



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪交通版高等学校教材

# 工程机械概论

*Introduction to Construction Machinery*

(第二版)

王 进 主 编  
李自光 郭小宏 主 审



人民交通出版社  
China Communications Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪交通版高等学校教材

# 工程 机 械 概 论

(第二版)

王 进 主 编

李自光 主 审  
郭小宏



人 民 交 通 出 版 社

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材、21世纪交通版高等学校教材。全书共11章,较系统地介绍了目前在公路和建筑工程中广泛使用的各种新型工程机械的基本构造、工作原理、主要性能、应用范围和选用方法。内容包括工程机械基础知识、工程机械动力装置、挖掘机械、铲土运输机械、压实机械、混凝土机械、路面机械、桩工机械、起重机械、钢筋及预应力机械和装修机械。本书针对建设工程的实际情况,选择了应用广和有代表性的新机型,书中配有大量结构插图,内容丰富、新颖,叙述简明扼要、通俗易懂,具有较强的实用性。

本书为高等学校道路桥梁与渡河工程、土木工程(道路方向)、建筑工程、设备安装和工程机械等专业的教材,也可作为培训教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程机械概论 / 王进主编. —2版. —北京:人民交通出版社,2011.5  
ISBN 978-7-114-08465-2

I. ①工… II. ①王… III. ①工程机械—高等学校—教材 IV. ①TU6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第106467号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪交通版高等学校教材

书 名: 工程机械概论(第二版)

著 者: 王 进

责任编辑: 沈鸿雁 郑蕉林

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)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.75

字 数: 468千

版 次: 2002年9月第1版 2011年5月第2版

印 次: 2011年5月第2版 第1次印刷 总第6次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08465-2

定 价: 36.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

工程机械是国民经济建设的重要装备,在城镇建设、交通运输、农田水利、能源开发、抢险救灾和国防建设中,起着十分重要的作用。机械化施工可节省大量人力,降低劳动强度,完成靠人力难以承担的高强度工程施工,能大幅度提高工作效率和经济效益,降低成本,对加快工程建设速度、确保工程质量提供了可靠的保证。

近 10 年来,随着经济的高速发展,工程机械行业快速发展壮大。目前,我国工程机械行业已经具备了较强的研发能力和制造能力,从过去的引进、消化、吸收为主,转变到现在的自主创新为主,并开始向原始创新迈进。许多产品已接近或达到国际先进水平,部分产品出口国外,我国已成为工程机械的生产大国,在全球同行中占有重要位置。但由于受到企业规模、国际化程度,尤其是关键核心技术等影响,中国并不是工程机械的制造强国。我们要继续坚定地走自主创新之路,奋发努力,使工程机械行业切实由“规模增长”向“核心能力增长”转变,由“产品”向“品牌”转轨,由“制造大国”向“制造强国”迈进。

我们在总结多年教学经验和收集国内外最新工程机械资料的基础上,针对建设工程的实际应用和《工程机械概论》课程教学大纲的要求编写了本教材。选择目前建设工程中应用广泛、有代表性的新型工程机械作为教材内容。全书共十一章:第一章工程机械基础知识,第二章工程机械动力装置,第三章挖掘机械,第四章铲土运输机械,第五章压实机械,第六章混凝土机械、第七章路面机械,第八章桩工机械,第九章起重机械,第十章钢筋及预应力机械,第十一章装修机械。书中系统地介绍了工程机械的构造、工作原理、主要性能、应用范围和选用方法的基本知识,配有大量插图。本书内容丰富新颖,叙述简明扼要、通俗易懂,基本覆盖了建设工程广泛使用的主要工程机械,具有较强的实用性。

由于工程机械产品更新换代快,本书修订时,对教材内容进行了大量的修改,删除了淘汰落后产品,增补了工程机械新产品和新知识,以适应当前工程机械的发展趋势和应用水平的要求。

本教材由长沙理工大学李自光教授及重庆交通大学郭小宏教授主审,由长安大学王进主编和统稿。参加编写的人员有:长安大学王进(绪论、第一、三、四、六、九、十一章)、童占荣(第二章)、刘晓婷(第五章)、杨士敏(第七章)、马军星(第八章)、马志奇(第十章)。

由于编者水平和实际工作经验有限,书中不足和错漏之处在所难免,敬请使用本教材的读者批评指正。

作者

2009. 11

# 目 录

绪论	1
第一章 工程机械基础知识	5
第一节 概述	5
第二节 机械传动	5
第三节 轴、轴承与联轴器	15
第四节 液压传动	23
第二章 工程机械动力装置	42
第三章 挖掘机械	54
第一节 概述	54
第二节 单斗挖掘机	55
第三节 单斗液压挖掘机	55
第四章 铲土运输机械	70
第一节 推土机	70
第二节 装载机	77
第三节 铲运机	83
第四节 平地机	86
第五章 压实机械	95
第一节 概述	95
第二节 静力作用压路机	96
第三节 振动压路机	104
第四节 冲击式压路机	111
第五节 夯实机械	113
第六章 混凝土机械	116
第一节 混凝土搅拌机	116
第二节 混凝土搅拌楼(站)	122
第三节 混凝土搅拌运输车	132
第四节 混凝土输送泵和混凝土泵车	136
第五节 混凝土布料机	150
第六节 混凝土振动器	154
第七章 路面机械	158
第一节 概述	158
第二节 稳定土拌和机	161
第三节 稳定土厂拌设备	165
第四节 沥青混凝土搅拌设备	170

