

公路工程 机械化施工

GONGLU
GONGCHENG
JIXIEHUA
SHIGONG

费建国 张兰芳 王建军 编
刘 璘 审



人民交通出版社

GONGLU GONGCHENG JIXIEHUA SHIGONG

公路工程机械化施工

费建国 张兰芳 王建军 编
刘 璘 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分两大篇,第一篇主要叙述各种施工机械的结构特点、使用性能、使用范围、施工作业方法等;第二篇主要叙述公路工程机械化施工的组织与计划、施工前的准备工作、路基路面机械化施工、桥梁工程机械化施工、公路维修和养护工程机械化、施工机械经营管理及机械的定额管理与统计核算等知识。

本书可作为交通职业技术学院、筑路机械专业、公路与桥梁专业《公路工程机械化施工》课程教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程机械化施工 / 费建国等编. —北京:人民交通出版社, 2001

ISBN 7-114-03822-4

I. 公... II. 费... III. 道路工程—机械化施工
IV. U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 00124 号

公路工程机械化施工

费建国 张兰芳 王建军 编

刘 璘 审

责任校对:刘高彤 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:19.75 字数:493 千

2001 年 4 月 第 1 版

2001 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001-4000 册 定价:39.00 元

ISBN 7-114-03822-4
U·02767

前 言

本书可作为交通职业技术学院、筑路机械专业、公路与桥梁专业《公路工程机械化施工》程教材。

本书包括公路工程施工机械及其施工和公路工程机械化施工两篇。第一篇主要叙述各种施工机械的结构特点、使用性能、使用范围、施工作业方法等,是机械化施工的机械介绍;第二篇主要叙述公路工程机械化施工的组织与计划、施工前的准备工作、路基路面机械化施工、桥梁工程机械化施工、公路维修和养护工程机械化、施工机械经营管理及机械的定额管理与统计核算等知识,两篇所包括的章节及各专业课时分配建议如下:

篇 名	章 名	课时分配建议(h)		
		筑路机械 专 业	机械化施工 专 业	公路施工与养护 专 业
绪 论		2	2	2
第一篇 施工机械及其施工	第一章 施工机械的基本知识	0	0	18
	第二章 土方施工机械	10	10	10
	第三章 石方施工机械	4	4	4
	第四章 压实机械	4	4	6
	第五章 桥梁施工机械	6	6	6
	第六章 半刚性基层材料拌和机械	4	4	4
	第七章 沥青路面施工主导机械	4	4	4
	第八章 水泥混凝土路面施工主导机械	3	3	4
	第九章 施工机械的选择	2	2	2
	小 计	39	39	60

续上表

篇 名	章 名	课时分配建议(h)		
		筑路机械 专 业	机械化施工 专 业	公路施工与养护 专 业
第二篇 公路工程机械化施工	第一章 公路工程机械化施工组织与计划	8	12	(2)
	第二章 机械化施工前的准备	4	6	(2)
	第三章 公路路基机械化施工	8	10	(4)
	第四章 沥青混凝土路面机械化施工	10	12	(2)
	第五章 水泥混凝土路面机械化施工	4	6	(2)
	第六章 桥梁工程机械化施工	5	8	(2)
	第七章 公路维修和养护工程机械化施工	7	8	(6)
	第八章 施工机械经营管理	4	6	(4)
	第九章 机械管理的定额统计与核算	4	6	(4)
	小 计	54	74	(28)
机 动		2	2	2
合 计		95	115	62(90)

表中“()”中数字为根据该课程总课时数建议选用的课时。

本教材由甘肃省交通学校费建国主编统稿并编写了绪论、第一篇的内容;张兰芳编写了第二编第二章~第七章、第九章及附录的内容;甘肃省平凉公路建设管理处王建军编写了第二篇第一、八章的内容,全书由甘肃省交通学校刘璘审稿。

由于编写时间仓促,编者水平所限,缺点和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000年6月

目 录

绪论	1
第一节 施工机械与机械化施工的概念	1
第二节 施工机械在公路施工中的重要性及发展方向	2
第三节 公路工程机械化施工的特点	4
思考题	4
第一篇 施工机械及其施工	
第一章 施工机械的基本知识	5
第一节 施工机械的动力装置	5
第二节 施工机械的传动装置	21
第三节 施工机械的操纵装置	29
第四节 施工机械的使用常识	36
思考题	47
第二章 土方施工机械	48
第一节 推土机	48
第二节 铲运机	60
第三节 推土机与铲运机联合作业	69
第四节 挖掘机	72
第五节 装载机	88
第六节 平地机	93
第七节 工程运输车辆	100
思考题	105
第三章 石方施工机械	105
第一节 空压机	105
第二节 凿岩机	113
第三节 破碎机	116
思考题	119
第四章 压实机械	119
第一节 压实机械的分类	120
第二节 几种压实机械简介	122
第三节 压实机械的主要技术性能	126
第四节 压实机械的使用范围及生产率计算	130
思考题	132
第五章 桥梁施工机械	133

