

# 机械设计 实用手册

机械设计实用手册编委会



TH122-62/27

2008

# 机械设计实用手册

机械设计实用手册编委会

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, 专门选择了部分实际生产设备中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。

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. —北京: 机械工业出版社, 2008. 4

ISBN 978 - 7 - 111 - 22266 - 8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 136243 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: 赵晓峰 白刚 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 刘志文 封面设计: 姚毅 责任印制: 李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

210mm × 297mm · 98.5 印张 · 3 插页 · 4502 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 22266 - 8

定价: 210.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379782

封面无防伪标均为盗版

## 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

赵晓峰 白 刚 吴 松 王自华

杨畅琴 赵志强

# 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。

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。

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、王柳享、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。

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

前言	
<b>第 1 篇 机械设计的步骤及构思</b> .....	1
<b>第 1 章 机械设计的内容及设计步骤</b> .....	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
<b>第 2 章 机械设计的构思</b> .....	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
<b>第 3 章 计算机辅助设计(CAD)概要</b> .....	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
<b>第 2 篇 机械设计的基础</b> .....	12
<b>第 1 章 机械的功能及实现功能的机构和结构</b> .....	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
<b>第 2 章 零件的形状设计</b> .....	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
<b>第 3 章 作用于机械上的力及零件的强度和刚度设计</b> .....	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
<b>第 4 章 尺寸、尺寸极限与配合、形状和位置公差及表面粗糙度</b> .....	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 小尺寸的孔、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 形状和位置公差 .....	163
3.1 形状和位置公差的定义和标注方法 .....	163
3.2 形状和位置公差的数值及选用 .....	168
4 表面粗糙度 .....	176
4.1 表面粗糙度的数值系列 .....	176
4.2 表面粗糙度数值的选用 .....	177
<b>第 5 章 零件加工工艺、检测及装配</b> .....	186
1 加工工艺 .....	186

1.1 机械零件通用切削加工 .....	186	5.2 表面薄膜技术 .....	301
1.2 圆柱齿轮和蜗杆副的加工 .....	216	5.3 表面涂覆技术 .....	301
1.3 锥齿轮加工 .....	222	<b>第8章 机械工程材料选用</b> .....	<b>303</b>
1.4 花键加工 .....	225	1 铸铁 .....	303
1.5 螺纹加工 .....	226	1.1 灰铸铁 .....	303
1.6 电加工 .....	228	1.2 球墨铸铁 .....	304
<b>2 零件检测</b> .....	<b>232</b>	1.3 可锻铸铁 .....	307
2.1 长度测量 .....	232	1.4 抗磨铸铁 .....	310
2.2 角度测量 .....	238	1.5 耐热铸铁 .....	312
2.3 形状和位置误差测量 .....	240	<b>2 钢材</b> .....	<b>314</b>
2.4 表面粗糙度的测量 .....	244	2.1 钢铁产品的牌号表示方法 .....	314
2.5 螺纹的测量 .....	244	2.2 钢材的主要性能 .....	315
2.6 圆柱齿轮的测量 .....	247	2.3 钢材的选择 .....	317
2.7 蜗杆、蜗轮的测量 .....	248	2.4 机械制造常用钢材的牌号、性能及选用 .....	318
<b>3 机械装配</b> .....	<b>248</b>	2.5 模具钢的牌号、性能及用途 .....	336
3.1 机械装配的内容 .....	248	2.6 特殊性能钢 .....	344
3.2 机械装配中的尺寸调整 .....	249	<b>3 钢型材</b> .....	<b>352</b>
3.3 装配方法举例 .....	249	3.1 型钢 .....	352
<b>第6章 机械加工刀具、零件设计相关的</b>		3.2 钢管 .....	375
<b>工艺基准</b> .....	<b>252</b>	3.3 钢板和钢带 .....	381
1 刀具 .....	252	<b>4 有色金属材料</b> .....	<b>383</b>
1.1 刀具对零件形状设计的影响 .....	252	4.1 铜及铜合金 .....	383
1.2 车刀、刨刀及插刀 .....	253	4.2 铝及铝合金 .....	388
1.3 孔加工刀具 .....	255	<b>5 粉末冶金材料</b> .....	<b>398</b>
1.4 铣刀及拉刀 .....	265	5.1 粉末冶金减摩材料 .....	398
1.5 齿轮、蜗轮、花键及链轮的加工刀具 .....	269	5.2 粉末冶金摩擦材料 .....	399
1.6 螺纹刀具 .....	273	<b>6 非金属材料</b> .....	<b>400</b>
1.7 数控机床用的刀具系统 .....	277	6.1 橡胶 .....	400
2 零件设计的工艺基准 .....	277	6.2 工程塑料 .....	407
<b>第7章 钢的热处理、表面处理及材料选用</b> ..	<b>285</b>	6.3 石棉制品 .....	415
1 钢的热处理原理 .....	285	<b>第9章 机械制图及零件形状结构表示方法</b> ..	<b>417</b>
1.1 钢的平衡组织 .....	285	1 机械制图 .....	417
1.2 钢在加热时的组织转变 .....	287	1.1 剖面区域表示法 .....	417
1.3 钢在冷却时的组织转变 .....	288	1.2 图样画法 .....	418
<b>2 钢的热处理工艺方法</b> .....	<b>289</b>	<b>2 零件形状结构表示方法</b> .....	<b>446</b>
2.1 钢的普通热处理工艺 .....	289	2.1 中心孔在图样上的标示及标注 .....	446
2.2 钢的表面热处理工艺 .....	291	2.2 螺纹、螺纹副及紧固件的画法及标注 .....	447
<b>3 钢的热处理的有关技术问题</b> .....	<b>293</b>	2.3 矩形花键及渐开线花键的画法及标记 .....	450
3.1 钢的热处理缺陷及防止 .....	293	2.4 齿轮、齿条、蜗轮、链轮在视图上的画法	
3.2 热处理工序位置的确定 .....	294	及工作图 .....	452
3.3 热处理零件的结构工艺性 .....	294	2.5 弹簧的画法 .....	454
3.4 热处理技术条件的标注 .....	294	2.6 滚动轴承表示法 .....	456
<b>4 常用零件的选材、热处理工艺、性能</b>		2.7 动密封圈表示法 .....	460
<b>及应用</b> .....	<b>295</b>	2.8 焊缝符号、坡口尺寸、焊接方法代号 .....	463
4.1 齿轮类零件 .....	295	<b>第3篇 螺纹标准、连接标准件和</b>	
4.2 轴类零件 .....	296	<b>操作件</b> .....	<b>470</b>
4.3 蜗轮、蜗杆零件 .....	297	<b>第1章 螺纹标准</b> .....	<b>470</b>
4.4 弹簧零件 .....	297	1 紧固螺纹 .....	470
4.5 机床丝杠零件 .....	298	1.1 普通螺纹 .....	470
4.6 汽车、拖拉机配件 .....	299	1.2 英制螺纹 .....	474
4.7 矿山机械及其他零件 .....	299	1.3 管螺纹 .....	480
<b>5 钢的表面处理</b> .....	<b>300</b>	<b>2 传动螺纹</b> .....	<b>486</b>
5.1 表面改性技术 .....	300		



