

# 山地光伏陡坡区材料运输技术研究

汪云武 唐伟贤

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 浙江杭州 311122

**【摘要】**在全球范围内，可再生能源的开发和利用正受到前所未有的关注，山地光伏陡坡区作为一种新兴的可再生能源开发区域，具有巨大的开发潜力。然而，这些地区特殊的地形和环境条件，如陡峭的斜坡、复杂的地质、多变的气候和狭窄的运输路线，给光伏系统的建设带来了诸多挑战，尤其是在材料运输方面。有效的材料运输技术是确保山地光伏项目顺利进行的关键。本文旨在深入研究和分析山地光伏陡坡区的材料运输技术，探讨其不同地形和环境条件下的应用效果，以及面临的挑战和发展前景。

**【关键词】**山地光伏；陡坡区；材料运输技术

## 引言：

随着技术进步和可再生能源需求的增长，越来越多的光伏项目开始在地形复杂、资源丰富的山地陡坡区域实施。这些区域因其独特的地理和环境特征，如高海拔、复杂的地质结构和多变的气候条件，为光伏系统的建设带来了前所未有的挑战。尤其是材料运输方面，这些挑战成为了项目成功的关键因素。在山地陡坡区，运输路径通常受限于地形，且常常面临如道路狭窄、坡度陡峭、地面条件不稳定等问题。这不仅增加了运输成本，还影响了项目的施工周期和安全性。因此，开发和优化适合这些特殊地区的材料运输技术变得尤为重要。

## 一、山地光伏陡坡区特点

### （一）陡峭的地形

山地光伏陡坡区的最显著特征在于其陡峭的地形，这种地形给光伏项目的实施带来了独特的挑战。这些地区通常坡度陡峻，地面起伏不平，这不仅使得光伏板的布置和安装变得复杂，而且对材料的运输和人员的作业安全提出了更高的要求。陡峭的斜坡意味着任何建设活动都需要额外的地质稳定性考量，以避免滑坡或土壤侵蚀等潜在风险。同时这类地形还可能影响光照条件，因为山体的遮挡可能会在某些时段限制阳光直接照射到光伏板上。在设计和实施光伏系统时，必须仔细评估这种地形对太阳能接收效率的影响，以确保能源产出的最大化。此外，陡峭地形对于维护和检修工作也带来不便，需要特殊的设备和技术以保障工作人员的安全<sup>[1]</sup>。

### （二）地质条件复杂

山地光伏陡坡区因其复杂的地质条件而成为工程建设

上的一大挑战。这些地区通常拥有多样化的地质结构，包括不同类型的岩石、土壤层次以及地下水分布，这些因素共同构成了一个复杂多变的工程环境。例如，地层中可能交错着硬岩与松软土壤，这不仅影响着光伏支架的稳定性和安全性，而且还直接关系到施工过程中的技术选择和成本控制，在这样的地质条件下，常规的地基处理方法可能不再适用，需要更加精细和专业的地质勘探以及定制化的解决方案。地质的不稳定性也带来了额外的风险，如滑坡、地面沉降等自然灾害，这些都需要在项目设计和施工中予以充分考虑和预防。此外，山地地区的水文条件也极为复杂，地下水的不确定性可能影响工程结构的长期稳定性，甚至可能对周边生态系统造成影响。

### （三）气候和环境多变

在山地光伏陡坡区实施项目时，材料运输面临的一个主要挑战是狭窄的道路和有限的通道。山区的道路通常蜿蜒曲折，坡度大，路面狭窄，这对大型运输车辆的通行构成了严峻的考验。在这样的路况下，不仅车辆的行驶速度受限，而且转弯和操控难度大幅增加，这直接影响了材料运输的效率和安全性。此外，由于山地地区的特殊地形，可用于运输的道路和通道数量有限，这就意味着在施工高峰期可能会出现严重的交通拥堵，进而导致运输延误。另一方面，山区道路的脆弱性也是一个不容忽视的问题<sup>[2]</sup>。频繁的运输活动可能导致道路结构损坏，尤其是在恶劣天气条件下，如连续降雨，道路可能出现塌方或泥石流，从而使得运输通道暂时或永久中断。这种情况不仅延缓了材料的及时运送，还可能增加修复道路的成本和时间，从而对整个项目的进度和预算造成影响。

## 二、山地光伏陡坡区材料运输面临的挑战

### (一) 道路狭窄和通道有限

在山地光伏陡坡区实施项目时，材料运输面临的一个主要挑战道路狭窄和通道有限。山区的道路地形复杂，地势起伏大，道路多为盘山道路，陡坡、急弯，路况条件差，不利于大型车辆的直接运送，还可能伴有滑坡、泥石流等自然灾害。这样的道路不仅使人员和设备的通行变得困难，而且还限制了大型施工设备的使用，加大了施工难度。在狭窄的道路和有限的通道上运输，传统的运输方式可能无法满足要求，大型卡车可能无法进入部分地区，交通运输工具受到很大的限制。由于山地道路状况恶劣，维护成本高且困难。此外，安全问题尤为突出，工人和设备在运输过程中可能会遇到危险。受道路的狭窄和运输通道的限制，山地光伏陡坡区设备材料的运输成为一大难题，这不仅增加了运输成本，还延长了项目工期。

