

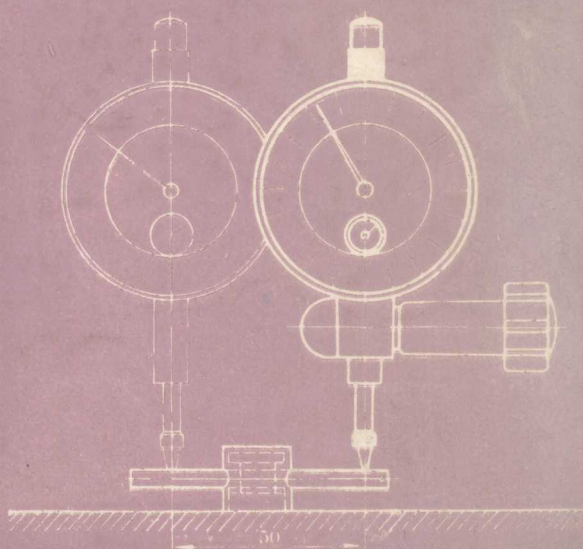
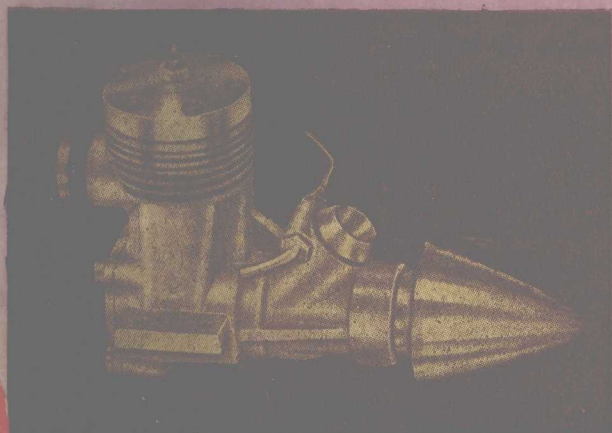
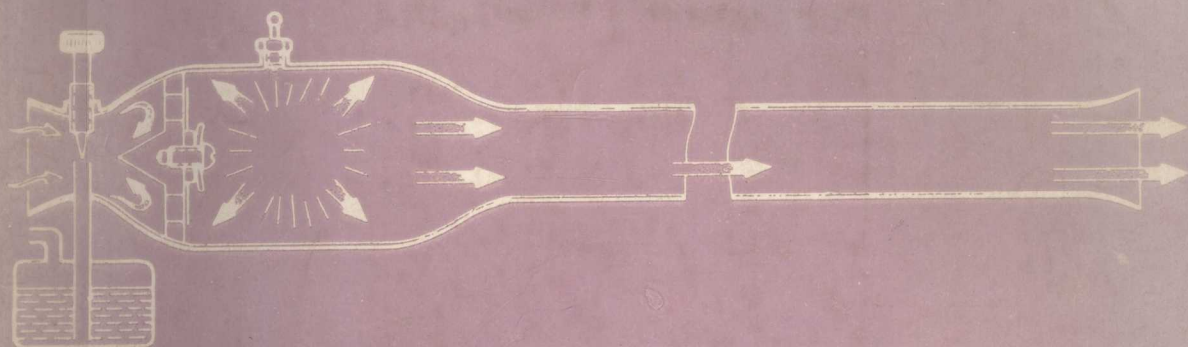
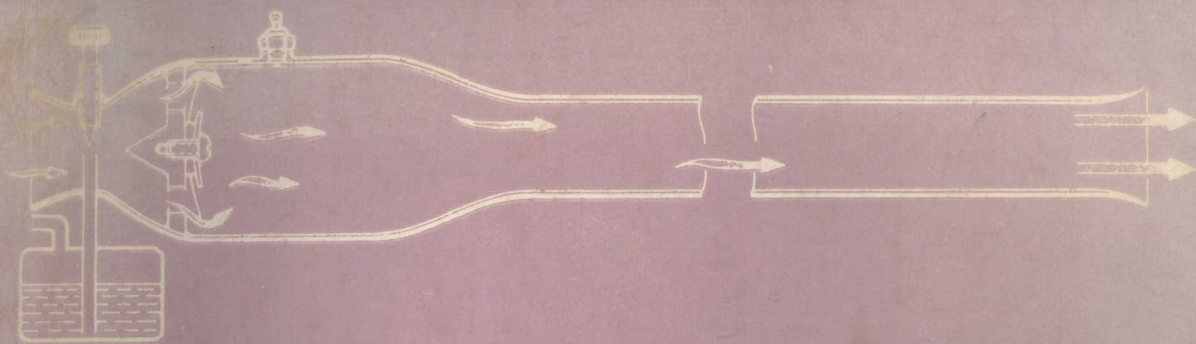


中学科技丛书

模型发动机

高国钧 编著

上海教育出版社

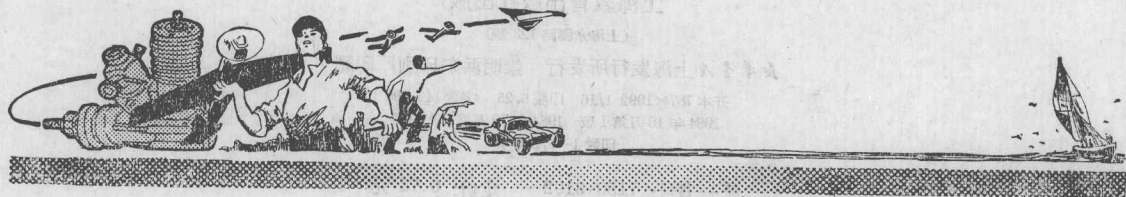


中学科技丛书

模型发动机

高国钧 编著

上海教育出版社



内 容 提 要

本书系统地介绍了模型发动机及其附件的工作原理、性能、使用及维护等有关知识。作者以其丰富的实践经验和深入的研究,并结合我国开展陆、海、空模型活动的实际情况,同时参考国外新版有关资料,使本书图文并茂,具有一定的实用参考价值,是航模活动爱好者以及从事军体运动或模型试验的专业人员的一本必备书。

中学科技丛书

模型发动机

高国钧 编著

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 崇明浜东印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 6.25 字数 149,000

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数 1—5,500本

统一书号: 7150·3192 定价: 0.71元

作 者 的 话

模型发动机在我国生产和使用已有几十年的历史。随着新技术的不断应用,模型发动机的品种、结构和性能都有明显的变化和提高。

本书在说明现代各种模型发动机工作原理的基础上,详细介绍其使用和维护方法,并指出改进其性能的途径。在附录内列出了使用模型发动机时常用的数据和表格。因此本书实为必备的模型发动机使用手册。

本书编写过程中,参考了国内外有关资料。朱开宁同志参加了本书插图的绘制工作,在此表示衷心感谢。

01	模型发动机的分类	第一章
02	模型发动机的性能指标	第二章
03	模型发动机的结构	第三章
04	模型发动机的使用	第四章
05	模型发动机的维护	第五章
06	模型发动机的修理	第六章
07	模型发动机的试验	第七章
08	模型发动机的应用	第八章
09	模型发动机的设计	第九章
10	模型发动机的制造	第十章
11	模型发动机的测试	第十一章
12	模型发动机的改进	第十二章
13	模型发动机的展望	第十三章
14	模型发动机的附录	附录
15	模型发动机的参考文献	参考文献
16	模型发动机的索引	索引
17	模型发动机的后记	后记
18	模型发动机的前言	前言

