

# 柴 油 主 机

## 活 塞 头 烧 蚀

前几年，上海某单位的 6ESDZ76/160 型机的活塞头烧蚀的故障，先后发生多起。烧蚀轻的活塞头下陷 1~4 毫米，严重的竟下陷了 11 毫米。其烧蚀之处是有一定的规律，即在冷却水套管的对侧特别严重，然后顺着接近冷却水套管区域逐渐减轻（附图 1）。

该机型自制造投入生产后的几年中，一直以燃用轻、重柴油为主 从来没有发生过活塞头烧蚀等情况。但自掺烧渣油后，並随着掺渣比例的提高，即先后发生数起，这才引起了重视。一般说来，活塞头烧蚀有其一定的演变过程，为了便于阐述，现概括地分三个方面说明：

### 一、客观历史的原因：

由于石油价格不断上涨，世界各国航行业在降低营运成本方面，大挖潜力。因此很自然地大家注意力着重于对占成本费 33% 左右的燃油费用中获取补偿是最有希望。在我国则很早就普遍在大型低速柴油机上采取燃油中掺烧价低质差的劣质油（渣油），或烧全渣油的办法。在这方面已取得了很大的成绩，但遗憾的在横流扫气的 76/160 型机上试烧时，遇到了一些困难 特别在经济车速下掺烧渣油后 带来了一系列的新问题。

### 二、管理上的一些原因：

该机型在掺烧 40% 渣油时，活塞头还没有发现什么情况，自掺烧 50% 以上，经 6 个月后的吊缸测量检查，发现活塞头都有轻重不等的烧蚀，最严重的是某轮的第 6 缸及某某

轮的第3缸，下陷深度都达11毫米，经研究后总结有如下几点工作没有做好：

1. 掺渣比例加大之后，机仓管理的方法仍停留在老办法上。例如在同一油柜内先装重柴油，后装渣油，然后加温让其自然对流，以达混合均匀，而事实上以往通过这种使用方法，由于设备上加热管的设置部位及加热的温度较低等关系，并没有混合均匀。

2. 燃油进主机前，雾化加热器上加温只能加到  $80^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{C}$  之间，如再向上加得过高，燃油泵轴封易漏，而高粘度的低质燃油不能得到最佳的雾化温度因而进入缸内就影响了雾化质量 促使燃烧不良 排烟温度高 烟囱冒黑烟。

3. 主机经常使用了经济航速，即  $92\sim 96$  转/分。而始点调节的回油阀式的高压油泵，它的喷油定时是随油门开度的变化而增减的，在  $92\sim 96$  转/分时 油门格数为  $4\sim 4.3$  格之间，此时相应的喷油提前角实测只有  $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ ，而原设计在定额工况  $115$  转/分时，油门为  $8.8$  格，喷油提前角有  $11^{\circ}$ 。由此可见在常用经济航速时，提前角又是这么小，掺烧50%以上的渣油，非常明显地不相称了。渣油的粘度大，滞燃期长，如加温再低，势必在缸内始终处于后燃状态，活塞头那有不会过热的道理呢？

三、制造结构上的一些原因：

1. 活塞冷却水的水套管密封装置，设计上未改进在气缸的下部腔外 而仍在腔内。因水套管密封装置总有些泄漏 当活塞上行时，由于抽吸作用的原理，将扫气箱内油雾不可避免地要带入活塞头的冷却水中，上浮在活塞头冷却腔壁，日久积多而形成了一层油垢，影响活塞头部传热的效果，促使

其过热，直至烧蚀。

2. 活塞冷却水套管的进出两根水管在活塞头内相邻排列，高低之间相差只有 100 毫米，而左右之间只有一根隔堵筋，但较狭窄，因此冷却水的循环，绝大部分是处在短路情况下，冷却效果仅限于冷却水进出管口的附近区域较佳。

针对以上的一些缺陷，后来各轮群策群力，先后采取了有效的措施，互相交流推广，经二年多来的不断吊缸检查，没有发现活塞头再有烧蚀下陷的现象，现将解决办法简要介绍如下：

1. 在原有燃油管系上，利用原有驳油泵加装少许管路，将深油仓底部燃油抽出，仍打回到上部，一面加温一面打循环，约数十小时，使其混合均匀。这样掺渣比可提高至 70%。或在沉淀油柜内先将掺渣比例混好，然后单独用搅拌机直接搅拌，经 2 小时混合均匀后，再由分油机送入日用油柜。有关掺渣混和使用办法，各轮不一，因设备而异，各有一定效果。

