



高等职业教育工程机械类专业规划教材

工程机械概论

徐永杰 主 编

丁成业 闫嘉昕 副主编

王开松[安徽理工大学] 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 简 介

高等职业教育工程机械类专业规划教材

Gongcheng Jixie Gailun

工程机械概论

徐永杰 主 编

丁成业 闫嘉昕 副主编

王开松[安徽理工大学] 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书较全面地阐述了土木工程各领域常用各种工程机械的主要性能、组成、施工技术、施工组织及选用。全书共分七章,分别为绪论、工程机械基础、土石方工程机械及其压实技术、压实机械及其施工技术、路面工程机械及其压实技术、桥梁工程机械及其施工技术、养护机械及其应用。

本书内容简明扼要,图文清晰,注重系统性、实用性,既可作为工程机械类专业、土木工程类专业应用型高校教学用书,也可用于指导公路、铁路、市政、建筑、水电、矿山及国防施工的技术人员进行机械化施工之用,还可以作为土木工程各领域机械化施工人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械概论/徐永杰主编. —北京:人民交通出版社,2013.5

高等职业教育工程机械类专业规划教材

ISBN 978-7-114-10525-8

I. ①工… II. ①徐… III. ①工程机械—高等职业教育—教材 IV. ①TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 065930 号

高等职业教育工程机械类专业规划教材

书 名: 工程机械概论

著 作 者: 徐永杰

责任编辑: 丁润铎

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: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.75

字 数: 352 千

版 次: 2013 年 5 月 第 1 版

印 次: 2013 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10525-8

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

高等职业教育工程机械类专业 规划教材编审委员会

主任委员 张 铁(山东交通学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序)

沈 旭(南京交通职业技术学院)

吕其惠(广东交通职业技术学院)

李文耀(山西交通职业技术学院)

邵 茜(河南交通职业技术学院)

吴幼松(安徽交通职业技术学院)

贾玉斌(内蒙古大学)

委员(按姓氏笔画排序)

丁成业(南京交通职业技术学院)

王 俊(安徽交通职业技术学院)

田兴强(贵州交通职业技术学院)

孙珍娣(新疆交通职业技术学院)

刘 波(辽宁省交通高等专科学校)

吴明华(安徽交通职业技术学院)

吴 哲(辽宁省交通高等专科学校)

李云聪(山西交通职业技术学院)

张炳根(湖南交通职业技术学院)

杨长征(河南交通职业技术学院)

高贵宝(山东现代职业学院)

徐永杰(鲁东大学)

王 健(内蒙古大学)

王德进(新疆交通职业技术学院)

代绍军(云南交通职业技术学院)

闫佐廷(辽宁省交通高等专科学校)

祁贵珍(内蒙古大学)

杜艳霞(河南交通职业技术学院)

陈华卫(四川交通职业技术学院)

李光林(山东交通职业技术学院)

杨 川(成都铁路学校)

赵 波(辽宁省交通高等专科学校)

徐化娟(甘肃交通职业技术学院)

罗江红(新疆交通职业技术学院)

特邀编审委员(按姓氏笔画排序)

万汉驰(三一重工股份有限公司)

孔渭翔(徐工集团挖掘机械有限公司)

王彦章(中国龙工挖掘机事业部)

王国超(山东临工工程机械有限公司重机公司)

孔德锋(济南力拓工程机械有限公司)

韦 耿(广西柳工机械股份有限公司挖掘机事业部)

田志成(国家工程机械质量监督检验中心)

冯克敏(成都市新筑路桥机械股份有限公司)

任华杰(徐工集团筑路机械有限公司)

吕 伟(广西玉柴重工有限公司)

刘士杰(中交西安筑路机械有限公司)

张立银(山推工程机械股份有限公司工程机械研究总院)

李世坤(中交西安筑路机械有限公司)

李太杰(西安达刚路面机械股份有限公司)

李旭涛(力士德工程机械股份有限公司)

赵家宏(福建晋工机械有限公司)

姚录廷(青岛科泰重工机械有限公司)

顾少航(中联重科股份有限公司渭南分公司)

谢 耘(山东临工工程机械有限公司)

秘 书 长 丁润铎(人民交通出版社)



