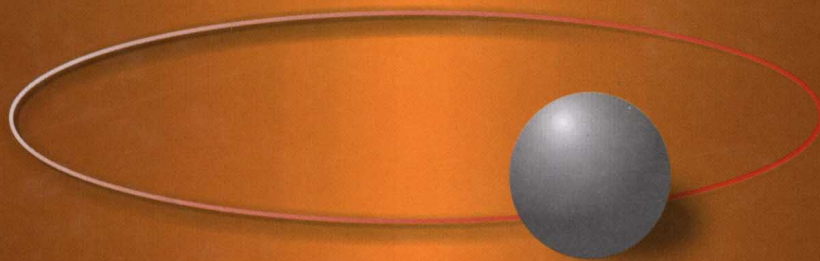


# 机械设计实用手册

上册

第3版

机械设计实用手册编委会 主编



# 机械设计实用手册

## 上册

第 3 版

机械设计实用手册编委会 主编



机械工业出版社

本手册从机械设计的思考过程、思考方法和设计顺序入手,阐述机械设计必须掌握的基础知识,引导设计者了解并掌握整个设计的全过程及各设计阶段的任务。

在此基础上,手册提供了实际机械设计所需的详细、充分的设计内容,包括:主要机械传动、机构、结构的设计步骤、设计参数的选择、设计的计算及数据;液压及气动系统的组成、元器件结构原理、系统设计;现代数字自动化设计中必须采用的变频电动机、伺服电动机、传感器等的工作原理、技术参数和产品。

手册中编入的标准件、工程材料、外购通用零部件产品等,均重点说明了选用方法或选用实例,务求达到选用准确、合理,并加快选用过程。

为启发设计者的构思并为具体设计提供借鉴,专门选择了40多个实际生产设备中已经应用的典型机构及减速器设计图例,并对图例作了设计分析及工艺性的详细说明,这是本手册的另一特色。

本手册既适合刚从事机械设计的新设计人员及高校机械专业师生,也适合有丰富经验的机械设计人员使用。

#### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计实用手册/机械设计实用手册编委会  
主编. —3版. —北京:机械工业出版社,2012.8  
ISBN 978-7-111-39579-9

I. ①机… II. ①机… III. ①机械设计—技术手册  
IV. ①TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第202253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:曲彩云 责任编辑:曲彩云  
版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔  
封面设计:姚毅 责任印制:乔宇  
北京铭成印刷有限公司印刷

2013年1月第3版第1次印刷  
210mm×297mm·106印张·4插页·4828千字  
0001—3000册  
标准书号:ISBN 978-7-111-39579-9  
定价:399.00元(上、下册)

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 封面防伪标均为盗版

## 机械设计实用手册编委会

王少怀 徐东安 高红霞 刘仁家

王凤翔 朱孝录 董学朱 胡 华

吴 松 王自华 杨畅琴 赵志强

## 第3版前言

本手册自2008年出版以来已重印几次，至今收集到不少读者的反馈信息，这期间也颁布了多个有关的新国家标准。此次再版，更新和新增了如下内容：

(1) 更新了几何公差、零件形状结构表示方法、螺纹标准、齿轮标准等多项标准。

(2) 对机械设计中的常用钢材进行重新分类、编写，增加了钢材品种，使钢材的性能分类更明确，选用范围更大。

(3) 为适应自动化生产线设计的需要，新增了带传动和链传动中的输送带和输送链。

(4) 新增了30多个在生产中已经应用的机械设计图例，为设计人员提供更多拓宽设计思路的机械结构设计范例，并说明各设计零件的加工注意点及机构的装配调整方法。

本手册编写的宗旨是：为设计者提供内容集中、实用，能扩大设计思路，提高设计水平，篇幅尽可能小，查阅快捷方便的机械设计工具书。为此，根据参加过多次机电产品或自动化生产线设计工作的科技人员的实践体会，确定了如下几个编写重点：

(1) 设计资料内容集中，分类清晰。

(2) 从设计方法开始，阐述设计的顺序、设计构思的步骤和方法。

(3) 编入手册中的标准数据、材料、标准零部件等给设计者提供了选用的标准内容，阐明选用的依据和选用原则，使设计人员对量大、复杂的数据、标准能进行准确合理的选用。

(4) 机械设计与机械加工方法、工艺技术及装配知识等密不可分，是设计人员不可缺少的基础知识，但目前国内设计资料缺乏这方面内容，忽略其重要性。针对这种情况，本手册编入了各种机械加工、电加工工艺及其使用的加工设备和各种加工方法可能达到的加工精度，还编入了各种加工方法所用工具、零件检测等内容，这些对不大熟悉加工工艺的设计者尤其重要。

(5) 已经使用的生产设备中的部件设计图例，是设计人员最实用的参考图，从图中可学习设计思考、设计和加工工艺的关系等实际设计内容，该内容也是本手册的一大特色。

(6) 由于一些基础新标准(如表面粗糙度、几何公差、液压图形符号等)的标示方法更改频繁，考虑企业技术人员及工人难以适应，故虽将新标准更换，但文中一些具体图例未予改动，以方便使用。

由于这些内容的编入占据了大量篇幅，为了尽量缩小篇幅以方便设计人员查阅，一些应该编入手册的设计内容未能编入，如行星齿轮传动机构、连杆传动机构、分度(间歇)传动机构及更多的机械机构设计图例等只好暂不编入，拟在下次再版时进行扩版增编。

编者

## 第2版前言

机械设计是在机械加工和装配工艺实践中长期积累总结出来的，是建立在多种加工工艺、材料力学性能、机构力学和运动力学原理基础上，对零件结构形状和零件组合进行综合构思的创造性工作。零件图和装配图就是设计构思结果的表达形式。

本手册的第1篇编入机械设计步骤和设计构思，阐述了从设计计划开始到设备验收为止的设计全过程中各设计阶段顺序，以及各设计阶段的构思内容，是对机械设计实践的总结，可供设计者参考。

机械设计既要满足工作机械的功能要求，又不能随意发挥，它受各种加工工艺可行性、材料力学性能极限、操作控制方便性等诸多因素的制约。在各种制约条件中，对零件结构形状的设计影响最大的是各种加工工艺，以及与加工工艺相关的刀具、热处理等因素。因此，一名合格的设计者，必须深入了解和熟悉各种加工工艺方法，必须做到对零件每一加工面的加工方法、使用的刀具、能达到的精度、装配定位、检测、热处理方法等有清楚的了解。如果不懂加工方法，对零件应如何加工一无所知，所设计的零件很可能无法加工，或者本来很容易加工的零件，由于不懂加工方法，可能造成所设计的零件加工困难，需要付出很高的成本才能加工。如果不懂零件装配的定位要求和测量，就无法正确标注零件尺寸和公差；如果不懂热处理，加工出的零件很可能变形而不能使用。为此，在本手册的第2篇编入机械加工方法、电加工方法、加工刀具、装配、测量、热处理等内容，希望为设计者提供确定零件的结构形状、尺寸精度和表面粗糙度的依据。

