



全国高等职业教育示范专业规划教材

机械设计与制造专业

# 机械设计基础 课程设计指导书

李国斌 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

全国高等职业教育示范专业规划教材

机械设计与制造专业

# 机械设计基础课程设计指导书

主 编 李国斌

副主编 李慧娟 陈玲琳 王春艳

参 编 王飞飞 朱洪雷 黎金琴

盛永华 桂 艳 张 钟



机械工业出版社

本书为机械设计基础课程的配套教材,是根据教育部制订的高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求和高等职业教育教学改革的要求编写而成的。

本书共分为16章,第1~7章为课程设计指导,第8、9章为课程设计题目及参考图例,第10~16章为常用标准和规范。

本书可供高职高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院的机电类及近机类专业进行机械设计课程设计时使用,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础课程设计指导书/李国斌主编. —北京:机械工业出版社,2012. 8

全国高等职业教育示范专业规划教材. 机械设计与制造专业  
ISBN 978-7-111-39165-4

I. ①机… II. ①李… III. ①机械设计—课程设计—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①TH122-41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第160474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:纪敬 责任校对:张薇

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京富生印刷厂印刷

2012年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·223千字

标准书号:ISBN 978-7-111-39165-4

定价:18.00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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书以单级圆柱齿轮减速器为例，根据课程设计的进程及需要，编写了减速器的构造、设计指导书、设计资料、参考图例及设计题目，集指导书、资料、图册及题目四者为一体。本书采用最新的国家标准和设计规范，文字简明，使用方便。

本书分为三篇。第1篇为课程设计指导，包括绪论、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及答辩准备；第2篇为课程设计题目及参考图例；第3篇为常用标准和规范，包括一般标准、常用金属材料、常用联接件、滚动轴承、润滑与密封、联轴器、电动机。

参加本书编写的有：广州番禺职业技术学院李国斌、朱洪雷、盛永华、桂艳、张钟，咸宁职业技术学院李慧娟、黎金琴、吴凡，广州科技贸易职业学院王春艳，安徽工业经济职业技术学院陈玲琳，新乡职业技术学院王飞飞。

本书由李国斌任主编并统稿，李慧娟、陈玲琳、王春艳任副主编。

限于编者水平，书中错误和不妥之处在所难免，殷切希望使用本书的广大教师和读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1篇 机械设计基础课程设计 指导

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第1章 绪论                   | 2  |
| 1.1 课程设计的目的              | 2  |
| 1.2 课程设计的内容              | 2  |
| 1.3 课程设计的步骤              | 2  |
| 1.4 课程设计中应注意的问题          | 3  |
| 第2章 机械传动装置的总体设计          | 4  |
| 2.1 拟订传动方案               | 4  |
| 2.2 减速器的类型、特点及应用         | 5  |
| 2.3 选择电动机                | 6  |
| 2.4 传动装置的总传动比及其分配        | 8  |
| 2.5 计算传动装置的运动和动力参数       | 9  |
| 2.6 传动装置总体设计的分析与计算<br>示例 | 10 |
| 第3章 传动零件的设计              | 14 |
| 3.1 减速器外传动件设计应注意的<br>问题  | 14 |
| 3.2 减速器内传动件设计应注意的<br>问题  | 14 |
| 3.3 选择联轴器的类型和型号          | 15 |
| 第4章 减速器结构、润滑和密封的<br>设计   | 16 |
| 4.1 减速器结构                | 16 |
| 4.2 减速器的润滑和密封            | 28 |
| 第5章 减速器装配图的设计和绘制         | 33 |
| 5.1 装配图设计的准备工作           | 33 |
| 5.2 装配图设计的第一阶段           | 33 |
| 5.3 装配图设计的第二阶段           | 38 |
| 5.4 装配图设计的第三阶段           | 39 |
| 5.5 完成减速器装配图的绘制          | 42 |
| 第6章 零件图的设计               | 46 |
| 6.1 轴类零件图的设计要点           | 46 |
| 6.2 齿轮类零件图的设计要点          | 48 |

