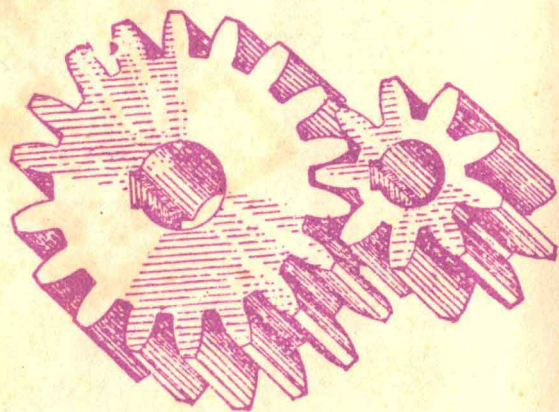


# 机械零件课程设计

JIXIELINGJIANKECHENGSHIJI

西北工业大学 机械原理及  
机械零件 教研室编



西北工业大学出版社



# 机械零件课程设计

机械原理及  
西北工业大学 机械零件 教研室编

西北工业大学出版社

机械零件课程设计  
西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

责任编辑：曹跃良

西北工业大学出版社出版发行  
(西安市友谊西路127号)

陕西省新华书店经销  
陕西省富平县印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/8 印张 9 200千字  
1986年9月第一版 1986年9月第一次印刷  
印数 0001—8000册  
统一书号：15433·040 定价：1.60元

# 前 言

机械零件课程设计,不仅是“机械零件”课程的一个重要教学内容,而且也是整个教学计划中理论联系实际不可缺少的一个教学环节。它的目的,是使学生运用所学的有关机械设计的理论和技能,以及各有关先修课程的知识进行一次较为全面、综合的设计练习。

为了使学生在课程设计中能循序渐进、顺利地完成任务,从中学到与设计题目有关的较为全面的设计知识,并通过设计实践,进一步掌握所学的理论及技能,增强对设计的认识,给以后的设计工作打下牢固的基础,我室编写了这本设计教学用书。对机械零件课程设计,从准备工作到编制计算说明书的全过程,逐一作了具体、扼要的阐述,并按各设计阶段的内容作了明确的安排。

为使课程设计的整个进程顺利、圆满地完成,便于教师出题、指导及学生参考。本书编入了适量的设计题目及设计参数供选用,并配以必要的进度计划及设计图。作为课程设计作业示范,编入了一套完整的作业图(包括装配图及主要零件图),以便学生参考,切实了解、掌握作业的份量与要求,另外还编入了同类型的部件装配图及不同结构方案的装配图,以便开拓学生的思路,启发创新思想,使课程设计获得预期的教学效果。

为提高学生使用计算机的能力,结合课程设计内容,编入了使用计算机及编程的说明与必要的技术资料,以供有条件使用计算机的学生练习使用计算机及编制设计计算程序。

本书还编入了必要的技术资料与使用说明。

《机械零件课程设计》为教学用书,主要供学生自学,以满足教学为主,力求少而精,有关设计说明及技术资料,也仅以满足课程设计的基本需要为限。为此,在进行课程设计时,除了必须学习本书外,学生还应同时复习有关课程的内容,查阅设计手册。本书对已在各课程中学过的内容及已编入设计手册的内容均不再重述。

由于我们的教学水平所限,误漏之处在所难免,殷切期望广大读者批评指正。

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

一九八五年十二月

# 目 录

第一章 课程设计的目的和任务	( 1 )
1.1 课程设计的目的、任务和设计阶段	( 1 )
1.2 设计要求和注意事项	( 1 )
第二章 设计题目和进度计划	( 2 )
2.1 设计题目	( 2 )
2.2 进度计划	( 5 )
第三章 传动简图的拟定及运动参数的计算	( 6 )
3.1 传动简图的拟定	( 6 )
3.2 电动机的选择	( 7 )
3.3 传动比的分配	( 8 )
3.4 传动参数的计算	( 8 )
第四章 设计及绘制装配图	( 9 )
4.1 概述	( 9 )
4.2 设计及绘制装配图的步骤	( 9 )
4.3 装配图的绘制	( 10 )
4.4 减速器的箱体(箱盖)	( 15 )
4.5 减速器的润滑与散热	( 17 )
4.6 减速器的附件	( 19 )
4.7 轴的结构设计	( 21 )
4.8 支承结构设计	( 22 )
4.9 装配图的尺寸、技术要求及零件明细表	( 25 )
第五章 设计及绘制零件工作图	( 26 )
5.1 对零件工作图的要求	( 26 )

5.2 轴类零件工作图	( 26 )
5.3 齿(蜗)轮类零件工作图	( 27 )
5.4 铸造箱体类零件工作图	( 29 )
第六章 用计算机设计	( 31 )
6.1 数表与图线的处理	( 31 )
6.2 编写机械零件设计计算程序的一般步骤	( 31 )
6.3 机械零件设计计算程序编写实例	( 31 )
第七章 编制计算说明书	( 36 )
7.1 计算说明书的内容及要求	( 36 )
7.2 计算说明书编制举例	( 37 )
第八章 设计资料	( 38 )
表8.1 各类机械传动的传动效率	( 38 )
表8.2 各类机械传动的传动比	( 38 )
表8.3 减速器的毛重	( 38 )
表8.4 齿(蜗)轮、带轮、链轮及联轴器轮毂孔与轴的配合	( 39 )
表8.5 轴承、轴套、轴承盖配合的荐用值	( 39 )
表8.6 向心推力滚动轴承的轴向游隙	( 39 )
表8.7 轴类零件表面粗糙度的选择	( 39 )
表8.8 齿(蜗)轮类零件表面粗糙度的选择	( 40 )
表8.9 减速箱体(盖)、轴承盖及套杯表面粗糙度的选择	( 40 )
表8.10 零件明细表格式	( 40 )
表8.11 标题栏格式	( 40 )
第九章 减速器图	( 41 )

## 第一章 课程设计的目的和任务

### 1.1 课程设计的目的、任务和设计阶段

#### 1.1.1 目的

“机械零件”是论述各类通用零、部件的设计原理与计算方法的课程。旨在培养学生最基本的设计理论知识与实际设计技能。因此，在教学过程中，除了系统地讲授必要的设计与计算理论，进行习题、作业及实验等外，还应使学生作较全面的设计技能锻炼，即作课程设计。其目的是：

1) 具体应用和巩固本课程及有关先修课程的理论知识、生产知识，了解传动装置的一般设计方法和步骤，培养学生设计能力，为以后进行设计工作打下基础。

2) 通过拟定传动方案、结构方案到结合生产和使用条件(如选用材料，考虑制造及装配工艺、润滑)等，独立地完成机器部件的设计，全面考虑设计内容及过程，熟悉和运用设计资料，如有关国家(部颁)标准、规范等，加深对机械设计总则的认识；培养学生独立分析问题和解决问题的能力。

#### 1.1.2 任务

- 1) 每人按生产用图纸要求，设计出一张装配图和两张零件工作图(或由指导教师规定)；
- 2) 每人按规定格式编制设计计算说明书一份。

#### 1.1.3 设计阶段

序号	内 容	提 示
1	拟定或讨论传动简图；选择电动机；分配传动比；计算各轴的转速、功率和扭矩。	详见第三章
2	设计计算传动零件，如带传动、齿轮传动、蜗轮传动等。	详见《机械零件》
3	设计及绘制减速器装配图(包括设计轴、选择及校核轴承、键与联轴器等)。	详见第四章及《机械零件》
4	设计及绘制零件工作图。	详见第五章及《机械制图》、《公差及技术测量》
5	编制设计计算说明书。	详见第七章
6	课程设计答辩。	

### 1.2 设计要求和注意事项

#### 1.2.1 要求

在课程设计中要注意培养学生认真负责、踏实细致的工作作风，和保质、保量、按时完成任务的习惯。

在设计过程中必须做到：

- 1) 随时复习教科书、听课笔记及习题；
- 2) 及时了解有关资料，作好准备工作，充分发挥自己的主观能动性和创造性；
- 3) 认真计算和制图，保证计算正确和图纸质量；
- 4) 按预定计划循序完成设计任务。

