



高等职业教育“十一五”规划教材



机械设计 基础课程设计

王 军 主 编

Jixie Sheji Jichu Kecheng Sheji



科学出版社

www.sciencep.com

●高等职业教育“十一五”规划教材

机械设计基础课程设计

王 军 主 编
曾德江 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以常见的齿轮减速器为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法。对课程设计从准备到编写设计计算说明书与准备答辩的全过程作了具体的阐述。内容包括:概述、机械传动装置总体设计、传动零件的设计、减速器的结构、减速器的润滑与密封、装配图的设计与绘制、零件工作图的设计与绘制、编写设计计算说明书与准备答辩、机械设计常用标准和规范、课程设计参考图例等。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校机械类、近机械类各专业机械设计基础课程设计的教学用书,也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础课程设计/王军主编. —北京:科学出版社, 2007

(高等职业教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-019089-5

I. 机… II. 王… III. 机械设计-课程设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 085465 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:赵 燕

责任印制:吕春珉/封面设计:李 亮

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 8 月第一次印刷 印张:13 3/4

印数:1—3 000 字数:280 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010—62136131 编辑部电话 010—62135235 (VP04)

前 言

《机械设计基础课程设计》是机械设计基础课程的配套教材。此书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》中关于课程设计要求，并吸取以往相关教材在教学实践中所取得的经验精心编写而成的。可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校机械类、近机械类各专业机械设计基础课程设计的教学用书，也可供有关专业技术人员参考。

书中以常见的一级减速器及以一级减速器为主体的一般机械传动装置的设计过程为例，系统地介绍了设计内容、步骤和方法。并注意设计思路和方法的引导，启迪学生把先修课程的理论知识融会贯通地应用到设计中去。针对设计中易出现的错误，采用正误对照插图的表达形式，便于学生对照比较，加深认识，使学生在设计中少走弯路。

本书将课程设计指导书、设计参考图、有关最新国家标准规范及设计参考资料等经过精选而有机地结合起来编成了一本适用于课程设计的教材。此教材内容齐全、设计步骤清晰，学生使用方便，符合学生设计的思维过程。

参加本书编写的有广东轻工职业技术学院王军、陈学文、刘安静、广东机电职业技术学院曾德江、石岚、吉林电子信息职业技术学院于辉、浙江师范大学交通学院金才富。全书由王军任主编，曾德江任副主编。

本书由山东科技大学张建中教授审稿，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中欠妥之处在所难免，恳请读者给予指正。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 课程设计的目的	1
1.2 课程设计的内容	1
1.3 课程设计的步骤	1
1.4 课程设计的要求和注意事项	2
第 2 章 传动装置的总体设计	3
2.1 拟定传动方案	3
2.2 电动机的选择	4
2.3 总传动比的计算与分配	7
2.4 传动装置的运动和动力参数计算	8
2.5 传动装置的总体设计示例	10
第 3 章 传动零件的设计	12
3.1 减速器外传动零件的设计	12
3.2 减速器内传动零件的设计	13
第 4 章 减速器的结构尺寸	15
4.1 减速器的结构	15
4.2 减速器箱体的结构	19
4.3 滚动轴承组合的结构设计	27
4.4 减速器附件的结构设计	33
第 5 章 减速器的润滑与密封	42
5.1 减速器的润滑	42
5.2 减速器的密封	47
第 6 章 装配图的设计及绘制	51
6.1 装配图设计的准备	62
6.2 装配草图的设计及绘制	64
6.3 装配草图的检查和修改	77
6.4 完成减速器装配图	82
第 7 章 零件工作图的设计和绘制	87
7.1 轴类零件工作图的设计和绘制	88
7.2 齿轮类零件工作图的设计和绘制	93
7.3 铸造箱体工作图的设计和绘制	97
第 8 章 编制设计计算说明书和准备答辩	104
8.1 设计计算说明书的要求	104
8.2 设计计算说明书内容与格式	104

8.3 准备答辩	105
第9章 机械设计常用标准和规范	108
9.1 一般标准和规范	108
9.2 金属材料	117
9.3 连接件和紧固件	122
9.4 滚动轴承	148
9.5 联轴器	160
9.6 密封件和润滑剂	165
9.7 公差与配合	170
9.8 渐开线圆柱齿轮精度	180
9.9 蜗杆传动精度	192
9.10 电动机	201
参考文献	212

