

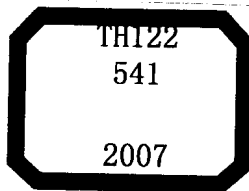
21世纪机械类课程系列教材

# 机械设计 课程设计

寇尊权 王多 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪机械类课程系列教材

# 机械设计课程设计

主编	寇尊权	王 多	
参编	李庆华	崔高健	乔 宏
	贺长生	张会端	曹贵和
主审	吴鹿鸣		



机械工业出版社

本书是根据国家教委高教司印发的“机械设计课程教学基本要求”(1995年版)并参照教育部机械基础课程教学指导分委员会最新提出的“机械设计课程教学基本要求(修订稿)”,由吉林大学国家工科机械基础课程教学基地组织国内部分高校共同编写的机械基础系列课程教材之一。

本教材反映了机械设计课程改革的最新成果,全书以培养学生机械系统总体方案设计、机械零件强度和结构设计能力的整机设计为主线,加强机械原理、机械设计的基本理论、基础知识、基本技能在工程实际中的应用,同时注重引入先进的设计手段和方法,培养学生的创新设计能力。

全书共分3篇23章。第一至九章为课程设计指导,第十至二十一章为设计资料,第二十二、二十三章为设计题目和参考图例。

本书可作为高等学校机械类各专业的教学用书,也可供非机械类学生以及有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计/寇尊权,王多主编. —北京:机械工业出版社, 2006.10

(21世纪机械类课程系列教材)

ISBN 7-111-20152-3

I. 机... II. ①寇...②王... III. 机械设计—课程设计—高等学校—教材 IV. TH122-41

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第124717号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:霍永明 责任校对:王欣

封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.5印张·328千字

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

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是根据国家教委高教司印发的“机械设计课程教学基本要求”(1995年版)并参照教育部机械基础课程教学指导分委员会最新提出的“机械设计课程教学基本要求(修订稿)”,由吉林大学国家工科机械基础课程教学基地组织国内部分高校共同编写的机械基础系列课程教材之一。

机械基础系列课程教材系统地反映了教学基地教学改革成果。为适应机械类专业宽口径人才培养需要,适应降低重心、加强基础和兼顾系统的机械基础教学发展趋势,对机械基础系列课程进行规划与整合,将机械精度设计知识融合在工程图学、机械设计、制造技术基础课程中,并突出了在工程设计中的应用。

本书以培养学生机械系统总体方案设计、机械零件强度和结构设计能力为主线,加强机械原理、机械设计的基本理论、基础知识、基本技能在工程实际中的应用,同时注重引入先进的设计手段和方法。培养学生综合运用先修课程知识和创新意识。

本教材反映了机械设计课程改革的最新成果,采用最新国际或国家标准及规范。

本书适用于机械类、近机械类专业,学时为3周或2周左右的课程设计。既可供机械原理与机械设计综合进行的课程设计使用,也可供机械原理或机械设计单独进行的课程设计使用。

参加本书编写的有吉林大学寇尊权(第一~三、七、十二、十九、二十二、二十三章),天津大学王多(第四章第一~三节,第二十章、第二十一章和第二十二章的设计题目四),长春工业大学崔高健(第五、十六章),吉林大学曹贵和(第六、十七、十八章),长春理工大学乔宏(第八、十三章),长春大学贺长生(第九、十一章),吉林大学张会端(第四章四~五节、第十四章),长春大学李庆华(第十、十五章,第六章的图形绘制)。本书由寇尊权、王多担任主编。

本书由国家级教学名师西南交通大学吴鹿鸣教授主审,并提出很多宝贵意见和建议。在编写过程中得到天津大学、长春工业大学、长春理工大学和长春大学等院校的大力支持,吉林大学谭庆昌教授对本书的编写给予精心的指导,吉林大学机械原理与设计教研室教师积极参与机械设计实践教学改革的改革,为本书的编写做了大量的基础工作,在此一并致谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在疏漏和错误,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006年春于吉林大学

# 目 录

## 前言

## 第一篇 课程设计指导

<b>第一章 概述</b> .....	1	第五节 蜗杆减速器设计要点 .....	54
第一节 课程设计的目的和内容 .....	1	<b>第五章 减速器装配图设计</b> .....	59
第二节 课程设计的一般步骤 .....	2	第一节 标注尺寸 .....	59
第三节 课程设计中需要注意的问题 .....	3	第二节 编写零件序号 .....	60
<b>第二章 机械系统方案设计与参数计算</b> .....	4	第三节 编写零件明细表和标题栏 .....	60
第一节 执行机构的运动方案 .....	4	第四节 减速器的技术特性 .....	61
第二节 机械传动装置类型与选择 .....	8	第五节 减速器的技术要求 .....	62
第三节 机械系统运动简图 .....	12	<b>第六章 零件工作图设计</b> .....	64
第四节 执行机构的运动与动力学分析 .....	13	第一节 零件工作图的内容及要求 .....	64
第五节 电动机的选择 .....	20	第二节 轴类零件工作图 .....	65
第六节 传动装置的总传动比及分配 .....	23	第三节 齿轮类零件工作图 .....	67
第七节 传动装置的运动和动力参数计算 .....	24	第四节 铸造箱体零件工作图 .....	70
<b>第三章 传动零件设计计算</b> .....	28	第五节 焊接箱体零件工作图 .....	72
第一节 传动零件设计计算要点 .....	28	<b>第七章 机械零件的三维设计与装配</b> .....	73
第二节 传动零件设计计算中的数据处理 .....	28	第一节 机械零件的三维造型 .....	73
<b>第四章 减速器装配草图设计</b> .....	30	第二节 机械零件的三维装配 .....	75
第一节 装配草图设计的准备阶段 .....	30	第三节 机械零件和部件的视图 .....	76
第二节 初绘装配草图及计算轴的强度与轴承寿命阶段 .....	34	<b>第八章 编写设计计算说明书</b> .....	78
第三节 完成减速器装配草图及检查修改阶段 .....	39	第一节 设计计算说明书的内容 .....	78
第四节 锥齿轮减速器设计要点 .....	51	第二节 设计计算说明书的要求 .....	78
		第三节 设计计算说明书的书写格式 .....	79
		<b>第九章 答辩</b> .....	80
		第一节 答辩的准备 .....	80
		第二节 复习思考题 .....	80

