

79.21
JGN

农机工人技术培训教材

拖拉机装配与试验

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

机械工业出版社

农机工人技术培训教材

拖拉机装配与试验

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

机械工业出版社

本书是拖拉机装配、检查、调试的技术培训教材，内容包括：发动机的基本工作原理；发动机的机体组件及曲柄连杆机构、配气机构、供给系统、润滑系统、冷却系统、发动机的起动装置、传动系统、转向系统、制动系统与行走系统、电气设备、液压悬挂系统等各部件的结构与装配。并对手扶拖拉机、小四轮拖拉机、四轮驱动拖拉机作了比较详细的介绍。还对拖拉机的整机性能试验和结构参数的测定、主要部件的试验以及拖拉机的试验设备和仪器仪表也作了比较详细的论述。

本书可供初、中级拖拉机专业工人学习之用。

本书由刘建华主编，其中绪论、一至十四章由刘建华编写；十五、十六、十八章由许世刚编写；二十一、二十三章由陈洪实编写；二十、二十二章由金万和编写；十七章由吴志保编写；十九章由薛俊业编写。全书由项斯明审定。

拖拉机装配与试验

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

责任编辑：朱 华

封面设计：田淑文

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）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/16·印张 26·字数 638 千字

1988年1月北京第一版·1988年1月北京第一次印刷

印数 0,001—1,300·定价：5.35 元

ISBN 7-111-00073-0/S·2

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育制度体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国农机行业有关的企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套农机有关专业工种的初级、中级工人技术培训教材。

这套教材编写的依据是农业机械部一九八二年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和农机行业的特点，既坚持“少而精”的原则，又注意了知识的科学性、系统性、完整性，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。

这套教材的出版，得到了有关省市机械（农机）厅和有关企业、学校的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部农机工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八六年三月

目 录

前言		
绪论	1	
第一节 拖拉机的种类和用途	1	
第二节 我国拖拉机工业概况	2	
第一章 发动机的基本工作原理	3	
第一节 内燃机的一般知识	3	
第二节 发动机的工作过程	5	
第三节 发动机的组成	8	
第二章 发动机的机体组件和 曲柄连杆机构	10	
第一节 机体组件	10	
第二节 活塞连杆组	13	
第三节 曲轴飞轮组	19	
第三章 配气机构	23	
第一节 配气机构的功能、类型和 工作过程	23	
第二节 配气机构的组成	24	
第三节 配气相位和气门间隙	29	
第四章 柴油机的供给系统	32	
第一节 供给系统的功能和组成	32	
第二节 空气供给和废气排除	32	
第三节 柴油供给	36	
第四节 调速器	48	
第五章 润滑系统与冷却系统	54	
第一节 润滑系统的功能及润滑方式	54	
第二节 润滑系统的主要机件	55	
第三节 几种发动机润滑系统的 油路特点	62	
第四节 冷却系统的功能及冷却方式	64	
第五节 水冷却系统的种类和工作过程	66	
第六节 水冷却系统的主要机件	68	
第六章 发动机的起动装置	72	
第一节 发动机的起动	72	
第二节 单缸二冲程起动汽油机	73	
第三节 起动汽油机的传动机构	81	
第四节 起动的预热装置	84	
第七章 传动系统	87	
第一节 传动系统的功能和组成	87	
第二节 离合器与联轴节	88	
第三节 变速箱	98	
第四节 后桥	113	
第八章 转向、制动和行走系统	124	
第一节 转向系统	124	
第二节 制动系统	130	
第三节 机架	135	
第四节 轮式拖拉机的行走系统	136	
第五节 履带式拖拉机的行走系统	141	
第九章 液压悬挂系统	148	
第一节 液压悬挂系统概述	148	
第二节 分置式液压系统	152	
第三节 半分置式液压系统	162	
第四节 整体式液压系统	171	
第五节 悬挂机构	178	
第十章 拖拉机的工作装置	180	
第一节 牵引装置	180	
第二节 动力输出轴和带轮	182	
第三节 挂车制动装置	185	
第十一章 手扶拖拉机、小四轮 拖拉机和四轮驱动 拖拉机	194	
第一节 手扶拖拉机	194	
第二节 小四轮拖拉机	201	
第三节 四轮驱动拖拉机	207	
第十二章 电气设备	214	
第一节 蓄电池	214	
第二节 发电机	216	
第三节 调节器	221	
第四节 起动电动机和转换开关	224	
第五节 照明、仪表、信号和总电路	229	
第十三章 拖拉机装配基础	236	
第一节 拖拉机装配工艺基本知识	236	
第二节 拖拉机装配工的基本操作与		

