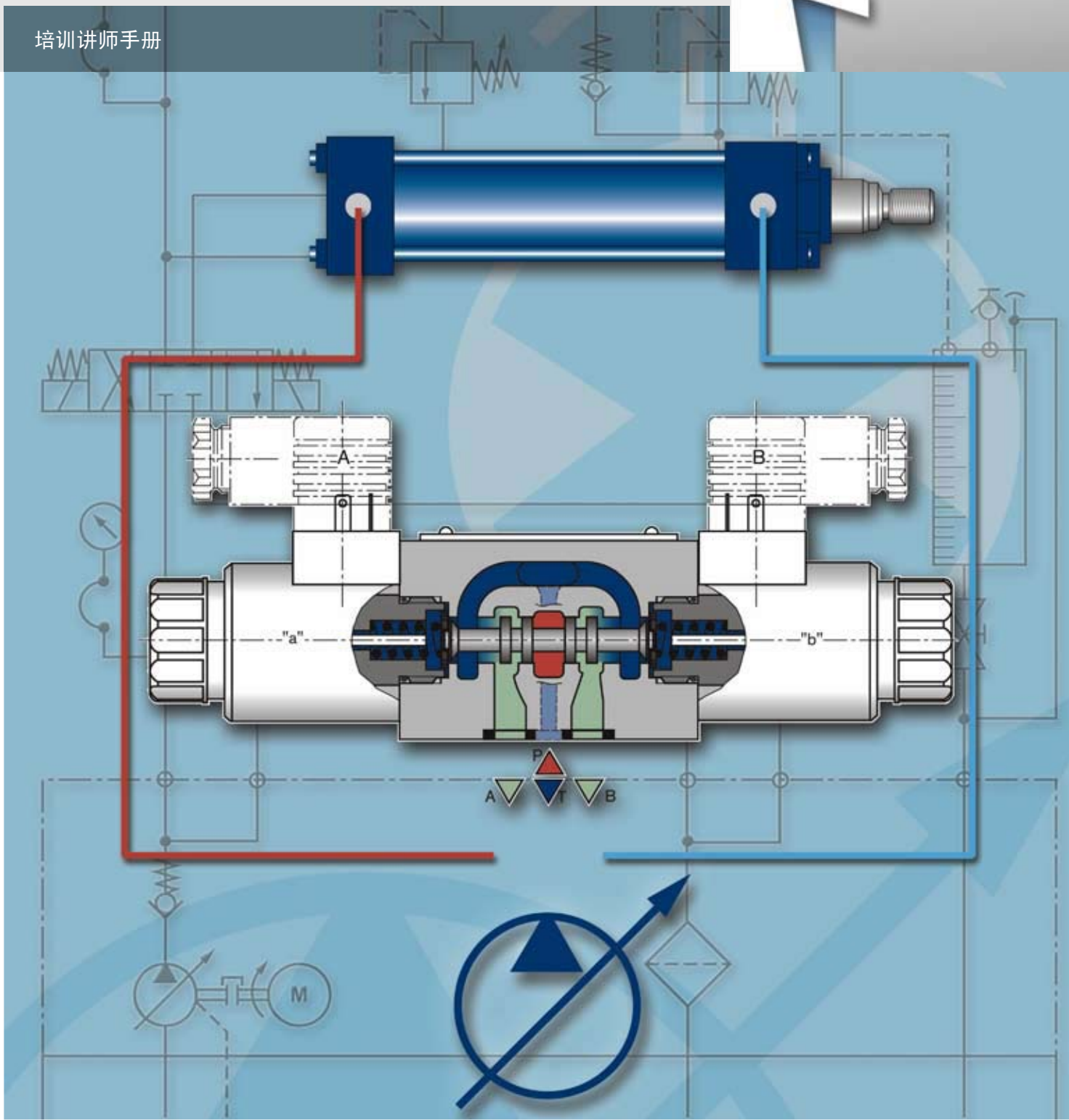


# 工业液压技术 项目手册

RC 00845/04.07

培训讲师手册





## 前言

2004年7月，国联邦经济与劳动部通过了一项新的法令，以规范金属加工行业的职业培训。

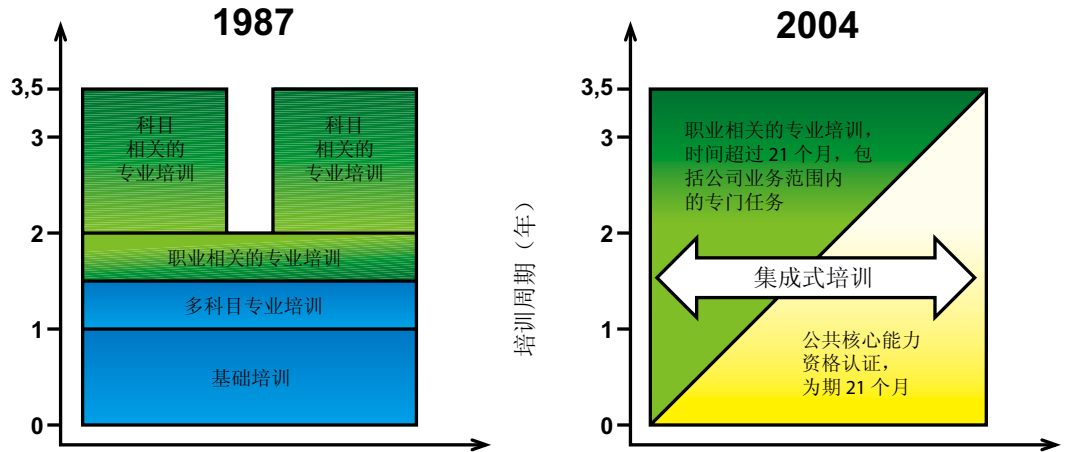
在法令的第3节中，确立了整个职业领域开展基础培训、职业培训的结构和目的。技能与知识（资质）的传授，应当参照实际需要来进行。为确保今后符合实际工作的要求，讲师应培养学员独立工作的能力，尤其必须独立地进行规划组织、具体实施、核实监控、以及独立在整个业务环境中开展工作。

|           |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 专业资质认证    | 与职业相关的专业资质认证（比如总成和系统的制造、装配与拆卸），应当与核心能力资格认证（比如相关工作的规划和组织、工作结果的评估）结合起来进行。                                                                                                                                         |
| 核心能力资格认证  | 对于职业相关的专业资质认证，其培训内容除了其它内容之外，还包括相关业务范围内的业务过程和质量保证系统。                                                                                                                                                             |
| 项目手册      | 这本《工业液压技术项目手册》旨在作为培训讲师和技术讲解员的教学与练习用书，以帮助他们通过项目工作有效地传授知识。                                                                                                                                                        |
| BIBB      | 对于柏林职业培训联邦研究院（柏林 BIBB）所编写的练习题，我们在项目任务中作了相关说明；这些项目所依据的，是金属加工和电气工程类职业经历了重构之后的应用背景。                                                                                                                                |
| 实践导向型项目任务 | <p>有了所有这些实践导向型项目，核心能力资格认证和专业资质认证的培训（包括独立的规划、实施和检查等环节），就能以集成的方式开展知识传授。</p> <p>培训课程的结构化组织，能让项目经理/培训讲师先向学员讲解项目订单的要求，并在学员开展项目工作期间给予支持。</p> <p>在进行后续项目任务的过程中，减少了项目经理所提供的信息和帮助；这样，学员就可以学会如何主动地将工作开展下去，以符合项目管理的要求。</p> |



### 金属加工和电气工程类的职业重构

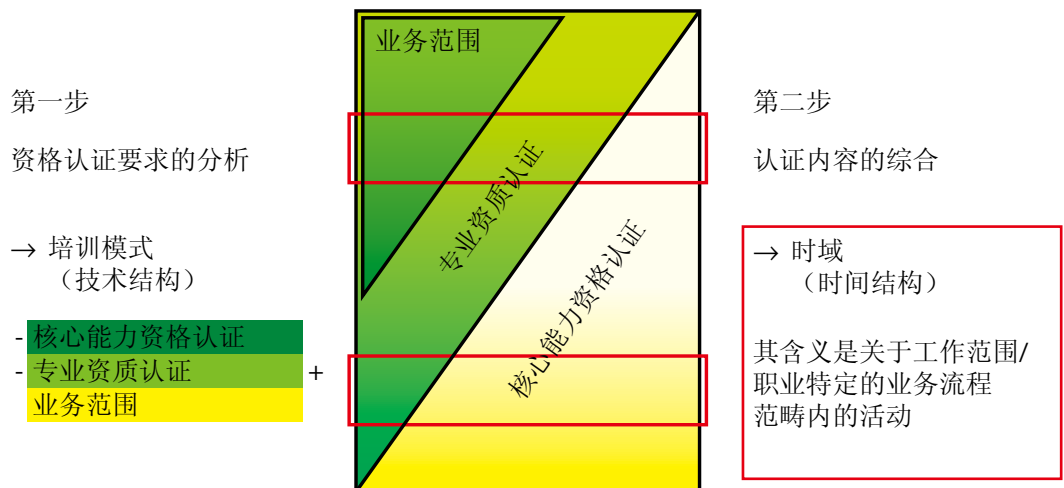
面向过程的工作流程正在变得越来越重要，新技术的复杂性和网络化程度正在日益提高，再加上以客户为导向的全方位服务的要求——这些因素迫使金属加工行业进行职业重构；对此，1987年颁布的法规已做出了相关的规定。



金属加工行业的职业重构 (来源: DIHK 06/2004)

### 资格认证要求

为符合核心能力资格认证的要求，必须通过按部就班的项目工作方式来解决各实际问题，包括信息收集、规划组织、制定对策、具体实施、核实监控和方案评估。通过掌握并内化多种认证要求，最终形成专业化的实际操作技能。



时域-方法 (来源: DIHT 06/2004)

## 通过项目工作传授知识

这本《工业液压技术项目手册》以实际应用为背景，旨在传授液压控制技术领域所需掌握的专业知识。其中的项目工作均按逻辑顺序进行了有机的组织，这样有助于学员掌握以下内容：

### 培训内容

- 理解物理定律和技术的内在关联性（面积、压力、力、功和功率），
- 开始能解释液压设备的功能、结构、实际工作原理和可应用的领域，
- 开始能阅读并理解液压符号和回路图，
- 根据准备好的回路图，逐步了解液压控制的基本原理和总成设备。
- 熟悉液压流体的型号、特性、要求和应用。

### 课程架构

这本《工业液压技术项目手册》中所述的项目任务和项目工作，旨在为培训讲师和学员提供信息和工具，有助于他们在进行液压行业专门知识和技术的传授方面符合相关的要求。

以下所列的各个分目标摘自工业机械职业培训的课程架构，符合2004年9月7日颁布的《金属加工行业的职业培训法规》（BGBl. I. S. 1502）要求；此外，还参考了液压控制技术的培训目的。

#### 工业机械

- 计划并组织工作序列，检查并评价工作结果，
- 核实机械变量和物理变量，
- 机器、设备、固定装置和系统的装配与拆卸，
- 系统和设备（包括开环与闭环控制设备）的试运行，并通知客户，
- 开展维护工作，并确保技术系统的可操作性，
- 编制技术文档，
- 运用相关的标准和法规，以确保生产过程和产品质量的合规性，并促进公司工作流程的持续改进。

### 业务范围

工业机械被赋予的主要任务，是从事生产、装配、维护和技术系统自动化方面的职业活动。对于前文所述的业务范围，我们将在各个培训章节中加以讲述。就业务范围而言，各个培训年份的培训章节是相互衔接在一起的。

### 培训章节

对于项目运作所必需的培训课程，我们采取不同于常规的章节授课方式。这些培训课程通过系统性、技术性、以及情景相关或案例相关的形式，引导学员逐步获得项目任务的解决方案。项目工作的过程中需要注意的一点是：只要条件具备，就应当将学员组织成团队，自己运作项目，自己承担责任。

这样，就能让培训内容更贴近学员的实践环节，大大简化了实际操作技能的传授过程。为完成更为复杂的项目任务，可能需要以系统化的技术培训来传授本项目的基本原理。

培训课程第6章为液压控制技术，如下所述。  
(培训框架课程 § 10 第 1 节，编号 10 / 控制技术)

|                                                                                                                                                                                                                                    |             |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| 培训课程<br>第 6 章：                                                                                                                                                                                                                     | 控制系统的安装和试运行 | 培训的第二年<br>推荐课时：60 小时 |
| <p>学员要进行控制系统的安装与试运行。在各种不同部件技术的回路图和其它技术文档的基础上，他们必须确定需要用到的控制部件及其控制功能序列。因此，必须用到生产厂商的技术文件。</p> <p>学员进行控制系统的设计与实现；在进行控制系统的试运行工作时，必须遵循相关的安全操作规程；他们还需要拟定控制系统故障诊断和优化的策略，并在项目工作中予以应用。</p> <p>此外，他们还需使用适当的用户程序，以文件方式整理并呈现项目的结果。</p>          |             |                      |
| <p>培训的第二年：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 技术原理图</li> <li>• 液压动力部分</li> <li>• 泵站</li> <li>• 传感器</li> <li>• 物流，能量流，信息流</li> <li>• 电路图</li> <li>• 高压流体</li> <li>• 压力，力，速度，流量</li> <li>• 运行模式</li> <li>• 设备安全</li> </ul> |             |                      |

对于每一个培训章节而言，课程教学法应当以学员职业范畴内的业务流程及工作流程作为出发点。对于各个培训章节所制定的教学目的，正是反映了这一原则；这些教学目的是形成课程内容结构化的决定性因素，也代表着至少需掌握的知识范畴（包含增补内容在内）。

## 培训计划

对于各培训章节的技术内容，我们没有以差异化的形式加以呈现，而均以常见的方式来编写。各章节的培训内容，是以公司内部培训课程的方式来加以组织的。

根据《金属加工行业的职业培训法规》§ 7，允许在技术内容和课程计划方面作出不同的安排，在实际要求必须作出这种变动的时候尤其如此。

《液压项目手册》中的项目任务都按照结构化的方式编排，以确保学员通过项目定义中的六个步骤达到相应的培训目的：

- 信息收集，
- 规划组织，
- 制定对策，
- 具体实施，
- 核实监控，
- 方案评估。

## 专业技能

培养专业技能的目的，在于开发学员的实际操作技能。学员应当在完成任务和解决实际问题的能力和意志力等方面，逐步培养自己的动手能力；同时，在这些技术知识和技能的基础上，通过以目标为导向的方式，独立、巧妙而有条理地评估项目工作的结果。

专业化的  
实际操作技能

在项目定义中所述的项目，具有面向实际需要、高度符合工贸类客户订单的特点。客户订单代表了完整的业务活动，旨在开发并提高学员的专业技能。

如前所述，学员应当通过如下六大步骤梳理项目任务或项目订单。



## 1. 信息收集

在项目定义的基础上，学员需要清晰地认识最终的技术方案，包括任何必要的详细资料。为此，必须进行一次系统化的项目文档分析；必要时，还需要提出一些问题。

可能的问题：

- 需要完成什么任务？
- 我是否已完整地理解了任务要求？
- 涉及到哪些液压部件/系统？



## 2. 规划组织

规划是指为项目具体实施所作的理论准备和预期。具体而言，规划要求具备处理项目订单、以及按部就班地组织项目管理方面的能力。

可能的问题：

- 如何开展工作？
- 需要具备什么知识？
- 可以利用什么辅助手段？
- 我的公司是否有类似的相关应用？

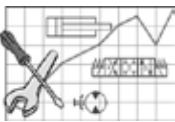


## 3. 制定对策

在结束了规划阶段之后，学员必须确定需要使用的辅助工具，比如哪些数据表是处理项目任务所必需的；需要决定各个项目步骤的先后顺序及其相互关系。此外，还需要就团队方式完成项目任务是否更为方便，作出相应的决策。

可能的问题：

- 用到哪些液压部件？
- 您如何知晓技术数据表即将被更新？
- 我是否利用了各种现有的信息来源？
- 手头是否有规定的安全操作规程？



## 4. 具体实施：

项目实施的顺序，应当根据“订单实施”一节中的工作指导来进行，并兼顾各种安全警示。在经过一次完整的准备阶段之后，基本上需要学员独立地实施项目订单。在撰写书面方案之后还需要验证或质询，以确定该方案是否尝试选用合适的技术。根据不同的项目订单，这些方案实施的可能性也受到相应的制约。对于信息技术类需要较高费用的工作，这个问题尤为突出。

可能的问题：

- 我是否选择了正确的操作序列？



## 5. 核实监控：

在项目实施阶段，学员必须尽早核实中间结果以及客户所要求的最终结果；有时可将项目结果与生产厂商的文件作比较。在进行测试练习时，必须核实测得的数据是否真实；必须对相关的文档资料进行最终的纠错、改进和完整化。当然，还包括最终报告的准备。完成之后，由培训讲师进行最终检查。



可能的问题:

- 是否正确安装了控制系统?
- 是否符合项目的目的?
- 客户对于项目的结果是否满意?
- 需要哪些文档资料?
- 是否按正确的顺序将结果记录在文件之中?



