

高等学校试用教材

拖拉机学

汪德容 韩承湘 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

高等学校试用教材

拖拉机学

汪德容 韩承湘 主编



机械工业出版社

本书是根据高等工业学校拖拉机专业教材编审委员会 1983 年 9 月审定的农业（畜牧）机械专业《拖拉机学》教学大纲（60学时）所编写的教材。本书根据农业（畜牧）机械对拖拉机课程的要求，叙述了农业拖拉机及其发动机的工作原理和结构、拖拉机的主要使用性能和主要性能的试验方法，此外，对特殊类型的农业用拖拉机也作了简要叙述。

本书是农业（畜牧）机械专业的教材，亦可供有关技术人员参考。

拖 拉 机 学

汪德容 韩承湘 主编

★

责任编辑：赵爱宁

★

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

★

开本 787×1092¹/₁₆·印张 19³/₄·字数 477 千字

1988 年 6 月北京第一版·1988 年 6 月北京第一次印刷

印数 0,001—3,000·定价：3.30 元

★

ISBN 7-111-00163-X/S·4（课）

前 言

本书是根据高等工业学校拖拉机专业教材编审委员会 1983 年 9 月在长春召开的第一次编委会制定的教学计划和教学大纲，以及审定的编写大纲编写的。内容包括农业拖拉机及其发动机的基本工作原理和结构、拖拉机机组的使用性能和主要性能试验方法，对其它类型农业拖拉机的特点也作了简要叙述。

本书是高等工业学校农业（畜牧）机械专业的专业教材，也可供有关专业师生和从事农业机械工作方面的技术人员参考。

本书由武汉工学院汪德容、安徽工学院韩承湘主编，北京农业工程大学杜熊主审。第一～十章由韩承湘编写，第十一、十三、十六～十八章由汪德容编写。武汉工学院韩淑清编写第十二、十四章，卢美光编写第十五章。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

1986年11月

绪 言

拖拉机是一种动力机械，在国民经济中，应用比较广泛。在农业生产中，拖拉机配以不同的作业机械（田间作业机械、畜牧机械、农副产品加工机械、排灌机械和运输机械等），可进行耕地、耙地、播种、中耕、喷药、施肥、收割和旋耕等田间作业；可完成排灌、脱粒和各种农副产品加工等固定作业；以及开沟、挖掘、推土和运输等作业。拖拉机是实现农业机械化不可缺少的动力机械，在设计作业机械时，一方面要考虑到拖拉机技术性能的发挥，另一方面，随着农业机械化程度的不断提高，也要考虑对拖拉机的性能提出更高的要求。

拖拉机按照其主要用途可分为工业用拖拉机、林业用拖拉机和农业用拖拉机。工业用拖拉机主要用于筑路、矿山、水利、石油和建筑等工程上，也可用于农田基本建设。林业用拖拉机主要用于林场集材和植树造林作业。

农用拖拉机按照其用途可分为一般用途和特殊用途拖拉机两大类。一般用途拖拉机主要用于一般作物的田间作业，它以牵引作业为主，也可在牵引作业的同时，输出动力驱动农具，以及用来运输和作为农副产品加工机械的动力。特殊用途拖拉机是为满足特殊农业工作条件而设计的，如中耕拖拉机、山地拖拉机、水田拖拉机和园艺拖拉机等。

农用拖拉机按照其结构形式可分为轮式拖拉机、手扶拖拉机、履带拖拉机和船式拖拉机等。

轮式拖拉机一般指四轮或三轮拖拉机。根据四轮拖拉机驱动轮数目的不同，它又分为两轮驱动和四轮驱动拖拉机。

两轮驱动拖拉机是生产和使用较普遍的一种拖拉机，它的作业质量好，适应性强，综合利用程度高，操纵轻便，是平原和浅丘地区的主要机型。但其牵引附着性能较差，在土质粘重、潮湿及沙土地的使用受到一定的限制。

四轮驱动拖拉机除具有两轮驱动拖拉机的优点外，还具有较好的牵引附着性能和越野性能，在土质粘重、潮湿和沙土地能较好地工作。但它的结构复杂，成本较高，较适于在大功率拖拉机上应用。

以单缸发动机作为动力的小功率四轮拖拉机，具有结构简单、制造方便、机动灵活和适应性较广等优点，它除可用于小块旱地进行田间作业外，也作为农业运输的动力。目前，小型四轮拖拉机在我国的生产量和保有量都占有相当的比重。

手扶拖拉机的功率一般在 9kW 以下，它外形小，重量轻，操作灵活，通过性好，综合利用性能好，因而适用于小块地、梯田、菜地、果园和短途运输以及固定作业。但生产率低，劳动强度较大，仅适于轻负荷作业。

履带拖拉机的接地面积大，单位机宽牵引力大，具有良好的牵引附着性能，而且稳定性好，越野能力强，在粘重和潮湿处有较好的适应性，除用于田间作业外，在工业及农田基本建设上还用于推土和铲运等作业。小功率履带拖拉机在山区的坡地、梯田具有较好的适应性。履带拖拉机不适于运输作业，且结构较复杂，金属消耗量大，成本较高。

船式拖拉机（机耕船）是我国南方部分水田地区发展的一种水田动力机械，它在水田、

特别是深泥脚水田中有较好的适应性，具有转向灵活、单位功率的生产率高、在水田中不易陷车等优点，但它的综合利用性能较差，因而使用范围受到限制。

不同类型、不同功率的拖拉机，虽然在总体布置和具体结构上有区别，但它们都是由发动机、底盘和电气设备三大部分组成的。

发动机是拖拉机的动力源，我国拖拉机的发动机全部采用柴油机，国外的拖拉机除一些小型手扶拖拉机外，几乎也都采用柴油机。

底盘是拖拉机的骨架和工作部件，用来保证拖拉机正确、安全地行驶和联结农机具，并将发动机的动力转变为拖拉机行驶和农机具工作所需要的动力，以完成各种作业。

电气设备包括电源设备和用电设备，是拖拉机工作不可缺少的一个组成部分。

随着科学技术的发展，农业对拖拉机的要求不断提高，拖拉机的结构和性能也在不断完善，如发动机的功率日益增大、重量减轻、油耗下降；拖拉机的工作档数愈来愈多，工作速度不断提高；液压技术在拖拉机上的应用愈来愈广；舒适性和安全保护措施也日益受到重视。为适应现代生产的要求和更广泛地满足农业和其它行业的需要，各种类型的拖拉机都可自成系列或互成变型关系，使得在各种使用条件下具有不同的适应能力。

