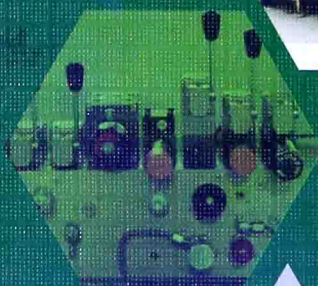


液压传动系统设计 与使用维护

张利平 编著

YEYA CHUANDONG XITONG SHEJI
YU SHIYONG WEI HU



化学工业出版社

液压传动系统设计 与使用维护

张利平 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

TH137
3/0

全书分上、下两篇。上篇共 7 章, 主要介绍液压传动系统的设计计算, 从功能原理到结构施工, 全面详细地介绍了液压传动系统的设计计算流程、方法要点及设计禁忌, 并按不同行业或不同工况特点给出了若干典型系统设计实例, 同时给出了常用液压回路、典型液压系统、液压缸及液压装置设计典型结构图例等系统设计必备的资料性内容。下篇共 4 章, 主要介绍安装调试、运转维护及故障诊断, 详细介绍了液压系统安装调试、运转维护及禁忌与故障诊断技术, 并给出若干典型工程案例。书中所有液压回路和系统图全部采用现行国标 GB/T 786.1—2009 规定的图形符号进行绘制。书中还穿插介绍了对水液压及环保节能、计算机模拟仿真与 CAD 等先进技术。附录摘录了 GB/T 786.1—2009 中的常用液压气动图形符号, 以及液压系统与元件共性故障及其诊断排除方法。

本书取材广泛、新颖翔实、图文并茂, 具有系统性、先进性、指导性、实用操作性、工程性的鲜明特点, 对于了解和掌握液压传动系统的设计方法、使用维护技巧、故障诊断技术及其工程实际应用, 解决液压系统设计和维护工作中的实际问题具有重要作用。

本书读者对象为各行业液压技术的设计制造、安装调试、使用维护、故障诊断及设备管理的工程技术人员、现场操作维护人员和管理人员, 并可作为工科院校液压传动课堂教学、课程设计与毕业设计及实训的教学参考书, 也可作为科研院所、工矿企业和技术培训机构的短期培训参考教材资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压传动系统设计与使用维护/张利平编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-122-20096-9

I. ①液… II. ①张… III. ①液压传动系统-系统设计②液压传动系统-使用方法③液压传动系统-维修
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 051500 号

责任编辑: 黄 滢 张兴辉

责任校对: 吴 静



文字编辑: 张绪瑞

装帧设计: 王晓宇

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 26½ 字数 710 千字 2014 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: 88.00 元

版权所有 违者必究



本书是在总结多年科研开发、教学培训及为企业解决难题的经验心得基础上编写而成的, 目的在于以较小篇幅为液压传动系统的设计制造、安装调试、运转维护和故障诊断提供便捷的方法及经验, 提供最新最实用的资料数据以及较多的设计、使用和故障诊断实例, 以适应当前液压技术发展和应用的日新月异现状, 满足各行业液压技术工作者的实际需要, 提升液压传动系统的设计、使用维护和故障诊断水平。

全书分上、下两篇共 11 章。上篇共 7 章, 主要介绍液压传动系统的设计计算内容、方法及具体步骤: 在概述传动系统分类及选型和液压系统的组成及动力传递原理基础上, 重点从功能原理到结构施工, 全面详细地介绍了液压传动系统的设计计算流程、方法要点及设计禁忌, 并按不同行业或不同工况特点给出了若干典型设计实例; 同时给出了常用液压回路、典型液压系统 (其中有相当多数是目前正在有关企业生产和现场施工作业运转的液压机械回路或系统)、液压缸及液压装置设计典型结构图例等系统设计必备的资料性内容。下篇共 4 章, 主要介绍运转维护及故障诊断: 详细介绍了液压系统安装调试、运转维护及禁忌与故障诊断技术, 并给出若干典型工程案例, 以期读者尤其是一线技术人员、现场操作和维护人员借助本部分知识内容, 解决实际工作中遇到的相关问题, 提高分析实际问题及动手能力, 以突出体现本书内容的工程性和实操性。书中还穿插介绍了对水液压及环保节能、计算机模拟仿真及 CAD 等先进技术, 以拓宽读者视野; 书中所有液压回路和系统图全部采用现行国标 GB/T 786. 1—2009 规定的液压图形符号进行绘制。为了便于读者查阅使用, 附录列表摘录了 GB/T 786. 1—2009, 以及液压系统与元件共性故障及其诊断排除方法。

本书取材广泛、新颖翔实、图文并茂, 具有系统性、先进性、指导性、实用实操性、工程性的鲜明特点, 对于读者了解和掌握液压传动系统的设计方法与使用维护技巧及工程应用, 解决液压系统设计计算、安装调试、运转维护和故障诊断工作中的工程实际问题具有重要作用。

本书读者对象为各行业液压技术的设计制造、安装调试、使用维护、故障诊断及设备管理的工程技术人员、现场操作人员和管理人员, 并可作为工科院校液压传动课堂教学、课程设计与毕业设计及实训的教学参考书, 也可作为科研院所、工矿企业和技术培训机构的短期培训参考教材资料。

本书由张利平编著。张津、山峻、张秀敏和王伟等参与了本书的前期策划及资料的搜集整理、部分插图的绘制和文稿的录入校对整理工作。王金业、樊志涛、向其兴、刘健、耿卫晓、岳玉晓、冯德兵、窦赵明、刘鹏程等参与了本书部分插图的绘制工作。参与本书相关工作的还有李珊、周湛学、黄涛、史玉芳等。

本书的编写工作得到了国内外许多厂家 (公司) 以及作者的学生的的大力支持与帮助, 提供了最新的技术成果、信息、经验, 以及翔实生动的现场资料或建设性意见, 编写过程中还参阅了国内外同行的大量参考文献, 在此一并表示诚挚谢意。对于书中不当之处, 欢迎液压界同行专家及广大读者指正。

