

YEYA XITONG
GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU
JISHU SHOUC

液压系统 故障诊断与维修 技术手册



李新德 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

YEYA XITONG
GUZHANG ZHENDUAN YU WEIXIU
JISHU SHOUC

液压系统 故障诊断与维修 技术手册



李新德 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

全书共分 21 章,以液压元件、基本回路与液压系统、应用实例为主线,全面分析了液压元件、液压设备以及液压系统的故障诊断与维修技术,介绍了液压零件表面摩擦损伤和断裂损伤的修复技术,对液压系统的安装、调试、使用与维护、故障诊断方法和步骤作了介绍,同时阐述了液压油的特性、选用以及污染防治技术。

本手册编写内容突出了以下特色:①注重实用性;②实例丰富;③内容适用范围广;④在内容上增加了当代科学技术和制造业发展的新成果,如插装阀故障排除与维修、电液比例控制阀故障排除与维修、电液数字控制阀故障排除与维修等;⑤书中的插图规范、清晰、美观;⑥液压与气动图形符号严格执行国家标准(GB/T 786.1—1993)。

本书可供从事液压技术设计、制造、使用与维护的工程技术人员、现场工作人员和企业管理人员参阅使用,也可作为应用本科和高职院校机械类、近机类专业师生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压系统故障诊断与维修技术手册/李新德编著. —2 版. —北京:中国电力出版社,2012.9

ISBN 978-7-5123-3520-2

I. ①液… II. ①李… III. ①液压系统—故障诊断—技术手册
②液压系统—维修—技术手册 IV. ①TH137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 224687 号

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京丰源印刷厂印刷
各地新华书店经售



2009 年 8 月第一版
2013 年 1 月第二版 2013 年 1 月北京第二次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 46 印张 1160 千字
印数 3001—6000 册 定价 108.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

《液压系统故障诊断与维修技术手册》第一版于2009年出版,出版后得到广大读者的好评和支持,被多所学校、培训单位选为培训教材,许多读者和老师也以各种方式提出了很多宝贵意见。正因为如此,使笔者感到责任重大,对本书进行修订再版。

几年来,我国的液压技术发展很快,我国液压行业坚持技术进步,加快新产品开发,取得良好成效,涌现出一批各具特色的高新技术产品。我国液压行业各企业加速科技创新,不断提升产品市场竞争力,一批批优质产品成功地为国家重点工程和重点主机配套,取得较好的经济效益和社会效益。因此,掌握液压技术的基本原理,掌握液压系统使用维护的基本知识,熟悉液压系统故障的分析方法和排除手段,也就成为保证液压设备正常运行的关键。同时,编著者在科研和教学中,也积累了一些知识和心得,利用再版的机会与读者进行交流。

本次再版仍保留原来的体系结构,只对部分章节部分内容进行增删,使内容更加合理、实用,使读者对象范围更加拓宽。本版主要增加了:液压泵的故障排除与维修实例、液压马达的故障排除与维修实例、液压缸的故障排除与维修实例、液压阀的故障排除与维修实例、液压辅助元件的使用与维护实例和液压油的使用与维护实例等内容。

本书适用的读者对象:从事液压技术设计、制造的工程技术人员;主管设备和生产的企业管理人员;从事设备维护与维修工作的液压、机械工程师;设备管理、设备检验、设备检测工程师;液压设备使用与维修技师或技术骨干;设备维修、油品采购相关业务人员;本科院校、职业院校、中等专业学校的师生等。

本书由李新德编著。韩祥凤、陈爱荣、董学勤、张艳玲、代战胜、任军、牛晓敏、夏亚涛、武卫刚、卢慧、苏丹、马红梅、祖彦勇、王丽、郭君霞等参与了本书的编写、文献资料的收集、文稿录入和部分插图的绘制等工作。

本书在编写过程中,参考了大量的资料和文献,未能全部一一注明,深表歉意。特别是液压资深专家陆望龙老师给予大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

尽管我们在编写过程中做出了很多的努力,由于编写的水平有限,书中难免有疏忽和不当之处,恳请各位读者多提一些宝贵的意见和建议。

编著者

2012年8月于商丘

第一版前言

随着科学技术的发展, 液压技术渗透到很多领域, 不断地在民用工业、机床、工程机械、冶金机械、塑料机械、农业机械、汽车、船舶等行业得到大幅度的应用和发展, 而且发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。现今, 采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动技术。我国液压产品有一定生产能力和技术水平的生产科研体系。尤其是近十年来基础产品工业得到了国家的支持, 装备水平有所提高, 目前已能生产品种、规格齐全的产品, 已能为汽车、工程机械、农业机械、机床、塑料机械、冶金矿山、发电设备、石油化工、铁路、船舶、港口、轻工、电子、医药以及国防工业提供品种基本齐全的产品。液压技术具有独特的优点, 具有功率重量比大, 体积小, 速度、扭矩、功率均可无级调节, 使用安全可靠, 压力、流量可控性好, 可柔性传送动力, 易实现直线运动等优点, 并易与微电子、电气技术相结合, 形成自动控制系统。因此, 液压技术广泛用于国民经济各部门。

