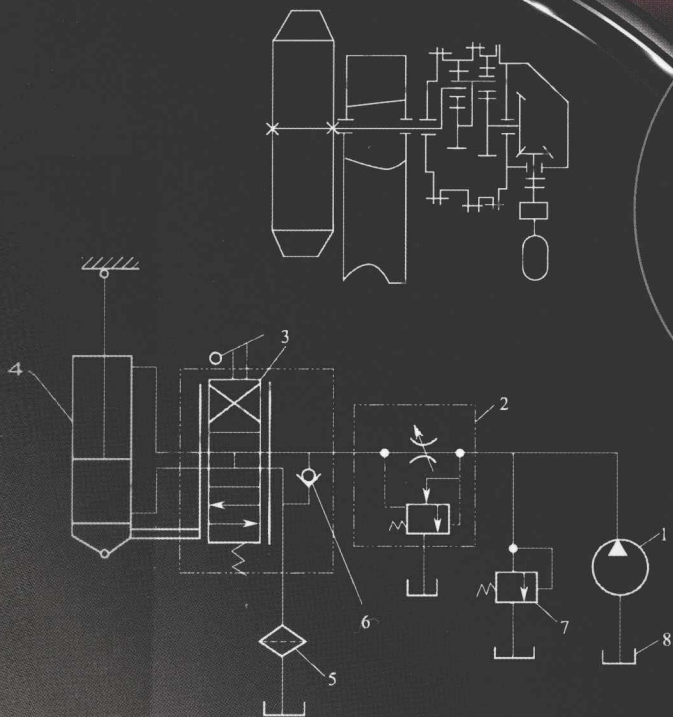


YEYA XITONG
JINGDIAN SHEJI SHILI

液压系统 经典设计实例

李松晶 王清岩 等编著



化学工业出版社

YEYA XITONG
JINGDIAN SHEJI SHILI

液压系统 经典设计实例

李松晶 王清岩 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书选取有代表性的液压系统设计实例：包含多种基本回路并涵盖了液压传动及控制系统的各种应用领域，详细介绍了液压系统的设计方法、步骤和技巧。可供液压工程技术人员设计液压系统时参考和借鉴，也可作为工科院校机械相关专业教学、课程设计、毕业设计等的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统经典设计实例/李松晶, 王清岩等编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 7
ISBN 978-7-122-14149-1

I. 液… II. ①李…②王… III. 液压系统-系统设计
IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 082873 号

责任编辑: 黄 滢
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 晁景岩
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 293 千字 2012 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

液压技术由于具有功率重量比大、响应速度快、易于实现标准化和自动化等特点，在工农业生产、航空航天以及国防建设等领域得到了广泛应用，为国民经济和社会生产力的发展发挥了不可磨灭的作用。液压系统的合理设计是液压技术应用的关键，液压系统设计技术及方法的掌握也是流体控制及自动化专业学生培养的重要环节及基本要求。本书所介绍各液压系统设计实例可作为工程技术人员和研究机构设计液压系统的参考和借鉴，也可作为流体控制及自动化专业教学环节中的参考书和教材。经参数变换和任务量扩展，本书中各设计实例和设计方法及步骤能够成为很好的课程大作业、课程设计和毕业设计的题目及指导书。

考虑到本书设计实例的选择应尽可能包含多种形式的液压系统、涵盖液压传动系统及液压控制系统以及各种应用领域，本书选择了组合机床动力滑台液压系统、叉车工作装置液压系统、地表岩心钻机动力头液压系统、斗轮堆取料机斗轮驱动液压系统 4 个典型的液压传动系统以及高炉料流调节阀电液控制系统和火箭炮方位机电液控制系统 2 个典型的液压控制系统设计实例。