第五节	沥青混凝土摊铺机	179
第六节	滑模式水泥混凝土摊铺机	185
<b>第八章</b>	<b>桩工机械</b>	<b>192</b>
第一节	桩架	193
第二节	柴油打桩机	198
第三节	液压锤	203
第四节	振动桩锤	205
第五节	静力压桩机	213
第六节	成孔机	217
第七节	地下连续墙挖槽机	222
<b>第九章</b>	<b>起重机械</b>	<b>227</b>
第一节	轻小起重设备	227
第二节	建筑用升降机	230
第三节	起重机	236
第四节	轮式起重机	247
第五节	履带式起重机	252
第六节	塔式起重机	253
<b>第十章</b>	<b>钢筋及预应力机械</b>	<b>266</b>
第一节	钢筋强化机械	267
第二节	钢筋加工机械	268
第三节	钢筋连接机械	271
第四节	预应力机械	275
<b>第十一章</b>	<b>装修机械</b>	<b>279</b>
第一节	灰浆制备及喷涂机械	279
第二节	地面修整机械	281
第三节	高空作业吊篮	282
第四节	擦窗机	288
第五节	手持建筑装修机具	291
<b>参考文献</b>		<b>292</b>

# 绪 论

## 一、工程机械在国民经济中的作用及发展概况

### 1. 工程机械的作用和使用范围

工程机械在城市建设、交通运输、农田水利、能源开发和国防建设中起着十分重要的作用，是国民经济建设不可缺少的技术装备。提高基础建设机械化施工水平，可以大幅度地提高劳动生产率、节省大量人力、降低劳动强度、完成靠人力难以承担的高强度工程施工，加快工程建设速度，是确保工程质量、降低工程造价、减轻繁重体力劳动、提高经济效益和社会效益的重要手段。

工程机械是机械工业的重要组成部分。它与交通运输建设(公路、铁路、港口、机场、管道输送等)、能源工业建设和生产(煤炭、石油、火电、水电、核电等)、原材料工业建设和生产(黑色矿山、有色矿山、建材矿山、化工原料矿山等)、农林水利建设(农田土壤改良、农村筑路、农田水利、农村建设和改造、林区筑路和维护、储木场建设、育材、采伐、树根和树枝收集、江河堤坝建设和维护、湖河管理、河道清淤、防洪堵漏等)、工业民用建筑(各种工业建筑、民用建筑、城市建设和改造、环境保护工程等)以及国防工程建设诸领域的发展息息相关，与这些领域实现现代化建设的关系更加密切。以上诸领域是工程机械的最主要市场。

### 2. 工程机械的定义和类型

工程机械的定义：凡土方工程、石方工程、流动式起重装卸工程(即非固定作业地点起重装卸工程)和各种建筑工程，综合机械化施工以及同上述工程相关的工业生产过程的机械化作业所必需的机械设备。

工程机械涵盖的产品分为以下十八大类：

- (1) 挖掘机械(单斗挖掘机、挖掘装载机、斗轮挖掘机、掘进机械等)；
- (2) 铲土运输机械(推土机、装载机、铲运机、平地机、自卸车等)；
- (3) 工程起重机械(塔式起重机、轮式起重机、履带式起重机、卷扬机、施工升降机、高空作业机械等)；
- (4) 工业车辆(叉车、堆垛机、牵引车等)；
- (5) 压实机械(压路机、夯实机械等)；
- (6) 路面机械(摊铺机、拌和设备、路基养护机械等)；
- (7) 桩工机械(打桩锤、压桩机、钻孔机、旋挖钻机)；
- (8) 混凝土机械(混凝土搅拌车、搅拌站(楼)、振动器、混凝土泵、混凝土泵车、混凝土制品机械等)；
- (9) 钢筋和预应力机械(钢筋强化机械、钢筋加工机械、预应力机械、钢筋焊机)；
- (10) 装修机械(涂料喷刷机械、地面修整机械、高空作业吊篮、擦窗机等)；
- (11) 凿岩机械(凿岩机、破碎机、钻机(车)等)；
- (12) 气动工具(回转式及冲击式气动工具、气动马达等)；

- (13) 铁路线路机械(道床作业机械、轨排轨枕机械等);
- (14) 市政工程与环卫机械(市政机械、环卫机械、垃圾处理设备、园林机械等);
- (15) 军用工程机械(路桥机械、军用工程车辆、挖壕机等);
- (16) 电梯与扶梯(电梯、扶梯、自动人行道等);
- (17) 工程机械专用零部件(液压件、传动件、驾驶室等);
- (18) 其他专用工程机械(电站、水利专用工程机械等)。

### 3. 工程机械行业的发展概况

新中国成立以来,我国工程机械行业经历了创业、形成和全面发展三个阶段。尤其是改革开放以来,工程机械行业快速发展,增长速度远高于同期其他机械产品的增长水平。

(1) 创业时期(1949 ~ 1960 年)。1949 年以前,我国没有工程机械制造业,仅有为数有限的几个作坊式的修理厂,而且只能维修简易的工程机械设备和机具。解放后到 1960 年,工程机械在我国仍未形成独立行业,无独立大型工程机械制造厂,只由别的行业兼产一小部分简易的小型工程机械产品。

“一五”期间(1953 ~ 1957 年),由于国家大规模经济建设的发展,对工程机械的需求量猛增,机械制造部门生产的产品远远不能满足需要,因而其他工业部门(如当时的建筑工程部、交通部、铁道部等)为了装备本部门的施工队伍,便自行生产一些简易的工程机械。这时全国主要工程机械制造企业发展到 10 多个。这期间,工程机械需求矛盾突出,工程机械进口数量大幅度增加。

(2) 行业形成时期(1961 ~ 1978 年)。我国工程机械行业兴起较晚,从 1960 年开始正式成立工程机械管理局。在原机械部重型矿山机械行业中分离出来 18 个企业(固定资产原值 9 639 万元,机床 978 台,职工总数 9 857 人)作为基础进行统一规划,组建工程机械专业行业,生产工程机械,成立工程机械研究所,有关大专院校也设立工程机械专业,培养人才,为行业发展奠定了基础。当时工程机械占机械工业的比重很小,只是一个小的行业。投资也少,在产业政策上未得到重视,发展较慢。