为了使液压机械在使用过程中能少出故障, 出了故障能迅速查明原因, 并能尽快解决液压机械在使用过程中出现的各种故障, 笔者根据自己多年在实际生产、一线教学和科研过程中的经验和体会, 同时走访了一些从事液压元件、液压系统设计和调试以及液压机械的使用、维修的工程技术人员, 同时参考大量的文献和有关资料, 编著了《液压系统故障诊断与维修技术手册》。全书共分 21 章, 以液压元件、基本回路与液压系统、应用实例为主线, 全面分析了液压元件、液压设备以及液压系统的故障诊断与维修技术, 介绍了液压零件表面摩擦损伤和断裂损伤的修复技术, 对液压系统的安装、调试、使用与维护、故障诊断方法和步骤作了介绍, 同时阐述了液压油的特性、选用以及污染防治技术。编写内容突出了以下特色: ①注重实用性; ②实例丰富; ③内容适用范围广; ④在内容上增加了当代科学技术和制造业发展的新成果, 如插装阀故障排除与维修、电液比例控制阀故障排除与维修、电液数字控制阀故障排除与维修等; ⑤书中的插图规范、清晰、美观; ⑥液压与气动图形符号严格执行国家标准 (GB/T 786.1—1993)。

本书可供从事液压技术设计、制造、使用与维护的工程技术人员、现场工作人员和企业管理人员参阅使用, 也可作为应用本科和高职院校机械类、近机类专业师生的教材或参考书。

本书由商丘职业技术学院李新德编著。袁素华、高丽、王颖、李小花、谢文、何勋等参与了本书文献资料的搜索、文稿录入整理和部分插图的绘制等工作。

本书在编写过程中, 参考了有关资料和论著, 未能全部一一注明, 深表歉意。

尽管在编写过程中做出了很多的努力, 由于编者的水平有限, 书中难免有疏忽和不当之处, 恳请各位读者多提宝贵意见和建议。

编著者

2009 年 2 月于商丘

前言

第一版前言

第1章 概论	1
1.1 液压传动的工作原理及组成	1
1.2 液压系统元件总体布局	4
1.3 液压传动的优缺点	5
1.4 液压传动应用发展	5
第2章 液压设备的管理和故障查找方法	11
2.1 液压设备的管理维护	11
2.2 液压系统清洗与过滤	14
2.3 液压设备的安装与调试	18
2.4 查找故障的方法	24
第3章 液压泵的故障排除与维修	32
3.1 液压泵的概述	32
3.2 齿轮泵的故障排除与维修	34
3.3 螺杆泵的故障排除与维修	51
3.4 叶片泵的故障排除与维修	55
3.5 柱塞泵的故障排除与维修	69
3.6 液压泵的故障排除与维修实例	83
第4章 液压马达的故障排除与维修	94
4.1 液压马达的概述	94
4.2 齿轮式液压马达的故障排除与维修	95
4.3 叶片式液压马达的故障排除与维修	98
4.4 轴向柱塞式液压马达的故障排除与维修	104
4.5 径向柱塞式液压马达的故障排除与维修	107
4.6 液压马达的故障排除与维修实例	110
第5章 液压缸的故障排除与维修	122
5.1 液压缸的概述	122
5.2 液压缸的典型结构和组成	129
5.3 液压缸常见的故障及排除方法与维修	134

5.4	液压缸的故障排除与维修实例	142
第6章	液压阀的故障排除与维修	159
6.1	液压阀的概述	159
6.2	单向阀的故障排除与维修	161
6.3	换向阀的故障排除与维修	171
6.4	溢流阀的故障排除与维修	187
6.5	顺序阀的故障排除与维修	198
6.6	减压阀的故障排除与维修	204
6.7	压力继电器的故障排除与维修	209
6.8	节流阀的故障排除与维修	216
6.9	调速阀的故障排除与维修	222
6.10	溢流节流阀的故障排除与维修	227
6.11	单向节流阀的故障排除与维修	230
6.12	行程节流阀和单向行程节流阀的故障排除与维修	232
6.13	分流—集流阀的故障排除与维修	233
6.14	叠加阀的故障排除与维修	241
6.15	插装阀的故障排除与维修	245
6.16	电液比例阀的故障排除与维修	259
6.17	电液伺服阀的故障排除与维修	269
6.18	液压阀的故障排除与维修实例	282
第7章	液压辅助元件的故障排除与维修	299
7.1	油管与管接头的故障排除与维修	299
7.2	过滤器的故障排除与维修	309
7.3	蓄能器的故障排除与维修	314
7.4	热交换器的故障排除与维修	318
7.5	油箱的故障排除与维修	321
7.6	密封装置的故障排除与维修	325
7.7	压力表及压力表开关的故障排除与维修	329
7.8	液压辅助元件的使用与维修实例	331
第8章	液压油的使用与故障	347
8.1	液压油的合理使用	347
8.2	液压油的污染和防治措施	351
8.3	液压油的使用与管理	352
8.4	液压油的使用与维护实例	358
第9章	液压零件表面摩擦损伤的修复技术	378
9.1	电刷镀修复技术	378

