

# 液压传动系统的故障与修理

江泽欣 田振华编著

电子工业出版社

37

## 内 容 简 介

本书系统地阐述了液压元件和液压系统的常见故障,分析了故障产生原因并说明了相应的修理方法,书中还介绍了液压系统的安装、清洗和调试验知识。在本书的最后介绍了液压油的合理使用知识和液压元件的试验方法和验收标准。

本书可供科学技术人员、工程技术人员和从事液压设备使用和维修的工作人员参考。

## 液压传动系统的故障与修理

江泽欣 田振华 编

责任编辑:慈畴

电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

妙峰山印刷厂印刷

•

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 8.5 字数: 191千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数: 1—75,000册 定价: 3.20元

ISBN 7-5053-0614-6/TH·6

## 前 言

随着科学技术的发展，从尖端技术领域到国民经济各个部门，液压传动技术使用日益广泛。为了适应科学技术发展的需要，使液压传动技术在国民经济中发挥更大的作用，我们编写了这本《液压传动系统的故障与修理》，供广大工程技术人员和从事液压设备使用与维修者参考。

本书系统地阐述了液压元件和液压系统的常见故障，分析了故障产生原因并提出了相应的修理方法。书中还介绍了液压系统的安装、清洗和调试知识。在书本的最后介绍了液压油的合理使用知识和液压元件的试验方法与验收标准。

由于我们水平有限，时间又比较仓促，书中的错误和缺点在所难免，为此，请读者批评指正

编 者

一九八八年八月于吉林工  
学院

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 绪论                | 1  |
| § 1—1 液压传动发展概况        | 1  |
| § 1—2 液压传动的工作原理及其组成部分 | 2  |
| 一、液压传动的工作原理           | 2  |
| 二、液压传动的组成部分           | 4  |
| 三、液压系统的图形符号           | 5  |
| § 1—3 液压传动的优缺点        | 6  |
| § 1—4 液压传动在机械工业中的应用   | 7  |
| 第二章 液压系统的安装、清洗和调试     | 10 |
| § 2—1 液压系统的安装         | 11 |
| 一、液压管路的安装             | 11 |
| 二、液压元件的安装             | 14 |
| § 2—2 液压系统的清洗         | 16 |
| 一、散件清洗                | 17 |
| 二、回路清洗                | 17 |
| 三、清洁度标准               | 19 |
| 四、液压系统的试压             | 21 |
| § 2—3 液压系统的调试         | 22 |
| 一、液压系统调试准备            | 23 |
| 二、液压系统的调试             | 24 |
| 第三章 液压元件的故障与修理        | 27 |
| § 3—1 液压泵的故障与修理       | 27 |
| 一、齿轮泵                 | 27 |
| 二、叶片泵                 | 36 |
| 三、摆线转子泵               | 46 |