目 录

作者的话

第 1 章	前言	1
第 2 章	模型发动机的工作原理	3
第 3 章	模型发动机的起动、调整和磨车	17
第 4 章	螺旋桨与发动机的匹配	24
第 5 章	模型发动机的热火栓	27
第 6 章	模型发动机的油料	32
第 7 章	模型发动机的油箱和油泵	36
第 8 章	模型发动机的消音器和谐振排气管	44
第 9 章	模型发动机的起动器	50
第 10 章	模型发动机的汽化器	53
第 11 章	船模和车模发动机	60
第 12 章	模型发动机的维护和装卸	65
第 13 章	模型发动机的结构和材料	70
第 14 章	提高模型发动机性能的措施	80

附 录

一、	模型发动机常用英制和公制单位换算表	88
二、	模型发动机工作容积换算表	89
三、	国外主要模型发动机分气定时数据(实测)	90
四、	2.5 毫升发动机的最大缸径、行程匹配值	90
五、	模型发动机常用材料及其线膨胀系数 α (毫米/毫米 $\cdot^{\circ}\text{C}$) $\times 10^{-6}$	91
六、	模型发动机常用滚珠轴承型号和规格	91
七、	国外主要模型发动机型号和规格	92
八、	英汉对照模型发动机常用词汇	94

第1章



前言

模型发动机属于微型内燃机的范畴，习惯上把工作容积在15毫升以下的微型内燃机称作模型发动机或模型内燃机。

编写这本书的主要目的是帮助广大陆海空模型爱好者选择和使用合适的模型发动机，因此本书尽量避免使用高深的术语和复杂的数学公式。为便于实用，内容力求简单明了。模型发动机的内容共分十四章，读者需要了解有关内容时，可直接查阅有关章节。

模型发动机根据工作原理可分两类：活塞式发动机和喷气式发动机。根据具体结构，活塞式模型发动机又分压燃式、热火式、电点火式、二氧化碳式、旋转活塞式等五种；喷气式模型发动机则可有阀和无阀脉冲喷气发

动机两种。图1-1表示各种模型发动机的外形。

本书主要介绍应用最广泛的两种模型发动机——热火式和压燃式内燃机，而对电点火式、二氧化碳式、旋转活塞式发动机和脉动喷气模型发动机的原理只作简单介绍。

目前，世界上仅有十多个国家的十几家工厂生产模型发动机（其中不包括模型爱好者自己研制的发动机）。生产的类型主要分为两类：一类属普及型，另一类属竞赛型。普及型产量占大多数，它主要用作陆海空模型的动力源。制作这种模型是爱好者的业余活动或为产品作模型试验。普及型发动机主要目标不是追求最大马力，而是要求结构简单、

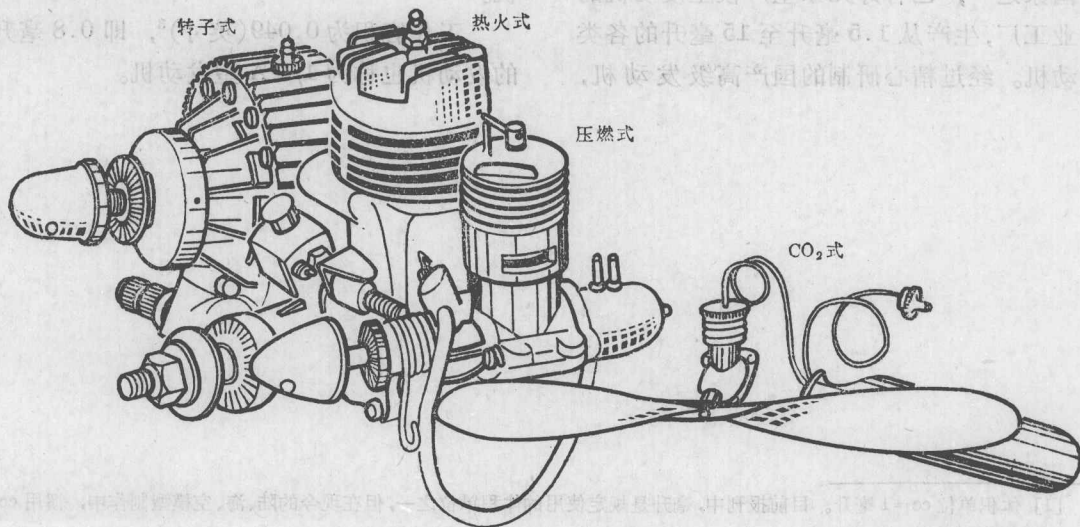


图 1-1

工作可靠、价格便宜、使用方便、容易启动和调整,其性能要求也没有一定的标准,产品的质量、性能比较稳定。竞赛型发动机则有特殊的性能要求,一般要求在相同的工作容积下具有最大的功率(如竞速发动机)、最高的效率(如航空模型中用的小组竞速发动机)、最好的调速性能(如遥控模型用发动机)等等。竞赛型发动机虽然性能优良,但使用维护要求也高,否则就不容易发挥出最好的性能,油料、热火栓等对性能影响更为显著。

目前除了竞赛型小组竞速航空模型的发动机是竞赛型压燃式竞速发动机外,其它压燃式发动机均属普及型发动机,它们使用的转速比热火式低,用的螺旋桨尺寸较大。压燃式发动机的优点是使用方便,但因其调速性能不太好,在相同的马力下,其振动比热火式发动机大,所以它很少用于大尺寸的遥控模型上,一般只做成2.5毫升以下的小型模型发动机。大多数模型发动机都属二行程,其主要优点是结构简单,在相同气缸工作容积条件下,比四行程发动机功率增加50%左右。近年来出现了四行程模型发动机,其优点是油耗小、经济性高。

我国是世界上生产模型发动机数量最多的国家之一,已有好几家生产模型发动机的专业工厂,生产从1.5毫升至15毫升的各类发动机。经过精心研制的国产高级发动机,

其性能已达到国际先进水平,使用国产模型发动机的空、海模型曾多次打破世界纪录。美国、日本、西德、意大利是世界上生产竞赛型热火式发动机较多的国家,英国是生产普及型压燃式发动机较多的国家。

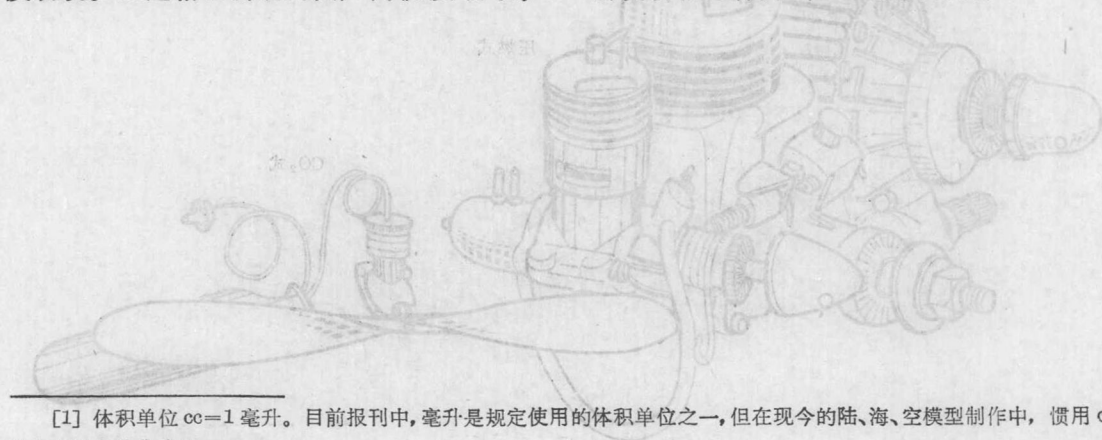
活塞式模型发动机是以气缸的工作容积大小分级的,计算工作容积是以立方厘米(毫升或cc)为单位的。