安全操作规程	244
第三节 密封胶与粘合剂	260
第四节 燃料和润滑油	264
第十四章 拖拉机的基础件 及其装配	268
第一节 螺纹连接的装配	268
第二节 键连接与销连接的装配	273
第三节 过盈连接与锥形连接装配	277
第四节 带传动与链传动装配	279
第五节 轴承的装配	287
第十五章 传动系统的装配	296
第一节 离合器的装配与调整	296
第二节 变速箱的装配	300
第三节 中央传动及差速器的装配 与调整	306
第四节 最终传动、动力输出轴和 差速锁的装配	313
第五节 制动器的装配与调整	316
第六节 转向离合器的装配与调整	321
第十六章 机架、前桥、行走与 转向系统的装配	324
第一节 轮式拖拉机机架和前桥的装配	324
第二节 轮胎的装配	327
第三节 履带式拖拉机行走系统的装配	329
第四节 机械式转向系统的装配与调整	331
第十七章 液压悬挂系统和工作 装置的装配	337
第一节 分置式液压系统的部件装配	337
第二节 半分置式液压系统提升器的 装配与调整	339
第三节 液压输出、悬挂机构和牵引 装置的装配与调整	341
第四节 挂车制动系统的装配与调整	342
第十八章 拖拉机的总装试车 与技术检查	344

第一节 拖拉机的部件装配	344
第二节 拖拉机的总装	345
第三节 拖拉机的试车与调整	348
第四节 拖拉机整机的技术检查	349
第十九章 拖拉机装配的设备 和工装工具	353
第一节 拖拉机装配用的设备	353
第二节 装配用的工具	359
第三节 拖拉机装配中常用的检具 和量具	364
第二十章 拖拉机整机性能试验 和结构参数测定	367
第一节 整机结构参数测定	367
第二节 转弯半径和制动距离的测定	370
第三节 动力输出功率及噪声的测定	371
第四节 液压悬挂系统提升能力和 静沉降试验	375
第五节 牵引特性试验	376
第二十一章 拖拉机的主要 部件试验	379
第一节 发动机的性能试验	379
第二节 传动系统部件试验	381
第三节 液压系统部件试验	384
第四节 转向器试验	386
第五节 电器试验	387
第六节 零件强度试验	391
第二十二章 拖拉机的使用试验	394
第一节 试验前的准备工作	394
第二节 使用试验	394
第三节 生产查定	398
第四节 技术鉴定	398
第二十三章 拖拉机的试验设备 和仪器仪表	399
第一节 拖拉机试验的常用设备	399
第二节 拖拉机试验常用的仪器仪表	405

绪 论

第一节 拖拉机的种类和用途

拖拉机的种类很多，通常分为：手扶拖拉机、轮式拖拉机和履带拖拉机三种，其外形结构和工作性能，各有特点。

一、手扶拖拉机

手扶拖拉机的特点是：单轴，只有两个驱动轮，机身矮，外形尺寸小，多用单缸卧式柴油机作动力，功率较小。手扶拖拉机转弯半径小，使用方便灵活，主要用于小块土地作业。如配备尾轮和单轴拖车，可作为小型运输工具。手扶拖拉机结构简单，价格便宜。

二、轮式拖拉机

轮式拖拉机有四个车轮，双轴，多为后轮驱动，前轮转向，采用充气橡胶轮胎。发动机多采用多缸四冲程柴油机。通常把功率大于75kW的称作大型拖拉机，30kW至75kW的称为中型拖拉机，30kW以下的称作小型拖拉机。根据使用特点可分为下列几种：

1. 通用拖拉机

通用拖拉机主要用来完成农业生产中的耕、耙、播、收等作业。其特点是：地隙较小，一般在350mm左右，采用宽式后轮胎，轮距一般不调整，牵引力较大，重心低，稳定性好。

2. 中耕拖拉机

中耕拖拉机主要用来完成农作物的中耕作业，也能进行其它作业。其特点是：地隙大，一般在600mm以上。后轮胎的宽度不大于12in，前轮距可调整，以适应不同行距的要求。这种拖拉机重心较高，工作稳定性稍差。

3. 四轮驱动拖拉机

四轮驱动拖拉机是在通用和中耕拖拉机的基础上增加前驱动桥，一般前驱动轮小，后驱动轮大，牵引效率高。可用在潮湿土壤、粘重土壤和砂质土壤地区。它比两轮驱动拖拉机更有显著优点，但成本较高。

4. 工业变型拖拉机

工业变型拖拉机是在前几种拖拉机的基础上适当改进或增加特殊的工作装置。如增设装载、挖掘和推土等装置，使之满足工程作业的需要。

5. 集材拖拉机

集材拖拉机用于森林的采伐，木材的拖运等。它与一般拖拉机所不同的是装有绞车和特殊的车架。这种拖拉机多采用独立四轮驱动，折腰转向。

三、履带式拖拉机

履带式拖拉机又叫链轨拖拉机，它的行走部分不是橡胶轮而是金属履带。由于履带与地面的接触面积大，所以作用在土壤上的单位面积压力就比橡胶轮小得多，不会压实土壤。由于履带对地面的附着力大，不易打滑。因此，它适用于比阻较大的粘重土壤和潮湿土地，甚至可以在水田作业。履带拖拉机综合利用差。

履带式拖拉机也有大、中、小之分。小型履带式拖拉机多用于山坡地的耕作。中型履带式拖拉机用于大面积的耕作。此外，这种拖拉机可以配带各种工作装置，进行开沟、推土等作业，也可以改装成专门用于工程作业的工业变型拖拉机。

