

高等学校试用教材

工程机械发动机与底盘构造

吉林工业大学 杨成康 主编

728462

机械工业出版社

高等学校试用教材

工程机械发动机与底盘构造

吉林工业大学 杨成康 主编



机械工业出版社

前 言

本书是根据1983年在长春召开的全国高等工业学校工程机械类专业教材编审委员会制订的教学计划和1984年在上海召开的《工程机械发动机与底盘构造》等三门教材编写大纲讨论会制订的《工程机械发动机与底盘构造》编写大纲编写的。

本书主要介绍工程机械发动机与底盘的构造和工作原理。全书分两篇，共十八章。在第一篇发动机部分主要介绍工程机械上广泛采用的柴油机，及汽油发动机的不同点，以便读者对发动机有更完整的了解。

在第二篇底盘部分，考虑到工程机械品种繁多，本书将以使用最广泛的铲土运输机械为主，本着突出共性，照顾特殊性的思路，以轮式装载机和履带推土机为典型，以部件为体系，集中讲述自行式工程机械底盘各部件的构造和工作原理。为了体现内容的先进性，书中将以国内、外先进机型（美国Caterpillar 966 D型装载机和黄河工程机械厂T-220型履带推土机——即日本小松D80A-18型推土机）为重点进行讲述。书中内容将为工程机械专业的后续课打下必要的专业基础。

本书为高等工业学校工程机械专业必修课教材，也可作为矿山机械与起重运输机械专业的教学参考书，同时也可供工程机械行业的科研与生产单位的工程技术人员参考。

本书由吉林工业大学杨成康任主编（并编写绪论、第十、十二、十三章）；参加编写的还有：吉林工业大学李春源（第三、四、五章）、太原重型机械学院赵毅民（第十一、十五、十六、十七、十八章）、西安公路学院邢成林（第一、二、六、七、八、十四章）。第一篇由太原重型机械学院金履晋主审，第二篇由太原重型机械学院陈守礼主审。

在本书编写过程中曾得到天津工程机械研究所、黄河工程机械厂、山东推土机总厂以及石家庄铁道学院王健的大力支持，在此一并表示深切谢意！

限于编者水平，书中定有不足之处，切望广大读者指正。

编者88.8

目 录

绪论	1	第七章 冷却系	121
第一篇 工程机械发动机构造		第一节 冷却系的功用和冷却方式	121
概述	7	第二节 水冷却系	121
第一章 发动机的工作原理和组成	9	第三节 风冷却系	128
第一节 发动机的工作原理	9	第八章 起动装置	129
第二节 发动机的组成	13	第一节 发动机的一般起动方法	129
第三节 发动机的主要性能指标	14	第二节 便于起动的辅助装置	132
第二章 曲柄连杆机构与机体组件	17	第二篇 工程机械底盘构造	
第一节 曲柄连杆机构的运动和受力	17	第九章 传动系概述	135
第二节 旋转平稳性与惯性力平衡	19	第一节 传动系统的功用和类型	135
第三节 曲柄连杆机构	22	第二节 几种典型的传动系统	137
第四节 机体组件	33	第十章 液力偶合器与液力变矩器	140
第三章 配气机构	38	第一节 液力偶合器的构造和工作原理	140
第一节 配气机构的组成及布置型式	38	第二节 液力变矩器的构造与工作原理	144
第二节 配气机构组件	39	第三节 液力变矩器的特性参数	147
第三节 配气相位和气门间隙	43	第四节 几种液力变矩器的构造与特点	148
第四节 进、排气管系统	46	第十一章 主离合器	155
第五节 废气涡轮增压	47	第一节 主离合器的功用	155
第四章 柴油机燃油供给系	52	第二节 主离合器的工作原理和分类	155
第一节 燃油供给系的组成及燃油	52	第三节 经常接合式主离合器	157
第二节 混合气的形成及燃烧过程	54	第四节 非经常接合式主离合器	159
第三节 燃烧室	55	第十二章 变速箱	169
第四节 燃油的喷射装置	59	第一节 变速箱的功用、工作原理和类型	169
第五节 调速器	67	第二节 机械换档变速箱	172
第六节 供油正时及喷油提前角调节装置	75	第三节 定轴式动力换档变速箱	186
第七节 燃油供给系的辅助装置	79	第四节 行星齿轮式动力换档变速箱	191
第八节 PT燃油系统简介	82	第五节 动力换档变速箱的液压操纵系统	205
第五章 汽油机的供给系和点火系	95	第十三章 万向传动装置	209
第一节 汽油机供给系的组成及燃油	95	第一节 万向传动装置的组成与功用	209
第二节 混合气的形成与化油器	96	第二节 普通十字轴万向节的构造	209
第三节 汽油机点火系	106	第三节 万向传动装置的传动特点	210
第六章 润滑系	111	第四节 等角速万向节	212
第一节 润滑系的功用与润滑油路	111	第五节 传动轴	214
第二节 润滑系的主要机件	115	第十四章 驱动桥	216
第三节 曲轴箱通风	120	第一节 驱动桥的组成和功用	216

第二节 主传动器	217	第十六章 制动系统	264
第三节 差速器	222	第一节 概述	264
第四节 ZL30装载机的主传动器和差速器	228	第二节 制动器的类型和工作原理	265
第五节 最终传动	229	第三节 制动系的传力、助力机构	275
第六节 半轴与驱动桥壳	232	第十七章 轮式行驶系	282
第七节 转向驱动桥	233	第一节 轮式行驶系的功用和组成	282
第十五章 转向系	235	第二节 车架	282
第一节 轮式机械转向系的基本要求、分类与组成	235	第三节 车桥	284
第二节 转向器的类型与构造	238	第四节 车轮与轮胎	287
第三节 机械式转向传动装置	242	第十八章 履带行驶系	290
第四节 转向加力器	244	第一节 履带行驶系的功用和组成	290
第五节 履带式机械转向系的工作原理及转向离合器	257	第二节 机架和悬架	290
第六节 履带式机械转向操纵机构及其加力器	259	第三节 履带和驱动链轮	292
		第四节 支重轮和托轮	295
		第五节 张紧轮和张紧装置	297
		参考文献	301

