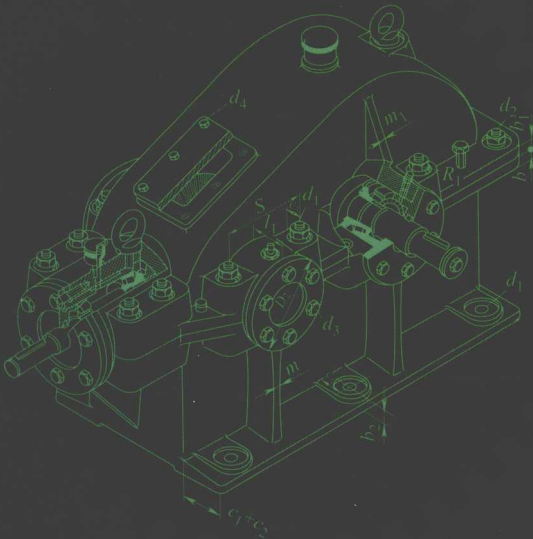
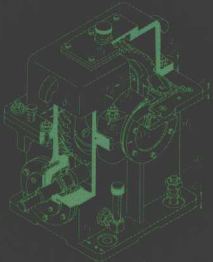


高·等·学·校·教·材

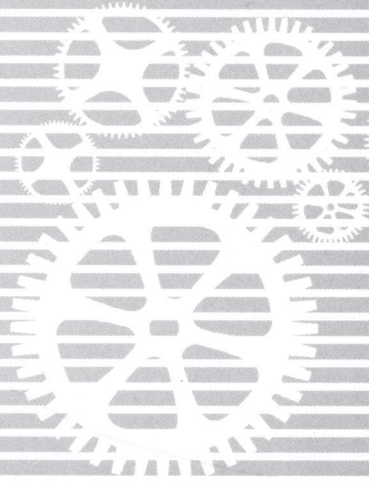
Gaodeng Xuexiao Jiaocai

机械设计 课程设计

王宪伦 徐俊 主编



JIXIE SHEJI
KECHENG
SHEJI



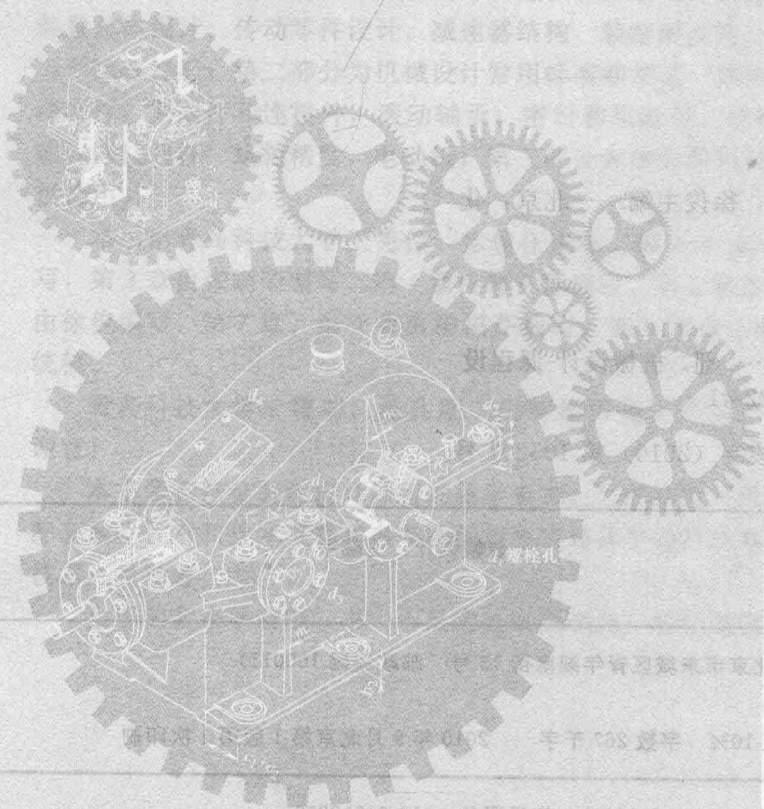
化学工业出版社

高·等·学·校·教·材

Gaodeng Xuexiao Jiaocai

机械设计 课程设计

王宪伦 徐俊 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

JIXIE SHEJI
KECHENG
SHEJI

本书为高等院校“机械设计”和“机械设计基础”课程的配套教材和教学指导书，内容紧扣教学的要求，较全面系统地阐述了机械设计课程设计的基本内容。包括三大部分：课程设计指导、常用设计标准资料、参考图例。第一部分为课程设计指导，包括概述、传动装置总体设计、传动零件设计、减速器结构、装配图设计、零件图设计、编写设计计算说明书和准备答辩；第二部分为机械设计常用标准和规范，包括一般标准和规范、金属材料、紧固件和连接件、滚动轴承、密封和润滑剂、联轴器、公差与配合、齿轮精度标准、圆柱蜗杆、蜗轮精度、电动机；第三部分为参考图例及设计题目，可供学生设计参考。

适用于高等院校机械类或近机类专业学生学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计课程设计/王宪伦, 徐俊主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.7
高等学校教材
ISBN 978-7-122-08786-7

