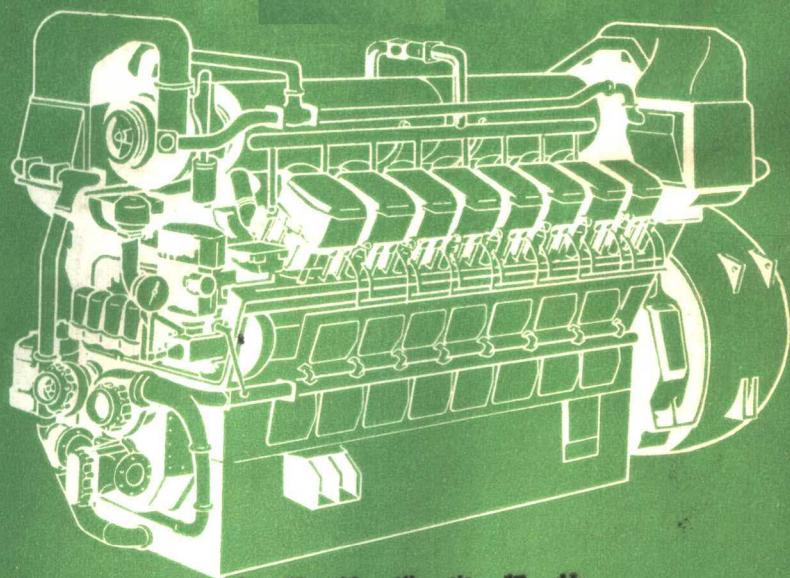


东风4型内燃机车丛书



16240ZA型柴油机

大连机车车辆厂编



人民铁道出版社

东风₄型内燃机车丛书

16240ZA 型 柴 油 机

大连机车车辆工厂编

人 民 铁 道 出 版 社

1977年·北京

内 容 提 要

本书介绍东风₄型内燃机车的16240ZA型柴油机构造和作用。着重介绍柴油机的固定机件、运动机件及辅助系统。此外，在书后还附有柴油机用的材料、齿轮、轴承以及零件配合间隙等资料，供运用与维修人员参考。

东风₄型内燃机车丛书

16240ZA型柴油机

大连机车车辆工厂编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

张家口地区印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：11.5 字数：237千

1977年11月 第1版

1977年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—14,000册 定价(科二)：0.82元

出版说明

在无产阶级文化大革命和批林批孔运动中，我国工人阶级以阶级斗争为纲，在毛主席独立自主、自力更生方针指引下，大长革命志气，破除迷信，解放思想，自行设计和制造了大马力东风₄型内燃机车，已经批量生产并投入运用。目前现场职工急需了解东风₄型内燃机车的结构和作用，因此，我们组织几个有关单位编写了一套丛书，其中有《16240ZA型柴油机》、《电机与电器》、《电气线路》、《辅助系统与辅助传动装置》、《车体与转向架》、《空气制动装置》等。

《16240ZA型柴油机》一书是大连机车车辆工厂编写的。

为了更好地配合全路职工技术培训工作的开展，殷切地希望广大读者对本丛书多多提出宝贵意见。

人民铁道出版社

1977年7月

目 录

第一章 概述	1
第一节 柴油机的前期发展过程	1
第二节 柴油机及其主要部件的技术数据	1
第三节 柴油机的工作原理	5
第四节 柴油机的总体结构布置	11
第五节 柴油机的特性	16
第二章 固定机件	29
第一节 机体	29
第二节 机座	40
第三节 连接箱和泵支承箱	43
第四节 气缸	46
第五节 曲轴箱防护装置	49
第三章 运动机件	51
第一节 活塞	51
第二节 连杆	58
第三节 曲轴	64
第四节 传动装置	72
第五节 盘车机构	77
第四章 配气机构	79
第一节 配气机构的结构布置及主要元件	80
第二节 气缸盖	86
第三节 凸轮轴	89
第四节 配气机构的调整	95
第五章 增压系统	98
第一节 增压系统的结构布置	98
第二节 涡轮增压器	99
第三节 空气冷却器	107
第四节 进、排气管	109
第五节 增压系统和柴油机的配合	110
第六章 燃油系统	114
第一节 燃油系统的结构布置	114
第二节 喷油泵	116
第三节 喷油器	123
第四节 燃油精滤器	126

第五节 限压阀和高压油管	127
第七章 调控系统	129
第一节 调控系统的结构布置	129
第二节 控制机构中的部分元件	130
第三节 联合调节器	133
第四节 联合调节器传动箱	154
第八章 机油系统	158
第一节 机油系统的结构布置	158
第二节 主机油泵	160
第三节 机油滤清器	163
第四节 油压继电器	165
第九章 冷却水系统	167
第一节 冷却水系统的结构布置	167
第二节 冷却水泵	169
附 录	171
一、16240ZA型柴油机的一般参数	171
二、16240ZA型柴油机装车功率3350马力的牵引特性	171
三、16240ZA型柴油机主要零部件重量	172
四、16240ZA型柴油机主要零件材料	172
五、16240ZA型柴油机主要齿轮啮合要素	173
六、16240ZA型柴油机主要滚动轴承	174
七、16240ZA型柴油机主要零件配合间隙	175

