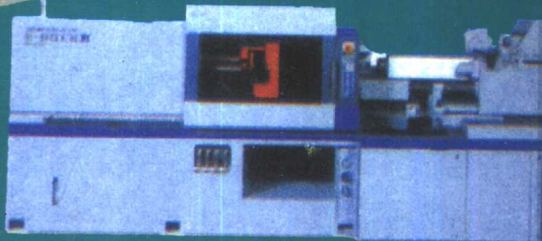
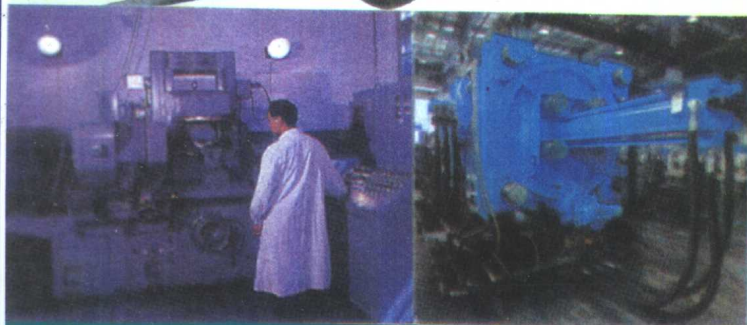
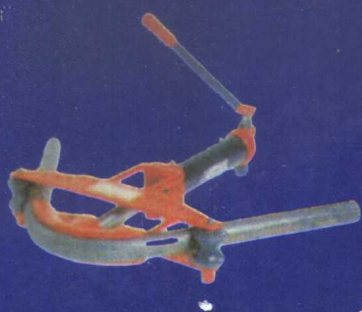


shi yong ye ya ji xie
gu zhang pai chu yu xiu li da quan

实用液压机械 故障排除 与修理大全

陆望龙编著

湖南科学技术出版社



shi yong ye ya ji xie
gu zhang pai chu yu xiu li da quan

实用液压机械故障排除与修理大全

编 著 者:陆望龙

责任编辑:肖和国

出版发行:湖南科学技术出版社

社 址:长沙市展览馆路 66 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系:本社直销科 0731-4441720

印 刷:湖南望城湘江印刷厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址:望城县高塘岭镇郭亮路 69 号

邮 编:410200

经 销:湖南省新华书店

出版日期:2001 年 2 月第 1 版第 4 次

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:37.25

插 页:4

字 数:1115000

印 数:9626~12125

书 号:ISBN 7-5357-1595-8/TH·44

定 价:39.00 元

(版权所有·翻印必究)

前 言

液压技术由于它具有许多优点，在国民经济的各个领域中得到越来越广泛的应用。特别是改革开放以来，在国内企业、中外合资及外国独资企业中的机械设备和进口设备上，液压已成为不可缺少的组成部分。“机—电—液（气）”一体化已成为一股强大的工业企业现代化潮流。

为了使液压机械设备能在国民经济各个领域发挥更大的作用，做到在使用过程中能少出故障，出了故障能迅速查明原因，尽快予以排除，笔者根据本人多年来从事液压元件生产、液压系统的设计和调试以及液压设备的使用、维修等全过程的生产实践所积累的经验体会，并参阅了国内外有关资料，以图文并茂的形式，详细阐明了液压设备从液压元件（油泵、油马达和油缸，压力、流量、方向三大类常规阀，比例阀，伺服阀，多路阀，叠加阀，逻辑阀等），液压辅件（密封、管路、蓄能器、油冷却器、油箱、滤油器、液压油等），液压基本回路以及典型液压机械（工程机械、机床、塑料纺织机械、起重运输机械等）的常见故障和疑难故障的产生原因、故障查找方法及排除修理方法及其安装、调试与使用、维护管理方法，本书最后还介绍了液压元件典型零件的加工和修理以及去毛刺的方法等。

本书不同于理论专著，也不同于一般的教科书。本书的意图主要是指导实践，讲究实用，为此本书配以丰富的插图，叙述力求详细。希望本书能为从事液压技术工作的广大工程技术人员、液压机械设备的操作人员、保养维修和管理人员、以及有关专业大专院校的师生提供帮助和借鉴。

本书是笔者从事液压技术工作三十年实践的一个总结，陆桦、陈黎明同志参与了本书第二章、第十二章的编写，书中还部分参阅了国内外有关书刊，未一一列举，谨此对有关作者表示诚挚的谢意！马文科、李刚、朱江涛、朱九洲等 10 位同志为本书提供描图抄稿等服务，一并致谢。

由于笔者学识水平有限，书中错误和缺点在所难免，欠妥之处，恳求广大读者和从事液压技术工作的专家及同行们批评指正，联系电话：0739—5319622（宅），0739—5323323 转 2215（办）。

编著者

目 录

第一章 概论

§ 1-1 我国液压技术简介.....	(1)	四、石油化工.....	(6)
§ 1-2 液压传动系统的组成及其特点		五、煤炭工业.....	(6)
.....	(2)	六、冶金矿山.....	(6)
一、液压传动系统的组成.....	(1)	七、农林牧副渔.....	(7)
二、液压技术的分类.....	(3)	八、航空航天.....	(8)
三、液压传动的特点.....	(3)	九、船舶工业、航道工程.....	(8)
四、液压传动的缺点.....	(4)	十、汽车工业.....	(8)
§ 1-3 液压技术的应用简介.....	(4)	十一、轻工.....	(8)
一、机床.....	(4)	十二、纺织工业.....	(9)
二、工程机械.....	(5)	十三、日常生活及其它.....	(10)
三、建筑.....	(6)		

