

YEHUA

XITONG SHEJI LIQIAO HU JINLI

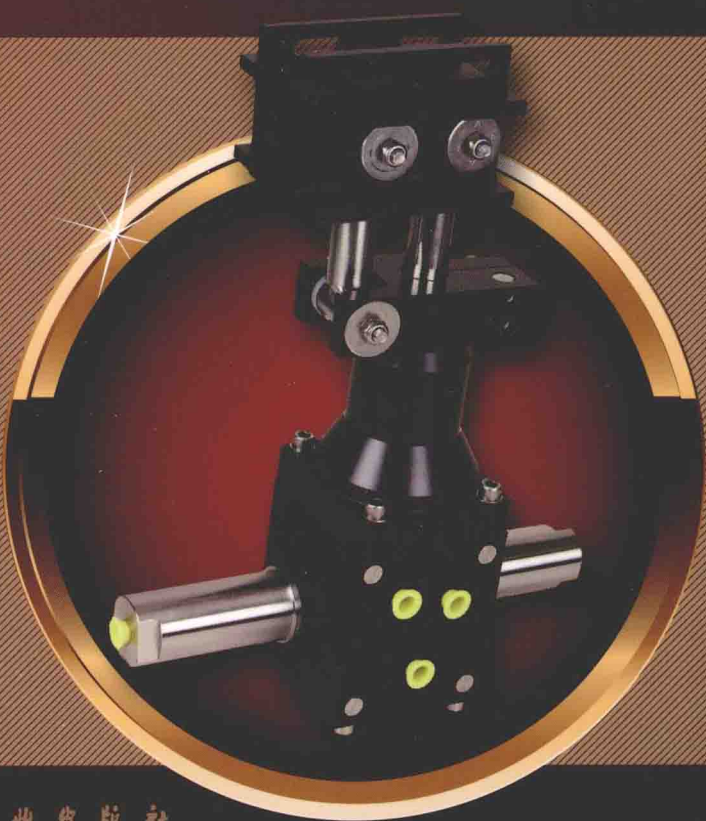
液压系统设计

技巧与禁忌



韩桂华 时玄宇 樊春波 编著

第二版



化学工业出版社

第二版

液压系统设计

技巧与禁忌

韩桂华 时玄宇 樊春波 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统设计技巧与禁忌/韩桂华, 时玄宇, 樊春波编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-122-20055-6

I. ①液… II. ①韩…②时…③樊 III. ①液压系统-系统设计 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 047015 号

责任编辑: 贾 娜

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 王素芹

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: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 478 千字 2014 年 6 月北京第 2 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: 69.00 元

版权所有 违者必究



——>>> 第二版前言

随着国民经济和现代技术的发展, 液压技术的应用范围不断扩大, 从事液压设备设计的工程技术人员越来越多。液压系统的高效优质设计非常重要, 设计过程中的基础性和一般性问题必须予以充分重视。

液压工程技术人员必须全面掌握液压系统的工作原理、元件的选用与设计、液压回路的设计等方法。在设计过程中, 经常会出现一些因设计时考虑不周或参数设定不当, 造成系统达不到设计要求或不能正常工作, 以至于不得不改进设计或采取应急对策的情况。为此, 我们将液压元件设计、液压系统设计计算的技巧与设计禁忌有机结合, 以问题的形式展现出来, 同时结合多年从事液压系统教学、科研所积累的丰富经验, 尤其是根据在液压系统设计实践中遇到的各种问题, 提出了设计中应该注意的问题。

《液压系统设计技巧与禁忌》第二版根据行业发展和技术要求, 结合读者反馈意见, 对部分章的内容做了删改; 并对各节中的问题重新做了提炼, 讲述的都是关键步骤和要点, 力求简明扼要。本书具有以下特点。

1. 正反两面阐述了液压传动的应用场合、液压元辅件的选用、液压回路及液压系统的设计等内容。

2. 对设计中出现的问题进行了详细分析, 总结了设计过程中的技巧与禁忌。

3. 以大量的工程设计实例为基本素材, 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, 并提出了改进设计的有效对策。

4. 实用性强, 内容简明扼要, 深入浅出, 以图文并茂的形式进行正误分析, 可以帮助读者在短时间内掌握液压传动系统的设计技巧。

本书对从事流体传动、液压设备设计的工程技术人员具有指导意义, 也可供高等院校相关专业师生学习参考。

本书由哈尔滨理工大学韩桂华、大庆油田有限责任公司第四采油厂时玄宇和樊春波编著。在本书的编写过程中, 得到了大庆油田有限责任公司第四采油厂刘东升、陈国强、于丽梅及第二采油厂赵立志的大力支持和帮助, 在此表示感谢!