绪 论

工程机械（或称建筑机械）是指广泛应用于建筑、水利、矿山、筑路、港口和军事工程等建筑施工中的各种机械。工程机械产品的种类和数量的多少，技术水平与产品质量的高低都将直接影响国民经济生产建设的发展。因此，工程机械和其它各种机械一样，在整个国民经济与四化建设中占有很重要的地位。

一、工程机械的分类

工程机械通常分为铲土运输机械、挖掘机械、起重机械、压实机械、桩工机械、路面与凿岩机械、钢筋混凝土机械与风动工具、工程车辆等十大类。每一大类工程机械又包括许多不同类型的品种。例如，铲土运输机械又可分为推土机、装载机、铲运机、平地机等。又如挖掘机械则分为单斗挖掘机与各种多斗挖掘机等。

考虑到工程机械的类型和品种繁多，本书将着重介绍在各种建筑施工中应用最广泛的自行式工程机械，如推土机、装载机、铲运机、平地机、工程起重机及单斗挖掘机等六种机型的发动机与底盘构造和工作原理。

（一）推土机

推土机广泛应用于各种建筑施工中完成推运、开挖、回填土石方以及其它散粒物料的作业。推土机按其底盘型式分为履带式推土机与轮胎式推土机两种。

履带推土机具有良好的越野性与较大的牵引力，应用较广泛。履带推土机按其接地比压和用途可分为高比压、中比压及低比压三种。高比压为 $1.3 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 以上，主要用于土石方地带进行作业。中比压适合于一般性推土作业。低比压一般在 $0.18 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 以下，适用于湿地、沼泽地带工作。

推土机的等级划分，一般是以机重或发动机功率来区分，我国目前生产的推土机有44.1、(55.1)、73.5、88.2、117.6、132.3、176.4、235.2(kW)等几个不同功率等级。当前世界上最大的推土机是美国Caterpillar公司的D10推土机，其功率为522kW(700hp)。最小的推土机是日本洋马公司的5.2kW(7hp)推土机。

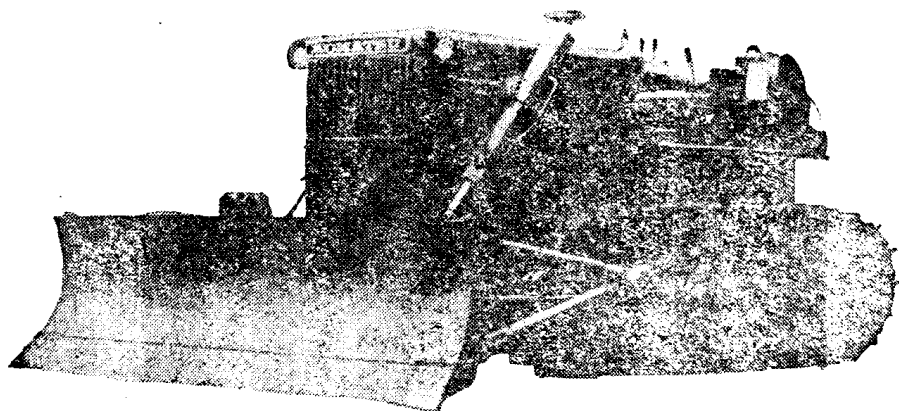


图1 日本小松D80A-18型履带推土机

图1所示为日本小松D80A-18型履带推土机（即T-220推土机）

（二）装载机

装载机广泛应用于各种建筑施工中进行各种土方与散粒物料的装卸作业，还可进行推土、平地、运输与吊装等作业，用途很广泛。

装载机按其行驶机构可分为履带式 and 轮胎式两大类。由于轮胎式装载机灵活机动、速度快，较履带式装载机应用更广泛。

履带式装载机与轮胎式装载机相比，具有越野性好、牵引力大的优点，在某些条件下，特别是对低比压的湿地与沼泽地带作业更是不可缺少的，因此，履带式装载机的应用也比较广泛。

轮胎式装载机按其转向方式或车架型式可分为偏转车轮转向（整体式车架）和铰接式转向（铰接式车架）两类。由于铰接式装载机转向半径小，机动灵活性好，可以在狭小的场地作业，因此，这种装载机的用途最大。

装载机通常按铲斗载重量或斗容量来划分等级。我国生产的装载机已按载重量吨位形成系列：0.5、1、1.5、2、3(3.5)、4、5、7、9 t等几种不同吨位。

图2所示为美国Caterpillar 966 D型装载机外貌图。

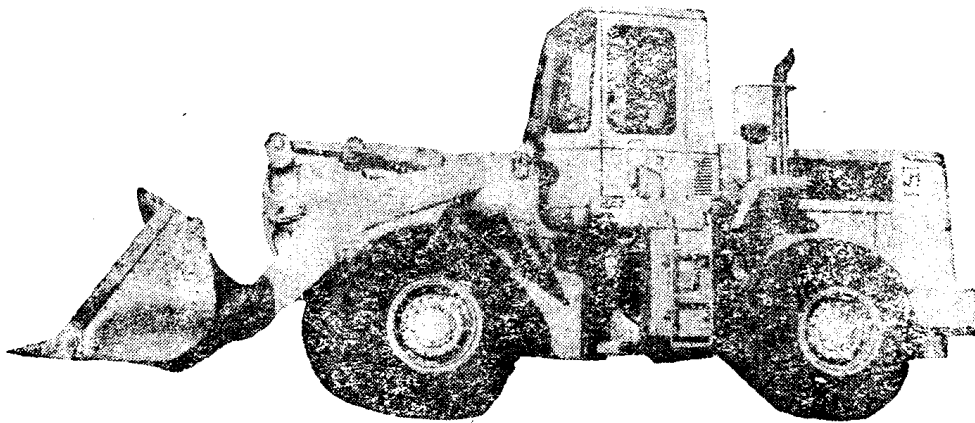


图2 966 D型装载机

（三）铲运机

铲运机是一种能综合完成铲装、运输和卸土等三个工序的工程机械。广泛用于矿山剥离和大型建筑工地的土方作业。

按行驶方式，铲运机可分为履带式与轮胎式。履带式铲运机的铲斗位于两履带之间，一般容量不大。因其接地比压低，适用于湿地和沼泽地带。轮胎式铲运机分为自行式与拖式两种。自行式铲运机由牵引车与铲斗形成统一的底盘。拖式铲运机一般由履带拖拉机牵引，其运距一般不超过500 m。自行式铲运机由于速度较高，运距可达数公里。

