

轻松看懂

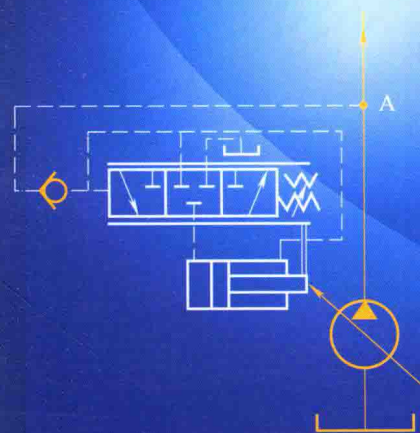
液压气动系统 原理图

李松晶 向东 张玮 编著

★ 双色 ★
精华版

QINGSONG
KANDONG

YIYA
QIDONG
XITONG
YUANLITU



化学工业出版社

轻松看懂

液压气动系统 原理图

李松晶 向东 张玮 编著

★ 双色 ★
精华版



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

轻松看懂液压气动系统原理图 (双色精华版) / 李松晶, 向东, 张玮编著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 2

ISBN 978-7-122-25830-4

I. ①轻… II. ①李…②向…③张… III. ①液压系统-原理图②气压系统-原理图 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第294917号

责任编辑: 黄 滢
责任校对: 王素芹

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 装: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数320千字 2016年3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: 39.90元

版权所有 违者必究

作为一项重要的传动技术，液压与气动技术在工农业生产、航空航天、军事国防和现代化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着不可磨灭的作用。液压与气动系统原理图是使用连线把液压和气动元件的图形符号连接起来的一张简图，用来描述液压与气动系统的组成及工作原理。在液压与气动技术的学习、交流及使用过程中，都离不开液压与气动系统原理图，因此能够正确而快速地阅读液压与气动系统原理图，无论对于液压与气动设备的设计、分析及研究，还是液压与气动装置的使用、维护及调整都是十分重要的。

本书在介绍液压与气动系统原理图的阅读方法和步骤的基础上，给出了五个液压系统原理图和三个气动系统原理图的阅读实例。考虑到阅读实例的选择应尽可能包含多种基本回路、涵盖不同种类的液压与气压传动和控制系统以及各种应用领域，本书选择了汽车起重机、组合机床、推土机、热压机和炮塔液压系统以及汽车、机械手和灌装机气动系统。

本书模块一介绍液压系统原理图的阅读方法及步骤，包括了解系统的方法、初步分析方法、整理和简化原理图方法、划分子系统方法、子系统分析方法、子系统连接关系分析方法以及总结系统特点的方法；模块二介绍汽车起重机液压系统原理图的分析方法；模块三介绍组合机床液压系统原理图的分析方法；模块四介绍推土机液压系统原理图的分析方法；模块五介绍热压机液压系统原理图的分析方法；模块六介绍炮塔液压系统原理图的分析方法；模块七介绍汽车气动系统原理图的分析方法；模块八介绍机械手气动系统原理图的分析方法；模块九介绍灌装机气动系统原理图的分析方法。

本书的模块一、模块二、模块三和模块四由哈尔滨工业大学流体控制及自动化系李松晶编写，模块七、模块八、模块九由哈尔滨工业大学流体控制及自动化系向东编写，模块五和模块六由兰州理工大学能源与动力工程学院液压教研室张玮编写。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

前言

F o r e w o r d

化系领导和全体同事的支持和帮助，包钢、徐本洲、杨庆俊、吴盛林以及聂伯勋等老师帮助解答了编写过程中遇到的疑难问题。书稿整理过程中，哈尔滨工业大学机械电子工程专业博士研究生刘旭玲、张圣卓、彭敬辉、曾文，硕士研究生张亮、李洪洲、曹俊章、韩哈斯敖其尔、张振、张宏宇等协助完成了查找资料和绘图等工作。在本书的编写过程中，还得到了其他院系同事和朋友的支持与帮助，在此笔者对所有支持和帮助过本书编写的同事和朋友表示衷心的感谢。

