

步进式加热炉液压节能改造探究

李春辉 陈纪安 李伟强

(陕西龙门钢铁有限责任公司 陕西 韩城 715405)

摘要:在“双碳”目标背景下,能耗双控成为企业当前发展战略的重要组成部分。为了推进节能降耗工作,助力实现碳达峰、碳中和目标,陕西龙门钢铁有限责任公司对棒材生产线进行了节能改造,增加了节能阀台、蓄能器组及电控系统,对步进梁下降过程因自重产生的势能回收至蓄能器组,在步进梁上升中加以利用,减少液压泵开启数量,改造后对节能改造达到的效果进行实际测试验证,达到了预期的节能效果,取得了一定的经济效益。

关键词:加热炉; 液压系统; 节能; 蓄能器

0 引言

棒材生产线加热炉步进梁液压系统的主要功能是利用液压能驱动步进梁升降及平移液压缸协调联动,实现轧制坯料的上升、前进、下降和后退的动作,一步一步将轧制坯料移送至出炉辊道,是棒材生产线能耗较高的设备。

该公司在企业管理中,率先开展对标管理活动,瞄准行业领先企业,在战略理念、思想观念和精细化管理层面上实施对标,完善自我。

时值国家提出“十三五”节能减排综合工作方案,要求针对重点领域,加强工业节能,该公司轧钢厂率先通过对标交流,与广州白云液压机械厂有限公司联合对棒材生产线加热炉步进液压系统进行节能改造,取得了一定的经济效益,该项目可作为其他棒材生产线液压节能推广的经典案例。

1 工作原理

步进式加热炉是通过炉底步进梁的上升、前进、下降和后退的循环,来完成钢坯在加热炉内的运送动作。步进梁的上升是通过升降液压缸做功来完成的,下降则需要平衡全部载荷完成平稳下降,前进和后退靠平移液压缸实现。加热炉液压系统的技术参数见表 1。

2 步进式加热炉液压系统组成

步进式加热炉液压系统主要由动力装置、执行装置、电控系统和辅助装置组成。

(1) 动力装置: 液压动力装置系统由 6 台电机泵组组成, 6 台力士乐恒压变量柱塞泵型号为

A10VSO140DRS/32R-VPB12N00, 主泵电机型号为 YX3-280S-4B35/75kW、1480r/min, 系统 5 用 1 备;

(2) 执行装置: 步进式加热炉液压系统执行装置由两台升降缸 $\phi 320/220-750$ 和一台平移油缸 $\phi 220/140-350$ 构成, 升降缸推动升降框架完成上升下降动作, 平移缸驱动平移框架完成步进梁的前进与后退动作;

(3) 电控系统: 电控系统配备西门子 S7-300PLC 控制模块及主回路控制系统, 具备远程就地控制功能, 实现对步进梁液压系统动作的有序控制;

(4) 辅助装置: 液压系统设置 7500L 矩形碳钢油箱、4 只电加热器 HRY2-220/3、循环冷却过滤系统采用 PALL 品牌, 型号为 UT319F40AP40H5NBRR24DC、精度为 $5\mu\text{m}$ 的两套过滤器, 冷却系统采用板式冷却器, 型号为 V45-30.15, 冷却面积为 30.15m^2 , 总回油管配置 PALL 品牌, 型号为 HH8420F48KS VBR24DC、精度为 $10\mu\text{m}$ 的 3 套回油过滤器。

3 步进式加热炉液压系统现状分析

原加热炉液压系统一般装机功率为 450kW, 在一个步进周期内, 上升功率的需求远大于下降和平移的功率需求, 下降步序因平衡载荷产生大量热量, 但最大功率持续在 10 ~ 20s 左右, 仅占步进周期的 1/4 ~ 1/3, 功率匹配不佳, 小时能耗较大, 其主要缺点如下:

(1) 现有系统装机功率大: 加热炉液压系统有 6 台 75kW 电机泵组构成, 正常运行 5 开 1 备, 运行电机功率 375kW;

(2) 步进梁下降时的重力势能 400 ~ 600t 全部转化为热能, 系统发热严重;

(3) 多泵机组运行, 维护成本大, 备件消耗大。

4 工作原理及实施方案

针对以上存在的问题，该公司与广州白云液压机械
厂有限公司对接，应用其专利技术，将步进梁下降过程
中的势能通过液压阀组及电控系统将液压能根据回油
压力大小分别存储在高压、低压蓄能器组中。在下一
个工作行程中，再次利用液压阀组及电控系统将存储
在高、低蓄能器组的液压能释放出来，驱动步进梁上升，
从而将原来 5 台主泵工作变为 1 台主泵工作，有效地节
约了系统能耗。步进式加热炉液压系统具体原理如图 1
所示。

在原液压系统上增加一套节能控制系统、节能阀台
和蓄能器组，利用加热炉系统大修 7 天时间对该系统进
行系统改造。新增节能系统液压系统原理图如图 2 所示。

5 测试数据及效益计算

为了准确地计量改造前后的电能消耗，以在液压站

电机进线柜接电流表及累时器实测计量，选取技改前、
后生产正常的时间段，分别计量液压站系统运行 7 天
的实际耗电量，具体计算方法如下：

- (1) 改造前系统运行 7 天，统计系统电耗 P_b ；
- (2) 改造前系统安装累时器，累时器在泵组运行时
计时，运行 7 天，统计系统运行时间 H_b ；由此计算改
造前系统小时电耗 $P_{前}=P_b/H_b$ ；
- (3) 节能系统投入后系统运行 7 天，统计系统电耗
 P_a ；
- (4) 节能系统投入后，累时器在单泵组运行时计时，
运行 7 天，统计系统运行时间 H_a ；由此计算节能系统
投入后系统小时电耗 $P_{后}=P_a/H_a$ ；
- (5) 小时节电量 $\Delta P=P_{前}-P_{后}$ ；
- (6) 节电率 $\eta:\eta=\Delta P/P_{前}\times 100\%$ 。

