

# 风电场混合型集电线路常见故障浅析及预防措施

刘 军

上海输能电力工程有限公司 上海 200082

**摘 要：**混合型集电线路作为风电场电力传输的关键环节，其健康状况直接关系到风电场的运行安全和经济效益。本文深入剖析了风电场混合型集电线路常见的故障类型及其成因，并基于实际运维经验，提出了针对性的预防措施，旨在降低混合型集电线路故障发生率，提高风电场运行的安全性和稳定性，为风电产业的健康发展提供有力保障。

**关键词：**风电场；混合型集电线路；常见故障；预防措施

## 引言

随着全球能源转型步伐的加快，风电作为清洁能源的重要代表，在能源结构中的地位日益凸显。风电场的建设与运营不仅关乎国家能源安全，更是推动绿色低碳发展的重要途径。而混合型集电线路作为风电场电能传输的关键环节，其安全稳定运行对于风电场的整体运行效率和经济效益至关重要。

## 1 风电场混合型集电线路常见故障

### 1.1 电缆故障

在风电场的运行中，混合型集电线路发挥着至关重要的作用，其中电缆更是不可或缺的一部分。电缆负责电能的高效、稳定传输，其性能直接关系到风电场的整体运行状况。然而，在实际运行过程中，电缆往往会出现各种故障，如绝缘老化、破损以及接头松动等，这些故障对风电场的运行产生了不良影响。首先，绝缘层是电缆的重要组成部分，它能够有效隔离电缆内部的导体与外界环境，防止电流泄漏。然而，随着时间的推移，绝缘材料会受到多种因素的影响，如温度、湿度、化学腐蚀等，导致绝缘性能逐渐下降。绝缘老化不仅会降低电缆的绝缘强度，还可能引发短路、漏电等故障，对风电场的正常运行构成威胁。其次，电缆破损也是常见的故障之一。电缆在敷设、安装、运行过程中，可能会受到外力损伤、机械磨损等因素的影响，导致电缆外皮破裂、内部导体裸露。破损的电缆不仅会降低其传输效率，还可能引发火灾、电击等安全事故，对人员和设备安全构成严重威胁。此外，接头松动也是电缆故障中不可忽视的一种情况<sup>[1]</sup>。电缆接头是电缆连接的关键部位，其连接质量直接影响到电缆的传输性能。如果接头安装不牢固或长时间受到振动、温度变化等因素的影响，就可能出现松动现象。接头松动会导致电缆接触不良、电阻增大，进而影响电能的正常传输，甚至引发故障。

### 1.2 架空线路故障

在风电场中，架空线路扮演着举足轻重的角色，是电能传输的另一条重要通道。但是，由于各种因素的影响，架空线路时常会出现故障，这些故障不仅会导致线路停电，还可能对风电场的正常运行产生严重的影响。第一，导线作为架空线路的核心组成部分，承载着传输电能的重要任务<sup>[2]</sup>。然而，导线在长期运行过程中，由于受到风力、温度变化、自身重量等多种因素的影响，容易发生断裂。导线断裂会导致电能传输中断，严重影响风电场的正常运行。为了预防导线断裂故障的发生，我们需要定期对导线进行巡检，及时发现并处理导线损伤、老化等问题。同时，在选择导线时，应优先考虑质量可靠、耐候性好的产品，以提高导线的使用寿命和稳定性。第二，杆塔作为支撑导线的重要结构，其稳定性直接关系到架空线路的安全运行。然而，在实际运行中，杆塔可能会受到地基沉降、风力过大、外力撞击等因素的影响，导致倒塌。杆塔倒塌不仅会使线路中断，还可能对周边环境和人员安全造成威胁。所以，我们需要加强对杆塔的巡检和维护，及时发现并处理杆塔存在的问题。第三，绝缘子作为架空线路的重要组成部分，其作用是防止导线与杆塔之间发生电气连接，保证线路的安全运行。然而，绝缘子在运行过程中可能会受到污染、老化、雷击等因素的影响，导致破损。绝缘子破损会降低线路的绝缘性能，增加线路故障的风险。为了预防绝缘子破损故障的发生，我们需要定期对绝缘子进行清洁和检查，及时更换老化、破损的绝缘子。

### 1.3 电气设备故障

在风电场的混合型集电线路中，电气设备扮演着至关重要的角色。这些设备，包括断路器、隔离开关、避雷器等，共同保障着集电线路的正常运行和电能的高效传输。（1）断路器作为集电线路中的重要保护设备，