第二章 液压设备的现场管理和故障查找

§ 2-1 液压设备的现场管理.....	(11)	一、安装.....	(24)
一、现场管理的目的和意义.....	(11)	二、调试.....	(26)
二、建立和健全现场管理的各项规章制度		§ 2-4 查找液压故障的方法.....	(28)
.....	(11)	一、概述.....	(28)
三、液压设备的大修管理.....	(14)	二、对液压系统和液压元件故障的基本认识	
四、液压设备的备品管理和人才培养.....	(15)		(29)
§ 2-2 液压系统的清洗与过滤.....	(20)	三、故障诊断的步骤.....	(30)
一、液压清洗.....	(20)	四、查找液压故障的方法(故障诊断法)	
(一) 零部件等散件的清洗.....	(20)		(32)
(二) 液压元件的清洗.....	(20)	(一) 根据液压系统图查找液压故障.....	(32)
(三) 液压系统的清洗.....	(20)	(二) 利用动作循环表查找液压故障.....	(35)
(四) 几种常用的实用清洗法.....	(22)	(三) 利用因果图查找液压故障.....	(37)
二、过滤.....	(24)	(四) 通过滤油器查找液压故障.....	(37)
三、清洗与过滤的几点说明.....	(24)	(五) 故障的实验法诊断——隔离、比较与综	
§ 2-3 液压设备的安装调试.....	(24)	合法.....	(37)

(六) 实用感官诊断法.....	(38)	(十三) 利用在线监测检修测试器诊断故障.....	(45)
(七) 应用铁谱技术对液压系统的故障进行诊断和状态监控.....	(40)	(十四) 逻辑思维故障诊断程序法查找故障.....	(46)
(八) 区域分析与综合分析查找液压故障.....	(40)	(十五) 从电气和液压元件的相互关系查找液压故障.....	(48)
(九) 利用故障现象与故障原因相关分析表查找液压故障.....	(40)	(十六) 尾断路法查找液压故障.....	(50)
(十) 间接检测.....	(40)	(十七) 计算机测试在故障诊断中的应用.....	(51)
(十一) 利用检测仪表查找液压故障.....	(44)	五、液压系统的监测与故障的早期诊断.....	(52)
(十二) 利用设备的自诊断功能(辅助功能)查找液压故障.....	(44)		

第三章 液压泵(油泵)的故障排除与修理

§ 3-1 齿轮泵的故障排除与修理.....	(55)	二、故障分析与排除.....	(74)
一、简介.....	(55)	三、修理.....	(80)
二、故障分析与排除.....	(57)	四、拆修后叶片泵的装配和使用.....	(85)
三、齿轮泵的使用与修理.....	(62)	§ 3-5 轴向柱塞泵的故障排除与修理.....	(86)
四、齿轮泵的装配.....	(67)	一、简介.....	(86)
§ 3-2 摆线泵的故障排除与修理.....	(67)	二、故障分析与故障排除.....	(86)
一、简介.....	(67)	三、修理.....	(93)
二、故障分析与排除.....	(67)	四、轴向柱塞泵装配.....	(95)
三、使用和修理.....	(69)	五、轴向柱塞泵的安裝.....	(96)
§ 3-3 螺杆泵的故障排除与修理.....	(71)	六、轴向柱塞泵的使用.....	(97)
一、简介.....	(71)	§ 3-6 径向柱塞泵的故障排除与修理.....	
二、故障分析与排除.....	(72)	一、简介.....	(100)
三、螺杆泵的修理.....	(73)	二、故障分析及排除方法.....	(104)
§ 3-4 叶片泵的故障排除与修理.....	(73)	三、偏心直列式径向柱塞泵(曲柄连杆式柱塞泵)的故障分析与排除.....	(105)
一、简介.....	(73)		

第四章 液压马达和液压缸的故障排除与修理

§ 4-1 齿轮式油马达的故障排除与修理.....	(107)	§ 4-3 轴向柱塞式油马达的故障排除与修理.....	(111)
一、简介.....	(107)	一、简介.....	(114)
二、常见故障及其排除方法.....	(108)	二、故障分析与排除.....	(115)
三、主要零件的修理.....	(109)	三、修理.....	(116)
§ 4-2 叶片式油马达的故障排除与修理.....	(109)	§ 4-4 液压缸(油缸)的故障排除与修理.....	(116)
一、简介.....	(109)	一、简介.....	(116)
二、故障分析与排除.....	(110)	二、油缸的故障分析与排除.....	(122)
三、叶片式油马达的修理.....	(112)	三、油缸的修理.....	(139)

