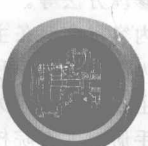
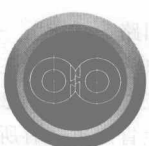


液压系统 使用与维修 手册

陆望龙 编著



化学工业出版社



YEYA XITONG
SHIYONG YU WEIXIU
SHOUCE

液压系统

使用与维修

手册

陆望龙 编著



化学工业出版社

·北京·

本手册详细介绍了国内外各种液压元件、液压回路、液压系统以及近三十种典型液压设备（如机床、工程机械、汽车、轻纺机械、压铸机和铜铝材挤压机等）的工作原理、结构、使用注意事项以及故障分析与排除、修理方法等。

全书内容贯穿两条主线：一是“元件—回路—系统”；一是“原理—结构—故障排除与修理”。信息量大，力求为读者在使用和维修各种国产和进口液压设备的工作中，提供较强的帮助和借鉴。

本书主要读者对象为中高级液压维修技工、第一线的液压工程技术人员、液压相关专业的技术人员。此外，本手册对大专院校液压相关专业的师生肯定也会有所帮助和启迪。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统使用与维修手册/陆望龙编著. —北京：化学工业出版社，2008.1
ISBN 978-7-122-01571-6

I. 液… II. 陆… III. ①液压系统-使用-技术手册
②液压系统-维修-技术手册 IV. TH137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 180426 号

责任编辑：张兴辉 黄 滢
责任校对：顾淑云

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：三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 66 $\frac{3}{4}$ 字数 1809 千字 2008 年 4 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：138.00 元

版权所有 违者必究

前 言

目前国内液压技术方面的教科书已有数十个版本，液压系统设计手册也已有好几个版本，而专门介绍液压系统使用与维修的手册却不多见。

笔者从事液压技术工作已经有 40 年，至今还没有停止战斗在液压技术工作第一线的脚步，为全国数个企业设计过液压系统，解决液压疑难问题，排除疑难故障……这已经成了个人的爱好与习惯。现将 40 年来本人亲历、所见、所闻、所做和所积累的经验和信息，并参阅国内外同行的专家和液压技术工人的许多宝贵经验和专著，汇编成本手册，献给同行们，望批评指教，互相交流，共同提高。

本手册中介绍的故障分析与排除方法大多为作者的亲历，旨在与读者分享一些故障排除的具体方法与思路，而不是空乏无物，没有实际参考价值。

本手册第 1 篇为“基础篇”：介绍一些液压方面的基础知识和液压系统的使用，为尔后的内容进行铺垫。

第 2 篇为“元件篇”：清楚液压元件的原理和了解较多的元件结构，是做好液压维修的第一步；熟悉各种液压元件的工作原理和结构，才能进行和做好维修工作。本手册中有许多液压元件的工作原理和结构图是第一次和读者见面。

第 3 篇为“回路篇”：回路是系统的组成单元，有些液压设备就是由 1~2 个基本回路所组成。从液压基本回路分析故障，应该是作者率先在这方面作出的探讨。

第 4 篇为“系统篇”：有些设备，抛掉液压系统，就只剩一个躯壳。因而正确使用和维修好液压系统，意义重大。本篇中介绍液压系统在使用和维修工作中具有共性的问题。

第 5 篇为“典型液压系统的故障分析与排除”：液压技术的应用领域非常广泛，此篇内容中主要包括机床（含各种液压机）、汽车、工程机械和其他方面的一些内容。但受篇幅和本人精力所限，有些方面的液压设备未能提及，望读者谅解。本篇中列举了近 40 种设备液压系统的工作原理和故障排除方法的详细具体的说明。

液压元件产品型号也是液压系统的使用与维修中经常要碰到的问题，由于篇幅所限，本手册中未予列入。读者可从各液压元件销售网站上查取。

本书主要读者对象为中高级液压维修技工、液压相关专业的技术人员，有钻研精神的初学者也可使用本手册。当然本手册对大专院校相关专业的师生肯定有所帮助和启迪。

感谢刘后成、陆桦、罗文果、陈黎明，以及邵阳维克液压公司粟武洪、伍玉貌，先科液压机电公司唐何等专家对本书的指导，马文科、朱江涛、朱九洲、李刚、泓宇等先生参与了部分章节的资料整理工作，在此表示诚挚的谢意。

由于笔者学识水平有限，撰写时间不够宽裕，手册中缺漏在所难免，恳请广大读者和从事液压使用与维修技术工作的有关专家和同行们批评指正。

编著者

目 录

第 1 篇 基 础 篇

第 1 章 液压系统使用与维修基础	2
1.1 概述	2
1.1.1 简介	2
1.1.2 液压技术的应用	3
1.1.3 液压传动系统的优缺点	8
1.1.4 液压技术的发展动向	9
1.2 液压系统工作原理、分类及组成	10
1.2.1 液压系统的工作原理	10
1.2.2 液压系统的组成	11
1.2.3 液压系统的分类	11
1.3 液压系统常用图形符号	12
1.3.1 液压图形符号简介	12
1.3.2 怎样看液压系统图	13
1.4 液压传动流体力学基础	15
1.4.1 液体静力学基础	15
1.4.2 流动液体的力学基础 (基本方程)	17
1.5 液压测试基础	27
1.5.1 压力的测量	27
1.5.2 流量的测量	33
1.5.3 温度的测量	36
1.5.4 位移的测量	39
1.5.5 转速和直线速度的测量	42
1.5.6 其他物理量的测量	45
第 2 章 液压设备的使用管理	48
2.1 液压设备的管理	48
2.1.1 液压设备管理的内容	48
2.1.2 液压设备使用与管理中的几个具体 工作	49
2.1.3 维修计划的实施管理	52
2.2 液压设备的清洗与过滤	57
2.2.1 液压设备安装与维修中的清洗	57
2.2.2 过滤	60
2.2.3 对清洗与过滤的几点说明	60
2.3 液压系统的污染管理	61
2.3.1 液压系统污染的原因	61
2.3.2 液压系统污染的危害	62
2.3.3 液压系统(液压油)的污染控制 管理	62
2.4 液压维修人员如何做好维修工作	63
2.4.1 掌握必要的液压知识——准备好 “头脑”	63
2.4.2 树立良好的工作作风	63

