

西门子SGT5-2000E型燃气轮机燃气球阀控制系统改造

丁坤鹏

宁夏东部热电股份有限公司 宁夏 银川 750001

摘要: 燃气联合循环电厂, 西门子SGT-2000E型燃气轮机配套使用ARGUS E25MOD型燃气球阀, 国内总包配套设计的部分球阀控制柜配合燃气球阀控制系统, 使用过程中容易发生故障, 存在安全隐患问题。对于已经存在这类问题的燃机机组, 安全经济的应对处理方案就是针对性地燃气球阀控制系统改造, 本文阐述了该问题地一种解决方案。

关键词: 燃气联合循环机组; 西门子燃机; SGT5-2000E; 燃气控制球阀; 控制系统改造

燃气轮机燃气控制系统是燃机最重要的几个控制子组之一, 参与燃烧的调整、燃机功率的增减、燃机保护停机、紧急停机等重要操作。燃烧切换中如出现球阀控制失灵、信号丢失, 轻则造成燃机保护跳机事故, 重则可能导致扩散和预混阀门关闭不严, 燃烧不稳熄火或喘振、燃气及NO_x排放超量、火焰超温及火焰拉长等情况, 造成燃机燃烧室、透平喷嘴、动叶烧毁, 引发燃机损毁及火灾等灾难性后果, 给使用单位造成巨大经济损失及严重社会影响。

我厂燃机是西门子SGT5-2000E型, 每台燃机使用6台ARGUS E25MOD型燃气球阀进行燃烧燃气控制, 自2012年建厂以来, 发生多次机组启动过程中球阀反馈状态异常故障, 造成燃机跳机启动延迟、阀门控制功能失效; 多次在燃机调峰运行中, 因燃烧模式切换, 需要切换预混及扩散燃烧时, 切换判定阀位故障, 造成机组跳闸。

厂内组织技术人员进行系统性技术分析找到原因后, 先进行初步验证性改造试验, 对MCC控制柜单个抽屉开关及端子排进行改造, 确定其有效后, 决定为两台燃机重新定做控制系统供气球阀MCC柜, 并已在2023年夏季停机检修中进行实装。柜体实装后, 进行阀门SEAL情况测试, 完成燃气控制系统调试与调整, 最终达到预期期望。两机组改造后经过一年的实际投运, 确认了原设计缺陷问题得到解决, 验证了燃气球阀控制系统改造成功。

1 情况分析

1.1 原控制系统分析:

(1) 通过分析历次设备故障情况, 发现燃机供气球阀MCC控制柜存在反馈扩展继电器设计不合理; 双排接线端子遮挡接线, 不便于在线排查故障; 无法实现在线断电排查故障; 无法实现在线更换故障电气元件等问题, 导致燃机供气球阀MCC控制柜的控制稳定性差, 直接影响了机组正常启动和安全生产, 造成燃料损失、设备无形磨损和电网考核等巨额经济损失。

