

工程机械结构与维护检修技术

高秀华 姜国庆 王力群 王智明 编著
丁树奎 主审

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工程机械结构与维护检修技术/高秀华等编著. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-5058-5

I. 工… II. 高… III. 工程机械-机械维修 IV. TU607

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 124817 号

工程机械结构与维护检修技术

高秀华 姜国庆 王力群 王智明 编著

丁树奎 主审

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 王金生

责任校对: 蒋宇

封面设计: 潘峰

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18½ 字数 462 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5058-5/TH·173

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

我国西部大开发建设步伐正在大踏步前进，2008年北京奥运会的配套设施建设序幕拉开在即，西气东输、南水北调以及遍布中国大地的高等级公路网络的建设等，都标志着中国的基础设施建设驶入了前所未有的快车道，这为工程机械的高速发展提供了广阔的空间。现代战争是高科技条件下的局部战争。高新技术广泛应用于军事领域，各种新式武器和技术兵器大量投放战场，使得战争的突发性和破坏性空前提高，因而使战争对工程保障的依赖性进一步增强，工程机械则是保证我军机动、反机动和生存的主要装备。随着中国加入WTO组织的进程，随着国外先进工程机械涌入中国市场，我国工程机械设施同时面临着前所未有的机遇和挑战。这也意味着我国工程机械行业对技术人才的技术素质提出了更高的要求。本书编写旨在为促进我国的工程机械的发展做出一点微薄的贡献。

本书以模块的方式、通俗的语言、新颖丰富的内容、简单明快的节奏，重点介绍国内外先进的现代工程机械的结构特点、安全操作规程与技术维护知识、常见故障诊断与排除技术。本书不仅可以作为广大工程机械行业设计和研究技术人员的参考材料，同时对于工程机械使用人员、维护和保养人员而言也是一本难得的指导书籍，它也可以作为高校从事工程机械专业教学的广大师生的参考教材。

全书共分8章。第1章重点介绍工程机械通用总成、工程机械的发展趋势以及检修维护技术；第2章介绍柴油发动机的维护与保养以及故障诊断与排除措施；第3章至第6章详细介绍了通用工程机械底盘系统的维护与保养技术以及故障诊断与排除措施；第7章讲解了典型液压元件和液压系统的故障诊断与排除；第8章简要阐述现代工程机械电器和电子控制装置的维护与保养技术。

本书由高秀华、姜国庆、王力群、王智明、李炎亮、郭建华、王妍静编著，参加编写的还有丁德胜、黄大巍、王育民、李季、杨彬、王雪、张小江、刘从华、张春秋、韩冬、韩佳伟、张明远、邓玉山、蔡世伟、孙凯、杨永海、许培风、高伟贤、史玉梅等。全书由姜国庆统稿，丁树奎主审。

本书在编写的过程中得到了各界同仁和朋友的大力支持、鼓励和帮助，并参阅了有关生产厂家及公司的相关资料，在此一并表示感谢！

书中纰漏与错误之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

作者
于吉林大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工程机械概述	1
1.2 工程机械通用总成	8
1.3 工程机械的维护检修技术	9
第 2 章 动力装置	10
2.1 发动机的分类	10
2.2 柴油发动机的工作原理	10
2.3 柴油发动机的结构	13
2.4 柴油发动机的性能指标	40
2.5 柴油发动机的维护与保养	43
2.6 柴油发动机的故障诊断与排除	45
第 3 章 传动系统	67
3.1 履带式机械动力传动系统的组成	67
3.2 履带式机械动力传动系统的维护与保养	90
3.3 履带式机械动力传动系统的故障诊断与排除	94
3.4 轮式工程机械动力传动系统的组成	111
3.5 轮式工程机械动力传动系统的维护与保养	130
3.6 轮式工程机械动力系统的故障诊断与排除	133
第 4 章 转向系统	139
4.1 轮式工程机械转向系统的概述	139
4.2 工程机械转向系统的故障诊断与排除	145
第 5 章 制动系统	160
5.1 制动系统的组成	160
5.2 制动系统的维护	168
5.3 制动系统的故障诊断与排除	168
第 6 章 行走系统	175
6.1 履带式机械行走系统的组成	175
6.2 履带式机械行走系统的故障诊断与排除	184
6.3 轮式工程机械行走系统的组成	191
6.4 轮胎的故障诊断与排除	204
6.5 轮胎的维护	207
第 7 章 液压系统	210
7.1 液压系统的组成	210
7.2 液压泵和液压马达的故障诊断与排除	210
7.3 液压油缸的故障诊断与排除	223

7.4	液压辅助件的故障诊断与排除	230
7.5	液压系统的故障诊断与排除	237
7.6	液压系统的维护	243
7.7	液压油的选择、使用与保养	246
第8章	现代工程机械电器和电子控制装置	254
8.1	电器和电子控制装置的组成	254
8.2	蓄电池的构造、特性与使用维护	254
8.3	常用传感器和电子显示装置	262
8.4	照明设备、信号装置和仪表	268
8.5	空调系统	279
参考文献	289

第 1 章 绪 论

1.1 工程机械概述

工程机械是工程施工所用的机械设备的统称，广泛用于建筑工程、道路交通、矿山等行业，也称为建设机械。随着我国国民经济的快速发展，工程机械的应用也越来越广泛。但是，由于工程机械市场正处于“春秋战国”时期，国内工程机械行业公司林立，国外公司也通过合资、独资等不同方式进入中国市场，造成了目前市场上工程机械的种类繁多，结构复杂，给维修保养带来了相当的困难。另一方面，与其他车辆产品相比，工程机械有其特殊之处，例如工作装置比较复杂多样、多采用柴油发动机、工作条件较为恶劣等。

目前，国际上生产工程机械的公司较多，例如美国的卡特彼勒（Caterpillar）、阿利斯（Allis），日本的小松（Komatsu）、川崎重工、日立，德国的利勃海尔（Liebherr）、克虏伯（Krupp），韩国的大宇、现代。前苏联的一些国家也生产有工程机械，但其对我国市场基本没有影响。

