

泵-蓄能器动力站参数的选择与计算

六机部七〇四研究所 陈务章

在设计由泵和蓄能器组成的液压动力站时,会遇到选择泵的排量、蓄能器的容量以及如何匹配等问题。一个较好的泵-蓄能器动力站必须工作可靠、匹配合理、单位功率的重量尺寸较小、有良好的经济效果。

泵和蓄能器典型的匹配形式有如下几种:

以蓄能器为主的动力源。

以泵为主,蓄能器作为补偿峰值流量的辅助能源。

伺服系统的恒压动力源。

特殊用途动力源。如冲击液压装置,缓冲装置等等。

本文仅讨论前二种典型动力源的设计计算。

蓄能器最高工作压力和最低工作压力的选择

液压系统的最高工作压力和最低工作压力是根据执行器的工作条件和负载来决定的。然而,蓄能器最高工作压力与最低工作压力的压缩比对储能的效果和动力站的重量尺寸有着重要的影响。为了兼顾经济效果好和系统重量尺寸较小的目的,设计时必须考虑选择蓄能器最佳压缩比的问题。

蓄能器在容积一定的条件下,以能提供

最大的液压能为最佳。如图1所示的蓄能器液压传动装置,根据热力学原理

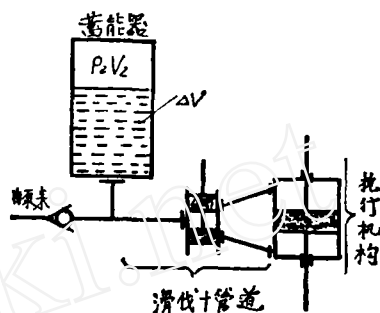


图1 蓄能器液压传动装置原理图

$$P_2 V_2^n = P_1 V_1^n = P_0 V_0^n = \text{常数}$$

式中 P_2 、 P_1 、 P_0 分别为蓄能器最高工作压力、最低工作压力和充气压力(巴);
 V_2 、 V_1 、 V_0 为相应于 P_2 、 P_1 、 P_0 时蓄能器的气体容积(升);

n 为多变指数。

假定蓄能器有效的排油量为 ΔV , 则

$$V_2 = V_1 - \Delta V \quad (2)$$

把式(2)代入式(1)得

$$P_2 (V_1 - \Delta V)^n = P_1 V_1^n \quad (3)$$

由此得

$$V_1 = \frac{\Delta V}{1 - \sqrt[n]{\frac{P_1}{P_2}}} \quad (4)$$

阀的阻尼孔与节流孔堵塞,经检查发现均是青铜粉末微粒,纯属滤油器掉粒所致。

目前对金属粉末烧结滤油器在装配前要进行下列试验:

1. 在 10g 的振动条件下,不允许掉粒。
2. 进行压强试验,在 210 公斤力/厘米² 液压下工作一小时,应无金属粉末脱落。
3. 用手摇泵做冲击载荷试验,加压速率

为 100 公斤力/厘米²/秒时,应无破坏现象。

结 束 语

随着液压技术的发展,一个耐高温、高压、高频振荡,有更高过滤精度的滤油器将是今后发展的方向。目前极为重要的是要整顿产品质量,严格控制原有的脏物污染的产生,从而减少液压系统的故障。□

令 $\frac{P_2}{P_1} = \alpha$ (蓄能器的压缩比)

$$\text{则 } V_1 = \frac{\Delta V}{1 - \sqrt[n]{\frac{1}{\alpha}}} \quad (5)$$

从式(5)可见,蓄能器的容积大小决定于蓄能器的排油量 ΔV 及其压缩比 α 。

蓄能器气体膨胀时所做的功:

在等温膨胀时

$$E_t = P_2 V_2 \ln \frac{V_1}{V_2} \quad (6)$$

在绝热膨胀时

$$E_a = \frac{P_2 V_2}{k-1} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} \right] \quad (7)$$