由于编著者水平所限, 书中不足之处在所难免, 敬请广大专家与读者批评指正。

编著者

第1章 液压传动系统的选型	1
1.1 适宜采用液压传动的场合 / 1	
1.2 不适宜采用液压传动的场合 / 2	
第2章 液压缸设计	4
2.1 液压缸选型原则 / 4	
2.2 液压缸参数计算 / 4	
【问题1】 液压缸最大负载力计算 / 4	
【问题2】 缸筒内径计算 / 6	
【问题3】 活塞杆外径计算 / 7	
【问题4】 液压缸油口大小计算 / 8	
【问题5】 液压缸缸筒长度计算 / 8	
【问题6】 缸筒形位公差的确定 / 10	
【问题7】 活塞参数计算 / 10	
【问题8】 液压缸校核 / 11	
2.3 液压缸结构设计 / 12	
【问题1】 缸体端部连接结构问题 / 12	
【问题2】 缸体材料选择 / 15	
【问题3】 缸体设计技术条件要求 / 15	
【问题4】 端盖设计 / 16	
【问题5】 活塞与活塞杆连接形成 / 16	
【问题6】 活塞材料选择 / 16	
【问题7】 活塞设计技术条件要求 / 17	
【问题8】 活塞杆结构设计 / 17	
【问题9】 液压缸排气 / 18	
2.4 液压缸安装形式 / 18	
【问题1】 轴线固定式安装技巧 / 19	
【问题2】 轴线摆动式安装技巧 / 20	
【问题3】 负载导向问题 / 22	
【问题4】 液压缸安装禁忌 / 22	
2.5 液压缸缓冲装置设计 / 24	

