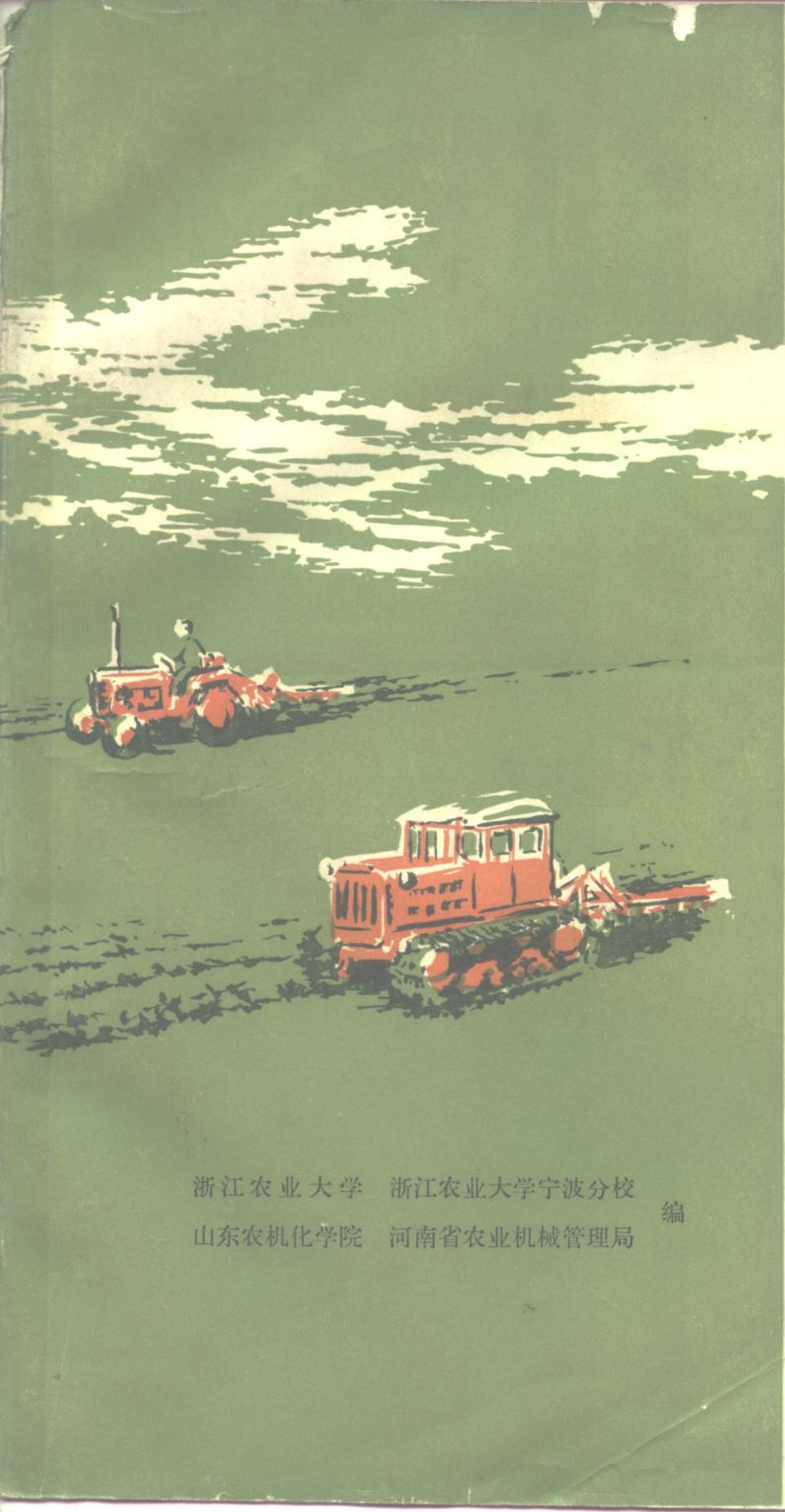


# 拖拉机构造原理与使用



浙江农业大学 浙江农业大学宁波分校 编  
山东农机化学院 河南省农业机械管理局



机械工业出版社

# 拖拉机构造原理与使用

浙江农业大学 浙江农业大学宁波分校 编  
山东农机化学院 河南省农业机械管理局



机械工业出版社

为了满足各地拖拉机老驾驶员提高和实际工作的需要，本书特从使用的角度出发，比较详细地介绍了全国各省量大面广的东方红-75、铁牛-55、泰山-50（东风-50、上海-50）、东方红-40、丰收-35、东方红-28、丰收-27、泰山-25（东方红-20、东方红-24Z）等型号拖拉机的结构、原理、使用、维护及故障分析，并附有必要的技术资料。在编写内容上力求通俗易懂、实用解渴。因此，本书可作为全国各地有一定基础的拖拉机老驾驶员及修理工的培训教材，也可作为中等农机专业学校的参考教材和机务工作人员参考之用。

### 拖拉机构造原理与使用

浙江农业大学 浙江农业大学宁波分校 编  
山东农机化学院 河南省农业机械管理局

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本787×1092 1/16·印张39·插页2·字数958千字

1981年7月天津第一版·1981年7月天津第一次印刷

印数 0,001—9,000·定价 3.15元

\*

统一书号：15033·4758

## 编者的话

为了满足拖拉机老驾驶员进一步提高理论水平和解决实际问题的能力，本书从使用角度出发，比较详细地介绍了全国各省量大面广的东方红-75、铁牛-55、泰山-50（东风-50、上海-50）、东方红-40、丰收-35、东方红-28、丰收-27、泰山-25（东方红-20、东方红-24Z）等型号拖拉机的结构、原理、使用、维护及故障分析。每章后面有复习思考题，书末附有必要的技术资料，以便于查阅。内容上力求通俗易懂、实用解渴。因此，本书可作为全国各地有一定基础的驾驶员及修理工的培训教材，或中等农机专业学校的参考教材，也可供机务工作者参考。

