



普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

专业基础系列

机械设计基础 课程设计指导书 (第二版)

陈立德 主编
牛玉丽 副主编



高等教育出版社

(高职高专教育)

机械设计基础 课程设计指导书

(第二版)

陈立德 主 编

牛玉丽 副主编



高等教育出版社

内容提要

本书是在第一版基础上,依据教育部制定的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”修订而成的。本书为机械设计基础课程的配套教材。

本书是一本指导设计的教材,以一级圆柱齿轮减速器为例介绍机械设计的全过程,书中附有大量的附录,如最新国标和规范、参考图例、设计题目以及答辩题等,便于学生设计时应用。

本书可供高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机械类、近机类各专业进行机械设计课程设计时使用,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书/陈立德主编. —2版.

北京:高等教育出版社,2004.6(2005重印)

ISBN 7-04-014669-X

I.机... II.陈... III.机械设计-高等学校:技术学校-教学参考资料 IV.TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第036040号

策划编辑 赵亮 责任编辑 陈大力 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 金辉 责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京市鑫霸印务有限公司		http://www.landrace.com.cn
开 本	787×1092 1/16	畅想教育	http://www.widedu.com
印 张	11.25	版 次	2000年8月第1版
字 数	260 000		2004年7月第2版
		印 次	2005年12月第6次印刷
		定 价	14.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 14669-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

前 言

本书是在第一版的基础上,依据教育部制定的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”中关于课程设计的要求,广泛征求读者意见,修订而成的。本书是机械设计基础课程的配套教材。

这次修订的原则是:

1. 保持原书特色,对有关的文字与插图等作必要的修改与内容的增删。
2. 采用新目标,近年来又颁布了不少新的国家标准如常用标准件中已采用了 2000 年颁布的标准等。
3. 增加附录内容。如将原有的 12 个附录增加到 15 个,便于学生在设计时使用。

参加本书修订工作的有:陈立德、牛玉丽、白家旺、李晓辉、姜小菁、罗卫平等。本书由南京金陵科技学院陈立德教授任主编,天津职业大学牛玉丽副教授任副主编。

本书由南京工程学院徐锦康教授审稿。在修订过程中,许多同行提出了很好的意见和建议。在此一并表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免会有不妥之处,恳请同行和广大读者批评指正。

编者
2003.12

目 录

第一章 总论	1	答辩	61
一、课程设计的目的	1	附录一 一般标准	64
二、课程设计的内容和任务	1	附录二 金属材料	72
三、课程设计的步骤	1	附录三 公差与配合	81
四、课程设计的有关注意事项	2	一、极限与配合	81
第二章 传动装置的总体设计	4	二、形状和位置公差	87
一、传动方案分析	4	三、表面粗糙度	92
二、选择电动机	7	附录四 螺纹	94
三、计算总传动比和分配传动比	11	附录五 常用标准件	98
四、计算传动装置的运动和动力参数	11	附录六 密封件	112
第三章 传动零件的设计计算	14	附录七 润滑剂	116
一、选择联轴器的类型和型号	14	附录八 电动机	119
二、设计减速器外传动零件	14	附录九 联轴器	124
三、设计减速器内传动零件	15	附录十 滚动轴承	129
第四章 减速器结构尺寸	16	一、常用滚动轴承	129
第五章 装配工作图的设计和绘制	25	二、滚动轴承的配合(GB/T 275—93 摘录)	140
一、装配图设计的准备阶段	25	附录十一 减速器装配图常见错误 示例	142
二、装配图设计的第一阶段	26	附录十二 参考图例	144
三、装配图设计的第二阶段	31	附录十三 减速器装拆和结构分析 实验	158
四、装配图设计的第三阶段	38	附录十四 设计题目	162
五、装配草图的检查	47	附录十五 课程设计答辩	167
六、完成装配图	47	参考文献	171
第六章 减速器零件工作图的设计	53		
一、零件工作图的设计要点	53		
二、轴类零件工作图的设计要点	54		
三、齿轮类零件工作图的设计要点	56		
四、齿轮类零件精度等级的标注	58		
第七章 编写设计计算说明书和准备			