本教材包括内燃机构造、内燃机原理、拖拉机底盘构造和拖拉机理论等基本内容，分为拖拉机发动机和拖拉机底盘两篇。由于电源设备与发动机的关系较为密切，因而将拖拉机电源设备一章归入发动机篇；而用电设备只介绍发动机的起动装置和起动辅助装置的有关部分，因而放在起动系一章中。通过本教材的学习，可初步掌握内燃机和拖拉机的构造和性能特点，使学生在设计农（牧）业机械时，能考虑到农（牧）业机械与拖拉机在结构和性能上的联系，从而进行合理地编组配套。

目 录

绪言

第一篇 拖拉机发动机

第一章 内燃机的一般构造和工作原理	2	§ 4-2 空气供给和废气排出设备	42
§ 1-1 内燃机的一般构造和基本概念	2	一、空气滤清器	42
§ 1-2 单缸四冲程内燃机的工作过程	3	二、进气管道	44
一、单缸四冲程柴油机的工作过程	3	三、排气管道和消声器	45
二、单缸四冲程汽油机的工作过程	4	§ 4-3 燃油箱、燃油滤清器和输油泵	45
§ 1-3 单缸二冲程内燃机的工作过程	5	一、燃油箱	45
§ 1-4 多缸四冲程内燃机的工作	7	二、燃油滤清器	46
§ 1-5 内燃机性能指标	9	三、输油泵	47
§ 1-6 内燃机的组成部分及其功用	12	§ 4-4 柴油机混合气的形成和燃烧	49
第二章 机体零件与曲柄连杆机构	14	一、柴油机的燃烧过程	49
§ 2-1 机体零件	14	二、柴油机可燃混合气的形成及燃烧室	50
一、机体	14	§ 4-5 喷油泵	52
二、气缸与气缸套	15	一、柱塞式喷油泵的工作原理	52
三、气缸盖与气缸垫	16	二、柱塞式喷油泵的构造	53
§ 2-2 曲柄连杆机构的受力分析和惯性力的平衡	17	§ 4-6 喷油器	61
一、曲柄连杆机构的运动分析	17	一、喷油器的功用和型式	61
二、曲柄连杆机构的受力分析	18	二、喷油器的构造和工作	61
三、曲柄连杆机构惯性力的平衡	20	第五章 小型汽油机的供给系和点火系	64
§ 2-3 曲柄连杆机构主要零件	22	§ 5-1 小型汽油机的供给系	64
一、活塞组	22	一、可燃混合气的形成与简单化油器	64
二、连杆组	26	二、汽油机对可燃混合气成分的要求及简单化油器特性	65
三、曲轴与飞轮组	29	三、化油器的供油装置	66
第三章 配气机构	32	四、化油器构造	68
§ 3-1 配气机构的功用和工作	32	§ 5-2 小型汽油机的点火系	70
§ 3-2 配气机构的零件	33	一、火花塞	70
一、气门组	33	二、磁电机	71
二、气门传动组	34	第六章 柴油机的性能特性和调速器	78
三、气门驱动组	35	§ 6-1 内燃机的工况	78
四、气门间隙	38	§ 6-2 柴油机的负荷特性和速度特性	78
§ 3-3 配气相位和充量系数	38	一、柴油机的负荷特性	78
一、配气相位	38	二、柴油机的速度特性	79
二、充量系数	39	§ 6-3 调速器	80
第四章 柴油机的供给系	41	一、调速器的功用	80
§ 4-1 柴油机供给系的功用和组成	41		

二、调速器类型	82	四、强制式水冷却系	107
三、单程式调速器	82	§ 8-3 水冷却系的主要机件	109
四、全程式调速器	84	一、散热器	109
§ 6-4 柴油机的调速特性和万有特性	93	二、空气蒸汽阀	109
一、柴油机的调速特性	93	三、水泵	110
二、柴油机的万有特性	96	四、风扇	112
第七章 润滑系	97	五、温度调节装置	112
§ 7-1 润滑系的功用和润滑方式	97	第九章 起动系	115
一、润滑系的功用	97	§ 9-1 内燃机的起动和起动方法	115
二、润滑方式	97	一、内燃机的起动	115
§ 7-2 润滑系的组成及润滑油路	98	二、内燃机的起动方法及装置	115
一、润滑系的组成	98	§ 9-2 起动辅助装置	119
二、润滑油路	98	一、减压机构	119
§ 7-3 润滑系的主要机件	100	二、预热装置	121
一、机油泵	100	第十章 拖拉机电源设备	122
二、机油滤清器	101	§ 10-1 蓄电池	123
三、机油散热器	104	一、铅蓄电池的构造	123
第八章 冷却系	105	二、铅蓄电池的电压与容量	125
§ 8-1 冷却系的功用和冷却方式	105	§ 10-2 直流发电机及其调节器	125
一、冷却系的功用	105	一、直流发电机的构造和工作	125
二、冷却的方式	105	二、直流发电机的调节器	127
§ 8-2 水冷却系	105	§ 10-3 硅整流发电机及其调节器	132
一、蒸发式水冷却系	106	一、硅整流发电机的构造和工作	132
二、冷凝式水冷却系	106	二、硅整流发电机的调节器	134
三、热流式水冷却系	106		