铲运机按所采用的发动机台数分为单发动机式、双发动机或多发动机式等几种。

铲运机一般按铲斗容量区分等级。我国生产的有C5-6履带铲运机的斗容为 6.5m^3 、CL7自行式铲运机的斗容为 $7\sim 9\text{m}^3$ 和一部分拖式铲运机。

美国生产的铲运机规格较多，1977年已约有70种规格的自行式铲运机。斗容量为 $9\sim 50\text{m}^3$ 。

图 3 所示为轮胎式自行铲运机外貌图。

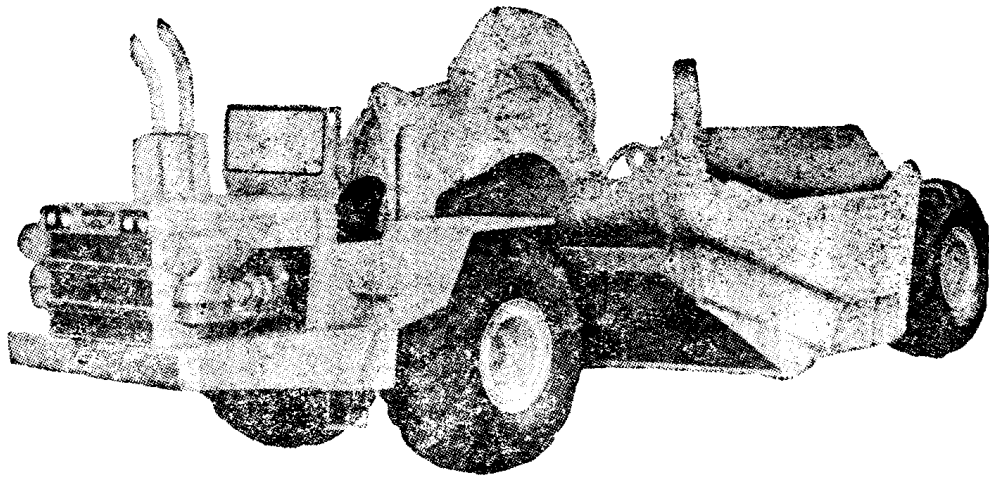


图 3 轮胎式自行铲运机

（四）平地机

平地机是一种能从事多种作业的工程机械，在各种建筑工程中，平地机主要进行大面积平地修整作业；此外，还可进行推土、挖沟、刮坡等作业。

平地机分牵引式和自行式两种，目前各国生产的平地机大多数为自行式平地机。我国生产的PY160型自行式平地机，是全轮驱动，液压操纵，液力机械传动，柴油机功率为119.3kW（160马力），刮刀长度为3970mm。

图 4 是自行式平地机外貌图。

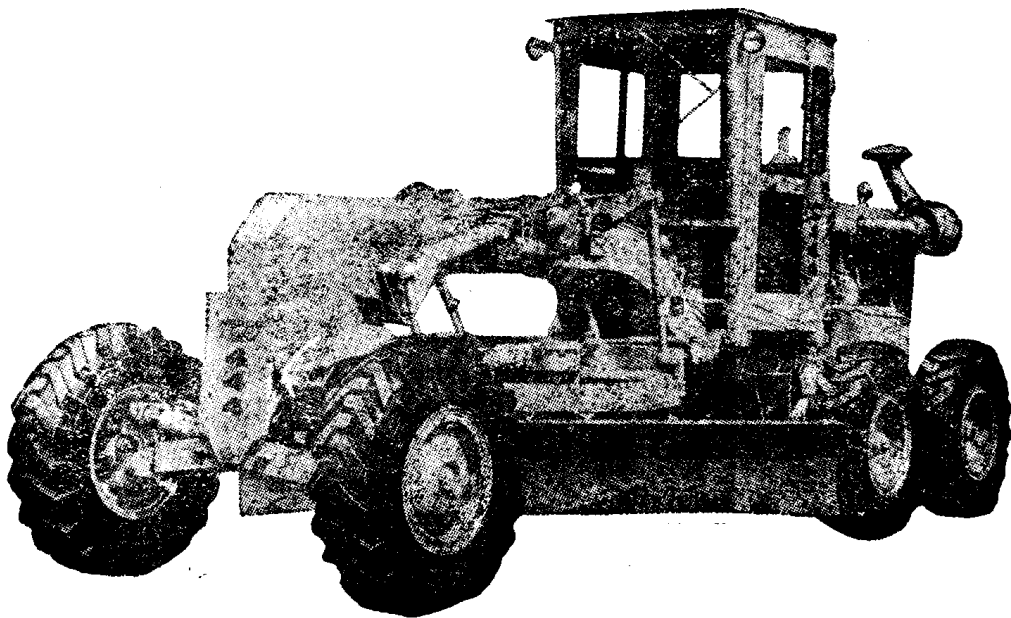


图 4 自行式平地机

（五）工程起重机械

工程起重机械是在各种建筑施工中进行起重作业的工程机械。工程起重机械包括汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机、塔式起重机和缆索起重机等，本书主要介绍轮胎起重机。

轮胎起重机是装在轮胎底盘上的起重设备。按操纵方式分杠杆操纵式起重机和液压操纵式轮胎起重机。液压式轮胎起重机的起重动作（即变幅、伸缩起重臂、驱动卷扬机、驱动转台等）均由液压操纵。此外，还有液压收放支腿和液压操纵稳定器。由于轮胎起重机的机动灵活性，在各种建筑施工中使用很广泛。

