

# 步进式加热炉液压系统设计方案的探讨

胡红林

(三钢集团公司棒材厂, 福建三明 365000)

摘要: 主要通过对轧钢车间的几台步进式加热炉液压系统的原理进行分析, 根据现场使用的经验, 从液压系统设计和元件配置入手, 提出了几种设计方案, 并分析了其存在的优缺点, 为今后新建步进式加热炉液压系统的设计提供参考。

关键词: 步进式加热炉; 液压系统; 优缺点; 设计方案

中图分类号: TP271+.31 文献标识码: B 文章编号: 1001-3881(2005)5-073-3

## 0 概述

随着冶金轧钢工艺自动化程度不断提高, 步进式加热炉以其灵活的加热方式、加热质量好, 炉长不受限制、操作方便、易于实现自动控制等优点, 被愈来愈多新建的轧钢加热炉采用。液压传动因其体积小、负荷大、易于实现机电一体化控制等优势, 在步进式加热炉中有广泛的应用。

步进机构通常按矩形轨迹运动, 一个运动周期由4个动作组成: (1) 动梁上升, 托起料坯; (2) 动梁及料坯按设定好的步距前进一定距离; (3) 动梁下降, 将料坯放在静梁上; (4) 动梁水平移动退回起始位置。步进动作周期根据生产工艺要求控制在一定的范围内。步进梁升降过程中要能实现对被加热料坯的轻托轻放, 满足所有液压缸启、停均匀变速等要求。如图1所示。

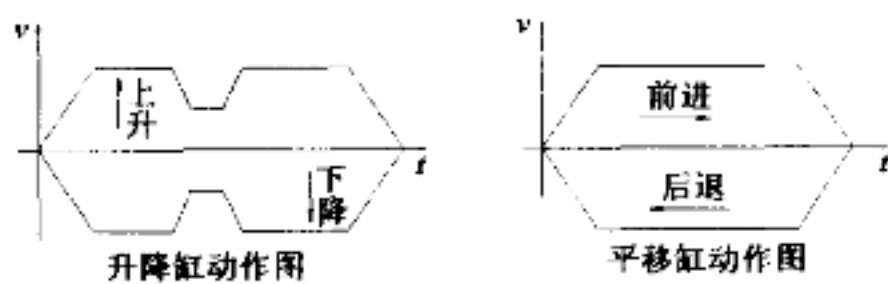


图1 步进动作图

## 1 步进液压缸的选择

一台轧钢步进式加热炉通常采用一到两根步进梁升降液压缸, 一根步进梁平移液压缸。液压缸缸径及活塞杆杆径大小取决于所承受的外界负载。步进式加热炉液压缸的安装方式目前主要有以下两种型式, 如图2所示。图2(a)所示方式是提升液压缸安装于步进机构一侧, 中间通过一同步轴连接, 以液压缸有杆腔作为承载腔, 活塞杆承受提升拉应力, 在同等液压系统工作压力下, 液压缸选型较大, 且液压缸轴封装置长期处于高压状态, 对活塞杆密封有较高要求。图2(b)所示方式是提升液压缸安装在底部, 直接驱动提升框架, 液压缸活塞杆承受压应力, 因液压缸无杆腔作为驱动腔, 选型相对可较小, 步进机械依靠自重下降, 液压缸轴封长期处于低压状态, 活塞杆密