编著者

2014 年 4 月 5 日于香港新界



第1章 液压传动系统组成与类型 / 1

1.1 传动类型比较及液压传动的特点 / 1

1.1.1 传动类型的比较与选择 / 1

1.1.2 液压传动的特点 / 2

1.2 液压传动的发展和应用 / 4

1.3 液压系统的组成与表示 / 5

1.3.1 液压系统的组成部分及其功用 / 5

1.3.2 液压系统的表示——图形符号 / 5

1.4 液压系统原理图的绘制和识读 / 8

1.4.1 绘制液压系统图的注意事项 / 8

1.4.2 识读液压系统原理图的要求及方法步骤 / 8

1.5 液压系统的分类与应用 / 9

1.5.1 开式系统和闭式系统 / 9

1.5.2 固定机械用系统和行走机械用系统 / 10

1.5.3 液压传动系统和液压控制系统 / 10

1.5.4 阀控制系统、泵排量控制系统、泵转速控制系统、执行元件控制系统 / 12

1.5.5 中开型系统和闭中闭型系统 / 14

1.5.6 并联系统和串联系统 / 15

第2章 液压传动系统的设计 / 16

2.1 液压传动系统的设计内容与步骤 / 16

2.2 液压系统功能原理设计 / 17

2.2.1 明确技术要求 / 17

2.2.2 执行元件的配置及动作顺序的确定 / 17

2.2.3 动力分析和运动分析 / 20

2.2.4 确定液压系统主要参数, 编制液压执行元件工况图 / 23

2.2.5 液压系统原理图的拟定及CAD / 26

2.2.6 元件选型与设计 / 32

2.2.7 液压系统主要性能验算 / 53

2.2.8 液压系统计算机模拟仿真简介 / 59

2.3 液压系统的施工设计 / 62

2.3.1 设计目的与内容 / 62

2.3.2 液压装置的结构类型及其适用场合 / 62

2.3.3 液压阀组的集成化设计及CAD / 67

2.3.4 液压泵站(液压动力源装置)的设计 / 87

2.3.5 液压站的结构总成 / 110

2.4 技术文件的编制 / 123

2.5 全面审查 / 123

2.5.1 总体审查 / 123

2.5.2 组成元件审查 / 123

第3章 液压系统典型设计计算实例 / 125

3.1 汽车发动机箱体钻孔组合机床液压系统设计计算 / 125

3.1.1 明确技术要求 / 125

3.1.2 执行元件的配置 / 125

3.1.3 运动分析和动力分析 / 125

3.1.4 液压系统主要参数计算和工况图的编制 / 127

3.1.5 制定液压回路方案, 拟定液压系统原理图 / 128

3.1.6 计算和选择液压元件 / 129

3.1.7 验算液压系统性能 / 130

3.2 铸型输送机液压系统设计计算 / 133

3.2.1 主机功能结构及技术要求 / 133

3.2.2 配置执行元件并绘制动作周期顺序图 / 134

3.2.3 动力分析和运动分析 / 134

3.2.4 确定液压缸几何参数并编制工况图 / 134

3.2.5 拟定液压系统图 / 135

3.2.6 选择液压元件 / 137

3.3 板料折弯液压机系统设计计算 / 138

3.3.1 技术要求及已知条件 / 138

3.3.2 液压执行元件的配置 / 139

- 3.3.3 动力分析和运动分析 / 139
- 3.3.4 确定液压缸主要尺寸, 编制液压缸工况图 / 139
- 3.3.5 制定基本方案, 拟定液压系统图 / 141
- 3.3.6 液压元件选型 / 141
- 3.4 单缸传动压力机液压系统设计计算 / 143
 - 3.4.1 技术性能要求 / 143
 - 3.4.2 计算确定液压缸主要参数 (内径 D 及活塞杆直径 d) / 143
 - 3.4.3 拟定液压系统原理图 / 143
 - 3.4.4 计算确定液压泵和电机规格型号 / 143
- 3.5 250g 塑料注射成型机液压系统设计计算 / 144
 - 3.5.1 主机功能结构与技术要求 / 144
 - 3.5.2 配置液压执行元件 / 145
 - 3.5.3 液压执行元件工况分析计算 / 145
 - 3.5.4 计算和确定液压系统主要参数 / 146
 - 3.5.5 拟定液压系统图 / 148
 - 3.5.6 选择与设计液压元件 / 149
- 3.6 单斗挖掘机液压系统设计计算 / 151
 - 3.6.1 主机功能及技术要求 / 151
 - 3.6.2 系统分析 / 151
 - 3.6.3 主要元件选型计算 / 152
- 3.7 叉车液压系统综合计算 / 153
 - 3.7.1 已知条件和计算内容 / 153
 - 3.7.2 液压马达最大力矩、工作压力、流量及其驱动功率的计算 / 153
- 3.8 工程船舶舵机液压系统的设计计算 / 154
 - 3.8.1 主机功用与已知条件 / 154
 - 3.8.2 液压系统图的拟定及原理说明 / 155
 - 3.8.3 主要液压元件的计算与选择 / 156

第4章 液压系统设计禁忌及失误实例分析 / 159

- 4.1 液压系统功能原理设计禁忌 / 159
 - 4.1.1 传动方案拟定禁忌 / 159
 - 4.1.2 明确设计依据和技术要求禁忌 / 159
 - 4.1.3 配置液压执行元件禁忌 / 159
 - 4.1.4 确定液压系统主要参数禁忌 / 160
 - 4.1.5 拟定液压系统图禁忌 / 161
 - 4.1.6 液压元件选型或设计禁忌 / 163

- 4.1.7 液压系统性能计算禁忌 / 168
- 4.2 液压系统施工设计禁忌 / 168
 - 4.2.1 液压装置的结构类型选择禁忌 / 168
 - 4.2.2 液压控制阀组中油路块设计禁忌 / 168
 - 4.2.3 液压泵站设计禁忌 / 170
 - 4.2.4 液压站总成设计及配管禁忌 / 171
- 4.3 液压系统设计失误实例分析 / 173
 - 4.3.1 回路组成不合理实例分析 / 173
 - 4.3.2 元件选择及设置不当实例分析 / 180
 - 4.3.3 管路配置不合理实例分析 / 186
 - 4.3.4 液压装置设计不合理实例分析 / 189

第5章 液压基本回路及其常见故障诊断排除 / 193

- 5.1 压力控制回路 / 193
 - 5.1.1 调压回路及其常见故障诊断排除 / 193
 - 5.1.2 减压回路及其常见故障诊断排除 / 196
 - 5.1.3 增压回路 / 198
 - 5.1.4 卸荷回路及其常见故障诊断排除 / 199
 - 5.1.5 平衡回路及其常见故障诊断排除 / 202
 - 5.1.6 保压回路和泄压 (释压) 回路及其常见故障诊断排除 / 205
 - 5.1.7 缓冲回路 / 208
 - 5.1.8 制动回路 / 209
- 5.2 速度控制回路 / 210
 - 5.2.1 调速原理及分类 / 210
 - 5.2.2 节流调速回路及其常见故障诊断排除 / 210
 - 5.2.3 容积调速回路及其常见故障诊断排除 / 214
 - 5.2.4 容积节流调速回路 / 219
 - 5.2.5 有级调速回路 / 220
 - 5.2.6 快速运动回路 (增速回路) 及其常见故障诊断排除 / 221
 - 5.2.7 速度换接回路 (减速回路) 及其常见故障诊断排除 / 225
- 5.3 方向控制回路 / 228
 - 5.3.1 换向回路及其常见故障诊断排除 / 228
 - 5.3.2 锁紧回路 (位置保持回路) 及

