

高等职业教育“十二五”规划教材

机械设计基础 课程设计引导

薛慎行 孙淑敏 主编



高等职业教育“十二五”规划教材

机械设计基础课程设计引导

主 编 薛慎行 孙淑敏
副主编 匡伟春 徐承意 杨长青
参 编 易平波 刘 勇 袁晓云
主 审 袁建新

机械工业出版社

本书以圆柱齿轮减速器的机械传动系统设计为主要内容,采用讲一项、做一项的方法与格式,对机械设计基础课程设计的全过程进行引导。具体内容包括:概述,机械传动系统的总体设计,传动零件的设计计算,减速器装配图设计的前提准备,减速器装配图设计,减速器零件图设计,编写设计计算说明书、答辩准备与成绩评定。

本书可作为高职高专机械类及近机械类专业教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础课程设计引导/薛慎行,孙淑敏主编. —北京:机械工业出版社,2011.12

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-36763-5

I. ①机… II. ①薛…②孙… 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(2011)第257423号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰 杨茜

版式设计:常天培 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2012年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.25印张·250千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36763-5

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是由袁建新、熊陆根、冯新红主编的 21 世纪高等职业教育精品课示范性规划教材《机械设计基础》的配套教材。

在多年的机械设计基础课程设计教学过程中，编者感到学生在进行课程设计时遇到了很多困难。为了帮助学生解决这些困难，使学生得到更好的锻炼和提高，必须为学生提供引导，实行手拉手式辅导。本书以学生实际情况和职业技术教育的特点为依据，把普通高等院校的“设计指导”变为职业教育的“设计引导”。本书内容为以圆柱齿轮减速器为主的机械传动系统设计，在反复研究各设计项目间依赖关系的基础上，以前项设计为后项设计提供依据，使各项设计水到渠成的原则，确定了详细的设计步骤，并对每一步骤的设计给出了具体方法步骤。本书在内容布局上采用讲一项、做一项的格式，使本书既是教材又是学生的作业本、资料库，使设计资料既便于整理，又不会丢失；同时，把需要查阅的资料安排在相应的设计项目中，方便学生的查用。

本书是江西现代职业技术学院机械学院特色精品课程建设的一个组成部分。全书内容根据薛慎行老师的教学经验总结编写。本书由薛慎行、孙淑敏任主编，匡伟春、徐承意、杨长青任副主编，易平波、刘勇、袁晓云任参编。本书第 1 章由孙淑敏编写，第 2 章由易平波编写，第 3 章、第 6 章由徐承意编写，第 4 章由袁晓云和杨长青合编，第 5 章由薛慎行、刘勇和匡伟春合编，第 7 章由杨长青编写。全书的文字、表格及图形的电子稿制作由匡伟春、徐承意和杨长青共同完成。本书中涉及的国家标准由孙淑敏负责查阅并最后审定。

本书由江西现代职业技术学院机械学院袁建新任主审。袁建新主审对本书的思路及内容提出了宝贵意见，在此深表感谢。

本书是机械设计基础课程设计由普通高等院校教材向职业教育特色教材转变的一次尝试，鉴于编者水平有限，缺点错误在所难免，恳请同行专家及广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
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、步骤与进度	1
1.3 课程设计的有关注意事项	3
1.4 设计任务书	4
第 2 章 机械传动系统的总体设计	7
2.1 分析和拟定传动方案	7
2.2 选择电动机	9
2.3 传动系统总传动比的计算与分配	12
2.4 传动系统的运动参数和动力参数的计算	14
第 3 章 传动零件的设计计算	23
3.1 普通 V 带传动的设计计算	23
3.2 齿轮传动的设计计算	25
第 4 章 减速器装配图设计的前提准备	30
4.1 熟悉圆柱齿轮减速器的结构, 确定箱体主要尺寸	30
4.2 确定影响轴的结构减速器润滑因素	36
4.3 确定减速器的密封方式	40
4.4 初估轴的最小直径, 选择联轴器, 确定轴伸长度及位置	45
4.5 初选滚动轴承	56
4.6 读懂一些减速器装配图	65
4.7 确定装配图表达方案, 作图比例, 视图布局定位	72
第 5 章 减速器装配图设计	74
5.1 概述	74
5.2 轴的结构设计	74
5.3 轴、滚动轴承及键联接的校核计算	81
5.4 轴系部件的结构设计	86
5.5 减速器箱体结构设计及减速器附件设计	90
5.6 减速器装配草图的检查与修改	111
5.7 完成装配图	111
第 6 章 零件图设计	144
6.1 零件工作图的设计要点	144
6.2 轴类零件工作图的设计要点	145
6.3 齿轮类零件工作图的设计要点	149
第 7 章 编写设计计算说明书、答辩准备与成绩评定	152
7.1 编写设计计算说明书	152
7.2 答辩准备	156
7.3 课程设计成绩的评定	157
参考文献	158

