



卓越系列

21世纪普通高等教育精品规划教材

机械设计基础 课程设计指导教程

JIXIE SHEJI JICHU
KECHENG SHEJI ZHIDAO JIAOCHENG

唐国英/主编

徐庆江 唐国丽/副主编



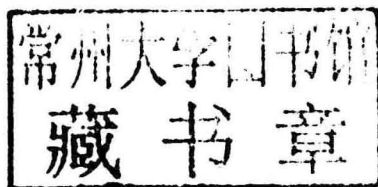
天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 · 21 世纪普通高等教育精品规划教材

机械设计基础 课程设计指导教程

唐国英 主 编
徐庆江 唐国丽 副主编



内容简介

本书是为适应高等职业技术教育发展的要求,根据教育部对高等职业技术教育以培养高素质技能型专门人才的办学特点,结合多年的教学经验编写而成的。本书是天津大学出版社出版的《机械设计基础》的配套教材。

本书适合于高等职业技术学校、高等专科学校、成人高校、近机类各专业使用,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指导教程/唐国英主编. —天津:
天津大学出版社, 2011. 7

(卓越系列)

21 世纪普通高等教育精品规划教材

ISBN 978-7-5618-3976-8

I. ①机… II. ①唐… III. ①机械设计 - 课程设计 -
高等职业教育 - 教学参考资料 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 109568 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网址 www.tjup.com

印刷 河间市新诚印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

开本 185mm × 260mm

印张 7

字数 175 千

版次 2011 年 7 月第 1 版

印次 2011 年 7 月第 1 次

印数 1 - 3 000

定价 19.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是根据国家示范性高等职业院校特色教材《机械设计基础》中有关课程设计的要求编写而成的,是《机械设计基础》的配套教材。

本书是按照课程设计的步骤编写的,对每一设计步骤的内容和顺序都做了说明。全书以一级直齿圆柱齿轮为例,说明机械设计过程。

本书避免了专科生不用的斜齿轮以及蜗杆等内容,只用了与一级直齿圆柱齿轮有关的内容,更直接、方便一些。同时添加了大量的补充材料,如参考图、设计题目、装配图常见的错误、答辩参考等,使本书更实用。

本书编写者是:威海职业技术学院唐国英和徐庆江,乳山市黄山路学校唐国丽。

本书由威海职业技术学院戚晓霞教授、徐桂宏教授、王守志讲师主审,并提出了很好的建议。在此一并表示衷心的感谢。

书中不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2011年4月

目 录

目 录

第一章 总论	(1)
一、课程设计的目的	(1)
二、课程设计的内容和任务	(1)
三、课程设计的步骤	(1)
四、课程设计的有关注意事项	(2)
第二章 传动装置的总体设计	(3)
一、传动方案分析	(3)
二、选择电动机	(5)
三、计算总传动比和分配传动比	(8)
四、计算传动装置的运动和动力参数	(9)
第三章 传动零件的设计计算	(13)
一、选择联轴器的类型和型号	(13)
二、设计减速器外传动零件	(13)
三、设计减速器内传动零件	(14)
第四章 减速器的结构尺寸	(15)
第五章 装配图的设计和绘制	(20)
一、装配图设计的准备阶段	(20)
二、装配图设计的第一阶段	(21)
三、装配图设计的第二阶段	(26)
四、装配图设计的第三阶段	(30)
五、装配草图的检查	(41)
六、完成装配图	(42)
第六章 减速器零件图的设计	(46)
一、零件图的设计要点	(46)
二、轴类零件图的设计要点	(47)
三、齿轮类零件图的设计要点	(48)
第七章 编写设计计算说明书和准备答辩	(50)
一、设计计算说明书的内容及要求	(50)