2. 加装粘度计自动控制和调节进油温度，比人工调节灵敏迅速可靠。目前当掺渣至 70% 时，粘度一般控制在雷氏 90 秒左右，雾化加热器自动调节加温范围在  $95^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$  之间。

3. 将燃油泵轴封 O 形圈，材质改为耐高温的氟橡胶，耐高温可达  $130^{\circ}\text{C}$ ，轴封处无渗漏。

4. 根据常用车速的油门情况下，重新校对喷油提前角。例如某轮将油门放在 5 格时，喷油提前角只有  $2.8^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ，经提前  $3^{\circ}$  后，从示功图上看到燃烧较好，排烟温度正常，烟囱烟色亦清淡了。缺点是这种定时只能限于经济车速时使用。

5. 将各缸活塞彻底解体，清除油垢，。航行中将活塞冷却水集水柜刀门打开，每工班适量投入0.25公斤左右的皂

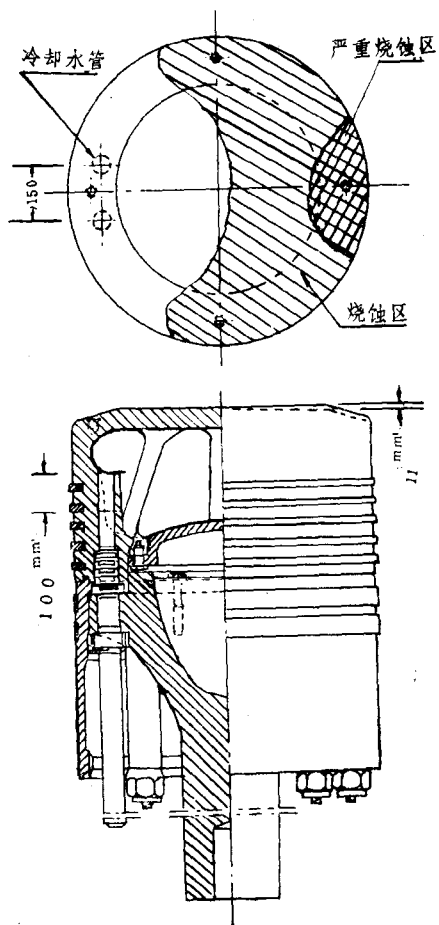


图 1  
活塞头烧蚀情况图

化油，使混入冷却水中的油液分解上浮，再人工勺捞。这个办法提高了冷却效果，起了很大的作用，活塞头自此未继续烧蚀。此法同机型船相继仿效，而且推广到 RND 机型上。

以上根据目前条件力所能及在机仓管理方面作了一些改进而掺渣比只能保持在70%左右。据国外资料介绍早已在大型低速机及中速机上，成功地燃烧了 250 号的劣质燃料油。因此新的课题放在我们面前，要进一步研究探讨在 76/160 机上如何改进试烧全渣油，这个工作如有科研单位密切配合，将大有希望。

## 主 机 咬 缸

某轮主机为 6ESDZ76/160型。某航次秦申航行途中，主机油门为 5.6格，车速105转/分。当值三管轮于21.45时，进行巡回检查后，作好轮机日志参数记录，之后与机匠交叉检查了两次，并没有发现异常情况。于 23.15时只见操作台仪表板上主机转速表本指在105转/分，一下降至100转/分，再看增压器，亦从5900转/分，下降为5600转/分扫气压力亦由0.44公斤/厘米跌至0.38公斤/厘米<sup>3</sup>；主机其它参数正常。三管轮于是到主机二层检查，当走至第三缸处，听到有轻微的沙——沙——声音，因此直奔主机上层，查看排烟温度和增压器等，除发现第3缸冷却水温度已上升到70°C（原正常是61°C）外，其它还是正常的。此时只见值班机匠奔上来报告：“主机第3缸下部观察孔内冒烟”。三管轮马上返回操作台，将车速关小，油门放在2.2格，转速45转/分，

同时请轮机长下来。另外又打电话至驾驶室，报告车速关小的原因。当时已 21.35，又见观察孔冒出大量的水来，只好停车了。轮机长下机仓，见此情景，联系船长，要求立即海上吊缸检查。