第一节 桩工机械	133
第二节 排水机械	139
第三节 水泥混凝土机械	142
第四节 起重机械	144
思考题	149
第六章 半刚性基层材料拌和机械	149
第一节 路拌机械	149
第二节 厂拌设备	151
第三节 两类拌和机械的比选	153
思考题	153
第七章 沥青路面施工主导机械	154
第一节 沥青混合料拌和设备	154
第二节 沥青混合料摊铺设备	161
思考题	165
第八章 水泥混凝土路面施工主导机械	165
第一节 搅拌设备	165
第二节 摊铺成型设备	167
思考题	171
第九章 施工机械的选择	171
第一节 施工机械的工作参数	172
第二节 施工机械选择的一般原则	173
第三节 施工条件与施工机械的选择	174
第四节 施工机械需要量的计算	176
思考题	177

第二篇 公路工程机械化施工

第一章 公路工程机械化施工组织与计划	178
第一节 公路工程基本建设程序	178
第二节 公路工程机械化施工组织设计	179
第三节 流水作业法的设计和机械专业队的组织	182
思考题	189
第二章 机械化施工前的准备	190
第一节 机械的组织计划与管理工作的准备	190
第二节 机械的验收和交付使用	191
第三节 机械的运输	192
第四节 机械的安装	197
思考题	198
第三章 公路路基机械化施工	198
第一节 概述	198
第二节 路基土方机械化施工	200

第三节 路基压实	201
第四节 路基石方机械化施工	204
思考题	208
第四章 沥青混凝土路面机械化施工	209
第一节 施工前的准备工作	209
第二节 沥青混合料的拌和与运输	213
第三节 沥青混合料的摊铺技术	216
第四节 沥青混合料的压实技术	226
思考题	233
第五章 水泥混凝土路面机械化施工	233
第一节 轨道式摊铺机施工	233
第二节 滑模式摊铺机施工	239
思考题	243
第六章 桥梁工程机械化施工	244
第一节 桥梁下部基础机械化施工	244
第二节 桥梁上部结构施工	249
思考题	253
第七章 公路维修和养护工程机械化施工	254
第一节 概述	254
第二节 养护机械	255
第三节 路基路面养护与维修机械化	262
思考题	267
第八章 施工机械经营管理	268
第一节 概述	268
第二节 施工机械的管理体制和经营管理	270
第三节 安全生产和事故处理	274
思考题	276
第九章 机械管理的定额统计与核算	276
第一节 机械的定额管理	276
第二节 施工机械管理的指标和统计	281
第三节 施工机械的经济核算	285
思考题	288
附录 1 怎样做好机械设备固定资产的管理工作	289
附录 2 机械管理常用表(卡)	291
附录 3 课程设计题目	307
主要参考文献	308

绪 论

《公路工程机械化施工》是一门十分重要的专业课。本书主要介绍两方面内容,一是公路工程施工机械(以下简称“施工机械”)的有关内容,主要包括:施工机械的基本知识、各种施工机械的类型、结构特点、使用性能、施工方法、使用范围、生产率核算等;二是公路工程机械化施工的有关内容,主要包括:组织设计与相关计划制订、施工前的准备工作、施工组织与施工过程、机械的定额管理与统计核算、施工安全知识等。为了全面系统的掌握公路工程施工机械与机械化施工的内容,首先要了解一些基本概念、公路工程机械化施工的重要性、发展方向及公路工程机械化施工的特点。

第一节 施工机械与机械化施工的概念

公路工程属于建筑工程的范畴,在公路工程施工中所运用的机械设备具有下列特点:

1. 在施工中不改变其本身的实物状态,能够连续多次地在生产周期中使用。它随着其实际在施工过程中的磨损腐蚀、变质劣化及其在有效使用期间的贬值程度而逐渐地、部分地将它的价值转移到所生产的产品成本中去。它需要经过较长时间的使用,直到某种工作性能的有效寿命耗尽后才能报废。