式中 k 为绝热指数, $k=1.4$

蓄能器的储能效果,用单位容积蓄能器所作的功 \bar{E} 来表示,则

在等温膨胀时

$$\bar{E}_t = \frac{E_t}{V_1} = P_2 \frac{V_2}{V_1} \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{\ln \alpha}{\alpha} P_2 \quad (8)$$

在绝热膨胀时

$$\bar{E}_a = \frac{E_a}{V_1} = \frac{1}{k-1} \frac{1}{\alpha} \left[1 - \left(\frac{1}{\alpha} \right)^{k-1} \right] P_2 \quad (9)$$

假定最高工作压力 P_2 一定,根据式(8)、(9)可以作出如图2所示的曲线,可知当压缩比 $\alpha=2.72$ (等温膨胀)和 $\alpha=2.32$ (绝热膨胀)时,蓄能器提供的能量最大。但是,当最高工作压力一定时,压缩比愈大意味着最低工作压力愈低,导致管道的直径、执行器尺寸的增大,装置单位功率的重量尺寸增加。因此,还必须用每单位功率的重量尺寸大小作为评价整个装置的技术指标。

在不考虑泄漏损失和液流的摩擦损失时,蓄能器所作的功为

$$E_A = P_1 \Delta V \quad (10)$$

则装置的每单位功率的重量尺寸可以近似表示为

$$G_B = \frac{\sum G_i}{E_A} = \frac{G_A + G_L + G_H}{P_1 \Delta V} \quad (11)$$

式中 G_A 、 G_L 、 G_H 分别为蓄能器、管道、液压执行器的重量(尺寸)。 G_A 与蓄能器的结构型式有关,而 G_L 和 G_H 都是随压缩比 α 的增加而增大。图3给出了这三部分重量(尺寸)随压缩比 α 变化的关系。

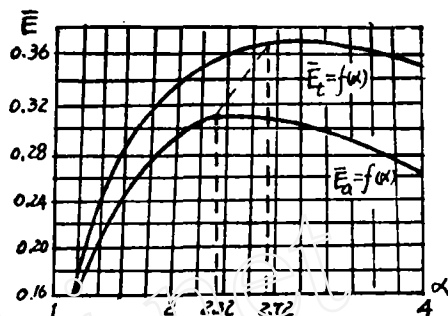


图2 蓄能器压缩比与储存能量的关系

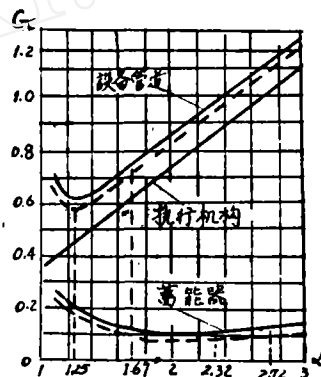


图3 蓄能器、管道、执行机构相对重量与压缩比 α 的关系

图3表明当压缩比 $\alpha=1.25 \sim 1.65$ 时,蓄能器液压传动装置每单位功率的重量(尺寸)为最小。

泵的排量 and 蓄能器容积的确定

带蓄能器的液压传动中,泵的排量 Q_p 和蓄能器的容积 V ,不但决定于系统负载流量的要求,而且决定于装置的特点和泵与蓄能器的匹配形式,下面分别讨论二种匹配形式的典型计算。

蓄能器作为主要能源

例如货轮上的货舱盖液压传动、柴油机液压启动装置、单台工作的油压机、各种应急和备用液压源等,这类液压设备开动次数少,两次工作间隔的周期长,所以可用蓄能

器储存的能量来维持操作设备的需要。这种系统的流量主要由蓄能器供给，蓄能器的容积可以完全按照技术条件规定的要求来决定。例如规定要蓄能器保证最少完成三次操作，根据动作三次所需的流量 ΔV ，计算蓄能器的容积 V_0 。

$$V_0 = \frac{\Delta V}{P_0^{\frac{1}{n}} \left[\left(\frac{1}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{1}{P_2} \right)^{\frac{1}{n}} \right]} \quad (\text{升}) \quad (12)$$