第五章 液压控制阀的故障排除与修理

§ 5-1 概述	(142)	§ 5-10 液动换向阀和电液动换向阀的故障分析及排除	(215)
§ 5-2 溢流阀的故障排除与修理	(143)	一、简介	(215)
一、简介	(143)	二、液动换向阀的故障分析与排除	(217)
二、故障分析与排除	(143)	三、电液动换向阀的故障分析及排除	(217)
三、溢流阀的安装使用	(155)	§ 5-11 手动换向阀的故障分析与排除	(218)
四、主要零件的修理	(155)	一、简介	(218)
§ 5-3 顺序阀的故障排除与修理	(159)	二、故障分析及排除	(218)
一、简介	(159)	§ 5-12 行程(机动)换向阀的故障分析与修理	(219)
二、故障分析与排除	(163)	一、简介	(219)
三、使用与修理	(165)	二、故障分析及排除	(220)
§ 5-4 减压阀的故障排除与修理	(166)	§ 5-13 多路换向阀故障分析及排除	(221)
一、简介	(166)	一、简介	(221)
二、故障分析与排除	(166)	二、故障分析及排除	(222)
三、减压阀的修理	(170)	§ 5-14 节流阀的故障排除与修理	(223)
§ 5-5 压力继电器的故障排除与修理	(171)	一、简介	(223)
一、简介	(171)	二、故障分析与排除	(223)
二、压力继电器的调整与使用	(174)	三、节流阀的使用	(227)
三、压力继电器的故障分析与排除	(178)	四、节流阀的修理	(227)
四、压力继电器的修理	(181)	§ 5-15 调速阀的故障排除与修理	(228)
§ 5-6 压力表及压力表开关	(182)	一、简介	(228)
一、压力表(压力计)	(182)	二、故障分析与排除	(231)
二、压力表开关(截止阀)	(183)	三、使用与修理	(232)
§ 5-7 单向阀的故障排除及修理	(188)	§ 5-16 单向节流阀的故障分析与排除	(235)
一、简介	(188)	一、简介	(235)
二、故障分析与排除	(189)	二、故障分析及排除	(236)
三、单向阀的修理	(190)	三、修理	(236)
§ 5-8 液控单向阀的故障排除与修理	(192)	§ 5-17 行程节流阀和单向行程节流阀的故障分析及排除	(236)
一、简介	(192)	一、简介	(236)
二、故障分析及排除	(195)	二、行程节流阀和单向行程节流阀的故障排除	(237)
三、液控单向阀的修理	(196)	三、修理	(238)
四、使用液控单向阀的注意事项	(197)	§ 5-18 分流-集流阀的故障分析及排除	(239)
§ 5-9 电磁换向阀的故障排除与修理	(199)		
一、简介	(199)		
二、电磁阀的故障分析与排除	(203)		
三、电磁阀的使用与安装	(210)		
四、电磁阀的修理	(212)		

一、简介.....	(239)	二、常见故障分析及排除.....	(241)
-----------	-------	------------------	-------

第六章 其它控制阀类元件故障的分析及排除

§ 6-1 液压操纵箱的故障分析及排除.....	(243)	三、伺服阀的使用.....	(262)
一、概述.....	(243)	§ 6-4 比例阀的故障分析及排除.....	(261)
二、时间控制操纵箱的工作原理及故障排除.....	(243)	一、概述.....	(264)
三、行程控制操纵箱的工作原理及故障排除.....	(244)	二、故障分析及排除.....	(265)
§ 6-2 润滑油稳定器的故障分析与排除.....	(251)	§ 6-5 逻辑阀的故障分析及排除.....	(267)
一、简介.....	(251)	一、概述.....	(267)
二、润滑油稳定器的故障分析及排除.....	(253)	二、故障排除.....	(275)
§ 6-3 液压伺服阀的故障分析及排除.....	(254)	§ 6-6 叠加阀的故障分析及排除.....	(278)
一、概述.....	(254)	一、简介.....	(278)
二、故障分析及排除.....	(258)	二、选用叠加阀的注意事项.....	(279)
		三、叠加阀的故障分析与排除.....	(280)
		§ 6-7 静压支承的故障分析及排除.....	(281)
		一、静压轴承.....	(281)
		二、静压导轨.....	(291)
		三、静压丝杠(静压丝杠)螺母.....	(293)

第七章 液压辅助元件和装置的使用故障分析与排除

§ 7-1 油管及管接头.....	(296)	四、蓄能器的正确使用.....	(322)
一、简介.....	(296)	五、蓄能器故障的排除.....	(324)
二、故障分析与排除.....	(299)	§ 7-4 油冷却器.....	(325)
三、配管施工.....	(304)	一、简介.....	(325)
§ 7-2 滤油器的故障分析与排除.....	(309)	二、油冷却的正确使用.....	(327)
一、简介.....	(309)	三、油冷却器的故障排除.....	(330)
二、滤油器的种类与典型结构例.....	(310)	§ 7-5 油箱.....	(331)
三、滤油器的使用.....	(314)	一、简介.....	(331)
四、滤油器的故障与排除.....	(316)	二、油箱的分类及结构例.....	(331)
§ 7-3 蓄能器.....	(318)	三、油箱的故障分析.....	(333)
一、简介.....	(318)	§ 7-6 密封的使用与故障.....	(336)
二、蓄能器的几个典型用途.....	(318)	一、密封件的使用与管理.....	(336)
三、蓄能器的容量选择.....	(321)	二、密封的故障分析与排除.....	(340)

第八章 液压油的使用与故障

§ 8-1 液压油的合理选用.....	(365)	§ 8-2 进口液压设备用油国产化替代原则、 程序及注意事项.....	(374)
一、液压油应满足的要求.....	(365)	一、运用国产油替代进口油的原则.....	(374)
二、液压油的选用.....	(365)		

