

第 1 章 概 述

1.1 课程设计的目的

“机械设计基础”是一门理论与应用联系紧密的学科,具有技术性和实践性强的特点。课程设计是该课程的重要实践性教学环节,课程设计的目的是配合理论教学,通过具体机械的设计,把机械设计基础及其他相关课程的知识在实践中加以综合运用,达到巩固、加深和拓宽课程内容,进一步加强工程意识、培养机械设计能力的目的。

课程设计是综合运用所学知识的过程,是知识转化为能力和工程素质的重要阶段。在课程设计中,要注意综合运用机械设计课程和其他先修课程的知识,分析和解决机械设计中的问题,学会运用设计手册等有关资料,按照技术标准和规范进行设计。

课程设计是启发创新思维,培养发现问题和解决问题能力的过程。在课程设计中会遇到各种问题,要充分利用各种渠道获取有用的信息,充分发挥自己的主观能动性,提出解决问题的方案,与指导老师进行有效的交流。

在课程设计中,要提倡独立思考与团队合作相结合的方式。因为每人的设计题目数据不同,所以必须独立完成。但题目的类型相同或相似,这样便于对设计方法、关键技术问题的解决展开讨论,集思广益。

1.2 课程设计的一般步骤

1. 设计准备

仔细研究设计任务书,明确设计任务;阅读课程设计指导书,观察实物、模型、电教资料,或进行调研;准备设计资料、工具,拟定设计计划。

2. 传动装置总体方案设计

拟定传动方案,选择电动机,计算传动装置的运动和动力参数(包括确定总传动比,分配各级传动比,计算各轴转速、功率、转矩)。

3. 传动零件初步设计

通过设计计算,确定传动零件的基本参数和主要尺寸,为装配图设计做好准备。

4. 装配草图设计

初绘传动装置装配草图,进行轴系部件的结构设计,轴、轴承、键连接的计算,箱体及其他支承零件的设计,润滑与密封装置的设计。

5. 装配工作图设计

装配草图设计检查无误后,即可绘制传动装置的装配工作图。

6. 零件图设计

设计部分零件工作图。

7. 编写设计说明书

整理和编写课程设计计算说明书。

8. 总结与答辩

进行课程设计总结和答辩。

1.3 课程设计任务书及参考数据

本节根据不同要求的教学大纲列举 3 种设计任务书作为参考,设计内容均为减速传动装置。其中 3 周(15 个工作日)教学计划是设计三级减速传动装置,带传动和两级齿轮减速器,涉及本书的全部内容;2 周(10 个工作日)教学计划是设计两级减速传动装置,带传动和单级齿轮减速器,涉及本书的绝大部分内容;1 周(5 个工作日)教学计划是设计单级齿轮减速器,设计内容和图纸要求适当减少。

任务书中运输带工作拉力 F 、运输带工作速度 v 和卷筒直径 D 的数值由指导教师填写(可参考本书提供的数据),每个学生采用不同的数据,要注意这些原始数据的设定应该满足任务书中关于传动装置级数的要求。任务书中建议的进度安排可根据具体的时间由指导教师进行调整确定,地点由指导教师根据实际情况确定,应收集的资料与主要参考文献由指导教师根据实际情况确定。

1.3.1 适用机械类教学大纲(3 周,15 个工作日)

机械设计基础课程设计任务书

题目名称 带式运输机传动装置

学生学院

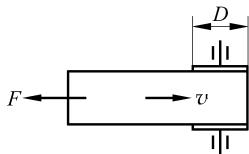
专业班级

姓 名

学 号

1. 课程设计的内容

带式运输机传动装置设计的内容应包括:三级传动装置的总体设计;传动零件、轴、轴承、联轴器等的设计计算和选择;减速器装配图和零件工作图的设计;设计计算说明书的编写。



2. 课程设计的要求与数据

已知条件:

(1) 运输带工作拉力 $F = \underline{\hspace{2cm}}$ kN;

(2) 运输带工作速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s;

(3) 卷筒直径 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ mm;

(4) 使用寿命: 8 年;

- (5) 工作情况：两班制，连续单向运转，载荷较平稳；
 (6) 制造条件及生产批量：一般机械厂制造，小批量；
 (7) 工作环境：室内，轻度污染环境；
 (8) 边界连接条件：原动机采用一般工业用电动机，传动装置与工作机分别在不同底座上，用弹性联轴器连接。

