

# 伺服控制系统在TRT中的应用

## Application of AC Servo Control System on Blast-Furnace Top Pressure Recovery Turbine Unit

文 / 沈阳工业大学自动化学院 陈风

**摘要：**本文通过对高炉 TRT 自动控制系统进行分析研究，并说明了电液伺服控制系统技术在 TRT 中的特点、组成和工作原理。电液伺服控制技术有许多优点，其中最突出的就是响应速度快、输出功率大和控制精确性高。本文利用电液伺服控制技术和计算机技术，设计了一套适用于 TRT 自控系统中的电液伺服控制系统。将电液伺服控制技术广泛地应用在 TRT 控制系统中，充分突出了其线性好、死区小、灵敏度高、动态性能好、响应快等显著优点。

### 1 前言

高炉煤气余压能量回收透平发电装置(简称 TRT(Blast-Furnace Top pressure Recovery Turbine Unit)), 是利用高炉炉顶的余压, 将高炉煤气导入透平膨胀机做功, 驱动发电机发电的一种能量回收装置。该机既回收减压阀组泄放的能量, 又净化煤气、降低噪音、稳定炉顶压力, 改善高炉生产的条件。可实现不生产任何污染、做到无公害发电, 是现代国际、国内钢铁企业公认的节能环保装置。它是利用高炉出口煤气中所蕴含的压力能和热能, 使透平膨胀机做功, 驱动发电机发电的一种能量回收装置。从而达到节能、降噪、环保的目的, 具有很好的经济效益和社会效益, 是目前现代国际、国内钢铁企业公认的节能环保装置。

高炉炼铁以风为本。一些人认为有风就有铁, 实际上高鼓风量会受到一些条件的限制, 特别是在强化冶炼和高炉炉料透气性没有得到优先改善的情况下, 高鼓风量炼铁不但不会取得高产的效果, 而且会使炼铁的燃料增加, 入炉焦比提高。目前我国一批中小高炉就是用大风量、高冶炼强度来实现高炉高产的。炼铁学上高炉利用系数可以通过提高冶炼强度和降低燃料比两种办法实现。但采用大风量来提高高炉冶炼强度是有极限的, 过大的风量会使炉料发生流态化, 煤气利用率下降, 熔化的炉渣和铁水会产生液泛现象, 渣铁滴落不下去, 以至于煤气失常而导致崩料和管道形成等不利于高炉正常生产的炉况。

高炉实现高效化生产的标志是低燃料比、高利用系数、长寿命, 提高高炉顶压是实现高效化的重要手段之一。因此, 近年来国内外高炉炼铁生产技术正向提高顶压方向发展, 这是最经济、最简单且最实用的一项技术。高炉煤气余压透平发电装置是冶金行业一项重要的余压余热能量回收设备, 它利用高炉炉顶煤气的余压和余热, 把煤气导入透平膨胀机做

功, 驱动发电机发电, 不仅可以回收煤气的压力和热能, 又可以净化煤气, 降低噪声污染。同时, 该装置在正常运转时, 能替代减压阀组, 很好地调节和稳定炉顶压力, 对保障高炉顺行、增产有良好的作用。

### 2 液伺服控制技术简介

TRT 自动控制系统分为主煤气系统、润滑油系统、电液伺服控制系统(动力油系统)、透平机轴运动检测系统、氮气密封系统和水系统等 6 个系统。

电液伺服控制技术作为连接现代微电子技术、计算机技术和液压技术的桥梁, 已经成为现代控制技术的重要构成。由于它具有线性好、死区小、灵敏度高, 动态性能好、响应快、精度高等显著优点, 因而得到了广泛的应用。本文针对这一问题, 利用电液伺服控制技术和计算机技术, 设计了一套适用于 TRT 自控系统中的电液伺服控制系统。

### 3 液伺服控制系统的组成及工作原理

#### 3.1 电液伺服控制系统组成

电液伺服控制系统由液控单元、伺服油缸、动力油占三大部分组成。液控单元包括调速阀控制单元和透平静叶控单元, 每一单元均由电液伺服阀、点动用电磁阀、快关用电磁阀、油路块及底座等组成。伺服油缸为双活塞杆结构, 摩擦力很小, 密封性能良好。动力油站由油箱、变量油泵、滤油器、冷却器、管道阀门、检测仪表等组成。

#### 3.2 电液伺服控制系统的作用

电液伺服控制系统, 在 TRT 装置中, 属于几个主要系统之一。根据主控室的指令, 来实现 TRT 的开、停、转速控制、炉顶压力以及过程检测等系统控制。要实现以上系统的功能控制, 最终将要反映在控制透平机的转速上。要控制透

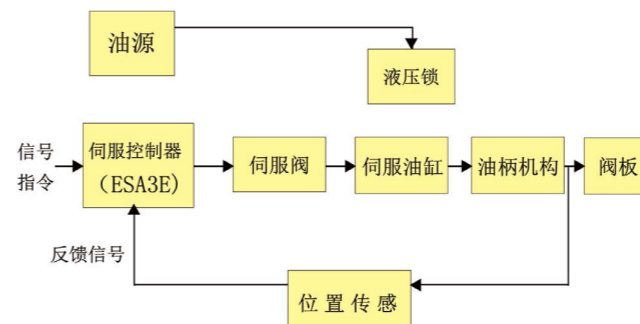


图 1 电液伺服控制系统原理框图

平机的转速, 就要控制调速阀或透平静叶的开度。而控制静叶或调速阀开度的手段就是电液伺服控制系统。控制系统的精度、误差, 直接影响着 TRT 系统各阶段过程的控制。由此可见, 该系统在 TRT 中的地位和作用是十分重要的。

