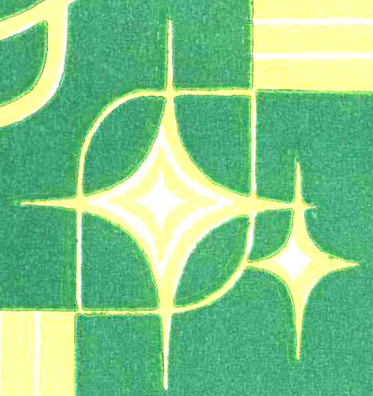




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



草原生产机械化

● 暴纯武 主编

● 草原专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

草 原 生 产 机 械 化

暴纯武 主编

草 原 专 业 用

农 业 出 版 社

(京)新登字060号

全国高等农业院校教材
草原生产机械化

暴纯武 主编

* * *

责任编辑 李锦明

农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 北京通县曙光印刷厂印刷

787×1092mm16开本 20.5印张 496千字

1993年5月第1版 1993年5月北京第1次印刷

印数 1—600册 定价 5.35元

ISBN 7-109-02446-6/TH·112

前 言

本教材是根据1989年8月全国高等农业院校教材指导委员会畜牧学科组第二次会议草原专业组研究确认的《牧草生产与加工机械》后经主审、审稿人的建议，将书名改为《草原生产机械化》编写大纲进行编写的。

本书内容着重于草原生产机械化中常用机械的构造、工作原理、使用与管理等。编者力求从我国草原生产实际出发，反映我国草原牧草料生产与加工机械的科研和生产制造方面的新成果，并适当地介绍了有关国外机具与设备。我国草原辽阔，差异较大，各种机具都有其较强的地区适应性，各院校可根据地区特点组织教学。

本书分别由新疆八一农学院农业工程系严公达（编写第一二三章）、暴纯武（编写绪论、第四五章）、方天赐（编写第六七八章）三人编写。全书由暴纯武教授任主编，由东北农学院姚维祯教授任主审，内蒙古农牧学院杨明韶副教授审稿。

本书在审定编写大纲过程中，承蒙东北农学院姚维祯，沈阳农业大学马德懿，北京农业工程大学王珍美，内蒙古农牧学院乌恩巴图、杨明韶，甘肃农业大学徐兰、四川农业大学李巫康等同志提出了许多宝贵意见，同时也得到我国许多农牧业机械化研究所和生产厂家的支援，提供了许多宝贵资料，在此一并表示诚挚的谢意。

限于编者水平，书中欠妥和错误之处恳切期望读者批评指正。

编 者

1991.9.

目 录

绪论	1
第一章 拖拉机	4
第一节 概述	4
一、农用拖拉机的类型	4
二、拖拉机的主要组成	5
第二节 内燃机	5
一、内燃机的基本概念	5
二、四行程柴油机的工作过程	6
三、柴油机的组成部分	8
四、曲柄连杆机构	8
五、配气机构	12
六、燃油供给系和调速器	16
七、润滑系统	27
八、冷却系统	30
九、柴油机的使用保养	35
第三节 拖拉机底盘	38
一、底盘的组成与功用	38
二、传动系统	38
三、转向、制动和行走系统	48
四、液压悬挂系统	56
五、牵引装置和动力输出装置	64
第二章 常用能源及其设备	67
第一节 电能 在草原生产机械化中的应用及优越性	67
第二节 三相感应电动机	67
一、三相感应电动机的构造	67
二、三相感应电动机的工作原理	68
三、三相感应电动机的技术性能	69
四、三相感应电动机的使用	72
第三节 牧草料加工常用电器控制设备及控制电路	77
一、常用电器控制设备	77
二、常用控制电路	81
第四节 风能及太阳能利用设备	83
一、风能利用设备	83
二、太阳能利用设备	99
第三章 牧草种植机械	101