国产轮胎起重机起重量从2~100 t。目前世界上最大的轮胎起重机起重量已达300 t。

图5是液压式轮胎起重机外貌图。

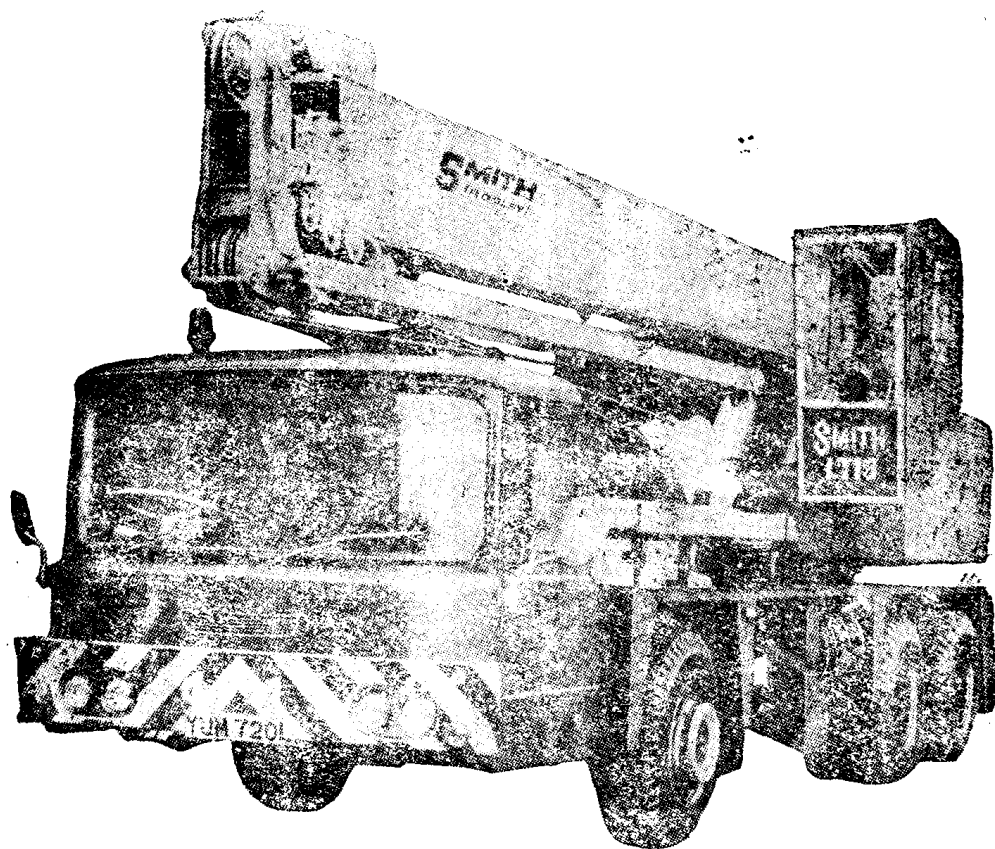


图5 液压式轮胎起重机

（六）单斗挖掘机

单斗挖掘机是挖掘土方作业的主要工程机械，广泛用于建筑、水利、矿山和军事工程上。

单斗挖掘机分机械式和液压式两种。由于液压操纵的优点，从70年代以来，国际市场上液压挖掘机产量不断上升，已占总产量90%以上。

单斗挖掘机以斗容量区分等级。国产单斗液压挖掘机斗容量从0.1~2.5 m³。

图6为国产WY250单斗液压挖掘机外貌图。

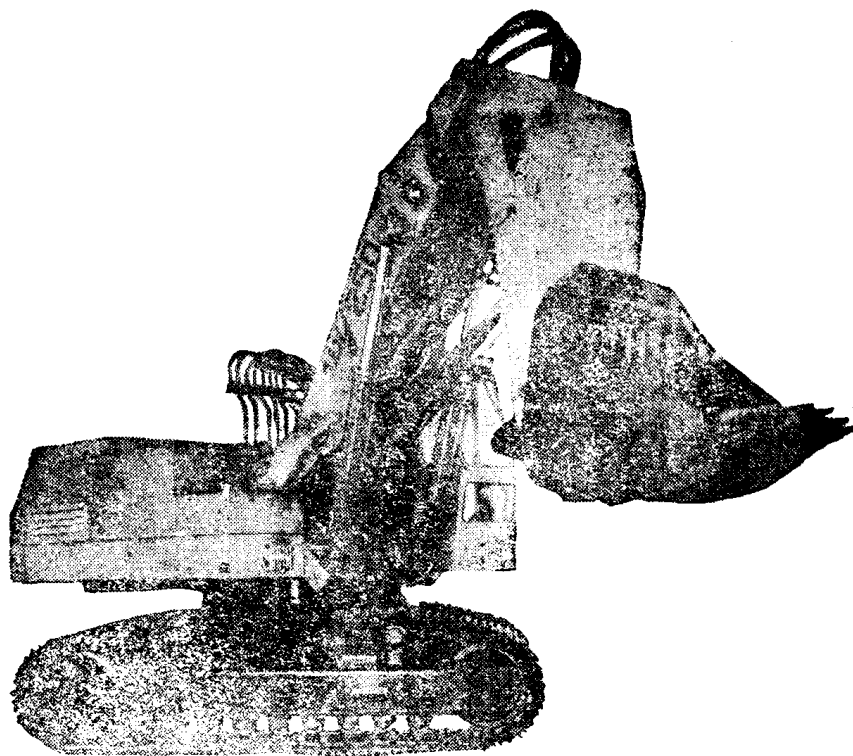


图6 WY250单斗液压挖掘机

二、自行式工程机械的总体构造

自行式工程机械虽然因机种和类型不同，其总体构造也各有特点，但是基本上都可划分为动力装置（发动机）、底盘和工作装置三大部分。

如图7所示为轮式装载机的总体构造。动力装置（一般采用柴油机）装在底盘的后车架上，工作装置则装在前车架上。现将各部分的功用简述如下。

（一）柴油机

柴油机是内燃机的一种，由于其经济性与动力性较汽油机好，被工程机械广泛采用，其功用是将供给的燃油燃烧而转变为机械能，并通过传动系与行驶系驱动装载机行驶；通过液压系统操纵工作装置进行作业。