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 四、轴向柱塞泵                 | 51  |
| 五、螺杆泵                   | 60  |
| § 3—2 液压马达与液压缸的故障与修理    | 63  |
| 一、齿轮马达                  | 63  |
| 二、叶片马达                  | 69  |
| 三、轴向柱塞马达                | 74  |
| 四、液压缸                   | 77  |
| § 3—3 液压控制阀的故障与修理       | 91  |
| 一、压力控制阀                 | 91  |
| 二、方向控制阀                 | 102 |
| 三、流量控制阀                 | 109 |
| 四、辅助元件                  | 114 |
| 第四章 液压传动系统的故障与修理        | 122 |
| § 4—1 液压传动系统的故障排除步骤     | 122 |
| § 4—2 机床液压系统常见故障与修理     | 126 |
| 一、液压系统的工作压力及工作机构运动失常    | 126 |
| 二、液压冲击和液压卡紧             | 134 |
| 三、振动、噪声与爬行              | 150 |
| 四、液压系统自动循环错乱            | 160 |
| 五、气穴                    | 169 |
| 六、温升与泄漏                 | 174 |
| § 4—3 其它各类机械液压传动系统故障与修理 | 188 |
| § 4—4 液压传动系统常见故障分析表     | 210 |
| 第五章 液压油的合理使用            | 218 |
| § 5—1 常用液压油和它们的特点       | 218 |
| 一、液压传动系统对液压油的基本要求       | 218 |
| 二、常用液压油                 | 221 |
| § 5—2 液压油的污染和污染控制       | 227 |
| 一、液压油污染造成的危害            | 227 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 二、液压油污染的原因 .....             | 822 |
| 三、液压油污染控制 .....              | 228 |
| § 5—3 液压油的选择 .....           | 231 |
| 一、合理选择液压油 .....              | 231 |
| 二、液压油在不同生产机械中的选用 .....       | 233 |
| 三、液压油的更换 .....               | 236 |
| 第六章 液压元件的验收标准与试验方法 .....     | 237 |
| § 6—1 液压泵的验收标准与试验方法 .....    | 238 |
| 一、定量叶片泵的验收标准与试验方法 .....      | 238 |
| 二、变量叶片泵的验收标准与试验方法 .....      | 240 |
| 三、轴向柱塞式变量泵的验收标准与试验方法 .....   | 242 |
| § 6—2 液压缸的验收标准与试验方法 .....    | 244 |
| 一、进给油缸的验收标准与试验方法 .....       | 244 |
| 二、夹紧油缸的验收标准与试验方法 .....       | 246 |
| § 6—3 液压阀的验收标准与验收方法 .....    | 247 |
| 一、溢流阀的验收标准与试验方法 .....        | 247 |
| 二、减压阀的验收标准与试验方法 .....        | 249 |
| 三、顺序阀的验收标准与试验方法 .....        | 250 |
| 四、压力继电器的验收标准与试验方法 .....      | 251 |
| 五、节流阀的验收标准与试验方法 .....        | 253 |
| 六、调速阀的验收标准与试验方法 .....        | 254 |
| 七、电磁换向阀的验收标准与试验方法 .....      | 255 |
| 八、液动换向阀的验收标准与试验方法 .....      | 256 |
| 九、机动换向阀的验收标准与试验方法 .....      | 258 |
| 十、单向阀的验收标准与试验方法 .....        | 259 |
| § 6—4 液压传动装置的验收标准与试验方法 ..... | 259 |
| 一、外观检查 .....                 | 260 |
| 二、运转检查 .....                 | 260 |

# 第一章 绪 论

## § 1-1 液压传动发展概况

液压传动相对于机械传动来说，是一门新的技术。液压传动技术的发展与流体力学的理论研究有着密切的关系。十七世纪中叶巴斯卡提出了静压传递原理，十八世纪流体力学的两个重要原理——连续性方程和伯努利方程相继建立。这些理论为液压传动技术奠定了基础。如果从1795年英国制成世界上第一台水压机算起，液压传动已有二、三百年的历史。虽然它的基本原理早就为人们熟悉并用于生产，但是象今天这样广泛地用于各种机械的复杂运动和控制，还是近四、五十年的事。

十九世纪末，德国制成了液压龙门刨床，美国制成了液压六角车床和磨床。由于没有成熟的液压元件，一些通用机床直到本世纪30年代才开始采用液压传动，而且仍很不普遍。第二次世界大战期间，某些兵器用上了反应快、动作准、功率大的液压传动装置，推动了液压技术的发展。战后，液压技术迅速转向民用，在机床、工程机械、农业机械、汽车等行业中逐步推广。本世纪60年代以后，随着原子能、空间技术、计算机等技术的发展，液压技术得到了很大发展，渗透到国民经济的各个领域。当前液压技术正向高压、高速、大功率、高效、低噪声、经久耐用、高度集成化等方向发展；同时，新的液压元件和液压系统的计算机辅助

设计、计算机仿真和优化、微机控制等工作，也日益取得显著的成果。

解放前，液压传动在我国是一个空白点。解放后我国的液压传动技术从无到有得到了迅速的发展。我国的液压工业开始于本世纪50年代，其产品最初应用于机床和锻压设备，后来又用于拖拉机和工程机械。自1964年从国外引进一些液压元件生产技术，同时进行自行设计液压产品以来，我国的液压件生产已从低压到高压形成系列，并在各种机械设备上得到了广泛的使用。

## § 1-2 液压传动的工作原理及其组成部分

### 一、液压传动的工作原理

在工业生产中，经常可以看到由轴、皮带、齿轮等零件组成的机械传动装置。液压传动和机械传动相比，有原则区别且具有许多优点，它的主要特点是以液体——油为传动件（介质）。图1-1示出一种驱动机床工作台的液压系统，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组成。它的工作原理如下：液压泵由电动机带动旋转后，从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵。当它从泵输出进入压力管后，在图1-1(a)所示的状态下，通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔，推动活塞和工作台向右移动。这时，液压缸右腔的油经换向阀和回油管①排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成图1-1(b)所示的状态，则压力



