

高等学校教材

# 机械设计 课程设计指导书

- 哈尔滨工业大学 宋宝玉 主 编
- 清华大学 吴宗泽 主 审



高等教育出版社

高等学校教材

# 机械设计课程设计指导书

哈尔滨工业大学 宋宝玉 主编  
清华大学 吴宗泽 主审

高等教育出版社

## 内容简介

本书是在认真学习龚淮义主编《机械设计课程设计指导书》教材的基础上,根据《高等工科院校机械设计课程教学基本要求》,并吸纳我校及兄弟院校在机械设计课程设计教学方面的经验而编写的。

全书分为两篇:第一篇为机械设计课程设计指导书,以减速器设计为例,着重介绍了一般机械传动装置的设计内容、方法和步骤;第二篇为机械设计常用标准、规范和其他设计资料,可以满足课程设计及完成设计大作业的需要。

本书可供高等工科院校机械类、近机械类及非机械类各专业进行机械设计课程设计、机械设计基础课程设计和设计大作业使用,也可供电视大学、函授大学、职业技术学院使用,以及相关的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计指导书 / 宋宝玉主编. — 北京: 高等教育出版社, 2006.8

ISBN 7-04-019505-4

I. 机... II. 宋... III. 机械设计—课程设计—高等学校—教学参考资料 IV. TH122-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 079303 号

策划编辑	宋 晓	责任编辑	胡 纯	封面设计	张申申	责任绘图	朱 静
版式设计	张 岚	责任校对	俞声佳	责任印制	陈伟光		

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010 - 58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京宝旺印务有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2006 年 8 月第 1 版
印 张	12.25	印 次	2006 年 8 月第 1 次印刷
字 数	290 000	定 价	15.80 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19505-00

# 前 言

---

本书是一本既有课程设计指导书的内容，又有机械设计常用标准、规范和其他设计资料的二合一教材。其编写指导思想是：

1. 根据《高等工科院校机械设计课程教学基本要求》，吸纳了哈尔滨工业大学等院校在机械设计课程设计教学方面的经验，认真学习龚淮义主编《机械设计课程设计指导书》的优点。
2. 与国内多数主要《机械设计》教材及陈铁鸣等主编《新编机械设计课程设计图册》配套使用。教材及图册中的内容本书一般不再重复，内容力求简明扼要，以满足课程设计需要为主，兼顾完成习题、大作业的要求，方便学生使用。
3. 指导书部分比较详细地说明了各阶段的工作任务和完成步骤，并在思考题以外增加了“自检重点”，以便于学生自习和自检，培养学生的独立思考和创新能力，提高课程设计的质量。
4. 采用最新的国家标准和技术规范。

本书可供高等工科院校机械类、近机械类及非机械类各专业进行机械设计课程设计、机械设计基础课程设计和设计大作业使用，也可供有关工程技术人员参考。

参加本书编写的有宋宝玉（第一篇第5、6、7、8章）、王连明（第一篇第1、2、3、4章）、陈铁鸣（第二篇第9、10、11、12章）、张锋（第二篇第13、14、15、16章）。全书由宋宝玉主编。

清华大学吴宗泽教授审阅了本书，提出了许多宝贵意见和建议，在此深表感谢。本书在编写过程中还得到了哈尔滨工业大学机械设计系许多教师的帮助和支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和欠妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年12月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

