

建筑电气系统的可靠性与故障诊断方法

安慧芳

河北首建工程管理有限公司

摘要：电气系统作为建筑工程的重要组成部分，其对于建筑功能的顺利实现具有决定性的影响，这就需要不断提高建筑电气系统的可靠性。本文对建筑电气系统的可靠性进行了一定论述，在此基础上，进一步探讨了建筑电气系统的故障诊断方法，并结合建筑电气系统的特点，提出了针对性的维护和预防措施，进而为实现电气系统的安全运行创造有利条件。

关键词：建筑；电气系统；可靠性；故障诊断

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.040

一、前言

建筑电气系统在现代社会中扮演着至关重要的角色，为建筑物提供了稳定的电力供应，支持了各种电气设备和系统的运行。然而，电气系统的可靠性问题一直备受关注，因为故障可能导致严重的安全隐患、生产中断和经济损失。因此，进行建筑电气系统的可靠性与故障诊断方法研究具有十分重要的现实意义。

二、建筑电气系统的可靠性分析

（一）可靠性概念

建筑电气系统的可靠性是指在规定的使用条件下，系统正常运行和提供所需电力的能力。可靠性是一个关键性能指标，直接影响到建筑电气系统的安全性、稳定性和可维护性。可靠性通常以可用性、可靠性和维护性三个方面来评估。可用性是指系统在需要时可用的时间比例，可靠性是指系统在规定时间内无故障运行的能力，维护性则是指系统发生故障后修复的效率和成本。

（二）可靠性的影响因素

（1）设备质量和可靠性，电气系统中的设备质量直接关系到整体可靠性。优质的电缆、开关、电路断路器等设备能够降低故障率，提高系统可用性。

（2）环境条件，建筑电气系统通常在不同的环境条件下运行，如高温、低温、潮湿或腐蚀性环境。这些条件可以影响设备的性能和寿命，因此需要特别考虑。

（3）维护和保养，定期的维护和保养对于保持电气系统的可靠性至关重要。良好的维护实践可以帮助早期发现潜在问题，减少故障发生的可能性。

（4）设计和安装质量，系统的设计和安装质量直接影响了其可靠性。正确的电气系统设计和专业的安装可以减少故障和火灾的风险。

（5）运行负荷，电气系统的运行负荷对其可靠性有重要影响。超负荷运行可能导致设备过热、电压下降等问题，从而增加了故障的风险^[1]。

（三）可靠性评估方法

（1）故障率和失效率分析

故障率是指在一定时间内系统或组件发生故障的概

率，通常以每小时或每百万小时的故障次数来表示。失效率则是指在一段时间内系统或组件失效的速率，通常以每小时或每百万小时的失效次数来表示。

故障率和失效率分析的关键是收集和分析历史数据，包括设备的维护记录、故障事件和失效数据。通过对这些数据的分析，可以确定系统或组件的故障模式和趋势，识别潜在的故障原因，进而采取预防措施。例如，如果某一类型的故障在特定条件下频繁发生，可以考虑改进设计或增加维护频率来降低故障率。故障率和失效率分析还可以用于制定维护计划和替换策略。通过了解系统或组件的故障率和失效率，可以预测它们的寿命和可用性，从而合理安排维护工作和替换部件，以降低系统的停机时间和维护成本。

（2）可用性分析

可用性分析关注系统在需要时可供使用的时间比例，通常以百分比表示。可用性分析考虑了系统的维护、修复和停机时间，从而更全面地评估了系统的性能。在可用性分析中，首先需要计算系统的总运行时间和总停机时间。总运行时间是指系统在规定时间内能够正常运行的总时间，而总停机时间则包括了维护、修复和不可预测的停机时间。然后，通过以下公式计算可用性：

$$\text{可用性 (Availability)} = \left(\frac{\text{总运行时间}}{\text{总运行时间} + \text{总停机时间}} \right) \times 100\%$$

可用性的值通常在0%到100%之间，表示系统的可靠性水平。较高的可用性意味着系统在大部分时间内都能够正常运行，而较低的可用性则可能表明系统需要更多的维护和修复工作。通过可用性分析，系统管理员和工程师可以更好地了解系统的运行情况，帮助他们优化维护计划、降低停机时间，并提高建筑电气系统的可靠性。