由于笔者水平有限，书中难免会有疏漏和不足之处，敬请读者予以批评和指正。

编著者

模块一 阅读液压与气动系统原理图的方法及步骤

1

1.1 概述	1
1.2 了解系统	3
1.2.1 了解系统的工作任务	3
1.2.2 了解系统的工作要求	3
1.2.3 了解系统的动作循环	4
1.3 初步分析	5
1.3.1 粗略浏览整个系统	5
1.3.2 分析元件功能	5
1.3.3 给元件重新编号	7
1.4 整理和简化回路	8
1.4.1 简化回路	8
1.4.2 整理元件	8
1.4.3 重新绘制原理图	10
1.5 将系统分解成子系统	10
1.5.1 子系统的划分方法	10
1.5.2 子系统命名	11
1.5.3 重新绘制子系统原理图	11
1.6 分析各子系统	11
1.7 分析各子系统的连接关系	14
1.7.1 串联方式	14
1.7.2 并联方式	15
1.7.3 串、并联方式（顺序单动方式）	15
1.7.4 复合方式	15
1.7.5 合流	16
1.8 总结系统特点	16

1.8.1	动作切换和动作循环	17
1.8.2	调速和变速方式	18
1.8.3	节能措施	19

20

模块二 汽车起重机液压系统原理图分析

2.1	汽车起重机概述	20
2.2	了解汽车起重机液压系统	21
2.3	初步分析	21
2.3.1	确定系统组成元件及功能	22
2.3.2	给元件编号	23
2.4	整理和简化油路	25
2.4.1	缩短油路连线	25
2.4.2	省略某些元件	27
2.5	将系统分解成子系统	29
2.5.1	划分子系统	29
2.5.2	给子系统命名	30
2.5.3	绘制子系统原理图	30
2.6	分析各子系统	31
2.6.1	垂直支腿 (zc) 子系统分析	31
2.6.2	水平支腿 (zs) 子系统分析	33
2.6.3	回转 (hz) 子系统分析	33
2.6.4	伸缩 (变幅) 子系统分析	34
2.6.5	起升子系统分析	35
2.6.6	离合制动子系统分析	39
2.7	分析各子系统的连接关系	41
2.7.1	工作机构子系统连接关系	41
2.7.2	支腿子系统连接方式	42

2.7.3 离合制动子系统连接关系	43
2.8 总结整个系统特点及分析技巧	43
2.8.1 系统特点	43
2.8.2 分析技巧	44

模块三 组合机床液压系统原理图分析

3.1 组合机床概述	45
3.2 了解系统的工作任务、动作要求和工作循环	46
3.3 初步分析	47
3.3.1 确定组成元件及功能	47
3.3.2 分析特殊元件	49
3.3.3 给元件编号	50
3.4 整理和简化油路	53
3.5 划分子系统	54
3.5.1 子系统划分及编号	55
3.5.2 绘制子系统原理图	55
3.6 分析各子系统	57
3.6.1 滑台 I 子系统分析	57
3.6.2 滑台 II 子系统分析	60
3.6.3 滑台 III 子系统分析	63
3.6.4 夹紧子系统分析	63
3.6.5 定位子系统分析	64
3.6.6 工件输送子系统分析	65
3.7 分析各子系统的连接关系	69
3.8 总结整个系统特点及分析技巧	69
3.8.1 系统特点	70
3.8.2 分析技巧	71

模块四 推土机液压系统原理图分析

4.1 推土机概述	72
4.2 了解系统的工作任务和动作要求	73
4.3 初步分析	74
4.3.1 浏览整个系统	74
4.3.2 模块划分	74
4.4 分析各个模块的组成元件及功能	78
4.4.1 转向泵模块	78
4.4.2 转向马达模块	79
4.4.3 旁通和压力控制阀组模块	80
4.4.4 工作泵模块	80
4.4.5 工作装置阀组模块	81
4.4.6 推土器模块	82
4.4.7 裂土器模块	83
4.4.8 转向先导阀模块	83
4.4.9 油箱模块	84
4.5 整理和简化油路	84
4.5.1 缩短油路连线	84
4.5.2 省略元件	85
4.5.3 重新绘制原理图	85
4.5.4 元件重新编号	86
4.6 将系统分解成子系统	88
4.6.1 子系统划分及命名	88
4.6.2 绘制子系统原理图	89
4.7 分析各子系统	91
4.7.1 转向子系统分析	91

