

风光储联合电站建筑空间集约化设计

潘 晨

内蒙古能源规划设计研究院有限公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要：新能源产业规模化发展下，风光储联合电站广泛布局，土地资源紧缺与建筑空间利用低效的矛盾凸显，集约化设计成关键。本文聚焦风光储联合电站建筑空间集约化设计，分析电站功能与空间需求，明确设计核心矛盾与原则，提出总体布局优化等设计策略，构建结构安全等关键技术支撑体系，量化评估全生命周期成本与环境效益，为该设计提供理论支撑与实践指导，助力提升空间利用率、节约资源，推动新能源电站高质量发展。

关键词：风光储联合电站；建筑空间集约化；功能复合；模块化设计

引言：“双碳”目标下，风光储联合电站整合多种能源系统，是新能源产业重要方向。其建筑类型多样，传统设计存在布局分散、空间利用率低、功能衔接差等问题，浪费土地且增加成本。土地资源管控趋严，电站对空间高效利用需求迫切，集约化设计是破局关键。但现有设计缺乏系统性策略，难以兼顾功能、安全与效益，技术支撑体系不完善，故开展相关研究，明确设计原则、策略与技术支撑，对提升空间利用等意义重大。

1 风光储联合电站建筑空间特征与需求分析

1.1 电站功能组成与空间需求

风光储联合电站建筑功能组成复杂，主要包括核心生产建筑、辅助生产建筑及附属建筑三大类，不同建筑的空间需求存在显著差异。核心生产建筑涵盖控制楼、储能厂房、输配电房，控制楼需满足监控、操作、调度等功能，要求空间布局规整、采光通风良好，配备专用机房与办公区域；储能厂房需适配储能设备的安装、运行与维护，空间需具备足够的承载能力、防火防爆性能，且预留设备检修与扩容空间；输配电房需保障电气设备安全运行，空间需干燥、防尘，合理规划管线布置。辅助生产建筑包括检修库房、备件仓库等，需满足设备检修、物资存储需求，空间布局需便于物料运输与周转。附属建筑涵盖宿舍、食堂等，需兼顾实用性与舒适性。各类建筑空间需求相互关联，需统筹规划，实现空间资源高效利用。

1.2 集约化设计的核心矛盾

风光储联合电站建筑空间集约化设计面临三大核心矛盾，制约设计方案的落地与效能发挥。一是功能需求多样性与空间利用高效性的矛盾，电站各类建筑功能差异大，核心生产建筑对空间安全性、专业性要求高，辅助与附属建筑需保障实用性，如何在有限空间内满足多类型功能需求，避免空间浪费，成为首要矛盾。二是集

约化布局与系统协同性的矛盾，集约化设计需推动建筑集中布局、功能整合，但风电、光伏、储能系统的运行需求不同，建筑布局需兼顾各系统设备的安装、运维与协同运行，过度集中易导致系统干扰、安全隐患增加^[1]。三是短期建设成本与长期综合效益的矛盾，集约化设计可能增加前期设计与施工成本，如模块化构件定制、数字化设计投入等，如何平衡短期成本与长期土地节约、运维高效的综合效益，成为设计过程中的重要考量。

1.3 集约化设计原则

风光储联合电站建筑空间集约化设计需遵循四大核心原则，兼顾安全性、实用性、经济性与可持续性。（1）功能优先原则，以电站各系统正常运行、各建筑功能高效发挥为前提，优化空间布局与设计方案，确保集约化设计不影响核心功能实现，重点保障储能设备、控制系统的安全运行空间需求。（2）空间高效原则，挖掘垂直空间与闲置空间潜力，推动建筑集中布局、功能复合，减少建筑占地面积，提升土地与建筑面积利用率，避免空间冗余与浪费。（3）协同适配原则，兼顾风电、光伏、储能系统的协同运行需求，确保建筑布局与设备布置、管线走向、检修通道适配，实现建筑空间与各系统的有机融合。（4）可持续发展原则，预留设备扩容、技术升级空间，采用绿色节能材料与设计理念，兼顾建设成本与全生命周期运维效益，实现空间资源的长期高效利用，契合新能源产业绿色发展导向。