本书由河南省农业机械管理局建议，组织有关单位编写。具体分工如下：第一篇和第二篇由浙江农业大学奚文斌、陈秩来、陈贵祥三同志编写；第三篇由浙江农业大学宁波分校吴华贤同志编写；第四篇由山东农机化学院刘永新、张志通同志编写；第五篇及附录由河南省农业机械管理局范如贵、河南农学院周毓灿、河南信阳地区机械局崔祖功、河南新乡地区农机校李中黄、河南汤阴县农机局王凤琴、国营黄泛区农场李西岐等同志编写。全书由吴华贤、奚文斌、陈秩来三同志统稿完成。

在编写过程中，承第一拖拉机制造厂、长春拖拉机厂、天津拖拉机厂、江西拖拉机厂、上海动力机厂、上海丰收拖拉机厂、上海拖拉机厂、山东拖拉机厂、清江拖拉机厂、宁波拖拉机厂、北京农机化学院、吉林工业大学、吉林农业大学、河北农业大学、黑龙江农垦大学、江西共产主义劳动大学总校等单位的有关同志参加审稿，在此表示感谢。

由于我们调查研究不够，水平有限，加上时间仓促，所以书中难免有不少缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

编者

1978年11月

# 目 录

编者的话

## 第一篇 拖拉机发动机

第一章 发动机工作原理 .....	1
第一节 柴油机有关名词解释 .....	1
第二节 单缸四行程柴油机的工作过程 .....	2
第三节 多缸四行程柴油机的工作过程 .....	4
第四节 柴油机燃烧过程与燃烧室 .....	5
第五节 发动机的主要工作指标 .....	9
第二章 曲柄连杆机构与机体零件 .....	12
第一节 活塞连杆组 .....	12
第二节 曲轴飞轮组 .....	21
第三节 机体零件 .....	24
第四节 曲柄连杆机构主要机件配合间隙的检查 .....	29
第五节 曲柄连杆机构及机体零件的使用、保养与拆装注意事项 .....	31
第六节 曲柄连杆机构的故障与排除 .....	35
第三章 配气机构 .....	39
第一节 配气机构及其零件 .....	39
第二节 配气相位和气门间隙 .....	46
第三节 减压机构 .....	47
第四节 进、排气系统 .....	49
第五节 配气机构的使用保养与拆装 .....	52
第六节 配气机构的故障与排除 .....	56
第四章 柴油机供给系和调速器 .....	58
第一节 柴油机燃油供给系的功用和组成 .....	58
第二节 油箱、输油泵和滤清器 .....	59
第三节 柱塞式喷油泵和调速器 .....	64
第四节 分配式喷油泵和调速器 .....	78
第五节 柴油机的特性 .....	86
第六节 喷油器 .....	90
第七节 柴油供给系和调速器使用注意事项 .....	93
第八节 喷油器、喷油泵及调速器的检查、调整和拆装 .....	93
第九节 柴油机供给系与调速器的故障 .....	105
第五章 润滑系 .....	110
第一节 润滑系的功用及润滑方式 .....	110
第二节 润滑系的组成和油路分析 .....	111
第三节 几种机型的润滑系 .....	115
第四节 润滑系的主要机件 .....	119

## VI

第五节	润滑系保养要点	126
第六节	润滑系的故障	127
第六章	冷却系	129
第一节	冷却系的功用和冷却方式	129
第二节	几种机型的冷却系	131
第三节	水冷却系的主要机件	133
第四节	冷却系保养要点	140
第五节	冷却系的故障	142
第七章	起动装置	144
第一节	起动装置的功用、要求和起动方法	144
第二节	起动汽油机	145
第三节	起动汽油机的传动机构	154
第四节	起动装置的故障	157

## 第二篇 拖拉机底盘

第八章	传动系	159
第一节	离合器	159
第二节	联轴节	181
第三节	变速箱	182
第四节	轮式拖拉机后桥	224
第五节	履带式拖拉机后桥	246
第九章	行走系	256
第一节	车架	256
第二节	轮式拖拉机行走系	257
第三节	履带式拖拉机行走系	269
第十章	轮式拖拉机转向机构	276
第一节	轮式拖拉机转向原理	276
第二节	轮式拖拉机转向机构	276
第三节	转向机构的调整	282
第四节	转向机构的使用与保养	283
第五节	转向机构的故障排除	284
第十一章	制动系	286
第一节	制动系的功用、要求及分类	286
第二节	带式制动器	287
第三节	蹄式制动器	287
第四节	盘式制动器	289
第五节	制动器的使用、保养	291
第六节	制动器常见的故障及排除	292
第十二章	动力输出与牵引装置	294
第一节	动力输出轴	294
第二节	动力输出皮带轮	298
第三节	牵引装置	298

### 第三篇 拖拉机液压悬挂系

第十三章	概述	301
第一节	静液压传动的基本概念	301
第二节	液压悬挂系的组成	302
第三节	液压悬挂系的型式	303
第四节	悬挂农具耕深的调节方法	304
第十四章	整体式液压悬挂系	306
第一节	丰收-35拖拉机的液压悬挂系	306
第二节	丰收-27拖拉机的液压悬挂系	322
第十五章	半分置式液压悬挂系	332
第一节	泰山-25拖拉机的液压悬挂系	332
第二节	东方红-24Z和泰山-50(东风-50)拖拉机提升器的调整	349
第三节	东方红-40拖拉机的液压悬挂系	351
第十六章	分置式液压悬挂系	373
第一节	液压悬挂系的构造和工作原理	374
第二节	液压悬挂系的使用	392
第三节	故障排除	393