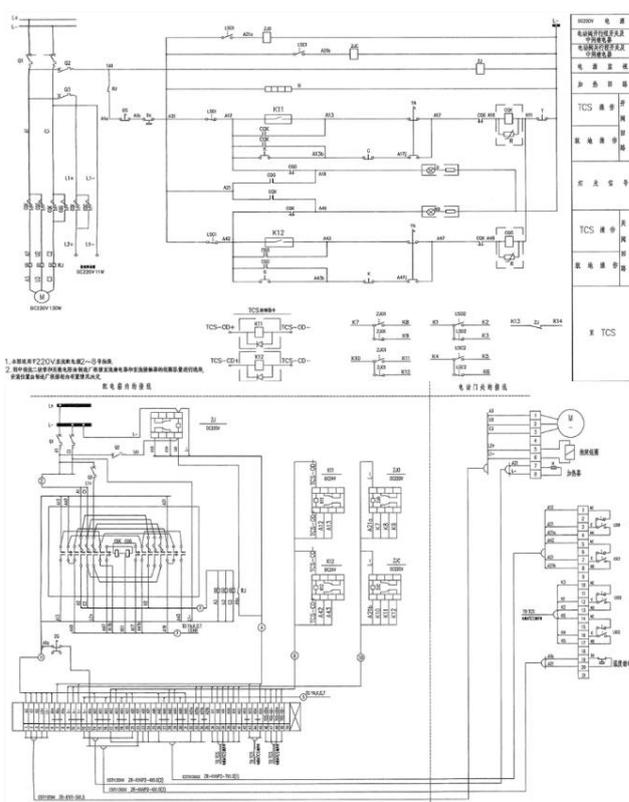


图1 改造前控制柜原理及接线图

(2) 图1为球阀的原控制柜原理及接线图, TCS系统下达开关阀指令, 控制K11、K12继电器动作, 开关阀动作电路自保持, 电路中串联接入燃气球阀行程开关常闭节点, 只有阀动作到位后, TCS系统快速卡件根据到位DI信号, 自动切断开关阀指令DO输出, 或控制柜内开关到位后, 由接入的阀位行程开关常闭节点断开电路, 开关阀动作才会停止。

2个球阀开关信号中的LSO1、LSC1, 两组4个信号经过控制柜内中间继电器, 再进入TCS系统; 另一组LSO2、LSC2, 两组4个信号也需要将信号接入控制内, 再通过转接线转出送至TCS系统。这种控制柜设计, 因不

合理的设计，导致设备发生故障后，无法检查端子排信号、柜内原件故障状态情况。

当柜内中间继电器ZJO、ZJC、以及控制柜插排节点等发生故障时，便会造成信号传输错误，保护系统判定两侧球阀的阀位不一致，从而停机。

(3) 燃机采用的德国ARGUS E25MOD型燃气控制球阀存在控制失灵风险。其行程开关特性，与配套的MCC控制柜配合工作时，让事故发生概率增大，在多次频繁动作过程中，容易发生阀失控、信号丢失、异常等情况。

如图2所示，该型号球阀有四个行程开关，每个开关输出两个信号，两组OPEN及NOT OPEN，两组CLOSE及NOT CLOSE，共计8个信号。两组开关（指两个开位行程开关或两个关位行程开关）均有到位先后顺序，在阀位动作角度上有2~3°差别，以保证阀门彻底到位，阀门密封，在开关阀动作过程时，这点角度差会有50-100ms的动作行程时间差。

因为原MCC控制柜开关阀电路自保持，且开关阀动作指令保持，阀门开关动作后，直到到位信号进控制柜，才能断开MCC电机接触器，停止阀门动作，此前发生过该球阀到位信号丢失，球阀360°持续转动无法停止情况。

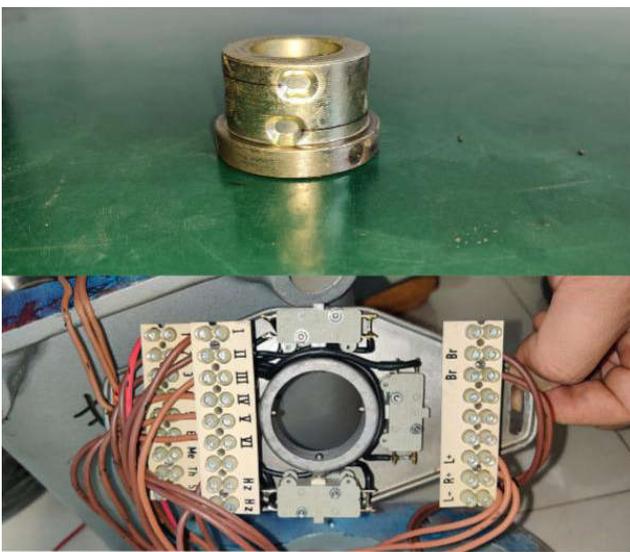


图2 ARGUS E25MOD型燃气控制阀行程开关结构及接线

2 控制系统改造

找到故障原因后，我们参考了西门子国内燃机电厂新式燃气球阀控制柜的设计，听取了厂内生产部门的要求和建议，重新设计了燃气控制系统球阀控制柜，进行了控制系统改造。

2.1 改进燃气控制柜：

(1) 如图3所示，球阀8个位置信号全经过扩大空间后的侧边端子排直接走线，接至TCS系统，不再进入控制柜内，减少了重要信号的无关扰动，直接送至DI卡件及快速卡件。