#### 1.2.2 注意事项

1) 设计前先研究设计题目，分析设计数据和工作条件，明确设计要求和内容后，再进行下一步设计工作；

2) 对传动方案及装配图，小组应进行讨论和对比，以明确优、劣、正、误，取长补短，改进设计；

3) 所绘装配图及零件工作图，应经指导教师审查认可后，方能呈交；

4) 全部设计作业呈交后，应作好准备，进行设计答辩。

## 第二章 设计题目和进度计划

### 2.1 设计题目

第1题 设计一带式输送机传动用的三角带传动及斜齿圆柱齿轮减速器。传动简图示于图2.1, 设计参数列于表2.1。

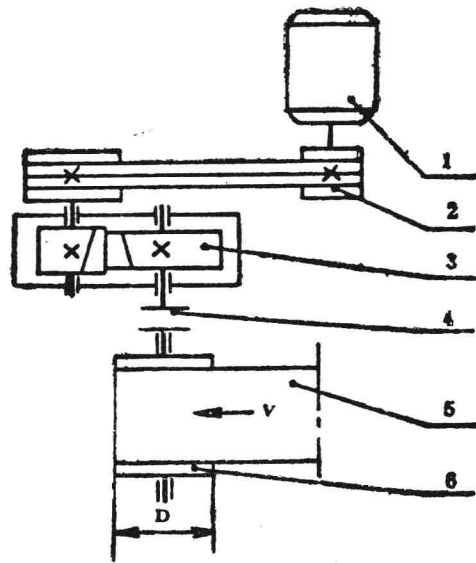


图 2.1 带式输送机传动简图

表 2.1 带式输送机的设计参数

参 数 \ 题 号	1-A	1-B	1-C	1-D
输送带牵引力 $F$ (kN)	2	1.25	1.7	1.8
输送带速度 $v$ (m/s)	1.1	1.3	1.3	1.2
输送带鼓轮的直径 $D$ (mm)	180	250	260	220

说明: 1) 带式输送机运送碎粒物料, 如谷物、型砂、煤等;  
2) 输送机运转方向不变, 工作载荷稳定;  
3) 输送带鼓轮的传动效率取为 0.97;  
4) 工作寿命 15 年, 每年 300 个工作日, 每日工作 16 小时。

第2题 设计一混料机传动用的三角带传动及直齿圆锥齿轮减速器。传动简图示于图2.2, 设计参数列于表2.2。

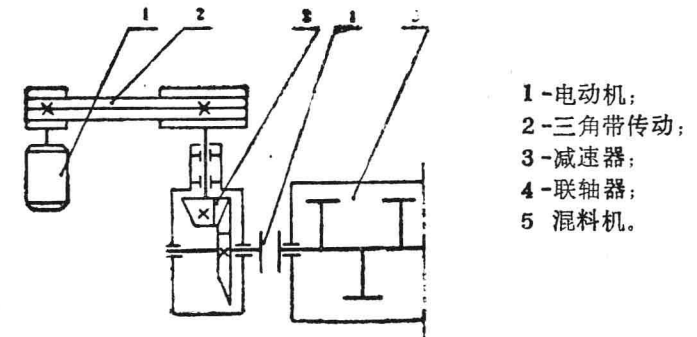


图 2.2 混料机传动简图

表 2.2 混料机的设计参数

参 数 \ 题 号	2-A	2-B	2-C	2-D
减速器输出轴转矩 $T$ (N·m)	37	52	70	80
减速器输出轴转速 $n$ (rpm)	240	160	153	140

说明: 1) 混料机运转方向不变, 工作载荷稳定;  
2) 工作寿命 20 年, 每年 300 个工作日, 每日工作 8 小时。

第3题: 设计一加热炉推料机传动用蜗杆减速器。传动简图示于图2.3, 设计参数列于表2.3。

表 2.3 加热炉推料机传动机构的设计参数

参 数 \ 题 号	3-A	3-B	3-C	3-D
大齿轮轴 (件 5) 传递的功率 $P$ (kW)	1.1	1.2	1.2	1.3
大齿轮轴的转速 $n$ (rpm)	38	30	35	36

说明: 1) 推料机运转方向不变, 工作载荷变动不大;  
2) 工作寿命 10 年, 每年 300 个工作日, 每日工作 16 小时。

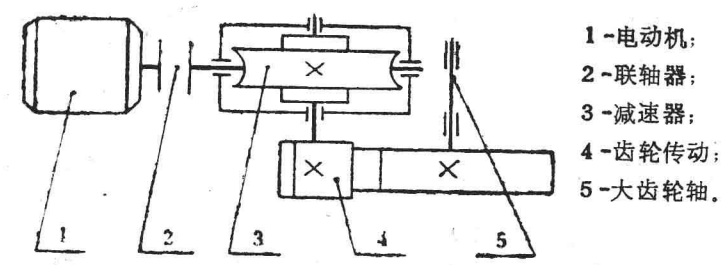
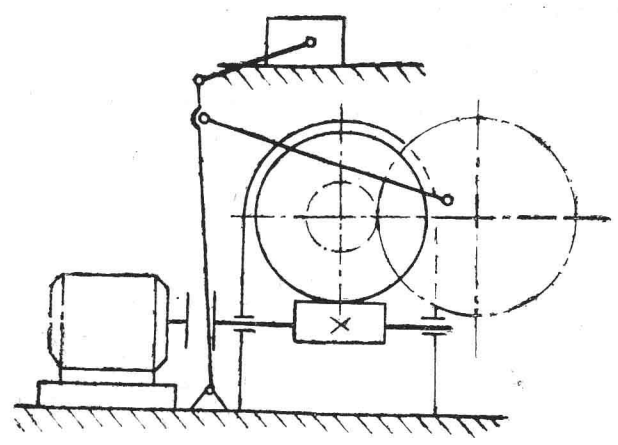


图 2.3 加热炉推料机传动简图

第 4 题：设计一螺旋输送机传动用的三角带传动及斜齿圆柱齿轮减速器。传动简图示于图 2.4，设计参数列于表 2.4。

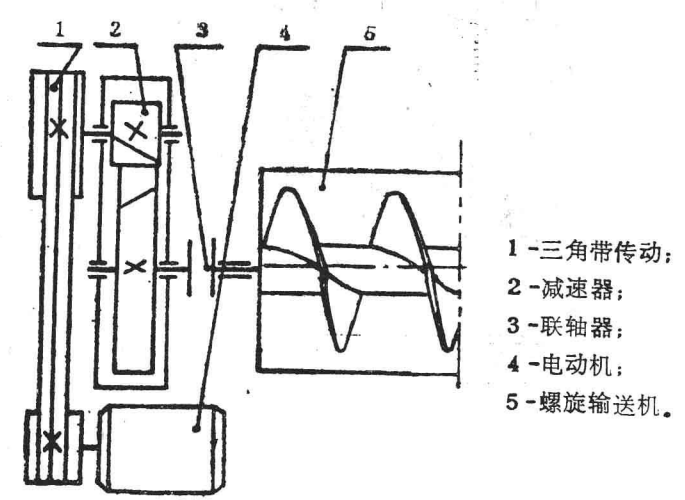


图 2.4 螺旋输送机传动简图

表 2.4 螺旋输送机设计参数

参 数 \ 题 号	4-A	4-B	4-C	4-D
减速器输出轴转矩 $T(N \cdot m)$	80	95	100	150
减速器输出轴转速 $n(rpm)$	180	150	170	115

说明：1)螺旋输送机运送粉状或碎粒物料，如面粉、灰、砂、糖、谷物等，运转方向不变，工作载荷稳定；  
2)工作寿命 8 年，每年 300 个工作日，每日工作 8 小时。