9.2	热喷涂修复技术	390
9.3	表面损伤的堆焊修复技术	424
9.4	表面损伤的粘涂修复技术	447
9.5	表面磨损的其他修复新技术	463
9.6	常见液压磨损件的修复工艺及实践	465
第10章	液压零件断裂损伤的基本修复技术	471
10.1	零件断裂的焊接修复技术	471
10.2	零件断裂的胶接修复技术	477
10.3	零件断裂的铆接修复技术	484
10.4	液压机械典型液压零件断裂损伤件的修复工艺及实践	488
第11章	液压基本回路的故障分析与排除	492
11.1	压力控制回路的故障分析与排除	492
11.2	方向控制回路的故障排除	508
11.3	调速回路的故障排除	514
第12章	液压设备常见故障分析与排除	523
12.1	液压系统的工作压力失常, 压力上不去	523
12.2	欠速	524
12.3	爬行	525
12.4	振动与噪声	527
12.5	液压系统温度升高	529
12.6	空穴现象	532
12.7	液压冲击	535
12.8	炮鸣	536
12.9	液压卡紧和其他卡紧现象	539
12.10	水分进入系统与系统内部的锈蚀	541
12.11	液压系统漏油	541
第13章	推土机液压系统故障的诊断与排除	545
13.1	T140-1 推土机液压系统故障的诊断与排除	545
13.2	TY220 推土机液压传动系统故障的诊断与排除	547
13.3	小松 D155 型推土机液压传动系统故障的诊断与排除	549
13.4	推土机液压系统油温过高故障的诊断与排除	552
13.5	液压泵损坏导致管道堵塞故障的诊断与排除	553
13.6	推土机油封失效引起故障的诊断与排除	555
13.7	TY220 推土机的液压元件穴蚀故障的诊断与排除	556

第14章	铲运机液压故障的诊断与排除	559
14.1	WJD-1.5 型电动铲运机液压系统故障的诊断与排除	559
14.2	电动铲运机换向阀的工作原理及故障处理	560
14.3	LF-4.1 型铲运机液压系统故障的诊断与排除	562
14.4	922D 铲运机液压系统故障的诊断与排除	564
14.5	CT-500HE 铲运机液压系统故障的诊断与排除	568
14.6	EHST-1A 和 EST-2D 型电动铲运机液压系统故障的诊断与排除	569
14.7	TOR0151E 铲运机液压系统故障的诊断与排除	575
第15章	液压挖掘机故障的诊断与排除	580
15.1	PC 系列挖掘机故障的诊断与排除	580
15.2	日立 UH181 型挖掘机液压系统故障的诊断与排除	591
15.3	大字 DH220LC-Ⅲ 挖掘机回转和左行走无力故障的诊断与排除	594
15.4	卡特 CAT320 型挖掘机大臂液压缸故障的诊断与排除	595
15.5	卡特 CAT320 型挖掘机主泵伺服变量调节原理及故障的诊断与排除	596
15.6	卡特 E200B 型挖掘机履带行走无力故障的诊断与排除	598
15.7	卡特 CAT225B 型挖掘机“无转向”故障的诊断与排除	599
15.8	卡特 320B 系列挖掘机“动臂优先”切能失效故障的诊断与排除	600
15.9	国产挖掘机常见故障的诊断与排除	602
15.10	全液压挖掘机液压系统故障的诊断与排除	610
15.11	全液压挖掘机液压油温升过快且过高故障的诊断与排除	613
15.12	液压挖掘机柱塞变量泵常见故障的诊断与排除	615
15.13	ZLD80 型地下连续墙挖掘机常见故障的诊断与排除	617
第16章	装载机液压系统故障的诊断与排除	619
16.1	ZL50 装载机液压系统高温故障的诊断与排除	619
16.2	ZL 系列装载机液压系统典型故障的诊断与排除	621
16.3	卡特彼勒 953 装载机静液压传动系统故障的诊断与排除	624
16.4	装载机工作装置液压系统故障的诊断与排除	629
16.5	装载机传动变速液压系统故障的诊断与排除	631
第17章	压路机液压系统故障的诊断与排除	636
17.1	BW214D 型压路机振动液压系统故障的诊断与排除	636
17.2	BW217D-Ⅱ 型压路机振动系统故障的诊断与排除	638
17.3	BW214D 型压路机行走液压系统故障的诊断与调整	639
17.4	CA25D 型压路机行走无力故障的诊断与排除	640
17.5	CA25 型振动压路机无振动故障的诊断与排除	644
17.6	CA、CC 系列振动压路机常见故障的诊断与排除	645
17.7	YZC10 型振动压路机液压系统故障的诊断与排除	646

