

道路和桥梁施工机械基础

毛祥洋 编著

上海科学技术出版社

前 言

公路和桥梁工程施工机械化是指:在整个工程项目的施工过程中,按照施工工艺流程,把各个工艺使用的机械设备和机具综合配套、顺序衔接,合理地组织施工,以谋求工程进度最快、质量最好、机械性能和作用发挥最佳,使经济效益和社会效益均取得最高的项目效果。

实现施工机械化,除了配备必要的机械外,更重要的是人的技术水平和管理水平。工程质量的好坏,不仅反映技术装备水平的高低,同时也反映施工人员的素质。以前我们的技术队伍中管理干部和操作人员,搞工程的不懂机械,搞机械的不懂工程,这些都给施工机械化带来困难,甚至影响到工程进展和施工质量,这种状况需要扭转,所以在进行机械化施工时必须及早抓好施工管理人员、技术人员及操作人员的培训工作,使机械化施工的设计者,施工者和任务的执行者——操作人员,能科学地配合。土木工程的设计,施工技术人员必须懂得各种施工机械的用途、性能、工作原理和一般构造等知识;搞机械的设计、制造和操作人员必须懂得土木工程的基本知识;使施工机械作业按质、按量、按期完成。只有这样才能真正建成一支装备好、技术管理水平高的施工机械化队伍。

本书是一本筑路机械与施工机械化的基础读本,是以公路土木工程技术人员为对象,以机械基本知识为基础,以科学组织机械化施工为目的的著作。目的是使公路土木技术人员学习后能较全面地了解 and 掌握国内外常用的施工机械的用途、技术性能,能在不同的工程项目、施工对象和施工条件下,合理选用施工机械的机种、机型和组织最经济合理的机械配套进行施工。最终使读者对公路和土木工程施工机械化组织和施工全过程有一个概念。

为使土木工程技术人员在尽可能短的时间内掌握施工机械在机械化施工中的组织运用知识。以理论结合实际方法,论述施工机械技术应用,本书在每介绍一种机种前,都首先扼要地论述它的用途、分类及使用范围,然后阐明其结构、工作原理和组织机械化施工的作业方法。

市政建设工程和公路建设工程,无论在工程项目上或施工使用的机械有很多共同之处。为了普及和提高广大市政建设工人知识面,本书在编著时还参考了建设部制订的《市政建设工人中级技术理论教学计划 and 教学大纲》(1985年11月北京测绘出版社出版)有关“施工机械”部分的教学目的和要求,恰如其分地提高和补充了其中有关市政建设中专用的施工机械和机械化施工的内容。因此,本书不仅适用于公路施工的土木工程技术人员的参考,也适用于市政工程施工的土木工程技术人员的参考;不仅可作为交通系统大中专专业学校“公路专业”教学参考用书;也可用作市政工程,道路桥梁和地下管道等专业的中、高级道路工和机械操作工以及其他系统施工单位、同工种技术人员和工人的培训教材和参考读本。

编者由于搜集资料局限和时代的局限,本书内容必然还有不足之处,欢迎同行、学者以及采用本书作教学材料的师生予以指正。

内 容 提 要

本书共分七章,分别论述了机械基础、土方工程、石方工程、路面破碎、路面铺筑、道路维修、路基路面压实、桥梁、管道等工程使用的施工机械和机械化施工作业方法。为加强土建作业人员对施工机械的使用、维护保养重要性的认识,本书第七章还专门论述了施工机械在使用时的维护保养和管理常识。

本书内容深入浅出,图文对照,适合土木工程有关技术人员阅读,也可作为大、中专院校教材和参考读本。

道路和桥梁施工机械基础

毛祥洋 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18.25 字数 433,000

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

印数 1—2,000

ISBN 7-5323-3203-9/U·58

定价: 9.50元

(沪)新登字 108 号

目 录

第一章 施工机械基础知识

第一节 概述..... 1	三、啮合传动..... 17
一、施工机械的作用和分类..... 1	四、轴、轴承和联轴器..... 20
二、施工机械的选型和配组..... 1	第四节 施工机械的行走系..... 29
三、施工机械的总体构造..... 5	一、施工机械行走系的组成和作用..... 29
第二节 施工机械的动力装置..... 5	二、轮胎式行走装置..... 29
一、动力装置的种类及其应用范围..... 5	三、履带式行走装置..... 32
二、内燃机..... 6	第五节 施工机械的控制机构..... 34
三、空气压缩机..... 11	一、控制机构的类型和特点..... 34
第三节 施工机械的传动机构..... 13	二、机械式操纵机构的类型和应用..... 35
一、传动理论及其作用和分类..... 13	三、液压式操纵机构的类型和应用..... 36
二、摩擦传动..... 14	四、气压式操纵机构的类型和应用..... 39

第二章 土方工程机械化施工机械

第一节 施工准备和土方工程机械选型..... 42	三、铲运机的使用..... 68
一、土方工程使用的机械类型及其组合..... 42	第四节 挖掘机..... 72
二、土方工程机械施工方案的确定和选型..... 42	一、挖掘机的用途、类型和选用..... 72
第二节 推土机..... 46	二、挖掘机的一般构造..... 74
一、推土机的用途和分类..... 46	三、单斗装载机..... 81
二、推土机的一般构造..... 48	四、单斗挖掘机和装载机的使用..... 84
三、推土机的使用和技术性能..... 54	第五节 平地机..... 93
第三节 铲运机..... 60	一、平地机的用途、使用范围和分类..... 93
一、铲运机的用途类型和选用..... 60	二、自行式平地机的一般构造和工作原理..... 94
二、铲运机的一般构造..... 63	三、平地机的使用..... 98

第三章 石方工程和路面破碎机械化施工机械

第一节 概述..... 103	第三节 凿岩机..... 110
一、岩石的爆破和裂土技术..... 103	一、凿岩工程..... 110
二、石料的开采、利用和加工机械..... 103	二、风动凿岩机的工作原理和构造..... 114
第二节 裂土器与气动冲击破碎器..... 105	三、内燃凿岩机..... 119
一、裂土器..... 105	四、电动凿岩机..... 121
二、气动冲击破碎器..... 107	

