

# 机动木帆船轮机员教材

## 第二册

南京长江航运学校 编



人民交通出版社

“机动木帆船轮机员教材”是为了适应全国木帆船机动化，培训大批机动木帆船轮机人员的迫切需要，根据内河小型拖轮和机帆船的特点而编写的。本书适合具有高小以上程度的学员使用，可以作为各地内河船舶轮机人员培训的教材或教学参考书，也可供内河船员自学或机务人员参考之用。

全书共分为四册：第一册内容是：柴油机的基本原理和柴油机的主要部件；第二册内容是：柴油机的各系统；第三册内容是：柴油机的辅助装置和柴油机的管理；第四册内容是：煤气机和煤气发生炉、解轴系统和推进器、船舶辅助设备。本书为第二册。

在学习本教材之前，应视具体条件，先学习下列基本知识：看图知识，简单的物理、化学知识和基本电工知识。如作训练班教材使用，则教学时间为100小时，第一、二、三册占68小时，第四册占32小时。最好学员先在船上实习一、二个月，再按本书内容进行课堂教学。课堂教学尽量采取直观教学方法，在教完一定章节之后，立即在实习车间进行实习，并组织讨论，还适当的进行阶段测验，这样可使理论联系实际，对所学知识容易掌握和巩固。

## 机动木帆船轮机员教材

### 第二册

南京长江航运学校 编

\*

人民交通出版社出版

(北京安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第〇〇六号

新华书店科技发行所发行 全国新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

\*

1960年8月北京第一版 1960年8月北京第一次印刷

开本：787×1092毫米 印张：2.5张

全书：52,000字 印数：1—5,500册

统一书号：15044·5233

定价(3)：0.23元

## 目 录

### 第三章 柴油机的各系统

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一节 燃油的喷射、燃烧及其系统..... | 2  |
| 第二节 发动机的润滑与润滑油系统..... | 36 |
| 第三节 发动机的冷却与冷却水系统..... | 49 |
| 第四节 进排气系统.....        | 61 |

## 第三章 柴油机的各系統

### 第一节 燃油的喷射、燃油及其系統

#### 一、燃油的喷射

把燃油成霧狀噴入工作氣缸的方法，叫做“噴射”。而完成這種噴射任務的機械裝置叫做噴射裝置。

##### 1. 噴射的要求：

為了使燃料噴入氣缸後，能有效地進行燃燒和膨脹，發揮它的最大效能，提高機器的效率，所以對燃油的噴射，有以下幾點要求：

##### 1) 定壓

噴射裝置必須能使燃油產生一定的壓力，這個壓力要超過工作氣缸中最高壓縮壓力，不然的話，燃油就無法噴入氣缸中；另一方面燃油借此高壓，通過很細的噴油孔，產生極大的速度，才能噴成霧狀。一般柴油機的噴射壓力約為150~350公斤/厘米<sup>2</sup>，但也有超出此範圍的。

##### 2) 定時

噴射裝置一定要能夠正確地控制噴油開始的時間，以配合活塞的動作，使機器發出較高的馬力。如噴油過早，因氣缸內的壓力極度不夠而增加了發火延遲（從噴油開始到發火燃燒之間所須的時間），這樣燃油噴入氣缸後便積存起來，等到開始燃燒時，就會猛烈的爆炸，使機器發出沖擊聲，並且運轉也不平均。另一方面，由於燃油在很短的時間內燃燒完畢，以致使

燃烧气体的最高压力产生在活塞到达上死点之前，这样，燃烧气体的压力不但没有依照原来的转向推动活塞向下运行而作功，反而将其一部分力量消耗在阻止活塞向上运行的上面，等活塞越过上死点向下运行时，燃烧气体的压力已经下降，以致活塞在下行的后阶段中，燃烧气体的工作能力已经很小了。这样，若与正常的喷油规时比较起来，所作的功较少，使机器的输出动力减低，也就等于增加了燃料的消耗量。如喷油过迟，则活塞或已越过上死点而下行，到排气开始时，燃油还没有完全烧完，结果，机器也是不能输出最大的动力，同样要增加燃油的消耗量。

