|  |
| --- |
|  |
| **北方铜业余热发电系统功能及控制简述** |
| **论 文** |

|  |
| --- |
| **作 者：李 琦**  **邮 箱：**[**liqi20030001@126.com**](mailto:liqi20030001@126.com)  **电 话：18434899908** |

李琦，男，1983.09，大学本科，仪表工程师，主要从事企业工业控制和信息化管理方面的工作。

**北方铜业余热发电系统功能及控制简述**

**中条山有色金属集团公司生产技术部 李 琦**

　 [ 摘　要] 介绍余热发电系统及其在正常生产与非正常生产过程中, 蒸汽管网压力、抽气的控制及其余热锅炉水位、505控制等关于发电系统的阐述。

[ 关键词] 余热利用;发电;蒸汽管网;PLC;发电机;控制系统;透平机

北方铜业垣曲冶炼厂,铜冶炼过程中消耗大量的天然气和热能, 并产生大量蒸汽。为了合理地利用蒸汽余热, 采用两种方法:①生产过程中的热能再用于电解车间电解阴极铜再生产;②引进德国透平机发电机组进行余热发电。

**1 、工艺情况**

北方铜业垣曲冶炼厂有底吹余热锅炉、转炉余热锅炉，产生的蒸汽除去管网供生产电解铜所用外, 其它余热锅炉产生中压蒸汽,中压过热蒸汽压力控制在3.8 ～ 4.2 MPa , 温度约255 ℃左右。系统图1如下：

引进的德国余热发电的透平机组包括透平机、机组辅助驱动、机组辅助设备和机组控制系统。机组主要设备：透平机、发电机、齿轮箱。

透平机控制系统基本包括：一台微处理器控制机组启动-停止系统，由PLC 系统(Siemens S7-300)实现，通过西门子MPI 或以太网总线与人机交互终端相连（西门子PC 控制盘或其他控制盘）；透平机调速器(Woodward 505)；同期设备、监视设备和断路器控制系统；用于辅助设备控制的开关；透平机控制系统具有机组自动控制与透平机发电机保护的全面功能。

控制系统采集处理透平机和发电机运行的数字和模拟信号。通过多种通讯协议，透平机控制系统可以与DCS 进行通讯连接。

**2、发电锅炉控制系统**

2.1 过热蒸汽锅炉汽包水位控制

汽包水位采用三冲量调节 , 即引入汽包水位、给水流量和蒸汽流量信号, 能较好地控制汽包水位,预防汽包水位大幅度波动。余热锅炉汽包水位调节采用三冲量与单冲量自动切换控制方式。通常, 采用单冲量调节方式, 当蒸汽负荷突然增大时, 会产生虚假水位现象, 引起给水阀误动作, 严重时可能造成人员设备事故。三冲量调节是将蒸汽流量信号引入调节系统作为前馈控制信号, 给水流量PID 组成控制内环, 水位PID 组成控制外环。三冲量调节系统虽克服了虚假水位现象, 但在负荷较小的情况下水位控制不理想, 这是由于节流装置的非线性特性、差压信号必须经过开方处理而造成的。信号越小开方后的误差越大, 调节后水位波动也越大。采用单冲量与三冲量自动切换控制, 可以克服各自单独控制的不足(见图2)。

2.2 发电机停运期间余热锅炉的减温减压调节

在不发电情况下, 余热锅炉的过热蒸汽必须经减温减压装置, 将约255 ℃、3.8MPa的过热蒸汽变为160 ℃、0.5 MPa 左右的饱和蒸汽,并入低压蒸汽管网供电解系统使用。

2.3 发电机发电期间减压控制

在发电情况，发电机组是通过505E控制器，进行抽气控制，我厂的发电以抽气优先的策略，在保证电解系统用气的情况下进行，余热发电。发电机组并网后，控制方式由调速模式无扰动切换为主蒸汽进汽压力控制模式，此时根据人工设定好的总管蒸汽压力，自动调节主汽门开度，达到根据产气量多少自动升降汽轮机有功功率的控制目的。该505 调速器结合ＰＬＣ实现了对汽轮机的精确控制，也实现了故障跳机等多重联锁保护功能。如505控制原理图3。

2.4 发电后能源的使用

发电成功后，蒸汽排入凝汽器凝结成水，由凝结水泵送到脱盐水系统循环使用。当汽轮机启动、停机或紧急跳闸时，由分汽缸分流来的多余饱和蒸汽无法经汽轮机做功后凝结为水，此时饱和蒸汽将经大旁通系统减温减压后至凝汽器冷却成凝结水，通过凝结水泵送至脱盐水管网系统循环使用，避免大量蒸汽从汽轮机前放散管排空而引起的工质流失，以达到稳定厂区脱盐水系统的供水平衡。

**3、505控制器的典型功能**

3.1 启动方式选择

505 控制器功能强大而复杂，具有手动、半自动、自动启动3 种方式，并且有暖机／额定等相关功能。余热发电系统中，使用了自动启动、暖机／额定、避开临界转速范围等主要功能，当汽轮机启动时，505 控制器以每秒增加5 转的速率升速至暖机转速（ 设定为1500ｒ／ｍ）

