



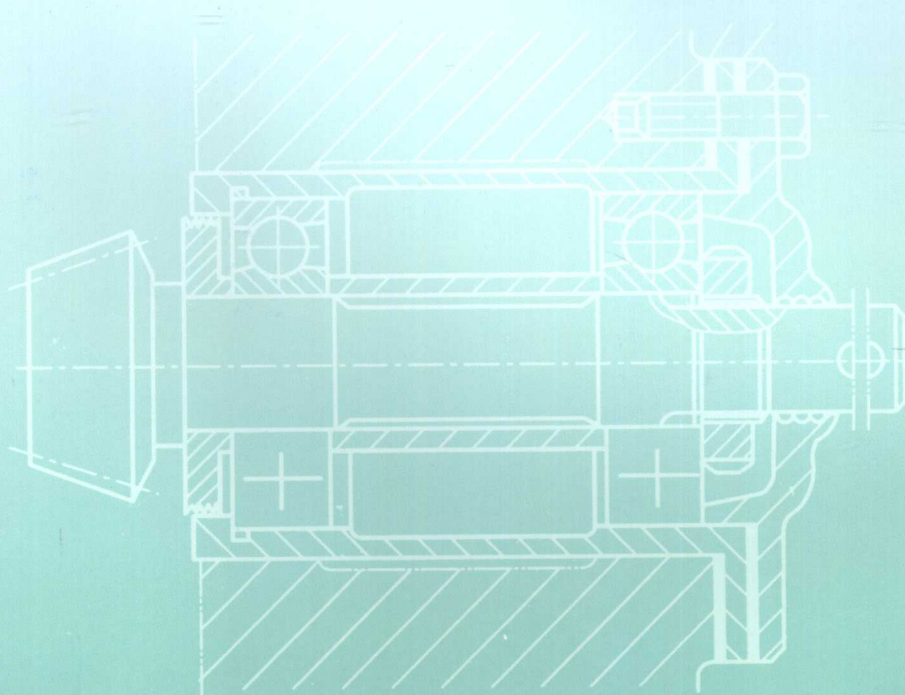
职业技术教育机类系列教材

ZHIYE JISHU JIAOYU JILEI XILIE JIAOCAI

机械设计基础课程设计

JIXIE SHEJI JICHU KECHENG SHEJI

主 编 毛友新
副主编 陈玲琳 邹积德



安徽科学技术出版社

职业技术教育机类系列教材



机械设计基础课程设计

JIXIE SHEJI JICHU KECHENG SHEJI

●主 编 毛友新
副主编 陈玲琳 邹积德
参 编 史召峰 陈周五

 安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础课程设计/毛友新主编. —合肥:安徽科学技术出版社, 2008. 8

(职业技术教育机类系列教材)

ISBN 978-7-5337-4152-5

I. 机… II. 毛… III. 机械设计-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 111101 号

机械设计基础课程设计

毛友新 主编

出版人: 朱智润

责任编辑: 何宗华 期源萍

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电话: (0551)3533330

网址: www.ahstp.net

E-mail: yougoubu@sina.com

经销: 新华书店

印刷: 合肥晓星印刷有限责任公司

开本: 787×1092 1/16

印张: 11

字数: 265 千

版次: 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印数: 3 000

定价: 19.00 元

(本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请向本社市场营销部调换)

内 容 提 要

本书作为高职高专《机械设计基础》的配套教材,是根据教育部 21 世纪高职高专规划教材“机械设计基础课程设计教学基本要求”编写而成的。

本教材以单级齿轮减速器为例,阐明了机械设计基础课程设计的主要内容、方法、步骤及设计时的注意事项。内容主要包括有:绪论、传动装置的总体设计、传动零件的设计计算、减速器结构尺寸设计、轴系部件的设计、减速器装配工作图的设计、零件工作图的设计、设计说明书编写及答辩。

本书作为高职高专院校机电类或近机类专业的教学用书,也可供从事机械设计与制造的工程技术人员学习参考。

前 言

机械设计基础课程设计是在学完了机械设计基础和相关课程后所进行的一个重要教学环节,也是高职院校机电类或近机类专业学生第一次较全面的设计能力训练,对培养学生的职业能力有着重要的作用。本教材遵循高等职业教育所针对的特定对象的培养目标和培养模式,在编写中注重实用性、技能性的培养,力求简明实用,使学生易于理解和掌握。本书有如下的特点:

1. 参加编写的均为教学经验丰富的一线教师。在编写过程中,结合多年来的教学实践和高职学生的特点,精心选择了一些具有代表性的实例,通过深入浅出的详细分析,在讲清基本设计方法的同时注重其实用性。

2. 教材内容与生产实际结合紧密。书中许多图样实例大都源自生产实际,理论知识和实践的联系较为密切。

3. 本书主要阐述以单级齿轮减速器为主体的一般机械传动装置设计。考虑到课程设计的需求,本书将指导内容、参考图例及有关标准和设计资料等有机结合起来,既便于教学,也解决了学生配备多种资料的不便。

4. 全书采用最新的国家标准。内容均按课程设计的步骤编写,对课程设计从准备阶段到编写设计说明书和准备答辩的全过程,都作了逐一具体扼要的论述,注意讲清各个阶段的设计思想和设计方法,使学生易于理解、掌握和实践。学生使用本教材只需经教师适当指导就能独立完成课程设计。

参加本书编写的有:安徽工业经济职业技术学院毛友新(前言、第1章、第3章)、陈玲琳(第4章、第5章、附录1、附录6)、史召峰(第8章、附录3、附录4、附录5)、陈周五(第2章、附录7、附录8)、安徽通用职业技术学院邹积德(第6章、第7章、附录2),全书由毛友新担任主编,陈玲琳和邹积德担任副主编。

由于编者水平有限,对于教材中的不妥和错误之处,敬请广大读者提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 绪论	1
一、课程设计的目的	1
二、课程设计的内容	1
三、课程设计的方法和步骤	1
四、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	4
一、拟定传动方案	4
二、确定减速器结构和零部件类型	6
三、电动机的选择	6
四、确定传动装置的总传动比和分配传动比	9
五、传动装置的运动参数和动力参数的计算	11
第 3 章 传动零件的设计计算	14
一、箱外传动件的设计	14
二、箱内传动件的设计	15
第 4 章 减速器结构尺寸设计	16
一、箱体结构	16
二、箱体结构的工艺性	23
三、减速器的附件设计	25
第 5 章 轴系部件的设计	33
一、轴的结构设计及强度校核	33
二、键的类型和型号选择	36
三、滚动轴承的型号选择	37
四、滚动轴承的组合设计	38
第 6 章 减速器装配工作图的设计	41
一、减速器装配草图的设计	41
二、减速器装配工作图的设计	54
第 7 章 零件工作图的设计	59
一、零件工作图设计概述	59
二、轴类零件工作图的设计	59
三、齿轮类零件工作图的设计	62
第 8 章 设计说明书编写及答辩	66
一、设计说明书的内容	66

二、设计说明书的格式要求	67
三、答辩准备	69
四、答辩的目的和条件	69
五、答辩参考题	70
附录 1 参考图例	74
一、典型减速器参考图例	74
二、零件设计参考图例	82
三、减速器装配图常见错误分析	88
附录 2 常规设计资料	90
一、一般标准	90
二、常用金属材料	97
三、齿轮常用精度等级	107
附录 3 滚动轴承	110
附录 4 密封件	129
附录 5 联轴器	133
附录 6 Y 系列三相异步电动机	140
附录 7 常用联结件	144
一、螺纹	144
二、螺栓	146
三、螺钉	149
四、螺母	151
五、垫圈	153
六、挡圈	155
七、销和键联结	159
附录 8 设计题目	164
一、设计输送传动装置	164
二、设计绞车传动装置	165
三、设计链式输送机传动装置	165
四、设计带式输送机传动装置(一)	166
五、设计带式输送机传动装置(二)	167

第1章 绪 论

一、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的一个重要教学环节,也是一个十分重要的实践环节,是对学生进行的第一次较全面的设计训练,其主要目的是:

(1)通过课程设计,可以巩固、扩展和加深在机械设计基础课程及有关课程中所学到的知识,训练学生综合运用这些知识去分析和解决工程实际问题的能力。

(2)学习机械设计的一般方法,了解和掌握常用机械零件、机械传动装置或简单机械的设计方法、设计步骤,为今后从事专业课程设计、毕业设计及实际工程设计打好必要的基础。

(3)可以提高学生的相关设计能力,使学生在计算、制图、运用有关设计资料、熟悉国家标准、规范、使用经验数据、进行经验估算等方面接受全面的基本训练。

二、课程设计的内容

课程设计一般选择相关课程所学习过的由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课题。目前多采用齿轮减速器为主的机械传动装置,这是因为齿轮减速器一般包括齿轮、蜗轮蜗杆、轴、轴承、键、联轴器及箱体等零件,通过齿轮减速器的设计能使学生在得到较为全面的机械设计的基本训练。