第 1 章 概 述

1.1 课程设计的目的

机械设计基础课程设计是机械设计基础课程最后一个重要的实践性教学环节，也是机械类和近机械类专业学生第一次较为全面的机械设计训练。其目的在于：

(1) 培养学生综合运用机械设计基础课程及其他先修课程的理论知识和生产实际知识去分析和解决工程实际问题的能力。通过课程设计训练可以巩固、加深有关机械设计方面的理论知识。

(2) 学习和掌握一般机械设计的基本方法和步骤。培养独立设计能力，为后续专业课程及毕业设计打好基础、做好准备。

(3) 使学生具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关设计资料的能力。

1.2 课程设计的内容

课程设计一般选择由机械设计基础课程所学过的大部分通用机械零件所组成的机械传动装置或简单机械作为设计题目。目前比较成熟的题目是以齿轮减速器为主的机械传动装置，它包括了机械设计基础课程的主要内容。

课程设计的主要内容包括：

(1) 传动装置的总体设计：①拟定传动方案；②电动机的选择；③传动装置的运动参数和动力参数的计算。

(2) 传动件的设计计算。

(3) 绘制减速器装配图。

(4) 绘制零件工作图。

(5) 编写设计计算说明书。

1.3 课程设计的步骤

课程设计是一次较全面较系统的机械设计训练，因此，机械设计过程的一般步骤为：

(1) 设计准备。认真研究设计任务书，明确设计任务和要求；参观模型及实物、观看录像片、拆装减速器、阅读设计资料等，从而熟悉设计对象。

(2) 传动装置的总体设计。拟订传动方案及传动装置的运动简图，选择电动机，计算传动装置运动和动力参数等。

(3) 传动件的设计计算。设计计算带传动、齿轮传动（蜗杆传动）、链传动等的主要参数和几何尺寸。

(4) 装配草图的绘制。绘制装配草图(草图纸),进行轴系部件设计,校核轴和键的强度以及轴承寿命计算,箱体结构及附件的设计。

(5) 装配图的绘制。绘制装配图,选择配合、标注尺寸、编写零件序号,列出明细表、标题栏,书写技术要求和特性。

(6) 零件工作图的绘制。齿轮类零件和轴类零件工作图的绘制。

(7) 编写设计计算说明书。包括所有的计算,并附有必要的简图,说明书最后内容应写出设计总结。

(8) 答辩。

1.4 课程设计的要求和注意事项

课程设计是学生第一次接受较全面的设计训练,在设计过程中,学生必须做到严肃认真、刻苦钻研、积极思考、主动提问,及时向指导老师汇报情况,按指导老师的布置循序渐进地进行设计,按时完成设计任务。

在设计过程中,注意处理好以下事项,才能在设计思想、方法和技能上获得较大的锻炼和提高:

(1) 参考已有资料与创新的关系。学生应从具体的设计任务出发,充分利用已有的技术资料,认真分析现有设计方案的特点,从中吸取合理部分。正确地利用已有资料,既可避免许多重复工作,加快设计进程,同时也是创新的基础和提高设计质量的重要保证。合理的使用各种技术资料正是设计工作能力的重要体现。而任何一项新的设计都有其特定的要求和具体的工作条件,设计时不可盲目地、机械地抄袭现有设计资料。要养成独立思索和观察的习惯,敢于提出问题,勇于创新。

(2) 标准和规范的正确使用。设计时要严格遵守和执行最新国家标准、设计规范。既可减轻设计工作量、节省设计时间、降低设计和制造成本,又可提高设计质量,保证设计的先进性。

(3) 设计计算与结构、工艺要求的关系。设计时的设计计算提供了零件的基本尺寸,同时还应综合考虑结构和工艺要求,进一步确定零件的结构和尺寸,或参考已有资料及经验数据取得有关尺寸,并根据结构和工艺要求确定具体参数,然后进行必要的校核计算。

(4) 正确处理计算与绘图的关系。设计过程是一个边绘图、边计算、边修改的过程。有些零件可以由计算确定零件的基本尺寸,再经草图设计决定具体结构。而有些零件则需要先绘图,取得计算所需条件,再进行必要计算。其计算结果又可能需要修改草图。因此,计算与绘图互为依据,交叉进行。

