



普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础 课程设计

薛铜龙 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础 课程设计

主 编 薛铜龙
编 写 贾智宏 张会端 吴雪峰
王福荣 周甲伟
主 审 陈修龙



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。本书是高等工科院校机械设计基础课程的配套教材,根据“机械设计基础课程教学基本要求”,经过精选、补充编写而成,引入最新国家标准,并加强了机械系统方案设计的内容。

全书分为八章,针对教学要求,以减速器的设计为主线,系统、全面地介绍了总体方案拟订,零部件设计计算,减速器结构设计、润滑和密封,装配工作图和零件工作图设计等内容。

本书可作为高等工科院校近机类和非机类专业的机械设计基础课程设计指导书,也可供其他院校相关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础课程设计/薛铜龙主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 11

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3709-1

I. ①机… II. ①薛… III. ①机械设计—课程设计—高等学校—教材 IV. ①TH122-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 260439 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 185 千字

定价 14.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书是根据教育部批准实行的“机械设计基础课程教学基本要求”，并结合编者多年来的教学改革实践经验编写而成的。本书是一本理论与实际相结合的实践性教学环节的教材，可作为高等工科院校本科近机类、非机类专业机械设计基础课程理论教学的配套教材，也是该课程的课程设计教学用书，适合1~3周的课程设计使用。

本书以减速器设计为主线，着重介绍减速器设计的内容、方法和步骤，编写中注重创新意识和创新能力的培养，从传动方案拟订入手，逐步向各种相关零件的选择、设计延伸，最终以灵活掌握常用零件的设计方法为目的，注重应用性和工程化。

本书按照课程设计的总体思路和顺序，循序渐进、由浅入深地介绍了课程设计中的各个设计环节，便于尚无设计经验的学生参考使用，在编写中力争做到篇幅适当，以满足课程的需要。

本书由河南理工大学薛铜龙任主编。具体编写分工如下：薛铜龙（第一、三、六章）、王福荣（第二章）、张会端（第四、五章第一节）、吴雪峰（第五章第二~四节）、周甲伟（第七章）、贾智宏（第八章），全书由薛铜龙统稿。

本书由山东科技大学陈修龙主审，审稿老师提出了宝贵的意见和建议，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

前言	
第一章 概述	1
第二章 课程设计任务	4
第三章 机械传动装置总体设计	9
第一节 拟订传动方案	9
第二节 电动机的选择	13
第三节 确定总传动比及分配传动比	15
第四节 计算运动和动力参数	16
第五节 总体方案设计示例	17
第四章 传动零件的设计计算	21
第一节 减速器外传动零件的设计	21
第二节 减速器内传动零件的设计	22
第三节 联轴器的选择	24
第五章 减速器装配工作图的设计	25
第一节 装配图底图设计（第一阶段）	25
第二节 轴系部件的结构设计（第二阶段）	41
第三节 减速器箱体和附件设计（第三阶段）	48
第四节 完成装配工作图（第四阶段）	63
第六章 零件工作图设计	70
第一节 零件工作图的设计要求	70
第二节 轴类零件工作图的设计及绘制	71
第三节 齿轮类零件工作图的设计及绘制	73
第四节 箱体零件工作图的设计及绘制	76
第七章 设计计算说明书的编写和答辩准备	80
第一节 设计计算说明书的编写	80
第二节 答辩准备	82
第八章 减速器设计资料	85
第一节 减速器结构介绍	85
第二节 减速器装配工作图示例	95
第三节 减速器零件工作图示例	112
参考文献	118



第一章 概 述

一、课程设计的目的

机械设计基础课程的教学包括理论教学和实践教学两部分,课程设计是实践教学中的一个环节,更贴近工程实际,侧重于独立思考、动手能力的训练。机械设计基础课程设计的主要目的有以下几点:

(1) 使学生学会综合运用机械设计基础课程及其他相关已修课程所学知识,能够分析和解决机械设计问题,起到巩固、加强、融合及扩展有关机械设计方面知识的作用。

(2) 培养学生独立分析和解决工程实际问题的能力,使学生掌握机械零件、机械传动装置或简单机械的基本设计方法和步骤,树立正确的设计思想,为以后从事设计工作打下良好的基础。

(3) 提高学生有关计算、绘图及撰写学术总结(报告)的能力,培养学生熟练应用设计资料(手册、图册等),熟悉有关标准、规范,练习经验估算、处理数据等机械设计的基本技能。

二、课程设计的内容

如图 1-1 (a) 所示,机械一般是由动力装置(电动机)、传动装置(减速器)、工作装置(驱动滚筒)、控制装置等部分组成的。其中,传动装置是各种机械上的常见装置,且涉及的通用零部件最多。为使学生得到较全面的训练,课程设计常采用以减速器为主体的传动装置为设计内容,包括传动的总体方案设计,传动零部件设计、计算与选择,装配工作图和零件工作图设计,编写设计说明书等。图 1-1 (b) 所示为传动装置简图。

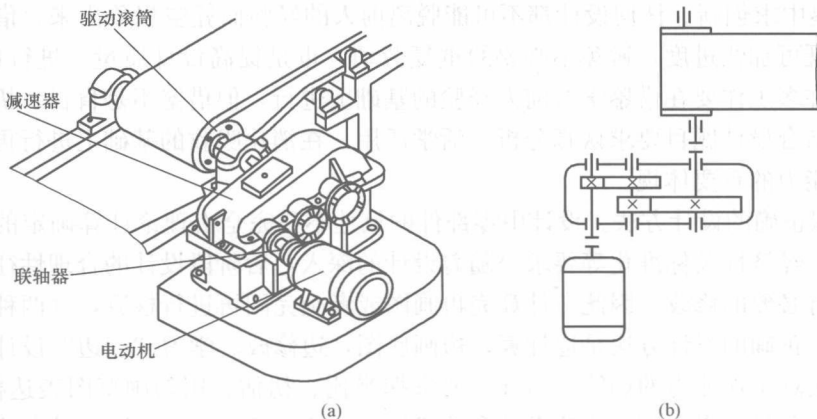


图 1-1 带式输送机传动装置及简图

三、课程设计的一般步骤

课程设计与一般机械设计的过程相类似,首先是总体方案设计,然后是零部件的计算、选择和结构设计,最后用图样表达设计结果,以设计说明书表达设计依据。课程设计可按以下步骤进行,在开始每一阶段的工作之前,应先通读指导书中的相应内容,做到心中有数,再着手实施。

(1) 设计准备。熟悉设计任务书,明确设计内容和要求;了解设计对象,阅读相关资料和图册,参观实物或模型,观看电视教学片,进行减速器拆装实验等;准备好设计需要的图书、资料和用具等,为完善强化设计过程,除本指导书外,还应借阅其他相关的参考资料。

(2) 传动装置的总体设计。分析、确定传动装置的方案;选择电动机;确定传动装置的总传动比,分配各级传动比;计算传动装置的运动和动力参数(各轴功率、转速和转矩)。

(3) 传动零件的设计计算。箱体外部传动零件的设计计算;箱体内部传动零件的设计计算。

(4) 装配底图的设计和绘制。设计、选择减速器箱体结构及其附件;确定润滑密封和冷却的方式;进行轴、轴上零件和轴承组合的结构设计;校核轴的强度,校核轴毂连接强度,校核滚动轴承的寿命;完成减速器装配底图,并进行检查和修正。

