



高职高专“十一五”规划教材

机械设计 课程设计指导

..... 刘建华 主编 杜 鑫 副主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械设计课程设计指导

刘建华 主 编

杜 鑫 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据机械设计基础课程教学的基本要求编写,可供这门课在理论学习和课程设
计时使用。

本书包括机械设计课程设计指导(第1~8章)、课程设计常用标准和规范(第9~17
章)、减速器零部件结构及参考图例(第18、19章)三部分,为使学生在有限的课程设计时
间内得到相关基本知识综合运用和基本技能的训练,本书以常用的齿轮、蜗轮减速器为设计
对象,介绍了减速器的一般设计方法和设计步骤,并且汇集了机械设计课程设计所需的基本
内容和资料,以便学生能迅速投入实质性的设计工作。

本书内容简明扼要,资料查阅方便,主要供高等工科院校和高等职业技术学院机械类和
近机类各专业师生使用,也可供机械设计、机械制造和维修等工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计指导/刘建华主编. —北京:化学
工业出版社,2008.8
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03409-0

I. 机… II. 刘… III. 机械设计-课程设计-高等学
校:技术学院-教学参考资料 IV. TH122-41

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第111407号

责任编辑:韩庆利
责任校对:洪雅姝

装帧设计:史利平

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数429千字 2008年10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:27.00元

版权所有 违者必究

前 言

《机械设计课程设计指导》是继《机械设计》或《机械设计基础》课程学习后设置的一个理论联系实际的非常重要的实践性教学环节,是使学生得到相关的基本知识综合运用和基本技能训练的重要环节,是学生迈向工程设计的一个转折点。

为满足学生在课程设计时的需要,编者根据《机械设计(机械设计基础)课程教学基本要求》和《机械设计(机械设计基础)课程设计基本要求》的精神,在参考大量文献和资料的基础上结合多年的教学经验编写了本书。

本书包括机械设计课程设计指导(第1~8章)、课程设计常用标准和规范(第9~17章)、减速器零部件结构及参考图例(第18、19章)三部分,以常用的齿轮、蜗轮减速器为设计对象,介绍了减速器的一般设计方法和设计步骤,并且汇集了机械设计课程设计所需的基本内容和资料,以便学生能迅速投入实质性的设计工作。

本书具有如下特点:

(1) 将机械设计课程设计指导、课程设计常用标准和规范、减速器零部件结构及参考图例三部分汇集于一体,便于学生课程设计时查阅;

(2) 采用最新国家标准,并收录了减速器设计中常用的附件及设计规范;

(3) 内容按设计步骤安排,以圆柱齿轮减速器为主给出了详细的图例,便于学生使用;

(4) 精选了典型减速器的装配工作图和主要零件工作图,以供学生参考。

参加本书编写的有:新乡学院刘建华(第1章、第4章、第5章、第7章、第11章、第18章),杜鑫(第2章、第6章、第8章、第9章);郑州职业技术学院李智华(第10章、第16章),王晓燕(第13章、第14章),张彦(第12章、第17章);昆明冶金高等专科学校李腾忠(第3章、第15章、第19章)。本书由刘建华担任主编,杜鑫担任副主编。

兰州理工大学赵万勇教授精心细致地审阅了本书并提出了许多宝贵的意见和建议,另外在本书编写过程中参考了许多相关教材及著作,并得到新乡麒麟公司的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点在所难免,敬请有关专家和广大读者批评指正。

编者

2008年6月

目 录

第一部分 机械设计课程设计指导

第 1 章 概述	1
1.1 课程设计的目的、内容和要求	1
1.2 课程设计的步骤	2
1.3 课程设计中的注意事项	3
第 2 章 机械传动系统的总体设计	4
2.1 拟定传动系统方案	4
2.2 原动机类型与参数的选择	6
2.3 机械传动系统的总传动比及各级传动比的分配	8
2.4 机械传动系统运动和动力参数的计算	9
2.5 机械传动系统的总体设计示例	10
第 3 章 减速器的类型、构造及润滑	14
3.1 减速器的类型、特点及应用	14
3.2 减速器的结构	16
3.3 减速器的润滑	20
第 4 章 传动零件设计计算	24
4.1 外传动零件设计	24
4.2 内传动零件设计计算	26
第 5 章 减速器装配草图的设计	29
5.1 减速器装配工作图设计概述	29
5.2 初绘减速器装配草图	30
5.3 轴、轴承的校核计算	34
5.4 完成减速器装配草图设计	35
第 6 章 减速器零件工作图设计	46
6.1 零件工作图的基本要求	46
6.2 轴类零件工作图设计	47
6.3 齿轮类零件工作图设计	49
6.4 箱体零件工作图设计	51
6.5 箱体的结构设计	52
6.6 减速器附件设计	55
第 7 章 减速器装配工作图设计	60
7.1 对减速器装配工作图视图的要求	60
7.2 减速器装配图内容	60
第 8 章 设计计算说明书编写、总结及答辩	65
8.1 设计计算说明书	65

