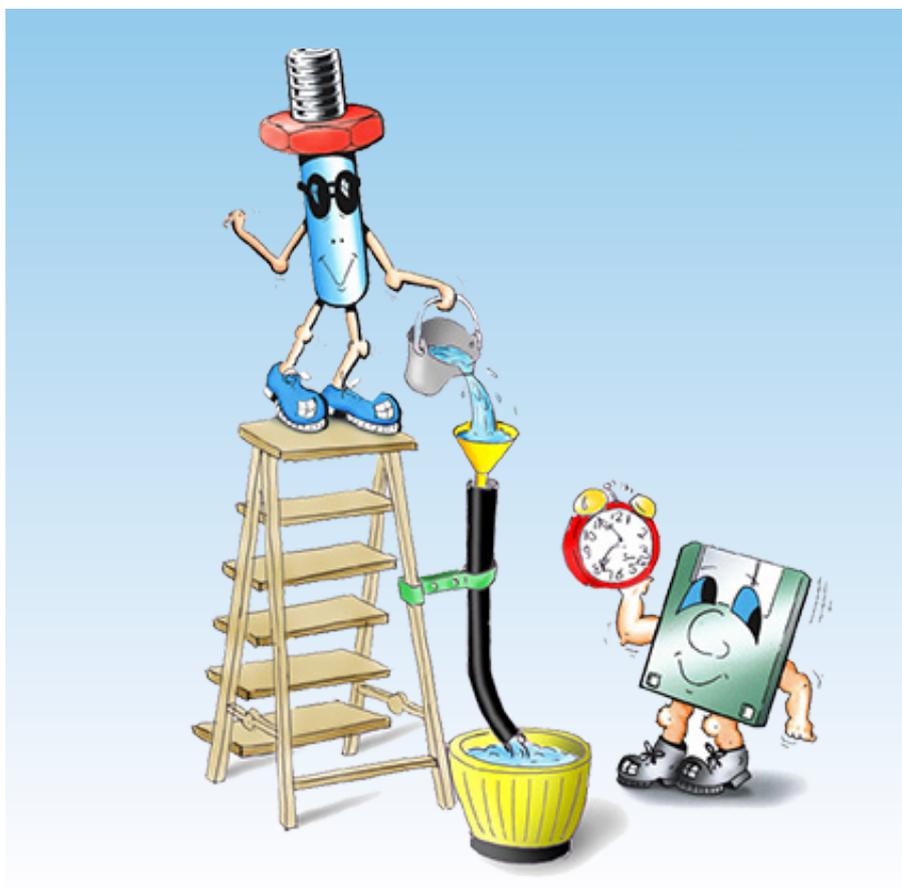


# 液压流量 计选择指 南

作者：

Martin Cuthbert

本指南介绍了流量的定义，如何决定使用哪种流量计，以及目前可用于液压系统的一些较为常用的流量测量方法。



## 什么是流量？

流量是指单位时间内流经一定点的流体的体积。对大部分液压应用而言，流量单位为升/分（L/min）、美制加仑/分（US gpm）或有时，英制加仑/分（UK gpm）。

单位	乘以	得到
US gpm	3.785	L/min
UK gpm	4.546	L/min

## 为什么测量液压流量？

流量对于液压工程师正如电流对于电气技术员，而液压压力则相当于电压。仅测量其中一项可能导致完全错误的系统故障诊断。

表格显示不同矿物油在特定温度下的运动粘度(cSt)

温度 °C	流体类型：					
	ISO15	ISO22	ISO32	ISO37	ISO46	ISO68
0	85.9	165.6	309.3	449.9	527.6	894.3
10	49.0	87.0	150.8	204.7	244.9	393.3
20	30.4	50.5	82.2	105.5	127.9	196.1
30	20.1	31.6	48.8	59.8	73.1	107.7
40	14.0	21.0	31.0	36.6	44.9	63.9
50	10.2	14.7	20.8	23.9	29.4	40.5
60	7.7	10.7	14.7	16.5	20.2	27.2
70	6.0	8.1	10.9	12.0	14.6	19.2
80	4.8	6.4	8.4	9.1	11.1	14.3
90	4.0	5.2	6.6	7.2	8.7	11.1
100	3.3	4.3	5.5	6.0	7.1	8.9