## 第二篇 设计资料

<b>第十章 一般标准和规范</b> .....	85	数据 (IP44) .....	86
第一节 一般标准 .....	85	Y 系列三相异步电动机外形和安装尺寸 (IP44) .....	87
机械传动效率和传动比概略值 .....	85	YB 系列隔爆型三相异步电动机	

技术数据 .....	87	圆螺母 .....	107
标准尺寸 .....	88	圆螺母用止动垫圈 .....	107
圆柱形轴伸及机器轴高 .....	89	标准型弹簧垫圈 .....	108
图纸幅面 .....	90	第四节 轴向定位零件 .....	109
绘图比例 .....	90	螺钉紧固轴端挡圈、螺栓紧固	
第二节 零件的结构要素 .....	90	轴端挡圈 .....	109
齿轮滚刀外径尺寸 .....	90	孔用弹性挡圈—A型 .....	110
砂轮越程槽 .....	91	轴用弹性挡圈—A型 .....	111
配合表面处的圆角半径和倒角尺寸 .....	91	<b>第十二章 键联接和销联接</b> .....	112
中心孔 .....	91	普通型 平键、平键 键槽的剖面	
中心孔表示法 .....	92	尺寸 .....	112
圆柱形零件自由表面过渡圆角半径 .....	92	圆锥销、圆柱销 .....	113
铸造斜度 .....	93	<b>第十三章 滚动轴承</b> .....	114
铸造过渡尺寸 .....	93	第一节 滚动轴承标准 .....	114
铸造外圆角半径 .....	93	圆柱滚子轴承 .....	114
铸造内圆角及过渡尺寸 .....	94	深沟球轴承 .....	116
第三节 焊缝符号 .....	94	角接触球轴承 .....	119
常用焊缝的基本符号及标注示例 .....	94	圆锥滚子轴承 .....	121
常见焊缝标注示例 .....	95	第二节 滚动轴承的配合及相配件	
<b>第十一章 螺纹和螺纹联接件</b> .....	96	精度 .....	124
第一节 螺纹 .....	96	与向心轴承配合轴颈的公差带 .....	124
普通螺纹直径与螺距系列、粗牙普通		与向心轴承配合外壳孔的公差带 .....	124
螺纹基本尺寸 .....	96	与向心轴承配合轴颈及外壳孔的	
细牙普通螺纹基本尺寸 .....	97	形位公差值 .....	125
普通螺纹公差带 .....	97	与向心轴承配合轴颈和外壳孔的	
螺纹旋合长度 .....	97	表面粗糙度 .....	125
梯形螺纹最大实体牙型尺寸 .....	98	第三节 滚动轴承的游隙 .....	125
梯形螺纹基本尺寸 .....	98	角接触轴承的轴向游隙 .....	125
梯形内、外螺纹推荐公差带 .....	99	<b>第十四章 润滑与密封</b> .....	126
梯形螺纹旋合长度 .....	100	第一节 润滑剂 .....	126
第二节 螺纹零件的结构要素 .....	100	常用润滑油的性质和用途 .....	126
紧固件用通孔及沉孔尺寸 .....	100	常用润滑脂的性质和用途 .....	127
粗牙普通螺纹的余留长度、钻孔		第二节 润滑装置 .....	127
余留深度 .....	101	直通式压注油杯 .....	127
螺纹退刀槽、倒角 .....	101	旋盖式油杯 .....	127
第三节 螺纹联接件 .....	102	第三节 密封标准件 .....	128
六角头螺栓 .....	102	毡圈油封与槽的尺寸 .....	128
六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级 .....	102	J 型无骨架橡胶油封 .....	128
内六角圆柱头螺钉 .....	103	内包骨架旋转轴唇型密封圈 .....	128
十字槽沉头螺钉、十字槽盘头螺钉 .....	104	O 型橡胶密封圈 .....	129
双头螺柱 .....	105	挡油环 .....	129
六角螺母—A、B 级粗牙 .....	106	<b>第十五章 减速器附件</b> .....	130
1 型六角螺母—C 级 .....	106		

