

山地光伏项目中预制桩与现浇桩的结构性能比较研究

韩伟民

甘肃华研工程管理咨询有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i4.15100

[摘要] 随着全球对可再生能源的需求不断增加,山地光伏项目作为重要的能源开发形式,已成为优化能源结构的重要手段。在山地光伏项目的建设,桩基的选择对项目的稳定性、长期运行效果及成本效益具有至关重要的影响。本文通过对山地光伏项目中预制桩与现浇桩的结构性能进行比较研究,探讨了两种桩基在不同地质条件、施工工艺及环境影响下的表现。通过对承载力、抗震性能、长期稳定性与耐久性、成本效益等方面的对比分析,得出了两种桩基在不同山地光伏项目中的应用优劣及适用性,为后续项目设计与施工提供了理论依据。

[关键词] 山地光伏; 结构性能; 比较研究; 抗震性能; 稳定性

中图分类号: TU352.1+1 **文献标识码:** A

Comparative study on the structural performance of prefabricated piles and cast-in-place piles in mountain photovoltaic projects

Weimin Han

Gansu Huayan Engineering Management Consulting Co., Ltd.

[Abstract] With the increasing global demand for renewable energy, mountain photovoltaic projects, as an important form of energy development, have become an important means to optimize the energy structure. In the construction of mountain photovoltaic projects, the selection of pile foundation has a crucial impact on the stability, long-term operation effect and cost-effectiveness of the project. In this paper, the structural performance of prefabricated piles and cast-in-place piles in mountain photovoltaic projects is compared, and the performance of the two types of pile foundations under different geological conditions, construction techniques and environmental influences is discussed. Through the comparative analysis of bearing capacity, seismic performance, long-term stability and durability, cost-effectiveness, etc., the application advantages and applicability of the two kinds of pile foundations in different mountain photovoltaic projects are obtained, which provides a theoretical basis for the subsequent project design and construction.

[Key words] mountain photovoltaics; structural properties; comparative studies; seismic performance; stability

引言

随着全球对可再生能源利用的关注不断升温,光伏发电作为一种绿色、环保的能源形式,逐渐在全球范围内得到广泛应用。特别是在地形复杂的山区,山地光伏项目的建设成为了可再生能源开发的重要途径。然而,由于山区地质条件多样,桩基作为光伏支撑系统的重要组成部分,其选择直接影响项目的稳定性、耐久性和经济性。桩基的选择与其施工工艺、材料类型以及对环境的适应能力密切相关。当前,山地光伏项目中主要采用预制桩和现浇桩两种类型,它们各自具备不同的结构特点和适用范围。因此,深入比较和分析这两种桩基在实际应用中的性能差异,能够为山地光伏项目的桩基选择提供科学依据,促进光伏产业的可持续发展。

1 山地光伏项目中桩基的基本构造与类型比较

1.1 山地光伏项目桩基的功能与作用

在山地光伏项目中,桩基作为支撑光伏支架的重要组成部分,承担着将上部结构的重量有效传递到地下土壤或岩层的任务。桩基的设计必须确保其能够在山地特殊地质条件下提供足够的承载力,同时考虑到抗震、抗滑移、抗倾覆等多重稳定性要求。桩基不仅要承受光伏支架和光伏板的自重,还需要应对风力、雪荷载及地震等自然力的作用。此外,桩基系统的稳定性直接关系到光伏系统的长期运行安全,因此,桩基的选择和施工质量至关重要,必须综合考虑项目的成本、施工工艺以及长期使用的稳定性。

1.2 预制桩与现浇桩的构造特性

预制桩与现浇桩在构造特性上存在显著差异,各有其独特的优势和适用条件。预制桩是在工厂中预先制造完成并运输到施工现场安装的桩基,具有较高的生产标准化和较短的施工周期。预制桩的尺寸、材料、强度等可提前控制,适合于对质量要求严格、施工时间紧张的项目。预制桩的类型多样,包括混凝土预制桩、钢筋混凝土预制桩和预应力混凝土预制桩等,可根据不同工程需求选择。此外,预制桩的施工噪音较小,对周围环境影响较小,特别适合于城市密集区域使用。然而,预制桩在运输和安装过程中可能面临损坏风险,且在复杂地质条件下的适应性较差。相比之下,现浇桩则是通过在施工现场浇筑混凝土形成的桩基,具有较好的适应性,特别适用于复杂地质条件下的项目。现浇桩的设计灵活,可以根据实际情况调整尺寸和形状,能够更好地适应地质变化和承载力要求。现浇桩还可以与地下连续墙等其他地下结构形成整体,提高结构的整体性和稳定性。然而,现浇桩的施工周期相对较长,对施工质量和技术要求较高,且易受天气条件影响。在选择桩基类型时,需综合考虑施工环境、地质条件、项目进度、预算、环境影响以及长期性能等多方面因素^[1]。此外,还应考虑桩基与上部结构的协调性,以及后期维护和可能的改造需求。在某些情况下,可能需要将预制桩和现浇桩结合使用,以充分发挥各自的优势,满足复杂工程的需求。

