

路 桥 施 工 机 械

同 济 大 学 路 桥 系 编
上 海 市 城 市 建 设 工 程 学 校

人 民 交 通 出 版 社

7
34

路 桥 施 工 机 械

同 济 大 学 路 桥 系 编
上 海 市 城 市 建 设 工 程 学 校

人 民 交 通 出 版 社

路桥施工机械

**同济大学路桥系
上海市城市建设工程学校 编**

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 15 字数: 352 千

1980年8月 第1版

1984年2月 第1版 第8次印刷

印数: 8,801—14,100册 定价: 1.20元

前 言

为了适应路桥施工机械化的发展，我们编写了这本《路桥施工机械》，供路桥施工人员在工作中参考。本书内容包括：施工机械的基本知识和有关起重、钢筋加工、混凝土工、桩工、排水、铲运挖掘、沥青道路摊铺、压实、路面破碎等施工机械的构造及使用方法等。在“施工机械的基本知识”一章中，阐述施工机械的共同部分，如简单的机械原理、机械装置和一些机械零件等，目的是对施工机械提供一基本概念。其他各章则着重介绍施工机械的构造、工作原理、性能、生产作业情况和生产率的计算等，并适当地介绍机械的保养维修，以便于施工人员选用。在编写时，我们没有严格地按工程机械分类方法，而是根据公路与桥梁施工的特点分章编写。选材内容既注意到我国生产的定型机械产品，也注意到施工现场土法上马的施工机具；既着重中小型施工机械，也注意到选编一些大型施工机械。由于篇幅限制，内容比较简略。

本书由同济大学孙熙民、周国瑾和上海市城市建设工程学校黄阳春三人编写，在编写过程中，曾先后到有关生产单位和施工现场学习和调查，得到很大的帮助和支持，在此表示衷心的感谢。但由于编者实践经验不足，水平较差，书中缺点和错误，在所难免，希望读者提出批评指正。

内 容 提 要

本书主要介绍公路与桥梁建设中常用国产施工机械（起重、钢筋加工、混凝土工、桩工、排水、沥青路面的摊铺、压实、路面破碎等）的构造、性能、工作原理、生产作业、生产率计算等。此外，在第一章中介绍了施工机械的基本知识，附录中介绍了 GJ7-40 钢筋弯曲机的自控装置，以及混凝土搅拌联动线等。

本书可供路桥施工技术人员及具有初中文化水平的技术工人阅读，也可供有关院校路桥专业师生参考。

目 录

第一章 施工机械的基本知识.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 施工机械的动力装置.....	2
第三节 施工机械的传动装置.....	3
一、皮带传动.....	3
二、啮合传动.....	5
三、轴、轴承和联轴器.....	10
四、液压传动.....	16
第四节 施工机械的操纵装置和制动装置.....	18
一、操纵装置.....	18
二、制动装置.....	18
第二章 起重机械.....	21
第一节 简易轻型起重机械.....	21
一、千斤顶.....	21
二、葫芦.....	24
三、少年先锋式起重机.....	26
第二节 卷扬机.....	26
一、绞磨.....	27
二、卷扬机.....	27
第三节 起重桅杆和桅杆式起重机.....	35
一、人字扒杆、动臂式人字扒杆和台灵架.....	35
二、起重桅杆.....	36
三、悬臂式桅杆起重机.....	41
四、斜撑式桅杆起重机.....	42
五、牵缆式桅杆起重机.....	42
第四节 运行式回转起重机.....	43
一、汽车式起重机.....	44
二、轮胎式起重机.....	48
三、运行式回转起重机的使用和安全问题.....	48
第五节 其他型式起重机.....	51
一、龙门式起重机.....	51
二、缆索式起重机.....	52
第六节 起重机械的主要机构、原动机选配和生产率.....	57
一、起重机械的主要机构.....	57

二、起重机械的动力计算和原动机选配	59
三、起重机的生产率	61
四、起重机的稳定性问题	62
第三章 钢筋加工机械	62
第一节 钢筋调直剪切机	63
一、钢筋调直剪切机	63
二、钢筋切断机	65
第二节 钢筋弯曲机	67
一、手动钢筋弯曲机	67
二、机动钢筋弯曲机	68
第三节 钢筋焊接机	70
一、对焊机	71
二、点焊机	72
第四章 混凝土工机械	74
第一节 砂石的筛分、冲洗和连续运输机	74
一、筛分机	74
二、冲洗机	79
三、连续运输机	80
第二节 混凝土搅拌机	89
一、鼓筒形自落式混凝土搅拌机	89
二、蜗轮桨强制式混凝土搅拌机	94
三、混凝土搅拌机的生产率	96
第三节 混凝土振捣机械	98
一、插入式内部振捣器	98
二、外部振捣器	101
三、振捣器的主要参数和生产率	102
四、其他形式的振捣机械	104
第五章 桩工机械	106
第一节 钻孔桩的钻孔机	106
一、人力钻孔机具	106
二、冲抓锥钻孔机	109
三、SPJ-300 型钻孔机	116
四、潜水式电钻机	124
第二节 打桩机	126
一、概述	126
二、单动式和双动式气锤的工作原理	127
三、柴油打桩机	129
四、桩锤的冲击动能和功率计算	133
第三节 振动沉拔桩机	134
一、概述	134

