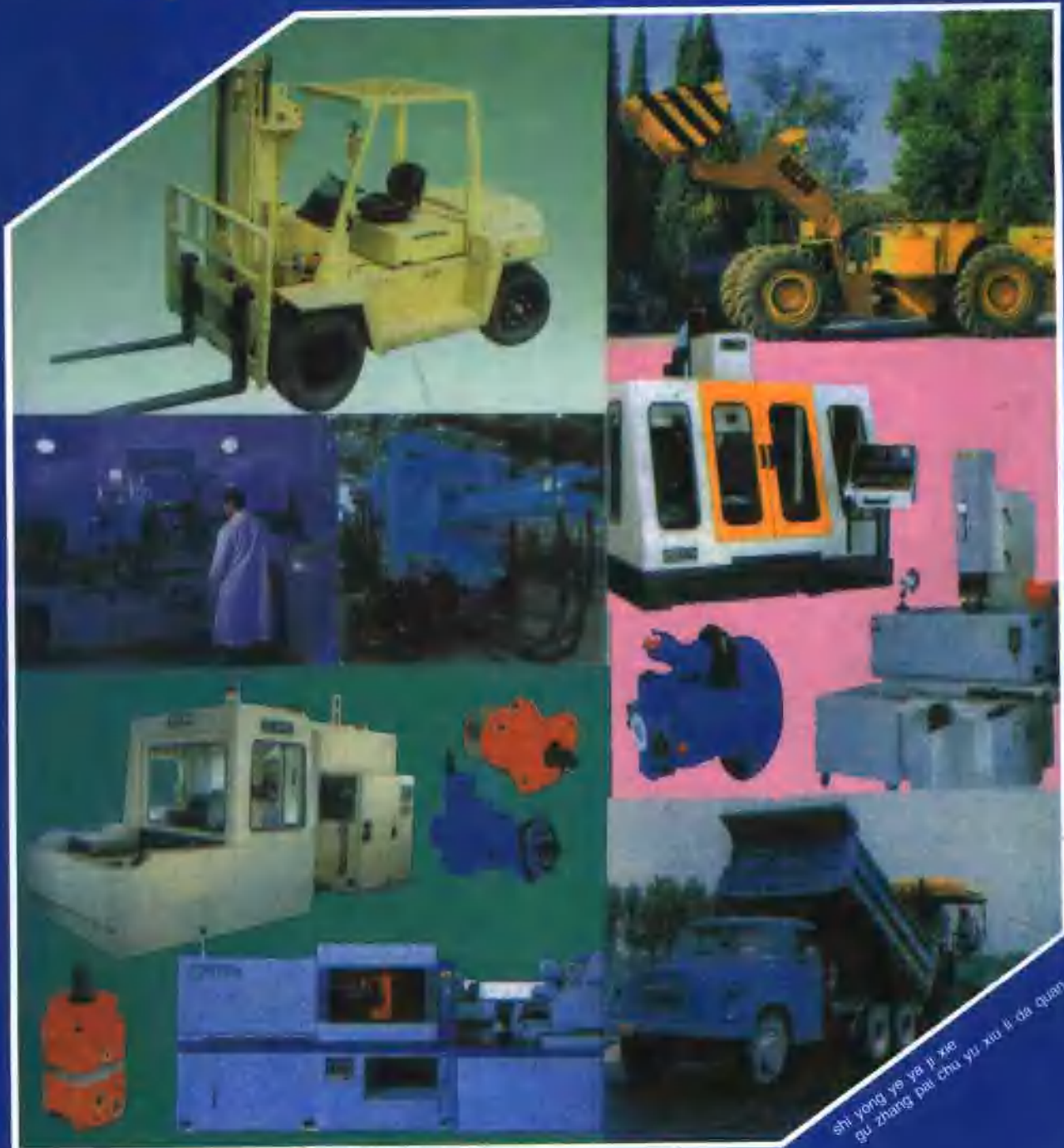


第二版

实用液压机械 故障排除 与修理大全

湖南科学技术出版社



shì yòng yě yě lì xié
gù zhāng dài chū yú xiū lì dà quán

实用液压机械 故障排除与修理大全

(第二版)

陆望龙 编著

湖南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用液压机械故障排除与修理大全 / 陆望龙编著.
2版. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2006. 6
ISBN 7-5357-4597-0

I. 实... II. 陆... III. ①液压装置—故障诊断
②液压装置—修理 IV. TH137

中国版本图书馆CIP数据核字 (2006) 第049630号

实用液压机械故障排除与修理大全 (第二版)

编 著: 陆望龙

责任编辑: 肖和国 陈一心

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印 刷: 衡阳博艺印务有限责任公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂 址: 湖南省衡阳市黄茶岭光明路 21 号

邮 编: 421008

出版日期: 2006 年 6 月第 2 版第 7 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 55.25

字 数: 1839000

书 号: ISBN 7-5357-4597-0/TH·83

定 价: 88.00 元

(版权所有·翻印必究)

前 言

液压技术应用广泛,发展迅速。

特别是改革开放以来,进口液压元件和进口液压设备大量进入国内市场,国产液压设备也在经历着与国际接轨的艰难历程。这些年来,通过引进技术、合作生产的方式,国内许多厂家也在生产新的液压元件,这些新的液压元件已大量使用在国产和进口液压设备上,进行着更新换代。相对而言,这类性能先进的液压元件和由它们组成的液压系统要复杂一些,维修起来,难度也大些。而全面介绍这类新型液压元件和进口设备维修的资料比较少见,为了满足读者获取和更新这些液压知识的迫切要求,作者编写了此书,以弥补国内同类液压技术书籍在这方面的欠缺和不足。

人才是兴国之本、富民之基、发展之源。“全社会都要像尊重高级专家那样尊重高技能人才,要像重视高级专家的培养那样重视高技能人才的培养,要像关心高级专家的成长那样关心高技能人才的成长”已成为举国上下的共识。本书无论从内容、编写形式和表达方法上,作者都力图使本书成为一本非常适合培训液压实用型的高技能人才——“液压灰领”的实用教材或自学丛书,大专院校师生和青年工程技术人员阅读此书可大大丰富其实践知识。