3. 课程设计应完成的工作

- (1) 减速器装配图 1 张；
 (2) 零件工作图 2 张；
 (3) 设计说明书 1 份。

4. 课程设计进程安排

序 号	设计各阶段内容	地 点	起止日期
1	设计准备： 明确设计任务，准备设计资料和绘图用具		第 1 天
2	传动装置的总体设计： 拟定传动方案；选择电动机；计算传动装置运动和动力参数 传动零件设计计算： 带传动、齿轮传动主要参数的设计计算		第 1、2 天
3	减速器装配草图设计： 初绘减速器装配草图；轴系部件的结构设计；轴、轴承、键连接等的强度计算；减速器箱体及附件的设计		第 3~6 天
4	减速器装配图设计		第 7~11 天
5	零件工作图设计		第 12、13 天
6	整理和编写设计计算说明书		第 14 天
7	课程设计答辩		第 15 天

5. 应收集的资料及主要参考文献

略。

发出任务书日期： 年 月 日

计划完成日期： 年 月 日

指导教师签名：

基层教学单位责任人签章：

主管院长签章：

1.3.2 适用近机械类教学大纲(2周,10个工作日)

机械设计基础课程设计任务书

题目名称 带式运输机传动装置

学生学院

专业班级

姓 名

学 号

1. 课程设计的内容

带式运输机传动装置设计的内容应包括：两级传动装置的总体设计；传动零件、轴、轴承、联轴器等的设计计算和选择；减速器装配图和零件工作图的设计；设计计算说明书的编写。

2. 课程设计的要求与数据

已知条件：

(1) 运输带工作拉力 $F = \underline{\hspace{2cm}}$ kN；

(2) 运输带工作速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s；

(3) 卷筒直径 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ mm；

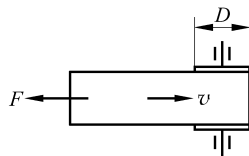
(4) 使用寿命：8年；

(5) 工作情况：两班制，连续单向运转，载荷较平稳；

(6) 制造条件及生产批量：一般机械厂制造，小批量；

(7) 工作环境：室内，轻度污染环境；

(8) 边界连接条件：原动机采用一般工业用电动机，传动装置与工作机分别在不同底座上，用弹性联轴器连接。



3. 课程设计应完成的工作

(1) 减速器装配图 1 张；

(2) 零件工作图 1 张；

(3) 设计说明书 1 份。

4. 课程设计进程安排

序号	设计各阶段内容	地点	起止日期
1	设计准备： 明确设计任务；准备设计资料和绘图用具 传动装置的总体设计： 拟定传动方案；选择电动机；计算传动装置运动和动力参数		第 1 天
2	传动零件设计计算： 带传动、齿轮传动主要参数的设计计算		第 2 天
3	减速器装配草图设计： 初绘减速器装配草图；轴系部件的结构设计；轴、轴承、键连接等的强度计算；减速器箱体及附件的设计		第 3~5 天
4	减速器装配图设计		第 6~8 天
5	零件工作图设计		第 9 天
6	整理和编写设计计算说明书		第 10 天

5. 应收集的资料及主要参考文献

略。

发出任务书日期： 年 月 日

计划完成日期： 年 月 日

指导教师签名：

基层教学单位责任人签章：

主管院长签章：

1.3.3 适用非机械类教学大纲(1周,5个工作日)

机械设计基础课程设计任务书

题目名称 传动装置轴系零件装配设计

学生学院

专业班级

姓 名

学 号

1. 课程设计的内容

带式运输机传动装置设计的内容应包括:单级减速器传动零件设计,包括齿轮、轴、轴承、联轴器等的设计计算和选择;画出减速器装配图;编写设计计算说明书。

2. 课程设计的要求与数据

已知条件:

(1) 运输带工作拉力 $F = \underline{\hspace{2cm}}$ kN;

(2) 运输带工作速度 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ m/s;

(3) 卷筒直径 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ mm;

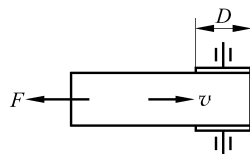
(4) 使用寿命: 8年;

(5) 工作情况: 两班制,连续单向运转,载荷较平稳;

(6) 制造条件及生产批量: 一般机械厂制造,小批量;

(7) 工作环境: 室内,轻度污染环境;

(8) 边界连接条件: 原动机采用一般工业用电动机;传动装置与工作机分别在不同底座上,用弹性联轴器连接。



3. 课程设计应完成的工作

(1) 减速器装配图 1 张;

(2) 设计说明书 1 份。

4. 课程设计进程安排

序 号	设计各阶段内容	地 点	起止日期
1	设计准备: 明确设计任务;准备设计资料和绘图用具 传动装置的总体设计: 选择电动机;计算传动装置运动和动力参数 传动零件设计计算: 齿轮传动主要参数的设计计算		第 1 天
2	减速器装配草图设计: 轴系部件的结构设计;轴、轴承、键连接等的强度计算		第 2、3 天
3	减速器装配图设计		第 3、4 天
4	整理和编写设计计算说明书		第 5 天