第 1 章 概 述

1.1 课程设计的目的

机械设计基础课程设计既是机械设计基础课程的一个重要教学环节，又是综合运用多门已学课程知识的一次机械设计训练。其主要目的是：

1) 通过在课程设计中的实际应用，使学生对已学过的机械制图、公差与配合、金属工艺学、金属材料及热处理、工程力学及机械设计基础等专业基础课程的知识进行复习、巩固和深化。

2) 通过课程设计的实践，使学生学会机械设计的一般方法，培养正确的设计思想，提高学生分析、解决实际工程问题，特别是传动系统总体设计和零部件设计的能力。

3) 通过课程设计的计算与绘图，使学生强化标准化的意识，培养遵守和应用标准与规范的习惯，学会查阅有关技术资料，提高机械设计的基本技能。

1.2 课程设计的内容、步骤与进度

机械设计基础课程设计的题目，一般是机械设计基础课程所学过的大部分零部件组成的机械传动系统的设计，或结构简单的机械的设计。最常用的课题是设计以齿轮减速器为主的机械传动系统。现以普通 V 带传动与圆柱齿轮减速器构成的传动系统为例，见表 1-1，说明课程设计的内容、步骤与进度。

表 1-1 课程设计的内容、步骤与进度

序号	步骤	主要内容	天数	备注
	设计前的准备	1) 除本书之外，还应准备已学有关课程的教材，特别是机械设计基础、工程力学、机械制图和公差与配合等，以便随时复习查阅 2) 计算工具、绘图用品和稿纸等		
	设计起步阅读	1) 熟悉本书及本设计组的设计任务书 2) 熟悉本书第二章所述的机械传动系统的总体设计的方法步骤	0.5	
1	传动系统总体设计	1) 传动方案分析 2) 选择电动机 3) 计算传动系统的总传动比，分配各级传动比 4) 计算各轴的输入功率、转速及转矩	0.5	
2	传动零件的设计计算	1) 带传动设计计算，首次修正 i, n, T 2) 齿轮传动设计计算，再次修正 i, n, T	1	

(续)

序号	步骤	主要内容	天数	备注
3	减速器装配图设计的前提准备	1) 通过看录像、拆装减速器、图物对照等方法熟悉圆柱齿轮减速器的构造、各部分功能, 确定箱体主要结构尺寸 2) 确定减速器润滑方式、轴承盖结构形式、密封方式并了解它们对轴的机构的影响 3) 初估轴的最小直径, 选择联轴器, 确定轴伸长长度及位置 4) 初选滚动轴承 5) 读懂一些减速器装配图, 确定减速器装配图设计的借鉴与改进方式 6) 确定装配图表达方案、作图比例, 对视图进行布局定位	1.5	
4	减速器装配草图设计的第一阶段	1) 轴的结构设计 2) 轴的强度校核 3) 滚动轴承的寿命验算 4) 键联接的选择与强度校核	1.5	
5	减速器装配草图设计的第二阶段	轴系部件设计: 1) 齿轮的结构设计 2) 滚动轴承的组合设计 ① 确定轴的支承的组合形式、轴系轴向固定方法、轴承间隙调整方法 ② 按规定画法画出滚动轴承 ③ 画套筒或挡油盘 ④ 画选定结构形式的轴承盖及密封结构、画出轴承盖联接螺钉 (仅对凸缘式端盖)	0.5	
6	减速器装配草图设计的第三阶段	1) 箱体结构设计 ① 确定箱体结构形式及制造方法 ② 确定轴承旁联接螺栓的位置及该螺栓处的凸台; 画出螺栓联接 ③ 确定箱盖顶部外表面轮廓 ④ 确定箱座高度和油面高度; 选择润滑油, 计算减速器的储油量 ⑤ 滚动轴承采用飞溅润滑, 画出导油沟等结构 ⑥ 画箱盖、箱座联接凸缘及螺栓联接 ⑦ 画加强肋 2) 减速器附件设计 ① 视孔和视孔盖设计 ② 通气器选择与绘制 ③ 起吊装置设计 ④ 油面指示器选择与绘制 ⑤ 放油孔及螺塞绘制 ⑥ 画起盖螺钉 ⑦ 画定位销 3) 检查、修改、完善装配草图	1	
7	完成减速器装配工作图	1) 画剖面符号, 按机械制图国标规定描深各类图线 2) 选择配合, 标注尺寸 3) 编写零件序号, 列出明细栏 4) 完成标题栏 5) 编写技术要求、技术特性表	1.5	
8	零件工作图设计	1) 绘制齿轮零件工作图 2) 绘制轴的零件工作图	0.5	
9	编写设计计算说明书	1) 按项目归类整理出设计计算说明书 2) 设计体会、收获及对设计的改进意见 3) 参考资料	1	
10	答辩	1) 作答辩准备 2) 参加答辩	0.5	

