

# 300MW 机组旁路系统存在问题及改造方案探究

庞树民

(秦皇岛发电有限责任公司 河北秦皇岛 066003)

摘要: 目前大容量中间再热汽轮机组多采用单元制结构, 为了便于机组启动、事故处理和特殊工况的运行方式, 大多数机组均设计旁路系统。秦皇岛发电有限责任公司 3、4 号机组分别于 1995 年、1996 年相继投产, 由于投产时间早, 旁路系统设计不够完善, 本文对旁路系统存在的问题进行分析、归纳, 并提出解决方案, 提高了机组运行的可靠性和安全性。

关键词: 300MW; 旁路系统; 存在问题; 改造方案

Problems in bypass system of 300MW unit and the improvement plan

Pang Shumin

(Qinhuangdao Power Corporation Limited, Qinhuangdao 066003, Hebei, China)

Abstract: At present, most of the large capacity reheat steam turbine units adopt the unit structure. In order to facilitate the start-up, accident treatment and operation mode of special conditions, most of the units are designed with bypass system. Qinhuangdao Power Generation Co., Ltd. No. 3 and No. 4 units were put into operation successively in 1995 and 1996. Due to the early time of putting into operation and the imperfect design of bypass system, this paper analyzes and summarizes the problems existing in bypass system, and puts forward solutions to improve the reliability and safety of unit operation.

Keywords: 300MW; bypass system; existing problems; reconstruction plan

## 1. 概述

秦皇岛发电有限责任公司 3、4 号汽轮机组为上海汽轮机厂生产的引进美国西屋技术 300MW 亚临界、中间再热机组, 于 1995 年、1996 年相继投产发电, 配套的 40% 容量的汽轮机旁路系统由瑞士 SULZER 公司在 20 世纪 90 年代提供, 采用电液控制系统。汽轮机旁路系统包括高旁减压阀、低旁减压阀、减温水阀门和控制油站、油动机等设备组成, 控制油站采用的油为抗燃油。根据设计要求在机组启动时可以全自动投入运行, 但在实际运行中, 由于伺服阀存在卡涩、内漏等问题, 影响旁路系统的正常投运, 降低了机组运行的安全性和可靠性。

在 2015 年对 3 号机旁路系统油站进行改造, 增加外置再生装置, 解决了油质不合格的问题, 但对于伺服阀卡涩、内漏及旁路控制难的问题仍找不到有效的解决办法。尤其是 2017 年 3 号机通流改造后, 机组启动由高压缸启动调整为高中压缸联合启动, 对高旁、低旁减压阀调整特性要求提高, 如调整特性不符合要求影响机组调速调节稳定性和机组启动, 而旁路液压系统存在的缺陷更加突出, 严重威胁机组的安全运行。

## 2. 汽机旁路系统存在问题

2.1 伺服阀精度等级高, 容易堵塞, 备件采购困难, 造成液压控制系统可靠性降低

旁路系统采用 SULZER 公司生产的 ST 伺服阀和 BL 闭锁装置, 而系统故障的原因为 ST 伺服阀用油对杂质非常敏感, 容易产生堵塞, 致使旁路拒动失控, 从而使整个液压执行机构的可靠性降低。

紧急处理伺服阀故障时, 只能迅速解体, 采用清洗的方法消除故障, 无法满足伺服阀检修工艺要求, 故障虽然消除, 但伺服阀的精密可靠性降低, 造成伺服阀使用寿命缩短。同时设备生产厂家 SULZER 公司的 ST 伺服阀已经进行升级换代, 备件采购困难且价格偏高。

## 2.2 充油阀卡涩, 油压力不稳定, 油温高

3 号机旁路充油阀发生的故障主要为卡涩, 2015 年发生 3 次, 2017 年发生 4 次, 造成充油阀始终处于充油状态, 引起油温升高, 系统压力维持不住, 无法满足运行要求, 影响高、低

旁减压阀的开关。

2015 年 7 月 29 日 16:00 时, 旁路油站油温高二值报警, A 油泵、过滤泵、风扇联锁跳闸。在旁路油泵跳闸后, 对 A、B 油泵进行了启动试验, 发现 A、B 油泵出口充油阀均有卡涩现象, 泵出口压力达到 24.0MPa, 充油阀由于内部滑阀卡涩无法及时回位, 长时间处于开启充液状态, 导致溢流阀动作, 致使油箱内部 EH 油高速循环, 促使油站油温上升, 最终油温达到 60℃ 以上时旁路油站油温高二值报警, A 油泵、过滤泵、风扇联锁跳闸, 严重影响旁路系统的安全运行。

