

[控制系统]

带钢平整分卷机组控制系统设计与实现

文/四川机电职业技术学院 杨莉华

围绕带钢生产工艺、设备、电气和自动化控制系统等方面进行了研究和技术开发，阐述了某热轧厂带钢平整分卷机组控制系统改造设计，提高了设备的自动化水平和控制精度，极大地改善了产品的表面质量，消除了横折缺陷和浪形缺陷，具有重要的实际意义。

带钢生产中平整的过程目的是消除带钢退火后形成的屈服平台，改善带钢板材的力学性能以满足精整再加工的要求，改善带钢表面粗糙度和平直度以满足用户需求。某热轧厂带钢平整分卷机组原控制系统采用继电器控制方式，工作频率低，稳定性差，严重制约了生产节奏的提升和产品质量的提高。

为提高生产自动化水平和控制精度，将原继电器控制方式改为PLC控制方式，在围绕带钢生产工艺、设备、电气和自动化控制系统等方面做了大量的研究和技术开发。本文主要研究平整分卷机组控制系统，它主要是对平整分卷机组在常温下对热轧后之碳素钢及低合金钢卷进行平整提供动力并进行控制。整个液压系统控制系统由泵站、蓄能器装置、控制阀台、压下液压缸、压力传感器、位置传感器、压力继电器、连接管路、S7300 PLC、WinCC组态软件等组成。

液压主泵电动机的选择

液压泵和电动机是液压系统的核心，它的性能直接影响整个液压系统的性能，液压泵和电动机的正确选择对液压控制系统的稳定性、安全性和经济性有着重要的作用。既要保证液压控制系统有足够的动力（即保证电动机功率足够大），又要降低购买电动机的费用和耗电量费用。为此，电动机的功

率应根据生产机械所需要的功率来选择，尽量使电动机在额定负载下运行。选择时应注意以下两点。

1) 如果电动机功率选得过小，就会出现“小马拉大车”现象，造成电动机长期过载，使其绝缘因发热而损坏，甚至电动机被烧毁。

2) 如果电动机功率选得过大，就会出现“大马拉小车”现象，其输出机械功率不能得到充分利用，功率因数和效率都不高，不但对电网不利，而且还会造成电能浪费。电动机功率因数、效率与负载的关系见下表。

表 电动机功率因数、效率与负载关系

负载情况	空载	1/4负载	1/2负载	3/4负载	满载
功率因数	0.2	0.5	0.77	0.85	0.89
效率	0	0.78	0.85	0.88	0.895

据液压泵功率公式

$$P = \frac{pq}{\eta}$$

式中 p ——泵的驱动功率，kW；

p ——液压泵的最大工作压力，(MPa)，取泵额定压力的0.8倍；

q ——液压泵的实际流量， m^3/s ；

η ——液压泵的总效率。

该液压系统采用柱塞泵，取 $\eta = 0.8 \sim 0.85$ ；根据本液压泵的最大工作压力和实际流量计算出液压泵的总驱动功率 $P = 367.2 \text{ kW}$ 。为了经济和可

靠性,以多台电动机作为泵电动机,考虑一般电动机允许短时间超载量为25%,泵在最大工作压力时的时间很短,故可以选5台75 kW的电动机作为本系统的主液压泵电动机,为整个平整分卷机组(平整机除外)共10个阀台提供动力。同时,为保障安全和稳定性,5台液压泵同时工作,其中1台备用。在工作泵出现电气或液压故障时,备用泵自动投入。备用泵确定方式由人工选择工作泵,未选的1台泵自动作为备用泵,选择工作泵的条件是各个泵体有大致相同的工作时间。

操作主油泵可在液压站内的现场操作箱上操作,还可通过在主操作室内的HMI客户端的工作站上进行操作。远程及本地的选择开关在现场操作箱上进行选择,当选择为本地(机旁操作)时,画面操作失效,但能看见泵的工作状态。在主操作室的HMI画面上要显示每台泵的运行时间。在选择远程操作,且指定工作泵后,要求备用泵可在工作泵出现故障时自动投入。主液压泵电机控制联锁条件设计如下。

- 1) 油箱液位正常未到最低液位。
- 2) 低温报警不允许启动主泵。
- 3) 高温报警延时30 s再停机。
- 4) 与主液压泵对应的行程开关必须开到位。
- 5) 油压不正常停机。