改造前与改造后节电率测试情况见表 2。

效益计算：根据测试结果，一条棒材生产线加
热炉液压系统每小时可节约电能 51kWh，电价按

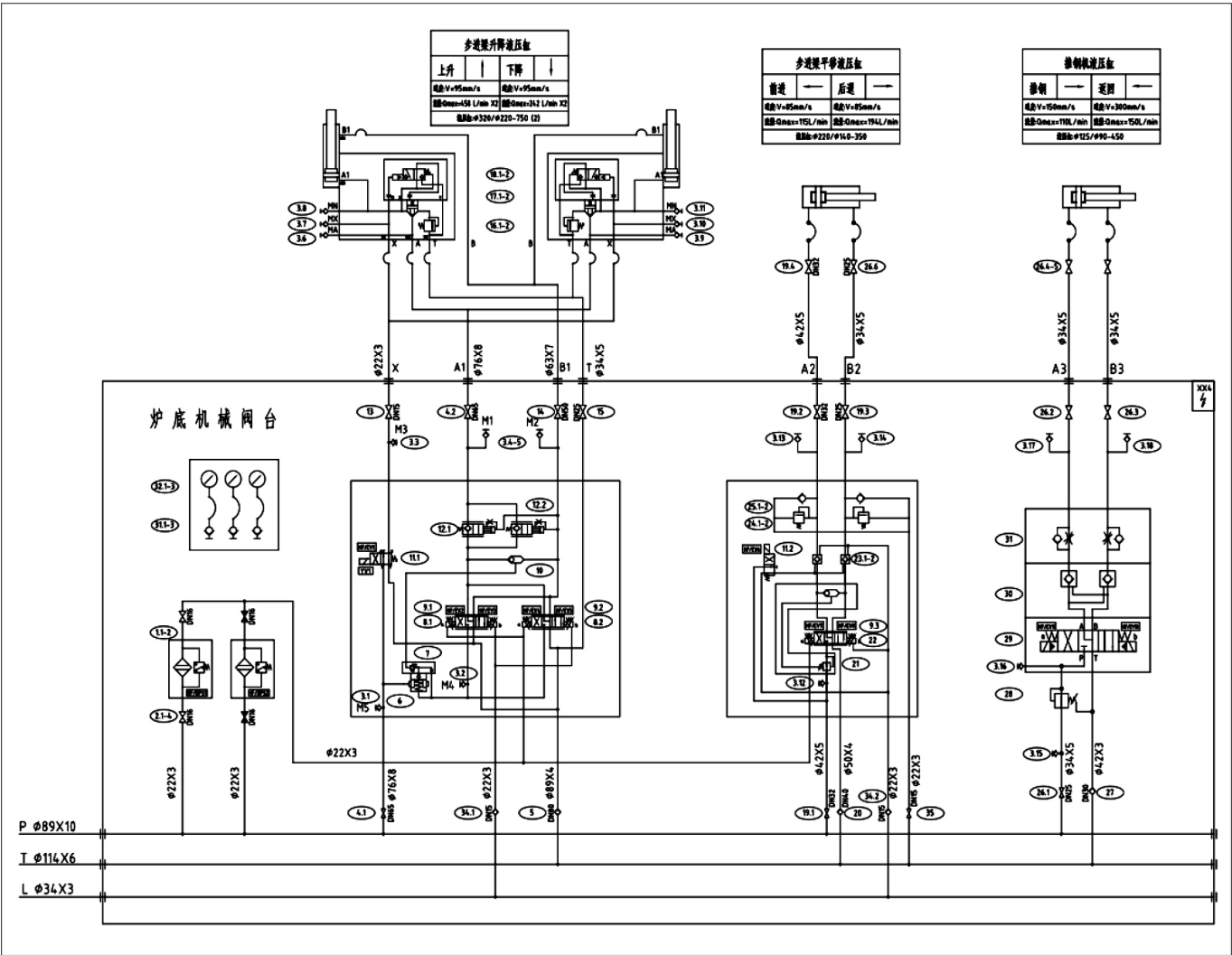


图 1 步进式加热炉液压系统原理图

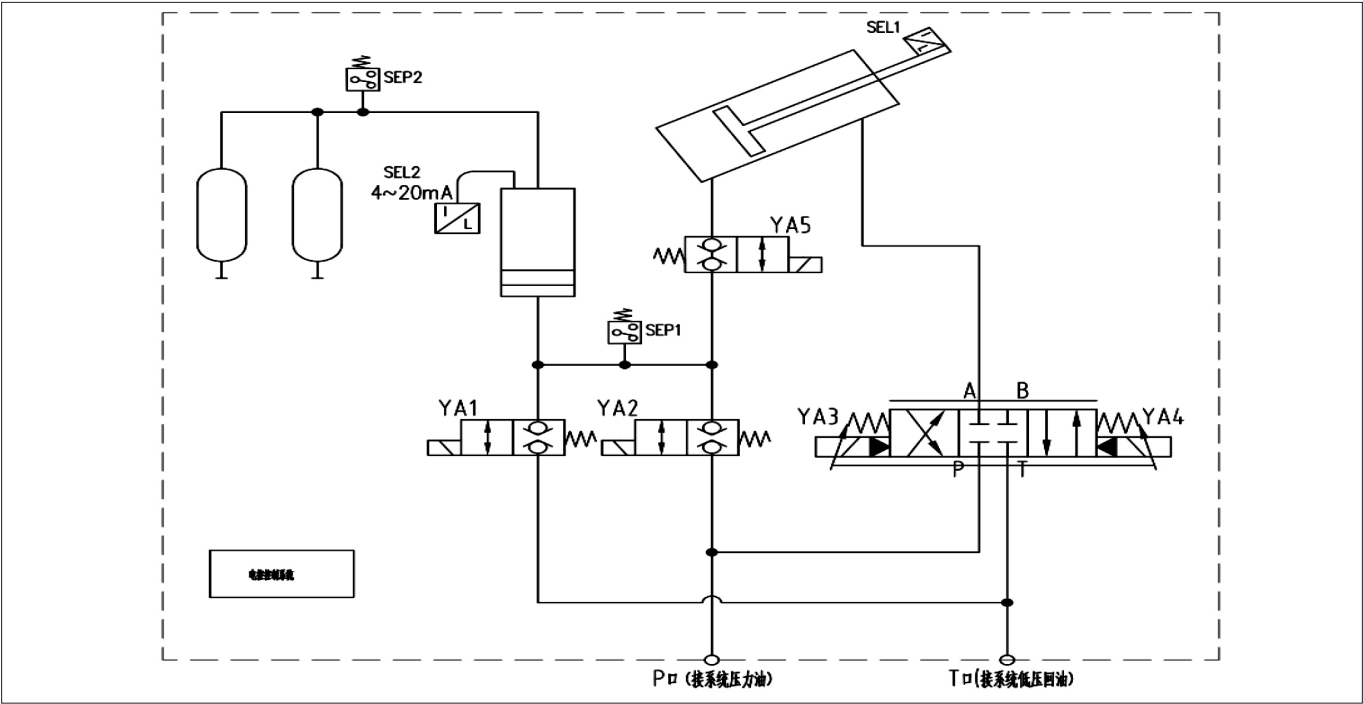


图 2 新增节能系统液压系统原理图

表 1 加热炉液压系统的技术参数

序号	名称	液压系统	备注
1	系统压力	16MPa	
2	系统流量	主泵流量：单泵流量 205l/min(泵 5 开 1 备)	
3	加热炉电机装备功率	YX3-280S-4B35、75kW×5、1480r/min (3 用 2 备)	
4	配重蓄能器	无	
5	电加热器加热功率	3kW×4 组	
6	系统清洁度要求	NAS7 级	
7	系统传动介质	ISO-L-HM VG46 抗磨液压油	
8	运行周期	31 ~ 32s	
9	冷却系统	V45-28.35	

表 2 步进式加热炉液压节能改造项目节电率测试表

液压 泵号	技改前							改造后							小时节电 量 /kW	节电 率 /%
	2021.1.31 起		2021.12.07 止		运行时长 /h	系统耗电 量 / kWh	小时用电 量 / kW	2021.3.1 起		2021.3.8 止		运行时长 (h)	系统耗电 量 /kWh	小时用电 量 /kW		
	累时器 T1	电表 P1	累时器 T2	电表 P2				累时器 T1	电表 P1	累时器 T2	电表 P2					
1#	108.1	10.9	277.2	1173.7	169.1	3379.2	20.0	1162.8	499.6	1323.8	499.7	161.1	0.0	0.0	20.0	
2#	108.1	9.2	277.2	1172.0	169.1	3396.1	20.1	1162.8	502.3	1323.8	502.3	161.1	0.0	0.0	20.1	
3#	108.1	22.8	277.2	1185.6	169.1	3844.3	22.7	1162.8	1067.7	1323.8	1067.7	161.1	0.0	0.0	22.7	
4#	108.1	8.9	277.2	1171.7	169.1	2748.4	16.3	1162.8	408.6	1323.8	408.6	161.1	0.0	0.0	16.3	
5#	108.1	6.2	277.2	1169.0	169.1	1992.4	11.8	1162.8	296.8	1323.8	296.8	161.1	0.0	0.0	11.8	
6#	108.1	1.5	277.2	1164.3	169.1	243.5	1.4	1162.8	110.9	1323.8	277.1	161.1	6648.0	41.3	-39.8	
合计							92.3							41.3	51.0	55.3