### 3) 定量

在机器载荷和速度不变的情形下，喷射装置要能使每一个气缸每一次的喷油量都相等，这样才能使机器运转均匀。此外当机器的载荷或转速有增减时，喷射装置也要能使喷入气缸的油量适当的增加或减少，以便适应机器的需要。

### 4) 雾化

我们知道，要使燃油得到良好的燃烧，必须使燃油和空气的接触面加大，所以喷射装置应把燃油变为雾状的细微粒子而喷入气缸中，使它与空气能得到最大的接触面，以达到完全燃烧的要求。

另一方面，良好的雾化可以加速燃油的蒸发，促成燃烧，缩短发火延迟，提高机器的热效率。

### 5) 分配

喷射装置在构造上，不但要能使燃油良好的雾化，并且要能使雾化后的细微粒子平均地分配在燃烧室的各处，使它在燃烧时能充分的利用空气，达到完全燃烧。

## 2. 喷射装置的分类：

柴油机燃油喷射的方法有气力喷射和机力喷射两种，现代的柴油机大都采用机力喷射法。在机力喷射装置中，型式也很多，如按照它们的构造和动作原理来区分，一般可以归纳为以下的几种型式：

1)单位泵式：每个工作气缸各具有一个高压油泵和一个喷油器的一种喷射联合装置，由于在这种装置中所使用的高压油泵，大都为波施式高压泵，所以也可叫做波施高压泵式喷射装置。

2)组合式：又叫泵-喷油器式，它和单位泵式基本相同，不过是将高压油泵和喷油器组为一体而已。

3)共管式：各个工作气缸的喷油器共有一个高压油管，并自行控制喷射规时的一种喷射装置。

4)分配器式：由一个高压燃油分配器定时地将高压燃油分配给各个工作气缸的喷油器而进行喷射的一种喷射装置。

下面仅就目前内河中应用较多的一种“波施高压泵式”喷射装置重点加以介绍。

### 3.波施高压泵式喷射装置：

这种装置的总体布置情况，如图61所示，将在燃油系统中加以详细说明。现在，我们仅将输送高压燃油的波施高压泵和喷油器先作介绍。

#### 1)波施高压泵

##### (1)构造：

波施高压泵为一般四冲程柴油机所采用，它是由和气缸数目相同的啮子和啮筒套所组成，併排地组合装置在一个外壳里，如图45所示。外壳为生铁铸成，里面装有六个啮子泵，每一个啮子泵的上部有一个高压油管和气缸头上的喷油咀相通，以便把压力油送到喷油咀喷入气缸。外壳上部的里面有一条燃油通

