

光伏发电电缆敷设优化设计

王世亮

会泽华电道成清洁能源开发有限公司 云南 曲靖 654200

摘要：本文围绕光伏发电电缆敷设展开。首先阐述其作用，包括构建电能传输通道、营造优良运行环境等；接着分析特点，如路径漫长、受自然环境考验等。随后探讨影响设计的因素，涵盖环境、电缆特性、系统布局。重点介绍优化设计要点，包含路径规划、敷设方式选择及防护措施优化。最后强调成本控制与维护，指出要在保证质量基础上控制成本，注重后期维护便利性设计，并与系统效率协同优化，以保障光伏发电系统稳定高效运行。

关键词：光伏发电；电缆敷设；优化设计；防护措施

引言：在光伏发电系统中，电缆敷设是保障电力高效、安全传输的关键环节。其不仅承担着构建电能传输通道、维持系统稳定运行的重任，还因光伏电站的特殊性质，面临着路径漫长、环境考验严苛、负载动态变化等诸多挑战。同时，环境、电缆特性、系统布局等因素深刻影响着敷设设计。为提升系统效益，需从路径规划、敷设方式、防护措施等方面进行优化设计，并兼顾成本控制、后期维护便利性以及与系统效率的协同，以实现光伏发电项目的优质发展。

1 光伏发电电缆敷设概述

1.1 电缆敷设的作用

在光伏发电系统里，电缆敷设扮演着至关重要的角色。其核心作用在于构建起光伏组件、逆变器、汇流箱等关键设备间的电能传输通道，实现电能从发电端到用电端或电网的高效、安全输送。这一过程犹如为电力搭建起畅通的“高速公路”，确保能量稳定流转。不仅如此，合理的电缆敷设设计意义深远。它能为电缆营造优良的运行环境，有效抵御外界因素的侵害。通过科学的规划与布局，可减少温度、湿度、紫外线、机械外力等对电缆的损害，维持电缆的电气性能和机械性能稳定，为光伏发电系统的长期、可靠运行筑牢坚实基础，保障整个系统持续稳定地输出电能。

1.2 电缆敷设的特点

光伏发电电缆敷设呈现出鲜明且独特的特点。光伏电站往往具有广袤的占地面积，这导致电缆敷设路径不仅漫长，而且分布极为广泛，涵盖了地面、屋顶以及支架等多样化的敷设场景，每种场景对电缆的性能和敷设方式都提出了不同要求。同时，电缆需长期经受自然环境的严峻考验，阳光的持续直射、昼夜及季节性的温度变化、风雨的侵蚀等，都可能对电缆造成损害。另外，光伏系统的输出电流并非恒定，而是随着光照强度的改

变而动态波动，这就要求电缆必须具备良好的适应性，能够稳定应对这种动态的负载变化，从而保障整个光伏发电系统的可靠运行^[1]。

1.3 优化设计的意义

对光伏发电电缆敷设开展优化设计，具有不可忽视且意义深远的多方面效益。从技术维度来看，优化设计能精准减少电缆的电压降以及能量在传输过程中的损耗，让电能以更高的效率从发电端输送至用电端，提升整个光伏发电系统的能源利用效率。在安全方面，科学合理的优化可有效降低电缆过热、加速老化、出现破损等风险，从根源上避免短路、火灾等严重安全事故的发生，为光伏电站的安全稳定运行保驾护航。从经济角度出发，通过合理规划路径、精选敷设方式，能减少电缆使用量、降低施工成本，还能削减后期维护费用，全方位提升光伏发电项目的整体经济效益。

2 影响光伏发电电缆敷设设计的因素

2.1 环境因素

环境因素在光伏发电电缆敷设设计中起着至关重要的基础性作用，对电缆的性能、使用寿命以及敷设方式选择均有着显著影响。温度是关键因素之一，在高温环境下，电缆内部的绝缘材料会加速老化进程。随着温度升高，绝缘材料的分子结构逐渐发生变化，其绝缘性能大幅下降，这不仅会降低电缆的载流量，还可能引发短路等安全事故。相反，在极低温度环境中，电缆的材质会变得脆弱，机械性能急剧降低，在受到外力作用时容易发生断裂。光照条件同样不可忽视，长时间暴露在强烈的紫外线辐射下，电缆的外护套会逐渐老化、龟裂，导致防护性能下降。因此，在户外敷设的电缆必须采取有效的防紫外线措施，如采用具有抗紫外线特性的外护套材料或在电缆表面添加防护涂层。降水丰富、湿度较大的环境对电缆的威胁主要在于可能导致电缆受潮，水