例如，当液压缸发生故障时，您可测量入口处的压力，此时会发现如预期所想，压力为 200 bar ( 3000 psi )。如果不再进一步检查，您可能会断定液压力单元正常，故障肯定出在液压缸。

然而，如果测量液压缸的流量，您会发现没有任何流量。此时，您会马上怀疑是否泵出现故障，并查看那些能影响流量的部件，比如泵或者错误设置的溢流阀。

## 流量测量

如果您没有流量计，但又需要了解液压系统的流量，可通过计算装满一桶油所需时间来粗略测量流量。根据桶的体积和装满它所需的时间，可以计算出单位时间的体积，或流量。测量精度取决于多种因素，包括桶的体积以及所使用的计时器种类。然而，虽然这种方法不会造成严重后果，但并不实用。一旦将油倒入桶内，这些油便不可再次使用，将受到污染，并且不可进入液压系统中。

## 选择流量计时应该考虑哪些因素？

在为某个特定液压应用寻找流量计时，下述五个问题可以提供切实帮助：

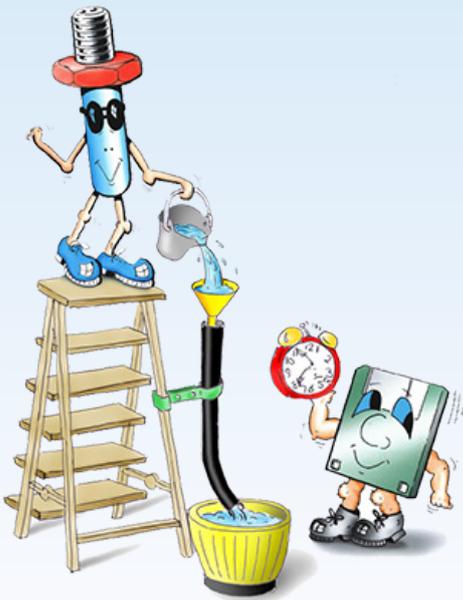
1. 流体属性是什么？
2. 液压系统的运行条件是什么？
3. 您为什么测量流量？您需要何种精度的流量测量？
4. 流量计会对流体产生什么影响？反之，流体对流量计的影响是什么？
5. 测量流量有多重要？您的预算是多少？

如果能够回答所有这些问题，您可以轻易地以合适的价格为您的应用选定正确的流量计，从而保证得到正确选择。

## 流体属性是什么？

首先，您会一直将这个流量计用于同一种流体吗？在永久性安装流量计时通常会出现这种情况。然而，如果是便携式流量计，且用于实地的不同机器中，这种流量计可能会被用于多种不同的流体。

由于流体的特性在很大程度上会影响您对流量计的选择，因此了解需要测量的流体十分重要。特别值得注意的是流体属性：它是腐蚀性的还是天然润滑剂？它的材料相容性以及粘度特性如何？您可通过流体数



据表中标题为“物理性质”、“润滑性能”以及“防腐性能”等内容了解这些信息。

### 液压系统的运行条件是什么？

假设下述两点要求：您需要测量变化不大的高流量，比如在1000 - 1100 L/min ( 264 - 291 US gpm ) 之间的流量，并且需要测量大范围的流量，比如在1 - 400 L/min ( 0.26 and 106 US gpm ) 之间的流量。由于高流量，第一个例子中的测量看起来十分困难。然而，实际上，它比第二个例子中的测量更为简单。

