

# 柴油机相继增压电控系统研制

毛益仁\*

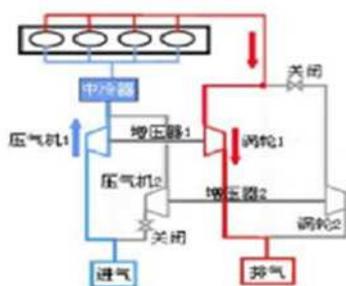
沪东重机有限公司, 上海 20013

**摘要:** 为了使柴油机的低负荷功能能够在船舶柴油机中更好地把功能展现出来, 本文首先简单分析了柴油机相继增压的优势, 然后再分析了柴油机在使用过程中相继增压出现的故障, 并对此提出相关解决措施。

**关键词:** 相机增压, 船舶柴油机

## 一、相继增压简介

柴油机相继增压 (Sequential Turbo charging, 简称STC) 又叫作二级增压, 其结构示意图如图1所示, 指的是由两台或两台以上的涡轮增压器合并而成的增压系统。



(a) 低速：增压器1开，增压器2关

图1 相继增压原理图

由柴油机为船舶提供动力已有近65年的时间了, 其中增压器被公认为是提高柴油机输出功率的关键措施, 特别是以废气增压器技术为主导的增压技术。柴油机相继增压的工作原理是在主机运行的同时跟着主机转速、负荷的增大, 增压器有秩序的逐一投进运行。在转速、负荷不高于工作之前设置的数值时, 一处一台或者几台增压器的废气供给, 用来组织增压器的压气机运转, 把主机排出的废气集中收集并流经还在运转中的增压器中, 提升运转中增压器的废气流量, 提升压气机的运转效率, 从而把主机收集的废气能量充分利用, 提高增压压力。

## 二、增压系统的主要优势

当增压器转速越高, 压缩比和效率也随着增高; 反之的话增压比和效率随之降低。因此在运用带有废气涡轮增压器的柴油机时, 始终期望柴油机的转速在高增压比和高效率之间。在发电机上面可以实现这个要求。因为在发电机运转时柴油机在开始运行到怠速, 再从怠速提到额定转速的间隙是非常短的, 而且在这当中, 负载几乎是零, 一直持续到发电机组定子励磁回路连接上励磁电流之后, 柴油机才运行加负载, 而且负载有零达到满载的时间, 比满载运转时的时间还要短暂。发电机到达额定功率, 在对电网输电的过程中, 柴油机始终在额定功率工作。这是增压器基本可以把处于理想状态, 即高压比高效率状态。正是由于过渡阶段较短, 可以忽略低压工作时增压器压缩比和效率的不满。现如今柴油机被用在船舶、汽车等交通设施上的重要动力系统时, 因为运用环境的变化, 所以必须考虑到怎样在低工况时增压器运转较低时导致的功能缺陷。

例如在船舶中, 在船舶进行低速航行时, 特别是军用舰艇在进行拖曳声纳收方、直升机起降; 快速进入目标区域减速静音滑行时, 会不断切换柴油机的运行情况。此时, 在低速运行时增压器的弊端就显现出来。因为增压器在低速运行时增压比和效率的特点, 导致燃油无法充分燃烧、排放量较高、主机功率回应较慢、冒黑烟、运行成本较

\*通讯作者: 毛益仁, 男, 1986年1月, 汉族, 江西玉山人, 就职于沪东重机有限公司, 助理工程师, 第一学历大专, 第二学历本科。研究方向: 船用柴油机电气调试。

高等缺点。对于使用时间较长的船舶来说，这些问题都是必须及时解决。怎样让带涡轮增压的主机一并实现高中低全状态运转的使用要求，怎样让增压器的作用在全工况下出色发挥。相继增压技术的研究，给这些问题带来了有效的解决措施。