国内的工程机械生产厂家也不少，例如徐州工程机械集团公司、柳州工程机械集团公司、厦门工程机械有限公司等。目前，许多公司与国外著名公司合作建立合资公司，引进国外技术，生产国外品牌产品。

1.1.1 工程机械的分类

工程机械大致可分为挖掘机械；铲土运输机械；工程起重机械；机动工业车辆；压实机械；路面机械；桩工机械；混凝土机械；钢筋加工机械；装修机械；军用工程机械；凿岩机械与气动工具；工程机械专用零部件；其他专用工程机械等类型。本节仅介绍几种典型常用的工程机械。

(1) 挖掘机

挖掘机是用来进行土方开挖的一种施工机械。挖掘机的作业过程是用铲斗的切削刃切土并把土装入斗内，装满土后提升铲斗并回转到卸土地点卸土，然后，再使转台回转，铲斗下降到挖掘面，进行下一次挖掘。按作业特点分为周期性作业式和连续性作业式两种，前者为单斗挖掘机，后者为多斗挖掘机。

第一台手动挖掘机问世至今已有 130 多年的历史，期间经历了由蒸汽驱动斗回转挖掘机到电力驱动和内燃机驱动回转挖掘机、应用机电液一体化技术的全自动液压挖掘机的逐步发展过程。由于液压技术的应用，20 世纪 40 年代有了在拖拉机上配装液压反铲的悬挂式挖掘机，20 世纪 50 年代初期和中期相继研制出拖式全回转液压挖掘机和履带式全液压挖掘机。初期试制的液压挖掘机是采用飞机和机床的液压技术，缺少适用于挖掘机各种工况的液压元件，制造质量不够稳定，配套件也不齐全。从 20 世纪 60 年代起，液压挖掘机进入推广和蓬勃发展阶段，各国挖掘机制造厂和品种增加很快，产量猛增。1968~1970 年间，液压挖掘机产量已占挖掘机总产量的 83%，目前已接近 100%。

单斗挖掘机在建筑、筑路、水利、电力、采矿、石油等工程以及天然气管道铺设和现代军事工程中，被广泛地使用。单斗挖掘机的主要用途是在筑路工程中用来开挖堑壕；在建筑

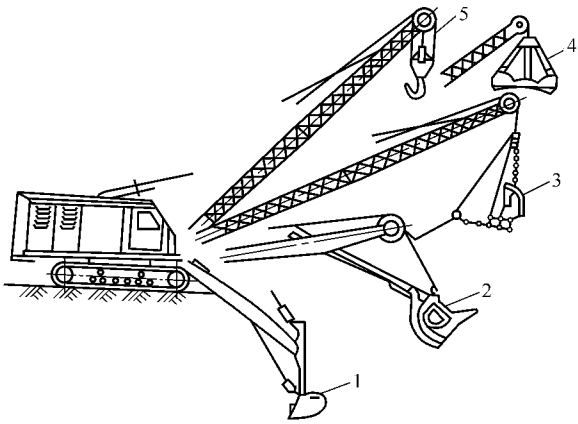


图 1-1 单斗挖掘机工作装置

1—反铲；2—正铲；3—拉铲；4—抓斗；5—起重吊钩

工程中用来开挖基础；在水利工程中用来开挖沟渠、运河和疏浚河道；在采石场、露天采矿等工程中用于剥离和矿石的挖掘等。此外还可对碎石进行装载作业。更换工作装置后还可进行浇筑、起重、安装、打桩、夯土和拔桩等工作。各种类型的单斗挖掘机都可以根据需要更换正铲、反铲、拉铲和抓斗的任一种。图 1-1 所示为挖掘机的几种工作装置。

(2) 推土机

推土机是一种多用途的自行式土方工程建设机械，它能铲挖并移运土壤。例如，在道路建设施工中，推土机可完成路基基底的处理，路侧取土横向填筑高度不大于 1m 的路堤，沿道路中心线向铲挖移运土壤的路基挖填工程，傍山取土修筑半堤半堑的路基。此外，推土机还可用于平整场地，堆集松散材料，清除作业地段内的障碍物等。推土机的结构如图 1-2 所示。

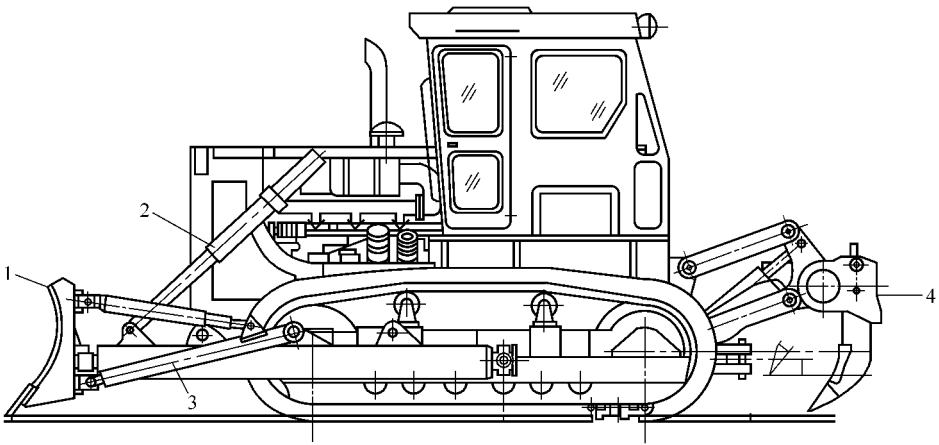


图 1-2 推土机结构

1—铲刀；2—油缸；3—支撑杆；4—松土器

在公路机械化施工中当土壤太硬，铲运机或平地机施工作业不易切入土壤时，可以利用推土机的松土作业装置将土壤耙松，或者利用推土机的铲刀直接顶推铲运机以增加铲运机的铲土能力（即所谓为铲运机助铲）。利用推土机协助平地机或铲运机完成施工作业，从而提高了这些机械的作业效率。

