



机械设计基础 课程设计

主编 孙德志 王春华 董美云 李庆忠



NEUPRESS
东北大学出版社

机械设计系列教材

机械设计基础课程设计

主编 孙德志 王春华
董美云 李庆忠

东北大学出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础课程设计/孙德志等主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2000.12
ISBN 7-81054-562-0

I. 机… II. 孙… III. 机械设计-课程设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 43558 号

内 容 简 介

本书用于高等工科院校各专业两周时间《机械设计基础》课程设计。书中以单级圆柱齿轮减速器为例, 根据课程设计的进程及需要, 编写了减速器的构造、设计指导书及指导规范、设计资料、参考图例及设计题目数据和计算机辅助设计简介。本书便于学生自学和教师使用, 也可供有关工程技术人员使用。

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

电话: (024) 23890881

传真: (024) 23892538

网址: <http://www.neupress.com> E-mail: neuph@neupress.com

北宁市印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787mm × 1092mm 1/16

字数: 230 千字

印张: 9.25

印数: 1~3000 册

2000 年 12 月第 1 版

2000 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 孙铁军 冯素琴

责任校对: 米 戎

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定价: 12.00 元

前 言

本书是根据 1995 年国家教委课程指导委员会审定通过,并经国家教委批准的高等工业学校《机械设计基础课程教学基本要求》编写的。

机械设计系列教材是由辽宁省高等工科机械基础教学研究會、东北大学国家工科机械基础课程教学基地、东北大学出版社共同组织编写的。

本书是《机械设计基础》的配套教材,适于课程设计学时为 80 学时或两周集中进行的机械设计基础课程设计使用。

本书以单级圆柱齿轮减速器的设计为例,根据课程设计的进程和需要,编写了减速器的构造、课程设计指导书、设计资料、参考图例及设计题目数据和计算机辅助设计简介。

本书既反映了教学改革成果,又在课程设计教学规范化方面制定了规则。其主要特点是:

- (1)充分总结了近年来一些院校《机械设计基础》课程的教学经验和教学方法,教材内容取材合理、层次简明、文字精练、便于教师教学和学生学习。
- (2)所采用的资料全部是截止到 1995 年底的国家和有关行业的最新标准。
- (3)参考图例全部按照新标准绘制,结构和视图清晰明了。
- (4)提出了课程设计教学质量过程控制的具体办法。

本书由东北大学孙德志、辽宁工程技术大学王春华、大连铁道学院董美云、沈阳航空学院李庆忠编写,由丁津原、王金任主审。书中难免有不妥之处,谨请读者提出宝贵意见。

编 者

2000 年 8 月

目 录

第一部分 课程设计指导书

1 概 述	1
1.1 机械设计基础课程设计的目的	1
1.2 机械设计基础课程设计的内容和份量	1
1.3 机械设计基础课程设计的步骤和进度	2
1.4 机械设计基础课程设计的方法和要求	3
2 传动装置的总体设计	4
2.1 选择电动机	4
2.2 传动比分配	6
2.3 传动装置的运动和动力参数的计算	7
3 传动零件设计计算	9
3.1 减速器以外传动零件的设计计算	9
3.2 减速器内传动零件的设计计算	10
4 减速器的构造	12
4.1 齿轮、轴及轴承组合	12
4.2 箱 体	13
4.3 减速器的附件	13
5 减速器装配草图设计	15
5.1 初绘减速器装配草图	16
5.2 轴的强度、轴承寿命和键联接强度的校核计算	24
5.3 完成减速器装配草图设计	24
6 减速器装配工作图设计	33
6.1 按国家机械制图标准规定画法绘制各视图	33
6.2 标注尺寸	34
6.3 减速器装配工作图的改错练习	35
6.4 零件序号、标题栏和明细表	39
6.5 减速器的技术特性	40
6.6 编写技术条件	40

6.7 检查装配工作图·····	41
7 零件工作图设计·····	42
7.1 零件工作图的设计要求·····	42
7.2 轴零件工作图设计·····	44
7.3 齿轮零件工作图设计·····	45
8 编写设计计算说明书·····	45
8.1 设计计算说明书的内容与要求·····	46
8.2 设计计算说明书的编写大纲·····	46
9 课程设计的总结与答辩·····	50
9.1 总结的目的·····	50
9.2 答辩形式·····	50
9.3 答辩题签·····	50