第一章 总论

一、课程设计的目的

课程设计是机械设计课程重要的教学环节,是培养学生机械设计能力的重要实践环节。

课程设计的主要目的是:

(1) 通过课程设计使学生综合运用机械设计基础课程及有关先修课程的知识,起到巩固、深化、融会贯通及扩展有关机械设计方面知识的作用,树立正确的设计思想。

(2) 通过课程设计的实践,培养学生分析和解决工程实际问题的能力,使学生掌握机械零件、机械传动装置或简单机械的一般设计方法和步骤。

(3) 提高学生的有关设计能力,如计算能力、绘图能力以及计算机辅助设计(CAD)能力等,使学生熟悉设计资料(手册、图册等)的使用,掌握经验估算等机械设计的基本技能。

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课题(比较成熟的题目是以齿轮减速器为主的机械传动装置),设计的主要内容一般包括以下几方面:

- (1) 拟定、分析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。

课程设计要求在2周时间内完成以下任务:

- (1) 绘制减速器装配图1张(用A1或A0图纸绘制);
- (2) 零件工作图1至2张(齿轮、轴、箱体等);
- (3) 设计计算说明书一份,约8000字左右;
- (4) 答辩。

三、课程设计的步骤

课程设计一般可按以下顺序进行: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(校核轴、轴承等)—装配图的绘制—零件工作图的绘制—编写设计计算说明书—答辩。每一设计步骤所包括的设计内容如表1.1所列。

指导教师在学生完成以上设计步骤后,根据图纸、说明书以及答辩情况等对设计进行综合评定。

表 1.1 课程设计的步骤

步 骤	主 要 内 容	学时比例
1. 设计准备工作	(1) 熟悉任务书,明确设计的内容和要求; (2) 熟悉设计指导书、有关资料、图纸等; (3) 观看录像、实物、模型,或进行减速器装拆实验等,了解减速器的结构特点与制造过程	5%
2. 总体设计	(1) 确定传动方案; (2) 选择电动机; (3) 计算传动装置的总传动比,分配各级传动比; (4) 计算各轴的转速、功率和转矩	5%
3. 传动件的设计计算	(1) 计算齿轮传动(或蜗杆传动)、带传动、链传动的主要参数和几何尺寸; (2) 计算各传动件上的作用力	5%
4. 装配图草图的绘制	(1) 确定减速器的结构方案; (2) 绘制装配图草图(草图纸),进行轴、轴上零件和轴承组合的结构设计; (3) 校核轴的强度、校核滚动轴承的寿命; (4) 绘制减速器箱体结构; (5) 绘制减速器附件	40%
5. 装配图的绘制	(1) 画底线图,画剖面线; (2) 选择配合,标注尺寸; (3) 编写零件序号,列出明细栏; (4) 加深线条,整理图面; (5) 书写技术条件、减速器特性等	25%
6. 零件工作图的绘制	(1) 绘制齿轮类零件工作图; (2) 绘制轴类零件工作图; (3) 绘制其他零件的工作图(由指导教师定)	8%
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) 说明书中最后一段内容应写出设计总结。一方面总结设计课题的完成情况,另一方面总结个人所作设计的收获体会以及不足之处	10%
8. 答辩	(1) 作答辩准备; (2) 参加答辩	2%

四、课程设计的有关注意事项

本课程设计是学生第一次接受较全面的设计训练,学生一开始往往不知所措。指导教师应给予学生适当的指导,引导学生的设计思路,启发学生独立思考,解答学生的疑难问题,并掌握设计的进度,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发挥主观能动性,积极思考问题,认真阅读设计指导书,查阅有关设计资料,按教师的布置循序渐进地进行设计,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尺画,而且作图的顺序要得当。画草图时应着重注意各零件之间的相对位置,有些细部结构可先以简化画法画出。