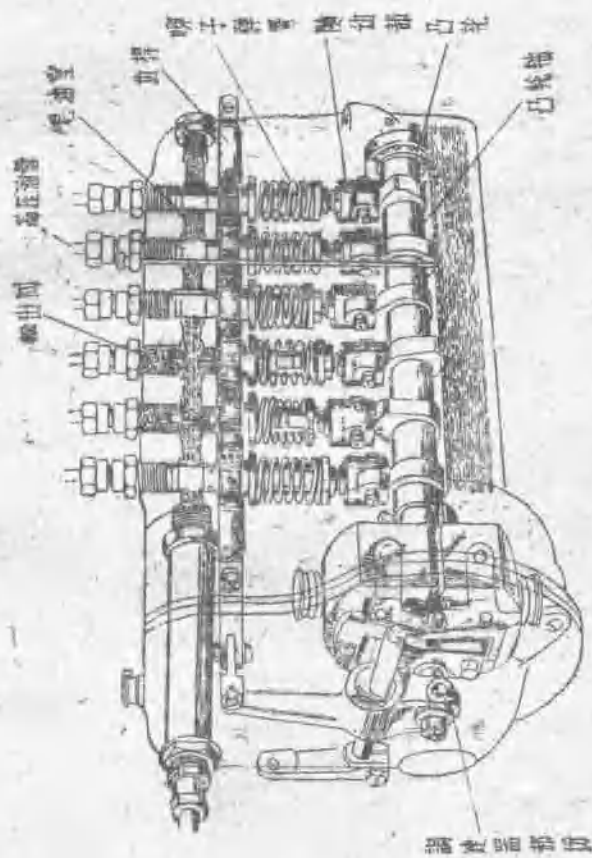


圖45 結構高壓泵之一

路，叫做总油室，它和每一个唧筒套上的左右两油孔相通。总油室左端与进油管接通，用以输入燃油；右端和回油管接通，以便把多余的燃油送回油箱。在总油室的下面，每一个唧筒泵的中部装有一个管制唧子转动的小齿轮，它们都和齿杆相衔接，并被齿杆统一操纵。齿杆的动作是被调速器连杆或转速操纵杆带动的。外壳下部的里面，装有一凸轮轴，轴上装有轮顶排列角度不相同的六个凸轮，凸轮和唧子泵下部的随动部接触，用来把凸轮的动作传给唧子。随动部的上面有唧子弹簧，它可以使随动部紧贴在凸轮上，以保证唧子能按凸轮的形状在唧筒套内上下运动。外壳的底部盛有润滑油，用来润滑凸轮和随动部。

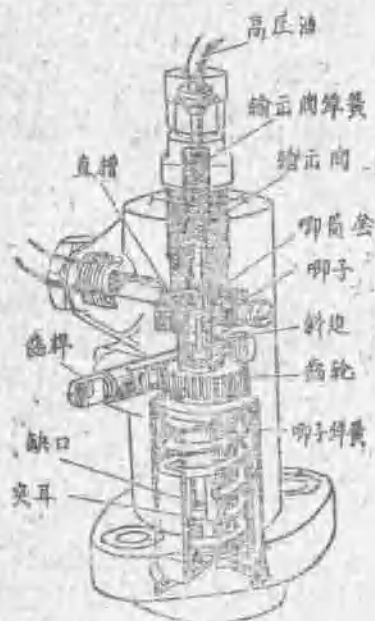


图46 波施高压泵之(二)

图46表示一个独立的高压泵，从这个图上可以看出唧子泵

的内部构造，唧筒套上有左右两油孔，是唧子室和总油室的通路；唧筒套内有一可作往复运动的唧子，唧筒套和唧子都是用镀铬钢制成的。它们中间的空隙约为0.05毫米，在这空隙内布满燃油，可起冷却及润滑的作用。在唧子顶端的侧面上开有一条直槽，直槽右边又有一凹下的斜边，并和直槽相通。唧筒套下部的外面，有一套管和小齿轮成为一体，套管下部有两条缺口。唧子的下部有两个突耳，正好嵌在套管下部的两条缺口内，突耳可以在缺口内上下滑动。这样，当齿轮转动时，唧子在唧筒套内也随着转动，但唧子作上下运动时却和小齿轮无关。唧子下部和随动部相连接，在唧筒套顶端有一输出阀。用来管制压力油的输出，并有阻止喷油咀和高压油管间燃油倒流的作用。输出阀上面有输出阀弹簧，它把阀紧压在阀座上。阀是圆柱体，四周有四条凹槽，它的断面象是一个“十”字形，这样，四周的凹槽可使燃油通过。阀杆可以使阀在阀座上有正确的位置，当唧子室内燃油的压力超过弹簧的压力时，阀就被顶开，唧子室的油压降低时，由弹簧的压力把阀关闭。