(3) 全面发展时期(1979 年至今)。改革开放以来,随着国民经济稳定高速发展,国家对交通运输、能源水利、原材料和建筑业等基础设施建设的投资力度不断加大,从而带动工程机械的迅速发展。工程机械行业高速发展主要从“七五”计划开始,全国有 18 个省市都曾把工程机械产品作为本地区的支柱产业来发展,投资力度不断加大。20 世纪 80 年代以来,全国组建 17 个工程机械集团公司。在“七五”期间,各企业完成技改基建投资 14.4 亿元,“八五”期间达到 50 亿元,“九五”期间已完成技改投资 35 亿元,行业累计完成投资近 100 多亿元。其中不包括外商来华投资到位资金 3.45 亿美元。进入 21 世纪以来,工程机械保持了高速增长态势,年平均增长率达到 25%。工程机械行业创新理念得到了全面发挥,在企业体制、机制、管理改革、自主知识产权创新、营销理念和营销网络方面都取得了明显成效。科技投入不断增加,提高了企业核心竞争能力。徐工集团、中联重工、三一重工、柳工集团、厦工股份、龙工集团、山推股份、合叉集团、杭叉股份、常林集团等一批企业已经走上国际化的舞台,不仅国内市场销售额年年创新高,并以更惊人的速度挺进国际市场。

工程机械行业销售额在全国机械工业各行业中,仅次于汽车、农机、电工电器三个行业,名列第四位,已经形成产品门类齐全、品种基本完善的一个工业体系。产品质量,技术水平有很大提高,有的产品已达到或超过了国际先进水平。

2009 年,我国工程机械行业规模以上生产企业约有 1 400 家(其中主机企业 710 家),职工



33.85 万余人;固定资产原值 668 亿元,净值 485 亿元;资产总额达到 2 210 亿元;全年实现销售额 3157 亿元,比上年增长 13.85%;税后利润 237 亿元,比上年增长 16.29%,平均利润率为 7.51%。2010 年工程机械行业销售收入突破 4 000 亿元,同比增长 27% 以上。2009 年销售额达到 100 ~ 500 亿元有 4 家,50 ~ 100 亿元的企业有 12 家,10 ~ 50 亿元的企业有 34 家,10 亿元以上 50 家,上述总销售额达到 2725 亿元,占全行业的比重达 85%。2010 年销售额 100 亿以上的企业将突破 10 家(徐工、中联、三一、柳工、山推、龙工、小松中国、斗山中国、日立建机、神户制钢)。

我国工程机械虽然有较快发展;产品技术水平部分接近国际先进水平,但还不完全适应经济发展需要,仍处于发展时期。在工程机械行业中除排头企业集团实力较强,生产增长、经济效益较好外,多数企业设备陈旧,产品品种多为中小型中低档次,技术改造任务缺乏资金,产品更新换代慢,竞争能力差。要赶上先进水平,无论是产品品种还是质量、价格和售后服务都要提高。为此,必须提高企业整体素质和管理水平,树立有效益、有发展、满足用户需要的企业新形象。尤其是近几年外商、外资产品纷纷进入中国市场,据不完全统计有 60 个国家、地区外商进入中国市场搞生产合作或独资生产经营、市场竞争越来越激烈,对国内市场和生产企业冲击很大,很多企业不花大力气难以摆脱被动局面。

随着国民经济发展,交通运输、能源、原材料、建筑业、农田水利建设、治水防洪、植树造林以及与社会效益相关工程的实施,工程机械的市场需求不断增长。尽管市场竞争激烈,对企业来说是挑战与机遇并存。

#### 4. 产品发展概况

工程机械行业经过 50 余年的发展,目前已能设计制造各种类型工程机械产品达 18 类,初步统计有 300 个系列,2 500 多个基本型号,4 500 多个型号规格产品。基本能为各类建设工程提供成套工程机械设备,国内市场满足率达 75% 以上。

#### 5. 工程机械的发展趋势

(1) 广泛应用各行业的新技术,新结构和新产品不断涌现。

(2) 系列化、特大型化。系列化是工程机械发展的重要趋势。国外著名大公司逐步实现其产品系列化进程,形成了从微型到特大型不同规格的产品,与此同时,产品更新换代的周期明显缩短。特大型工程机械产品特点是科技含量高,研制与生产周期较长,投资大,市场容量有限,市场竞争主要集中少数几家公司。

(3) 多用途、微型化。为了全方位地满足不同用户的需求,国外工程机械在朝着系列化、特大型方向发展的同时,已进入多用途、微型化发展阶段。一方面,工作机械通用性的提高,用户可在不增加投资的前提下充分发挥设备本身的效能,能完成更多的工作;另一方面,为了尽可能地用机器作业替代人力劳动,提高生产效率,适应城市狭窄施工场所的使用要求,小型及微型工程机械得到了较快的发展。各厂商都相继推出了多用途、小型和微型工程机械。

(4) 电子化与信息化。以微电子、Internet 为重要标志的信息时代,不断研制出集液压、微电子、电子监控及信息技术于一体的智能系统,并广泛应用于工程机械的产品,进一步提高了产品的性能及高科技含量。

(5) 节能与环保。为提高产品的节能效果和满足日益苛刻的环保要求,主要从降低发动机排放、提高液压系统效率和减振、降噪等方面入手。

(6) 不断提高整机的可靠性。

## 二、工程施工对工程机械的基本要求

工程施工中所使用的工程机械,我们也称为施工机械。

工程机械的工作环境恶劣,使用条件多变,工作机构在作业时产生的冲击和振动荷载,对整机的稳定性和寿命有直接影响,其工作场所有时狭窄且受自然及各种条件影响很大。因此,为保证工程机械能长期处于最佳工况下工作,应满足下列要求:

(1)适应性。工程机械的使用地区,从热带到高寒带,自然条件和地理条件差别很大,工况是由地下、水下到高空,既要满足一般施工要求,还要满足各种特殊施工要求。工程机械多数在野外、露天作业,常年在粉尘飞扬和风吹日晒的情况下工作,易受风雨的侵蚀和粉尘的磨损,要求具有良好的防尘和耐腐蚀性能。