第二节 我国拖拉机工业概况

解放前的旧中国根本没有拖拉机工业，农业生产全靠畜力和人力，十分落后。解放后，党和国家为加快农业的发展，建立了自己的拖拉机工业。1959年洛阳拖拉机厂建成并投入生产，这是我国第一座大型拖拉机厂。以后在天津、鞍山、长春、江西和上海等地又建成了一批拖拉机厂。到六十年代中期，我国的拖拉机工业已初具规模，在技术上，已从仿制阶段发展到自行设计阶段，有了自己的设计队伍。到了七十年代，我国生产的拖拉机品种、数量、质量和性能都有较大幅度的提高。我国的拖拉机工业经过二十余年的发展，已建成完整的工业体系。据1980年统计，我国拥有生产大、中、小型拖拉机的工厂有100余个，职工队伍近二十万人，总生产能力近50万台，30余个品种。其中生产大、中型轮式和履带式拖拉机的工厂40余个，生产能力为13万余台，万台生产能力的工厂就有17个。这些工厂遍布全国各地，除西藏自治区外，每个省都有拖拉机工业，而且拖拉机规格品种齐全，大、中、小配套。除一般手扶、轮式和履带式拖拉机外，又有多种变型，如水田型、万能中耕型等。此外还有集材用、工程用等专门用途的拖拉机。这些拖拉机除满足国内需要外，已开始打入国际市场。

随着国民经济的发展，农业体制的改革，拖拉机工业还将进一步发展。近几年来，农民个体购买拖拉机已越来越多。为适应农业发展的需要，工厂一方面积极改进现有产品，提高产品的质量和产量，另一方面又在不断地开发新产品。有的厂家为加速开发新产品，直接引进国外的先进技术。在这种形势下，就要求我们在加工制造、装配、使用等方面要提高到一个新的水平，同时也要求生产工人的素质相应的提高。

第一章 发动机的基本工作原理

第一节 内燃机的一般知识

内燃发动机是燃料在气缸内部燃烧将热能转换成机械能的一种机械。它和外燃机（蒸气机）相比具有热效率高、体积小、重量轻、维护操纵方便和容易起动等优点，所以被广泛用于各种动力机械上。拖拉机上所用的发动机都是活塞式内燃发动机。

一、内燃机的分类

根据内燃机的结构特征及其所采用的燃料的不同，通常从下述几方面进行分类。

1. 按所使用的燃料不同可分为汽油机、柴油机和煤气机等。还可从点火方式分为压燃式发动机和点燃式发动机。汽油机和煤气机属于点燃式，柴油机属于压燃式。
2. 按完成一个工作循环的冲程数可分为二冲程发动机和四冲程发动机。二冲程发动机是曲轴每转一转完成一个工作循环，四冲程发动机是曲轴每转两转完成一个工作循环。
3. 按冷却方式可分为水冷式发动机和风冷式发动机。
4. 按气缸数目可分为单缸机和多缸机。
5. 按气缸的排列方式可分为直列式、卧式、对置式和V形发动机。
6. 按有无增压器可分为增压式发动机和自然吸气式发动机。

我国生产的拖拉机发动机全部采用了柴油机。有单缸、多缸、水冷、风冷、直立式和卧式等。柴油机的特点是没有点火装置，它是在高压下将柴油喷入气缸内并与空气混合，在气缸内的高压之下混合气自燃，从而膨胀做功。柴油机的经济性好，表现在油耗量低，而且柴油价格便宜，所以被广泛应用。

二、内燃机的型号和名称

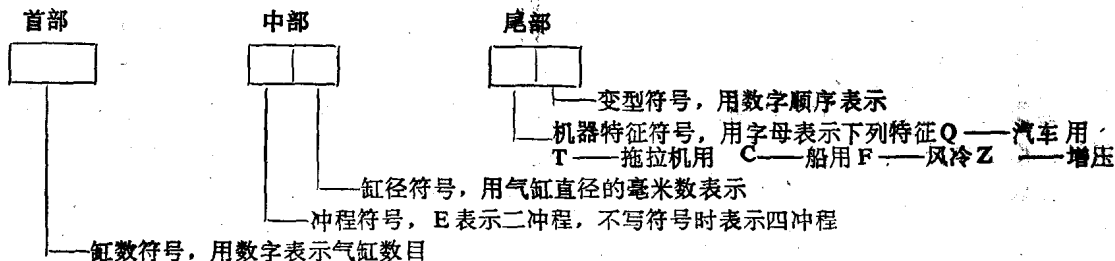
根据内燃机产品名称和型号编制规则，活塞往复式内燃机产品名称均按其所采用的主要燃料命名。如汽油机、柴油机等，写在型号的最后边。型号由三部分组成：

首部——缸数符号，用数字表示气缸数。

中部——机型系列代号，由冲程符号（用字母表示）和缸径符号组成（用数字表示）。

尾部——由机型特征符号（用字母表示）和变型符号（用数字顺序表示）。

型号的排列顺序及符号规定如下：



例如4115T则表示四缸、四冲程、水冷、缸径为115mm，拖拉机用内燃机。

四冲程柴油机是拖拉机的主要动力，它的种类很多，我国按气缸直径的大小，分成若干系列，如90、95、100、105、115、125等，每种系列中都有多种变型，以适应多种用途的需要。

