

高职高专规划教材

M

Mechanical design
Curriculum design

《机械设计基础》 课程设计

主 编 / 李衡燕 姚 杰
主 审 / 陈完成

兵器工业出版社

高职高专规划教材

《机械设计基础》 课程设计

主 编 李衡燕 姚 杰
副主编 王武宾
主 审 陈完成

江苏工业学院图书馆
藏书章

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是依据教育部制定的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”，结合高职高专院校机械类、机电类专业对机械设计基础课程设计的具体要求编写的。

全书分为三篇：第一篇为课程设计指导，包括传动装置的总体设计、传动零件的设计、装配图的设计、零件工作图的设计、编写设计计算说明书；第二篇为机械设计常用标准和规范，包括一般标准、圆柱齿轮、锥齿轮和圆柱蜗杆、蜗轮精度、滚动轴承、润滑与密封、联轴器、电动机；第三篇为参考图例。附录为设计题目。

本书为高职高专机械设计基础课程的配套教材，供高职高专机械类与近机械类专业课程设计使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

《机械设计基础》课程设计/李衡燕, 姚杰主编. —北京:
兵器工业出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80248 - 252 - 4

I. 机… II. ①李…②姚… 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 163554 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟十号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市登峰印刷厂

版 次: 2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—2000

责任编辑: 陈红梅 周 琦

封面设计: 李尘工作室

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 13.5

字 数: 312 千字

定 价: 25.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书是依据教育部制定的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”，结合高职高专院校机械类、机电类专业对机械设计基础课程设计的具体要求编写的。本书为高职高专机械设计基础课程的配套教材，供高职高专机械类与近机械类专业课程设计使用。

本书主要针对单级圆柱齿轮减速器，详尽地介绍了机械设计基础课程设计的全过程，对圆锥齿轮、单级蜗杆减速器的设计也作了有针对性的指导。本书提供了课程设计中所需的各种资料及最新国家标准，内容简明扼要，叙述层次清楚，设计过程循序渐进，资料翔实可靠。

本书分为三篇。第一篇为课程设计指导，包括传动装置的总体设计、传动零件的设计、装配图的设计、零件工作图的设计、编写设计计算说明书；第二篇为机械设计常用标准和规范，包括一般标准、圆柱齿轮、锥齿轮和圆柱蜗杆、蜗轮精度、滚动轴承、润滑与密封、联轴器、电动机；第三篇为参考图例。附录为设计题目。

参加本书编写的有石家庄职业技术学院的李衡燕（第一～三章、第四章（部分）、第六章），续永刚（第八～十一章），赵小平（第十二～十五章）和辽阳职业技术学院的姚杰（第四章（部分）、第五章、第十七～十八章），辽宁地质工程职业学院的王武宾（第七章、第十六章）。全书由李衡燕负责统稿、编定，陈完成担任主审。

鉴于编者水平有限，虽三易其稿仍难免有疏漏和不妥之处，敬请各位教师和广大读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第一篇 课程设计指导

第一章 概述	3
第一节 课程设计的目的	3
第二节 课程设计的题目和内容	3
第三节 课程设计的步骤	4
第四节 课程设计中应正确对待的几个问题	4
第二章 传动装置的总体设计	6
第一节 拟订传动方案	6
第二节 选择电动机	9
第三节 传动装置总传动比的确定及各级传动比的分配	12
第四节 传动装置运动和动力参数的计算	14
第三章 减速器的构造、润滑和传动零件的设计	16
第一节 减速器的构造	16
第二节 减速器的润滑	31
第三节 传动件和轴的设计计算	33
第四章 齿轮减速器装配工作图设计	36
第一节 减速器装配工作图设计概述	36
第二节 绘制圆柱齿轮减速器装配草图	37
第三节 圆锥—圆柱齿轮减速器装配工作图设计	44
第四节 圆柱蜗杆减速器装配工作图设计	52
第五节 标注主要尺寸与配合	60
第六节 编写设计计算说明书	62
第五章 减速器零件工作图的设计	64
第一节 减速器零件工作图设计概述	64
第二节 轴类零件工作图设计	65
第三节 齿轮类零件工作图设计	68
第四节 箱体零件工作图设计	70

