



大连海事大学
DALIAN MARITIME UNIVERSITY

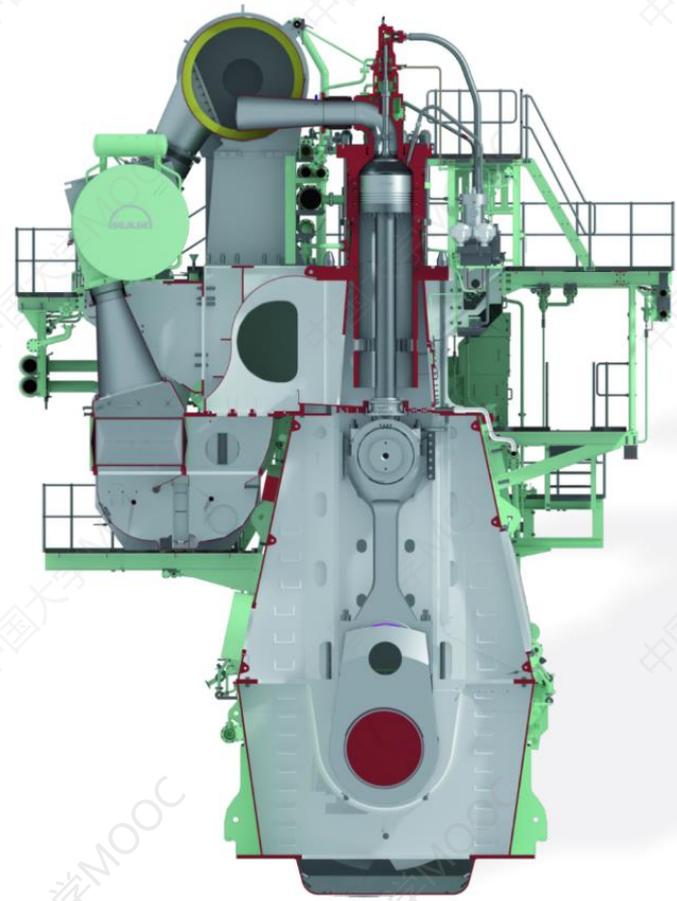
船舶电控发动机
数字课程

#3 十字头式柴油机

Acknowledgements: The technical contents of this presentation are mainly from the websites and training files of Wärtsilä, Win G&D and MAN Energy Solutions. Many thanks to them.
Contact us: dmumde@163.com

※ 内容提要

- 结构与部件
- 润滑与冷却
- 燃油喷射系统
- 换气与增压
- **起动与换向**



- 为了满足船舶机动操作的要求，对船舶主机的要求：
 - 起动、停车
 - 定速、变速、超速、限速
 - 超负荷、限制负荷
 - 正车、倒车
- 为此，作为船舶主机的柴油机，必须设置起动、换向和调速装置以及控制上述各种装置的操纵机构

- 柴油机起动——静止的柴油机必须借助外力的作用，使柴油机获得第一个工作行程的条件，即柴油机在外力作用下进行进气、压缩、喷油，直至燃油燃烧膨胀推动活塞并通过曲柄连杆机构使柴油机自行运转的过程
- 起动转速：柴油机起动所要求的最低转速
 - 高速柴油机---80~150r/min
 - 中速柴油机---60~70r/min
 - 低速些油机---20~30r/min

- 柴油机的起动方式

- 借助于加在曲轴上的外力矩使曲轴转动起来

- 人力手摇起动

- 电马达

- 气马达

- 借助于加在活塞上的外力推动活塞运动使曲轴旋转起来

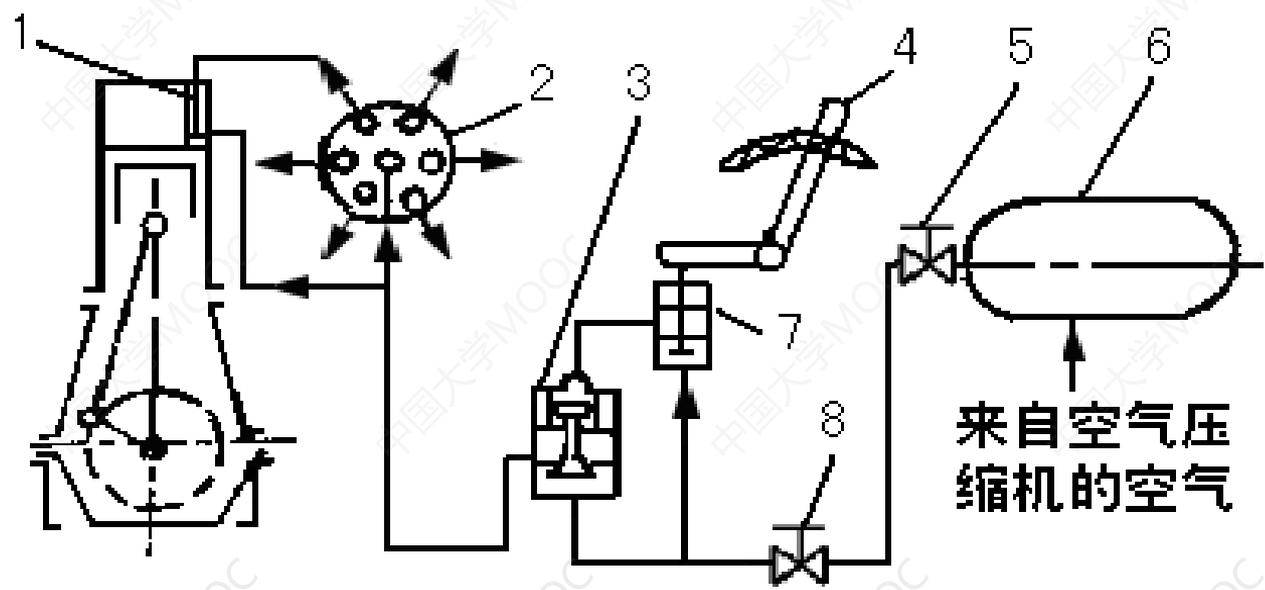
- 压缩空气起动

❖ 2-S十字头式柴油机均采用后一种方式

- 对柴油机起动装置的要求
 - 起动装置应保证柴油机能迅速可靠地起动
 - 保证柴油机达到足够的起动转速且起动消耗的能量尽可能少
 - 易于实现机舱自动化和遥控
 - 当曲轴处于任何位置均能起动
 - 机舱温度低于 $5^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$ 时不需暖机就能迅速和可靠地起动

- 主要优点
 - 起动能量大
 - 起动迅速可靠
 - 在倒顺车运转时还可以利用压缩空气来刹车和帮助操纵
- 主要缺点
 - 装置构造较复杂
 - 重量较重
 - 不适用于小型高速柴油机

