

机械设计(基础) 课程设计教程

傅燕鸣 主编

上海科学技术出版社

SHANGHAI SCIENTIFIC & TECHNICAL PUBLISHERS

JIXIE
SHEJI
(JICHU)

KECHENG
SHEJI
JIAOCHENG

机械设计(基础)课程设计教程

傅燕鸣 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计(基础)课程设计教程 / 傅燕鸣主编. — 上海:上海科学技术出版社,2012.5
ISBN 978-7-5478-1157-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 003943 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.75

字数: 445 千字

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1157-3/TH·26

印数: 1—2 250

定价: 60.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书是以2009年教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会制定的《机械设计课程教学基本要求》和《机械设计基础课程教学基本要求》为依据而编写的。

本书共分为三篇。第一篇为机械设计课程设计指导(第一~八章),以常见的减速器为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法;第二篇为机械设计常用标准和规范(第九~十九章),介绍了课程设计常用的标准、规范和资料;第三篇为参考图例(第二十~二十一章),选编了多种典型结构图。附录给出了课程设计中常用文档及计算说明书示例。本书提供的机械设计常用标准和规范,均为较新且应用普遍的国家和行业标准。

本书可作为工科院校机械类及近机类专业《机械设计》和《机械设计基础》的配套教材,也可供从事机械设计工作的工程技术人员参考。

前 言

本书是根据 2009 年教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会制定的《机械设计课程教学基本要求》和《机械设计基础课程教学基本要求》的精神编写的,适用于机械类和近机类专业机械设计(基础)课程设计教学使用。

本书密切结合机械设计(基础)课程设计教学实践,围绕设计能力的培养,将通常分散的课程设计指导书、课程设计图册、设计手册及设计参考资料等书籍和资料,经精选和补充,有机地编排组成一本适用于课程设计的教材。

全书共分为三篇。第一篇为机械设计课程设计指导(第一~八章),以常见的减速器为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法,包括概述,机械传动装置的总体方案设计,传动零件的设计,减速器的结构与润滑,减速器装配工作图设计,零件工作图设计,编写设计计算说明书和答辩,机械设计课程设计题目等。第二篇为机械设计常用标准和规范(第九~十九章),介绍了课程设计常用的标准、规范和资料,包括一般标准与规范,电动机,常用工程材料,机械连接,机械传动,滚动轴承,联轴器,减速器附件,润滑与密封,极限与配合、形位公差及表面粗糙度,齿轮及蜗杆、蜗轮的精度等。第三篇为参考图例(第二十~二十一章),选编了多种典型结构图。附录给出了课程设计中常用文档及计算说明书示例,以供教师和学生参考。

全书由傅燕鸣主编。附录由盛佳愉、吴宵编写,算例由傅昊贇、苑帅编写,部分插图由沈斌制作。郭娟、蔡忠琴收集和整理了最新国家标准及规范,并进行了书稿的计算机文字录入。全书由唐金松教授主审。

由于编者水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,恳切广大读者指正。

编 者

2012 年 5 月

目 录

CONTENTS

第一篇 机械设计课程设计指导

第一章 概述 1	第五章 减速器装配工作图设计 36
1.1 机械设计课程设计的目的 / 1	5.1 概述 / 36
1.2 机械设计课程设计的内容 / 1	5.2 减速器装配工作图设计的准备 / 36
1.3 机械设计课程设计的步骤 / 1	5.3 绘制装配工作底图 / 37
1.4 机械设计课程设计中应注意的问题 / 2	5.4 轴、轴承以及键连接的校核计算 / 43
第二章 机械传动装置的总体方案设计 4	5.5 轴系部件的结构设计 / 44
2.1 传动方案设计 / 4	5.6 减速器箱体和附件的设计 / 47
2.2 电动机的选择 / 7	5.7 完成装配工作图 / 56
2.3 传动装置总传动比的计算及各级传动比的分配 / 9	5.8 圆锥齿轮减速器装配工作图设计的特点 / 60
2.4 传动装置运动和动力参数的计算 / 11	5.9 蜗杆减速器装配工作图设计的特点 / 63
2.5 传动装置总体设计计算示例 / 12	第六章 零件工作图设计 68
第三章 传动零件的设计 15	6.1 零件工作图的设计要求 / 68
3.1 减速器外部传动零件的设计 / 15	6.2 轴类零件工作图的设计要点 / 69
3.2 减速器内部传动零件的设计 / 22	6.3 齿轮类零件工作图的设计要点 / 71
第四章 减速器的结构与润滑 27	第七章 编写设计计算说明书和答辩 74
4.1 减速器的构造 / 27	7.1 编写设计计算说明书 / 74
4.2 减速器的箱体 / 28	7.2 课程设计的答辩 / 75
4.3 减速器的润滑 / 32	第八章 机械设计课程设计题目 79