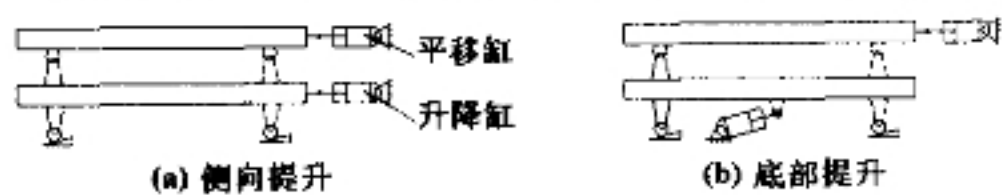


图2 步进液压缸的安装方式

封就简单多了。故从减小液压缸的尺寸、减少液压缸密封泄漏和故障率、简化传动设备、提高设备使用寿命考虑, 新建步进加热炉应采用图2(b)所示的安装型式。

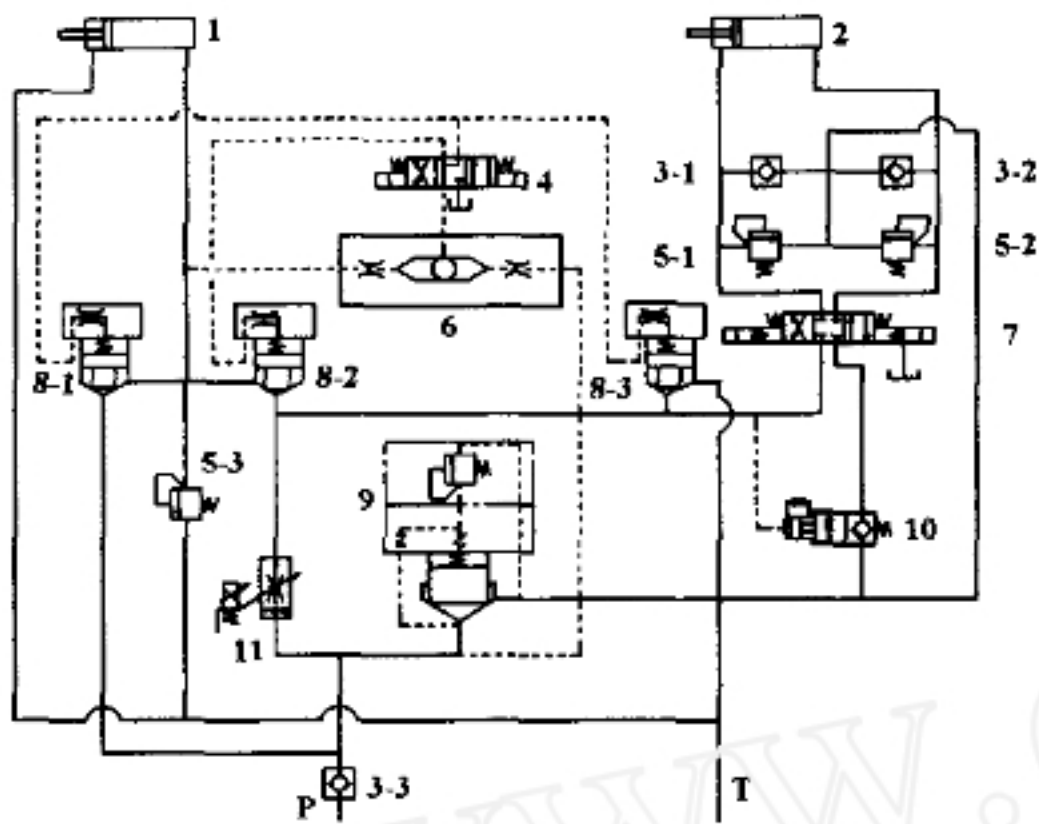
## 2 液压泵站的选择

根据步进周期长短和液压缸大小, 可相应选择液压泵。早期从造价等因素考虑, 加热炉液压泵站常选用定量泵出口配中位卸荷的电磁溢流阀型式, 这种配置液压泵的最大供油能力是与执行元件最大需用油量相适应的, 但在不同的液压缸动作及液压缸动作速度变化时, 势必造成液压泵出口油液高压溢流, 液压系统功率损耗大, 油液发热大。随着高压变量泵的普及, 新建的步进加热炉液压站大多开始采用恒压变量泵, 这种配置液压泵输出流量的多少随执行元件所需流量多少而变化, 较之定量泵系统而言, 功率损耗降低, 油液发热减少。对于一个泵站供多个步进加热炉使用的场合, 泵站配置往往会较庞大, 因步进式加热炉液压系统工作压力通常允许在一定范围内变化, 可在液压泵站安装一定数量的蓄能器作为辅助能源, 能有效减少总装机容量, 降低设备投资, 对吸收冲击振动也有一定的效果。