## 2.3 旁路油站油质不合格, 运行可靠性降低

旁路系统配置二级旁路, 采用独立油站, 油站配备一套再生装置, 用于在线滤油。再生装置由一个散装硅藻土过滤器和一个绕线式除杂过滤器组成, 硅藻土是一种天然土, 呈颗粒状, 在更换硅藻土过程中和抗燃油流经硅藻土过滤器时, 部分颗粒杂质会进入到油中, 使抗燃油的洁净度降低, 硅藻土作为一种吸附剂, 处理能力有限, 处理低酸度的抗燃油才有效果, 当酸值超过 0.2 后, 处理起来比较困难, 同时硅藻土会释放出钙、镁、铁等金属离子, 金属离子会导致抗燃油电阻率下降, 容易引起系统部件电化学腐蚀, 而硅藻土失效后, 会与抗燃油中酸性物质发生反应, 形成凝胶状磷酸金属盐衍生物, 该物质呈凝胶状, 造成伺服阀粘接, 引起伺服阀故障, 致使抗燃油的泡沫特性降低。

## 2.4 旁路油站运行可靠性差影响机组安全运行

3 号机旁路系统配置的高、低旁路液压系统共用一个油站, 因油箱容积偏小, 不能满足系统迅速用油要求, 一旦回油, 油箱容易溢流。旁路油站设计有一套再生装置, 只能过滤油中的颗粒物, 无法去除油中的水分, 每年的夏季 7、8 月份由于环境湿度大, 旁路油水分超标, 而伺服阀对油质要求极高, 旁路油站油质的控制难以达到运行要求。同时旁路油泵采用高压柱塞泵, 长期运行导致缸体磨损, 备件采购周期长且价格高昂, 一旦故障, 旁路系统无法启用。

## 3. 汽机旁路系统改造方案

为了彻底消除旁路系统的隐患, 确保机组安全稳定运行,

无论从检修维护方面，还是从备品备件的储备以及运行调整方面，都需要对旁路系统全面的改造，主要改造如下：

3.1 电磁式充油阀替代机械式充油阀。

充油阀的作用是控制油泵向蓄能器充油。在蓄能器压力较低的时候，充油阀不动作，在蓄能器压力达到最高运行压力的时候，充油阀卸载，将泵出口的油直接卸载到油箱，系统需要的压力油由蓄能器提供。当蓄能器压力下降到运行低限，则充油阀重新加载，向蓄能器充油，反复循环。

旧型号充油阀，是利用油压和弹簧配合来实现开闭。在油压高的时候，克服弹簧的力，将内置的卸载阀打开，在油压降低后，弹簧动作，将卸载阀关闭。（见图 1）



图 1 机械式充油阀

机械式充油阀设计，弹簧要设计为可调节式，以满足不同压力工况的要求，而卸载阀的关闭力也依靠弹簧所提供的压力，这样容易造成弹簧的关闭力不足引起泄漏。机械式设计，对内置卸载阀的液压受力面积、导向性以及生产误差也有很高的要求，一旦因为液压油质的变化引起摩擦力增大或者存在一定的粘性杂质，就容易引起卡涩或者故障。弹簧和内部摩擦的变化，也会导致长期运行逐渐产生误差，导致运行压力的变化。而电磁式充油阀和机械式充油阀原理相反，弹簧用于打开卸载阀，而使用 24V DC 电磁阀带电克服弹簧力关闭卸载阀，所以弹簧力的变化并不影响严密性和动作压力。由于没有压力和弹簧的互相作用，所以设计相对简化，只要保证供电功率（24VDC，27W）的情况下，电磁式的充油阀更为可靠。（见图 2）2019 年 10 月 3 号机 C 级检修期间对旁路系统机械式充油阀更换为电磁式充油阀，运行了 8 个月，未发生卡涩、油温高等故障。

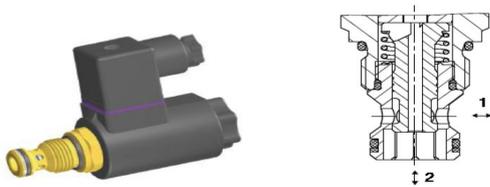


图 2 电磁式充油阀

3.2 压力变送器代替压力开关

旁路油站共有三个压力开关，分别是压力高、压力低和压力低低。其中压力高用于在压力高于蓄能器压力的时候进行保护停泵，压力低用于备用泵连锁，压力低低用于在长时间压力过低的时候停止油站（外部泄漏或者重大故障）。压力开关由于采用弹簧设定动作值等方式，定值较易产生偏差，需要较大的维护关注。为了简化设计，可以使用压力变送器进行替代，控制更为精确和简易。

