

机械设计课程设计

李兴华 编

普通高等院校机电工程类规划教材

机械设计课程设计

李兴华 编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据高等工科院校机械设计课程教学基本要求编写的。全书包括4个部分:第一篇为机械设计课程设计指导,以常见类型的减速器(圆柱齿轮减速器、圆锥圆柱齿轮减速器和蜗杆减速器)为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法,给出了装配图、零件图的参考图例。第二篇主要介绍了简化画法以及常用机械零部件的结构尺寸及参考图例。第三篇为机械设计及习题和设计大作业中一些常用的数据、标准和规范。第四篇为设计大作业及其指导,注意兼顾机械类和近机类两种不同专业的教学特点和要求,结合《机械设计》、《机械设计基础》教材的平时设计性大作业而编写。全书采用最新国家标准和部颁标准。

本书可供高等工科院校机械类、近机类和非机类各专业进行机械设计课程设计时作配套教材,也可供成人高等工业学校及相关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计/李兴华编.--北京:清华大学出版社,2012.4

(普通高等院校机电工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-28129-0

I. ①机… II. ①李… 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033458号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15 字 数:355千字

版 次:2012年4月第1版 印 次:2012年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

产品编号:040938-01

前 言

本书是根据高等工科院校机械设计课程教学基本要求,并结合我校及兄弟院校在机械设计课程设计教学方面的经验编写而成的。本书具有以下特点:

(1) 在满足一般机械设计课程设计、习题及设计作业需要的前提下,对内容进行了精选,便于学生使用。

(2) 课程设计指导部分是按设计进程编写的,其中既有设计的基本原则和方法,又有一定的灵活性,有利于培养学生的独立工作能力和发挥其创造性。

(3) 本书采用了最新的国家标准和技术规范。为有利于教学和便于使用,其中某些内容根据实际情况作了适当处理,如滚动轴承部分的额定动、静载荷数值则仍沿用查表而不进行繁琐的计算;在典型零件图中标注了形位公差及有关检测项目数值所需查取的表号等,以引导学生正确使用。

(4) 本书在广泛吸取有关院校教学经验的基础上,还编入了设计性作业及其指导。设计作业题的内容包括设计计算、结构设计和常见结构错误分析等,以便任课教师根据不同的专业 and 不同要求进行选择和安排。

由于编者水平所限,书中谬误之处在所难免,为了更好地贯彻、执行本课程教学基本要求,提高课程设计教学质量,广泛听取并收集读者的意见,不断提高教材质量,敬请各位教师和广大读者提出宝贵意见。

来信请寄:上海同济大学机械工程学院李兴华收(邮政编码:200092),或发电子邮件至 lixinghua@tongji.edu.cn。

编 者
2012 年 1 月

目 录

第一篇 机械设计课程设计指导

第 1 章 概述	3
1.1 机械设计课程设计的目的	3
1.2 机械设计课程设计的内容	3
1.3 机械设计课程设计的步骤	3
1.4 机械设计课程设计中应注意的问题	4
第 2 章 机械传动装置的总体设计	6
2.1 拟定传动方案	6
2.2 选择电动机	9
2.3 传动装置总传动比及其分配	12
2.4 传动装置的运动和动力参数的计算	13
2.5 设计计算示例	15
思考题	17
第 3 章 传动零件的设计计算和联轴器的选择	18
3.1 传动零件设计计算	18
3.2 联轴器的选择	20
思考题	20
第 4 章 减速器的构造、润滑及装配图设计	21
4.1 减速器的构造	21
4.2 减速器的润滑	26
4.3 减速器装配图设计概述	29
4.4 初步绘制减速器装配草图(第一阶段)	30
4.5 轴系部件的结构设计(第二阶段)	35
4.6 减速器箱体和附件设计(第三阶段)	38
4.7 完成减速器装配工作图(第四阶段)	44
4.8 圆锥齿轮减速器装配图设计的特点	48
4.9 蜗杆减速器装配图设计的特点	52
思考题	56