设计中充分利用计算机辅助设计(CAD)等现代设计工具，可缩短设计周期、提高设计质量。CAD不仅用于绘制零件图和装配图，利用三维构图方法，还可直观地进行机械总体布局的设计或外观造型设计。大批量生产的机械，利用计算机优化设计软件，可设计出省料、体积小、性能高、性价比高的最优化产品。对此，在本手册的第1篇中也作了提示。

材料的合理选用，可降低机械产品的生产成本并减轻重量，提高机械结构的强度和刚度，延长使用期限。因此，在本手册的第2篇中编入的机械工程材料内容，不仅提供了可供选择的各种用途的金属和非金属材料，还详细地说明了其使用范围及选择原则。

第3篇中的螺纹、销等连接标准件及第4篇中的弹簧及滚动轴承，是机械设备中应用面最广的重要选配标准件。选配件不能随意选用，特别是滚动轴承，其选用的正确与否直接影响整机的性能和精度。因此，该部分详细介绍了其选用步骤和安装使用方法。

满足工作机械相同运动功能的传动方式有多种，手册第5篇中编列的各种传动及传动件设计，除轴、导轨及其基座外，都是通用的规范化设计方法。传动方式的选择，需根据具体传动路线、运动精度要求、安装位置及空间布局、传动平稳性要求等进行比较，才能确定最优传动方案。轴及导轨、基座结构尺寸的确定与许多其他因素相关，是比较复杂、需要反复计算推敲的设计过程，因此，手册中提供了尽可能详尽的内容。属于常用传动机构范围的还有连杆机构、机械凸轮机构、机械分度机构等。但由于本书篇幅所限，未逐一编入，留待再版时再加考虑。但应指出，机械凸轮和机械分度机构的传动，在现代化机械装备中已逐渐被伺服电动机的电子凸轮及电子分度所代替，伺服电动机的电

## VI 第2版前言

子凸轮功能和分度功能精度更高，且凸轮功能、分度功能都能十分方便地随意变换，更重要的是其结构比机械机构要简单得多，本书第9篇第3章2.1节已作了叙述。

一项成功的设计，设计者除了必须具备多方面的知识、善于运用已有的设计经验外，借鉴他人的成功设计成果并吸收其巧妙构思方法，也是提高设计成功率和进行创新设计的重要一环。为此，手册的第8篇收入了国内、国外一些已在生产实际中应用，并经使用实践检验的设备典型机构和部件，为设计者提供借鉴范例。

现代工业生产中，设备自动化给产品带来了高质量和高生产率。在工业发达国家，无论是单机还是由多机组成的生产线，几乎都已实现自动化，自动化是现代机械设计的目标。在设计中充分利用控制电动机、液压、气动等动力传动以及光电传感器，结合计算机、显示屏等集中控制技术，发挥机械和电传动控制的各自优势，进行机电一体化设计，是实现自动化的关键。因此，机械设计人员除了掌握机械方面的知识外，还应学习和掌握控制电动机、液压传动、气压传动、传感器及控制技术等方面的知识，才能在现代设计中得心应手，掌握设计的主动权。为此，手册的第6篇编入了液压、气压传动，第9篇中编入了变频电动机、伺服电动机、光电传感器等多项自动化设计中应用的装置及元件。伺服电动机是现代数控加工机床及自动化设备中常用的动力装置，而光电传感器则是自动化设备及自动化生产线中必不可少的传感元件。

特别要提及的是，大量机械设备中必须使用与电动机配套的机械减速器，由于目前国内生产分散、品种少，离系列化的目标相距甚远，无法选用。为此，手册的第9篇介绍了德国SEW传动设备(天津)公司的各类系列化机械减速器，其功率范围大，减速比的种类达几千种，且体积小、噪声低、无漏油，可满足各种机械设备的需要，在国产减速器尚不能满足要求时，建议选用其产品。

本手册由编委会成员及众多科技人员共同努力编写而成，王少怀为主要编写人，参加编写及工作的还有：陆海梅、胡玉萍、刘文刚、朱苏生、李巍、王柳京、孙业华、常美荣、张学孟、王立庆、胡向北、朱锦、各德桥、齐月静、秦志峰、许艳君、王文平、郑长松、谯谊、史青录、陈树勇、李广荣、李鹏、董伟、李连强、赵黎、王敏、孟清华、王佩楷、袁涛、王兵学、王渊峰、路纯红、赵永玲、刘昌丽、阳平华、周广芬、陈丽芹、张俊生、周冰、李瑞、李燕君、牛聪、何智娟、李明哲、周丽萍、李达、刘明明、王翠、余望、谭霖、李兴华、黄琴、谢世源、黄浩、宿圣云、宋继中、罗钰霞、刘畅、赵桂江、浩浩、郭志红、王璐、牛颖娟、韩战力、杨钊、苏善敏、颜廷飞等，第2篇第7章由郑州轻工业学院高红霞教授编写。在此，特向为本手册提供帮助的同志致以谢意。

为了便于读者携带和更方便生产场地使用，我们在原精装本的基础上出版了本次简装本，并分为上、下册，以更好地为读者服务。由于作者水平所限，不足和错漏之处，敬请读者给予批评指正。

编者

# 目 录

## 上 册

### 第3版前言

### 第2版前言

## 第1篇 机械设计的步骤及构思 1

### 第1章 机械设计的内容及设计步骤 1

- 1 机械设计的内容 1
- 2 机械设计的步骤 1
  - 2.1 设计整体规划 1
  - 2.2 设计计划 1
  - 2.3 草案图设计 2
  - 2.4 计划图设计 4
  - 2.5 零件图绘制 5
  - 2.6 装配图绘制 5
  - 2.7 零件明细表 6
  - 2.8 制造及生产服务 6
  - 2.9 检测及试运转 6
  - 2.10 评估、总结及鉴定 6

### 第2章 机械设计的构思 8

- 1 设计的构思过程 8
- 2 设计构思过程与约束(限制)条件 8
- 3 传感-控制技术是机械设计构思的重要内容 9

### 第3章 计算机辅助设计(CAD)概要 10

- 1 计算机辅助设计的内容 10
- 2 计算机辅助设计系统的硬件和软件 10
  - 2.1 CAD系统硬件 10
  - 2.2 CAD系统软件 10

## 第2篇 机械设计的基础 12

### 第1章 机械的功能及实现功能的机构和结构 12

- 1 机械的功能及限制(约束)条件 12
- 2 实现功能的机构和结构 13
  - 2.1 实现动作功能的机构 13
  - 2.2 实现承载功能的结构 17
  - 2.3 实现传递力及力矩功能的结构 18
  - 2.4 实现定位功能的机构及结构 18
  - 2.5 实现零件固定、连接功能的结构 19
  - 2.6 实现零件间位置配合功能的结构 20
- 3 机构和结构的具体化设计 20

