

国营农场农业机械化丛书



拖拉机

(农机人员培训教材)

《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会 编

高等教育出版社

拖 拉 机

(农机人员培训教材)

《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会 编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是农业部农垦司机务处组织，由《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会组织编写的，是国营农场农业机械化丛书之一。

本书以初中文化水平为起点，从使用角度，按照《农机驾驶人员技术等级标准》应知应会的基本要求，着力叙述了拖拉机各部分的基本构造、原理和检查调整，并适当介绍了拖拉机各部分的使用维护和常见故障。在机型选择上，以国产大中型拖拉机为主，兼顾小型及进口机型，以满足全国各地的需要。本书内容简明扼要，通俗易懂，并有较强的实用性和针对性，每章末有复习思考题，便于自学。

本书经农业部农垦司机务处和农垦农机化学会共同召开的审稿会审订，可作为农垦系统各垦区农机工人培训和考工的教材，也可作为农垦系统和其它部门农机人员的培训教材或自学时参考。

国营农场农业机械化丛书

拖 拉 机

(农机人员培训教材)

《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会 编

高等教育出版社出版

新华书店北京科技发行所发行

三河县科教印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张22 字数530 000
1991年7月第1版 1991年9月第1次印刷

印数0001—21428

ISBN7-04-003635-5/TH·290

定价9.80元

《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会

主 编 董明亮

副主编 (按姓氏笔划排列)

印文俊 范治国

编 委 (按姓氏笔划排列)

王炳刚 叶 才 卢美林 孙 炜 吕宝篆 陆 平 陈永录

杨再录 狄超义 张百川 赵维涛 黄鸿钧 廖名洪

编委会办公室 (按姓氏笔划排列)

陈小卿 张保根 秦蕴珠 曹自强

前 言

《拖拉机》一书由《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会组织编写，是国营农场农业机械化丛书之一。

本书以初中文化为起点，从使用的角度出发，着力叙述拖拉机各组成部分的基本结构、原理和检查调整，适当介绍拖拉机各组成部分的使用维护和常见故障。在机型选择上面向全国各省，以国产大、中型拖拉机为主，兼顾小型和进口机型。各章之后附有复习思考题，可供教师培训不同对象时选择，同时便于学员复习。书末附有国产拖拉机主要机型常用技术数据，以便于查阅。

本书力求简明扼要，通俗易懂，便于自学。书中的主要内容体现了《农机驾驶人员技术等级标准》应知应会的基本要求，具有较强的针对性、实用性和较广的适用范围，已由农业部农垦司机务处和《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会定为全国农垦系统各垦区农机工人培训与考工的课本，也可作为农垦系统和其他部门农机人员的培训教材或自学参考书。

本书由南京农业大学靳荣门、韩凤鸣两同志统稿完成。编写人员及其分工是：靳荣门编写概述、第一、二、三、四、八、九、十、十一章及附录；韩凤鸣编写第五、六、七、十二章；黑龙江省国营农场总局马常华同志编写第十三章第一、二、三节；辽宁省农垦局徐丽蕻同志编写第十三章第四节。本书经农业部农垦司机务处和农垦农业机械化学会共同召开的审稿会审议通过。参加本书审稿的有：国营农场农业机械化编委会成员和陈小卿、曹自强、徐丽蕻等同志。在编写过程中，胡东海同志校阅了全部书稿，并进行了局部修改工作，冯步青、张如翰两同志校阅了部分书稿，并提出宝贵的意见，在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

1991年5月于北京

序

当新中国的曙光在东方升起的时候，在祖国广袤的土地上，诞生了新型的社会主义农业企业——机械化国营农场。40多年来，国营农场从无到有，从小到大，汇成了社会主义农业的一支重要力量，成为技术装备比较先进、劳动生产率和商品率比较高、大规模综合经营的农业商品生产基地。

国营农场从开始创办起，机械化就是起飞的跑道。经过40多年的发展，国营农场已拥有较强的农业机械基础，建立起一支较强的机务队伍，在农机使用、管理、维修、科研等方面积累了较丰富的经验。农业机械化在大规模开荒建设、发展农业生产、培养人才、示范农民、增加农畜商品量等方面，发挥了重要作用。

农垦系统在农业机械化的发展中，把机务队伍建设作为一项重要任务，开展了多种形式、不同层次的各类农机人员的培训工作，造就了一大批农机化管理干部、工程技术人员和广大的农机工人，建立了一支有30多万人的机务队伍。正是有了一支作风硬、技术精的机务队伍，农垦农机化事业的发展才有保证。

党的十一届三中全会以来，农垦系统积极进行改革，调整产业结构，搞活经营机制，增强企业活力，生产和建设持续稳定发展。在农垦经济蓬勃发展的推动下，促进了国营农场农机化向深度和广度发展，即由传统的农业机械化向现代化机械化农业转化；由粮、棉、油种植业机械化向农、林、牧、副、渔大农业多样化机械化转化。在这新的历史时期，中央要求农垦企业建成稳定的内外贸商品生产基地；农业专业化、商品化、现代化示范基地；大城市和工矿区的副食品生产基地；当地农村先进技术和良种推广、产品加工、运输和销售的服务中心。今后10年农业生产将再上新台阶，再增加100亿斤商品粮和800万担棉花，要求具有更高的劳动生产率和商品率。这就把国营农场农机化推向了更重要的地位，对机务队伍建设提出了更高的要求。而当前农垦农机队伍面临新老交替、青黄不接、素质下降的状况，构成农机化发展中的潜在危机。为加强队伍建设，开展技术培训，提高队伍素质，迫切需要培训教材和农机化技术书籍。农业部农垦司机务处与农垦农机化学会根据这一需要，于1990年8月组成了《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会，负责丛书的编审、出版和发行。丛书主要包括以下几方面内容：

