

工 程 机 械

主 编 刘树山 陆怀民

副主编 刘晋浩

主 审 宋 驰



哈尔滨工程大学出版社

U6
72

工 程 机 械

主 编 刘树山 陆怀民
副主编 刘晋浩
主 审 宋 驰



哈尔滨工程大学出版社

(黑)新登字第 9 号

内容提要

本书以国内外先进机型为重点,阐述了工程机械发动机、底盘和工作装置的构造与工作原理,同时列出了工程机械型号的编制方法和典型工程机械的主要技术性能参数。

本书可作高等院校国际工程项目开发、土木建筑等专业的教学参考书,也可供从事工程施工的技术人员阅读参考。

责任编辑:罗东明

工程机械

刘树山 陆怀民 主编

哈尔滨工程大学出版社出版发行

黑龙江省文联印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 330 千字

1995 年 3 月第 1 版 1995 年 3 月 1 次印刷

印数:1—1000 册

ISBN 7-81007-538-1

TH·21 定价:15.00 元

前 言

工程机械广泛用于建筑、道路、矿山、水利和森林工程的各种施工作业中,了解和熟悉各种工程机械的构造和工作原理,是国际工程项目开发专业、土木建筑专业学生和从事工程施工的技术人员必须掌握的基本知识。

本书共分三篇二十二章,内容包括工程机械发动机、工程机械底盘和工程机械工作装置三大部分的构造与工作原理。以国内外先进机型为重点,主要介绍了工程施工中应用最广的推土机、装载机、平地机和单斗挖掘机等典型机种,同时还列出了工程机械的型号编制方法和典型工程机械的主要技术性能参数。

本书可作高等院校国际工程项目开发、土木建筑等专业的教学参考书,也可供从事工程施工的技术人员阅读与参考。

本书编写人员有:刘树山(第一、二、三、十六、十七、十八、二十一章),陆怀民(绪论、第四、九、十、十四、十九、二十章及附表),刘晋浩(第六、七、八、十一、十二、十三、二十二章),姜海超(第五、十五章)。主编刘树山、陆怀民,主审宋驰。

限于编者水平,书中可能有不当和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

1994 年 10 月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 工程机械发动机

概述	(6)
第一章 发动机的工作原理和组成	(7)
第一节 发动机的工作原理	(7)
第二节 发动机的组成	(13)
第三节 发动机的主要性能指标	(13)
第二章 曲柄连杆机构与机体组件	(16)
第一节 曲柄连杆机构的运动和受力	(16)
第二节 旋转平稳性与惯性力平衡	(18)
第三节 曲柄连杆机构	(20)
第四节 机体组件	(28)
第三章 配气机构	(31)
第一节 配气机构的组成及布置型式	(31)
第二节 配气机构组件	(32)
第三节 配气相位和气门间隙	(36)
第四节 进、排气管系统	(38)
第五节 废气涡轮增压	(40)
第四章 柴油机供给系	(41)
第一节 柴油机供给系的组成及柴油	(41)
第二节 混合气的形成与燃烧室	(43)
第三节 柴油喷射装置	(45)
第四节 调速器	(53)
第五节 供油正时及喷油提前角调节装置	(60)
第六节 柴油机供给系的辅助装置	(62)
第五章 汽油机供给系和点火系	(65)
第一节 汽油机供给系的组成及汽油	(65)
第二节 混合气的形成与化油器	(66)
第三节 汽油机点火系	(73)
第六章 润滑系	(78)
第一节 润滑系的功用与润滑油路	(78)
第二节 润滑系的主要机件	(80)
第三节 曲轴箱通风	(82)
第七章 冷却系	(84)

第一节 冷却系的功用和冷却方式	(84)
第二节 水冷却系	(84)
第三节 风冷却系	(88)
第八章 起动装置	(90)
第一节 发动机的一般起动方法	(90)
第二节 便于起动的辅助装置	(91)