第 2 篇 元 件 篇

第 3 章 液压泵的使用与维修	66
3.1 概述	66
3.1.1 液压泵的作用	66
3.1.2 液压泵的分类	66
3.1.3 各类液压泵的性能比较	66
3.1.4 液压泵的工作原理	66
3.1.5 液压泵的主要性能参数	67
3.1.6 液压泵的安装和使用	69
3.1.7 液压泵的安装法兰和轴伸尺寸	72
3.2 齿轮泵的使用与维修	75
3.2.1 简介	75
3.2.2 工作原理	76
3.2.3 结构例	77
3.2.4 解决齿轮泵三大问题的结构 措施	83

3.2.5	齿轮泵的故障分析与排除	87	3.4.4	凸轮转子泵的特点	125
3.2.6	齿轮泵的使用、修理和装配	94	3.4.5	故障分析与排除	125
3.3	叶片泵的使用与维修	95	3.5	轴向柱塞泵的使用与维修	126
3.3.1	简介	95	3.5.1	简介	126
3.3.2	叶片泵的工作原理	96	3.5.2	轴向柱塞泵的工作原理	127
3.3.3	提高叶片泵工作压力的结构措施	104	3.5.3	柱塞泵的局部结构形式	128
3.3.4	叶片泵的结构例	107	3.5.4	轴向柱塞泵的结构例	134
3.3.5	叶片泵的使用	112	3.5.5	变量控制方式	150
3.3.6	叶片泵的故障分析与排除	113	3.5.6	轴向柱塞泵的使用	157
3.3.7	叶片泵的修理	118	3.5.7	轴向柱塞泵的故障分析与排除	159
3.3.8	拆修后叶片泵的装配和使用维护	121	3.5.8	轴向柱塞泵的修理	165
3.4	凸轮转子叶片泵的使用与维修	122	3.6	径向柱塞泵的使用与维修	168
3.4.1	简介	122	3.6.1	简介	168
3.4.2	工作原理	122	3.6.2	径向柱塞泵的工作原理	168
3.4.3	结构	123	3.6.3	径向柱塞泵的结构例	174
			3.6.4	径向柱塞泵的故障分析与排除	178
第4章	液压执行元件的使用与维修	180			
4.1	概述	180	4.5.5	故障分析与排除	244
4.1.1	液压执行元件的分类	180	4.6	叶片式液压马达的使用与维修	245
4.1.2	液压缸的主要技术参数与计算	181	4.6.1	简介	245
4.1.3	液压马达的主要技术参数与计算	184	4.6.2	叶片式液压马达的工作原理	245
4.2	液压缸的使用与维修	185	4.6.3	叶片式液压马达的结构特点	247
4.2.1	简介	185	4.6.4	叶片式液压马达的结构例	248
4.2.2	液压缸结构中的措施	186	4.6.5	故障分析与排除	251
4.2.3	液压缸的典型结构例	191	4.6.6	叶片马达的修理	253
4.2.4	液压缸的安装	204	4.7	凸轮转子型叶片马达的使用与维修	254
4.2.5	液压缸的故障分析与排除	207	4.7.1	结构	254
4.2.6	液压缸的修理	224	4.7.2	故障分析与排除	255
4.3	摆动型执行元件的使用与维修	227	4.8	轴向柱塞式液压马达的使用与维修	256
4.3.1	简介	227	4.8.1	工作原理	256
4.3.2	工作原理与结构	227	4.8.2	结构例	256
4.3.3	使用例	232	4.8.3	轴向柱塞马达的变量方式及结构例	261
4.3.4	故障分析与排除	233	4.8.4	故障分析与排除	262
4.4	齿轮式液压马达的使用与维修	234	4.9	径向柱塞式液压马达的使用与维修	263
4.4.1	简介	234	4.9.1	工作原理	263
4.4.2	工作原理	234	4.9.2	径向柱塞马达的结构例	264
4.4.3	结构例	235	4.9.3	径向柱塞马达的结构说明	270
4.4.4	使用注意事项	235	4.9.4	故障分析与排除	270
4.4.5	故障分析与排除	235	4.10	内曲线多作用径向柱塞液压马达的使用与维修	271
4.5	摆线液压马达的使用与维修	237	4.10.1	简介	271
4.5.1	简介	237	4.10.2	工作原理	272
4.5.2	工作原理	237	4.10.3	结构例	272
4.5.3	结构特点	239	4.10.4	多作用液压马达的有级变量	274
4.5.4	结构例	239			