#### 6. 方案评估:

在最终的评估阶段, 将进行外部评估或自我评估; 评估的依据是与项目订单文件之间的比较、所安装的控制系統、以及測量与检查的结果。

如果发现有任何故障, 就必须分析可能的起因, 并讨论如何在今后加以避免。

学员必须学会评价自己的优点和薄弱环节, 并为自己制定目标性的质量标准, 以最终形成自己的专业技能。可以将评估工作确定为一次技术讨论, 还可以与客户一起进行商讨。



#### 一般注意事项:

出于教学方面的考虑, 我们在本手册中都以学员或培训讲师称呼相关人员。这里必须明确指出, 这些称呼是基础培训和高级培训所有相关人士的总称, 包括: 教员、老师、项目经理等等, 且指代男性及女性。

#### 程序性知识

在本手册中, 对于程序性知识(描述性知识)的缘由, 我们不作相关的解释。我们所强调的知识重点在于如何达到某种结果, 中间需要采取哪些措施、实施何种操作步骤或过程, ——换言之, 如何达到学习的目的。

读者应务必将本手册当作核心能力资格认证和专业资质认证培训的一种工具, 将其视为按照金属加工行业的职业培训的法规, 以集成的方式, 通过独立的规划、实施和检查等环节传授知识的一本工具书。

#### 图形符号

本书会反复出现的一些图形符号; 使用这些图形符号的目的, 旨在通过与文字语言无关的简洁图形, 尽可能迅速地向读者传达一些重要信息。

## 项目名称及行业应用概述



关于液压控制技术，必须通过相关的实践环节才能牢固掌握其基本原理。

培训讲师将通过 21 个自成一体的项目来传授液压基础知识，最后还给出了与客户要求相关的项目详细定义。其目的是让学员在处理项目订单的过程中，更为清晰地掌握系统各部件的功能和应用领域。

| 编号 | 项目名称       | 工业应用（实例）                                                    |
|----|------------|-------------------------------------------------------------|
| 01 | 液压泵站       | 通过液压泵站为液压缸供给压力油。根据客户规定的基本参数，确定简易型泵站的额定功率。                   |
| 02 | 液压泵及其特性曲线  | 压力补偿式叶片泵的典型特性。<br>通过泵的特性曲线，了解其控制特性。                         |
| 03 | 单出杆油缸及增压原理 | 采用单出杆油缸和出口节流方式应考虑安全问题（比如行进动作）                               |
| 04 | 单出杆油缸及流量调节 | 单出杆油缸在伸出和缩回时具有不同的行进速度。<br>不同类型液压缸的应用。                       |
| 05 | 液压马达       | 通过一台液压马达驱动升降机，实现负载的上升与下降。                                   |
| 06 | 三位四通方向阀    | 通过一只三位四通方向阀控制单出杆油缸的方向；<br>可将油缸放在任何位置。<br>各类方向阀阀芯的形状和符号。     |
| 07 | 单向阀        | 利用一只单向阀，对于焊接装置器上悬吊负载的垂直液压缸起到保护作用。如需更换刀具，则可通过一只截止阀调节负载的下降速度。 |
| 08 | 先导式单向阀     | 通过一只先导式单向阀，对承受悬吊式负载的垂直液压缸提供保护。通过一只二位四通方向阀开启单向阀，可调节负载下降的速度。  |
| 09 | 可调式节流阀     | 一台液压马达驱动输送带，具有双向可调的输出速度。                                    |
| 10 | 单向节流阀      | 刀架以不同的速度行进。                                                 |
| 11 | 流量控制阀      | 旋转驱动（液压马达），转速不变。                                            |
| 12 | 直动式溢流阀     | 准备好压力/流量关系特性曲线。<br>直动式溢流阀的用途。                               |
| 13 | 溢流阀的控制     | 通过电气方式预选不同的压力值（串联及并联回路）；<br>用于冲压设备。                         |
| 14 | 减压阀        | 通过液压马达摆动被夹紧的某一工件。                                           |
| 15 | 压力开关       | 以液压方式冲压两个工件，并以压力开关进行监测。                                     |

|    |               |                                                            |
|----|---------------|------------------------------------------------------------|
| 16 | 压力开关及滞后       | 确定机械式压力开关的滞后参数。                                            |
| 17 | 液压蓄能器         | 利用蓄能器所储存的液压油，使刀具移出机床的工作范围。                                 |
| 18 | 快速行程回路        | 利用单出杆油缸的回油路流量，提高外伸的速度。                                     |
| 19 | 快速/慢速控制       | 快速/慢速控制不依赖于负载的大小，用于将货盘提升到输送带；慢行速度可调，可实现快速返程。               |
| 20 | 液压阀循环控制       | 单出杆油缸由一只中位关闭型三位四通方向阀控制，实现负载的上升与下降。<br>省去了液压泵，并通过旁通回路实现了节能。 |
| 21 | 试运行，检测，维护，... | 每天在进行生产和液压系统管理的过程中，务必遵守各项法规、安全规程和普遍认可的技术法则。                |

## 博世力士乐 AG/BIBB 的项目练习比较

参见BIBB 液压培训课程，以了解表中的具体比较内容；由柏林职业培训联邦研究院（柏林BIBB）推荐并出版。

| 项目编号 | 项目名称     | 项目内容                 | BIBB  |
|------|----------|----------------------|-------|
| 01   | 液压泵站     | 液压泵站的部件选择            | A 1   |
| 02   | 液压变量泵    | 油泵的特性曲线              | A 2   |
| 03   | 单出杆油缸/压力 | 与压力升高相关的安全问题         | B 1.1 |
| 04   | 单出杆油缸/流量 | 行进速度                 | B 1.2 |
| 05   | 液压马达     | 驱动升降平台               | B 2   |
| 06   | 三位四通方向阀  | 方向的控制，单出杆油缸          | B 3   |
| 07   | 单向阀      | 保护液压缸，反向负载           | C 1   |
| 08   | 先导式单向阀   | 单向阀，双向均可流动           | C 1   |
| 09   | 可调式节流阀   | 驱动输送带                | D 1   |
| 10   | 单向节流阀    | 控制滑块的行进              | D 3   |
| 11   | 流量控制阀    | 刀具驱动                 | D 2   |
| 12   | 溢流阀      | 特性曲线                 | E 1.2 |
| 13   | 溢流阀的控制   | 在冲压设备上，可预选压力值        | E 1   |
| 14   | 减压阀      | 刀具行进                 | E 3   |
| 15   | 压力开关     | 压制工件，有监测             | E 4   |
| 16   | 压力开关的滞后  | 特性曲线                 | E 4   |
| 17   | 液压蓄能器    | 一旦液压泵出现故障，就可利用储存的液压能 | F 1   |
| 18   | 快速行程回路   | 通过回油路流量的方式提高速度       | G 1   |
| 19   | 快速/慢速控制  | 生产线，提升货盘             | G 2   |
| 20   | 液压阀循环控制  | 负载的上升与下降             | G 3   |
| 21   | 试运行      | 试运行、故障诊断和维修          | H 1   |

## 部件矩阵

以下矩阵给出了各项目练习所需的部件一览表。

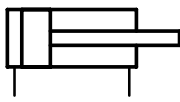
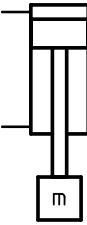
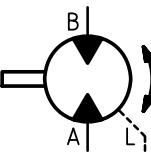
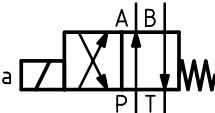
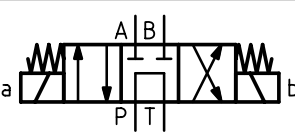
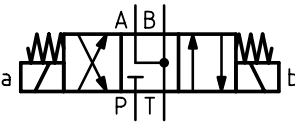
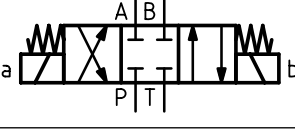
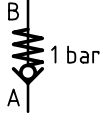
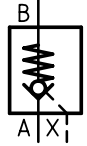

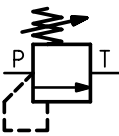
| 部件名称                       | 项目 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ZY 1.3<br>加载式双作用液压缸        |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  | 1  | 1  |    |
| ZY 1.Load<br>加载式双作用液压缸，有负载 |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |
| DM 2.N<br>液压马达             |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |
| DW 3E<br>二位四通方向阀 C         |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  |
| DW 4E<br>三位四通方向阀 G         |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |
| DW 10E<br>三位四通方向阀 J        |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| DW 13E<br>三位四通方向阀 E        |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    | 1  | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    |    | 1  |    |    | 1  | 1  |
| DS 2.1<br>单向阀              |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |
| DS 1.1<br>先导式单向阀           |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  |    |    |
| DZ 2.1<br>截止阀              |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| DD 1.1<br>溢流阀              |    |    |    | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| DD 2<br>减压阀                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |
| DF 1.2<br>节流阀              |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  |    | 1  |    | 1  |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |
| DZ 2.2<br>单向节流阀            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |
| DF 3<br>流量控制阀              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    | 1  |
| DD 6.E<br>压力开关             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |
| DZ 3.2<br>液压蓄能器            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |
| DE 2<br>限位开关               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |
| DZ 4.1<br>配流板              |    |    | 2  | 1  |    | 1  | 1  | 3  | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 3  | 1  |    | 1  | 1  | 2  |    | 2  |
| DZ 1.4<br>压力表/管接头          |    |    | 1  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 1  | 3  | 3  | 3  | 1  | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  |
| DZ 25.1<br>液压软管/管接头        |    |    | 1  |    |    | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 1  | 3  | 3  | 3  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  | 4  |

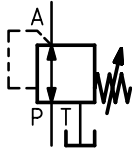
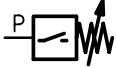


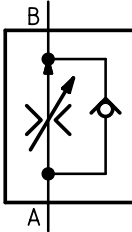
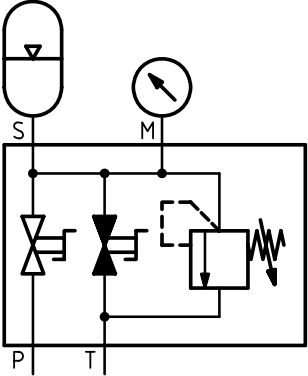

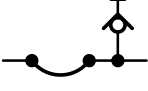




关于上述矩阵的使用说明：

- 上表显示的是每一次练习所需的液压部件的数量。
- 作为项目可选配件，还需配备以下仪表：
  - 1 只秒表，用于项目 02，04 和 05
  - 1 只流量计 DZ 30.N，用于项目04 和 06
  - 1 只转速表，用于项目项目 05 ，以及
  - 1 台 Multihandy 5050 电子测量变换器，可获取量计（测量涡轮）和转速表的数值。

## 部件一览表

| 符号                                                                                  | 部件名称                                          | 型号名称      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|
|    | 双作用液压缸，单侧活塞杆                                  | ZY 1.3    |
|    | 双作用液压缸，单侧活塞杆，带负载                              | ZY 1.Load |
|    | 定量马达，有外泄管路，可双向旋转                              | DM 2.N    |
|    | 二位四通方向阀，电磁作用式，弹簧复位                            | DW 3E     |
|  | 三位四通方向阀，由左右两个电磁铁直接控制换向，阀芯以弹簧对中，中位时 P-T, A, B  | DW 4E     |
|  | 三位四通方向阀，由左右两个电磁铁直接控制换向，阀芯以弹簧对中，中位时 P, A-B-T   | DW 10E    |
|  | 三位四通方向阀，由左右两个电磁铁直接控制换向，阀芯以弹簧对中，中位时 P, T, A, B | DW 13E    |
|  | 单向阀，有弹簧，只在一个方向产生流动，静止位阀口关闭，开启压力为 1 bar        | DS 2.1    |
|  | 先导式单向阀，有弹簧，先导压力可实现双向流动                        | DS 1.1    |
|  | 截止阀，旋转作用式                                     | DZ 2.1    |
|  | 直动式溢流阀，可通过弹簧调节开启压力                            | DD 1.1    |

|                                                                                     |                                                           |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|
|    | 三通减压阀                                                     | DD 2    |
|    | 压力开关, 电气-机械式, 可调式                                         | DD 6E   |
|    | 可调式节流阀                                                    | DF 1.2  |
|    | 单向节流阀, 可调式, 在一个方向可自由流动                                    | DZ 2.2  |
|   | 二通流量控制阀, 可调式, 只允许一个方向的流动, 流量基本独立于油液的粘度和两端的压差, 可调式, 有旁通单向阀 | DF 3    |
|  | 蓄能器安全阀块, 用于隔膜式蓄能器                                         | DZ 3.2  |
|  | 压力表, 带软管和快拆式管接头, 无单向阀                                     | DZ 1.4  |
|  | 软管, 带快拆式管接头和单向阀                                           | DZ 25.1 |
|  | 软管                                                        | VSK 1   |

|                                                                                                 |           |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|
|                | 配流板，带四个端口 | DZ 4.1 |
|                | 流量计       | DZ 30  |
|                | 转速表       |        |
| <sup>1)</sup>  | 电感式限位开关   | DE 2.2 |
| <sup>1)</sup>  | 秒表        |        |

<sup>1)</sup> DIN ISO 1219 没有对应的图形符号。



## 安全方面



对于当代的设备与机器而言，安全、经济地利用资源是基本要求，也是避免员工受伤的必要条件。这两个要求的共同点在于，都需要尽可能早地予以考虑；换言之，在产品的概念设计阶段就应当兼顾这两个要求。只有这样，才能找到最优、价格较低的解决方案。安全而低功耗的机器，体现了制造商已经掌握了设备生产的核心技术；两者都属于产品质量特性的范畴。

为确保能够有效地识别设备与机器所面临的各种危害，必须切实遵循安全法规、产品信息手册和相关的操作规程。在处理博世力士乐电液组件和系统的过程中，需要注意的相关事项请参见以下资料：

- 液压产品的一般信息  
RE 07008/02.05
- 液压系统操作规程  
AB 01-01.02
- 拉杆型/铣削加工型液压缸（操作规程）  
RE 07100-B/10.04
- DS4- IX 操作规程  
RE 00225-B/05.05

上述文档中的各种安全警示和产品信息，仅对博世力士乐产品有效。

只有遵循操作规程、安全警示和产品信息的相关要求，才能确保博世力士乐产品的无故障运行。

这本《工业液压技术项目手册》包含多种警告信息，提示了可能造成人身伤害或财产损失的各种行为。用户必须密切留意各种危险警告提示。

### 图例

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| <br>警告   | 这个符号是指即将发生的危险，如不加避免则可能导致最为严重的人员伤亡事故。 |
| <br>特别提醒 | 这个符号是指一种潜在的危险，可能造成轻微的人员伤害或财产损失。      |
|          | 这个符号表示补充信息。                          |



#### 备注：

本项目手册中所述的电液组件和系统为技术设备，不得作为私人用途。

用户在按预定目的使用时，必须研读并理解下述安全法规、产品信息和操作规程。

## 人员资质认证

设备的安装、试运行以及运行、拆卸、维修和维护，都需要具备机械与电液控制方面的基础知识，并了解相关的专业术语。为确保设备运行的安全性，只能由相关的技术人员来进行操作，或在一名专业技术人员的指导和监督下开展这些活动。

技术专业人士是指这样的一类技术人员：他们由于接受了相关的职业培训而获得了相关的知识和经验、以及法规方面的知识，因而能评估所肩负的职责，识别潜在的风险，并采取适当的预防措施。技术专业人士必须遵守相应的技术规则。

因此，这就意味着：培训讲师在教学过程中必须向学员指出潜在的风险，并提供相关的信息以避免发生此类风险。



警告

对电液组件和系统的不当操作，往往隐含人员受伤的某种风险；在系统运行期间，还会形成包括危及人身安全在内的各种安全隐患！

## 免责声明

对于因使用设备不当、《工业液压技术项目手册》中未曾提及且未经许可的运行干扰所造成的设备受损，博世力士乐集团概不承担由此所产生的索赔责任和其它任何责任。

如果《工业液压技术项目手册》中的项目 01 至 21 在教学台架上进行，且使用的电液组件并非由力士乐生产，而是属于竞争厂商的产品，那么博世力士乐集团对于由此所导致的性能缺陷或其它任何责任概不负责。



在使用竞争厂商的产品时应当遵循厂商的安全警示规定，并且还必须确保组件和系统符合当前有效的欧盟法规。



警告

鉴于上述原因，除非需使用的电液组件和系统符合欧盟法规的各项规定，否则禁止开展试运行。



### 备注：

请务必向学员提供（或确保学员获取）最新版本的安全法规、产品信息文件\* 和操作规程。

在这本《工业液压技术项目手册》的项目练习 01 至 21 之中，我们并没有详细讲述液压流体的正确处置方法；相关资料请读者参见安全数据表。

关于液压流体的正确使用方法、以及如何避免可能的风险，都在本书后面单独的“液压流体”一节中予以说明。

\* 力士乐产品数据表只对液压产品才有效；这些液压产品使用矿物油基液压流体；但设备运行过程中明确允许使用其它液压流体的除外。

## 液压技术的基本原理

### 简介

“液压”一词，起源于古希腊语 **hydro**（水）；科学上的含义是指“研究静止和运动流体（分别是流体静力学和流体动力学）的规律性”。

我们只要列举液压技术在机械、车辆和飞机工程方面的应用，就了解这门技术所包含的物理学基本原理，也就不难理解它在动力传输、开环与闭环控制方面为何得到如此广泛应用的原因所在了。

### 传动系统的比较

作为能量传输方式各类传动系统技术，比如液压传动、气动、电气 / 电子传动和机械传动，既各有特色，又互为补充，在实际应用中需要加以组合运用。

对于某一具体的系统，无论是选用传动方式还是作出多种方式组合的决策，都需要具备系统特性方面的必要知识，并了解各自的优缺点。

|               | 液压                          | 气动                      | 电气                             | 机械                        |
|---------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 动力源（驱动器）      | 电机<br>内燃机                   | 电机<br>内燃机<br>压力容器       | 主电源<br>蓄电池                     | 电机<br>内燃机<br>重力<br>弹簧力    |
| 能量传输环节        | 管道和软管                       | 管道和软管                   | 电缆线<br>电磁场                     | 机械零件：杆件，轴，等等              |
| 能量传输介质        | 流体                          | 空气                      | 电子                             | 刚体和弹性体                    |
| 力密度（功率密度）     | 高<br>高压<br>输出力较大<br>安装空间要求低 | 相对较低<br>低压              | 低<br>比较：电机的功率/重量之比，仅为液压马达的十分之一 | 高<br>安装空间所需的体积和工作位置常常不如液压 |
| 控制的平顺性（加速，减速） | 极好，通过压力和流量来实现               | 好，通过压力和流量来实现            | 好 - 极好<br>电气开环与闭环控制            | 差                         |
| 运动类型          | 用液压缸和液压马达很容易实现直线运动和旋转运动     | 利用气缸与气马达，很容易实现直线运动和旋转运动 | 主要是旋转运动                        | 直线运动和旋转运动                 |

### 各种传动技术的比较

### 系统规划

只有当系统规划人员了解液压控制技术所具有的典型特性时，液压技术比其它传动技术（比如气动，电气传动和机械传动）的优越之处才能得到最大限度的利用。

### 液压系统的特点

- 可利用最小的空间产生较大的作用力；
  - 能量密度高
  - 可以储存能量
  - 可实现运动变量（比如速度、力和力矩）的无级调节
  - 能较好地监测系统所产生的作用力
  - 由于传动元件的质量较小（惯性矩低），因而可迅捷地实现反向运动
  - 具有较高的动态切换特性
  - 可实现较大的传动比
  - 易于实现旋转运动和直线运动之间的相互转换
  - 结构组件可实现灵活多样的布置
  - 通过管道和软管，实现了输入和输出的实物分离
  - 通过先导控制阀和电子指令传送，可自动实现各类运动及辅助运动
  - 可以使用众多的标准部件和装配件
  - 易于实现过载保护
  - 由于液压部件能够以工作介质进行润滑，因此磨损较少
  - 使用寿命长
  - 可实现能量的再利用
- 
- 在管道系统与控制元件中，由于流体的内摩擦而存在压力损失及流量损失。
  - 液压流体的粘度取决于温度和压力
  - 泄漏问题；存在事故和火险隐患
  - 液压流体具有一定的可压缩性，影响精度

