

教育部高等学校地矿学科教指委采矿工程专业推荐教材

GONGCHENG JIXIE GONGCHENG JIXIE

工程机械

李启月 主 编

 中南大学出版社

工 程 机 械

李启月 主编

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程机械/李启月主编. —长沙:中南大学出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-81105-536-8

I. 工... II. 李... III. 地下工程:岩土工程—工程机械
IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 074802 号

工程机械

李启月 主编

☐ 责任编辑 汪宜晔

☐ 责任印制 文桂武

☐ 出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐ 印 装 中南大学湘雅印刷厂

☐ 开 本 787×1092 1/16 ☐ 印张 17.75 ☐ 字数 448 千字 ☐ 插页:

☐ 版 次 2007 年 8 月第 1 版 ☐ 2007 年 8 月第 1 次印刷

☐ 书 号 ISBN 978-7-81105-536-8

☐ 定 价 35.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

作者简介

李启月，男，1968年9月生，中南大学副教授，博士，主要从事工程机械和岩土工程方面教学和研究工作。教学上，从2000年至今，一直主讲我校采矿与岩土工程专业、城市地下空间工程专业和土木工程专业《工程机械》课程，多次获得中南大学教学质量奖，其中“岩石动力学实验系统的研制”项目获中南大学2005年校级实验技术成果一等奖；科研上，参加国家自然科学基金重大项目“深部多相多场耦合作用及其灾害发生机理与防止”等10余项科研项目，曾获国家科学技术进步二等奖、中国黄金科技进步一等奖和中国高校自然科技二等奖等奖项。

内容提要

本书在系统总结多年的教学和科研成果基础上,针对地下岩土工程施工的特点,介绍国内外有关最新典型设备与装备。全书共4篇15章。第1篇工程机械基础包括机械基础、液压传动、工程机械基础;第2篇土石方施工运输机械包括挖掘机、钻孔爆破机械、破碎和支护机械、运输机械;第3篇道路施工机械包括路基施工机械、混凝土路面施工机械和沥青路面施工机械;第4篇建筑及构筑物施工机械包括基础处理机械、钢筋加工机械、起重提升机械、天井掘进机械和全断面隧道平巷掘进机。书中所介绍的设备和装备主要涉及基础理论、基本构造、工作原理、技术性能及选用原则;在内容安排上,则是基础理论、机械构造、工作原理与选用并重,可供采矿与岩土工程及其相关专业有选择地使用。

本书是中南大学本科教育立项教材,可作为高等学校采矿工程、井巷工程、城市地下空间工程、公路与隧道工程专业本科教材及有关专业工程技术人员和研究人员的参考书,也可作为专科、职大和成人教育同类专业的教材或自学用书。

前 言

工程机械是机械工业的一个重要组成部分。在我国,通常把用于各类基本建设工程施工作业的机械和设备统称为工程机械。这些机械在我国分为十六大类,即挖掘装载机械、铲土运输机械、工程起重机、压实机械、桩工机械、钢筋机械、混凝土机械、装修机械、路面机械、凿岩机械、军工专用机械、叉车与工业车辆、铁道线路机械、基建与市政设施机械、建筑仪器和其他专用工程机械。其中常用的工程机械为:挖掘装载机械、铲土运输机械、工程起重机、压实机械、桩工机械、钢筋机械、混凝土机械、装修机械、路面机械、凿岩机械。

众所周知,工程机械在国民经济建设中占有极其重要的地位,交通运输业、能源工业、原材料工业、农林水利业、城乡建设以及现代化国防等方面的发展都离不开工程机械,工程机械为国民经济的这些领域的建设提供先进的施工工具和手段,同时,工程机械的现代化也推动这些领域的建设和发展进程,也有利于提高这些领域的发展和建设质量。因此,工程机械的拥有量和装备率,机械技术的先进性与管理水平,机械设备的完好率和利用率,标志着一个国家机械化施工水平的高低。同时,工程机械的产值在国民经济总产值中所占的比重,在一定程度上反映了一个国家科学技术发展的水平 and 经济发达的程度。