本书共分 7 章，第 1 章介绍液压系统的设计方法及设计步骤，包括液压传动系统和液压控制系统的设计方法和设计步骤；第 2 章介绍组合机床动力滑台液压系统的设计；第 3 章介绍叉车工作装置液压系统的设计；第 4 章介绍地表岩心钻机动力头液压系统的设计；第 5 章介绍斗轮堆取料机斗轮驱动液压系统的设计；第 6 章介绍高炉料流调节阀电液控制系统的设计；第 7 章介绍火箭炮方位机电液控制系统的设计。其中第 1 章和第 3 章由哈尔滨工业大学流体控制及自动化教研室李松晶老师和哈尔滨理工大学机械动力工程学院王晓晶老师共同编写，第 2 章由哈尔滨工业大学流体控制及自动化教研室姜继海老师编写，第 4 章由吉林大学建设工程学院王清岩老师编写，第 5 章由哈尔滨工业大学流体控制及自动化教研室王广怀老师编写，第 6 章由哈尔滨工业大学流体控制及自动化教研室聂伯勋老师编写，第 7 章由哈尔滨工业大学流体控制及自动化教研室徐本洲老师编写。

在本书的编写过程中，得到了哈尔滨工业大学流体控制及自动化系领导和全体同事的大力支持和帮助。在书稿整理过程中，哈尔滨工业大学流体控制及自动化专业博士研究生张玮、刘吉晓、刘旭玲、张圣卓、彭敬辉、曾文，坦桑尼亚籍博士留学生 Jacob M Mchenya，硕士研究生张亮、李洪洲、曹俊章、张振、韩哈斯敖其尔等协助完成了查找资料、绘图以及文字处理等工作。在本书的编写过程中，还得到了哈尔滨工业大学其他院系同事的支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免会有错误和不足之处，敬请各位读者予以批评和指正。

李松晶

目 录

第 1 章 液压系统设计方法及设计步骤	1
1.1 产品的生命周期与液压系统设计原则	1
1.1.1 产品的生命周期	1
1.1.2 液压系统的设计原则	2
1.2 液压系统设计方法	3
1.2.1 经验设计方法	3
1.2.2 计算机仿真设计方法	3
1.2.3 优化设计方法	4
1.3 液压系统设计流程	4
1.4 液压传动系统的设计步骤	5
1.4.1 明确液压系统的设计要求	5
1.4.2 进行工况分析	6
1.4.3 初步确定液压系统方案	9
1.4.4 确定液压系统的主要技术参数	10
1.5 拟订液压系统原理图	13
1.5.1 确定系统类型	13
1.5.2 选择液压基本回路	13
1.5.3 由基本回路组成液压系统	14
1.6 选择液压元件	15
1.6.1 液压泵的选择	15
1.6.2 选择驱动液压泵的电动机	16
1.6.3 液压阀的选择	17
1.6.4 辅助元件的选择和设计	17
1.7 验算液压系统的性能	23
1.7.1 压力损失的验算	23
1.7.2 系统发热温升的验算	29
1.8 液压控制系统的设计步骤	30
1.8.1 明确液压控制系统设计要求	31
1.8.2 进行工况分析	31
1.8.3 选择控制方案, 拟订控制系统原理图	31
1.8.4 静态分析 (确定液压控制系统主要技术参数)	32
1.8.5 动态分析	36

1.8.6	校核控制系统性能	36
1.8.7	设计液压油源及辅助装置	37
1.9	液压系统的计算机辅助设计软件	37
1.9.1	Bathfp	37
1.9.2	AMESim	38
1.9.3	MSC.EASY5	39
1.9.4	Flowmaster	40
1.10	设计液压系统时应注意的问题	42