作者的《实用液压机械故障排除与修理大全》一书自1995年由湖南科学技术出版社出版发行以来,至今已重印6次,从未进行过修订。时代在前进,液压技术在发展,液压知识需要更新,作者为此对10年前的书作了全面的修订,使本书具有全新的内容。

本书贯穿两条主线:一为“液压元件—液压回路—液压系统”,一为“工作原理—结构—故障排除与修理”,并力求做到“内容丰富、叙述详细、讲究实用、指导实践”。本书也是笔者自1967年大学毕业至今,为湖北、湖南、河南、浙江与广东等省数十家企业解决液压技术方面难题的经验总结。希望本书能为“液压灰领”和“液压白领”提供帮助和借鉴。

陆桦、陈黎明、马文科、李刚、朱江涛、朱九洲、罗文果等先生参与了本书部分章节的编写和资料整理工作,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。

由于作者学识水平有限,书中错误在所难免,欠妥之处,恳求广大读者和从事液压应用技术工作的专家和同行们批评指正。联系电话:湖南131-87190803,深圳0755-27794856,137-14775985,电子邮箱:Lu WangLong 6666@163. com。

编 者

2004年8月于邵阳,改于深圳

目 录

第一章 概 论

§ 1-1 概述	五、液压系统的分类	(4)
一、液压技术的分类	§ 1-2 液压传动的流体力学基础	
二、液压应用技术的优缺点	一、静止液体的性质	(5)
三、什么叫液压传动	二、流动液体的性质	(6)
四、液压传动系统的组成		

第二章 液压设备的管理和故障查找方法

§ 2-1 液压设备的管理	§ 2-3 液压设备的安装调试	
一、现场管理的目的和意义	一、安装	(25)
二、对液压设备的消化和吸收	二、调试	(26)
三、液压设备的现场管理工作	§ 2-4 查找液压故障的方法	
四、液压设备的大修管理	一、概述	(27)
五、液压设备的备品管理和人才培养	二、对液压故障的基本认识	(28)
§ 2-2 液压系统的清洗与过滤	三、故障诊断的步骤	(29)
一、清洗	四、查找液压故障的方法 (故障诊断法)	
二、过滤		(31)
三、对清洗与过滤的几点说明		

第三章 液压泵及故障排除

§ 3-1 概述	一、简介	(89)
一、液压泵的分类	二、工作原理	(90)
二、液压泵的性能	三、结构	(90)
三、工作原理简介	四、凸轮转子泵的特点	(91)
四、液压泵的主要性能参数及含义	五、故障分析与排除	(92)
§ 3-2 齿轮泵及其故障排除与修理	§ 3-5 螺杆泵及其故障排除与修理	
一、齿轮泵的分类	一、简介	(93)
二、外啮合齿轮泵的工作原理与结构图例	二、工作原理 (以三螺杆泵为例)	(93)
.....	三、螺杆泵的结构图例	(93)
(41)	四、故障分析及排除	(95)
三、内啮合齿轮泵的工作原理与结构图例	五、螺杆泵的修理	(95)
.....	§ 3-6 轴向柱塞泵及其故障排除和修理	
(44)	一、柱塞泵简介	(95)
四、故障部位、故障分析与排除	二、轴向柱塞泵的工作原理	(97)
(48)	三、柱塞泵的局部结构形式	(98)
五、齿轮泵的使用、修理和装配	四、轴向柱塞泵的结构图例	(103)
(56)	五、轴向柱塞泵的变量形式和变量特性	
§ 3-3 叶片泵及其故障排除和修理		(118)
一、分类	六、使用轴向柱塞泵的注意事项	(130)
二、工作原理和结构图例	七、轴向柱塞泵的故障分析与排除	(131)
(59)		
三、叶片泵的使用及注意事项		
(81)		
四、叶片泵的故障分析及排除		
(81)		
五、修理		
(86)		
§ 3-4 凸轮转子叶片泵及其故障排除		

八、轴向柱塞泵的修理	(136)	二、径向柱塞泵的变量方式	(145)
§ 3-7 径向柱塞泵及其故障排除		三、结构例	(147)
一、工作原理	(144)	四、径向柱塞泵的故障分析与排除	(153)

第四章 液压执行元件及故障排除

§ 4-1 概述		二、工作原理	(218)
一、液压执行元件的分类	(154)	三、结构例	(219)
二、液压马达的主要技术参数与计算	(154)	四、故障分析与排除	(221)
§ 4-2 液压缸及故障排除与修理		§ 4-7 凸轮转子型叶片马达及其故障排除	
一、液压缸的分类与计算	(155)	一、结构	(223)
二、液压缸结构中的几个问题	(158)	二、故障分析与排除	(224)
三、典型液压缸结构原理例	(164)	§ 4-8 滚子叶片式液压马达及其故障排除	
四、液压缸的安装	(179)	一、简介	(224)
五、油缸的故障分析与排除	(182)	二、结构	(225)
六、液压缸的修理	(196)	三、工作原理	(226)
§ 4-3 摆动型执行元件		四、故障分析与排除	(227)
一、分类	(198)	§ 4-9 轴向柱塞液压马达及其故障排除	
二、工作原理与结构	(199)	一、简介	(227)
三、使用例	(202)	二、工作原理	(227)
四、故障分析与排除	(203)	三、结构例	(227)
§ 4-4 齿轮式液压马达及其故障排除		四、轴向柱塞马达的变量	(232)
一、简介	(204)	五、故障分析与排除	(234)
二、工作原理	(205)	§ 4-10 径向柱塞式液压马达及故障排除	
三、结构例	(205)	一、工作原理	(235)
四、使用注意事项	(206)	二、径向柱塞马达结构例	(236)
五、故障分析与排除	(206)	三、故障分析与排除	(242)
§ 4-5 摆线液压马达及其故障排除		§ 4-11 内曲线多作用径向柱塞液压马达及故障排除	
一、简介	(207)	一、简介	(243)
二、工作原理	(208)	二、工作原理	(243)
三、结构例	(208)	三、结构例	(243)
四、故障分析及排除	(216)	四、多作用液压马达的有级变量	(245)
§ 4-6 叶片式液压马达及其故障排除		五、内曲线多作用油马达的故障分析与排除	(246)
一、简介	(217)		

