A7VDR斜轴式轴向柱塞泵调压方法探讨

李晓华[1],曹雪燕[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司焦化厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章以A7VDR斜轴式轴向柱塞泵为例,分析其结构组成及恒压控制原理。针对现场调试过程中的实际操作方法,从功率传递角度出发,结合电工学理论,通过研究柱塞泵压力、流量、电机电流三者的变化关系,从而总结出了A7VDR斜轴式轴向柱塞泵在实际使用中的调压原理与方法。

关键词: 轴向柱塞泵; 调压; 电流

中图分类号: TU322 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)02-0064-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.02.020

Discussion on Pressure Regulating Method of A7VDR Bent-axis Axial Piston Pump

LI Xiao-hua[1], *CAO Xue-yan*[2]

(1. *Iron-making Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*;
2. *Coking Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In this paper, the A7VDR bent-axis axial piston pump is taken as an example to analyze its structural composition and constant pressure control principle. Aiming at the actual operation method in on-site debugging process, from the perspective of power transfer, combined with the theory of electrical engineering, through the study of the relationship among pressure, flow and motor current of the piston pump, the principle and method for pressure regulating of the A7VDR bent-axis axial piston pump in practical application are summarized.

Key words: axial piston pump; pressure regulating; electric current

斜轴式轴向柱塞泵具有极限压力高、流量调整范围大、使用寿命长、容积效率高、变量方便等优点。与斜盘式柱塞泵相比较,斜轴式柱塞泵缸体所受的不平衡径向力较小,结构强度高。因此,被广泛应用于矿山冶金设备、重型机械、工程机械等领域[1]。在柱塞泵首次安装完毕后,合理准确的调节柱塞泵的压力与流量,使其满足负载的需求,对液压系统的长时间稳定运行有着十分重要的意义。

1 斜轴式轴向柱塞泵结构特点分析

图1为斜轴式轴向柱塞泵的工作原理图。斜轴式轴向柱塞泵通常由配流盘1、柱塞2、缸体3、连杆4、传动轴5等主要零件组成。缸体有多个柱塞,各

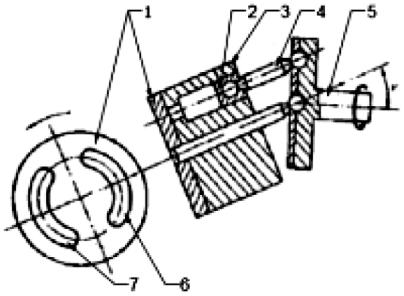
收稿日期: 2016-12-15

作者简介: 李晓华(1988-),男,内蒙古乌兰察布市人,助理工程师,现从事炼铁机械管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

个柱塞轴向排列，柱塞的中心线平行于传动轴的轴线，柱塞不但在缸体内做往复运动，而且柱塞和缸体与斜盘有相对旋转运动。柱塞的一端以球形端头的形式与斜盘接触。在配流盘上有高低压月形沟槽，它们彼此由隔墙隔开，保证密封性的同时它们分别与柱塞泵的进油口和出油口连通。主轴的轴线与缸体轴线之间有一倾斜角度[2]。

其传动原理为，由于传动轴 5 的轴线相对于缸体 3 有倾角，柱塞 2 与传动轴圆盘之间用相互铰接的连杆 4 相连。当传动轴 5 沿图示方向旋转时，连杆 4 就带动柱塞 2 连同缸体 3 一起绕缸体轴线旋转，柱塞 2 同时也在缸体的柱塞孔内做往复运动，使柱塞孔底部的密封腔容积不断发生增大和缩小的变化，通过配流盘 1 上的吸油窗口 6 和压油窗口 7 来实现吸油和压油。在柱塞泵运转时，由于电机的转速是恒定的，所以传动轴的轴线与缸体的倾角的大小决定着柱塞泵输出流量的大小，倾角越大，泵输出的流量越大。相反，倾角越小，泵输出的流量越小。