第2章 组合机床动力滑台液压系统设计 43

2.1	组合机床动力滑台液压系统的设计要求	43
2.1.1	组合机床组成及工作原理	43
2.1.2	组合机床动力滑台的工作要求	44
2.1.3	本设计实例的设计参数和技术要求	45
2.2	工况分析	46
2.2.1	确定执行元件	46
2.2.2	动力分析	46
2.2.3	运动分析	48
2.2.4	负载循环图和速度循环图的绘制	49
2.3	确定主要技术参数	50
2.3.1	初选液压缸工作压力	50
2.3.2	确定液压缸主要尺寸	50
2.3.3	计算最大流量	51
2.4	拟订液压系统原理图	53
2.4.1	速度控制回路的选择	53
2.4.2	换向和速度换接回路的选择	53
2.4.3	油源的选择和能耗控制	54
2.4.4	压力控制回路的选择	56
2.5	液压元件的选择	57
2.5.1	确定液压泵和电动机规格	57
2.5.2	阀类元件和辅助元件的选择	58
2.5.3	油管的选择	59
2.5.4	油箱的设计	60
2.6	验算液压系统性能	61
2.6.1	压力损失验算及液压阀调整值的确定	61
2.6.2	油液温升验算	63
2.7	设计经验总结	64

第3章 叉车工作装置液压系统设计	65
3.1 叉车液压系统的设计要求	65
3.1.1 叉车的结构及基本技术指标	65
3.1.2 叉车的工作装置	67
3.1.3 叉车液压系统的组成及原理	68
3.1.4 叉车对液压系统的工作要求	69
3.1.5 本设计实例的设计参数及技术要求	71
3.2 初步确定液压系统方案和主要技术参数	72
3.2.1 确定起升液压系统的设计方案和技术参数	72
3.2.2 确定倾斜液压系统的设计方案和技术参数	74
3.2.3 系统工作压力的确定	76
3.3 拟订液压系统原理图	76
3.3.1 起升系统的设计	76
3.3.2 倾斜系统的设计	77
3.3.3 方向控制回路的设计	78
3.3.4 供油方式	78
3.4 选择液压元件	80
3.4.1 液压泵的选择	80
3.4.2 电动机的选择	81
3.4.3 液压阀的选择	83
3.4.4 管路的选择	83
3.4.5 油箱的设计	84
3.4.6 其他辅件的选择	84
3.5 验算液压系统性能	85
3.5.1 压力损失验算	85
3.5.2 系统温升验算	86
3.6 设计经验总结	86
第4章 地表岩心钻机动力头液压系统设计	87
4.1 地表岩心钻机动力头液压系统的设计要求	87
4.1.1 地表岩心钻机的应用及分类	87
4.1.2 全液压力头式地表岩心钻机的结构	88
4.1.3 动力头(回转机构)的结构	89
4.1.4 钻探工艺对钻机各功能模块的技术要求	90
4.1.5 钻探工艺对动力头液压系统的设计要求	91
4.1.6 本设计实例的设计参数	91
4.2 动力头液压系统的方案拟订	91

4.2.1	执行元件的选择	92
4.2.2	传动方案的选择	92
4.2.3	动力头液压主回路的方案拟订	92
4.3	工况分析	94
4.3.1	运动分析	94
4.3.2	负载分析	95
4.3.3	动力头输出功率的计算	96
4.3.4	速度挡数及速比的选择	96
4.4	确定液压系统的主要参数	97
4.4.1	确定工作压力	97
4.4.2	确定液压马达的排量	97
4.5	拟订液压系统原理图	98
4.5.1	多路阀中位方式	98
4.5.2	调速回路	100
4.5.3	负载敏感液压回路设计	100
4.6	选择液压元件	103
4.6.1	液压泵的选择	103
4.6.2	液压阀的选择	104
4.6.3	负载敏感阀和最高压力调节阀的调定压力	105
4.7	动力头液压系统 AMESim 仿真分析	105
4.7.1	动力头液压系统 AMESim 模型	106
4.7.2	动力头液压系统 AMESim 仿真结果	107
4.7.3	转速稳定性分析	108
4.7.4	超载特性分析	112
4.8	设计经验总结	113
第 5 章	斗轮堆取料机斗轮驱动液压系统设计	114
5.1	斗轮堆取料机液压系统的设计要求	114
5.1.1	斗轮堆取料机的结构	114
5.1.2	斗轮堆取料机工作装置液压系统	115
5.1.3	斗轮堆取料机的工作要求	116
5.1.4	斗轮驱动液压系统的设计要求	119
5.1.5	本设计实例的设计参数	120
5.2	工况分析	120
5.2.1	切割阻力矩 $T_{\text{割}}$ 的确定	120
5.2.2	斗轮边缘切向速度 v 的确定	120
5.3	初步确定设计方案	122
5.3.1	电动机和减速器驱动方式	122

