

基于步进式加热炉的液压系统分析与设计

张 珊 李锁辛 周 晚

(咸阳职业技术学院 陕西 咸阳 712000)

摘要: 据国家统计局数据显示:2020年中国钢材销售量达到73996万吨,同比增长12.6%。而目前,在钢材热轧生产过程中,普遍采用的是步进式的加热炉对钢坯进行输送并加热。伴随着工业化的发展,步进式加热炉的驱动方式目前主要采用液压驱动。而对于液压驱动,其液压泵站采用不同方式,节能效果明显不同,本文重点研究步进式加热炉液压驱动系统三种不同驱动形式下的节能效果分析与比较。希望本文的研究为日后在步进式加热炉液压系统的节能问题上能够提出新的解决方案。

关键字: 钢材加工; 步进式加热炉; 节能

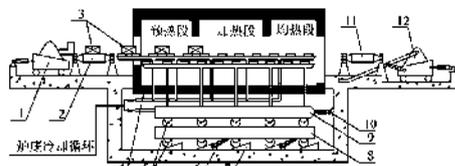
0 引言

步进式加热炉的运动完全依靠其液压系统的驱动来完成,现实中,步进式液压炉整个炉机较重,再加之钢坯重量,一般其总重量可达800吨左右,液压系统较大的负荷势必造成生产过程中的能量损耗,因此,针对当下绿色发展理念,我们必须考虑采取措施以实现节能降耗。本课题以某企业步进式加热炉液压系统为研究对象,通过分析步进式加热炉液压系统的结构以及技术参数,设计了步进式加热炉平移回路液压系统,并从节能角度分析了定量泵系统、恒压系统和负载敏感系统的节能效果。最后针对步进式加热炉的节能问题提出了新的解决方案。

1 步进式加热炉液压系统的原理

1.1 步进式加热炉的结构特点

工厂中现广泛使用的步进式加热炉,其炉底机械结构多采用斜坡滚轮式结构,具体包括步进式加热炉的升降斜轨座、升降框架、升降液压缸、平移框架、平移液压缸等组成部分组成。如下图1为步进式加热炉主体剖面示意图。



1 升降液压缸缸筒; 2 入炉端盖; 3 旋转轴承; 4 导向轴; 5 炉底机械滚轮; 6 炉内升降液压缸; 7 斜轨面; 8 炉内升降框架; 9 炉外平移框架; 10 炉外升降液压缸; 11 炉内端盖; 12 炉内端盖密封。

图1 步进式加热炉主体剖面示意图

1.2 步进式加热炉的工作过程分析

步进式加热炉的工作主要分为4个动作,分别是上升、前进、下降和后退,4个完整的动作为以工作周期^[1]。其工作循环过程如下图2所示,整个步进机构其动作循环轨迹为以矩形。在实际工作中,首先,液压泵驱动升降液压缸伸出,此时,液压力推动炉机的升降框架上升至平移框架,与此同时,将坯料从静梁上托起,实现上升放置坯料动作;接下来平移液压缸伸出,然后平移框架带动坯料前进,炉内所有坯料全部前进一段距离,实现前进动作;最后,升降液压缸收缩将坯料放置在静梁上,然后平移液压缸收缩平移框架后退,完成后退动作;此时,步进式加热炉完成一个完成的动作循环并回到动作起点准备开始下一个动作周期^[2]。

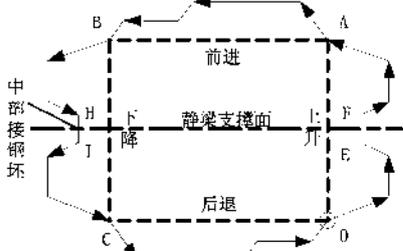


图2 步进式加热炉工作过程及运行速度

2 步进式加热炉的主要技术参数及速度分析

步进式加热炉的主要技术参数如表1所示:

表1 步进式加热炉的主要技术参数

最大负荷	250 t
步进周期	40 s
步进梁升降行程	200 mm
步进梁平移行程	600 mm
倾斜角度	13°
平移液压缸速度	20 mm/s ~ 100 mm/s
升降液压缸速度	40 mm/s ~ 90 mm/s
平移框架重量	250 t
升降框架重量	250 t