购书请拨打电话：(010)58581118

# 目 录

第一篇 机械设计课程设计指导书	
第 1 章 概述	3
1.1 机械设计课程设计的目的	3
1.2 机械设计课程设计的内容	3
1.3 机械设计课程设计的方法和步骤	3
1.4 机械设计课程设计中应注意的几个问题	4
思考题	5
第 2 章 传动装置的总体设计	6
2.1 分析或确定传动方案	6
2.2 选择电动机	9
2.3 确定传动装置总传动比和分配传动比	10
2.4 计算传动装置的运动和动力参数	12
思考题	14
第 3 章 传动件设计	16
3.1 减速器外传动件的设计要点	16
3.2 减速器内传动件的设计要点	16
思考题	17
第 4 章 减速器装配草图的设计	19
4.1 装配草图设计前的准备工作	19
4.2 草图设计的第一阶段	27
4.3 装配草图设计第一阶段自检重点及思考题	36
4.4 轴、轴承及键连接的校核计算	37
4.5 草图设计的第二阶段	37
4.6 装配草图设计第二阶段自检重点及思考题	41
4.7 草图设计的第三阶段	42
4.8 装配草图设计第三阶段自检重点及思考题	55
4.9 装配草图的检查	57
第 5 章 减速器装配工作图的设计	59
5.1 装配工作图视图的绘制	59
5.2 装配工作图的尺寸标注	60
5.3 装配工作图上零件序号、明细栏和标题栏的编写	61
5.4 编制减速器的技术特性表	62
5.5 编写减速器的技术要求	62
5.6 装配工作图设计自检重点及思考题	64
第 6 章 零件工作图的设计	66
6.1 对零件工作图的要求	66
6.2 轴类零件工作图	66
6.3 齿轮类零件工作图	68
6.4 机体零件工作图	70
6.5 零件工作图设计自检重点及思考题	72
第 7 章 编写设计计算说明书	73
7.1 设计计算说明书的内容	73
7.2 对设计计算说明书的要求和注意事项	73
7.3 书写格式举例	75
第 8 章 课程设计的总结和答辩	77
第二篇 机械设计常用标准、规范和其他设计资料	
第 9 章 常用数据及一般标准与规范	81
9.1 机械传动效率概略值和传动比范围	81
9.2 一般标准	82
9.2.1 优先数系和标准尺寸	82

9.2.2 锥度与锥角系列	83	<b>第 14 章 电动机</b>	142
9.2.3 中心孔	83	14.1 Y 系列三相异步电动机技术数据	142
9.2.4 砂轮越程槽、插齿退刀槽及刨削、插削越程槽	84	14.2 Y 系列机座带底脚、端盖上无凸缘电动机的安装及外形尺寸	144
9.2.5 零件倒圆与倒角	85	14.3 YZ 系列三相异步电动机技术数据	146
9.2.6 齿轮滚刀外径尺寸	86	14.4 YZ 系列三相异步电动机的安装及外形尺寸	147
9.2.7 弧型键槽铣刀(直齿三面刃铣刀)尺寸	86	<b>第 15 章 极限与配合、形位公差及表面粗糙度</b>	148
<b>9.3 机械制图一般规范</b>	86	15.1 极限与配合	148
9.3.1 图样比例、幅面及格式	86	15.2 形状和位置公差	155
9.3.2 装配图中零部件序号及编排方法	87	15.3 表面粗糙度	158
9.3.3 尺寸标注的符号和缩写词	88	<b>第 16 章 齿轮及蜗杆、蜗轮的精度</b>	162
9.4 铸件设计一般规范	88	16.1 渐开线圆柱齿轮的精度	162
<b>第 10 章 机械设计中的常用材料和润滑剂</b>	91	16.1.1 精度等级及其选择	162
10.1 黑色金属	91	16.1.2 检验项目的选用	162
10.2 有色金属材料	93	16.1.3 齿轮各种偏差允许值	164
10.3 非金属材料	94	16.1.4 齿侧间隙及其检验项目	167
10.4 润滑剂	95	16.1.5 齿厚和公法线长度	169
<b>第 11 章 连接</b>	97	16.1.6 齿轮副和齿坯的精度	171
11.1 螺纹及螺纹连接	97	16.1.7 图样标注	173
11.1.1 螺纹	97	16.2 直齿锥齿轮精度	173
11.1.2 螺纹连接件	100	16.2.1 锥齿轮及锥齿轮副精度等级和侧隙	173
11.1.3 螺纹零件的结构要素	110	16.2.2 锥齿轮公差及极限偏差	176
11.2 轴系零件的紧固件	113	16.2.3 锥齿轮的齿坯精度	179
11.3 键连接	116	16.2.4 图样标注	180
11.4 销连接	118	16.3 圆柱蜗杆、蜗轮精度	180
<b>第 12 章 滚动轴承</b>	119	16.3.1 精度等级及其选择	180
12.1 滚动轴承	119	16.3.2 蜗杆、蜗轮和蜗杆传动的检验与公差	181
12.1.1 常用滚动轴承	119	16.3.3 蜗杆传动的侧隙	183
12.1.2 滚动轴承与轴和外壳的配合	129	16.3.4 蜗杆和蜗轮的齿坯公差	185
12.2 滚动轴承座	130	16.3.5 图样标注	185
<b>第 13 章 联轴器</b>	132	<b>参考文献</b>	187
13.1 有弹性元件的挠性联轴器	132		
13.2 刚性联轴器	137		
13.3 无弹性元件的挠性联轴器	139		

