

高等学校教材

机械设计(基础)课程设计

(第二版)

华北电力大学 陈立新 主编
华北电力大学 唐歆熙 主审



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

高等学校教材

机械设计(基础)课程设计 (第二版)

华北电力大学 陈立新 主编
华北电力大学 唐歆熙 主审



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是在第一版的基础上,根据国家教育委员会 1995 年批准的新的“机械设计”和“机械设计基础”课程教学基本要求和几年来的使用经验进行修订的。

书中主要介绍了一级圆柱齿轮减速器、二级圆柱齿轮减速器的设计,也介绍了圆锥齿轮减速器和蜗杆减速器的设计要点。全书共分课程设计指导书、设计资料及参考图例三部分,并在附录中给出了机械类和近机类使用的设计题目。本书简明扼要,使用方便。

本书适用于集中三周时间进行的机械设计课程设计,也适用于集中两周时间进行的机械设计基础课程设计使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计(基础)课程设计/陈立新主编. -2 版. 北京:中国电力出版社,2002

ISBN 7-5083-0913-8

I. 机… II. 陈… III. 机械设计-高等学校-课程设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 006026 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http://www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

利森达印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1993 年 8 月第一版

2002 年 6 月第二版 2002 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 286 千字 5 插页

印数 0001—3000 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

第二版 前 言

本书第一版是根据 1987 年由国家教委批准印发的“高等学校《机械设计基础》课程教学基本要求”的规定和精神，在 1989 年华北电力学院交流讲义《机械设计基础课程设计指导书》的基础上编写、修订，1993 年 8 月由天津科学技术出版社出版、发行。

本书第二版是在第一版的基础上，根据国家教育委员会 1995 年批准的新的“《机械设计》和《机械设计基础》课程教学基本要求”和几年来的使用经验进行修订的。

本书的体系和章节基本上与第一版相同，在内容上增补了最新国家标准及二级圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器和蜗杆减速器的设计内容和设计题目，并对部分内容进行了增减。

考虑到机械类各专业和近机类热动专业（日授及函授）的教学特点，本书编写时注意到：

（1）简明扼要，使用方便，将课程设计指导书、课程设计图册、设计资料三部分内容一并编入。

（2）采用了最新的国家标准，给出了参考图例。

（3）利用插图列出常见的正误结构，便于分析对比。

（4）全面详细地介绍了圆柱齿轮减速器，对圆锥齿轮减速器和蜗杆减速器着重介绍其特点，便于学生理解和掌握。

（5）编入了在火电厂燃料输送线上输煤机械中使用的各种类型的减速器情况一览表。在此基础上又增加了几组二级传动的题目，供学生选题时参考。

（6）编入了课程设计复习思考题，以帮助学生总结设计中的收获和准备答辩。

参加本书第二版修订工作的有：陈立新（第一篇的第一章至第五章）、刘衍平（第六章至第八章）、马银成（第二篇）、崔彦彬（第三篇）。全书由陈立新担任主编。

华北电力大学唐歆熙教授为本书主审，编者在此表示感谢。

由于编者水平所限，殷切期望广大读者对书中的错误和不妥之处给予批评指正。

编者
2001 年

第一版 前 言

本书是根据 1987 年由国家教委批准印发的高等学校《机械设计基础（原机械原理及机械零件）课程教学基本要求》的规定和精神，在 1989 年华北电力学院交流讲义《机械设计基础课程设计指导书（修订版）》的基础上编写而成的。

考虑到近机类热动专业（函授及本科）和机械类燃输专业的特点，本书编写时注意到：

- (1) 简明扼要，使用方便。把指导书、资料及图例三部分内容一并编入。
- (2) 采用通用的和新近颁布的标准。插图全部重新设计绘制。
- (3) 对设计中的难点编写了例题，并绘制了装配草图的俯视图。
- (4) 简介了公差与配合基本知识。
- (5) 收入了编者设计绘制的一级和二级圆柱齿轮减速器设计常见错误示例分析图。
- (6) 编入了在火电厂燃料输送线上输煤机械中使用的各种类型减速器的情况一览表。

课程设计题目增加了从生产实践中提炼出来的新题型。

- (7) 编入了课程设计复习思考题，以便帮助学生总结设计中的收获和准备答辩。

本书承北京航空航天大学郭可谦教授主审，编者表示衷心的感谢。

参加原讲义编写和修改的有唐锦茹、郭志贤、崔彦彬、李彦田，由唐歆熙主编。陈彭教授、马允皋副教授审阅。在编写本书时，由于函授教学以及编写工作的需要，对人员进行了部分调整。