第 5 章 零件工作图设计	57
5.1 轴类零件工作图	57
5.2 齿轮类零件工作图	59
5.3 箱体零件工作图	59
思考题	61
第 6 章 编写设计计算说明书及答辩准备	62
6.1 编写设计计算说明书	62
6.2 设计计算说明书编写示例	64
6.3 答辩准备	64
第 7 章 减速器装配图常见错误示例	66
7.1 减速器轴系结构设计中的错误示例	66
7.2 减速器箱体和附件设计中的错误示例	67

第二篇 简化画法、减速器零部件结构及参考图例

第 8 章 常用规定画法、标注法和简化画法	71
8.1 常用机构运动简图符号	71
8.2 有关规定画法和标注法	72
8.3 简化画法	75
第 9 章 减速器零部件结构及尺寸	77
9.1 传动零件的结构及其尺寸	77
9.2 减速器箱体结构图例	83
9.3 减速器附件	90
第 10 章 参考图例	97
10.1 减速器装配图示例	97
10.2 零件工作图示例	110

第三篇 课程设计常用标准及规范

第 11 章 一般标准	121
第 12 章 常用工程材料	128
第 13 章 螺纹及紧固件	133
13.1 螺纹	133

13.2 螺纹零件的结构要素	135
13.3 紧固件	137
第 14 章 键连接和销连接	148
14.1 键连接	148
14.2 销连接	150
第 15 章 滚动轴承	152
15.1 常用滚动轴承	152
15.2 滚动轴承的配合和游隙	162
第 16 章 润滑与密封	164
16.1 常用润滑油及选择	164
16.2 常用润滑脂及选择	165
16.3 润滑装置	166
16.4 密封形式和密封件	167
第 17 章 联轴器	172
第 18 章 极限与配合、几何公差和表面粗糙度	179
18.1 极限与配合	179
18.2 几何公差	186
18.3 表面粗糙度	189
第 19 章 齿轮及蜗杆、蜗轮的精度	192
19.1 渐开线圆柱齿轮的精度	192
19.2 圆锥齿轮的精度	203
19.3 圆柱蜗杆和蜗轮的精度	209
第 20 章 电动机	216

第四篇 设计作业

第 21 章 螺纹连接和螺旋传动设计作业	221
21.1 螺纹连接结构设计	221
21.2 滑动轴承座螺栓连接设计	222
21.3 螺旋千斤顶设计	223

第 22 章 机械传动和轴系部件设计作业	228
22.1 V 带传动设计	228
22.2 轴系部件结构改错	229
22.3 圆柱齿轮传动的轴系部件设计	229
参考文献.....	232

第一篇

机械设计课程设计指导

第 1 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工科院校机械类(或近机械类)专业学生在学完机械设计(或机械设计基础)等课程后,密切结合实际的一次综合性设计实践。通过机械设计课程设计这个实践性教学环节,对学生进行一次较全面的设计训练。其基本目的是:

- (1) 了解机械设计的基本方法,熟悉并初步掌握简单机械的设计方法和设计步骤。
- (2) 综合运用已修课程的有关理论和知识进行机械设计,培养学生理论联系实际的设计能力,进一步巩固、加深和拓宽所学的知识。
- (3) 通过设计实践,逐步树立正确的设计思想,增强创新意识和竞争意识,培养独立设计能力,为后续课程的学习、毕业设计和实际工作奠定基础。
- (4) 熟悉与机械设计有关的标准、规范、设计手册等技术资料,培养运用它们解决实际问题的能力,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

机械设计课程设计的题目,一般选择通用机械的传动装置,例如以齿轮减速器为主体的机械传动装置。

课程设计的内容有:传动装置的总体设计;传动零件的设计;轴的设计;轴承及其组合部件设计;键连接及联轴器等的选择及校核;减速器装配工作图和零件工作图的设计及设计计算说明书的编写等。