第二篇 机械设计常用标准和规范

第六章 常用设计标准和数据	77
第七章 常用材料	83
第八章 极限与配合、形状与位置公差和表面粗糙度	95
第一节 极限与配合 (摘自 GB/T 1800)	95
第二节 形状和位置公差	100
第三节 表面粗糙度	105
第九章 螺纹联接和螺纹零件结构	108
第一节 螺纹与螺纹联接	108
第二节 螺纹联接的标准件	110
第三节 螺纹零件的结构要素	118
第十章 键和销联接	122
第一节 键联接	122
第二节 销联接	124
第十一章 轴系零件的紧固件	126
第一节 挡圈	126
第二节 圆螺母和圆螺母用止动垫圈	130
第十二章 齿轮和蜗杆传动精度	132
第一节 渐开线圆柱齿轮精度 (摘自 GB 10095—1988)	132
第二节 圆锥齿轮精度 (摘自 GB 11365—1989)	140
第三节 圆柱蜗杆和蜗轮精度 (摘自 GB 10089—1988)	147
第十三章 滚动轴承	153
第十四章 润滑与密封	160
第一节 润滑剂	160
第二节 润滑装置	162
第三节 密封件	163
第十五章 联轴器	168
第十六章 Y 系列三相异步电动机	173

第三篇 参考图例

第十七章 零件工作图	177
第一节 轴	177
第二节 圆柱齿轮	178
第三节 锥齿轮轴	179
第四节 锥齿轮	180
第五节 蜗杆	181
第六节 蜗轮	182
第七节 轮芯	183
第八节 轮缘	184
第十八章 减速器装配图	185
第一节 单级圆柱齿轮减速器	185
第二节 单级圆锥齿轮减速器	186
第三节 蜗杆减速器（蜗杆下置）	187
附录 设计题目	188
参考文献	193

第一篇 课程设计指导

第一章 概 述

第一节 课程设计的目的

机械设计基础课程是一门技术基础课，目的在于培养学生的机械设计能力。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，也是工科院校机类和近机类专业学生第一次较为全面的机械设计训练。课程设计的目的为：

- (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解决工程实际问题的能力，并通过实际设计训练使所学理论知识得以巩固和提高。
- (2) 学习和掌握一般机械设计的基本方法和程序，培养独立设计能力，为后续课程的学习和实际工作打基础。
- (3) 进行机械设计工作基本技能的训练，包括训练计算、绘图能力及熟悉和运用设计资料（如标准、规范等）。

第二节 课程设计的题目和内容

一、课程设计的题目

课程设计的题目，一般选择以机械设计为基础的机械传动装置或简单机械。目前课程设计题目多推荐选择以齿轮减速器为主体的机械传动装置，如图 1-1 所示电动绞车的机械传动装置。