第 2 章 传动装置的总体设计

传动装置的总体设计包括：拟定传动方案，选择电动机，计算总传动比和分配各级传动比以及计算传动装置的运动和动力参数。

2.1 拟定传动方案

机器一般由原动机、传动装置和工作机三部分组成。其中传动装置是在原动机与工作机之间传递运动和动力，可以改变运动的形式、速度和转矩大小，以满足工作机的需要，是机器的重要组成部分。传动装置的传动方案设计是否合理将直接影响机器的工作性能、机器自重和成本。

在课程设计中，学生应根据设计任务书，拟定传动方案。如果设计任务书中已给定传动方案，学生则应了解和分析这种方案的特点。满足工作机的要求是拟定传动方案的最基本原则。同一种工作机的运动可以由几种不同的传动方案来实现，这就需要把传动方案的特点加以分析比较，从中选择出最符合实际情况的一种传动方案。传动方案除了要满足工作机的性能要求、适应工作条件、工作可靠，还应该具有结构简单、紧凑、成本低、传动效率高和操作维护方便等特点。一种方案要同时满足这些要求往往是有困难的。因此，设计者应统筹兼顾，抓住主要矛盾，有目的地保证重点要求。

图 2-1 为带式运输机的四种传动方案。其传动方案的比较如表 2-1 所述。

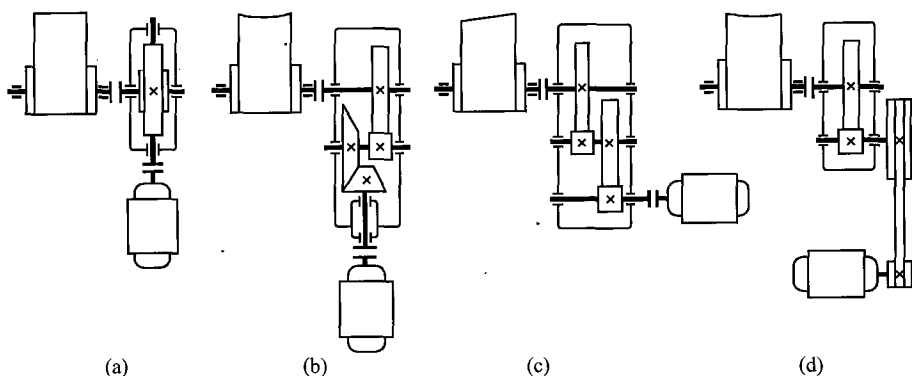


图 2-1 带式运输机的四种传动方案

拟定一个合理的传动方案，一定要熟悉各种机械传动的特点，以便合理布置其传动顺序，通常考虑以下几点：

- (1) 传动平稳性好，能缓冲吸振，承载能力较低的宜布置在传动装置的高速级。
- (2) 传动平稳性差，有冲击的宜布置在低速级。
- (3) 蜗杆传动可以实现较大的传动比，适用中、小功率以及间歇运动的场合。但其

承载能力较齿轮传动低，宜布置在传动装置的高速级，以获得较小的结构尺寸。

表 2-1 传动方案比较

传动方案	特 点
a	结构紧凑，若在大功率和长期运转条件下使用，则由于蜗杆传动效率低，功率损失大，很不经济
b	宽度尺寸较小，适于在恶劣环境下长期连续工作。但圆锥齿轮加工比圆柱齿轮困难
c	与 b 方案比较，宽度尺寸较大，输入轴线与工作机位置是水平布置。宜在恶劣环境下长期工作
d	宽度和长度尺寸较大，带传动不适应繁重的工作条件和恶劣的环境。但若用于链式或板式运输机，有过载保护作用

(4) 斜齿轮传动较直齿轮传动平稳，常用在高速级或要求传动平稳的场合。

(5) 当传动中有圆柱齿轮和圆锥齿轮传动时，圆锥齿轮宜布置在高速级，以减小圆锥齿轮的尺寸。

(6) 开式齿轮传动的工作环境一般较差，润滑不良，为减小磨损，宜布置在低速级。

2.2 电动机的选择

电动机是最常用的原动机，并且是系列化和标准化产品。机械设计中需要根据工作机的工作情况和运动、动力参数，合理地选择电动机类型、结构形式、传递的功率和转速，确定电动机的型号。