4.10.5	内曲线多作用液压马达的故障分析与排除	276	4.11.1	简介	277
4.11	滚子叶片式液压马达的使用与维修	277	4.11.2	结构	278
			4.11.3	工作原理	279
			4.11.4	故障分析与排除	280
第5章 液压控制阀的使用与维修		281			
5.1	概述	281	5.6.2	结构例	355
5.1.1	简介	281	5.6.3	故障分析与排除	355
5.1.2	液压阀的分类	282	5.7	机动换向阀的使用与维修	357
5.1.3	液压阀的一般性能	283	5.7.1	简介	357
5.2	单向阀的使用与维修	292	5.7.2	结构例	357
5.2.1	简介	292	5.7.3	故障分析与排除	358
5.2.2	工作原理	292	5.8	多路换向阀的使用与维修	360
5.2.3	结构例	293	5.8.1	简介	360
5.2.4	单向阀的应用	294	5.8.2	结构原理	361
5.2.5	单向阀的使用	294	5.8.3	结构例	364
5.2.6	单向阀的故障分析与排除	295	5.8.4	多路阀的应用例	366
5.2.7	单向阀的修理	296	5.8.5	故障分析与排除	367
5.3	液控单向阀的使用与维修	297	5.9	溢流阀的使用与维修	368
5.3.1	简介	297	5.9.1	简介	368
5.3.2	液控单向阀的工作原理	297	5.9.2	工作原理	368
5.3.3	结构例	299	5.9.3	溢流阀结构上的一些特点	370
5.3.4	液控单向阀的应用	302	5.9.4	结构例	371
5.3.5	故障分析与排除	305	5.9.5	溢流阀的应用	374
5.3.6	液控单向阀的修理	307	5.9.6	电磁溢流阀	378
5.4	电磁换向阀的使用与维修	308	5.9.7	卸荷溢流阀	380
5.4.1	换向阀的基本知识	308	5.9.8	溢流阀的使用注意事项	382
5.4.2	电磁换向阀用电磁铁	314	5.9.9	溢流阀的故障分析与排除	383
5.4.3	电磁阀的工作原理	315	5.9.10	主要零件的修理	390
5.4.4	电磁阀的结构例	318	5.9.11	板式溢流阀的安装尺寸	392
5.4.5	电磁阀的一些特殊结构例	318	5.10	顺序阀的使用与维修	397
5.4.6	电磁阀的故障分析与排除	324	5.10.1	简介	397
5.4.7	电磁阀的安装使用注意事项	331	5.10.2	工作原理	397
5.4.8	电磁阀的修理	335	5.10.3	结构例	397
5.4.9	各国电磁阀型号对照表	336	5.10.4	顺序阀的应用	399
5.5	液动换向阀与电液动换向阀的使用与维修	339	5.10.5	顺序阀的使用注意事项	401
5.5.1	简介	339	5.10.6	顺序阀的故障分析与排除	401
5.5.2	工作原理	340	5.10.7	平衡阀	402
5.5.3	液动换向阀与电液阀的结构特点	341	5.10.8	板式顺序阀等压力阀安装面的连接尺寸	404
5.5.4	结构例	345	5.11	减压阀的使用与维修	407
5.5.5	使用注意事项	352	5.11.1	简介	407
5.5.6	故障分析与排除	353	5.11.2	工作原理	407
5.5.7	修理	353	5.11.3	结构例	410
5.6	手动换向阀的使用与维修	355	5.11.4	减压阀的使用注意事项	414
5.6.1	简介	355	5.11.5	故障分析与排除	414
			5.11.6	板式减压阀的安装面连接尺寸	416

5.12 压力继电器的使用与维修	417	5.19.1 简介	461
5.12.1 简介	417	5.19.2 插装件的工作原理	463
5.12.2 工作原理与结构例	417	5.19.3 插装阀的组成和基本结构	463
5.12.3 压力继电器的应用例	421	5.19.4 插装阀的方向、流量和压力 控制	470
5.12.4 故障分析与排除	422	5.19.5 插装阀的故障分析与排除	479
5.12.5 压力继电器的修理	424	5.19.6 插装阀的修理	488
5.13 压力表开关的使用与维修	424	5.19.7 螺纹式插装阀	489
5.13.1 简介	424	5.20 伺服阀的使用与维修	495
5.13.2 工作原理与结构例	424	5.20.1 简介	495
5.13.3 故障分析与排除	426	5.20.2 电-机械转换装置	495
5.14 节流阀的使用与维修	427	5.20.3 伺服阀的结构原理	500
5.14.1 节流阀的工作原理	427	5.20.4 伺服阀的结构例	503
5.14.2 结构例	428	5.20.5 电液伺服阀的使用	510
5.14.3 节流阀与单向节流阀的故障 分析与排除	430	5.20.6 故障分析与排除	511
5.15 行程节流阀与单向行程节流阀的 使用与维修	432	5.20.7 伺服阀的修理调试工作	517
5.15.1 简介	432	5.21 比例阀的使用与维修	517
5.15.2 工作原理与结构	433	5.21.1 简介	517
5.15.3 故障分析与排除	434	5.21.2 比例电磁铁	519
5.16 调速阀的使用与维修	435	5.21.3 比例压力阀	521
5.16.1 简介	435	5.21.4 比例流量阀	531
5.16.2 工作原理	435	5.21.5 比例方向阀	537
5.16.3 结构例	437	5.21.6 比例复合阀	543
5.16.4 调速阀的使用注意事项	444	5.21.7 比例阀的故障分析与排除	548
5.16.5 故障分析与排除	445	5.22 数字阀的使用与维修	550
5.16.6 调速阀的修理	446	5.22.1 简介	550
5.17 分流阀与集流阀的使用与维修	447	5.22.2 数字阀的工作原理	551
5.17.1 简介	447	5.22.3 数字阀的应用例	558
5.17.2 工作原理	447	5.22.4 数字阀的故障分析与排除	559
5.17.3 常见故障分析及排除	453	5.23 其他控制阀类元件的故障分析与 排除	560
5.18 叠加阀的使用与维修	454	5.23.1 液压操纵箱	560
5.18.1 简介	454	5.23.2 润滑油稳定器	568
5.18.2 叠加阀的结构例	455	5.23.3 静压支承	571
5.18.3 叠加阀的应用实例	458	5.23.4 静压导轨	580
5.18.4 故障分析与排除	460	5.23.5 静压丝杠——螺母（静压 丝杠）	582
5.19 插装阀的使用与维修	461		
第6章 液压辅助元件的使用与维修	585		
6.1 管路的使用与维修	585	6.2.3 蓄能器的典型用途例	599
6.1.1 管子的选用	585	6.2.4 蓄能器的使用	601
6.1.2 管接头的选用	586	6.2.5 蓄能器的故障分析与排除	603
6.1.3 管路的故障分析与排除	589	6.3 油冷却器的使用与维修	605
6.1.4 配管施工	595	6.3.1 简介	605
6.2 蓄能器的使用与维修	598	6.3.2 油冷却器的使用	607
6.2.1 简介	598	6.3.3 油冷却器的故障排除	608
6.2.2 蓄能器的工作原理	598	6.4 过滤器的使用与维修	610

