启到关闭终了时刻所对应的曲轴转角，它包含两个内容：一是配气期；二是气门开闭时刻。

配气相应根据发动机使用条件，通过常用转速下的充气性能试验和充气特性试验予以确定，并根据发动机工况（负荷、转速）变化作相应的改变，即发动机应采用可变式配气相。但目前大多数发动机，特别是工程建设机械柴油机，为避免结构复杂化，仍采

用机械凸轮固定式配气相，下面就此介绍其变化原因及检测方法。

## 一、凸轮线形结构

凸轮线形决定了气门等零件的运动规律，并影响着它们的惯性负荷的大小及磨损程度。每种发动机的凸轮具有不同的轮廓形状。目前发动机上采用的凸轮轮廓形状有凸面圆弧型、多圆弧型、渐开线型、摆线型、高次方型等，其中多圆弧凸轮应用最多，它是由凸面圆弧凸轮改进而成的，通常称其为四圆弧凸轮，如图 6-2-2 所示。

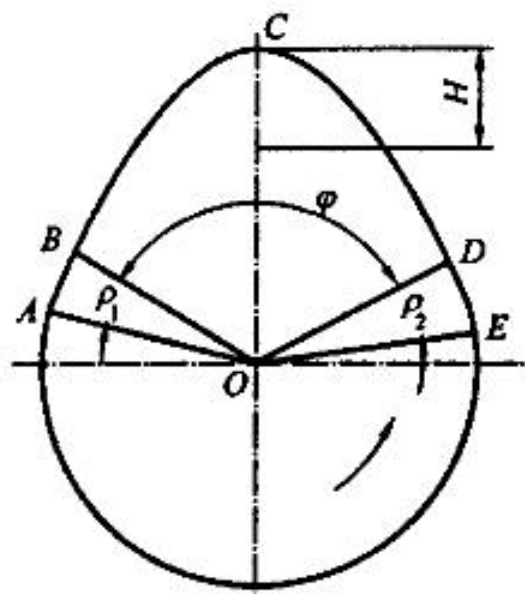


图 6-2-2 四圆弧凸轮

四圆弧凸轮由基圆弧、两侧腹弧及顶圆弧所组成，凸轮通常是对称的。图中  $O$  点为凸轮的基圆圆心，也是凸轮的旋转中心。当凸轮按图示方向旋转、挺杆与基圆弧  $\widehat{EA}$  相接触时，挺杆不动并位于最低位置，气门处于关闭状态。自  $A$  点起挺杆开始移动（上升），至  $B$  点时气门间隙消除，气门开始开启，到  $C$  点时气门开度（即升程）达最大值。随后气门逐渐下落，到  $D$  点处气门完全关闭，气门间隙开始恢复，到  $E$  点处气门间隙达最大值。图中  $\varphi$  角为气门开启的持续角， $\rho_1$  和  $\rho_2$  分别对应着消除与恢复气门间隙所需要的凸轮（轴）转角。 $\widehat{BCD}$  的形状与尺寸决定了气门的运动规律和升程。

由于气门间隙的存在，造成了气门开启时挺杆（或摇臂）撞击气门杆尾端；气门落座时气门头撞击气门座，增加了发动机的噪声和零件的磨损。为减轻这种现象，在略微缩小理论基圆的同时，在  $\widehat{AB}$  和  $\widehat{DE}$  内增设缓冲段圆弧。这样，在不减小配气断面图的情况下，让气门在开始开启和完全关闭的瞬间，只有很小的加速度与速度。通常的做法是，将凸轮的理论基圆略微缩小，形成实际基圆（见图 6-2-3），然后用匀加速——匀速型曲线等将实际基圆与基本工作段圆弧圆滑地连接起来。当配气正时标记位置准确、正时齿轮啮合间隙和气门间隙正常时，则可保证气门在  $B'$  点之前开始开启，在  $D'$  点之后才完全关闭。



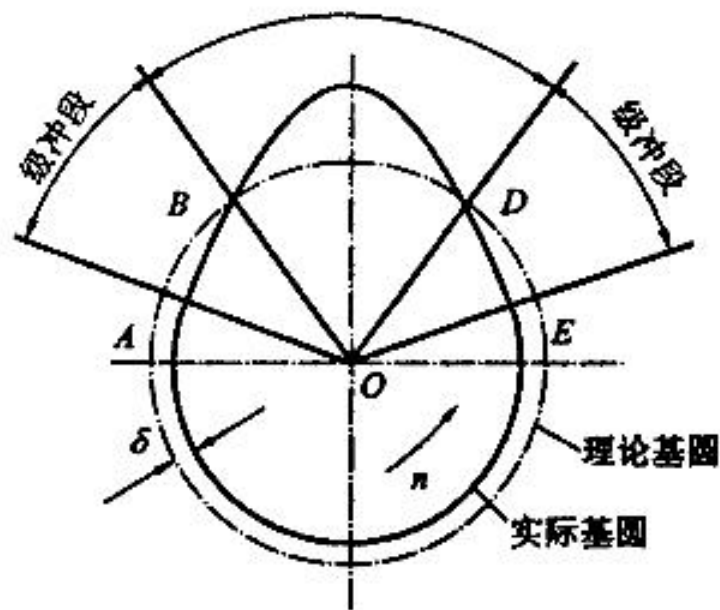


图 6-2-3 带缓冲段的圆弧凸轮

## 二、配气相变化原因

发动机经过较长时间的运转后，其进、排气凸轮的几何形状、气门间隙及凸轮轴的径向间隙、轴向间隙等都会因磨损而发生变化，进而引起配气相的变化。另外，配气机构有关零件的制造误差、装配不当等也是引起配气相变化的一个原因。

## 三、配气相的检测方法

配气相失准时对发动机的动力性（功率、扭矩、转速、加速度等）和燃料使用经济性（燃油消耗量、耗油率等）均产生很大的影响。因此必要时应对配气相进行检测，其方法通常有气门最高点法和气门叠开法等。

### （一）气门最高点法

气门最高点法又称凸轮顶点法。

根据进气门升起至最高点（凸轮顶点）时曲轴曲柄（活塞）距上止点的曲轴转角  $\theta$ ，与标准值比较，确定配气相的快慢度  $q$ 。它是指曲轴曲柄（活塞）位于上止点时凸轮顶点相对于曲柄位置（曲轴转角）的标准值与测量值之差，亦即气门升至最高点（凸轮顶点）时曲柄相距上止点位置（曲轴转角）的标准值与测量值之差。若测量值与标准值相等，则配气相快慢度  $q = 0$ ，说明配气正时，配气相无误；若测量值小于标准值，快慢度  $q > 0$ ，说明配气提前；反之，则说明配气滞后。

或将气门间隙调为零，在曲轴前端安装一刻度盘，先确定活塞上止点位置，然后在凸轮升起段及降落段两个测量点上测量曲轴曲柄距上止点的转角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ，取其平均值即为进气（排气）凸轮顶点距上止点的曲轴转角，与标准值相比较，确定配气相的快慢度  $q$ 。

## (二) 气门叠开法

将气门间隙调整为零（俗称“气门顶死”），测量排气行程上止点时进、排气门的升高高度，根据气门叠开状况（相对高度差）确定配气相快慢度  $q$ 。

气门叠开法测量配气相误差较小，测量计算简便，不使用刻度盘，只用上止点测定仪（千分表）确定上止点即可，如图 6-2-4 所示。

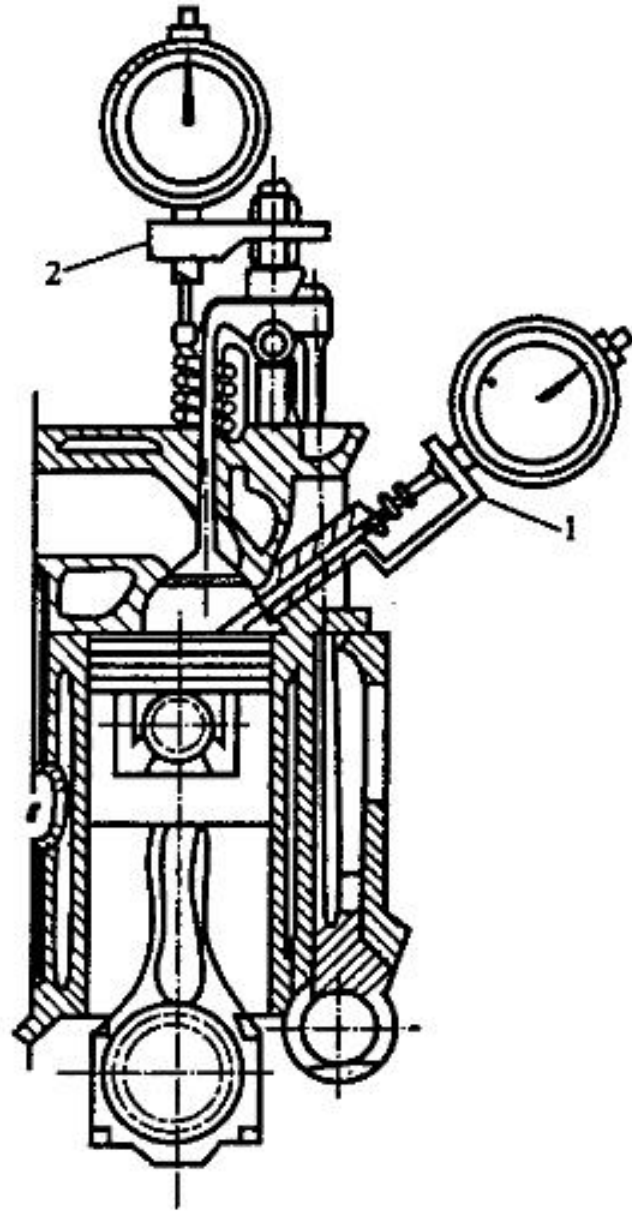


图 6-2-4 配气相测定仪

1 - 上止点检查仪；2 - 配气相检查仪





## 第三章 工程机械柴油机的燃油供给系

柴油机燃油供给系的功用是，根据柴油机的工作要求，定时、定量、定压地将柴油按一定的喷油规律喷入燃烧室，并使它与已进入汽缸的空气迅速而良好地混合和燃烧。

柴油机柱塞泵式燃油供给系由柴油箱、输油泵、燃油滤清器、喷油泵、喷油器以及高、低压油管等组成，如图 6-3-1 所示。

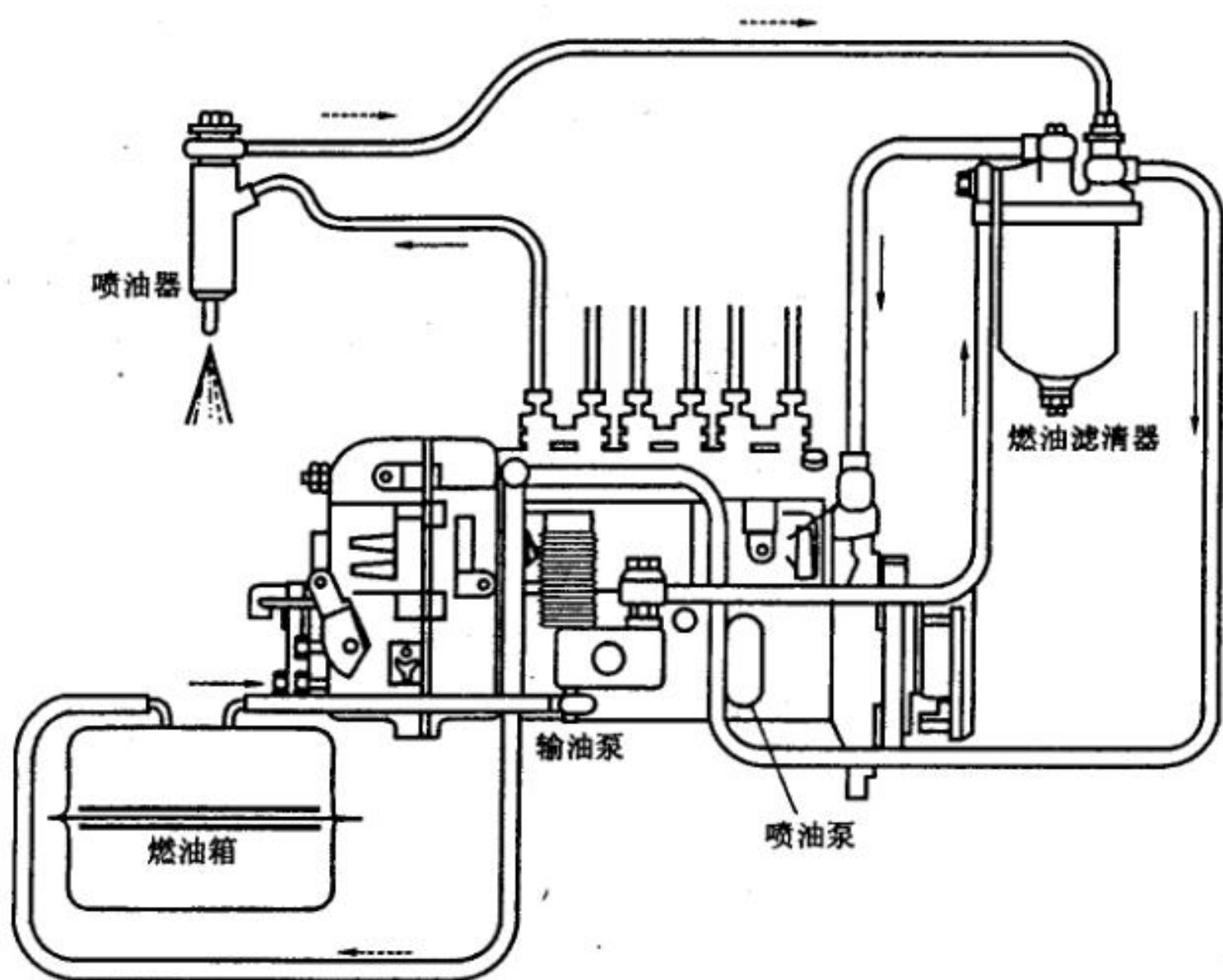


图 6-3-1 柴油机柱塞泵式燃油供给系

如果燃油供给系发生故障，将对柴油机的动力性、燃料使用经济性、工作可靠性和使用寿命等产生不良影响，如启动困难、功率下降、油耗上升、运转不稳、排气污染等。



## 第一节 输油泵主要零件的失效及其性能检测

### 一、主要零件的失效

输油泵的作用是，向喷油泵供给低压柴油。为保证柴油机连续运转，其供油量一般为柴油机最大耗油量的 6~7 倍。输油泵产生故障时其供油能力将降低，甚至造成供油不足或断油，使柴油机无法运转。

目前工程建设机械柴油机所用的输油泵大多数是往复活塞式结构。对输油泵工作性能有直接影响的零件失效形式是阀门磨损、活塞与泵体磨损、推杆与导向孔磨损等。

#### （一）阀门磨损

输油泵的阀门失效主要是出油阀副配合面的磨损，其次是进油阀副。虽然输油泵工作时出油阀对其阀座的冲击很轻微，但长期工作中出油阀副的密封面上仍会产生斑点、划痕甚至塌边。对于钢片式阀门还会使钢片产生变形。

出油阀失效后供油能力降低，此时可用漏气法进行检测。简单的检测操作方法是用手嘴吸气或吹气。对于进油阀的检测，从进油口吸气时应感觉不到有漏气现象。

#### （二）活塞与泵体孔的磨损

活塞外圆表面在泵体孔内长期地往复运动，则自然地产生磨损。当柴油不清洁时，这种磨损将加剧，甚至产生拉毛现象并使配合间隙增大。

活塞与泵体孔磨损后将使活塞前后油腔的燃油互相窜通，这一方面降低了后腔的压力而使泵油量减少，另一方面减少了前腔的真空度而使吸油量减少，从而造成输油泵的泵油能力的降低。

活塞与泵体孔的标准间隙为 0.015~0.038mm，当此间隙达到 0.06mm 时则应修理。

#### （三）推杆与导向孔的磨损

输油泵的推杆与导向孔的配合很精密，其间隙仅 0.001~0.003mm，两者是分组选配，从而不让柴油通过此间隙渗漏到喷油泵的凸轮室中去。但长期工作后此间隙会因磨损而增大，并且在配合表面上出现细小的条纹，尤其当柴油不清洁时其磨损将加剧。

### 二、输油泵的检测

输油泵的技术性能指标主要是供油压力和供油量，其供油压力一般为 49~196kPa。输油泵技术性能可在专用试验台上检测，也可以借助专用附件在喷油泵试验台上检测。输油泵技术性能检测内容包括密封性检测、吸油能力检测、手油泵性能检测及供油压

力、供油量检测等。

### （一）密封性检测

旋紧手油泵的手柄螺帽并堵住出油口，将输油泵浸入清洁的煤油或柴油中，如图 6-3-2 所示。以 147~196kPa 的压缩空气从进油口通入，若在泵体与推杆之间的缝隙处有微量空气以气泡形式溢出，用量筒收集气泡，若 1min 由收集量为 50mL，且气泡直径不超过 1mm，说明此间隙正常，密封良好。

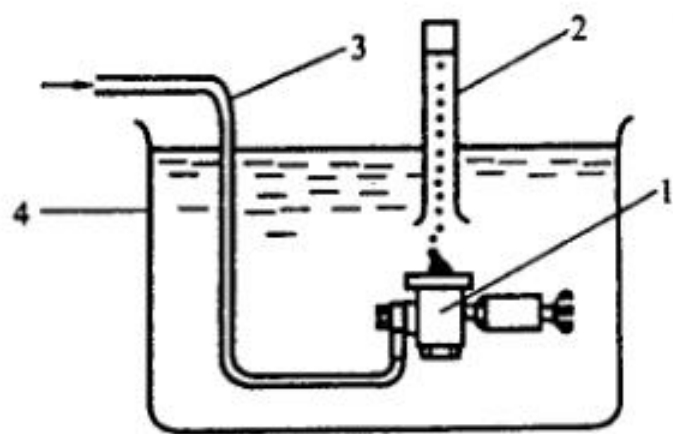


图 6-3-2 输油泵密封性检测

1- 输油泵；2- 玻璃量杯；3- 软管；4- 容器

也可在专用试验台上进行输油泵密封性检测。当供油压力为 98kPa、驱动转速为 50r/min 时，推杆与泵体配合处在 1min 内不得出现漏油现象。

### （二）吸油能力检测

将输油泵安装在喷油泵上，在其进油口处接一直径为 8~10mm、长度为 2m 的胶管，从 1m 以下的油箱吸油。输油泵若在喷油泵 200r/min 转速下，连续转动 60r 内能吸进并泵出油为合格。如果喷油泵凸轮轴转动 120r 以上而输油泵仍不供油，则说明输油泵需要修理。

### （三）手油泵性能检测

放尽进油管内燃油，然后以 2~3 次/s 的速度往复抽动手油泵手柄，记录燃油从液面低于输油泵进油口不少于 1m 的贮油箱输送到出油口的时间，此时间应在 1min 以内，否则应进行修理、重新检验。检验时应在管路密封良好的情况下进行，手油泵工作时所排出的油液不应有泡沫。

### （四）供油压力和供油量检测

将输油泵安装在试验台上，如图 6-3-3 所示。当喷油泵凸轮轴转速为 600r/min 时，输油压力应不低于 147kPa。当转速为 750r/min、输油压力为 206kPa 时，输油泵应能继续供油，且供油量不少于 250mL/min。



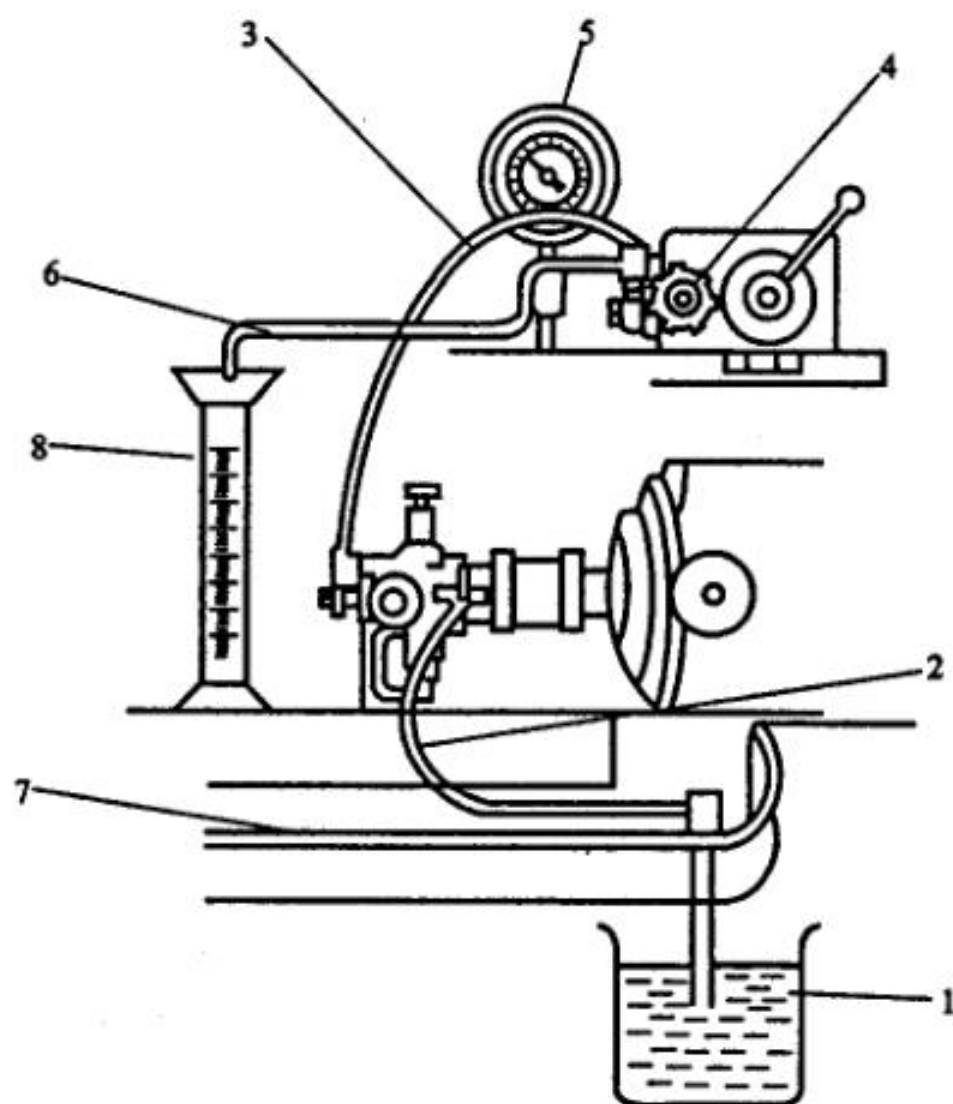


图 6-3-3 辅油泵供油量检测

1 - 油箱；2 - 吸油管；3 - 出油管；4 - 调压阀；5 - 压力表；  
6 - 回油管；7 - 软管；8 - 量杯

## 第二节 喷油泵主要零件的失效及其性能检测

### 一、主要零件的失效

#### (一) 柱塞偶件

柱塞偶件是喷油泵中的泵油元件，制造精度很高，其圆柱度误差不大于  $0.001\text{mm}$ ，配合间隙为  $0.001 \sim 0.003\text{mm}$ 。因此柱塞与柱塞套是分组选配成对的精密偶件，使用或修理中既不能互换也不能单件更换。