8.2	课程设计总结	67
8.3	课程设计答辩	68

第二部分 课程设计常用标准和规范

第9章	常用数据和一般标准	71
9.1	常用数据	71
9.2	一般标准	76
第10章	机械工程材料	87
10.1	黑色金属材料	87
10.2	有色金属材料	95
10.3	型钢与型材	99
第11章	电动机	107
11.1	Y系列三相异步电动机	107
11.2	YZR、YZ系列冶金及起重用三相异步电动机	111
第12章	联结件和紧固件	115
12.1	螺纹	115
12.2	螺栓	117
12.3	螺柱	120
12.4	螺钉	121
12.5	螺母	125
12.6	垫圈	127
12.7	螺纹零件的结构要素	129
12.8	挡圈	133
12.9	键连接	136
12.10	销连接	140
第13章	联轴器	143
13.1	联轴器轴孔和键槽	143
13.2	常用联轴器	145
第14章	滚动轴承	150
14.1	常用滚动轴承	150
14.2	滚动轴承的配合和游隙	159
第15章	公差配合、形位公差、表面粗糙度	164
15.1	公差配合	164
15.2	形状和位置公差	171
15.3	表面粗糙度	180
第16章	齿轮、蜗杆传动精度及公差	183
16.1	渐开线圆柱齿轮精度	183
16.2	圆锥齿轮精度	198
16.3	圆柱蜗杆、蜗轮精度	206
第17章	润滑与密封	215
17.1	润滑剂	215
17.2	润滑装置	216

17.3 密封件.....	219
---------------	-----

第三部分 减速器零部件结构及参考图例

第 18 章 参考图例	223
18.1 减速器装配图参考图例.....	223
18.2 减速器零件图参考图例.....	223
第 19 章 设计题目	244
题目 1 设计两级（展开式）圆柱齿轮减速器	244
题目 2 设计两级（同轴式）圆柱齿轮减速器	244
题目 3 设计齿轮-蜗杆减速器	245
题目 4 设计圆锥-圆柱齿轮减速器	246
题目 5 设计蜗杆-齿轮减速器	246
题目 6 传输机传动机构设计	247
题目 7 混凝土搅拌机的传动机构设计	248
参考文献	249

第一部分 机械设计课程设计指导

第 1 章 概 述

1.1 课程设计的目的、内容和要求

1.1.1 课程设计的目的

机械设计是高等工科院校机械类和近机类专业学生的主干课程，而机械设计课程设计是机械设计课程教学的一个十分重要的环节，是一次较全面的设计能力和综合技能的训练，其基本目的是：

① 通过课程设计进一步加深所学的课本知识，掌握机械设计和其他先修课程的综合应用，培养独立分析问题和解决问题的能力，树立正确的设计思想，增强创新意识和竞争意识；

② 学会从设计目的出发，制定设计方案，合理选择传动机构和零件的类型，能正确计算零件的尺寸和进行结构设计，以及较全面的考虑制造工艺、使用、维护、安全性、经济性的要求，达到了解和掌握机械零件、机械装置或简单机械的一般设计过程和方法；

③ 通过课程设计，全面进行机械设计基本技能的训练，培养设计计算、绘图能力，熟练运用设计资料（如：手册、标准与规范、图册等）以及使用经验数据进行经验估算等多方面的能力。

1.1.2 课程设计的内容

机械设计课程设计一般选择通用机械的传动装置或简单机械作为设计题目，较常用的是以减速器为主体的机械传动装置，主要设计内容和环节如下：

- ① 传动方案的拟定与分析；
- ② 电动机的选择；
- ③ 传动装置动力和运动参数的计算；
- ④ 传动零件和轴的设计与校核；
- ⑤ 轴承、连接件及联轴器的选择、校核；
- ⑥ 润滑与密封装置的设计；
- ⑦ 箱体零件及附件的设计
- ⑧ 绘制零件图、装配图；
- ⑨ 编写设计计算书；
- ⑩ 设计答辩。

机械设计课程设计一般要求每个学生独立完成如下工作：

- ① 装配工作图一张（A0、A1 幅面）；
- ② 零件工作图 1~3 张（幅面视内容而定，一般为 A2、A3 幅面，具体由教师指定）；
- ③ 设计计算书一份（一般要求 5000~7000 字）。