二、课程设计的内容

课程设计的内容包括：

- (1) 传动装置的总体设计；
- (2) 传动件及支承件的设计计算；
- (3) 减速器装配图及零件工作图设计；
- (4) 设计计算说明书的编写。

每个学生应完成：

- 1) 部件装配图 1 张（A0 或 A1 号）。
- 2) 零件工作图 2 ~ 3 张。

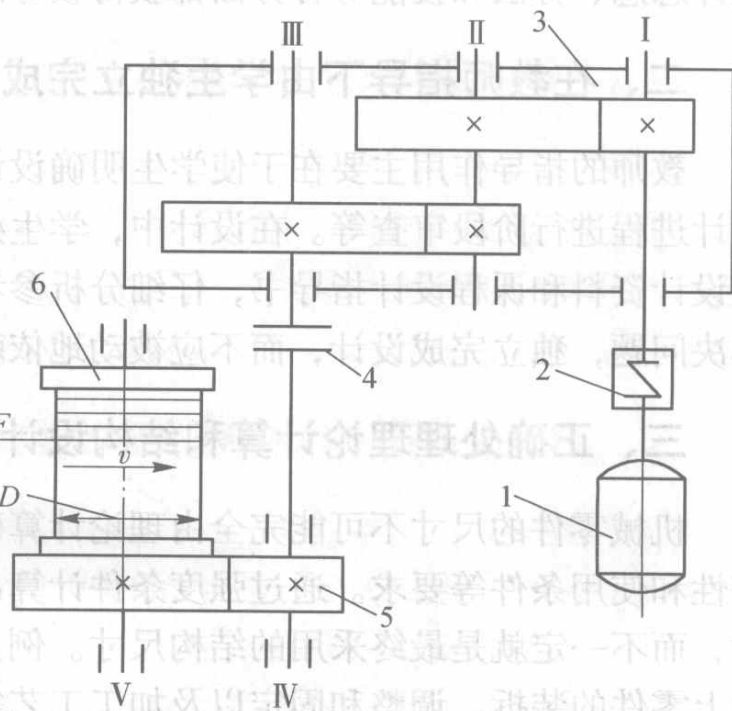


图 1-1 电动绞车

1—电动机；2、4—联轴器；
3—齿轮减速器；5—开式齿轮；6—卷筒

3) 设计说明书 1 份, 6000 ~ 8000 字。

第三节 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, 因此也应遵循机械设计过程的一般规律, 大体上按以下步骤进行:

(1) 设计准备。

认真研究设计任务书, 明确设计要求和条件; 认真阅读减速器参考图, 观看教学录像片, 拆装减速器, 熟悉设计对象。

(2) 传动装置的总体设计。

根据设计要求拟订传动总体布置方案, 选择原动机, 计算传动装置的运动和动力参数。

(3) 传动件和轴的设计计算。

(4) 装配图设计计算和选择支承零件。

绘制装配草图 (轴系部件、箱体和附件的设计), 完成装配工作图。

(5) 零件工作图设计。

(6) 整理和编写设计计算说明书。

(7) 设计总结和答辩。

第四节 课程设计中应正确对待的几个问题

一、学生要明确学习目的, 端正学习态度

在设计的全过程中必须严肃认真、刻苦钻研、一丝不苟、精益求精。只有这样, 才能在设计思想、方法和技能等各方面都获得较好的锻炼和提高。

二、在教师指导下由学生独立完成

教师的指导作用主要在于使学生明确设计思路, 启发学生独立思考, 解答疑难问题和按设计进程进行阶段审查等。在设计中, 学生必须充分发挥创造性和主观能动性, 认真阅读有关设计资料和课程设计指导书, 仔细分析参考图例的结构。提倡独立思考问题、分析问题和解决问题, 独立完成设计, 而不应被动地依赖教师和盲目抄袭。

三、正确处理理论计算和结构设计的关系

机械零件的尺寸不可能完全由理论计算确定, 而应综合考虑零件结构、加工、装配、经济性和使用条件等要求。通过强度条件计算出来的零件尺寸, 常常是零件必须满足的最小尺寸, 而不一定就是最终采用的结构尺寸。例如轴的尺寸, 在进行结构设计时, 要综合地考虑轴上零件的装拆、调整和固定以及加工工艺等要求, 并进行强度校核计算, 之后才能确定轴的尺寸。因此, 在设计过程中, 设计计算和结构设计是相互补充、交替进行的。应注意“边计算、边画图、边修改”, 因为产品的设计需要经过多次反复修改才能得到较高的设计质量。

此外，一些次要尺寸不需强度校核。有的可根据经验公式确定，如箱体的结构尺寸等；有的则由设计者考虑加工、使用等条件，参照类似结构，用类比的方法确定，如轴上的定位轴套、挡油环等。

总之，既不能把设计片面理解为就是理论计算（如强度计算），或者将这些计算结果看成是不可更改的，也不能简单地从结构和工艺要求出发，毫无根据地随意确定零件的尺寸。应根据设计对象的具体情况，以理论计算为依据，全面考虑设计对象的结构、工艺、经济性等要求，确定合理的结构尺寸。

四、正确处理继承与创新的关系

机械设计是一项复杂细致的创造性劳动，长期的设计和生产实践已经积累了许多可供参考和借鉴的宝贵经验和资料，任何设计都不可能由设计者脱离前人长期经验的积累凭空想象出来，同时，任何一项新的设计都有其特定的要求和具体的工作条件，没有现成的设计方案供照抄照搬。因此，既要克服“闭门造车”的设计思想，又要防止盲目地不加分析地全盘抄袭现有设计资料的做法。应从具体的设计任务出发，充分利用已有技术资料，认真分析现有设计方案的特点，从中吸取合理的部分，以开拓自己的设计思路，应在继承的基础上，根据具体条件和要求，敢于创新，敢于提出新方案，不断地完善和改进设计。所以，设计是继承和创新相结合的过程，这样才能使设计工作不断地向前发展。