第 5 题：设计一链板式输送机传动用的三角带传动及直齿圆锥齿轮减速器。传动简图示于图 2.5，设计参数列于表 2.5。

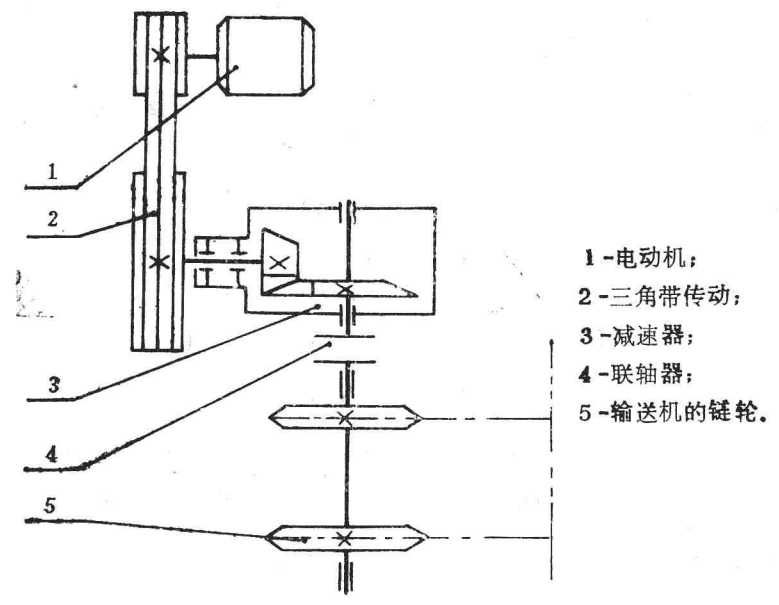


图 2.5 链板式输送机传动简图

表 2.5 链板式输送机设计参数

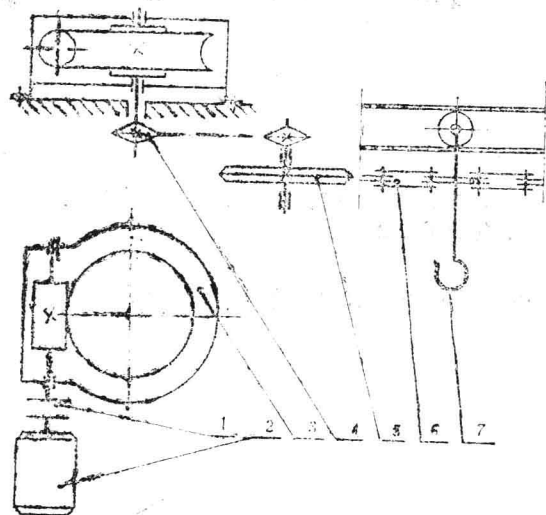
参 数 \ 题 号	5-A	5-B	5-C	5-D
输送链的牵引力 $F(kN)$	1	1.2	1.4	1.5
输送链的速度 $v(m/s)$	0.9	0.75	0.8	0.7
输送链链轮的节圆直径 $d(mm)$	105	92	115	100

说明：1)链板式输送机在仓库、行李房或装配车间运送成件物品，运转方向不变，工作载荷稳定；  
2)工作寿命 15 年，每年 300 个工作日，每日工作 16 小时。



第6题：设计一悬式输送机传动用蜗杆减速器。传动简图示于图2.6，设计参数列于表

2.6。



- 1-联轴器；
- 2-电动机；
- 3-减速器；
- 4-链传动；
- 5-输送机的链轮；
- 6-输送链；
- 7-挂钩。

图 2.6 悬式输送机传动简图

表 2.6 悬式输送机设计参数

参 数	题 号	6-A	6-B	6-C	6-D
输送链的牵引力 $F$ (kN)		1.4	1.5	1.8	2
输送链的速度 $v$ (m/s)		0.85	0.7	0.65	0.6
输送链链轮的节圆直径 $d$ (mm)		641	312	515	312

说明：1) 悬式输送机在生产车间沿生产线运送成件产品或在食品工厂运送肉食品等。运转方向不变，工作载荷稳定；  
2) 工作寿命20年，每年300个工作日，每日工作16小时。

第7题：设计一斗式提升机传动用的二级斜齿圆柱齿轮同轴式减速器。传动简图示于图2.7，设计参数列于表2.7。

表 2.7 斗式提升机的设计参数

参 数	题 号	7-A	7-B	7-C	7-D
生产率 $Q$ (t/h)		15	16	20	24
提升带的速度 $v$ (m/s)		1.8	2	2.3	2.5
提升高度 $H$ (m)		32	28	27	22
提升机鼓轮的直径 $D$ (mm)		400	400	450	500

说明：1) 斗式提升机用来提升谷物、面粉、水泥、型沙等物品；

2) 提升机驱动鼓轮(图2.7中的件5)所需功率为

$$P_w = \frac{QH}{367} (1+0.8v) \text{ kW}$$

3) 斗式提升机运转方向不变，工作载荷稳定，传动机构中装有保安装置(如安全联轴器)；  
4) 工作寿命8年，每年300个工作日，每日工作16小时。

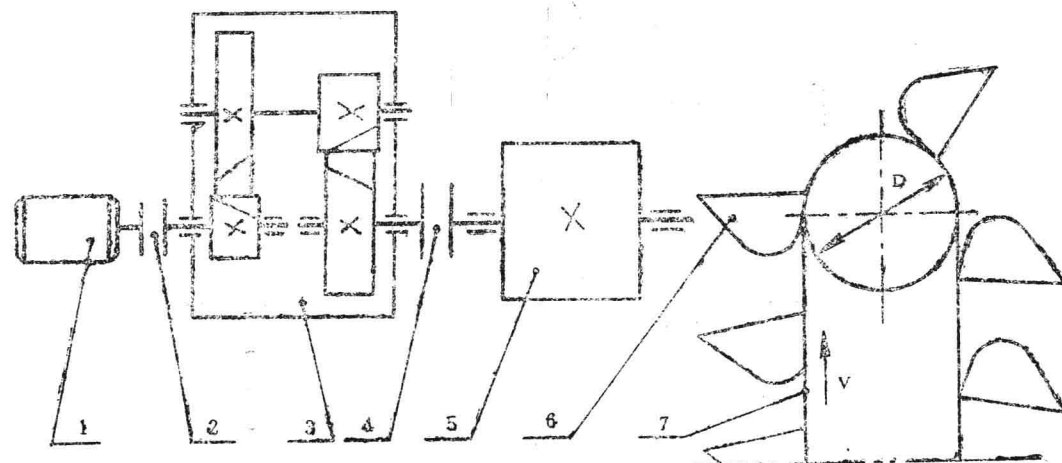
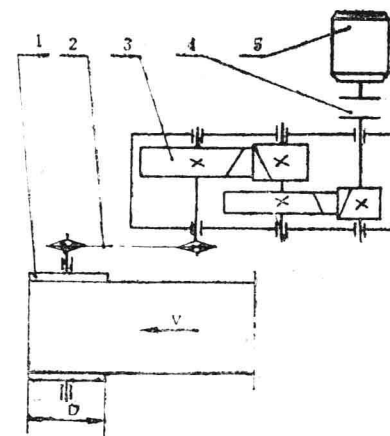


图 2.7 斗式提升机传动简图

- 1-电动机；
- 2-联轴器；
- 3-减速器；
- 4-联轴器；
- 5-驱动鼓轮；
- 6-运料斗；
- 7-提升带。

第8题：设计一带式输送机传动用的二级圆柱齿轮展开式减速器。传动简图示于图2.8，设计参数列于表2.8。



- 1-输送带鼓轮；
- 2-链传动；
- 3-减速器；
- 4-联轴器；
- 5-电动机。

图 2.8 带式输送机传动简图

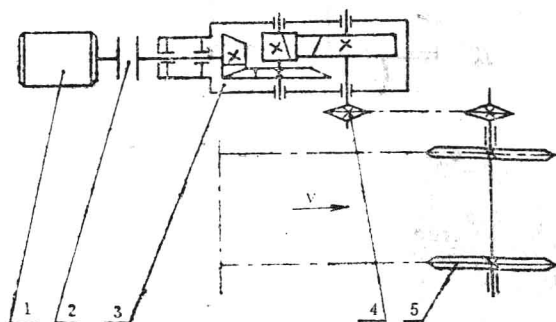
表 2.8

带式输送机的设计参数

参 数	题 号	8-A	8-B	8-C	8-D
输送带的牵引力 $F$ (kN)		2.1	2.2	2.4	2.7
输送带的速度 $v$ (m/s)		1.4	1.3	1.6	1.1
输送带鼓轮的直径 $D$ (mm)		450	390	480	370

说明: 1) 带式输送机用以运送谷物、型砂、碎矿石、煤等;  
2) 输送机运转方向不变, 工作载荷稳定;  
3) 输送带鼓轮的传动效率取为 0.97;  
4) 工作寿命 15 年, 每年 300 个工作日, 每日工作 16 小时。

