

油 缸

(日) 村岡虎雄 著



机械工业出版社

油 缸

(日) 村冈虎雄著

李 宗 国 译



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了各种油缸的分类、结构、基本的设计方法，
油缸的性能和试验方法，以及油缸的选择、安装和维护。
本书可供从事液压技术工作的工人和技术人员参考。

油 缸

(日) 村冈虎雄著

李宗国译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $6^0/16$ · 字数 162 千字
1974 年 9 月北京第一版 · 1977 年 9 月北京第二次印刷

印数 27,001—56,000 · 定价 0.54 元

*

统一书号: 15033 · 4231

出版者说明

近几年来，液压技术已在我国各工业部门得到较广泛的应用。各地从事这方面工作的工人和技术人员，希望能介绍一些液压技术方面的书籍。

我们遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，将日本日刊工业新闻社1970年出版的“油圧シリンダ”一书翻译出版，供有关读者参考。

本书较详细地介绍了各种油缸的结构、设计、试验以及油缸的选择、安装、维修和标准化、系列化等，对从事这方面工作的有关人员有一些参考作用。

1973年12月

译者的话

液压技术具有效率高、寿命长，能以较小的体积获得较大的输出功率以及较易实现无级调速和远程控制等优点，所以在现代工业的各个领域中得到了广泛的应用。油缸是液压传动设备中使用得最多的一种元件。因此，从事液压传动设备的设计、制造和应用等工作的人员，有必要深入系统地了解油缸的设计、制造和应用等方面的知识。

本书主要介绍下列内容：在第1章“总论”中，作为与油缸有关的技术问题，介绍了国际标准统一化的现状和将来，并介绍了安全系数的取法和有关寿命的问题。在第2章“油缸的分类与构造”中，除标准油缸外，还介绍了几种特殊油缸的应用实例。在第3章“油缸的基本设计”中，讨论了活塞杆的纵向弯曲强度问题，另外介绍了在今后高速化倾向中适用于活塞杆导向套等部位的流体轴承，还提到了迄今尚未十分清楚的缓冲理论与惯性力所引起的冲击压力的抑制方法。这些内容在系统设计和故障排除时，都是极为重要的。第4章“油缸的性能和检查”中以“JOHS-104 油缸试验标准”为基础，详细介绍了试验标准和检查要领。第5章“油缸的选定”和第6章“油缸的安装与维护管理”是本书中较重要的两章，除了介绍油缸的选定方法和注意事项外，还谈到油缸的正确安装方法，以及安装后的现场调整、拆卸、检查、组装直至试运转的一系列实际操作和维护管理工作。最后，在第7章“油缸故障的处理”中，选择了几个主要的排除故障的实例，供读者参考。

本书基本上按原书的章节、内容译出，但对书中某些参考价值不大的部分，作了一些删改。望读者批判地参考。为了方便读者，在书末附了光洁度和部分钢号对照表。

由于译者的水平有限，错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

1. 总论	1
1-1 为什么要应用液压	1
1-2 液压系统内油缸的作用	4
1-3 油缸的需要、生产与技术动向	6
1-3.1 油缸的需要和生产	6
1-3.2 油缸的技术动向	7
1-4 有关油缸的一些技术问题	8
1-4.1 标准统一的问题	8
1-4.2 安全系数的问题	15
1-4.3 活塞杆的纵向弯曲强度	18
1-4.4 耐久性 or 寿命的问题	19
1-4.5 其他问题	20
2. 油缸的分类与构造	21
2-1 油缸的分类	21
2-1.1 按支承形式对油缸分类	21
2-1.2 按构造形式对油缸分类	24
2-1.3 按额定压力对油缸分类	26
2-1.4 按工作油对油缸分类	27
2-2 油缸的一般构造和机能	28
2-2.1 普通工业用油缸的构造和机能	28
2-2.2 建筑车辆用油缸的构造	33
2-3 标准油缸	35
2-4 特殊油缸	36
2-4.1 伸缩油缸	36
2-4.2 串联油缸	37
2-4.3 快速送进油缸	37
2-4.4 可回转的油缸	39
2-4.5 摆动油缸	40
2-4.6 增压器	41

