

# 核电站核岛电气设备的安装研究

董璐

上海和运工程咨询有限公司 上海 200000

**摘要:** 核电站是世界各国普遍采用的高效清洁能源生产模式,核能具有低碳和节能等优点,能够有效地降低温室气体排放,同时满足现代社会对能源的需求。核岛作为核电站的核心区,核岛电气设备能否安全稳定地运行对于核电站整体安全性有着重要影响。所以,对核岛电气设备安装方法和管理措施进行研究不仅可以促进核电站建设质量的提高,而且可以为后续安全运行提供强有力的保障。文章通过深入剖析核岛电气设备在安装工作中所涉及到的技术要点、工艺流程以及安全管理措施等内容,希望能够给相关工程项目的开展提供参考和借鉴。

**关键词:** 核电站; 电气设备; 安装

## 引言

核岛是核电站中至关重要的部分,它包括反应堆、汽轮发电机组以及系列配套设施等。其电气设备安装质量的好坏,直接关系到核电站运行的安全与效率。核电站因其特殊性对核岛电气设备安装提出了更苛刻的要求,既要涉及到繁杂的技术标准又要达到一系列高安全性和高可靠性设计要求。近些年来,核电技术飞速发展,核岛电气设备设计和安装技术不断革新,出现了很多先进设备和技术。但是核电项目复杂、安全标准苛刻等特点给电气设备安装工作带来了全新挑战,特别是对于预防电气设备故障、确保长期安全平稳运行,迫切需要采取更严密的技术研究与管理措施。

## 一、核电站核岛电气设备概述

### 1. 核岛的定义与组成

核岛由反应堆厂房、辅助厂房、燃料厂房组成。反应堆厂房作为核岛上的核心设施承载着核反应堆压力容器,主回路系统和蒸汽发生器等重要设备,也是进行核裂变反应的场所,核能以裂变的方式放出热能然后以热传导的方式传递给蒸汽发生器驱动汽轮机产生电能。辅助厂房的主要职责是支持反应堆的正常运行,其内部配备了多种安全系统和辅助工具,如紧急冷却系统、废物处置系统和通风过滤系统等,以确保核反应过程的安全与稳定。燃料工厂主要负责核燃料的处理和储存,同时也负责燃料的替换、处理和废物的管理工作。核岛整体设计既要兼顾核反应能量转换效率又要确保系统安全可靠,尤其要具备应对外部事故及内部设备故障能力。所以核岛各个部件之间密切合作,共同组成高复杂工程系

统以确保核电站安全、高效地运行。

### 2. 核岛电气设备的分类与功能

核岛电气设备对于保障核电站的正常运行及安全至关重要,其主要分为高压电气设备、中低压电气设备、控制与保护系统及应急电源系统等。高压电气设备主要由主变压器、发电机等组成,担负着核反应发电经升压后输送给电网的任务。主变压器电压等级通常是500kV或者750kV,发电机功率范围从几百兆瓦到几千兆瓦。中低压的电气设备主要服务于核岛的内部电力供应系统,涵盖了配电柜、开关设备以及电缆系统,其电压范围从400V至6.6kV,为核岛的各个系统提供了必要的动力。控制与保护系统是通过电气运行状况进行监控来实现自动化控制及故障保护的,其关键设备主要有保护继电器和自动控制装置,能在设备过载和短路的故障情况下快速做出反应,保证系统的安全性。应急电源系统是处理突发事故的备用电源,一般包括柴油发电机组或者电池系统,以保证核电站意外断电的情况下,保持关键设备正常工作,确保反应堆安全停堆冷却。各种电气设备经过密切协调与合作,保证了核岛内电力系统可靠性与持续性,从而为核电站平稳运行提供了电力保障。

### 3. 核电站电气设备的特殊性

核电站电气设备有其显著特殊性,相对于传统电站设备而言,其不仅需要高可靠性,而且还要能在苛刻的环境条件中长时间稳定地工作。核电站运行环境比较复杂,主要有高温、高湿度及辐射,这就要求电气设备具有耐久性及安全性。核岛是核电站的心脏,其电气设备抗辐射性能特别关键,需要保证设备在辐射环境中能长时间维持电气性能稳定性。在此基础上,核电站对电

气设备安全性及故障容忍度有着极高的要求，任何电气设备出现故障都会影响到整个核电站安全运行的进程，因此，装置的设计与安装应充分考虑冗余与保护问题。核电站电气系统在防护与控制方面也较为复杂，其中涉及到多层次自动化控制与安全系统，需要设备具有较高电磁兼容与抗干扰能力。核电站电气设备安装与检修也需要严格按照国际及国内安全标准进行，以保证在各种应急情况下均能够稳定可靠运行，从而保证核电站安全高效运行。