课程设计要求完成以下工作:

- (1) 减速器(或简单机械)装配工作图 1 张(1 号或 0 号图纸);
- (2) 零件工作图 2~3 张(传动零件、轴、箱体等,视各专业情况而定);
- (3) 设计计算说明书 1 份。

课程设计完成后要进行总结和答辩。

1.3 机械设计课程设计的步骤

机械设计课程设计的一般进程和步骤见表 1-1。

机械设计课程设计与机械设计的一般过程相似,也从方案分析开始,进行必要的计算和结构设计,最后以图纸表达设计结果,以计算说明书表示设计的依据。

由于影响设计的因素很多,机械零件的结构尺寸不可能完全由计算决定,还需借助画图、初选参数或初估尺寸等手段,通过边画图、边计算、边修改的过程逐步完成设计。因此,

那种把设计理解为单纯的理论计算,企图完全用理论计算的方法来确定零件的所有尺寸和结构,迟迟不敢动手画图,或一旦画出草图便不愿再做必要的修改,都是不对的。

表 1-1 机械设计课程设计的一般进程和步骤

序号	设计阶段	设计内容
1	设计准备	阅读设计任务书,明确设计内容和要求,了解原始数据和工作条件; 通过参观、看录像、装拆减速器及参阅设计资料等途径了解设计对象
2	传动装置的总体设计	确定传动装置的传动方案; 选择电动机型号; 计算传动装置的运动和动力参数(确定总传动比和分配各级传动比, 计算各轴的转速、转矩等)
3	传动零件的设计计算	减速箱外部的传动零件设计计算(带传动、链传动等); 减速箱内部的传动零件设计计算(齿轮传动等); 初定轴径,选择联轴器
4	减速器装配工作图设计	绘制减速器装配草图,选择轴承类型并设计轴承组合的结构; 定出轴上受力点的位置和轴承支点间的跨距; 校核轴及轴毂连接的强度; 校核轴承寿命; 箱体和附件的结构设计; 标注尺寸、配合及零件序号; 编写零件明细表、标题栏、减速器特性及技术要求等
5	零件工作图设计	齿轮类零件的工作图、轴类零件的工作图、箱体类零件的工作图
6	整理编写设计计算说明书	整理编写设计计算说明书,总结设计的收获和经验教训
7	答辩准备	答辩准备工作

1.4 机械设计课程设计中应注意的问题

(1) 熟悉和利用已有的资料,可避免许多重复工作,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。然而任何新的设计任务总是有其特定的设计要求和具体工作条件,因而反对盲目抄袭和“闭门造车”,要求认真阅读参考资料,仔细分析参考图例的结构,独立思考,正确处理参考已有资料与创新的关系,创造性地进行设计,才能在设计质量、设计思想、方法和技能等各方面都获得提高。

(2) 正确处理设计计算和结构设计间的关系。确定零件尺寸有几种不同的情况:

① 由几何关系推导出的公式,其计算出的尺寸是严格的等式关系。若改变其中某一参数,其他参数必须相应改变,一般是不能随意圆整或变动的。例如直齿圆柱齿轮传动的中心距 $a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$,如欲将 a 圆整,则必须相应地改动 z_1 、 z_2 或 m ,以保证恒等式关系。

② 由强度、刚度、磨损等条件导出的计算公式常是不等式关系。有的是零件必须满足的最小尺寸,却不一定就是最终采用的结构尺寸。例如由强度计算出轴的某段直径至少需要 32mm,但考虑到轴上与之相配零件(如联轴器、齿轮、滚动轴承等)的结构要求、安装和拆卸的要求、加工制造要求等,最终采用的尺寸可能为 50mm,这个尺寸不仅满足了强度,也满

足了其他要求,是合理的,而不是浪费。

③ 由实践经验总结出来的经验公式,常用于确定那些外形复杂、强度情况不明的尺寸,如箱体的结构尺寸。这些经验公式是经过生产实践考验的,应当尊重它们。但这些尺寸关系都是近似的,一般应圆整取用。