推土机的用途虽然十分广泛，但由于受到铲刀容量的限制，推运土壤的距离不宜太长，因而，它只是一种短运距的土方施工机械。运距过长时，运土过程受到铲下的土壤漏失的影响，会降低推土机的生产效率；运距过短时，由于换向、换挡操作频繁，在每个工作循环中这些操作所用时间所占比例增大，同样也会使推土机生产率降低。通常中小型推土机的运距为 30~100m；大型推土机的运距一般不应超过 150m。推土机的经济运距为 50~80m。

(3) 铲运机

铲运机是一种利用铲头在随机械一起行进中依次完成铲削、装载、运输和铺筑的铲土运输机械。它广泛用于公路、铁路、水利、港口及大规模的建筑等施工中的土方作业。其结构示意图如图 1-3 所示。

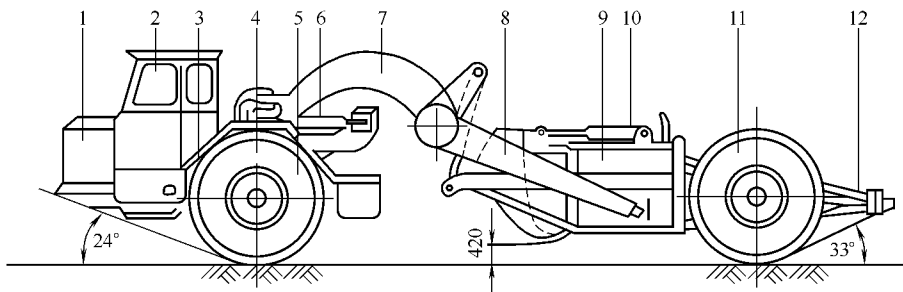


图 1-3 自行式铲运机

- 1—发动机；2—驾驶室；3—传动装置；4—中央框架；5—前轮；6—转向油缸；
7—曲梁；8—II型架；9—铲运斗；10—斗门油缸；11—后轮；12—尾架

(4) 平地机

平地机是一种装有铲土刮刀为主，配有其他多种辅助作业装置，进行土壤的切削、刮送和整平等作业的土方工程建设机械，可进行路基、路面的整形；砾石或砂石路面维修；挖

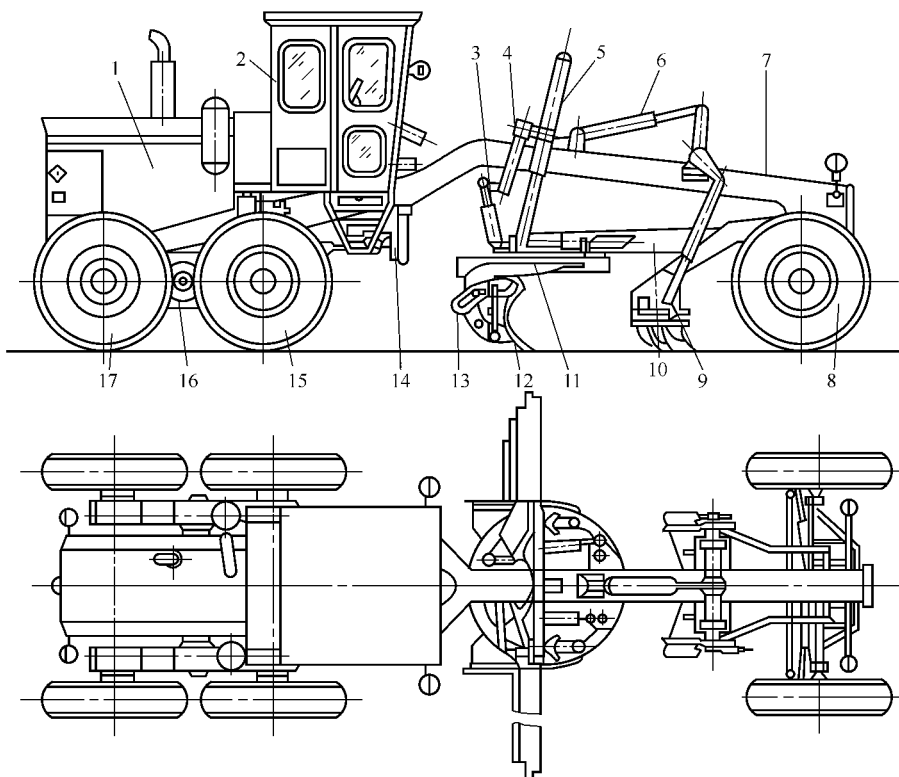


图 1-4 平地机结构

- 1—发动机；2—驾驶室；3—牵引架引出油缸；4—摆架机构；5—升降油缸；6—松土器收放油缸；7—车架；8—前轮；9—松土器；10—牵引架；11—回转缸；12—刮刀；
13—角位器；14—传动系统；15—中轮；16—平衡箱；17—后轮

沟、草皮或表层土的剥离；修刮边坡；材料的推移、拌和、回填、铺平；配置推土铲、土耙、松土器、除雪犁、压路辊等附属装置或作业机具时可进一步扩大使用范围，提高工作能力或完成特殊要求的作业。因此，平地机是一种效率高、作业精度高、用途广泛的工程建设机械，被广泛用于公路、铁路、机场、停车场等大面积场地的平整作业，也被用于路堤整形及林区道路的整修等作业。平地机的结构如图 1-4 所示。

(5) 装载机

装载机是一种广泛用于公路、铁路、建筑、水电、港口、矿山等建设工程的土石方施工机械，它主要用于铲装土壤、砂石、石灰、煤炭等散状物料，也可对矿石、硬土等做轻度铲挖作业。换装不同的辅助工作装置还可进行推土、起重和其他物料如木材的装卸作业。在道路，特别是在高等级公路施工中，装载机用于路基工程的填挖、沥青混合料和水泥混凝土料场的集料与装料等作业。此外还可进行推运土壤、刮平地面和牵引其他机械等作业。由于装载机具有作业速度快、效率高、机动性好、操作轻便等优点，因此它成为工程建设中土石方施工的主要机种之一。