第五章 液压控制阀及其故障排除

§ 5-1 概述		六、单向阀的修理	(254)
一、液压阀的分类	(248)	§ 5-3 液控单向阀及其故障排除	
二、液压阀的一般性能	(249)	一、工作原理	(254)
§ 5-2 单向阀及其故障排除和修理		二、结构例	(256)
一、工作原理	(251)	三、液控单向阀的应用及使用注意事项	(259)
二、结构例	(252)	四、故障分析及排除	(262)
三、应用	(252)	§ 5-4 电磁换向阀及其故障排除与修理	
四、梭阀	(252)	一、换向阀的基本知识	(263)
五、单向阀的故障分析及排除	(253)		

二、电磁换向阀用电磁铁	(267)	一、工作原理	(340)
三、电磁阀的工作原理	(268)	二、结构例	(341)
四、电磁阀的结构例	(269)	三、应用	(344)
五、电磁阀的故障分析与排除	(277)	四、顺序阀的使用注意事项	(345)
六、电磁阀的安装使用注意事项	(283)	五、顺序阀的故障分析与排除	(346)
七、电磁阀的修理	(287)	六、平衡阀	(348)
八、各国电磁阀型号对照表	(288)	§ 5-12 减压阀及其故障排除	
§ 5-5 液动换向阀及其故障排除		一、工作原理	(350)
一、简介	(291)	二、结构例	(352)
二、结构特点(结构措施)	(291)	三、故障分析与排除	(355)
三、工作原理和结构例	(292)	§ 5-13 压力继电器及其故障排除	
四、液动换向阀的故障分析与排除	(295)	一、工作原理	(356)
五、液动换向阀机能与阀芯形状的判定	(296)	二、结构例	(356)
§ 5-6 电液动换向阀及其故障排除		三、应用例	(358)
一、工作原理简介	(297)	四、故障分析与排除	(359)
二、结构例	(298)	五、压力继电器的修理	(361)
三、电液换向阀的控制方式和回油方式	(301)	§ 5-14 压力表、压力表开关及其故障排除	
四、电液换向阀的其他结构特点	(303)	一、压力表(压力计)	(361)
五、使用注意事项	(305)	二、压力表开关(截止阀)及故障排除	(363)
六、故障分析与排除	(306)	§ 5-15 节流阀、单向节流阀及其故障排除	
§ 5-7 手动换向阀及其故障分析与排除		一、工作原理	(365)
一、结构特点与结构例	(306)	二、结构例	(366)
二、故障分析与排除	(309)	三、节流阀与单向节流阀的故障分析与排除	(368)
§ 5-8 机动换向阀(行程换向阀)及其故障排除		§ 5-16 行程节流阀、单向行程节流阀及其故障排除	
一、结构例	(309)	一、工作原理与结构	(371)
二、故障分析与排除	(310)	二、故障分析与排除	(372)
三、气控换向阀结构例(附)	(311)	§ 5-17 调速阀及其故障排除	
§ 5-9 多路换向阀及其故障排除		一、工作原理	(373)
一、分类	(311)	二、结构例	(374)
二、结构原理	(313)	三、调速阀的使用注意事项	(380)
三、结构例	(315)	四、故障分析与排除	(381)
四、多路阀的应用例	(317)	§ 5-18 单路稳流阀和分流—集流阀及其故障排除	
五、故障分析及排除	(317)	一、单路稳流阀的工作原理与结构	(383)
§ 5-10 溢流阀及其故障排除和修理		二、分流—集流阀的工作原理与结构	(383)
一、简介	(319)	三、常见故障分析及排除	(387)
二、工作原理和结构例	(319)	§ 5-19 叠加阀及其故障排除	
三、溢流阀的应用	(326)	一、简介	(388)
四、电磁溢流阀	(327)	二、叠加阀的组成和结构例	(389)
五、卸荷溢流阀	(330)	三、叠加阀的应用实例	(392)
六、溢流阀的使用注意事项	(331)		
七、溢流阀的故障分析与排除	(332)		
八、主要零件的修理	(338)		
§ 5-11 顺序阀及其故障排除			

四、故障分析与排除	(392)	五、电液伺服阀	(444)
§ 5-20 插装阀及其故障排除		六、电液伺服阀的使用	(454)
一、简介	(393)	七、故障分析与排除	(455)
二、插装阀的基本结构	(394)	§ 5-22 电液比例阀及其故障排除	
三、插装阀的方向、流量和压力控制	(401)	一、简介	(460)
四、螺纹连接的插装阀	(412)	二、比例压力阀的工作原理与结构例	(461)
五、多功能阀	(417)	三、比例流量阀的工作原理与结构例	(471)
六、插装阀的故障分析与排除	(422)	四、比例阀故障分析与排除	(490)
七、插装阀的应用实例	(431)	§ 5-23 数字阀及其故障排除	
§ 5-21 伺服阀及其故障排除		一、概述	(492)
一、简介	(433)	二、数字阀	(493)
二、电液控制阀的分类	(433)	三、其他形式的数字阀	(497)
三、电-机械转换装置	(433)	四、数字阀的应用例	(499)
四、电液控制阀前置级(单级伺服阀)的结构形式	(439)	五、数字阀的故障分析与排除	(500)