参加本书编写的有唐歆熙、崔彦彬。由唐歆熙担任主编。

限于编者水平，殷切期望读者对书中的错误和不妥之处给予批评指正。

编者

1992 年 10 月

目 录

第二版 前言

第一版 前言

第一篇 机械设计（基础）课程设计指导书..... 1

第一章 总论..... 1

第一节 机械设计（基础）课程设计的目的 1

第二节 课程设计的内容和进行方式 1

第三节 课程设计的步骤 2

第四节 课程设计的注意事项和要求 2

第二章 传动装置的总体设计..... 3

第一节 传动方案的确定 3

第二节 常用减速器的类型和特点 3

第三节 电动机的选择 6

第四节 传动比的分配 8

第五节 传动装置运动和动力参数的计算 9

第六节 例题 9

第三章 传动零件的设计计算 12

第一节 减速器外传动零件的设计计算 12

第二节 减速器内传动零件的设计计算 13

第四章 减速器的结构 15

第一节 减速器的结构 15

第二节 铸铁减速器箱体的结构尺寸 19

第五章 装配工作图的设计和绘制 24

第一节 绘制装配草图的准备工作 24

第二节 装配草图的初步绘制 24

第三节 例题 47

第四节 箱体及附件设计 54

第五节 装配工作图的完成 58

第六章 零件工作图的设计和绘制 63

第一节 零件工作图的设计内容和要求 63

第二节 轴类零件工作图的设计和绘制 64

第三节 齿轮类零件图的设计和绘制 67

第七章 编写设计计算说明书及答辩 80

第一节	设计计算说明书的编写	80
第二节	准备答辩及成绩评定	81
第八章	机械设计(基础)课程设计复习思考题	83
第二篇	课程设计常用标准和规范	85
第九章	常用数据和标准	85
第一节	常用数据	85
第二节	一般标准	87
第十章	常用工程材料	91
第一节	金属材料	91
第二节	其它材料	95
第十一章	螺纹及紧固件	97
第一节	螺纹	97
第二节	紧固件	102
第十二章	键联接和销联接	113
第一节	键联接	113
第二节	销联接	116
第十三章	滚动轴承	118
第一节	常用滚动轴承	118
第二节	滚动轴承的配合(GB/T 275—93 摘录)	130
第十四章	联轴器	132
第一节	联轴器轴孔和键槽形式	132
第二节	联轴器	133
第十五章	减速器附件	142
第一节	通气器	142
第二节	窥视孔盖	143
第三节	起吊装置	143
第四节	油面指示器及油塞	145
第五节	轴承盖及套杯	147
第六节	润滑装置	148
第七节	密封件	149
第十六章	公差配合、形位公差、表面粗糙度和齿轮、蜗杆的传动精度公差	151
第一节	极限与配合	151
第二节	形状和位置公差	156
第三节	表面粗糙度	162
第四节	渐开线圆柱齿轮精度(摘自 GB 10095—88)	163
第六节	圆柱蜗杆、蜗轮精度(摘自 GB 10089—88)	170

第十七章	电动机	176
第一节	Y 系列三相异步电动机 (JB3074—82 摘录)	176
第二节	YZR、YZ 系列冶金及起重用三相异步电动机 (JB3229—83、JB3230—83)	180
第十八章	齿轮、蜗轮和带轮的结构尺寸	186
第三篇	参考图例及设计题目	190
第十九章	参考图例	190
第二十章	设计题目	191
附录	火电厂燃料输送系统中常用的减速器一览表	195
参考文献		196

第一篇 机械设计（基础）课程设计指导书

第一章 总 论

第一节 机械设计（基础）课程设计的目的

机械设计（基础）课程设计是机械设计（基础）课程的最后一个教学环节，其目的是对学生进行初次较全面的机械设计训练。其目的是：

- (1) 培养学生综合运用所学知识，结合生产实际分析解决机械工程问题的能力。
- (2) 学习机械设计的一般方法，了解和掌握简单机械传动装置的设计过程和进行方式。
- (3) 进行设计基本技能的训练，如计算、绘图、查阅资料、熟悉标准和规范。