5. 应收集的资料及主要参考文献

略。

发出任务书日期： 年 月 日

计划完成日期： 年 月 日

指导教师签名：

基层教学单位责任人签章：

主管院长签章：

1.4 课程设计中应注意的问题

进行课程设计要特别注意以下几点：

(1) 处理好继承与创新的关系。机械设计是经历了长期发展的学科,形成了相对完整的体系,建立了严格的设计规范。学习和继承机械设计领域前人的成果是课程设计的主要任务。要分清哪些方面是必须遵守和借鉴的,哪些方面是可以灵活处理和大胆创新的。

(2) 综合考虑强度和刚度、结构工艺性、标准化与经济性等要求进行设计。机械零、部件的设计不能只依靠计算,计算值只是一个重要的参考,还要综合考虑传动要求、加工和装配的工艺要求、标准化与互换性要求、经济性要求等因素,才能最终设计出合乎要求的机械。

(3) 采用计算与作图互为依据的设计方法。零、部件的尺寸不是完全由计算确定的,而且各零件之间是互相联系、互相影响的。随着设计的进展,考虑的问题会更全面、更合理,在设计的后阶段往往要对前阶段计算得到的参数进行修改。在确定传动方案后,计算运动参数和动力参数、传动零件基本参数和主要尺寸等,但都只是初步计算,应该尽早进入草图设计阶段;边计算、边绘图、边修改;最后才能确定各参数的合理数值。千万不要在初步设计阶段停滞不前,生怕初步设计的参数不正确而影响画图。必须明确,只有当图纸设计完成后才能最终检验参数设计的正确性。

(4) 严格遵守规范化、标准化原则。应该熟悉和正确采用各种相关的技术标准与设计规范,尽量采用标准件,减少材料的品种和标准件的规格数目。图纸要符合工程制图标准,遵循规定的表达方法。

1.5 课程设计原始数据

机械设计基础课程设计的原始数据如表 1.1 所示,该表以带式运输机传动装置为例。

表 1.1 带式运输机传动装置设计的原始数据

序 号	F/kN	$v/(\text{m/s})$	D/mm	序 号	F/kN	$v/(\text{m/s})$	D/mm
1	4.0	1.5	300	7	3.4	1.5	300
2	3.9	1.5	300	8	3.3	1.5	300
3	3.8	1.5	300	9	3.2	1.5	300
4	3.7	1.5	300	10	3.1	1.5	300
5	3.6	1.5	300	11	4.0	1.4	300
6	3.5	1.5	300	12	3.9	1.4	300

续表

序 号	F/kN	$v/(\text{m/s})$	D/mm	序 号	F/kN	$v/(\text{m/s})$	D/mm
13	3.8	1.4	300	32	2.9	1.3	300
14	3.7	1.4	300	33	2.8	1.3	300
15	3.6	1.4	300	34	2.7	1.3	300
16	3.5	1.4	300	35	2.6	1.3	300
17	3.4	1.4	300	36	3.0	2.0	320
18	3.3	1.4	300	37	2.9	2.0	320
19	3.2	1.4	300	38	2.8	2.0	320
20	3.1	1.4	300	39	2.7	2.0	320
21	4.0	1.6	320	40	2.6	2.0	320
22	3.9	1.6	320	41	3.0	2.1	340
23	3.8	1.6	320	42	2.9	2.1	340
24	3.7	1.6	320	43	2.8	2.1	340
25	3.6	1.6	320	44	2.7	2.1	340
26	3.5	1.6	320	45	2.6	2.1	340
27	3.4	1.6	320	46	3.0	2.2	360
28	3.3	1.6	320	47	2.9	2.2	360
29	3.2	1.6	320	48	2.8	2.2	360
30	3.1	1.6	320	49	2.7	2.2	360
31	3.0	1.3	300	50	2.6	2.2	360

第 2 章 机械传动装置的总体设计

机器一般由原动机、传动装置、工作机 3 部分组成。传动装置在原动机和工作机之间,用于传递运动和动力,把原动机的运动形式转变为工作机需要的运动形式,改变运动和动力参数,以适应工作机的要求。在带式运输机中,原动机为电动机,工作机为皮带运输机,课程设计要完成的任务是选择电动机、设计传动装置。

2.1 传动方案的拟定

从无到有设计出一台机器,第一步要做的事情是拟定传动方案。由于具体的尺寸还未设计出来,传动方案只能用机构示意图表示。合理的传动方案除了必须满足工作机的性能要求(如运动规律、传递的功率等),符合所在的工作环境要求外;还应尽量使传动装置结构简单,尺寸紧凑,传动效率高,成本低,加工、装配和维护方便。同时满足这些要求往往是困难的。在课程设计中,要依据课本上介绍的基本原则,广泛收集资料,通过分析对比多种方案,选择并确定最终方案。