第二篇 工程机械底盘

第九章 传动系概述	(93)
第一节 传动系统的功用和类型	(93)
第二节 几种典型的传动系统	(95)
第十章 液力耦合器与液力变矩器	(96)
第一节 液力耦合器的构造和工作原理	(97)
第二节 液力变矩器的构造与工作原理	(100)
第三节 液力变矩器的特性参数	(102)
第四节 几种典型的液力变矩器	(103)
第十一章 主离合器	(106)
第一节 主离合器的功用	(106)
第二节 主离合器的工作原理和分类	(106)
第三节 经常接合式主离合器	(108)
第四节 非经常接合式主离合器	(109)
第十二章 变速箱	(112)
第一节 变速箱的功用、工作原理和类型	(112)
第二节 机械换档变速箱	(114)
第三节 定轴式动力换档变速箱	(119)
第四节 行星齿轮式动力换档变速箱	(120)
第十三章 万向传动装置	(131)
第一节 万向传动装置的组成与功用	(131)
第二节 普通十字轴万向节的构造	(131)
第三节 万向传动装置的传动特点	(132)
第四节 等角速万向节	(133)
第五节 传动轴	(134)
第十四章 驱动桥	(136)
第一节 驱动桥的组成和功用	(136)
第二节 主传动器	(137)
第三节 差速器	(140)
第四节 最终传动	(143)
第五节 半轴与驱动桥壳	(146)

第六节 转向驱动桥·····	(146)
第十五章 转向系 ·····	(149)
第一节 轮式机械转向系的基本要求、分类与组成·····	(149)
第二节 转向器的类型与构造·····	(152)
第三节 机械式转向传动装置·····	(154)
第四节 履带式机械转向系的工作原理及转向离合器·····	(156)
第五节 履带式机械转向操纵机构·····	(158)
第十六章 制动系统 ·····	(159)
第一节 概述·····	(159)
第二节 制动器的类型与构造·····	(161)
第三节 制动系的传力、助力机构·····	(165)
第十七章 轮式行驶系 ·····	(167)
第一节 轮式行驶系的功用和组成·····	(167)
第二节 车架·····	(167)
第三节 车桥·····	(169)
第四节 车轮与轮胎·····	(172)
第十八章 履带行驶系 ·····	(175)
第一节 履带行驶系的功用和组成·····	(175)
第二节 机架和悬架·····	(175)
第三节 履带和驱动链轮·····	(176)
第四节 支重轮和托轮·····	(178)
第五节 张紧轮和张紧装置·····	(180)

第三篇 工程机械工作装置

第十九章 推土机工作装置 ·····	(183)
第一节 推土机工作装置的构造·····	(183)
第二节 TY180 推土机工作装置液压系统·····	(187)
第二十章 装载机工作装置 ·····	(190)
第一节 工作装置的构造·····	(191)
第二节 工作装置的作业·····	(194)
第三节 ZL50 装载机工作装置液压系统·····	(196)
第二十一章 平地机工作装置 ·····	(198)
第一节 平地装置·····	(199)
第二节 耙松装置·····	(200)
第三节 平地机的作业·····	(200)
第二十二章 单斗挖掘机 ·····	(204)
第一节 挖掘机的功用及类型·····	(204)
第二节 机械单斗挖掘机·····	(204)

第三节 液压单斗挖掘机.....	(205)
附表 典型工程机械的主要技术性能参数.....	(211)
参考文献.....	(218)

绪 论

工程机械(或称建筑机械)是指广泛应用于建筑、道路、矿山、水利和森林工程等建筑施工中的各种机械。

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;挖掘机械可分为单斗挖掘机与多斗挖掘机等;工程车辆则分为工程起重机、自卸汽车等。

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、平地机及单斗挖掘机等四种机型的发动机、底盘及工作装置的构造和工作原理。

1. 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 0-1 所示为日本小松 D85A-12 型履带推土机。

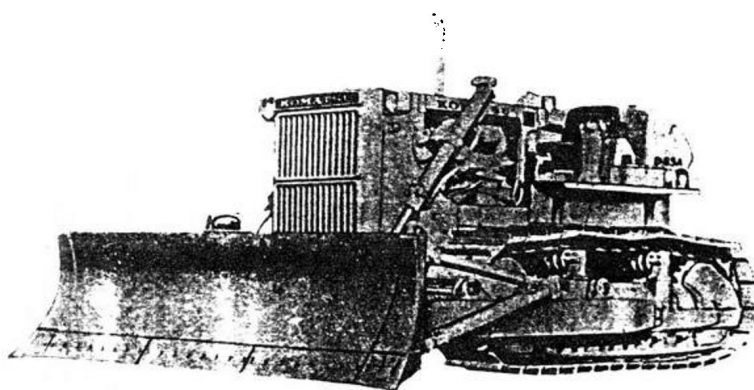


图 0-1 日本小松 D85A-12 型履带推土机

2. 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。

装载机按其行驶机构可分为履带式和轮胎式两大类。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，特别是在低比压的湿地与沼泽地带作业更为有效。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广。