油液循环系统的设计

1. 循环油泵电动机控制要求设计

循环油泵电动机用于提供液压油站内循环用。油泵的选择根据流量和扬程等来决定,本系统选用1台11 kW的油泵,在主泵工作时,循环油泵须投入工作,且在主液压泵启动前先需要启动循环油泵。如果油温超过55℃,冷却器打开后必须再次确认循环油泵是否打开若未打开则先启动泵。

循环油泵的操作可在液压站内的机旁操作和在主操作室HMI画面上进行操作。在操作箱上手动起停电动机,并显示工作状态;在HMI画面除操作外还要求显示工作状态及时间。循环油泵电动机控制联锁条件如下。

- 1) 油箱液位正常未到最低液位。
 - 2) 与循环油泵对应的行程开关必须开到位。
- 整个控制由S7300 PLC完成逻辑控制。

2. 油液循环系统中液位检测及控制要求设计

为测量油箱液位的高低,所以在液压站的油箱上安装1台液位计传感器,液位计输出4~20 mA

的电信号。当测量到油箱液位高达17 000 L时,则发出高油位报警信号,并且不允许往油箱加油;当测量到油箱液位信号为4 000 L时,发出低油位信号,表示油箱需要加油;当测量到油箱液位信号为3 000 L时,表示液位极低,系统可能发生漏油事件,需要立即停止液压泵,并且发出重故障信号(声光报警)。液位计在HMI画面上要求连续显示,并且能够进行故障报警。控制仍然采用S7300 PLC和Profibus通信协议以及WinCC组态软件来完成。

3. 液压油温度控制系统设计

(1) 液压油温度测量即控制要求设计

液压油在管道内移动时会产生大量的热量,油温会升高。而在液压控制系统中,需要保持液压油温稳定在一定的温度段才能够保持油性能最好,从而得到较好的控制性能。设计油温测量时选择采用电子温度开关用于测量油箱内液压油的油温,本系统内设置1台能分4点发送信号的温度计来测量油温。第一个点控制高温信号(>60℃);第二个点控制低温信号(<20℃);第三个点控制电加热器的开关(<25℃和>35℃);第四个点控制冷却器的开关(<40℃和>55℃)。

控制要求:当油温高于60℃时进行高温报警(声光报警),并且延时0~30 s停止主泵;当油温低于25℃时进行低温报警,并且不允许主泵启动。油温在HMI画面上要进行报警显示。

(2) 液压油冷却控制设计

液压油冷却采用冷却水完成,冷却水的冷却控制由一个DC24 V电磁阀控制,它受到电子温度开关的控制,最终由S7300 PLC完成逻辑控制。

控制要求设计:当油温高于55℃时,电磁阀得电,冷却水接通,进行冷却;当油温低于40℃时,电磁阀失电,冷却水关断。在HMI画面上应显示冷却水控制阀的工作状态。

(3) 液压油温升控制设计

当液压油温过低时,会影响液压油的性能,从而影响系统的控制性能,故需要对液压油加热。本系统设计安装一个电加热器对油箱内的液压油进行加热升温。

控制要求:当油温低于25℃时,电加热器得电进行升温;当油温高于35℃时,电加热器失电。在现场操作箱上设置有一对按钮进行启停操作,并要求显示;在HMI画面上要求显示工作状态,并且根据温度的变化而自动调节,由S7300 PLC完成控制。

4. 液压油的过滤

液压油在管路内循环移动时, 会带动一些杂质, 使液压油变脏, 影响控制性能。在主泵出口以及主管路上设置一过滤器用于对液压油进行在线的过滤操作。当液压油在管内每循环一次就对液压油过滤一次。在过滤器工作一段时间后, 过滤器的滤芯就可能肮脏, 在过滤器上设置有一个压力开关进行检测, 当此开关发信后, 就表示滤芯脏了, 可通知值班人员进行更换。在操作箱上用一指示灯表示所有过滤器堵塞的综合信号; 在HMI上则可显示每一个过滤器滤芯的情况。

5. 压力检测及控制设计

为保证液压系统正常工作和保证产品质量, 压力是液压系统的重要参数。本控制系统分别在主液压泵装置、主油路和循环装置上安装电子压力开关以供检测油液压力, 并通过PLC进行控制, 其控制要求如下。

1) 主液压泵电子压力开关(带1点发信)共6个, 分别与6台主泵相对应, 当油压 $<3\text{ MPa}$ 时, 延时30 s, 如果情况未改变则认为系统失压, 进行报警显示。在操作箱上所有低于报警信号用一个指示灯显示, 在HMI画面则对应所有报警信号单独显示。