第一章 概 述

第一节 柴油机的前期发展过程

毛主席指出：“在生产斗争和科学实验的范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”我厂自从1958年开始试制内燃机车，到1963年正式成批生产2000马力东风型内燃机车和它的动力装置10E207柴油机以后，在边生产、边改进的同时，为了适应我国铁路内燃化对更大功率和结构性能更好的内燃机车的需要，又着手进行东风型内燃机车动力装置16240Z型柴油机的设计试制工作。

16240Z型柴油机是根据双缸试验机所获得的基本参数和结构进行设计试制的。前后以一年左右的时间完成了双缸的设计试验和16缸机的全部设计试制工作。这台柴油机经过一段时期的台架试验后，于1969年9月装于第一台新设计的4000马力东风型内燃机车上正式投入线路牵引试验。经过了几年的反复试验和改进，到1973年底16240Z型柴油机的结构和性能已基本肯定，并于1974年起即为国家正式生产了这种以16240Z型柴油机为动力装置的东风型内燃机车。

16240Z型柴油机经过一段时期的生产和运用后，从1976年上半年起又对其进、排气管道等进行了改进，而成为目前生产的16240ZA型柴油机。

以16240ZA型柴油机作为动力的东风型内燃机车是在伟大的无产阶级文化大革命中产生和发展起来的。它的试制成功是全局职工团结协作的结晶，是“鞍钢宪法”在我国机车制造业上的重大胜利，是伟大的无产阶级文化大革命在铁路动力革命上的丰硕成果。

第二节 柴油机及其主要部件的技术数据

一、柴油机的主要技术数据

型号	16240ZA型
型式	四冲程、V型、直接喷射式、开式燃烧室、废气涡轮增压、空气中 间冷却
气缸夹角	V50°
气缸数	16个
气缸直径	240毫米
活塞行程	275毫米
单缸活塞排量	12.44升
活塞总排量	199升
气缸存气容积	1.05升
压缩比	12.5
燃烧室	浅ω形、开式
转速:	

最高工作转速 1100转/分
 空载最低转速 500转/分
 超速停车转速 1230转/分
 起动着火最低转速 (在规定的起动条件下) 80~120转/分
 活塞平均速度 (最高工作转速时) 10.08米/秒
 标定功率 (在大气温度20°C、气压760毫米水银柱、相对湿度60%、转速1100转/分、
 空气冷却器进水温度45°C的条件下) :

小时功率 4000马力
 额定功率 3600马力

平均有效压力:

小时功率时 16.44公斤/厘米²
 额定功率时 14.8公斤/厘米²
 压缩压力 (空载最低转速时) 28公斤/厘米²

最高燃烧压力 (爆发压力) :

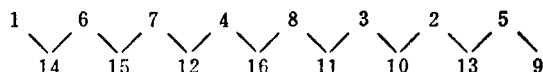
小时功率时 130公斤/厘米²
 额定功率时 120公斤/厘米²

曲轴转向 (面对输出端)

顺时针

气缸编号顺序 (1~16) 面对输出端从控制端数起, 右列气缸1~8, 左列气缸 9~16

气缸工作次序 (发火次序) :



配气相位:

进气门开 上止点前40°
 进气门关 下止点后40°
 排气门开 下止点前40°
 排气门关 上止点后40°
 进、排气门重叠角 80°

喷油提前角:

小时功率时 23°
 额定功率时 22.2°

增压压力:

小时功率时 1.75公斤/厘米²
 额定功率时 1.6公斤/厘米²

燃气温度:

气缸盖出口温度:

小时功率时 (排气支管) ≤540°C
 额定功率时 (排气支管) ≤520°C

涡轮进口温度:

小时功率时 (排气总管) ≤650°C
 额定功率时 (排气总管) ≤620°C

燃气压力 (涡轮进口) :

小时功率时 1.34公斤/厘米²
 额定功率时 1.18公斤/厘米²

燃油:

牌 号	夏季 RC-0 轻柴油；冬季 RC-35 轻柴油
消耗率（额定功率）	155 ^{±5} 克/马力·小时
空载最低转速时消耗量	≈17.5公斤/小时
燃油输送泵供油压力	3.5公斤/厘米 ²
燃油输送泵最低输油量	2 × 27升/分
机油：	
牌 号	增压柴油机用机油
消耗率（额定功率时）	≤ 4 克/马力·小时
主油道末端压力：	
正常（最高工作转速时）	≥ 4 公斤/厘米 ²
卸载（油压继电器控制）	2.4~2.6公斤/厘米 ²
最低（空载最低转速时）	≥ 2 公斤/厘米 ²
停车（油压继电器控制）	1.4~1.6公斤/厘米 ²
允许最高温度	<88°C
容量	1200升
冷却水：	
水质	“NL” 乳化防锈油处理水
允许最高温度（小时功率时）：	
柴油机出口	<88°C
空气冷却器进口	≈45°C
压力：	
柴油机进口	2.5公斤/厘米 ²
空气冷却器进口	2.3公斤/厘米 ²
联轴节型式	半刚性钢片联轴节
起动方式	由蓄电池供电给起动电动机来带动柴油机转动
起动扭矩（规定起动条件时）	850公斤·米
柴油机外形尺寸（长×宽×高）	5018 × 1735 × 2992毫米
柴油机重量	19500公斤