• 压缩空气启动装置



• 压缩空气启动装置

01-柴油机

02-气缸起动阀

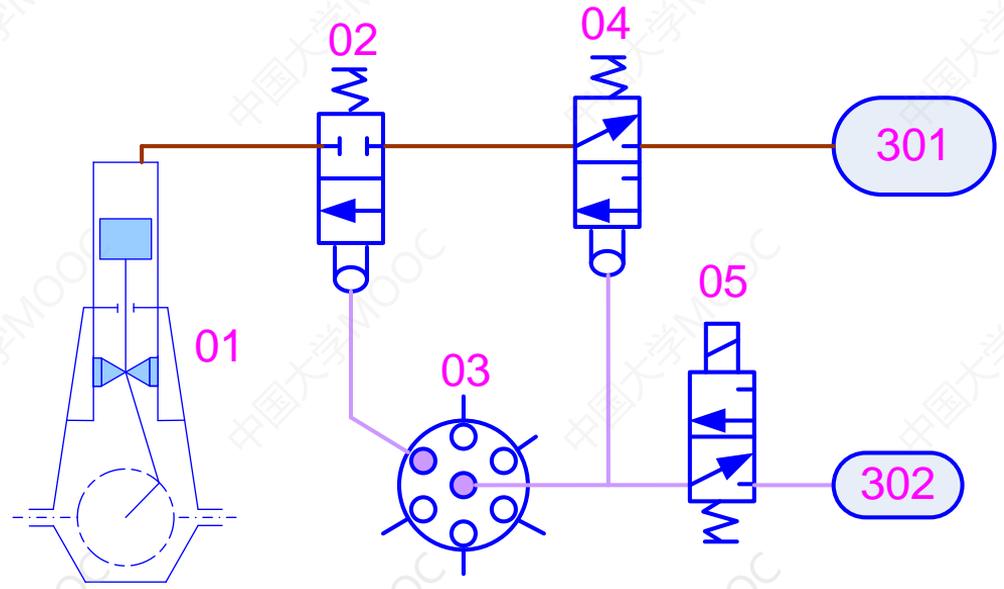
03-空分配器

04-主起动阀

05-起动控制阀

301-主动气瓶(30bar)

302-控制空气瓶(7bar)



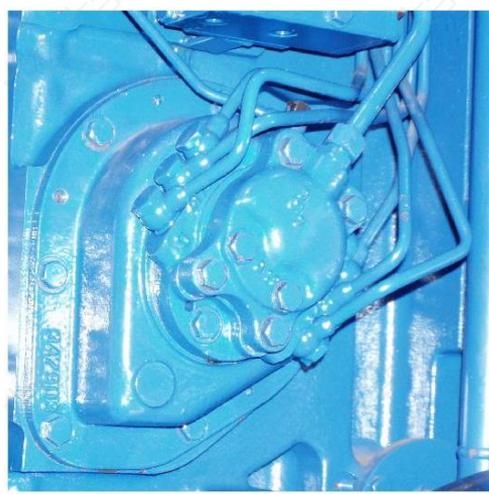
- 压缩空气起动装置



空压机



主空气瓶



空气分配器

- 对起动空气的要求
 - 空压机至少两台，其中一台独立驱动
 - 空压机能在1h内将空气瓶从大气压打满
 - 起动空气瓶的容量必须能保证在不补充空气的情况下，能冷机倒顺车交替起动不少于12次(不可换向主机为6次)
 - 供主机起动用的空气瓶至少需有两个
 - 起动空气的压力应保持为2.5 ~ 3.0MPa
 - 起动空气管应装有安全阀，开启压力为1.1倍的最高起动压力

- 压缩空气起动装置可靠工作的条件

- 压缩空气必须具有一定的压力和储量

- 必须具有一定的供气定时和供气延续时间

- 2-S柴油机：TDC前 5°CA ，进气延续角一般为 $100-120^{\circ}\text{CA}$

- 4-S柴油机：TDC前 $5-10^{\circ}\text{CA}$ ，进气延续时间一般不超过 140°CA

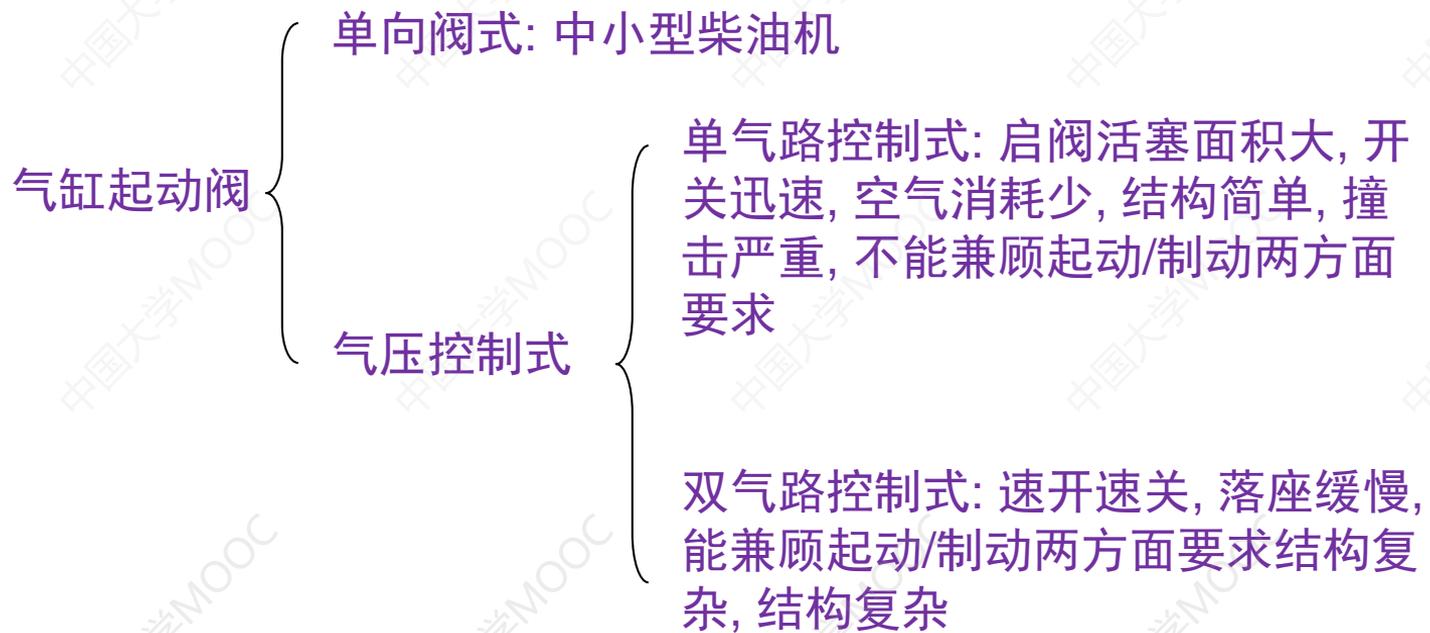
- 保证最少气缸数

- 2-S柴油机：360/110，一般不少于4个

- 4-S柴油机：720/140，一般不少于6个

- 对气缸起动阀的要求
 - 开启迅速，落座要慢
 - 当缸内发火后燃气压力大于起动空气压力的情况下，即使有控制空气作用在启阀活塞上，它也应保持关闭状态
 - 满足制动的要求：当缸内压力稍高于起动空气压力时，要求气缸起动阀仍能保持开启状态
- 起动和制动对气缸气动阀的要求是矛盾的