二、答辩的准备	(51)
附录	(53)
附录一 一般标准	(53)
附录二 金属材料	(55)
附录三 密封件	(62)
附录四 润滑剂	(67)
附录五 电动机	(69)
附录六 联轴器	(70)
附录七 滚动轴承	(75)
附录八 减速器装配图中常见错误与更正	(78)
附录九 参考图例	(82)
附录十 设计参考题目	(89)
附录十一 课程设计答辩	(91)
附录十二 综合设计举例	(93)
参考文献	(106)

第一章 总论

一、课程设计的目的

课程设计是机械设计课程的重要教学环节,是巩固所学知识和提高设计能力的有效方法。

课程设计的目的是:

- (1)通过课程设计,使学生学会资料的查找和使用,熟练掌握设计的过程和方法;
- (2)通过课程设计,使学生对所学知识融会贯通,即将 CAD、工程力学、机械设计等科目综合在一起,掌握机械设计的基本技能;
- (3)通过课程设计,培养学生分析和解决工程实际问题的能力,掌握基本要领。

二、课程设计的内容和任务

课程设计一般选择机械传动装置或简单机械作为设计题目,设计的主要内容有以下几个方面:

- (1)拟订传动装置的设计方案;
- (2)选择电动机,计算传动装置的运动和动力参数;
- (3)进行传动件的设计计算,校核轴、轴承、联轴器、键等;
- (4)绘制减速器装配图;
- (5)绘制零件工作图;
- (6)编写设计计算说明书。

课程设计一般要求在 2 周时间内完成以下的任务:

- (1)绘制减速器装配图 1 张(用 A1 或 A0 图纸);
- (2)绘制零件工作图 1~2 张(轴、齿轮等);
- (3)编写设计计算说明书一份,约 6 000 字;
- (4)答辩。

三、课程设计的步骤

课程设计一般按以下顺序进行:设计准备工作—总体设计—传动件的设计计算—装配图草图的绘制—装配图的绘制—零件图的绘制—编写设计计算说明书—答辩。具体步骤如表 1-1 所示。

1-1 课程设计的具体步骤

步骤	主要内容	学时比例
1. 设计准备工作	(1) 熟悉任务书,明确设计内容和要求 (2) 熟悉设计指导书和查找有关资料准备图纸 (3) 观看实物、模型,或进行减速器装拆实验等	5%
2. 总体设计	(4) 确定传动方案 (5) 选择电动机 (6) 计算总传动比,分配各级传动比 (7) 计算各轴的转速、功率和转矩	5%
3. 传动件的设计计算	(8) 计算齿轮传动的主要参数和尺寸 (9) 计算带传动的主要参数和几何尺寸 (10) 计算各传动件上的作用力	5%
4. 装配图草图的绘制	(11) 确定减速器的结构 (12) 绘制装配图(草图),进行轴及轴上零件和轴承组合的结构设计 (13) 校核轴的强度和滚动轴承的寿命 (14) 绘制减速箱体结构 (15) 绘制减速器附件	40%
5. 装配图的绘制	(16) 绘制减速器装配图	25%
6. 零件图的绘制	(17) 绘制零件图(由指导教师确定)	8%
7. 编写设计计算说明书	(18) 编写设计计算说明书,写出设计总结	10%
8. 答辩	(19) 作答辩准备,参加答辩	2%

四、课程设计的有关注意事项

课程设计具有双向性:一方面,学生一开始往往不知所措,指导老师应给予适当的指导,引导学生的设计思路,启发学生独立思考,对设计进行阶段性检查;另一方面,作为设计的主体,学生应在教师的指导下,积极思考,认真阅读设计指导书,查找有关设计资料,按时完成设计任务。

在课程设计中应注意以下事项:

(1) 认真设计草图是提高设计质量的关键,草图也应该按正式图的比例画,而且作图的顺序要得当;

(2) 设计过程中应及时检查、及时修正;

(3) 注意计算数据的记录和整理;

(4) 要有整体观念。

第二章 传动装置的总体设计

传动装置的总体设计包括确定传动方案、选择电动机型号、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等,为下一步计算各级传动比提供条件。