常见的模型发动机工作容积从0.8cc至15cc^[1],绝大多数为单缸,所发出的功率由0.05至4马力左右,转速在2000~35000转/分之间。国际上一般热火式发动机的工作容积以立方英寸为单位。常见的分级规格是:

英制[(英寸) ³] ^[2]	0.049	0.09	0.12	0.15
公制(毫升)	0.8	1.5	2.0	2.5
英制[(英寸) ³]	0.19	0.20	0.25	0.29
公制(毫升)	3.1	3.5	4	5
英制[(英寸) ³]	0.35	0.40	0.45	0.60
公制(毫升)	5.8	6.5	7.5	10
英制[(英寸) ³]	0.91			
公制(毫升)	15			

压燃式发动机一般以毫升(公制)为单位,大致分级为:0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.5。没有3.5毫升以上的压燃式发动机。

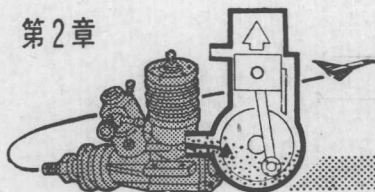
工作容积为0.049(英寸)³,即0.8毫升的发动机也称为1/2 A型发动机。



[1] 体积单位cc=1毫升。目前报刊中,毫升是规定使用的体积单位之一,但在现今的陆、海、空模型制作中,惯用cc。故本书诸多场合出现cc。

[2] 1(英寸)³=16.3871毫升。

第2章



模型发动机的工作原理

各种形式和牌号的模型发动机其基本结构及组成零件相似。压燃式模型发动机和热式模型发动机的构造见图 2-1 及图 2-2。喷气式模型发动机只有十几个零件, 见图 2-3, 它的结构虽然简单, 但工作原理与真发动机相仿。活塞式模型发动机大约有十几个到四、五十个零件, 它的工作原理与飞机、汽车、摩托车发动机的工作原理相似, 都利用燃料在气缸中燃烧使气体产生高压来推动活塞运

动, 活塞又通过曲柄连杆机构使螺旋桨旋转, 螺旋桨在空中旋转时产生拉力做功。但模型发动机的转速要比飞机、汽车、摩托车发动机的转速高得多, 这主要是因为模型发动机上的运动机件的体积小、重量轻、行程又短, 所以它们在运动时的惯性也就比较小。但也因为转速高, 模型发动机的寿命比大发动机要短得多, 最大马力寿命一般在几小时至几十小时左右。