第二节 课程设计的内容和进行方式

机械设计（基础）课程设计的题目，通常选择一般机械传动装置或简单机械，如图1-1所示带式输送机中的减速器。

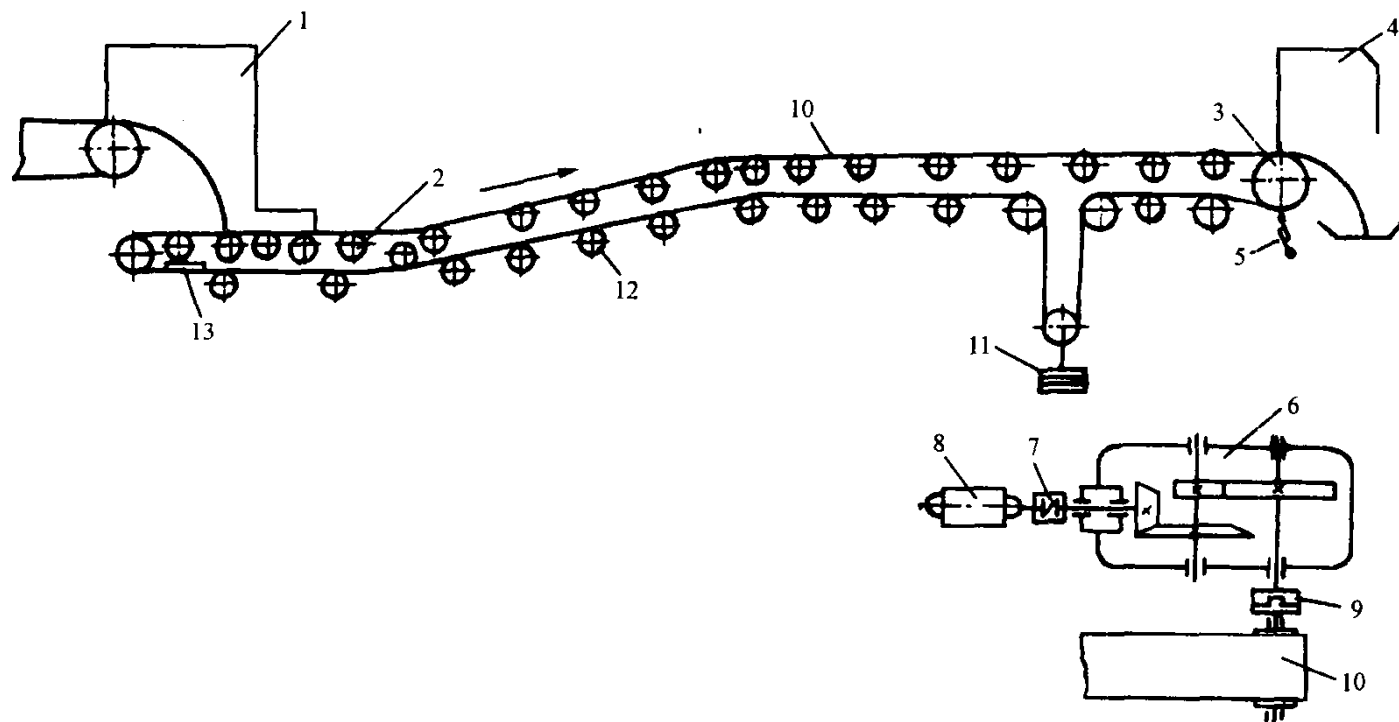


图 1-1 火电厂的带式输送机

- 1—装载装置；2—承载托辊；3—主动滚筒；4—卸载装置；5—头部清扫器；6—减速器；7—弹性联轴器；
8—电动机；9—十字滑块联轴器；10—输送带；11—拉紧装置；12—空载托辊；13—空载段清扫器

课程设计的内容：确定传动装置的总体方案；选择电动机；计算运动和动力参数；主要零件的设计计算；箱体及附件的设计；绘制装配工作图和零件工作图；编写设计计算说明书及进行答辩。

