

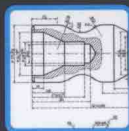


普通高等教育“十二五”机电类规划教材

精品推荐



MACHINERY



机械设计课程设计

刘建华 任义磊 主编
丛晓霞 黄俊杰 副主编

- 精品课程配套教材
- 采用最新国家标准
- 配套习题、答案、课件等丰富资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

机械设计课程设计

刘建华 任义磊 主 编
丛晓霞 黄俊杰 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据“机械设计”和“机械设计基础”课程教学的基本要求编写而成，可供该课程理论学习和课程设计使用。

本书包括三部分，第一部分为机械设计课程设计基础知识（第1章至第9章），第二部分为机械设计课程设计常用标准和规范（第10章至第18章），第三部分为减速器参考图例（第19章、第20章）。为使学生在有限的课程设计时间内得到相关基本知识的综合运用与技能训练，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，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，采用最新国家标准和规范，便于资料查阅，可供高等工科院校和高职高专院校的机械类和近机械类专业师生使用，也可供机械设计、机械制造和维修等相关工程技术人员学习和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计课程设计 / 刘建华，任义磊主编. —北京：电子工业出版社，2011.5

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-121-13490-6

I. ①机… II. ①刘… ②任… 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（2011）第084540号

责任编辑：朱清江 特约编辑：史涛

印刷：北京丰源印刷厂

装订：三河市鹏成印业有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本：787×980 1/16 印张：20 字数：550千字 黑插：2

印次：2011年5月第1次印刷

定价：36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

“机械设计课程设计”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，是使学生的基本知识得到综合运用，并得到基本技能训练的重要环节，也是学生迈向工程设计的出发点和转折点。为满足学生在课程设计时的需要，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，结合我们多年的教学经验编写了本书。

本书包括机械设计课程设计基础知识（第1章至第9章）、机械设计课程设计标准和规范（第10章至第18章）、减速器参考图例（第19章、第20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，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、机械设计课程设计标准和规范、机械设计课程设计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5章、第7章、第11章、第20章）、杜鑫（第3章、第4章、第8章、第14章）、肖淼鑫（第10章、第15章），南阳理工学院任义磊（第2章、第6章、第13章），河南科技学院丛晓霞（第17章、第18章、第19章），河南理工大学黄俊杰（第9章、第12章、第16章）。本书由新乡学院刘建华和南阳理工学院任义磊任主编，河南科技学院丛晓霞和河南理工大学黄俊杰任副主编。

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。

由于编者水平所限，疏漏和不妥之处在所难免，恳请专家学者、广大师生和读者批评指正，并将意见及时反馈给我们，以便修订和改进，使教材日臻完善。

编 者

目 录

第一部分 机械设计课程设计基础知识

第 1 章 概述	(1)
1.1 课程设计的目的、内容和任务	(1)
1.2 课程设计的一般步骤	(2)
1.3 课程设计中应正确对待的几个问题	(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)
2.2.1 选择电动机的类型和结构形式	(7)
2.2.2 选择电动机的容量	(7)
2.2.3 确定电动机的转速	(8)
2.3 机械传动系统的总传动比及各级传动比的分配	(8)
2.3.1 传动比分配的一般原则	(8)
2.3.2 传动比分配的参考数据	(9)
2.4 机械传动系统运动和动力参数的计算	(10)
2.5 机械传动系统的总体设计示例	(11)
第 3 章 减速器的构造、润滑及密封	(15)
3.1 减速器的类型、特点及应用	(15)
3.2 减速器的结构	(17)
减速器的箱体结构	(17)
3.3 减速器的润滑	(20)
3.3.1 齿轮和蜗杆传动的润滑	(20)
3.3.2 滚动轴承的润滑	(23)
3.4 减速器的密封	(25)
3.4.1 轴端的密封	(25)
3.4.2 轴承室内侧的密封	(26)
3.4.3 其他处的密封	(27)
3.5 减速器的附件	(27)
第 4 章 传动零件设计计算	(29)
4.1 外传动零件设计	(29)
4.2 内传动零件设计计算	(31)
第 5 章 减速器装配草图的设计	(38)
5.1 减速器装配工作图设计概述	(38)
5.2 初绘减速器装配草图	(39)
5.3 轴、轴承的校核计算	(44)
5.4 完成减速器装配草图设计	(45)