第六章 液压辅助元件及故障排除

§ 6-1 管路及故障排除		四、蓄能器的故障排除	(524)
一、油管的种类	(501)	§ 6-4 油冷却器及故障排除	
二、管接头	(502)	一、简介	(524)
三、故障分析与排除	(504)	二、油冷却器的使用	(527)
四、配管施工	(508)	三、油冷却器的故障排除	(527)
§ 6-2 过滤器(滤油器)及其故障排除		§ 6-5 油箱	
一、过滤机理与过滤的作用	(510)	一、简介	(529)
二、过滤器的种类和结构例	(511)	二、油箱的分类及结构例	(529)
三、过滤器的主要性能参数	(514)	三、油箱的故障分析与排除	(530)
四、过滤器的选择和使用	(515)	四、油箱上使用的附件简介	(533)
五、过滤器的故障与排除	(518)	§ 6-6 密封的使用与故障排除	
§ 6-3 蓄能器及故障排除		一、密封件的分类、基本要求和特点	(536)
一、简介	(519)	二、密封的故障分析与排除	(540)
二、蓄能器的典型用途例	(520)		
三、蓄能器的使用	(521)		

第七章 工作液体

§ 7-1 简介		§ 7-4 液压油与故障	
一、对工作液体的性能要求	(558)	一、液压油污染产生的故障	(571)
二、工作液的物理化学性质	(558)	二、液压油性能不好带来的故障	(572)
三、液压油的分类	(560)	三、液压油与液压元件、密封等不相容带来的故障	(577)
§ 7-2 液压油(液)的选用		四、液压油选用不当带来的故障	(577)
一、油品的选用原则	(561)	§ 7-5 液压油的使用管理	
二、液压油(液)的选择方法	(562)	一、建立油品档案、设备档案	(578)
§ 7-3 进口液压设备用油的国产化替代		二、新液压油与液压液的进厂与保存	(578)
一、替代原则	(569)	三、液压油的使用——换油与补油	(578)
二、以国产油代替进口油的程序及注意事项	(570)		

四、油液污染度测定方法简介	(579)	一、污染控制与管理的目的	(586)
五、液压油中磨损金属元素颗粒的测定	(583)	二、污染控制与管理的对策	(587)
六、油中水分的测定方法	(585)	§ 7-7 废油的回收与再生利用	
七、油中空气含量的测定	(585)	一、废油的回收	(588)
八、难燃(抗燃)液压油的维护管理	(585)	二、废油的再生工艺及设备	(588)
		三、液压油中水分的去除	(590)
		四、油中空气的去除	(591)

§ 7-6 液压系统的污染控制与管理

第八章 液压基本回路及故障排除

§ 8-1 液压源回路

一、定量泵供油回路及故障排除	(593)
二、多泵选择供油回路及故障排除	(593)
三、压力适应(匹配)回路及故障排除	(597)
四、流量匹配回路及故障排除	(597)
五、负载传感回路及故障排除	(598)
六、功率匹配回路及故障排除	(599)
七、恒压控制泵源回路及故障排除	(601)
八、电液比例变量泵泵源回路及故障排除	(601)
九、数字泵组成的节能回路	(603)
十、蓄能器供油回路及故障排除	(603)

§ 8-2 压力控制回路及故障排除

一、调压回路及故障排除	(604)
二、卸荷回路及故障排除	(605)
三、减压回路及故障排除	(608)
四、增压回路及故障排除	(609)
五、保压回路及故障排除	(611)
六、卸压回路及故障排除	(613)
七、平衡回路及故障排除	(614)

§ 8-3 速度调节回路及故障排除

一、节流调速回路及故障排除	(616)
二、容积调速回路及故障排除	(620)
三、联合调速液压回路	(622)
四、“容积-节流”联合调速回路及故障排除	(623)

§ 8-4 快速运动回路(增速回路)及其故障排除

一、快速(增速)运动回路例	(625)
二、快速运动回路的故障分析与排除	(626)

§ 8-5 减速回路、制动回路及其故障排除

一、减速回路(图 8-85)	(628)
二、制动回路及故障排除	(629)

§ 8-6 防冲击回路

一、限压防冲回路及其故障排除	(632)
二、蓄能器防冲回路及故障排除	(632)
三、调节驱动流量的防冲击回路及故障排除	(633)
四、调节阻力的防冲击回路	(634)
五、调节驱动转矩的防冲击回路及故障排除	(634)
六、卸压防冲击振动回路	(634)

§ 8-7 位置控制回路

一、机械挡块式位置控制回路及故障排除	(635)
二、行程开关+电磁阀的位置控制回路及故障排除	(635)
三、向执行元件定量供油的位置控制回路	(636)
四、采用电液脉冲马达位置控制回路	(636)
五、采用数字式执行元件的位置控制回路	(637)
六、利用液压平衡的位置控制回路	(637)
七、采用转阀式伺服阀的位置控制回路	(637)
八、采用电液伺服阀的位置控制回路及故障排除	(637)
九、电液伺服泵的位置控制回路及故障排除	(638)
十、仿形位置控制回路	(638)

§ 8-8 同步回路

一、机械式同步回路及故障排除	(639)
二、容积控制同步回路	(640)
三、串联液压缸的同步回路(图 8-130)	(643)
四、流量控制式同步回路及故障排除	(643)
五、液压伺服同步系统	(645)

§ 8-9 多缸顺序动作回路	二、方向回路故障分析与排除 (653)
一、用压力控制的顺序动作回路及故障排除 (648)	§ 8-11 功率控制回路
二、用行程控制的顺序动作回路及故障排除 (649)	一、功率控制回路的种类 (657)
三、时间控制式顺序动作回路及故障排除 (651)	二、恒功率回路 (657)
§ 8-10 方向控制回路	三、过载保护回路 (659)
一、方向控制回路例 (652)	§ 8-12 其他液压回路
	一、污染管理回路 (660)
	二、油温管理回路 (661)
	三、油量管理回路 (661)

第九章 液体传动系统

§ 9-1 静液压传动系统	二、液力传动元件的分类 (684)
一、液体传动系统的分类 (662)	三、液力元件的工作原理与结构例 (684)
二、静液压传动系统 (662)	四、液力耦合器与液力变矩器的应用 (691)
§ 9-2 液压控制系统	§ 9-4 液力-机械传动系统
一、液压控制系统的分类 (666)	一、行星齿轮变速器 (691)
二、电液控制系统的组成 (666)	二、行星齿轮变速器的结构原理例 (696)
三、机液控制系统 (667)	§ 9-5 液压-机械传动系统
四、电液控制系统 (668)	一、基本原理 (699)
§ 9-3 液力传动系统	二、应用实例 (699)
一、液力传动的特点 (683)	

