

# 核电厂调试期间电气边界管理

李国宝 余泳

华能海南昌江核电有限公司 海南 昌江黎族自治县 572732

**摘要:** 核电厂调试期间电气边界管理是一项关键任务,它涉及电气系统的安全划分、有效隔离及实时监控,对于保障电厂稳定运行至关重要。通过明确电气边界的划分原则与标识方法,实施严格的隔离措施与保护策略,以及建立高效的监控系统与记录机制,能够降低电气风险,提高调试效率。本文详细阐述了电气边界管理的具体实践及风险应对措施,旨在为核电厂调试期间的电气边界管理提供有益参考。

**关键词:** 核电厂; 调试期间; 电气边界管理

引言: 核电厂调试期间,电气边界管理扮演着举足轻重的角色。电气系统作为核电厂运行的核心,其安全性与稳定性直接关系到电厂的整体性能。电气边界管理旨在通过合理的划分、标识、隔离与监控措施,确保电气系统间的相互独立与安全运行,从而防止电气故障的发生与扩大。本文旨在深入探讨核电厂调试期间电气边界管理的关键要素与实践方法,为电厂的安全稳定运行提供有力保障。

## 1 电气边界管理的基本概念

### 1.1 定义电气边界及其管理范围

电气边界管理是核电厂调试期间极为关键的一个环节,它涉及到电厂电气系统的安全运行、调试工作的顺利进行以及工作人员的人身安全。深入理解和有效实施电气边界管理,对于保障核电厂的安全稳定具有重要意义。首先,我们来定义电气边界。在核电厂中,电气边界是指将不同电气系统、设备或区域进行分隔的物理或逻辑界限。这些边界的设置旨在防止未经授权的电气连接或干扰,保证各个系统和设备的正常运行。电气边界管理则是对这些边界进行有效监控、控制和保护的一系列活动和措施。电气边界的管理范围广泛,涵盖了核电厂内的所有电气系统、设备和相关区域。这包括但不限于主电系统、辅助电系统、控制系统以及各种电气设备间的接口。此外,随着技术的不断进步和核电厂规模的扩大,电气边界管理还需要考虑到新的电气系统、设备和技术的引入,确保它们与现有系统的兼容性和安全性。

### 1.2 电气边界管理的主要目标

(1) 确保电气系统的安全稳定运行。通过明确电气边界,可以有效防止误操作、误连接等导致的事故,保障电气系统的正常功能。(2) 提高调试工作的效率和质量。电气边界管理有助于规范调试工作流程,减少调试过程中的错误和遗漏,提高调试工作的准确性和可靠

性。(3) 保障工作人员的人身安全。通过合理的电气边界设置和管理,可以减少工作人员接触潜在危险源的机会,降低事故发生的可能性。

### 1.3 为了实现这些目标,电气边界管理的主要任务

(1) 制定电气边界管理制度和规范。明确电气边界的划分原则、标识方法、隔离措施等,为管理工作提供指导。(2) 实施电气边界的日常监控和维护。定期检查电气边界的状态和完整性,及时发现和处理潜在问题,确保边界的有效性。(3) 加强人员培训和管理。提高工作人员对电气边界管理的认识和技能水平,增强他们的安全意识和责任意识。(4) 持续改进和优化电气边界管理。根据核电厂的实际运行情况和经验反馈,不断优化电气边界的设置和管理措施,提高管理的科学性和有效性。

## 2 核电厂调试期间电气边界管理的具体实践

### 2.1 电气边界的划分与标识

在核电厂调试期间,电气边界的划分与标识是电气边界管理的首要任务,它们直接关系到电厂电气系统的安全稳定运行和调试工作的顺利进行。(1) 电气边界的划分是一项系统性、科学性的工作。其划分原则主要基于电气系统的功能、结构以及安全需求。功能划分是根据电气系统所承担的不同任务,将其划分为不同的区域或层次,以便于管理和控制。结构划分则是根据电气设备的布置和连接关系,确定电气边界的物理位置。安全需求划分则是从安全角度出发,考虑电气系统可能面临的风险,制定相应的电气边界划分策略。(2) 在划分电气边界时,还需充分考虑电厂的实际运行情况和调试需求。电厂的运行状态、设备配置、调试进度等因素都会对电气边界的划分产生影响。因此,在划分电气边界时,需要综合考虑这些因素,确保划分的电气边界既符合安全要求,又便于调试工作的进行。(3) 电气边界的标识是划分工作的延伸和补充。标识的主要目的是