6.4.1 简介	610	6.5.2 油箱的分类及结构例	618
6.4.2 过滤器的选择和使用	611	6.5.3 油箱的故障分析	618
6.4.3 过滤器的故障与排除	615	6.6 密封的使用与维修	622
6.5 油箱	618	6.6.1 简介	622
6.5.1 简介	618	6.6.2 各类密封的漏油故障与排除	627
第7章 液压系统工作液体的使用与维护	656	故障	671
7.1 简介	656	7.4.3 液压油与液压元件、密封等不相容带来的故障	672
7.1.1 对工作液体的性能要求	656	7.4.4 液压油选用不当带来的故障	674
7.1.2 液压油的分类	657	7.5 工作液体的使用与管理	674
7.1.3 液压油的品种与质量性能	659	7.5.1 建立油品档案、设备档案	674
7.2 液压油的合理选用	665	7.5.2 新液压油与液压液的进厂与保存	675
7.2.1 油品的选用原则	665	7.5.3 液压油的使用——换油与补油	675
7.2.2 液压油(液)的选择方法	665	7.5.4 工作液体的污染管理	676
7.3 进口液压设备用油的国产化替代	667	7.5.5 液压油中磨损金属元素颗粒的测定	681
7.3.1 替代原则	667	7.5.6 油中水分的测定方法	682
7.3.2 以国产油代替进口油的程序及注意事项	668	7.5.7 油中空气含量的测定	683
7.4 液压油与故障	670		
7.4.1 液压油污染产生的故障	670		
7.4.2 液压油性能不好及其带来的			

第3篇 回路篇

第8章 液压基本回路及其故障排除	686	8.3.6 增压回路及故障排除	717
8.1 液压源(泵源)回路及其故障排除	686	8.3.7 平衡回路及故障排除	720
8.1.1 定量泵供油回路及故障排除	687	8.4 速度控制回路及其故障排除	722
8.1.2 多泵选择供油回路及故障排除	687	8.4.1 节流调速回路及故障排除	722
8.1.3 压力适应(匹配)回路及故障排除	691	8.4.2 容积调速回路及故障排除	726
8.1.4 流量匹配供油回路及故障排除	692	8.4.3 联合调速回路及故障排除	728
8.1.5 功率匹配供油回路及故障排除	696	8.4.4 快速运动回路及故障排除	730
8.1.6 恒压控制泵源回路及故障排除	698	8.4.5 减速回路及故障排除	734
8.1.7 电液比例变量泵泵源回路及故障排除	699	8.4.6 制动回路及故障排除	736
8.1.8 数字泵组成的节能回路	701	8.4.7 同步回路	739
8.1.9 蓄能器供油回路及故障排除	701	8.5 位置控制回路及其故障排除	749
8.2 方向控制回路及其故障排除	702	8.5.1 机械挡块式位置控制回路及故障排除	750
8.2.1 回路例	702	8.5.2 “行程开关+电磁阀”的位置控制回路及故障排除	750
8.2.2 方向回路故障分析与排除	703	8.5.3 向执行元件定量供油的位置控制回路	752
8.2.3 锁紧回路及故障排除	706	8.5.4 采用电液脉冲马达的位置控制回路	752
8.3 压力控制回路及其故障排除	707	8.5.5 采用数字式执行元件的位置控制回路	752
8.3.1 调压回路及故障排除	707	8.5.6 利用液压平衡的位置控制回路	753
8.3.2 卸荷回路及故障排除	709		
8.3.3 泄压回路及故障排除	712		
8.3.4 减压回路及故障排除	713		
8.3.5 保压回路及故障排除	714		

8.5.7 采用转阀式伺服阀的位置控制回路	753	8.5.10 仿形位置控制回路	755
8.5.8 采用电液伺服阀的位置控制回路及故障排除	753	8.6 其他液压回路	755
8.5.9 电液伺服泵的位置控制回路及故障排除	754	8.6.1 顺序动作回路及故障排除	755
		8.6.2 防冲击回路(缓冲回路)及故障排除	759

