[项目管理]

电力总承包大型新能源光伏项目建设面临的主要风险

文/韩能
中国五冶集团有限公司

探讨大型新能源光伏项目建设中电力总承包商面临的主要技术风险，包括设计与技术规格的变动，新技术的应用与适应性问题，质量控制问题，以及气候变化和极端天气对光伏电力系统的影响，并提出相应的风险管理措施，旨在为光伏项目的设计、运行和维护提供实用的指导和参考。

随着全球能源结构转型的推进和对可持续发展的需求增加，光伏发电作为一种重要的新能源技术，得到了广泛关注和应用。大型光伏项目的成功实施依赖于电力技术的可靠性和稳定性。然而，这些项目在设计、运行和维护过程中面临诸多技术风险和环境挑战。本文旨在系统分析光伏项目中的主要技术风险，并探讨有效的风险管理策略，以提高项目的成功率和长期运营效益，通过深入研究光伏电力系统在实际应用中的表现和挑战，为相关从业者提供全面的技术指导和风险管理建议。

光伏项目建设概述

1. 光伏电力系统的基本组成与工作原理

光伏电力系统主要由光伏板（太阳能电池）、逆变器、支架系统、电气配件以及监控系统组成，光伏板负责将太阳能转换为直流电，这是通过半导体材料（如硅）内部的光电效应实现的。当阳光照射到光伏板上时，半导体材料激发电子，产生电流。这种电流随后被送至逆变器，逆变器的作用是将直流电转换为可以供家庭或电网使用的交流电。

从技术层面上，现代光伏板主要采用单晶硅或多晶硅技术，近年来，基于成本与效率优化的考虑，钙钛矿和异质结技术也开始得到广泛应用。逆变器技术同样关键，它不仅影响能量转换效率，还涉及系统与电网的交互，包括能量质量、系统稳定性及智能调控等方面。随着技术进步，光伏系统的监控和维护也越来越依赖于高级的数据分析和远程监控技术，以实时优化系统性能并预防故障。

2. 光伏项目在全球范围内的发展趋势与技术进步

全球光伏项目的增长势头强劲，尤其是在中国、美国、印度以及欧洲地区，这得益于技术进步、成本下降以及政府的政策支持。技术进步主要体现在光伏电池效率的提升和成本的持续降低，例如，单晶硅电池的效率已经从几年前的20%提升到近25%，而组件成本则从每瓦数美元降至几十美分。这些技术和经济上的优势使得光伏发电成为最具竞争力的可再生能源之一。同时，光伏技术的创新未有停歇，例如，双面光伏板和双玻技术能够在传统单面板的基础上进一步提高能量捕获率和降低系统的温度，提升整体的能量输出效率[1]。随着储能技术的发展，光伏系统配备储能装置的项目越来越多，这不仅可以解决光伏发电的间歇性问题，还能提高系统的调峰能力，提高电网的稳定性。

技术风险分析与管理

1. 设计与技术规格的变动

在大型光伏项目中，设计与技术规格的变动是一个关键的技术风险领域。随着市场上新技术的不断涌现、法规的更新以及对项目性能优化的深入要求，设计和技术规格的调整变得不可避免。在电力技术领域，这种变动涉及多个方面，包括逆变器的选择、光伏面板的类型、电力存储系统的配置以及整个系统的电力管理策略。逆变器是光伏系统的核心组件之一，其选择对系统的整体效率和稳定性至关重要。新型高效逆变器的出现，可提供更高的转换效率和更好的电网适应能力。如果在项目执行期间，市场上推出了一款性能更优的逆变器，项目团队可能需要重新评估和选择，以提升系统的整体效率和可靠性。然而，这种技术更新虽然有利于长期效益，但在短期内可能会带来一系列问题。首先是成本的上升，新设备的采购和安装需要额外的预算[2]；其次是施工的延期，新设备的集成需要调整原有的设计和安装计划；最后是员工培训，处理新技术需要对操作和维护人员进行额外培训，确保他们能够熟练操作和维护新设备。

光伏面板的类型也是设计变动中的一个重要因素。新型高效光伏面板，如异质结太阳能电池或钙钛矿太阳能电池，提供了更高的光电转换效率，但其应用需要对现有系统进行调整，例如，新面板的电气特性和安装要求可能不同，需要重新设计支架系统和电气连接，以确保其性能最大化。新材料的长期稳定性和耐久性还需通过实际应用验证，这给项目带来了不确定性和潜在风险。

电力存储系统的配置是另一个重要的变动领域，随着储能技术的进步，锂离子电池、钠离子电池以及固态电池等新型储能技术不断涌现，显著提高光伏系统的能量存储和调度能力，增强系统的可靠性和灵活性。新储能技术的集成需要对现有系统进行全面评估和调整，确保其兼容性和安全性。

2. 新技术的应用与适应性问题

新技术的应用是推动光伏行业发展的重要因素，但同时也带来了显著的适应性问题。例如，新一代光伏技术，如基于钙钛矿的太阳能电池，虽然提供更高的光电转换效率，但在实际部署前需要广泛测试以确认其在不同气候条件下的长期稳定性和可靠性。电力系统中新技术的集成，如先进的能量