五、正确使用标准和规范

在设计工作中，要遵守国家正式颁布的有关标准、设计规范等。

设计中是否尽量采用标准和规范，是评价设计质量的一项指标。例如设计中采用的滚动轴承、带、链条、联轴器、密封件和紧固件等，其参数和尺寸必须严格遵守标准的规定。

设计工作中贯彻“三化”（标准化、系列化和通用化），可减轻设计工作量、缩短设计周期、增大互换性、降低设计和制造成本。“三化”程度的高低，也是评价设计质量优劣的指标之一。因此，在各项设计工作中应尽可能多地采用标准零部件和通用零部件，以提高设计质量。

六、计算与画图的关系

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画图，取得计算所需条件，再进行必要的计算。例如轴的设计，首先初算轴的直径，再由草图设计确定支点、力作用位置，才能作出弯矩图，然后进行轴的强度校核计算；而由于计算结果又可能需要修改草图。因此，计算和画图互为依据，交叉进行。这种“边计算、边画图、边修改”是设计的正常过程。

第二章 传动装置的总体设计

传动装置的总体设计，主要包括拟订传动方案、选择原动机、确定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。

第一节 拟订传动方案

机器通常由原动机（电动机、内燃机等）、传动装置和工作机三部分组成。根据工作机的要求，传动装置将原动机的动力和运动传递给工作机。实践表明，传动装置设计得是否合理，对整部机器的性能、成本以及整体尺寸都有很大影响。因此，合理地设计传动装置是整部机器设计工作中的重要一环，而合理地拟订传动方案又是保证传动装置设计质量的基础。

在课程设计中，学生应根据设计任务书，拟订传动方案。如果设计任务书中已给出传动方案，学生则应分析和了解所给方案的优缺点。

传动方案一般由运动简图表示。它直观地反映了工作机、传动装置和原动机三者间的运动和动力的传递关系。

传动方案应首先满足工作机的工作要求，如所传递的功率及转速。此外，还应具有结构简单、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特点，以保证工作机的工作质量和可靠性。要同时达到这些要求，常常是困难的，设计时要统筹兼顾，保证重点要求。

图 2-1 所示是带式运输机的四种传动方案。方案 a 选用了 V 带传动和闭式齿轮传动。V 带传动布置于高速级，能发挥它的传动平稳、缓冲吸振和过载保护的优点，但此方案的结构尺寸较大；V 带传动也不适宜用于繁重工作要求的场合及恶劣的工作环境。方案 b 结构紧凑，但由于蜗杆传动效率低，功率损耗大，不适宜用于长期连续运转的场合。方案 c 采用二