1. 农垦农机化发展史。
2. 不同层次的农机化工作者知识更新所需要的培训教材。
3. 技术基础和专业技术书籍。
4. 农机化科普读物。
5. 国内、外农机化新技术和农机化管理经验。
6. 农机化技术、经济、管理资料手册。
7. 农机化政策、法规、制度、规程、办法等。

《国营农场农业机械化丛书》是为国营农场广大机务工作者服务的，垦切希望各垦区和全体农业机械化工作者给予关心和支持，共同把这一工作搞好。

《国营农场农业机械化丛书》编辑委员会

1991年5月

目 录

概述	1
第一章 内燃机的基本知识	3
第一节 内燃机的一般构造和基本 名词	3
第二节 四行程内燃机的工作原理	4
第三节 内燃机的总体构造	8
第四节 内燃机的主要性能指标	10
复习思考题	11
第二章 曲柄连杆机构	13
第一节 机体缸盖组	13
第二节 活塞连杆组	18
第三节 曲轴飞轮组	26
第四节 内燃机的平衡	29
第五节 曲柄连杆机构的使用维护和 常见故障	31
复习思考题	34
第三章 配气机构	35
第一节 配气机构概述	35
第二节 配气机构的构造	37
第三节 柴油机的减压机构	44
第四节 配气机构的使用调整和常 见故障	47
复习思考题	51
第四章 内燃机的燃料供给系	52
第一节 柴油机供给系概述	52
第二节 柴油机混合气的形成特点和 燃烧室	58
第三节 柱塞式喷油泵	62
第四节 调速器	76
第五节 喷油器	94
第六节 柴油机供给系的故障	97
第七节 废气涡轮增压简介	98
复习思考题	101
第五章 润滑系	103
第一节 润滑系概述	103
第二节 几种常用柴油机的润滑油路	104
第三节 润滑系的主要机件	109
第四节 润滑系的使用维护	

和常见故障	113
复习思考题	115
第六章 冷却系	116
第一节 冷却系概述	116
第二节 几种柴油机冷却系的组成和 工作过程	118
第三节 水冷却系的主要机件	120
第四节 水冷却系的使用维护和常见 故障	127
复习思考题	128
第七章 起动装置	129
第一节 起动装置的功用和起动方式	129
第二节 起动汽油机的工作原理	129
第三节 起动汽油机的供给系	130
第四节 4125A型柴油机起动装置的 传动机构	138
第五节 起动装置的使用维护和常见 故障	142
复习思考题	143
第八章 拖拉机的传动系	145
第一节 离合器	145
第二节 变速箱	157
第三节 后桥	169
第四节 铁牛-654型四轮驱动拖拉机 传动系简介	178
复习思考题	180
第九章 拖拉机的行走系	182
第一节 拖拉机的行驶原理	182
第二节 轮式拖拉机的行走系	183
第三节 履带式拖拉机的行走系	187
复习思考题	192
第十章 拖拉机的转向系和制动系	193
第一节 轮式拖拉机的转向系	193
第二节 履带拖拉机的转向系	202
第三节 轮式拖拉机的制动系	206
第四节 手扶拖拉机的转向机构和制 动系简介	210
第五节 拖拉机挂车制动系概述	212

复习思考题	214
第十一章 拖拉机的液压悬挂系	216
第一节 液压悬挂系概述	216
第二节 分置式液压悬挂系	220
第三节 半分置式液压悬挂系	231
第四节 整体式液压悬挂系	244
复习思考题	255
第十二章 拖拉机的电气设备	257
第一节 概述	257
第二节 电和磁的基本知识	258
第三节 蓄电池	266
第四节 直流发电机及其调节器	272
第五节 永磁式交流发电机	279
第六节 硅整流发电机及其调节器	282
第七节 起动电动机和起动电路	290
第八节 磁电机点火系	299
第九节 其他电气设备和全车电气线路	304
复习思考题	309
第十三章 引进拖拉机简介	311
第一节 ZT-323A型拖拉机的新结构简介	311
第二节 JT-75系列拖拉机的单级行星齿轮式转向机构	313
第三节 迪尔-4450型拖拉机的新结构简介	315
第四节 6211、7211拖拉机简介	329
附录 国产拖拉机主要机型简要技术数据	333
附录1 本书使用的我国法定计量单	