二、工作原理及效果	135
三、DZ1-8000 型振动 沉拔桩锤	136
第四节 拔桩器	140
一、简易拔桩器	140
二、专用拔桩器	141
三、振动拔桩锤	141
第六章 排水机械	141
第一节 水泵	141
一、离心水泵	142
二、其他类型的水泵	145
三、水泵的性能和选用	146
第二节 井点排水系统	147
一、概述	147
二、井点系统的组成	148
三、井点系统的布置	150
四、井点系统抽水的优点	151
第七章 推土、铲运和挖掘机械	152
第一节 土壤切削的基本概念	152
第二节 推土机	153
一、概述	153
二、钢索式推土机的构造	153
三、液压式推土机的构造和液压操纵机构	155
四、推土机的生产率计算	158
第三节 铲运机	158
一、铲运机的构造及其工作情况	159
二、铲运机的生产率和牵引力计算	163
第四节 单斗挖掘机	164
一、正铲单斗挖掘机的工作装置构造	164
二、单斗挖掘机的其他工作装置	168
三、单斗挖掘机的机械传动系统	172
四、单斗挖掘机的运用范围及其性能	172
五、液压抓斗挖掘机	174
六、单斗挖掘机的生产率和稳定性计算	175
第八章 沥青类路面施工机械	185
第一节 灰土粉碎拌和机	185
第二节 沥青洒布机	186
一、手压(摇)式沥青洒布机	186
二、自动沥青洒布车	187
第三节 沥青混凝土制备机	192
第四节 沥青混凝土摊铺机	193

第九章 路面、土壤压实机械	196
第一节 概述.....	196
第二节 冲击式压实机.....	197
一、蛙式打夯机.....	197
二、内燃打夯机.....	200
三、电动打夯机.....	202
四、冲击式压实机的生产率计算.....	202
第三节 碾压式压实机.....	203
一、拖式压路碾.....	203
二、压路机.....	204
三、碾压式压实机的生产率和牵引力计算.....	210
第四节 振动压实机.....	212
一、H2-400 型振动夯实机	213
二、振动压路机.....	214
第十章 路面破碎机械	218
第一节 风镐.....	218
第二节 冲击破碎机.....	220
一、内燃式冲击破碎机.....	220
二、电动式冲击破碎机.....	221
附录一 GJ7-40 型钢筋弯曲机的自控装置	222
附录二 混凝土搅拌联动线	226

第一章 施工机械的基本知识

第一节 概 述

路桥施工逐步采用机械，这对于减轻繁重的体力劳动、节约劳动力、加速工程进度，提高工程质量，起着重大的作用。就以路桥工程中的土方量为例，如果全部由人工去完成，估计所用的劳动力，就要占全部工程劳动力的一半以上；一台400升混凝土搅拌机可以代替几十个人的繁重拌和劳动；甚至有些施工工序如钢筋焊接、构件吊装、道路压实等等，不用机械就很难完成。此外，对各种施工机械的组合使用也正在发展，如一座简单的混凝土搅拌联动线可以提高生产率几倍，节约单机生产所需劳动力80%左右。因此，在路桥建设中，合理地采用机械化施工，是适应加速实现我国四个现代化所必需的。