了解所要测量的最小和最大流量会直接影响您需要购买的流量计种类及其价格。最高流量与最低流量的比值称为“量程比”。在第一个例子中，该比值为1.1 : 1，而在后一个例子中，比值为400 : 1。比值越高，越难找到一种可以覆盖整个范围且具备稳定精度的流量计。这意味着您需要两种及两种以上的流量计来覆盖该范围，或者您可以选择重新考虑最小量程范围，并确定接受10 - 400 L/min ( 2.6 - 106 gpm ) 这一范围，从而将该比值减小为40 : 1。

您还需了解液压系统的标准运行条件，包括了解系统的标准清洁度级别，尤其当系统不太干净时，因为一些流量计对污染极其敏感，如果清洁度一直

低于某一界限，流量计易于堵塞并会停止工作。

#### 油清洁度：

关于如何为您的液压系统确定正确的清洁度级别，已经有许多本指南。我发现布伦丹·凯西 ( Brendan Casey ) 的文章和书籍非常有用。请上网搜索“布伦丹·凯西——液压流体清洁度” ( Brendan Casey - hydraulic fluid cleanliness ) 。

最大运行压力会影响流量计的材料种类，从而影响价格。例如，监测10 bar的油箱管路压力比监测350 bar的油箱管路压力容易并且便宜得多。在第一种情况下，流量计可由压铸铝外壳制成，而在第二种情况下，可由高档铝或不锈钢加工而成。

环境和系统温度范围同样重要。一旦您了解了流体属性和系统运行温度范围，便可以快速查找或计算该流体在此温度范围内的运动粘度。例如，在40°C 至60°之间将ISO32流体应用于标准液压系统时，运动粘度的浮动范围在大约34与15 cSt之间。

#### 流体粘度

随着液压油温度的增加，运动粘度降低。“粘度指数”用于描述流体粘度的变化率。粘度指数越高，每一度温度变化的粘度变化率就越低。

油粘度的变化会对一些流量计产生很大的影响。因此，如果预测液压系统的油粘度非常稳定，且在10-100 cSt的范围内，那么下面列出的所有类型的流量计都可以使用。然而，如果将油用于高压润滑且其粘度一直高于100 cSt，或者如果油实际上是一种低粘度可生物降解的液压油，流量计须分别适于高粘度或低粘度。这将限制可用的流量计种类。

可能最困难的情况是当流体受到较宽温度波动影响而造成大的粘度变化，因为这可将直接影响流量精度。在这种情况下，所选的流量计不能对粘度的影响过于敏感，且流量计具有内置粘度补偿功能，或者需要根据平均粘度进行校准，并在温度/粘度“超范围”时进行修正。

#### 粘度

欲了解“液压油粘度”的更多信息，请前往 [www.webtec.com](http://www.webtec.com)，在右侧顶部的搜索框中搜索“viscosity” (粘度)。

### 您为什么测量流量？您需要何种精度的流量测量？

对于一些应用，需要进行流量测量来监测趋势，比如回答“流量比上周多还是少”这种问题。而其他时候，需要进行流量测量来与其他系统进行性能比较或者对比生产商提供的规格。

在第一个例子中，重复性更加重要，而在第二个例子中，您需要重复性和更高的精度。

### 输出信号

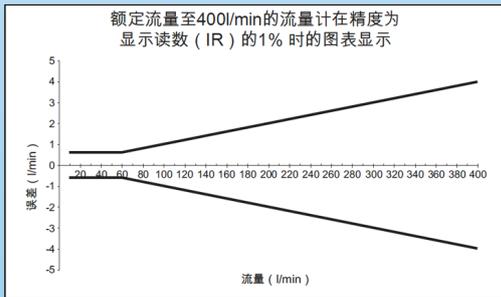
根据应用，您可能还需将信号从流量计发送至可编程逻辑控制器 ( PLC ) 或者数据记录仪，从而能够记录在特定时间经过系统的流量。一些基本的流量计常常用于监测趋势，这类流量计只带一个模拟刻度盘，且很少能够更新。然而，多数流量计的标准配置为提供输出信号，并且提供多种不同的信号选择。大致可以分为模拟信号、数字信号，线性信号和非线性信号。多数流量计具有机载电子部件，用于转换原始测量（例如非线性频率）以确保线性的输出信号。