3.2 避开临界转速

由于旋转设备的振动特性，当汽轮机转子振幅随转速的增加而增大，到某个转速时振幅达到最大值，即产生了共振， 越过这个转速后振幅就随转速的增加而减小，这一振幅最大时的转速称为转子的临界转速。505 控制器可以设置2 个临界转速范围，当汽轮机转速设定时，不允许设定在临界转速。505 控制器与ＰＬＣ 联合控制信号有以每秒增加或降低50 转的速率，快速跨越临界转速。3.3 ＰＩＤ 调节功能

505 控制器具有自动调速、自动调压、频率控制等功能，可以实现各种调节需要，这里采用的是转速、压力2 种控制功能。实际使用后，转速及压力控制得非常准确，偏差极小。

3.4 联锁停机和紧急停机功能

当出现紧急情况下，可以在505 控制器面板上按“ＥＭＥＲＧＥＮＣＹＳＴＯＰ” 键，505 控制器输出0ｍＡ 至现场电液转换器，主汽调门关闭， 汽轮机停机。此时505 控制器输出故障节点信号至ＰＬＣ，ＰＬＣ 收到故障信号后，进行其他相关设备的联锁停机。当汽轮机出现保护性跳机信号时，ＰＬＣ 输出故障停机节点信号至505 控制器，505 控制器接收到外部停机信号后，立即输出0ｍＡ，执行停机指令。

**4、其他功能**

4.1 油

4.1.1 辅助油泵

有两个因素控制辅助油泵的运行：时间控制，透平机轴承温度控制。辅助油泵的持续运行时间可以在设置页面（辅助系统）进行调整。出厂设定的持续运行时间为8 小时。同样在设置页面（辅助系统）。

可以调整轴承温度设定值来自动控制辅助油泵的启动和停止。出厂设定的辅助油泵启动轴承温度为> 60 °C，停止辅助油泵的轴承温度为< 50 °C。4.1.2 紧急油泵

紧急油泵为备用油泵，当辅助油泵故障时替代运行。辅助油泵的控制系统电机保护开关动作或微型断路器保护动作将联锁紧急油泵启动。电池容量决定了该油泵的最大运行时间。（油泵由24V 直流电池供电。）也可以通过控制柜安装的HAND/AUTOMATIC（手动/自动）开关，手动启动紧急油泵。控制盘上有紧急油泵运行的信号显示。通过油压力联锁启动紧急油泵的设定油压可以调整。预设启泵联锁润滑油压力为2 bar。

4.2 油雾分离器

油雾分离器在透平机启动时启动，并在辅助油泵停止后自动停止。控制盘上有油雾分离器运行的信号显示。

4.3 透平机转速值

控制系统中存储的程序将对透平机的转速值进行识别。对于临界值的修改将影响整个机组的功能。对于“运行”转速的识别，意味着透平机高于此转速则进行控制运行。预设值为200 rpm。对于减速模式转速的识别，意味着低于此转速则透平机调速器或关闭阀将关闭。预设值为400 rpm。透平机运行已经低于了最小可能转速，显示为最小转速。预设值为105 rpm。

4.4 发电机转速值

在此显示点，可供输入控制发电机励磁和去励磁的转速阀值。当发电机到达此转速发电机启动励磁，转速下降到此转速以下发电机取消励磁。发电机去励磁的初设转速值为 1400 U/min发电机励磁启动转速值为 1450 U/min同样可以调整发电机卸载值。当发电机功率下降到此“卸载值”以下时，控制系统即认为发电机已经卸载。并网运行时，发电机功率下降到此值以下，发电机断路器将打开。典型设定值为发电机额定功率的10%。

4.5 计数器

控制系统可以应用计数脉冲值实现许多种不同的功能，并显示出来。作为标准控制系统将具有运行时间累计和启动次数累计功能。在此显示页面中，可以实现对运行时间的修改。通过按下[输入]键，可以确认一个新的参考运行时间，则实际运行时间则适应该参考值，运行时间累积将从此新值开始。依照独特的透平发电机组控制系统的扩展，有不同的计数功能，其结构是类似的。

**5、结束语**

余热发电的电机转速、润滑压力、冷却后油温、发电机绕组温度、齿轮箱轴承温度、汽轮机轴承温度、发电机轴承温度、蒸汽温度、冷却空气温度以及控制机组的报警连锁信号均由SIMATIC OP17 西门子监视器和Woodward 505 透平机组控制器进行控制。对于发电机机组以外的提供蒸汽部分, 则采用国产的调节器进行调节，进行减压。余热锅炉的锅炉水位、过热蒸汽压力温度控制由美国艾默生DeltaV DCS计算机控制系统进行测控。常规仪表与计算机联合对余热发电系统进行测控, 具有结构简单、操作方便, 性能可靠, 投资少, 性价比高的特性。余热发电系统通过四年多的运行, 各设备运行正常, 调节稳定。发电机组累计发电量达到40679600kWh ,年创效益上百万元。

[ 参考文献]

[ 1] 魏晓东.分散型控制系统[ M] .上海:上海科学技术文献出版社,1991 .

[ 2] 张新薇.集散系统基础及其应用[ M] .北京:冶金工业出版社,1990 .