按行走装置的不同，装载机分为轮胎式和履带式两种。

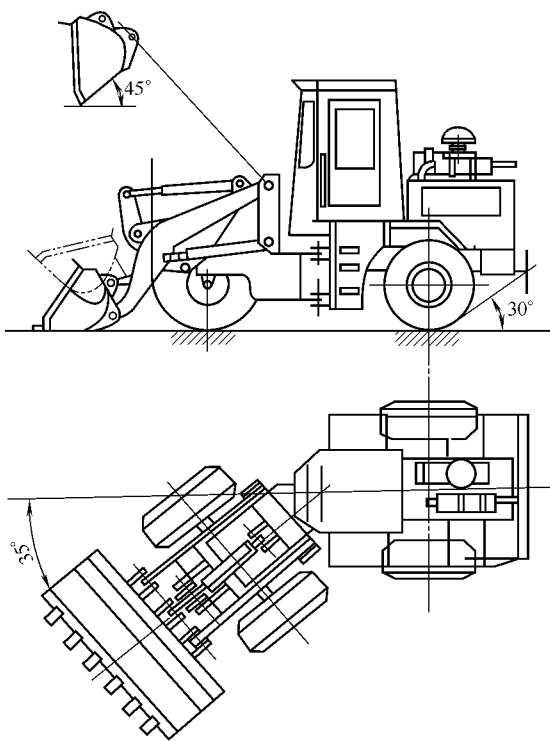


图 1-5 轮胎式装载机

轮胎式装载机由动力装置、车架、行走装置、传动系统、转向系统、制动系统、液压系统和工作装置等组成，其结构如图 1-5 所示。轮胎式装载机采用柴油机为动力装置，液力变矩、动力换挡变速箱、双桥驱动等组成的液力机械式传动系统（小型轮胎式装载机有的采用液压传动或机械传动），液压操纵，铰接式车架转向，反转杆机构的工作装置。

履带式装载机以专用底盘或工业拖拉机为基础车，安装工作装置并配装相关原操纵系统而构成，如图 1-6 所示。履带式装载机的动力装置也是柴油机，机械式传动系统则采用液压助力湿式离合器或湿式双向液压操纵转向离合器和正转连杆机构的工作装置。

装载机的铲掘和装卸物料作业是通过其工作装置的运动来实现的。装载机工作装置由铲斗、动臂、摇臂和转斗油缸、动臂油缸等组成。整个工作装置铰接在车架上。铲斗通过连杆和摇臂与转斗油缸铰接，用以装卸物料。动臂与车架、动臂油缸铰接，用以升降铲斗。铲斗的翻转和动臂的升降采用液压操纵。

装载机作业时工作装置应能保证：当转斗油缸闭锁、动臂油缸举升或降落时，连杆机构使铲斗上下平动或接近平动，以免铲斗倾斜而撒落物料；当动臂处于任何位置、铲斗绕动臂铰点转动进行卸料时，铲斗倾斜角不小于 45° ，卸料后动臂下降时又能使铲斗自动放平。

综合国内外装载机工作装置的结构型式，主要有七种类型，即按连杆机构的构件数不

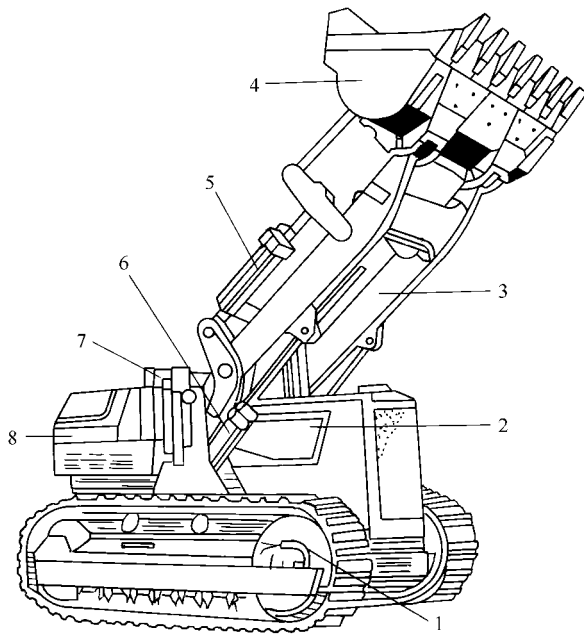


图 1-6 履带式装载机

1—行走机构；2—发动机；3—动臂；4—铲斗；5—转斗油缸；
6—动臂油缸；7—驾驶室；8—燃油箱

同，分为三杆式、四杆式、五杆式、六杆式和八杆式等；按输入和输出杆的转向是否相同又分为正转和反转连杆机构等。

土方工程用装载机铲斗结构，其斗体常用低碳、耐磨、高强度钢板焊接制成，切削刃采用耐磨的中锰合金钢材料，侧切削刃和加强角板都用高强度耐磨钢材料制成。

铲斗切削刀的形状分为四种。齿形的选择应考虑插入阻力、耐磨性和易于更换等因素。齿形分尖齿和钝齿，轮胎式装载机多采用尖形齿，而履带式装载机多采用钝形齿。斗齿数目视斗宽而定，斗齿距一般为 150~300mm。斗齿结构分整体式和分体式两种，中小型装载机多采用整体式，而大型装载机由于作业条件差、斗齿磨损严重，常采用分体式。分体式斗齿分为基本齿和齿尖两部分，磨损后只需要更换齿尖。

(6) 振动压路机

振动压路机是工程施工的重要设备之一，主要用在公路、铁路、机场、港口、建筑等工程中。用来压实各种土壤（多为非黏性）、碎石料、各种沥青混凝土等。在公路施工中，多用在路基、路面的压实，是筑路施工中不可缺少的压实设备。图 1-7 所示为压路机的结构。

