

高职高专教育“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编 郭淳钦

中国建材工业出版社

高职高专教育“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编 郭淳钦
副主编 杨立峰 虎智猛 宋 敏
欧 敏 徐海枝
参 编 严 勇 关天富

常州大学图书馆
藏书章

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郭淳钦主编. —北京:中国建材工业出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-80227-949-0

I. ①机… II. ①郭… III. ①机械设计-高等职业教育-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 107780 号

内 容 简 介

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学要求(机械类和近机械类专业适用)》以及目前教学改革要求编制的,突出高等职业教育的特点,并贯彻最新的国家标准。

全书共分 14 章,内容包括:绪论,平面机构及自由度计算,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构(含棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、螺旋机构)、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴的设计、轴承、联接等内容。各章配有一定数量的习题供学生学习时选用。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校、函授及自学教材,也可供相关工程技术人员参考。

机械设计基础

主 编:郭淳钦

封面设计:华盛英才

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.5

字 数:403 千字

版 次:2011 年 6 月第 1 版

印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-80227-949-0

定 价:36.00 元

本社网址:www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前言

本书是根据教育部制定的《高职高专院校机械设计基础课程教学要求(机械类和近机类专业适用)》以及最新的国家标准并结合高职院校近年来教学改革的经验与成果编写而成的,对机械工程设计所涉及的机械原理与零件等机械工程基础课程进行了合理整合和优化。

本书具有以下特点:

(1)本教材采用案例驱动的形式,全书围绕一单级斜齿圆柱齿轮减速器展开。以机械传动装置和机械零件设计为主体,将机械工程基础课程相关内容有机地融入其中,使各部分内容相互渗透、交叉,打破了原课程的界限和体系,避免了各原课程内容的相互独立而由此造成的相关知识点重复和知识盲区。

(2)遵循“应用为目的”、“必需、够用为度”和“少而精、浅而广”的原则,突出了教学内容的实用性,理论推导从简,直接切入应用主题,适应当前基础课教学时数减少的现实,降低了学生的学习难度,逐步体现出高等职业教育“重在实践应用”这一基本特色。

(3)结合编者多年在行业企业中的机械设计工作经验和教学改革经验,从机械企业的工程应用中优选与提炼出实训项目作为本书的重点内容。

(4)采用最新的国家标准,并尽量使用国家标准规定的名词术语和符号。

(5)从学生的学习认知规律、特点出发,采用案例教学法代替传统的教学方法,利于把学习、模仿练习、借鉴创新有机地结合起来,利于学生工程实践能力的培养。

(6)图文并茂。图形简单明了,文字深入浅出,有助于提高教学效果。同时,本书在每一章的最后都列出了形式多样化的习题(如填空、选择、判断、简答和计算等)。

由于编者水平有限和时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 本课程性质、内容、任务和学习方法	1
1.2 机械的基本知识	2
1.3 本课程案例	5
习 题	10
第 2 章 平面机构及自由度计算	12
2.1 平面机构的组成	12
2.2 平面机构运动简图	15
2.3 平面机构的自由度计算	17
习 题	21
第 3 章 平面连杆机构	24
3.1 概 述	24
3.2 铰链四杆机构	25
3.3 移副四杆机构	29
3.4 平面四杆机构的基本特性	33
3.5 平面四杆机构的设计	39
习 题	43
第 4 章 凸轮机构	45
4.1 凸轮机构的应用和特点	45
4.2 凸轮机构类型	46
4.3 凸轮机构从动件常用的运动规律	48
4.4 用图解法设计盘形凸轮的轮廓	51
4.5 凸轮机构设计中的注意事项	54
4.6 凸轮机构常用材料、结构和加工	56
习 题	59
第 5 章 间歇运动机构	62
5.1 棘轮机构	62
5.2 槽轮机构	66
5.3 不完全齿轮机构	69
5.4 螺旋机构	70
习 题	73
第 6 章 带传动	75
6.1 概 述	75
6.2 V 带的结构和尺寸标准	77