二、主要部件的主要技术数据

喷油泵：

型式	双螺旋斜槽，柱塞式
柱塞直径	18毫米
柱塞全行程（恒定）	20毫米
泵油量（小时功率时）	870~880毫升/550次
齿条最大行程	2 × 14毫米

喷油器：

型式	多孔、闭式
喷射压力	260 ^{±5} 公斤/厘米 ²
喷孔数	8个
喷孔直径	0.45 $\pm_{0.02}^{0.01}$ 毫米
喷射角	150° ± 2°
针阀直径	8毫米

针阀升程	0.5±0.2毫米
联合调节器:	
型式	全程、全制、液压式
转速	1012转/分
转速调节级数	16级
工作油牌号	HH-20航空机油
主机油泵:	
型式	齿轮式
转速	1510转/分
泵油量	102升/小时
供油压力	7 公斤/厘米 ²
增压器:	
型号	45GP802型
型式	单级轴流式涡轮、单级离心式压气机、内置式滑动轴承、压力 润滑、水冷
最高转速	25000转/分
允许涡轮进口温度	≤650°C
压比	2.8
空气流量	2.8公斤/秒
机油进口压力	≤2.5公斤/厘米 ²
压气机叶轮外径	300毫米
涡轮动叶外径	300毫米
空气冷却器:	
型式	扁管肋片式
散热面积	6 × 1.167米 ²
燃油精滤器:	
型式	毛毡滤片式
机油精滤器:	
型式	离心式
滤清油量	≈ 2 × 75升/分
滤油压力	7 公斤/厘米 ²
转子转速	≈ 5700转/分
高温冷却水泵 (柴油机 + 增压器):	
型式	离心式
转速	2256转/分
压力	2.5公斤/厘米 ²
流量	147米 ³ /小时
低温冷却水泵 (空气冷却器):	
型式	离心式
转速	2250转/分
压力	2.3公斤/厘米 ²
流量	100米 ³ /小时

第三节 柴油机的工作原理

16240Z A*柴油机, 为四冲程、V形、16缸、废气涡轮增压柴油机。这种柴油机具有浅 ω 形开式燃烧室, 直接喷射燃料。

图1—1是16240Z A柴油机的外形。

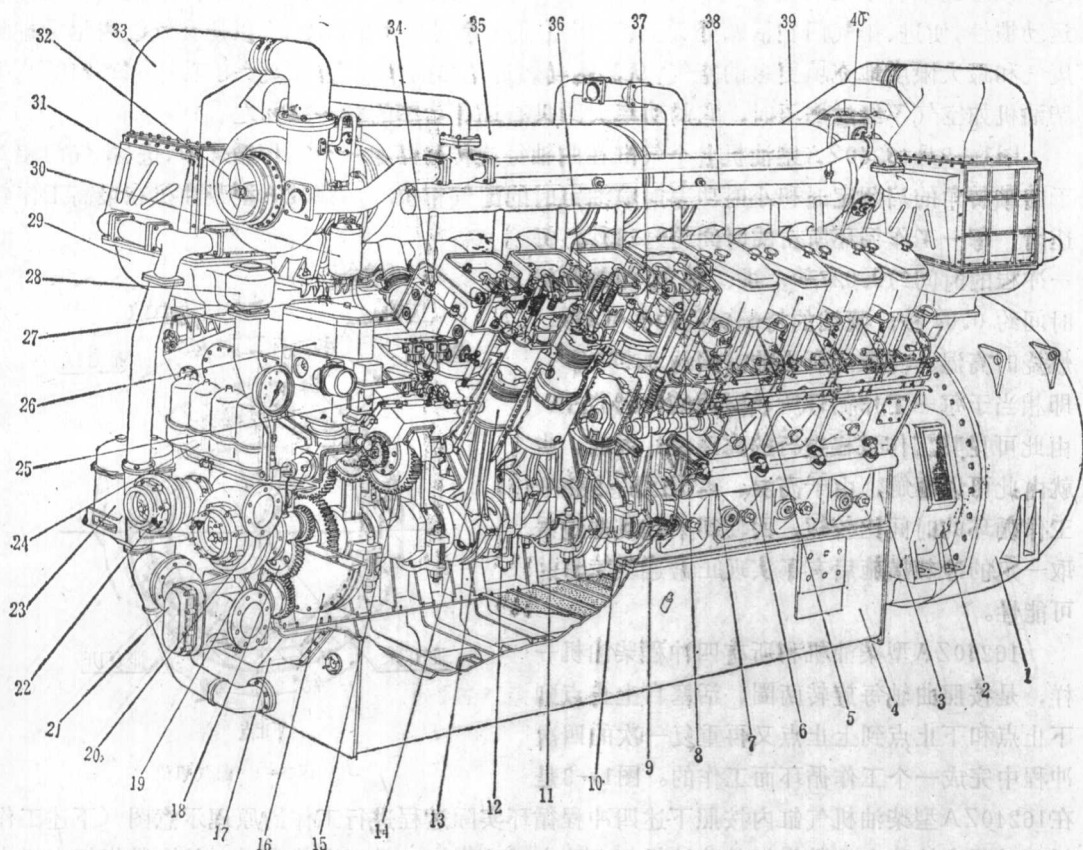


图1—1 16240Z A型柴油机外形

1—牵引发电机; 2—连接箱; 3—机体; 4—机座; 5—喷油泵; 6—调节杆; 7—进水管; 8—配气机构; 9—凸轮轴; 10—主轴承; 11—曲轴; 12—气缸; 13—活塞; 14—连杆; 15—凸轮轴传动齿轮; 16—减振器; 17—泵支承箱; 18—泵传动齿轮; 19—联合调节器传动箱; 20—高温冷却水泵; 21—主机油泵; 22—低温冷却水泵; 23—离心式机油滤清器; 24—燃油滤清器; 25—供油控制机构; 26—联合调节器; 27—进气稳压箱; 28—油气分离器; 29—收敛弯管; 30—机油滤清器; 31—空气冷却器; 32—涡轮增压器; 33—扩散弯管; 34—气缸盖; 35—排气总管; 36—气门; 37—喷油器; 38—出水管; 39—空气冷却器出水管; 40—空气冷却器进水管。