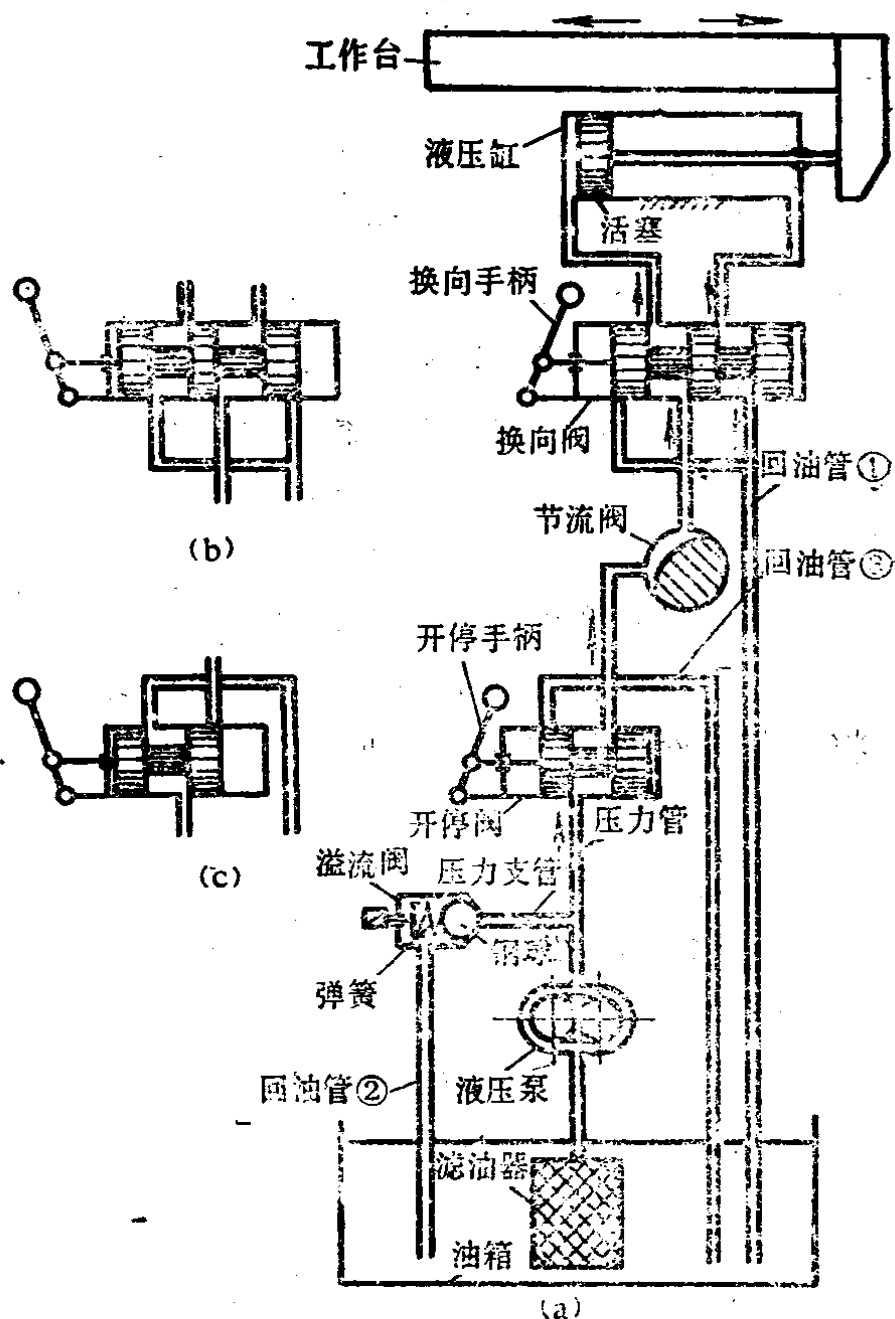


图 1-1 机床工作台液压系统的工作原理图

管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔，推动活塞和工作台向左移动，并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管①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，进入液压缸的油液增多，工作台的移动速度增大，当

节流阀关小时，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。系统中输入液压缸的油液是通过节流阀调节的，泵所输出的多余的油液须经溢流阀和回油管②排回油箱。这只有在压力支管中的油液压力对溢流阀钢球的作用力等于或略大于溢流阀中弹簧的预压力时，油液才能顶开溢流阀中的钢球流回油箱。所以，在图示系统中液压泵出口处的油液压力是由溢流阀决定的，它和缸中的油液压力不一样大。