I. 机… II. ①王…②徐… III. 机械设计-课程设计-高等学校-教材 IV. TH122-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 105207 号

责任编辑: 张兴辉
责任校对: 战河红

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 10% 字数 267 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

机械设计课程设计是“机械设计”课程的延续教学环节，学生在老师的辅导下独立地运用前期课程及机械设计所学知识，进行一次全面、综合的设计练习，可以检查学生对前期课程学习知识的运用情况，使学生掌握机械设计的一般步骤和典型零件的设计方法，是学生整个大学学习过程中理论联系实际，进行实践训练的关键环节。

为了使学生在课程设计中能够得到系统的训练，能够在全面复习所学知识的同时有更多的精力去体会设计过程，掌握设计方法，我们编写了这本设计教学用书。本书以齿轮及蜗杆减速器设计为例，详细论述了设计的准备、传动方案的制定、结构与绘制、说明书的编制等内容，并根据实际需要附加了一些常用设计资料和参考例图，方便学生参考。同时为了顺利完成课程设计，便于教师指导及学生参考，本书编入了不同学时各类设计题目及设计参数供选用。

本书分为三大部分，第一部分为机械设计课程设计指导（第1~7章），包括概述、传动装置总体设计、传动零件设计、减速器结构、装配图设计、零件图设计、编写设计计算说明书和准备答辩；第二部分为机械设计常用标准和规范（第8章），包括一般标准和规范，金属材料，紧固件和连接件，滚动轴承，密封和润滑剂，联轴器，公差与配合，齿轮精度标准，圆柱蜗杆、蜗轮精度，电动机；第三部分为参考图例及设计题目（第9章及附录），可供选用。

本书由青岛科技大学王宪伦、徐俊任主编。第1章由宋冠英编写，第2章由王宪伦编写，第3章由张则荣编写，第4章由邹玉静编写，第5章由李利、张莹编写，第6章及附录由徐俊编写，第7章、第9章由杨福芹编写，第8章由王海梅编写。全书由王宪伦、徐俊统稿。

青岛科技大学常德功、孟兆明、樊智敏审阅了全书，并提出了宝贵意见，在此谨致谢意！

本书紧密结合机械设计课程的教学要求，可以作为“机械设计”和“机械设计基础”的配套教材，有关技术资料 and 参考图例能够满足课程设计的基本需要，也可供学生自学及工程技术人员参考。

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，殷切期望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 课程设计概述	1
1.1 课程设计的目的	1
1.2 课程设计的内容	1
1.3 机械设计课程设计的设计步骤	2
1.4 机械设计课程设计的要求和注意事项	2
第 2 章 机械传动装置的总体设计	4
2.1 传动方案的拟订	4
2.1.1 传动方案应满足的要求	4
2.1.2 传动机构类型及多级传动的布置原则	6
2.2 选择电动机	7
2.2.1 确定电动机的类型、结构	7
2.2.2 确定电动机的功率	7
2.2.3 确定电动机的转速	9
2.2.4 确定电动机的型号	9
2.3 传动装置总传动比的计算及分配	9
2.3.1 总传动比的确定	9
2.3.2 各级传动比的分配	10
2.4 传动装置的运动参数和动力参数的计算	11
2.4.1 各轴转速	11
2.4.2 各轴输入功率	11
2.4.3 各轴输入转矩	11
第 3 章 主要传动件的设计计算和轴系的初步设计	15
3.1 减速器外传动件的设计	15
3.2 减速器内传动件的设计	16
3.2.1 斜齿圆柱齿轮传动	16
3.2.2 蜗杆传动	17
3.2.3 锥齿轮传动	18
3.3 轴系的初步设计	18
第 4 章 减速器结构	20
4.1 箱体	21
4.2 轴系部件	22
4.3 附件	22
第 5 章 减速器装配图的设计	23
5.1 装配图设计的准备阶段	23
5.2 装配图设计的第一阶段	23
5.3 装配图设计的第二阶段	34
5.4 装配图设计的第三阶段	38
5.4.1 减速器箱体的设计	39
5.4.2 减速箱附件设计	45
5.5 完成减速器装配图	54
第 6 章 零件工作图设计	57
6.1 零件工作图的设计要点	57
6.2 轴类零件工作图的设计要点	57
6.2.1 视图	57
6.2.2 标注尺寸	58
6.2.3 表面粗糙度	59
6.2.4 尺寸公差和形位公差	59
6.2.5 技术要求	59
6.3 齿轮类零件工作图的设计要点	60
6.3.1 视图	60
6.3.2 标注尺寸	60
6.3.3 表面粗糙度	61
6.3.4 齿坯形位公差的推荐项目	61