但一直以来,国际市场上工程机械技术产品由美国、日本、西欧、俄罗斯等国际大型企业集团所垄断。美国的卡特彼勒公司是生产工业推土机等工程机械的专业生产公司,美国的Sierrita 矿的 Cat992C 型轮式装载机装有可视距离内无线电远距离遥控,可在危险地带实施作业。澳大利亚开发出的无人驾驶自卸车,实现了在千米以下的坑道施工作业的无人化操作。德国的利勃海尔公司生产的静液压履带式工业推土机和挖掘机,日本小松公司的超大型工业推土机,日本大成建设株式会社生产无人驾驶的履带式铲车。法国 Bonygues 建筑公司生产的巨型隧道挖掘机,应用激光传感导航设备控制方向,在隧道挖掘机上装载的计算机控制系统随时处理传感器收集记录的数据,对整个机器的工作状态进行实时监控。以上这些企业生产的产品均为国际上的顶尖产品。

我国工程机械起步于 20 世纪 60 年代,走的是一条引进、消化、吸收、创新的发展道路。自 20 世纪 80 年代初分别从日本小松公司引进履带式推土机技术,从瑞典阿特拉斯公司引进液压凿岩机、露天和井下凿岩台车技术,从美国卡特彼勒引进履带式推土机、轮式装载机和轮式集材机等技术之后,国内工程机械企业制造技术达到相当高的水平,所开发的产品门类比较齐全,有些产品质量达到当代世界先进水平,涌现了像三一重工、山河智能、山东推土机总厂、宣化工程机械公司、上海彭浦巨力工程机械公司、黄河工程机械公司、徐工科技公司、郑工机械公司等工程机械生产基地。这些基地生产的工程机械初步统计有 288 个系列,2300 多个基本型号,4300 多个型号规格产品。这些机械基本能为各类建设工程提供成套施工机械设备,而且其国内市场占有率达 65% 以上。

近 20 年来,国内外的工程机械行业开发了许多新型的岩土工程施工设备与装备,而且这些设备与装备极大地促进了岩土工程技术的巨大发展,提高了该领域的整体技术水平。因此,作为将从事该领域的在校大学生理应获取这些新知识。同时,工程机械课也是岩土工程

专业的专业基础课,该专业的科技水平和生产力水平主要体现在设备和装备上。

为了适应市场的需要,培养复合型人才,我校采矿工程专业在保持原有专业优势的前提下,将教学范围拓宽到公路、桥梁、隧道等岩土工程领域,并相应地将专业名称更改为采矿与岩土工程专业。基于专业设置的要求,将原有的《矿山机械设备》课程拓宽为《工程机械》课程;它也是土木工程、城市地下工程等专业的选修课程。考虑到国内目前还没有这类教材,特别是针对地下工程施工特点的工程机械教材,我们编写了《工程机械》讲义,在有关专业应用了5届,2003年本书又被列为中南大学本科教育立项教材。立项之后,我们对原讲义进行大幅度地修改和扩充,在系统总结多年教学和科研成果基础上,针对地下岩石工程施工的特点,介绍国内外所使用的最新典型设备与装备,而且所介绍的机械主要涉及基础理论、基本构造、工作原理、技术性能及选用原则;在内容安排上,则是机械构造、原理与选用并重,适应多专业自行选择需要。

本书由中南大学李启月副教授主编,李夕兵教授负责审定。

参加本书编写的还有:中南大学周子龙(第4章),江西理工大学应用科学学院付玉华(第6章),湖南工程学院周梓荣(第8章),山东黄金矿业股份有限公司新城金矿王立君(第13章),中南大学王卫华(第14章)、刘志祥(第15章)。

全书由中南大学赖海辉教授修订。

本书在编写过程中,得到古德生院士、吴超教授、周科平教授、赵国彦教授、刘爱华教授,以及资源安全与工程学院的大力支持和帮助,三一集团公司为本书提供了大量宝贵的资料,在此一并致以衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中难免有不妥和错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 篇 工程机械基础