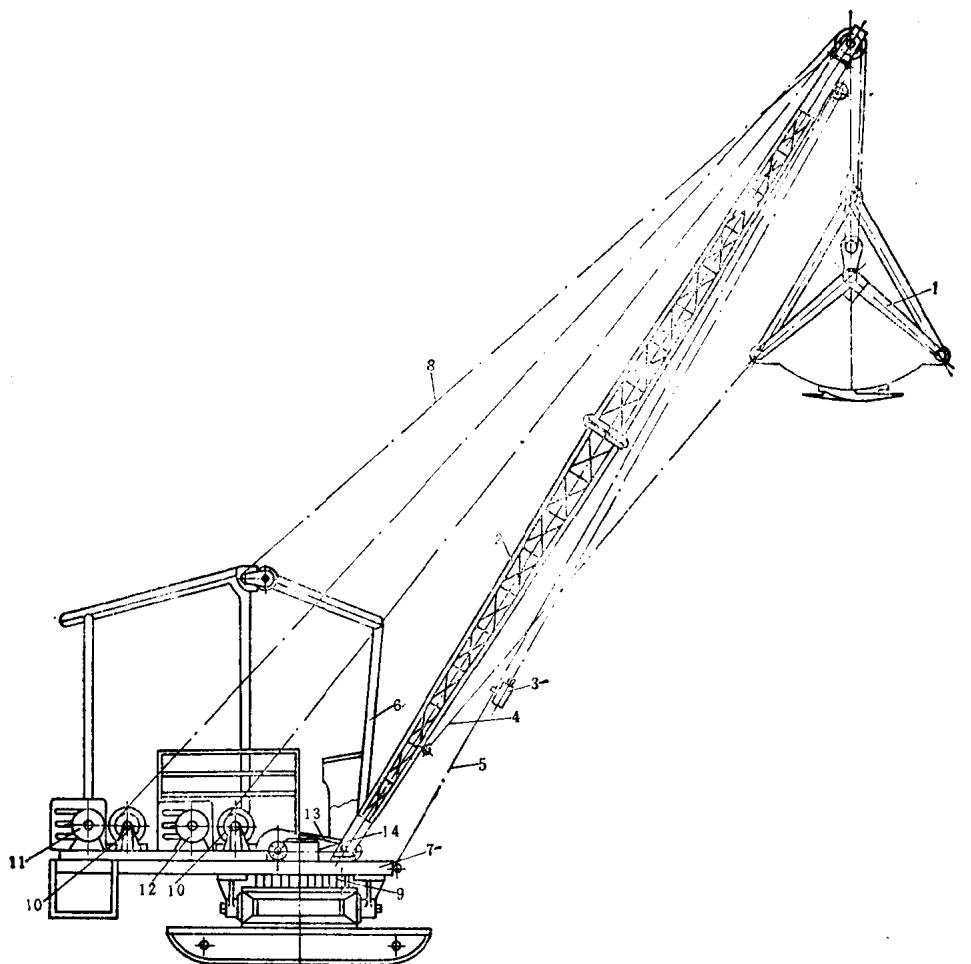


图1-1 蟹斗挖土机

1-蟹斗；2-动臂；3-平衡块；4-牵引索；5-导向索；6-顶棚；7-机架；8-动臂固定索；9-回转机构；10-卷扬机
11、12-电动机和减速箱；13-三角皮带；14-电动机、皮带轮和蜗轮箱

本章通过蟹斗挖土机这个具体机械的结构。来叙述施工机械的一般装置。借以对施工的有关基本知识，作一个概括的了解。

蟹斗挖土机基本上就是后面第七章铲运和挖掘机械中所讲的抓铲单斗挖掘机，它是工地上常用的中小型机械之一，结构比较简单、重量轻、造价低，既能抓挖土方或散粒材料，又能改作简单的起重机，以吊运重量不太大的构件。它的构造如图 1-1 所示，由动臂 2、蟹斗 1、动臂固定索 8、卷扬机 10、回转机构 9、机架 7 和平衡重等组成。采用多电机驱动。蟹斗位置利用平衡块 3、导向索 5 和牵引索 4 加以控制，机架通过支承设备支承在底座上，并装有顶棚 6。蟹斗挖土机短距离移位，由本身动力，通过锚碇和钢索运行，长距离运输则装载在载重汽车上运送。

我们对蟹斗挖土机稍作剖析，就可以看出它是由下列几个主要部分组成的：

- (1) 动力装置：电动机；
- (2) 传动装置：皮带、皮带轮、齿轮等；
- (3) 工作装置：蟹斗、动臂和牵引索等；
- (4) 操纵和控制装置：电气按钮操纵，电磁制动器控制起动和停动。

有时蟹斗挖土机还装有履带式或轮胎式的行走装置，以便于在工作中逐步转移工作位置。

上述的这些装置在一般施工机械中都是具有（或部分具有）的，不过因各种机械的具体工作性质和要求，各种装置（特别是工作装置）和采用零部件的型式有所不同而已。因此，除工作装置在以后各章节的具体机械讨论外，本章仅就动力、传动、操纵和制动装置进行概括的介绍。

第二节 施工机械的动力装置

施工机械是一种利用动力作功的机械。除简易的手动机械如手动卷扬机、手动千斤顶、手动葫芦、手动弯筋机和手动喷洒机等不设动力装置外，一般施工机械都设有动力装置来代替繁重的体力以驱动机械。这种动力装置称为原动机，常用的有如下几种：