上面说到，相继增压也被称为二级增压，但是必须是建立在两台增压器的基础上。一台是普通非受控增压器，另一台是受控增压器。在低速运作是，非受控增压器运行，所以各个缸排放出的废气全都流经增压器，经过增加排气测废气流量，快速提高增压器的转速，来提升压气机的压入的空气流量，提升增压器压缩比，同时提高压缩空气压力，改变增压器低速运行的性能；随着负载的上升，当高出之前设置的临界点时，经过阀门的转换，受控增压器介入工作，排出的废气分别进入到两台增压器，既能满足全功率运行，又能解决单台增压器工作转速过高，效率与柴油机功率不匹配。

比如在某个型号的船舶推进柴油机中，一台运行的增压器、两台增压器在运转时，增压压力和主机运行的关系。在相同的运行情况下1 TC (1 turbo) 的增压压力远远超于2 TC运行，1 TC运行到计算出的临界点，单台增压器已经不能提供较高的增压压力，并且为了阻止转速过快，涡轮温度过热增压器的效率与柴油机的符合不相符，第二台增压器加入运行，持续提升增压压力，实现高速运行情况的使用要求。运用相继增压的方式，提高了增压器在柴油机全部运行的情况时的效率，对低负荷低工况的情况下增压性能。

### 三、控制系统的优化

#### (一) 相继增压系统使用过程中的常见故障

想要实现相继增压在使用中就需要蝶阀1 TC/2 TC的状态转换。蝶阀运作状态位置反馈信号是不能缺少的。在运用STC系统的正常使用过程中，常常遇到执行机构故障报警信号。报警发生以后，系统运行正常，1 TC/2 TC可以完场自动切换。注意蝶阀位置机械指示，开关状态正常。虽然不影响正常运作，却影响操作者的正常操作，给故障排除增加了比必要的时间。

#### (二) 故障原因分析

蝶阀外形尺寸如图2，所以，主要由阀芯、阀杆与执行汽缸组成。图3为执行汽缸外形图。执行汽缸里面是两个活塞，两路控制空气分别执行开与关的命令。执行汽缸里面装有两组形成开关。穿过执行汽缸的阀杆部分安装凸轮或定位销，成90度角布置。蝶阀开与关的行程正好为90度直角。这样，在一个状态下，凸轮或者定位销只会触碰到一个行程开关，另一个处于自由状态。

