

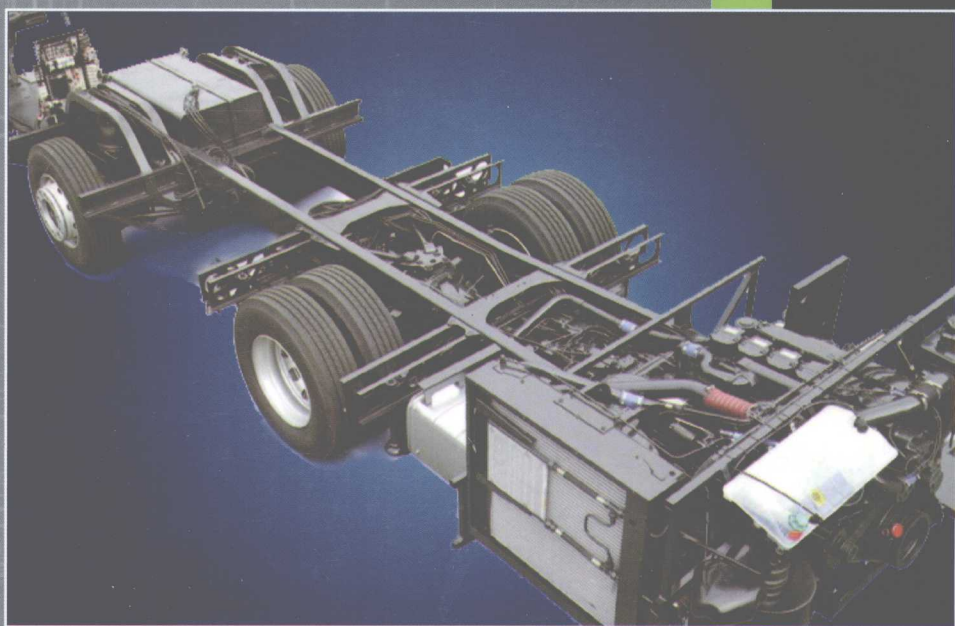


普通高等教育机械工程专业规划教材

现代工程机械 发动机与底盘构造

(第二版)

陈新轩 张志峰 展朝勇 主编
李自光 主审



人民交通出版社
China Communications Press

014036533

TK4
23-2

普通高等教育机械工程专业规划教材

Diesel Engine and Chassis Structure of Modern
Construction Machinery
现代工程机械发动机与底盘构造
(第二版)

主编 陈新轩 张志峰 展朝勇
主审 李自光



北航

C1723517

人民交通出版社

TK4

23-2

01038233

内 容 提 要

本教材主要介绍现代国内外工程机械发动机与底盘的构造和工作原理,重点介绍具有代表性机型的现代发动机与底盘总成、部件、零件及控制系统的结构特点与工作原理。

本教材分两篇,共十八章。第一篇是发动机部分,主要介绍工程机械上广泛采用的、具有代表性的柴油机,尤其是现代电喷柴油机的先进系统和结构。第二篇是底盘部分,以使用最为广泛的铲土运输机械为主,以轮胎式装载机、履带式推土机和工程运输车辆为典型机械,集中讲述自行式工程机械底盘各系统部件的构造和原理。

本教材可作为高等工业院校工程机械专业教材,亦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。

欲了解最新路桥专业教材信息及课件,欢迎各位教师致电:010-85285865。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程机械发动机与底盘构造/陈新轩,张志峰,
展朝勇主编. —2版. —北京:人民交通出版社,
2014.2

ISBN 978-7-114-11181-5

I. ①现… II. ①陈… ②张… ③展… III. ①工程机
械-发动机-构造-高等学校-教材 ②工程机械-底盘-
构造-高等学校-教材 IV. ①TU603

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 030348 号

普通高等教育机械工程专业规划教材

书 名:现代工程机械发动机与底盘构造(第二版)

著 作 者:陈新轩 张志峰 展朝勇

责任编辑:孙 玺 周 宁

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:22.5

字 数:547千

版 次:2002年9月 第1版

2014年2月 第2版

印 次:2014年2月 第1次印刷 总第10次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11181-5

