

铁路职工专业教材

内燃机 基本原理

陈大年 楊义昌 編

人民铁道出版社

铁路职工专业教材

內燃机基本原理

陈大年 杨义昌 编

人民铁道出版社

1965年·北京

本书叙述了内燃机的基本工作原理，其中包括汽油机和柴油机二、四行程的工作原理、爆发次序、燃烧过程、并进行了比较。内燃机的构造、作用、以及冷却、润滑、燃料系统的作用及重要性。并将其重要组成部分：调速器、传动装置、电器装置中的直流发电机、起动电动机、蓄电池、测量仪表等也作了介绍。

本书除作为铁路职工专业教材外，可供有关部門之内燃机、汽车司机、拖拉机手等学习与参考之用。

铁路职工专业教材
內 燃 机 基 本 原 理

陈大年 楊义昌 編

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

人民铁道出版社印刷厂印

书号2001 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $7 \frac{1}{16}$ 插頁1 字数148千

1 9 6 5 年 6 月第1版

1 9 6 5 年 6 月第1版第1次印刷

印数 0001—13,000 冊 定价(科一) 0.55 元

目 录

第一章 内燃机工作原理	1
第一节 基本概念	1
一、什么是内燃机	1
二、工作原理名词解释	2
第二节 四行程和二行程汽油机的工作原理	3
一、四行程汽油机的工作原理	3
二、二行程汽油机的工作原理	5
第三节 四行程和二行程柴油机的工作原理	7
一、四行程柴油机的工作原理	7
二、二行程柴油机的工作原理	9
第四节 多缸发动机的工作原理	10
一、爆发次序	10
二、四行程两缸发动机的爆发次序	12
三、四行程四缸发动机的爆发次序	13
四、四行程六缸发动机的爆发次序	14
第五节 汽油机和柴油机的燃烧经过	16
一、汽油机的燃烧经过	16
二、柴油机的燃烧经过	18
第六节 柴油机与汽油机的比较	19
一、动作原理的比较	19
二、使用上的比较	20
三、四行程和二行程发动机的比较	21
第二章 内燃机的构造	23
第一节 内燃机的基本组成部分	23
第二节 气缸体的构造	26
一、气缸体	26
二、冷却水套	26

三、气缸	28
四、气缸盖	29
五、曲轴箱	30
第三节 活塞、连杆、曲轴机件	31
一、活塞、活塞环、活塞销	31
二、连杆和连杆机件	36
三、曲轴和飞轮	37
第四节 配气机构	39
一、气阀装置型式	39
二、气阀装置各部机件	40
三、气阀的开闭时间	45
第五节 进气和排气装置	47
一、空气过滤器	47
二、进气支管和排气支管	49
三、消音器	50
第三章 冷却系统	51
第一节 冷却的目的和作用	51
第二节 冷却的方法	52
第三节 压力式水冷循环的构造	55
第四节 水温的调节和水的选择	59
一、节温器	59
二、冷却水的选择	61
第四章 润滑系统	63
第一节 润滑的目的和作用	63
第二节 润滑系统的构造	63
一、应该润滑的机件	63
二、润滑的方法	64
三、综合式润滑系统的构造	66
第三节 发动机润滑系统图	74
一、嘎斯—51型汽车发动机润滑系统	74
二、国产4146型发动机润滑系统	77

第四节	润滑油	77
一、	润滑油的选择	77
二、	润滑油的种类	78
三、	润滑油消耗的原因	78
四、	润滑油	79
第五章	汽油发动机燃料系统	80
第一节	汽油的性质	80
一、	汽油	80
二、	混合比	80
第二节	燃料系统的组成	81
一、	概述	81
二、	汽油机燃料系统供给装置	81
第三节	燃料系统输送装置	82
一、	油箱	82
二、	输油管和燃料过滤器	82
三、	汽油泵	83
第四节	汽化器的构造和工作原理	86
一、	概述	86
二、	汽化器的构造原理	89
三、	现代汽化器实例	95
第六章	柴油发动机燃料系统	109
第一节	柴油	109
第二节	柴油机的燃烧条件	110
一、	柴油机燃烧良好的必备条件	110
二、	空气与燃料的混合	111
第三节	柴油机的燃烧室	111
一、	单室（直接喷射）	111
二、	预燃室	112
三、	旋流室	113
四、	补助空气室	114
第四节	柴油机燃料系统输送装置	115