其常见故障诊断排除 / 232

5.4 多执行元件动作控制回路 / 233

5.4.1 顺序动作回路及其常见故障诊断排除 / 233

5.4.2 同步动作回路及其常见故障诊断排除 / 237

5.4.3 防干扰回路 / 240

5.5 叠加阀控制回路 / 241

5.5.1 叠加阀及其控制回路的特点及分类 / 241

5.5.2 叠加阀控制回路实例 / 241

5.5.3 绘制设计叠加阀控制回路的注意事项 / 241

5.6 插装阀控制回路 / 242

5.6.1 插装阀的特点及分类 / 242

5.6.2 插装阀方向控制回路 / 242

5.6.3 插装阀压力控制回路 / 246

5.6.4 插装阀速度控制回路 / 248

5.6.5 插装阀复合控制回路 / 249

5.7 常用液压油源回路 / 249

5.7.1 开式液压系统油源回路 / 249

5.7.2 闭式液压系统油源回路及补油泵回路 / 250

5.7.3 压力油箱油源回路 / 250

第6章 典型液压系统 / 251

6.1 典型液压系统分析的意义 / 251

6.2 液压传动系统的分类、评价与分析内容及方法要点 / 251

6.3 速度变换与控制为主的系统——YT4543型组合机床动力滑台液压传动系统 / 253

6.3.1 主机功能结构 / 253

6.3.2 液压系统分析 / 254

6.3.3 液压系统特点 / 255

6.4 连续直线往复运动为主的系统——M1432A型万能外圆磨床的液压系统 / 256

6.4.1 主机功能结构 / 256

6.4.2 液压系统分析 / 256

6.4.3 液压系统特点 / 259

6.5 压力变换与控制为主的系统之一——炼钢厂废水处理自动压滤机液压系统 / 259

6.5.1 主机功能结构 / 259

6.5.2 液压系统分析 / 259

6.5.3 液压系统特点 / 260

6.6 压力变换与控制为主的系统之二——

YA32-200型四柱万能液压机普通阀液压系统 / 261

6.6.1 主机功能结构 / 261

6.6.2 液压系统分析 / 261

6.6.3 液压系统特点 / 263

6.7 压力变换与控制为主的系统之三——

5000kN冲压机插装阀集成液压系统 / 263

6.7.1 主机功能结构 / 263

6.7.2 液压系统分析 / 264

6.7.3 液压系统特点 / 265

6.8 多路换向为主的液压系统之一——QY型汽车起重机液压系统 / 265

6.8.1 主机功能结构 / 265

6.8.2 液压系统分析 / 266

6.8.3 液压系统特点 / 268

6.9 多路换向为主的液压系统之二——WY-100型履带式全液压单斗挖掘机的液压系统 / 268

6.9.1 主机功能结构 / 268

6.9.2 液压系统分析 / 268

6.9.3 液压系统特点 / 270

6.10 液力液压复合系统——TY320履带式推土机液压系统 / 270

6.10.1 主机功能结构 / 270

6.10.2 工作装置液压系统分析 / 272

6.10.3 液力传动补偿系统分析 / 272

6.10.4 液压转向系统分析 / 273

6.11 多执行元件顺序动作、多级压力调节和多级速度变换的液压系统之一——SZ-1000型注塑机开关阀液压系统 / 274

6.11.1 主机功能结构 / 274

6.11.2 液压系统分析 / 274

6.11.3 液压系统特点 / 274

6.12 多执行元件顺序动作、多级压力调节和多级速度变换的液压系统之二——XS-ZY-250A型注塑机比例阀液压系统 / 277

6.12.1 主机简介 / 277

6.12.2 液压系统分析 / 277

6.12.3 液压系统特点 / 279

第7章 液压缸及液压站设计典型结构图例 / 281

7.1 典型液压缸装配图及零件图 / 281

7.1.1 组合机床动力滑台液压缸（单杆双作用活塞缸）装配图及零件工作图 / 281

7.1.2 回转窑活动挡轮液压缸（单杆单作用活塞缸）装配图及零件工作图 / 281

- 7.1.3 压力机液压缸（单杆双作用活塞缸）
装配图及零件工作图 / 282
- 7.1.4 夹紧液压缸（单杆双作用活塞缸）
装配图及零件工作图 / 282
- 7.1.5 耳环式双作用单杆活塞液压缸
结构图 / 290
- 7.2 液压站典型装配图及零件图示例 / 291

- 7.2.1 液压站总成装配图 / 291
- 7.2.2 液压阀组装配图 / 291
- 7.2.3 液压油箱装配图及零件图 / 291
- 7.2.4 液压泵组装配图及零件图 / 291
- 7.2.5 两种标准联轴器的性能及具体
规格尺寸 / 298

下篇

302

第8章 液压系统安装调试 / 302

- 8.1 液压系统的安装 / 302
 - 8.1.1 安装准备 / 302
 - 8.1.2 确定安装程序与方案 / 303
 - 8.1.3 液压元件和管件的质量检查 / 303
 - 8.1.4 液压系统的安装及其要求 / 304
- 8.2 液压系统的调试 / 313
 - 8.2.1 调试目的 / 313
 - 8.2.2 调试类型及准备 / 313
 - 8.2.3 调试的一般顺序 / 314
 - 8.2.4 出厂试验 / 314
 - 8.2.5 总体调试 / 318
 - 8.2.6 液压系统的调整 / 320

第9章 液压系统的运转维护及管理 / 321

- 9.1 运转维护的一般注意事项 / 321
- 9.2 液压系统运转禁忌 / 321
 - 9.2.1 启动禁忌 / 322
 - 9.2.2 连续运转禁忌 / 323
 - 9.2.3 停机禁忌 / 323
- 9.3 液压系统的检查（点检）及其项目和
内容 / 323
- 9.4 液压系统的定期维护内容与要求 / 325
- 9.5 液压元件与系统的检修 / 325
 - 9.5.1 检修液压系统的注意事项 / 325
 - 9.5.2 液压元件的修理方法 / 326
- 9.6 液压系统的泄漏与密封 / 328
 - 9.6.1 液压系统的泄漏及其危害 / 328
 - 9.6.2 密封装置的作用及要求 / 328
 - 9.6.3 密封装置的类型与结构原理 / 328
 - 9.6.4 密封件的安装与更换 / 331
 - 9.6.5 非金属密封件常见故障及其
排除 / 331
 - 9.6.6 液压系统泄漏控制的基本
准则 / 331