6.3.5 啮合特性表	61	6.4.2 标注尺寸	62
6.3.6 技术要求	61	6.4.3 表面粗糙度	62
6.4 铸造箱体工作图的设计要点	62	6.4.4 形位公差	62
6.4.1 视图	62	6.4.5 技术要求	63
第7章 编写设计计算说明书和准备答辩	64		
7.1 设计计算说明书的内容	64	7.3 设计计算说明书的书写格式	65
7.2 编写设计计算说明书的要求与注意 事项	64	7.4 准备答辩	66
第8章 机械设计常用标准和规范	68		
8.1 一般标准和规范	68	8.5 联轴器	104
8.2 金属材料	73	8.6 密封和润滑剂	110
8.3 连接件和紧固件	78	8.7 公差与配合	113
8.3.1 螺纹与螺纹连接件	78	8.8 齿轮的精度标准	121
8.3.2 键连接	92	8.9 圆柱蜗杆、蜗轮的精度	129
8.4 滚动轴承	94	8.10 电动机	131
第9章 图例	134		
9.1 装配图图例	134	9.3 常见错误图例	159
9.2 零件图图例	152		
附录 任务书	161		
参考文献	166		

第1章 课程设计概述

1.1 课程设计的目的

机械设计课程设计是高等工科院校机械类和近机械类专业的学生在校期间进行的第一次比较完整的工程设计训练,是机械设计课程的最后一个重要教学环节。其基本目的是:综合运用机械设计课程及其他有关已修课程的理论和生产实际知识进行机械设计训练,从而使这些知识得到进一步巩固、加深和扩展;学习和掌握通用机械零部件、机械传动及一般机械设计的基本方法和步骤,初步培养学生独立的工程设计能力;提高学生在计算、制图,运用设计资料、进行经验估算、考虑技术决策等机械设计方面的基本技能,为专业设计和以后工作打下基础。

1.2 课程设计的内容

机械设计课程设计是学生第一次进行较为全面的机械设计训练,其性质、内容以及培养学生设计能力的过程均不能与专业课程设计或工厂的产品设计相等同。机械设计课程设计一般选择由机械设计课程所学过的大部分零部件所组成的机械传动装置或结构较简单的机械作为设计题目。目前比较成熟的是以齿轮减速器或蜗杆减速器为主的机械传动装置。它包括了机械设计基础课程的主要内容。见附录任务书(1)~(6)。附录中任务书(1)~(3)适合2周课程设计,任务书(4)~(6)适合3周课程设计。

以上述常规设计题目为例,课程设计一般包括以下几个方面的内容:

- ① 传动装置的总体设计:拟定传动方案;选择电动机;计算传动装置的运动和动力参数;
- ② 主要传动零件、轴的设计计算;
- ③ 轴承及其组合部件、润滑密封、连接件和联轴器的选择及校验计算;
- ④ 减速器机体结构及其附件的设计;
- ⑤ 绘制装配图及零件工作图;
- ⑥ 编写设计说明书。

根据教学要求,在2~3周时间内每个学生完成的任务包括:设计图纸、设计计算说明书和答辩。设计图纸包括减速器装配图一张(A0或A1图幅);零件工作图2~3张(传动零件或轴等)。设计计算说明书是最重要的技术文档之一,每个参与课程设计的学生都必须按规定格式整理和编写一份《机械设计课程设计说明书》。说明书以设计计算内容为主,包括:确定传动装置总体方案,电动机选择,传动装置的运动学和动力学计算,传动零件的设计计算,轴、轴承、键连接的校核计算,联轴器的选择等内容。

1.3 机械设计课程设计的设计步骤

以上述常规设计题目为例, 课程设计大体可按以下几个阶段进行。

(1) 设计准备 (约占总学时的 4%)

① 阅读设计任务书, 明确设计内容和要求; 分析设计题目, 了解原始数据和工作条件。

② 通过参观 (模型、实物、生产现场), 拆装减速器试验, 参阅设计资料等途径了解设计对象。

③ 阅读本书有关内容, 明确并拟定设计过程和进度计划。

(2) 传动装置的总体设计 (约占总学时的 10%)

① 分析和拟定传动装置的运动简图。

② 选择电动机。

③ 计算传动装置的总传动比和分配各级传动比。

④ 计算各轴的转速、功率和转矩。

(3) 各级传动的主体设计计算 (约占总学时的 5%)

设计计算齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等的主要参数和尺寸。

(4) 装配草图的设计和绘制 (约占总学时的 35%)

① 装配草图设计准备工作: 主要分析和选择传动装置的结构方案。

② 初绘装配草图及轴和轴承的计算: 作轴、轴上零件和轴承部件的结构设计; 校核轴的强度, 滚动轴承的寿命和键、联轴器的强度。

③ 完成装配草图, 并进行检查和修正。

(5) 装配工作图的绘制和总成 (约占总学时的 25%)

① 绘制装配图。

② 标注尺寸、配合及零件序号。

③ 编写零件明细栏、标题栏、技术特性及技术要求等。

(6) 零件工作图的设计和绘制 (约占总学时的 10%)

① 齿轮类零件的各种图。

② 轴类零件的工作图; 具体内容在设计指导教师指定。

(7) 设计计算说明书的编写 (约占总学时的 9%)

(8) 设计总结和答辩 (约占总学时的 2%)

必须指出, 上述设计步骤并不是一成不变的。机械设计课程设计与机械设计一样, 从分析总体方案开始到完成技术设计的整个过程中, 由于在拟定传动方案时, 甚至在完成各种计算设计时有一些矛盾尚未暴露, 而待结构形状和具体尺寸表达在图纸上时, 这些矛盾才会充分暴露出来, 故设计时必须作必要修改, 才能逐步完善, 亦即需要“由主到次、由粗到细”, “边计算、边绘图、边修改”及设计计算与结构设计绘图交替进行, 这种反复修正的工作在设计中往往是经常发生的。