- 气缸起动阀



※ 压缩空气起动

- 单气路控制式气缸起动阀

- S50MC-C机

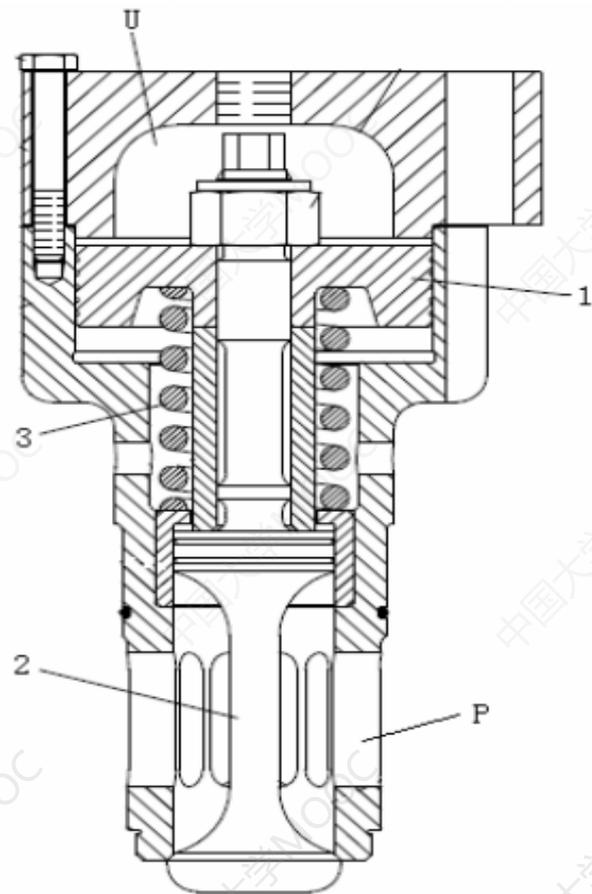
1-启阀活塞

2-阀

3-弹簧

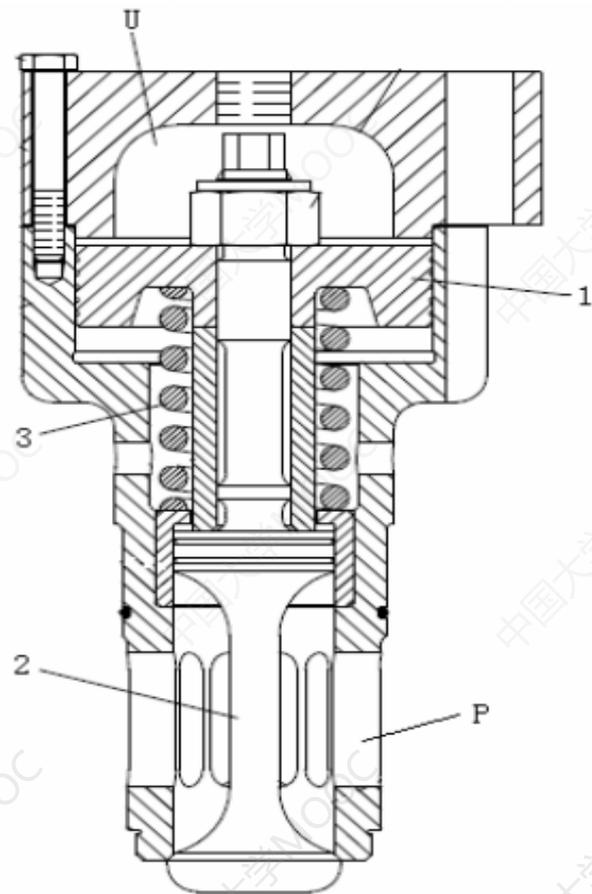
P-进气口

U-启阀活塞



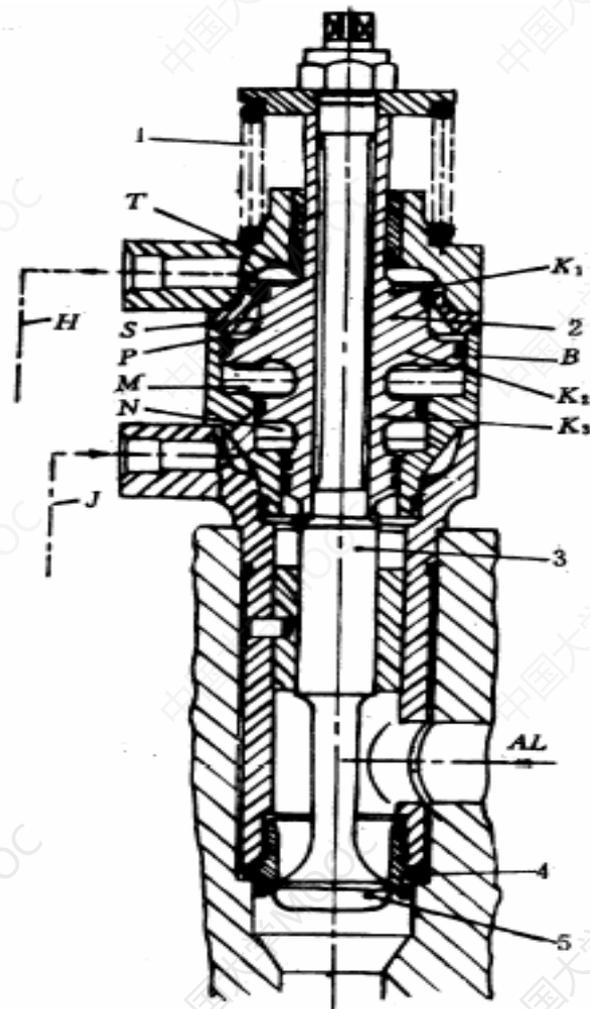
• 单气路控制式气缸起动阀

- 启阀活塞面积大
- 开关迅速
- 起动空气消耗少
- 结构简单
- 不能兼顾起动/制动两方面的要求
- 关闭时落座速度快
- 撞击严重，磨损快

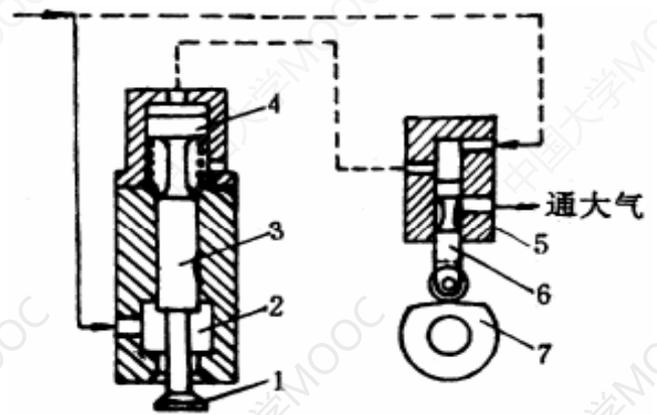


• 双气路控制式气缸起动阀

- 1-弹簧; 2-阶梯活塞;
- 3-阀杆; 4-阀座;
- 5-起动阀;
- K1、K2、K3-控制活塞;
- T-上部空间;
- M-中部空间;
- N-下部空间;
- P-空间; S-控制口;
- B-连接槽; H-开启管;
- J-关闭管