第二篇 拖拉机底盘

第十一章 拖拉机底盘概述	137	二、变速箱的型式和结构	158
§ 11-1 拖拉机底盘的组成	138	三、变速箱的操纵机构	163
§ 11-2 拖拉机的行驶原理	139	四、负载换档机构	165
§ 11-3 拖拉机的使用性能	141	§ 12-3 后桥	166
一、农业技术性能	141	一、后桥的组成及布置	166
二、技术经济性能	142	二、中央传动	167
三、一般技术性能	143	三、差速器及差速锁	172
第十二章 传动系	144	四、履带拖拉机转向机构	175
§ 12-1 离合器及联轴节	146	五、最终传动	179
一、离合器的功用与工作原理	146	第十三章 转向系与制动系	183
二、离合器接合过程及离合器的滑磨功	148	§ 13-1 轮式拖拉机的转向系	183
三、离合器的结构	150	一、轮式拖拉机转向系的组成	183
四、联轴节	156	二、转向器	185
§ 12-2 变速箱	158	三、转向传动杆件	183
一、功用及工作原理	158	四、转向助力器	189

§ 13-2 拖拉机的制动系	190	二、轮式拖拉机的滚动阻力	250
一、带式制动器	190	三、轮式拖拉机的驱动力和附着力	254
二、蹄式制动器	191	§ 16-2 履带拖拉机的运动学和动力学	257
三、盘式制动器	193	一、履带行走机构运动学	257
四、制动操纵机构	195	二、履带拖拉机的驱动损失、驱动力和附着力	258
第十四章 车架和行走系	196	三、履带拖拉机的滚动阻力	259
§ 14-1 车架	196	§ 16-3 拖拉机机组的总体动力学	259
§ 14-2 轮式拖拉机行走系	197	一、轮式拖拉机机组在纵垂面内的受力分析	259
一、组成及特点	197	二、履带拖拉机机组在纵垂面内的受力分析	261
二、前轴	198	§ 16-4 拖拉机的转向动力学	263
三、前轮定位	200	一、轮式拖拉机的转向动力学	263
四、车轮	202	二、履带拖拉机的转向动力学	267
§ 14-3 履带拖拉机行走系	207	§ 16-5 拖拉机的稳定性	270
一、组成及特点	207	一、拖拉机的纵向稳定性	271
二、履带拖拉机的悬架	208	二、拖拉机的横向稳定性	274
三、驱动轮和履带	210	第十七章 拖拉机的牵引性能	277
四、支重轮和托轮	212	§ 17-1 拖拉机的功率平衡及牵引效率	277
五、张紧装置和导向轮	213	一、拖拉机的功率平衡	277
第十五章 液压悬挂装置及其它工作装置	216	二、拖拉机的牵引效率	277
§ 15-1 液压悬挂装置概述	216	§ 17-2 拖拉机的牵引特性曲线	279
§ 15-2 悬挂农具耕作深度的控制方法	218	§ 17-3 农业拖拉机的试验	280
§ 15-3 半分置式液压系统	220	一、牵引试验	281
一、提升器的结构和工作原理	220	二、动力输出轴试验	284
二、提升器的工作过程	226	第十八章 其它类型拖拉机	285
三、“3”系列液压齿轮泵	228	§ 18-1 四轮驱动拖拉机	285
§ 15-4 分置式液压系统	231	§ 18-2 手扶拖拉机	289
一、分配器	232	§ 18-3 船式拖拉机	293
二、双作用油缸	236	附录	297
§ 15-5 悬挂机构	237	附录 1 拖拉机和悬挂农具的三点联结 (GB1593-79)	297
一、对悬挂机构的基本要求	237	附录 2 农业拖拉机动力输出轴 (GB1592-79)	300
二、悬挂机构的运动分析和动力分析	238	附录 3 农业拖拉机动力输出皮带轮 (GB2778-81)	305
三、悬挂机构的结构和快速挂接装置	242	附录 4 农业拖拉机牵引装置 (GB2780-81)	305
§ 15-6 其它工作装置	243	主要参考文献	306
一、动力输出轴	244		
二、驱动皮带轮	246		
三、牵引装置	246		
第十六章 拖拉机运动学和动力学	249		
§ 16-1 轮式拖拉机的运动学和动力学	249		
一、轮式拖拉机的运动学	249		

第一篇 拖拉机发动机

发动机是各种类型动力机械的统称，目前拖拉机用发动机都是往复活塞式内燃机。往复活塞式内燃机的类型很多，通常根据不同的特征予以分类。

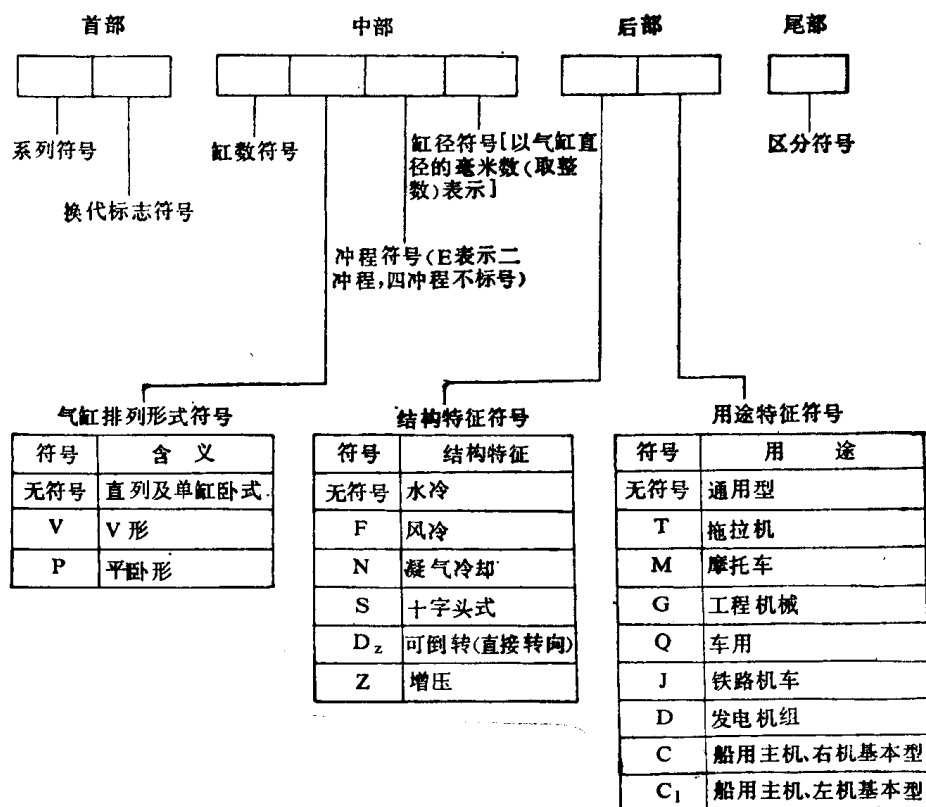
1. 按所使用的燃料不同可分为柴油机、汽油机和煤气机。
2. 按完成一个工作循环的冲程数可分为二冲程和四冲程内燃机。
3. 按气缸数可分为单缸和多缸内燃机。
4. 按冷却方式可分为水冷式和风冷式内燃机。
5. 按气缸排列形式可分为直列式、卧式、对置式和V型内燃机。
6. 按有无增压器可分为增压式和非增压式内燃机。