二、以国产油代替进口油的程序及注意事项	(375)	一、设备档案的建立.....	(380)
§ 8-3 液压油与故障.....	(376)	二、新液压油进厂与保存.....	(381)
一、液压油污染产生的故障.....	(376)	三、液压油的取用——换油与补油.....	(381)
二、液压油性能不好带来的故障.....	(377)	四、油液污染度的管理与测定方法简介	(386)
三、液压油与液压元件密封不相容带来的 故障.....	(379)	五、油中磨损金属元素颗粒的测定	(388)
四、液压油选用不当带来的故障.....	(380)	六、难燃（抗燃）液压油的维护管理.....	(390)
§ 8-4 液压油的使用管理.....	(380)		

第九章 液压基本回路的故障分析与排除

§ 9-1 压力控制回路的故障分析与排除	(391)	一、双泵供油快速回路的故障分析与排除	(412)
一、调压回路故障分析与排除.....	(391)	二、差动连接快速回路的故障分析及排除	(413)
二、保压回路的故障分析与排除.....	(392)	三、靠滑块（活塞活塞杆）自重下降的快速回 路的故障分析与排除.....	(414)
三、减压回路的故障分析与排除.....	(394)	四、用蓄能器的快速回路的故障分析及排除	(415)
四、增压回路的故障分析与排除.....	(394)	§ 9-5 速度换接回路的故障分析与排除	(416)
五、卸荷回路的故障分析与排除.....	(395)	一、快进与工进运动的速度换接回路的故障 分析与排除.....	(416)
六、平衡回路的故障分析与排除.....	(398)	二、两种工作进给速度的换接回路的故障 分析与排除.....	(417)
§ 9-2 方向控制回路的故障分析与排除	(401)	§ 9-6 多油缸间配合的工作回路的故障 分析与排除.....	(418)
一、换向回路的故障分析与排除.....	(401)	一、顺序动作回路的故障分析与排除.....	(418)
二、锁紧回路的故障分析与排除.....	(404)	二、同步回路的故障分析与排除.....	(421)
§ 9-3 调速回路的故障分析与排除.....	(405)		
一、节流调速回路的故障分析及排除.....	(405)		
二、容积调速回路的故障分析及排除.....	(408)		
三、联合调速液压回路的故障分析及排除	(410)		
§ 9-4 快速运动回路的故障分析与排除	(412)		

第十章 液压设备常见故障的分析与排除

§ 10-1 液压系统的工作压力失常，压力 上不去.....	(427)	三、欠速排除方法.....	(428)
一、压力失常的影响.....	(427)	§ 10-3 振动和噪声.....	(429)
二、压力失常产生的原因.....	(427)	一、振动（含共振）和噪声的危害.....	(429)
三、压力失常排除方法.....	(428)	二、共振、振动和噪声产生的原因.....	(429)
§ 10-2 欠速.....	(428)	三、减少振动和降低噪声的措施.....	(430)
一、欠速的不良影响.....	(428)	§ 10-4 爬行.....	(432)
二、欠速产生的原因.....	(428)	一、概述.....	(432)
		二、产生爬行的具体原因.....	(433)

三、消除爬行的方法·····	(434)	一、水分等进入液压系统的危害·····	(443)
§ 10-5 液压油的污染·····	(435)	二、水分进入的原因和途径·····	(443)
一、液压油污染的危害·····	(435)	三、防止水分进入、防止生锈的措施·····	(443)
二、液压油污染物的来源·····	(435)	§ 10-9 炮鸣·····	(444)
三、液压油的污染控制·····	(436)	一、“炮鸣”及其原因·····	(444)
§ 10-6 系统温升·····	(437)	二、炮鸣的危害·····	(444)
一、温升的不良影响·····	(436)	三、防止产生炮鸣现象的方法·····	(444)
二、造成温升过大的原因·····	(436)	§ 10-10 液压冲击(油击)·····	(446)
三、防止油温升高的措施·····	(437)	一、液压冲击的危害·····	(446)
四、液压系统的温控装置·····	(439)	二、液压冲击产生的原因·····	(447)
§ 10-7 空气进入和产生气穴·····	(440)	三、防止液压冲击的一般方法·····	(447)
一、系统进入空气和产生气穴的危害·····	(440)	§ 10-11 液压卡紧和其它卡阀现象·····	(448)
二、空气混入的途径和气穴产生的原因 ·····	(440)	一、液压卡紧的危害·····	(448)
三、防止空气进入和气穴产生的方法·····	(441)	二、产生液压卡紧和其它卡阀现象的原因 ·····	(448)
§ 10-8 水分进入系统与系统内部的锈蚀 ·····	(443)	三、消除液压卡紧和其他卡阀现象的措施 ·····	(449)

