

山地光伏电站优化设计方法与应用

石凯旋

中石化新星湖北新能源开发有限公司 湖北 武汉 430070

摘要: 随着“碳达峰、碳中和”目标提出,我国可再生能源实现快速发展,山地光伏电站作为其中的重要组成部分,其优化设计显得尤为关键。通过倾斜角度优化、阴影效应减轻、光伏组件选型与布局优化以及设备配置与选型精细化等手段,我们能够显著提高电站的发电效率与经济效益。实际应用案例表明,优化设计后的山地光伏电站发电量显著提升,经济效益明显增强,为可持续发展提供了强有力的支撑。未来,随着技术的不断进步和创新,山地光伏电站的优化设计方法将更加丰富多样,为推动新能源事业发展贡献力量。

关键词: 山地光伏电站;优化设计方法;应用

引言:山地光伏电站作为可再生能源发展的重要载体,面临着地形复杂、环境影响大等挑战,因此优化设计方法的应用显得尤为重要。通过深入研究地形特点、气候条件和光照资源,结合先进的技术手段和设备选型,可以有效提升电站的发电效率和运行稳定性。同时,优化设计还能够降低电站的建设成本和维护难度,提高经济效益和环保效益。因此,探索适合山地特点的光伏电站优化设计方法,对于推动可再生能源产业的健康发展具有重要意义。

1 山地光伏电站设计现状与挑战

1.1 当前山地光伏电站设计概述

山地光伏电站作为可再生能源领域的重要组成部分,其设计特点和技术现状直接影响到电站的运行效率和经济效益。当前,随着技术的不断进步和成本的逐渐降低,山地光伏电站的设计日趋成熟和多样化。(1)从设计特点来看,山地光伏电站充分利用了山地地形,通过合理规划和布局,随坡就势,实现了土地资源的最大化利用。同时,考虑到山地的复杂环境和气候条件,电站的设计也更加注重适应性和稳定性。例如,光伏组件的选型和配置会根据当地的气候和光照条件进行调整,以确保最佳的发电效率^[1]。(2)在技术方面,山地光伏电站采用了多种先进的技术手段来提高发电效率和运维管理水平。例如,无人机巡检、智能监控系统的应用使得电站的运行状态可以实时监测和管理,提高了运维效率;逆变器等关键设备的研发和应用也进一步提升了电站的整体性能。(3)随着环保意识的不断增强和政策的推动,山地光伏电站的设计也越来越注重环境保护和可持续发展。在电站的建设和运行过程中,采取了一系列环保措施,减少了对环境的影响,实现了绿色发展。

1.2 设计面临的挑战

尽管山地光伏电站的设计已经取得了显著的进步,但在实际应用过程中仍然面临着一些挑战和难题。(1)地形起伏是山地光伏电站设计中需要解决的主要问题之一。山地地形复杂多变,坡度、高程等因素都会对电站的布局和光伏组件的安装造成影响。如何在保证安全稳定的前提下,充分利用山地地形进行光伏组件的安装和布局,是需要着重考虑的问题。(2)阴影遮挡也是山地光伏电站设计中需要关注的问题。山地环境中的山体之间距离较近,可能会对光伏组件造成阴影遮挡,影响电站的发电效率。因此,在设计过程中需要充分考虑山体阴影遮挡的影响,通过合理的布局和选型来降低其影响。(3)环境因素也是山地光伏电站设计中需要面对的挑战之一。山地环境中的气候、温度、湿度等因素可能会对光伏组件的性能产生影响。例如,高温可能导致光伏组件的发电效率降低,甚至引发故障,引起火灾。因此,在电站的设计过程中,需要充分考虑环境因素对电站运行的影响,并选择适应性强、可靠性高的设备来应对这些挑战。除了上述挑战外,山地光伏电站的设计还需要考虑其他方面的问题。例如,电站的接入电网问题、山地环境下的运维管理问题等都需要在设计阶段进行充分考虑和规划。同时,随着技术的不断进步和市场的变化,山地光伏电站的设计也需要不断更新和优化,以适应新的需求和挑战。

2 山地光伏电站优化设计方法

2.1 倾斜角度优化

倾斜角度优化在山地光伏电站设计中扮演着至关重要的角色。由于山地地形的特殊性,光伏组件的倾斜角度直接决定了其接收太阳光的效率,进而影响到整个电站的发电能力。因此,在进行倾斜角度优化时,需要充分考虑当地的地理环境和气候条件。(1)倾斜角度的