(2) 设计过程中应及时检查、及时修正

设计过程是一个边绘图、边计算、边修改的过程,应经常进行自查或互查,有错误应及时修改,以免造成大的返工。

(3) 注意计算数据的记录和整理

数据是设计的依据,应及时记录与整理计算数据,如有变动应及时修正,供下一步设计及编写设计说明书时使用。

(4) 要有整体观念

设计时考虑问题周全、整体观念强,就会少出差错,从而提高设计的效率。

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件提供条件。

设计任务书一般由指导教师拟定,学生应对传动方案进行分析,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,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

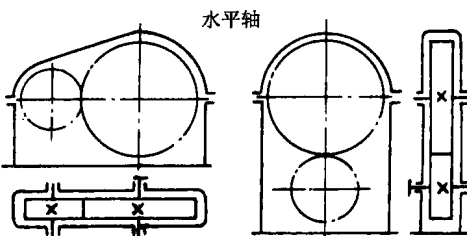
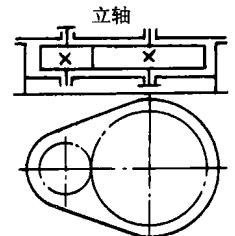
在分析传动方案时应注意常用机械传动方式的特点及在布局上的要求:

- (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) 蜗杆传动放在高速级时蜗轮材料应选用锡青铜,否则可选用铝铁青铜;
- (4) 开式齿轮传动的润滑条件差,磨损严重,应布置在低速级;
- (5) 锥齿轮、斜齿轮宜放在高速级。

常用减速器的类型和特点见表 2.1,常用传动机构的性能及适用范围见表 2.2,机械传动和摩擦副的效率概略值见表 2.3。

对初步选定的传动方案,在设计过程中还可能要不断地修改和完善。

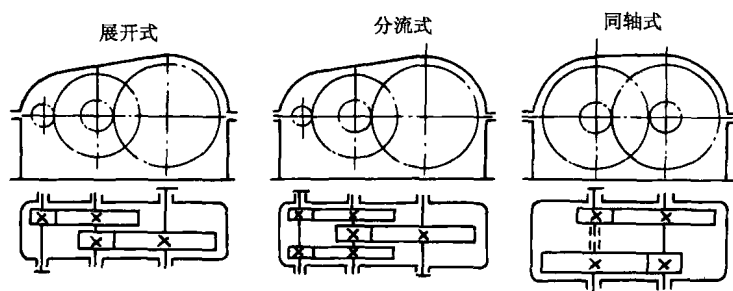
表 2.1 减速器的主要类型和特点

类 型	简 图 及 特 点
一 级 圆 柱 齿 轮 减 速 器	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>水平轴</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>立轴</p>  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">传动比一般小于 5,使用直齿、斜齿或人字齿齿轮,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、上下布置或铅垂布置</p>