第 1 章 机械基础	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 常用机构	(2)
1.2.1 机构运动简图	(3)
1.2.2 连杆机构	(4)
1.2.3 齿轮机构	(4)
1.2.4 凸轮机构	(6)
1.2.5 棘轮机构	(6)
1.2.6 带传动与链传动	(6)
1.2.7 组合机构	(8)
1.3 轴及轴系零部件	(8)
1.3.1 轴	(8)
1.3.2 轴毂连接	(9)
1.4 轴承	(10)
1.5 联轴器、离合器、制动器	(11)
1.5.1 联轴器	(11)
1.5.2 离合器	(14)
1.5.3 制动器	(16)
1.6 钢丝绳	(17)
第 2 章 液压传动	(20)
2.1 概述	(20)
2.2 油泵及油马达	(22)
2.2.1 齿轮泵和齿轮油马达	(23)
2.2.2 柱塞泵	(23)
2.3 油缸	(25)
2.4 操纵控制阀及液压基本回路	(27)
2.4.1 压力阀及压力控制回路	(28)
2.4.2 流量阀及速度控制回路	(33)
2.4.3 方向阀及方向控制回路	(36)
2.5 工程机械典型液压系统	(42)

第3章 工程机械基础	(45)
3.1 工程机械产品型号的编制方法	(45)
3.2 内燃机	(48)
3.2.1 内燃机的工作原理	(48)
3.2.2 内燃机的性能指标及型号	(50)
3.3 工程机械底盘	(51)
3.3.1 传动系统	(52)
3.3.2 行走系统	(54)
3.3.3 轮式底盘制动系统	(58)
3.3.4 轮式底盘转向系统	(61)

第2篇 土石方施工运输机械

第4章 挖掘机	(65)
4.1 概述	(65)
4.2 单斗液压挖掘机	(66)
4.2.1 三一重工液压挖掘机及其特点	(68)
4.2.2 三一重工液压挖掘机主要结构	(68)
4.3 挖掘机选用和生产率的计算	(70)
4.3.1 挖掘机的选型	(70)
4.3.2 单斗挖掘机生产率的计算	(70)
4.3.3 挖掘机需用台数选择	(71)
4.3.4 运输机械的选配	(71)
第5章 钻孔爆破机械	(72)
5.1 概述	(72)
5.2 凿岩机台车	(72)
5.2.1 概述	(72)
5.2.2 掘进凿岩台车	(72)
5.2.3 采矿凿岩台车	(83)
5.2.4 凿岩台车选择与计算	(84)
5.2.5 液压凿岩机和凿岩台车的技术特性	(87)
5.3 潜孔钻机	(88)
5.3.1 概述	(88)
5.3.2 潜孔钻机的结构组成及冲击器工作原理	(89)
5.4 牙轮钻机	(97)
5.4.1 概述	(97)
5.4.2 总体结构及钻具特征	(98)

5.4.3 牙轮钻机的总体结构介绍	(99)
5.4.4 KY 系列牙轮钻机技术性能	(104)
5.5 装药机械	(105)
5.5.1 装药器和装药台车的主要结构原理	(106)
5.5.2 装药器和装药台车的主要技术性能	(106)
第 6 章 破碎与支护机械	(110)
6.1 碎石机	(110)
6.1.1 碎石机的分类与结构特点	(110)
6.1.2 地下液压碎石机	(110)
6.1.3 液压锤击式碎石器主要技术性能	(112)
6.2 颚式破碎机	(112)
6.3 圆锥式破碎机	(115)
6.4 锚杆台车	(117)
6.4.1 锚杆加固的作用及优点	(117)
6.4.2 锚杆台车的研制背景	(118)
6.4.3 锚杆台车的组成	(118)
6.4.4 锚杆支护台车的技术特征	(121)
6.5 螺杆泵湿式混凝土喷射机	(122)
6.5.1 概述	(122)
6.5.2 螺杆泵湿式混凝土喷射机	(122)
6.5.3 SPJS10 型混凝土喷射机械手	(124)
6.5.4 国内外螺杆泵湿式混凝土喷射机主要技术参数	(125)
第 7 章 运输机械	(127)
7.1 推土机	(127)
7.1.1 概述	(127)
7.1.2 履带式推土机简介	(128)
7.2 装载机	(129)
7.2.1 概述	(129)
7.2.2 露天装载机	(130)
7.2.3 地下装载机	(131)
7.2.4 装载机的选择运用和生产率计算	(132)
7.3 铲运机	(134)
7.3.1 概述	(134)
7.3.2 自行式铲运机的构造	(135)
7.4 自卸汽车	(136)
7.4.1 概述	(136)
7.4.2 自卸汽车的选用	(137)