第四章 路面铺筑和维修机械化施工机械

第一节 概述..... 126	一、路面施工机械的选择和要求..... 126
-----------------	-------------------------

二、路面的铺筑和维修的机械.....	126	第五节 沥青混凝土拌和机械与设备.....	142
第二节 路拌机械.....	127	一、沥青混凝土拌和机械的用途和分类...	142
一、路拌机械的用途和分类.....	127	二、沥青混合料拌和设备的组成和工作原理.....	145
二、路拌机械的构造.....	127	第六节 沥青混凝土摊铺机和维修机械.....	151
第三节 石料摊铺机械.....	131	一、沥青混凝土摊铺机.....	151
一、石料摊铺机械的用途和分类.....	131	二、沥青混凝土路面维修机械.....	159
二、石料摊铺机械的构造和工作原理.....	131	第七节 水泥混凝土拌和与铺筑机械.....	168
三、石屑撒布机的构造和工作原理.....	133	一、混凝土拌和机械和设备.....	168
第四节 有机结合料洒布机械与设备.....	137	二、水泥混凝土路面的铺筑机械.....	176
一、有机结合料洒布机械与设备的用途和分类.....	137	三、滑模式水泥混凝土摊铺机铺筑加筋混凝土路面机械化施工.....	180
二、自行式有机结合料洒布机的构造.....	138		

第五章 路基路面压实机械化施工

第一节 拖式压路滚.....	182	一、振动压路机的作用 and 分类.....	205
一、拖式压路滚的分类和使用范围.....	182	二、振动压路机的构造和特点的综述.....	210
二、拖式压路滚的构造.....	183	三、振动式压路机的主要型号和技术性能.....	213
三、轮胎式压路滚.....	186	第四节 夯实机械.....	214
四、拖式压路滚技术性能的选用.....	193	一、夯实机械的用途和分类.....	214
第二节 静力式光面压路机.....	195	二、夯实机械的构造和工作原理.....	214
一、光面压路机的用途和分类.....	195	第五节 压实机械的使用.....	219
二、光面压路机的构造和工作原理.....	196	一、路基土壤的压实.....	219
三、光面压路机主要型式的基本参数和技术性能的选用.....	202	二、路面的压实和压实机械生产率计算...	222
第三节 振动压路机.....	205		

第六章 桥梁和地下管道施工机械化

第一节 概述.....	227	四、自行式回转起重机.....	256
一、桥梁施工作业的内容和使用的机械...	227	五、吊管机.....	259
二、地下管道施工作业和使用的机械.....	228	第四节 排水机械.....	262
第二节 打桩机械.....	228	一、水泵.....	262
一、打桩机械的用途、分类和选择.....	228	二、水射泵井点系统设备.....	265
二、柴油打桩机.....	230	第五节 路面与地下管道工程综合机械化施工.....	269
三、振动沉拔桩机.....	239	一、道路路面破碎施工机械化的综合使用.....	269
第三节 起重零件和起重机具.....	247	二、地下管道开槽埋管机械化施工程序和机械选型.....	270
一、概述.....	247		
二、起重零件.....	247		
三、简单起重设备.....	251		

第七章 施工机械使用和技术管理的基本常识

第一节 评定施工机械技术状况的主要指标...	274	变化.....	274
一、概述.....	274	第二节 施工机械在使用过程中技术状况变化的原因.....	275
二、施工机械动力性能在使用过程中的			

一、零件的自然磨损与损坏.....	275	二、机械的技术维护.....	280
二、外界条件对机械使用寿命的影响.....	277	第四节 施工机械的合理使用和技术管理.....	281
第三节 施工机械的维护.....	280	一、机械设备的合理使用.....	281
一、机械技术维护的目的和重要性.....	280	二、施工机械的技术管理.....	283
附录 本书所用国际制单位和工程单位的对照表.....	284		

第一章 施工机械基础知识

第一节 概 述

一、施工机械的作用和分类

工程机械就其土建范围来说是用来完成公路桥涵的建筑、隧道修建和道路养护工程等作业的一种技术设备,是施工过程中必不可少的物质基础,是实现基本建设机械化的重要生产工具。这类机械也可以使用于铁路、水利、城建工程以及其他项土建工程中。

工程机械的大量使用,可以提高机械化施工程度、加快工程进度、保证工程质量、缩短工期和减轻工人劳动强度,从而节约了劳动力、提高了劳动生产率、降低了工程造价,对加速基本建设、发展国民经济起着十分重要的作用。

工程机械由于服务对象,施工要求各异,因此土木工程中使用的机械种类繁多,型号复杂,名称也不一致。

按我国机械制造业通常的分类,工程机械主要包括挖掘机械、铲土运输机械(推土机、铲运机、平地机等)、路面机械、压实机械、工程起重机械、桩工机械、钢筋混凝土机械及风动工具等八大类。

为了保证建筑、道路和桥梁施工过程的机械化,根据工程种类,工程机械应包括:

- ① 施工准备机械和设备;
- ② 土方机械;
- ③ 石料开采和加工的机械和设备;
- ④ 路基路面和场地建筑、压实和摊铺机械;
- ⑤ 桥涵建筑机械和混凝土预制加工机械与设备;
- ⑥ 起重运输和装卸机械;
- ⑦ 道路场地修理和养护机械。

对工程机械的称呼,由于服务对象名称不一致,称呼也各不同。

前苏联称建筑—筑路机械,把市政工程机械(下水道清扫车、清道车等)、土方工程准备工作机械、石料加工机械、水泥制品与钢筋混凝土结构工艺设备和机械化工具等都包括在内。

日本称建设机械,把挖泥船、自卸汽车、空气压缩机、岩石隧道掘进等都包括在内。

美国称建筑机械,把碎石机、空气压缩机、自卸汽车等都包括在内。

我国把公路交通、建筑、水利等部门使用机械,分别称为:筑路机械、建筑机械、水利工程机械等,称呼很不统一。本书为了统一土建工程施工使用机械的称呼,把筑路、桥涵、建筑、市政工程等机械统一称为施工机械。

二、施工机械的选型和配组

作为生产工具的施工机械,它的购价都很贵,因此使用费用很大(以土方工程为例,设备费约占工程费的 30%~40%)。倘遇工作环境(地形、土壤、质量)复杂,工地施工条件(作业