第一节 非标准附件 .....	130	减速器箱体、轴承端盖及轴承套杯加工	
检查孔与检查孔盖 .....	130	表面粗糙度 $R_a$ 的推荐值 .....	148
吊耳和吊钩结构尺寸 .....	130	<b>第十八章 常用工程材料</b> .....	149
凸缘式轴承盖 .....	131	碳素结构钢 .....	149
嵌入式轴承盖 .....	131	优质碳素结构钢 .....	149
油标尺 .....	131	合金结构钢 .....	150
通气塞 .....	132	一般工程用铸钢、铸铁和球墨铸铁 .....	150
通气器 .....	132	工业用毛毡 .....	151
外六角螺塞和封油垫 .....	132	软钢纸板 .....	151
第二节 标准附件 .....	133	铸造铜合金 .....	151
压配式圆形油标 .....	133	<b>第十九章 渐开线圆柱齿轮精度</b> .....	152
长形油标 .....	133	第一节 齿轮精度等级、公差与	
吊环螺钉及沉孔的尺寸 .....	134	极限偏差项目 .....	152
吊环螺钉最大起重力 .....	135	齿轮精度等级与齿轮的圆周速度关系 .....	152
减速器估重 $W$ .....	135	齿轮公差、极限偏差项目及侧隙 .....	152
<b>第十六章 联轴器</b> .....	136	齿轮的 $F_p$ 、 $\pm f_{pt}$ 和 $F_a$ 值 .....	152
联轴器轴孔和联结型式与尺寸 .....	136	齿轮螺旋线总公差 $F_\beta$ 和径向跳动	
弹性柱销联轴器 .....	137	公差 $F_r$ 值 .....	153
弹性套柱销联轴器 .....	138	第二节 齿轮副的侧隙 .....	153
梅花形弹性联轴器 .....	139	标准齿轮弦齿厚及其极限偏差 .....	153
凸缘联轴器 .....	140	标准齿轮公法线长度及其极限偏差 .....	154
滚子链联轴器 .....	141	齿轮副中心距极限偏差 $\pm f_a$ .....	154
JMI 型膜片联轴器 .....	142	齿轮切齿时的径向进刀公差 $b_r$ .....	154
<b>第十七章 极限与配合、形位公差和</b>		第三节 齿轮坯公差 .....	154
<b>表面粗糙度</b> .....	143	齿轮坯公差 .....	155
第一节 极限与配合 .....	143	齿轮齿面和基准面的表面粗糙度	
标准公差数值 .....	143	$R_a$ 值 .....	155
孔的极限偏差值 .....	143	齿轮副轴线平行度公差	
轴的极限偏差值 .....	144	$f_{z\beta}$ 、 $f_{z\beta}$ .....	155
轮毂与轴的配合 .....	145	齿轮装配后的接触斑点 .....	155
滚动轴承、轴套及轴承盖的配合 .....	145	第四节 图样标注 .....	155
第二节 形位公差 .....	145	<b>第二十章 锥齿轮与准双曲面齿轮</b>	
形位公差和公差等级推荐 .....	145	<b>精度</b> .....	157
圆度、圆柱度公差值 .....	146	第一节 精度等级和齿轮的检验项目 .....	157
平行度、垂直度、倾斜度公差值 .....	146	锥齿轮及齿轮副公差组和检验项目 .....	157
同轴度、对称度、圆跳动和全跳动		齿距累积公差 $F_p$ 值 .....	157
公差值 .....	147	锥齿轮的 $F_r$ 、 $\pm f_{pt}$ 和齿轮副的	
直线度、平面度公差值 .....	147	$F_{i\alpha c}''$ 、 $f_{i\alpha c}''$ .....	158
第三节 表面粗糙度 .....	148	接触斑点 .....	158
齿(蜗)轮加工表面粗糙度的		齿圈轴向位移极限偏差 $\pm f_{AM}$ 值 .....	158
推荐值 .....	148	轴间距和轴交角的极限偏差值 .....	159
轴加工表面粗糙度的推荐值 .....	148	第二节 齿轮副侧隙 .....	159

最小法向侧隙 $j_{n\min}$ 值 .....	159	项目 .....	163
齿厚上偏差 $E_{S_s}$ 值 .....	160	蜗杆的公差或极限偏差值 .....	163
最大法向侧隙 $j_{n\max}$ 的制造误差补偿		蜗轮的公差或极限偏差值 .....	164
部分 $E_{S_\Delta}$ 值 .....	161	蜗杆传动副的安装精度 .....	164
齿厚公差 $T_s$ .....	161	传动接触斑点的要求 .....	164
第三节 齿坯检验与公差 .....	161	第二节 蜗杆传动的侧隙 .....	165
齿坯尺寸公差 .....	161	传动的最小法向侧隙 $j_{n\min}$ 值 .....	165
齿坯轮冠距和顶锥角极限偏差 .....	161	蜗杆齿厚上偏差 $E_{s_{s1}}$ 中的误差补偿	
齿坯顶锥母线跳动和基准端面跳动		部分 $E_{s_\Delta}$ 值 .....	165
公差 .....	162	蜗杆齿厚公差 $T_{s1}$ 和蜗轮齿厚	
第四节 图样标注 .....	162	公差 $T_{s2}$ .....	166
<b>第二十一章 圆柱蜗杆、蜗轮精度</b> .....	163	第三节 齿坯公差 .....	166
第一节 精度等级和蜗杆、蜗轮的		蜗杆、蜗轮齿坯公差 .....	166
检验与公差 .....	163	第四节 图样标注 .....	166
蜗杆、蜗轮及蜗杆传动的公差组检验			

### 第三篇 设计题目和参考图例

<b>第二十二章 设计题目</b> .....	169	二、二级圆柱齿轮减速器(脂润滑) .....	184
一、牛头刨床 .....	169	三、二级圆柱齿轮减速器(油润滑) .....	186
二、插床机械 .....	171	四、二级同轴式圆柱齿轮减速器 .....	188
三、压床机械 .....	173	五、一级锥齿轮减速器 .....	190
四、抽油机 .....	175	六、圆锥—圆柱齿轮减速器 .....	192
五、螺旋输送机的传动装置 .....	177	七、一级蜗杆减速器(箱体外凸) .....	194
六、铸造车间型砂输送机的传动装置 .....	178	八、一级蜗杆减速器(加强肋在外侧) .....	196
七、铸造车间碾砂机的传动装置 .....	178	第二节 常用减速器零件图示例 .....	198
八、热处理车间链板式运输机的		一、轴的零件图 .....	199
传动装置 .....	179	二、圆柱齿轮零件图 .....	200
九、化工车间链板式运输机的		三、锥齿轮零件图 .....	201
传动装置 .....	179	四、蜗轮零件图 .....	202
<b>第二十三章 参考图例</b> .....	181	五、铸造箱座零件图 .....	203
第一节 常用减速器装配图示例 .....	181	六、焊接箱座零件图 .....	204
一、一级圆柱齿轮减速器 .....	182	<b>参考文献</b> .....	205