(1) 电动机。它在施工机械中应用极为广泛，由电网取电，起动与停动方便，工作效率高，体积小，自重轻，有超载能力，费用低廉。电动机有各种定型产品，可根据需要加以选用。各种大、中、小型的施工机械，都可采用其作为动力装置。例如在蟹斗挖土机中，就配有三台电动机（功率 2.8 千瓦，型号 JO-42-4），其中一作为提升蟹斗的卷扬机（绞车）的动力装置；一作为启闭斗翼的卷扬机的动力装置；另一台作为回转机身的动力装置。

(2) 内燃发动机。它可以不受外界能源的影响，工作效率高、体积小、重量轻、发动较快，常用作大、中、小型施工机械的动力装置，有国家定型产品可以选用。内燃发动机有柴油机和汽油机两种，柴油机功率较大，为施工机械所常用。例如，打桩机、推土机、混凝土搅拌机、沥青混凝土摊铺机等，都是用柴油机作为动力装置。

(3) 空气压缩机。它结构简单可靠，工作迅速，操作管理方便，常为中小型施工机械采作动力装置，如风镐等。

(4) 蒸汽机。它是比较陈旧的动力装置，虽然设备庞大笨重，工作效率不高，又需特设的锅炉，但工作耐久，燃料低廉，有可逆性，可以在超载下工作，所以施工机械也还有用作动力装置的，如蒸汽打桩机等。

施工机械也可以采用混合的动力装置，使驱动方式灵活，特别是柴油机、发电机和电动

机的联合装置, 由柴油机驱动发电机发电, 供给本机械各部分电动机使用, 例如大型挖掘机即采用这种混合动力装置。

不论选用那一种动力装置, 首先值得注意的是它的功率, 即单位时间内能作功的多少, 亦即工作能力的大小。例如蟹斗挖土机中所用的三台电动机的功率都是2.8千瓦。

第三节 施工机械的传动装置

传动装置是将动力装置的功率传输到耗能工作机构的中间装置。传动装置的需要是由于: 原动机的转速和工作机构所要求的转速不同, 例如蟹斗挖土机中的电动机每分钟一千多转, 而机身回转每分钟只要几转或十几转; 其次原动机多是等角速转动, 而工作机构则需要改为直线运动, 例如蟹斗在竖直方向的提升或下降; 另外由于需要改变运动方向, 例如电动机绕水平轴转动, 而机身则需要绕竖直轴转动等。

在机械传动中, 会由于有害因素(传动机械中的摩擦力、传动件的变形等)而损失一部分能量, 使得由原动机主动轴传出能量的功率 N_1 大于接受能量从动轴的功率 N_2 , 则

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}$$

叫做传动时机械效率, 其值约为0.25~0.98。

在一般情况下, 主动轴每分钟的转数 n_1 和角速度 ω_1 , 与从动轴每分钟的转数 n_2 和角速度 ω_2 也不相同, 由功率

$$N_1 = M_1 \omega_1, \quad N_2 = M_2 \omega_2$$

式中 M_1 、 M_2 分别为主动轴和从动轴上的转矩, 结合效率公式, 则

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = -\frac{M_2}{M_1 \eta}$$

i 叫做传动时的转速比, 即传动比, 是变速传动的一个基本概念。

机械传动装置是由皮带、齿轮与轴、联轴器等组合而成。根据传动件的相互作用方式, 传动可分成下列两种:

- (1) 摩擦传动(摩擦轮传动和皮带传动, 主要是后者);
- (2) 啮合传动(齿轮传动、蜗杆传动、链传动)。

一、皮带传动

皮带传动在机械中是很多的, 特别是两轴相距较远, 而又不要求有精确的传动比时, 常采用皮带传动。它的传动是用皮带紧绕于皮带轮上, 借轮与带间的摩擦力, 将主动轴上的转矩通过皮带传送到从动轴上。皮带传送的功率为0.5~2000马力, 轮的周速有时可达40~50米/秒, 或更高些。

(一) 三角皮带传动

在蟹斗挖土机的回转装置中, 由电动机到蜗杆是用三根三角皮带传递动力的。三角皮带的断面为梯形, 皮带轮的轮缘成楔形槽, 其传动如图1-2所示。三角皮带与轮槽之间的摩擦力较大, 可以传输较大的功率, 且皮带有数条(一般都是三条), 万一在传动过程中有一根断裂, 尚不致发生事故。三角皮带一般多用于功率大而主动轮和从动轮(被动轮)之中心距较近的开口传动中, 特别适用于从电动机输出的一级传动。