### 第2章 零件的形状设计 21

- 1 零件形状设计需要满足的条件 21
- 2 考虑零件强度的形状设计 22
- 3 零件形状设计需考虑机械加工或电加工的工艺要求 29
  - 3.1 机械加工和电加工可制得的形状 29
  - 3.2 考虑各种机械加工工艺性的形状设计 29

4 零件形状设计需考虑结构的合理性 36

5 零件形状设计需考虑可装配和可拆卸 43

6 焊接件、铸造件、锻压件和冲压件的工艺性形状设计要求 49

6.1 焊接件的工艺要求及形状设计 49

6.2 铸件的工艺要求及形状设计 57

6.3 考虑锻压工艺的锻件形状设计 66

6.4 考虑冲压工艺要求的冷冲压件形状设计 70

7 考虑热处理工艺的零件形状设计 75

8 考虑不同性能材料的零件形状设计 76

8.1 粉末冶金材料件的形状设计 77

8.2 橡胶制品的形状设计 78

9 考虑设备外观、造型及操作性的形状设计 80

9.1 考虑设备外观、造型的形状设计 80

9.2 色彩设计 82

9.3 考虑操作性的形状设计 83

### 第3章 作用于机械上的力及零件的强度和刚度设计 91

1 作用于机械上的力 91

1.1 静态力 91

1.2 动态力 92

1.3 电动机及其他动力装置的驱动力 93

2 零件的强度 93

2.1 静强度和刚度设计 94

2.2 零件材料的疲劳强度设计 100

### 第4章 尺寸、尺寸极限与配合、形状、方向、位置和跳动公差及表面粗糙度 107

1 尺寸的确定、优先数及标准尺寸 107

1.1 尺寸的确定 107

1.2 优先数及其选用 107

1.3 标准尺寸 109

2 尺寸极限与配合 110

2.1 尺寸极限与配合的概念及术语定义 110

2.2 标准公差等级及基本偏差 112

2.3 孔、轴的极限偏差及孔、轴配合 113

2.4 公差等级和配合的选择及应用 143

2.5 未注公差的线性尺寸的一般公差 151

2.6 公称尺寸至18mm的小尺寸孔、轴公差带 151

2.7 圆锥的锥度与锥角、棱体的角度与斜度系列 158

3 形状、方向、位置和跳动公差 163

3.1 形状、方向、位置和跳动公差的定义和标注方法 163

3.2 形状、方向、位置和跳动公差的数值及选用 173

## VIII 目 录

4 表面粗糙度、波纹度 .....	182	4.5 机床丝杠零件 .....	308
4.1 表面粗糙度 .....	182	4.6 汽车、拖拉机配件 .....	309
4.2 表面波纹度 .....	190	4.7 矿山机械及其他零件 .....	309
4.3 表面粗糙度和波纹度的 符号及标注 .....	192	5 钢的表面处理 .....	310
<b>第5章 零件加工工艺、检测及装配</b> .....	196	5.1 表面改性技术 .....	310
1 加工工艺 .....	196	5.2 表面薄膜技术 .....	311
1.1 机械零件通用切削加工 .....	196	5.3 表面涂覆技术 .....	311
1.2 圆柱齿轮和蜗杆副的加工 .....	226	<b>第8章 机械工程材料选用</b> .....	313
1.3 锥齿轮加工 .....	232	1 铸铁 .....	313
1.4 花键加工 .....	235	1.1 铸铁的牌号表示方法及示例 .....	313
1.5 螺纹加工 .....	236	1.2 灰铸铁 .....	313
1.6 电加工 .....	238	1.3 球墨铸铁 .....	315
2 零件检测 .....	242	1.4 可锻铸铁 .....	319
2.1 长度测量 .....	242	1.5 抗磨铸铁 .....	322
2.2 角度测量 .....	248	1.6 耐热铸铁 .....	324
2.3 形状和位置误差测量 .....	250	2 钢材 .....	326
2.4 表面粗糙度的测量 .....	254	2.1 钢铁产品的牌号表示方法及示例 .....	326
2.5 螺纹的测量 .....	254	2.2 钢材的主要性能 .....	330
2.6 圆柱齿轮的测量 .....	257	2.3 钢材的选择 .....	332
2.7 蜗杆、蜗轮的测量 .....	258	2.4 机械制造常用钢材的牌号、性能及选用 .....	333
3 机械装配 .....	258	2.5 模具钢的牌号、性能及用途 .....	369
3.1 机械装配的内容 .....	258	2.6 特殊性能钢 .....	378
3.2 机械装配中的尺寸调整 .....	259	3 钢型材 .....	388
3.3 装配方法举例 .....	259	3.1 型钢 .....	388
<b>第6章 机械加工刀具、零件设计相关的     工艺基准</b> .....	262	3.2 钢管 .....	411
1 刀具 .....	262	3.3 钢板和钢带 .....	416
1.1 刀具对零件形状设计的影响 .....	262	4 有色金属材料 .....	418
1.2 车刀、刨刀及插刀 .....	263	4.1 铜及铜合金 .....	418
1.3 孔加工刀具 .....	265	4.2 铝及铝合金 .....	423
1.4 铣刀及拉刀 .....	275	5 粉末冶金材料 .....	433
1.5 齿轮、蜗轮、花键及链轮的加工刀具 .....	279	5.1 粉末冶金减摩材料 .....	433
1.6 螺纹刀具 .....	283	5.2 粉末冶金摩擦材料 .....	434
1.7 数控机床用的刀具系统 .....	287	6 非金属材料 .....	435
2 零件设计的工艺基准 .....	287	6.1 橡胶 .....	435
<b>第7章 钢的热处理、表面处理及材料选用</b> ...	295	6.2 工程塑料 .....	442
1 钢的热处理原理 .....	295	6.3 石棉制品 .....	450
1.1 钢的平衡组织 .....	295	<b>第9章 机械制图及零件形状结构表示方法</b> ...	452
1.2 钢在加热时的组织转变 .....	297	1 机械制图 .....	452
1.3 钢在冷却时的组织转变 .....	298	1.1 剖面区域表示法 .....	452
2 钢的热处理工艺方法 .....	299	1.2 图样画法 .....	453
2.1 钢的普通热处理工艺 .....	299	2 零件形状结构表示方法 .....	481
2.2 钢的表面热处理工艺 .....	301	2.1 中心孔在图样上的标示及标注 .....	481
3 钢的热处理的有关技术问题 .....	303	2.2 螺纹、螺纹副及紧固件的画法及标注 .....	482
3.1 钢的热处理缺陷及防止 .....	303	2.3 矩形花键及渐开线花键的画法及标记 .....	485
3.2 热处理工序位置的确定 .....	304	2.4 齿轮、齿条、蜗轮、链轮在视图上的画法 及工作图 .....	487
3.3 热处理零件的结构工艺性 .....	304	2.5 弹簧的画法 .....	489
3.4 热处理技术条件的标注 .....	304	2.6 滚动轴承表示法 .....	491
4 常用零件的选材、热处理工艺、性能及应用 .....	305	2.7 动密封圈表示法 .....	495
4.1 齿轮类零件 .....	305	2.8 焊缝符号、坡口尺寸、焊接方法代号 .....	498
4.2 轴类零件 .....	306	<b>第3篇 螺纹标准、连接标准件和     操作件</b> .....	509
4.3 蜗轮、蜗杆零件 .....	307	<b>第1章 螺纹标准</b> .....	509
4.4 弹簧零件 .....	307		