# 第一篇 课程设计指导

## 第一章 概 述

### 第一节 课程设计的目的和内容

#### 一、课程设计的目的

课程设计是机械设计课程的重要实践性教学环节，是一次较全面的设计训练。其主要目的如下：

- 1) 综合运用机械原理、机械设计和其他先修课程的理论和知识，以课程设计为载体，通过设计实践，培养理论联系实际的正确设计思想，培养分析和解决工程实际问题的能力。
- 2) 通过掌握简单通用机械设计的一般方法和步骤，为从事机械工程设计打下良好的基础。
- 3) 培养设计、计算、图形实现和运用国家标准和规范的能力，初步掌握现代设计方法在机械设计中的应用。

#### 二、课程设计的内容

机械设计课程设计通常选择一般用途的机械传动装置或简单机械为设计对象。如图 1-1 所示带式输送机和工作件输送机。

机械设计课程设计，通常包括下列设计内容：

- 1) 机械系统方案的拟定；
- 2) 机械系统运动、动力参数计算；
- 3) 传动零件设计，如带、链传动设计，齿轮传动及蜗杆传动设计等；

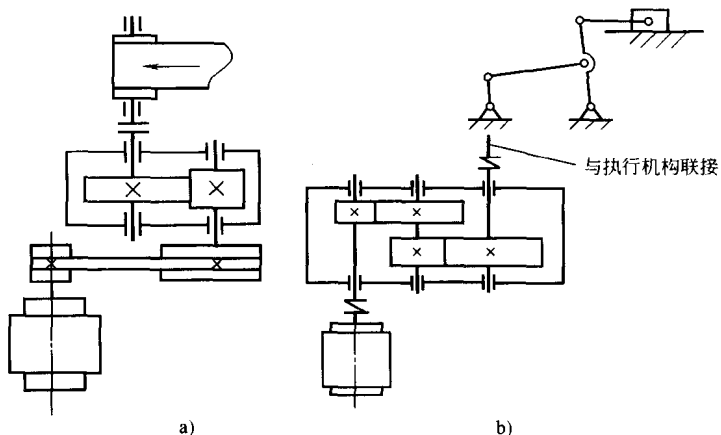


图 1-1 机械传动装置或简单机械  
a) 带式输送机 b) 工件输送机

- 4) 减速器装配草图设计, 包括轴的结构设计, 滚动轴承的选择, 键和联轴器的选择及校核, 箱体、润滑及附件设计;
- 5) 减速器装配图设计;
- 6) 零件工作图设计;
- 7) 机械零件的三维造型与装配 (此内容可根据学生选修课程的情况选做);
- 8) 编写设计计算说明书。

课程设计一般要求每个学生完成以下工作:

- 1) 减速器装配图 1 张 (A0);
- 2) 零件工作图 2~3 张——轴 (A2)、齿轮 (A2) 和箱体 (A1) 等;
- 3) 设计计算说明书一份。

完成规定的全部工作后, 应进行课程设计答辩。

## 第二节 课程设计的一般步骤

课程设计的步骤一般按以下几个阶段进行。

### 一、设计准备

- 1) 阅读和研究设计任务书, 明确设计内容和要求, 分析原始数据及工作条件。
- 2) 观看模型、实物、电视录像, 进行减速器拆装实验, 阅读有关设计资料、图册等, 初步了解简单机械系统的组成方案, 减速器的类型与结构。
- 3) 拟定设计计划, 准备设计资料和用具。

### 二、机械系统的方案设计

- 1) 拟定执行机构的运动方案, 绘执行机构运动简图;
- 2) 选择传动装置的类型;
- 3) 绘制机械系统运动简图。

### 三、机械系统运动、动力参数计算

- 1) 执行机构的运动与动力分析;
- 2) 选择电动机;
- 3) 总传动比计算及传动比分配;
- 4) 传动装置的运动、动力参数计算。

### 四、传动零件的设计计算

- 1) 减速器以外传动零件的设计计算。如带传动、链传动、开式齿轮传动等。
- 2) 减速器内传动零件设计计算。如齿轮传动、蜗杆传动等。

### 五、减速器装配草图设计

- 1) 选择联轴器, 初定轴的直径;
- 2) 画出轴系结构, 选定轴承型号, 定轴承支点间的距离, 校核轴与键联接的强度, 计算轴承的寿命, 必要时根据计算结果进行修改;
- 3) 设计轴承组合的结构, 画出箱体和各附件的结构、位置, 全面完成装配草图。

### 六、装配图和零件工作图设计

- 1) 减速器装配图设计;

2) 零件工作图设计。

七、机械零件的三维造型与装配

八、整理编写设计计算说明书

九、设计总结与答辩

### 第三节 课程设计中需要注意的问题

1. 机械设计课程设计是第一次较全面的设计实践，它为以后的设计工作打下良好基础，具有重要意义。在设计过程中严肃认真、刻苦钻研、一丝不苟、精益求精，才能在设计思想、方法和技能方面获得较好的锻炼和提高。