6.3	V带轮的结构和材料	79
6.4	带传动的弹性滑动和传动比	80
6.5	带传动的设计计算	81
6.6	带传动的使用与维护	88
1	习 题	90
第7章	链传动	92
7.1	概 述	92
7.2	滚子链的结构和尺寸标准	94
7.3	链轮的结构和材料	95
7.4	链传动的运动特性	97
7.5	滚子链传动的设计计算	98
7.6	链传动的使用与维护	103
习 题		105
第8章	齿轮传动	106
8.1	齿轮传动的类型	106
8.2	齿轮传动的应用特点和基本要求	107
8.3	渐开线的形成及基本性质	108
8.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸	109
8.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	113
8.6	渐开线齿轮的加工方法	115
8.7	齿轮的常见失效形式与对策	118
8.8	齿轮的设计准则	120
8.9	齿轮的传动精度	120
8.10	齿轮的材料和许用应力	122
8.11	直齿圆柱齿轮传动	126
8.12	渐开线斜齿圆柱齿轮传动	134
8.13	直齿圆锥齿轮传动	141
8.14	齿轮的结构	146
8.15	齿轮传动的润滑与维护	148
习 题		150
第9章	蜗杆传动	154
9.1	蜗杆传动的类型和特点	154
9.2	蜗杆传动的主要参数及几何尺寸计算	155
9.3	蜗杆与蜗轮的材料和结构	158
9.4	蜗杆传动的强度计算	160
9.5	蜗杆传动的传动效率、润滑和热平衡计算	163
9.6	蜗杆传动的安装与维护	167
习 题		168

第 10 章 轮 系	170
10.1 轮系及其分类	170
10.2 定轴轮系传动比的计算	171
10.3 行星轮系传动比的计算	174
10.4 轮系的应用	177
习 题	179
第 11 章 轴的设计	182
11.1 概 述	182
11.2 轴的材料及选择	184
11.3 轴的结构设计	185
11.4 轴的强度计算	190
11.5 轴的刚度计算	192
11.6 轴的设计方法及设计步骤	193
习 题	198
第 12 章 轴 承	201
12.1 滚动轴承的结构、类型及特点	201
12.2 滚动轴承的代号	206
12.3 滚动轴承的选择	209
12.4 滚动轴承的失效形式及计算准则	210
12.5 滚动轴承的寿命计算	211
12.6 滚动轴承的静载荷计算	218
12.7 滚动轴承的组合设计	220
12.8 滚动轴承的装拆	223
12.9 滚动轴承的润滑与密封	224
12.10 滑动轴承概述	226
习 题	234
第 13 章 联 接	237
13.1 螺纹联接	237
13.2 键联接	256
13.3 销联接	264
13.4 联轴器与离合器	265
习 题	270
习题答案	273

第1章

绪论

人们在日常生活和生产过程中,广泛使用着各种各样的机械,以减轻人们的劳动强度,提高工作效率和产品质量,特别是在某些特殊场合,只能借助机械来代替人进行工作。随着科学技术和工业生产的飞速发展,计算机技术、电子技术与机械技术有机结合,实现了机电一体化,促使机械产品向高速、高效、精密、多功能和轻量化方向发展。当前,机械产品的技术水平已成为衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。

本章有以下几个学习目标:

- (1) 了解本课程性质、内容、任务和学习方法。
- (2) 掌握机器、机构、构件和零件的概念。
- (3) 了解本课程案例并掌握初步设计知识。

1.1 本课程性质、内容、任务和学习方法

1.1.1 课程性质

本课程是一门重要的专业基础课,综合应用各先修课程(如工程力学、公差配合与技术测量、机械制图、金属材料与热处理等)的基础理论和生产知识,解决一般工作条件下的常用机构和通用机械零部件的分析和设计问题;培养学生掌握机械中的基本知识和基本技能,为今后专业技术课的学习奠定基础,为将来科学使用和维护机械设备及可持续发展提供必要的技能储备。

1.1.2 课程内容

本课程的主要内容是研究机械中的常用机构、通用零部件的工作原理、结构特点、运动特性、基本设计理论、计算方法,以及一些零部件的选用原则、国家有关标准、机器设备的使用和维护等。

1.1.3 课程任务

- (1) 使学生了解常用机构及通用零部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识。
- (2) 使学生掌握常用机构的基本理论、设计理论和设计方法,掌握通用零部件的失效形式、设计准则与设计方法。
- (3) 使学生具备机械设计实验技能和设计简单机械及传动装置的基本技能。