柱塞偶件失效的主要形式是磨损。柱塞磨损主要发生在控制供油的头部及尾部，其中头部磨损对柱塞使用性能起着决定性的影响。柱塞头部磨损主要发生在相对于柱塞套进、回油孔的圆柱面上以及相对于柱塞套回油孔的斜槽边缘上，如图 6-3-4 所示。磨损后柱塞头部外圆表面呈现沿轴向细微的条纹状，其深度在顶端边缘处可达  $0.02 \sim 0.023\text{mm}$ ，宏观宽度为柱塞从发动机怠速到全负荷时正对进、回油孔的范围内，高度约为柱塞的泵油行程。斜槽边缘的磨损相对小一些，磨损后使锐边变钝。柱塞头部磨损情

况容易观察，即磨损的部位显得发白而无光亮。

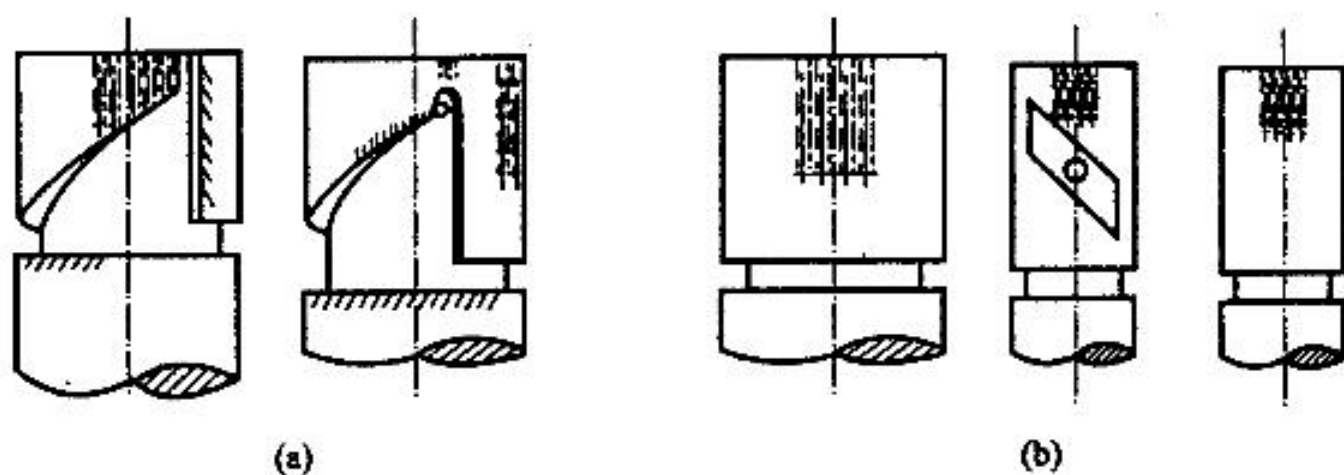


图 6-3-4 柱塞头部的磨损  
(a) A、B 型泵；(b) I、II 号泵

柱塞尾部磨损主要有两处：一是与滚轮体调整螺钉或垫块接触的尾部；二是与油量控制套滑槽相配合的调节臂两侧（A、B 型泵），或与油量调节拨叉相配合的调节臂的圆头部分（I、II 号泵）。一般来说，这两处的磨损较小。

柱塞的其他失效形式是头部与柱塞套卡死、尾部调节臂与柱塞的过盈配合产生松动等。

柱塞套内表面的磨损与柱塞类似，其磨损的主要部位是发生在进、回油孔的边缘处，如图 6-3-5 所示。进油孔磨损部位在孔的上、下方，呈纵向条纹状，且孔上方磨损比下方的严重。回油孔的磨损部位与进油孔的不同，它虽然也发生在孔的上、下方，但是偏于孔的一边，这是因为柱塞上与回油孔相接触的斜槽边缘，停止供油时首先打开孔的一边所致。回油孔边缘的磨损量较小，与进油孔下边缘的磨损量相似。

柱塞套的其他失效形式是与出油阀接触的上平面变形，工作时会导致漏油。

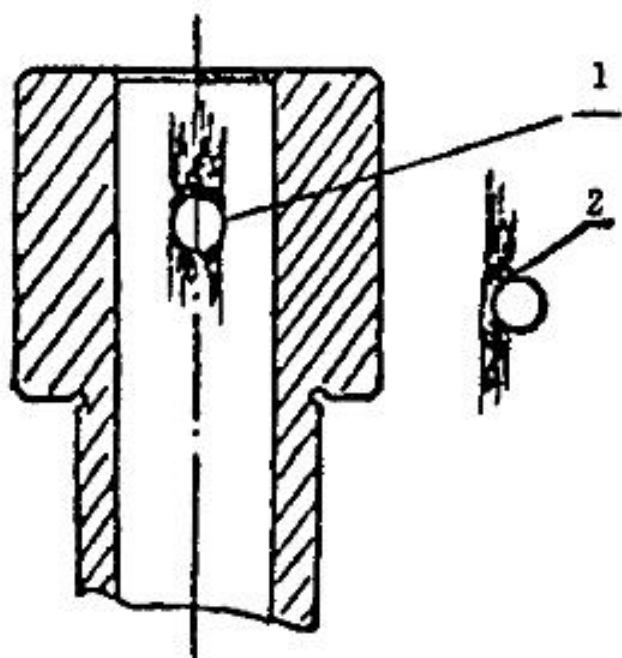


图 6-3-5 柱塞套的磨损  
1 - 进油孔；2 - 回油孔

造成柱塞头部和柱塞套进、回油孔附近磨损的原因是：柱塞与柱塞套高速相对运动而产生的摩擦磨损；燃油中颗粒杂质所造成的磨料磨损；燃油的冲刷等。研究和实践证



明,对柱塞偶件磨损起决定作用的磨料磨损。当柱塞向上移动时,微小而坚硬的磨料首先卡入柱塞头部与柱塞套进油孔的上边缘,并随着柱塞上移而产生纵向摩擦磨损的细小沟纹。由于向上移动的同时磨料被磨钝、粉碎,当柱塞斜槽边缘与柱塞套回油孔相遇时,柱塞上方的高压燃油夹杂着磨料以很高的速度冲向回油孔,因而使斜槽及回油孔的下边缘承受燃油的冲刷并产生磨料磨损。当柱塞向下移动时,又使磨料卡入柱塞与柱塞套回油孔的下方,所以使回油孔下方的柱塞套也产生磨料磨损。因此,为了延长柱塞偶件的使用寿命,必须严格保证燃油的清洁。

柱塞套上平面不平可能是由于拆装时粘附了脏物,或拧紧出油阀紧帽(高压油管接头)时扭力过大使柱塞套变形,或制造时未很好进行时效处理等所致。

柱塞偶件失效时对燃油供给系的影响是多方面的,它将引起供油时间滞后、供油量减少、供油压力下降、供油不均匀性增加等。

1) 供油时间滞后。柱塞偶件磨损后由于柱塞顶部边缘磨钝以及圆柱表面磨成纵向沟纹,当柱塞上行至其头部遮蔽住进油孔时,柱塞顶面上方的少量高压燃油会通过钝边和沟纹泄漏回进油孔,因而柱塞上方油压上升变得缓慢,导致开始供油时间滞后,即供油提前角减小。柱塞偶件磨损严重时其供油滞后时间可相当于曲轴转角  $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。

2) 供油量减少。由于开始供油时部分高压燃油泄漏,以及斜槽边缘还未与回油孔相遇时部分高压燃油提前流回回油孔,所以使循环供油量减少,尤其在柴油机低速运转时减少得更多。例如,柱塞偶件磨损严重时柴油机标定工况下的循环供油量减少为  $33\% \sim 35\%$ ,而怠速时的却可达  $70\% \sim 75\%$ 。

3) 供油压力下降。柱塞偶件磨损后由于部分高压燃油的回流使油压升高较慢,且使油压下降。如果柱塞偶件磨损严重,柴油机怠速时甚至会使喷油泵供油压力低于喷油器针阀的开启压力,从而导致柴油机无法工作。

上述喷油泵供油压力下降及循环供油量减少会造成柴油机启动困难和动力性下降。

4) 供油不均匀性增加。这是因为在使用过程中喷油泵各分泵柱塞偶件的磨损程度不同、泵油时高压燃油回流量也不同,因而造成各分泵实际循环供油量不一样,尤其在柴油机怠速时影响最大。如果柱塞偶件磨损严重,在柴油机标定转速时喷油泵供油不均匀性可增加 3 倍,而怠速时可增加 5 倍以上,有的分泵甚至不供油。

由于喷油泵各分泵供油不均匀以及高速供油与低速供油的不均匀性有差异,将造成柴油机运转不稳定,尤其在低速时更为严重。

此外,柱塞尾部与滚轮体调整螺钉或垫块的接触部位磨损后将使喷油泵的开始供油时间滞后;调节臂与油量控制套滑槽或拨叉配合面磨损而使其间隙增大时,柱塞在转动方向上会产生自由摆动而使供油量波动,从而导致柴油机工作不稳定;柱塞套顶面不平而产生漏油时将使喷油泵循环供油量及供油压力降低,并使开始供油的时间延迟。

对柱塞偶件磨损程度的检测有观察——经验法、仪器检测法及简易检测法等。

1) 观察——经验法。观察到柱塞头部磨损部位出现成片的白色甚至有隐约可见的条纹时柱塞则应报废。检测柱塞套时可将其下端对正光亮,从上部观察进、回油孔附近的磨损情况,若有明显的白色区域或条纹时则应报废。由于柱塞头部磨损比柱塞套的严重,而柱塞偶件又不能单件更换,因此实际上只需要检测柱塞即可,柱塞不能继续使用

时一副柱塞偶件也即报废。

2) 仪器检测法。上述观察——经验法存在主观随意性的缺点, 往往使柱塞偶件磨损的检测不够准确。为此, 可将柱塞偶件安装在喷油泵上用喷油器试验仪检测, 如图 6-3-6 所示。检测时将喷油泵中的出油阀芯取出, 而将阀座与出油阀衬垫仍留在里面, 旋上出油阀紧帽, 并将高压油管接上, 排除内部的空气后将柱塞调整到最大供油量的中间行程位置。用手柄泵油至 20MPa 油压时停止泵油, 测量油压下降至 10MPa 时所经历的时间。对于新柱塞偶件, 该时间应不少于 18s, 喷油泵各柱塞偶件的密封性相差应不大于最大数值的 15%。

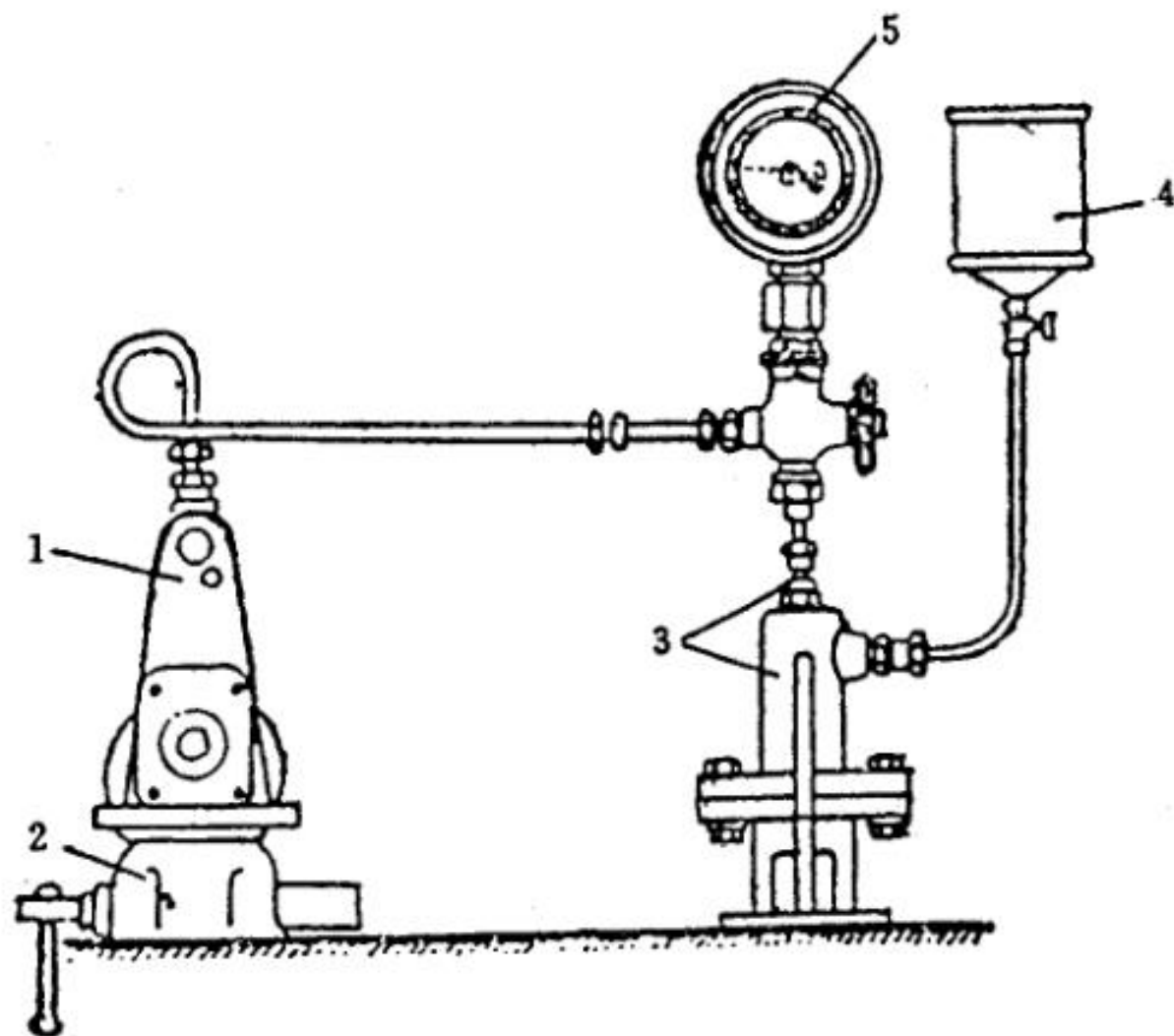


图 6-3-6 柱塞偶件的密封性检测

1- 喷油泵; 2- 台虎钳; 3- 喷油器试验仪; 4- 油箱; 5- 压力表

3) 简易检测法。在无检测仪器的情况下, 可用简易方法进行柱塞偶件的密封性检测, 如图 6-3-7 所示。

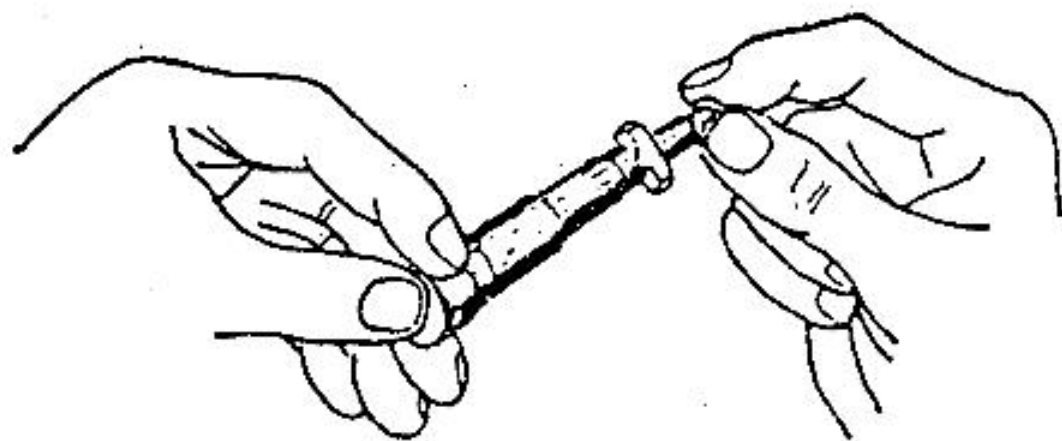


图 6-3-7 柱塞偶件密封性简易检测



用手指堵住柱塞套上的中心孔和进、回油孔，另一只手拉动柱塞时应感到有显著的拉力，放松时柱塞应迅速回到原位，将柱塞转到几个不同的位置，重复上述操作，反复检测几次均应符合要求。

## （二）出油阀

出油阀是喷油泵中又一对精密偶件，它对于保证喷油泵供油迅速、停油干脆和高压油管适当压力起着重要作用。其配合表面也是经过精密加工的，出油阀芯的导向部位及减压环带与阀座孔的圆柱度误差，皆不大于  $0.001 \sim 0.0015\text{mm}$ ，配合间隙为  $0.0015 \sim 0.008\text{mm}$ 。

出油阀偶件的主要失效形式也是磨损。出油阀芯长期使用后会在密封锥面、减压环带、导向部位等 3 个部位产生磨损。其中以密封锥面、减压环带的磨损较为严重，如图 6-3-8 所示。密封锥面磨损后一方面形成许多沿锥面母线方向的细微条纹，另一方面会产生大于  $0.05\text{mm}$  深度的凹痕。减压环带磨损后形成上大下小的锥形，并在整个环带上形成许多纵向沟纹。导向部位的磨损主要发生在上部，呈上小下大的锥形。

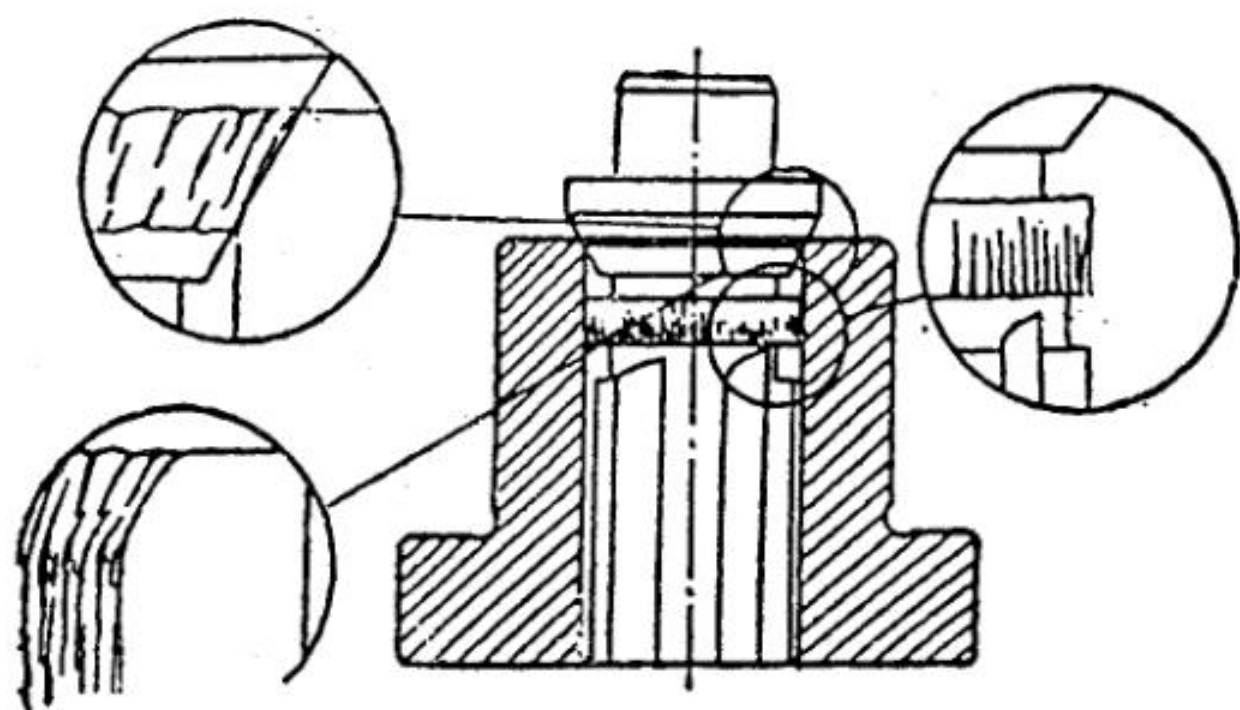


图 6-3-8 井出油阀的磨损

出油阀座的磨损主要发生在密封锥面和导向孔两个部位。密封锥面磨损后宽度加大，并产生很多不规则沿锥面母线方向的划痕和显微斑点。导向孔磨损主要发生在上部，尤其是与减压环带配合的区域较为严重，且形成纵向条纹。

此外，出油阀座与柱塞套接触的平面有时产生变形而不平。

出油阀偶件磨损的原因与柱塞副的相似，即由摩擦磨损、磨料磨损与燃油冲刷所致，其中影响最大的仍是磨料磨损。但对于密封锥面来说，还存在冲击磨损的因素。

密封锥面的磨损，一方面是由于在出油阀芯被顶开时夹有磨料的高速燃油沿着锥面冲刷出去而造成磨损，另一方面当出油阀芯降落时由于出油阀弹簧及高压油管内燃油压力的作用使出油阀芯向阀座冲击，因而产生冲击磨损。在冲击时有的磨料被挤在密封锥面之间而形成划痕和斑点，长期的冲击还会造成锥面疲劳斑痕。

减压环带与导向孔的磨损主要原因也是磨料作用。当减压环带上行离开导向孔时，



夹有磨料的燃油首先从减压环带的下方及导向孔边缘冲刷出去,使减压环带下方与孔边缘严重磨损。而当减压环带下落时,坚硬的磨料首先卡入减压环带下部与导向孔上端,产生严重的磨料磨损并划成沟纹。随着减压环带的不断下移,由于磨料的磨钝和挤碎,其切削能力降低而使减压环带上方和导向孔向下磨损逐渐减小。

出油阀偶件失效时将破坏了喷油泵正常的供油规律,使循环供油量发生变化,各分泵供油不均匀性增加。

1) 破坏了喷油泵正常的供油规律,使喷油器容易出现不正常的喷油现象。由于减压环带的磨损,当柱塞上方的油压还未升高到顶开减压环带时,就有部分燃油通过磨损而加大的间隙流入高压油管。而当出油阀关闭时,减压环带的磨损使其减压作用减弱,高压油管中的剩余压力升高,致使喷油泵供油提前、断油不干脆,并且容易发生喷油器滴漏和二次喷射等不正常现象。