设计任务书一般由指导老师拟订,学生对传动方案进行分析,并对方案是否合理提出自己的见解。合理的传动方案应满足工作要求,并具有结构紧凑、便于加工、效率高、成本低、使用维护方便等特点。

一、传动方案分析

在分析传动方案时应注意常用传动方式的特点及其在布局上的要求:

- (1) 带传动平稳性好,能缓冲吸振,但承载能力小,宜布置在高速级;
- (2) 链传动平稳性差,且有冲击、振动,宜布置在低速级;
- (3) 开式齿轮传动的润滑条件差、磨损严重,宜布置在低速级。

常见减速器的类型和特点见表 2-1,常见传动结构的性能及特性见表 2-2。对初步选定的传动方案,在设计过程中还要不断地修改和完善。

表 2-1 常见减速器的类型和特点

类型	简 图 及 特 点
一级圆柱齿轮减速器	轴线水平布置 (水平轴) 轴线上下布置 轴线垂直布置 (立轴) 传动比一般小于 5,可用直齿、斜齿或人字齿;传递功率可达数万千瓦,效率较高、工艺简单、精度易于保证,一般工厂均能制造,应用广泛;轴线可作水平布置、上下布置或垂直布置

续表

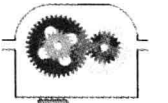
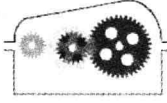
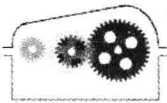
类型	简 图 及 特 点
二级圆柱齿轮减速器	 展开式 分流式 同轴式 传动比一般为8~40,可用斜齿、直齿或人字齿;结构简单,应用广泛;展开式由于齿轮相对于轴承为不对称布置,因而沿齿向载荷分布不均,要求轴有较大刚度;分流式由于齿轮相对于轴承对称布置,常用于功率较大、变载荷场合;同轴式减速器长度方向尺寸较小,但轴向尺寸较大,中间轴较长,刚度较差,两级大齿轮直径接近,有利于浸油润滑;轴线可以水平、上下或垂直布置

表 2-2 常见传动结构的性能及特性

传动形式		传递功率(kW)	传动效率	圆周速度(m/s)	单级传动比	外廓尺寸	主要特点
带传动	V带、平带	大、中、小(一般可达到40,最大到1 000)	0.92 ~ 0.96	5 ~ 25	一般为2 ~ 4	大	传动比不准确,易过载打滑,传动平稳,能缓冲吸振,噪声小,远距离传动,成本低
	同步齿形带		0.96 ~ 0.98	一般为0.1 ~ 50,最大为80	一般为5 ~ 8,最大为30	中	除具有V带传动的优点外,还能保证固定的平均传动比
链传动	滚子链、齿形链	大、中、小(一般可达到40,最大到1 000)	开式为 0.90 ~ 0.93 闭式为 0.95 ~ 0.99	5 ~ 25	一般为6 ~ 10	大	平均传动比准确,中心距变化范围广,比带传动承载能力大,工作环境温度可高些,但瞬时传动比变化,高速时有严重冲击,寿命低,成本适中
圆柱和锥齿轮传动	开式	大、中、小(常用范围不限,最大到60 000)	0.92 ~ 0.96	≤5	一般为3 ~ 5	小	适用速度和功率范围广,传动比准确,承载能力强,寿命长,效率高,结构紧凑;但要求制造精度高,不能缓冲,噪声大,成本适中
	闭式		0.96 ~ 0.99	≤200	一般为7 ~ 10		
蜗杆传动	自锁	中、小(常用范围为25 ~ 50,最大到750)	0.4 ~ 0.45	15 ~ 50	10 ~ 100,常用范围为10 ~ 70	小	传动比大且准确,传动平稳,可实现自锁,尺寸小;但效率低,制造精度要求高,发热大,不适于长期运转,成本高
	不自锁		0.70 ~ 0.90				