（二）底盘

底盘的功用是将发动机的动力进行适当转化和传递，使之适合机械行驶和作业的需要。底盘又是整机的基础，所有机件都安装在底盘上。底盘一般由传动系、行驶系、转向系和制动系等组成。

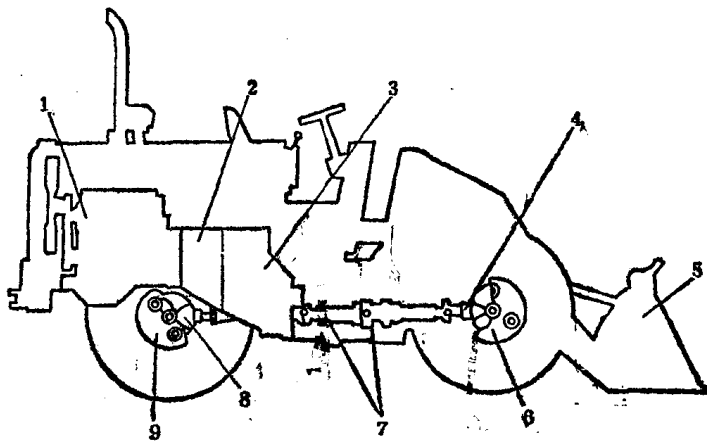


图7 轮式装载机总体构造简图

- 1—柴油机 2—离合器或变矩器 3—变速箱 4—前驱动桥
5—工作装置 6—最终传动 7—万向传动装置 8—转向驱动桥 9—最终传动

1. 传动系

传动系的功用是将发动机的动力进行适当改变后传给驱动轮,如图7所示,轮式装载机的传动系由离合器或变矩器2、变速箱3、万向传动装置7、前、后驱动桥4、8、最终传动6、9等部件组成。

离合器3是用来接合或切断动力,一般设在机械式传动系统中。在液力机械传动系中一般不设离合器,而装有液力变矩器2,以便改善传动系的牵引性能。变速箱3是供改变行驶速度和进退用的。前、后驱动桥4、8则用来增大扭矩,降低转速并将动力传递方向改变 90° 角后传给驱动轮或最终传动6、9。

2. 行驶系

行驶系由车架和车轮组成,起支承底盘各部件和保证机械行驶的功能。

3. 转向系

转向系是保证机械行驶时转向用的。转向系类型较多,在近代装载机上广泛采用液压操纵的铰接式车架转向。

4. 制动系

制动系的功用是控制机械的行驶速度,使之按需要减速或停车,以确保安全。

制动系由制动器和传动装置组成。

(三) 工作装置

工作装置是工程机械进行各种作业的装置。装载机的工作装置是由铲斗、动臂、摇臂、油缸及液压系统等构件组成,由液压系统操纵。

各种机械的工作装置因作业特点不同,其构造是不同的。各种自行式工程机械的动力装置一般采用内燃机,特别是广泛采用柴油机;各种自行式工程机械随着用途的不同,虽然从总体构造到工作装置都有各自的特点,但从它们的底盘总布置与各部件构造和工作原理来看,则是大同小异,基本上可以概括为轮式底盘与履带底盘两大类。

按本专业教学大纲的要求,根据上述特点,本教材将按照“以点带面”的精神,在动力装置部分将以柴油机为主(并适当介绍汽油机的不同点)介绍发动机的构造与工作原理;在底盘部分则以履带推土机与轮式装载机为典型机种,并适当兼顾其它机种,以部件为体系,集中讲述底盘各部件的构造与工作原理。

至于工作装置部分将在本课程或有关课程中补充介绍。

第一篇 工程机械发动机构造

概 述

一、内燃机的一般概念及其分类

热机是把燃料燃烧后所产生的热能转变为机械能的动力装置。按能量转换方式，热机可分为外燃机和内燃机两大类。外燃机将热能转变为机械能是通过其它介质来实现的，如蒸汽机、汽轮机等；而内燃机则是直接将燃烧气体的热能转变为机械能的机械。

内燃机的分类方法很多，按我国GB725—65统一规定：内燃机的名称均按采用燃料命名。如汽油机、柴油机、煤气机等。此外，习惯上还按活塞的运动方式分为：往复式和旋转式；按每一工作循环的行程数分为：四行程和二行程；按冷却方式分为：水冷和风冷；按进气方式分为：自然吸气式和增压式；按额定转速可分为：高速（1000r/min以上）、中速（600～1000 r/min）、低速（600r/min以下）……。

现代工程机械上采用往复式四行程高速多缸柴油机较广泛，采用汽油机较少，故本篇将着重介绍柴油机的构造与工作原理，并适当介绍一些汽油机的构造。

二、柴油机的主要优点

（一）经济性好

柴油机的热效率一般为30～40%，最高可达46%，是所有热机中热效率较高的一种。它不但耗油量少，而且柴油也比较便宜。

（二）适应性好

目前，单机最小功率仅1103W，最大功率可达35.3MW；大型低速柴油机转速每分钟仅100多转，而高速柴油机转速可达6000 r/min。由于功率和转速范围宽，能满足各种不同用途的需要。

（三）机动性好

现代柴油机结构比较紧凑，重量轻、体积小，一般平均单位功率质量为（0.39～0.52）kg/W，有的可低到0.13kg/W。这对于工程机械这类自行式的机械而言，采用柴油机为动力是很方便的。

（四）可用性好

柴油机使用中操作简便，工作可靠，起动迅速，不受地区限制。

三、工程机械对柴油机的主要要求

（一）工程机械的工作条件恶劣，冲击、振动大，要求柴油机要有较高的刚度和强度，工作负荷大，且经常有短时间的超负荷，要求柴油机转矩大，且有足够的转矩储备系数，施工现场尘土大，要求空气、柴油、机油滤清好，提高机件的使用寿命等。