装载机通常按铲斗载重量或容量来划分等级。我国生产的装载机已按载重量形成系列：5、10、15、20、30(35)、40、50、70、90kN 等几种不同等级。

图 0-2 所示为美国 Caterpillar 966 D 型装载机外貌图。

3. 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。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 0-3 是自行式平地机外貌图。

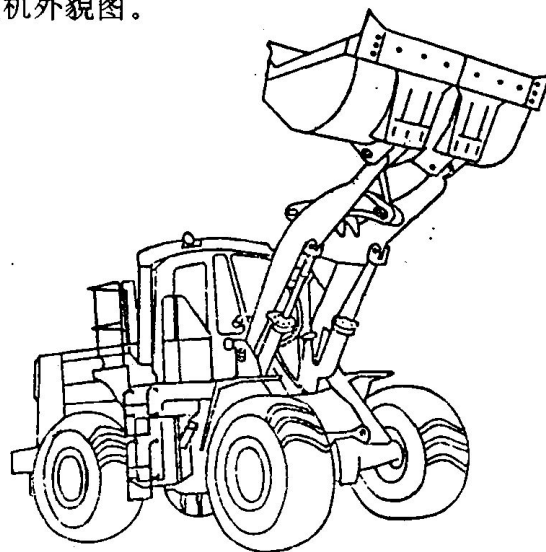


图 0-2 966D 型装载机

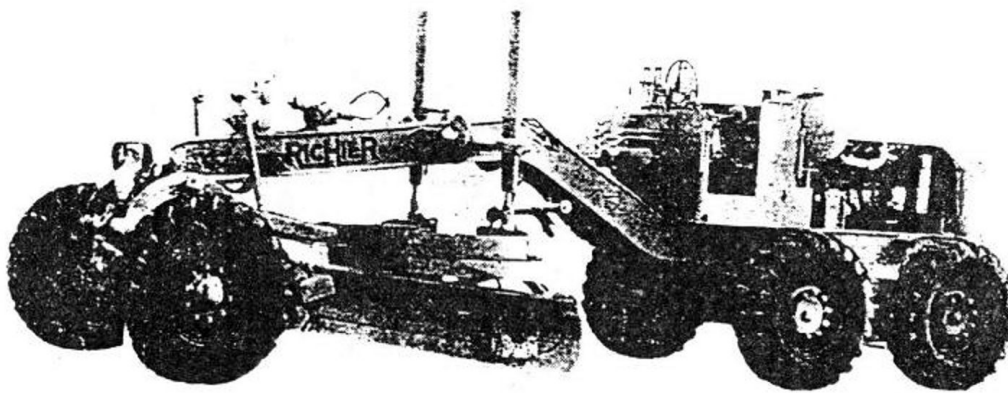


图 0-3 自行式平地机

4. 单斗挖掘机

单斗挖掘机是挖掘土方作业的主要工程机械,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。国产液压单斗挖掘机斗容量为 0.1~2.5m³。

图 0-4 为国产 WY100 液压单斗挖掘机外貌图。

二、工程机械总体构造

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 0-5 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。

1. 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。

2. 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。

(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 0-5 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