续表

传动形式	传递功率(kW)	传动效率	圆周速度(m/s)	单级传动比	外廓尺寸	主要特点
圆弧齿轮传动	大、中、小	0.98~0.99	4~50(最高可达100)	一般为3~5	小	承载能力强;但制造安装精度要求高,刀具复杂,成本适中
交错轴斜齿圆柱齿轮传动	小	0.94~0.96		≤3	中	相对滑动较大,不适于重载,成本适中

二、选择电动机

由于电动机已经标准化、系列化,应按照工作机的要求,根据选择的传动方案,选择电动机的类型、容量和转速,并在产品目录中查出其型号尺寸。

1. 类型和结构形式的选择

电动机有直流和交流两种之分,一般工厂都选择三相交流电,因而多采用交流电动机。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式和绕线式两种,其中以普通笼式异步电动机应用最多。目前应用最广的是Y系列自扇冷式笼式异步电动机,其结构简单、启动性能好、工作可靠、价格低廉、维护方便,适用于不易燃、不易爆、无腐蚀性气体、无特殊要求的场合,如运输机、机床、风机、轻工机械等。在需要经常启动、制动和正反转的场合,则要求电动机转动惯量小、过载能力大,应选用起重及冶金用三相异步电动机YZ或YZR型。

在连续运转的条件下,电动机发热不超过许可温升的最大功率称为额定功率。当负荷达到额定功率时,电动机转速称为满载转速。三相交流异步电动机的铭牌上都标有额定功率和满载转速。为满足不同的输出轴要求和安装需要,同一类型的电动机可制成几种安装结构形式,并以不同的机座号来区别。各型号电动机的技术数据,如额定功率、满载转速、启动转矩和额定转矩之比、最大转矩和额定转矩之比、外形及安装尺寸等,可查阅有关机械设计手册或电动机产品目录。

2. 确定电动机的功率

电动机的功率选择直接影响电动机工作性能和经济性能的好坏。如果所选择电动机的功率小于工作要求,则不能保证工作机正常工作,使电动机经常过载而提早损坏;如果所选择电动机的功率大于工作要求,则电动机经常不能满载运行,功率因数和效率较低,从而增加电能消耗、造成浪费。因此在设计中一定要选择合适的电动机功率。

课程设计的题目一般为长期连续运转、载荷不变或很少变化的机械,确定电动机功率的原则是电动机的额定功率 P_N 等于或稍大于工作要求的功率 P_d ,即 $P_N \geq P_d$,这样电动机在工作时就不会过热。一般情况下可以不校核电动机的启动转矩和发热。

对于一般带式运输机,其工作机所需要的电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \tag{2-1}$$

式中: P_w 为工作机所需输入功率,即指工作机主动端所需功率,单位为kW; η 为电动机至工作

机主动端之间运输带的总效率。

工作机所需功率 P_w 由工作机的工作阻力和运动参数求得,即可由设计任务书给定的工作机参数(F 、 v 或 T 、 n)按下式计算求得

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

或

$$P_w = \frac{Tn_w}{9\,550\eta_w} \quad (2-3)$$

式中: F 为工作机的工作阻力,单位为 N ; v 为工作机卷筒的线速度,单位为 m/s ; T 为工作机的阻力矩,单位为 $N \cdot m$; n_w 为工作机卷筒的转速,单位为 r/min ; η_w 为工作机的效率。

由电动机至工作机的传动总效率为

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \cdots \cdot \eta_n \quad (2-4)$$

式中: $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdots, \eta_n$ 分别为传动装置中各传动副(齿轮、蜗杆、带、链)、轴承、联轴器的效率,其概略值可按表 2-3 选取。