振动压实的工作原理是利用固定在质量为 m 的物体上的振动器所产生的激振力，迫使被压实材料作垂直强迫振动，急剧减小土壤颗粒间的内摩擦力，使颗粒靠近，密实度增加，从而达到压实的目的。振动压实的特点是其表面应力不大，过程时间短，加载频率大，同时还可以根据不同的铺筑材料和铺层厚度，合理选择振动频率和振幅，以提高压实效果，减少碾压遍数。振动压实机械可广泛用于黏性小的砂土、土石填方、沥青混合物和水泥混凝土混合物等的压实。

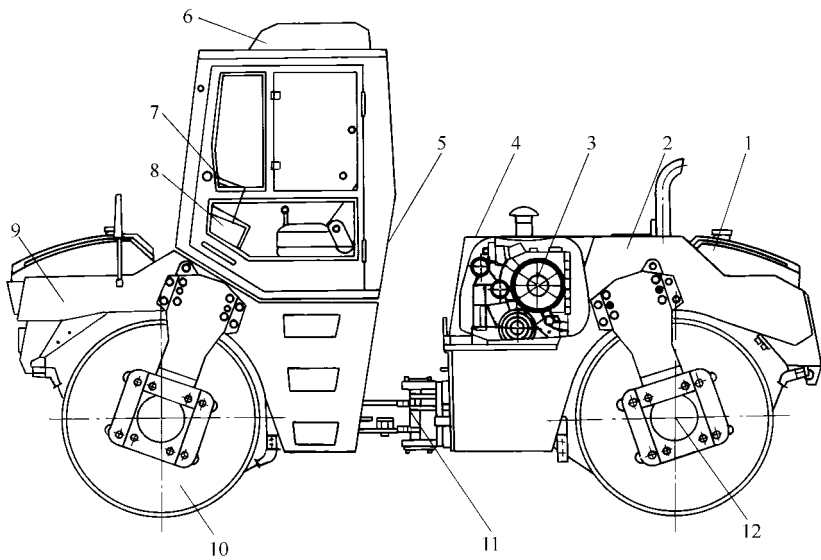


图 1-7 压路机结构

- 1—洒水系统；2—后车架总成；3—动力系统总成；4—发动机机罩；5—驾驶室总成；
6—空调系统；7—操纵台总成；8—电气系统；9—前车架总成；
10—振动轮总成；11—中心铰接架；12—液压系统总成

随着振动压实机械的快速发展，其使用范围也在不断扩大。它可以根据不同的作业对象，选用花纹轮胎、光轮、凸块碾等进行碾压组合。有的机型已采用“滚入滚出”的组合工艺，可在施工现场快速更换轮碾。另外，随着振动压实技术的发展，又研制出了振荡压路机。该机是采用土力学土壤交变剪应力的原理，在碾轮内对称安装并同步旋转的激振偏心块（轴），使碾滚承受交变转矩，对地面持续作用，形成前后方向的振荡波，使被压实材料产生交变剪应变。在这种水平激振力和滚轮垂直静载的共同作用下，实现对被压实材料在水平和垂直两个方向的压实。振荡压路机消除了振动压实因垂直振动和冲击给操作者和机械本身带来的危害，改善了工作条件，降低了能源消耗。正因为这种压路机所产生的激振力主要是沿行驶方向发生的，因此，特别适合建筑物群间的压实。

(7) 沥青摊铺机

沥青混合料摊铺机是用来将拌制好的沥青混合料（沥青混凝土或黑色粒料）按一定的技术要求（厚度和横截面形状）均匀地摊铺在已整好的路基或基层上，并给以初步捣实和整平的专用设备。使用摊铺机施工，既可大大地加快施工速度、节省成本，又可提高所铺路面的质量。图 1-8 所示为摊铺机的结构。

另外现代沥青混合料摊铺机还适用于摊铺各种材料的基层和面层，例如，摊铺防护墙、铁路路基、RCC 基础层材料、稳定土等，是修筑一般公路与高速公路不可缺少的关键设备。

现代沥青混合料摊铺机采用全液压驱动和电子控制、中央自动集中润滑、液压振动、液压无级调节摊铺宽度等新技术，自动化程度高，操作简单方便，视野好，并设有总开关、自动找平装置、卸载装置、闭锁装置，保证了摊铺路基、路面的平整度和摊铺质量。此外，由于机械化摊铺的速度快，且摊铺机上有可以加热的熨平装置，因此它在进行摊铺时，对气温的要求比人工摊铺要低，所以可以在较冷的气候条件下施工。