## 3 步进控制阀架的设计

步进控制阀架是这套系统最为关键的部分, 能否很好地实现步进梁升降过程料坯的轻托轻放, 在料坯入炉及出炉均为炉内悬臂辊道输送时, 如何实现精确地控制平移步距等需要一个很好的控制系统来保证。图3所示为几种步进加热炉控制阀架液压原理图。

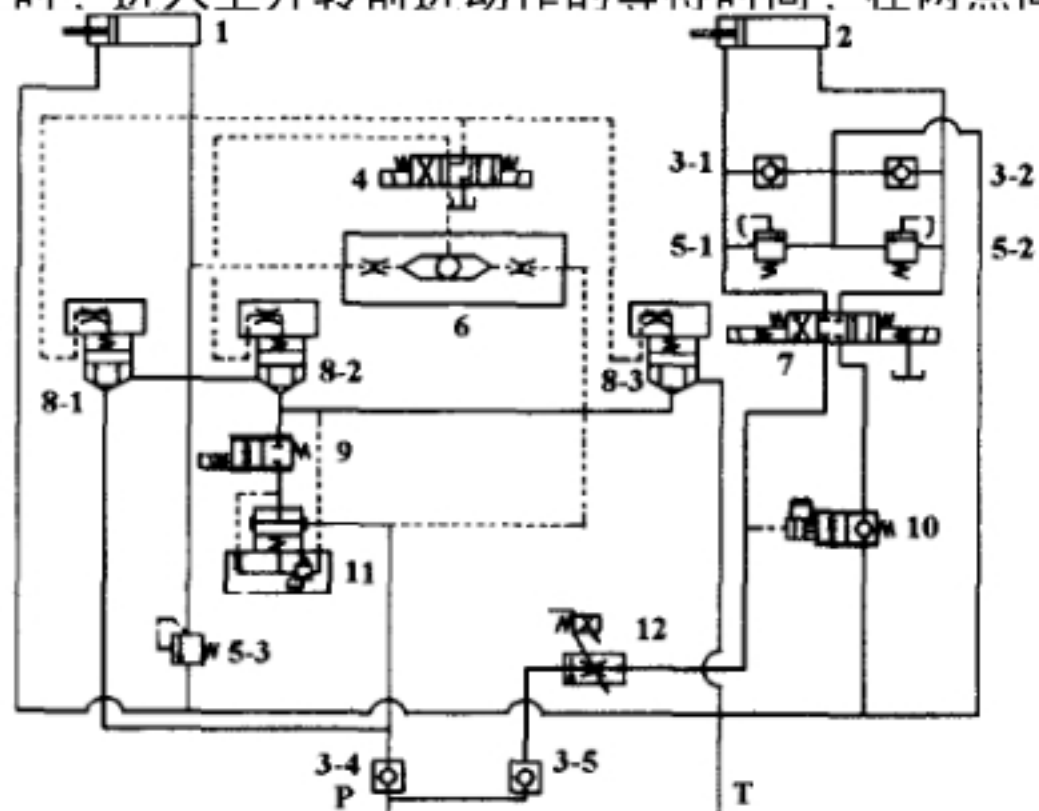
图3由一个比例流量阀控制所有步进动作速度, 阀架结构小, 造价相对较低。但这种系统常出现液压缸运动互相干涉的情况, 主要有两类: (1) 步进梁上升到位转为前进时会出现升降缸突然下沉, 平移油缸前冲; (2) 步进梁下降到位转为后退时会出现提升油缸反向上升。这种运动干涉的结果使步进机构动作平稳性受到影响, 尤其是在步进梁运动上下极限位置由接近开关检测时会造成检测信号丢失, 炉区设备自动控制程序无法运行。虽然插装阀有良好的响应性, 能实现高速转换, 但当工作介质产生油泥或插装阀控制盖板的阻尼小孔有污染物颗粒滞留时, 插装阀的响应将滞后, 插件不能及时启闭。而步进梁上升、前进、下降、后退4个动作间的等待时间通常较短