2.1 梯形螺纹 .....	486	1 滚动轴承的类型、特性及功能 .....	629
2.2 锯齿形螺纹 .....	495	2 滚动轴承选用顺序及内容 .....	635
<b>第2章 螺纹连接、销连接及其标准件</b> .....	<b>504</b>	2.1 选择轴承类型及配置方案 .....	636
1 螺纹连接 .....	504	2.2 确定轴承的配置方案及轴向限位结构 .....	636
1.1 螺纹连接的方式及防松方法 .....	504	2.3 根据额定动载荷选择轴承的尺寸 .....	640
1.2 螺纹连接的预紧及预紧螺栓组的受力和强度计算 .....	506	2.4 根据额定静载荷选择或校核轴承尺寸 .....	646
1.3 零件图及装配图设计时, 螺栓、螺钉与螺孔的工艺参数 .....	513	2.5 检查轴承的极限转速 .....	647
2 螺纹连接标准件 .....	515	3 滚动轴承游隙的选择 .....	648
2.1 螺栓及螺柱 .....	515	4 滚动轴承公差等级的选择 .....	649
2.2 螺钉 .....	534	5 滚动轴承公差与配合的选择 .....	651
2.3 螺母 .....	545	5.1 滚动轴承的配合特点 .....	651
2.4 垫圈及挡圈 .....	560	5.2 轴承与轴和轴承座孔配合的常用公差带 .....	652
3 销连接 .....	578	5.3 轴承配合选择的基本原则 .....	652
3.1 销的功能及选用 .....	578	5.4 用空心轴、铸铁和轻金属轴承座时轴承配合的选择 .....	654
3.2 销标准件 .....	579	5.5 机床主轴轴承配合的选择 .....	654
<b>第3章 操作件</b> .....	<b>588</b>	6 滚动轴承配合件表面的形位公差及表面粗糙度 .....	654
1 操作件的选用 .....	588	7 滚动轴承的预紧及轴向固定 .....	656
2 操作件的类型及规格 .....	588	7.1 滚动轴承的预紧 .....	656
2.1 手柄 .....	588	7.2 滚动轴承的轴向定位和紧固 .....	657
2.2 手轮及把手 .....	593	8 滚动轴承的润滑及密封 .....	658
<b>第4篇 弹簧及滚动轴承</b> .....	<b>599</b>	8.1 滚动轴承的润滑 .....	658
<b>第1章 弹簧</b> .....	<b>599</b>	8.2 滚动轴承的密封 .....	663
1 弹簧的功能及类型 .....	599	9 滚动轴承的尺寸规格及性能参数 .....	665
2 圆柱螺旋弹簧 .....	599	9.1 深沟球轴承 .....	665
2.1 圆柱螺旋弹簧的种类及特性 .....	599	9.2 调心球轴承 .....	683
2.2 圆柱螺旋弹簧的标准尺寸参数及端部结构 .....	599	9.3 角接触球轴承 .....	691
2.3 标准圆柱螺旋压缩弹簧的图样及尺寸参数 .....	601	9.4 圆柱滚子轴承 .....	702
2.4 圆柱螺旋拉伸弹簧 .....	610	9.5 调心滚子轴承 .....	712
2.5 圆柱螺旋扭转弹簧 .....	614	9.6 圆锥滚子轴承 .....	723
3 碟形弹簧 .....	616	9.7 滚针轴承 .....	732
3.1 碟簧的类型及结构尺寸参数 .....	616	9.8 推力球轴承 .....	740
3.2 碟簧的特点 .....	617	9.9 推力滚子轴承 .....	744
3.3 碟簧的载荷-变形特性 .....	617	10 滚动轴承零件及附件 .....	747
3.4 单片碟簧的载荷、应力、刚度和变形能的计算 .....	618	10.1 滚动轴承零件 .....	747
3.5 组合碟簧 .....	619	10.2 滚动轴承附件 .....	749
3.6 碟簧的强度和许用应力 .....	620	<b>第5篇 传动及传动件设计</b> .....	<b>753</b>
3.7 碟簧的材料及技术要求 .....	621	<b>第1章 轴的设计及轴的连接</b> .....	<b>753</b>
3.8 常用、非常用标准碟簧及选用 .....	622	1 轴的设计 .....	753
3.9 碟簧的设计 .....	625	1.1 轴的功能及设计步骤 .....	753
4 开槽碟形弹簧 .....	625	1.2 轴的直径估算 .....	754
4.1 开槽碟形弹簧的结构尺寸及特性 .....	625	1.3 轴的受力分析 .....	754
4.2 开槽碟形弹簧的结构尺寸选择 .....	625	1.4 轴的刚度校核 .....	759
4.3 开槽碟形弹簧的计算式 .....	626	1.5 轴的结构设计 .....	761
5 片弹簧 .....	627	1.6 轴与轴上零件孔的配合、公差及轴的工作图 .....	768
5.1 片弹簧的结构、特点及应用 .....	627	1.7 轴的材料、热处理及性能 .....	770
5.2 直片弹簧的变形及应力 .....	627	2 轴与轴上零件的键联结 .....	772
5.3 弯片弹簧的变形和应力计算 .....	627	2.1 键联结的类型、特点和应用 .....	772
5.4 片弹簧的常用材料及许用应力 .....	628	2.2 键的选择 .....	773
<b>第2章 滚动轴承选用</b> .....	<b>629</b>	2.3 键联结的强度计算 .....	773