在皮带传动中, 如果不考虑皮带与皮带轮间的滑动, 则主动轮和从动轮的圆周速度 v_1 和 v_2 相等, 即

$$v_1 = v_2 = \frac{\pi n_1 D_1}{60} = \frac{\pi n_2 D_2}{60}$$

式中 n_1 、 D_1 为主动轮每分钟转数和直径; n_2 、 D_2 为从动轮每分钟转数和直径。所以可得

$$n_1 D_1 = n_2 D_2$$

因此, 主动轮和从动轮之传动比为

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

如果 $D_1 > D_2$, $n_1 < n_2$, 则 $i_{1,2} < 1$, 这叫做增速传动; 如果 $D_1 < D_2$, $n_1 > n_2$, 则 $i_{1,2} > 1$, 这叫做减速传动。在施工机械的皮带传动中多是减速传动。要减速得多些, 即传动比大些,

则两轮直径的差别应增大。但不能太大, 传动比太大, 传动比较费劲, 皮带易于打滑, 安装也不紧凑。一般三角皮带的传动比不大于 7。例如蟹斗挖土机的回转机构中主动皮带轮的直径 $D_1 = 90$ 毫米, 从动皮带轮的直径 $D_2 = 590$ 毫米, 所以这一级减速传动的传动比 $i \approx 6.6$ 。

三角皮带传动效率较高, 一般为 $\eta = 0.80 \sim 0.98$, 即从动轴上的功率为主动轴上的功率的 80~98%。

在皮带传动中, 小皮带轮之包角 α (图 1-2 中 a), 即皮带与小皮带轮接触段圆弧所对的中心角(单位为度), 对皮带传动有较大的影响。一般言之, 包角小, 传动比可以比较大, 两皮带轮中心距可以缩短, 安装紧凑。但包角太小, 皮带容易打滑, 传递能力减降。包角太大, 优缺点正好与上述情况相反, 在三角皮带传动中, 小皮带轮包角一般不小于 120° , 如有特殊需要, 可小到 70° 。如蟹斗挖土机的回转机构中小皮带轮的包角约为 138° 。包角之值, 可用图解法直接量得, 也可近似地用下式来计算:

$$\alpha = 180^\circ - \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) 60^\circ$$

式中 A 为两皮带轮的中心距。

三角皮带和皮带轮均已标准化, 可以根据需要按型号选用。在选用时应考虑传递功率; 主动轴与从动轴的转速或传动比; 用途及工作条件等。

(二) 平皮带传动

皮带传动除上述三角皮带外, 也还有平皮带传动。其有关基本概念与三角皮带相同, 不过平皮带两轮之中心距可以较远。它的传动是利用表面平滑 (或具有中部突出之轮缘)

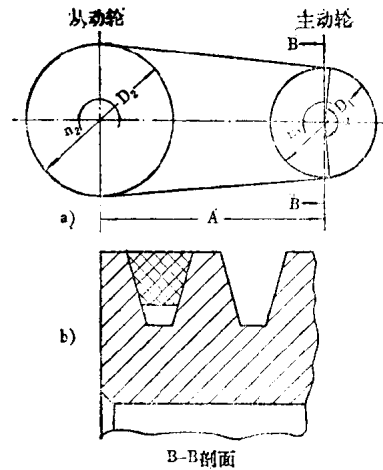


图1-2 三角皮带传动示意图

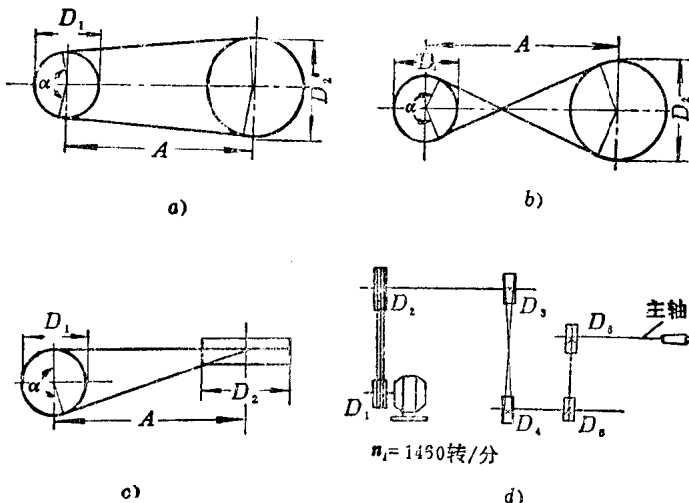


图1-3 平皮带传动

a) 开口式传动; b) 交叉式传动; c) 半交叉式传动; d) 复式传动

的皮带轮及断面为矩形的平皮带来完成。由于平皮带比三角皮带容易打滑，平皮带小轮的包角不得小于 150° 。平皮带传动形式（图1-3）可分成下面几种：

（1）开口式传动。两传动轴平行，两轮之转向相同，如图1-3a所示。

皮带长度可用下式计算：

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}$$

式中：A——两皮带轮之中心距；

D_1 ——小皮带轮的直径；

D_2 ——大皮带轮的直径。

小皮带轮的包角由下式计算：

$$\alpha = 180^\circ - \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) 30^\circ$$