## X 目 录

1.5 轴的结构设计	805	3.4 平带带轮	962
1.6 轴与轴上零件孔的配合、公差及轴的工作图	812	4 同步带传动	963
1.7 轴的材料、热处理及性能	814	4.1 梯形齿同步带	964
2 轴与轴上零件的键联结	816	4.2 弧齿同步带	971
2.1 键联结的类型、特点和应用	816	4.3 同步带带轮	974
2.2 键的选择	817	4.4 同步带传动的设计计算	982
2.3 键联结的强度计算	817	<b>第4章 链传动及传动件设计</b>	<b>1006</b>
2.4 键联结的尺寸系列、公差配合和表面粗糙度	818	1 短节距滚子链传动	1006
3 轴与轴上零件的花键联结	828	1.1 传动用短节距精密滚子链的基本参数和尺寸	1006
3.1 花键联结的特点及应用	828	1.2 短节距滚子链传动的设计计算	1006
3.2 花键的挤压强度校核	828	1.3 短节距滚子链链轮	1015
3.3 圆柱直齿矩形花键联结	828	2 齿形链传动	1019
3.4 圆柱直齿渐开线花键联结	830	2.1 齿形链的基本尺寸和参数	1019
4 轴与轴上零件的过盈连接	839	2.2 齿形链传动设计计算	1020
4.1 过盈连接的方法、特点和应用	839	2.3 齿形链链轮	1021
4.2 过盈连接的设计与计算	840	3 输送与传动用双节距精密滚子链	1022
4.3 过盈连接的结构设计	848	3.1 双节距滚子链的主要尺寸和抗拉强度	1022
5 轴与轴间的联轴器、离合器及轴的制动装置	853	3.2 双节距滚子链链轮	1024
5.1 联轴器	853	4 实心 和空心销轴输送链	1025
5.2 离合器	877	4.1 输送链的主要尺寸	1025
5.3 制动器	901	4.2 链轮	1025
<b>第2章 螺旋传动及设计</b>	<b>909</b>	5 输送用平顶链和链轮	1029
1 螺旋传动的类型、特点及应用	909	5.1 平顶链的尺寸参数	1029
2 滚动螺旋传动	909	5.2 链轮	1029
2.1 滚动螺旋传动的工作原理及特点	909	6 链传动的布置、张紧及润滑	1031
2.2 滚珠丝杠螺母副的结构形式	910	6.1 链传动的布置	1031
2.3 滚珠丝杠螺母副的参数系列	911	6.2 链条的张紧与安装	1031
2.4 滚珠丝杠螺母副精度	912	6.3 链条、链轮的润滑	1032
2.5 滚珠丝杠副的尺寸系列及性能参数	912	<b>第5章 渐开线圆柱齿轮传动设计</b>	<b>1033</b>
2.6 滚珠丝杠副的选择计算	921	1 渐开线圆柱齿轮传动的类型和特点	1033
2.7 滚珠丝杠的支承及轴端安装形式和尺寸	924	2 渐开线圆柱齿轮的啮合原理	1034
2.8 滚珠螺母安装连接尺寸	928	2.1 渐开线及其特性	1034
2.9 防止逆传动的办法	931	2.2 渐开线齿轮啮合的特点	1034
2.10 滚珠丝杠副结构设计要点	931	2.3 斜齿圆柱齿轮传动的特点	1036
2.11 滚珠丝杠副的润滑及防护	932	3 渐开线圆柱齿轮的基本齿廓和模数系列	1037
<b>第3章 带传动及传动件设计选用</b>	<b>934</b>	3.1 标准基本齿条齿廓	1037
1 带传动的类型、传动形式及适用条件	934	3.2 渐开线圆柱齿轮模数	1037
1.1 带传动的类型、特点及应用	934	4 渐开线圆柱齿轮传动的几何参数计算	1038
1.2 带传动的传动形式及传动特性	936	4.1 标准圆柱齿轮传动的几何参数计算	1038
1.3 各种传动带的适用条件	937	4.2 变位齿轮传动的几何参数计算	1038
1.4 带传动的效率、小带轮的极限转速及带的选型	937	5 渐开线圆柱齿轮传动几何参数的选择	1043
2 V带传动	938	6 渐开线圆柱齿轮的受力计算及主要尺寸的确定	1044
2.1 V带和V带轮的尺寸制	938	6.1 齿轮受力计算	1044
2.2 基准宽度制的V带传动	938	6.2 齿轮传动主要尺寸参数的确定	1044
2.3 有效宽度制窄V带传动的设计计算	947	7 齿轮传动的齿轮强度校核	1049
2.4 联组V带传动的设计计算	950	8 变位齿轮传动和变位系数的选择	1049
2.5 V带轮的结构形状设计	951	8.1 变位齿轮原理	1049
3 平带传动	957	8.2 变位齿轮传动的类型和特点	1049
3.1 普通平带传动	957	8.3 变位系数选择的一般原则	1051
3.2 尼龙片复合平带传动	960	8.4 外啮合齿轮变位系数选择的限制条件	1052
3.3 高速带传动	961	8.5 外啮合齿轮变位系数的选择方法	1053
		8.6 内啮合齿轮变位系数的选择	1055
		9 渐开线圆柱齿轮齿厚的测量计算	1055

