



液压泵的选择

少数人必须懂得泵设计的复杂性，
但多数人应该了解正确选择泵的方法

S.R. Majumdar

近几十年来，流体动力元件和液压系统经历了类型、结构和应用方面的极大变化。现代的液压系统在能量传送方面能够产生很高的效率，一个设计恰当的工程系统可以使转换效率高达99%。人们研究了更新式的流体动力元件，随着这些元件的复杂程度的提

高，其质量不断得到改善。这对所有动力元件都是正确的，液压泵也不例外。

可能是由于液压系统最重要的元件——液压泵及大量的可行的设计对液压系统的设计者提出了一个特定的问题，所以至使他们不仅必须选择最适合于某种应用场合的通用

公式表

表 1

公 式	符 号 说 明
外啮合齿轮泵(两齿轮) $q_t = 2\pi D_p b m$	D ——叶片泵转子直径(cm) D_p ——齿轮节圆直径 $D_p = mZ$ (cm)
螺 杆 泵(两螺杆) $q_t = h[\pi(d_0^2 - d_1^2)/4 - (d_1^2/4)(\theta\pi/180 - \sin\theta)]$	D_c ——缸体中两柱塞之间的中心距(轴向柱塞式、斜轴式) P ——泵的输出功率(kW) P_i ——泵的输入功率(kW) P_t ——泵的理论功率(kW)
变量叶片泵(单作用) $q_t = 2eb(\pi D - SZ)$	Q ——泵的实际流量(L/min) Q_t ——泵的理论流量(L/min)
平衡式叶片泵(双作用) $q_t = 2\pi/b(D+1)$	Z ——齿数、叶片数、柱塞数 a ——两螺杆间的轴距(cm) b ——叶片宽、齿轮宽(cm) d ——柱塞直径(cm) d_1 ——螺杆内径(cm) d_0 ——螺杆外径(cm) (d_0 与 a 的关系是 $\cos\theta/2 = a/d_0$)
径向柱塞泵 $q_t = (\pi/2)d^2eZ$	e ——叶片泵及柱塞转子体的偏心距(cm)
斜轴式柱塞泵 $q_t = (\pi/4)d^2ZD_c \sin\alpha$	h ——螺杆节距(cm) l ——叶片行程(cm)
斜盘式轴向柱塞泵 $q_t = (\pi/4)d^2ZD_c \tan\alpha$	m ——齿轮模数(cm) n ——转 速(rpm) p ——压 力(bar)
液压功率 $P = (\rho Q)/612$	ρ ——压 力(bar) q_t ——泵的理论排量(cm^3/r)
理论液压功率 $P_t = (\rho Q)/612 = \rho Q/612\eta_0$	s ——叶片厚度(cm)
输入功率 $P_i = P_t/\eta_m = (\rho Q)/612\eta_0\eta_m = (\rho Q)/612\eta_0$	θ ——在螺杆中心线处测得的外径垂直角 α ——斜轴泵偏角、斜盘泵斜角($^\circ$) η_m ——泵的机械效率(%) η_0 ——泵的总效率(%) η_v ——泵的容积效率(%)
容积效率 $\eta_0 = Q/Q_t$	
总 效 率 $\eta_0 = P/P_t$	
泵的理论排量 $Q_t = q_t \cdot n \cdot 10^{-3}$	

型泵，而且，他们必须考虑那种泵的各种变型的不同结构特性。草率的决定会导致错误的结论，详细地研究泵及其与系统的适应性是非常必要的。

在这里对某些液压泵进行分析，并比较他们的物理特性及功能。

通常，泵的类型有齿轮泵、螺杆泵、叶片泵和柱塞泵。将所有泵的特性列出一个综合对照表是困难的，因为泵在其尺寸、结构制造和工况方面有变化。这就意味着结构和尺寸相似的泵但制造加工不同，在相同工况下可能呈现不同的性能。

因此，设计者必须比较在特定的速度和压力条件下相似尺寸的各种类型泵的特性，并且对同样环境下相同尺寸的同种泵但制造加工有区别的泵进行详细地研究。

压力、流量、效率

这些是选择泵的基本因素，请看表1内的相应公式。一般来说，压力在100bar以下的场合，什么泵都可以用。高压场合自然选择柱塞泵。内啮合齿轮泵在中压系统中的应用也在逐渐增多。螺杆泵和叶片泵在低压下应用是很经济的。

