



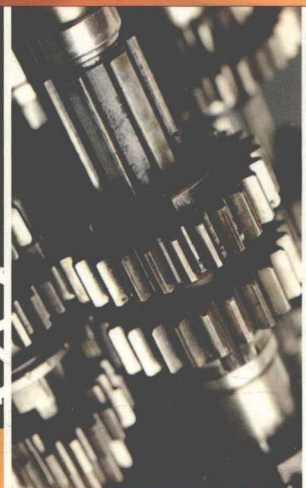
高等学校“十三五”重点规划
机械设计制造及其自动化系列

JIXIE SHEJI
KECHENG SHEJI

机械设计 课程设计

第3版

主 编 ◆ 杨恩霞 刘贺平



HEUP 哈尔滨工程大学出版社



高等学校“十三五”重点规划
机械设计制造及其自动化系列

JIXIE SHEJI
KECHENG SHEJI

机械设计 课程设计

第3版

主 编 杨恩霞 刘贺平
副主编 李立全 庞永刚

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是在第2版的基础上,根据高等工科院校“机械设计课程教学基本要求”及“机械设计基础课程教学基本要求”进行全面修订再版的。

全书共分三编。第一编为机械设计课程设计指导,以常见的减速器为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法以及设计中应注意的问题。第二编为机械设计课程设计常用标准和规范,系统、全面地介绍了机械设计的有关标准、规范等资料。第三编为设计题目及参考图例,给出了机械设计课程设计题目,各类减速器装配图、零件图的参考图例。

本书可作为高等院校机械类、近机械类和非机械类等相关专业机械设计课程设计的教材,也可作为其他本、专科院校机械设计课程设计的教材,还可供从事机械设计的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计/杨恩霞,刘贺平主编. —3版.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5661-1479-2

I. ①机… II. ①杨… ②刘… III. ①机械设计-课程
设计-高等学校-教材 IV. ①TH122-41

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第070510号

选题策划 石 岭
责任编辑 马佳佳
封面设计 博鑫设计

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 13.5
字 数 348千字
版 次 2017年5月第3版
印 次 2017年5月第1次印刷
定 价 30.00元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

第3版前言

《机械设计课程设计(第3版)》是根据高等工科院校“机械设计课程教学基本要求”及“机械设计基础课程教学基本要求”,结合我校及兄弟院校使用这本教材的实践经验修订的。

本书的体系与第1版、第2版相同,分为三编,共17章。第一编为机械设计课程设计指导(第1章~第7章),包括概述、传动装置总体设计、传动零件设计、减速器装配草图设计、减速器装配图设计、零件工作图设计、编写设计计算说明书和准备答辩;第二编为机械设计常用标准和规范(第8章~第15章),包括一般标准、常用材料、连接、滚动轴承、润滑与密封、联轴器、公差配合与表面粗糙度、电动机;第三编为设计题目及参考图例(第16章~第17章),选编了多种典型结构图,可供参考。本书一方面作为机械设计及机械设计基础的配套教材,满足教学要求,在内容上力求简明扼要,严格精选,便于使用;另一方面也可作为简明机械设计指南,供有关工程技术人员参考。

本书全部采用了最新的国家标准和技术规范,以及标准术语和常用术语。

本书第1版、第2版均由哈尔滨工程大学杨恩霞(第1章~第5章)、刘贺平(第11,15,16,17章)、李立全(第6,7,12,14章)、庞永刚(第8,9,10,13章)编写,在第3版中仍由原编者进行修订。

在本书的修订过程中,参阅了大量的同类教材、相关的技术标准和文献资料,并得到有关专家、学者的帮助和支持,他们提供了很多宝贵的意见和资料,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者的水平所限,书中不当及漏误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017年5月

目 录

第一编 机械设计课程设计指导

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 课程设计的方法和步骤	2
1.4 课程设计中应注意的问题	3
第2章 传动装置的总体设计	5
2.1 分析和确定传动方案	5
2.2 电动机的选择	8
2.3 确定传动装置总传动比和分配各级传动比	10
2.4 传动装置运动和动力参数的计算	11
思考题	13
第3章 传动零件设计	14
3.1 减速器外传动零件的设计	14
3.2 减速器内部传动零件的设计	15
思考题	16
第4章 减速器装配草图的设计	17
4.1 装配草图绘制前的准备工作	17
4.2 装配草图设计的第一阶段	24
4.3 装配草图设计的第二阶段	35
4.4 完成减速器草图	48
思考题	51
第5章 减速器装配图的设计	52
5.1 绘制装配图	52
5.2 尺寸标注	52
5.3 编写零件序号、标题栏和明细表	53