总 序

中国高等职业教育在教育部的积极推动下,经过10年的“示范”建设,现已进入“标准化”建设阶段。

2012年,教育部正式颁布了《高等职业学校专业教学标准》,解决了我国高等职业教育教什么,怎么教,教到什么程度的问题。为培养目标和规格、组织实施教学、规范教学管理、加强专业建设、开发教材和学习资源提供了依据。

目前,国内开设工程机械类专业的高等职业学校,大部分是原交通运输行业的院校,现交通职业学院,而且这些院校大都是教育部“示范”建设学校。人民交通出版社审时度势,利用行业优势,集合院校10年示范建设的成果,组织国内近20所开设工程机械类专业高等职业院校专业负责人和骨干教师,于2012年4月在北京举行“示范院校工程机械专业教学教材改革研讨会”。本次会议的主要议题是交流示范院校工程机械专业人才培养工学结合成果、研讨工程机械专业课改教材开发。会议宣布成立教材编审委员会,张铁教授为首届主任委员。会议确定了8种专业平台课程、5种专业核心课程及6种专业拓展课程的主编、副主编。

2012年7月,高等职业教育工程机械类专业教材大纲审定会在山东交通学院顺利召开。各位主编分别就教材编写思路、编写模式、大纲内容、样章内容和课时安排进行了说明。会议确定了14门课程大纲,并就20门课程的编写进度与出版时间进行商定。此外,会议代表商议,教材定稿审稿会将按照专业平台课程、专业核心课程、专业拓展课程择时召开。

本教材的编写,以教育部《高等职业学校专业教学标准》为依据;以培养职业能力为主线;任务驱动、项目引领、问题启智;教、学、做一体化;既突出岗位实际,又不失工程机械技术前沿;同时将国内外一流工程机械的代表产品及工法、绿色节能技术等融入其中。使本套教材更加贴近市场,更加适应“用得上,下得去,干

得好”的高素质技能人材的培养。

本套教材适用于教育部《高等职业学校专业教育标准》中规定的“工程机械控制技术(520109)”、“工程机械运用与维护(520110)”、“公路机械化施工技术(520112)”、“高等级公路维护与管理(520102)”、“道路桥梁工程技术(520108)”等专业。

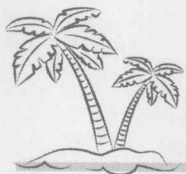
本套教材也可作为工程机械制造企业、工程施工企业、公路桥梁施工及养护企业等职工培训教材。

本套教材也是广大工程机械技术人员难得的技术读本。

本套教材是工程机械类专业广大高等职业示范院校教师、专家智慧和辛勤劳动的结晶。在此向所有参与者表示敬意和感谢。

高等职业教育工程机械类专业规划教材编审委员会

2013.1



前 言

《工程机械概论》既是工程机械类专业的一门专业基础课,又是土木工程类专业的一门重要的专业限定选修课。本课程主要研究土木工程各领域常用的各种工程机械的组成、性能、施工技术、施工组织、施工作业及选用。学生学习了本课程后,可为今后从事公路、铁路、市政、建筑、水电、矿山及国防等工程施工打下坚实的基础。

本教材严格按照教学大纲,采用规定的统一格式,结合近年来我国土木工程各领域机械化施工实践及一系列的理论研究成果,参考国外土建工程施工经验编写。教材充分反映了新规范、新机械、新工艺和科技发展的要求,同时考虑了地域特点,体现了现代工程机械化施工的发展趋势。

根据学生所学知识结构的特性(如缺乏机械原理、材料性能与加工、机械制图与识图等知识)及毕业后从事行业知识的要求,该教材以机械的性能、施工技术、施工组织、施工作业及选用为主,以构造组成为辅;该教材内容简明扼要,清晰易懂,以利提高学生学习的兴趣和可接受性;教材内容注重系统性、实用性,每单元都有明确的教学目标和复习题,便于学生掌握重点、复习巩固与提高。

该教材可作为工程机械类专业、土木工程类专业应用型高校教学通用教材,也可用于指导公路、铁路、市政、建筑、水电、矿山及国防等工程施工的技术人员进行机械化施工之用,还可以作为土木工程各领域机械化施工人员的培训教材。