【问题 1】 缓冲装置的适用性问题 / 24

【问题 2】 缓冲装置结构类型 / 24

【问题 3】 液压缸的缓冲计算 / 26

2.6 液压缸工作介质要求 / 27

【问题 1】 环境温度要求 / 27

【问题 2】 黏度和过滤精度要求 / 27

2.7 液压缸出厂检验问题 / 27

【问题 1】 检验用油要求 / 27

【问题 2】 检验项目要求 / 27

第3章 液压马达选用

29

3.1 液压马达 / 29

【问题 1】 液压马达与液压泵通用性 / 29

【问题 2】 液压马达类型选择 / 29

【问题 3】 液压马达参数确定 / 31

3.2 液压马达使用 / 32

【问题 1】 液压马达启动 / 32

【问题 2】 系统冲击 / 32

【问题 3】 液压马达转速限制 / 33

【问题 4】 液压马达连接 / 34

【问题 5】 多液压马达回路设计 / 35

【问题 6】 液压马达的泄漏 / 36

第4章 液压泵选用

37

4.1 液压泵选用 / 37

【问题 1】 液压泵类型选择 / 37

【问题 2】 液压泵参数确定 / 39

【问题 3】 油温和黏度选用问题 / 40

4.2 液压泵回路设计 / 41

【问题 1】 闭式系统设计 / 41

【问题 2】 液压泵回路设计禁忌 / 42

【问题 3】 自吸问题 / 43

【问题 4】 冷却问题 / 44

4.3 液压泵安装 / 44

【问题 1】 液压泵安装 / 44

【问题 2】 吸油管连接 / 45

【问题 3】 泄油管连接 / 46

第5章 液压控制阀选用

48

5.1 压力控制阀 / 48

【问题 1】 压力确定 / 48

- 【问题 2】 流量确定 / 48
- 【问题 3】 结构类型确定 / 49
- 5.2 溢流阀 / 49
 - 【问题 1】 溢流阀选用 / 49
 - 【问题 2】 溢流阀回路设计 / 50
- 5.3 减压阀 / 52
 - 【问题 1】 减压阀应用场合限制 / 53
 - 【问题 2】 减压阀超调 / 53
 - 【问题 3】 减压阀流量确定 / 53
 - 【问题 4】 减压阀安装 / 53
- 5.4 顺序阀 / 53
 - 【问题 1】 顺序阀选用 / 54
 - 【问题 2】 顺序阀与溢流阀区别 / 54
 - 【问题 3】 顺序阀机能符号与溢流阀和减压阀的区别 / 54
- 5.5 压力继电器 / 55
 - 【问题 1】 压力继电器选用 / 55
 - 【问题 2】 灵敏度降低 / 55
 - 【问题 3】 压力继电器回路设计 / 56
- 5.6 方向控制阀 / 56
 - 【问题 1】 方向控制阀中位机能选择问题 / 56
 - 【问题 2】 手动与机动操纵方式 / 57
- 5.7 电磁换向阀与电液换向阀 / 57
 - 【问题 1】 使用场合 / 57
 - 【问题 2】 电源使用问题 / 58
 - 【问题 3】 电磁换向阀的安装 / 58
 - 【问题 4】 电磁换向阀的使用 / 59
 - 【问题 5】 电液换向阀先导控制油 / 59
- 5.8 单向阀 / 62
 - 【问题 1】 液控单向阀的泄压方式 / 62
 - 【问题 2】 单向阀开启压力问题 / 63
 - 【问题 3】 单向阀安装 / 63
- 5.9 流量控制阀 / 64
 - 【问题 1】 节流阀口的结构形式 / 64
 - 【问题 2】 节流阀流量调节问题 / 65
 - 【问题 3】 调速阀流量调节问题 / 65
 - 【问题 4】 流量控制阀连接问题 / 66

第6章 液压辅件设计及选用

68

6.1 蓄能器 / 68

- 【问题 1】 蓄能器的有效容积计算 / 68
- 【问题 2】 蓄能器位置设计 / 69
- 【问题 3】 截止阀问题 / 70

- 【问题 4】 液位控制的问题 / 70
- 【问题 5】 蓄能器与液压泵间的连接问题 / 70
- 【问题 6】 蓄能器安装易出现的问题 / 70
- 【问题 7】 蓄能器吸收压力脉动时的问题 / 71
- 【问题 8】 蓄能器充气问题 / 71

6.2 滤油器 / 72

- 【问题 1】 滤油器的作用及性能 / 72
- 【问题 2】 滤油器通流能力确定 / 73
- 【问题 3】 过滤精度选择 / 73
- 【问题 4】 滤芯选择问题 / 74
- 【问题 5】 滤油器放置位置问题 / 75
- 【问题 6】 滤油器安装问题 / 76

6.3 热交换器 / 78

- 【问题 1】 冷却器安装位置问题 / 78
- 【问题 2】 冷却器通流能力问题 / 79
- 【问题 3】 冷却面积确定问题 / 79
- 【问题 4】 传热面积计算 / 79
- 【问题 5】 冷却水管表面结露问题 / 80
- 【问题 6】 防止结垢问题 / 80
- 【问题 7】 冷却介质问题 / 80
- 【问题 8】 管式冷却器使用时应注意的问题 / 81
- 【问题 9】 板式冷却器使用时应注意的问题 / 81
- 【问题 10】 电磁水阀的使用电压应与系统控制电压一致 / 81
- 【问题 11】 加热器问题 / 82

6.4 密封件使用 / 83

- 【问题 1】 一般密封件安装问题 / 84
- 【问题 2】 O 形橡胶密封圈的使用场合 / 85
- 【问题 3】 O 形圈的间隙挤出问题 / 86
- 【问题 4】 O 形圈安装禁忌 / 86
- 【问题 5】 Y 形密封圈的使用 / 88
- 【问题 6】 V 形及组合唇形密封圈的使用 / 89
- 【问题 7】 其他唇形密封圈 / 90
- 【问题 8】 油封设计问题 / 91
- 【问题 9】 密封胶涂胶过程注意问题 / 94
- 【问题 10】 其他密封件使用问题 / 96
- 【问题 11】 液压缸密封间隙设计实例 / 97
- 【问题 12】 液压缸密封沟槽尺寸设计实例 / 98