第 6 章 减速器零件工作图设计	(59)
6.1 零件工作图的基本要求	(59)
6.2 轴零件工作图设计	(60)
6.3 齿轮类零件工作图设计	(61)
6.4 箱体零件工作图设计	(63)
6.5 减速器附件设计	(68)
第 7 章 减速器装配工作图设计	(73)
7.1 对减速器装配工作图视图的要求	(73)
7.2 减速器装配图内容	(73)
第 8 章 设计计算说明书编写及答辩	(78)
8.1 设计计算说明书的要求	(78)
8.2 设计计算说明书的内容	(78)
8.3 设计计算说明书的书写格式	(79)
8.4 课程设计答辩	(81)
8.4.1 课程设计总结	(81)
8.4.2 课程设计答辩目的、准备工作与问题题目	(82)
第 9 章 设计题目	(86)
9.1 设计带式输送机的动力和传动装置部分	(86)
9.2 设计螺旋输送机的动力和传动装置部分	(88)
9.3 设计卷扬机的动力和传动装置部分	(90)
9.4 设计 NGW 行星齿轮减速器	(91)
第二部分 机械设计课程设计常用标准和规范	
第 10 章 常用数据和一般标准	(93)
10.1 常用数据	(93)
10.1.1 常用材料的密度 (表 10-1)	(93)
10.1.2 常用材料的弹性模量及泊松比 (表 10-2)	(94)
10.1.3 金属材料熔点、热导率及比热容 (表 10-3)	(94)
10.1.4 常用材料的线膨胀系数 (表 10-4)	(94)
10.1.5 常用材料极限强度的近似关系 (表 10-5)	(95)
10.1.6 硬度值对照表 (表 10-6)	(95)
10.1.7 常用标准代号 (表 10-7)	(96)
10.1.8 常用法定计量单位及换算 (表 10-8)	(96)
10.1.9 常用材料的摩擦系数 (表 10-9, 表 10-10)	(97)
10.1.10 机械传动和轴承的效率概略值和传动比范围 (表 10-11, 表 10-12)	(98)
10.1.11 希腊字母 (表 10-13)	(99)
10.2 一般标准	(100)
10.2.1 图样比例、幅面及格式 (表 10-14, 表 10-15)	(100)
10.2.2 装配图中零部件序号及编排方法	(101)
10.2.3 优先数系和标准尺寸 (表 10-16)	(102)
10.2.4 中心孔 (表 10-17, 表 10-18)	(103)

10.2.5	轴肩与轴环尺寸 (表 10-19)	(104)
10.2.6	零件倒圆与倒角 (表 10-20)	(105)
10.2.7	砂轮越程槽 (表 10-21)	(105)
10.2.8	退刀槽、齿轮加工退刀槽 (表 10-22, 表 10-23, 表 10-24)	(106)
10.2.9	刨削、插削越程槽 (表 10-25)	(107)
10.2.10	齿轮滚刀外径尺寸 (表 10-26)	(108)
10.2.11	锥度与锥角系列 (表 10-27)	(108)
10.2.12	机器轴高和轴伸 (表 10-28~表 10-31)	(109)
10.2.13	铸件最小壁厚和最小铸孔尺寸 (表 10-33, 表 10-34, 表 10-35)	(113)
10.2.14	铸造过度斜度与铸造斜度 (表 10-36, 表 10-37)	(115)
10.2.15	铸造内圆角 (表 10-38)	(115)
10.2.16	铸造外圆角 (表 10-39)	(116)
10.2.17	焊接符号及应用示例 (表 10-40, 表 10-41)	(117)
第 11 章	机械工程材料	(119)
11.1	黑色金属材料	(119)
11.1.1	灰铸铁 (表 11-1)	(119)
11.1.2	球墨铸铁 (表 11-2)	(120)
11.1.3	铸钢 (表 11-3)	(121)
11.1.4	普通碳素结构 (表 11-4)	(122)
11.1.5	优质碳素结构钢 (表 11-5)	(122)
11.1.6	合金结构钢 (表 11-6)	(125)
11.2	有色金属材料	(127)
11.2.1	铸造铜合金 (表 11-7)	(127)
11.2.2	铸造铝合金 (表 11-8)	(129)
11.2.3	铸造轴承合金 (表 11-9)	(131)
11.3	型钢与型材	(132)
11.3.1	冷轧钢板和钢带	(132)
11.3.2	热轧钢板	(134)
11.3.3	热轧圆钢 (表 11-25)	(138)
11.3.4	冷拉圆钢、方钢、六角钢 (表 11-26)	(140)
11.3.5	热轧等边角钢 (表 11-27)	(141)
11.3.6	热轧不等边角钢 (表 11-28)	(144)
11.3.7	热轧槽钢 (表 11-29)	(148)
11.3.8	热轧 L 形钢 (表 11-30)	(149)
11.3.9	热轧工字钢 (表 11-31)	(150)
第 12 章	电动机	(152)
12.1	Y 系列三相异步电动机	(152)
12.2	YZR、YZ 系列冶金及起重用三相异步电动机	(165)