## 二、核岛电气设备安装技术要点

### 1. 安装前的准备工作

核电站电气设备安装前期准备必须通过几个严格环节才能保证设备安装及运行符合高标准要求。设备选型是关键步骤，需要根据核电站设计参数，运行环境及技术规范选择出符合耐高温、高压、抗辐射特定条件下的电气设备，常用设计参数，例如设备额定电压、额定电流和绝缘等级必须满足相关标准才能保证设备在复杂工作条件下能长时间稳定工作。设备到齐以后，现场的验收环节非常关键，在验收时，要检查设备规格、型号是否符合合同要求，并检查在运输途中有无破损情况发生，必要时作绝缘电阻和耐压试验及其它现场测试来验证设备的性能。安装场地的规划与布置同样是其中关键的一个环节，核电站内空间比较有限，电气设备布置一定要合理才能方便后续运行，维修与保养。另外施工现场临时电源，吊装设备，通风与排水设施以及其他辅助设备都需要事先安排好，以确保安装过程顺利实施。布置时也需要严格遵守核电站有关安全标准如GB 50217《电力工程电缆设计规范》，以保证安装区安全规范。每一个准备环节都要有周密的计划与准确的实施，才能保证核电站电气设备的顺利安装，才能为之后的调试与运行奠定坚实的基础。

### 2. 安装工艺及流程

核电站电气设备的安装工艺及流程是一个高度精细和严格控制的过程，涉及到多个环节和技术要求。安装工艺开始于设备的吊装与定位，核电站内的大型电气设备，如变压器、开关柜和发电机等，往往重量较大，因此需要采用专业的吊装设备和技术。吊装过程中，设备的重心位置、吊装角度和吊索的受力分布都需要精准计算，以确保设备安全无损地运送至指定位置。定位时，设备必须按照设计图纸要求，精确地安装在指定基础上，允许的安装偏差通常为毫米级别，以确保电气设备的稳定性和与其他设备的匹配度。

接下来是设备的接线与调试，设备接线需要严格按照设计规范和接线图纸进行，不同电压等级的设备接线要求不同，如10kV及以上的高压设备需要特别注意接线端子的绝缘和相位标识。导线的选择和布置也非常关键，导线规格需根据电流大小选择，布线时应尽量减少电磁干扰，尤其在核电站这样对电磁兼容性要求极高的环境中。接线完成后进行调试，主要包括绝缘测试、耐压测试以及功能性测试，以确保设备在电气参数上符合设计要求。

设备的固定和接地也是安装流程中的关键环节，核电站的设备接地系统需要满足国家标准GB 50169的要求，确保每个设备都有可靠的接地，避免电气设备在运行过程中因绝缘失效或故障导致的电击、火灾等安全隐患。

### 3. 关键安装技术

核电站电气设备安装过程中涉及到一系列关键技术，对于确保复杂环境下设备长期可靠工作具有十分重要的意义。复杂环境中电气设备布置问题是最主要的技术之一，核电站内由于场地受限和设备较多，电气设备布置必须进行准确计算，本实用新型保证了不仅满足了装置之间电气间隙，而且便于后续维修与保养。对于具有10kV或更高电压级别的高压电气设备，例如开关柜和变压器，确保它们与附近设备之间有足够的距离是至关重要的。通常，这种安全距离会根据电压级别和设备的功率大小而有所不同，范围在几十厘米到几米之间。另外，还需要考虑到装置的散热情况，设计好安装地点后，要保证通风良好，热量管理到位，以免装置因为温度过高而影响使用寿命。

震动与辐射处理技术在核电站的安装过程中也成为了一个主要焦点问题。核电站核岛内部环境中可能存在微小震动及一定剂量辐射，电气设备须具有抗震、抗辐射等特性。在安装过程中，设备的固定基础需要特别加固，采用抗震支架和减震垫等结构，以抵御因核反应堆运转或外部自然环境（如地震）带来的震动影响。该装置抗辐射性能一般采用特制材料完成，在安装时需要保证这些材料包覆到位，尤其是电缆连接处、接线端子等关键部位，需增加屏蔽装置防止辐射使电气元件老化损坏。

另外，在安装阶段，设备的电磁兼容性（EMC）显得尤为关键，尤其是在核电站这种高度敏感的电磁环境下，电气设备之间的相互干扰必须被减少到最小程度。在布线时应应对高低压电缆走线路径进行合理安排，采取屏蔽电缆或者分隔布线等措施，避免高压电缆电磁干扰对低压控制系统正常工作造成影响。