6.5 油管及管接头 / 100

- 【问题 1】 油管材质选择 / 100
- 【问题 2】 油管内径确定问题 / 103
- 【问题 3】 油管壁厚计算问题 / 103
- 【问题 4】 管接头选择问题 / 104
- 【问题 5】 布管问题 / 105

7.1 压力控制回路设计 / 107

7.1.1 调压回路 / 107

- 【问题 1】 调压方式选择 / 107
- 【问题 2】 压力参数调节 / 108
- 【问题 3】 二级调压回路中的问题 / 110
- 【问题 4】 压力阀之间干扰问题 / 110
- 【问题 5】 溢流阀控制油路的泄漏问题 / 113
- 【问题 6】 液压泵的出口封闭问题 / 114

7.1.2 减压回路 / 114

- 【问题 1】 减压回路设计要注意的问题 / 114
- 【问题 2】 减压回路元件设置问题 / 115
- 【问题 3】 减压回路工作压力不稳定问题 / 115

7.1.3 卸荷回路 / 116

- 【问题 1】 卸荷方式选择 / 116
- 【问题 2】 卸荷阀的选择 / 118
- 【问题 3】 卸荷回路设计 / 118
- 【问题 4】 卸荷回路设计中出现的问题 / 119

7.1.4 顺序动作回路 / 122

- 【问题 1】 顺序回路的实现方式 / 122
- 【问题 2】 顺序动作不正常 / 124
- 【问题 3】 压力调定值不匹配问题 / 124
- 【问题 4】 速度和顺序同时控制问题 / 125
- 【问题 5】 变载回路设计问题 / 127

7.1.5 平衡回路 / 128

- 【问题 1】 平衡方式问题 / 128
- 【问题 2】 平衡回路冲击和干涉问题 / 128
- 【问题 3】 油缸下行过程中发生振动 / 129
- 【问题 4】 采用单向顺序阀的平衡回路问题 / 130

7.1.6 保压与泄压回路 / 131

- 【问题 1】 保压方式问题 / 131
- 【问题 2】 不保压问题 / 132
- 【问题 3】 保压回路中出现冲击、振动和噪声 / 133
- 【问题 4】 泄压方式 / 134
- 【问题 5】 泄压回路设计中的“炮鸣现象” / 134

7.2 方向控制回路设计 / 137

7.2.1 换向回路 / 138

- 【问题 1】 换向方式的选择问题 / 138
- 【问题 2】 换向回路中控制阀的选择 / 139
- 【问题 3】 滑阀没有完全回位问题 / 140
- 【问题 4】 换向阀选用不当引起的问题 / 141
- 【问题 5】 换向引起的液压冲击问题 / 142

- 【问题6】 换向阀换向滞后问题 / 142
- 7.2.2 锁紧回路 / 143
 - 【问题1】 锁紧方式选择 / 143
 - 【问题2】 锁紧回路换向阀中位机能不当 / 144
 - 【问题3】 双液压锁问题 / 146
 - 【问题4】 液控单向阀泄压方式不当问题 / 147
 - 【问题5】 锁紧回路泄漏问题 / 147
 - 【问题6】 液压缸下行油路压力过低问题 / 148
- 7.2.3 液控回路 / 148
 - 【问题1】 液动阀选择 / 148
 - 【问题2】 控制油路无压力问题 / 149
- 7.3 速度控制回路设计 / 149**
 - 7.3.1 节流调速回路 / 149
 - 【问题1】 节流调速回路节流方式选择问题 / 149
 - 【问题2】 节流阀调速不稳定问题 / 152
 - 【问题3】 局部调整对全局的影响 / 153
 - 【问题4】 节流阀前后压差问题 / 153
 - 【问题5】 调速阀调速出现前冲现象 / 154
 - 【问题6】 调速阀前后压差问题 / 155
 - 【问题7】 调速回路中控制阀出现的问题 / 156
 - 7.3.2 容积调速回路 / 157
 - 【问题1】 双向变量泵调速换向问题 / 157
 - 【问题2】 大惯量频繁启动系统的节能问题 / 157
 - 【问题3】 大功率液压系统的调速问题 / 158
 - 【问题4】 容积调速回路溢流阀设置问题 / 158
 - 【问题5】 恒力矩驱动回路应用场合 / 158
 - 【问题6】 恒功率驱动回路应用场合 / 159
 - 【问题7】 液压马达超速运动问题 / 160
 - 【问题8】 液压马达不能迅速停住的问题 / 160
 - 【问题9】 液压马达的气穴问题 / 160
 - 7.3.3 快速运动和速度换接回路 / 161
 - 【问题1】 快速运动回路选择 / 161
 - 【问题2】 快进和工进换接回路的选择 / 163
 - 【问题3】 快进和工进运动的速度换接回路的噪声问题 / 164
 - 【问题4】 两种工进换接回路的选择 / 165
 - 7.3.4 多缸同步回路 / 166
 - 【问题1】 同步问题 / 166
 - 【问题2】 容积控制式同步回路的问题 / 167
 - 【问题3】 流量控制式同步回路问题 / 170
 - 【问题4】 伺服控制式同步回路问题 / 171