本教材计划课时48学时,书后附参考教学大纲和教学计划。全书共七章,绪论、第一章工程机械基础、第二章土石方工程机械及其施工技术,由鲁东大学土木工程学院徐永杰编写,第三章压实机械及其压实技术、第六章养护机械及其运用,由内蒙古大学交通学院闫嘉昕编写;第四章路面工程机械及其施工技术、第五章桥梁工程机械及其施工技术由南京交通职业技术学院丁成业编写。全书由鲁东大学土木工程学院徐永杰副教授负责统稿,由安徽理工大学王开松教授担任主审。

由于我国土木工程各领域机械化施工技术发展迅速,新技术、新方法不断涌现,由于编者所处的地域、准备的资料与学术水平的限制,书中缺点与疏漏在所难免,希望同行专家和使用该教材的单位与个人提出宝贵意见(邮箱 xuge18@sina.com),以利适时修订。同时对提出宝贵意见的同行与专家,表示衷心的感谢!

编者

2013年1月



目 录

绪论	1
第一节 工程机械的发展史	1
第二节 公路工程机械的类别和发展趋势	2
第三节 公路工程机械化施工的特点与意义	4
复习思考题	5
第一章 工程机械基础	6
第一节 内燃机	6
第二节 工程机械底盘	18
第三节 工程机械液压与液力传动	26
第四节 工程机械的运行材料	32
第五节 工程机械使用性能	36
复习思考题	37
第二章 土石方工程机械及其施工技术	39
第一节 土石方工程机械的合理选择与组合	39
第二节 推土机及其施工技术	45
第三节 铲运机及其施工技术	51
第四节 装载机及其施工技术	56
第五节 挖掘机及其施工技术	60
第六节 平地机及其施工技术	65
第七节 石方工程机械及路基土石方爆破施工	71
复习思考题	79
第三章 压实机械及其压实技术	81
第一节 概述	81
第二节 各种常用压路机	83
第三节 压实机械的选用	87
第四节 路基压实技术	93
第五节 路面压实技术	96
复习思考题	102
第四章 路面工程机械及其施工技术	103
第一节 稳定材料路面机械及其施工技术	103
第二节 沥青混合料路面机械及其施工技术	110
第三节 水泥混凝土路面机械及其施工技术	130

第四节 路面机械的选配	142
复习思考题	146
第五章 桥梁工程机械及其施工技术	147
第一节 桩工机械及其施工技术	147
第二节 水泥混凝土机械及其施工技术	163
第三节 起重机械与架桥设备	174
复习思考题	187
第六章 养护机械及其应用	189
第一节 清扫车及其应用	189
第二节 洒水车及其应用	191
第三节 排障车及其应用	193
第四节 除雪机械及其应用	194
第五节 划线机械及其应用	196
第六节 路面铣削机械及其应用	198
第七节 沥青路面修补车及其应用	199
第八节 水泥路面维修机械及其应用	201
第九节 沥青路面再生机械及其应用	203
第十节 乳化沥青稀浆封层机及其应用	204
复习思考题	206
参考文献	207

绪 论

重点内容和学习要求

本章重点描述公路工程机械化施工的特点与意义,论述工程机械的发展史、公路工程机械的类别和发展趋势。

通过学习,知道公路工程机械化施工的特点与意义,了解工程机械的发展史、公路工程机械的类别和发展趋势。

工程机械是指用于工程建设的施工机械的总称。工程机械是土木工程、交通运输工程、水利工程、电力工程、矿山工程和国防工程等所需的综合性机械化施工所必需的机械装备。工程机械是现代社会进行生产和服务的五大要素之一(人、资金、能量、材料和机械),广泛用于建筑、水利、电力、道路、矿山、港口和国防等工程领域。

第一节 工程机械的发展史

人类采用起重工具代替体力劳动已有悠久历史。据史料记载,公元前 1600 年左右,我国已使用桔槔和辘轳。前者为一起重杠杆,后者是手摇绞车的雏形。在古埃及和古罗马,起重工具也有较多应用。近代工程机械的发展,始于蒸汽机发明之后,19 世纪初,欧洲出现了蒸汽机驱动的挖掘机、压路机、起重机等。此后,由于内燃机和电机的发明,工程机械得到较快的发展。1842 年,凯斯公司成立;1904 年,卡特彼勒的前身 HOLT 研制了第一台蒸汽动力履带推土机;1919 年,阿特拉斯在德国成立;1921 年 5 月 13 日,小松制作所在东京成立;1925 年,HOLT 公司和 C·L·BEST 推土机公司合并,成立卡特彼勒公司;1950 年,世界上第一台挖掘机在德国的阿特拉斯下线;1957 年 5 月,世界上第一台挖掘装载机在凯斯下线;2004 年 5 月,小松公司推出世界第一台混合动力液压挖掘机;2006 年 4 月,神钢展出最新概念挖掘机——油电混合动力挖掘机。目前,工程机械发展更为迅速。其品种、数量和质量直接影响一个国家生产建设的发展,故各国都给予很大重视。