(2)可靠性。大多数工程机械是在移动中作业,工作对象有沙土、碎石、沥青、混凝土等,作业条件严酷恶劣,机器受力复杂,振动与磨损剧烈。底盘和工作装置动作频繁,且经常处于满负荷工作状态,构件易于变形,常常因疲劳而损坏。因此,要求机械有很高的可靠性。

(3)经济性。经济性是一个综合性指标。工程机械的经济性体现在满足使用性能要求的前提下,力求结构简单、重量轻、零件种类和数量少,以减少原材料的消耗。制造经济性体现在工艺上合理,加工方便和制造成本低;使用经济性则应体现在高效率、能耗少和较低的管理及维护费用等。

(4)安全性。工程机械在现场作业,易于出现意外危险,为此,对机械的安全保护装置有严格要求。目前常见的翻车保护装置(ROPS)和落物保护装置(FOPS)已在国际标准中有专门的规定。我国工程机械的标准规范也明确规定,不装设规定的安全保护装置不许出厂。

## 三、本课程的性质、任务和学习方法

工程机械是公路与建筑等专业的技术基础课。对于从事工程施工与管理工作的工程技术人员来说,在工程施工过程中,必然会遇到机械设备的科学管理、正确使用、维护保养和如何充分发挥其效能的问题。从现代科学技术的发展来看,各种技术的相互渗透日益广泛、日益深入,为了保证施工生产的顺利进行、施工工艺的不断改进、施工技术的不断提高,都必须掌握有关机械方面的知识。本课程的任务和要求是:

(1)掌握工程机械传动中常用机构和主要通用零件的类型、工作原理、特点和应用,并具有运用和分析简单传动装置的能力。

(2)了解液压传动中常用液压元件及典型基本回路的工作原理、特点和应用,并具有阅读简单液压系统图的初步能力。

(3)掌握各种工程机械的基本构造、工作原理、主要性能参数和适用范围。

(4)具有合理地选用工程机械的能力和定期维护保养知识,为学好施工技术和施工组织课程,以及毕业后从事施工管理工作打下良好的基础。

工程机械课程涉及知识面广,内容多,整个教材以介绍工程机械结构和工作原理为主。教师讲授时需借助实物、模型、挂图,使学生产生直观的感性认识,建立机械传动的概念。如条件允许可采用工程机械 CAI 课件,用现代化教学手段,把教学授课内容、图像、资料与声音、影像和动画相结合,效果好,立体感强,学生容易理解。

教师应安排学生参观一些施工现场,多接触一些机械,使学生对机械产生兴趣,真正了解工程机械在建筑和道路施工中的重要作用,自发地、主动地、理论联系实际地学好工程机械课。

# 第一章 工程机械基础知识

## 第一节 概 述

工程机械从动力装置(内燃机)得到原动力,通过中间传动装置把动力输送给工作装置、行走装置、操作机构和控制装置等。传动装置的作用除传递动力外,还能改变工程机械的行驶速度、牵引力、运动方向及运动形式等。

工程机械上常用的传动装置有四种类型:机械传动、液压与液力传动、气力传动和电力传动。

机械传动目前使用最为广泛,它的基本形式有两种:一种是零件直接接触的传动,如齿轮、蜗轮、摩擦轮和摩擦盘等传动;另一种是通过挠性件的间接传动,如皮带、链条等的传动。这两类传动按其性质可分为摩擦传动和啮合传动两种。

液压与液力传动都是以液体作为介质进行能量传递的。液压传动是靠液体的静压力来传递能量的;液力传动则是以液体的动能来实现能量传递的。液压与液力传动可以在很大范围内实行无级调速;在工作过程中能自动调节速度和送进量,又能自动换向;与电气配合,可实现多种自动化,且运动平缓、均匀,能自动防止过载。

气力传动是以高压气体作为工作介质传递能量的。它必须具备空气压缩机和储气装置。由于其生产的气体压力不高,且气体的可压缩性很大,因而会产生传递速度不均匀现象。所以它大多只用于各种控制机构。

电力传动是利用电动机来分别传递动力。电力传动可使机械构造简单、体积小、自重轻。

工程机械中常采用综合形式的传动,例如:机械—液压传动;电力—液压传动;气压—液压传动等。

## 第二节 机械传动

机械传动一般按传动件相互作用的方式不同,可分为摩擦传动和啮合传动。摩擦传动是利用传动件之间所产生的摩擦力来传递动力。工程机械常用的摩擦传动有摩擦轮传动和皮带传动。啮合传动是依靠传动件的刚性啮合来传递转矩。它一般可分为直接啮合的齿轮传动和通过挠性件间接啮合的链传动两种形式。

### 一、带传动

如图 1-1 所示,带传动是由主动轮 1、从动轮 2 和紧套在两轮上的传动带 3 组成,借助带和带轮之间的摩擦或啮合(齿形带)来传递运动和动力的。带传动具有传动平稳、构造简单、

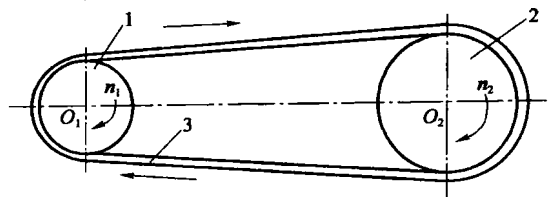


图 1-1 带传动

1-主动轮;2-从动轮;3-传动带

造价低廉、不需润滑和能缓冲吸振等优点,故在工程机械中广泛应用。

### 1. 带传动的类型、特点及应用

根据传动原理不同,带传动可分为摩擦传动和啮合传动两大类(图 1-2)。摩擦传动是依靠传动带和带轮之间的摩擦力传递运动和动力,胶带具有弹性,可缓冲、吸振,噪声小,结构简单、传动平稳、过载可打滑,但传动比不准确;啮合传动指同步带传动,它靠同步带表面的齿和同步带轮的齿槽的啮合来传递运动,它综合了带和齿轮传动的优点,可以保证传动同步,已经得到了广泛的应用,如图 1-2d)所示。