类 型

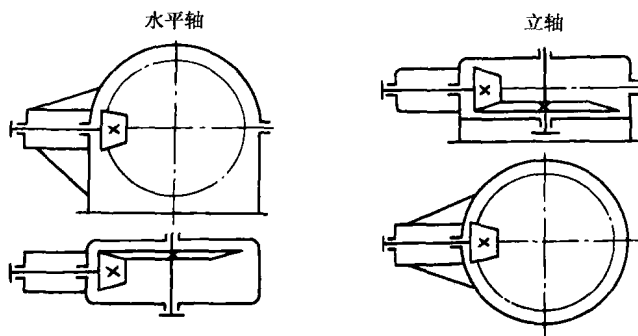
简图及特点

二级圆柱齿轮减速器



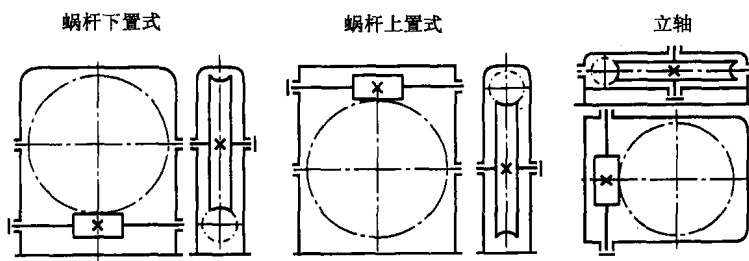
传动比一般为 8~40, 使用斜齿、直齿或人字齿齿轮。结构简单, 应用广泛。展开式由于齿轮相对于轴承为不对称布置, 因而沿齿向载荷分布不均, 要求轴有较大刚度。分流式则齿轮相对于轴承对称布置, 常用于较大功率、变载荷场合。同轴式减速器长度方向尺寸较小, 但轴向尺寸较大, 中间轴较长, 刚度较差, 两级大齿轮直径接近, 有利于浸油润滑。轴线可以水平、上下或铅垂布置

一级锥齿轮减速器



传动比一般小于 3, 使用直齿、斜齿或曲齿齿轮

一级蜗杆减速器



结构简单, 尺寸紧凑, 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 $v \leq 4 \sim 5$ m/s 时用蜗杆下置式, $v > 4 \sim 5$ m/s 时用蜗杆上置式。采用立轴布置时密封要求高

表 2.2 常用传动机构的性能及适用范围

传动机构 选用指标		平带传动	V带传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
		小 (≤20)	中 (≤100)	中 (≤100)	大 (最大达 50 000)		小 (≤50)
单级 传动比	常用值	2~4	2~4	2~5	圆柱 3~5	圆锥 2~3	10~40
	最大值	5	7	6	8	5	80
传动效率		查表 2.3					
许用的线速度/(m/s)		≤25	≤25~30	≤20	6 级精度直齿 $v \leq 18$ m/s, 非直 齿 $v \leq 36$ m/s; 5 级精度达 100		≤15~35
外廓尺寸		大	大	大	小		小
传动精度		低	低	中等	高		高
工作平稳性		好	好	较差	一般		好
自锁能力		无	无	无	无		可有
过载保护作用		有	有	无	无		无
使用寿命		短	短	中等	长		中等
缓冲吸振能力		好	好	中等	差		差
要求制造及安装精度		低	低	中等	高		高
要求润滑条件		不需	不需	中等	高		高
环境适应性		不能接触酸、碱、油类、 爆炸性气体		好	一般		一般

表 2.3 机械传动和摩擦副的效率概略值

种 类		效率 η	种 类		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(油润滑)	0.98~0.99	锥 齿 轮 传 动	很好跑合的 6 级和 7 级精度的齿 轮传动(油润滑)	0.97~0.98
	8 级精度的一般齿轮传动(油润滑)	0.97		8 级精度的一般齿轮传动(油润滑)	0.94~0.97
	9 级精度的齿轮传动(油润滑)	0.96		加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.92~0.95
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.94~0.96		铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93			

续表

种 类		效率 η	种 类		效率 η
蜗杆传动	自锁蜗杆(油润滑)	0.40~0.45	联轴器	弹性联轴器	0.99~0.995
	单头蜗杆(油润滑)	0.70~0.75		万向联轴器($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97~0.98
	双头蜗杆(油润滑)	0.75~0.82		万向联轴器($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97
	三头和四头蜗杆(油润滑)	0.80~0.92	滑动轴承	润滑不良	0.94(一对)
	环面蜗杆传动(油润滑)	0.85~0.95		润滑正常	0.97(一对)
带传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	滚动轴承	润滑特好(压力润滑)	0.98(一对)
	平带有压紧轮的开式传动	0.97		液体摩擦	0.99(一对)
	平带交叉传动	0.90	卷筒	球轴承(稀油润滑)	0.99(一对)
	V带传动	0.96		滚子轴承(稀油润滑)	0.98(一对)
链传动	焊接链	0.93	减(变)速器	0.96	
	片式关节链	0.95		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
	齿形链	0.97		行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.98
复滑 轮组	滑动轴承($i=2\sim 6$)	0.90~0.98		单级锥齿轮减速器	0.95~0.96
	滚动轴承($i=2\sim 6$)	0.95~0.99		双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
摩擦 传动	平摩擦轮传动	0.85~0.92	无级变速器	0.92~0.95	
	槽摩擦轮传动	0.88~0.90	摆线-针轮减速器	0.90~0.97	
	卷绳轮	0.95	丝杠 传动	滑动丝杠	0.30~0.60
联轴器	十字滑块联轴器	0.97~0.99		滚动丝杠	0.85~0.95
	齿式联轴器	0.99			