泵的排油能力取决于泵腔的几何尺寸及其旋转速度。

一台泵的最大额定功率取决于压力、流量、速度和泵体的机械强度。虽然许多工业用泵功率范围为350kW，而某些现代的静压传动的泵能提供近1500kW的功率。

泵的实际效率取决于压力、流量、速度、结构及制造间隙。容积效率主要取决于流体粘度的变化或过大的机械间隙所引起的泄漏损失。泵的总效率决定于机械损失、摩擦损失和容积损失。

一般来说，柱塞泵的总效率比齿轮泵和叶片泵高。一台泵的效率极大地受下列因素的影响：

- 尺寸、几何间隙及泵内部零件的配合精度

- 油的粘度和性能，诸如润滑性及工作温度对粘度的影响

- 工作压力

- 泵的旋转速度

选择一台泵时，重要的是记住泵的全部零件所允许的间隙，以获得较高的容积效率。表2示出几种极限间隙。

泵的间隙 表2

泵的类型	间隙类别	间隙(μm)
齿轮泵	齿顶与齿腔之间的径向间隙	20~25
	齿轮端面与后端盖之间的轴向间隙	30~50
	齿轮轴与轴承的间隙	10~20
柱塞泵	缸孔与柱塞的间隙	10~20
叶片泵	叶片与槽壁间的不平行度	1.5~30

经验

泵所用油取决于匹配部件的间隙、油的粘度、润滑性以及泵部件的磨损率、工作温度和压力。下面是用油经验：

- 齿轮泵 工作温度为10~30°C情况下，一般运动粘度范围是30~70cSt。

- 螺杆泵 可用于由于润滑性能差而影响泵送的几乎所有流体。例如水-油乳化剂及磷酸酯类的合成液。他们采用20~70cSt粘度的油无什么困难。

- 叶片泵 在10~35°C，70bar以上工作条件下，适宜用30~50cSt的油，并且具有相当高的效率。

- 柱塞泵 采用60~70cSt粘度的油效率最高。这种泵适用于所用的大多数抗燃油。

泵的实际效率变化很大。表3列出了一般液压泵所要求的各种参数和功率。

体积

液压泵很紧凑，比通常的能量转换系统有更小的重量-功率比。这个比率是很重要的，特别是在航空和车辆应用中。这个比率

泵参数表

表 3

泵的类型	压力 (bar)		额定流量 (L/min)		转速 (rad/s)		效率 (%)		最大功率 kW**
	最大	常用	最大	常用	最大	常用	容积	总	
外啮合齿轮泵	300	10~100	400	3~100	350	75~200	65~85	60~70	100
内啮合齿轮泵	350~400	300	450	200	300	200	98	85~90	125
定量叶片泵	175	125	200	5~150	300	150~200	85~90	75~85	50
变量叶片泵	125	75		100~150	300	180	90	85	30
螺杆泵	175	30~60	7500	3~1000	300	150~300	95	75~85	50
变量轴向柱塞泵	70	300~350	1000	*	350~400	200~300	95	85~95	150
斜轴泵	700	250~300	800	*	400	200~300	>95	>90	125
径向柱塞泵	1000	300~400	2000	*	350	150~200	>95	>90	350

* 比其他泵适当大些

** 一般工业需要是25~30kW

主要取决于泵的类型和泵所用的材料。在普通泵中恐怕要算叶片泵的重量-功率比最小, 大约为0.2kg/kW。柱塞泵的这个比率约在0.3~0.6kg/kW, 而多数齿轮泵的比率在0.5~0.75kg/kW变化, 见表4。

重量-功率比 表 4

泵的类型	比值	
	常用(kg/kW)	最大(kg/kW)
外啮合齿轮泵	0.5~0.75	1.5
单级叶片泵	0.2~1.25	5
变量轴向柱塞泵	0.3~0.6	6
斜轴泵	0.3~2.5	10
径向柱塞泵	0.6~10	20

一台泵的成本取决于许多因素, 最重要的是因泵而异的结构复杂程度。然而, 全面调查表明:

- 一台普通齿轮泵花费最少
- 一般来说柱塞泵比其他泵成本高
- 低压场合, 从性能和成本方面考虑, 旋转式泵比柱塞式泵的优点多
- 某些情况下内啮合齿轮泵比叶片泵贵
- 螺杆泵一般比内啮合齿轮泵和叶片泵都要贵

