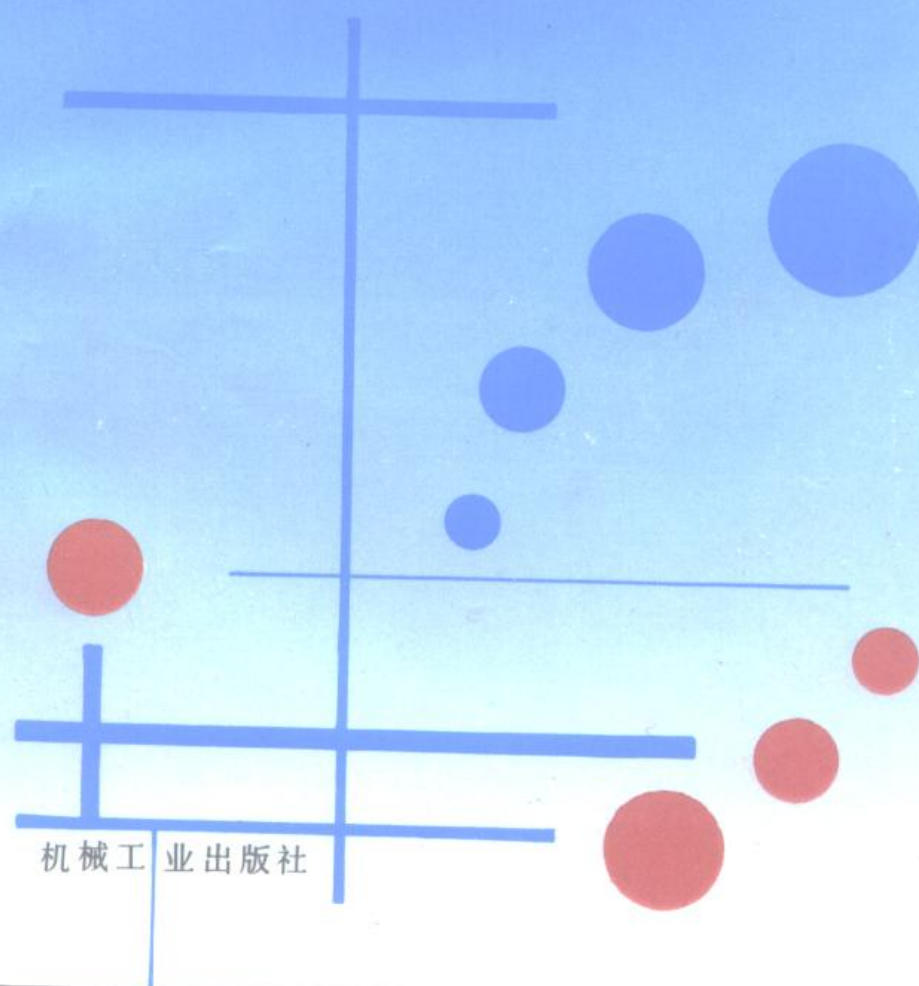


液压系统设计 · 调节失误实例分析

● 官忠范 李笑 杨敢 编著



机械工业出版社

液压系统设计·调节失误实例分析

官忠范 李笑 杨敢 编著



机械工业出版社

DY64/34

本书在阐述液压系统设计计算方法的基础上,着重介绍多年来笔者在为厂、矿调试各类机械液压系统的实践中,所积累的由于液压系统设计和调节失误,所造成的系统不能正常工作的数十个实例,对它们进行了系统、深入的剖析,提出了解决问题的有效办法。这些实例包括元件选择、设置不当;回路构成和密封结构设计不合理;管路配置及系统参数调节不当等常见失误。可提高读者分析问题和解决问题的能力,减少系统设计和调试中的失误。

本书可作为从事各类机械液压系统设计、调试和维修工作的工程技术人员的参考书、培训教材和高校有关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压系统设计/王颖等编著. -北京:机械工业出版社,1995
ISBN 7-111-04750-8

ISBN 7-111-04750-8

I. 液… II. 王… ①液压系统-系统设计-计算方法-范例
②液压系统-调节-误差-失效处理 N. H137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 05417 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 盛君豪 版式设计: 王颖 责任校对: 刘志文

封面设计: 肖晴 责任印制: 卢子祥

三河永和印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1995 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·8.375 印张·180 千字