## 第7章 编写设计计算说明书及准备

|                  |    |
|------------------|----|
| 答辩               | 51 |
| 7.1 设计计算说明书的内容   | 51 |
| 7.2 编写设计计算说明书的要求 | 51 |
| 7.3 课程设计总结       | 53 |
| 7.4 课程设计的答辩      | 54 |
| 7.5 答辩参考题        | 54 |

## 第2篇 课程设计题目及参考 图例

### 第8章 机械设计基础课程设计题目

### 第9章 机械设计基础课程设计参考

|                   |    |
|-------------------|----|
| 图例                | 62 |
| 9.1 减速器装配图示例      | 62 |
| 9.2 零件图示例         | 72 |
| 9.3 装配图及零件图常见错误示例 | 81 |

## 第3篇 课程设计常用标准和

### 规范

### 第10章 一般标准

|                   |    |
|-------------------|----|
| 10.1 图纸幅面和图样比例    | 84 |
| 10.2 普通螺纹及其倒角相关标准 | 85 |
| 10.3 回端面及端面砂轮越程槽  | 85 |
| 10.4 标准尺寸         | 86 |
| 10.5 中心孔形式及其尺寸    | 87 |
| 10.6 倒圆与倒角        | 88 |
| 10.7 轴肩及轴伸        | 89 |
| 10.8 铸造相关标准       | 90 |

### 第11章 金属材料

|             |     |
|-------------|-----|
| 11.1 钢铁材料   | 93  |
| 11.2 非铁金属材料 | 102 |

### 第12章 常用联接件

|            |     |
|------------|-----|
| 12.1 螺纹    | 104 |
| 12.2 螺纹紧固件 | 106 |
| 12.3 键联接   | 111 |
| 12.4 销联接   | 113 |

---

|                           |     |                          |     |
|---------------------------|-----|--------------------------|-----|
| <b>第 13 章 滚动轴承</b> .....  | 115 | <b>第 15 章 联轴器</b> .....  | 132 |
| 13.1 常用滚动轴承的尺寸及性能 .....   | 115 | 15.1 联轴器轴孔、键槽形式及尺寸 ..... | 132 |
| 13.2 滚动轴承的公差与配合 .....     | 125 | 15.2 弹性联轴器 .....         | 133 |
| <b>第 14 章 润滑与密封</b> ..... | 127 | 15.3 刚性联轴器 .....         | 135 |
| 14.1 润滑剂 .....            | 127 | <b>第 16 章 电动机</b> .....  | 137 |
| 14.2 密封装置 .....           | 128 | <b>参考文献</b> .....        | 140 |

# 第 1 篇 机械设计基础课程设计指导

# 第1章 绪 论

## 1.1 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后进行的一个重要的实践性教学环节，也是机电类及近机类专业学生第一次较为全面的机械设计训练，其目的如下：

1) 通过课程设计，综合运用机械设计基础课程和其他先修课程的理论知识，解决机械设计问题，起到巩固、深化和拓宽所学的机械设计方面的知识，树立正确的设计思想。

2) 通过课程设计的实践，培养学生分析问题和解决工程问题的能力。增强创新意识和竞争意识，培养学生掌握一般机械传动装置、机械零件的设计方法及设计步骤。

3) 通过计算、绘图，学生能运用标准、规范、设计手册及图册等有关设计资料，进行全面的机械设计基础技能的训练。

多年的教学实践证明：以齿轮（蜗杆）减速器为题作机械设计基础课程设计，能较好地达到上述目的。这是因为：传动装置是机器的重要组成部分，而齿轮（蜗杆）减速器是较为典型、应用最广的传动装置，掌握它的设计方法、设计步骤，就可以举一反三，掌握其他传动装置的设计方法，从而了解机器的设计。