第 9 题: 设计一链板式输送机用的圆锥-圆柱齿轮减速器。传动简图示于图 2.9, 设计参数列于表 2.9。



- 1-电动机;  
2-联轴器;  
3-减速器;  
4-链传动;  
5-输送机的链轮。

图 2.9 链板式输送机传动简图

表 2.9

链板式输送机的设计参数

参 数	题 号	9-A	9-B	9-C	9-D
输送链的牵引力 $F$ (kN)		5	6	7	8
输送链的速度 $v$ (m/s)		0.6	0.5	0.4	0.37
输送链链轮的节圆直径 $d$ (mm)		399	399	383	351

说明: 1) 链板式输送机在仓库或装配车间运送成件物品, 运转方向不变, 工作载荷稳定;  
2) 工作寿命 15 年, 每年 300 个工作日, 每日工作 16 小时。

## 2.2 进度计划

设计阶段	设计内容	计划时间(天)	
		1~6题	7~9题
I 准备工作	1. 布置设计任务, 说明设计题目的性质及设计内容; 2. 研究设计题目; 3. 学习《机械零件课程设计》; 4. 小组讨论, 制订小组及个人计划。	0.5	0.5
II 运动参数计算	1. 分析并确定传动方案; 2. 计算传动机构所需的总功率; 3. 选择电动机, 记下所需电动机的参数及尺寸; 4. 确定总传动比, 分配各级传动的传动比(交教师审查); 5. 计算各轴的转速、功率及转矩。	0.5	0.5
III 传动机构设计	1. 设计三角带传动, 确定型号、根数、带长、带轮外径及宽度、中心距及压轴力等; 2. 设计齿轮(蜗杆)传动, 确定主要参数: 齿数、模数、螺旋角、中心距(数值应圆整)、分度圆直径、齿顶圆直径、齿宽等; 3. 设计二级减速器时, 当计算出各级齿轮的主要尺寸后, 即应检查空间尺寸是否过大或高速级的大齿轮是否与低速轴相干涉, 以及浸油润滑是否合适等。	1	2
IV 减速器装配草图设计	1. 参观课程设计展览; 2. 按第四章表 4.1 减速器装配图的设计步骤序号 1~8 所述内容进行装配草图设计; 3. 画好装配草图后, 应逐一检查轴结构、支承结构、箱缘尺寸等设计的正确性、合理性, 然后交教师审查。	2	3
V 绘制装配图	1. 按第四章表 4.1 减速器装配图的设计步骤序号 9~12 所述内容绘制装配图; 2. 设计蜗杆减速器时, 首先应为校核减速器的散热能力创造条件并确定散热面积, 校核散热能力。然后再作螺栓组及各附件的设计; 3. 小组讨论, 修改缺、错、不当之处, 交教师审查;	2	3

(续)

设计阶段	设计内容	计划时间(天)	
		1~6题	7~9题
绘制装配图	4. 擦掉不必要的线条, 适当加深各零件的外形轮廓线, 画剖面线; 5. 编排零件号, 标注外廓尺寸, 定位尺寸及配合尺寸; 6. 加注减速器技术特性及技术要求, 填写标题栏; 7. 填写零件明细表; 8. 完成装配图后仔细检查一遍, 然后交教师审查。	2	3
VI 绘制零件图	绘制由教师指定的零件工作图(作第7~9题时, 应画一张箱体或箱盖图及一张齿轮图)。	1	2
VII 编制设计说明书	1. 按规定格式编写设计说明书; 2. 自行设计的零件结构应附简要的说明及简图; 3. 除《机械零件》上的资料外, 所用其他资料均应注明来源。	1.5	2
VIII 答辩	进行课程设计答辩。	0.5	0.5

### 第三章 传动简图的拟定及运动参数的计算

#### 3.1 传动简图的拟定

传动简图是对所设计机器的构思或设想, 它虽然是用一些简单的机构、构件及运动副的代表符号表示机器运动的特征及传动链的图形, 但准确地表示了机器的原动机、传动系统、工作机构三者之间的结构、运动和力的传动关系, 而且也是设计传动系统各零部件的依据。图3.1a)所示为一带式输送机的总传动简图。图3.1b)即为根据该传动简图设计出来的传动

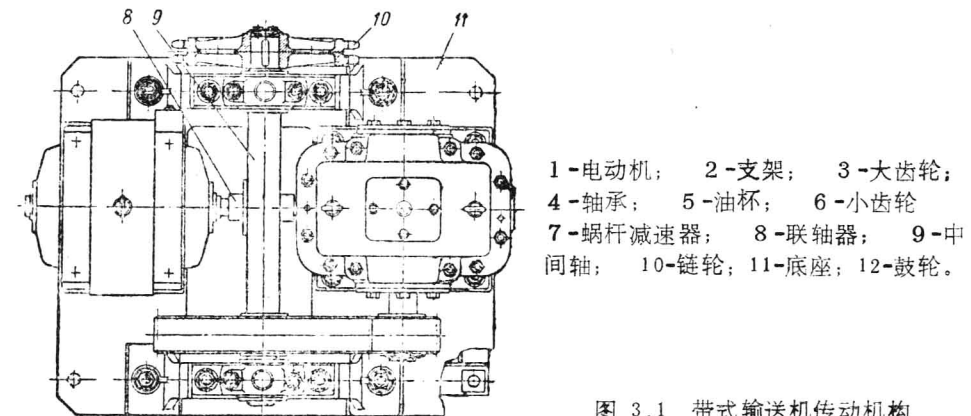
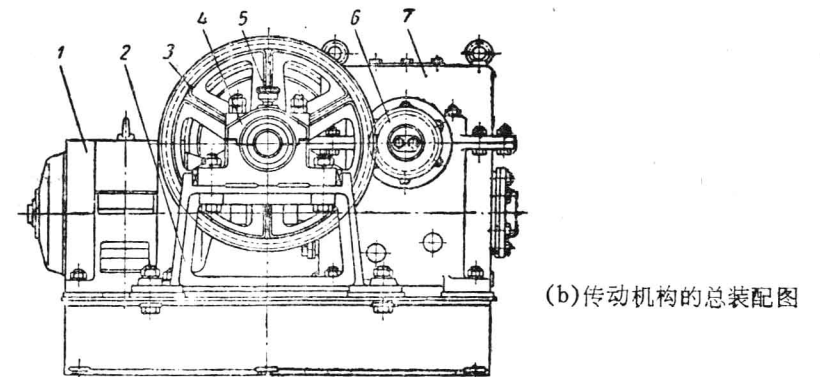
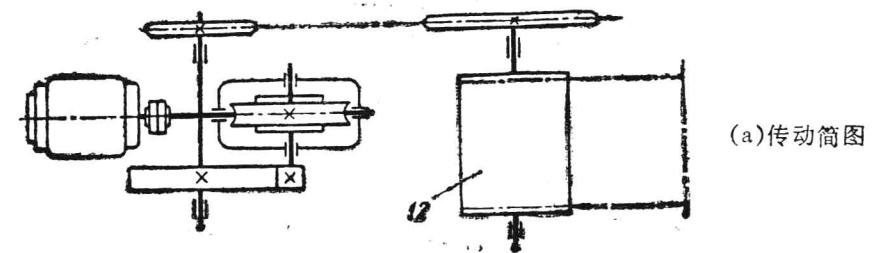


图 3.1 带式输送机传动机构

机构总装配图。由图即可看出,传动机构的设计,就是实现所定设计意图(传动简图)。因此要想设计出一台好的机器,首先就要拟定出好的传动简图。

传动简图的设计和拟定是设计机器的第一步,其好坏关系到总体设计的成败或优劣。因此,拟定机器的传动简图时,应从多方面考虑,首先应对设计任务(如原动机类型及特性、工作机构的职能与运动性质、传动系统的类型及各类传动的特性,以及生产及使用等)作充分的了解,然后根据各类传动的特点,考虑制造、受力、尺寸大小、经济、使用和维护方便等,拟定不同的方案,并加分析、对比,择优而定,使拟定的传动方案满足简单、紧凑、经济和效率高等要求。

若是设计任务中已给出了传动方案,此时应论述采用该方案的合理性(说明其优缺点)或提出改进意见,作适当修改。

在拟定传动简图时,往往一个传动方案需分成数级传动,由于各级的速度不同,故分高速级和低速级等。哪些机构宜放在高速级,而哪些机构宜放在低速级,应按下述原则处理。

1) 带传动承载能力较低,传递同一转矩时比其它机构的尺寸大,故应将其放在传动系统的高速级,以便获得较为紧凑的结构尺寸;