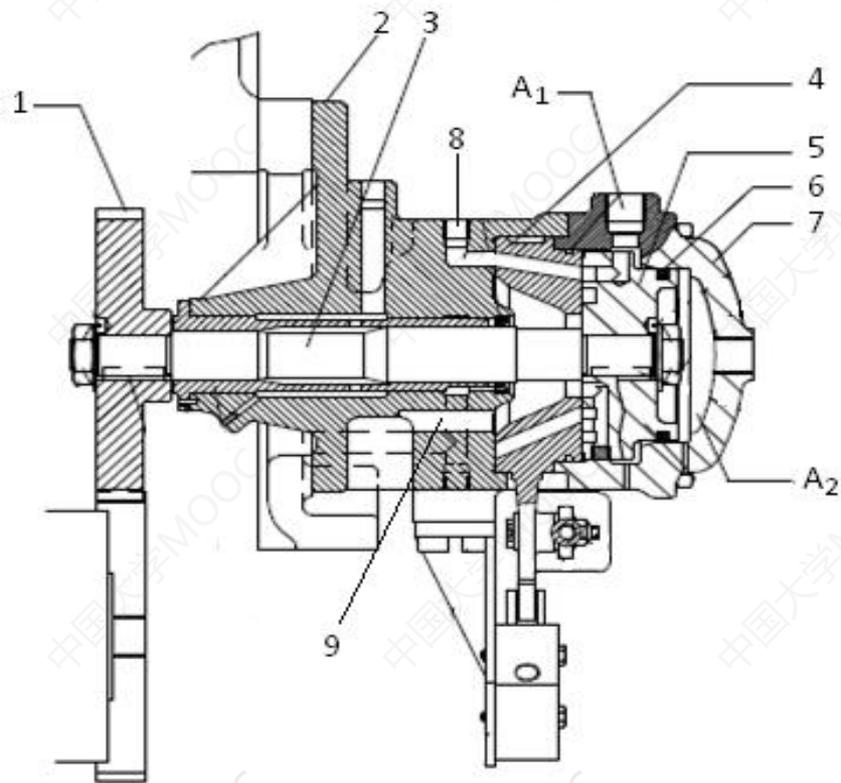
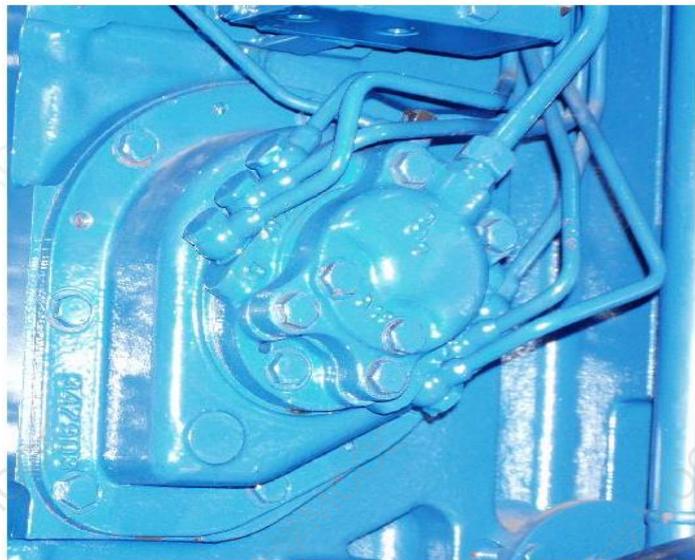


• 空气分配器



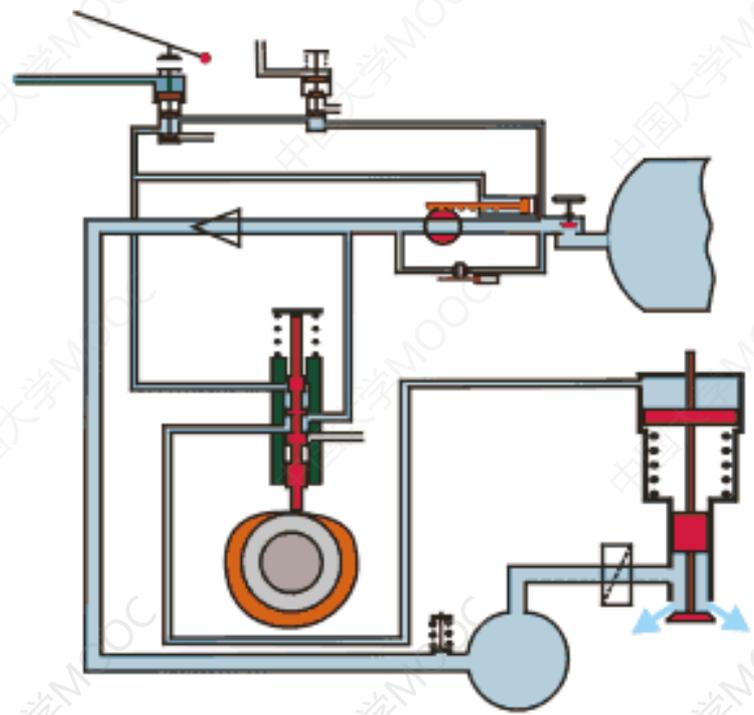
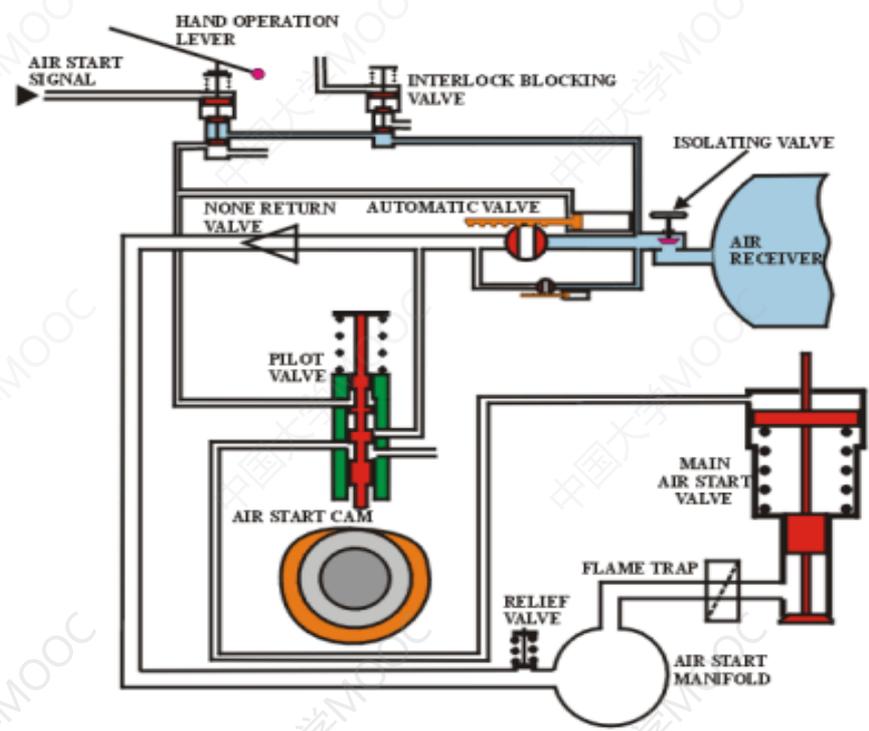
• 空气分配器——转盘式

○ MAN S50MC-C



1-齿轮; 2-本体; 3-分配器轴; 4-换向盘; 5-分配盘; 6-活塞环; 7-盖; 8-通向气缸起动阀的供气孔; 9-泄气孔

• 空气分配器——柱塞式



• 空气分配器——柱塞式, 双气路控制式

○ 与双气路控制式气缸起动阀配套使用

1-轴;

