

CPR1000堆型核电站反应堆设备及管道热损失测定技术

龙定堂

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部

摘要: 本文主要论述CPR1000堆型核电站反应堆热功能态试验(HFT)期间,核岛反应堆设备、管道绝热后的热量损失测定技术的要点;通过介绍热损失测定的准备、关键方法和测试数据的处理,最终验证和评估热功能态试验在饱和工况下绝热层的绝热性能是否满足设计规范和机组运行要求。

关键词: CPR1000;核反应堆;设备及管道;热损失测定

引言

CPR1000堆型核反应堆设备和管道绝热工作主要分布在主回路系统、主蒸汽系统和RCP辅助系统中,它们的绝热形式分别包括可拆式和不可拆式两种结构。可拆式和不可拆式绝热结构的热损失测定技术一致。

核反应堆设备、管道的绝热工作至关重要,良好的绝热性能是核电站系统保持高效运行的关键,任何绝热性能的缺陷,都将增加核电站不安全运行的风险。这些问题如果不通过热损失的测定排查,热量就有可能从设备、管道中流出,导致绝热性能下降,直至反应堆运行环境温度超高,感温探头报警,最终造成热停堆故障,这对核电站的运行是致命的打击。一般而言,对核反应堆设备、管道的热量损失,很难通过人的主观经验去判断,只能通过热量损失测定技术来检测。

热损失测定技术是验证核反应堆设备、管道绝热层热损失的有效方法,通常采用热流计法和表面温度法。

一、测定目的

热损失测定是核反应堆热功能态试验(HFT)期间的重要工作,其目的是为了检验核岛主回路、主蒸汽系统和RCP辅助系统的绝热层表面温度和热损失值,验证绝热效果是否达到设计的期望值,是否满足相关技术要求,确保系统运行时达到正常的设计运行参数,以保证核反应堆设备和管道平稳、正常的运行。

(一) 测定技术

(1) 测试仪器配置

热损失测定的仪器包括:热流计、温湿度计、红外测温仪等,其中热流计是热损失测定的核心仪器,使用前必须经过计量标定且合格。

(2) 人员组织要求

为确保热损失测定工作的有效落实,需建立专项组织机构,明确各接口人的职责分工。同时为提高测定人员的操作技能,熟练体会和掌握热损失测定的工作原理、测定方法以及对热流计仪器的操作使用,需编制专项培训教材,并组织针对性的培训,在测定正式工作开展之前,还需做好安全交底和技术交底工作。

(二) 测定方法

(1) 测点选取和确定

CPR1000核电堆型,其热损失测量点分布在主回路系统、主蒸汽系统和RCP辅助系统中。

为确保后续热损失测定工作的顺利进行,必须要根据现场情况提前勘查测点的具体位置,然后对所有测点统筹分析处理,最终确定各测点的具体位置、测定顺序和测定路径,选取的测点应绘制测点布置简图,作为交工资料文件。

(2) 计算方法

核岛主回路、主蒸汽系统以及RCP辅助系统的热损失测定计算方法,依据设计文件要求执行。

对于核岛主回路、主蒸汽系统和RCP辅助系统的热损失测定,主要是逐个测定各个测点,记录相应的测定值,将数值带入设计文件给出的相应公式进行计算,最终得到热损失保证偏离值($\Delta\%$)。如果 $\Delta\% \leq 15\%$,表明绝热性能达到设计要求;反之,则表明绝热性能不满足设计要求,此类情况必需要重点分析原因,改进缺陷使其满足设计要求。

(三) 数据记录和处理

正式测定时,热流计通过热流传感器连接至被测设备或管道的绝热层外壳上,待各项参数稳定达5min后,开始读取测点的数值,记录第1组测量值,最后取5组测量值的平均值计算,验证评估所有测点。

最终对所有测定数据进行统一处理和计算,按要求填入记录表格,并经相关关联方签字确认,形成测试报告作为交工资料文件。测试报告内容应包括:

- ◆ 绝热工程概况;
- ◆ 测试概况:主要包括测试目的、测试对象、测试标准等;
- ◆ 测试参数、方法及测点布置图;
- ◆ 测试数据处理及计算;
- ◆ 测试结果分析与评价;
- ◆ 结论及建议。

二、关注事项

(一) 正确选择热损失测试仪器

热损失测试是否准确,在很大程度上取决于仪器的选择、准确度、检验标定、安装技术和测定过程中的数据采集技术,因此应根据已有的经验、制造厂商和其他信息,来仔细选择测试仪器。

目前多项目间核电建设,可以共享满足热损失测定要求的测试仪器,实现各项目间的资源调配,节约仪器采购成本。

(二) 掌握测试仪器工作原理和操作流程

熟练掌握测试仪器的工作原理和操作流程,是热损失测定工作开展的一项重要前提条件,编制培训教材、对参与人员进行专项强化培训,是提高测试人员操作技能水平的重要手段。

(三) 加强现场模拟试测演练

在测定工作开展前,要根据热损失测定要求组织有针对性的模拟试测演练活动,并做好相关人员的工作接口和信息交流工作,提前暴露测定过程中遇到的突发问题,及时采取调整或改进措施,消除测定不确定性的因素,为后续的正式测定工作做好铺垫。通过现场模拟试测演练,能不断提升测试人员的操作熟练程度和处理突发问题的应变能力。

(四) 重点检查绝热层完整性并消除热对流影响

绝热层拆除后裸露部分的物体表面释放强大的热量,热空气上升后形成强大的热对流效应(即烟囱效应),热量流经热流计传感器表面后,会造成热流计实测值读数为错误数据,最终导致计算结果不符合设计标准。

因此,采用热流计法和表面温度法进行热损失测定,必须要重点检查被测设备和管道绝热层的完整性,避免造成热量散失,形成热对流效应。

三、结论

热流计法和表面温度法热损失测定技术是一项先进的新型测量技术,目前普遍应用于建设工程中设备及管道绝热层表面热损失的检定。通过热损失测定工作,可以验证绝热材料性能、绝热施工质量的符合性,评估绝热系统运行条件的完善性。对CPR1000堆型核电站而言,它是检验核反应堆主回路系统、主蒸汽系统和RCP辅助系统绝热效果好坏、保持核电站高效运行的一项技术检定手段;对相关专业人士而言,掌握此项技术是热损失测定工作开展的基础和前提,具有重要的意义。

文中所表述的热损失测定技术均来自于本人在工作中的深度接触和研究,目前已通过多个核电工程项目的实践检验,可以推荐给相关专业人士作为参考。

参考文献

- [1]《设备及管道绝热层表面热损失现场测定——热流计法和表面温度法》GB/T 17357-2008
- [2]《用热流计法测定稳态热通量和热传递特性的试验方法》ASTM-C518-04