# 第一篇

# 机械设计课程设计指导书





# 第1章

## 概 述

### 1.1 机械设计课程设计的目的

机械设计课程是培养学生具有机械设计能力的技术基础课。机械设计课程设计则是机械设计课程重要的实践性教学环节，其目的是：

- (1) 通过课程设计实践，树立正确的设计思想，增强创新意识，培养综合运用机械设计课程和其他先修课程的理论与生产实际知识去分析及解决机械设计问题的能力。
- (2) 学习机械设计的一般方法，掌握机械设计的一般规律。
- (3) 进行机械设计基本技能的训练，例如计算、绘图、查阅设计资料和手册、运用标准和规范等。

### 1.2 机械设计课程设计的内容

机械设计课程设计的题目常为一般用途的机械传动装置，如图 1.1 所示带式运输机的机械传动装置——减速器。

机械设计课程设计通常包括以下内容：根据设计任务书确定传动装置的总体设计方案；选择电动机；计算传动装置的运动和动力参数；传动零件及轴的设计计算；轴承、连接件、润滑密封和联轴器的选择及计算；机体结构及其附件的设计；绘制装配工作图和零件工作图；编写设计计算说明书；进行总结和答辩。

每个学生都应完成以下工作：

- (1) 减速器装配工作图 1 张 (A0 图纸)
- (2) 零件工作图 2 张 (传动件、轴等, A2~A3 图纸)。
- (3) 设计计算说明书 1 份。

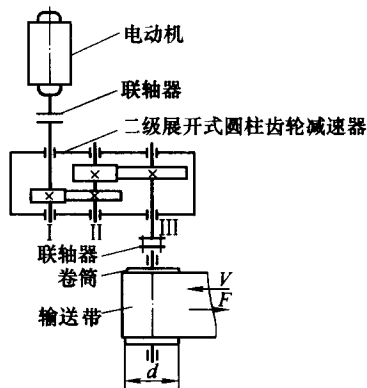


图 1.1 带式运输机

### 1.3 机械设计课程设计的方法和步骤

机械设计课程设计通常从分析或确定传动方案开始，进行必要的计算和结构设计，最后以图纸表达设计结果，以设计计算说明书说明设计的依据。由于影响设计结果的因素很多，机械

零件的结构尺寸不可能完全由计算确定, 还需借助画图、初选参数或初估尺寸等手段, 通过边画图、边计算、边修改的过程逐步完成设计, 亦即通过计算与画图交叉进行来逐步完成设计。课程设计大致按以下步骤进行。

#### 1. 设计准备

认真研究设计任务书, 明确设计要求和条件; 通过看实物、模型、录像及减速器拆装实验等来了解设计对象; 复习课程有关内容, 熟悉有关零部件的设计方法和步骤; 准备好设计需要的图书、资料和用具; 拟定设计计划等。