5.4 编制技术特性表	54
5.5 编写技术要求	55
5.6 检查装配图	56
思考题	58
第6章 零件工作图的设计	59
6.1 零件工作图的要求	59
6.2 典型零件的工作图	59
思考题	74
第7章 编写设计计算说明书及准备答辩	75
7.1 设计计算说明书的内容	75
7.2 编写设计计算说明书的要求和注意事项	75
7.3 设计计算说明书的格式示例	76
7.4 答辩前的准备	77
 第二编 机械设计常用标准和规范	
第8章 常用数据及一般标准与规范	78
8.1 常用数据	78
8.2 一般标准	79
8.3 一般规范	84
8.4 铸件设计	88
第9章 机械设计中常用材料	91
9.1 黑色金属	91
9.2 其他材料	92
第10章 连接	94
10.1 螺纹连接	94
10.2 键连接	112
10.3 销连接	114
第11章 滚动轴承	115
11.1 深沟球轴承	115
11.2 角接触球轴承	122
11.3 圆锥滚子轴承	127
11.4 滚动轴承的配合与公差	134

第 12 章 联轴器	136
12.1 联轴器性能、轴孔形式与配合	136
12.2 常用联轴器的标准	141
第 13 章 润滑装置、密封件和减速器附件	150
13.1 润滑装置	150
13.2 密封件	151
13.3 减速器附件	155
第 14 章 电动机	160
14.1 常用电动机的特点、用途及安装形式	160
14.2 常用电动机的技术参数	162
第 15 章 公差配合与表面粗糙度	173
15.1 极限与配合	173
15.2 表面粗糙度	175

第三编 课程设计题目及参考图例

第 16 章 课程设计题目	177
16.1 一级减速器的设计(1)	177
16.2 一级减速器的设计(2)	178
16.3 二级减速器的设计(1)	179
16.4 二级减速器的设计(2)	180
16.5 二级减速器的设计(3)	181
16.6 二级减速器的设计(4)	182
第 17 章 课程设计参考图例	184
参考文献	208

第一编 机械设计课程设计指导

第1章 概 述

1.1 课程设计的目的

机械设计课程设计是为机械类和近机械类专业的本科生在学完机械设计课以后所设置的一个重要的实践教学环节,也是学生首次较全面地进行训练,把学过的各学科的理论综合应用到实际工程中去,力求在课程内容上、在分析问题和解决问题的方法上、在设计思想上培养学生的工程设计能力。机械设计课程设计的目的和要求如下:

(1)培养学生综合运用机械设计和其他先修课程的基础理论和基本知识,以及结合生产实践分析和解决工程实际问题的能力,使所学的理论知识得以融会贯通;

(2)通过本课程设计,使学生学习和掌握一般机械设计的程序和方法,树立正确的工程设计思想,培养独立、全面和科学的工程设计能力;

(3)在课程设计的实践中学会使用标准、规范、手册、图册和相关技术资料的能力,并熟悉和掌握机械设计的基本技能。

1.2 课程设计的内容

课程设计的题目为一般用途的机械传动装置,如图1-1所示的带式运输机的机械传动装置——减速器。

课程设计的内容通常包括:确定传动装置的总体设计方案;选择电动机;计算传动装置的运动和动力参数;传动零件、轴的设计计算;轴承、联轴器、润滑、密封和连接件的选择及校核;箱体结构及其附件的设计;绘制装配图及零件图;编写设计计算说明书。

要求每个学生在设计中完成以下工作:

(1)减速器装配图1张(0号图纸);

