

船用柴油机燃油器具

結構和技术操作

阿·阿·波波夫著

王承良 王有禮 林文進 侯玉堂譯

林文進校訂



船用柴油机燃油器具

結構和技术操作

阿.阿.波波夫著

王永良 王有槐 林文进 侯玉堂译

林文进校訂

人民交通出版社

本書是船用柴油机燃油器具在技術操作上的實用參考資料。
本書研究壓燃式船用發動機上用各種類型燃油器具的結構特徵，
並對操作時最常遇到而有代表性的不正常現象作出詳細分析，說明其引起的原因，以及其防止和消除的方法。本書還提出有關燃油器具的合理保養和它的仔細的操作，以及試驗方法等的實用指導。

本書可供海河運輸的廣大工程技術人員的參考。

船用柴油机燃油器具

А. А. ПОПОВ

ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА
МОСКВА - 1954

本書根據蘇聯水運出版社1954年莫斯科俄文版本譯出

王永良 王有槐 林文進 侯玉堂譯 林文進校訂

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

新華書店發行

公私合營慈成印刷工廠印刷

1958年1月北京第一版 1958年1月北京第一次印刷

開本：850 × 1168 1/32 印張：5 1/2張

全書：171,000字 印數：1—900冊

統一書號：15044·6122·京

定價(10)：1.00元

目 錄

序言	3
----------	---

第一章 柴油机的燃油器具及其特点

1. 对燃油器具总的要求	5
2. 燃油供給系統和燃油器具的主要型式	8
3. 噴油泵的分类和結構	15
4. 噴油器的分类和結構	42
5. 油泵-噴油器	54
6. 輔助設備	56

第二章 柴油机燃油器具在工作中的不正常情况

1. 操作上的缺陷	64
2. 噴油器的不正常情况	67
3. 噴油泵的不正常情况	76

第三章 船用柴油机燃油器具技术操作的組織

1. 近代燃油器具技术操作的主要特点	81
2. 柴油机燃油器具技术操作方法和定期預防性保养的措施	82
3. 保养燃油器具的檢修工場組織	86

第四章 船用柴油机操作时燃油器具的使用及其保养

1. 概論	91
2. 噴油器的使用和保养	91
3. 噴油泵的維護及其保养	104
4. 輔助工序	107

第五章 燃油器具在檢查-調整站中的檢查和調整

1. 燃油器具調整前的准备工作	111
-----------------------	-----

2. 噴油器的檢查和調整.....	112
3. 噴油泵的拆卸和裝配.....	132
4. 噴油泵的檢查和調整.....	142
5. 輔助設備的檢查和試驗.....	170

第六章 發動機上噴油泵的安裝

1. 法蘭型噴油泵的安裝.....	173
2. 本身帶有傳動機構的噴油泵的安裝.....	176
3. 油泵-噴油器的安裝	178
4. 管系的安裝.....	180

序 言

苏联水上运输事业的实力和技术装备在一年一年地增长。

按照苏联共产党第十九次代表大会指示，在最近的五年计划中大大的增加船队的总吨位和修理船舶企业的实力，扩大和改建港口和停泊岸线，以保证海运和河运事业的工作质量得以不断地改善，且使运输量不断地增加。从苏联最高苏维埃第五次常委会和苏联共产党中央委员会九月份全体会议的历史性的决议来看，更将增加水上运输业的作用。海洋和內河船队的使命是完成不断增长的国家所消费的商品运输量。

保证完成和超额完成国家的运输计划和船队的有效使用，在很大的程度上有赖于船用机器及机构的适当的保养及其完善的操作。

运输船队拥有大量装备着压燃式内燃机的船舶，而内燃机最有效和最经济的操作在各方面很有赖于燃油器具如喷油泵、喷油器等毫缺点的运转。因此组织燃油器具正确的技术操作和品质优良的修理是提高船用发动机使用效率十分重要的问题。