2. 使用年限在一年以上。

3. 单位价值在限额以上(小型企业为 200 元,中型企业为 500 元,大型企业为 800 元)。公路施工企业一般采用 500 元为限额。

4. 为施工生产所需要。

具有以上特点的机械设备称为施工机械。

在我国,把隶属于机械工业部门生产的挖掘、铲土推土、压实、路面、起重、桩工、钢筋混凝土以及凿岩与风动工具等八大类划归为工程机械。这八大类工程机械组成了公路工程施工机械的主体。

1. 挖掘机械:有挖掘机、装载机等。主要工作是进行土石方的挖掘、装车或进行短距离的运输。

2. 铲土推土机械:有推土机、铲运机、平地机等。主要工作是进行土石方的推铲运和平整工作场地等。

3. 压实机械:有各种压路机。主要工作是压实路基、压实路面,使之符合一定的技术标准要求。

4. 路面机械:有适宜各种路面结构形式的拌和机、撒布机、摊铺机等。主要工作是进行路面面层材料的撒布、拌和、摊铺等。

5. 起重机械:有各种起重工具、起重机、架桥机。主要工作是进行吊装作业。

其它三类机械如打桩机、风机、凿岩机等主要用于桥梁、隧道及岩石开挖等工程中。

在公路工程的施工中,许多工作由人工来做是十分繁重的,而有些工作人工就根本无法完

成。为了使人们从繁重的体力劳动中解放出来,为了使完成的工程符合国家的质量要求,为了加快施工速度、降低成本,人们越来越多地使用施工机械进行施工作业,即使施工过程成为所谓的机械化施工过程。由此看来,机械化施工是指:根据工程状况采取一定的与工程状况相适应的组合机具,用以减轻或解放繁重的人工体力劳动而完成人力所难以完成的施工生产任务。

机械化施工的度量用机械化程度表示:

$$\text{机械化程度} = \frac{\text{利用机械完成的实物工程量(或工作量)}}{\text{全部工程量(或工作量)}} \times 100\%$$

机械化程度是反映施工企业机械化施工水平的重要指标。它反映机械所完成的工程量(或工作量)占总工程量(或总工作量)的比重。

从目前情况看,机械化施工在公路工程施工中占有的地位越来越重要。例如:在公路路基的施工中,个别施工企业已实现了全机械化施工。在整个施工现场除了少数几个调度人员外,各种施工机械均在紧张而有序地运行作业,其施工的质量和速度远远超出了人工所为。

第二节 施工机械在公路施工中的重要性及发展方向

一、施工机械与机械化施工的关系

作为一个公路施工企业,主要任务是高质量、高速度、高效率、低成本地(即三高一低)完成公路施工任务,为国家提供积累,同时促进企业自身的发展。要高效率地完成施工任务,就要按公路施工中的施工规律,科学地组织好生产力的各要素,才能优质、高效、低消耗完成任务。

生产力有三个要素:劳动力、劳动工具、劳动对象。这里劳动力指掌握了一定生产技能的人,劳动对象指要修筑的道路桥梁等公路工程,而劳动工具就是指各种施工机械和设备。人们通过施工机械作用于要修筑的建筑产品上,构成了公路施工中的生产力。

生产力有先进与落后之分。先进的生产力是掌握了先进的生产技能的人通过劳动工具作用于劳动对象的结果。劳动工具的先进与否决定先进技能的实现,故先进的施工机械是组成先进的建设施工生产力的重要方面。

要进行机械化施工,运用的劳动工具主要是施工机械。机械化施工程度越高,主要施工作业就几乎完全由机械工人操作施工机械去完成。从某种意义上讲,施工机械对机械化施工起决定性作用。

二、国内外公路工程施工机械的发展

世界上从30年代有了施工机械,40年代施工机械的品种就比较齐全了,特别是第二次世界大战后,路面施工机械逐渐形成一类新型的施工机械,开始由单一工种的机械施工(如拌合、摊铺、整平分别进行)而逐步发展成联合作业。60年代到70年代随着高速公路的建设,许多新的机械应运而生,使公路工程施工的全盘机械化日趋完善。70年代末80年代初随着电子计算机的广泛应用,又使施工机械向着自动化的方向发展。

目前世界上施工机械制造业已发展成为一个独立行业。其产品广泛用于包括公路施工与养护在内的各公路工程领域,使得一些工业发达的国家公路施工与养护的机械化程度高达98%以上,机械的保有量超过了施工的人数。如德国的道路建设企业就拥有各种施工机械近30万台,施工人员有13.8万人,平均每人有施工机械2.1台,美国有养路工20余万人,有养路

