



21 世纪高职高专技能型紧缺人才培养规划教材

机械工程设计基础实训指导

主 编 史 蒙
副主编 尹利平

煤炭工业出版社

21 世纪高职高专技能型紧缺人才培养规划教材

机械工程设计基础实训指导

史 蒙 主 编

尹利平 副主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程设计基础实训指导/史蒙主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2007

21 世纪高职高专技能型紧缺人才培养规划教材
ISBN 978 - 7 - 5020 - 2988 - 3

I. 机… II. 史… III. 机械设计 - 高等学校: 技术学校 - 教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 149035 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 960mm¹/₁₆ 印张 10¹/₄ 插页 2

字数 204 千字 印数 1—3,000

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

社内编号 5787 定价 21.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书为教科书《机械工程设计基础》上、下册的配套用书。本书分两篇。第一篇为课题设计指导部分：以圆柱齿轮减速器的设计为例阐述了课程设计的一般思路和步骤，并对设计环节中的工作内容和顺序作了说明。第二篇为实验指导部分：系统介绍了实验原理、实验步骤、思考题和实验报告，以利于指导学生完成实验内容。为了便于学生查阅参考在本书最后还增添了参考图例、一般标准、金属材料等附录。

本书适合高职、中职机械类专业或开设机械类课程的其他专业教学之用，也可作为技能培训教材。

前 言

课程设计和实验是“机械工程设计基础”课程必不可少的实践教学环节，它促使学生进一步加深对理论知识的理解和应用，增强学生动手能力和分析实际问题的能力。本书是为配合学生进行实验和课程设计而编写的，是《机械工程设计基础》教科书的配套教材。

本书分为两篇。第一篇为课程设计指导部分：以圆柱齿轮减速器的设计为例阐述了课程设计的一般思路和步骤，并对设计环节中的工作内容和顺序作了说明。为避免与《机械工程设计基础》教材内容重复，本书只精选了满足课程设计要求有关机械设计手册、图册的部分内容。因此，在进行课程设计时要与教材配套使用。书中还编入了部分答辩参考题目，以帮助学生总结设计中的收获和准备答辩。第二篇为实验指导部分：系统介绍了实验原理、实验步骤、思考题和实验报告，以利于指导学生完成实验内容。

本书突出了实训指导书的适用性，简单易懂、便于自学，有利于指导学生高质量地独立完成课程设计和实验。

本书由辽宁工程技术大学职业技术学院史蒙任主编，辽宁工程技术大学职业技术学院戴宝山、海南职业技术学院尹利平任副主编。具体分工如下：戴宝山编写第3章、第5章及附录2~附录6，尹利平编写第4、第6章及附录1，史蒙编写第1、2、7~第14章及附录7~附录9。

对于本书的不足、不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

第一篇 机械工程设计基础课程设计指导

1 概述	1
1.1 课程设计的目的	1
1.2 课程设计的内容和任务	1
1.3 课程设计的步骤	2
1.4 课程设计应注意的问题	3
2 传动装置的总体设计	4
2.1 拟定传动方案	4
2.2 选择电动机	6
2.3 计算总传动比和分配传动比	10
2.4 传动装置的运动和动力参数计算	12
3 传动件的设计	16
3.1 箱外传动件的设计要点	16
3.2 箱内传动件的设计要点	17
4 减速器的结构及附件设计	19
4.1 通用减速器的结构	19
4.2 减速器箱体的结构尺寸设计	20
4.3 减速器附件设计	30
4.4 减速器的润滑和密封	39
5 减速器装配图设计	40
5.1 装配图设计的准备阶段	40

5.2	初步绘制减速器装配草图(第一阶段)	41
5.3	完成装配草图阶段(第二阶段)	49
5.4	减速器装配图的完成(第三阶段)	52
6	零件工作图的设计和绘制	55
6.1	零件工作图的设计要点	55
6.2	轴类零件工作图的绘制	55
6.3	齿轮类零件图的绘制	58
7	编写设计计算说明书及准备答辩	61
7.1	设计计算说明书的编写	61
7.2	准备答辩	63
7.3	答辩参考题	63

第二篇 机械工程设计基础实验指导

8	机械工程设计基础课程实验概述	66
9	平面机构运动简图的绘制与分析	67
9.1	实验目的	67
9.2	实验设备和工具	67
9.3	实验原理	67
9.4	实验要求	67
9.5	实验步骤	67
9.6	计算自由度	68
9.7	实验报告	68
10	渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的测定	69
10.1	实验目的	69
10.2	实验设备和工具	69
10.3	实验原理	69
10.4	实验要求	69
10.5	实验步骤	69
10.6	实验报告	70

