

■ 高等学校土木工程专业系列教材

土木工程机械 (第二版)

黄士基 主编
赵奇平 王 宇 副主编



中国建筑工业出版社

高等学校土木工程专业系列教材

土木工程机械（第二版）

黄士基		主 编
赵奇平	王 宇	副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程机械/黄土基主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 8

(高等学校土木工程专业系列教材)

ISBN 978-7-112-12260-8

I. ①土… II. ①黄… III. ①建筑机械-高等学校-教材 IV. ①TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 142511 号

全书包括机械基础和工程机械两大部分, 第一部分介绍: 机械的基本常识、常用机构、轴及轴系零部件、挠性传动、齿轮传动、液压传动与液力传动, 第二部分介绍: 施工运输车辆、土石方工程机械、压实机械和路面机械、起重运输机械、钢筋加工机械、混凝土机械、桩工机械。

根据专业要求和教学时数的多少, 本教材在内容上提供了较多的选择余地, 因此它不但适合土木工程专业本科使用, 也可作为土建类的专科教材, 以及高层次的各种工程技术和管理人员的培训用书。

* * *

责任编辑: 王磊 田启铭

责任设计: 张虹

责任校对: 刘钰 赵颖

**高等学校土木工程专业系列教材
土木工程机械 (第二版)**

黄土基 主 编
赵奇平 王 宇 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18¼ 字数: 444 千字

2010 年 9 月第二版 2010 年 9 月第十三次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-12260-8

(19526)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第 二 版 前 言

本教材从出版至今已近十周年了。每年的发行量都很可观。它深受全国包括台湾在内的广大师生及相关读者的青睐。在此首先向诸位表示深切的谢意!

十年来,祖国日新月异。在基础建设中的土木工程更是突飞猛进并且宏观惊人,而工程机械也获得了前所未有的大发展。新技术、新能源、新产品、新规定、新思维、环保新理念等也都迅速闯了进来。陈旧的设备 and 规章随之淘汰。我们的教材所存在的不足也需要进一步完善。例如最后一章建筑装饰机械与工程机械在行业上的距离较远,决定删除,让出版面扩充工程机械的新知识。

十年来,物换星移,本教材的参编者所在高校大都改了名,编者也有所变化。参加本次的修编者有武汉理工大学黄土基(第一和第九章)、赵奇平(第五和第六章)、王宇(第八、十一和第十二章);武汉大学何小新(第二和第七章);贵州大学傅良森(第三和第四章);湖北城建职业技术学院陈楚瑜(第十和第十三章)。

本书主编黄土基,副主编赵奇平、王宇。

在修编的过程中,采用了徐工集团、北京三一重工集团、长沙中联重科,上海三一科技集团、四川建设机械集团、西安筑路机械厂、厦工集团、特雷克斯公司等许多企业的资料,还有《建筑机械》和《建筑机械化》两家杂志社提供的有关新技术和新信息。在此向诸厂家、杂志社和有关作者致以敬谢。

本书是跨学科性教材,它适用于高校中土木工程类本科、专科,也可作高层土木技术与管理人员的培训用书。它的起点比较高,在有限的学时内,对机械知识深浅程度的控制和在内容的取舍上并非易事,我们虽然多次组编此类教材,但仍难免有不尽人意之处,敬请诸位读者指教。

编者

2010年4月

第一版前言

根据 1998 年教育部颁布的“普通高等学校本科专业目录”，按照科学、规范，拓宽的工作原则，本会为迎接 21 世纪高等学校教学内容和课程改革的需要，组织编写了土木工程专业使用的《土木工程机械》教材。

全书约 40 万字、共 14 章。前 6 章讲述一般机械知识（包括液压和液力），在编写上力争突出重点，并且少而精，后 8 章重点论述土木工程中常用的工程机械，力求反映其先进水平和时代风貌。

根据专业要求和教学时数的多少，本教材在内容上提供了较多的选择余地，它不但可作为土木工程专业本科的教学用书，也可作为土建类的专科教材和高层次的土建类工程技术及其管理人员的培训用书。

此书由本学科研究会第三届理事长黄士基主编，副主编为龙小乐、李颖。

本书参加编写的有：武汉工业大学黄士基（第 1 章、第 9 章和第 14 章）、赵奇平（第 6 章）；武汉水利电力大学何小新（第 2 章和第 7 章）、龙小乐（第 11 章和第 12 章）；贵州工业大学申东杰（第 3 章和第 4 章）；中南工业大学段乐珍（第 5 章）；唐山工程技术学院张振民（第 8 章）；四川工业学院李颖（第 10 章）；湖北工学院姚甫昌（第 13 章）。