2) 主油路电子压力开关共有1个, 带2点发信, 当油压 $>15\text{ MPa}$ 时, 延时0~30 s确认, 若仍油压 $>15\text{ MPa}$, 则报警并停机; 当油压 $<11\text{ MPa}$ 时, 延时0~30 s后再确认, 若油压仍 $<11\text{ MPa}$, 则备用泵自动起动, 在备用泵起动后10 s对应电磁溢流阀失电加载, 然后再判断油压, 若油压仍 $<11\text{ MPa}$, 延时30 s后再确认, 若故障情况没有改变, 则液压系统停机, 并发出系统重故障信号, 进行声光报警。在操作箱上应当显示高低压报警; 在HMI画面上要显示各种工作状态。

3) 在循环油路上设置有一个1点发信的电子压力开关, 在油压 $<0.3\text{ MPa}$ 时, 延时30 s再确认, 若仍维持此状态, 则报警。在操作箱和HMI画面上进行报警显示。

主油路电磁溢流阀控制要求设计

电磁溢流阀在液压系统中作用: 溢流阀在液压系统中很重要, 特别是定量泵系统, 没有溢流阀几乎不可能工作。它的主要功能有稳压溢流、安全、卸荷、远程调压、高低压多级控制、背压等。主油路电磁溢流阀对主油路进行加载/卸载控制, 当生产准备就绪后, 主液压泵起动前, 主油路电磁溢流阀

先失电加载; 在所有主液压泵电动机停止后, 主油路溢流阀得电卸载。在操作箱上应当可以手动加载/卸载, 在HMI画面上, 则根据主泵情况自动加载/卸载, 但是两者上面都应当显示工作状态。

泵用电磁溢流阀控制要求设计

根据生产控制工艺要求设计泵用电磁溢流阀控制要求, 泵用电磁溢流阀的作用是当电磁溢流阀失电时, 主液压泵向系统油路供油, 电磁阀得电时, 液压泵空载运行。

因此溢流阀的控制要求为: 当生产准备就绪后, 主液压泵电动机起动前, 相对应的电磁溢流阀得电卸荷; 主液压泵电动机起动后, 延迟0~10 s失电加载; 主液压泵电动机停止后所有溢流阀延迟0~10 s得电卸载。

泵用电磁溢流阀的操作也分为机旁操作和HMI操作, 在机旁操作时可手动控制电磁阀的得电/失电; HMI上则完全根据液压泵的状态自动运行。在HMI和操作箱上都应当显示阀当前的工作状态。整个控制采用S7300 PLC和Profibus来完成控制。

液压压下控制系统设计

液压压下系统的控制指对平整机支承辊压下液压缸的控制, 是平整机的主要控制功能。设计液压压下系统时工作于辊缝控制方式。辊缝控制通过安装在压下液压缸上的位置传感器反馈位置, 实现闭环控制。控制框图如图所示。

控制原理分析: 液压辊缝控制包括位置控制、轧制力控制、倾斜控制、同步控制等, 平整机作位置控制时, 根据压下缸位置偏差控制压下缸伺服阀。位置控制系统用于HGC液压缸的位置闭环控制, 实际位置值由位于两个HGC液压缸内中心线上的位置传感器测量, 在驱动侧和操作侧配备了单独的位置控制系统和轧辊倾斜控制系统。

在以下情况时使用位置控制: 辊缝打开过程(轧制力 $F<0$); 辊缝关闭过程, 直至轧制力达到最小轧制力或预设定轧制力; 穿带过程; 轧辊调零; 位置控制模式将一直保持直至其他模式被选用。

轧制力控制系统设计为一个总的轧制力控制系统, 包括在操作侧和驱动侧的单独的轧制力控制系统, 以及来自上一级轧辊倾斜控制系统的修正。轧制力的实际值通过连接在HGC液压缸活塞腔的压力传感器测量, 一个公用的活塞杆腔的压力传感器用来测量两个HGC液压缸有杆腔的压力。轧制力控制