2-滑阀套

3-控制滑阀

3a-弹簧

4-外壳

5-滚轮

6-起动凸轮

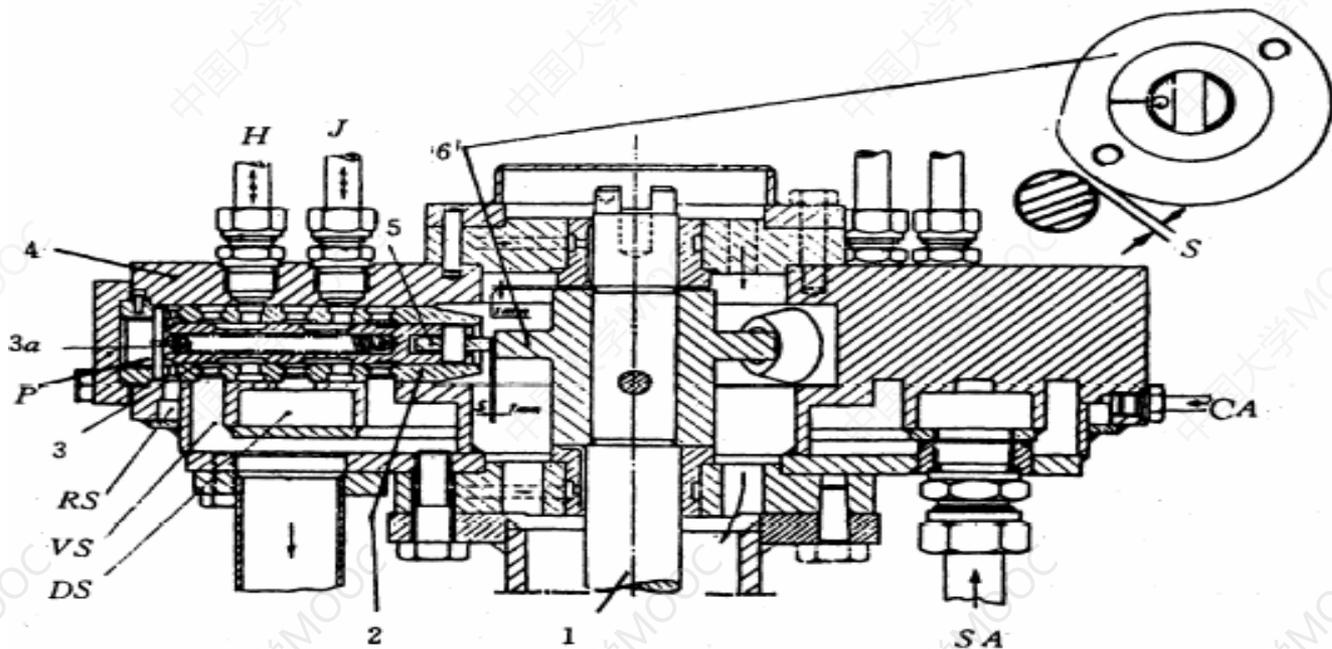
CA-控制空气管

SA-供气管

DS-分配器空腔

VS-放气空腔

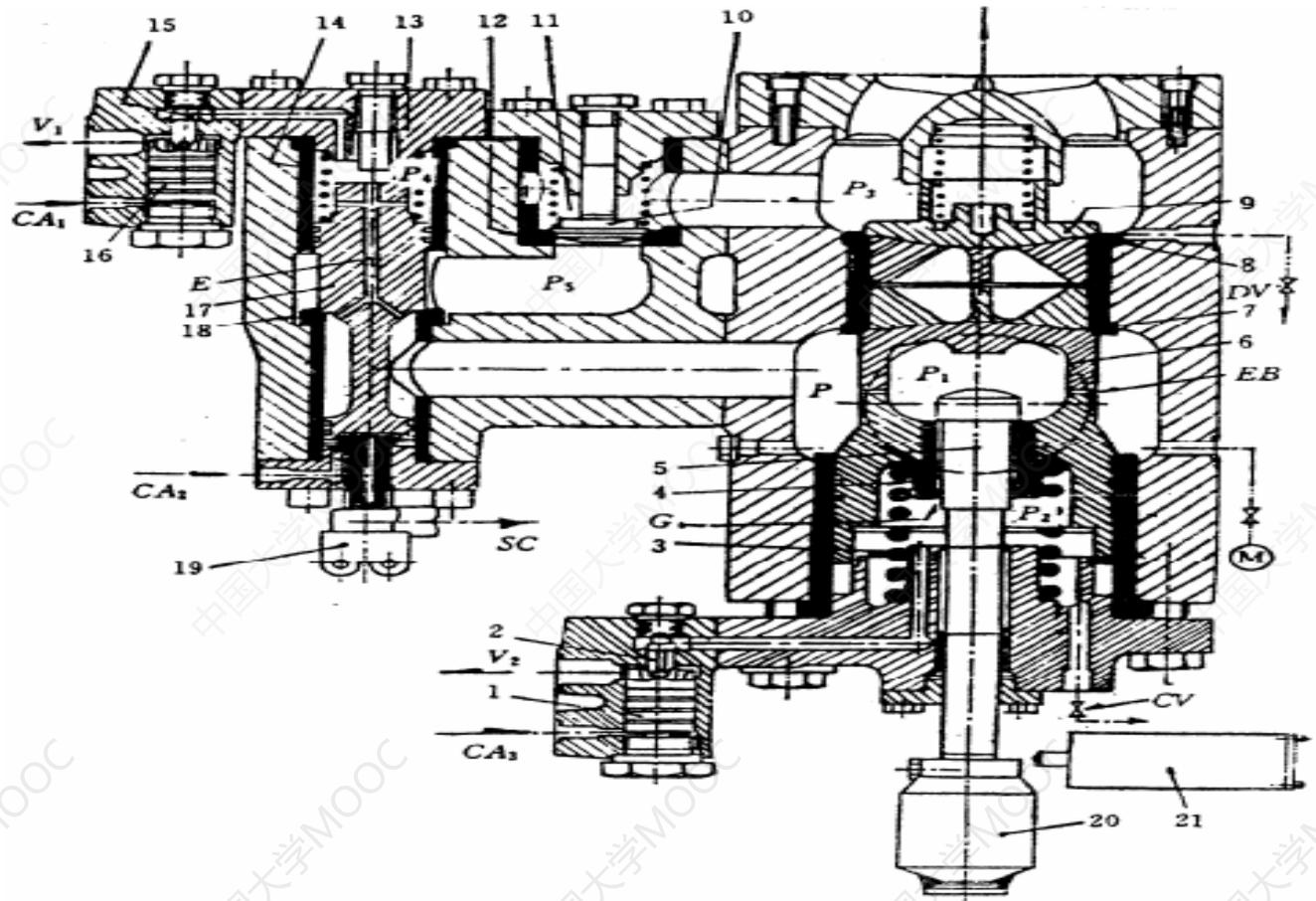
P-压力空腔



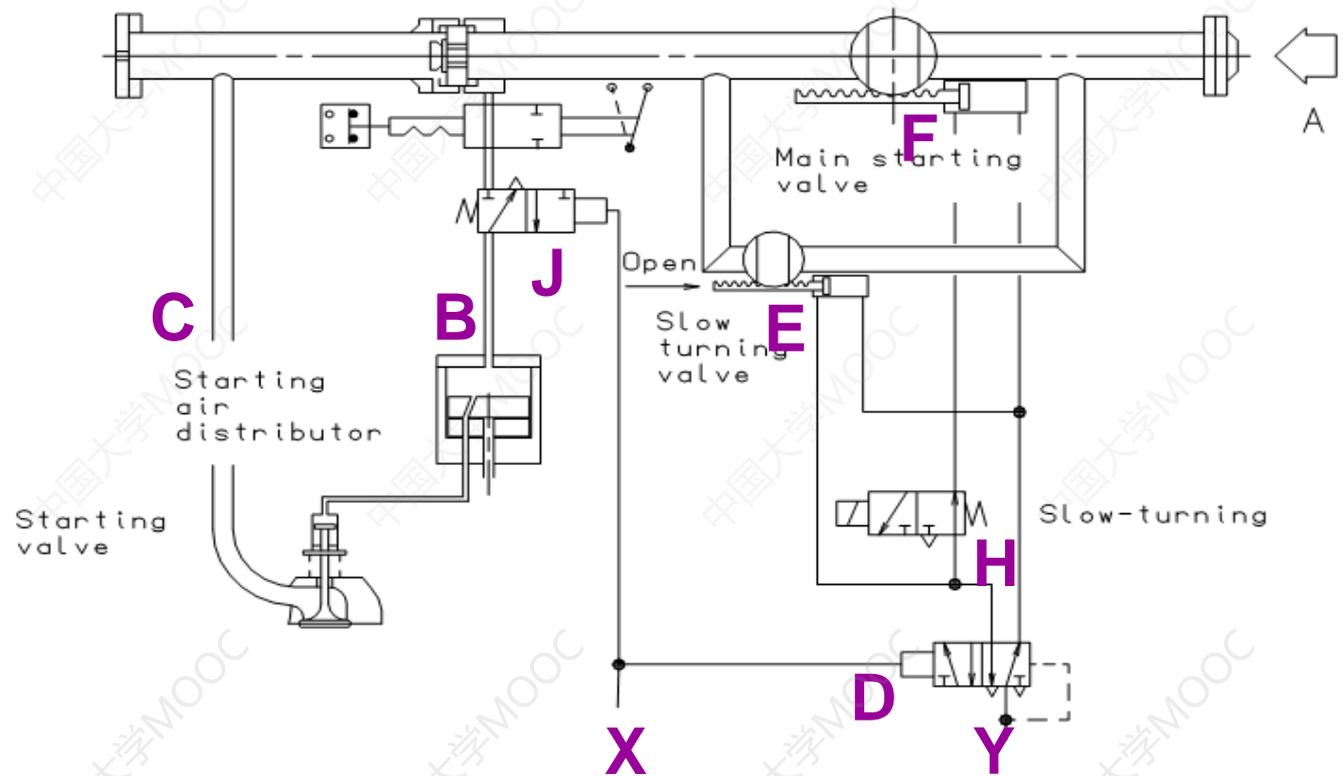
- 主起动阀

- 压缩空气起动系统的总开关，用来启闭空气瓶至空气分配器和气缸起动阀间的主起动空气通路
- 满足起动所需要的压缩空气量，又可以使供气迅速可靠并减少压缩空气的节流损失
- 起动完毕后能迅速切断进入起动总管的压缩空气，并使残余空气放入大气

• 主起动阀



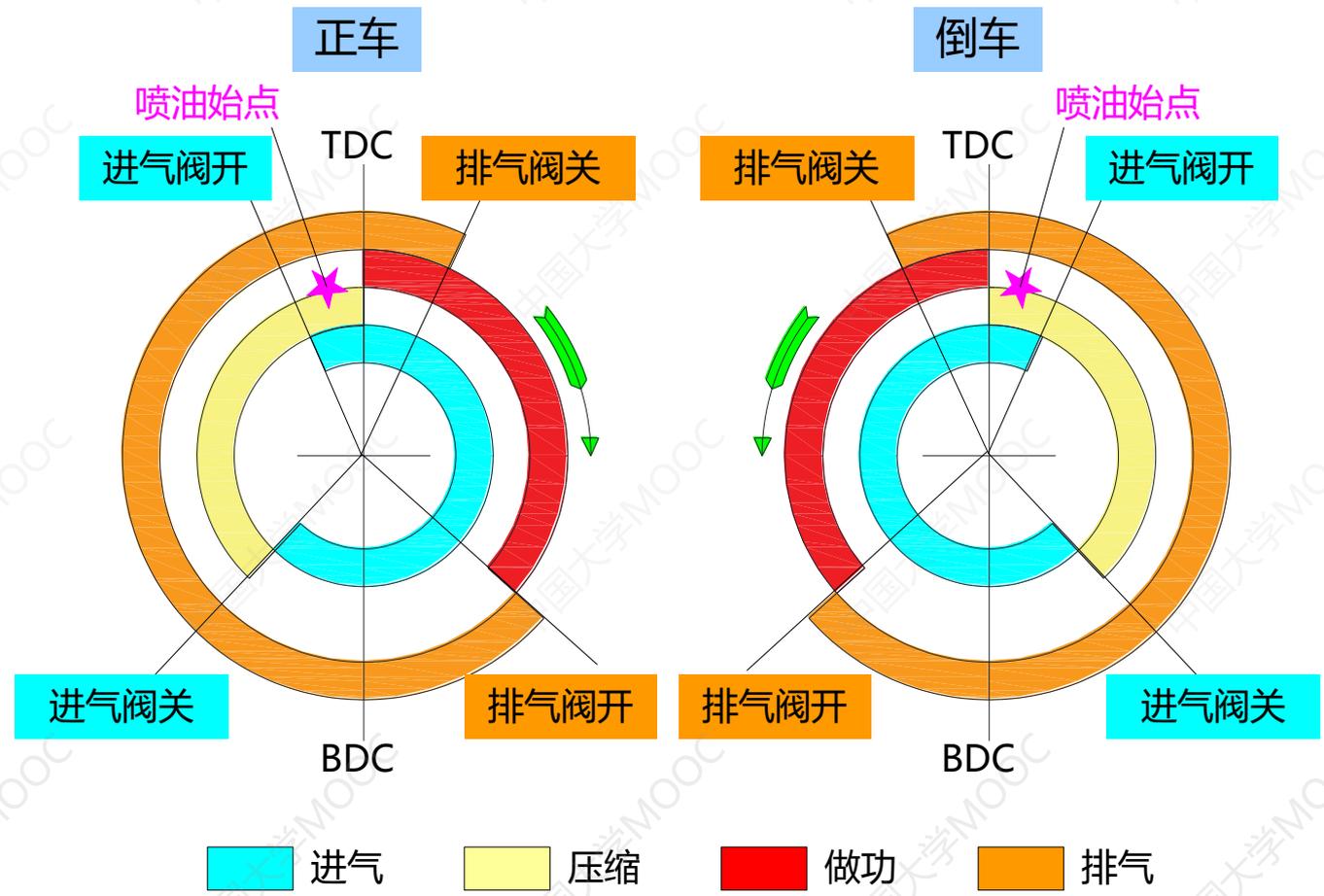
• 主启动阀---MAN MC



- 根据航行要求，船舶前进/后退
 - 改变螺旋桨的旋转方向(直接换向)
 - 采用倒顺车离合器
 - 柴油机换向改变柴油机的转向
 - 保持螺旋桨转向不变而改变螺距
 - 调距桨换向
 - 保持螺旋桨转向不变而改变推水方向
 - 吊舱式推进器

- 为改变柴油机的转向而改变各种凸轮相对于曲轴位置的机构称为换向装置
- 换向顺序
 - 停车--反向起动--反向运转
- 换向需改变的定时
 - 起动定时、喷油定时和配气定时
 - 4-S柴油机：空气分配器、凸轮喷油泵凸轮、进气阀凸轮、排气阀凸轮
 - 2-S弯流扫气柴油机：空气分配器凸轮、喷油泵凸轮
 - 2-S直流扫气柴油机：空气分配器凸轮、喷油泵凸轮、排气凸轮

• 4-S定时关系



- 换向装置的基本要求

- 准确、迅速地改变各种需要换向设备的定时关系，保证正、倒车的定时相同
- 换向装置与起动、供油装置间应设有必要的联锁机构以保证柴油机的安全
- 需要设置防止柴油机在运转过程中各凸轮“定时”机件相对于曲轴上、下止点位置发生变化的锁紧装置
- 主机换向时间应不大于15s