第4篇 系 统 篇

第9章 液压系统基础	764		
9.1 液压传动系统	764	构例	785
9.1.1 液压系统的分类	764	9.3.5 液力耦合器和液力变矩器的应用	790
9.1.2 静液压传动系统	764	9.3.6 液力耦合器和液力变矩器的故障分析与排除	791
9.2 液压控制系统	767	9.4 液力-机械传动系统	793
9.2.1 简介	767	9.4.1 简介	793
9.2.2 液压控制系统的分类	767	9.4.2 行星齿轮变速器	793
9.2.3 液压控制系统的组成	768	9.4.3 换挡执行机构(液压执行元件)	795
9.2.4 液压控制系统的工作原理	769	9.4.4 自动变速器的液压控制元件	798
9.2.5 液压控制系统例	772	9.4.5 行星齿轮变速器结构例	804
9.3 液力传动系统	781	9.4.6 电液控制的机械式自动变速器(EDS)	807
9.3.1 简介	781	9.4.7 自动变速器的故障分析与排除	810
9.3.2 液力传动元件的分类与组成	781		
9.3.3 液力耦合器的工作原理和结构例	782	第10章 液压系统的使用与故障诊断	816
9.3.4 液力变矩器的工作原理与结构例	785	10.1 液压系统的安装调试	816
		10.1.1 安装	816
		10.1.2 调试	817
		10.2 液压系统的故障诊断	818
		10.2.1 故障诊断概述	818
		10.2.2 对液压故障的基本认识	819
		10.2.3 故障诊断的步骤	820
		10.3 查找故障的几种方法	822
		10.3.1 利用液压系统图查找法	822
		10.3.2 利用动作循环表查找液压故障	824
		10.3.3 利用因果图查找液压故障	826
		10.3.4 通过滤油器查找液压故障	826
		10.3.5 故障的实验法诊断——隔离、比较与综合法	826
		10.3.6 实验法诊断实例	827
		10.3.7 实用感官诊断法	827
		10.3.8 区域分析与综合分析查找液压故障	829
		10.3.9 从电气和液压元件的相互对应关系查找液压故障	830
		10.3.10 利用设备自诊断功能查找液压故障	831
		10.3.11 人工智能与液压系统故障诊断	832
		10.4 液压系统常见故障的分析与排除	833
		10.4.1 液压系统的泄漏	833
		10.4.2 液压系统的压力失常, 压力上不去或下不来	833
		10.4.3 速度慢, 欠速	834
		10.4.4 振动和噪声大	835
		10.4.5 爬行	839
		10.4.6 液压系统温升发热厉害	841
		10.4.7 系统进气产生的故障和发生气穴	845
		10.4.8 水分进入系统产生的故障和内部锈蚀	849
		10.4.9 炮鸣	849
		10.4.10 液压冲击	851
		10.4.11 液压卡紧和其他卡阀现象	853

第5篇 典型液压设备的故障分析与排除

第11章 机床类液压系统例及故障排除	858
11.1 C7120型半自动仿形液压车床及其故障排除	858
11.1.1 简介	858
11.1.2 液压系统的功用与各液压元件的作用	858
11.1.3 液压系统的工作原理(油路分析)	861
11.1.4 故障分析与排除(仿形刀架部分)	863
11.2 C7220型液压仿形车床及其故障排除	866
11.2.1 简介	866
11.2.2 液压系统的工作原理	867
11.2.3 故障分析与排除	867
11.3 CH9220型液压半自动车床及其故障排除	870
11.3.1 简介	870
11.3.2 液压系统的组成与工作原理	871
11.3.3 故障分析与排除	873
11.4 日本MAZAK公司Slant turn50型数控车床及其故障排除	874
11.4.1 简介	874
11.4.2 液压系统的工作原理	874
11.4.3 故障分析与排除	878
11.5 台湾高明精机产KMC-3000KV型加工中心及其故障排除	880
11.5.1 液压系统的功用	880
11.5.2 液压系统的工作原理	880
11.5.3 故障分析与排除	885
11.6 L6120型卧式拉床	886
11.6.1 液压系统的工作原理	886
11.6.2 故障分析与排除	888
11.7 B690型液压牛头刨床	889
11.7.1 简介	889
11.7.2 液压系统的工作原理	890
11.7.3 液压系统压力的调整	892
11.7.4 故障分析与排除	893
11.7.5 B690型液压牛头刨床的改正实例	895
11.8 M131W型万能外圆磨床	897
第12章 液压机(油压机)类液压系统例及故障排除	905
12.1 HD-026型5000kN双动拉延液压机	905
12.1.1 简介	905
12.1.2 液压系统的组成与工作原理	905
12.1.3 故障分析与排除	907
12.2 X81-160型金属打包液压机	909
12.2.1 简介	909
12.2.2 液压系统的组成与工作原理	909
12.2.3 故障分析与排除	912
12.3 万吨板材成型液压机(沈阳液压机厂)	912
12.3.1 液压系统的工作原理	912
12.3.2 故障分析与排除	915
12.4 Q12Y-20×3200型液压剪板机	916
12.4.1 简介	916
12.4.2 液压系统的工作原理	917
12.4.3 故障分析与排除	917
12.5 YT32-100A型四柱液压机	920
12.5.1 简介	920
12.5.2 液压系统的组成和作用	921
12.5.3 液压系统的工作原理	922
12.5.4 故障分析与排除	925
第13章 液压工程机械的使用与故障排除	928
13.1 PC200-5型液压挖掘机	928
13.1.1 简介	928
13.1.2 液压系统的组成和工作原理	928
13.1.3 故障分析与排除	936
13.2 CAT966D型轮胎式装载机及其故障排除	938
13.2.1 动力传动系统	938
13.2.2 转向控制液压系统	941
13.2.3 工作装置液压系统	943
13.2.4 故障分析与排除	947
13.3 CA25型振动压路机液压故障排除	951
13.3.1 简介	951
13.3.2 液压系统的工作原理	953
13.3.3 故障分析与排除	954
13.4 小松D150A-1型与国产TY320型推土机	956
13.4.1 液压变速系统的组成和工作原理	956
13.4.2 转向系统的组成和工作原理	957
13.4.3 制动系统的组成和工作原理	958