1.1.4 学习方法

(1) 本课程将多门先修课程的理论应用到实际中去, 解决有关实际问题, 因此, 先修课程的掌握程度直接影响到本课程的学习。

(2) 本课程的各部分内容都是按照工作原理、结构、强度计算、使用维护的顺序介绍的, 有其自身的系统性, 学习时应注意这一特点。

(3) 由于实践中的问题很复杂, 很难用纯理论的方法来解决, 因此常常采用很多的经验公式、参数以及简化计算等, 这样往往会给学生造成“不讲道理”、“没有理论”等错觉, 这点必须在学习过程中逐步适应。

(4) 计算步骤和计算结果不像基础课那样具有唯一性。

(5) 计算对解决设计问题虽然重要, 但并不是唯一所要求的能力。学生必须逐步培养把理论计算与结构设计、工艺等结合起来解决设计问题的能力。

总之, 本课程的综合性及实践性较强, 在学习时要注意理解和应用, 注意在实验、实习和生产中多观察、多思考, 逐步培养分析问题、解决问题的能力。

1.2 机械的基本知识

1.2.1 常用机械设备分析

人类通过长期的生产实践, 创造和发展了机器。在日常生活中, 常见的机器有自行车、缝纫机、洗衣机、搅拌机等; 在生产活动中, 常见的机器有汽车、机床、内燃机等。

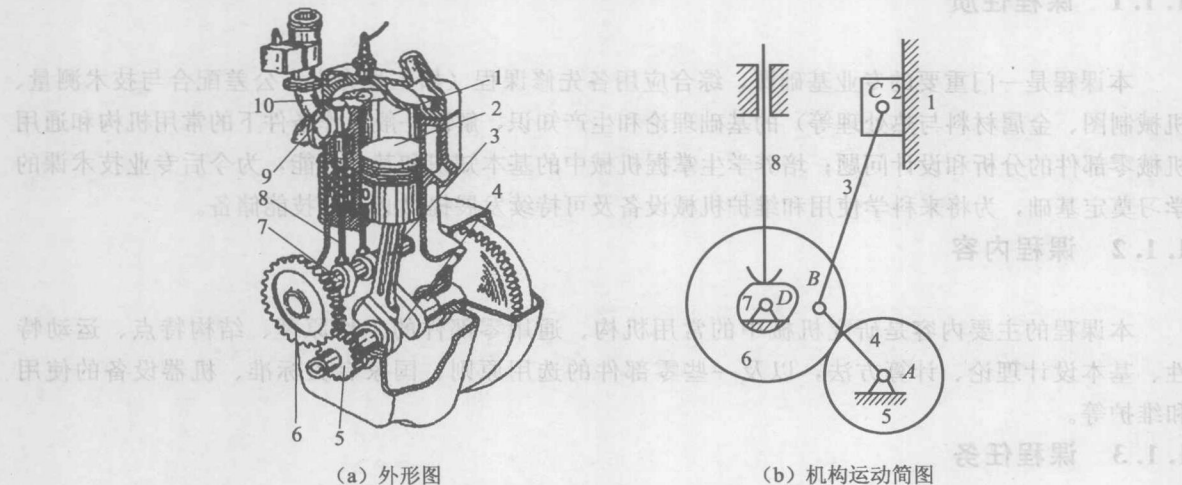


图 1-1 内燃机

1—汽缸体; 2—活塞; 3—连杆; 4—曲轴; 5、6—齿轮; 7—凸轮; 8—顶杆; 9—进气阀; 10—排气阀

机器的种类繁多, 其构造、工作原理和用途各不相同, 下面以内燃机为例, 说明机器的构造及工作原理。如图 1-1 所示为单缸内燃机。它由汽缸体 1, 活塞 2, 连杆 4, 齿轮

5、6, 凸轮 7, 顶杆 8, 进气阀 9 和排气阀 10 等组合而成, 其工作原理如下: 燃气通过进气阀 9 被下行的活塞 2 吸入汽缸, 然后进气阀关闭, 活塞上行压缩燃气, 点火使燃气在汽缸中燃烧, 燃烧的气体膨胀产生压力, 推动活塞下行, 通过连杆 3 带动曲轴 4 转动, 向外输出机械能。当活塞再次上行时, 排气阀 10 打开, 废气通过排气阀排出。

1.2.2 机器和机构

由以上实例可以说明, 机器具有以下三个共同的特征:

- (1) 是一种人为的实物的组合;
- (2) 各实物之间具有确定的相对运动;
- (3) 能代替或减轻人的劳动, 完成有用的机械功或实现能量的转换。

同时具备以上三个特征的称为机器, 只具备前两个特征的称为机构。一台机器包含一个或多个机构, 但从运动的观点看, 机器和机构之间并无区别, 所以通常将机器和机构统称为机械。

