
* 液 压 传 动 *
* (液 压 流 体 力 学) *

《 动力机械
渔业机械 》专业

厦门水产学院

一九八〇年七月

目 录

	第一篇 液压流体力学	页
第一章	液压传动概述	1
§ 1-1	液压传动的工作原理	2
§ 1-2	液压系统的组成	5
§ 1-3	液压系统图形符号	8
§ 1-4	液压传动的特点	14
第二章	液压液体力学基础	17
§ 2-1	液压传动的液体	17
§ 2-2	连续介质, 理想液体与粘性液体	58
§ 2-3	作用在液体上的力	59
§ 2-4	液体静力学	61
§ 2-5	液体动力学的基本概念	75
§ 2-6	流动液体的连续性方程	81
§ 2-7	伯努利方程式	84
§ 2-8	稳定流动液体的动量原理	92
§ 2-9	液体流动的阻力计算	99
§ 2-10	液体流经小孔及缝隙的流量	140
§ 2-11	液压冲击	154
§ 2-13	理论液体力学基本知识	
§ 2-14	管路的水力计算	
§ 2-12	空穴与气蚀, 振动与噪声	163
	第二篇 液压元件	
第三章	液压泵和液压马达	
§ 3-1	概述	

§ 3—2	齿轮泵和齿轮马达	-----
§ 3—3	叶片泵和叶片马达	-----
§ 3—4	轴向柱塞泵和轴向柱塞马达	-----
§ 3—5	径向柱塞泵和径向柱塞马达	-----
§ 3—6	液压泵和液压马达的选择和使用	-----

第四章 液压缸 -----

§ 4—1	液压缸的类型	-----
§ 4—2	液压缸的结构	-----
§ 4—3	液压缸的参数设计	-----

第五章 液压阀 -----

§ 5—1	概述	-----
§ 5—2	压力控制阀	-----
§ 5—3	流量控制阀	-----
§ 5—4	方向控制阀	-----
§ 5—5	电液比例阀	-----

第六章 辅助装置 -----

§ 6—1	密封和密封件	-----
§ 6—2	油管 and 管接头	-----
§ 6—3	油箱	-----
§ 6—4	滤油口	-----
§ 6—5	蓄能器	-----
§ 6—6	中、低压系列液压阀型号说明	-----
§ 6—7	中、高压系列液压阀型号说明	-----
§ 6—8	常用液压系统图形符号	-----

第七章	液压传动基本回路	-----
§ 7-1	压力控制回路	-----
§ 7-2	速度控制回路	-----
§ 7-3	方向控制回路	-----
§ 7-4	闭式系统的补油和冷却回路	-----

第八章	液压传动在渔业机械的 应用实例	-----
§ 8-1	渔船围网液压起网机液压系统	-----
§ 8-2	渔船网机及锚机液压系统	-----
§ 8-3	舵机液压系统	-----
§ 8-4	双吊杆起货机液压系统	-----
§ 8-5	起重卷扬驱动的液压马达液压系统	-----
§ 8-6	Z00QYB-20 潜水式离心泵起 网机液压系统	-----

第九章	液压传动系统的设计计算	-----
§ 9-1	概述	-----
§ 9-2	液压传动系统的工况分析	-----
§ 9-3	液压系统方案的拟定	-----
§ 9-4	液压系统的初步计算及选择 液压元件	-----
§ 9-5	绘制正式液压系统图和装配图	-----
§ 9-6	液压系统的验算	-----
§ 9-7	机机渔船围网起网机液压系统 设计计算	-----

第十章

液压系统的安装、调试、使用
维修

- § 10—1 安装方面
- § 10—2 液压系统的调试
- § 10—3 液压设备使用应注意的事项
- § 10—4 液压设备的维修
- § 10—5 液压元件的故障及处理

第一篇 液压流体力学

第一章 液压传动概述

渔船机械和其他工业部门一样，采用液压传动装置日益增多，在渔船上主要用在船舶的辅助机械方面。如国家水产总局南海水产研究所的南锋704渔轮的液压传动装置有拖网绞机、流刺网起网机，延绳钓机，起锚机、杆式起货机的绞车、舵机、舱口盖及防水门的开关、以及变螺距螺旋桨的调节操纵机构、阀门推进口、防摆装置、卧式平板冻结机等。其他渔船机械如围网起网机（动力滑车及舷边滚柱）、吸渔泵、增氧机等。在渔轮修造厂的机床也广泛采用液压传动，如车、钻、镗、磨、齿轮加工、铣、刨、拉、组合机床中均有应用。