(5) 装配工作图的绘制。标注尺寸、公差配合及零件序号;编写零件明细表、标题栏、技术特性和技术要求;加深线条,画剖面线,整理完善图面等。

(6) 零件工作图的绘制。绘制齿轮、轴、箱体等零件工作图(具体由指导教师指定)。

(7) 编写设计计算说明书。

(8) 答辩。

四、课程设计中应注意的事项

学生第一次进行课程设计,往往不知从何入手。应当强调的是:作为系统全面的综合性、实践性训练,培养的是独立分析和解决问题的能力。拟订总体方案,零部件设计计算,设计和绘制装配底图等所有工作都要求学生独立完成。指导教师给予的是引导、启发、检查和解惑,完成任务主要靠学生自主学习、独立思考、勇于动手,不过多依赖教师。因此,只有认真阅读指导书,查阅有关资料,刻苦钻研,主动提问,相互切磋,以一丝不苟、精益求精的态度才能达到预期的培养目的。在课程设计中还应注意以下事项:

(1) 借鉴中求创新。任何设计都不可能脱离前人的经验而凭空想象出来,借鉴和继承成熟的经验,既可加快进度,避免不必要的重复劳动,也是提高设计质量、进行创新的基础。课程设计中许多工作要在借鉴学习前人经验的基础上进行,但借鉴不是盲目、机械地抄袭已有资料,应结合设计题目要求认真分析,活学活用,在消化吸收的基础上进行再创造,这才是设计工作能力的重要体现。

(2) 掌握正确的设计方法。设计中零部件的尺寸不是完全由理论计算确定的,还要考虑结构、工艺、经济性及标准化等要求。随着设计的深入,后阶段设计的合理性往往要对前阶段的设计进行必要的修改。因此,计算完再画图或者画完图再进行核算,这两种设计方法都是不可取的。正确的设计方法是边计算,边画底图,边修改。学习“三边”设计方法,这本身就是一种实际工作能力的训练。另外,要掌握类比、初估、用勾画草图表达构思等手段,学会综合分析各种因素来调整修改设计参数或结构,这是掌握“三边”设计方法的基础。

(3) 重视装配底图质量。最终设计结果是以装配工作图为主要形式表达的,装配工作图的质量取决于装配底图,而底图要考虑所有零部件的尺寸、结构、制造、装配、经济性、标准化等各种因素,诸多因素集于一体难免有冲突和矛盾,“三边”中的“边修改”即指不断地分析各种因素,发现冲突,解决矛盾,寻求最佳。底图应按比例画,以便尽早发现干涉等问题;应按正确的作图顺序画,要注意零件间的可装配性和各零件的结构工艺性;为减少修改的工作量,细部结构可先用简化画法,待最终细化。

(4) 注意标准和规范的采用。标准化、系列化、通用化是机械设计应遵循的原则,也是评价设计质量的一项指标。熟悉和正确应用有关技术标准和规范是课程设计的训练目的之一。要注意哪些尺寸应直接选用标准尺寸,哪些尺寸计算后应圆整为标准数列或优先数列,哪些尺寸不能圆整而要确定合理的有效位数;要尽量选用标准件、通用件;要尽量减少材料品种和标准件规格。

(5) 把握好设计进度。在教师指导下,学生应制订好进度计划,避免前松后紧;每一阶段的设计要认真检查,避免出现失误影响后续设计;设计过程中要注意对资料 and 数据的保存积累,以备后用。

机械设计基础课程设计

第二章 课程设计任务

机械设计基础课程设计题目的选择应考虑使设计尽可能涵盖机械设计基础课程所学过的基本内容，并且能够涉及机械设计基础的众多其他问题，设计题目应尽可能接近工程实际，同时也要有一定的创新性、综合性。课程设计选题还要根据不同的教学周时和学科培养目标，难易适中。

一、机械设计基础课程设计选题原则

课程设计的题目要灵活多样，不断更新。选题时要充分估计到学生的知识储备情况，难易适中。减速器中包含了机械设计基础课程的大部分零件，具有很强的代表性，所以一般选择减速器作为课程设计的题目，如一级圆柱齿轮、二级展开式或同轴式圆柱齿轮、蜗轮蜗杆减速器等。