定 价:45.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第一版前言

随着现代科学技术在工程机械上的广泛应用,工程机械的结构和控制有了很大的改进。新结构、新材料和先进的电、液控制系统使工程机械的性能有了明显地提高。为了适应我国现代工程机械的发展形势以及提高工程机械技术教育,长安大学工程机械学院组织编写了该教科书。

本书在借鉴《工程机械发动机与底盘构造》、《汽车构造》等同类教材和参考书的基础上,体现“新、特、齐、详”的特点,以介绍现代国内、外的工程机械发动机与底盘的构造和工作原理为基础,重点介绍现代国内、外具有代表性的先进机型发动机与底盘的构造特点及控制系统的结构和原理。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具有代表性的柴油机,以及典型汽油机的先进系统和结构,以便读者对发动机有更完整的了解。

第二篇底盘部分,考虑到工程机械品种繁多,本书将以使用最为广泛的铲土运输机械为主,本着突出共性,照顾特殊的思路,以轮式装载机、履带推土机和工程运输车辆为典型机械,分系统集中讲述自行式工程机械底盘各系统部件的构造和原理。为保证内容的先进性和具有代表性,书中将以国内、外先进机型(如:日本小松 WA380-3 型装载机、黄河 TY-220 型履带式推土机及美国 Caterpillar 966D 装载机等)为重点进行讲述,另外还着重介绍了工程运输车辆上具有代表性的先进系统和结构。

本书作为高等工业院校工程机械专业教材,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。

本书由长安大学陈新轩副教授、展朝勇副教授、郑忠敏副教授担任主编。编写组成员(分工)是:陈新轩副教授(绪论、第三章、第四章、第九章、第十二章、第十三章);郑忠敏副教授(第一章、第十四章、第十七章、第十八章);展朝勇副教授(第二章、第六章、第十一章、第十五章);车胜创副教授(第五章);任征讲师(第七章、第八章、第十六章);贾长海高级工程师(第十章),全书由陈新轩副教授统稿。并由长沙交通学院吴义虎教授进行了审稿。

在本书编写过程中曾得到小松培训中心、黄河工程机械集团有限公司及《建筑机械》编辑部雒泽华、《筑路机械与施工机械化》编辑部刘桦等多家单位和个人的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中定有不足之处,恳望广大读者指正。

编者

2001. 12

第二版前言

进入 21 世纪以来,工程机械产品的种类、数量和质量均有了很大的发展和提高。现代电子技术、液压技术以及计算机技术等工程机械上的广泛应用,使工程机械的各项性能指标和自动化程度有了明显的提高,适用于特殊自然环境和特殊地质条件下的新型工程机械也在不断开发与应用。无论是哪一种工程机械,其主要组成都包括动力源、底盘、工作装置以及控制系统几大部分。为了适应我国现代工程机械的发展,提高工程机械技术教育质量,组织编写了本教材。

本教材是在原《现代工程机械发动机与底盘构造》的基础上,借鉴了《工程机械发动机与底盘构造》、《汽车构造》等同类教材和参考书相关内容,以介绍现代国内外工程机械发动机与底盘的构造和工作原理为基础,重点介绍具有代表性的机型现代发动机与底盘的构造特点及控制系统的结构特点和工作原理。

本教材分两篇,共十八章。第一篇是发动机部分,主要介绍工程机械上广泛采用的具有代表性的柴油机,尤其是现代电喷柴油机的先进系统和结构。以便读者对发动机有更完整的了解。第二篇是底盘部分,考虑到工程机械品种繁多,本教材将以使用最为广泛的铲土运输机械为主,本着突出共性、照顾特殊的思路,以轮胎式装载机、履带式推土机和工程运输车辆为典型机械,集中讲述自行式工程机械底盘各系统部件的构造和原理。为保证内容的先进性和代表性,本教材以国内外先进机型(如日本小松公司生产的 WA380-3 型装载机、中国黄河工程机械厂生产的 TY-220 型履带式推土机及美国 Caterpillar 公司生产的 966D 型装载机等)为重点进行讲述。另外,还重点介绍了工程运输车辆上具有代表性的先进系统和结构。

