

Construction and Practice Verification of a Three-Dimensional Collaborative Model of New Energy Centralized Photovoltaics + Safety Management + Ecological Environmental Protection

Yonghui Wu

Guizhou Qianxinan Jinyuan New Energy Co., Ltd., Xingyi, Guizhou, 562400, China

Abstract

Against the backdrop of the “double carbon” strategy, as a core part of the new energy industry tree, the progress of large-development of centralized photovoltaics encounters two major challenges: safe navigation and ecological protection. In the traditional development paradigm, the pioneering work, safety control, and ecological protection of photovoltaics are often presented as fragmented and separated, acting as shackles and handcuffs for the high-quality development of the industry. Based on the of practical application, this article proposes a three-dimensional collaborative operation model of centralized photovoltaics safety governance work ecological environment protection. It deeply explores the core threads and key node content of the model establishment, and uses typical project practice cases to verify the feasibility and practical value of the model, providing a roadmap for centralized photovoltaic industry to reach safe ports, green grasslands, and sustainable development.

Keywords

Centralized Photovoltaics; Safety Management; Ecological Environmental Protection; Three-Dimensional Collaboration; Model Construction

新能源集中式光伏 + 安全管理 + 生态环保三维协同模式构建与实践验证

吴永辉

贵州黔西南金元新能源有限公司，中国·贵州 兴义 562400

摘 要

“双碳”战略车轮推动的背景层面，集中式光伏作为新能源产业大树的核心根系部分，其规模化发展进程遭遇安全航行与生态守护的双重激流险滩。传统发展范式当中，集中式光伏的开拓作业、安全关卡把控与生态环境保护多呈现断裂分割姿态，成为产业高品质发展的枷锁镣铐。本文站立在实践大地的视角方位，提出集中式光伏+安全治理工作+生态环境保卫的三维协同运转模型，深入挖掘模型搭建的核心脉络逻辑与关键节点内容，借助典型项目的实践实验案例，验证模型的可行程度与实用价值，为集中式光伏产业抵达安全港湾、绿色草原、可持续发展的远方，提供实际操作的路线地图。

关键词

集中式光伏；安全管理；生态环保；三维协同；模式构建

1 引言

能源结构的蜕变转型是开启“双碳”目标宝库的核心钥匙，集中式光伏依靠规模化的电力生产优势，在新能源产业的棋盘上占据关键坐标点位。然而在真实的发展进程里，集中式光伏项目普遍遭遇双重对峙矛盾：一方面，项目的覆盖版图广阔，设备在露天舞台运行，受自然环境季风与人为操作双手的影响巨大，安全风险的防控城墙面临突出压力；

另一方面，项目大多把地址选在山地脊梁等生态敏感的地域圈层，施工建造与运营操作的过程容易引发植被毛发的破坏、水土流失的肌肤创伤等生态病症问题^[1]。目前，多数项目将光伏的开拓作业、安全管理事务与生态环境保护工作视为各自为政的独立环节，缺少系统全局的协同配合机制，造成安全隐患的阴云和生态风险的迷雾相互叠加笼罩。鉴于此种状况，搭建“集中式光伏装置+安全治理事项+生态环境保卫工作”的三维协同运转模型，达成三者的有机化学融合、彼此能量赋予，成为冲破产业发展瓶颈关卡的关键密钥。本文把目光聚焦在模型搭建的核心重点部位，结合实践中的案例标本开展验证分析工作，为产业的高品质发展提供理论天空的星光与实践大地的基石。

【作者简介】吴永辉（1996-），男，中国云南丽江人，本科，助理工程师，从事风电光伏发电安全及生态环保管理研究。

2 三维协同模型搭建的核心脉络逻辑

2.1 协同合作的指引方向：从断裂管控到系统整合

传统的集中式光伏项目开拓作业中，光伏的建设工作侧重于发电效率的提升，安全管理工作把目光聚焦在事故的预防壁垒上，生态环境保护大多是被动响应的合规行为，三者缺乏统一的规划蓝图与协同的联动齿轮。三维协同模型以“开拓作业与保护工作并重、安全盾牌与效益果实统一”作为核心的指引旗帜，打破环节之间的壁垒城墙，将安全管理的要求与生态环境保护的命令贯穿插入到光伏项目的规划图纸、施工建设、运营操作的全生命周期河流当中。在规划设计的阶段，同步开展安全风险的评估丈量与生态影响的论证研讨工作；在施工建设的阶段，统筹安排落实安全防护的措施开架与生态保护的方案图纸；在运营操作的阶段，建立安全状态与生态环境的协同监测网络机制，实现三者的目标航向一致、措施行动同步、效益成果同享^[2]。