如果将开停手柄转换成图1-1(c)所示的状态，压力管中的油液将经开停阀和回油管③排回油箱，不输到液压缸中去，这时工作台就停止运动。

从上面这个简单的例子中可以看到：

(1) 液压传动是以液体作为工作介质来传递能量的。

(2) 液压传动用液体的压力能来传递动力，它与利用液体动能的液力传动是不相同的。

(3) 液压传动中的工作介质是在受控制、受调节的状态下进行工作的，因此液压传动和液压控制常常难以截然分开。

## 二、液压传动的组成部分

液压传动装置主要由以下四部分组成：

(1) 能源装置——把机械能转换成油液液压能的装置。最常见的形式就是液压泵，它给液压系统提供压力油。

(2) 执行装置——把油液的液压能转换成机械能的装置。它可以是作直线运动的液压缸，也可以是作回转运动的

液压马达。

(3) 控制调节装置——对系统中油液压力、流量和流动方向进行控制或调节的装置。例如上例中的溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。这些元件的不同组合形成了不同功能的液压系统。

(4) 辅助装置——上述三部分以外的其它装置，例如上例中的油箱、滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作也有重要作用。

### 三、液压系统图的图形符号

图1-1(a)所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图，它直观性强，容易理解，但绘制起来比较麻烦，系统中元件数量多时更是如此。图1-2示出同一个液压系统用GB 786-76 液压及气动图形符号绘制成的工作原理图。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了，便于绘制。有些液压元件的职能如果无法用这些符号表达时，也可采用它的

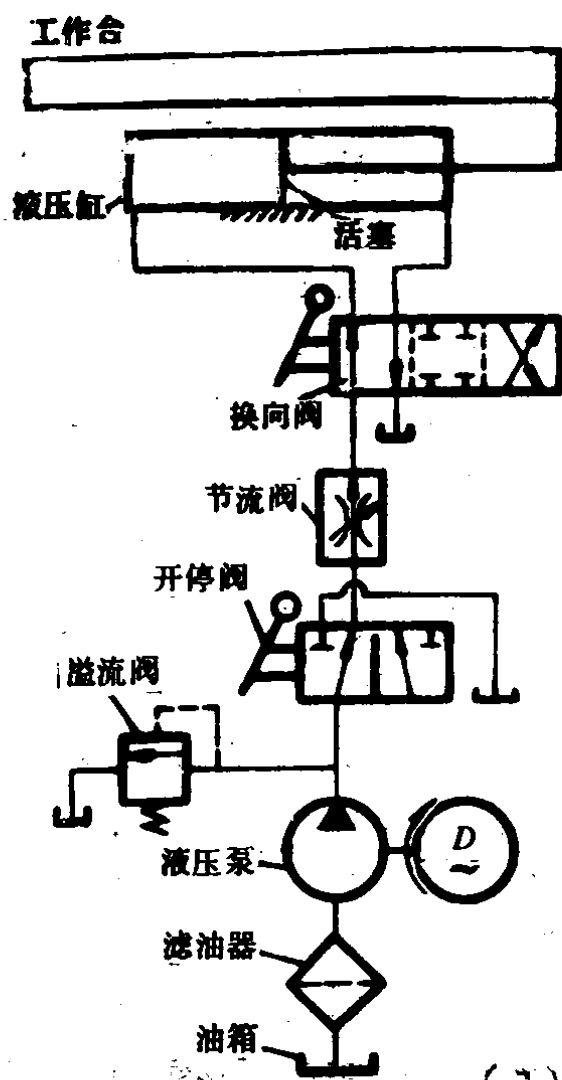


图 1-2 机床工作台液压系统的图形符号图

结构示意图。

### § 1-3 液压传动的优缺点

液压传动有以下一些优点：

(1) 在同等的体积下，液压装置能比电气装置产生出更大的动力，因为液压系统中的压力可以比电枢磁场中的磁力大30~40倍。在同等功率的情况下，液压装置的体积小，重量轻，结构紧凑。液压马达的体积和重量只有同等功率电动机的12%左右。

(2) 液压装置的工作比较平稳。液压装置由于重量轻、惯性小、反应快，易于实现快速启动、制动和频繁的换向。液压装置的换向频率，在实现往复回转运动时可达每分钟500次，实现往复直线运动时可达每分钟1000次。

(3) 液压装置能在大范围内实现无级调速(调速范围可达1:2000)，还可以在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 液压传动容易实现自动化，因为它是对液体的压力、流量和流动方向进行控制或调节，操纵很方便。当液压控制和电气控制或气动控制结合在一起使用时，能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 液压装置易于实现过载保护。液压件能自行润滑，因此使用寿命较长。

(6) 由于液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，液压系统的设计、制造和使用都比较方便。液压元件的排列布置也具有较大的机动性。