课程设计的内容主要包括以下几个方面:

(1)确定机械传动装置的总体设计方案;

(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,选择联轴器、润滑密封方式、校核轴、轴承、键等;

(4)进行传动零件的结构设计,箱体结构和附件的设计;

(5)绘制减速器装配图和零件工作图;

(6)编写设计计算说明书。

课程设计一般要求学生完成以下任务:

(1)绘制减速器装配图一张(A1或A2号图纸);

(2)绘制零件工作图2~3张(齿轮、轴或箱体);

(3)编写设计计算说明书一份(6000~8000字)。

三、课程设计的方法和步骤

课程设计的一般过程与机械设计的实际过程相似,从方案分析开始,通过必要的设计计算和结构设计,最后以图纸和说明书表达设计结果。在设计过程中,由于影响因素较多,零件的结构和形状不可能完全由计算确定,尚需借助结构设计、初选参数或初估尺寸、经验数据等,边计算、边绘图、边修改来逐步完成,因此设计步骤不是一成不变的。设计步骤一般可按如下几个阶段进行:

步 骤	主 要 内 容
1. 设计准备	熟悉任务书,明确设计的要求和内容; 阅读设计指导书、有关资料、图纸等; 观看录像、模型或实物,进行减速器拆装实验,了解减速器的结构形式和特点,从而拟定设计计划。
2. 传动装置总体设计	确定或选择传动装置的传动方案; 选择电动机类型、功率和转速等; 计算传动装置的总传动比和分配各级传动比; 计算各轴的转速、功率和转矩等。
3. 传动件的设计计算	选择联轴器的类型和型号; 设计计算各级传动件的参数和尺寸,如带传动、链传动、齿轮传动或蜗杆传动等; 计算各传动件的作用力。
4. 绘制装配草图	确定减速器的结构和有关尺寸; 绘制装配草图,进行轴、轴上零件和轴承组合的结构设计; 校核轴的强度,校核滚动轴承的寿命; 进行减速器箱体结构及附件的设计。
5. 绘制装配图	画底线图,画剖面线; 选择配合,标注尺寸; 编写零件序号,列出零件明细表和标题栏; 加深线条,整理图面; 书写技术条件、减速器特性等。
6. 绘制零件工作图	绘制从装配图中拆出的零件工作图,如齿轮、轴类零件或教师指定的其他零件。
7. 编写设计计算说明书	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,注明设计计算的依据来源。
8. 准备答辩	总结课程设计中的收获和不足之处,阐述课程设计的指导思想,并回答教师提出的问题。

指导教师在完成上述步骤后,根据图纸、说明书以及答辩情况对学生的课程设计作综合成绩评定。

四、课程设计的要求和注意事项

机械设计基础课程设计是学生第一次接受较为全面的机械设计训练实践,也是理论联系实际、培养学生进行初步设计能力的重要的教学环节。学生在接受设计任务后,往往不知从哪里下手,教师应给予他们适当的指导,引导学生设计思路,启发学生进行独立思考,培养他们独立工作的能力,及时解答学生的疑难问题,并掌握设计的进度,对其设计进行阶段性检查。在课程设计指导中要培养学生认真细致的工作作风和按时完成任务的习惯,培养学生具有比较熟练运用手册、图表、标准、规范和有关参考资料,全面考虑使用、经济、安全等方面的设计要求,从而使他们经过这样的训练后具有设计简单传动机械的能力。

在课程设计中应注意以下事项:

1. 创新与参考的关系

课程设计与产品设计一样,都是创造过程。任何一个设计任务一般都有多种设计方案。设计者就要根据已有理论知识和实践经验从许多可能的方案中选择一种最佳方案。所以熟悉和利用现有资料,既可以减少重复工作,又可以加快进度,也是继承和发展这些经验和成果,提高设计质量的重要保证。善于掌握和使用各种资料正是设计工作能力的重要体现。另外,任何新的设计任务,又是依据特定要求和具体工作条件提出的,必须具体分析,创造性地进行设计,而不能盲目地、机械地照抄照搬,不加分析地套用现有资料。因此,参考现有资料与创新二者不可偏废,只有恰当结合,才能促使设计质量和设计能力不断提高。