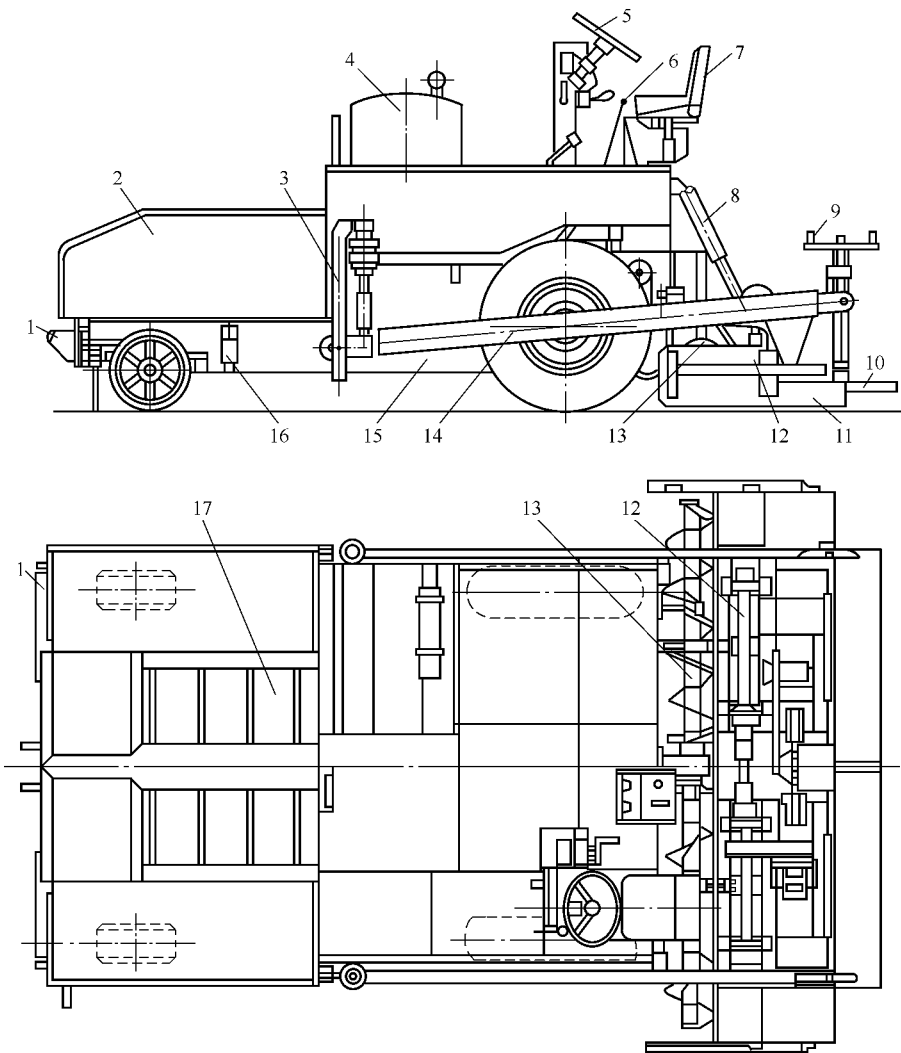


图 1-8 沥青混合料摊铺机结构

- 1—前腿滚；2—料斗；3—进料闸门及闸门油缸；4—柴油发动机；5—操纵台和转向器；6—操纵手柄；7—座椅；8—直平板提升油缸；9—厚度调解螺旋；10—踏板；11—熨平板；12—振捣器；13—螺旋摊铺器；14—熨平装置吊臂；15—机架；
16—料斗倾斜油缸；17—刮板输送机

1.1.2 工程机械技术的发展状况

近年来，工程机械技术的水平不断提高，其发展具有以下特点。

① 更新换代速度加快，性能参数显著提高。到 20 世纪 80 年代末期，世界主要工程机械厂家先后推出了第二代、第三代和第四代改型产品。如美国卡特彼勒公司于 1989 年推出了“E”系列第三代轮式装载机，仅隔一年，便又推出了第四代“F”系列新机型。“F”系列在发动机的功率、废气污染控制、采用电子计算机技术和改进维修性能等方面都比“E”系列有较大的提高。其 950F 型装载机与 950E 型机相比，功率提高了 6.7%，斗容量增大了 0.2m³，掘起力提高了 70%，各挡速度提高了 8%，生产效率提高了 10.45%，燃油效率提高了 12.29%，司机耳边噪声降低了 2dB。

② 广泛应用微电子技术。世界各大工程机械制造公司，普遍应用微电子技术对中、大型工程机械产品进行安全、节能和工作状态的智能化控制，实现故障自诊断和不解体检验。如日本小松公司各类大型产品上都装有微机监控系统，可监测发动机、油泵、油缸的动作，以充分利用功率、降低油耗。德国德马克（Demag）公司大型液压挖掘机上装有微机监控系统，可对油污染度、发动机完好率、铲斗装满程度和生产率进行随机监控并自动显示。

③ 发展多种作业装置，实现一机多用。到目前为止，国外挖掘机、装载机的工作装置均达到 100 种以上，提高了产品的适应性和利用率。如美国卡特匹勒公司于 1987 年推出的 B 型综合多用机可配用 100 种工作装置。世界著名厂家生产的各种中小型挖掘机、装载机、叉车，除完成其主要的挖掘、装卸功能外，均可同时进行起重、抓料、压实、钻孔、破碎、犁地、扫雪、推土、刮坡、夹木、叉装等多种作业。

④ 安全性、舒适性和维修性进一步提高。世界各大公司的各类产品已普遍采用了全封闭驾驶室，具备防滚翻和防落物的保护功能；装有空调，隔音吸音材料，防尘减振，司机座椅按人机工程设计，全方位可调；采用微机监测监控，集中润滑，自动报警等先进技术，大大提高了机械的维修性能。

⑤ 提高制造水平，大量采用新材料，进一步提高产品的寿命和可靠性。

⑥ 近几年，工程机械已大量应用大规模集成电路等高新技术，发展节能产品，进一步提高液压技术。例如，使机械结构大大简化的全液压技术在挖掘机上的应用几乎达到了 100%。

1.1.3 工程机械的市场形势

我国加入世贸组织后，工程建设机械市场目前竞争较为激烈。国内的国产工程建设机械已由高速增长转化为多数产品供过于求，另一方面，外国资本及先进的生产技术进入中国，与国产品牌产品形成了竞争态势，某些产品甚至占据绝对优势。

发达国家的工程建设机械产品在世界上一一直占主导地位，特别是美国和日本几乎占了世界市场的二分之一以上。我国的工程建设机械总体技术水平与发达国家相比，落后 10~15 年，但也有少数产品接近国际技术水平，如适用于基础设施建设用的土石方工程施工机械和某些建筑施工机械等。我国的履带推土机在亚洲、南美洲等地较受欢迎。

我国加入 WTO 后，从总的发展趋势看，将促进我国产品的技术创新，加快工程建设机械行业的结构调整和企业经营机制的转换，把企业进一步推向市场。

1.2 工程机械通用总成

一般说来，工程机械总成从功能上分包括动力系统、传动系统、转向系统、制动系统、行走系统以及工作装置等。

工程机械的动力系统一般采用内燃机，特别是柴油发动机。发动机作为能源转换装置，为工程机械的行走、作业等提供动力，保证其正常行驶和工作。

动力装置和驱动轮之间的传动部件总称为传动系统。传动系统的功用是将动力装置输出的功率传给驱动轮，并解决动力装置功率输出特性和机械行走机构的使用要求之间的各种问题。变速箱可以将发动机输出的高转速和低转矩转化为低转速和高转矩，改变传动的方向。离合器能够在发动机不停止运转的情况下根据需要暂时中断动力的传递。