内容、路面场地情况)艰巨时,工程的机械设备费用将更高,为了使施工机械在施工过程中发挥其最大的经济效益,顺利地完成任务,必须选择最适合施工条件的机种。这种选型工作在设计阶段应该考虑周详。

在选定所需机种、数量、工程量等条件后,还须正确估算其成本,然后用优选法选出最优的机械配组。这才是施工机械选型和配组的目的。

(一)施工机械的选型

1. 一般性机械的选定

合理的选定机种,必须与施工条件、施工方法和技术经济效益联系起来,通过全面分析比较,才能选出理想的机种。一般性机械选定的考虑要点是:

- ① 能适应工地的土质、地形;
- ② 能满足工程质量要求;
- ③ 在保证质量的前提下,不影响和损坏附近建成的建筑物;
- ④ 能高效率地完成需要的工作量;
- ⑤ 机械运转费少而施工单价低;
- ⑥ 容易进行运转、维修,可靠性又高的;
- ⑦ 可以自动化和省力的;
- ⑧ 安全而又不会污染环境的;
- ⑨ 易于筹办、便于转移的。

2. 特殊性机械的选定

根据施工的需要,必须引进特殊机械时,除了上述要点外,还要考虑以下几点:

- ① 有无可代替的其他施工方法;
- ② 引进特殊机械后是否具备经营管理的能力并能充分发挥特殊机械的效能;
- ③ 能否成为今后新施工方法的典型。

3. 按作业内容选定机械

由于各种工程施工各有特点、项目较多、作业内容繁琐、机种类型复杂,在此仅以现代国内外广泛应用在道桥上的施工机械,按作业内容、使用机械和应用范围如表 1-1 所示,以供选定机种参考之用。至于对各种施工对象,在各种不同工作环境和条件下,如何选择机种,将分别在以后各章节中分别加以介绍。

(二)施工机械的配组

根据机械选型要点,选出与其相适应的机种和数量后,还需要研究施工技术、施工组织,合理地进行配组。

配组的方法,首先在已选定的施工机械中,正确确定机组的主体机械,然后配备所需的辅助机械,使之成龙配套,形成单项工程机械化。这样可以提高机械化施工水平,逐步向全工程实行流水作业法的综合机械化发展。

为了使组合的每台机械,都能在施工中发挥最大效率,机械选型配套应符合下列要求:

- ① 在规定施工期内,机械应完成的工作量;
- ② 要充分利用主机的生产能力;
- ③ 主体机械与辅助机械以及运输工具之间各机械的工作能力要保持平衡,还要使机组得到合理的配合和使用;

表 1-1 作业内容和使用机械设备表

作 业 内 容		使用机械	摘 要
清理草木	铲除杂草	机动平地机、小型推土机	铲除矮草、杂草及表土
	除掉灌木丛、树木、漂石	推土机、凿岩机、空气压缩机	根据树木的种类和直径,除了推土机板之外,还可使用耙齿推土机、伐木机、剪切刀,以便提高效率
挖方	软土开挖	机动平地机、推土机、牵引式铲运机、机动铲运机	修补道路、整地,短距离挖土搬运,中长距离挖土搬运
	硬土的开挖	中、大型推土机带液压松土器	适用于风化岩、软岩、漂石、混合土质的挖土
		凿岩机、空气压缩机	松土器不能挖掘时,利用炸药来爆破
挖土装	一般性挖土装载	推土机	推土机适用于 100m 以内的运距,在堆土场等地作为挖掘机的装载辅助机械来进行挖掘作业时,以中大型推土机为宜
		装载机、轮式装载机、挖掘机	对于挖掘能力不大而较松的土质,可使用轮式装载机;挖掘能力要求较大,或土场荒芜时,挖掘机、装载机较能发挥效率
		牵引式铲运机、机动式铲运机	铲运机是根据运距、地形、土质来选用的,松软土质或坡度大的,一般都使用牵引式铲运机,运距较长而现场条件好的时候,则使用机动铲运机
		长臂多斗轮式挖掘机、挖掘机	适用于土方量大的挖掘、装载。 挖掘机工作半径大,并能旋转360°,可在比地面高或低的地方进行工作,其工作范围很广
		抓斗式挖掘机、拉铲挖掘机	抓斗式挖掘机适用于深洞的挖掘; 拉铲挖掘机适用于在河川等低而广的地方进行挖掘
	构筑物基础的挖掘	推土机、装载机	大的基础时,进行挖掘装载
		挖掘机、拉铲挖掘机、抓斗式挖掘机	较小的基础挖掘时,在地下位置进行挖掘、装载、移运、去土角
	下水道及沟槽的开挖	机动平地机、推土机、抓斗式挖掘机(多能式)、挖掘机、挖沟机	适用于便道侧沟开挖; 适用于工程现场的简易排水路的开挖; 适用于上下水道、煤气管道等的埋设沟的开挖,挖掘精度要求较高
运 输	道路上的运输	推土机、牵引式铲运机、机动铲运机、翻斗车	推土机适用于100m以内运距,500m内下中距离时使用牵引式铲运机,再长的距离则使用机动铲运机,或翻斗车
		湿地用推土机、履带式翻斗车	土质松软,但其规模不大,无需改良路面时使用湿地推土机或履带式翻斗车
		轮式装载机	搬运岩石等,不能使用铲运机时可以使用轮式装载机,运距在 50~150m 为好
	用皮带或链条输送机进行运输	皮带输送机、斗式提升机	皮带式输送机适用于水平方向的运输,而斗式提升机则适用于垂直方向的运输
	用管道进行运输	管道	填筑工程等需搬运大量土壤时,将土与水混合在一起,用管道压送
	用钢丝绳进行运输	架空索道	适用于混凝土坝混凝土的搬运或山地使用

(续表)