2) 使循环供油量发生变化。如果减压环带磨损严重而密封锥面磨损较轻时,由于供油时间延长、高压油管的剩余压力增大而使喷油泵供油量增加。实验证明,当减压环带与导向孔的配合间隙增加到  $0.5\text{mm}$  时,柴油机标定转速时的循环供油量可增加约 25% 以上。如果减压环带和密封锥面的磨损都很严重时,虽然因减压作用削弱使高压油管剩余压力增高,但是当柱塞下行时高压油管中的部分燃油又会倒流回柱塞上方,使高压油管剩余压力增高不多,甚至低于正常的剩余压力,反而使循环供油量减少。

3) 各分泵供油不均匀性增加。由于各分泵出油阀偶件的磨损程度不一致,造成各分泵供油量的变化不同,使喷油泵的供油量不均匀性增加。

出油阀偶件磨损检测的项目包括外观检测和密封性检验等。

1) 外观检测。主要察看减压环带和密封锥面两个部位。当减压环带出现白色且明显的梳齿状沟纹时应予以报废。密封锥面应光泽明亮、完整连续,若出现接触不均或接触宽度超过  $0.5\text{mm}$  时应研磨修理或报废。

2) 密封性检测。如图 6-3-9 所示,将出油阀偶件 3 装入专用夹具体 2 中,并接上喷油器试验仪的高压油管。放松调节螺钉 1 使出油阀芯落在阀座上,以检测密封锥面的密封性,其检测标准为当油压从  $25\text{MPa}$  降至  $10\text{MPa}$  所经历的时间应不小于  $60\text{s}$ 。然后旋进调节螺钉,使出油阀芯顶起  $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ ,以检验减压环带与导向孔之间的密封性,其检测标准为当油压从  $25\text{MPa}$  降低至  $10\text{MPa}$  所经历的时间应不小于  $2\text{s}$ 。同一喷油泵的出油阀偶件的密封性应基本一致。

出油阀偶件密封性检测和上述柱塞偶件密封性检测都应注意喷油器试验仪本身的密封性对检测精确度的影响。

在缺少检测仪器的情况下也可用简易的方法检测出油阀偶件的密封性,即用大姆指、中指拿住出油阀座,食指按住出油阀芯,用嘴吸出油阀座下平面的孔,并移动嘴唇,若能吸住则说明密封锥面是密封的。然后用手指抵住出油阀下平面的孔(见图 6-3-10)当减压环带进入阀座导向孔时,轻轻按下出油阀芯,若感觉到空气压缩力、松手时出油阀芯能反弹上来,则表明减压环带的密封性是良好的。



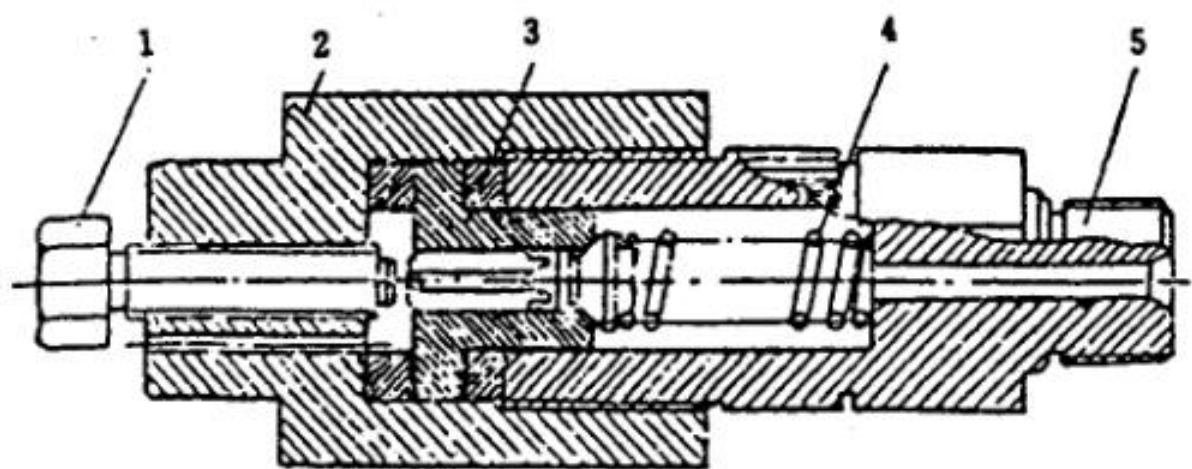


图 6-3-9 出油阀偶件密封性检测专用夹具

1- 调节螺钉；2- 夹具体；3- 出油阀偶件；4- 出油阀弹簧；5- 油管接头

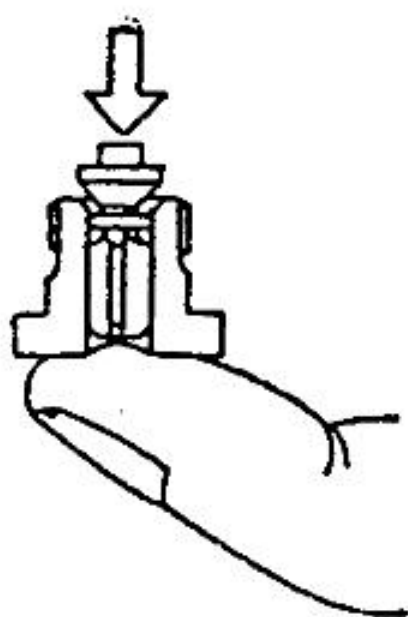


图 6-3-10 出油阀密封性简易检测

## 二、喷油泵的检测

喷油泵的检测内容主要包括供油时刻检测、供油量检测和各缸供油均匀性检测等。

### （一）供油时刻检测

喷油泵供油时刻检测方法有溢流法、测时管法和喷射法等。

1) 溢流法。检测喷油泵供油时刻时应将调速手柄推至最大供油位置。溢流法是利用喷油泵试验台内部专设的高压输油泵供给高压燃油，通过油路转换法送至喷油泵油腔中，当柱塞处于下止点而柱塞套上的进、回孔被打开时，高压燃油便克服出油阀弹簧的弹力将出油阀顶开，燃油从标准喷油器的放气溢流管中流出。然后缓慢地转动喷油泵凸轮轴，使第 1 分泵柱塞从下止点位置逐渐上升，当恰好使溢流管停止出油时，即为第 1 分泵的供油开始时刻，此时要求喷油泵联轴器上的刻线记号与喷油泵凸轮轴轴承前盖上的记号对正（见图 6-3-11）。如果联轴器上的刻线超过轴承前盖上的刻线，说明该缸供油过迟，应将滚轮体的调整螺钉拧出或加厚调整垫块；反之，如果联轴器上的刻线尚未到达轴承前盖上的刻线，则说明供油过早，应将滚轮体上的调整螺钉拧入或减薄调整垫块。调好第 1 分泵供油时刻后把试验台上的指针移至对正刻度盘的零度，然后按照喷



油泵的供油顺序，以第 1 分泵为准调整其他各分泵的供油间隔角度。各分泵供油间隔角度误差不得超过  $\pm 0.5^\circ$  凸轮转角。

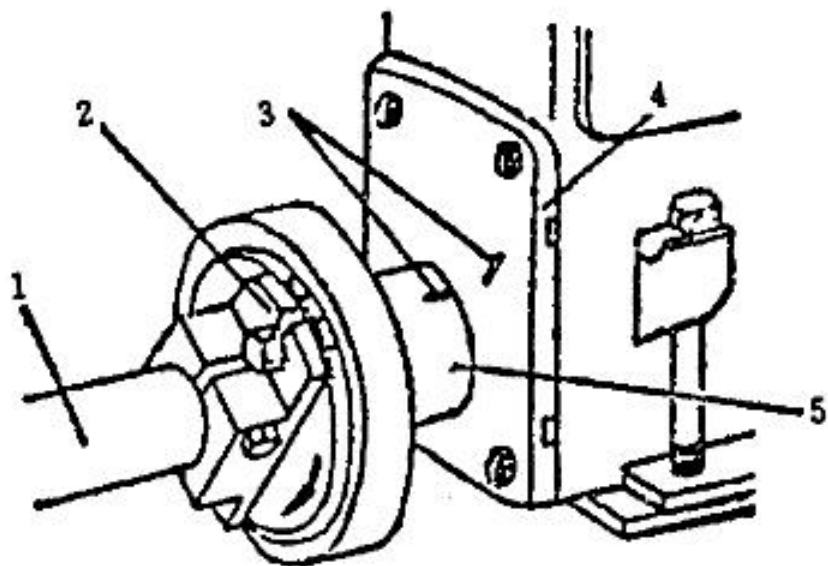


图 6-3-11 第 1 分泵供油时刻标记

1 - 驱动轴；2 - 联轴器刻线；3 - 供油正时刻线；4 - 轴承前盖；5 - 联轴器

2) 测时管法。检测时先将测时管（见图 6-3-12）安装在第 1 分泵的出油阀接头上，用拨杆转动喷油泵凸轮轴使第 1 分泵泵油，直到测时管中不出现气泡为止。倒出玻璃管中的部分燃油，然后慢慢转动凸轮轴，当玻璃管内的液面刚刚开始向上移动时，立即停止转动凸轮轴，此时就是第 1 分泵的供油时刻。观察喷油泵联轴器上的刻线记号是否与喷油泵轴承前盖上的刻线记号对齐，若有偏差可调整该分泵滚轮体上的调整螺钉或调整垫块。第 1 分泵的供油时刻检测后再根据喷油泵的供油顺序和供油间隔调整其余各分泵，使其供油间隔误差控制在  $\pm 0.5^\circ$  凸轮转角范围内。

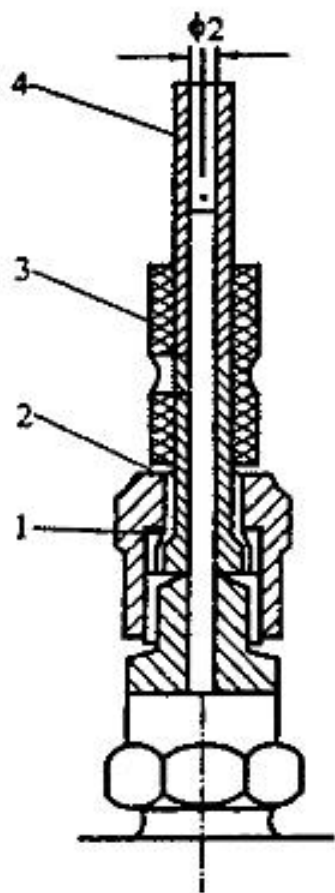


图 6-3-12 测时管

1 - 玻璃管；2 - 橡皮管；3 - 出油阀接头；4 - 螺母



3) 喷射法。这是用来检测喷油泵试验台上的喷油器喷油时刻, 它比较接近柴油机的实际工作情况。目前使用的许多喷油泵试验台都装有专门的闪频装置用以检测喷油泵的供油时刻。即在喷油泵试验台上的标准喷油器喷油开始时, 闪频装置利用喷出的油束使触点通电, 从而使闪频灯闪光。在刻度盘处有与喷油泵凸轮轴同步转动的指针, 闪频灯连续闪光时即可看到指针所对应的刻度, 此刻度就是相应喷油器的喷油时刻。由于柴油机的技术资料中往往提供的是喷油泵供油时刻, 利用喷射法检测喷油器喷油时刻时应首先在喷油泵试验台上把喷油泵第 1 分泵的供油时刻调整准确, 然后开动试验台测定该分泵的喷油器喷油时刻, 根据二者的角度差即可知道喷油器喷油较喷油泵供油滞后的角度, 从而可根据各喷油器的喷油时刻来确定各分泵的供油时刻。

用喷射法检测喷油器的喷油提前角或喷油泵的供油提前角比较准确, 操作也很方便。

## (二) 供油量和供油均匀性检测

该项检测内容包括柴油机标定转速、怠速、启动、校正及停车等工况下的分泵供油量及各分泵供油均匀性。各分泵供油均匀性用供油不均匀度  $\delta$  表示, 即

$$\delta = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_m} \times 100\% \quad (6-3-1)$$

式中  $Q_{\max}$ ——喷油泵中供油最多的分泵供油量, mL;

$Q_{\min}$ ——喷油泵中供油最少的分泵供油量, mL;

$Q_m$ ——平均供油量,  $Q_m = (Q_{\max} + Q_{\min}) / 2$ , mL。

检测前应使喷油泵的供油齿杆与扇形齿圈(或供油拉杆与拨叉)、扇形齿圈与控制套筒(传动套)之间的相互安装位置符合要求, 否则有可能因最大供油量过大或过小而造成返工现象。

1) 标定供油量。这是指调整器操纵手柄推至最大供油位置, 喷油泵在柴油机标定转速下的供油量。由于工程建设机械柴油机经常在标定工况下运转, 因此标定供油量及其不均匀度对其动力性和燃料使用经济性影响最大。而车用柴油机则多在中等转速下运转, 因此一般不检测标定供油量而检测常用转速供油量, 即喷油泵在 600r/min 左右时的供油量。标定供油量或常用转速供油量应符合要求, 其供油不均匀度应不大于 3%, 否则要进行调整, 即松开夹紧螺钉调整分泵的扇开齿圈与控制套筒的相对位置(A、B 型泵)或移动供油拉杆上的拨叉位置(I、II 号泵)。

2) 怠速供油量。在上述标定供油量及其不均匀度符合要求的情况下, 使喷油泵在规定的柴油机怠速下运转, 将调整器操纵手柄放在最小供油位置上, 然后缓慢向增加供油量方向移动。当喷油器刚刚开始滴油时, 固定好调整器操纵手柄并观察供油量。此怠速供油量的大小应符合规定, 并且不均匀度应控制在 30% 以下。由于怠速供油量比标定供油量小得多(约 1/5 左右), 所以怠速供油不均匀度 30% 时的实际供油量差值是很小的。车用柴油机对怠速供油不均匀度要求较高, 而工程建设机械柴油机的较低, 一般为 35%。

3) 启动供油量。将调速器操纵手柄推至最大供油位置, 检测喷油泵在柴油机启动

转速（100~200r/min）时的供油量。若不符合要求，则应调整调速器中的启动加浓装置。

4) 校正供油量。将调速器操纵手柄推至最大供油位置，检测喷油泵在规定的柴油机校正加浓装置起作用的转速时的供油量。校正供油量约为标定供油量的 110% 左右。若不符合要求，则应调整调速器中的校正加浓装置。

5) 常用转速供油量。车用柴油机的喷油泵一般不检测标定供油量而检测常用转速供油量，即调速器操纵手柄推至最大供油位置，检测喷油泵在 600r/min 左右时的供油量。

以上几种供油量并非每种喷油泵都要检测，对于推土机、挖掘机、装载机等工程建设机械柴油机主要检测其标定供油量，其次检测怠速供油量及校正供油量。而对于车用柴油机则主要检测常用转速供油量，其次检测怠速供油量和启动供油量。

### 第三节 调速器主要零件的失效及其性能检测

#### 一、主要零件的失效

现以国产 II 号泵调速器为例，分析调速泵主要零件——传动盘、推力盘、圆盘支架与飞球座、传动套、传动板、调整弹簧等失效形式及其性能检测。

##### （一）传动盘

传动盘失效形式有 45°面上出现凹坑和晃动。

1) 45°面上出现凹坑。这是传动盘在使用过程中常见的缺陷，其中聚甲醛制成的传动盘比金属的更显著。如果飞球在工作中不能灵活滚动，而与传动盘发生滑动摩擦时，则磨损将迅速增加。传动盘出现凹坑时会引起柴油机在中、高速时“喘气”，即使负荷不变，调速器也会不停地频繁动作，反过来也加剧了凹坑处的磨损。

2) 晃动。早期的 II 号喷油泵传动轴套与传动盘的连接处设有缓冲胶圈，为防止传动盘脱离传动轴套，用卡环来限制，经使用后缓冲胶圈变形或变质造成传动盘晃动。此外，由于制造误差在卡环与传动盘之间存在轴向窜动量，造成传动盘转动时的摆动，使飞球座沿支架滑动时位置偏斜，增大了飞球座与支架的摩擦阻力，因此加速磨损并引起传动板、供油拉杆的抖动，破坏了调速器的调速性能，使柴油机最高转速提高及怠速不稳。

##### （二）推力盘

调速器使用中推力盘的失效形式及影响与传动盘的基本相同，即一方面与零件的材料性质有关，另一方面使用过程中飞球在转速突变的情况下（如轰油门或柴油机冷启动），由于润滑油粘度的影响（特别是冬季），飞球向外飞开受到阻力，必须有待于转速



进一步升高后飞球才能甩出。在这种情况下，都不可避免地有冲击力作用在推力盘（及传动盘）上，工作锥面就会出现凹坑或带有疲劳麻点的沟状磨损环带，使飞球的运动受到阻滞，造成调整器反应迟钝、灵敏度降低。与此同时，推力盘的凹坑缩小了推力盘的轴向移动量，造成柴油机转速偏高。而当柴油机的负荷增加、转速下降时，因飞块要越过凹坑而不能使喷油泵及时加油，调速器的作用就落后于柴油机转速的变化，造成柴油机的“喘气”现象。

### （三）圆盘支架和飞球座

调速器在使用过程中，其圆盘支架与飞球座滑槽各个接触面都会磨损。飞球座滑槽被磨宽，圆支架滑动面被磨出凹坑或偏磨，后者可能是由于圆盘支架不平或冲击毛边，也可能由于飞球座在运动时歪斜。当飞球座的加工以及与飞球的铆装存在过大的误差时，都会使飞球座的质心偏离其对称面，运动时就会产生歪斜而引起偏磨。这时由于圆盘支架不平而使飞球座滑动不平顺，从而影响调速器的正常工作。

### （四）传动套

传动套与推力盘内孔的配合间隙因磨损会加大，造成推力盘定心不正而产生摆动和跳动，使柴油机转速不稳定。另外，当传动套与推力盘的间隙中进入脏物时，会增加推力盘的旋转和移动阻力，从而也引起柴油机转速不稳，严重时会造成柴油机的“飞车”。

### （五）传动板

传动板是与推力盘组成一体的，用以控制供油拉杆的移动，进而控制喷油泵供油量，使用中传动板上端安装供油拉杆的孔的磨损比较普遍。这是由于凸轮轴旋转而驱动各分泵工作时的阻力是变化的，因而产生振动。由于振动传到传动板与供油拉杆的连接孔处，特别是凸轮轴的轴向间隙、传动盘的摆动过大时，造成传动板的振动加剧。另外，如果飞球支架下垂以及与飞球座配合不好时，都会造成传动板孔的磨损。其轻者影响调速器的灵敏度，严重时供油拉杆端部的螺母能穿过传动板孔，使供油拉杆与传动板分离，失去了调整器对喷油泵的控制。

### （六）调速弹簧

调速弹簧是调速器中的重要零件。其主要失效形式是弹力减弱、自由长度变短。调整弹簧的弹力减弱后会破坏调速器内部力的平衡，使供油拉杆向减小供油量的方向移动，造成柴油机功率下降、最高空转转速降低。

## 二、调速器的检测

鉴于工程建设机械柴油机多采用全速式调整器，以协助驾驶员控制柴油机使用范围内的任一转速，因此这里仅介绍全速式离心调整器的检测。

以全速式调速器的调速特性（见图 6-3-13）为依据，检测它在柴油机各种工况



下调速特性曲线的  $B$ 、 $C$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$  或  $H$  点位置是否符合要求，其中标定工况位置（ $F$  点）的确定是检测的基准。

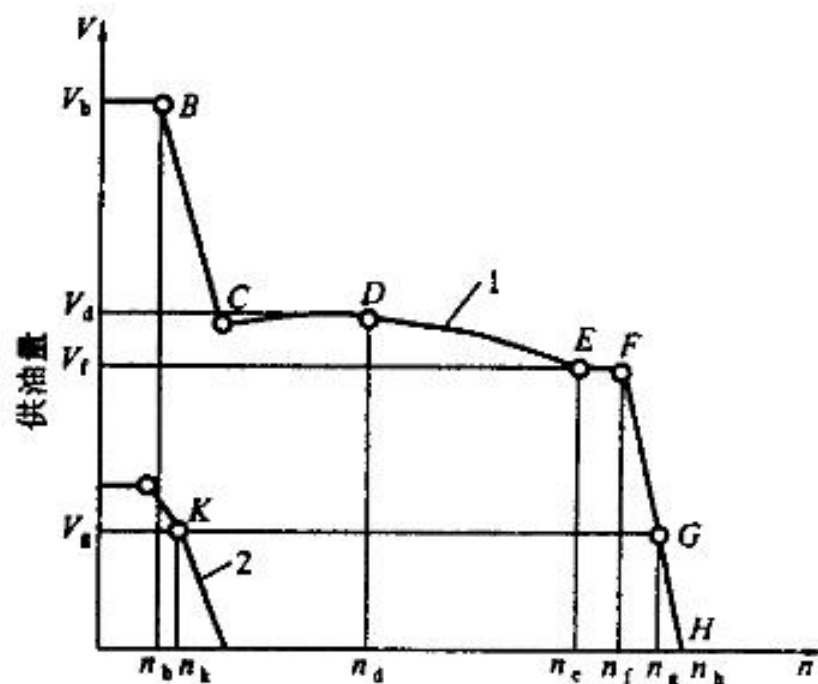


图 6-3-13 全速式调速器的调速特性

1) 标定工况位置（ $F$  点）的确定。标定工况的准确位置是：当调速器操纵手柄处于最大供油位置时，喷油泵以对应于柴油机标定工况的转速运转，此时供油齿杆应处于规定的行程位置，且高速起作用的转速也符合规定值。若不符合要求，则需要对调速器进行调整。

调速器标定工况位置的调整有二种方法，其中第一种方法的调整步骤是：

(1) 调整高速限制螺钉，使供油齿杆达到标定工况下的行程位置。为此，使喷油泵试验台在对应于柴油机标定转速下运转，将调速器操纵手柄推至最大供油位置，此时要使供油齿杆行程挡钉不起作用。然后测量供油齿杆行程，看其是否符合规定。若行程数值不对，则需要调整高速限制螺钉，直到使供油齿杆行程达到规定值为止。此时供油齿杆的行程应是从启动位置缩回的启动加浓行程与校正加浓行程之和。