17.8	YZT14G 型振动压路机振动系统常见故障的诊断与排除	654
第18章	液压起重机故障的诊断与排除	658
18.1	QY8 型汽车起重机回转机构常见故障的诊断与排除	658
18.2	Q2-8 型汽车起重机系统压力升不高故障的诊断与排除	659
18.3	QY8 型汽车起重机液压系统常见故障的诊断与排除	660
18.4	QY16 型汽车起重机多路阀故障的诊断与排除	662
18.5	QY16 型汽车起重机主吊钩自动下滑故障的诊断与排除	664
18.6	汽车起重机“软腿”故障的诊断与排除	665
18.7	汽车起重机平衡回路分析	667
18.8	QT60 型塔式起重机“爬行”故障的诊断与排除	669
18.9	QT60 型塔式起重机升降液压系统故障的诊断与排除	670
18.10	QTZ-60 型自升式塔机液压顶升系统常见故障的诊断与排除	673
18.11	QTZ25 型塔式起重机顶升液压系统故障的诊断与排除	675
18.12	QTZ30-63 型塔式起重机顶升液压系统故障的诊断与排除	677
第19章	凿岩机液压故障的诊断与排除	680
19.1	COP1038HD 型凿岩机液压系统故障的诊断与排除	680
19.2	液压凿岩机液压系统故障的诊断与排除	682
19.3	ATLAS 液压凿岩台车液压控制阀故障的诊断与排除	685
19.4	凿岩机液压泵供油不足故障的诊断与排除	688
19.5	液压凿岩机活塞爬行故障的诊断与排除	689
第20章	其他工程机械液压故障的诊断与排除	692
20.1	NH-40 型液压打桩锤故障的诊断与排除	692
20.2	EBH-132 型掘进机行走液压故障的诊断与排除	694
20.3	别拉斯 7523 型自卸载重汽车液压联合系统故障的诊断与排除	696
20.4	叉车工作装置常见故障的诊断与排除	699
第21章	其他典型液压系统故障分析与排除实例	703
21.1	平板轮辋刨渣机液压系统故障诊断与排除方法	703
21.2	双立柱带锯机液压系统的故障分析与排除	705
21.3	丁基胶涂布机液压系统的故障分析与排除	709
21.4	弯管机液压系统的故障分析与排除	711
21.5	立磨液压机液压系统的故障分析与排除	714
附录	常用液压与气动元件图形符号	717
参考文献		722

概 论

液体传动是以液体（油、合成液体）作为工作介质，利用液体的压力能来进行能量传递的传动方式，它包括液压传动和液力传动。液力传动主要利用非封闭状态下液体的动能或位能来进行工作的传动方式（如离心泵、液力变矩器等）；液压传动主要利用密闭系统中的受压液体来传递运动和动力的传动方式。两者在原理上有很大的区别，本书主要讨论后者。

1.1 液压传动的工作原理及组成

1.1.1 液压传动的工作原理

1. 液压千斤顶的传动原理

液压千斤顶是机械行业常用的工具，常用这个小型工具顶起较重的物体。下面以它为例简述液压传动的工作原理。图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理图。有两个液压缸 1 和 6，内部分别装有活塞，活塞和缸体之间保持良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当向上抬起杠杆时，液压缸 1 活塞向上运动，液压缸 1 下腔容积增大形成局部真空，单向阀 2 关闭，油箱 4 的油液在大气压作用下经吸油管顶开单向阀 3 进入液压缸 1 下腔，完成一次吸油动作。当向下压杠杆时，液压缸 1 活塞下移，液压缸 1 下腔容积减小，油液受挤压，压力升高，关闭单向阀 3，液压缸 1 下腔的压力油顶开单向阀 2，油液经排油管进入液压缸 6 的下腔，推动大活塞上移顶起重物。如此不断上下扳动杠杆就可以使重物不断升起，达到起重的目的。如杠杆停止动作，液压缸 6 下腔油液压力将使单向阀 2 关闭，液压缸 6 活塞连同重物一起被自锁不动，停止在举升位置。如打开截止阀 5，液压缸 6 下腔通油箱，液压缸 6 活塞将在自重作用下向下移，迅速回复到原始位置。设液压缸 1 和 6 的面积分别为 A_1 和 A_2 ，则液压缸 1 单位面积上受到的压力 $p_1 = F/A_1$ ，液压缸 6 单位面积上受到的压力 $p_2 = W/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体内某一点的压力值能等值地传递到密闭液体内各点”，则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F}{A_1} = \frac{W}{A_2} \quad (1-1)$$

由液压千斤顶的工作原理得知，液压缸 1 与单向阀 2、3 一起完成吸油与排油，将杠杆

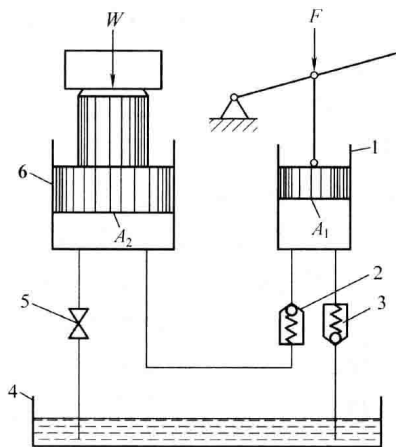


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—小液压缸；2—排油单向阀；
- 3—吸油单向阀；4—油箱；
- 5—截止阀；6—大液压缸