2.4 键联结的尺寸系列、公差配合和表面粗糙度 .....	774	<b>第4章 链传动及传动件设计</b> .....	962
<b>3 轴与轴上零件的花键联结</b> .....	784	1 滚子链传动 .....	962
3.1 花键联结的特点及应用 .....	784	1.1 传动用短节距精密滚子链的基本参数和尺寸 .....	962
3.2 花键的挤压强度校核 .....	784	1.2 滚子链传动的设计计算 .....	962
3.3 圆柱直齿矩形花键联结 .....	784	1.3 滚子链链轮 .....	969
3.4 圆柱直齿渐开线花键联结 .....	786	<b>2 齿形链传动</b> .....	973
<b>4 轴与轴上零件的过盈连接</b> .....	795	2.1 齿形链的基本尺寸和参数 .....	973
4.1 过盈连接的方法、特点和应用 .....	795	2.2 齿形链传动设计计算 .....	974
4.2 过盈连接的设计与计算 .....	796	2.3 齿形链链轮 .....	975
4.3 过盈连接的结构设计 .....	804	<b>3 链传动的布置、张紧及润滑</b> .....	976
<b>5 轴与轴间的联轴器、离合器及轴的制动装置</b> .....	809	3.1 链传动的布置 .....	976
5.1 联轴器 .....	809	3.2 链条的张紧与安装 .....	977
5.2 离合器 .....	833	3.3 链条、链轮的润滑 .....	978
5.3 制动器 .....	857	<b>第5章 渐开线圆柱齿轮传动设计</b> .....	979
<b>第2章 螺旋传动及设计</b> .....	865	1 渐开线圆柱齿轮传动的类型和特点 .....	979
1 螺旋传动的类型、特点及应用 .....	865	2 渐开线圆柱齿轮的啮合原理 .....	980
2 滚动螺旋传动 .....	865	2.1 渐开线及其特性 .....	980
2.1 滚动螺旋传动的工作原理及特点 .....	865	2.2 渐开线齿轮啮合的特点 .....	980
2.2 滚珠丝杠螺母副的结构形式 .....	866	2.3 斜齿圆柱齿轮传动的特点 .....	982
2.3 滚珠丝杠螺母副的参数系列 .....	867	<b>3 渐开线圆柱齿轮的基本齿廓和模数系列</b> .....	983
2.4 滚珠丝杠螺母副精度 .....	868	3.1 标准基本齿条齿廓 .....	983
2.5 滚珠丝杠副的尺寸系列及性能参数 .....	868	3.2 渐开线圆柱齿轮模数 .....	983
2.6 滚珠丝杠副的选择计算 .....	877	<b>4 渐开线圆柱齿轮传动的几何参数计算</b> .....	984
2.7 滚珠丝杠的支承及轴端安装形式和尺寸 .....	880	4.1 标准圆柱齿轮传动的几何参数计算 .....	984
2.8 滚珠螺母安装连接尺寸 .....	884	4.2 变位齿轮传动的几何参数计算 .....	984
2.9 防止逆传动的方法 .....	887	<b>5 渐开线圆柱齿轮传动几何参数的选择</b> .....	989
2.10 滚珠丝杠副结构设计要点 .....	887	<b>6 渐开线圆柱齿轮的受力计算及主要尺寸的确定</b> .....	990
2.11 滚珠丝杠副的润滑及防护 .....	888	6.1 齿轮受力计算 .....	990
<b>第3章 带传动及传动件设计选用</b> .....	890	6.2 齿轮传动主要尺寸参数的确定 .....	990
1 带传动的类型、传动形式及适用条件 .....	890	<b>7 齿轮传动的齿轮强度校核</b> .....	995
1.1 带传动的类型、特点及应用 .....	890	<b>8 变位齿轮传动和变位系数的选择</b> .....	995
1.2 带传动的传动形式及传动特性 .....	892	8.1 变位齿轮原理 .....	995
1.3 各种传动带的适用条件 .....	893	8.2 变位齿轮传动的类型和特点 .....	995
1.4 带传动的效率、小带轮的极限转速及带的选型 .....	893	8.3 变位系数选择的一般原则 .....	997
<b>2 V带传动</b> .....	894	8.4 外啮合齿轮变位系数选择的限制条件 .....	998
2.1 V带和V带轮的尺寸制 .....	894	8.5 外啮合齿轮变位系数的选择方法 .....	999
2.2 普通V带和窄V带的尺寸规格 .....	894	8.6 内啮合齿轮变位系数的选择 .....	1001
2.3 V带传动的设计计算 .....	895	<b>9 渐开线圆柱齿轮齿厚的测量计算</b> .....	1001
2.4 窄V带(有效宽度制)传动的设计计算 .....	903	9.1 用公法线长度测量齿厚的计算式及查表法 .....	1001
2.5 联组V带传动的设计计算 .....	906	9.2 用量柱(球)跨距测量齿厚 .....	1009
2.6 V带轮的结构形状设计 .....	907	9.3 分度圆弦齿厚的测量 .....	1010
<b>3 平带传动</b> .....	913	9.4 固定弦齿厚的测量 .....	1014
3.1 普通平带传动 .....	913	<b>10 渐开线圆柱齿轮的精度</b> .....	1016
3.2 尼龙片复合平带传动 .....	916	10.1 齿轮偏差的定义及代号 .....	1016
3.3 高速带传动 .....	917	10.2 齿轮的精度等级及其选择 .....	1018
3.4 平带带轮 .....	918	10.3 齿轮的检验项目 .....	1020
<b>4 同步带传动</b> .....	919	10.4 对齿轮坯的精度要求及齿面粗糙度 .....	1034
4.1 梯形齿同步带 .....	920	10.5 齿轮轴间中心距和轴线的平行度要求 .....	1035
4.2 弧齿同步带 .....	927	10.6 齿轮轮齿的接触斑点 .....	1036
4.3 同步带带轮 .....	930	10.7 齿轮副的侧隙 .....	1036
4.4 同步带传动的设计计算 .....	938	10.8 齿轮精度等级在图样上的标注 .....	1044