1.3 课程设计的有关注意事项

机械设计基础课程设计, 是学生首次接触的复杂的系统工程课题。为了保证设计质量, 在规定时间内完成设计任务, 一定要注意以下事项。

1. 既要继承, 又要创新

任何设计都不能凭空想象, 都要依据已有资料, 在继承和借鉴前人设计经验和成果的同时, 还要进行改进和创新。因此, 在设计时, 一定要对现有资料进行认真分析研究, 对符合设计条件、设计要求的可以考虑继承、借用; 对不符合设计条件、设计要求的, 必须提出具体的改进方案, 千万不能盲目照抄照搬。

2. 既要独立思考, 又要团队合作

用正确的设计思想得到正确的设计成果, 其关键在于充分发挥设计者的主观能动性, 严肃认真, 辛勤工作。设计时, 每个学生都必须认真阅读本设计引导, 及时复习、查阅有关教材和资料, 对继承和改进提出自己的见解, 认真计算与作图。考虑本课程设计是学生首次遇到的复杂的系统工程课题, 时间紧, 工作量大, 一般以设计组为单位进行工作。因此在设计时应注意同一设计组内的团队合作, 交流继承与改进的设想, 及时自查、互查计算公式、数据以及图形表达, 及时纠正错误, 避免大的返工。

3. 循序渐进, 抓紧时间

课程设计中的每一项设计, 都建立在一定前提条件的基础上。如果前提条件没有解决, 该项设计将无法进行, 整个设计将被迫中断。为了提高设计速度, 必须仔细分析各个项目之间的依赖关系, 使每项设计都有充分的条件基础, 同时又为下一项设计提供依据, 从而使每项设计有水到渠成之效。因此, 在设计时应按照表 1-1 编排的步骤和内容逐项进行, 不应超越、跳跃。另一方面, 机械设计基础课程设计的时间一般为两周, 共十个工作日。这对初次设计者来说, 时间非常紧张, 不允许停顿, 不允许有大的返工。为了得到较好的锻炼效果, 得出一份合格的设计成果, 学生务必要抓紧时间, 必要时自觉地加班加点, 在规定期限内完成规定的任务。

4. 要有反复修改的思想准备, 采用“三边”交叉设计方法

机械设计基础课程设计与以往的做作业题的过程大不相同, 不可能只按某一方面的因素一气呵成。每个零件的结构与尺寸, 往往要受到强度、刚度、加工工艺与装配关系等诸多因素的影响。而满足诸多因素的要求需要分步进行, 在进行过程中不断修改, 最后达到完善。例如轴的设计, 先计算最小直径, 然后在此基础上画图得出初步符合条件的基本结构和尺寸。再进行必要的强度校核计算。若结果不合要求, 还须对原先的结构、尺寸修改, 再画图、再计算, 直到合格。这种计算与画图互为依据, 边计算、边画图、边修改的设计方法称为“三边”交叉设计法。只有坚持不断修改、不断完善, 才能设计出满足使用要求、性能可靠、效率高、成本低的产品。