二、选择电动机

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和尺寸。

1. 电动机类型和结构型式的选择

电动机有交流电动机和直流电动机之分,一般工厂都采用三相交流电,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型和绕线型两种,其中以普通笼型异步电动机应用最多。目前应用最广的是Y系列自扇冷式笼型三相异步电动机,其结构简单、起动性能好、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、农机、轻工机械等。在经常需要起动、制动和正、反转的场合(如起重机),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型(笼型)或YZR型(绕线型)。

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。负荷达到额定功率时的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型式,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、起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

电动机功率的选择直接影响到电动机的工作性能和经济性能的好坏。如果所选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;如果所选电动机的功率过大,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_{ed} 稍大于电动机工作功率 P_d , 即 $P_{ed} \geq P_d$, 这样电动机在工作时就不会过热。一般情况下可以不校验电动机的起动转矩和发热。

如图 2.1 所示的带式输送机,其工作机所需要的电动机输出功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} \quad (2.1)$$

式中: P_w 为工作机所需输入功率,即指运输带主动端所需功率,单位为 kW; η 为电动机至工作机主动端之间的总效率。

工作机所需功率 P_w 由机器的工作阻力和运动参数(线速度或转速)求得,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:

$$P_w = \frac{Fv}{1\ 000\ \eta_w} \quad (2.2)$$

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·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装置总效率 η 为

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad (2.4)$$

其中 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ 分别为传动装置中各传动副(齿轮、蜗杆、带或链)、轴承、联轴器的效率,其概略值可按表 2.3 选取。由此可知,应初选联轴器、轴承类型及齿轮精度等级,以便于确定各部分的效率。

计算传动装置的总效率时需注意以下几点:

- (1) 若表中所列为效率值的范围时,一般可取中间值;
- (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,设计时应先初选头数并估计效率,待设计出蜗

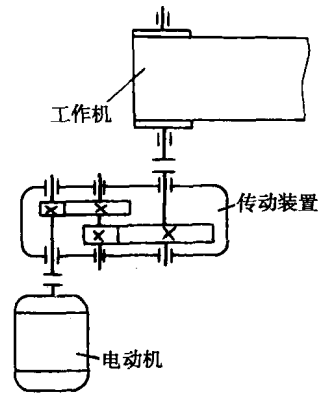


图 2.1 带式输送机传动简图

杆的传动参数后再最后确定效率,并核验电动机所需功率。

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、外廓尺寸及重量较大、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、750 r/min,一般多选用同步转速为 1 500 r/min 或 1 000 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

$$n_d = (i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n) n_w \quad (2.5)$$

式中: n_d 为电动机可选转速范围; i_1, i_2, \dots, 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、键连接尺寸等(见附表 8.1~附表 8.5)。

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 2.1 图 2.2 所示为带式运输机的传动方案。已知卷筒直径 $D = 500$ mm, 运输带的有效拉力 $F = 1\,500$ N, 运输带速度 $v = 2$ m/s, 卷筒效率为 0.96, 长期连续工作。试选择合适的电动机。

解

(1) 选择电动机类型

按已知的工作要求和条件,选用 Y 型全封闭笼型三相异步电动机。

(2) 选择电动机功率

工作机所需的电动机输出功率为

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

$$P_w = \frac{Fv}{1\,000 \eta_w}$$

所以

$$P_d = \frac{Fv}{1\,000 \eta_w \eta}$$

由电动机至工作机之间的总效率(包括工作机效率)为

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

式中 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6$ 分别为带传动、齿轮传动的轴承、齿轮传动、联轴器、卷筒轴的轴承及卷筒的效率。取 $\eta_1 = 0.96, \eta_2 = 0.99, \eta_3 = 0.97, \eta_4 = 0.97, \eta_5 = 0.98, \eta_6 = 0.96$, 则

$$\eta \cdot \eta_w = 0.96 \times 0.99^2 \times 0.97 \times 0.97 \times 0.98 \times 0.96 = 0.83$$