16240Z A型柴油机的工作原理: 在柴油机的气缸内按一定的定时和规律送进空气、喷入柴油, 使柴油与在气缸内压缩到一定压力和温度的空气混合而自行燃烧, 产生高温、高压的燃气(柴油与空气混合燃烧后的产物)。然后利用燃气的不断膨胀来推动活塞, 再借着曲柄连杆机构将活塞的往复动力转变为曲轴的旋转动力, 转动曲轴, 带动传动机组驱动车, 将柴油的化学能转换为热能、动能而作出机械功, 输出动力, 这就是16240Z A型柴油机的基本作用

* 16240Z A型柴油机——16表示气缸数, 240表示气缸直径, Z表示增压, A表示变型符号。四冲程不用代号表示。

和特点。在柴油机上所有各种机件、部件、机构、装置和系统等等都是直接或间接地按照机车运行过程中不同的功率要求，有机地配合完成这种能量和动力转换而设置的。

在一定结构尺寸的柴油机气缸内送入的空气愈多，可以燃烧的柴油就愈多，则放热愈多，热能转变为机械功也愈多，柴油机输出的功率也就愈大。由于机车柴油机要求体积小，功率大（因受机车限界的限制和牵引能力的需要），因此，在16240ZA型柴油机中，一方面，从根本上是利用增压器预先压缩空气，然后再通过空气冷却器冷却压缩空气来提高空气的密度，以达到最有效地增加对气缸充气的重量，提高柴油机的功率；另一方面，是利用气体的运动惯性，使进、排气门在活塞处于上、下止点前后适当地早开和晚关，以便在气缸内尽量排除废气和最大限度地充填更多的空气，从而达到燃烧更多的柴油，发挥更大的功率（16240ZA型柴油机如空气不经过增压时，它的功率大约只有现有功率的36~38%左右）。

图1—2是16240ZA柴油机各个气缸在曲轴每旋转两圈的一个工作循环中，进、排气门相对于曲轴转角的启闭定时和小时功率时喷油定时的配气相位。16240ZA型柴油机在最高工作转速时，每一工作循环所占的时间约0.11秒；每一冲程的时间约0.027秒；进、排气门的开启时间约0.04秒；喷油的持续时间约0.004秒；燃烧时高温、高压区所占的时间约0.007秒，即相当于每一工作循环所占时间的6.5%左右。由此可见其工作过程进行的高速性；同时，也就由此可以理解，由于高温、高压区所占整个工作循环的时间比较短，而使得柴油机通过采取一定的冷却措施后有了实现正常连续工作的可能性。

16240ZA型柴油机和所有四冲程柴油机一样，是按照曲轴每旋转两圈，活塞自上止点到下止点和下止点到上止点又再重复一次的四次冲程中完成一个工作循环而工作的。图1—3是在16240ZA型柴油机气缸内按照下述四冲程循环实际过程进行工作的原理示意图（下述工作循环过程中的热力参数指标是柴油机额定功率时的指标，当工况改变时，其参数指标亦相应地随着一定的规律改变）。

第一冲程——进气过程 是在活塞自上而下的行程中对气缸进行充气，为柴油的燃烧放热提供必要条件，为曲柄连杆机构的运动做功提供基本工质的一个准备过程。

进气过程与排气过程是互相联系的。在这个过程的开始前，由于在气缸内残留有前一循环的剩余燃气（常称废气），这些燃气如果不清除，当与充入的新鲜空气掺混时，不仅会占据一部分充气容积，还会使充入的空气温度升高并使充量减少，使柴油机的功率下降，热负荷增加。同时，在这一过程的开始时，由于进气门刚开时的通道截面小，气体流动的阻力大，而且空气开始向气缸流动时，还受到气体运动惰性的影响，如活塞到达上止点开始下行才打开气门时，由于不能迅速地进气，不仅会严重地影响空气充量，损失功率，而且也会增加活塞的吸气功（负功）。因此，为了换气彻底，一般在前一个循环末期的排气过程中，当活塞接近上止点前（这时排气门仍处于全开状态），因气缸内的剩余燃气压力已显著降低（接近或者低于进气压力，特别是在增压柴油机中更是如此），进、排气之间存在着压差，同时，