1.1.3 课程设计的要求

机械设计课程设计是学生在校学习期间一次比较完整的机械设计实践活动,是培养学生初步设计能力的重要实践教学环节,所以,要求学生在课程设计中必须做到以下几个方面。

① 在老师的指导下,独立完成全部的课程设计任务;开始时每个学生都应明白设计任务和要求,并拟定设计计划,在设计过程中注意时间分配,合理安排进度,按时完成设计任务。

② 端正思想、树立严谨的学风。在设计过程中,提倡独立思考和深入钻研,进行主动、创造性的设计,要正确处理创造与继承的关系,反对走极端,要求学生设计态度严肃认真,反对敷衍了事、容忍错误的存在。

③ 注意培养良好的设计习惯,随时翻阅教材、手册等参考资料,并和同学、老师进行必要的交流沟通,学会从设计目的、要求出发,把本课程和先修课程贯穿起来系统地用于工程设计,学会设计思路、设计方法、设计过程等。

④ 课程设计过程中,学生要在深入分析设计题目的基础上,注意收集类似的设计资料,通过比较分析并发挥自己的主动性,提出几种可行的设计方案,最后优选出1~2种进行进一步设计。

⑤ 正确使用课程设计的参考资料和标准规范,认真计算和绘图,要保证计算结果正确可信,图样符合国家标准的要求。

机械设计的目的是满足使用要求和经济性要求,往往需要多次反复才能得到满意的结果,由于影响零件结构尺寸的因素较多,不可能完全由计算确定而常常需要借助于类比或画图等方法来确定,因此课程设计一般要通过边计算、边画图、边修改,即画图和计算交叉进行,直到达到满足设计要求为止。

1.2 课程设计的步骤

课程设计的具体步骤如下。

① 设计准备。认真阅读设计任务书,明确设计要求、工作条件、设计内容;参阅有关资料或参观实物、模型了解设计对象;准备设计工具,收集设计相关资料,包括供查阅的参考图书、标准、规范等;拟定设计计划等。

② 总体方案设计。根据设计要求,在对比分析的前提下确定总体方案,按照总体方案拟定驱动系统、传动系统、执行系统等的具体方案,按照满足执行系统要求的前提下设计传动系统和驱动系统。

③ 传动系统的总体设计。确定传动系统的传动方案;计算驱动系统的功率、转速,选择驱动机的类型、型号规格;确定总传动比和各级传动比;计算各轴的转速、功率、转矩等。

④ 传动零件的设计。计算各级传动零件的参数和主要尺寸,如:减速器外传动零件(带、链等)和减速器内传动零件(齿轮、蜗杆等)。

⑤ 装配草图设计。绘制装配草图,确定各个传动零件的装配关系,初步设计轴(包括强度计算和结构设计);确定轴的支承设计方式;初定润滑方法和选定密封装置。

⑥ 零件工作图设计。在装配草图确定的装配关系前提下,设计计算各个传动零件,并完成零件工作图的绘制。

⑦ 装配图设计。按照先前所确定的装配关系将各个零件装配起来,并完成装配图的其他内容,如尺寸标注、配合、技术要求、零件明细表和标题栏等。

⑧ 整理编写设计计算书。

⑨ 总结和答辩。

为帮助学生掌握好设计进度,表1-1给出了各阶段所占总工作量的大致份额。教师可根据学生能否按时完成各阶段的工作量来考核其设计能力,并作为成绩评定的依据之一。

表 1-1 设计进度表

序 号	设 计 阶 段	占总设计工作量的份额/%
1	设计准备	5
2	总体方案设计	
3	传动系统的总体设计	5
4	传动零件设计	10
5	装配草图设计	30
6	零件工作图设计	20
7	装配图设计	10
8	整理编写设计计算书	15
9	总结和答辩	5

1.3 课程设计中的注意事项

在课程设计过程中,需注意如下问题。

(1) 设计中对标准使用的要求 标准、规范是前人经验的理论总结,是降低成本的首要原则,也是评价设计质量的一项指标,同时熟练掌握标准和规范的使用也是课程设计的任务之一,在课程设计中仅需要对非标准件进行设计,对标准件只需要按着设计要求选用,如滚动轴承、螺栓、V带等,因为标准件多为专业厂家生产,往往质优价廉。

在标准件选用时,要尽可能减少其规格和材料牌号,减少标准件的品种规格,尽可能选用市场上能充分供应的通用规格,以达到便于使用维护、降低成本的目的。

(2) 零件结构工艺性的要求 机械零件的制造成本往往决定整体机械的成本,所以在零件设计时必须考虑零件的结构工艺性,良好的工艺性既能满足使用要求,又能使制造工艺简单、制造成本低。