为实现最优精度，无论线缆长短，线性数字信号（如CAN）将提供最少误差和最可靠的结果。许多客户更喜欢使用传统线性模拟信号，如0-5 V，0-10 V 或4-20 mA，通常是因为这类信号直接显示读数，并且易于接通和查错。然而，如果精度为关键因素，需记住，具有模拟输出的设备会产生数模转换误差。因此，同时使用电压设备和较长线缆（超过5 m/16 ft）时应特别小心，因为在电缆上会产生显著的电压下降，而这反过来又将增加显示值的误差。

### 流量计精度

流量计制造商通常用百分比值来表示精度，用于指出可接受的误差范围。这一数值是可追溯的，且基于最后一次根据制造商规定进行流量计校准和使用的时间。通常，精度表示为“最大”值或“满刻度”值的百分比或“测量”读数或“显示”读数的百分比。一般来说，对于相同流量范围，如需获得更高精度，需花费更多。因此，与仅将读数表示为“满刻度值”的百分比的设备相比，提供可追溯的精确读数且将读数表示为“测量”值的百分比的设备更加昂贵。

例如：满刻度值（1% FS）的 $\pm 1\%$ 的精度意味着额定值为400 L/min（106 US gpm）的流量计应测量 $\pm 4$  L/min（1.06 US gpm）（ $0.01 \times 400 = 4$  L/min）内的流量。如果使用同样的流量计测量40 L/min，可能误差仍为 $\pm 4$  L/min（1.06 US gpm），虽然这相当于测量值的10%的误差。因此，由于难以实现1% FS，通常测量读数或显示读数（1% IR）1%以内的流量计更加昂贵。



## 流量测量

欲了解各种可用流量计（不仅限于液压技术）的更多信息，包括不同流量计的工作原理。请参阅罗杰·C·贝克（Roger C Baker）的《流量测量入门指南》（Introductory Guide to Flow Measurement），ISBN：0791801985。

## 流量计会对流体产生什么影响？反之，流体对流量计的影响是什么？

这个问题似乎很奇怪，因为“对于流体的影响”取决于流量计是否具有干预性，还取决于流量计技术。随着流量计的出现，通过能量损耗可以测量这种“影响”，通常称之为设备压降（ $\Delta P$ ）。包含两种影响：增加上游压力并且产生热量。

例如，在活塞泵的油箱管路中，流量可以非常低，低于10 L/min（2.6 US gpm），且压力不得超过10 bar（145 psi），从而避免对密封件造成损害。在这种情况下，通过使用正确类型的流量计以及确保足够大的端口以最大限度地减少压降，需保持尽可能低的压力，特别是发生流量激增时。

在高流量和高压力系统中，如果流量计的压降较大，压降产生的热量会更重要，特别是因为其中大部分热量会进入流体。通过指定不同类型或尺寸的流量计，可以避免能量损失。

对于流体对流量计的“影响”，如果您在选择流量计之前了解流体属性，这通常不是什么问题。最常见的两种问题是过度污染和不兼容流体。两者都极大缩短了流量计的寿命并导致其发生故障。如使用了错误的流体，会造成腐蚀和流量计“黏着”或损害密封设备而造成泄漏。这通常是由于误解造成的，比如对磷酸酯流体（如Skydrol®）使用配有Viton®密封件的流量计。如果流量计配有EPDM或等效密封件，这个问题就可以避免了。

Viton®是美国杜邦公司（DuPont Performance Elastomers L.L.C.）的注册商标。

Skydrol®是伊士曼化学公司（Eastman Chemical Company）的注册商标。

## 维护和再校准

最后，应考虑流体对流量计的长期影响，特别是当知道流体易受到高度污染或者当流体的润滑性能较低。在任何情况下，首先确认正确的流量计，并考虑对其进行维护和再校准的频率，这是十分重要的。仅在上一次流量计校准时才能保证其显示精度的准确性。如果精度十分重要，那么质量部门会将流量计添加到需要再校准的仪器列表上。确切的再校准频率将取决于流量计类型、工