位与原工程单位制对照表	333
附录2 发动机主要螺栓(或螺母)的拧紧力矩(公斤力·米)	333
附录3 常用国产拖拉机用发动机主要部位的标准配合间隙	334
附录4 国产拖拉机常用机型发动机活塞环的标准开口间隙和边间隙	335
附录5 II号喷油泵试验调整参考数据	335
附录6 I号喷油泵试验调整参考数据	336
附录7 ZHB中型泵带TA调速器试验调整参考数据	337
附录8 几种主要拖拉机简要结构、性能数据	338
附录9 常用国产拖拉机传动系的传动比与各档行驶速度	341
附录10 常用国产轮式拖拉机前轮轴承间隙	342
附录11 蓄电池不同放电强度对容量的影响	342
附录12 电解液中硫酸与蒸馏水的配制比例	342
附录13 蓄电池在不同气候条件下电解液所需的比重	342
附录14 蓄电池不同存电量与比重、负荷电压的关系	343
附录15 三联调节器的调整数据	343
附录16 拖拉机用火花塞主要数据	343
主要参考资料	344

概 述

一、拖拉机的用途、分类和组成

拖拉机是一种自走的动力机械，已广泛应用于农业、林业和工业领域。

拖拉机按用途分类为：工业用拖拉机，主要用于矿山、石油、建筑等行业的铲运、牵引井架和其他施工作业；林业用拖拉机，主要用于挖洞、伐木和集材作业；农用拖拉机，是农业机械的主要动力，配用不同种类的农具，可以进行耕整地、播种、施肥、中耕、喷雾（粉）、收获、脱粒、排灌和运输以及农田基本建设等多种作业。农用拖拉机又可分为通用型、中耕型、园艺型（如小手扶拖拉机等）和特殊用途（如山地、沼泽地用）拖拉机。

拖拉机也可按行走装置分为履带式、轮式（两轮驱动和四轮驱动）和船式（机耕船）拖拉机；按发动机功率大小分为大型[74千瓦（100马力）以上]、中型[15~44千瓦（20~80马力）]和小型[15千瓦（20马力）以下]拖拉机。有些国家（如日本）还有特小型[1.8千瓦（2.5马力）以下]拖拉机。此外，还可按结构形式分为乘坐式和手扶式两种。

各种不同型式的拖拉机在结构和性能上虽各有差异，但它们的总体组成都是基本相同的，一般均由以下几部分组成。

（1）发动机 它是拖拉机的动力装置。其作用是把燃料燃烧的热能转变为机械动力，并通过传动系传给驱动轮，驱动拖拉机行驶。

（2）底盘 拖拉机除发动机和电气设备以外，其他所有的系统和装置统称为拖拉机底盘。底盘由传动系、行走系、转向系、制动系以及工作装置组成。传动系的主要功用是把发动机的动力减速后传给驱动轮；行走系的功用是支承拖拉机的全部重量，并保证拖拉机行驶；转向系用来控制和改变拖拉机的行驶方向；制动系的功用是迅速降低拖拉机的行驶速度并使拖拉机停车；工作装置用来牵引和升降农具以及向其他作业机具输出动力。

（3）电气设备 电气设备用来实现拖拉机的起动、照明、信号和仪表的正常工作。它主要由电源设备、用电设备和配电设备组成。

二、拖拉机的发展动向

近年来，国外拖拉机制造业更加重视拖拉机的动力性能，尤其是经济性的提高。主要表现为：除小型拖拉机外，普遍以柴油机为动力，并大多采用直喷式燃烧室（苏联ДТ-75系列从1975年起改为直喷）；大功率拖拉机采用废气涡轮增压柴油机的日趋增多；发动机除采用三环组，将环带向活塞头部靠近，以减少摩擦和压缩损失外，更加注意减少附件的功率损耗，采用风扇离合器结构的愈来愈多，例如美国约翰·迪尔公司的迪尔50系列拖拉机，仅此一项即可节省3.5马力；对迪尔50系列拖拉机还采取措施，以降低变速箱的油位和减少变速箱传动齿轮的对数，从而达到节能的目的（多一对齿轮传动要损失功率2%）。迪尔50系列围绕节能问题，在40系列的基础上进行了重大改进，通过全新设计的发动机和变速箱，比40系列平均节油10~20%，同时还大幅度地减少了磨损。此外，国外拖拉机还普遍重视提高拖拉机的可靠性和耐久性。

国外拖拉机除提高工作速度、增加工作档数、广泛采用负载换挡以外，液压技术在拖拉

机底盘部分得到了更为全面的应用,采用行星齿轮传动的也愈来愈多,履带拖拉机也有采用单级行星转向机构取代转向离合器的趋势。所有这些内容将在第十三章中有所介绍。

履带拖拉机在农业生产领域还将继续使用。苏联历来以履带拖拉机居多,1983年投入农用的履带拖拉机约占40%,但由于采用四轮驱动轮式拖拉机,其比重又略有下降。履带拖拉机在推土、铲运、平地等土石方工程作业中仍占有重要地位。美国一些公司往往用工业履带拖拉机的农业变型方式,来满足农业繁重耕作的需要,因此履带拖拉机仍然是农业生产工具的一种动力形式。近年来,美国卡特比勒公司推出一种功率为191千瓦(260马力)的大型农用橡胶履带拖拉机——挑战者65型,其最高时速达29.1公里,向大型折腰转向四轮驱动拖拉机提出挑战^①。