13.4.4 作业(工作)系统的组成和工作原理	958	13.5.3 故障分析与排除	962
13.4.5 故障分析与排除	959	13.6 国产 QY20B 型汽车起重机及故障排除	963
13.5 混凝土搅拌运输车(日本三菱公司)及其故障排除	960	13.6.1 简介	963
13.5.1 简介	960	13.6.2 液压系统的组成与工作原理	963
13.5.2 液压系统的组成和工作原理	960	13.6.3 故障分析与排除	965
第 14 章 汽车	968		
14.1 汽车液压转向系统	968	14.3 汽车制动防抱死系统	986
14.1.1 转向系统的分类	968	14.3.1 简介	986
14.1.2 转向系统的工作原理	968	14.3.2 ABS 和 ASR 系统的工作原理	986
14.1.3 动力转向系统的各组成部分工作原理简介	969	14.3.3 ABS 和 ASR 系统例	989
14.1.4 转向系统例	974	14.3.4 ABS 和 ASR 系统的故障分析与排除	990
14.1.5 转向系统的故障分析与排除	977	14.4 汽车自动变速(换挡)液压系统	991
14.2 汽车液压制动系统	979	14.4.1 简介	991
14.2.1 简介	979	14.4.2 汽车自动变速系统的液压工作原理例	991
14.2.2 液压制动系统的工作原理	980	14.4.3 自动变速器液压系统例	994
14.2.3 制动元件结构例	982	14.4.4 故障分析与排除	995
14.2.4 汽车制动系统故障分析与排除	982		
第 15 章 轻纺机械	996		
15.1 HD-900 型注塑机及其故障排除	996	15.1.5 故障分析与排除	1001
15.1.1 简介	996	15.2 MZD 型整经机及其故障排除	1008
15.1.2 结构组成	996	15.2.1 简介	1008
15.1.3 液压系统	997	15.2.2 液压系统的工作原理	1008
15.1.4 液压系统的动作原理	999	15.2.3 故障分析与排除	1010
第 16 章 压铸机与铜铝材挤压机	1012		
16.1 日本宇部公司 UB800GC 型压铸机	1012	16.3 XJ-800 型铜铝材挤压机及其故障排除	1023
16.1.1 液压系统的组成和主要液压元件的功用	1012	16.3.1 简介	1023
16.1.2 液压系统的工作原理	1014	16.3.2 液压系统的组成和工作原理	1023
16.1.3 故障分析与排除	1017	16.3.3 故障分析与排除	1027
16.2 国产 J1118 型卧式冷室压铸机及其故障排除	1019	16.4 10000kN 铜材挤压机及其故障排除	1029
16.2.1 简介	1019	16.4.1 简介	1029
16.2.2 液压系统的工作原理	1019	16.4.2 液压系统的工作原理	1030
16.2.3 故障分析与排除	1022	16.4.3 故障分析与排除	1034
		16.4.4 挤压机的程序控制	1037
附录一 常用单位换算表	1039		
附录二 插装阀典型插件与结构	1041		
附录三 各种板式阀的安装尺寸例	1043		
参考文献	1053		

第 1 篇

基础篇



本册共分两大部分，第一部分为基础理论，第二部分为基础工程应用。第一部分为基础理论，包括绪论、地基土的性质、地基承载力、地基变形、地基稳定性、地基处理等。第二部分为基础工程应用，包括浅基础、深基础、地基加固、地基监测等。本册可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事基础工程工作的工程技术人员参考。

本册共分两大部分，第一部分为基础理论，第二部分为基础工程应用。第一部分为基础理论，包括绪论、地基土的性质、地基承载力、地基变形、地基稳定性、地基处理等。第二部分为基础工程应用，包括浅基础、深基础、地基加固、地基监测等。本册可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事基础工程工作的工程技术人员参考。



图 1-1 桩基示意图

本册共分两大部分，第一部分为基础理论，第二部分为基础工程应用。第一部分为基础理论，包括绪论、地基土的性质、地基承载力、地基变形、地基稳定性、地基处理等。第二部分为基础工程应用，包括浅基础、深基础、地基加固、地基监测等。本册可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事基础工程工作的工程技术人员参考。

第 1 章 液压系统使用与维修基础

1.1 概述

1.1.1 简介

(1) 液压系统的定义

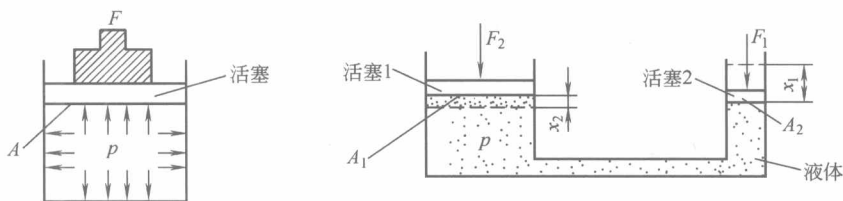
以液体为工作介质，来传递力、运动和动力，并对其进行调整和控制的系统叫液压系统。凡是利用液体的压力能为主来实现传动功能的系统叫液压传动系统；凡是利用液体的压力能为主来实现传动功能并使液压装置跟随控制信号的规律来工作的系统叫液压控制系统；凡是利用液体的动能为主来实现传动功能的系统叫液力传动系统。

(2) 液压系统的功能

液压系统作为设备的一个重要组成部分越来越受到人们的重视，越先进越现代的设备几乎都全部或部分采用液压传动的方式。液压工业已成为装备工业的一个重要组成部分，而一个经济发达的国家缺少不了强大装备工业做后盾。

作为机器设备主体之一的传动部分应具有传递力、传递动力、传递运动、改变运动方向和改变运动速度的功能。这些功能液压系统都可以轻而易举地来实现。

① 传递力方式简单，且可将力放大 液压系统传递力方式简单并可将来力放大。传递力的原理如图 1-1 所示，根据帕斯卡定律可知：当在密闭容积上施加外力 F 时，便会使容积内的液体产生 $p = F/A$ 的压强，液压系统中称为静压力。这种静压力有三个特性：(a) 压力总是垂直作用于固体壁的表面；(b) 任一点的压力为一定值（处处相等），与方向无关；(c) 密闭容积内的液体，若在其某处加有外力，外力产生的压力能向容器内液体各点传递，且大小相等。