1. 升降缸 2. 平移缸 3. 单向阀 4. 电磁换向阀  
5. 安全阀 6. 梭阀 7. 电液换向阀 8. 方向插装阀  
9. 溢流插装阀 10. 平衡阀 11. 比例流量阀

图 3 步进控制阀架原理图 1

( $\leq 0.5s$ ), 当步进由上升转前进时, 电液换向阀 7 已打开, 方向插装阀 8-2 未能及时复位关闭, 致使升降缸下腔油液通过阀 8-2 和电液换向阀 7 倒灌到平移缸前进工作腔, 出现升降缸下沉、平移缸前冲现象; 当步进由下降转后退时, 方向插装阀 8-1 如未能及时复位关闭, 比例流量阀 11 开口尚小, 高压油通过阀 8-1 到升降缸提升工作腔, 使升降缸反向提升。在现场也会有另一个原因造成平移缸前冲。为使步进梁在上极限位等待要钢信号时能保持该信号较长时间, 防止升降缸内泄使信号丢失, 常在步进梁上极限位前加设辅助保护点, 在 PLC 控制程序中上升停止由上极限点控制, 除此之外的功能两点等同, 当步进梁上升检测到上极限保护点时 PLC 就已自动开始计时, 进入上升转前进动作的等待时间, 在两点间距

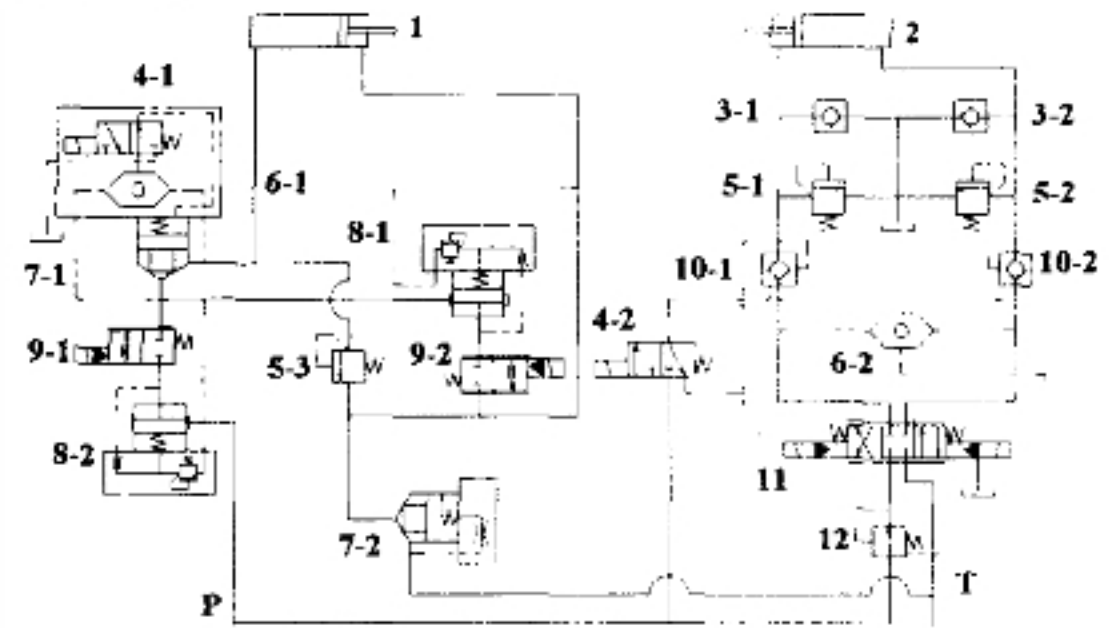


1. 升降缸 2. 平移缸 3. 单向阀 4. 电磁换向阀 5. 安全阀 6. 梭阀 7. 电液换向阀 8. 方向插装阀 9. 二通比例阀 10. 平衡阀 11. 压力补偿装置 12. 比例流量阀