第 13 章 连接件和紧固件	(170)
13.1 螺纹	(170)
13.2 螺栓	(173)
13.3 螺柱	(177)
13.4 螺钉	(178)
13.5 螺母	(183)
13.6 垫圈	(185)
13.7 螺纹零件的结构要素	(187)
13.8 挡圈	(190)
13.9 键连接	(194)
13.10 销连接	(197)
第 14 章 联轴器与离合器	(199)
14.1 联轴器	(199)
14.1.1 常用联轴器的类型选择	(199)
14.1.2 常用联轴器	(200)
14.2 离合器	(210)
14.2.1 机械离合器的类型选择 (表 14-10)	(210)
14.2.2 简易传动矩形牙嵌式离合器 (表 14-11)	(211)
第 15 章 滚动轴承	(212)
15.1 常用滚动轴承	(212)
15.2 滚动轴承的配合和游隙	(224)
15.2.1 滚动轴承与轴和外壳的配合	(224)
15.2.2 滚动轴承的游隙要求	(228)
第 16 章 公差配合、几何公差、表面粗糙度	(231)
16.1 极限与公差、配合	(231)
16.1.1 术语和定义	(231)
16.1.2 标准公差等级	(232)
16.1.3 公差带的选择	(234)
16.1.4 配合的选择	(235)
16.2 几何公差	(247)
16.2.1 术语和定义	(247)
16.2.2 几何公差的类别和符(代)号	(248)
16.2.3 几何公差的注出公差值及应用举例	(249)
16.3 表面粗糙度	(253)
16.3.1 评定表面粗糙度的参数及其数值系列	(253)
16.3.2 表面粗糙度的符号及标注方法	(253)
16.3.3 不同加工方法可达到的表面粗糙度 (表 16-19)	(255)
第 17 章 齿轮、蜗杆传动精度	(258)
17.1 渐开线圆柱齿轮精度	(258)

17.1.1	定义与代号	(258)
17.1.2	等级精度及其选择	(259)
17.1.3	极限偏差(表 17-6)	(260)
17.2	圆锥齿轮精度	(264)
17.2.1	锥齿轮、齿轮副误差及侧隙的定义和代号	(264)
17.2.2	精度等级	(266)
17.2.3	公差组与检验项目	(266)
17.2.4	齿轮副侧隙	(271)
17.2.5	图样标注	(274)
17.2.6	锥齿轮的齿坯公差	(275)
17.3	圆柱蜗杆、蜗轮的精度	(276)
17.3.1	蜗杆、蜗轮、蜗杆副术语定义和代号	(276)
17.3.2	精度等级和公差组	(278)
17.3.3	蜗杆、蜗轮及传动的公差	(279)
17.3.4	蜗杆传动的侧隙	(282)
17.3.5	齿坯公差和蜗杆、蜗轮的表面粗糙度	(284)
17.3.6	图样标注	(285)
第 18 章	润滑与密封	(287)
18.1	润滑剂	(287)
18.2	润滑装置	(288)
18.2.1	间歇式润滑常用的润滑装置	(288)
18.2.2	油标和油标尺	(290)
18.3	密封装置	(292)
第三部分 减速器参考图例		
第 19 章	减速器装配图	(297)
第 20 章	减速器零件图	(300)
参考文献	(312)

第1章 概 述

1.1 课程设计的目的、内容和任务

1. 课程设计的目的

机械设计是高等工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实践教学的一个十分重要的环节,是一次较全面的机械设计能力和技能的综合训练,其基本目的如下。

① 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(如机械制图、工程力学、高等数学、互换性与技术测量)的综合应用,进一步巩固、加深和拓宽所学的基本知识。