第10章 液压系统故障诊断技术 / 334

- 10.1 液压故障及其诊断定义 / 334

- 10.1.1 导言 / 334
- 10.1.2 液压故障及其诊断的定义 / 334
- 10.2 做好液压故障诊断及排除应具备的
条件 / 335
 - 10.2.1 必备的理论知识 / 335
 - 10.2.2 丰富的实践经验 / 335
 - 10.2.3 了解和掌握主机结构功能及
液压系统的工作原理 / 335
- 10.3 液压系统的常见故障类型及其
特征 / 336
 - 10.3.1 按故障发生时间分类——早期
故障、中期故障和后期故障 / 336
 - 10.3.2 按故障发生原因分类——人为
故障、自然故障 / 337
 - 10.3.3 按故障性质分类——慢性故障、
急性故障 / 337
 - 10.3.4 按表现形式分类——实际故障、
潜在故障 / 337
 - 10.3.5 按液压故障特性分类——共性
故障、个性故障、理性故障 / 337
 - 10.3.6 其他分类 / 338
- 10.4 液压系统的故障特点及故障征兆 / 338
 - 10.4.1 液压系统的故障特点 / 338
 - 10.4.2 液压系统故障的常见征兆 / 338
- 10.5 液压系统的故障诊断排除策略及
一般步骤 / 339
 - 10.5.1 故障诊断排除策略 / 339
 - 10.5.2 故障诊断排除的一般步骤 / 340
- 10.6 液压系统故障诊断方法 / 341
 - 10.6.1 逻辑分析法 / 341
 - 10.6.2 对比替换法 / 345
 - 10.6.3 观察诊断法（简易故障
诊断法） / 346
 - 10.6.4 仪器专项检测法 / 346
 - 10.6.5 智能诊断法 / 348
- 10.7 液压系统故障现场快速诊断仪器及
其典型应用 / 349
 - 10.7.1 通用诊断仪器 / 349

- 10.7.2 专用诊断仪器 / 350
- 10.7.3 综合诊断仪器 / 350
- 10.7.4 液压测试仪器在检测液压系统故障中的典型应用 / 351
- 10.8 液压元件故障诊断与维修中拆解时的注意事项 / 353

第 11 章 液压系统故障诊断排除 典型案例 / 354

- 11.1 滚压车床纵向进给液压缸动作失常故障及其诊断排除 / 354
 - 11.1.1 功能原理 / 354
 - 11.1.2 故障现象 / 355
 - 11.1.3 原因分析及解决方案 / 355
 - 11.1.4 启示 / 356
- 11.2 液压机主缸无动作及换向回程时冲击振动噪声大故障诊断排除 / 356
 - 11.2.1 功能原理 / 356
 - 11.2.2 故障现象 / 357
 - 11.2.3 故障原因分析及排除与启示 / 357
- 11.3 YB32-500 四柱万能液压机液压缸不动作、回油管路迸裂故障及其诊断排除 / 359
 - 11.3.1 功能原理 / 359
 - 11.3.2 故障现象 / 359
 - 11.3.3 原因分析 / 360
 - 11.3.4 改造方案 / 361
- 11.4 Z126 型镗孔车端面组合机床液压缸爬行故障及其诊断排除 / 361
 - 11.4.1 功能原理 / 361
 - 11.4.2 故障现象 / 362
 - 11.4.3 原因分析 / 362
 - 11.4.4 排除方法及启示 / 363
- 11.5 CNTA-3150/16A 型剪板机动剪刀液压缸冲击撞缸、不能自动返回故障及其诊断排除 / 363
 - 11.5.1 功能原理 / 363
 - 11.5.2 故障现象 / 363
 - 11.5.3 原因分析 / 363
 - 11.5.4 排除办法及效果 / 364
- 11.6 Y80 型液压挖掘机铲斗挖掘速度缓慢与挖掘无力故障及其诊断排除 / 365
 - 11.6.1 故障现象 / 365
 - 11.6.2 原因分析 / 365
 - 11.6.3 排除方法 / 366
- 11.7 印刷切纸机压纸器液压缸不能复位并伴随系统噪声与温升故障及其诊断排除 / 366

- 11.7.1 功能原理 / 366
- 11.7.2 故障现象 / 366
- 11.7.3 原因分析与排除 / 367
- 11.8 吹塑机液压系统压力不足与振动噪声大故障及其诊断排除 / 368
 - 11.8.1 功能原理 / 368
 - 11.8.2 压力不足故障及其分析排除 / 368
 - 11.8.3 系统管路剧烈振动故障诊断排除 / 369
 - 11.8.4 启示 / 370
- 11.9 NK-300 起重机液压系统压力不足故障及其诊断排除 / 370
 - 11.9.1 功能原理 / 370
 - 11.9.2 故障现象 / 370
 - 11.9.3 原因分析 / 370
 - 11.9.4 解决办法及效果 / 371
- 11.10 ZJ022 卧式转子压铸机液压系统不能卸荷启动与不能增压故障及其诊断排除 / 371
 - 11.10.1 功能原理 / 371
 - 11.10.2 系统不能卸荷启动故障及其诊断排除 / 372
 - 11.10.3 不能增压故障及其诊断排除 / 373
- 11.11 翻车机液压压车机构不能自锁故障及其诊断排除 / 373
 - 11.11.1 功能原理 / 373
 - 11.11.2 故障现象 / 373
 - 11.11.3 原因分析 / 374
 - 11.11.4 解决办法、效果与启示 / 375
- 11.12 ZH-3000 真空自耗电弧炉液压系统保压时间短故障及其诊断排除 / 375
 - 11.12.1 功能结构 / 375
 - 11.12.2 故障现象 / 376
 - 11.12.3 改造方案及效果 / 376
 - 11.12.4 启示 / 377
- 11.13 HK1800L 排锯液压系统油温异常故障及其诊断排除 / 377
 - 11.13.1 功能原理 / 377
 - 11.13.2 故障现象 / 377
 - 11.13.3 原因分析及解决办法 / 377
- 11.14 人造板生产线 M-48 型热磨机喷放阀液压系统油温过高故障及其诊断排除 / 378
 - 11.14.1 功能原理 / 378
 - 11.14.2 故障现象 / 379
 - 11.14.3 改进方案与效果 / 380
- 11.15 TY220 型推土机松土器液压缸漏油