1 – 配流盘; 2 – 柱塞; 3 – 缸体; 4 – 连杆; 5 – 传动轴; 6 – 吸油窗口; 7 – 压油窗口

图 1　斜轴式轴向柱塞泵的工作原理图

2　柱塞泵恒压控制原理分析

以 A7VDR 斜轴式恒压变量柱塞泵为例，简要分析其恒压控制原理。A7VDR 恒压变量柱塞泵属无铰型斜轴式轴向柱塞泵，它由轴向柱塞泵、变量差动活塞及压力控制阀组成，泵的流量调节形式为变量恒压控制。

图 2 为其控制原理图，假定压力控制阀右端弹簧压力调定值为 P_C，泵出口压力和流量分别为 P_P 及 Q_P，阀芯两端始终与泵的压力油接通。由于控制阀芯两端环形面积不相等，所形成的液压差动力与调压弹簧力平衡。

当 $P_P < P_C$ 时，阀芯在弹簧力的作用下左移，使变量差动缸中的变量活塞无杆腔与油箱连通，而变量活塞的有杆腔常通泵的输出压力油，由变量活塞带动使泵的摆角为最大，即泵的输出流量为最大（$Q_P = Q_{pmax}$）。

若负载流量 $Q < Q_{pmax}$，则多余的流量将使系统压力上升，从而使泵的输出压力升高。当泵的输出压力达到调定压力时即 $P_P = P_C$，控制阀阀芯差动面积形成的液压力超过了调压弹簧的压力时，阀芯右移压缩弹簧，打开控制回路，使泵的输出压力油通变量活塞的无杆腔，在差动力的作用下，变量活塞带动使泵的摆角减小即泵输出的流量减少，最终达到 $Q_P = Q$。

因此，当 $Q \leqslant Q_{pmax}$ 时恒有 $P_P = P_C$，即泵的输出压力恒等于予调压力值。无论负载流量 Q 大小如何，只要 $Q \leqslant Q_{pmax}$，泵的出口压力将自动调整为压力控制阀的设定压力，而泵的流量总是与负载流量相适应[3]。从而实现在压力控制的范围内，液压系统的压力不受泵流量的变化而保持恒定。

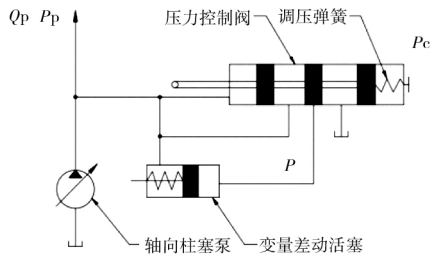


图 2　斜轴式柱塞泵调压控制原理图

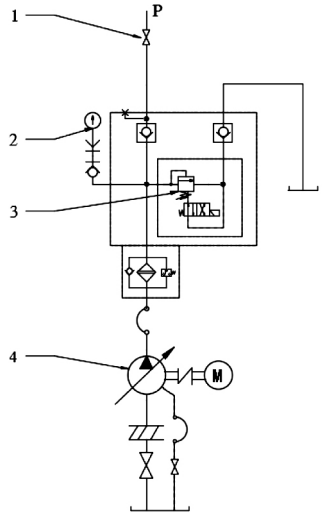
3　在实际使用中的调压方法分析

在生产实际中，首次调节柱塞泵压力时，为了不影响液压系统其它原件，安全起见通常会关闭主压力球阀，使系统负载压力“无限大”，由溢流阀控制泵的出口压力 P_p，多余流量经溢流阀卸荷。由于此时 Q_p 不是设备正常使用所需流量，泵出口压力表显示为溢流阀调定压力且不受 P_c 调压弹簧控制，传动轴的轴线与缸体的倾角的大小无法确定，所以需要结合电机拖动理论进行系统分析，通过观察电机的电流变化来判断柱塞泵在保证系统所需压力下所能达到的最大流量。

以包钢炼铁厂 4# 高炉泥炮液压系统为例来分析 A7VDR 柱塞泵的调压过程，如图 3 所示为其液

中国知网　https://www.cnki.net

压原理图，该系统所使用的液压泵为 A7V160DR 斜轴式轴向柱塞泵，电动机主要参数为 N = 110 kW，n = 1 480 r/min，泥炮运转所需压力为 25 MP。



