

YEYASHITU
YEYASHITU
JISHUGONGRENSHITU
XILIECONGSHU

液压识图

06 YEYA
SHITU
JISHUGONGRENSHITUXILIECONGSHU

主 编◎阎俊霞 刘利国

CS | 湖南科学技术出版社



06

技术工人识图系列丛书
JISHUGONGRENSHITUXILIECONGSHU

014010798

TH137
302

YEYASHITU
YEYASHITU
JISHUGONGRENSHITUXILIECONGSHU



06

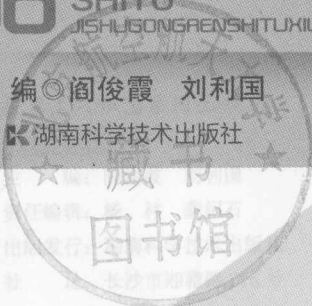
技术工人识图系列丛书
JISHUGONGRENSHITUXILIECONGSHU

液压识图

06 YEYA SHITU
JISHUGONGRENSHITUXILIECONGSHU

主 编◎阎俊霞 刘利国

CIS | 湖南科学技术出版社



主 编：阎俊霞 刘利国

编 委：张能武 王跃进 邹晓峰 沈 飞 刘 瑞
刘文花 钱 瑜 陶荣伟 高 佳 钱革兰
魏金营 王 荣 张婷婷 赵富惠 蔡郭生
刘玉妍 王石昊



北航

C1697077

TH137
302

图书在版编目 (C I P) 数据

液压识图 / 阎俊霞, 刘利国主编. -- 长沙 : 湖南
科学技术出版社, 2013. 9

(技术工人识图系列丛书 06)

ISBN 978-7-5357-7777-5

I. ①液… II. ①阎… ②刘… III. ①液压系统—机
械图—识别 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 197599 号

技术工人识图系列丛书 06

液压识图

主 编: 阎俊霞 刘利国

责任编辑: 杨 林 龚绍石

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>

印 刷: 长沙市富洲印务有限责任公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂 址: 岳麓区银太俱乐部内

邮 编: 410013

出版日期: 2013 年 9 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1020mm 1/16

印 张: 24.5

字 数: 465000

书 号: ISBN 978-7-5357-7777-5

定 价: 49.00 元

(版权所有·翻印必究)

丛书前言

随着我国工业化和城乡一体化进程的加速，各行各业对于技术工人的需求迫切，特别是大批农村劳动力涌入城市，开始了择业，就业，开创美好生活的步伐。学什么，做什么，怎样才能快速掌握一门技术，并快速应用生产实践，成为当务之急。

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，落实国家人才发展战略目标，促进农村劳动力转移培训，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，我们精心策划组织编写了这套“技术工人识图系列丛书”，该套丛书包括：《建筑电气施工识图》、《建筑装饰施工识图》、《电工识图》、《电子电路识图》、《机械识图》、《液压识图》，通过识图了解和掌握相关基本技能，以满足相关从业人员的工作需要。

本丛书内容以“技能速成”和“全图解”为特色，根据相关操作的特点，结合实际工作对识图的要求，详细介绍了6种工作识图所需要的知识与相关技能，本套丛书的编写以企业对人才需要为导向，以岗位职业技能要求为标准，本套丛书主要有以下特点：

(1) 丛书内容全面、充实、实用，以“易学、易懂、易掌握”为指导，以通俗易懂的文字、图表为主的表现形式，有条理、有重点、有指导性地阐述了工程图绘制与识读的相关专业知识，具有很强的实用价值。

(2) 丛书采用了最新国家标准、法定计算单位和最新名词术语。

(3) 丛书在内容组织和编排上特别强调实践，书中的大量实例来自生产实际和教学实践。实用性强，除了必需的基础知识和专业理论以外，还包括许多典型的设计、施工及机械图形实例、操作技能及最新技术的应用，兼顾先进性与实用性，尽可能地反映现代各领域内的实用技术和应用经验。

