



拖拉机基本知识读本

发 动 机

西北农学院编
农业出版社

拖拉机基本知识读本

发 动 机

西北农学院编

农 业 出 版 社

编 者 的 话

为了适应我国农业机械化发展的需要，普及农业机械化知识，我们在多年来从事农机人员培训工作的基础上编写了《发动机》这本书，介绍农用拖拉机发动机的构造、原理、使用、维护、故障排除等方面的知识。这本书是《拖拉机基本知识读本》中的一种。

本书由杜希千、白友仁、陈际鸿、张桐华四同志执笔，全书由黄振声同志校阅。

由于水平所限，书中难免有错误和不足之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

一九七八年十二月

目 录

第一章 发动机工作原理	1
第一节 基本概念	1
一、发动机	1
二、可燃混合气	1
三、曲柄连杆机构	3
第二节 四冲程发动机的工作循环	4
第三节 配气相位	8
第四节 二冲程发动机的工作循环	11
第五节 扭矩和功率	15
一、扭矩、转速、功率	15
二、发动机排量	18
三、发动机充气量	19
四、冲程数	19
五、压缩比	20
六、可燃混合气成分	20
七、点火正时	21
八、发动机热能的利用	22
九、燃料消耗率	22
十、发动机速度特性	23
第六节 多缸发动机的工作过程	26
一、单缸发动机与多缸发动机	26
二、发动机气缸工作顺序	26
三、发动机的平衡	32

第二章 曲柄连杆机构	39
第一节 主要零件的结构原理	39
一、机体组件	39
二、活塞连杆组	44
三、曲轴飞轮组	58
四、轴承	62
第二节 曲柄连杆机构主要零件的配合	65
一、活塞与气缸的配合	65
二、活塞连杆组重量选配	67
三、活塞环与气缸和活塞环槽的配合	67
四、活塞销与活塞销座孔的配合	70
五、活塞销与连杆衬套的配合	71
六、轴承与轴颈的配合	72
七、曲柄连杆机构主要螺栓的扭力值	73
八、气缸套凸出机体上平面高度	74
第三节 曲柄连杆机构的使用与保养	74
第四节 发动机的总装	77
一、曲柄连杆机构的安装	77
二、发动机总装	79
第五节 曲柄连杆机构常见故障与排除	81
一、发动机没劲，起动困难	81
二、拉缸	82
三、气缸垫烧坏	82
四、气缸盖、气缸套和机体裂纹	82
五、烧瓦	83
第三章 配气机构	85
第一节 配气机构的功用和组成	85
一、气门组	86
二、气门传动组	90

三、气门驱动组	93
四、减压机构	96
第二节 气门间隙的检查与调整	100
一、为什么要有气门间隙	100
二、气门间隙的检查与调整	101
第三节 气门研磨与气门密封性的检查	104
第四节 配气机构的故障与排除	107
一、气门与气门座接合不严	107
二、气门脱落	108
三、气门在工作中有敲击声	108
第四章 柴油机供给系	109
第一节 柴油机供给系的组成	109
第二节 空气供给和废气排除	112
一、空气滤清器	112
二、进、排气管和火星消灭器	118
三、空气供给的主要故障	119
第三节 燃油供给	120
一、柴油的贮存、输送和滤清装置	120
二、柱塞式喷油泵	133
三、分配式喷油泵	162
四、喷油器	184
第四节 调速器	198
一、柴油机上安装调速器的必要性	198
二、调速器的基本工作原理	202
三、Ⅱ号喷油泵调速器	219
四、Ⅰ号喷油泵调速器	235
五、分配泵调速器	241
六、单缸柴油机的调速器	243
第五节 喷油泵调速器的试验调整和在发动机上的安装	245