的机械能转换为油液的压力能输出。液压缸 6 将油液的压力能转换为机械能输出, 抬起重物。有了负载作用力, 才产生液体压力。因此就负载和液体压力两者来说, 负载是第一性的, 压力是第二性的。液压传动装置本质是一种能量转换装置。在这里液压缸 6、液压缸 1 组成了最简单的液压传动系统, 实现了力和运动的传递。

从液压千斤顶的工作过程, 可以归纳出液压传动工作原理如下:

(1) 液压传动是以液体(液压油)作为传递运动和动力的工作介质的。

(2) 液压传动经过两次能量转换, 先把机械能转换为便于输送的液体压力能, 然后把液体压力能转换为机械能对外做功。

(3) 液压传动是依靠密封容积(或密封系统)内容积的变化来传递能量的。

工程机械的起重机、推土机、汽车起重机、注塑机, 机床行业的组合机床的滑台、数控车床工件的夹紧、加工中心主轴的松刀和拉刀等都应用了液压系统传动的工作原理。

2. 机床工作台的液压传动系统

图 1-2(a)为机床工作台液压系统结构原理。它由油箱 1、滤油器 2、液压泵 3、溢流阀 4、节流阀 5、换向阀 6、手柄 7、液压缸 8、工作台 9 以及连接这些元件的油管、接头等组成。液压缸 8 固定在床身上, 活塞连同活塞杆带动工作台 9 做往复运动。液压泵由电动机(图中没有标示出来)驱动, 通过滤油器 2 从油箱 1 中吸油并送入密闭的系统内。

如果将换向阀手柄 7 向右推, 使阀芯处于如图 1-2(b)所示位置, 则来自泵输出的压力油→节流阀 5→换向阀 6→液压缸 8 左腔, 推动活塞连同工作台 9 向右移动。这时液压缸 8 右腔的油液→换向阀 6→油箱 1。

如果将换向阀手柄 7 向左推, 使阀芯处于如图 1-2(c)所示位置, 则来自泵输出的压力油→节流阀 5→换向阀 6→液压缸 8 右腔, 推动活塞连同工作台 9 向左移动。这时液压缸 8 左腔的油液→换向阀 6→油箱 1。

如果换向阀 6 的阀芯处于如图 1-2(a)所示中间位置时, 泵输出的压力油→节流阀 5→换向阀 6 而被封闭, 此时泵输出的压力油→溢流阀 4→油箱。由于液压缸两腔被换向阀 6 封闭, 活塞停止不动, 这时工作台 9 停止运动。

工作台移动的速度可通过节流阀 5 的开口大小来调节。当节流阀 5 的阀口增大时, 进入液压缸的油液量增大, 工作台的移动速度增大; 反之当关小节流阀 5 的阀口时, 进入液压缸的油液量减小, 工作台的移动速度减小。

转动溢流阀 4 的调节螺钉, 可调节弹簧的预紧力。弹簧的预紧力越大, 密封系统中的油压就越高, 工作台移动时, 能克服的最大负载就越大; 弹簧的预紧力越小, 其能得到的最大工作压力就越小, 能克服的最大负载也越小。另外, 在一般情况下, 液压泵输出的油量多于液压缸所需要的油量, 多余的油须通过溢流阀 4 及时地排回油箱。所以, 溢流阀 4 在该液压系统中起调压、溢流作用。

1.1.2 液压传动的组成

从上面的两个例子可以看出液压系统主要由 5 部分组成。

1. 动力元件

动力元件是把原动机输入的机械能转换为油液压力能的能量转换装置。其作用是为液压系统提供压力油。动力元件为各种液压泵。

2. 执行元件

执行元件是将油液的压力能转换为机械能的能量转换装置。其作用是在压力油的推动下

输出力和速度（直线运动），或力矩和转速（回转运动）。这类元件包括各类液压缸和液压马达。

3. 控制调节元件

控制调节元件是用来控制或调节液压系统中油液的压力、流量和方向的装置，以保证执行元件完成预期工作的元件。这类元件主要包括各种溢流阀、节流阀以及换向阀等。这些元件的不同组合便形成了不同功能的液压传动系统。

4. 辅助元件

辅助元件是指油箱、油管、油管接头、蓄能器、滤油器、压力表、流量表以及各种密封元件等。这些元件分别起散热储油、输油、连接、蓄能、过滤、测量压力、测量流量和密封等作用，以保证系统正常工作，是液压系统不可缺少的组成部分。

5. 工作介质

工作介质在液压传动及控制中起传递运动、动力及信号的作用。工作介质为液压油或其他合成液体。

1.1.3 液压传动系统的图形符号

图 1-1 和图 1-2 所示的液压传动系统图是一种半结构式的工作原理图，直观性强，容易理解，但难以绘制。为了方便阅读、分析、设计和绘制液压系统，在工程实际中，国内外都采用液压元件的图形符号来表示。按照规定，这些图形符号只表示元件的功能，不表示元件的结构和参数，并以元件的静止状态或零位状态来表示。若液压元件无法用图形符号表述时，仍允许采用半结构原理表示。我国制定了液压与气动元件图形符号（GB/T 786.1—1993），其中最常用的部分可参见附录。图 1-3 即为用图形符号表达的图 1-2 的机床往复运动工作台的液压传动系统工作原理图。