所以

$$P_d = \frac{Fv}{1\,000 \eta_w \eta} = \frac{1\,500 \times 2}{1\,000 \times 0.83} \text{ kW} = 3.61 \text{ kW}$$

(3) 确定电动机转速

卷筒轴的工作转速为

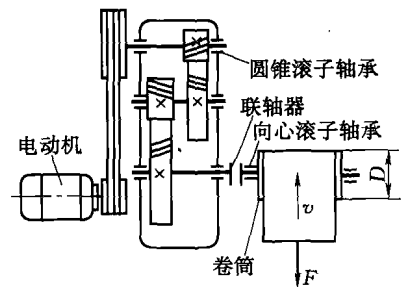


图 2.2 带式运输机的传动方案

$$n_w = \frac{60 \times 1000 v}{\pi D} = \frac{60 \times 1000 \times 2}{\pi \times 500} \text{ r/min} = 76.4 \text{ r/min}$$

按推荐的合理传动比范围,取 V 带传动的传动比 $i'_1 = 2 \sim 4$, 单级齿轮传动比 $i'_2 = 3 \sim 5$, 则合理总传动比的范围为 $i' = 6 \sim 20$, 故电动机转速的可选范围为

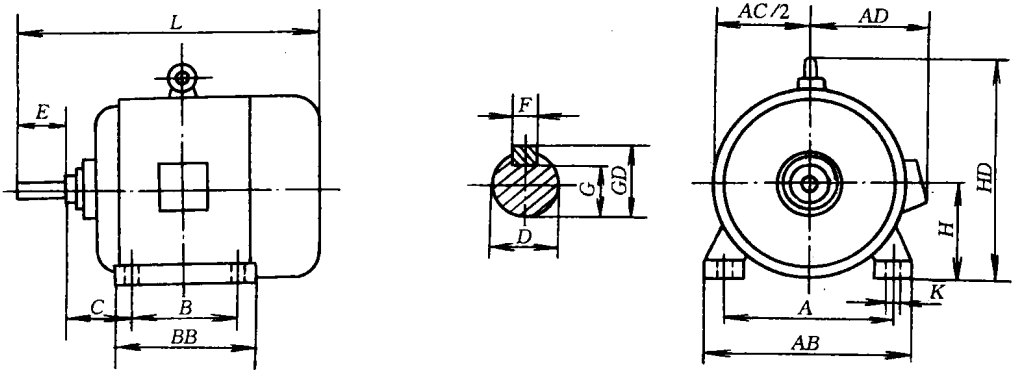
$$n'_d = i' \cdot n_w = (6 \sim 20) \times 76.4 \text{ r/min}$$

$$n'_d = 458 \sim 1528 \text{ r/min}$$

符合这一范围的同步转速有 750 r/min、1 000 r/min、1 500 r/min, 再根据计算出的容量, 由附表 8.1 查出有三种适用的电动机型号, 其技术参数及传动比的比较情况见下表。

方案	电动机型号	额定功率	电动机转速/(r/min)		传动装置的传动比		
		P_{ed}/kW	同步转速	满载转速	总传动比	带	齿轮
1	Y160M1-8	4	750	720	9.42	3	3.14
2	Y132M1-6	4	1 000	960	12.57	3.14	4
3	Y112M-4	4	1 500	1 440	18.85	3.5	5.385