（二）柴油机经常在变速工况下工作，要求装有能稳定工作、性能良好的全制式调速器。

(三) 能保证柴油机在 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 倾斜地面上可靠工作。

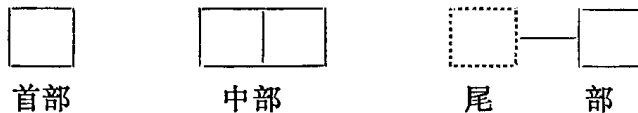
(四) 在特殊条件下进行作业的各种工程机械, 如在严寒、炎热、地下坑道、水下、高原、沙漠、沼泽等条件下作业的工程机械以及军用工程机械, 应保证柴油机能满足各种特殊需要。

总之, 工程机械对柴油机最基本的要求是工作可靠、使用维护方便、寿命长。随着施工工程规模的扩大, 建设周期要求缩短, 目前工程机械用柴油机有向大型化、高速化、增压化发展的趋势。

我国工程机械用柴油机, 前些年主要选用车用柴油机, 主要有135、120、146、125、160等系列。近年来生产出工程机械专用柴油机130系列, 这对工程机械的发展, 将起到推动作用。

四、内燃机的型号编制规则

按GB725—65国家规定, 内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音文字的首位字母组成。



(一) 首部

首部是缸数符号, 用数字表示。

(二) 中部

中部前为行程符号, 用汉语拼音字母表示, E表示二行程, 四行程不表示; 中部后为缸径符号, 以数字表示, 单位为mm。

(三) 尾部

尾部前为特征符号, 用字母表示:

Q——汽车用;

T——拖拉机用;

C——船用;

J——铁路牵引用;

Z——增压;

K——复合;

F——风冷, 水冷不标。

尾部后为变型符号, 用数字表示。

第一章 发动机的工作原理和组成

第一节 发动机的工作原理

由于发动机的类型不同，比如柴油机和汽油机，四行程和二行程等，它们的工作原理和工作过程虽然有相同点，但是又有一些重要的差别，从而导致结构上的差异。因此本节以单缸机为例，重点介绍四行程柴油机的工作原理和工作过程，通过比较，对四行程汽油机和二行程发动机的工作过程也略加介绍。

一、四行程柴油机的工作过程

图 1-1 所示是单缸四行程柴油机的构造原理简图。在圆筒形的气缸 5 中装有可上下移动的活塞 6，活塞通过活塞销 7 与连杆 8 相连，连杆的大头与曲轴 9 相连。活塞在缸筒中作上下往复运动时，通过连杆使曲轴作旋转运动。气缸上端由气缸盖 1 封闭，气缸盖上安装有进气门 2，排气门 3 和喷油器 4，曲轴的一端装着飞轮 10。

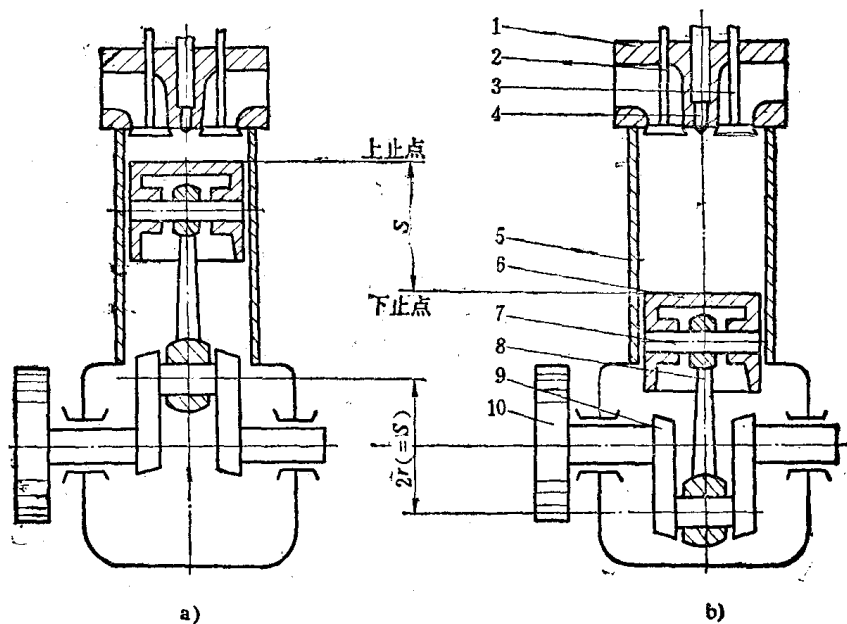


图1-1 单缸四行程柴油机结构简图

1—气缸盖 2—进气门 3—排气门 4—喷油器 5—气缸 6—活塞 7—活塞销
8—连杆 9—曲轴 10—飞轮

活塞离曲轴中心最远的位置称为上止点（图 1-1 a）；活塞离曲轴中心最近的位置称为下止点（图 1-1 b）；上、下止点间距离 S 称为活塞行程。若曲轴的曲柄半径为 r ，则 $S = 2r$ 。

活塞从上止点到下止点所让出的容积称为气缸工作容积，常用 V_h 表示；活塞位于上止点

时, 活塞顶上方容积称为燃烧室容积, 常用 V_c 表示; 活塞位于下止点时, 活塞顶上方容积称为气缸总容积, 常用 V_s 表示。显然, $V_s = V_h + V_c$ 。

多缸发动机各缸工作容积之和称为发动机的排量, 常用 V_L 表示

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} S \times i$$

式中 V_L ——发动机排量, $[V_L]$ 为 L;

D ——气缸直径, $[D]$ 为 cm;

S ——活塞行程, $[S]$ 为 cm;

i ——气缸数。

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 用 ε 表示, 即 $\varepsilon = \frac{V_s}{V_c}$ 。

压缩比表示气缸内气体被压缩的程度。其大小一般是: 增压柴油机为 11.5~16, 非增压柴油机为 15~22, 汽油机为 6~9。

在发动机气缸内, 每一次将热能转变为机械能的一系列连续过程称为一个工作循环。活塞往复四个行程完成一个工作循环的发动机称为四行程发动机; 活塞往复两个行程完成一个工作循环的发动机称为二行程发动机。

