

220千伏多回电缆温度场分布及通风优化

孟 辉

浙江大有实业有限公司电缆工程分公司 浙江 杭州 310000

摘要：深入研究了220千伏多回电缆温度场分布与通风优化方案的实际应用。电缆温度对电力系统的稳定运行至关重要，影响因素众多，现有分析方法各异。探讨了自然通风与局部强制通风、智能温控通风等优化方案，并通过案例分析验证其有效性。优化后方案显著降低电缆最高温度，提高温度场均匀性，大幅减少故障率。研究结果为电缆通风设计与优化提供支持，有助于提升电力系统稳定性和可靠性。

关键词：220千伏；多回电缆温度；通风优化

1 电缆线路温度对线路安全稳定运行的意义

电缆线路温度对线路安全稳定运行具有至关重要的意义。在电力系统的运行中，电缆线路作为电能传输的重要载体，承载着巨大的电流，其运行状态直接关系到整个电力系统的安全稳定性。而电缆线路温度，则是反映电缆运行状况的重要指标之一。首先，电缆线路温度的合理控制有助于延长电缆的使用寿命。电缆在长时间高负荷运行过程中，温度会持续上升，过高的温度会加速电缆绝缘材料的老化，降低其绝缘性能，进而增加线路故障的风险。通过对电缆线路温度的监测和控制，可以及时发现并处理电缆的异常温升情况，从而避免电缆老化加速和提前失效，保障线路的稳定运行。其次，电缆线路温度的稳定对于维护电力系统的稳定性具有重要意义。在高温环境下，电缆线路的绝缘性能容易受到影响，可能导致线路短路或接地故障的发生。电缆温度的不稳定还可能导致线路的热膨胀和冷缩，进而影响线路的结构稳定性和电气性能。保持电缆线路温度的稳定，有助于减少因温度异常而引发的线路故障，保障电力系统的连续供电。最后，电缆线路温度的监测和分析还可以为线路的规划和维护提供重要依据。通过对电缆线路温度的监测数据进行分析，可以了解线路在不同负荷和运行条件下的温度分布规律，为线路的优化设计提供有力支持。同时，根据温度数据的变化趋势，可以预测电缆线路的运行状态和潜在故障点，为线路的预防性维护和检修提供依据。

2 220 千伏多回电缆温度场分布分析

2.1 电缆运行时可能的温升原因

在220千伏多回电缆系统中，电缆运行过程中会产生温度上升，这些温度上升主要是由多个因素共同作用的结果。电缆导体中的电流通过时会产生电阻损耗，这部分损耗的能量会转化为热能，使得电缆温度升高。随着电流

的增大，电阻损耗也相应增加，从而导致电缆温升更加明显。电缆的绝缘材料和护套材料在长时间运行过程中，由于受热和电场的作用，会发生老化现象。老化过程会释放热量，进一步加剧电缆的温升。电缆的敷设环境也会对电缆温度产生影响。例如，电缆敷设在地下或隧道中，由于散热条件较差，电缆产生的热量难以有效散发，导致温度升高。同时，外部环境温度的变化也会对电缆温度产生一定影响，高温天气下电缆温度会相应升高。电缆接头的制作工艺和质量也会影响电缆温度。如果接头处理不当，如接触电阻过大或连接不紧密，会导致接头处发热严重，进而影响整个电缆系统的温度分布。

2.2 线路中温度场分布的影响因素

在220千伏多回电缆系统中，温度场分布受到多种因素的影响，这些因素相互作用，共同决定了电缆温度场的分布特性。不同结构的电缆在传热和散热性能上存在差异，进而影响电缆温度场的分布。电缆的尺寸大小也会影响电缆的散热能力，较大尺寸的电缆由于散热面积增大，通常具有更好的散热性能。电缆的敷设方式决定了电缆与周围环境的热交换条件，例如，电缆直埋敷设时与土壤的热交换较明显，而架空敷设时则与空气进行热交换。环境条件如土壤湿度、土壤热阻率、空气温度等也会对电缆温度场分布产生影响。负载电流的大小直接决定电缆中产生的热量，而运行时间则反映电缆的累积热量。随着负载电流的增大和运行时间的延长，电缆温度会相应升高，进而影响温度场的分布。定期对电缆进行巡检和维护，及时发现并处理潜在的安全隐患，有助于保持电缆的良好运行状态，降低因温度异常导致的故障风险。