### 第四篇 电气设备

第十七章	电和磁的基本知识	396
第一节	概述	396
第二节	电流、电压和电阻	397
第三节	电路	398
第四节	磁与电磁	400
第十八章	蓄电池	404
第一节	起动蓄电池的构造	404
第二节	蓄电池的工作原理	405
第三节	蓄电池的电特性	406
第四节	蓄电池的使用与维护	408
第五节	蓄电池的常见故障	413
第十九章	交流发电机	416
第一节	交流发电机的工作原理	416
第二节	永磁转子交流发电机的结构	417
第三节	交流发电机的使用维护	418
第二十章	直流发电机及调节器	421
第一节	直流发电机的工作原理	421
第二节	直流发电机的构造及自激过程	421
第三节	直流发电机的使用与维护	423
第四节	直流发电机的电压调节装置	427
第五节	直流发电机的保护装置	429

第六节	调节器的工作情况及检查调整 .....	431
第七节	直流发电机充电电路的故障 .....	436
第二十一章	硅整流发电机及调节器 .....	438
第一节	硅整流发电机 .....	438
第二节	硅整流发电机调节器 .....	441
第三节	硅整流发电机和调节器的使用维护和故障 .....	445
第二十二章	起动电动机 .....	449
第一节	起动电动机的工作原理及其构造 .....	449
第二节	起动电动机的驱动机构-单向离合器 .....	450
第三节	起动电动机的控制机构 .....	452
第四节	起动电路 .....	455
第五节	起动电动机的转换开关 .....	457
第六节	起动电动机的使用维护与调整 .....	459
第七节	起动电动机及其开关的常见故障 .....	460
第二十三章	磁电机点火系 .....	464
第一节	C 210型磁电机的构造及工作原理 .....	464
第二节	C 422型磁电机的结构特点 .....	466
第三节	火花塞 .....	467
第四节	磁电机点火系的使用与维护 .....	468
第二十四章	其他用电设备及全车电路 .....	473
第一节	其他用电设备 .....	473
第二节	全车电路 .....	478

## 第五篇 拖拉机的使用

第二十五章	充分利用拖拉机的功率 .....	481
第一节	拖拉机的受力分析 .....	481
第二节	拖拉机的功率平衡 .....	485
第三节	拖拉机的牵引特性 .....	486
第四节	拖拉机的负荷 .....	489
第二十六章	拖拉机的使用与保养 .....	490
第一节	零件的磨损规律 .....	490
第二节	拖拉机的交接和试运转 .....	491
第三节	拖拉机的技术保养 .....	496
第四节	拖拉机的正确操作 .....	499
第五节	拖拉机的冬季使用 .....	505
第六节	拖拉机的保管 .....	505
第七节	拖拉机的安全生产 .....	506
第八节	拖拉机的灭火装置 .....	507
第二十七章	油料的使用 .....	510
第一节	常用油料的性能和规格 .....	510
第二节	柴油的净化 .....	515



第二十八章 拖拉机的故障分析 .....	517
第一节 故障分析的原则 .....	517
第二节 故障分析的一般方法 .....	517
第三节 故障分析实例 .....	528
第二十九章 车组管理 .....	537
第一节 车组政治工作 .....	537
第二节 机农具的维护保养 .....	537
第三节 机组使用 .....	538
第四节 单机核算 .....	539
附    录 .....	544
一 几种主要拖拉机技术保养规程 .....	544
二 几种主要拖拉机润滑图表 .....	557
三 几种主要拖拉机简要技术规格 .....	570
四 几种主要拖拉机主要零件配合尺寸表 .....	576
五 几种主要拖拉机滚动轴承分布图表 .....	590
六 几种主要拖拉机骨架式橡胶油封表 .....	604
七 几种主要拖拉机电系线路图 .....	609

# 第一篇 拖拉机发动机

## 第一章 发动机工作原理

利用燃料燃烧时产生的热能转变为机械能的机器称为热机。燃料在气缸外部燃烧的热机叫外燃机，如蒸汽机；燃料在气缸内部燃烧的热机叫内燃机。内燃机因所用燃料不同，可分为柴油机、汽油机等；因完成每一循环的行程数不同，又可分四行程发动机与二行程发动机等。

由于柴油价格便宜，而且柴油机耗油率较低，所以国产拖拉机一般都采用柴油机作动力。只有某些机型上，起动时才使用汽油机。

### 第一节 柴油机有关名词解释

柴油机主体一般由气缸、气缸盖、进、排气门、喷油器、活塞、连杆、曲轴等组成（图1-1）。气缸顶部由气缸盖密封，通过进、排气门实现气缸的进气和排气。气缸内有活塞，通过连杆与曲轴连接，曲轴一端固定飞轮。活塞在气缸内作直接线往复运动，通过连杆的传递，转变成曲轴的旋转运动。曲轴的旋转运动，又可通过连杆的传递，使活塞作往复运动。活塞往复一次，曲轴旋转一圈。为了叙述方便起见，将几个常用名词介绍如下：