课程设计工作量：减速器装配图 1 张；零件工作图 1~2 张；设计及计算说明书一份。

课程设计的进行方式：在教师指导下，学生参照进度计划独立完成。

第三节 课程设计的步骤

(1) 设计准备。阅读任务书，明确设计内容和要求，参观实物，看录像或做减速器拆装实验，阅读资料，明确步骤，准备设计用具。

(2) 传动装置的总体设计。

分析比较并确定传动方案；计算总功率；选择电动机；确定总传动比和分配各级传动比；（当为多级减速器时）计算各轴的转速、输入功率和扭矩等。

(3) 传动零件的设计计算。先计算减速器外传动零件（带、链、开式齿轮传动等），再计算减速器内传动零件（齿轮、蜗杆传动等）。

以上三步约占总工作量的 10%~15%。

(4) 装配草图的设计及绘制。初定轴的直径并选取联轴器；确定轴上各段直径及长度；选择计算轴承和进行支承结构设计；计算轴的强度及键联接强度；进行箱体及附件设计；绘制装配草图。这一步约占总工作量的 45%。

(5) 装配工作图和零件工作图的设计及绘制。绘制装配图；零件编号；标注尺寸和配合，编写减速器特性、技术要求、标题栏和明细表；绘制零件图；检查并加深。这一步约占工作量的 35%。

(6) 整理编写设计计算说明书和准备答辩。这一步约占总工作量的 5%~10%。

第四节 课程设计的注意事项和要求

(1) 树立正确的设计思想，力求所做设计合理、实用、经济。

(2) 提倡独立思考，反对盲目抄袭和“闭门造车”两种错误倾向，反对知错不改、敷衍了事的作风。

(3) 掌握边画、边计算、边修改的设计过程，正确使用参考资料和标准规范。

(4) 要求图纸符合国家标准，计算说明书正确、书写工整。

第二章 传动装置的总体设计

第一节 传动方案的确定

机器通常由原动机、传动装置和工作机三个部分组成。传动方案首先要满足机器的工作要求，此外还要保证工作可靠，传动效率高，结构简单，尺寸紧凑，工艺性好和使用维护方便等。设计时，往往需要拟定几种传动方案以综合比较技术经济性能。

图 2-1 表示在火电厂输煤线上工作的带式输送机的四种传动方案。方案 (a) V 型带布置于高速级，能发挥过载保护的优点，但不适应恶劣的工作环境；方案 (b) 链传动布置在低速级较合理，但仍不能避免运转不均匀，且宽度较大；方案 (c) 蜗杆传动紧凑，但效率低，不经济；方案 (d) 二级斜齿轮减速器，虽然宽度稍大，但是圆柱齿轮加工方便，也适于恶劣条件下工作。图 1-1 中所示的二级圆锥—圆柱齿轮减速器宽度较小，适于恶劣条件下长期连续工作，但圆锥齿轮加工较难、造价高。经过分析比较初步选定传动方案，再根据电动机额定转速及确定的总传动比进一步修正已选定的方案。