2. 标准和规范的采用

设计中使用的标准和规范,有利于零件的互换性和加工工艺性,可收到良好的效果,也可减轻设计工作量,节省设计时间,这也是评价设计质量的指标之一。因此,要尽量采用标准。对于国家标准或部颁标准都必须严格遵守和执行。同时,为了制造、测量和安装方便,一些非标准的尺寸应尽量圆整为标准数列或优选数列。

3. 计算和结构的关系

任何零件的尺寸,都不可能完全由理论计算确定,还应全面综合考虑零件本身及整个部件的装配和加工工艺、经济性和使用条件对结构方面的要求。不能把设计片面理解成计算。设计计算只是为确定零件的最小尺寸或主要尺寸提供一个方面的依据,在设计中还应根据结构和工艺要求确定尺寸,然后校核强度。而有些零件则需要先绘制草图,按工艺和结构要求确定尺寸,然后再校核计算是否能满足使用要求。

4. 及时检查设计过程并做好记录

设计过程是一个边绘图、边计算、边修改的过程。学生应经常进行自我检查、同学之间互相检查、请指导老师帮助检查等措施,及时发现错误并进行修改,以免造成大的返工。同时,还应认真做好记录,整理计算数据,如有变动应及时进行修正,供下一步设计及编写计算说明书时使用。

第2章 传动装置的总体设计

传动装置总体设计的任务为:拟定传动方案、选择电动机型号、计算总传动比并合理分配各级传动比、计算传动装置的运动和动力参数,为设计计算各级传动零件做好准备并提供条件。

一、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。传动装置用以传递运动和动力,并借以改变运动的形式、速度大小和转矩大小。传动装置方案设计是否合理,对整个机械的工作性能、尺寸、重量和成本等影响很大,因此是整个机械设计中的最关键环节。

(一)对传动方案的要求

合理的传动方案,首先应满足工作机的功能要求,其次还应满足工作可靠、传动效率高、结构简单、尺寸紧凑、重量轻、成本低廉、工艺性好、使用和维护方便等要求。要同时满足这些要求往往是困难的,因此,要统筹兼顾,满足最主要和最基本的要求。

(二)拟定传动方案

满足同一工作机功能要求,往往可采用不同的机构、不同的组合和布局,从而可得出不同的传动方案。拟定传动方案时,应充分了解各种传动机构的性能及适用条件,结合作业机所传递的载荷性质和大小、运动方式和速度以及工作条件等,对各种传动方案进行分析比较以进行合理的选择。减速器是用于原动机和工作机之间的独立封闭传动装置,由于减速器具有结构紧凑、传动效率高、传动准确可靠、使用维护方便等特点,故在各种机械设备中应用甚广。常用减速器的主要类型、特点及应用见表2-1。

当原动机的转速与工作机的输出转速相差较大,在它们之间常采用多级传动机构来减速。当采用多级传动时,应合理地选择传动零件以及排列顺序,扬长避短,以充分发挥各自的优点,下面提出几点原则,供拟定传动方案时参考:

(1)齿轮传动具有承载能力大、效率高、允许速度高、尺寸紧凑、寿命长等特点,因此在传动装置中一般应首先采用齿轮传动。由于斜齿圆柱齿轮传动的承载能力和平稳性比直齿圆柱齿轮传动好,故在高速级或要求平稳的场合,常采用斜齿圆柱齿轮传动。

(2)带传动具有传动平稳、吸振等特点,且能起过载保护作用。但由于它是靠摩擦力来工作的,在传动同样功率的条件下,当带速较低时,传动结构尺寸较大。为了减小带传动的结构尺寸,应将其布置在高速级。

(3)锥齿轮传动,当其尺寸太大时,加工困难,因此应将其布置在高速级,并限制其传动比,以控制其结构尺寸。

(4)蜗杆传动具有传动比大、结构紧凑、工作平稳等优点,但其传动效率低,尤其在低速时,其效率更低,且蜗轮尺寸大,成本高。因此,它通常用于中小功率、间歇工作或要求自锁的场合。为了提高传动效率,减小蜗轮结构尺寸,通常将其布置在高速级。

(5)链传动由于工作时的链速和瞬时传动比呈周期性变化,运动不均匀、冲击振动大,因此

为了减小振动和冲击,应将其布置在低速级。

(6)开式齿轮传动,由于润滑条件较差和工作环境恶劣,磨损快,寿命短,故应将其布置在低速级。

根据各种传动机构的特点和上述选择原则及对传动方案的要求,结合设计的工作条件,对初步拟定的方案进行分析比较,从中选择出合理的方案。此时选出的方案,并不是最后的方案,最后方案还有待于各级传动比能得到合理分配后才能决定。当传动比不能合理分配时,还须修改原方案。