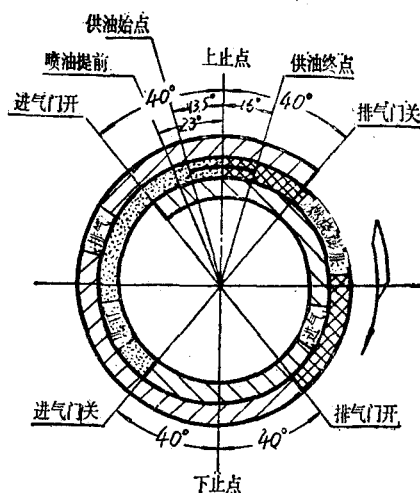


图1—2 配气相位

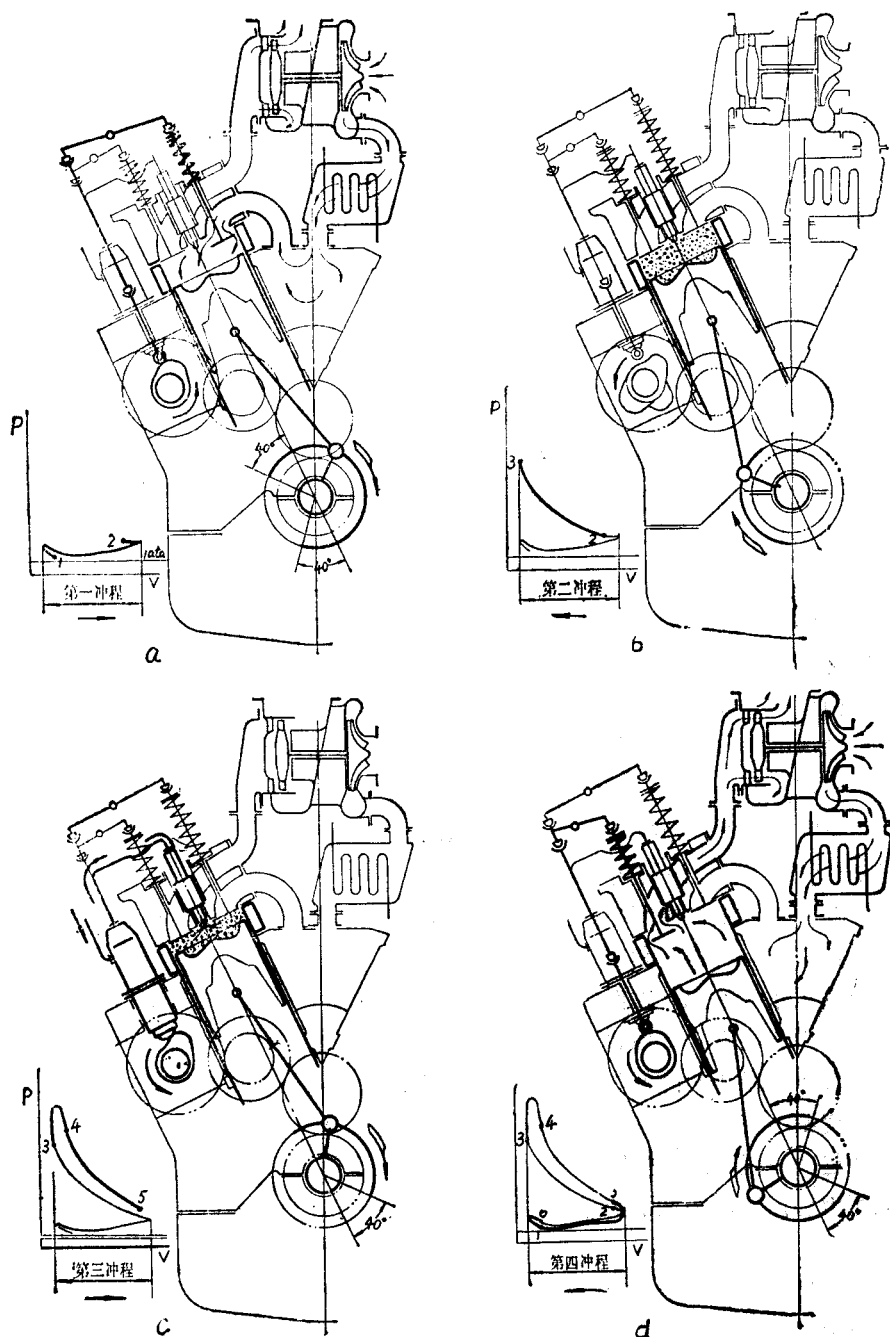


图1—3 柴油机工作原理示意图

a—进气过程；b—压缩过程；
c—燃烧膨胀过程；d—排气过程

燃气在继续排出的过程中具有很大的运动惯性，所以采取进、排气门在活塞处于上止点前后适当地早开、晚关的措施（构成气门重叠角）。利用这时进、排气之间的压差和气体继续排出的运动惯性，使进气门在活塞处于上止点前预先打开逐渐进气。在活塞到达上止点时能够完全打开，迅速进气，使新鲜空气在活塞通过上止点开始下行，排气门完全关闭前，能够对

气缸内的剩余燃气进行清扫和充填；在排气门关闭后能够借着活塞的加速抽吸而实现迅速充气，从而达到实现尽可能地彻底换气的目的。

利用新鲜空气对燃烧室进行清扫，不仅可以获得边清扫，边充填和对燃烧室（特别是排气门）进行吹拂冷却的良好作用；同时，由于利用这时气缸的存气容积小，气体的流程短、曲轴的转角较大而活塞的位移较小（即相对的清扫时间较长）等有利条件，而能够在较小的进气损失下获得尽可能地彻底清扫废气和最大限度地实现充气的良好效果。但是，这种扫气、充气的进程和效果，与柴油机的结构，进排气系统的流通截面和阻力、柴油机的运用工况、以及增压系统的配合性能等很多因素有关。如过早地打开进气门，会导致大量燃气流入进气道，当与空气掺混后再流入气缸时会使新鲜空气的充量减小，功率下降。如过晚地关闭排气门，亦会导致损失大量新鲜空气，冲淡排气，影响增压器的工作能力；甚至在活塞的加速抽吸下，还会使排出的燃气倒流入气缸与空气掺混，而增加空气的温度，亦同样会损失充量，而使柴油机功率下降，热负荷增高。