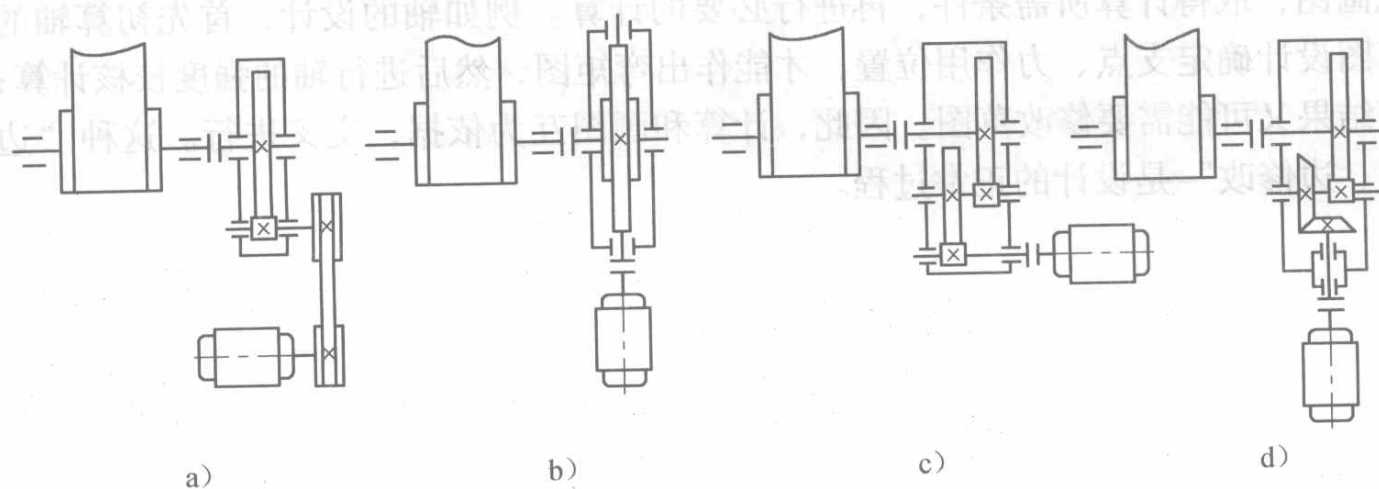


图 2-1 带式运输机的传动方案

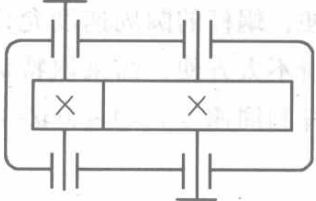
级闭式齿轮传动，更能适应在繁重及恶劣的条件下长期工作，且使用维护方便。方案 d 适合布置在狭窄的通道（如矿井巷道）中工作，但加工圆锥齿轮比圆柱齿轮困难，成本也较高。这四种方案各有其特点，适用于不同的工作场合。设计时要根据工作条件和设计要求，综合比较，选取其中最优者。

表 2-1 列出了常用传动机构的性能及适用范围；表 2-2 列出了减速器的主要类型和特点，以供确定传动方案时参考。

表 2-1 常用传动机构的性能及适用范围

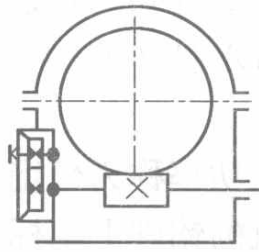
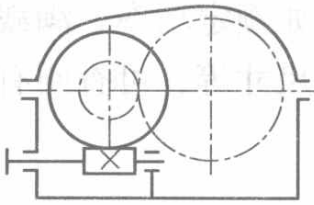
性能指标	传 动 机 构					
	平带传动	V 带传动	圆柱摩擦轮传动	链传动	齿轮传动	
功率 P/kW （常用值）	小（ ≤ 20 ）	中（ ≤ 100 ）	小（ ≤ 20 ）	中（ ≤ 100 ）	大（最大达 50000）	
单级传动比：					圆柱	圆锥
常用值	2~4	2~4	2~4	2~5	3~5	2~3
最大值	5	7	5	6	8	5
传动效率	参见表 2-3					
许用线速度 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	≤ 25	$\leq 25 \sim 30$	$\leq 15 \sim 25$	$\leq 20 \sim 40$	6 级精度直齿 ≤ 18 非直齿 ≤ 36 5 级精度达 100	滑动速度 $v_s \leq 15 \sim 35$
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	差	一般	好
自锁能力	无	无	无	无	无	可有
过载保护	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	一般	差	差
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、油类和爆炸性气体		一般	好	一般	一般

表 2-2 常用减速器的类型及特点

名 称	运动简图	传动比范围		特点及应用
		一般	最大值	
一级圆柱 齿轮减 速器		≤ 5	8	轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低或载荷较轻的传动；斜齿或人字齿用于速度较高或载荷较重的传动