2-4.7 复合油缸	41
2-4.8 其他特殊油缸	42
3. 油缸的基本设计	44
3-1 缸筒	44
3-1.1 缸筒的材料	44
3-1.2 缸筒的尺寸系列和精度	55
3-1.3 缸筒的强度计算	60
3-2 活塞杆	63
3-2.1 活塞杆的材料	65
3-2.2 活塞杆的尺寸系列和精度	65
3-2.3 活塞杆的纵向弯曲强度	69
3-3 活塞	78
3-3.1 活塞的构造和材料	78
3-3.2 活塞的尺寸和精度	80
3-4 活塞杆的导向套	82
3-4.1 导向套的材料	82
3-4.2 导向套的尺寸和精度	82
3-4.3 流体轴承	83
3-5 缓冲装置	86
3-5.1 缓冲装置的一般设计	86
3-5.2 缓冲装置的特殊设计	91
3-5.3 缓冲的衰减系数	91
3-6 油缸密封	92
3-6.1 油缸密封的设计要点	93
3-6.2 O形圈及其安装槽的设计	97
3-6.3 U形密封圈及其安装槽的设计	98
3-6.4 V形密封圈及其安装槽的设计	99
3-6.5 活塞环及其安装槽的设计	105
3-6.6 滑动式密封及其安装槽的设计	107
3-6.7 其他的密封方式	107
4. 油缸的性能与检查	110
4-1 油缸的性能	110

4-1.1 最低动作压力	110
4-1.2 外部漏油	111
4-1.3 内部漏油	113
4-1.4 缓冲效果	113
4-1.5 油缸的效率 (荷重压力系数)	115
4-1.6 耐压性	116
4-1.7 动作性	116
4-2 油缸的试验和检查	117
4-2.1 试验和检查中所用术语的含义	117
4-2.2 试验装置和测量	118
4-2.3 鉴定试验和出厂试验基准	121
5. 油缸的选定	130
5-1 选定油缸时怎样决定油缸的规格	130
5-2 油缸力的求法	131
5-3 油缸行程的求法	133
5-3.1 由活塞杆的纵向弯曲强度所限制的行程大小	134
5-3.2 由加工和结构所限制的行程大小	135
5-3.3 JIS B 8354中所规定的标准值的采用	137
5-4 动作速度的求法	137
5-5 动作时间的求法	139
5-6 油口大小和形式的选定	141
5-6.1 油口的大小	141
5-6.2 选定油口形式的注意事项	141
5-7 缓冲装置的选定	147
5-8 排气装置的选定	149
5-9 与工作油相对应的密封件的选定	149
5-9.1 工作油的选定基准	149
5-9.2 与工作油相对应的密封件材料的选定	151
5-10 确定安装形式和安装尺寸时的注意点	153
5-11 周围环境的影响及其处理方法	154
6. 油缸的安装与维护管理	156
6-1 油缸的正确安装方法	156

6-1.1 底脚形油缸的安装方法	156
6-1.2 法兰形油缸的安装方法	158
6-1.3 耳环形油缸的安装方法	158
6-1.4 铰轴形油缸的安装方法	160
6-2 油缸的调整	161
6-2.1 排气装置的调整	161
6-2.2 缓冲的调整	162
6-2.3 其他的注意事项	162
6-3 油缸的拆卸、检查和组装	163
6-3.1 油缸的拆卸要领和注意事项	163
6-3.2 检查部位和判断方法	164
6-3.3 油缸组装时的注意事项	165
6-3.4 定期检查	168
7. 油缸故障的处理	169
附表	177
附表1 底脚形(LA形)油缸的安装尺寸表	177
附表2 法兰形油缸的安装尺寸表	178
附表3 耳环形(CA形、CB形)油缸的安装尺寸表	180
附表4 底脚形(LB形)油缸的安装尺寸表	182
附表5 铰轴形(TA、TB、TC形)油缸的安装尺寸表	183
附表6 活塞杆顶端销孔的尺寸表	184
附表7 活塞和活塞杆密封件的种类及其符号	186
附表8 表面光洁度符号对照表	186
附表9 部分钢号对照表	186
附表10 部分计量单位换算表	191