故障及其诊断排除 / 381

11. 15. 1 故障现象 / 381

11. 15. 2 原因分析 / 381

11. 15. 3 改进措施与效果 / 382

11. 15. 4 启示 / 382

11. 16 HMC-800 卧式加工中心液压泵电机

烧毁故障及其诊断排除 / 382

11. 16. 1 功能结构 / 382

11. 16. 2 故障现象 / 383

11. 16. 3 原因分析 / 383

11. 16. 4 启示 / 383

11. 17 船用绞缆 (锚) 机液压马达壳体破

裂故障及其诊断排除 / 383

11. 17. 1 功能结构 / 383

11. 17. 2 故障现象 / 384

11. 17. 3 原因分析 / 384

11. 17. 4 预防措施与效果 / 385

附录 / 386

附录 1 常用液压气动图形符号 / 386

附录 2 液压系统及元件共性故障诊断
排除 / 391

附 2. 1 液压系统共性故障及其诊断排除方
法 / 391

附 2. 1. 1 液压执行元件动作失常故障及
其诊断排除方法 / 391

附 2. 1. 2 液压系统压力失常故障及其诊
断排除方法 / 392

附 2. 1. 3 液压系统流量失常故障及其诊
断排除方法 / 393

附 2. 1. 4 液压系统异常振动和噪声故障
及其诊断排除方法 / 393

附 2. 1. 5 液压系统过热故障及其诊断排
除方法 / 394

附 2. 1. 6 液压系统的冲击及其控制 / 395

附 2. 1. 7 气穴现象及其防止 / 395

附 2. 1. 8 液压卡紧及其消除 / 396

附 2. 1. 9 开环控制系统和闭环控制系统
常见故障诊断 / 396

附 2. 1. 10 液压系统的泄漏故障及其诊断
排除 / 399

附 2. 2 液压元件常见故障及其诊断
排除方法 / 399

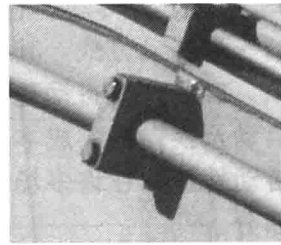
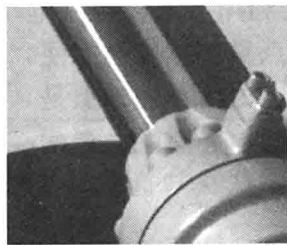
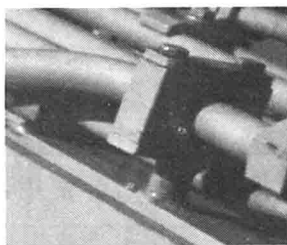
附 2. 2. 1 液压泵常见故障诊断排除
方法 / 399

附 2. 2. 2 液压阀常见故障诊断排除
方法 / 403

附 2. 2. 3 液压辅件常见故障及其诊断排
除方法 / 409

附 2. 3 液压工作介质的污染控制 / 411

参考文献 / 412



上篇

Chapter

第1章

1

液压传动系统组成与类型

1.1 传动类型比较及液压传动的特点

1.1.1 传动类型的比较与选择

(1) 传动类型 一部完备的机器都是由原动机、传动装置和工作机三部分组成。原动机（电动机或发动机）是机器的动力源，用于把各种形式的能量转换为机械能；工作机是机器直接对外做功的部分，它利用机械能来改变材料或工件的性质、状态或位置，以生产或达到其他预定目的；传动装置则是设在原动机和工作机之间的部分，用于实现动力的传递、转换与控制，以满足工作机对力（或转矩）、工作速度（或转速）及位置的不同要求。

按照所采用的机件或工作介质的不同，目前广泛应用的传动类型有机械传动、电力传动、气压传动和液压传动等。

(2) 传动类型的比较

① 机械传动。它是通过机械零件（如带、链条、齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等）传递动力和进行控制，其优点是传动准确可靠、操作简便，机构直观，制造容易，维护简单，负载变化对传动比影响小及受环境影响小等。然而单靠机械传动进行自动控制时结构复杂笨重；一般不能进行无级调速，远距离操作困难、操作力大，安装位置变化的柔性小等。故在许多场合或逐步被其他传动方式所替代，或需与其他传动方式融合才能满足主机的动

作要求。

② 电力传动。它是利用电力设备（电动机等）并调节电参数来传递动力和进行控制的一种传动方式，其优点是能量传递方便，信号传递迅速，标准化程度高，便于远距离操纵，容易实现自动化。电力传动的缺点是，运动平稳性差，易受外界负载影响，惯性大，启动及换向慢，成本较高，受温度、湿度、振动、腐蚀等环境因素影响较大。为了改善其传动性能，在许多场合，往往与机械、气动或液压传动结合使用，作为各种传动的组成部分。

③ 气压传动。它是以压缩空气为工作介质来传递动力和进行控制的一种传动方式，其优点是结构简单，元件和管线布置柔性较大；空气取之不尽，气源价格低廉，易于通过调节气流量实现无级调速；传递及变换信号方便，反应快。泄漏可直接排向大气，不会引起污染。气体黏性小，故阻力损失小，流速高，可获得高速运动（例如气动内圆磨头的转速高达每分钟 10 万转）；环境适应性好，能在易燃、易爆和高温环境下工作。气压传动的缺点是空气可压缩性较大，无法获得均匀稳定的运动，定位性差；排气噪声较大；为了减少泄漏，提高效率，气动系统的工作压力一般小于 0.7~0.8MPa，只适用于小功率传动。

液压传动则是以液体为工作介质，利用封闭系统中液体的静压能实现动力和信息的传递及工程控制的传动方式。与其他传动方式相比，液压传动具有其独特的技术优势（其特点的具体说明详见 1.1.2 节），表 1-1 列举了各种传动方式的综合比较。

（3）传动类型的选择 各种传动方式都有其特点、用途和适用范围。由于现代机械设备功能和动作日趋复杂，所以在选择传动方式时，应全面考虑机器的用途（工艺目的）及工作环境、结构布局、负载条件、预计投资额度及使用维护水平等因素，从先进性、经济性、可靠性诸方面进行综合比较和论证后作出决断，而不应牵强地对主机所有工作机构采用某一种传动方式。

1.1.2 液压传动的特点

（1）优点

① 功率密度大，即能以较轻的设备重量获得获得很大的输出力和转矩。统计资料表明，液压缸的输出力与重量比，比直流电机大 100 倍；中等功率的液压马达与一般直流电动机相比较，其转矩与惯量比大 10~20 倍，功率与重量比大 8~10 倍。相同功率的液压马达、电动机和内燃机外形尺寸比较见图 1-1。对于 300kW 的液压马达，其重量约为 2100N，而 300kW 的电动机的重量约为 16000N，300kW 的内燃机的重量约为 15000N。用液压泵很容易得到极高压力的液压油液，将此油液传送到液压缸或液压马达后即可产生很大的驱动力或转矩。