能量转换

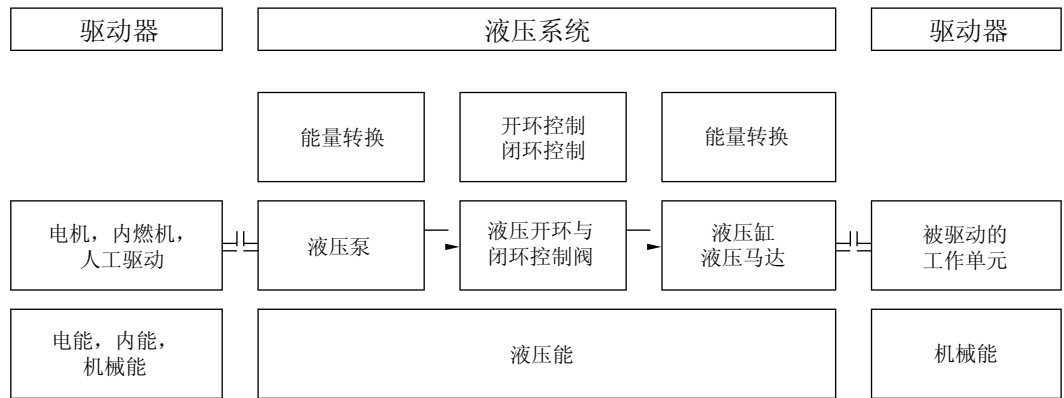
液压系统能够将机械能转换为液压能，以开环或闭环控制的方式加以传输，然后重新转换成机械能。

就能量转换而言，初级端使用的液压元件为液压泵，而液压缸和液压马达则位于次级端。

因此，液压能——也即转换后的能量，受到液压泵的压力和流量的影响，并在打开及闭合液压回路的控制阀作用下，改变压力和流量的数值和方向。

通过管道、软管、以及控制阀块或阀块孔道的引导，液压流体呈现出各种特性 —— 当然，自然也包括动力的传输在内。

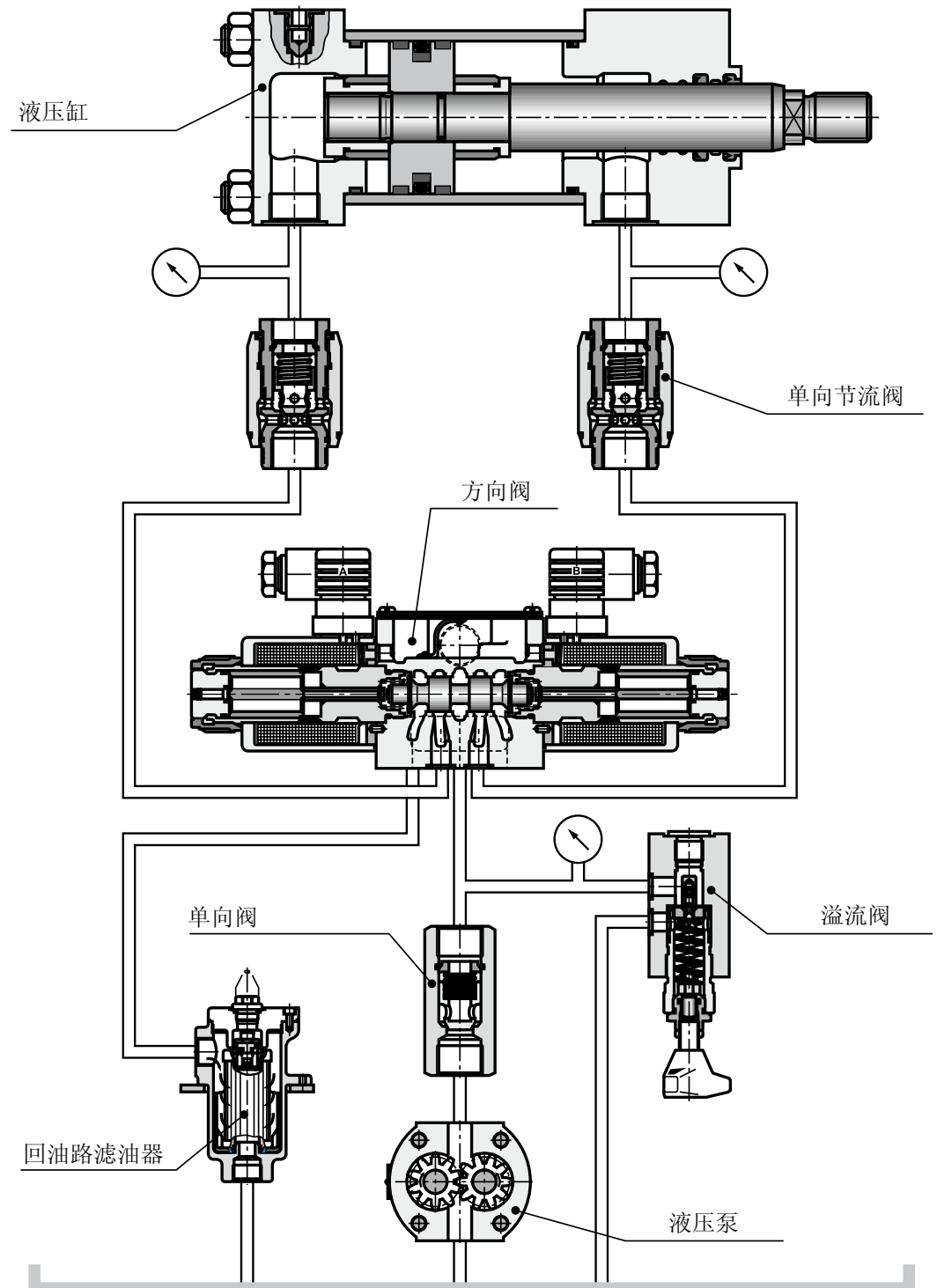
为了储存及保养液压流体，还需要其它的设备，比如油箱，滤油器，冷却器，加热器，测量与测试仪器等。



液压系统中的能量转换

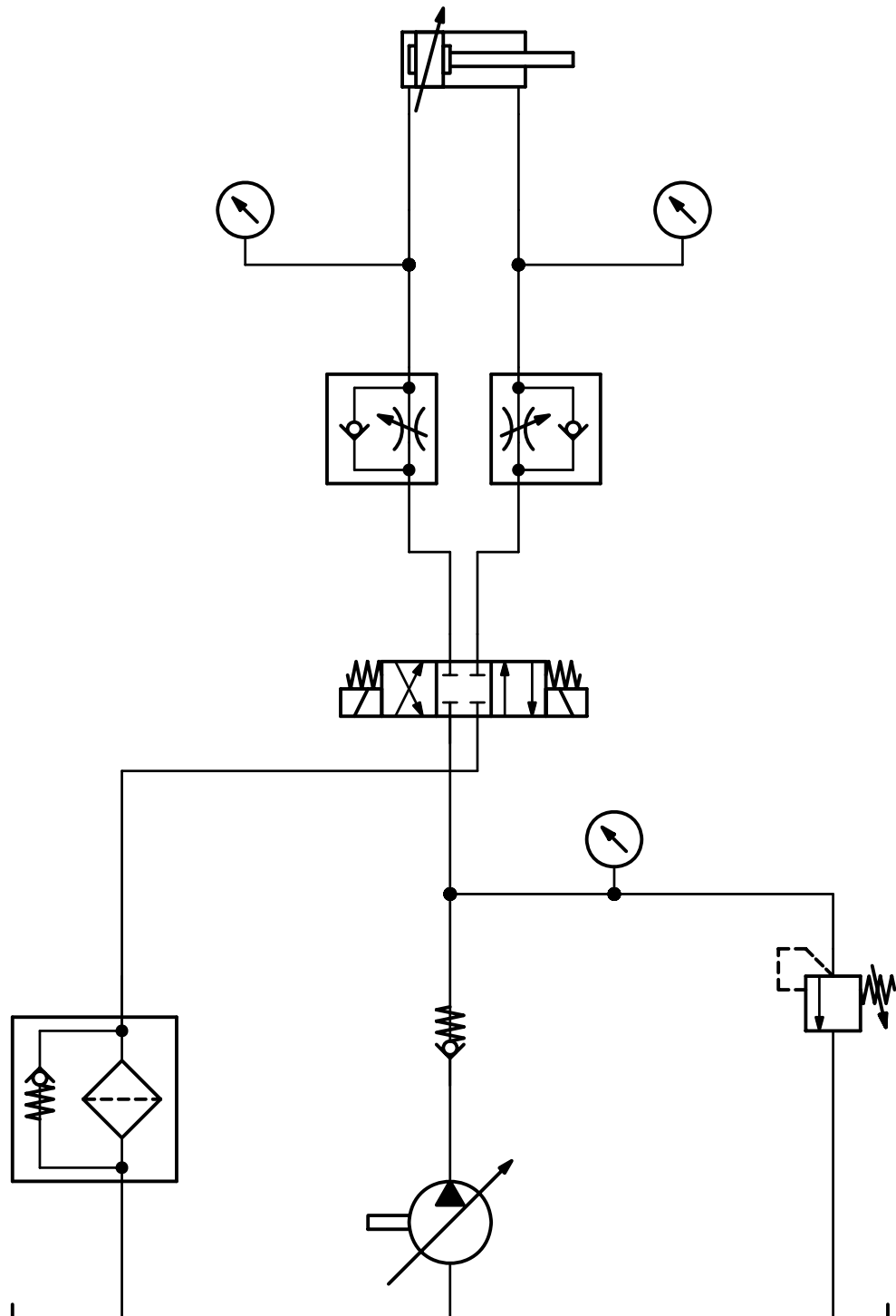
正如上述示意图所说明的，液压系统首先将机械能转换成液压能，通过油路的打开或关闭来进行传输，再将液压能转换成机械能并做功。对于液压系统中所使用的部件，可根据功能来加以分类。

这里，我们以示意图的方式表示一个简单液压系统的组件。



典型液压回路剖面示意图

液压回路图不使用剖面图的方式，而是根据 DIN ISO 1219 第1 章的要求，采用标准化的符号形式。详细资料请参见下一章“符号”。



液压回路图

## DIN ISO 1219-1 标准所规定的符号

流体动力系统中的能量，是通过控制回路打开或闭合、以高压介质（液体或气体）的形式来进行传输的。

流体动力技术采用图形符号的方式，有助于通过回路图了解液压系统的相关功能；还可以将这些符号附在相应的液压部件上，以说明其本身的用途。

### DIN ISO 1219-1

应当优先采用 DIN ISO 1219 中标准中的符号；但在使用这些符号的同时，绝不排除使用其它技术领域共同采用的、表示管道和软管的一些符号。



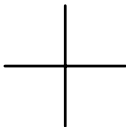



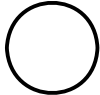
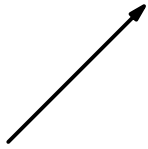

下列表格尽管并不完整，但读者应当将其视为准备或完成相关回路图的一种辅助工具。

本手册所使用的图形符号符合以下标准：DIN ISO 1219 流体动力技术；液压符号和回路图的图形表示；第 1 部分：图形符号。

### DIN ISO 1219-2

DIN ISO 1219 标准中的第 2 部分，规定了绘制液压回路图的基本规则。回路图是为了简化液压系统的规划和描述的一种工具——通过标准化的图形表达，防止在项目的规划阶段、以及在生产、安装和维修期间产生各种不确定性和误解。

### 基本符号

|                                                                                     |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|  | 表示供油管路，回油管路，以及组件和符号的外框    |
|  | 内部和外部的先导管路、泄漏管路、冲洗管路和通风管路 |
|  | 两根交叉跨越的直线，表示这两根管路实际并不相连。  |
|  | 相连的两根管路，是以一个连接点的方式来表示的。   |
|  | 软管                        |
|  | 控制阀的功能单位，最多使用四个端口         |
|  | 能量转换设备的外框（液压泵，压缩机，液压马达）   |
|  | 泵 / 马达的可调节性               |
|  | 液压力的作用方向                  |



符号概述

方向控制阀

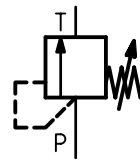
压力控制阀

流量控制阀

单向阀

溢流阀

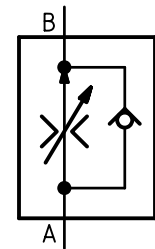
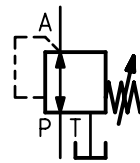
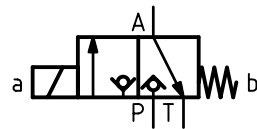
节流阀 / 节流口



锥阀式方向阀

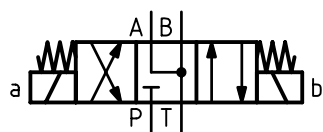
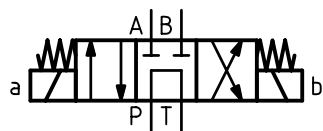
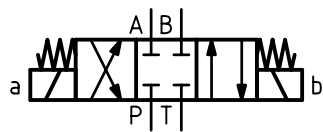
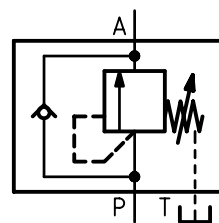
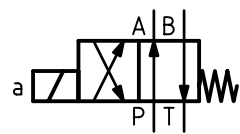
减压阀

二通流量控制阀



滑阀式方向阀

顺序阀



符号概述, 根据 DIN ISO 1219, 第 1 部分 (摘录)

液压回路系统

在液压技术领域，我们把系统分为三种不同类型的回路：

- 开式回路，
- 闭式回路，
- 半闭式回路。

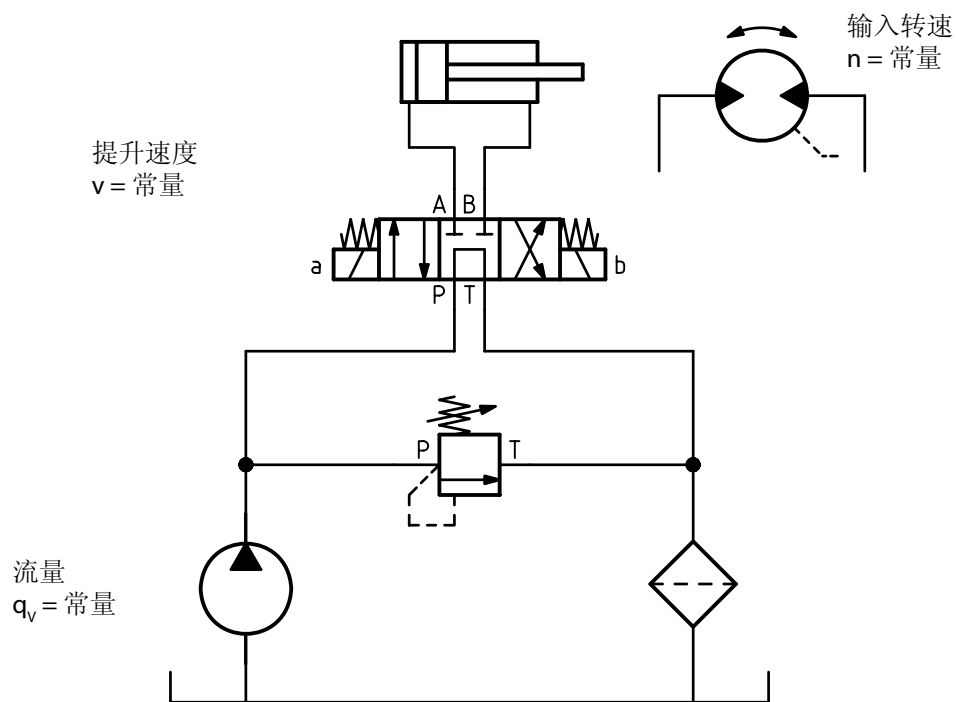
开式回路

在开式回路中，液压泵一般通过安装在油箱液面以下的吸油管来抽取液压流体。液压流体经方向阀引导进入执行机构，然后返回到油箱；这就意味着，液压泵的吸油管与来自执行机构的液压流体之间并没有管道相连。

开式回路的典型特性如下：

- 液压泵直接从油箱抽取油液，
- 液压流体经控制元件流到执行机构，
- 液压流体从执行机构返回到油箱，
- 结构简单，
- 冷却良好，
- 污染物沉淀在油箱之中，
- 需要大量的油液，
- 要求油箱的体积较大，
- 空间要求较高，
- 容积效率不高

原理图



使用开式回路的实例：机床，搬运系统，压机控制，绞车驱动，以及行走机械的传动系统；执行机构可以是液压缸和液压马达。

闭式回路

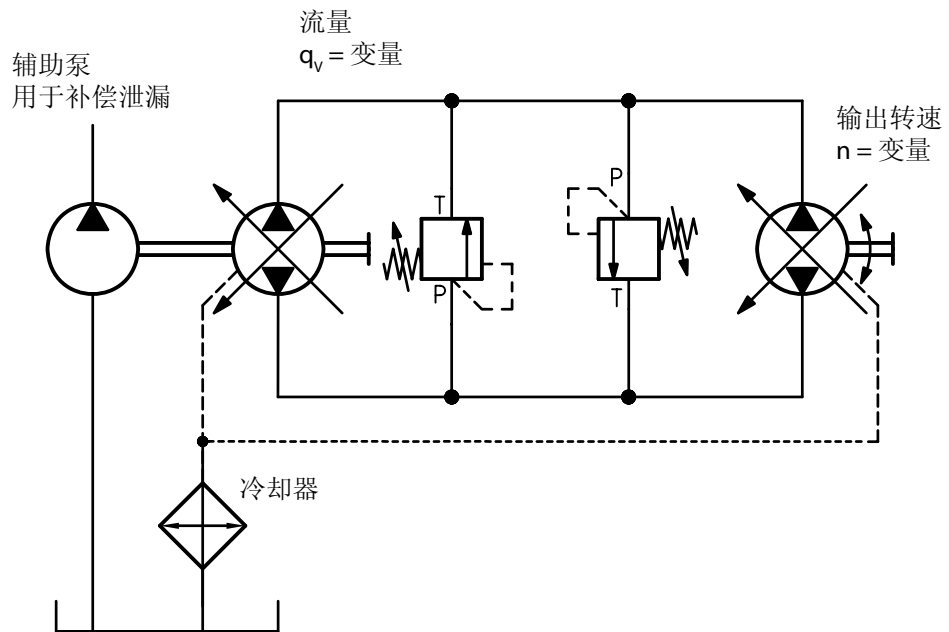
在闭式回路中，来自执行机构的液压流体直接输入液压泵内。对于系统的高压侧，通过一只溢流阀来加以保护。这样，将液压流体的压力卸荷到低压侧之后，这些液压流体仍留在液压回路之中。