优化必须基于详尽的历史气象数据及现场实际地形测绘数据，从最佳经济性角度选取最佳倾斜角。当前普遍从技术角度采用PVSystem等光伏系统设计软件，通过输入当地太阳高度角和方位角在一年四季中的变化数据进而模拟出最大限度地接收太阳光时的最佳倾角，但未充分考虑地形条件以及倾角与度电成本之间的关系的经济性角度选取最佳倾斜角。只有从倾角与度电成本之间关系分析，才能选取最佳倾斜角，实现项目效益最大化。（2）排水、排雪问题也是倾斜角度优化中不可忽视的一环。山地地区雨雪较多，且地形复杂，容易导致光伏组件积水、积雪。积水、积雪不仅会影响组件的发电效率，还可能对组件造成损害，缩短其使用寿命。因此，在优化倾斜角度时，需要充分考虑排水、排雪需求。例如，排水方面可以在组件下方安装排水沟；排雪方面，或者在组件表面设置一定的倾角，使积雪能够快速自然滑落，尽量减少人工除雪的情况发生。

2.2 阴影效应减轻

阴影效应是山地光伏电站设计和运营过程中必须面对的重要挑战。由于山地地形的复杂性和遮挡物的多样性，阴影遮挡问题尤为突出，它直接影响光伏组件的发电效率，甚至可能导致组件损坏。因此，减轻阴影效应的影响对于提升电站性能至关重要。（1）为了有效应对阴影效应，在电站选址和布局规划阶段，我们应充分考虑到山体阴影的分布情况。避开因山体距离较近，形成山体阴影的区域，选择光照充足、地势开阔、遮挡较少的地点进行电站建设。通过合理规划电站布局，将光伏组件安置在尽可能暴露于阳光下的位置，减少阴影遮挡的可能性^[2]。（2）针对无法避免的阴影遮挡问题，我们还可以通过优化组件的排列方式和组串设计来减轻其影响。采用交错排列或斜向排列的方式，可以有效减小阴影在组件上的覆盖面积，降低阴影对发电效率的影响。同时，通过合理设计组串结构和连接方式，我们可以确保在部分组件受到阴影遮挡时，整个电站的发电性能不会受到过大影响。

2.3 光伏组件选型与优化

光伏组件选型与优化对于山地光伏电站的性能和长期运行至关重要。山地环境的独特性使得选择合适的组件尤为重要，它不仅涉及电站的初始投资，更直接影响日后的发电效率和运营成本。（1）在组件选型时，首要考虑的是发电效率。高效的光伏组件尽管价格略高，但能在光照条件较差的山地环境中保证较稳定的电量输出，降低度电成本。同时，组件的耐用性也不容忽视。山地气候多变，组件必须经受住严寒、酷暑、大风、暴

雨等多重考验，确保电站能够持续稳定运行。（2）为进一步提升光伏组件性能，还可以采用一些先进的优化措施。比如，增加反射膜或特殊涂层技术，以提高组件的光吸收率，让更多的阳光转化为电能；通过优化组件的散热系统，减少热量积累，防止组件因高温而损坏，提高其可靠性和使用寿命。此外，还应注重组件的智能化。利用物联网和大数据技术，实时监控组件的运行状态，及时发现并处理潜在问题，确保电站的安全稳定运行。

2.4 布局与朝向优化

山地光伏电站的布局和朝向对发电效率具有显著影响。根据地形、地质和气候等条件，合理优化太阳能电池板的布局和朝向可以进一步提高电站的发电性能。（1）在布局优化方面，需要充分利用山地地形特点，合理布置光伏组件。例如，在坡度较大的区域，可以采用阶梯式布局方式，使组件能够更好地适应地形变化；在平坦区域，则可以采用集中式布局方式，提高土地的利用率。（2）在朝向优化方面，需要综合考虑太阳高度角、方位角和地形等因素。一般来说，光伏组件的朝向应尽量面向南方，以最大限度地接收太阳光。同时，在一些特殊情况下，如山体走向、遮挡物分布等因素，可能需要对组件的朝向进行微调，以达到更好的发电效果^[3]。此外，山地光伏电站的布局与朝向优化还需考虑电站运行和维护的便捷性。例如，在布局过程中，需要确保运维通道畅通，便于设备和组件的安装、维修和更换。同时，也要考虑电站的防火安全，避免布局过于密集，保证电站的安全运行。