兰州建筑通用机械厂，江苏连云港机械厂、河南黄河磨具厂，武汉市建筑工程机械厂，唐山专用汽车制造厂，湖北建筑机械厂，四川建筑机械厂，温州市工程机械厂等企业为教材编写提供了宝贵的资料。

本书在编写的过程中还参阅了许多同行编写的书籍和教材，在此向上述厂家和老师们的致以衷心的感谢。

本教材虽经参编者认真努力而为，但限于水平，不妥之处敬请读者批评指正。

全国高校土木工程专业机械
学科研究会
2000 年 4 月

目 录

第 1 章 机械的基本常识	1
1.1 绪论	1
1.2 工程机械的动力装置	3
1.3 工程机械的传动装置	4
1.4 机械制造的常用材料	6
1.5 钢的热处理	9
1.6 公差与配合的基本概念	10
思考题与习题	12
第 2 章 常用机构	13
2.1 运动副及机构运动简图	13
2.2 平面四杆机构	14
2.3 凸轮机构	20
2.4 其他常用机构	21
思考题与习题	24
第 3 章 轴及轴系零部件	25
3.1 轴的分类和材料	25
3.2 轴的结构设计	26
3.3 轴的强度计算	28
3.4 轴毂连接	30
3.5 滑动轴承	32
3.6 滚动轴承	35
3.7 联轴器和离合器	41
思考题与习题	44
第 4 章 挠性传动	45
4.1 带传动概述	45
4.2 带传动的工作情况分析	47
4.3 三角带传动的设计计算	49
4.4 三角带轮	54
4.5 带传动的张紧装置	55
4.6 其他带传动简介	56
4.7 链传动	57
思考题与习题	60
第 5 章 齿轮传动	61
5.1 概述	61
5.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮	62

5.3 渐开线齿轮传动	65
5.4 齿轮的失效形式及齿轮材料	67
5.5 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	69
5.6 斜齿圆柱齿轮传动	73
5.7 直齿圆锥齿轮传动及蜗杆传动	74
5.8 轮系和减速器	77
思考题与习题	81
第6章 液压传动与液力传动	82
6.1 液压传动的组成和特点	82
6.2 液压传动的的基本参数	87
6.3 液压动力元件	90
6.4 液压执行元件	92
6.5 液压控制元件	95
6.6 液压传动的基本回路	99
6.7 建筑机械液压系统的典型实例	105
6.8 液力传动概述	107
思考题与习题	109
第7章 施工运输车辆	110
7.1 概述	110
7.2 内燃机的一般构造与工作原理	111
7.3 轮式车辆行驶的基本原理	116
7.4 施工运输车辆底盘的基本构造	117
7.5 施工运输车辆的工作装置	124
7.6 新能源在工程车辆上的应用	125
7.7 “油—电”混合动力车辆	127
思考题与习题	128
第8章 土石方工程机械	129
8.1 概述	129
8.2 单斗挖掘机和装载机	129
8.3 推土机和铲运机	138
8.4 凿岩机和风镐	143
8.5 岩石破碎机和冲击器	150
8.6 土石方施工机械化的含义	155
思考题与习题	156
第9章 压实机械和路面机械	157
9.1 静力式压路机	157
9.2 振动压路机和冲击压实机	160
9.3 沥青洒布机和沥青混凝土制备机	163
9.4 路面材料摊铺机	167
9.5 路面机械发展三阶段	172
思考题与习题	175
第10章 起重运输机械	176

10.1	概述	176
10.2	起重机的主要零部件	178
10.3	起重机的工作机构	187
10.4	自行式起重机	189
10.5	塔式起重机	194
10.6	龙门起重机	211
10.7	建筑施工升降机	212
10.8	起重机的选用及稳定性验算	215
	思考题与习题	217
第 11 章	钢筋加工机械	218
11.1	冷拉机和冷拔机	218
11.2	钢筋调直机和弯曲机	221
11.3	钢筋切断机	228
11.4	钢筋焊接机	229
11.5	预应力钢筋张拉机	233
11.6	钢筋加工配送商业化	235
	思考题与习题	236
第 12 章	混凝土机械	237
12.1	混凝土搅拌机	237
12.2	混凝土搅拌站	244
12.3	混凝土搅拌运输车	248
12.4	混凝土输送泵和泵车	251
12.5	混凝土振动器	255
12.6	混凝土机械的辉煌发展	259
12.7	混凝土施工机械化	260
	思考题与习题	261
第 13 章	桩工机械	267
13.1	锤击式打桩机	267
13.2	振动式沉桩机	270
13.3	静力压桩机	272
13.4	灌注桩成孔机	273
13.5	桩架	280
	思考题与习题	282
	主要参考书目	283