- 8.1 液压系统的设计步骤 / 173**
 - 【问题 1】 液压系统的设计要求 / 173
 - 【问题 2】 系统负载分析和负载图的编制 / 174
 - 【问题 3】 确定液压系统的主要参数 / 175
 - 【问题 4】 拟定液压系统原理图 / 177
 - 【问题 5】 计算和选择液压元件 / 179
 - 【问题 6】 液压系统的性能验算 / 183
 - 【问题 7】 绘制液压系统工作图、编制技术文件 / 188
- 8.2 机床液压系统设计应用实例 / 189**
 - 【问题 1】 负载分析 / 189
 - 【问题 2】 确定液压缸的参数 / 190
 - 【问题 3】 拟订液压系统方案 / 192
 - 【问题 4】 选择液压元件 / 192
 - 【问题 5】 机床液压系统主要性能的验算 / 194
- 8.3 液压泵站的设计 / 194**
 - 【问题 1】 液压泵站整体结构问题 / 194
 - 【问题 2】 液压泵与油箱安装问题 / 199
 - 【问题 3】 油箱类型选择问题 / 200
 - 【问题 4】 油箱容量的确定问题 / 203
 - 【问题 5】 油箱结构设计问题 / 204
 - 【问题 6】 油箱的内壁问题 / 210
 - 【问题 7】 油箱中油管的设置问题 / 211
 - 【问题 8】 液压泵站调压问题 / 212
 - 【问题 9】 液压泵站注油禁忌 / 212
- 8.4 液压集成回路的设计 / 213**
 - 【问题 1】 液压集成块尺寸标注问题 / 214
 - 【问题 2】 材料选择问题 / 214
 - 【问题 3】 集成块各部位表面粗糙度要求 / 214
 - 【问题 4】 集成块孔加工问题 / 214
 - 【问题 5】 组合铣床的液压集成回路设计问题 / 216
 - 【问题 6】 通用集成块系列 / 218
- 8.5 液压板式集成回路设计 / 221**
 - 【问题 1】 板式集成类型 / 221
 - 【问题 2】 整体式油路板设计 / 222
- 8.6 叠加阀式集成回路设计 / 225**
 - 【问题 1】 叠加阀绘制问题 / 225
 - 【问题 2】 基块（底板块）的选用与设计 / 227
 - 【问题 3】 叠加阀使用问题 / 229
- 8.7 插入式集成回路设计 / 229**
 - 【问题 1】 回路等效转换问题 / 229
 - 【问题 2】 插装阀使用问题实例 / 230
- 8.8 液压系统设计 / 231**
 - 【问题 1】 系统中液压元件及辅件选择问题 / 231