#### 2. 传动装置的总体设计

确定传动装置的传动方案; 选定电动机的类型和型号; 计算传动装置的运动和动力参数(确定总传动比, 并分配各级传动比, 计算各轴的功率、转速和转矩)。

#### 3. 传动零件的设计计算

设计计算各级传动件的参数和主要尺寸, 如齿轮的模数  $m$ 、齿数  $z$ 、分度圆直径  $d$  和齿宽  $b$  等。

#### 4. 装配图设计

(1) 装配草图设计 选择联轴器, 初定轴的基本直径, 选择轴承类型, 确定减速器箱体结构方案和主要结构尺寸; 通过草图设计 I 定出轴上受力点的位置和轴承支点间的跨距; 校核轴、轴毂连接的强度, 校核轴承的额定寿命; 通过草图设计 II 完成传动件及轴承部件结构设计; 通过草图设计 III 完成箱体及减速器附件的结构设计。

(2) 装配工作图设计 不仅要按制图规范画出足够的视图, 而且要完成装配图的其他要求, 如标注尺寸、技术特性、技术要求、零件编号及其明细栏、标题栏等。

#### 5. 零件工作图设计

#### 6. 编写设计计算说明书

#### 7. 设计总结和答辩

## 1.4 机械设计课程设计中应注意的几个问题

机械设计课程设计是高等工科院校机械类及近机械类专业学生第一次较全面的设计训练。为了尽快投入并适应设计实践, 达到预期的教学目的, 在机械设计课程设计中必须注意以下几个问题。

#### 1. 正确处理参考已有资料与创新的关系

设计是一项根据特定设计要求和具体工作条件进行的复杂细致的工作, 凭空想像而不依靠任何资料是无法完成设计工作的。因此, 在课程设计中首先要认真阅读参考资料, 仔细分析参考图例的结构, 充分利用已有资料。学习前人经验是提高设计质量的重要保证, 也是设计工作能力的重要体现。但是决不应该盲目地、机械地抄袭资料, 而应该在参考已有资料的基础上, 根据设计任务的具体条件和要求, 大胆创新, 亦即做到继承与创新相结合。

#### 2. 正确处理设计计算、结构设计和工艺要求等方面的关系

任何机械零件的尺寸, 都不可能完全由理论计算确定, 而应该综合考虑强度、结构和工艺的要求。因此不能把设计片面理解为只是理论计算, 更不能把所有计算尺寸都当成零件的最终

尺寸。例如，轴伸的最小直径  $d$  按强度计算为 15 mm，但考虑到相配联轴器的孔径，最后可能取  $d = 20$  mm。显然，这时轴的强度计算只是为确定轴伸直径提供了一个方面的依据。

同时要正确处理结构与工艺性的关系，因此设计零件结构时常考虑以下几方面的工艺性要求：

(1) 选择合理的毛坯种类和形状，如大量生产时优先考虑铸造、轧制、模锻的毛坯，而单件生产或少件生产则采用焊接或自由锻造的毛坯。

(2) 零件形状应尽量简单和便于加工，如用最简单的圆柱面、平面和共轭曲面等形状构成零件，尽量减少加工表面的数量和面积。

### 3. 正确使用标准和规范

在设计工作中，必须遵守国家正式颁布的有关标准和技术规范。这既是降低成本的首要原则，又是评价设计质量的一项重要指标，因此熟悉并熟练使用标准和规范是课程设计的一项重要任务。

设计中采用的标准件（如螺栓）的尺寸参数必须符合标准规定；采用的非标准件的尺寸参数，若有标准，则应执行标准（如齿轮的模数），若无标准则应尽量圆整为标准数列或优先数列，以方便制造和测量。但对于一些有严格几何关系的尺寸（例如，齿轮传动的啮合尺寸参数），则必须保证其正确的几何关系，而不能随意圆整。例如  $m_n = 3$  mm、 $z = 20$ 、 $\beta = 10^\circ$  的斜齿圆柱齿轮，其分度圆直径  $d = 60.926$  mm，不能圆整为  $d = 60$  mm。