作 业 内 容		使用机械	摘 要
运 输	用水路进行运输	运土船	大规模的填筑工程或用船输送时较省的靠海地区
铺 土	一般性铺平工作	推土机、铲运机、湿地推土机、机动平地机	在一般的铺平工作中,用推土机或铲运机。用翻斗车运土时,则用推土机、湿地推土机或机动平地机来铺土
	大面积或高精度铺平工作	机动平地机(带自动水准仪)、湿地推土机(带自动水准仪)	农地建设、水路填土整地、道路填土整地等
	铺砌材料等铺平	碎石撒布机、沥青路面修整机(摊铺机)	铺砌材料(基层材料沥青)的铺平等、铺土厚度受到更严格限制时,使用碎石撒布机、沥青路面修整机、旧路面修平的路面铣刨机
夯 实	道路的填土、江河的底堤填筑堤坝等夯实	土壤压实机、轮胎式压路机、捣实压路机、振动压路机、压路机	使用于大面积较厚的填土层的夯实,振动压路机在砂质成分多的地方使用效果特大,捣实压路机适用于粘土成分多的地方
	填土坡面的夯实	夯具、捣棒、牵引式振动压路机、带有坡面压实附件的挖掘机	沿着坡面进行夯实时使用。规模小的时候使用夯具或捣棒等,规模大的时候用牵引式振动压路机
	桥座、涵洞埋填侧沟等基础的夯实	夯具、捣棒	在面积受到限制的地方用来压实
	沥青路表层的压实	压路机、轮胎压路机、振动压路机	大规模铺路工程,首先用轮胎式压路机来进行初压实,然后用压路机来进行压实;最后用压路机进行碾压。简易铺路等小规模作业时,只用振动压路机来进行碾压

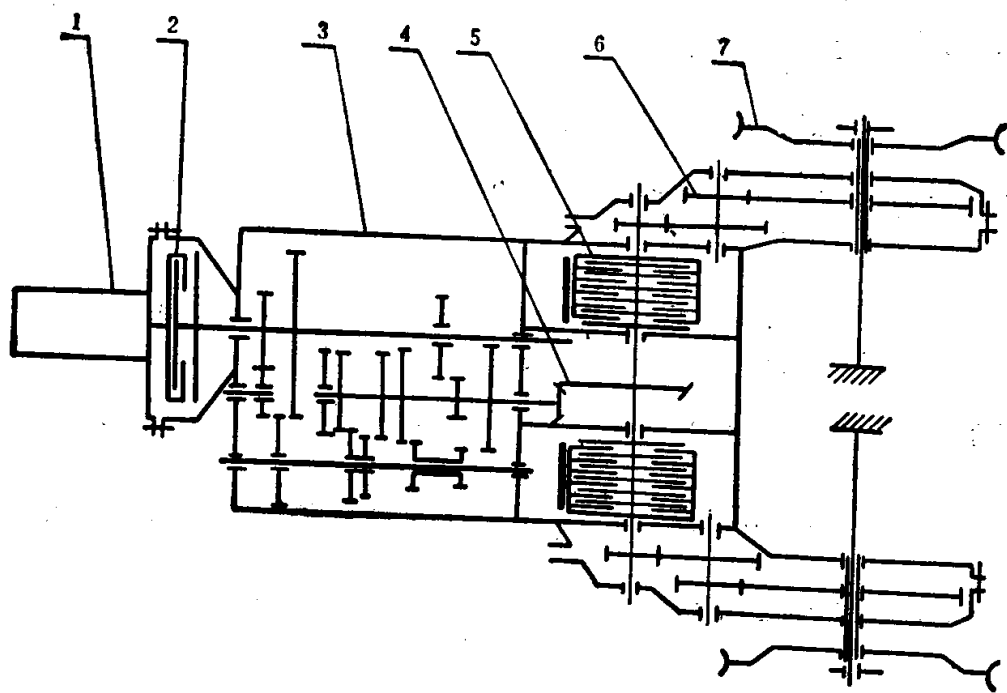


图 1-1 履带式拖拉机总体传动图

1—发动机; 2—离合器; 3—变速器; 4—主传动器; 5—转向装置; 6—履带驱动轮; 7—驱动轮

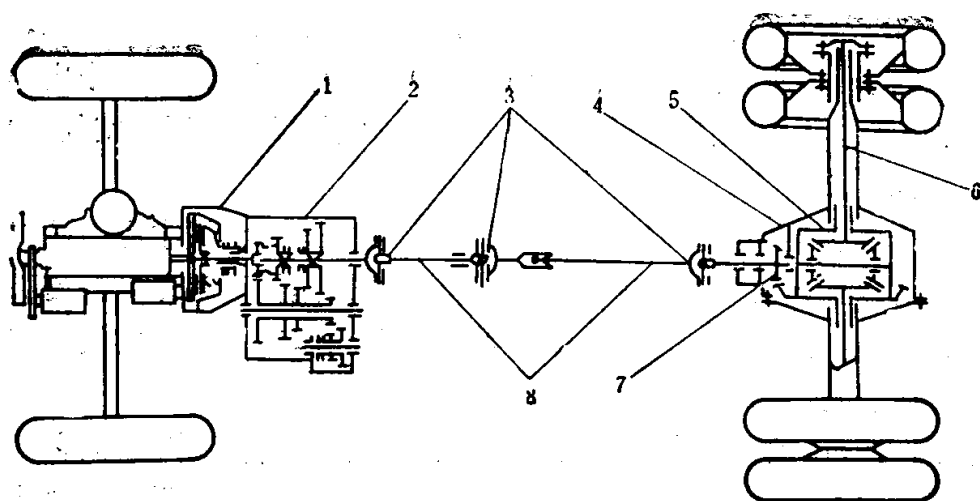


图 1-2 汽车的总体传动图

1—发动机离合器；2—变速箱；3—万向节；4—驱动桥；5—差速器；
6—半轴；7—主传动器；8—传动轴

④ 全套机械设备最低经营费用要比较和核算。

三、施工机械的总体构造

施工机械的总体构造，是由一个主机装上各种可换特殊作业的装置而组成。主机是一个独立工作的原动机，如动力机、拖拉机、汽车等。

以拖拉机为主机，直接或间接的驱动，装上铲土刀架和刀片就组成了推土机；装上铲土斗就成为铲运机；装上吊杆、挖斗铲土柄等就组成了起重机和各式的挖土机。同样利用动力机（内燃机、电动机）、汽车等也可以设计成适应各种施工作业要求的、多类型的施工机械。