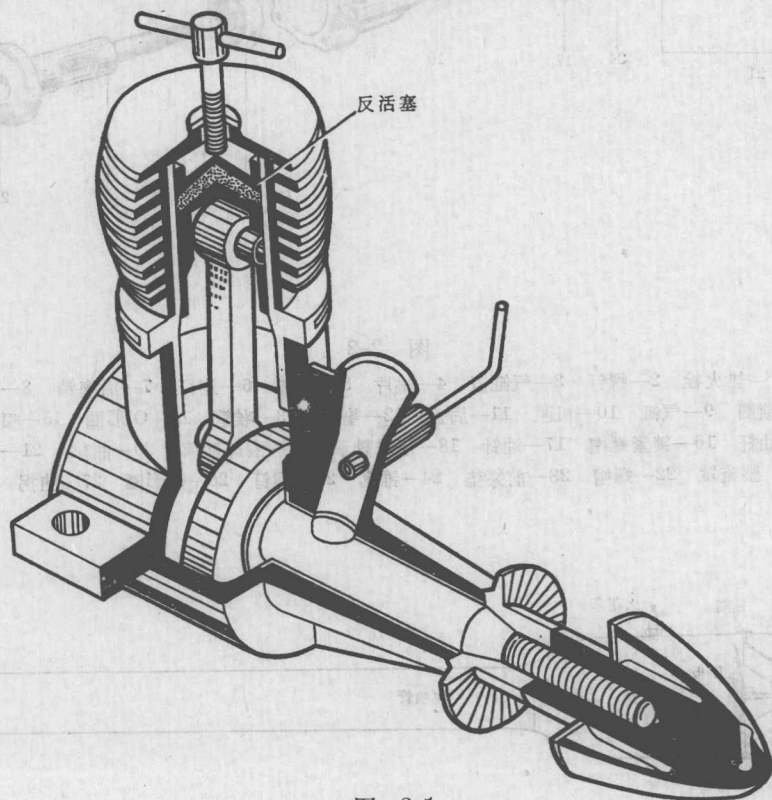


图 2-1

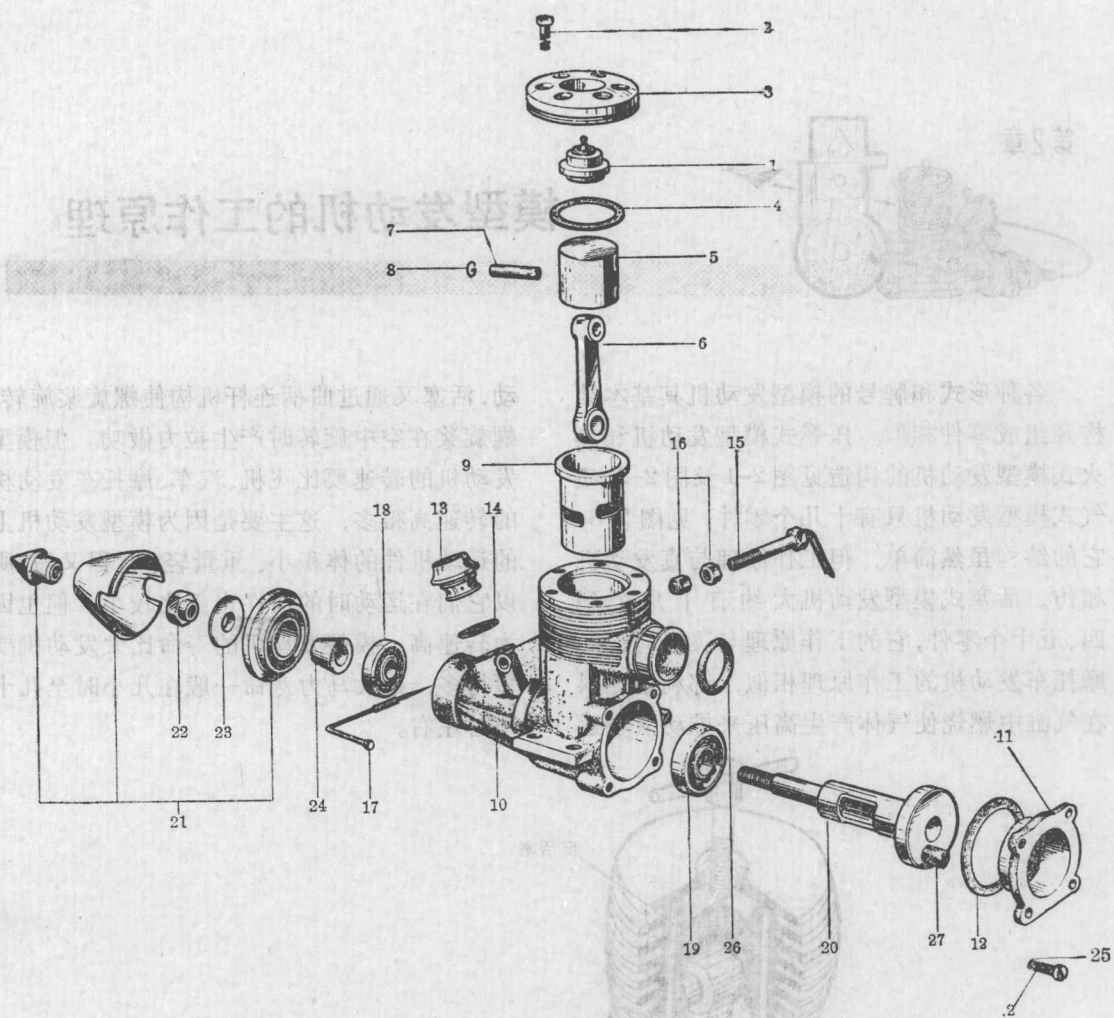


图 2-2

- 1—热火栓 2—螺钉 3—气缸盖 4—垫片 5—活塞 6—连杆 7—活塞销 8—
锁圈 9—气缸 10—机匣 11—后盖 12—垫片 13—喉管 14—O形圈 15—喷
油杆 16—锁紧螺帽 17—油针 18—滚珠轴承 19—滚珠轴承 20—曲轴 21—
整流罩 22—螺帽 23—前桨垫 24—锥套 25—螺钉 26—O形圈 27—曲拐

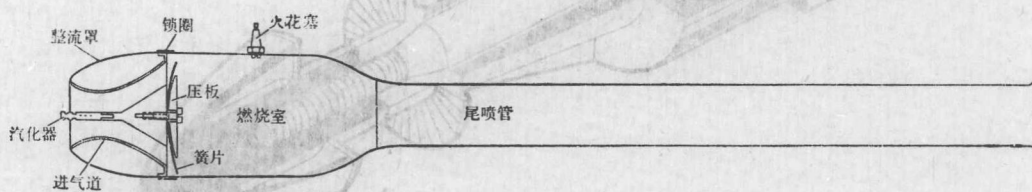


图 2-3

为了说明活塞式发动机的工作原理, 先按图 2-4 说明几个术语:

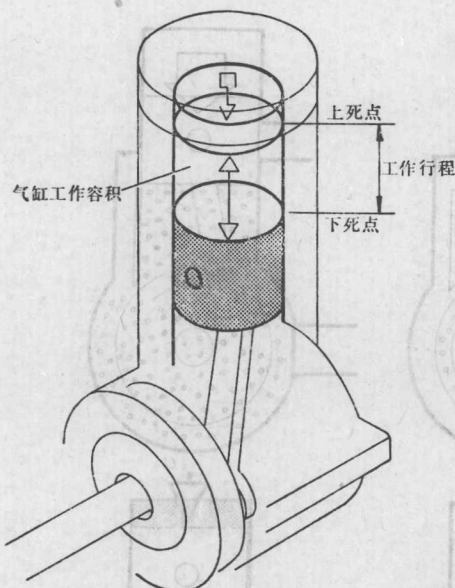


图 2-4*[注]

上死点: 活塞在气缸中运动时, 由于为曲轴的曲臂所限制, 只能在一定的范围内上下运动。活塞在气缸中运动时所能达到的最高位置称上死点。

下死点: 活塞在气缸中运动时所能达到的最低位置称下死点。

工作行程: 活塞的上死点与下死点之间的距离称活塞工作行程。发动机曲轴转一圈, 活塞经过从上到下、从下到上两个工作行程。

气缸工作容积: 上死点与下死点之间的气缸容积称气缸工作容积。

飞轮作用: 二行程发动机只有在活塞从上死点到下死点这一行程是做功的, 下一行程(即活塞自下向上运动的行程)发动机不做功。所以发动机非常需要用旋转着的轮子的惯性来帮助完成运转循环, 使发动机运转平稳。通常, 模型发动机用螺旋桨来代替飞轮, 或者配有专门的飞轮。

一、二行程模型发动机的工作原理

到目前为止, 绝大多数模型发动机是二

行程的。二行程发动机的特点是当曲轴(或螺旋桨)旋转一圈时, 活塞在气缸内完成一次向上、一次向下的运动的同时, 完成了可燃混合气吸入机匣(进气过程)、进入气缸(扫气过程)、燃气被压缩(压缩过程)、点火和膨胀(爆炸过程)、废气排出(排气过程)的整个工作过程。

二行程发动机的工作过程可用图 2-5 表示。由于二行程发动机的工作过程是交叉进行的(如进气和压缩, 膨胀排气和扫气等), 因此图 2-5 表示的工作过程超过曲轴运转一圈, 并且是从静止开始描述的。

图 2-5A 表示发动机开始起动(用手拨或用起动机起动), 活塞在气缸内向上运动。因为机匣是密封的, 随着活塞上行, 活塞下部机匣腔内形成低压, 使油气混合气从汽化器吸入机匣(这时下半个发动机起一个抽吸泵的作用)。图 2-5A 中为表示简单起见, 将汽化器直接画在机匣旁边(相当于一个簧片阀), 其实发动机的汽化器常常安排在发动机前机匣或后盖上, 见图 1-1。

图 2-5B 表示活塞已达到它运动的最高点(一般称上死点, 用 TDC 表示), 进气吸入过程基本完成(实际上活塞过上死点后, 由于进气气体的惯性, 发动机还能吸入一部分油气混合气), 这时活塞下面的机匣内充满了可燃的新鲜油气混合气。曲轴继续旋转, 在曲轴的旋转惯性(还包括螺旋桨等的旋转惯性)作用下, 活塞通过上死点, 进入向下运动的过程(图 2-5C), 并开始压缩刚进入下机匣的混合气, 同时关闭了进气阀。当活塞下行到最低位置(一般称下死点, 用 BDC 表示)的过程中, 从图 2-5D 的位置开始, 活塞不再遮盖住气缸与机匣通道(扫气道)连接的窗口(扫气口), 所以活塞下方的机匣内被压缩的油气混合气就通过这些窗口(扫气口)进入活塞上方的气缸顶部, 这时油气混合气已不能从进来的地方逃逸, 因为这时进气阀已关闭。

