

# 用 P-Q 图分析差压式变量叶片泵和节流阀的调速回路

雷 萍

(第一拖拉机工程机械公司拖拉机学院, 471004)

**摘 要** 利用 P-Q 图分析差压式变量泵和节流阀的调速性能; 并着重对变负载和变速时回路的性能和回路的效率进行分析。

**关键词** 负载; 速度; 压力; 流量

**中图分类号** TH31

## 0 引言

差压式变量泵和节流阀组成的调速回路属于容积节流调速, 它是一种恒流式调速。在教学中, 深感这种回路的分析难以讲解, 现利用压力—流量特性曲线来分析其调速原理及性质, 以求对某些问题有更加清晰和形象的认识。

## 1 调速回路的工作原理和性能分析

### 1.1 快速工况

调速回路如图 1 所示: 当液压缸需快速运动时, 电磁换向阀 4 处于接通状态, 此时泵输出压力和液压缸进油腔压力  $P_1$  基本相等, 因此作用于反馈柱塞 2、3 的液压力基本相等, 所以泵定子受在弹簧力作用下, 处于最左端定子和转子的偏心量最大, 泵的排油量最大。此时泵的压力—流量特性曲线如图 2 所示。

A 点为此泵的最大流量点, AB 曲线为该泵的最大流量段。当该泵的定子和转子偏心量变小时, 该曲线将向下平移, 其斜率不会改变, 斜率的大小由泵的结构决定。进入液压缸的

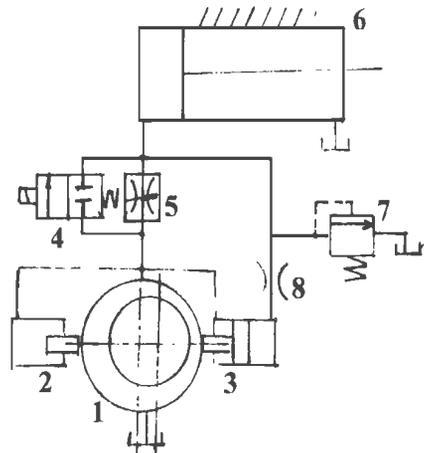


图 1 调速回路

1. 变量叶片泵
2. 3. 反馈柱塞
4. 节流阀
5. 二位二通电磁换向阀
6. 单杆活塞缸
7. 安全阀
8. 阻尼小孔

流量等于液压泵的输出流量，则在不计液压缸内部损失和管路的损失时回路的效率： $\eta = \frac{P_1 Q_1}{P_P Q_P} \approx 1$ 。

式中：

- $P_1$  —— 液压缸的进油压力即负载压力；
- $Q_1$  —— 液压缸的进油流量；
- $P_P$  —— 液压泵的输出压力；
- $Q_P$  —— 液压泵的输出流量；

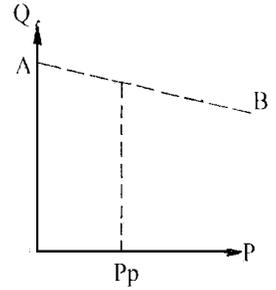


图2 压力-流量特性曲线

当液压缸需慢速运动时，电磁换向阀失电处于断开状态，泵输出的油经节流阀5进入液压缸，通过调节节流阀阀口开度来控制进入液压缸的流量。假如节流阀阀口开度为某值  $A_T$ ，液压缸的负载压力为  $P_1$ ，进入液压缸的流量式中流量  $Q_1 = C A_T \Delta P_1^\Phi$  式中， $C$  —— 流量系数， $\Delta P_1$  —— 节流阀口前后两端压力差， $\Phi$  —— 由阀口形状决定的指数系数，其它符号意同前。变量泵和节流阀的压力-流量特性曲线如图中3中AB和ab，液压泵的输出流量由节流阀两端压差控制，此时泵的工况点为AB和ab的交点D ( $P_P, Q_P$ )。