我国工程机械是随着新中国的建立、成长而发展起来的,大体上可以分为四个阶段:

1949—1960 年为萌芽时期。新中国成立初期,国家百废待兴,工程机械没有列入国家发

展的重点,以使用、修理和配件生产为主,除了少量生产一些简易、小型的工程机械外,可以说我国基本上没有自己的工程机械制造业。

1961—1978 年为形成时期。1961 年,原一机部成立了工程机械专业局,在这一阶段中,一批原来的修理企业开始研发工程机械产品,成为新中国第一批工程机械的骨干企业。工程机械专业局负责全国工程机械的发展和规划工作,从此我国工程机械进入了有计划的发展阶段。在这一时期,工程机械行业一些重要的专业研究所,如原一机部的天津工程机械研究所、原建工部的建筑机械研究所、交通部●交通科学研究院的筑机专业研究室等相继建立,为我国工程机械的发展提供了科学研究和设计开发的基地。同样,也在这一时期,唐山铁道学院、上海同济大学、西安公路学院、北京水电学院等成为第一批设立工程机械专业的高等学校,为新中国培养了第一批工程机械的专业人才。

1979—1997 年为全面发展时期。党的十一届三中全会以来,以经济建设为中心的各项政策相继出台,改革开放极大地促进了我国经济的稳定高速发展。在这种形势之下,国家基本建设投资规模和引进外资力度不断加大,给工程机械行业的发展带来了新的历史性机遇。从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期,徐州工程机械厂、山东推土机总厂、西安筑路机械厂等一大批骨干企业在工程机械行业的各个领域内引进了国外的先进产品和技术,改善了生产条件,建立了规模化的生产体系,在产品的数量、品种、质量方面大大缩短了与国外的差距,使我国的工程机械行业在整体技术水平上踏上了一个新的台阶,奠定了我国工程机械行业向现代化发展的基础。

1998 至今为国际化时期。我国工程机械行业自“十五”计划以来,逐步进入了国际化发展轨道。为了提高整机产品的技术水平和运行可靠性,1998 年以后,核心部件配套方面,鼓励企业在全中国优选采购,提出了要改变以往对整机和零部件进口关税倒挂的政策性建议。外商合资、独资企业规模不断扩大,国内市场国际化,国际跨国公司进入中国兼并和兴办独资企业的势头猛烈。

目前,我国工程机械行业的发展正处在一个重要的转折时期。一方面,国家基础设施的建设在国家扩大内需政策的带动下,大大刺激了国内工程机械市场的发展;另一方面,国外企业的进入、国内企业的扩张,使我国的工程机械行业面临着日益激烈的竞争局面。我国工程机械行业经过数十年的发展已经有了一定的基础和实力,但同时也存在着一些亟待解决的深层次问题,诸如产品技术的雷同;盲目发展、低水平重复导致价格上的恶性竞争;市场竞争缺乏诚信原则;没有同行之间的磋商和引导机制;政策、法律对知识产权的保护力度不够等。解决这些问题的唯一办法就是加强自主创新、技术创新,原创性的技术创新是要付出艰苦劳动和巨大努力的,在新的历史时期,我国的工程机械行业要创立起世界一流水平的中国品牌。

第二节 公路工程机械的类别和发展趋势

公路工程施工范围广泛(包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、排水系统、安全防护、绿化和交通监控等项目),作业条件复杂,使用的机械种类、型号繁多。按照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、压实机械、起重机械、桩工机械、钢筋混凝土机械、路面机械和风动工具八大类。

● 现为交通运输部。全书同。

随着科学技术的发展,为适应各种公路工程建设需要,公路工程机械正向着高速、大功率、高效的方向发展,出现了专用大型化、多能小型化、液压化、组装机、机电液一体化的发展趋势。