国产拖拉机与国外同类产品的先进水平相比,仍有较大差距。进入80年代以来,我国拖拉机产品开发和科研工作得到了重大发展;拖拉机零配件加工质量、整机装配质量和整机性能均有所提高;改进老产品,发展了一些变型产品,如将东方红-75改为东方红-802(80马力、两轮驱动),并拟进一步改为东方红-1002(100马力、两轮驱动)。另外,在铁牛-55的基础上提高功率,发展成铁牛-650、654型。这些产品经改进后,产品质量和性能均有不同程度的提高。

1983年以来,沈阳、天津、长春拖拉机厂分别引进了美国迪尔公司的大、中型轮式拖拉机专有技术,包括940、1140、2140、3140、4450型轮式拖拉机底盘制造技术(沈阳拖拉机厂产迪尔4450型大功率轮式拖拉机,是我国大型农场主要的换代机型);洛阳、上海拖拉机厂分别引进了意大利菲亚特公司的中型轮式拖拉机专有技术,主要是50-90、60-90、70-90、80-90、90-90、100-90(90系列为该公司1983年投产的产品)型拖拉机底盘制造技术(洛阳拖拉机厂拟增加110-90型产品,以适应我国农垦系统的需要)。此外,河北邢台拖拉机厂与河南郑州拖拉机厂还引进了意大利哥尔多尼公司的小型拖拉机专有技术。这些引进技术经消化吸收,逐步国产化,投入批量生产后,质量可达到迪尔、菲亚特公司的标准,将标志着我国大、中型拖拉机制造技术达到了国际80年代的技术水平,并对我国拖拉机行业的技术进步起重大的推动作用。目前,上述机型均已生产出样机,部分机型已投入小批量生产。可以相信,在较短时间内,将会有大量具有80年代水平的国产拖拉机投放市场^②。

随着拖拉机结构的改进和新技术的应用,对拖拉机使用人员业务素质要求将越来越高。拖拉机使用人员必须熟悉拖拉机的构造、原理,掌握拖拉机的检查调整技术,以充分发挥拖拉机的性能。本书就是为满足上述要求而编写的。

① 参考《拖拉机行业规划手册》。

② 参考《拖拉机行业规划手册》。

第一章 内燃机的基本知识

凡是能将某种形式的能量转变为机械能的机器，叫做发动机，例如将热能转变为机械能的机器叫做热力发动机，简称热机。燃料在气缸外部燃烧的热机叫做外燃机，如蒸汽机；燃料在气缸内部燃烧的热机叫做内燃机。拖拉机所用的发动机均为往复活塞式内燃机。内燃机根据所用燃料的不同，又可分为柴油机和汽油机。由于柴油机的热效率高，耗油率较低，且柴油价格便宜，所以拖拉机普遍采用柴油机作为动力。

第一节 内燃机的一般构造和基本名词

一、内燃机的一般构造

内燃机的一般构造如图1-1所示，气缸内装有活塞，并通过连杆与曲轴相联，而曲轴又通过主轴支承在机体上；气缸体的顶部用气缸盖密封；气缸盖上装有进气门和排气门，气门的开闭由凸轮的转动和气门弹簧的张力来控制，以实现换气和密封气缸。图1-1所示内燃机为柴油机，它的气缸盖上还装有喷油器，用高压将柴油以雾状喷入气缸（汽油机不需喷油器，而用火花塞）。

由图可见，内燃机工作时活塞在气缸内作往复直线运动，并通过连杆带动曲轴旋转。而转动的曲轴又带动活塞往复运动。

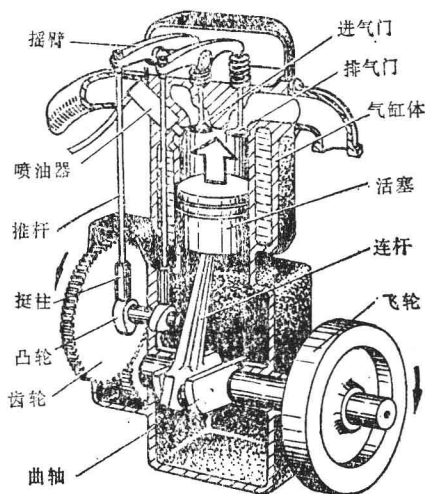


图1-1 内燃机构造简图

二、内燃机的基本名词

为了便于说明内燃机的工作过程，下面介绍内燃机的几个基本名词(图1-2)。

(1) 上止点和下止点 活塞移动到距离曲轴中心最远的活塞顶位置叫做上止点；活塞移动到距离曲轴中心最近的活塞顶位置叫做下止点。

(2) 活塞行程 S 活塞上止点与下止点之间的距离 S 叫做活塞行程。由图可见，曲轴每旋转半圈，活塞刚好走完一个行程，而一个活塞行程在数值上正好等于曲轴旋转半径 R 的两倍($S = 2R$)。