5. 注重采用标准和规范

设计中采用标准和规范, 既可减少设计工作量, 又可降低生产成本, 还可提高零部件的互换性, 提高产品的市场竞争力。因此, 在设计时凡能采用标准零部件的, 都要采用标准零部件; 凡能采用标准结构的, 都要采用标准结构; 凡能采用标准尺寸的, 都要采用标准尺

寸；一切计算与作图都要严格执行已有标准和规范。

1.4 设计任务书

设计任务书规定了具体的设计任务。课程设计的每一项工作都要依据任务书进行。这里给出了三份任务书样例，具体采用哪一份，以及是采用直齿圆柱齿轮传动，还是采用斜齿圆柱齿轮传动，均由指导老师根据机械设计基础课程教学情况和学生学习情况确定。

设计任务书（I）

1. 设计题目：带式输送机传动系统

(1) 传动方案（见图 1-1）

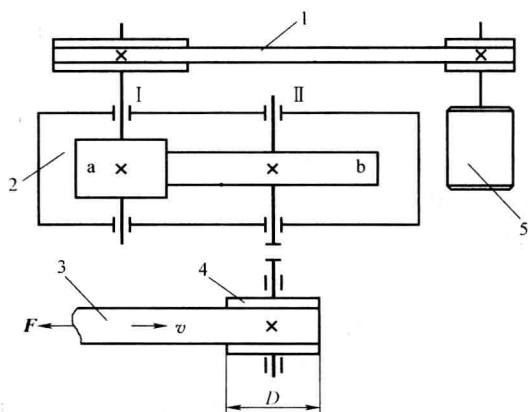


图 1-1 传动方案

1—V带 2—减速器 3—输送带 4—卷筒 5—电动机 a、b—齿轮

(2) 原始数据（见表 1-2）

表 1-2 原始数据（I）

设计组	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
输送带拉力 F/kN	5	5.5	6	6	6.5	6.5	7	7	7.5	7.5
输送带速度 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	1.3	1.35	1.45	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3	1.4	1.35
滚筒直径 D/mm	280	250	260	270	265	260	280	270	260	250

(3) 工作条件 输送机连续工作，单向运转，有轻微振动；双班制工作，按每年 260 个工作日计算，使用寿命为 10 年；输送带速度允许误差为 $\pm 5\%$ 。

2. 应完成的设计工作量

- 1) 减速器装配图：A1 一张。
- 2) 轴或齿轮零件图：A2 或 A3 一张。
- 3) 设计计算说明书：16 开，25 页以上。

设计任务书 (II)

1. 设计题目: 带式输送机传动系统

(1) 传动方案 (见图 1-2)

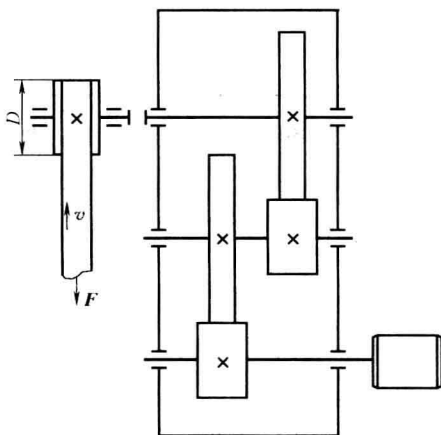


图 1-2 传动方案

(2) 原始数据 (见表 1-3)

表 1-3 原始数据 (II)

设计组	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
输送带拉力 F/kN	2	1.8	2.4	2.2	1.6	2.1	2.6	2.0	2.5	2.3
输送带速度 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	0.9	1.1	1.2	0.9	1.0	1.2	1.0	1.0	0.9	1.1
滚筒直径 D/mm	300	350	300	300	400	350	300	350	320	350

(3) 工作条件 工作机单向运转, 工作中有轻微振动, 经常满载、空载启动; 单班制工作, 每年按 300 个工作日计算, 使用期限为 5 年; 小批量生产; 输送带允许速度误差为 $\pm 5\%$ 。

2. 应完成的设计工作量 (注: 与设计任务书 (I) 相同)

设计任务书 (III)

1. 设计题目: 带式输送机传动系统

(1) 传动方案 (见图 1-3)