表 2-1 常用减速器的类型、特点及应用

名称	运 动 简 图	推荐传动比范围	特点及应用
单级圆柱齿轮减速器		$i \leq 10$	轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低($v \leq 8\text{m/s}$)或负荷较小的传动;斜齿或人字齿用于速度较高或负荷较大的传动。箱体通常用铸铁做成,有时也采用焊接结构或铸钢件。轴承通常采用滚动轴承,只有重型或特高速时,才采用滑动轴承。其他形式的减速器也与此类同
二级圆柱齿轮减速器	展开式 	$i = 8 \sim 40$	二级展开式圆柱齿轮减速器的结构简单,但齿轮相对轴承的位置不对称,因此轴应具有较大的刚度。高速级齿轮应布置在远离转矩输入端,这样,轴在转矩作用下产生的扭转变形能减弱轴在弯矩作用下产生的弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的情况。建议用于载荷比较平稳的场合。高速级做成斜齿,低速级可做成直齿或斜齿
	同轴式 	$i = 8 \sim 40$	减速器长度较短。两对齿轮浸入油中深度大致相等。但减速器的轴向尺寸及重量较大;高速级齿轮的承载能力难以充分利用;中间轴较长,刚性差,载荷沿齿宽分布不均匀;仅能有一个输入和输出轴端,限制了传动布置的灵活性
单级锥齿轮减速器		$i \leq 8$	用于输入轴和输出轴两轴线垂直相交的传动,可做成卧式或立式。由于锥齿轮制造较复杂,仅在传动布置需要时才采用
锥-圆柱齿轮减速器		$i \leq 8 \sim 22$	特点同单级锥齿轮减速器。锥齿轮应布置在高速级,以使锥齿轮的尺寸不致过大,否则加工困难。锥齿轮可做成直齿、斜齿,圆柱齿轮可做成直齿或斜齿

二、确定减速器结构和零部件类型

在了解减速器结构的基础上,根据工作条件的要求,初步确定以下内容。

1. 选定减速器传动级数

传动级数根据工作机转速要求,由传动件类型、传动比、空间位置和尺寸要求而定。例如对圆柱齿轮传动,为了使结构尺寸和重量较小,当减速器传动比 $i > 8$ 时,宜采用二级以上的传动形式。

2. 确定传动件布置形式

没有特殊要求时,轴线尽量采用水平布置(如卧式减速器)。对于二级圆柱齿轮减速器,由传递功率的大小和轴线布置要求来决定采用展开式还是同轴式。

3. 初选轴承类型

一般减速器都采用滚动轴承,大型减速器也有采用滑动轴承。滚动轴承的类型由载荷和转速等要求而定。选轴承时还要考虑轴承的调整、固定、润滑和密封等,并确定端盖结构形式。

4. 决定减速器机体结构

通常在没有特殊要求时,齿轮减速器机体都采用沿齿轮轴线水平剖分的结构,以便于装配。

5. 选择联轴器类型

高速轴常用弹性联轴器,低速轴常用可移式刚性联轴器。

三、电动机的选择

根据工作负荷的大小和性质、工作机的特性和工作环境等,选择电动机的类型、结构、功率和转速,并在产品目录中查出其型号和尺寸。

1. 选择电动机类型和结构形式

生产单位一般都采用三相交流电源,因此,如无特殊要求都应选用交流电动机。交流电动机有异步电动机和同步电动机两类。异步电动机有鼠笼式和绕线式两种,其中以普通鼠笼式异步电动机应用最多。在经常启动、制动和反转的场合(如起重机等),要求电动机转动惯量小和过载能力大,应选用起重及冶金用三相异步电动机 YZ 型(鼠笼式)或 YZR 型(绕线式)。电动机的额定电压一般为 380 V。

电动机类型要根据电源种类(交流或直流),工作条件(温度、环境、空间位置尺寸等),载荷特点(变化性质、大小和过载情况),启动性能和启动、制动、反转的频繁程度,转速高低和调速性能要求等条件再确定。

2. 选择电动机的功率

电动机的功率选得合适与否,对电动机的工作和经济性都有影响。电动机的功率小于工作要求,就不能保证工作机的正常工作或使电动机长期过载而过早损坏;功率过大则电动机价格高,能力又不能充分利用,由于经常不满载运行,效率和功率因数都较低,增加电能消耗,造成很大的浪费。