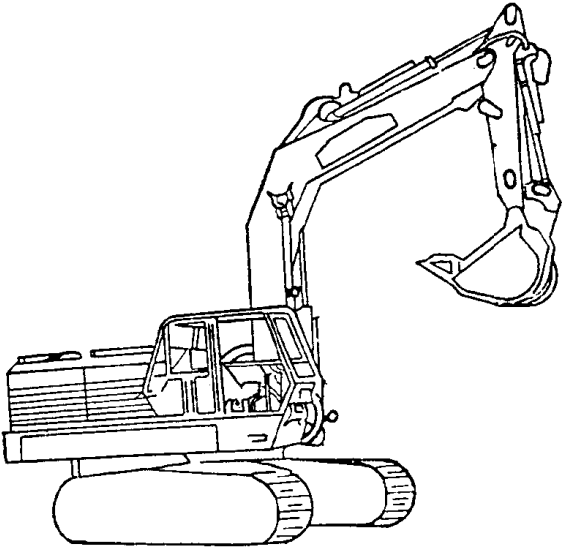


图 0-4 WY100 型液压单斗挖掘机

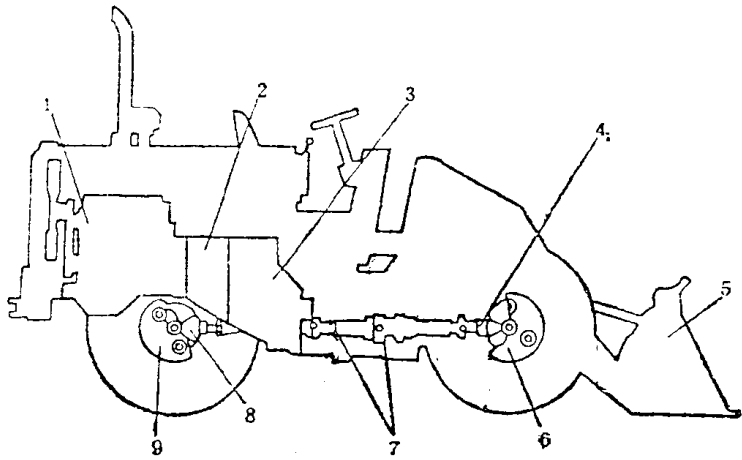


图 0-5 轮式装载机总体构造简图

- 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、9-最终传动
- 7-万向传动装置 8-后驱动桥

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。

3. 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。

三、工程机械型号编制方法与典型工程机械的主要技术性能参数

1. 工作机械型号编制方法

表 0-1~表 0-4 给出了国产推土机、装载机、平地机和单斗挖掘机的型号编制方法。

表 0-1 国产推土机型号编制方法

类	组	型	特性	代号及含义	主参数		相当于老型号
					名称	单位	
铲土运 输机械	推土机 T	履带式		机械操纵履带式 T	功率	马力	T ₁
			Y(液)	液压操纵履带式 TY			T ₂
			S(湿)	湿地履带式 TS			
		轮胎式 L		液压操纵轮胎式 TL			

表 0-2 国产装载机型号编制方法

类	组	型	特性	代号及含义	主参数		相当于老型号
					名称	单位	
铲土运 输机械	装载机 Z	履带式		履带机械装载机 Z	装 载 能 力	kN	Z ₁
			Y(液)	履带液压装载机 ZY			Z ₂
		轮胎式 L		轮胎液压装载机 ZL			Z ₄

表 0-3

国产平地机型号编制方法

类	组	型	特性	代号及含义	主参数		相当于老型号
					名称	单位	
铲土运输机械	平地机 P	自行式	Y(液)	机械式平地机 P	功率	马力	P_1
				液压式平地机 PY			P_2
		拖式 T	Y(液)	机械式平地机 PT		牵引力	
				液压式平地机 PTY			

表 0-4

国产单斗挖掘机型号编制方法

类	组	型	特性	代号及含义	主参数		相当于老型号
					名称	单位	
挖掘机械	单斗挖掘机 W	履带式		机械单斗挖掘机 W	标准斗容量	$m^3 \times 100$	W_1
			D(电)	电动单斗挖掘机 WD			
			Y(液)	液压单斗挖掘机 WY			W_2, W_4
			B(臂)	长臂单斗挖掘机 WB			
			S(隧)	隧洞单斗挖掘机 WS			
		轮胎式 L		轮胎式机械单斗挖掘机 WL			
			D(电)	轮胎式电动单斗挖掘机 WLD			
			Y(液)	轮胎式液压单斗挖掘机 WLY			

2. 典型工程机械的主要技术性能参数见附表。

第一篇 工程机械发动机

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(600~1000r/min)、低速(600r/min 以下)。

现代工程机械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

1. 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。

2. 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 6000r/min。由于功率和转速范围宽,能满足各种不同用途的需要。

3. 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。

4. 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

1. 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。

2. 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。

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

4. 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,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