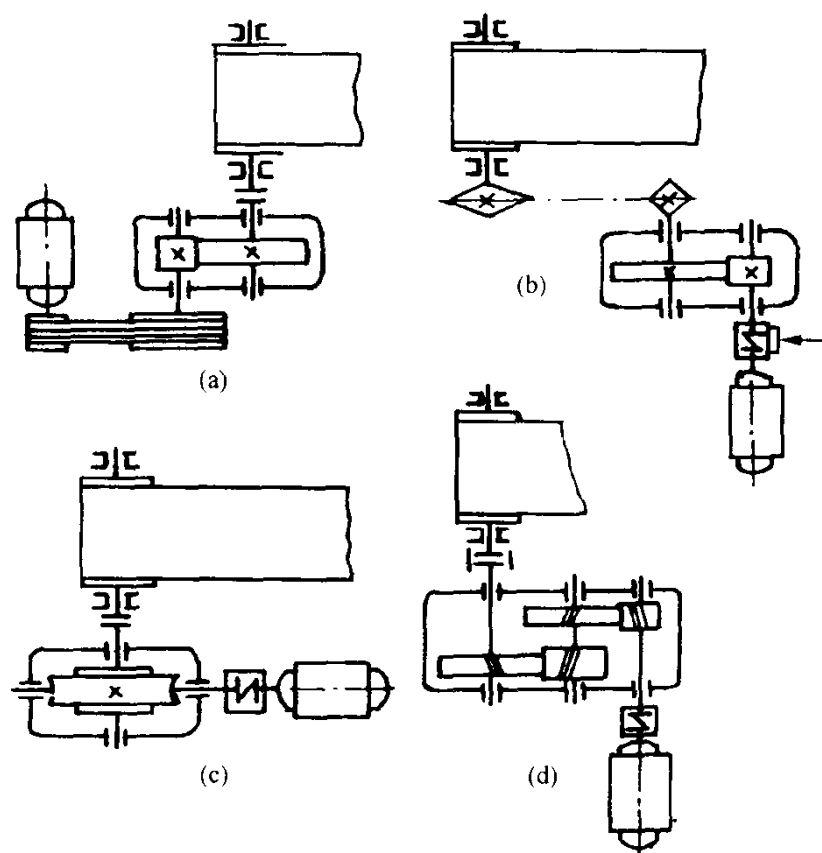


图 2-1 传动方案

第二节 常用减速器的类型和特点

传动装置中广泛采用减速器，它的主要类型及特点见表 2-1。一些类型减速器已有系

列标准, 如 ZQ 型渐开线圆柱齿轮减速器 (JB1585—75), WD 型普通圆柱蜗杆减速器 (Q/ZB125—73), NGW 行星齿轮减速器 (JB1799—76) 等。一般情况下, 应尽量选用标准减速器。在课程设计环节, 为了达到培养学生设计能力的目的, 必须自行设计减速器。

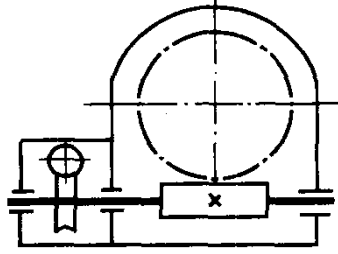
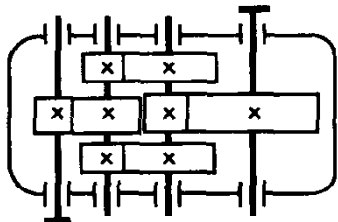
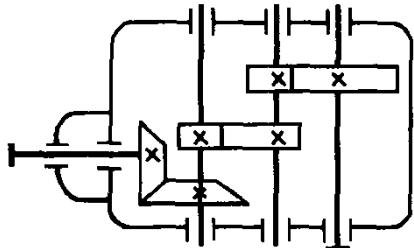
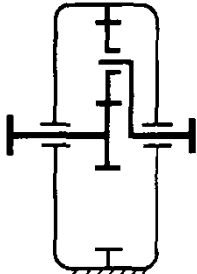
表 2-1 常用减速器的主要类型及特点

类 型	简 图	传动比		特 点
		一般	最大值	
一级圆柱齿轮减速器 (单驱动)		3~6	≤ 12.5	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿, 轴线可为水平、上下或垂直布置, 传递功率可达数万千瓦
一级圆柱齿轮减速器 (双驱动)		3~6	≤ 12.5	由两个小齿轮同时带动大齿轮, 每对齿轮传递总功率的 1/2, 常用于大功率设备
一级圆锥齿轮减速器		2~3	≤ 6	直齿圆周速度小于 3m/s, 功率达 1000kW 斜齿圆周速度可大于 5m/s, 功率达 15000kW 曲齿圆周速度可达 20~40m/s
一级蜗杆减速器	蜗杆下置式 	10~40	≤ 80	结构简单, 尺寸较小, 但效率低, 传递功率可达 200kW。下置式润滑条件好。蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5\text{m/s}$ 时优先选用
	蜗杆上置式 	10~40	≤ 80	蜗杆圆周速度 $v > 4 \sim 5\text{m/s}$ 时, 为减小搅油损失, 采用上置蜗杆
一级蜗杆减速器	蜗杆旁置式 	10~40	≤ 80	结构复杂, 密封要求高
	蜗杆立轴式 	10~40	≤ 80	

续表

类 型		简 图	传动比		特 点
			一般	最大值	
二级圆柱齿轮减速器	展 开 式		8~40	≤ 60	是两级减速器中应用最广泛的一种, 齿轮相对轴承为不对称布置, 要求轴的刚度足够, 高速级常用斜齿, 低速级可用斜齿或直齿。高速级齿轮布置应远离输入端, 这样, 轴的扭转变形将能减小轴的弯曲变形引起的载荷沿齿宽分布不均现象。
	分 流 式		8~40	≤ 60	齿轮相对轴承为对称布置, 常用于较大功率、变载荷场合, 高速级用斜齿, 低速级用人字齿或直齿
	同 轴 式		8~40	≤ 60	两级大齿轮直径接近, 有利于浸油润滑。长度尺寸小, 但轴向尺寸较大, 中间轴较长, 刚度较差
二级圆锥—圆柱齿轮减速器			10~25	≤ 40	锥齿轮布置在高速级以减小尺寸, 便于加工
蜗杆—齿轮减速器			60~90	≤ 480	高速级采用蜗杆传动, 有利于在啮合处形成油膜。低速级采用齿轮传动, 制造精度可低些, 不如齿轮—蜗杆减速器结构紧凑

