

# 电厂锅炉给水系统GCP（泵控泵）流量控制及压力补偿节能装置

## 一、前言

锅炉给水泵是热电厂锅炉给水系统安全稳定运行的关键设备。目前，为保障系统长期稳定运行，热电厂给水泵的设计都留有相当的余量，并且，热电厂的蒸汽锅炉正在向大容量发展，因为蒸汽排量大、温度高、压力高，使得锅炉给水系统耗电较大。特别是当供电、供热及其它装置(如汽轮机)负荷变化或环境变化(如冬夏、昼夜)时，蒸汽流量和压力也都随之变化。现在通常应对这种变化的方法是通过阀门节流或给水泵打回流，来实现调节。这种方法不仅额外地损失一部分能量，造成很大浪费，而且会影响锅炉稳定运转。另外，有个别发电厂在给水泵驱动大电机上(1600KW以上)采用高压大变频(6000V)，以求压力流量变频控制。这种做法的结果会使给水泵偏离高效区，效率降低，产生谐波量大而强，污染电网，而且调节范围很窄，只能从50HZ向下单向调节，不能保证给水压力稳定，且投资巨大。

陕西天程石化设备有限公司技术开发团队在我国著名仪表自动化专家(原西安石油大学教授)—吴九辅先生的带领下通过长期考察分析锅炉给水系统的实际情况，在吸收国内外经验教训和科技成果的基础上，经过长期努力研究，攻克了重点研究课题，成功研发了一套适合热电厂锅炉给水系统生产实际，可以大幅度提高热电厂生产自动化水平，降低热电厂给水系统能耗，提高经济效益，且投资回收快的“(泵控泵)锅炉给水自动化流量控制及压力补偿系统装置，简称GCP(Give-Control-Pump)”技术。它既可以用于新电厂建设，也可以对原有电厂给水系统进行改造，该技术已获得国家专利，相关技术获省部级科技成果一等奖，为国家科技部重点推广项目。

## 二、项目介绍

### 1、概况

在热电厂的生产过程中，自用电耗已达到生产发电量的20%左右，其中给水系统是消耗电能的主要部分。热电厂给水系统主要由驱动电机、给水泵、调节阀、回流阀、汽包等组成。除了供入汽包的有效能量外，给水系统能量主要消耗在驱动电机、给水泵、调节阀及回流阀等地方，这些能量消耗构成了给水系统的总能耗，所以给水系统的改造和优化，对节约生产成本，提高生产效率具有重大的经济效益和现实意义。

### 2、结构原理

(泵控泵)锅炉给水自动化流量控制及压力补偿系统装置，简称“GCP(Give-Control-Pump)”是机电仪一体化，涉及给水工艺、给水泵、电机拖动、变频调速、高低压供电、仪表检测调节、连锁保护、计算机软件等高新技术的集成系统。

该系统由一台给水泵和一台控制泵，给水泵驱动电机，控制泵驱动电机及保证运行的润滑系统，冷却系统，供电系统，嵌入式仪表工控系统，变频调速系统等组成。在给水泵前加入专用控制泵，再对现有的给水泵进行拆级或切削叶轮，降低给水泵扬程，使给水泵和控制泵流量压力合理匹配，控制给水泵排量无级调节，并使给水压力稳定。使用本系统可以明显降低给水泵的消耗功率，提高系统效率，达到节能和流量压力连续调节的目的。

给水泵与控制泵串接，通过低压变频调速系统调节小功率控制泵，实现对大功率给水泵的调节和控制的(泵控泵)GCP思想;它实质上是信号放大的功能，实现系统压力、流量可调。