1. 专用大型化

专用大型化指发展大功率、大容量、高性能、专门用途的新机种,以适应大型工程的需要。其中,有的采用新型大功率发动机,有的采用多台发动机或多机联合使用,如图 0-2-1 所示。

2. 多能小型化

多能小型化指为适应不同作业对象,而发展起来的功能多、利用率高、机动轻便的小型施工机械。如挖掘机通过更换工作装置,可实现正铲、反铲、拉铲、抓斗、装载、起重、打桩、钻孔等多种作业,如图 0-2-2 所示。

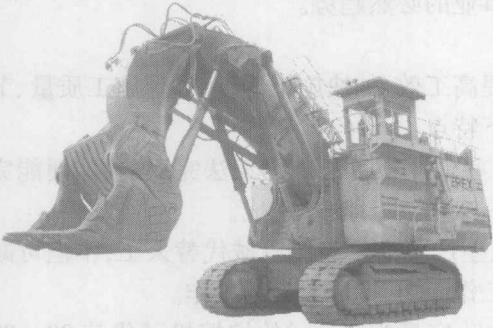


图 0-2-1 专用大型化工程机械

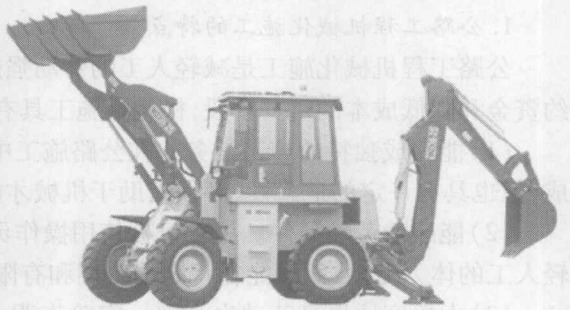


图 0-2-2 多能小型化工程机械

3. 液压化

在各种施工机械上,广泛采用液压与液力传动技术,从而简化了传动机构,减轻了机械质量。同时,使机械工作更为可靠,操作更为轻便,工作效率更高,如图 0-2-3 所示。

4. 组装机

组装机是指将某些具有一定性能的独立组件,在施工现场按作业要求进行组合安装,成为所需工作性能的机械。各组件相互联合,拆装方便,有利于组织专业化、系列化,并扩大了施工范围,如图 0-2-4 所示。



图 0-2-3 液压化在工程机械上的应用

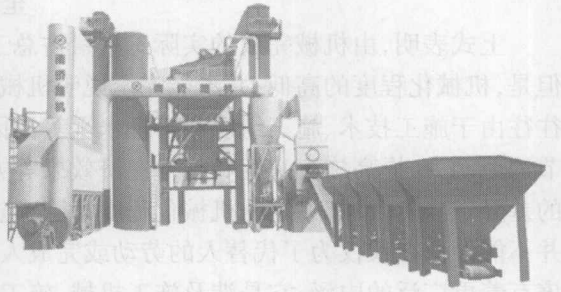


图 0-2-4 组装机

5. 机电液一体化

机电液一体化是将微电子技术、计算机技术、信息技术、机械技术和液压与液力技术相互融合而构成的一门独立交叉的学科。可实现无线电遥控、自动控制、自动安全检测等,是以后工程机械发展的主要趋势。

第三节 公路工程机械化施工的特点与意义

随着我国改革开放的进一步深化,我国现代化建设事业的发展非常迅猛,公路交通事业也有了长足的进步。公路交通以其快捷、方便及高效等特点,在国家“大交通”体系中,占有十分重要的地位。

近几年来,我国加大了公路建设投入的力度,公路等级不断提高,对公路施工机械化程度的要求也越来越高,采用的大型和进口设备日益增多。目前,公路建设的特点是:工程量浩大,工程质量要求高,施工工艺复杂,建设周期短,并且普遍采用招标制。因此,任何一个施工企业,要在确保施工质量的同时获得较好的经济效益,必须以现代化的生产模式进行施工和管理。而机械化施工则是必备的措施,也是公路建设事业的必然趋势。

1. 公路工程机械化施工的特点

公路工程机械化施工是减轻人工的劳动强度、提高工效、加快施工进度、确保施工质量、节约资金和降低成本的重要手段,机械化施工具有以下特点:

(1)能完成独特的施工任务。在公路施工中,有些作业项目是人力无法完成的,即便能完成,但也具有一定的危险性,必须借助于机械才能按一定的设计要求完成。

(2)能改善劳动条件。施工机械使用操作灵活,生产率高。利用机械代替人工,不但可减轻人工的体力劳动,而且能在一定的工期和有限的工作面上,完成大量的工作。

(3)大幅度地提高劳动生产率。实验表明,一台斗容量为 0.5m^3 的挖掘机可代替 80 ~ 90 个人的体力劳动;一台中型推土机相当于 100 ~ 200 人的工作量。由此可见,机械化施工与人力劳动相比,其生产率可提高几十倍,甚至几百倍。

(4)机动灵活。公路施工战线很长,随着工程的进展,施工队伍是经常转移的。相对而言,机械的调转比大批人员的转移方便得多,因此更适宜于流动性大的工程。

2. 公路工程机械化施工的意义

公路工程机械化施工是指通过合理地选用施工机械,科学地组织施工以完成工程作业的全过程,而公路工程机械化施工是以机械化程度来度量的。

$$\text{机械化程度} = \frac{\text{利用机械完成的实际工程量}}{\text{全部工程量}} \times 100\%$$

上式表明,由机械完成的实际工程量占总工程量的比例越大,施工的机械化程度就越高。但是,机械化程度的高低,并不能完全说明机械化施工的优越性。因为,即使机械化程度较高,往往由于施工技术、施工组织和管理水平等原因,其完成的工作量并没有显著提高。因此,在节约劳动力,提高施工进度和技术经济效果等方面,即便机械化程度一定,也可能会出现较大的差异。当然,没有一定的机械化程度,某些施工内容是很难顺利完成的,但推行机械化施工,并不能停留在仅仅为了代替人的劳动或完成人们无法完成的施工作业水平上。机械化施工应该有着更广泛的内涵,它是涉及施工机械、施工技术、施工组织和施工管理等多科学的一门学科。因此,机械化施工必须具备以下主要因素:

(1)要有完善的机械化装备。机械化施工的主体是施工机械,没有一定数量、种类的施工机械,机械化施工就无从谈起。在机械化施工中,要尽量利用机械代替人工,以达到减轻人的体力劳动,改善劳动条件的目的;对人力无法完成或危险的工程、工序使用机械,不但可达到设计的要求,而且有利于克服和减少公害,扩大施工范围。另外,要根据施工对象和施工质量的

要求,尽量选择结构合理、性能优良的大型、先进的机械设备,并进行合理的组合,以确保机械化施工的质量,最终取得良好的经济效益。

(2)要有先进的施工技术。机械化施工选用的机械种类繁多,任何一种施工机械都有一定的使用范围和使用技术要求。在机械化施工过程中,要根据不同的作业项目,选择适宜的机种和机型,运用先进的施工技术,以充分发挥机械的效能,提高施工质量,缩短施工周期,降低施工成本。

(3)要有合理的施工组织。影响公路工程施工的因素很多,既有人为因素,也有自然因素。而且公路施工的战线长、工程量大,运用的机械数量、种类繁多。如果没有周密的计划及合理、科学的组织,必将造成各项分部工程、各道作业工序之间相互矛盾,机械和劳动力调配紊乱,从而导致各种消耗增加,工期迟缓,质量和安全难以保证。因此,机械化施工必须运用先进科学的施工技术,对施工组织进行优化,以最佳的方案组织施工,以便更好地发挥机械化施工的作用,充分体现出其优越性。

(4)要有科学的施工管理。施工机械管理的目的在于,按照机械本身固有的规律和客观的经济规律,使机械经常保持完好的状态,充分发挥机械的性能,提高其生产率和利用率,延长机械的使用寿命,降低施工成本,从而高速、高效地为各项建设服务。

复习思考题

1. 工程机械的发展趋势是什么?
2. 公路工程机械化施工的特点是什么?
3. 公路工程机械化施工的意义和内涵是什么?