## 1.2 课程设计的内容

课程设计的题目一般为机械传动装置或简单机械，如以齿轮减速器为主的机械传动装置。

课程设计的内容通常包括以下几个方面：拟订、分析传动装置的设计方案；电动机、传动零件、轴、轴承、联轴器等的设计计算和选择；绘制装配图和零件图；编写设计计算说明书。

每个学生在课程设计中应完成以下工作：

- 1) 装配图 1 张（用 A1 或 A0 图纸绘制）。
- 2) 零件图 1 ~ 2 张（齿轮、轴等，用 A3 图纸绘制）。
- 3) 设计计算说明书 1 份（约 7000 字）。
- 4) 答辩。

## 1.3 课程设计的步骤

课程设计的一般步骤如下：

### 1. 设计准备

阅读设计任务书，明确设计要求和条件；观看教学录像、实物、模型或装拆减速器，了解减速器的结构特点与制造过程；阅读课程设计指导书；准备设计资料及绘图工具。



## 2. 传动装置总体设计

拟订传动方案；选择电动机类型和型号；计算传动装置的总传动比，分配各级传动比；计算各轴转速、功率和转矩。

## 3. 传动零件设计计算

各级传动件的设计计算，如减速器外传动零件（带、链等）和减速器内传动零件（齿轮传动或蜗杆传动）以及选择联轴器类型、型号等。

## 4. 装配图设计

初绘减速器装配草图；轴系部件的结构设计以及轴、轴承、键联接等的计算；减速器箱体及其附件设计；最后完成装配图。

## 5. 零件图的绘制

绘制齿轮类零件图、轴类零件图及其他零件图（由指导教师指定）。

## 6. 编写设计说明书

整理和编写课程设计计算说明书，内容包括所有的计算。

## 7. 设计总结及答辩

进行课程设计总结，完成答辩准备工作。

# 1.4 课程设计中应注意的问题

机械设计基础课程设计是学生第一次较全面的设计训练，学生一开始往往不知从何处着手。指导教师应给予学生适当的指导，引导学生设计思路，启发学生独立思考，耐心解答学生的疑难问题。设计过程中，学生必须严肃认真，刻苦钻研，一丝不苟，精益求精，按时完成设计任务。

1) 课程设计应当由学生独立完成，学生应明确设计任务，每个阶段完成后要认真检查，提倡独立思考。有错误要认真修改，学生必须发挥自己分析问题和解决问题的能力，不可过分依赖教师。

2) 课程设计进程的各阶段是相互联系的。设计时，零部件的结构尺寸不是完全由计算确定的，还要考虑结构、工艺性、经济性以及标准化等要求。由于影响零部件结构尺寸的因素很多，随着设计的进展，考虑的问题更全面、合理，故后阶段设计要对前阶段设计中的不合理尺寸进行必要的修改。所以，课程设计要边计算、边绘图，反复修改，计算和设计绘图交替进行。

3) 学习和善于利用长期以来所积累的设计经验和资料，可以加快设计进程，避免不必要的重复劳动，这是提高设计质量的保证，也是创新的基础。然而，任何一项设计任务均可能有多种决策方案，应从具体情况出发，认真分析，既要合理地吸取，又不可盲目地照搬、照抄。

4) 设计中应正确运用标准和规范，可以保证互换性，降低成本，缩短设计周期，这是机械设计应遵循的原则之一。

5) 要将每一步所得的数据记录下来，便于随时检查和修改，为编写设计计算说明书做好准备。

# 第 2 章 机械传动装置的总体设计

机械传动装置总体设计的任务是选择电动机，确定总传动比并合理分配各级传动比以及计算传动装置的运动、动力参数，为下一步各级传动零件设计、装配图设计做准备。

设计任务书一般由指导教师拟订，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。传动装置的设计对整台机器的性能、尺寸、重量和成本都有很大的影响，因此应当合理地拟订传动方案。

## 2.1 拟订传动方案

### 1. 传动装置的组成

机器通常由原动机、传动装置和工作装置三部分组成。传动装置位于原动机和工作机之间，用来传递运动和动力，并可用以改变转速、转矩及运动形式，以适应工作装置的功能要求。传动装置的传动方案一般用运动简图来表示。