现代船用柴油机的燃油器具是在高压下工作的，它要求采用特殊材料，在制造上和修理上要求非常高的精确度，并要求高度熟练的操纵使用。船用发动机燃油器具的装置和使用的特点，以及保证它保持在正常的技术状态的必要，指导了对燃油器具的操纵使用及保养的方法和探讨。同时，考虑到先进船舶船员的成就和船队最好机械师的经验。这样便需要重新组织生产基地来制造和修理燃油器具的备件，以便对它进行检查及调整。

本书中，作者采用了柴油机燃油器具技术操作的组织基本原则，这些原则作者在1940年出版的著作“柴油机燃油器具的检查和调整”一书中曾经提及过。

本书研究船用直接喷射式柴油机的近代型式燃油器具的装置特点和分析其典型的缺陷。在这基础上，并说明其合理技术操作的实用方法，指出在船上航行条件下和按发动机的维护而进行的预防性保养措施时，喷油泵和喷油器的检查和调整方法。

关于柴油机燃油器具的操纵使用方面，进一步总结海船和內河船只上船员的先进经验和成绩所得的结论，是必须加强和改善它技术操作的组织形式。

作者对荣获斯大林獎金者阿·亞·阿耳費羅也夫和技术科学博士斯·符·普加夫科教授在閱讀本書原稿和在准备出版时所提出的宝贵意見表示感謝。

第一章 柴油机的燃油器具及其特点

1. 对燃油器具总的要求

船用柴油机燃油系统是由一系列的主要部件所组成的，其中每一构件对保证燃油可靠的和不中断的喷射起决定性的作用：如喷油泵、喷油器、喷油泵传动机构、输油泵、滤器、压油管系、低压管系等。在许多发动机上，调速器是喷油泵构成的一部分。此外，在可逆转的船用发动机上，燃油器具常常装有倒顺车装置。

燃油器具的每一部件预定作为一定机能的用途，而它是由一定数量的参数来严格地评定的，这些参数在发动机工作时，在一定的运转情况下，应保持不变。与这些参数有关的是：压油量、燃油开始供给时刻和开始喷射时刻和喷射压力等等。

当工作情况变化时：即指当船用内燃主机运转速度和负荷发生变化时，或指当等转速下工作的内燃辅机负荷变更时，参数的变更具有重要的意义。

为了正确地使用柴油机的燃油器具，必须很好地了解它的装置，各个部件的工作特点和主要的技术数据及要求：尺寸、类型、制造和装配时的公差、容许的间隙等等。对制造和装配的精确度提出很高要求，是现代压燃式发动机燃油器具工作的特点。

主要的要求是燃油系统每循环所应供给与发动机汽缸的燃油配量（计量）的精确性。为了对燃油供给量具有明确的概念，我们可以作十分简单的计算。很明显地，燃烧每 1 公斤石油类的液体燃料需要（理论上）约 15 公斤的空气。它大约有相当于 12.5 公尺^3 的空气容积。每 1 公斤的液体燃料的容积差不多大于 1 公升。在允许的准确度下，可取 1 公斤燃油等于 0.0011 公尺^3 。15 公斤空气同 1 公斤燃油的容积的比约为 10000 : 1。但是发动机一般都比理论需要还要多的过量空气来工作。在高速发动机上，过量空气率平均是 50%，而在低速发动机上则是 100%。因此，喷射入汽缸内用以燃烧的燃油容积同进入发动机汽缸内的空气容积成为 1 : 15000 到 1 : 20000 的比率。

充入汽缸内的空气量可以近似地假设等于工作容积。例如，KДМ-45 型发动机的汽缸工作容积为 $V_s = 3.38 \text{ 公升}$ 。注入汽缸内的燃油量根据上述简

單的計算，如採取過量空氣率等於 50%，則可得到：按容積而算約為 230 公厘³/循環或者按重量算約為 0.200 克/循環。KДМ-46 型發動機在最高功率時，噴射燃油量的技術條件規定為 0.204~0.212 克/循環。①