2) 圆锥齿轮传动应尽可能布置在传动系统的高速级,以减小圆锥齿轮的尺寸。因为大模数的圆锥齿轮需用大型机床切齿,对一般制造工厂,比较难于实现。若圆锥齿轮的速度过高,其精度也要相应提高,此时还需要考虑能否制造及经济性等问题;

3) 蜗杆传动多用于传动比很大、传递功率不太大的情况下,因其承载能力较齿轮传动为低,故亦应将其布置在传动系统的高速级,以获得较小的结构尺寸,同时速度高一些,啮合齿面间易于形成油膜,也有利于提高承载能力及效率;

4) 链传动不适宜高速运转,应布置在传动系统的低速级;

5) 摩擦轮传动的传动比不稳定,在一般传动系统中比较少用;

6) 为简化传动系统,一般总是将改变运动形式的机构(如连杆机构、凸轮机构等)布置在传动系统的最后一级(有时,连杆机构本身就是工作机构)。

## 3.2 电动机的选择

电动机是一般机械广为使用的原动机。

选择电动机是一项专门性的技术工作。要合理地选取电动机,就必须对电动机的特性作分析,对其发热、启动力矩、最大力矩等进行核算。而在作机械零件课程设计时,只要求初选电动机。选择内容为:

### 3.2.1 类型的选择

通用的电动机为J、JO、JZ及JZR型等三相交流异步电动机。各类电动机的性能、使用说明、型号及技术数据等见设计手册<sup>[4]</sup>。选择电动机类型时,应使其性能与机器的工作状况大体相适应。由于三相异步电动机(即三相交流鼠笼式感应电动机)和其它型式的电动机

比较,有下列优点:构造简单、价格低廉、维护方便、可直接接于三相交流电网,因此,在工业上应用最为广泛,设计时应考虑优先选用。

### 3.2.2 功率的确定

电动机功率的确定与其发热有关,而发热又与其工作情况有关。电动机的工作情况一般可分为两种:

1) 用于长期连续运转、载荷不变或很少变化的电动机(如用于连续运输机械的电动机)。选择这类电动机时,只要使电动机的负载不超过其额定值,电动机便不会过热。所以对长期连续运转、载荷不变或很少变化,且在常温下工作的机器(如连续运输机、风扇等)所用的电动机,即可按电动机的额定功率等于或略大于所需功率,在手册中选取相应的电动机型号即可。这类电动机的功率按下述步骤确定。

(1) 工作机构所需要的功率

设已知工作机构的阻力为 $F$ (kN)、圆周速度为 $v$ (m/s)及工作机构的传动效率为 $\eta_w$ ,则

$$P_w = Fv / \eta_w \text{ (kW)} \quad (3-1)$$

若是已知作用在工作机构上的转矩 $T_w$ (N·m)及转速 $n_w$ (rpm),则

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

(2) 由电动机至工作机构的总效率 $\eta$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots \eta_n$$

式中 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3 \cdots \eta_n$ 为传动系统中各传动机构的效率(包括轴承损失在内)及联轴器的效率。各类传动机构及联轴器的效率见表8.1。

(3) 电动机的功率

$$P = P_w / \eta \text{ (kW)} \quad (3-3)$$

(4) 按 $P_m = (1 \sim 1.3) P$ 来选取电动机型号。 $P_m$ 为电动机的额定功率。电动机功率裕度(1~1.3)的大小应视工作机构的负载变化状况而定。

2) 对于重复短时工作或载荷不稳定的情况,电动机的功率应根据等效功率的方法来计算,并作发热等核算(详见《电力拖动教程》)。

### 3.2.3 转速的确定

同一功率的电动机可能有几种同期转速(即磁场转速)。确定电动机的同期转速时应考虑到:电动机转速的高低不仅影响其尺寸、重量和价格,同时也影响到传动系统总传动比的大小,从而影响传动系统传动级数的多少和传动机构类型的选定等。所以,确定电动机的转速时,应同时计及电动机及传动系统的尺寸、重量和价格,使整个设计既合理,又较经济。

一般最常用、市场上供应最多的是同期转速为1500rpm的电动机,设计时应考虑优先选用(也可选其他转速的电动机)。

电动机选定后,应记下电动机型号、定额功率( $P_m$  kW)、满载转速( $n_m$  rpm)、电动机中心高、轴直径、键槽尺寸等,以备后用。



### 3.3 传动比的分配

电动机选定后, 根据电动机的满载转速  $n_m$  即可确定传动系统的总传动比  $i$ , 即

$$i = n_m / n_w \quad (3-4)$$

传动系统的总传动比  $i$  是各级串联机构传动比的连乘积, 即

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots i_n \quad (3-5)$$

式中  $i_1, i_2, i_3 \cdots i_n$  为传动系统中各传动机构的传动比。

合理地分配传动比, 是传动系统设计中的一个重要问题。它将直接影响到传动系统的外廓尺寸、重量、润滑及传动机构的中心距等很多方面, 因此必须认真对待。

总传动比  $i$  的一般分配原则是:

1) 各级传动的传动比不应超过其传动比的最大值。各类传动的传动比推荐值见表 8.2;

2) 使减速器中各级大齿轮的浸油深度大致相等, 以利实现油池润滑;

3) 使所设计的传动系统具有最小的外廓尺寸;

4) 设计标准系列的减速器时, 还应使各级圆柱齿轮传动的中心距保持一定比例。

为此, 对于传动系统各级传动的传动比分配作如下说明:

1) 对于带传动——单级齿轮传动系统, 设带传动的传动比为  $i_b$ , 齿轮传动的传动比为  $i_g$ , 应使  $i_b < i_g$ , 以使整个传动系统的尺寸较小, 结构紧凑。

2) 对于二级圆柱齿轮减速器, 为了使两个大齿轮具有相近的浸油深度, 应使两级大齿轮具有相近的直径。设减速器的传动比为  $i_r$ , 则高速级传动的传动比  $i_f$  约可取为

$$\text{展开式: } i_f \approx 1.14 \sqrt{i_r} \quad (3-6)$$

$$\text{同轴式: } i_f \approx 1.05 \sqrt{i_r} \quad (3-7)$$

但应指出, 齿轮的材料、齿数及宽度等亦影响齿轮直径的大小。欲获得高、低速两级传动的大齿轮直径相近, 应对传动比、齿轮的材料、齿数等作综合考虑。

3) 对于圆锥——圆柱齿轮减速器, 为使大圆锥齿轮的尺寸不致过大, 圆锥齿轮传动的传动比  $i_{bg}$  约可取为

$$i_{bg} \approx 0.91 \sqrt{i_r} \quad (3-8)$$

4) 对于蜗杆——齿轮减速器, 齿轮传动的传动比  $i_g$  大致可取为

$$i_g \approx (0.03 \sim 0.06) i_r \quad (3-9)$$

5) 对于二级蜗杆减速器, 高速级的传动比  $i_f$  约可取为

$$i_f \approx \sqrt{i_r} \quad (3-10)$$

要求这种减速器的传动效率高时, 约可取

$$i_f \approx 1.4 \sqrt{i_r} \quad (3-11)$$

传动系统的实际总传动比与原数值  $i = n_m / n_w$  可能有误差, 设计时应使其限制在容许的范围内。若所设计的机器对传动比的误差未作明确规定时, 通常机器总传动比的误差应限制在  $\pm 3\% \sim \pm 5\%$  以内。

### 3.4 传动参数的计算

机器传动系统的传动参数即各轴的转速、功率和转矩。

设计减速器时, 视工作要求, 可按已定的输入额定功率计算 (如设计标准系列减速器)。也可按输出的有效转矩计算 (如设计专用减速器)。

今以专用的二级圆柱齿轮减速器 (图 3.2) 为例, 说明机器传动系统中各轴的转速、功率及转矩的计算。

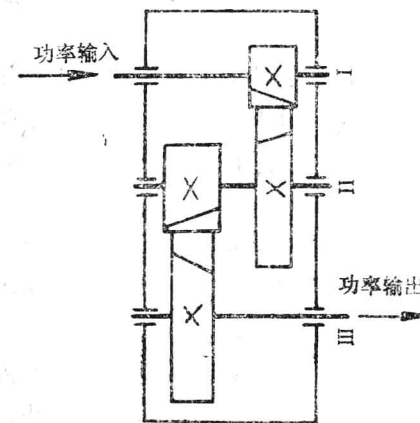


图 3.2 二级圆柱齿轮减速器传动简图

设  $n_I, n_{II}, n_{III}$ ——分别为轴 I、II、III 的转速 (rpm);