零件设计中常需考虑的工艺性如下。

① 零件的形状尽量简单,且便于装卡,尽量减少加工表面的数量和面积。

② 合理选择毛坯的种类和形状。大批量生产的零件优先考虑采用铸造、锻造或冲压的毛坯;对单件或小批量生产的零件尽量避免使用模型、模具,且最好能利用通用设备加工;同时,尽可能选用型材。

③ 零件结构设计时要考虑拆装工艺的要求,以便于装配、维修。

(3) 理论计算与结构设计 机械零件的尺寸不可能完全由理论计算确定,还应考虑零件结构、加工和装配的工艺性、零件的经济性、使用性等要求,理论计算结果只能作为零件尺寸确定的主要依据之一,在计算中所采用的经验公式(如箱体壁厚、齿轮轮毂尺寸等)仅仅是考虑主要因素下给出的近似值,因此在设计时零件的计算尺寸应视具体情况作适当地调整,调整时应全面考虑强度、刚度、工艺性的要求。

(4) 正确处理继承与创新的关系 前人的经验是提高设计质量的重要保证,优先采用标准化、系列化设计,力求做到技术先进、安全可靠、使用维护方便、经济合理;但不应该盲目机械地抄袭,应根据具体设计要求大胆创新。

第 2 章 机械传动系统的总体设计

传动装置的总体设计包括确定传动方案、选择电动机、合理分配传动比及计算传动装置的运动和动力参数等，为传动件的下一步设计和计算做准备。

2.1 拟定传动系统方案

2.1.1 传动系统方案应满足的要求

机器通常是由原动机、传动装置和工作机三部分组成。传动装置是在原动机与工作机中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，以及将动力和转矩传递、分配。传动装置一般由传动件（带传动、链传动、齿轮传动等）和支承件（轴、轴承、箱体等）组成。传动装置是否合理，对整部机器的性能、成本、质量等具有很大的影响。因此，合理地设计传动装置是拟定传动方案的重要环节。

传动方案一般用机构运动简图表示。它能简单明了地反映各部件的组成和连接关系，以及运动和动力传递路线。在设计中，学生根据设计任务，拟定传动方案，分析所定方案的优缺点。

合理的方案首先应满足工作机的性能要求（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。要满足所有的要求往往是比较困难的。因此，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。如图 2-1 所示，带式输送机四种传动方案。方案（a）采用二级减速器，该方案结构尺寸小，传动效率高，适合在交叉的工作环境下长期工作；方案（b）采用一级带传动与一级闭式齿轮传动，该方案宽度尺寸较大，有减振和过载保护的作用，但带传动不适合繁重的工作要求和恶劣的工作环境；方案（c）采用一级闭式齿轮和一级开式齿轮，该方案成本较低，寿命短，不适用于较差的工作环境；方案（d）采用一级蜗杆传动，结构紧凑，但其效率低，功率损失