传动方案拟定阶段的任务是要确定传动装置的形式、布置方式、机构组成、传递的功率和速度大小、总传动比、原动件及主要传动零件的数量和类型,初步确定各级传动比,计算各轴的功率、速度和转矩。这些设计变量之间的关系往往较复杂,有些甚至互为前提,这种互相依赖的关系确定了设计过程的复杂性。

把传动方案拟定阶段的任务分解成子任务,图 2.1 表示各设计子任务之间的联系。图中方框表示设计任务,箭头表示设计顺序,即箭头指向的任务依赖箭头始端的任务提供的信息。由图 2.1 可知,要确定传动装置的类型,需要知道传递的功率和总传动比,确定传动装置的布置方式等。其中传递的功率可以从滚筒消耗的功率以及传动装置的效率计算得到,但总传动比要在选定电动机后才能确定,而电动机的选择又依赖传递功率的确定,其中包括传动链各环节的传递效率,因此必须在确定传动装置的类型后才能估算。这种互相依存的关系在各设计阶段普遍存在,因此,机械设计是一个由粗到精、反复修改的过程。

传动方案拟定阶段计算得到的各级传动比、各级传递的功率和转矩只是初步的数值,在后面的传动零件设计阶段才能最后确定。例如,若有带传动,设计时按照标准选取的带轮直径不一定完全符合初定的传动比,带的弹性滑动也造成传动比的变化,必要时要进行传动比修正;又例如,若采用多级齿轮传动,由于考虑润滑要求做了总传动比的初步分配,但齿轮设

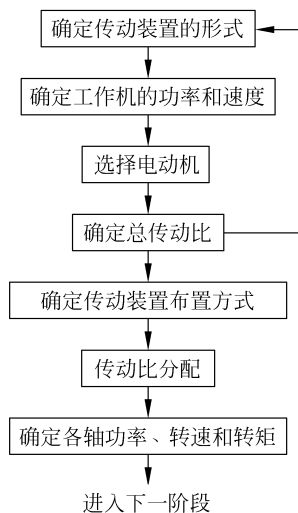


图 2.1 传动方案拟定阶段设计子任务之间的联系

计过程中齿数可能需要调整,这样会造成齿轮机构最终传动比的变化。由于各阶段设计任务之间有联系,跨阶段的反复也是机械设计过程中常见的现象。在课程设计中对此一定要有充分的思想准备,制订工作计划时要预备相应的提前量。

2.1.1 确定传动装置的类型

表 2.1 列举了一些常用传动机构在传动性能方面的特点。从表中看出,每种机构传递的最大功率都可以满足课程设计中带式运输机的要求,但不同类型的机构单级传动比的最大值不同。因此,要确定采用什么机构,采用几级传动,首先要确定总传动比。

表 2.1 常用传动机构的特点

机构名称	主要特点	单级最大传动比	最大功率/kW	最大速度/(m/s)
渐开线圆柱齿轮	速度、功率范围大,效率高,精度高,互换性好,需要考虑润滑	6.3(硬齿面) 7.1(软齿面)	3000	210
渐开线直齿圆锥齿轮	满足相交轴传动	8	370	5
普通圆柱蜗杆	传动比大,传动平稳,噪声小,结构紧凑,可实现自锁	80	200	15
普通平带	价格低,效率低,中心距大,可实现交叉及有导轮的角度传动	5	500	30
普通 V 带	当量摩擦系数大,传动比大,预紧力较小	10	700	30
窄 V 带	能承受较大预紧力,寿命长,功率大	10	75(单根)	40
滚子链	无弹性滑动,对工作环境要求低,瞬时传动比不恒定	8	100	15

1. 确定总传动比

传动装置的总传动比等于电动机的满载转速除以带式运输机滚筒的转速。从任务书中运输皮带的速度与滚筒的直径可以计算得到滚筒转动的速度,如果运输皮带存在弹性滑动,计算得到的滚筒速度要适当加以调整。为了确定传动装置的总传动比,需要知道电动机的满载转速,而电动机根据电极数目有不同的满载转速(见本书第三篇)。

在初步拟定方案时,可以选择转速具有一定间隔的几种电机(如 960 r/min、1420 r/min、2900 r/min),确定一组备选的传动比,在确定了传动装置的类型后才最终确定电动机的型号。

2. 确定传动装置的类型

表 2.1 列举了各种传动机构的单级最大传动比,但课程设计应避免选取最大传动比。尤其是带传动和链传动,最大传动比只在中心距比较大时才采用,否则包角难以达到要求。总传动比较大时可考虑多级传动。一般来讲,总传动比小于 15,可以考虑两级传动;总传动比为 15~50 时,可考虑采用三级传动。

同一功能的实现可以有許多方案,如减速功能可以用带传动装置、链传动装置、齿轮传动装置或若干类型的传动装置组合来实现。每一种传动装置又有許多可供选择的类型,如

齿轮传动装置可以采用开式传动或闭式传动,可以用单级传动或多级传动,可以采用直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、人字齿轮、圆锥齿轮或蜗杆蜗轮等形式。