如图 1-1 (b) 所示, 内燃机由三大机构组成, 分别是曲柄滑块机构 (由 1, 2, 3, 4 组成)、齿轮机构 (由 5, 6 和机架组成) 和凸轮机构 (由 7, 8 和机架组成)。

常用的机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、带传动机构、链传动机构和间歇机构等。

1.2.3 构件和零件

组成机器的各个相对运动的单元体称为构件, 机器中不可拆的制造单元体称为零件。

构件可以是单一零件, 如图 1-1 (a) 所示内燃机的曲轴 4; 也可以是多个零件的刚性组合体, 如图 1-2 所示为内燃机中的连杆, 它由连杆体 1, 连杆盖 2, 连杆套 3, 连杆瓦 4、5, 螺栓 6, 螺母 7, 开口销 8 等组成。显然, 构件是运动的单元, 而零件是制造的单元。

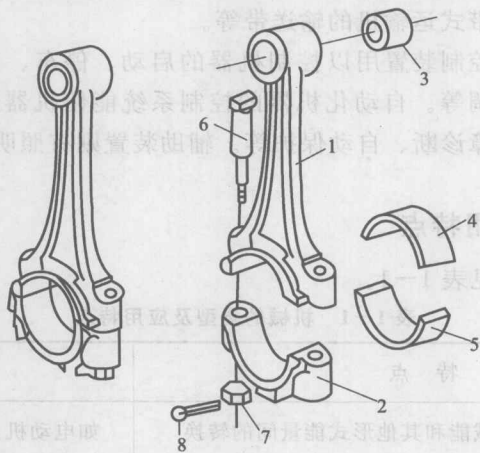


图 1-2 连杆

1—连杆体; 2—连杆盖; 3—连杆套; 4、5—连杆瓦; 6—螺栓; 7—螺母; 8—开口销

零件可分为两类, 一类是在各种机器中都普遍使用的零件, 称为通用零件, 如螺栓、螺母、滚动轴承等; 另一类是在某些特定类型机器中才使用的零件, 称为专用零件, 如活塞、曲轴等。机械的基础是机构、构件和零件。

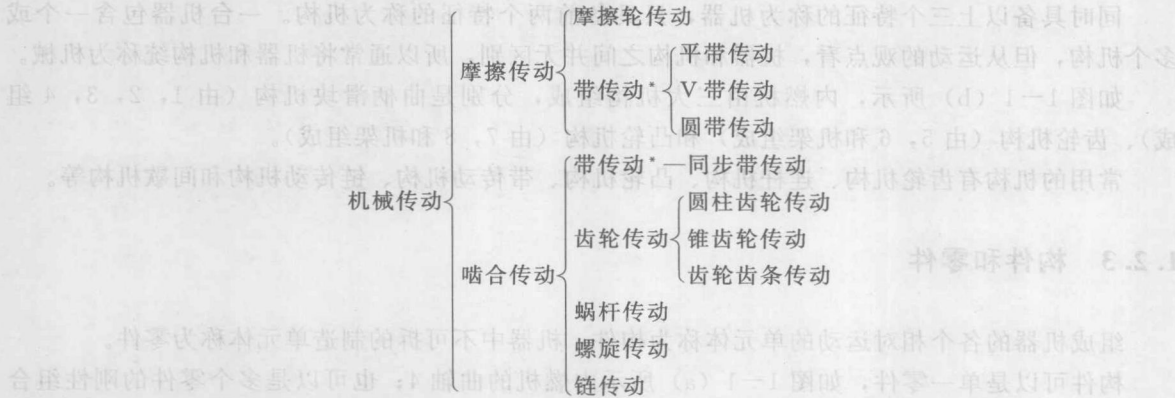
1.2.4 机器的组成及功能

一台完整的机器通常由以下几部分组成：

(1) 动力装置。动力装置是机器的动力来源，有电动机、内燃机、燃气轮机、液压马达等。现代机器大多采用电动机，而内燃机主要用于运输机械、工程机械和农业机械等。

(2) 传动装置。传动装置将动力装置的运动和动力变换成执行装置所需的运动和动力并传递到执行部分。

传动装置是机器的重要组成部分之一，现代工业中运用的主要传动方式有四种，分别是机械传动、液压传动、气动传动、电动传动。其中机械传动是一种最基本的传动方式，应用也最普遍。按传递运动和动力方式的不同，机械传动的分类如下。