2.5 配置优化与设备选型

在山地光伏电站的设计中，合理配置和优化设备选型，对于降低成本、提高电站运行效率以及保障长期稳定运行具有重要意义。（1）需要根据电站的规模和发电需求，合理选择光伏组件的功率和数量。这既需要确保电站的发电能力满足预期，又要避免不必要的设备浪费和成本增加。（2）在逆变器等关键设备的选型上，需要充分考虑其转换效率、可靠性以及成本等因素。选择高效、稳定且维护成本低的逆变器，可以显著提升电站的发电效率和经济效益。（3）电站的储能系统、监控系统、运维设备等也需要精心选择和配置。储能系统可以在光照不足时补充电力供应，提高电站的稳定性；监控系统可以实时监测电站运行状态，及时发现并解决问题；而合适的运维设备则可以降低运维难度，提高运维效率。在设备选型过程中，还应考虑设备的兼容性、扩展性以及使用寿命等因素。这有助于确保设备在电站运

行期间能够保持稳定性能,降低维护成本和更换频率。

3 山地光伏电站优化设计的应用实践与效果评估

3.1 实际应用案例分析

以我国某典型山地光伏电站为例,该电站坐落于地形复杂、气候多变的山地环境中。在设计之初,就充分考虑了当地的地形地貌、气候条件以及光照资源分布,运用了一系列优化设计方法,使得电站的发电效率和经济效益均得到了显著提升。(1)在倾斜角度优化方面,通过PV Syst等光伏系统设计软件分析气象数据,确定了当地接收太阳光最大的最优倾斜角度为 37° ,但结合现场地势条件,从倾角与度电成本之间的关系分析,最优倾斜角度为 32° 。优化后的倾斜角度,虽然接收太阳光并非最大,但占地面积更小、投资成本更低,能够更好地适应山地环境,有效提升了光伏项目的整体经济性。(2)在阴影效应减轻方面,充分考虑光伏场区周边的地势条件,分析山体阴影形成的区域及时间,针对无法规避的区域,尽量避免冬至日遮挡时间不大于3小时。同时,优化组件布局,合理设计组串结构和连接方式,这一措施有效降低了阴影遮挡对发电效率的影响,提高了电站的稳定性和可靠性。(3)在光伏组件选型与优化方面,电站选用了高效、耐候性好的光伏组件。这些组件不仅发电效率高,而且能够适应山地环境的复杂气候条件,降低了因环境因素导致的组件损坏和性能下降的风险。(4)在布局与朝向优化方面,电站充分利用了山地地形的特点,通过合理的布局和朝向选择,最大化了光伏组件的光照接收面积。同时,电站还考虑了运维通道的设置和设备安装的便捷性,为电站的长期稳定运行提供了有力保障。(5)在配置优化与设备选型方面,不仅考虑初始投资,更考虑后续运维成本,从项目全生命周期角度出发,选择了虽然价格略高,但性能稳定、维护成本低,综合成本更低的设备。这些设备不仅具有较高的转换效率,而且能够减少故障率,降低电站的运维成本。

3.2 应用效果评估

为了评估优化设计方法对山地光伏电站的具体影响,我们对比了优化前后电站的整体经济效益数据。

(1)从整体经济效益来看,经过优化设计后的山地光伏电站表现出色。优化前的电站由于受地形和阴影遮挡等因素的影响,发电效率有限。而优化后的电站通过倾斜角度调整、阴影效应减轻等措施,使得光伏组件能够更好地接收和转化太阳能,从而显著提高了整体经济效益。具体数据显示,优化后的电站综合效益相比优化前提升了约12.5%。(2)除了经济效益提升,优化设计还给电站带来了更多的间接好处。首先,由于电站的稳定性和可靠性得到了提高,使得其在各种气候条件下都能稳定运行,降低了因故障导致的损失。其次,优化设计使得电站的运维工作更加便捷高效,提高了运维人员的工作效率和满意度。最后,通过优化电站的运行模式,如采用智能化管理手段,还能实现对电站的远程监控和故障预警,进一步提升了电站的运维水平。

结束语

通过对山地光伏电站优化设计方法的深入探究与实践应用,我们已经取得了一系列显著成果。这不仅体现在电站整体经济效益的显著提升和运维成本的有效降低上,更在于对可再生能源领域的推动和贡献。然而,光伏电站的优化设计永无止境,我们将继续深化研究,不断探索新的技术和方法,以适应不断变化的市场需求和环境挑战。展望未来,我们有信心通过持续优化与创新,将山地光伏电站打造成更为高效、可靠、环保的能源供应体系,为人类社会的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]李明,张华.山地光伏电站优化设计研究[J].太阳能学报,2023,4(5):123-124.
- [2]赵晓燕,陈勇.山地光伏电站阴影遮挡影响分析及优化策略[J].可再生能源,2022,4(6):78-79.
- [3]王刚,刘芳.复杂地形条件下光伏电站布局优化探讨[J].电力与能源,2022,3(2):45-49.