第二篇 机械设计常用标准和规范

第九章 一般标准与规范 90	第十章 电动机 104
9.1 国内部分标准代号 / 90	10.1 Y 系列三相异步电动机的技术参数 / 104
9.2 机械制图 / 90	10.2 Y 系列电动机安装代号 / 105
9.3 一般标准 / 97	10.3 Y 系列电动机的安装及外形尺寸 / 106
9.4 机械设计一般规范 / 101	

目 录

第十一章 常用工程材料..... 108	15.2 刚性联轴器 / 185
11.1 黑色金属材料 / 108	15.3 无弹性元件的挠性联轴器 / 187
11.2 有色金属材料 / 118	15.4 有弹性元件的挠性联轴器 / 190
11.3 非金属材料 / 119	15.5 联轴器工作情况系数 / 194
第十二章 机械连接..... 122	第十六章 减速器附件..... 196
12.1 螺纹 / 122	16.1 轴承盖与套杯 / 196
12.2 螺纹零件的结构要素 / 125	16.2 窥视孔及视孔盖 / 197
12.3 螺栓、螺柱和螺钉 / 128	16.3 油面指示装置 / 198
12.4 螺母 / 134	16.4 通气器 / 199
12.5 垫圈 / 137	16.5 起吊装置 / 201
12.6 挡圈 / 139	16.6 螺塞及封油垫 / 202
12.7 键连接和花键连接 / 143	第十七章 润滑与密封..... 203
12.8 销连接 / 145	17.1 润滑剂 / 203
第十三章 机械传动..... 148	17.2 油杯 / 204
13.1 普通 V 带传动 / 148	17.3 密封件 / 206
13.2 滚子链传动 / 152	第十八章 极限与配合、形位公差及表面 粗糙度..... 210
13.3 齿轮传动 / 158	18.1 极限与配合 / 210
第十四章 滚动轴承..... 167	18.2 形状和位置公差 / 224
14.1 常用滚动轴承的尺寸及性能 参数 / 167	18.3 表面粗糙度 / 229
14.2 滚动轴承的配合和游隙 / 180	第十九章 齿轮及蜗杆、蜗轮的精度 234
14.3 滚动轴承的计算用系数 / 182	19.1 渐开线圆柱齿轮的精度 / 234
第十五章 联轴器..... 184	19.2 锥齿轮精度 / 249
15.1 联轴器轴孔和连接形式与 尺寸 / 184	19.3 圆柱蜗杆、蜗轮精度 / 256

第三篇 参考图例

第二十章 减速器装配工作图参考图例..... 263
第二十一章 零件工作图参考图例..... 280
附录 1 文件袋封面 / 287
附录 2 计算说明书封面 / 288
附录 3 计算说明书目录 / 289
附录 4 设计任务书 / 291
附录 5 计算说明书示例 / 292
参考文献..... 308

第一篇 机械设计课程设计指导

第一章 概 述

1.1 机械设计课程设计的目的

机械设计课程设计是机械设计课程或机械设计基础课程重要的综合性与实践性教学环节,也是学生第一次进行全面的机械设计训练。通过该教学环节和训练要求应达到以下三个目的:

(1) 通过课程设计,综合运用机械设计课程和其他有关先修课程的理论,结合生产实践知识,培养分析和解决一般工程实际问题的能力,并使所学知识得到进一步巩固、深化和拓展。

(2) 通过课程设计,学习机械设计的一般方法,了解和掌握常用机械零部件、机械传动装置或简单机械的设计过程和进行方式,树立正确的设计思想,增强创新意识。

(3) 通过课程设计,学会运用有关技术标准、规范、设计手册、图册和查阅有关技术资料等,进行全面的机械设计基本技能的训练。

1.2 机械设计课程设计的内容

课程设计的题目常选择通用机械(或其他简单机械)的传动装置设计,例如以齿轮减速器为主体的机械传动装置。设计的主要内容通常包括:

- (1) 确定传动装置的总体设计方案。
- (2) 选择电动机,计算传动装置的运动和动力参数。
- (3) 设计计算传动零件和轴。
- (4) 选择及校核计算轴承、联轴器、键、润滑、密封和连接件。
- (5) 设计箱体结构及其附件。
- (6) 绘制装配工作图。
- (7) 绘制零件工作图。
- (8) 编写设计计算说明书。

课程设计中要求每个学生在2~3周时间内完成以下工作:

- (1) 装配工作图1张(A0或A1图纸)。
- (2) 零件工作图1~2张(如齿轮、轴和箱体等)。
- (3) 设计计算说明书1份,6 000~8 000字。