10.7	分析	71
11	渐开线齿廓范成原理实验	72
11.1	实验目的	72
11.2	实验设备和工具	72
11.3	实验原理	72
11.4	实验要求	73
11.5	实验步骤	73
11.6	实验报告	74
11.7	分析	74
12	拉伸与压缩实验	75
12.1	实验目的	75
12.2	实验设备和工具	75
12.3	实验原理	75
12.4	实验要求	77
12.5	实验步骤	77
12.6	实验报告	77
12.7	分析	79
13	弯曲实验	80
13.1	实验目的	80
13.2	实验设备和工具	80
13.3	实验原理	80
13.4	实验要求	81
13.5	实验步骤	81
13.6	实验报告	81
13.7	分析	83
14	减速器拆装实验	85
14.1	实验目的	85
14.2	实验设备和工具	85
14.3	实验要求	85
14.4	实验步骤	85

14.5 实验报告	86
附录1 参考图例	89
附录2 一般标准	96
附录3 金属材料	100
附录4 螺纹、常用紧固件和联接件	111
附录5 密封件	124
附录6 润滑剂	128
附录7 电动机	130
附录8 联轴器	135
附录9 滚动轴承	141

第一篇 机械工程设计基础课程设计指导

1 概 述

1.1 课程设计的目的

课程设计是机械工程设计基础课程的最后一个教学环节,是培养学生机械设计能力的一次综合训练。其主要目的是:

- (1) 培养学生综合运用所学知识分析和解决工程实际问题的能力,巩固和加深对理论知识的理解;
- (2) 通过课程设计的实践,使学生掌握一般传动装置、机械零件的设计方法和步骤;
- (3) 提高学生机械设计的基本能力,如计算能力、绘图能力及计算机辅助设计(CAD)能力,使学生熟悉国家标准、规范、手册、图册等设计数据的使用,学会编写设计计算说明书。

1.2 课程设计的内容和任务

课程设计一般选择机械传动装置或简单机械作为设计课题,常见的设计题目是以设计齿轮减速器为主的传动装置,其设计的主要内容包括以下几方面:

- (1) 拟订传动装置的传动方案;
- (2) 选择电动机,计算传动装置的运动和运力参数;
- (3) 进行传动件的设计计算及其结构设计,校核轴、轴承、联轴器、键等零部件的强度,选择润滑和密封方式;
- (4) 减速器箱体结构及附件设计;
- (5) 绘制减速器装配图及零件图;
- (6) 编写设计计算说明书,准备答辩。

课程设计一般要求在2周内完成以下任务:

- (1) 绘制减速器装配图1张(用A1或A0图纸绘制,也可以用CAD绘制);
- (2) 零件工作图1~2张(齿轮、轴、箱体等);
- (3) 设计计算说明书一份。

1.3 课程设计的步骤

在课程设计中我们不可能完整履行机械设计的全过程,而只能进行其中的一些重要的设计环节。课程设计的步骤及所包括的设计内容见表1-1。

表1-1 课程设计的步骤及内容

步 骤	主 要 内 容	学时比例
1. 设计准备	1. 熟悉任务书,明确设计的内容和要求 2. 熟悉有关资料、设计指导书 3. 观看模型或实物,进行装拆实验	3%
2. 总体设计	1. 确定传动方案 2. 选择电动机 3. 计算总传动比,并分配各级传动比 4. 计算各轴的转速、功率和转矩,以备设计零部件时使用	5%
3. 传动零件的设计计算	1. 设计计算减速器外的传动零件(带、链)的主要参数和几何尺寸 2. 设计计算减速器内的传动零件(齿轮、蜗杆传动等)的主要参数和几何尺寸 3. 计算各传动件上的作用力	5%
4. 装配草图的绘制	1. 初定轴的直径并选择联轴器 2. 确定减速器的结构方案,绘制装配草图,进行轴、轴上零件和轴承组合的结构设计 3. 校核轴的强度和滚动轴承的寿命 4. 绘制减速器箱体及附件	40%
5. 装配图的绘制	1. 轻画装配图 2. 选择配合并标注尺寸 3. 列出明细栏 4. 加深线条,整理图面 5. 书写技术条件,减速器特性等	27%
6. 零件工作图的绘制	绘制零件工作图	8%
7. 编写设计计算说明书	编写设计计算说明书,内容包括所有的计算并附有必要的简图	10%
8. 设计总结和答辩	总结设计,参加答辩	2%