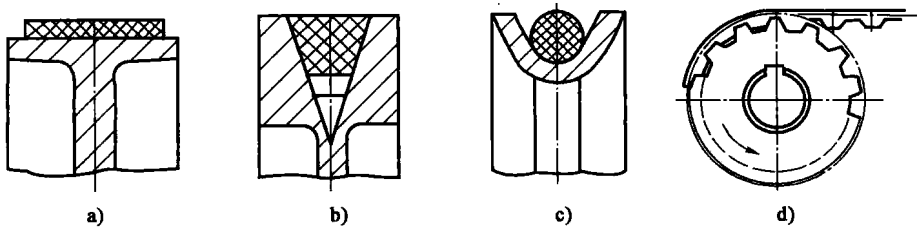


图 1-2 带传动的类型

a) 平形带传动; b) V 形带传动; c) 圆形带传动; d) 同步齿形带传动

摩擦传动的传动带根据截面形状分为梯形的 V 带、矩形的平带和特殊截面的带。

平带有橡胶布带、皮革带、缝合棉布带等。由于平带易打滑,传递功率小,结构又不紧凑,故机械中很少采用。为了增加皮带传动的摩擦力,提高其传动效果,普遍采用 V 带传动。V 带带截面为梯形。

V 带传动的实际摩擦力相当于平皮带的 3 倍左右,所以它能传递较大的转矩。目前对传动装置要求紧凑、两轮中心距小、传动转矩大的场合普遍采用 V 带传动。在工程机械中使用最普遍的是 V 带传动。

### 2. 带轮的结构

V 带轮由轮缘、轮辐和轮毂组成。V 带轮轮缘上有槽,它是与皮带直接接触的部分,其槽数及结构尺寸与所选 V 带的根数和型号相对应。

带轮的典型结构如图 1-3 所示,直径较小采用实心式,中等直径采用辐板式,直径较大的采用轮辐式。

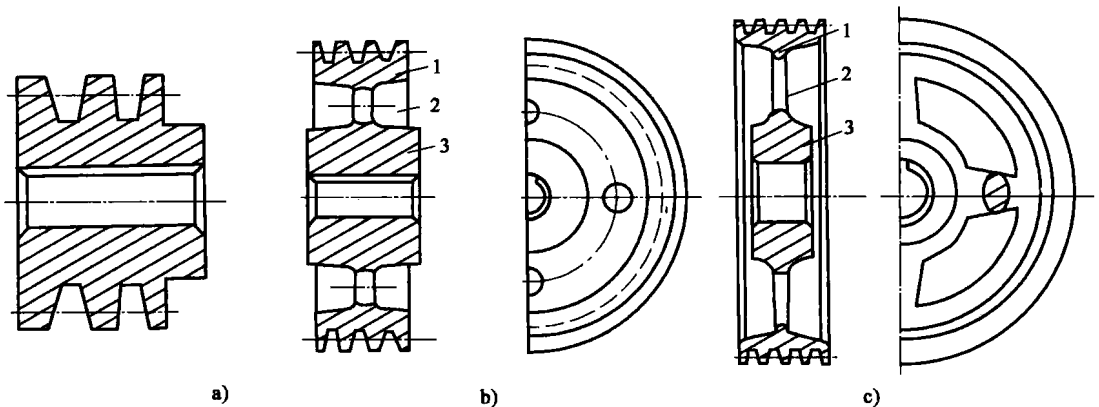


图 1-3 V 形带轮的结构

a) 实心轮; b) 辐板轮; c) 轮辐轮

1-轮缘; 2-轮辐; 3-轮毂

### 3. 带传动的张紧装置

带传动工作一定时间后,传动带因产生永久变形发生松弛现象,使张紧力降低,影响带传动的正常工作,因此应采用张紧装置。常用的张紧装置如图 1-4 所示。

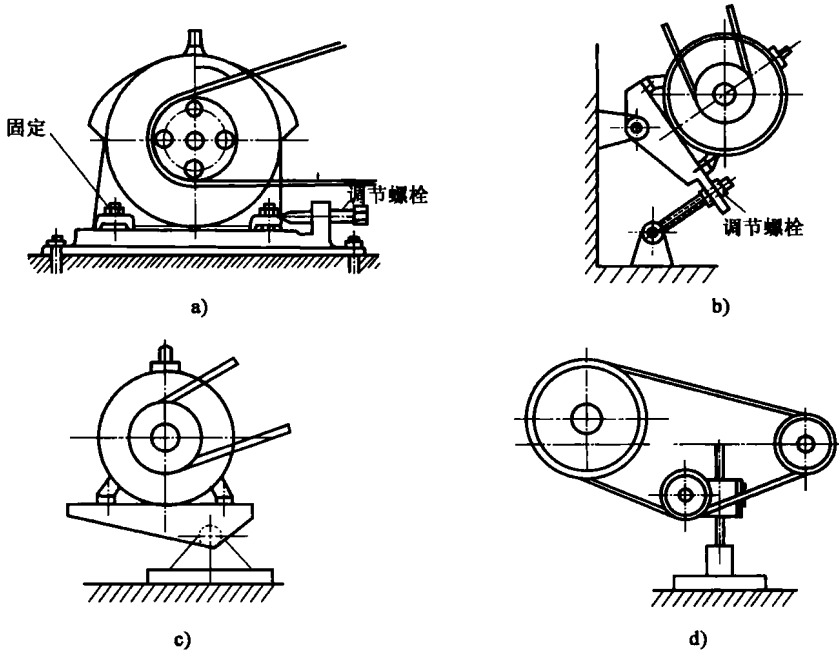


图 1-4 常用的张紧装置

如图 1-4a) 所示,松开固定螺栓,旋转调节螺钉,改变电动机位置,以调整带的初拉力。这种方法适用于水平或接近于水平布置的传动。

如图 1-4b) 所示,摆动机座上装有电动机及带轮,通过调节螺母,使机座绕销轴转动。这种方法适应于接近垂直布置的传动。

如图 1-4c) 所示,电动机及带轮装在摆架上,靠电动机、摆架的重力自动调整带的初拉力。

如图 1-4d) 所示,采用张紧轮装置,V 形带传动张紧轮应装在松边内侧靠近大带轮的位置,使小带轮的包角不至于过小。

### 4. 安装与维护

- (1) 安装时,两轴必须平行,否则带单侧磨损严重。
- (2) 在同一带轮上,新旧胶带不能同时并用,以免新旧带受力不均匀。
- (3) 带传动必须加防护罩,主要是保证人身安全,其次防止油、酸、碱等腐蚀胶带。