1.3 机械设计课程设计的步骤

课程设计的步骤通常是根据设计任务书,拟定若干方案并进行分析比较,然后确定一个正确、

合理的设计方案,进行必要的计算和结构设计,最后用图样来表达设计结果,用设计计算说明书表示设计依据。每一设计步骤所包括的设计内容见表 1-1。

表 1-1 课程设计的步骤及主要内容

步 骤	主 要 内 容	学时比例(%)
1. 设计准备	(1) 阅读设计任务书,明确设计要求、工作条件和内容 (2) 参观实物和模型,进行装拆减速器实验,阅读课程设计指导书 (3) 准备设计资料及绘图用具,并拟定设计计划和进度	5
2. 传动装置 总体设计	(1) 拟定和确定传动方案 (2) 计算所需电动机的功率、转速,选择电动机的型号 (3) 确定传动装置的总传动比,分配各级传动比 (4) 计算各轴的功率、转速和转矩	5
3. 传动零件 设计计算	(1) 减速器外的传动零件设计,如开式齿轮传动、带传动、链传动等 (2) 减速器内的传动零件设计,如齿轮传动、蜗杆传动等	5
4. 装配工作 底图设计	(1) 选择合适的比例尺,合理布置视图,确定减速器各零件的相互位置 (2) 选择联轴器,初步计算轴径,初选轴承型号,进行轴的结构设计 (3) 确定轴上力的作用点及支点距离,进行轴、轴承及键的校核计算 (4) 分别进行轴系部件、传动零件、减速器箱体及其附件的结构设计	45
5. 装配工作 图设计	(1) 加深装配工作底图 (2) 标注主要尺寸与配合以及零件序号 (3) 编写明细表、标题栏、技术特性及技术要求等	20
6. 零件工作 图设计	(1) 绘制轴类、齿轮类或箱体类零件的必要视图(具体要绘制的零件工作图由指导教师指定) (2) 标注尺寸、公差及表面粗糙度 (3) 编写技术要求和标题栏等	10
7. 编写设计 计算说明书	(1) 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 (2) 说明书最后应写上设计总结,总结个人所作设计的收获体会和经验教训	5
8. 答辩	(1) 做好答辩前的准备工作 (2) 参加答辩	5

1.4 机械设计课程设计中应注意的问题

(1) 机械设计课程设计是在教师指导下由学生独立完成的第一次全面的设计训练。学生应明确设计任务,独立思考,刻苦钻研,掌握设计进度,认真设计。每个阶段完成后要认真检查,发现错误要及时改进,一丝不苟,精益求精。

(2) 课程设计一开始时就应准备好一本草稿本,把设计过程中所考虑的主要问题、从其他参考书及设计手册中摘录的资料和数据以及一切计算写在草稿本中,以便随时检查、修改,并容易保存。不要采用零散草稿纸,以免散失而重新演算,这样在最后整理和编写设计计算说明书时,可以节省很多时间。

(3) 课程设计中,有些零件可由强度计算(如齿轮)确定其基本尺寸,再通过草图设计确定其具体结构和尺寸;而有些零件(如轴)则需先经初算和绘制草图,得出初步符合设计条件的基本结

构尺寸,然后再进行必要的核算,根据核算的结果,再对结构和尺寸进行修改。因此,计算和设计绘图互为依据,交替进行,这种边计算、边绘图、边修改的“三边”设计方法是机械设计的常用方法。

(4) 学习和善于利用长期以来所积累的宝贵设计经验和资料,可以加快设计进程,避免不必要的重复劳动,是提高设计质量的重要保证,也是创新的基础。然后,任何一项设计任务均可能有多种决策方案,应从具体出发,认真分析,既要合理地吸取,又不可盲目地照搬、照抄。

(5) 在设计中贯彻标准化、系列化与通用化,可以保证互换性、降低成本,缩短设计周期,是机械设计应遵循的原则之一,也是设计质量的一项评价指标。所以,在课程设计中采用的滚动轴承、带、链条、联轴器、密封件和紧固件等零部件都必须严格遵守标准的规定;绘图时,图纸的幅面及格式、比例、图线、字体、视图表达、尺寸标注等也应严格遵守机械制图的标准。同时,设计中应尽量减少材料的品种和标准件的规格。

第二章 机械传动装置的总体方案设计

机械传动装置总体方案设计的主要任务就是确定传动方案、选择电动机型号、确定总传动比并合理分配各级传动比,以及计算机械传动装置的运动和动力参数等,为各级传动零件设计、装配工作图设计提供依据。

2.1 传动方案设计

机器通常由原动机、传动装置和工作机三部分组成。机械传动装置位于原动机和工作机之间,如图 2-1 所示,用来传递运动和动力,并可用来改变转速、转矩的大小或改变运动形式,以适应工作机功能的要求。传动装置的设计对整台机器的性能、尺寸、重量和成本等都有很大影响,因此传动方案设计是整台机器设计中最关键的环节。

