

文章编号: 0258-0926(2015)S1-0037-03; doi: 10.13832/j.jnpe.2015.S1.0037

# 台山核电厂 CEPR 总体调试计划及其影响因素

余维铭<sup>1</sup>, 张可<sup>1</sup>, 陈世记<sup>1</sup>, 伍家彬<sup>2</sup>

1. 中广核工程有限公司, 深圳, 518124; 2. 台山核电合营有限公司, 台山, 529228

**摘要:** 针对台山核电厂先进压水堆 (CEPR) 核电机组电气、仪控及部分核岛工艺系统的初步试验阶段存在的问题, 结合调试总体计划及调试前提条件, 分析台山核电厂总体调试潜在的风险, 给出预防措施及应对方案, 以减少这些风险对调试总体计划的影响。

**关键词:** 调试; 计划; 风险

中图分类号: TL38<sup>+</sup>6 文献标志码: A

## Schedule and Impacted Factors for Taishan CEPR Integral Commissioning

Yu Weiming<sup>1</sup>, Zhang Ke<sup>1</sup>, Chen Shiji<sup>1</sup>, Wu Jiabin<sup>2</sup>

1. China Nuclear Power Engineering Co. Ltd., Shenzhen, 518124, China; 2. Taishan Nuclear Power Joint Venture Co., Ltd., Taishan, 529228, China

**Abstract:** Considering the problems in the preliminary test stages for the process systems of electrical, instrumentation and control and part of the nuclear island in Taishan CEPR NPP, combined the overall commissioning schedule and prerequisites, the potential risk during commissioning phase is analyzed, and the measures to reduce the effect of these risks on the overall commissioning schedule are provided.

**Key words:** Commissioning, Schedule, Risk

### 0 前言

台山核电厂先进压水堆 (CEPR) 核电机组是采用第三代核电欧洲先进压水堆技术, 是世界上第三个开工建设的 CEPR 核电项目。世界上在建的 3 个欧洲先进压水堆 (EPR) 核电项目均出现不同程序延期。本文介绍台山核电厂 CEPR 在调试期间的计划安排及其存在的主要风险, 探讨可能防措施及应对方案, 以减少这些风险对调试总体计划的影响。

### 1 台山核电厂 CEPR 总体调试计划

根据 AREVA 公司给台山核电来文决定的冷热态调试不耦合, 安全壳整体试验在冷态功能试验 (CFT) 之后的逻辑, 结合法国 FA3 项目调试总体计划安排, 参考中国百万千万级压水堆

(CPR1000) 调试相关的经验与工期, 台山核电厂总体调试计划方案依次为: 核回路冲洗、冷态功能试验准备、冷态功能试验、开盖冷态功能试验第一阶段、燃料装贮系统 (PMC) 干态试验、PMC 水下试验、安全壳打压试验准备与执行、开盖冷态调试第二阶段、热态功能试验准备、热态功能试验; 装料准备、装料、预临界、临界及升到 60% 满功率、升到 100% 满功率。

### 2 台山核电厂 1 号机组影响调试计划的主要风险

根据上述方案, 结合台山核电厂现状, 分析得出存在影响调试总体计划的若干风险。

#### 2.1 设备鉴定

设备鉴定、新设备的设计固化问题导致设备

收稿日期: 2015-03-12; 修回日期: 2015-06-23

作者简介: 余维铭 (1983—), 男, 工程师, 现主要从事核电站总体试验工作

无法按时发货,目前还有大量核岛设备未完成设备鉴定,导致现场的安装滞后。主要影响有:系统无法正常移交,或者系统部分移交;系统不完整,需采取大量的临时措施,消缺的工期将会增长;设备损坏风险导致工期加长,例如没有冷源,采用临时冷源那么其可靠性和设备损坏的风险增大;根据国家核安全局国核安函[2012]12号,相关设备需要在冷态功能试验前完成鉴定,如果未完成鉴定,将会影响冷态功能试验能否顺利进行。

## 2.2 仪控软件固化

仪控软件未固化、现场变更执行方案未确定,导致数字化仪器控制系统(DCS)的可用计划无法确定,引入的风险为:反应堆保护系统(RPR)发货延迟导致RPR的安装、可用时间推迟;RPR软件最新版本必须在电源切换试验前可用,RPR的安装时间+RPR的调试时间+RPR采用新软件版本的再验证时间,这3项将导致调试进度的延误。

## 2.3 役前检查

CEPR新增的一些役前检查(PSI)的项目。新增的这些项目的工期及时间如果全部集中在CFT之后则对关键路径的影响较大。例如:新增控制棒驱动机构(CRDM)承压壳焊缝的自动超声检查和自动涡流检查,该项检查预计需要耗时890h(如果每天两班作业,则需要56d),实施该项检查时需要占用RPV顶盖,会影响CFT后的相关安装调试工作。

## 2.4 设计变更修改

为满足热态调试(HFT)的需求而设置的设计变更,对材料补充采购周期、安装工期、变更之后的再鉴定等影响,将成为HFT开始的制约因素。

## 2.5 新设计、新设备的应用

新设计、新设备的应用给调试期间带来的不确定性风险。例如硬核系统(HKS)、水泥固化桶外搅拌、新的安全级仪控系统等都引入了新的风险。这些新设计的验证方法没有经验可循,新型设备如果出现故障,也会影响试验工期。

## 2.6 常规岛的热态调试准备

热态调试要常规岛给蒸汽发生器二次侧供水及使用凝汽器接收核岛的蒸汽。如果常规岛的热态调试准备期间出现问题,那么将制约热态调试的,成为热态调试的关键路径。其次在热态调试