三、内燃机的几个名词和性能参数

1. 上止点

上止点也叫上死点，它是活塞在气缸内运动的最高位置，也就是活塞顶部距曲轴中心线的最远点。图1-1所示的是活塞上下止点的位置与行程。

2. 下止点

下止点也叫下死点，它是活塞在气缸内运动的最低位置，也就是活塞顶部距曲轴中心线的最近点。

3. 活塞行程

行程也叫冲程，它是活塞从一个止点到另一个止点所经过的路程，它等于曲轴曲柄长度的两倍，单位是毫米，常用 S 表示。

4. 燃烧室容积

活塞在上止点时，活塞顶部与气缸盖内表面所形成的空间叫燃烧室容积。常用 V_0 表示。

5. 工作容积

工作容积又叫活塞的排量，它是气缸上、下止点之间的空间。常用 V_1 表示。

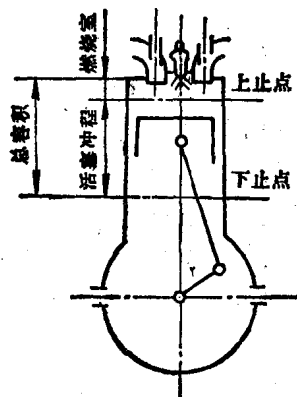


图1-1 活塞的止点与行程

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \times s$$

式中 D ——气缸直径 (cm);

s ——活塞行程 (cm);

V_1 ——工作容积 (cm^3).

各缸工作容积的总和叫发动机的排量，单位以升表示。

6. 气缸总容积

它是工作容积与燃烧室容积之和。常用 V_0 表示。

7. 压缩比

压缩比是气缸总容积与燃烧室容积之比，它表示气体在气缸内被压缩后体积缩小的倍数，常用 ϵ 表示

$$\epsilon = \frac{V_0}{V_1}$$

8. 工作循环

为使发动机能连续对外作功，燃料在气缸内的能量转换必须连续，能量转换是按照进气、压缩、作功和排气四个顺序进行。这个过程的周期性重复叫做发动机的工作循环。(一个工作循环只有作功冲程是有效的，其它都是辅助冲程。一个工作循环的四个过程都是由活塞往复运动完成的。)曲轴每旋转两周，活塞上、下两次完成一个工作循环的叫做四冲程发动机。曲轴每旋转一周，活塞上、下一次就完成一个工作循环的叫做二冲程发动机。(二冲程发动机

同样包括进气、压缩、作功和排气四个过程，只是把某些过程合并在一起进行而已。)

9. 扭矩、转速和功率

发动机工作时，燃料在气缸内燃烧膨胀作功，经曲柄连杆机构通过飞轮对外输出扭矩。扭矩是在测功器上直接测出的。常用符号 M 表示。单位为 $N \cdot m$ 。发动机除有标定工况下的扭矩外还有最大扭矩，当外界负荷大于最大扭矩时，发动机就要熄火。

单位时间所做的功叫做功率。发动机的功率常用千瓦 (kW) 表示。它的大小取决于发动机的输出扭矩和转速，它们的关系是：

$$P_e = \frac{M_e \cdot n}{53.715}$$

式中 P_e ——发动机功率 (kW)；

M_e ——发动机输出扭矩 ($N \cdot m$)；

n ——发动机转速 (r/min)。

发动机的功率是在测功器上测出扭矩和转速后按上式计算出来的。

柴油机按其特性、用途和使用特点而确定的功率叫做柴油机的标定功率。国家标准规定，标定功率有四种：即15 min 功率、1 h 功率、12 h 功率和持续功率。并且在规定标定功率的同时给出的相应转速叫标定转速。拖拉机用柴油发动机的功率一般为12 h 功率，即发动机允许连续工作12 h 的最大有效功率。不同种类的标定功率是发动机在不同技术状况下得到的，每台发动机只能调整为某一种标定功率。

10. 燃料消耗率

发动机在每一小时内所消耗燃料的重量，叫做发动机的小时耗油量，一般用 G 表示，单位是 kg/h 。不同功率的发动机耗油量不同，因此不能用小时耗油量来评价发动机的经济性。只能在相同功率下来比较，故用每千瓦小时耗油量，即燃料消耗率来评价。单位是 $g/kW \cdot h$ 。常用 g_e 表示。它是一小时内发动机输出一千瓦时所消耗燃料的克数，又叫耗油率。

$$g_e = \frac{G}{P_e} \times 1359.6$$

式中 G ——小时耗油量 (kg/h)；

P_e ——有效功率 (kW)；

g_e ——耗油率 ($g/kW \cdot h$)。

发动机的耗油率是在测功机上通过测量 G 和 P_e 而计算出来的。目前柴油机的耗油率一般在 $217.5 \sim 271.9 g/kW \cdot h$ ，汽油机一般在 $340 \sim 380 g/kW \cdot h$ 。