必须指出以上设计步骤并不是一成不变的。从分析总体方案开始到完成全部技术设计的过程中,有些矛盾尚未显露,而待到结构形状和具体尺寸表达在图纸上时,这些矛盾才会充分的暴露出来。这时就要作必要的修改才能逐步完善。故设计需要“由主到次、由

粗到细”，“边计算、边画图、边修改”及设计计算与结构设计绘图交替进行。

1.4 课程设计应注意的问题

课程设计是学生第一次较全面的设计活动，提倡在教师的指导下独立完成任务。设计中要发挥主观能动性，积极思考问题，认真阅读设计指导书，查阅有关设计资料，循序渐进地进行设计，按时完成设计任务。设计中要注意以下问题：

(1) 树立正确的设计思想和一丝不苟的工作作风，力求所做设计合理、经济实用。机械设计是一项复杂而细致的创造性劳动。在设计中，提倡独立思考、反对盲目抄袭，但也不能“闭门造车”。反对知错不改、敷衍了事的作风。认真阅读有关资料，所选数据要符合标准和规范，使所设计的结果经济合理。

(2) 设计过程中应及时检查、及时修正。设计过程是一个边绘图、边计算、边修改的过程，应经常进行自查或互查，有错误应及时修改，以免造成大的返工。

(3) 注意计算数据的记录和整理。数据是设计的依据，应及时记录与整理。如有变动应及时修正，供下一步设计及编写设计计算说明书时使用。

(4) 认真设计草图是提高设计质量的关键。草图也应该按正式装配图的比例尺画，而且作图的顺序要得当。画草图时要着重注意各零件之间的相对位置，考虑问题要周全，整体观念要强，这样会少出错，提高设计效率。

2 传动装置的总体设计

2.1 拟定传动方案

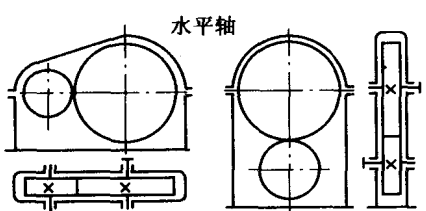
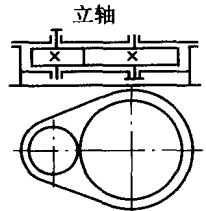
拟定传动方案就是确定传动装置的运动和动力如何传递的路线，通常用机构简图表示。传动方案要反映出传动装置中有哪些机构、运动和动力如何传递、各部件的组成和联接关系。合理的传动方案除满足工作要求外，还应具有结构紧凑、便于加工、效率高、成本低、使用维护方便等特点。

在分析传动方案时应注意常用机械传动方式的特点及其在布局上的要求：

- (1) 带传动平稳性好，能缓冲吸振，但承载能力小，宜布置在高速级；
- (2) 链传动平稳性差，且有冲击振动，宜布置在低速级；
- (3) 蜗杆传动可实现较大传动比、结构紧凑、传动平稳、但效率低。当与齿轮传动同时应用时，宜将其布置在高速级，以减小蜗轮尺寸，节省有色金属，且在高速下宜于形成液体动力润滑油膜，有利于提高蜗杆传动的效率和使用寿命；
- (4) 圆锥齿轮（特别是大直径、大模数的圆锥齿轮）加工较困难，所以一般只在需要改变轴的布置方向时采用，并尽量放在高速级且限制传动比，以减小大圆锥齿轮的直径和模数；
- (5) 开式齿轮传动的润滑条件差，磨损严重，应布置在低速级。

在设计时应同时考虑几个传动方案，通过分析比较，最后选择其中较合理的一种。表 2-1 列出了减速器的主要类型及特点；表 2-2 列出了常用传动机构的性能及适用范围，以供确定传动方案时参考。

表 2-1 减速器的主要类型及特点

类型	简 图 及 特 点
一级圆柱齿轮减速器	水平轴  立轴  传动比一般小于 5。可用直齿、斜齿或人字齿齿轮，传递功率可达数万千瓦，效率较高。工艺简单，精度易于保证，一般工厂均能制造，应用广泛。轴线可作水平布置、上下布置或铅垂布置