机械 40~50 万台,每个工人养护里程从 8km 可以到 70km。美国在 70 年代的公路工程装备率就已经达到了 5t/人。

国外工业发达的国家在管理上能保证充分发挥机械作用,以谋求最大的经济效益。各工程承包商和施工单位根据工程的具体要求和市场情况,科学地购买、租赁和管理各种机械设备,并予以合理的使用、保养和维修,选择既懂工程又懂机械的基层管理人员指挥施工,最大限度地进行综合机械化作业,使公路工程进度快、效率高、质量好。如法国的公司在撒哈拉沙漠承包 200km 沥青路面的施工,仅用了 200 人,一年的时间就完成了。

在我国,公路建设中的机械施工自解放后有了较大的发展。到目前为止,除了交通部直属的几个公路工程总公司有较多数量的施工机械以外,各省市的公路部门也都装备了不少的机械与设备,并普遍成立了专门的机械化施工队伍,历年来完成了很多路、桥工程。但是,同世界工业发达国家相比,我国公路施工机械化的程度还是较低,机械化水平就更低了。为了适应我国经济发展的需要,除了加强应用科学研究和引进推广先进技术,大力发展施工机械外,加强公路工程的机械化施工管理也是一个重要的课题。

三、现代施工机械发展趋势

现代施工机械发展趋势,不仅与机械化施工的需要密切相关,而且与其它领域的科学技术发展相关,施工机械的发展必然对机械化施工和管理提出新的要求,因此掌握施工机械的发展趋势,是机械化施工发展的必要条件。

1. 机动性程度日益提高

建筑业与其它制造业正好相反,一般制造业的产品是流动的,生产设备是固定的,而建筑业产品则是固定的,生产设备(即施工机械)是流动的。施工机械的机动性可以大大提高设备的利用率和生产率,它不仅为设备在不同工地之间的快速转移所必需,而且也为机械的作业过程所必需,对一般施工机械来说,以轮胎式最为理想,所以当前施工机械机动性的发展方向就以轮胎化作为其主要的标志,甚至大功率的轮胎式推土机已出现。当然,某些机械如土方机械、起重机械等方面,轮胎式还不能完全代替履带式,在轨道起重机方面也在提高其机动性,现已有塔式工况的履带式起重机。

2. 容量向两级发展

一般来说,施工机械越大,经济性就越好。所以只要工程规模足够大,为了提高工效及经济性,就应该尽量采用大型机械。在工业迅速发展建筑规模越来越大的今天,为大型机械的采用准备了先决条件,使施工机械的大型化得到了较快的发展。但另一方面,为了提高工效,缩短工期,改进质量,过去那些采用辅助工人完成的各种零星分散、工作面窄小的小量工程也都设法采用机械施工。于是又研制出各种小型的、甚至是超小型的施工机械。上述两个原因构成了现今施工机械向两极发展的新动向,以挖掘机为例,国产采矿型单斗挖掘机斗容从 2m^3 发展到 10m^3 ,日本神钢生产的 SK1350 型单斗挖掘机斗容达到 14m^3 ,像这样的大型设备一旦投入施工生产,就能获得巨大的经济效益。小型挖掘机以日本产的斗容量为 0.01m^3 的建筑用微型反铲挖掘机为最小。我国上海建筑机械厂的 WY15 型挖掘机,为国产斗容最小的挖掘机,斗容为 0.15m^3 。

3. 普通采用液压传动技术和其它新技术

液压传动技术有许多的优点:它有极大的增力比值,自动调节性能操作轻便,容易实现大幅度无级调速,并且能容量大,结构简单,操作方便等,目前施工机械采用液压传动技术已成

为主流,国产施工机械中的大多数已实现液压化。

4. 适应多样化地作业环境及一机多用型式的发展

随着施工作业条件的多样化,要求施工机械的适应能力也相应地提高,以便大幅度地提高机械的时间利用率,节约投资,降低成本。于是各国都相继研制一机多用以及能够适应各种特殊作业环境的机型,这个趋势主要表现在中、小型机械方面,尤其是小型机械。

以上所述是当前施工机械发展方向的概要。总的来说,除了推土机外履带式工程机械已呈现衰退趋势,而多功能的、液压的以及轮胎式的机械正方兴未艾,估计在相当一段时间,这种趋势还将持续下去。

第三节 公路工程机械化施工的特点

机械化施工或称施工机械化有下列特点:

1. 机械化施工是一门综合性科学,它介于施工机械和施工技术、施工组织之间,是一门边缘学科。机械化施工重点是在“化”字上下功夫。把机械管理中的管、用、养、修、供和施工管理中的计划、施工技术紧密结合在一起,以机械施工为主,组织生产,充分发挥机械的应有作用。