(3) 气缸工作容积 V_h 活塞从上止点到下止点所让出的气缸空间叫做气缸工作容积：

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} S \quad (\text{升})$$

式中： D 为气缸直径(毫米)；

(4) 发动机排量 V_I 在多缸发动机中，各缸气缸工作容积之和，叫做发动机排量。设气缸数为 i ，则

$$V_I = V_h \cdot i \quad (\text{升})$$

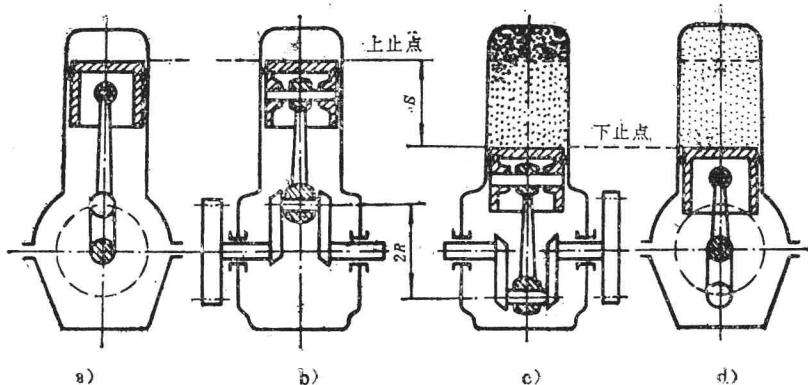


图1-2 内燃机基本名词示意图

(5) 燃烧室容积 V_c 。活塞在上止点时，活塞顶上面的空间叫做燃烧室容积。

(6) 气缸总容积 V_a 。活塞在下止点时，活塞顶上的所有空间叫做气缸总容积。它等于气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_h + V_c \quad (\text{升})$$

(7) 压缩比 ϵ 。气缸总容积与燃烧室容积的比值叫做压缩比，即

$$\text{压缩比} \epsilon = \text{气缸总容积} V_a / \text{燃烧室容积} V_c$$

压缩比表示活塞从下止点移动到上止点时气缸内气体被压缩的程度。压缩比越大，气体被压缩得越厉害，压缩后的气体温度和压力也就越高。为保证压缩终了时气缸内的气体有足够高的温度，给柴油自行着火燃烧创造良好条件(柴油的自燃温度为 $330 \sim 430^\circ\text{C}$)，所以柴油机的压缩比比汽油机高得多。通常，柴油机的压缩比为 $15 \sim 22$ ，汽油机的压缩比为 $6 \sim 10$ 。

正由于柴油机的压缩比高，燃烧膨胀比较充分，所以它的热效率高，动力性能好，耗油率也低。近年来，改进了4125A、4115T、S195等型柴油机的某些结构以提高压缩比，从而达到省油节能的目的。

第二节 四行程内燃机的工作原理

内燃机的基本工作原理是：利用气体受热膨胀的特性，将燃料在气缸内燃烧产生的热能，通过气体膨胀而转变为推动活塞移动并对外作功的机械能。这种能量的转换，需要在气缸内经历进气、压缩、作功和排气4个过程。通常把这4个过程叫做内燃机的工作循环。活塞在气缸内走完这4个行程而完成一个工作循环的内燃机，叫做四行程内燃机；而活塞在气缸中只走2个行程就完成一个工作循环的内燃机，叫做两行程内燃机。拖拉机普遍采用四行程柴油机作为动力，两行程汽油机只作为东方红-75拖拉机等起的起动动力。

一、单缸四行程柴油机的工作过程

(一) 进气行程(图1-3a)

进气行程开始时，活塞处于上止点，曲轴在飞轮惯性的作用下旋转，并通过连杆带动活塞向下止点移动。这时，进气门开放，排气门关闭。由于活塞下行，气缸容积增大而产生真空，将新鲜空气通过进气道吸入气缸。活塞运动到下止点时进气行程结束。这时进气门关闭，曲轴旋转了第1个半圈。由于进气时有阻力，进气行程终了时气缸内的气体压力仍低于

大气压，约为83~93千帕(0.85~0.95公斤力/厘米²)，而温度为40~70℃。

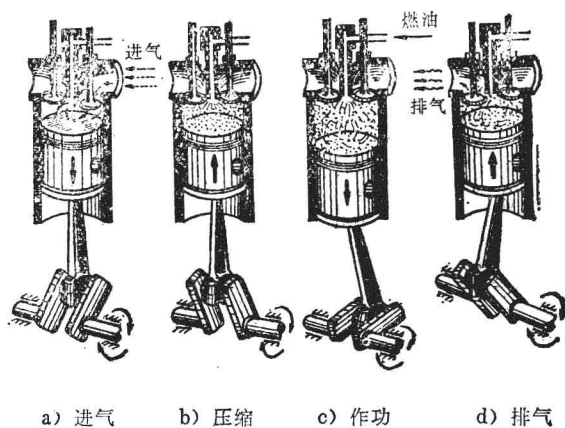


图1-3 单缸四行程柴油机工作过程示意

(二) 压缩行程(图1-3b)

进气行程结束后，曲轴继续旋转，活塞开始从下止点向上止点运动。这时，进、排气门都关闭，气缸内形成密封的空间。由于气缸容积减小，气体受到压缩，致使压力增大而温度升高。当活塞运动到上止点时压缩终了，曲轴旋转了第2个半圈。这时气缸内的气体压力为2900~4900千帕(30~50公斤力/厘米²)，温度约为500~700℃。

(三) 作功行程(图1-3c)

作功行程时，进、排气门继续保持关闭。压缩行程接近终了时，喷油器开始向燃烧室内的压缩空气中喷射雾状柴油。柴油经过蒸发、扩散与高温空气混合，并迅速着火燃烧，放出大量热能，使气缸内的温度和压力急剧升高。最高温度可达1700~2000℃，最大压力可达5880~8820千帕(60~90公斤力/厘米²)。这个巨大的气体膨胀压力推动活塞迅速向下移动，并通过连杆带动曲轴旋转。当活塞移到下止点时，作功行程结束，曲轴旋转了第3个半圈。这时气缸内的气体压力降为300~400千帕(3~4公斤力/厘米²)，温度约为800~900℃。