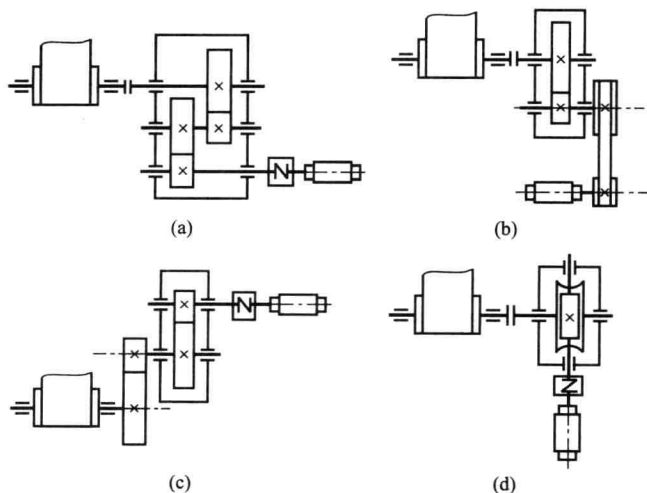


图 2-1 带式输送机传动方案简图

大，长期工作时经济性差。这四种方案能够满足设计要求，但结构尺寸、性能指标，经济性等不同，要根据具体设计要求进行合理选择。

2.1.2 拟定传动系统方案时的一般原则

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。下面给出传动机构选型和多级传动布置原则。

1. 传动机构类型的选择

合理地选择传动类型是拟定传动方案时的重要环节。常用传动机构的类型、性能和适用范围可参考机械设计教材。常见机械传动的主要性能见表 2-1。

表 2-1 常用机械传动的主要性能

传动机构 选用指标		平带传动	V 带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动	圆柱摩擦轮传动
功率/kW (常用值)		小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	中 (≤ 100)	大 (最大达 50000)		小 (≤ 50)	小 (≤ 20)
单级	常用值	2~4	2~4	2~5	圆柱 2~5	圆锥 2~3	10~40	2~4
传动比	最大值	5	7	6	8	5	80	5
传动效率		中	中	中	高		低	较低
许用的线速度/(m/s) (一般精度等级)		≤ 25	$\leq 25\sim 30$	≤ 40	$\leq 15\sim 30^{\text{①}}$	$\leq 5\sim 15^{\text{①}}$	$\leq 15\sim 35$	$\leq 15\sim 25$
外廓尺寸		大	大	大	小		小	大
传动精度		低	低	中等	高		高	低
工作平稳性		好	好	较差	一般		好	好
自锁能力		无	无	无	无		可有	无
过载保护作用		有	有	无	无		无	有
使用寿命		短	短	中等	长		中等	短
缓冲吸振能力		好	好	中等	差		差	好
要求制造及安装精度		低	低	中等	高		高	中等
要求润滑条件		不需	不需	中等	高		高	一般不需
环境适应性		不能接触酸、碱、 油类、爆炸性气体		好	一般		一般	一般

① 上限为斜（曲）齿轮的圆周速度，下限为直齿轮的圆周速度。

在选择传动机构类型时依据的一般原则如下。

① 齿轮传动机构结构紧凑，传动平稳，效率高，寿命长，承载能力强，功率和速度适用范围较广。因此在传动装置中应优先采用。

② 小功率传动，宜选用结构简单、价格便宜、易于制造的机构形式，如：链传动、带传动。大功率传动，应优先选用传动效率高的机构，以降低能耗，如齿轮传动；不宜采用蜗杆传动等。

③ 使用中可能出现过载的工作机，应选用具有过载保护作用的传动机构，如带传动，但在易燃、易爆的工作环境，不宜采用带传动。

④ 传动比要求比较高，结构要求紧凑的装置，宜采用齿轮、蜗杆等机构，不宜采用带传动和链传动。

⑤ 载荷多变、换向频繁、冲击振动严重、易超载运行的工作机，宜采用有缓冲吸振能力的传动装置，如带传动、摩擦离合器、弹性联轴器等。

⑥ 工作温度较高、潮湿、多粉尘、易燃、易爆等恶劣环境，宜采用链传动、闭式齿轮和蜗杆传动，而不易采用带传动等。

2. 多级传动装置布置原则

同类传动机构不同布置方式，对机器的性能、传动效率和结构尺寸等有直接影响。因此，应根据各类传动机构的特点进行合理布置。常用传动机构的布置原则如下：

① 带传动的承载能力较低，在传递相同的转矩时比其他传动结构尺寸大，但传动平稳，缓冲吸振能力强，因此，宜布置在高速级；

② 链传动运转不均匀，有冲击，宜布置在低速级；

③ 闭式齿轮、蜗杆传动一般布置在高速级，以减少闭式传动的外轮廓尺寸；

④ 开式齿轮传动，由于制造精度低、润滑条件差、易磨损、寿命短、尺寸大等特点，宜布置在低速级；

⑤ 蜗杆传动的传动比大，传动平稳，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，减少磨损；

⑥ 当传动装置中有圆柱齿轮和圆锥齿轮时，由于圆锥齿轮有愈大愈难加工的特点，故圆锥齿轮宜布置在高速级，降低制造成本；

⑦ 斜齿轮重合度大，传动平稳，承载能力强，常布置在高速级。

课程设计中，若设计任务书已给定工作机的性能要求，则学生应根据传动机构选型和多级传动布置原则，进行分析设计。

2.2 原动机类型与参数的选择

2.2.1 原动机类型与选择原则

常用原动机根据工作原理的不同，可分为电动机、内燃机、蒸汽机、水轮机、汽轮机、液动机等类型。在选择原动机的类型时，主要从以下三个方面进行考虑：

① 执行构件的载荷特性、运动特性、机械结构、环保要求、工作环境等；

② 原动机的机械特性、适应的工作环境、输出参数的可控性、能源价格等；

③ 机械的经济性、效率、质量、尺寸等。

由于电力供应的普遍性，且电动机具有结构简单、价格便宜、效率高、控制和使用方便等优点。目前，大部分固定机械优先选用电动机作为原动机。

2.2.2 电动机的种类和结构形式

电动机是一种标准系列的产品，使用时应按照工作要求，根据传动方案选择电动机的类型、功率和转速，确定电动机的具体型号。此外，电动机类型的选择还要考虑电源的类型（直流或交流）、工作条件（环境、温度、空间位置等）、载荷性质、大小、启动特性和过载情况等因素。