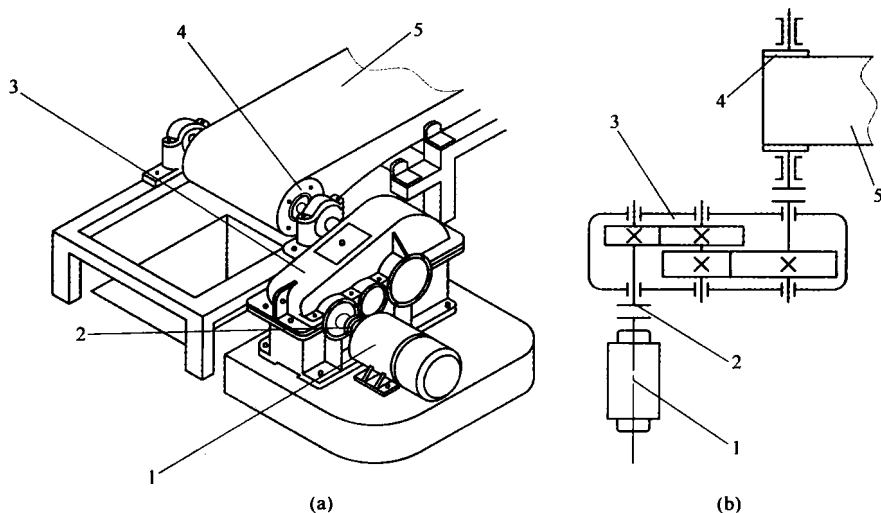


图 2-1 带式运输机的传动装置

(a) 结构图; (b) 传动方案示意图

1—电动机; 2—联轴器; 3—减速器; 4—传动滚筒; 5—输送带

1. 对传动方案的要求

合理的传动方案,首先应满足工作机的功能要求,其次应具有结构简单、尺寸紧凑、重量轻、工艺性好、成本低廉、传动效率高和使用维护方便等特点,以保证工作机的工作质量和可靠性。任何一个方案要满足上述要求和所有特点是十分困难的,所以设计时要统筹兼顾,满足最主要的和最基本的要求。

2. 传动方案的拟定

拟定传动方案就是根据工作机的功能要求和工作条件,选择合适的传动机构类型,确定各传

动的布置顺序和各组成部分的连接方式,绘制出传动方案示意图。当然,满足同一工作机功能要求,往往可采用不同的传动机构、不同的组合和布局,从而可得出不同的传动方案。拟定传动方案时,应充分了解各种传动机构的性能及适用条件,结合工作机所传递的载荷性质和大小、运动方式和速度以及工作条件等,对各种传动方案进行分析比较,合理选择。选择传动机构类型的基本原则为:

(1) 传递大功率时,应充分考虑提高传动装置的效率,以减少能耗、降低运行费用,这时应选用传动效率高的传动机构,如齿轮传动等。而对于小功率传动,在满足功能条件下,可选用结构简单、制造方便的传动形式,以降低制造费用。

(2) 载荷多变和可能发生超载时,应考虑缓冲吸振及过载保护问题。这时可选用带传动、弹性联轴器或其他过载保护装置。

(3) 传动比要求严格、尺寸要求紧凑的场合,可选用齿轮传动或蜗杆传动。但应注意,蜗杆传动效率低,故常用于中小功率、间歇工作的场合。

(4) 在多粉尘、潮湿、易燃、易爆场合,宜选用链传动、闭式齿轮传动或蜗杆传动,而不采用带传动或摩擦传动。

当采用由几种传动形式组成的多级传动时,要合理布置其传动顺序,以充分发挥各自的优点。下列提出的几点原则可供拟定传动方案时参考:

(1) 传动能力较小的带传动及其他摩擦传动宜布置在高速级,有利于整个传动系统结构紧凑,同时有利于发挥其传动平稳、缓冲吸振、减小噪声和过载保护的特点。

(2) 链传动由于工作时链速和瞬时传动比呈周期性变化,运转不平稳,冲击振动大,为了减小冲击和振动,故应将其布置在低速级。

(3) 闭式齿轮传动、蜗杆传动一般布置在高速级,以减小闭式传动的轮廓尺寸、降低成本。开式齿轮传动制造精度较低、润滑不良、工作条件差,为了减少磨损,一般应放在低速级。

