

熔盐储能调峰、供热灵活性改造探讨

王宝珠

石家庄良村热电有限公司 河北石家庄 052165

摘要：目前河北南网启动调峰辅助服务市场，实行峰谷平不同时段不同电价结算，对机组的调节能力的提高提出了更高要求。电力系统灵活性不足，调节能力不够等问题已成为制约可再生能源高比例、大规模发展的主要因素。为满足可再生能源的发展需要，提高其消纳能力，必须从多方面采取措施，因此采用熔盐储能提升调峰、供热灵活性是工作重点之一。

关键词：熔盐储能；调峰；热电解耦

对电网进行辅助调峰，缓解河北南网调峰压力，良村热电一期 $2 \times 330\text{MW}$ 亚临界供热机组，总装机容量 660MW 。#1、#2机组分别于2011年4月18日和8月23日正式运营。每台机组设计额定工业供热抽汽量 200t/h ；额定采暖供热抽汽量 300t/h ；两台机组最大采暖热负荷 535MW 。现有民用采暖面积 1100万 m^2 。至2025年预计新增 706万 m^2 。

一、熔盐储能项目总体规划方案

针对良村热电#1和#2机组灵活性调峰调频的需求，通过熔盐储能的方式来实现热电解耦，从而使火电机组具备深度调峰的能力，具备调节风、光等新能源电力输出的不稳定性，减少弃风弃光现象，提高新能源的消纳和利用比例。同时，又可通过热能的储存和释放来保证供热的稳定性。由于河北南网以火电为主的电源结构，决定了火电机组调峰能力是影响调峰平衡的重要因素，火电机组调峰能力和电网调度运行方式安排将对调峰盈亏产生重要影响。本项目投运后，可对河北南网进行辅助调峰，缓解河北南网调峰压力。

二、储能项目

为保障地区电力系统安全、稳定、经济运行，缓解热、电之间矛盾，促进风电、太阳能发电等清洁能源消纳，按照调峰的相关政策，以良村热电厂为基础，建设熔盐储热等储能设施。当电网无法消纳风、光等新能源发电负荷时，投入储能装置运行，将电能转换为热能储存起来，抵减机组上网功率，满足机组深度调峰的需要，实现热电解耦，为新能源机组让出发电空间。在新能源发电能力不足时，通过将储存的热能释放出来，在保障机组供热能力的同时增加火电机组的电负荷出力，实现

火电机组上顶峰能力的提升。储能项目的投运提高了燃煤供热机组的运行灵活性，为新能源的消纳提供了有力的保障。

三、热电解耦技术路线研究

将热电联产机组的热和电解耦，打破“以热定电”的约束，充分挖掘占比较高的火电供热机组的调峰能力，是解决当下热电机组灵活性普遍偏差问题的重要手段。

良村热电#1和#2机组于2021年和2022年完成了低压缸切缸的灵活性改造，在冬季取暖机可以做到保证满足采暖热负荷需求的前提下机组上网电量进一步降低，从一定程度上提升了机组下调峰的能力。然而距离深度调峰的需求尚有一定的差距。

从热电解耦技术路线，结合良村电厂所承担的采暖热负荷和工业热负荷形势来看，蓄热供热调峰技术是充分兼顾机组的供热能力和系统调峰的技术途径之一。

四、电熔盐储能+蒸汽（热水）发生系统解耦技术

本系统由电熔盐储能模块+蒸汽（热水）发生系统供能模块构成。电熔盐储能模块主要解决机组热电耦合的问题，在保证机组大规模供热/供汽的同时可以实现极低的发电量，将机组多余的电量以热能的形式储存在熔盐中，实现机组深度下调峰的需求。蒸汽（热水）发生系统供能模块主要解决机组需要顶峰运行时，可以将储存在熔盐中的热量释放出来，根据用户侧的需求选择蒸汽锅炉或热水锅炉，将热量输出，减少机组所带供热负荷，满足尖峰时段机组上顶峰的需求。

（一）储热介质

以熔盐作为储热介质具有储能容量大、储存周期长、成本低等优点，是大规模储能的理想选择。熔盐在塔式

光热电站中已经有非常成熟的工程应用,纵观国内外塔式太阳能热发电站的发展趋势,熔盐作为储热介质更可靠、安全,是目前光热发电项目储热系统主要采取的介质。近年来熔盐储热开始应用于在常规火电厂灵活性改造项目。

(二) 电熔盐储热+蒸汽发生(SGS)供能系统

典型的电熔盐储热+蒸汽发生(SGS)供能系统流程如图1所示。利用电网用电低谷时段电力驱动熔盐电加热器,将低温熔盐加热至高温并存储起来。在峰时段,停用熔盐电加热器,系统由储热工况转为放热工况,将高温熔盐存储的热量释放出来。

电熔盐储能系统包括熔盐电加热系统、储罐系统、蒸汽发生(SGS)系统,前两者用于熔盐储热属于储能模块,后者用于放热产汽属于释能模块。

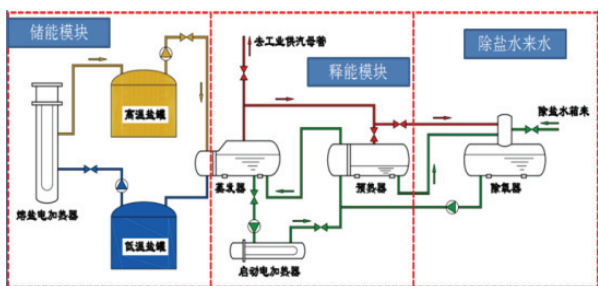


图1 熔盐储热+蒸汽锅炉供能系统流程图

熔盐储放热系统采用高、低温熔盐双罐设计,高温熔盐和低温熔盐分别存储在高温盐罐和低温盐罐中。低温盐罐顶部设置低温熔盐泵,在储热工况时将低温盐罐中温度为290℃的熔盐抽出送至熔盐电加热器,熔盐在电加热器中被加热至565℃后进入高温盐罐。高温盐罐顶部设置高温熔盐泵,在放热工况时将高温盐罐中的熔盐抽出送至蒸汽发生(SGS)系统,经过放热降温后再返回低温盐罐。

熔盐加热器是熔盐储热系统中的关键设备,熔盐加热器技术主要有三种:电热管式、电磁式和电极式。

(三) 技术小结

本系统实现了在不影响用户侧热负荷需求的前提下,减少机组谷时段发电损失,增加机组峰时段和尖峰时段发电量,既可以减亏,又可以增收,还有助于平抑电网负荷波动。在电网低谷时段将采用电加热装置将冷盐加热并储放于高温熔盐罐,以削减电厂的上网电量;在电

网尖峰时段熔盐放热加热给水满足机组顶峰需求;也可以在锅炉中高峰时段开启电加热储能,解决低负荷时段的工业供汽问题。

五、技术经济性分析

(1) 在峰值和尖峰时段,系统运行在释能模式,利用储能系统产生工业蒸汽所需参数的蒸汽对外供热,在机组锅炉负荷保持不变的情况下减少汽轮机抽汽实现每小时多发电量约74MW。

(2) 容量电费收益。根据《关于建立煤电容量电价机制的通知》,煤电机组可获得的容量电费根据当地煤电容量电价和机组申报的最大出力确定,新建熔盐储能系统后尖峰时刻两台机组发电量合计增加约74MW。

(3) 减少电网考核带来的收益。电熔盐储能系统的引用,可以增加机组的下调峰能力,以目前的系统配置可以在机组现有调峰能力的基础上增加140MW的下调峰能力。并且电熔盐储能系统的电加热器运行完全利用电能工作,因此储能系统响应电网负荷波动的速率可以达到秒级。相较于现有机组的调节能力而言,储能系统将极大的提升机组负荷的响应速率,完全满足电网一次调频指令需求,使得机组AGC考核指标kp值大幅提升。

结论

电加热熔盐储能改造可以实现以下目标:

- (1) 可以实现能量在时间和空间上的转移,将热量在需要的时段进行释放,提高能源利用的效率和灵活性;
- (2) 采用电加热熔盐进行储热,通过流程的合理设计,对锅炉及汽机自身热平衡影响小,技术可靠性,安全性均有保障;
- (3) 储热系统运行方式灵活,可根据机组运行工况及热网、电网需求进行储热、放热功率的调整,系统适应性强;
- (4) 采用直接储热方式,热量的储存和交换过程中热损失极低,保证了~97.5%的储热效率。

参考文献

- [1] 叶东平.大容量供热汽轮机深度调峰与灵活性改造技术简介[C]//热电联产远距离低能耗集中供热技术研讨会.中国电力科技网,2018.