② 逐步培养正确的设计思路,熟悉和掌握机械设计的一般过程,培养独立分析和解决工程实际问题的能力,增强创新意识。

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)及使用经验数据进行经验估算等多方面的能力。

2. 课程设计的内容和任务

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 传动方案的制定与分析。
- 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2~3张(幅面视内容而定,一般为A2、A3幅面,具体有教师指定)。
- ③ 设计计算书一份(一般要求5000~8000字)。

1.2 课程设计的一般步骤

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；拟订设计计划等。

(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）；确定轴的支撑设计方式；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 设计进度及各阶段任务表

序号	设计阶段	设计任务	占总设计工作量的份额 (%)
1	设计准备	阅读任务书、明确设计任务 阅读课程设计指导书，了解工作内容，构思工作计划，准备设计资料	5
2	总体方案设计和传动系统的总体设计	拟定传动方案（传动系统运动简图） 选择原动机 总传动比的计算和各级传动比分配	5
3	传动零件的设计	各级传动件的设计	10
4	装配草图设计	绘制装配草图 轴系部件的结构设计 轴、轴承等零件的校核 箱体零件结构设计	30
5	零件工作图设计	绘制所要求零件的工作图	20
6	装配图设计	完成装配图绘制	10
7	整理编写设计计算书	整理编写设计计算书	15
8	总结和答辩	总结课程设计和答辩	5

1.3 课程设计中应正确对待的几个问题

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综合训练,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正确对待的如下问题。

① 与指导老师的关系。机械设计课程设计是学生在校学习期间独立完成的完整的机械设计综合训练,指导老师起指导和启发作用,学生在明白设计任务的前提下,独立拟订设计计划,掌握设计进度,提倡独立思考。

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,反对敷衍塞责、容忍错误的存在。

③ 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,课程设计过程中,学生要在深入分析设计题目的基础上,要通过比较分析并发挥自己的主观能动性,根据具体设计要求大胆创新。

④ 注意培养良好的设计习惯。随时翻阅教材等参考资料,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。

⑤ 正确使用课程设计的参考资料,贯彻标准和规范。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目的之一。在选用标准件时,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。

⑥ 理论计算与工程实际相结合。零件的结构尺寸不完全由理论计算确定,还要结合工程实际,要考虑结构的工艺性、使用性和经济性,在整个设计过程中各阶段是相互联系的,往往需要多次反复才能得到满意的结果。后阶段要对前阶段的不合理的结构或尺寸进行必要的修改,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。

第2章 机械传动系统的总体设计

传动系统的总体设计主要包括传动方案的制定、选择电动机、确定总传动比和分配各级传动比及计算传动装置的运动和动力参数。

2.1 拟定传动系统方案

机器通常由原动机（电动机、内燃机）、传动装置和工作机三部分组成。

根据工件机的要求，传动装置将原动机的动力和运动传递给工作机。实践表明，传动装置的设计是否合理，对整部机器的性能、成本及整体尺寸都有很大影响，因此，合理地设计传动装置是整部机器设计工作中的重要一环，而合理地拟定传动方案又是保证传动装置设计质量的基础。

在课程设计中，应根据设计任务书，拟定传动方案。如设计任务书中已给出传动方案，则应分析和了解所给方案的特点。

传动方案一般由运动简图表示，直观地反映了工件机、传动装置和原动机三者间的运动和力的传递关系。

传动方案首先应满足工作机的性能要求，适应工作条件、工作可靠。此外，还应结构简单，尺寸紧凑、成本低、传动效率高和操作维护方便等。要同时满足上述要求，往往比较困难，因此，应根据具体设计任务侧重地保证主要设计要求，选用比较合理的方案。例如，图 2-1 所示的带式运输机，可采用四种传动方案。图（a）选用 V 带传动和闭式齿轮传动，带传动布置于高速级，起到传动平稳、缓冲吸振和过载保护的作用。但此方案结构尺寸较大，带传动也不适用于繁重工作要求和恶劣的工作环境。图（b）结构紧凑，传动比较大，但是蜗杆传动效率低，长期连续工作，不经济。图（c）采用二级闭式齿轮传动，能适应在繁重及恶劣的条件下长期工作，且使用维护方便。图（d）采用二级圆锥圆柱齿轮传动，适合布置在狭窄的通道中工作，但加工圆锥齿轮比圆柱齿轮困难，成本也较高。这几种方案各有其特点，适用于不同的工作场合。设计时要根据工作条件，综合比较，选取最适合的方案。