施工机械主机的构造，主要由动力装置（发动机等）、传动机构（离合器、变速器、传动器等）、操纵装置、制动装置（转向、控制机构）以及行驶传动机构（驱动车轮、履带等）等总成和部件组成，如图 1-1 所示为拖拉机，图 1-2 为汽车。

第二节 施工机械的动力装置

一、动力装置的种类及其应用范围

动力装置是驱动各类施工机械进行工作的原动机，有直接驱动的，有间接驱动的。目前在施工机械上所采用的动力装置有：蒸汽机、内燃机、电动机和空气压缩机等。

施工机械上所用的蒸汽机实际上是由蒸汽锅炉和活塞式蒸汽机两部分组成。由于它所用的热介质（水蒸气）是由燃料在机器的外部燃烧后所得，所以也可称为外燃机。

蒸汽机的构造比较简单，工作可靠，耐久性好，又可利用廉价的燃料，所以在早期生产的一些施工机械中，例如压路机、挖掘机、起重机等都采用过。但由于它必须配备蒸汽锅炉，使得整套设备变得复杂、笨重，而且耗于锅炉生火等辅助时间和人力都较大，费时费工，总效率低，所以自内燃机大量生产以来，施工机械中的蒸汽动力装置，大多已被内燃机所取代。

内燃机也是一种将热能转变为机械能的热力发动机，不过内燃机所需的热能是利用液体燃料（汽油和柴油）或气体燃料（煤气）在机器内部直接燃烧所得。这样，它既轻便，发动又容易，而且效率高。所以，目前在无电源供应的工程中大多采用内燃机作为施工机械的原动

机。它既可直接驱动各种机械与设备,又可拖动其他机械,制造另外的能源,再由此能源去直接驱动机械与设备。例如,内燃机可拖动发电机发电,然后再通过各个电动机去分别驱动机械的各个机构;又如,用内燃机拖动空气压缩机或油泵,以制备压缩空气或高压油,去驱动各种气动机具或油压设备。

电动机是将电能转换成机械能的电力发动机,它在施工机械中应用甚广。由于它比较经济,又小而轻,所以凡是有电源地方的固定式设备或移速慢而移距短的施工机械常用电动机作为原动机。它也与内燃机一样,既可作为直接驱动者,又可驱动空气压缩机来制备压缩空气,以驱动各类气动机具。

如上所介绍,空气压缩机是由内燃机或电动机驱动而进行工作的,但它所制备的压缩空气则又是直接驱动各类气动机具的能源,所以我们把它也列作施工机械的动力装置之一。

二、内燃机

燃料的燃烧是在发动机气缸内部进行的叫做内燃机。用汽油做燃料的内燃机叫做汽油机,用柴油做燃料的内燃机叫做柴油机。内燃机习惯上也称发动机。

(一)发动机的基本结构

发动机是由下列几个部分组成(图1-3)。

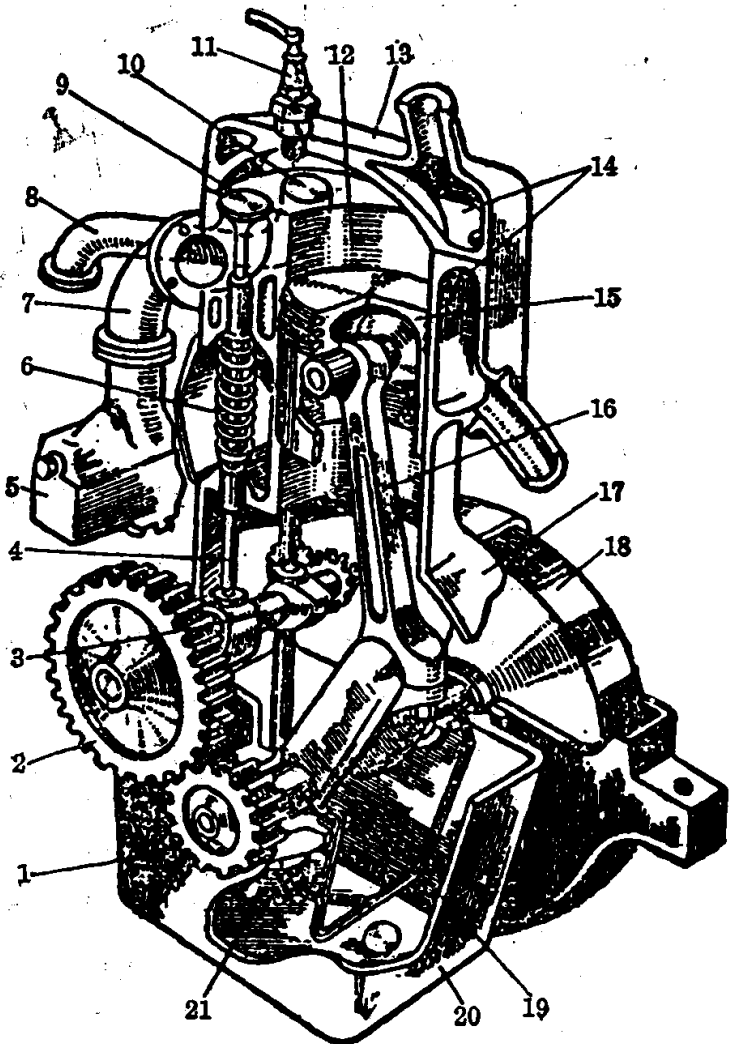


图 1-3 单缸四冲程汽油发动机的构造

- 1—曲轴齿轮; 2—正时齿轮; 3—凸轮轴; 4—推杆; 5—化油器; 6—弹簧; 7—进气管;
8—排气管; 9—进气门; 10—排气门; 11—火花塞; 12—气缸; 13—气缸盖; 14—水套;
15—活塞; 16—连杆; 17—气缸体; 18—飞轮; 19—曲轴; 20—油底壳; 21—润滑油泵