本套丛书便于广大技术工人、初学者、技工学校、职业技术学院广大师生实习自学、掌握基础理论知识和实际识图技能；同时，也可用于职业院校、培训中心、企业内部的技能培训教材。我们真诚地希望本套丛书的出版对我国高技能人才的培养起到积极的推动作用，能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”，丛书编写过程中参考或引用了部分单位和个人相关资料，在此表示衷心感谢。尽管丛书编写人员已尽最大努力，但丛书中错误及不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

丛书编写委员会

前言

本书按照“液压原理—液压元件—液压回路—液压系统控制”的体系进行论述，主要介绍了识读液压系统图的基础知识，包括常见的液压动力元件、执行元件、液压控制阀、液压辅助元件的工作原理和结构，以及由各类液压元件组成的各种液压基本回路，控制系统实例、电子及 PLC 控制等内容。在此基础上详细介绍了液压系统图的识读方法。

全书共分九章，从液压识图基础知识开始，以“读图”为主，由浅入深、通俗易懂地介绍了元件图、回路图、系统图的识读方法。同时，为了满足机械类不同行业的需要，引导读者更快更好地掌握液压图的识读方法和技巧，书中穿插介绍了较多的典型液压传动和控制系统的结构、工作原理和特点，供读者学习时参考。在内容安排上，突出重点，详解难点，力求深入浅出、条理清楚。

本书主要面向初级的液压工程技术人员、高级技术工人，也可作为高职院校、技工学校机械制造专业的培训教材和工矿企业液压传动与控制技术相关人员的参考用书。

本书由江南大学阎俊霞和刘利国担任主编。张能武、王跃进、邹晓峰、沈飞、刘瑞、刘文花、张茂龙、钱瑜、陶荣伟、高佳、钱革兰、魏金营、王荣、张婷婷、赵富惠、蔡郭生、刘玉妍、王石昊等同志参加编写。本书在编写过程中得到了江南大学和无锡机电高等职业技术学校的领导和部分老师的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者在使用中不吝赐教，以便再版时改正。

编者

2013年6月

会员单位

目 录

第一章 液压识图基础知识

1.1 第一节 液压传动基础知识	1
1.1.1 一、液压传动的应用和发展	1
1.1.2 二、液压传动系统的工作原理	2
1.1.3 三、液压传动系统的组成	5
1.1.4 四、液压基本名词术语	5
1.2 第二节 液压传动的液体力学基础	7
1.2.1 一、液体静力学	7
1.2.2 二、流体动力学	10
1.2.3 三、液体流经小孔及缝隙的流量	14
1.2.4 四、液体流动中的压力损失	15
1.3 第三节 液压图形符号	19
1.3.1 一、图形符号的基本要素 (GB/T786.1—2009/ISO1219:2006)	19
1.3.2 二、气动应用图形符号的应用 (GB/T786.1—2009/ISO1219:2006)	30
1.3.3 三、液压图形符号的应用 (GB/T786.1—2009/ISO1219:2006)	44

第二章 液压动力元件的识图

2.1 第一节 液压泵概述	67
2.1.1 一、液压泵的基本工作原理	67
2.1.2 二、液压泵的分类	68
2.1.3 三、液压泵的职能符号	69
2.2 第二节 齿轮泵	70
2.2.1 一、外啮合齿轮泵	70
2.2.2 二、典型外啮合齿轮泵简介	76
2.2.3 三、内啮合齿轮泵	78
2.3 第三节 叶片泵	81
2.3.1 一、单作用叶片泵	81
2.3.2 二、双作用叶片泵	87