(4) 当同时采用直齿轮传动和斜齿轮传动时,应将传动较平稳、动载荷较小的斜齿轮传动布置在高速级。

(5) 当同时采用齿轮传动及蜗杆传动时,宜将蜗杆传动布置在高速级,使啮合面有较高的相对滑动速度,容易形成润滑油膜,提高传动效率。

(6) 圆锥齿轮尺寸过大时加工有困难,因此应将圆锥齿轮传动布置在高速级,并限制其传动比,以控制其结构尺寸。

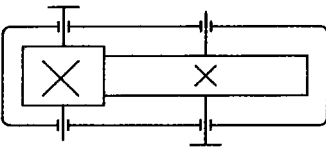
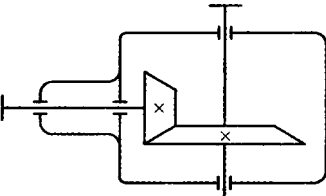
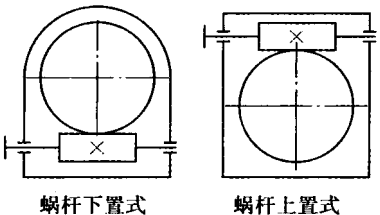
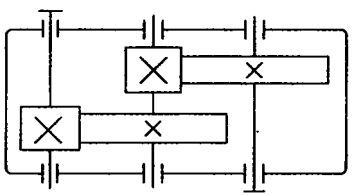
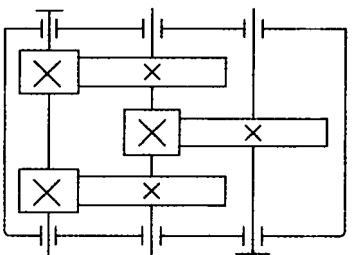
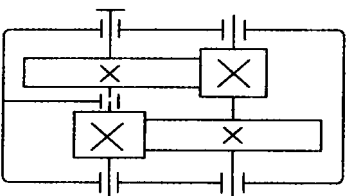
表 2-1 中列出了常用机械传动的单级传动比推荐值及功率适用范围。由于减速器在传动装置中应用广泛,为了便于合理选择减速器的类型,表 2-2 列出了常用减速器的类型及特点,供选型时参考。

表 2-1 常用机械传动的单级传动比推荐值及功率适用范围

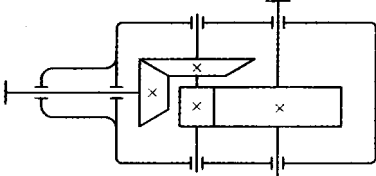
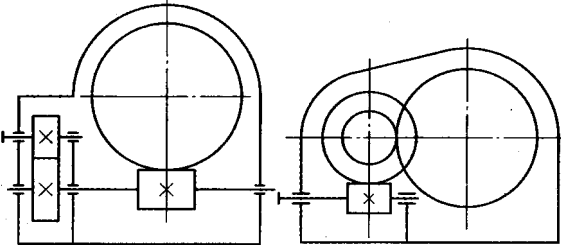
传动类型	最大功率 (kW)	单级传动比		传动类型	最大功率 (kW)	单级传动比	
		推荐值	最大值			推荐值	最大值
平带传动	20	2~4	5	圆柱齿轮传动	50 000	3~5	10
V带传动	100	2~4	7	圆锥齿轮传动	50 000	2~4	6
链传动	100	2~4	7	蜗杆传动	50	10~40	80

应当指出,在课程设计任务书中,若已提供机械传动方案,则学生应论述此方案的合理性;也可提出改进意见,另行拟定更合理的方案。

表 2-2 常用减速器的类型及特点

类型	简图	推荐传动比	特点及应用	
一级减速器	圆柱齿轮		3~5	轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低或载荷较轻的传动；斜齿用于速度较高的传动；人字齿用于载荷较重的传动。箱体常用铸铁造，也可用钢板焊接而成。轴承常用滚动轴承，只在重载或特高速时才用滑动轴承
	圆锥齿轮		2~4	轮齿可做成直齿、斜齿或曲齿。传动比不宜过大，以减小齿轮尺寸，有利于加工；仅用于输入轴和输出轴两轴线垂直相交的传动，可做成卧式或立式
	蜗杆	 蜗杆下置式 蜗杆上置式	10~40	结构简单、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 $v \leq 4 \sim 5\text{m/s}$ 时用蜗杆下置式，润滑冷却条件较好；当 $v > 4 \sim 5\text{m/s}$ 时油的搅动损失较大，一般用蜗杆上置式
二级减速器	圆柱展开式		8~40	高速级常为斜齿，低速级可为直齿或斜齿。由于齿轮相对轴承的位置不对称，因此轴应具有较大刚性。转矩输入和输出端应远离齿轮，这样轴在转矩作用下产生的扭转变形将能减缓轴在弯矩作用下产生弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的现象。结构简单，一般用于载荷较平稳的场合
	圆柱分流式		8~40	一般采用高速级分流，高速级可做成斜齿，两对斜齿的螺旋线方向应相反；低速级可做人字齿或直齿。结构较复杂，但齿轮对于轴承对称布置，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的转矩的一半。常用于大功率、变载荷场合
	圆柱同轴式		8~40	减速器的长度较短，但轴向尺寸及重量较大。两对齿轮浸入油中深度大致相等。高速级齿轮的承载能力难以充分利用；中间轴承润滑困难；中间轴较长，刚性差，载荷沿齿宽分布不均匀。常用于输入和输出轴同轴线的场合