$P_I, P_{II}, P_{III}$ ——分别为轴 I、II、III 的输入功率 (kW);

$T_I, T_{II}, T_{III}$ ——分别为轴 I、II、III 的输入转矩 (N·m);

$i_f, i_s$ ——分别为高速级及低速级传动的传动比;

$\eta_f, \eta_s$ ——分别为高速级及低速级传动的传动效率 (包括轴承效率在内)。

各轴的转速为:

$$\begin{aligned} n_{III} &= n_I \\ n_{II} &= n_{III} \cdot i_s \quad (\text{rpm}) \\ n_I &= n_{II} \cdot i_f \end{aligned} \quad (3-12)$$

各轴的功率为

$$\begin{aligned} P_{III} &= P_w \\ P_{II} &= P_{III} / \eta_s \quad (\text{kW}) \\ P_I &= P_{II} / \eta_f \end{aligned} \quad (3-13)$$

各轴的转矩按下式计算。

$$T = 9550 \cdot P / n \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (3-14)$$

式中工作机构的功率  $P_w$  按式 (3-1) 或 (3-2) 计算。

求得各轴的载荷及转速后, 即可作各级传动零件的工作能力设计。

## 第四章 设计及绘制装配图

### 4.1 概述

机器（部件）的装配图既是表达设计者设计机器总体结构意图的图样，也是制造、装配机器及拆绘零件图的依据。因此，装配图的设计及绘制极为重要。

机器（部件）装配图的设计及绘制过程比较复杂，为此必须先作装配草图设计，然后再经过讨论修改才能完成。

装配草图设计包括计算、结构设计、制图等内容，而且计算与制图常需交叉进行。其基本任务为：

- 1) 确定各零件的结构及尺寸，以及它们在机器中的相互位置关系；
- 2) 取得核算零件强度（刚度）所必须的尺寸及数据。

设计装配图过程中，要特别注意符合考虑、主次分明的原则。力求各零件配置恰当，满足强度、刚度、寿命、工艺及经济等的要求，以期得到工作性能好、便于制造、成本低廉的机器（部件）。

绘制装配草图的过程中，因为有一些零件的结构及尺寸将会有所修改，所以着笔要轻，线条要细，还要保持图面清洁。初步绘制装配草图时，零件的倒圆、倒角、剖面线等不必画出。但应指出，所定零件的尺寸大小应严格遵守选定的比例尺，以便取得准确的零件结构形状、尺寸数据及零件间的相互位置尺寸数据。

### 4.2 设计及绘制装配图的步骤

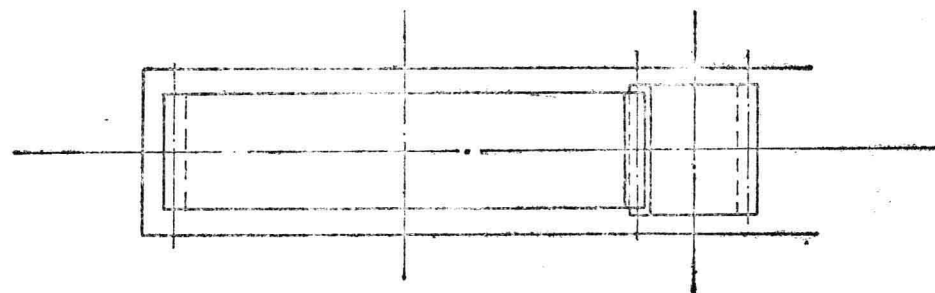
设计及绘制减速器装配图的一般步骤推荐如表4.1所列。但必须指出，设计步骤不是一成不变的，应视具体情况灵活安排。

表 4.1 减速器装配图的设计步骤

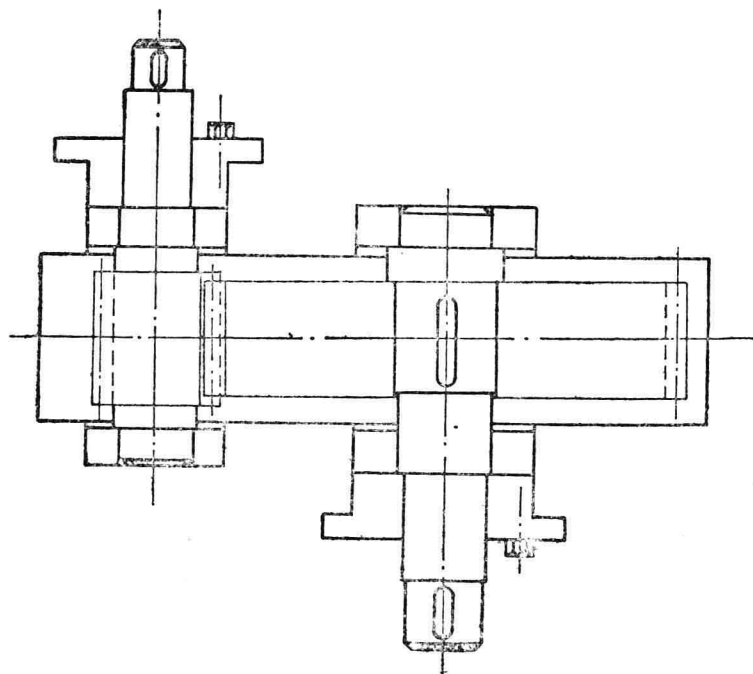
序号	项 目	内 容 提 要
1	取得传动零件的主要几何尺寸	根据传动零件的设计计算，取得传动零件的主要尺寸，如齿（蜗）轮分度圆直径、齿顶圆直径、齿轮宽及传动中心距等。
2	主要视图的草图绘制	按1:1比例尺，用方格纸或绘图纸绘制减速器的主要视图（如俯视图）的草图。根据所设计传动零件的外廓尺寸大小，确定适当的位置，将传动零件的中心线及其外廓线绘制在图面上。

(续表 4.1)

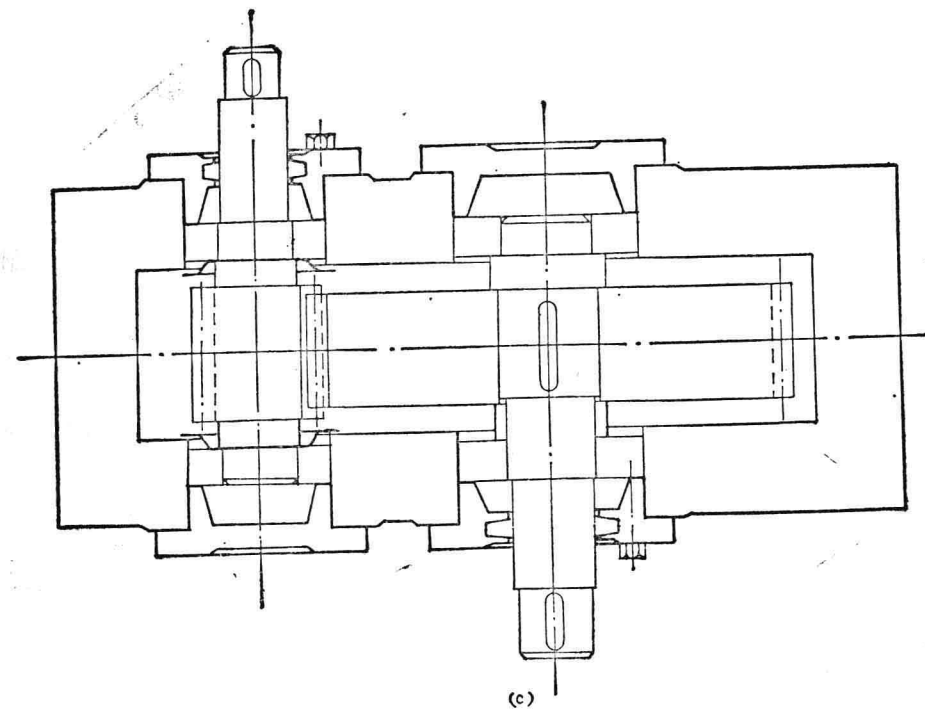
序号	项 目	内 容 提 要
3	绘出箱体的内壁线	按设计资料（表4.2）定出箱体内壁线，并画在图上（如设计程序图4.1a所示）。
4	初步设计轴直径、初选联轴器并加以校核，进行轴结构设计，初选轴承型号	初步计算轴直径，确定轴的最小直径，初选联轴器并加以校核。根据轴上零件的装拆先后顺序、固定方法，以及工艺性等要求，在图纸上作轴的结构设计。并按轴颈直径、工作要求，初步选定轴承型号，定出轴颈长度（如设计程序图4.1b所示）。
5	校核轴承	当能确定轴的支承间距时，即应计算支承反力，校核轴承。
6	支承结构设计	按选定的轴承、进行支承结构设计，同时确定减速箱有关部分尺寸（如箱缘尺寸等），及轴的全部结构尺寸。
7	校核轴的强度（刚度）及键的强度	分析轴所受的力，绘制弯、扭矩图，确定轴的危险剖面，计算各危险剖面的工作应力，校核轴的强度（蜗杆轴还应校核刚度）（具体校核哪一根轴，由教师指定）。校核键的强度。
8	设计传动零件，完成主要视图的草图设计	根据所定轴的尺寸，初步作传动零件的结构设计，完成主要视图（俯视图）的草图设计（如设计程序图4.1c所示）。
9	装配图的设计	在正式图纸上先画出图的边框，安排好标题栏的位置，然后选择视图，根据主要视图（草图）的外廓尺寸，确定比例尺，适当安排各视图的位置，以轻线条逐一绘制各视图。
10	完成箱体、箱盖设计，选择附件，初步完成装配图设计	考虑润滑、密封、固紧（包括轴承盖设计）、装拆、起吊等要求，参考设计资料，完成箱体、箱盖的设计，作各螺栓组联接的结构设计，选择必要的附件，如油标、油塞、透气装置、检查孔的盖板、吊环螺钉、启盖螺钉、定位销等。初步绘出装配图。设计蜗杆减速器时，首先应进行散热能力计算，然后决定箱体结构。
11	审核装配图	所完成的装配图应经小组检查讨论，修改后，交教师审核，作进一步修改。
12	完成装配图	将所绘制的装配图，加深、描实、绘制剖面线、编排零件序号、标注尺寸、技术要求、减速器的技术特性等，填写标题栏、填写零件明细表（按专用格式纸填写）（参见图9.1及零件明细表）。 完成装配图设计，仔细检查一遍，交教师审核。