二、课程设计题目

1. 带式输送机上的单级圆柱齿轮减速器设计

(1) 工作条件。

带式输送机运送碎粒物料（如谷物、型砂、煤等）。连续工作，单向运转，载荷稳定。输送带滚筒效率取 0.97。使用期限 10 年，两班制工作。

减速器由一般厂中小批量生产。

(2) 原始数据（见表 2-1）。

表 2-1 单级圆柱齿轮减速器原始数据

设计参数	1	2	3	4	5	6	7	8
输送带拉力 $F(\text{kN})$	1.25	1.7	1.8	1.8	2.2	2.5	3.0	3.0
输送带速度 $v(\text{m/s})$	1.3	1.3	1.2	1.5	1.6	1.5	1.2	1.5
滚筒直径 $D(\text{mm})$	250	260	220	350	350	450	350	400
设计参数	9	10	11	12	13	14	15	16
输送带拉力 $F(\text{kN})$	2.9	1.5	1.8	2.0	1.8	2.2	2.6	3.0
输送带速度 $v(\text{m/s})$	1.4	1.3	1.5	1.1	1.3	1.6	1.6	1.5
滚筒直径 $D(\text{mm})$	400	300	350	200	200	450	400	300

(3) 参考方案（见图 2-1）。

2. 带式输送机传动装置中的二级展开式直齿圆柱齿轮减速器设计

(1) 工作条件。输送机连续工作，单向运转，载荷有轻微冲击，空载启动，经常满载，每天两班制工作，每年按 250 个工作日计算，大修年限 5 年。输送带速度允许误差为 $\pm 5\%$ ，滚筒效率为 0.96。

(2) 原始数据（见表 2-2）。

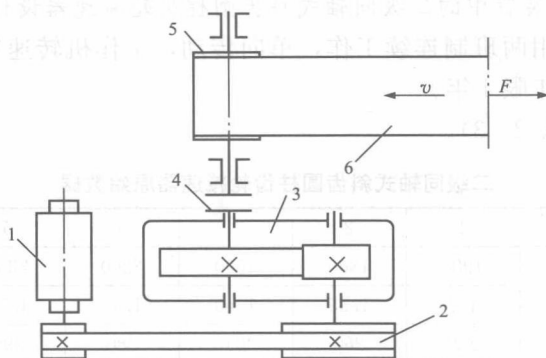


图 2-1 单级圆柱齿轮减速器设计

1—电动机；2—V 带传动；3—单级圆柱齿轮减速器；4—联轴器；5—卷筒；6—输送带

表 2-2

二级展开式直齿圆柱齿轮减速器原始数据

方案	工作机输入转矩 $T(\text{N} \cdot \text{m})$	输送带工作速度 $v(\text{m/s})$	滚筒直径 $D(\text{mm})$
1	800	1.20	360
2	850	1.25	370
3	900	1.30	380
4	920	1.35	390
5	940	1.40	400
6	880	1.45	410
7	900	1.20	360
8	800	1.30	370
9	850	1.35	380
10	900	1.40	390