7.5 胶带式输送机	(138)
7.5.1 概述	(138)
7.5.2 固定式胶带输送机	(138)
7.5.3 移动式胶带输送机	(140)
7.6 索道运输装置	(140)
7.6.1 概述	(140)
7.6.2 货运索道类型选择	(141)
7.6.3 载人索道类型选择	(144)

第3篇 道路施工机械

第8章 路基施工机械	(147)
8.1 平地机	(147)
8.1.1 概述	(147)
8.1.2 平地机基本构造	(147)
8.2 振动压路机	(151)
8.2.1 概述	(151)
8.2.2 振动压路机的作用原理及其构造	(152)
第9章 水泥混凝土路面施工机械	(155)
9.1 混凝土搅拌设备	(155)
9.1.1 混凝土搅拌机概述	(155)
9.1.2 锥形反转出料混凝土搅拌机	(155)
9.1.3 卧轴强制式混凝土搅拌机	(157)
9.1.4 混凝土搅拌楼(站)	(159)
9.1.5 混凝土搅拌设备生产率计算及选用	(162)
9.2 混凝土搅拌运输车	(163)
9.2.1 概述	(163)
9.2.2 三一重工混凝土搅拌运输车的主要结构与工作原理	(164)
9.3 混凝土输送泵和混凝土泵车	(165)
9.3.1 概述	(165)
9.3.2 三一重工混凝土泵	(166)
9.3.3 三一重工混凝土泵车	(169)
9.4 混凝土振动器	(171)
9.4.1 概述	(171)
9.4.2 插入式混凝土振动器	(172)
9.4.3 外部混凝土振动器	(173)
9.4.4 振动器的主要性能参数及选用	(175)

9.5 混凝土摊铺机	(175)
9.5.1 混凝土摊铺机用途与分类	(175)
9.5.2 滑模式混凝土摊铺机	(176)
9.5.3 滑模式混凝土摊铺机技术参数及摊铺机的选择	(179)
第10章 沥青路面施工机械	(181)
10.1 沥青拌和机	(181)
10.1.1 沥青混凝土搅拌设备用途与分类	(181)
10.1.2 结构与工作原理	(182)
10.2 沥青摊铺机	(188)
10.2.1 概述	(188)
10.2.2 三一重工 LTU90/LTU120 沥青摊铺机结构与工作原理	(189)
10.2.3 三一重工 LTU90/LTU120 沥青摊铺机主要技术特性	(192)
 第4篇 建筑及构筑物施工机械 	
第11章 基础处理机械	(194)
11.1 概述	(194)
11.2 SYD853 型连续墙钻孔机	(195)
11.2.1 概述	(195)
11.2.2 SYD853 型多轴钻孔机结构	(196)
11.2.3 SYD853 型连续墙钻孔机的主要性能参数	(198)
11.3 桩工机械	(199)
11.3.1 筒式柴油打桩机	(199)
11.3.2 振动桩锤	(201)
11.3.3 液压桩锤	(204)
11.3.4 其他打桩机械	(206)
第12章 钢筋加工机械	(207)
12.1 钢筋调直机	(207)
12.1.1 孔模式钢筋调直切断机	(207)
12.1.2 数控钢筋调直切断机	(208)
12.2 钢筋切断机	(209)
12.2.1 曲柄连杆式钢筋切断机	(209)
12.2.2 液压式钢筋切断机	(209)
12.3 钢筋弯曲机	(211)
12.4 钢筋焊接机	(213)
12.4.1 钢筋对焊机	(213)