9.1 用公法线长度测量齿厚的计算式及查表法	1055	7.2 锥齿轮工作图示例	1138
9.2 用量柱(球)跨距测量齿厚	1063	<b>第7章 蜗杆传动设计</b>	1141
9.3 分度圆弦齿厚的测量	1064	1 蜗杆传动的特点及分类	1141
9.4 固定弦齿厚的测量	1068	1.1 蜗杆传动的特点	1141
10 渐开线圆柱齿轮的精度	1070	1.2 蜗杆传动的类型	1141
10.1 齿轮偏差的定义及代号	1070	1.3 蜗杆传动的传动比及传动效率	1143
10.2 齿轮的精度等级及其选择	1072	2 普通圆柱蜗杆传动	1144
10.3 齿轮的检验项目	1074	2.1 普通圆柱蜗杆传动的分类	1144
10.4 对齿轮坯的精度要求及齿面粗糙度	1088	2.2 普通圆柱蜗杆传动的基本参数及其选择	1145
10.5 齿轮轴间中心距和轴线的平行度要求	1089	2.3 承载能力计算及模数 $m$ 和蜗杆直径系数 $q$ 的确定	1152
10.6 齿轮轮齿的接触斑点	1090	2.4 热平衡计算	1155
10.7 齿轮副的侧隙	1090	2.5 蜗杆传动参数的设计程序	1155
10.8 齿轮精度等级在图样上的标注	1098	2.6 圆柱蜗杆传动的精度	1155
11 齿条精度	1099	3 平面包络环面蜗杆传动	1166
11.1 齿条、齿条副及侧隙的定义和代号	1099	3.1 平面包络环面蜗杆齿面形成原理及特点	1166
11.2 齿条精度等级	1100	3.2 环面蜗杆传动的参数及选择	1167
11.3 齿条与齿条副的公差与检验	1102	3.3 平面包络环面蜗杆传动承载能力计算	1168
11.4 齿条侧隙	1102	3.4 平面包络环面蜗杆传动的几何尺寸计算	1174
11.5 图样标注	1102	3.5 计算示例	1176
12 齿轮材料	1103	3.6 平面包络环面蜗杆传动的精度	1176
13 圆柱齿轮的结构设计及工作图	1105	3.7 平面包络环面蜗杆传动的蜗杆、蜗轮工作图	1178
13.1 结构设计	1105	4 蜗杆、蜗轮的材料及结构	1180
13.2 齿轮零件工作图	1107	4.1 蜗杆、蜗轮材料的选用	1180
<b>第6章 锥齿轮传动设计</b>	1110	4.2 蜗杆、蜗轮的结构	1180
1 锥齿轮传动的特点、类型及结构参数	1110	<b>第8章 导轨、箱体及机座构件设计</b>	1182
1.1 特点	1110	1 导轨	1182
1.2 锥齿轮传动的类型及锥齿轮类型	1110	1.1 滑动导轨	1182
1.3 锥齿轮的节锥面、分锥面及齿面的形成	1112	1.2 塑料涂覆滑动导轨	1197
1.4 锥齿轮的当量圆柱齿轮及参数名称与齿制	1113	1.3 滚动导轨	1200
2 锥齿轮主要参数的选择	1114	1.4 回转滚动导轨	1226
2.1 锥齿轮的齿形制	1114	2 箱体及机座件的结构设计	1227
2.2 锥齿轮的大端分度圆直径	1115	2.1 箱体的形状结构设计	1227
2.3 齿数、模数、齿宽和螺旋角	1116	2.2 机座(床身)及基础构件的设计	1233
2.4 曲线齿螺旋方向的选择	1118	2.3 焊接大基础件	1240
3 直齿锥齿轮传动的几何参数计算	1118	<b>第6篇 液压传动与气压传动</b>	1242
3.1 特点、齿形及模数	1118	<b>第1章 液压传动</b>	1242
3.2 直齿锥齿轮的变位	1118	1 液压传动的原理、组成及优缺点	1242
3.3 直齿锥齿轮主要参数初算	1119	2 液压系统的工作介质	1242
3.4 直齿锥齿轮几何参数计算	1119	2.1 对液压系统工作介质的要求	1242
3.5 直齿锥齿轮的当量齿轮和重合度	1120	2.2 液压油的种类	1242
4 格利森制弧齿锥齿轮几何设计	1121	2.3 L-HL、L-HM 等系列液压油的技术性能	1243
4.1 弧齿锥齿轮的变位	1121	2.4 难燃液压油	1245
4.2 刀盘的名义直径	1122	2.5 液压油的选择	1245
4.3 弧齿锥齿轮的主要参数初算	1122	3 液压泵及液压马达	1245
4.4 弧齿锥齿轮几何参数计算	1122	3.1 类型及工作原理	1245
4.5 弧齿锥齿轮的当量齿轮和重合度	1124	3.2 液压泵及液压马达的选用	1247
5 锥齿轮的精度	1125	3.3 液压泵及液压马达产品	1249
5.1 锥齿轮精度标准	1125	4 液压缸	1258
5.2 锥齿轮精度与公差选择示例	1134	4.1 液压缸的类型	1258
5.3 齿轮的表面粗糙度	1135	4.2 液压缸的标准系列参数	1259
6 锥齿轮的安装、结构及受力分析	1135	4.3 液压缸的工作性能参数计算	1259
6.1 安装形式	1135	4.4 液压缸的结构形状设计	1262
6.2 锥齿轮和轴承受力分析	1136		
7 锥齿轮工作图的标注及工作图示例	1137		
7.1 工作图上标注的内容	1137		