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	一、温升的不良影响 (709)
一、压力失常的影响 (701)	二、造成温升过大的原因 (709)
二、压力失常产生的原因 (701)	三、防止油温升高的措施 (710)
三、压力失常排除方法 (701)	四、液压系统的温控装置 (711)
§ 10-2 欠速	§ 10-7 空气进入和产生气穴
一、欠速的不良影响 (702)	一、系统进入空气和产生气穴的危害 (712)
二、欠速产生的原因 (702)	二、空气混入的途径和气穴产生的原因 (712)
三、欠速排除方法 (702)	三、防止空气进入和气穴产生的方法 (713)
§ 10-3 振动和噪声	§ 10-8 水分进入系统与系统内部的锈蚀
一、振动(含共振)和噪声的危害 (702)	一、水分等进入液压系统的危害 (714)
二、共振、振动和噪声产生的原因 (703)	二、水分进入的原因和途径 (715)
三、减少振动和降低噪声的措施 (703)	三、防止水分进入、防止生锈的措施 (715)
§ 10-4 爬行	§ 10-9 炮鸣
一、概述 (705)	一、“炮鸣”及其原因 (715)
二、产生爬行的具体原因 (706)	二、炮鸣的危害 (715)
三、消除爬行的方法 (707)	三、防止产生炮鸣现象的方法 (715)
§ 10-5 液压油的污染	§ 10-10 液压冲击(油击)
一、液压油污染的危害 (708)	一、液压冲击的危害 (717)
二、液压油污染物的来源 (708)	
三、液压油的污染控制 (708)	
§ 10-6 系统温升	

二、液压冲击产生的原因	(717)	二、产生液压卡紧和其他卡阀现象的原因	(718)
三、防止液压冲击的一般办法	(717)	三、消除液压卡紧和其他卡阀现象的措施	(719)
§ 10-11 液压卡紧和其他卡阀现象			
一、液压卡紧的危害	(718)		

第十一章 液压技术在机床上的应用及典型机床的故障排除

§ 11-1 液压技术在机床上的应用	二、液压系统的工作原理	(735)
§ 11-2 C7120 型半自动仿型车床及其故障排除	三、故障分析与排除	(739)
一、简介	§ 11-5 日本三井精机 HR7A 加工中心及其故障排除	
二、液压系统的功用与各液压元件的作用	一、简介	(740)
三、液压系统的工作原理(油路分析)	二、液压系统的故障原因与排除	(741)
四、故障分析与排除	§ 11-6 YT32-100A 四柱液压机及其故障排除	
§ 11-3 日本 MAZAK 公司 Slant tuvn50 型数控车床及其故障排除	一、简介	(746)
一、简介	二、液压系统的组成和作用	(747)
二、液压系统的工作原理	三、液压系统的工作原理	(748)
三、故障分析与排除	四、故障分析与排除	(751)
§ 11-4 台湾高明精机产 KMC-3000KV 型加工中心及其故障排除	§ 11-7 日本 HA-250 型液压带锯床及其故障排除	
一、液压系统的功用	一、简介	(752)
	二、液压系统的工作原理	(753)
	三、故障分析与排除	(753)

第十二章 铸锻液压机、金属压铸机故障排除

§ 12-1 铸、锻液压机例	二、液压元件的功用	(772)
一、锻造液压机例	三、故障分析与排除	(772)
二、铸造液压造型机例	§ 12-4 日本宇部公司产 UB800GC 型压铸机	
§ 12-2 日本宇部公司产的 UB350GC 型压铸机及其故障排除	一、液压系统的组成和主要液压元件的功用(图 12-5)	(775)
一、液压系统的组成和主要液压元件的功能(图 12-5)	二、液压系统的工作原理(参阅图 12-12、表 12-2~表 12-3)	(775)
二、液压系统的工作原理(参阅图 12-5)	§ 12-5 国产 J1118 型卧式冷室压铸机简介与 DDK 压射系统	
三、故障分析与排除	一、J1118 型压铸机液压系统图	(784)
§ 12-3 意大利 TRIULZI 公司产压铸机的压射系统及其故障排除	二、DDK 压射系统简介	(784)
一、PK+R 压射系统的工作原理(图 12-11)		

第十三章 液压在冶金矿山设备及铜铝材挤压机中的应用及故障排除

§ 13-1 液压在冶金矿山设备中的应用	§ 13-2 XJ-800 型挤压机及其故障排除
一、矿山设备中的应用	一、简介
二、冶炼设备中的应用	二、液压系统(图 13-34)的组成和工作原理
三、轧制设备中的应用	三、故障分析与排除
四、液压应用例	

§ 13-3 18000KN 铜材挤压机及故障排除	二、液压控制部分与液压系统的工作原理	(805)
一、简介	三、液压系统的故障分析与排除	(809)
		(805)

第十四章 液压在汽车、工程机械中的应用及其故障排除

§ 14-1 液压在工程机械和汽车工业中的应用	二、CA25 型振动压路机液压系统的工作原理	(850)
一、简介	三、CA25 型振动压路机的故障分析与排除 (参阅图 14-62)	(852)
二、液压动力转向装置		(812)
三、液压动力转向装置例及故障排除	§ 14-5 日本多田野 TG350 型全液压汽车起重机及故障排除	(817)
四、液压机械变速装置	一、简介	(853)
§ 14-2 JC6 型混凝土搅拌运输车及其液压故障排除	二、液压系统的组成及工作原理	(853)
一、简介	三、故障分析与排除	(857)
二、液压系统的工作原理	§ 14-6 Q2-8 型汽车起重机及故障排除	(834)
三、故障分析及排除	一、液压系统的工作原理	(859)
四、其他混凝土搅拌运输车液压系统图例	二、Q2-8 型汽车起重机的故障分析与排除	(861)
	三、QLY25 型汽车起重机液压系统 (图 14-76)	(863)
§ 14-3 CAT966D 型轮胎式装载机及故障排除	§ 14-7 液压挖掘机故障分析与排除	
一、动力传动系统	一、简介	(865)
二、转向控制液压系统	二、故障分析及排除	(866)
三、工作装置液压系统		
四、故障分析与排除	主要参考文献	(869)
§ 14-4 CA25 型振动压路机及其故障排除		
一、简介		(849)