第二部分 设计资料

1 机械制图·····	54
1.1 一般规定·····	54
1.2 常用零件的规定画法·····	57
2 常用资料与一般规范·····	58
3 联 接·····	63
3.1 螺纹联接·····	63
3.2 平键和销联接·····	69
4 滚动轴承·····	71
5 联轴器·····	77
6 润滑与密封·····	80
6.1 润滑剂·····	80
6.2 油 杯·····	81
6.3 密封装置·····	82
7 减速器附件·····	85
7.1 检查孔及检查孔盖·····	85

7.2	通气器	86
7.3	轴承盖	86
7.4	螺塞及油封垫	87
7.5	油面指示装置	88
7.6	挡油盘	90
7.7	启箱螺钉	90
7.8	起吊装置	91
8	公差配合与表面粗糙度	92
8.1	公差名词与代号说明	92
8.2	标准公差值、轴和孔的极限偏差值	93
8.3	表面形状公差及位置公差	95
8.4	表面粗糙度及其标注方法	96
8.5	渐开线圆柱齿轮公差(GB10095—88)	97
9	电动机	103

第三部分 参考图例

1	减速器装配工作图	105
1.1	单级圆柱齿轮减速器(Ⅰ)	105
1.2	单级圆柱齿轮减速器(Ⅱ)	105
2	零件工作图	105
2.1	轴	105
2.2	圆柱齿轮	105

第四部分 课程设计题目

第五部分 计算机辅助设计简介

1	计算机辅助设计概述	114
2	参数化设计	116
2.1	参数化设计的基本原理	116
2.2	参数化设计 CAD 系统	116
2.3	参数化设计方法	117
2.4	参数化设计实例	118

3 CAXA 电子图板 2000 简介	120
3.1 概 述	121
3.2 特 点	121
3.3 运行环境	121
3.4 CAXA 电子图板 2000 的功能和使用方法	121
参考文献	139

第一部分 课程设计指导书

1 概 述

1.1 机械设计基础课程设计的目的

机械设计基础课程设计是高等工业学校多数专业第一次较全面的机械设计练习,是机械设计基础课程的最后一个教学环节。其目的是:

(1) 培养学生综合运用所学的机械系统课程的知识去解决机械工程问题的能力,并使所学知识得到巩固和发展。

(2) 学习机械设计的一般方法和简单机械传动装置的设计步骤。

(3) 进行机械设计基本技能的训练,如计算、绘图和学习使用设计资料、手册、标准和规范。

此外,机械设计基础课程设计还为专业课课程设计和毕业设计奠定了基础。

1.2 机械设计基础课程设计和份量

1.2.1 题 目

一般选择通用机械的传动装置作为设计的课程,如图 1.1-1 所示。两种传动装置中包括齿轮减速器、带传动、链传动及联轴器等零、部件。

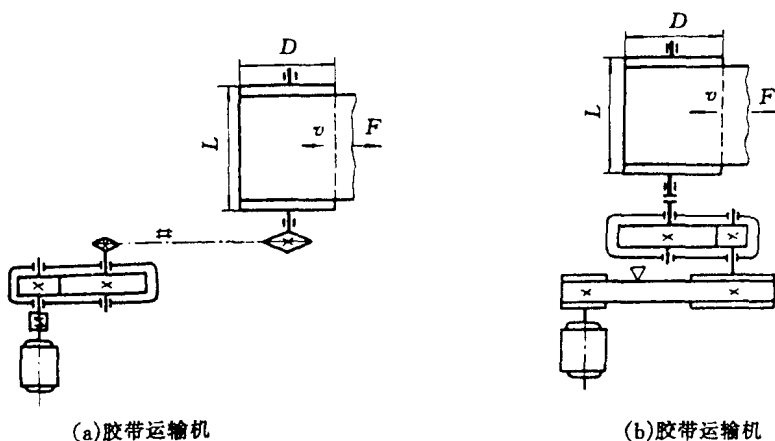


图 1.1-1 设计题目传动方案

传动装置是一般机械不可缺少的组成部分,其设计内容既包括课程中学过的主要零件,又涉及到机械设计中常遇到的一般问题,能达到课程设计的目的。

1.2.2 内 容

总体设计、主要零件的设计计算、减速器装配图和零件工作图的绘制及设计计算说明书的编写等。

1.2.3 份 量

减速器装配工作图一张(A0或A1图纸),零件工作图一至二张,设计计算说明书一份。

1.3 机械设计基础课程设计的步骤和进度

课程设计的具体步骤为:

(1) 设计准备

认真阅读设计任务书,明确设计要求、工作条件、内容和步骤;通过阅读有关资料、图纸、参观实物和模型,了解设计对象;准备好设计需要的图书、资料和用具;拟定设计计划等。

(2) 传动装置的总体设计

确定传动装置的传动方案;计算电动机的功率、转速,选择电动机的型号;计算传动装置的运动和动力参数(确定总传动比;分配各级传动比,计算各轴的转速、功率和转矩等)。

(3) 传动零件的设计计算

减速器以外的传动零件设计计算(带传动、链传动);减速器内部的传动零件设计计算(如齿轮传动等)。

(4) 减速器装配草图设计

绘制减速器装配草图,选择联轴器,初定轴径;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;校核轴及轮毂联接的强度;校核轴承寿命;箱体和附件的结构设计。

(5) 工作图设计

零件工作图设计;装配工作图设计。

(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。

为帮助大家拟定好设计进度,下面列表各阶段所占总工作量的大致百分比,供参考(见表1.1-1)。教师可根据学生是否按时完成各阶段的设计任务来考察其设计能力,并作为评定成绩量化考核的依据之一。

表 1.1-1

设计进度表

序 号	设 计 内 容	占总设计工作量的百分比/%	完成阶段设计的参考时间
1	传动装置的总体设计	7	第一天(周一)
2	传动零件的设计计算	7	第二天(周二)
3	减速器装配草图设计	40	第六天(下周一)
4	装配工作图设计	25	第八天(下周二)
5	零件工作图设计	8	第九天(下周三)
6	整理编写设计计算说明书	8	第十天(下周四)
7	答 辩	5	第十一天(下周五)

1.4 机械设计基础课程设计的方法和要求

1.4.1 方法

机械设计基础课程设计与机械设计的一般过程相似,从方案设计开始,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,还需要借助画图、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。这种设计方法即通常所说的“三边”设计法。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,都是不正确的。

1.4.2 课程设计的要求和注意事项

(1) 认真、仔细、整洁

设计工作是一项认真仔细的工作,一点也马虎不得,无论是在数字计算上或结构设计中,一点细小的差错都会导致产品的报废。因此,要通过课程设计培养出认真、细致、严谨、整洁的工作作风。

(2) 理论联系实际,综合考虑问题,力求设计合理、实用、经济、工艺性好

(3) 正确处理继承与创新的关系,正确使用标准和规范

正确继承以往的设计经验和利用已有的资料,既可减轻设计的重复工作量,加快设计的进程,又有利于提高设计质量。但继承不是盲目的机械抄袭。

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,从而收到良好的经济效益,同时也可减少设计工作量。对于国家标准或本部门的规范,一般都要严格遵守。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、制造和使用而制定的,不是用来限制其创新和发展的。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。

(4) 学会正确处理设计计算和结构设计间的关系,要统筹兼顾

确定零件尺寸有几种不同的情况:

由几何关系导出的公式计算出的尺寸是严格的等式关系。若改变其中某一参数,则其他参数必须相应改变,一般是不能随意圆整或变动的,例如齿轮传动的中心距 $a = m(z_1 + z_2)/2$,如欲将 a 圆整,则必须相应地改动 z_1, z_2 或 m ,以保证其恒等式关系。

由强度、刚度、磨损等条件导出的计算公式常是不等式关系。有的是机械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、安装、拆卸和加工制造等要求,最终采用的尺寸可能为 50mm,这个尺寸不仅满足了强度的要求,也满足了其他的要求,是合理的,而不是浪费。

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,强度情况不明等尺寸,例如箱体的结构尺寸。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而定,根本不必进行计算,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、档油盘等。