GB725-65 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。



1. 首部

首部是缸数符号,用数字表示。

2. 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。

3. 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。

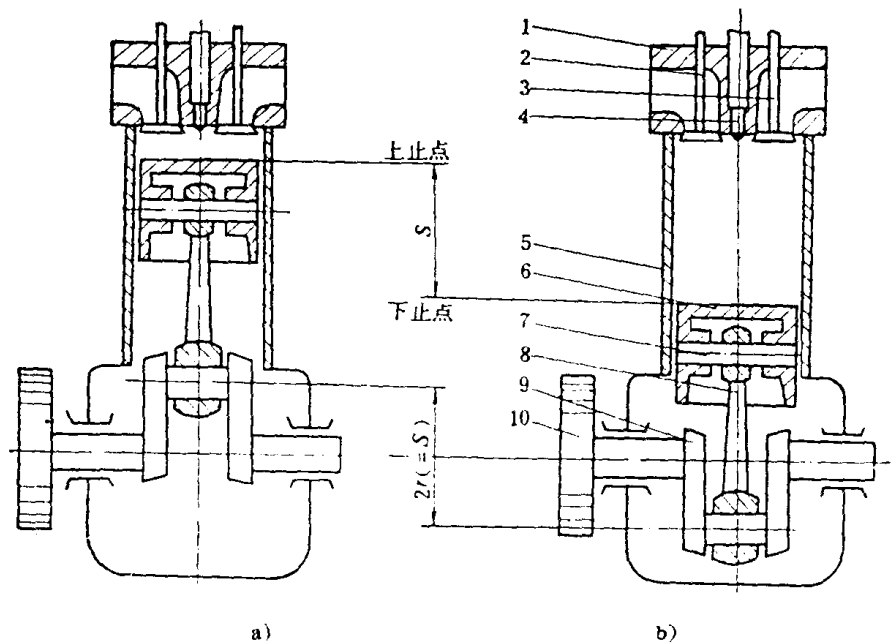


图 1-1 单缸四行程柴油机结构简图

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;活塞离曲轴中心最近的位置称为下止点;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, L;

D ——气缸直径, cm;

S ——活塞行程, 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 $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ 。

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。

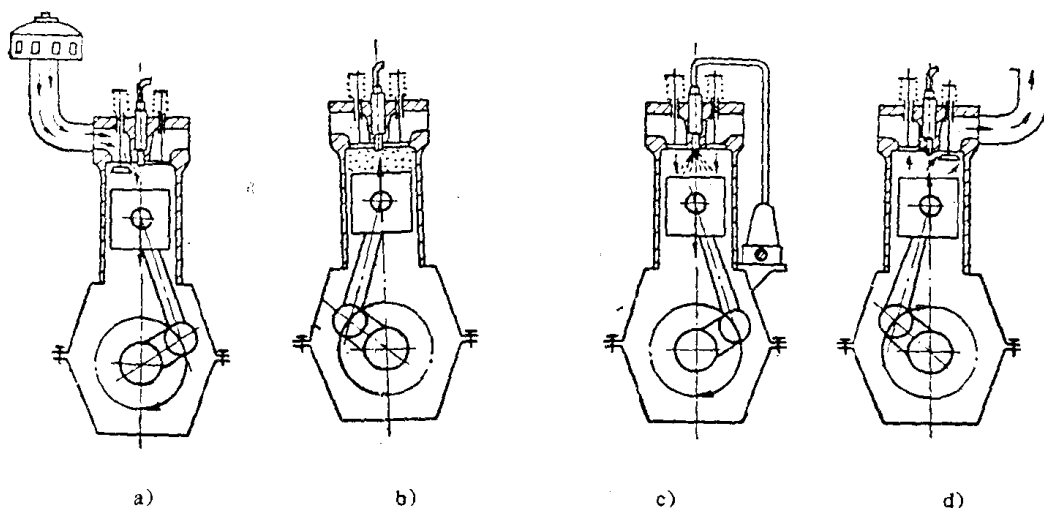


图1-2 四行程柴油机的工作过程

进气行程(图1-2a):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78~88kPa;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320~340K。

压缩行程(图1-2b):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。随活塞上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2940~4900kPa;温度达到770~970K。这为柴油喷入后自行着火燃烧准备了有利条件。

做功行程(图1-2c):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5880~8820kPa;最高温度达到1770~2270K。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290~390kPa;温度降为1070~1170K。

排气行程(图1-2d):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