1－主压力油球阀；2－压力表；
3－电磁卸荷溢流阀；4－斜轴式柱塞泵

图3 包钢炼铁厂 4#高炉泥炮液压系统原理图

计算电动机满载时的额定电流 I_e：

$$I_e = P/\sqrt{3}U \times \eta \times \cos\varphi$$

其中：P 为电动机额定功率；U 为电动机线电压；η 为电动机满载时效率；$\cos\varphi$ 为电动机满载时功率因数。

带入电机参数，功率 110 kW、电压 380 V、效率 94%、功率因数 0.91，得出电机满载时电流为 195 A。

调松柱塞泵调压螺钉，关闭主压力油球阀 1。在启动电机后，使电磁卸荷溢流阀 3 得电，液压系统处于升压状态，调节电磁卸荷溢流阀 3，观察压力表 2 的读数，柱塞泵出口压力使 P_p 为 25 MP。调紧柱塞泵恒压控制系统的调节弹簧增大 P_c，使变量差动活塞右移，从而加大主轴轴线与缸体轴线之间的倾角，增加柱塞泵的输出流量 P_q。

$$P = \frac{Q \times p}{612}$$

其中：P 为柱塞泵的输入功率；Q 为柱塞泵的输出流量；p 为系统压力。

此时，压力 p 即为柱塞泵的出口压力 P_p，因为出口压力 P_p 是溢流阀 3 的调定值保持恒定不变，所以增加柱塞泵输出流量的同时柱塞泵的输出功率也在增大。

根据能量守恒定律，此时电机的输出功率也在增大。观察电机电流，当达到额定电流 195 A 时，可以认为柱塞泵在保证出口压力为 25 MP 时已达到了其系统额定流量，柱塞泵的压力调试成功。当系统压力超载时，溢流阀起到卸荷保护作用。

在设备使用过程中，当负载压力小于系统调定压力时，柱塞泵恒压控制阀会自动调节控制活塞，增大主轴轴线与缸体轴线之间的倾角，增加泵的输出流量，直到负载压力达到了溢流阀的调定压力，泵的流量达到了系统额定流量，电机达到了额定功率输出，从而实现了柱塞泵的恒压变量控制。

4 结束语

在斜盘式恒压变量柱塞泵的调压过程中，系统的卸荷溢流阀仅起到安全保护作用，单通过柱塞泵的恒压控制阀就可完成压力调节。但是，A7VDR 斜轴式轴向柱塞泵由于其结构特点，在关闭主压力油球阀的情况下，泵的出口压力由溢流阀控制，无法根据泵出口压力表读数进行压力调试。从功率传递的角度出发，在柱塞泵出口压力不变的前提下，通过增加柱塞泵的输出流量来增大柱塞泵的输出功率。当电机的电流达到额定电流值后，得出在电机额定功率下柱塞泵的额定输出流量，从而成功地完成了斜轴式柱塞泵的压力调试。此调压方法属于系统联动调试，不但调试效率高，压力调节准确，而且可以避免电动机超载，对系统有保护作用，同时有利于防止系统内各设备发生超载事故。包钢 4#高炉液压泥炮所使用的 A7VDR 斜轴式轴向柱塞泵，在安装完毕后，多次采用此方法调试成功，设备投入使用后运行稳定，泵的输出流量及压力满足设备使用需求。

参 考 文 献

[1] 权凌霄，闫桂山. 斜轴式轴向柱塞泵伺服变量机构控制特性多学科协同仿真分析 [J]. 液压与气动，2014，(9)：58－60.

[2] 钟鸣. A4V 型轴向柱塞泵的动态特性分析 [D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2014.

[3] 常若薇. A7VDR 斜轴式轴向柱塞泵恒压控制的误差分析 [J]. 机械管理开发，2001，(12)：25－26.

中国知网 https://www.cnki.net