[注] 图号后带有“*”的图, 参见英国阿格斯图书公司 1979 年首版的“Know Your Aero Engines”(沃林著)一书。后同。

当活塞再次向上运动时(仍是依靠曲轴的旋转惯性,所以起动发动机时,必须快速拨

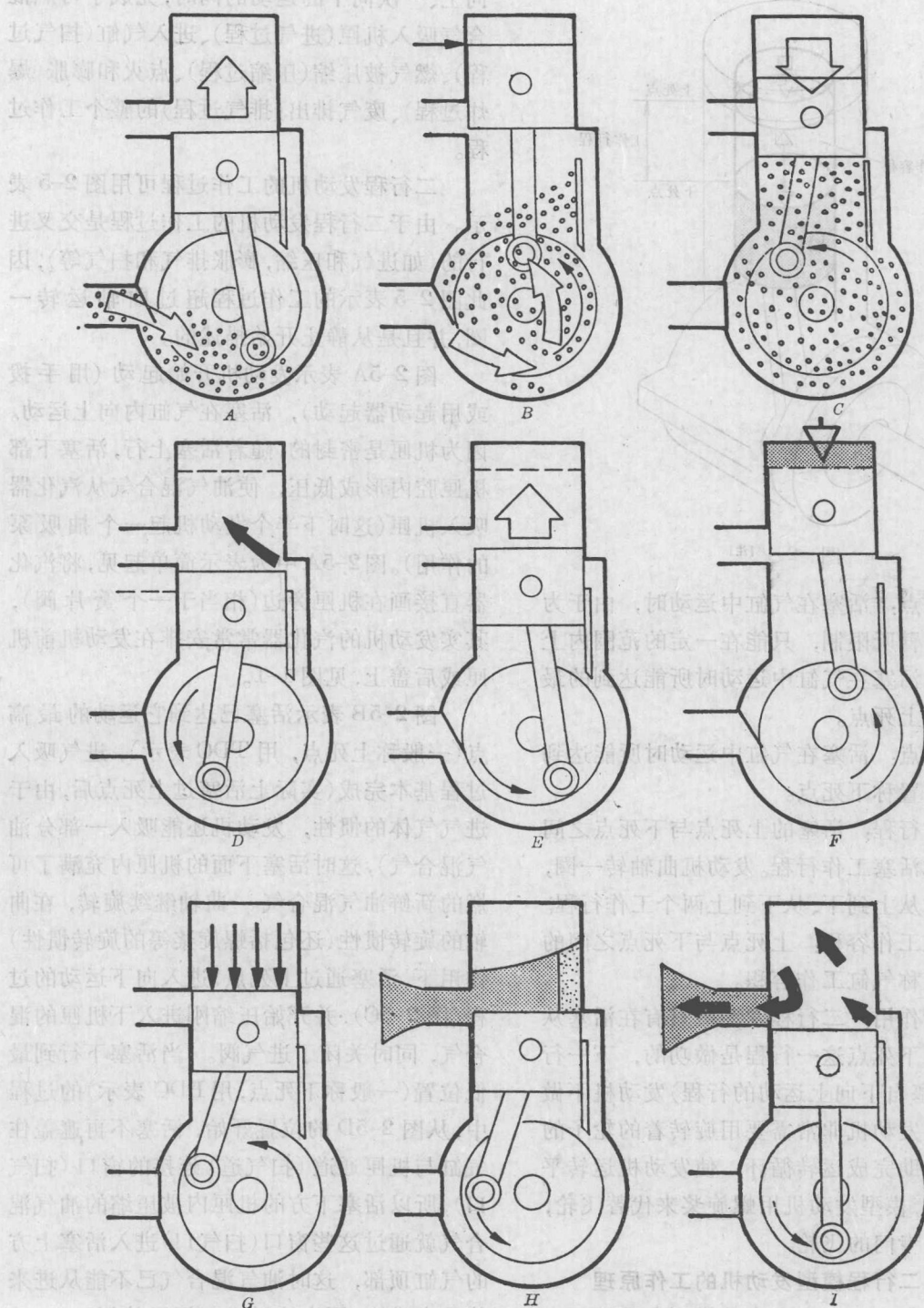


图 2-5*

动螺旋桨), 先是关闭了气缸上的扫气口(图 2-5E), 接着又关闭了气缸上的排气口, 最后将油气混合气密封在气缸顶部加以压缩(图 2-5F)。当活塞到达上死点前某个位置, 由于气体被剧烈压缩后产生的高温(对压燃式发动机而言), 或是由于通电后热火栓白金丝的炽热(对热火式发动机而言), 使混合气被点燃。对热火式发动机而言, 当转速上升到足够高以后, 气缸顶部燃烧气体的高温会使热火丝保持炽热状态, 所以这时即使断开热火丝电源, 混合气体仍会继续被点燃, 发动机就保持连续运转。气体燃爆后迅速膨胀, 在活塞顶上产生强大的压力, 推动活塞快速向下运动(图 2-5G)。在这个阶段发动机才将热能转化为机械能, 并由曲轴输出做功。

在活塞向下运动的过程中, 气缸上的排气口首先打开(图 2-5H), 经过燃烧的废气通过排气口跑掉。这就是发动机的一个进气、扫气、压缩、膨胀及排气循环。在这一循环还未结束时, 下一循环已穿插进来了。例如, 前一循环中活塞下行排气的同时, 压缩了活塞下面机匣内的混合气, 下一循环中的扫气也开始进行了(图 2-5H)。事实上发动机的排气口比扫气口早一点打开, 接着是排气口和扫气口同时打开, 从扫气口进入气缸的新鲜燃气还有助于吹跑(即扫除)气缸内残存的废气, 所以称新鲜燃气进入气缸的过程为扫气过程是很合适的。发动机运转时, 不断重复图 2-5 所示的工作过程。

显然, 发动机曲轴在旋转一圈的过程中, 各有多少时间进气、扫气、排气及它们之间的相位关系怎样, 对发动机的性能有很大的关系。为了提高发动机的性能, 最好这三者的时间都足够长, 以保证充分的进气、扫气和废气排除。但三者必须在活塞上、下运动一个循环中完成, 因此相互又受到制约。模型发动机的进气、扫气和排气的开始、终止时间称分气定时, 通常它们是以曲轴转动的角度来衡量的, 见图 2-6。混合气被上行的活塞

压缩后, 点火要及时。若点火太早, 活塞还没有运动到上死点, 混合气就已开始燃爆, 会阻碍活塞向上死点的运动。相反, 活塞过了上死点后, 若发动机还没有点火, 而要等到被压缩的气体开始膨胀后再点火, 就不能发挥出推动活塞下行的最大爆发力, 致使发动机功率下降。由于发动机从点火到被压缩的混合气全部点燃要有一小段时间, 所以正确的点火时间要在活塞到达上死点前一些, 而最大的爆炸压力则要在过上死点后一些获得。这样既保证最大压力能作用在活塞上, 又保证发动机能连续转动。

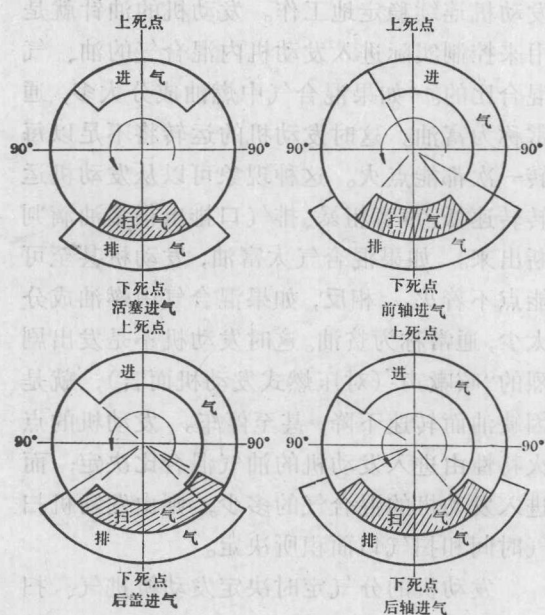


图 2-6*

在活塞向下运动的过程中, 排气口不能开得太早, 否则驱动压力丧失过早, 会影响发动机的功率。另一方面, 排气时间和排气口面积要充分, 以便使废气能尽量排出。扫气时间和扫气口面积也必须充分, 以便使下机匣内被压缩的燃气能尽可能多地驱入气缸顶部。