2. 设计中要发挥主动性，积极思考，独立完成设计任务。设计能力依赖于长期的设计实践的逐渐提高，在设计工作中能否很好地利用已有的设计资料，继承和发展这些经验和成果，是设计工作能力的重要体现。但是，根据新的设计任务和具体工作条件进行具体分析，在参考已有资料的基础上创造性地进行设计、构思，更是工程技术人员不可缺少的能力。所以，在课程设计中正确处理好现有资料与创新设计的关系，才能保证设计质量，提高设计能力。

3. 树立标准化意识，正确使用标准和规范。设计中正确运用标准、规范，有利于机械零件的互换性和加工工艺性，减少设计工作量，提高产品质量，从而收到良好的经济效果。在设计中是否遵循国家标准和规范，也是评价设计质量的一项重要指标。对于需要外购的标准件（螺栓、滚动轴承等）应采用标准；对于自行加工的标准件（键、联轴器等），其主要尺寸一般应按标准规定，对于小规模生产的自制件，如遇到设计与标准相矛盾时才可以以设计要求为主，自行设计制造。另外，对于设计中一些非标准件的某些尺寸，如箱体宽度、轮毂宽度等，也应尽量取为标准尺寸（见表 10-5），以利于制造、测量和安装。

4. 正确处理强度计算和结构工艺性等要求的关系。任何机械零件的结构及尺寸都不可能完全由强度计算确定，而应该综合考虑加工和装配工艺、经济性和使用条件等。因此，不能把设计片面地理解为就是理论计算，或者把这些计算结果看成是绝对不可改动的，而应认为进行强度等理论计算只是为确定零件的尺寸提供一个方面的依据，零件的具体结构和尺寸还要通过画图，考虑其工艺性、经济性及零件间相互装配关系最后确定。有时也可以根据结构和工艺的要求先确定结构尺寸，然后校核强度等方面的要求。在有些场合还可利用综合考虑强度、结构工艺性、刚度等方面的经验确定零件的结构尺寸，如齿轮轮毂厚度，减速器箱体壁厚等就是按经验公式计算出近似值，然后作适当的圆整。这就是说设计工作不能把计算和绘图截然分开，而应互相依赖、互相补充、交叉进行。边计算、边画图、边修改是设计工作的正确方法。

5. 树立绿色产品设计意识，培养全面考虑产品的材料选择、可回收性、可拆卸性及新技术、新工艺和新能源的设计等方面的能力。

## 第二章 机械系统方案设计与参数计算

机械系统包括原动机、传动装置和执行机构。机械系统方案设计内容应从原动机选择、执行机构运动方案、传动装置类型与选择三个方面进行分析，画出执行机构和机械传动系统运动简图。然后确定执行机构的尺寸、进行运动和动力学分析，计算传动装置的运动和动力参数。一般首先确定执行机构的运动方案。

### 第一节 执行机构的运动方案

#### 一、执行构件的运动形式与基本机构

为使执行机构满足机械的功能要求，首先应将机械的总功能分解成若干个分功能，每个分功能由一个机构去完成。执行构件就是根据机构的功能要求完成规定的动作。如图 2-1 所示冲压机的总功能就可分解为滑块 5 上下移动的冲压功能和滑块 8 的自动送料功能。

执行构件的运动形式有回转运动、直线运动和曲线运动三种。按运动有无往复性和间歇性，基本运动分为单向转动、往复摆动、单向移动、往复移动和间歇运动。曲线运动则是由两个或两个以上基本运动合成的复合运动。

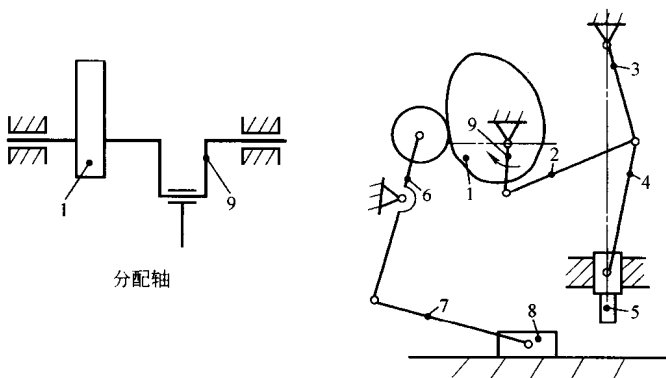


图 2-1 冲压机执行机构系统

1—凸轮 2、4、7—连杆 3、6—摇杆 5、8—滑块 9—曲柄

原动机的种类繁多，随着现代控制技术的发展，新型电动机（如变频电动机、伺服电动机、直线电动机等）的出现，在许多场合已可大大简化传统的机械传动链。因此设计中可创造性地选用新型电动机。原动机最普遍的运动形式是转动，当原动机运动的单一性与生产要求执行构件具有的运动多样性之间存在矛盾时，可应用各种不同的机构进行运动变换。运动变换包括运动形式、运动速度和运动方向的变换及运动合成（或分解）等。实现运动变换的基本机构类型、特点及适用性如表 2-1 所示。

基本机构的运动形式变换可用图 2-2 表示。当已知要进行的运动变换可以方便地从图中选出相应的机构。例如要将转动变换成移动，从图中可选出曲柄滑块机构、齿轮齿条机构、螺旋机构、正弦机构等。