一、燃料箱	115
二、输油泵	116
三、燃料过滤器	117
四、燃料压力表	117
第五节 柴油机燃料系统喷射装置	118
一、液体压力和喷射现象	118
二、喷油泵的作用与动作情形	120
三、喷油泵实例	123
四、喷油嘴的种类和作用	128
五、喷油嘴实例	129
第七章 调速器	138
第一节 调速器的作用	138
第二节 离心式调速器的原理	138
第三节 离心式调速器	139
一、常速调速器	139
二、变速调速器	141
第八章 电器装置	143
第一节 电的概念	143
一、电的存在	143
二、电的性质	144
第二节 电与磁	146
一、磁铁	146
二、磁铁的特性	147
三、电磁感应	148
四、电流、电压、电阻三者的关系	151
第三节 发电机	152
一、工作原理	152
二、直流发电机的构造	154
三、三刷发电机的构造和电枢反应原理	156
第四节 发电机调整器的工作原理	158
一、断电器	158

二、电压调整器	160
三、电流调整器	161
四、联合调整器	162
第五节 起动电动机	165
一、电动机的动作原理	165
二、电动机驱动装置	168
三、电动机开关	171
第六节 蓄电池	172
一、作用	172
二、构造	172
三、充、放电原理	173
四、硫化作用	174
五、电液的冰点	174
六、发热和加水	175
七、蓄电池的容量	176
八、蓄电池的连接法	176
第七节 点火系统	177
一、点火线圈	177
二、电容器	180
三、配电器	182
四、提前点火装置	182
五、火花塞	187
第八节 高压磁石发电机	189
一、概念	189
二、起动点火装置	193
第九节 电气设备图例	193
一、汽油发动机的电气设备图	193
二、柴油发动机的电气起动装置图	193
第九章 传动装置	196
第一节 传动装置的作用	196
第二节 离合器	197

一、离合器的作用	197
二、离合器的构造	198
三、离合器的动作原理	199
第三节 变速箱	200
一、变速箱的作用	200
二、变速箱的构造及动作原理	201
第十章 发动机的各种仪表	205
第一节 概述	205
第二节 润滑油压力表	205
一、弹性管式润滑油压力表	207
二、电气润滑油压力表(电热式)	207
第三节 温度表	209
一、电气温度表(电热式)	210
二、液体式温度表	211
第四节 汽油表	212
一、压力式汽油表	212
二、电气式汽油表	214
第五节 电流表	216
一、磁片线圈式电流表	216
二、磁片铜板式电流表	217

第一章 内燃机工作原理

第一节 基本概念

一、什么是内燃机

近代科学的发展，使人类能够广泛的利用大自然界中所存在的各种能力，如风力、水力、燃烧热力、原子能等，通过机械为各种生产的需要来产生不同的力量，使其变成机械能，来帮助或代替人类从事生产工作，这样的机械叫做原动机或叫发动机。

内燃机是发动机的一种，它是将燃料在发动机内部燃烧产生热能，经过发动机本身的运转而转变为机械能的机械。我们常用的内燃机就是使用汽油、煤油、柴油做燃料，在发动机的气缸内燃烧产生动力的机械。

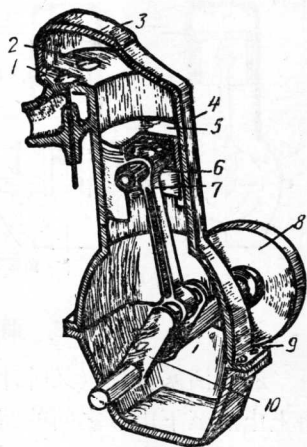


图 1—1 最简单的发动机示意图：

一个最简单的发动机，其构造是由机体、气缸、气缸盖、活塞、连杆、曲轴箱、曲轴、飞轮、进气阀和排气阀等机件构成，如图 1—1 所示。其动力的

- | | |
|---------|---------|
| 1——进气阀； | 2——排气阀； |
| 3——气缸盖； | 4——机体； |
| 5——气缸； | 6——活塞； |
| 7——连杆； | 8——飞轮； |
| 9——曲轴箱； | 10——曲轴。 |