a) 绘制传动零件



b) 作箱结构设计



c) 作支承结构设计

图 4.1 装配草图设计程序

### 4.3 装配图的绘制

#### 4.3.1 必要的技术资料

绘制装配图时应具备的必要技术资料及数据为：

1) 传动简图（如图3.1及设计题目所示的简图）

根据简图选最能表达减速器内部主要结构的视图（如齿轮减速器的俯视图）作为主要视图，进行该视图的草图设计。

2) 传动零件的主要尺寸数据

绘制主要视图时，所需传动零件的尺寸数据为：中心距、齿顶圆直径、齿轮宽、圆锥齿轮的分度圆锥角等。

3) 传动零件的位置尺寸

传动零件之间的位置尺寸和它们距箱体内壁的尺寸均属位置尺寸。齿（蜗）轮减速器各零件间位置尺寸的数据推荐于表4.2及图4.2~图4.7，或按制造与装配的要求拟定。

#### 4.3.2 主要视图（俯视图）的草图设计

所绘制的视图应以能够简明地把机器（部件）中主要零件的基本外形及其相互位置关系

表示出来为原则,遵守机械制图(GB4458—84)的有关规定。

主要视图(俯视图)的草图设计顺序如图4.1所示。

1) 确定传动零件的中心线及对称面的位置,画在方格纸或绘图纸上。

2) 画出传动零件的外廓尺寸和箱体的内壁线。

按设计计算结果,在图上画出传动零件的外廓尺寸线。对于二级传动,可按表4.2及图4.5~图4.7所示的设计资料决定传动零件间的轴向间距 $\Delta_3$ 。同时亦按上述资料确定传动零件与箱体内壁的间距 $\Delta_1$ 及 $\Delta_2$ ,并画出内壁线(图4.1a)。

3) 按表4.1设计步骤中的序号4作轴的结构设计(图4.1b)。

4) 按表4.1设计步骤中的序号6及序号3作支承结构设计、传动零件的结构设计,完成主要视图(俯视图)的草图设计(图4.1c)。

### 4.3.3 装配图的视图选择

减速器的装配图常需三个视图(对复杂的结构,还可用适当的剖视图或局部剖视图表示)才能表达得清楚完整。结构简单的减速器(如单级蜗杆减速器)亦可用两个视图(必要时加剖视图或局部视图)来表示。

选择视图时,可参考相应的减速器图纸。

### 4.3.4 布置图面

布置图面的顺序大体为:

1) 确定绘图的有效面积

一般单级减速器用1号图纸绘制装配图即可,双级减速器应用0号图纸。绘图时按规定先绘出图框线及标题栏(按表8.11取160×40mm),图纸上所剩的空白图面即为绘图的有效面积。

2) 选定比例尺

在绘图的有效面积内,应能妥善地安排视图所占的最大面积、尺寸线、零件的件号、技术要求及减速器技术特性等所占的位置,应尽量考虑这些因素才能正确决定视图的比例尺。初作设计的人,最好是参考相应的减速器图纸来确定比例尺。为了加强设计的真实感,应优先用1:1的比例尺。若减速器的尺寸相对图纸尺寸过大或过小时,也可选用其它比例尺(参见GB4457—84)。必要时也可按机械制图的规定,将图纸加长或加宽,以满足绘图要求。

3) 布置图面

布置图面时,要和具体设计对象相联系,参考所设计的草图及相应的减速器图纸作详细对比,然后确定视图的位置。若图面布置不合适(如图形偏于一边),将会给今后的设计工作带来很大麻烦。

表 4.2 减速器零件的位置尺寸 (mm) (参见图4.2—图4.7)

代号	名称	荐用尺寸
$b_1$	小齿轮的宽度	由设计确定
$H_1$	小锥齿轮的厚度	由设计确定
$B$	轴承宽度	按轴颈直径初选轴承而后确定(高速轴、中速轴初步按中型轴承确定,低速轴初步按轻型轴承确定)
$\Delta_1$	轴向距离(旋转零件的最外端面至箱体内壁的轴向距离)	$\Delta_1 \geq 10$ (确定 $\Delta_1$ 值时应考虑铸造和安装精度)
$\Delta_2$	径向距离(旋转零件顶圆至箱体内壁间的径向距离)	$\Delta_2 \geq 1.2\delta$ , $\delta$ 为箱体壁厚(表4.3)
$\Delta_3$	旋转零件的轴向距离	$\Delta_3 \geq 10 \sim 15$ , 或按结构确定
$L_1$	轴的支承间距	由所绘制的装配草图确定
$L_2$	悬臂支承的锥齿轮轴支承间距	$L_2 \approx (2.5 \sim 3)d$ , $d$ 为轴直径, 同时应使 $L_2 \geq 2l$ $l \approx H_1/2 + \Delta_1 + l_2 + B/2$
$l_1$	箱外旋转零件的中面到最近支承点的距离	$l_1 = l_2/2 + l_4 + l_5 + B/2$
$l_2$	滚动轴承的端面至箱体内壁的距离	用箱体内的油润滑轴承时, $l_2 \approx 5 \sim 10$ 用润滑油润滑轴承时, 按用油环的轴向尺寸确定 $l_2$ , 初步可取 $l_2 \approx 10 \sim 15$
$l_3$	轴承盖内端面至端盖螺钉头顶面的距离	按轴承盖的结构、尺寸和固紧轴承的方法确定
$l_4$	箱体外的旋转零件的内端面至轴承盖螺钉头顶面的距离	$l_4 \approx 15 \sim 20$
$l_5$	装联轴器等零件的轴段长度	按轴上零件的固定方法和轮毅的长度确定, 约可取 $l_5 \approx (1.2 \sim 1.5)d$ , $d$ 为轴直径
$l_6$	联轴器至轴承盖螺钉头顶面的距离	按联轴器的类型及安装位置确定
$l_7$	齿轮齿顶圆表面(或锥齿轮小端的端面)至轴表面的距离	$l_7 \geq 10$