2.2.1 电动机类型选择

电动机有交流电动机和直流电动机之分，工业上常采用交流电动机。交流电动机有异步电动机和同步电动机两类，异步电动机又分为笼型和绕线型两种，其中以普通笼型异步电动机应用最广泛。如无特殊需要，一般优先选用 Y 系列笼型三相异步电动机，因其具有高效、节能、噪声小、振动小、运行安全可靠的特点，且安装尺寸和功率等级符合国际标准 (IEC)，适用于无特殊要求的各种机械设备，如运输机、鼓风机、机床及农业机械和食品机械等。对于经常需要启动、制动和正反转的场合（如起重机），宜选允许有较大振动和冲击，转动惯量小，过载能力大的 YZ 和 YZR 系列起重用三相异步电动机。常用 Y 系列电动机的标准系列见 9.10 节。

2.2.2 电动机的功率确定

电动机的功率选择是否合适将直接影响到电动机的工作性能和经济性能。如果选用额定功率小于工作机所要求的功率，就不能保证工作机正常工作，甚至使电动机长期过载而过早损坏；如果选用额定功率大于工作机所要求的功率，则电动机价格高，功率未得到充分利用，从而增加电能消耗，造成浪费。

课程设计中，由于设计任务书所给工作机一般为长期连续运转，载荷不变或很少变化的机械，并且传递功率较小，故只需使电动机的额定功率 P_m 等于或稍大于电动机的

实际输出功率 P_d ，即 $P_m \geq P_d$ 。这样电动机在工作时就不会过热，一般不需要对电动机进行热平衡计算和校核启动力矩。

如图 2-2 所示的带式输送机，其工作机所需要的电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \quad (\text{kW}) \quad (2-1)$$

式中 P_w ——工作机所需输入功率 (kW)；

η ——电动机至工作机之间总效率。

工作机所需功率 P_w 由工作机的工作阻力 (F_w 或 T) 和运动参数 (v 或 n) 按下式计算

$$P_w = \frac{F_w v}{1000 \eta_w} \quad (2-2)$$

或

$$P_w = \frac{T n_w}{9550 \eta_w} \quad (2-3)$$

式中 F_w ——工作机阻力 (N)；

v ——工作机线速度 (m/s)；

T ——工作机阻力矩 (N·m)；

n_w ——工作机转速 (r/min)；

η_w ——工作机效率。

由电动机至工作机的传动装置总效率 η 按下式计算

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \cdots \cdot \eta_n \quad (2-4)$$

式中 $\eta_1, \eta_2, \cdots, \eta_n$ 分别为传动装置中各传动副 (齿轮、蜗杆、带或链传动)、轴承 (一对)、联轴器的效率，其数值可由表 2-2 选取。

计算总效率 η 时需注意以下几点：

(1) 轴承效率均指一对轴承的效率。

(2) 当资料推荐的效率数值有一个范围时，一般可取中间值。

(3) 蜗杆传动效率与蜗杆头数及材料有关，应先初选头数，估计效率，初步设计出蜗杆、蜗轮参数后，再计算效率并验算电动机所需功率。

(4) 电动机的额定功率 P_m 应等于或略大于电动机所需功率 P_d ，以便电动机工作时不会过热。通常按 $P_m = (1 \sim 1.3) P_d$ 来确定。

2.2.3 电动机转速的确定

额定功率相同的同类型电动机，可以有不同的转速。如三相异步电动机就有四种常用的同步转速，即 3000、1500、1000、750r/min。电动机的转速高，极数少，外部尺寸和质量小、价格低，但传动装置的传动比大，使传动装置的结构尺寸增大，成本提高；低转速电动机则相反。因此，确定电动机转速时，应按具体情况进行分析比较。一般情况下，宜选用 1000、1500r/min 较合适。