注：带*号者属挠性传动，其余属直接接触类传动。

(3) 执行装置。执行装置是直接完成机器预定功能的工作部分，如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、带式运输机的输送带等。

(4) 控制及辅助装置。控制装置用以控制机器的启动、停车、正反转、运动和动力参数改变及各执行装置间的动作协调等。自动化机器的控制系统能使机器进行自检、自动数据处理和显示、自动控制和调节、故障诊断、自动保护等。辅助装置则有照明、润滑、冷却装置等。

1.2.5 机械的类型及应用特点

机械的类型及应用特点见表 1-1。

表 1-1 机械的类型及应用特点

类 型	特 点	应用实例
动力机械	主要用于实现机械能和其他形式能量间的转换	如电动机、内燃机、发电机、液压机等
加工机械	主要用于改变物料的结构形状、性质或状态	如各类机床、包装机、轧钢机等
运输机械	主要用于改变人或物料的空间位置	如输送机、轮船、飞机、汽车等
信息机械	主要用于获取或处理各种信息	如复印机、摄像机、传真机等

1.3 本课程案例

1.3.1 减速器案例

本课程的带传动、齿轮传动、轴、轴承、键等零部件的设计与选用都将围绕着一个案例进行，即单级斜齿圆柱齿轮传动减速器，如图 1-3 所示。这样有利于学习的系统性及实用性，经过本课程的学习，学生基本可以设计出一个完整的减速器来。

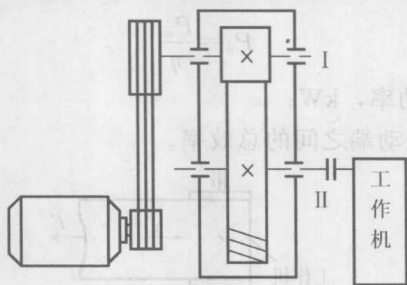


图 1-3 减速器传动方案图

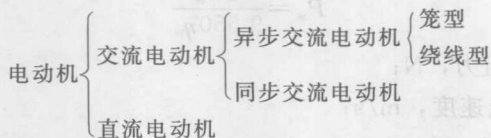
案例：如图 1-3 所示为一单级斜齿圆柱齿轮减速器传动的传动方案图，已知工作机为带式运输机，输入功率 $P_w=9\text{ kW}$ ，转速 $n_w=100\text{ r/min}$ ，减速器使用年限为 10 年，单班制工作，轻微冲击，批量生产，试设计该减速器。

1.3.2 选择电动机

电动机已经标准化、系列化，应按照工作机的要求，根据传动方案选择电动机的类型、容量和转速，并在产品目录中查出其型号和尺寸。

1.3.2.1 电动机类型和结构形式的选择

电动机的分类如下：



一般工厂都采用三相交流电，因而多采用交流电动机。其中以普通笼型异步电动机应用最多。目前应用最广的是 Y 系列自扇冷式笼型三相异步电动机，其结构简单，起动性能好，工作可靠，价格低廉，维护方便，适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体、无特殊要求的场合，如运输机、机床、风机、农机、轻工机械等。在经常需要起动、制动和正、反转的场合（如起重机械），则要求电动机转动惯量小、过载能力大，应选用起重及冶金用三相异步电动机 YZ 型（笼型）或 YZR 型（绕线型）。

1.3.2.2 确定电动机功率

电动机功率的选择直接影响到电动机的工作性能和经济性能。如果所选电动机功率小于工作要求,则不能保证工作机正常工作,使电动机经常过载而提早损坏;如果所选电动机功率过大,则电动机经常不能满载运行,功率因数和效率较低,从而增加电能消耗、造成浪费,因此,在设计中一定要选择合适的电动机功率。

确定电动机功率的原则是电动机的额定功率 P_e 稍大于电动机工作功率 P_d , 即 $P_e \geq P_d$, 这样电动机在工作时就不会过热,一般情况下可以不校验电动机的起动转矩和发热。

如图 1-4 所示的带式运输机, 它所需要的电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \quad (1-1)$$

式中 P_w ——工作机所需输入功率, kW;