对于液压泵与液压马达结构设计所固有的持续内泄漏，通过一只单独的辅助泵来加以补偿；多数情况下采用法兰连接的方式，将这只辅泵安装到主泵上。

闭式回路的典型特性：

- 由液压泵将液压流体送入执行机构，
- 来自执行机构的液压流体直接返回液压泵，
- 结构紧凑，
- 运行安静而平稳，
- 控制好，
- 容积效率高，
- 结构较为复杂，
- 油液的使用压力很大，
- 对污染较为敏感

原理图



闭式回路几乎是行走机械所独用的方案，比如轮式装载机的行驶驱动；而且在多数情况下，液压泵和液压马达都采用轴向柱塞设备。

### 半闭式回路

半闭式回路是开式与闭式回路的一种组合。应用举例：在采用单出杆油缸的行走机械中，如果必须通过抗气穴阀来补偿油液体积，就必须采用这种半闭式回路。

### 传动与控制

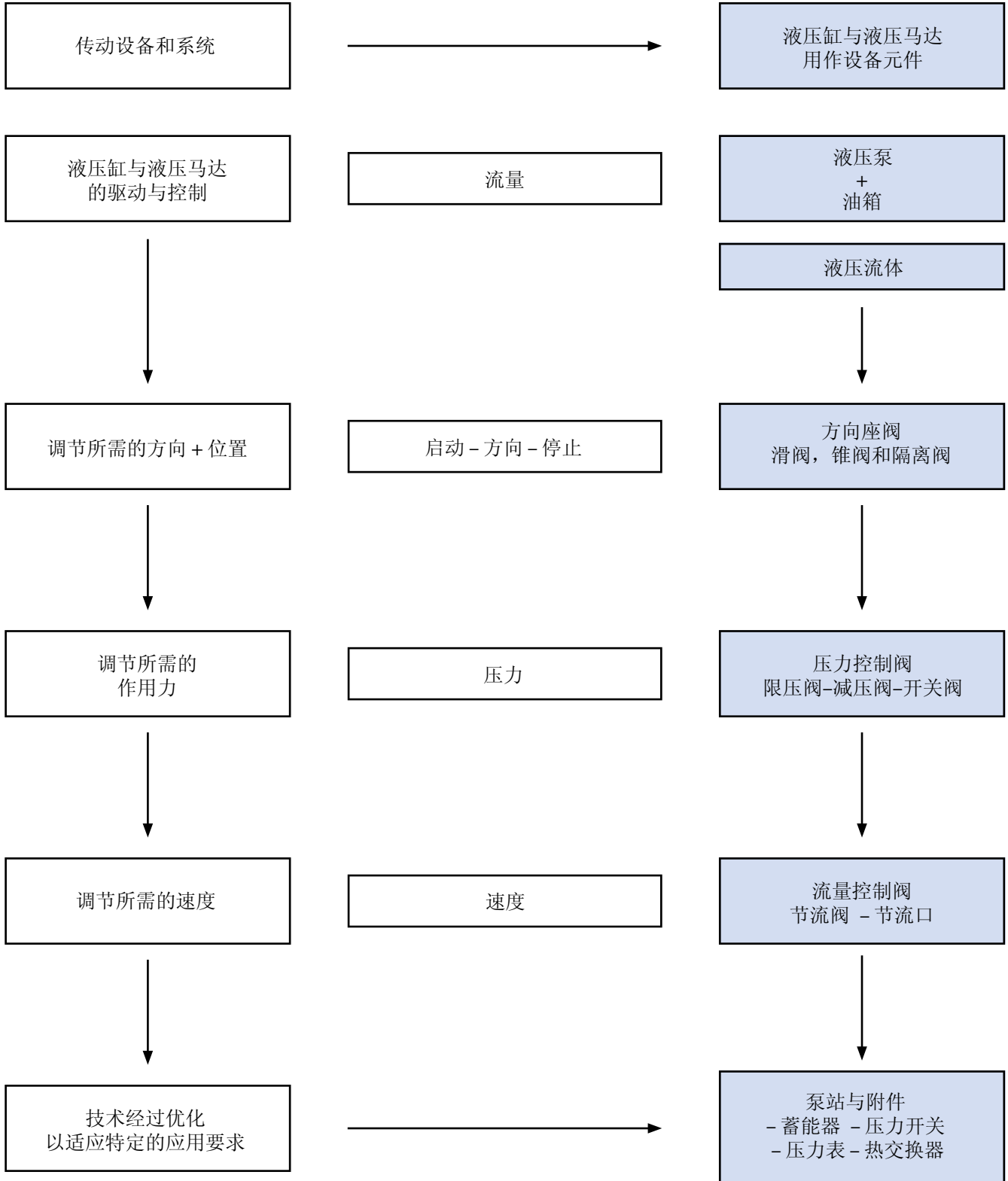
下页的示意图“传动与控制 / 传动 - 控制 - 运动”表示用作设备元件的液压缸或液压马达被赋予的任务序列。

- 执行机构的行进速度由液压泵的流量来加以调节。
- 运动方向、启动和停止则由方向阀控制。
- 通过调节压力控制阀，可以改变所需的作用力。
- 规定的执行机构行进速度，可通过一只流量控制阀来加以调节。
- 采用经过优化的系统技术，包括压力开关和压力表之类的监测环节；可通过液压蓄能器实现更快的运动速度。热交换器优化了油液的质量，因而提高了系统的实用性。

# 传动与控制\*

传动、控制与运动

\*力士乐专用产品声明



对于液压缸/液压马达这类驱动元件的要求

## 物理学基本原理

### 帕斯卡定律

容器内部的压力 (p) 来源于活塞所承受的作用力 (F)。这就意味着：作用力 (负载) 越大，产生的压力也越大；而一旦作用力 (负载) 减小，则压力也随之降低。

第二个关系，则是力的作用面积 (A)。

面积越小，则压力越大；当然，反则反之，面积越大，则压力越小。

因此，压力的大小取决与有效作用力 (F)、以及力的作用面积 (A)。

帕斯卡定律：

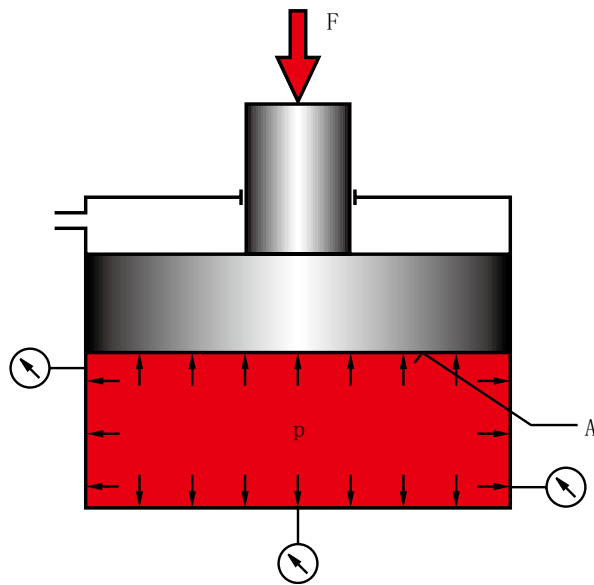
$$p = \frac{F}{A}$$

或：

$$A = \frac{F}{p}$$

$$F = p \cdot A$$

力 = 压力 · 面积



压力的国际单位 (SI) 是 Pascal (帕斯卡)，它是以杰出物理学家布拉瑟-帕斯卡 (Blaise Pascal) 的名字命名的。

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 1 \text{ N/m}^2$$

其含义是：在 1 平方米的面积上，施加 1 牛顿 (N) 的作用力；这里：

$$1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pascal} (10^5 \text{ Pa})$$

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2$$

在计算压力时，常使用的单位是 Dekapascal (daPa)；这里，1 个 Dekapascal 相当于 0.1 mbar (毫巴)。

$$100 \text{ Pa} = 10 \text{ daPa} = 1 \text{ haPa} = 1 \text{ mbar}$$

$$100,000 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1,000 \text{ mbar}$$

$$1,000,000 \text{ Pa} = 1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar} = 1 \text{ N/m}^2$$

力的传输

对于含有两个不同尺寸油缸的闭合系统而言，只能有一个压力值（ $p$ ）。如果这两个油缸都需要保持平衡而面积（ $A_1$  及  $A_2$ ）不同，那么各自所作用的负载（ $F$ ）大小也必然是不同的。

对于油缸 1: 
$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

对于油缸 2: 
$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

如果这两个油缸的压力  $p$  相同，也即: 
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

则可变换为力的形式: 
$$F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} = F_2$$

$\frac{A_2}{A_1}$  是油缸的面积比，该数值以字母  $\varphi$  来表示。

因此: 
$$F_1 \cdot \varphi = F_2$$

实例:

|          |   |                     |
|----------|---|---------------------|
| 面积 $A_1$ | = | 50 cm <sup>2</sup>  |
| 面积 $A_2$ | = | 750 cm <sup>2</sup> |
| 重力 $F_1$ | = | 1.000 daN           |
| 重力 $F_2$ | = | ?                   |

解答: 
$$F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} = F_2$$

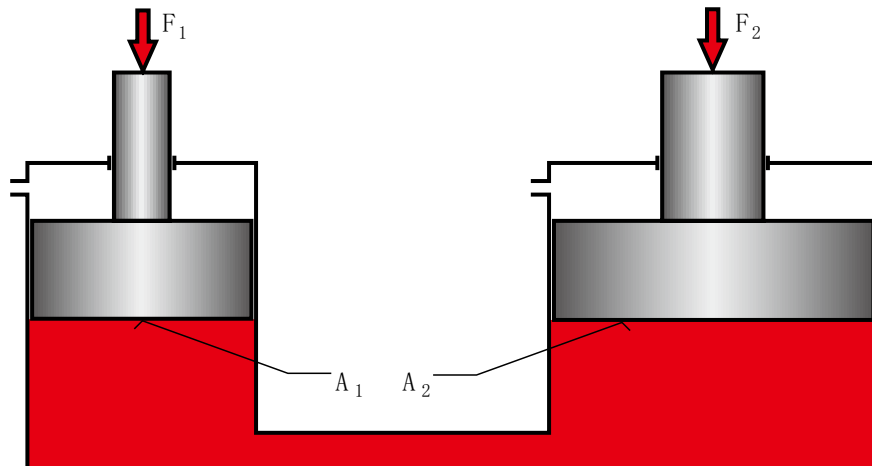
$$1.000 \text{ daN} \cdot \frac{750 \text{ cm}^2}{50 \text{ cm}^2} = 15.000 \text{ daN}$$

或者有 
$$\varphi = \frac{A_2}{A_1} = \frac{750}{50} = 15$$

$$F_1 \cdot \varphi = F_2$$

$$1.000 \text{ daN} \cdot 15 = \underline{\underline{15.000 \text{ daN}}}$$

这就意味着：油缸 1 上施加 1, 000 daN（相当于 1,000 kg 的质量）的作用力，就能在油缸 2 上支撑起 15,000 kg 或 15 吨的负载。



增压

活塞伸出的速度，可过通一只出口节流阀来加以调节。

如果污染物之类造成节流口完全堵塞，那么何种危险会上升？

实例：

$$p_K = 100 \text{ bar}$$

$$\varphi = 2:1$$

$$\varphi = \frac{A_K}{A_R}$$

解答：

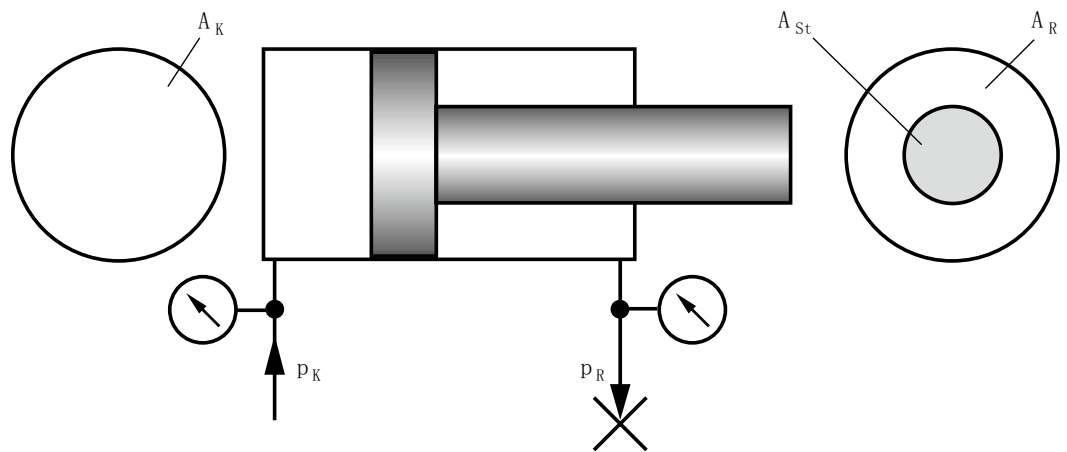
$$p_K \cdot \varphi = p_R$$

$$100 \text{ bar} \cdot \frac{2}{1} = 200 \text{ bar}$$

$$p_R = 200 \text{ bar}$$

结论：

出口节流包含着压力升高的危险！





流量

流量是指液压系统中，在一定的时间内所通过流体的体积（公称体积）。

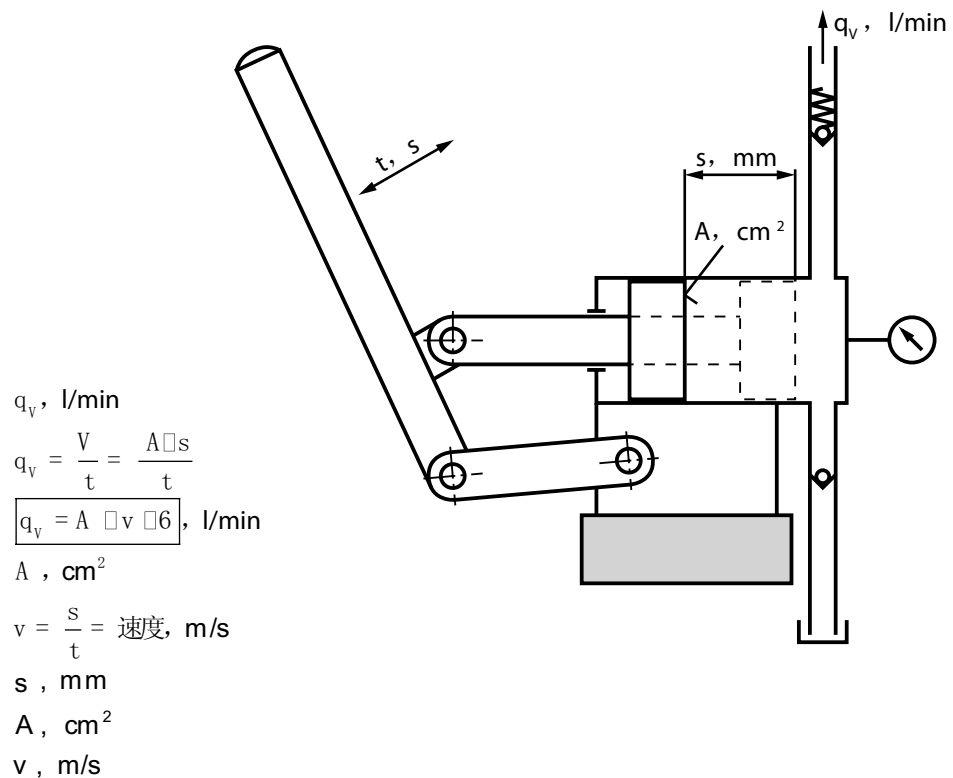
我们还会提到与液压泵相关的另一个物理量：排量。

工业液压中，流量的常用单位是升/分，l/min。

在下面这张原理图中，如果将泵的操纵杆拉到右侧，柱塞就会将油液排入系统。如果没有反作用力（反向压力），系统中就不会产生压力，液压泵内也就无法建立起压力。此时，就会在零压力下将液压流体送入系统。

只有当排出的这些流体受到反向阻力（由方向阀，节流阀，油缸活塞或类似元件产生）时，才能产生反作用力。此时，液压泵继续排出油液，并进一步对油液加压。这样，就建立起压力；决定这个压力值大小的是阻力，但这种阻力并非由液压泵产生。

液压泵只是将油液排入系统中而已。



在技术数据表中，油泵的尺寸以  $\text{cm}^3/\text{转}$  的方式给出。确定功率时，应使用以下公式：

$$q_v = \frac{V_g \cdot n}{1.000}, \text{ l/min}$$

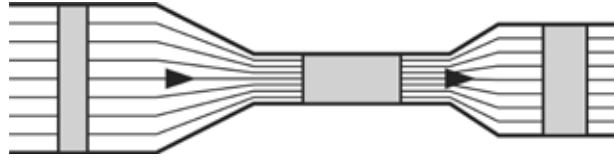
$V_g =$  排量,  $\text{cm}^3/\text{转}$

$n =$  液压泵驱动轴的转速, 转/分, 或  $\text{min}^{-1}$

（以上计算所得仅为理论值，并未考虑容积效率的问题）。

流量连续性定律

在管道不同横截面积上，在相同时间内流经的流体体积相同。这就意味着，在通流面积狭小的部位，流体的流速将增加。



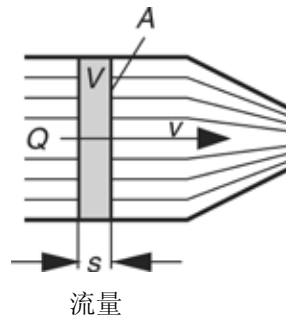
流量  $q$  等于流体的体积  $V$  除以时间  $q_v = \frac{V}{t}$