电动机的类型有直流电动机、交流电动机、步进电动机和伺服电动机等。直流电动机和伺服电动机造价高，多用于一些有特殊要求的场合；步进电动机常用于数控设备。

电动机的类型一般根据电源种类，使用场合，工作条件（温度、环境以及空间位置尺寸等），载荷特点（变化性质、大小以及过载情况），启动性能和启动、制动、反转的频繁程度，转速高低和调速性能等要求来确定。

无特殊要求时应选择三相交流电动机。由于异步交流电动机的结构简单，成本低廉，工作

稳定可靠,容易维护,故是机械设备中最广泛采用的原动机。其中Y系列为全封闭自扇冷式笼型电动机,具有高效、节能、振动小、噪声低和运行可靠等特点,多用于非易燃易爆、非腐蚀性工作环境,无特殊要求的机械设备,例如,机床、农用机械、运输机等,也可以适用于某些启动转矩较高的机械,如压缩机等;YZ系列和YZR系列分别为笼型转子和绕线转子三相异步电动机,具有转动惯量小、过载能力强、抗冲击能力强的特点,多用于经常启动、制动和换向的机械设备,如冶金和起重机械。有特殊要求的电动机,应按特殊要求设计,如矿井设备对防爆要求严格,可选用防爆电动机。

为适应不同的输出轴要求和安装需要,电动机机体有多种安装结构形式;根据不同的防护要求电动机结构还有开启式、防护式、封闭式和防爆式等。

Y系列、YZ系列和YZR系列电动机的技术参数、结构和安装尺寸,可参考第11章。

2.2.3 电动机功率的确定

电动机功率选择的是否合理,对电动机的工作和经济性都有影响。功率小于工作要求,不能保证工作机的正常工作或使电动机长期超载而过早损坏;功率过大,则电动机的价格高,能力不能充分利用,由于经常不能满载运行,效率较低,反而增加电能消耗,造成浪费。电动机的功率可按照下述步骤确定。

电动机功率选择要考虑电动机的发热条件、过载能力和启动能力三方面因素。一般情况下,电动机功率主要是由发热条件所决定。对于载荷不变和变化不大的长期连续运转的机械,只要电动机的额定功率稍大于所需的工作功率,电动机就不会过热,就不需要进行发热计算和启动转矩。电动机的设计步骤如下。

1. 工作机所需功率 P_w

工作机所需功率 P_w ,应由机器工作阻力和运动参数(线速度或转速、角速度)计算求出。课程设计时,通常按照设计任务书给定的工作机参数(F 、 v 或 T 、 n_w)进行计算

$$P_w = \frac{Fv}{1000} \quad (2-1)$$

$$\text{或} \quad P_w = \frac{Tn_w}{9550} \quad (2-2)$$

式中 P_w ——工作机所需的功率, kW;

F ——工作机的工作阻力,设计中为卷筒的牵引力, N;

v ——工作机的线速度,设计中为输送带速度, m/s;

T ——工作机的转矩, N·mm;

n_w ——工作机的转速, r/min。

若工作机为卷筒,输送带速度 v 可以根据卷筒直径 D (mm) 和卷筒转速 n_w (r/min), 则有

$$v = \frac{\pi D n_w}{60 \times 1000} \quad \text{m/s} \quad (2-3)$$

2. 电动机的输出功率 P_d

由于电动机的功率损耗,电动机的输出功率

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \quad (2-4)$$

式中 η ——传动装置的总效率,即

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \cdots \eta_n \quad (2-5)$$

其中 η_1 、 η_2 、 $\cdots$ 、 η_n 分别为传动装置中每个传动副(齿轮、蜗杆、链和带)、每对轴承、联轴器、卷筒的效率。其数值可参考第9章表9-6。计算总效率时,各机械传动效率概率值,一般取中间值,对工作条件差、加工不良、润滑维护不良的应取小值,反之取大值。

3. 确定电动机额定功率 P

电动机类型选定后, 型号可根据输出功率和同步转速确定, 确定条件时, 应满足下列条件

$$P \geq K P_d \quad \text{kW} \quad (2-6)$$

式中 P ——电动机的额定功率;

K ——载荷系数, 视工作机类型而定。

2.2.4 电动机转速的确定

功率相同的同一类型三相异步电动机, 有几种不同类的同步转速 (即磁场转速), 常用的电动机一般有 3000r/min、1500r/min、1000r/min、750r/min 四种同步转速。通常电动机同步转速越高, 磁极对数越少, 外廓尺寸越大, 价格越高。而同步转速高的电动机, 磁极数少, 外廓尺寸小, 价格低。因此, 选择电动机转速时, 可根据电动机和传动装置的总费用、结构尺寸和机械效率等方面考虑。当电动机选取转速过高时, 势必使总传动比过大, 传动装置结构复杂, 外廓尺寸增大, 效率降低, 成本增高。因此, 电动机转速的选择, 应根据分析比较, 择优选用。课程设计中, 一般建议电动机的同步转速为 1500r/min 或 1000r/min。