另外,还有一些尺寸可由设计者自行根据需要确定,不必进行计算,它们常是一些次要尺寸。*这些零件的强度往往不是主要问题,又无经验公式可循,故可由设计者考虑加工、使用等条件,参照类似结构,用类比的方法来确定,例如轴上的定位轴套、挡油盘等。

(3) 设计中正确地运用标准和规范,有利于零件的互换性和加工工艺性,降低成本,同时也可减少设计工作量,节省设计时间。对于国家标准或本部门的规范,一般都要严格遵守和执行。设计中是否尽量采用标准和规范,也是评价设计质量的一项指标。但是,标准和规范是为了便于设计、制造和使用而制订的,不应限制其创新和发展,因此,当遇到与设计要求有矛盾时,也可以突破标准和规范的规定,自行设计。

设计中采用的滚动轴承、带、链等标准件是由专业化生产厂制造的,必须向外采购,因此,其参数必须严格遵守标准的规定;而如联轴器、键、销等虽是自行制造的标准件,其尺寸参数一般仍按标准或规范的规定,但有个别需要时,可以酌情变动。

(4) 要求所绘图纸作图准确、表达清晰、图面整洁,符合机械制图标准,说明书要求计算正确、书写工整、格式规范。

第 2 章 机械传动装置的总体设计

传动装置总体设计的任务是拟定传动方案、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传动装置的运动和动力参数,为各级传动零件设计、装配图设计作准备。

2.1 拟定传动方案

1. 拟定传动方案的任务

机器通常由原动机、传动装置和工作机三部分组成。传动装置在原动机和工作机之间传递运动和动力,起到改变运动的形式、速度大小和转矩大小的作用。传动装置的设计对整个机器的性能、尺寸、重量和成本都有很大影响,因此应当合理地拟定传动方案。

传动方案一般用机构运动简图表示。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,确定各类传动机构的布置顺序以及各组成部分的连接方式,绘出传动装置的运动简图。

满足同一种工作机的性能要求往往有多种方案:可以通过选用不同的传动机构来实现;当采用几种传动形式组成的多级传动时,亦可有不同的排列顺序与布局;还可按不同方法分配各级传动比。图 2-1 所示即为一带式运输机的 4 种传动方案。

在拟定传动方案时,应对提出的多种方案进行比较分析,择优选定。

2. 选择传动机构类型

合理地选择传动形式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阅机械设计教材。表 2-1 中列出了常用机械传动的单级传动比推荐值。在机械传动装置中,各种减速器应用很多,为便于选型,表 2-2 中列出了常用减速器的类型和特点。