基本机构所能实现的运动规律或运动轨迹都具有一定的局限性。为使机构满足复杂的运动特性要求，扩大其使用范围，可对基本机构进行演化或采用组合法以创造出新的机构。组合法是运用串联、并联、时续等方式，将两个或多个基本机构按一定关系连接组成具有复杂

功能的新机构或机构系统。例如图 2-1 的冲压机就可看成曲柄摇杆机构与曲柄滑块机构串联而成，也可看成是在曲柄摇杆机构的摇杆上加接一个连杆滑块组扩充而成的。关于机构组合内容请参见“机械原理”课程的有关内容。

表 2-1 基本机构类型、特点及适用性

机构名称		运动变换	特点	适用范围或应用举例
平面连杆机构		可将单向转动变换为往复摆动或移动，一般具有运动可逆性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改变构件相对长度可实现不同的运动要求</li> <li>2. 连杆曲线可满足不同的轨迹设计要求</li> <li>3. 低副机构，铰链磨损小，承载能力高</li> </ol>	主要用于运动形式和运动速度的变换，不适于高速运动
凸轮机构	盘形凸轮	可将凸轮的转动（往复移动）变成推杆的往复移动或摆动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 推杆可实现预期任意运动规律的往复运动</li> <li>2. 高副接触，易磨损，承载不宜太大</li> <li>3. 受压力角和机构紧凑性限制，推程不宜太大</li> </ol>	适用于各种机械的控制及辅助传动，应用于自动机床、印刷机械等自动、半自动机械中
	圆柱凸轮	可将凸轮的转动变成与之垂直方向的往复移动或摆动		
间歇运动机构	棘轮机构	可将往复摆动变为间歇的转动	可实现有单向停歇的转动，但高速运动时冲击、噪声较大	用于各种转位机构或进给机构，适于低速机械
	槽轮机构 不完全齿轮机构	可将单向连续转动变为单向间歇的转动		
斜面机构		将移动变为另一方向的移动， $\lambda \leq \varphi$ 时有自锁性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 面接触，可承受较大的载荷</li> <li>2. 位移小，增力较大</li> <li>3. 效率低</li> </ol>	斜面压力机
螺旋机构		将转动变为与之垂直方向的移动， $\lambda \leq \varphi_v$ 时有自锁性		台虎钳，螺旋压力机，千斤顶等
摩擦轮机构	圆柱摩擦轮	可传递两平行轴运动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 靠两轮间摩擦传递运动和动力，结构简单</li> <li>2. 具有过载保护性</li> <li>3. 效率低</li> </ol>	用于转动比要求不严格，载荷不大的高速传动
	圆锥摩擦轮	可传递两相交轴运动		
齿轮机构	圆柱齿轮	可传递两平行轴匀速运动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 瞬时转动比恒定</li> <li>2. 传递功率大，速度高</li> <li>3. 精度高，效率高，寿命长</li> </ol>	广泛用于各种机械的传动系统和变速机构中，用以变换速度大小和运动轴线的方向
	锥齿轮	可传递两相交轴匀速运动		
	交错轴斜齿轮	可传递两交错轴匀速运动	点接触，易磨损，承载能力小	
	蜗杆蜗轮		传动比大，平稳，发热量大，效率低	
带传动	V带传动	可变换运动速度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 摩擦传动，具有过载保护性能</li> <li>2. 有弹性滑动，传动精度低</li> </ol>	可实现较远距离的传动，适于较高转速
	平带传动	可变换运动速度和方向		
链传动		可变换运动速度	啮合传动，有多边形效应，运动均匀性较差	可实现较远距离的传动，适于低速传动