5.3.2	液压马达和减速器驱动方式	122
5.3.3	低速大扭矩液压马达驱动方式	123
5.4	拟订液压系统原理图	123
5.5	确定主要技术参数	125
5.5.1	确定工作压力	125
5.5.2	确定背压	125
5.5.3	计算液压马达的排量	126
5.6	选择液压元件	126
5.6.1	斗轮驱动液压马达的选择	126
5.6.2	主液压泵的选择	128
5.6.3	补油泵的选择	129
5.6.4	驱动电动机的选择	129
5.6.5	溢流阀的选择	130
5.6.6	管道尺寸的确定	131
5.7	油箱和集成块的设计	132
5.7.1	油箱的设计计算	132
5.7.2	集成块的设计	134
5.8	液压系统发热温升的计算	135
5.8.1	液压系统发热功率的计算	135
5.8.2	液压系统散热功率的计算	137
5.8.3	冷却器选型	138
5.9	设计经验总结	140
第6章	高炉料流调节阀电液控制系统设计	141
6.1	高炉料流调节阀电液控制系统的设计要求	141
6.1.1	高炉炼铁流程	141
6.1.2	放料机构	141
6.1.3	料流调节阀的控制方式	144
6.1.4	高炉料流调节阀驱动系统的设计要求	144
6.1.5	本设计实例的设计参数和技术要求	146
6.2	选择控制方案, 拟订控制系统原理图	147
6.2.1	选择控制方案	147
6.2.2	拟订控制系统原理图	148
6.3	工况分析	149
6.3.1	运动分析	149
6.3.2	动力分析	150
6.3.3	负载轨迹	153
6.4	静态分析(确定主要参数)	154

6.4.1	供油压力的选择	155
6.4.2	液压缸参数确定	155
6.4.3	伺服阀的选择	156
6.4.4	反馈装置的选择	157
6.5	动态分析	158
6.5.1	液压固有频率的计算	158
6.5.2	液压阻尼比的计算	160
6.5.3	系统传递函数及方块图	160
6.5.4	开环增益 K_v 的确定	161
6.5.5	进行仿真分析	164
6.6	液压油源和辅助装置原理图的拟订	166
6.6.1	裕度设计	166
6.6.2	锁紧及限速	167
6.6.3	过滤及冷却	169
6.7	液压油源和辅助装置的元件选择	170
6.7.1	液压泵和电动机的选择	170
6.7.2	液压阀的选择	171
6.7.3	辅助元件的选择	172
6.8	设计经验总结	173
第7章	火箭炮方向机电液控制系统设计	174
7.1	火箭炮方向机电液控制系统的设计要求	174
7.1.1	火箭炮组成	174
7.1.2	火力控制系统的控制方式	175
7.1.3	高低机和方向机的工作要求	176
7.1.4	本设计实例的设计参数	176
7.2	选择控制方案, 拟订控制系统原理图	177
7.2.1	控制系统类型的选择	177
7.2.2	控制方式的选择	177
7.2.3	拟订控制系统原理图	177
7.3	工况分析	178
7.3.1	运动分析	178
7.3.2	动力分析	180
7.4	静态分析(确定主要参数)	181
7.4.1	负载轨迹	181
7.4.2	动力机构特性曲线	182
7.4.3	负载匹配	183
7.4.4	伺服阀的选择	184