0 001—4000 册

定价: 12.00 元

前 言

随着国民经济和现代技术的发展, 液压技术的应用范围越来越广, 从事液压设备设计和调试工作的工程技术人员也越来越多。他们设计出了不少性能良好的液压系统; 但也经常出现一些因设计时考虑不周或参数调节不当, 造成系统达不到设计要求或不能正常工作, 不得不改进设计或采取应急对策的情况。多年来, 笔者在为厂、矿调试各类机械液压系统的工程实践中, 积累了一些由于元件选择、设置不当; 回路构成、密封结构设计不合理; 以及管路配置、系统参数调节不当等原因而造成系统不能正常工作的实例。本书以这些实例为基本素材, 在阐述液压系统设计计算基本理论和方法的基础上, 从工程应用角度出发, 剖析和论述了这些实例中造成系统不能正常工作的原因, 并提出了改进设计和正确调试的有效对策, 旨在使广大读者吸取经验教训, 掌握液压系统设计和调试的正确方法和技能。

在本书编写过程中, 我们力求使第一章液压系统设计计算中所叙述的基本理论, 在第二章液压系统设计失误实例分析和第三章液压系统调节失误实例分析中得以运用, 使理论与实践能有机地结合起来。

本书由官忠范编写第一章, 李笑编写第二章的第一、二、四、五、六节及第三节的一至十三, 杨敢编写第二章第三节的十四至二十一及第三章。全书由官忠范统一定稿。

感谢任景珏、王辉、丁英涛、陈秀梅为本书绘制部分插

图。由于编者水平所限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1994 年 11 月

目 录

第一章 液压系统设计计算	1
第一节 设计计算的内容和步骤	1
第二节 明确设计依据进行工况分析	1
一、设计依据	1
二、负载分析及负载循环图	6
三、运动分析及运动循环图	11
第三节 确定液压系统主要参数	13
一、初选系统压力	13
二、计算液压缸尺寸或液压马达排量	14
三、计算液压缸或液压马达流量	18
四、作出液压缸或液压马达的工况图	18
第四节 拟定液压系统图	20
一、需要考虑的主要问题	20
二、需要综合考虑的其它问题	22
第五节 液压元件的选择	25
一、液压执行元件的选择	25
二、液压泵的选择	26
三、控制阀的选择	29
四、蓄能器的选择	32
五、管道的选择	33
六、确定油箱容量	35
七、过滤器的选择	36
八、液压油的选用	36
第六节 液压系统性能验算	37

一、系统压力损失计算	37
二、系统效率计算	39
三、液压冲击计算	44
四、液压系统发热计算	46
五、热交换器的选择	48
第七节 液压装置结构设计及编制技术文件	49
一、液压装置结构概述	49
二、液压装置的结构设计	51
三、绘制工作图和编制技术文件	53
第八节 液压泵站的设计	53
一、液压泵站概述	53
二、液压泵站设计要点	55
第九节 液压集成块的设计	64
一、液压集成块概述	64
二、液压集成块设计要点	65
第二章 液压系统设计失误实例分析	69
第一节 元辅件选择不当	69
一、500t 涨管机液压系统	69
二、定位输送机液压系统	75
三、型材拉弯机液压系统	79
四、设备升降装置液压系统	82
五、集装箱吊具定位液压系统	85
六、专用机床蓄能器回路	87
七、自制液压设备蓄能器增速回路	90
第二节 元辅件设置不当	94
一、纵缝自动焊机液压系统	94
二、自制液压设备三级调压回路	96
三、刨花板液压机液压系统	98
第三节 回路构成不合理	102

一、英制 540 型成型磨床液压系统	102
二、液压阀型式试验台油源回路	107
三、型材挤压机液压系统主缸控制回路	109
四、专用机床液压系统二次进给回路	112
五、组合磨床液压系统	114
六、大型液压机的主缸液压系统	118
七、液压挖掘机转台回转液压回路	124
八、辊子同步升降液压控制回路	129
九、自制液压设备的节流调速系统	133
十、自制液压设备的平衡回路	137
十一、塔式起重机升降液压系统	140
十二、液压绞车的闭式液压系统	143
十三、机床工件夹紧液压系统	147
十四、专用液压设备换向回路	152
十五、专用机床双刀架液压进给回路	154
十六、压砖机插装阀液压系统	156
十七、牵引装置液压回路	160
十八、吊车回转机构液压驱动回路	164
十九、B690 牛头刨床液压系统	165
二十、多轴自动车床液压回路	171
二十一、专用液压机床进给回路	175
第四节 管路配置不合理	179
一、压砖机液压系统油源回路	179
二、升降台液压系统	184
三、成型机液压系统	187
四、稳定土拌和机转子驱动液压系统	190
第五节 密封结构设计不合理	196
一、汽车起重机液压支腿垂直缸回路	196
二、汽车起重机液压支腿水平缸回路	201
三、粉末制品液压机液压系统	205