(a) 帕斯卡原理

(b) 力的传递与放大

图 1-1 液压系统工作原理

如图 1-1(b) 所示，如果在活塞 1（面积为 A_1 ）上加力 F_1 ，根据帕斯卡原理，会使封闭液体处处产生相同的压力 $p = F_1/A_1$ ，活塞 2 下端作用在 A_2 上的压力也为 p ，此压力产生上推活塞 2 的力 $F_2 = pA_2$ ，于是有 $F_2/F_1 = A_2/A_1$ 。这样机械力转换成液体压力 p ，液体压力 p 转换成机械力 F_2 ，这就是利用液体的传力功能；另外由 $F_2 = F_1 A_2/A_1$ ，由于 $A_2 >$

A_1 ，所以 $F_2 > F_1$ ，力进行了放大，力放大倍数为 A_2/A_1 。

② 传递运动 在图 1-1(b) 中，当活塞 1 向下移动 x_1 的距离，排出液体的体积 $V_1 = A_1 x_1$ ，这一体积的油液使活塞 2 也向上移动距离 x_2 ， $x_2 = V_1/A_2$ 。即活塞 1 的向下运动通过液体传递给活塞 2 的向上运动。

③ 动力（功）的传递 图 1-1(b) 中，力 F_1 做的功为 $W_1 = F_1 x_1 = A_1 p x_1$ ， F_2 做的功为 $W_2 = F_2 x_2 = A_2 p x_2$ ，由于两活塞移动时，有 $A_1 x_1 = A_2 x_2$ ，所以 $W_1 = W_2$ 。这就说明对活塞 1 做的功通过液体传递给了活塞 2。

④ 改变运动方向 如图 1-2(a) 所示，当阀芯 1 向右移动时，来自泵的压力油通过阀芯中间台肩左边的开口进入液压缸 2 的左腔，使其活塞向右移动，缸右腔的回油经阀流回油箱；反之如图中 (b) 所示，则活塞向左移动，这样便可改变运动的方向。

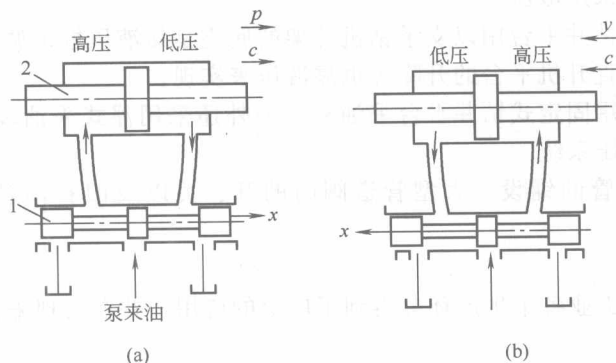


图 1-2 液压系统运动方向的改变

⑤ 改变运动速度 参阅图 1-9，液压传动方式可方便进行速度的传递和调节。

1.1.2 液压技术的应用

液压技术作为现代机械设备的传动和控制技术，在国民经济的各个部门和领域中的应用越来越广泛。液压技术的应用程度已成为衡量一个国家工业化水平的重要标志之一。越先进的设备，应用液压系统的部分就越多；越是采用先进新技术核心技术的部门采用液压技术的比率就越高。

(1) 机床

机床是工业的母机。自从 1882 年世界上第一台液压龙门刨床问世以来的一百多年当中，液压在各种机床上得到广泛的应用，液压元件成为机床不可缺少的重要的基础元件。机床中液压的应用主要有下述几个方面：

① 主动机构和进给传动机构的驱动和变速 如工作台、滑枕刀架的驱动和变速；主轴箱的变速等；

② 周期定量进给 如刨床、磨床的横向进给等；

③ 伺服系统和仿形装置 如仿形车床、仿形铣床等的单、双、三坐标仿形装置及砂轮的成型修正装置等；

④ 比例控制、数字控制 如自动机床的无级变速，加工中心刀库的自动换刀等；

⑤ 辅助运动 工件或刀具的夹紧、装卸及输送，变速的操纵机构，消除间隙及补偿变形、回转、分度、让刀、抬刀、换刀、除屑等；

⑥ 静压支承 如静压轴承、静压导轨、静压丝杠螺母、液压中心架等。

(2) 工程机械、建设机械

超过 50% 的工程机械实现了液压化，如液压挖掘机、装载机、铲运机、工程起重机、

打桩机、压路机、推土机、沥青铺摊机、平地机、混凝土搅拌机、混凝土泵车、盾构机等。

高速公路、机场、铁路、水库大坝等工地上，也活跃着成群结队的液压工程机械，不再需要“人海战术”。

液压自升塔式起重吊，借助于液压顶升装置可实现塔身的自升，已是现代高层建筑不可缺少的建筑设备；液压顶管施工法，铺设地下钢筋水泥管、铸铁管及钢管等，犹如穿山甲，可在地下穿越道路河流和房屋，与传统的开沟埋管法相比，可大大提高效率；房屋建筑物搬家离不开液压顶。

(3) 石油

石油钻机的转动和升降是由液压来完成的；石油钻机顶部驱动钻井装置是现代钻井技术装备发展的重大成果，主轴的旋转，钻进主轴刹车，钻杆的上扣卸扣，吊环的前倾、后倾与旋转，平衡重量等都采用液压；

自升式海洋石油钻井平台用以支承钻机井架的底座是靠液压缸来调整纵横向位置的；钻井平台的桩腿升降，直升机平台的升降等也靠液压来实现。

海洋油田除了采用固定式钻井平台采油外，另外还采用浮式采油装置——水下采油树。采油树即用了各种液压系统。

石油天然气输送管的铺设，大型管道阀门的开、关以及旧石油管的矫直等均采用液压。

(4) 煤炭工业

液压技术在煤炭工业各个生产环节得到了广泛的应用，并在实现采掘综合机械化中起着重要作用。

我国煤炭工业应用液压技术，首推液压支架。采煤工作面上顶板的支护发展到今天的自移式液压支架，可称得上是煤炭工业中的一次技术革命，它为采煤综合机械化和采煤工作面的自动化提供了可能。由于液压支架的使用，顶板可及时得到支护，采煤机和运输机的效能得以充分发挥，煤产量大幅提高，安全性也有保障。