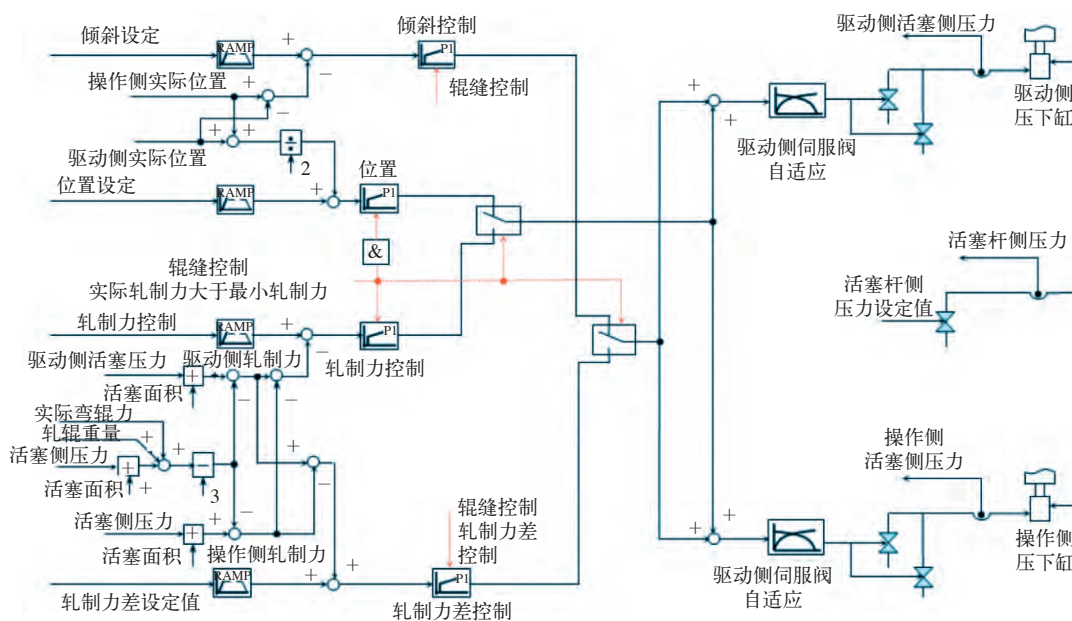


图 控制框图

只可能在辊缝闭合的状态下使用，如果轧制力达到最小轧制力或预设定轧制力以后；轧辊调零；轧制力控制模式将一直保持直至其他模式被选用。

倾斜控制控制传动侧和操作侧的辊缝偏差，作为位置控制的补偿使用。同步控制控制传动侧和操作侧的轧制力偏差，作为轧制力控制的补偿使用。

倾斜/同步控制系统叠加在位置/轧制力控制系统中，确保两个HGC液压缸处于调平位置，它能够实现上辊系调平于轧辊中心线，轧制力调整通过倾斜/同步控制系统直接作用于伺服阀的电流，而不是直接给出一个附加值，轧制时操作工手动

进行倾斜调整。

结束语

本文主要对热轧带钢平整分卷机组控制系统进行了研究和设计，将原继电器控制方式改为PLC控制方式，并将设计的控制工艺通过某热轧带钢厂的试运行，有效提高了板材的板形和表面质量，改善板材的力学性能，减少了废品，产生较好的经济效益和社会效益。EA

(收稿日期：2015.04.24)

(编辑：杨得润)

(上接第83页)

(5) 合理设计电力及控制线路的敷设方式，做好屏蔽和接地

在设计水泥厂供配电系统时，应高度重视电气及弱电控制线路的防谐波措施，主要应注意以下内容。

所有的弱电信号线应加强绝缘，模拟量信号和低电平信号应采用屏蔽双绞线，并应单独走线，不能与电力线、大负载信号线在同一电缆桥架或电缆沟同层内敷设。

对变频器供电的电力电缆建议采用专用的变频屏蔽电缆，并应穿钢管敷设。控制电缆与主回路电缆或其他动力电缆应分开敷设，间距通常在30 cm以上，并不能在同一电缆桥架或电缆沟同层内敷设，不能分开时，在电缆间设置屏蔽导体，屏蔽导体应做接地。

有效的接地措施可以使弱电控制系统抑制外来的电磁干扰，降低设备本身对外界的干扰。变

频器的各种接地在没有汇到接地汇流排前，彼此间应绝缘，以避免接地干扰。

结束语

在设计对水泥厂供配电系统时，必须对谐波问题引起高度重视，采取上述相关措施，统筹考虑解决谐波污染问题。一方面要严格限制一些设备，特别是大功率变频调速装置和直流调速装置的谐波发射值；另外要在抑制和治理谐波时采取多种方法和手段，并具体分析工况条件，合理选用各种无源或有源滤波器，同时，要设法提高各类用电设备自身的抗谐波干扰能力，改善谐波保护性能，以将谐波造成的危害降到最低。EA

(收稿日期：2015.09.11)

(编辑：杨得润)