管理系统和智能逆变器，也需要与现有的电网操作和安全协议兼容。新技术的应用可能需要在整个系统的设计、操作和维护方面进行大量修改，不仅涉及技术层面的挑战，也包括经济和时间成本的考量[3]。管理这些风险的关键在于进行彻底的市场和技术研究，以及开展初期的小规模试点项目来验证新技术的实际表现。

3. 质量控制问题

质量控制在光伏电力项目中至关重要，直接影响到系统的性能和安全。电力技术领域的质量问题包括电气连接的可靠性、逆变器和其他关键电力组件的故障率，以及整个系统的耐久性。质量控制问题的根源往往来自于制造缺陷、设计不当或是安装过程中的错误。例如，如果逆变器的热管理系统设计不足，会在高温环境下导致性能下降或故障。为了有效管理这些风险，需要在项目的每个阶段实施严格的质量保证和控制措施。这包括供应商的选择、生产过程的监控、现场安装的质量检验以及定期的系统维护和检测。

4. 风险管理措施

有效的技术风险管理措施是确保光伏项目成功的关键。首先，需要建立一个全面的风险识别和评估框架，定期对项目的所有技术方面进行审查，识别潜在风险点。接下来，基于风险评估结果，制定相应的缓解措施，例如选择有良好历史记录的技术和供应商，使用经过验证的材料和设备，以及采用灵活的设计方案以适应可能的技术变动。此外，风险转移也是一个重要策略，可以通过保险或与供应商和承包商的合同条款来实现。最后，建立应急响应机制和预案，确保在面临技术故障或其他突发事件时，项目能够迅速有效地响应，最大程度减少损失。

环境与自然风险

1. 气候变化对光伏电力的影响

气候变化对光伏电力系统产生深远影响，主要体现在日照模式的改变和极端气候事件的增加两个方面。全球变暖导致某些地区云量增多和日照时间减少，这对光伏系统的发电效率和能量产出产生直接影响。光伏电池的工作原理依赖于太阳光的强度和持续时间，因此，云层覆盖和日照时间的减少会显著降低光伏电池的能量捕获效率，进而减少电力输出。

气温升高也会对光伏电池的效率产生负面影响，大多数光伏电池在高温条件下性能会降低，主要因为高温会增加半导体材料的电阻，降低其光电转换效率。具体而言，硅基光伏电池的效率温度每升高1 ℃，大约下降0.45%。这种温度效应使得在全球变暖的背景下，尤其是在夏季或热带地区，光伏系统的发电能力受到明显影响。因此，电力技术领域需要开发和采用耐高温、效率更高的光伏材料和技术，如异质结太阳能电池和钙钛矿太阳能电池，以减少高温对发电效率的负面影响。极端气候事件的增加也是气候变化带来的重要风险。暴雨、风暴和高温波等极端天气现象不仅影响光伏系统的发电能力，还对系统的物理结构构成威胁，例如，强风可能损坏光伏面板和支架系统，暴雨可能导致设备短路或电气故障，高温波则可能加剧组件的老化和劣化。这些极端气候事件增加了光伏系统的维护和更换成本，并导致停电或电力供应不稳定。

2. 光伏项目在极端天气条件下的运行风险

极端天气条件，包括高温、暴雨、冰雹和飓风等，对光伏项目的运行构成直接威胁。这些极端条件不仅影响光伏系统的发电效率，还可能对设备的物理结构造成严重损害，进而影响系统的长期稳定性和经济性。首先，高温对光伏电池的性能产生显著影响。大多数光伏电池在高温条件下效率会下降，这是因为高温会增加半导体材料的内阻，降低光电转换效率。此外，高温还会加速光伏电池和逆变器等关键组件的老化，缩短其使用寿命，这种温度效应在全球变暖的背景下尤为明显，特别是在热带和亚热带地区。因此，开发和采用耐高温的光伏材料和技术，如异质结太阳能电池、钙钛矿太阳能电池和先进的冷却技术，是提高高温条件下光伏系统效率的关键。暴雨和冰雹对光伏系统的机械结构构成威胁。暴雨可能导致电气设备进水，造成短路和电气故障，而冰雹则可能直接打碎光伏面板[4]，损坏支架系统。这些机械损伤不仅影响系统的发电能力，还带来高昂的维修和更换成本。为应对这些风险，选择具有高耐候性和机械强度的材料至关重要。例如，采用双玻光伏组件和强化支架系统，可以提高抗冲击能力，减少暴雨和冰雹对系统的

损害。

3. 环境风险的缓解与适应措施

针对环境风险，光伏项目可以通过一系列技术和管理措施进行缓解和适应。首先，进行详尽的环境影响评估（EIA）和风险评估是基础，这有助于在项目规划阶段识别和量化潜在的环境风险。其次，采用适应性设计，如使用更为坚固的材料，增加结构的机械强度，或设计可调节角度的光伏面板，以适应不同的环境条件和气候变化。安装先进的监测系统，如天气预报和环境监测仪器，可以实时监控环境变化并采取相应措施，例如，通过实时数据分析，系统可以自动调整面板角度以应对突变的天气条件，或在风暴来临前自动启动防护措施。与当地社区和政府合作，制定应急响应计划和灾后恢复计划也是缓解环境风险的重要方面，确保在自然灾害发生时，项目可以快速响应并尽可能减少损失。