7.4.5	伺服阀传递函数	185
7.4.6	反馈装置的选择	186
7.5	动态分析	186
7.5.1	液压固有频率的计算	187
7.5.2	液压阻尼比的计算	187
7.5.3	建立数学模型	188
7.5.4	绘制系统框图	188
7.5.5	开环增益 K_v 的确定	189
7.5.6	进行仿真分析	190
7.6	校核系统误差	192
7.6.1	输入信号引起误差	192
7.6.2	干扰信号引起误差	192
7.7	设计校正装置	193
7.8	液压油源和辅助装置的设计	196
7.9	设计经验总结	197
参考文献		198

第 1 章 液压系统设计方法及设计步骤

与所有产品的设计相同，液压系统的设计也遵循一定的设计原则、设计方法和设计步骤。本章在概述液压系统基本设计方法的基础上，着重依次阐述液压系统设计中的明确设计要求、进行工况分析、确定系统方案、计算主要技术参数、拟订液压系统原理图、选择液压元件以及验算液压系统性能等液压系统设计步骤，并对液压系统设计中应该注意的问题进行总结。

1.1 产品的生命周期与液压系统设计原则

液压系统作为一个要面向客户的产品，在设计时，同样应该遵循产品设计的一般规律和原则。但液压系统的设计又具有其特殊性，设计过程中也要根据具体的设计问题，进行具体的分析和设计。

1.1.1 产品的生命周期

如同人体要经过出生、生长、成熟与衰老一样，任何产品都有一个从产生、成长、成熟到衰退的过程。市场营销理论把新产品从投入市场到退出市场的整个过程，分成四个阶段，分别为导入期、成长期、成熟期与衰退期，也称为生命周期，每个时期都有各自的特性。若以时间为横轴（X轴），市场规模（销售额）为纵轴（Y轴），则一个新产品或新技术的发展，会从XY平面左下角到右上角形成一个类似S形的曲线，如图1-1所示。

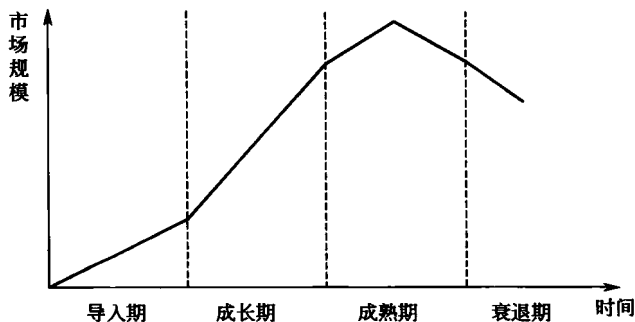


图 1-1 产品生命周期的 S 曲线

图 1-1 中纵轴通常是产品的“价值”或“预期收益”，例如市场规模或销售额，通常产品价值可以定义为

$$\text{产品价值} = \frac{\text{收益}}{\text{成本} + \text{危害}}$$

图 1-1 中 S 曲线表明, 当一个新产品或新系统处于构思阶段时, 例如液压柱塞泵或滑阀, 其性能通常是比较差的, 设计者需要不断寻找更好的设计方案, 提高新产品的性能, 此时产品处于 S 曲线的导入期。然后, 经过 S 曲线的成长阶段, 产品会不断出现一个或多个成熟的设计, 此时从越来越成熟的产品设计中消费者会很快得到更多的利益。稍后, 产品开始暴露出一些本身无法克服的本质缺陷, 例如柱塞泵不可避免地要产生流量脉动, 滑阀不可避免地存在着无法克服的液动力, 等等。此时, 设计者在产品上无法再给消费者提供更多的利益, 这是产品接近成熟阶段的特点, 即产品处于 S 曲线上的成熟期。通常在这一阶段, 设计者已经为消费者提供了所有能够得到的利益, 因此设计者不得不把设计重点放在如何降低产品的“成本”和“危害”上。因此, 在开始设计某一个产品之前, 正确判断该产品在 S 曲线上所处的位置, 将会对新设计起到至关重要的影响和指导作用, 液压系统的设计也和所有产品的设计一样遵循这一原则。