由于柴油价格便宜，而且柴油机的耗油率较低，所以国产拖拉机一般都采用柴油机作动力，只有在某些拖拉机上，用汽油机作为起动柴油机的起动机。

根据国家的“内燃机产品名称和型号编制规则(GB725-82)”，内燃机型号的排列顺序及符号规定如下：

例如R 175型柴油机，表示单缸、四冲程、缸径75mm、水冷、通用型（R表示175的换代标志符号）。R 175ND型柴油机，表示单缸、四冲程、缸径75mm、凝气冷却、发电用（R含义同上）。495T型柴油机，表示四缸、四冲程、缸径95mm、水冷、拖拉机用。1E65F型汽油机，表示单缸、

二冲程、缸径65mm、风冷、通用型。4100Q型汽油机，表示四缸、四冲程、缸径100mm、水冷、车用。



第一章 内燃机的一般构造和工作原理

§ 1-1 内燃机的一般构造和基本概念

往复活塞式内燃机的一般构造如图 1-1 所示, 它由气缸盖 1、排气门 2、进气门 3、喷油器(或为火花塞) 4、气缸 5、活塞 6、连杆 8、曲轴 10 和飞轮 12 等构成。

活塞装在气缸内, 通过活塞销 7 及连杆与曲轴相连, 曲轴通过主轴承 9 支承在机体上, 末端固定有飞轮。气缸上面用气缸盖封闭, 通过进、排气门和专门的控制机构来实现气缸的换气过程。

活塞在气缸内上下往复运动一次, 通过连杆使曲轴旋转一圈。活塞在气缸内的两个极端位置叫做止点, 当活塞离曲轴中心线最大距离时, 活塞顶所处的位置叫做上止点; 当活塞离曲轴中心线最小距离时, 活塞顶所处的位置叫做下止点。活塞从一个止点到另一个止点所经过的距离叫做活塞行程, 常用字母 S 表示。显然, 活塞运动一个行程, 相当于曲轴转 180° 转角。对于气缸中心线通过曲轴中心线的内燃机, 它的活塞行程等于曲柄 11 回转半径 r 的两倍。

当活塞位于上止点时, 活塞顶与气缸盖之间的空间容积叫做燃烧室容积, 通常以 V_c 表示。当活塞位于下止点时, 活塞顶与气缸盖之间的空间容积叫做气缸总容积, 通常以 V_a 表示。活塞上止点和下止点之间所包含的空间容积叫做气缸工作容积, 通常以 V_h 表示。三者具有如下关系:

$$V_h = V_a - V_c = \frac{\pi D^2}{4} S \times 10^{-3} \quad (\text{L})$$

式中 D ——气缸直径(cm);

S ——活塞冲程(cm)。

多缸内燃机各气缸工作容积之和叫做内燃机的总排量, 通常以 V_H 表示, 即:

$$V_H = V_h i$$

式中 i ——气缸数。

气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比, 通常以 ε 表示, 即:

$$\varepsilon = V_a / V_c$$

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时, 活塞对气缸内气体的压缩程度。压缩比越大, 压缩终了时气体的温度和压力就越高。各种类型的内燃机对压缩比的要求不同, 柴油机的

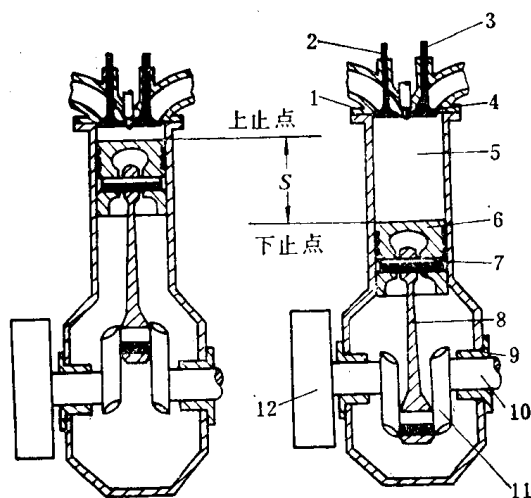


图1-1 内燃机构造简图

1—气缸盖 2—排气门 3—进气门
4—喷油器 5—气缸 6—活塞 7—活
塞销 8—连杆 9—主轴承 10—曲
轴 11—曲柄 12—飞轮

压缩比必须保证柴油能自行着火燃烧, 目前柴油机的压缩比为16~22, 汽油机的压缩比可较小, 为6.5~9。

内燃机的基本工作原理, 是使燃料在气缸中燃烧, 形成高温、高压的气体, 推动活塞并通过连杆带动曲轴旋转, 将燃料的热能转变为机械能。往复活塞式内燃机由于燃料不能在气缸内不间断地燃烧, 它必须经过进气、压缩、燃烧、膨胀和排气过程, 完成这些过程叫做一个工作循环。四冲程内燃机完成一个工作循环, 活塞须往复四个行程, 曲轴旋转两圈 (720°); 二冲程内燃机完成一个工作循环, 活塞须往复两个行程, 曲轴旋转一圈 (360°)。