泵的排量大小在这种情况下是无关重要的，只要能够保证在两次工作间隔的周期内充满蓄能器就可以了。

蓄能器作为辅助能源，补偿峰值负载流量的需要

例如潜艇液压传动、液压铸造机械等液压系统中在一个工作周期内各阶段所需要的流量差别很大，要求峰值流量的时间很短。在这种情况下，通常用蓄能器作为辅助能源来补偿峰值流量。这样可以采用小功率的泵，泵站成本和运行的费用将大大降低。

这类系统在确定泵的排量 Q_p 和蓄能器的容积时，首先要作出系统每个周期内负载流量变化的流程图（图 4）

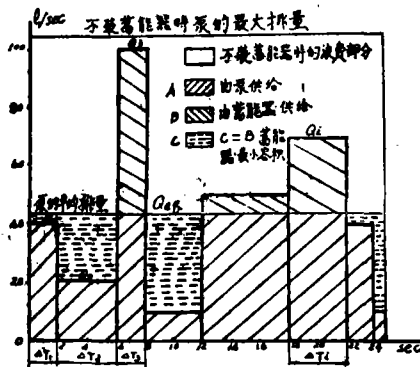


图 4 系统负载流量变化流程图

泵的排量一般为：

$$Q_p = (1.05 \sim 1.15) Q_{q1} \quad (13)$$

其中一次工作循环的时间内的平均流量

$$Q_{q1} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \Delta T_i}{T}$$

Q_i 是在某段时刻 ΔT_i 内系统所需要的流量， T 是循环周期。

决定蓄能器有效排油量 ΔV ，宜用列表形式逐次计算每阶段蓄能器内液体的容量的方法进行。为此，必须把 $(Q_{q1} - Q_i) \Delta T_i = \Delta V_i$ 的值排列成表 ΔV_i 为正，是在 ΔT_i 时间内进入蓄能器的油量， ΔV_i 为负，是在 ΔT_i 时间内从蓄能器中放出的油量。

$\Delta V_1 = (Q_{q1} - Q_1) \Delta T_1$	ΔV_1
$\Delta V_2 = (Q_{q1} - Q_2) \Delta T_2$	$\Delta V_1 + \Delta V_2$
.....
$\Delta V_i = (Q_{q1} - Q_i) \Delta T_i$	$\Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots + \Delta V_i$
$\Delta V_n = (Q_{q1} - Q_n) \Delta T_n$	$\sum_{i=1}^n \Delta V_i = 0$

上表中右边最终的总和为零，就是说理论上泵充给蓄能器的油量最终等于蓄能器放出的油量，这样蓄能器才能最充分的利用。从表格左边获得一系列的正 ΔV_i 和负 ΔV_i ，系统每一工作循环需要蓄能器的供油量 ΔV 就是等于它们绝对值的总和之一半，即 $\Delta V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |\Delta V_i|$ 。

最后，可以根据式（12）算出所需要的蓄能器最小容积，考虑适当余量后，结合工厂产品规格规整到标准尺寸。

在一些工况经常发生变化，每种工况其流量循环流程图不同的系统中，可以采用由多台泵组和多台蓄能器组成的泵站。把它们分为主、备泵和主、备蓄能器，按照工况变化的要求进行适当的匹配，依次加入系统工作。其计算方法仍按上述列表形式进行，只要把每种工况（或每个不同的工作循环）的 ΔV_i 和 Q_{q1} 分别算出，然后按照最大负载流量工况的 ΔV_{max} 和 Q_{q1max} 决定泵的总排量和蓄能器的总容量，再按各工况情况进行匹配，就能适应任何工况变化的需要。 □