核电站电气贯穿件电缆端接质量控制策略

Quality Control Strategy for Cable Termination of Electrical Penetrations in Nuclear Power Plants

胡剑

Jian Hu

中核霞浦核电有限公司 中国·福建 宁德 355100

CNNC Xiapu Nuclear Power Co. Ltd., Ningde, Fujian, 355100, China

摘 要: 为了提高电缆端接施工的整体质量,技术人员必须针对施工各个工序进行有效控制,实行相应的质量控制策略,有效地减少质量安全问题的出现,为核电站项目运行的安全性、稳定性提供保障。

Abstract: In order to improve the overall quality of cable termination construction, technical personnel must effectively control each construction process, implement corresponding quality control strategy, effectively reduce the occurrence of quality and safety problems, and provide guarantee for the safety and stability of nuclear power plant project operation.

关键词: 核电站;电气贯穿件电缆端接;质量控制

Keywords: nuclear power plant; cable termination for electrical penetrations; quality control

DOI: 10.36012/peti.v2i3.2059

1 引言

在现代化社会的发展中,人民群众越来越关注安全问题,为了确保核电站始终处于安全、稳定的运行状态,技术人员必须做好电气贯穿件电缆端接工作,其作业空间相对较小,在施工质量控制中遇到很多难题,直接关系着核电站运行的安全性。基于此,本文介绍了核电站电气贯穿件电缆端接施工特点,分析了核电站电气贯穿件电缆端接常见故障及改进方法,并针对核电站电气贯穿件电缆端接质量控制策略进行了研究。

2 核电站电气贯穿件电缆端接施工特点

核电站电气贯穿件一般需要接入大量电缆,尤其是信号贯穿件中需要接入 100 根以上的电缆,将其从电缆桥架、导管出口开始到贯穿件中,并针对全过程的各个路径进行封闭,这就需要大量的桥架、导管作为支持,为实际施工带来了很大难题^[1]。中压贯穿件的接线箱空间相对较小,接线端子和接线箱外壳不会预留很大距离。由于爬电距离比较小,很难满足实际要求,且外部电缆和铜鼻子压接后,局部会出现尖角、毛刺等问题,这样在绝缘胶带热缩压力后,会出现刺破问

题,严重影响绝缘性。并且,贯穿件的内部空间相对较小,在电缆施工中会碰到完成热缩的热缩胶带,甚至出现刺破绝缘胶带的问题,电气贯穿件中的馈通间距相对较小,馈通端部安装接线鼻子后,2 个接线鼻子需要预留 8mm,这样就会减小热缩套管等作业空间,为施工带来很大难题。同时,在贯穿件馈通末端,会预留 1 个螺纹套管,将其分开后前半部分套管会出现螺纹,这时拧入馈通,而后半部分套管不会出现螺纹,需要将 30cm 长的线芯压接到上面,随后线芯另一端和接线鼻子压接,随后对接外部电缆,为了避免螺纹套管出现松动问题,一般需要将一个螺母拧在套管端部,但由于馈通上螺母、螺母间距相对较小,很难有效地进行力矩验证。

3 核电站电气贯穿件电缆端接常见故障及改进

3.1 中间量程电缆插头陶瓷绝缘层破损

3.1.1 RPN 中间量程

RPN 中间量程的测量路线都是独立存在的,一般由 2 条测量路线构成,如 RPN013MA、RPN023MA,各个路线都会连接到中子探测器中,RPN023MA 属于涂硼 γ 补偿电离室,提供反应堆在堆功率建立过程中的中子计数率,测量范围是

【作者简介】胡剑(1976~),男,浙江金华人,工程师,从事核电行业设备管理研究。

$2 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10} \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。RPN 系统适用于主管道大破口位置,其重点是在核岛内部使用 1E 级 K1 类矿物质电缆,同轴电缆插头、电缆属于一个整体,插头内部绝缘层普遍选择陶瓷材料,避免电缆绝缘值下降,提高其密封功能、防腐蚀功能。