### 2. 合理的传动方案

当采用多级传动时，应合理地选择传动零件和它们之间的传动顺序，扬长避短，力求方案合理。常需要考虑以下几点：

- 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，低速级则可选用铝铁青铜。
- 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。

常见机械传动的主要性能见表 2-1。

表 2-1 常见机械传动的主要性能

| 选用指标                     |     | 传动机构       |             |             |                                          |            |            |
|--------------------------|-----|------------|-------------|-------------|------------------------------------------|------------|------------|
|                          |     | 平带传动       | V 带传动       | 链传动         | 齿轮传动                                     |            | 蜗杆传动       |
| 功率/kW<br>(常用值)           |     | 小<br>(≤20) | 中<br>(≤100) | 中<br>(≤100) | 大<br>(最大达 50000)                         |            | 小<br>(≤50) |
| 单级<br>传动比                | 常用值 | 2~4        | 2~4         | 2~5         | 圆柱齿轮<br>3~5                              | 锥齿轮<br>2~3 | 10~40      |
|                          | 最大值 | 5          | 7           | 6           | 8                                        | 5          | 80         |
| 传动效率                     |     | 中          | 中           | 中           | 高                                        |            | 低          |
| 许用的线速度/m·s <sup>-1</sup> |     | ≤25        | ≤25~30      | ≤40         | 6 级精度直齿齿轮≤18，<br>非直齿齿轮≤36；<br>5 级精度达 100 |            | ≤15~35     |

(续)

| 选用指标      | 传动机构             |      |     |      |      |
|-----------|------------------|------|-----|------|------|
|           | 平带传动             | V带传动 | 链传动 | 齿轮传动 | 蜗杆传动 |
| 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   |

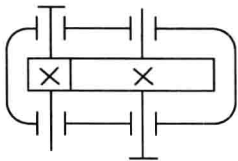
对初步选定的传动方案，在设计过程中还可能要不断地修改和完善。

## 2.2 减速器的类型、特点及应用

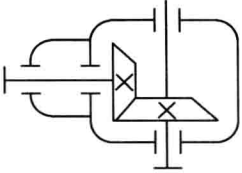
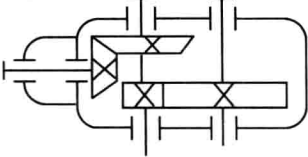
减速器是原动机和工作机之间的独立的封闭传动装置。由于减速器具有结构紧凑、传动效率高、传动准确可靠以及使用维护方便等特点，故在各种机械设备中应用甚广。

减速器的种类很多，用以满足各种机械传动的不同要求。其主要类型、特点及应用见表2-2。为了便于生产和选用，常用减速器已标准化，由专门工厂成批生产。标准减速器的有关技术资料可查阅减速器标准或《机械设计手册》。因受某些条件限制选不到合适型号的标准减速器时，则需自行设计和制造。设计时可参考标准减速器的主要参数及有关资料，结合具体要求来确定非标准减速器的主要参数和结构。

表 2-2 减速器的类型、特点及应用

| 名 称           | 运 动 简 图                                                                             | 推荐传动比<br>( $i$ ) 范围 | 特点及应用                                                                                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单级圆柱齿轮<br>减速器 |  | $\leq 10$           | <p>轮齿可做成直齿、斜齿或人字齿。直齿用于速度较低 (<math>v \leq 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}</math>) 或负荷较轻的传动；斜齿或人字齿用于速度较高或负荷较重的传动。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，只在重型或特高速时，才采用滑动轴承。其他形式的减速器也与此类同</p> |