一、喷油泵调速器的试验调整	245
二、喷油泵在发动机上的安装	257
第五章 柴油机混合气的形成与燃烧	259
第一节 柴油机混合气的形成	259
一、混合气的成分	259
二、柴油机混合气形成的特点	261
第二节 柴油机的燃烧过程	262
一、着火落后期(自燃延迟期)	263
二、速燃期(急燃期)	264
三、缓燃期	265
四、后燃期(补燃期)	265
第三节 柴油机混合气的形成方式和燃烧室	267
一、统一式燃烧室	270
二、分开(分隔)式燃烧室	271
三、球型燃烧室	279
四、复合式燃烧室	282
第六章 润滑系	284
第一节 概述	284
一、滑动摩擦的种类	284
二、润滑系的功用和供油方式	287
第二节 润滑系总体构造和组成	289
一、总体构造	289
二、润滑系的组成	291
第三节 润滑系的主要机件	295
一、机油泵	295
二、机油滤清器	297
三、机油压力表	308
四、温度表	311
第四节 几种拖拉机发动机润滑系的特点	313

一、4125 A 柴油机润滑系的 <small>不可少</small>	313
二、4115 T 柴油机的润滑系	316
三、495 柴油机的润滑系	317
第五节 使用维护	317
一、保养要点	317
二、检查调整	322
第七章 冷却系	329
第一节 冷却系的功用和冷却方法	329
一、功用	329
二、冷却方法	330
第二节 水冷却系的种类	331
一、蒸发式	331
二、热流循环式	332
三、压流循环式	334
第三节 水冷却系的主要机件	336
一、散热器	336
二、空气蒸汽阀	338
三、风扇	339
四、水泵	340
五、冷却强度调节装置	345
第四节 使用维护	349
一、使用和保养要点	349
二、故障排除	352
第八章 起动装置	354
第一节 概述	354
一、起动装置应具备的条件	354
二、起动方式	355
三、改善起动性能的辅助装置	358
第二节 AK-10单缸二冲程起动汽油机	361

一、AK-10汽油机的工作过程.....	361
二、AK-10汽油机的构造.....	363
三、AK-10起动机传动系的构造.....	370
第三节 AK-10汽油机的供给系.....	378
一、供给系的组成.....	378
二、汽化器的构造和工作过程.....	379
第四节 AK-10汽油机的调速器.....	391
一、调速器的构造和工作过程.....	391
二、调速器最高空转转速的调整.....	393
第五节 使用维护.....	395
一、正确使用.....	395
二、保养要点.....	395

第一章 发动机工作原理

第一节 基本概念

一、发动机

凡是能把一种能量转化为机械能的机器统称为发动机。如把电能转化为机械能的叫电力发动机(电动机)；把燃料燃烧所放出的热能转化为机械能的叫热力发动机(热机)，如内燃机、蒸汽机等。

拖拉机发动机采用内燃机，它与蒸汽机不同。蒸汽机其燃料是在发动机外部的锅炉中燃烧，通过锅炉使水受热变为蒸汽，再把蒸汽送到气缸内膨胀作功。内燃机的燃料是在发动机气缸内部进行燃烧放出热能，并直接利用燃气的膨胀，推动活塞对外作功，这就是说热能与机械能的转化是直接在水箱内部进行的。

根据内燃机工作原理和构造不同，分为往复式和旋转式两大类。通常所说的发动机，就是指往复式内燃机。

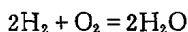
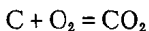
二、可燃混合气

内燃机常用的燃料是石油制品，如汽油、煤油、柴油等，

其主要成分是碳（占85—87%）和氢（占12—15%）。要使燃料燃烧得有足够的氧气，这主要从空气中获得。所以，必须使燃料与空气混合才行。

燃料与空气的混合物叫做可燃混合气。要使燃料完全燃烧，可燃混合气中每公斤燃料需要 14—15 公斤空气，如果以体积计算，所需最小空气容积为燃料容积的 10000 倍。