第十一章 典型液压设备的故障分析及排除

§ 11-1 机床类·····	(451)	二、XS-ZY2000 型塑料注射成型机的 故障分析及排除·····	(500)
一、M131W 型外圆磨床的故障分析及排除 ·····	(451)	三、立式塑胶射出成型机的故障分析及 排除·····	(508)
二、组合机床与组合机床自动线的故障 排除·····	(458)	§ 11-5 工程机械类·····	(513)
三、MB4220×100 型半自动立式珩磨机的 故障分析及排除·····	(467)	一、车辆液压转向装置的故障分析与排除 ·····	(513)
§ 11-2 机械手、数控加工中心类 ·····	(470)	二、TY180 型推土机的故障分析及排除 ·····	(515)
一、JS-1 型液压机械手的故障分析及排除 ·····	(470)	三、W ₂ -100 型全液压挖掘机的故障分析 及排除·····	(516)
二、日本 HR7A 型加工中心的故障分析及 排除·····	(473)	四、其它工程机械、建筑机械的故障分析 及排除·····	(520)
§ 11-3 铸锻压力加工机械类·····	(482)	§ 11-6 起重运输机械类·····	(525)
一、J1125A 型压铸机故障分析及排除 ·····	(482)	一、CPC05 型液压叉车的故障分析及排除 ·····	(525)
二、Y32-315 型液压机的故障分析及排除 ·····	(491)	二、WH340 型翻斗汽车·····	(528)
§ 11-4 轻工、纺织液压机械类·····	(497)	三、Q ₂ -8 型汽车起重机·····	(529)
一、SFJ-1 型浆纱机液压系统的故障与 排除·····	(497)	四、液压千斤顶的故障分析与排除·····	(534)
		§ 11-7 农机类·····	(536)
		一、拖拉机液压系统简介·····	(536)

第十二章 液压元件的典型零件的加工与修复介绍

§ 12-1 油泵、油马达类典型零件的加工	(540)	§ 12-4 液压元件零件的去毛刺工艺	(559)
§ 12-2 油缸零件的加工和修复	(544)	§ 12-5 液压元件零件磨损后的几种修复方法	(565)
§ 12-3 阀类零件的加工修复	(549)		

附 录

一、常用单位换算表	(571)	三、液压元件型号说明	(577)
1. 力的换算单位	(571)	1. 公称压力为 63 公斤力/厘米 ² (6.3MPa) 以下的液压阀型号说明 (JB2184-77)	(577)
2. 压力换算表	(571)	2. 中低压液压元件型号说明	(578)
3. 流量换算表	(571)	3. 高压老系列液压阀型号说明	(579)
4. 运动粘度换算表	(572)	4. 高压新系列液压阀型号说明	(580)
5. 动力粘度换算表	(572)	5. 逻辑阀的型号说明	(581)
6. 能和热量单位换算表	(572)	6. 叠加阀的型号说明	(582)
二、液压系统图形符号 (GB786-76 摘录)	(573)		
后记	(583)		

第一章 概 论

§ 1—1 我国液压技术简介

液压技术是一门既古老而又新兴的技术。

早在公元 250 年左右,我国就出现了水力舂、水力磨、龙骨水车等将流体能转换为机械能的机械。

1949 年前,由于长达数千年封建制度的束缚,阻碍了科学技术的发展,我国液压技术可以说是一片空白。

中华人民共和国建立初期,我国向前苏联引进了中低压液压元件生产技术,并以广州(热带)机床研究所为龙头,设计了以管接式元件为主的 25 公斤力/厘米² 低压元件系列(主要用于磨床)。

60 年代初,为适应液压机械向中高压的方向发展,引进了日本油研公司公称压力为 210 公斤力/厘米² 的中高压液压阀系列(榆次液压件厂)及全部加工制造和试验设备。

1966 年 5 月一机部中低压阀联合设计组成立,设计、定型并系列化了 63 公斤力/厘米² 的中低压液压件的全系列液压元件。

1968 年一机电部组织有关单位成立了液压阀联合设计组之后,以公称压力为 210 公斤力/厘米² 液压阀系列为基础,对照国外同类液压件的结构性能及工艺特点等,完成了我国公称压力为 320 公斤力/厘米² 的高压液压阀新系列的试制、试验、鉴定及推广生产的工作。

这期间还组织了如多路换向阀联合设计组、叠加阀联合设计组等,发展了集成块、比例阀逻辑阀等设计制造技术。

1975 年在南通会议上审订了如《液压泵出厂试验》、《液压阀出厂试验》、《液压阀型式试验》、《液压元件基本参数》等一系列液压技术标准,液压件的生产形成了完整的生产检验体系。

近些年来,特别是改革开放以来,为加强与国际间的技术交流与合作,促进对外贸易的发展,我国正式加入了国际标准化组织(ISO),引进或合作生产开发了不少液压件新品种。液压气动系统的压力等单位,也逐步采用国际单位制(SI 制),如压力的单位由公斤力/厘米²,改用为帕斯卡(1Pa=1N/m²),因为其量值太小,,我国 GB2346—80 标准规定采用其倍单位 bar(1bar=10⁵Pa)。

我国液压技术确实取得了惊人的发展,但与美、日、德等工业发达国家相比,从总的来说在质量与品种方面差距约 25 年,我国现在 80% 的产品还是国际上 60 年代的产品。我国液压件厂劳动生产率约为日本的 1/60,西德的 1/40。液压元件的品种约 700 种,3500 个规格,仅为美日等国的 1/3~1/5。目前美国液压件年产值 50 亿美元左右,日本 20 亿美元,西德 16 亿美元,我国 2 亿美元。