一般来讲,传递大功率时,应考虑采用传动效率高的机构,如齿轮机构;传递功率小、传动比很大时,可以考虑蜗杆传动;载荷多变、有冲击或过载可能时,可以采用带传动、弹性联轴器或其他过载保护装置;在潮湿、粉尘、易燃易爆场合,不宜采用摩擦传动,可以采用链传动、闭式齿轮传动。

在拟定传动方案时,还要注意收集类似用途机器的资料,参考前人的设计,结合自己的设计能力、掌握的设计参考资料、课程设计允许的时间等方面进行考虑。

3. 确定电机的功率

传动装置的类型确定后,可以计算出传动装置的总效率,进而确定电动机的功率。例如,工作机的输入功率为 P_w ,传动装置的总效率为 η^* ,电动机的输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{Fv}{\eta' \eta^*} \quad (2.1)$$

式中: η' 为滚筒的效率; F 是运输带的工作拉力; v 为运输带的工作速度。

表 2.2 列举了几种常用机械传动的效率。进行传动装置的总效率计算前,应分析传动装置中各级传动的组合方式,按照实际情况相应采用串联、并联、混联的效率计算公式。

表 2.2 常用机械传动的效率

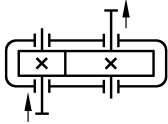
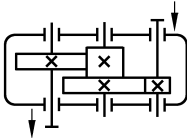
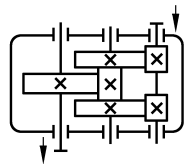
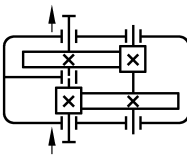
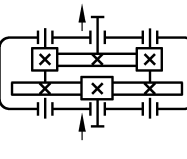
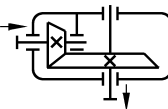
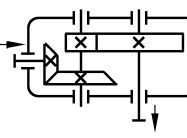
名称	效率/%	名称	效率/%
渐开线圆柱齿轮	97~99	滑动轴承(一对)	94~99
渐开线直齿圆锥齿轮	97~99	滚动轴承(一对)	98~99.5
普通圆柱蜗杆	70~90	弹性联轴器	99~99.5
普通 V 带	85~95	齿式联轴器	99
窄 V 带	85~95	十字沟槽联轴器	97~99
普通平带	80~95	滚子链	94~96

提示: 如图 2.1 所示,传动装置方案的确定与总传动比相关,总传动比与电机选择相关,而电机有转速与功率两个主要参数,它们的确定又依赖传动装置的传动比和效率。在以上步骤中,根据同一转速的电动机有不同的额定功率可供选择的事实,先选定电动机的转速,确定总传动比,进行传动装置方案设计,然后确定电动机的功率。

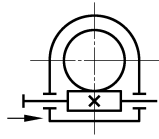
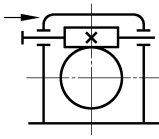
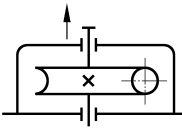
在进行传动方案拟定时要充分听取用户的意见,还要综合考虑功能要求、工作条件、寿命与可靠性要求、加工能力、成本价格等因素。从以上步骤得到的可能是一组方案,要经过对比选择出最终方案。在方案选择过程中,还可能对上述的初步方案进行调整,甚至重新设计新的方案。