## 二、链传动

### 1. 链传动的组成和类型

如图 1-5 所示链传动由两个链轮 1、2 和一根链条 3 组成,依靠链条与链轮轮齿相啮合来传递运动和动力。链传动是具有中间挠性件的啮合传动,兼有齿轮传动与带传动的一些特点,用于两轴较远地平行布置,且又要求有精确传动比的传动机构上,两轴的旋转方向相同。

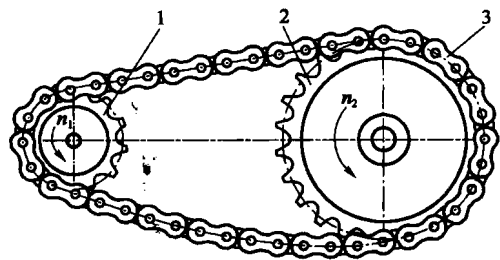


图 1-5 链传动

1-小链轮;2-大链轮;3-链条

链传动具有结构简单、传动功率大、效率高、传动比准确、环境适应性强、耐用和维修保养容易等优点。

按照工作性质分:链条有起重链、牵引链和传动链三种类型。起重链是由许多椭圆形圆环相互套连起来的,用来悬挂和提升重物,最大速度为0.25m/s。牵引链用来牵引重物,多用于输送机和升降机上,其速度可达2m/s。传动链用于驱动装置上,其速度可高达30m/s,效率可达98%,传动比在8以上。

## 2. 链条的结构

传动链所用的链条有滚子链、齿形链和钢制工程链三种类型,如图1-6所示。

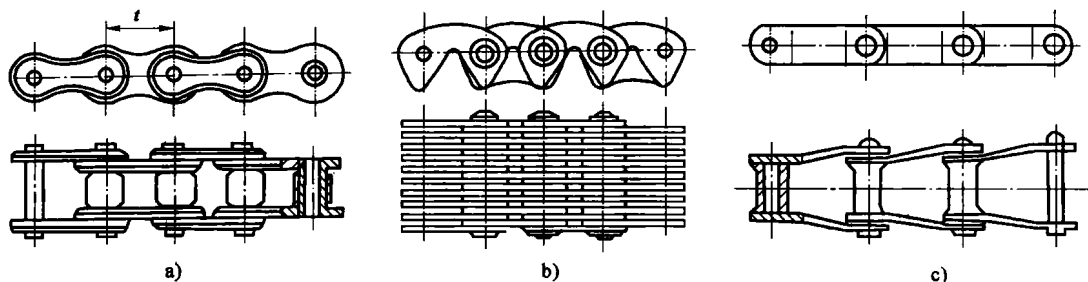


图1-6 链条的结构

a) 滚子链; b) 齿形链; c) 钢制工程链

链传动的的基本参数是链节的节距 $t$ ,它是相邻套筒或滚子轴心线之间的距离。此节距应与链轮上的轮齿周节相等。但在工作中由于链条各个关节处的磨损,会使链条拉长,其节距就会大于链轮轮齿的周节,使得链传动产生传动不均匀现象。链节磨损越大,链条拉伸越长,传动就越不均匀。因此,链条要经常保养。另外,链传动对动荷载很敏感,不宜用于周期性的间歇或反向传动。这是因为链条的节距不可能与链轮齿的周节完全一致,而有啮合间隙,使其工作时伴随有较大冲击荷载,导致链传动机构使用寿命下降。

## 3. 链轮结构

图1-7为链轮几种常用的结构。小直径的链轮制成整体实心结构(图1-7a);中等直径的链轮多采用孔板式(图1-7b);大直径的链轮常采用组合式,齿圈与轮芯可用不同材料制成,用螺栓连接(图1-7c)或焊接(图1-7d)成一体,前者齿圈磨损后便于更换。