作周期以及制造商的建议。标准的再校准周期为12个月。

## 测量流量有多重要？您的预算是多少？

可能这样问会更好：“如果您不测量流量会有什么后果？”如果回答是“没事，这只是我们检查的其中一项指标”，那么您已经清楚自己的预算非常少。然而，如果回答是“可编程逻辑控制器会认为机器润滑性能失效，并停止工作”，那么您能够预想到操作员需要花费多大精力，测量流量有多么重要，以及您要花多少预算来防止此类情况发生。

但有预算并不表示您就得花了它。回答这五个问题会让您明确对流量计的要求，从而指定正确的型号，并且向操作员说明某些特性重要的原因。另外，由于您不会为了“保险”而“过度指定”一个流量计，这也常常会为您节省开支。

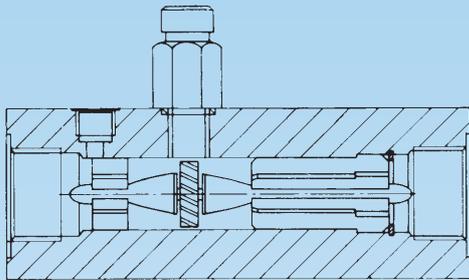
## 流量计的价格是多少？

上述所有因素都会影响流量计的价格，因此对其价格并没有硬性规定。通过对不同技术的概述，希望可以为您提供实用的指南。

流量测量是一大主题。所有涉及的流量计都是“容积式”，也就是说，它们测量的是流经管道的流体的体积，而不是质



涡轮型流量计



涡轮型流量计图解



可变孔式流量计



可变孔式流量计

量。我们这里讨论的型号都是液压流量测量中最常用的类型。为有助于比较这些不同的型号，提供了一个简单的表格，在每种流量计类型旁列出了关键因数，分为1-5级，其中1表示最低，5表示最高。使用的图标如下：

评价	评分
精度	?
压降 ( $\Delta P$ )	?
粘度灵敏度	?
价格	?
其他评价	

其中，1表示低，5表示高

### 可变孔流量计

用流量代替物体（通常是活塞或环）这一理念构成了简单“可变孔”流量计的基础。流体动量对活塞施加力，活塞由弹簧固定。随着流量的增加，活塞移动，孔口变大以及施加在活塞上的弹簧弹力也增大。活塞通过磁铁连接到模拟读数器。流量指示计是纯机械的，因而是查看趋势而非精确测量流量的理想工具。这种流量计通常具有满刻度2-5%之间的精度。流量指示计有多种尺寸，且任何一种都能覆盖15：1的范围。流量指示计的成本较低，通常，流量为400 L/min（106 US gpm）时，压降约1.5至2 bar（22-29 psi）。

评价	评分
精度	①
压降 ( $\Delta P$ )	②
粘度灵敏度	③
价格	①
其他评价:通常为单向	

### 齿轮型流量计

提供容积式流量计。从内部看，这类流量计与齿轮型发动机类似。流体围绕一对相互啮合的齿轮外部流动，带动齿轮在其轴上旋转。安装在其中一个齿轮上的传感器在每次轮齿经过其下方时产生脉冲。齿轮的旋转与流率成比例。有时，需使用两个传感器来测量方向并改善分辨率。

使用流量计或“K”系数（K系数=频率/流量）来表示传感器测量的频率和流量之间的关系。给定一个常量K系数，根据频率可轻松计算出流量。齿轮型流量计能够准确测量流量。通常，齿轮型流量计的量程比较大，至少为30：1，有时甚至高达200：1。这类流量计无需额外的线性化，即可测量出精度优于满刻度1%的流量。这类流量计对流体粘度的变化相对不敏感，并且与粘度高于10 cSt至高达1000 cSt的高粘度流体一起使用时效果最佳。对于低于10 cSt的低粘度流体，您会发现齿轮的顶部泄漏，这会降低流量计的精度。根据流量计的尺寸以及传感器线性化技术，可以实现指示读