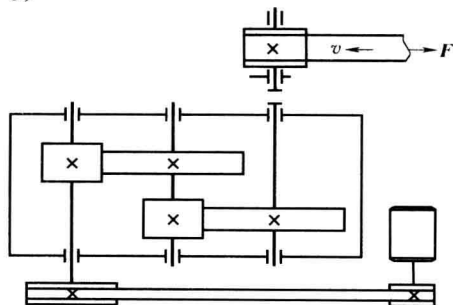


图 1-3 传动方案

(2) 原始数据 (见表 1-4)

表 1-4 原始数据 (Ⅲ)

设计组	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
输送带拉力 F/kN	5.3	5	4.3	4.2	3.4	3.3	4.8	4.4	3.5	3.5
输送带速度 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.75	0.8	0.85	0.9
滚筒直径 D/mm	300	300	320	320	380	360	320	360	370	360

(3) 工作条件 输送机连续单向运转, 工作中有轻微振动; 单班制工作, 每年按 260 个工作日计算, 使用期限为 10 年; 小批量生产; 输送带允许速度误差为 $\pm 5\%$ 。

2. 应完成的设计工作量 (注: 与设计任务书 (I) 相同)

第 2 章 机械传动系统的总体设计

机械传动系统的总体设计包括分析和拟定传动方案、选择原动机、确定传动系统的总传动比并合理分配各级传动的传动比、计算传动系统的运动和动力参数，为后面的众多设计计算提供依据。

2.1 分析和拟定传动方案

机器一般都有工作部分（即工作机）、动力部分（即原动机）和传动部分（即传动系统）。传动系统的作用是根据工作部分的需要，把原动机的运动和动力传给工作部分。如图 2-1 所示，带式输送机的直接工作部分是输送带，原动机是电动机。传动系统是由二级圆柱齿轮传动构成的减速器。以上三部分通过两处联轴器联成一体。传动系统不仅把电动机的动力传给了输送带，而且把电动机的高速转动变为卷筒的低速转动，最终变为输送带的低速直线移动。

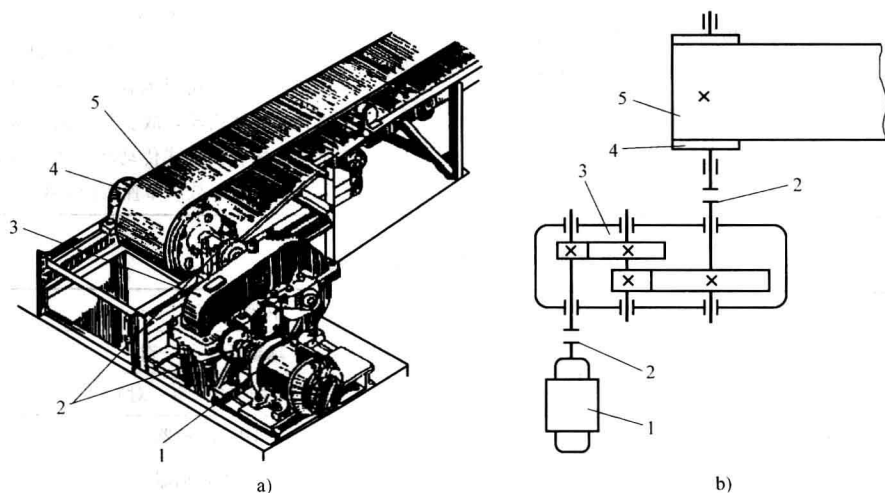


图 2-1 带式输送机传动系统及其简图

1—电动机 2—联轴器 3—减速器 4—卷筒 5—输送带

机械传动系统的布局称为传动方案。对于确定的工作机和原动机可能有多种不同的传动方案。不同传动方案对整个机器的效率、尺寸、重量、成本等的影响可能各不相同。而合理的传动方案不仅要满足工作机的工作要求，而且要性能可靠、效率高，还应结构简单、紧凑、成本低，以及便于使用、维护等。

设计时，应根据工作机的工作条件和对传动方案的要求，草拟若干种传动方案进行分析比对，初步确定较为合理的方案。如果经下一步各级传动比分配，各级传动比均在合理范围内，则此方案便可被确定下来，否则应对传动方案进行修正。