現採取 6BK-43 型船用低速發動機作為另一個例子。它的工作汽缸容積為 $V_s = 28.4$ 公升。每一循環噴射入汽缸內的燃油量，按上述的比率可以規定約為 1400 公厘³，或者約為 1.2 克/循環。這是同燃油供給系統每一循環噴射入 6BK-43 型發動機汽缸內的實際燃油量相符合的。

上述二個例子指出，每一循環發動機燃油系統壓入的燃油量是這樣的少。為了明確地提出燃油配量的數值，可指出，200 公厘³ 是相當於直徑約為 7.25 公厘的球形油滴。如此少量的燃油是用十分高的壓力來壓入的。如在 ЯА3-204 型二沖程高速發動機上，它的噴油泵每一循環供給 0.053 公分³ 燃油（這是相當於直徑約為 5 公厘的油滴），在系統內的燃油壓力達到 1200~1500 大氣壓。

以上的探討可得出這樣結論，就是必須如何準確地製造燃油器具的零件，和當操作及修理時，必須保證零件和所用燃油的潔淨，這都是很重要。為了得出對二沖程高速柴油機的燃油系統工作條件的全面概念，我們可以補充這一點，這系統每秒鐘內應實現 33~34 次微量的燃油噴射。

燃油是通過噴油器中噴嘴上直徑為 0.15~0.5 公厘的噴嘴孔在壓力下壓入汽缸內的，這壓力在高速發動機上可以達到 700~1500 大氣壓。在發動機工作時，這些孔不應該堵塞，而它的直徑也不應該顯著地擴大。

所有這些，僅僅當燃油器具零件是在正常條件下工作時，才可以得到保證。

所謂柴油機燃油器具工作的正常條件，可以理解為燃油的潔淨毫無缺點，從加油開始到供給入汽缸內為止，防止它滲有污垢及水份，保證對器具的必要的保養，這是有賴於一系列按技術維護的定期操作：檢查、調整、工作前的有系統的觀察。假如不完成必要的保養，則燃油器具的零件便會過早的用舊和損壞，因而而不仅仅引起發動機正常工作時發生停車，並且由於破壞了汽缸內工作循環而使其損壞。

① 四沖程發動機的噴射燃油量準確地可按下列公式計算：

$$\Delta g = \frac{g_e N_e 200}{6n} \text{ 克/循環}$$

式中： g_e ——燃油消耗率（克/馬力小時）；

N_e ——單缸功率（馬力）；

n ——曲軸每分鐘轉數。

燃油噴射的延續時間是確定噴射規律的主要參考數之一。按發動機機型和按所採用的混合系統的不同，噴射的延續時間在正常運轉時可定為噴油泵的凸輪軸 $10\sim 35^\circ$ 的旋轉角度。在最廣泛採用的型式的燃油系統內，當負荷有變化時，噴射延續時間會有很大的變化。因此，噴油泵凸輪的輪廓對噴射燃油入工作汽缸內的延續時間和速度具有很大的作用。在船用主機上（連接推進器而工作的），當運轉情況有變化時，負荷和曲軸的轉數是有變化的，因此，噴射的延續時間也有變化。在這種情況下，噴油泵凸輪的輪廓的影響更加明顯。

燃油開始噴射入燃燒室內的時刻對燃燒及自然過程的進行具有很重要的意義。燃油噴射開始時刻關係着發動機的工作經濟性和可靠性；同它有關的還有燃燒產物的燃燒及其擴散的特點，汽缸內最高壓力和壓力增加的速度。當噴油相對於上止點大大地提前時，則大量的燃油在自然延遲期前儲存在汽缸內。這樣會隨伴着壓力的強烈增加，這增加會引起發動機很粗暴的工作，並使循環的最高壓力十分的高。當着噴射時間較遲時，循環的壓力和壓力升高率大大地降低，但是由於這樣，燃油的燃燒會延長到循環的膨脹時期，使循環的經濟性惡化；而發動機即過熱。噴射的開始時刻與實際上較為容易測定的燃油開始供給時刻有關。