(5) 所绘图纸要求作图准确、表达清晰、图面整洁,符合机械制图标准;说明书要求计算准确、书写工整,并保证要求的书写格式。

2 传动装置的总体设计

2.1 选择电动机

根据工作机的特性、工作环境、工作载荷大小和性质等条件,选择电动机的种类、类型和结构形式、功率和转速,确定出电动机的型号。

2.1.1 选择电动机的种类、类型和结构形式

根据电源种类(直流和交流)、工作条件(环境、温度、空间位置等)及载荷性质和大小,起动特性和过载情况等来选择。

由于一般生产单位多采用三相电源,故无特殊要求时均应选用三相交流电动机。其中以三相异步电动机应用最多,常用为 Y 系列三相异步电动机。经常起动、制动和正反转的,例如起重、提升设备,要求电动机具有较小的转动惯量和较大的过载能力,因此,应选用冶金及起重用三相异步电动机,常用 YZ 型或 YZR 型。电动机的结构有防滴式、封闭自扇冷式和防暴式等,可根据防护要求选择。常用 Y 系列三相异步电动机的技术数据和外形尺寸见表 2.9-1 及表 2.9-2。

2.1.2 选择电动机的功率(容量)

电动机的功率选择是否合适,对电动机的正常工作和经济性都有影响。功率选得过小不能保证工作机的正常工作,或使电动机因超载而过早损坏;功率选得过大则电动机的价格高,能力又得不到充分发挥,而且由于电机经常不在满载下运转,其效率和功率因数都较低而造成能源的浪费。

对于载荷比较稳定、长期运转的机械(例如运输机),通常按照电动机的额定功率选择,而不必校验电动机的发热和起动转矩,选择电动机功率时应保证

$$P_0 \geq P_r$$

式中 P_0 ——电动机额定功率, kW;

P_r ——工作机所需电动机功率, kW;

工作机所需电动机功率按下式计算

$$P_r = \frac{P_\omega}{\eta}$$

式中 P_ω ——工作机所需的有效功率,由工作机的工艺阻力及运行参数确定;

η ——从电动机到工作机的总传动效率。

图 1.1-1 所示胶带运输机机械的 P_ω 计算如下

$$P_{\omega} = \frac{Fv}{1000} \quad \text{kW} \quad v = \frac{\pi Dn}{60 \times 10^3} \quad \text{m/s}$$

式中 F ——工作机的圆周力, 运输机的输送带的有效拉力(即工艺阻力), N;

v ——工作机的线速度, 运输机输送带的线速度, m/s;

D ——胶带运输机传动滚筒的直径, mm;

n ——工作机主动轴(传动滚筒轴)的转速, r/min。

传动装置的总传动效率 η , 由传动装置的组成决定多级串联的传动装置, 其传动总效率为

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdots \eta_{\omega}$$

式中 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdots, \eta_{\omega}$ 分别为传动装置中各运动副或传动副(例如联轴器、滚动轴承、带传动、链传动、齿轮传动及传动滚筒等)的效率。

计算总效率时, 应注意以下各点:

(1) 机械传动效率的概略值, 可参见表 2.2-1, 表中的数值是概略值的范围, 情况不明时, 一般取中间值。如果工作条件差, 加工精度低, 维护不良时, 应取低值, 反之取高值。

(2) 轴承的效率值均指一对轴承的效率。

(3) 动力每经过一个运动副或传动副, 就发生一次功率损耗, 故计算效率时不要遗漏。

2.1.3 确定电动机的转速

除了选择合适的电动机系列和容量外, 还要确定出适当的电动机转速, 才能最终选定出电动机的型号。因为功率大小相同的同类电动机, 还可具有不同的转速, 例如三相异步电动机的同步转速, 一般有 3000, 1500, 1000, 750r/min 四种。通常, 电动机同步转速愈高, 磁极对数愈少, 外廓尺寸愈小, 价格愈低。但是电动机转速过高势必使总传动比加大, 致使传动装置结构复杂, 外廓尺寸加大, 制造成本提高。而选用较低速的电动机时, 则有与之相反的结果。因此, 确定电动机转速时, 要分析比较, 权衡利弊, 选择最佳方案。本课程设计中, 一般建议取电动机同步转速 1000r/min, 少数情况下可取 1500r/min。

例 1.2-1 图 1.1-1(a) 所示胶带运输机, 胶带的有效拉力 $F = 2400\text{N}$, 带速 $v = 1.8\text{m/s}$, 传动滚筒直径 $D = 320\text{mm}$, 载荷平稳, 常温下连续运转, 工作环境多尘, 电源为三相交流, 电压 380V, 试选择电动机。