小功率控制泵为给水泵提供吸入压力，使两泵恰当匹配;并通过计算机、仪表系统、变频调速系统调节使给水泵总是工作在高效区，尽管其范围很窄。

DCS计算机系统实现自动监控，根据锅炉供水工艺要求(供电、供热负荷情况)实现大闭环优化运行，实现锅炉供水系统效率的提高。

当转速为 $n_3$ 时，锅炉给水泵工作点为A，这时的流量为 $Q_A$ ，扬程为 $H_{2A}$ ;前置控制泵的工作点为A，流量为 $Q_A$ ，扬程为 $H_{3A}$ 。通过变频调节，当转速由 $n_3$ 变成 $n_2$ 时，前置控制泵工作点为B，流量增加到 $Q_B$ ，扬程上升为 $H_{3B}$ ;锅炉给水泵工作点为B，这时的流量增加到 $Q_B$ ，扬程下降为 $H_{2B}$ ，则锅炉给水泵流量从 $Q_A$ 增加到 $Q_B$ ，扬程下降值 $H_2=H_{2A}-H_{2B}$ ，而此时前置控制泵的扬程由 $H_{3A}$ 上升到 $H_{3B}$ ，上升值 $(-H_3)=H_{3A}-H_{3B}$ ，由于前置控制泵与锅炉给水泵恰好匹配，刚好 $H_2+(-H_3)=0$ ，因此流量得到控制，压力得到补偿。

### 3、节能原理

- 调节阀门完全打开，无需节流，节约了能源;
- 给水泵出口与给水母管的压差没有了，提高了系统有用功率，节约了能源;
- 压力、流量实现了连续无级自动调节，无需打回流，节约了能源;
- 使给水泵与锅炉需水达到合理匹配，提高了系统效率，节约了能源;
- 控制泵的加入，提高了给水泵入口压力，给水泵工作在高效区，节约了能源;
- 采用GCP技术后，(如果生产需要)排量可以增加，可以减少，控制泵工作在变频状态下，减少了单耗，节约了能源;
- 低效率的给水泵拆级后，其部分功能由高效率的控制泵承担，电机负荷降低，节约了能源。

#### 4、核心专利技术

- GCP 技术方法
- GCP 自动控制系统、操作系统协调
- 特殊高效控制泵的研制
- 双泵的匹配技术
- 负荷调节
- 系统连锁保护
- 高可靠性的预设计
- 主泵高效区的选择把握
- 转速控制系统分步控制，负荷的加载分配及调节
- 系统防振技术

#### 5、技术创新点

- 原理创新：提出泵控泵的技术思想原理，通过小变频调速系统，实现大功率、大系统的调节和控制(即信号放大功能)，使系统运行在高效节能状态，并形成一套完整的GCP技术。
- 为实现GCP，成功研发宽频、变程特性专用控制泵
- 拥有大电压、大滑环在线修整技术
- 多变量三维空间安装精度求解及振动问题，机械密封问题

#### 6、技术方案优先原则

- 满足给水现场工艺需求，根据锅炉给水的需要随时可调节流量、保障压力
- 降低给水系统能耗，提高给水效率
- 给水泵与控制泵串接，通过低压变频调速系统调节小功率控制泵，实现对大功率给水泵的调节和控制的(泵控泵)

GCP 思想;它实质上是信号放大的功能,实现系统压力、流量可调。

小功率控制泵为给水泵提供吸入压力,使两泵恰当匹配;并通过计算机、仪表系统、变频调速系统调节使给水泵总是工作在高效区,尽管其范围很窄。DCS 计算机系统实现自动监控,根据锅炉供水工艺要求(供电、供热负荷情况)实现大闭环优化运行,实现锅炉供水系统效率的提高。

当转速为 $n_3$ 时,锅炉给水泵工作点为A,这时的流量为 $Q_A$ ,扬程为 $H_{2A}$ ;前置控制泵的工作点为A,流量为 $Q_A$ ,扬程为 $H_{3A}$ 。通过变频调节,当转速由 $n_3$ 变成 $n_2$ 时,前置控制泵工作点为B,流量增加到 $Q_B$ ,扬程上升为 $H_{3B}$ ;锅炉给水泵工作点为B,这时的流量增加到 $Q_B$ ,扬程下降为 $H_{2B}$ ,则锅炉给水泵流量从 $Q_A$ 增加到 $Q_B$ ,扬程下降值 $H_2=H_{2A}-H_{2B}$ ,而此时前置控制泵的扬程由 $H_{3A}$ 上升到 $H_{3B}$ ,上升值 $(-H_3)=H_{3A}-H_{3B}$ ,由于前置控制泵与锅炉给水泵恰好匹配,刚好 $H_2+(-H_3)=0$ ,因此流量得到控制,压力得到补偿。

### 3、节能原理

- 调节阀门完全打开,无需节流,节约了能源;
- 给水泵出口与给水母管的压差没有了,提高了系统有用功率,节约了能源;
- 压力、流量实现了连续无级自动调节,无需打回流,节约了能源;
- 使给水泵与锅炉需水达到合理匹配,提高了系统效率,节约了能源;
- 控制泵的加入,提高了给水泵入口压力,给水泵工作在高效区,节约了能源;