(续)

| 名 称               | 运 动 简 图                                                                            | 推荐传动比<br>( $i$ ) 范围 | 特点及应用                                                                                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 二级圆柱齿轮减速器         | 展开式                                                                                | 8 ~ 60              | 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现象。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                                                                                | 8 ~ 60              | 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于充分利用; 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<br>齿轮减<br>速器  |   | $\leq 8$            | 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<br>柱齿轮<br>减速器 |  | $\leq 40$           | 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、斜齿或曲线齿, 圆柱齿轮可做成直齿或斜齿                                                                               |
| 蜗杆减速器             | 蜗杆上置式                                                                              | 10 ~ 80             | 蜗杆布置在蜗轮的上边, 装拆方便, 蜗杆的许用圆周速度高一些, 但蜗杆轴承的润滑不太方便, 需采取特殊的结构措施                                                                                                 |
|                   | 蜗杆下置式                                                                              | 10 ~ 80             | 蜗杆布置在蜗轮的下边, 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, 油的搅动损失较大, 一般用于蜗杆圆周速度 $v < 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的情况                                     |

## 2.3 选择电动机

电动机已经标准化、系列化。选择电动机时, 应按照工作机的要求, 选择电动机的类

型、结构形式、容量（功率）和转速，并确定型号。

### 2.3.1 电动机类型和结构形式选择

电动机有交流电动机和直流电动机之分，工业上一般都用三相交流电源，因此，无特殊要求一般应选三相交流异步电动机。最常用的电动机是 Y 系列自扇冷式笼型三相异步交流电动机。其结构简单、起动性能较好、工作可靠、效率高、价格低、维护方便，适用于不易燃、不易爆，无腐蚀性气体和无特殊要求的场合。对于需频繁起动、制动和逆转的机器，要求电动机具有转动惯量小、过载能力大，这时应选用 YZ 型（笼型）或 YZR 型（绕线性）电动机。

电动机的结构形式，按安装位置不同，有卧式和立式两类，常用卧式封闭型电动机。

### 2.3.2 选择电动机容量

选择电动机容量就是合理确定电动机的额定功率。电动机的功率与电动机的工作性能和经济性能有直接的关系。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过早损坏；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。电动机的功率主要根据工作机的功率来确定。

电动机的功率按下述步骤确定：

#### 1. 工作机所需功率 $P_w$

工作机所需功率  $P_w$  应由机器工作阻力和运动参数计算确定，可按设计任务书给定的工作机参数（ $F$ 、 $v$  或  $T$ 、 $n$ ）计算求得。

$$P_w = \frac{Fv}{1000\eta_w} \quad \text{或} \quad P_w = \frac{Tn_w}{9550\eta_w}$$

$$v = \frac{\pi D n_w}{60 \times 1000}$$

式中， $P_w$  为工作机所需输入功率，单位为 kW； $F$  为带式输送机驱动卷筒的圆周力（即卷筒牵引力），单位为 N； $v$  为输送带速度，单位为  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ； $T$  为工作机主动轴的输出转矩，单位为  $\text{N} \cdot \text{m}$ ； $n_w$  为工作机卷筒轴转速，单位为  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ； $\eta_w$  为工作机的效率； $D$  为卷筒直径，单位为 mm。

#### 2. 电动机的输出功率 $P_d$

考虑传动装置的功率损耗，电动机输出功率为

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

式中， $\eta$  为从电动机至工作机主动轴之间的总效率。

即

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdots \eta_n$$

式中， $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\cdots$ 、 $\eta_n$  分别为传动系统中各传动副、联轴器及各对轴承的效率，其数值见表 2-3。

表 2-3 机械传动的效率概略值

| 类 别  |       | 传动效率 $\eta$                    | 类 别      |       | 传动效率 $\eta$                          |
|------|-------|--------------------------------|----------|-------|--------------------------------------|
| 齿轮传动 | 圆柱齿轮  | 闭式: 0.96 ~ 0.98<br>(7 ~ 9 级精度) | 带传动      | 平带    | 0.95 ~ 0.98                          |
|      |       | 开式: 0.94 ~ 0.96                |          | V 带   | 0.94 ~ 0.97                          |
|      | 锥齿轮   | 闭式: 0.94 ~ 0.97<br>(7 ~ 8 级精度) | 滚子链传动    |       | 闭式: 0.94 ~ 0.97                      |
|      |       | 开式: 0.92 ~ 0.95                |          |       | 开式: 0.90 ~ 0.93                      |
| 蜗杆传动 | 自锁    | 0.40 ~ 0.45                    | 轴承<br>一对 | 滑动轴承  | 润滑不良 0.94 ~ 0.97<br>润滑良好 0.97 ~ 0.99 |
|      | 单头    | 0.70 ~ 0.75                    |          | 滚动轴承  | 0.98 ~ 0.995                         |
|      | 双头    | 0.75 ~ 0.82                    | 联轴器      | 弹性联轴器 | 0.99 ~ 0.995                         |
|      | 三头和四头 | 0.80 ~ 0.92                    |          | 齿式联轴器 | 0.99                                 |
|      |       |                                |          | 滑块联轴器 | 0.97 ~ 0.99                          |