## (2) 喷油动作：

当凸轮转动时，经过随动部的传动，使唧子在唧筒套内上下运动。当唧子下行到最低位置时，如图47之(1)所示，燃油从总油室经左右两油孔进入唧子室，这时输出阀被弹簧压紧关闭。当唧子上行时，如图47之(2)所示，唧子首先将两油孔关闭，再向上行，唧子就把燃油加压，当燃油的压力超过输出阀弹簧的压力时，输出阀被打开，燃油就经输出阀及高压油管到喷油咀喷入气缸。在左右两油孔被遮闭的时间内，气缸内一直在进行喷油。如图47之(3)所示，当唧子上行到斜边与右油孔相通时，唧子室内的燃油就可由右油孔流回总油室，这时唧子室内的油压突然降低，输出阀被弹簧压回到阀座上关闭，油路断

起，噴油咀也就停止噴油。

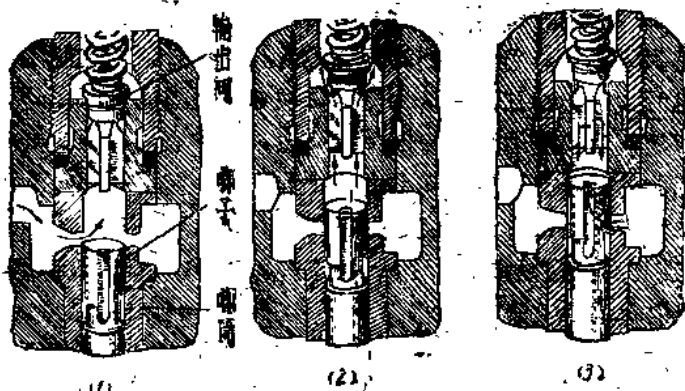


图47 波施高压泵的压油动作

### (3) 油量管制：

机器在不同的载荷及转速下，啞子所供給噴入工作气缸內的油量是不相同的，而齿杆就担任了这个調整噴油量的任务。由图47可以看出，油泵开始噴油的时间是不变的，都是当啞子把两油孔遮閉以后时起，但噴油完毕的时间却是随着右油孔被斜边打开的早晚来决定的。打开愈晚时，噴油時間长，噴油量愈多；打开愈早时，噴油時間短，噴油量愈少。所以要达到變更油量的目的，只要使啞子在啞筒套內轉一角度，使右油孔和斜边的关系位置變更一下就可以了。这项工作是由齿杆帶動齿輪轉动啞子来完成的。波施高压泵的油量調节情况可以用图48所示，三个啞子所在的不同位置來說明：

如图48之(1)所示，直槽靠近左油孔，右油孔被斜边打开的时间最晚，噴油量最大；

如图48之(2)所示，直槽在左右两油孔的中間，右油孔被斜边打开的时间适中，噴油量正常；

如图48之(3)所示，直槽和右油孔相对，唧子无法压油，喷油量为零。

#### (4) 规时管制：

为了完成柴油机喷油规时的要求，所以各种喷射装置上都有管制喷油定时的机件。波施泵上的规时管制，是由凸轮来担任的，因为唧子在唧筒套内的

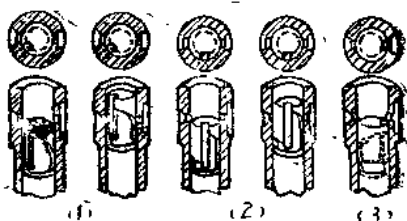


图48 波施高压泵的油量管制

的上下运动，是由下部的凸轮来管制的，每个唧子在凸轮轴上有其安装角度各不相同的凸轮，以便适应各个气缸的喷油规时。这个凸轮也和气阀的传动凸轮轴一样，它和机器的曲轴有一定的关系位置和转速比例，所以如果要变更喷油规时，只须使凸轮轴转动一个角度，使它和曲轴的关系位置变更就可以了。