2. 在机械化施工中,凡是可以使用机械的,经济上合算的工作,应当尽量使用机械。根据不同施工对象,选择最合适的机械,注意成龙配套;以机械为主,合理地紧凑地有计划地安排施工,尽可能使每一台机械都能均衡地参加生产,常年施工,减少闲置,从而发挥所有机械的效能,达到用最少的机械去完成更多的任务。

3. 组织专业化施工队伍,采用流水作业法进行施工,是实现机械化施工的必要条件。机械化施工的主要目的是:加快工程进度,保证工程质量,降低工程造价,提高经济效益。

流水作业法是道路施工的组织形式,由几个专业化的机械筑路队,一个队跟着一个队地,以协调的行进速度同时进行施工,每天能完成一段可供使用的道路。其主要优点是:

1. 建设工期短,临时建筑费、管理费、间接费相应减少。

2. 由于专业化,可以合理配备机械,提高机械化程度,提高机械利用率,能充分发挥机械的效能,大大提高劳动生产率。

3. 由于专业化任务比较明确,工作比较单纯,可以提高施工技术,改进技术操作。工人对机械掌握得更好,工程技术人员对施工过程掌握得更好,从而较高地保证了工程质量,提高了工效,加快了进度,

4. 由于施工地段比较集中,并能保证均匀的施工进度,逐段完工交付使用,从而缩短了物资和资金的周转期限,减少了资金占用。

思 考 题

1. 公路工程施工机械有哪几类?各是什么?
2. 你认为公路工程施工机械应如何发展?
3. 公路工程机械化施工有什么特点?

第一篇 施工机械及其施工

近年来,随着我国高等级公路建设的蓬勃发展,机械制造业为工程施工提供了大批性能优良的施工机械新品种。同时,许多单位从国外引进了不少新型和大型路基施工机械、路面施工机械及其它机械,大大加快了公路建设的步伐。

高等级公路路基路面施工的主要机械常包括铲土运输、挖掘、拌和、摊铺、碾压等机械。作为公路工程技术人员了解或掌握常用施工机械的使用性能,对正确地选择施工机械,科学地进行机械化施工组织与管理,保证施工质量,加快工程进度,有着十分重要的意义。

施工机械由基础机构(车)和工作装置两大部分组成,下面对基础机构(车)和工作装置予以分别介绍。施工机械的基础机构(车),均由动力装置——内燃机及底盘两大部分组成,工作装置因机械种类的不同而不同。

第一章 施工机械的基本知识

施工机械的基础知识主要包括动力装置——内燃机的工作原理、技术性能指标、主要机构介绍,底盘中传动装置、操纵装置的结构特点、工作原理、技术性能指标及其使用常识。

第一节 施工机械的动力装置

一、概述

动力装置是驱动各类工程机械行驶和工作的动力源。它是把某种形式的“能”转变为“机械能”的装置。根据能量转换形式的不同,动力装置可以分热力的、电力的、水力的和风力的等等。

热力发动机是把燃料燃烧时放出的热能转变成机械能的装置。热力发动机分为内燃发动机和外燃发动机两种,简称内燃机和外燃机。内燃机由于具有结构紧凑、轻便、热效率高及启动性好等优点,所以,在无电源供应的固定式或移动式的工程机械上被普遍采用。内燃机因所用燃料的不同又分为柴油机、汽油机、燃气机等,在公路工程机械中多用柴油机。

电动机是将电能转变为机械能的装置。由于它结构简单,使用方便,故在有电源供应的地方,一般固定式或移动速度慢,移动距离短的工程机械上常用电动机作原动机。

二、内燃机的工作原理

1. 内燃机的常用术语

学习内燃机的工作原理,应先了解内燃机的几个常用术语。图 1-1-1 是单缸四行程柴油机的简图。

(1)上止点

活塞顶在气缸中离曲轴中心距离最大的位置,称为上止点。

(2)下止点

活塞顶在气缸中离曲轴中心距离最小的位置,称为下止点。

(3)活塞行程

活塞从上止点到下止点所移动的距离(图 1-1-1 中用“S”表示),称为活塞行程(曲轴旋转 180°)。如果用符号“R”表示曲轴的回转半径,则活塞行程 S 等于曲轴回转半径 R 的两倍,即 $S = 2R$ 。