### (二) 地面条件不稳定

山地光伏陡坡区在材料运输方面面临的一大挑战是地面条件的不稳定性。这些地区的地形特点通常包括松散的土壤、不均匀的地面和易于发生滑移的斜坡，这些因素共同增加了运输过程中的复杂性和风险。例如，松软或湿滑的土壤可能导致重型运输车辆陷入或失去控制，特别是在降雨或雪后，地面条件变得更加不利于车辆行驶。在斜坡地区，运输车辆往往需要在陡峭和不稳定的路面上行驶，这不仅对驾驶员的技术要求极高，也对车辆的性能提出了挑战，同时地面不稳定还可能导致频繁的道路维修和改造，这不仅增加了项目的成本，也可能因修复工作而导致运输延误。在极端情况下，如地震或强降雨，山地地区可能会出现滑坡或泥石流等自然灾害，这些灾害不仅会对运输路线造成破坏，还可能对人员和材料的安全构成严重威胁。

### (三) 物流协调复杂

在山地光伏陡坡区实施项目时，物流协调的复杂性是一个不可忽视的挑战。这一挑战根源于山地地形的特殊性和运输过程的不确定性。山地地区的交通网络通常不如平原地区发达，道路数量有限且条件多变，这使得从不同供应商那里及时将材料运送到施工现场成为一项艰巨的任务。物流协调需考虑各种因素，如路线选择、运输时序、车辆调度，以及应对突发情况的能力，同时由于山地地区的天气变化无常，常常会出现意外的天气情况，如暴雨、浓雾等，这些都可能导致运输延误或中断，增加物流协调的难度。此外，大型光伏项目的材料种类繁多，包括光伏板、

支架、电缆等，每种材料的运输和储存要求都不尽相同，需要精细的物流管理和协调。在资源有限的山区，仓储空间和设施可能不足，这就要求物流团队进行精确的库存管理和及时的物资补给，施工现场的狭窄空间也限制了大量材料的同时储存，需要高效的物流安排来确保施工不因材料短缺而中断。

### (四) 成本高昂

山地光伏陡坡区在材料运输方面面临的一大挑战是成本的高昂。由于山地地形的复杂性和运输条件的艰难，从项目起始阶段的物资运输到施工过程中的物流管理，每一环节都伴随着额外的财务负担<sup>[3]</sup>。首先，复杂险峻的地形意味着需要特殊的运输设备和车辆，这些设备不仅购置成本高，而且维护和运营成本也远高于普通条件下的设备。例如，用于陡峭山路的卡车和重型机械需要更强的动力系统和增强的稳定性，这无疑提高了它们的成本。其次，山地运输的风险性导致保险费用较高。由于道路狭窄且多变，加之天气因素的不确定性，运输过程中的事故风险相对较大，这直接导致了保险成本的上升。同时，不稳定的地质条件和频繁的天气变化也使得项目很难按照原定计划执行，常常需要额外的时间和资源来应对各种突发情况，这些都间接增加了总体成本。此外，由于交通不便，物流效率低下，运输时间延长，这不仅增加了燃油和人力成本，而且可能导致施工进度延迟，进而产生更多间接成本。在某些情况下，还需要建设临时道路或采用非传统的运输方式（如空运），这些都会大幅提升项目的运输成本。

## 三、山地光伏陡坡区材料运输技术

### (一) 缆车和索道系统

在应对山地光伏陡坡区材料运输的挑战中，缆车和索道系统展现出了其独特的优势。这种技术是针对陡峭和复杂地形设计的，能够有效地在崎岖的山区进行材料的运输。缆车和索道系统通过空中悬挂的方式，连接两地之间的高差，允许物资沿着固定的轨道运行，从而避免了地面交通所面临的诸多难题。这种系统的设计非常适合于地形险峻的山地区域，它能够安全地越过峡谷、河流、滑坡区等难以通过的地段，极大地提高了运输效率，与传统的道路运输相比，缆车和索道系统不受地面条件的限制，能够在恶劣天气如暴雨、雪地中继续运作，确保了材料运输的连续性和稳定性。此外，这种系统在运行过程中对环境的干扰较小，因为它减少了对地面道路的依赖，同时也降低了对周围生态系统的影响。在安装过程中，缆车和索道系统相

对于建设道路而言，对自然景观的破坏更小，更符合生态保护的要求。虽然缆车和索道系统在建设和维护方面的成本相对较高，但考虑到它们在提高运输效率、确保运输安全以及保护环境方面的优势，这种成本投入是合理且必要的。特别是在一些地形极其复杂、传统运输方式难以适用的山地光伏项目中，缆车和索道系统成为了确保材料及时、安全到达施工现场的关键技术<sup>[4]</sup>。