第 1 章 机械的基本常识

1.1 绪 论

1.1.1 土木工程机械的作用

土木工程机械是指用于基本建设领域中各类专用的施工机械，也称为工程机械，包括建筑工程、市政工程、道桥工程和港口工程等所使用的施工机械。

机械是人类进行生产斗争的重要武器，是用来减轻体力劳动和提高生产力的工具，又是衡量社会生产发展的重要标志。建筑工业在世界各国都是一种不可缺少的大行业，在国民经济中占有举足轻重的地位。建筑机械化的程度也是衡量一个国家建筑工业水平的重要指标。建筑施工采用机械，对于减轻繁重的体力劳动、节约劳动力、提高劳动生产率，加速工程进度、提高工程质量、降低工程造价，起着重大的作用。

采用机械化施工，特别有利于广泛采用新技术，改善劳动条件。采用液压技术的液压凿岩机与风动凿岩机相比，能量利用率提高了三倍，工作速度提高了一倍，动力消耗却降低了一半。推土机、平地机、摊铺机以及隧道掘进机等，应用激光自动导向、找平、找直、找准、放线，可大大提高作业精度和工作质量。如用激光导向定坡度、其误差可小于 0.01%。轮式建筑机械的转向和制动机构采用液压伺服系统，可使操纵省力并改善转向和制动性能，尤其是电子计算机技术的应用，无人操纵或无线电遥控的建筑机械相继问世，才使在低温、高原、水下、地下、空中以及公害污染等困难环境下施工成为现实。

1.1.2 课程的性质和内容

根据建筑机械的作用，土木工程专业开设本课程是十分必要的，它是一门重要的技术基础课。根据专业的需要，其内容包括机械基础知识和常用建筑机械两大部分，前者主要介绍机械制造中常用材料的性能及选用方法；通用零、部件的设计、选用等基本知识；还有挠性传动、齿轮转动、液压传动的基本理论。后者主要介绍常用建筑机械的主要机构、类型、性能、基本构造、使用方法及选型设计等内容。它是前者的综合运用。

本课程涉及的理论知识面广；所讲述的零、部件类型不但很多，又由于在各种机械中，影响零、部件功能、寿命的因素十分复杂，机械在作业中的工况又千变万化，在许多情况下，难以用纯理论进行设计计算，而必须借助于实验或经验公式。因而，在学习中要掌握各种系数、参数和公式的物理意义，并了解其应用的条件和范围，学会运用各种规范和设计手册等。

本课程所提供的知识，不但与专业设计、施工和科研直接相关，而且在工作中，它也是和工程机械人员语言沟通的桥梁。

1.1.3 土木工程对其机械的要求

建筑机械的工作环境和条件多变，同时又十分恶劣，工作机构在作业所产生的冲击和振动载荷，对整机的稳定性、安全性和寿命有直接影响。为保证建筑机械能长期处于最佳工况下工作，提出如下的特别要求：

(1) 使用性能要求：是指它能适应预定的工作环境和作业条件并使其发挥最大的工作效率。

(2) 可靠性要求：可靠性如用概率表示时，称为可靠度。建筑机械的可靠度是指在规定的时间内和工作条件下能够正常完成其功能的概率。反之，完不成规定功能的概率称为不可靠度或失效率。

(3) 结构工艺性要求：是指建筑机械的结构要符合一定的工艺要求，即在保证必要的质量和要求的寿命条件下，使材料消耗和劳动消耗最少，并且便于成坯、加工和装配。

(4) “三化”要求：产品的系列化、部件的通用化、零件的标准化，称为“三化”。“三化”程度是评价建筑机械的重要指标之一。实行“三化”是一项重大的技术政策，它可以简化生产，提高企业的技术水平、经济管理水平和劳动生产率，并为使用新技术、新工艺、新材料创造条件，也便于产品的维修与备品供应，使设计制造和使用维修工作大为简化。

(5) 经济性的要求：经济性是一个综合性指标。建筑机械设计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，零件种类和数量少，重量轻，以减少原材料的消耗；制造经济性体现在工艺合理、加工方便和制造成本低；使用经济性则体现在高生产率、高效率、能耗少和较低的管理及维护费用等。

1.1.4 几个重要的名词

(1) 机器 从力学和功能的角度考虑，它具有三大特征：①它由许多构件组成，单一构件决不能称为机器；②各构件之间必定能产生确定的相对运动；③都能利用机械能来完成有效功或把机械能转换成其他形式的能量，或作相反的转换。一部机器可能由一种机构或几种机构所组成。它是功能转换的单元。