在渔船上使用低压系统是挪威人——Einar Roesok，是渔业液压设备的奠基人之一。他早在三十年代给15米长的Brog渔轮上的绞车装置了液压传动，该项试验十分成功，导致挪威Hydraulik Brattvaag公司及Norwinch公司，瑞典Lidan公司制造的叶片油泵和油马达（低压系统（30巴）的大发展，这些单位已为渔轮提供二十多台液压设备，渔轮上广泛的应用液压装置，在很大程度上要归功于加利福尼亚Mareo—Pwretie公司发明的围网起网机——液压动力滑车。在五十年代末期以前渔业上的液压传动仍用低压系统，到六十年代为中高压系统，如冰岛、挪威、智利、秘鲁、荷兰以及西德等欧洲渔业广泛采用中高压系统。我国渔轮捕捞甲板机械的液压传动是先研究WJ-C \times 4/18型的中高压围网起网机（动力滑车）开始的，与此同时，又研制WJD4型中高压分列式绞纲机并配套设计了JM36型径向柱塞式低速大扭矩液压马达和配流、换向、防冲集成阀。为了与JM36型径向柱塞式低速大扭矩液压马达配套，最近又设计了JB2 \times 40型液

压系，它是一种适用于船舶主机直接驱动的新型液压泵，该液压泵是采用外曲线鞋子、钢球浮动、滑阀配流、径向柱塞通轴双联等结构形式，具有低速、高压的特性。

液压传动课程是渔业机械动力机械等专业一门基础技术课。根据培养目标对本课程提出如下要求：掌握主要液压传动的的基本理论，和运用理论能够分析实际问题，必须对各种液压元件（液压泵、液压马达、液压缸、液压阀及辅助装置）的工作原理、结构、性能有充分了解并进行选型设计，并对液压系统的基本回路以及液压系统的设计和计算应当熟悉，同时对国内外典型渔业机械液压系统能进行分析，最后对有关渔船机械的液压设备能够正确安装和使用，维修等基本技能有一定实践知识。

§ 1-1 液压传动的工作原理

在渔船机械上，传动是指能量或动力由发动机向工作装置的传递，通过各种不同的传动方式使发动机的转动变为工作装置各种不同的运动形式，例如绞车的转动，平板机的升降等。

目前常用的传动方式根据其工作介质的不同为机械传动、液体传动、气体传动及电力传动、电液气联合传动等。

以液体为工作介质，传递能量和进行控制的称为液体传动，它包括液压传动和液力传动。

液力传动实际上是一组离心泵—涡轮机系统（图1-1），如液力变矩器与液力耦合器是利用液体动能的液体传动。其工作原理是发动机带动离心泵1旋转，离心泵从液槽吸入液体并带动液体旋转，由泵轮传递的机械能而变成液体动能；最后将液体以一定的速度排入导轮3，当液流经涡轮机2的叶道上，使涡轮转动，从而从液体动能转换成机械能，由涡轮的輸出轴輸出，实现能量的转换与传递。