第四节	柱塞泵	93
一、	斜盘式轴向柱塞泵	93
二、	斜轴式轴向柱塞泵	103
三、	径向柱塞泵	106
第五节	螺杆泵	108
一、	螺杆泵的工作原理	108
二、	螺杆泵的典型结构	110
第六节	液压泵的初步选用	111
一、	根据液压系统选用液压泵	111
二、	液压泵的安装	112
三、	使用液压泵的注意事项	113
四、	液压泵常见故障的分析和排除方法	113
第三章 液压执行元件的识图		
第一节	液压马达	118
一、	液压马达的特点及分类	118
二、	液压马达的性能参数	119
三、	高速液压马达	122
四、	低速液压马达	125
五、	典型液压马达的拆卸与装配识读	128
第二节	液压缸	144
一、	液压缸的分类	144
二、	液压缸的安装方式	145
三、	双作用液压缸	145
四、	单作用液压缸	149
五、	组合液压缸	150
六、	液压缸的拆装识读	152
第四章 液压控制元件的识图		
第一节	压力控制阀	158
一、	溢流阀	158
二、	减压阀	172
三、	顺序阀	181
四、	压力继电器	190
第二节	方向控制阀	195
一、	单向阀	195

二、换向阀	206
第三节 流量控制阀	223
一、节流阀识读	223
二、调速阀识读	225
三、溢流节流阀识读	226
四、分流集流阀识读	227
五、流量阀的应用与拆卸识读	229
六、流量阀的安装尺寸识读	233
第四节 插装阀	234
一、插装阀的工作原理识读	234
二、插装方向控制阀识读	235
三、插装压力控制阀识读	237
四、插装流量控制阀识读	238
第五节 叠加阀	239
一、概念	239
二、叠加阀的结构原理识读	241
三、叠加阀安装面尺寸识读	246
第六节 伺服阀	246
一、电液伺服阀的组成和分类	247
二、液压放大器识读	248
三、电液伺服阀的典型结构与工作原理识读	250
第七节 比例阀	254
一、比例电磁铁的识读	254
二、比例压力阀的识读	255
三、比例流量阀的识读	262
四、比例方向阀的识读	268
第八节 数字阀	270
一、电液数字阀的工作原理	271
二、电液数字阀的典型结构	272
第五章 液压辅助装置的识图	
第一节 油箱	274
一、油箱分类和结构	274
二、设计油箱的注意事项	275
三、油箱的内壁处理	276
第二节 蓄能器	277

一、蓄能器的作用及应用	277
二、蓄能器的种类和特点	278
三、蓄能器的使用与维护	280
第三节 滤油器	280
一、滤油器的主要性能指标	281
二、液压系统对滤油器的要求	283
三、滤油器的分类	283
四、几种典型滤油器的结构特点	285
五、滤油器的选用	290
六、滤油器的安装位置	291
第四节 热交换器	292
一、冷却器	292
二、加热器	294
三、热交换器的图形符号及识别技巧	294
四、热交换器的典型应用回路	295
第五节 油管及管接头	296
一、油管的种类	296
二、油管通径和壁厚的选择	297
三、管接头	298
四、管路的安装与布置	301
第六节 密封装置	305
一、密封装置的类型和材料	305
二、橡胶密封圈的种类和特点	308
第六章 液压常用回路的识图	
第一节 方向控制回路	313
一、换向回路	313
二、锁紧回路	315
三、缓冲回路	315
第二节 速度控制回路	316
一、节流调速回路	317
二、容积调速回路	320
三、容积节流调速回路	323
四、快速运动回路	325
五、速度换接回路	326
第三节 压力控制回路	328

一、调压回路	328
二、减压回路	329
三、增压回路	330
四、卸荷回路	330
五、保压回路	332
六、平衡回路	333
七、释压回路	334
第四节 多缸动作回路	335
一、顺序动作回路	335
二、同步动作回路	336
三、多执行元件互不干扰回路	337

第七章 液压伺服控制系统的识图

第一节 液压伺服系统工作原理	341
第二节 液压伺服系统的组成	342
第三节 液压伺服系统实例	343
一、电液位置伺服系统	343
二、机油伺服位置控制系统	345