#### 2) 波施喷油器 (或喷油咀)

喷油器是喷射装置中完成雾化 和分配 两项要求的主要机件，现把它的构造和喷射动作讲解如下：

##### (1) 构造：

如图49所示，波施喷油器是由喷咀、针形阀、推杆、压力调整弹簧、调整螺钉、锁紧螺母、试针、进油管及回油管所组成的。喷咀内部中空，并有一锥形的贮油室；喷咀下部钻有极细小的油孔。针形阀为一圆柱体，下端呈锥形，以便装在喷咀内与空心贮油室的底部相吻合，保持油密。阀由弹簧的力量，通过推杆压紧在喷咀上。弹簧的压力可由调整螺钉来调整，以便管制喷油的油压。进油口与波施泵的高压油管相连接；回油口则与油箱连通。试针通过空心的调整螺钉和弹簧与弹簧下承

盘接触，用来检查喷油器是不是在进行喷油。

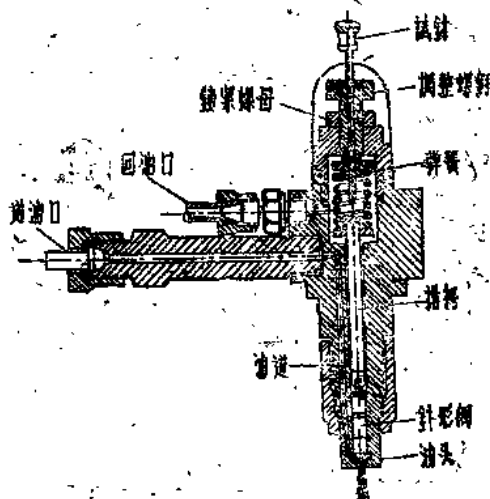


图49 喷射喷油器

## (2) 喷射动作:

当高压燃油从进油口进入后，由主体上的油道送到喷油咀内的油室中，燃油的压力作用在针形阀下端的斜面上，如油压超过弹簧的压力时，针形阀被推动向上，燃油就可经喷咀上的油孔喷入气缸。如泵上的输出阀关闭，那么喷油器内的油压必然降低，弹簧压力将针形阀压下，把油路切断，便停止喷油。

## (3) 喷咀的种类:

喷咀（或油头）是喷油器上直接完成雾化和分配两项要求的主要机件。喷咀上开有一个或数个小孔，这样燃油就可按各个小孔的不同方向，喷入并分配到燃烧室的各处去。

这些喷油孔都是极细的小孔，当高压的燃油通过这些小孔时，就以极快的速度呈液柱状喷入工作气缸的压缩空气中，液

柱在压缩空气中通过时，二者之间就产生一种摩擦阻力，由于这种摩擦力，液柱表面的油分子逐渐脱离油柱而分散，这种分离作用继续进行，直至整个油柱都分散成雾状的油粒子为止，这样喷嘴就完成了雾化作用。喷嘴按其构造的不同，可分为单孔式、多孔式和枢轴式三种。

图50之(1)为单孔式喷嘴。喷嘴下只钻有一个喷油孔，它的

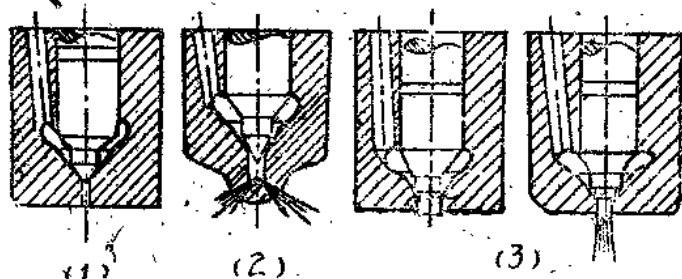


图50 喷嘴

直径较大(约1.5毫米)。这种喷嘴喷出的燃油，穿过空气的能力很强，但因它射出的液柱较粗，所以它雾化后的油粒子比较大。

图50之(2)为多孔式喷嘴。喷油孔的数目不定，一般有3~18个孔，孔的直径较小(0.15~0.45毫米)，这种喷嘴的贯穿力也很好，雾化后的油粒细小，分配也很均匀。

图50之(3)为枢轴式喷嘴。这种喷嘴的针形阀下端呈圆柱形，当针形阀被推动向上时，针形阀和油孔之间形成一间隙，燃油就从这个间隙中喷出，所以喷入工作气缸内的燃油，也呈一中空的圆锥形，雾化后的油粒很细小，但这种油头的贯穿力不强。