(续表)

类型	简图	推荐传动比	特点及应用
二级 圆锥- 圆柱 齿轮		8 ~ 15	圆锥齿轮应布置在高速级, 使其尺寸不致过大造成加工困难。圆锥齿轮可做成直齿、斜齿或曲齿, 圆柱齿轮多为斜齿, 使其能将圆锥齿轮的轴向力抵消一部分
减 速 器 蜗杆- 圆柱 齿轮		60 ~ 90	有齿轮传动在高速级和蜗杆传动在高速级两种形式。前者结构较紧凑, 后者效率较高。适合较大传动比的场合

2.2 电动机的选择

选择电动机的内容包括选择电动机类型、结构形式、转速、功率和型号等。

1. 选择电动机的类型和结构形式

三相交流异步电动机的结构简单、价格便宜、维护方便、可直接连接到三相交流电路中, 因此在工业中广泛应用。常用的三相交流异步电动机类型有:

1) Y 系列三相交流异步电动机 一般用途的全封闭自扇冷式笼型三相异步电动机, 是按照国际电工委员会(IEC)标准设计的, 具有效率高、性能好、噪声低、振动小和国际互换性的特点, 适用于空气中不含易燃、易爆或腐蚀性气体的一般场所和无特殊要求的机械, 如金属切削机床、泵、风机、运输机械、搅拌机、农业机械、食品机械等。由于有较好的起动性能, 因此也适用于某些需要高起动转矩的机器, 如压缩机等。

2) YZ 和 YZR 系列冶金及起重用三相交流异步电动机 分别是笼型转子电动机和绕线型转子电动机, 是用于驱动各种形式的起重机械和冶金设备中的辅助机械的专用系列产品。它们具有较大的过载能力和较高的机械强度, 特别适用于短时或断续周期运行、频繁起动和制动、有时过负载及有显著的振动与冲击的设备。

根据不同的防护要求, 电动机的结构有防滴式、封闭自扇冷式和防爆式等。为适应不同的输出轴要求和安装需要, 电动机机体又有几种安装结构形式, 可根据具体工况进行选择。常用的 Y 系列三相交流异步电动机的技术数据和外形尺寸等可参见本书第十章。

2. 确定电动机的转速

同一类型、相同额定功率的电动机可能有几种不同的同步转速。同步转速是由电流频率与电动机定子绕组的极对数而定的磁场转速, 是电动机空载时才可能达到的转速。三相交流异步电动机的同步转速一般有 3 000r/min(2 极)、1 500r/min(4 极)、1 000r/min(6 极)及 750r/min(8 极)四种。电动机同步转速越高, 极对数越少, 其重量越轻、外廓尺寸越小, 价格越低。当工作机转速较低而选用较高转速的电动机时, 电动机转速与工作机的转速相差过大势必使总传动比增大, 致使传动

装置的结构复杂,造价提高;而选用较低转速的电动机,则使传动装置的外廓尺寸和重量减小,而电动机的尺寸和重量增大,价格较高。因此在确定电动机的转速时,应兼顾电动机和传动装置进行综合分析来加以确定。

设计中通常选用同步转速为 1 500r/min 或 1 000r/min 的两种电动机,其中前者应用最普遍并且最易购得,在轴不需要逆时针转向时应优先选用。如无特殊需要,一般不选用同步转速为 3 000r/min 和 750r/min 的电动机。

3. 确定电动机的功率和型号

电动机的功率选择是否合适直接影响电动机的工作性能和经济性能的好坏。功率选得过小,则不能保证工作机的正常工作,使电动机经常过载而过早损坏;功率选得过大,则电动机经常不能满载运行,功率因数和效率较低,从而造成能源的浪费。因此,在设计中一定要选择合适的电动机功率。

电动机功率的确定,主要与其载荷大小、工作时间长短、发热多少有关。对于长期连续运转、载荷不变或很少变化,并且在常温下工作的机器(如连续运输机、风扇等),选择电动机功率时可按电动机额定功率 P_{ed} 等于或稍大于工作机所需的电动机功率 P_d ,即 $P_{ed} \geq P_d$ 确定。在这种情况下,由于电动机在工作时不会发热,所以可不必校核电动机的发热和起动转矩。对于间歇工作的机器,可按电动机额定功率 P_{ed} 稍小于工作机所需的电动机功率 P_d 确定。