§ 1—2 液压传动系统的组成及其特点

一、液压传动系统的组成

液压传动系统的组成如图 1—1 所示,液压元件的分类如表 1—1 所示。

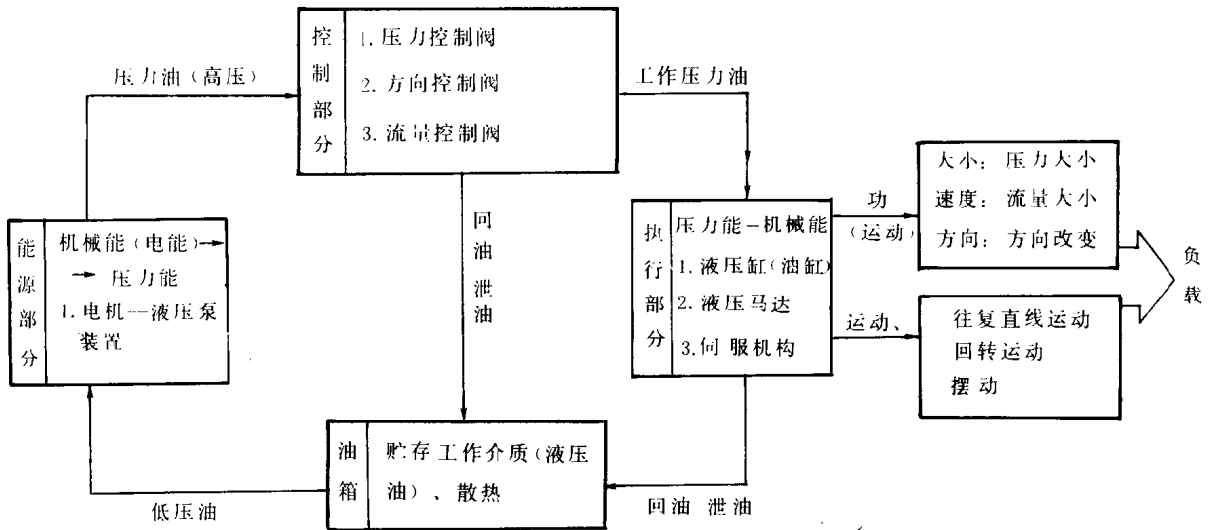


图 1-1 液压系统的组成

表 1-1

液压元件的分类和作用

种 类	作 用
液压泵 (油泵) 1. 齿轮泵 (内啮合式、外啮合式) 2. 摆线泵 3. 螺杆泵 4. 叶片泵 5. 柱塞泵	将机械能转换为液压能 提供压力油能源
液压执行元件 1. 油马达 2. 液压缸 (油缸) 3. 摆动油缸 4. 伺服执行机构	将液压能变为机械能 1. 输出旋转运动 2. 输出直线运动 3. 输出小于 300° 转角的回转摆动 4. 跟踪输出位移等
液压阀 1. 方向控制阀 1. 单向阀、液控单向阀 2. 换向阀 (电磁、液动、电液动、机动、手动等) 3. 其它 (压力表开关、截止阀等) 2. 压力控制阀 - 溢流阀 - 减压阀 - 顺序阀 - 压力继电器 - 其它 3. 流量控制阀 - 节流阀 - 调速阀 - 分流阀 (集流阀) 4. 比例阀 5. 伺服阀 6. 逻辑阀 7. 叠积阀	1. 控制液体流动方向 2. 控制液体压力大小 3. 控制液体流量大小 4. 按比例控压力、流量 5. 跟踪放大 6. 大流量系统 7. 同上 1, 2, 3,

续表 1-1

种 类		作 用
辅助元件	1. 管路与接头 2. 油箱 3. 滤油器 4. 油冷却器（加热器） 5. 蓄能器 6. 密封件	1. 输送液体（工作介质经路） 2. 贮存液体 3. 对液体进行过滤 4. 控制液体温度 5. 储存能量 6. 密封
其它元件	静压支承 { 静压导轨 静压轴承 静压丝杆 静压中心架 液压测试仪表	液压支承、承压、承载 测量各参数
液压油	（详见第八章）	工作介质、润滑

二、液压技术的分类

液压技术包括的内容很多，应用也十分广泛，然而按工作的特征来分，一般分为两大类：

① 液压传动：它是以液压油作为工作介质，通过动力元件（油泵），将原动机的机械能变为液压油的压力能，再通过控制元件，然后借助执行元件（油缸或油马达）将压力能转换为机械能，驱动负载实现直线或回转运动。且通过对控制元件遥控操纵和对压力流量的调节，调定执行元件的力和速度。当外界对上述系统有扰动时，执行元件的输出量一般要偏离原有调定值，产生一定的误差。

② 液压控制：和液压传动一样，系统中也包括动力元件、控制元件和执行元件，也是通过油液传递功率。二者不同之点是液压控制具有反馈装置。反馈装置的作用是把执行元件的输出量（位移、速度、力等机械量）反馈回去与输入量（可以是变化的，也可以是恒定的）进行比较，用比较后的偏差来控制系统，使执行元件的输出跟随输入量的变化而变化或保持恒定。所有液压控制系统可以说是装有反馈装置，构成闭环回路的液压传动系统。液压控制系统具有较强的抗扰动能力，所以系统输出量的精度很高。液压控制系统是一个自动控制系统，也称为液压随动系统或液压伺服系统。

液压传动系统中，用的是通断式或逻辑式控制元件。例如常规的液压系统中普遍采用的压力阀、流量阀、方向阀以及由此组成的组合阀、集成阀、逻辑阀等所控制的参数（如压力流量）是依靠手动机构（调节手柄）或机械机构（如凸轮撞块）来调定的，就其控制目的而言，都是保持被调定值的稳定或单纯变换方向，也叫定值和顺序控制元件。

液压控制系统中，用的是伺服控制元件（如电液伺服阀），它具有反馈结构，并用电气装置进行控制，有比较高的控制精度和响应速度，所控制的压力和流量常连续变化，而不仅仅是通断的开关式了。它对油液污染控制有极为严格的要求。输出功率可放大。