期间常规岛给水水质如果发生变化,核岛试验及计划将受到影响。

## 2.7 钝化风险

台山核电厂计划采用加氢气进行一回路的钝化。加氢气钝化需要通风系统完成风量调节和风量平衡试验,用以防止氢气爆炸。同时相关氢气边界的系统在热态调试之前均必须完成调试,并且配合废气处理系统完成流量设定试验。这些要求导致热态调试准备的时间变长,另外氢气在试验过程中如果发生泄漏,其处理时间将引入额外的工期风险。

## 2.8 首堆试验

首堆的18个试验将增加调试工期,试验引入的设备损坏、机组超出运行限值、试验失败重新再验证等的风险将对总体调试计划有较大影响。例如流致振动试验所需探头采购需要9个月,安装需要3.5个月,拆除需要1.5个月。

## 2.9 设计、施工和投产“三同时”风险

在《环境保护法》第41条中规定:“建设项目中防治污染的设施,应该与主体工程同时设计、同时施工、同时投产”。“福岛事件”之后,各外部监管单位对核电工程建设的监管、控制更加严格但面临新机组缺乏参考数据,最为典型的也就是水泥固化体性能试验和冷却剂存储和处理系统蒸发器化学状态控制的问题。

另外,滞留床试验使用 $^{85}\text{Kr}$ 是放射性气体,涉及放射性物品的存储、运输、试验后的放射性气体排放,人员操作资质一系列监管问题。国内未有相关试验经验,容易造成人员误照射风险及 $^{85}\text{Kr}$ 意外排放的风险。

例如:台山核电厂的核岛火灾探测系统设计及供货未完成,影响到重大设备例如柴油机、主变压器,主泵电机的正常启动及连续运行。一旦发生火灾,因为无自动探测功能,后果不堪设想。

## 2.10 备品备件与设备纠正性维修

因台山核电厂只有2台CEPR机组,大部分设备为国外供货,如果存在备件不足,造成设备因缺乏备件无法得到及时维修,制约重大建设里程碑无法按期开始。台山核电厂目前对CEPR调试期间的纠正性维修还缺少详细方法,因为采用新型设备而无法沿用原先的经验,现场维修条件也受到制约;大部分设备为国外生产,返厂维修困难。一旦需要纠正性维修只能等待国外供应商

到现场、或返运国外进行维修，周期长、费用高，机组建设工期增加。

### 3 风险应对措施

#### 3.1 设备供货风险防范

分阶段提出系统的需求，给出各阶段系统、设备清单，根据该清单固化设备到货时间。对于设备发货的制约因素，特别是发货文件，需要持续关注与推动，优化设备到达现场之后开箱验货的流程，减少安装等待的周期。

#### 3.2 DCS 风险防范

需要研究采用临时 DCS 的可行性，对临时 DCS 的方案、使用范围进行研究，确定临时 DCS 的设置方案，推动临时在现场的应用。

#### 3.3 CEPR 役前检查风险防范

为了避免《役前检查结果》无效及重复检验对 CFT 之后工程进度的影响，需向国家核安全局递交台山核电厂一期役前检查的方案，明确役前检查的原则。

#### 3.4 设计变更修改防范

为减少变更修改对总体进度及逻辑的影响，应尽快确定变更项目及其影响分析并出版相关的计改进通知单，识别出需要补充采购的材料，确定这些变更项目的具体执行窗口，对这些变更项目进行拆分，避免集中在一起实施，以减少对主线的影响；提前分析识别需要进行再验证的试验项目，做好再验证准备。

#### 3.5 新设计、新设备的应用的风险防范

通过新增合同，引入 AREVA 的早期调试支持队伍及调试代表队，对调试期间出现的问题进行跟踪和处理，加快各类问题的处理流程；从项目层面上强化现场设备办公室的作用，做到试验前厂家支持人员到位进行支持和监护。

#### 3.6 常规岛 热态调试准备风险防范

公司的工程进度控制部门应成立专项小组制

定总体计划，把常规岛为热态调试前提所需要的移交时间变化反馈到上游设计、设备采购、土建、安装等各个环节，统一按此目标推动，确保相关系统能够按期移交给调试。

#### 3.7 氢气钝化的风险控制

提前识别氢气钝化的前提条件，将需求反馈给工程控制及进度部门，由工程控制及进度部门统一安排相关系统的设计、采购、施工工作，确保有足够的时间进行系统移交调试。

#### 3.8 首堆试验风险控制

需要尽快开展相关试验所需的仪表的采购工作。其余的首堆试验，特别是通风、仪控试验，需要提前分析其试验方法与试验设置，出具试验方案并完成评审，减少试验过程等待、准备时间及试验失败到时试验重新开始的时间。

#### 3.9 三同时的风险防范

公司的工程进度控制部门应成立专项协调小组充分关注三同时的要求，确保三同时需求与主线同步实施。

#### 3.10 备品备件与纠正性维修的风险防范

需要公司的工程部与电厂协商纠正性维修中维修部门的支持项目与支持力度，调查研究公司所在地附近及省外厂家进行大型设备委托检修的可能性及场地；需提前识别供货周期长的备件，有必要时提前采购一些供货周期长的备件。

## 4 结束语

通过对影响台山核电厂 1 号机组总体调试计划的风险因素进行分析，并结合现状初步识别出 10 条风险，提出初步的风险应对的措施，从而为 CEPR 减少风险、优化工程调试计划提供参考。

(责任编辑：王中强)