12.4.2	钢筋点焊机	(214)
12.4.3	钢筋电渣压力焊机	(216)
12.4.4	钢筋气压焊设备	(217)
第 13 章	起重提升机械	(218)
13.1	汽车起重机	(218)
13.2	塔式起重机	(222)
13.2.1	塔式起重机的用途、分类	(222)
13.2.2	上回转塔机	(222)
13.2.3	国产大型固定式塔式起重机主要技术性能	(229)
13.3	建筑提升机	(230)
13.3.1	简易升降机	(230)
13.3.2	施工升降机	(231)
13.4	矿井提升设备	(237)
13.4.1	概述	(237)
13.4.2	单绳缠绕式提升机	(238)
13.4.3	单绳缠绕式提升机主要尺寸的计算及选择	(242)
13.4.4	天轮和提升钢丝绳的计算及选择	(245)
13.4.5	提升机与井口的相对位置	(247)
第 14 章	天井掘进机械	(251)
14.1	概述	(251)
14.2	爬罐	(252)
14.2.1	概述	(252)
14.2.2	爬罐作业过程及设备	(252)
14.3	天井钻机	(254)
14.3.1	天井钻机的适用范围及施工方法	(254)
14.3.2	天井钻机结构	(256)
14.3.3	国内外天井钻机信息	(262)
第 15 章	全断面隧道平巷掘进机	(263)
15.1	概述	(263)
15.2	掘进机的结构和工作原理	(263)
15.3	掘进机的后配套系统	(265)
15.4	掘进机的选用和注意事项	(266)
15.5	国内外部分全断面岩石掘进机的技术性能参数	(267)
附录	常用液压系统图形符号 (GB786-76)	(268)
主要参考文献		(271)

第1篇 工程机械基础

第1章 机械基础

1.1 概述

一台机械不论是复杂还是简单,都包括动力机构、传动机构和工作机构三大组成部分。图1-1的卷扬机,动力机构为电动机1,传动机构采用了齿轮减速器4,工作机构为卷筒及其上的钢丝绳7。由于减速器的输入和输出轴分别用联轴器3、5与电动机轴和卷筒6支承轴相联,正转或反转的电动机的转速经齿轮减速器降到卷筒所适宜的工作转速,并通过卷筒的正向或反向旋转收绕或放出钢丝绳,从而升降重物。另外,在低速轴上还装有制动器2,供刹车用。此外,一台机械一般还包括操纵或控制装置,有的机械还需要有行走装置。

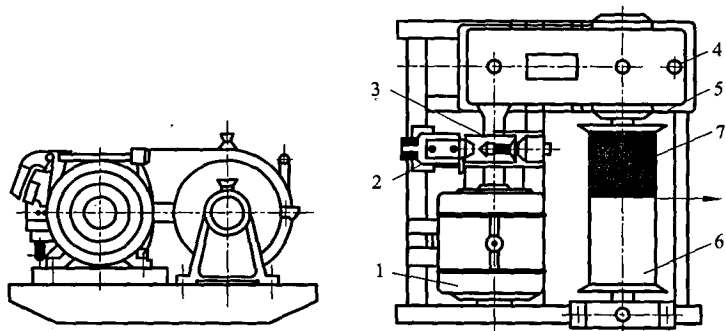


图1-1 卷扬机

1—电动机;2—制动器;3、5—联轴器;4—齿轮减速器;6—卷筒;7—钢丝绳

机械是机器和机构的总称。机器是执行机械运动的装置,用来转换机械能(原动机)或者完成有用功(工作机)。如图1-2所示为单缸四冲程内燃机,它由齿轮、凸轮、排气阀、进气阀、汽缸体、活塞、连杆和曲轴等组成。当燃气推动活塞作直线往复运动时,经连杆使曲柄作连续转动。