第一章 概 论

§ 1-1 概 述

一、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,从工作的特征来分,一般将液压技术分为两类:

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会偏离原有调定值,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。两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。它对液压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两者之间的一种控制,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。

此外,从液体传动能量的变换形式和传递方式可将液压技术中的液体传动分为液压传动和液力传动两种。

① 液压传动

是依靠液体压力能来传递和变换能量的。其基本元件是液压泵、液压执行元件(液压缸、液压马达)和控制元件(各种控制阀),另外还有一些辅助元件。

液压传动的效率显著低于机械传动,故常与行星齿轮并联构成液压-机械无级传动系统。

② 液力传动

液力传动是以液体为工作介质,在两个或两个以上叶轮组成的工作腔内,由液体动量矩的变化来传递力矩的传动,即以液体的动能来传递力,基本部件有液力耦合器或液力变矩器。它们和旋转轴式变速器组合,可得到动力换挡变速器,用于工程机械和重型运输车辆等行走机械上。若在动力换挡变速器的基础上,再加上自动变速控制系统,便得到液力自动变速器(ATY)。

二、液压应用技术的优缺点

液压技术与其他传动方式相比,它有哪些优缺点?

机械设备采用液压传动方式虽不十全十美,但它与机械、电气和气压传动相比优点十分突出(表1-1):

①从结构上看,其单位质量的输出功率和单位尺寸输出功率在四大类传动方式中是力压群芳的,它有很大的力矩惯量比,在传递相同功率的情况下,数液压传动装置的体积最小,质量也最小,同时惯性小,结构紧凑、布局灵活。

②从工作性能上看,采用液压传动方式,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,调速范围也宽(最高可达2000:1);动作快速,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、与CPU(计算机)的连接,便于实现自动化和复杂的自动工作循环。

③从使用维护上看,由于采用的工作介质对元件具有良好的润滑性,使用寿命相对较长;另外也易于实现过载保护和保压,安全可靠。

④元件易于实现系列化、标准化、通用化,便于主机的设计、制造和使用维修。

⑤液压技术的可塑性和可变性很强,很容易对生产程序进行改变和调速(例如叠加阀以及计算机可编程控制系统)。

⑥液压易与电子(如微机、可编程控制器)、传感技术等相结合,构成“机-电-液-光”一体化技术,为机械设备的的发展与创新,提供了有利的保障。

上述等诸多优点就是为什么已有越来越多的领域、越来越多的设备采用液压技术的原因。

当然,任何事物都是一分为二的,液压也不例外,采用液压有下述缺点:

①液压传动因有相对运动表面,必然在运动部位存在间隙,间隙的存在不可避免地存在泄漏,若不注意,泄漏油液一方面导致损失发热,另一方面如果泄漏油液黏在制品上便成为次品或废品。

②油液流动过程中存在沿途损失、局部损失和泄漏损失,传动效率较低,容易产生油液温升,且不宜常规意义上的远距离传动。

③在高温和低温下,采用液压有一定困难,必须设法解决。

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,这给使用与维修保养带来一定困难;同时对工作介质的污染有严格要求,增加了管理的难度。

⑤发生故障不易检查,特别是液压技术不太普及的单位,往往有因几个简单故障不能排除而被迫停机数月之久的现象。

⑥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。液压元件和液压系统的设计制造、调整和维修都需要较高的技术水平。

三、什么叫液压传动

以液体为工作介质来传递力和传递运动,借助液体的压力势能来传递能量的方式叫液压传动。它的基

表 1-1 各种传动方式特性比较

传动方式		机械方式	电气电子方式	液压方式	气动方式
传 动 系 统	出力/质量	非常小	非常小	很大	小
	出力/尺寸	非常小	小	很大	比较大
	直线运动	容易	困难	容易	容易
	回转运动	容易	容易	比较难	比较难
	驱动力	小-大	小-大	中-极大	小-中
	驱动力的调节	难	难	容易	容易
	驱动速度	小-大	中-大	小-中	小-大
	速度调节	难	比较容易	非常容易	容易
	速度稳定性	很稳定	稳定	稳定	低速难
	结构	较复杂	较复杂	较复杂	简单
	过载的处置	较难	难	较易	易
	响应性	非常好	非常好	好	好
	安装的自由度	小	中	大	极大
	停电对策	较难	难	可	可
	保养维修	简单	要技术	要技术	简单
控 制 系 统	与CPU的连接	难	容易	容易	难
	信号的变换	难	很容易	比较难	容易
	运算的种类	小	很大	小	中
	运算速度	大	极大	中	中
	运算方式	模拟(数字)	数字(模拟)	模拟(数字)	数字(模拟)
	防爆性	良	需防爆对策	良	非常好
	温度影响	小	大	中	小
	湿度影响	小	大	小	注意
	耐振动性	一般	差	一般	一般
	控制的自由度	小	非常大	小	大
	购入价格	便宜	中等	稍贵	便宜

本原理就是中学物理中所学的帕斯卡原理，即：

- ①作用在密闭容器中的静止液体一部分上的压力 p ，以相等的不变值 p 传递到液体的所有部位。
- ②压力总是垂直作用于液体内的任意表面的。
- ③液体中各点的压力在所有的方向上均相等。