11 齿条精度 .....	1045	2.4 热平衡计算 .....	1101
11.1 齿条、齿条副及侧隙的定义和代号 .....	1045	2.5 蜗杆传动参数的设计程序 .....	1101
11.2 齿条精度等级 .....	1046	2.6 圆柱蜗杆传动的精度 .....	1101
11.3 齿条与齿条副的公差与检验 .....	1048	3 平面包络环面蜗杆传动 .....	1112
11.4 齿条侧隙 .....	1048	3.1 平面包络环面蜗杆齿面形成原理及特点 .....	1112
11.5 图样标注 .....	1048	3.2 环面蜗杆传动的参数及选择 .....	1113
12 齿轮材料 .....	1049	3.3 平面包络环面蜗杆传动承载能力计算 .....	1114
13 圆柱齿轮的结构设计及工作图 .....	1051	3.4 平面包络环面蜗杆传动的几何尺寸计算 .....	1120
13.1 结构设计 .....	1051	3.5 计算示例 .....	1122
13.2 齿轮零件工作图 .....	1053	3.6 平面包络环面蜗杆传动的精度 .....	1122
<b>第6章 锥齿轮传动设计</b> .....	1056	3.7 平面包络环面蜗杆传动的蜗杆、蜗轮 工作图 .....	1124
1 锥齿轮传动的特点、类型及结构参数 .....	1056	4 蜗杆、蜗轮的材料及结构 .....	1126
1.1 特点 .....	1056	4.1 蜗杆、蜗轮材料的选用 .....	1126
1.2 锥齿轮传动的类型及锥齿轮类型 .....	1056	4.2 蜗杆、蜗轮的结构 .....	1126
1.3 锥齿轮的节锥面、分锥面及齿面的形成 .....	1058	<b>第8章 导轨、箱体及机座构件设计</b> .....	1128
1.4 锥齿轮的当量圆柱齿轮及参数名称与齿制 .....	1059	1 导轨 .....	1128
2 锥齿轮主要参数的选择 .....	1060	1.1 滑动导轨 .....	1128
2.1 锥齿轮的齿形制 .....	1060	1.2 塑料涂覆滑动导轨 .....	1143
2.2 锥齿轮的大端分度圆直径 .....	1061	1.3 滚动导轨 .....	1146
2.3 齿数、模数、齿宽和螺旋角 .....	1062	1.4 回转滚动导轨 .....	1172
2.4 曲线齿螺旋方向的选择 .....	1064	2 箱体及机座件的结构设计 .....	1173
3 直齿锥齿轮传动的几何参数计算 .....	1064	2.1 箱体的形状结构设计 .....	1173
3.1 特点、齿形及模数 .....	1064	2.2 机座(床身)及基础构件的设计 .....	1179
3.2 直齿锥齿轮的变位 .....	1064	2.3 焊接大基础件 .....	1186
3.3 直齿锥齿轮的当量齿轮和重合度 .....	1065	<b>第6篇 液压传动与气压传动</b> .....	1188
3.4 直齿锥齿轮主要参数初算 .....	1065	<b>第1章 液压传动</b> .....	1188
3.5 直齿锥齿轮几何参数计算 .....	1065	1 液压传动的原理、组成及优缺点 .....	1188
4 格里森制弧齿锥齿轮几何设计 .....	1067	2 液压系统的工作介质 .....	1188
4.1 弧齿锥齿轮的变位 .....	1067	2.1 对液压系统工作介质的要求 .....	1188
4.2 刀盘的名义直径 .....	1068	2.2 液压油的种类 .....	1188
4.3 弧齿锥齿轮的主要参数初算 .....	1068	2.3 L-HL、L-HM 等系列液压油的技术性能 .....	1189
4.4 弧齿锥齿轮几何参数计算 .....	1068	2.4 难燃液压油 .....	1191
4.5 弧齿锥齿轮的当量齿轮和重合度 .....	1070	2.5 液压油的选择 .....	1191
5 锥齿轮的精度 .....	1071	3 液压泵及液压马达 .....	1191
5.1 锥齿轮精度标准 .....	1071	3.1 类型及工作原理 .....	1191
5.2 锥齿轮精度与公差选择示例 .....	1080	3.2 液压泵及液压马达的选用 .....	1193
5.3 齿轮的表面粗糙度 .....	1081	3.3 液压泵及液压马达产品 .....	1195
6 锥齿轮的安装、结构及受力分析 .....	1081	4 液压缸 .....	1204
6.1 安装形式 .....	1081	4.1 液压缸的类型 .....	1204
6.2 锥齿轮和轴承受力分析 .....	1082	4.2 液压缸的标准系列参数 .....	1205
7 锥齿轮工作图的标注及工作图示例 .....	1083	4.3 液压缸的工作性能参数计算 .....	1205
7.1 工作图上标注的内容 .....	1083	4.4 液压缸的结构形状设计 .....	1208
7.2 锥齿轮工作图示例 .....	1084	4.5 液压缸产品 .....	1223
<b>第7章 蜗杆传动设计</b> .....	1087	5 液压控制阀 .....	1224
1 蜗杆传动的特点及分类 .....	1087	5.1 液压控制阀的分类 .....	1224
1.1 蜗杆传动的特点 .....	1087	5.2 普通液压控制阀的类型、工作原理及特点 .....	1224
1.2 蜗杆传动的类型 .....	1087	5.3 电液比例控制阀 .....	1238
1.3 蜗杆传动的传动比及传动效率 .....	1089	6 液压辅件 .....	1241
2 普通圆柱蜗杆传动 .....	1090	6.1 过滤器 .....	1241
2.1 普通圆柱蜗杆传动的分类 .....	1090	6.2 蓄能器 .....	1243
2.2 普通圆柱蜗杆传动的基本参数及其选择 .....	1091	6.3 油箱 .....	1244
2.3 承载能力计算及模数 $m$ 和蜗杆直径 系数 $q$ 的确定 .....	1098	6.4 液压油的冷却器及加热器 .....	1246