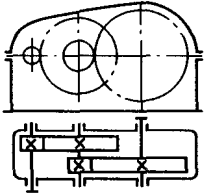
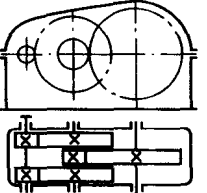
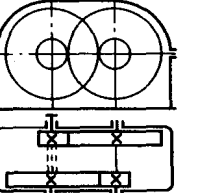
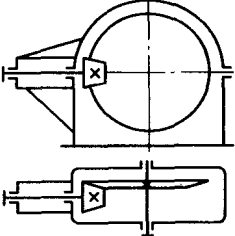
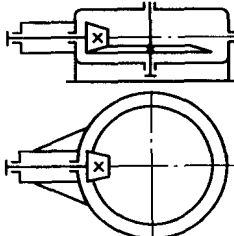
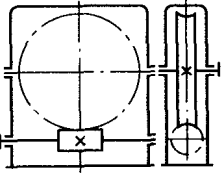
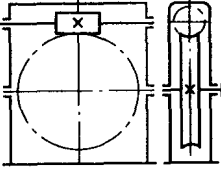
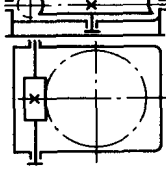
类型	简 图 及 特 点
二级圆柱齿轮减速器	展开式  分流式  同轴式  传动比一般为8~40, 用斜齿, 直齿或人字齿齿轮。结构简单, 应用广泛。展开式由于齿轮相对于轴承为不对称布置, 因而沿齿向载荷分布不均, 要求轴有较大刚度, 分流式则齿轮相对于轴承对称布置, 常用于较大功率、变载荷场合。同轴式减速器长度方向尺寸较小, 但轴向尺寸较大, 中间轴较长, 刚度较差, 两级大齿轮直径接近, 有利于浸油润滑。轴线可以水平、上下或铅垂布置
一级圆锥齿轮减速器	水平轴  立轴  传动比一般小于3, 用直齿、斜齿或曲齿齿轮
一级蜗杆减速器	蜗杆下置式  蜗杆上置式  立轴  结构简单, 尺寸紧凑, 但效率较低, 适用于载荷较小、间歇工作的场合。蜗杆圆周速度 v 小于等于 $4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时用蜗杆下置式, v 大于 $4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时用蜗杆上置式。采用立轴布置时密封要求高

表 2-2 常用传动机构的性能及适用范围

传动机构		平带传动	V 带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
选用指标							
功率 (常用值) /kW		小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	中 (≤ 100)	大 (最大达 50 000)		小 (≤ 50)
单级传动比	常用值	2~4	2~4	2~5	圆柱 3~5	圆锥 2~3	10~40
	最大值	5	7	6	圆柱 8	圆锥 5	80
传动效率		中	中	中	高	高	低
许用的线速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)		≤ 25	$\leq 25 \sim 30$	≤ 40	6 级精度直齿 ≤ 18 , 非直齿 ≤ 36 ; 5 级精度达 100		$\leq 15 \sim 35$
外廓尺寸		大	大	大	小		小
传动精度		低	低	中等	高		高
工作平稳性		好	好	较差	一般		好
自锁能力		无	无	无	无		可有
过载保护作用		有	有	无	无		无
使用寿命		短	短	中等	长		中等
缓冲吸振能力		好	好	中等	差		差
要求制造及安装精度		低	低	中等	高		高
要求润滑条件		不需	不需	中等	高		高
环境适应性		不能接触酸、碱、油类、爆炸性气体		好	一般		一般

2.2 选择电动机

电动机为系列化产品,设计中须根据工作机所需要的功率和工作条件,选择电动机的类型、结构形式、容量和转速,并确定电动机的具体型号。

2.2.1 电动机类型和结构形式的选择

选择电动机的类型应根据电源的种类（直流、交流）、工作条件（温度、环境、空间尺寸等）和载荷特点（性质、大小、启动性能和过载情况）等条件来选择。一般情况下应选用交流电动机，目前应用最广的是 Y 系列三相异步电动机。它具有高效、节能、振动小、噪音小和运行安全可靠的特点，安装尺寸和功率等级符合 IEC 国际标准，适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体、无特殊要求的场合。该电动机有各种不同的型号，以适于不同的功率、转速及安装尺寸的要求。各型号电动机的具体技术数据，可查阅有关机械设计手册或电动机产品目录（见附录 7）。