机器按其作用可分为三类：一类是原动机，它是将某种能量转变为机械能的机器，如蒸汽机、内燃机、电动机等；一类是转换机，它是将机械能转换成其他形式能的机器，如发电机、空气压缩机；再一类是工作机，它是利用机械能来完成有用功的机器，如起重机，各式机床及各类土方机械。

(2) 机构 它是具有确定相对运动的许多构件的组合物。它只具备机器的前两个特征，不考虑功能转换的问题，因此它的主要任务是传递或改变运动的方向、大小、形式，它是机械运动的单元。例如最常见的自行车，可称为运动的机构，而不能称为机器。

(3) 机械 是机器和机构的总称。

(4) 构件 组成机构的单元，它可以是一个零件，也可以是由许多零件组成的刚体。

(5) 机械零件 组成构件的元件，称为零件，而零件是制造的单元。

零件分两大类，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（常用零件），如三角胶带、螺栓、齿轮及轴承等；只在某种机器中使用的零件，称为专用零

件,如钢丝绳、滑轮、吊钩等。

(6) 部件 是为完成同一任务并协调工作的若干个机械零件的组合体。如轴承、联轴器、离合器等。它是安装的单元。

1.1.5 机械的基本组成

(1) 动力装置 它是机械动力的来源。建筑机械常用的动力装置有电动机、内燃机等。建筑机械所用的电动机、内燃机等都是由专门工厂生产的标准化、系列化产品,不需自行设计。只要根据建筑机械的设计要求或生产需要,从有关设计手册中选用标准型号,外购即可。它是任何机器不可少的核心部分。

(2) 传动装置 是用来传递运动和动力的装置。它分为机械式、液压式、液力机械式及电动式等多种形式。它不但可传递运动和动力,还可以变换运动的形式(如将旋转运动变为直线运动或摆动等)和方向(正、反向转动和往复直线运动等)。

(3) 工作装置 这是建筑机械中直接完成生产任务的部件。如卷扬机的卷筒、起重机的吊钩、装载机的铲斗等。对它的要求是高效、多功能、适合于多种工作条件。例如,挖掘机已发展到可换装数十种工作装置,除正、反铲外,尚可更换供起重、铲运、平地、推土、装载、钻孔、振捣、松土、高空作业架、集材叉、冲击机具等作业需要的工作装置。

(4) 信号及操纵控制装置 是提供信号和操纵、控制机械运转的部分。

(5) 机架 将上述的各部分连成一体,并使之互相保持确定相对位置的基础部分。

1.2 工程机械的动力装置

除简易的手动机械如手动卷扬机、手动千斤顶、手动葫芦、手动弯盘机和手动喷洒机等没有动力装置外,一般建筑机械都设有动力装置来代替繁重的体力劳动。这种动力装置称为原动机,常用的有如下几种:

(1) 电动机 在建筑机械中应用最广。它由电网取电,启动与停机方便,工作效率高,体积小、自重轻。当电源能稳定供应,建筑机械工作地点比较固定时,普遍选用电动机作动力。电动机是定型产品,查找有关的机电产品目录,可按需要选用。

(2) 内燃机 工作效率高、体积小、重量轻、发动较快。常在大、中、小型机械上作动力装置。它只要有足够的燃油,就不受其他动力能源的限制。这一突出优点,使它广泛应用于需要经常作大范围、长距离行走的或无电源供应的建筑机械。

(3) 空气压缩机 它结构简单可靠、工作迅速、操作管理方便,常为中小型建筑机械作动力装置,如风动磨光机、风动凿岩机等。

(4) 蒸汽机 它是发展最早的动力装置,虽设备庞大笨重、工作效率不高,又需特设锅炉,但其工作耐久、燃料低廉,并有可逆性,可在超载下工作,所以在个别建筑机械中还在用作动力装置,如大功率的蒸汽打桩机。

建筑机械除单独采用以上动力装置外,还可采用混合的动力装置,使驱动方便灵活。例如柴油机、发电机和电动机的联合装置,由柴油机驱动发电机发电,再供给本机械上的各个电动机使用,大型挖掘机多采用这种混合动力装置。

1.3 工程机械的传动装置

1.3.1 传动装置的定义

图 1-1 所示为卷扬机的传动示意图。电动机通过输出轴驱动传动装置，经胶带传动及减速器减速输出动力，再通过联轴器使工作装置中的卷筒回转，从而使缠绕于滚筒上的钢丝绳作升降重物的动作而做功。