4.7.2 裂土器子系统分析	96
4.7.3 推土铲铲斗举升子系统分析	99
4.7.4 推土铲铲斗倾斜子系统分析	102
4.8 分析各子系统的连接关系	105
4.9 总结整个系统特点及分析技巧	105
4.9.1 系统特点	105
4.9.2 分析技巧	105

模块五 热压机液压系统原理图分析

5.1 热压机概述	107
5.2 了解热压机液压系统的工作任务和动作要求	108
5.3 初步分析	110
5.3.1 粗略浏览	110
5.3.2 给元件编号	111
5.4 整理和简化油路	111
5.4.1 简化油路连线	111
5.4.2 去掉不必要的元件	112
5.4.3 使用等效元件	113
5.4.4 绘制等效原理图	113
5.4.5 给元件重新编号	116
5.5 划分子系统	116
5.5.1 子系统划分及编号	116
5.5.2 绘制子系统原理图	117
5.6 分析各子系统	119
5.6.1 热压机子系统分析	119
5.6.2 装板机子系统分析	125
5.6.3 卸板机子系统分析	126

5.6.4 推板器子系统分析	127
5.6.5 挡板器子系统分析	128
5.6.6 同步闭合子系统分析	128
5.6.7 油源子系统分析	129
5.7 分析各子系统的连接关系	131
5.8 总结整个系统特点及分析技巧	132
5.8.1 系统特点	132
5.8.2 分析技巧	133

模块六 炮塔液压系统原理图分析

6.1 炮塔概述	134
6.2 了解液压系统的工作任务和动作要求	135
6.3 初步分析	135
6.3.1 确定系统的组成元件及功能	136
6.3.2 特殊元件分析	137
6.3.3 重新编号	137
6.4 简化油路	137
6.4.1 缩短油路连线	138
6.4.2 去掉某些元件	138
6.4.3 重新绘制油路	139
6.4.4 给元件重新编号	140
6.5 划分子系统	140
6.5.1 子系统划分及编号	141
6.5.2 绘制子系统原理图	141
6.6 分析各子系统	142
6.6.1 油源子系统分析	143
6.6.2 高低子系统分析	147

6.6.3	方位子系统分析	149
6.7	分析各子系统的连接关系	153
6.8	总结整个系统特点及分析技巧	153
6.8.1	系统特点	153
6.8.2	分析技巧	154

模块七 汽车气动系统原理图分析

7.1	汽车概述	155
7.2	了解气动系统的工作任务和动作要求	155
7.3	粗略浏览	156
7.3.1	确定系统的组成元件及功能	156
7.3.2	特殊元件分析	158
7.4	整理和简化气路	162
7.4.1	简化气动原理图	162
7.4.2	给元件重新编号	162
7.5	划分子系统	163
7.5.1	子系统划分及编号	163
7.5.2	绘制子系统原理图	163
7.6	分析各子系统	164
7.6.1	汽车门子系统分析	164
7.6.2	刹车子系统分析	167
7.7	分析各子系统的连接关系	168
7.8	总结整个系统特点及分析技巧	169
7.8.1	系统特点	169
7.8.2	分析技巧	169