### 3. 确定电动机额定功率 $P_{ed}$

根据计算出的功率  $P_d$  可选定电动机的额定功率  $P_{ed}$ 。应使  $P_{ed}$  等于或稍大于  $P_d$ 。

#### 2.3.3 电动机转速的选择

同一类型、相同额定功率的电动机具有几种不同的转速。转速越高的电动机,其尺寸和重量越小,价格越低,效率也越高;但会使传动装置的总传动比较大,从而使减速器结构尺寸、重量和成本增加。选用转速低的电动机则情况相反。因此,应综合考虑各方面的因素,分析比较,权衡利弊,选出合适的电动机转速。一般多选用同步转速为  $1500\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  或  $1000\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  的电动机。

选择电动机转速时,可先根据工作机主动轴转速和传动系统中各级传动的合理传动比范围,推算出电动机转速的可选范围,即

$$n_d = (i_1 i_2 \cdots i_n) n_w$$

式中,  $n_d$  为电动机转速可选范围;  $i_1, i_2, \cdots, i_n$  为各级传动比的合理范围,见表 2-1。

#### 2.3.4 确定电动机型号

由选定的电动机类型、结构形式、功率和转速,由有关表格查出电动机型号及其额定功率、满载转速、外形和安装尺寸(如中心高、轴伸及键联接尺寸、机座尺寸)等。

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。

## 2.4 传动装置的总传动比及其分配

### 2.4.1 计算总传动比

在电动机选定后,由电动机的满载转速  $n_m$  和工作机主动轴的转速  $n_w$  可计算出传动装置应有的总传动比为

$$i = \frac{n_m}{n_w}$$

传动装置总传动比等于各级传动比的连乘积, 即

$$i = i_1 i_2 \cdots i_n$$

设计多级传动装置时, 需将总传动比分配到各级传动机构。

### 2.4.2 合理分配各级传动比

各级传动比如何取值, 是设计中的一个重要问题。分配传动比时通常应考虑以下几方面:

1) 各级传动机构的传动比应在常用范围内, 不应超过最大值, 参见表 2-1。

2) 应使各级传动的尺寸协调、结构匀称合理, 避免传动件之间相互干涉。例如, 由带传动和齿轮传动组成的传动装置, 带传动的传动比一般应小于齿轮传动的传动比。如果带传动的传动比过大, 会使大带轮半径超过减速器的中心高, 易使大带轮与底座发生干涉 (见图 2-1)。

3) 应使传动装置尺寸紧凑, 重量轻, 即有最小的外廓尺寸和最小的中心距。

4) 减速器设计中常使各级大齿轮直径相近, 以使大齿轮有相接近的浸油深度, 有利于浸油润滑。

以上分配的传动比只是初始值, 待有关传动零件参数确定后, 再验算传动装置实际传动比是否符合设计任务书的要求。如果设计要求中没有特别规定工作机转速或速度的误差范围, 则一般传动装置的传动比误差可按  $\pm (3 \sim 5)\%$  考虑, 否则应重新分配传动比。