在16240ZA型柴油机的进气过程中如图1—3a，进气门是在活塞到达上止点前 40° 的点1处打开（在进气门打开时，排气门还处于前一个循环末期的全开状态）。这时，从机车上的空气滤清器吸入的空气，经过增压器压缩至 1.6 公斤/厘米²，并经空气冷却器冷却至 65°C 以下，然后进入稳压箱，再通过进气歧管、气缸盖进入气缸。从曲轴旋转 80° （即活塞处于上止点后 40° ），排气门完全关闭时起，到活塞继续下行处于下止点后 40° （这是进气门晚关的角度），进气门完全关闭时止，在不至使空气因活塞的推压而倒流入进气道损失空气充量 and 不至使柴油机起动困难（因进气门过晚关闭会使空气的压缩压力和温度降低，而在较低的起动转速下使柴油不易着火燃烧）的情况下，能够继续利用进气的运动惯性对气缸实现最大限度的充气。从而完成图左下角按 $P-V$ （压力—容积）变化关系表示的示功图中，气体在气缸内由点1至点2整个进气过程的进气线。

进气过程是整个工作循环中一个重要过程，也是四冲程柴油机工作过程中固有的特点。柴油机工作过程的完善程度和工作能力（功率），不仅与燃烧系统的结构、配气机构、燃油喷射系统、增压系统的配合性能等有密切的关系，而且与进气过程中扫气及充气的完善程度、进气的压力和温度、柴油机的运用工况和进排气系统中流通截面等很多因素都有关系。任何促使进气压力微小的降低和温度升高的因素都会引起工作过程明显恶化和功率下降。任何工况的改变都会使进气过程的充气效率受到影响。

第二冲程——压缩过程如图1—3b 是在活塞自下而上的行程中进一步压缩空气，以提高空气的压力和温度，为柴油的燃烧放热创造有利条件，为工质的作功能力提高效果的一个过程。

压缩过程自进气门完全关闭的点2处开始。这时，曲轴继续旋转，活塞继续上行，并在气缸内进一步压缩空气，使其压力和温度不断地上升。直至活塞到达上止点前 22.2° （柴油机额定功率时的喷油提前角），燃烧室内的空气压力达到约 83 公斤/厘米²、温度达到大约 620°C 由凸轮轴驱动的喷油泵即开始通过高压油管向喷油器输送高压柴油（瞬时最高压力可达 800 公斤/厘米²）。当柴油在喷射系统内经过一段本身被压缩、管道被弹性扩张和泄漏损失等的滞后反应过程后，在活塞到达上止点前大约 13° （常称喷油始点角）时，即从喷油器（喷射压力 260 公斤/厘米²）喷进燃烧室（喷油持续角约 25° ）。在燃烧室内喷出雾化的柴油与空气强烈混合燃烧，而产生高温、高压的燃气。示功图中整个压缩过程为点2至点3的压缩线。

在压缩过程中空气的最终压缩压力和温度，对柴油机的功率、效率、最高燃烧压力和温

度以及起动性能等有很大的影响。空气的最终压缩压力和温度主要取决于压缩容积（亦称气缸存气容积）。压缩容积的改变，会引起整个工作过程热力参数指标的重大改变；同时，各个气缸压缩容积的差异，还会直接影响各个气缸功率和动力的均匀性。因此，在柴油机上需对各个气缸压缩容积的绝对值和相对值进行调整。

第三冲程——燃烧膨胀过程 又称作功冲程如图1—3c是在活塞再次自上而下的行程中，完成柴油燃烧放热和燃气膨胀作功的一个重要过程。

燃烧膨胀过程自开始迅速燃烧的点3处起。这时，曲轴继续旋转，喷油和燃烧继续进行，气缸内的燃气压力和温度迅速增高。直至活塞处于上止点后大约 12° ，喷油终止，燃烧逐渐结束的点4时止。燃烧室内燃气最高燃烧温度约达 1600°C ，最高燃烧压力（亦称爆发压力）约达120公斤/厘米²。活塞自上止点开始下行的过程中，燃气不断地膨胀而推动活塞，并借着曲柄连杆机构将活塞的往复动力转变为曲轴的旋转动力，转动曲轴带动传动机组驱动机车前进。当活塞到达上止点前 40° ，排气门开始打开时止，作出整个工作循环的全部有效功，实现全部能量和动力转换过程。在示功图中，整个燃烧过程为点3经过点4至点5的燃烧膨胀线。

