

电力工程降阻材料性能对比及选型优化研究

布志彬

中山电力设计院有限公司, 广东中山, 528400;

摘要: 接地系统是保障电力工程安全稳定运行的核心环节, 降阻材料性能直接决定接地系统的降阻效果与使用寿命, 选型合理性则影响工程建设成本与长期运维安全性。文章从电力工程实际需求出发, 先阐述降阻材料性能对比与选型优化的核心意义, 再围绕导电性能、耐候性能、稳定性等关键维度, 梳理不同类型降阻材料的性能差异, 最后结合工程环境、运行需求、成本管控等因素, 明确选型优化的核心逻辑与实践要点, 为电力工程降阻材料的科学选用提供方向, 保障接地系统长期有效发挥作用。

关键词: 电力工程; 接地系统; 降阻材料; 性能对比; 选型优化

DOI: 10.69979/3041-0673.26.03.030

引言

电力工程项目在日常运行与长期服役过程中, 极易受到雷电冲击的影响。电力工程项目在雷电冲击作用下, 接地系统的接地电阻极易出现超标现象。接地电阻超标不仅会直接造成电力设备绝缘性能损坏, 引发电路运行故障, 更会对现场作业人员的人身安全构成严重威胁。由此可见, 接地系统的降阻效果, 已成为保障电力工程安全、稳定运行的核心保障环节, 其重要性贯穿电力工程全生命周期。当前阶段, 电力工程的建设场景呈现出日益多样化的发展态势, 建设范围已广泛覆盖平原、山地、高湿度、高盐碱等多种不同类型的地理与环境条件。不同的建设环境, 对降阻材料的耐候性能、抗腐蚀性能等核心指标, 提出了差异显著的要求。

1 电力工程降阻材料性能对比的核心维度

1.1 导电性能: 核心降阻能力的基础考量

导电性能需要重点考量降阻材料的初始导电率。初始导电率所衡量的, 是降阻材料在正式投入电力工程使用的初始阶段, 能否快速作用于接地体周边的土壤, 有效降低土壤自身的电阻率, 从而实现接地系统整体接地电阻的快速达标, 最终满足电力工程对降阻效果的即时性需求, 为电力工程的快速投运与初始运行安全提供保障。还需要重点考量的是降阻材料的导电持久性。导电持久性所关注的, 是降阻材料在电力工程长期运行的过程中, 是否会出现因为自身内部成分的自然损耗、与周边土壤发生复杂化学反应等客观因素的影响, 而出现导电率逐步下降的情况。若导电率下降, 将直接导致接地系统的降阻效果减弱, 因此评估导电率, 能够有效避免出现

“初始降阻效果达标, 但后期降阻效果衰减过快”的问题, 保障接地系统长期运行中的降阻能力稳定。

1.2 耐候性能: 适配工程环境的关键指标

在耐腐蚀性层面, 核心考量的是降阻材料在高盐碱、高湿度等易产生腐蚀作用的环境中, 能否有效抵抗土壤中各类腐蚀性物质(如盐碱离子、酸性物质等)的侵蚀与破坏。若材料耐腐蚀性不足, 将极易被腐蚀损坏, 不仅会直接影响接地系统的降阻效果, 还会大幅缩短降阻材料的使用寿命, 增加工程运维成本。在耐温性层面, 核心考量的是降阻材料在极端高温(如夏季地表高温传导至地下、设备运行散热叠加)或极端低温(如北方冬季严寒天气)环境条件下, 能否保持自身原有的物理结构与化学性质稳定, 是否会出现结构变形、表面开裂、内部成分分解等问题。通过对耐温性的评估, 可确保降阻材料的核心性能不受温度剧烈变化的影响, 适配不同气候区域的电力工程建设需求。在耐湿性层面, 核心考量的是降阻材料在高湿度环境(如多雨地区地下土壤、临近水源区域土壤)中, 能否持续保持稳定的导电性能与完整的结构形态, 是否会出现因为吸收环境中的水分, 而出现导电率波动、导体结构松散等问题。耐湿性的优劣, 直接决定了降阻材料在高湿环境下的运行可靠性, 是适配此类环境工程的重要评估依据。

1.3 稳定性: 保障长期运行的核心支撑

在结构稳定性层面, 核心考量的是降阻材料在长期埋于地下的使用过程中, 能否保持自身物理结构的完整性与稳定性, 是否会出现因土壤压力、水分渗透、微生物活动等因素导致的沉降、流失、结块等结构破坏问题。