为了便于比对,得到较为合理的传动方案,除了要清楚工作机、原动机的运动特性、动力特性及工作要求、工作环境等因素外,还必须熟悉常用传动机构、传动环节的主要技术性能及应用特点。表 2-1 仅列举了普通 V 带传动、圆柱齿轮传动的主要技术性能及应用特点。表 2-2 列举了几种常用传动环节的效率,其他传动机构、传动环节的类似情况可查阅有关资料。

表 2-1 普通 V 带传动、圆柱齿轮传动的主要技术性能及应用特点

传动机构	普通 V 带传动		圆柱齿轮传动				
常用功率/kW	≤100		直齿: ≤750; 斜齿、人字齿: ≤50 000				
最大速度/(m·s ⁻¹)	≤25~30		公差等级	6	7	8	9
			直齿	≤15	≤10	≤5	≤3
			斜齿	≤25	≤17	≤10	≤3.5
传动比	常用 2~4	最大 7	常用 3~5		最大 8		
外廓尺寸	大		小				
传动精度	低		高				
工作平稳性	好		一般				
应用特点	传动平稳性好,能缓冲吸振,过载打滑,有安全保护作用,承载能力小,传递功率一定时带速越低,结构尺寸越大,在多级传动中,宜放在高速级,不能接触酸、碱、油及易燃、易爆气体		承载能力大,效率高,允许速度高,寿命长,结构紧凑,是一般传动的首选机构 斜齿圆柱齿轮因承载能力和传动平稳性均优于直齿圆柱齿轮,故宜放在高速级或要求传动平稳的场合。开式传动环境条件差,润滑条件差,磨损快,故应布置在传动系统的低速级				

表 2-2 几种常用传动环节的效率

传动环节		效率 η	传动环节		效率 η
圆柱 齿轮 传 动	6 级、7 级精度 (油润滑)	0.98~0.99	滚 动 轴 承	球轴承 (每一对)	0.99
	8 级精度 (油润滑)	0.97		滚子轴承 (每一对)	0.98
	9 级精度 (油润滑)	0.96	联 轴 器	刚性联轴器	1.00
	开式传动 (脂润滑)	0.94~0.96		齿式联轴器	0.99
	铸造齿开式传动	0.90~0.93		弹性联轴器	0.99~0.995
普通 V 带传动		0.96	输送带卷筒		0.96

注: 查取效率值时,要清楚后面将要选择的齿轮公差等级、滚动轴承及联轴器的类型。

对已给传动方案的分析: 一般在设计任务书中会以运动简图的形式给出传动方案,设计时只需对已给方案作简要分析。

分析内容大体如下:

- 1) 整个机器的名称、功能组成及各功能部分之间的连接方式。
- 2) 传动系统的具体作用。
- 3) 传动系统的布置顺序及特点。

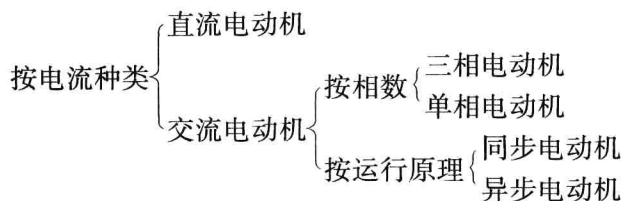
2.2 选择电动机

一般机械通常选择电动机为原动机。

由于电动机已标准化、系列化,设计时只要根据工作需要(载荷大小、性质、过载情况、起动特性、转速高低、工作环境等)和经济性等,选择电动机的类型结构、转速及额定功率,即可从电动机相关标准中查得电动机的型号及相关数据。

1. 电动机的类型和结构形式的选择

(1) 电动机的类型



(2) 电动机的结构形式 在不同的工作环境下,为保证电动机正常工作,对电动机有不同的防护要求。为此,将电动机的外壳制造成不同的形式,如防护型、开启型、封闭型、防爆型、水密型等。另外,根据安装形式的不同,电动机的结构可分为卧式、立式等。

(3) 电动机的类型和结构形式的选择 由于工业电源多为三相交流电,故工业上一般选用三相交流电动机。其中最常用的是Y系列电动机,即全封闭自扇冷式笼型三相异步电动机。该电动机按国际电工委员会(IEC)标准设计,具有结构简单、起动性能好(转动惯量小、所需起动力矩小)、工作可靠、维护方便、价格低等优点。适用于电源电压380V、不易燃、不易爆、无腐蚀性气体和无特殊要求的场合,如机床、泵、风机、运输机、搅拌机、农业机械等。因其起动性能好,也用于某些高起动转矩的机器上,如压缩机。