表 2-3 机械传动、轴承和联轴器效率的概略值

类 型	开 式	闭 式
圆柱齿轮传动	0.94 ~ 0.96	0.96 ~ 0.99
圆锥齿轮传动	0.92 ~ 0.95	0.94 ~ 0.98
蜗杆传动	—	—
自锁蜗杆	0.30	0.40
单头蜗杆	0.50 ~ 0.60	0.70 ~ 0.75
双头蜗杆	0.60 ~ 0.70	0.75 ~ 0.82
三头或四头蜗杆	—	0.82 ~ 0.92
链传动	0.90 ~ 0.93	0.95 ~ 0.97
平带传动	0.97 ~ 0.98	—
V 带传动	0.94 ~ 0.97	—
滚动轴承(每对)	0.98 ~ 0.995	
滑动轴承(每对)	0.97 ~ 0.99	
万向联轴器	0.97 ~ 0.98	
齿轮联轴器	0.99	
弹性联轴器	0.99 ~ 0.995	

计算传动装置的总效率时需注意以下几点:

- (1) 若表中所列效率值为范围时,一般取中间值;
- (2) 同类型的几对传动副、轴承或联轴器,均应单独计入总效率;
- (3) 轴承效率均指一对轴承的效率;
- (4) 蜗杆传动效率与蜗杆的头数及材料有关,设计时应初选头数并估计效率,待设计出蜗

杆的传动参数后再最后确定效率,并核验工作机所需功率。

3. 确定电动机的转速

同一类型、相同额定功率的电动机也有几种不同的转速。低转速电动机的极数多、外廓尺寸及质量较大、价格较高,但可使传动装置的总传动比及尺寸减小;高转速电动机则与其相反。设计时应综合考虑各方面因素选取适当的电动机转速。三相异步电动机有四种常用的同步转速,即 3 000 r/min、1 500 r/min、1 000 r/min 和 750 r/min,一般多选用同步转速为 1 500 r/min 的电动机。

可由工作机的转速要求和传动机构的合理传动比范围,推算出电动机转速的可选范围,即

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

式中: n_d 为电动机可选转速范围; $i_1, i_2, \cdots, i_n$ 分别为各级传动机构的合理传动比范围。

由选定的电动机的类型、结构、容量和转速查出电动机型号,并记录其型号、额定功率、满载转速、中心高、轴伸尺寸、键联接尺寸等。

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

例 1 图 2-1 所示为带式输送机传动装置简图,若已知输送带的工作拉力 $F = 2\,400\text{ N}$, 输送带速度 $v = 1.8\text{ m/s}$, 卷筒直径 $D = 320\text{ mm}$, 载荷平稳, 卷筒效率 $\eta_{\text{卷}} = 0.96$ (不包括轴承), 在室温下连续运转。试选择合适的电动机。

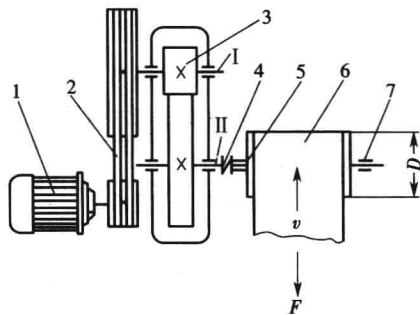


图 2-1 带式输送机传动装置简图

1—电动机;2—带;3—小齿轮;4—联轴器;5—卷筒;6—输送带;7—轴承

解 (1) 选择电动机类型。

按已知的工作要求和条件,选用 Y 型三相异步电动机,电压 380 V。

(2) 选择电动机功率。

电动机所需工作功率为

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

工作机所需功率为

$$P_w = \frac{Fv}{1\,000 \eta_w} \text{ (kW)}$$

传动装置的总效率为

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

按表 2-2 确定各部分效率为:V 带效率 $\eta_1 = 0.95$ 、滚动轴承传动效率(一对) $\eta_2 = 0.99$ 、闭式齿轮传动效率 $\eta_3 = 0.97$ 、联轴器效率 $\eta_4 = 0.99$ 、工作机效率 $\eta_w = \eta_5 = \eta_{\text{轴承}} \cdot \eta_{\text{卷}} = 0.99 \times 0.96$,代入得

$$\eta = 0.95 \times 0.99^2 \times 0.97 \times 0.99 \times 0.99 \times 0.96 = 0.8498$$