2.3 目前常见的温度场分布分析方法

目前，针对220千伏多回电缆温度场分布的分析方法主要有以下几种：（1）有限元分析方法是目前应用较为广泛的一种分析方法。该方法通过建立电缆系统的数学

模型,利用有限元算法对电缆温度场进行数值计算,从而得到电缆温度场的分布特性。有限元分析方法具有较高的计算精度和灵活性,可以考虑多种因素的影响,因此在实际工程中得到广泛应用。(2)基于红外热成像技术的温度场测量方法也是一种常见的分析方法。红外热成像技术利用红外传感器捕捉电缆表面的温度分布,通过图像处理和分析,可以直观地展示电缆温度场的分布情况。该方法具有实时性强、操作简单等优点,在电缆运行监控和故障诊断中具有重要作用。(3)还有一些基于热路模型的简化分析方法,这些方法通过简化电缆系统的热路模型,将电缆看作一系列的热阻和热容,通过求解热路方程来估算电缆的温度分布。虽然这种方法计算速度较快,但精度相对较低,适用于对精度要求不高的场合。在实际应用中,根据具体情况和需求选择合适的温度场分析方法至关重要。通过对电缆温度场的深入研究和分析,可以为电缆的安全运行和维护提供重要参考和指导,有助于提高电力系统的稳定性和可靠性。

3 多回电缆通风优化方案研究

3.1 通风对电缆温度场的影响机制

通风可以有效地加速电缆周围的空气流动,带走电缆产生的热量,从而降低电缆温度。在密闭或通风不良的空间中,电缆散热主要依靠自然对流和辐射,散热效率低下。而通过通风措施,可以引入新鲜的冷空气,增加电缆表面对流换热系数,提高散热效率。多回电缆在运行时,由于电流分配不均、敷设方式差异等因素,可能导致不同位置的电缆温度存在差异。而良好的通风系统能够使空气均匀流过电缆表面,减少温度梯度,使电缆温度场更加均匀。电缆过热可能导致绝缘材料老化加速、接触电阻增大等问题,甚至引发火灾等安全事故。通过通风优化,可以确保电缆在正常运行过程中保持良好的散热条件,降低过热风险。

3.2 通风优化设计原则

在进行多回电缆通风优化设计时,应遵循以下原则:(1)安全性原则:通风优化设计的首要目标是确保电缆系统的安全运行。因此,在设计过程中应充分考虑电缆的散热需求和周围环境的安全因素,避免因通风不良导致的电缆过热或火灾等安全问题。(2)经济性原则:在满足安全性要求的前提下,通风优化设计应注重经济性。应通过合理的通风布局和设备选型,降低通风系统的投资和运行成本,实现经济效益和社会效益的双赢。(3)可行性原则:通风优化设计应结合实际工程情况,考虑施工现场的条件和限制因素,确保设计方案具有可行性和可操作性。同时,还应充分考虑通风设备的

维护和管理方便性,降低运维成本。(4)灵活性原则:电缆系统的运行状况可能会因多种因素而发生变化,如负荷变化、环境温度波动等。因此,通风优化设计应具有一定的灵活性,能够根据实际情况进行调整和优化,以适应不同运行条件下的散热需求。

3.3 采用换热器和通风设备的通风方案

针对多回电缆的通风优化需求,可以采用换热器和通风设备相结合的方案来实现有效散热。

(1) 方案概述

本方案通过在电缆隧道或电缆沟中设置换热器和通风设备,构建一个高效的通风散热系统。换热器负责将电缆产生的热量传递给通风设备,通风设备则将热量带走并排放到外部环境中,从而实现电缆的有效散热。

(2) 换热器设计

换热器采用高效热传导材料制成,具有良好的散热性能和耐腐蚀性能。换热器安装在电缆附近,通过导热管道与电缆接触,将电缆产生的热量传递给换热器。为了提高换热效率,可以在换热器表面设置散热片或翅片,增加换热面积和散热效果。

(3) 通风设备选择

通风设备主要包括风机和排风管道。风机应具有足够的风量和风压,能够将换热器传递的热量有效带走。排风管道应合理布置,避免出现死角或短路现象,确保通风效果。同时,通风设备应具有较低的噪音和振动水平,减少对周围环境和人员的影响。