斷油和噴射結束時刻也是很重要的，其重要性並不弱於燃油開始供給時刻。在斷油的時刻，燃油霧化應從噴油器“脫離”；噴射後不應產生針閥的再次開啟或燃油的漏滴現象（這些可能由於各種原因而引起，以下會詳細研討）。必須爭取全部消滅漏滴現象，因為在這時候從噴油器流出的燃油並不具有必要的速度，由於這樣便不能保證燃油在燃燒室內所需要的霧化和穿透的質量，燃油燃燒惡化、排氣冒煙、燃燒室積炭和活塞環更加快地結炭。

漏油現象不僅是由於燃油系統內任何的缺陷而產生的。有些燃油系統的工作（由於它們結構的特點）會不可避免地隨伴着漏油現象。在這種情況下，必須採取一切的措施（當結構已經確定時）以減少漏油，否則便不能保證工作循環的適當的進行，同時燃油消耗率也會增加。

為使多缸式發動機均勻地運轉，在所有汽缸內工作過程進行的一致性具有重大意義。燃油器具各構件必須保證不僅在所有的燃燒室內供給相同數量的燃油，還需保證燃油的混合、自然和燃燒的條件的相同性。這只有當燃油的噴射開始時刻，噴射的延續時間和它從噴油器霧化出來的質量在所有的汽缸內都是一致的情況下才有可能。此外，當發動機的工作運轉情況變化時（其時噴射的燃油量和運轉速度同時變化），保持在所有的汽缸內工作過程的一致性

极为重要。为着达到所有这些要求，燃油系统各个构件不仅应该在几何上相同，还须在流体动力学上也相同。流体动力学上的相同性是指当发动机在各种运转情况下工作时，每秒钟的燃油供给量同压力的变化应有一致性。所以在检验燃油系统的几何参数的同时，还必须特别地检验它的流体动力参数。只有在保持几何上和流体动力学上的一致性之后（在规定的公差范围内），燃油系统的构件才可以允许加以装配和调整。

为着更明确地规定燃油系统的工作条件，特别是关于压力变化的数值和特性，图1给出在带有闭式喷油器的发动机燃油系统的压油管系上所取得的

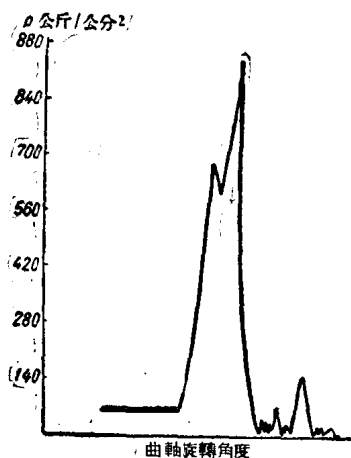


图1 喷射过程指示图

指示图。在压力上升线上的阶梯部分即相当于喷油器开启的时刻。由于针阀在喷油器壳体内升高而让出了容积，压力多少是降低了，然后又继续增加，直至柱塞压油行程终止为止。在断油后，在系统内的压力便降低；这时，它小于开启时的压力，喷油器随即关闭。由于燃油的弹性特性，在压油管系内产生压力的振荡。假如这振荡很大，则可能使喷油器再次开启。这是很不希望有的现象，因为它的再次开启适巧是当压力较小的时候，当时燃油燃烧过程正在结束，而工作气体的膨胀正在开始。再次开启会引起燃油浪费。

2. 燃油供给系统和燃油器具的主要型式

现在有许多各种各样型式的燃油器具。但是全部可以按照燃油喷射方法，区分为两个基本互相不同的主要系统。

在第一种情况下，燃油喷射过程是直接由喷油泵的工作，也就是由它的柱塞的动作规律（即指柱塞的升程随凸轮轴旋转角度而变的关系）来确定的，喷油泵把燃油压入喷油器内，而直接控制着喷射的开始和终止时刻。这样的系统称为直接喷射系统。

在另一种情况下，压油过程是同配量和喷射分开的。喷油泵的作用仅仅是在于保持燃油的一定压力，而在喷射过程中它是间接地参加喷射的。配量和喷射照例是同喷油泵的工作没有关系的。通常燃油的配量是用同喷油泵没有关