第一节 概述	101
一、人工草场发展概况	101
二、人工草场种植机械化工艺	101
第二节 耕地机械	102
一、概述	102
二、铧式犁的工作部件	103
三、牵引犁	107
四、悬挂犁	114
五、铧式犁耕翻的基本原理	116
六、犁耕前的准备和耕地质量检查	118
第三节 整地机械	119
一、概述	119
二、圆盘耙	119
三、旋耕机	125
四、镇压器	128
第四节 牧草种子加工及处理机械	129
一、概述	129
二、牧草种子的清选和分级设备	130
三、牧草种子的包衣和丸粒化	134
第五节 播种机械	136
一、概述	136
二、排种器	137
三、开沟器	141
四、其他工作部件	143
五、BF-24A型施肥播种机	145
六、9BC-2.1型牧草耕播机	149
七、播种机的使用和播种质量检查	153
第四章 草原建设及管理机械	156
第一节 概述	156
第二节 围栏及其架设	157
一、围栏在草原畜牧业生产中的作用	157
二、金属丝围栏	157
三、网围栏架设程序与要求	158
四、网围栏的规格	159
第三节 草原灌溉机械	159
一、离心式水泵	159
二、深井泵	164
三、喷灌机械	166
第四节 天然草场松土补播机械	173
一、对松土补播机的作业技术要求	174
二、铲式松土补播机	174
三、9SB-2型草原松土施肥补播机	175

四、国产松土补播机主要技术性能	176
第五节 草原鼠、虫害防治机械	176
一、9DS-80型毒饵撒播机	177
二、9MS-80型草原灭鼠投饵机	178
三、草原虫害防治机械	179
第五章 饲草料收获机械	185
第一节 概述	185
一、牧草收获机械化的意义	185
二、牧草收获的技术要求、工艺及机具系统	185
第二节 割草机	187
一、割草机的类型及要求	187
二、往复式割草机	187
三、回转式割草机	197
四、割草、压扁、集条机	202
第三节 搂草机	203
一、搂草技术要求及搂草机的分类	203
二、横向搂草机	204
三、侧向搂草机	208
第四节 捡拾压捆收获机械	211
一、压捆的牧业技术要求与压捆机的分类	211
二、方捆捡拾压捆机	211
三、圆捆捡拾压捆机	217
四、草捆捡拾装载机械	219
五、捡拾集垛、运垛机械	220
第五节 牧草种子收获机械	221
一、牧草种子收获工艺	221
二、手动小型牧草种子收获机	222
三、机引小型牧草种子收获机	222
四、4AZ-1.5型牵引式牧草种子联合收割机	224
第六节 青饲料收获机械	226
一、青饲料收获工艺及其牧业技术要求	226
二、青饲料收获机的种类	226
三、甩刀式青饲料收获机	227
四、通用型青饲料收获机	228
五、92QY-0.6型青贮玉米收获机	230
六、青饲料收获机的有关计算	232
第七节 牧草收获工艺的机具选择和配备	234
一、选择牧草收获机械工艺系统的因素	234
二、单机牧草收获机具选型	234
三、牧草收获机械工艺系统的选择	236
四、机具配备计算	236
第六章 牧草料加工机械	238

第一节 牧草料加工工艺及设备	238
一、发展牧草料加工业的意义	238
二、饲料的种类	238
三、牧草料加工工艺及设备	239
第二节 青、干粗饲料切碎机	240
一、铡草机的类型及工艺技术要求	240
二、滚筒式铡草机	240
三、轮刀式铡草机	247
四、铡草机的主要性能参数	251
五、铡草机的调整使用	251
第三节 青贮饲料的制作工艺及设备	252
一、乳酸发酵原理及常规青贮的发酵过程	252
二、青贮饲料调制工艺、设施及取饲机械	253
三、半干青贮法	258
第四节 秸秆处理工艺及设备	259
第五节 青饲料烘干设备	260
一、青饲料烘干机的分类	260
二、对青饲料烘干机的基本要求	260
三、气流滚筒式青饲料烘干机工作原理	261
四、气流滚筒式烘干机组生产工艺过程	261
第六节 饲料粉碎机	262
一、饲料粉碎方法	262
二、对粉碎机的要求	263
三、锤片式粉碎机	263
四、锤式粉碎机的选型与使用	270
五、齿爪式饲料粉碎机	272
六、以加工牧草、秸秆饲料为主的粉碎机	272
第七章 混、配合饲料加工设备	275
第一节 料仓及配料计量装置	275
一、料仓	275
二、配料计量装置	277
第二节 牧草料加工间的输送设备	285
一、斗式升运器	285
二、刮板式输送机	287
三、螺旋式输送机	289
四、气力输送装置	290
第三节 饲料混合机	294
一、立式混合机	295
二、卧式混合机	295
三、混合机混合质量的评价	297
第四节 饲料压粒机	298