产生，主要是将燃料和空气由进气阀吸入气缸，然后经过压缩，再以电火花或高压热空气点燃使其燃烧，产生爆发动力

来推动活塞，并将此动力由活塞销传至连杆，经连杆推动曲轴并带动飞轮旋转，再将动力传出。当燃烧完了时动力消失，这时废气就由排气阀排出。

二、工作原理名词解释

1. 上止点和下止点：活塞在气缸内上、下运动时，其顶部所到达的最高位置叫做上止点；到达的最低位置叫做下止点（见图 1—2）。

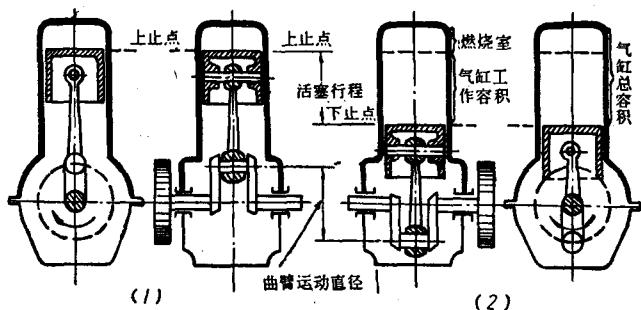


图 1—2 曲轴连杆机构主要位置

2. 活塞行程（又叫冲程）：活塞在气缸内上下移动，由上止点至下止点之间的距离叫做活塞行程，活塞运动每一行程，曲轴旋转半转（ 180° ）。

凡活塞在气缸内上、下运动经过四个行程，曲轴每转两圈（ 720° ）完成一次工作循环时，叫做四行程发动机。还有曲轴只转一圈（ 360° ）就完成一次工作循环的，叫做二行程发动机。

3. 工作循环：活塞在气缸内上下运动，经进气、压缩、爆发、排气四个过程完成一次工作，叫做一次循环。

4. 燃烧室容积：活塞到达上止点时，活塞顶至气缸盖

之间的空隙叫燃烧室，其容积叫燃烧室容积(看图 1—2)。

5. 气缸工作容积：活塞由上止点至下止点之间的容积叫做气缸工作容积。活塞在气缸内上下运动，每次进气或排气量就等于这个容积，发动机工作容积越大，动力也越大。

如果气缸的直径和行程用“厘米”计算，气缸内的工作容积用“升”(1升=1000立方厘米)来计算，则气缸的工作容积可按下式来计算：

$$\text{气缸工作容积 (升)} = \frac{(\text{气缸直径})^2 \times \pi \times \text{活塞行程}}{4 \times 1000}。$$

上边的公式是用来计算一个气缸的工作容积的，如果一台发动机是多气缸的，就把上边的公式乘以气缸数，就可以得出这台发动机的全部工作容积。

6. 压缩比：活塞在上止点时燃烧室内的容积与活塞在下止点时气缸内的容积之比，叫做压缩比，其计算方法如下式：

$$\text{压缩比} = \frac{\text{排量} + \text{燃烧室容积}}{\text{燃烧室容积}}。$$

气体被压缩后的体积越小，压力就越大，温度也越高。现代一般柴油机的压缩比为12~16比1，汽油机的压缩比大约在4.5~7.5比1之间。压缩比越大，在压缩终了时混合气的压力和温度也越大，燃烧也越迅速，发动机的效率就越高。但是汽油机的压缩比不能太大，如果压缩比太大时，混合气的温度就越高，也就越容易发生自燃和敲击现象，这样发动机是不能工作的，所以在设计制造时是很重要的。

第二节 四行程和二行程汽油机的工作原理

一、四行程汽油机的工作原理

活塞在气缸内上下运动，从开始进气经压缩、燃烧产生

动力到排除废气为止的全部过程叫做一个工作循环。四行程工作循环的意思就是活塞上下各两次，经过进气、压缩、爆发、排气才完成一个工作循环，产生动力来推动曲轴旋转。其工作情况如下：

1. 进气行程：如图 1—3—(1) 所示，活塞在气缸内从上止点往下行，这时进气阀开启，排气阀关闭。由于活塞下行，气缸内容积增大，压力降低（此时气缸内的压力约为 $0.7 \sim 0.95$ 公斤/厘米²），在压力差的影响下，空气与燃料的混合气就被吸入气缸内。直到活塞到达下止点为止（曲轴迴转 180° ），这时进气完了。

2. 压缩行程：如图 1—3—(2) 所示，当进气行程終了之后，此时，进、排气阀全关闭着。当曲轴继续旋转，活塞又从下止点往上行，将吸进的混合气加以压缩，直到活塞到达上止点为止，压缩終了，气缸内的压力约为 $6 \sim 9$ 公斤/厘米²，其温度约达 200°C 左右。