## XII 目 录

4.5 液压缸产品 .....	1277	3 成形橡胶圈密封 .....	1429
5 液压控制阀 .....	1278	3.1 O形橡胶密封圈密封 .....	1431
5.1 液压控制阀的分类 .....	1278	3.2 高低唇Y形橡胶密封圈及蕾形夹织物 橡胶密封圈的密封 .....	1448
5.2 普通液压控制阀的类型、工作原理及特点 .....	1278	3.3 V形夹织物橡胶密封圈的密封 .....	1452
5.3 电液比例控制阀 .....	1292	3.4 L形橡胶密封圈的密封 .....	1455
6 液压辅件 .....	1295	3.5 J形橡胶密封圈的密封 .....	1456
6.1 过滤器 .....	1295	3.6 橡胶防尘密封圈的密封 .....	1457
6.2 蓄能器 .....	1297	3.7 油封密封 .....	1460
6.3 油箱 .....	1298	3.8 真空动密封 .....	1465
6.4 液压油的冷却器及加热器 .....	1300	4 迷宫式液体非接触密封 .....	1472
6.5 管路及管接头 .....	1301	<b>第8篇 机械设计图例</b> .....	1473
7 液压传动系统基本回路 .....	1303	<b>第1章 生产设备中使用的各类机构 设计图例</b> .....	1473
8 液压传动系统设计 .....	1317	1 卧式镗床万能主轴头的回转传动机构 .....	1473
8.1 液压传动系统的类型及调速性能 .....	1317	2 立式圆工作台平面磨床砂轮的行星 运动机构 .....	1474
8.2 液压传动系统的常规设计 .....	1319	3 中型生产型滚齿机的滚齿传动机构 .....	1476
<b>第2章 气压传动</b> .....	1327	4 加工中心的主轴传动系统 .....	1477
1 气动技术简介、气动系统的组成及 基本参数 .....	1327	5 电火花加工机床的工作台进给机构 .....	1479
1.1 气动技术简介 .....	1327	6 加工中心的主轴部件 .....	1481
1.2 气动系统的组成及分类 .....	1327	7 外圆磨床主轴箱 .....	1482
1.3 气动元件的基本参数 .....	1328	8 高精度回转工作台的回转机构 .....	1483
2 气源系统及附件 .....	1329	9 加工中心的工作台分度机构 .....	1484
2.1 气源系统 .....	1329	10 装配用的机械手转动机构 .....	1486
2.2 气动系统附件 .....	1346	11 龙门式加工中心的工作台导轨 .....	1488
3 气动控制阀 .....	1351	12 高精度进给工作台的导轨机构 .....	1489
3.1 压力控制阀 .....	1351	13 多轴加工的多轴头减速箱 .....	1491
3.2 方向控制阀 .....	1355	14 轧机下压机构的蜗杆传动装置 .....	1492
3.3 流量控制阀 .....	1367	15 电火花加工机床的工具电极进给 机构 .....	1493
4 气动执行元件 .....	1368	16 电火花线切割机床的电极丝传动 系统 .....	1495
4.1 气缸 .....	1369	17 超精密车床的溜板及其传动机构 .....	1497
4.2 气马达 .....	1378	18 测量机上的测量台直线移动导轨 .....	1498
5 气动回路及气动系统设计 .....	1381	19 重型内啮合圆柱齿轮磨齿机的计算机 数控分度机构 .....	1500
5.1 气动回路 .....	1381	20 磨削薄壁圆环工件内圆时的回转定位夹紧 机构 .....	1503
5.2 气动系统设计 .....	1385	21 卧式镗床的主轴轴承 .....	1505
<b>第7篇 润滑与密封设计</b> .....	1391	22 滑枕型立式升降台数控铣床的主轴传动 机构 .....	1506
<b>第1章 润滑方法与润滑设计</b> .....	1391	23 用球面空气轴承的主轴 .....	1508
1 润滑方式及机械运动件的润滑设计 .....	1391	24 坐标磨床的砂轮轴 .....	1509
1.1 润滑方式 .....	1391	25 超精密车床的主轴轴承及主轴传动机构 .....	1510
1.2 机械运动件的润滑设计 .....	1391	26 旋转编码器的回转轴结构 .....	1511
2 润滑剂 .....	1394	27 计算机磁盘装置用的转轴 .....	1512
2.1 润滑剂的选用原则 .....	1394	28 大型外圆磨床的工作台进给机构 .....	1513
2.2 常用润滑脂 .....	1394	29 砂轮架的快进和磨削进给机构 .....	1515
2.3 常用润滑油 .....	1399	30 超高真空用的磁力送进机构 .....	1517
3 润滑装置 .....	1404	31 滚齿机的工件回转机构 .....	1518
3.1 人工加油润滑装置及附件 .....	1404	32 万能测长机测量轴的导轨机构 .....	1519
3.2 集中润滑设备 .....	1407	33 滚齿机上的差动齿轮机构 .....	1521
<b>第2章 密封及密封设计</b> .....	1421	34 去毛刺机的自转、公转机构 .....	1522
1 垫片密封 .....	1421		
1.1 常用密封垫片的种类、材料及适用范围 .....	1421		
1.2 常用垫片尺寸及使用参数 .....	1421		
2 胶粘密封 .....	1426		
2.1 液态密封胶密封 .....	1426		
2.2 厌氧胶密封 .....	1426		
2.3 磁流体密封 .....	1429		

35 工业机械手的手腕传动机构 .....	1524	2.5 W 系列螺旋齿平面齿轮减速电动机 .....	1563
36 激光复印机扫描器的高速旋转机构 .....	1525	<b>第 2 章 常用交、直流电动机</b> .....	1565
37 内圆磨床的主轴及弹性夹头机构 .....	1526	1 常用交、直流电动机的特点及选用 .....	1565
38 外圆磨床尾座的锥度校正机构 .....	1529	2 电动机的额定功率及工作制 .....	1568
39 外圆磨床的磨削进给机构 .....	1531	2.1 电动机的额定功率 .....	1568
40 锯断机(圆盘锯)的传动齿轮齿隙消除机构 .....	1531	2.2 电动机的工作制 .....	1568
41 螺纹磨床主轴箱的传动及分度机构 .....	1536	3 电动机允许的起动频率及外壳 防护等级 .....	1569
42 在组合机床上镗偏心孔的精密镗刀头 .....	1537	3.1 电动机允许的起动频率 .....	1569
<b>第 2 章 减速器设计图例</b> .....	1540	3.2 电动机的外壳防护等级 .....	1569
1 圆柱齿轮减速器的特点及图例 .....	1540	4 电动机的结构特点及安装形式 .....	1569
1.1 通用渐开线圆柱齿轮减速器设计的 适用条件 .....	1540	5 三相异步电动机 .....	1571
1.2 减速器的承载能力及技术经济性 .....	1540	5.1 一般用途的单速三相异步电动机 .....	1571
1.3 减速器的设计参数选择 .....	1540	5.2 制动及多速三相异步电动机 .....	1589
1.4 减速器齿轮的几何参数 .....	1541	5.3 起重及冶金用三相异步电动机 .....	1593
1.5 减速器的轴及轴伸尺寸 .....	1541	5.4 YB 系列隔爆型三相异步电动机 .....	1597
1.6 箱体结构及材料 .....	1541	5.5 小功率单速异步电动机 .....	1599
1.7 减速器的润滑、密封及轴的平行度调整 .....	1541	6 Z4 系列直流电动机 .....	1603
2 锥齿轮减速器的特点及图例 .....	1541	<b>第 3 章 变频电动机、伺服电动机</b> .....	1608
2.1 锥齿轮减速器的传动比 .....	1541	1 变频电动机及变频减速电动机的 用途及组成 .....	1608
2.2 锥齿轮的几何计算及承载能力 .....	1546	1.1 变频电动机 .....	1608
2.3 锥齿轮减速器的结构设计 .....	1546	1.2 变频减速电动机 .....	1609
2.4 锥齿轮减速器的轴伸及连接 .....	1546	2 伺服电动机与伺服减速电动机 .....	1609
2.5 图例 .....	1546	2.1 伺服电动机 .....	1609
3 蜗杆减速器的特点及图例 .....	1546	2.2 伺服减速电动机的组成及主要技术参数 .....	1618
3.1 普通蜗杆、平面包络环面蜗杆传动及 传动件的设计 .....	1546	<b>第 4 章 工业自动化常用传感器</b> .....	1620
3.2 蜗杆减速器的传动比及蜗杆位置配置 .....	1546	1 接近传感器(接近开关) .....	1620
3.3 圆弧圆柱蜗杆的设计原理 .....	1546	1.1 电磁感应式接近传感器 .....	1620
3.4 图例 .....	1551	1.2 静电电容式接近传感器 .....	1630
<b>第 9 篇 减速器、电动机及传感器</b> .....	1556	2 光纤型光电传感器 .....	1636
<b>第 1 章 减速器与减速电动机</b> .....	1556	2.1 光纤传感器的检测原理及结构、特点 .....	1636
1 减速器及减速电动机的选用 .....	1556	2.2 光纤传感器产品 .....	1638
1.1 减速器的功能 .....	1556	3 旋转式编码器 .....	1658
1.2 减速电动机的选型参数及选型顺序 .....	1556	4 区域传感器(幕屏式安全防护光栅) .....	1661
2 德国 SEW 传动设备(天津)有限公司 的减速电动机产品 .....	1560	<b>附录</b> .....	1665
2.1 R 系列短轴距圆柱齿轮减速电动机 .....	1560	附录 A 关于金属材料性能名称及代号新、 旧标准的说明 .....	1665
2.2 F 系列平行轴圆柱齿轮减速电动机 .....	1561	附录 B 我国钢号所采用的缩写字母 及其含义 .....	1665
2.3 K 系列圆柱齿轮-锥齿轮减速电动机 .....	1562	<b>参考文献</b> .....	1666
2.4 S 系列圆柱齿轮-蜗杆减速电动机 .....	1563		