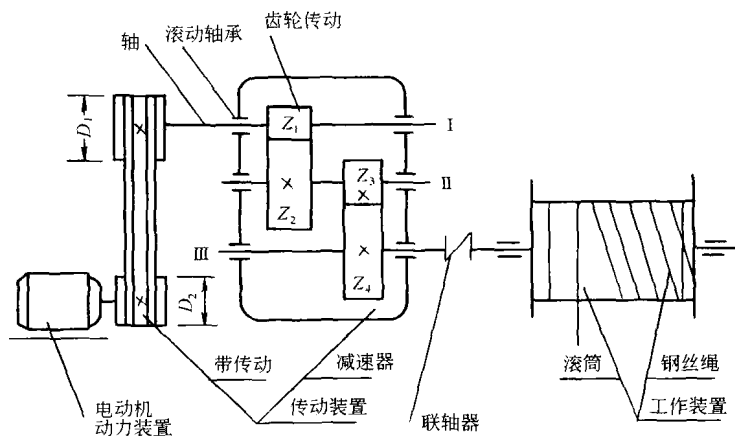


图 1-1 卷扬机传动示意图

由上可见，传动装置的任务主要是在动力装置与工作装置之间承担着协调的作用，它是将动力装置的机械能传递给工作装置的中间装置，是建筑机械的重要组成部分。因此，对它的合理设计和选用是机械设计工作中的一项关键课题，也是本课程的主要内容之一。

1.3.2 传动装置的作用

(1) 减速与增速 由于工作装置所要求的速度与动力装置的速度不相符合，常需设置增速或减速的传动装置使之协调。如图 1-1 所示卷扬机，电动机输出轴的转速为 450r/min ，而滚筒的转速为 30r/min ，故须设置减速传动装置以满足工作装置（滚筒）的需要。

(2) 变速 许多工作装置的转速需要按工作要求进行调整。若以调节动力装置的速度来实现往往是复杂而不经济的，有时是不可能的，而采用传动装置来实现变速却较简便。

(3) 改变运动形式 动力装置输出轴一般都是以等速回转运动形式输出机械能，而工作装置要求的运动形式却是多种多样的，如直线运动、回转运动、间歇运动等形式。两者的不同运动形式的转换是依靠传动装置来实现的。

(4) 动力与运动的传递与分配 有的需要以一个或多个传动装置驱动若干个相同或不相同速度的工作机构。此时传动装置不仅起传递动力和运动的作用，还起分配或汇集动力和运动的作用。

1.3.3 传动装置的类型

1. 按传动比分类

(1) 定传动比传动 输入转速与输出转速之比是定值，通常用于工作装置工况固定的场合。如：带、链、摩擦轮、齿轮、蜗杆蜗轮等传动。

(2) 变传动比传动 它又分为有级变速，无级变速和周期变化三种。

1) 有级变速 一个输入转速通过传动可得到若干个输出转速，适用于工作装置工况改变的场合。如：齿轮变速器、塔轮传动。

2) 无级变速 一个输入转速通过传动得到在某一范围内无限多个输出转速，适用于工作装置工况很多的场合。如：机械无级变速器、液力耦合器、液力变矩器、流体传动、电磁滑差离合器。

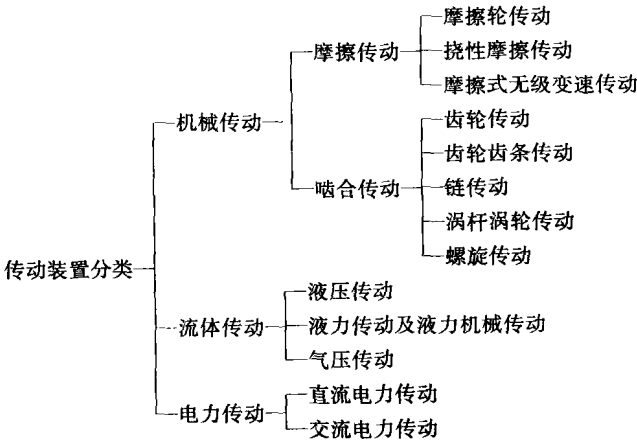
3) 周期变化 输出角速度是输入角速度的周期函数，用来实现函数传动及改善某些机构的动力特性。如：非圆齿轮、凸轮、连杆组合机构。