- (1) 曲轴—连杆机构 包括气缸、活塞、连杆、曲轴、飞轮等部件。
- (2) 配气机构 包括进气门、排气门、凸轮轴及正时齿轮。
- (3) 润滑系统 由油底壳20、润滑油泵 21 及输油管等主要部分组成。
- (4) 冷却系统 由水泵、风扇、散热器和水套等组成。
- (5) 燃料供给系统：包括燃油箱、燃油滤清器、化油器(汽油机)、燃料喷射装置(柴油机)、空气供给装置和调速器等部分。
- (6) 点火系统 由蓄电池及发电机(磁电机)、断电—配电器、点火线圈和火花塞等组成(柴油机则以高压油泵的调速装置和喷油嘴等组成)。

名词解释如图 1-4 所示。

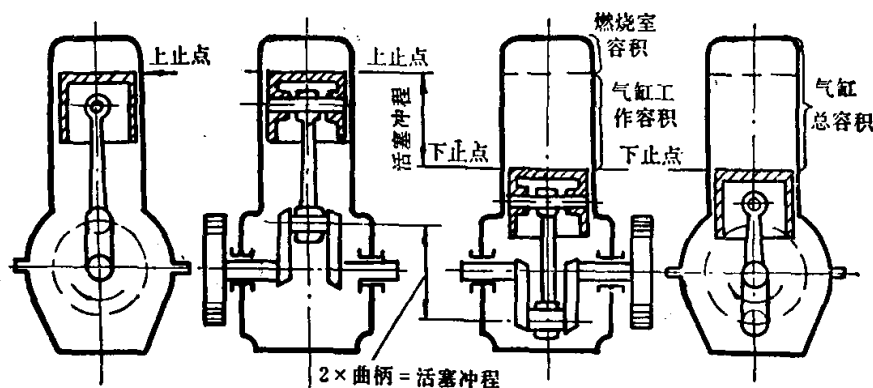


图 1-4 名词解释示意图

- (1) 上止点(或上死点) 活塞移动到距离曲轴中心最远的位置。
- (2) 下止点(或下死点) 活塞移动到距离曲轴中心最近的位置。
- (3) 活塞冲程 上、下止点间的距离。每当曲轴回转半周(180°)相当于活塞走完一个冲程。

(4) 燃烧室容积(压缩室容积) 当活塞在上止点时,活塞顶上部的容积。

(5) 气缸总容积 当活塞在下止点时,活塞顶上部的容积。

(6) 气缸工作容积 上、下止点间容积。发动机的排量为所有气缸的工作容积之和。

(7) 压缩比 气缸总容积与燃烧室容积之比值。

(二) 发动机的工作循环

1. 四冲程发动机的工作循环

(1) 进气冲程 进气门开启,排气门关闭(图1-5(a)),活塞向下运动把空气(指柴油机)或可燃混合气(指汽油机),经进气门吸入气缸。在活塞到达下止点时,进气门关闭,进气冲程结束。

(2) 压缩冲程 进、排气门都关闭(图1-5(b)),活塞向上运动,将空气压缩,因而温度上升。汽油机则是混合气被压缩,并在靠近上止点时被电火花点燃。

(3) 作功冲程 在压缩冲程终了时,燃油在高压油泵的作用下,经喷油嘴喷入气缸,燃油点火,气缸中气体温度急剧上升,压力增高,迫使活塞向下运动(图1-5(c)),并经连杆使曲轴旋转而作功。而汽油机则系混合气燃烧,气体温度急剧上升,在气缸中产生高压。