(2) 调整供油齿杆行程限制挡钉的位置。为此，要使供油齿杆行程限制挡钉与供油齿杆处于刚刚相接触的位置，然后将限制挡钉位置固定并加以锁紧。

(3) 检查高速起作用点（ $G$  点）的转速是否符合规定，若不符则需要重新检查上述两项调整是否正确，直到符合规定值为止。

第二种方法的调整步骤是：

(1) 根据规定的启动加浓行程调整供油齿杆行程限制挡钉的位置，使喷油泵在对应柴油机启动工况的转速下运转，将调速器操纵手柄推至最大供油位置，然后逐渐增加喷油泵转速，直到启动加浓行程结束，这时供油齿杆缩回的行程应等于规定的启动加浓行程值。若不符合规定，则需要调整供油齿杆行程限制挡钉，待启动加浓行程达到要求后固定限制挡钉的位置。

(2) 逐渐增加喷油泵转速，使其达到对应于柴油机标定工况的转速，供油齿杆继续向减少供油方向移动的距离应等于校正加浓行程。此时供油齿杆处于标定工况位置。

(3) 检查高速起作用转速。若不符合要求时，则需要调整高速限制螺钉，直到高速起作用转速符合规定为止。



从上述二种调整方法来看,前一种方法是直接调整标定工况下的供油齿杆行程,而后一种方法是以启动加浓行程为基准来确定标定工况下的供油齿杆行程。

在调速器标定工况位置确定之后,再逐一检查调速特性曲线上其他各点的位置。

2) 启动工况位置( $B$ 点)的检测。把调速器操纵手柄推至最大供油位置,使喷油泵在对应于柴油机启动工况的转速下工作,此时供油齿杆行程应符合规定。通常情况下,只要标定工况供油齿杆行程准确,启动加浓行程都会符合要求,不需要调整。

3) 怠速工况位置( $K$ 点)的检测。检测时使喷油泵在低于对应于柴油机怠速的转速下运转,缓慢转动调速器操纵手柄。当喷油器开始喷油时,固定住调速器操纵手柄并逐渐增加喷油泵转速,注意观察供油齿杆的变化。当供油齿杆开始向减少供油方向移动时,此时的转速即为调速器低速起作用转速,它应不高于规定值。

4) 校正工况位置( $E$ 点和 $O$ 点)的检测。把调整器操纵手柄推至最大供油位置,使喷油泵在对应于柴油机标定工况的转速下运转,然后逐渐降低喷油泵的转速。当供油齿杆开始向增加供油方向移动时,此时的转速即为校正加浓开始点转速 $n_e$ 。该转速与校正加浓弹簧的预紧力有关,预紧力大时校正加浓起作用的转速低。该转速过低时对柴油机克服超负荷现象不利。

继续降低喷油泵转速,供油齿杆也继续向增加供油方向移动,直到供油齿杆停止移动为止,即可测出校正加浓行程,它应符合规定,此时的转速 $n_d$ 应是对应于柴油机最大扭矩时的转速。若校正加浓行程不符合规定,可调整校正加浓装置的装配位置或预留间隙。

5) 调速率( $G$ 点和 $H$ 点)的检测。从对应于柴油机标定工况的转速开始逐渐增加喷油泵的转速,此时供油齿杆应当向减少供油方向移动。当供油齿杆行程达到 $R_g$ 时,转速不应超过对于柴油机最高空转的转速 $n_g$ ,或者,当喷油器停止喷油时,喷油泵的转速不得大于规定的停油转速 $n_h$ 。若不符合规定,则需要重新检查高速起作用点转速和标定供油量是否准确。若二者均准确,则说明调速弹簧的刚度有问题,或者某些零件磨损过甚,需查明原因予以排除。

## 第四节 喷油器主要零件的失效及其性能检测

喷油器是柴油机燃油供给系的关键性部件,其技术状况的好坏对柴油机的性能和工作可靠性有着直接的影响。喷油器的工作条件十分恶劣,例如喷油器的头部伸入燃烧室内,处于高温、高压和燃烧产物腐蚀的条件下;针阀芯与针阀体之间进行着相对的高速运动,以及频繁的冲击;高速流动的燃油对喷孔的冲刷作用等,使喷油器在使用中容易发生各种故障。因此在维护及修理喷油器时主要解决的是针阀偶件的磨损及其他故障。

### 一、主要零件的失效

针阀偶件磨损的主要部位是密封锥面、轴针与喷孔、针阀芯雾化锥体及导向面等。



### (一) 密封锥面的磨损

喷油器在工作中由于高压燃油与弹簧的作用，针阀芯高速频繁地往复运动，且针阀芯及针阀体的密封锥面相互冲击，产生塑性挤压变形及疲劳剥落。此外，由于高压燃油的冲刷作用，以及燃油中坚硬磨料的刮削作用，都使密封锥面产生磨损。密封锥面磨损后使接触环带由正常的  $0.2 \sim 0.25\text{mm}$  加宽到  $0.5 \sim 1\text{mm}$ ，表面形成沟纹、麻点和凹坑，针阀体密封锥面还会形成凹陷环带，如图 6-3-14 所示。

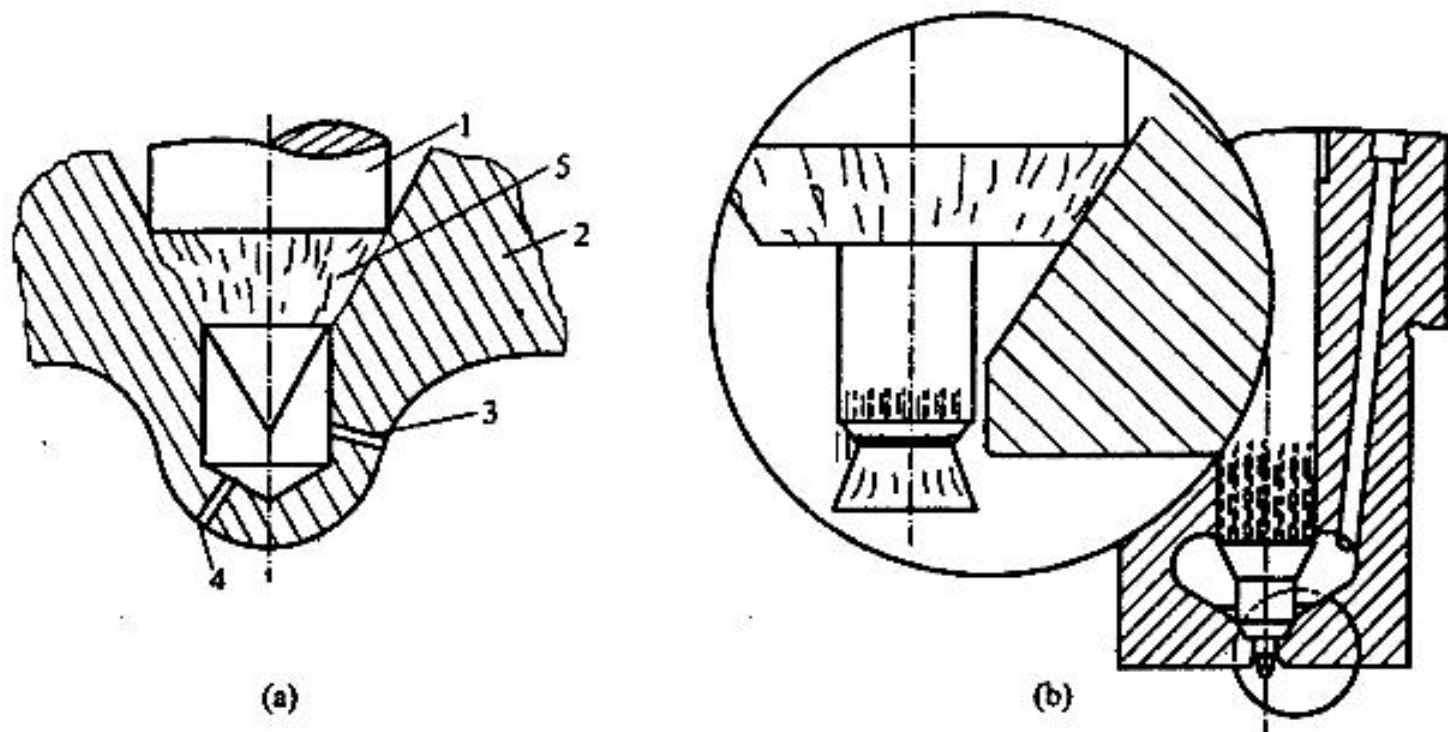


图 6-3-14 针阀偶件的磨损

(a) 孔式喷油器；(b) 轴针式喷油器

1 - 针阀芯；2 - 密封锥面；3、4 - 喷孔

密封锥面磨损后会有部分燃油在尚未达到针阀开启压力之前就从座面处漏出，造成喷油器的漏油、滴油现象；而在喷结束时，由于断油不干脆，仍会有少量燃油滴漏入燃烧室或聚集在喷孔周围，不能完全燃烧而结焦、积炭，致使柴油机启动困难、排气冒黑、动力性和燃料使用经济性下降。

此外，由于密封锥面磨损，高温燃气容易窜入针阀体内腔，使针阀导向面温度急剧升高且结焦，导致针阀芯卡死而使喷油器失效。

### (二) 轴针与喷孔的磨损

轴针式喷油器喷油时，高压燃油以及混入其中的杂质以很高的速度通过轴针与喷孔之间的环状缝隙，并冲刷、刮削轴和喷孔表面，使之产生冲刷磨损和磨料磨损，形成许多轴向沟痕（见图 6-3-14 (a)），并使轴针直径减小，喷孔直径增大，且破坏了喷孔的正圆形。轴针与喷孔磨损后使其环形间隙加大，燃油通过时的流速降低，加上轴向沟痕的影响，使雾化不良，造成燃油与空气混合的质量下降，燃烧不完全、柴油机功率下降，且排气冒烟和容易形成积炭。

孔式喷油器的喷孔也会因上述原因使喷孔失圆和直径增大，其后果也相似。



### （三）针阀芯与针阀体的导向面磨损

针阀偶件导向面工作时主要产生摩擦磨损，如果燃油中有杂质，将使该磨损加重。磨料首先作用于导向面的下方，所以导向面下方磨损严重，使斜阀芯形成下小上大的锥形，针阀体形成下大上小的锥形，并产生纵向细小条纹（图 6-3-14（b））。

针阀偶件导向面磨损后使高压燃油通过导向面的回油量增加，使喷油量减少，供油时间延迟，柴油机功率下降。由于回油量在柴油机低速时相对较多，因此容易造成柴油机启动困难、低速运转不稳定等故障。

针阀偶件导向面的另一失效形式是针阀芯卡死在针阀体内，其原因是：喷油器防漏铜垫不严密、喷油器安装歪斜、调压弹簧变软而使喷射压力过低、密封锥面磨损严重等造成针阀偶件局部温度过高，或使燃烧气体窜入针阀偶件内部形成积炭，使之烧结卡死；此外，燃油不清洁，大的磨料粒子进入导向面内，也会造成针阀偶件卡死。

如果针阀偶件在开启状态被卡死，则使喷油器滴油，喷出的燃油不能雾化，柴油机有强烈的敲击和排气冒黑烟；若针阀偶件在关闭状态被卡死，则喷油器不喷油，该汽缸不工作。

## 二、喷油器的检测

喷油器的检测内容通常包括密封性检测、喷射压力检测、喷雾质量检测、喷油量检测等。喷油器的检测一般是在喷油器试验台（见图 6-3-15）上进行。为保证检测结果的准确性，喷油器试验台的贮油罐 1 内应加注滤清的柴油，保证试验台本身具有良好的密封性并将油压增至 25MPa，每分钟油压的下降速度应不大于 2MPa。

### （一）喷油器的密封性检测

将喷油器 10 安装在试验台上，均匀缓慢地用手柄 5 压油，同时旋进喷油器的调压螺钉，直至喷油器在 23~25MPa 压力下喷油时停止压油。观察压力表 6 指针的转动，记录油压自 20MPa 降低到 18MPa 所经历的时间。如果所经历的时间少于 9s，其原因可能是油管接头处漏油、喷油器体与针阀体接触平面贴合不严、密封锥面或导向面磨损而漏油等。

### （二）喷油压力检测

检测时缓慢均匀地用手柄压油，喷油器刚开始喷油时压力表所指示的最高压力即为喷油压力。若不符合规定，应进行调速：旋入喷油器调压螺钉使喷油压力提高，反之喷油压力降低。同一台柴油机各缸喷油器的喷油压力误差不应大于 0.25MPa。

### （三）喷雾质量检测

检测时以 60~70 次/min 的速度压动手柄，使喷油器喷油，喷雾质量应符合如下要求：

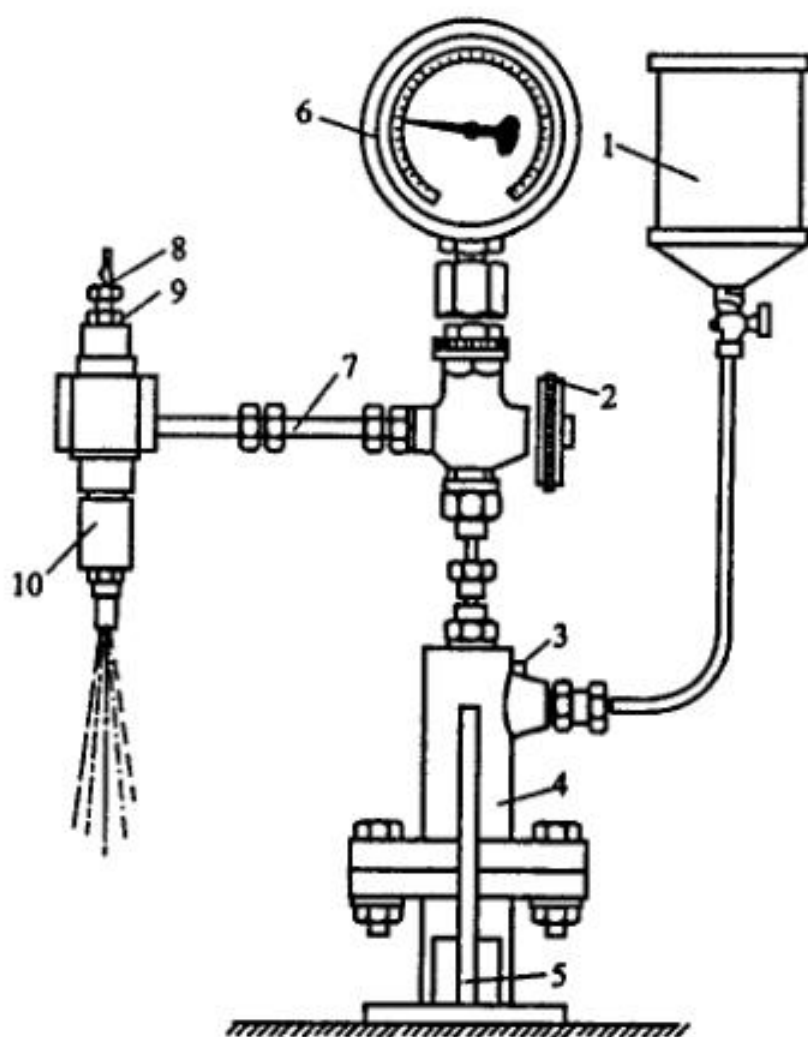


图 6-3-15 喷油器试验台

1- 贮油罐；2- 开关；3- 放气螺钉；4- 高压泵；5- 手柄；  
6- 压力表；7- 高压油管；8- 调节螺钉；9- 锁止螺母；10- 喷油器

- 1) 喷出的燃油应呈均匀、细小的雾状，没有明显的油滴和油流。
- 2) 喷射时应伴有清脆的响声。
- 3) 喷射前后不允许有滴油现象。经多次喷油后喷孔附近应干燥或稍有湿润。
- 4) 燃油的雾化锥角应符合规定，油束不应偏斜。

#### (四) 喷油量检测

同一台柴油机各个喷油器通过燃油的能力不应相差过大，否则，喷油泵试验台上调整好喷油泵的标定供油量后装上原机的几个喷油器，其标定供油量均匀性会受到影响，特别是柴油机低速工况时更为明显。

喷油器的通过能力可采用测定其喷油量的方法来检测，即在喷油器试验台上，将被检测的各个喷油器用同一根高压油管逐个接到预先调整好的喷油泵的同一个分泵上，在柴油机的标定转速下测量每分钟的喷油量。同一台柴油机的各个喷油器的喷油量相差不得超过 5%。

## 第五节 柱塞泵式燃油供给系故障检测与分析

柴油机能否正常运转，在很大程度上取决于燃油供给系的技术状况。燃油供给系中的喷油泵、调速器、喷油器等是结构最复杂、精度及使用技术要求最高的部件，它们除



了必须在专用试验台上进行检测与调试外，发生故障时需要专业技术人员来检测与排除。

与燃料供给系故障有关的柴油机工作不正常的现象有启动困难、动力不足、工作过于粗暴和超速运转等。

## 一、柴油机启动困难

柴油机启动困难是一种常见故障，通常是由燃料供给系技术状况不良所引起，其外观症状主要有柴油机启动时排气管不排烟，或排出大量白烟、灰白烟、黑白烟等。

### （一）启动时排气管不排烟

因为柴油机燃料供给系分低压油路（包括燃油箱、输油泵、柴油滤清器及连接管路等）和高压油路（包括喷油泵、高压油管及喷油器等），因此分析故障时应设法先确定故障是出自低压油路还是高压油路。为此，将喷油泵放气螺钉松开，扳动输油泵上的手油泵，观察放气螺钉处是否流油。若不流油或有气泡冒出，表明低压油路有故障；如果流油正常，则说明故障出自高压油路。

1) 低压油路故障分析。柴油机启动、排气管不排烟时，松开喷油泵放气螺钉，扳动输油泵的手油泵，放气螺钉处无油流出，其原因有：

- （1）燃油箱内无油或存油不足。
- （2）燃油箱开关未打开或油箱盖通气孔堵塞。
- （3）燃油箱内上油管堵塞或从上部折断。
- （4）燃油箱至输油泵之间的油管堵塞。
- （5）柴油滤清器的滤芯堵塞。
- （6）输油泵的进、出油阀粘滞，或密封不严，或弹簧折断。
- （7）输油泵活塞损坏，或密封胶圈失效，或活塞回位弹簧折断。
- （8）输油泵的滤网堵塞。

针对上述可能出现的原因，首先检查燃油箱中存油是否足够，开关是否打开，燃油箱盖通气孔是否堵塞。若正常可扳动输油泵的手油泵作进一步检查：若拉动手油泵拉钮时明显感到有吸力、松手后又自动回位，说明燃油箱至输油泵的油路堵塞；若拉出手油泵拉钮时感觉不到有吸力，但压下去时比较费力，说明输油泵至喷油泵的油路堵塞，可检查柴油滤清器是否堵塞。在寒冷地区、季节里，柴油牌号选用不当或油中有水，容易造成析蜡或结冰而堵塞油管。如果上下拉动输油泵的手油泵拉钮时，均无正常的吸油与泵油的阻力，则说明手油泵失效，应检查输油泵出油阀是否粘滞或不密封，其弹簧是否折断或活塞、密封胶圈是否损坏。

低压油路故障的另一种情况是喷油泵放气螺栓处流出泡沫状柴油，而且长时间扳动输油泵的手油泵也不能排完。其原因是燃油箱内上油管破裂或松动；燃油箱至输油泵之间的油管破裂或管接头松动。

上述现象表明输油泵中渗进空气而发生了阻塞，应检查油管有无破损，如果无破损

则应分段排气检查：旋松输油泵的出油口接头，扳动手油泵拉钮，观察出油情况。若排出的油中仍有气泡，说明输油泵至燃油箱之间的油管破裂或油箱内上油管接头松动；若排出的全部是柴油，则说明前段油管无故障，应再旋松柴油滤清器接头进行排气检验，检查该油管接头是否漏气。

低压油路检查完毕后仍用排气检验方法，按次序检查喷油泵及高压油管。

2) 高压油路故障分析。松开喷油泵的放气螺钉，扳动输油泵的手油泵，放气螺钉处出油正常，但各缸喷油器至喷出。其主要原因是：

(1) 喷油泵有故障，如柱塞偶件的间隙过大或二者粘滞；滚轮体与柱塞之间的间隙过大；出油阀芯粘滞，或其回位弹簧折断，或出油阀密封不良；油量调节叉或扇形齿圈固定螺钉松动或脱落，使柱塞滞留在不供油位置上，供油齿杆或供油拉杆卡滞，使柱塞不能转动或转动量过小；溢流阀密封不良或其弹簧折断；联轴器主动凸缘盘或从动凸缘盘连接键损坏；调速器操纵手柄处于不供油位置等。

(2) 喷油器有故障，如针阀积炭或卡死而不能开启；喷孔堵塞；喷油压力调得过高；高压油管破裂或其接头松动等。

(3) 高压油管中有空气。

针对上述可能出现的原因，首先接通启动机，查看喷油泵输入轴是否转动，联轴器是否连接可靠。若喷油泵输入轴不转或转得太慢，应检查联轴器有无断裂，半圆键是否完好。然后检查高压油管有无漏油（漏油会使喷油量减少），排除漏油故障后应当旋松各缸高压油管接头进行排气。若上述均正常，可在柴油机转动时用手触摸各缸高压油管，若感到喷油有“脉动”，说明故障不在喷油泵而在喷油器；若无“脉动”或“脉动”微弱，说明故障在喷油泵。

检查喷油泵故障时，拆开喷油泵侧盖后按下列顺序进行：

(1) 接通启动机，观察喷油泵的凸轮轴是否转动，否则说明凸轮轴已断裂。

(2) 检查供油齿杆（供油拉杆）是否处于不供油位置。

(3) 检查供油调节叉或扇形齿圈的固定螺钉是否松动，调节臂有无脱出，供油齿杆（供油拉杆）是否卡滞及其行程能否达到规定值，柱塞在柱塞套内是否卡滞。

(4) 拆下高压油管，扳动输油泵的手油泵，观察出油阀是否密封。若出油阀溢油，说明出油阀密封不良或其弹簧折断；如果出油阀不溢油，则检查高压油管中有无空气。

(5) 用螺丝刀撬动柱塞弹簧座作泵油检查，若出油阀处有气泡出现，说明高压油管中有空气，否则高压油管中无渗入空气。

检查喷油器有无故障时可将喷油器从汽缸上拆下并接上高压油管，然后用螺丝刀撬动柱塞弹簧座，观察其喷油情况。如果雾化良好又不滴油，说明无故障。否则应解体检查喷油器针阀是否卡滞，喷孔是否堵塞以及弹簧弹力等。