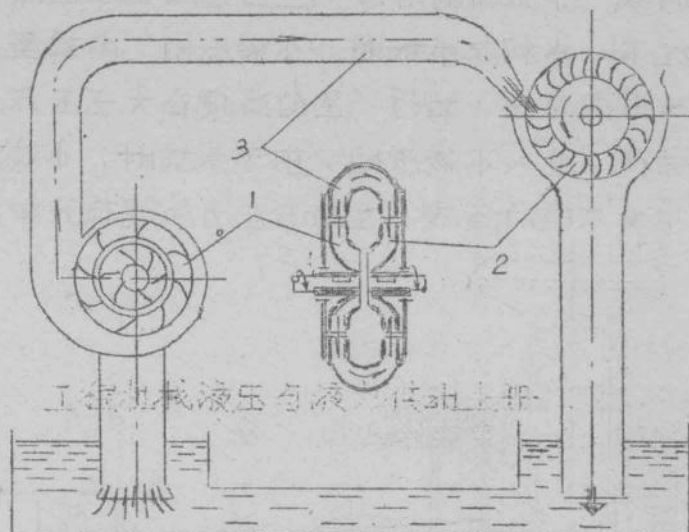


图 1—1 液力传动的原理图

液压传动又称容积式液压传动，它是利用液体压力势能的液体传动。换句话说，液压传动是液体作为能量传递的工作介质，在密闭的工作条件下，当原动机（电动机或内燃机）带动液压泵旋转后，由于液压泵的容积发生变化，液体经进油口从油箱吸入液压泵内，并具有压力势能，这个过程是将原动机供给的机械能换成液体的压力能；然后液体再经管道、液压阀的控制和调节进入执行元件（液压马达或液压缸），使执行元件对外进行转换和传递，这个过程为压力能换成机械能。

为了进一步理解液压传动的工作原理，常用的液压千斤顶就是一个简单的液压传动的实例。

图 1—2 a) 是液压千斤顶的结拼图，为了用职能符号表示其有关零部件，画出它的液压系统如图 1—2 b) 所示。

液压千斤顶的小液压缸、大液压缸、油箱以及它们之间的

连接通边构成一个密闭的容口，里面充满着液压油。在开关关闭的情况下，当提起手柄时，小液压缸的柱塞上移使其工作容积增大形成真空，油箱里的油便在大气压作用下通过滤网和单向阀，进入小液压缸，压下手柄时，小液压缸的柱塞下移，挤压其下腔的油液，这部分压力油便顶开单向阀4进入

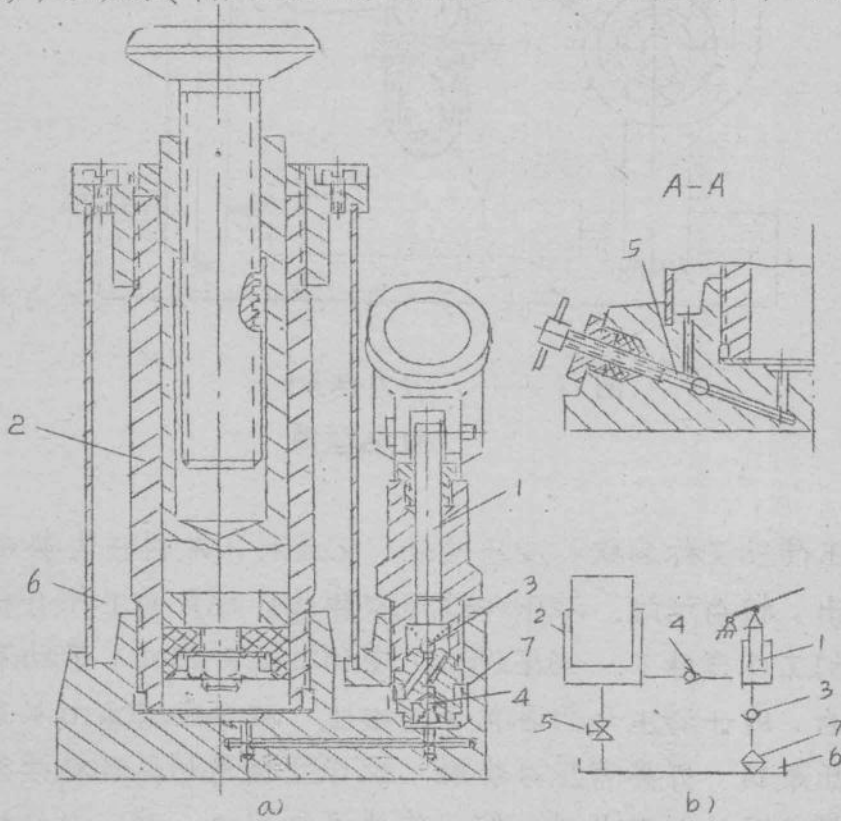


图 1-2 油压千斤顶

大液压缸。

2. 推动大柱塞从而顶起重物。再提起手柄时，大液压缸内的压力油将力图倒流入小液压缸，此时单向阀4自动关闭，使油不致倒流。这就保证了重物不致自动落下，压下手柄时，单向阀3自动关闭，使油不致倒流，这就保证了重物不致自动落下；压下手柄时，单向阀3自动关闭，使液压油不致倒流入油箱，而只能进入液压缸以将重物顶起。这样，当手柄被反复