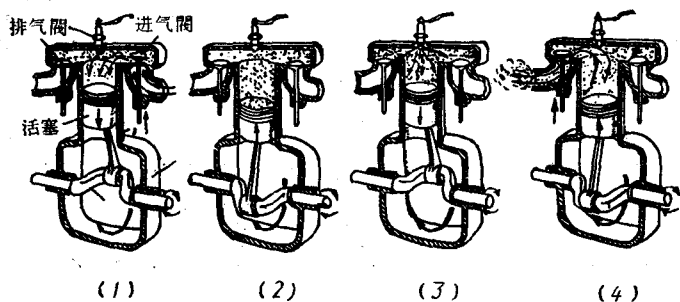


图 1—3 四行程汽油机的工作原理

3. 爆发行程：如图 1—3—(3) 所示，在压缩行程終了时，曲轴继续旋转，进、排气阀仍在关闭位置，这时火花塞发出火花，点燃了被压缩的混合气，由于混合气迅速燃

烧产生大量热能，因此，气缸内气体的温度和压力骤增，产生爆发动力，推动活塞向下移动，使曲轴旋转。

在爆发行程中开始的压力约为 $30 \sim 40$ 公斤/厘米²，终了时的压力约为 $4 \sim 5$ 公斤/厘米²。气体燃烧后，开始膨胀时，气缸内的最高温度约达 $1800^{\circ} \sim 2000^{\circ} \text{C}$ 。活塞直到下止点为止（曲轴又迴转了 180° ）爆发行程完了。

4. 排气行程：如图 1—3—(4) 所示。当爆发行程终了时，排气阀即时开启，曲轴仍继续旋转，活塞从下止点向上止点移动，将气缸内燃烧后的废气由开启的排气阀排出于大气中。排气行程时，气缸内的压力约为 $1.05 \sim 1.1$ 公斤/厘米²，排气终了时，废气的温度约为 $700 \sim 800^{\circ} \text{C}$ 。活塞到上止点时排气完了（曲轴又迴转了 180° ）。接着第二次工作循环的进气又开始了。

从以上可以看出，四行程发动机在一个工作循环中，只有一个行程是作功的，其他三个是准备的行程。

二、二行程汽油机的工作原理

二行程汽油机的工作原理就是将进气、压缩、爆发、排气四个工作过程，要在两个行程内来完成。也就是说活塞上下各一次，曲轴迴转一转（ 360° ）就完成了一次工作循环。

因此其构造比较特殊，主要区别就是在气缸壁上有三个不同位置的进、排气口，如图 1—4 所示。进气口 1 与汽化器连通，混合气是在活塞上行时由进气口 1 吸进到曲轴箱内的。进气口 3 与曲轴箱连通，当活塞下行时，曲轴箱内被压缩的混合气由进气口 3 压入气缸，进气的同时，又帮助废气由排气口 2 驱除。其工作情况如下：

1. 第一行程：是进气和压缩行程，如图 1—4—(1) 所示。活塞从下止点向上移动前，气缸内在上一循环完了的

同时，就已将曲轴箱内的混合气由进气口 3 充满气缸。当活塞向上移动时，先将进气口 1 关闭，再将排气口 2 和进气口 3 关闭，然后开始压缩混合气，当活塞到达上止点附近时，连通曲轴箱的进气口 1 开启〔见图 1—4—(2)〕。曲轴箱内由于活塞上行而容积增大，压力降低，在压力差的影响下，混合气便从进气口 1 进入曲轴箱内。活塞到达上止点时，曲轴迴转了 180° 这一行程完了。