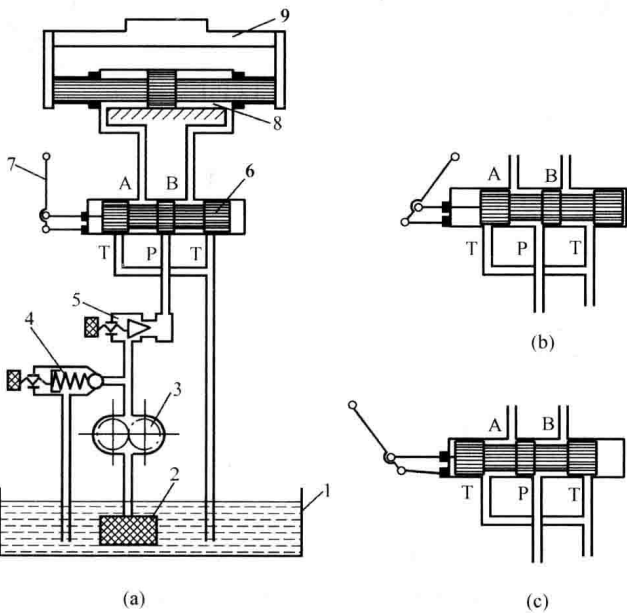


图 1-2 机床工作台液压系统结构原理
1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；4—溢流阀；
5—节流阀；6—换向阀；7—手柄；8—液压缸；
9—工作台

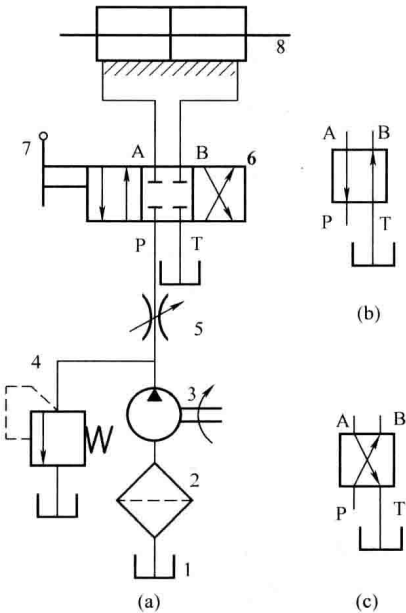


图 1-3 液压传动系统工作原理图
(用图形符号)
1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；4—溢流阀；
5—节流阀；6—换向阀；7—手柄；8—液压缸

液压系统元件的总体布局分为4部分：执行元件、液压油箱、液压泵装置及液压控制装置。液压油箱装有空气滤清器、滤油器、液面指示器和清洗孔等。液压泵装置包括不同类型的液压泵、驱动电动机及它们之间的联轴器等。液压控制装置是指组成液压系统的各阀类元件及其连接体。除执行元件外，液压系统元件的连接形式有集中式（液压站）和分散式。

1. 集中式（液压站）连接

集中式连接将液压系统的供油装置、控制调节装置独立于主设备之外，单独设置一个液压站，如图1-4所示。这种结构的优点是安装维修方便，液压装置的振动、发热都与主设备隔开，缺点是液压站增加了占地面积。如组合机床、冷轧机、锻压机、电弧炉等，一般都采用集中式。