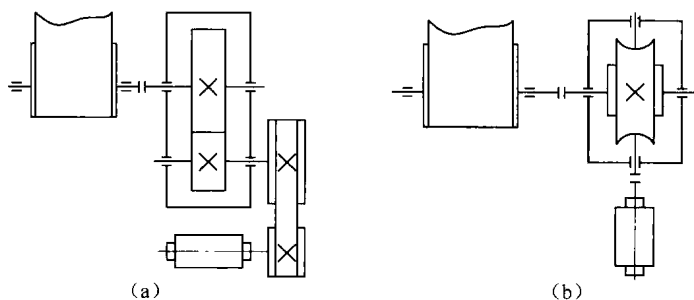


图 2-1 带式运输机的传动系统方案

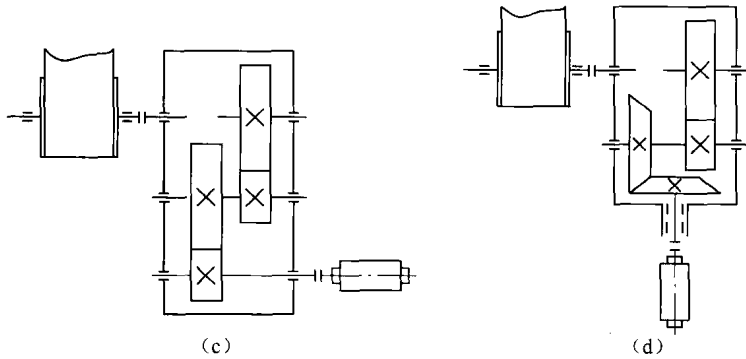


图 2-1 带式运输机的传动系统方案 (续)

由于减速器在传动装置中应用最广泛,为了便于合理选择减速器的类型,表 2-1 列出了常见传动装置的性能及适用范围,表 2-2 列出了常用减速器的类型、特点及应用,供选型时参考。

表 2-1 常用传动装置的性能及适用范围

性能 \ 传动类型	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
常用功率 (kW)	≤20	≤100	≤20	≤100	≤50000	≤50
单级传动比	2~4 ≤5	2~4 ≤7	2~4 ≤5	2~5 ≤6	2~5 ^① ≤5~8 ^①	10~40 ≤80
线速度推荐值 (m/s)	≤25	≤25~30	≤15~25	≤40	≤18/36/100 ^②	≤50
传动效率	中	中	较低	中	高	较低
外廓尺寸	大	较大	大	较大	小	小
传递运动	有滑差	有滑差	有滑差	有波动	传动比恒定	传动比恒定
工作平稳	好	好	好	差	较好	好

注: ①锥齿轮推荐用小值;

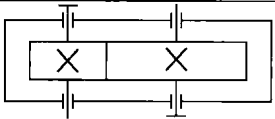
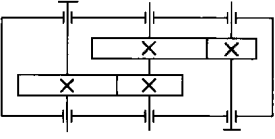
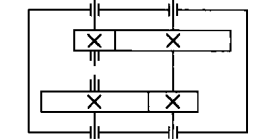
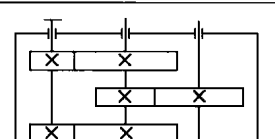
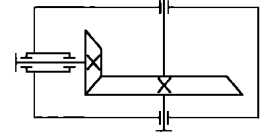
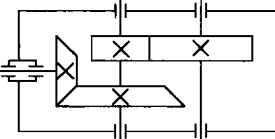
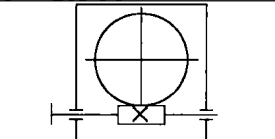
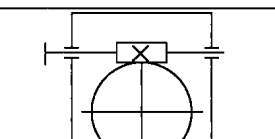
②三值为 6 级精度直齿、非直齿和 5 级精度直齿推荐值。

另外,通常原动机的转速与工作机的输出转速相差较大,在它们之间常采用多级传动机构来减速,为了便于在多级传动中正确而合理选择有关的传动机构及其排列顺序,下列几点原则可供参考。