1.4 机械设计课程设计的要求和注意事项

课程设计是学生第一次接受较全面的设计训练, 它对学生今后从事技术工作有极其重要

的影响。在整个设计过程中，必须严肃认真，刻苦钻研，一丝不苟，精益求精；培养严谨的工作作风和独立的工作能力。课程设计是在老师的指导下由学生独立完成的。设计中计算数据应该有理有据，制图应该规范，符合国家标准。遇到问题，学生必须发挥设计的主动性，主动思考问题，寻找解决问题的方法。反对机械抄袭资料，依赖教师的设计作风。

另外，在设计过程中，需处理好如下几个方面的问题，才能在设计思想、方法和技能各方面获得较好的锻炼与提高。

(1) 定好设计进程计划，掌握设计进度

学生应在教师的指导下，按预定计划分阶段进行，保证质量，循序完成设计任务。

(2) 掌握正确的设计方法

影响零部件结构尺寸的因素很多，不可能完全由计算确定，而需要借助类比、初估或画草图等手段，通过边计算、边绘图、边修改，即设计计算与结构设计绘图交叉进行来逐步完成。学生应从第一次设计开始就注意逐步掌握这一正确的设计方法。

(3) 要做好记录和整理

在设计过程中，应记下重要的论据、结果、参考资料的来源以及需要进一步探讨的问题，使设计的各方面都做到有理有据。这对设计正常进行、阶段自我检查和编写计算说明书都是必要的。

(4) 正确使用标准和规范

熟悉标准和熟练使用标准是课程设计的重要任务之一。设计中正确运用标准和规范，有利于零件的互换性和加工的工艺性，降低成本。如设计中采用的电动机、滚动轴承、联轴器、键等，其尺寸参数应按标准规定。另外，设计中尽量减少选用的材料牌号和规格，减少标准件的品种、规格，这样可以降低成本，方便使用和维修。

(5) 正确处理参考已有资料和创新的关系

熟悉和利用已有的资料，既可避免许多重复的工作，加快设计进程，同时也是提高设计质量的重要保证。善于掌握和使用各种资料，如参考和分析已有的结构方案，合理选用已有的经验设计数据，也是设计工作能力的重要方面。但作为设计人员要有创新精神，不能简单抄袭已有的类似产品，必须具体分析吸收新的技术成果，注意新的技术动向，使设计质量和设计能力都获得提高。

第2章 机械传动装置的总体设计

机器通常是由原动机、传动装置、工作机和控制装置等部分组成，而其中传动装置是在原动机与工作机之间传递运动和动力的中间装置，它可以改变速度的大小与运动形式，并传递动力和扭矩。传动装置一般包括传动件（齿轮传动、蜗杆传动、带传动等）和支承元件（轴、轴承和箱体等）。

传动装置的总体设计包括确定传动方案、选择电动机型号、确定总传动比，并合理分配各级传动比、计算各级传动装置的运动和动力参数等，为下一步计算各级传动件提供条件。

2.1 传动方案的拟订

传动方案一般用机构运动简图表示，它能简单明了地反映出各部件的组成和连接关系，以及运动和动力传递路线。如由设计任务书给定传动方案时，学生应对传动方案进行分析，对方案是否合理提出自己的见解；若只给定工作机的性能要求（如带式运输机的有效拉力 F 和输送带的线速度 v 等），学生应根据各种传动的特点确定出最佳的传动方案。

2.1.1 传动方案应满足的要求

合理的方案首先应满足工作机性能要求，例如传动功率、转速、运动方式。此外，还要与工作条件（例如工作环境、工作场地、工作时间等）相一致，同时要求工作可靠、结构简单、尺寸紧凑、传动效率高、成本低和使用维护方便等。根据要求在拟定传动方案时，选定原动机后，可根据工作机的工作条件选择合理的传动方案，主要是合理地确定传动装置，包括合理地确定传动机构类型和布置传动顺序。合理地选择传动类型是拟定传动方案的重要环节。表 2-1 给出了常用传动机构的类型、性能和适用范围。表 2-2 给出了传动系统中常用减速器的形式、特点及应用。

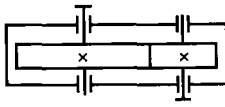
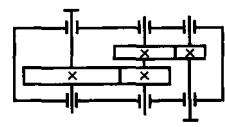
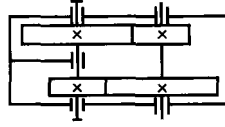
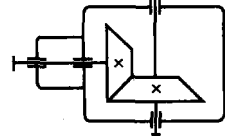
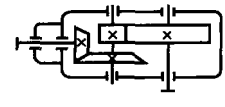
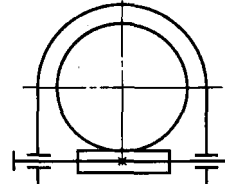
表 2-1 常用传动机构的主要特性及适用范围