转向系统可以使驾驶员按需要改变车辆的行驶方向。

制动系统的作用是使车辆迅速减速甚至停车。包括行车制动和驻车制动。

行走系统的功用是把机体支承在地面上，并通过地面对行走系统中的车轮、履带的作用力提供行驶所需的牵引力。在轮式底盘中行走系统主要包括车架、前后桥、悬架装置及车轮等；在履带底盘中行走系统主要包括机架、悬架装置、履带台车、驱动轮、导向轮及履带等。

工作装置可以使工程机械根据其设计目的执行作业任务。

1.3 工程机械的维护检修技术

工程机械的作业条件较为恶劣，遇到施工旺季，往往连续长时间工作，相对于一般机械其故障率较高。如果由于故障被迫停工，则会极大的影响生产效益。因此必须建立完善合理的维修保养制度，以确保机械处于良好的技术状态，保证施工需要。

按工程机械的系统划分，工程机械一般可以划分为机械、液压和电气三部分，维修时应根据不同的系统采取不同的方法。

维修保养分为大修和小修。大修是指对整个系统进行性能恢复性修理，小修则是指在工程机械的保养和大修周期内为排除故障而进行的工作，包括局部的解体、调整、清洗、紧固、修理、更换零部件等。

维修之前应首先进行故障分析，在清楚整机结构和工作原理基础上逐步缩小可疑故障范围，最终确定故障区域及故障元件，然后采用合理的方法排除故障。故障诊断的方法又有以经验为主的直观简易诊断分析和以测试参数为依据的状态检测分析。

简易诊断方法主要是一种主观的诊断方法，主要依据维修人员的实际经验，采取看、听、摸、问的办法。看主要是观察执行机构的运行速度（包括是否有颤动），油液是否清洁或者变质，是否有泄漏；听则是听机构运行的噪声和冲击声是否正常，是否有非正常的撞击声；摸是摸液压件的适当部位感觉油温是否正常，感觉零部件的振动是否正常，各种紧固件是否连接可靠；问是询问操作人员关于机械的运行历史，包括液压油的更换、故障历史和维修历史。由于受个人的实践经验和判断能力的影响，这种方法的准确性不高，只能用来大致确定故障范围，做一些定性分析。要进行定量分析，还需要依赖状态检测技术。

使用状态监测技术，可以利用各种测试仪器进行测试，根据测试的应力、压力、流量、速度、位移和温度等状态参数，分析系统的运行状态，从而得出结论，甚至还可以预测到将要发生的故障。这种方法技术要求高、费用较大，目前在实际应用中不是很普遍。

第2章 动力装置

2.1 发动机的分类

利用自然界的能源，使之转化为人们所需要的机械运动装置，称为动力机械，也叫发动机。

利用燃料与空气混合，经过燃烧，将燃料中包含的化学能转化为热能，再经过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。能量的释放与转化过程是在气缸内部进行的热力发动机，称为内燃机，反之属于外燃机。

内燃机从不同角度可分为如下几种。

按所用燃料分类 柴油机，汽油机，天然气机，乙醇汽油机。

按活塞运动方式分类 往复式，旋转式。

按点火方式分类 压燃式，点燃式。

按工作循环过程分类 四行程，二行程。

按进气方式分类 非增压式（吸入式），增压式。

按冷却方式分类 水冷式，风冷式。

按额定转速分类 高速（1000r/min 以上），中速（600~1000r/min），低速（600r/min 以下）。

按用途分类 固定式，移动式。

现代工程机械广泛采用往复式四行程高速多缸柴油机作为动力，其优点如下。

① 热效率较高。现代柴油机的热效率为 30%~40%，最高可达 46%，且耗油少，价格低，经济性好。

② 体积小，质量轻。

③ 功率范围广。单机功率小至几个马力（1 马力=746W）。大至几万马力，可满足各种用途的需要，适应性好。

④ 操作轻便，使用可靠，且不受地域限制。

2.2 柴油发动机的工作原理

柴油发动机简称柴油机，是以柴油为原料，通过燃烧，使柴油的化学能转化为机械能的一种机械装置。目前我国的大部分运输汽车和工程机械等均采用柴油机为动力装置。

2.2.1 柴油机的基本术语

为介绍柴油机的工作原理和主要零件的运动情况，首先介绍有关柴油机工作的基本术语。图 2-1 所示为单缸柴油机的工作简图。

① 上止点 活塞距曲轴中心最远时，气缸壁与活塞顶平面所对应的位置。

② 下止点 活塞距曲轴中心最近时，气缸壁与活塞顶平面所对应的位置。

③ 活塞行程（S） 上、下止点间的距离。

④ 曲轴半径（r） 从曲轴主轴颈中心线到连杆轴颈中心线的垂直距离。

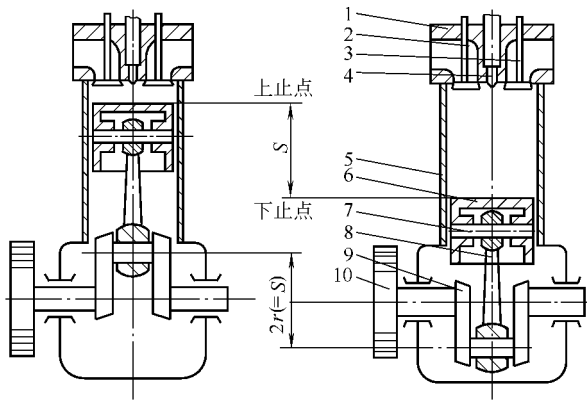


图 2-1 单缸柴油机的工作简图

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

⑤ 气缸工作容积 (V_h) 活塞从上止点到下止点所扫过的气缸容积。

⑥ 排量 (V_{st}) 柴油机所有气缸的工作容积的总和，称为柴油机的工作容积，俗称排量，单位为升 (L)。

⑦ 燃烧室容积 (V_c) 活塞在上止点时，活塞顶上面的空间叫燃烧室，它的容积称为燃烧室容积。

⑧ 气缸总容积 (V_a) 活塞在下止点时，活塞顶上面整个空间的容积。它等于气缸工作容积 V_h 与燃烧室容积 V_c 的总和。

⑨ 压缩比 (ϵ) 气缸总容积与燃烧室容积的比值称为压缩比。计算公式如下

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

压缩比对柴油机的工作性能有很大影响。压缩比越大，在压缩终了时混合气的压力和温度就越高，燃烧速度也越快，因而柴油机的功率也就越大，经济性就越好。由于汽油机在压缩比过大时，会出现爆燃和表面点火等不正常现象，所以汽油机的压缩比要小于柴油机的压缩比，因此柴油机的经济性比汽油机好。