二行程发动机的正常工作依赖于燃油与空气适当的混合比例及正确的点火时间, 只有这样才能保证曲轴每转一圈点一次火, 使

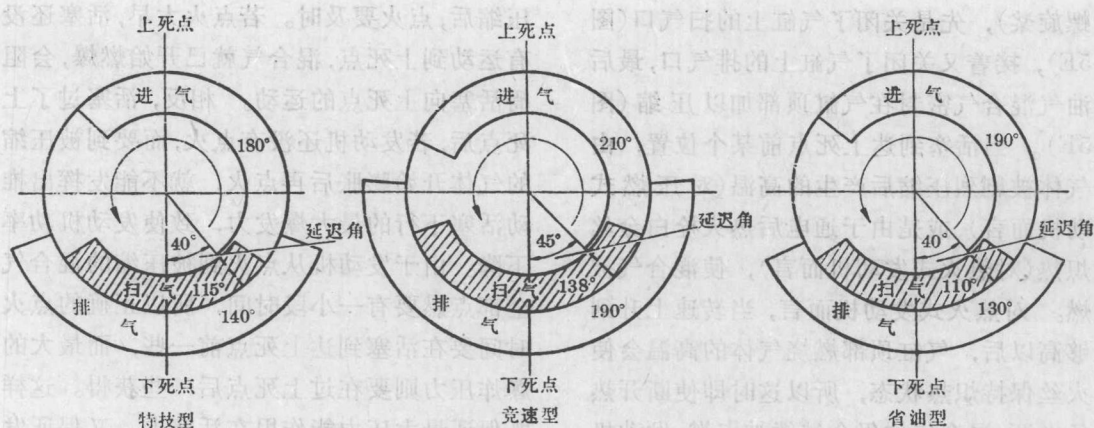


图 2-7

发动机连续稳定地工作。发动机的油针就是用来控制实际进入发动机内混合气的油、气混合比的。如果混合气中燃油成分太多，通常称为富油。这时发动机的运转将不足以每转一次都能点火。这种现象可以从发动机运转转速低、声音粗暴、排气口排出很多油滴判断出来。如果混合气太富油，发动机甚至可能点不着火。相反，如果混合气中燃油成分太少，通常称为贫油。这时发动机不是发出剧烈的“咳嗽声”(对压燃式发动机而言)，就是因缺油而转速下降，甚至停车。发动机的点火特性由进入发动机的油气混合比决定；而进入发动机的混合气的多少，则由发动机扫气时间和扫气口面积所决定。

发动机的分气定时决定发动机进气、扫气、排气口的开关时间。不同类型和不同性能的发动机，其分气定时可能有很大的差别。进气是由曲拐旋转到上死点前后的角度来表示的，排气和扫气则是由曲拐旋转到下死点前后的角度来表示的。图 2-7 表示了几种不同类型发动机的分气定时。

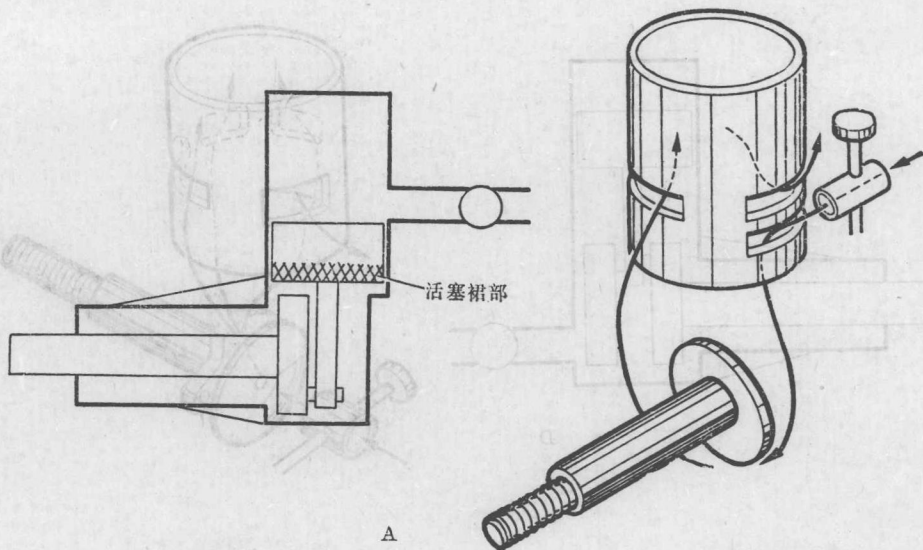
活塞式模型发动机的进气方式主要有图 2-8 所示的五种方式。

最简单的进气方式是将进气管连接在气缸壁上，由活塞的裙部上下运动来决定进气口的开关时间(图 2-8A)。这种进气方式在早期压燃式发动机上广泛采用，现在因其

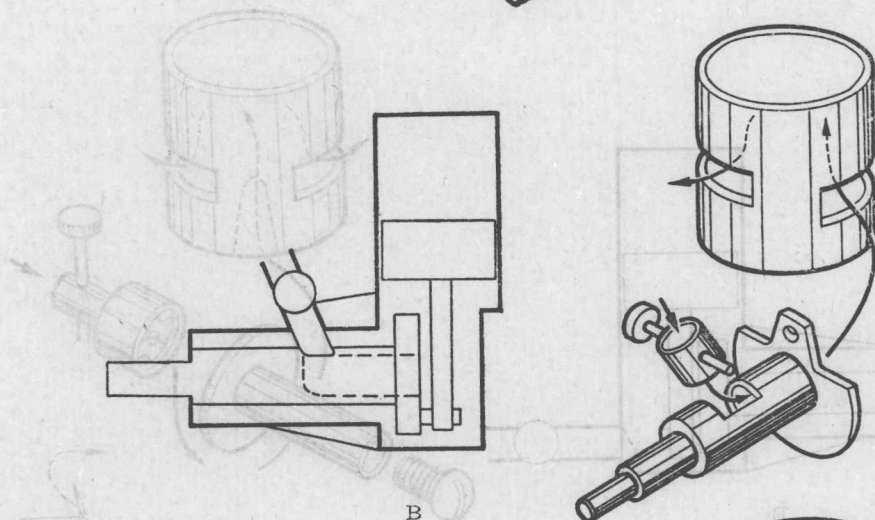
落后而被淘汰。其主要缺点是进气时间对称，即活塞下行时和上行时进气时间一样。而为了提高进气量，显然在活塞到达上死点前应比过上死点后有更大的进气角，即不对称进气方式比较有利。对称进气的发动机，在正、倒转时性能相同。不对称进气的发动机，只有按设计的旋转方向转动，才能发挥出最大功率。

绝大多数现代模型发动机都采用转阀进气方式。对前(后)轴进气的发动机，这个转阀装在曲轴的前(后)轴颈上(图 2-8B、C)，进气时间取决于曲轴上进气孔的径向位置和宽度。对后旋板进气的发动机(图 2-8D)，汽化器与机匣后盖相连，后盖内侧装有由曲柄梢拨动的旋板阀，旋板上进气孔的位置和宽度决定发动机的进气相位，更换旋板或修锉旋板孔的尺寸，就可以很方便地变更发动机的进气时间。