系的特殊裝置來進行。這類噴油泵系統稱為間接噴射系統^①。

此外，還區別出所謂分段的或分級的噴射。在這些燃油系統上，噴射過程是分為幾部分，一般是分為兩部分。

噴射的分段是在大大的提前的噴射期內，把小部分燃油噴入汽缸，在它開始燃燒後，再把余下的（主要的）部分燃油噴入，這部分立刻以極小的自然延遲期來燃燒；這樣便有可能降低高速發動機上的最高壓力。

在直接噴射的燃油系統內，壓入燃油所必須的功能是直接由噴油泵供給的。噴射的規律（按時間而定的燃油供給量規律）是由柱塞移動規律來規定的。在間接噴射系統內，噴射燃油所必須的功能是聚集在特殊的液力或機械的蓄器內。

這些供油系統中每一類系統都可以按照燃油配量的方法來進一步分類，以後將加以詳述。

在柴油機上燃油的燃燒過程在很大的程度上決定於噴射過程，特別是決定於按時間而定的燃油供給量規律——亦即決定於在噴射的各個時期中，例如，曲軸旋轉每一角度時進入燃燒室的燃油量。燃油供給量規律確定了循環的經濟性和一系列其他的因素。

一般可肯定，燃油自然延遲期越短，在自然時期聚集在汽缸內的燃油越少，則工作過程進行得越好。為了減少在噴射開始時噴入的燃油量（即在自然延遲的期間內），可採用分級壓油的燃油系統。可用各種方法來分級地壓油——由各種凸輪傳動和噴油器的特殊機構來實現。

圖2所示為直接噴射和間接噴射的燃油系統簡圖。

在直接噴射系統內（簡圖a）柴油機的每一工作汽缸都具有獨自的噴油泵。所有的噴油泵都聯合為一個箱1，並由凸輪軸2來控制。每一噴油泵供出了噴射所必須的燃油配量之後，便沿着管系3，把它壓入噴油器4。噴射過程進行的規律及噴射的延續時間都決定於噴油泵的工作，此外還有賴於噴油器的調整工作。調速器5，通過槓杆和拉桿系統，對燃油泵上供給燃油量的調節機件起作用，使它保持了規定的運轉情況。

在間接噴射系統內（簡圖б），燃油器具構件的作用有所不同。燃油從油箱1通過濾器2流入油泵3，便把發動機開動起來。噴油泵3把燃油（與噴射開始時刻不相關地）壓入管子4，這管子便作為燃油的（液力的）蓄器。在這蓄器內，可用噴油泵來達到必須的壓力——根據不同的調整，從400到700大氣