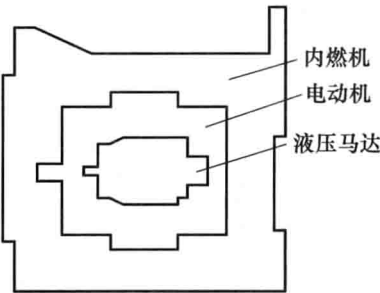


图 1-1 相同功率的液压马达、电动机和内燃机的外形尺寸比较图

表 1-1 各种传动方式的综合比较

性能	液压传动	气压传动	机械传动	电气传动
输出力或转矩	大	稍大	较大	不太大
速度	较高	高	低	高
质量功率比	小	中等	较小	中等
响应性	高	低	中等	高
定位性	稍好	不良	良好	良好
无级调速	良好	较好	较困难	良好

续表

性能	液压传动	气压传动	机械传动	电气传动
远程操作	良好	良好	困难	特别好
信号变换	困难	较困难	困难	容易
直线运动	容易	容易	较困难	困难
调整	容易	稍困难	稍困难	容易
结构	稍复杂	简单	一般	稍微复杂
管线配置	复杂	稍复杂	较简单	不特别
环境适应性	较好,但易燃	好	一般	不太好
危险性	注意防火	几乎无	无特别问题	注意漏电
动力源失效时	可通过蓄能器完成若干动作	有余量	不能工作	不能工作
工作寿命	一般	长	一般	较短
维护要求	高	一般	简单	较高
价格	稍高	低	一般	稍高

为了机器设备及其控制系统的微型化、小型化并进行大功率快速作业,通常对于功率较大(大于10kW)、响应速度要求较高(大于100Hz)的设备,一般必须采用液压传动。这对于航空航天装置、船舶及行走机械,减小舱室所占空间和自重,提高承载和作业能力特别有利。

② 布局安置灵活方便。液压元件的布置不受严格的空位置限制,容易按照机器的需要通过管道实现系统中各部分的连接,布局安装具有很大的柔性,能构成用其他方法难以组成的复杂系统,并且还可通过管道或信号电缆实现系统的远距离遥控。例如可以将执行元件(液压马达或液压缸)安置在远离原动机的位置,不需中间的机械传动环节;对于在工作时本身位置也在变动的液压缸或液压马达,只要采用挠性管道(如橡胶软管)连接就可正常工作,这是机械传动难以实现的;对于高温或粉尘较大等恶劣环境下工作的液压机械,可以将远程调压阀安装在舒适环境下并通过管路使之与先导式溢流阀的遥控口相连,通过调节远程调压阀即可实现系统压力遥控。

③ 调速范围大。通过控制阀,液压传动可以在运行过程中实现液压执行元件大范围的无级调速,调速范围可达(2000:1)~(100:1),且低速性能好。例如有的液压马达可在0.5~1r/min下平稳运转。采用电力传动尽管能无级调速,但调速范围小得多,且低速时不稳定。

④ 工作平稳、快速性好。利用液压油液的弹性,可吸收冲击,实现运动的均匀平稳传递;由于体积小、重量轻,因而惯性小,易于实现快速启动、制动和频繁换向。例如加速一个中等功率的液压马达仅需约0.1s,而加速相当功率的电动机则需1s至几秒。液压马达往复回转运动的换向频率可达500次/分,液压缸往复直线运动的换向频率高达1000次/分。

⑤ 易于操纵控制并实现过载保护,工作安全可靠。液压系统操纵控制方便,易于实现自动控制;液压系统的工作压力很容易通过压力控制元件控制,只要设法将压力控制在规定的范围内,就可以达到过载保护、避免事故的目的,使工作安全可靠;液压元件运转时可利用工作介质自行润滑,有利于散热和延长使用寿命。

⑥ 易于自动化和机电液一体化。液压技术容易与电气、电子控制技术相整合,组成机-电-液一体化的复合系统,实现自动控制。例如通过电液控制阀(伺服阀、比例阀和数字阀)与计算机容易构成稳、准、快的闭环控制系统,或者实现开环系统的远程操纵。

⑦ 易于实现直线运动。借助结构简单的液压缸可轻易地实现往复直线运动,然而这对机械传动相当困难,对电力传动则更难实现。

⑧ 可简化设备结构,减少零件数目。例如一台机械传动的 C3263 转塔车床改为 CB3463 的转塔车床后,其零件数目由 624 种 1035 件,减少为 327 种 434 件。

⑨ 液压系统设计、制造和使用维护方便。液压元件属机械工业基础件,已实现了标准化、系列化和通用化,因此,便于液压系统的成套及设计制造、推广使用和维护,有利于缩短机器设备的研发、设计、制造周期并降低制造成本。

(2) 缺点

① 不能保证定比传动。由于液压油液的可压缩性和泄漏等因素的影响,液压技术不能保证严格传动比。油液泄漏还造成环境污染、资源浪费。

② 传动效率偏低。传动过程中,能量需经两次转换,存在机械摩擦损失、压力损失及泄漏损失,使液压传动的效率偏低。

③ 工作稳定性易受温度影响。液压系统的性能对温度较为敏感,不宜在过高或过低温度下工作,采用矿物质液压油作传动介质时还需注意防火问题。

④ 液压系统的工作可靠性目前尚不如电力传动和机械传动。这主要是由于工作中液压泵等元件的摩擦副承受很大的比压和相对运动速度,很容易导致磨损失效。特别是工作介质污染严重时,会加剧磨损,甚至阻塞重要的控制通道,导致失效,缩短工作寿命,降低可靠性。

⑤ 造价及使用维护要求较高。液压元件制造精度要求较高以防止和减少泄漏,故造价较高。设计制造与使用维护要求有一定的专业知识和技术水平。

⑥ 故障诊断排除困难。液压系统中的各种元件及油液均在封闭的系统内工作,容易因液压油液污染等原因造成系统故障,故障征兆难以及时发现,发生故障后其原因一般较难确定,故往往有赖于使用维护人员的水平高低和经验的多寡。