（2）交叉式传动。两传动轴平行，两轮之转向相反，如图1-3b所示。

皮带长度可用下式计算：

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_1 + D_2)^2}{4A}$$

小皮带轮的包角由下式计算：

$$\alpha = 180^\circ + \left(\frac{D_1 + D_2}{A} \right) 30^\circ$$

（3）半交叉传动。两皮带轮转轴成一定角度（通常成直角），通过两皮带轮的回转平面相互垂直，如图1-3c所示。为使皮带正常工作，不致从皮带轮上滑下，主动轮必须：①皮带之进轮部分的中心线与带轮的中心平面相重合；②皮带之离轮部分的中心线与带轮的中心平面的倾斜角不得大于 25° 。

包角可由下式计算：

$$\alpha = 180^\circ + \frac{D_1}{A} \times 60^\circ$$

几对皮带也可以组成复式皮带传动，如图1-3d所示。

在图1-3d中，如 $n_1 = 1450$ 转/分， $D_1 = 200$ ， $D_2 = 300$ ， $D_3 = 250$ ， $D_4 = 400$ ， $D_5 = 280$ ， $D_6 = 420$ （直径的单位均为毫米），试算出输出主轴每分钟的转数。

二、啮合传动

啮合传动或称齿轮传动，是施工机械上应用最广泛的机械传动装置，例如蟹斗挖土机的卷扬机的减速齿轮箱；小齿轮和大齿轮啮合的回转装置；以及蜗轮箱等，都是属于啮合传动。齿轮传动所能传递功率的范围很广，为 $0.01 \sim 50000$ 马力；并在传动过程中具有严格的传动比和较大的周速等特点。因而在传递功率大、周速高、需要精确传动比的场合下，必须采用齿轮传动。但是，齿轮传动一般只限于两轴较近的情况。

根据齿轮传动轴在空间不同的位置，齿轮传动（图1-4）可分成下列几种：

（1）圆柱齿轮传动，又按其传动形式有直齿传动（图1-4a）、斜齿传动（图1-4b）和内齿传动（图1-4c）等，以直齿传动应用最广；

（2）圆锥齿轮传动又称伞齿轮传动，如图1-4d、e所示；

(3) 蜗杆蜗轮传动, 如图 1-4f 所示。

(一) 标准圆柱直齿轮的几何要素及其传动时的有关概念

齿轮传动的特点是依靠一个齿轮的轮齿与另一齿轮的轮齿相啮合, 由主动轮轮齿推动从动轮轮齿传动。为了保证齿轮在传动过程中, 任一瞬时角速度都不变, 轮齿必须符合一定的曲线形状, 一般是采用渐开线和摆线两种, 由于渐开线齿轮比摆线齿轮有更多的优越性,