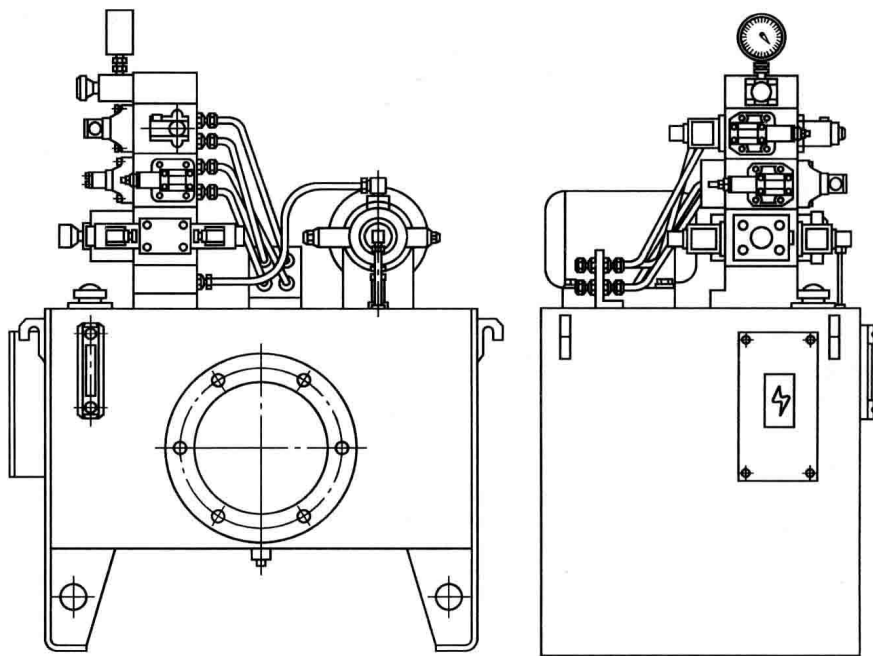


图1-4 集中式（液压站）

2. 分散式连接

分散式连接将液压系统的供油装置、控制调节装置分散在主设备的各处。例如，机床液压系统床身或底座作为液压油箱存放液压油。要把控制调节装置放在便于操作的地方。这种结构的优点是结构紧凑，泄漏油易回收，节省占地面积，但安装维修不方便。同时供油装置的振动、液压油的发热都将对机床的工作精度产生不良影响。如部分数控机床、起重机、推土机等移动式设备一般都采用分散式。

1.3 液压传动的优缺点

1.3.1 液压传动的优点

与机械传动和电力拖动系统相比，液压传动具有以下优点：

- (1) 液压元件的布置不受严格的空間位置限制，系统中各部分用管道连接，布局安装有很大的灵活性，能构成用其他方法难以组成的复杂系统。
- (2) 可以在运行过程中实现大范围的无级调速，调速范围可达 2000 : 1。
- (3) 液压传动和液气联动传递运动均匀平稳，易于实现快速启动、制动和频繁的换向。
- (4) 操作控制方便、省力，易于实现自动控制、中远程距离控制以及过载保护。与电气控制、电子控制相结合，易于实现自动工作循环和自动过载保护。
- (5) 液压元件属机械工业基础件，标准化、系列化和通用化程度较高，有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

除此之外，液压传动突出的优点还有单位质量输出功率大。因为液压传动的动力元件可采用很高的压力（一般可达 32MPa，个别场合更高），因此，在同等输出功率下具有体积小、质量小、运动惯性小、动态性能好的特点。

1.3.2 液压传动的缺点

液压传动的缺点如下：

- (1) 在传动过程中，能量需经两次转换，传动效率偏低。
- (2) 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响，不能严格保证定比传动。
- (3) 液压传动性能对温度比较敏感，不能在高温下工作，采用石油基液压油做传动介质时还须注意防火问题。
- (4) 液压元件制造精度高，系统工作过程中发生故障不易诊断。

总的来说，液压传动的优点是主要的，其缺点将随着科学技术的发展而不断得到克服。例如，将液压传动与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用，构成气液、电液（气）、机液（气）等联合传动，以进一步发挥各自的优点，相互补充，弥补某些不足之处。

1.4 液压传动应用发展

1.4.1 我国液压传动技术的发展状况

液压与气压传动相对于机械传动来说是一门新兴技术。从 1795 年世界上第一台水压机械诞生起，机械传动已有几百年的历史，但液压与气压传动在工业上被广泛采用和有较大幅度的发展是 20 世纪中期以后的事情了。液压技术渗透到很多领域，不断在民用工业、在机床、工程机械、冶金机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶等行业得到大幅度的应用和发展，而且发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。如今，采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动技术。

近年来，我国液压气动密封行业坚持技术进步，加快新产品开发，取得良好成效，涌现

出一批各具特色的高新技术产品。北京机床研究所的直动式电液伺服阀、杭州精工液压机电公司的低噪声比例溢流阀（拥有专利）、宁波华液公司的电液比例压力流量阀（已申请专利），均为机电一体化的高新技术产品，并已投入批量生产，取得了较好的经济效益。北京华德液压集团公司的恒功率变量柱塞泵，填补了国内大排量柱塞泵的空白，适用于冶金、锻压、矿山等大型成套设备的配套。天津特精液压股份有限公司的3种齿轮泵，具有结构新颖、体积小、耐高压、噪声低、性能指标先进等特点。榆次液压件有限公司的高性能组合齿轮泵，可广泛用于工程、冶金、矿山机械等领域。另外，还有广东广液公司的高压高性能叶片泵、宁波永华公司的超高压软管总成、无锡气动技术研究有限公司为各种自控设备配套的WPI新型气缸系列都是很有特色的新产品。

为应对我国加入WTO后的新形势，我国液压行业各企业加速科技创新，不断提升产品市场竞争力，一批优质产品成功地为国家重点工程和重点主机配套，取得较好的经济效益和社会效益。

天津市精研工程机械传动有限公司的天然气输送管道生产线液压设备是国家西气东输工程的配套设备；慈溪博格曼密封材料公司的高温高压W型缠绕垫片，现已成功地用于加氢裂化装置上；大连液压件厂和山西长治液压件厂的转向叶片泵，是中、重型汽车转向系统中的关键部件，目前两个厂的转向叶片泵年产量已达10万台以上；青岛基珀密封公司的新型组合双向密封和大型防泥水油封是分别为一汽解放牌9吨车和一拖拖拉机配套的密封件；此外天津特精液压股份有限公司的静液压传动装置和多路阀、湖州生力液压件公司的多功能滑阀、威海气动元件公司的组合调压阀的空气减压阀、贵州枫阳液压公司的液压泵站和液压换挡阀等，都深受用户的好评。