结论与建议

1. 主要风险的综合分析与未来趋势

通过对光伏项目建设过程中电力技术领域风险的详细分析，可以得出以下综合结论。技术风险，包括设计与技术规格的变动、新技术的应用与适应性问题以及质量控制问题，构成了光伏项目中最关键的风险类别。随着光伏技术的不断进步，新技术的不断涌现给项目带来了巨大的潜在收益，但同时也引入了适应性和兼容性风险，这些技术风险需要通过系统的评估和管理来确保项目的成功[5]。环境与自然风险，如气候变化和极端天气，对光伏系统的运行构成了重大威胁。气温升高、降雨模式变化和极端天气事件增加，均会直接影响光伏电池的效率和系统的可靠性。为了应对这些风险，项目需要在设计、材料选择和运维策略上进行全面优化。供应链与物流风险则主要涉及设备和材料的供应可靠性以及运输过程中可能遇到的障碍。全球供应链的复杂性和不确定性，使得光伏项目的供应链管理变得尤为重要。未来，随着全球市场的不确定性增加，这一风险将愈加显著，需要项目团队采取多样化和灵活的供应链管理策略。

2. 风险管理的最佳实践与策略建议

为了有效管理光伏项目中的技术风险，项目团队应采取一系列最佳实践和策略建议。首先，在设计阶段应考虑技术更新的可能性，采用模块化设计和灵活的技术方案，以便在新技术出现时能够迅速调整。例如，使用可替换的组件和标准化接口，使系统可以轻松集成新技术。应建立严格的技术评估

和审查机制，通过定期审查和更新技术选择，确保设计的前瞻性和科学性。包括邀请专家进行技术评估，并结合最新的研究和市场动态，进行全面的技术风险分析。其次，在引入新技术时，应先进行小规模试点项目，通过实际运行数据验证新技术的适应性和可靠性。这一过程应涵盖各种环境条件的测试，例如高温、高湿和沙尘暴等极端气候，以确保新技术在不同实际应用场景中的稳定性和高效性。通过收集和分析试点数据，可以发现潜在问题并进行调整，从而降低大规模部署的风险。严格的质量控制也是关键，应建立全面的质量管理体系，涵盖从生产到安装的各个环节。对供应商进行严格筛选，确保其具备高标准的生产能力和质量保证措施。在生产过程中，应采用先进的检测技术，如X射线检查、热成像检测和电性能测试，确保每一组件符合设计标准。安装阶段需要专业技术人员按照规范操作，确保安装质量，通过实施质量控制措施，可以最大限度地减少技术风险，确保光伏项目的稳定性和高效性。

3. 对光伏项目未来发展的展望

展望未来，光伏项目将在全球能源结构转型和可持续发展中扮演越来越重要的角色。随着技术的不断进步，光伏电力系统的效率和可靠性将进一步提高，新材料、新技术的应用将使光伏发电变得更加经济和高效。智能电网技术的发展也将进一步推动光伏系统的集成与优化，提高电力系统的整体稳定性和调度灵活性。然而，随着气候变化和极端天气事件的频发，环境与自然风险将成为光伏项目面临的长期挑战。要求项目团队持续关注气候变化的趋势，采用前瞻性的设计和技术解决方案，以增强系统的抗风险能力。全球经济和政治环境的不确定性也会对光伏项目的供应链和市场环境产生深远影响。未来，光伏项目需要在供应链管理、市场预测和政策应对方面做出更为灵活和多样化的安排，以确保项目的可持续发展。

结束语

大型光伏项目的成功依赖于对技术风险的全面理解和有效管理，设计与技术规格的变动、新技术的应用、质量控制以及环境风险都是项目面临的主要挑战。通过实施严格的质量管理体系、采用前瞻性的技术设计、进行小规模试点测试以及持续监测和优化系统性能，可以显著降低这些风险。未来，光伏技术将继续发展，项目团队需要不断适应新的技术和环境变化，以确保光伏电力系统的高效运行和可持续发展，通过有效的风险管理和技术创新，光伏项目将为全球能源转型和可持续发展做出更大贡献。EA

（收稿日期：2024-06-12）

参考文献

[1] 新能源投建营一体化创新实践 [J]. 中国勘察设计，2024(2)：88-89.

[2] 李星志. H电力工程公司海外光伏电站项目团队管理改进方案研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2023.

[3] 苏明莉. 跨区域经营企业员工归属感问题研究[D]. 苏州：苏州大学，2020.

[4] 史鸿翔. “一带一路”下国际电力工程合作建设发展研究[D]. 北京：华北电力大学(北京)，2020.

[5] 樊崇，白俊，李世祥. 农村能源革命背景下“光伏+”扶贫模式创新研究——以河南金冠电力工程有限公司为例[J]. 当代经济，2019，(11)：115-120.