比例控制则是介于上述二者之间的一种控制，所用比例控制阀是在通断式控制元件和伺服控制元件的基础上发展起来的一种新型的电—液控制元件，兼备了上述两类元件的一些特点，用于用手调的通断式控制不能满足要求、但也不需要像电液伺服阀那样有较高精度和响应速度要求的一类液压系统中。它的另一个优点是不需要伺服阀对液压系统那样严格的污染控制要求，相对来讲，比例控制的电气控制回路要比伺服控制（反馈）的简单得多。是一种简易价廉的电—液控制系统。

本书以后各章将涉及上述各类液压元件和由它们组成的各类系统的故障分析和排除。

三、液压传动的特点

在目前四大类传动方式（机械、电气、液压和气压）中，没有一种动力传动是十全十美的，而液压传动具有下述极其明显的优点：

① 从结构上看,其单位重量的输出功率和单位尺寸输出功率在四类传动方式中是力压群芳的,有很大的力矩惯量比,在传递相同功率的情况下,液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑、布局灵活,传递的功率大。

② 从工作性能上看,速度、扭矩、功率均可无级调节,动作响应性快,能迅速换向和变速,调速范围宽,调速范围可达 $100:1$ 到 $2000:1$;动作快速性好,控制、调节比较简单,操纵比较方便、省力,便于与电气控制相配合,以及与 CPU (计算机) 的连接,便于实现自动化。

③ 从使用维护上看,元件的自润滑性好,易实现过载保护与保压,安全可靠;元件易于实现系列化、标准化、通用化,便于设计、制造和使用维修。

④ 所有采用液压技术的设备安全可靠,例如:电梯(升降机)用的绕卷机和控制设备都要放在机房内并置于建筑物的上部,既影响了日照又不能使建筑物简洁,液压升降机的机房可分设在建筑物的侧旁,下降时无需使用油泵,自重落下,所以即使在停电的情况下只要操作手动阀就能安全落地,不象电气升降机,在停电时乘员不能出来。在轿车、大客车内采用实现液压无级变速、动力转向及紧急刹车系统,提高了驾驶员的安全性和舒适性。飞机在起飞和着陆时,液压机构内会产生很高的压力,液压系统在这种工作条件下有非常高的可靠性,因而安全。贵重的显像管的传递采用液压和气动技术使生产线运行的可靠性达到很高程度,汽车车身焊接线采用液压系统能可靠地完成一个焊点到另一个焊点的焊接。

⑤ 经济:液压技术的可塑性和可变性很强,可以增加柔性生产的柔度,很容易对生产程序进行改变和调整,液压元件相对来说制造成本也不高,适应性比较强。

⑥ 液压易与微机控制等新技术相结合,构成的“机—电—液—光”一体化已成为世界发展的潮流,便于实现数字化。“光液”相结合的液压件已经出现,红外线操纵光导纤维传输控制的液压挖掘机已经问世。

四、液压传动的缺点

任何事物都是一分为二的,液压传动也不例外:

① 液压传动因有相对运动表面不可避免地存在泄漏,同时油液不是绝对不可压缩的,加上油管等弹性变形,液压传动不能得到严格的传动比,因而不能用于如加工螺纹齿轮等机床的内联传动链中。

② 油液流动过程中存在沿程损失、局部损失和泄漏损失,传动效率较低,不适宜远距离传动。

③ 在高温和低温条件下,采用液压传动有一定的困难。

④ 为防止漏油以及为满足某些性能上的要求,液压元件制造精度要求高,给使用与维修保养带来一定困难。

⑤ 发生故障不易检查,特别是液压技术不太普及的单位,这一矛盾往往阻碍着液压技术的进一步推广应用。液压设备维修需要依赖经验,培训一液压技术人员的时间较长。

§ 1—3 液压技术的应用简介

一、机床

自从 1882 年第一台液压龙门刨床问世以来,在一百多年当中液压传动已在机床中得到广泛应用,液压元件成为机床不可缺少的重要基础元件。机床中液压传动主要应用于以下场合(表 1—2):

- ① 主传动机构和进给的驱动与调速:如工作台、滑枕、刀架、转塔的驱动与调速等;
- ② 周期定量进给:如磨床、刨床的横向进给;
- ③ 随动系统和仿型装置:如仿型车、铣床及磨床砂轮成型修正等;
- ④ 数字控制;