1. 总 论

1-1 为什么要应用液压

大家都知道“水随方圆之器”这句谚语。因为，一般地说，象水、油这样的液体具有能自由改变形状的性质。就是说，对于形状来讲，是没有弹性的。然而，对于体积来说，弹性率却非常大。将液体充入金属容器之后，即使将其压缩，也不容易改变它的体积。此外，如果对密闭容器中的一部分液体施加某一压力，则此压力便会传向液体内部的任何一点。亦就是说，液体具有不可压缩性，无论容器的形状多么复杂，作用于液体某一部分的压力能以同样大小传递到容器内壁的所有各面，并且所加的压力总是垂直作用于物体的各面。液体的这种特性就称为巴斯噶原理。

巴斯噶原理

1) 作用在密闭容器中的静止液体的一部分上的压力，以相等的强度（压力）传递到液体的所有部分。

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都相等。

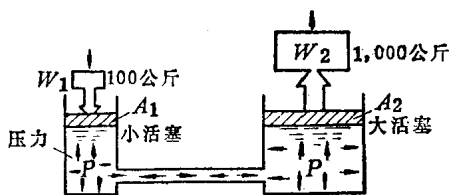


图1.1 相互连通的圆筒形容器

现在将液体注入图 1.1 所示的相互连通的圆筒形容器内，如在其上放置与各活塞面积成正比的重物，就能恰好保持平衡。

并且能用如下的公式来表示：

$$W_2 = \frac{W_1}{A_1} \times A_2 \quad (1.1)$$

或

$$W_2 = P \times A_2$$

式中 P ——压力（或压力的强度）（公斤/厘米²）；

W_1 ——加在小活塞上的力或载荷（公斤）；

W_2 ——加在大活塞上的力或载荷（公斤）；

A_1 ——小活塞的有效断面积（厘米²）；

A_2 ——大活塞的有效断面积（厘米²）。

假定 A_2 为 A_1 的 10 倍，如果加在小活塞上的力 $W_1 = 100$ 公斤，则在大活塞上就能得到 $W_2 = 1000$ 公斤的推力。由此可见，全压力（油缸力）的大小与活塞面积成正比。能够产生强大压力的水压机就是应用这个原理制成的。这样的自然原理能得到应用，并推动技术进步是历代劳动人民经过几世纪使用杠杆，利用斜面和滑轮等工具，不断地与自然斗争所产生的结果。从流体机械方面来说，有很多引人注目的发明，例如，1563年发明的翼式泵（wing pump），1588年发明的旋转泵（rotary pump），1900年左右所发明的流体传动装置等。就是这样，劳动人民用自己的双手，逐步地使手工劳动实现机械化，又向着自动化方向发展，近20年来有了更显著的进展。在宇宙开发和海洋开发等事业获得重大进展的1970年，出现了不需要人工操作，只要将所需的操作编为程序由机械记忆，使机械自动进行工作的工业用机械手和数控机床，它是今后技术发展的一个方向。由于这项技术的发展，更进一步地促进了各工业部门的自动化程度，于是，劳动者就能从危险的作业和繁重的工作条件下解放出来。

为什么采用油液，而不是用水和蒸汽作为传递动力的介质呢？与气压传动和电气传动相比，液压传动究竟具有何种利弊呢？明确这些问题，对于了解液压技术，具有极为重要的意义。

液压技术的一般特点：

1）与水和蒸汽相比，油液具有粘性，应用油作为介质，具有防锈性和自润滑能力，使机器效率高、寿命长；

2）液压技术可实现高压化，故能以较小的体积获得较大的出力（推力或转矩）；

3）用调整流量的方法，可自由地实现无级变速（连续的或

断续的);

- 4) 可以实现运转的远距离控制;
- 5) 能够实现力、速度和方向等的自动控制;
- 6) 容易实现装置的过载保护;
- 7) 具有动作的速应性和圆滑性;
- 8) 操纵简单;
- 9) 其他。