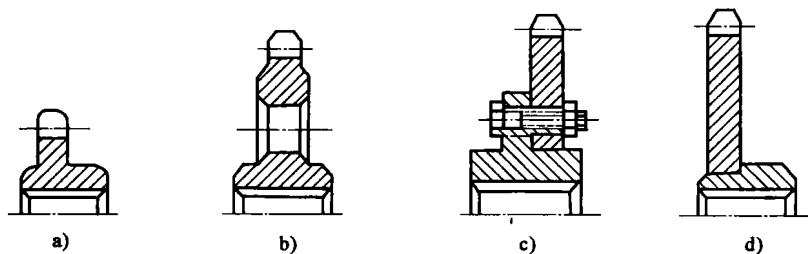


图1-7 链轮结构

a) 整体实心结式; b) 孔板式; c) 螺栓连接式; d) 焊接式

# 三、齿轮传动

## 1. 齿轮传动的组成、特点和类型

齿轮传动由主动齿轮和被动齿轮组成,利用齿轮之间的啮合来传递运动和动力,是各类机械传动中应用最广泛的一种。齿轮传动与其他机械传动相比较,具有传动比准确,工作可靠,

传动平稳,结构紧凑,传递功率和圆周速度范围大,传动效率高,使用寿命长等优点。因此,齿轮传动也是工程机械传动机构中应用最为广泛的一种传动形式。

齿轮传动的类型很多,按照一对齿轮轴线的相互位置以及齿形可按表 1-1 和图 1-8 所示分类。

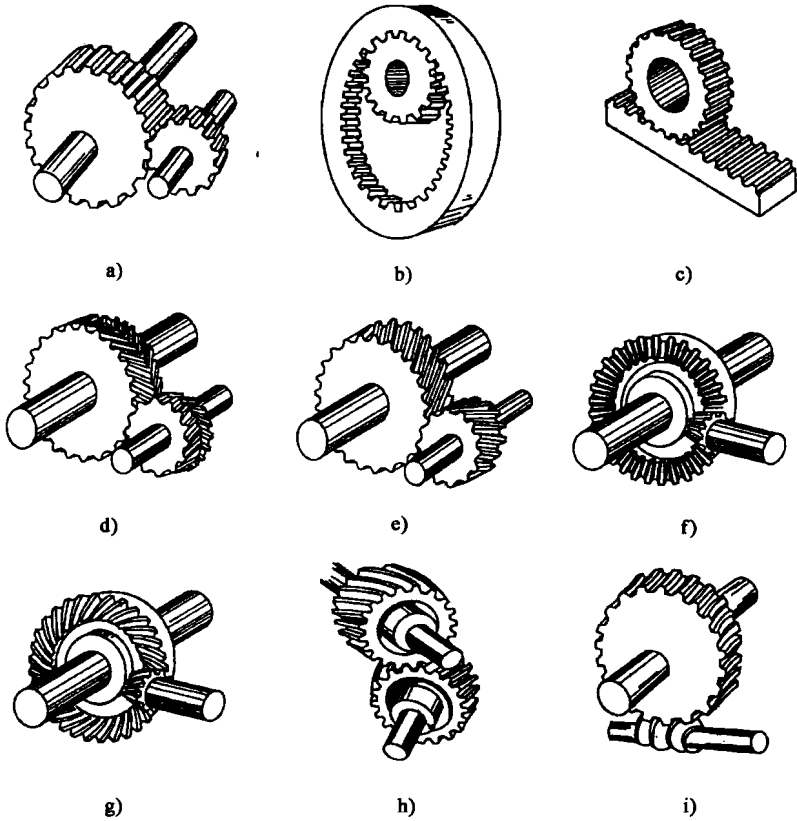


图 1-8 齿轮传动的类型

a)外啮合传动;b)内啮合传动;c)齿轮齿条传动;d)人字齿传动;e)斜齿传动;f)直齿传动;g)曲齿传动;h)螺旋齿轮传动;i)蜗杆传动

齿轮传动的类型

表 1-1

齿 轮 传 动	两 轴 线 平 行 齿 轮 传 动 ( 圆 柱 齿 轮 )	直齿传动	外啮合 图 1-7a) 内啮合 图 1-7b) 齿轮齿条 图 1-7c)	两 轴 线 不 平 行 齿 轮 传 动	圆锥齿轮传动 (两轴线相交)	直齿 图 1-7f) 斜齿 曲齿 图 1-7g)
		斜齿传动 图 1-7e)	外啮合 内啮合 齿轮齿条		两轴交错的 齿轮传动	螺旋齿轮 图 1-7h) 蜗杆传动 图 1-7i) 双曲线齿轮
		人字齿传动	图 1-7d)			

## 2. 齿轮传动的传动比

在齿轮传动中,两轮的转速与它们的齿数成反比,如图 1-9 所示。因此,一对啮合齿轮传动的传动比:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-1)$$

式中： $Z_1$ ——主动轮的齿数；  
 $Z_2$ ——从动轮的齿数；  
 $n_1$ ——主动轮的转速；  
 $n_2$ ——从动轮的转速。

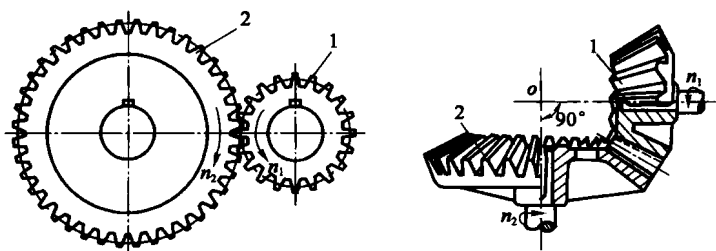


图 1-9 齿轮传动  
 1-主动齿轮;2-被动齿轮

齿轮减速器是齿轮传动的典型应用实例,它由密闭在箱体内的齿轮所组成,是具有固定传动比的独立传动部件,多用在原动机和工作机构之间,其主要功能是降低原动机的转速并增大转矩。图 1-10 为一级圆柱齿轮减速器,其结构由齿轮、轴、轴承、箱体和减速器附件组成。减速器的箱体是传动零件的基座,应有足够的强度和刚度,为了便于安装,箱体通常做成剖分结构,分为箱盖与箱座两部分。箱体内加有润滑油,以减少摩擦损失及发热、防腐、防锈和提高传动效率。