四、组合机床液压系统夹紧缸回路	208
第六节 油箱结构设计不合理	213
一、锯管机液压系统	213
二、金属打包机液压系统	217
第三章 液压系统调节失误实例分析	221
第一节 压力控制回路的调节	221
一、专用机床双缸顺序动作液压系统	221
二、钢厂方坯连铸机液压系统动力源回路	225
第二节 调速回路的调节	228
一、液压升降机调速回路	228
二、砖坯液压推进机调速回路	230
三、专用机床调速回路	232
四、大型浮吊起升机构液压回路	236
附录 常用液压图形符号新、旧国标对照	238
参考文献	256

第一章 液压系统设计计算

第一节 设计计算的内容和步骤

液压系统有液压传动系统和液压控制系统之分。前者以传递动力为主,追求传动特性的完善;后者以实施控制为主,追求控制特性的完善。但从结构组成或工作原理上说,二者无本质上的差别。通常所说的液压系统设计,是指液压传动系统的设计。

一台机器究竟采用什么样的传动方式,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。当确定采用液压传动后,其设计内容和步骤大体如图 1-1 所示。这里所述的设计内容和步骤只是一般的系统设计流程,在实际设计过程中不是一成不变的,对于较简单的液压系统,可以简化其设计程序;对于重大工程的复杂液压系统,往往还需在初步设计的基础上进行计算机仿真实验,或者局部地进行实物实验,反复修改,才能确定设计方案。另外,这些步骤又是相互关联,彼此影响的,因此常需穿插交叉进行。

第二节 明确设计依据进行工况分析

一、设计依据

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，必须通过调查研究，明确下述几方面问题。

1. 全面了解主机的结构和总体布局
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。液压系统中的执行元件大体可分为液压缸和液压马达。前者实现直线运动，后者实现回转运动，二者的特点及应用场合见表 1-1。对于单纯且简单的

直线运动或回转运动，可分别采用液压缸或液压马达直接驱动。

现代液压机械的工作机构越来越复杂。对于工作机构运动形式比较复杂的情况，如能采用经济适用的液压执行元件，并巧妙地使之与其它机构相配合，不仅能简化液压系统，降低设备造价，而且能改善液压执行元件的负载状况和运动机构的性能。

图 1-2 为几种常用的液压执行元件工作机构。其中 a)、b) 是扩程机构，同时也实现增速，常用于高低位升降台、电弧炉电极的升降等液压设备；c)、d) 是增力机构，可用较小

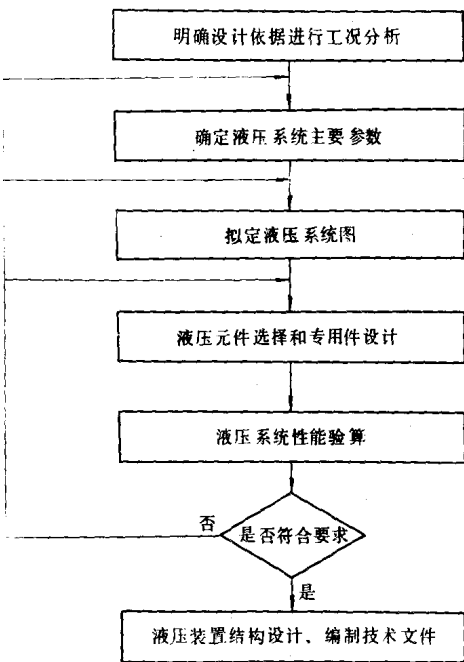


图 1-1 液压传动系统的设计内容和步骤

推力的液压缸实现较大的压紧力，同时还具有锁紧作用；e)、f) 是运动转换机构，小角度的回转运动用液压缸来实现，其运动比较平稳，长行程的直线运动可以用液压马达来实现。