清晰地表明电气边界的位置和范围,防止误操作、误连接等事故的发生。标识方法多种多样,可以采用颜色、文字、符号等多种方式。颜色标识通常用于区分不同的电气区域或层次,使工作人员能够一目了然地了解电气系统的结构。文字标识则用于注明电气边界的名称、编号、功能等信息,方便工作人员进行识别和操作。符号标识则用于表示电气设备的状态、指示等信息,帮助工作人员快速了解设备运行情况。在标识过程中,需要注意标识的清晰、醒目和持久性。标识应清晰明了,避免产生歧义或误解。同时,标识应醒目突出,能够吸引工作人员的注意力,防止因疏忽大意而导致的安全事故。此外,标识还应具有持久性,能够经受住时间、环境等因素的考验,保持其有效性。为了确保标识的完好有效,还需定期对标识进行检查和维护。检查内容包括标识的完整性、清晰度、准确性等方面<sup>[1]</sup>。对于发现的问题或损坏的标识,应及时进行修复或更换,确保标识始终处于良好状态。

## 2.2 电气边界的隔离与保护

在核电厂调试期间,电气边界的隔离与保护工作是确保电气系统安全稳定运行的关键环节。隔离措施旨在防止电气系统间的相互干扰,保护人员安全,而保护装置则用于预防电气故障的发生并减少其潜在影响。(1) 隔离是电气边界管理中至关重要的一步。物理隔离主要通过使用开关、断路器等设备来实现电气系统间的直接断开。这些设备在需要时能够迅速切断电气连接,防止电流或电压的相互传递,从而确保不同电气系统间的独立性。逻辑隔离则侧重于信息层面的隔离,通过软件或硬件手段确保不同电气系统间的信息不互相干扰。这包括使用防火墙、数据加密等技术手段,防止电气系统间的信息泄露或被非法访问。(2) 除了隔离措施外,对电气边界的保护同样不可或缺。保护装置的选择需要紧密结合电气系统的特性、可能发生的故障类型以及保护的具体要求。例如,过流保护装置能够在电流超过设定值时迅速切断电路,防止设备过热或损坏;过压和欠压保护装置则能够在电压异常时启动保护机制,确保电气系统的稳定运行。这些保护装置不仅能够在故障发生时提供及时的保护,还能通过预警机制提前发现潜在风险,为工作人员提供足够的反应时间。(3) 保护策略的制定同样关键。策略的制定应基于对电气系统深入的理解和丰富的实践经验,确保在发生故障时能够迅速、准确地响应。例如,可以制定多层级的保护策略,根据故障的严重程度和影响范围采取不同的保护措施。同时,保护策略还应考虑到系统的冗余性和可靠性,确保在保护

装置本身发生故障时仍能提供基本的保护功能。此外,随着技术的发展和电厂规模的扩大,电气边界的隔离与保护也面临着新的挑战 and 机遇。新的隔离技术和保护设备不断涌现,为电厂的安全运行提供了更多的选择。同时,智能化和自动化的趋势也为电气边界管理带来了新的思路和方法。

## 2.3 电气边界的监控与记录

在核电厂调试期间,电气边界的监控与记录是保障电气系统安全稳定运行的重要措施。通过有效的监控,能够实时掌握电气边界的状态和参数,及时发现并处理潜在的安全隐患;而完整的记录则有助于追溯和分析电气边界管理的历史数据,为优化管理策略提供有力支持。(1) 电气边界的监控是确保电气系统安全运行的关键环节。监控系统应能够实时监测电气边界的状态和参数,包括但不限于电压、电流、温度等关键指标。通过实时监测,可以及时发现电气边界的异常状态,如电压波动、电流过载等,从而迅速采取措施进行处理,防止故障扩大。此外,监控系统还应具备报警功能,当电气边界出现异常时,能够自动触发报警机制,通过声音、光闪等方式提醒工作人员注意,确保安全隐患得到及时处理。(2) 为了确保监控系统的有效运行,需要定期对其进行检查和维护。检查内容包括传感器的灵敏度、准确性,数据传输的稳定性等,确保监控系统能够准确、及时地反映电气边界的实际情况。同时,还需对监控数据进行定期分析和评估,从中发现潜在的安全隐患和管理漏洞,为优化管理策略提供依据。(3) 除了监控外,电气边界的管理和调试过程也需要进行详细的记录。记录内容应涵盖电气边界的划分、标识、隔离、保护以及监控等各个环节的信息。记录要求准确、完整、可追溯,能够真实反映电气边界管理的实际情况。通过记录,可以追溯电气边界管理的历史数据,分析管理策略的有效性,为后续的改进提供依据。同时,记录还有助于在出现故障或事故时,快速定位问题原因,采取有效的应对措施。(4) 为了实现高效的监控与记录,可以采用现代化的信息技术手段。例如,建立电气边界管理的信息化平台,将监控数据、记录信息等集成到平台中,实现数据的集中存储、查询和分析<sup>[2]</sup>。通过信息化平台,可以更加方便地对电气边界进行管理和监控,提高工作效率和管理水平。