# 第1篇 机械设计的步骤及构思

## 第1章 机械设计的内容及设计步骤

### 1 机械设计的内容

机械设计的目的是：按照已经决定的设计规划中设计对象提出的要求，由设计人员构思、设计出整体的机械及电控系统，最后制造出符合要求的实物。设计不是指绘制零件图和装配图的纸面画图的简单工作，它要求设计人员拿出经安装、调试、验收合格后的真实机电整体系统。

现代工业机械都是机-电一体化的产品，不仅包括机械的机构，还包括传动动力源、信息发送、信息处理、控制及显示的一体化设备，机械仅是整个工业设备的一个重要组成部分。

在工业设备组成部分的机械设计工作中，必须对规划所要求的设备功能进行分解，然后进行如下构思：采用哪些机构能实现这些功能？这些机构如何组合、配置成整体结构？设备的各部分、各构件、零件的形状结构、尺寸、公差配合、材料、热处理、强度、刚度如何？零件的装配、拆卸是否可能？零件能否制造？采用何种制造工艺方法才能既达到要求又节省经费？整机如何安装、调试、检测？是否能搬运？上述各个环节中只要有一个环节出现差错，都可能导致整个设计工作的重大修改或彻底失败。

另一方面，设计人员还需深入考虑采用何种动力源，采用什么传动方式，用什么样的传感器？信息如何处理？虽然许多动力源、传感器、信息处理装置不需要设计人员自行设计，但其性能是否适用，技术参数是否符合机械的要求，能否安装连接及如何安装连接，都必须进行认真的考虑和计算。如果选择或计算有错，可能造成整个系统的性能、规格达不到设计要求，甚至可能不能使用，其后果与机械设计失败同样严重，必须重视。例如：选择动力源时，如果用交流异步电动机传动，就要计算出传动机械所需的输入转矩和输入转速，选择合适的减速器和电动机，如果选择同步或异步伺服电动机和减速器作为动力源，除必须计算所需的转矩、转速，还要计算传动机械及减速器的转动惯量及转动惯性矩，以便选择伺服电动机的输出力矩及转速范围；选择减速器时，要考虑传动方向、减速比、与电动机及传动机构的连接方式及安装尺寸等；选择传感器时，要考虑传感器的作用距离、灵敏度（响应时间）、传感器的种类及安装、调整方式等；选择控制方式时，需考虑设备各部分的动作配合要求和程序、信息反馈的环节、显示方式和操作方式等要求。

因此，作为机械设计人员，不仅要熟练掌握机械的原理，机构的功能、结构特点，力学知识，材料的强度、刚度等知识，还应具备电、液、气传动，信息处理和等方面的知识，否则无法与电气专业人员进行沟通、无法设计出优化的现代工业机械。

总之，机械设计包括机械机构与结构的构思、制图、

制造、装配、安装调试以及电传动、控制等一系列的工作内容，确保其中每个内容的正确设计，是设计人员的职责，不能等闲视之。

### 2 机械设计的步骤

机械设计大致可分为以下几个阶段及相应顺序：

- 1) 设计整体规划。
- 2) 设计计划。
- 3) 草案图设计。
- 4) 计划图设计。
- 5) 零件图、装配图设计。
- 6) 制造。
- 7) 设备检测及试运转。
- 8) 设计工作评定及总结。

#### 2.1 设计整体规划

所谓“设计整体规划”，就是确定为什么要设计此机械设备、设计什么样的机械设备的过程。设计整体规划的内容包括：

(1) **设计的必要性论证** 进行产品的市场调查、分析（对于企业或公司内部技术改造的设备，需进行设备的作用和效益论证），论证产品与企业或公司的长远规划是否一致，市场上同类产品与所要设计的产品在技术水平方面相比是否高出一筹，制造和销售是否存在问题，价格是否有竞争力等，以此确定该设计的必要性。

(2) **设计内容** 确定所要设计的机械产品大致规格、技术性能指标、达到的技术水平。

(3) **开发费用** 包括试制、试验直接费用，人力成本等间接费用，制造时的设备投资费（包括机械加工、工具、夹具等生产设备费）。

(4) **实施的可能性** 包括：资金投入是否可能；设计、制造的技术力量是否具备；减少设计制造成本的方法等。

(5) **时间要求** 从设计到制造出合格产品的期限。

(6) **人员安排** 设计、制造、外购人员的人力组织。

设计规划是产品开始设计的大前提，必须在认真调查、充分论证其可行性之后才能确定下来，并应写出“设计规划书”。

设计整体规划一旦确定下来，设计工作便可开始，设计人员对所设计的机械产品便需予以负责。设计的产品成败，产品是否优秀、是否适应社会需求，直接影响企业的效益。

#### 2.2 设计计划

设计整体规划完成之后，便进入设计计划阶段。设计计划阶段的内容包括：

## 2 第1篇 机械设计的步骤及构思

(1) **确定基本技术规格** 以设计规划阶段确定的大致产品规格为基础,制订出具体的产品基本技术规格,包括:机械的功能、技术参数指标、尺寸规格及其他要求的规格,并写出明确的“基本技术规格书”。

在制定技术规格时,应进行技术调研工作,反复推敲,既要考虑需要,也要考虑技术上实现的可能性,不能搞虚指标,以至于最后根本实现不了。

(2) **日程安排** 产品设计的最终日期是产品制造完毕并经试运转后验收合格的日期。要以此日期倒计时安排各具体设计阶段的日程分配,并写出确定的“工作日程进度表”。日程表的大致形式见表 1.1-1。

表 1.1-1 设计工作日程进度表

日程 阶段内容	第1个月			第2个月			第3个月			第4个月		
	10 日	20 日	30 日	10 日	20 日	30 日	10 日	20 日	30 日	10 日	20 日	30 日
设计计划	—											
草案图	—											
计划图		—										
零件图				—								
装配图					—							
加工、外购							—					
装配										—		
检测、试运转											—	
评定、总结												—

确定日程安排时,应考虑工作进程中可能出现的各种不可预测因素或突发事件的影响,预留充足的时间余量。各设计阶段的目标期限,应事先确定不超过日程安排期限的2/3,例如:草案图设计日程安排为30天,实际完成的目标日期应定为20天,留出10天余量。这样做可以避免设计工作出现的被动局面。