2. 按能量流动路线分类

见表 1-1 所示。

传动装置按能量的流动路线分类			表 1-1
传动类型	能 量 流 程 图	传 动 举 例	说 明
单流传动	动力装置→传动装置 1→传动装置 2→工作装置	单流减速器	全部能量均流过每一个传动元件
分流传动	动力装置 →传动装置 1→工作装置 1 →传动装置 2→工作装置 2 →传动装置 3→工作装置 3	汽车起重机起重部分的传动、多轴钻	用于多工作装置的机械
汇流传动	传动装置 1→工作装置 1 传动装置 2→工作装置 2 传动装置 3→工作装置 3 动力装置	大型水泥磨传动提升机	用于低速、重载、工作机构少而惯性大的机械

3. 按工作原理分类



1.3.4 初选传动类型的基本原则

(1) 尽量简化和缩短传动系统。在满足机械使用要求的前提下, 机械的传动系统应尽量简短。传动零件和其他零件的数量越少越好, 这样可降低能量耗损及制造和安装的累积误差, 并有利于提高机械的传动效率和运动精度。为此, 常采用传动比大的传动形式(如蜗杆传动、行星轮系传动及螺旋传动等)。但是传动比大的传动形式往往效率较低。

(2) 多级传动时要合理布置传动顺序。在机械传动中, 一般带传动(或摩擦传动)承载能力较小, 传递相同扭矩时, 结构尺寸较其他传动形式大。但其运动较平衡, 能缓冲减振, 因此带传动应尽量布置在高速级。

链传动的瞬时传动比不准确, 高速下易产生冲击、振动和噪声等, 故应布置于低速级, 并可在较高温度下工作。

蜗杆传动可以有较大的传动比, 传动平稳但效率低; 适用于中、小功率及间歇运动的场合。当其与齿轮传动同时应用时, 最好布置于高速级。

(3) 单件生产的低速、小功率机械, 其传动应尽可能采用标准零、部件, 缩短加工周期, 而且可更好地保证质量, 降低成本。

(4) 工作环境恶劣时, 应视具体情况选用。如带传动因会摩擦起电, 不宜在易燃易爆的工作场所采用。气压传动则可用于多尘、潮湿、湿度较高的工作环境。

(5) 寿命要求方面, 各种传动在保证精度和润滑的情况下, 以轮传动的寿命最高, 而链传动和摩擦传动的寿命较短。液压和气压传动的密封件寿命较短, 需定期更换。

(6) 载荷、扭矩大, 有冲击、振动的建筑机械, 或有变速、变换运动形式的工作装置, 应考虑采用液压传动。如混凝土搅拌运输车的搅拌筒, 受力大且有冲击振动负荷, 又有变速和变换运动方向等特点, 在传动类型选择时, 优先选用了液压传动闭式系统。实践证明它使传动系统大大简化, 故障率降低, 较好地满足了搅拌运输车工作特点的要求。

(7) 合理分配传动比, 各级传动比宜在其常用范围内选取, 以保证符合各种传动形式的工作特点和结构紧凑。

(8) 对生产批量较大的机械, 选择传动形式时, 应对工艺性、经济性、可行性、可靠性等问题, 借助电子计算机辅助设计、最优化设计方法等各种传动方案作精确的比较, 以寻求最佳的传动方式。

1.4 机械制造的常用材料

1.4.1 常用金属材料

常用的金属材料是钢和铸铁, 其次是某些有色金属及其合金。钢和铸铁是铁、碳合金。含碳量小于2%者为钢; 大于2%者为铸铁。黑色金属以外的金属统称为有色金属。

1. 钢

钢具有良好的机械性能(即强度、硬度、塑性、韧性、抗疲劳性等), 还可以经过热处理进一步改善其机械性能和工艺性能(即铸造、锻造、焊接、切削及热处理等性能)。工业用钢品种繁多, 常按其品质、用途、化学成分等特点进行分类。

钢的品质优劣是按残存于钢中的有害元素硫、磷的含量高低来鉴别的。

钢的机械性能与其含碳量高低有关。一般来说，钢中含碳量愈高，钢的硬度、强度上升；韧性、塑性下降，按钢中含碳量高低又分为低碳钢（含碳量 $<0.25\%$ ）、中碳钢（含碳量在 $0.25\% \sim 0.6\%$ ）、高碳钢（含碳量 $>0.6\%$ ）。

以下仅介绍建筑机械的零部件常用的钢：

(1) 普通碳素钢，分为甲（A）、乙（B）、特（C）三类。

甲类钢按机械性能供应。按其含碳量高低分为 7 级，1 级含碳量最低，逐级升高，钢的强度也相应增加而塑性降低。它用于制造不重要的机械零件和建筑、桥梁的结构件，其中 Q215、Q235、Q275 最为常用。