模块八 机械手气动系统原理图分析

8.1 气动机械手概述·····	170
8.2 了解转运机械手气动系统的工作任务和动作要求·····	170
8.3 粗略浏览·····	171
8.3.1 确定系统的组成元件及功能·····	171
8.3.2 特殊元件分析·····	173
8.4 整理和简化气路·····	174
8.4.1 简化气路连线·····	174
8.4.2 去掉不必要的元件·····	174
8.4.3 绘制等效原理图·····	175
8.4.4 给元件重新编号·····	175
8.5 划分子系统·····	176
8.5.1 子系统划分及编号·····	176
8.5.2 绘制子系统原理图·····	177
8.6 分析各子系统·····	178
8.6.1 手臂升降子系统分析·····	178
8.6.2 手臂伸缩子系统分析·····	180
8.6.3 手臂回转子系统分析·····	181
8.6.4 真空吸盘子系统分析·····	183
8.7 列写电磁铁动作顺序表·····	184
8.8 分析各子系统的连接关系·····	184
8.9 总结整个系统特点及分析技巧·····	185
8.9.1 系统特点·····	185
8.9.2 分析技巧·····	185

模块九 灌装机气动系统原理图分析

187

9.1 灌装机概述	187
9.2 了解灌装机气动系统的工作任务和动作要求	188
9.3 粗略浏览	188
9.4 整理和简化气路	190
9.4.1 简化气路连线	190
9.4.2 去掉不必要的元件	190
9.4.3 绘制等效原理图	191
9.4.4 给元件重新编号	192
9.5 划分子系统	193
9.5.1 子系统划分及编号	193
9.5.2 绘制子系统原理图	193
9.6 分析各子系统	194
9.6.1 灌装子系统分析	194
9.6.2 旋转子系统分析	196
9.6.3 系统运行控制	198
9.7 分析各子系统的连接关系	199
9.8 总结整个系统特点及分析技巧	200
9.8.1 系统特点	200
9.8.2 分析技巧	200
参考文献	201



模块一

阅读液压与气动系统原理图的方法及步骤

液压与气动技术作为重要的传动方式之一，在工农业生产、航空航天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着不可磨灭的作用。在液压与气动技术的学习、交流及使用过程中，离不开液压与气动系统原理图，因此能够正确而迅速地阅读液压与气动系统原理图，无论对设计、分析及研究液压与气动设备，还是使用、维护及调整液压与气动装置都十分重要。采取正确的阅读方法以及必要的阅读步骤是正确而迅速地阅读液压与气动系统原理图的关键，而计算机和网络等先进技术手段的使用和配合，为液压与气动系统原理图的阅读提供了更有利的保障。

本模块将着重介绍阅读液压与气动系统原理图的基本方法及步骤，在后续章节中，结合本章的基本阅读方法及步骤，对几个典型的液压与气动系统原理图进行具体的分析和研究。

1.1 概述

液压与气动系统原理图是使用连线把液压与气动元件的图形符号连接起来的一张简图，用来描述液压与气动系统的组成及工作原理。要能够做到正确而又迅速地阅读液压与气动系统原理图，首先要很好地掌握液压与气动技术基本知识，熟悉各种液压与气动元件（特别是各种液压与气动控制阀和变量机构）的工作原理、功能和特性，熟悉液压与气动系统各种基本回路的组成、工作原理及基本性质，熟悉液压与气动系统的各种控制方式。由于液压与气动系统原理图是由液压与气动元件的图形符号组成的，因此要熟悉液压与气动元件的标准图形符号。其次要在实际工作中联系实际，多读多练，通过各种典型的液压与气动系统，了解不同应用场合下各种液压与气动系统的组成及工作特点，以此为基础阅读新的液压与气动系统原理图。

如果在阅读液压与气动系统原理图时，系统图附有说明书，则根据说明书的介绍逐步看下去，这样能够比较容易地阅读清楚液压与气动系统原理图所示液压与气动系统的工作原理。如果所阅读的液压与气动系统原理图没有配备说明书，只有一张系统图，或者在系统原理图上还附有工作循环表、电磁铁工作表或其他简单的说明，这时就要求我们采取必要的分析方法和分析步骤，通过分析各元件的作用及油路的连通情况来弄清楚系统的工作原理。