表 1-1 液压执行元件类型、特点及适用场合

名 称	特 点	适 用 场 合
双活塞杆液压缸	双向对称	双向工作的往复运动
单活塞杆液压缸	有效工作面积大、 双向不对称	往返不对称的直线运动。差 动连接可实现快进，当 $A_1 =$ $2A_2$ 时往返速度相等
柱塞缸	结构简单 制造工艺性好	单向工作，靠重力或其他外 力返回
摆动缸	单叶片式，转角小 于 360° 双叶片式，转角小 于 180°	小于 360° 的摆动运动 小于 180° 的摆动运动
齿轮马达	结构简单、价格便 宜	高转速，低扭矩的回转运动
叶片马达	体积小，转动惯量 小	高速低扭矩，动作灵敏的回 转运动
摆线齿轮马达	体积小，输出扭矩 大	低速、小功率、大扭矩的回 转运动
轴向柱塞马达	运动平稳、扭矩 大、转速范围宽	大扭矩回转运动
径向柱塞马达	转速低，结构复 杂，输出扭矩大	低速大扭矩回转运动

注： A_1 —无杆腔活塞面积； A_2 —有杆腔活塞面积。

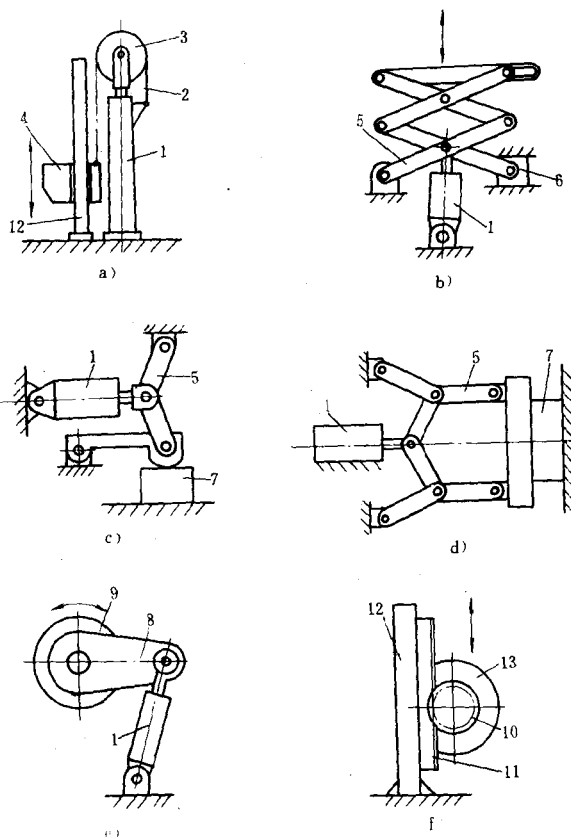


图 1-2 常用液压-机械工作机构

1—液压缸 2—链条 3—链轮 4—提升物

5—连杆机构 6—滑块 7—工件 8—曲柄

9—回转体 10—齿轮 11—齿条 12—导柱 13—液压马达

这一步骤也是对主机采用液压传动是否合理（或在多大程度上合理），是否可同其它传动方式结合起来，发挥各自的

长处，以形成更合理的组合传动方式，进行复核和校验。

2. 了解机器对性能的要求 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；恒值、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（位移、速度、加速度）的大小和范围，精度要求（包括定位精度、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；原动机的功率、转速及转矩特性等。

(4) 循环周期 系统中各执行元件的动作顺序、动作时间及相互关系。

3. 明确液压系统的使用条件和环境情况 需了解机器设置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；机器设置环境的温度、湿度、污染物，以及对防爆、振动、噪声的限制情况；维护周期、维护空间等情况。

4. 查明机器在安全可靠性和经济性方面对液压系统的要求 弄清用户 in 安全可靠方面究竟有哪些要求。明确保用期和保用条件。在经济性方面，不能只考虑投资费用，还要考虑能源消耗、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 除了要了解液压系统的组成、工作原理、系统主要参数外，还要了解使用情况及存在问题。

在上述工作的基础上，便可对主机进行工况分析，即运

动和动力分析，并绘制运动和负载循环图，作为设计液压系统的基本依据。

二、负载分析及负载循环图

负载分析是研究一部机器在工作过程中，其执行机构的受力情况。对液压系统来说，也就是液压缸或液压马达的负载随时间变化的情况。

(一) 液压缸的负载及其负载循环图

工作机构作直线往复运动时，液压缸必须克服的外负载

$$F = F_e + F_f + F_i \quad (1-1)$$

式中 F_e ——工作负载；

F_f ——摩擦负载；

F_i ——惯性负载。

1. 工作负载 工作负载与机器的工作性质有关，有恒值负载与变值负载。例如液压机在锻造、延伸等工艺过程中，其负载随时间平稳地增长；而在挤压、拉拔等工艺过程中，其负载几乎不变。