名 称		运动简图	传动比范围		特点及应用
			一般	最大值	
二级圆柱齿轮减速器	展开式		8 ~ 40	60	减速器结构简单，但齿轮相对轴承的位置不对称，因此轴应具有较大刚度。高速级齿轮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将能减缓轴在弯矩作用下产生弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均匀的现象 用于载荷较平稳的场合，轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿
	同轴式		8 ~ 40	60	减速器的长度较短，但轴向尺寸及重量较大。两对齿轮浸入油中深度大致相等。高速级齿轮的承载能力难以充分利用；中间轴承润滑困难；中间轴较长，刚性差，载荷沿齿宽分布不均匀
	分流式		8 ~ 40	60	高速级可做成斜齿，低速级可做人字齿或直齿。结构较复杂，但齿轮对于轴承对称布置，载荷沿齿宽分布均匀，轴承受载均匀。中间轴的转矩相当于轴所传递的转矩一半。建议用于变载荷场合
一级锥齿轮减速器			≤3	5	用于输入轴和输出轴两轴线相交的传动，可做成卧式或立式。轮齿可做成直齿、斜齿或曲齿
二级圆锥-圆柱齿轮减速器			8 ~ 15	圆锥直齿 22 圆锥斜齿 40	锥齿轮应布置在高速级，以便其尺寸不致过大造成加工困难。锥齿轮可做成直齿、斜齿或曲齿，圆柱齿轮可做成直齿或斜齿
蜗杆减速器	蜗杆下置式		10 ~ 40	80	蜗杆与蜗轮啮合处的冷却和润滑都较好，同时蜗杆轴承的润滑也较方便。但当蜗杆圆周速度太大时，搅油损失大，一般用于蜗杆圆周速度 $v \leq 4 \sim 5\text{m/s}$ 时
	蜗杆上置式		10 ~ 40	80	装拆方便，蜗杆的圆周速度允许高一些，但蜗杆轴承的润滑不太方便，需采取特殊的结构措施。一般用于蜗杆圆周速度 $v > 4 \sim 5\text{m/s}$ 时

续表

名 称	运动简图	传动比范围		特点及应用
		一般	最大值	
齿 轮 、 蜗 杆 减 速 器		60 ~ 90	180	齿轮传动布置在高速级，整体结构比较紧凑
			320	蜗杆传动布置在高速级，其传动效率较高，适合较大传动比

当采用由几种传动形式组成的多级传动时，要合理布置其传动顺序。下列几点可供参考：

- (1) 带传动的承载能力较小，传递相同转矩时，其结构尺寸要比其他传动形式的结构尺寸为大，但传动平稳，能缓冲吸振，因此宜布置在高速级。
- (2) 链传动运转不均匀，有冲击，不适宜高速传动，应布置在低速级。
- (3) 蜗杆传动可实现较大的传动比，结构紧凑，传动平稳，但传动效率较低，适用于中、小功率及间歇运转的场合。其承载能力较齿轮传动低，当与齿轮传动同时应用时，宜将其布置在高速级，以减小蜗轮尺寸，节省有色金属；另外，在高速下，蜗轮和蜗杆有较大的齿面相对滑动速度，易于形成液体动力润滑油膜，有利于提高承载能力和效率，延长使用寿命。
- (4) 锥齿轮（特别是大直径、大模数的锥齿轮）加工较困难。所以，一般只在需要改变轴的布置方向时采用，并尽量放在高速级。
- (5) 斜齿轮传动的平稳性较直齿轮传动好，且结构紧凑，承载能力高，常用于速度高、载荷大或要求传动平稳的场合。
- (6) 开式齿轮传动的工作环境一般较差，润滑条件不好，磨损严重，寿命较短，应布置在低速级。

第二节 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。

一、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。

二、电动机容量的确定

课程设计中，由于设计任务书所给工作机一般为稳定（或变化较小）载荷连续运转的机械，而且传递功率较小，故只需使电动机的额定功率 P_{cd} 等于或稍大于电动机的实际输出功率 P_d ，即 $P_{cd} \geq P_d$ 就可以了，一般不需要对电动机进行热平衡计算和校核起动转矩。

电动机的实际输出功率 P_d 为

$$P_d = \frac{P_w}{\eta_a} \quad (2-1)$$

式中 P_w ——工作机所需输入功率（kW）；

η_a ——传动装置总效率。

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

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

或

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

式中 F ——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 ——工作机转速（r/min）；

η_w ——工作机效率，根据工作机的类型确定。例如，带式运输机可取：

$$\eta_w = 0.96$$

传动装置总效率 η_a 按下式计算

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

式中， $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ 分别为传动装置中每一传动副（如齿轮、蜗杆、带或链传动等）、每一对轴承及每一个联轴器的效率，其数值可由表 2-3 选取。