其他很多的煤矿机械，如全液压地质钻机、液压凿岩机、全液压钻车、全液压铲斗侧卸式装载机、巷道掘进机及全液压竖井机等全都采用了液压传动。

(5) 冶金矿山

冶金工业是基础工业部门之一。它为国民经济各部门提供各种金属材料和金属制品。传统的冶金方法是通过采矿、选矿、冶炼等过程从含有金属元素的矿石中获得金属或合金，再通过轧、拉、挤、压制各种金属材料。液压技术在整个冶金过程中均有广泛运用，它遍及矿山设备、冶炼设备、轧制设备。下面分述如下：

① 矿山设备 采矿过程大体上经过穿孔、爆破、装载、运输、选矿、烧结等步骤，其中用到许多液压设备。

穿孔设备中的牙轮钻机，如国产的 HYZ-250B 型和美国制 45-R 型和 60-R 型，除钻杆由直流电机拖动外，其他动作如钻杆进给、整机行走、钻架升降、钻杆夹紧、支腿伸缩等均由液压传动来实现。

矿石装载用的电铲或动力铲的操纵系统，用的是液压系统。

矿石运输的矿用汽车，车斗的倾翻和转向助力器采用的是液压传动。

集矿斗的溜井闸门用液压缸来启闭。

选矿中的矿石破碎设备，如液压圆锥破碎机，采用液压缸（单缸或多缸）加载，用蓄能器作液压源，附有补油泵。

烧结厂中，炉门的启闭，回转炉驱动均由液压实现。

另外，井下设备近年来逐渐采用液压传动，液压凿岩车、HGZ 型顶耙式装岩机、梭式

运矿车、矿井提升机不同程度采用液压传动。

② 冶炼设备 冶炼是将经过精选和烧结的金属矿石放在冶金炉中熔炼，再把熔炼出来的液态金属浇铸成金属锭。很多冶炼设备（如连铸机）上都采用了液压传动。

高炉的炉顶料钟启闭机构、炉门泥炮、热风炉门启闭等方面采用液压传动。

电弧炼钢炉的炉体倾动、炉盖提升与回转、电极夹持、电极升降等动作都可以用液压传动实现。

钢包精炼炉的电弧炉顶盖部分电极升降系统与电弧炼钢炉电极调节系统相似，也可采用液压传动，另外钢包小车的行走用大扭矩液压马达来实现。

矿热炉的自焙电极由两个大液压缸吊挂在炉架上，电极夹持也用到液压传动。

转炉的烟罩升降用四个同步液压缸驱动，脱模使用液压脱模吊车。

③ 轧制设备 冶金工业生产的板材、带材、管材、线材、型材是将坯料经轧制或拉拔加工而成。轧制设备因属重型设备，驱动功率大，自动化程度高，因而广泛采用液压技术。如热轧线上的钢锭翻料机、推钢机、液压剪，轧机的轧辊平衡机构、轧辊压下机构、换辊机构等都采用液压传动。

冷轧中的轧辊平衡、开卷机和卷取机的心轴松卷、带材边缘位置控制、钢卷皮带压紧、导板上下动作、立辊与压辊传动、钢卷托架移行与升降、校直机压下、滑板台上下移动、测厚仪移动、双筒卷取机联轴器离合动作、换辊小车移动、转台回转等均用液压传动。一般冷轧机轧辊压下及辊形调整装置采用电液伺服系统，配合测厚仪和电子计算机，实现辊缝自动调节，从而实现对带材厚度的自动控制。冷轧机除主轧机外，许多辅助机组上也采用液压传动，如带材跑偏控制、带材张力调节、闪光焊机进给系统、平整机辊形调整、拉伸校直机、飞剪控制等。

管轧机的心棒送进及旋转用液压传动实现，挤压机的上料机构、型材与管材校直多用液压传动。

④ 连续铸钢设备（钢铁连铸机） 连续铸钢设备是将钢水直接加工成钢坯的成套设备，连续铸钢坯作为一种先进的生产工艺已被一些钢铁企业集团所采用。它取代了以往的钢水模铸、脱锭、均热、开坯等烦琐工艺，在生产效率能源消耗和产品质量方面具有显著的优势。连续铸钢设备由于执行机构分散面广、传递功率大、工作环境恶劣，因而适于采用液压系统。

（6）农、林、牧、副、渔

① 农业 目前我国采用液压技术的农业机械有一百种左右，美国大概有几百种。

A. 拖拉机。拖拉机上液压技术的应用，较普遍的是液压悬挂系统，牵引式犁的升降、行走变速、液压转向或液压助力转向、液压刹车、液压调节轮距也多采用液压传动，并且从开式向负载传感闭式系统发展。

B. 联合收割机。联合收割机的割台升降，多采用液压操纵，有的已采用电液仿形自动控制。各国新的自走式联合收割机大多数用全液压转向器。拔禾轮的升降也都用液压操纵。拔禾轮的驱动，用液压缸操纵无级变速器。行走机构的液压驱动也日益普遍。国外有些联合收割机为全液压式的切割器和粮仓等用上了振动液压缸，设置了即使行驶在坡地上也能使驾驶室保持水平的液压调平系统。

C. 田间作业机械。耕、耙、播等悬挂及半悬挂机具的褶皱、调整耙片的角度、自动挂接半悬挂机具、驱动旋耕机，操纵翻转犁国外大多用液压驱动。单体犁液压保护器、电液自动控制中耕机、电液自动控制中耕机等也开始应用液压技术。

D. 装卸运输机械。农用自卸车及与拖拉机配套使用的装载机，场上作业的谷物入仓用带式输送机，有很多用液压传动。