阅读液压与气动系统原理图可以采取图 1-1 所示的步骤。

阅读液压与气动系统原理图的步骤并不是一成不变的,在具体的液压与气动系统原理图分析过程中,应结合具体的系统原理图适当调整或简化分析步骤,使液压与气动系统原理图的分析更加正确和迅速。根据图 1-1 所示的分析步骤,本章的后续内容将对各个分析步骤中

应该采用的分析方法进行详细介绍。

在下述情况下需要对液压与气动系统原理图进行分析和阅读,不同情况下阅读液压与气动系统原理图的难易程度不同。

① 新购液压与气动设备的使用和操作。在使用新购置的液压与气动设备时,首先应阅读该液压与气动设备的使用说明书以及液压与气动系统原理图,了解液压与气动设备的工作原理,以便更好地操作液压与气动设备。对于新购置的液压与气动设备,其液压与气动系统原理图、电气控制图以及使用说明书等文件应该很齐全,因此在分析液压与气动系统原理图时可结合其他文件进行阅读,因此在这种情况下,液压与气动系统原理图的阅读是相对容易的。

② 旧液压与气动设备的维修。使用了几年甚至十几年的旧液压与气动设备出现故障时,要进行故障排查和维修,首先应阅读该设备的液压系统原理图或气动系统原理图,掌握该设备液压或气动系统的工作原理。旧设备的技术资料和说明文件往往不会很齐全,使用过程中会丢失某些资料,有可能只能参考液压或气动系统原理图(通常设备上都会留有系统原理图的标牌),而没有电气控制图或说明书作辅助的参考,此时液压或气动系统原理图的阅读会相对困难。

此外,在《GB/T 786.1—1993 液压气动图

形符号》发布之前制造的液压与气动设备,其原理图采用的是旧标准的液压气动元件图形符号,因此在阅读时存在新、旧标准图形符号转化的问题,增加了液压与气动系统原理图阅读的难度。

③ 进口液压与气动设备的国产化。在消化和吸收进口液压与气动设备的基础上,对进口液压与气动设备进行国产化的设计时,首先应了解进口液压与气动设备的工作原理。此时,该进口液压与气动设备有可能配备了齐全的技术资料和说明文件,有时也有可能缺少某些技术文件,使液压与气动系统原理图的阅读困难。此外,进口液压与气动设备的液压系统原理图或启动系统原理图中液压与气动元件图形符号往往与我国国家标准规定的图形符号不同,存在国外标准图形符号和我国国家标准图形符号的转化问题。