3.1.2 电缆插头陶瓷绝缘层破损

中国某核电站 1 号机组在安装、调试过程中,极易出现 RPN 中间量程测量电缆插头陶瓷绝缘层破损问题,一般中间量程测量通道核岛中有 8 根测量电缆,在进行 5 次插拔操作的情况下,会出现 7 处 RPN 电缆插头陶瓷绝缘层破损问题。图 1 是中间量程同轴电缆插头陶瓷绝缘层出现明显破损,图 2 是与电缆插头配套的贯穿件同轴连接器插座。

图 1 电缆插头绝缘破损 图 2 同轴连接器插座

3.2 源量程馈通线特性阻抗超差

3.2.1 RPN 源量程

RPN 源量程的测量路线相同,但是独立存在的,如 RPN014MA 和 RPN024MA,其适用于反应堆换料、装料启动和临界阶段,探测器属于涂硼正比计数器,可以提供反应堆停堆状态、初始起堆情况下的中子计数率,测量范围约 6 个数量级 $[0.1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5 \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})]$,相当于堆功率从 $10^{-4}\% \text{FP} \sim 10^{-3}\% \text{FP}$ 。

3.2.2 馈通线特性阻抗超差

中国某核电站 3 号机 RPN 系统进行源量程通道反射计试验验证回路连续性能的过程中,反射计曲线在贯穿件位置出现了一定的凸起现象,这时测量贯穿件源量程馈通线阻抗是 58Ω ,高于传统机组数值,而 RPN 系统设备生产商要求源量程通道测量电缆阻抗范围一般在 $45 \sim 55\Omega$ 之间,导致贯穿件源量程馈通线特性阻抗和连接测量电缆阻抗不相符。

3.3 核电站电气贯穿件电缆端接常见故障的改进

为了有效地改进核电站电气贯穿件电缆端接常见故障,相关部门需要做好以下工作:首先,标准化。明确、细化各项关键的技术参数,如规定 RPN 电气贯穿件源量程同轴馈线特性阻抗、公差标准。其次,控制精准。制造厂可以适当增加 RNP 电气贯穿件源量程馈通线特性阻抗出厂检测报告,加强

对现场检测项目的有效设计。最后,执行严苛。相关人员需要强化制造、安装、调试全过程的质量控制,必须满足各项标准要求,还需要积极借鉴现场经验,针对各项产品进行优化,提高设计接口交换质量,确保各项内容满足要求。

4 核电站电气贯穿件电缆端接质量控制策略

4.1 电缆端接前质量控制

在电缆端接之前,需要针对电气贯穿件进行认真检查,其主要原因是贯穿件可以将安全壳内外贯通,且数量比较多,根据电气贯穿件、电缆桥架位置明确预留的电缆长度,在电气贯穿件内检查馈通电缆过程中,应认真核对图纸,观察电缆损坏、电缆外皮破损问题。同时,在盖板开孔过程中,相关人员需要根据电气贯穿件类型,明确电缆弯曲半径要求,确保开孔位置的准确性。在固定电缆支撑之前,需要先敷设电缆,随后测量电缆长度,在支撑上固定电缆,这一方法适用于控制类电缆、信号类电缆固定中。

4.2 电缆端接质量控制

在选择电缆材料的过程中,技术人员需要将电缆进线位置作为依据,合理地选择 45° 端子、 90° 端子,在接线箱内部需要选择不同的进线方式,在实际施工中充分考虑后续馈通连接空间、电缆进线方式、电缆弯曲半径。除此之外,电缆端子连接螺栓的过程中,力矩值必须满足实际要求,避免螺栓中出现压接不紧问题。

4.3 电缆端接后的质量控制

在电缆端接施工过程中,技术人员做好热缩后,热缩套管会覆盖电缆号码管,影响核查工作的实施,这就需要认真检查电缆号码管、馈通,严格按照土质核实每根电缆线芯号、馈通好,避免出现号码错误问题。

5 结语

综上所述,核电站电气贯穿件安装质量是核电站中的关键,直接连接核岛内外,减少核电站中核事故的发生。电气贯穿件涉及多方面内容,如测量、起重、电气、焊接、探伤等,各个工种是相互协调的,任何一个环节都会对贯穿件安装质量带来一定的影响,相关人员必须进行跟踪调查,提高核电站电气贯穿件电缆端接质量。

参考文献

- [1] 郭伟.核电站电气贯穿件电缆端接质量控制[J].城市建设理论(电子版),2017(28):101.