一、对颗粒饲料的生产要求	299
二、颗粒饲料压粒机的类型	299
三、卧轴环模压粒机的构造及工作过程	300
四、平模式压粒机	301
五、影响压粒质量的主要因素	302
六、冷却器	303
七、破碎机	304
八、分级筛	304
第八章 中、小型饲料加工厂的建立	306
第一节 饲草料加工厂的布局	306
一、建厂的可行性研究	306
二、编制设计任务书	306
三、经济评价	306
第二节 厂址选择及工厂总平面布置	306
一、厂址选择	306
二、工厂总平面布置	307
第三节 牧草料加工工艺流程设计	309
一、工艺流程设计的基本要求	309
二、工艺流程设计举例	309
第四节 牧草料加工设备的选择	311
一、原料仓和成品仓仓库容量的计算	312
二、设备选择和计算	313
三、原料及成品运输车辆数 Z 的计算	316
第五节 牧草料加工厂的质量管理	316
一、质量及其意义	316
二、加强饲料生产的全面质量管理	317
主要参考文献	318

绪 论

一、草原生产机械化的意义

振兴中华，实现社会主义四个现代化。农业是基础，就大农业来说既需要种植业中的粮食，也需要畜牧业的畜产品。我国地少人多，人均耕地仅1.5亩，全国人均占有粮食近些年来一直保持在近400kg的水平，增产粮食的潜力有限，再加上人口增长因素，到本世纪末，人均占有粮食预计也不会太多。随着国民经济的发展，人民群众对生活水平会提出新的要求。人民生活水平改善和提高，主要是衣、食、住、行四个方面，其中衣、食两项主要来源于种植业和畜牧业，而粮食又不能大幅度增长。当前我国的人均每天动物蛋白摄入水平约7—8g，只相当于世界平均量的1/3左右。增加动物蛋白的出路，只有发展畜牧业。而发展畜牧业的物质基础：一是饲草，二是饲料。饲料的来源主要是粮食，而粮食在我国是有限的，只有发展节粮和草食性畜。当前从世界畜牧业现状和发展趋势来看，以草养畜比重日益增加。即使像美国粮食有余，谷物饲料充裕，仍很重视充分利用天然草场这个廉价的资源，肉牛饲料的80%，乳牛饲料的50%，绵羊饲料的90%，都来自草原的牧草。

我国拥有丰富的草原资源，面积43亿亩（可利用33亿亩），是耕地的2.8倍，它为我国发展草食性畜提供了廉价的物质基础，然而，现在我国草原牧业产值仅占农业总产值的1.3%，而国外一些草业发达的国家则占到25%左右。原因在于长期忽视草原建设，又严重超载过牧，对草原采取掠夺式经营，不进行科学管理，致使草场产草量和60年代相比普遍下降30—50%，沙化、退化、蝗虫、鼠害严重的草地占到1/3以上，破坏了草原生态平衡、生产力下降，造成草原牧业产值不高。为此，对天然草场急需休养生息和恢复土壤肥力，促使牧草生长，提高草原生产力。

国内外经验表明，在天然草场上采用围栏、松土、补播、施肥、灌溉、治蝗、灭鼠等措施，来恢复天然草场的生产力是很有效的。如澳大利亚新南威尔州过去是10—12亩草场养1只羊，采取建设改良措施后，提高到1—1.2亩草场养1只羊。我国也有很多类似的例证，如新疆草原科学研究所中山带的草场种草，采用围栏—耕翻—耙切—播种中生牧草等改良措施，四年平均亩产干草227kg，是撂荒地草量的19.7—50.9倍，是撂荒地植被自然恢复产草量的6.0—10.4倍，是天然打草场的3.2—8.4倍。内蒙古哲里木盟的试验是：经过改良后的草场一般产草量要比不改良的增产5倍。

实践证明，只有采用综合性的技术措施，我国的草原才能充分发挥其优势，而各项措施的实施都离不开机械化。

随着畜牧业的发展，畜草矛盾必将变得日益尖锐，要改变这种状况，只有通过建立人工草地和半人工草地，增加冷季干草的贮备，同时改良春秋草地，提高产草量，这已成为我国发展畜牧业相当迫切的问题。