设计中应尽量减少选用的材料牌号和规格的数量，减少标准的品种和规格，尽可能地选用市场上能充分供应的通用品种。这样既能降低成本，又方便使用和维护。

### 4. 熟练掌握设计方法

熟练掌握边画图、边计算、边修改的设计方法，力求精益求精。

### 5. 图纸和说明书

图纸应符合机械制图规范，说明书要求计算正确、书写工整、内容完备。

### 6. 独立完成

课程设计是在教师指导下由学生独立完成的，因此，在设计过程中要教学相长，教师要因材施教、严格要求，学生要充分发挥主观能动性，要有勤于思考、深入钻研的学习精神和严肃认真、一丝不苟、有错必改、精益求精的工作态度。

最后，要注意掌握设计进度，保质保量地按期完成设计任务。

## 思考题

1. 传动装置的总体设计包括哪些内容？
2. 本课程设计要完成哪些工作？它的主要步骤是什么？
3. 为什么说设计是计算与画图交叉进行的过程？
4. 零部件的结构设计要考虑哪些问题？
5. 在设计中为什么要采用标准和规范？

# 第 2 章

## 传动装置的总体设计

传动装置总体设计的目的是分析或确定传动方案、选定电动机型号、计算总传动比并合理分配传动比、计算传动装置的运动和动力参数，为设计计算各级传动零件和装配图设计准备条件。

### 2.1 分析或确定传动方案

机器一般由原动机、传动装置、工作机和控制系统四部分组成。如图 1.1 所示的带式运输机，其原动机为电动机，传动装置为二级展开式圆柱齿轮减速器，工作机为卷筒与输送带，各部件用联轴器连接并安装在机架上。

传动装置在原动机与工作机之间传递运动和动力，并改变运动的形式、速度大小和转矩大小。传动装置一般包括传动件（如齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动等）和支承件（如轴、轴承、机体等）两部分。它的质量和成本在机器中占有很大比例，其性能和品质对机器的工作影响很大，因此合理设计传动方案具有重要意义。

传动方案通常用机构简图表示，它反映运动和动力传递路线及各零部件的类型、布置和连接关系。

在课程设计中，如由设计任务书给定传动方案时，学生应了解和分析各传动方案的特点；如设计任务书只给定工作机的性能要求（如带式运输机的有效拉力  $F$  和输送带的线速度  $v$  等），学生应根据各种传动的特点确定出最佳的传动方案。

合理的传动方案，首先要满足工作机的性能要求，适应工作条件（如工作环境、场地等），工作可靠。此外还应使传动装置的结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高和使用维护方便。同时满足这些要求是比较困难的，因此要通过分析比较多种传动方案，选择出能保证重点要求的最佳传动方案。

常用传动机构的性能及适用范围参见表 9.1 和表 9.2。选择传动机构类型的一般原则是：

- (1) 小功率传动，宜选用结构简单、价格便宜、标准化程度高的传动机构，以降低制造成本。
- (2) 大功率传动，应先选用传动效率高的传动机构，如齿轮传动，以减少能耗，降低运行费用。
- (3) 载荷变化较大时，应选用具有缓冲吸振能力的传动机构，如带传动。
- (4) 工作中可能出现过载时，应选用具有过载保护作用的传动机构，如带传动。
- (5) 工作温度较高、潮湿、多粉尘、易爆、易燃场合，宜选用链传动、闭式齿轮传动或蜗杆传动，而不能采用带传动或摩擦传动。

(6) 要求两轴保持准确的传动比时, 应选用齿轮传动、蜗杆传动或同步带传动。

但是, 在传递功率  $P$ 、低速轴转速  $n$ 、传动比  $i$  相同的条件下, 不同类型传动机构的外廓尺寸相差很大。其中, 平带传动外廓尺寸最大, 齿轮传动外廓尺寸最小, 选择传动类型时必须充分考虑这一点。

当采用由几种传动形式组成的多级传动时, 要充分考虑各种传动形式的特点, 合理地布置其传动顺序。下列各点可供参考:

(1) 带传动的承载能力小, 当传递相同转矩时, 结构尺寸较其他传动形式大, 但可以吸收振动, 缓和冲击, 传动平稳, 噪声小, 因此宜布置在高速级。

(2) 链传动运动不均匀, 有冲击和动载荷, 噪声较大, 不适用于高速级, 应布置在低速级。

(3) 斜齿圆柱齿轮传动的平稳性较直齿轮传动好, 且冲击和噪声小, 因此常用在高速级或要求传动平稳的场合。

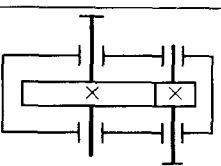
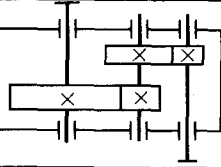
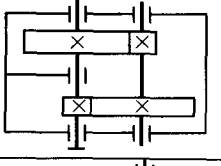
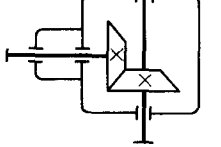
(4) 开式齿轮传动的齿轮完全外露, 不能防尘, 润滑条件不好, 因而磨损严重、寿命较短, 应布置在低速级。

(5) 锥齿轮传动只用于需要改变轴布置方向的场合。由于锥齿轮 (特别是大直径、大模数锥齿轮) 加工困难, 所以应将其布置在高速级, 并限制其传动比, 以减小其直径和模数。

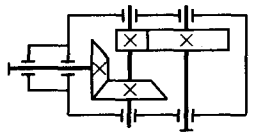
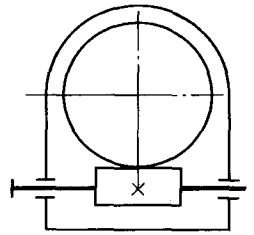
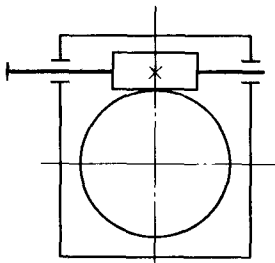
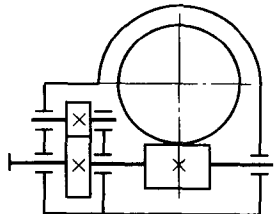
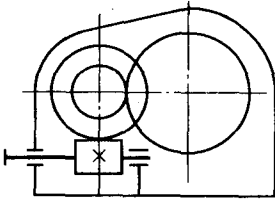
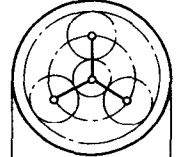
(6) 蜗杆传动的单级传动比大, 结构紧凑, 传动平稳, 噪音小, 但传动效率较低, 故适用于中小功率的高速传动中。

常用减速器类型及特点参见表 2.1。

表 2.1 常用减速器的类型和特点

类 型	简 图	传动比范围		特点及应用
		一般	最大值	
一级圆柱齿轮 减速器		3~6	10	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿, 结构简单, 应用广泛, 斜齿或人字齿用于速度较高或负载较重的传动。机体通常为铸铁铸造, 有时也采用焊接结构。其他类型的减速器机体也与此类同
二级展开式圆 柱齿轮减速器		8~40	60	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿, 结构简单, 应用广泛。齿轮相对于轴承为不对称布置, 要求轴有较大的刚度, 而且齿轮应布置在远离转矩输入输出端, 以减少载荷沿齿向分布不均匀现象。高速级常用斜齿
二级同轴式圆 柱齿轮减速器		8~40	60	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿, 机体长度方向尺寸较小, 两级大齿轮直径接近, 浸油深度大致相近, 尺寸较大, 中间轴较长, 刚度差, 中间的轴承润滑困难, 而且仅能有一个输入端和输出端, 限制了传动装置的灵活性
一级锥齿轮减 速器		2~3	6	轮齿可为直齿、斜齿或螺旋齿, 用于输入轴和输出轴两轴线垂直相交的传动