1.2 液压传动的发展和应用

公元前,希腊人发明的螺旋提水工具、埃及人用热空气-水力驱动的寺庙大门和中国的水轮等,可谓液压技术最古老的应用。现代液压技术源于 1648 年法国人帕斯卡(B. Pascal)提出的静压传递原理,1795 年英国人约瑟夫·布瑞玛(Joseph Bramah)登记了世界上第一台水压机专利。1906 年美国人在弗吉尼亚号战舰上采用液压装置代替电控装置对火炮上实施控制,并以油代替水作为液压系统工作介质。Harry Vickers 于 1936 年发明的先导控制压力阀首先应用于机床并一直沿用至今。第二次世界大战期间,由于军事的需要,出现了以电液伺服系统为代表的响应快、精度高的液压元件和控制系统,使液压技术得到了迅猛发展。战后液压技术很快转入民用工业,在多种领域得到了广泛发展和应用。20 世纪 60 年代以来,随着原子能、航空航天技术、微电子技术的发展,液压技术在更深更广阔领域得到了发展。

近年来,与微电子、计算机技术相结合,液压技术进入了一个崭新的发展时期。为了应对电气传动技术的新竞争和绿色环保的新挑战,提高竞争力,液压技术不断发展和进步,借助和依托现代科技的支持及相关学科的最新成果,使其缺点逐步被克服,成为现代机械设备和装置中的基本技术构成、现代工业及国防自动化的重要手段,其应用几乎涵盖了国民经济各行业以及所有技术领域:工业机械(如机床及数控加工中心、机器人、压力加工机械、橡胶塑料成型机械、矿山冶金机械、各类试验机械)、能源开发生产设备[(如石油开采设备、液化天然气(LNG)大型运输船卸载臂、煤炭采掘及矸石填埋机械、水电工程机械等)]、行走机械(如高速铁路列车、工程机械、建筑机械、农林牧机械、汽车及其他可移动设备)、航空及航天(包括飞机、卫星发射装置及宇宙飞船等)、舰船(包括

船舶舰艇的甲板机械、舵机、操纵及控制系统等)、海洋开发工程(包括海洋开发平台、海底钻探、海浪发电机、水下作业工具等)以及公共设施(如医疗器械和游艺机械)等。

应当说明的是,各行业和部门应用液压技术的出发点有所不同。例如加工机械(如机床、橡塑机械)主要应用液压技术便于无级调速、易于实现自动化及能实现换向频繁的往复运动的优点;压力加工机械和工程机械主要应用液压技术输出力大的优点,航空航天工业则主要应用液压技术体积小、重量轻便于提高承载能力的优点,等等。

液压技术及产品的研发、设计和应用的发展趋势见表 1-2,以满足和适应各类液压主机产品节能环保、高效自动、安全可靠诸方面要求。而创新与发展,为装备制造业提供动力传动与控制技术全面解决方案已成为近代液压传动与控制技术的重要主题。

表 1-2 液压技术及产品的研发、设计和应用的发展趋势

序号	项目	举 例	序号	项目	举 例
1	节能化	功率传感技术、轻型油路块等	5	小型集成化	微型液压阀技术
2	智能化	液压故障诊断的专家系统和计算机诊断查询系统	6	复合化、长寿命、高可靠性、绿色化	低污染的水液压传动、低噪声、低振动、无泄漏技术
3	电子化	电液伺服、比例和数字阀以及阀岛控制技术	7	设计方法现代化	基于有限元方法的液压产品模块化、参数化设计,利用 Pro/E 和 UG 等计算机软件进行油路块三维设计,用 Fluid Sim 等软件对液压系统油路设计进行仿真模拟、用 AMESim 软件对液压系统的动静态性能及故障进行仿真分析研究等
4	高压化	超高压液压技术			

1.3 液压系统的组成与表示

1.3.1 液压系统的组成部分及其功用

液压系统通常都是由液压元件(包括能源元件、执行元件、控制元件、辅助元件)和工作介质等两大部分所组成,各部分的功用见表 1-3。各类液压元件的型号、规格、特性、安装连接尺寸等可从液压工程手册中查得,也可以从液压元件生产厂商(公司)处索取的产品样本中获得。

一般来讲,能够实现某种功能的液压元件的组合,称为液压回路(按功能不同,有压力控制、速度控制、方向控制和多缸动作等多种回路)。为了实现对某一液压机械的工作要求,将若干特定的液压回路按一定方式连接或复合而成的总体称为液压系统。

1.3.2 液压系统的表示——图形符号

液压系统的组成、工作原理、功能、工作循环及控制方式等,通常是利用标准图形符号绘制成的液压系统原理图进行表示。在此种表示法中,图形符号仅表示组成系统的各液压元件的功能、操作(控制)方法及外部连接口,并不表示液压元件的具体结构、性能参数、连接口的实际位置及元件的安装位置。因此,用来表达系统中各类元件的作用和整个系统的组成、油路联系和工作原理,简单明了,便于绘制和技术交流。利用专门开发的计算机图形符号库软件,还可大大提高液压系统原理图的设计、绘制效率及质量。

表 1-3 液压系统的组成部分及其功用

组 成 部 分			作 用	备 注
液 压 元 件	能源元件	液 压 泵 及 其 原 动 机	将原动机(电动机或内燃机)供给的机械能转变为流体的压力能,输出具有一定压力的油液	(1)液压元件的基本参数有公称压力(MPa)、通径(mm)(主油口名义尺寸)或公称流量(L/min) (2)液压元件都已经系列化、通用化和标准化,为液压元件及系统的制造、选用和维护提供了方便 (3)液压元件产品铭牌设计和包括的内容规定主要有:①元件铭牌设计应美观大方、线字清晰,并应符合产品铭牌的有关规定;②铭牌应端正、牢固地装于元件的明显部位;③铭牌内容至少应包括元件名称、型号及图形符号,元件主要技术参数,制造厂名称,出厂年月;④对有方向要求的元件(如液压泵、马达的转向等)应在明显部位用箭头或相应记号标明
	执行元件	液压缸、液压马达和摆动液压马达	将工作介质(液体)的压力能转变为机械能,用以驱动工作机构的负载做功,实现往复直线运动、连续回转运动或摆动	
	控制调节元件	各种压力、流量、方向控制阀及其他控制元件	控制调节系统中从动力源到执行元件的液体压力、流量和方向,从而控制执行元件输出的力、速度和方向,以保证执行元件驱动的主机工作机构完成预定的运动规律	
	辅助元件	油箱、过滤器、管件、热交换器、蓄能器及指示仪表等	用来存放、提供和回收工作介质(油液);滤除介质中的杂质、保持系统正常工作所需的介质清洁度;实现元件之间的连接及传输载能介质;显示系统压力、温度等	
工作介质		油或油水混合物	传递能量和工作及故障信号,对管路和元件进行冷却、润滑,并具有防锈作用	