牧草收获季节性强，作业量大，耗费劳力多。如何快收、多收，保质、保量地收获牧

草，仍然是我国牧业生产中的突出问题。我国天然草场暖季牧草比较充裕，冷季草场牧草不足，每年收草季节牧区组织所有劳力打贮冬草，由于牧区人少地广，收贮冬草甚少，大量牧草收获不了，得不到利用。牧草如不及时收割，粗纤维增加，营养下降。割后牧草不及时拉运堆垛，在田间曝晒时间愈长，营养损失愈大。据测定，在阳光下曝晒7天，牧草的粗蛋白质含量下降60%，粗脂肪含量降低20%。当前由于机械化程度低，收获不及时（一般长达2—3个月）使牧草在数量和质量上损失严重。采用牧草收获过程机械化，就可解决这些问题，就能及时保质、保量地完成收贮任务。

牧草料不经加工以单一品种饲喂，不但不能满足动物的营养需要，而且利用率极低（只有50%左右），造成牧草料大量损失。牧草切碎饲喂利用率可达95%以上，饲料经粉碎后，种皮破碎，颗粒由大变小，饲料表面积增加，易与消化液接触，有利于提高消化率；增强了饲料的适口性；便于与其他饲料混合，制成粉状或颗粒状的配合饲料。一般情况下，一台铡草机每小时可铡草750—1500kg，比人工铡草提高劳动生产率30—60倍。采用大型饲料粉碎机粉碎饲料，比人、畜力粉碎可提高工效100—200倍。

总之，牧草料生产与加工的各个作业项目使用机械设备，是草原生产现代化的主要内容，是发展草地畜牧业的重要环节。它不仅可以提高劳动生产率，而且是完成建设草原，提高草地生产力的重要手段。随着现代化农牧业科学技术的发展，各项技术措施直接靠人的体力是无法完成的，只有采用机械化，才能使牧草料生产和加工更快更好地发展，发挥草原畜牧业还远未发挥的潜力，使草原成为我国农业后劲的一个重要源泉。

二、草原生产机械化的发展简况

牧草料生产与加工机械是为畜禽生产饲草料时所需的机具设备。因此，它是畜牧业机械的组成部分。解放前，牧草料生产中使用的工具主要是钐镰、铡刀和其他一些旧式农具和石磨，还有内蒙古、新疆牧民从国外购入少量畜力割草机和搂草机。

新中国建立后，为了适应农业生产发展的需要，首先从国外引进一批拖拉机、农业机械和畜牧机械，并积极推广步犁、双轮双铧犁、畜力播种机等新式农具。随着我国工业的发展，从1959年起便开始生产各种类型轮式和链轨式拖拉机。同时也在全国各地建立了多家农业机械厂、畜牧机械厂，生产各种与拖拉机配套的农业机械和畜牧机械，如农业生产中的犁、耙、播、收机械和牧草的割、搂、集、运、垛等机械。当时生产的各种农牧机械多为引进仿制，有些并不适合我国生产实际，而又有有些环节缺少相应的机具。党和政府为了发展我国的农牧机械化事业，60年代在全国各省、区、县先后成立了农业机械科学研究所，从事研究适合各地区农牧业生产中急需的农牧业机械，经过多年的研究，改进不适应的机具，研制农牧业生产中缺少的机具，取得了许多高水平的科研成果，并推广到农牧业生产中。

建立人工草地和半人工草地所需的机具有犁、耙、镇压器、旋耕机，以及牧草种子播种施肥机等。

牧草收获机械从1978年我国引入了各种牧草压缩收获工艺所采用的机械，如方捆机、圆捆机、草捆装运车、捡拾压垛、草垛装运车等，进行了小批量生产。最近我国科研工作者又研制出牧草压块机和适应当前生产规模的青贮玉米收获机等。

草原改良和保护所用的网围栏，松土补播机，喷溉机，灭鼠、治蝗机械也都在近几年相继

研制成功，并投入生产。这些机具和设备对建设和保护草原，提高草场生产力，都发挥着重要作用。

牧草料加工机械如：铡草机，饲草料粉碎机、饲料压粒机和为牛羊制作配合饲料的成套设备等都有批量生产。

可以说，为牧草料生产和加工所需的机械设备已基本齐全，和国外草地牧业较发达的国家如澳大利亚、美国、苏联等国家相比，他们具备的主要机械设备，我国也已具备。与这些国家的差距在于机器的材质、制造质量、机具可靠性和使用机具者在素质方面有差距，往往由于上述原因，致使机具设备不能充分发挥经济效益。随着我国工业技术水平的提高和教育事业的深入发展，相信在不长的时间内定会消除这些差距，使我国的草原生产机械化达到草业发达国家的水平。