6.5 管路及管接头 .....	1247	3.6 橡胶防尘密封圈的密封 .....	1403
7 液压传动系统基本回路 .....	1249	3.7 油封密封 .....	1406
8 液压传动系统设计 .....	1263	3.8 真空动密封 .....	1411
8.1 液压传动系统的类型及调速性能 .....	1263	4 迷宫式液体非接触密封 .....	1418
8.2 液压传动系统的常规设计 .....	1265	<b>第8篇 机械设计图例</b> .....	1419
<b>第2章 气压传动</b> .....	1273	<b>第1章 生产设备中使用的各类机构</b>	
1 气动技术简介、气动系统的组成及		设计图例 .....	1419
基本参数 .....	1273	1 卧式镗床万能主轴头的回转传动机构 ..	1419
1.1 气动技术简介 .....	1273	1.1 万能主轴头的设计及加工要点说明 .....	1419
1.2 气动系统的组成及分类 .....	1273	1.2 主轴部件的设计及加工要点说明 .....	1420
1.3 气动元件的基本参数 .....	1274	1.3 其他部件的设计及加工要点说明 .....	1420
2 气源系统及附件 .....	1275	2 立轴式圆工作台平面磨床砂轮的行星	
2.1 气源系统 .....	1275	运动机构 .....	1420
2.2 气动系统附件 .....	1292	2.1 机构的设计及加工要点说明 .....	1420
3 气动控制阀 .....	1297	2.2 公转滚筒及其他部件的设计及加工	
3.1 压力控制阀 .....	1297	要点说明 .....	1421
3.2 方向控制阀 .....	1301	3 中型生产型滚齿机的滚齿传动机构 .....	1422
3.3 流量控制阀 .....	1313	3.1 机构的设计及加工要点说明 .....	1422
4 气动执行元件 .....	1314	3.2 其他部件的设计及加工要点说明 .....	1423
4.1 气缸 .....	1315	4 加工中心的主轴传动系统 .....	1423
4.2 气马达 .....	1324	4.1 系统的设计及加工要点说明 .....	1423
5 气动回路及气动系统设计 .....	1327	4.2 其他部件的设计及加工要点说明 .....	1425
5.1 气动回路 .....	1327	5 电火花加工机床的工作台进给机构 .....	1425
5.2 气动系统设计 .....	1331	5.1 机构的设计及加工要点说明 .....	1425
<b>第7篇 润滑与密封设计</b> .....	1337	5.2 加工注意点 .....	1427
<b>第1章 润滑方法与润滑设计</b> .....	1337	6 加工中心的主轴部件 .....	1427
1 润滑方式及机械运动件的润滑设计 .....	1337	6.1 主轴部件的设计及加工要点说明 .....	1427
1.1 润滑方式 .....	1337	6.2 主轴的设计及加工要点说明 .....	1427
1.2 机械运动件的润滑设计 .....	1337	7 外圆磨床主轴箱 .....	1428
2 润滑剂 .....	1340	7.1 主轴箱的设计及加工要点说明 .....	1428
2.1 润滑剂的选用原则 .....	1340	7.2 其他零件的设计及加工要点说明 .....	1428
2.2 常用润滑脂 .....	1340	8 高精度回转工作台的回转机构 .....	1429
2.3 常用润滑油 .....	1345	8.1 工作台回转机构的设计及加工要点说明 ..	1429
3 润滑装置 .....	1350	8.2 其他零件的设计及加工要点说明 .....	1430
3.1 人工加油润滑装置及附件 .....	1350	9 加工中心的工作台分度机构 .....	1431
3.2 集中润滑设备 .....	1353	9.1 分度机构的设计及加工要点说明 .....	1431
<b>第2章 密封及密封设计</b> .....	1367	9.2 其他部件的设计及加工要点说明 .....	1432
1 垫片密封 .....	1367	10 装配用的机械手转动机构 .....	1432
1.1 常用密封垫片的种类、材料及适用范围 ..	1367	10.1 转动机构的设计及加工要点说明 .....	1432
1.2 常用垫片尺寸及使用参数 .....	1367	10.2 其他零件的设计及加工要点说明 .....	1434
2 胶粘密封 .....	1372	11 龙门式加工中心的工作台导轨 .....	1434
2.1 液态密封胶密封 .....	1372	11.1 工作台导轨的设计及加工要点说明 .....	1434
2.2 厌氧胶密封 .....	1372	11.2 其他部件的设计及加工要点说明 .....	1435
2.3 磁流体密封 .....	1375	12 高精度进给工作台的导轨机构 .....	1435
3 成形橡胶圈密封 .....	1375	12.1 导轨机构的设计及加工要点说明 .....	1435
3.1 O形橡胶密封圈密封(GB/T 3452.1、		12.2 其他零件的设计及加工要点说明 .....	1436
GB/T 3452.3—2005) .....	1377	<b>第2章 减速器设计图例</b> .....	1438
3.2 高低唇Y形橡胶密封圈及蕾形夹织物		1 圆柱齿轮减速器的特点及图例 .....	1438
橡胶密封圈的密封 .....	1394	1.1 通用渐开线圆柱齿轮减速器设计的	
3.3 V形夹织物橡胶密封圈的密封 .....	1398	适用条件 .....	1438
3.4 L形橡胶密封圈的密封 .....	1401	1.2 减速器的承载能力及技术经济性 .....	1438
3.5 J形橡胶密封圈的密封 .....	1402	1.3 减速器的设计参数选择 .....	1438