从机器的组成部分、运动确定性及功能关系来分析,机器一般具有下列三个共同特征:①机器是由许多机构、构件组合而成,如在单缸内燃机中包含了由汽缸、活塞、连杆和曲轴等构件组成的曲柄滑块机构和由凸轮、顶杆、机架等构件组成的凸轮机构;②机器中的构件之间具有确定的相对运动,如曲柄滑块机构中,活塞相对汽缸作往复运动,曲柄相对两端轴

承作连续转动；③能完成有效的机械功或变换机械能，如内燃机将汽油或柴油的化学能转变为机械能。

机构与机器的区别在于机构只具有机器的前两个特征，即只考虑其构件之间的相对运动，通常把具有确定相对运动的构件组合称为机构，因此可以认为机构的主要功能是传递或改变运动方向、大小、形式，而机器的主要功能是利用和转变能量。机构由一些构件组成，构件又由零件组成，凡彼此间没有相对运动、而与其他零件之间有相对运动的零件组合体，称为构件，构件可以由几个零件组合而成，也可只是一个零件，如图1-2中，活塞7是一个构件，而曲轴9和齿轮1作为一个整体转动才成为一个构件，所以说构件是运动的单元，而零件是制造的单元。

零件分两类，凡在各种机器中经常使用、并具有互换性的零件，称为通用零件，如螺栓、齿轮及轴承等，通用零件是标准化、通用化和系列化了的零件。只在某种机器中使用的零件称为专用零件，如三一重工的混凝土泵中的“S”管阀、搅拌叶片等。

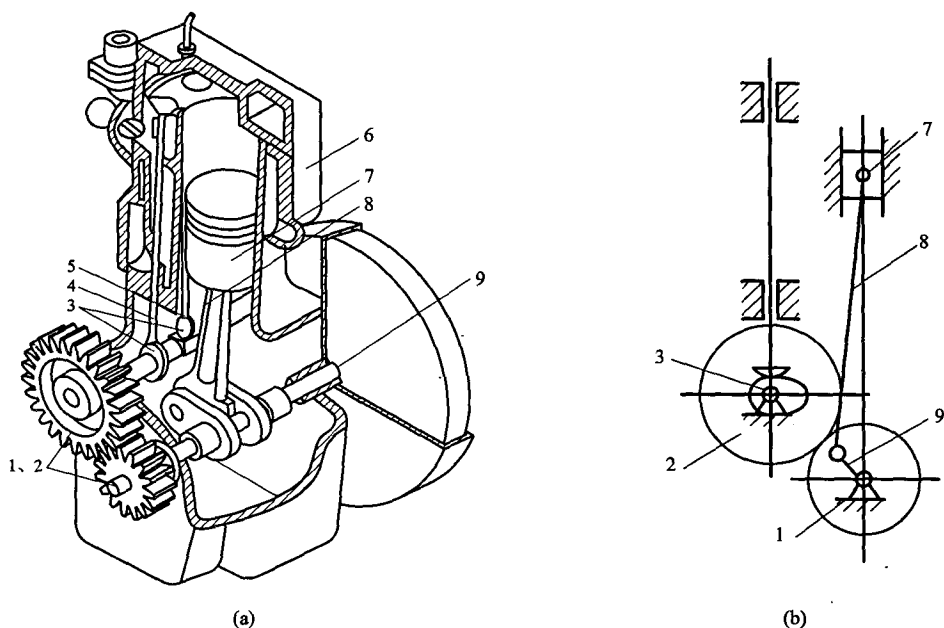


图1-2 单缸内燃机

(a) 结构图；(b) 机构运动简图

1、2—齿轮；3—凸轮；4—排气阀；5—进气阀；6—汽缸体；7—活塞；8—连杆；9—曲轴

1.2 常用机构

机器是由一个或多个机构所组成，机器中普遍使用的机构称为常用机构。常用机构有：连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、带传动机构、链传动机构、螺旋机构、步进机构等。