分侵入电缆内部会破坏绝缘性能，引发漏电等故障。所以，必须做好防水、防潮处理，例如采用防水型电缆或在电缆敷设区域设置排水设施。此外，土壤的腐蚀性也是影响电缆敷设的重要因素，不同地区的土壤成分差异较大，一些土壤中含有酸性或碱性物质，会对电缆的金属护套和绝缘层造成腐蚀。在腐蚀性较强的土壤环境中，应选择具有良好耐腐蚀性能的电缆，并采取额外的防护措施，如采用防腐涂层或使用套管保护。地形的平整度同样影响着敷设方式的选择，在山区或地形起伏较大的地区，电缆敷设可能需要采用特殊的固定方式和支撑结构，以确保电缆的安全稳定运行。

2.2 电缆特性因素

电缆自身的特性是光伏发电电缆敷设设计的重要依据，直接关系到电缆能否在特定环境下安全、高效地运行。电缆的截面积是决定其载流量的关键参数，在光伏系统中，电流大小会随着光照强度和时间的变化而波动。因此，必须根据光伏系统的实际电流大小合理选择电缆截面积，若截面积选择过小，电缆在运行过程中会因电流过大而过热，加速绝缘老化，甚至引发火灾；若截面积过大，则会造成资源浪费和成本增加。电缆的绝缘材料和护套材料的性能对电缆的使用寿命和安全性有着决定性影响。不同的绝缘材料和护套材料具有不同的耐温性、耐腐蚀性和耐磨性，在高温、高湿度或强腐蚀性环境中，应选择具有良好耐温、耐腐蚀性能的材料。电缆的柔韧性和弯曲半径也是敷设设计中需要考虑的重要因素，刚性较大的电缆在弯曲时容易受到损伤，不适合频繁弯曲的敷设路径。因此，在选择电缆时，应根据敷设路径的特点选择柔韧性合适的电缆，并确保电缆的弯曲半径符合要求，以避免因弯曲过度而损坏电缆^[2]。

2.3 系统布局因素

光伏发电系统的布局对电缆敷设设计具有直接的决定性作用，合理的系统布局能够有效优化电缆敷设路径和长度，降低能量损耗和施工难度。光伏组件的排列方式、逆变器和汇流箱的安装位置是影响电缆走向和连接方式的关键因素。如果光伏组件排列过于分散，或者逆变器和汇流箱的位置不合理，会导致电缆敷设路径过长、迂回曲折，不仅增加了电缆的使用量，还加大了能量在传输过程中的损耗。此外，不合理的布局还会给施工带来诸多困难，增加施工成本和时间。因此，在进行电缆敷设设计前，必须结合光伏系统的整体布局，运用科学的方法和工具规划出最短、最便捷的敷设路径。同时，还应考虑电缆的分支和连接点设置，确保电缆连接牢固、可靠，减少接触电阻，提高系统的整体运行效率。

3 光伏发电电缆敷设优化设计要点

3.1 路径规划优化

在光伏发电电缆敷设中，路径规划优化至关重要，需严格遵循“短、直、顺”原则。“短”即要在充分满足光伏系统各组件连接需求的基础上，想尽办法缩短电缆实际敷设长度。因为电缆长度与能量损耗紧密相关，长度过长会使电流传输时产生更多热量损耗，降低系统发电效率。“直”要求路径尽量减少不必要的弯曲与转折，过多的弯折不仅增加施工难度，还可能对电缆造成机械损伤，影响其性能与寿命。“顺”则强调路径要顺应地形和系统整体布局，避免不必要的绕行。规划时，要避开积水地带、强腐蚀区域、振动源等障碍物和恶劣环境区域。对于大型光伏电站，分区敷设是有效策略，将光伏阵列合理划分成多个区域，每个区域设独立汇流点，可缩短区域内电缆长度，提升敷设效率。同时，要充分考虑后期维护，预留足够检修通道和空间，方便运维操作。

3.2 敷设方式选择

选择合适的敷设方式需综合考虑敷设环境和系统布局。在地面光伏电站中，直埋敷设适用于地形平坦、土壤条件较好的区域。这种敷设方式成本较低，但需做好电缆的防腐和防护处理，如在电缆周围填充细沙、铺设警示带等，防止电缆受到外力破坏。穿管敷设能有效保护电缆免受机械损伤和环境侵蚀，特别适用于电缆需要穿过道路、建筑物等场景。桥架敷设则便于电缆的安装和维护，当电缆数量较多、路径较集中时，采用桥架敷设可使电缆排列整齐，便于散热和管理。在屋顶光伏电站中，沿屋面支架敷设或线槽敷设是常见的方式。这两种方式都能避免破坏屋顶结构，同时要确保电缆固定牢固，防止因风吹、震动等因素导致电缆松动或脱落。