3.3 控制系统比例阀代替伺服阀

由于 ST 伺服阀和 AV6 控制系统年代久远，设备已老化，

故障率上升，备品备件价格升高，提供备件和维修服务难度加大。同时伺服阀系统往往存在这样的问题：即伺服阀系统用油对杂质非常敏感，容易堵塞，整个液压执行机构的可靠性降低，影响机组运行的经济性、安全性和可靠性。自从 2005 年以来，液压旁路系统逐步采用比例阀来取代伺服阀。秦热公司 2006 年投产的 300MW 机组旁路系统阀门控制采用的为比例阀控制，运行周期长，故障率低，备件消耗少费用低。

3.3.1 伺服阀结构和原理

伺服阀则采用的是先导结构，由力矩马达驱动先导阀的遮盖油孔改变三位四通滑阀的两端液比来驱动滑阀移动进行油路切换和流量控制，先导阀的油孔细小，直径为 0.25mm，长时间运行极易因为油质的原因产生堵塞或者卡涩的情况，影响正常动作。（见图 3）



图 3 伺服阀

比例阀驱动三位四通电磁阀则采用的是直动形式，由电磁阀直接驱动三位四通滑阀进行油路切换和流量控制，没有先导结构，安全可靠，对油质的要求较低。（见图 4）

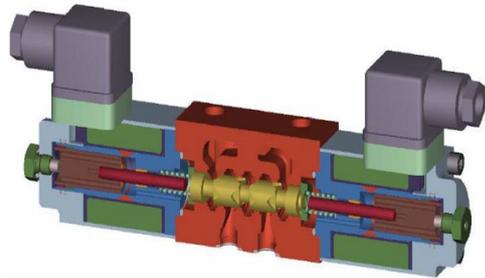


图 4 比例阀

3.3.2 比例阀有下列优点：

- (1) 不需要伺服阀的备件和维护；
- (2) 解决了伺服阀对油质的高要求；
- (3) 新的定位器采用了微处理机技术，容易设定；
- (4) 新的系统可直接接入 DCS 控制系统对现场阀门；
- (5) 比例阀与原伺服阀机械接口完全相同。

3.4 旁路油站增加外置滤油机

由于旁路系统在装过滤器过滤杂质能力较差，无法满足系统油质维护要求，需要对原再生装置进行改造，将硅藻土过滤器更换为离子交换树脂滤芯，该系统装有真空除水罐，能够去游离水和溶解水，最后管路中装有高精度高效过滤器。新外置

（下转第 197 页）

(上接第 186 页)

集装箱油机,具有除酸、脱水、精密过滤三重功能,可根据需要投入不同工作模式:除酸-过滤、脱水-过滤、除酸-脱水-过滤。通过升级改造,彻底解决了旁路抗燃油油质不合格问题,保证了机组安全可靠运行。

#### 4. 旁路系统的改造与效果

通过与旁路系统厂家的技术沟通、协调,在改造前制定详细的技术方案、三措两案,做到科学管理、安全施工。拆除在装的旁路油泵出口流量计、机械式充油阀、AB 块等部件,安装新型的 AB 块、充油阀,增加了旁路油过滤装置,提高了油质的合格率。改进后的旁路系统,消除了机组安全生产的重大隐患,提高了机组启停阶段的稳定性和经济性,主要体现在以下几个:

(1)优化旁路油泵、电磁充油阀的启停参数,若油压过低,油泵迅速启动,建立正常压力。

(2)配有独立的油过滤系统,确保油质合格。

(3)配有空气式油冷却器,确保油温正常。

(4)油箱外部设有油位计。

旁路系统改造后,既消除了旁路系统存在的充油阀卡涩、油温高等问题,又解决了备件采购难题。从安全角度而言,在机组启动阶段,可以安全地控制再热汽温度,防止系统超温超压。从经济角度而言,特别是在机组故障跳机后的热态启动中,缩短启动时间,降低燃油消耗。

#### 5. 结束语

本文通过对 3 号机旁路系统存在问题和解决方案进行了系统分析,解决了伺服阀卡涩、油温高、充油阀卡涩、高低旁减压阀开关不到位的现象,每 3-5 年节约备件费用约 10-15 万元。在机组启动阶段,可以有效地控制再热蒸汽温度,防止超温超压,特别是在机组故障跳机后的热态启动中,可以缩短启动时间,提高了机组运行的经济性、可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 300MW 机组旁路设备说明书 CCI
  - [2] 秦电#3 机旁路系统改造方案 设备点检部
- 作者简介:庞树民,男,1992 年参加工作,汽机点检工程师,主要从事电厂设备管理工作。