§ 1-2 单缸四冲程内燃机的工作过程

一、单缸四冲程柴油机的工作过程

单缸四冲程柴油机由活塞经过进气、压缩、膨胀和排气四个行程完成一个工作循环, 图1-2为它的工作过程示意图。为了进一步分析工作循环中气体压力随气缸容积变化的情况, 可绘出四冲程柴油机的示功图。如图1-3所示。在示功图上, 上面的环形面积 $bb'cz'zb$ 表示气体完成一个工作循环所做的有用功, 下面的环形面积 $arb'a$ 表示在进、排气过程中的能量损失, 称为泵气损失, 一般将泵气损失作为柴油机机械损失的一部分。对于气缸尺寸相同的柴油机, 工作循环进行得越好, 作功越多, 则环形面积 $bb'cz'zb$ 也越大。

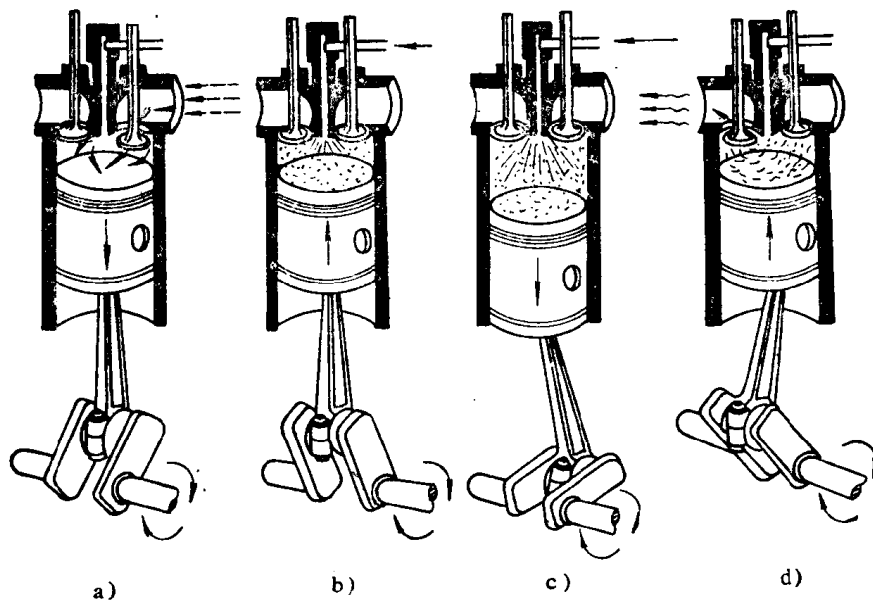


图1-2 单缸四冲程柴油机的工作过程示意图

a) 进气行程 b) 压缩行程 c) 膨胀行程 d) 排气行程

1. 进气行程(图 1-2 a)

由于曲轴旋转, 经连杆带动活塞, 使活塞由上止点向下止点运动, 这时进气门打开, 排气门关闭。当进气行程开始时, 由于气缸内残留上一循环未排净的废气, 它的压力略高于大气压力 p_0 。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 p_0 时, 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。在整个进气行程中, 进气阻力, 气缸内气体压力总是低于大气压力 p_0 , 进气终了时气体压力一般为

78.5~93.2kPa, 如示功图上曲线 $r-a$ 所示。由图可以看出, 在进气过程中, 气缸内气体压力基本上维持不变。由于新鲜空气从残余废气及燃烧室壁吸收热量, 所以进气终了时温度可达 310~340K。

2. 压缩行程(图 1-2 b)

由于曲轴继续旋转, 活塞由下止点向上止点移动, 此时, 进、排气门都关闭, 气缸内的新鲜空气被压缩, 压力和温度不断上升。当活塞到达上止点时, 压缩行程结束。这时气体的压力约为 2940~4900kPa, 温度约为 750~950K, 如示功图上曲线 $a-c$ 所示。

压缩过程的作用是增大工作过程的温差, 获得最大限度的膨胀比, 提高热功转换的效率, 同时也为燃烧过程创造有利的条件。在柴油机中, 压缩后气体的高温, 是保证燃料着火的必要条件。

为了充分利用燃料燃烧的热能, 要求燃烧过程在活塞到达上止点略后的位置完成, 使气体充分膨胀做功。考虑到柴油喷入气缸后需要经过着火准备阶段, 因此实际柴油机都在压缩行程结束前, 柴油通过喷油器呈雾状喷入燃烧室, 与高温空气迅速混合, 受热和蒸发形成混合气而开始着火燃烧。示功图上点 1 表示喷油开始, 点 2 表示燃烧开始。

3. 膨胀行程(图 1-2 c)

膨胀行程时, 进、排气门仍都关闭。由于燃料燃烧放出大量热能, 使气缸内气体压力和温度急剧升高, 最高压力可达 5880~8830kPa, 最高温度可达 1800~2200K。高压的气体推动活塞向下止点移动, 通过连杆带动曲轴旋转并对外做功, 直至活塞移至下止点时做功结束。这一行程是工作循环中产生动力的行程。随着活塞向下止点移动, 气缸内气体容积不断增大, 压力和温度逐渐降低, 膨胀行程终了时, 气缸内气体的压力下降到 196~392kPa, 温度降到 1000~1400K, 如示功图上曲线 $c-z'-z-b$ 所示。

4. 排气行程(图 1-2 d)

膨胀行程结束后, 由于曲轴继续旋转, 活塞由下止点向上止点移动, 此时, 进气门关闭, 排气门打开, 使废气从排气门排出。由于排气存在阻力, 废气不可能排除干净, 排气系统的阻力越大, 排气终了的压力就越大, 当排气终了时, 气缸内气体的压力约为 103~118kPa, 温度约为 700~900K, 如示功图上曲线 $b-r$ 所示。