2.2 核心地位的支撑力量：技术创新火炬与机制保障堡垒的双重驱动

三维协同模型的落地生根需要依靠技术创新的火炬照明与机制保障的堡垒守护双重支撑力量。技术层面之中，以智能监测以及绿色施工这类技术革新形式，达成安全风险和生态状况的精确管控举动；机制层面之上，构建跨部门协同管理体系、责任追溯机制与绩效评价体系架构，清晰界定各主体于光伏开发、安全管理、生态环保范畴里的职责界限范围，保障协同举措落地产生效果。与此同时，以全生命周期理念作为引领旗帜，将协同要求嵌入项目各个环节内部，造就“规划存在协同情况、施工持有管控措施、运营具备监测手段、验收拥有评估机制”的完整闭环形态^[3]。

3 三维协同模式的核心构建内容信息

3.1 规划阶段过程：三维统筹布局状况

规划环节情形是达成三维协同的基础条件，需要打破“重视发电工作、轻视安全事宜、弱化环保事项”的传统思维模式，开展系统性统筹布局工作。于选址环节期间，结合区域生态承载能力实施生态敏感性评估工作，优先挑选荒地生态承载力较为强大且土地利用效率较低的区域范围，避开生态保护区核心区域地域；同步开展安全风险普查活动，排查极端天气、地质灾害等潜在安全隐患问题，合理规划光伏阵列布局与设备安装位置场所。在方案设计环节之内，把安全防护标准和生态保护要求融入光伏系统设计工作，比如借助优化光伏支架高度匹配地表植被发展情况，运用模块化设计方便后期安全运维操作；同步设计安全监测与生态监测一体化系统体系，实现数据共享和协同预警功能^[4]。

3.2 施工阶段时期：安全与生态协同管控事宜

施工阶段是安全风险和生态破坏的高发时期，需要建立协同管控机制，统筹落实安全与生态保护措施办法。在安全管理层面，推行标准化施工流程程序，对高空作业、临时

用电等高危环节实施全程监护工作，配备智能安全监测设备实时监测作业环境与设备状态情况，及时排查安全隐患问题。在生态保护方面领域，采用绿色施工技术减少环境扰动影响，例如针对山地光伏项目运用微型机械点状开挖方式，避免大面积植被破坏现象。同时之时，建立施工人员协同培训机制，把安全操作规范和生态保护要求纳入岗前培训内容，确保施工人员同步落实安全与生态责任义务。

3.3 运营阶段：全周期协同监测与运维工作

运营阶段的核心要点是建立安全与生态协同监测运维体系系统，实现风险早预警、问题早处置的目标要求。在监测体系构建层面，整合安全监测与生态监测设备装置，通过物联网、大数据技术实现数据实时采集与共享功能，监测内容包含设备运行状态、极端天气预警、植被覆盖状况、土壤与水质变化等方面，建立协同预警机制体制，当监测数据超出阈值时同步触发安全与生态应急响应行动。在运维管理架构当中，执行“安全运维融合生态养护”的协同运作范式，运维工作成员于设备巡检的流程之内同步施行生态情形的排查事务，及时完成光伏板周边杂物的清理作业以防备火灾风险事件，同时进行植被发展状态与水土保持设施的维护工作；定时开展安全因素与生态要素的协同演练活动，提升应急状况的处置能力和水平，确保在突发情形之下既能够保障人员群体与设备装置的安全态势，又可以将生态层面的影响程度降至最大下限。

3.4 验收程序与评估环节：协同效能的评价机制

构建三维结构的协同绩效评价体系架构，把光伏发电的效率指标、安全事故的发生概率、生态恢复的实际效果等多项指标纳入验收评估的范畴领域。验收环节过程中不仅要核查光伏系统的发电性能状况与安全设施的达标情形，还需要评估生态保护措施的落实成效，重点审核植被恢复的比率数据、水土流失的控制效果等具体指标。运营周期之内定时开展协同绩效的评估工作，结合监测获取的数据信息优化运维方案内容，针对安全管理工作与生态保护措施的有效性实施动态化的调整操作，构建“评估分析—优化改进—提升强化”的持续改进运行机制。

4 三维协同模式的实践验证状况

4.1 山地光伏复合项目的实践案例

在山地集中式光伏项目当中，借助实践三维协同模式理念，达成了光伏电站安全高效运转、生态环境保护工作与电力稳定输出情况的有机融合形态。于规划时期之内，项目把地址选定在坡度处于适中状态、光照条件呈现良好情形的山地丘陵区域地带，同时开展地质灾害安全评估工作与生态系统承载力分析事项，科学地设计光伏阵列间距状况与支架高度情况，将原有植被带进行保留动作，造就“光伏阵列—生态间隔”交错分布格局。在建设时间段里，运用轻型模块化组件和人工搬运相结合的途径方式，降低大型机械针对