## 二、燃油的燃燒

### 1. 概述

什么叫做燃燒呢？燃燒就是物質的一種氧化作用。因此，燃油的燃燒，就是燃油中可以燃燒的物質和氧化合成為氧化物，同時放出熱量的一種化合作用。燃燒的情形有二種：一種叫做完全燃燒，另一種叫做不完全燃燒。所謂完全燃燒就是燃油中所含的炭與氫能夠和氧得到充分的化合，並放出燃料中所儲蓄的全部熱能。反之，燃油中的可燃物質，如果僅僅燃燒了一部分，就形成了所謂不完全燃燒，不完全燃燒所放出的熱能少，於是產生了燃油熱能的損失，這顯然不是我們所要求的。

但是要想得到完全燃燒，必須供給充分的氧，並使氧與燃油得到良好的混合，然後在適當的溫度下才能進行完全燃燒。液體燃料在未燃燒以前，首先要蒸發成為氣體狀態，然後才能充分的與氧混合並開始燃燒。因此，燃油的蒸發性與發火有密切的關係。

在發動機中，使燃油發火的方法有兩種：一種是用火焰，電火花或熱的固體等點火的東西和燃油接觸點火。另一種是不用點火熱源，而用壓縮或其他方法使燃料本身儲蓄熱量，增高溫度後自行發火，叫做自行發火或壓燃。柴油機燃油的燃燒就是壓燃，而汽油機、煤氣機等則是接觸點火。

### 2. 柴油機的燃燒過程

由於柴油機燃油的燃燒，是壓縮後自行發火，所以也稱為壓燃機。在壓燃機中，燃油的燃燒過程情況，可用工作氣缸內的壓力（ $P$ ）與曲軸轉角（ $Q$ ）之間的關係所繪出的曲線來說明，這個曲線簡稱為 $P-Q$ 曲線。

圖51所示，即為壓燃式發動機之 $P-Q$ 曲線，其中之虛線表示：

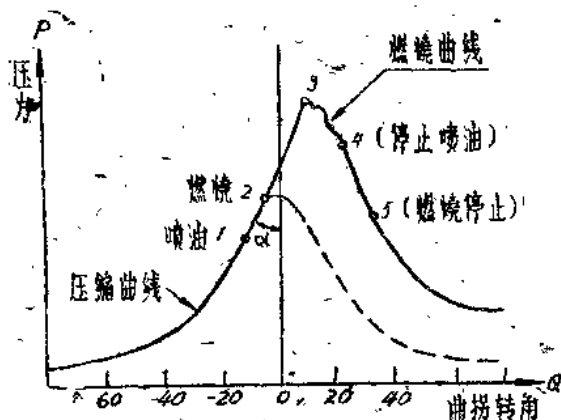


图51 压燃式发动机内燃烧各阶段之压力变化

当燃油不喷射时，工作气缸内的压力随曲轴转角变化之情形。显然，此时之压缩曲线与膨胀曲线对称。图中， $Q=0$ 时，即相当于活塞在上死点位置。

燃油之喷射自点1开始，燃烧则自点2开始。由于点1至点2间所喷入气缸内的燃油几乎是全部同时燃烧，故工作气缸内的压力急骤上升。自点3以后，燃油则随喷随燃，但由于这时活塞已向下运行，工作气缸的容积增大，故气缸内的压力大致不变，迨至点4位置时，燃油喷射停止，如有未燃残油，可在点4至点5一段时间内燃烧，此后即为单纯之膨胀过程。

从上图所示的情况表明，压燃式发动机内的燃烧过程可以分为四个不同的阶段：

1) 第一阶段1—2：称为发火延迟时期，或着火落后期。发火延迟时期又可分为两部分：一为加热时期，其时燃油喷射于气缸内的高压高温的空气中，吸收热量而气化，并与空气适当混合，将其本身温度提高至自燃点以上；另一时期为真正的化学着火落后。经这二个时期后，燃料方能发火而开始燃烧。故