3.3 防护措施优化

在光伏发电电缆敷设中，针对不同环境因素实施防护措施优化，是保障电缆安全稳定运行的关键。（1）为抵御紫外线辐射，应优先选用具备耐紫外线性能的电缆，这类电缆外护套经过特殊工艺处理，能有效阻隔紫外线侵害。也可在电缆上方架设遮阳板等遮阳保护装置，为电缆提供物理遮挡。（2）在潮湿或多雨环境下，电缆接头是防水重点。必须采用防水密封处理，如使用防水接头盒将接头严密包裹，或涂抹密封胶填充缝隙。同时，敷设路径要合理设置排水设施，如排水沟、排水管等，及时排出积水，防止电缆受潮。（3）在人员活动频繁或车辆通行等有机械损伤风险的区域，要对电缆进行穿管保护，选用高强度、耐磨损的套管，将电缆置于

其中；或加装防护盖板，避免电缆直接暴露在外，有效防止其被碾压、碰撞。对于土壤腐蚀性较强的区域，应选用耐腐蚀的电缆护套材料，如聚乙烯、聚氯乙烯等，也可对电缆进行防腐涂层处理，形成保护膜，延长电缆使用寿命^[3]。

4 光伏发电电缆敷设的成本控制与维护

4.1 成本控制策略

在电缆敷设优化设计环节，成本控制需建立在保证工程质量的基础之上。（1）要科学合理地选择电缆规格。不能盲目过度选用大截面积电缆，虽然大截面积电缆载流量大，但成本也相对较高。应依据光伏系统的实际电流大小、运行环境等因素，精准计算所需电缆截面积，确保既能满足载流量和安全要求，又能避免不必要的成本浪费。（2）优化路径规划是降低成本的关键。通过精心设计，使电缆敷设路径尽可能短且合理，减少电缆的使用量，从而直接降低材料成本。（3）根据现场实际情况，挑选经济适用的敷设方式。例如，在满足条件时，直埋敷设相较于桥架敷设，在材料和施工成本上都更具优势。最后，合理安排施工流程，制定科学的施工计划，提高施工效率，减少施工周期，进而降低人工成本，实现整体成本的有效控制。

4.2 后期维护便利性设计

在电缆敷设设计阶段，必须将后期维护的便利性作为重要考量因素，以此降低长期的维护成本。（1）电缆敷设路径要规划得清晰合理且易于识别，同时设置明确、规范的标识。这些标识应包含电缆的规格、走向、起始与终止位置等关键信息，以便在出现故障时，维护人员能够迅速、精准地定位故障点，缩短排查时间。（2）采用模块化的敷设方式意义重大。像桥架敷设或线槽敷设，它们能使电缆排列整齐有序，不仅便于日常的巡检，而且在需要检修或更换电缆时，操作更加便捷高效。对于重要的电缆接头和连接点，应专门设置检修井或检修盒。这为维护人员提供了一个安全、方便的操作空间，使其能够轻松地对这些关键部位进行检查、维护和更换。（3）要避免电缆敷设过于隐蔽或复杂，尽量减

少不必要的弯折和交叉，从而降低维护的难度和风险^[4]。

4.3 与系统效率的协同优化

低线路电阻。电缆长度过长会使电流在传输过程中产生更多的能量损耗，而线路电阻过大同样会加剧这种损耗。通过科学规划路径，采用合理的敷设布局，能有效缩短电缆长度，降低电阻，进而减少能量损耗，显著提高系统的发电效率。另一方面，合理的敷设方式和完善的防护措施不可或缺。恰当的敷设方式能避免电缆受到机械损伤、环境侵蚀等，完善的防护措施可降低电缆故障发生的概率，减少因故障导致的停机时间，保障系统持续稳定运行。此外，电缆的散热条件对其载流量和效率影响重大。在敷设设计时，要充分考虑散热因素，确保电缆周围有良好的散热空间，防止因过热使电缆性能下降，保证系统始终处于高效运行状态。

结束语

光伏发电电缆敷设涉及多方面要点，从其作用、特点，到受环境、电缆特性、系统布局等因素影响，再到优化设计中的路径规划、敷设方式选择与防护措施优化，以及成本控制、后期维护便利性设计和与系统效率的协同优化等，每个环节都紧密相连、至关重要。合理的设计与规划能保障电缆安全稳定运行，降低能量损耗与成本，提升系统整体效益。随着光伏行业的持续发展，我们需不断探索创新，结合先进技术与理念，进一步优化电缆敷设方案，以适应不断变化的市场需求，推动光伏发电事业朝着更高效、更经济、更可靠的方向迈进。

参考文献

- [1]陈禹萌. 基于光储一体化的屋顶分布式光伏电站设计与实现[J]. 现代工业经济和信息化,2023,13(9):137-139.
- [2]姚昊. 水泥厂分布式光伏电站的设计分析[J]. 水泥,2024(6):68-70.
- [3]刘昌衡. 大基地风电场集电线路路径规划设计[J]. 电工电气,2022(2):74-76.
- [4]郑凯,潘润霞. 光伏发电工程中电缆敷设及接线施工技术分析[J]. 工程技术研究,2023,8(20):90-92.