图 4 步进控制阀架原理图 2

设置不当时, 造成上升转前进时间太短, 插装阀 8-2 来不及关闭, 甚至步进梁上升和前进动作指令同时存在, 出现升降缸和平移缸工作腔油路互通的异常情况。在现场解决上述问题的办法主要是: (1) 延长上升转前进和下降转后退的动作等待时间 (但会加长步进工作周期); (2) 定期清洗控制阀架油道及插装阀; (3) 升降检测接近开关要经常检查是否设置得当。

图 4 在升降和平移控制回路中各设置一个比例阀, 两控制回路主压力管路间用单向阀隔开。这种方案考虑了升降动作与平移动作在油路上相对独立, 插装阀 8-2 与电液换向阀 7 的压力油入口不再直接相通, 避免了步进梁上升转前进时平移缸前冲, 但步进梁升降缸下降到位转平移缸后退时如方向插装阀因响应特性变化使插件复位滞后, 仍会出现提升缸反向上升的问题。



1. 升降缸 2. 平移缸 3. 单向阀 4. 电磁换向阀 5. 安全阀 6. 梭阀 7. 方向插装阀 8. 压力补偿器 9. 二通比例阀 10. 液控单向阀 11. 电液换向阀 12. 减压阀

图 5 步进控制阀架原理图 3

图 5 在步进梁上升、下降油路中各有一个二通比例阀, 平移回路采用一个比例方向阀控制。这种设计方案避免了步进梁 4 个动作之间的运动干涉, 方向插装阀即使关闭时响应滞后, 之前的二通比例阀也已在减速完成后实现了阀口关闭, 在升降动作结束的同时也将油路完全与平移控制回路的油路阻断。

在上述三种方案中, 图 5 泵站采用恒压变量泵时, 泵出口电磁溢流阀只是起无负载启动和开机后的安全阀功能, 系统保持常压, 电磁溢流阀不需换向。图 3、图 4 当步进梁在自重作用下做下降动作时, 无论采用定量泵还是恒压变量泵, 液压泵都要处于卸荷状态, 而做其它步进动作时泵必须负荷运行, 也就是说液压泵出口电磁溢流阀要经常处于频繁换向状态, 否则液压站的噪声、换向冲击都较大。

步进式加热炉平移液压缸在运动过程中有变速要求, 如图 1 所示。由于动梁机构重量较大, 运动惯性也就较大, 如采用 P 管路比例流量控制 (图 3、图 4), 液压缸在减速过程存在负载, 所以这两种方案

除在电液换向阀后设置双向制动回路外，在电液换向阀后公共回油路上配置了平衡阀，此平衡阀兼有液控单向阀和流量限制阀的功能，用以保证平移动作的控制精度和安全性。但平衡阀选型时要充分考虑到平移液压缸两腔的面积比，某厂就曾因该阀选型过小出现平移液压缸无杆腔供压力油、有杆腔回油时动作正常，有杆腔供油、无杆腔回油时动作缓慢，比例流量阀开口度大幅增大，平移速度仍无明显变化，无法按照预期的步进速度控制曲线运动。主要原因是在预先调定的液压系统工作压力下，平移动作速度一方面受比例流量阀控制，另一方面在无杆腔作为回油腔时，回油流量较大，而平衡阀此时起流量限制的作用，通过平衡阀的流量与阀开口面积、先导开启压力及阀进出口压差有关，流量增大在液压系统压力、先导开启压力、阀开口面积一定时必然需要增大阀进出口压差，这种压差的增大通过液压缸两腔面积差后进一步反映到系统供油压力上，而系统工作压力是受到限制的，也就最终导致出现上述现象。图5平移控制回路除也采用了一个双向制动回路外，平移液压缸的运动速度由比例方向阀控制，从控制原理上分析，该比例方向阀在压力补偿器（减压阀）和梭阀共同作用下控制的仍然是液压缸压力油工作腔的速度，但因该阀在平移减速时回油口也同时关小，相当于仍然有一个可变的回油节流调速阀，对惯性前冲有一定的调节作用，在实践中对使用性能没有明显影响（主要针对有杆腔作为回油腔时）。