对于经常起动、制动和正反转,有显著冲击和振动的机械(如起重机、提升机械等),要求电动机具有较小的转动惯量和较大的过载能力,应选用起重及冶金用三相异步电动机,如YZ系列(笼型转子)电动机和YZR系列(绕线转子)电动机。

2. 电动机的转速选择

1) Y系列电动机的转速有同步转速 $n_{\text{同步}}$ 和满载转速 n_{m} 之分,见表2-3。

表 2-3 Y 系列电动机的同步转速 $n_{\text{同步}}$ 和满载转速 n_{m}

转轴名称	含 义					说 明
同步转速 $n_{\text{同步}}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	$n_{\text{同步}}$ 是指电动机旋转磁场的转速					$n_{\text{同步}}$ 由电动机的结构确定,是电动机的技术特性参数之一
	$n_{\text{同步}} = \frac{60f}{p}$, 其中 f 为频率, $f=50\text{Hz}$; p 为磁极对数					
	磁极对数 p	1(2极)	2(4极)	3(6极)	4(8极)	选择电动机的转速,指的就是选择电动机的同步转速 $n_{\text{同步}}$
满载转速 $n_{\text{m}}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	$n_{\text{同步}}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	3 000	1 500	1 000	750	n_{m} 代表电动机实际转速,是计算各轴转速和传动比的依据

2) 电动机的同步转速, 依据工作机的转速和传动系统的合理 (即常用) 传动比, 并考虑机械的外廓尺寸和经济性确定。以带传动和单级直齿圆柱齿轮减速器为传动系统的带式输送机为例, 说明选择 $n_{\text{同}}$ 的步骤如下

① 计算工作机转筒的转速 n_w ($r \cdot \text{min}^{-1}$)

$$n_w = \frac{60 \times 1\,000v}{\pi \cdot D} \quad (2-1)$$

式中, v 为输送带运行速度, 单位为 m/s ; D 为卷筒直径, 单位为 mm 。

② 计算传动系统合理 (即常用) 的传动比范围 $i'_{\text{总}}$

带传动常用传动比范围: $i'_{\text{带}} = 2 \sim 4$

直齿圆柱齿轮传动常用传动比范围: $i'_{\text{齿}} = 3 \sim 5$

传动系统合理传动比范围:

$$i'_{\text{总}} = i'_{\text{带}} \times i'_{\text{齿}} = (2 \sim 4) \times (3 \sim 5) = 6 \sim 20 \quad (2-2)$$

③ 计算电动机同步转速的一般范围 $n'_{\text{同}}$

$$n'_{\text{同}} = i'_{\text{总}} \times n_w = (6 \sim 20)n_w = 6n_w \sim 20n_w \quad (2-3)$$

④ 考虑机械系统外廓尺寸及经济性, 确定电动机的同步转速 $n_{\text{同}}$, 结果见表 2-4。

表 2-4 考虑机械系统外廓尺寸及经济性确定电动机的同步转速 $n_{\text{同}}$

$n_{\text{同}}$ 高时	$n_{\text{同}}$ 低时	选择 $n_{\text{同}}$ 的一般经验
电机磁极对数少, 重量轻, 外廓尺寸小, 价格低, 但传动系统总传动比大, 外廓尺寸大, 结构复杂, 费用高	电机磁极对数多, 重量大, 外廓尺寸大, 价格高; 但传动系统总传动比小, 外廓尺寸小, 结构简单, 费用低	① 若 $n'_{\text{同}}$ 包含一种 $n_{\text{同}}$, 只有选择这个 $n_{\text{同}}$ ② 若 $n'_{\text{同}}$ 包含两种 $n_{\text{同}}$, 一般选较小的 $n_{\text{同}}$ ③ 若 $n'_{\text{同}}$ 包含三种 $n_{\text{同}}$, 一般选中间的 $n_{\text{同}}$ ④ 若 $n'_{\text{同}}$ 包含四种 $n_{\text{同}}$, 一般选中间两个 $n_{\text{同}}$ 的较小值