数 $\pm$  0.3%至0.5%的精度。然而，齿轮型流量计通常有很高的压降，比如流量为10 L/min ( 2.6 US gpm ) 时，压降为9 bar (130 psi)，此时会非常嘈杂。

评价	评分
精度	⑤
压降 ( $\Delta P$ )	⑤
粘度灵敏度	①
价格	⑤
其他评价：会非常嘈杂	

### 涡轮流量计

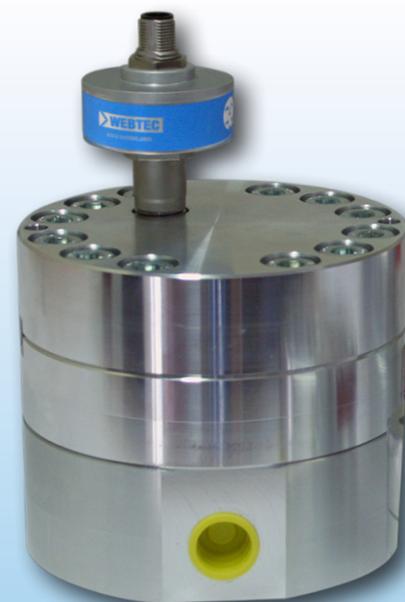
在涡轮流量计中，涡轮机转子安装在两组流量矫直器间的轴上。流体穿过流量计，带动涡轮叶片旋转。对于齿轮型流量计，传感器安装在涡轮上，并且在每次叶片经过其下方时产生脉冲。传感器的频率与限制范围内的流量成比例。例如，通常，1"涡轮流量计无需线性化，即可测得满刻度 $\pm$  1%的精度。如与线性化查找表一起使用，这种1"涡轮流量计还可用于更宽量程，精度为指示读数的1%。30 : 1的量程比很常见。使用涡轮代替齿轮意味着流量计的运行需要较少能量，且具有较低的压降，比如，流量为400 L/min 或更低时，压降为3 bar ( 44 psi ) ，这取决于内径尺寸。这种流量计的缺点是易受粘度变化的影响。因此，通常用于粘度低于100 cSt的流体。

评价	评分
精度	④
压降 ( $\Delta P$ )	②
粘度灵敏度	④
价格	③
其他评价：不宜安装在管道弯处。	

### 其他流量计类型

椭圆齿轮流量计与传统流量计相似，但是它使用了在机壳内互为90°转动的两个椭圆齿轮。流体通过齿轮绕腔体流过，转动的频率与经过该流量计的流体的体积直接相关。这类流量计通常与高粘度流体一起使用时效果最佳，且其压降低于等效传统齿轮型流量计。齿轮的齿十分细小，使得该流量计比其他流量计更易受到流体污染。

理论上，由于非侵入式流量计（比如超声波流量计）无需“闯入系统内部”且不产生压降，这类流量计很具有吸引力。然而，它们在液压技术中却没有得到广泛应用，主要有以下三点原因。首先，液压管道的尺寸通常较小，甚至低于25毫米（1英寸），导致传送时间非常短，难以测量。第二，液压管道通常比较软，不清楚其内部材料，使得流量计的安装和校准非常困难。第三，正确安装流量计的发送器和接受器部件非常耗时，特别是当该流量计为便携式时。



齿轮型流量计

## 关于作者

Martin Cuthbert曾在谢菲尔德学习机械工程学，在液压测试设备领域拥有20年的工作经验，现在担任威泰科总经理一职。

威泰科设计制造各种液压组件和测试设备。

欲了解更多信息，并与具备相应资格的液压销售工程师讨论您的流量测量应用，请前往 [www.webtec.com](http://www.webtec.com)



英国威泰科产品有  
限公司上海代表处  
电话: 0086-21-61498441  
[sales-cn@webtec.com](mailto:sales-cn@webtec.com)

[www.webtec.com](http://www.webtec.com)

液压测量与控制