查出第 3 缸活塞裙部产生过热，耐磨圈靠排气口处，附近表面已烧熔，气缸内排气口及扫气口附近缸壁处，产生了裂纹，冷却水由此流出。排气口上的油污亦被烧焦，留有残灰痕迹，检查注油孔八只，也是畅通的，一时查不出原因，大海洋中又不能抛锚作长时间的详细检查，只得暂时将活塞取出，封缸减速航行回沪。

原因分析：

抵申后继续检查，发现第 3 缸高压油泵出油阀，被油；轧住不能下落，导至常开，当油泵柱塞下行时，高压油管中的油倒回泵筒内，引起再次喷油时压力减低和喷油时间延迟，产生后燃严重在扫气口及排气口处形高温区促使活塞裙部过热咬缸，最后热应变增大，缸套产生裂纹而漏水事故。

扫气口过热 → 活塞裙部过热 → 发出咬缸声 → 车速变慢 这个过程在几分钟之内不可能很快发生 看来出油阀被轧住不是短暂的时间，而又何况后燃严重时，排烟温度肯定早已上升，遗憾的是三管轮对排烟温度的变化没有密切的注意，以至使事故扩大化了。

经验教训：

1. 出油阀被油 轧住原因，可能是油路不清，其它各类油泵亦要及时检查。

2. 加强技术学习，促使轮机员对主机各参数变化提高到理论上来认识。

3. 定期检查高压油泵出油阀和回油阀的阀面和通路情况。

## 活塞杆内水套管位移造成

### 活塞顶烧蚀变形裂缝

某轮主机为**MAN 9 KZ60/105E**型柴油机，其活塞冷却是利用中空的活塞杆内再套水管的方法。活动部件的水管结构，采用套管固定式，一头接于机架的进出水管上，一头接于活塞的十字头上，再通过活塞杆内水套管进入活塞顶部冷却空间，冷却后经活塞水套管外部的环形空间流出。

某次由青岛满载开往南京途中，大管轮接班前因在甲板上看到烟囱大量冒黑烟，于是进机仓后，对主机检查更加仔细小心，当看到第**9缸**排烟温度已超出**390°C**，并打开示功考克冒出浓黑烟，肯定了此缸存在问题，因此船抵宁靠泊后，首先将此缸油头拆下试压泵，雾化良好，进一步打开扫气箱门进入里面检查此缸活塞环，发现活塞上面四道活塞环全部拆断，在扫气口外侧下面並有几段断令。为此再吊缸检查。当缸头吊开后看到活塞顶部已严重烧蚀和变形。烧蚀深度约**1.5~2厘米**，活塞中央部位下塌约**20毫米**，並有裂缝呈放射形。而整个缸套壁则完好无损，在这种情况下，只好换新备件活塞。

原因分析：

经将活塞解体之后，看到活塞杆内的冷却水管，在其上部用螺纹旋入喇叭口的铸铁管内，因使用**9**年来，检查和保

养不周，致使螺纹长期腐蚀，而失去联结作用，当活塞在上下运动时，受惯性力的影响，及乐纹止扣的关系，使水管只能上移不能下滑，这样水管下端让出空位，使冷却水进！出口短路（附图 2），所以冷却水很少进入活塞顶冷却空间，因此活塞顶得不到应有的循环冷却水冷却，当然产生高温过热，以致使活塞顶烧蚀和变形裂缝。

又从轮机日志上数月之前的记载，看到第 9 缸淡水进出口温度差只有  $2^{\circ}\text{C}$ （其它缸都在  $7^{\circ}\text{C}$ ），很明显比其它缸低了  $5^{\circ}\text{C}$  这种情况是可以引起轮机员们的重视了，可是大管轮还误认为是温度表的误差失准，因此没有及时觉察检查，耽误了有利的时机，以致引起事态的扩大。

又从螺纹接头处来看，使用材质亦是值得研究的，既然是水冷却管，最好用不锈钢。又 MAN 机活塞头冷却的水套管的密封处最大缺点是容易漏泄，这样补给水多了，空气也就进入多，无怪细薄的牙纹易于氧化腐蚀而滑牙。