本教材可作为高等工业院校工程机械专业教材,亦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。

本教材由陈新轩教授、张志峰副教授、展朝勇副教授主编。编写组成员分工如下:长安大学陈新轩教授编写绪论、第五章;长安大学展朝勇副教授编写第二章;长安大学张志峰副教授编写第一章、第三章、第四章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十五章;长安大学马登成讲师编写第十三章、第十四章;长安大学陈疆讲师编写第十七章、第十八章;长安大学张旭讲师编写第十六章。本教材由长安大学陈新轩教授统稿,长沙理工大学李自光教授主审。

本教材在编写过程中,得到长安大学许安副教授、任征副教授等老师以及多家工程机械生产厂家的大力支持。在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请广大读者指正。

编者

2013 年 8 月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 现代工程机械发动机构造与原理

第一章 发动机工作原理和组成	7
第一节 概述	7
第二节 发动机的工作原理	8
第三节 发动机的总体构造	14
第四节 发动机主要性能指标和结构特征	15
第二章 曲柄连杆机构与机体组件	20
第一节 曲柄连杆机构的运动和受力	20
第二节 旋转平稳性和惯性力的平衡	22
第三节 活塞连杆组	26
第四节 曲轴飞轮组	38
第五节 机体组件	43
第三章 配气机构与进、排气系统	49
第一节 气门式配气机构的布置及传动	49
第二节 配气机构的零件和组件	56
第三节 配气相位和气门间隙	62
第四节 进、排气管系统	64
第五节 废气涡轮增压	66
第四章 燃油供给系	71
第一节 燃油供给系的组成及柴油	71
第二节 混合气的形成及燃烧过程	73
第三节 燃烧室	75
第四节 燃油的喷射装置	79
第五节 调速器	87
第六节 喷油提前角调节装置	97
第七节 柴油机供给系的辅助装置	100
第八节 转子分配式喷油泵系统简介	102
第九节 PT 燃油系统简介	108
第五章 电控燃油喷射系统	125
第一节 电控燃油喷射系统概述	125
第二节 直列柱塞泵与电控分配泵	126

第三节	电控单体泵喷射系统	128
第四节	电控泵喷嘴系统	130
第五节	电控高压共轨燃油喷射系统	133
第六章	润滑系	142
第一节	概述	142
第二节	典型润滑油路分析	144
第三节	润滑系的主要机件构造	146
第四节	曲轴箱通风	150
第七章	冷却系	152
第一节	冷却系的功用和冷却方式	152
第二节	水冷却系	152
第三节	液压驱动风扇冷却系统	158
第四节	冷却水和冷却系清洗及防冻液	165
第八章	启动装置	166
第一节	概述	166
第二节	发动机的启动方式	166
第三节	便于启动的辅助装置	170

第二篇 工程机械底盘构造

第九章	传动系概述	175
第一节	传动系统的功用和类型	175
第二节	几种典型的传动系统	177
第十章	液力耦合器和液力变矩器	181
第一节	液力耦合器的结构和工作原理	182
第二节	液力变矩器的构造与工作原理	185
第三节	液力变矩器的特性参数	188
第四节	液力变矩器的类型和典型构造	189
第十一章	主离合器	199
第一节	主离合器的功用、工作原理及类型	199
第二节	经常接合式主离合器	201
第三节	非经常接合式主离合器	205
第十二章	变速器	216
第一节	变速器的功用与类型	216
第二节	机械换挡变速器	218
第三节	行星齿轮式动力换挡变速器	231
第四节	定轴式动力换挡变速器	241
第五节	动力换挡变速器的电液控制系统	243
第十三章	万向传动装置	249
第一节	万向传动装置的组成与功用	249

第二节	万向节	250
第三节	传动轴	257
第十四章	驱动桥	259
第一节	驱动桥的组成和功用	259
第二节	主传动器	261
第三节	差速器	265
第四节	几种典型的驱动桥	271
第五节	最终传动	274
第六节	转向驱动桥	278
第七节	半轴与驱动桥壳	279
第十五章	转向系	282
第一节	概述	282
第二节	偏转车轮式机械转向系主要部件构造	285
第三节	液压动力转向系	290
第四节	履带式车辆转向系	299
第十六章	制动系统	303
第一节	概述	303
第二节	制动器	305
第三节	制动系的传力、助力机构	314
第四节	防抱死制动系统(ABS)	319
第十七章	轮式行驶系	324
第一节	轮式行驶系的功用和组成	324
第二节	车架、车桥、车轮与轮胎	324
第三节	典型悬架的结构和工作原理	335
第十八章	履带式行驶系	338
第一节	履带式行驶系的功用和组成	338
第二节	机架和悬架	339
第三节	履带和驱动链轮	342
第四节	支重轮和托带轮	346
第五节	张紧轮和张紧装置	347
参考文献		350