三、本课程的任务和目的

《草原生产机械化》是草原专业的一门专业基础课，本课程的任务在于使学生熟悉草原生产过程中主要机具设备的结构、工作原理、技术性能和适用性；掌握中、小型机具的正确操作、安装和调整维护。其目的是①使学生能根据草原生产工艺要求，结合当地实际，合理编制机械化生产工艺方案、选择机型、配备和组织生产；②正确使用草原生产中的各种机具设备。

第一章 拖拉机

第一节 概 述

拖拉机是现代化农业生产的重要动力。用拖拉机与相应的牧业机械配合，可进行人工草场的耕地、整地、播种、中耕施肥、收获等项作业；可完成草原改良的围栏、松土补播、消灭病、虫、鼠害、排灌等作业；还可承担饲草、饲料基地基本建设中的挖掘、推铲、平整等工作，并占完成牧业生产很大工作量的运输任务。

一、农用拖拉机的类型

按其用途和结构的不同，主要分为如下几种类型：

- (1) 按用途分：
- | | | | |
|---|-------|---|-----|
| { | 旱地型 | { | 通用型 |
| | 水田型 | | 中耕型 |
| | 特殊用途型 | | |
- (2) 按结构分：
- | | | | | |
|-----|-----|-----|---|-------|
| { | 乘座式 | 履带式 | { | 两轮驱动型 |
| | | 轮式 | | 四轮驱动型 |
| | | 船式 | | |
| 手扶式 | | | | |

目前，牧区常用的大、中型拖拉机主要是东方红-75、东方红-60、铁牛-55，小型拖拉机主要是东风-12手扶拖拉机及东方红-15等小四轮拖拉机。这些拖拉机主要按农业的要求进行设计，对牧业考虑较少。

(一) 东方红-75拖拉机 为履带式拖拉机。该机的附着性能好，不易打滑，能充分发挥它的牵引力。同时对单位面积土壤的压力较小，在潮湿松软的土地上不易陷车，地面通过性能好。它能适应于需要大牵引力的作业。在牧区主要用于草原改良的松土补播及人工草场建设的耕、耙、播等重负荷作业。其缺点是机体重量大，运行不灵活。缺少超低速档，需配附加减速装置才能与某些草原改良机械配套。该机功率尚小，在海拔较高的牧区，需装置增压器才能恢复到原机功率。此外，需增设液压输出装置和消音装置及改进驾驶室等，以便更好地适合牧业要求。

(二) 铁牛-55拖拉机 为轮式拖拉机。该机稳定性好，轮距可调，工作速度变化范围大，操纵灵活，其适用范围较广，是目前牧区用的最多的拖拉机。除担负牧业运输外，目前生产的近30种牧业机械均由该机作动力。其缺点是功率不足，如配9BC-2.1型牧草耕播机、9JD-3.6型牧草拉拾压垛机和9SD-10型青饲联合收获机时，由于拖拉机功率不够，生产率比原设计降低30—50%。许多牧业机械需要由动力输出轴传动，且传动功率占总功率消耗的比

重大,如青饲收获机约70—75%,旋转割草机约80%。铁牛-55拖拉机的动力输出功率较小(26kW),不适应作业要求。此外,需增设独立式动力输出轴,增设多组液压输出装置及配备低压宽断面轮胎,才能更好地适应牧业要求。

(三) **小型拖拉机** 近年来我国有数十家工厂生产小型拖拉机。其特点是结构简单,操作方便,轻便灵活,维修容易,在牧区可进行运输、抽水、牧草收获、饲料加工等多项作业。但目前与小型拖拉机配套的牧业机械还不多,结构上与牧机配套还不完全适应。

二、拖拉机的主要组成

拖拉机属于可移动的动力机械,主要由发动机、底盘和电器设备三大部分组成。发动机是拖拉机的动力来源,目前绝大多数是装用四冲程,水冷柴油发动机。底盘是拖拉机的整机骨架和工作部件,主要由传动系统、转向制动和行走系统、液压悬挂系统和动力输出装置等组成。电器设备用于起动、照明、信号、仪表等。

第二节 内 燃 机

一、内燃机的基本概念

凡是能将某种形式的能转变为机械能的机器,统称为发动机。发动机因能源不同可分为:风力发动机、电动机和热力发动机等。

热力发动机即将燃料燃烧所产生的热能转变为机械能。因燃料燃烧所处部位不同,热力发动机可分为外燃机和内燃机两大类。

所谓内燃机就是燃料在发动机的气缸内燃烧,并把热能转变为机械能的一种机器。

(一) **内燃机的分类** 内燃机的结构形式很多,现代拖拉机和汽车发动机以及农用固定式发动机按下列方法分类:

- 1.按所用燃料不同分为 柴油机、汽油机、煤油机和煤气机等。
- 2.按完成一个工作循环的行程数分为 二行程发动机和四行程发动机。
- 3.按发动机气缸数分为 单缸发动机和多缸发动机(二缸、四缸、六缸等)。
- 4.按燃料在气缸内着火方式分为 压燃式发动机和点燃式发动机。
- 5.按气缸冷却方式分为 水冷式发动机和风冷式发动机。
- 6.按气缸排列形式分为 直列式、卧式和V型发动机。
- 7.按发动机转速或活塞平均速度分为 高速、中速和低速发动机。

内燃机型号是按我国国家标准(GB725-65)中的规定表示的。它由阿拉伯数字和汉语拼音文字的首位字母组成,并分为首部、中部及尾部三部分。

首部:为缸数符号,用数字表示气缸数目。

中部:为机型系列代号,由行程符号和缸径符号两部分组成。行程符号:用汉语拼音字母表示。E表示二行程,没有E的表示四行程;缸径符号:用气缸直径的毫米数表示,小数点后的数字不列出。

尾部:为变型符号,用汉语拼音字母表示。常用符号的含义:T:拖拉机用;Q:汽车用;C:船用;F:风冷;Z:增压;G:改进基本型。

例如：发动机型号1E40F，表示为单缸，二行程，缸径40mm的风冷发动机。发动机型号4115T，表示为四缸，四行程，缸径115mm，水冷拖拉机用发动机。

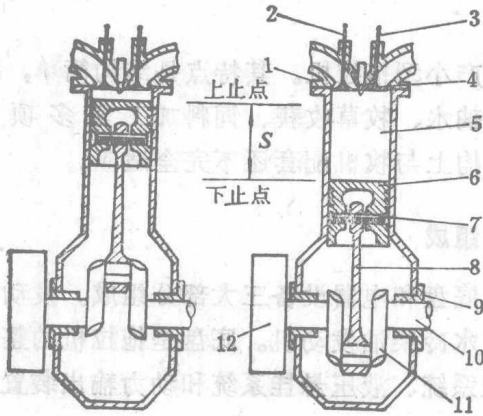


图 1-1 发动机构造简图

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

(二) 内燃机工作的基本概念 内燃机的一般构造如图1-1所示。

气缸盖、气缸与活塞组成一密封空间，称为燃烧室。气缸顶部的进、排气门用以实现气缸的换气过程。活塞通过连杆与曲轴连接，活塞在气缸中的直线往复运动，通过连杆的传递，可变成曲轴的旋转运动。当燃料与空气的混合气在燃烧室中燃烧时，产生高温、高压而推动活塞作直线往复运动。活塞的往复运动经连杆转变为曲轴的旋转运动，并通过飞轮对外输出动力。内燃机常用的名词术语如下：

活塞运动到最上的位置时（离曲轴中心最远）叫上止点；活塞运动到最下的位置时（离中心最近）叫下止点。上下止点之间的距离称为活塞行程。活塞每经过一个行程，相应的曲轴转角为 180° 。若以 S 表示活塞行程， R 表示曲轴半径，则 $S = 2R$ ，即活塞行程等于曲轴半径的2倍。活塞在上止点时，活塞顶以上的气缸容积称为燃烧室容积，以 V_1 表示。上下止点间的气缸容积称为气缸工作容积，以 V_2 表示。对多缸发动机，所有气缸工作容积之和称为发动机工作容积。活塞在下止点时，活塞顶以上的气缸容积称为气缸总容积，以 V_0 表示。它等于燃烧室容积与气缸工作容积之和，即： $V_0 = V_1 + V_2$ 。气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比，以 ϵ 表示。 $\epsilon = V_0 / V_1$ 。压缩比表示气体在气缸内被压缩的程度，也表示燃气膨胀时体积变化的倍数。各种内燃机对压缩比的要求不同，一般柴油机较高（ $\epsilon = 14 - 20$ ），汽油机较低（ $\epsilon = 6 - 10$ ）。