(4) 控制系统设计

为实现通风系统的自动化运行和智能控制,可以设计一套控制系统。该系统可以实时监测电缆的温度和通风设备的运行状态,根据预设的温度阈值自动调整风机的转速和排风量,以保持电缆温度在安全范围内。同时,控制系统还可以提供报警和故障提示功能,方便运维人员及时发现和处理问题。

(5) 方案实施与效果评估

在实施本通风优化方案时,应严格按照设计方案进行施工和安装,确保各设备的连接和调试正确无误。施工完成后,应对通风系统进行测试和调整,确保其正常运行和满足散热要求。还应定期对通风系统进行维护和检修,确保其长期稳定运行。通过实施本通风优化方案,可以有效降低多回电缆的温度,提高电缆系统的运行稳定性和安全性。

4 220 千伏多回电缆温度场分布与通风优化的实际应用

4.1 不同通风优化方案在电缆线路中的实际应用案例

介绍

案例一：采用自然通风与局部强制通风相结合的优化方案

在某220千伏电缆隧道中，由于电缆数量多、排列紧密，导致电缆散热困难，温度分布不均。为解决这一问题，该电缆隧道采用自然通风与局部强制通风相结合的优化方案。一方面，通过在隧道两端设置通风口，利用自然风力进行通风散热；另一方面，在电缆密集区域增设局部风机，加强该区域的通风散热效果。实际应用表明，该方案显著降低电缆的最高温度，并减小电缆温度场的不均匀性，提高了电缆系统的安全性。

案例二：采用智能温控通风系统的优化方案

在某城市的220千伏电缆线路中，由于环境因素和负荷变化的影响，电缆温度波动较大，对电缆的安全运行构成威胁。为此，该电缆线路采用智能温控通风系统的优化方案。该系统通过实时监测电缆温度和环境条件，自动调整通风设备的运行状态，确保电缆温度在设定的安全范围内。同时，系统还具备预警和故障处理功能，能够及时发现并处理电缆温度异常等问题。实际应用中，该方案有效地提高电缆线路的散热效率，减少电缆故障的发生，提高电力系统的稳定性。

4.2 优化方案在电缆线路运行中的效果评估

为了评估通风优化方案在电缆线路运行中的实际效果，收集相关案例中的数据，并进行了详细的分析。

(1) 温度场分布改善情况：通过对比优化前后的电缆温度场分布情况，可以发现优化方案显著改善电缆的温度分布。具体来说，优化后电缆的最高温度有了明显的降低，同时温度场的均匀性也得到了提高。以案例一为例，优化

前电缆的最高温度达到90℃，而优化后则降低至75℃，降幅达到了16.7%。这说明通风优化方案有效地降低了电缆的温升，提高电缆系统的散热效率。(2) 电缆故障率降低情况：通风优化方案不仅改善电缆的温度场分布，还降低了电缆故障的发生率。通过对比分析优化前后的电缆故障数据，我们可以发现优化后电缆的故障率有了明显的下降。以案例二为例，优化前电缆线路的年故障率为0.5%，而优化后则降低至0.2%，降幅达到60%。这说明通风优化方案有效地提高电缆线路的安全性和稳定性，减少因电缆故障导致的停电事故和经济损失。

结束语

随着电力系统的不断发展和电缆线路规模的持续扩大，电缆温度场分布与通风优化问题日益凸显。通过深入分析电缆温升原因、温度场分布影响因素以及通风优化策略，为电缆线路的安全稳定运行提供重要理论依据和实践指导。未来，随着科技的进步和新型材料的研发，电缆通风优化方案将更加智能化和高效化，进一步提升电力系统的稳定性和经济效益。

参考文献

- [1] 齐道坤, 席小娟, 郑月松, 等. 220千伏多回电缆温度场分布及通风优化[J]. 中国电力企业管理. 2022(18):48-49. DOI:10.3969/j.issn.1007-3361.2022.18.019.
- [2] 王伟. 220千伏多回电缆温度场分布特性研究及其通风优化实践[J]. 电力工程技术. 2022(24):78-80.
- [3] 李婷. 220千伏多回电缆温度场监测与通风优化策略探讨[J]. 电气技术. 2021(18):56-58.
- [4] 张明. 基于数值模拟的220千伏多回电缆温度场分析及通风优化[J]. 电缆与传输. 2020(20):90-92.