电动机转速范围可按照工作机的转速及各级传动副的合理传动比范围推算出, 以供参考比较。而电动机设计的具体参数, 可以根据第 11 章进行选择。

2.3 机械传动系统的总传动比及各级传动比的分配

2.3.1 总传动比的计算

电动机选定后, 传动装置的总传动比可以根据电动机满载时的转速 n_m 和工作机的转速 n_w 进行计算。又因为传动装置是由多级传动串联而成的, 所以总传动比表示成各级传动比乘积的形式, 即

$$i = \frac{n_m}{n_w} = i_1 i_2 \cdots i_n \quad (2-7)$$

2.3.2 各级传动比的合理分配

在设计传动装置时, 需将总传动比合理地分配到各级传动机构。分配传动比时通常考虑以下几个方面。

① 各级传动机构的传动比应在推荐值的范围内选取 (见表 2-1), 不应超过最大值。

② 各级传动间应做到尺寸协调、结构匀称。V 带和齿轮机构组成传动系统中, 一般应使 V 带的传动比要小于齿轮的, 避免大带轮的尺寸过大, 甚至超过减速器的中心高, 造成尺寸不协调, 并给机座设计和安装带来困难, 如图 2-2 所示。

③ 应使各级传动件的尺寸协调, 结构匀称合理, 避免干涉碰撞。如图 2-3 所示, 当高速级传动比过大, 就可能高速级大齿轮与低速级的轴发生干涉。

④ 齿轮减速器中, 应使各级大齿轮直径相接近, 以使大齿轮有相近的浸油深度, 便于齿轮浸油润滑。

⑤ 应使传动装置外廓尺寸紧凑, 质量轻。如图 2-4 所示二级圆柱齿轮减速器, 在相同的中心距和总传动比情况下, 方案 (b) 具有较小的结构尺寸。

设计二级以上的减速器时, 合理分配各级传动比是很重要的。考虑到上述问题, 为此对各类减速器给出一些传动比分配的参考数据。

① 二级圆柱齿轮减速器, 考虑到浸油深度, 高速级传动比 i_1 和低速机传动比 i_2 应按以下方法分配:

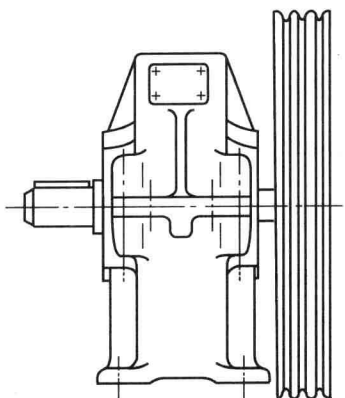


图 2-2 大带轮直径过大

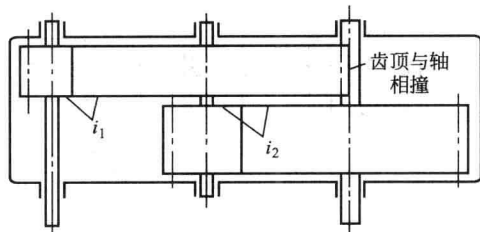


图 2-3 大齿轮齿顶与轴相撞

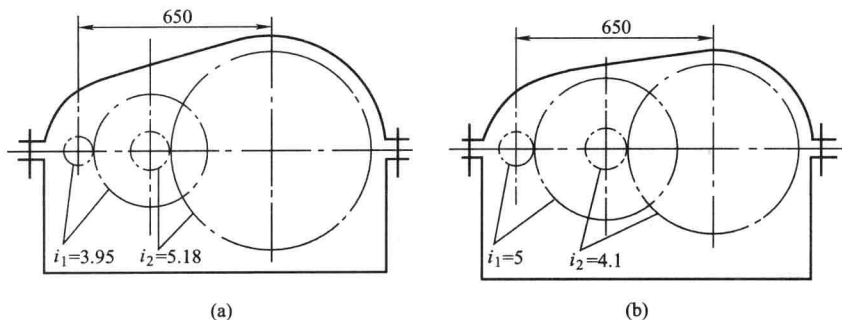


图 2-4 传动比分配对结构尺寸的影响

展开式和分流减速器

$$i_1 = (1.1 \sim 1.5) i_2$$

同轴减速器

$$i_1 \approx i_2 = \sqrt{i}$$

② 圆锥-圆柱齿轮减速器，要尽量避免圆锥齿轮尺寸过大，可取高速级圆锥齿轮传动的传动比 $i_1 \approx 0.25i$ ， i 为总传动比，一般限制 $i_1 \leq 3$ 。当要求两级传动的大齿轮浸油深度大致相等，允许 $i_1 = 3.5 \sim 4$ 。