**上止点：**活塞在气缸中的最高位置，即活塞离曲轴中心最远的位置。

**下止点：**活塞在气缸中的最低位置，即活塞离曲轴中心最近的位置。

**活塞行程：**活塞上止点与下止点之间的距离。曲轴每转半圈，活塞便完成一个行程，也叫一个冲程。

**气缸工作容积：**在活塞上、下止点之间的气缸容积（多缸发动机所有各缸工作容积之和叫发动机排量），用 $V_h$ 表示。

**燃烧室容积：**活塞在上止点时活塞顶部与气缸盖之间的容积，用 $V_c$ 表示。

**气缸总容积：**活塞在下止点时活塞顶部与气缸盖之间的容积（气缸工作容积加上燃烧室容积）。

**压缩比：**气缸总容积与燃烧室容积之比，可用公式表示：

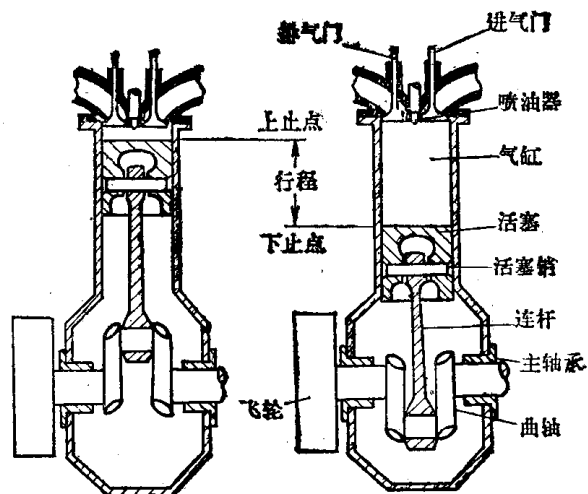


图 1-1 单缸四行程柴油机示意图

$$\text{压缩比} = \frac{\text{气缸总容积}}{\text{燃烧室容积}} = \frac{V_a + V_h}{V_c}$$

压缩比说明气体在气缸内，被压缩后体积缩小的倍数。国产柴油机的压缩比一般为16~20。

## 第二节 单缸四行程柴油机的工作过程

柴油机的基本工作原理，是让柴油在气缸中燃烧，形成高温、高压的燃气，推动活塞，并通过连杆带动曲轴旋转，变成发动机的动力，将热能转变成机械能。柴油机的工作可分为四个过程：首先把新鲜空气吸进气缸；接着把空气压缩，以提高其压力和温度；然后喷入柴油着火燃烧，高温、高压的燃气推动活塞做功；最后将燃烧过的废气排出气缸。这四个过程分别称为“进气过程”、“压缩过程”、“作功过程”和“排气过程”。完成四个过程叫做一个工作循环。每一个工作循环，活塞往复各两次，即四个行程。曲轴旋转两圈，即 $720^\circ$ 。工作循环不断地进行，柴油机就连续运转。图1-2为单缸四行程柴油机工作过程示意图。它们分别表示各个行程的工作情况。

为了更清楚地表示气缸内气体压力随容积而变化的情况，图1-3绘出了单缸四行程柴油机的示功图。图中横座标表示气缸容积，纵座标表示气缸中气体的绝对压力。图中水平虚线 $P_0$ 表示绝对压力为1大气压（1公斤/厘米<sup>2</sup>）。 $V_c$ 表示燃烧室容积； $V_h$ 表示气缸工作容积； $V_a$ 为气缸总容积。图中 $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$ 、 $da$ 分别表示进气、压缩、作功、排气行程的气体压力变化曲线。

下面对照单缸四行程柴油机工作过程示意图与示功图，各行程的工作情况分别叙述如下：

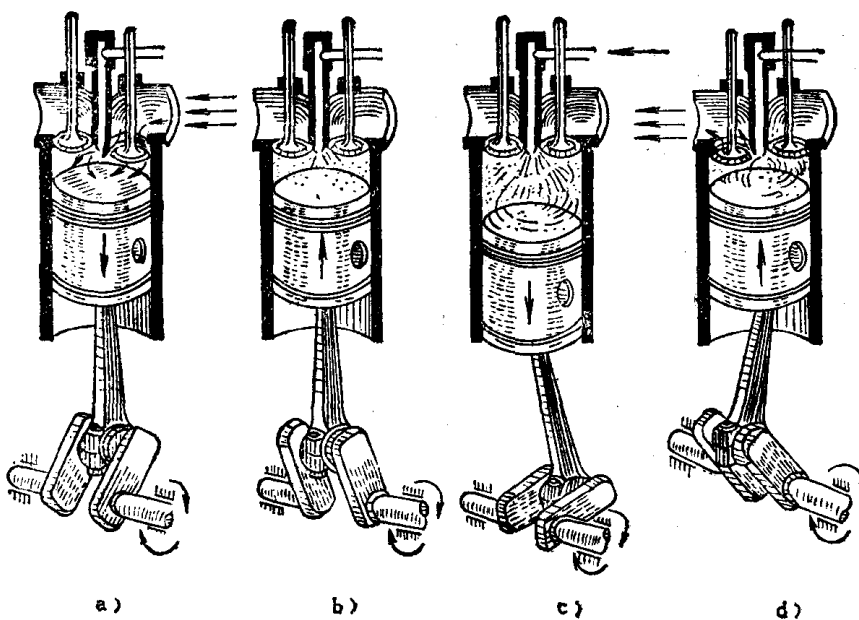


图 1-2 单缸四行程柴油机工作过程示意图  
a) 进气 b) 压缩 c) 作功 d) 排气

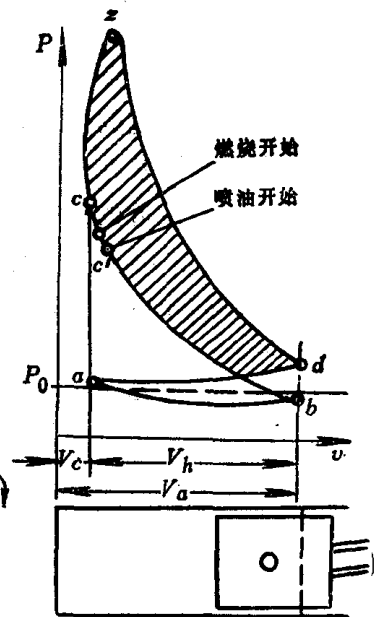


图 1-3 单缸四行程柴油机示功图

### 一、进气行程 (图1-2a)

由于曲轴旋转, 经连杆带动, 活塞由上止点向下止点移动。这时进气门打开, 排气门关闭。当进气行程开始时, 活塞处于上止点位置, 气缸内残留上一循环未排净的废气, 它的压力稍高于大气压力, 约 $1.1\sim 1.2$ 公斤/厘米<sup>2</sup>, 见图1-3 a点。随着活塞下移, 气缸内容积增大, 压力随之减小, 当压力低于大气压力时, 外部新鲜空气被吸入气缸, 直到活塞移到下止点时, 新鲜空气充满气缸。

在进气过程中, 由于受空气滤清器、进气管道及进气门等阻力的影响, 使进气终了时气缸内的气体压力, 略低于大气压力, 约 $0.8\sim 0.9$ 公斤/厘米<sup>2</sup>, 如图1-3曲线 *ab* 所示。因新鲜空气从残余废气及燃烧室壁吸收热量, 温度可达 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