(4) 排气冲程 排气门开放,进气门关闭,活塞向上运动(图1-5(d)),气缸内燃烧后的废气便经排气门排出。

由上可知,四冲程发动机在每次工作循环中,进、排气门各开闭一次,活塞上行与下行共

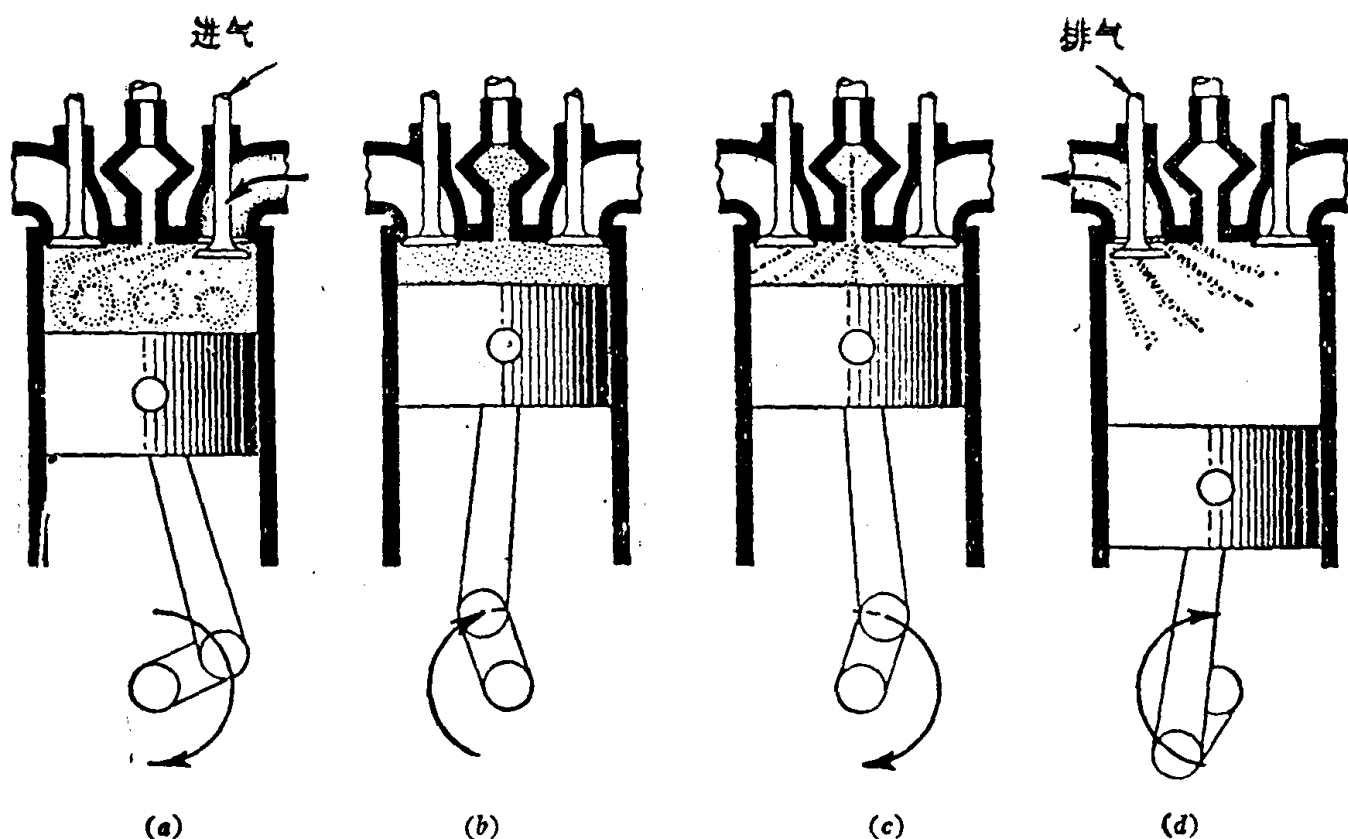


图 1-5 四冲程内燃机的工作简图

(a) 进气冲程; (b) 压缩冲程; (c) 作功冲程; (d) 排气冲程

四次,曲轴旋转两周(720°)。但其中只有一个冲程是作功的,其余三个冲程都是需要消耗功的准备冲程。因而作功冲程时曲轴的转速大于准备冲程中的转速,但发动机不能平稳地工作,所以现代施工机械上多采用多缸发动机,如四冲程四缸发动机,在曲轴旋转两转中,共作功四次,因此使曲轴旋转较均匀。

2. 两冲程发动机的工作循环

两冲程发动机即每当曲轴回转一周,经过两个冲程完成一个工作循环。图 1-6 为曲轴换气的两冲程汽油机的工作简图。

在气缸壁上有进气孔、换气孔和排气孔,且进气孔连通曲轴箱和化油器,换气孔连通曲轴箱和气缸。这种发动机的工作情形如下。

第一冲程: 活塞从下向上运行,当活塞遮盖了排气孔和换气孔后,活塞上方的混合气被压缩。在活塞下方,当活塞下缘让开进气孔时,混合气进入曲轴箱。所以此冲程称“进气压缩冲程”,如图 1-6(a)所示。

第二冲程: 当压缩接近上止点时,可燃混合气被电火花点燃,随后急速燃烧,活塞在气体压力作用下便向下运动(图1-5(b)),并经连杆使曲轴旋转而作功。当活塞遮住进气孔时,曲轴箱内混合气被预先压缩。当让开排气孔时,废气即排出,随之换气孔也被让开,混合气充入气缸,进行了“换气阶段”。这一冲程主要是作功与排气,所以称“作功排气冲程”。

两冲程汽油机的工作冲程比四冲程的多一倍,所以在转数和气缸工作容积相同的情况下,功率为四冲程发动机的 1.5~1.6 倍。但有浪费燃料、充气不足、排气不完全等缺点。

(三)发动机的性能指标和应用理论计算

发动机的性能是用动力性和经济性来表征的。动力性和经济性的好坏,是用动力性指

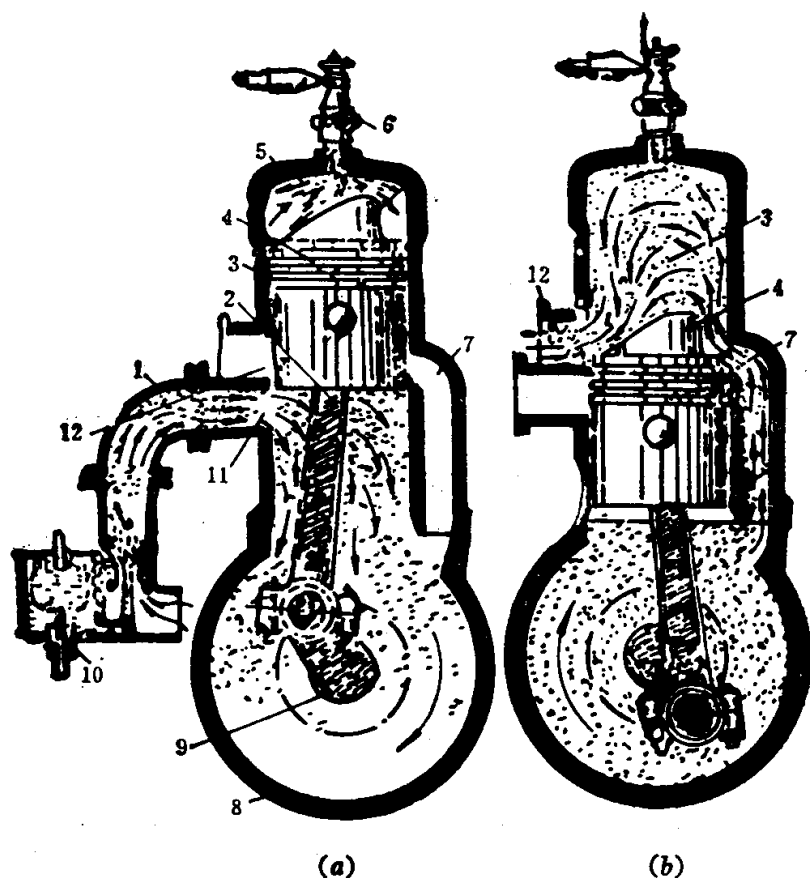


图 1-6 曲轴箱换气的两冲程汽油机的工作循环

1—进气支管；2—连杆；3—气缸；4—活塞；5—燃烧室；6—火花塞；7—换气孔；
8—曲轴箱；9—曲轴；10—化油器；11—进气孔；12—排气孔

标(有效扭矩、有效功率等)和经济性指标(耗油率)来评价的。

发动机曲轴传出的扭矩 M_e 和转速 n 与有效功率 N_e 有着下列关系：

$$N_e = \frac{M_e n}{9549} \quad (\text{kW})$$

式中 M_e ——曲轴扭矩(N·m)。

表示发动机功率有两种不同指标：指示功率(N_i)和有效功率(N_e)。

指示功率(N_i)：靠气缸内的燃气在活塞上传送的功率称为指示功率。发动机指示功率可以利用示功图和下列公式来求得：

$$W_i = P_i V_h \quad (\text{J})$$

式中 W_i ——按照 P_i 的平均指示压力下每一循环气体所作的指示功率(J)；

P_i ——平均指示压力(Pa)；

V_h ——气缸工作容积(m^3)。

具有 i 个气缸的发动机每秒钟所作指示功为：

$$N_i = 2P_i V_h \frac{n}{\tau} i \quad (\text{W})$$

式中 τ ——冲程数，四冲程 $\tau = 4$ ，二冲程 $\tau = 2$ ；

n ——转速($/\text{min}$)。

在实际应用时，一般采用 P_i (Pa)， V_h (L)， n (r/min)， N_i (kW)，代入上式可得：

$$10^3 N_i = 2 \times 10^5 P_i \frac{i V_h}{10^3} \frac{n}{60 \tau}$$

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{300\tau} \quad (\text{kW})$$