电动机所需工作功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{Fv}{1000 \eta_w \eta} = \frac{2400 \times 1.8}{1000 \times (0.99 \times 0.96) \times 0.8498} = 5.35 \text{ kW}$$

因载荷平稳,电动机额定功率 P_N 略大于 P_d 即可。由附表 5-1Y 系列电动机的技术数据,选电动机的额定功率 P_N 为 5.5 kW。

(3) 确定电动机转速。

卷筒轴工作转速为

$$n_w = \frac{60 \times 1000v}{\pi D} = \frac{60 \times 1000 \times 1.8}{\pi \times 320} = 107.4 \text{ r/min}$$

由表 2-2 查 V 带传动的传动比范围 $i'_1 = 2 \sim 4$,一级圆柱减速器的传动比范围 $i'_2 = 3 \sim 5$,则总传动比的范围 $i' = 6 \sim 20$,故电动机转速的可选范围为

$$n'_d = i' \cdot n_w = (6 \sim 20) \times 107.4 = 644.4 \sim 2148 \text{ r/min}$$

符合这一范围的同步转速有 750 r/min、1000 r/min、1500 r/min。现对三种方案进行比较,其技术参数及传动比的比较情况见表 2-4。

表 2-4 Y 系列电动机技术数据

方案	电动机型号	额定功率(kW)	电动机转速(r/min)		电动机质量(kg)	参考价格(元)	总传动比 <i>i</i>
			同步转速	满载转速			
1	Y132S-4	5.5	1500	1440	68	874	13.41
2	Y132M2-6	5.5	1000	960	84	966	8.94
3	Y160M2-8	5.5	750	720	约 140	约 1700	6.70

方案 1 电动机质量小,价格便宜,但总传动比大,传动装置轮廓尺寸大,制造成本高,故不可取。综合考虑电动机和传动装置的尺寸、质量、价格以及总传动比,可知方案 2 比较适合。因此选定电动机型号为 Y132M2-6。

三、计算总传动比和分配传动比

由选定的电动机满载转速 n_f 和工作机转速 n_w ,可得传动装置总传动比为

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

总传动比为各级传动比 $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ 的连乘积,即

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

合理分配各级传动比,可使传动装置得到较小的外廓尺寸或较小的质量,以实现降低成

本和结构紧凑的目的;也可以使传动零件获得较低的圆周速度,以减小齿轮传动载荷和降低传递精度等级要求;还可以得到较好的齿轮润滑条件。但这几方面的要求不可能同时满足,因此在分配传动比时,应根据设计要求考虑不同的分配方式。

具体分配传动比时,主要考虑如下几点。

(1) 各级传动比都应在各自的合理范围内,以保证符合各种传动形式的工作特点并保持结构紧凑。

(2) 分配各传动形式的传动比时,应注意使各传动尺寸协调,结构匀称合理。例如,带传动和单级齿轮减速器组成的传动系统,一般应使带传动的传动比小于齿轮传动的传动比,以免大带轮半径大于减速器输入轴中心高度而与机架相碰。

(3) 要考虑传动零件结构上不会造成相互干涉碰撞。

(4) 应使传动装置的总体尺寸紧凑,质量最小。

(5) 为使各级大齿轮浸油深度合理(低速级大齿轮浸油稍深),减速器内各级大齿轮直径应相近,以便各级齿轮得到充分浸油润滑,避免某级大齿轮浸油过深而增加搅油损失。

根据以上情况,对展开式二级圆柱齿轮减速器,考虑润滑条件,应使两个大齿轮直径相近,低速级大齿轮略大些,推荐高速级传动比 $i_1 \approx (1.3 \sim 1.4) i_2$; 对同轴式,则取 $i_1 \approx i_2 = \sqrt{i}$ (i 为减速器总传动比)。这些关系只适用于两级齿轮的配对材料相同、齿宽系数选取同样数值的情况。当要求获得最小外形尺寸或最小质量时,可参看有关资料中传动比分配的计算公式。