解 (1) 选择电动机系列

按工作要求及工作条件选用三相异步电动机, 封闭自扇冷式结构, 电压 380V, Y 系列。

(2) 选择电动机功率

$$P_{\omega} = \frac{Fv}{1000} = \frac{2400 \times 1.8}{1000} = 4.32 \quad \text{kW}$$

传动装置的总效率

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6$$

按表 2.2-1 确定各部分效率如下

弹性联轴器的效率

$$\eta_1 = 0.99$$

一对滚动轴承的效率

$$\eta_2 = 0.99$$

闭式齿轮传动的效率

$$\eta_3 = 0.97 \text{ (暂定精度 8 级)}$$

开式滚子链传动的效率

$$\eta_4 = 0.92$$

一对滑动轴承的效率 $\eta_5 = 0.97$

传动滚筒的效率 $\eta_6 = 0.96$

代入得

$$\eta = 0.99 \times 0.99^2 \times 0.97 \times 0.92 \times 0.97 \times 0.96 = 0.8063$$

所需电动机功率

$$P_r = \frac{P_w}{\eta} = \frac{4.32}{0.8063} = 5.36 \text{ kW}$$

由表 2.9-1 可选 Y 系列三相异步电动机 Y132M2—6 型, 额定 $P_0 = 5.5 \text{ kW}$; 或选 Y 系列三相异步电动机 Y132S—4 型, 额定 $P_0 = 5.5 \text{ kW}$, 均满足

$$P_0 > P_r$$

(3) 确定电动机转速

传动滚筒轴转速

$$n_w = \frac{60v}{\pi D} = \frac{60 \times 1.8}{\pi \times 0.32} = 107.4 \text{ r/min}$$

现以同步转速 1500r/min 及 1000r/min 两种方案进行比较。由表 2.9-1 查得电动机数据, 计算的总传动比列于表 1.2-1。

表 1.2-1 电动机数据及总传动比

方案号	电动机型号	额定功率 /kW	同步转速 /(r/min)	满载转速 /(r/min)	电动机质量 /kg	总传动比
1	Y132S-4	5.5	1500	1440	68	13.41
2	Y132M2-6	5.5	1000	960	84	8.94

比较两方案可见, 方案 1 选用的电动机使总传动比较大。为使传动装置结构紧凑, 选用方案 2。电动机型号为 Y132M2—6。由表 2.9-2 查得其性能数据列于表 1.2-2。

表 1.2-2

电动机额定功率 P_0/kW	5.5	电动机轴伸长度 E/mm	80
电动机满载转速 $n_0/(\text{r/min})$	960	电动机中心高 H/mm	132
电动机轴伸直径 D/mm	38	堵转转矩/额定转矩	2.0

2.2 传动比分配

传动装置的总传动比可根据电动机的满载转速 n_0 和工作机轴的转速 n_w , 由 $i = n_0/n_w$ 算出, 然后将总传动比合理地分配给各级传动。总传动比等于各级传动比的连乘积, 即 $i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots$

当设计多级传动装置时, 分配传动比是设计的一个重要步骤。往往由于传动比分配不当, 造成尺寸不紧凑、结构不协调、成本高、维护不便等问题。欲做到较合理地分配传动比, 应注意以下几点。

2.2.1 各级传动比荐用值

各级传动比均应在荐用值的范围内, 以符合各种传动型式的特点, 使结构紧凑、工艺合理。各种传动的传动比的荐用值列于表 2.2-1。

2.2.2 保证尺寸协调、结构匀称

各级传动间应做到尺寸协调、结构匀称。例如传动装置由普通 V 带和齿轮减速器组成的双级传动中,带传动的传动比不宜过大,一般应使 $i_{\text{带}} < i_{\text{齿}}$, 这样可使传动装置的结构较为紧凑。若带传动的传动比分配过大,大带轮的外圆外径 d_a 大于减速器的中心高 H 时,会造成尺寸不协调或安装不便(例如有时需将地基挖坑),如图 1.2-1 所示。同样在由齿轮减速器和链传动组成的胶带运输机传动装置中,若链传动的传动比分配过大,同样也会使链轮的齿顶圆直径 d_a 远远大于运输机传动滚筒的直径 D ,尺寸不协调、安装困难。