第二节 发动机的工作过程

一、单缸四冲程柴油机的工作过程

柴油发动机将柴油燃烧放出的热能转变为机械能。首先将干净空气吸入气缸并进行压缩，接着高压的柴油形成雾状喷入气缸，油雾和被压缩而升温的空气一经混合，便立即发生自燃，燃烧后的气体温度升高，体积膨胀而产生高压来推动活塞作功，最后将燃烧过的废气排出气缸。这就是柴油发动机工作的简单过程。也就是一个工作循环的过程。工作循环不断重复，发动机便连续不断地向外输出功率。下面将一个工作循环的四个冲程，分别叙述如下：

1. 进气冲程图1-2 a

进气冲程开始时活塞在上止点，当曲轴转第一个半周，活塞开始由上止点向下止点移动，这时进气门打开，排气门关闭。活塞上部空间逐渐增大，压力降低，外部空气由进气道被吸入气缸。当活塞到达下止点时，进气门关闭，进气过程终了。实际上为了使气缸能最大限度地充气，提高发动机的功率，进气门是在活塞到达上止点前打开，到下止点后关闭。道理是：当活塞由上止点下行时，进气门已经开大，空气能顺利地大量流入。当活塞到达下止点时，气缸内的压力仍低于大气压力，由于气流有惯性仍继续流进气缸。进气终了的压力一般为 $76\sim 96\text{kPa}$ 。进气终了时的温度一般为 $40\sim 70^\circ\text{C}$ 。

2. 压缩冲程图1-2 b

活塞到达下止点后，曲轴转第二个半周，活塞由下止点往上止点移动，同时压缩空气此时进排气门都关闭，气缸内形成一个密封室。当活塞到达上止点时，气缸内的压力可达 $3040\sim 4053\text{kPa}$ ，温度可达 $500\sim 700^\circ\text{C}$ （柴油自燃温度为 330°C ），活塞到达上止点时压缩冲程终了。

3. 作功冲程图1-2 c

压缩冲程终了，气缸内喷入雾状柴油与高压空气混合，形成混合气。由于温度超过了柴油的自燃温度，因此在混合的同时迅速燃烧。这时气缸内的压力和温度急剧上升，燃烧气体的温度达 $1500\sim 2000^\circ\text{C}$ 压力达 $6079\sim 10138\text{kPa}$ ，此时由于进、排气门关闭，所以高压高温气体，便推动活塞由上止点快速地往下止点移动，通过连杆使曲轴旋转，产生动力对外作功。活塞到达下止点时作功冲程终了。曲轴转了第三个半周。实际上在压缩冲程结束之前，柴油就开始喷入气缸。喷油开始于上止点之前的曲轴转角，称为喷油提前角。喷油提前的目的是希望燃烧过程在靠近上止点附近完成，以便提高发动机的效率。

4. 排气冲程图1-2 d

当作功冲程终了时，气缸内充满了燃烧过的废气，由于曲轴的惯性，又带动活塞由下止点往上止点移动，此时进气门关闭，排气门打开，在废气的压力与活塞的推动下排除废气。活塞移至上止点时，排气冲程终了。此时气缸内的压力一般为 $101.3\sim 126.7\text{kPa}$ ，温度为 $300\sim 500^\circ\text{C}$ 。曲轴转了第四个半周，共转了 720° 。实际上排气门是在活塞到达下止点之前打开的，其目的是为了减小气缸内的压力和活塞回行时的运动阻力；同时为了使废气尽可能干净地排出气缸，排气门是过了上止点之后才关闭的。

由于曲轴的惯性，活塞又由上止点往下止点移动，重复上述过程，继续进行进气、压缩、作功、排气四个冲程。工作循环不断重复，曲轴就连续不停地旋转。在四个冲程中只有一个冲程作功，其余三个冲程都是准备冲程，不仅不对外作功，而且还要消耗能量。曲轴能连续稳定地输出扭矩和功率，主要是依靠飞轮的惯性。

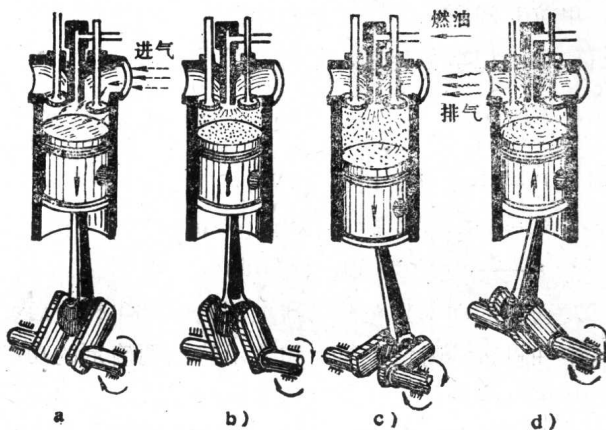


图1-2 单缸四冲程柴油机的工作过程

a) 进气 b) 压缩 c) 作功 d) 排气

二、多缸发动机的工作

单缸四冲程发动机，曲轴每转两周只有半周作功，这会造成曲轴旋转不均匀。因此在单缸机上都装有一个大飞轮，利用飞轮的惯性使单缸机均衡地输出功率。由于单缸机工作不平衡、结构不紧凑、功率受限制等缺点，所以只作为小型动力。