四行程柴油机的工作过程如图 1-2 所示。每一个工作循环经历四个过程, 而每一个过程由活塞的一个行程来完成。

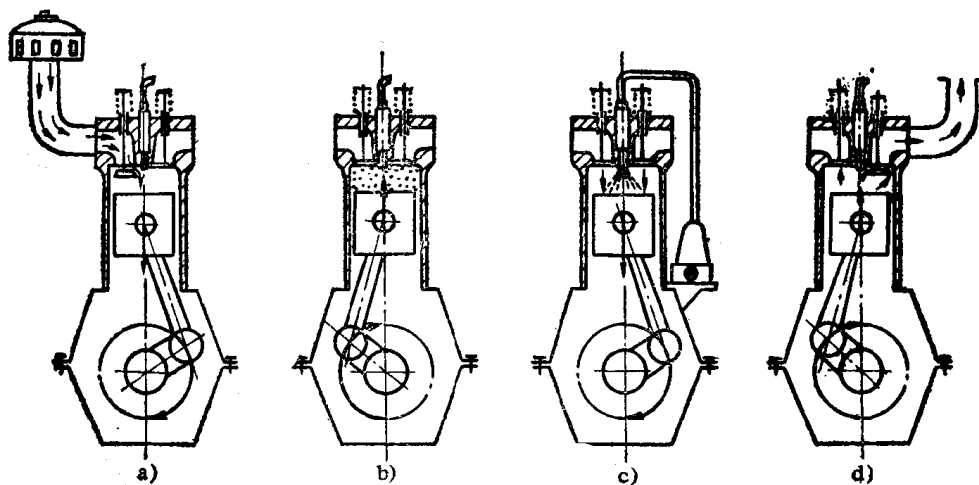


图1-2 四行程柴油机的工作过程

进气行程 (图 1-2 a): 进气门开启, 排气门关闭; 曲轴旋转带动活塞由上止点移动到下止点。随活塞下行气缸内容积不断扩大, 压力降到大气压力以下, 新鲜空气经进气门被吸入气缸。由于进气系统的阻力, 故进气终了时气缸内气体压力低于大气压力, 约为 78~88 kPa; 又因新鲜空气受到气缸壁和活塞顶等高温机件的加热, 并与上一循环高温残余废气混合, 所以进气终了时缸内气体的温度约为 320~340 K。

压缩行程 (图 1-2 b): 曲轴继续旋转, 推动活塞由下止点移到上止点, 此时进排气门均关闭。随活塞下行气缸内容积不断减小, 空气受到压缩, 压力和温度不断升高, 压缩终了时, 缸内气体压力达到 2940~4900 kPa, 温度达到 770~970 K。这就为柴油喷入后自行着

火燃烧准备了有利条件。

做功行程 (图 1-2 c): 当压缩行程接近终了, 喷油器将柴油以雾状喷入气缸, 与空气混合形成可燃混合气, 在缸内较高的温度下自行着火燃烧。此时由于进排气门仍然关闭着, 因此气缸内的压力和温度急剧上升, 最高压力达到 $5880 \sim 8820 \text{ kPa}$; 最高温度达到 $1770 \sim 2270 \text{ K}$ 。高温、高压气体膨胀做功, 将活塞从上止点推向下止点, 并通过连杆推动曲轴旋转, 从而实现了热能向机械能的转换。随着活塞下行, 气缸内容积不断增大, 气体的温度和压力逐渐降低, 做功终了时, 压力降为 $290 \sim 390 \text{ kPa}$; 温度降为 $1070 \sim 1170 \text{ K}$ 。

排气行程 (图 1-2 d): 曲轴继续旋转, 活塞又由下止点被推向上止点, 此时进气门关闭, 排气门开启, 燃烧废气经排气门排到大气中, 从而为下一循环的进气作好准备。由于排气系统阻力的影响, 排气终了时气缸内压力稍高于大气压力, 约为 $103 \sim 123 \text{ kPa}$; 温度约为 $570 \sim 770 \text{ K}$ 。

至此, 四行程柴油机经历了进气、压缩、做功、排气四个过程, 活塞上下走了四个行程, 完成了一个工作循环。当活塞重新由上止点向下止点运动时, 新的工作循环又开始了。

上述四行程柴油机, 显然只有做功行程释放能量, 而其余三个行程都要消耗能量, 必须由做功行程来提供, 但它们却是做功行程的必要准备行程。柴油机的初始运动(启动), 要靠外力提供能量, 而一旦着火启动后, 则依靠做功行程发出的能量, 利用飞轮的旋转惯性, 即可使曲轴连续运转, 使工作循环周而复始地进行。

图 1-3 所示是四行程柴油机的示功图。它表示在一个工作循环中气缸内的气体随着活塞的位移, 其压力 P 和容积 V 之间的变化关系。

图中横坐标表示气缸容积 V ; 纵坐标表示气缸内气体压力 P ; P_0 表示大气压力; V_c 、 V_h 、 V_a 分别表示燃烧室容积、气缸工作容积、气缸总容积; 曲线 $a-b$ 、 $b-c$ 、 $c-d$ 、 $d-a$ 分别表示进气、压缩、做功、排气四个行程中气缸内压力的变化情况; c' 点表示喷油开始; c'' 点表示燃烧开始, Z 点表示气缸内的最大爆发压力。

示功图中的“+”号面积表示一个工作循环在压缩、燃烧、膨胀过程中所得到的有用功; “-”号面积表示进排气过程中的消耗功, 称为泵气损失功。因此在一个工作循环中燃气对活塞做功的大小应由“+”号面积减去“-”号面积表示。但是, 由于泵气损失功一般计入摩擦损失功内, 所以通常即把“+”号面积视为燃气对活塞所做的功。

示功图可以用来分析判断整个工作循环过程或各个阶段进展的完善程度, 比较不同柴油机燃烧性能的好坏, 热效率的高低, 是研究和改善气缸内部工作过程, 摸索各种因素对工作