### 三.核岛电气设备安装中的安全管理策略

#### 1.安装过程中的安全风险评估与控制

在对核岛电气设备进行安装时,安全风险的评估和控制非常关键,它涉及到很多方面的详细考虑和严格实施。安装过程的安全风险评估一般从设备、环境、人员和操作程序四个方面展开。在设备方面,风险主要集中在电气设备的性能和安装质量上,特别是在高压设备和重要控制系统的安装过程中,如果安装不当,可能会引发设备运行故障或电气事故。所以需要对该装置进行严格技术检测与质量验收以保证其达到设计要求与安全标准。环境因素在风险评估中同样占据着重要地位,主要有安装现场温湿度,电磁环境及外部干扰,都会对设备稳定性及可靠性产生影响。在核电站这类具有高安全要求环境下,也应特别注意安装时可能造成放射性污染的危险。在风险控制中,人员安全同样处于核心地位,参与安装者均须接受专业培训并熟知电气设备操作规范及应急处理措施,特别对于高压设备及复杂系统的加工,更需按照严格作业流程进行。另外,对进入施工区域权限也需要严格把控,以免不相关的人误闯危险区域。在操作程序上,需制定周密的施工方案与应急预案,对可能发生的设备故障,安装偏差与操作失误提前做好预防措施,并对施工期进行动态的风险评估和施工策略的适时调整。通过综合风险评估和严格控制措施,保证了核岛电气设备安装工艺在安全可控环境下顺利实施,有效地减少了可能存在的隐患。

#### 2.电气设备安装中的安全防护措施

在核岛的电气设备安装阶段,确保安全防护措施得到有效执行是至关重要的,这需要涵盖所有的安装步骤,以保障设备和工作人员的生命安全。施工现场首先要设置严密的安全防护区和醒目标志,以防未经许可者进入高危区域。对于安装高压电气设备,需要工人佩戴绝缘手套和绝缘鞋等必备防护装备,以免直接与带电设备接触或者误操作造成电击事故。尤其在高压设备的安装阶段,例如主变压器或高压开关柜,施工人员在接触这些设备之前,必须遵循特定的设备断电程序,保证全部停电后才能运行,有专人负责电压的检测与确认。

吊装作业在安装时同样存在着很大的风险。大型电气设备在吊装及运输过程中需采用特殊起重设备进行吊装,并且经过严格载荷测试及稳定性评估以保证吊装设备安全。实际运行时,也需要建立安全监控系统对吊装设备运行情况进行实时监测,以免由于设备故障或者操

作失误而发生坠落或者碰撞事故。特别适用于安装空间狭窄或者高空作业,要用安全带和安全绳作为防护工具以防人员高空跌落。

电缆敷设及接线作业时,需保证电缆绝缘性能好、敷设路径不受破坏、避免因电缆弯曲半径太小而造成过度损耗。敷设后必须做绝缘电阻测试及耐压测试以保证电缆的性能满足设计要求。同时工作场所要设置合理接地系统,尤其要注意潮湿或者导电环境下,以免漏电而导致意外。

为进一步强化安全防护工作,必须在安装期间定期开展安全巡检工作,以保证各项措施的连续有效实施,及时发现可能存在的问题。通过这些全方面的安全防护措施可以将安装时的危险降到最低,保证核岛电气设备的平稳、安全安装。

#### 结束语

核岛作为核电站的核心区域,电气设备的安装质量直接影响到整个核电站的安全运行和长期稳定性。无论是设备的选型、安装工艺,还是关键技术的运用,每一个环节都要求高度的精确和严格的执行。设备在高温、高压、辐射等特殊环境下的运行要求,决定了安装过程中必须采取特定的技术措施以保障其性能和安全性。本文对核岛电气设备安装的各个方面进行了系统的探讨和分析,不仅为核电站建设提供了理论支持,也为未来核电站电气设备安装技术的进一步优化提出了参考建议。随着核电技术的不断发展,电气设备的安装技术也将持续创新,为核电站的安全、高效运行提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]张翠兰.某核电站核岛电气设备布置设计及改进[J].河南科技,2023,42(13):47-51.
- [2]付明星,克磊,于海燕,等.中广核“华龙一号”核岛电气防火封堵有机硅材料应用要求[J].有机硅材料,2022,36(4):6.
- [3]陈昊.核电站大口径高密度聚乙烯HDPE管道安装,焊接探究[J].电气技术与经济,2023(6):296-299.
- [4]张喜林.S核电站设备监造质量评价研究[D].山东大学,2023.
- [5]张凤霖,童欣,胡北.核岛非稳态用户变风量系统设计方法及运行控制策略研究[J].暖通空调,2023,53(S02):294-298.