发动机工作时要经历进气、压缩、工作、排气四个过程，每完成这四个过程一次，叫作一个工作循环。根据完成一个工作循环活塞所经过的行程数不同，内燃机分为四行程和二行程两种。

二、四行程柴油机的工作过程

活塞经过四个行程，曲轴旋转两圈完成一个工作循环的柴油机，称四行程柴油机。

(一) 单缸四行程柴油机的工作过程 柴油机的基本工作原理是：首先把新鲜空气吸入气缸并压缩，使之温度升高，接着将柴油以雾状喷入被压缩的高温空气中。被喷入的柴油立即着火燃烧，放出热能，使空气急剧膨胀，在气缸内造成很大的压力，推动活塞向下运动，并通过连杆带动曲轴旋转，把柴油燃烧时的热能转化为机械能，最后将燃烧过的废气排出气缸。发动机工作时，气缸内能量的转化要经历进气、压缩、工作、排气四个过程（图1-2）。在一个工作循环内，气缸内气体压力随容积的变化情况用示功图表示，其横座标为气缸容积（ V ），纵座标为气缸内气体压力（ P ）。

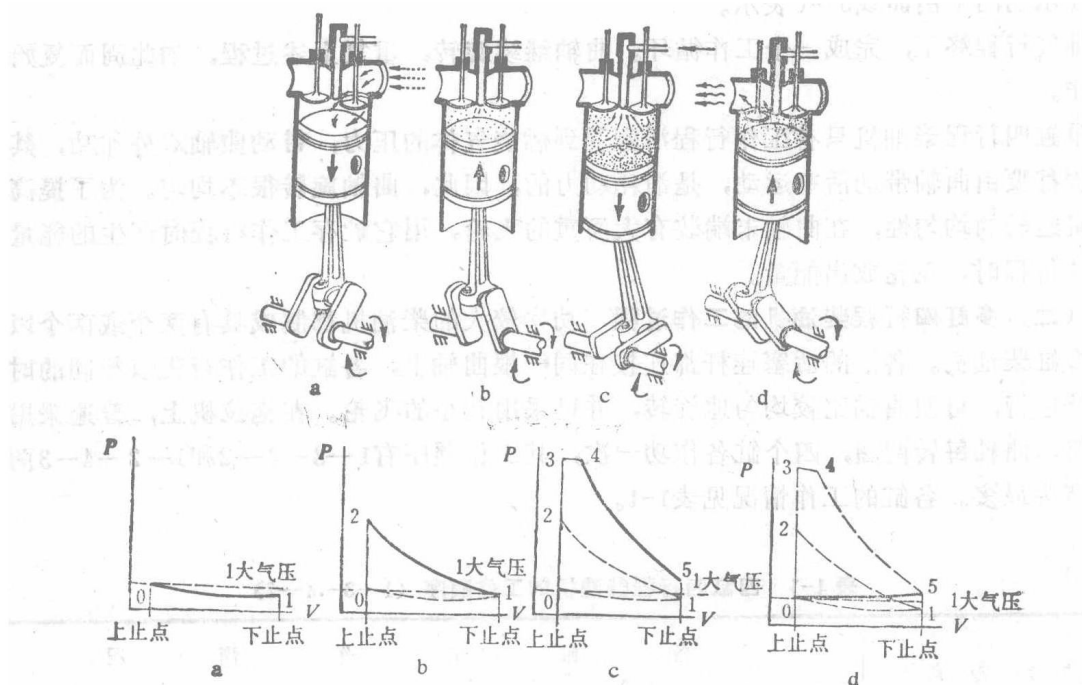


图 1-2 单缸四行程柴油机工作过程

a. 进气行程 b. 压缩行程 c. 工作行程 d. 排气行程 P. 气缸压力 V. 气缸容积

1. 进气行程 (图1-2之a) 曲轴转第一个半圈, 活塞经连杆带动, 由上止点向下止点运动。排气门关闭, 进气门打开。活塞上部气缸容积增大, 压力降低, 新鲜空气被吸进气缸。当活塞刚过下止点, 进气行程终了时, 进气门关闭。在进气过程中, 气缸内的气体压力低于大气压力, 约为 $78.5\text{--}88\text{kPa}$, 气体温度约为 $50\text{--}70^\circ\text{C}$, 进气行程在示功图上由曲线0—1表示。