图 1-1 中 S 曲线表明一个事物的发展轨迹必然遵循 S 曲线, 因此设计者应尽量避免产品过早进入衰退期或在前一条 S 曲线发展到顶峰的时候延伸出第二条 S 曲线 (见图 1-2), 从而形成一个 S 曲线家族, 使产品不断获得新的发展生机。

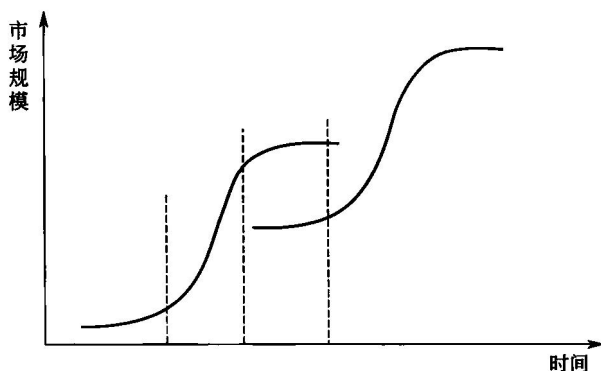


图 1-2 S 曲线家族

对于不同的应用领域甚至不同的地域, 液压技术在 S 曲线上的位置是不同的, 因此液压系统的设计原则也不尽相同。基于产品的生命周期, 在导入阶段和成长阶段, 产品或技术仍然有足够的空间引入新思想和创新理念, 然而在后续的阶段, 设计方法将主要由与“成本”和“危害”有关的因素所决定。在很多应用领域下, 液压系统正处于成熟甚至衰退的阶段 (从液压驱动向电驱动的转化趋势可以证明)。在这种情况下, 设计人员应该开始考虑是否能够寻找到另一个 S 曲线 (见图 1-2), 从而延续目前的液压系统设计形式。

1.1.2 液压系统的设计原则

随着计算机技术的发展和计算能力的不断提高, 现在在对一个产品或系统进行设计时, 通常能够从多个不同方面全局考虑所有影响设计和相互影响的因素及指标。对于液压系统, 这些因素和指标包括:

- ① 工作要求/范围 (如力矩、功率、速度等);
- ② 功率重量比 (即功率密度);
- ③ 应急操作模式;
- ④ 故障模式/安全设施 (如自锁、液压锁等);
- ⑤ 可控性;
- ⑥ 响应时间;
- ⑦ 预期寿命;
- ⑧ 重量;
- ⑨ 可靠性;
- ⑩ 可维护性;
- ⑪ 再生利用性;
- ⑫ 环保因素 (如振动、冲击、温度、噪声、泄漏);
- ⑬ 抗燃性;
- ⑭ 成本。

一般来说,大多数液压系统的设计,首先是为了满足工作要求而进行的设计,其次是对成本的考虑,最后考虑系统的可控性、可靠性、可维护性等各种性能要求。除了遵循基本的发展规律外,液压系统的发展还取决于用户日益增加的要求。现在对液压系统设计的要求已达到很高的程度,甚至在大多数设计实例中,只能够满足一两个稳态性能的设计已经不再能够满足用户的需要。

1.2 液压系统设计方法

根据不同的设计要求和条件,液压系统的设计可以采用经验设计方法、计算机仿真设计方法以及优化设计方法。

1.2.1 经验设计方法

对液压系统进行经验设计就是利用已有的设计经验,参考已有类似的液压系统,对其进行重新组合或改造,再经过多次反复修改,最终得出符合要求的液压系统设计结果。这种设计方法具有较大的试探性和随意性,设计所用时间、设计质量与设计者经验有很大的关系。当液压系统较为简单、对性能要求不高时,可以采用经验设计方法。

1.2.2 计算机仿真设计方法

随着液压系统设计要求的不断提高,传统的经验设计方法已经不能够满足液压系统的设计要求,因此对于要求较高、需要满足性能指标较多的液压系统,例如复杂的液压元件或液压控制系统,只有采用计算机仿真设计方法才能够缩短设计周期,达到更好的设计效果。计算机仿真技术对于液压元件及系统设计具有十分重要的辅助作用,该技术主要通过数学建模、模型解算以及结果分析等步骤来实现。在系统的数学模型足够精确时,数值分析和仿真计算技术可以显著减少液压系统设计循环次数,提高一