表1.1 电气、液压和气动控制的特点比较

	电 气 控 制	液 压 控 制	气 动 控 制
特 点	1.能自由地采用直流、交流、短波、脉冲等各种信号,故最适于放大、记忆、逻辑判断和计算等工作 2.可实现超小形化	1.体积较小,较易获得低速、高速,输出力大 2.能无级变速,且易获得制动效果 3.能够远程控制 4.动作的速应性和圆滑性优越 5.由于油的粘性而提高了效率,由于自润滑性能和防锈性能而提高了寿命 6.能防止过载,使装置比较安全	1.动力源容易获得 2.不必担心漏油,维护容易 3.能得到较高速度 4.气体压缩性大,压紧时具有弹力 5.也能用于检测装置
缺 点	1.由于利用电磁力动作,所以出力与装置的大小不成比例 2.力和行程的关系难以达到线性(效率低) 3.电动机不适于低速或超高速运转 4.易受电源电压、频率等变动的影响 5.抗过载能力差,经不起不合理的勉强的使用	1.油温变化会引起油的粘度变化 2.油中的尘埃会引起故障 3.漏油问题 4.配管问题 5.不适于对信号进行各种运算	1.因有压缩性,故速度不易均匀 2.响应性能差 3.应注意防锈 4.因润滑性能差,故机器的寿命较低
适用 场所	检测装置	执行机构	载荷较轻的执行机构,一部分检测装置

自然，液压技术也有一些缺点，目前正在进行各种研究和改进。

液压技术的一般缺点：

- 1) 油温的变化会引起油的粘度变化；
- 2) 油中混入尘埃脏物会使机器产生故障；
- 3) 漏油问题；
- 4) 配管的问题；
- 5) 液压技术不宜用于对信号进行放大、记忆、逻辑判断等运算。

表 1.1 为液压控制与电气、气动控制的比较表。由于水具有容易引起机器生锈和粘性小等缺点，因而，水压应用较少，故在比较表中没有列入。由此表可以看出，电气、液压和气动控制各有优点和缺点。因此，目前的趋向是将各种方式的优点综合起来，譬如，采用电气-液压，电气-气动联合控制的形式。

1-2 液压系统内油缸的作用

如图 1.2 所示，对由油泵输出的流体，进行压力（或出力）、流量（或速度）和流动方向等控制，最终可将这种流体所具的能量变换成机械能，使之完成各种有益的工作。为此目的，可将表 1.2 中的液压元件，按各种使用目的组合起来应用。其中，实际作机械功的执行机构的详细分类，如表 1.3 所示。

由上可知，所谓油缸，就是将油泵所产生的流体能量，最终变换成机械能量的执行机构中的能实现往复直线运动的一种。控制这些执行机构的出力、速度和动作方向等的机器，称为液压控制阀。飞机的起落架、推土机的支臂的驱动和装卸起重机等应用各种各样油缸驱动的机械到处可见。今后，油缸作为机器的手足，在减轻人的繁重劳动方面所起的作用将愈加扩大。