第四冲程——排气过程 是活塞再次自下而上的行程中，向气缸外排除经过膨胀作功的燃气，为下一个循环过程的重新进行创造条件的一个过程。

在这一过程的开始时，一方面由于气缸内的燃气压力还比较高；另一方面，也由于排气门刚开时，气体流动的阻力大和受到气体运动惰性的影响，如活塞到达下止点开始上行才打开排气门时，不仅会由于不能及时排气降压，使排气背压过高而增加活塞的排气功，使柴油机功率下降，而且还会由于排气能量不足而直接影响增压器的工作能力。因此，为了尽可能地排除燃气，排气门也必需在活塞处于下止点前预先打开，使其逐渐扩大，逐渐排气（常称自由排气），才能保证活塞通过下止点开始上行时能够迅速排气降压，以提高排气的效果，减小活塞的强制排气功（负功）。但是，如果过早地打开排气门，也会因在气缸内的燃气不能充分膨胀作功而损失功率，同时，由于排气温度过高还会直接影响部分机件（特别是排气门）及增压器的工作可靠性和耐用性。

此外，在排气门适当早开的同时，排气门也必须在活塞处于上止点后适当地晚关。因为这不仅在进、排气门重叠角范围内，可以利用排气的流动惯性和进气压力的作用实现对燃烧室的清扫和冷却，而且这也是避免如果排气门在活塞处于上止点即关闭时，会因排气不够彻底而损失新鲜空气充量，损失功率。

在16240ZA型柴油机的排气过程中如图1—3d所示，排气门是在活塞到达下止点前 40° 的点5时，就预先打开的。这时，气缸内的燃气即开始排出。然后，活塞又再次到达上止点后 40° ，排气门完全关闭时的点6处止，实现了气缸内排除燃气和对燃烧室进行清扫、冷却的全部排气过程。在示功图中，整个排气过程为点5经过点1至点6的排气线，这样就构成整个工作循环过程的闭合式示功图。

由此看出，曲轴旋转两圈、凸轮轴旋转一圈、活塞上下往复四个冲程，完成了一个工作循环的全部实际过程。并为下一个工作循环过程的继续进行提供了条件、作好了准备。

在多缸的16240ZA型柴油机中，由于其他各个气缸作功冲程的驱动作用，使曲轴能够继续旋转，使各个气缸内的工作循环能够周而复始地交错进行，而最终使柴油机能够连续不断地从曲轴输出各个气缸的叠加有效功。这就是16240ZA型柴油机工作的基本原理和基本过程。

在气缸内的每一个工作循环过程中只有第三冲程（燃烧膨胀过程）是作功（正功）冲

程。其他三个辅助过程的能量都是直接或间接地来自各个气缸、各个工作循环中的第三冲程（作功冲程）。因此，柴油机工作时必须先用力驱动曲柄连杆机构，使在气缸内首先完成具有一定条件（主要是空气的压力、温度和扰流）的辅助过程，然后向气缸内喷入柴油，使其与空气混合燃烧以产生第一个作功冲程才能起动运转。16240ZA型柴油机的起动是利用机车上的蓄电池驱动起动电动机来带动曲轴转动的。

柴油机的转速愈高，在单位时间内各个气缸的工作循环次数愈多，输出的功率就愈大；此外，在进气和燃烧过程中向气缸内充入的空气和喷入的柴油愈多，产生的燃气就愈多，则燃气的压力和温度也愈高，热能转变为机械功就愈多，输出的功率也就愈大。16240ZA型柴油机的转速和喷油量是根据机车运行过程中不同的功率要求，由司机操纵控制器手柄于不同速级挡位，借助电控装置通过柴油机上联合调节器和柴油机供油控制机构自动调节控制的。而燃烧过程中所需的不同空气量，则由增压器按照柴油机在不同转速和负荷下所排出的燃气能量不同，相应地使增压器增或减转速来自动适应供给的。

在柴油机的工作过程中，其动力的具体传递方式和情况是比较复杂的。在所有燃烧包容件和曲柄连杆机构中，有的承受气体压力（如气缸和气缸盖），有的承受气体压力和往复运动惯性力（如活塞和连杆小头），有的除承受气体压力和往复运动惯性外，还同时承受着旋转运动离心力（如连杆大头，曲轴和轴承等），以及不同程度的摩擦力（因实际值较小，一般均忽略不计）。这些力（包括其反作用力）不仅随着柴油机的转速和负荷的变化而变化，而且在每一个工作循环中还随着各个过程中曲柄连杆机构所处的位置不同而产生大小和方向的变化。此外，如轴承、曲轴和机体等部件除受一个气缸的曲柄连杆机构的作用外，还同时受各缸的相互作用和影响。因此，对整个柴油机的动力传递情况需要通过全机的综合计算分析才能比较清楚。图1—4仅仅表明在某一个位置时气缸内燃烧膨胀过程中曲柄连杆机构传递动力的示意图。

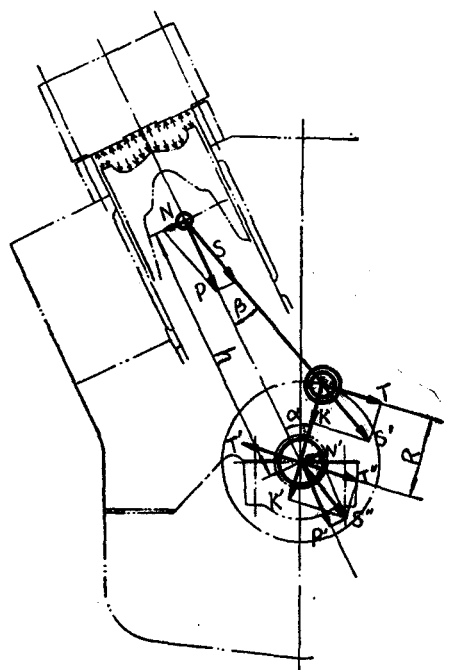


图1—4 曲柄连杆机构动力传递关系示意图

图中的气体压力 P ，是柴油和空气混合燃烧后所产生的压力，也是燃气因体积增大和温度升高膨胀作用于活塞及气缸盖上的总压力（其最大值约60吨），这个力，传至活塞销上分成活塞对气缸壁的作用力 N （称活塞侧压力。其大小和方向随曲轴转角而变化。最大值约12吨）和活塞对连杆的作用力 S 。