(3) **分配设计任务** 分配设计任务时,要考虑设计者承担的工作量及技术难易程度,特别是设计者的技术能力水平及素质等个人状况,充分发挥每个成员的主观能动性,确保每个成员所承担的任务能按时或提前完成。

(4) **费用预算** 要具体考虑的内容包括:产品试制、试验的直接费用;人工费及其他间接费;机械加工设备、工具、夹具等的投资费;外购件及外协人员费。总费用应为上述各费用总和,而且还应有余量,并考虑超过预算时如何解决。

设计计划阶段的内容如图 1.1-1 所示。

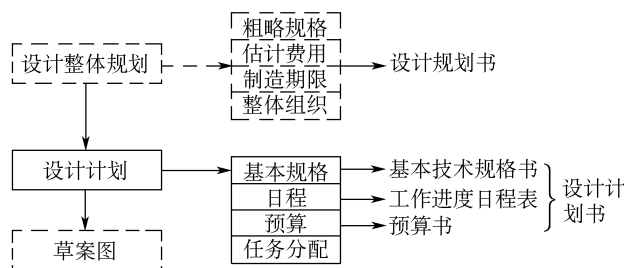


图 1.1-1 设计阶段内容

### 2.3 草案图设计

设计计划阶段确定了机械的基本技术规格之后,进入草案图阶段就应构思出如何满足技术规格的机械,在构思中逐步将要设计的机械具体化,将构思变成具体的草案图。

构思草案图的过程就是设计人员的想法、思路不断更新、修改,逐渐使草案图完善并满足技术规格要求的过程。草案图绘制阶段的工作流程如图 1.1-2 所示。

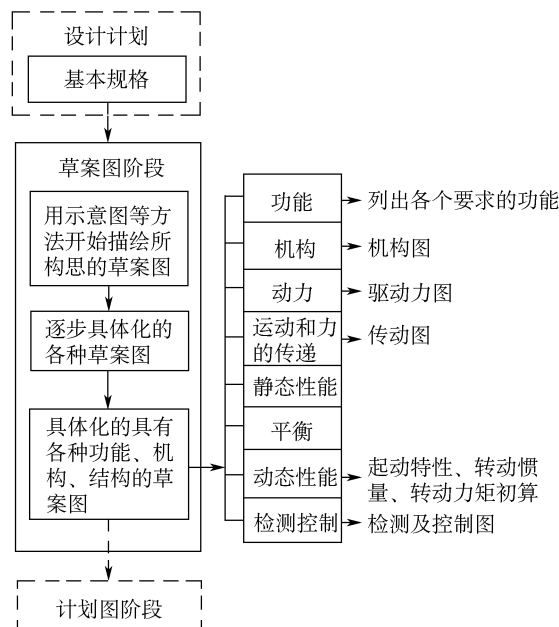


图 1.1-2 草案图阶段的工作流程

由图 1.1-2 可知,草案图是从构思选择能满足功能的机构及结构开始,同时考虑动力、运动及力的传递,静、动态力等约束限制条件,据此将机构和结构具体化,并将构思不断完善的过程,主要着眼点放在机构和结构的选择配置上,只确定草案图上主要零件的尺寸及相互主要关联尺寸,对静、动态力等进行概算,为下一步计划图的设计打基础。草案图阶段需反复构思和确定的内容如图 1.1-3 所示。

由于草案图是计划图设计的基础,因此草案图的基本尺寸,静、动态力等计算及基本结构关系不能出现差错,否则从计划图到零件图、装配图都可能是错的,因此草案图阶段必须反复构思并确定以下各项内容:

(1) **机械的功能** 许多机构的功能是单一的,要寻求满足技术规格的功能往往要将总的功能分解成单一机构能满足的分功能,即分解为多个单一功能的组合(参看第2篇第1章)。

(2) **机构** 构思满足功能的机构及机构的组合结构时,要构思多个方案,从中选出合理、最优方案并将此结构具体化,绘制出草案图(参看第2篇第1章)。

(3) **传动方式** 传动方式有回转轴、连杆传动和气动液压传动、弹性力等多种,要从功能要求、结构安排等进行比较,还要考虑传动的导向(导轨)(参看第5篇及第6篇相关章节)。

(4) **传动的驱动力** 有电动、气动、液压等旋转及直线驱动力源,需从功能要求、驱动力源的特点、结构等进行综合构思和选择(参看第6篇及第9篇各章)。



图 1.1-3 草案图阶段需构思和确定的内容

(5) **静强度** 要特别重视受力大、结构尺寸小等薄弱部位的零件的强度及刚度。必要时应通过计算机辅助设计(见本篇第3章)系统进行强度分析。

(6) **动态特性** 一些转速很高或质量分布不均衡的零件,由于旋转的惯性力矩很大,很容易引起振动并产生比静态力大得多的动态力。电动机起动时从静止状态突然加速,由于加速度很大,往往造成很大的冲击电流及机械的冲击振动。因为起动产生的冲击电流及动态惯性力矩是选择电动机冲击电流和选择伺服电动机功率的依据,所以其动态力的大小必须计算确定。另外,零件高速运转时产生的振动,其振动频率如果与设备的固有频率相同,便会产生破坏性的共振,此时需考虑降低振动频率或采取防振措施。

(7) **平衡及美观** 通过分析机械构件的作用力及反作用力(绘出简单的受力图),可以观察机械各部分的受力情况,受力是否平衡,受力最大的部位在哪儿。如果受力平衡,则力的作用线是封闭的,如图 1.1-4a 所示。图 1.1-4a 中,两条力的作用线的距离  $h$  越大,则作用力矩也越大。如果接合面用螺栓拧紧连接,则接合面上力的作用情况如

下:由于力矩的作用,螺栓受拉力伸长,同时螺栓拧紧使接合面产生静摩擦力,该摩擦力会与接合面处的切应力(力矩引起)抵消。图 1.1-4b 中,机械结构的部位不同,受力作用时力的性质也不同,有拉力、压力和剪切力。

由图 1.1-4 可以看出,处于与力作用距离不同的部位,受力的大小不同。这样,机械结构在受力大的部位的尺寸必须增大,受力小的部位的尺寸可以减小。在绘制草案图时,便能根据直观判断,对受力不同部位的结构尺寸给予考虑。对受力大的结构部分,在草案图阶段就应进行初步的强度或刚度计算。一些强度足够的受力轴,由于跨距大,可能受弯变形量大,影响轴上零件的传动精度,此时应验算其弯曲变形量(即刚度大小)。一般来说,外观平衡匀称的机械,受力作用时不会产生特殊的薄弱环节。

(8) **检测及控制** 从草案图阶段开始,就必须根据功能要求考虑运动及动作的检测传感环节,考虑如何根据检测的传感信号进行处理及运动、动作的控制。控制是现代机械在满足功能要求时实现自动化和精准度的重要环节。