2 建筑空间集约化设计策略

2.1 总体布局优化

总体布局优化是建筑空间集约化设计的核心策略，核心是实现建筑集中布局、系统协同适配，提升空间利用效率。结合电站场地条件、地形地貌与各系统分布，采用集中式布局模式，将功能关联度高的建筑整合布置，如将控制楼与输配电房、检修库房集中构建建筑集

群,缩短各建筑间的距离,优化管线布置与检修通道,减少空间浪费。根据各建筑功能重要性与风险等级,划分不同空间区域,核心生产建筑布置在场地核心区域,附属建筑布置在边缘区域,合理规划场地交通与绿化空间,实现土地复合利用。针对山地、平原等不同地形,采用依山就势、分层布局等方式,适配地形条件,避免大规模场地平整,节约土地资源与建设成本。同时,优化建筑间距,兼顾防火安全、采光通风与设备运维需求,实现布局集约化与安全性的平衡。

2.2 功能空间复合设计

功能空间复合设计是提升建筑内部空间利用率的关键,通过整合不同功能需求,实现单一空间多功能利用,减少空间冗余。在控制楼设计中,整合监控、操作、办公、休息等功能,采用开放式办公与专用机房相结合的布局,共享公共走廊、卫生间等辅助空间,减少功能分区带来的空间浪费;在储能厂房设计中,结合储能设备运行特点,划分设备安装区与检修区,检修区可兼顾备件临时存储功能,实现空间复用。辅助生产建筑与附属建筑采用多功能复合设计,如检修库房与备件仓库整合布置,宿舍与食堂共享公共活动空间,提升空间利用效率。同时,挖掘垂直空间潜力,控制楼、储能厂房采用多层设计,地下空间用于设备存储、管线布置,屋顶空间可铺设光伏组件,实现空间多功能利用,进一步提升集约化水平^[2]。

2.3 模块化与标准化设计

模块化与标准化设计是提升集约化设计效率、降低成本的重要策略,实现建筑构件通用化、施工便捷化与空间可拓展性。针对电站各类建筑的功能需求,设计标准化模块单元,如控制楼的机房模块、办公模块,储能厂房的设备安装模块,检修库房的存储模块等,模块单元采用统一的尺寸、结构与接口标准,便于工厂预制、现场拼接,缩短施工周期。根据电站规模与功能需求,通过模块组合灵活调整建筑布局与尺寸,实现“按需组合、灵活扩容”,适配不同规模风光储联合电站的设计需求。同时,模块化设计便于后期设备更新与功能升级,可通过替换模块单元实现建筑功能优化,避免大规模改造,提升建筑空间的可持续利用性,降低长期运维成本,实现集约化设计与经济性的平衡。

2.4 数字化辅助设计

数字化辅助设计为建筑空间集约化设计提供精准支撑,通过数字化技术优化设计方案,提升空间利用效率与设计科学性。采用BIM技术构建风光储联合电站建筑空间三维模型,整合建筑、结构、设备、管线等各类信

息,实现空间布局可视化设计,精准排查空间冲突、管线交叉等问题,优化空间布局与管线布置,避免设计缺陷导致的空间浪费。利用大数据技术分析电站各建筑的空间使用频率、功能需求变化,结合各系统运行参数,优化空间划分与功能布局,提升空间适配性。借助仿真模拟技术,模拟建筑采光、通风、热环境等性能,优化建筑朝向、门窗布置与空间布局,在保障建筑功能与舒适度的前提下,提升空间利用效率与绿色节能水平。数字化设计还可实现设计、施工、运维全流程协同,减少设计与施工脱节带来的返工浪费,推动集约化设计落地实施。