1.4 减速器齿轮的几何参数 .....	1439	防护等级 .....	1467
1.5 减速器的轴及轴伸尺寸 .....	1439	3.1 电动机允许的起动频率 .....	1467
1.6 箱体结构及材料 .....	1439	3.2 电动机的外壳防护等级 .....	1467
1.7 减速器的润滑、密封及轴的平行度调整 .....	1439	4 电动机的结构特点及安装形式 .....	1467
2 锥齿轮减速器的特点及图例 .....	1439	5 三相异步电动机 .....	1469
2.1 锥齿轮减速器的传动比 .....	1439	5.1 一般用途的单速三相异步电动机 .....	1469
2.2 锥齿轮的几何计算及承载能力 .....	1444	5.2 制动及多速三相异步电动机 .....	1487
2.3 锥齿轮减速器的结构设计 .....	1444	5.3 起重及冶金用三相异步电动机 .....	1491
2.4 锥齿轮减速器的轴伸及连接 .....	1444	5.4 YB 系列隔爆型三相异步电动机 .....	1495
2.5 图例 .....	1444	5.5 小功率单速异步电动机 .....	1497
3 蜗杆减速器的特点及图例 .....	1444	6 Z4 系列直流电动机 .....	1501
3.1 普通蜗杆、平面包络环面蜗杆传动及 传动件的设计 .....	1444	<b>第3章 变频电动机、伺服电动机</b> .....	1506
3.2 蜗杆减速器的传动比及蜗杆位置配置 .....	1444	1 变频电动机及变频减速电动机的 用途及组成 .....	1506
3.3 圆弧圆柱蜗杆的设计原理 .....	1444	1.1 变频电动机 .....	1506
3.4 图例 .....	1449	1.2 变频减速电动机 .....	1507
<b>第9篇 减速器、电动机及传感器</b> .....	1454	2 伺服电动机与伺服减速电动机 .....	1507
<b>第1章 减速器与减速电动机</b> .....	1454	2.1 伺服电动机 .....	1507
1 减速器及减速电动机的选用 .....	1454	2.2 伺服减速电动机的组成及主要技术参数 .....	1516
1.1 减速器的功能 .....	1454	<b>第4章 工业自动化常用传感器</b> .....	1518
1.2 减速电动机的选型参数及选型顺序 .....	1454	1 接近传感器(接近开关) .....	1518
2 德国 SEW 传动设备(天津)有限公司 的减速电动机产品 .....	1458	1.1 电磁感应式接近传感器 .....	1518
2.1 R 系列短轴距圆柱齿轮减速电动机 .....	1458	1.2 静电电容式接近传感器 .....	1528
2.2 F 系列平行轴圆柱齿轮减速电动机 .....	1459	2 光纤型光电传感器 .....	1534
2.3 K 系列圆柱齿轮-锥齿轮减速电动机 .....	1460	2.1 光纤传感器的检测原理及结构、特点 .....	1534
2.4 S 系列圆柱齿轮-蜗杆减速电动机 .....	1461	2.2 光纤传感器产品 .....	1536
2.5 W 系列螺旋齿平面齿轮减速电动机 .....	1461	3 旋转式编码器 .....	1556
<b>第2章 常用交、直流电动机</b> .....	1463	4 区域传感器(幕屏式安全防护光栅) .....	1559
1 常用交、直流电动机的特点及选用 .....	1463	<b>附录</b> .....	1563
2 电动机的额定功率及工作制 .....	1466	附录 A 关于金属材料性能名称及代号新、 旧标准的说明 .....	1563
2.1 电动机的额定功率 .....	1466	附录 B 我国钢号所采用的缩写字母 及其含义 .....	1563
2.2 电动机的工作制 .....	1466	<b>参考文献</b> .....	1564
3 电动机允许的起动频率及外壳			

# 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，信息处理和控制等方面的知识，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“工作进度日程表”。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