电动机的功率主要根据电动机运行时的发热条件来决定。电动机的发热与其运行状态有关。运行状态有三类:长期连续运行、短时运行和重复短时运行。课程设计题目一般为设计不变(或变化很小)载荷下长期连续运行的机械(例如运输机),只要所选电动机的额定功率 P_{ed} 等于或稍大于电动机所需的工作功率 P_d ,即 $P_{ed} \geq P_d$,电动机在工作时就不会过热。

电动机所需的工作功率为：

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

式中： P_w ——工作机所需工作功率，指工作机主动端运输带所需功率(kW)；

η ——由电动机至工作机主动端运输带的总效率。

工作机所需工作功率 P_w 应由机器工作阻力和运动参数计算求得。在课程设计中，可由设计任务书给定的工作机参数(F 、 v ； T 、 n ； T 、 ω 等)按下式计算：

$$P_w = \frac{Fv}{1000\eta_w} \text{ (kW)} \quad (2-2)$$

$$\text{或} \quad P_w = \frac{Tn}{9550\eta_w} \text{ (kW)} \quad (2-3)$$

$$\text{或} \quad P_w = \frac{T\omega}{1000\eta_w} \text{ (kW)} \quad (2-4)$$

式中： F ——工作机的工作阻力(N)；

v ——工作机的线速度(m/s)；

T ——工作机的阻力矩(N·m)；

n ——工作机的转速(r/min)；

ω ——工作机的角速度(rad/s)；

η_w ——工作机的效率。

传动装置的总效率 η 应为组成传动装置的各部分运动副效率的乘积，即：

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots \eta_n \quad (2-5)$$

式中： $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \cdots, \eta_n$ ——每对传动副(齿轮、带、链等)、每对轴承、每个联轴器及工作机的效率。

常见机械传动和轴承等的效率的概略值参见表 2-2。

表 2-2 常见机械传动和轴承等的效率的概略值

类型		效率
圆柱齿轮传动	7 级精度(油润滑)	0.98
	8 级精度(油润滑)	0.97
	9 级精度(油润滑)	0.96
	开式传动(脂润滑)	0.94~0.96
锥齿轮传动	7 级精度(油润滑)	0.97
	8 级精度(油润滑)	0.94~0.97
	开式传动(脂润滑)	0.92~0.95
滚子链传动	开式	0.90~0.93
	闭式	0.95~0.97
V 形带传动		0.95
滚动轴承		0.98~0.99
滑动轴承		0.97~0.99
联轴器	弹性联轴器	0.99
	齿式联轴器	0.99
运输机滚筒		0.96

计算总效率时要注意以下几点:

(1)在一般情况下,效率值可取中间值,如工作条件差、加工精度低、用润滑脂润滑或维护不良时则应取低值,反之可取高值;

(2)同类型的几对传动副、轴承或联轴器,要分别考虑效率,例如有两级齿轮传动副时,效率为 $\eta_{\text{齿}} \times \eta_{\text{齿}} = \eta_{\text{齿}}^2$;

(3)轴承效率均指一对轴承而言。

3. 确定电动机的转速

功率相同的同类型电动机,有几种不同的转速系列供使用者选择,如三相异步电动机常用的有 4 种同步转速,即 3000 r/min、1500 r/min、1000 r/min、750 r/min。转速低的电动机因极数多且外廓尺寸及重量较大而价格高,但可使传动装置的总传动比及尺寸减小,转速高的电动机则与其相反。因此在确定电动机转速时要综合考虑,分析比较电动机及传动装置的性能、尺寸、重量和价格等因素。通常多选用同步转速为 1500 r/min 和 1000 r/min 的电动机(轴不需要逆转时常用前者)。如无特殊要求,一般不选用 750 r/min 的电动机。

为合理设计传动装置,根据工作机主动轴转速要求和各传动副的合理传动比范围,可推算出电动机转速的可选范围,即:

$$n = (i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots i_n) n_w \quad (2-6)$$

式中: n ——电动机可选转速范围(r/min);

$i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots i_n$ ——各级传动副传动比的合理范围(见表 2-4);

n_w ——工作机的主动轴转速(r/min)。

选定电动机类型、结构,对电动机可选的转速进行比较,选定电动机转速并计算出所需功率后,即可在电动机产品目录中查出其型号、性能参数和主要尺寸。这时应将电动机型号、额定功率、满载转速、外形尺寸、电动机中心高、轴伸尺寸和键联结尺寸等记下备用。