1. 两缸发动机

两缸四冲程发动机曲轴的两曲柄在同一平面内互错 180° 。这样，当第一缸为作功冲程时，第二缸是压缩冲程或排气冲程。若为压缩冲程时，发动机的工作顺序为1-2-0-0；若为排气冲程时，则发动机的工作顺序为1-0-0-2；两缸发动机在曲轴旋转一周内连续两次作功，间隔不相等，因而曲轴转动也不均匀。但这种结构对曲柄连杆机构的惯性力能得到较好的平衡。两缸发动机的工作顺序如表1-1所示。

表1-1 两缸发动机的工作顺序

工 作 顺 序	1—2—0—0		1—0—0—2	
曲 轴 轴 角	一 缸	二 缸	一 缸	二 缸
第一个半周($0\sim180^\circ$)	作 功	压 缩	作 功	排 气
第二个半周($180\sim360^\circ$)	排 气	作 功	排 气	进 气
第三个半周($360\sim540^\circ$)	进 气	排 气	进 气	压 缩
第四个半周($540\sim720^\circ$)	压 缩	进 气	压 缩	作 功

2. 三缸发动机

三缸机的作功间隔应为 $\frac{720^\circ}{3}=240^\circ$ 。三缸机的曲轴曲柄考虑到惯性力的平衡，应对称布置互错 120° 。当第一缸为作功冲程时，第二缸由下止点前 60° 运动到上止点前 60° ，此时进气冲程已经结束，而压缩冲程已经完成了 $\frac{2}{3}$ ($=120^\circ$)，还需继续旋转 60° 才能达到上止点，开始作功冲程。第三缸按照第二缸的冲程进行。这样发动机的工作顺序为1—2—3，如390柴油机。如将二、三缸的曲柄互换位置，则发动机的工作顺序为1—3—2，如395柴油机。三缸机的工作顺序如表1-2所示。

表1-2 三缸发动机的工作顺序

工 作 顺 序		1—2—3			1—3—2		
曲 轴	转 角	一 缸	二 缸	三 缸	一 缸	二 缸	三 缸
第一个半周	0~60°	作 功	进 气	排 气	作 功	排 气	进 气
	60~120°		压 缩				进 气
	120~180°			排 气		压 缩	
第二个半周	180~240°	排 气	作 功	压 缩	排 气	进 气	作 功
	240~300°						
	300~360°		进 气	排 气			
第三个半周	360~420°	进 气	排 气	作 功	进 气	压 缩	排 气
	420~480°						
	480~540°		作 功	作 功			
第四个半周	540~600°	压 缩	进 气	排 气	压 缩	作 功	进 气
	600~660°						
	660~720°		作 功	作 功			

3. 四缸发动机

四缸机的作功冲程间隔应为 $\frac{720^\circ}{4}=180^\circ$ 。四缸发动机曲轴的各曲柄处于同一平面内，

其中一、四缸在同一方向；二、三缸在另一方向，互错 180° 。当一、四缸活塞上行时，二、三缸活塞下行。如果第一缸为作功冲程，则第四缸为进气冲程。那么，第二缸可以是压缩冲程，也可以是排气冲程。若第二缸是排气冲程（第三缸则是压缩冲程），则发动机的工作顺序为1—3—4—2。多数四缸发动机都是这个工作顺序。若第二缸是压缩冲程，则工作顺序为1—2—4—3。四缸机的旋转均匀性和平衡性比二、三缸机都好，工作也较平稳。四缸机的工作顺序如表1-3所示。

表1-3 四缸发动机的工作顺序

工作顺序 曲轴转角	1—3—4—2				1—2—4—3			
	一 缸	二 缸	三 缸	四 缸	一 缸	二 缸	三 缸	四 缸
第一个半周($0\sim 180^\circ$)	作 功	排 气	压 缩	进 气	作 功	压 缩	排 气	进 气
第二个半周($180\sim 360^\circ$)	排 气	进 气	作 功	压 缩	排 气	作 功	进 气	压 缩
第三个半周($360\sim 540^\circ$)	进 气	压 缩	排 气	作 功	进 气	排 气	压 缩	作 功
第四个半周($540\sim 720^\circ$)	压 缩	作 功	进 气	排 气	压 缩	进 气	作 功	排 气

4. 六缸发动机

六缸发动机的作功间隔为 $\frac{720^\circ}{6}=120^\circ$ 。六缸机曲轴的各曲柄是对称布置的，通常一、六缸，二、五缸，三、四缸的曲柄各在一方向，互错 120° 。这样发动机的工作顺序为1—5—3—6—2—4，每对活塞从上止点走过 120° 后，另一对活塞就达到上止点。因此，六缸机旋转的均匀性和平衡性，比二、三、四缸机都好。