机构选用指标		传动方式					
		平带传动	V带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
					圆柱	圆锥(直)	
功率/kW (常用值)		小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	中 (≤ 100)	大 (最大达 5000)		小 (≤ 50)
单级 传动比	常用值	2~4	2~4	2~4	3~5	2~3	7~40
	最大值	6	15	7	10	6	80
传动效率		中	中	中	高		低
许用线速度 (m/s)		≤ 25	$\leq 25 \sim 30$	≤ 40	7级精度		$\leq 15 \sim 25$
					$\leq 10 \sim 17$	≤ 6	
					8级精度		
					$\leq 5 \sim 10$	≤ 3	

续表

机构选用指标	传动方式					
	平带传动	V带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
				圆柱	圆锥(直)	
外廓尺寸	大	大	大	小		小
传动精度	低	低	中	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	长		中
缓冲吸振能力	好	好	中	差		差
要求制造及安装精度	低	低	中	高		高
要求润滑条件	不需要	不需要	中	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

表 2-2 常用减速器的类型、特点及应用

名称	简图	传动比范围	特点及应用
圆柱齿轮减速器		直齿 ≤ 4 斜齿 ≤ 6	齿轮可为直齿、斜齿,箱体常用铸铁铸造。支承多采用滚动轴承,重型减速器采用滑动轴承
		8~30	齿轮相对于轴承不对称,要求轴具有较大的刚度。高速级齿轮常布置在远离扭矩输入端的一边,以减少因弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀现象。高速级常用斜齿,该类型结构简单,应用广泛
		8~30	箱体长度较小,两大齿轮浸油深度可大致相同。但减速器轴向尺寸较大;中间轴较长,刚度差,中间轴承润滑困难;多用于输入输出同轴线的场合
圆柱及圆锥齿轮减速器		直齿 ≤ 3 斜齿 ≤ 5	传动比不宜过大,减小齿轮尺寸,降低成本,用于输入轴与输出轴相交的传动
		8~15	用于输入轴与输出轴相交而传动比较大的传动。圆锥齿轮应在高速级,以减小锥齿轮尺寸并有利于加工,圆柱齿轮与锥齿轮同轴应使轴向载荷相互抵消
单级蜗杆减速器		10~40	传动比大,结构紧凑,但传动效率低,用于中小功率、输入轴与输出轴垂直交错的传动。下置式蜗杆减速器润滑条件较好,应优先选用。当蜗杆减速器圆周速度太高时,搅油损失大,才用上置式蜗杆减速器。此时,蜗轮轮齿浸油、蜗杆轴承润滑较差

2.1.2 传动机构类型及多级传动的布置原则

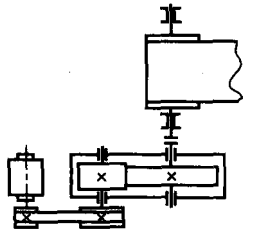
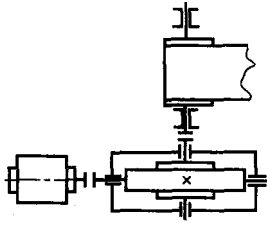
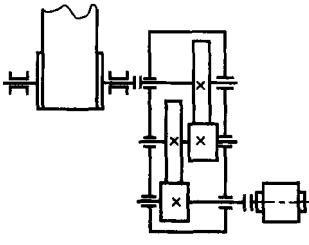
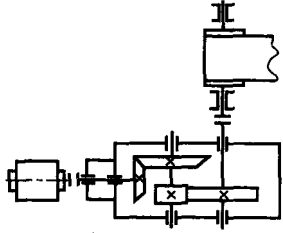
传动机构类型的选择和布置方式,对机器的性能、传动效率和结构尺寸等有直接影响。常用传动机构选择、布置原则如下。

① 带传动靠摩擦力传动,传动平稳,缓冲吸振能力强,但传动比不准确,传递相同转矩时,结构尺寸较大。因此,宜布置在高速级,在载荷多变,冲击振动严重,经常过载情况下,采用带传动还可以起到过载保护的作用,但不适合易燃、易爆的工作环境。

② 链传动靠链轮和链条的啮合传递运动,平均传动比恒定,并能适应较恶劣的环境,但其瞬时传动比不恒定,有冲击,宜布置在低速级。

③ 齿轮传动机构具有承载能力大、结构紧凑、效率高、寿命长和速度适用范围较广等优点。因此在传动装置中应优先采用,由于相同参数下,斜齿轮重合度大,传动平稳,承载能力强,常布置在高速级或要求传动平稳的场合。

表 2-3 带式输送机的传动方案及特点

方案	简图	特点
1		采用一级带传动与一级闭式齿轮传动,带传动具有传动平稳,缓冲吸振等优点,但不适合恶劣的工作环境,且结构不够紧凑
2		采用一级蜗杆传动,尺寸小,结构紧凑,但其效率低,功率损失大,适合空间受限,不需要连续工作的场合
3		该方案结构简单,效率高,制造维护方便,寿命长,但由于电动机、减速器和滚筒在一个方向,导致该方向尺寸较大,但采用了闭式齿轮传动,可得到良好的润滑与密封,能适应在繁重及恶劣的工作环境下长期工作,使用维护方便
4		圆锥-圆柱齿轮减速器结构紧凑,宽度尺寸较小,传动效率高,也适应在恶劣环境下长期工作,但结构复杂,制造成本较高,因锥齿轮比圆柱齿轮成本较高,所以锥齿轮一般放在高速级