#### (二) 启动时排气管排出大量白烟

接通启动机后柴油机不易启动，即使启动，排气管排出像水蒸气般的白色烟雾，随后柴油机便慢慢地熄火。其原因有：

(1) 燃油中有水。



(2) 汽缸垫破损或汽缸盖螺栓松动而使冷却水进入燃烧室。

(3) 汽缸体或汽缸盖的冷却水套破裂。

柴油机若在低温（特别是冬季）启动时排气管排出白烟，但在温度升高后排气正常，这是正常现象。如果排出白烟时用手接近排气消声器出口处，发现手上留有水珠，说明有冷却水进入燃烧室。为此应检查柴油中是否有水，可将燃油箱和柴油滤清器的放油螺塞拧开，放出其内的积水和沉积物。然后检查汽缸体、汽缸盖有无裂缝，汽缸盖螺栓有无松动，汽缸垫有无损坏等。这一故障的外部症状是冷却水温度升高时冷却水散热器上水室有气泡冒出，油底壳机油液面升高。

### （三）启动时排气管排出灰白烟

接通启动机后柴油机难以启动，启动过程中排气管排出灰白烟雾。其主要原因有：

(1) 低温启动时预热装置失效，柴油机温度过低。

(2) 喷油提前角不准，一般是喷油过迟。因为喷入燃烧室的燃油处于温度、压力较低的燃烧室中，未能燃烧而排出。有时也可能是喷油过早，可燃混合气形成条件差，燃油不能完全燃烧就排出汽缸，所以呈灰白烟雾。

(3) 汽缸充气或供油不足，尤其在启动时由于汽缸中温度低，燃油雾化、蒸发条件差，要求启动供油量比标定循环供油量增加 50%，若此时供油不足便达不到着火的可燃混合气浓度，使柴油机不能启动，或启动后不久又熄火。这时难以燃烧的柴油便与空气混合成灰白色烟雾而排出。当汽缸充气量不足时，使可燃混合气过浓，由于缺氧使相当数量的柴油未能燃烧便排出汽缸，因此也呈灰白色烟雾。

(4) 喷油量过多、雾化不良，汽缸温度又偏低。

(5) 喷油器针阀在开启位置上卡住。

(6) 汽缸压缩不良，其温度、压力达不到柴油自燃的程度。

针对上述可能出现的原因，首先检查低温启动预热装置是否完好，然后检查和调整喷油提前角和喷油量是否合适，最后检查喷油雾化状况以及汽缸压缩压力是否正常。

### （四）启动时排气管排出大量黑烟

柴油机启动困难的同时，其排气管还大量冒黑烟。其主要原因有：

(1) 喷油泵联轴器上的固定螺钉松动，或喷油提前角过大。

(2) 喷油泵有故障，如柱塞偶件严重磨损，滚轮或凸轮磨损过大，滚轮体上的调整螺钉松动等。

(3) 喷油器有故障，如针阀芯卡住而不能关闭、针阀密封不严、喷油压力调整螺钉松动而使喷油压力过低等。

(4) 喷油量过大。

(5) 汽缸压缩压力偏低。

(6) 空气滤清器或进气道堵塞等。

针对上述可能出现的原因，首先检查柴油机进、排气道是否通畅，如空气滤清器有无堵塞，进气管是否凹瘪，排气制动阀是否开启等。若柴油机有敲击声并冒黑烟，说明

喷油过早，应重新调整喷油提前角。通常这种情况是由于喷油泵联轴器螺栓松动、半圆键损坏或从动凸缘盘错位所致。此后应检查喷油器喷油雾化情况，若不正常应拆检其针阀芯是否卡滞，针阀是否密封，调压弹簧是否过软或断裂，喷油器座孔密封垫是否有积炭或损坏等。最后，若燃油供给系工作均正常，柴油机不能启动且冒黑烟，应检查柴油机汽缸的压缩压力。

## 二、柴油机动力不足

常见的柴油机动力不足表现为：运转均匀，但无高速且排烟少；运转不均匀，排气有大量白烟；运转不均匀，排气冒黑烟并有敲击声；柴油机有规律的忽快忽慢等。

### （一）柴油机运转均匀，无高速且排烟少

该故障表现为柴油机运转均匀、排烟少，急加速时转速提不高，排气有少量黑烟。其主要原因有：

- （1）加速踏板及其拉杆的行程不能保证供给最大供油量。
- （2）调速器的调速弹簧过软、折断或由于调整不当，使喷油泵不能保证供给最大供油量。
- （3）喷油泵供油齿杆（或拉杆）行程达不到最大供油量位置。
- （4）喷油泵扇形齿圈固定螺钉松动。
- （5）喷油泵出油阀密封不良。
- （6）喷油泵柱塞副磨损严重、粘滞或柱塞弹簧折断。
- （7）喷油泵滚轮体粘滞、滚轮或凸轮磨损严重。
- （8）喷油器泄漏，使喷油量减少。
- （9）输油泵、油管堵塞等原因使其泵油量不足。
- （10）柴油滤清器堵塞。
- （11）空气滤清器、排气消声器堵塞。
- （12）柴油粘度过大。
- （13）油路中有空气。

上述种种原因归结到一点：因达不到最大供油量，使柴油机转速不能提高。针对上述可能出现的原因，应先排除燃料供给系中的空气。然后检查加速踏板及其拉杆的行程，即将加速踏板踩到底，用手扳动调速器操纵手柄，如果还能向加油方向推动，说明加速踏板及其拉杆不能使喷油泵达到最大供油量，应予以调整。

按照下列步骤检查油量：

- （1）检查调速器高速限制螺钉和最大供油量限制挡钉。两个螺钉向增加供油方向旋进时感到柴油机有力（即柴油机转速变化灵敏），说明此为症结所在。应调整供油量，直到急加速时排气管冒出少量黑烟为宜。

若不属上述情况，则应检查高压油路部分和调速器调速弹簧。拆下喷油泵侧盖，查看供油拉杆（或齿杆）能否达到最大供油位置，喷油泵滚轮体或柱塞是否粘滞，柱塞、



滚轮，凸轮是否磨损严重，柱塞弹簧有无折断，出油阀是否密封等。若以上均为正常，应再检查喷油器有无泄漏，调速器调速弹簧弹力是否符合规定。

如果断定故障不在高压油路，则应检查低压油路。主要检查项目是燃油箱通气孔及管道、输油泵滤网、柴油滤清器等有无堵塞，输油泵油阀有无渗漏或粘滞，整个油道有无渗漏等。

在寒冷地区、季节使用的柴油机，还应检查所用燃油的标号是否符合要求。

## （二）柴油机运转不均匀，排气管冒白烟

该故障表现为柴油机动力不足，运转不均匀并排出大量白烟。这又分排灰白色的烟雾、排水蒸气白烟、柴油机刚启动时排白烟而温度升高后变成排黑烟等三种情况。其主要原因有：喷油过迟；汽缸水道孔破裂；汽缸破裂；汽缸压缩压力过低，柴油内有水等。

柴油机上述故障通常是由喷油过迟引起的，此时柴油机不但高速运转不均匀、加速不灵敏，而且温度容易过高。如果是新装配的柴油机，则可能是因为装配不当。如果突然发生上述故障，一般是因为喷油泵联轴器螺栓松动或柴油机装配不当。

如果排气管排出水蒸气烟雾时，应先检查是否有水。然后检查是否冷却水进入汽缸，此时可采用单缸断油法检查喷油器上有无水迹。最后查明进水原因是汽缸垫破损还是汽缸体或汽缸盖破裂。

柴油机刚启动时排白烟，温度升高后又冒黑烟，此时柴油机温度偏低，虽尚能启动，但许多柴油挥发成蒸汽，未能参加燃烧便排出，所以呈白烟。待柴油机温度升高后，虽然柴油燃烧条件有所改善，但仍有部分柴油仅裂解成碳而没有完全燃烧，所以呈黑烟排出。

## （三）柴油机运转不均匀，排气管冒黑烟

此时柴油机动力不足，运转不稳定并排出黑烟，加速时有敲击声。其主要原因有：

（1）喷油泵有故障，如出油阀因磨损而密封不严，或出油阀芯回位弹簧折断；个别分泵的柱塞卡住或柱塞弹簧折断；个别分泵的扇形齿圈紧固螺钉松动；少数凸轮或滚轮磨损严重；滚轮体调整螺钉调整不当或松动等。

（2）喷油器有故障，如针阀芯卡住而不能关闭；针阀不密封；调压弹簧弹力降低或折断；密封垫积炭。

（3）汽缸压缩压力过低等。

柴油机发生该故障时，针对上述可能出现的原因，可首先进行逐缸断油检验。当某缸断油时，若柴油机转速显著降低、黑烟减少、敲击声音变弱或消失，说明该缸喷油量过多；若柴油机转速无变化或变化甚小，则说明该缸喷油量过少；若柴油机转速变化小而排黑烟现象消失，说明该缸喷油器喷雾质量差。找出有故障的汽缸后，再进一步查明故障原因，如该缸喷油泵柱塞副情况；扇形齿圈紧固螺钉有无松动；柱塞弹簧有无断裂等。若均正常，可拆检该缸的喷油器，必要时可换装新喷油器进行对比试验，以判断喷油器有无故障。

上述方法仍不能排除故障时，应检测各缸喷油提前角是否一致，调整到黑烟和敲击声均减轻为止。

如果以上各项均无问题，应对汽缸测试压缩压力，以判断是否因汽缸、活塞、活塞环等磨损而漏气或气门密封不良而导致故障。

#### （四）柴油机游车

柴油机动力不足的同时，还伴随着有规律的忽快忽慢和转速提不高。其主要原因有：

（1）调速器有故障，如调速器外壳的孔及喷油泵凸轮轴轴承盖板孔，飞块销孔、座架等因磨损而松旷；飞块过重或收缩与张开的距离不一致；润滑油不足或太脏；调速弹簧变形或断裂等。

（2）喷油泵有故障，如供油齿杆（或拉杆）卡滞；柱塞套安装不正，使供油齿杆（或拉杆）不能移动自如；调节臂或扇形齿圈变形或松动，使供油齿杆（或拉杆）运动不正常；凸轮轴轴向间隙、供油齿杆与扇形齿圈的间隙过大；供油齿杆（或拉杆）的销子松旷等。

（3）个别汽缸喷油器的针阀芯卡死等。

针对上述可能出现的原因，首先拆下喷油泵侧盖，检测供油拉杆（或齿杆）的松紧度。即用手指轻轻捏住供拉杆（或齿杆）并使其移动，若移动受阻，则可能是杆与孔配合过紧、杆变形或拉伤或被异物卡住。要求供油拉杆（或齿杆）在倾斜  $45^\circ$  时能自行滑动。如果供油拉杆（或齿杆）只能在很小范围内移动，应找出阻滞点，方法是将供油拉杆（或齿杆）与调速器拉板拆开，若这时供油拉杆（或齿杆）滑动自如，说明阻力在调速器内部，具体原因可能缺少润滑油，润滑油太脏，或各连接点过紧，飞块的收缩与张开不灵活，滑套阻力太大等。如果供油拉杆（或齿杆）与调速器拉板拆开后仍只能在小范围内移动，说明阻力在调速器以外，可能是某缸喷油泵的柱塞卡死、柱塞调节臂变形等。

如果供油拉杆（或齿杆）移动自如，游车故障多数因为调速器各部连接松旷所致。如飞块销孔和座架磨损过大；供油齿杆与扇形齿圈的啮合间隙过大；供油齿杆与拉板销子松旷；凸轮轴轴向间隙过大；调速器外壳及喷油泵凸轮轴轴承盖板孔磨损松旷等。

如果并非上述原因，应检查调速器调速弹簧是否变形，飞块是否偏重及其收缩，张开的距离是否一致。

对于设有可变调速率装置的全速式调速器，由于装配或调整不当，不仅会使调速率发生变化，而且还可能使调速器的工作变得不稳定，导致柴油机产生严重的“游车”故障。

### 三、柴油机工作过于粗暴

直喷式柴油机的供油提前角应随转速的升高而加大。未设供油提前角自动调节器的分隔形燃烧室的柴油机，为了在标定转速下具有最佳供油提前角，在低速时就显得供油



时间过早，柴油机因而发出均匀的敲缸声，这属正常现象。如果使柴油机的低速时供油时间适合，但标定转速时供油时间就会显得过迟而造成柴油机动力不足。所谓柴油机工作过于粗暴是指柴油机发出有节奏的清脆的类似金属的敲击声，急加速时响声更大，且排气管冒黑烟，或敲击声没有节奏并排黑烟。其主要原因有：

- (1) 喷油提前角过大。
- (2) 喷油雾化不良。
- (3) 汽缸充气不足。
- (4) 各缸喷油量不均匀。
- (5) 喷油器滴油。
- (6) 柴油机工作温度偏低。
- (7) 选用的柴油牌号不当等。

柴油机工作过于粗暴，针对上述可能出现的原因，可按下列步骤进行检测、分析并予以排除。

(1) 如果柴油机声响均匀，说明各缸工作情况差不多，其故障原因与喷油正时、进气情况、柴油性能等因素有关。可先检查喷油提前角是否准确，若喷油过早则响声尖锐、清脆、有节奏、排气管冒黑烟。如果调整喷油提前角的效果不明显，则应检查空气滤清器是否堵，进气胶管是否凹瘪，其内壁是否有脱层堵塞。若柴油机充气不足，则会导致汽缸压缩压力和温度下降，延长燃烧过程的着火落后期，从而产生严重的敲缸声。若进气充分而仍有响声，则应考虑柴油牌号选择是否适当。

(2) 如果柴油机响声不均匀，说明各缸工作情况不一致，可用单缸断油法找出工作不良的汽缸。若怀疑是喷油器工作不好，可用一标准喷油器或者与其他汽缸调换喷油器作检验。如果这时响声消失或转移它缸，则表明故障就在喷油器。若怀疑某缸喷油量过大，可用减油法检验。

## 四、柴油机超速

柴油机的转速超过最高空转转速并失去控制、伴随着巨大响声的现象，称为柴油机超速（俗称“飞车”）。引起柴油机超速的主要原因有：一是喷油泵调速器有故障而失去了正常的调速性能，其特征是喷油泵调速器及其操纵部分有卡滞、松旷等不正常现象；二是柴油机运转过程中有额外的柴油或机油进入燃烧室参与燃烧。

柴油机超速是非常危险的，将会造成严重的恶性事故，因此必须及时、果断、迅速地采取措施予以制止，如迅速收回加速踏板至熄火位置；供油拉杆（或齿杆）外露的喷油泵，可迅速将供油拉杆（或齿杆）拉回到停止供油位置；将减压装置的操纵手柄置于减压位置；挂挡并制动，迫使柴油机熄火；切断油路，停止向汽缸供油；堵塞进气系统等。

针对可能引起柴油机超速故障的原因可以作如下的检测、分析并予以排除。

(1) 若迅速抬起加速踏板后柴油机转速下降或不再升高，则说明故障多为加速踏板或其传动杆件被卡住。反之，则为调速器有故障。待柴油机熄火后拆下调速器上盖检查

润滑油是否过多，调速弹簧是否折断，飞块销是否脱出等，必要时对调速器进行维修。

(2) 若抬起加速踏板后柴油机转速不降低或继续升高，这可能是供油拉杆（或齿杆）被卡住。柴油机熄火后拆下调速器上盖，如能用手拉动供油拉杆（或齿杆），说明供油拉杆（或齿杆）与调速器连接部位被卡住；若拉不动供油拉杆（或齿杆），说明喷油泵柱塞被卡住，应拆下喷油泵检查。若是扇形齿圈或调节臂松动，应将其记号对正并紧固。

(3) 若燃料供给系工作良好，应检查汽缸有无额外的燃油或机油进入。如空气滤清器或增压器的机油是否漏入汽缸；汽缸密封性如何，是否窜机油；有低温启动预热电磁阀的，是否关闭可靠等。

柴油机熄火后必须找出造成超速故障的原因所在，在彻底排除后方允许重新启动柴油机，否则有再次发生超速现象的可能。

第六节 PT 燃油系故障检测与分析

由于美国康明期（Cummins）柴油机公司生产的柴油机采用 PT 燃油系，其结构和工作原理与一般柴油机的不同，因此其故障发生的现象、原因及排除方法也不同。即使是康明斯柴油机，由于系列、型号、生产时间不同，其故障也略有区别。

一、常见故障

康明斯柴油机常见故障有冒黑烟、启动困难、无力、运转不稳、自行熄火、油耗高及工作温度、压力不正常等，见表 6-3-1。

表 6-3-1 康明斯柴油机常见故障

故障原因	排除方法
1. 有负载时大量冒黑烟	
(1)进气不通畅	(1)检查进气道是否损坏或阻塞,予以修复
(2)排气背压太高	(2)在有负载的情况下,检查并校正排气背压
(3)在气候炎热或海拔高的地区,空气稀薄	(3)气候条件对柴油机有影响,空气稀薄时应减少负载
(4)涡轮增压器压缩机脏污	(4)清洗或更换增压器。检查增压器中是否有污物
(5)泄放阀堵塞	(5)清洗或更换泄放阀
(6)燃油质量低劣	(6)按康明斯柴油机燃油技术标准 3379001 通告检查燃油
(7)输油管道受阻	(7)输油管道中有异物或管道损坏。清理修复
(8)喷油器喷油孔堵塞	(8)检查喷油器。清洗并调整



续表

故障原因	排除方法
(9)后冷却器堵塞(空气端)	(9)检查后冷却器通向交换器出口处。清除后冷却器的污物和油泥
(10)喷油器喷油室的尺寸不对	(10)参照柴油机技术规格中规定的喷油器喷油室尺寸
(11)喷油器喷油室破裂	(11)拆下喷油器和喷油室。更换破裂的喷油室。调节喷油器
(12)油泵校准不正确	(12)参照相应的油泵校准手册所规定的技术要求进行校准
(13)喷油器流量不正确	(13)检查喷油器的“O”形环、喷油室、柱塞滤网和喷油器流量,更换损坏的部件
(14)密封垫漏气	(14)检查环是否磨损,通气管是否破裂,或通气阀是否损坏,予以修复
(15)气门漏气或调整不正确	(15)拆下排气歧管,再检查柴油机的噪音。拆下汽缸盖。修理气门,再调整气门
(16)活塞环断裂或磨损	(16)拆下排气歧管,找出破损的活塞环,予以更换
(17)柴油机应进行大修	(17)检查柴油机运行的里程数和工作小时数
(18)气门和喷油正时不正确	(18)重新调整气门正时和喷油正时
(19)喷油器需要调整	(19)进行必要的调节
2. 不能启动(启动系能正常工作)	
(1)燃油用尽	(1)将清洁燃油加入油箱,注入滤清器和燃油泵
(2)断流阀出故障	(2)转动手控超越控制开关,试引启动。检查有否断线,接线端是否松脱。检查电磁铁是否接通电源。检查有无污物
(3)进油口堵塞或漏气	(3)检查滤清器有无污物,接头和软管是否上紧,有否阻塞
(4)进气管堵塞	(4)检查空气滤清器和进气管路
(5)燃油质量差	(5)检查燃油是否混浊。如有必要更换燃油
(6)空燃比控制器(AFC)无空气调节螺丝校准错误	(6)检查无空气螺丝调节是否正确
(7)燃油泵出故障	(7)检查齿轮泵驱动轴是否断裂。如断裂,更换驱动轴
(8)气门/喷油器调节不当	(8)检查气门/喷油器有无污物或损坏。按照技术规格调整
(9)喷油器有毛病	(9)检查“O”形环,如有损坏即予更换。检查滤网有无污物。清洗滤网或更换。
3. 启动困难(启动系工作正常)	
(1)燃油滤清器堵塞	(1)卸下滤清器,把滤清器中的油液倒入干净的容器里。检查油液中是否有污物和水分,安装新的滤清器
(2)燃油软管漏气	(2)检查软管接头及连接件是否装配紧固。在燃油泵进油口处装置一个观察孔以察看系统内存在的气泡。必要时予以修理

续表

故障原因	排除方法
(3)输油管不通畅	(3)检查各油管,如有弯曲变形,破裂、接头松脱、管道松动等,予以修复或更换
(4)进气不通畅	(4)检查滤清器、管道和涡轮增压器。增压器应清洁,不得有污物。务使增压器叶轮转动灵活
(5)空燃比控制器无空气口闭塞	(5)把无空气螺丝退出 1/4 转,试行启动柴油机,重新调节螺钉
(6)排气受阻	(6)检查涡轮增压器,如有污物或损坏,予以修复
(7)密封垫漏气	(7)检查进排气歧管,有否因柴油机的高温影响而变色
(8)燃油质量低劣	(8)检查燃油是否混浊。如有必要,更换燃油
(9)燃油中含有水	(9)更换燃油,调换所有滤清器,装设燃油加热器
(10)齿轮泵有毛病	(10)把燃油注入齿轮泵到油箱之间的输油管路,检查油泵抽油性能,如能抽油,说明油泵是正常的
(11)气门与喷油器正时调节不正确	(11)检查气门间隙以及喷油器行程,修复有毛病的零件。按技术规格调整气门和喷油器
(12)喷油器有毛病	(12)检查“O”形环、滤网、喷油室和柱塞的损坏情况,并加以修理
(13)凸轮磨损	(13)检查凸轮轴上喷油器的凸角,如果凸角不符合技术规格,则更换凸轮轴
(14)汽缸破裂或磨损	(14)启动柴油机,检查有否过度漏气。卸下排气歧管,检查是否潮湿。修理损坏的汽缸
(15)喷油器喷油室破裂	(15)更换破裂的喷油室,调整喷油器
(16)气门漏气或调整不正确	(16)检查是否漏气,调整气门
4. 怠速时着不住火	
(1)燃油质量低劣	(1)检查燃油中是否有污物、水或其他物质,如有必要,更换燃油
(2)怠速转速大低	(2)按技术规格校正
(3)输油软管漏气	(3)装置观察孔,观察怠速时软管中燃油液流有否气泡。修理或更换损坏的软管
(4)燃油管(油箱通气管)阻塞	(4)拆开并洗净或更换损坏的油管或油箱通气管
(5)齿轮泵出毛病	(5)燃油管中设置观察孔。观察怠速时的油流情况。若油泵不抽油,检查油泵的故障
(6)气门与喷油调整不正确	(6)检查气门间隔及喷油器的动作情况,找出污物,重新调整气门和喷油器
(7)喷油器出毛病	(7)检查“O”形环、滤网和喷口。进行必要的修理
(8)喷油器正时调节不当	(8)检查正时调节情况,按技术规格调整
(9)凸轮轴凸角磨损	(9)用肉眼或千分表检查凸轮轴。进行必要的修理
(10)汽缸磨损或活塞环断裂	(10)卸下排气歧管。检查有无受潮或积炭,进行必要的修理