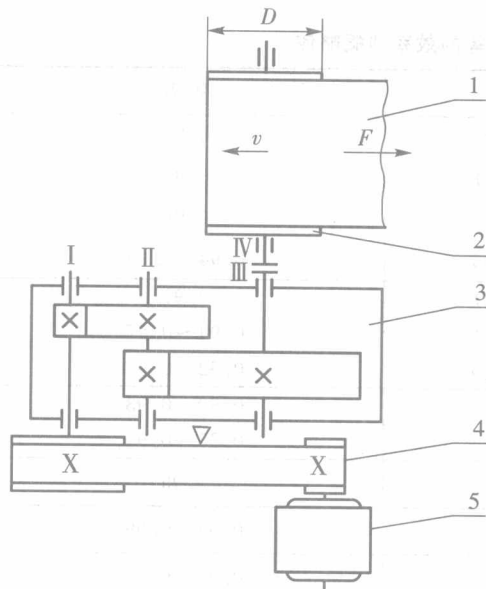


图 2-1 胶带运输机的传动装置

1—输送胶带 2—传动滚筒 3—二级圆柱齿轮
减速器 4—V 带传动 5—电动机

设计传动装置时,一般应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 n_m 。

【例 2-1】如图 2-1 所示胶带运输机传动装置,已知卷筒直径 $D=300$ mm,运输带的有效拉力 $F=6000$ N,运输带速度 $v=0.5$ m/s,滚筒的效率(不包括轴承) $\eta_6=0.96$ 。载荷平稳,常温下连续运转,工作环境有灰尘,电源为三相交流,电压为 380 V,试选择合适的电动机。

解:(1)选择电动机类型

按工作要求和条件,选用三相鼠笼式异步电动机,封闭式结构,电压 380 V,Y 系列。

(2)选择电动机的功率

电动机所需工作功率按式(2-1)和式(2-2)可推导出:

$$P_d = \frac{Fv}{1000\eta_w\eta}$$

由电动机至运输带的传动总效率为:

$$\eta \cdot \eta_w = \eta_1 \cdot \eta_2^4 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6$$

其中的 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ 分别为带传动、轴承传动、齿轮传动、联轴器的传动效率, 而 η_5, η_6 为卷筒轴的轴承和卷筒传动效率。取 $\eta_1=0.96, \eta_2=0.99$ (滚动轴承), $\eta_3=0.97$ (齿轮精度为 8 级), $\eta_4=0.99$ (联轴器), $\eta_5=0.99$ (滚动轴承), $\eta_6=0.96$, 则:

$$\eta \cdot \eta_w = 0.96 \times 0.99^4 \times 0.97^2 \times 0.99 \times 0.99 \times 0.96 = 0.816$$

所以
$$P_d = \frac{Fv}{1000\eta_w\eta} = \frac{6000 \times 0.5}{1000 \times 0.816} = 3.68 \text{ (kW)}$$

查附录 6 可选 Y 系列三相异步电动机 Y112M-4 型, 额定功率 $P_{ed}=4 \text{ kW}$; 或选 Y 系列三相异步电动机 Y132M1-6 型, 额定功率 $P_{ed}=4 \text{ kW}$ 。

(3) 确定电动机的转速

卷筒轴的工作转速为:

$$n_w = \frac{60 \times 1000v}{\pi D} = \frac{60 \times 1000 \times 0.5}{\pi \times 300} = 31.8 \text{ (r/min)}$$

按推荐的合理传动比范围, 取 V 带传动的传动比 $i_1=2\sim4$, 二级圆柱齿轮减速器的传动比 $i_2=8\sim40$, 故电动机转速的可选范围为:

$$n = (i_1 \cdot i_2)n_w = (16 \sim 160) \times 31.8 = 508.8 \sim 5088 \text{ (r/min)}$$

符合这一范围的同步转速有 700 r/min、1500 r/min 及 1000 r/min。现以同步转速为 1500 r/min 及 1000 r/min 两种方案进行比较, 由附录 6 查得电动机数据, 计算出的总传动比列于表 2-3 中。

表 2-3 电动机数据及传动比

方案号	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	Y112M-4	4.0	1500	1440	51	45.28
2	Y132M1-6	4.0	1000	960	73	30.19