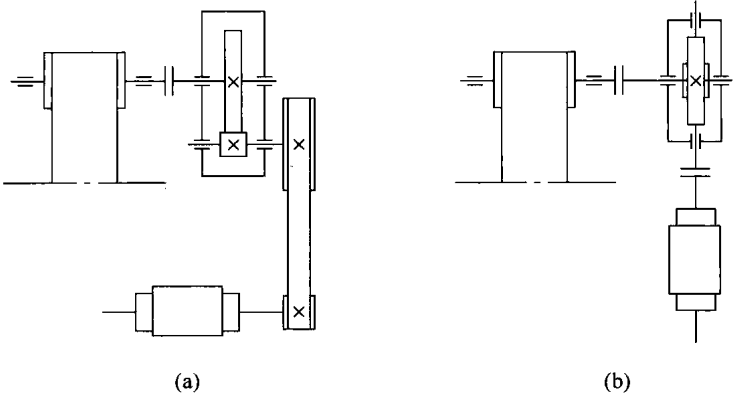


图 2-1 带式运输机传动方案

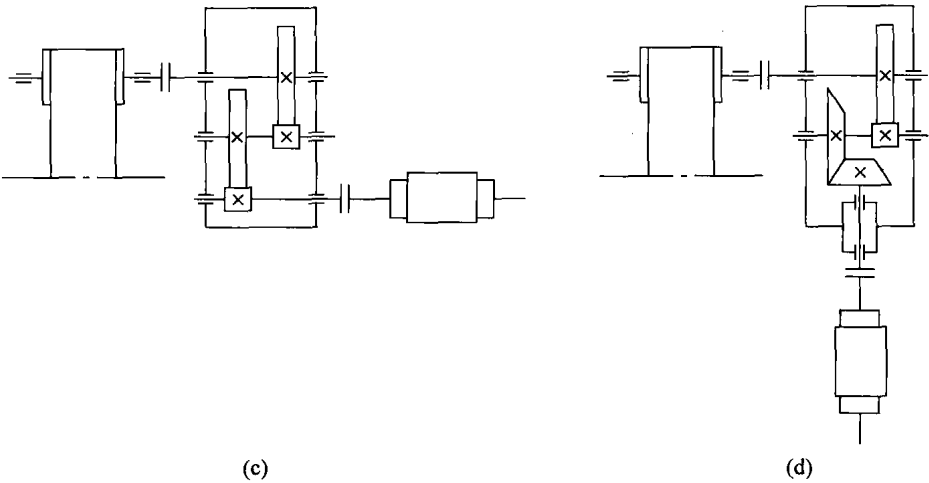


图 2-1(续)

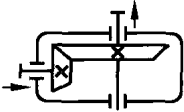
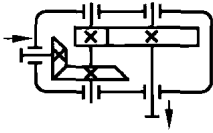
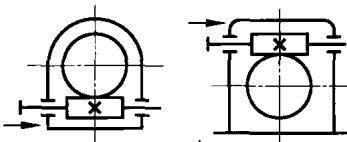
表 2-1 常用机械传动的单级传动比推荐值

类型	平带传动	V 带传动	圆柱齿轮传动	圆锥齿轮传动	蜗杆传动	链传动
推荐值	2~4	2~4	3~6	2~3	10~40	2~5
最大值	5	7	10	6	80	7

表 2-2 常用减速器的类型和特点

类 型		简 图	传动比	特 点
单级圆柱齿轮减速器			≤ 10 常用: 直齿 ≤ 4 斜齿 ≤ 6	直齿轮用于较低速度($v \leq 8\text{m/s}$), 斜齿轮用于较高速度场合, 人字齿轮用于载荷较重的传动中
两级圆柱齿轮减速器	展开式		≤ 60 常用: 8~40	一般采用斜齿轮, 低速级也可采用直齿轮。总传动比较大, 结构简单, 应用最广。由于齿轮相对于轴承为不对称布置, 因而沿齿宽载荷分布不均匀, 要求轴有较大刚度
	同轴式		≤ 60 常用: 8~40	减速器横向尺寸较小, 两大齿轮浸油深度可以大致相同。结构较复杂, 轴向尺寸大, 中间轴较长、刚度差, 中间轴承润滑较困难
	分流式		≤ 60 常用: 8~40	一般为高速级分流, 且常采用斜齿轮; 低速级可用直齿或人字齿轮。齿轮相对于轴承为对称布置, 沿齿宽载荷分布较均匀。减速器结构较复杂。常用于大功率、变载荷场合

续表

类 型	简 图	传动比	特 点
单级圆锥齿轮 减速器		≤ 6 常用: 直齿 ≤ 3	传动比不宜太大, 以减小大齿轮的尺寸, 便于加工
圆锥-圆柱齿轮 减速器		≤ 20 常用: 8~15	圆锥齿轮应置于高速级, 以免使圆锥齿轮尺寸过大, 加工困难
蜗杆减速器		常用: 10~80	结构紧凑, 传动比较大, 但传动效率低, 适用于中、小功率和间歇工作场合。蜗杆下置时, 润滑、冷却条件较好。通常蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时用下置式; 否则, 用上置式