提起和压下时，小液压缸不断交替进行着吸油和排油过程，压力油不断进入大液压缸，将重物一点一点地顶起。当需放下重物时，打开开关5，大液压缸的柱塞便在重物作用下下移，将大液压缸中的油液挤回油箱6（图1-2a之剖面A-A）。从上述分析可知，液压千斤顶工作时需具有下列条件：

- 一，油箱充满着液压油；
- 二，处于密闭容器内的液体由于大小液压缸工作容积的变化而能够流动；
- 三，液压缸的液体具有压力势能；
- 四，它的传动原理是利用连通管的帕斯卡定律来进行能量转换——作用于密闭容器内并处于平衡状态下的液体压力，可以在液体内等值地传递。

§ 1-2 液压系统的组成

液压传动系统虽然多种多样，无论是简单的或复杂的系统，从能量转换的角度来看，它的工作原理和组成基本上是相同。下面再从图1-3所示的卷扬机的液压系统为例，说明液压传动的工作原理及液压系统的组成。

卷扬机的液压系统通常由液压泵1、溢流阀2、换向阀3、调速阀4、液压马达5、油箱6及滤油口7等组成。

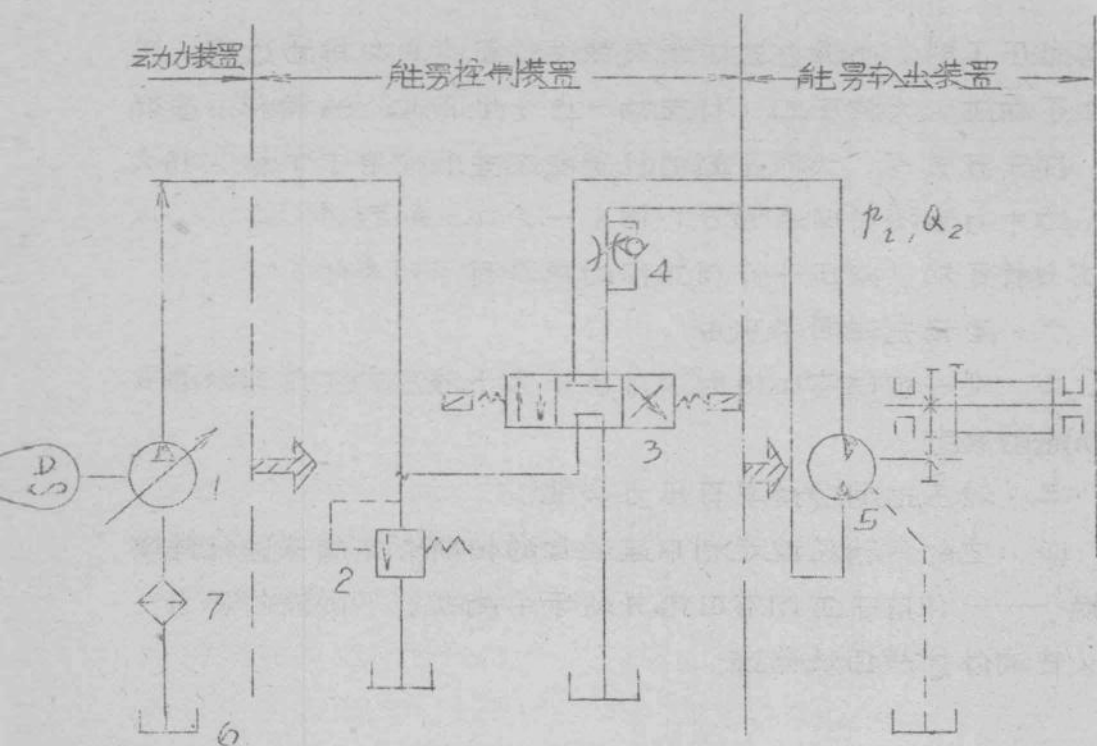


图 1—3 液压系统的组成

由此可见，任何一种液压系统都是由以下五个部分组成：

一、动力装置——液压泵。它是液压系统的动力元件，其取能是将机械能转变为液体的压力势能。液压泵的种类按结构分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵等；