【问题 2】 系统中液压元件及辅件设置问题 / 239

【问题 3】 系统中液压回路构成问题 / 243

【问题 4】 系统中液压管路配置问题 / 252

8.9 液压系统图的阅读技巧 / 255

【问题 1】 液压系统原理图阅读步骤 / 255

【问题 2】 了解系统 / 256

【问题 3】 粗略分析 / 258

【问题 4】 整理和简化油路 / 260

【问题 5】 将系统分解成子系统 / 262

【问题 6】 分析子系统 / 264

【问题 7】 确定子系统的连接关系 / 266

【问题 8】 总结系统特点 / 268

序号	场 合	解 释
6	要求刚度大的系统,宜采用液压传动	由于气体的压缩性大,因此气压系统的刚度比液压系统小,所以要求刚度大的系统不宜采用气压传动,而宜用液压传动
7	要求定位精度高的场合,宜采用液压传动	由于气体压缩性较大,所以气压系统流量控制的精度相对于液压系统的控制精度差。另外气压系统在低速范围容易出现爬行。而零位附近总是在低速范围运行,因此气压系统的定位精度比液压系统差,在要求定位精度高的场合不宜采用气压传动
8	有冲击载荷的场合,宜采用液压传动	电气传动的抗冲击能力较差,而液压系统可以用溢流阀、蓄能器等来吸收冲击,使系统压力及运动速度平稳,因此抗冲击能力较强。在冲击载荷大的场合宜选用液压系统
9	低速大转矩场合,不宜用气压传动和电气传动,应选用液压传动	对低速大转矩的场合,气压传动不易获得大的转矩,而电气传动不易获得稳定的低转速(必须另加减速器)。只有在液压传动系统中采用低速大转矩液压马达,才能实现低速大转矩的要求,其最低稳定转速可达 1r/min,最大转矩可大于 $4 \times 10^4 \text{N} \cdot \text{m}$
10	有过载保护要求的场合,宜采用液压或气压传动	液压传动及气压传动系统可以用安全阀简单地实现过载保护,而且过载结束后能自动继续运转,不需重新启动。而电气传动或机械传动则过载保护装置比较复杂,而且过载结束后常需重新启动
11	能用普通液压传动系统完成的动作不用液压比例系统,能用液压比例系统完成的动作不用液压伺服系统	从抗污染要求来说,依次是液压传动系统、液压比例系统、液压伺服系统。从系统的造价来说,也是按这一顺序而逐渐增加的。因此无论从设备投资还是维护运转费用来说,都是液压伺服系统大于液压比例系统,液压比例系统大于液压传动系统。所以能用液压传动系统完成的动作不用液压比例系统,能用液压比例系统者不用液压伺服系统

1.2 不适宜采用液压传动的场合 <<<—

表 1-2 不适宜采用液压传动的场合

序号	场 合	解 释
1	轻载高精度位置控制,宜尽量采用电气传动	在负载不大而要求控制精度高的场合,最好采用电气传动,因为电气传动的控制精度较高,电源比较容易获得(只要用电线就可以)。相应的液压传动和气压传动需要液压源或气源,液压源和气源的建立比电源复杂得多,电气传动也能获得较高的控制精度。因此负载不大而精度要求高时应首先选用电气传动
2	要求价格低廉,能用电动机带动简单机械机构实现的简单运动,在负载不大、控制精度要求不高的场合,不宜选用液压传动	由于液压传动需配备液压源,液压源的结构较复杂,价格较高,因此整个液压系统的成本也就较高。如为简单运动配备一套油源系统是不合算的。相对来说,用电动机加简单机械机构来实现这种简单运动,其成本就较低。但如用一个油源供应多个执行机构动作的场合,则使用液压系统就比较合适
3	环境防污染要求高的场合不宜用液压传动	由于液压系统常出现漏油等现象,清理比较费事,容易污染环境,所以对环境防污染要求高的场合,不宜用液压传动
4	要求效率高的场合不宜用液压传动和气压传动	由于液压系统及气压系统的流量调节大多用节流式,阻力损失较大,因此效率较低,一般整个系统效率不超过 50%。即使采用容积调速,其总效率也不会超过 85%,而电气传动加齿轮传动系统的总效率常可达 90%以上,因此要求效率高的场合宜用电气传动,不宜选用液压传动或气压传动
5	温度变化大的场合用液压系统不易获得高的控制精度	液压油的黏度与温度有关,温度越高,则黏度越小。因此温度变化较大时,其黏度变化也大,相应的系统泄漏量变化也较大,同时管道的流动阻力变化也较大(因为流动阻力与黏度成比例)。因此原来调定的参数在温度变化较大时参数的变化也大,易产生温度漂移,使系统的控制精度相应降低
6	易燃易爆、多尘多水等环境恶劣的场合,一般不宜用液压传动	一般液压介质是石油基液压油(特殊的抗燃液压介质除外),因此不宜于易燃易爆的环境使用,多尘环境易使液压介质污染而引起元件磨损,泄漏增加,甚至造成元件报废。因此在易燃易爆、多尘的场合,不宜用液压传动