选择传动机构类型时应综合考虑各有关要求和工作条件, 例如工作机的功能; 对尺寸、重量的限制; 环境条件; 制造能力; 工作寿命与经济性要求等。选择类型的基本原则为:

(1) 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, 以降低制造成本。

(2) 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。

(3) 传动比要求严格、尺寸要求紧凑, 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。

(4) 工作中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。如选用带传动、采用弹性联轴器或其他过载保护装置。

(5) 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, 而不可采用带传动或摩擦传动, 以防静电引起火灾。

3. 多级传动的合理布置

许多传动装置往往需要选用不同的传动机构, 以多级传动方式组成。合理布置各种传动机构的顺序, 对传动装置和整个机器的性能、传动效率和结构尺寸等有直接影响。

布置传动机构顺序时应注意以下几个原则:

(1) 承载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、匀称。同时, 带传动布置在高速级有利于发挥其传动平稳、缓冲吸振、减小噪声的特点。

(2) 闭式齿轮传动一般布置在高速级, 以减小闭式传动的外廓尺寸, 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, 为减少磨损, 一般应放在低速级。

(3) 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。

(4) 圆锥齿轮尺寸过大时加工有困难, 可将其布置于高速级, 并对其传动比加以限制,

以减小大锥齿轮的尺寸。

(5) 链传动运转不平稳,为减小冲击和振动,一般应将其放在低速级。

(6) 当同时采用齿轮传动及蜗杆传动时,有两种形式:一是将蜗杆传动布置在高速级,可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;二是将蜗杆布置在低速级,则可使结构紧凑,但传动效率要比前者低。

4. 分析比较,择优选定

一个好的传动方案,除了首先应满足机器的功能要求外,还应当工作可靠、结构简单、尺寸紧凑、传动效率高、成本低廉以及使用维护方便。要完全满足这些要求是困难的。在拟定传动方案和对多种方案进行比较时,应根据机器的具体情况综合考虑,选择能保证主要要求的较合理的传动方案。

以图 2-1 所示带式运输机的 4 种传动方案为例。方案(a)制造成本低,但宽度尺寸大,带传动寿命短,且不宜在恶劣环境中工作。方案(b)结构紧凑,环境适应性好,但传动效率低,不适于连续长期工作,且制造成本高。方案(c)工作可靠、传动效率高、维护方便、环境适应性好,但宽度尺寸较大。方案(d)具有方案(c)的优点,而且宽度尺寸较小,但制造成本较高。

以上分析情况归纳于表 2-3。上述 4 种方案各有特点,应当根据带式运输机的具体工作条件和要求选定。例如,在矿井巷道中连续工作时,因巷道狭小、环境恶劣,以采用方案(d)较好。但对方案(c),若能将电动机布置在减速器另一侧,其宽度尺寸得以缩小,则该方案不失为一较合理的传动方案。又若该设备是在一般环境中连续工作,对结构尺寸也无特别要求,则方案(a)、(c)均为可选方案。

表 2-3 图 2-1 所示带式运输机传动方案比较

项 目	方案(a)	方案(b)	方案(c)	方案(d)
宽度尺寸	大	小	较大	较小
传动效率	较高	低	高	高
工作寿命	短	中等	长	长
成 本	低	高	中等	高
连续工作性能	较好	间歇	好	好
环境适应性	差	较好	较好	较好

若课程设计任务书中已给定了传动方案,则应分析论证该方案的合理性或提出改进意见,也可以另行拟定方案。

2.2 选择电动机

选择电动机包括确定电动机的类型和结构形式、容量(功率)、转速以及具体型号。

1. 选择电动机类型和结构形式

工业上一般采用三相交流电源,无特殊要求时应选用三相交流电动机。常用 Y 系列三相笼型异步电动机。其具有效率高、工作可靠、结构简单、维护方便、价格低的特点,适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体和无特殊要求的场合。由于起动性能较好,也适用于某些要