2. 压缩行程 (图1-2之b) 曲轴继续转第二个半圈, 活塞从下止点向上止点运动, 此时进、排气门都关闭, 气缸内的空气被压缩, 温度和压力不断升高。活塞到达上止点时, 压缩行程结束, 气缸内的空气被压缩到最小体积, 其压力达到 $3433.5\text{--}3924\text{kPa}$, 温度达到 $500\text{--}700^\circ\text{C}$, 为柴油喷入气缸后能自行着火燃烧准备了条件。压缩行程在示功图上由曲线1—2表示。

3. 工作行程 (图1-2, c) 在压缩行程接近终了, 活塞将到上止点时, 喷油器将高压柴油以雾状喷入气缸, 与被压缩的高温空气混合, 形成可燃混合气。并自行着火燃烧, 放出大量热能, 此时进、排气门仍都关闭, 使气缸内的气体温度和压力急剧上升, 压力达到 $5886\text{--}7848\text{kPa}$, 温度达到 2000°C 左右, 在示功图上由曲线2—3表示。高温高压气体推动活塞从上止点向下止点运动做功, 并带动曲轴转过第三个半圈。随着活塞的下移, 气缸内气体的压力和温度逐渐降低。活塞到达下止点时, 工作行程终了。此时压力降到 $294\text{--}392\text{kPa}$, 温度降到 $800\text{--}900^\circ\text{C}$, 在示功图上由曲线3—4、4—5表示。

4. 排气行程 (图1-2, d) 曲轴继续转过第四个半圈, 活塞由下止点向上止点运动。这时排气门打开, 进气门仍关闭, 燃烧后的废气在活塞推挤下, 经排气门排出气缸外。当活塞到达上止点时, 排气行程终了。这时气缸内压力为 $102\text{--}108\text{kPa}$, 温度为 $300\text{--}500^\circ\text{C}$ 。排气

行程在示功图上由曲线5—0表示。

排气行程终了，完成一个工作循环。曲轴继续旋转，重复上述过程，如此周而复始，连续工作。

单缸四行程柴油机只有工作行程活塞受到燃烧气体的压力，带动曲轴对外作功，其余三个行程都要由曲轴带动活塞运动，是消耗动力的，因此，曲轴旋转很不均匀。为了提高单缸柴油机运转的均匀性，在曲轴末端装有大而重的飞轮，用它贮存工作行程时产生的能量，而在其他行程时，飞轮放出能量。

(二) 多缸四行程柴油机的工作过程 功率较大的柴油机都制成具有两个或两个以上气缸的多缸柴油机。各缸的活塞连杆都连接在同一根曲轴上，各缸的工作行程以相同的时间间隔交替进行，可使曲轴比较均匀地旋转，并可采用较小的飞轮。在拖拉机上，普遍采用四缸柴油机，曲轴每转两圈，四个缸各作功一次，其工作顺序有1—3—4—2和1—2—4—3两种，以前者为最多。各缸的工作情况见表1-1。

表 1-1 四缸四行程柴油机的工作顺序 (1—3—4—2)

曲 轴 转 角	各 缸 工 作 情 况			
	第 一 缸	第 二 缸	第 三 缸	第 四 缸
0°—180°	进 气	压 缩	排 气	工 作
180°—360°	压 缩	工 作	进 气	排 气
360°—540°	工 作	排 气	压 缩	进 气
540°—720°	排 气	进 气	工 作	压 缩

三、柴油机的组成部分

柴油机型式很多，其结构各有差异，但大多由如下一些机构和系统组成：曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、润滑系统、冷却系统和起动装置等。

柴油机工作中，曲柄连杆机构、配气机构和燃料供给系统三者互相配合，完成工作循环并输出动力。润滑和冷却系统虽然不直接完成工作循环，但它们为柴油机正常工作提供了不可缺少的条件。起动装置是借用外力，将静止的发动机转为正常运转。

四、曲柄连杆机构

(一) 曲柄连杆机构的功用及组成 曲柄连杆机构是内燃机实现工作循环，完成能量转换的机构。它由机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组及平衡机构等组成。

(二) 机体组 机体组主要由气缸体、曲轴箱、气缸盖和气缸套等组成。它是内燃机各机构工作的基础。

1. 气缸体和曲轴箱 见图1-3。气缸体是安装各种零件的骨架，气缸套安装在 其上部，曲轴安装在其下部。曲轴箱用于支承曲轴，分为上下两部分，通常上曲轴箱和气缸体铸成一体，合称机体。下曲轴箱用于储存润滑油，称为油底壳。