燃烧时，其反应式如下：



设各元素的分子量为 $C = 12$ 、 $O_2 = 32$ 、 $H_2 = 2$ ，根据上式可写成：

$$12 \text{ 公斤 } C + 32 \text{ 公斤 } O_2 = 44 \text{ 公斤 } CO_2$$

即 $1 \text{ 公斤 } C + 2.667 \text{ 公斤 } O_2 = 3.666 \text{ 公斤 } CO_2$

以及 $4 \text{ 公斤 } H_2 + 32 \text{ 公斤 } O_2 = 36 \text{ 公斤 } H_2O$

即 $1 \text{ 公斤 } H_2 + 8 \text{ 公斤 } O_2 = 9 \text{ 公斤 } H_2O$

从反应式可以看出完全燃烧时，1 公斤的碳需要 2.667 公斤的氧气，1 公斤的氢需要 8 公斤的氧气。

1 公斤空气中含有 0.232 公斤氧气，那么完全燃烧时，1 公斤氢气则需要 $\frac{8}{0.232} = 34.56$ 公斤空气；而 1 公斤碳则需要 $\frac{2.667}{0.232} = 11.52$ 公斤空气。

若设一种平均成为 1 份氢和 7 份碳的燃油（例如氢占 12%、碳占 84%），所需要的空气量即为：

$$\frac{1 \times 34.56 + 7 \times 11.52}{8} = 14.4 \text{ (公斤)}$$

燃料燃烧时产生一定的热量（热能）用卡或千卡表示，如 1 公斤汽油完全燃烧产生的热量为 10,500 千卡，而 1 公斤柴油则为 10,150 千卡。这一热能只有在一定条件下才能转化

成机械能，而且不是全部热能都转化为机械能。

如果可燃混合气在有活塞的密闭的气缸内燃烧，这时燃烧气体膨胀，推动活塞迫使它在气缸内运动（图 1—1）。

可燃混合气在气缸内部形成，并利用因预压空气而点燃的发动机称为压燃式发动机，如柴油机；可燃混合气在气缸外部化油器内形成，在气缸内压缩后由电火花点燃的发动机叫点燃式发动机，如汽油机。

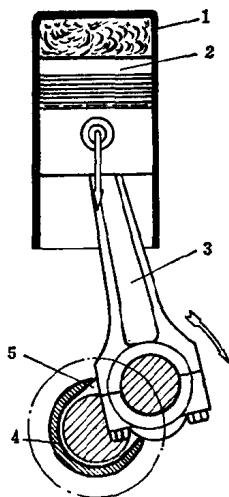


图 1—1 曲柄连杆机构
1. 气缸 2. 活塞 3. 连杆
4. 主轴承 5. 曲轴

三、曲柄连杆机构

如图 1—1 所示，活塞在缸筒内作直线往复运动，它与缸筒组成一个容积可以变化的空间。活塞通过连杆与曲轴相连，曲轴在主轴承内旋转。活塞往复运动一次，曲轴旋转一圈，曲轴旋转一圈，活塞往复运动一次。

活塞在气缸内处于最上的位置叫上止点，在最低位置叫下止点（图 1—2）。活塞由一个止点运动到另一个止点所经过的距离，称为活塞冲程（ S ）。活塞每走一个冲程，曲轴旋转半圈（相当 180° 曲轴转角）。若以 r 表示曲柄半径，则：

$$S = 2r$$

活塞处在上止点时，活塞上面的气缸容积为燃烧室容积

(V_c)。活塞处在下止点时，活塞上面的气缸容积为总容积(V_c)。两止点间的容积为工作容积(V_h)。总容积为工作容积与燃烧室容积之和。气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比，它说明压缩终了时气缸内气体被压缩的程度。用 ϵ 表示压缩比，可写成：

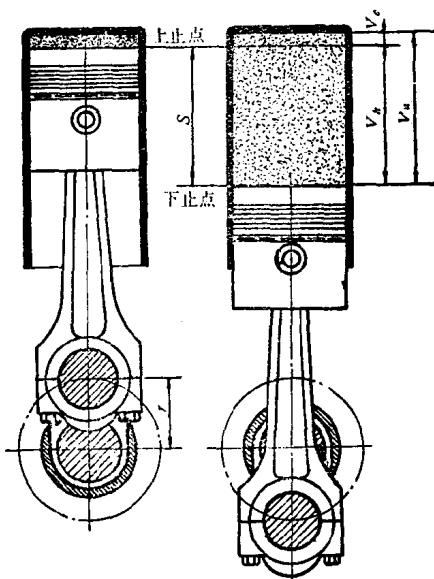


图 1—2 活塞的止点位置

$$\epsilon = \frac{V_c}{V_h}$$

柴油机压缩比为 16—23，汽油机为 6.5—10.5。

第二节 四冲程发动机的工作循环

为了使发动机作功，在工作着的气缸内必须重复以下过程：使空气（柴油机）或可燃混合气（汽油机）进入气缸；进入气缸的气体被压缩；接近终了时使可燃混合气燃烧以及燃气膨胀推动曲柄连杆机构作功；排除燃烧后的废气。这种