当已知工作机的阻力矩(例如工作轴上滚筒的转矩)为 $T(\text{N} \cdot \text{m})$ 、转速(例如滚筒的转速)为 $n_w(\text{r}/\text{min})$,则工作机所需功率 P_w 为

$$P_w = \frac{Tn_w}{9\,550} \text{ kW} \quad (2-1)$$

如果给出带式运输机驱动滚筒的圆周力(即滚筒的牵引力)为 $F(\text{N})$,输送带速度为 $v(\text{m}/\text{s})$,则工作机所需功率 P_w 为

$$P_w = \frac{Fv}{1\,000} \text{ kW} \quad (2-2)$$

输送带速度 v 与滚筒直径 $D(\text{mm})$ 、滚筒轴转速 n_w 的关系为

$$v = \frac{\pi D n_w}{60 \times 1\,000} \text{ m/s} \quad (2-3)$$

工作机所需电动机的功率为

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

式中 η ——电动机至工作机主动轴之间的总效率,即

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \cdots \cdot \eta_n \quad (2-5)$$

其中 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdots, \eta_n$ 分别为传动装置中各运动副(如齿轮传动、蜗杆传动、带传动或链传动等)、联轴器、每对轴承及传动滚筒的效率,其数值见表 2-3。

计算传动装置总效率时,应注意以下几点:

(1) 当表 2-3 给出的效率值为一范围时,如遇工作条件差、加工精度低、用润滑脂润滑或维护不良则应取低值,反之可取高值;如遇情况不明,则一般取中间值。

(2) 同类型的几对运动副、轴承或联轴器,均应单独计入总效率。

(3) 表 2-3 中的轴承效率均指一对轴承的效率。

由选定的电动机类型、结构形式、同步转速和计算得出的工作机所需电动机的功率可查表 10-1 确定电动机的型号。记下由表 10-1 查得的电动机的型号、额定功率 P_{ed} 、满载转速 n_m ,由表

10-3 查得的中心高、轴外伸轴径和轴外伸长度,以供选择联轴器和计算传动件之用。

设计计算传动装置时,一般按工作机所需电动机功率 P_d 进行计算,而不用电动机的额定功率 P_{ed} ,而传动装置的输入转速则取满载转速 n_m 进行计算。

表 2-3 常用机械传动、轴承、联轴器和传动滚筒效率的概略值

类 别		传动效率 η	类 别		传动效率 η
齿轮传动	圆柱齿轮	闭式:0.96~0.98 (7~9级精度)	带 传 动	平 带	0.95~0.98
		开式:0.94~0.96		V 带	0.94~0.97
	圆锥齿轮	闭式:0.94~0.97 (7~8级精度)	滚子链传动		闭式:0.94~0.97 开式:0.90~0.93
		开式:0.92~0.95	轴 承	滑动轴承(一对)	润滑不良:0.94~0.97 润滑良好:0.97~0.99
蜗杆传动	自 锁	0.40~0.45		滚动轴承(一对)	0.98~0.995
	单 头	0.70~0.75	联 轴 器	弹性联轴器	0.99~0.995
	双 头	0.75~0.82		齿式联轴器	0.99
	三头和四头	0.80~0.92	传动滚筒		0.96

2.3 传动装置总传动比的计算及各级传动比的分配

1. 总传动比的计算

由电动机的满载转速 n_m 和工作机所需转速 n_w 可确定传动装置应有的总传动比为

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

传动装置总传动比是各级传动比的连乘积,即

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

2. 各级传动比的合理分配

各级传动比的分配是否合理直接影响传动装置的外形尺寸、重量、润滑条件和整个机器的工作能力。因此分配各级传动比时,应考虑以下几个方面:

(1) 各级传动机构的传动比应在表 2-1 推荐的范围内选取,在特殊情况下也不得超过所允许的最大值,以利于发挥其性能,并使结构紧凑。

(2) 各级传动比应使传动装置尺寸协调、结构匀称、避免互相干涉碰撞。如图 2-2a 所示的二级圆柱齿轮减速器中,由于高速级传动比选得过大,致使高速级大齿轮的齿顶圆与低速轴相干涉。又如如图 2-2b 所示,在 V 带和齿轮减速器组成的二级传动中,由于带传动的传动比取得过大,使得大带轮外圆半径大于减速器中心高,造成尺寸不协调,安装时需要将地基挖坑。再如图 2-2c 所示,在运输机械装置中,由于开式齿轮的传动比取得过小,造成传动滚筒与开式小齿轮轴相干涉。

(3) 应使各级大齿轮浸油深度合理,传动装置的外廓尺寸紧凑。如图 2-3 所示的二级圆柱齿轮减速器,在相同的总中心距和总传动比情况下,由于图 2-3b 中高速级传动比 i_1 大于低速级传动比 i_2 ,并且高、低速两级大齿轮的直径相近,从而避免低速级大齿轮浸油过深而增加搅油损失,并且还具有较为紧凑的外廓尺寸。