（3）FMEA（故障模式和影响分析）方法

FMEA（故障模式和影响分析）通过系统地识别、评估和优化潜在故障模式，帮助预防和降低系统故障的发生概率。FMEA的过程通常包括以下步骤：

首先是识别潜在故障模式，团队首先收集建筑电气系统的相关信息，然后识别可能存在的故障模式，包括设备故障、电路短路、电压波动等。针对每种故障模式，团队评估其可能的影响，包括安全性、可用性、维护成本等方面。这有助于确定哪些故障模式可能对系统性能产生重大影响。其次，评估故障的发生概率，团队分析每种故障模式的发生概率，考虑设备质量、运行条件和维护历史等因素。通过将影响程度和发生概率相乘，可以计算出每种故障模式的风险优先级。这有助于确定哪些故障应该优先处理。最后，制定改进计划，基

于风险优先级，团队可以制定改进计划，包括改进设备质量、加强维护措施、提高系统可用性等^[2]。

三、建筑电气系统的故障诊断方法

(一) 常见的电气系统故障类型

建筑电气系统可能会遇到各种不同类型的故障，这些故障会影响系统的正常运行和性能。常见的电气系统故障类型包括：

(1) 电路短路，电路短路是电流在规定路径之外流动的情况，通常是由于电线或电缆之间的绝缘损坏或设备故障引起的。电路短路可能导致电路过载、设备损坏甚至火灾。

(2) 电路开路，电路开路是指电流无法在电路中形成完整的路径，通常是由断线、断路器跳闸或连接不良引起的。电路开路会导致设备失去电源，无法正常工作。

(3) 电压波动，电压波动是指电压在短时间内发生大幅度的变化，可能是由于电源不稳定、设备启动或突发故障引起的。电压波动可能导致设备损坏或不稳定的性能。

(4) 过载，过载是指电路或设备承受超过其额定电流容量的电流负荷。过载可能导致电路过热、设备损坏以及电源不稳定。

(5) 地线故障，地线故障是指接地线（地线）损坏或断开，这可能导致设备不受保护，电流无法有效地返回地，增加了触电风险。

(二) 传统的故障诊断方法

(1) 视觉检查和检测

视觉检查和检测涉及对电气设备和电路的外部 and 内部进行目视检查，以寻找任何可见的问题或异常。

首先，对设备外部的检查。维修人员会仔细检查电气设备的外观，寻找是否有明显的损坏、腐蚀、磨损或松动的部件。他们会检查电缆、插头、开关、断路器和接线盒等元件，以确保它们没有可见的物理损坏或连接问题。其次，内部检查。如果需要，维修人员可以打开设备外壳，进一步检查内部组件。这包括检查电路板、继电器、电容器、电感器和电阻器等元件，以查看是否有明显的损坏、过热或烧焦的迹象。内部检查还可以帮助确定是否有松动的连接、焊点问题或元件短路。最后，维修人员还会检查设备的标识和电气图纸，以确保设备的连接和配置与设计一致。他们会查看设备的额定电压、电流和功率等参数，以确保设备正常工作在适当的范围内。

(2) 测试仪器的使用

在传统的建筑电气系统故障诊断方法中，使用各种测试仪器是至关重要的步骤。这些仪器能够帮助电气工程师或维修人员识别和定位故障，确保系统的正常运行。以下是一些常用的测试仪器及其使用方法：

首先，万用表是一种多功能测试仪器，可用于测量电压、电流和电阻等电气参数。通过连接到电路中的不同点，可以确定是否存在电路短路、电路开路或电压异

常等问题。其次，示波器用于观察电压和电流信号的波形。它可以帮助识别电路中的快速变化或波形畸变，这对于故障诊断非常有帮助。示波器还可以用于检测电路中的频率和相位关系。再次，电流钳是一种非接触式测量电流的工具。它可以夹在电线上，而无须中断电路，从而可以安全地测量电流值。电流钳通常用于检测过载或电流不平衡。最后，电压探头可用于测量电路中的电压值。它们通常与示波器或多用途测试仪器一起使用。电压探头的选择应根据所需的测量范围和精度进行。