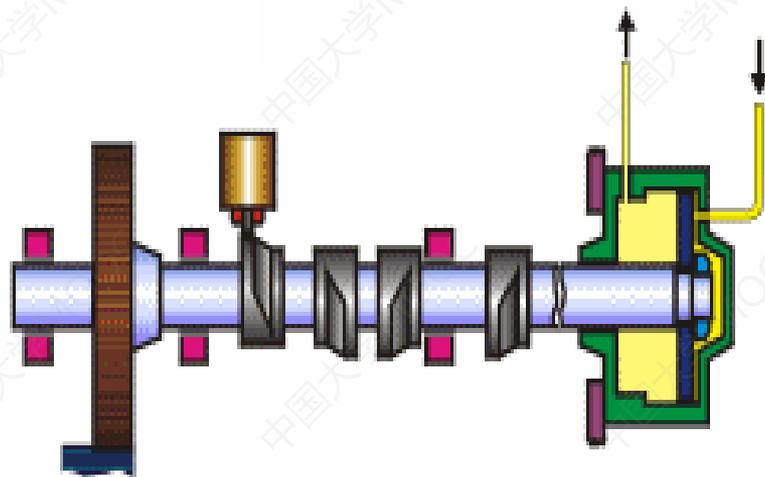
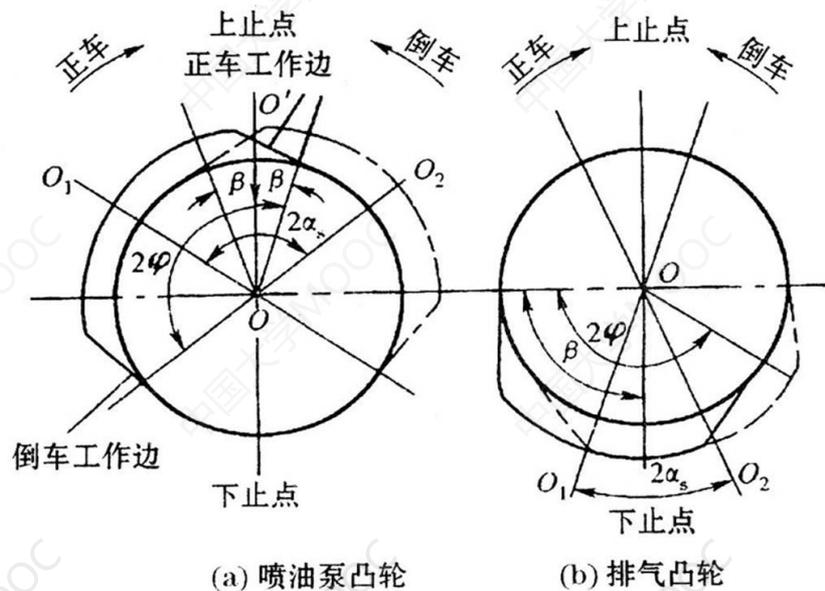
- 双凸轮换向

- 对需要换向的设备均设置正、倒车两套凸轮，正车时正车凸轮处于工作位置，倒车时轴向移动凸轮轴使倒车凸轮处于工作位置，使柴油机各缸的有关定时和发火次序符合倒车运转的需要

- 单凸轮换向

- 每个需要进行换向操作的设备(如喷油泵、排气阀、空气分配器等)都各自有一个轮廓对称的凸轮来控制，正倒车兼用
- 换向时并不轴向移动凸轮轴，而是周向转动凸轮轴，使凸轮轴相对曲轴转过一个角度

- 轴向移动凸轮轴——机械式、液压式、气压式



凸轮轴上正倒车凸轮的布置

- 周向转动凸轮轴

- 柴油机换向时为改变定时使凸轮轴相对曲轴转过一个角度的动作称为凸轮的换向差动, 所转的角度为换向差动角
- 差动方向如果与换向后的新转向相同, 称为超前差动
- 差动方向如果与换向后的新转向相反, 称为滞后差动