常用齿轮减速器类型如表 2.3 所示。

表 2.3 常用齿轮减速器类型

类别	级数	传动简图	推荐传动比范围	特点及应用	
圆柱齿轮 减(增)速器	单级		调质齿轮: $i \leq 7.1$; 淬硬齿轮: $i \leq 6.3$ ($i \leq 5.6$ 较佳)	减速、增速均广泛应用,结构简单,精度容易保证。轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。可用于低速重载、高速传动	
圆柱齿轮 减(增)速器	两级	展开式		调质齿轮: $i = 7.1 \sim 50$; 淬硬齿轮: $i = 7.1 \sim 31.5$ ($i = 6.3 \sim 20$ 较佳)	两级减(增)速器中最简单、应用最广泛的结构。齿轮相对于轴承位置不对称。当轴产生弯扭变形时,载荷在齿宽上分布不均匀,因此轴应设计得具有较大刚度,并使高速轴齿轮远离输入端。淬硬齿轮大多采用此结构
		分流式		$i = 7.1 \sim 50$	高速级为对称左右旋斜齿轮,低速级可为人字齿或直齿。齿轮与轴承对称布置。载荷沿齿宽分布均匀,轴承受载平均,中间轴危险截面上的转矩相当于轴所传递转矩之半。但这种结构不可避免要产生轴向窜动,影响齿面载荷的均匀性。结构上应保证有轴向窜动的可能。通常低速级大齿轮作轴向定位,中间轴齿轮和高速小齿轮可以轴向窜动
		同轴线式		调质齿轮: $i = 7.1 \sim 50$; 淬硬齿轮: $i = 7.1 \sim 31.5$	箱体长度缩小。输入轴和输出轴布置在同一轴线上,使设备布置较为方便、合理。当传动比分配适当时,两对齿轮浸油深度大致相同。但轴向尺寸较大,中间轴较长,其齿轮与轴承不对称布置,刚性差,载荷沿齿宽分布不均匀
		同轴分流式		$i = 7.1 \sim 50$	从输入轴到输出轴的功率分左右二股传递,因此啮合轮齿仅传递一半载荷。输入轴和输出轴只受转矩,中间轴只受全部载荷的一半,故可缩小齿轮直径、圆周速度及减速器尺寸。一般用于重载齿轮。关键是要采用合适的均载机构,使左右二股分流功率均衡
圆锥、圆锥 圆柱齿轮 减速器	单级		直齿: $i \leq 5$; 曲线齿、斜齿: $i \leq 8$ (淬硬齿轮: $i \leq 5$ 较佳)	轮齿可制成直齿、斜齿或曲线齿。适用于输入轴和输出轴二轴线垂直相交的传动中。可为水平式或立式。其制造安装复杂,成本高,仅在设备布置必要时才采用	
	两级		直齿: $i = 6.3 \sim 31.5$; 曲线齿、斜齿: $i = 8 \sim 40$ (淬硬齿轮: $i = 5 \sim 16$ 较佳)	特点同单级圆锥齿轮减速器。圆锥齿轮应在高速级,使圆锥齿轮尺寸不致太大,否则加工困难。圆柱齿轮可为直齿或斜齿	

续表

类别	级数	传动简图	推荐传动比范围	特点及应用
蜗杆减速器	单级	蜗杆下置式 	$i=8\sim 80$	蜗杆布置在蜗轮的下边,当采用油池润滑时,啮合处的冷却和润滑较好,蜗杆轴承润滑也方便。但当蜗杆圆周速度太大时,油的搅动损失较大,一般用于蜗杆圆周速度 $v<5\text{ m/s}$ 。 $v>5\text{ m/s}$ 时应采用循环油润滑
		蜗杆上置式 		蜗杆布置在蜗轮的上边,装拆方便,蜗杆的圆周速度允许高一些,但蜗杆轴承润滑不方便
		蜗杆侧置式 		蜗杆放在蜗轮侧面,蜗轮轴是竖直的

2.1.2 多级传动的合理布置

对于多级传动,合理布置各种机构在传动链中的位置,对机器的性能、传动效率和结构尺寸等方面有很大影响,课程设计中可以按照下面的原则进行考虑。

1. 传动速度

高速级速度高,容易产生振动和噪声,应该把缓冲吸振的环节(如皮带传动)布置在高速级。由斜齿轮传动与直齿轮传动组成的多级传动中,宜将传动较平稳的斜齿轮放在高速级。链传动运转不平稳,应放在低速级。

2. 传动能力

高速级传递的力和力矩较小,可以把传动能力较弱的传动环节(如皮带传动)安排在高速级。

3. 润滑条件

闭式齿轮传动润滑条件好,宜放在高速级。蜗杆传动布置在高速级有利于形成润滑油膜。开式传动工作条件差、润滑不良,应安排在低速级。

4. 外形尺寸

传递功率不变,齿轮传动布置在高速级可以减小模数,有利于减小尺寸。

5. 加工成本

圆锥齿轮传动布置在高速级能减小尺寸,降低加工成本。

2.1.3 确定传动方案的装配形式

传动装置的类型确定后,还要确定传动装置各级之间,以及传动装置与电动机、工作机连接的装配形式。图 2.2 是单级齿轮减速器的几种装配形式,图 2.3 是双级齿轮减速器的几种装配形式。选定齿轮减速器的装配形式后,减速器的输入、输出连接还可以取不同的形式。例如,图 2.2(b)的减速器方案可以进一步组成图 2.4 的各种方案。