其功能是在电路出现故障时迅速切断电流,防止故障扩大。然而,当断路器出现故障时,如拒动或误动,就可能导致电路无法得到及时保护,从而引发更严重的事故。例如,在短路故障发生时,如果断路器无法及时切断电流,就可能导致线路和设备受到严重损坏。(2)隔离开关主要用于隔离电路,确保工作人员在维修或检查时的人身安全。如果隔离开关出现故障,如无法正确分合闸或操作不灵活,就可能影响维修工作的进行,甚至可能危及工作人员的安全。此外,隔离开关的故障还可能导致电路的误操作,进而影响集电线路的正常运行。

(3)避雷器的主要作用是保护电气设备免受雷电过电压的损害。然而,避雷器在长期运行过程中,可能会因老化、受潮等原因而失效。一旦避雷器失效,就无法有效保护电气设备免受雷电过电压的侵害,从而可能导致设备损坏或引发火灾等事故。

## 2 风电场混合型集电线路故障预防措施

### 2.1 加强设备选型与质量控制

在风电场的建设与运营中,混合型集电线路作为关键组成部分,其稳定性和可靠性直接关系到整个风电场的运行效率和安全性。而设备选型与质量控制作为预防混合型集电线路故障的基础,更是起到了举足轻重的作用。一方面,优质设备不仅能够承受恶劣的自然环境和工作条件,还能够有效抵抗各种潜在的故障因素,从而大大提高线路的稳定性和可靠性。在选择设备时,需要综合考虑多个因素,包括设备的性能参数、制造工艺、材料质量、使用环境等。同时,还需要参考行业标准和规范,确保所选设备符合相关要求。此外,了解设备的供应商和生产商的信誉和口碑也是非常重要的,这有助于我们筛选出真正优质、可靠的设备。另一方面,需要在设备采购、到货验收、安装调试等各个环节都加强质量控制,确保设备的质量得到有效保障。具体来说,可以采取以下措施来加强设备的质量控制:一是制定详细的设备采购计划和质量管理要求,明确采购标准和验收标准;二是建立严格的到货验收制度,对到货设备进行全面的检查和测试,确保设备完好无损、性能达标;三是在设备安装调试过程中,严格按照操作规程进行,确保设备安装质量符合设计要求;四是加强设备的日常维护和保养,定期检查设备的运行状况,及时发现并处理潜在问题。此外,随着科技的不断发展,新型的电

缆、导线、电气设备等不断涌现,这些新型设备往往具有更高的性能、更好的稳定性和更低的故障率。因此,我们需要密切关注行业动态和技术发展,及时了解和掌握新型设备的性能和特点,以便在设备选型时做出更加

### 2.2 加强线路巡检与维护

混合型集电线路作为风电场中的重要组成部分,其稳定运行对于整个风电场的发电效率和经济效益具有至关重要的影响。为了确保线路的安全稳定运行,加强线路巡检与维护工作显得尤为关键。(1)通过巡检,运维人员可以及时发现线路中存在的隐患和问题,从而采取有效措施进行处理,避免故障的发生。巡检工作应定期进行,具体频率可以根据线路的运行状况、环境条件以及历史故障记录等因素来确定。在巡检过程中,运维人员应重点关注电缆的绝缘状况、架空线路的杆塔稳固性、电气设备的运行状态等方面,确保各项设备都处于良好的运行状态<sup>[1]</sup>。(2)巡检记录应详细记录巡检的时间、地点、巡检人员、巡检内容以及发现的问题等信息。对于发现的问题,应及时进行处理并记录处理结果。通过巡检记录的建立,可以方便后续的分析和管理,为线路的维护和管理提供有力的支持。(3)预防性维护是指在设备正常运行的情况下,采取一系列措施来预防潜在故障的发生。这包括定期清理线路上的杂物、紧固松动的部件、更换老化的设备等。通过预防性维护,可以延长设备的使用寿命,提高线路的可靠性和稳定性。(4)运维人员应具备丰富的专业知识和技能,能够准确判断和处理线路中的故障和问题。此外,他们还应具备高度的责任心和敬业精神,能够认真履行巡检和维护职责,确保线路的安全稳定运行。(5)除了以上措施外,还可以引入先进的技术手段来辅助线路巡检与维护工作。例如,可以利用无人机进行线路巡检,提高巡检的效率和准确性;利用红外测温技术监测设备的运行状态,及时发现潜在故障;利用大数据分析对线路的运行数据进行处理和分析,为故障预测和预警提供有力支持。