我国先后于 1965 年、1976 年、1993 年和 2009 年分别颁布和修订了 4 次液压图形符号标准。目前执行的标准是 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图

第 1 部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》(本书附录一列出了常用液气动压元件的标准图形符号备查)。该标准建立了各种符号的基本要素(包括线、连接和管接头、流路和方向指示、机械基本要素、控制机构要素、调节要素等),并制定了液压气动元件(液压:阀、泵和马达、缸、附件;气动:阀、空压机和马达、缸、附件)和回路图表中符号的设计应用规则(含常规符号、阀、二通盖板式插装阀、泵和马达、缸、附件),以资料性附录形式对 CAD 符号进行了介绍。

图 1-2 即为采用图形符号绘制的液压系统原理图,图中的主要液压元件图形符号意义介绍如下。

(1) 液压泵图形符号 由一个圆加上一个实心正三角形或两个实心正三角形来表示,正三角形箭头向外,表示压力油液的方向。一个实心正三角形的为单向泵,两个实心正三角形的表示双向泵。圆上、下两垂直线段分别表示排油和吸油管路(油口)。图中无箭头的为定量泵,有箭头的为变量泵。圆侧面的双线和弧线箭头分别表示泵传动轴和旋转运动。例如图 1-2 中元件 3 和 12 为单向定量液压泵,元件 14 为双向变量液压泵。

(2) 液压马达图形符号 由一个圆加上一个实心正三角形或两个实心正三角形来表示,三角形箭头向内,表示压力油液的方向。一个实心三角形的为单向马达,两个实心三角形的表示双向马达。圆上、下两垂直线段分别表示进油和排油管路(油口)。图中无箭头的为定量马达,有箭头的为变量马达。圆侧面的双横线和弧线箭头分别表示马达传动轴和旋转运动。例如图 1-2 中的元件 21 为双向定量液压马达。

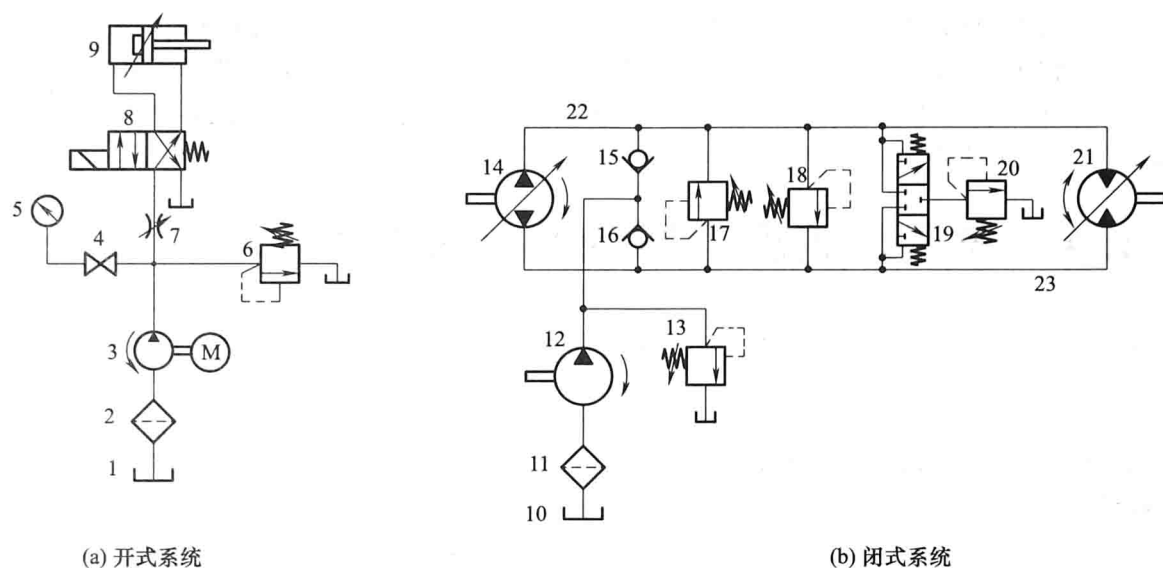


图 1-2 采用图形符号绘制的液压系统原理图示例

1,10—油箱；2,11—过滤器；3,12—单向定量液压泵；4—压力表开关；5—压力表；
6,13,17,18,20—溢流阀；7—节流阀；8—二位四通电磁换向阀；9—活塞式单杆液压缸；
14—双向变量液压泵；15,16—单向阀；19—梭阀式液控三位三通换向阀；
21—双向定量液压马达；22,23—吸油管路

(3) 液压缸图形符号 用一个长方形加上内部的两个相互垂直的双直线段表示，双垂直直线段表示活塞，活塞一侧带双水平线段表示为单活塞杆缸，活塞两侧带双水平线段表示为双活塞杆缸。图中有小长方形和箭头的表示缸带可调节缓冲器，无小长方形则表示缸不带缓冲器。例如图 1-2 中的元件 9 为带可调节缓冲器的活塞式单杆液压缸。

(4) 油箱图形符号 用半矩形表示。例如图 1-2 中的元件 1 和 10 为油箱。

(5) 过滤器图形符号 由等边菱形加上内部的虚线表示。例如图 1-2 中的元件 2 和 11 为过滤器。

(6) 换向阀图形符号 为改变油液的流动方向，换向阀的阀芯位置要变换，它一般可变动 2~3 个位置，而且阀体上的通路数也不同。根据阀芯可变动的位置数和阀体上的通路数，可组成×位×通阀。其图形意义为：

① 换向阀的工作位置用方格表示，有几个方格即表示几位阀；

② 方格内的箭头符号“↑”或“↓”表示油流的连通情况（有时与油液流动方向一致），“┐”表示油液被阀芯封闭的符号，这些符号在一个方格内与方格的交点数即表示阀的通路数；

③ 方格外的符号为操纵阀的控制符号，控制形式有手动、机动、电磁、液动和电液动等。

例如图 1-2 中的元件 8 为二位四通电磁换向阀；元件 19 为梭阀式液控三位三通换向阀。

(7) 压力阀图形符号 方格相当于阀芯，方格中的箭头表示油流的通道，两侧的直线代表进、出油管。图中的虚线表示控制油路，压力阀就是利用控制油路的液压力与另一侧调节弹簧力相平衡的原理进行工作的。例如图 1-2 中的元件 6、13、17、18、20 均为溢流阀。

(8) 节流阀图形符号 两圆弧所形成的缝隙即节流孔道，油液通过节流孔使流量减少，图中的箭头表示节流孔的大小可以改变，也即通过该阀的流量是可以调节的。例如图 1-2 中的元件 7 为节流阀。