## 3 电气边界管理的风险与应对措施

### 3.1 识别电气边界管理的主要风险

在核电厂调试期间,电气边界管理是一个复杂且关键的过程,涉及多个层面和环节,其安全性直接关系到

电厂的整体运行稳定性和人员安全。因此,识别电气边界管理的主要风险,并制定相应的应对措施与预案,显得尤为重要。(1)电气边界划分不明确或标识不清晰是电气边界管理中一个显著的风险点。由于核电厂电气系统复杂,设备众多,若电气边界划分不够明确或标识不够清晰,极易导致操作人员在调试或维护过程中发生误操作、误连接等事故。这种误操作不仅可能损坏设备,更可能对整个电气系统的稳定运行造成威胁,甚至可能引发连锁反应,导致更严重的后果。(2)电气边界隔离和保护措施不到位是另一个重要的风险源。隔离和保护措施是防止电气故障扩散、保障人员安全的关键手段。若这些措施不到位,一旦发生电气故障,故障电流或电压可能得不到有效控制,进而对相邻设备或系统造成损害。此外,若保护措施设置不当或反应不及时,也可能导致故障扩大,甚至引发火灾、爆炸等严重安全事故。

(3)监控系统的失效或记录不完整同样不容忽视。监控系统是实时掌握电气边界状态、及时发现潜在风险的重要工具。若监控系统失效,将无法实时监测电气边界的状态和参数,从而无法及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,若记录不完整或缺失,将无法追溯电气边界管理的历史数据,无法分析管理策略的有效性,也无法在出现故障或事故时快速定位问题原因。

### 3.2 制定风险应对措施与预案

针对电气边界管理中可能出现的风险,我们必须制定一系列切实有效的应对措施与预案,以确保核电厂的安全稳定运行。(1)针对电气边界划分和标识不明确的风险,我们应制定详细的划分标准和标识规范。这些标准和规范应明确电气边界的界定原则、标识方法以及使用标准,确保每一个电气边界都能够清晰、准确地被标识出来。同时,我们还应加强操作人员的培训,让他们深入理解并熟练掌握这些标准和规范,以避免因误操作而导致的风险。(2)对于电气边界隔离和保护措施不到位的风险,我们需要选用质量可靠、性能稳定的隔离设备和保护装置。这些设备应经过严格的测试和验证,确

保其能够在各种极端条件下正常工作。此外,我们还应定期对这些设备进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态。同时,针对可能出现的电气故障,我们还应制定详细的应急预案,包括故障的发现、报告、处置和恢复等各个环节,确保故障能够得到及时、有效的处理。

(3)对于监控系统的失效或记录不完整的风险,我们应建立完善的监控系统和记录机制。监控系统应能够实时监测电气边界的状态和参数,一旦发现异常应立即发出警报。同时,记录机制应确保所有与电气边界管理相关的信息都能够被完整、准确地记录下来,以便后续的分析 and 追溯<sup>[3]</sup>。此外,我们还应定期对监控系统和记录机制进行检查和评估,确保其正常运行和有效性。除了上述具体的应对措施外,我们还应建立风险管理的长效机制。这包括定期进行风险评估和审查,及时识别和消除潜在的风险;加强与相关部门的沟通和协作,共同推进电气边界管理的改进和优化;以及开展应急演练和培训,提高操作人员在紧急情况下的应对能力和协作水平。

### 结束语

核电厂调试期间电气边界管理是一项至关重要的工作,它直接关系到电厂的安全、稳定运行和人员的安全。通过严格的电气边界划分、标识、隔离、保护以及监控和记录等措施,我们能够有效地降低电气系统潜在的风险,提高电厂的运行效率。然而,电气边界管理并非一蹴而就,需要我们在实践中不断探索、优化和完善。未来,随着核电技术的不断进步和电厂规模的不断扩大,电气边界管理将面临新的挑战 and 机遇。我们将继续努力,为核电厂的安全稳定运行贡献智慧和力量。

### 参考文献

- [1]许礼伦,张德亮.核电厂建安向调试移交过程中的边界控制[J].浙江水利水电学报,2019,26(3):56-58.
- [2]陈建强.核电厂电气边界在线监测与智能预警系统设计[J].电气工程学报,2020,38(1):184-192.
- [3]张晓冬.核电厂电气边界状态量在线监测方法研究[J].原子能科学技术,2021,50(6):115-116.