- ① 带传动承载能力较低,但传动平稳,缓冲吸振能力强,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 蜗杆传动效率低,但传动平稳,当与齿轮传动同时应用时,宜布置在高速级。
- ④ 当传动中有圆柱齿轮和圆锥齿轮传动时,圆锥齿轮传动宜布置在高速级,以减小圆锥齿轮的尺寸。
- ⑤ 开式齿轮传动由于工作环境较差,润滑不良,为减少磨损,宜布置在低速级。
- ⑥ 斜齿轮传动比较平稳,常布置在高速级。

课程设计要求从整体出发,对多种可行方案进行比较分析,了解其优缺点,并画出传动装置方案图。

表 2-2 常见减速器的类型、特点及应用

类 型	运 动 简 图	传 动 比 范 围	特 点 及 应 用
一级圆柱齿轮减速器		≤ 5	齿轮一般有直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低或载荷较轻的传动；斜齿或人字齿用于速度较高或载荷较重的传动
二级圆柱齿轮减速器	展开式 	8~40	齿轮相对轴承的位置不对称，轴应具有较大刚度，以缓和轴在弯矩作用下产生的弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的现象。用于载荷较平稳的场合，轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿
	同轴式 	8~40	减速器的长度较短，但轴向尺寸及质量较大，两对齿轮浸入油中的深度可大致相等。中间轴承润滑较难；中间轴较长，刚性较差
	分流式 	8~40	高速级可做成对称斜齿，低速级做成直齿。结构较复杂，但齿轮相对于轴承对称布置，载荷沿齿宽分布均匀，轴承受载均匀。中间轴的转矩相当于轴所传递转矩的 1/2。可用于大功率、变载荷的场合
一级锥齿轮减速器		≤ 3	用于输入轴和输出轴两轴线相交的传动，可做成卧式或立式。轮齿可做成直齿、斜齿或曲齿
二级圆锥-圆柱齿轮减速器		8~15	锥齿轮应布置在高速级，使其尺寸不致过大而造成加工困难。锥齿轮可做成直齿、斜齿或曲齿；圆柱齿轮可做成直齿或斜齿
蜗杆减速器	蜗杆下置式 	10~40	蜗杆与蜗轮啮合处的冷却和润滑都较好，同时蜗杆轴承的润滑也较方便，但当蜗杆圆周速度过大时，搅油损失大。这种减速器一般用于蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 的场合
	蜗杆上置式 	10~40	蜗杆的圆周速度允许高一些，但蜗杆轴承的润滑不太方便，需采取特殊的结构措施。这种减速器一般用于蜗杆圆周速度 $v > 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 的场合

2.2 原动机类型与参数的选择

机械装置的原动机应按照其工作环境、机器的结构以及相关的运动和动力参数要求选择。原动机的类型主要有内燃机、电动机、气压和液压作动件等，其中以电动机最为常用。

电动机是由专门工厂批量生产的标准部件,设计时要求根据工作机的工作特性、工作环境和 workload 条件,选择电动机的类型、结构形式、容量和转速,并在产品目录中选出其具体型号和尺寸。

2.2.1 选择电动机的类型和结构形式

电动机分直流电动机和交流电动机两种。由于直流电动机需要直流电源,结构复杂,价格较高,维护不便,因此无特殊要求时不宜采用。工业上一般多采用三相交流电源,因此,无特殊要求时均应选用三相交流电动机。

Y 系列电动机是一般用途的全封闭自扇冷式三相异步电动机,具有效率高、性能好、噪声低、振动小等优点,适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体和无特殊要求的机械上,如金属切削机床、风机、输送机、搅拌机、农业机械和食品机械等。

在经常启动、制动和反转的场合(如起重机),要求电动机具有转动惯量小和过载能力大,则应选用起重及冶金用三相异步电动机 YZ 型或 YZR 型。

2.2.2 选择电动机的容量

标准电动机的容量由额定功率表示。所选电动机的额定功率应等于或稍大于工作要求的功率。容量小于工作要求,则不能保证工作机正常工作,或使电动机长期过载、发热大而过早损坏;而容量选得过大,则电动机价格高,能力又不能充分利用,而且由于电动机经常不满载运行,其效率和功率因数都较低,增加电能消耗而造成能源的浪费。

确定电动机的功率时要考虑电动机的发热、过载能力和启动能力三方面因素,但一般情况下电动机的容量主要根据电动机运行时的发热条件而定。对于载荷不变或变化不大,且在常温下长期连续运转的电动机,只要电动机的负载不超过额定值,电动机便不会过热,通常不必校验发热和启动转矩。这类电动机的功率按下述步骤确定。