2.2.2 确定电动机的功率

电动机的功率选择的是否合适，对电动机的经济性能和工作性能都有影响。如果所选电动机的功率小于工作机的要求，则不能保证工作机正常工作，使电动机长期过载而提早损坏；如果所选电动机的功率过大，则电动机价格高，容量未得到充分利用而浪费资源。因此，所选电动机的额定功率 P_{ed} 应等于或稍大于工作机所需要的功率 P_d ，即

$$P_{ed} \geq P_d$$

电动机工作时需要的功率 P_d 可按式计算：

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

式中 P_d ——所需电动机的实际功率，kW；

P_w ——工作机所需的输入功率，kW；

η ——电动机至工作机之间传动装置的总效率。

工作机所需要的功率 P_w 由工作机的工作阻力（ F 或 M_e ）和运动参数（线速度或转速）按下式计算：

$$P_w = \frac{M_e n_w}{9\,550}$$

或

$$P_w = \frac{Fv}{1\,000}$$

式中 P_w ——工作机所需要的输入功率，kW；

M_e ——工作机的阻力矩，N·m；

n_w ——工作机的转速，r/min；

F ——工作机的工作阻力，N；

v ——工作机的线速度，m/s。

电动机至工作机之间传动装置的总效率 η 按下式计算：

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

式中 η_1 、 η_2 、 η_3 、 $\dots$ 、 η_n ——传动装置中每一传动副（齿轮、蜗杆传动、带或链）、轴承、联轴器的效率，其概略值可按表 2-3 选取。

表 2-3 机械传动和摩擦副的效率参考值

种 类		效率 η	种 类		效率 η
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动（油润滑）	0.98 ~ 0.99	滑动轴承	润滑不良	0.94（一对）
	8 级精度的一般齿轮传动（油润滑）	0.97		润滑正常	0.97（一对）
	9 级精度的齿轮传动（油润滑）	0.96		润滑良好（压力润滑）	0.98（一对）
	加工齿的开式齿轮传动（脂润滑）	0.94 ~ 0.96		液体摩擦	0.99（一对）
锥齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动（油润滑）	0.94 ~ 0.98	滚动轴承	球轴承	0.99（一对）
	8 级精度的一般齿轮传动（油润滑）	0.94 ~ 0.97		滚子轴承	0.98（一对）
	加工齿的开式齿轮传动（脂润滑）	0.92 ~ 0.95	联轴器	浮动联轴器（十字沟槽联轴器等）	0.97 ~ 0.99
蜗杆传动	自锁蜗杆（油润滑）	0.40 ~ 0.45		齿轮联轴器	0.99
	单头蜗杆（油润滑）	0.7 ~ 0.75		弹性联轴器	0.990 ~ 0.995
	双头蜗杆（油润滑）	0.75 ~ 0.82		万向联轴器（ $\alpha \leq 3^\circ$ ）	0.97 ~ 0.98
	三头和四头蜗杆（油润滑）	0.80 ~ 0.92		万向联轴器（ $\alpha > 3^\circ$ ）	0.95 ~ 0.97
带传动	平带无张紧轮的传动	0.98	减（变）速器	一级圆柱齿轮减速器	0.97 ~ 0.98
	平带有张紧轮的传动	0.97		二级圆柱齿轮减速器	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	滚子链	0.96		一级锥齿轮减速器	0.95 ~ 0.96
	齿形链	0.97		圆锥、圆柱齿轮减速器	0.94 ~ 0.95
摩擦传动	平摩擦传动	0.85 ~ 0.92		无级变速器	0.92 ~ 0.95
	槽摩擦传动	0.88 ~ 0.90		摆线针轮减速器	0.90 ~ 0.97
复滑轮组	滑动轴承（ $i=2 \sim 6$ ）	0.90 ~ 0.98	传动滚筒		0.96
	滚动轴承（ $i=2 \sim 6$ ）	0.95 ~ 0.99	螺旋传动（滑动）		0.30 ~ 0.60

计算传动装置总效率时需注意以下几点：

（1）若表中所列效率数值为一范围时，一般可取中间值。如果工作条件差、加工精度低、润滑不良时，则应取低值，反之可取高值；

（2）轴承效率均指一对轴承而言；

（3）同类型的几对传动副、轴承或联轴器要分别考虑效率。如有两级齿轮传动副时，