续表

序号	场 合	解 释
7	对降低噪声要求高的场合,不宜用液压传动和气压传动	液压传动(主要是液压油源及换向阀等)及气压传动(主要是气源及气缸、气阀等)在工作时噪声都较大(一般大于60dB)。因此对降噪要求高的场合不宜采用液压及气压传动
8	除简单功能外,不宜用纯液压或纯气动系统完成控制功能,最好采用机电液(气)一体化系统来完成	液压或气压一般是用来驱动执行机构以带动负载完成直线或回转运动。至于运动的定位、变速、信号传递等功能,一般都要由电气元件来配合完成。而若要进行逻辑运算或对运动的动态特性进行控制,则由电子元件或计算机来完成更为方便,单纯用液压或气压元件来完成复杂的逻辑运算或动态特性控制功能是相当困难的。最好的方案是把电子技术、计算机技术与液气气动技术结合起来完成设备的总体功能,即所谓机电液一体化技术
9	超高速旋转或往复运动的场合不宜用电气或液压传动,应选用气压传动	要使电动机高速旋转,需加增速齿轮装置,增速比大时体积大,摩擦力也大,液压传动也不易获得太高的运转速度。只有气压传动由于气体黏性小、阻力小,可以有很高的流速,故运动速度可以很高,如气动内圆磨头转速可达 10^5 r/min,气动凿岩机的冲击次数可达每分钟往复3500次
10	传动比要求严格的场合,不宜用液压或气压传动	由于液压系统的内、外泄漏量随工作压力及温度而变化,因此其传动比就难以保持恒定。至于气压传动,则由于空气的压缩性大,更难以保持恒定的传动比。所以液压及气压传动不如机械传动那样能保持严格的传动比
11	远距离传输功率时,不宜用液压传动	由于液压传动的功率传输是用管道来实现的,因此远距离传输时,管道长度将很长,安装布置不方便而且成本增加;另外,管路长,其功率损失也大,所以远距离传输功率时最好用电气传动
12	冬季北方严寒地区、野外,不宜采用液压传动	冬季气温达到 -25°C 以下,即使采用抗凝液压油,野外作业的液压设备也不能可靠地工作。如在此条件下工作,将会对泵中的零件及液压缸密封件带来不同程度的损坏

第 2 章

液压缸设计

2.1 液压缸选型原则

表 2-1 液压缸选型原则

序号	场 合	选 型 原 则
1	有速度要求场合的选型	对于要求往返运动速度一致の場合,可采用双活塞杆式液压缸;若有快速返回的要求,则宜用单活塞杆式液压缸,并可考虑用差动连接
2	长工作行程的选型	行程较长时,可采用柱塞缸,以减少加工的困难;行程较长但负载不大时,也可考虑采用一些传动装置来扩大行程
3	工程机械设备中液压缸的选型	工程机械设备上不宜使用普通液压缸,工程机械的工作条件与固定设备的工作条件不同,因对液压缸的要求也不同。工程用液压缸要求重量小,安装空间受限,冲击压力一般较大,因此要求液压缸强度较大,且大多不需要缓冲装置。相对于精度和性能而言,其使用的可靠性和耐久性显得更加重要,因此其结构上就有与普通液压缸不同的地方。普通结构的液压缸一般都不能满足工程机械的使用要求,因此不宜采用
4	有承载要求时的选型	间隙密封活塞的液压缸不宜承受重载。当液压缸的活塞与缸筒之间采用间隙密封时,液压系统的压力不宜太高、负载也不宜太大,否则容易产生大量泄漏,降低系统的效率,负载过大则活塞寿命将明显缩短
5	液压缸回程有要求的选型	柱塞缸不能靠液压力回程,由于柱塞缸只有一个控制油口,因此只能驱动正向负载,即柱塞缸只能用在回程有外力(如负向负载或有回程液压缸等)の場合,否则不能回程