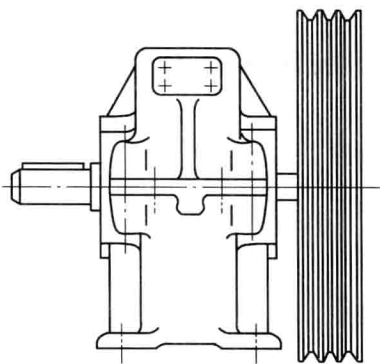


图 2-1 带轮与底座相碰

## 2.5 计算传动装置的运动和动力参数

为了进行传动零件的设计计算, 需计算传动装置各轴的转速、功率和转矩。一般按电动机到工作机之间运动顺序逐步推算出各轴的运动和动力参数。

如图 2-2 所示的带式运输机, 若已知电动机额定功率  $P_{ed}$ 、满载转速  $n_m$ 、各级传动比及传动效率, 即可计算各轴的转速、功率和转矩。

### 1. 各轴转速 $n$

图 2-2 所示传动装置的各轴转速为

$$n_I = \frac{n_m}{i_0}$$

$$n_{II} = \frac{n_I}{i_1} = \frac{n_m}{i_0 \cdot i_1}$$

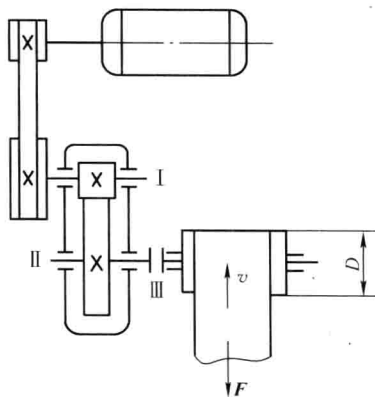


图 2-2 带式运输机

式中,  $n_m$  为电动机的满载转速, 单位为  $r \cdot \min^{-1}$ ;  $n_I$ 、 $n_{II}$  为 I、II 轴的转速, 单位为  $r \cdot \min^{-1}$ ,  $i_0$  为电动机到 I 轴的传动比;  $i_1$  为 I 轴到 II 轴的传动比。

## 2. 各轴输入功率 $P$

各轴输入功率分别为

$$\begin{aligned} P_I &= P_d \cdot \eta_{01} \\ P_{II} &= P_I \cdot \eta_{12} = P_d \cdot \eta_{01} \cdot \eta_{12} \\ P_{III} &= P_{II} \cdot \eta_{23} = P_d \cdot \eta_{01} \cdot \eta_{12} \cdot \eta_{23} \end{aligned}$$

式中,  $P_d$  为电动机的输出功率, 单位为 kW;  $P_I$ 、 $P_{II}$ 、 $P_{III}$  分别为 I 轴、II 轴、III 轴的输入功率, 单位为 kW;  $\eta_{01}$ 、 $\eta_{12}$ 、 $\eta_{23}$  分别为电动机轴与 I 轴、I 轴与 II 轴、II 轴与 III 轴间的传动效率。

## 3. 各轴输入转矩 $T$

$$\begin{aligned} T_I &= 9550 \frac{P_I}{n_I} \\ T_{II} &= 9550 \frac{P_{II}}{n_{II}} \\ T_{III} &= 9550 \frac{P_{III}}{n_{III}} \end{aligned}$$

## 2.6 传动装置总体设计的分析与计算示例

设计题目: 已知带式输送机 (见图 2-2) 驱动卷筒的圆周力 (牵引力)  $F = 2200\text{N}$ , 带速  $v = 1.1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 卷筒直径  $D = 270\text{mm}$ , 卷筒效率为 0.96, 输送机在常温下长期连续工作, 载荷较平稳。要求对该带式输送机传动装置进行总体设计。

解:

### 1. 选择电动机

(1) 电动机类型和结构形式 按工作要求和条件, 选用一般用途的 Y 型全封闭笼型三相异步电动机。

### (2) 电动机容量

#### 1) 卷筒轴的输出功率 $P_w$

$$P_w = \frac{Fv}{1000\eta_w} = \frac{2200 \times 1.1}{1000 \times 0.96} \text{kW} = 2.52 \text{kW}$$