噪声

泵产生的噪声值随泵的类型、泵零件的

材料、泵的安装、使用的消振方法、刚度、泵零件的制造和配合、体积大小、流量、压力、速度、压力脉动及连接在回路中的其他元件而变化。经验证明, 外啮合齿轮泵和柱塞泵噪声最大, 而螺杆泵很静, 叶片泵和内啮合齿轮泵的噪声在它们两者之间。

噪声超过90dB(A)的泵噪声很大, 60dB(A)左右或低于60dB(A)的泵较静。排量、压力、速度相同, 而类型不同的泵, 在同样工况下工作, 其噪声值不同。

由容积式泵产生的噪声强度随着速度的升高而升高较之随压力或排量的升高而升高更明显, 见表5。

选择泵不能仅考虑成本、压力及体积, 其他方面也是很重要的。譬如: 泵所在系统的相容性、泵的可靠性以及它的预期寿命。经验表明螺杆泵使用压力在20~30bar时是很经济的。这种泵最安静并无脉动, 当粘度适当时, 其可靠性系数很高。

叶片泵的压力脉动和噪声也小, 在固定式中压情况下比外啮合齿轮泵更合适, 其总效率低于柱塞泵。

现代的内啮合齿轮泵在中高压下工作时噪声很低, 预期寿命达20000h, 其容积效率达97%。它比外啮合齿轮泵贵。

泵速度、排量和压力与噪声的关系

表 5

泵 的 类 型	变量柱塞泵			外啮合齿轮泵			内啮合齿轮泵					
速度 与 噪声	初始转速 $n=1000\text{r/min}$ $p=200\text{bar}$ $q_t=25\text{cm}^3/\text{r}$											
	1000rpm的噪声值dB(A)			71			65			63		
	速度增加值(%)			50	100	200	50	100	200	50	100	200
增加的噪声值dB(A)			4.0	7.5	13.0	6.0	11.5	15.0	2.5	5.5	10.0	
压力 与 噪声	初始压力 $P=50\text{bar}$ $n=1500\text{rpm}$ $q_t=25\text{cm}^3/\text{r}$											
	50bar时的噪声值dB(A)			69			67			63		
	压力增加值(%)			100	200		100	200		100	200	
噪声增加值dB(A)			2.5	5.5		3.0	5.5		2.5	3.0		
排量 和 噪声	初始排量 $q_t=25\text{cm}^3/\text{r}$ $p=100\text{bar}$ $n=1500\text{r/min}$											
	25cm ³ /r时的噪声值dB(A)			75			67			67		
	排量增加值(%)			100	200		100	200		100	200	
噪声增加值dB(A)*			4.0	10.0		6.5	10.0		6.0	8.0		

* 此处原文为% —— 校者

对于低压、中高压，就其经济性而言，外啮合齿轮泵大概比其他泵要便宜，但随着压力和时间的增加，其噪声值可能会急剧地升高。

径向柱塞泵预期寿命很长，能适用于高压场合。轴向柱塞泵工作压力在200~250bar时，其预期寿命查40000h，当工作压力为300~350bar时，其寿命降低到小于15000h。

核对应表

虽然大多数液压设计者不必知道怎样设计一台液压泵，但他们却需要了解其选择方法。下面这个选择核对应表会对您有所帮助。

- 安全压力及系统最大工作压力
- 泵的允许速度
- 泵标定的特性
- 系统所需流量
- 压力、速度和流量的相互关系
- 变量控制的适应性
- 压力冲击的耐受度

- 泄漏损失
- 容积效率和总效率
- 污染耐受度
- 运转可靠性和耐久性
- 各种负荷、速度下的预期寿命
- 油的特性与其对泵磨损速度的关系
- 泵在不同速度、压力和流量下产生的

噪声

- 系统温度
- 可维修性
- 保养及各件的可达性
- 过滤要求
- 驱动型式及安装方式
- 滑动表面上的特殊涂层
- 吸油条件
- 制造特点：零件的间隙和配合
- 紧凑性和功率-重量比
- 整个系统相容性的费用和经济因素

钟纪渝 译自《HYDRAULICS &

PNEUMATICS》周明 校