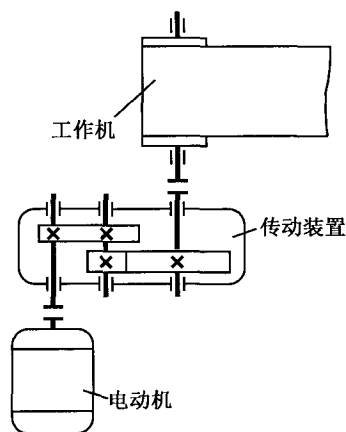


图 2-2 带式输送机

表 2-2 机械传动效率概略值

类别	传动型式	效率 η	类别	传动型式	效率 η	
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑)	0.98~0.99	绞车卷筒		0.94~0.97	
	8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)	0.97	滑动轴承	润滑不良	0.94	
	9 级精度的齿轮传动 (稀油润滑)	0.96		润滑正常	0.97	
	加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)	0.94~0.96		润滑特好 (压力润滑)	0.98	
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93		液体摩擦	0.99	
	圆锥齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑)	0.97~0.98	滚动轴承	球轴承 (稀油润滑)	0.99
8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)		0.94~0.97	滚子轴承 (稀油润滑)		0.98	
加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)		0.92~0.95	摩擦传动	平摩擦传动	0.85~0.92	
铸造齿的开式齿轮传动		0.88~0.92		槽摩擦传动	0.88~0.90	
蜗杆传动		自锁蜗杆		0.4~0.45	卷绳轮	0.95
		单头蜗杆		0.7~0.75	联轴器	浮动联轴器
	双头蜗杆	0.75~0.82	齿轮联轴器	0.99		
	三头、四头蜗杆	0.8~0.92	弹性联轴器	0.99~0.995		
	带传动	圆弧面蜗杆传动	0.85~0.95	万向联轴器 ($\alpha \leq 3^\circ$)		0.97~0.98
		平带无压紧轮的开式传动	0.98	万向联轴器 ($\alpha > 3^\circ$)		0.95~0.97
平带有压紧轮的开式传动		0.97	梅花接轴	0.97~0.98		
平带交叉传动		0.90	液力联轴器 (在设计点)	0.95~0.98		
V 带传动		0.96	复滑轮组	滑动轴承 ($i=2\sim 6$)	0.98~0.90	
链传动		焊接链		0.93	滚动轴承 ($i=2\sim 6$)	0.99~0.95
	片式关节链	0.95	减 (变) 速器	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98	
	滚子链	0.96		双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96	
	无声链	0.97		单级行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.96	
	丝杠传动	滑动丝杠		0.3~0.6	单级行星摆线针轮减速器	0.90~0.97
滚动丝杠		0.85~0.95		单级圆锥齿轮减速器	0.95~0.96	
				双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94~0.95	
				无级变速器	0.92~0.95	
				轧机人字齿轮座 (滑动轴承)	0.93~0.95	
				轧机人字齿轮座 (滚动轴承)	0.94~0.96	
				轧机主减速器 (包括主联轴器和电机联轴器)	0.93~0.96	

对于多级传动, 可以根据工作机的转速及各级传动机构的传动比, 推算出电动机转速的可选范围, 即

$$n_d = (i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n) n_w \quad (2-5)$$

式中 n_d ——电动机可选转速范围;
 i_1, i_2, \dots, i_n ——各级传动合理传动比范围;
 n_w ——工作机转速。

由选定的电动机类型、结构、输出功率和转速查出电动机型号、额定功率、满载转速、外形尺寸、中心高、轴伸尺寸、键连接尺寸等, 并将这些参数填入表 2-3 中。

表 2-3 电动机数据

电动机型号	额定功率 P_m/kW	同步转速 $n/(r/\text{min})$	满载转速 $n_m/(r/\text{min})$	电动机总重 /N	外伸轴径 /mm	轴中心高 /mm

设计传动装置时, 一般按实际的电动机输出功率 P_d 计算, 转速按电动机额定功率

时的转速 n_m (满载转速) 计算。

2.3 总传动比的计算与分配

2.3.1 传动比的计算

电动机确定后, 根据电动机的满载转速 n_m 及工作机转速 n_w , 可得传动装置的总传动比为

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

对于起重绞车和带式输送机 $n_w = \frac{60 \times 1000 v}{\pi D}$, 其中 D 为卷筒直径 (mm), v 为工作机线速度 (m/s)。

传动装置若由多级传动串联而成, 则其总传动比为

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

式中 $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ 为各级传动比。

2.3.2 传动比的分配

计算出总传动比后, 合理地分配各级传动比是传动装置总体设计中的一个重要问题, 它将影响到传动装置的外形尺寸、质量和润滑条件。分配各级传动比时主要考虑以下几点:

(1) 各级各类传动比值可按表 2-4 所示推荐范围选取。

表 2-4 常用传动机构的性能

选用指标	传动机构						
	平带传动	V带传动	摩擦轮传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
功率/kW (常用值)	小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	小 (≤ 20)	中 (≤ 100)	大 (最大达 50 000)		小 (≤ 50)
单级传动比 常用值	2~4	2~4	$\leq 5 \sim 7$	2~5	圆柱 3~5	圆锥 2~3	7~40
最大值	6	15	15~25	10	10	6~10	80
传动效率	中	中	中	中	高		低
许用的线速度 (m/s)	≤ 25	$\leq 25 \sim 30$	$\leq 15 \sim 25$	≤ 40	6级精度 直齿 ≤ 18 非直齿 ≤ 36 5级精度达 100		$\leq 15 \sim 35$
外廓尺寸	大	大	大	大	小		小
传动精度	低	低	低	中等	高		高
工作平稳性	好	好	好	较差	一般		好
自锁能力	无	无	无	无	无		可有
过载保护作用	有	有	有	无	无		无
使用寿命	短	短	短	中等	长		中等
缓冲、吸振能力	好	好	好	中等	差		差

续表

选用指标	传动机构					
	平带传动	V带传动	摩擦轮传动	链传动	齿轮传动	蜗杆传动
要求制造及安装精度	低	低	中等	中等	高	高
要求润滑条件	不需	不需	一般不需	中等	高	高
环境适应性	不能接触酸、碱、油类、 爆炸性气体		一般	好	一般	一般

(2) 各级传动的结构尺寸应协调、有利于安装, 避免相互干涉。在有带传动的传动装置中, 要避免大带轮半径大于减速器输入轴的中心高(图 2-3)而造成安装不便。通常的办法应使带传动比小于齿轮传动比。

(3) 总传动比和中心距都相同而传动比分配不同, 则结构尺寸也不同, 如图 2-4 所示。

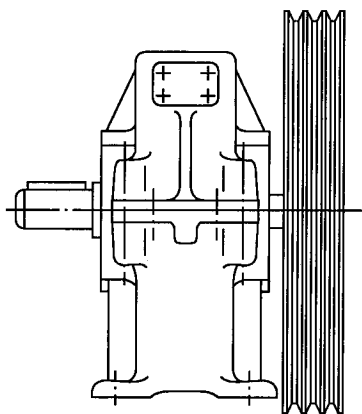


图 2-3 带轮直径过大

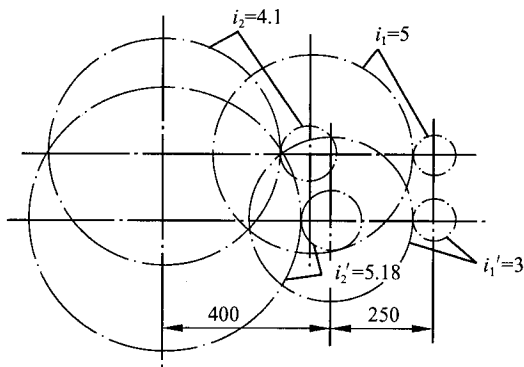


图 2-4 结构尺寸比较

(4) 对于展开式两级齿轮减速器, 应使两级的大齿轮直径尽量相近, 以便于实现统一的浸油润滑。推荐高速级传动比取 $i_1 = (1.3 \sim 1.5)i_2$ (i_1 和 i_2 分别是高速级和低速级的传动比)。

传动装置的实际传动比要由选定的齿轮齿数或带轮的基准直径计算出来, 因此很可能与设定的传动比之间有误差。一般允许工作机实际转速与设定转速之间的相对误差为 $\pm(3 \sim 5)\%$, 否则要重新调整所分配的传动比。

2.4 传动装置的运动和动力参数计算

传动装置的运动和动力参数是指各轴的转速、功率和转矩, 这些参数是设计传动零件所必需的已知条件。一般由电动机至工作机之间运动传递路线计算各轴的转速、功率和转矩。下面以图 2-5 所示的带式输送机为例说明计算方法。设

n_o 、 n_I 、 n_{II} 、 n_w 为电动机轴 o、I、II 轴和工作机(滚筒轴)的转速, (r/min);

P_o 、 P_I 、 P_{II} 、 P_w 为电动机轴 o、I、II 轴和工作机(滚筒轴)的输入功率, (kW);

T_o 、 T_I 、 T_{II} 、 T_w 为电动机轴 o、I、II 轴和工作机(滚筒轴)的输入转矩, (N·m);