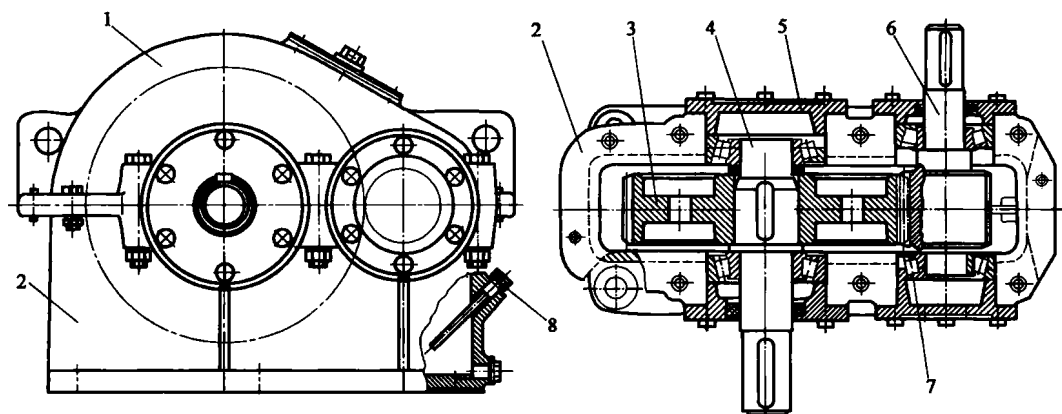


图 1-10 一级圆柱齿轮减速器  
 1-箱盖;2-箱座;3-大齿轮;4-输出轴;5-端盖;6-输入齿轮轴;7-轴承;8-油尺

#### 四、蜗杆传动

蜗杆传动用于传递空间交错的两轴之间的动力和运动。它通常采用的轴交角  $\alpha = 90^\circ$ ,多数作为减速传动,蜗杆和蜗轮的螺旋方向一般取为右旋,如图 1-11a) 所示。

蜗杆上的螺旋线可以有 1 至数根,通常 2~4 根用得最多。同一条螺旋线在节圆柱上相邻两点间的轴向距离称为螺旋线的导程  $S$ 。当蜗杆转一周时,可驱使蜗轮转过一个相当的角度,此角度在蜗轮节圆上的弧长等于导程  $S$ 。蜗杆上相邻两根螺旋线在节圆柱上的两点之间的轴向距离称作节距  $t$ ,如图 1-12 所示。若以  $Z_1$  代表蜗杆上螺旋线的根数,则

$$S = Z_1 t \quad (1-2)$$



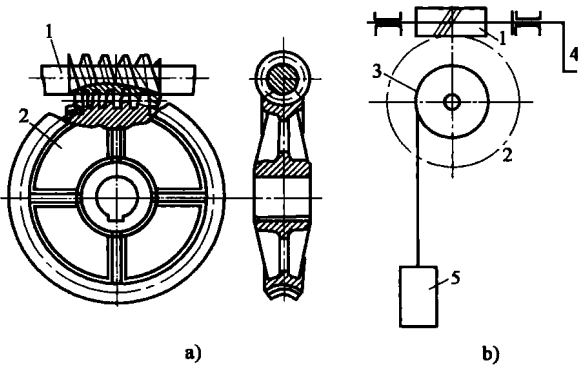


图 1-11 蜗轮与蜗杆传动

a) 蜗轮与蜗杆; b) 蜗轮传动示意图

1-蜗杆; 2-蜗轮; 3-绳轮; 4-手摇把; 5-重物

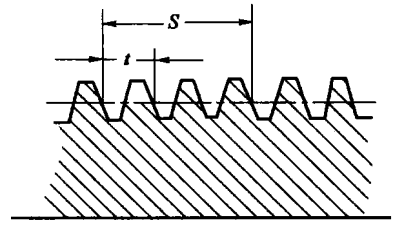


图 1-12 三线蜗杆部分纵截面图

当具有  $Z_1$  根螺旋线的蜗杆每转一圈时, 将驱动蜗轮也同样转过  $Z_1$  个齿。设蜗轮上有  $Z_2$  个齿, 就有传动比

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-3)$$

式中:  $n_1$ 、 $n_2$ ——分别为蜗杆、蜗轮的转速。

由于蜗杆线数  $Z_1$  很少, 其蜗杆传动可以获得很大的传动比。在减速传动中传动比  $i$  的范围为  $5 \leq i \leq 80$ , 在分度机构中可达  $i = 1\,000$ , 但是结构尺寸却相应很小。此外, 蜗杆传动还具有传动平稳, 振动、冲击和噪声均比较小, 且有自锁作用等优点。

自锁作用就是在外力作用于蜗轮上不可能反过来驱动蜗杆旋转, 如图 1-11b) 所示。这一性能对于起重机构是很重要的, 也就等于它能起到自行制动的作用。

蜗杆机构的缺点是传动效率较低以及连续持久工作时易发热。在工程机械中大多用于非长期连续工作, 而又要求有自锁安全作用的场合, 例如起重机的起升机构等。

## 五、轮系

由一对齿轮组成的传动机构是齿轮传动的最简单形式。为了增大齿轮传动的传动比, 工程机械通常需要在主动轴和从动轮(或动力输入轴与输出轴)之间采用多级齿轮来传递运动。这种由多级齿轮所组成的齿轮传动系统称为轮系, 轮系分为定轴轮系和行星轮系两类。

### 1. 定轴轮系

当轮系运转时, 各齿轮轴线均为固定不动, 称为定轴轮系, 如图 1-13 所示。

在计算定轴轮系的传动比时作如下规定: 对于轴线平行的齿轮传动, 主动轮与从动轮转向相同时, 传动比为正; 两轮转向相反时, 传动比为负。按图 1-13 所示的定轴轮系可以分别计算出各对齿轮的传动比:

$$\begin{aligned} i_{12} &= \frac{n_1}{n_2} = -\frac{Z_2}{Z_1} & i_{34} &= \frac{n_3}{n_4} = \frac{Z_4}{Z_3} \\ i_{56} &= \frac{n_5}{n_6} = -\frac{Z_6}{Z_5} & i_{78} &= \frac{n_7}{n_8} = -\frac{Z_8}{Z_7} \end{aligned} \quad (1-4)$$

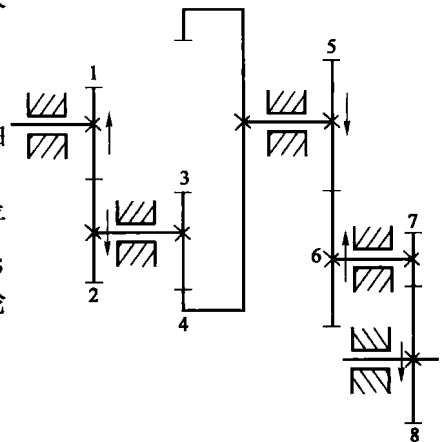


图 1-13 多级齿轮传动系统