应当指出, 实际柴油机的进气门是在活塞位于上止点前提前打开, 延迟到下止点以后才关闭。因为进气门刚开始打开时, 不能立即开足, 所以进气门提前开放, 就可使活塞开始下行时, 进气门已开大, 保证空气顺利进入气缸。由于进气过程中气流的惯性作用, 进气门延迟到下止点以后关闭, 虽则活塞已上行, 新鲜空气还可进入气缸, 以保证吸进更多的空气。

### 二、压缩行程 (图1-2b)

由于曲轴继续转动, 活塞由下止点向上止点移动。在这期间进、排气门都关闭。气缸内容积逐渐缩小, 新鲜空气被压缩, 压力和温度随着升高。当压缩行程终了时, 气体被压缩在很小的燃烧室容积内, 这时气体的压力达 $35\sim 50$ 公斤/厘米<sup>2</sup>, 温度达 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ , 这样为燃料的燃烧创造了良好的条件。

在示功图上 *ac'c* 线表示了压缩过程中, 气缸容积与压力的变化情况。

为了充分利用燃料所产生的热能, 要求燃烧过程在活塞移动到上止点略后的位置完成, 以便燃烧后的气体充分膨胀做功, 以提高柴油机效率。因为燃料喷入气缸内需要经过一定的着火准备时期, 所以, 柴油应该在压缩行程结束之前喷入气缸 (约上止点前 $17^{\circ}\sim 40^{\circ}$ )。示功图上 *c'* 表示喷油开始。

### 三、做功行程 (图1-2c)

做功行程时, 进、排气门都关闭。气缸内燃料在高温中着火燃烧, 产生大量的热能, 使气缸内温度、压力急剧升高, 气缸内气体的最高温度可达 $1700\sim 2000^{\circ}\text{C}$ , 最高压力为 $60\sim 90$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。高温、高压的气体推动活塞向下移动, 通过连杆带动曲轴转动。这一行程是实现热能转变为机械能的过程, 也是工作循环中产生动力的行程。

示功图 *czd* 线表示气缸容积与压力变化情况。*cz* 线段表示燃料急剧燃烧时压力升高程度。*z* 点表示最大爆发压力。随着活塞下移, 气缸内温度和压力逐渐下降, 参看示功图中 *zd* 线段所示。做功行程终了时, 气缸内气体压力为 $3\sim 4$ 公斤/厘米<sup>2</sup>, 温度约 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

### 四、排气行程 (图1-2d)

做功行程结束后, 气缸内充满燃烧过的废气。由于惯性使曲轴继续转动, 活塞由下止点往上止点移动。此时, 进气门关闭, 排气门打开, 废气从排气门排出。由于排气管道有阻力, 废气不可能排除干净, 当排气终了时, 气缸内气体压力为 $1.1\sim 1.2$ 公斤/厘米<sup>2</sup>, 温度为 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。

应当指出, 实际柴油机的排气门是在活塞位于下止点前打开, 延迟到上止点以后关闭。这样可减小活塞上行的阻力, 降低排气过程的消耗功, 并有利于废气的排除。

示功图上 *da* 线表示在排气行程中气缸容积与压力的变化关系。从图中看出, 排气压力几

乎不变，略高于大气压力。

排气结束后，曲轴继续旋转，活塞从上止点向下止点移动，开始下一循环的进气行程。四行程柴油机的工作情况见表1-1。

表1-1 单缸四行程柴油机的工作过程

行程顺序	行程名称	活塞运动方向	气 门 位 置		曲轴旋转角度	曲轴旋转的动力
			进 气 门	排 气 门		
1	吸气	向下	开	闭	0°~180°	飞轮惯性力
2	压缩	向上	闭	闭	180°~360°	飞轮惯性力
3	作功	向下	闭	闭	360°~540°	气体压力
4	排气	向上	闭	开	540°~720°	飞轮惯性力

从上述工作过程可以看出，各个行程都有其特性和规律，又互相联系和影响，其中只有作功行程推动活塞作功，其他三个行程却要消耗功。但排气、进气、压缩又为作功准备条件，而作功又为其他三个行程提供必要的能量，使曲轴得以旋转，并通过飞轮对外输出功。只有废气排除愈干净，新鲜空气才能吸得充足，作功行程才能有良好的前提，只有压缩良好，作功行程才有可能充分发挥。

单缸四行程柴油机，只有作功行程产生动力，其他三个行程靠飞轮的旋转惯性来完成，因此单缸柴油机工作不平稳。为了改善曲轴转动的不均匀性，必须设置较大的飞轮。一般小功率柴油机才采用单缸形式。

### 第三节 多缸四行程柴油机的工作过程

多缸柴油机相当于把几个单缸柴油机相连，共用一根曲轴（见图1-4）。工作时，每个气缸仍按进气、压缩、作功、排气四个行程的顺序完成工作循环。但是，所有气缸的作功行程都不在同一时间内进行，而是按照一定的顺序互相交替进行，使曲轴旋转比较均匀，这个顺序叫做工作顺序。此外，确定工作顺序时，应使各缸往复运动机件的惯性力与旋转机件的离心力都需互相抵消或削弱，从而使发动机的振动减小，工作平稳。四缸四行程柴油机的工作顺序一般为1—3—4—2，就是第一缸作功后第三缸作功，继而第四缸作功，最后是第二缸作功，如表1-2所示。

表1-2 四缸四行程柴油机的工作过程

工 作 顺 序	1—3—4—2				1—2—4—3			
	各 缸 工 作 过 程							
	一 缸	二 缸	三 缸	四 缸	一 缸	二 缸	三 缸	四 缸
0°~180°	作功	排气	压缩	进气	作功	压缩	排气	进气
180°~360°	排气	进气	作功	压缩	排气	作功	进气	压缩
360°~540°	进气	压缩	排气	作功	进气	排气	压缩	作功
540°~720°	压缩	作功	进气	排气	压缩	进气	作功	排气