2.1 步进式加热炉的平移速度分析

步进式加热炉的平移速度及路程情况如下表2所示:后退过程与前进过程的速度变化规律类似。

表2 步进式加热炉平移速度参数

时间段	速度	路程	运动状态
0 ~ 1s	0 mm/s ~ 100 mm/s	60 mm	匀加速直线运动
1 ~ 4s	100 mm/s	360 mm	匀速直线运动
4 ~ 5s	100 mm/s ~ 20 mm/s	70 mm	匀减速直线运动
5 ~ 7s	20 mm/s	70 mm	匀速直线运动
7 ~ 8s	20 mm/s ~ 0 mm/s	40 mm	匀减速直线运动

2.2 步进式加热炉的升降速度分析

步进式加热炉的升降速度及路程情况如下表1-3所示:步进炉的上升和下降动作时间分别是12s。其类似与平移运动,有加速、匀速和减速过程;但在上升和下降过程中,根据工艺要求,要实现平移框架平稳拖放坯料,中间必须要有一个低速运行环节。其各时间段的速度及路程如下表3所示;

表3 步进式加热炉升降速度参数

时间段	速度	路程	运动状态
0 ~ 1s	0 mm/s ~ 90 mm/s	20mm	匀加速直线运动
1 ~ 4s	90 mm/s	50 mm	匀速直线运动
4 ~ 5s	90 mm/s ~ 40 mm/s	20 mm	匀减速直线运动
5 ~ 7s	40 mm/s	40 mm	匀速直线运动
7 ~ 8s	40 mm/s ~ 90 mm/s	20 mm	匀加速直线运动
8 ~ 11s	90 mm/s	30 mm	匀速直线运动
11 ~ 12s	90 mm/s ~ 0 mm/s	20 mm	匀减速直线运动

3 步进式加热炉液压系统的分析与设计(以平移回路液压系统设计为例)

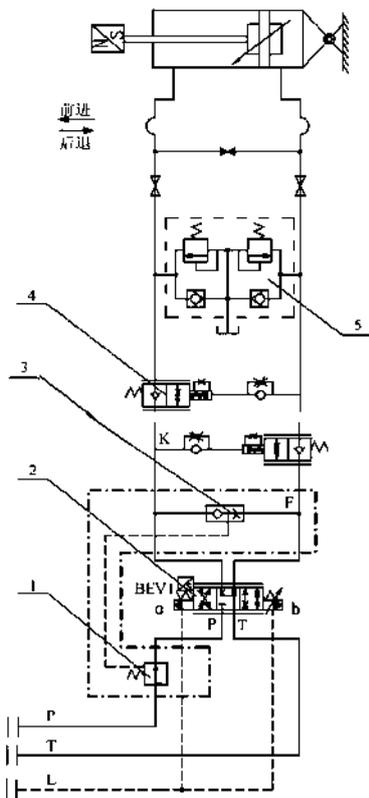
3.1 液压泵站的设计与分析

考虑到企业的实际工况,本文在步进式加热炉液压系统动力元件的设计上,采用负载敏感的轴向变量柱塞泵^[3]。首先是因为实际加工负载的变化范围较大,并结合容积效率高,我们选取轴向变量泵。与此同时,考虑到实际加工的连续性预可靠性,所以在液压泵站的设计上,我们选择采用双泵工作系统,即2台液压泵向系统供

油, 实际中, 1 台泵保持正常工作状态, 另 1 台泵保持停机备用状态。与此同时, 考虑到液压泵在启动过程中会产生较大的液压冲击, 所以选择在每个泵的出口设置一个电磁溢流阀, 目的是消除液压泵启动过程中较大的液压冲击, 起到泄荷的作用, 从而保证整个系统的安全运行。

3.2 平移回路液压系统的设计与分析

步进式加热炉平移回路液压系统原理图设计如下图 3 所示;



1-进口压力补偿器; 2-比例方向阀; 3-梭阀; 4-叠加板式平衡阀; 5-缓冲制动阀组;

图 3 平移回路液压系统原理图

4 步进式加热炉液压系统三种驱动方式下节能效果分析

实际企业生产中所采用的步进式加热炉, 其液压系统最早大部分采用的都是定量泵供油系统, 定量泵供油在工作过程中存在大量的溢流损失, 故导致整个液压系统工作效率极低; 现今, 随着液压技术的不断发展, 大部分企业逐开始采用恒压泵供油, 恒压泵供油的最大优点是能保证系统工作在恒定的压力之下; 伴随着技术的发展, 为了更好的实现节能环保, 目前较新型的负载敏感变量泵成了液动力系统的最新发展方向。本章节, 我们着重分析以上三种液压系统的节能效果^[4]。