经验教训；

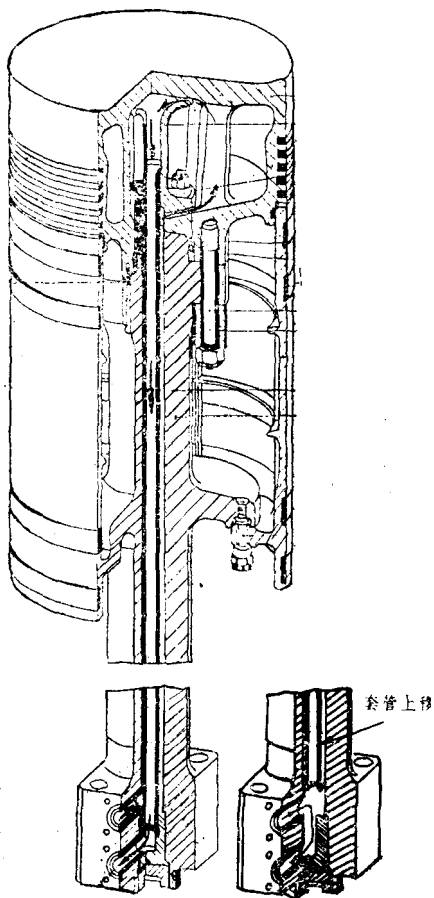
1. 接受第 9 缸的教训，又当发现第 6 缸冷却水温差亦很小时，也作了吊缸拆检，同样发现相同的情况，因觉察还比较早，下塌只有 9 毫米，烧蚀轻微。

2. 冷却水处理现在国际已普遍实行，处理剂内亦含有除氧剂，这对主机保养是一个积极办法，可现在还有部分轮机人员没有认识这一点，总觉得这么多年没处理，也未发生大事情，多一事不如少一事。现在此例就是一个很好的说明。其实冷却水处理一年中只需换水投药 2~3 次，而出了事故，倒是要化大力气。

3. 轮机员平时在巡回检查时，应养成对每一项出现不

同寻常的参数时，都应该打一个问号？从小数字的变化，提高到理论上分析，往往可以发现问题所在。

4. 该轮人员经常频繁调动 管理混乱 对机器的历史性



演变无资料可查，因此在修理工作上不能得到全面的考虑。如活塞的解体检查工作，自接船后曾做过几次，每次记录如何？均无记录可查考。所以从另一个角度也可以看到企业管理中对人员相对稳定是多么重要啊！

5. 是否将十字头处的横插冷却水管，多伸入活塞杆中的直向水管，作为定位用，以防直向水管上移。

6. 活塞涨圈全部断裂，说明压缩压力很小，当然爆压亦不能正常。由此可见每月测量一次爆压的必要性，它可以及早帮助了解缸内燃烧情况。

## 吊缸转车时将活塞杆碰弯

某轮主机为 6 ESDZ43/82B 型柴油机。一次，上午抵吴淞口锚地抛锚后，得悉第二天下午方能进港停泊卸载。轮机长即利用这一空隙时间，将第 4 缸吊缸。当时分工是；轮机长与三管轮在机仓上层负责拆缸头、吊活塞；大、二管轮在机仓下层，负责主机曲轴箱内拆活塞杆上大螺帽和金属填料箱。

大、二管轮在下层先把机架门拆去，大管轮进入机内后，一看第 4 缸十字头在上死点，拆大螺帽较困难，叫二管轮盘车到下死点近处。再说上层工作的几个人已把缸头拆好，并吊起向平台处安放，被二管轮在下层看到，同时也看到大管轮已将大螺帽松到头，于是叫他避开跟着就盘车，准备将活塞升起，以便上层工作人员装活塞吊具（横旦）。之后轮机长在上面忽听到下层发出铁碰铁的声音，感到奇怪，不大一会大管轮匆忙上来报告：“活塞杆下端螺纹根部被顶

弯了”这个位置真是进退维谷，不好办！唯一办法只有用锯慢慢割去弯曲部份，取出大螺帽，吊出活塞，拆去活塞杆，换上备件，真是费时又费劲。

原因分析：

原来大管轮把大螺帽一直松到连杆小端平面处，只剩极少数牙旋在活塞螺纹上，心想待吊活塞时，再随时旋下来。可二管轮为了抓紧时间，早些把活塞升上去给上层工作人员装横担吊（俗称压脚板），因此也不与上层联系，只与大管