(7) 用液压传动来实现直线运动远比用机械传动简单。

液压传动的缺点是：

(1) 液压传动不能保证严格的传动比，这是由液压油的可压缩性和泄漏等因素造成的。

(2) 液压传动在工作过程中常有较多的能量损失（摩擦损失、泄漏损失等），用作远距离传动时更是如此。

(3) 液压传动对油温的变化比较敏感，它的工作稳定性很易受到温度的影响，因此它不宜在很高或很低的温度条件下工作。

(4) 为了减少泄漏，液压元件在制造精度上的要求都较高，因此它的造价较贵，而且对油液的污染比较敏感。

(5) 液压传动要求有单独的能源。

(6) 液压传动出现故障时不易找出原因。

总的来说，液压传动的优点是突出的，它的缺点将随着科学技术的发展而逐渐得到克服。

## § 1-4 液压传动在机械工业中的应用

机械工业各部门应用液压传动的出发点是不尽相同的：例如，工程机械、压力机械和航空工业采用液压传动的主要原因是取其结构简单，体积小，重量轻，输出力大；机床上采用液压传动是取其能在工作过程中实现无级变速，易于实现频繁的换向，易于实现自动化等等。

在机床中，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可以采用液压传动。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节范围,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保持恒定,有的要求有良好的转向性能等等。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整装置和标准丝杠校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,采用液压传动后,有利于简化机床结构,提高机床自动化程度。

## **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。

液压传动在其它机械工业部门的应用情况见表 1-1 所示。

高

**表 1-1 液压传动在各类机械行业中的应用**

| 行业名称   | 应 用 场 所 举 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、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   | 电炉炉顶及电极升降机、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、汽车中的转向器、减振器等 |

## 第二章 液压系统的安装、 清洗和调试

液压系统的工作效果与设计、制造、贮存、运输、安装、调试、使用和维护等环节有直接关系。如果能科学地、正确地、合理地完成上述环节，那么，液压系统就能充分发挥其工作效益，减少故障，延长寿命。

### § 2-1 液压系统的安装

液压系统的安装包括液压管路、液压元件、辅助元件的安装，具体程序如下：

- (1) 安装准备：管路下料、弯管和焊接等；
- (2) 散件清洗：酸洗管路、接头、清洗油箱、元件；
- (3) 回路组装：安装成清洗回路；
- (4) 回路清洗：用清洗油清洗回路；
- (5) 系统安装：组成正始系统；
- (6) 试车调整：灌入工作用油，进行正式试车。

#### 一、液压管路的安装

##### (一) 管路材料

液压系统管路材料主要取决于系统的油压和运动要求。常用油管有刚性油管和挠性油管。刚性油管包括无缝钢管、



不锈钢管、有缝钢管、铝管、铜管和尼龙管；挠性管包括低压胶管、高压胶管和高压塑料管。

无缝钢管具有强度高、价格低、易于实现连接处密封等优点，在液压系统中广泛使用。这种钢管承载能力高，多用于功率大、装配部位不受严格控制的生产机械中。无缝钢管又可分为热轧管和冷拔管两种。热轧管管壁较厚，多用于焊接接头或法兰连接处。冷拔管的外径尺寸比较精确，管壁较薄，适合与卡套式接头连接。

焊管也称为有缝钢管，使用压力较低，常用于压力小于 $2.5\text{ MPa}$ 的液压系统，其价格较无缝钢管便宜。

无论无缝钢管或焊管，为了配管时便于焊接，一般采用低碳钢管。无缝钢管常用的低碳钢牌号为10、15或20号钢，焊管用B<sub>3</sub>F钢或A<sub>3</sub>F钢。

不锈钢管的优点是尺寸精确和表面光洁，但价格昂贵，适用于要求较高的液压系统，如航空液压系统和液压伺服系统中。

铜管有紫铜管和黄铜管两种。紫铜管容易弯曲、装配方便，但承压能力低，多用于低压系统。黄铜管承压能力较高。铜材价格较贵，抗振能力差，长期使用（尤其在高温下使用）易引起油液氧化，所以，铜管应尽可能不用。

铝管容易弯曲，扩口时不会引起加工硬化，但强度低，适用于低压管路。

尼龙管和塑料管均适用于低压系统，但是容易老化变质。

橡胶软管广泛应用于连接与系统有相对运动的部件，这种软管安装方便，不怕振动，有助于吸收液压冲击。橡胶软管有高压和低压两种。高压橡胶软管由夹有多层钢丝编织或多