(四) 排气行程(图1-3d)

作功行程终了后，在飞轮惯性力的作用下，继续转动的曲轴带动活塞从下止点向上止点运动。此时进气门保持关闭而排气门打开，废气在自身压力和活塞推挤作用下，从排气门迅速排出，为下一工作循环的进气准备了清洁的气缸。活塞运动到上止点时，排气行程结束，曲轴旋转了第4个半圈。由于排气阻力的影响，排气行程终了时，气缸内的气体压力略高于大气压，约为103~123千帕(1.05~1.25公斤力/厘米²)，温度约为400~600℃。

此后，又重复上述过程，进行下一个工作循环。如此周而复始，柴油机便能连续运转，并对外输出动力。

二、单缸四行程汽油机的工作过程

图1-4为单缸四行程汽油机的工作示意图。由图可见，其主要结构特点是：在气缸盖上装有点燃混合气的火花塞；在进气管道上装有形成和配制可燃混合气的化油器。它在完成一个工作循环时，虽然也要经过进气、压缩、作功和排气4个行程，但其工作过程却与柴油机

有2个重要区别：

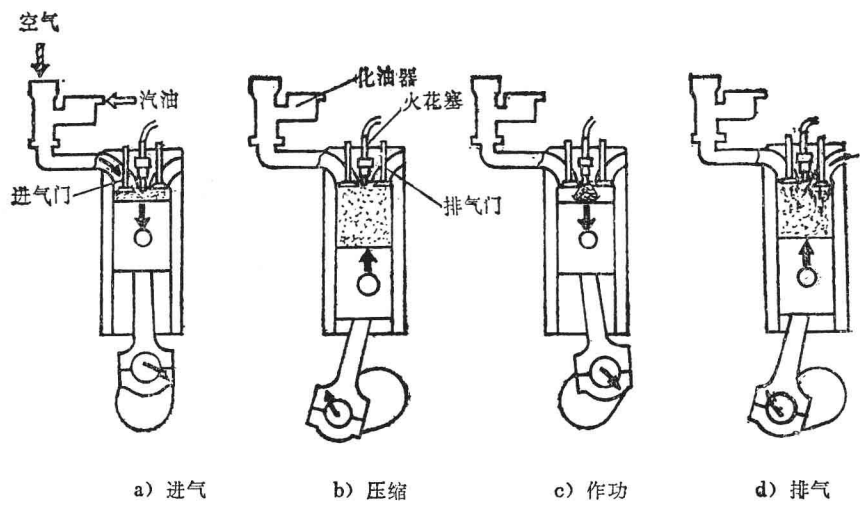


图1-4 单缸四行程汽油机工作示意

(1)在进气行程中，汽油机吸入气缸的是汽油与空气混合形成的可燃混合气，而不是纯空气。

(2)汽油机中的可燃混合气的燃烧，是靠火花塞产生的电火花强制点火，而不是压缩自燃。

总之，四行程汽油机与柴油机由于所用燃料不同，混合气的形成和点火的方式也不一样，但是它们的工作循环都是按照表1-1的共同规律进行的。

表1-1 单缸四行程内燃机的工作循环

行程顺序	行程名称	活塞运动方向	气门位置		曲轴旋转角度	曲轴转动动力
			进气门	排气门		
1	进气	向下	开	关	第一个半圈($0^{\circ}\sim 180^{\circ}$)	飞轮惯性力
2	压缩	向上	关	关	第二个半圈($180^{\circ}\sim 360^{\circ}$)	飞轮惯性力
3	作功	向下	关	关	第三个半圈($360^{\circ}\sim 540^{\circ}$)	气体膨胀压力
4	排气	向上	关	开	第四个半圈($540^{\circ}\sim 720^{\circ}$)	飞轮惯性力

综上所述，可知：

(1)在四行程内燃机的工作循环中，各行程的先后次序是固定不变的。每完成一个工作循环，曲轴旋转2圈，活塞上下各2次，进、排气门各打开1次，喷油器喷油1次（柴油机）或火花塞点火1次（汽油机）。

(2)在一个工作循环中，只有作功行程才产生动力，其它3个行程都是为作功服务的辅助行程。辅助行程的好坏，直接影响作功的效果。在单缸内燃机中，辅助行程是靠飞轮的惯性力来完成的。为了维持运转，单缸机必须有一个较大的飞轮来贮存能量。即使如此，发动机运转仍然是不平稳的，作功过程快，其他过程慢。

三、多缸四行程内燃机的工作循环

为使内燃机工作平稳以及提高功率的需要，大中型拖拉机和联合收割机均采用多缸内燃机，前者多为四缸机，后者用六缸机较多。多缸四行程内燃机，可看作是几个相同的单缸机共用一根曲轴和一个机体组合而成的。内燃机工作时，每个气缸都像单缸四行程内燃机一样完成各自的工作循环。为使内燃机工作平稳，要求各气缸的作功行程相互错开，间隔均匀，并按一定顺序轮流进行。各缸作功的间隔角为：