#### · 采用GCP

技术后,(如果生产需要)排量可以增加,可以减少,控制泵工作在变频状态下,减少了单耗,节约了能源;

- 低效率的给水泵拆级后,其部分功能由高效率的控制泵承担,电机负荷降低,节约了能源。

### 4、核心专利技术

- GCP 技术方法
- GCP 自动控制系统、操作系统协调
- 特殊高效控制泵的研制
- 双泵的匹配技术
- 负荷调节
- 系统连锁保护
- 高可靠性的预设计
- 主泵高效区的选择把握
- 转速控制系统分步控制,负荷的加载分配及调节
- 系统防振技术

### 5、技术创新点

· 原理创新:提出泵控泵的技术思想原理,通过小变频调速系统,实现大功率、大系统的调节和控制(即信号放大功能),使系统运行在高效节能状态,并形成一套完整的GCP 技术。

- 为实现GCP，成功研发宽频、变程特性专用控制泵
- 拥有大电压、大滑环在线修整技术
- 多变量三维空间安装精度求解及振动问题，机械密封问题

## 6、技术方案优先原则

- 满足给水现场工艺需求，根据锅炉给水的需要随时可调节流量、保障压力
- 降低给水系统能耗，提高给水效率
- 提高锅炉给水系统的自动化水平

## 7、GCP应用范围

GCP 适宜于新建电厂设计采用和老电厂的技术改造。适合以下任一情况的技术改造：

- 特别是大功率多级离心给水泵，泵管压差大，出口阀开度小的系统;
- 需要对压力和流量进行调节，并使压力和流量稳定的系统;
- 大马拉小车(或小马拉大车)，并要求改善的泵系统;
- 需要改善恶劣环境，提高自动化水平，实现数据智能采集，进行系统优化的泵站;
- 两台以上给水泵并联运行需要进行平衡优化的系统;

## 8、典型应用方案及经济、社会效益

吉林热电厂采用GCP技术方案，改造前泵运行参数：压力14.2MPa(入口压力0.7MPa)，流量255m<sup>3</sup>/h，供水母管压力13.4MPa，供水单耗6.8kw.h/m<sup>3</sup>(该数据为使用方提供数据);GCP改造后初步参数分配：给水泵12.85MPa，控制泵0.5MPa，供水母管压力13.35 MPa，流量255 m<sup>3</sup>/h，主泵泵效62.52%，增压泵泵效71%;应用GCP

给水泵排量为255m<sup>3</sup>/h，则给水泵功率： $255\text{m}^3/\text{h} \times 12.85\text{MPa} \times 0.273 / (0.95 \times 0.6252) =$

$1424.04\text{kw}$ ;增压泵功率： $255\text{m}^3/\text{h} \times 0.5\text{MPa} \times 0.273 / (0.92 \times 0.71) = 53.29\text{kw}$ 。则运行总功率为： $P_{w1} = 1424.04\text{kw} + 53.29\text{kw} = 1477.32\text{kw}$ 。原供水功率： $(\text{供水单耗}6.41\text{kw} \cdot \text{h}/\text{m}^3)P_{w0} = 255\text{m}^3/\text{h} \times 6.8\text{kw.h}/\text{m}^3 = 1734\text{kw}$

。与未改造前功率相比： $P_w = P_{w0} - P_{w1} = 1734 - 1477.32 = 256.68\text{kw}$

，在供水量不变的情况下给水功率下降。则：每天节电： $256.68\text{kw} \times 24\text{h} = 6160.32\text{kwh}$ ，每年节电(每度电按市电0.6元计算)： $6160.32\text{kwh} \times 365 \times 0.6\text{元}/\text{kwh} = 134.9\text{万元} \times 2\text{套} = 269.8\text{万元}$ 。

通过以上分析比较GCP技术在大幅度降低供水单耗的基础上，实现了供水压力和流量可调，使供水泵始终工作在高效区，且与锅炉系统的适应范围变宽，因而较易实现两者之间的动态平衡。三台锅炉并联运行时，提高两台控制泵的供水量，可以停及运行一台供水泵，此时的节能效果更大。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/35612.html>