次设计成功率，大大缩短设计周期。

1.2.3 优化设计方法

所谓优化设计，就是根据给定的设计要求和条件，应用最优化理论，使用最优化方法，按照规定的目标在计算机上实现自动寻优的设计。液压系统优化设计的目的是求得所设计液压系统的一组设计参数，以便在满足各项性能要求的前提下，使液压系统同时达到成本费用最低、性能最优或收效最大等设计目标。

优化设计的数学模型一般包括设计变量、约束条件以及目标函数三部分。对于任意一个液压系统的优化问题，其数学模型可描述为

$$\begin{aligned} \min f(X), X \in E^n \\ \text{s. t. } g_j(X) > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中 X —— n 个液压系统设计变量组成的向量， $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ ；

$f(X)$ ——液压系统优化设计的目标函数，表示 n 维欧氏空间中 m 个约束条件限制的一个可行解域；

$g_j(X) > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, m)$ —— m 个液压系统设计中的约束条件。

(1) 设计变量

对于一个较为复杂的液压系统优化设计，设计变量或参数的选择是至关重要的。因而对于变化范围较小的参数基本上可以作为常量处理，同时各个设计变量之间应为相互独立的变量。

(2) 约束条件

液压系统在设计过程中所要满足的技术要求或规定，形成了对设计空间寻优范围的约束。

(3) 目标函数

液压系统优化数学模型中的目标函数就是液压系统优化设计中要满足的性能指标，是设计变量集合 X 的函数，数学上表示为 $f(X)$ ，要求 $f(X)$ 达到极小，就是评价设计方案好的标准。

1.3 液压系统设计流程

液压系统中控制部分的结构组成形式有开环式和闭环式两种，所构成的液压系统分别称为液压传动系统和液压控制系统。前者以传递动力为主，因此系统的设计目的主要是为了满足传动特性的要求；后者以实施控制为主，系统的设计目的主要是为了满足控制特性的要求。二者的结构组成或工作原理有共同之处，也有一定的差别，因此在设计方法和设计步骤上有相互借鉴之处，但也有所不同。

在设计一台机器时，究竟采用什么样的传动方式，首先必须根据机器的工作要求，对机械、电力、液压和气压等各种传动方案进行全面的方案论证，正确估计应用液压传动的必要性、可行性和经济性。如果确定采用液压传动系统，则按照液压系统的设计内容和设计步骤进行设计，其流程图如图 1-3 所示。液压控制系统的设计内容和设计步骤与液压传动系统有很多共同之处，但同时也增加了更多的液压系统特性分析内容和步骤。

图 1-3 中所述的设计内容和步骤只是一般的液压传动系统设计流程。在实际设计过程中液压系统的设计流程不是一成不变的,对于较简单的液压系统可以简化其设计程序;对于应用在重大工程中的复杂液压系统,往往还需在初步设计的基础上进行计算机仿真或试验,或者局部地进行实物试验,反复修改,才能确定设计方案。另外,液压系统的各个设计步骤又是相互关联、彼此影响的,因此往往也需要各设计过程穿插交互进行。