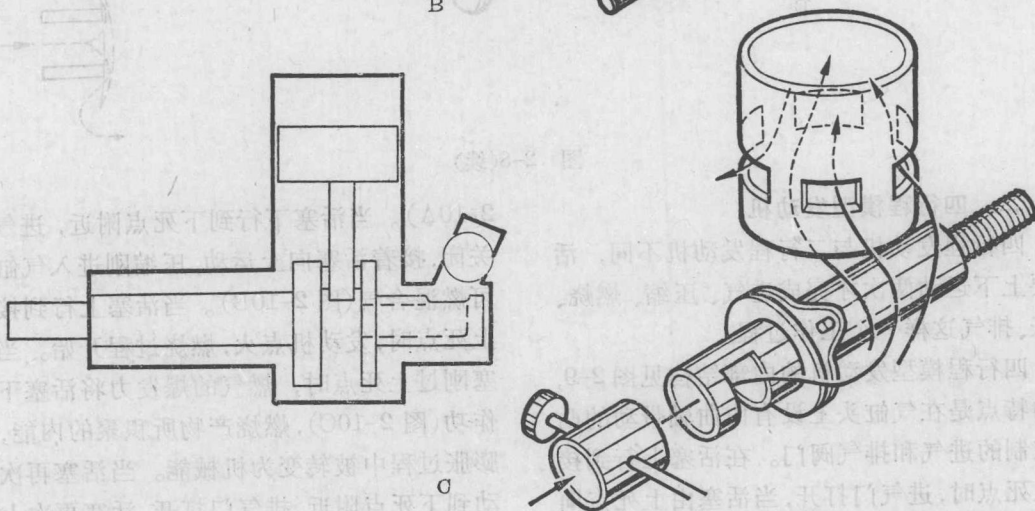
另一种简单的进气方式是由机匣压力自动控制簧片阀(图 2-8E)，进气是由装在机匣后盖上的弹性金属片(一般是不锈钢薄片)控制。当活塞上行时，下机匣形成的负压，使簧片打开。当活塞开始下行，下机匣压力开始上升而超过机匣外界压力时，簧片阀就关闭，下机匣内的新鲜混合气就经扫气道进入气缸上部。簧片阀主要是用在小尺寸的热火型发动机上。



A



B



C

图 2-8

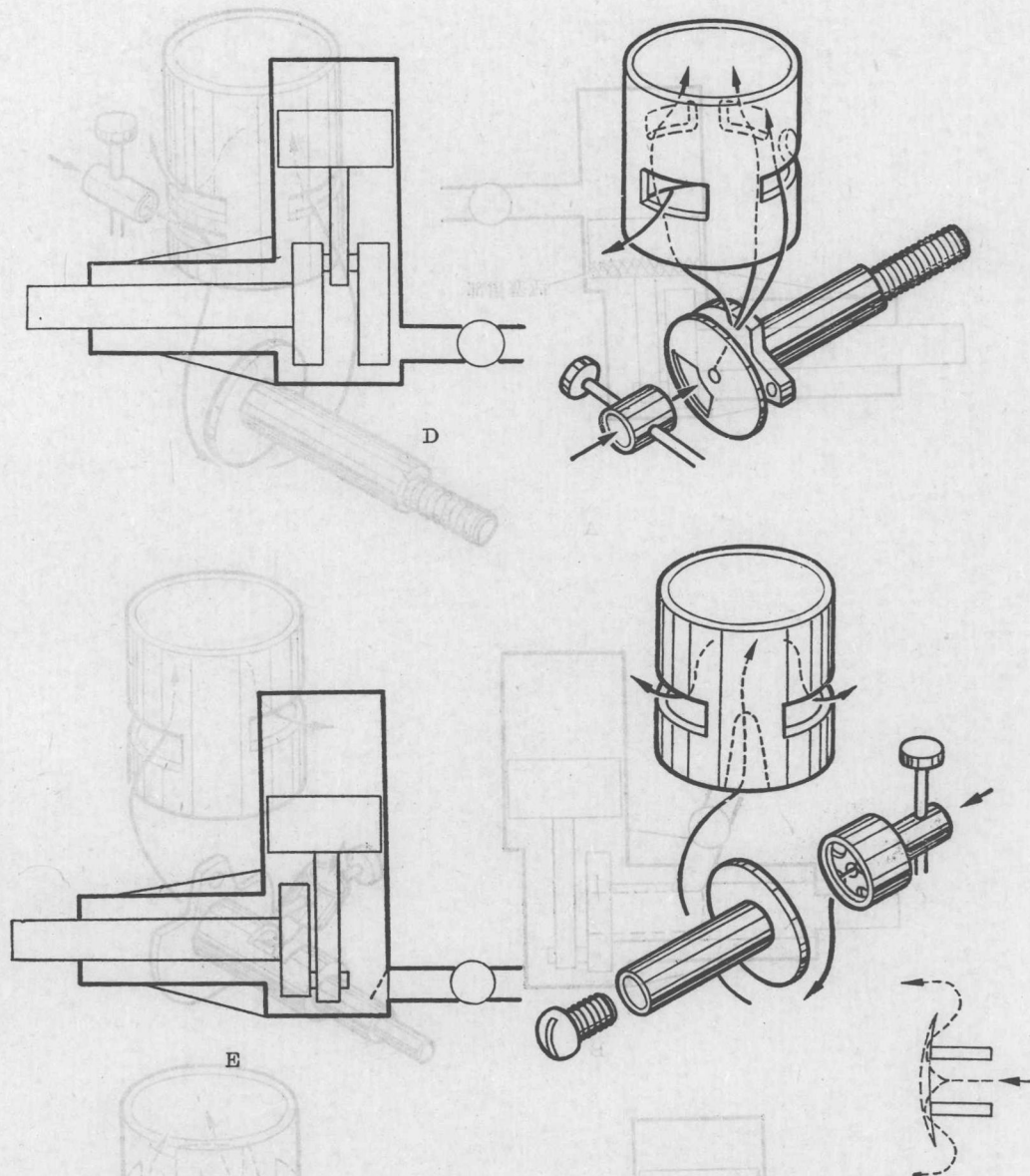


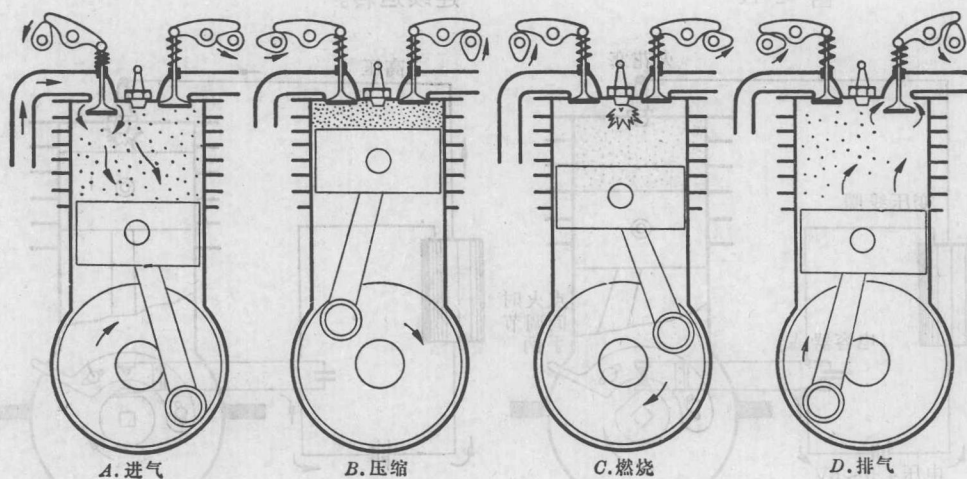
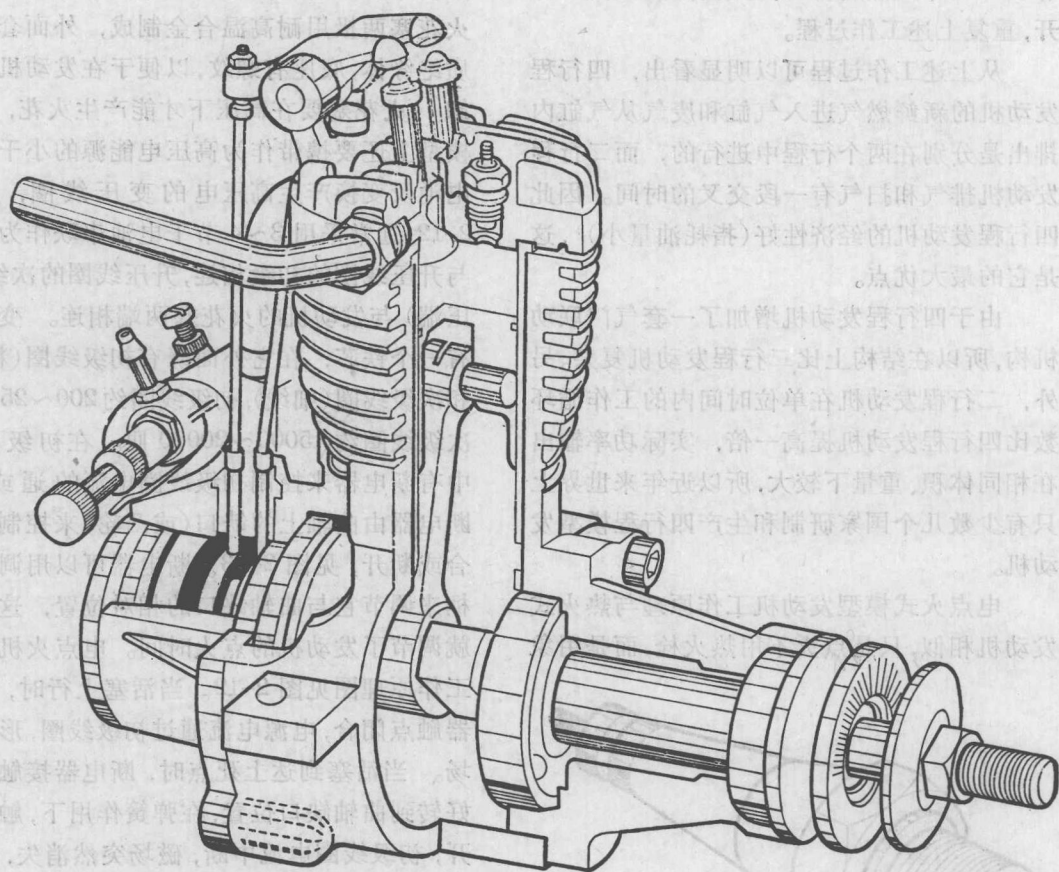
图 2-8(续)