第三节 发动机的组成

发动机是一部复杂的机器，它由许许多多的零件和部件组成。尽管发动机的种类、型式和大小不同，具体的构造也不完全一样，但它们都必须由下列共同的机构和系统组成。

一、机体组件和曲柄连杆机构

机体组件包括气缸体、气缸盖、气缸套和油底壳等。它是发动机工作的基础和骨架。其它的附件都安装在上面，它承受着各种载荷，要求有足够的刚度和强度。曲柄连杆机构是发动机的主要运动件，它主要由活塞、连杆、曲轴和飞轮等零件组成。它的作用是将活塞的往复运动变成曲轴的旋转运动，从而输出功率。

二、配气机构

配气机构主要由正时齿轮、凸轮轴、挺柱、推杆、摇臂、气门和气门弹簧等组成。它的功用是按照发动机的工作顺序，定时开启和关闭进、排气门，保证吸入新鲜空气和排除废气。

三、供给系统

供给系统包括燃料供给和空气供给。柴油机的供给系统主要由空气滤清器、柴油箱、柴油滤清器、输油泵、喷油泵、调速器和喷油器等零部件组成。柴油机供给系统的功用是将干净的柴油和空气按一定的要求送入气缸，使之形成可燃混合气而自行燃烧。

四、润滑系统

润滑系统主要由机油泵、机油滤清器、机油散热器等零部件组成。它的功用是向发动机所有运动零件的摩擦表面供给润滑油，以减少摩擦阻力并减少运动零件的磨损；同时带走热

量，保证发动机长期正常工作。

五、冷却系统

冷却系统主要由散热器、水泵、风扇和温度调节装置等组成。它们的作用是向发动机气缸体和气缸盖供循环水和吹风，将受热零件的多余热量散发到大气中去，保护同高温燃烧气体接触的零件不被损坏，保证发动机的温度稳定在要求范围内。

六、起动装置

发动机的起动方式有电力起动和小型汽油机起动等。电力起动主要由电源和电动机组成；小型汽油机起动则主要由小型汽油机和传动机构组成。起动装置除了起动力矩之外还有减压机构和预热装置等。起动装置的功用是产生力矩将静止的发动机起动运转。

复 习 题

1. 什么叫做压缩比？柴油机的压缩比为什么比汽油机大？
2. 什么叫做四冲程发动机？什么叫做二冲程发动机？
3. 简述四冲程发动机一个工作循环的各过程。
4. 进气门为什么要提前打开？喷油为什么要提前？
5. 发动机由哪些部分组成？各部分的功用是什么？

第二章 发动机的机体组件和曲柄连杆机构

第一节 机体组件

一、气缸体和油底壳

气缸体是发动机的机体和骨架，许多零部件和附件要安装在气缸体上。以水冷发动机为例，气缸体的上半部分用来安装和固定气缸套，下半部分为曲轴箱，用来安装和支承曲轴。气缸体的上、下和前、后表面都经过机械加工，上表面用来固定气缸盖，下表面用来固定油底壳，前表面用来安装正时齿轮室，后表面用来安装飞轮壳。气缸体的材料多为优质灰铸铁铸造而成。

根据曲轴箱的结构不同，气缸体有龙门式（有裙式）、无裙式和隧道式三种型式，如图2-1所示。

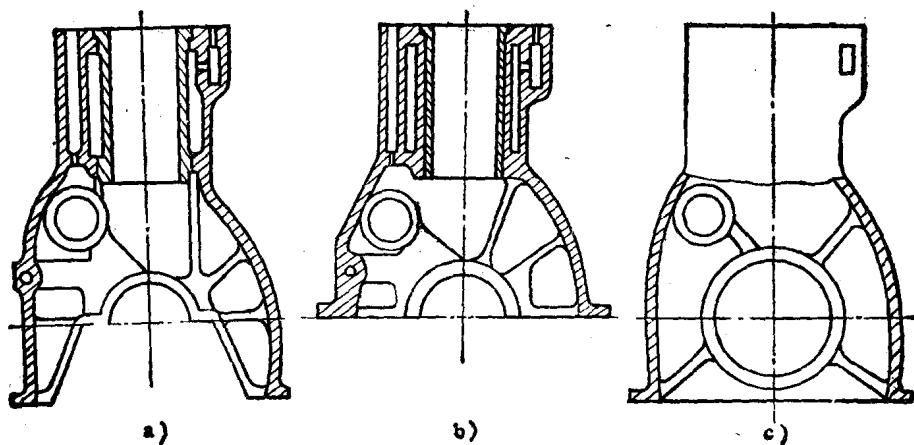


图2-1 缸体的结构型式

a) 龙门式 b) 无裙式 c) 隧道式

龙门式结构的特点是气缸体底平面低于曲轴中心线，曲轴箱有两个平面，加工麻烦。但由于气缸体在高度方向的尺寸较大，所以它的刚性较好，能承受较大的垂直载荷，常用在无机架和半机架的大中型拖拉机上，如4125A、4115T和495柴油机等。

无裙式结构气缸体的特点是缸体底平面与曲轴中心线在同一平面内，曲轴箱只有一个平面，便于加工。但它的缺点是刚度和强度较差，多用在缸体受力较小的汽油机和小型柴油机上。

隧道式结构的特点不是将主轴承孔座分为两半，而是与气缸体铸成一个整体，这样刚性好，结构紧凑。这种结构主轴承常采用大直径窄系列的滚动轴承，装配时曲轴需从后端装入，缺点是拆装不便。