续表

类 型	简 图	传动比		特 点
		一般	最大值	
二级蜗杆减速器		70~800	≤ 3600	结构紧凑, 传动比大, 但效率低, 不适于较大功率或连续工作的场合
三级圆柱齿轮减速器		50~400		多用于要求效率高、连续工作、大传动比的场合
三级圆锥—圆柱齿轮减速器		25~75		锥齿轮布置在高速级使其直径不致过大, 以便于加工
NGW 型一级行星齿轮减速器		3~9	13.7	体积小, 重量轻, 但制造精度要求高, 结构复杂

第三节 电 动 机 的 选 择

电动机是标准部件, 选择内容包括确定类型、结构、容量和转速, 并查出有关尺寸。

1. 电动机类型和结构型式的选择

根据电源种类 (交流或直流)、工作条件 (环境温度、空间位置尺寸) 及载荷性质和大小、起动调速性能等方面来选择。

一般选用新设计的三相异步电动机 (Y 系列)。在经常起动和需要正反转的场合, 要求电动机转动惯量小和过载能力大, 应选用起重及冶金用三相异步电动机 (YZ 型及 YZR 型)。电动机的结构分为防护式、封闭式和防爆式等, 可根据不同的防护要求来选择。

常用 Y 系列、YZ 型或 YZR 型三相异步电动机的技术数据和外型安装尺寸见设计资料。

2. 电动机容量 (功率) 的选择

电动机的容量选择是否合适, 对其工作和经济性都有影响。容量选得过小, 则不能保证工作机正常工作, 或使电动机长期超载而过早损坏; 容量选得过大, 则电动机价格高, 能力得不到充分利用, 效率和功率因数都较低, 造成浪费。

电动机的容量主要根据电动机运行时的发热条件来决定, 而发热与其运行状态有关。课程设计题目一般为载荷比较稳定, 长期运转的机械 (如带式输送机), 只需使电动机的额定值比负载大些, 电动机工作时便不会过热。因此所选电动机的额定功率 P_{ed} 应稍大于 (或等于) 所需电动机的工作功率 P_d , 即 $P_{ed} \geq P_d$ 。

所需电动机的工作功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \quad \text{kW} \quad (2-1)$$

式中 P_w ——工作机所需功率, kW;

η ——由电动机至工作机的总传动效率。

工作机所需功率 P_w 应由工作阻力和运动参数计算确定

$$P_w = \frac{Fv}{1000} \quad \text{kW} \quad (2-2)$$

或

$$P_w = \frac{T_w n_w}{9550} \quad \text{kW} \quad (2-3)$$

式中 F ——工作机的工作阻力, 如输送带的有效拉力, N;

v ——工作机的线速度, m/s;

T_w ——工作机阻力矩, N·m;

n_w ——工作机的转速, r/min。

总传动效率 η 按下式计算

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdots \eta_n \quad (2-4)$$

式中 η_1 、 η_2 、 η_3 、 $\cdots$ 、 η_n ——每一传动副 (齿轮、蜗杆、带或链)、每一对轴承、每个联轴器及卷筒的效率, 其值可查表 (设计资料)。

计算总功率 η 时要注意以下几点:

(1) 表中效率为一范围值, 一般取中间值计算。当工作条件好、加工精度高、维护良好时取高值, 反之取低值。

(2) 齿轮传动效率与精度有关, 蜗杆传动效率与蜗杆头数及材料有关, 滚动轴承效率与滚子形状有关, 设计时可采用试算法。例如设计支承结构时, 可初选球轴承, 查出效率, 待滚动轴承选型计算好后, 再修正以前的计算数据。

(3) 轴承效率系指一对效率而言。

(4) 同类型传动副应分别考虑效率。

3. 电动机转速的确定

容量一定的同类型电动机, 一般具有几种转速, 如三相异步电动机有 3000、1500、1000、750r/min 四种同步转速。低转速电动机的磁极对数多, 外廓尺寸及重量较大, 价格高, 但可使传动装置的传动比及结构尺寸较小, 从而降低成本。高转速电动机的优缺点