排气温度一般作为检查内燃机工作状况的一种手段, 若排气温度低, 说明燃烧同样多的燃料转变为功的热量多, 工作过程进行较完善。

排气行程结束后, 曲轴继续旋转, 活塞又从上止点向下止点移动, 接着进行下一个工作循环的进气行程。

从以上所述可以看出, 四冲程柴油机只有膨胀行程对外做功, 其他三个行程是靠飞轮在膨胀行程中储存的能量来完成的。

二、单缸四冲程汽油机的工作过程

单缸四冲程汽油机也是由活塞经过进气、压缩、膨胀和排气四个行程完成一个工作循环,

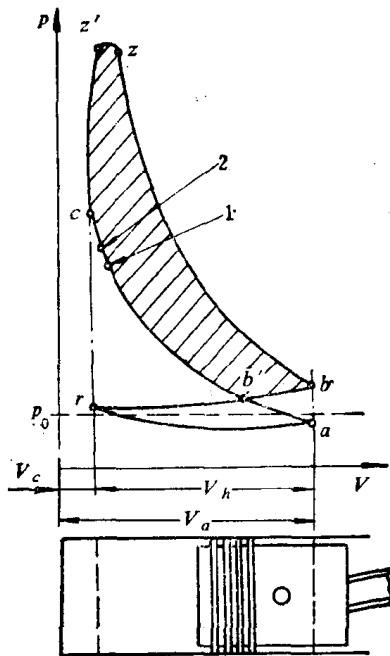


图1-3 四冲程柴油机示功图

1—喷油开始 2—燃烧开始

图 1-4 为单缸四冲程汽油机的简图，图 1-5 为四冲程汽油机的示功图。其主要结构特点是在气缸盖上装有火花塞 1，进气管道上装有化油器 3。四冲程汽油机与四冲程柴油机相比，有以下差别：

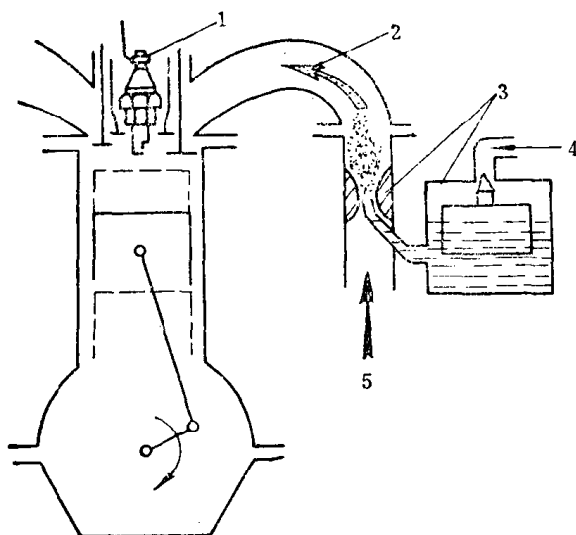


图 1-4 单缸四冲程汽油机简图

1—火花塞 2—可燃混合气 3—化油器 4—汽油入口
5—空气入口

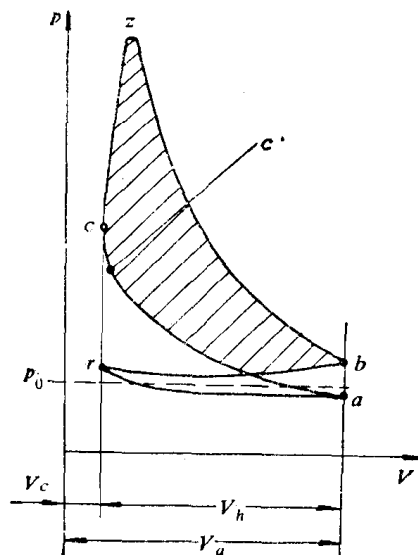


图 1-5 四冲程汽油机示功图

c'—点火开始

1. 进气行程时，进入气缸的不是纯空气，而是由化油器将空气和汽油混合而成的可燃混合气。由于增设了化油器，进气阻力较大，所以进气终了时压力较低，约为 $73.6 \sim 88.3 \text{ kPa}$ ，温度为 $350 \sim 400 \text{ K}$ ，如示功图上曲线 $r-a$ 所示。

2. 在压缩行程中，由于被压缩的是可燃混合气，压缩比过大容易产生过早燃烧，因此压缩比较小，压缩行程终了时可燃混合气的压力约为 $834 \sim 1960 \text{ kPa}$ ，如示功图上曲线 $a-c$ 所示，温度为 $600 \sim 700 \text{ K}$ ，此温度不能使混合气自行点燃。

3. 在压缩行程接近终了时（示功图上的点 c' ），用火花塞放出的电火花点燃可燃混合气，燃烧过程的最高压力可达 $2940 \sim 4900 \text{ kPa}$ ，温度达 $2200 \sim 2800 \text{ K}$ ，高压气体推动活塞下移，开始膨胀行程。此外，由于压缩比较小，气体膨胀不充分，膨胀行程终了时气缸内气体压力偏高，约为 $294 \sim 490 \text{ kPa}$ ，温度降到 $1500 \sim 1700 \text{ K}$ ，如示功图上曲线 $c-z-b$ 所示。

4. 排气行程的主要特点是排气终了时的温度较高，约为 $900 \sim 1100 \text{ K}$ ，这时气缸内气体压力下降到 $103 \sim 123 \text{ kPa}$ ，如示功图上曲线 $b-r$ 所示。

§ 1-3 单缸二冲程内燃机的工作过程

二冲程内燃机是活塞经过两个行程完成一个工作循环。目前我国拖拉机上很少采用二冲程内燃机，只是在一些大、中型拖拉机的柴油机上，采用二冲程汽油机作为起动柴油机的起动发动机，如 4125 A 型柴油机就配有 AK-10 型汽油机。

图 1-6 是单缸二冲程汽油机的构造和工作过程示意图。其主要结构特点是没有专门的气

门及其控制机构，而在气缸壁上开有三对窗口，即进气口12、扫气口5和排气口10。可燃混合气的进入、换气和废气的排出，都依靠活塞上下运动定时地开闭这些窗口来实现。可燃混合气进入气缸要经过曲轴箱3进行换气，因此曲轴箱必须是密封的。这种二冲程内燃机又叫做曲轴箱扫气式内燃机。