二、执行元件；执行元件包括液压缸和液压马达。其取能是将液体的压力势能转换为机械能。液压缸带动负载做往复运动；液压马达带动负载做旋转运动。

三、控制调节装置——液压阀。在液压系统中各种液压阀用以控制和调节各部分液体的压力、方向、流量、以满足执行机构的工作要求；并实现各种不同的工作循环。液压阀分为压

力控制阀，方向控制阀，流量控制阀等。

四、辅助装置——液压系统的附件。它包括油箱、油管及管接头、滤油口、密封件、冷却口，蓄能口以及各种控制仪表；

五、工作介质——传递能量的物质。即为各种液压油或乳化液。由于渔业机械常用矿物油作为工作介质，所以课本着重研究液压油的物理化学性质。

下面再以液压卷扬机的液压系统的例子来说明其工作原理及各种元件的作用。

电动机带动液压泵旋转后，从油箱中吸油，以较高的油压将这些油压出，这样，液压泵就把电动机的机械能转换成液压油的压力能；压力油进入液压马达，使液压马达旋转并带动卷筒旋转，这样，液压马达就把压力油的压力能转换成卷筒旋转的机械能。换向控制阀的作用是控制液流的方向，它有P、A、B和O四个口分别与液压泵、液压马达的进出口及油箱相通，它可使液压马达进行正转、反转、停止等动作。如果液压马达超负荷时，液压泵来的液压油其压力便急剧上升，这就会造成油管破裂、液压元件损坏等事故，为此装置了溢流阀（安全阀）2，以限制液压系统内的最高油压，当由于任何原因使系统油压升高到一定值时，安全阀开启，液压泵来的油通过安全阀流回油箱，油压便不会继续上升。

油箱的作用主要是储存油液、散热和分离油中的泡沫、杂质等，滤油口的作用是滤去液压油中的杂质以减少各液压元件的磨损。

以后各章将分别叙述液压传动的基本理论——液压流体力学，各种液压元件的结构、工作原理及其中部分元件（液压缸）的设计计算，并进而分析各种常用渔业机械动力机械的液压系统的基本回路，同时介绍典型渔船机械的系统设计及其使用、

维修故障排除。

§ 1—3 液压系统图形符号

液压系统由各种液压元件、辅助装置及油管等组成，如果用各种元件的结构图来表达整个液压系统，则绘制起来非常复杂，而且难于将其原理表达清楚，因而实际上采用以各种符号来表示元件的职能，目前我国已采用了液压图形符号（GB 786—76）来绘制液压系统图。图形符号称为职能符号，它是以某一特定的图形表示液压元件的作用（职能）、连接系统的通路，而不反映其具体结构和参数，同时，符号均以元件的静止位置（如压力阀）或零位置（如换向阀）表示，也不表示从一个工作状态转到另一工作状态的过程。

我国国家标准液压图形符号（GB 786—76）简要说明如下：

1. 本标准规定的图形符号，主要用于绘制以液压油为工作介质的液压系统原理图。

2. 本标准仅规定液压的各种元件的基本符号、以及部分常用的其他有关装置的符号。

3. 符号只表示元件的职能、连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，不表示系统管路的具体位置及元件的安装位置。

4. 元件的符号均以静止位置或零位置表示，当组成系统其动作另有说明时，可作例外。

5. 符号在系统图中的布置，除有方向性的元件符号（如

油箱、仪表等)外,根据具体情况可水平和垂直绘制。

6. 元件的名称、型号和参数(如压力、流量、功率、管径等)、一般在系统图的元件中标明,必要时可标注在元件符号旁边。

7. 本标准中未规定的图形符号,可以根据本标准的规则和前列图的规律性进行派生,当无法直接引用及派生时,或者有必要特别说明系统中某一主要元件的结构及动作原理时,均允许局部采用结构简图表示。