3. 电动机的功率选择 (即选择电动机的容量)

(1) 电动机的功率涉及两个概念 (见表 2-5)

表 2-5 电动机功率的两个概念

	电动机的额定功率 P_{ed}	需要电动机输出的功率 P_d
两个概念	P_{ed} 是指在连续运转的条件下, 电动机发热不超过许可升温的最大功率, 也称为电动机的容量, 是电动机的又一技术特性参数 选择电动机的功率, 是指选择电动机的额定功率 P_{ed} , 见表 2-14	P_d 是考虑各传动环节有功率损耗的情况下, 为保证工作机正常工作, 需要电动机输出的功率 $P_d = \frac{P_w}{\eta_{\text{总}}}$ 式中, P_w 是工作机的工作功率, 单位为 kW ; $\eta_{\text{总}}$ 是整个传动系统的总效率
应用	成批大量生产时, 以电动机的额定功率 P_{ed} 作为下一步计算个轴功率的依据	单件小批生产、课程设计时, 以需要电动机输出的功率 P_d 作为下一步计算各轴功率的依据

(2) 选择电动机额定功率 P_{ed} 的步骤 选择电动机的额定功率 P_{ed} , 首先以工作机的工作功率 P_w 和整个传动系统的总效率 $\eta_{\text{总}}$ 为基础, 再考虑工作时间长短及发热多少, 确定 P_{ed} 的大小。

选择 P_{ed} 的步骤大致如下:

1) 计算工作机的工作功率 P_w (kW)

表 2-6 电动机的型号及相关数据

电动机型号	同步转速 / ($r \cdot \min^{-1}$)	额定功率 P_{ed}/kW	满载转速 n_m /r/min	中心高 H /mm	轴伸尺寸 $D \times E$ /mm	键的尺寸 宽 $F \times$ 深 G /mm
外形尺寸 长 $L \times$ 宽 $(\frac{1}{2}AC+AD) \times$ 高 HD/mm			底脚安装尺寸 宽距 $A \times$ 长距 B/mm		地脚螺栓孔直径 K /mm	

2.3 传动系统总传动比的计算与分配

1. 传动系统总传动比的计算

传动系统的总传动比 $i_{总}$ 是电动机的满载转速 n_m 与工作机的转速 n_w 之比, 即

$$i_{总} = \frac{n_m}{n_w} \quad (2-8)$$

2. 总传动比与各级传动比的关系

在多级传动装置中, 总传动比等于各单级传动比的连乘积, 即

$$i_{总} = i_1 i_2 \cdots i_n \quad (2-9)$$

例如, 在图 2-1 所示带式输送机的传动系统中, $i_{总} = i_{带} i_{减} = i_{带} (i_1 i_2)$

式中, $i_{带}$ 、 $i_{减}$ 分别是带传动、减速器的传动比; i_1 、 i_2 分别是减速器中高速级齿轮传动比和低速级齿轮传动比。

3. 总传动比的分配方法步骤

首先给某一级传动 (一般为高速级) 一个合理的传动比, 然后依照总传动比与各级传动比的关系, 计算出其他传动比。

例如, 如图 2-2 所示传动系统中, 首先为带传动选择一个合理 (即常用范围内) 的传动比 $i_{带}$, 则 $i_{减} = \frac{i_{总}}{i_{带}}$; 再给减速器内高速级齿轮传动一个合理的传动比 i_1 , 则 $i_2 = \frac{i_{减}}{i_1}$ 。

4. 分配传动比应注意的问题

在多级传动组成的传动装置中, 各级传动比是否合理, 将直接影响到传动装置的尺寸大小、各部分之间的尺寸能否正确协调、是否便于制造和安装、装置的成本高低以及传动件的速度大小、动载荷大小、传动件精度高低和强度等一系列问题。为此, 在分配传动比时, 应注意以下问题。

1) 在多级传动组成的传动系统中, 各级传动比均应在合理范围 (即常用范围) 之内。否则, 应修改传动方案。

2) 各级传动比应使传动装置各部分尺寸协调、结构均匀, 零件之间不应发生相互干涉的现象。

例如, 图 2-2 所示带传动与减速器组成的多级传动装置中, 由于带传动比 $i_{带}$ 取得过大,