绪 论

工程机械是指广泛应用于建筑、水利、矿山、公路、港口和军事工程等建设施工中的各种机械。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,工程机械和其他各种机械一样,在整个国民经济建设中占有很重要的地位。

随着现代科学技术在工程机械上的应用,工程机械的结构和控制发生了很大变化,各项性能指标有了明显提高,尤其是电、液及计算机等技术提高了工程机械的自动化程度,使现代工程机械向着机电液一体化、低耗能、高效率 and 环保型发展。另外,为了满足各项工程的不同要求,现代工程机械还向着大型化和小型化这两极以及一机多功能特种化方向发展。

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、路面机械、钢筋混凝土机械、凿岩机械、风动工具、工程车辆 10 大类。每一大类工程机械又包括许多不同类型的品种。例如:铲土运输机械可分为推土机、装载机、铲运机、平地机等;挖掘机械则分为单斗挖掘机与各种多斗挖掘机等;凿岩机械除包括一般的凿岩机,还包括石质隧道的掘进机、土质隧道的盾构机等。

考虑到工程机械的类型和品种繁多,本教材将重点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、单斗挖掘机、工程起重机械及压路机等几种机型的发动机与底盘的构造和工作原理。

(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、回填土石方以及其他散粒物料的作业。推土机按其底盘形式分为轮胎式推土机与履带式推土机两种。

轮胎式推土机具有行走速度快、灵活机动、耗用金属量少、不破坏路面等优点,近年来得到了迅速的发展。目前,美国的轮胎式推土机已占其国内推土机生产总量的 1/3。

履带式推土机具有良好的越野性与较大的牵引力,应用较广泛。履带式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 3 种。高比压为 $1.3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 以上,主要用于土石方工程作业;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、沼泽地带作业。

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 44.1kW、(55.1kW)、73.5kW、88.2kW、117.6kW、132.3kW、170.4kW、235.2kW、441kW 等几个不同功率等级。目前,世界上最大的推土机是美国 Caterpillar 公司生产的 D10 型推土机,其功率为 522kW;日本小松公司已研制成功了功率为 735kW 的推土机;最小的推土机是日本洋马公司生产的功率为 5.2kW 的推土机。

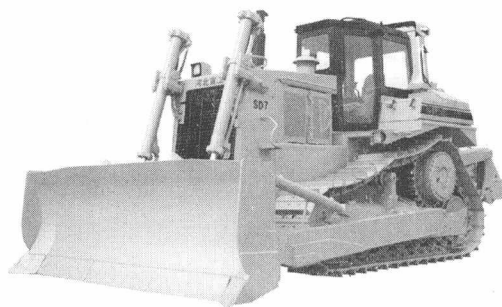


图 0-1 履带式推土机外观图

图 0-1 所示为履带式推土机外观图。

(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装载机和轮胎式装载机两大类。由于轮胎式装载机灵活机动、速度快,因而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类型可分为偏转车轮转向(整体式车架)装载机和铰接式转向(铰接式车架)装载机两类。由于铰接式转向装载机转向半径小,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质量或斗容量来划分等级。我国生产的装载机已按载质量吨位形成 0.5t、1t、1.5t、2t、3(3.5)t、4t、5t、7t、9t 等几种不同吨位系列。

图 0-2 所示为轮胎式装载机外观图。

(三) 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。

平地机分为牵引式平地机和自行式平地机两种,目前,各国生产的平地机大多为自行式平地机。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,刮刀长度为 3 970mm。

图 0-3 所示为自行式平地机外观图。



图 0-2 轮胎式装载机外观图



图 0-3 自行式平地机外观图

(四) 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。

单斗挖掘机分为机械式单斗挖掘机和液压式单斗挖掘机两种。由于液压操纵的优点,从 20 世纪 70 年代以来,国际市场上液压式挖掘机产量不断上升,已占单斗挖掘机总产量 90% 以上。