第八章 电子液压系统的识图

第一节 传感器的种类	347
第二节 液压系统电器控制	350
一、电磁阀控制简单液压回路 with 电控系统	350
二、电磁阀控制双作用液压缸液压回路 with 电控系统	350
三、电磁阀控制单作用双液压缸液压回路 with 电控系统	351
四、电磁阀控制双作用双液压缸液压回路 with 电控系统	352
第三节 液压系统 PLC 控制	354
一、PLC 与液压控制系统的接口	354
二、PLC 编程语言	354
三、PLC 应用实例	356

第九章 典型液压系统的识图

第一节 以速度变换为主的液压系统	358
一、概述	358
二、工作原理	359
三、性能分析	361

88	第二节 控制换向精度的液压系统	362
89	一、概述	362
89	二、液压系统工作原理	363
89	三、换向分析	365
88	四、M1432A 型磨床液压系统的特点	367
88	第三节 以压力变换为主的液压系统	367
84	一、概述	367
88	二、工作原理	368
88	三、性能分析	372
86	第四节 工程机械液压系统	373
87	一、工程机械液压系统的基本要求	373
87	二、液压挖掘机的结构及其液压系统	373

参考文献

116	.....	章一第
848	.....	章二第
843	.....	章三第
848	.....	章一第
848	.....	章二第
317	.....	章一第
320	.....	章二第
370	.....	章一第
320	.....	章二第
321	.....	章三第
325	.....	章四第
324	.....	章三第
324	.....	章一第
324	.....	章二第
328	.....	章三第
328	.....	章六第
328	.....	章一第
320	.....	章一第
321	.....	章二第
321	.....	章三第

第一章 液压识图基础知识

第一节 液压传动基础知识

一、液压传动的应用和发展

1. 液压传动系统的主要应用

液压传动具有很多优点,最近二三十年来液压技术在各行各业中的应用越来越广泛。在机床上,液压传动常应用在以下的一些装置中:

(1) 进给运动传动装置。磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动;车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架,铣床、刨床、组合机床的工作台等的进给运动也都采用液压传动。这些部件有的要求快速移动,有的要求慢速移动;有的则既要求快速移动,也要求慢速移动。这些运动多半要求有较大的调速范围,要求在工作中无级调速;有的要求持续进给,有的要求间歇进给;有的要求在负载变化下速度恒定,有的要求有良好的换向性能等。所有这些要求都是可以用液压传动来实现的。

(2) 往复主体运动传动装置。龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕,由于要求作高速往复直线运动,并且要求换向冲击小、换向时间短、能耗低,因此都可以采用液压传动。

(3) 仿形装置。车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成,其精度可达 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 。此外,磨床上的成形砂轮修正装置亦可采用这种系统。

(4) 辅助装置。机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等,在采用液压传动后,简化了机床结构,提高了机床自动化程度。

(5) 静压支承。重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨、丝杠螺母机构等处采用液体静压支承后,可以提高工作平稳性和运动精度。

液压传动在各类机械行业中的应用情况,见表1-1。

2. 液压传动技术的发展概况

液压传动相对于机械传动来说是一门新学科,从17世纪中叶帕斯卡提出

表 1-1

液压传动在各类机械行业中的应用

行业名称	应用实例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车和汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

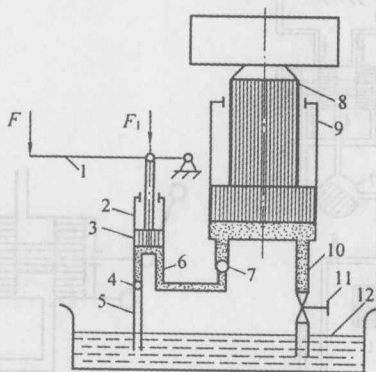
静压传动原理，18 世纪末英国制成第一台水压机算起，液压传动虽有二三百年的历史，但是由于早期技术水平和生产需求的不足，液压传动技术没有得到普遍应用。随着科学技术的不断发展，对传动技术的要求越来越高，液压传动技术才不断发展，特别是在第二次世界大战期间及战后，由于军事及建设需求的刺激，液压技术发展迅速并日趋成熟。