表1.2 液压元件的种类

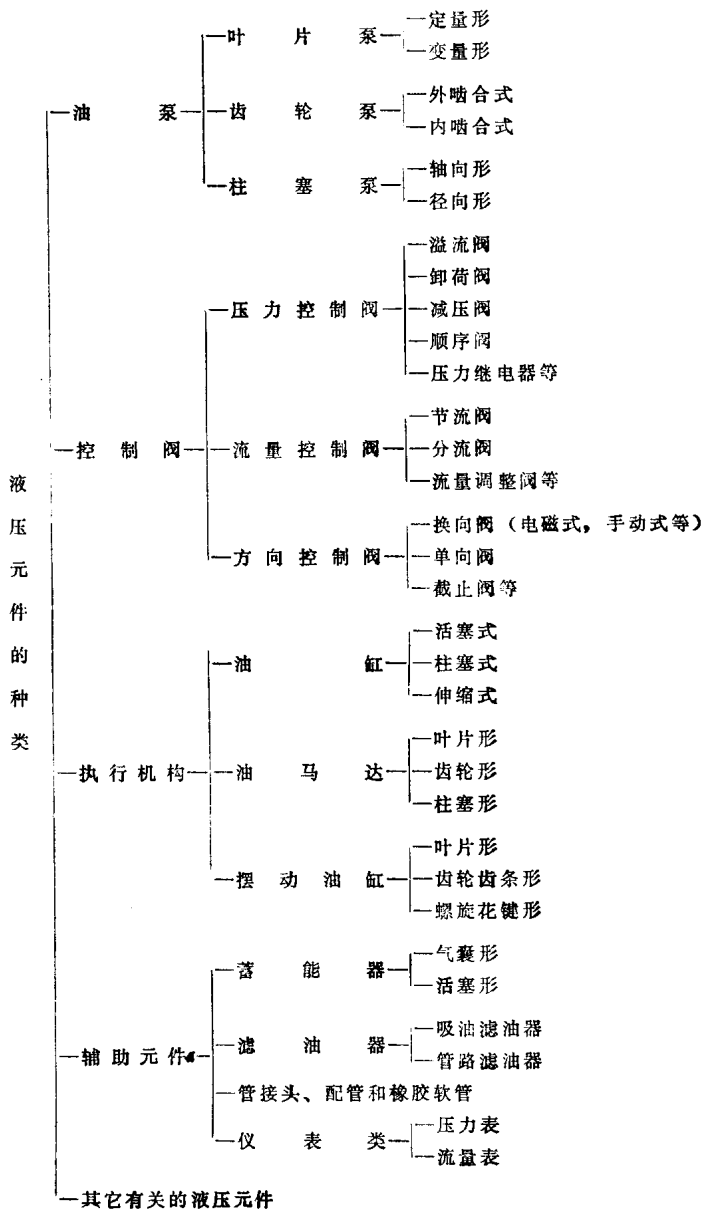


表1.3 执行机构的分类

执行机构	—油缸	—实现往复直线运动的执行机构
	—油马达	—实现回转运动的执行机构
	—摆动油缸	—在一定的角度内往复摆动的执行机构

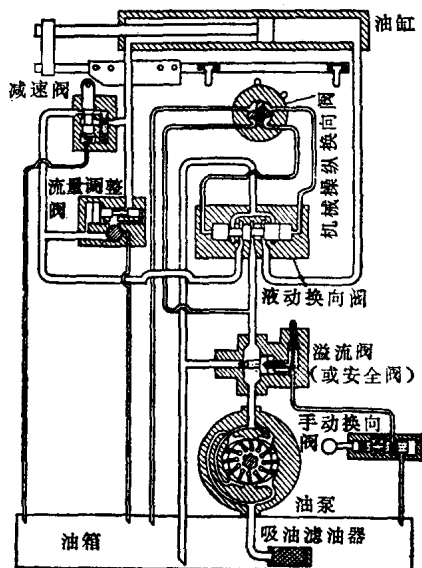


图1.2 液压系统内各种液压元件的作用

1-3 油缸的需要、生产与技术动向

1-3.1 油缸的需要和生产

大体上了解油缸的全国总需要量和产量，及其对油泵和其他液压元件的比率，对于了解液压元件的发展及其动向，意义很大。根据日本油压工业会的调查，油缸在土木建筑机械方面的需要量较大。譬如，每台推土机和起重机就得装备上好几个油缸。这些也只能说是油缸需要的一个方面。油马达大多用于工程机械的行走机构的驱动，船用绞车及起重机的卷取装置中的回转驱动。与其他液压元件相比，油缸的设计、制造比较容易。因而，可以想象到，象油压机和注塑成形机的主油缸等由各公司自行制作的油

缸, 数量也相当多。油缸的需要和生产与各种机械的自动化和设备合理化等密切相关。在油缸生产方面, 正在积极地实行标准化, 而考虑到需要的多样性, 不得不辅之以多种少量的生产方式, 因而无论如何还不能摆脱专门产业中要求技术高度熟练的特点。