由此可见，液压传动产品等在国民经济和国防建设中的地位和作用十分重要。它的发展决定了机电产品性能。它不仅是能最大限度地满足机电产品实现功能多样化的必要条件，也是完成重大工程项目、重大技术装备的基本保证，更是机电产品和重大工程项目和装备可靠性的保证。所以说液压传动产品的发展是实现生产过程自动化，尤其是工业自动化不可缺少的重要手段。

现在世界各国都重视发展基础产品。近年来，国外液压技术由于广泛应用了高新技术成果，使基础产品在水平、品种及扩展应用领域方面都有很大提高和发展。

我国液压产品有一定生产能力和技术水平的生产科研体系。尤其是近十年来基础产品工业得到国家支持，装备水平有所提高，目前已能生产品种规格齐全的产品，已能为汽车、工程机械、农业机械、机床、塑机、冶金矿山、发电设备、石油化工、铁路、船舶、港口、轻工、电子、医药以及国防工业等领域提供品种基本齐全的产品；通过科研攻关和产学研结合，在液压伺服比例系统和元件等方面的成果已用于生产；在产品CAD和CAT等方面已取得可喜的进展，并得到广泛应用，并且在国内建立了不少独资、合资企业，在提高我国行业技术水平的同时，为主机提供了急需的高性能和高水平产品，填补了国内的空白。

虽然取得上述成果，但我国的液压产品和目前国内的需求及国外先进水平相比还有较大差距，主要问题包括产品趋同化、构成不合理，性能低、可靠性差，创新和自我开发能力弱，自行设计水平低，具体表现在产品水平、产品体系与市场需求存在较大的结构性矛盾。中国的液压市场很大，用户对产品的要求各异，各种高品质、高性能的液压元件市场需求量很大。而大部分国内企业所能提供的产品，无论是在档次上还是种类上，都还远远不能满足这些需求。因此，在众多低档产品压价竞争的同时，不得不让出一块巨大的市场给国外产

品。这表明,在市场丰富多样的需求面前,国内液压行业现有产品体系的结构性过剩与结构性短缺两个矛盾同时并存;也表明我们在产品的多样性、层次分布性和市场适应性等方面亟待调整和改善。企业在产品更新、装备改造等方面的投入能力不足。

1.4.2 液压传动技术主要的发展趋势

1. 减少能耗,充分利用能量

(1) 减少压力能的损失。减少元件和系统的内部压力损失,以减少功率损失。采用集成化回路和铸造流道,可减少管道损失和漏油损失。

(2) 减少节流损失,尽量减少采用节流系统来调节流量和压力。

(3) 采用静压技术和新型密封材料,减少摩擦损失。

(4) 改善液压系统性能。

2. 泄漏控制

泄漏控制是提高液压传动和电气、机械传动竞争能力的一个重要课题,主要包括两个方面:一是防止液体泄漏到外部造成环境污染;二是防止外部环境对系统的侵害。

发展无泄漏元件和系统;发展集成化和复合化的元件和系统,实现无管连接,研制新型密封和无泄漏管接头及电机和泵的组合装置(电机转子中间装有泵,减少泵轴封的漏油)。

注意解决系统的密封问题,如隔离式油箱,设计新型的活塞杆防护装置等。

3. 污染控制

(1) 发展封闭式密封系统。防止灰尘、污物、空气、化学物品侵入系统。建立有关保证元件清洁度的技术规范和研究经济有效的清洗方法。

(2) 改进元件设计,使元件具有更大的耐污染能力,允许元件和系统承受各种污染物的侵蚀。

(3) 发展耐污染能力强的高效过滤材料和过滤器。

(4) 开发油水分离净化装置、排湿装置以及清除油液中气泡的滤油器,以清除油中所含的气体和水分。

(5) 发展新的污染检测方法,对污染进行在线测量。

4. 主动维护

发现故障苗头时,预先进行维修,清除故障隐患,避免设备恶性事故的发生。液压系统故障诊断现代化,加强专家系统的研究,开发液压系统故障诊断专家系统通用工具软件。开发液压系统自补偿系统,包括自调整、自润滑、自校正,在故障发生之前进行自补偿,是液压行业努力的方向。

5. 机电一体化

(1) 电液伺服比例技术的应用将不断扩大。压力、流量、位置、温度、速度、加速度等传感器应实现标准化。计算机接口也应实现统一和兼容。

(2) 液压系统的流量、压力、温度、油的污染等数值将实现自动测量和诊断,由于计算机的价格降低,监控系统,包括集中监控和自动调整系统将得到发展。

(3) 计算机仿真标准化,特别对高精度、高级系统更加有此要求。

(4) 电子直接控制液压泵,采用通用的标准化调节机构,改变电子控制器的程序,即可实现泵的各种调节方式。

(5) 提高液压元件性能,适应机电一体化需求。发展内藏式传感器和带有计算机、有自我管理机能(故障诊断、故障排除)的智能化液压元件。