续表

故障原因	排除方法
(11)涡轮增压器出毛病	(11)检查有无污物侵入增压器。察看叶轮是否转动灵活。查找轴承里有无污物。清洗玷污的零件,更换磨损的零件
(12)燃油自动控制器除气室堵塞	(12)检查除气室调整是否正确
(13)凸轮从动轴(MVT)上的偏心轮松动	(13)检查凸轮轴是否磨损,如系正常,则检查机械正时调节系统(MVT)有否损坏。用 61 ~ 75N m 的扭矩拧紧定位螺钉
5. 怠速时冒大量黑烟	
(1)燃油泄油阀堵塞	(1)检查管道有无堵塞,疏通管道
(2)进气不通畅	(2)检查管道是否堵塞,更换或修理进气管
(3)燃油管道、油箱通气孔堵塞	(3)拆下管道并清洗干净。如有必要应更换燃油管道及油箱通气管
(4)涡轮增压器出毛病	(4)检查涡轮增压器是否转动正常,再检查轴承有无污物。必要时予以修理
(5)喷油器喷油孔堵塞	(5)清洗喷油器和喷油室,如果喷油室磨损,应予更换
(6)喷油室规格不符喷油器	(6)检查喷油室的尺寸,找出正确的零件号,换上规格合适的喷油室
(7)喷油器喷油室破裂	(7)用高温计检查排出废气的温度,更换损坏的喷油器和喷油室
(8)汽缸机油消耗失常	(8)检查机油消耗量。检查油环有无磨损。通气管是否断裂,通气阀是否损坏。有则予以修复
(9)活塞环断裂或磨损	(9)卸下排气歧管,检查汽缸有无受潮或积炭。选用汽缸用机油。修理汽缸,更换活塞环
(10)凸轮轴的凸轮头磨损	(10)检查磨损范围,必要时更换凸轮轴
(11)汽缸套或活塞磨损或擦伤	(11)如果缸套磨损没有超过标准,还可以修复使用。参照缸套的技术要求进行修理。把缸套和活塞清洗干净,重新装配
(12)喷油器需要调整	(12)清洗喷油器并按技术规格进行调整
(13)轨压开关(MVT)断开	(13)柴油机爆燃压力低于 551.6MPa(80lbf/in <sup>2</sup> )。电磁铁失灵,加以修理成更换
(14)电磁铁(MVT)有毛病	(14)检查金属板、衬垫“O”形环。如已损坏需更换
(15)电磁阀螺钉(MVT)未上紧	(15)拧紧扭矩应达到 54 ~ 61N m
(16)电磁阀柱塞停留在滞后位置	(16)检查气压是否大低,导线是否断开,电磁铁是否损坏,密封件是否损坏,电磁阀螺钉是否松动,以及气压软管有无阻塞等。修理或更换有缺陷的部件
(17)通向 MVT 电磁阀的气压管路阻塞	(17)检查气压管路有无污物或杂质。清洗干净。如有必要,予以更换

续表

故障原因	排除方法
6. 怠速时冒白烟过多	
(1)辅助启动装置使用不当	(1)启动燃油聚积在柴油机中。检查进气歧管的温度。检查电路。需要时予以修理
(2)燃油质量太差	(2)按 3379001 通告康明斯技术标准检查燃油是否合格
(3)进气口有粗制燃油	(3)检查辅助启动装置,检查燃油自动控制器(AFC)的空气管道有否混入燃油,进气道是否沾有机油。根据情况作必要的修理
(4)散热器百叶窗卡位	(4)检查散热器百叶窗的状况。用压缩空气清理百叶窗枢轴,并涂上润滑油
(5)冷却液温度太低	(5)检查恒温器或热控装置是否损坏。如有必要,更换恒温器或热控装置
(6)喷油器喷油室破裂	(6)必要时更换喷油室或喷油器本体
(7)喷油室不适配喷油器	(7)检查柴油机所用零件是否正确
(8)气门与喷油正时不正确	(8)调节气门,按柴油机的技术规格调整正时
(9)喷油器需要调整	(9)按需要进行清洗和调整。检查喷器室有无磨损和破裂。柱塞顶有无毛病。更换损坏的零件
(10)轨压开关(MVT)断开	(10)柴油机爆燃压力低于 551.6MPa(80lbf/in <sup>2</sup> )。电磁铁失灵。需修理或更换
(11)MVT 电磁铁出故障	(11)检查喷射孔、垫片、“O”形环和滤清器等。如有必要,予以更换
(12)MVT 活塞和机架密封件损坏	(12)检查空气压力、活塞和密封件,加以校正
(13)气动电磁阀螺钉(MVT)未紧固	(13)检查空气压力是否正确和有否断线。修复并紧固螺钉
(14)电磁阀柱塞停留在滞后位置(MVT)	(14)气压不合适、断线或电磁铁损坏。予以修复
(15)MVT 断线或脱线	(15)观察检查电气线路。如有断线,应予修复
(16)凸轮从动轴(MVT)上的偏心轮松动	(16)检查从动轴和衬套是否磨损。必要时更换零件
(17)通向 MVT 电磁阀气压管道堵塞	(17)检查气压管道内有无污物和杂质。清洗 MVT 电磁阀
7. 加速时大量冒烟	
(1)进气不通畅	(1)检查滤清器有无损坏或玷污。检查进气抑制器是否损坏。必要时修理或更换零件
(2)排气背压太高	(2)检查有负载情况下的背压。检查排气管有无杂质或管的弯度过大。必要时予以修复
(3)在气候炎热或海拔高的地区,空气稀薄	(3)减少负载来补偿海拔高造成的困难
(4)空气滤清器与柴油机之间漏气	(4)检查所有管卡箍、接头和密封垫。按需要拧紧或更换
(5)涡轮增压器压缩机脏污	(5)清洗或更换涡轮增压器



续表

故障原因	排除方法
(6)燃油泄油阀堵塞	(6)清洗或更换泄油阀
(7)燃油泄油管堵塞	(7)拆下泄油管,清洗或修理
(8)空燃比控制器(AFC)膜盒气压表出毛病	(8)检查气压表是否损坏,除气轨压是否调得太高,柱塞是否卡住,回流阀是否有毛病,燃油是否侵入进气管等。按需要进行修理
(9)进气管或排气管密封垫漏气	(9)如有必要,更换进/排气管密封垫
(10)喷油器喷油孔堵塞	(10)拆下堵塞的喷油器喷油室。清洗或更换磨损的或损坏了的零件
(11)喷油器喷油室的尺寸不对	(11)按该柴油机的型号检查喷油室的规格
(12)喷油器喷油室破裂	(12)检查或更换喷油室和喷油器
(13)油泵校准不正确	(13)按该型号柴油机的技术规格校准油泵
(14)空燃比控制器(AFC)校准不正确	(14)校对技术规格并进行调整
(15)喷油器流量不正确	(15)按技术规格校准喷油器质量
(16)密封垫漏气	(16)检查活塞环是否磨损,通气管和通气阀是否损坏。予以修复
(17)气门漏气或调整不当	(17)拆下排气歧管,检查柴油机的噪音。拆下汽缸盖。修理并调整气门
(18)凸轮轴的凸角磨损或损坏	(18)更换凸轮轴
(19)气门和喷油正时不正确	(19)检查有无磨损和玷污。按技术规格调整气门和喷油器
(20)汽缸套或活塞磨损或擦伤	(20)检查缸套和活塞是否漏气。作必要的修理
(21)喷油器需要调整	(21)按技术规格调整喷油器
(22)推杆或凸轮从动件罩破裂或弯曲	(22)如有损坏,更换推杆和凸轮从动件罩
(23)轨压开关(MVT)断开	(23)柴油机爆燃压力在 551.6MPa(80lbf/in <sup>2</sup> )以下,电磁铁不灵。检修或更换压力开关
(24)MVT 电磁铁有毛病	(24)检查喷孔密封垫、“O”形环和滤清器,如有必要,予以更换
(25)MVT 活塞和机架密封件损坏	(25)检查气压、活塞和密封件。按情况予以修复或更换
(26)MVT 气动电磁阀螺钉未紧固	(26)检查气压是否正常,电路有否断线。修理并紧固螺钉
(27)气动电磁阀柱塞停留在滞后的位置(MTV)	(27)气压不合规定、断线或电磁铁损坏。予以修理
(28)通向机械正时调节机构(MVT)的气压管路阻塞	(28)检查气压管路有否污物或异物。清洗管路
8. 工作无力	
(1)进气不畅通	(1)检查背压、空气滤清器。若机油太稠,滤网被污物覆盖,或其他元件被玷污,都加以清理修复
(2)排气背压太高	(2)检查有负载情况下的背压。进行调整

续表

故障原因	排除方法
(3)在气候炎热或海拔高的地区,空气稀薄	(3)按海拔的高低调节空气燃油比和载荷
(4)空气滤清器与柴油机之间漏气	(4)紧固所有连接件。检查软管,若有破裂,予以修复
(5)涡轮增压器压缩机有污物	(5)清洗及更换磨损的零件
(6)燃油质量差	(6)排空油箱。更换滤清器,清洗输油管道。见康明斯公司燃油技术规格 3379001 通告号标准
(7)燃油输油管道漏气	(7)检查连接件有无松动,管道有无破裂,滤清器是否未上紧等,并一一校正
(8)输油管道堵塞	(8)检查所有管路有无损坏,更换滤清器,用压缩空气吹净输油管路
(9)内输油路或外输油路漏油	(9)观察整个燃油管道有无损坏,检查并紧固各个接头
(10)燃油进油不通畅	(10)检查燃油滤清器是否堵塞,燃油有否玷污。检查软管接头或其他连接件是否紧固。作必要的修理
(11)喷油器喷油孔堵塞	(11)卸下喷油器,清洗喷油孔,调整或更换损坏的喷油器
(12)齿轮泵损坏或齿轮磨损	(12)在试验台上检验抽油高度。如有必要,更换齿轮泵
(13)喷油器喷油室的尺寸不对	(13)按柴油机的技术规格检查喷油室的规格
(14)喷油器喷油室破裂	(14)更换损坏的零件
(15)喷油器“O”形环损坏	(15)换上新的“O”形环,装配前“O”形环应涂上润滑油
(16)节气阀传动杆磨损而需加调整	(16)检查磨损情况,如有必要,更换并调整传动杆
(17)高速限速器调得太低	(17)按该型柴油机的技术规格核查柴油机的转速
(18)空燃比控制器(AFC)校准不正确	(18)按技术规格检查校准情况
(19)燃油泵校准不正确	(19)按技术规格调整燃油泵
(20)喷油器流量不正确	(20)按技术规格校准
(21)气动电磁阀 ASA 堵塞	(21)安装新的气动电磁阀(ASA),拧紧扭矩达 7~11N·m
(22)气动电磁阀(ASA)或空燃比控制器(AFC)的波纹管漏入空气	(22)紧固接头。必要时更换部件
(23)机油油面太高	(23)检查机油油标尺所示的油面高度。排掉过量的机油
(24)密封垫漏气	(24)柴油机预热时检查压缩强度。更换密封垫
(25)气门漏气或调整不当	(25)检查是否磨损,更换及调整气门
(26)活塞环破裂或磨损	(26)更换破裂或磨损的活塞环。发动机可能快到大修期
(27)轴承间隙不对	(27)检查轴承间隙,如果轴承规格不合,应予更换
(28)柴油机快到大修期	(28)检查柴油机里程数和工作小时数
(29)气门和喷油正时不正确	(29)按技术规格标准,检查是否有其他问题
(30)气门卡住	(30)检查气门安装高度,作必要的调整



续表

故障原因	排除方法
(31)汽缸套或活塞磨损或擦伤	(31)大修柴油机
(32)喷油器需要调整	(32)找出问题。如果没有问题,则按技术规格调整
(33)轨压开关(MVT)闭合	(33)检查轨压和机油泵的校准是否正确,零件有否玷污及磨损等。更换及检修开关
(34)MVT 的电磁阀孔堵塞	(34)更换“O”形环,清洗孔道柱塞,检查电磁阀中有无污物或杂物
(35)电磁阀柱塞在前进位置卡住(MVT)	(35)检查气压、电路有否断线,密封件是否破裂。按需要进行修理
9. 加速时反应不灵敏	
(1)燃油输油管道漏气	(1)找出破裂的管道,松脱的滤清器及密封垫。向供油系统加压来进行检查。作必要的修理
(2)燃油管道或通气管堵塞	(2)检查所有燃油管道有无堵塞或损坏。更换或修理燃油管道或通气管
(3)燃油中有水分或蜡质	(3)排空油箱。检查燃油滤清器和油泵有否损坏。参照康明斯公司燃油技术规格 3379001 通告号标准
(4)空燃比控制器(AFC)校准不正确	(4)更换磨损的零件并按技术规格校准 AFC 燃油泵
(5)空燃比控制器(AFC)柱塞密封件或柱体损坏或唐损	(5)更换磨损件并按技术规格校准 AFC 燃油泵
(6)燃油泵校准不正确	(6)按技术规格调整燃油泵
(7)喷油器流量不合适	(7)按技术规格调整喷油器流量
(8)ASA 堵塞	(8)按需要修理或更换 ASA(液压 ASA:拆卸并清洗)
(9)ASA 或 AFC 波纹管漏进空气	(9)尽可能上紧或更换部件
(10)密封垫漏气	(10)检查压力,更换密封件
(11)喷油器需要调准	(11)按技术规格调整喷油器
10. 减速时不灵敏	
(1)燃油泄油阀堵塞	(1)检查电磁铁线路,如果没有问题,打开泄油阀阀门,检查有无障碍物。修理阀门
(2)燃油输油管道漏气	(2)检查燃油滤清器和连接件,向供油系加压来检查是否漏气更多。修理损坏的管路
(3)输油管路或油箱通气管堵塞	(3)检查所有软管、管道、密封垫、通气管和滤清器有无堵塞。排除堵塞或更换零部件
(4)喷油器“O”形环损坏	(4)卸下喷油器,更换“O”形环
(5)喷油器止回阀过度泄漏	(5)更换或清洗有故障的喷油器
(6)节气门转动杆磨损或需要调整	(6)检查磨损情况。如有必要应更换并调整传动杆
(7)怠速弹簧装配不对	(7)查阅零件手册,找出弹簧的正确装配号
(8)燃油泵校准不正确	(8)按燃油泵技术规格进行正确校准

续表

故障原因	排除方法
(9)密封垫漏气	(9)进行压力检查。卸下缸盖,更换密封垫
(10)节气门传动杆调整不当	(10)重新校准燃油泵
(11)气门调整不当	(11)根据压缩强度检查气门。按技术规格调整气门
11. 燃油油耗过高	
(1)进气不通畅	(1)检查空气滤清器、进气管路和进气歧管。按需要校正
(2)排气背压太高	(2)检查消声器有无堵塞,管路是否弯曲。按情况进行修理或更换
(3)涡轮增压器压缩机玷污	(3)清洗压缩机零件。查出污物进入的地方。修理或更换涡轮增压器
(4)泄放阀卡住	(4)检查连接电磁铁的电气线路。如果未发现问题,用手打开阀门,检查卡住原因。予以修理
(5)燃油质量差	(5)参照 3379001 通告号标准中的康明斯公司燃油技术规格
(6)输油管道堵塞	(6)取出堵塞物。检查管路有否损坏,检查燃油泵。按需要予以修理
(7)内输油道和外输油道漏油	(7)检查连接件和密封垫的漏油情况。修理或更换有故障的零件
(8)柴油机内燃油太多	(8)检查除气压力和速动轨压。如有必要,重新调整
(9)机油油面太高	(9)检查油标尺。如油面太高,排掉过多的机油
(10)喷油器喷油孔堵塞	(10)卸下喷油器,清洗或更换损坏的喷油器
(11)喷油器喷油室尺寸不对	(11)按技术规格检查喷油泵
(12)喷油器喷油室破裂	(12)按需要更换喷油器和喷油室
(13)喷油器“O”形环损坏	(13)卸下喷油器,更换“O”形环
(14)喷油器流量不正确	(14)见喷油器流量的技术标准,调准流量
(15)气门和喷油正时不正确	(15)按技术规格调整气门和喷油正时
(16)喷油器需要调整	(16)按技术规格调整喷油器
(17)燃油泵校准不正确	(17)参照该柴油机型号的技术规格
(18)密封垫漏气	(18)检查压缩强度,更换密封垫
(19)轴承间隙不恰当	(19)检查轴承,应符合该型柴油机所用的正确规格
(20)柴油机快到大修期	(20)检查柴油机的里程数和工作小时数
(21)柴油机传动系不同轴	(21)检查柴油机架是否断裂成弯曲变形,检修损坏的部件
(22)使用不当	(22)常用稳定车速太高,道路行驶车速太高,柴油机功率太小不适于装车使用,汽车的传动系统与柴油机不匹配。核查其操作和维修手册



续表

故障原因	排除方法
12. 怠速时转速不稳定	
(1)燃油质量太差	(1)见康明斯公司技术规格 3379001 通告标准
(2)燃油输油管道漏气	(2)检查滤清器管道和连接件是否松脱,密封件是否漏气,零件有无破裂。修理损坏的零部件
(3)节气门传动杆磨损或需要调整	(3)检查传动杆磨损或节气门的咬住情况。进行校正或修理。按技术规格进行调整
(4)怠速弹簧装配不对	(4)卸下并校正弹簧组合
(5)限速器离心锤装配不当	(5)卸下并调整离心锤组合
(6)燃油中有水分或蜡质	(6)排空油箱,更换滤清器。检查燃油泵有无损坏。用新燃油取代旧油
(7)燃油泵校准不正确	(7)参照该型号柴油机的技术规格校准燃油泵
(8)怠速转速不适当	(8)按技术规格进行调整
13. 自动熄火	
(1)燃油用完或燃油关断阀切断油路	(1)检查燃油关断阀,看它是否开启。如系关闭,应予打开。检查油箱中有否燃油。如果油箱无油,则应加油
(2)燃油质量低	(2)参照康明斯公司燃油技术规格 3379001 通告号标准
(3)燃油输油管道漏气	(3)检查滤清器,密封垫、管道和连接件有否漏气。进行必要的修理
(4)外输油路和内输油路漏油	(4)对所有滤清器、密封垫、管道和连接件作外油路漏油检查。用加压办法作内油路漏油检查。进行必要的修理
(5)燃油泵驱动轴断裂	(5)检查驱动轴轴向间隙。从燃油泵上卸下驱动轴。更换损坏的轴,重新装配油泵
(6)节气门传动杆磨损或需要调整	(6)检查节气门有无磨损,是否咬住。进行校正或修理。按技术规格进行调整
(7)怠速弹簧装配不当	(7)卸下弹簧,校正后重装
(8)限连器离心锤装配不正确	(8)卸下限速器,校正离心锤,重新装配
(9)燃油中有水分或蜡质	(9)排空油箱。更换滤清器。检查燃油泵是否损坏。见康明斯燃油技术规格 3379001 通告号标准
(10)燃油泵校准不正确	(10)按该型号柴油机的技术规格校准燃油泵
(11)密封垫漏气	(11)进行压力检查,找出漏气的汽缸。修理汽缸,更换密封垫
14. 机油油耗过高	
(1)内外输油路漏机油	(1)检查压缩强度。查看柴油机上有否机油漏出。更换渗漏的密封垫。拧紧所有油路接头
(2)机油油位太高	(2)检查油标尺的刻度。如果机油油位太高,排掉过量的机油

续表

故障原因	排除方法
(3)机油级别与气候条件不符 (4)汽缸机油控制出故障 (5)涡轮增压器出故障 (6)活塞环破裂或磨损 (7)柴油机应进行大修 (8)缸套或活塞磨损或擦伤	(3)参见使用与保养手册中有关机油技术规格校准部分 (4)检查各汽缸压力。修整所有压力不足的汽缸。可能要大修柴油机 (5)检查交换器和排气罩的湿度,修理有缺陷的涡轮增压器 (6)检查汽缸有无破裂,活塞环是否磨损。换用新的活塞环 (7)检查柴油机运行的里程数和工作小时数 (8)作漏气检查,按需要更换缸套和活塞
15. 曲轴箱润滑油变稀	
(1)内外输油路燃油泄漏 (2)喷油器喷油室破裂 (3)喷油器“O”形环损坏 (4)汽缸机油控制失灵 (5)内部漏水 (6)冷却液温度太低 (7)燃油泵有缺陷	(1)检查密封垫和内外燃油管道有无渗漏。检查“O”形环。按需要更换有毛病的零件 (2)按需要更换喷油器和喷油室 (3)小心安装新的“O”形环。“O”形环安装前应加油润滑 (4)检查缸套和活塞环。更换或修理有毛病的零件 (5)检查密封垫,更换损坏的密封垫,检查缸盖有无铸造气孔,并加以修整 (6)检查恒温器、水位,有无漏水。检查水泵和风扇皮带。按需要进行修理 (7)供油过量。检查燃油泵是否已校准
16. 冷却液的温度太低	
(1)恒温器出故障 (2)散热器百叶窗卡住不能开启 (3)冷却液的温度太低	(1)更换恒温器 (2)检查温度传感器有无毛病。如有毛病,应予更换。用压缩空气清除百叶窗各叶片枢轴上的污物,并加油润滑 (3)检查散热器散热容量的技术规格。检查有无泄漏,压力是否升高,恒温器热范围是否合适
17. 冷却液的温度太高	
(1)曲轴箱机油太少或无机油 (2)冷却液不足或机油泵磨损 (3)恒温器有毛病 (4)软管损坏或皮带松弛	(1)查看油标尺的标度。检查冷却液系统有无渗漏。检查机油的粘度,按气候条件加添机油 (2)查阅散热器冷却液的推荐容量。检查水泵的渗漏,压力升高和磨损情况,或密封垫的渗漏情况。若有必要,进行修理或更换 (3)更换恒温器 (4)检查软管有无损坏。更换损坏的软管。检查皮带的磨损和张力。按需要更换或张紧皮带