周期地重复进行的连续过程称为工作循环。发动机一个工作循环在活塞四个冲程内也就是曲轴每转两圈(720°)完成的,称为四冲程发动机;而活塞在两个冲程内即曲轴每转一圈(360°)完成的,称为二冲程发动机。

进气冲程 (图 1—3a) 活塞由上止点向下运动,这时进气门打开,排气门关闭。由于活塞下移,气缸容积增大,气缸内的压力低于大气压力,外界空气(柴油机)或可燃混合气(汽油机)从进气门迅速进入气缸,一直延续到活塞运动到下止点进气门关闭时为止。进气时气缸内的压力为 $0.8-0.9$ 公斤/厘米²;温度,汽油机为 $80-120^\circ\text{C}$,柴油机为 $40-70^\circ\text{C}$ 。

压缩冲程 (图 1—3b) 在压缩冲程进、排气门都是关闭的。活塞被曲轴带动由下止点向上运动,压缩了气缸内的空气或可燃混合气。受压后的气体压力和温度不断升高。

气体分子在气缸内以一定的速度不断地运动着,它撞击着气缸壁,形成对气缸壁的压力。密闭容器内的气体,能把它在一处所受到的压力,大小不变地传递到容器各个方面。也就是说在气缸壁、缸盖及活塞顶表面每一平方厘米的面积上,气体对它们作用着相等的力。

气体被压缩,即一定质量的气体其容积减少,压力就增大。因为容积减少后而气体分子运动速度并没改变,结果由于作用距缩短,同一面积上分子碰撞的次数却增多了,这就是说要温度保持不变,压力增加几倍,气体容积就减少几倍。但事实上压缩时温度也在变化,因为气体被压缩时,气体分子互相碰撞更频繁,运动也更迅速了,分子运动速度的增加