(3) 数据记录和分析

首先，数据采集。为了进行数据记录和分析，需要安装合适的传感器和监测设备，以实时监测电气系统的运行情况。这些设备可以测量电流、电压、功率因数、温度、湿度等参数。数据采集设备将定期记录这些数据，并将其存储在电脑或数据记录仪中。其次，数据分析。一旦数据被采集，维修人员可以使用特定的软件工具来分析这些数据。他们可以检查数据是否处于正常范围内，是否有异常或波动。通过比较实际数据与理论或额定数据，可以确定是否存在潜在的问题或故障。例如，电流异常升高可能表明电路中存在短路或负载问题，而电压波动可能表明电源问题。再次，问题识别和诊断。一旦发现异常或问题，维修人员可以根据数据分析的结果来确定问题的具体性质和位置。例如，如果电流异常升高，他们可以进一步检查相关电路和设备，以找到导致问题的具体元件或连接。最后，维修和维护。一旦故障或问题被确认，维修人员可以采取适当的措施来修复电气系统。这可能包括更换损坏的元件、修复连接问题、调整设备或重新配置电路^[3]。

(三) 先进的故障诊断技术

(1) 智能传感器和监测系统

智能传感器和监测系统利用先进的传感器和监测设备来实时监测电气系统的运行状况，并通过数据分析和自动化算法来识别和诊断潜在的故障或问题。智能传感器通常可以测量多种参数，如电流、电压、温度、湿度、振动等，而且可以在实时或定期的基础上记录和传输数据。这些传感器可以安装在电气设备、电缆、断路器、变压器等关键位置，以全面监测系统的各个方面。

监测系统则将传感器收集的数据传输到中央控制系统或云服务器，通过数据分析和算法来检测异常或趋势。如果系统检测到任何与正常运行不符的情况，如电流过高、电压波动或设备振动异常，它将发出警报并生成报告，通知维修人员或操作员。这使得问题可以及早发现并采取措施来避免设备故障或系统中断。

智能传感器和监测系统具有以下优势：首先，它们能够提供实时的、准确的数据，帮助维修人员迅速做出决策。其次，它们可以降低维护成本，因为问题可以在更早的阶段解决，避免了昂贵的紧急维修。最后外，它们可以提高电气系统的可用性和可靠性，延长设备寿命，提高系统的性能和效率。

(2) 数据分析和机器学习应用

数据分析和机器学习的应用利用先进的数据分析技术和机器学习算法来处理大量的电气系统数据，以检测潜在的故障模式和异常行为。

数据分析和机器学习应用可以对电气系统的历史数据进行深入分析，识别出不同参数之间的关联和模式。通过建立模型和算法，系统可以学习正常运行状态和异常情况之间的差异，进而能够在实时监测中检测到潜在的问题。这种方法可以用于各种类型的电气设备，包括发电机、电缆、变压器和开关设备等。一旦数据分析和机器学习系统检测到异常，它们可以发出警报，通知相关人员或自动采取措施，例如切断电源或调整设备运行参数。这有助于及早发现问题并采取预防措施，从而降低系统故障和停机的风险。此外，数据分析和机器学习应用还可以提供更深层次的洞察，帮助电气工程师了解系统性能、趋势和可能的改进点。通过分析大量的数据，系统可以生成有关电气系统健康和性能的详细报告，以指导维护和优化决策。

(3) 故障预测和远程监控

故障预测和远程监控涵盖了多个方面，包括使用传感器和监控设备来实时监测电气系统的运行状态和性能。通过实时数据收集和分析，系统能够预测可能的故障，并采取措​​施来减少或消除潜在问题。故障预测和远程监控通常使用网络连接来远程访问电气系统的数据。这意味着工程师和维护人员可以随时远程监视系统的运行状况，无须亲临现场。这对于大型建筑和分布式电气系统特别有用，因为它们可以实现集中管理和监控。