## （二）无人机运输

无人机运输技术利用无人机进行小型材料和工具的快速、直接运输，特别适用于难以到达或者道路条件极差的区域，无人机运输在山地光伏项目中尤为重要，因为它能够高效地越过险峻的地形，如深谷、急流和高山，直接将物资运送到需要的地点。由于无人机的灵活性和机动性，它们可以在狭窄或复杂的空间内操作，这在传统的运输方式中是难以实现的。例如，无人机可以用于运送紧急物资，如工具、小型设备或紧急修复材料，这对于加快施工进度和应对紧急情况非常有效。此外，无人机在进行运输任务时，相比于传统运输方式，对环境的影响极小，这对于保护山地区域的自然环境尤为重要。然而，无人机运输也存在一定的限制。例如，它们的载重能力相对有限，无法运输大型或重型材料。此外，无人机的续航能力和飞行距离也是一个考虑因素，尤其是在偏远或难以到达的山区。天气条件也对无人机运输有一定的影响，强风、雨雪等恶劣天气可能限制无人机的运行。尽管如此，无人机作为一种补充性的运输手段，其在快速响应、减少人力成本、提高工作效率方面的优势使其在山地光伏陡坡区的材料运输中扮演着越来越重要的角色。

## （三）分段运输策略

在山地光伏陡坡区材料运输中，分段运输策略是一种高效且实用的技术。这种策略涉及将材料运输过程分解成几个阶段，每个阶段采用最适合当地地形和道路条件的运输方式。这样的方法特别适用于复杂和多变的山地环境，能有效应对狭窄道路、陡峭斜坡和不稳定地面等挑战。在这个策略中，首先，材料通常被运送到山脚下的临时储存地点，这里的道路条件相对较好，可以使用大型运输车辆。接着，将材料从这些点转移到更小、更适合山地地形的运输工具上，如小型卡车或特制的越野车辆，这些车辆更适合在狭窄和陡峭的山路上行驶。在一些极端条件下，可能还需要采用手工搬运或动物运输，以通过最难以到达的区域<sup>[5]</sup>。分段运输策略的优点在于它提供了灵活性和适应性，

通过选择最适合各个区域的运输方式，这种策略能够最大限度地提高运输效率，同时降低风险，它还允许项目管理团队根据实际情况灵活调整运输计划，例如在恶劣天气条件下，可以暂时停止某些段落的运输，而集中资源完成其它较安全的段落。

## （四）预制组件

在山地光伏陡坡区的材料运输中，预制组件技术的应用大幅减少了现场施工所需的复杂工序和时间，尤其是在地形复杂、运输条件困难的山地光伏项目中，这种优势尤为显著。通过使用预制组件，可以在更加控制和标准化的环境中完成大部分制造和组装工作，这不仅提高了生产效率，而且也保证了组件质量。此外，预制组件的尺寸和重量可以根据运输能力和山地道路条件进行优化，确保在狭窄和陡峭的山路上运输的可行性。相比于传统现场组装，这种方法减少了对重型机械和大量人力的依赖，降低了施工期间的风险和成本。预制组件的另一个优点是减少了现场施工对环境的影响。由于大部分制造工作在工厂完成，现场的噪音、尘埃和废物产生量大大减少，这对于生态敏感的山地区域尤为重要。

## 总结：

综上所述，在山地光伏陡坡区中，运输技术的选择和应用对项目的成功至关重要。在实际运输过程中索道和缆车系统、无人机运输、分段运输策略以及预制组件的使用各有优势和局限，它们在提升运输效率、保证安全、降低成本和减少对环境的影响方面发挥着不同的作用。在实际应用中，这些技术需要根据具体项目的地形、气候和环境条件灵活选择和调整。未来，随着技术的不断发展和创新，更加高效、安全且环境友好的材料运输方法有望在山地光伏陡坡区得到广泛应用。

## 参考文献：

- [1] 王豹, 张跃君, 王立平等. 浅谈高原山地光伏项目中微孔灌注桩的施工及质量控制[J]. 安装, 2023(S2): 169-171.
- [2] 李震. 基于风险评估的山地光伏工程安全管理策略[J]. 工程技术研究, 2023, 8(24): 154-156.
- [3] 上官炫烁, 唐梓彭, 魏超等. 光伏组件减反射薄膜在山地光伏电站中的应用研究[J]. 太阳能, 2023(10): 62-68.
- [4] 张德安. 木材运输中的包装材料与技术分析——评《木材工业企业物流装备》[J]. 林业经济, 2023, 45(06): 105.
- [5] 张丽娇. 先进复合材料成型技术在交通运输装备领域的发展应用[J]. 新材料产业, 2019(06): 53-57.