作为机器设备主体之一的传动部分应具有传递力、传递运动、传递动力、改变运动方向和改变速度的功能，而建立在帕斯卡原理上的液压传动可完全做到这些：

1. 传递力

如图 1-1 所示，如果在活塞 1（面积为 A_1 ）上加上力 F_1 ，根据帕斯卡原理，它会使封闭液体处处产生相同的压力 $p = \frac{F_1}{A_1}$ ，活塞 2 下端作用而 A_2 上的压力也为 p ，此压力 p 乘上其面积 A_2 ，能产生向上的 $F_2 = p \cdot A_2$ ，于是有 $\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$ 。这样机械力 F_1 转换成液体压力 p ，液体压力 p 再转换成机械力 F_2 ，这就是利用液体传递力的过程，且具有力的放大作用（ $F_2 = \frac{A_2 F_1}{A_1}$ ，力放大倍数 $\frac{A_2}{A_1}$ ）。

2. 传递运动

图 1-1 中如活塞 1 向下移动距离 x_1 ，排出液体的体积 $V_1 = A_1 \cdot x_1$ ，这一体积的油液使活塞 2 向上移动距离 x_2 为 $x_2 = \frac{V_1}{A_2}$ 。即活塞 1 的运动引起液体的流动，液体的流动再引起活塞 2 的运动，这就是用液体传递运动的过程。

3. 传递动力（功、功率）

传动装置另一个作用是要能实现动力的传递，其目的是为了做功。图 1-1 (b) 是帕斯卡原理的经典应用——液压千斤顶的实例。当我们抬起杠杆 6 时，活塞 1 向上运动，液压缸 1 的工作容积扩大，形成一定真空度。油箱 7 中的油液在大气压作用下经单向阀 5 进入液压缸 1（此时单向阀 4 关闭），充满它的工作腔。此时再把杠杆 6 向下按，使活塞 1 向下运动，则单向阀 5 关闭，单向阀 4 打开，油液被压入液压缸 2，推动活塞 2 并带动其上重物向上运动而做功。

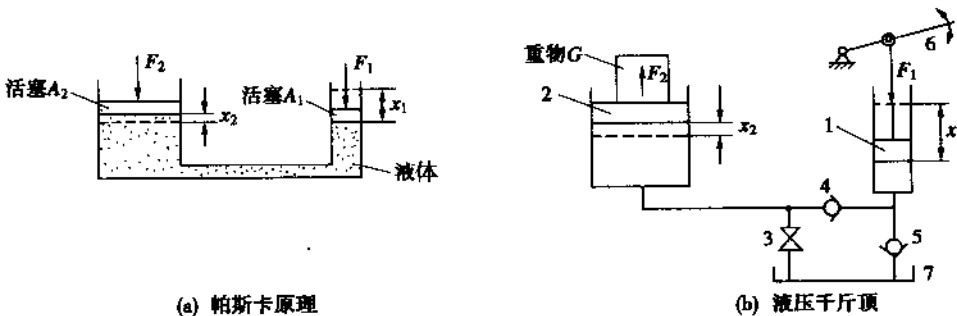


图 1-1 液压传动的基本原理

重复上述动作，重物间歇性地被逐渐提高，因而利用液体可进行动力的传递。

上述千斤顶功能尚缺少可改变运动速度和换向（正反向运动）的功能，虽然可松开截止阀 3 可迫使重物下落，但用杠杆上下移动作动力源而供油的油液也是不连续的。

图 1-2 为一简单的液压传动系统图，液压泵 1 在电动机 D 的带动下可连续向系统供给压力油，通过换向阀 4 可使液压缸 5 改变运动方向，通过对节流阀 7 的调节可控制液压缸的移动速度。这样该液压传动系统满足了传动机构传递力、传递运动、传递动力且可变速换向的全部要求。