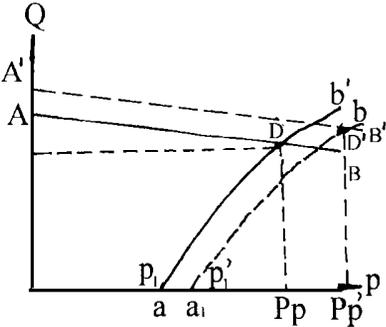


图3 变量泵和节流阀的压力-流量特性曲线

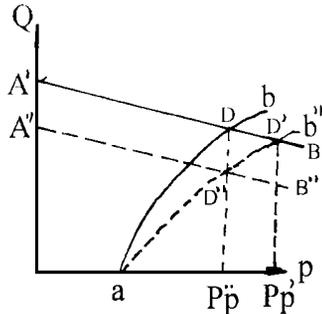


图4 负载不变时节流阀的特性曲线

如果负载变大则  $P_1$  变大，进入反馈柱塞3的右腔压力变大，使泵的定子左移，定子和转子偏心量变大，则泵的输出流量必变大，泵的压力-流量特性曲线AB向上平移变为  $A'B'$ 。因节流阀阀口开度未变，其特性曲线将向右平移，由原来的ab变为  $a'b'$ ，所以泵的工况点变为  $D'$  ( $P_P', Q_P'$ )。此时节流阀两端压差  $\Delta P_1' = \Delta P_1$ ，进入液压缸的流量  $Q_1'$  不随负载变化。

当节流阀开度变化而负载不变，则泵和节流阀的特性曲线如图4所示，如果节流阀压力变小，其特性曲线将由原来的ab变为  $ab''$ ，泵的瞬时工况点变为  $D'$ ，瞬时泵的工作压力变大  $P_P' > P_P$ ，反馈柱塞2和3的左腔压力变大，使定子向右移动，定子和转子偏心量变小，泵的排量变小，泵的特性曲线AB将向下平移变为  $A''B''$ ， $ab''$  与  $A''B''$  的交点  $D''$  ( $P_P'', Q_P''$ ) 即为泵的的稳定工况点。此时  $P_P'' = P_P$ ，节流阀两端压差  $\Delta P_1'' = P_P - P_1 = P_P - P_1 = \Delta P_1$ ，通过节流阀的流量  $Q_1 = C A_T \Delta P_1^\Phi = C A_T \Delta P_1^\Phi$ ， $\Psi$  只随节流阀开度大小变化，而泵的输出流量  $Q_P = Q_1''$  也随节流阀开度大小变化。

在液压缸作慢速移动时, 回路的效率:

$$\eta = \frac{P_1 Q_1}{P_p Q_p} = \frac{P_1}{P_p} = \frac{P_p - \Delta P_1}{P_p}$$

由上述分析可知, 节流阀两端压力差在液压缸负载和节流阀阀口开度变化时基本保持不变, 所以其回路效率为恒定值, 它不受负载大小和液压缸的速度的影响。

另外, 需 注意的问题:

(1)· 当负载突然增大很多, 液压缸的进油压力过大, 瞬时泵的工作压力也会很高, 为了防止系统超载, 需在回路中设置安全阀, 如图 1 中元件 7。

(2)· 为了保证可靠地控制泵定子和转子的偏心量。节流阀两端的压力差不可过小, 一般需保持在  $(3-4) \times 10^5 \text{ Pa}$  左右。

## 2 结论

(1)· 利用差压式变量泵和节流阀的容积节流调速, 它在变负载时速度稳定性好。在变速和变负载时回路效率高, 特别在负载变化幅度大的情况下, 其回路效率仍然很高, 这是其它容积节流调速回路 (如限压式变量泵和调速阀的调速) 无法达到的。

(2)· 这种调速回路在工进时无溢流损失只存在节流损失, 且该损失基本恒定。当执行元件停止工作时, 压力油从安全阀溢流, 泵的工作压力达到最高, 系统的发热量大, 所以它不适用于长期停止工作的场合。一般应用于负载变化大且要求速度稳定的较大功率的场合, 如工程机械中装载机和叉车的液压转向系统。

## 参考文献

- 1 范天量, 刘河新, 刘全传. 流体传动与控制技术: 西北工业大学出版社. 1993
- 2 曾贤启, 王全斌. 液压转动技术: 北京航空航天大学出版社. 1989
- 3 王玉卿编著. 工程机械实用液体传动: 机械工业出版社, 1995

# Analyzing the Speed Control Loop Made of the Pressure-Compensated Vane Pump and the Adjustable Restrictor Value with the Drawing P-Q

Lei Ping

(The Tractor College of the First Tractor Corporation Group of China)

**Abstract** This paper deals with the analysis variable pressure-compensated vane pump and adjustable restrictor value, also with the analysis of the circuit efficiency and the feature at the time of change of flow and load.

**Keywords** load; speed; pressure; flow