注：1. 系统 6 台电机功率 75kW，每台泵电机安装 40 倍倍率电表；2. 系统安装一套累时器，泵开启开始计时，泵停止工作，累时器暂停计时；
3. 系统节能测试选取 7 天左右时间为一个测试周期。

(下转第 103 页)

更加注重过程培养在教学中的重要意义,以能力培养为导向,夯实基础知识,提升学生利用所学知识分析和解决问题的能力。以安徽建筑大学机械专业学生为研究对象,进行了教学改革实践。

实践结果表明,课程教学改革后的学生平均成绩有了较明显提升,成绩分布更加合理,同时课程间接评价指标也有所提高。此外,课堂教学氛围得到明显改善,学生的学习积极性和参与度有了较大提高。因此,教学方法改革和创新是有效的,这为机械类专业人才培养目标的实现和提升提供了良好保障。

基金资助: 本项目得到安徽建筑大学质量工程项目(2021jy35)、安徽省省级示范基层教学组织(教研室)(2020SJSFJXZZ097)和安徽省省级虚拟仿真实验教学项目“智能制造工厂虚拟仿真实验教学项目”

(2020xfxm09)的资助。

参考文献:

- [1] 尚志武,刘国华,负今天.机械工程控制基础课程教学改革研究[J].新课程研究,2014(6):56-57.
- [2] 杨叔子,杨克冲,吴波,等.机械工程控制基础(第七版)[M].武汉:华中科技大学出版社,2017.
- [3] 王冰,韩伟娜,陈丽媛,等.《控制工程基础》课程教学改革与实践[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2021,21(4):109-111.
- [4] 夏博,胡雪,曾海峰,等.基于“新工科”项目的机械工程控制基础课程的教学探索与启示[J].高教学刊,2019(14):11-13+17.
- [5] 王永健.基于OBE理念的课程目标间接评价方法研究初探[J].教育现代化,2021,8(40):182-184.

(上接第99页)

0.50元/kWh,工厂年作业时间按照8000h计算,一条棒材生产线仅加热炉系统可节约电费: $51 \times 8000 \times 0.5 = 204000$ 元,估算该系统投运后两年多即可收回投资,经济效益巨大。

鉴于该系统节能效果显著,该公司已经在另外两条棒材生产线进行改造,目前两套节能系统均在调试中。

6 结语

通过对棒材生产线加热炉液压系统的节能改造实

践,可为其他棒材生产线的改造提供可参照的宝贵经验,同时也为企业创造了可观的经济效益,顺应了企业低碳节能的发展方向。

参考文献:

- [1] 曹建东,龚肖新.液压传动与气动技术(第3版)[M].北京:北京大学出版社,2017.
- [2] 李丽霞,杨宗强,何敏禄.液压技术基础[M].北京:化学工业出版社,2013.

本刊声明

近日,本刊编辑部接到部分作者反映,存在个别机构(或个人)假冒《中国机械》杂志社总编室或《中国机械》编辑部的名义向广大机械制造领域的作者征收稿件,并向作者发送了盖有非法总编室或编辑部公章(或非法电子章)的录用通知书。

在此,本刊郑重声明,《中国机械》杂志社总编室公章(防伪码:1101081749266)已于2021年5月25日公开登报声明注销作废,中国机械编辑部原公章(防伪码:1101081491290)也已于2021年4月19日公开登

报声明作废,并启用新的编辑部公章。今后如有不法机构(或个人)再以本刊总编室或本刊编辑部名义进行征稿等相关活动,属于严重侵犯本刊合法权益的违法行为,一经发现,本刊将采取法律手段,切实维护本刊的声誉与正当合法权益。请广大作者认准《中国机械》杂志社的官方投稿邮箱jxzzs@cinn.cn,或致电编辑部,以确保作者相关权益得到有效保护。

《中国机械》杂志社
2022年4月10日