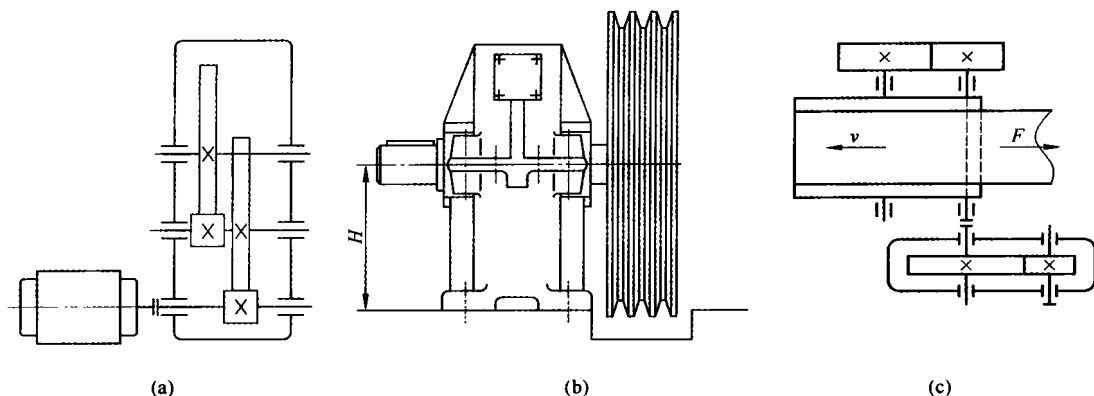


图 2-2 结构尺寸不协调及干涉现象

(a) 高速级大齿轮与低速轴干涉；(b) 带轮过大与底座相碰；(c) 传动滚筒与小齿轮轴干涉

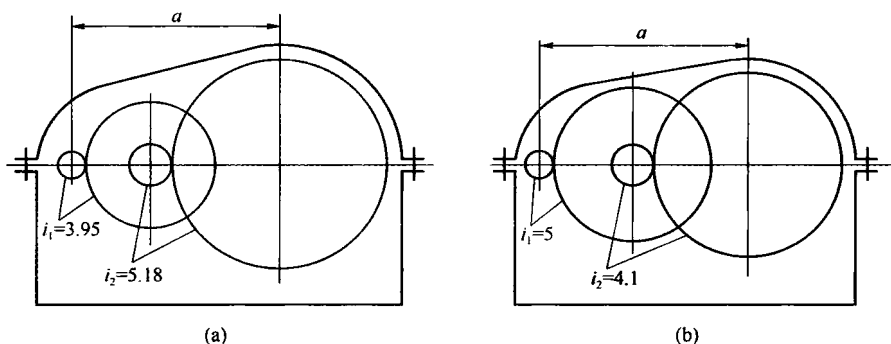


图 2-3 传动比不同的分配对外廓尺寸的影响

(a) $i_1 < i_2$, 两大齿轮直径相差大的情况；(b) $i_1 > i_2$, 两大齿轮直径相近的情况

3. 非标准齿轮减速器传动比分配方法

各类标准减速器的传动比均有规定,这里推荐一些传动比的分配方法,供课程设计时设计非标准减速器参考。

(1) 对于 V 带-单级齿轮传动装置,总传动比 $i = i_{\text{带}} \cdot i_{\text{齿}}$,一般应使 $i_{\text{带}} < i_{\text{齿}}$,以使整个传动装置的尺寸较小,结构紧凑。

(2) 对于卧式二级圆柱齿轮减速器,为使两个大齿轮具有相近的浸油深度,应使两个大齿轮具有相近的直径,为此高速级传动比 i_1 和低速级传动比 i_2 可按下列方法分配。

$$\text{展开式} \quad i_1 \approx (1.3 \sim 1.4)i_2 \text{ 或 } i_1 \approx \sqrt{(1.3 \sim 1.4)i} \quad (2-8)$$

$$\text{同轴式} \quad i_1 \approx i_2 = \sqrt{i} \quad (2-9)$$

式中 i ——二级齿轮减速器的总传动比。

(3) 对于圆锥-圆柱齿轮减速器,为使大圆锥齿轮直径不致过大,高速级圆锥齿轮传动比可取 $i_1 \approx 0.25i$,且使 $i_1 \leq 3$ 。

(4) 对于蜗杆-圆柱齿轮减速器,为使传动效率较高,低速级圆柱齿轮传动比可取 $i_2 = (0.03 \sim 0.06)i$ 。

以上分配的各级传动比只是初始值,待有关传动零件参数确定后,再验算传动装置实际传动比是否符合设计任务书的要求。对于一般用途的传动装置,如带式运输机的减速器,其传动比一般允