四、计算传动装置的运动和动力参数

为进行传动件的设计计算,应将工作要求的功率或转矩推算到各轴上,并分别求出各轴的转速和转矩。例如,将各轴由高速至低速依次定为 I 轴、II 轴……(电机轴除外),定义 i_0 、 i_1 ……为相邻两轴间的传动比, η_{01} 、 η_{12} ……为相邻两轴间的传动效率, P_I 、 P_{II} ……为各轴的输入功率(kW), T_I 、 T_{II} ……为各轴的输入转矩(N·m),则可由电动机至工作机方向进行推算,求出各轴的运动和动力参数,详述如下。

(1) 各轴转速。

$$n_I = \frac{n_f}{i_0} (\text{r/min}) \quad (2-8)$$

式中: n_f 为电动机满载转速,单位为 r/min; i_0 为电动机至 I 轴的传动比。

$$n_{II} = \frac{n_I}{i_1} = \frac{n_f}{i_0 i_1} (\text{r/min}) \quad (2-9)$$

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{i_2} = \frac{n_f}{i_0 i_1 i_2} (\text{r/min}) \quad (2-10)$$

其余类推。

(2) 各轴功率。

$$P_I = P_d \eta_{01} (\text{kW}) \quad (2-11)$$

$$P_{II} = P_I \eta_{12} = P_d \eta_{01} \eta_{12} (\text{kW}) \quad (2-12)$$

$$P_{III} = P_{II} \eta_{23} = P_d \eta_{01} \eta_{12} \eta_{23} (\text{kW}) \quad (2-13)$$

其余类推。

(3) 各轴转矩。

$$T_I = T_d i_0 \eta_{01} (\text{N} \cdot \text{m})$$

其中:电动机轴输出转矩为

$$T_d = 9\,550 \frac{P_d}{n_f} (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (2-14)$$

所以

$$T_I = 9\,550 \frac{P_d}{n_f} i_0 \eta_{01} (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (2-15)$$

$$T_{II} = T_I i_1 \eta_{12} = 9\,550 \frac{P_d}{n_f} i_0 i_1 \eta_{01} \eta_{12} (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (2-16)$$

$$T_{III} = T_{II} i_2 \eta_{23} = 9\,550 \frac{P_d}{n_f} i_0 i_1 i_2 \eta_{01} \eta_{12} \eta_{23} (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (2-17)$$

其余类推。

以上计算结果可以作为减速器内零部件(齿轮、轴及轴承)设计的主要参数,可整理列表备用。

例2 设计带式输送机的传动系统。

已知:(1)输送带工作牵引力 $F = 4\,000 \text{ N}$;

(2)输送带工作速度 $v = 2 \text{ m/s}$ (允许带速误差为5%);

(3)卷筒直径 $D = 400 \text{ mm}$;

(4)卷筒效率 $\eta_{\text{卷}} = 0.96$ (包括卷筒与轴承的功率损失);

(5)工作情况为两班制,连续单向运转,载荷较平稳;

(6)使用折旧期为8年;

(7)工作环境为室内,灰尘较大,环境最高温度 28°C ;

(8)动力来源为电力,三相交流,电压为 $380/220 \text{ V}$;

(9)检修间隔期为四年一次大修,二年一次中修,半年一次小修;