(3) 参考方案 (见图 2-2)。

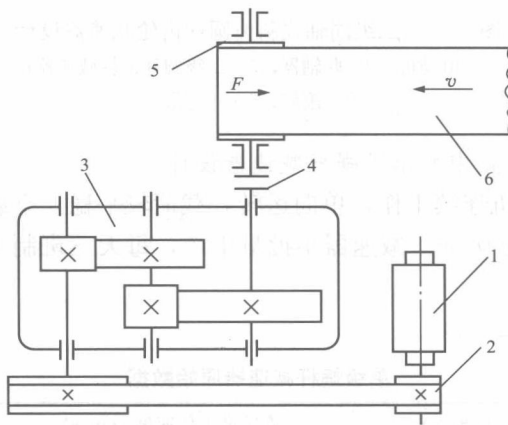


图 2-2 二级展开式直齿圆柱齿轮减速器设计

1—电动机；2—V 带传动；3—二级圆柱齿轮减速器；4—联轴器；5—卷筒；6—输送带

3. 带式输送机传动装置中的二级同轴式斜齿圆柱齿轮减速器设计

(1) 工作条件。采用两班制连续工作，单向传动，工作机转速容许误差（3%~5%）。工作中载荷平稳，工作年限4年。

(2) 原始数据（见表2-3）。

表 2-3 二级同轴式斜齿圆柱齿轮减速器原始数据

数据编号	1	2	3	4	5	6	7
输送带工作拉力 $F(N)$	1900	1800	1600	2200	2250	2500	2450
输送带工作速度 $v(m/s)$	1.3	1.35	1.40	1.45	1.50	1.30	1.35
卷筒直径 $D(mm)$	250	260	270	280	290	300	260

数据编号	8	9	10	11	12	13	14
输送带工作拉力 $F(N)$	1800	2200	2000	1450	1500	1300	1350
输送带工作速度 $v(m/s)$	1.40	1.50	1.55	1.45	1.50	1.55	1.60
卷筒直径 $D(mm)$	270	280	300	470	480	420	470

(3) 参考方案（见图2-3）。

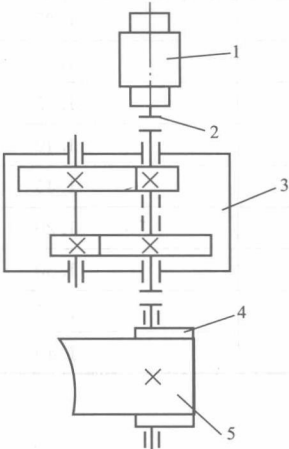


图 2-3 二级同轴式斜齿圆柱齿轮减速器设计

1—电动机；2—联轴器；3—二级圆柱齿轮减速器；
4—滚筒；5—输送带

4. 带式输送机传动装置中的单级蜗杆减速器设计

(1) 工作条件。输送机连续工作，单向运转，载荷较平稳，空载启动，输送带速度允许误差为±5%，滚筒效率为0.96。减速器小批量生产，每天三班制工作，每年按250个工作日计算，使用期限10年。

(2) 原始数据（见表2-4）。

表 2-4 单级蜗杆减速器原始数据

方案	工作机输送带拉力 $F(N)$	输送带工作速度 $v(m/s)$	滚筒直径 $D(mm)$
1	2500	1.4	350
2	2400	1.5	360

续表

方案	工作机输送带拉力 $F(\text{N})$	输送带工作速度 $v(\text{m/s})$	滚筒直径 $D(\text{mm})$
3	2300	1.6	370
4	2200	1.9	390
5	2400	1.8	380
6	2600	1.7	400
7	2500	1.3	360
8	2300	1.4	380
9	2400	1.3	350
10	2600	1.6	360

(3) 参考方案 (见图 2-4)。

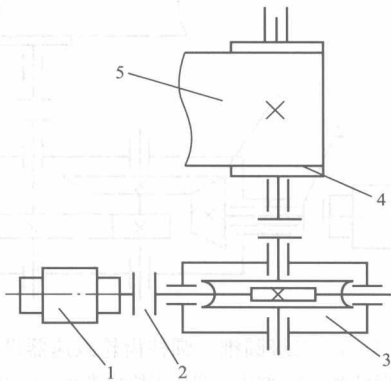


图 2-4 单级蜗杆减速器设计

1—电动机；2—联轴器；3—蜗杆减速器；4—滚筒；5—输送带

5. 带式输送机传动装置中的二级圆锥—圆柱齿轮减速器设计

(1) 工作条件。输送机连续工作，单向运转，载荷较平稳，空载启动，输送带速度允许误差为 $\pm 5\%$ ，滚筒效率为 0.96。减速器小批量生产，每天两班制工作，每年按 250 个工作日计算，使用期限 10 年。

(2) 原始数据 (见表 2-5)。

表 2-5 二级圆锥—圆柱齿轮减速器原始数据

方案	工作机输送带拉力 $F(\text{N})$	输送带工作速度 $v(\text{m/s})$	滚筒直径 $D(\text{mm})$
1	2500	1.4	250
2	2450	1.5	260
3	2350	1.6	270
4	2250	1.9	290
5	2400	1.8	280
6	2650	1.7	300