流体的体积  $V$  等于面积  $A$  与距离  $s$  的乘积，也即  $V = A \cdot s$

如果以  $A \cdot s$  代替  $V$ ，那么  $q$  就由右式得到  $q_v = \frac{A \cdot s}{t}$

距离  $s$  除以时间  $t$  就得到速度  $v$ ， $v = \frac{s}{t}$

因此，流量  $q$  就等于管道  $A$  的横截面积与流体的流动速度  $v$  之乘积，也即  $q_v = A \cdot v$ 。



流量  $q$  的单位是升/分（升/分），对于圆管内部的任一点都是如此。如果管道有两个横截面积  $A_1$  和  $A_2$ ，那么这两种横截面积必然对应于各不相同的速度。

$$q_1 = q_2$$

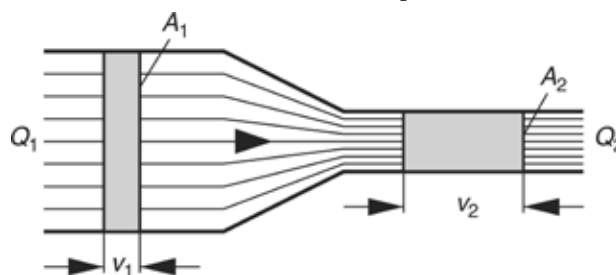
$$q_1 = A_1 \cdot v_1$$

$$q_2 = A_2 \cdot v_2$$

这样，就得到以下的流量连续方程

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} > v_1$$



# 液压流体

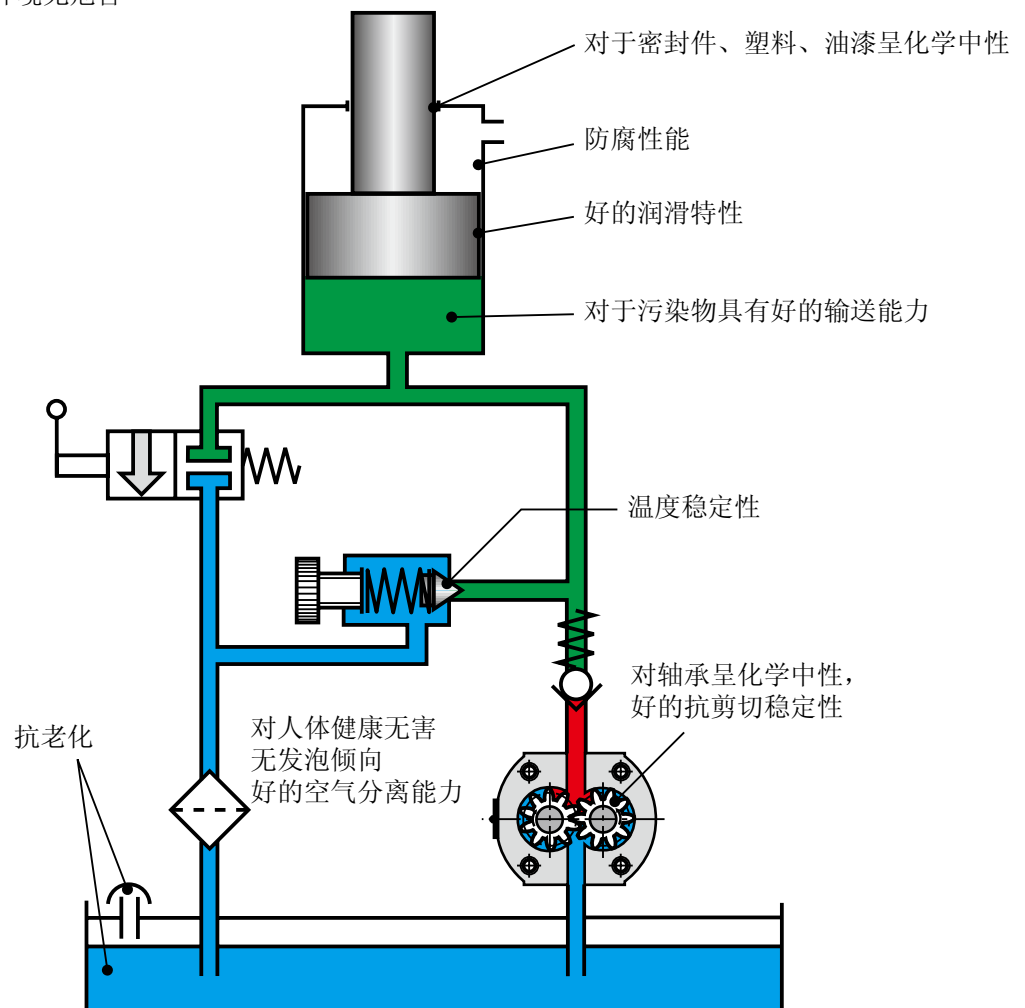
## 概述

液压系统中的流体，起着传输力的作用；这就意味着，必须对它提出一定的要求。

液压流体应当：

- 对于力的传输，应当呈现不可压缩性
- 能驱散产生的热量
- 在不同的温度下，粘度基本不会改变
- 能带走液压部件的磨损颗粒
- 易于实现过滤
- 对于金属导轨、密封件和油漆，必须呈化学中性
- 具有好的润滑特性
- 具有抗老化性能
- 对人体健康无害
- 使用后易于处置

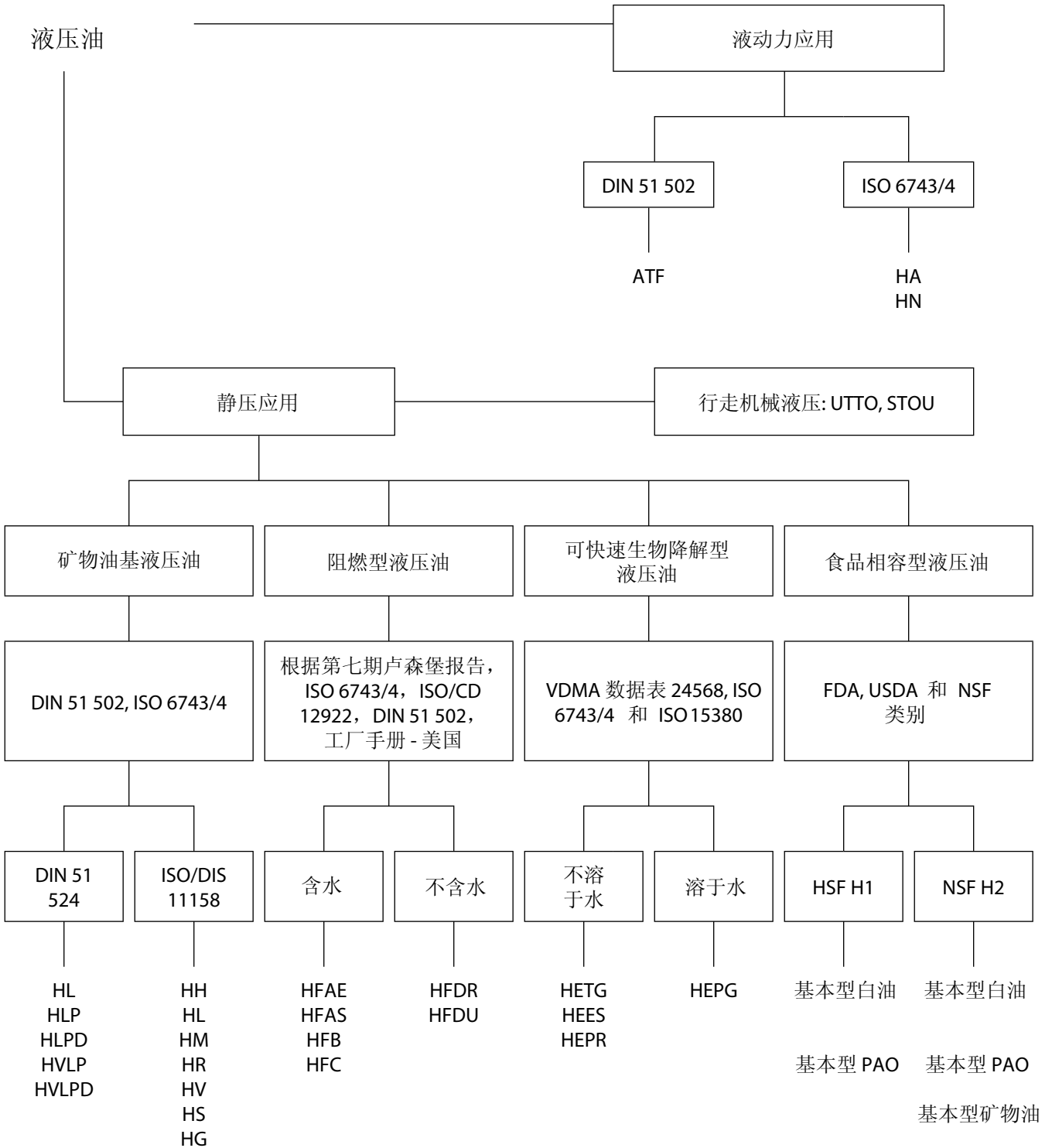
对环境无危害



对于液压流体的要求

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 市场要求    | 事实上，如今市场上所供应的流体没有一种可同时满足前一页所列的各项要求。即便目前正在就液压流体的环境相容性问题展开讨论，也有需要关注的各种问题，但矿物油仍是液压系统中最为常见的一种液压流体。                                                                                                                                                                         |
| 选用准则    | <p>由于选用液压流体是一项重要的设计环节和设备环节，因此无论是液压系统的规划阶段，还是在工程设计和试运行期间，都必须加以考虑。</p> <p>在选用液压流体时，应当根据设备的主要运行条件，比如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 工作温度范围</li> <li>• 液压系统的工作原理</li> <li>• 液压泵的种类</li> <li>• 工作压力和环保要求</li> <li>• 运行时间与可用性</li> <li>• 经济因素和生态因素</li> </ul> |
| 粘度      | <p>粘度是选择液压流体的一项最重要准则。粘度数据表明在某一温度下压力介质是稀薄还是粘稠，并继而确定流体内部各层之间的摩擦力究竟是太大还是太小。</p> <p>粘度的国际制单位（SI）是 <math>\text{mm}^2/\text{s}</math>，它随着温度的改变而变化。在双对数曲线上，垂直轴所代表的粘度随温度 T 而改变，其变化规律呈现为一条直线。</p>                                                                               |
| 生产厂商的数据 | <p>为确定液压系统的应用限值，并继而选择合适的液压流体，重要的一点就是：必须根据液压部件制造商所提供的文档，兼顾油液的最低粘度值和最高粘度值。</p> <p>比方说，部件制造商力士乐就在液压技术数据表的“RE 数据表”中，给出了液压流体选用所需的数据。这样，用户就能找到液压流体、液压流体温度和粘度范围的详细资料。</p>                                                                                                     |

液压油的分类



矿物油基  
液压流体的种类

| 代码字母，根据 DIN 51 502 和 ISO 6743/4<br>等级 L：润滑剂，工业油和相关的产品；等级 H：液压系统 |                    |                                             |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 代码字母<br>(符号) DIN                                                | 代码字母<br>(符号) ISO-L | 成份<br>典型性质                                  | 应用领域<br>工作温度                                                      |
| --                                                              | HH                 | 矿物油，不含活性添加剂<br>(基础油)                        | 液压系统，无特殊要求<br>(如今已很少使用)<br>-10 至 90 °C                            |
| HL                                                              | HL                 | 矿物油，含活性添加剂以增强抗<br>老化性，并改善防腐性能               | 静压驱动，具有高的热应力，<br>水分离性能好<br>-10 至 90 °C                            |
| HLP                                                             | HM                 | HL型矿物油，含活性添加剂，以<br>改善混合摩擦区域的防磨损性能           | 静压驱动，具有高的热应力，<br>需要添加剂以减少磨损，水<br>分离性能好<br>-20 至 90 °C             |
| --                                                              | HR                 | HL型矿物油，含活性添加剂，以<br>改善粘温特性                   | 比 HL 型矿物油的工作温度<br>范围更广<br>-35 至 120 °C                            |
| HVLP                                                            | HV                 | HM 型矿物油，含活性添加剂，<br>以改善粘温特性                  | 其中包括行走机械的静压驱动<br>-35 至 120 °C                                     |
| --                                                              | HS                 | 合成液，无专用的阻燃特性                                | 专门用于静压系统<br>-35 至 120 °C                                          |
| (HLPD)                                                          | HG                 | HM 型矿物油，含活性添加剂，<br>以改善粘-滑特性                 | 包含普通轴承的静压系统，间<br>歇性运行，低速<br>-30 至 120 °C                          |
| HLPD                                                            | --                 | HM 型矿物油，含去垢/扩散<br>(DD) 添加剂；DD 添加剂<br>以减少摩擦值 | 静压驱动，具有高的热应力，需<br>要 EP/AW 添加剂；DD 添加剂可<br>保持平衡的污染，比如机床和行<br>走机械液压。 |

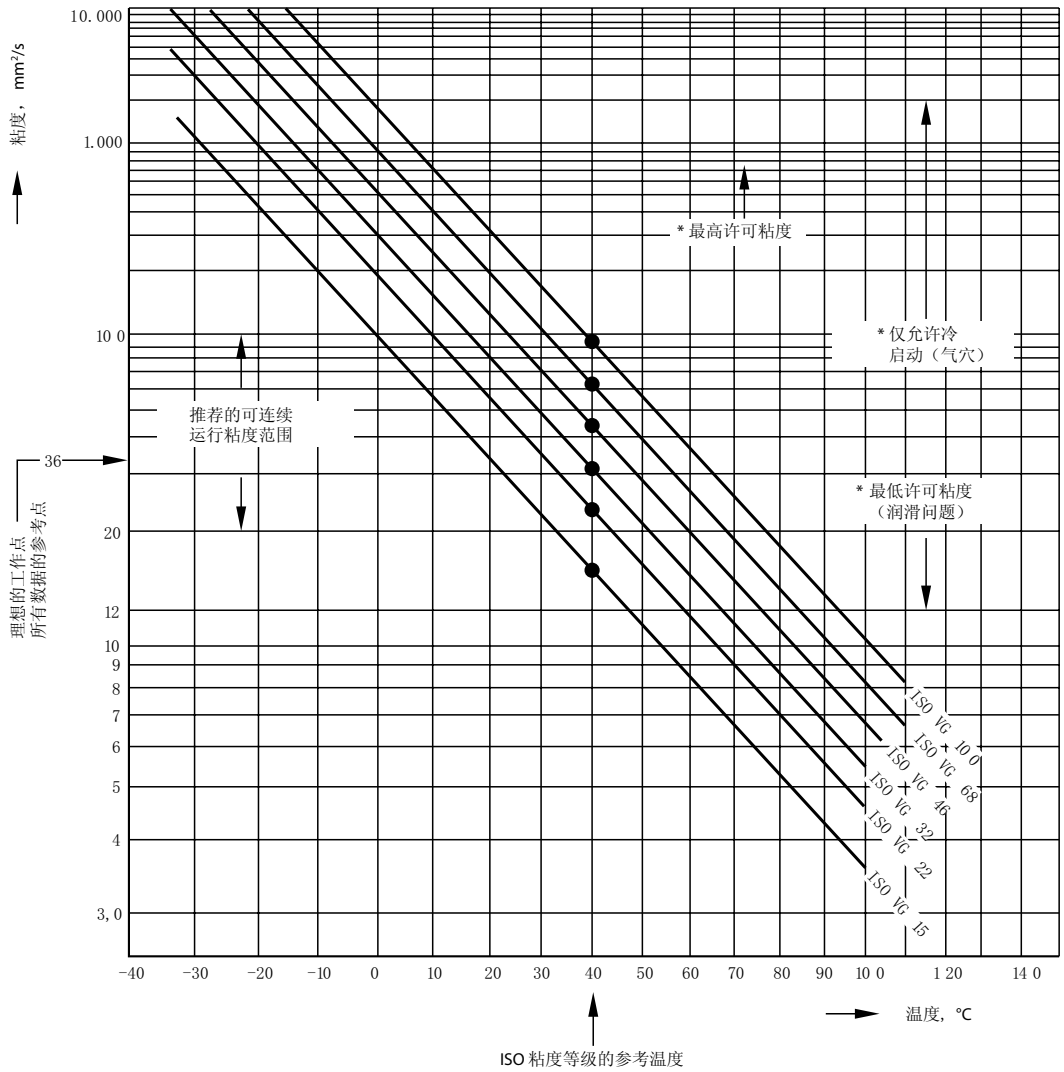
阻燃型液压流体、以及不含水分、可快速生物降解的液压流体的种类

| 代码字母，根据第七期卢森堡报告，DIN 51 502 和 DIN EN ISO 6743/4: 2002年4月 | 成份<br>典型性质                   | 应用领域<br>工作温度<br>(备注)                                    |
|---------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 阻燃型、含水分的液压流体                                            |                              |                                                         |
| HFA-E                                                   | 水包油型乳化液，矿物油/合成酯<br>浓度 < 20 % | 压力为 300 bar 的动力液压油，比如采矿业的防护隧道                           |
| HFA-S                                                   | 矿物油-自由水溶性化学品溶液<br>浓度 < 20 %  | 静压驱动 - 工作压力 < 160 bar<br>5 至 < 55 °C                    |
| HFB                                                     | 油包水型乳化液<br>矿物油成分占 60 %       | 比如英国矿业<br>5 至 60 °C                                     |
| HFC                                                     | 水溶性聚合物溶液<br>水份 > 35 %        | 静压驱动，工业与矿业液压<br>-20 至 60 °C                             |
| 不含水分，合成液，阻燃型液压流体                                        |                              |                                                         |
| HFD-R                                                   | 基于磷酸酯的合成液，不含水分               | 汽轮机的润滑与控制，工业液压<br>-20 至 150 °C<br>常用于静压系统<br>10 至 70 °C |
| HFD-U                                                   | 其它成份的合成液（多数为羧酸，聚酯）不含水分       | 静压驱动，工业液压<br>-35 至 90 °C                                |

| 代码字母，按照 VDMA 24568 和 ISO 15380 | 成份<br>典型性质              | 应用领域<br>工作温度 (备注)                   |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 不含水分、可快速生物降解的液压流体              |                         |                                     |
| HEPG                           | 聚烷撑二醇<br>水溶性            | 静压驱动，<br>比如船闸液压系统<br>-30 至 < 90 °C  |
| HETG                           | 甘油三酸酯（植物油）<br>非水溶性      | 静压驱动，<br>行走机械液压<br>-20 至 70 °C      |
| HEES                           | 合成酯类<br>非水溶性            | 静压驱动，<br>行走机械和工业液压<br>-35 至 90 °C   |
| HEPR                           | 聚 α-烯烴（合成碳氢化合物）<br>非水溶性 | 静压驱动，<br>行走机械和工业液压<br>-35 至 < 80 °C |

来源：专业刊物 O+P

粘温曲线



粘度

粘度是流体内摩擦力的一种参考指标。它表示两个相邻面之间的材料颗粒，为阻止相互之间滑动而产生的阻力。

不同粘度等级的比较

| SAE 等级   | ISO - VG (DIN 51519) | SAE 等级 |
|----------|----------------------|--------|
| 30       | 10.0                 | 68     |
|          | 68                   | 49     |
| 20, 20 W | 46                   | 36     |
|          | 32                   | 25     |
| 10 W     | 22                   | 16     |
| 5 W      | (15)                 |        |
|          | 10                   | 9      |
|          |                      |        |



## 添加剂

实际上，没有任何一种液压流体能满足各种应用要求。但由于有了添加剂，就能通过优化液压流体的某些特性，使其符合特定的使用要求。

比方说：

- 改进：

- 防腐性能
- 耐高压性能
- 抗老化性能
- 粘温特性

- 降低：

- 凝固点（倾点）
- 发泡性
- 磨损



实际使用时的注意事项

油液中空气的影响

液压油中所含空气呈现以下形式：溶解型空气（不可见），表层的泡沫（可见），以及非溶解型空气（可见）。尽管溶解型空气和微量的表层泡沫不会产生任何不利的影响，但油液内部散布的空气则可能造成严重的问题。如果油液中含有非常小的气泡，这些细微的气泡散布其中，浮上水面的速度非常缓慢，就可能出现以下问题：