综合考虑电动机和传动装置的尺寸、重量以及带传动和减速器的传动比, 比较三个方案可知: 方案 1 电动机转速低, 外廓尺寸及重量较大, 价格较高, 虽然总传动比不大, 但因电动机转速低, 导致传动装置尺寸较大。方案 3 电动机转速较高, 但总传动比大, 传动装置尺寸较大。方案 2 适中, 比较适合。因此选定电动机型号为 Y132M1-6, 所选电动机的额定功率 $P_{ed} = 4 \text{ kW}$, 满载转速 $n_m = 960 \text{ r/min}$, 总传动比适中, 传动装置结构较紧凑。所选电动机的主要外形尺寸和安装尺寸如下表所示。



mm

中心高 H	外形尺寸 $L \times (AC/2 + AD) \times HD$	底脚安装尺寸 $A \times B$	地脚螺栓孔直径 D	轴伸尺寸 $D \times E$	装键部位尺寸 $F \times GD$
132	$515 \times 345 \times 315$	216×178	12	38×80	10×41

三、计算总传动比和分配传动比

由选定电动机的满载转速 n_m 和工作机主动轴的转速 n_w , 可得传动装置的总传动比为

$$i = \frac{n_m}{n_w} \quad (2.6)$$

对于多级传动 i 为

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \cdots \cdot i_n \quad (2.7)$$

计算出总传动比后, 应合理地分配各级传动比, 限制传动件的圆周速度以减小动载荷, 降低传动精度等级。分配各级传动比时主要应考虑以下几点:

(1) 各级传动的传动比应在推荐的范围内选取, 参见表 2.2。

(2) 应使传动装置的结构尺寸较小、重量较轻。如图 2.3 所示, 当二级减速器的总中心距和总传动比相同时, 传动比分配方案不同, 减速器的外廓尺寸也不同。

(3) 应使各传动件的尺寸协调, 结构匀称、合理, 避免互相干涉碰撞。例如, 由带传动和齿轮减速器组成的传动中, 一般应使带传动的传动比小于齿轮传动的传动比。如果带传动的传动比过大, 大带轮过大, 则易使大带轮与底座相碰, 如图 2.4 所示。

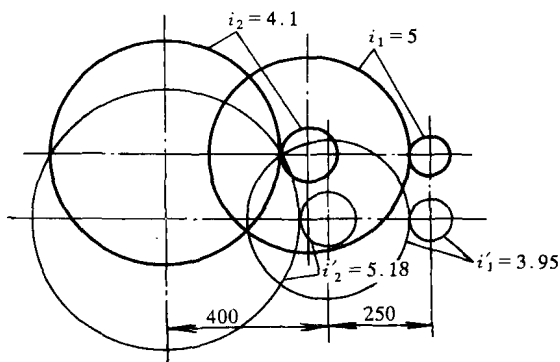


图 2.3 两种传动比分配方案的外廓尺寸比较

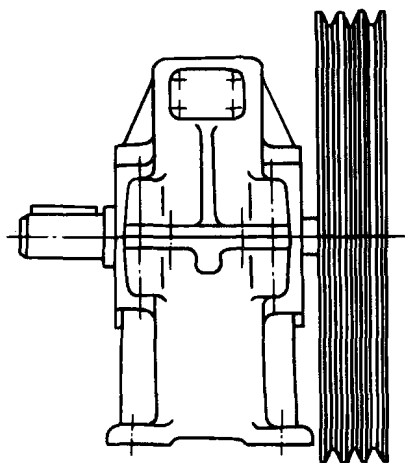


图 2.4 带轮与底座相碰

(4) 在二级减速器中, 高速级和低速级的大齿轮直径应尽量相近, 以利于浸油润滑。

一般对于展开式二级圆柱齿轮减速器, 推荐高速级传动比取 $i_1 = (1.3 \sim 1.5) i_2$, 同轴式减速器则取 $i_1 = i_2$ 。

传动装置的实际传动比要由选定的齿轮齿数或带轮基准直径准确计算, 因而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 $\pm(3 \sim 5)\%$ 。

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, 应首先推算出各轴的转速、功率和转矩。一般按由电动机至工作机之间运动传递的路线推算各轴的运动和动力参数, 现以图 2.2 所示的带式运输机传动简图为