目前，拖拉机上用的柴油机如4125A、4115T、495、495A、490、485等，其工作顺序均为1—3—4—2。481柴油机的工作顺序则为1—2—4—3（见表1-2）。二缸四行程柴

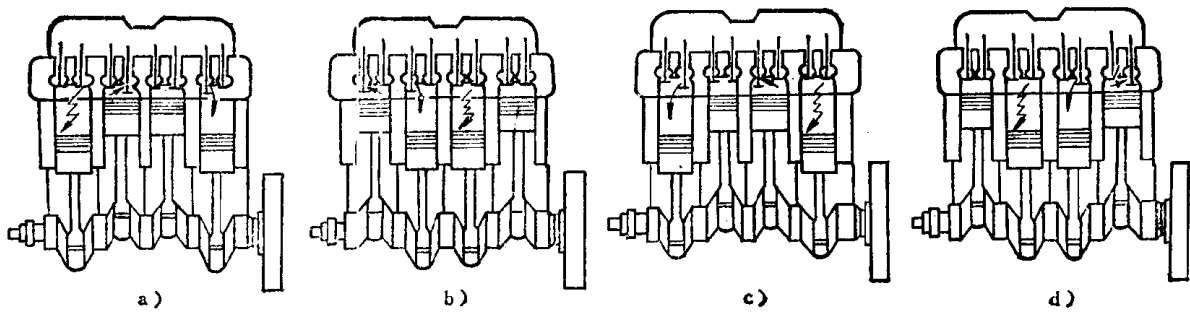


图 1-4 四缸四行程柴油机工作示意图

a) 曲轴第一个半圈 b) 曲轴第二个半圈 c) 曲轴第三个半圈 d) 曲轴第四个半圈

油机的曲轴第一缸与第二缸互相错开 $180^\circ$  (图1-5)。它的工作顺序在295及2125柴油机上为1—2—0—0。宁波290柴油机上为1—0—0—2，湖北290柴油机为1—2—0—0。其工作情况如表1-3所示。

表1-3 二缸四行程柴油机的工作过程

工作顺序	1—2—0—0		1—0—0—2	
曲轴转角	各缸工作过程		各缸工作过程	
	一缸	二缸	一缸	二缸
$0^\circ \sim 180^\circ$	作功	压缩	作功	排气
$180^\circ \sim 360^\circ$	排气	作功	排气	进气
$360^\circ \sim 540^\circ$	进气	排气	进气	压缩
$540^\circ \sim 720^\circ$	压缩	进气	压缩	作功

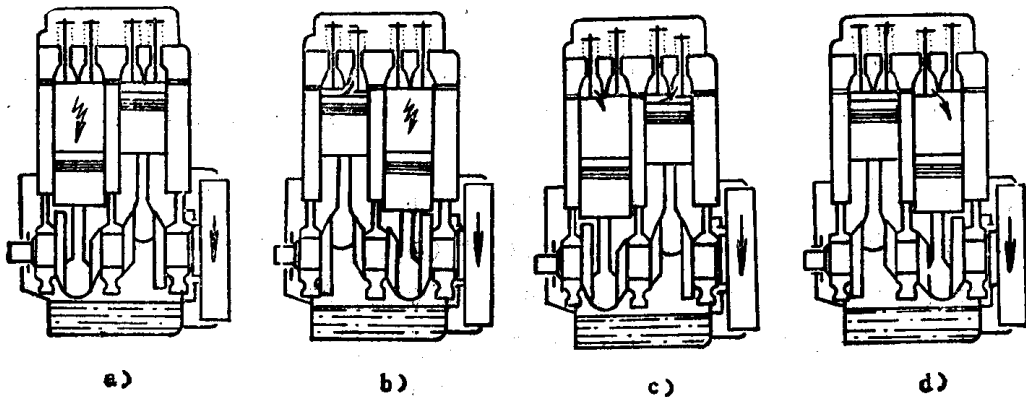


图 1-5 二缸四行程柴油机工作示意图

## 第四节 柴油机燃烧过程与燃烧室

### 一、柴油机燃烧过程

柴油机在工作过程中，柴油与空气的混合及燃烧都是在很短时间内进行的（约 $0.003 \sim 0.006$ 秒）。燃烧是否完善，对柴油机的性能影响很大。柴油燃烧是急剧氧化过程。柴油机的结构为柴油的急剧氧化创造了良好的条件。柴油的急剧氧化，要在较高的温度和压力下进行。柴油机的压缩比较大，在压缩过程中提供了高温、高压的条件；柴油粘度大，不易蒸发，柴油机上设置有高压油泵与喷油器，使柴油迅速雾化、汽化并与空气混合。另外，各类柴油

机设置有不同型式的燃烧室，以便进一步改善柴油与空气的混合与燃烧。了解燃烧过程及影响因素，对正确使用和调整柴油机以及分析故障是有一定作用的。

柴油机的燃烧过程，可分为三个主要时期，即准备时期、速燃时期和缓燃时期。

1. 准备时期：当压缩行程将近终了时（约在上止点前 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 曲轴转角）高压柴油通过喷油器喷入燃烧室，虽然燃烧室内被压缩的空气温度和压力较高，但不能马上着火，需要有一定的准备时间。在这段时间里，细小的油滴与空气混合，吸收了空气中的热量，温度升高，逐层蒸发成柴油蒸汽，向四周扩散与空气混合。随着温度的升高，柴油分子的分解，与空气中的氧气发生化学反应，开始着火燃烧，形成一点或多点“火焰中心”。自喷油开始到形成火焰中心这段时间叫燃烧准备时期。