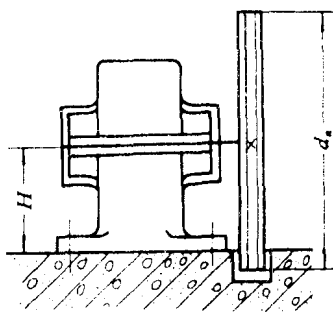


图 1.2-1 带轮过大与地基相碰

例 1.2-2 数据同例 1.2-1, 选定的电动机的满载转速 $n_0 = 960 \text{ r/min}$, 传动滚筒轴转速 $n_w = 107.4 \text{ r/min}$, 总传动比 $i = \frac{n_0}{n_w} = \frac{960}{31.8} = 8.94$, 试分配各级传动比。

解 据表 2.2-1 取链传动的 $i_{23} = 2.5$, 则齿轮传动的传动比为

$$i_{12} = \frac{i}{i_{23}} = \frac{8.94}{2.5} = 3.576$$

应该注意,以上传动比的分配只是初步的,传动装置中各级传动的实际传动比的数值必须在各级传动零件的参数和尺寸(如链轮齿数、齿轮齿数等)确定之后才能确定。总传动比的实际数值与设计任务书的要求值之间允许有 $\pm(3 \sim 5)\%$ 的误差。

2.3 传动装置的运动和动力参数的计算

在选定电动机型号、分配传动比之后,应将传动装置中各轴传递的功率、转速、转矩和相邻轴间的传动比及传动效率计算出来,为传动零件和轴的设计计算、滚动轴承寿命计算、键联接强度校核提供依据。

2.3.1 各轴转速

各轴的转速可根据电动机的满载转速及传动比进行计算。

2.3.2 各轴的输入功率和转矩

各轴的功率和转矩均按输入处计算。可有两种计算方法,其一是按工作机的需要功率计算;其二是按所选电动机的额定功率计算。前一种方法的优点是设计出的传动装置结构较为紧凑;而后一种方法由于一般所选用的电动机额定功率大于工作机所需的电动机功率,故根据电动机的额定功率计算出的各轴功率和转矩都会较实际需要的大一些,根据这些数据设计出的传动零件,其结构尺寸也会较实际需要的稍大,设计出的传动装置的承载能力对于生产还有一定的裕度。

计算各轴运动和动力参数时,应先将传动装置中各轴从高速级向低速级依次编号定为 1 轴、2 轴……(电动机轴为 0 轴),相邻两轴间的传动比表示为 $i_{12}, i_{23}, \dots$, 相邻两轴间的传动效率为 $\eta_{12}, \eta_{23}, \dots$ 表示。各轴的输入功率为 $P_1, P_2, \dots$, 各轴转速为 $n_1, n_2, \dots$, 各轴输入转矩为

$T_1, T_2, \dots$, 则各轴功率、转速和转矩的计算公式为

$$P \begin{cases} P_1 = P_0 \cdot \eta_{01} \\ P_2 = P_1 \cdot \eta_{12} \\ P_3 = P_2 \cdot \eta_{23} \\ \vdots \end{cases} \quad n \begin{cases} n_1 = \frac{n_0}{i_{01}} \\ n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} \\ n_3 = \frac{n_2}{i_{23}} \\ \vdots \end{cases} \quad T \begin{cases} T_1 = 9.55 \frac{P_1}{n_1} = T_0 \cdot i_{01} \cdot \eta_{01} \\ T_2 = 9.55 \frac{P_2}{n_2} = T_1 \cdot i_{12} \cdot \eta_{12} \\ T_3 = 9.55 \frac{P_3}{n_3} = T_2 \cdot i_{23} \cdot \eta_{23} \\ \vdots \end{cases}$$

式中 P_0 ——电动机轴的输出功率, W;

n_0 ——电动机轴的满载转速, r/min;

T_0 ——电动机轴的输出转矩, N·m;

i_{01} ——电动机轴至 1 轴的传动比, 如其间是用联轴器联接, 则 $i_{01} = 1$;

η_{01} ——电动机轴至 1 轴的传动效率。

若按第一种方法计算时, P_0 即为工作机所需的电机功率, 即 $P_0 = P_r$ 。若按第二处方法计算时, P_0 即为电动机的额定功率。电动机的输出转矩 T_0 为

$$T_0 = 9.55 \frac{P_0}{n_0} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