(4)气缸工作容积

活塞在气缸中从上止点到下止点所让出的容积,称为气缸的工作容积。

(5)燃烧室容积

活塞在上止点时,活塞顶上部的气缸容积,称为燃烧室容积。

(6)气缸总容积

活塞在下止点时,活塞顶上部的气缸容积,称为气缸总容积。气缸总容积为燃烧室容积与气缸工作容积之和。

(7)压缩比

气缸总容积与燃烧室容积之比,称为压缩比。它是内燃机的一个重要技术指标,即压缩比高的,热效率亦高。一般汽油机的压缩比约为 6~10;柴油机的压缩比约为 16~21。

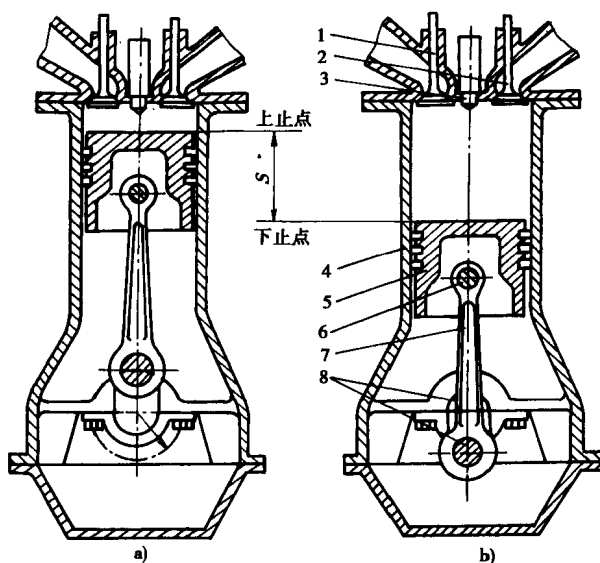


图 1-1-1 单缸四行程柴油机的简图

a)活塞在上止点;b)活塞在下止点

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

2. 内燃机的工作原理

(1)单缸四行程柴油机的工作原理

四行程内燃机是进气、压缩、作功和排气四个行程完成一个工作循环。图 1-1-2 所示为单缸四行程柴油机的工作过程图。

①进气行程[图 1-1-2a)]

当曲轴转动,活塞由上止点向下止点移动,由于气缸容积增大,(此时进气门开启,排气门关闭)新鲜空气便在气缸内外压力差的作用下被吸入气缸内。当活塞移到下止点,进气门关闭,进气行程终了,此时曲轴旋转半圈,即 180° 。

②压缩行程[图 1-1-2b)]

曲轴继续转动,活塞便由下止点向上止点移动。由于进、排气门均关闭,气缸容积不断减小,受压缩气体的温度和压力不断升高,为喷入柴油自行着火创造了有利条件,压缩行程至上止点结束,曲轴旋转至一圈,即 360° 。

③作功行程[图 1-1-2c)]

当压缩行程终了,由喷油器向燃烧室内喷射出一定数量的高压雾化柴油,雾化柴油遇到高温高压的空气就很快着火燃烧,由于燃烧气体的温度高达 2000°C ,压力达 $6\,000\sim 9\,000\text{kPa}$ ($60\sim 90\text{kg/cm}^2$),因此,受热气体便膨胀推动活塞由上止点迅速向下止点移动,并通过连杆迫使曲

轴旋转而产生动力,故此行程称为做功行程,此行程终了曲轴共旋转一圈半,即 540° 。

④排气行程[图 1-1-2d)]

当做功行程终了时,气缸内充满废气。由于飞轮的惯性作用使曲轴继续旋转,推动活塞又从下止点向上止点移动。这时排气门打开,进气门仍关闭。由于做功后的废气压力高于外界大气压力,废气在压力差及活塞的排挤作用下,迅速经排气门排出气缸外。当活塞移到上止点时,排气行程终止,曲轴共旋转至两圈,即 720° 。

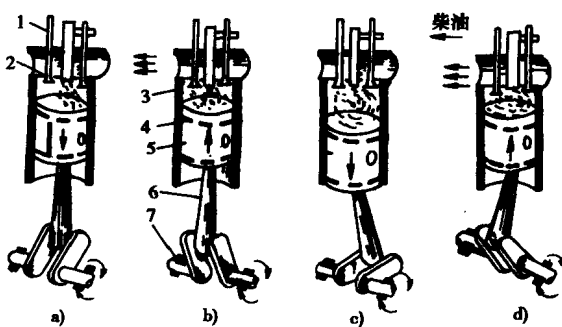


图 1-1-2 单缸四行程柴油机的工作过程

a)进气过程;b)压缩过程;c)做功过程;d)排气过程

1-进气管;2-进气门;3-气缸;4-活塞环;5-活塞;6-连杆;7-曲

轴

活塞经过上述四个连续行程后,即完成了内燃机的一个工作循环。当活塞再次从上止点向下止点移动,又重新开始进行下一个工作循环。这样周而复始地继续下去,柴油机就能保持连续运转而做功。