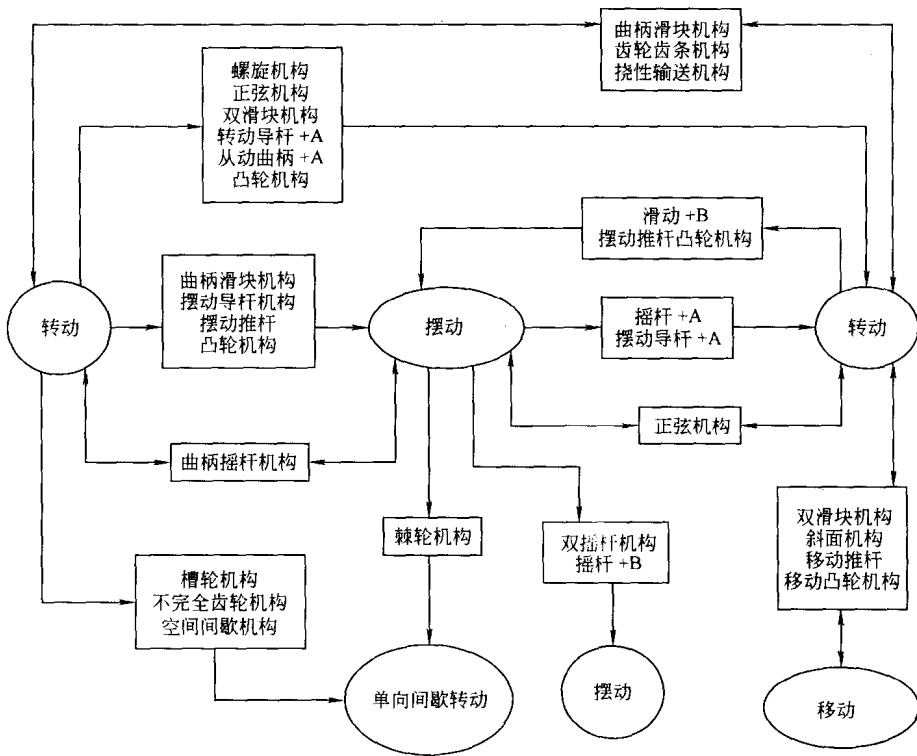


图 2-2 基本机构的运动形式变换

A—连杆滑块组 B—铰接二杆组

## 二、机构类型选择的一般要求

### 1. 实现机械的功能要求

机械的功能要求是选择机构类型的先决条件，且满足这一条件的机构也只是待选方案，还应通过进一步分析比较作出选择。

### 2. 满足机械的功能质量要求

机构运动方案的多解性使设计者可以拟定出许多不同的方案，但它们彼此功能质量差异却可能十分悬殊。从运动功能质量来看，应选择实现所需运动规律、运动轨迹、运动参数准确度高的机构，对有急回、自锁、增程、增力或利用死点位置要求的，也应选择具有相应性能且可靠性高的机构。从动力功能质量来看，应选择传力性能好，冲击、振动、磨损、变形小和运动平稳性好的机构。

### 3. 满足经济适用性要求

为减少功耗，应优先选用机械效率高的机构，而且机构运动链要尽量短，即构件和运动副数目要尽量少。

此外，所选机构类型还应符合生产率高、体积小、工艺性好，易于维修保养等技术经济要求。

## 三、执行机构运动方案

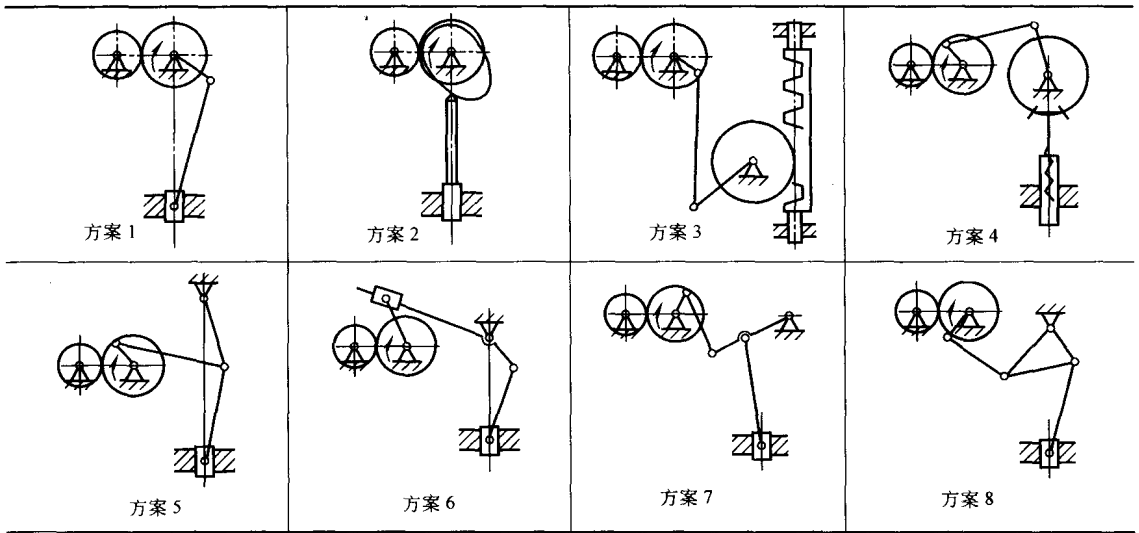
### 1. 机构的选择与评价

机械的总功能分解为各执行构件的运动后，应考虑选用哪种类型的机构来实现。选择机

构时可按着运动形式、运动速度和运动方向变换等需要,通过检索表 2-1 和图 2-2 选取合适的机构。如表 2-2 中冲压机的冲压机构,其中方案 1、2、5 是运用机构组合法构思出的机构,方案 3、4、6 是运用机构串联组合法构思出来的。对现有功能类似机械中的机构进行分析,取其精华,在继承的基础上也可构思出符合设计要求的机构。这样便可以构思出众多满足运动要求的运动方案。对这些方案应根据机构选择的一般要求,从机构功能、功能质量和经济适用性三方面列出相关项目进行分析比较,从中选出最佳方案。对难以直接作出判断的,经定量评价后再选出最佳方案。

例如,冲压机的冲压机构,根据功能要求,考虑功能参数(如生产率、生产阻力、行程和行程速比系数等)及约束条件,可以构思出一系列运动方案,见表 2-2。

表 2-2 冲压机冲压机构部分运动方案



对以上方案进行初步分析,结果如表 2-3 所示。从表中的分析不难看出,方案 1、2、3、4 的性能明显较差;方案 6 尚可行;方案 5、7、8 有较好的综合性能,且各有特点,这三个方案可作为备选方案,待运动设计、运动和动力学分析后,通过定量评价选出最优方案。

表 2-3 冲压机部分运动方案定性分析

方 案 号	主要性能特征											
	功 能		功能质量				经济适用性					
	运动 变换	增力	加压时 间 <sup>①</sup>	一级传动 角 <sup>②</sup>	二级传 动角	工作平 稳性	磨损与 变形	效率	复杂性	加工装 配难度	成本	运动 尺寸
1	满足	无	较短	较小	—	一般	一般	高	简单	易	低	最小
2	满足	无	长	小	—	冲击	剧烈	较高	简单	较难	一般	较小
3	满足	弱	较长	小	大	平稳	一般	高	复杂	最难	较高	大
4	满足	强	短	较大	—	平稳	强	低	最复杂	最难	较高	较大
5	满足	强	较长	小	较大	一般	一般	高	较简单	易	低	最大
6	满足	较强	较短	最大	较大	一般	一般	高	较简单	较难	低	较大
7	满足	较强	较长	大	很大	一般	一般	高	较简单	易	低	较大
8	满足	较强	较长	较大	大	一般	一般	高	较简单	易	低	较大