- 注: 1) 蜗杆减速器的蜗轮至箱体内壁的轴向间距 $\Delta_1$ 应以轮毂端面为准(图4.4);
- 2) 蜗杆支承间距约可取为 $(0.9 \sim 1)d_2$ ,  $d_2$ 为蜗轮分度圆直径, 但应保证轴承装置的内端距蜗轮最大外圆之间的径向间距 $\Delta_2$ 小于表中规定之值(图4.4);
- 3) 蜗杆减速器的外壁厚度 $B_1$ 应大于蜗杆轴承盖凸缘的外径 $D_1$ , 其内壁宽度 $B_2$ 应大于蜗杆轴承座的键孔直径 $D_3$ (图4.4)。



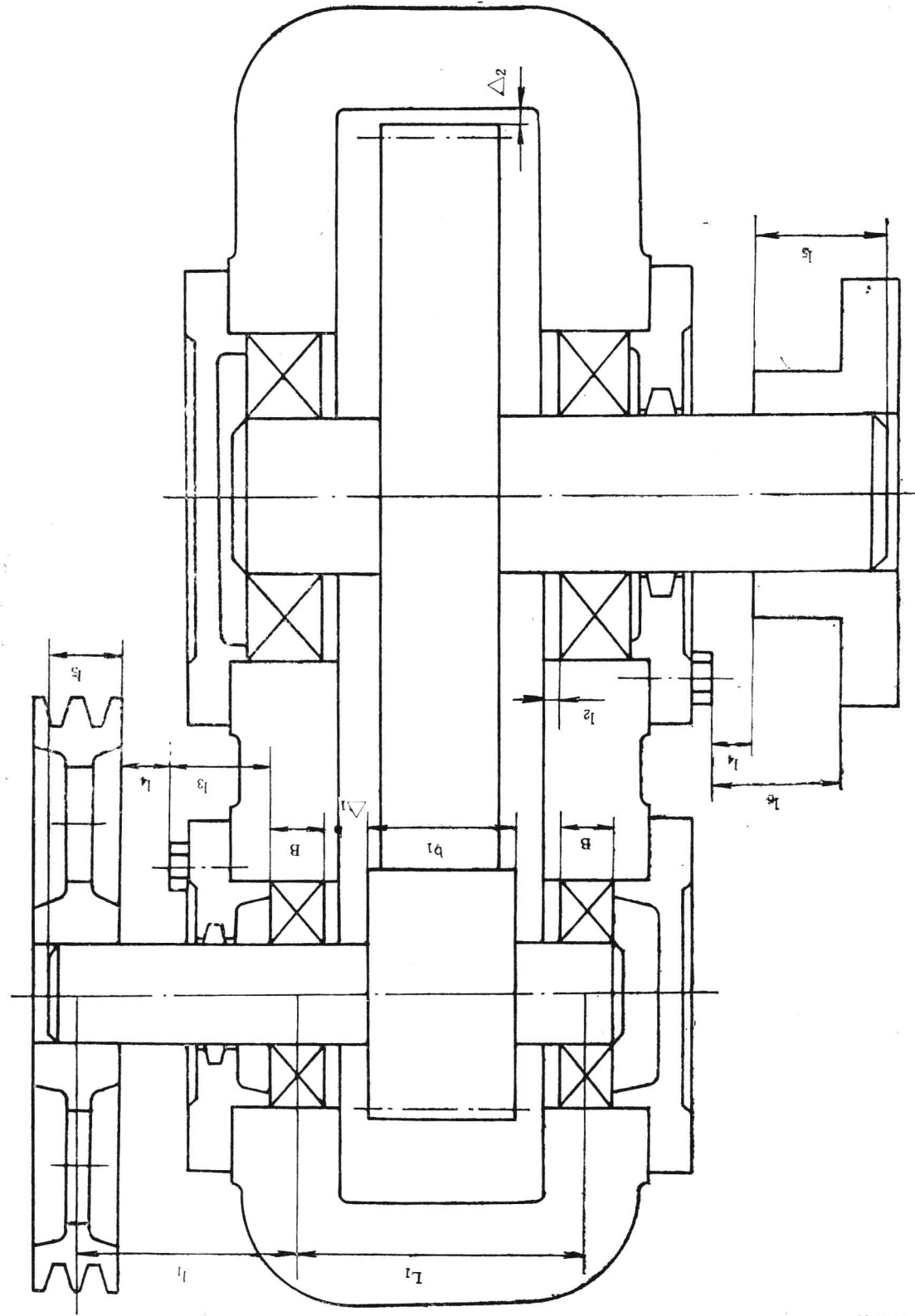


图 4.2 单级圆柱齿轮减速器零件的位置尺寸

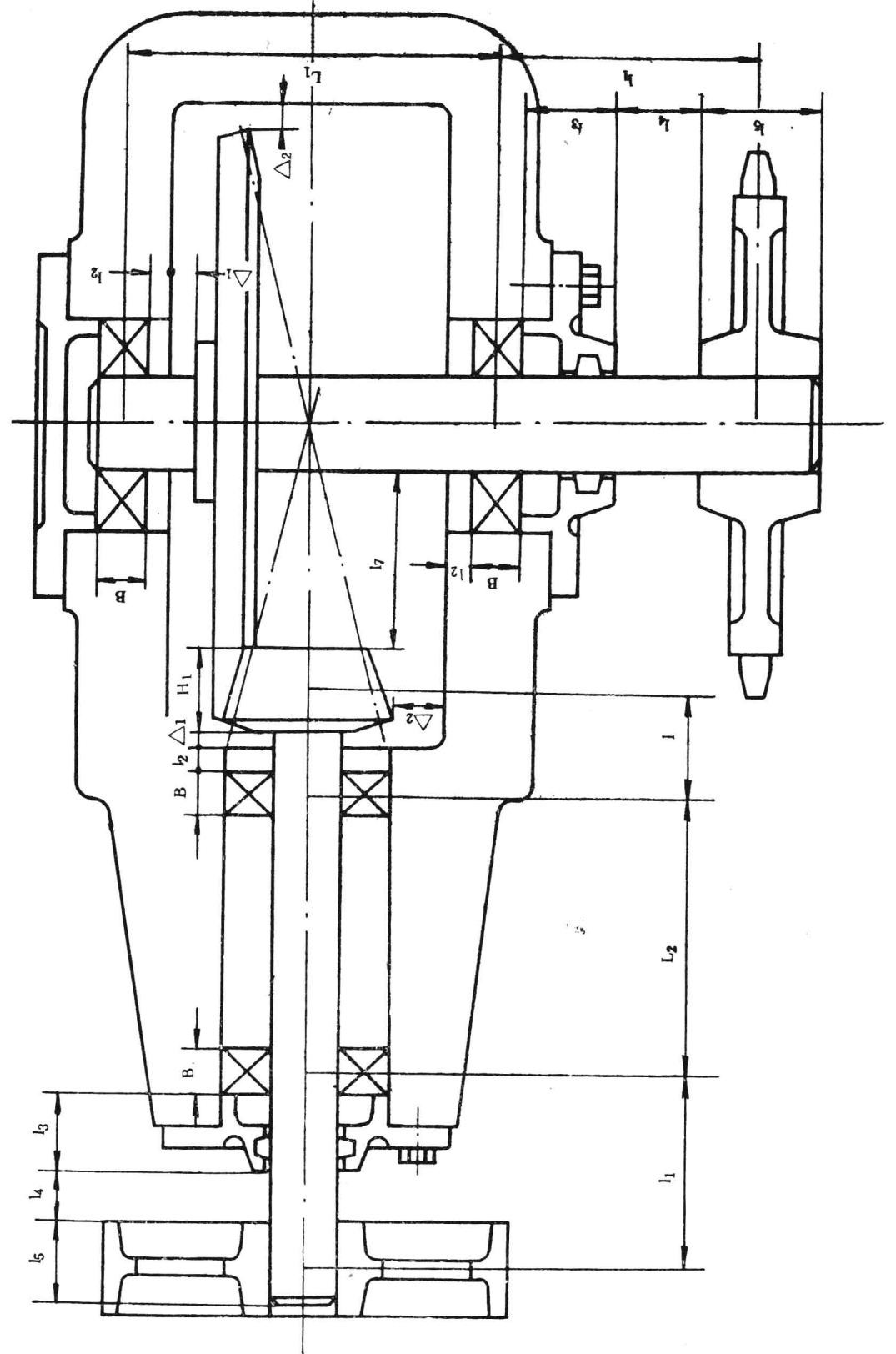


图 4.3 单级圆锥齿轮减速器零件的位置尺寸