工作负载又可以分为阻力负载和超越负载。阻止液压缸运动的负载称为阻力负载，又称正值负载；助长液压缸运动的负载称为超越负载，也称负值负载。例如液压缸在提升重物时为阻力负载；重物下降时为超越负载（图 1-3）。

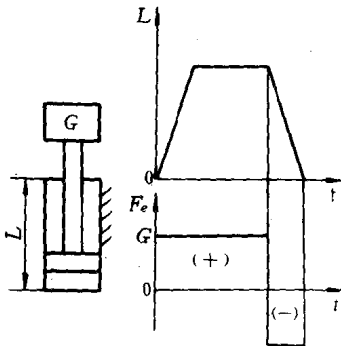


图 1-3 负载特性

2. 摩擦负载 摩擦负载指液压缸驱动工作机构工作时所要克服的机械摩擦阻力。对于机床来说，即导轨的摩擦阻

力。启动时为静摩擦阻力，可按下式计算：

$$F_{fs} = \mu_s(G + F_n) \quad (1-2)$$

式中 G ——运动部件所受重力；

F_n ——垂直于导轨的作用力；

μ_s ——静摩擦系数；

F_{fs} ——静摩擦阻力。

启动后变为动摩擦阻力，可按下式计算

$$F_{fd} = \mu_d(G + F_n) \quad (1-3)$$

式中 F_{fd} ——动摩擦阻力；

μ_d ——动摩擦系数。

3. 惯性负载 惯性负载即运动部件在启动和制动过程中的惯性力，其平均惯性力可按下式进行计算：

$$F_i = \frac{G\Delta v}{g\Delta t} \quad (1-4)$$

式中 F_i ——惯性力；

G ——运动部件所受重力；

g ——重力加速度；

Δv —— Δt 时间内的速度变化值；

Δt ——启动或制动时间。

一般机床可取 $\Delta t = 0.1 \sim 0.5s$ ，轻载低速运动部件取较小值，重载高速运动部件取较大值。行走机械可取 $\Delta v / \Delta t = 0.5 \sim 1.5m/s^2$ 。

液压缸工作时还必须克服其内部密封摩擦阻力，其大小同密封的类型、液压缸制造的质量和油液工作压力有关。详细计算比较繁琐，一般将它算入液压缸的机械效率 η_{cm} 中考虑。

液压缸在一个工作循环中，一般要经历以下四种负载工

况:

$$\text{启动阶段} \quad F = \pm F_e + \mu_s (G + F_n) \quad (1-5)$$

$$\text{加速阶段} \quad F = \pm F_e + \mu_d (G + F_n) + \frac{G \Delta v}{g \Delta t} \quad (1-6)$$

$$\text{恒速阶段} \quad F = \pm F_e + \mu_d (G + F_n) \quad (1-7)$$

$$\text{制动阶段} \quad F = \pm F_e + \mu_d (G + F_n) - \frac{G \Delta v}{g \Delta t} \quad (1-8)$$

根据上述各个阶段内的负载和它所经历的时间 t 或位移 L , 便能绘制负载循环图 ($F-t$ 或 $F-L$ 图)。

图 1-4 就是一部机器的 $F-t$ 图, 其中: $0 \sim t_1$ 为启动过程; $t_1 \sim t_2$ 为加速过程; $t_2 \sim t_3$ 为恒速过程; $t_3 \sim t_4$ 为制动过程。它清楚地表明了液压缸在整个工作循环内负载的变化规律。图中

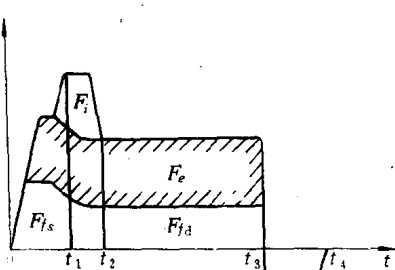


图 1-4 负载循环图

最大负载是初选液压缸工作压力和确定液压缸结构尺寸的依据。

(二) 液压马达的负载及其负载循环图

工作机构作旋转运动时, 液压马达必须克服的负载力矩

$$M = M_e + M_f + M_i \quad (1-9)$$

1. 工作负载力矩 M_e 。工作负载力矩可能是定值, 也可能是随时间变化的, 也有阻力负载与超越负载两种形式, 应根据机器工作性质进行具体分析。

2. 摩擦力矩 M_f 。旋转部件轴颈处的摩擦力矩, 其计算公式为

$$M_f = G \mu R \quad (1-10)$$

式中 M_f ——摩擦力矩;