(2)设计计算说明书1份,机械类学生要求6 000~8 000字,非机械类学生要求4 000~6 000字。

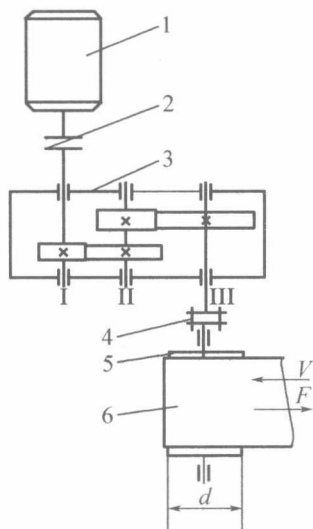


图 1-1 带式输送机的机械传动装置

1—电动机;2—联轴器;3—减速器;4—联轴器;5—滚筒;6—传送带

1.3 课程设计的方法和步骤

机械设计课程设计通常从分析或确定传动方案开始,然后进行必要的计算和结构设计。由于影响设计结果的因素很多,机械零件的结构尺寸不可能完全由计算确定,还需借助画图、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善设计,即计算与画图交替进行来逐步完成设计。

课程设计大致按以下步骤进行。

1. 设计准备

认真研究设计任务书,明确设计要求和工作条件;通过看实物、模型及减速器拆装实验等以了解设计对象;复习教材有关内容,熟悉有关零部件的设计方法和步骤;准备好设计需要的图书、资料和用具。

2. 传动装置的总体设计

确定传动装置的传动方案;选定电动机的类型和型号;计算传动装置的运动和动力参数,如确定总传动比并分配各级传动比,计算各轴的功率、转速和转矩等。

3. 传动零件的设计计算

设计计算各级传动件的参数和主要尺寸,如齿轮的模数 m 、齿数 z 、分度圆直径 d 和齿宽 b 等。

4. 装配图设计

(1) 装配草图设计

选择联轴器,初定轴的基本直径,选择轴承类型,确定减速器箱体结构方案和主要结构尺寸;通过草图设计的第一阶段定出轴上受力点的位置和轴承支点间的跨距;校核轴、轴毂连接的强度、校核轴承的额定寿命;通过草图设计的第二阶段完成传动件及轴承部件结构设计和箱体及其附件的结构设计。

(2) 装配图设计

不仅要按制图规范画出足够的视图,而且要完成装配图的其他要求,如标注尺寸、技术特性、技术要求、零件编号及其明细表、标题栏等。

5. 零件工作图设计

(从略)

6. 编写设计计算说明书

(从略)

7. 设计总结和答辩

(从略)

1.4 课程设计中应注意的问题

课程设计是学生第一次较全面的设计活动,是在教师指导下由学生独立完成的,在设计时应注意下面的一些问题。

1. 创新与继承的关系

机械设计是一项复杂、细致的创造性劳动。在设计中,既不能盲目抄袭,又不能闭门“创新”。在科学技术飞速发展的今天,设计过程中必须要继承前人成功的经验,改进其缺点,应从具体的设计任务出发,充分运用已有的知识和资料,进行更科学、更先进的设计。

2. 正确使用有关标准和规范

为提高所设计机械的质量和降低成本,一个好的设计必须较多采用各种标准和规范。设计中采用标准的程度也往往是评价设计质量的一项重要指标,它能提高设计质量,因为标准是经过专业部门研究而制定的,并且经过了大量的生产实践的考验,是比较切实可行的。采用标准还可以保证零件的互换性,减轻设计工作量,缩短设计周期,降低生产成本,因此在设计中应尽量采用标准件。

3. 正确处理强度、刚度、结构和工艺间的关系

在设计中任何零件的尺寸都不可能全部由理论计算来确定,每个零件的尺寸都应该由强度、刚度、结构、工艺、装配、成本等各方面要求来综合确定。强度和刚度问题是零件设计中首先必须要满足的基本要求,在此基础上,还必须考虑零件结构的合理性、工艺上的可能性和经济上的可行性。零件的强度、刚度、结构和工艺是互为依存、互为制约的关系,而不是相互独立的。

4. 计算与画图的关系

进行装配图设计时,并不仅仅是单纯地画图,常常是画图与设计计算交替进行。有些零件可以先由计算确定零件的基本尺寸,然后再经过草图设计,决定其具体结构尺寸;而有些零件则需要先画图,取得计算所需要的条件之后,再进行必要的计算。如在计算中发现有问题,必须修改相应的结构,因此,结构设计是边计算、边画图、边修改、边完善的过程。