① 在現代船用柴油機上，這樣的噴射系統是很少見到的。

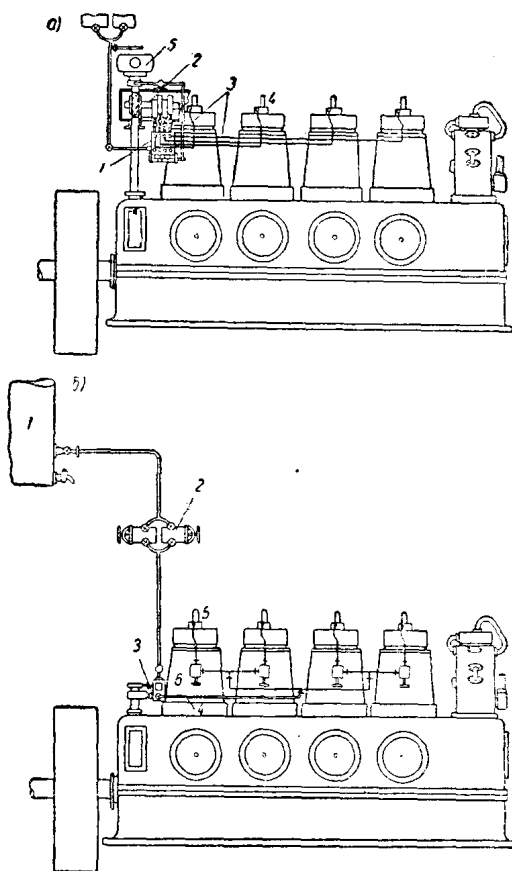


图2 直接和間接喷射的燃油系統簡圖

压。例如，使压力自动地用减压阀保持在該数值。燃油便从液体蓄器流向配量裝置 6，以后再流入噴油器 5。喷射的延續時間，压入的燃油量和供油开始的时刻都决定于配量裝置 6 的工作。間接喷射系統也可以不裝置配量裝置 6，这时用噴油泵或噴油器来配量。

图 3 所示为船用直射式发动机供油系統原理簡圖。

最簡單的系統是簡圖 1。燃油从日用油箱 1 沿着燃油管系 2 通过濾器 3 自行流入噴油泵 5。燃油从噴油泵 5 沿着压油管 11 流入噴油器 8。有些时候，在噴油泵与噴油器之間安裝着高压燃油濾器 7。在某些发动机上，燃油不是直接从日用油箱流入噴油泵，而是預先通过一个等油位箱(簡图中未示出)

以便保证在喷油泵的吸油总管內具有恒等的压力。当断油时，从喷油泵流回来的燃油沿着小管子6倒流入(按简图1)吸油总管內。有些时候是在喷油泵壳体内回油；在这种情况下，便没有装置回油管6的必要。上述系统简图的缺点是当回油时，渗入燃油的空气小泡可能破坏燃油系统的正常工作。为着避免这现象，在某些发动机上，管6直接通到日用油箱(简图II)，在这箱內空气泡便与燃油分离。

近代最广泛地采用的系统是用高达0.5~2.5大气压压力来向喷油泵供油。为了这个目的，可采用特殊的输油泵。在吸油总管內提高压力，不仅保证在各种温度条件下可靠地供给燃油，同时还允许采用效率高的滤器以精滤燃油。由于这些滤器具有很大的阻力，所以不能保证在自流时带有普通压头的燃油能自由地流通(简图1)。

在简图III、IV和V中，燃油用辅助输油泵9供往喷油泵。用以粗滤燃油的附加的滤器4安装在输油泵之前。为了使输油泵的供油量同主喷油泵互相符合，有时还装有回油阀10，多余的燃油通过这个阀流回日用油箱內。

简图III和IV的区别是在于断油后在喷油泵5內的燃油在一种情况下流向管系，而在另一种情况下，流入燃油滤器3。某些燃油系统內在断油时，从喷油泵流回来的燃油沿着同一管系流到日用油箱內，沿着这管系可通过回油阀10引出多余的燃油。

简图V表示把输油泵9接入供油系统，而不需要独立的管系以供多余的燃油回流，因为供给到油泵5的燃油是自动地利用输油泵内部的有关装置来调节的。由于这样燃油系统总的简图可以简化，所以不必要装上专用的回油阀和附加的燃油管系。

要在发动机上顺利地使用人造液体燃油，便要建立新结构的燃油系统——即是双燃油系统。双燃油系统实际上就是在同一发动机上本身具有两个燃油系统(简图VI)。每一燃油系统分别供指定种类的燃油之用。这是由于要燃烧一些燃油，例如煤的再处理而得的某些燃油，便要求在发动机的汽缸內具有更高的温度和压力。为了便于起动，发动机开始用普通石油类的柴油，而