#### 2) 电动机输出功率 $P_d$

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

传动装置的总效率

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

式中,  $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$ 、 $\eta_4$ 、 $\eta_5$  为从电动机至卷筒轴之间的各传动机构和轴承的效率。由表 2-3 查得: V 带传动  $\eta_1 = 0.96$ ; 滚动轴承  $\eta_2 = 0.99$ ; 圆柱齿轮传动  $\eta_3 = 0.97$ ; 弹性联轴器  $\eta_4 = 0.99$ ; 卷筒轴滑动轴承  $\eta_5 = 0.96$ , 则

$$\eta = 0.96 \times 0.99^2 \times 0.97 \times 0.99 \times 0.96 \approx 0.87$$



故

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = \frac{2.52}{0.87} \text{kW} = 2.90 \text{kW}$$

(3) 确定电动机的转速 卷筒轴工作转速为

$$n_w = \frac{60 \times 1000v}{\pi D} = \frac{60 \times 1000 \times 1.1}{\pi \times 270} \text{r} \cdot \text{min}^{-1} = 77.8 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$$

由表 2-1 查得 V 带传动常用传动比范围  $i'_1 = 2 \sim 4$ ，单级圆柱齿轮传动比范围  $i'_2 = 3 \sim 5$ ，则电动机转速的可选范围为

$$n'_d = n_w \cdot i'_1 \cdot i'_2 = 467 \sim 1556 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$$

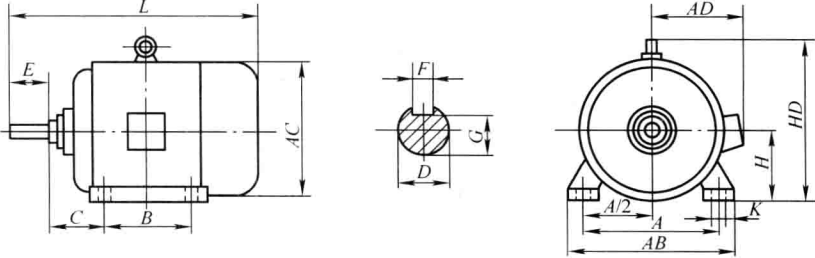
符合这一范围的同步转速为  $750 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $1000 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  和  $1500 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ，再根据计算出的电动机容量，选择三种适用的电动机型号（电动机型号详见第 16 章），见表 2-4。

表 2-4 适用电动机型号

| 方案 | 电动机型号    | 额定功率<br>/kW | 电动机转速/r · min <sup>-1</sup> |      | 传动装置的传动比 |       |      |
|----|----------|-------------|-----------------------------|------|----------|-------|------|
|    |          |             | 同步转速                        | 满载转速 | 总传动比     | V 带传动 | 齿轮   |
| 1  | Y100L2-4 | 3           | 1500                        | 1430 | 18.38    | 3.8   | 4.84 |
| 2  | Y132S-6  | 3           | 1000                        | 960  | 12.34    | 3.1   | 3.98 |
| 3  | Y132M-8  | 3           | 750                         | 710  | 9.13     | 3     | 3.04 |

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 电动机转速较高，重量和价格较低，但总传动比大，传动装置尺寸较大。方案 3 电动机转速低，重量和价格较高，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 2 适中，比较适合。因此选定电动机型号为 Y132S-6，所选电动机的额定功率  $P_{ed} = 3 \text{kW}$ ，满载转速  $n_m = 960 \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。选用电动机的主要外形尺寸和安装尺寸见表 2-5。

表 2-5 选用电动机的主要外形尺寸和安装尺寸 (单位：mm)

|                                                                                                 |                                          |                        |             |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|
| <div></div> |                                          |                        |             |                       |
| 中心高 $H$                                                                                         | 外形尺寸<br>$L \times (AC/2 + AD) \times HD$ | 底脚安装尺寸<br>$A \times B$ | 地脚螺栓孔直径 $K$ | 轴外伸尺寸<br>$D \times E$ |
| 132                                                                                             | 475 × 347.5 × 315                        | 216 × 140              | 12          | 38 × 80               |