(2) 取消了行程开关到位后，常闭节点串联入开关阀动作电路的停止动作电路设计。控制球阀开关阀时间长短全由TCS指令存在时长决定，控制柜只负责开关阀的动力提供，即使运行中出现问题，也可以抽出控制柜进行直接检查。

(3) 控制柜精简掉无用原件及端子，接线排留足充裕检修空间。

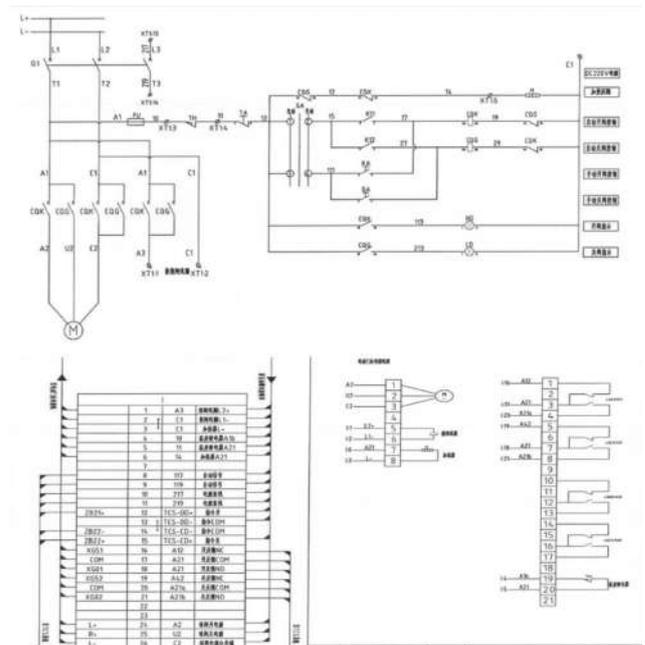


图3 改造后控制柜的原理图及接线图

2.2 修改燃气球阀控制系统：

如图4所示，燃气球阀控制开关指令由快速卡件DI/DO卡（西门子S7_SM323_1BL00_BV功能块）输出，球阀四个行程开关中的OPEN1、OPEN2、CLOSE1、CLOSE2信号反馈均接入此卡后再并接至慢速卡件进行后续逻辑运算（组态界面未将所有接入DI完全显示，但实际已完全接入快速卡件DI通道）。

开关阀动作过程中，当快速卡件检测到任一组到位信号到来，就会立即停止对应的开关阀DO指令输出，球

阀立即停止转动，后一组开关还差2~3°的角度滞后而未能入槽到位，系统则失去后一组阀到位信号，从而触发阀位异常判定，触发停机保护。

对燃气球阀四个行程开关到位时间不一致这一情况的处理，控制柜改造后信号处理方式也发生了变更。若继续按照原来控制逻辑，会发生球阀在较前一组开关到位后，结束开关阀指令，抱闸止转，而后一组开关未到位的情况，因此需要再对TCS系统燃气阀控制逻辑进行修

改与调试，达到所有信号到来后再停止球阀动作。

(1) 球阀控制快速卡件设置修改：

将球阀快速卡件功能块上OP1、OP2、CL1、CL2的SEAL功能置1，该功能可以让快速卡件控制球阀开关指令结束的功能旁路。修改后控制阀门停止和动作功能，由TCS快速卡件转移至慢速卡件，由慢速卡件负责监视开关阀位信号全部到位后，再由ACTUATOR功能块自动停止指令发送。

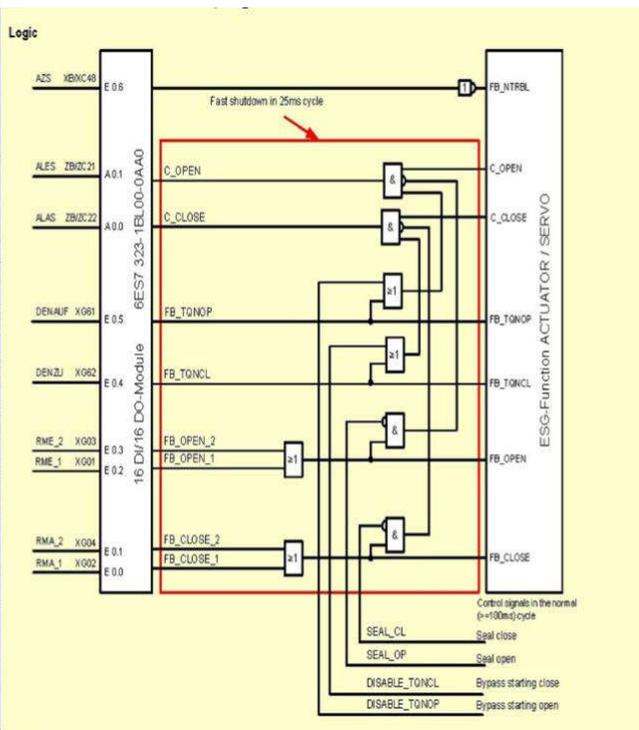
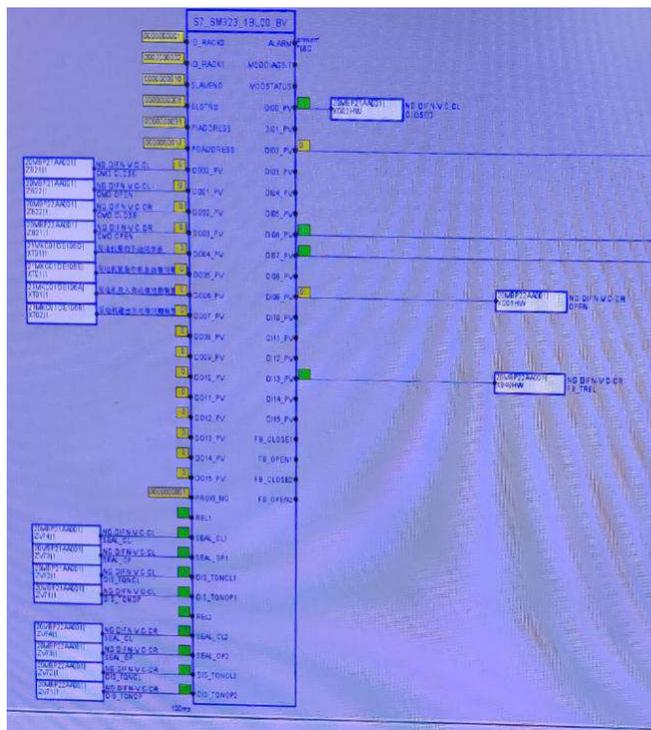


图4 快速卡件阀门功能块及SEAL功能逻辑图

(2) TCS慢速卡件阀位状态判断逻辑修改。

将较快到来的一组位置信号加T_ON功能块延迟100ms，并将较慢到来的另一组位置信号读取处理序列进行前置（例如将CLOSE、NO CLOSE从13、14位调至1、2位）。

经过多次修改调试、动作实验确认，达到阀位信号全来，就地实际开关到位的要求。

3 结束语

通过对燃气轮机燃气球阀控制系统的改造，成功解决了西门子SGT5-2000E型燃气轮机，在调峰及启动状态时，燃烧器切换时燃气球阀控制系统容易发生故障的问题。希望此次改造方案，能给国内众多使用同类机组或具有相同设备情况的电力同行，以及相关行业技术人员

提供改进借鉴思路，共同助力绿色能源转型。

参考文献

[1]Meherwan P.Boyce, “Gas turbine combustors”, Gas Turbine Engineering Handbook, 4th edition. 2012:428-490.
 [2]北京能源投资(集团)有限公司, 西门子电站自动化有限公司, 西门子(中国)有限公司. 西门子燃气轮机控制系统解析. 中国电力出版社. 2016; 56-63
 [3]章素华, 等. 燃气轮机发电机组控制系统. 北京; 中国电力出版社, 2012.
 [4]上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂. SGT5-2000E燃气轮机运行维护手册.
 [5]南京西门子电站自动化有限公司. SP. PA-T3000用户手册.