连杆作用力 S 通过连杆传至曲柄销（即 S' ），并分成垂直于曲柄半径的切向力 T 和指向曲柄回转中心的法向力 K 。法向力 K 通过曲柄直接传至主轴承上（即 K' ），切向力 T 则可以看作是通过曲柄传至主轴承的两个大小相等、方向相反并且平行于 T 的作用力 T' 和 T'' 。 T' 和切向力 T 组成的力偶 $TR = Me$ 即为这个气缸此时输出的有用转矩。各个气缸输出转矩的总和即为柴油机输出功率的总扭矩，并由曲轴传出直接驱动传动机组和辅助设备。而 T'' 则直接传

至主轴承，并与 K' 合成为与 S' 相等，方向相同的 S'' 而作用在主轴承上。 S'' 也可以分成垂直于气缸中心线的 N' 和通过气缸中心线的 P' ， P' 与气体压力 P 相等、方向相同，并分别通过主轴承和气缸盖的螺栓，由机体内部承受，并且获得平衡。而 N' 和活塞侧压力 N 所组成的另一个力偶 $Nh = Me$ 即为作用于柴油机的反转矩（称倾覆力矩）。各缸的反转矩的总和与柴油机的输出扭矩相等、方向相反，它实质上也就是柴油机输出扭矩的反作用力矩。

作用于曲柄连杆机构的所有作用力和力矩中，只有切向力 T 所构成的转矩是对柴油机作有用功，其他的力和力矩对柴油机都产生着不同程度的影响。

往复运动惯性力是活塞连杆组阻止加速（或减速）运动的反作用力（在最高工作转速1100转/分，当活塞处于排气冲程的上止点时其最大值约15吨；在空载下最高允许转速1230转/分时可达20吨），其方向和加速运动的方向相反，作用在气缸中心线上；其大小与机件的质量和加速度成正比，并作周期性的变化；其传递方式和气体压力相同。往复惯性力与气体压力不同，由于在柴油机内没有被其他力完全平衡，因此，它将最终通过曲柄连杆机构传至机座和机车的车架上。

往复惯性力在工作循环的某些过程中会增加轴承负荷、活塞侧压力、连杆应力和连杆螺钉应力。但是，由于其作用的方向和气体压力相反，因此，在另一些过程中却起着可以减小气体压力对这些作用力和应力的影响，同时可以使输出扭矩和倾覆力矩变得比较均匀。

在一定转速下，作用在曲柄销上的离心力是一定的。离心力可以分解成曲轴中心的水平作用力和垂直作用力叠加作用在曲柄销和主轴承上。由于离心力也没有在柴油机内部被其他力完全平衡，因此，最终传至机座和机车的车架上。

在柴油机工作中，气体压力和活塞的加速度是经常变化的。因此，扭矩和惯性力的大小与方向也就经常发生变化，其反作用力矩也不断地改变，并且作用在柴油机全长的各个位置上。由于这些力和力矩频繁交变的结果而使得轴承、活塞和气缸等机件容易磨损，并使柴油机的运转具有振动和抖动的情况。此外，活塞侧压力大小、方向的周期性变化，还会引起气缸产生振动，这往往成为气缸套产生点蚀的主要原因。

第四节 柴油机的总体结构布置

16240ZA型柴油机的总体结构布置如图1—5所示，是按照我国内燃机车的一般布置情况和机车运用维修上的一些特点布置的。在前期生产的柴油机中，有一部分零、部件的结构已作了局部的修改，在今后的发展过程中也还会不断地进行改进。本书中所说明的结构是1976年生产的16240ZA型柴油机的基本结构（型号中的“A”是方案顺号）。

经过一段时期在双缸机和16缸机上的试验和运用验证后，对4000马力等级的16240ZA柴油机确定了气缸直径240毫米、活塞行程275毫米，最高工作转速1100转/分，最高燃烧压力130公斤/厘米²，增压压力1.75公斤/厘米²和16个气缸的基本参数。

16240ZA型柴油机的16个气缸采用适合于单轴、双列的V形排列形式。为了给机车动力室两侧留出足够的通道，在16240ZA型柴油机上采用内侧进气，将进气歧管和稳压箱连同排气总管共同布置在柴油机V形夹角的上方。将凸轮轴、配气机构、喷油泵和调控系统等一些需要经常进行日常维护调整的机件和部件布置在柴油机的两侧便于接近的地方，并将增压器和空气冷却器布置在柴油机两端的上方。此外，为了集中辅助系统的管道，便于从一端进行检修，而将凸轮轴传动装置和主机油泵、高低温冷却水泵以及它们的传动装置和管道等，都集中布