注:评价项目因机构功能不同而不同。

① 加压时间是指在相同施压距离内,下压模移动所用的时间,越长则越有利。

② 一级传动角指四杆机构的传动角;二级传动角指六杆机构中后一级四杆机构的传动角。

## 2. 执行机构系统运动方案的形成

机器中各执行机构都可按前述方法构思出来, 并进行评价, 从中选出最佳的方案。将这些机构有机地组合起来, 形成一个运动和动作协调配合的执行机构系统。为使各执行构件的运动、动作在时间上相互协调配合, 各机构的原动件通常由同一构件(分配轴)统一控制。例如冲压机, 冲压机构采用表 2-2 中的方案 5, 送料机构采用凸轮机构与摇杆滑块机构组合。由于送料动作与冲压动作必须协调一致, 故将冲压机构的原动件曲柄与送料机构的原动件凸轮由同一构件(分配轴)统一控制, 组成冲压机构系统, 如图 2-1 所示。

当机械对各执行构件之间的动作无严格协调配合要求时, 为简化机构, 方便布置, 经技术经济评价后, 各机构也可单独设原动机驱动。机械中的各机构的动作要求协调配合时, 通常用工作循环图表明在机械的一个工作循环中各机构的运动配合关系。由工作循环图确定的机构协调运动参数, 是各机构运动设计的必要条件之一, 也是机械系统装配及调试的重要依据。机构工作循环图的编制可参见有关资料。

## 第二节 机械传动装置类型与选择

机械传动装置的功能是根据机械的总体布置要求, 解决原动机与执行机构系统之间的运动联系及运动速度和运动方向变换, 使他们之间运动参数相匹配。设计时要先确定传动方案, 画出传动系统运动简图。

### 一、传动机构类型的比较

选择传动机构的类型是拟定传动方案的重要一环, 通常应考虑机器的动力、运动和其他要求, 再结合各种传动机构的特点和适用范围, 通过分析比较, 合理选择。常用的传动机构性能及适用范围如表 2-4 所示。在某些简单机械中, 常用减速器作为主要传动装置。常用减速器的型式、特点及其应用如表 2-5 所示。

表 2-4 常用传动机构的性能及适用范围


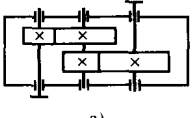
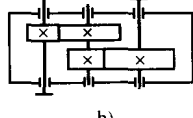
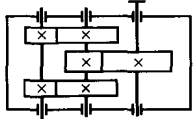
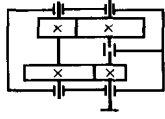
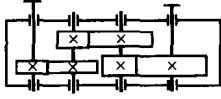
传动机构 选用指标	平带传动	V 带传动	摩擦轮传动	链传动	齿轮传动		蜗杆传动
功率/ kW (常用值)	小 ( $\leq 20$ )	中 ( $\leq 100$ )	小 ( $\leq 20$ )	中 ( $\leq 100$ )	大 ( $\leq 50000$ )		小 ( $\leq 50$ )
单级传动比 (常用值) (最大值)	2~4 6	2~4 7	$\leq 5\sim 7$ 15~25	2~5 7	圆柱 3~5 7	锥齿 2~3 6	7~40 80
传动效率	中	中	中	中	高		低
许用的线速度 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$\leq 25$	$\leq 25\sim 30$	$\leq 15\sim 25$	$\leq 40$	6 级精度 直齿 $\leq 18$ 非直齿 $\leq 36$ 5 级精度达 100		$\leq 15\sim 35$
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	较差	一般		好
自锁能力	无	无	无	无	无		可有



(续)

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
过载保护作用	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	好	好

表 2-5 常用减速器的型式、特点及其应用

名称	简图	传动比 $i$ 范围		特点及应用
		一般	最大值	
一级圆柱齿轮减速器		直齿 $i \leq 4$ 斜齿 $i \leq 6$	10	轮齿可为直齿、斜齿或人字齿。箱体常用铸铁铸造，支承多采用滚动轴承，只有重型或高速时才采用滑动轴承
二级展开式圆柱齿轮减速器	a) 	8~40	60	为二级减速器中应用最广泛的一种。齿轮相对于轴承不对称，要求轴具有较大的刚度。输入输出轴上的齿轮常布置在远离轴输入输出端的一边，以减小因弯曲变形所引起的载荷沿齿宽分布不均。高速级常用斜齿，低速级可用斜齿或直齿。建议用于载荷较平稳场合。图 a 输入和输出端只能在减速器的异侧，而图 b 既可以在异侧，也可以在同侧
	b) 			
二级分流式圆柱齿轮减速器		8~40	60	低速轴上的齿轮相对于轴承为对称布置，载荷沿齿宽分布较均匀。中间轴危险断面上的转矩是传递转矩的一半。高速级多采用斜齿，同一轴上齿轮一边右旋，另一边左旋，轴向力可抵消。但结构较复杂，需多用一对齿轮，轴向尺寸较大。建议用于变载荷场合
二级同轴式圆柱齿轮减速器		8~40	60	箱体长度较小，两大齿轮浸油深度可以大致相同。但减速器轴向尺寸及重量较大；高速级齿轮的承载能力不能充分利用；中间轴承润滑困难；中间轴较长，刚度差；仅能有一个输入端和输出端，限制了传动布置的灵活性
三级展开式圆柱齿轮减速器		40~200	400	传动比大，其余与二级展开式相同