乙类钢是按化学成分供应，它也有 7 种钢号，用 B₁~B₇ 表示，钢号愈大含碳量愈高。

特种钢既能按机械性能又能按化学成分供应。

(2) 优质碳素钢。它有害杂质硫、磷含量较小，机械性能优于普通碳素钢。广泛用于制造较重要的机械零件，使用时需要进行热处理。45 号优质碳素钢（平均含碳量为 0.45% ）常选作轴、键、活塞销等重要零件的材料。

按钢中含锰量不同，又可分为普通含锰量和较高含锰量两种优质碳素钢。

(3) 普通低合金钢，即在普通碳素钢中加入少量合金元素（如 Al、B、Cr、Mn 等），其合金元素的总量 $\leq 5\%$ ，以改善钢的综合性能，或使钢具有某种特殊性能。由于其强度比同等含碳量的普通碳素钢高得多，常可代替普通碳素钢作大型厂房、公共建筑、桥梁、船舶、车辆等大型钢结构以及大型建筑机械的构件、零件的材料。

(4) 优质合金钢。合金元素总含量 $>5\% \sim 10\%$ 者称中合金钢；合金元素总含量 $>10\%$ 者称高合金钢。由于高含量合金元素的加入，使其更具有耐磨、不锈、耐酸、耐碱、耐油脂、耐热、耐腐蚀等特殊性能。经过热处理后，可用作制造弹簧、轴承、轴等重要零件。

(5) 铸钢 它是将钢水浇注到铸模中，形成具有一定形状和尺寸的毛坯材料。主要用于制造一些形状复杂、体积较大，难以进行锻造和切削加工而又要求强度和韧性较高的零件。它的编号方法，采用相应的钢号前冠以 ZG 符号，如 ZG45、ZG40Mn2 等。

2. 铸铁

与钢相比，铸铁的机械性能较差，性脆不能碾压或锻造。但铸造、切削性能好，可铸成形状复杂的零件。此外，其抗压强度较高，减振性、耐磨性好，成本低廉，因而在建筑机械制造中应用甚广。常用的铸铁有：

(1) 灰铸铁 断口呈灰色，应用极其广泛。

(2) 球墨铸铁 以铸铁中的石墨球状化而得名。与铸铁相比具有更高的强度，其塑性、耐磨性、减振性也优于铸钢，且价廉。

3. 有色金属及其合金

铝、镁、铜、锡、铅、锌等及其合金统称为有色金属。有色金属由于具有某些特殊性质，因而成为现代工业技术中不可缺少的材料之一。在机械制造中多采用有色金属的合金材料，常用的有铜合金、铝合金、铸造轴承合金等。

1.4.2 高分子材料

高分子材料为有机合成材料，亦称聚合物。它具有较高的强度，良好的塑性，较强的

耐腐蚀性，很好的绝缘性，以及重量轻等优良性能，在工程上是发展最快的一类新型材料。

高分子材料种类很多，工程上根据机械性能和使用状况将其分为三大类：

(1) 塑料 主要是指强度、韧性和耐磨性较好的可制造某些机械零件或构件的工程塑料，它分热塑性塑料和热固性塑料两种。

(2) 橡胶 通常指经硫化处理，弹性特别优良的聚合物，有通用橡胶和特种橡胶两种。

(3) 合成纤维 指由单体聚合，强度很高的聚合物，通过机械处理所获得的纤维材料。

1.4.3 复合材料

所谓复合材料，是由两种或更多种物理和化学性质不同的物质由人工制成的一种多相固体材料。实际上它存在于自然界中，有的已被广泛应用。例如，木材就是纤维素和木质素的复合物；钢筋混凝土则是钢筋与砂、石、水泥和水经人工复合的材料等等。

由于它能集中组成材料的优点，并能实行最佳结构设计，所以具有许多优越的特性：

(1) 比强度和比刚度高 复合材料的这两项指标是各类材料中最高的。见表 1-2。

各类材料强度性能的比较

表 1-2

材 料	密度 ρ (10^3 kg/m^3)	抗拉强度 δ_b (MPa)	弹性模量 E (MPa)	比 强 度 (δ_b/ρ)	比弹性模量 (E/ρ)
钢	7.8	1010	206×10^3	129	26×10^3
铝	2.8	461	74×10^3	165	26×10^3
钛	4.5	942	112×10^3	209	25×10^3
玻璃钢	2.0	1040	39×10^3	520	20×10^3
碳纤维 II /环氧树脂	1.45	1472	137×10^3	1015	95×10^3
碳纤维 I /环氧树脂	1.6	1050	235×10^3	656	147×10^3
有机纤维 PRD/环氧树脂	1.4	1373	78×10^3	981	56×10^3
硼纤维/环氧树脂	2.1	1344	206×10^3	640	98×10^3
硼纤维/铝	2.65	981	196×10^3	370	74×10^3