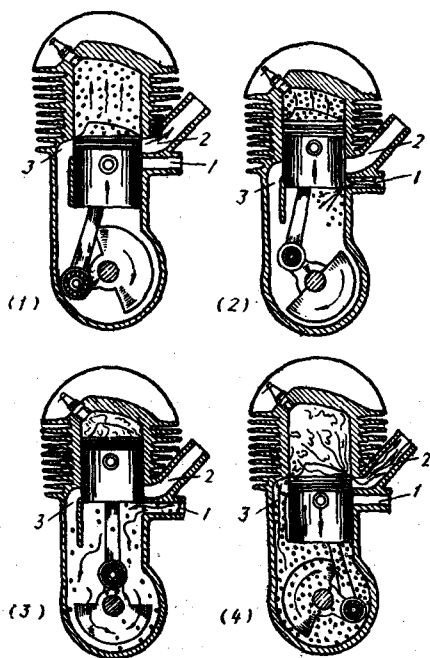


图 1—4 二行程汽油机的工作原理，
1——进气口； 2——排气口； 3——进气口。

2. 第二行程，是爆发和排气行程，如图 1—4—(3) 所示。在上一行程完了，活塞到达上止点时，火花塞跳出火

花，点燃了气缸内被压缩的混合气，产生爆发动力，推动活塞下行，如图 1—4—(4) 所示。

当活塞向下止点移动时，首先关闭了进气口 1，这时曲轴箱内的混合气被压缩，压力增大。活塞下行时先打开了排气口 2，废气开始向外排除。等到活塞下行到下止点前又让开了进气口 3，这时曲轴箱内被压缩的混合气就从进气口 3 冲入气缸中，同时也帮助了废气的清除，排气和进气完了，曲轴又迴转了 180°。

第三节 四行程和二行程柴油机 的工作原理

汽油机的工作过程和柴油机的工作过程其所不同之处就是混合气的形成和点火的方法。汽油机气缸内吸进的是混合气，经过压缩后用电火花来点燃的。柴油机气缸内吸进的是纯空气，经过压缩再和喷进气缸内的燃料相混合。由于被压缩的空气温度极高，便自行点燃了混合气。其工作情形如下：

一、四行程柴油机的工作原理

1. 进气行程：柴油机的进气行程基本上和汽油机是相同的，如图 1—5—(1) 所示，活塞由上止点下行，这时进气门开启，排气门关闭，由大气中吸入新鲜空气，直到活塞到达下止点为止，进气完了。

2. 压缩行程：如图 1—5—(2) 所示，活塞从下止点又向上行，这时进、排气门关闭，将所吸进来的新鲜空气被压缩到原来体积的 15:1，压力是 30~50 公斤/厘米²，温度增高到 500~650°C，直到活塞压缩到上止点为止。

3. 爆发行程：如图 1—5—(3) 所示，在压缩行程将

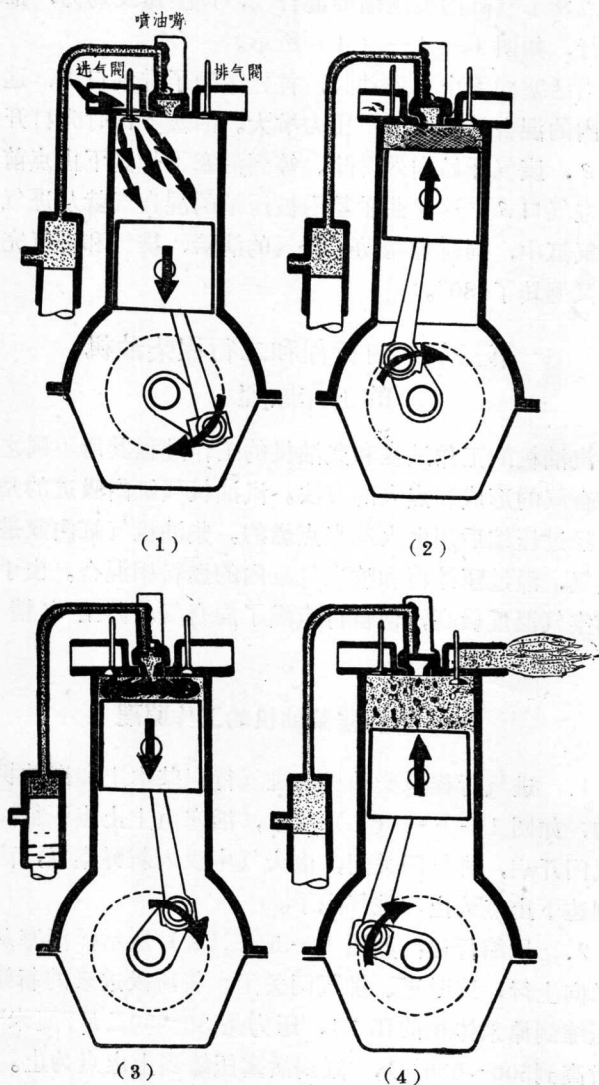


图 1—5 四行程柴油机的工作原理