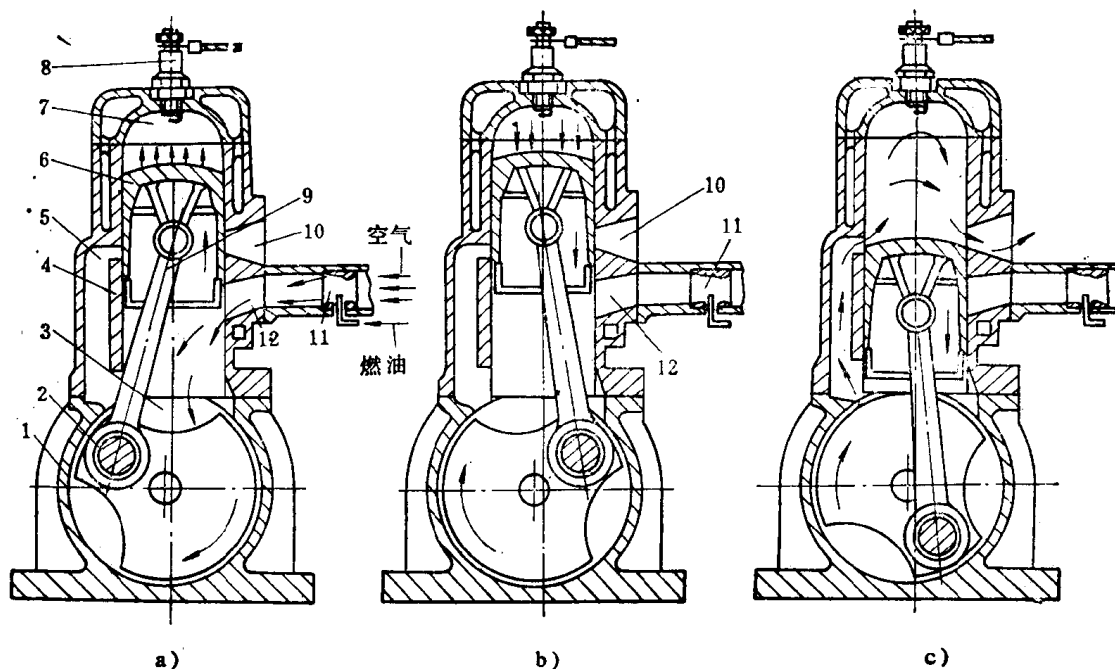


图1-6 单缸二冲程汽油机的构造和工作过程示意图

a) 进气、压缩 b) 膨胀 c) 扫气、排气

1—曲轴箱壳 2—曲轴 3—曲轴箱 4—缸体 5—扫气口 6—活塞 7—气缸盖 8—火花塞
9—连杆 10—排气口 11—化油器 12—进气口

图 1-7 为两冲程汽油机的示功图。

二冲程汽油机的工作过程如下：

1. 换气-压缩行程

活塞6由下止点向上止点运动（图1-6 a），曲轴箱内的空间增大，压力减小。当活塞运动到进气口开启时，化油器11内形成的可燃混合气被吸入曲轴箱。活塞继续上行，先后关闭扫气口和排气口后，使已经进入气缸内的可燃混合气受到压缩，压力和温度升高，气缸内气体压力变化情况如示功图中曲线a—c所示。在活塞接近上止点时，火花塞8产生的电火花点燃可燃混合气。示功图中曲线c—z相当于燃烧过程，燃烧气体压力最大值约为1960~3430kPa，温度为2100~2300K。

2. 膨胀-换气行程

气缸内燃烧气体的高压推动活塞向下止点运动（图1-6 b），压力变化情况如示功图中曲

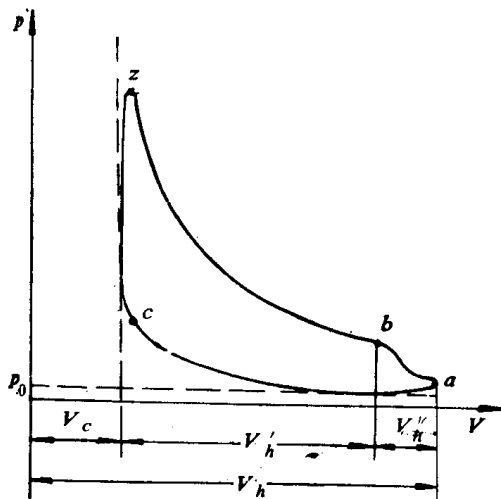


图1-7 二冲程汽油机示功图

线 $z-b-a$ 所示。活塞向下止点运动时, 首先将进气口关闭, 使进入曲轴箱的可燃混合气受到压缩。当活塞下行约三分之二行程时, 排气口打开, 相当于示功图上的 b 点, 燃烧后的废气在自身压力的作用下从排气口冲出, 膨胀结束。活塞继续下行, 扫气口被打开, 曲轴箱内被压缩的可燃混合气经扫气口进入气缸, 并在活塞凸顶的导流作用下驱赶废气, 进行扫气, 如图1-6c所示。

当活塞越过下止点上行时, 换气-压缩行程又开始, 如此反复循环工作。

二冲程柴油机与二冲程汽油机的工作过程基本相同, 主要区别在于, 进入曲轴箱和气缸内的是纯空气而不是可燃混合气; 柴油是在压缩过程接近终了时由喷油器喷入气缸; 不用火花塞点燃而是利用压缩空气产生的高温自行着火燃烧。

二冲程内燃机与四冲程内燃机相比较, 具有以下优点:

1. 二冲程内燃机由于曲轴每转一圈就作功一次, 功率较大。所以当排量、压缩比、转速、每循环供油量和其他条件相同时, 理论上其功率应为四冲程内燃机的二倍。但实际上, 二冲程内燃机由于排气和扫气时间短, 废气不能排净, 加之少量新鲜气体被废气带走, 以及膨胀行程缩短使燃气压力不能充分利用等, 因而其实际功率只有四冲程内燃机的1.5~1.7倍。