续表

故障原因	排除方法
(5)外部渗漏或系统中有空气	(5)检查所有软管、接头、卡箍和密封垫是否漏气,修理损坏的零部件
(6)漏气	(6)检查输油软管的卡箍、接头、密封垫和加压帽。若有必要,予以更换或修理
(7)散热器堵塞	(7)检查散热器是否损坏,散热器中是否有污物,修理散热器
(8)水泵出毛病	(8)检查水泵叶轮,如果损坏,应更换水泵
18. 机油温度过高	
(1)曲轴箱机油缺少或无机油	(1)检查油标尺刻度。检查冷却系统有无外部漏气。检修故障,添加机油
(2)机油油位太高	(2)检查油标尺刻度。排掉过多的机油
(3)冷却液不足,或水泵磨损	(3)见冷却液容量技术规格,检查可能存在的渗漏。检查水泵。若有必要,予以修理或更换部件
(4)恒温器出毛病	(4)更换恒温器
(5)软管损坏或皮带松弛	(5)检查并更换所有损坏的软管。检查皮带有无磨损。更换磨损的皮带。按技术规格张紧皮带
(6)机油冷却器或水道堵塞	(6)用清洗溶剂来清洗机油冷却器。冲洗冷却系统并更换冷却液
(7)外部渗漏或冷却系统中有空气	(7)检查所有软管、接头、卡箍和密封垫是否渗漏。若有必要,予以修理
(8)冷却液太少或散热器玷污	(8)见冷却液容量技术规格。清洗散热器
(9)百叶窗卡住,热控元件有毛病	(9)更换热控元件,修理百叶窗
19. 机油压力太低	
(1)机油调压器有毛病	(1)检查调压器有无污物或磨损。清洗或更换有毛病的部件
(2)曲轴箱机油油位太低或无机油	(2)用油标尺检查油位是否合适。检查有无渗漏。检查机油有无内部损失。将机油添加入曲轴箱
(3)机油输油管道堵塞	(3)检查机油管道有无弯曲变形或破裂。修理或更换有毛病的油管
(4)机油内外渗漏	(4)检查油管、接头有无机油外漏。检查密封垫有无机油内漏。检查有无铸造气孔,油泵是否有故障。维修或更换损坏的零件
(5)机油的级别与气候条件不符	(5)检查机油的技术规格,按气候条件更换机油
(6)内部漏油或系统中有空气	(6)检查所有管路是否装紧,连接件有无破裂。检查密封垫和滤清器是否漏油
(7)冷却液容量太少或散热器玷污	(7)检查有关冷却液容量的技术规格,加注冷却液至合适的液面高度。清洁散热器和冲洗冷却系统。更换冷却液

续表

故障原因	排除方法
(8)机油滤清器有污物	(8)检查换一次机油所行走的里程,检查污物或灰尘容易进入柴油机的部位,更换滤清器,消除各种问题
(9)恒温器出故障	(9)卸下恒温器,更换新的恒温器
(10)软管损坏或皮带松弛	(10)检查所有软管有无损坏。若有必要即行更换。检查皮带带张力的技术规格,根据技术规格进行调整
(11)机油冷却器或水道堵塞	(11)卸下机油冷却器。采用本公司所推荐的溶剂来冲洗冷却器和水道。添加冷却液
(12)冷却液不足或水泵磨损	(12)参见柴油机型号的技术规格,如果水泵不运转,要更换水泵
(13)油孔堵塞	(13)用带硬毛刷的棒来疏通油路。使用本公司所推荐的清洗剂来清洗零件
(14)分流式滤清器阻塞	(14)检查分流式滤清器分流孔的尺寸,如果规格不对,应予更换
(15)密封垫不密封或漏气	(15)检查密封垫材料有无漏孔。修整或更换不合格的密封垫
(16)轴承间隙不正确	(16)参照轴承间隙的技术规格。若有必要应予更换
(17)柴油机应进行大修	(17)核查柴油机运行里程和工作小时数
(18)主轴承或连杆轴承损坏	(18)更换连杆和轴承。检查柴油机,查明其损坏的原因和损坏的程度。修理损坏的零部件
20. 工作时震动过大	
(1)减震器或飞轮动平衡受破坏	(1)检查螺栓是否松脱。更换损坏的减震器或飞轮
(2)活塞环断裂或磨损	(2)检查活塞环是否磨损或断裂。更换断裂或磨损的活塞环。检查缸套有无损坏
(3)轴承间隙不合格	(3)检查轴承有无损坏,如已损坏,应予修复
(4)曲轴轴向间隙合格	(4)更换止推杆,换上加厚的止推环。如有必要,修理曲轴
(5)主轴承孔不同轴	(5)修正主轴承孔,换用加大尺寸的主轴承
(6)柴油机应进行大修	(6)核查柴油机运行里程数和工作小时数
(7)主轴承和连杆轴承损坏	(7)检查曲轴的不同轴度,更换磨损或损坏了的轴承
(8)齿轮传动系啮合间隙有问题,或齿轮的牙齿断裂	(8)如果齿轮间隙大于荐用值,或牙齿断裂,应更换齿轮
(9)紧固螺钉松脱	(9)如螺钉螺纹脱出螺孔,按照拧紧扭矩技术规格,拧紧紧固螺钉
(10)缸套或活塞磨损或擦伤	(10)如果缸套磨损尚未超出极限值,可加修整后再用。见有关技术规格,将缸套内表面清理后重新装入汽缸。如果活塞损坏,应予更换



续表

故障原因	排除方法
(11)推杆或凸轮随动件弯曲变形或破损	(11)推杆尺寸若超出技术规格的极限值,应予更换。更换其他损坏的零件
(12)轴承间隙不正确	(12)检查轴承尺寸是否正确。如果尺寸不正确,应予更换
(13)曲轴轴向间隙不合格	(13)更换止推环,换上加厚的止推环。如有必要,可修理曲轴
(14)柴油机与传动系不同轴	(14)检查柴油机底架是否破损或弯曲变形。按需要更换或修理底架
(15)减震器或飞轮动平衡受破坏	(15)检查螺栓有无松动或掉落。如果减震器或飞轮损坏,应予更换
(16)柴油机不平衡	(16)检查风扇、风扇毂、飞轮、曲轴、连杆和活塞。作必要的修整
(17)柴油机与传动系不同轴	(17)检查底架是否破裂或变形,按需要更换或修理
(18)安装螺栓松动	(18)紧固安装螺栓,如果螺栓螺纹脱扣,应予更换。如果螺纹孔脱扣,应攻丝修整
(19)万向接头出故障	(19)更换万向接头
21. 噪音过大	
(1)泄油阀堵塞	(1)清洗泄油阀和柱塞,检查柱塞能否自由运动。更换损坏的零件
(2)空燃比控制器校准不当	(2)按技术规格校准燃油泵
(3)燃油泵校准不当	(3)按技术规格校准燃油泵
(4)电磁阀回流阀打不开	(4)卸下不合格的电磁阀回流阀,换上新的回流阀,按技术规格所定扭矩扭转回流阀(卸下并清洗液压电磁阀)
(5)减震器和飞轮动平衡受破坏	(5)检查减震器和飞轮是否损坏。如果过度损坏,需要更换
(6)气门漏气或调整不当	(6)卸下排气歧管,检查柴油机的噪音。卸下缸盖并修理气门。按技术规格安装好气门
(7)齿轮传动系间隙不合格或齿轮齿断裂	(7)如果齿轮系齿隙大于荐用值,应更换齿轮。牙齿断裂的齿轮也应更换
(8)气门或喷油正时不对	(8)清洗气门和喷油器,按技术规格调好气门和喷油器
(9)汽缸或活塞磨损或擦伤	(9)如果缸套的磨损没有超出极限值,可以修复,重新利用。参阅技术规格。清理擦伤的缸套内部,并重新装入汽缸内。活塞如果损坏,应予更换
(10)推杆或凸轮随动件罩断裂或变形	(10)如果推杆尺寸与技术规格不符,应予更换。如果凸轮随动件罩损坏,亦应更换。检查有无其他损坏
(11)轨压开关(MVT)关闭	(11)轨压不足于打开传感器。传感器损坏,需要更换或修理
(12)电磁阀柱塞卡住在导前位置(MVT)	(12)检查 MVT 系统是否调节得当。如有必要,拆卸该系统进行清洗,更换损坏的零件

续表

故障原因	排除方法
22. 工作粗暴	
(1)启动辅助设备使用不当	(1)检查预热器工作是否正常。只能使用康明斯公司推荐的启动辅助设备
(2)燃油质量太差	(2)查看康明斯公司 3379001 通告号标准中的燃油技术规格。改用合格的燃油
(3)输油管漏气	(3)检查管道是否破裂。检查所有的接头是否漏气。按需要更换或修整
(4)喷油器喷油室破裂	(4)按需要更换喷油器和喷油室
(5)冷却液温度太低	(5)检查冷却系有无漏气。检查恒温器。按需要更换
(6)燃油进入进气歧管	(6)燃油自动控制器(AFC)防泄阀有毛病及波纹管破裂。启动辅助设备出故障,造成燃油或乙醚逸入歧管。修理或更换有毛病的零件
(7)气门和喷油正时不正确	(7)调节气门和喷油器,根据技术规格调整喷油正时
23. 曲轴箱压力过大	
(1)通气阀的通气管阻塞	(1)检查通气管和通气阀有无障碍物。如果有污物,应予排除和清洗
(2)涡轮增压器密封件漏气	(2)检查通向曲轴箱的密封件。若有故障,予以更换
(3)空气压缩机出故障	(3)检查活塞环有无断裂或磨损,减压阀阀体是否卡滞,其他部件是否有毛病
(4)活塞环断裂或磨损	(4)卸下活塞,更换磨损或断裂的活塞环。检查缸套是否损坏
(5)MVT 机构向曲轴箱漏气	(5)检查活塞和机架密封件是否漏气。修整出故障的零件
(6)汽缸垫漏气	(6)检查材料有无漏孔。检查缸体是否破裂。修整损坏的零部件。更换汽缸垫

为便于迅速查明康明斯柴油机故障，使用故障表则更为方便。表 6-3-4 与表 6-3-3 不同的是，故障产生原因是按系统，如进排气系统、燃油系统、润滑系统、冷却系统、使用保养、机械调整和修理等进行介绍的。

二、故障分析

（一）故障分析的一般程序

1) 了解柴油机的有关情况。包括了解柴油机的故障情况、使用情况、故障排除及修理情况、设备管理情况等。

（1）了解柴油机故障情况。向使用者、特别是向操作者了解柴油机发生故障时的情况，故障原因，故障带来的后果以及故障发生前的征兆等。



表 6-3-2 康明斯柴油机故障表

故障原因		启动困难或不能启动	启动后容易熄火	怠速时冒黑烟多	负荷下冒黑烟多	功率小或无功率	不能达到限制的转速	进气不足空气输出少	燃料消耗过多	减速性能不好	怠速漂移	柴油机突然熄火	在限制转速上时高时低	机油消耗过多	曲轴箱内生成油泥	机油稀释	机油压力低	AFC通气螺钉漏燃油	冷却液温度过低	冷却液温度过高	机油温度过高	活塞缸套和活塞环磨损	主轴承和连杆轴承磨损	气门和气门导管磨损	燃料敲击声	机械敲击声	齿轮噪声	柴油机过度振动
进排气系统	进气道受阻	●			●●	●		●●	●																			
	排气背压高				●●	●			●											●								
	在高温或高海拔下空气稀薄				●●	●		●																				
	空气滤清器到柴油机之间漏气							●													●●●							
	涡轮增压器的压缩机脏				●●	●		●●	●																			
	不正确使用启动加热器	●																						●				
燃油系统	缺燃油或燃油截流阀关闭	●										●																
	燃油质量不好	●●	●		●●	●			●			●													●			
	进油管漏气	●●	●		●					●●	●●	●●	●												●			
	进油管受阻，回油阀粘住	●●	●●	●	●●	●●	●		●●	●																		
	外部或内部燃油泄漏				●				●			●				●●	●											
	喷油嘴喷油孔堵塞	●●	●●	●	●●	●			●																			
	燃油泵驱动轴断	●										●																
	齿轮泵刮伤或齿轮磨损	●				●																						
	喷油嘴进油或回油接头松动	●													●													
	喷油嘴杯装错			●	●●	●			●						●													
	喷油嘴本体或杯有裂纹	●●	●●	●	●●	●			●						●													
	喷油嘴杯“O”形圈损坏								●						●													
	油门机构调整不当				●●	●					●●	●●	●●	●														
	怠速弹簧装配不当										●●	●●	●															
	调速器飞锤总成装配不当											●●	●															
	高速调速器调整速度过低					●●	●																					
		燃油中有水	●●	●			●						●															

续表

故障原因		故障现象																										
		启动困难或不能启动	启动后容易熄火	怠速时冒黑烟多	负荷下冒黑烟多	功率小或无功率	不能达到限制的转速	进气不足空气输出少	燃料消耗过多	减速性能不好	怠速漂移	柴油机突然熄火	在限制转速上时高时低	机油消耗过多	曲轴箱内生成油泥	机油稀释	机油压力低	AFC通气螺钉漏燃油	冷却液温度过低	冷却液温度过高	机油温度过高	汽缸套和活塞环磨损	主轴承和连杆轴承磨损	气门和气门导管磨损	燃料敲击声	机械敲击声	齿轮噪声	柴油机过度振动
燃油系统	真空控制器调整不当			●	●																							
	真空控制器阀门关不上	●																										
	AFC 调整不当			●	●																							
	AFC 柱塞密封磨损或损坏														●													
	燃油泵失调					●																						
	喷油嘴油流不正常					●																						
润滑系统	外部和内部漏机油													●	●													
	机油滤清器脏													●	●							●	●					
	汽缸上油			●	●									●	●							●						
	油道堵塞																					●	●	●				
	机油吸油管受阻															●						●	●	●				
	机油压力调节器失效															●												
	曲轴箱缺油或油面过低															●				●	●	●	●	●				
	机油等级和季节气候不符														●	●												
	机油液面太高					●		●						●							●							
冷却系统	冷却液不足					●										●				●	●							
	水泵磨损					●										●				●	●							
	节温器失效					●								●	●	●	●	●										
	水管破裂														●					●	●							
	风扇皮带松														●					●	●							
	散热器百叶窗不能关闭													●					●									
	水道堵塞															●			●	●								
	内部漏水														●													
	机油冷却器堵塞															●			●									
	散热器芯外部空隙被堵															●			●	●								



续表

故障原因		故障现象																									
		启动困难或不能启动	启动后容易熄火	怠速时冒黑烟多	负荷下冒黑烟多	功率小或无功率	不能达到限制的转速	进气不足空气输出少	燃料消耗过多	减速性能不好	怠速漂移	柴油机突然熄火	在限制转速上时高时低	机油消耗过多	曲轴箱内生成油泥	机油压力低	AFC通气螺钉漏燃油	冷却液温度过低	冷却液温度过高	机油温度过高	活塞缸套和活塞环磨损	主轴承和连杆轴承磨损	气门和气管导管磨损	燃料敲击声	机械敲击声	齿轮噪声	柴油机过度振动
冷却系统	冷却系中有空气															●		●	●								
	外部漏水															●		●	●								
	冷却液容量不足					●										●		●	●								
	冷却液温度低														●	●								●			
使用保养	滤清器和滤网脏					●								●							●	●	●				
	长时怠速运转	●	●	●	●	●								●	●												
	柴油机过载				●			●								●			●	●	●	●	●	●	●		
	机油需要更换													●							●	●	●				
	柴油机外部灰尘结块															●			●	●							
机械调整和修理	汽缸盖衬垫漏气或冲坏			●	●	●									●												
	扭转减震器失效																							●		●	
	飞轮不平衡或松动						●																				
	气门漏气	●	●			●																	●				
	活塞环磨损或断裂	●	●	●	●	●							●								●				●		
	轴承间隙不当				●										●							●			●	●	
	曲轴端隙过大																					●			●	●	
	主轴承孔未对准																					●			●	●	
	柴油机需要大修	●		●	●	●		●				●			●					●	●	●		●	●	●	
	主轴承或连杆轴承损坏															●					●			●			
	齿轮传动中有断齿																						●	●			
	齿隙太大																						●	●			
	柴油机和被驱动件未对准							●											●			●	●				
	安装螺栓松动								●															●		●	
	喷油嘴和气门不正时	●		●	●	●																	●	●			

续表

故障原因		故障现象																										
		启动困难或不能启动	启动后容易熄火	怠速时冒黑烟多	负荷下冒黑烟多	功率小或无功率	不能达到限制的转速	进气不足空气输出少	燃料消耗过多	减速性能不好	怠速漂移	柴油机突然熄火	在限制转速上时高时低	机油消耗过多	曲轴箱内生成油泥	机油稀释	机油压力低	AFC通气螺钉漏燃油	冷却液温度过低	冷却液温度过高	机油温度过高	汽缸套和活塞环磨损	主轴承和连杆轴承磨损	气门和气门导管磨损	燃料敲击声	机械敲击声	齿轮噪声	柴油机过度振动
汽缸套成或塞磨损或刮伤			●	●	●									●							●					●		
喷油嘴需要调整			●	●	●	●		●																				

(2) 了解柴油机使用情况。了解柴油机故障发生前及发生时的负荷、转速、油耗、工作温度、声响振动及技术性能等变化情况。

(3) 了解柴油机故障排除及修理情况。了解本次故障发生前柴油机曾发生哪些故障，如何排除的、谁排除的，了解柴油机使用时间，是否修理过及修理情况，谁修理的；此后查阅柴油机的技术档案中有关柴油机的保养、修理等内容。

(4) 了解柴油机设备管理及其执行情况。了解柴油机是否专人操作，是否及时、认真地按使用说明书要求对柴油机进行保养，是否使用规定的燃润料及冷却液，是否及时、认真地填写柴油机运行情况记录和情况汇报等。

(二) 利用简易诊断技术对柴油机故障及运行情况作初步诊断

简易诊断技术又称主观诊断法，这是以维修人员的实际经验为主、辅以简单的测试仪器诊断柴油机故障。它非常适合公路工程等施工现场的柴油机故障诊断。简易诊断法的具体方法如下：

1) 看。看柴油机运转情况。例如，柴油机运转是否平稳，排气烟色及润滑油颜色是否正常，柴油机各处有无连接松动及液体渗漏等。

2) 听。用听觉分辨柴油机的各种声响，一般有四听：一听柴油机振动噪声，以判断柴油机燃烧过程是否正常或废气涡轮增压器是否喘振；二听敲击声，以判断活塞与汽缸壁的间隙、气门与摇臂的间隙是否过大；三听泄漏声，以判断汽缸垫是否损坏、汽缸密封失效等；四听冲击声，以判断运动零件的连接件是否松动等。

3) 摸。用手抚摸柴油机有关部位（注意安全）：一摸柴油机工作温度；二摸柴油机振动；三摸连接件的紧固；四摸接头处、防漏部位的渗漏。

4) 闻。闻油液是否变质有味；导线及油液有无烧焦的气味；排气是否有异味等。

(三) 康明斯柴油机故障排除的专业技术

简易诊断技术虽然不依赖有关参数的测试而简单易行，但由于个人的感觉不同、判断能力的差异和实践经验的的不同，对故障的认识不同，使故障判断结果存在一定差异。



所以主观诊断只是一个简单的定性方法，不能定量分析和准确地认定故障。因此在使用简易诊断法确认故障有困难时，通常要利用仪器测试或拆检等状态监测技术予以进一步准确地确定故障。现根据康明斯柴油机的特点举例说明如下：

1) 燃油系统供油道的漏气故障诊断。要求燃油系统在任何时候都能稳定地供应无空气的燃油，否则柴油机会出现油门反应不灵敏、运转不稳和功率下降等现象。漏气可能发生在 PT 燃油泵输油道内部或外部输油管道。

(1) PT 燃油泵输油道内部漏气。燃油泵、燃油歧管和喷油器等都有可能发生内部漏气。燃油泵内部漏气的部位、原因及检查方法如下：

①燃油泵壳体内部的转速表传动轴油封漏气。取下软轴，用燃油灌满油泵壳体进行检查。如果燃油随着柴油机怠速而被吸入油泵，则表明该油封漏气。检查时把转速表传动杆向各个横向方向轻轻推压。

②传动机构密封件漏气。向传动机构壳体旁边的通气孔注入软润滑脂进行检查。让柴油机怠速运转，如果有润滑脂被吸入，则说明有漏气存在。

③启动泵注油口螺塞漏气。启动泵顶部的注油口螺塞若松动，或该处的管道漏气，则柴油机启动困难，因此要拧紧注油螺塞。

④调速器的弹簧套盖漏气。当柴油机以标定转速空载运行时，可用机油找出弹簧套盖垫片的泄漏。

⑤关断阀漏气。关断阀若漏气，会使燃油泵和管道中的燃油泄漏到浮子油箱内，使柴油机启动困难。因此要检查、排除关断阀密封填料中是否嵌有固体颗粒杂质。

⑥圆筒形喷油器中 O 形密封圈漏气。如果圆筒形喷油器本体下部的 O 形密封圈漏气，柴油机在负荷运转后转入怠速时进油通道将变成渗气通道。漏气通过一个不良阀座进入喷油器套筒，会使上述情况更为恶化。此时需要清洗阀座，更换 O 形密封圈或喷油器套筒以至整个喷油器。

⑦燃油旁通管道内的止回阀漏气。止回阀位于齿轮泵上部的燃油旁通管道的弯管内。若止回阀漏气，便有可能使空气进入燃油泵。应卸下弯管并检查止回阀，必要时更换止回阀。

⑧节气门轴漏气。节气门轴上的 O 形密封圈损坏或变形，使外界空气进入燃油通道。此时要拆下节气门，更换 O 形密封圈。

(2) PT 燃油泵外部输油管道漏气。如果柴油机运转时有空气渗入燃油泵外部管道中，可按下列步骤进行检查并予以排除：

①从齿轮泵上拆下输油管道。

②用一根长度合适的 10 号软管，把燃油从另外准备的油箱中抽出，供柴油机运转使用。如果柴油机运转正常，则证明输油管道的漏气发生在外部管道。

③把软管移到燃油滤清器的进油口，让柴油机运转。如果仍然有空气存在（柴油机运转不稳），则应检查燃油滤清器是否装配正确，滤清器是否有破裂，紧固螺栓和接头是否过紧，垫片是否密封失效等。

④检查燃油箱接头、竖管、压力平衡管道等是否松动或破裂。

2) 操作性能不良的原因检查。康明斯柴油机操作性能不良主要反映在启动困难和

加速迟缓或无加速性能，以及功率不足等方面。其原因及排除方法如下：

(1) 当空气针阀关闭或压力调整过高、过低时，均会造成柴油机启动困难，此时可给 AFC 施加 172kPa 气压。若柴油机能够启动，应重调整无空气针阀；若柴油机仍不能启动，说明故障不在 AFC。

(2) 如果先调整无空气针阀、后调整喷油器柱塞，或无空气针阀调整不当，均会造成无空气针阀调不到规定范围。此时应重新调整无空气针阀，并按照先调整 AFC 柱塞、后调整无空气针阀的顺序进行。调整方法是：首先松开锁紧螺母，顺时针拧动阀压力降低，逆时针拧动阀压力上升，直至调整到规定的压力为止，最后拧紧锁紧螺母。

(3) 当通气螺钉堵塞或 AFC 套筒松动，均会造成柴油机加速迟缓，此时应检查通气螺钉有无堵塞。如有堵塞则应将其吹通。此外，在每次拆下通气螺钉或进行 C 级保养时，应予以清洗干净。