第2章 传动装置的总体设计

传动装置总体设计的目的是分析和确定传动方案,选定电动机型号,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,为各级传动零件计算和装配图设计做准备。

2.1 分析和确定传动方案

机械传动系统及装置是机器的主要组成部分,其重要功用是传递原动机的功率、变化运动形式及实现工作机预定的要求。传动装置的性能、质量及设计布局的合理与否,直接影响机器的工作性能、质量、成本及运转费用,合理拟订传动方案具有十分重要的意义。

传动方案反映了机械运动和动力传递路线及各零部件的组成和连接关系。在课程设计中,如果设计任务书已经给定传动方案,则学生应了解和分析各传动方案的特点;如果设计任务书只给定工作机的性能要求,则学生应根据各种传动的特点确定出最佳的传动方案。

合理的传动方案首先要满足工作机的性能要求,适应工作条件(如工作环境、场地等),工作可靠,此外还应使传动装置的结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高和使用维护方便等。同时满足这些要求是比较困难的,因此要通过分析比较多种传动方案,选择出能保证重点要求的最佳传动方案。

当采用由几种传动形式组成的多级传动时,要充分考虑各种传动形式的特点,合理地布置传动顺序。以下几点可供参考:

(1)带传动运动平稳,能吸振缓冲,因此宜布置在高速级。但带传动的承载能力小,传递相同转矩时,结构尺寸较其他传动形式大。

(2)链传动运动不均匀,有冲击,不适用于高速级,应布置在低速级。

(3)斜齿圆柱齿轮传动的平稳性较直齿轮传动好,常用在高速级或要求传动平稳的场合。

(4)开式齿轮传动的工作环境一般较差,润滑条件不好,因而磨损严重、寿命较短,应布置在低速级。

(5)圆锥齿轮传动只用于需要改变轴的布置方向的场合。由于圆锥齿轮(特别是大直径、大模数圆锥齿轮)加工困难,所以应将其布置于传动的高速级,并限制传动比,以减小直径和模数。

(6)蜗杆传动可以实现较大的传动比,结构紧凑,传动平稳,但传动效率较低,故适用于中小功率的场合。当与齿轮同时使用时,最好布置在高速级,这样,较高的齿面相对滑动速度易于形成液体油膜,有利于提高其传动效率,延长寿命。

常用传动机构的性能特点见表2-1,常用减速器类型及特点见表2-2。

表 2-1 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					圆柱	圆锥
常用值	2~4	2~4	5~7	2~5	3~5	2~3
最大值	6	15	15~25	10	10	6~10
传动效率	中	中	中	中	高	低
许用线速度 /(m/s)	≤25	≤25~30	≤15~25	≤40	6级精度 直齿≤18 非直齿≤36 5级精度达100	≤15~35
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
过载保护性	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
制造及安装精度	低	低	中等	中等	高	高
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

表 2-2 常用减速器类型及特点

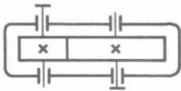
类型	简图	推荐传动比	特点及应用
单级圆柱齿轮减速器		3~5	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿,箱体通常用铸铁铸造,也可用钢板焊接而成。轴承常用滚动轴承,只有重载或特高速时才用滑动轴承

表 2-2 (续)

类型		简图	推荐传动比	特点及应用
二级圆柱齿轮减速器	展开式		8 ~ 40	高速级常为斜齿,低速级可为直齿或斜齿。由于齿轮相对轴承布置不对称,要求轴的刚度较大,并使转矩输入、输出端远离齿轮,以减少因轴的弯曲变形引起载荷沿齿宽分布不均匀。结构简单,应用最广
	分流式			一般采用高速级分流。由于齿轮相对轴承布置对称,因为齿轮和轴承受力较均匀。为了使轴上总的轴向力较小,两对齿轮的螺旋线方向应相反。结构较复杂,常用于大功率、变载荷的场合
	同轴式			减速器的轴向尺寸较大,中间轴较长,刚度较差,当两个大齿轮浸油深度相近时,高速级齿轮的承载能力不能充分发挥。常用于输入轴和输出轴同轴线的场合
单级锥齿轮减速器			2 ~ 4	传动比不宜过大,以减小锥齿轮的尺寸,利于加工。仅用于两轴线垂直相交的传动中
圆锥—圆柱齿轮减速器			8 ~ 15	锥齿轮应布置在高速级,以减小锥齿轮的尺寸。锥齿轮可为直齿或曲线齿。圆柱齿轮多为斜齿,使其能与锥齿轮的轴向力抵消一部分
蜗杆减速器			10 ~ 80	结构紧凑,传动比大,但传动效率低,适用于中、小功率、间隙工作的场合。当蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时,蜗杆为下置式,润滑冷却条件较好;当 $v > 4 \sim 5 \text{ m/s}$ 时,油的搅动损失较大,一般蜗杆为上置式
蜗杆—齿轮减速器			60 ~ 90	传动比大,结构紧凑,但效率低