对四冲程发动机:

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{1200} \quad (\text{kW})$$

对二冲程发动机:

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{600} \quad (\text{kW})$$

有效功率: 由发动机曲轴输出的功率称为有效功率。发动机指示功率在内部传动机构的传递过程中不可避免地要有一定的损耗。这些损耗大致包括有发动机内部运动件的摩擦损失和驱动附属设备(如配气机构、水泵、机油泵、打气泵、发电机等)的消耗, 以及泵气损失等。上述损耗的总和谓之机械损失功率 N_m 。因此, 最后从发动机功率输出轴上所测得的净功率, 即有效功率 N_e 为:

$$N_e = N_i - N_m$$

机械效率是有效功率与指示功率的比, 以 η_m 表示。

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

机械效率: 决定于发动机的类型、工作条件和保养情况, η_m 值变化一般在 0.70~0.90 范围内。

发动机工作时, 由曲轴输出的扭矩。用测功器可以测量到发动机在某工况下曲轴输出的扭矩 M_e ; 用转速计可测得同一工况下发动机曲轴转速 n 。因此有效功率 N_e 与有效扭矩 M_e 之间, 可得出上列各式所述的关系:

$$N_e = M_e \cdot \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{M_e n}{9549} \quad (\text{kW})$$

$$M_e = \frac{9549 N_e}{n} \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

平均有效压力 $P_e = P_i \eta_m$, 由此可列出 N_e 和 P_e 的关系式:

$$N_e = \frac{P_e V_h n i}{300\tau} \quad (\text{kW})$$

$$P_e = \frac{300\tau N_e}{V_h i n} \quad (\text{Pa})$$

根据 M_e 式和 N_e 的恒等关系

$$N_e = \frac{M_e n}{9549} = \frac{P_e V_h i n}{300\tau} \quad (\text{kW})$$

$$M_e = \frac{31.83 P_e V_h i}{\tau} \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

由此可知, 对于一定气缸 iV_h 的发动机而言, 其平均有效压力 P_e 值反映了发动机输出扭矩 M_e 的大小, 即

$$M_e \propto P_e$$

也就是说, P_e 可以反映出发动机单位气缸工作容积输出扭矩的大小, 由此, P_e 可以用来评价不同排量发动机的动力性。在其他相同的条件下, P_e 值越高, 发动机的动力性越好。

有效燃料耗油率或称比油耗, 是指单位有效功的耗油量。它通常是以每有效千瓦小时

(kW·h)所消耗的燃料质量 g_s 来表示。

$$g_s = \frac{G_b}{N_e} \times 10^3 \text{ (g/kW·h)}$$

式中 G_b ——每小时发动机的耗油量(kg/h)。

有效燃料耗油率 g_s 直接表明不同发动机在燃料消耗方面经济性的好坏，是衡量发动机经济性能的主要指标，可实际测得。

表 1-2 列出几种拖拉机和汽车发动机的主要性能指标与结构参数。

表 1-2 几种拖拉机和汽车发动机主要性能指标与结构参数表

型 号		发动机型式	缸径×行程 (mm)	压 缩 比	M_e (N·m) n (r/min)	N (kW) n (r/min)	g_s [g/ (kW·h)]	气 门 位 置	备 注
拖拉机 或汽车	发动机								
T ₂ -120 (上海-120)	6135K -2	六缸直列四冲 程压燃式	φ135×140			88.3 (1500)	≤136.2	顶置	ω型 燃烧室
红旗- 100	4146B	四缸直列四冲程 压燃式	φ146×204	15.8		73.6 (1050)	≥150.9	顶置	预燃室式 燃烧室
东方红- 75	4125A	同上	φ125×152	16	392.4 (850~1050)	55.2 (1500)	<147.2	顶置	涡流室式 燃烧室
TY180	8V130 -1	V型八缸四冲程 压燃式	φ130×130	16~17	882.9 (1200~1400)	132.5 (1800)	≤128.8	顶置	直接 喷射式
黄河 JN150	6135Q	六缸直列四冲程 压燃式	φ130×140	16.5	686.7 (1200~1300)	117.8 (1800)	121.4	顶置	ω型 燃烧室
黄河 JN151	6120Q -1	同上	φ120×140	17	608.2 (1300~1400)	117.8 (2000)	128.8	顶置	球型 燃烧室
交通 SH361	6135Q -2	同上	φ135×140	16	784.8 (1200~1400)	161.9 (2200)	117.8	顶置	ω型 燃烧室
交通 SH361	6130	同上	φ130×140	17	784.8 (1300~1400)	154.6 (2100)	131	顶置	球型 燃烧室
上海 SH380	12V 135Q	V型十二缸 四冲程压燃式	φ135×140	16.5	1619~1668 (1400~1500)	294.4 (2000)	116.3	顶置	
解放 CA10B	CA10B	六缸直列四 冲程化油器式	φ101.6×114.3	6	304.1 (1100~1200)	69.9 (2800)	187.7	侧置	
解放 CA30A	CA30A	同上	φ101.6×114.3	6.2	≤343.4 (1100~1400)	≤81.0 (2300)	184	侧置	

三、空气压缩机

目前在工程中所采用的空气压缩机（以下简称空压机）根据其工作原理有两大基本类型：往复(活塞)式和旋转式。在旋转式中目前普遍使用的又有滑片式和螺杆式两种。下面