### 2.3 提高线路抗自然灾害能力

由于风电场通常位于自然环境较为恶劣的地区,雷电、大风、雨雪等自然灾害频发,这些自然灾害对混合型集电线路构成了严重威胁。因此,提高线路的抗自然灾害能力,确保线路在各种恶劣环境下的稳定运行,成为风电场运维工作的重要任务。首先,安装避雷装置是提高线路抗自然灾害能力的关键措施之一。雷电是一种常见的自然灾害,对线路设备造成的损害往往十分严重。因此,在混合型集电线路的关键部位安装避雷装置,如避雷针、避雷器等,可以有效引导雷电电流入地,保护线路设备免受雷电冲击。同时,定期对避雷装置进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态,也是提高线路防雷能力的重要措施。其次,加固杆塔和导线

也是提高线路抗自然灾害能力的重要措施。在风力较大的地区,杆塔和导线的稳固性直接关系到线路的安全运行。因此,在设计和建设混合型集电线路时,应充分考虑当地的风力条件,选用强度高、稳定性好的杆塔和导线材料。此外,对线路进行防水、防潮处理也是提高线路抗自然灾害能力的重要措施。在雨雪天气中,线路设备容易受潮、腐蚀,导致绝缘性能下降,进而引发故障。所以,在设计和安装线路设备时,应充分考虑防水、防潮要求,采用防水性能好的材料和结构。并且,在雨雪天气后,应及时对线路设备进行检查和干燥处理,确保其处于良好的绝缘状态。最后,加强线路的智能化监测和预警系统建设也是提高线路抗自然灾害能力的重要手段。通过安装传感器和监测设备,实时监测线路的运行状态和周围环境变化,一旦发现异常情况,及时发出预警并采取相应的处理措施,可以有效降低自然灾害对线路的影响。

#### 2.4 加强人员培训与技能提升

第一,定期举办培训班是提高运维人员技能水平的有效途径。通过培训班,可以系统地传授运维人员所需的专业知识,包括混合型集电线路的结构、工作原理、故障类型及处理方法等。同时,还可以结合实际情况,进行案例分析和模拟演练,让运维人员在实践中学习、掌握和运用所学知识。此外,还可以邀请行业内的专家和技术人员进行授课和指导,为运维人员提供更为深入、全面的学习机会。第二,开展技能竞赛也是提高运维人员技能水平的重要手段。通过技能竞赛,可以激发运维人员的学习热情和积极性,促使他们不断提高自己的技能水平。同时,技能竞赛还可以为运维人员提供一个展示自己才能的平台,让他们在实践中检验自己的学习效果和能力水平<sup>[4]</sup>。此外,技能竞赛还可以促进运维人员之间的交流和学习,分享彼此的经验 and 技巧,共同提

高技能水平。第三,建立激励机制也是提高运维人员技能水平的重要保障。通过设立奖励制度、晋升渠道等激励措施,可以激发运维人员的学习动力和工作热情,使他们更加积极地投入到学习和工作中去。同时,还可以鼓励运维人员积极学习新技术、新方法,掌握新的技能和知识,以适应不断变化的工作环境和需求。第四,加强人员培训与技能提升并非一蹴而就的过程,需要长期坚持和持续改进。在培训过程中,应注重理论与实践相结合,确保运维人员能够真正掌握所学知识和技能。同时,还应关注行业的发展动态和技术趋势,及时调整培训内容和方式,确保运维人员的技能水平能够与时俱进。

#### 结语

综上所述,混合型集电线路作为风电场的重要组成部分,其健康状况直接关系到风电场的运行安全和经济效益。通过深入分析混合型集电线路常见故障及其成因,我们不难发现,加强线路巡检与维护、提高线路抗自然灾害能力以及加强人员培训与技能提升是预防故障的关键措施。未来,随着风电技术的不断进步和运维管理的日益完善,相信混合型集电线路的故障预防工作将取得更加显著的成效,为推动我国新能源事业的发展贡献更大力量。

#### 参考文献

- [1] 张家伟. 风电场35kV集电线路避雷器防雷效果及运行研究[J]. 科技创新与应用, 2020, (27): 56-57.
- [2] 曹朔, 李恭斌, 于海龙, 王景龙, 王运辉, 杨少帅, 朱军, 杨雷. 风电场集电线路行波故障测距及行波衰减研究[J]. 电工技术, 2020, (12): 77-80.
- [3] 罗文延, 于雪洋. 风电场集电线路耐雷水平分析[J]. 云南水力发电, 2020, 36(03): 102-106.
- [4] 张晋涛, 邓卫礼, 杨俊杰. 新能源发电站集电线路故障测距方法[J]. 电工技术, 2021, (24): 51-53+57.