2.2.2 四行程柴油机的工作过程

四行程柴油机的工作过程，由进气、压缩、作功和排气四个行程组成，如图 2-2 所示。

(1) 进气行程

活塞在曲轴 1 带动下由上止点向下止点运动，如图 2-2 (a) 所示。此时进气门 7 开启，排气门 5 关闭。在活塞 3 向下移动过程中，其上方气缸容量逐渐增大，并产生一定的真空度，于是新鲜空气被吸入气缸 4。由于受到空气滤清器等进气系统的阻力影响，进气行程终了时气缸 4 中的气体压力为 $0.08 \sim 0.095 \text{ MPa}$ ，略低于大气压，温度为 $300 \sim 340 \text{ K}$ 。

(2) 压缩行程

活塞 3 由曲轴 1 带动从下止点向上止点运动，如图 2-2 (b) 所示。进气行程完成后，进气门 7 和排气门 5 都严密关闭。在活塞 3 由下止点向上止点运动过程中，气缸 4 内容积逐渐减小，空气被压缩，其压力和温度都升高。由于柴油机采用压燃的点火方式，为使柴油在喷入气缸后能迅速点火燃烧，柴油机的压缩比都较大，压缩行程结束时，气体温度为

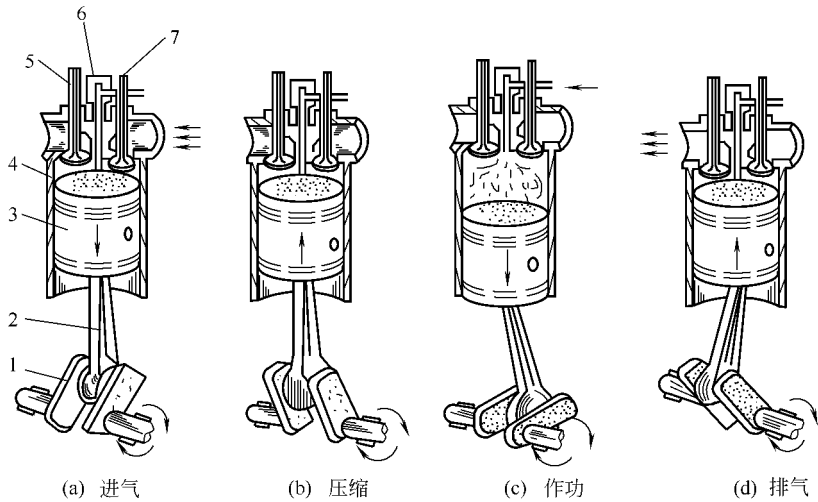


图 2-2 四行程柴油机的工作过程

1—曲轴；2—连杆；3—活塞；4—气缸；5—排气门；6—喷油嘴；7—进气门

750~950K，压力为 3~5MPa。为使柴油能及时燃烧，在压缩行程结束前约 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 曲轴转角，喷油器将高压柴油喷入气缸 4。从喷油开始至上止点的曲轴转角称为喷油提前角。

(3) 作功行程

活塞 3 由上止点向下止点运动，如图 2-2 (c) 所示。此时，进气门 7 和排气门 5 仍关闭，混合气在高温、高压下自行点火燃烧，并产生大量热能，使气缸 4 中的温度和压力急剧升高，气体迅速膨胀，高温、高压气体推动活塞 3 向下止点运动，通过连杆 2 带动曲轴旋转，从而实现了将燃料的化学能转变为热能，并最终转化为机械能。

作功行程中气缸内的温度最高可达 1800~2200K，最高压力可达 6~9MPa。随着作功过程的进行，气缸内的温度和压力逐渐下降，至排气门 5 开启时，气缸内气体的温度降至 1000~1200K，压力为 0.5MPa。

(4) 排气行程

活塞 3 由下止点移动至上止点，如图 2-2 (d) 所示。在排气过程中，进气门 7 关闭，排气门 5 开启。由于燃烧后的废气压力仍高于外界的大气压，在气体压差和活塞上行的排挤下，废气被迅速排出气缸。为了减少排气阻力和残余的废气量，一般排气门 5 在下止点前 $30^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 曲轴转角时开启，至上止点 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 曲轴转角时关闭。排气终了时气缸内的废气压力略高于大气压，约为 0.105~0.12MPa，温度为 700~900K。

在排气行程结束后，曲轴 1 依靠飞轮的惯性继续旋转，使上述四个行程周而复始地进行。由以上四行程柴油机的工作循环，可说明如下。

a. 四个行程中只有作功行程产生动力，是主要行程。其余三个行程均要消耗能量，是辅助行程，但同时又是不可缺少的。

b. 每个循环曲轴旋转两周 (720°)，每一行程曲轴旋转半周 (180°)，进气行程是进气门开启，排气行程是排气门开启，其余两个行程中进、排气门都关闭。

c. 柴油机启动时，需要外力使曲轴转动，以完成进气、压缩行程，当作功行程完成后，曲轴和飞轮利用储存的能量，使柴油机工作循环继续下去。

2.2.3 四行程增压柴油机简介

四行程增压柴油机是在四行程柴油机的进气系统中，采用进气增压机构的柴油机。采用