续表

类 型	简 图	传动比范围		特点及应用
		一般	最大值	
二级圆锥圆柱齿轮减速器		10~25	40	用于输入轴和输出轴两轴线垂直相交且传动比较大的传动, 锥齿轮应布置在高速级, 使其直径不致过大, 便于加工
一级蜗杆减速器	 蜗杆下置式	10~40	80	单级传动比大, 结构紧凑, 但传动效率低, 适用于中小功率、输入轴与输出轴两轴线垂直交错的传动。蜗杆圆周速度 $v \leq 5 \text{ m/s}$ 时用下置式, $v > 5 \text{ m/s}$ 时用上置式
	 蜗杆上置式			
齿轮蜗杆减速器		60~90	480	齿轮传动布置在高速级, 结构紧凑, 但传动效率较低
蜗杆齿轮减速器		60~90	480	蜗杆传动布置在高速级, 结构尺寸大, 但传动效率较高
NGW 型行星齿轮减速器		3~9	13	效率高, 体积小, 重量轻, 传递功率范围大, 可用于各种工作条件, 应用广泛

## 2.2 选择电动机

电动机是由专门工厂批量生产的标准部件。设计时要根据工作机的工作特性、工作环境和 workload 等条件，选择电动机机的类型、结构、容量（功率）和转速，并在产品目录中选出其具体型号和尺寸。

### 1. 选择电动机类型和结构形式

电动机分交流电动机和直流电动机两种。由于生产单位一般多采用三相交流电源，因此无特殊要求时均应选用三相交流电动机，其中以三相异步交流电动机应用最广泛。根据不同防护要求，电动机有开启式、防护式、封闭自扇冷式和防爆式等几种结构形式。

Y 系列三相笼型异步电动机是一般用途的全封闭自扇冷式电动机。由于其结构简单、工作可靠、价格低廉、维护方便，因此广泛应用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体和无特殊要求的机械上，如金属切削机床、运输机、风机、搅拌机等。常用 Y 系列三相异步电动机的技术数据和外形尺寸见表 14.1 和表 14.2。对于经常起动、制动和正反转的机械（如起重、提升设备），要求电动机具有较小的转动惯量和较大的过载能力，应选用冶金及起重用三相异步电动机 YZ 型（笼型）或 YZR 型（绕线型）。

电动机的类型和结构形式应根据电源种类（交流或直流）、工作条件（环境、温度、空间位置等）、载荷大小和性质（变化性质、过载情况等）、起动性能和起动、制动、正反转的频繁程度等条件来选择。

### 2. 选择电动机的容量（功率）

电动机的容量（功率）选择是否合适，对电动机的正常工作和经济性都有影响。容量选得过小，会使电动机因超载而损坏，不能保证工作机正常工作；而容量选得过大，则电动机的体积大、价格高，性能又不能充分利用，而且由于电动机经常不满载运行，其效率和功率因数都较低，增加电能消耗而造成能源的浪费。

电动机的容量主要根据电动机运行时的发热条件来决定。对于载荷比较稳定、长期连续运行的机械（如运输机），只要所选电动机的额定功率  $P_{ed}$  等于或稍大于所需的电动机工作功率  $P_d$ ，即  $P_{ed} \geq P_d$ ，电动机就能完全工作，不会过热，因此通常不必校验电动机的发热和起动转矩。

如图 1.1 所示的带式运输机，其电动机所需的工作功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta_\Sigma}$$

式中： $P_w$ ——工作机的有效功率，即工作机的输出功率，单位为 kW，由工作机的工作阻力和运动参数确定；

$\eta_\Sigma$ ——从电动机到工作机输送带间的总效率。

$\eta_\Sigma$ 是组成传动装置和工作机的各部分运动副或传动副的效率乘积。设  $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$ 、 $\eta_4$  分别为联轴器、滚动轴承、齿轮传动及卷筒传动的效率，则

$$\eta_\Sigma = \eta_1^2 \eta_2^4 \eta_3^2 \eta_4$$

计算总效率  $\eta_\Sigma$  时应注意以下几点：

(1) 各机械传动效率的概略值，可参见表 9.1。表中数值是概略的范围，一般可取中间值。



(2) 轴承效率均指一对轴承而言。

(3) 同类型的几对运动副或传动副都要考虑其效率，不要漏掉。例如，有两级齿轮传动时其效率为  $\eta_{\text{齿轮}} \eta_{\text{齿轮}} = \eta_{\text{齿轮}}^2$ 。