④ 圆锥齿轮传动用于传递相交轴间的运动。由于圆锥齿轮特别是大直径、大模数圆锥齿轮加工制造困难，成本较高，所以应布置在高速级，并限制其传动比，以减少其直径和模数。

⑤ 蜗杆传动的传动平稳，传动比大，但效率低，当与齿轮传动同时使用时，宜布置在高速级，此时传递的转矩较小，并且工作齿面间有较高的相对滑动速度，利于形成流体动力润滑油膜，提高效率，减少磨损。

⑥ 闭式齿轮传动一般布置在高速级，以减少闭式传动的外轮廓尺寸；开式齿轮传动，由于其制造精度低、润滑条件差、易磨损、寿命短、尺寸大等特点，宜布置在低速级。

如表 2-3 给出了带式输送机四种传动方案及其特点。这四种方案都能够满足设计要求，但结构尺寸、性能指标、经济性等不同，需要通过分析比较多种传动方案，选择既能保证重点又能兼顾众多方面的合理方案。

2.2 选择电动机

电动机是机械传动中应用极为广泛的原动机，产品已标准化和系列化。根据工作机的工作情况和运动、动力参数，通过计算来确定电动机的功率和转速，进而选择电动机的类型、结构形式和具体型号。

2.2.1 确定电动机的类型、结构

电动机的类型和结构形式一般根据工作条件、工作时间及载荷性质、大小等条件来选择，电动机根据电源种类可分为交流电动机和直流电动机两种。工业上一般采用三相交流电动机，交流电动机又分为同步电动机和异步电动机，Y 系列三相鼠笼式异步电动机由于具有结构简单、价格低廉、维护方便等优点，故应用广泛，适用于无特殊要求的各种机械设备，如机床、鼓风机、运输机以及农业机械和食品机械。

在经常启动、制动和反转、间歇的场合，要求电动机的转动惯量小，能克服短时过载，可选用 YZ（笼型）和 YZR（绕线型）系列三相异步电动机，一般适用于起重和冶金机械。

按安装位置不同，电动机的结构形式可分为卧式和立式两类；按防护方式不同，可分为开启式、防护式、封闭式和防爆式。常用的结构形式为卧式封闭型电动机。同一系列的电动机有不同的防护及安装形式，可按需要选用。各系列电动机的技术数据和外形尺寸参见本书 8.10。

2.2.2 确定电动机的功率

电动机的功率应根据工作要求进行合理选择。如果功率小于工作要求，则不能保证工作机正常工作，或使电动机长期过载、发热而过早损坏；功率过大，则电动机价格高，功率不能充分使用，造成浪费。

电动机的功率主要根据载荷大小，工作时间和发热条件来确定。对于长期连续工作、载荷稳定、常温下工作的机械，只要所选电动机的额定功率 P_e 等于或略大于电动机实际所需的输出功率 P_0 ，即 $P_e \geq P_0$ 就行。通常可不必校验电动机的发热和启动转矩。

(1) 计算电动机实际所需的输出功率 P_0

$$P_0 = \frac{P_w}{\eta_a} \quad (2-1)$$

式中 P_w ——工作机所需输入功率，kW；

η_a ——传动装置总效率。

(2) 计算工作机所需功率 P_w

应根据工作机的工作阻力和运动参数计算求得。课程设计时，可根据设计题目给定的工作机参数 (F_w 、 v_w 、 T_w 、 n_w 、 η_w)，按式 (2-2) 计算

$$P_w = \frac{F_w v_w}{1000 \eta_w} \quad (2-2)$$

或

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

式中 F_w ——工作拉力，N；

v_w ——工作机的线速，m/s；

T_w ——工作机的转矩，N·m；

n_w ——工作机的转速，r/min；

η_w ——工作机的效率，对于带式输送机，一般取 $\eta_w = 0.94 \sim 0.96$ 。

(3) 计算机械传动装置的总效率 η_a

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

式中， η_1 、 η_2 、 η_3 、 \cdots 、 η_n 分别为传动装置中每一级传动副（如带传动、齿轮传动、链传动等）、每对轴承及每个联轴器的效率，其值可参照表 2-4。

表 2-4 机械传动和轴承效率的概略值

传动类型	传动类别	效率 η	单级传动比	
			最大值	常用值
圆柱齿轮传动	7级精度(稀油润滑)	0.98~0.99	10	3~5
	8级精度(稀油润滑)	0.97	10	3~5
	9级精度(稀油润滑)	0.96	10	3~5
	开式齿轮(脂润滑)	0.94~0.96	15	4~6
圆锥齿轮传动	7级精度(稀油润滑)	0.97~0.98	6	2~3
	8级精度(稀油润滑)	0.94~0.97	6	2~3
	开式齿轮(脂润滑)	0.92~0.95	6	≤4
带传动	平带传动	0.94	6	2~4
	V带传动	0.95	7	2~4
链传动	开式	0.90~0.93	7	2~4
	闭式	0.95~0.97	7	2~4
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.40~0.45	开式 100 闭式 80	开式 15~60 闭式 10~40
	单头蜗杆	0.70~0.75		
	双头蜗杆	0.75~0.82		
	四头蜗杆	0.80~0.92		
滚动轴承	球轴承(稀油润滑)	0.99(一对)		
	滚子轴承(稀油润滑)	0.98(一对)		
滑动轴承	润滑不良	0.94(一对)		
	正常润滑	0.97(一对)		
	液体摩擦	0.98(一对)		
联轴器	浮动式(十字沟槽式等)	0.97~0.99		
	齿式联轴器	0.99		
	弹性联轴器	0.99~0.995		
带式输送机	输送机滚筒	0.96		