四行程内燃机每完成一个工作循环,其中只有一个是做功行程,其余三个都是为了完成做功行程的辅助行程,是消耗动力的。由于曲轴在做功行程时的转速大于其他三个行程的转速,因此单缸内燃机的工作不平稳。多缸内燃机就可克服这个弊病。例如四缸四行程内燃机的一个工作循环中每一行程均有一个气缸为做功行程。因此,曲轴旋转较均匀,内燃机工作也就较平稳。

四行程汽油机的工作过程与四行程柴油机相似。不同之处是进入汽油机气缸的不是纯空气,而是由化油器制备出来的可燃混合气,通过点火系强制点火而燃烧做功的。

(2)单缸二行程汽油机的工作原理

二行程内燃机的工作过程和四行程内燃机一样,必须由进气、压缩、做功、排气四个过程组成一个工作循环,才能继续工作,但它们的一个工作循环是在曲轴旋转一圈内完成的,也就是说在活塞的二个行程内完成进气、压缩、做功、排气四个过程,故称二行程内燃机。图 1-1-3 所示为单缸二行程汽油机的工作原理图。

内燃机的气缸上有三个孔,即进气孔 1、排气孔 2 和换气孔 3,进气孔与曲轴箱和化油器连通,混合气经曲轴箱由换气孔进入气缸,其工作过程如下。

①第一个活塞行程

在曲轴的旋转下,活塞由下止点向上止点移动。当活塞将气缸上的三个孔全部关闭时,气缸内的混合气受压缩[图 1-1-3a)]。同时,因活塞上行,曲轴箱内的容积增大,压力下降。当活塞上行到进气孔 1 开启时,在大气压力作用下化油器供应的混合气进入曲轴箱[图 1-1-3b)]。

②第二个活塞行程

当活塞上行接近上止点时,由电火花点燃气缸内的混合气,活塞在燃烧气体的压力作用下,向下移动而对外做功[图 1-1-3c)]。当活塞下移到关闭进气孔时进入曲轴箱内的混合气就被预压。当活塞继续下行越过排气孔后,经过燃烧的废气就从排气孔排入大气,同时,换气孔 3 也被开启,于是曲轴箱内被预压的混合气通过换气孔进入气缸,并将剩余的废气驱出缸外[图 1-1-3d)]。

由此可知,活塞第一行程完成进气和压缩两个过程;而活塞的第二个行程又完成了做功和排气两个过程。因此,活塞往复运动一次,即二个行程,就全部完成了一个工作循环。二行程

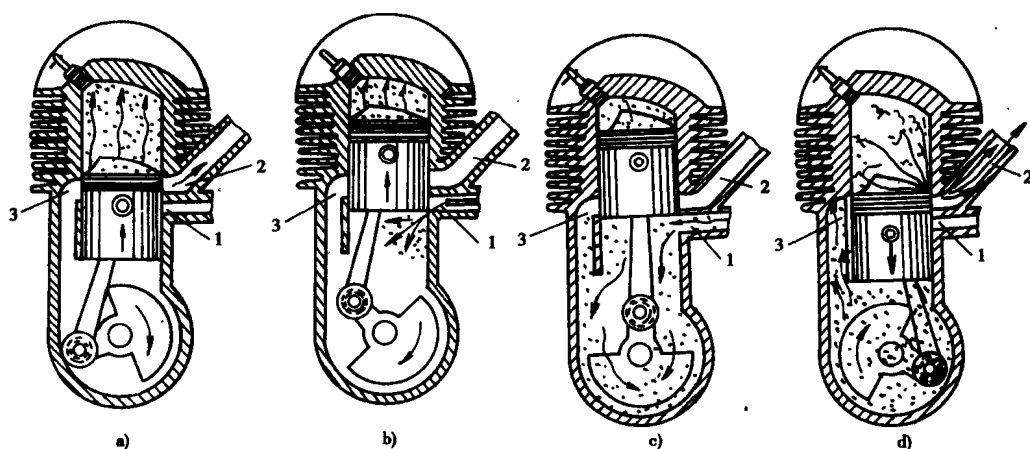


图 1-1-3 单缸二行程汽油机的工作原理图

a)压缩;b)进气(到曲轴箱);c)作功;d)排气(换气)