比较两方案可见, 方案 1 选用的电动机虽然质量和价格较低, 但总传动比大。为使传动装置结构紧凑, 决定选用方案 2。电动机型号为 Y132M1-6, 额定功率为 4 kW, 同步转速为 1000 r/min, 满载转速为 960 r/min。由附录 6 查得电动机中心高 $H=132 \text{ mm}$, 轴伸尺寸 $D \times E=38 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$ 。

四、确定传动装置的总传动比和分配传动比

由选定的电动机满载转速 n_m 和工作机主动轴转速 n , 可得传动装置总传动比为:

$$i = \frac{n_m}{n} \quad (2-7)$$

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

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots i_n \quad (2-8)$$

分配总传动比, 即各级传动比如何取值, 是设计中的重要问题。传动比分配得合理, 可使传动装置得到较小的外廓尺寸或较轻的重量, 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动载荷或降低传动精度等级, 还可以得到较好的润滑条件。不过要同时达到这几方面的要求比较困难, 因此应按设计要求考虑传动比分配方案, 满足主要要求。

分配传动比时考虑以下原则：

(1) 各级传动的传动比应在合理范围内，不超过允许的最大值，以符合各种传动形式的工作特点，使结构紧凑、工艺合理。各种传动中每级传动比的推荐值见表 2-4。

表 2-4 各种传动中每级传动比的推荐值

传动类型		i 的推荐值
圆柱齿轮传动	闭式	3~6
	开式	4~7
锥齿轮传动	闭式	2~3
	开式	2~4
蜗杆传动	闭式	10~40
	开式	15~60
V 形带传动		2~4
链传动		2~6

(2) 传动装置中各级传动件间应尺寸协调、结构匀称。例如，在由带传动和单级齿轮减速器组成的双级传动中，带传动的尺寸不宜过大，一般应使 $i_{\text{带}} < i_{\text{齿}}$ ，这样可使传动装置结构较为紧凑。当带的传动比过大时，大带轮的外圆半径大于减速器中心高 H ，造成安装困扰，如图 2-2 所示。

(3) 各传动件彼此不发生干涉碰撞。如图 2-3 所示，在双级圆柱齿轮减速器中，若高速级传动比过大（比如 $i_1 > 2i_2$ ），可能会使高速级的大齿轮顶圆与低速级大齿轮的轴相碰。

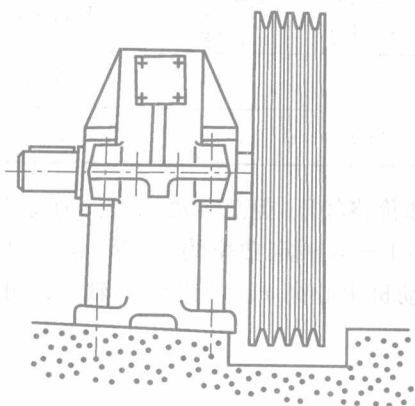


图 2-2 大带轮过大与地基相碰

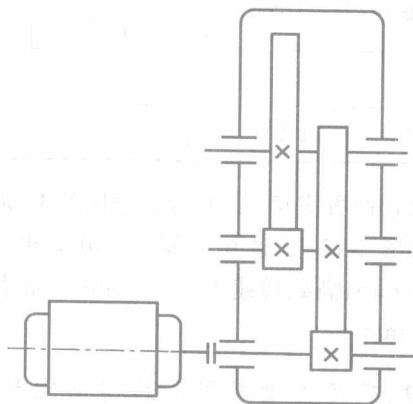


图 2-3 高速级齿轮顶圆与低速级齿轮轴相碰

(4) 当设计展开式二级圆柱齿轮减速器时，为便于油池润滑，尽量使高速级和低速级大齿轮的浸油深度大致相近（低速级大齿轮浸油稍深，高速级大齿轮能浸到油）。

根据上述原则，提出一些减速器传动比分配的参考值如下：

(1) 展开式二级圆柱齿轮减速器，考虑各级齿轮传动的润滑合理，应使两大齿轮直径相近，推荐取 $i_1 = (1.3 \sim 1.4)i_2$ ，或 $i_1 = \sqrt{(1.3 \sim 1.4)i}$ （ i_1, i_2 分别为高速级和低速级的传动比； i 为减速器的总传动比）。

(2) 圆锥-圆柱齿轮减速器，为了便于大锥齿轮加工，高速级锥齿轮传动比取 $i_1 = 0.25i$ ，且使 $i_1 \leq 3$ 。