单斗挖掘机以自重区分等级,如引进技术生产的 PC200、PC220、PC300 型等。

图 0-4 所示为单斗液压式挖掘机外观图。

(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式起重机、轮胎式起重机、履带式起重机、塔式起重机和缆索式起重机等。

轮胎式起重机是装在轮胎底盘上的起重设备。按操纵方式分为杠杆操纵式轮胎起重机和液压操纵式轮胎起重机。液压操纵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。由于轮胎式起重机的机动灵活性好,因而在各种建筑施工中广泛使用。



图 0-4 单斗液压式挖掘机外观图

国产轮胎式起重机起重量为 2 ~ 100t。目前,世界上最大的轮胎式起重机其起重重量已达 300t。

图 0-5 所示为液压操纵式轮胎起重机外观图。

(六) 压路机

压路机是用于压实公路路基和路面、铁路路基、建筑物基础,土石堤、河堤,广场和机场跑道等各类工程的基础,以提高基础的强度、不透水性及稳定性,使之达到足够的承载力和平整的表面。

压路机的类型很多,如按对介质的作用可分为静力压路机和振动压路机。其中振动压路机单位线压力大、振动力影响深,因此压实深度可增加、压实遍数可相应减少,生产效率高。

图 0-6 所示为振动压路机外观图。



图 0-5 液压操纵式轮胎起重机外观图



图 0-6 振动压路机外观图

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 3 大部分。

图 0-7 所示为轮胎式装载机的总体构造。其动力装置(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。现将其各部分的功用简述如下。

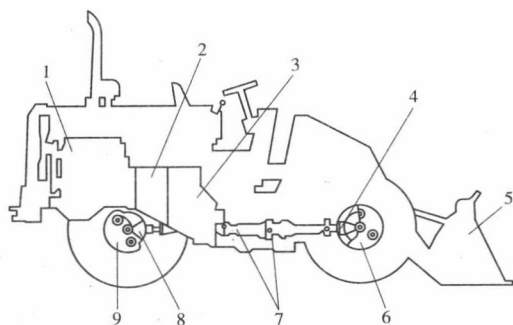


图 0-7 轮胎式装载机总体构造简图

1-柴油机;2-离合器或变矩器;3-变速器;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

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,轮胎式装载机的传动系由离合器或变矩器 2,变速器 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。

离合器用来接合或切断动力,一般设在机械式传动系中。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。变速器 3 是供改变行驶速度和进退用的。前、后驱动桥 4、8 则用来增大转矩,降低转速,并将动力传递方向改变 90° 后传给驱动或最终传动 6、9。

2. 行驶系

行驶系由车架和车轮组成,起支撑底盘各部件和保证机械行驶的作用。

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。装载机的工作装置由铲斗、动臂、摇臂、连杆、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,其构造是不相同的。各种自行式工程机械的动力装置一般采用内燃机,特别是柴油机;各种自行式工程机械由于用途的不同,从总体构造来看,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的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。

根据工程机械的特点,本书将按照“以点带面”的原则,突现“新、特、齐、详”的特点,在动力装置部分以柴油机为主(并适当介绍汽油机的关键系统)介绍发动机的构造与工作原理,特别介绍现代柴油机的电喷供油系统;在底盘部分以轮胎式装载机和履带式推土机为典型机种,并适当兼顾其他机种,以部件为体系,集中讲述底盘各系统部件的构造与工作原理。

(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,故被工程机械广泛采用。其功用是将供给的燃油燃烧转变为机械能,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。

第一篇

现代工程机械发动机构造与原理

第一章 发动机工作原理和组成

第一节 概 述

将自然界的能源转化为人们所需要的机械运动的装置,称为动力机械,也叫做发动机。地球上能源的种类很多,如煤、石油、天然气、水力、风力、原子能、太阳能、潮汐能和地热等,人类还将继续探索新能源,不断创制出新的动力装置。