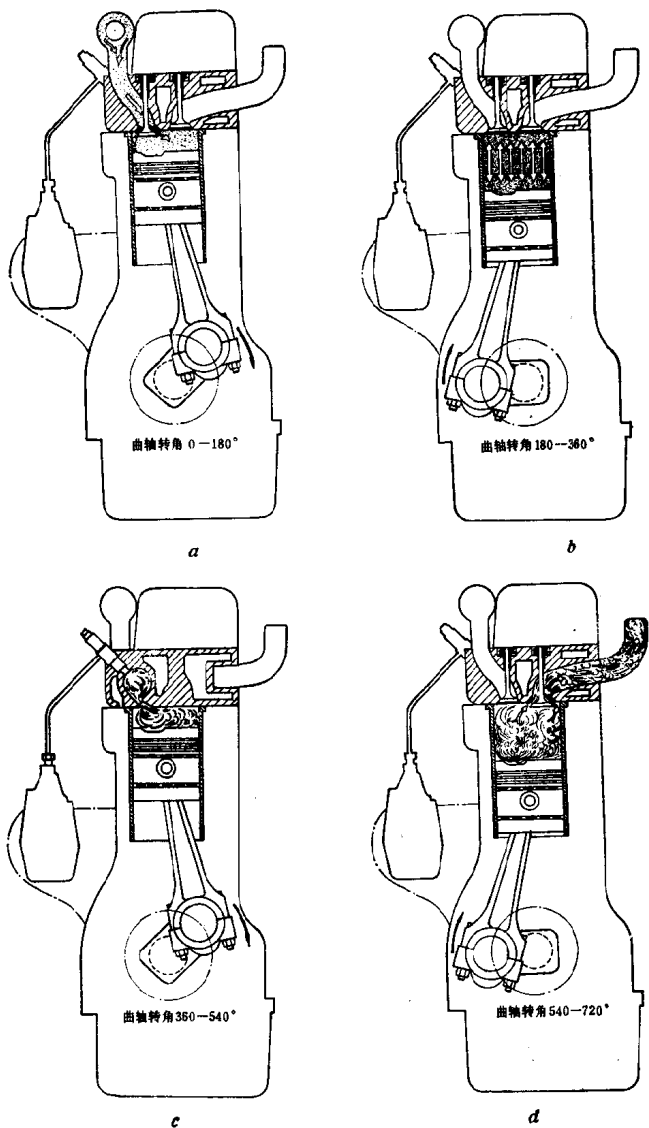


图 1—3 单缸四冲程发动机的工作过程

就表现为气体温度的增高。温度增高，压力同样也增大，这是因为迅速运动着的分子更有力地撞击着容器表面的缘故。由此可见，无论是容积减少或者是温度增加，都会使气体压力增大。

压缩终了时的压力，汽油机为 7—15 公斤/厘米²，柴油机为 30—50 公斤/厘米²；而温度，汽油机为 330—480℃，柴油机为 500—700℃。

柴油机气缸内压缩终了时空气温度超过柴油自燃温度，这时把燃料喷入气缸，燃料与空气混合后形成的可燃混合气就能着火燃烧。

汽油机被压缩的是大部分汽油经过汽化并与空气混合好了的可燃混合气。由于汽油机压缩比小，压缩终了时的温度比汽油自燃温度低得多，混合气不能着火，需要由电火花点燃混合气。

工作冲程 (图 1—3c) 工作冲程包括可燃混合气燃烧和燃烧气体膨胀两个过程。可燃混合气燃烧后产生大量的热量，使温度迅速升高，压力增加。燃烧终了时气体的温度和压力在满负荷时柴油机为 1500—2000℃，60—90 公斤/厘米²；汽油机为 2000—2500℃，30—50 公斤/厘米²。

例如，4125A 柴油机活塞在 70 公斤/厘米² 的燃气压力作用下，膨胀初期活塞上将受到很大作用力。若活塞顶部受气体作用面积为 123 厘米² (直径为 125 毫米)，则作用在活塞顶上的瞬时力为 $70 \times 123 = 8610$ 公斤。这样，气体以很大作用力推动活塞下行，带动曲柄连杆机构做功。燃料部分热量消耗在做功上，其余热量随废气排出或被冷却水带走或辐射

到空中去。

排气冲程(图 1—3d) 膨胀终了时的气体温度还很高, 柴油机为 800—900℃; 汽油机为 1000—1400℃, 气体仍含有大量的热量, 但再也不能把这一热量变为机械功了, 因为活塞已经运动到下止点随即将转而上行。膨胀终了时的压力, 柴油机为 3—5 公斤/厘米²; 汽油机为 4—6 公斤/厘米²。此时排气门打开, 废气在压力差的作用下由排气门迅速排出。

排气终了时压力为 1.05—1.25 公斤/厘米², 温度柴油机为 400—600℃; 汽油机为 600—800℃。

第三节 配气相位

在理论上发动机工作循环时, 进气门、排气门都在止点位置开启和关闭。每个气门开启延续时间都相当于 180°曲轴转角, 即活塞走完一个冲程。但在实际工作循环中, 为了最大限度地进行充气 and 排除废气, 四冲程发动机的进气门开启和关闭时间并不正好在活塞止点时刻, 而是比理论上提早开启, 延迟关闭。

进气门早开(上止点前 0—20°打开), 便增大了进气冲程开始时进气门的升程高度, 减少进气阻力, 增加充气量; 进气门晚闭(下止点后 20—60°关闭) 延长了进气时间, 利用进气的惯性使进气量增加。

排气门早开(下止点前 30—60°打开), 废气在气体膨胀压力作用下, 可自动排出, 并使气缸内压力迅速降低, 减少排气冲程的阻力; 排气门晚闭(上止点后 10—30°关闭) 可