续表

方案	工作机输送带拉力 $F(N)$	输送带工作速度 $v(m/s)$	滚筒直径 $D(mm)$
7	2500	1.3	260
8	2750	1.4	280
9	2800	1.3	250
10	2600	1.6	260

(3) 参考方案（见图 2-5）。

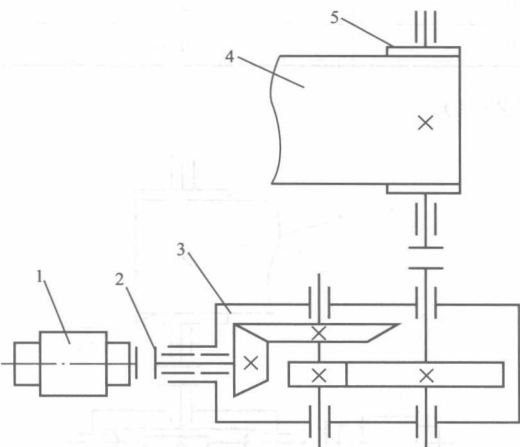


图 2-5 二级圆锥—圆柱齿轮减速器设计

1—电动机；2—联轴器；3—圆锥—圆柱齿轮减速器；4—输送带；5—滚筒

第三章 机械传动装置总体设计

总体设计的内容包括拟订传动方案,选定电动机型号,计算总传动比和合理分配各级传动比,计算传动装置的运动和动力参数。总体设计的目的是为传动件设计和装配底图设计提供条件。

第一节 拟订传动方案

一、传动方案分析

拟订传动方案即合理选择机械传动装置的传动机构,并用机构运动简图表示,反映出运动及动力传递路线及各部件的组成和连接关系。合理的传动方案首先要满足机器的功能要求,如传递功率的大小、转速和运动形式。此外,还要适应工作条件(工作环境、场地、工作年限等),满足工作可靠,结构简单,尺寸紧凑,传动效率高,使用维护便利,工艺性和经济性合理等要求。要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方案,选择能够保证重点要求的较好传动方案。

图 3-1 所示为电动绞车的三种传动方案,(a) 方案采用二级圆柱齿轮减速器,适合繁重及恶劣条件下长期工作,使用维护方便,但结构尺寸较大;(b) 方案采用蜗杆减速器,结构紧凑,但传动效率较低,长期连续使用时不经济;(c) 方案采用一级圆柱齿轮减速器和开式齿轮传动,成本较低,但使用寿命较短。可见三种方案虽然都能满足电动绞车的功能要求,但结构、性能和经济性都不同,要根据工作条件要求去确定较好的方案。总之,传动方案的分析比较是设计过程中很重要的工作,它直接关系到设计的合理性、可行性和经济性。如果设计中给定了传动方案,也应分析论证其合理性或提出改进意见。