1.3 预制桩与现浇桩的应用场景分析

预制桩和现浇桩各自有不同的适用场景。在山区,特别是岩层较硬或土壤松软的地方,现浇桩由于能够根据地质条件定制,通常具有更强的适应性。现浇桩能够深入地下,并在施工过程中通过混凝土的浇筑形成强大的粘结力,适应性较强。而预制桩在施工速度上具有明显优势,特别是在平坦的地形和较为简单的土质条件下,预制桩的使用可以显著缩短施工周期,减少工程成本。对于那些地质条件复杂、施工周期要求严格的山地光伏项目,预制桩则更具优势;而对于地质条件复杂且需要深桩支撑的场所,现浇桩可能是更好的选择。

2 桩基结构性能的影响因素

2.1 土壤条件对桩基性能的影响

桩基的性能在很大程度上受到土壤条件的影响。不同类型的土壤,如粘土、砂土、岩层或松软土等,其承载力和变形特性各不相同。土壤的压实度、含水量、密实度以及土层的厚度都会直接影响桩基的稳定性和承载能力。在山地光伏项目中,特别是面对不均匀的地质条件时,土壤的变化可能导致桩基负荷不均,进而影响项目的安全性。预制桩与现浇桩在土壤条件下的表现也有所不同,预制桩通常具有较好的标准化性能,在稳定的土层中表现较好;而现浇桩则由于其浇筑过程的可控性,能够在复杂的土壤条件下通过灵活的设计调整其适应性。因此,土壤条件是决定桩基类型和设计的重要因素之一。

2.2 地形与气候因素对桩基的作用

山地地区独特的地形和气候条件也对桩基的设计和性能产生了重要影响。山地地形多变,坡度较大,地质条件复杂,这使得

桩基在承受荷载时需要具备更强的抗倾覆和抗滑移能力。此外,山区的气候变化剧烈,常常伴随大风、强降雨和雪压等极端天气,这对桩基的长期稳定性提出了更高的要求。预制桩由于其统一的尺寸和形态,施工时可能更容易适应一些标准的地形条件,而现浇桩则具有较强的地形适应性,能够根据地形特点进行定制设计,从而满足山区复杂地形的需求。气候变化则可能加速桩基材料的腐蚀和老化,尤其是在温差较大或湿度较高的地区,桩基材料的选择和施工工艺就显得尤为重要^[2]。

2.3 桩基尺寸与深度对性能的影响

桩基的尺寸和深度直接影响其承载力和抗力表现。在山地光伏项目中,由于地质条件的复杂性,选择合适的桩基尺寸和深度至关重要。较深的桩基能够穿透松软土层,达到更坚固的岩层,从而提供更强的承载能力,适合于承受较大荷载的光伏支架。相较之下,浅层桩基虽然施工简便,但其承载力有限,适用于土质较为坚实或荷载较轻的地方^[3]。预制桩通常尺寸统一,施工过程可较为标准化,而现浇桩则具有较高的灵活性,能够根据实际情况调整深度和尺寸。因此,在山区项目中,桩基的深度和尺寸选择需要综合考虑土壤条件和光伏支架的负荷要求。

2.4 施工质量与工艺对桩基结构的影响

施工质量是决定桩基长期稳定性和耐久性的关键因素。预制桩的生产在工厂中进行,生产过程的标准化和质量控制相对容易,因此其施工质量通常较为稳定。预制桩的安装过程主要涉及运输和打桩,施工工艺相对简便,但也容易受到运输和安装过程中的质量问题影响。相比之下,现浇桩的施工过程更加复杂,需要在施工现场完成混凝土的浇筑和桩基的成型,因此其施工质量和工艺水平对最终桩基的性能影响较大。特别是在山区环境下,施工现场的土质和气候条件可能会影响现浇桩的浇筑质量,从而对桩基的结构性能产生影响。

3 桩基的承载力与稳定性分析

3.1 承载力分析方法

桩基的承载力是评价其是否能稳定支撑上部结构的关键指标。常用的承载力分析方法包括静力分析、动力分析和经验公式法。在山地光伏项目中,桩基通常承受风荷载、雪荷载、光伏板荷载等多重重量。静力分析通过测定土层的承载特性和桩的抗压能力,来推算桩基的最大承载力。动力分析则更加侧重于考虑地震和风荷载等动态因素的影响。对于预制桩和现浇桩,它们的承载力表现与土壤类型、桩基深度和桩身材料等因素紧密相关。预制桩因施工周期较短,适合于承载力需求较为稳定的区域,而现浇桩由于可灵活调整桩基尺寸,通常能够在复杂地质条件下提供 stronger 的承载力。

3.2 稳定性分析

桩基的稳定性分析主要包括抗滑移、抗倾覆和抗震能力的评估。山地光伏项目的地质条件和地形较为复杂,桩基在遭遇强烈外力作用时需要具备良好的稳定性。抗滑移分析主要考察桩基在斜坡地带或软土层中的稳定性,防止桩基因滑移而导致支撑系统失效。抗倾覆分析则侧重于评估桩基在大风或其他外力