第二次世界大战前后，液压传动装置成功地应用于舰艇炮塔转向器，其后出现了液压六角车床和磨床，一些通用机床到 20 世纪 30 年代才用上了液压传动。第二次世界大战期间，在兵器上采用了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置，它提高了兵器的性能，也促进了液压技术的发展。第二次世界大战后，液压技术迅速转向民用，并随着各种标准的不断制订和完善及各类元件的标准化、规格化、系列化而在机械制造、工程机械、农业机械、汽车制造等行业中推广开来。近 30 年来，原子能技术、航空航天技术、控制技术、材料科学、微电子技术等学科的发展，再次推动了液压技术的发展，使它发展成为包括传动、控制、检测在内的一门完整的自动化技术，在国民经济的各个部门都得到了应用，如工程机械、数控加工中心等。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。

二、液压传动系统的工作原理

1. 液压千斤顶

如图 1-1 所示是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动，小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔，迫使大活塞 8 向上移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄，就能不断地把油液压入举升缸下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。



1. 杠杆手柄；2. 小油缸；3. 小活塞；4、7. 单向阀；5. 吸油管；6、10. 管道；8. 大活塞；9. 大油缸；11. 截止阀；12. 油箱

图 1-1 液压千斤顶工作原理图

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析，可以初步了解到液压传动的基本工作原理。

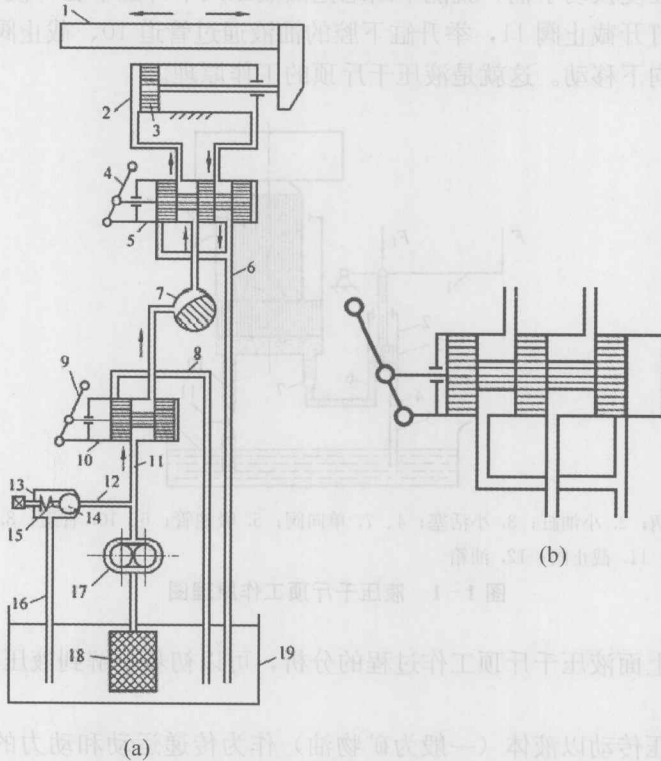
(1) 液压传动以液体（一般为矿物油）作为传递运动和动力的工作介质，而且传动中必须经过两次能量转换。首先压下杠杆时，小油缸 2 输出压力油，是将机械能转换成油液的压力能；压力油经过管道 6 及单向阀 7，推动大活塞 8 举起重物，是将油液的压力能又转换成机械能。

(2) 油液必须在密闭容器（或密闭系统）内传送，而且必须有密闭容积的变化。如果容器不密封，就不能形成必要的压力；如果密闭容积不变化，就不能实现吸油和压油，也就不可能利用受压液体传递运动和动力。

液压传动利用液体的压力能工作，它与在非密闭状态下利用液体的动能或位能工作的液力传动有根本的区别。

2. 简单机床的液压传动系统

机床工作台的液压传动系统要比千斤顶的液压传动系统复杂得多。如图 1-2 所示，它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下：液压泵由电动机驱动后，从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵，油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压，如图 1-2 (a) 所示状态下，通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔，推动活塞使工作台向右移动。这时，液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。