作功间隔角 = $720^{\circ}/\text{气缸数}$

各缸发生同名行程的顺序叫做气缸工作顺序，俗称“发火顺序”。工作顺序是由合理的曲轴形状、气门的开闭顺序以及喷油顺序（柴油机）或点火顺序（汽油机）来决定的。

(一) 四缸四行程内燃机的工作循环

图1-5为四缸四行程内燃机的工作简图。由图可见，当曲轴旋转时，第1、4缸的活塞同时上下移动，第2、3缸的活塞也同时上下移动。这就可能排出两种工作顺序：1—3—4—2或1—2—4—3。少数内燃机（如481、492Q等型内燃机）的工作顺序为1—2—4—3。多数拖拉机用四缸柴油机采用1—3—4—2的工作顺序，它们的工作循环如表1-2所示。

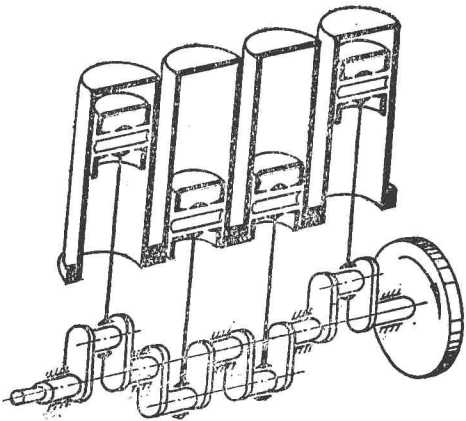


图1-5 四缸四行程内燃机的工作简图

表1-2 四缸四行程内燃机的工作循环

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
$0^{\circ}\sim180^{\circ}$	作 功	排 气	压 缩	进 气	作 功	压 缩	排 气	进 气
$180^{\circ}\sim360^{\circ}$	排 气	进 气	作 功	压 缩	排 气	作 功	进 气	压 缩
$360^{\circ}\sim540^{\circ}$	进 气	压 缩	排 气	作 功	进 气	排 气	压 缩	作 功
$540^{\circ}\sim720^{\circ}$	压 缩	作 功	进 气	排 气	压 缩	进 气	作 功	排 气

(二) 六缸四行程内燃机的工作循环

在六缸内燃机中，曲轴每转2圈，各缸都完成一个工作循环，其作功间隔角为 $720^{\circ}/6=120^{\circ}$ 。为获得良好的平衡性，国产六缸四行程内燃机的曲轴均采用图1-6所示的曲拐 对称的布置形式。当1、6缸在上止点时，假定1缸发火作功，转过 120° ，2、5缸到达上止点。根据连续作功两缸相距尽可能远的要求，此时应为5缸发火作功。同样道理，再转过 120° ，3、4缸到达上止点，应为3缸发火作功。依此类推，可得到最佳的工作顺序为1—5—3—6—2—4。知道了工作顺序和作功间隔角，以及各缸每个行程仍旧经历 180° 的规律，即可绘制六缸四行程工作循环表，如表1-3所示。图1-6中3、4缸曲拐在右边，常叫做右式。若将3、4缸的曲拐与2、5缸的曲拐对调，则叫做左式，其作功顺序为1—4—2—6—3—5。

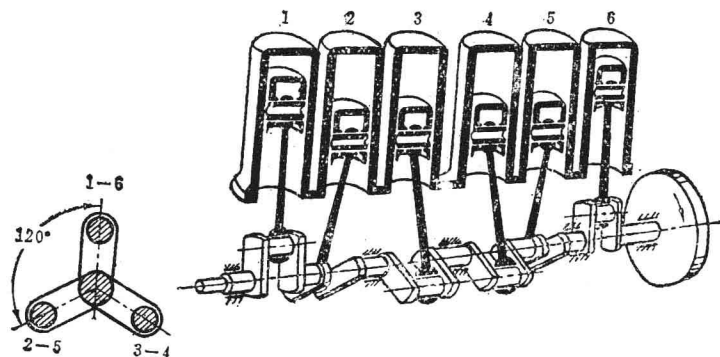


图1-6 六缸四行程内燃机的工作简图

表1-3 六缸四行程内燃机的工作循环

曲 轴 转 角		工 作 顺 序 1—5—3—6—2—4					
		一 缸	二 缸	三 缸	四 缸	五 缸	六 缸
0°~180°	0°~60°	作 功	排 气	进 气	作 功	压 缩	进 气
	60°~120°			压 缩	排 气		
	120°~180°						
180°~360°	180°~240°	排 气	进 气	作 功	进 气	作 功	压 缩
	240°~300°						
	300°~360°						
360°~540°	360°~420°	进 气	压 缩	排 气	压 缩	排 气	作 功
	420°~480°						
	480°~540°						
540°~720°	540°~600°	压 缩	作 功	进 气	作 功	进 气	排 气
	600°~660°						
	660°~720°						

由上述四、六缸机的工作循环可知：四缸机曲轴每转半圈就有一缸作功，其它各缸作功行程正好是连续的；六缸机曲轴每转120°就有一缸作功，各缸作功行程略有搭接。因此，四、六缸机的运转要比单缸机平稳得多，且每一缸的作功行程又可为其他缸的辅助行程提供动力，所以多缸机用来贮存能量的飞轮，和单缸机相比也就大大减小。