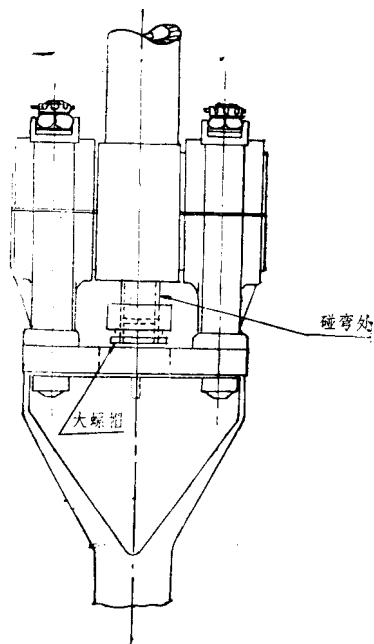


图 3

43/82B 型机活塞杆碰弯

轮打个招呼，就按动电钮盘车。谁知连杆的小端平面随着曲轴转动，连杆要倾斜，小端半面也跟着倾斜，而松到底的大螺帽与此斜着的平面硬顶，迫使活塞杆牙纹根部整弯变形。

这类事故已发生多次，据说某些船厂工人在修理时也发生过。说明此机结构上是存在问题的。但教训也应该吸取。

经验教训。

1. 作为部门领导的轮机长，要全面指挥整个工程，不要做一个具体劳动者。当时轮机长如能上下留心观察指导，事故是可以避免的。

2. 检修工程进行前，要把重要机件处的拆装工艺先考虑好，讲给大家听，要大家注意。

3. 应将大螺帽略旋松一下，然后待盘车至上死点后，再边吊活塞边松出大螺帽，这就好了。

## 高压油泵齿条拉钩断裂引起咬缸停车

某客货轮有 43/82B 型柴油主机两台，平时常用转速为 185 转/分。某日青申途中航行至长江口处，于 14.30 时发生左主机缸套冷却水高温报警，当值二管轮从机仓操纵台向主机上层奔去，想看一下实际情况如何，当走到二层扶梯时，看到左主机第 3 缸缸头上直冒烟气，这种现象再开快车显然不对了，故又折回到操纵台将油门关小（据说当时控制在 100 转/分）。一面叫值班机匠去请轮机长和大管轮到机仓来，一面心中估计可能膨胀水箱缺水形成高温，于是又到上层去看水箱，水位是正常的。这时上层机匠也在检查主机滑

油管系接头是否漏油而引起缸体上冒烟。二管轮也去拿了电筒到扫气箱处附近寻找，都没有发现什么情况。 14.37分吋左主机突然自动停车，这时轮机长和大管轮亦已来到机仓。经检查左主机第 3 缸缸套冷却水出口温度已达  $85^{\circ}\text{C}$ ，估计该缸已咬住活塞。待冷却后打开扫气箱刀门检查，看到缸内结炭较多，活塞涨圈大多咬死，活塞顶上则还清爽，不象是喷油器咬住而漏油的毛病，再查该缸高压油泵，看到齿条已在最大开度位置，原来齿条拉钩断裂了。

当时，连夜进行吊缸检修，因缸套磨损严重，並有裂缝，于是换新备件，涨圈换新，活塞令槽挖清炭粒，直忙至第二天晚上全部结束，共连续工作了 26 小时。

原因分析：

该机型高压油泵的齿条内有一根拉紧强簧，弹簧两头各有拉钩一只，（附图 4）在减油一端的钩头处，因使用时间较长而磨损厉害，强度不够而折断，于是齿条随着机器的振动而向增油一端移动。直至顶到头，使油大量进入气缸，加大该缸负荷量，形成燃烧恶化，炭粒结积在活塞涨圈槽内，引起缸壁颗粒磨擦，产生拉缸，因此冷却水温很快增高至  $70^{\circ}\text{C}$ ，发生报警。后二管轮看到主机气缸上冒烟，又迅速将主机车速关小到慢慢车（估计是在 60 转 / 分左右）这样骤然慢下来，形成咬缸。

自拉钩断，到促使油门开度至最大，发展到冷却水高温报警这一段时间是比较长的，当值轮机员及机匠本应完全能很快从第 3 缸排温或水温等方面的变化数据反映有所觉察，但遗憾的是没能发现，这就说明值班时未按每半小时内二人相互交叉巡回检查，以至使故障发展到十分严重的地步。