1. 工作台；2. 液压缸；3. 活塞；4. 换向手柄；5. 换向阀；6、8、16. 回油管；7. 节流阀；8、9. 开停手柄；10. 开停阀；11. 压力管；12. 压力支管；13. 溢流阀；14. 钢球；15. 弹簧；17. 液压泵；18. 滤油器；19. 油箱

图 1-2 机床工作台液压传动系统工作原理图

如果将换向阀手柄转换成图 1-2 (b) 所示状态，则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔，推动活塞使工作台向左移动，并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时，进入液压缸的油量增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，进入液压缸的油量减

小，工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力，液压缸必须产生一个足够大的推力，这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力越高；反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力取决于负载。

三、液压传动系统的组成

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出，一个完整的、能够正常工作的液压系统，应该由以下五个主要部分组成：

(1) 能源装置（动力元件）。能源装置是供给液压系统压力油，把机械能转换成液压能的装置。最常见的装置是液压泵。

(2) 执行装置（元件）。执行装置是把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其装置有作直线运动的液压缸，有作回转运动的液压马达，它们又称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置（元件）。控制调节装置是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置，如溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。

(4) 辅助装置（元件）。上述三部分之外的其他装置，例如油箱、滤油器、油管等。它们是保证系统正常工作必不可少的装置。

(5) 工作介质。工作介质是传递能量的流体，如液压油等。

四、液压基本名词术语

1. 有关压力的名词术语

有关压力的名词术语，见表 1-2。

表 1-2 有关压力的名词术语

术 语	说 明
静 压	流线平行平面上受到的流体压力；静止流体中的压力或在无干扰流体流动条件下测得的压力
动 压	用“总压-静压”表示的压力。对不可压缩流体，可用下式表示： $\text{动压} = \gamma V^2 / 2g (\rho v^2 / 2)$ 式中： γ ——单位体积的重量（重度）； V ——流体体积； ρ ——流体密度； v ——速度； g ——重力加速度
绝对压力	以绝对真空为基准的压力大小
表压力	以大气压为基准的压力大小，为相对压力

续表 1

术 语	说 明
公称压力	装置按基本参数所确定的名义压力
额定压力	在规定的条件下,能保证性能的压力,作为设计和使用所规定的一般不能超过的压力
系统压力	系统中第一阀(通常为溢流阀)进口处测得的压力的公称值
设定压力、调定压力	压力阀等阀中所调节的压力
工作压力	装置运行时的压力
使用压力	液压元件或液压系统中实际工作时所用的压力
最高使用压力	液压元件或液压系统中实际工作时,能最高采用的使用压力
最低使用压力	液压元件或液压系统中实际工作时,能最低采用的使用压力
进口压力	按规定条件在元件进口处测得的压力
出口压力	按规定条件在元件出口处测得的压力
降压、压差	在规定条件下,测得的系统或元件内两点(如进、出口处)的压力之差
压力损失	液体流动过程中产生的压力减小值,包括沿程压力损失和局部压力损失
启动压力	开始动作所需的最低压力
开启压力	阀(如单向阀、压力阀等)开始打开通油的压力
峰值压力	在相当短的时间内超过允许最大压力的压力
运行压力	运行工况时的压力
耐压试验压力	超过最高额定压力而不引起永久变形、损坏或失灵的试验压力
冲击压力	由于冲击产生的压力
背压	装置中因下游阻力或元件进、出口阻抗比值变化而产生的压力,作用在液压回路的回油侧的压力
控制压力	液压系统或液压元件中,控制管路或控制回路的压力
充气压力	蓄能器充液前气体的压力
吸入压力	泵进口处流体的绝对压力,常用 p_s 表示
空气分离压力	溶解有一定比例空气的油液,开始产生气泡,即空气开始析出的压力 p_g , $p_s \leq p_g$ 时,发生气穴
调压偏差	压力控制阀从规定的最小流量调到规定的工作流量时压力的增加值