当系统检测到潜在问题或异常时，它可以自动发送警报或通知相关人员。这种迅速的响应可以帮助减少系统故障的风险，并在问题发生之前采取必要的维护措施^[4]。

四、建筑电气系统的维护和预防措施

(一) 定期维护和保养

在建筑电气系统中，各种设备和组件都需要定期的检查和保养，以确保其正常运行和长期性能。

定期维护包括定期检查电气设备、电缆和连接、开关和断路器、电力配电系统以及其他相关组件。这些检查可以识别出潜在的问题，例如磨损、腐蚀、松动的连接或电缆损坏。一旦发现问题，就可以采取适当的维修措施，以防止更严重的故障。定期维护还包括清洁和保养电气设备，以确保其保持良好的工作条件。这包括清除灰尘、杂物和油污，检查冷却系统和通风系统的有效性，并确保设备的绝缘材料没有受损。定期维护还涉及记录设备的性能数据和维护历史，以建立维护计划和监测系统性能的趋势。这有助于预测潜在的故障，并制定更有效的维护策略。

(二) 预防性维护策略

首先，建筑电气系统的预防性维护策略包括定期的检查和测试。这包括定期检查电线和电缆的状态，以确保它们没有磨损、断裂或损坏。同时，还应定期测试开关和断路器的性能，以确保它们能够正常断开电路，

以防止过载或短路。其次，预防性维护还包括定期的清洁和保养。电气设备和连接应定期清除灰尘、污垢和杂物，以确保它们能够正常运行。维护人员还应检查冷却系统和通风系统，以确保它们有效运行，以防止过热。再次，预防性维护策略还包括了定期更换老化或损坏的部件和设备。这可以防止老化或磨损的设备引发故障，从而提高系统的可靠性。最后，建筑电气系统的预防性维护还包括定期的培训和教育。维护人员应接受培训，以了解最新的安全标准和最佳实践，以及如何正确地进行维护和检修工作^[5]。

(三) 使用合适的备件和材料

首先，维护人员应始终使用原厂或符合标准规范的备件。这些备件经过严格的测试和认证，与原始设备的性能和规格相匹配，因此可以确保系统的正常运行。使用不合格或劣质的备件可能会导致故障，甚至危及安全。其次，考虑到建筑电气系统的特殊性质，维护人员还应选择适用于特定环境和应用的材料。例如，在潮湿或腐蚀性环境中，应选择防水、防腐蚀的材料，以延长设备的寿命。此外，维护人员还应注意材料的耐热性、耐压性等特性，以确保其在系统运行过程中能够稳定工作。再次，建筑电气系统的维护人员还应定期检查备件的库存和存储条件。备件的存储条件直接影响其性能和寿命。维护人员应确保备件存放在干燥、通风、避免直接阳光照射的地方，避免损坏或劣化。最后，对于常用备件，维护人员应建立备件清单和跟踪系统，确保备件的及时供应和更换。这可以帮助降低维修和维护的停机时间，提高系统的可靠性。

五、结语

综上所述，电气系统是建筑工程不可或缺的组成部分，其直接关系到建筑物的安全和可持续运行。在未来的研究和实践中，需要不断探索新的技术和方法，提高电气系统管理的智能化水平，以确保建筑电气系统的可靠性和安全性。只有这样，才能为建筑行业的可持续发展和建筑安全做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 章安. 建筑电气系统故障诊断及其问题解决[J]. 光源与照明, 2023, (01): 183-185.
- [2] 郭明娟. 建筑电气中断路器智能故障诊断系统[J]. 智能城市, 2023, 9(01): 75-77.
- [3] 贞杰. 故障诊断技术及监测方法在建筑电气系统上的应用[J]. 科学技术创新, 2023, (03): 181-184.
- [4] 崔小飞, 罗磊, 白青松. 建筑电气系统故障检测研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, (11): 153-155.
- [5] 马曙光. 故障诊断技术及监测方法在建筑电气系统上的应用[J]. 科学技术创新, 2022, (15): 177-180.

作者简介: 安慧芳(1982.10-), 女, 汉, 河北唐山山人, 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 工程技术。