故目前所用的齿轮均为渐开线齿轮, 只有在少数情况下采用摆线齿轮。齿轮传动基本上可看作两个无滑动的摩擦轮的传动。

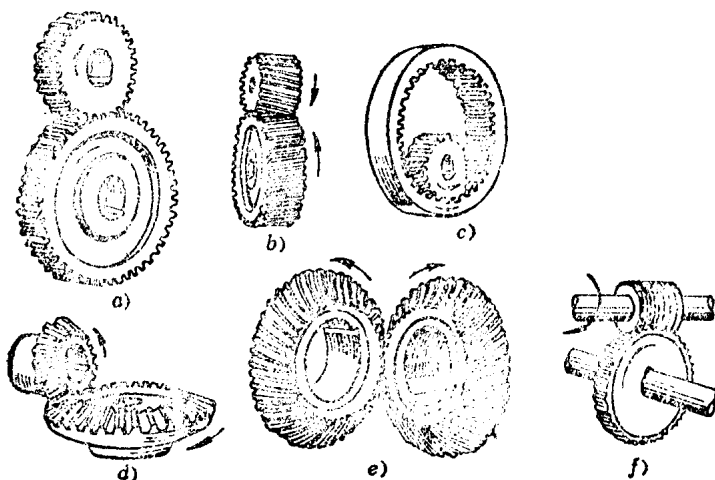


图 1-4 齿轮传动的形式

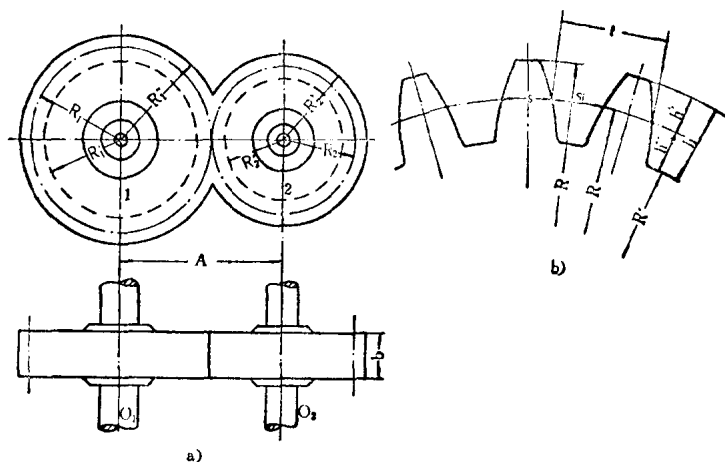


图 1-5 圆柱直齿轮传动图

图 1-5 是圆柱直齿轮的传动图。各齿轮上的齿都在其圆柱面上, 并且都与圆柱的轴平行。每一齿轮中包含齿顶部分的圆叫齿顶圆, 齿顶圆半径以 R' 表之; 包含各齿根部分的圆叫齿根圆, 齿根圆半径以 R'' 表之; 齿轮上相当于理想摩擦轮的圆叫节圆, 节圆的半径以 R 表之; 齿顶与节圆间的径向距离叫齿顶高, 以 h' 表之; 齿根与节圆间的径向距离叫齿根高, 以 h'' 表之; 齿顶圆与齿根

圆间的径向距离叫齿高, 齿高以 h 表之。显然: $h = h' + h''$ 。

一齿在节圆上所占的弧长叫齿厚, 以 s 表之; 相邻两齿间的空间在节圆上所占的弧长叫齿间, 以 s_1 表之, 一齿在节圆上某点到相邻齿上相当点的弧长叫周节, 以 t 表之。显然:

$$t = s + s_1$$

设 d 为节圆的直径, Z 为齿轮的齿数, 则

$$t = \frac{\pi d}{Z} \text{ 或 } d = \frac{t}{\pi} \cdot Z$$

上式中包含了无理数 π , 致使计算和测量均不甚方便, 故令

$$\frac{t}{\pi} = m$$

式中 m 称为齿轮的模数, 其单位为毫米, 是齿轮的最基本要素。

齿轮的模数在我国已经标准化，见表1-1，可供选用和加工齿轮时参考。

齿轮标准模数系列

表1-1

第一系列	1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 36, 40, 45, 50
第二系列	1.75, 2.25, (2.75), (3.25), 3.5, (3.75), 4.5, (5.5), (6.5), 7, 9, (11), (13), (15), 28, 33

注：选用模数，应优先采用第一系列，其次是第二系列，括号内模数值尽量不用。

齿轮各部分的尺寸均以模数为准则来计算（单位均为毫米）

$$h' = x' m$$

$$h'' = x'' m$$

$$h = h' + h'' = (x' + x'') m$$

$$D' = d + 2h' = (2x' + Z) m$$

$$D'' = d - 2h'' = (Z - 2x'') m$$

上面诸式中的 x' 、 x'' 分别为齿顶高系数和齿根高系数，其值随齿轮而定。在标准圆柱直齿轮中 $x' = 1$ ， $x'' = 1.25$ ；在短齿中 $x' = 0.8$ ， $x'' = 1.1$ 。

在标准圆柱直齿轮中，齿厚与齿间相等，即

$$s = s_1 = \frac{t}{2}$$

因此，可见齿轮的模数大，各部分的尺寸也大，所能承受的力也大。在蟹斗挖土机的回转机构中大小齿轮的模数均为 $m_1 = m_2 = 9$ 毫米，小齿轮的齿数 $z_1 = 16$ ，大齿轮的齿数 $z_2 = 85$ ，小齿轮的节圆直径 $d_1 = 9 \times 16 = 144$ 毫米，其齿顶圆直径 $D'_1 = (2 \times 1 + 16) \times 9 = 162$ 毫米，大齿轮的节圆直径 $d_2 = 9 \times 85 = 765$ 毫米，其齿顶圆直径 $D'_2 = (2 \times 1 + 85) \times 9 = 783$ 毫米。

在选用圆柱直齿轮时，确定模数的因素很多，但主要因素是功率的大小。当牙齿受力大，模数就要大；传动速度高，牙齿上的动负荷大，磨损快，模数也应相对增大；或者要求牙齿寿命长、磨损小，模数也要增大。像蟹斗挖土机的回转机构中的齿轮传动，由于需转动动负荷较大的整个机身，又在露天开式传动，灰尘容易进入牙齿，增加磨损，所用模数就较大（ $m = 9$ ）。而在另外一些情况下，牙齿较宽（齿面单位面积压力较小，齿宽没有标准化），模数可相对小些；或者工作条件较好（润滑和密封），模数也可取得小些。像蟹斗挖土机的卷扬机中的齿轮箱内几对齿轮，最小的模数为 2，而最大的模数也只有 3.5。