2. 二冲程内燃机作功间隔时间短, 因而运转比较平稳, 可以采用较小的飞轮, 具有尺寸小和重量轻的优点。

3. 有些小型二冲程内燃机省去专门的配气机构而使其结构简单。

二冲程内燃机存在下列缺点:

1. 经济性较差, 燃料消耗率较高。特别是二冲程汽油机, 被废气带走的是可燃混合气, 经济性更差。

2. 膨胀行程较多, 使机件受热程度增加。

3. 润滑条件差。

由上述可知, 当对内燃机的尺寸、重量和动力性的要求比经济性更重要时, 可选用二冲程内燃机。如柴油机的起动发动机和摩托车多选用二冲程汽油机。

§ 1-4 多缸四冲程内燃机的工作

单缸四冲程内燃机只有作功行程产生动力, 其他三个行程靠飞轮储存的功能来完成, 因此单缸内燃机工作不平稳。为了改善曲轴转动的不均匀性, 必须设置较大的飞轮, 一般小功率内燃机才采用单缸形式。

多缸内燃机具有两个或两个以上的气缸, 各缸的活塞和连杆都连接在同一根曲轴上。工作时, 每个气缸仍按进气、压缩、膨胀和排气四个行程的顺序来完成工作循环。但是所有气缸的膨胀行程不在同一个时间进行的, 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尽可能互相抵消或削弱, 从而使内燃机的振动减小, 工作平稳。

拖拉机上的四缸内燃机, 其工作顺序常采用1-3-4-2 (图1-8), 就是在第一缸膨胀后第三缸膨胀, 再接着是第四缸膨胀, 最后第二缸膨胀。也有些四缸内燃机的工作顺序为1-2-4-3, 其工作过程可参看表1-1。

二缸四冲程内燃机如图1-9所示, 第一缸与第二缸的曲轴错开 180° 。它的工作顺序一般

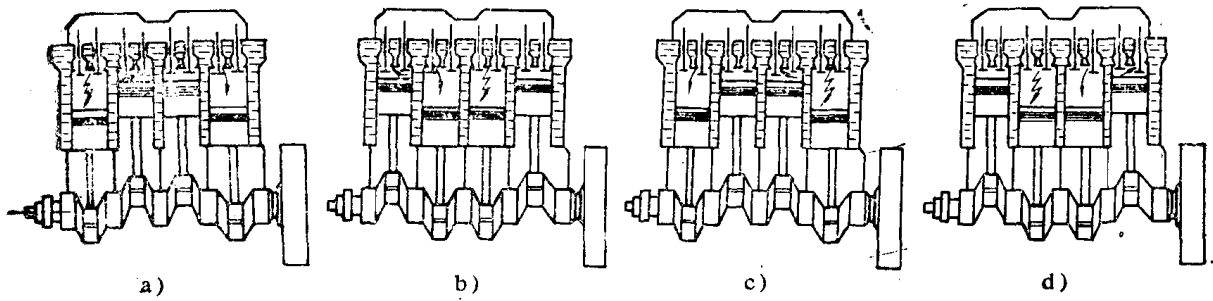


图1-8 四缸四冲程内燃机工作示意图

- a) 曲轴第一个半圈一缸膨胀 b) 曲轴第二个半圈三缸膨胀 c) 曲轴第三个半圈四缸膨胀
d) 曲轴第四个半圈二缸膨胀

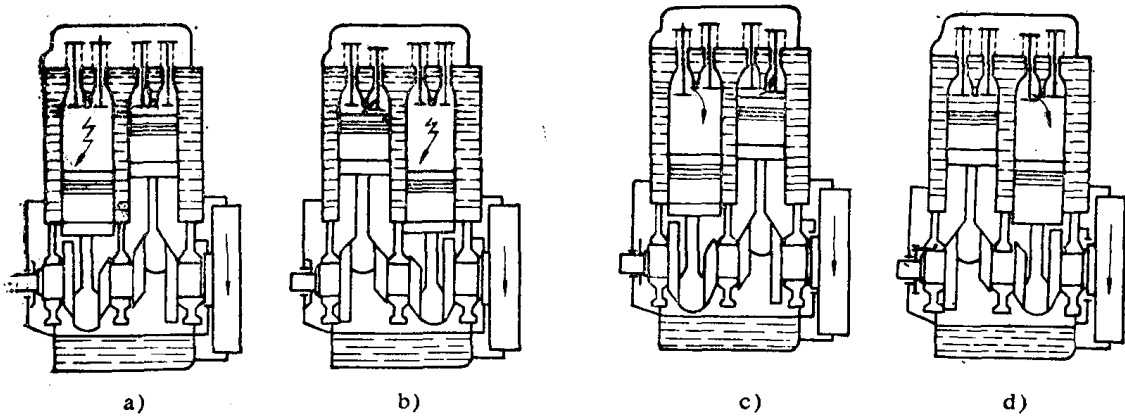


图1-9 二缸四冲程内燃机工作示意图

- a) 曲轴第一个半圈一缸膨胀 b) 曲轴第二个半圈二缸膨胀 c) 曲轴第三个半圈一缸进气
d) 曲轴第四个半圈二缸进气

表1-1 四缸四冲程内燃机的工作过程

工作顺序	1-3-4-2				1-2-4-3			
曲轴转角	各缸工作过程				各缸工作过程			
	一缸	二缸	三缸	四缸	一缸	二缸	三缸	四缸
0°~180°	膨胀	排气	压缩	进气	膨胀	压缩	排气	进气
180°~360°	排气	进气	膨胀	压缩	排气	膨胀	进气	压缩
360°~540°	进气	压缩	排气	膨胀	进气	排气	压缩	膨胀
540°~720°	压缩	膨胀	进气	排气	压缩	进气	膨胀	排气

表1-2 二缸四冲程内燃机的工作过程

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°~180°	膨胀	压缩	膨胀	排气
180°~360°	排气	膨胀	排气	进气
360°~540°	进气	排气	进气	压缩
540°~720°	压缩	进气	压缩	膨胀