

槽式光热机组快速启动研究

陈星宇 吴斌 付文涛

中国电建集团江西省电力建设有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]文中基于迪拜700MW光热+200MW光伏项目,由于太阳辐射存在变化,导热油温度存在波动,造成槽式机组在启动过程中,出现压力、温度不稳定,影响了机组的启动时间,进而影响了项目的全容量并网运行,影响项目工期。

[关键词]槽式;温度;启动;光热

DOI: 10.33142/hst.v7i12.14685

中图分类号: TK262

文献标识码: A

Research on Rapid Start-up of Trough Type Solar Thermal Unit

CHEN Xingyu, WU Bin, FU Wentao

Power China Jiangxi Electric Power Construction Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: Based on the Dubai 700MW solar thermal+200MW photovoltaic project, due to changes in solar radiation and fluctuations in the temperature of the heat transfer oil, the pressure and temperature of the trough unit become unstable during the start-up process, which affects the start-up time of the unit and thus affects the full capacity grid connected operation of the project, affecting the project schedule.

Keywords: trough style; temperature; start-up; photothermal

1 项目背景

迪拜700MW光热及250MW光伏电站项目位于迪拜穆罕默德·本·拉希德·阿勒马克图姆(简称“马克图姆”)太阳能公园,项目包括700MW光热发电站和250MW光伏电站。其中,700MW光热发电站包括1×100MW熔盐塔式光热+3×200MW熔盐槽式光热,这种同时采用“塔式+槽式”结合的技术路线有助于降低总体能源成本,提高储能的容量。电站主要技术参数如下:电站形式:槽式3×200MW,塔式太阳能光热电站为1×100MW。电站容量:槽式单机净出力200MW,塔式单机净出力为100MW。储能时间:槽式13.5小时,塔式15小时。

迪拜700MW光热+200MW光伏项目,由于光热机组的特点,太阳每天DNI辐射是变化的(早上10点至15点辐射值最好),每天SGS产汽和启机的可用时长是一定的,调试活动要充分地利利用白天的光照好的时间,在场境聚焦后,导热油温度到达要求后抓紧时间启动机组,在有效的时间内开展一系列调试活动,否则将影响调试工期;

主要影响快速启机有以下几个方面因素:

- ①SGS导热油和汽水温差控制;
- ②HTF的流量和温度控制;
- ③SGS蒸汽参数控制;
- ④汽水品质调节控制;
- ⑤轴封和真空提前建立。

2 机组启动控制方法

2.1 SGS导热油和汽水温差控制

为防止SGS换热器温差过大,导致设备应力变形损坏设备,根据SGS设备保护要求:SGS省煤器入口给水温度

和出口导热油温度偏差需小于100℃;出口主蒸汽温度和SGS入口导热油温度偏差小于50℃。

SGS启动运行后,随着导热油流量的增加,SGS出口导热油温度逐渐升高,当进口给水和出口导热油温度,出口蒸汽和入口导热油温度偏差大时,SGS导热油出口调节阀将限制打开,导热油流量无法增加,使蒸汽流量无法提升。蒸汽没有足够的过热温度和压力,将达不到机组启动条件。所以SGS温差需要控制在规定的范围内,以保证导热油流量能正常调节,提高SGS启动速率。

为尽快减小给水和导热油出口温度差,需要尽可能提高SGS入口给水温度,通过辅汽给除氧器给水加热和提前投入H6高压加热器等方式提高给水温度。调节入口导热油和出口蒸汽温度偏差,需及时打开SGS导热油入口旁路阀缓慢提高入口导热油温度,并打开主蒸汽管道对空排汽阀,使蒸汽流动增加出口蒸汽管道温度,减小温差。

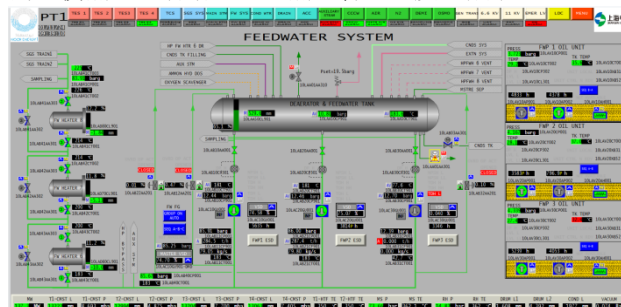


图1 导热油和汽水温差控制实时监测图

2.2 HTF的流量和温度控制

导热油的流量和温度控制直接影响到SGS的启动时间,由于光热机组特性,SGS每天都会执行bottle程序

(导热油没有热源时,SGS 停机焖炉,防止 SGS 温度过低),当第二天镜场开始聚焦启动时,导热油开始升温。为减小 SGS 热冲击影响,当镜场出口温度与 SGS 入口阀门后温度差小于 20℃时,入口阀门才允许打开,并且 SGS 导热油入口温升速率不能超过 $\pm 15^{\circ}\text{C}/\text{min}$,否则 SGS 将跳闸。