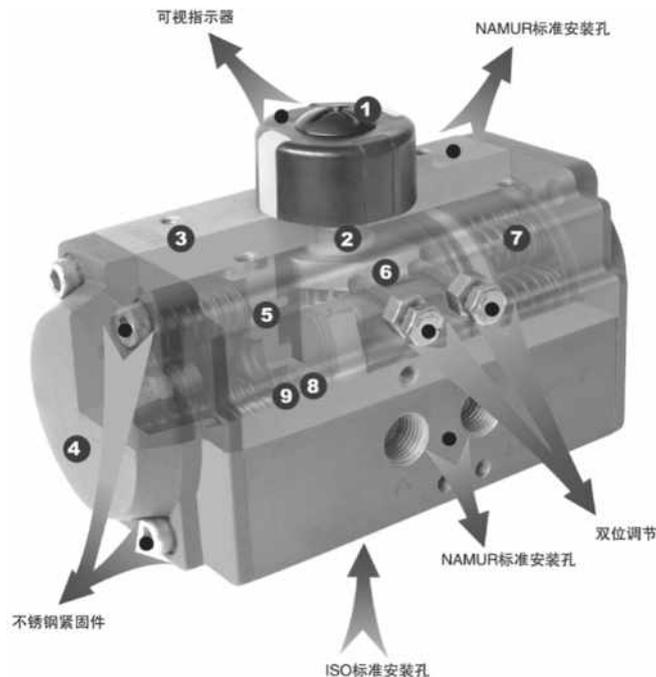


图2 蝶阀总成与执行汽缸

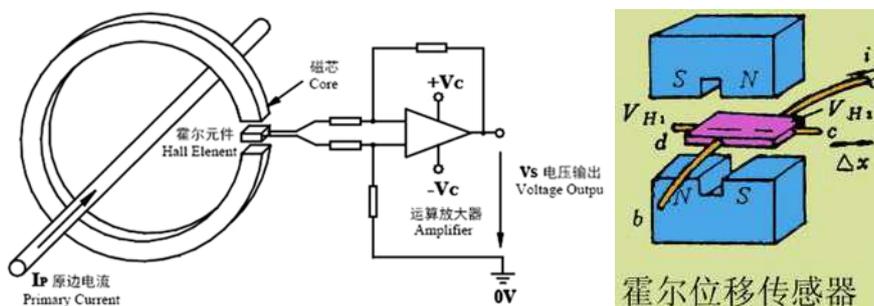


图3 霍尔元件原理图与结构示意图

行程开关的状态切换触发蝶阀状态的反馈信号。行程开关的机械机构会出现老化现象，而蝶阀又工作于高温环境，加快了老化的速度。主机长期运行后，控制空气管会出现漏气现象，气源装置压力损耗导致控制空气压力下降。上述这些原因都会导致蝶阀未完全到位，这种情况下，行程开关就无法正确切换常开、常闭状态导致反馈信号丢失或者状态错误。

### (三) 改进方案

行程开关为纯机械结构，通过触碰方式来切换常开、常闭状态。对于安装精度及位置要求较高。轻微的位移或是接触不到位，均会导致状态切换失效。而且随着使用时间的增加，机械结构的磨损，行程开关的精度也会随之下降。

将行程开关替换成霍尔元件并将原先安装在阀杆上，用来触发行程开关的定位销更换为磁铁。霍尔元件的功能与行程开关大致相等，为磁感应式开关。当感应到磁场强度变化，逻辑开关部分可以实现闭合/断开转换。即使发生轻微漏气，控制气源压力下降，蝶阀位置未完全到位的情况，但是对于磁场强度的变化影响不大，所以逻辑开关依旧能够完成状态的正常切换，不至于引起蝶阀位置反馈信号丢失或者误触发。而且，霍尔元件本身并无机械构件，不存在老化问题，耐高温性能明显优于形成开过，所有对于STC系统的稳定性与可靠性均有显著地提高。

### 四、结束语

相继增压技术的实现，既改善了柴油机低速运行时增压器效率低的缺陷，同时又能满足高速运行时柴油机对于进气量的需求。大大增加了柴油机的运行范围，改善了柴油机低速时进气量，提高增压器的压缩比。使得柴油低速运行时的经济性大大提高，并且对于柴油机的机械特性、排放均有显著地提升。当今的科技日新月异，柴油机的发展也更加趋于自动化、智能化。对于柴油机性能提升，降低排放，提高经济性的技术也是层出不穷。

综上所述，相继增压技术仍然是众多技术中心最廉价、最容易实现的，同时也是经历了历史考验，成熟可靠的技术。在不大幅增加投入的情况下，相继增压技术被广泛地使用，仍然在内燃机领域发挥着举足轻重的作用。利用当今的电气自动化技术设计的相机增压自动控制，其目的是减轻使用者的劳动负担，充分发挥电气控制的精准、可靠、有效和快速响应的特点。在未来的柴油机发展领域，相机增压技术将长期扮演着重要的角色。

### 参考文献：

- [1]徐拾义.容错计算系统[M].武汉:武汉大学出版社, 2010.
- [2]杨传雷,王银燕,王贺春.相继增压柴油机试验台测控系统设计[J].测控技术, 2008.
- [3]王贺春.TBD234V12柴油机相继增压技术研究[D].哈尔滨工程大学硕士论文,2004.
- [4]李胜达.柴油机多阶段及双压气机顺序增压系统仿真研究[D].上海交通大学, 2012.