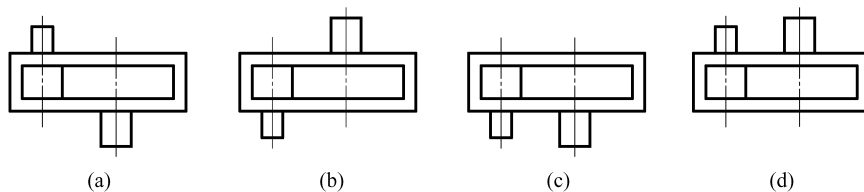


图 2.2 单级齿轮减速器的装配形式

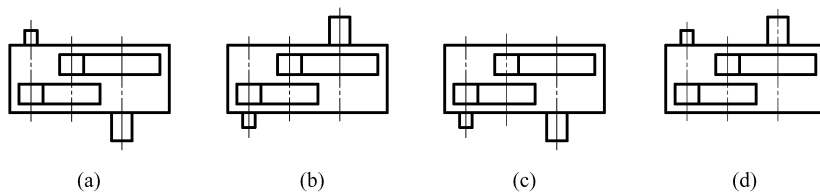


图 2.3 双级齿轮减速器的装配形式

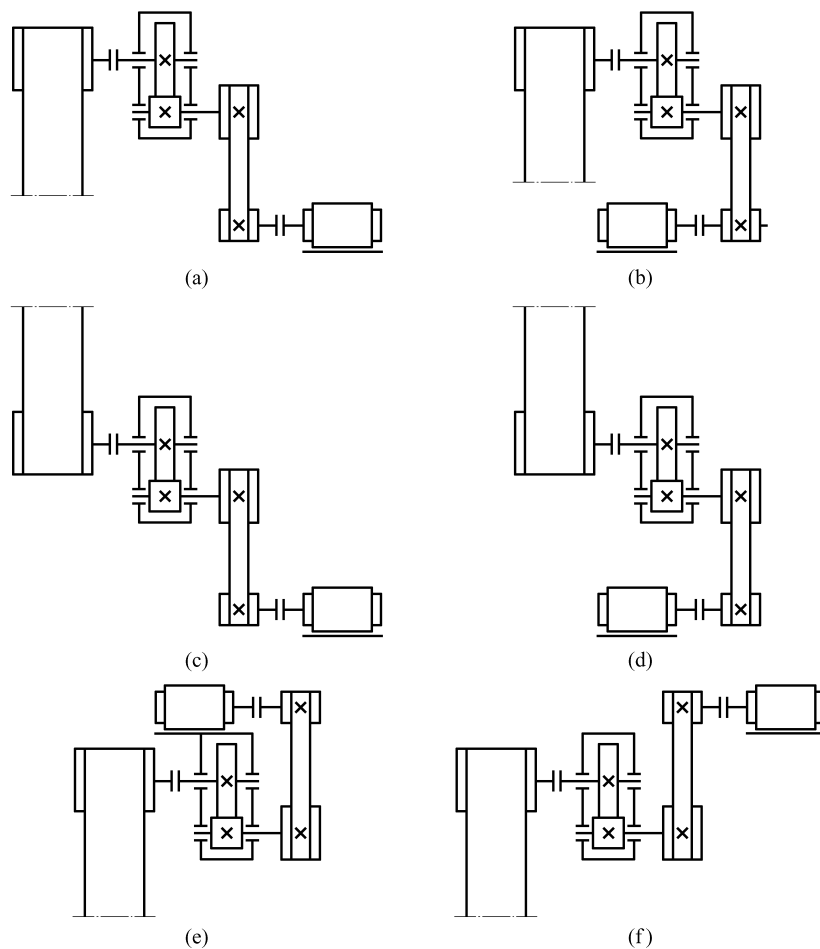


图 2.4 不同的输入、输出布置

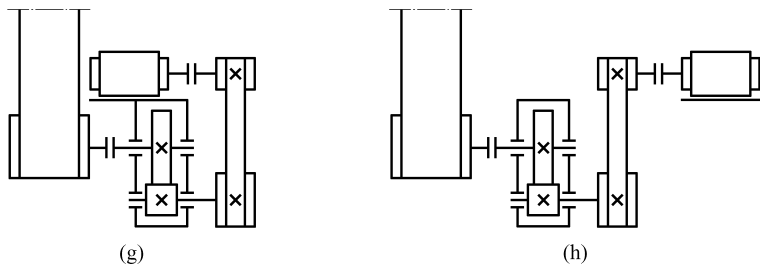


图 2.4(续)

2.2 传动比及分配

总传动比由各级传动比来实现,是各级传动比的连乘积

$$i = i_1 i_2 \cdots i_n \tag{2.2}$$

确定总传动比后,如何分配各级传动比是重要的问题。分配传动比要考虑的主要问题有:

(1) 各级传动比应符合表 2.1 中的数值。

(2) 各级传动的结构尺寸要协调,以便于布置和安装。例如,图 2.4 中,如果 V 带传动比过大,大带轮的直径就可能超过减速器的中心高度,给机座设计和传动零件安装带来困难。

(3) 应避免传动零件之间发生干涉碰撞。

(4) 多级齿轮减速器还要进行内部传动比分配,要考虑如下问题:

① 传动比的分配应使减速器外廓尺寸小,质量轻。如图 2.5 所示,两种方案的总中心距都是 650 mm,传动比接近 20.5。图 2.5(a)高速级传动比为 3.95,低速级传动比为 5.18,低速级大齿轮直径较大,减速箱尺寸较大。图 2.5(b)高速级传动比为 5,低速级传动比为 4.1,两个大齿轮直径比较接近,减速箱尺寸较小。