- 滑阀的运动出现不均匀和急促性；油液压缩性的上升、伺服阀作用时间的变化，也会导致系统中的振动加剧
- 液压泵产生过高的噪声
- 气穴造成液压泵、管道和密封件受损
- 加速油液的老化
- 微内燃效应，是指气泡在高压作用下产生高温、从而引起受热爆裂的现象。

环保方面

液压系统是一种封闭式系统；只要使用得当，系统中的液压流体就不会进入周围环境。用户必须仔细检查，以确保泵站不发生泄漏；同时，还必须定期开展维护/修理。对于那些液压软管和软管接头部位，尤其必须加以密切观察。必须按时正确、彻底地更换油液；必须按照各种适用的法律规定，正确处置废油。

安全方面



矿物油基液压流体对水源有危害，属于易燃物品。只有在现场具备油品厂商的相关安全数据表、并切实遵守其中各项安全规程的前提下，才能使用这种类型的高压流体。

只要液压产品的泄漏可能导致水源和土壤受到污染，就必须将液压产品置于合适的滴油盘内。

## 滤油器

### 污染的原因

液压系统实现无故障运行的一个先决条件是：液压流体的正确过滤、以及油箱与大气相通。需要以滤油器加以过滤的这些污染物，会从周围环境、.经过注油接口、或通过密封件而进入液压系统。

我们把这种类型的污染称为外部污染，或由外部进入系统的污染物。

如需预测污染物入侵的快慢程度，我们只需掌握环境污染物的数量、以及液压系统和组件的结构设计即可。

液压系统中的运动部件，比如液压泵、滑阀和其它控制阀也会产生污染颗粒（磨损）。我们把这种类型的污染称为内部污染。

尤其在系统的试运行期间，原先各个组件装配过程就已存在的固态颗粒可能随油液被带入系统，因而各个系统组件存在受损、甚至被完全损毁的风险。

液压系统的多数故障，都是受到严重污染的液压油所引起的。即便是注入新的高压油，其所受到的污染也经常达到不可容许的程度。

#### - 部件生产期间的污染

（部件污染）

由于常见的液压部件壳体内壁形状和内部零件较为复杂，因而无法彻底洗净其中的污染物。在冲洗液压系统时，这部分污染物残留就会进入液压流体。

通常的液压组件都需经过一段中期储藏；防腐剂会凝固一些污染物和灰尘；这些污染物也会在系统的试运行时随油液进入系统内部。

典型的污染物包括：

切屑，沙砾，灰尘，纤维，剥落的油漆，水分或防腐剂。

#### - 系统装配期间的污染

（装配污染）

将各个零件（比如相互配对的零件安装）连接起来时，可能产生固态颗粒。

典型的污染物包括：

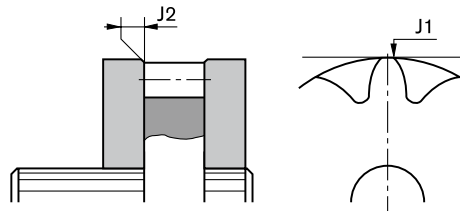
密封材料，剥落物，焊珠，软管的橡胶颗粒，酸洗及冲洗液的残余物，切屑及磨削微粒。

#### - 液压系统运行期间的污染

（生产污染）

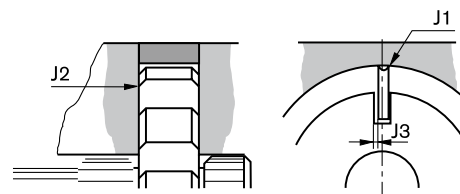
组件磨损也会形成颗粒。这些直径小于 15  $\mu\text{m}$  的固体颗粒，尤其会加速零部件的磨损。液压流体中的老化残余物，多数情况下是由过高的工作温度所引起的；这些残余物会改变液压流体的摩擦特性。

液压部件的一些重要公差值



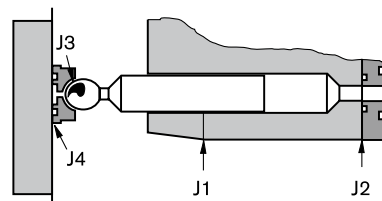
齿轮泵

|    |     |   |      |
|----|-----|---|------|
| J1 | 0.5 | 至 | 5 μm |
| J2 | 0.5 | 至 | 5 μm |



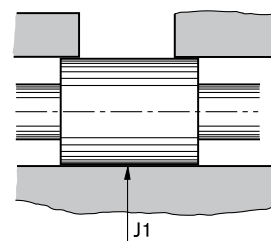
叶片泵

|    |     |   |       |
|----|-----|---|-------|
| J1 | 0.5 | 至 | 5 μm  |
| J2 | 5   | 至 | 20 μm |
| J3 | 30  | 至 | 40 μm |



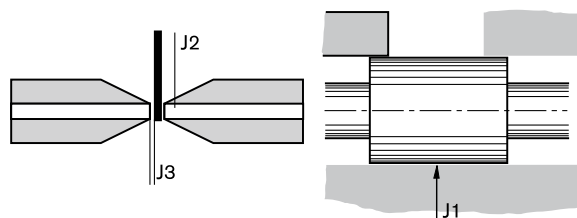
柱塞泵

|    |     |   |       |
|----|-----|---|-------|
| J1 | 5   | 至 | 40 μm |
| J2 | 0.5 | 至 | 1 μm  |
| J3 | 20  | 至 | 40 μm |
| J4 | 1   | 至 | 25 μm |



常规阀

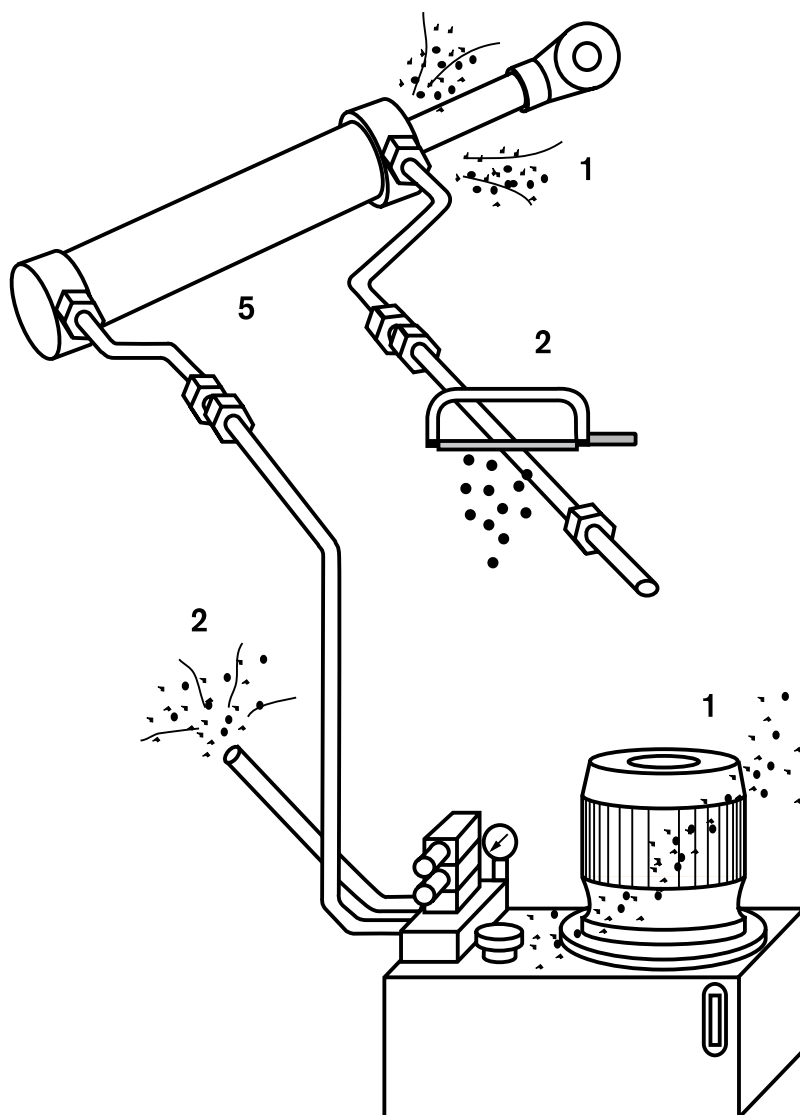
|    |   |   |       |
|----|---|---|-------|
| J1 | 5 | 至 | 25 μm |
|----|---|---|-------|



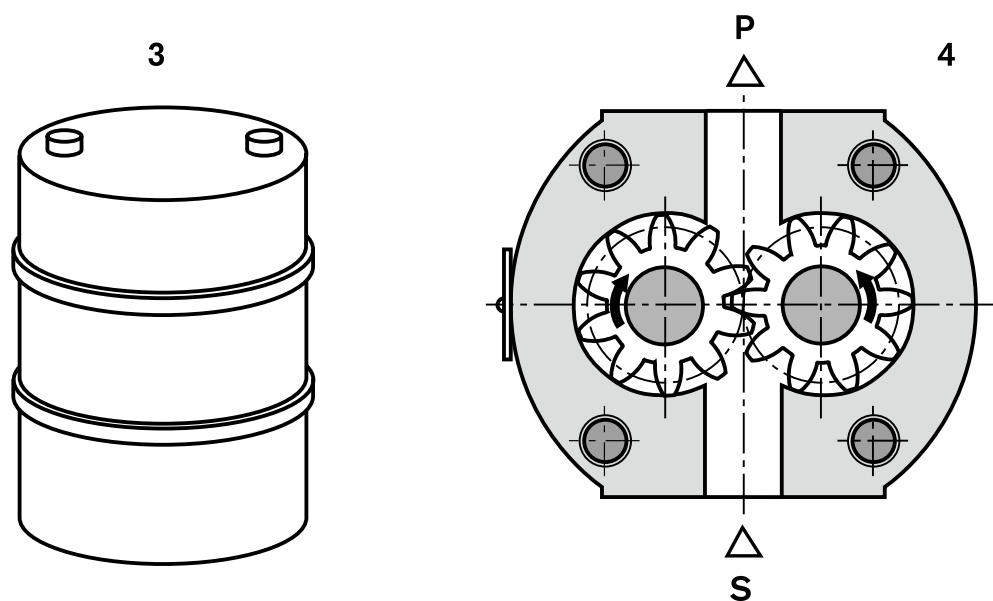
伺服阀

|    |     |   |        |
|----|-----|---|--------|
| J1 | 0.5 | 至 | 8 μm   |
| J2 | 100 | 至 | 450 μm |
| J3 | 20  | 至 | 80 μm  |

污染的起因和来源

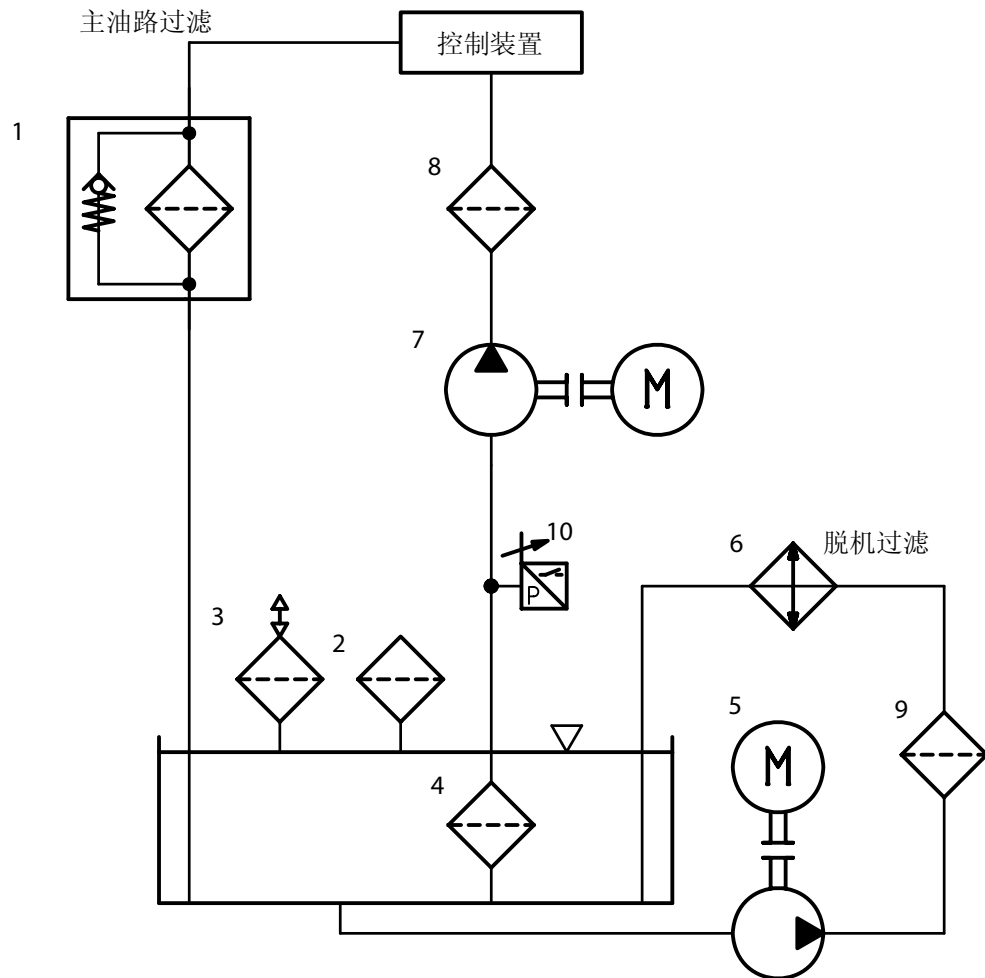


- 1 外部污染
- 2 安装及维修
- 3 新液压油带入
- 4 液压泵的磨损
- 5 密封件的磨损



开式回路中  
滤油器的布置

滤油器的任务，与它们在系统中的布置直接相关。  
根据在系统中所处的不同部位，这些滤油器相应地完成不同的任务。



- 1 附带回油滤油器
- 2 充油滤油器
- 3 透气滤清器
- 4 吸油滤油器
- 5 液压泵
- 6 冷却器
- 7 液压泵
- 8 高压滤油器
- 9 脱机滤油器
- 10 压力过低开关

滤油器的种类

回油滤油器

这些滤油器位于回油管路的末端，多数采用油箱固定式设计。这就意味着，来自系统的液压流体将在得到过滤之后才返回到油箱内；这样，进入系统之中的以及系统所产生的大部分污染颗粒，都可从液压流体中被过滤除去。

在选择滤油器尺寸时，必须考虑最大流量。

优点

- 成本低
- 易于维护
- 可安装堵塞指示器
- 提供精细过滤的功能
- 不会产生泵的气穴现象

缺点

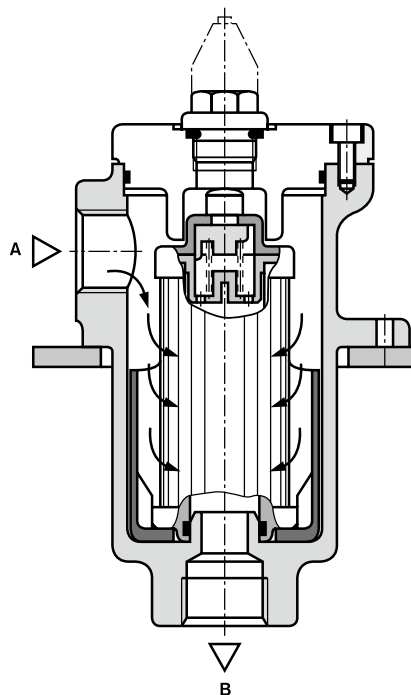
- 需要一只旁通阀
- 当出现压力峰值和冷启动状态下，可以让污染颗粒流经打开的旁通阀。

下图所示的滤油器以安装法兰固定在油箱盖上，滤油器的外罩接口直接突出在油箱的外部。

这种滤油器的一大优点是安装部位极易到达，因而维护非常方便。

只需拆下外罩，就能快速而方便地取出滤芯。

这种滤油器的一个重要特点，是以一个滤网封装滤芯。取出滤芯时也会拉出滤网，因而防止已积淀的灰尘直接进入油箱；在这种滤油器上，通常还加装一只堵塞指示器。



管路滤油器（高压滤油器）

这种类型的滤油器，能确保下游液压部件的功能正常。由于这一原因，必须把这种滤油器安装在尽可能靠近需要保护的部件周围。

以下方面，是决定选用高压滤油器的重要因素：

- 部件对于污染极其敏感（比如伺服阀，或高响应特性的控制阀），或者对系统的正常运行十分关键。
- 部件的价格较为昂贵（比如大的液压缸，伺服阀，液压马达），对于机器的安全性十分重要。
- 系统停机时间的成本相当高

高压滤油器一般应配有一个堵塞指示器。

在关键部件的上游，只得使用无旁通阀的高压滤油器。这类滤油器的滤芯还必须能承受更高的压差负载，而不发生任何受损。

滤油器的外罩必须能承受系统的最高压力。

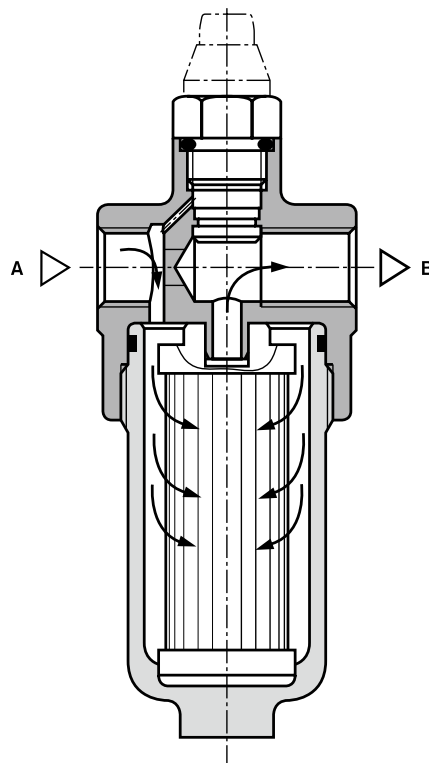
滤油器一般包括：滤油器头部，螺纹连接式外罩，以及一个滤芯。标准的变型结构没有旁通阀，也没有压力卸载螺钉。一般情况下，还设有一个堵塞指示器接口。