#### 4 其它环节的设计

(1) 使液压油保持清洁是至关重要的。在步进加热炉液压系统中最好能同时配备自循环过滤装置、回油过滤装置、出油过滤装置，这种极少量的投资会给今后设备运行带来难以估价的回报。笔者曾经历两套只自带循环过滤的步进炉液压系统，多次出现系统无法升压、插装阀响应滞后引起油路互窜等故障现象，平均一年总有一到两次必须将控制阀架上的大部分元件拆下来清洗、检查。而在油液过滤装置配备较好的液压系统中，这种故障及维护就大为减少。

(2) 恒压变量泵的壳体泄漏管路上不应加装过

滤元件；为避免该管路内的温度较高且夹杂有泵体磨损物的油液直接回到泵的吸油侧，应将各泵的壳体泄漏油集中在一根管路上回到油箱的回油侧，以利于沉积、过滤。

(3) 钢厂冷却循环用水很难保证水质的洁净度，为提高冷却器的冷却效果及使用寿命，保证工作介质温度始终能控制在一个较好的范围内，应在冷却器入水口设置有足够过滤能力的水过滤器。

(4) 油泵出口电磁溢流阀往往因考虑减少换向冲击而选用带缓冲装置的电磁溢流阀，但也应充分考虑该阀换向时间对步进动作衔接的影响。如图3、图4所示方案在步进梁前进完成转下降动作时，因电磁溢流阀降压尚未完成而下降动作指令已发出，导致步进梁出现不降反升然后再下降的异常现象。如要选择有较好缓冲效果的电磁溢流阀，则步进动作间隔时间要相应延长。

#### 5 小结

步进式加热炉液压系统可以有多种设计方案，主要是要针对生产工艺的要求和炉区设备的特点，选择合适的装机容量、合理的油路设计及元件配置。设计和现场维护人员应对各液压元件厂家产品的工作原理和性能有充分的了解，这样才能保证设计方案的稳定性、可靠性，现场出现故障时能尽快有效地分析、判断和处理。

#### 参考文献

- 【1】雷天觉. 新编液压工程手册 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1998.
- 【2】陈鸿复. 冶金炉热工与构造 [M]. 北京: 冶金工业出版社出版, 1990.5.
- 【3】博世力士乐重工业液压产品样本. 博世力士乐(中国)有限公司.
- 【4】榆次油研液压有限公司. 液压阀样本.

作者简介: 胡红林 (1972~), 男, 湖北省大悟县人, 工程师, 主要从事液压润滑设备的技术管理和改造工作。电话: 13605971654, 0598 - 8206796, E-mail: hhlin@fjsg.com.cn.

收稿时间: 2004 - 03 - 31

(上接第53页)

编程质量的优劣。编程人员必须首先对零件进行充分、全面的工艺分析，然后制定出合理的加工路线、装夹方式与切削刀具选择等内容的工艺设计方案，在此基础上还要熟悉机床的性能，这样才能编制出最佳的数控加工程序。通过研究这些问题，可提高制造、使用和维护数控机床的水平。随着技术的进步和高新技术在数控机床上的应用，数控机床加工的误差控制

问题将得到更好的解决。

#### 参考文献

- 【1】焦振学. 微机数控技术. 北京理工大学出版社, 2000.
- 【2】周洁. 数控加工中关键因素分析. 首都经济贸易大学.
- 【3】GSK980T操作说明书.

作者联系方式: 魏巍, 电话: 010 - 82316182, 013941825681.

收稿时间: 2004 - 02 - 26