(2) 抗疲劳性能好 如复合材料的碳纤维增强树脂的疲劳强度为拉伸强度的 70%~80%。

(3) 减振能力强 构件的自振频率与结构有关，并且同材料弹性模量与密度之比（即比模量）的平方根成正比。复合材料的比模量大，所以它的自振频率很高，在一般加大速度和频率的情况下，不容易发生共振而快速脆断。

(4) 高温性能好 增强纤维多有较高的弹性模量，因而常有较高的熔点和较高的高温强度。铝在 400~500℃ 以后完全丧失强度，但用连续硼纤维或氧化硅纤维增强的铝复合材料，在这样温度下仍有较高的强度。用钨纤维增强钴、镍或它们的合金时，可把这些金属的使用温度提高到 1000℃ 以上。此外，复合材料的热稳定性也很好。

(5) 断裂安全性高 增强纤维每平方厘米截面上有成千上万根隔离的细纤维，当其受力时，将处于力学上的静不定状态，过载会使其中部分纤维断裂，但它能随即迅速进行应力的重新分配，而由未断纤维将载荷承担起来，不致造成构件在瞬间完全丧失承载能力而断裂，所以工作的安全性高。

复合材料除有上述特性外，其减摩性，耐蚀性以及工艺性均较好。但因它是各向异性

材料，横向拉伸强度和层间剪切强度不高；同时伸长率较低，冲击韧性有时也不理想。

复合材料的种类很多，具有代表性的纤维增强材料有，玻璃纤维（玻璃钢）、碳纤维、硼纤维、金属纤维等多种复合材料。但目前因其成本高，使用受到限制。

1.4.4 材料的选择原则

选择材料是机械设计过程中一个重要环节。同一零件如采用不同材料制造，则零件尺寸、结构、加工方法、工艺要求等都会有所不同。因此，选择材料应该考虑三个主要问题。

(1) 使用要求 满足零件的使用要求是选材的基本原则。使用要求一般包括零件的工作环境 and 受载情况、对零件尺寸和重量的限制、零件的重要程度等。

(2) 工艺要求 材料对工艺的要求包括毛坯制造、机械加工、热处理等。大型零件且大批量生产时，宜应用铸造毛坯；大型零件只小批量生产时，可用焊接毛坯。在自动车床上进行大批量加工的零件，应考虑材料的切削性能。热处理是提高钢材性能的有效措施，对于需要进行热处理的零件，在选择材料时，还必须考虑热处理的工艺性。

(3) 经济要求 经济性首先表现为材料的相对价格。当用价格低廉的材料能满足使用要求时，就不应选用价格高的材料。材料选择还应考虑国家资源和供应情况，所选材料应尽量少而集中，以便采购和生产管理。

1.4.5 选择材料的基本方法

(1) 以综合机械性能为主选材 一般轴类零件、连杆、低速齿轮等要求有较好的综合机械性能，因此可选用中碳钢如 45 钢或中碳合金钢如 40Cr、40MnB 等。

(2) 以疲劳强度为主选材 在各种变载荷和冲击载荷作用下的零件如曲轴、弹簧、应选用疲劳强度较高的材料。

(3) 以磨损为主选材 有些零件工作时常因表面磨损而失效，选材时应注意材料的耐磨性，如受力不大而磨损大的零件可选用高碳钢、锰钢等耐磨材料。

1.5 钢 的 热 处 理

热处理就是将金属在固态下通过加热、保温和不同的冷却方式，改变金属内部组织结构从而得到所需性能的操作工艺。经过热处理的零件，可以使各种性能得到改善和提高，充分发挥合金元素的作用和材料本身的潜力，延长机械的使用寿命和节约金属材料。所以热处理在机械制造中起着至关重要的作用。常用的热处理方法如下：

(1) 退火 是将钢加热到一定温度，保温一段时间，随炉缓慢冷却的热处理方法。其目的是降低硬度、提高塑性、改善切削加工性能、消除前道工序所产生的内应力，为下道淬火工序作准备。

(2) 正火 是退火的一种特殊形式。不同的是保温后放在空气中冷却。由于冷却速度较快，因而正火钢比退火钢具有较高的强度和硬度，并缩短了生产周期。

(3) 淬火 就是将钢加热到一定的温度（临界点以上），保温后放入水中（称为水淬）或油中（称为油淬），以极快的速度冷却下来的热处理方法。由于快速冷却，淬火后能使