优点

- 可直接安装在敏感部件的上游
- 不会产生泵的气穴现象

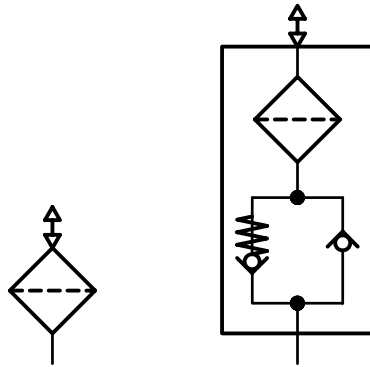
缺点

- 对于较高的压差，必须提供专用滤芯





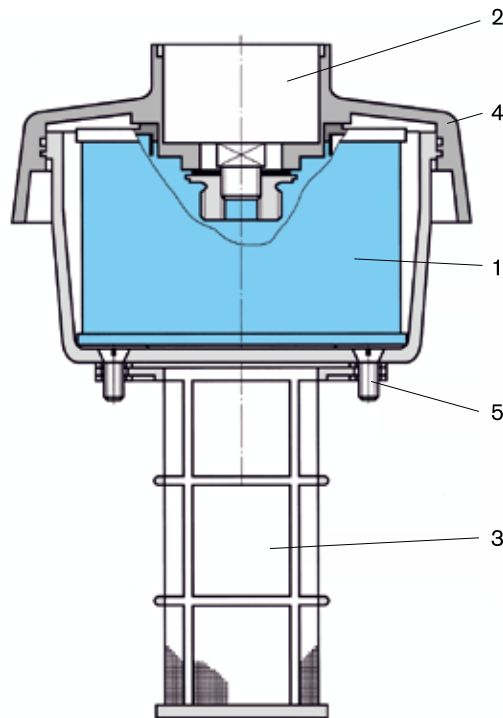
充油器及透气滤清器



充油器及透气滤清器的符号，  
无旁通阀（左）和有旁通阀（右）



充油器及透气滤清器，有充油滤油器和无充油滤油器



有充油滤网的充油器及透气滤清器

过去，对于液压系统中的这些滤油器很少重视。但根据最新的发现，这些是液压系统中实现油液正常过滤的最重要环节。有相当一部分的污染物，是通过不适用的通风设备而进入液压系统的。采取诸如加压油箱之类的结构措施，其经济性往往不及目前市面上供应的高效透气滤清器。

根据所需的不同洁净度等级，透气滤清器配有不同过滤等级的可更换滤芯；这种滤油器一般配有一个堵塞指示器接口（2）。

充油器及透气滤清器一般包括：一个空气滤清器（1），用于过滤进入油箱的气流；一个充油滤网（3），用于保存系统充液时滤出的粗颗粒。空气滤清器有不同的过滤等级，因而选用时可参照 CETOP 标准 RP70；对于系统滤油器和空气滤清器规定了相同的过滤等级。

DIN 24557 规定了这一类滤油器的要求。

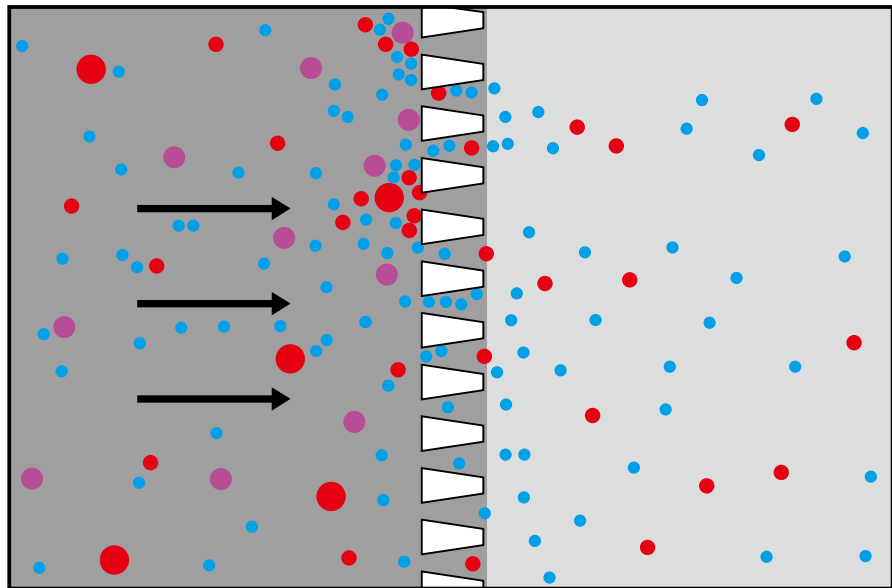
过滤介质

针对所述的过滤方法，可以选用不同的滤油器介质及其组合。

a) 表面过滤

采用表面滤油器时，直接在过滤介质的表面分离污染颗粒。由于进入过滤介质的污染颗粒直径很小，因而能毫无障碍地通过这种滤油器然而，滤油阻力会随表面堵塞的加剧而上升。滤油器表面所形成的凝结块，会造成过滤等级的下降。

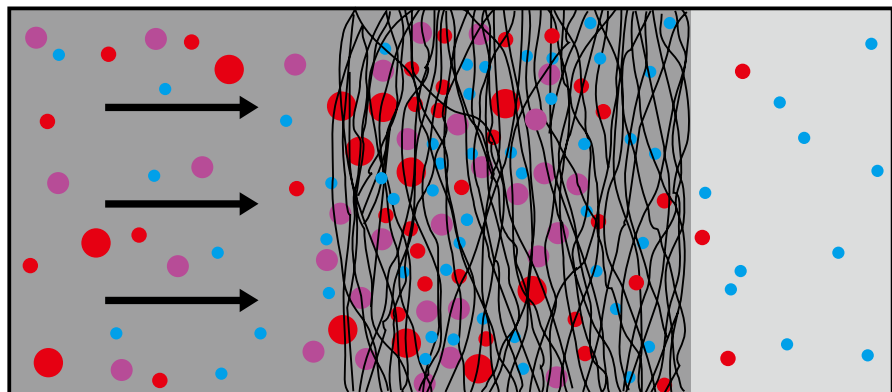
对于表面过滤，滤油器材料的隔膜滤层可以使用丝网、金属边料或荷兰编织物。



b) 深层过滤

需要过滤的流体渗入滤油器结构之中；而在滤油器内部的深层，也含有须被除去的污染颗粒。随着滤油器内包含越来越多的污染颗粒，流动阻力就会进一步上升，因此必须更换滤芯。滤油器的过滤介质，采用以下材料制成：

- 纤维素浸渍材料（有机过滤材料），
- 玻纤材料（无机过滤材料），
- 烧结金属网套，
- 多孔，烧结金属。



颗粒尺寸与  
过滤等级

| 超细颗粒污染                                                                                                                                                                                                                                         | 细颗粒污染                                                                                                                                                                                                                 | 粗颗粒污染                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>超细颗粒 (3 至 5 <math>\mu\text{m}</math>) 会影响功能并降低性能的原因如下:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 超细颗粒的腐蚀效应 (经常腐蚀控制凸肩)</li> <li>- 狭小缝隙处的细微沉淀物 (通过边缘过滤效应, 形成堵塞危险)</li> <li>- 需要更换工作介质 (油液老化), 其原因是与颗粒物表面发生化学反应</li> </ul>                  | <p>细颗粒 (5 至 20 <math>\mu\text{m}</math>) 会造成狭窄配合部位的坎口效应。其后果如下:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 由于磨损加剧而增大了配合间隙 (内部泄漏)</li> <li>- 临时性故障 (滑阀卡滞效应, 或造成阀座部位的泄漏)</li> <li>- 由于磨损严重而造成设备的整体故障</li> </ul>        | <p>粗颗粒 &gt; 20 <math>\mu\text{m}</math>, 常由于堵塞和闭锁效应而造成设备的整体故障, 或直接损毁。典型状况:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 造成喷咀闭锁</li> <li>- 滑阀堵塞或卡滞</li> <li>- 材料因外力过大而损坏</li> </ul> |
| 超细过滤                                                                                                                                                                                                                                           | 精细过滤                                                                                                                                                                                                                  | 粗过滤                                                                                                                                                                                |
| <p>有效分离超细-散布状颗粒 (<math>\beta_{3\text{至}5} \rightarrow 100</math>)</p> <p>高压差稳定性的超细滤油器, 可确保功能的安全</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 可确保最低限度地形成腐蚀、以及进一步加剧腐蚀。</li> <li>- 可预防狭小缝隙处堵塞</li> <li>- 可预防油液的老化</li> <li>- 可预防发生系统故障</li> </ul> | <p>部分分离细颗粒污染, 完全分离粗颗粒污染 (<math>\beta_{5\text{至}20} \rightarrow 100</math>)</p> <p>精细滤油器能可靠地控制系统所许可的污染等级</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 预防部件污染的效果最佳</li> <li>- 可减少坎口效应</li> <li>- 可预防部件的突发性故障</li> </ul> | <p>主要分离粗颗粒 (<math>\beta_x \rightarrow 100</math>)</p> <p>颗粒尺寸 <math>X = \mu\text{m}</math>, 这种颗粒可造成被保护部件的突发性故障。</p> <p>粗滤器可预防系统受到粗颗粒污染</p> <p>能够减少突发性故障或设备整体故障的风险。</p>             |

液压流体污染等级的分类体系

液压流体中的固体颗粒物含量，可借助于分类体系（标准的洁净度等级）来加以确定。

如今，最常用的标准为 NAS 1638（国家航太标准）和 DIN ISO 4406。

这里，我们根据 NAS 1638 的要求进行分类。

对于各类液压流体，规定了 14 个洁净度等级。对于每一个类别，分别规定了 5 种尺寸（在 100 ml 液体中）的固体颗粒数。

| 污染级别 | 颗粒尺寸, $\mu\text{m}$ |         |         |          |       |
|------|---------------------|---------|---------|----------|-------|
|      | 5 - 15              | 15 - 25 | 25 - 50 | 50 - 100 | > 100 |
| 00   | 125                 | 22      | 4       | 1        | 0     |
| 0    | 250                 | 44      | 8       | 2        | 0     |
| 1    | 500                 | 89      | 16      | 3        | 1     |
| 2    | 1000                | 178     | 32      | 6        | 1     |
| 3    | 2000                | 356     | 63      | 11       | 2     |
| 4    | 4000                | 712     | 126     | 22       | 4     |
| 5    | 8000                | 1425    | 253     | 45       | 8     |
| 6    | 16000               | 2850    | 506     | 90       | 16    |
| 7    | 32000               | 5700    | 1012    | 180      | 32    |
| 8    | 64000               | 11400   | 2025    | 360      | 64    |
| 9    | 128000              | 22800   | 4050    | 720      | 128   |
| 10   | 256000              | 45600   | 8100    | 1440     | 256   |
| 11   | 512000              | 91200   | 16200   | 2880     | 512   |
| 12   | 1024000             | 182400  | 32400   | 5760     | 1024  |

污染等级按照 NAS 1638  
100 ml 液压流体中污染物颗粒的最大数目

按 ISO DIS 4406 要求分配的标号类别

| 每毫升所含固体颗粒数 |         | 标号   |
|------------|---------|------|
| 大于         | 小于等于    |      |
| 2500000    |         | > 28 |
| 1300000    | 2500000 | 28   |
| 640000     | 1300000 | 27   |
| 320000     | 640000  | 26   |
| 160000     | 320000  | 25   |
| 80000      | 160000  | 24   |
| 40000      | 80000   | 23   |
| 20000      | 40000   | 22   |
| 10000      | 20000   | 21   |
| 5000       | 10000   | 20   |
| 2500       | 5000    | 19   |
| 1300       | 2500    | 18   |
| 640        | 1300    | 17   |
| 320        | 640     | 16   |
| 160        | 320     | 15   |
| 80         | 160     | 14   |
| 40         | 80      | 13   |
| 20         | 40      | 12   |
| 10         | 20      | 11   |
| 5          | 10      | 10   |
| 2.5        | 5       | 9    |
| 1.3        | 2.5     | 8    |
| 0.64       | 1.3     | 7    |
| 0.32       | 0.64    | 6    |
| 0.16       | 0.32    | 5    |
| 0.08       | 0.16    | 4    |
| 0.04       | 0.08    | 3    |
| 0.02       | 0.04    | 2    |
| 0.01       | 0.02    | 1    |
| 0.00       | 0.01    | 0    |

滤油器堵塞指示器

在堵塞指示器内的压力每发生一次变化，都能通过测量活塞或隔膜的行程改变量来加以记录。活塞上固定着一块磁铁克服堵塞指示器内部的弹簧力，从而产生移动。在表盘指针式堵塞指示器内，一块单极磁铁固定于指示器的头部；这些磁极相互靠得越近，磁铁之间的斥力就越大，最终会弹出红色的指示按钮。

随着电气量的变动，切换触点就会接合。

电子式堵塞指示器的开发目的，就是为了永久地指示滤芯的污染状况；在使用这类指示器之后，就可以预测滤油器的维护周期了。

有了这些全电子式堵塞指示器，就能通过非接触式传感器，将滤芯受污染物堵塞而在滤芯两端建立的压力差转换为模拟式电气输出信号；此外，还集成了压力峰值抑制和冷启动抑制的功能。



背压式堵塞指示器



压差式堵塞指示器

## 基本安全警示



为确保识别设备与机器的潜在风险，必须遵循安全法规、产品文档和操作规程的相关要求。

培训讲师必须确保学员都已获取了各种必要的文档资料。

在使用竞争厂商的产品时，应当遵循厂商的安全警示规定，并且还必须确保组件和系统符合当前有效的欧盟法规。



警告

鉴于上述原因，除非需使用的电液组件和系统符合欧盟法规的各项规定，否则禁止开展试运行。

### 基本和一般的安全警示



警告

遵守

- 机器上的危险标记与安全警示
- 操作规程，规定了设备运行期间的行为准则，以预防发生受伤事故和健康危害；必须在诸如事故防范之类规章制度的基础上，由操作人员/员工来制定这些操作规程，
- 操作规程，可确保按预定用途正确使用液压系统。



操作规程起到提供信息的作用，以消除安装液压部件过程中的安全隐患。

- 这里是指在教学台架上安装电液组件
- 并包括液压系统在运输、储存和维护（包括检测，维修，纠正性维护）等方面的信息和注意事项。

只有严格遵守操作规程，才能避免发生人员受伤事故和财产损失，也才能确保液压系统的无故障运行。

此外，遵守操作规程还有助于：

- 减少停机时间和维修成本
- 延长液压系统的使用寿命。

矿物油基液压油对水源有危害，并具有可燃性。只有在现场具备油品厂商的相关安全数据表、并切实遵守其中各项安全规程的前提下，才能使用这种类型的油液。

只有在具备理想的技术条件时，方可运行液压系统。

不得擅自变更设备的预定用途、性能数据和运行条件。

对于防护性设备 / 组件，在桥接限位开关、液压阀或控制部件时，不得出现功能失灵的问题。

如果因维修工作而需要进行防护性设备的桥接，则必须严加防范以确保不出现险情；应当切实遵守更高等级的机器操作规程。

操作或更改液压组件的调节特性，只能由经过批准的人员在液压系统预定用途的架构以内，通过可编程控制系统来进行。

一旦系统出现了紧急状况、故障或其它突发性事件，就应当：

- 立即关闭液压系统和主回路开关阀，并确保不会被无意中重新启动，
- 在危险区域周围必须设置围栏，以确保无任何人会不经意地或未受管制地擅自进入该区域，
- 应当立即报告负责的专业技术人员。

严禁外部人员未加管制地擅自进入液压系统的操作区域（即便液压系统处于关机状态）。



备注：  
这些是每一个项目任务都必须遵循的基本安全法规。



## 项目 01: 液压泵站

01

### 项目/培训讲师信息



就技术层面而言，液压可作为一种传动技术。传动系统的设计任务，就是为机器或系统提供一种驱动方案，以确保技术功能体现出最佳的性能。无论是本项目手册所述的客车发动机传动项目，还是以下设备的传动系统，在这一方面都是同样有效的：

- 送料设备，用于在垂直方向运送工件，
- 钢丝绳卷扬机，用于提升负载，
- 提升传动机构，用于水平方向输送负载，
- 输送带，用于运送负载，
- 进料车架，用于运送刀具，
- 冲压设备，用于钣金冲孔，
- 用于工件再定位的旋转驱动，以及
- 加压设备，用于工件加压。

驱动功率来自于电机或内燃机。根据不同的要求，通过一台变换器将电机或内燃机的输出扭矩转变为旋转运动或直线运动。这一任务必须通过一套传动系统来完成——这里，就包括液压缸或液压马达之类的液压部件。流体动力的传输，是通过液压流体实现的。

液压系统的基本组件包括：

- 流体流量生成环节/液压泵，
- 流体流量耗用环节/液压缸与液压马达，
- 开环与闭环控制设备/控制阀，
- 附件。

既可以将以上列出的这些液压系统组件设计成一个个单独的部件，又可以组合成一个紧凑的装配体，形成一个液压泵站（无耗用环节）。在多数情况下，是把诸如方向阀、压力阀和流量阀之类的控制阀，单独安装在机器之中。

一个简单的液压泵站包括：

- 液压泵及其驱动电机，
- 储存流体的油箱，
- 监测液位、温度和压力的仪器，
- 流体维护设备，比如滤油器、冷却器和加热器，
- 必要时，还需使用具有压力溢流功能的控制阀，
- 液压蓄能器，用于储存能量。

通过以下的项目 01，将向您介绍液压泵站的一般结构。

针对项目订单，学员依据给定的要求搭建所需的组件。就本项目任务而言，学员必须理解以下内容：

- 一套液压系统包括：一个流体流量生成环节和一个流体流量耗用环节（执行机构），开路与闭路控制装置，以及附件。
- 液压泵站由多种液压部件组合在一起，形成了一套紧凑的装置。

- 可将必要的驱动元件和油箱附件，比如控制与监测装置以及维护设备，安装在液压油箱上或顶盖上。
- 泵站的尺寸（比如油箱的容量）与结构设计，取决于给定的条件和客户要求。

针对本项目任务，学员根据下列条件搭建泵站，并绘制一张原理草图：

- 液压泵，采用先导控制式变量叶片泵，流量  $q_v = 20$  升/分；
- 液压马达，系统最高压力  $p = 80$  bar，
- 根据排量计算油箱的体积（ $q_v$  的 3 - 5 倍），
- 承载组件，
- 液压滤油器，配有表盘指针式堵塞指示器，
- 充油器及透气滤清器，
- 液位监测仪，以及
- 排油阀，用于更换液压流体。

不提供液压蓄能器。

关于液压泵站的详细技术信息，请参见：

- 液压培训讲师手册 第一版/博世力士乐集团  
基本原理和组件，第 17 章
- 液压培训讲师手册，第三版/博世力士乐集团  
液压系统的规划与设计
- 技术数据表 RE 51098  
模块化的标准泵站
- 技术数据表 RE 10515  
变量叶片泵，先导式