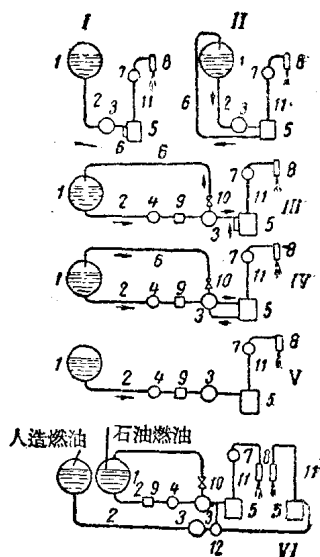


图3 船用直射式发动机供油系统原理简图

在发动机逐渐走热后再轉用人造燃油。

因为在起动和空车时所需要的燃油比全功率工作时較少，所以用作把发动机起动的噴油泵的尺寸也比較小。簡图上数字 12 是指三通旋閥，以接通两个燃油系統。

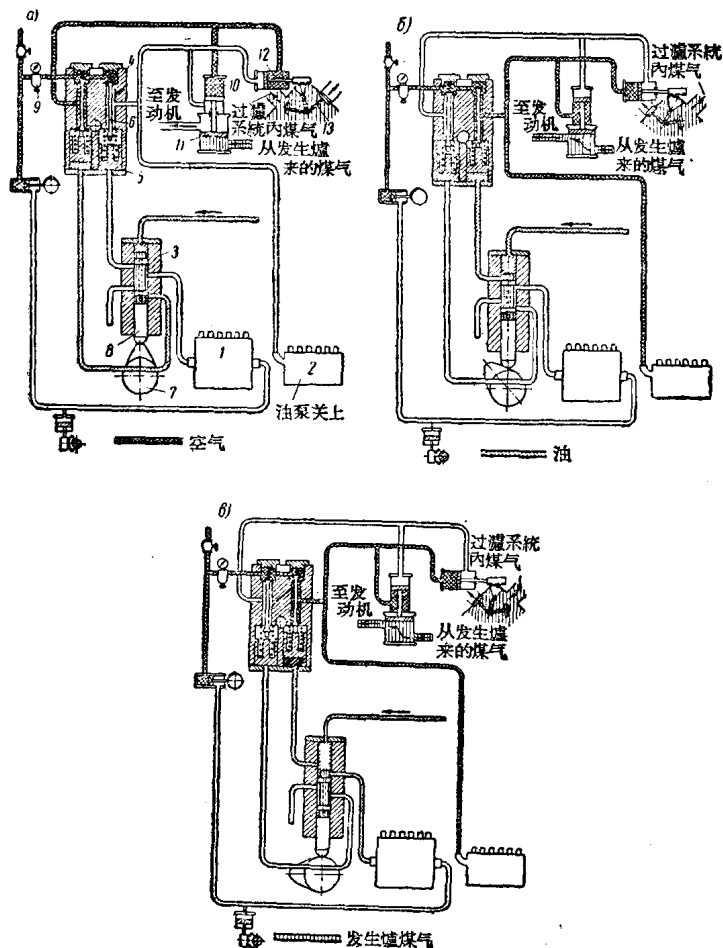


图 4 船用煤气燃油发动机双燃料系統和自动操縱的原理簡图

1-为操縱用的噴油泵；2-引燃用的噴油泵；3-滑油分配器；4-自动操縱閥；5-小活塞；6-閥；7-操縱凸輪；8-滑油分配旋閥；9-空气減压器；10-断油閥的伺服机；11-活塞式活門；12-煤气发生爐換向閥的伺服机；13-換向閥。

除了上述的船用压燃式内燃机供油的几个系统外，在煤气燃油发动机上亦采用双燃料系统。为了起动和操纵，这些发动机常常具有供油量大的独立燃油系统。当发动机正常地用煤气并加有燃油而工作时，尺寸较小的第二个燃料系统便开始作用，这样可以大大地减少引燃用的燃油的消耗率。当着发动机从一种燃料转移至另一种时，燃料系统便自动转换开关。

图4所示为双燃料系统及其自动操纵的原理简图。

同喷油器连接的有两个喷油泵：大的用来起动和操纵发动机，小的作为供给引燃用的燃油。每一个喷油器可从这一个或另一个喷油泵得到燃油，因为它们之间的压油管系是用三通管连接起来的。当发动机起动时，操纵台的凸轮机构抬起滑油分配器的旋阀，如图a所示。发动机滑油系统出来的滑油流向自动操纵器的左面的阀，这阀打开伺服机的空气入口，该伺服器又打开从煤气发生炉通到发动机的煤气入口。大的喷油泵使弹簧机构进行动作，然后燃油被压入喷油器。这时，引燃用的喷油泵的弹簧自动地切断供油。