P_d 为电动机的输出功率, (kW);
 n_m 为电动机的满载转速, (r/min);
 i_{oI} 、 $i_{I\text{II}}$ 为相邻两轴的传动比;
 η_{oI} 、 $\eta_{I\text{II}}$ 、 $\eta_{\text{II}w}$ 为相邻两轴的效率。

各轴的运动和动力参数计算如下。

2.4.1 各轴的转速

$$\begin{aligned} n_o &= n_m \\ n_I &= \frac{n_m}{i_{oI}} \end{aligned} \quad (2-8)$$

$$\begin{aligned} n_{\text{II}} &= \frac{n_I}{i_{I\text{II}}} \\ n_w &= n_{\text{II}} \end{aligned} \quad (2-9)$$

2.4.2 各轴的输入功率

$$P_o = P_d \quad (2-10)$$

$$P_I = P_d \cdot \eta_{oI} \quad (2-11)$$

$$P_{\text{II}} = P_I \cdot \eta_{I\text{II}} \quad (2-12)$$

$$P_w = P_{\text{II}} \cdot \eta_{\text{II}w}$$

式中 $\eta_{oI} = \eta_b$; η_b ——带传动效率;

$$\eta_{I\text{II}} = \eta_r \cdot \eta_g;$$

η_r ——轴承效率;

η_g ——齿轮传动效率;

$$\eta_{\text{II}w} = \eta_r \cdot \eta_c;$$

η_c ——联轴器效率。

2.4.3 各轴的转矩

$$T_o = 9550 \frac{P_d}{n_m} \quad (2-13)$$

$$T_I = 9550 \frac{P_I}{n_I} \quad (2-14)$$

$$T_{\text{II}} = 9550 \frac{P_{\text{II}}}{n_{\text{II}}} \quad (2-15)$$

$$T_w = 9550 \frac{P_w}{n_w} \quad (2-16)$$

将以上计算结果填入表 2-5, 供设计传动零件时使用。

表 2-5 传动装置的运动和动力参数

参 数	轴 名			
	电动机轴 o	I 轴	II 轴	滚筒轴
转速 $n/(r/min)$				
功率 P/kW				
转矩 $T/(N \cdot m)$				
传动比 i				
效率 η				

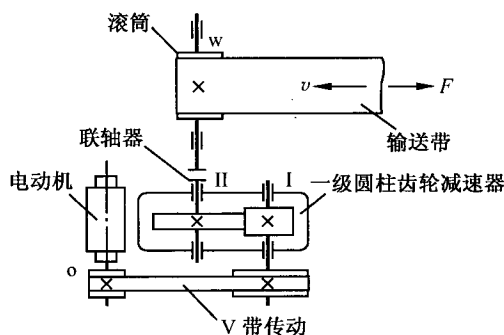


图 2-5 带式输送机

2.5 传动装置的总体设计示例

例 图 2-5 为一带式输送机的运动简图, 已知输送带的有效拉力 $F_w = 3000\text{N}$, 输送带速度 $v = 14\text{m/s}$, 滚筒直径 $D = 400\text{mm}$, 滚筒效率 $\eta_w = 0.97$, 连续工作, 载荷平稳, 单向运转, 按所给运动简图和条件, 试求:

- (1) 选择合适的电动机;
- (2) 计算传动装置的总传动比, 并分配各级传动比;
- (3) 计算传动装置的运动参数和动力参数。

解 (1) 选择电动机。

① 选择电动机类型。

按工作要求和条件选取 Y 系列一般用途的全封闭自扇冷鼠笼型三相异步电动机。

② 确定电动机的功率。

工作机所需的功率依式 (2-2) 得

$$P_w = \frac{F_w v}{1000 \eta_w} = \frac{3000 \times 1.4}{1000 \times 0.97} = 4.32(\text{kW})$$

电动机的输出功率依式 (2-1) 得

$$P_d = \frac{P_w}{\eta}$$

式中 η 为电动机至滚筒轴传动装置的总效率, 包括 V 带传动、一对齿轮传动、两对滚动轴承及联轴器等效率, η 值由式 (2-4) 计算如下

$$\eta = \eta_b \cdot \eta_g \cdot \eta_r^2 \cdot \eta_c$$

由表 2-2 查得 V 带传动效率 $\eta_b = 0.96$, 一对圆柱齿轮传动效率 $\eta_g = 0.97$, 一对滚动轴承效率 $\eta_r = 0.99$, 联轴器效率 $\eta_c = 0.98$, 因此

$$\eta = 0.96 \times 0.97 \times 0.99^2 \times 0.98 = 0.894$$

所以

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{4.32}{0.894} = 4.83(\text{kW})$$