## 项目定义

对于需要提升重负荷的液压系统设备，液压泵站使用一台由电机驱动的变量泵、以及相关的附件。

客户希望获得采用先导式叶片泵的液压泵站在结构方面的信息。在液压泵站组件列表中，他需要就所选组件了解一些简要的信息，还需要获得一张液压系统原理图和一份零部件列表。



图 01.1 实例：液压泵站，包括液压泵/电机和附件

## 项目任务

- 独立理解任务要求，并应用液压控制技术付诸实践
- 规划和组织客户要求（核心能力资格认证）
- 对于包含先导式叶片泵的标准泵站，分析其技术数据表（技术条件）
- 应用液压部件，以符合功能要求



液压原理图

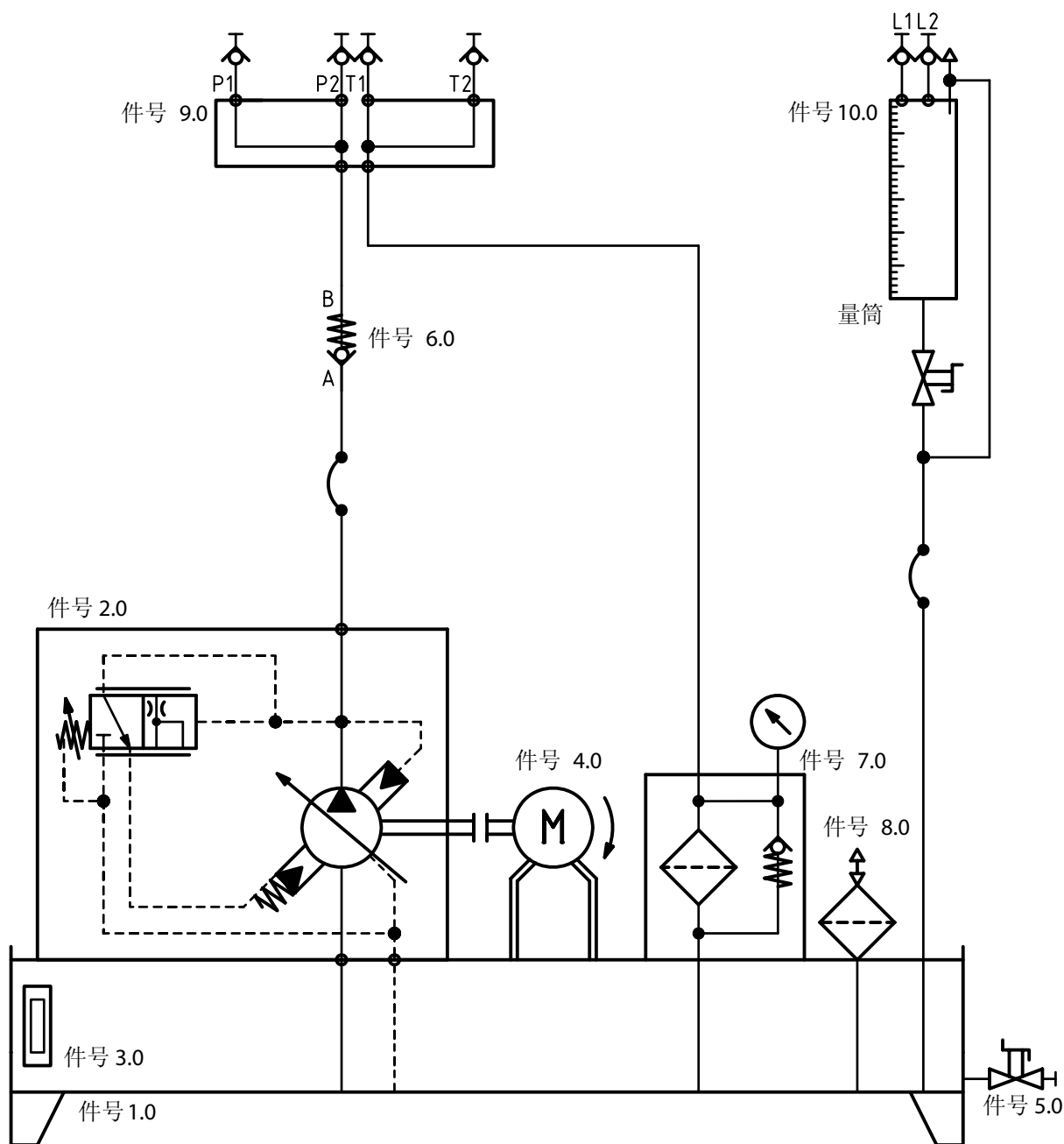


图01.2 液压原理图：液动力泵站

部件选择及其零部件表

| 件号   | 数量 | 部件名称                          | 型号名称            | 符号 |
|------|----|-------------------------------|-----------------|----|
| 1.0  | 1  | 有盖油箱                          | 100 升/不锈钢       |    |
| 2.0  | 1  | 变量泵, 先导式                      | PV7-1X/16-30... |    |
| 3.0  | 1  | 液位控制器                         | FSK             |    |
| 4.0  | 1  | 电机                            | 4 KW/1450 转/分   |    |
| 5.0  | 1  | 截止阀, 旋转作用式                    |                 |    |
| 6.0  | 1  | 单向阀, 有弹簧, 只在一个方向产生流动; 静止位阀口关闭 | S6-1X/...       |    |
| 7.0  | 1  | 滤油器, 有旁通阀和压力测量装置              | RF 060...       |    |
| 8.0  | 1  | 油箱透气滤清器                       |                 |    |
| 9.0  | 1  | 接口阀块, 有 1/4 英寸连接插头            |                 |    |
| 10.0 | 1  | 量筒                            |                 |    |

表 01.1 液压回路图 01.2 的零部件表



培训讲师注意事项:

零部件列表中的件号 9.0 和 10.0 是培训系统所使用的附属组件, 并非属于实际行业应用中液压泵站的一部分。









#### 影响泵站额定等级的因素

- 周边环境，气候
- 到功率使用区的管道长度
- 安装部位：集成式 - 分离式
- 占空因数
- 期望的驱动功率
- 体积变化量
- 环境温度
  - 通过油箱散发的热量
  - 冷却（空气，水）
  - 加热
- 噪声 - 经管道和空气导管传输
- 隔音
  - 软管
  - 压力补偿器
  - 抗震机架
  - 流速较低
  - 泵的选择
  - 封装
  - 液压蓄能器
  - 消音器
  - 等等
- 装配 - 拆卸 - 维护



#### 影响回油滤油器额定值的因素

- 应用领域，环境
- 部件的敏感性（应当以要求最严格的部件，来确定整个系统的过滤等级！）
- 必须遵从要求的洁净度等级和过滤精度；这两个数值都必须由部件生产厂商规定。最低要求应采用当今常用标准，比如NAS 等级 9和最低滞留率  $\beta_{10} \geq 100$ ；ISO 4406 (c) 等级 20/18/15。
- 由于无法确定与  $\beta$  值有关的灰尘进入量，因而不可能得出洁净度的可靠计算值。
- 滤油器的布置
- 液压流体的型号、粘度和工作温度
- 工作压力
- 流量大小决定了选用何种尺寸的滤油器
- 洁净滤芯两端的  $\Delta p$  允许值（选用博世力士乐系列产品： $\Delta p$  额定值，高压滤油器 - 1 bar，回油路滤油器 = 0.4 bar）
- 旁通阀 - 由滤油器系列确定，高压滤油器不使用旁通阀
- 堵塞指示器 - 现代液压系统必备 - 表盘指针式及/或电气式
- 油箱透气滤清器与滤油器必须具有相同的过滤精度。

液压泵:

为确定液压泵的额定功率, 必须知道以下数据:

$q_v = ?$  单位: 升/分 (升/分); 液压泵在多久时间内, 需要排出多少体积的油液。

由于制造商的技术数据表通常只给出了尺寸数据 (液压泵每转动一周, 排出多少体积的油液?), 因而必须知道驱动器/电机的转速。对于工业应用, 电机的转速约为 1,500 转/分。为了将排量等数据转化为每一台设备的功率值, 可以用以下公式进行计算:

$$q_v = \frac{V_g \cdot n}{1.000}, \text{ 升/分, l/min}$$

由于任何制造商都无法完全按所需功率提供液压泵, 因而通常选用相对较大的尺寸。

电机:

为计算电机的额定功率, 除了必须知道液压泵的流量 (单位: 升/分) 以外, 还必须知道可能出现的最高系统压力。

选用液压马达的计算公式:

$$P = \frac{p \cdot q_v}{600}, \text{ kW}$$

$p$ , bar

$q_v$ , l/min

还有一点要注意: 这里应在厂商电机的基础上选择大一号的框架尺寸。典型的框架尺寸, 如 3 kW, 4 kW, 5.5 kW, 7.5 kW 等等。

这里, 没有考虑选用何种必要的承载组件 (比如联轴器、泵的安装托架和减震环节), 因而不属于订单实施的范畴。

液压油箱:

选用液压油箱时应根据实际经验, 比如:

油箱尺寸 = 液压泵的排量 · 5

只要条件许可, 旧应当选用标准尺寸的油箱。由于本次工程任务较为简单, 因而不涉及油液冷却的问题。为进行液压流体的更换, 一般总是建议使用一只排油阀。

附件:

在本项目任务中, 液压油箱所需的附件包括: 一只回油滤油器, 一只注液及透气滤清器, 以及一套液位控制装置。选用时可参见制造商的技术数据表。

在选用回油滤油器时, 始终应当考虑一台单出杆油缸运行所需的实际流量, 也即究竟有多少油液从液压缸流入该滤油器 (参见项目 04)。

在上一页中, 列出了对回油滤油器的选择产生影响的各种因素。



作为确定液压泵站额定功率的其它辅助方法，我们建议：可以使用液压计算尺。

关于确定回油滤油器额定值的简易方法，请参见技术数据表 RE 50081.

关于液压系统工程与设计的详细注意事项，请参见液压培训讲师手册第三版/博世力士乐集团。



一般注意事项：

与以下项目任务形成对照的是，本次的订单实施并不包含培训系统的任何实际工作。因此，没有提供部件的布置图和培训系统总图。

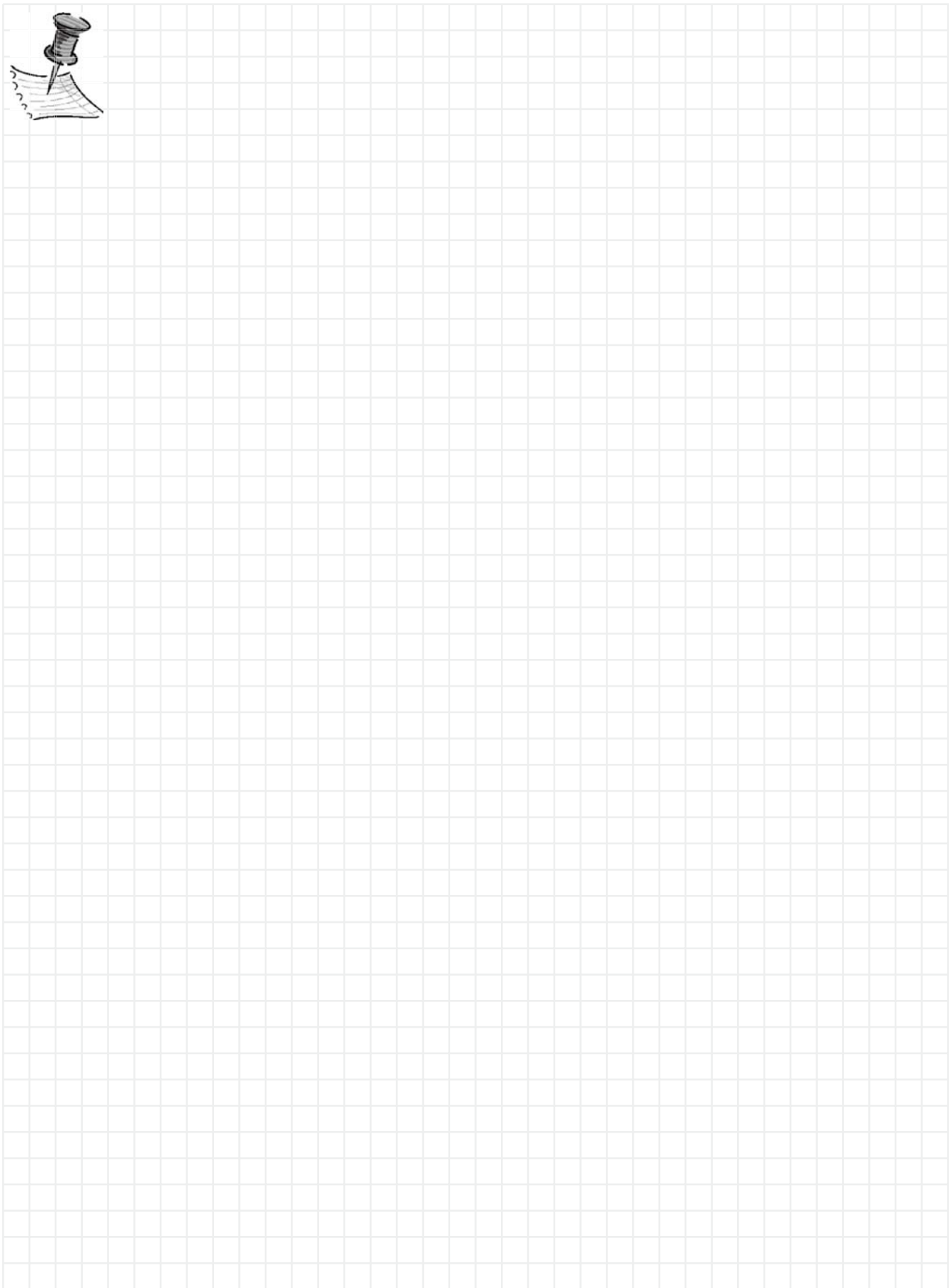
## 对照客户要求，评估工作结果



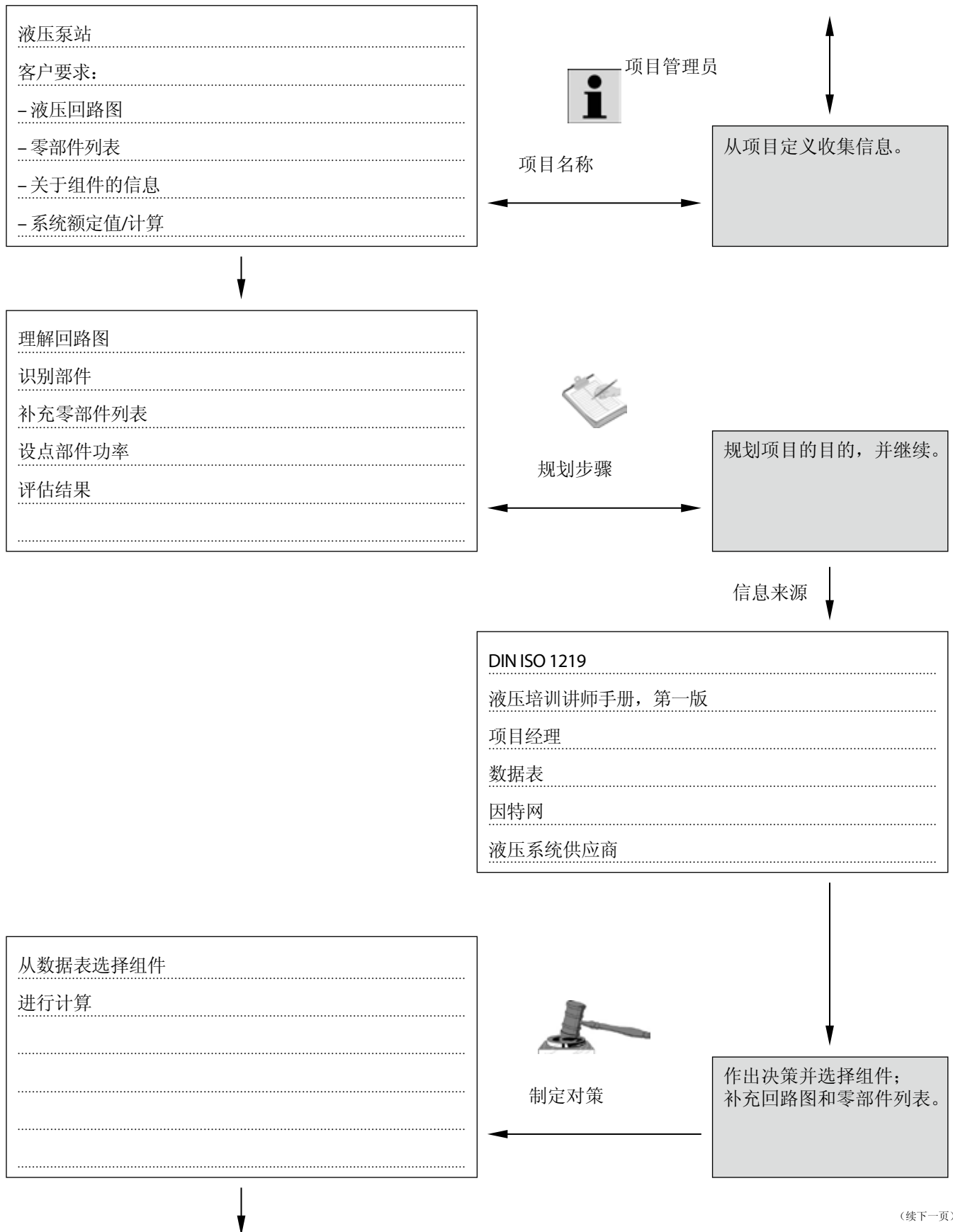
- 液压系统包括一个流体流量生成环节，一个流体流量耗用环节，控制阀 和 附件。
- 液压泵站由多种液压部件组合在一起，形成了一套 紧凑的装置。
- 可将必要的驱动元件和油箱附件，比如控制与 监测装置 以及 维护设备，安装在液压油箱上或油箱顶盖上。
- 液压泵站的 尺寸（比如油箱的容量）与 结构设计，取决于给定的条件和 客户要求。

# 笔记

01



项目计划：项目 01





总结已获取的信息

.....

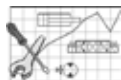
.....

.....

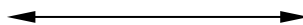
.....

.....

.....



订单的实施



具体实施  
构建电液控制系统，并  
获取必要的参数。

有哪些特殊之处？



液压泵数据表 RE 10515 非常复杂

.....

.....

.....

.....

.....



与客户要求的概述进行比较

.....

.....

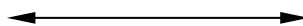
.....

.....

.....



质量检查



核实监控  
客户的各项要求是否都  
得到了满足？



评估  
优化项目步骤

(必要时可添加附页)

将每一个项目步骤分派给团队成员 → 更快获得结果

.....

.....

.....

项目 01

.....

完成后的记录应当由项目经理确认，并附上地址、日期和签名。