二、四行程模型发动机

四行程发动机与二行程发动机不同，活塞要上下运动两次才完成进气、压缩、燃烧、膨胀、排气这样一个工作过程。

四行程模型发动机的内部结构见图 2-9，它的特点是在气缸头上设有由曲轴带动的凸轮控制的进气和排气阀门。在活塞上行到接近上死点时，进气门打开，当活塞由上死点向下死点移动时，新鲜燃气由进气门吸入（图

2-10A）。当活塞下行到下死点附近，进气门关闭，接着活塞向上运动，压缩刚进入气缸的可燃混合气（图 2-10B）。当活塞上行到接近上死点时，发动机点火，燃烧过程开始。当活塞刚过上死点时，燃气的爆发力将活塞下推做功（图 2-10C），燃烧产物所积聚的内能，在膨胀过程中被转变为机械能。当活塞再次运动到下死点附近，排气门打开，活塞再次上行时，将气缸内经过燃烧的废气从排气门排出



(图 2-10D), 然后排气门关闭, 进气门又打开, 重复上述工作过程。

从上述工作过程可以明显看出, 四行程发动机的新鲜燃气进入气缸和废气从气缸内排出是分别在两个行程中进行的, 而二行程发动机排气和扫气有一段交叉的时间。因此四行程发动机的经济性好(指耗油量小), 这是它的最大优点。

由于四行程发动机增加了一套气门联动机构, 所以在结构上比二行程发动机复杂。另外, 二行程发动机在单位时间内的的工作循环数比四行程发动机提高一倍, 实际功率输出在相同体积、重量下较大, 所以近年来世界上只有少数几个国家研制和生产四行程模型发动机。

电点火式模型发动机工作原理与热火式发动机相似, 只是点火不用热火栓, 而是用象

摩托车发动机上使用的火花塞, 见图 2-11。

火花塞两极用耐高温合金制成, 外面套有瓷质绝缘体, 底座有螺纹, 以便于在发动机上装卸。火花塞要在高压下才能产生火花, 因此模型上还要携带作为高压电能源的小干、蓄电池及变换产生高压电的变压线圈, 见图 2-12。通常采用 3~4 节干电池串联作为电源与升压线圈的初级相连, 升压线圈的次级(高压端)与发动机的火花塞两端相连。变压器有一个铁芯, 在它外面绕有初级线圈(粗线)和次级线圈(细线), 初级线圈约 200~250 匝, 次级线圈约 15000~20000 匝。在初级线路中有断电器来控制初级线圈电流的通或断。断电器由曲轴上的缺口(或凸轮)来控制其闭合或断开, 见图 2-13。断电器可以用调节手柄来调节它与曲轴缺口的相对位置, 这样也就调节了发动机的点火时间。电点火机构的工作原理图见图 2-12。当活塞上行时, 断电器触点闭合, 电源电流通过初级线圈, 形成磁场。当活塞到达上死点时, 断电器接触点正好转到曲轴缺口位置, 在弹簧作用下, 触点断开, 初级线圈电流中断, 磁场突然消失, 次级线圈上就感应出高压电流, 使火花塞放出火花, 被压缩的可燃气点燃爆炸, 产生高压推动活塞下行做功。以后重复上述过程, 发动机就连续运转。

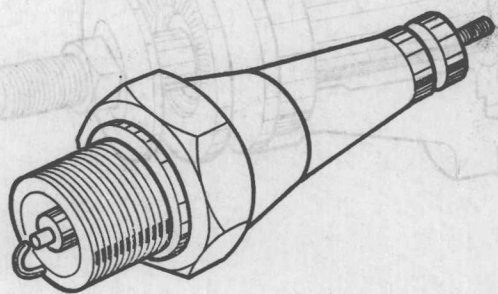


图 2-11

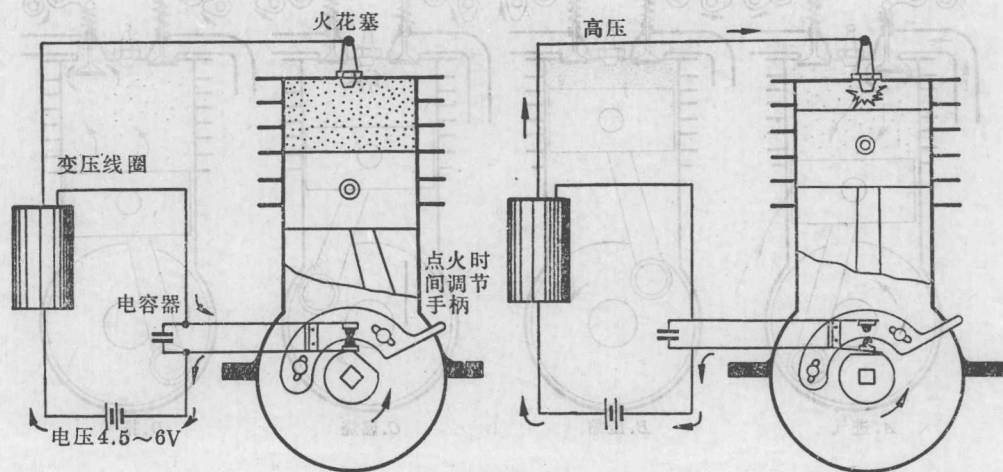


图 2-12