η ——电动机至工作机主动端之间的总效率。

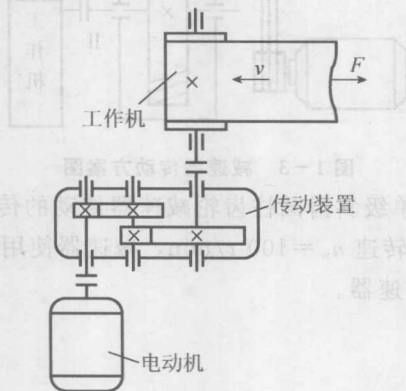


图 1-4 带式运输机传动简图

工作机所需功率 P_w (kW) 由机器的工作阻力和运动参数 (线速度或转速) 求得。

$$P_w = \frac{Fv}{1\,000\eta_w} \quad (1-2)$$

或

$$P_w = \frac{Tn_w}{9\,550\eta_w} \quad (1-3)$$

式中 F ——工作机的工作阻力, N;

v ——工作机卷筒的线速度, m/s;

T ——工作机的阻力矩, N·m;

n_w ——工作机卷筒的转速, r/min;

η_w ——工作机的效率。

由电动机至工作机的传动总效率 η 为

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots \eta_n \quad (1-4)$$

其中, $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ 分别为传动装置中各传动副 (齿轮、蜗杆、带或链)、轴承、联轴器的效率, 其概略值可按表 1-2 选取。由此可知, 设计中应初选联轴器、轴承类型及齿轮精度等级, 以便于确定各部分的效率。

表 1-2 机械传动和摩擦副的效率概略值

种 类		效率 η	种 类		效率 η
圆柱 齿轮 传动	6级和7级精度齿轮传动（油润滑）	0.98~0.99	摩擦 传动	平摩擦轮传动	0.85~0.92
	8级精度的一般齿轮传动（油润滑）	0.97		槽摩擦轮传动	0.88~0.90
	9级精度的一般齿轮传动（油润滑）	0.96		卷绳轮传动	0.95
	加工齿的开式齿轮传动（脂润滑）	0.92~0.96	联 轴 器	十字滑块联轴器	0.97~0.99
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93		齿式联轴器	0.99
锥齿 轮传 动	6级和7级精度齿轮传动（油润滑）	0.97~0.98		弹性联轴器	0.99~0.995
	8级精度的一般齿轮传动（油润滑）	0.94~0.97		万向联轴器（ $\alpha \leq 3^\circ$ ）	0.97~0.98
	加工齿的开式齿轮传动（脂润滑）	0.92~0.95		万向联轴器（ $\alpha > 3^\circ$ ）	0.95~0.97
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92	滑 动 轴 承	润滑不良	0.94（一对）
蜗杆 传动	自锁蜗杆传动（油润滑）	0.40~0.45		润滑正常	0.97（一对）
	单头蜗杆传动（油润滑）	0.70~0.75		润滑特好（压力润滑）	0.98（一对）
	双头蜗杆传动（油润滑）	0.75~0.82		液体摩擦	0.99（一对）
	三头和四头蜗杆传动（油润滑）	0.80~0.92	滚 动 轴 承	球轴承（稀油润滑）	0.99（一对）
	环面蜗杆传动（油润滑）	0.85~0.95		滚子轴承（稀油润滑）	0.98（一对）
带 传 动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	卷筒		0.96
	平带有压紧轮的开式传动	0.97	减 （变） 速 器	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	平带交叉传动	0.90		双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	V带传动	0.96		行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.98
链 传 动	焊接链	0.93		单级锥齿轮减速器	0.95~0.96
	片式关节链	0.95		双级圆锥—圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
	滚子链	0.96		无级变速器	0.92~0.95
	齿形链	0.97		摆线—针轮减速器	0.90~0.97
复滑 轮组	滑动轴承（ $i=2\sim6$ ）	0.90~0.98	丝杆 传动	滑动丝杆	0.30~0.60
	滚动轴承（ $i=2\sim6$ ）	0.95~0.99		滚动丝杆	0.85~0.95

计算传动装置的总效率时需注意以下几点：

- (1) 表中所列为效率值的范围时，一般取中间值；
- (2) 同类型的几对传动副、轴承或联轴器，均应单独计入总效率；
- (3) 轴承效率均指一对轴承的效率；
- (4) 蜗杆传动效率与蜗杆的头数及材料有关，设计时应先按头数并估计效率，等设计出蜗杆的传动参数后再最后确定效率，并校核电动机所需功率。