8. 符号的大小以清晰美观为规则,根据图纸幅面的大小斟酌的处理,但应适当保持图形本身的比例。

我国液压图形符号标准为GB 786—76,见附录1。它与国际上的标准虽不完全一致,但基本上大同小异,掌握我国的图形符号标准,对阅读国外液压系统图也很方便。

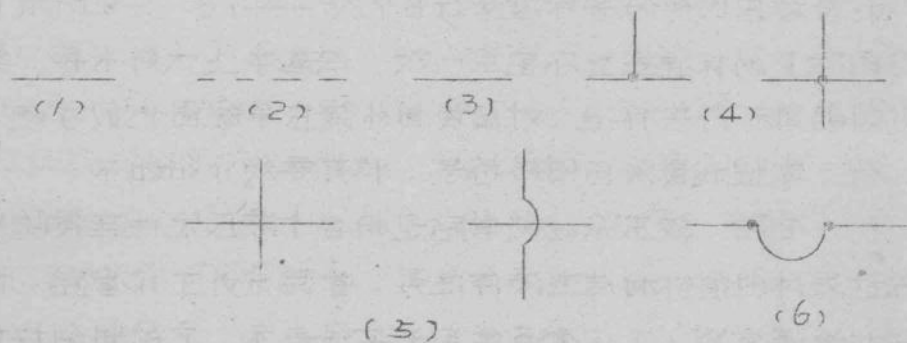
为了掌握我国液压图形符号,将其要领介绍如下:

一、管路:液压系统的管路是将各个液压元件连接起来,以保证液体的循环和传递液体能量。管路分为工作管路、控制管路和泄漏管路。工作管通常用粗实线表示,它的粗细按机械制图一般规定(GB 126—74)中规定为 $b \approx (0.4 \sim 1.2)$ 毫米。

控制管路用虚线表示,线型宽度为 $b/2$ 左右;泄漏管路用细实线表示,线型用 $b/3$ 或更细;管路接管点在连接外用

表示,其 $d = (3 \sim 5)b$,因此接管路的符号如:
或
表示;当交叉管路时可用下面任选一种来表示:
或
;若是用软管连接用表示,管路的图形符号如(图1-4)。

二、液压泵和液压马达：它们均以圆形符号表示，其中三角形表示液体传压方向，三角形的高度约为圆形的直径的五分之一，如图形内的三角形尖端向外说明液流向外流出，即传压方向向外表示是液压泵（图1—5（1））；如图形内的三角形尖端向圆形中心说明液流向内，传压方向是指向中心，这表示液压马达（图1—5（2））；若圆形符号中有二个三角形表示传压方向是双向（图1—5（3））；当液压泵或液压马达的流量是可改变的称为变量，常用可调性符号 \nearrow 表示，但箭头只允许向右上才倾斜绘制，因此在圆形符号加上可调性符号表示是变量。（图1—5（4））。



- | | |
|----------|----------|
| (1) 工作管路 | (2) 控制管路 |
| (3) 注漏管路 | (4) 连接管路 |
| (5) 交叉管路 | (6) 软管连接 |

图1—4 管路图形符号

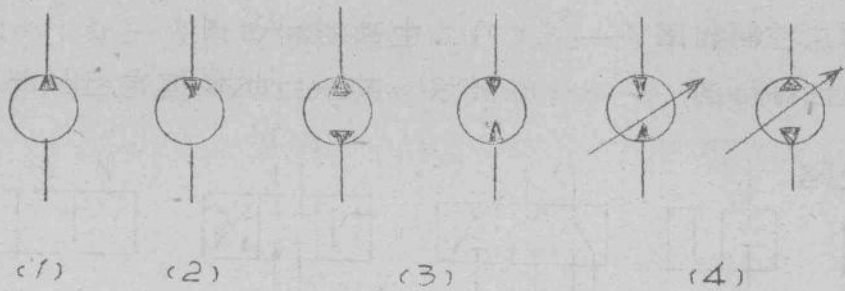


图 1—5 液压泵和马达图形符号

三、方向阀的取能图形符号：它的每一个工作位置用一个方框表示，当阀的过渡位置用虚线表示中间过渡位置。而方框外的每一直线——每一通路（如图 1—6），因此方框的数目表示数位的多少，方框外直线数表示通路数的多少；当阀的通路标志在图形符号上须标注通道的性质时，可标注在通道旁边，压力腔用 P 、或 p_1 、 p_2 、……— p_n ）回油腔用 O 或 o_1 、 o_2 、……— o_n ，二次压力腔即工作压力腔用 A 、 B 、 C 、……—或 a 、 b 、 c 、……；溢漏油腔用 L 或 L_1 、 L_2 、……等表示。