燃料与空气混合,经过燃烧,将其中包含的化学能转化为热能,再经气体膨胀过程,把热能转化为机械能的动力装置,称为热力发动机。通过使燃料在机器内部燃烧,并将其放出的热能直接转换为动力的热力发动机,称为内燃机;反之,则属于外燃机。广义上的内燃机,不仅包括往复式活塞式内燃机、旋转活塞式发动机和自由活塞式发动机,还包括旋转叶轮式燃气轮机、喷气式发动机等。通常所说的内燃机是指活塞式内燃机。

活塞式内燃机以往复式活塞式内燃机最为普遍。活塞式内燃机的工作原理是,将燃料和空气混合,在其汽缸内燃烧,释放出的热能使汽缸内产生高温高压的燃气,燃气膨胀推动活塞做功,再通过曲柄连杆机构或其他机构将机械功输出,驱动从动机械工作。常见的活塞式内燃机有柴油机和汽油机。

内燃机的种类很多,通常从不同角度按如下方式进行分类:

- (1) 按所用燃料分为柴油机、汽油机、煤气机、天然气机等。
- (2) 按活塞运动方式分为往复式、旋转式。
- (3) 按工作循环过程分为四冲程、二冲程。
- (4) 按汽缸数目分为单缸机、多缸机(二缸及以上)。
- (5) 按汽缸排列方式分为直列立式、对置卧式、V形。
- (6) 按点火方式分为压燃式、点燃式。
- (7) 按进气方式分为自然吸气(非增压)式、强制进气(增压)式。
- (8) 按汽缸冷却方式分为水冷式、风冷式。
- (9) 按额定转速分为高速(1 000r/min 以上)、中速(600 ~ 1 000r/min)、低速(600r/min 以下)。
- (10) 按用途方式分为固定式、移动式。
- (11) 按功率级数分为单功率、多功率。

现代工程机械上广泛采用往复式四冲程高速多缸柴油机作为动力。也有少量采用汽油机、燃气轮机、电动机等其他动力装置的,但以柴油机应用最普遍。预计在今后相当时期内,柴油机仍将作为工程机械的主要动力装置。

柴油机之所以被广泛采用是因为其有下述优点:

- (1) 热效率较高,现代柴油机的热效率为 30% ~ 40%,最高可达 46%,高于汽油机,显著

高于外燃机。另外,柴油机耗油率低,经济性好。

(2)体积小,质量轻,机动性好。

(3)动力性能好,单机功率小至几千瓦,大至几百千瓦,可以满足各种用途的需要,适应性好,与同功率的其他内燃机相比,柴油机飞轮转矩很大,从而使工程机械传动系的设计简化。

(4)操作简便,使用可靠,且不受地域限制。

(5)有较好的燃料安全性,汽油机的燃料是汽油,煤气机的燃料为各种可燃气体。柴油与这些燃料相比较,火灾隐患较小。

工程机械上使用的柴油机必须满足下列要求:

(1)作业时冲击和振动大,要求壳体有较高的刚度和强度。

(2)工作负荷大,且经常出现短暂超负荷工况,因此,要求转矩储备系数为 1.15 ~ 1.45,转速适应性系数为 1.7 ~ 2.0。

(3)作业时速度和负荷剧变,要求有性能良好的全制式调速器。

(4)作业现场空气含尘量高,要求有高效的各種类型滤清器。

(5)常在倾斜地面作业,应能保证在各个方向倾斜 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的坡地上可靠地工作。

(6)常在野外偏僻地区工作,要求工作可靠,维护方便,使用寿命长。目前先进产品的大修间隔已达到 10 000 小时以上。

(7)针对一些特殊环境下的作业应分别满足特殊的使用要求。如严寒地区和热带地区作业,地下坑道和 underwater 作业,高海拔地区和沙漠缺水地区作业,以及军用工程机械作业等。

目前,现代柴油机技术基本上都可满足上述这些要求,当然,科学技术的进步永无止境,柴油机在结构、材质和性能等各个方面,将会得到不断完善和改进。

第二节 发动机的工作原理

柴油机和汽油机,无论采用四冲程发动机还是二冲程发动机,尽管从基本工作原理上讲,它们都是将燃料在汽缸内燃烧,将化学能转变成热能,进而将热能转化为机械能。但是,由于燃料不同和工作过程等方面存在一些重要差别,从而导致结构上的许多差异。本章重点阐述单缸四冲程柴油机的工作过程和工作原理。为了便于比较,对二冲程柴油机和四冲程汽油机、二冲程汽油机的工作过程也略加介绍。