2.2 液压缸参数计算

【问题 1】 液压缸最大负载力计算

(1) 液压缸负载力计算

一般说来,液压缸承受的动力负载有工作负载 F_w 、惯性负载 F_m 、重力负载 F_g , 约束性

负载有摩擦阻力 F_f 、背压负载 F_b 、液压缸自身的密封阻力 F_{sf} 等，即作用在液压缸上的外负载为

$$F = \pm F_w \pm F_m + F_f \pm F_g + F_b + F_{sf}$$

① 工作负载 F_w 。工作负载与主机的工作性质有关，主要为液压缸运动方向的工作阻力。对于机床来说，就是沿工作部件运动方向的切削力，此作用力的方向如果与执行元件运动方向相反为正值，两者同向为负值。该作用力可能是恒定的，也可能是变化的，其值要根据具体情况计算或由试验测定。

② 惯性负载 F_m 。惯性负载为运动部件在启动和制动等变速过程中的惯性力，可按牛顿第二定律求出

$$F_m = ma = m\Delta v / \Delta t$$

式中 m ——运动部件的总质量，kg；

a ——运动部件的加速度， m/s^2 ；

Δv —— Δt 时间内速度的变化量， m/s ；

Δt ——启动或制动时间，s，启动加速时，取正值；减速制动时，取负值。一般机械系统， Δt 取 0.1~0.5s；行走机械系统， Δt 取 0.5~1.5s；机床运动系统， Δt 取 0.25~0.5s；机床进给系统， Δt 取 0.05~0.2s。工作部件较轻或运动速度较低时取小值。

③ 重力负载 F_g 。当工作部件垂直放置和倾斜放置时，其本身的重力也成为一种负载。上移时，负载为正值；下移时，负载为负值；当工作部件水平放置时，其重力负载为零。

④ 摩擦阻力 F_f 。摩擦阻力为液压缸驱动工作机构所需克服的机械摩擦力。对机床来说，摩擦阻力与导轨的形状、放置情况和工作部件运动状态有关。对最常见的平导轨和 V 形导轨，其摩擦阻力为

$$\text{平导轨} \quad F_f = f(mg + F_N)$$

V 形导轨

$$F_f = \frac{f(mg + F_N)}{\sin(\alpha/2)}$$

式中 F_N ——作用在导轨上的垂直载荷，N；

α ——V 形导轨夹角，通常取 $\alpha = 90^\circ$ ；

f ——导轨摩擦因数，其值可参阅相关设计手册。

⑤ 密封阻力 F_{sf} 。密封阻力指装有密封装置的零件在做相对移动时的摩擦力；其值与密封装置的类型、液压缸的制造质量和油液的工作压力有关。在初算时，可按液压缸的机械效率 $\eta_m = (0.9 \sim 0.95)$ 考虑；验算时，按密封装置摩擦力的计算公式计算。

⑥ 背压负载 F_b 。液压缸运动时还必须克服回油路压力形成的背压阻力，其值为

$$F_b = p_b A$$

式中 A ——液压缸回油腔有效工作面积；

p_b ——液压缸的背压。在液压缸参数尚未确定之前，一般按经验数据估计一个数值。系统背压的一般经验数据为：回油路有调速阀或背压阀的系统取 0.5~1.5MPa。

(2) 液压缸运动循环各阶段的总负载力

液压缸运动分为启动、加速、恒速、减速制动等几个阶段，不同阶段的负载力计算是不同的。

$$\text{启动阶段:} \quad F = (F_f \pm F_g + F_{sf}) / \eta_m$$

$$\text{加速阶段:} \quad F = (F_m + F_f \pm F_g + F_b + F_{sf}) / \eta_m$$

$$\text{恒速运动时:} \quad F = (\pm F_w + F_f \pm F_g + F_b + F_{sf}) / \eta_m$$