方框内的直线即表示阀在该位置时液流的连通情况。用“ \uparrow ”表示液流连通方向；而“ \downarrow ”表示液流堵死不通。图 1—6(4) 表示位置 1 时，即 P 通向 a 用 $P \rightarrow a$ 表示，而 b 通向 O 用 $b \rightarrow O$ 表示；在中间位置（零位置）时， P 、 O 、 a 及 b 都堵死不通；在阀的右端 2 时， $P \rightarrow b$ 及 $a \rightarrow O$ 。

方框两端表示方向换阀的控制方式。换向阀的控制方式如图 1—6 所示，常用的分为人工控制手柄式如图 1—6(b)、机械控制弹簧式图 1—6(7)、但弹簧符号为 W 、液压控制用虚线表示及先导式，先导式又分加压控制如图 1—6(8) 所示。

卸压控制如图 1-6(9)、电磁控制如图 1-6(10) 所示。定位机构如图 1-6(11) 所示，其缺口数根据定位数而定。

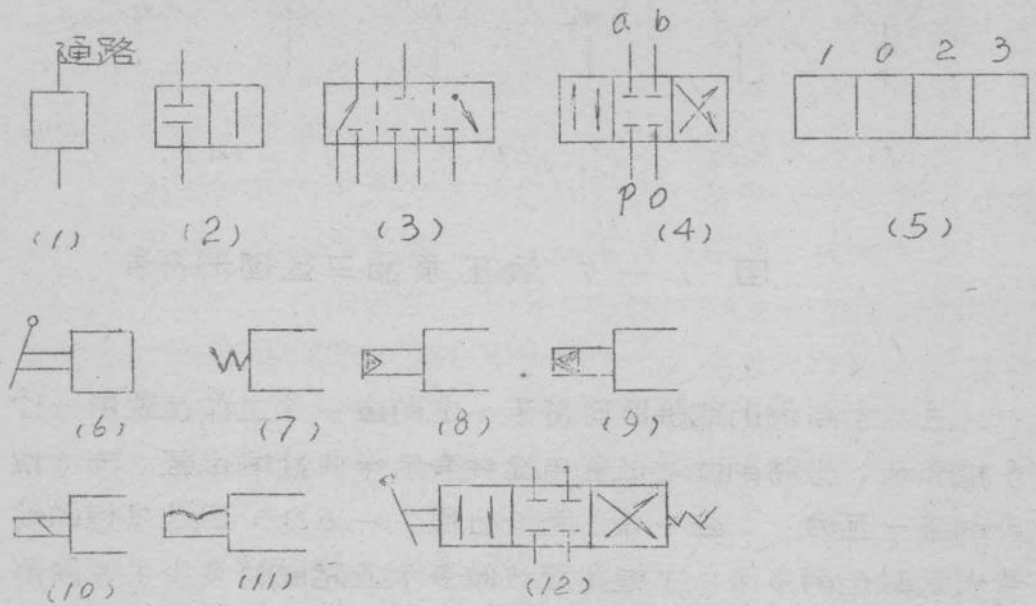


图 1-6 方向换向阀图形符号

方向换向阀的换向顺序按阿拉伯数字顺序如图 1-7 所示。

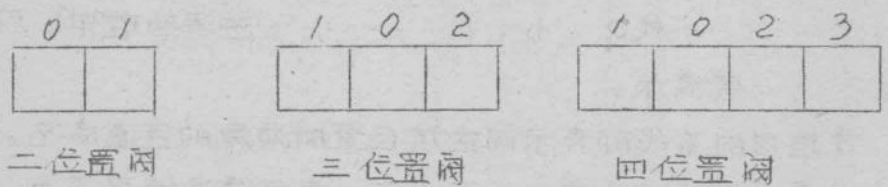


图 1-7 方向阀的换位顺序

方向换向阀的过渡位置用虚线表示中间过渡位置如图 1-8 所示。为二位三通阀带中间过渡位置。

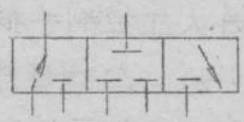


图 1-8