表 1-2

液压技术在机床上的应用

性能分类	内 容 及 问 题	适 用 机 床
强力进给	1. 高压泵, 泵的种类 (变量定量) 2. 低速回转稳定的油马达和效率高的丝杠组合起来 3. 油的压缩率, 负荷变化时的对策 4. 促动器的刚性	拉床、铣床、钻床进给用, 压力机液压加工等
分速往复运动	1. 运动部件的惯性 2. 部件发热与热变形 3. 调速方式 (定量泵、变量泵) 4. 换向时冲击 (泵的控制, 换向阀)	刨床、牛头刨床、插床、珩磨机、平磨等
主轴传动	1. 变速用, 转数的无级变速范围 2. 换向, 停止, 起动特性 3. 低速回转的稳定性, 连续转的发热	车床、铣床、镗床、加工中心、攻丝机
进给十快速运动 (自动循环用)	1. 进给与快移的速度比增大, 进给的最小流量控制 2. 快进速度增大, 由于连续运转的发热 3. 起动特性, 减速特性, 停止特性 4. 连续循环的方式 (机械式、油压式、电气式) 5. 节流方式 (微流量、手调、电磁控制) 6. 压力控制形式 (减压阀、溢流阀、压力补偿型阀的动态特性的滞后) 7. 运动停止时泵的卸荷方式, 泵的型式的选择 8. 其他	自动车床、镗床、内磨、钻床、切入式外圆磨床专用进给部件、专用机床
仿型加工	1. 伺服阀的制造技术, 电磁油压式伺服阀的应用 2. 单坐标, 双坐标, 仿型的控制方式 3. 伺服阀的稳定性, 液压油的污染油温变化 4. 传动部件的刚性, 触销的设计	车床、六角车床、铣床、仿型铣床、磨床砂轮修正装置、标准丝杠校正装置、精密定位装置、滚齿机、铣鼓形齿装置、手动动力伺服
数控动力伺服	1. 开环、闭环的位置控制, 连续控制 2. 电磁油压伺服阀, 伺服动力元件 3. 电流脉冲马达, 促动器的刚性 4. 伺服阀, 稳定性, 液压油的污染, 油温变化	加工中心、车床、六角车床、铣床、钻床、镗床
辅助装置	夹紧装置 (工件、把头, 刀夹, 导轨面) 定心装置 (顶尖, 挤压, 拉码, 恒压力控制磨, 中心架) 卡盘装置 (工件, 自动卡盘) 消除间隙 (螺杆的背隙的消除, 磨床半螺母) 回转分度装置 直线分度装置 (包括提升机) 变速装置 (齿轮、液压离合器, 刹车等) 润滑, 静压轴承	全部机床

⑤ 辅助运动: 工件或刀具夹紧装卸及输送、变速操纵、卸荷、平衡、消除间隙及补偿变形、回转、分度、让刀、抬刀、换刀、除屑等等

⑥ 静压支承: 如静压轴承、导轨、丝杆螺母副、中心架等。

二、工程机械

我国已有 30~40% 的工程机械实现了液压化, 液压传动的工程机械越来越多, 如液压挖掘机、铲运机、工程起重机、打桩机、装载机、压实机 (压路机)、自重载重车、叉车、推土机、凿岩机以及堆取料机等等。

工程机械的作业对象主要是土石方工程的施工和建筑, 承受的冲击和振动大, 负载大, 工作环境恶劣, 而采用液压传动才不失为一种理想的方式, 如液压推土机 (推刀的推力、刀片提升和刀片倾斜)、自行式平

地机的刀片的升降控制及刀片的倾斜角度控制,自行式铲运机的铲刀高度的调整,全液压挖掘机的行走,铲挖,回转,混凝土搅拌运输车辆的拌筒无级调速等等,均采用液压传动。

还有模拟各种建筑与筑路机械的实际工况进行定负荷或循环负荷试验的试验台等,也采用液压传动。

三、建筑

塔式起重机(塔吊)在建筑工程中的应用已有近百年的历史,但传统的机械式塔吊不能适应更高(如大于40米)的建筑物的施工要求,因而出现了液压自升式塔式起重机,塔身能借助于液压顶升机构实现自升,解决了高层建筑的施工问题。

液压滑模施工新技术,采用了爬杆式千斤顶(液压穿心式千斤顶),可用一套液压滑模完成建筑物从底到顶的施工。

采用液压技术的顶管施工法,铺设地下钢筋混凝土管、铸铁管及钢管等,犹如“穿山甲”,可以在地下穿越道路、河流及房屋,与传统开槽埋管相比,效率可大大提高。

四、石油化工

渤海1号钻井船进行海洋石油开发,就采用了液压传动。

石油、天然气输送管的铺设,多采用液压铺管机。海上钻井平台上很多采用液压技术。

五、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的作用。

我国应用液压技术于煤炭工业,主要是大量使用的如DZ-22型外注式单体液压支柱和ZY型液压支架,采煤工作面上顶板的支护从坑木构成的木支架发展为摩擦式金属支柱构成的金属支架,再发展成今天的液压支柱及金属铰接顶梁构成的金属支架和自移式液压支架,自移式液压支架的应用使我国煤炭工业发生了第一次技术革命,实现了采煤综合机械化,并为采煤工作面的自动化控制提供了可能性。由于使用液压支架,顶板及时得到支护,采煤机和运输机的效能得以充分发挥,因而煤产量大幅度提高,而且安全有保障。

目前国外还出现了许多高效能的煤矿机械;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钻机等。

六、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、压制成各种金属材料。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:

(一) 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,其它动作如钻杆进给、整机行走、钻架升降、钻杆夹紧、支腿伸缩等都由液压传动来实现。

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。

（二）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；脱模吊车使用液压脱模吊车。

（三）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正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、平整机辊形调正、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。

七、农、林、牧、副、渔

目前我国采用液压技术的农业机械约一百种左右，美国已有几百种农业机械用上了液压技术。

（一）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。

（二）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。拨禾轮的升降也都用液压操纵。拨禾轮的驱动，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。

（三）田间作业机械

耕、耙、播等悬挂及半悬挂机具的折褶、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、电液动控制中耕机、电液自动控制中耕间首机等也开始应用液压技术。

（四）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皮带输送机，有很多用液压传动。

（五）农田基本建设机械

我国已在推土、铲运、平地、开沟、清淤等机具上采用了液压技术。

（六）其它机械