③ 蜗杆-齿轮减速器，常取低速级圆柱齿轮传动的传动比 $i_2 = (0.03 \sim 0.06)i$ ， i 为总减速器的总传动比。

④ 齿轮-蜗杆减速器，齿轮传动在高速级，分配传动比时，为了使结构紧凑和便于润滑，常取齿轮传动的传动比 $i_1 \leq 2 \sim 2.5$ 。

传动比分配时要考虑各方面要求和限制条件，可以有不同分配方法，常需拟定多种分配方案进行。

以上分配各级传动比只是初始值，待相关传动零件参数确定后，再验算实际传动比是否符合设计要求。如果设计要求中没有对工作机转速的误差范围有特殊要求，则一般传动系统的传动比允许有 $\pm 3\% \sim 5\%$ 的误差。

2.4 机械传动系统运动和动力参数的计算

在进行传动零件的设计计算时，应先计算从电动机到工作机间各轴的输入功率、转矩和功率。为了便于计算，将电动机到工作机之间的轴，由高速到低速依次定为 I 轴、II 轴、III 轴，如图 2-5 所示，则各轴转速、功率和转矩的计算公式如下。

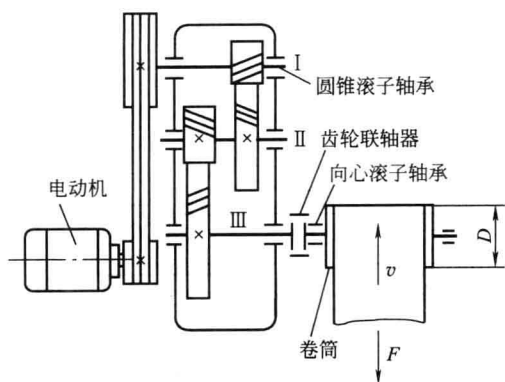


图 2-5 带式输送机减速传动系统

(1) 各轴转速

$$n_I = \frac{n_m}{i_0}$$

$$n_{II} = \frac{n_I}{i_1} = \frac{n_m}{i_0 i_1}$$

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{i_2} = \frac{n_m}{i_0 i_1 i_2}$$

式中 n_m ——电动机的满载转速, r/min;
 n_I 、 n_{II} 、 n_{III} ——I轴、II轴、III轴的转速, r/min;
 i_0 、 i_1 、 i_2 ——依次为电动机与I轴、I轴与II轴、II轴与III轴之间的传动比。

(2) 各轴功率

$$P_I = P_d \eta_{01}$$

$$P_{II} = P_I \eta_{12} = P_d \eta_{01} \eta_{12}$$

$$P_{III} = P_{II} \eta_{23} = P_d \eta_{01} \eta_{12} \eta_{23}$$

式中 P_d ——电动机输出功率, kW;

P_I 、 P_{II} 、 P_{III} ——I轴、II轴、III轴的输入功率, kW;

η_{01} 、 η_{12} 、 η_{23} ——电动机轴与I轴, I、II轴, II、III轴之间的传动效率。

(3) 各轴转矩

$$T_I = 9550 \frac{P_I}{n_I} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

$$T_{II} = 9550 \frac{P_{II}}{n_{II}} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

$$T_{III} = 9550 \frac{P_{III}}{n_{III}} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

将运动和动力参数的计算结果整理后, 填入表备查 (参考例 2-1)。

2.5 机械传动系统的总体设计示例

【例 2-1】 如图 2-5 所示为带式输送机传动装置的运动简图。已知卷筒直径 $D=550\text{mm}$, 运输带的有效拉力 $F=4800\text{N}$, 输送带速度 $v=1.2\text{m/s}$, 在室内常温下长期连续工作, 环境有少量灰尘, 电源电压 380V, 要求对该带式输送机减速传动系统进行总体设计。

解: 1. 电动机的选择

(1) 选择电动机的类型和结构形式 根据减速装置工作条件和工作要求, 选用三相笼型异步电动机, Y 型。采用封闭结构。

(2) 选择电动机的功率

工作机的输出功率

$$P_w = \frac{Fv}{1000} = \frac{4800 \times 1.2}{1000} = 5.76\text{kW}$$

电动机的工作功率