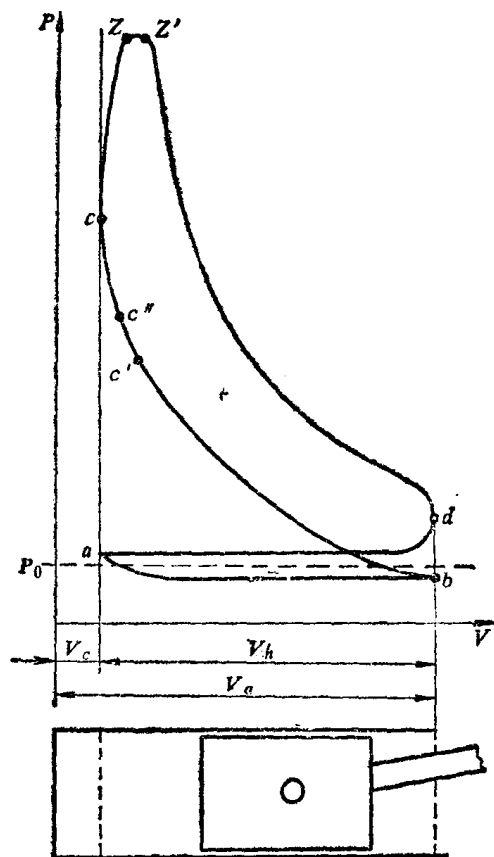


图1-3 四行程柴油机示功图

过程影响规律的有效工具。

二、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简图。与四行程柴油机相比较, 同样也经历进气、压缩、做功、排气四个过程, 并分配在四个行程中。但是, 由于二者燃料性质的差异, 因此在工作过程及其结构上也就存在有某些重要的差别。

进气行程: 汽油机进入气缸的是可燃混合气。为此在进气通道上安装化油器, 实现汽油的吸出、吹散及与空气混合。进气终了压力约为 $70 \sim 90 \text{ kPa}$; 温度约为 $360 \sim 390 \text{ K}$ 。

压缩行程: 汽油机压缩过程中被压缩的是可燃混合气, 为了控制燃烧过程, 防止出现不正常的燃烧现象, 如自燃、爆燃等, 因此汽油机压缩比小。压缩终了时, 压力约为 $790 \sim 1370 \text{ kPa}$; 温度约为 $600 \sim 700 \text{ K}$ 。

做功行程: 汽油机是点燃着火, 即靠电火花点燃可燃混合气, 因此没有点火系。由于混合气形成时间长, 混合均匀, 所以着火后燃烧过程进行很快。在四行程汽油机的示功图上 (图 1-5), c' 点表示点火开始, c 点前形成燃烧高潮, 到 z 点基本燃烧完毕, 最高压力约为 $2900 \sim 4400 \text{ kPa}$; 最高温度约为 $2270 \sim 2770 \text{ K}$ 。由于燃烧速度快, 气体压力近于直线上升, 因此汽油机转速一般高于柴油机转速。做功终了时, 压力约为 $290 \sim 390 \text{ kPa}$; 温度约为 $1170 \sim 1470 \text{ K}$ 。

排气行程: 与四行程柴油机相同, 即将燃烧做功后的废气排入气缸。排气终了时, 压力约为 $103 \sim 123 \text{ kPa}$; 温度约为 $770 \sim 1070 \text{ K}$ 。

三、二行程发动机的工作过程

二行程发动机的工作循环是在发动机的两个行程 (即曲轴转一圈) 中完成的。图 1-6 是曲轴箱扫气式二行程发动机的结构简图。它没有专门的进、排气门机构, 只在气缸壁上刻有三组窗口, 即进气口 2, 排气口 3 和扫气口 4, 依靠活塞上下运动来定时开闭各窗口实现配气。

第一行程 (图 1-6 b): 活塞由上止点移动到下止点。开始时进气口 2 开启, 排气口 3 和扫气口 4 关闭, 此时曲轴箱进气; 气缸内在上止点前已经着火的可燃混合气燃烧膨胀, 推动活塞下行做功。当活塞下行大约三分之一行程时, 活塞下部关闭进气口 2, 随活塞继续下行, 封闭的曲轴箱容积减小, 空气 (或可燃混合气) 预先受到压缩。当活塞下行大约三分之

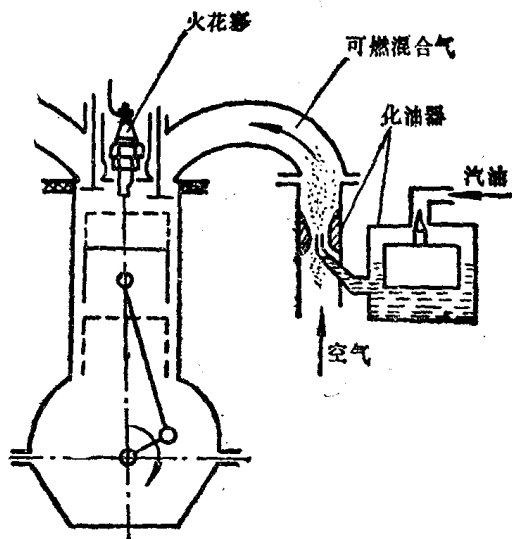


图1-4 单缸四行程汽油机工作简图

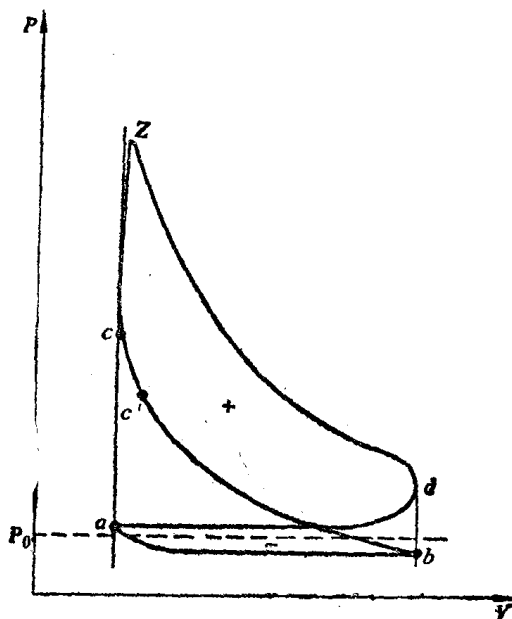


图1-5 四行程汽油机示功图