本课程设计按第一种计算方法。

例 1.2-3 数据同例 1.2-1 及 1.2-2, 传动装置机构示意图如图 1.1-1(a) 所示。试按第一种方法计算传动装置的运动和动力参数。

解 0 轴: 0 轴即电动机轴

$$P_0 = P_r = 5.36 \quad \text{kW}$$

$$n_0 = 960 \quad \text{r/min}$$

$$T_0 = 9.55 \frac{P_0}{n_0} = 9.55 \times \frac{5.36 \times 10^3}{960} = 53.32 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

1 轴: 1 轴即减速器高速轴

$$P_1 = P_0 \cdot \eta_{01} = 5.36 \times 0.99 = 5.31 \quad \text{kW}$$

$$n_1 = \frac{n_0}{i_{01}} = \frac{960}{1} = 960 \quad \text{r/min}$$

$$T_1 = 9.55 \frac{P_1}{n_1} = 9.55 \times \frac{5.31 \times 10^3}{960} = 52.79 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

2 轴: 2 轴即减速器低速轴

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{12} = 5.31 \times 0.99 \times 0.97 = 5.10 \quad \text{kW}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{960}{3.576} = 268.46 \quad \text{r/min}$$

$$T_2 = 9.55 \frac{P_2}{n_2} = 9.55 \times \frac{5.10 \times 10^3}{268.46} = 181.42 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

3 轴: 3 轴即传动滚筒轴

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{23} = 5.10 \times 0.99 \times 0.92 = 4.65 \quad \text{kW}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{23}} = \frac{268.46}{2.5} = 107.38 \text{ r/min}$$

$$T_3 = 9.55 \frac{P_3}{n_3} = 9.55 \times \frac{4.65 \times 10^3}{107.38} = 413.55 \text{ N} \cdot \text{m}$$

上述计算结果汇总列于表 1.2-3, 以便设计计算查用。

表 1.2-3 各轴运动及动力参数

轴序号	功率 P /kW	转速 n /(r/min)	转矩 T /N·m	传动形式	传动比 i	效率 η
0	5.36	960	53.32	联轴器	1	0.99
1	5.31	960	52.79		齿轮传动	3.576
2	5.10	268.46	181.42	链传动		
3	4.65	107.38	413.55			

3 传动零件设计计算

传动零件的设计计算, 包括确定传动零件的材料、热处理方法、参数、尺寸和主要结构。这些工作为装配草图的设计做好准备。

由传动装置运动及动力参数计算得出的数据及设计任务书给定的工作条件, 即为传动零件设计计算的原始数据。

各传动零件的设计计算方法, 读者已在《机械设计基础》课程中学过, 可参考教材复习有关内容。下面就传动零件设计计算的要求和需要注意的问题作简要的提示。

3.1 减速器以外传动零件的设计计算

当所设计的传动装置中, 除减速器外还有其他传动零件(如带传动、链传动等)时, 通常首先设计计算这些传动零件。在这些传动零件参数(例如带轮的基准直径、链轮齿数)确定后, 外部传动的实际传动比便可确定, 然后修正减速器的传动比, 再进行减速器内传动零件的设计, 这样可减小整个传动装置的传动比累积误差。

通常, 由于设计学时的限制, 减速器以外的传动零件只须确定重要的参数和尺寸, 而不进行详细的结构设计。装配图只画减速器部分, 一般不画外部传动零件。但是, 减速器的轴伸结构与其上的传动零件或联轴器的结构有关。是否在装配图上画出减速器以外的传动零件或联轴器的安装结构, 将由指导教师视情况而定。

3.1.1 普通 V 带传动

设计普通 V 带传动须确定出带的型号、带轮直径和宽度、计算出带的长度、中心距、带的根数及作用在轴上力的大小和方向。

设计普通 V 带传动时, 应注意小带轮的直径不要选得过小。轮径小使带的弯曲应力增大, 降低带的疲劳寿命。而且由于带的根数增多造成各根带受力不均, 一般应限制根数 $z < 10$, 常取 $z = 3 \sim 6$ 。因此, 在外廓尺寸允许的条件下, 应令 $d_1 \geq d_{\min}$, 并使带速 $v = 5 \sim 25 \text{ m/s}$,