4.1 定量泵系统节能效果分析

排量不变的泵我们称之为定量泵, 定量泵在转速恒定的情况下, 由于其排量不变所以输出的流量也是恒定的。实际工程应用中, 我们一般将定量泵和溢流阀以及节流阀组合在一起, 连接执行元件组成节流调速回路。由于定量泵自身的排量和流量都不变, 所以定量泵的输出功率 P 为一恒定值, 其功率与工作系统的压力和流量没有关系, 所以在液压系统使用定量泵供油时, 因为其流量一定, 其在系统工作中始终保持最大流量; 因此产生了大量的溢流损失。当系统所需流量较小时, 定量泵供出的大部分流量经过溢流阀溢回油箱, 这样造成了系统容积效率的降低。定量泵供油的液压系统回路其系统效率通常在 32% 以下, 可见, 定量泵供油造成了极大的能源浪费。

4.2 恒压系统节能效果分析

恒压系统指的是采用变量泵向系统供油^[5], 与此同时保证系统压力恒定, 在工作过程中, 压力与流量的变化情况如下图 4 所示:

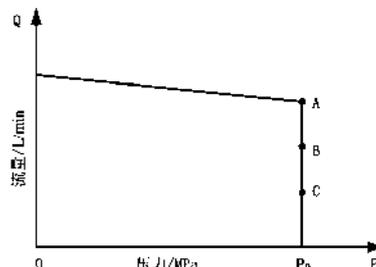


图 4 恒压泵工作原理

恒压泵在实际工作过程中, 存在以下情况, 第一, 若系统的实际工作压力低于泵的调定压力, 此时, 恒压泵就将按照定量泵的原理来工作, 恒压泵向系统提供输出的最大流量; 第二种情况, 当系统压力达到调定压力 P_0 , 此时恒压泵则按照变量泵原理来工作, 泵输出的流量会随实际负载的变化而变化, 输出流量在 $0 \sim Q$ 之间发生相应的变化, 并与其出口处的压力无关。如果系统压力大于调定压力 P_0 , 则泵的流量迅速下降, 能够在仅提供满足系统泄漏量的流量情况下保证系统的调定压力。也就是说, 恒压泵其实是通过调节泵的排量来保证泵出口的压力恒定, 其流量随着排量的变化而变化, 提供系统所需要的合适流量, 不产生多余的流量, 因此, 其溢流损失小, 故具有明显的节能效果。

4.3 负载敏感系统节能效果分析

负载敏感系统^[6]是一种能够感受工作系统的压力和流量需求, 并且仅提供系统所需要的压力和流量的液压系统。负载敏感系统主要依靠负载敏感变量泵来实现对系统的供油。该泵可以根据系统的实际工作压力和所需流量做出准确的相应反馈, 从而使整个液压系统的压力和流量与负载相匹配。负载敏感系统没有溢流损失, 故其功率损耗低, 工作效率远高于定量泵系统和恒压泵液压系统。伴随着工业技术的发展, 负载敏感系统将成为所有传动及控制系统的首选方案。

5 总结

本文通过具体解析步进式加热炉其液压系统的结构组成以及相关技术参数, 在此基础上设计并仿真了步进式加热炉平移回路液压系统, 并从节能角度分析了定量泵系统、恒压系统和负载敏感系统下的节能效果, 通过对比, 最终发现, 当采用负载敏感系统时, 其节能效果较定量泵系统提高了 72.3%; 相比于恒压系统, 其工作效率提高了 21.5%, 可见, 负载敏感系统在节能方面具有显著的效果。

参考文献:

- [1] 谢乐添, 谭志春. 步进式加热炉液压系统分析与节能研究[J]. 冶金管理, 2020(13):3.
- [2] 温彬. 步进式加热炉液压系统的设计与分析[D]. 天津: 天津理工大学, 2015.
- [3] 许福玲, 陈尧明. 液压与气压传动 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2004:1.
- [4] 李建宏. 棒材步进式加热炉出钢节奏液压系统的改进实践[J]. 山西冶金, 2021, 44(3):4.
- [5] 周平, 郎鹿, 翟江. 恒压变量泵随动活塞腔动态压力特性分析[J]. 液压与气动, 2020(9):6.
- [6] 中慧君, 陶柳. 装载机负载敏感液压系统优化设计及仿真分析[J]. 液压与气动, 2022, 46(1):7.

作者简介: 严千千 (199704—), 女, 汉族, 浙江衢州人, 法律硕士, 研究方向: 经济法。