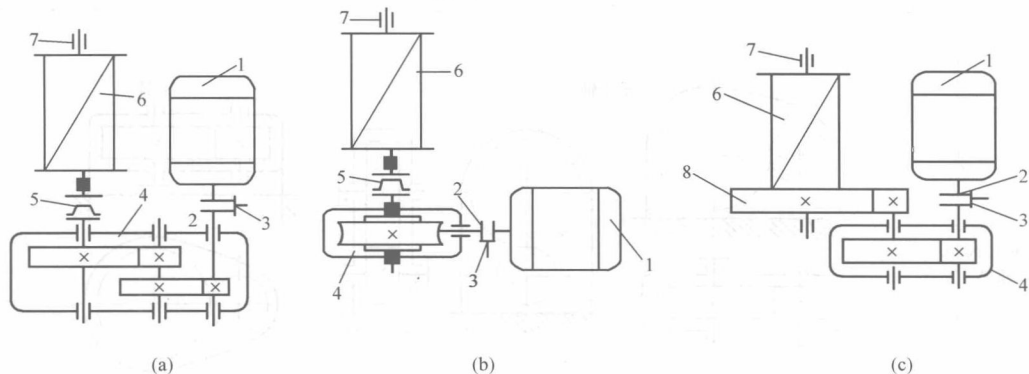


图 3-1 电动绞车传动方案简图

(a) 二级圆柱齿轮减速器;(b) 蜗杆减速器;(c) 一级圆柱齿轮减速器和开式齿轮传动

1—电动机;2、5—联轴器;3—制动器;4—减速器;6—卷筒;7—轴承;8—开式齿轮

常用传动机构的性能及适用范围见表 3-1。常用减速器类型和特点见表 3-2。

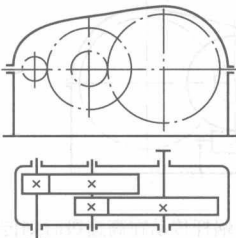
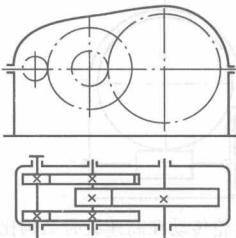
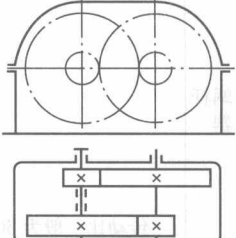
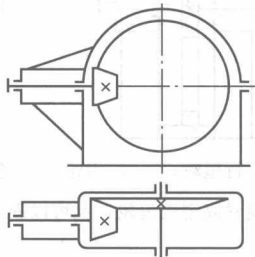
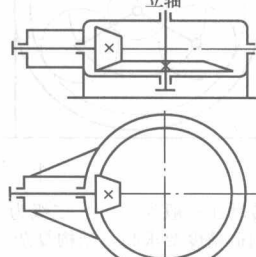
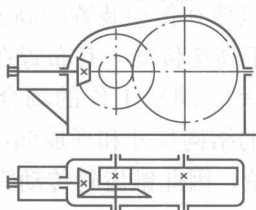
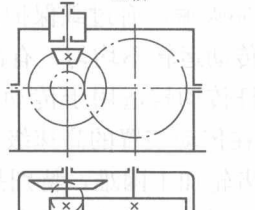
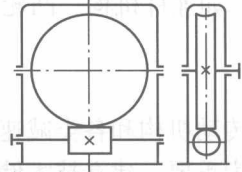
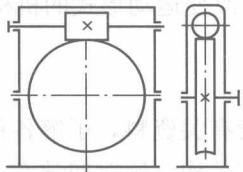
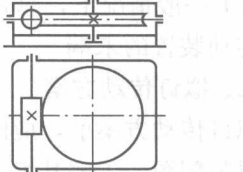
表 3-1 常用传动机构的性能及适用范围

传动机构 选用指标		平带传动	V 带传动	圆柱摩擦 轮传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
功率（常用值）(kW)		小 (≤20)	中 (≤100)	小 (≤20)	中 (≤20)	大 (最大 50 000)		小 (≤50)
单级传动比	常用值	2~4	2~4	2~4	2~5	圆柱 3~6	圆锥 2~3	10~40
	最大值	5	7	5	7	10	6	80
许用线速度 (m/s)		≤25	≤25~30	≤15~25	≤20	7 级精度直齿≤25； 非直齿≤36；5 级精度 非直齿达 100		≤15~35
外廓尺寸		大	大	大	大	小		小
传动精度		低	低	低	中等	高		高
工作平稳性		好	好	好	较差	一般		好
自锁能力		无	无	无	无	无		可有
过载保护能力		有	有	有	无	无		无
使用寿命		短	短	短	中等	长		中等
缓冲吸振能力		好	好	好	中等	差		差
要求制造及安装精度		低	低	中等	中等	高		高
要求润滑条件		不需	不需	一般不需	中等	高		高
环境适应性		不能接触酸、碱、油 类、爆炸性气体		一般	好	一般		一般