图2-2为4115T柴油机的气缸体,在上表面上有四个垂直的大孔,用来安装气缸套,气缸套压入后,其外壁与缸体壁的空间形成水套,使循环水冷却。曲轴箱上有五个主轴承孔座,它与缸体上的横隔板连成一体,为保证主轴承孔的同轴度,它是将主轴承盖固定在曲轴箱上之后而精加工的,并在上面印有标记,不允许互换。为了使缸体具有足够的刚度和强度,在机体内铸有许多加强筋。机体内部还加工或铸成各种孔道,如冷却水孔、气门挺柱和推杆孔、凸轮轴孔,主油道孔和螺栓孔等。因此气缸体无论从铸造和加工,都比较复杂。

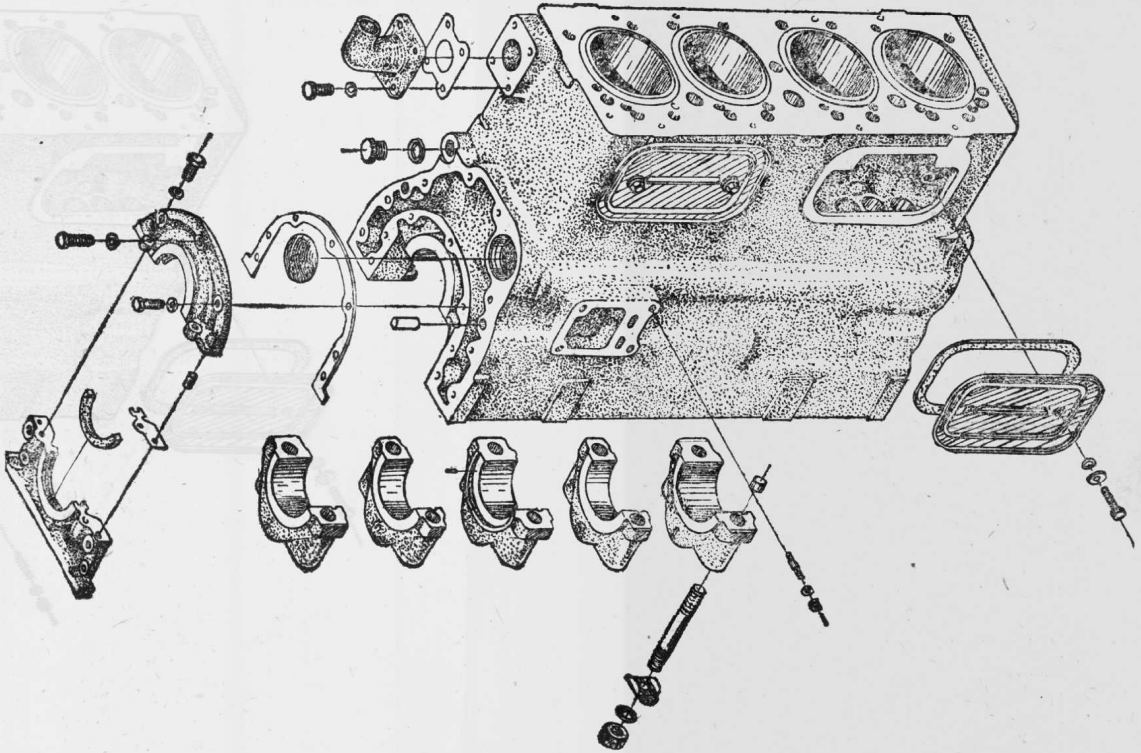


图2-2 4115T柴油机气缸体

油底壳用螺栓安装在气缸体的底面上,中间夹有垫片密封。在油底壳的最低处,装有放油螺塞,多数螺塞上还带有永久性磁铁,用以吸附混入润滑油中的金属磨屑,以减少发动机的磨损。油底壳的材料通常有两种,对于半架式和全架式的拖拉机所用柴油机和汽油机,多用薄钢板冲压而成,它只起储存润滑油的作用。而对于无架式的拖拉机所用柴油机的油底壳,则多采用灰铸铁铸造而成。其作用除用以储存润滑油之外,还帮助气缸体来承受拖拉机体体的应力。有的油底壳上还铸有散热片,是用来冷却润滑油的。

二、气缸和气缸套

气缸是一个光滑的圆筒,发动机工作时,它受着高温高压燃烧气体的作用,使活塞沿着气缸内壁作高速往复运动。因此,气缸除了要求有足够的刚度和强度外,还必须耐磨、耐高温以及较高的几何精度和较细的表面粗糙度。

气缸的基本型式有整体式和镶套式两种。气缸与缸体铸成一体叫整体式气缸,如AK-10起动汽油机的气缸。将气缸制成单独的圆筒形零件,然后再装到气缸体上的叫镶套式气缸。这种型式气缸的优点是可以采用优质合金铸铁制造气缸套,提高气缸的使用寿命,并