2.2 电动机的选择

电动机是标准部件,设计时主要是根据工作机的特性、环境和载荷等条件,选择电动机的类型、结构、功率和转速,并通过查找产品目录,确定其具体型号和尺寸。

1. 类型和结构选择

电动机有交流电动机和直流电动机两种。由于生产单位一般多采用三相交流电源,因此,无特殊要求时均应选用三相交流电动机,其中以三相异步交流电动机应用最广泛。Y系列三相笼型异步电动机是一般用途的全封闭自扇冷式电动机,由于其结构简单、工作可靠、价格低廉、维护方便,因此广泛应用于不易燃、不易爆、无腐蚀性和无特殊要求的机械上,如金属切削机床、运输机、风机、搅拌机等。常用Y系列三相异步电动机的技术数据和外形尺寸见第14章。对于经常启动、制动和正反转的机械,如起重、提升设备,要求电动机具有较小的转动惯量和较大过载能力,应选用三相异步电动机YZ型(笼型)或YZR型(绕线型)。

2. 电动机功率选择

电动机的容量(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。容量选得过小,就不能保证工作机正常工作,或使电动机因超载而过早损坏;容量选得过大,则电动机的价格高,能力又不能充分利用,而且由于电动机经常不满载运行,其效率和功率因数都较低,增加电能消耗而造成能源的浪费。

电动机的容量主要根据电动机运行时的发热条件来决定。对于载荷比较稳定、长期连续运行的机械(如运输机),只要所选电动机的额定功率 P_e 等于或稍大于所需的电动机工作功率 P_d ,即 $P_e \geq P_d$,电动机就能安全工作,不会过热,因此通常不必校验电动机的发热和启动转矩。

如在带式运输机的机械传动装置中(参见第1章),其电动机所需的工作功率为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta_\Sigma}$$

式中 P_w ——工作机的有效功率,即工作机的输出功率,单位为kW,它由工作机的工作阻力

和运动参数确定。其可以由 $P_w = \frac{Fv}{1000}$ 求得,其中 F 为输送带的有效拉力,单位

为N; v 为输送带的线速度,单位为m/s。

η_Σ ——从电动机到工作机输送带间的总效率。它为组成传动装置和工作机的各部分运动副或传动副的效率乘积。设 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ 分别为联轴器、滚动轴承、齿轮传动及卷筒传动的效率,则 $\eta_\Sigma = \eta_1^2 \cdot \eta_2^4 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4$ 。

各类传动、轴承及联轴器的效率见表2-3。

表 2-3 机械传动效率概略值

类别	种类	效率 η
圆柱齿轮传动	6 级、7 级精度齿轮传动(油润滑)	0.98 ~ 0.99
	8 级精度的一般齿轮传动(油润滑)	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)	0.94 ~ 0.96
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90 ~ 0.93
圆锥齿轮传动	6 级、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)	0.94 ~ 0.97
	加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)	0.92 ~ 0.95
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88 ~ 0.92
蜗杆传动	自锁蜗杆(油润滑)	0.40 ~ 0.45
	单头蜗杆(油润滑)	0.70 ~ 0.75
	双头蜗杆(油润滑)	0.75 ~ 0.82
联轴器	弹性联轴器	0.99 ~ 0.995
	十字滑块联轴器	0.97 ~ 0.99
	齿轮联轴器	0.99
	万向联轴器	0.95 ~ 0.99
带传动	平带无张紧轮的传动	0.98
	平带有张紧轮的传动	0.97
	平带交叉传动	0.90
	V 带传动	0.96
滑动轴承	润滑不良	0.94(一对)
	润滑正常	0.97(一对)
	液体摩擦润滑	0.99(一对)
滚动轴承	球轴承	0.99(一对)
	滚子轴承	0.98(一对)