1-3.2 油缸的技术动向

日本的液压技术在 1955~1960 年期间, 与欧美先进国家相比, 大致落后了一、二十年。此后, 经过十余年的发展, 目前产品质量已无优劣之差。在油缸领域内, 几乎不再实行技术引进, 而其他的液压元件的生产多少还有些技术引进。如表 1.4 所示, 就油缸的标准统一来说, 在 1965 年制定了日本工业标准 JIS B 8354 “油缸”。按照这个标准, 在 1967 年作为日本油压工业会团体

表1.4 日本液压元件的标准化状况

1. 有关的日本工业标准

序 号	制 定 日 期	名 称	备 注
JIS B 0125- ⁶⁷	1967.12.1	液压气动图形符号	
JIS B 2297- ⁶⁴	1964.3.1	液压用 210 公斤/厘米 ² 管法兰	1967.2制订, 1969.11修订
JIS B 8351- ⁶²	1962.3.1	叶片油泵 (排油口径10~50毫米)	1968.3制定
JIS B 8352- ⁶³	1963.3.1	齿轮油泵 (排油口径10~50毫米)	1969.3批准
JIS B 8354- ⁶⁵	1965.4.1	油 缸	1968.3批准, 1970.3修订
JIS B 8355- ⁶⁶	1966.6.1	板式连接的四通电磁换向阀	1969.7批准
JIS B 8356- ⁶⁶	1969.4.1	液压用滤油器	
JIS B 8357- ⁶⁷	1967.12.1	液压用压力补偿型流量调节阀	
JIS B 8358- ⁶⁹	1969.4.1	液压用皮囊蓄能器	
JIS B 8359- ⁶⁹	1969.6.1	叶片油马达	
JIS B 2351- ⁶⁹	1969.9.1	液压用 210 公斤/厘米 ² 卡套式管接头	
		液压名词术语	专门委员会审查结束
		液压用橡胶软管接头	1969.1起专门委员会正在审查中
		定量柱塞油泵	1966.10作为 JIS 草案
		液压用先导式溢流阀	1967.10作为 JIS 草案
		齿轮油泵	1967.10作为 JIS 草案

2. 日本油压工业会有关标准

(续)

序 号	制定日期	名 称	备 注
JOHS 101	1964.3.31	油泵试验标准	
JOHS 102	1964.9.7	液压配管用精密碳素钢管	
JOHS 103	1964.9.7	油马达试验标准	
JOHS 104	1967.9.1	油缸试验标准	
	1969.9.5	柱塞油泵试验标准	
	1969.9.5	柱塞油泵的压力测定方法	
	1969.9.5	工作油用标准橡胶	
		油缸的尺寸表示标准	作为 JOHS 的草案正在制定
		液压溢流阀的试验标准	作为 JOHS 的草案正在制定

标准，制订了 JOHS[●]-104 “油缸试验标准”。今后，对于产品质量的稳定和耐久性的提高等方面，尚应进一步研究改进，同时随着向海洋开发和宇宙开发等崭新领域的推广，需要对诸如耐腐蚀、耐寒、耐热的问题与动作和寿命的可靠性等几个难题，寻找相应的解决办法。

1-4 有关油缸的一些技术问题

1-4.1 标准统一的问题

如果各厂生产的液压元件的尺寸系列、安装尺寸及试验条件等标准各不相同，那就会造成使用单位和有关生产企业（例如密封件制造厂等）的效率相当低，因此，力图使规格统一的重要性就不言而喻了。如表 1.4 所示，由于生产部门的强烈意愿，对油缸已制定了 JIS B 8354 “油缸”和 JOHS-104 “油缸试验标准”。然而，这些标准只能说在日本国内统一了，而在国际上仍未统一，因而在进出口方面存在的问题很大。虽然迫切希望能象 ISO 公制螺纹那样有国际公认的统一标准，可惜目前尚未做到这种程度。今后根据国际标准（ISO standard）的演变，国家标准（JIS）和团体标准（JOHS）等也可能随之更变（JIS B 8354 的重订年度

● JOHS 是日本油压工业会团体标准 (Japanese Oil Hydraulic Standard) 之简称。——原注