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。

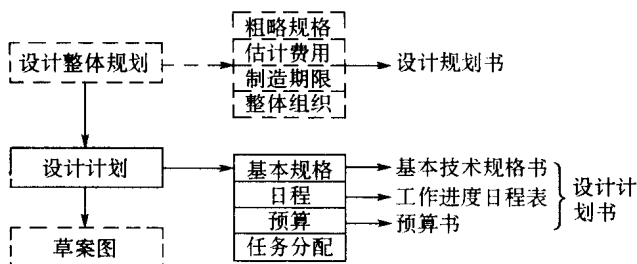


图 1.1-1 设计阶段内容

## 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。

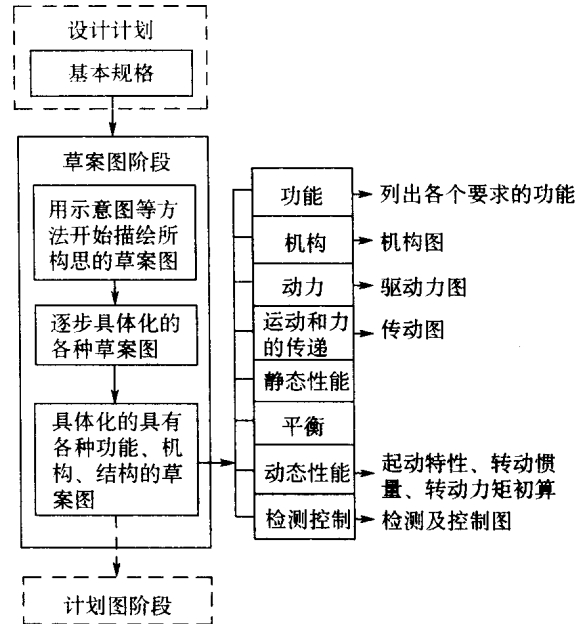


图 1.1-2 草案图阶段的工作流程

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)。

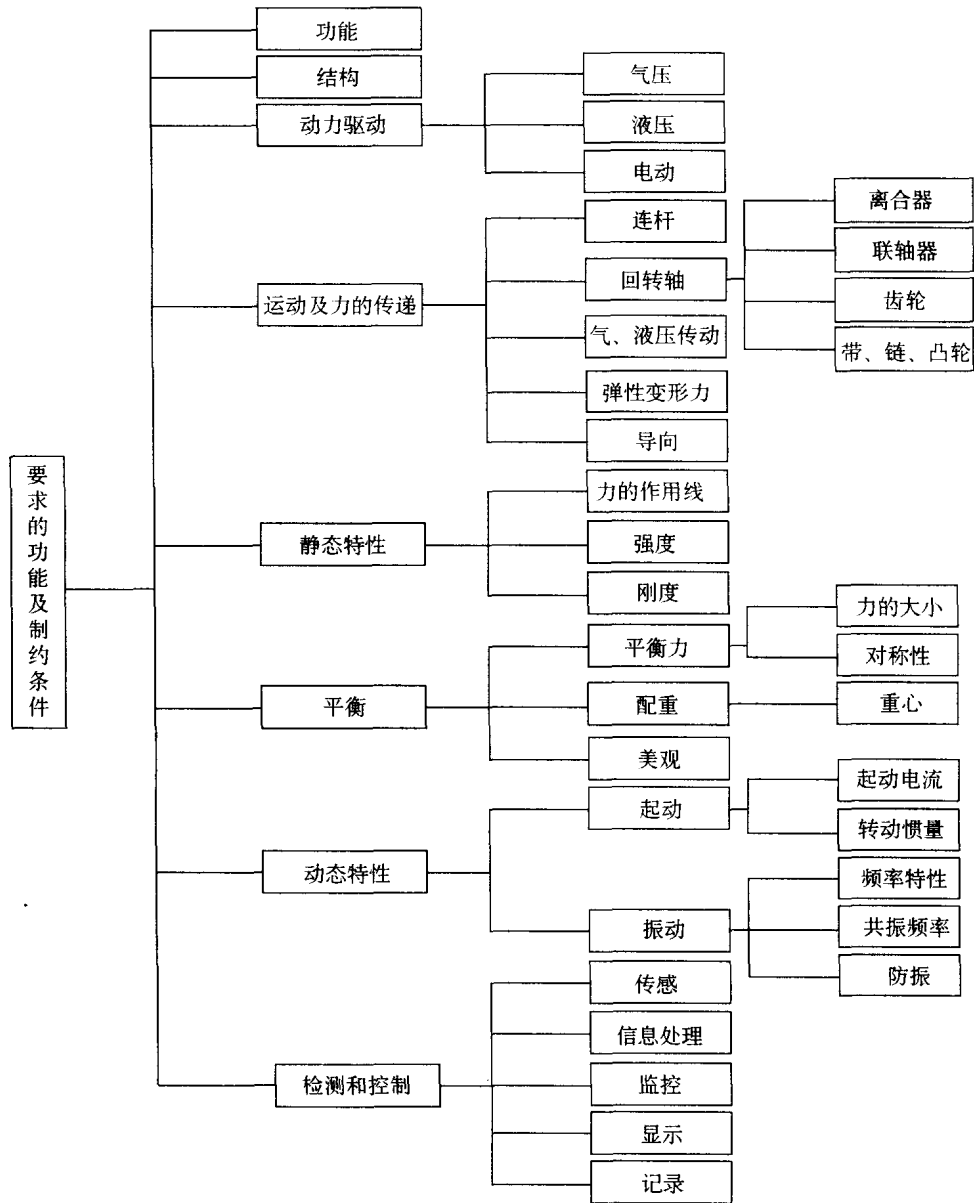


图 1.1-3 草案图阶段需构思和确定的内容

(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。

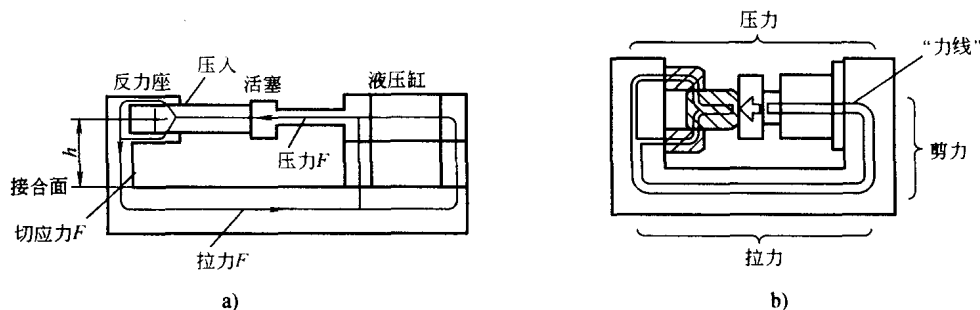


图 1.1-4 压入装置受力时的力作用线

a) 杆、孔压入配合的装置 b) 机构受力的作用线

## 2.4 计划图设计

计划图是机械设备交付制造厂制造、装配的零件图和装配图的唯一依据，是整个设计工作成败的关键。计划图包含机构、结构、传动、控制、检测、尺寸及公差、加工装配和设备搬运等全部内容。从计划图中可以看到所设计的机械设备的全部信息，并可根据计划图绘制零件图和装配图。计划图中的尺寸可能会有重复，但不应缺少。标注的尺寸也许不严格、不符合标准规范，但不妨碍零件图的绘制。

计划图阶段的工作流程如图 1.1-5 所示。

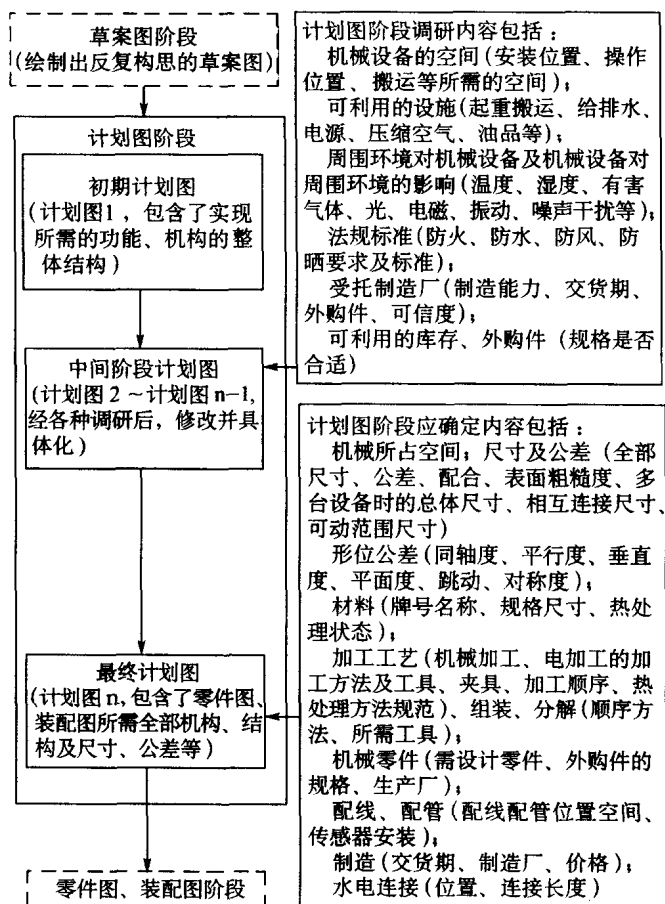


图 1.1-5 计划图阶段的工作流程

### 2.4.1 计划图设计阶段的调研内容

(1) 机械设备的空间 一定要搞清楚包括机械设备安装占用空间、操作人员操作时活动空间、所设计的机