2. 速燃时期：当火焰中心出现之后，随着火焰向四周扩展，气缸内已准备好的大量可燃混合气便同时着火燃烧；与此同时，后续喷入的柴油，经过短暂的准备后也迅速燃烧。这时，因活塞正处于上止点附近，气缸内的温度和压力急剧上升。自出现火焰中心开始到气缸内压力达最大值这段时期，叫做速燃时期。在速燃时期内，由于柴油燃烧所占的空间小，燃烧所产生的压力高，通过气缸壁所失散的热量也较少，因此柴油机燃烧放热的利用率高。必须指出，速燃时期的工作情况与准备时期的长短有密切关系，准备时期愈长，燃烧室内积聚的柴油便愈多，速燃时期气缸内压力增长愈急，发动机工作就显得“粗暴”，使各机件受到冲击，通常所谓“敲缸”；准备时期愈短，燃烧室内积聚的柴油较少，速燃时期的工作就显得柔和。

3. 缓燃时期：速燃时期以后，燃烧室内温度和压力很高。这时，喷油器继续喷入柴油与空气混合后很快着火，几乎边喷入边燃烧。但是随着气缸内的氧气减少，废气增大，因而燃烧速度逐渐减慢。与此同时，活塞已越过上止点开始下行，燃烧空间增大，气缸内的气体压力变化不大。这段时期叫做缓燃时期。在这一时期中，仍有相当一部分柴油在燃烧，特别是大负荷时更是如此。柴油在此时期内燃烧，因散热损失较大，热量利用较少，所以燃烧不如速燃时期那样有利。

此后，喷油虽则结束，但仍有少量未燃烧完的柴油在活塞下行过程中燃烧，这时气缸内的温度和压力都明显下降。这种燃烧叫做过后燃烧（或后燃）。后燃产生的原因是，随着燃烧的进行，氧气越来越少，废气越来越多，使尚未燃烧部分的柴油，特别是后期喷入的柴油得不到充分氧气，使燃烧速度更为缓慢，一直持续到作功行程后期。柴油机在高速大负荷下工作，后燃尤其严重。显然，后燃是不利的，此时燃烧室空间增大较多，从气缸壁传走大量的热能，使冷却水温度过高，发动机过热。所以后燃时期中放出的热量不能充分用来作功。

实际使用中，由于各方面因素的影响，还会出现一些不正常的燃烧过程。例如，少量的油粒在整个燃烧过程中一直未能燃烧，在高温作用下分解成赤热的炭粒，呈黑烟状态从排气管排出。再如，喷油过晚，部分柴油既未燃烧，也未形成炭粒，呈白烟状态排出。这些不正常燃烧对柴油机是不利的，应尽量避免。

## 二、柴油机燃烧过程对混合气形成的要求

柴油机的燃烧过程相当复杂，以上仅介绍它的粗略过程。为了使柴油机燃烧良好，混合气的形成是一个关键。对混合气的形成有以下几方面具体要求：

1. 柴油和空气的比例要适当。理论上1公斤柴油完全燃烧需14.5公斤左右的空气（若按体积计算，一公升柴油大约需要一万公升左右的空气）。实际上，由于柴油机混合气形成的

时间很短，柴油的挥发性又较差，要使喷入的柴油燃烧完全，必须有比理论上更多一些的空气量，即要有“过量的空气”。“过量的空气”太少，则燃烧不完全，发动机冒黑烟，浪费柴油（经济性差）。反之，“过量的空气”过多，混合气太稀，使燃烧放出的热量减少，发动机功率不足（动力性差）。所以，供给柴油与空气的比例一定要适当。一般来说，实际供给的空气量是理论空气量的1.3~1.5倍。

2.适当的喷油时刻，保证可燃混合气在上止点附近形成，并迅速燃烧完毕。过早、过迟对发动机工作都不利，过早喷油，混合气提前形成，并且在活塞到达上止点前像爆炸似的同时着火燃烧，结果给正在上行的活塞造成一个与运动相反方向的冲击力，造成严重“敲缸”，工作粗暴；喷油过迟，混合气在活塞下行时开始形成和燃烧，因此时的燃烧室空间已增大，压力降低，燃烧速度缓慢，从气缸壁传走的热量增加，造成发动机过热，燃烧压力降低，气体推动活塞的压力减小，甚至有部分混合气来不及燃烧而随废气一道排出去，降低发动机功率。

最好的喷油时刻跟燃烧室的型式和发动机转速有关。对于一定结构的发动机在规定转速下，通过试验找到一个功率大、油耗低的最好的喷油时刻，通常用曲轴离开上止点前的转角来表示，叫做“最佳喷油提前角”。

3.柴油喷入时，气缸中要有足够的温度和压力。温度和压力低，燃烧准备时间长，容易引起“敲缸”；温度和压力过低，甚至不能起动。所以，发动机必须有一定的压缩比，气缸内和气缸盖上的有关零件都要配合严密，不漏气，保证压缩终了时有足够的温度和压力。

### 三、燃烧室

影响柴油机可燃混合气形成因素，除取决于喷射质量外，很大程度上还取决于燃烧室形状。经过长期的科学实验与生产实践，柴油机的燃烧室已有了很大的改进与提高。目前用得较多的有涡流室式燃烧室、球形燃烧室、预燃室式燃烧室、“U”形燃烧室等。本书仅介绍与所选机型有关的涡流室式燃烧室与球形燃烧室两种。

#### (1) 涡流室式燃烧室（图1-6）

涡流室式燃烧室由主燃烧室与涡流室两部分组成。气缸盖平面与活塞顶之间的空间叫主燃烧室，气缸盖内的球形或钟形空腔叫涡流室，两者之间的通道与涡流室成切线方向。在压缩行程中，空气沿通道进入涡流室，形成高速涡流。压缩行程将终了前，顺着气流将柴油喷入涡流室中，与空气很快混合，形成较浓的混合气；其中一部分混合气在涡流室内开始着火燃烧，压力升高，从而使燃烧不完全的混合气与后期喷入的柴油一起经通道进入主燃烧室，与其中空气再度混合，并迅速完全燃烧。由于强烈的空气涡流促进了混合气的形成，可以采用孔径较大、不易堵塞的、压力较低（125公斤/厘米<sup>2</sup>）的喷油器，所以对燃油系要求较低，性能比较稳定。其缺点是整个燃烧室散热面积大，气流经过通道有节流损失，所以经济性较差，耗油率较高，起动也较困难。