1.2.1 机构运动简图

1. 运动副

各构件之间应能产生确定的相对运动是机器或机构的重要特征,但各构件之间必须采用适当的方法才能连接起来。互相接触,能产生一定相对运动的两个构件之间的可动连接称为运动副。按两构件的接触形式,运动副分为高副和低副两种。两构件之间为面接触的运动副称为低副;两构件通过点或线接触的运动副称为高副,如图1-2中的齿轮1和齿轮2的连接、凸轮3与顶杆的连接。

在平面机构中,低副又可根据两构件的相对运动形式分为回转副和移动副。①回转副。若组成运动副的两构件只能在一个平面内相对转动,这种运动副称为回转副,或称铰链,如图1-2中连杆8和曲轴9的连接。②移动副。若组成运动副的两个构件只能沿某一轴线相对移动,这种运动副称移动副,如图1-2中的缸体6与活塞7的连接。

2. 运动副的代表符号

为了便于研究机构的结构及运动特点,常绘制机构的构件及运动副。运动副通常的代表符号如表1-1。

表1-1 运动副常见的代表符号

运 动 副		运 动 副	
	代表符号		代表符号
低副	转动副	高副	外接圆柱齿轮传动
	与固定支座组成的转动副		内接圆柱齿轮传动
	移动副		圆锥齿轮传动
	与固定支座组成的移动副		蜗杆蜗轮传动
	螺旋副		凸轮传动

3. 机构运动简图

在分析和表达机构或机器运动和受力情况时,需画出其图形。若要画出各构件的详细结构,很麻烦,也没必要。因为机构的运动,只与机构的组成、运动副的形式和位置有关,因此可撇开构件的具体形状和结构,用一些规定的符号绘出反映机构各构件相对运动关系的简单

图形,这种简图称为机构运动简图。

在运动简图中要反映出:机构中构件的数目,各构件间运动副的形式,机构中的固定构件(机架),主动构件的运动方向等,如图1-2(b)所示。

1.2.2 连杆机构

平面连杆机构是许多构件用低副连接组成的平面机构。由于低副是面接触,耐磨损,且制造简单,因此应用广泛。

铰链四杆机构是平面连杆机构的基本形式,许多其他类型的机构,几乎都可以认为是从四杆机构演变和派生而成的。因此四杆机构是机械学的主要组成部分。铰链四杆机构经过演化可变化为曲柄滑块机构、导杆机构、摇块机构、定块机构,分别如图1-3(a)、(b)、(c)、(d)所示。

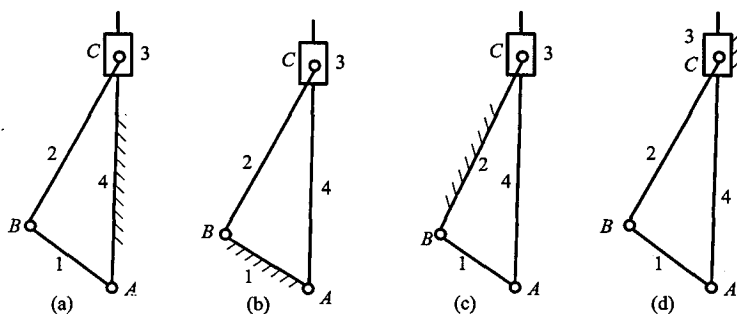


图1-3 铰链四杆机构的演化形式

(a) 曲柄滑块机构; (b) 导杆机构; (c) 摇块机构; (d) 定块机构

1.2.3 齿轮机构

齿轮机构是机械传动中应用最广泛的传动形式之一。与其他传动类型相比,齿轮传动具有外廓尺寸小、结构紧凑、传动比准确、传动效率高、寿命长以及传动的功率和速度范围广等特点。但加工和安装精度要求较高,在高速运行时会有噪声。

齿轮传动类型很多。按照一对齿轮轴线的相互位置和齿轮的齿向,可对齿轮传动做如下分类:

