

热力发电厂与核能供汽耦合应用探讨

郝跃鹏 张杜峰 李瑶 滕浩

连云港虹洋热电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i10.7292

[摘要] 如何实现核能蒸汽在大型石化化工园区的大规模应用成为新的研究课题，同时也契合国务院《2024—2025年节能降碳行动方案》关于“鼓励大型石化化工园区探索利用核能供汽供热”的相关工作要求。本文着重研究核能供汽耦合热力发电厂存在的运行问题与解决措施。

[关键词] 核能供热；热力发电厂；耦合应用；大型石化化工园区

Discussion on the coupling application of thermal power plants and nuclear energy steam supply

Hao Yuepeng, Zhang Dufeng, Li Yao, Teng Hao

Lianyungang Hongyang Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] How to achieve the large-scale application of nuclear steam in large-scale petrochemical and chemical parks has become a new research topic, which also conforms to the relevant work requirements of the State Council's "2024-2025 Energy Conservation and Carbon Reduction Action Plan" on "encouraging large-scale petrochemical and chemical parks to explore the use of nuclear energy for steam and heating". This article focuses on the operational problems and solutions of nuclear steam coupled thermal power plants.

[Key words] nuclear heating, thermal power plants, coupled applications, large-scale petrochemical and chemical industrial parks

1 背景情况介绍

国内某沿海大型石化化工园区供热需求较大，虽配套建有大型热力发电厂，但考虑园区碳排放总额，整个园区后续可持续发展受限。常规解决方法如新建、扩建热力发电厂，依然采用燃煤、燃气、废气锅炉的方式，均无法有效解决。该石化园区20公里左右位置，建有国内某知名大型核能发电厂，随着国内长输供热管线技术快速发展，以及核能供热在居民供热领域应用的日益成熟，核能供工业蒸汽的规模化应用也有了可能性。

如何实现核能蒸汽在大型石化化工园区的大规模应用成为新的研究课题，同时也契合国务院《2024—2025年节能降碳行动方案》关于“鼓励大型石化化工园区探索利用核能供汽供

热”的相关工作要求。

2 制约因素分析

2.1 现阶段核能发电厂新蒸汽初参数本身偏低，再经过其内部多级回路换热器换热后，初始供汽参数过热度更低，经过长距离输送，面临管线温降大、压降大的常见问题，用户终端供汽参数过热度会更低，甚至接近饱和温度，难以满足大型石化化工园区装置的直接使用需求。

2.2 核能发电厂出于核安全考虑，正常负荷调整相对缓慢，加之调整核能供热量会对发电计划产生影响，导致核能供热本身变工况能力相对受限。

2.3 核能发电厂出于核泄漏及外界风险考虑，与大型石化化工园区有相关安全距离要求。以本次探讨项目为例，化工园

区距离核能发电厂约 20 公里左右,按照低参数蒸汽常规管线设计流速 25m/s 考虑,蒸汽参数调整滞后时间接近 20 分钟,导致核能供热调整时间滞后性差。

2.4 石化化工装置负荷调整时,蒸汽需求负荷波动较大;若再涉及装置开、停工或异常处置时,蒸汽负荷波动会更大。根据核能供热相关特性,难以满足装置变工况需求,同时也面临着长输管线首段超压、终端失压的风险。

2.5 核电供热系统暖管及投运初期,因蒸汽流量小、管线输送距离长,加之初始供热参数过热度不高等影响,导致用户装置界区处温度,无法满足与在运系统并列条件。仅依靠常规疏水设置,增大管线流量难度较大,增加暖管时长和在运系统并列的风险。

2.6 长距离输送管线涉及区域广,现场环境复杂,运营管理困难较大。

3 解决途径

3.1 将核能供热与常规热力发电厂耦合发展,间接转供大型石化化工园区,解决核能供热参数低、变工况能力受限、调整滞后性差的困境。

(1) 常规热力发电厂内部自用汽参数要求不高,且自用汽量需求较大。可以通过核能供热至热电厂回热系统,替代其内部自用汽,置换出更高参数蒸汽,供大型石化化工园区装置直接使用。

(2) 常规热力发电厂需合理安排核电供热至回热系统远方及汽源占比,宜将核电供热汽源作为稳定汽源,尽量减少扰动,应将原回热系统加热汽源作为调整汽源,作为应对核电供热变工况能力受限、调整滞后性差的正常手段。

(3) 常规热力发电厂进行必要创新,对内部系统进行技改技措,通过增设压力匹配器等措施,对核能供热蒸汽升温、升压后,并于内部低压供热管网系统,作为缓解回热系统大幅变工况的备用手段,也是应对核电供热变工况能力受限、调整滞后性差的备用手段。

3.2 合理设计核能供热长输管线流速及管径,并完善系统疏水及相关保温防护,缓解长输管线温降大、压降大的情况。

(1) 合理评估核能供热用户侧的最大、最小及正常运行流量,同时根据用户侧终端压力需求,选择合适的管线流速及管径范围,避免管线实际运行流量偏离设计流量,而导致管线产生温降大、压降大的情况。

(2) 为减少核能供热管线散热损失,保证终端用户参数需求,可采用导热系数低、容重轻的优质保温材料,如内层可纳米气凝胶保温材料,其他区域采用特殊的复合保温结构。

(3) 为减少核能供热管线管托散热损失,涉及应采用高效隔热节能型管托。

(4) 正确设置管道疏放水系统:管道疏放水应启动疏水、放水和连续疏水,在管道的各段最低点设置疏放点,连续疏水可采用专门的热静式或热动力式或浮球式疏水器。

(5) 为减少核能供热管线压损,相关热网系统走向和补偿方式应进行优选,力求实现管道最短,压损最小。

3.3 合理设计核能供热长输管线系统,完善相关安全附件,解决核能供热变工况能力受限、调整滞后性差所产生的超压风险。

(1) 合理选择管线设计压力,确保管线工作压力备有足够的安全设计裕量。

(2) 考虑特殊极端工况,应在长输管线首段设置安全阀,防止用户大幅甩负荷时,导致源头超压,出现管道爆破的恶劣事故。

(3) 考虑特殊极端工况,应在长输管线末段用户侧设置排汽口,并设计消音器,防止用户侧大幅甩负荷时,导致源头超压,用户可以通过应急排放口,为核电供热管线降负荷争取时间,也作为防止管线超压的应急手段。

(4) 在长输管线终端用户侧设置终端排汽口,也可以有效解决长输管线暖管及投运初期,因蒸汽流量小,用户侧终端温度低,无法满足与在运系统并列情况。

3.4 提升核能供热长输管线运营管控措施,确保长周期稳定运行。

(1) 完善运行操作规程,规范运行操作,严防误操作产生。

(2) 完善调度流程及调度纪律,规范调度指令,避免调

下转第 116 页

有效的运行维护是防止泄漏事故发生的关键。传统的定期检查维护模式已不能满足现代发电厂对安全性的高要求,建议引入更加实时和智能化的监控技术。例如,可以在关键的管道节点安装物联网传感器,实时监测管道的温度、压力、应力等参数。这些数据可以通过云平台进行存储和分析,帮助运营团队及时发现和预警潜在问题。

此外,建立全面的预防性维护计划,对管道系统进行定期的检查和维护。对于易发生问题的关键部位,应增加检查频率,并采用更先进的检测技术,如漏磁检测和超声波检测等。制定详细的应急预案,定期进行应急演练,提高工作人员在事故发生时的应对能力。

3.2.5 环境保护措施

管道系统的外部环境对其安全性和寿命有重要影响。在高腐蚀性环境中,应采取多层次的防护措施。除了使用防腐涂层外,还可以在管道周围设置隔离屏障或防护罩,以减少环境因素对管道的直接影响。在湿度较高的环境中,建议增加除湿设备,控制环境湿度,减缓管道的腐蚀速度。

对于地震等自然灾害频发的区域,应在设计和施工中考虑抗震设计,如增加柔性支撑系统和减震装置,减少地震对管道的破坏。此外,应定期监测环境条件的变化,如腐蚀性气体的浓度、湿度水平等,及时调整防护措施。

3.2.6 人员培训和安全教育

最后,建立完善的人员培训和安全教育是确保上述措施顺利实施的关键。定期开展技术培训,提高工作人员的专业知识和技能水平,特别是对新技术、新材料的应用。通过安全教育和宣传,增强全体员工的安全意识,使其认识到管道泄漏的危害性和预防措施的重要性。

建立畅通的沟通机制,鼓励员工积极报告安全隐患和问题,形成良好的安全文化氛围。此外,应设立奖惩机制,对在安全管理和泄漏预防中表现突出的个人和团队给予奖励,以激

励全员参与到安全管理中来。

综上所述,火力发电厂机炉外汽水管道的泄漏问题需要通过多层次、多方面的具体实施措施来解决。从设计优化、材料选择、安装质量控制到运行维护、环境防护和人员培训,每一个环节都至关重要。通过系统的改进和综合的防护措施,可以有效减少泄漏风险,确保火力发电厂的安全运行和生产效率。

4 结论与建议

火力发电厂机炉外汽水管道的泄漏问题是一个复杂而多面的挑战,需要综合考虑设计、材料、安装、运行和环境等多方面因素。通过本文的分析与讨论,可以看出,虽然现有的检测和管理措施已取得了一定成效,但在设备老化、技术标准不统一以及管理不到位等方面仍有较大改善空间。未来的工作应重点放在技术提升、标准化建设以及管理制度的完善上,全面提升火力发电厂的安全性和运行效率,从而保障电力供应的稳定和社会经济的可持续发展。

[参考文献]

- [1]孙立德.300MW火电燃煤机组锅炉运行及安全性能研究[J].科技与企业,2014,(02):263.D0I:10.13751/j.cnki.kjyqy.2014.02.243.
- [2]熊倩.火力发电厂管道效率分析计算[J].中国高新技术企业,2013,(36):68-69.D0I:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2013.36.033.
- [3]玄黎升.热力管道漏泄时如何处理及参数调整[J].黑龙江科技信息,2013,(35):76.
- [4]孔斐彦.高温高压管道的套筒堵漏法[J].安装,2005,(03):41-42.
- [5]段春福,常学军.火力发电厂运行机组高压管道点状泄漏的消除[J].焊接技术,2001,(01):54.
- [6]李文.火力发电厂锅炉管道无损检测技术现状和展望[J].湖北电力,1999,(03):58-59.D0I:10.19308/j.hep.1999.03.022.

上接第113页

度沟通不畅。

(3)完善现场应急处置预案,加强内部应急演练,提高应急处置能力。

(4)进行核能供热相关性能考核验收试验,收集不同工况下的核能供热管线运行数据,为异常处置提供数据支撑。

(5)进行必要的异常工况动态试验,收集异常工况蒸汽流量波动幅度及影响程度,为异常处置提供数据支撑。

(6)完善长输管线压力、温度测点及现场视频监控布置,每公里设置相应测点与监控,通过人工及智能管网平台做好长输管线参数及现场动态的实时监视。

3.5 运行调试保证,制定合理的调试方案,验证供汽设备供汽稳定性、负荷切换、负荷扰动、试验数据收集。

4 结论

在能源双控政策及双碳政策频出的背景下,各地严控煤炭消耗,积极探索绿色核能供热项目,该大型石化化工园区充分发挥当地大型核能发电厂及园区大型热力发电厂的优势,通过核能发电厂与热力发电厂耦合的方式,间接为石化化工园区提供源源不断的绿色清洁能源,每年可为园区安全、稳定输送零

碳清洁蒸汽480万吨,相当于每年减少燃烧标准煤40万吨,等效减排二氧化碳107万吨。有效缓解供热需求与能源双控之间的突出矛盾,并促进当地及园区经济的可持续发展,成为全国绿色低碳循环发展经济体系建设的示范项目。

通过运行过程中的不断摸索,核能供汽耦合热力发电厂存在的运行问题将会越来越少,解决与管控措施将会更加合理与完备。项目试运行中的问题研究与解决,让核能供汽耦合热力发电厂供应高品质的工业蒸汽成为典范,也为国内大型石化产业的蒸汽动力提供了新的,更加案例绿色环保的来源。

[参考文献]

- [1]吴起龙.国内首个核能工业供汽工程开建[N].中国能源报,2022-02-28(012).
- [2]边旭.核能发电机定子绕组损耗与温升的耦合计算方法研究.黑龙江省,哈尔滨理工大学,2021-09-06.
- [3]龚棋超.超临界CO₂布雷顿循环核能发电系统的热力学研究[D].三峡大学,2021.
- [4]陆立明.新能源发电技术的现状与发展趋势分析[J].工程建设与设计,2020,(22):110-111.
- [5]周思源.浅议核能与核电技术[J].数码世界,2017,(07):95.