经验教训：

1. 可以在齿条的常用最大油门开度处种入定位肖钉或在齿条外端常用最大油门开度位置按装一块档板，防止以后出现类似故障。

2. 严格执行值班交叉巡回检查制度，切莫坐在操纵台处不走动。

3. 缸套水高温报警后，不知如何处理，说明技术上经验还是不足，应加强技术学习。

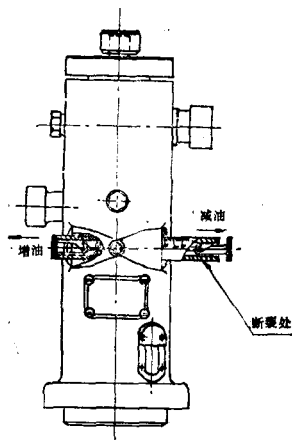


图 4

高压油泵齿条拉钩断裂

## 活塞涨圈裂断打坏增压器

某油轮主机为 6 ESD258/100型机。某航次由秦开宁。一天于14.47快近宁港时，当值大管轮突然听到主机“轧”

一声巨响，立即拉小油门减速运转。轮机长听到响声后，奔至机仓了解情况，当走到主机上层时，很清楚地听到\* 1 增压器处发出不同平常的嗡嗡声，並伴有颤振，估计增压器内部可能发生损坏，于是联系船长，要求抛锚停车检查。

拆开\*1增压器两头端盖，看到轴承处无断油热铁现象，手盘转子能够转动，一时从外表看不出故障所在，由于已近宁港，轮机长决定还是暂开慢车，抵港卸载时再进一步检查，第二天又拆轴承盖，並將轴承拆出，发现轴承外套裂坏，因船上无此备件，只好将增压器转子锁住停用。

回申后，将\*1增压器全部解体，又发现透平端叶片打坏。原来轧的一声响，是活塞断令由排气口飞出，並突破了排气管路上的滤网，进入透平内将叶片打碎发出的声音。经研究吊第三缸检查。活塞吊出时，看到第二道涨圈断裂，当作是这一根令断后飞出造成事故，所以没有再继续检查。

由于增压器转子一时无备件，而油运任务又很忙，为此暂将转子拆除，两端闷板封住，继续开航，车速适当降低。在大海里航行时，轮机长对主机各缸测了爆压，发现第 2 缸爆压较低，排温较高，因此对该缸喷油单独进行了调整。晚上 20.30 三管轮发现第 2 缸扫气箱刀门有烟冒出，即减速，並及时报告了轮机长。轮机长下来看过现场还有烟气，又再次减速，並单独减少该缸喷油量，同时联系船长抛锚检查。当将第 2 缸活塞吊出后，发现六道活塞涨圈，全部破断，缸套及活塞裙部均有裂缝，只好封缸返申，停航修理。

原因分析：

增压器透平叶轮的打碎，是由于断令飞入引起的；第 2 缸离增压器进气口近，显然该缸涨圈全部拆断后，进入可能

性比第 3 缸断的一根大。而六根涨圈又是怎样会全部折断的呢？原来该缸在一个月之前，于某船厂修船时全部换上该厂新做的一批涨圈，涨圈按装时质量不好，搭口倒角不够，碰上排气口尖锐的边缘而刮断。当最早透平叶轮打坏后，没有进入扫气箱检查，究属是那一缸涨圈断了飞入的，再作出吊缸决定，而是盲目地吊错第 3 缸。后来发现第 2 缸爆压低，排温高，又作了喷油量的调正（估计又调高喷油量），而不知该缸涨圈已全部折断。增压器转子拆除后，供气量明显不足，势必产生燃烧不良，可能燃气下窜，发生了后燃，使排气口过热，导致咬缸，最后迫使活塞裙部和缸套气口处过热，产生了应力集中，发展为裂缝。事故是由断涨圈引起，后来拆除增压器转子，又影响了第 2 缸的燃烧及至咬缸，所以它们是互为因果的。

经验教训：

1. 当拆检 \*1 增压器时，已发现透平叶轮端管口处有大量断令，若是第 3 缸断一根令，不会有如此情况；可见当时不经检查，仅凭主观判断而吊错了缸，这是工作上的粗心大意吗？

2. 换用新涨圈的时候，明知涨圈质量不好理应勤加检查，才能掌握真实。可是用了一个多月还不去检查，这是失职的。

3. 有鉴于第 2、3 缸的断令，应推及其它缸的检查和相应缩短检修周期。

## 76/160 机气缸起动阀故障三例

国产 6ESDZ76/160 型柴油机的气缸起动阀结构，如附