(4) 蜗杆传动的效率与蜗杆头数  $Z_1$  有关，应先初选头数  $Z_1$ ，然后估计效率  $\eta_{\text{蜗杆}}$ 。此外蜗杆传动的效率  $\eta_{\text{蜗杆}}$  中已包括蜗杆轴上一对轴承的效率，因此在计算总效率时蜗杆上的轴承效率不再计入。

### 3. 确定电动机的转速

容量相同的三相异步电动机，一般有 3 000 r/min、1 500 r/min、1 000 r/min 及 750 r/min 四种同步转速。电动机同步转速越高，磁极对数越少，外部尺寸越小，价格越低。但是电动机转速越高，传动装置的总传动比越大，会使传动装置外部尺寸增加，制造成本提高。而电动机同步转速越低，其优缺点则刚好相反。因此，在确定电动机转速时，应综合考虑，分析比较。一般可根据工作机主动轴转速和各传动副的合理传动比范围，计算出电动机转速的可选范围，即

$$n_d = i_{\Sigma} n_w = (i_1' i_2' i_3' \cdots i_n') n_w$$

式中：  $n_w$  —— 工作机主动轴转速，对带式运输机  $n_w = \frac{60 \times 1\,000 v}{\pi d}$ ，单位 r/min，

$v$  为输送带的线速度，单位 m/s；  $d$  为卷筒直径，单位 mm；

$i_{\Sigma}$  —— 传动装置总传动比的合理范围；

$i_1', i_2', i_3', \dots$  —— 各级传动比的合理范围。

在本课程设计中，通常多选用同步转速为 1 500 r/min 或 1 000 r/min 的电动机。

选定了电动机的类型、结构及同步转速，计算出了所需电动机容量后，即可在电动机产品目录或设计手册中查出其型号、性能参数和主要尺寸。这时应将电动机型号、额定功率、满载转速、外形尺寸、电动机中心高、轴伸尺寸和键连接尺寸等记下备用。

## 2.3 确定传动装置总传动比和分配传动比

传动装置的总传动比  $i_{\Sigma}$  由选定的电动机满载转速  $n_m$  和工作机主动轴转速  $n_w$  确定，即

$$i_{\Sigma} = \frac{n_m}{n_w}$$

在多级传动的传动装置中，其总传动比应为各级传动比  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$  的连乘积，即

$$i_{\Sigma} = i_1 i_2 i_3 \cdots i_n$$

因此，合理地分配传动比，即各级传动比如何取值是设计中的一个重要问题，它将直接影响传动装置的外廓尺寸、质量大小和润滑条件。图 2.1 所示为二级展开式齿轮减速器的两种传动比分配方案。两种分配方案均满足总传动比需求，但粗线表示的方案不仅外廓尺寸小，而且高速级大齿轮也得到了良好的润滑。

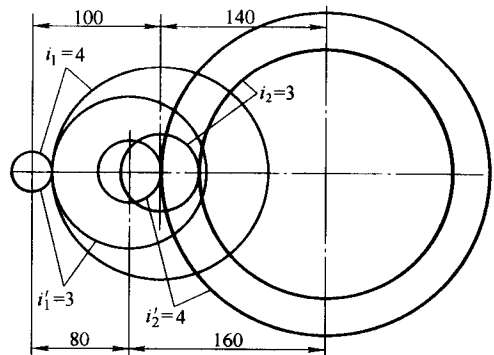


图 2.1 两种传动比分配方案比较