械在运转前后起重、搬运原料或成品需占用的空间、维修保养时零部件拆卸及维修人员活动的空间、设备安装时搬运的空间等。如果这些不搞清楚，将来设备安装之后可能无法操作，无法进出原材料和制成品，无法维修保养或搬运，结果使已制造出来的机械设备无法验收交付使用。

(2) 可利用的设施 水源接头在何位置；与机械设备所需用水入口距离多少；如何连接；水压、水流量是否够用；排水口安设在何处；如何排水等，与安装地原有的设施条件必须结合，尽可能利用安装车间原有的设施，以减少投资。供电电源设施也要了解清楚，包括：配电柜位置、供电电压、交流电相数、电源容量(kW数)、平时电压波动情况、连续供电情况。设备如果使用气动元件，还需了解安装车间原来是否有压缩气源(气站)；气的容量、气路走向、与机械设备连接距离及如何连接。此外，设备安装运输或平常运转时，搬运原材料、制成品的搬运机械，如吊车、起重设备、电梯等的情况(起重吨位、活动范围等)也需了解清楚。

(3) 机械设备与周围环境的相互影响 外部温度、湿度、腐蚀气体、粉尘、噪声、阳光照射、电磁干扰、振动、接地线可靠性等外部环境对机械设备是否有影响；如何解决；机械设备发热温升、产生的气体、运转噪声、振动、电磁干扰等对周围环境有何影响。注意：伺服电动机的信号线一定要使用屏蔽电缆，避免周围电线及噪声对信号的干扰，否则会影响伺服电动机的控制信号传输而出现事故；电力地线与控制或检测用的地线不能共用，否则控制、检测信号将受严重影响；光电传感器注意尽量避光，以免影响灵敏度。

(4) 重视法规、标准 国家、行业规定的法规、标准，在设计时一定要遵守，否则设计者负有责任。具体有：劳动安全法规(操作者的安全)、环境保护法规(气体、排水、噪声)、高压气体容器的使用安全法规、防火、防毒法规等。

(5) 受托制造厂 设计完成之后，要了解承担零件制造及装配任务的工厂的生产条件，包括工艺要求、制造方法、交货期等是否有问题。设计人员应与制造厂充分交流、协商，目的是按期制造出合格的产品。装配时的装配顺序、装配方法，拆卸是否有问题等内容，设计人员也应与制造厂协商。

(6) 可利用的库存、外购件 如果备件库中有可利用的库存件，就不必制造或外购零件。所设计的零件中，如有标准件或可外购的件，就不要再制造。这样可降低成本，加快制造、装配的速度。