若材料出现结构破坏,将直接造成接地体与降阻材料之间的接触不良,进而导致接地电阻升高,影响接地系统的降阻效果,因此结构稳定性是材料发挥作用的基础保障。在性能稳定性层面,核心考量的是降阻材料在整个运行周期内,能否保持核心性能(尤其是导电性能)的稳定,是否会与周边土壤、接地体(多为金属材质)发生不良化学反应,生成影响导电性能的物质(如绝缘性氧化物、沉淀物等);同时也需考量材料是否会因自身内部成分的挥发、降解等因素,导致导电率、耐候性等核心性能逐步下降。通过对性能稳定性的评估,可确保降阻材料在整个使用寿命周期内,其降阻性能始终符合电力工程的预设要求,保障接地系统长期可靠运行。

1.4 环保性能:符合工程建设的基本要求

环保性方面需要考量降阻材料在生产制造环节与实际使用环节,是否会释放有毒、有害的化学物质(如重金属离子、挥发性有毒气体等)。此类物质若释放,将可能污染周边的土壤、地下水等生态环境,不仅破坏区域生态平衡,还可能对周边居民的生活健康与动植物生长造成不利影响,因此环境兼容性是材料环保性能的核心评估内容。还需要考量降阻材料达到预设使用寿命、无法继续发挥作用而报废后,其产生的废弃物能否按照环保要求安全处理。具体而言,需评估废弃物能否在自然环境中安全降解,且降解过程中不产生新的污染物;若无法自然降解,能否通过工业手段进行回收再利用,或按照特定标准进行无害化处置,避免废弃物长期留存于环境中,产生持续的环境隐患。通过对环保性能的全面评估,可确保降阻材料的选用符合国家及行业环保相关标准,契合电力工程建设的环保基本要求。

2 电力工程降阻材料的类型及性能差异

2.1 无机降阻材料:高稳定性与高耐候性突出

无机降阻材料构成成分是以天然或人工合成的无机矿物质为主,其成分属性决定了材料的核心性能特征。在当前电力工程实践中,此类材料的常见具体类型主要包括粉末状或膏状的降阻剂、块状的接地模块等,其核心竞争优势集中体现在耐候性与稳定性两个关键维度。在导电性能维度,无机降阻材料的初始导电率处于适中水平,并非具备极致的初始降阻速度,但其优势在于能够实现接地电阻的稳步下降,最终达到工程预设的达标标准,避免初始降阻过快而导致的性能波动;更为关键

的是,此类材料的导电持久性表现较强,在长期运行过程中,受自身成分损耗、与土壤化学反应等因素的影响较小,导电率的衰减速度缓慢,能够长期维持稳定的降阻效果。

在耐候性能维度,无机降阻材料的耐腐蚀性与耐温性表现尤为优异,这一特征使其能够适配高盐碱、极端高温或极端低温等多种严苛的工程环境。在高盐碱环境中,材料可有效抵抗土壤中腐蚀物质的侵蚀,不易出现腐蚀损坏;在极端温度环境中,材料的物理结构与化学性质稳定,不会因温度剧烈变化而出现变形、开裂或成分分解,能够始终保持核心性能稳定。

在稳定性维度,无机降阻材料的结构稳定性与性能稳定性均处于较高水平。在结构稳定性方面,材料埋于地下长期使用时,受土壤压力、水分渗透等因素影响较小,不易出现沉降、流失等结构破坏问题,能够保持与接地体的良好接触;在性能稳定性方面,材料与周边土壤、接地体之间的化学反应较为温和,不会生成影响导电性能的不良物质,同时自身成分不易挥发、降解,性能能够在长期服役过程中保持稳定。在环保性能维度,由于无机降阻材料的核心成分多为天然矿物质(如石墨、膨润土等),此类成分本身具备良好的环境兼容性,因此在材料生产制造环节与实际工程使用环节,均不会释放有毒、有害的化学物质,不会对土壤、地下水等周边环境造成污染,也不会影响区域生态安全;当材料达到使用寿命报废后,其产生的废弃物能够在自然环境中实现安全降解,无需复杂的无害化处理流程,环境隐患较小,整体环境兼容性良好。与此同时,无机降阻材料也存在着自身难以规避的局限不足。其一,在初始降阻速度层面,此类材料的初始导电率适中,导致其初始降阻速度相对较慢,无法在短时间内实现接地电阻的快速达标,因此难以满足部分对降阻速度有严苛要求的电力工程(如应急电力工程、需快速投运的临时工程)需求;其二,在运输与施工便捷性层面,部分无机降阻材料(如块状接地模块、高密度粉末降阻剂)的密度相对较大,不仅增加了材料运输过程中的荷载与成本,也使得现场施工过程中,材料的搬运、铺设与安装难度相对较高,可能会增加工程建设过程中的人力投入与时间成本,对施工效率产生一定影响。