第三节 内燃机的总体构造

一、内燃机的总体构造

由于内燃机的基本原理相似，其基本构造也就大同小异。柴油机通常由两大机构、四大系统组成，汽油机则由两大机构和五大系统组成（有点火系）。

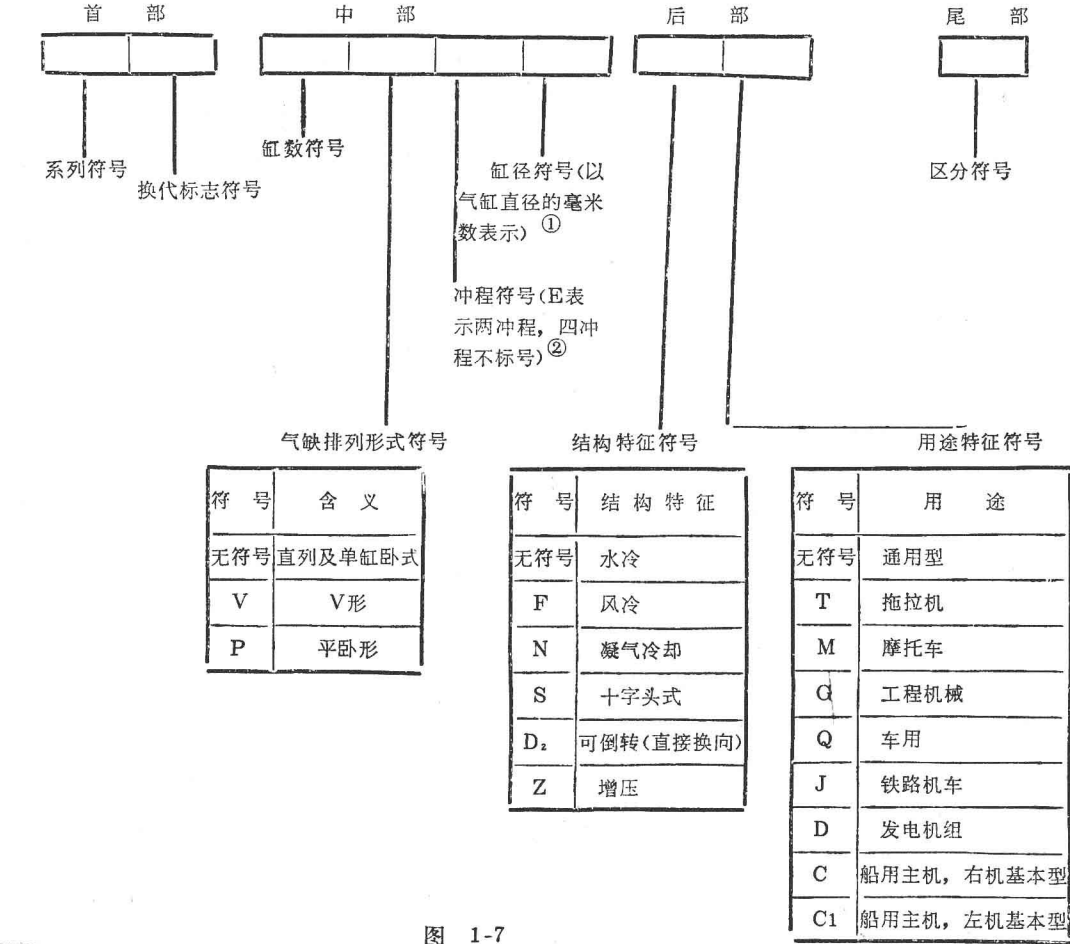
(1)曲柄连杆机构 曲柄连杆机构主要由机体、缸盖、活塞、连杆、曲轴和飞轮等组成。其功用是：把活塞的往复运动与曲轴的旋转运动互相转化，以实现工作循环并输出动力。它是内燃机维持工作循环，实现能量转换的核心。

(2)配气机构 配气机构主要由气门组零件和控制气门开闭的凸轮轴及其传动件等组成。其功用是：控制进、排气门的定时开闭，使新鲜空气或混合气及时充入气缸，并从气缸中及时排出废气。

(3)燃料供给系统 柴油机燃料供给系统主要包括油箱、滤清器、输油泵、喷油泵、喷油器和进排气管等。其功用是：按时定量地向各缸供给清洁的空气和燃油，并按工作需要自动调节油量，以保证内燃机正常地工作。汽油机的燃料供给系统主要包括油箱、滤清器、汽油泵、化油器、进排气管等。其功用是：按需要向气缸供应配比好的可燃混合气。

(4)润滑系统 润滑系统主要包括油底壳、机油泵、油道、滤清器等。其功用是：将足够数量的清洁机油送到各相对运动件的摩擦表面，以减少摩擦阻力和磨损，避免机件损坏。

(5)冷却系统 水冷却系统主要包括散热器、风扇、水泵和水套等；风冷式冷却系统主要由风扇、散热片等组成。它们的功用是：将内燃机工作时零件吸收的热量散发到大气中去，使内燃机保持在正常温度下可靠地工作。



① 气缸直径的毫米数取整数；
② “冲程”即为上文所说的“行程”。