当发动机开动后，用操纵台的手柄来移动凸轮使发动机专用煤气（简图б）。在这种情况下，滑油分配器的旋阀达到某一中间位置。从滑油系统出来的滑油抬起自动操纵器右面的活塞阀，在空气压力下，伺服机的活塞移到另一边，打开了从煤气发生炉通到发动机的煤气入口。在这同时，空气进入到小的伺服器内，这伺服器使引燃用的喷油泵工作起来。因此，在这种（中间的）运转情况下，进入汽缸的燃料既有煤气又有从二个喷油泵所供给的燃油。此后，横杆立刻转移到第三个位置；操纵台的凸轮机构脱离了滑油分配器，它的旋阀就向下移（简图в）。从滑油总管出来的滑油流向大喷油泵的伺服器中并把它

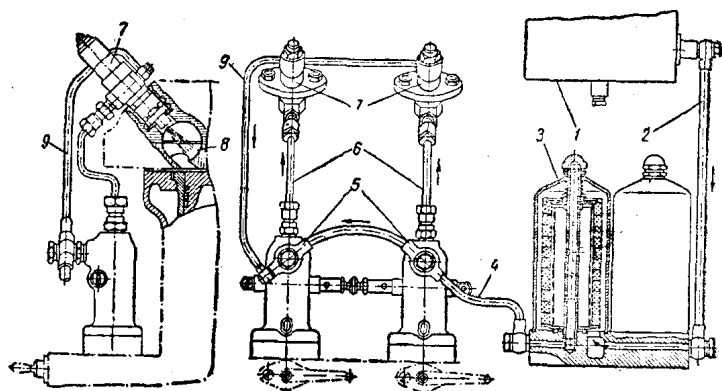


图5 24 10.5/13 型柴油机供油系统

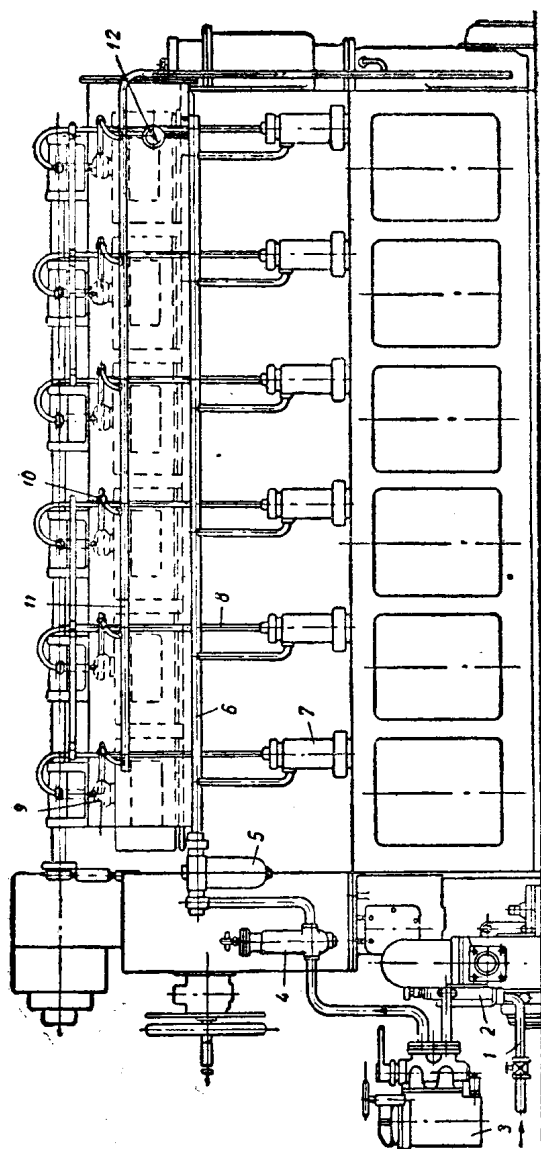


图 6 18 A 型发动机供油系统