2.2 有机降阻材料:初始降阻效率与施工便捷性优势显著

有机降阻材料以各种有机聚合物为基础成分。在电力工程领域,常见类型有有机降阻剂、导电膏等。这类材料的主要优点是初始降阻效果显著迅速,施工简便,适合需快速实现降阻效果的场景。在导电性能方面,有机降阻材料在初始使用阶段表现出较高的导电率,投入使用后能够迅速降低接地电阻,有效满足工程中对即时降阻的迫切需求。然而,在耐候性能方面,有机降阻材料虽然对潮湿环境具有一定的耐受性,但其耐腐蚀性和耐温性却相对较差。特别是在高盐碱、极端高温或极端低温的环境中,这类材料容易发生老化、开裂等现象,导致其性能迅速下降。在稳定性方面,有机降阻材料的整体稳定性并不理想。长期埋设于地下环境中,其有机成分会逐渐降解和挥发,进而导致材料出现流失或结块现象,严重影响降阻效果的持久性和稳定性。从环保角度看,有机降阻材料环保性能比无机降阻材料略差。部分有机降阻产品含少量化学添加剂,长期使用或对环境有轻微负面影响。且材料报废后废弃物需按特定环保标准处理,无法自然降解,增加环保处理复杂性。此外,有机降阻材料使用寿命短,后期需频繁更换,不仅增加电力工程运维成本,对长期运行且运维难度大的电力工程适用性不佳。因此,选择降阻材料时需综合考虑性能特点和使用环境,确保工程经济性和可靠性。

2.3 复合降阻材料:多性能协同,适配场景更广泛

复合降阻材料由无机矿物质和有机聚合物混合而成,结合了两者的优点,性能更全面,是目前适配复杂场景的主要材料之一。导电方面,既初始降阻快,又能长期保持稳定,解决了单一材料的不足。耐候方面,无机成分提升了耐腐蚀性和耐温性,有机成分改善了耐湿性,能适应平原、山地、高湿、中低盐碱等多数环境。稳定性方面,有机成分增加柔韧性,防止结块流失;无机成分增强兼容性,减少不良反应,稳定性优于单一有机材料。环保方面,通过优化配方,减少有害添加剂,环保性接近无机材料,废弃物处理难度低。缺点是生产成本较高,初始采购价比单一材料贵,选用时需结合预算考虑。

3 电力工程降阻材料选型优化的核心逻辑与实践要点

3.1 选型优化的核心逻辑

以工程环境为首要依据,匹配材料耐候性能:先明

确工程环境的腐蚀、温度、湿度情况,再选耐候性适配的材料。高盐碱、极端温度环境选无机材料;高湿无强腐蚀环境可选有机材料;复杂环境选复合材料。以运行需求为核心导向,匹配材料核心性能:明确工程对降阻速度、使用寿命、稳定性的要求。需快速降阻且短期使用选有机材料;需长期稳定运行选无机或复合材料;两者都需选复合材料。以成本预算为平衡因素,实现性能与成本协同:核算全生命周期成本,包括采购和运维。预算有限、环境简单选单一材料;预算充足、环境复杂、运维难选复合材料。

3.2 选型优化的实践要点

注重多因素协同考量,避免单一维度决策:环境、需求、成本要一起考虑。不要为节约成本在高腐蚀环境用有机材料;也不要简单环境盲目用高价复合材料。注重材料性能的前期验证,确保选型适配性:先模拟工程环境测试材料性能,测试不达标就换材料,避免影响工程安全。注重选型与施工、运维的协同,提升整体效益:选材料要考虑施工和运维方便。山地等施工难的地方,避免选重、难施工的材料;运维难的地方,优先选寿命长、稳定的材料。

4 结语

电力工程降阻材料的性能对比与选型优化,是保障接地系统可靠运行、控制工程成本的关键环节。通过从导电、耐候、稳定、环保四个维度对比无机、有机、复合三类材料的性能差异,可明确不同材料的适用边界;结合工程环境、运行需求、成本预算的核心逻辑开展选型,同时注重多因素协同与前期性能验证,能够实现材料的科学选用。合理的降阻材料选型,不仅能确保接地系统长期发挥降阻效果,抵御雷电风险,更能助力电力工程控制建设与运维成本,推动电力工程项目安全、高效、可持续运行。

参考文献

- [1]王振中. 110kV 变电站接地网降阻改造的案例分析[J]. 电子技术, 2020, 49(10): 54-55.
- [2]董建深. 电线电缆产品检测与控制分析[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(007): 1754-1755.
- [3]李磊. 110kV 高压铝护套电缆结构设计优化[J]. 电线电缆, 2023(2): 59-62.