1-进气孔;2-排气孔;3-换气孔

汽油机具有体积小、质量轻、结构简单、工作平稳等优点,但由于它的废气排出不净,并有部分未燃混合气随废气排走,燃油消耗多,因此不经济。二行程汽油机主要用于摩托车,或作柴油机的启动机用。

三、内燃机的主要性能指标

内燃机的主要性能通常用它的动力性和经济性来表示。在内燃机产品的铭牌和使用说明书中,都标注有几种代表性的性能指标,便于使用人员了解内燃机的性能,达到合理使用的目的。下面介绍几种内燃机的主要性能指标。

1. 有效扭矩“ M_e ”

内燃机飞轮对外输出的扭矩,称为有效扭矩,单位为 $N \cdot m$ 。它是指发动机克服内部各运动件的摩擦阻力和驱动各辅助装置(水泵、油泵、风扇、发电机等)后,在飞轮上可以供给外界使用的扭矩。

2. 有效功率“ P_e ”

内燃机正常运转时从输出轴输出的功率,称为有效功率。法定计量单位为“W”, $1kW = 1000W = 1.36$ 马力。

有效功率是内燃机最主要的性能指标之一。它是内燃机的有效扭矩“ M_e ”与其转速“ n ”(n 的单位为“r/min”)的乘积,可用下列公式来计算:

$$P_e = \frac{2\pi n}{60} M_e \times 10^{-3} (kW) \quad (1-1-1)$$

我国根据内燃机的不同用途,有 15min 功率、1h 功率、12h 功率、持久功率等四种标定功率之分。其中 12h 功率又称额定功率,用 P_e 表示。工作中应严格按照规定的功率范围使用。否则,易使内燃机发生故障或缩短使用寿命。

3. 耗油率“ g_e ”

耗油率表示 1kW 有效功率,在 1h 内所消耗的燃油克数。它是衡量内燃机经济性的重要指标。耗油率越低,内燃机的经济性越好。耗油率“ g_e ”可用下式来计算:

$$g_e = \frac{G}{P_e} \times 10^3 (g/kW \cdot h) \quad (1-1-2)$$

式中： G ——每小时内消耗的燃油质量，(kg/h)；

P_e ——有效功率(kW)。

内燃机上述的三个性能指标，前两个表示其动力性，后一个表示其经济性。

四、柴油机与汽油机比较

柴油机与汽油机相比，有其各自的特点和适用范围。

汽油机具有转速高(通常可到 3 000r/min，最高可达 5 000r/min 左右)、质量轻、工作噪声小、启动容易、制造维修费用低的特点，故常用于一些小型工程机械、小客车及轻型载重汽车上。

柴油机耗油率平均比汽油机低 30% 左右，且柴油价格便宜，所以经济性较汽油机好，故柴油机广泛应用于大中型的工程机械、载重汽车、内燃机车及船舶等方面。

目前一些优良的柴油机，其主要指标已接近汽油机的水平。由于能源的紧缺，柴油机将会得到更广泛的应用。

五、内燃机的名称和型号编制规则

内燃机的型号是区别其类型的标志，为了便于生产管理和使用，需懂得型号的含义。

我国对内燃机的名称和型号编制方法作了统一的规定(GB 725)，现将规定的主要内容介绍如下。

1. 内燃机的命名

内燃机按其所采用的主要燃料命名，如柴油机、汽油机、煤气机等。

2. 内燃机的型号、主要结构及性能

内燃机的型号，反映了它的主要结构及性能。包括以下四项内容：

(1) 气缸数

用阿拉伯数字表示一台内燃机气缸数目。

(2) 机型系列

用阿拉伯数字表示内燃机气缸的直径(mm)，用汉语拼音文字的首位字母表示完成一个工作循环的行程数(一般同一机型如气缸直径相同，不论气缸数多少，其主要零件彼此都可通用)。

(3) 变型符号

表示该机经过改型后，在结构和性能上的变化。用数字表示顺序，并用“-”与前面符号分开。

(4) 用途及结构特点

必要时，在短横前可增加机器特征的符号，以表示内燃机的主要用途、不同结构的性能特点。

内燃机型号的排列顺序及符号规定如下：

内燃机型号编制举例：

①4135C1 柴油机——表示 4 缸、四行程、缸径为 135mm、水冷、船用，第一种变型产品。

②12E230C 柴油机——表示 12 缸、二行程、缸径 230mm、船用。

③1E56F 汽油机——表示单缸、二行程、缸径为 56mm，风冷。

④4100Q4 汽油机——表示 4 缸、四行程、缸径为 100mm、汽车用，第四种变型产品。