作用下,是否会发生倾覆或位移,尤其是对于较高的光伏支架系统来说,抗倾覆能力尤为重要。抗震性能分析则是针对山地地区常见的地震风险,评估桩基在地震荷载下的稳定性。相较于预制桩,现浇桩因其能够根据现场地质情况定制设计,通常能够提供更好的抗倾覆和抗震性能,特别是在高风险地区的光伏项目中,现浇桩可能具有更多优势^[4]。

3.3 桩基与光伏支架系统的协同工作性能

在山地光伏项目中,桩基与光伏支架系统的协同工作性能是影响项目长期稳定性的关键。桩基不仅要支撑光伏板,还需与支架系统共同承受外界荷载,因此其设计需要与支架系统紧密结合。光伏支架的高度、风荷载、雪荷载等因素会直接影响桩基的受力分布,影响桩基的承载能力和稳定性。现浇桩由于其高度的适应性和施工现场的灵活性,可以根据具体的光伏支架布置和负载要求进行定制设计,而预制桩虽然具有施工效率上的优势,但在个性化设计与支架系统的匹配性上可能略显不足。优化桩基与支架的协同工作关系,有助于提高整个光伏系统的抗风、抗震能力,并确保系统在长时间内的稳定运行。

4 桩基的成本效益与应用选择

4.1 成本分析

在山地光伏项目中,桩基的选择直接影响到整体工程的成本。预制桩由于其生产标准化和工厂化的特点,通常能够大大缩短施工周期,降低施工人工成本和时间成本。其单位桩基成本相对较低,适用于地质条件较为简单、施工周期较短的项目。而现浇桩的施工周期较长,由于需要现场浇筑混凝土,施工过程中可能会遭遇天气、地质等不确定因素的影响,导致成本上升。尽管现浇桩的初期成本较高,但在复杂地质条件下,现浇桩能够提供更好的承载力和稳定性,因此其在一些特殊环境下的长期效益可能会优于预制桩。

4.2 项目施工周期的影响

桩基的选择对整个项目的施工周期有着直接的影响。预制桩的施工周期较短,尤其适合于那些对时间要求较为紧迫的项目。预制桩在工厂中预制完成并运输至施工现场,施工时只需进行打桩或安装,施工过程简便高效。对于山地光伏项目中地质条件较为简单的地区,预制桩能够显著加快施工进度,确保项目按时完成。然而,现浇桩由于施工过程较为复杂,需要现场浇筑和固化,施工周期较长,特别是在山地环境中,施工难度较大,进度可能会受到天气、交通等外部因素的影响^[5]。尽管如此,现浇桩在复杂地质条件下的适应性和承载力优势,使得在需要保证桩基质量和长期稳定性的项目中,现浇桩仍然是优选。

4.3 环境适应性与应用场景

在山地光伏项目中,桩基的环境适应性至关重要。山区的地质条件、气候变化、土壤类型等因素对桩基的长期稳定性有着重要影响。预制桩因其标准化的尺寸和施工便利性,适用于地质条件较为稳定、施工工期要求较短的地区。对于较为平坦的山区或低坡度地带,预制桩能够有效减少施工时间,降低成本。而现浇桩则能够根据现场的实际地质条件进行定制设计,适用于复杂的地质环境,尤其是在土壤松软、岩层不规则或有强烈地震风险的地区,现浇桩能提供更强的承载力和稳定性。在选择桩基时,除了考虑成本和施工周期,还需要综合考虑项目所在地的地质和气候条件,确保所选桩基能够长期稳定工作,保障光伏系统的高效运行。

5 结论

通过对山地光伏项目中桩基类型、承载力、稳定性、成本效益等方面的综合分析,可以得出结论:桩基在确保光伏系统稳定运行中起着至关重要的作用。预制桩和现浇桩各有其独特的优势与适用场景。预制桩具有较高的施工效率和成本优势,适合于地质条件较为简单的区域,能够有效缩短项目工期并降低施工成本;而现浇桩则在复杂地质环境和大风、强震等自然条件下表现出更好的适应性和承载力,尽管其施工周期较长,但能够提供更强的稳定性和长期效益。在选择桩基类型时,除了考虑初期的成本和施工周期外,还应充分评估项目所在地的地质条件、气候因素以及长期运行的稳定性要求。综上所述,合理的桩基选择不仅能够提高光伏项目的整体经济性,还能保障项目的长期安全和稳定,因此,在实际应用中需要根据具体情况进行科学合理的决策。

[参考文献]

- [1]徐楠.沙漠地区大型光伏电站预制管桩施工工艺优化[J].人民珠江,2024,45(S02):80-82.
- [2]高雄杰,周成龙,张伟,等.海上光伏施工一体化智能装备研究[J].西北水电,2023(5):113-117.
- [3]李军贵.光伏发电项目桩基础施工探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(3):3.
- [4]佚名.辽源矿业光伏发电项目建设进程过半[J].变频器世界,2023,26(2):45-45.
- [5]张元海,陈鹏,吴林霞,等.预制组装式钢混结构光伏发电设备平台:CN201710748247.5[P].CN107503368B[2025-04-03].

作者简介:

韩伟民(1987--),男,汉族,甘肃省人,大学本科,中级职称,研究方向:光伏发电,电力研究。