(10)制造条件及生产批量为一般小型机械厂制造,小批量生产。

解 设计分析如下。

设计机械传动系统,一般是根据总传动比和工作要求进行传动方案的设计。而总传动比又与电动机的满载转速 n_f 有关,满载转速是在电动机选择之后才能确定,电动机的选择又是根据电动机需输出的功率 P_d 和同步转速 n_0 确定的,而电动机输出的功率 P_d 与工作机的所需功率 P_w 和组成传动系统的各传动机构的效率有关。由此可知,传动系统方案的确定与电动机的选择是互相制约的。在设计中必须先确定一项内容,然后根据此项再确定另一项内容,在这里,我们先确定传动方案,再选择电动机的型号。根据带式输送机的设计牵引力和运行速度及工作情况,传动系统由一级V带传动和一级直齿圆柱齿轮减速器组成,机构简图参看图2-2。带传动的优点是易加工制造,可缓冲减振,效率较高,工艺简单,容易实现,造价较低;主要缺点是外廓尺寸大,带的寿命低,需要经常更换。齿轮传动的优点是传递的动力大、效率高、工作平稳、寿命长、传动比恒定;缺点是成本高。设计计算如表2-5所示。

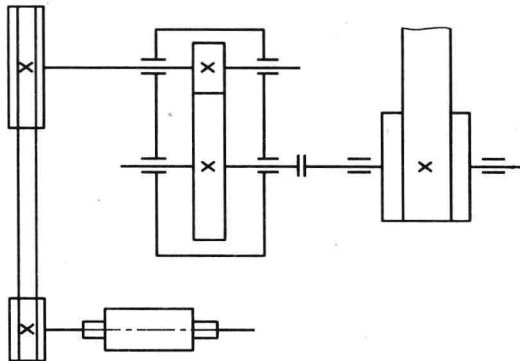


图 2-2 带式输送机传动系统机构简图

表 2-5 例 2 设计计算

设计内容	计算及说明	结果
一、电动机的选择 及运动参数的计算 1. 选择电动机类型 2. 选择电动机容量 3. 选择电动机同步 转速 4. 选择电动机型号	(1) 该传动机构在常温下工作, 机器载荷平稳, 工作环境有灰尘, 故选用三相鼠笼异步电动机, 封闭式结构, 电压 380 V, Y 型。 (2) 电动机所需功率 $\text{工作机所需功率 } P_w = \frac{Fv}{1\,000 \eta_w} = \frac{4\,000 \times 2}{1\,000 \times 0.99 \times 0.96} = 8.42 \text{ kW}$ V 带传动的效率 $\eta_1 = 0.96$ 闭式圆柱齿轮效率 $\eta_2 = 0.97$ 滚动轴承效率 $\eta_3 = 0.99$ 联轴器效率 $\eta_4 = 0.99$ 卷筒效率 $\eta_w = 0.96$ 传动系统总效率 $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3^2 \eta_4 \eta_w = 0.96 \times 0.97 \times 0.99^2 \times 0.99 \times 0.96 = 0.87$ 电动机输出功率 $P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{8.84}{0.87} = 9.68 \text{ kW}$ (3) 因工作机速度不高, 据经验选择电动机同步转速 $n_0 = 1\,000 \text{ r/min}$ (4) 根据 P_d 和 n_0, 由 JB 3074—82 标准, 选用型号为 Y160L-6 电动机, 其额定功率 $P_N = 11 \text{ kW}$, 满载转速 $n_f = 970 \text{ r/min}$。	$P_w = 8.42 \text{ kW}$ Y160L-6 型号电动机 $n_f = 970 \text{ r/min}$
二、分配传动比 1. 工作机转速 2. 总传动比 3. 分配各级传动比	(1) 工作机转速 $n_w = \frac{60 \times 1\,000 v}{\pi D} = \frac{60 \times 1\,000 \times 2}{3.14 \times 400} = 95.54 \text{ r/min}$ (2) 总传动比 $i = \frac{n_f}{n_w} = \frac{970}{95.54} = 10.15$ (3) 分配各级传动比 为了不使 V 带传动外廓尺寸过大, 选 V 带传动比 $i_1 = 3$ 减速器内齿轮传动比 $i_2 = \frac{i}{i_1} = \frac{10.15}{3} = 3.38$	$i_1 = 3$ $i_2 = 3.38$