#### 3.3 电液伺服控制系统的工作原理

如图 1 所示由机、电、液供构成电液伺服控制系统。

由自控系统发出的指令信号, 在伺服控制器中与油缸的实际位置信号相比较, 成为误差的信号放大后, 送入电液伺服阀。伺服阀按一定的比例将电流信号转变成液压油量推动油缸运动。由位置传感器发出的反馈信号不断改变, 直至于指令信号相等时, 油缸停止运动。油缸停在指定的位置上, 使透平静叶稳定在一定的开度上。

油缸的直线运动、通过一套曲柄转变成阀板(静叶)的旋转运动, 改变阀板或静叶的工作开度。随着系统信号的不断变化, 透平静叶的开度也将不断改变, 并通过静叶开度的变化, 达到控制转数, 控制煤气流量、控制透平出力大小的目的。如图 2 所示为动力油系统控制框图。

### 4 制系统硬件组成

TRT 最重要的控制设备是透平机静叶和快开旁通阀。它们都是液压伺服驱动的闭环系统。主要控制设备包括伺服控制器、伺服阀、LVDT 反馈位置传感器、油动机、电磁阀。通过对电磁阀的得失电控制可以实现阀门和静叶的快速开关。

#### 4.1 伺服控制器

伺服控制器(选用型号为 ESA-3E)主要适用于轴流压缩机静叶角度控制、TRT 压差发电、位置控制以及其它相关的电液执行机构的伺服控制。该控制器中有两块线路板: PARKER 控制板是对控制指令信号和传感器反馈信号进行比较, 经过比例、积分运算及功率放大后, 送出相应的电流信号, 用于驱动伺服阀; 信号调理板是用于对反馈信号进行调理, 正反作用的转换, 并提供指令信号丢失和反馈信号丢失两项报警功能及 4 ~ 20mA 位置指示信号。

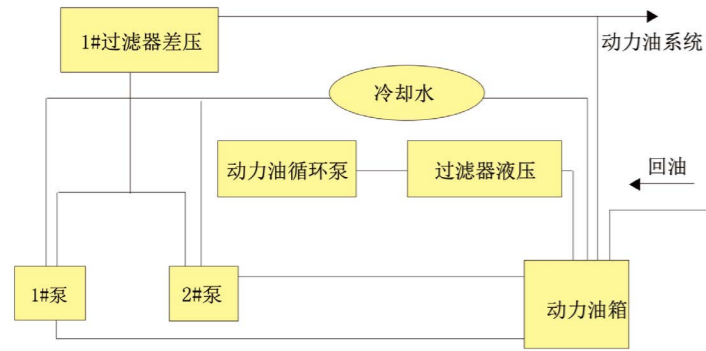


图2 动力油系统控制框图

#### 4.2 伺服阀

在伺服阀的控制下，伺服阀会将伺服控制器输出的 4 ~ 20mA 信号转换成液压油流量推动伺服油缸运动，由位置传感器发出的反馈信号不断改变，直至与调节信号相等时，伺服阀输出的液压油流量信号为 0，伺服油缸不再运动，从而带动透平机静叶、快开旁通阀达到预期位置，实现位置调节的目的。

#### 4.3 液压锁

液压锁是一种液控方向阀，其主要作用是用来向作动筒提供系统在断电、掉压时的保护。

#### 4.4 位置传感器

位置传感器（角位移传感器或线位移传感器）用来测量实际位置信号，并将其转换成对应的电流信号（4 ~ 20mA）或电压信号（-3V ~ 3V）送至 ESA-3E 伺服控制器作为反馈信号。同时控制器还接收来自主控室位置指令信号调节器的 4 ~ 20mA 指令信号。

### 5 制系统硬件组成

电液伺服控制系统中的功能主要是应用在对透平机的转速控制，而转速控制中的主要对象就是静叶，利用控制静叶的开度来控制透平机的转速，从而达到对高炉顶压平稳控制的目的。应用在电液伺服控制系统中的转速控制大致可分为三个过程。

**升速过程：**系统启动条件全部具备并且机组无重故障信号，得到电气的“电气同意启动”信号和高炉主控室的“允许 TRT 启动”信号后，确认高炉减压阀组在自动控制下并且高炉顶压和煤气温度稳定在工艺范围内，机组具备升速条件。

**调速过程：**分自动控制和手动控制两种方式，控制对象为静叶。

**自动升速：**这个过程的实现是通过互为反函数的静叶控制时间曲线和转速设定升速曲线来实现的。当顶压的测量值和设定值的偏差超过 2Kpa 的时候，转速不允许上升。静叶控制时间曲线是转速设定值与静叶控制时间的折线函数，与升速曲线互为反函数。根据当前的转速设定值计算出一定的静叶控制时间，然后根据该静叶控制时间和升速曲线，得到下一个转速设定值。如此循环，实现转速设定值的不断增加。

**手动升速：**手动方式运行时，给系统发出手动升速的指令，通过系统画面上手动调节入口液动阀和调节静叶的开度来控制转速。

**自动准同期过程：**当自动准同期装置投入的时候，在并网过程中，通过对转速的微调实现自动并网。当转速升到 2850rpm 的时候，PLC 发出自动准同期投入信号。只有转速控制在自动方式的时候，自动准同期对转速的调节才会起作用。当给系统中发出升速指令后，自动准同期装置以  $\pm 5\text{rpm}$  进行升 / 降速控制；当没有系统中发出升速指令时，自动准同期以  $\pm 1\text{rpm}$  进行升 / 降速控制。

### 6 结论

本文将电液伺服控制技术广泛地应用在 TRT 控制系统中，充分突出了其线性好、死区小、灵敏度高、动态性能好、响应快等显著优点。TRT 设备在正常运转中可以回收约占高炉鼓风机所需 30% 左右的能量，为钢铁企业创造了可观的经济效益和社会效益。