图1-6为4125A型柴油机的燃烧室，气缸盖内右侧铸有斜涡流室，喷油器中心线与气缸盖底平面夹角为55°，偏移涡流室中心9毫米。涡流室呈鼓形，它的容积约占整个燃烧室容积一半以上。活塞顶上有双涡流凹坑，当未完全燃烧的混合气与柴油进入主燃烧室时，在该处形成二次涡流，促进主燃烧室内空气的充分利用。

图1-7a为485柴油机涡流室，它的上半部成形于气缸盖，下半部用耐热钢单独制成后镶入气缸盖内，两者有0.04毫米的过盈，并用φ2.5毫米的钢球定位，以防止镶块滑转。为了改



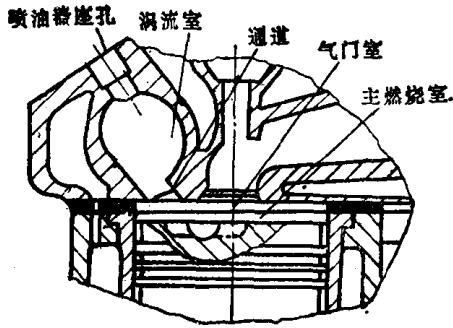


图 1-6 涡流室式燃烧室

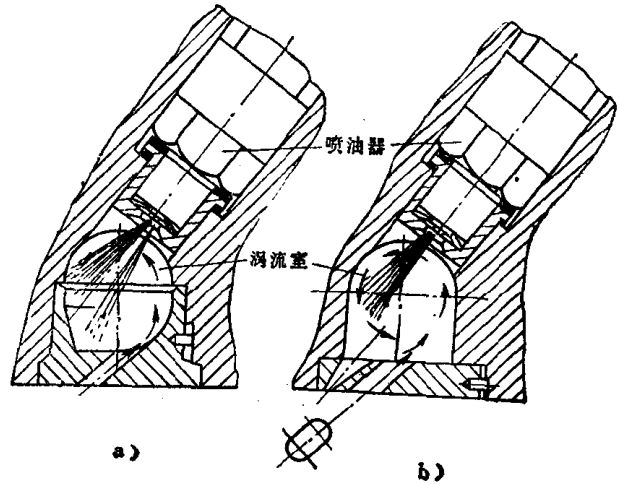


图 1-7 485柴油机涡流室  
a)485 b)485A

善冷车起动性能，喷油器上设有辅助喷孔。当发动机起动时，部分燃油由辅助喷孔喷到燃烧室的热点上；当发动机高速运转后大部分燃油改由主喷孔喷出，形成沿燃烧室气流切线方向的油束，以得到最佳的动力性能。

实践证明辅助喷孔因孔径小（0.2毫米），容易堵塞，不能起到改善起动性能的作用，而且这种喷油器与其他机型不通用。为了改用ZS4S1型通用喷油器，涡流室改为图1-7b那样的钟形，底部镶有平板，板上有主喷孔与起动喷孔。起动时涡流室内气体流速较低，喷油器喷出的油束一部分直接从起动喷孔进入温度较高的主燃烧室，以便于起动。

495、295柴油机的涡流室与485A柴油机基本相同。

2125柴油机（图1-8）为了提高经济性，减少涡流室的传热损失，在镶块与气缸盖孔之间留有间隙。镶块用螺钉固定在气缸盖上。

481柴油机的燃烧室（图1-9）活塞顶是平的，辅助燃烧室象球形，容积较大，与涡流室相似，压缩空气不是沿切线方向进入。燃烧室镶块有内外两个，内镶块与气缸盖孔之间有间隙，以减小热量损失，外镶块用螺纹紧固在气缸盖的平面内。当外镶块边缘烧损需要更换

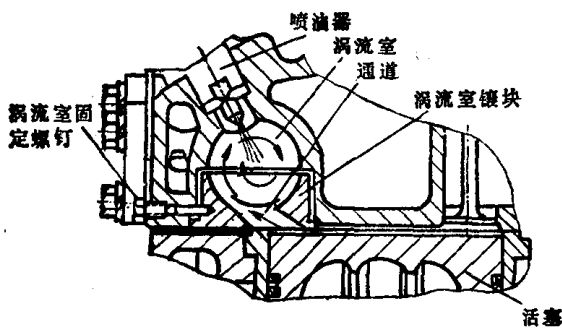


图 1-8 2125柴油机涡流室

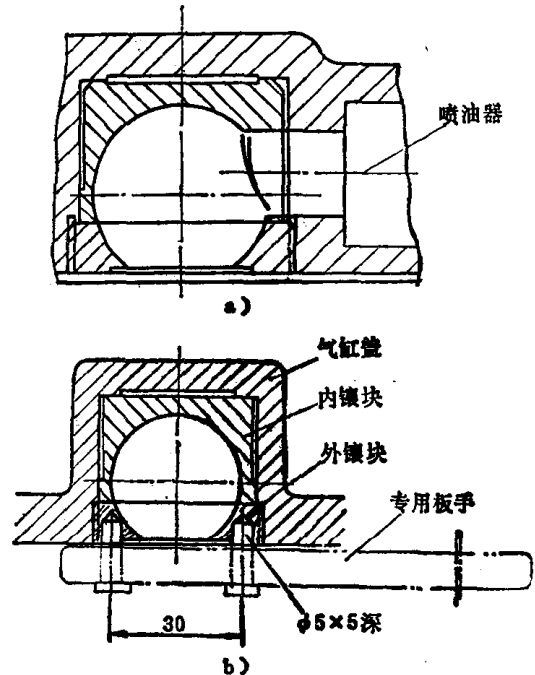


图 1-9 481柴油机燃烧室  
a)燃烧室结构 b)燃烧室外镶块的拆卸