则刚好相反。因此，在确定电动机转速时，应与传动装置的速比分配综合考虑，按较好方案选择。设计中常优先选用同步转速为 1000r/min 或 1500r/min 的电动机。

选定了电动机的类型、容量和转速并查出型号后，同时记录下电动机中心高、轴伸尺寸等。

在课程设计中，设计功率应按所需电动机的工作功率 P_d 考虑，转速则按电动机的满载转速 n_m 计算。

第四节 传动比的分配

由选定的电动机的满载转速 n_m 和工作机主动轴的转速 n_w 可得传动装置的总传动比为

$$i = \frac{n_m}{n_w} \quad (2-5)$$

总传动比等于各级传动比的连乘积，即

$$i = i_1 i_2 i_3 \cdots \quad (2-6)$$

合理分配传动比可以减小减速器的外廓尺寸和重量，降低成本，改善润滑状况。分配传动比时应注意：

(1) 各级传动比应在推荐范围内。

(2) 应使各级传动件尺寸协调，结构合理，避免各零件干涉与安装不便。例如图 2-2 所示的二级圆柱齿轮减速器，由于高速级传动比 i 过大，导致高速级的大齿轮与低速级的大齿轮轴干涉。又如图 2-3 所示，由于带轮半径大于减速器中心高，使安装困难。通常在由普通 V 带和齿轮减速器组成的双级传动中，带传动的传动比不宜过大，一般应使 $i_d < i_{ch}$ 。

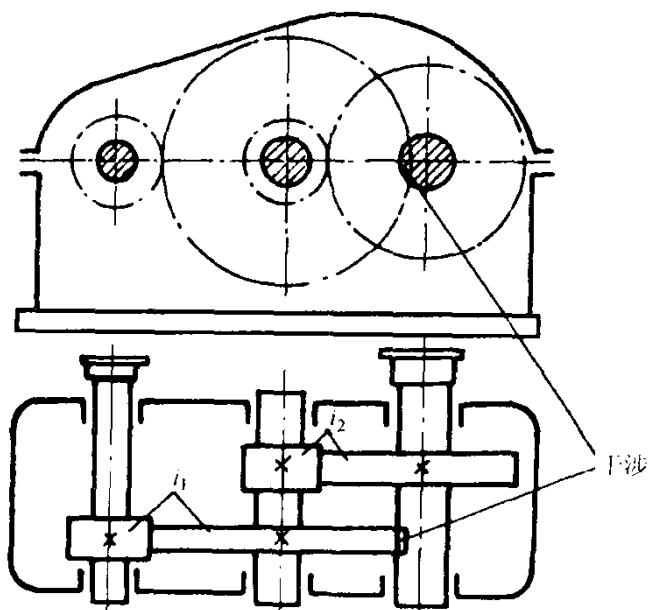


图 2-2

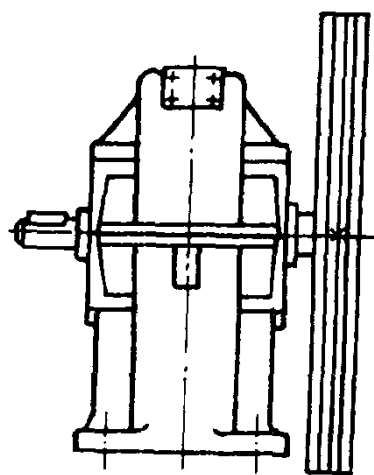


图 2-3

(3) 应使传动装置尽可能紧凑。图 2-4 所示的二级齿轮减速器，在总中心距和总传动比相同的前提下，粗实线所示方案 (a) 具有较小的外廓尺寸，这是因为低速级速比 i_2

较小时，低速级大齿轮直径较小的缘故。

(4) 在设计展开式二级圆柱齿轮减速器时，为使各级大齿轮的浸油深度接近，减少搅油损失，应使各级大齿轮直径大小接近。当两对齿轮配对材料相同，齿宽系数相等时，根据承载能力大致相等（齿面接触强度大致相等）的条件，其传动比分配推荐用下式： $i_1 \approx (1.3 \sim 1.5) i_2$ (i_1 为高速级传动比)。对于同轴式减速器，两级的传动比常近似取 $i_1 \approx i_2$ 。

对于圆锥—圆柱齿轮减速器，可取圆锥齿轮传动比 $i_1 \approx 0.25i$ (i 为总传动比)，并使 $i_1 \leq 3$ ， $i_{1\max} \leq 4$ 。