第一章

工程机械基础

重点内容和学习要求

本章重点描述内燃机的工作原理,内燃机的主要技术性能指标和外特性,工程机械使用性能;论述内燃机的主要组成,工程机械底盘传动系、行驶系、转向系和制动系的作用、主要组成和原理,液压系统和液力传动系统的组成和主要部件的工作原理,以及工程机械运行材料。

通过学习,懂得内燃机的工作原理及其主要技术性能与指标,懂得工程机械的使用性能;了解内燃机、底盘及液压系统的基本知识。

工程机械由基础车和工作装置两部分组成。工程机械的基础车包括动力装置和底盘两部分。

第一节 内 燃 机

工程机械的动力装置,除一些固定设备或移动距离短、移动速度慢的机械设备采用电动机以外,其余多数采用内燃机(或称发动机)。

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。能量的释放与转化发生在汽缸内部的,称为内燃机。目前,工程机械用内燃机绝大多数采用往复运动活塞式内燃机。本节主要介绍这种类型内燃机。

往复活塞式内燃机有各种不同的分类法。按使用燃料不同分,汽油内燃机(简称汽油机)和柴油内燃机(简称柴油机);按内燃机完成一个工作循环行程数不同分,四冲程内燃机和二冲程内燃机;按燃料点燃方法不同分,点燃式内燃机和压燃式内燃机;按内燃机缸数不同分,单缸内燃机和多缸内燃机;按汽缸排列形式不同分,单排直列型、双排V形和单排对置型等。

一、内燃机的基本术语

图 1-1-1 为单缸四冲程柴油机工作原理示意图。在圆筒形的汽缸 4 内有一可上下移动的活塞 5,连杆 7 的小头通过活塞销 6 与活塞 5 相连,其大头与曲轴 8 连接。活塞的上下往复运动通过连杆转变为曲轴的旋转运动。活塞往复一次,曲轴旋转一圈。

1. 上止点

活塞离曲轴中心最远处,即活塞顶在汽缸中的最高位置,称为上止点。

2. 下止点

活塞离曲轴中心最近处,即活塞顶在汽缸中的最低位置,称为下止点。

3. 活塞行程

活塞在上、下止点之间运动,其上、下两止点间的距离称为活塞行程,用 S 表示。若用符号“ R ”表示曲轴的回转半径,则 $S=2R$ 。

4. 汽缸的工作容积

活塞从上止点运动到下止点所扫过的汽缸容积,称为汽缸工作容积,用 V_h 表示,单位为升(L)。

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

式中: D ——汽缸直径,mm;

S ——活塞行程,mm。

多缸内燃机各缸的工作容积之和,称为内燃机排量,用 V_l 表示。

$$V_l = V_h \cdot i \quad (\text{L}) \quad (1-1-2)$$

式中: i ——汽缸数。

5. 燃烧室容积

当活塞位于上止点时,活塞顶上方的汽缸容积,称为燃烧室容积,用 V_c 表示。

6. 汽缸的总容积

当活塞位于下止点时,活塞顶上方的容积,称为汽缸总容积,用 V_a 表示。

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

7. 压缩比

汽缸的总容积与燃烧室容积之比,称为压缩比,用 ε 表示。

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

压缩比表示汽缸内的气体(空气或可燃混合气)在汽缸内被压缩的程度,它是内燃机的主要性能参数之一。一般压缩比越大,压缩终了时汽缸内气体的压力和温度越高,燃料的燃烧情况越好,但压缩比也不宜太大。目前,柴油机的压缩比为 $12 \sim 22$;汽油机压缩比几年前为 $6 \sim 10$,但如今普遍都在 $9 \sim 12$ 之间。其中, $9 \sim 10.5$ 主要用于涡轮增压发动机, $10 \sim 12$ 则主要用于自然吸气发动机。

二、内燃机的工作原理

为了使燃料燃烧的热能转变为机械能,内燃机必须经过进气、压缩、作功和排气四个连续工作过程。每完成一次连续工作过程称为一个工作循环。活塞经四个行程完成一个工作循环的,称为四冲程内燃机;活塞经两个行程完成一个工作循环的,称为二冲程内燃机。因目前工程机械二冲程内燃机应用较少,这里只介绍四冲程内燃机的工作原理。单缸四冲程柴油机的