② 各级传动比的分配应避免造成传动零件之间的干涉。例如,高速级传动比过大容易造成高速级大齿轮与低速轴干涉,见图 2.6。

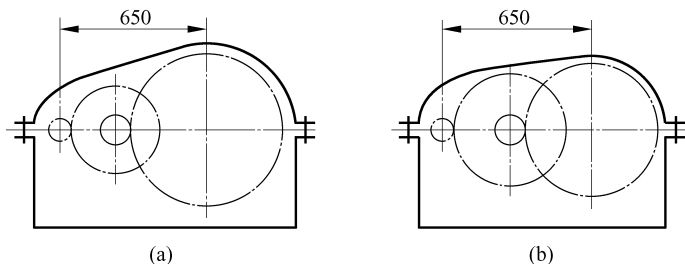


图 2.5 减速器外廓尺寸与传动比分配的关系

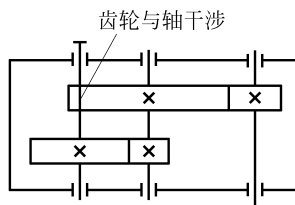


图 2.6 齿轮与轴发生干涉

③ 若齿轮采用浸油方式润滑,应使各级的大齿轮的直径尽量接近,从而使浸油的深度相接近,便于润滑。为了达到这个目的,对于两级卧式圆柱齿轮减速器,高速级传动比 i_1 与低速级传动比 i_2 的关系可取:

展开式和分流式 $i_1 = (1.1 \sim 1.5)i_2$

同轴式 $i_1 = i_2$

④ 圆锥-圆柱齿轮减速器应避免圆锥大齿轮的直径过大,可取 $i_1 \approx 0.25i$,且 $i_1 \leq 3$ (i 为减速器总传动比)。

⑤ 齿轮-蜗杆减速器,常取低速级圆柱齿轮 $i_2 = (0.03 \sim 0.06)i$ 。

由于摩擦传动存在弹性滑动,齿轮传动和链传动的传动比是有限离散数值,要精确地实现所要求的传动比是困难的。对于一般的机械传动,如果没有规定总传动比的误差范围,可按照士(3~5)%考虑。

提示: 传动比分配要注意以下3个方面:

- (1) 有皮带传动的,传动比不宜太大,以免大带轮半径大于齿轮箱中心高;
- (2) 采用双级齿轮传动的,两大齿轮半径大小应满足浸油要求;
- (3) 采用双级齿轮传动的,要防止高速级大齿轮与低速级的轴发生干涉。

上述第(1)点要在第5章箱座的设计完成后才能最后确定,第(2)点要在第3章主要传动零件设计完成以后才能最后确定,第(3)点要在第5章轴的强度设计完成后才能最后确定。对此应该有充分的认识,一方面要适当选取相关参数的数值,或拟定多种方案备用;另一方面要尽早进入下一阶段的工作,预留充足的时间。

2.3 运动参数与动力参数计算

进行传动零件的设计之前,必须先计算出各轴的转速、功率和转矩。对于多级传动,从高速至低速依次给各轴编号,轴1、轴2、…、轴 n ,电动机的满载转速为 n_d ,用 i_{kj} 表示轴 k 与轴 j 的传动比,各轴的转速 $n(\text{r/min})$ 为 $n_1 = n_d, n_2 = \frac{n_1}{i_{12}}, \dots, n_n = \frac{n_{n-1}}{i_{n-1,n}}$ 。

在进行各轴输入功率的计算时,对于通用机器,以电动机的额定功率为第1轴的输入功率;对于专用机器,以电动机的输出功率(前述的 P_d)作为第1轴的输入功率。用 η_{ij} 表示从 i 轴到 j 轴的传动效率,其余各轴的输入功率(kW)为 $P_2 = P_1 \eta_{12}, \dots, P_n = P_{n-1} \eta_{n-1,n}$ 。

需要注意的是, η_{ij} 表示两轴之间的传动效率,不是传动零件之间的传动效率。例如,表2.3中分流式减速器两轴之间的传动效率要按照并联传动方式计算得到。

各轴输入功率求得后,各轴的输入转矩(N·m)为

$$T_i = 9550 \frac{P_i}{n_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

传动装置总体设计阶段完成后,产生如下信息:

- (1) 传动装置机构示意图;
- (2) 电动机型号、额定功率(kW)、同步转速和满载转速(r/min)、质量(kg)、中心高度、外形尺寸、安装尺寸;
- (3) 各级传动比、传动效率;
- (4) 各轴传动参数,如转速(r/min)、输入功率(kW)、输入转矩(N·m)。