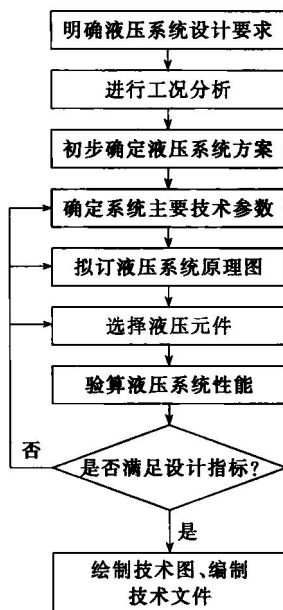


图 1-3 液压传动系统的设计流程

1.4 液压传动系统的设计步骤

图 1-3 所示液压传动系统的设计内容和设计步骤表明,在设计液压传动系统时设计内容主要包括明确液压系统的设计要求、对系统进行工况分析、初步确定系统的设计方案、确定系统的主要技术参数、拟订液压系统原理图、选择液压元件、对所设计液压传动系统的性能进行验算。设计步骤为按照图 1-3 中流程图顺序,从明确液压系统设计要求开始,直到完成对液压系统性能的验算。如果所设计液压系统的性能符合设计要求,则结束设计过程。如果所设计液压系统的性能不能够满足设计要求,则返回相应的前述设计步骤,重新开始设计。

1.4.1 明确液压系统的设计要求

明确用户的设计要求是完成一个液压系统设计任务的关键,为了能够设计出工作可靠、结构简单、性能好、成本低、效率高、维护使用方便的液压系统,必须首先通过调查研究,了解以下几方面内容。

(1) 了解主机的概况和总体布局

了解主机的用途、性能、工艺流程和作业环境等,这是合理确定液压执行元件的类

型、工作范围、安装位置及空间尺寸所必需的。这一步骤也可以对选用的传动方式进行复核和校验,进一步确定主机采用液压传动是否合理或在多大程度上是合理的,是否能够与其他传动方式相结合,发挥各自长处,以形成更合理的组合传动方式等。

(2) 了解主机对性能的要求

通常需要了解如下几方面:

① 机器对负载特性、运动方式和精度的要求 例如,需了解机器工作负载的类型是阻力负载还是超越负载,是恒值负载、变值负载还是冲击负载,以及这些负载的大小。运动方式是直线运动、回转运动还是摆动,以及运动量(如位移、速度、加速度)的大小和范围。精度要求通常包括定位精度和同步精度等。

② 控制方式及自动化程度 要了解机器的操作方式是手动、半自动,还是全自动。信号处理方式采用有触点继电器控制电路、逻辑电路、可编程控制器,还是微型计算机。

③ 驱动方式 需了解原动机的类型是内燃机还是电动机,并了解原动机的功率、转速及扭矩特性等。

④ 循环周期 了解系统中各执行元件的动作顺序及各动作的相互关系要求。

(3) 了解液压系统的使用条件和环境情况

需了解主机工作场所是室内还是室外;工作时间是一班制、两班制,还是三班制;主机工作环境的温度、湿度、污染物情况,以及对防爆、防寒、防震的要求和对噪声的限制情况;维护周期、维护空间等情况。

(4) 了解主机在安全可靠性和经济性方面对液压系统的要求

弄清用户在系统使用安全和可靠性方面的要求,明确保用期和保用条件。在经济性方面,不仅考虑投资费用,还要考虑效率、能源消耗、维护保养等运行费用。

(5) 了解、搜集同类型机器的有关技术资料

除了要了解同类型机器液压系统的组成、工作原理、系统主要参数外,还要了解其使用情况及存在问题。

1.4.2 进行工况分析

了解了主机的工作要求,便可对主机进行工况分析,即运动分析和负载(动力)分析,绘制运动及负载循环图,以作为设计液压系统的基本依据。对液压系统进行工况分析就是对液压系统所要驱动负载的运动参数和动力参数进行分析,这是确定液压系统执行元件主要参数、设计方案以及选择或设计液压元件的依据。

1.4.2.1 运动分析及运动循环图

运动分析就是根据工艺要求确定整个工作周期中液压系统负载的位移和速度随时间的变化规律,例如某组合机床动力滑台液压系统,根据动力滑台的动作要求,绘制如图1-4所示的位移循环图和速度循环图,这是确定液压系统工作流量和执行元件行程的主要依据。

图1-4(a)给出了整个工作过程中组合机床动力滑台的位移循环。与图1-4(a)中位移循环过程相对应,图1-4(b)给出了整个工作循环中动力滑台的速度循环图。从图1-4中可以看出,最大速度段出现在快进阶段,在动力滑台匀速进给和退刀过程开始前有启动加