圆柱直齿轮用于两传动轴平行的情况，传动时两齿轮旋转的方向相反。其传动方式可以是外啮合的（图1-4a），也可以是内啮合的（图1-4c），一般都采用外啮合传动，只有在少数机件上（如有些汽车式起重机的回转机构），方采用内啮合齿轮传动。

齿轮传动的传动比为

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

但两个齿轮要能很好啮合，必须两齿轮的周节相等，亦即两齿轮的模数必须相等（ $t_1 = t_2$ ，而 $\frac{t}{\pi} = m$ ），即

$$m_1 = m_2$$

所以圆柱齿轮的传动比

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

为了两传动齿轮的尺寸不致差别太大，一般传动比在 $1/8 \leq i \leq 8$ 的范围内。

(二)圆锥齿轮传动

圆锥齿轮又称伞齿轮，有直齿（图1-4d）和螺旋齿（图1-4e）两种。直齿圆锥齿轮的特点是加工方便，但在传动中噪音较大。螺旋圆锥齿轮的特点是传动圆滑，噪音小，但加工麻烦。直齿圆锥齿轮常用，它用作相交两轴（通常两轴成直角）的传动，其轮齿的齿面线是与轴线方向倾斜的直线，沿齿面方向的齿厚不等。标准直圆锥齿轮也有类似于圆柱直齿轮的几何要素和有关计算公式，需要时可以查阅机械手册。

(三)蜗杆蜗轮传动

蜗杆蜗轮传动（如图1-6所示）是由蜗杆和蜗轮两部分组成的。蜗杆通常是一梯形断面的螺旋，可以是单线（单头）的，也可以是多线（多头）的。此外，蜗杆可以是左旋的，也可以是右旋的。因此蜗轮的旋转方向，不但与蜗杆的旋转方向有关，而且还要看蜗杆上的螺旋方向。在一般情况下，蜗杆是主动件，蜗轮是从动件。这种传动的最大特点是传动件尺寸不大，可获得很大的传动比（一般 $i = 7 \sim 80$ ）。其传动比可按下式计算：

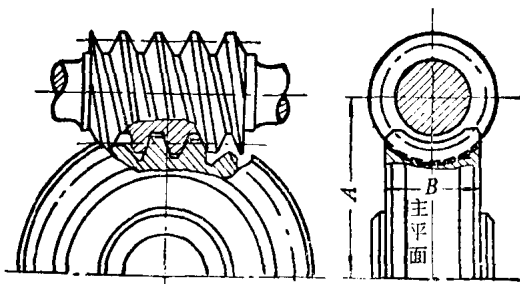


图1-6 蜗杆蜗轮传动图

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

式中： Z_1 ——蜗杆螺旋头数； Z_2 ——蜗轮齿数。

如蜗杆的螺旋是单头（即 $Z_1 = 1$ ），当蜗杆转一周时，蜗轮转过一个齿；当蜗杆为双头（即 $Z_1 = 2$ ），蜗杆转一周时，蜗轮转过两个齿。蜗杆传动因具有自锁作用，因此常为起重机具所采用。

蟹斗挖土机的回转机构中所装置的蜗轮箱，是模数 $m = 8$ 的单头（即 $Z_1 = 1$ ）蜗杆主动件，配合模数 $m_2 = 8$ 、 $Z_2 = 30$ 的蜗轮从动件，所以这个蜗轮箱的传动比 $i = 30$ 。

(四)齿条传动

采用齿条传动（图1-7）可以把旋转运动变为直线运动，或把直线运动变为旋转运动，例如起重机械中齿条式千斤顶就是属于前一种类型，而后者常应用于正铲挖掘机中。

齿条可看成是齿轮的特殊情况，即当齿轮的直径变成无限大时，齿轮便成为齿条。因此，齿条各部分尺寸计算基本上与圆柱直齿轮相同。

(五)轮系和齿轮箱

由两个齿轮所组成的机构是齿轮传动中的最简单型式，但一对齿轮的传动比不能太大，为了得到较大的传动比，通常采用一系列互相啮合的齿轮将主动轮和从动轮连接起来。这种多齿轮的传动叫做轮系。我们把蟹斗挖土机的齿轮减速箱打开来一看，就象如图1-8所示的轮系。为安装紧凑和润滑保养良好，这种轮系都浸泡在润滑油的密封箱内，只通过一根输入轴1和一根输出轴4，由于输出轴是低速的，所以叫做齿轮减速箱。

减速箱轮系的总传动比为：

$$i_{14} = \frac{n_1}{n_4} = i_{12} \cdot i_{2'3} \cdot i_{3'4} = \frac{Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_2' \cdot Z_3'}$$

用文字表述如下：