1. 工作机所需功率 P_w (kW)

$$P_w = F_w v_w / (1000 \eta_w) \quad (2-1)$$

或

$$P_w = T_w n_w / (9550 \eta_w) \quad (2-2)$$

式中, F_w 为工作机的阻力, N; v_w 为工作机的线速度, m/s; T_w 为工作机的阻力矩, N·m; n_w 为工作机轴的转速, r/min; η_w 为工作机的效率,带式输送机可取 $\eta_w=0.96$,链板式输送机可取 $\eta_w=0.95$ 。

2. 电动机至工作机的总效率 η

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdots \eta_n \quad (2-3)$$

式中, $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdots, \eta_n$ 为传动系统中各级传动机构、轴承及联轴器的效率。各类传动的效率见表 10-11。

3. 所需电动机的功率 P_d (kW)

所需电动机的功率由工作机所需和传动装置的总效率计算,即

$$P_d = P_w / \eta \quad (2-4)$$

根据计算出的 P_d 可选定电动机的额定功率 P_{ed} , 应使 P_{ed} 等于或稍大于 P_d 。

2.2.3 确定电动机的转速

额定功率相同的同类型电动机, 有几种不同的同步转速。例如, 三相异步电动机有四种常用的同步转速, 即 3000 r/min、1500r/min、1000 r/min 和 750 r/min, 相应的电动机的转子的极数为 2、4、6、8。同步转速为由电流频率与极对数而定的磁场转速, 电动机空载时才能达到同步转速, 载荷达到额定功率时的电动机转速称为满载转速, 负载时的转速都低于同步转速。电动机同步转速越高, 磁极对数越少, 外部尺寸和质量越小, 价格越低, 但是电动机转速越高, 传动装置总传动比越大, 会使传动装置外部尺寸和质量增加, 提高制造成本; 而同步转速低的电动机磁极多, 外廓尺寸大、质量大、价格高, 但可使传动系统的传动比和结构尺寸减小, 从而降低了传动装置的制造成本。因此, 确定电动机的转速时, 应同时考虑电动机及传动系统的尺寸、质量和价格, 使整个设计既合理又经济。

选择电动机转速时, 可先根据工作机主动轴转速 n_w 和传动系统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, 以供参照比较, 即

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

式中, n_d' 为电动机转速可选范围; i_1', i_2', \dots, i_n' 为各级传动比范围, 见表 2-1。

在本课程设计中, 通常多选用同步转速为 1500r/min 或 1000 r/min 的电动机。如无特殊要求, 一般不选用同步转速为 3000 r/min 和 750 r/min 的电动机。

设计传动装置时一般按工作实际需要的电动机输出功率 P_d 计算, 转速则取满载转速。

2.3 机械传动系统的总传动比及各级传动比的分配

电动机选定后, 根据电动机的满载转速 n_m 和工作机的转速 n_w , 即可确定传动系统的总传动比 i , 即

$$i = n_m / n_w \quad (2-6)$$

传动系统的总传动比 i 是各串联机构传动比的连乘积, 即

$$i = i_1 i_2 i_3 \cdots i_n \quad (2-7)$$

式中, $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ 为传动系统中各级传动机构的传动比。

合理分配传动比是传动系统设计中的一个重要问题, 将直接影响到传动系统的外廓尺寸、质量、润滑及传动机构的中心距等很多方面, 因此必须认真对待。

2.3.1 传动比分配的一般原则

(1) 各种传动的每级传动比应在推荐值的范围内, 以符合各种传动形式的特点, 有利于发挥其性能, 并使结构紧凑。表 2-1 列出了各种传动的每级传动比的推荐值。

(2) 各级传动比应使传动装置尺寸协调、结构匀称、不发生干涉现象。例如, V 带的传动比选择过大, 将使大带轮外圆半径大于减速器中心高, 安装不便, 如图 2-2 所示。又如在双级圆柱齿轮减速器中, 若高速级传动比选得过大, 就可能使高速级大齿轮的顶圆与低速轴相干涉。再如, 在运输机械装置中, 若开式齿轮的传动比选得过小, 也会造成卷筒与开式小齿轮轴相干涉, 如图 2-3 所示。