根据 P_d 选取电动机的额定功率 P_m , 使 $P_m = (1 \sim 1.3) P_d = 4.83 \sim 6.279\text{kW}$, 并由表 9-107 查得电动机的额定功率为 $P_m = 5.5\text{kW}$ 。

③ 选择电动机的转速。

先计算工作机主轴的转速, 也就是滚筒轴的转速

$$n_w = \frac{60v}{\pi D} = \frac{60 \times 1.4}{\pi \times 400 \times 10^{-3}} = 66.85(\text{r/min})$$

根据表 2-4 确定传动比的范围, 取 V 带传动比 $i_b = 2 \sim 4$, 单级圆柱齿轮传动比 $i_g = 3 \sim 5$, 则总传动比 i 的范围为

$$i = (2 \times 3) \sim (4 \times 5) = 6 \sim 20$$

依式 (2-5) 得电动机的转速范围为

$$n' = i n_w = (6 \sim 20) \times 66.85 = 401 \sim 1337(\text{r/min})$$

在这个范围内的电动机的同步转速有 750r/min 和 1000r/min 两种, 综合考虑电动

机和传动装置的情况再确定最后的转速。为降低电动机的自重和成本,可选择同步转速为 1000r/min。根据同步转速查表 9-107 确定电动机的型号为 Y132M2-6,其满载转速 $n_m=960\text{r/min}$ 。此外,电动机的中心高,外形尺寸,轴伸尺寸等均可查表 9-108 或表 9-109 得出。

(2) 计算总传动比并分配各级传动比。

① 计算总传动比。依式 (2-6) 得

$$i = \frac{n_m}{n_w} = \frac{960}{66.85} = 14.36$$

② 分配各级传动比。为使带传动的尺寸不至过大,满足 $i_b < i_g$,可取 $i_b = 3$,则齿轮的传动比

$$i_g = \frac{i}{i_b} = \frac{14.36}{3} = 4.79$$

(3) 计算传动装置的运动和动力参数

① 各轴的转速。由式 (2-8)、式 (2-9) 得

$$n_I = \frac{n_m}{i_{oI}} = \frac{n_m}{i_b} = \frac{960}{3} = 320(\text{r/min})$$

$$n_{II} = \frac{n_I}{i_{I II}} = \frac{n_I}{i_g} = \frac{320}{4.79} = 66.81(\text{r/min})$$

$$n_w = n_{II} = 66.81\text{r/min}$$

② 各轴的功率。由式 (2-10) ~ 式 (2-12) 得

$$P_I = P_d \cdot \eta_b = 4.83 \times 0.96 = 4.64(\text{kW})$$

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_r \cdot \eta_g = 4.64 \times 0.99 \times 0.97 = 4.46(\text{kW})$$

$$P_w = P_{II} \cdot \eta_r \cdot \eta_c = 4.46 \times 0.99 \times 0.98 = 4.33(\text{kW})$$

③ 各轴的转矩。由式 (2-13) ~ 式 (2-16) 得

$$T_o = 9550 \frac{P_d}{n_m} = 9550 \frac{4.83}{960} = 48.05(\text{N} \cdot \text{m})$$

$$T_I = 9550 \frac{P_I}{n_I} = 9550 \frac{4.64}{320} = 138.5(\text{N} \cdot \text{m})$$

$$T_{II} = 9550 \frac{P_{II}}{n_{II}} = 9550 \frac{4.46}{66.8} = 637.6(\text{N} \cdot \text{m})$$

$$T_w = 9550 \frac{P_w}{n_w} = 9550 \frac{4.33}{66.8} = 619.0(\text{N} \cdot \text{m})$$

最后,将所计算的结果填入表 2-6。

表 2-6 传动装置的运动参数

参 数	轴 名			
	电动机轴 o	I 轴	II 轴	滚筒轴 w
转速 $n/(\text{r/min})$	960	320	66.81	66.81
功率 P/kW	4.83	4.64	4.46	4.33
转矩 $T/(\text{N} \cdot \text{m})$	48.05	138.5	637.6	619
传动比 i	3	4.79	1	
效率 η	0.96	0.96	0.97	