一、四冲程柴油机的工作原理和工作过程

为了实现“化学能—热能—机械能”这种能量形式的转化过程,并使之连续进行,构成循环运动,人们设计了如图 1-1 所示的装置。在圆筒形的汽缸 5 中有一个活塞 6,连杆 8 的上端通过活塞销 7 与活塞 6 铰接,其下端与曲轴 9 的连杆轴颈铰接,从而把只能做直线往复运动的活塞与只能做旋转运动的曲轴连接起来,使这两种机械运动可以相互转换。汽缸的上端由汽缸盖 1 封闭,汽缸盖上装有进气门 2 和排气门 3,由专门机构分别控制以实现进、排气孔道的开闭,由专门机构控制的喷油器 4,负责定时向燃烧室喷射柴油。曲轴的一端装有飞轮 10,以使曲轴匀速旋转。

为便于说明发动机的工作原理及其基本组成之间的运动关系,我们给出以下术语。

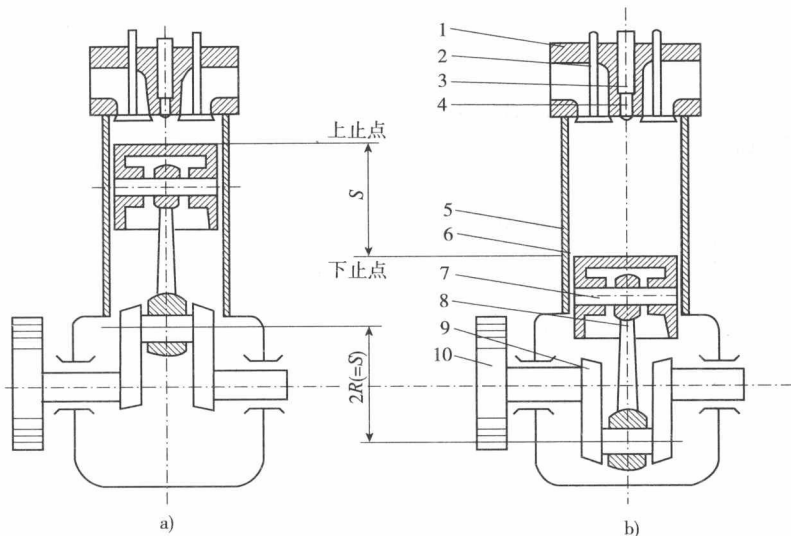


图 1-1 单缸四冲程柴油机结构简图

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

活塞离曲轴回转中心最远处,通常为活塞的最高位置,称为上止点;活塞离曲轴回转中心最近处,通常为活塞的最低位置,称为下止点。上、下止点间的距离 S 称为活塞行程。曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离 R 称为曲柄半径,显然 $S = 2R$,同时曲轴每转一周,活塞移动两个行程。活塞从上止点到下止点所形成的容积称为汽缸工作容积或汽缸排量,用 V_h 表示,单位为 L 。其计算公式为

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^6} \times S \quad (1-1)$$

式中: D ——汽缸直径, mm ;

S ——活塞行程, mm 。

多缸发动机各缸工作容积的总和称为发动机工作容积或发动机排量,用 V_L 表示,单位为 L 。若发动机的汽缸数为 i ,则

$$V_L = V_h i \quad (1-2)$$

活塞在上止点时,活塞上方的封闭容积(由活塞顶、汽缸盖底面和汽缸套表面之间所包围的空间)为燃烧室容积,用 V_c 表示。汽缸总容积等于汽缸工作容积与燃烧室容积之和,即

$$V_a = V_h + V_c \quad (1-3)$$

汽缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比,用 ε 表示,即

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} \quad (1-4)$$

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时,汽缸内混合气体被压缩的程度。压缩比越大,则压缩完成时汽缸内气体的压力和温度就越高。通常汽油机的压缩比为 $6 \sim 11$;柴油机的压缩比较高,一般为 $16 \sim 22$ 。

四冲程柴油机工作的每一循环经历以下 4 个过程,每过程由一个活塞行程完成,如图 1-2 所示。