• 一般线型的单凸轮换向

➤ 凸轮轴周向转动角度 $(\varphi - \beta) * 2$

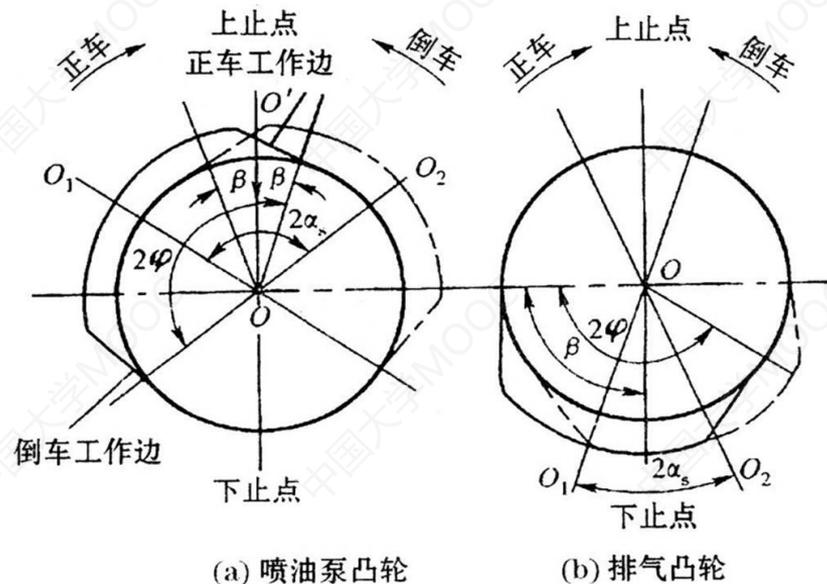
- 曲轴不动, 凸轮轴沿正车方向转
- 凸轮轴不动, 曲轴沿倒车方向转

➤ 燃油凸轮&排气凸轮无法同轴差动

- 燃油凸轮为滞后差动
- 排气凸轮为超前差动
- 差动角度不同

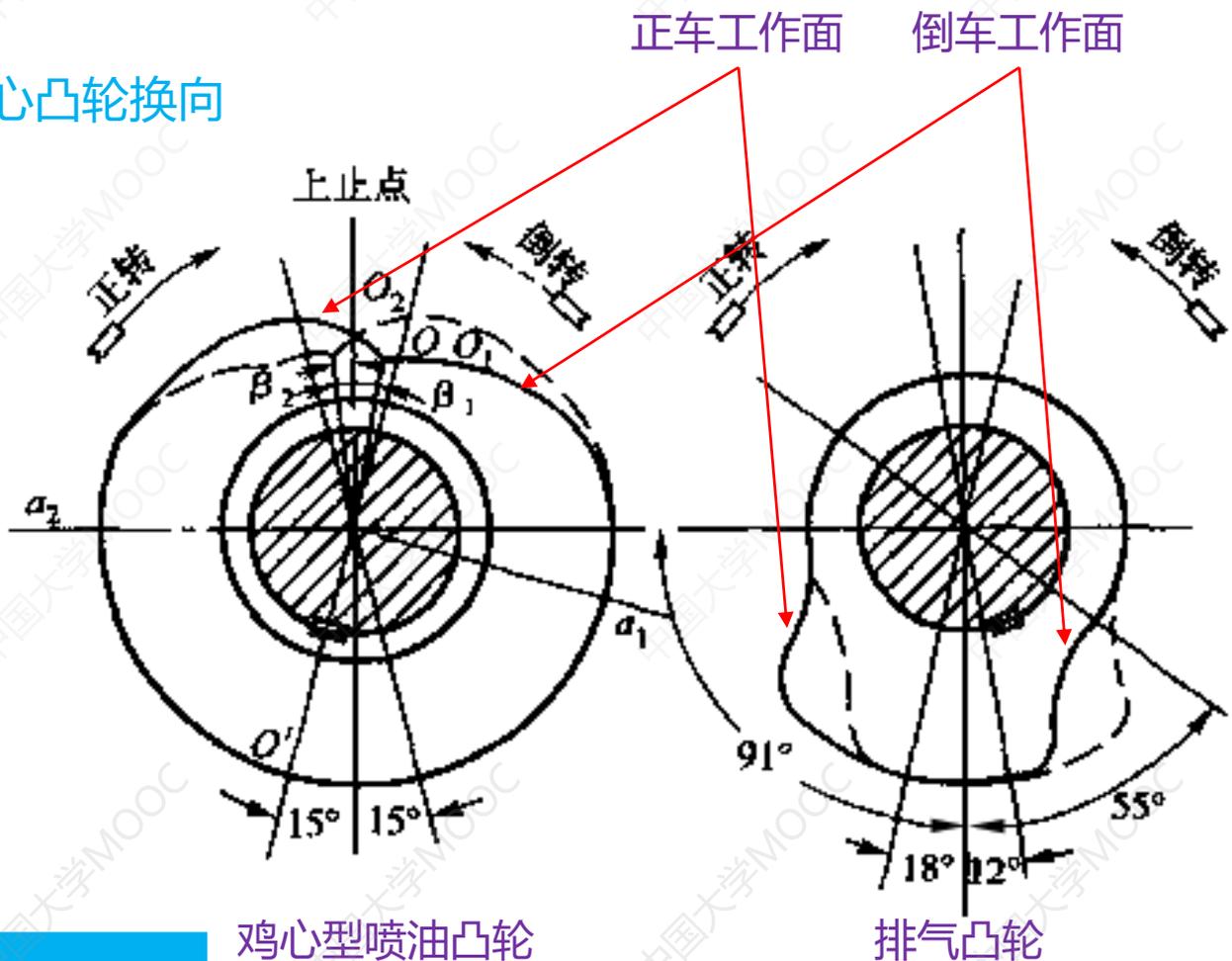
喷油凸轮

排气凸轮



- 单轴鸡心凸轮换向
 - 为了解决喷油泵凸轮和排气阀凸轮差动方向不相同、差动角不相同的矛盾, 采用一种鸡心凸轮代替一般的喷油泵凸轮, 这就可以使喷油泵凸轮和排气阀凸轮装在一个凸轮轴上实现差动换向
- 单轴鸡心凸轮差动换向必须满足三个条件
 - 两组凸轮的差动方向相同
 - 两组凸轮的差动角相等
 - 差动后同名各凸轮的正倒车定时基本相同

• 单轴鸡心凸轮换向



正车工作面

倒车工作面

鸡心型喷油凸轮

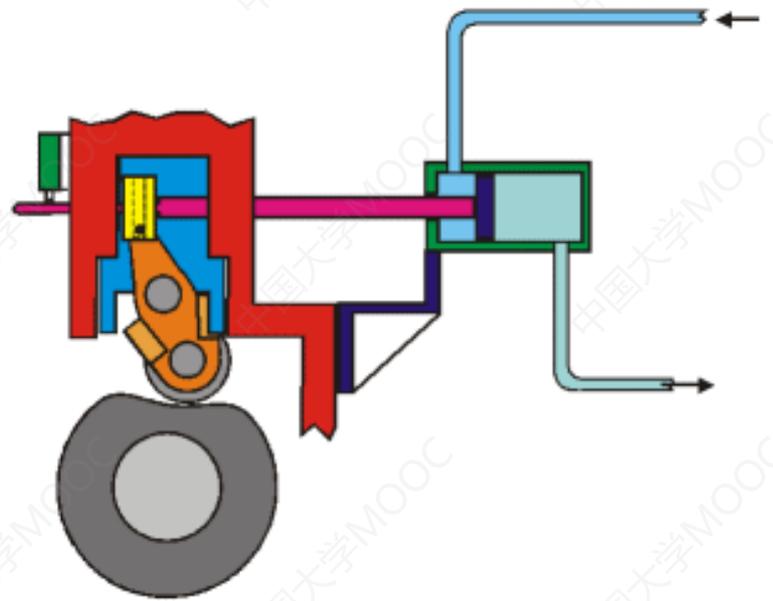
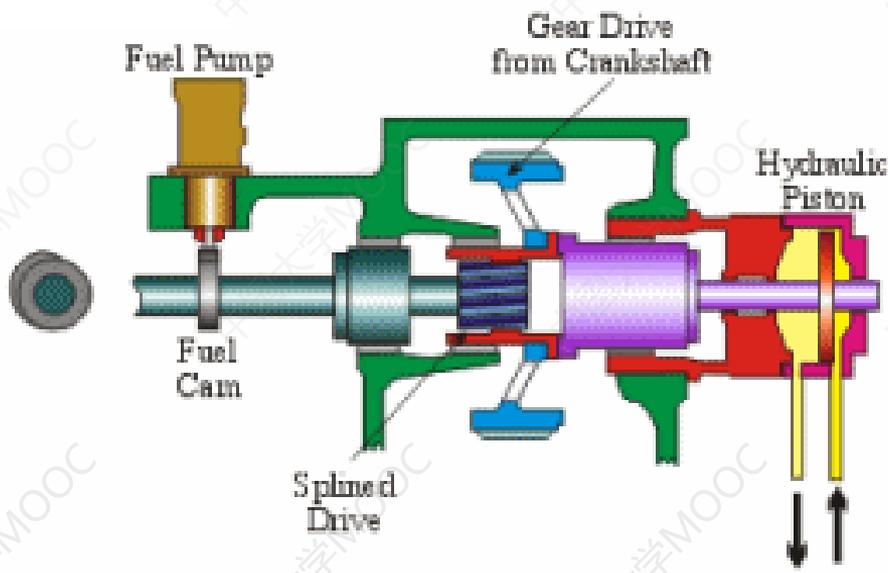
排气凸轮

- 单轴鸡心凸轮实现差动换向方法

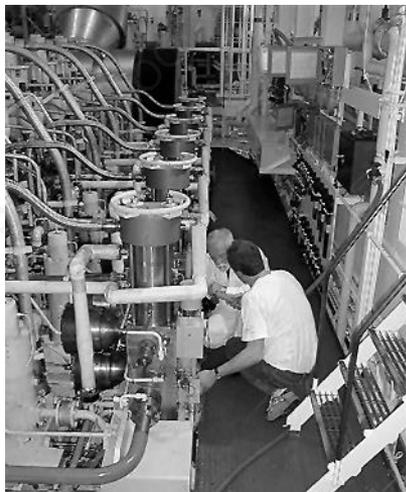
- 曲轴不动, 换向装置使凸轮轴相对与曲轴差动——一般为滞后差动
- 凸轮轴不动, 反方向起动使曲轴反向回转差动——一般为滞后差动
- 凸轮轴与曲轴二者之间有一定的转速差完成差动——一般为超前差动
- 曲轴与凸轮轴均不动, 改变喷油泵滚轮在凸轮轴上的倾斜方向(实质为超前差动)

※ 柴油机换向, 单凸轮换向

- 单轴鸡心凸轮实现差动换向方法



- 操纵位置
 - 机旁本地控制
 - 集控室遥控
 - 驾驶台遥控



E/R



ECR



W/H

- 操纵方式
 - 电动遥控系统
 - 气动遥控系统
 - 液力遥控系统
 - 混合式遥控系统：电-液/电-气
 - 微型计算机控制系统
- 大型远洋船舶
 - 电-气控制