计算传动装置总效率时应注意以下几点。

① 资料推荐的效率值一般有一个范围，在一般条件下宜取中间值。若工作条件差、加工精度低和维护不良时，应取较低值；反之可取较高值。

② 同类型的几对传动副、轴承或联轴器，要分别计入各自的效率。

③ 蜗杆传动效率与蜗杆头数及材料有关，设计时应初选头数并估计效率。此外蜗杆传动效率中已包括蜗杆轴上一对轴承的效率，因此，在总效率的计算中，蜗杆轴上的轴承效率不再计入。

④ 轴承效率通常指一对而言。

(4) 确定电动机额定功率 P_e 。

根据电动机实际所需的输出功率 P_d ，查表 8-108，确定电动机额定功率 P_e ，取 $P_d \geq P_e$ 并最接近于 P_e 。

2.2.3 确定电动机的转速

额定功率相同的三相异步电动机，其同步转速有 750r/min、1000r/min、1500r/min 和 3000r/min 四种。一般来说电动机转速越低，则磁极数越多，外廓尺寸及重量都较大，价格也越高，但传动装置总传动比小，可使传动装置的结构紧凑。反之，转速愈高，外廓尺寸愈小，价格愈低，而传动装置总传动比要增大，传动零件尺寸加大，从而提高该部分的成本。因此，在确定电动机转速时，应和传动装置综合考虑，选择合适的转速。在一般机械中，用得最多的是 1000r/min 和 1500r/min 的电动机。

选择电动机转速时，可先根据工作机的转速和传动装置中各级传动的常用传动比范围，推算出电动机转速的可选范围，以供参考比较。即

$$n_d = (i_1' i_2' i_3' \cdots i_n') n_w \quad (2-5)$$

式中 n_d ——电动机转速可选范围，r/min；

n_w ——工作机的转速，r/min；

i_1' 、 i_2' 、 i_3' 、 \cdots 、 i_n' ——各级传动机构的合理传动比范围，见表 2-2。

课程设计时从通用性和实用性考虑，优先选用同步转速为 1000r/min、1500r/min 两种。

2.2.4 确定电动机的型号

根据确定的电动机的类型、结构、功率和转速，可由表 8-108 查取 Y 系列电动机型号及外形尺寸，并将电动机型号、额定功率、满载转速、外形尺寸、电动机中心高、轴伸尺寸和键连接尺寸等相关数据记录备用。

课程设计过程中进行传动装置的传动零件设计时所用到的功率，以电动机实际所需输出功率 P_d 作为设计功率。只有在有些通用设备为适应不同工作需要，要求传动装置具有较大通用性和适应性时，才按额定功率 P_e 计算。传动装置的转速均按电动机额定功率下的满载转速 n_m 来计算，该转速和实际工作转速相当。

2.3 传动装置总传动比的计算及分配

2.3.1 总传动比的确定

电动机确定后，根据电动机的满载转速 n_m 及工作机的转速 n_w ，计算出传动装置的总传动比。即

$$i = \frac{n_m}{n_w} \quad (2-6)$$

2.3.2 各级传动比的分配

若传动装置由多级传动组成, 则总传动比应为串联的各分级传动比的连乘积

$$i = i_1 i_2 \cdots i_n \quad (2-7)$$

合理分配传动比在传动装置设计中非常重要。它直接影响到传动装置的外廓尺寸、重量、润滑情况等许多方面。各级传动比分配时应考虑以下几点。

① 各级传动比应在各自推荐的范围内选取, 不要超过所允许的最大值。各类传动的传动比数值范围见表 2-4。

② 应使各传动件零件尺寸协调、结构匀称合理, 避免传动零件之间的相互干涉或安装困难。如图 2-1 所示, 由于带传动的传动比过大, 大带轮半径大于减速器输入轴中心高度, 造成安装困难。因此由带传动和单级齿轮减速器组成的传动装置中, 一般应使带传动的传动比小于齿轮的传动比。如图 2-2 所示, 高速级传动比过大, 造成高速级大齿轮齿顶圆与低速轴相碰。