山地表土以及植被产生的破坏影响；针对坡面施工工程设置分级防护网结构与截排水系统装置，有效地防范水土流失问题；对高空组串安装作业、电缆敷设操作等危险作业活动实施全程旁站监护举措，并且配备气象监测设备仪器实时预警大风现象、暴雨状况等恶劣天气情形。在运营时期以内，组建“光伏运维+生态管护”一体化班组组织，运维人员当开展设备巡检工作、故障排查任务的同时，承担周边植被抚育工作、排水沟清理事项等方面的工作内容；依靠智慧平台系统实时监测辐照度数值、设备运行状态情况以及边坡稳定性状况，实现安全风险与生态风险的联动预警机制。项目投入运行以来维持安全零事故记录，区域林草覆盖度呈现稳步提升趋势，形成了“板上进行发电、板下开展保育”的山地光伏复合发展模式形态。

4.2 茶光互补山地光伏项目的实践案例

处于江南茶区范围的山地光伏项目工程，依靠三维协同模式体系，有效地应对了山地施工安全风险程度高、茶园生态保护要求严厉的双重挑战状况。规划时期紧密结合茶园地形起伏特征表现与茶树喜散射光的习性特点，合理地确定光伏支架离地高度情况与阵列间距状况，保障茶树光合作用的需求条件；同时开展滑坡灾害、泥石流灾害等地质灾害隐患排查工作，规划检修通道线路与生态排水设施结构。施工时期全面采用小型器械和人工配合的作业模式方式，推行桩基点状开挖工艺，避免对茶园土壤结构造成压实破坏后果；在坡坎区域位置布设生态袋结构、植草沟设施等护坡固土措施手段，并且设立醒目的安全警示标识标记与临边防护设施装置，实施专职安全员全程巡查监护制度。运营时期构建茶园生态环境与光伏运行状态协同监测体系架构，对茶树生长态势表现、冠层光照分布情况以及光伏组串运行参数数据进行动态监测操作；运维团队统筹开展光伏板清洗工作与茶园修剪作业、施肥处理等农艺作业活动，在保障电站安全稳定运行状态的同时情形下，促进茶叶产量数值与品质水平提升进程，实现“茶光相互促进、景效达成合一”的局面状况。

4.3 林光互补山地光伏项目的实践案例

西南山区范围的林光互补光伏项目工程，运用三维协同模式体系，妥善地处理了电站建设运营工作与森林生态系统保护事宜之间的关系关联。规划前期阶段深入调研区域林木分布状况、土壤条件情况与降雨特点表现，采用高支架结构、宽行距尺度的设计方案内容，为林下草本植被恢复进程

留出空间范围，并且系统评估森林火险等级、雷击风险等安全风险因素，合理地布局防火隔离带结构与防雷接地网络体系。施工过程中严格控制作业范围，利用索道运输设备，减少林木砍伐与地表开挖；同步实施林下灌草修复与表土保护，并对林区施工临时道路进行生态化处理。运营阶段建立“电力设备—森林环境”一体化监测平台，实时采集光伏设备运行数据、林区温湿度及火险等级信息，实现安全与生态双重预警。运维工作融合光伏设备维护与林木抚育管理，定期清理电站周边易燃物，修剪影响设备的枝条，既保障了电站长期可靠运行，又促进了林地生态功能的持续恢复，探索出山地森林地区光伏开发的可持续路径^[5]。

5 结语

集中式光伏、安全管理以及生态环保的三维协同模式，冲破了传统发展模式里各个环节相互割裂的障碍，通过规划统筹、施工协同、运营监测以及绩效评估的全生命周期管控方式，实现了光伏开发、安全保障和生态保护的有机融合态势。实践验证结果显示，该模式能够有效地降低项目的安全风险，减少生态方面的扰动影响，提升项目的综合效益，为集中式光伏产业的高质量发展提供了可行的路径选择。在未来，随着技术创新的不断深入推进，三维协同模式将会朝着智能化和精准化的方向进行升级。通过引入人工智能、数字孪生等技术手段，构建全流程数字化的协同管理平台，实现对安全风险和生态状况的精准预判以及智能处置；与此同时，需要进一步完善协同管理机制，强化政策引导和标准支撑的作用，推动该协同模式在更多的光伏项目当中得到推广和应用，助力新能源产业实现安全、绿色、可持续发展目标，为“双碳”目标的达成提供有力的保障支持。

参考文献

- [1] 张学,何国庆,韦统振,裴玮.面向沙戈荒源网荷储一体化基地的主力电源型光储变流器研究综述[J].高电压技术,1-15.
- [2] 潘熙.基于组合神经网络的新能源场站集中式功率预测研究[J].电子设计工程,2025,33(23):77-81+88.
- [3] 刘岩,王冬,马凯琳,柳乐怡.基于改进模型预测控制的新能源电力系统AGC控制策略[J].能源与环保,2025,47(11):315-324.
- [4] 张天宝,常俊松.“双碳”背景下荒漠集中式光伏绿色施工综合评价及对策[J].科学技术与工程,2025,25(29):12466-12475.
- [5] 王森,刘毅,王吉超,任乃祺,由梓默,史立志.集中式光伏电站的运维研究[J].太阳能,2025,(09):80-87.