燃油自开始喷射(点1)到开始燃烧(点2), 須經相当時間, 此段時間称为发火延迟期。

因最大压力应发生在上死点左右, 以得到最大的热效, 但发生延迟又不可避免, 所以就必須将喷射开始的时刻提前至1位置。

由点1至上死点之曲軸轉角称为喷射提前角, 其大小要看发动机的轉速而定。

发火延迟期能間接地影响发动机的运行情况, 故值得重視。如果延迟时期短, 发动机运行就平稳; 反之, 延迟时期长, 則当发火之前, 燃烧室內已积聚多量之燃油, 且已气化, 并与空气良好混合, 以致在发火时, 燃烧急驟猛烈, 压力上升率极高, 会引起发动机之敲震或损坏, 一般称为压燃机的爆燃。

在柴油机中, 影响发火延迟的一些因素如下:

(1) 溫度: 水套溫度和进气溫度增高, 都能使工作气缸中的空气在燃油喷射时的溫度增高, 因而使延迟时期縮短; 反之, 則延迟。

(2) 压力: 进气压力增加时, 会使工作气缸內的压力和溫度增大, 因而使发火延迟时期縮短。

(3) 霧化影响: 燃油滴的大小, 对延迟时期有极大的影响。若霧化良好, 液滴愈細, 則延迟时期就愈短, 所以要求噴咀能使燃油高度的霧化, 大致說, 霧化精細, 可使发火延迟时期降至0.0008秒; 若霧化不良, 可使发火延迟时期达到0.005秒。

(4) 喷射定时: 如果喷射定时調整适当, 使发火延迟能包括上死点位置, 則在延迟时期中工作气缸內的平均溫度及压力均增高, 延迟时期必短暫; 若定时太早, 延迟时期必延长, 同时由于此时活塞还在进行压缩冲程, 就使得燃烧过程, 第二阶段內的压力增加率增大, 最高压力也較高; 若定时太迟, 延迟时期仍

长，而活塞已接近膨胀冲程，故压力增加率及最高压力均较低。

(5) 着火性质：燃油着火性质对发火延迟时期的影响很显著。若采用易于着火的燃料，而其他情况不变，延迟角可从 $18^\circ$ 降至 $8^\circ$ 。

(6) 空气扰动：在压燃机中，空气的扰动，必能帮助空气与燃料的混合，若扰动增加，可以提高燃烧效率及增加输出功率。

(7) 燃料总量：从实验得知发火延迟时期，是随喷入工作气缸的燃油总量而变化的。

### 2) 第二阶段 2—3：称为急速燃烧时期。

由于在第一阶段中喷入工作气缸中的燃油的积存，及在压缩发火时不像电火花发火时是自一点烧起，故在 2—3 阶段内，工作气缸内各处普遍发火，迅速燃烧而引起压力之突然上升。此压力突升之大小，由第一阶段喷积在工作气缸中燃油之多少而定。

在此阶段内的压力上升率，如以每一曲拐转角计，应不超过规定限度，以免发生爆燃。这个规定限度随发动机的构造型式而变，但一般都不应超过 2.4 公斤/平方厘米/曲拐转角。

在这个阶段中的燃烧，几乎无法直接控制，但可用下述二原则间接加以控制，即减少在第一阶段内喷入燃烧室的燃油量，及设法使延迟时间缩短。第二阶段直接对压燃机的爆燃负责，而爆燃现象在空气扰动小的发动机中，问题较大，但如果空气扰动大、延迟时间短，往往能自动校正。显然，在压燃机中，避免爆燃的主要方法是设法使发火延迟时间缩短及避免过高的压力上升率。因而，燃油的原始喷射率不宜过高，但在高速柴油机中，喷射率若降低，就会影响燃烧过程的主部，因此又不宜将它降低。同时，应注意选择适当的燃油，因为混合工