1.3.2.3 确定电动机的转速

同一类型、相同额定功率的电动机也有几种不同的转速。低速电动机的极数多、外廓尺寸及质量较大、价格较高，但可使传动装置的总传动比及尺寸减小，高转速电动机则与其相反。设计时应综合考虑各方面因素选取适当的电动机转速。三相异步电动机有四种常用的同步转速，即 3 000 r/min、1 500 r/min、1 000 r/min、750 r/min，一般多选用同步转速为 1 500 r/min 或 1 000 r/min 的电动机。

可由工作机的转速要求和传动机构合理传动比范围,推算出电动机转速的可选范围,即

$$n_d = (i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n) n_w \quad (1-5)$$

式中 n_d ——电动机可选转速范围;

n_w ——工作机的转速;

$i_1, i_2, \dots, i_n$ ——各级传动机构的合理传动比范围。

根据选定的电动机类型、结构、容量和转速由设计手册查出电动机型号,并记录其型号、额定功率、满载转速、中心高、轴伸尺寸、键联接尺寸等。

例 1-1 如图 1-3 所示为单级斜齿圆柱齿轮减速器传动的传动方案图,已知工作机输入功率 $P_w = 9 \text{ kW}$, 转速 $n_w = 100 \text{ r/min}$, 减速器使用年限为 10 年, 单班制工作, 轻微冲击, 批量生产, 试选择合适的电动机。

解: (1) 选择电动机类型。

按已知的工作要求和条件, 选用 Y 型全封闭笼型三相异步电动机。

(2) 选择电动机功率。

所需的电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta}$$

由于电动机至工作机之间的总效率为

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$

式中 η_1 ——带传动的效率;

η_2 ——轴承的效率;

η_3 ——齿轮传动的效率;

η_4 ——联轴器的效率。

$$\eta = 0.96 \times 0.99^2 \times 0.97 \times 0.99 = 0.90$$

所以

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{9}{0.90} \text{ kW} = 10 \text{ kW}$$

(3) 确定电动机转速。

按合理的传动比范围, 取 V 带传动的传动比为 $i_1 = 2 \sim 4$, 单级齿轮传动比 $i_2 = 3 \sim 5$, 则合理总传动比的范围为 $i = 6 \sim 20$ 。

$$n_d = i \cdot n_w = (6 \sim 20) \times 100 \text{ r/min}$$

$$n_d = (600 \sim 2\,000) \text{ r/min}$$

符合这一范围的同步转速有 750 r/min、1 000 r/min、1 500 r/min, 再根据计算出的功率, 由机械设计手册查出有三种适用的电动机型号, 其技术参数与传动比的比较情况见表 1-3。

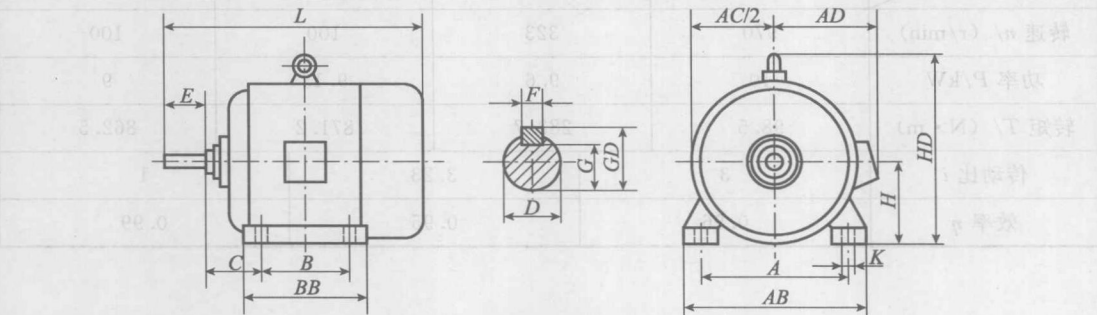
表 1-3 电动机选择

方案	电动机型号	额定功率 P_e/kW	电动机转速/(r/min)		传动装置的传动比		
			同步转速	满载转速 n_m	总传动比 i	带 i_1	齿轮 i_2
1	Y180L-8	11	750	730	7.3	2.2	3.32
2	Y160L-6	11	1 000	970	9.7	3	3.23
3	Y160M-4	11	1 500	1 460	14.6	3.5	4.17

综合考虑电动机和减速器的尺寸、质量以及带传动和减速器的传动比, 比较三个方案可知:

方案1的电动机转速低，外廓尺寸及质量较大，价格较高，虽然总传动比不大，但因电动机转速低，导致传动装置尺寸较大。方案3电动机转速较高，但总传动比大，传动装置尺寸较大。方案2适中，比较适合。因此选定电动机型号为Y160L-6，所选电动机的额定功率 $P_e=11\text{ kW}$ ，满载转速 $n_m=970\text{ r/min}$ ，总传动比适中，传动装置结构较紧凑。所选电动机的主要外形尺寸和安装尺寸见表1-4。

表 1-4 电动机尺寸

					
中心高 H	外形尺寸 $L \times (AC/2 + AD) \times HD$	底脚安装尺寸 $A \times B$	地脚螺栓孔直径 K	轴伸尺寸 $D \times E$	装键部位尺寸 $F \times G$
160	$645 \times 418 \times 385$	254×254	15	42×110	12×37

1.3.3 计算减速器的运动和动力参数

为进行传动件的设计计算，应首先推算出各轴的转速、功率和转矩。一般由电动机至工作机之间运动传递的路线推算各轴的运动和动力参数。注意：功率一般按实际需要的电动机输出功率 P_d 计算，转速则取满载转速 n_m 。现以本课程案例（图1-3）为例加以说明。

1. 各轴转速

电动机轴 $n_m=970\text{ r/min}$

I 轴 $n_I = \frac{n_m}{i_1} = \frac{970}{3}\text{ r/min} = 323\text{ r/min}$

II 轴 $n_{II} = \frac{n_I}{i_2} = \frac{323}{3.23}\text{ r/min} = 100\text{ r/min}$

工作机轴 $n_w = n_{II} = 100\text{ r/min}$

2. 各轴功率

电动机轴 $P_d=10\text{ kW}$

I 轴 $P_I = P_d \cdot \eta_1 = 10 \times 0.96\text{ kW} = 9.6\text{ kW}$

II 轴 $P_{II} = P_I \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3 = 9.6 \times 0.99^2 \times 0.97\text{ kW} = 9.13\text{ kW}$

工作机轴 $P_w = P_{II} \cdot \eta_4 = 9.13 \times 0.99\text{ kW} = 9\text{ kW}$

3. 各轴转矩

电动机轴 $T_d = 9\,550 \times \frac{P_d}{n_m} = 9\,550 \times \frac{10}{970}\text{ N} \cdot \text{m} = 98.5\text{ N} \cdot \text{m}$

I 轴 $T_I = T_d \cdot i_1 \cdot \eta_1 = 98.5 \times 3 \times 0.96\text{ N} \cdot \text{m} = 283.7\text{ N} \cdot \text{m}$

Ⅱ轴 $T_{II} = T_I \cdot i_2 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3 = 283.7 \times 3.23 \times 0.99^2 \times 0.97 \text{ N} \cdot \text{m} = 871.2 \text{ N} \cdot \text{m}$

工作机轴 $T_w = T_{II} \cdot \eta_4 = 870.7 \times 0.99 \text{ N} \cdot \text{m} = 862.5 \text{ N} \cdot \text{m}$

运动和动力参数的计算结果列于表 1-5。

表 1-5 减速器运动和动力参数

轴名 参数	电动机轴	I 轴	Ⅱ 轴	工作机轴
转速 $n/(\text{r/min})$	970	323	100	100
功率 P/kW	10	9.6	9.13	9
转矩 $T/(\text{N} \cdot \text{m})$	98.5	283.7	871.2	862.5
传动比 i	3	3.23	1	
效率 η	0.96	0.95	0.99	

习 题

一、术语解释

1. 机器；2. 机构；3. 构件；4. 零件

二、填空题

- 构件是_____的单元，零件是_____的单元。
- _____是机构与机器的总称。

三、选择题

- 机床的主轴是机器的_____。
A. 动力部分 B. 工作部分 C. 传动装置 D. 自动控制部分
- 下列各机械中属于机构的是_____。
A. 铣床 B. 拖拉机 C. 千斤顶 D. 发电机

四、判断题

- 机构就是具有相对运动的构件的组合。 ()
- 构件是加工制造的单元，零件是运动的单元。 ()

五、简答题

- 机器有哪些特征？
- 如何学好这门课？

六、分析题

观察身边常见的机械设备，以自己最熟悉的机械设备（如缝纫机、洗衣机、摩托车、汽车等）为例，填写表 1-6。