④ 液压技术的学习和培训。在学习液压与气动技术的过程中或进行某些方面的液压与

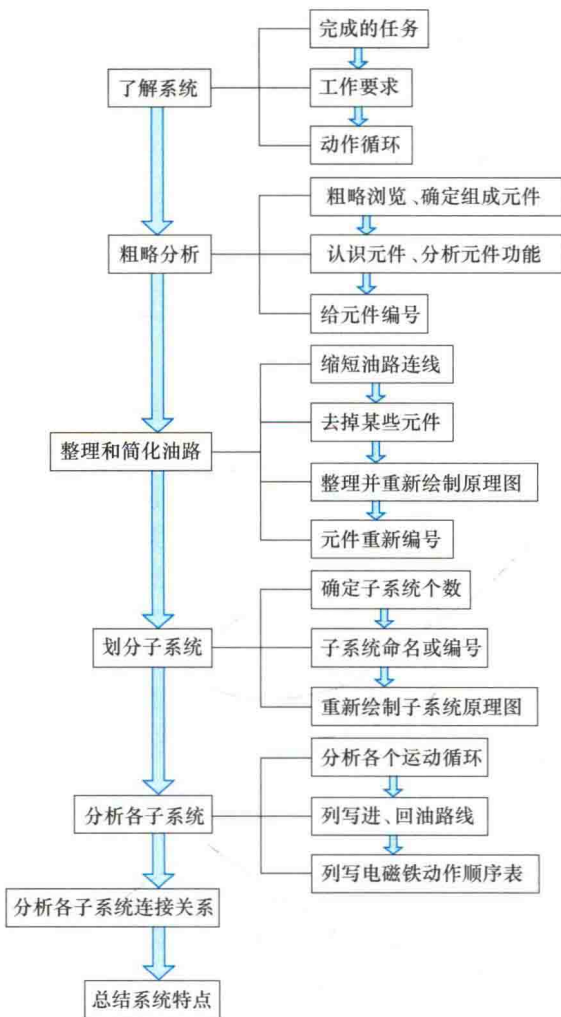


图 1-1 阅读液压与气动系统原理图的步骤

气动技术培训中,分析液压系统原理图和气动系统原理图是很重要的学习内容。在学习或培训过程中遇到的液压与气动系统原理图往往都是典型的液压与气动系统,在教科书或液压与气动技术资料中往往能够找到详细的介绍材料,因此在学习或培训过程中,阅读典型的液压与气动系统原理图时,能够找到相应的参考资料帮助阅读,相对容易。

1.2 了解系统

在对给定的液压与气动系统原理图进行分析之前,对被分析系统的基本情况有所了解是十分必要的,如了解系统要完成的工作任务、要达到的工作要求以及要实现的动作循环。了解系统的动作情况后,就能够按照系统的工作要求和动作循环,根据液压与气动系统原理图去分析液压与气动系统在工作原理上是如何满足液压与气动设备的工作任务和动作循环的,从而分析清楚液压与气动系统的工作原理。

如果在阅读液压与气动系统原理图时,只有原理图,而没有其他的技术资料或说明文件,则需要查找参考书、技术手册、期刊文献或其他同类液压与气动设备的技术资料,也可以向有关专家寻求帮助。此外,在网络技术发达的今天,如果从参考资料上无法得到帮助,也可以借助现代化网络技术,在互联网上寻求帮助。有时有些液压与气动系统的原理图上会同时给出该液压与气动系统要实现的动作循环,此时系统的分析就会相对容易,只要按照系统的动作循环,分析清楚不同动作情况下液压与气动系统的工作原理即可。

1.2.1 了解系统的工作任务

所有的液压与气动设备都是为了完成不同的工作任务,设备的应用场合不同,所要完成的工作任务也不同。因此了解液压与气动设备或系统的工作任务,最主要的是了解该设备的应用场合。对于常用设备的液压与气动系统,如汽车起重机或组合机床液压系统,其应用场合和所要完成的工作任务往往是阅读者所熟悉的。但对于某些专用设备或不常用的设备,如灌装机气动系统,则需要通过查找参考书或咨询有关专家,了解其所要完成的工作任务。

不同应用场合液压与气动设备的工作任务如下。

- ① 农牧渔业液压与气动设备,完成农牧渔业操纵机构的升降、折叠、回转动作,自行车式机械的转向和行走驱动动作。
- ② 冶金和建材行业液压与气动设备,完成轧制、锻打、挤压、送料等工作任务。
- ③ 交通运输行业液压与气动设备,完成行走驱动、转向、摆舵、减振等工作任务。
- ④ 金属加工液压与气动设备,完成铸造、焊接以及车、铣、刨、磨等机械加工任务。
- ⑤ 工程机械液压与气动设备,完成搬运、吊装、挖掘、清理等工作任务以及实现行走驱动和转向动作。
- ⑥ 国防军事液压与气动设备,完成跟踪目标、转向、定位、行走驱动等工作任务。

1.2.2 了解系统的工作要求

对于所有的液压与气动系统,设计或使用过程中应该能够满足一些共同的工作要求,如系统效率高、节能、安全可靠等要求。同时,不同的应用场合对液压与气动设备或系统也提出了不同的工作要求,液压与气动系统原理图的设计就是为了使系统在工作原理上满足不同应用场合对系统的工作要求。例如组合机床液压系统要完成工件的高精度、高效率的加工,