必须注意，以上传动比的分配只是初步的，实际传动比的数值必须在各传动零件的参数确定以后才能计算出来。总传动比的实际值允许与设计任务书中的要求值有 $\pm 3\% \sim 5\%$ 的差异。

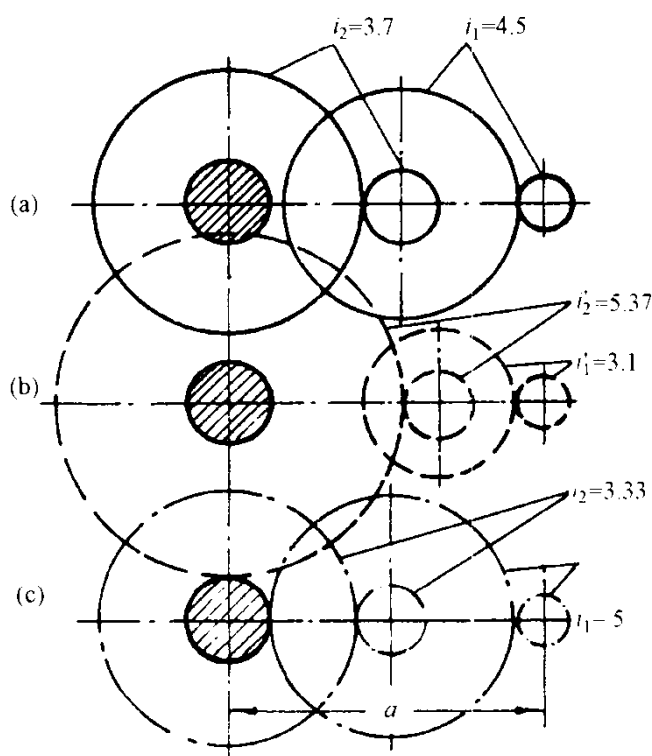


图 2-4

第五节 传动装置运动和动力参数的计算

传动装置的运动和动力参数是指各轴的转速、功率和转矩。各轴的转速根据电动机的满载转速及传动比依次进行计算，各轴的功率和转矩均按输入处计算。在课程设计中，不按所需电动机的额定功率计算，而按工作机所需要电动机的工作功率计算。

第六节 例题

如图 2-5 所示带式输送机传动方案，已知运输带的卷筒直径 $D = 400\text{mm}$ ，有效拉力 $F = 3000\text{N}$ ，速度 $v = 1.5\text{m/s}$ ，运输带单向运转，载荷变化不大，三相交流电源，电压 380V 。

试选择电动机，分配传动比，计算各轴的运动和动力参数。

解：

1. 选择电动机

(1) 选择 Y 系列三相异步电动机。

(2) 电动机的容量。

由电动机至工作机的总传动效率为

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5$$

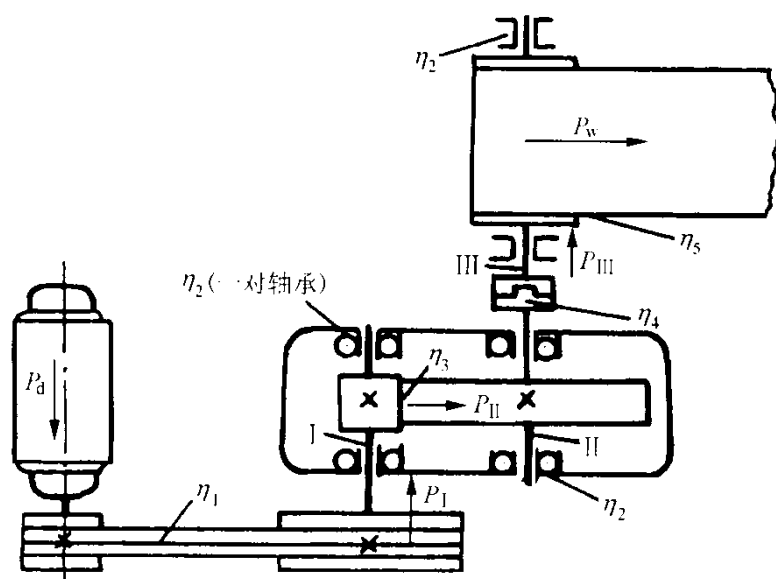


图 2-5