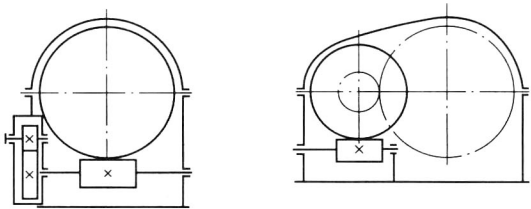
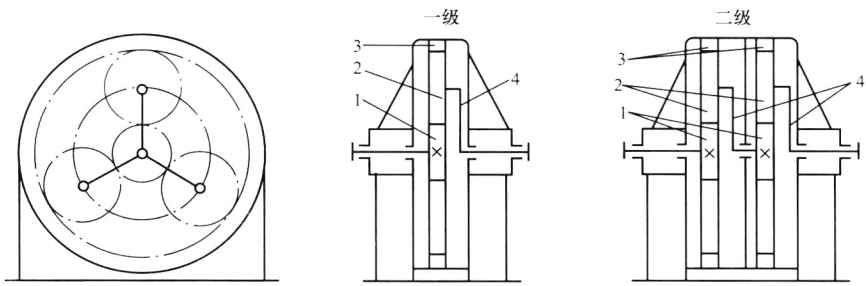
表 3-2 常用减速器类型和特点

类型	简图及特点
一级圆柱齿 轮减速器	传动比一般小于 5，可用直齿、斜齿或人字齿，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。轴线可水平布置、上下布置或铅垂布置

续表

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, 用直齿、斜齿或人字齿。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。分流式的齿轮相对于轴承对称布置。常用于较大功率、变载荷场合。同轴式长度方向尺寸较小, 但轴向尺寸较大, 中间轴较长, 刚性较差。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、斜齿或螺旋齿
二级圆锥—圆柱齿轮减速器	水平轴  立轴  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  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 $v \leq 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时用下置蜗杆, $v > 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时用上置式。采用立轴时密封要求高

续表

类型	简图及特点
齿轮—蜗杆 减速器	 传动比一般为 60~90。齿轮传动在高速级时结构比较紧凑，蜗杆传动在高速级时则传动效率较高
行星齿轮 减速器	 1—太阳轮；2—行星轮；3—内齿轮；4—系杆 一级传动比一般为 3~9，二级为 10~60。通常固定内齿轮，也可以固定太阳轮或转臂。体积小，质量轻，但制造精度要求高，结构复杂

为了更好地选择传动方案，要考虑以下几点内容：

- (1) 带传动承载能力较低，在传递相同转矩时结构尺寸较其他传动形式大，但是带传动平稳，能缓冲吸振，有过载保护作用，因此尽量放在传动装置的高速级。
- (2) 链传动运转不均匀，有冲击，不适用于高速传动，宜布置在传动装置的低速级。
- (3) 蜗杆传动较适用于传动比大、中小功率、间歇工作的场合，承载能力较齿轮传动低，宜布置在传动装置的高速级，以获得较小的结构尺寸和形成润滑油膜，提高承载能力。
- (4) 锥齿轮加工困难，特别是大模数锥齿轮，因此锥齿轮传动宜布置在传动装置的高速级并限制其传动比，减小其直径和模数。
- (5) 斜齿轮较直齿轮传动平稳，宜布置于高速级或要求传动平稳的场合。
- (6) 开式齿轮传动的工作环境较差，润滑条件不好，磨损较严重，宜布置在低速级。
- (7) 一般情况下，总是将改变运动形式的机构，如连杆机构、凸轮机构、螺旋传动等布置在传动装置的末端。

二、拟订传动方案

拟订传动方案前，应阅读有关资料，了解各种传动机构和各类减速器的特点；阅读各类减速器装配图，了解其组成和结构，这对初学者尤为重要。建立技术储备，才能拟订出合理的方案。拟订传动方案主要包括以下工作内容：

- (1) 选择减速器类型。