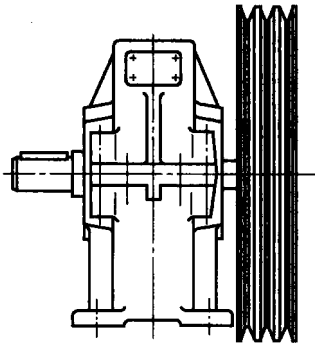


图 2-1 大带轮过大

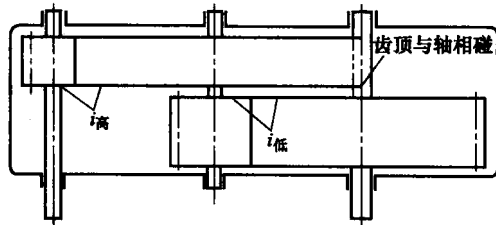


图 2-2 高速级大齿轮与低速轴相碰

③ 应使传动装置的总体尺寸紧凑, 重量最小。图 2-3 所示为二级圆柱齿轮减速器, 在总传动比相同时, 图 (b) 方案所示的结构具有较小的外廓尺寸, 这是由于大齿轮直径较小的缘故。

④ 在二级或多级齿轮减速器中, 尽量使各级大齿轮浸油深度大致相近, 以便于实现统一的浸油润滑。如在二级展开式齿轮减速器中, 常设计为各级大齿轮直径相近, 以便于齿轮浸油润滑。一般推荐 $i_1 = (1.2 \sim 1.5) i_2$, 二级同轴式圆柱齿轮减速器 $i_1 = i_2 \approx \sqrt{i}$, 式中 i_1 、 i_2 分别为高速级和低速级的传动比, i 为减速器总传动比, 总传动比较大时, 选较大值, 反之, 选较小值。如图 2-3 所示, 两方案均能满足传动比的要求, 但图 2-3 (b) 的润滑情况比 (a) 合理。

⑤ 对于圆锥—圆柱齿轮减速器, 为了控制大齿轮尺寸, 便于加工, 一般高速级的锥齿轮传动比 $i_1 = (0.22 \sim 0.28) i$, 且 $i \leq 3$, 式中 i_1 为高速级传动比, i 为减速器总传动比。

应当指出, 以上各级传动比的分配数据仅是初步的, 传动装置的实际传动比与选定的传动件参数 (如齿轮齿数、带轮基准直径、链轮齿数等) 有关, 所以实际传动比与初始分配的传动比会不一致。例如初定齿轮传动的传动比 $i = 3.1$, $z_1 = 25$, 则 $z_2 = iz_1 = 77.5$, 取 $z_2 = 78$, 故实际传动比为 $i = z_2/z_1 = 78/25 = 3.12$ 。对于一般用途的传动装置, 如误差 (即 $\Delta i/i$) 在 $\pm 5\%$ 范围内, 不必修改; 若误差超过 $\pm 5\%$, 则要重新调整各级传动比, 并对有关

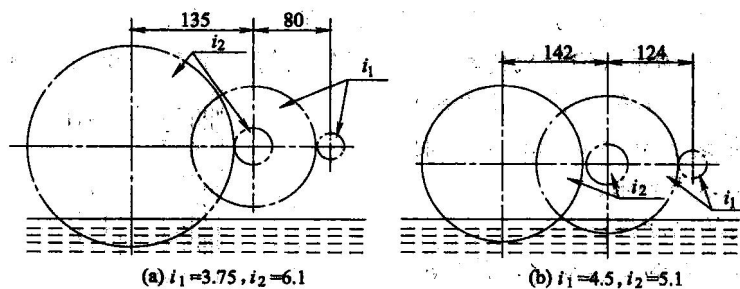


图 2-3 传动比分配不同对结构尺寸的影响

计算进行相应修改。

2.4 传动装置的运动参数和动力参数的计算

为进行传动零件的设计计算，应首先计算传动装置的运动参数和动力参数，即各轴的转速、功率和转矩。由电动机轴至工作机各轴的编号依次定为 0 轴、I 轴、II 轴……，并一般设

$n_I, n_{II}, n_{III} \dots$ ——各轴转速，r/min；

$P_I, P_{II}, P_{III} \dots$ ——各轴的输入功率，kW；

$T_I, T_{II}, T_{III} \dots$ ——各轴的输入转矩，N·m；

$\eta_{01}, \eta_{12}, \eta_{23} \dots$ ——相邻两轴的传动效率；

$i_{01}, i_{12}, i_{23} \dots$ ——相邻两轴的传动比。

2.4.1 各轴转速

$$n_I = \frac{n_m}{i_{01}} \quad (2-8)$$

$$n_{II} = \frac{n_I}{i_{12}} = \frac{n_m}{i_{01} i_{12}} \quad (2-9)$$

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{i_{23}} = \frac{n_m}{i_{01} i_{12} i_{23}} \quad (2-10)$$

其余类推。

2.4.2 各轴输入功率

$$P_I = P_0 \eta_{01} \quad (2-11)$$

$$P_{II} = P_I \eta_{12} = P_0 \eta_{01} \eta_{12} \quad (2-12)$$

$$P_{III} = P_{II} \eta_{23} = P_0 \eta_{01} \eta_{12} \eta_{23} \quad (2-13)$$

其余类推。

2.4.3 各轴输入转矩

$$T_0 = 9550 \frac{P_0}{n_m} \quad (2-14)$$

$$T_I = T_0 i_{01} \eta_{01} \quad (2-15)$$

$$T_{II} = T_I i_{12} \eta_{12} \quad (2-16)$$

$$T_{III} = T_{II} i_{23} \eta_{23} \quad (2-17)$$

其余类推。