四、液压传动系统的组成

一个完整的液压系统由能源部分（动力元件）、执行部分（执行元件）、

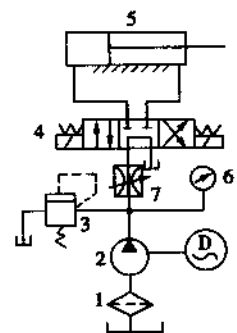


图 1-2

控制部分（控制元件）、辅助装置部分（辅助元件）和工作介质（液压油、液压液）五个部分所组成（图 1-3）。

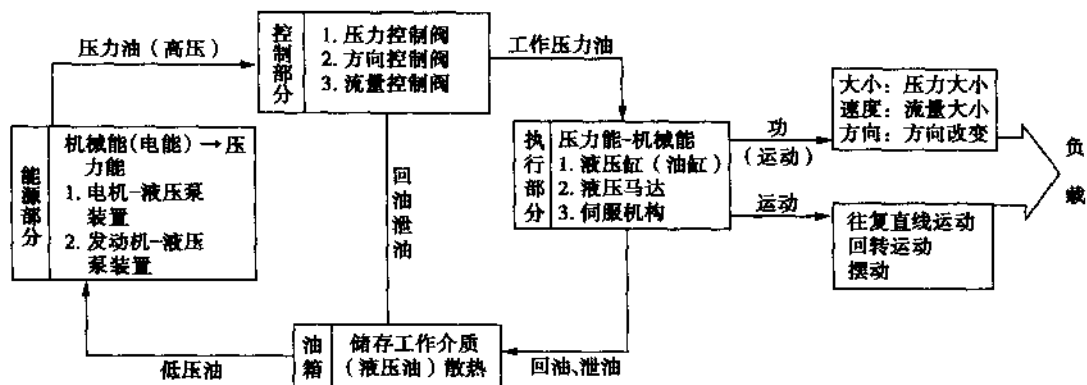


图 1-3 液压系统的组成

动力元件的作用是将原动机（电机、汽油发动机）输出的机械能转换成液体的压力能，向液压系统提供压力油。动力元件指的是电机-泵装置或者发动机-泵装置。

执行元件包括液压缸和液压马达等，它的作用是将油液的压力能转换成机械能，驱动负载做功并输出直线往复运动或回转运动。

控制元件包括各种阀类，用以控制和调节液体的压力、流量和液流方向，以保证执行元件有一定的力（或扭矩），按要求的速度去完成预期的工作运动。

辅助元件包括油箱、油管 and 管接头、滤油器、蓄能器、密封圈、压力表、油冷却器及油位油温计等。

工作介质包括矿物油（液压油）和难燃工作油（液压液）等，起传递能量和润滑等作用。

五、液压系统的分类

从不同角度发出，可将液压系统分成下列不同的形式：

①开式系统和闭式系统

按油液在系统内的循环方式可将液压系统分为开式系统和闭式系统。开式系统是指液压泵从油箱吸油，输出的油经各种控制阀驱动液压执行元件后，各路回油又返回油箱，换言之泵的进油和液压马达（或油缸）的回油均在油箱中实现，传动油路中液流可以不连续。闭式系统中液压泵的进油管直接与执行元件的回油管相连，泵的出油管与执行元件的进油管相连，工作液在液压系统封闭的管路中进行闭式循环，闭式系统液流连续。

因此，开式系统可以发挥油箱的散热、沉淀杂质的作用，但因油液常与空气接触，空气和污物容易侵入系统；闭式系统结构紧凑，基本上不与空气接触，抗污染能力较好，且空气不进入系统会使传动较平稳。但闭式系统不利于散热和过滤，为补偿系统中的外漏油，通常需要一个补油泵和油箱。另外由于单杆双作用的油缸有杆腔和无杆腔通过的流量也不相等等原因，不能用于闭式回路，所以闭式系统一般用油马达作执行元件。

②定量泵系统和变量泵系统

液压系统按所使用的液压泵形式可分为定量泵系统和变量泵系统。还有些系统既采用定量泵，也采用变量泵。

较之定量泵系统、变量泵系统在其流量调节范围之内，可以充分利用动力元件的功率，系统效率高一些。但由于结构原因，成本高些。

变量的方式可分为手动变量、压力补偿变量、恒压变量、电控变量、伺服变量、液压变量等。

③单泵系统、双泵系统和多泵系统

按液压系统中所使用的液压泵的数目不同，可分为单泵系统、双泵系统和多泵系统。

§ 1-2 液压传动的流体力学基础

了解与液压传动有关的流体力学基本知识,有助于理解液压传动的基本原理和规律,对分析故障与排除故障有指导意义。

一、静止液体的性质

研究静止液体的性质属于流体静力学的范畴,主要讨论液体在静止状态或相对静止状态下受力的平衡问题。

1. 液体的压力 p

是指液体在单位面积上所受到的作用力,称为压力,而在物理学中称为压强。设液体在面积 A (m^2) 上所受到的作用力为 F (N),则液体的压力 p 为:

$$p = \frac{F}{A} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-1)$$

作用液体上的力 F 有两种类型:一种是质量力,它作用于液体的所有质点上,包括重力和惯性力;另一种为表面力,它是其他物体作用在液体上的力,也可以是一部分液体作用于另一部分上的力,有法向力和切向力。

由于静止液体不流动,所以总切向力为零,只受到法向力的作用,表现为受压不受拉。即液体的压力均垂直(法向)作用于承压面,且在静止液体中,任何一点所受到的各方向的压力均相等。

2. 压力的产生和表示方法 (图 1-4)

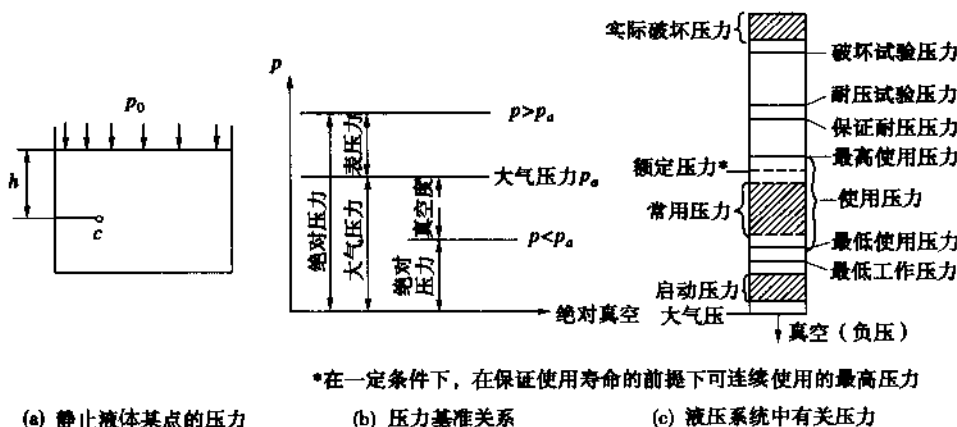


图 1-4

在敞开的容器中,液面上的压力为大气压力 p_0 ,是在大气的重力作用下产生的,此时在液面上任一点 a 处所受到的压力 p_a 为 [c 点距液面高度为 h (m)]:

$$p_a = p_0 + rh \quad (1-2)$$

式中: r ——液体的重度 (N/m^3)

在密闭容器内,静止液体某点 a 所受到的压力 p_a ,除了大气压力外,还有容器壁面作用于液体表面所产生的压力,如果 p_0 泛指外力所产生的压力,即 p_0 中不但包括大气产生的压力,还包括外力作用于容器壁面所产生的压力,所以仍然可用上式表示。其物理意义是:静止液体中任一点液体静压力等于表面上的压力 p_0 加上液体重度与该点在液面下垂直高度 h 之乘积。

压力的高低如果从绝对真空算起,就叫绝对压力;如果从大气压算起,就叫表压力或真空度;高于大气压的绝对压力在压力表上的读数就是表压力。低于大气压力的绝对压力在真空表上的读数就是真空度。

由上述静力学基本方程可知,由外力作用所产生的压力 p_0 可等值地传递到液体内部的所有各点,这就是静压力传递原理(帕斯卡原理)。而在液压传动系统中,用外力产生的压力 p_0 要比由液高产生的压力 rh 大得多,所以 rh 项略去不计,这样,在液体内部(密封容器空间内)各点的压力就可看成处处相等了。