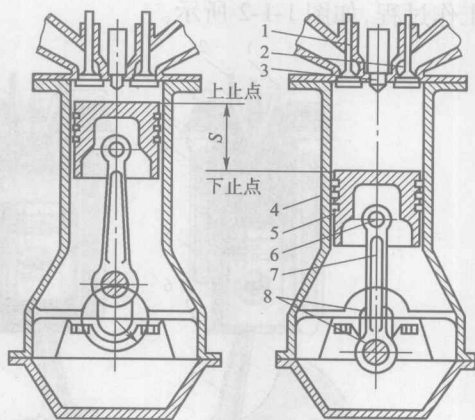


图 1-1-1 单缸四冲程柴油机工作原理示意图

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

工作过程,如图 1-1-2 所示。

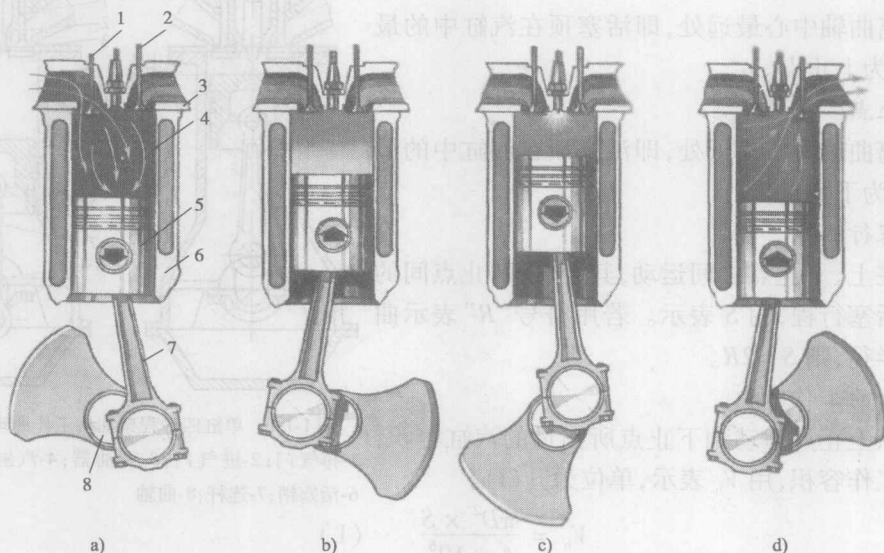


图 1-1-2 单缸四冲程柴油机的工作过程

a) 进气行程; b) 压缩行程; c) 作功行程; d) 排气行程

1-进气门; 2-排气门; 3-汽缸盖; 4-汽缸; 5-活塞; 6-汽缸套; 7-连杆; 8-曲轴

1. 单缸四冲程柴油机的工作原理

(1) 进气行程(图 1-1-2a)。在进气行程开始时,活塞位于上止点,此时进气门打开,排气门关闭。活塞由曲轴带动,由上止点向下止点移动时,活塞顶上方的汽缸容积增大,汽缸内压力下降,小于大气压力,产生一定的真空度。这时,新鲜空气在内外压力差的作用下,被吸入汽缸内,至活塞到达下止点,进气门关闭,进气行程终了。

(2) 压缩行程(图 1-1-2b)。曲轴继续旋转,活塞又由下止点向上止点移动,此时进、排气门均关闭,活塞顶上方的汽缸容积逐渐减小,汽缸内气体的压力和温度不断升高,这为柴油喷入汽缸自行着火燃烧创造了有利条件,当活塞运行到上止点时,压缩行程终了。

(3) 作功行程(图 1-1-2c)。当压缩行程接近终了时,喷油器将高压雾化柴油喷入汽缸,细小的油雾在高温下迅速蒸发,与空气混合形成可燃混合气。由于压缩行程终了时,汽缸内温度高于柴油自燃条件,柴油便自行着火燃烧。由于进、排气门都关闭,高温高压的气体膨胀而推动活塞从上止点向下止点移动,通过连杆推动曲轴旋转。这样,燃料燃烧所产生的热能便转化为曲轴运动的机械能,而对外作功。

(4) 排气行程(图 1-1-2d)。曲轴因惯性继续旋转,推动活塞由下止点向上止点移动,此时排气门打开,进气门关闭,燃烧后的废气经排气门排入大气。活塞到达上止点时,排气门关闭,排气行程终了。

四冲程柴油机从进气、压缩、作功到排气,活塞运行四个行程,完成了一个工作循环。当活塞再次从上止点向下止点移动时,又开始了新的工作循环。如此周而复始地连续进行,柴油机实现持续运转。

2. 增压柴油机的工作原理

从柴油机的工作原理可以看出,在柴油机的进气行程中,是利用汽缸内的气压差将空气吸入汽缸里的,气体的密度较低,使内燃机的空气量不足、柴油燃烧不完全。为了克服这一缺点,