镜场的 HTF 在夜间由于没有热源补充温度会下降,早上刚聚焦时导热油不进入 SGS,在这期间镜场保持最大的温升速率提升 HTF 的温度,由于镜场聚焦后,导热油温升速度非常快,这需要及时调整镜场导热油流量,防止镜场出口导热油温度及温升速率超限跳闸;当镜场出口导热油温度和 SGS 入口的温度接近时,缓慢开启 SGS 导热油入口阀,出口阀门初始设定 3%,SGS 开始与镜场出口导热油同步升温启动。根据 SGS 温升速率控制出口阀门开度,提高 SGS 导热油流量,增加蒸汽流量。

如果 SGS 温升速率高于 $\pm 7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时,SGS 导热油出口调节阀将转自动控制模式,自动减小阀门开度,降低导热油流量,因此不仅需要控制好镜场导热油流量和温升,还要控制好 SGS 导热油温升速率。HTF 的流量的大小直接影响了蒸汽流量的大小,因此想要快速产生合格的蒸汽,必须快速提高 HTF 的温度和流量,满足机组启动蒸汽参数需求:

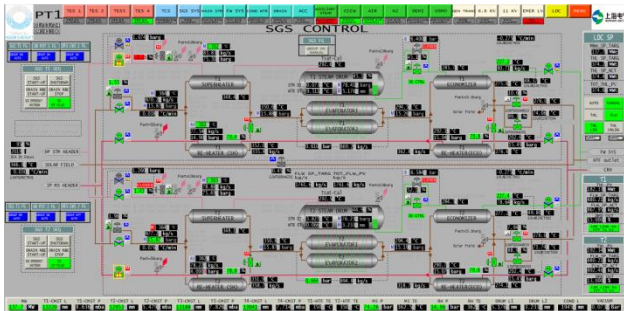


图 2 HTF 的流量和温度控制实时监测图

2.3 SGS 蒸汽参数控制

汽机启动需要合适的主汽和再热蒸汽参数(冷态启动温度 270℃),当蒸汽参数(温度和压力)满足要求时机组才能启动,快速地调整好蒸汽参数是保证机组快速启动的必要条件。

SGS 出口过热蒸汽主路阀门控制。主路阀门逻辑保护规定:SGS 过热蒸汽压力和主蒸汽母管压力差超过 1 barg 时,阀门没有打开条件,越早打开出口主汽阀门使蒸汽大量通流,对机组快速启动越有利。提前采取措施打开主路蒸汽阀门,提高主汽流量,大流量对主蒸汽母管暖管升温,以快速满足机组启动要求。

在镜场出口导热油开始温升,预估 30 分钟后 SGS 能开始启动时,提前打开 SGS 过热蒸汽出口旁路阀,开始对主汽母管暖管,利用 SGS 焖炉后的余汽对主汽母管升温,通过母管疏水阀排空管道内部疏水,提高主汽过热度。待主汽管道又有一定过热度后关闭疏水阀憋压平衡主路阀

两个压力,当压力小于 1bar 时打开主路阀门。

SGS 蒸汽温度和流量的控制。SGS 执行 bottle 程序后内部导热油和主汽温度变化很小(下降 10℃左右),SGS 焖炉时蒸汽的压力参数越高(320℃),下次启动时间将越短,有利于快速启机。当镜场导热油温度达到接近 SGS bottle 后的导热油温度时开始启动 SGS,加大导热油流量,提高蒸汽蒸发量,通过高旁和低旁阀控制蒸汽流量,对主汽母管和再热器母管进行暖管升温,蒸汽压力和温度越高,蒸汽流量越大,机组启动参数越容易达到,减少启动时间。

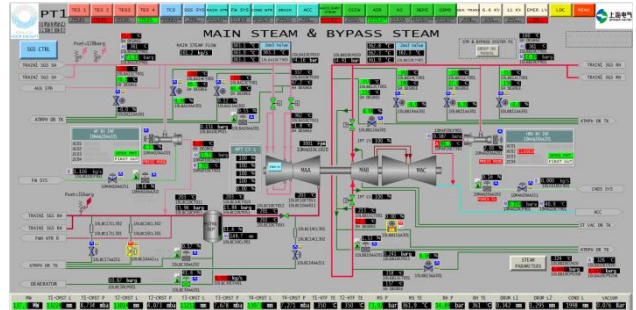


图 3 蒸汽参数控制实时监测图

2.4 汽水品质调节控制

机组启动时,需要合格的蒸汽品质,汽水品质的调节需要长时间冲洗排污和换水来改善。特别是汽轮机启动时要求更为严格,据西门子汽轮机的启动要求:进汽轮机蒸汽 DAC 电导率必须小于 0.5us/cm,由于储热系统没有投入使用,SGS 每天在镜场散焦后就要停止产气,进行 Bottle 保温保压,直到第二天镜场聚焦产生热 HTF 以后才能再次开始产汽,在这期间停止将近 14 小时,在 SGS 刚开始启动时出口蒸汽品质 DAC 在 2us/cm 左右,蒸汽品质不合格,影响机组启动,这需要每天进行汽水品质调节,快速地使蒸汽合格满足启动要求。

汽水品质调节可通过以下几个步骤快速改善:

①每天停机后打开凝结器和除氧器的底部放水,将凝结器和除氧器的水全部放空后重新上合格的除盐水,保证第二天 SGS 冲洗水质快速合格。

②停机后 SGS Bottle 时将汽包的液位上到高液位,保持高温高压焖炉,第二天 SGS 启动前半小时通过余汽冲洗取样管道和装置。

③第二天 SGS 启动前半小时,打开主汽门和主汽管道的疏水,通过 SGS 余汽先进行管道冲洗,待 HTF 温度合格后,快速提高进入 SGS 的导热油流量增加蒸汽蒸发量,对设备和管道进行大流量冲洗。

④给水温度合格后,打开 SGS 蒸发器底部排污门保持排污,将系统中的水快速更新,以改善蒸发器水质,提高蒸汽品质。

2.5 轴封和真空提前建立

要快速地提高主汽母管温度,需要通过高低旁系统大流量蒸汽暖管,蒸汽的循环流通必须在系统建立完真空条

件下进行,由于辅助锅炉初始产汽升温升压,到轴封系统投入正常大约需要 40 分钟,轴封系统投入运行后,开始启动真空泵抽真空,达到真空 0.05bar(背压)大概需要 80 分钟,所以需要提前 2 小时启动锅炉和投入真空系统,以到达快速启机的目的。

3 结束语

该项目是我国“一带一路”的国家重点工程项目,在全球光热市场是一个标杆性项目,为深化国际能源合作,抢占能源先机,积极推进中国企业国际化发展,为构建清洁低碳、安全高效的国际能源体系做出了重大贡献。项目全部建成投产后,可为当地 32 万户家庭提供清洁电力,每年可节约标准煤超 200 万吨,每年可减少 160 万吨碳排放,此启动控制方法已经应用于迪拜 700MW 光热+200MW 光伏项目,通过此方法的运用,大大缩减了槽式机组的启动时间,保障了机组的安全稳定运行,为项目全容量并网及节约项目工期奠定了基础,产生了良好的

经济和社会效益。

[参考文献]

- [1]赵明智.槽式太阳能热发电站微观选址的方法研究[D].呼和浩特:内蒙古工业大学,2009.
 - [2]刘丰.50MW 槽式热发电可行性研究报告[D].呼和浩特:内蒙古电力勘测设计院,2015.
 - [3]郭苏.槽式太阳能直接蒸汽发电系统热工过程建模与控制研究[D].南京:东南大学,2014.
- 作者简介:陈星宇(1990.7—),男,湖北赤壁,汉族,本科学历,工程师,中国电建集团江西省电力建设有限公司,从电力工程及房建相关工作;吴斌(1983.11—),男,江西南昌,汉族,研究生学历,高级工程师,中国电建集团江西省电力建设有限公司,从电力工程及房建相关工作;付文涛(1987.9—),男,河南驻马店,汉族,本科学历,工程师,中国电建集团江西省电力建设有限公司,从电力工程及房建相关工作。