其中,蜗杆传动效率变化范围较大,主要取决于导程角 γ 的大小。设计时先按蜗杆头数 z_1 估计啮合效率作为近似的传动效率,待设计出传动参数后再校验啮合效率与传动效率。

3. 电动机转速的确定

容量相同的三相异步电动机,一般有 3 000 r/min,1 500 r/min,1 000 r/min 及 750 r/min

四种同步转速。电动机同步转速越高,磁极对数越少,外部尺寸越小,价格越低。但是电动机转速越高,传动装置总传动比越大,会使传动装置外部尺寸增加,提高制造成本。而电动机同步转速越低,其优缺点则刚好相反。因此,在确定电动机转速时,应综合考虑,分析比较。

在本课程设计中,通常多选用同步转速为 1 500 r/min 或 1 000 r/min 的电动机。

选定了电动机的类型、结构及同步转速,计算出了所需电动机容量后,即可在电动机产品目录或设计手册中查出其型号、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、轴伸尺寸和键连接尺寸等记下备用。

2.3 确定传动装置总传动比和分配各级传动比

传动装置的总传动比由选定的电动机满载转速 n_d 和工作机主轴转速 n_w 确定,即

$$i_{\Sigma} = \frac{n_d}{n_w}$$

在多级传动的传动装置中,其传动比 i_{Σ} 为各级传动比 $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ 的连乘积,即 $i_{\Sigma} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n$,因此分配传动比,即各级传动比如何取值是设计中的一个重要问题。为合理分配传动比,应注意以下几点:

(1)为符合各种传动形式的特点,各级传动比均应在各自的合理范围内,推荐取值见表 2-1 和表 2-2。

(2)应使各传动件彼此不发生干涉、相碰。例如在二级圆柱齿轮减速器中,若高速级传动比过大,会使高速级的大齿轮轮缘与低速级输出轴相碰。

(3)应使各传动件尺寸协调,结构匀称、合理。例如传动装置由普通 V 带传动和齿轮减速器组成时,带传动的传动比不宜过大,否则,由于带传动的传动比过大,会使大带轮的外圆半径大于齿轮减速器的中心高,造成尺寸不协调或安装不方便。

(4)对于二级或二级以上的齿轮减速器,应尽可能使各级大齿轮的浸油深度大致相等,以利于油池润滑。

多级传动的传动比分配,可参考下面的数据:

(1)对于带-齿轮减速器传动系统,若总传动比 $i = i_d i_c$,则一般应使 $i_d < i_c$ 。其中, i_d 是带传动的传动比; i_c 是单级齿轮的传动比。

(2)对于展开式二级圆柱齿轮减速器,可取 $i_1 = (1.3 \sim 1.4) i_2$, $i_1 = \sqrt{(1.3 \sim 1.4) i_{\Sigma}}$ 。其中, i_1, i_2 分别为高速级和低速级的传动比, i_{Σ} 为总传动比,并且 i_1, i_2 均在推荐的数值范围内。

(3)对于同轴式二级圆柱齿轮减速器,可取 $i_1 = i_2 = \sqrt{i_{\Sigma}}$ 。

(4)对于圆锥-圆柱齿轮减速器,可取圆锥齿轮传动的传动比 $i_1 \approx 0.25 i_{\Sigma}$,并尽量使 $i_1 \leq 3$,以保证大圆锥齿轮尺寸不致过大,便于加工。

需要说明的是,参照上面的方法得到的各级传动比只是方案设计阶段初步选定的数值,对于实际传动比则要由传动件的参数通过计算得到,例如初定齿轮传动比 $i = 3.5$,

$z_1 = 23$,则 $z_2 = i z_1 = 3.5 \times 23 = 80.5$,取 $z_2 = 80$,故最终传动比 $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{23} = 3.48$ 。对于一

般用途的传动装置,其传动比允许 $\pm 5\%$ 误差。