康明斯柴油机功率不足或无加速性能的原因与排除方法如下：

(1) 驱动 AFC 的空气压力高于规范要求时会使柴油机功率不足或无加速性能，遇此情况应对 AFC 施加 172kPa 的气压。如果放气螺钉中有大量空气漏出，应更换其膜片。

(2) 检查 AFC 弹簧的调整是否正确，可通过弹簧色标进行判断。若有问题则应对弹簧重新调整或予以更换。

(3) 如果 AFC 柱塞卡在启动位置，或柱塞运动不灵活，应拆下柱塞和套筒进行清洗和检查。

(4) 检查膜片是否破裂、漏气。如果对 AFC 施加 172kPa 的气压，发现通气螺钉漏气，证明膜片破裂，应予以更换。

(5) AFC 调整不当将造成柴油机功率不足或不能正常加速，有时在接近最大扭矩值时功率会迅速下降，这说明 AFC 动作过早，此时应重新调整 AFC 至规定要求。

(6) 过滤器通气螺钉和喷油器回油管堵塞、油箱通气孔关闭，或油门行程不足等，此时应通过拆检、清洗予以排除。





## 第四章 工程机械柴油机润滑系

润滑系的作用是：连续不断地向运动零件的摩擦表面提供润滑油，减少零件间的摩擦和磨损，保证柴油机正常工作，并减少功率消耗；冷却高温零件或维持其正常工作温度；冲洗、带走摩擦表面上的磨屑，避免其加速零件的磨损；粘附在零件表面上，避免其与水、空气及燃气接触，减轻零件的氧化和锈蚀；充填在零件的配合间隙（如活塞环与活塞、汽缸壁之间的间隙）中，起到提高密封效果的辅助作用等。

如图 6-4-1 所示，柴油机润滑系通常由油底壳 1，机油泵 5，机油滤清器 2、6、9，机油散热器 10，机油温度表 3，机油压力表 16，限压阀 7，安全阀 8 及管路等组成。除部分零部件采用飞溅法、定期注油法润滑外，柴油机多数零部件依靠压力法输油润滑，即利用机油泵使机油产生一定的压力，并沿着管路流向各零件的摩擦表面，润滑后的机油汇集到油底壳中。

润滑系工作正常时不仅有利于减少零件的磨损，延长其使用寿命，而且有助于提高柴油机的机械效率。但是，润滑系发生故障时不仅使零件的磨损加剧，甚至导致柴油机的损坏。

柴油机润滑系的故障形式有主要部件的失效，机油压力过低或过高，机油消耗量过多，机油过早变质等。

### 第一节 主要部件的失效

#### 一、机油泵

##### （一）失效形式及原因

机油泵的主要失效形式是泵油压力下降、泵油量不足。其主要原因是零件磨损和弹簧弹力减弱。

1) 齿轮的端面、外圆、内孔或衬套及齿侧磨损，与齿轮端面接触的端盖磨损，与齿轮轴孔相配合的销轴磨损。这些部位磨损的结果使机油泵齿轮的端面间隙、齿侧间隙、齿顶间隙、轴与孔的配合间隙增大，使机油泵工作时高压油腔的机油通过增大的间隙向低压油腔回流，即过大的内泄漏造成机油泵的泵油压力和泵油量下降。

2) 限压阀芯与阀座磨损，弹簧弹力减弱。机油泵限压阀一般设在机油泵上，也有设在机油滤清器上，密封形式有钢球式、锥面式和平面式等。密封面磨损主要是发动机启动和工作时不断地开启、关闭所造成的摩擦磨损和撞击磨损，尤其当机油较脏时磨损



更为严重。

限压阀磨损后由于阀座接触带变形、加宽、斑痕等致使阀芯与阀座的密封性下降，机油向油底壳回流，造成机油泵的泵油压力降低、泵油量不足。

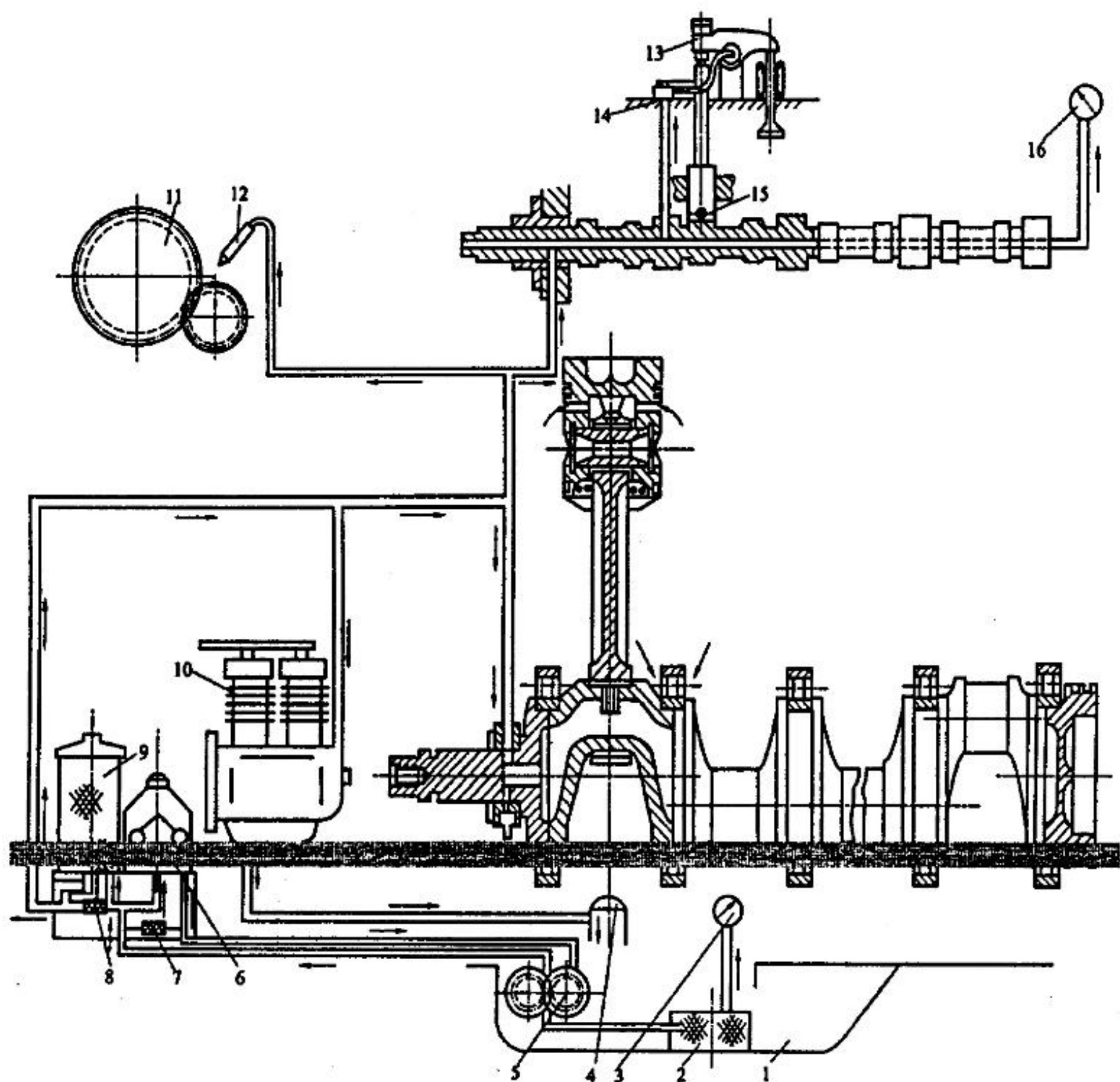


图 6-4-1 135 系列非增压柴油机润滑系

- 1 - 油底壳；2 - 集滤器；3 - 油温表；4 - 加油口；5 - 机油泵；6 - 细滤器；7 - 限压阀；  
8 - 安全阀；9 - 粗滤器；10 - 散热器；11 - 正时齿轮；12 - 喷嘴；13 - 气门摇臂；  
14 - 汽缸盖；15 - 挺杆；16 - 油压表

限压阀弹簧弹力减弱是由于长期使用后弹簧疲劳的结果。弹簧弹力减弱后同样会造成机油泵的泵油压力、泵油量下降。

## (二) 机油泵的检测

机油泵维修、组装后要通过试验以检测其泵油性能。试验前应检查机油泵的转动灵



活性，要求用手转动主动轴时应感到灵活而无任何卡滞现象。

机油泵性能的主要指标是在一定转速下的泵油压力、一定转速及泵油压力下的流量。机油泵试验一般在专用的试验台上进行。国产 ZJ1 型机油泵试验台及其油路分别如图 6-4-2 图 6-4-3 所示。试验台主要由上、下油箱 9、3，压力表 14，量筒 16，计时器 15，控制阀门及电动机等组成。

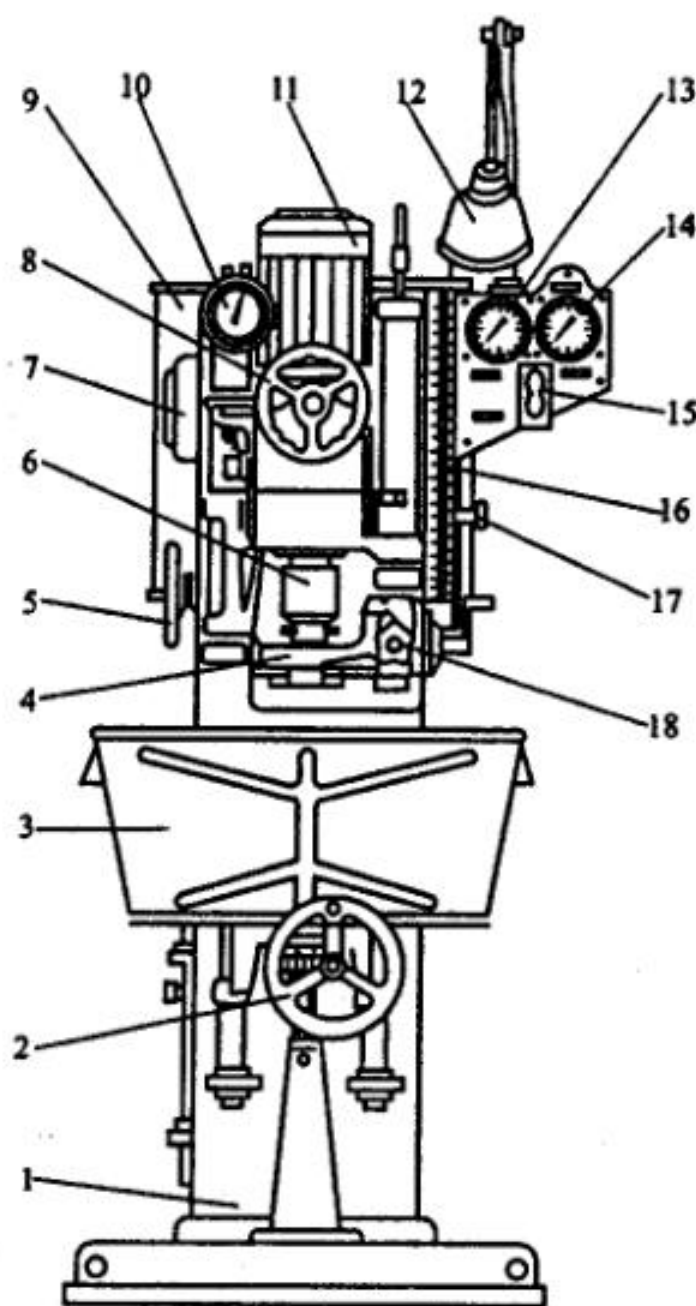


图 6-4-2 ZJ1 型机油泵试验台

- 1-台身；2-下油箱升降手轮；3-下油箱；4-工作台；5-变速箱升降手轮；6-主轴；  
7-电开关；8-无级变速手轮；9-上油箱；10-转速表；11-电动机；12-照明灯；  
13-电压表；14-油压表；15-漏砂计时器；16-量筒；17、18-阀门手轮

试验时使机油泵在无负荷下运转 4~5min，进行磨合，然后逐渐关闭阀门 8，使油压升高至标准压力，运转几分钟后检查机油泵的技术状态，如发热情况、有无漏油等。再在标定转速下调整限压阀的压力为标准值（当限压阀全开时，阀 8 完全关闭，压力表指示值不变化，上油箱油量不再增多，油液全部从限压阀流回）。流量试验时应将上油箱放油阀 5 关闭，然后在标定转速及压力下转动机油泵，通过量筒 6 和计时器 15 测量 1min 的流量。当流量不足时，若泵内齿轮各部间隙符合标准，则可能的原因是阀芯与阀座密封不严或有空气进入（主要是管接头处或泵体分界面处）。实践证明，当有空气进入泵内将造成流量明显下降。

对无法可查的齿轮式机油泵的流量，可按下式计算：



$$Q = (0.6 \sim 0.8) \frac{\pi D h b n}{10^6} \quad (\text{L/min}) \quad (6-4-1)$$

式中  $h$ ——齿轮齿高, mm;

$b$ ——齿轮齿宽, mm;

$n$ ——齿轮转速, r/min;

$(0.6 \sim 0.8)$ ——漏损系数。

为了更准确地反映机油泵使用时的技术状态, 应使试验条件尽量与机油泵工作条件相一致。便如, 由于发动机工作时机油温度较高 ( $60 \sim 90^{\circ}\text{C}$ )、粘度较小, 而机油泵常温下试验时的机油粘度较大, 为使两者条件接近, 可在试验用机油中加入一定量的煤油 ( $30\% \sim 40\%$ ), 使其变稀, 或直接使用粘度低的机油为试验用油。

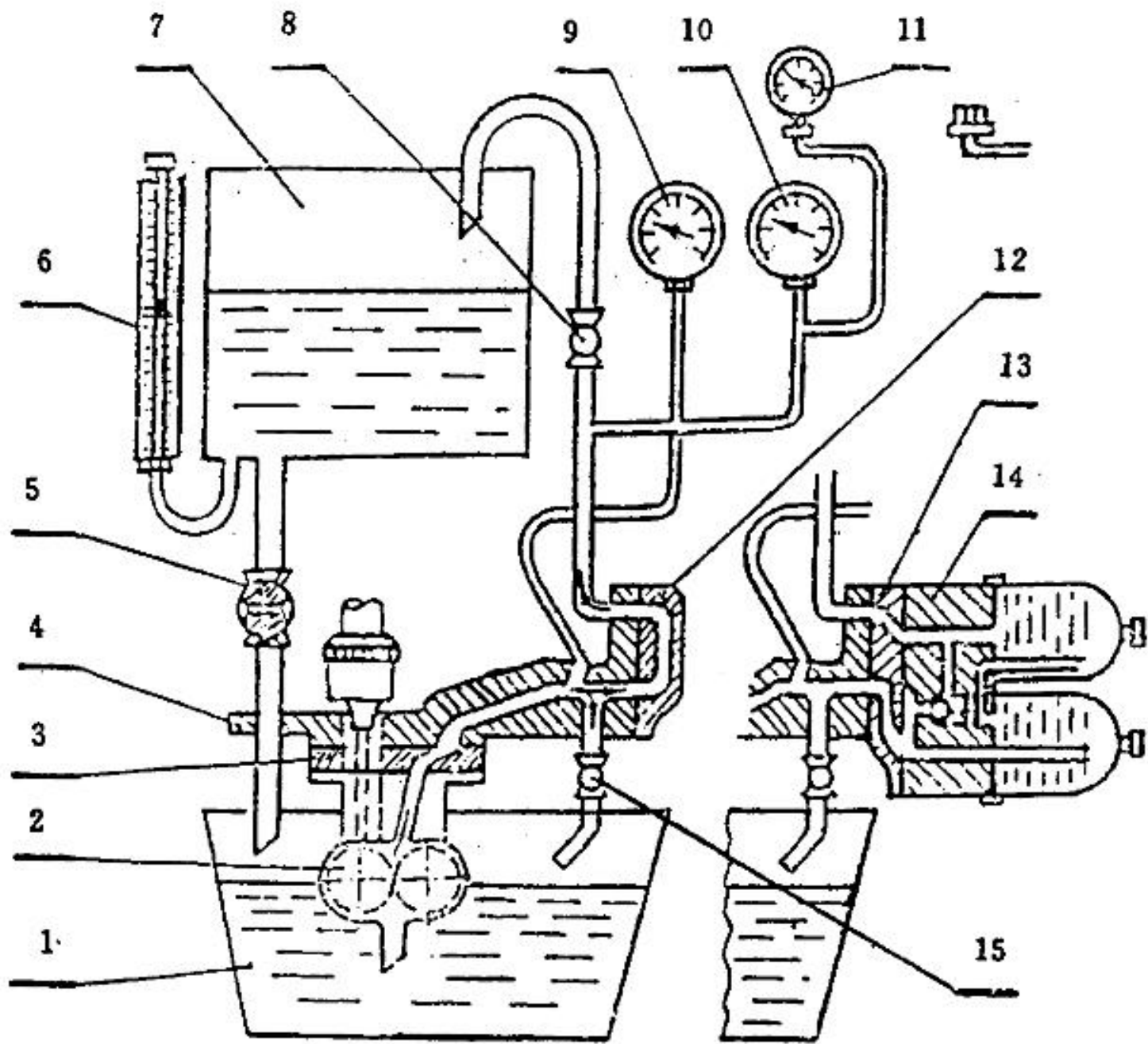


图 6-4-3 ZJ1 型机油泵试验台油路

- 1-下油箱; 2-被测机油泵; 3、13-附属工具; 4-工作台; 5、8、15-开关;  
6-量筒; 7-上油箱; 9、10-油压表; 11-被测油压表; 12-盖板;  
14-被测机泵滤清器

在上述试验中, 如果机油泵的检测结果低于规定值, 应对机油泵进行适当调整。对于机油泵与限压阀为一体的应将限压阀顶死在关闭位置重新试验。此时若性能良好, 则说明限压阀失调、弹簧过软或阀被卡死; 若性能仍低于规定值, 则应对各间隙进行调整。机油泵各部位间隙对其性能影响大小的顺序为: 端面间隙、齿顶与泵壳间隙、啮合间隙、泵轴与孔间隙。

限压阀调整一般在最后进行。如果压力值高于规定值，应在限压阀螺塞的压紧面上加入适当厚度的垫片。使螺塞拧入深度减小；反之，应减少该处的垫片。如果调整仍然无效，则说明限压阀弹簧过软，柱塞或钢球卡住，应予以更换。

## 二、机油滤清器

### （一）过滤式机油滤清器

过滤式机油滤清器失效形式及原因有：

- 1) 滤芯缝隙为脏物阻塞，其通过性能下降、阻力增加。
- 2) 滤清元件损件，如绕线式铜丝开断，网式铜丝破损，纸质滤纸破漏等，使大量未经过滤的脏油进入主油道。
- 3) 旁通阀芯及阀座磨损、弹簧弹力减弱，使机油在较低压力下即部分旁通，从而降低滤清效果。反之，当旁通阀卡住而不能开启时，若滤清器又部分堵塞，将会使流入主油道的机油量减少，容易造成发动机拉缸和烧瓦等事故。

过滤式滤清器的性能检测一般在机油泵试验台上进行，检测项目有三个：

- 1) 检测机油滤清器装配的密封性，观察在一定油压下滤清器是否有渗漏现象。
- 2) 检测机油滤清器的通过性能。
- 3) 检测各阀的开启压力。

检测机油滤清器通过性能时应将旁通阀堵死，然后由机油泵供油，观察安置在主油道上的压力表，并测定其流量。在规定压力下流量符合规定即为通过性能良好。

### （二）离心式滤清器

离心式滤清器的失效形式及原因是转子转速降低，使滤油性能变差。实验证明，当转子转速低于  $5000\text{r/min}$  时，其滤清性能将下降  $1/3 \sim 1/2$ 。转子转速降低的原因是喷孔磨损，使机油的喷射速度降低。此外，转轴及轴承磨损使转子产生晃动或拆装转子盖时未按原位置装配而破坏了转子的动平衡等，均会造成转子工作转速降低。

检测离心式滤清器性能时主要测定其转速，即在机油泵试验台上供给滤清器一定压力的机油，用转速表或闪光测速仪测量转子的转速。例如，国产 135 系列柴油机采用的离心式滤清器要求进油压力为  $0.4\text{MPa}$  时，其转子转速应在  $5500\text{r/min}$  以上。

在一般维修柴油机时可采用简单的听声音法间接地判断转子的转速：按规定压力供给滤清润滑油，在转子正常高速旋转时突然切断供油，此时转子在转动惯性的作用下仍继续旋转，然后慢慢停止下来。如果供油压力为  $0.6\text{MPa}$ ，机油粘度为恩氏粘度  $3^\circ \sim 4^\circ$ ，停转时间在  $30\text{s}$  以上，则表示转子工作转速在  $5500\text{r/min}$  以上。



## 第二节 润滑系故障分析

发动机润滑系常见的故障是机油压力过低，机油消耗过多，机油温度过高和滤清器性能下降等，其故障有以下特点：

1) 发动机工作时机油压力和温度的变化可以通过仪表随时观察，为及时发现故障提供了方便。

2) 润滑系的技术状况直接受轴承间隙和冷却水温度的影响。如曲轴主轴承间隙每增加 0.01mm，机油压力可降低 10kPa；冷却水温度通过影响机油温度而影响机油粘度，从而改变油膜形成及润滑减磨性能。

3) 发动机的机械损失直接受润滑条件的影响。当发动机润滑不良时，因摩擦阻力增大而使机械损失增大，局部温度随之升高，发动机功率下降、油耗上升，进而发生拉缸、烧瓦等故障。

4) 机油粘度对润滑系工作影响很大。机油粘度过大时会使摩擦阻力增大，并且不能及时将摩擦产生的热量带走；反之，油液容易流动，油膜难以形成且承压能力下降，使润滑功能下降。

### 一、机油压力过低

#### (一) 现象

- 1) 发动机启动后机油压力迅速下降至 0 左右。
- 2) 发动机运转中机油压力始终过低。
- 3) 油底壳油面增高。

#### (二) 原因

- 1) 润滑油量不足。
- 2) 润滑油粘度太低。
- 3) 限压阀弹簧过软或调整不当。
- 4) 机油滤清器旁通阀弹簧折断或过软。
- 5) 润滑系各密封面、阀门及管接头等处密封不严。
- 6) 机油泵工作失常。
- 7) 机油滤清器堵塞。
- 8) 曲轴主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承等间隙过大。
- 9) 机油压力表或传感器失效。
- 10) 汽缸垫破损或汽缸套有裂缝，冷却水漏入油底壳中。