3 关键技术支撑体系

3.1 结构安全与抗震设计

结构安全与抗震设计是建筑空间集约化设计的基础保障,需适配集约化布局、模块化设计与多系统协同的需求,确保建筑结构安全稳定。针对建筑集中布局、多层设计与模块化拼接的特点,采用钢结构或装配式混凝土结构,此类结构具有承载能力强、施工便捷、抗震性能好的优势,可适配模块化构件拼接,同时减少建筑自重,降低地基处理成本,便于垂直空间拓展。结合电站场地的地质条件与抗震设防烈度,优化建筑结构布置,采用框架-剪力墙结构体系,提升建筑整体抗震性能与抗侧移能力,确保建筑在地震、大风等自然灾害下的安全稳定。针对储能厂房、输配电房等核心建筑,强化结构防火、防爆设计,采用耐火性能达标的结构材料与构件,设置防火分隔设施,确保结构在火灾场景下仍能维持稳定。同时,加强模块化构件的连接节点设计,提升节点强度与密封性,保障模块化建筑的整体结构安全。

3.2 热管理与通风设计

热管理与通风设计是保障电站设备正常运行、提升建筑空间舒适度的关键技术,需适配集约化布局下的空间特点,实现节能与功能保障的平衡。针对储能厂房、输配电房等设备密集、发热量大的建筑,采用主动式与被动式相结合的热管理方式,主动式热管理通过安装空调、冷却系统,精准控制室内温度,保障设备正常运行;被动式热管理通过优化建筑朝向、门窗布置,采用保温隔热材料,减少外界热量传入,降低冷却系统能耗^[3]。通风设计采用自然通风与机械通风协同模式,优化建筑门窗布局与通风通道,利用热压、风压实现自然通风,减少机械通风能耗;机械通风系统根据室内空气质量、温度变化自动调节通风量,确保室内空气流通,排出设备运行产生的余热与有害气体。针对集约化布局下建筑间距较小、通风不畅的问题,优化建筑群体布局,

设置通风廊道，提升整体通风效果。

3.3 智能运维空间设计

智能运维空间设计是提升电站运维效率、保障集约化设计长期效能的关键支撑，需结合智能化运维技术，优化空间布局与功能配置。在控制楼设计中，预留智能监控中心空间，整合风电、光伏、储能系统的运维数据，实现设备运行状态实时监控、故障预警与远程运维，优化监控中心布局，确保运维人员操作便捷。在储能厂房、检修库房设计中，规划智能巡检通道，预留巡检机器人作业空间，优化设备布置，便于巡检机器人开展全方位巡检，提升运维效率，减少人工运维工作量。设置智能备件存储空间，采用自动化存储设备，实现备件精准管理与快速调取，优化存储空间布局，提升空间利用效率。同时，在建筑空间设计中预留智能化设备安装、管线布置的空间，适配后期智能运维系统升级，实现建筑空间与智能运维技术的深度融合，保障集约化设计的长期可持续性。

4 经济与环境效益评估

4.1 全生命周期成本分析

全生命周期成本分析是评估建筑空间集约化设计经济性的核心方法，涵盖建设阶段、运维阶段、报废阶段的全部成本，全面衡量设计方案的经济可行性。建设阶段成本主要包括土地成本、设计成本、施工成本、设备采购成本，集约化设计通过集中布局、模块化施工，减少土地占用面积，降低土地成本，同时缩短施工周期，减少施工人工与材料消耗，模块化构件的标准化生产可降低定制成本，数字化设计可减少设计返工浪费，总体降低建设阶段成本。运维阶段成本包括设备维护成本、能耗成本、人工成本，集约化设计通过优化空间布局与智能运维空间设计，提升运维效率，减少人工运维成本，绿色节能的热管理与通风设计可降低能耗成本，模块化设计便于设备维护与更换，减少维护成本。报废阶段成本主要包括建筑拆除、材料回收成本，装配式结构与模块化构件可回收复用，降低报废阶段成本，通过全生命周期成本核算，验证集约化设计方案的经济性优势。

4.2 环境效益量化

风光储联合电站建筑空间集约化设计的环境效益主要体现在土地节约、能耗降低、污染物减排等方面，通

过量化指标精准评估环境效益。土地节约方面，集约化设计通过集中布局、垂直空间利用，减少建筑占地面积，量化计算土地节约面积，对比传统设计模式，评估土地资源保护效益，助力节约耕地与生态用地。能耗降低方面，绿色节能的热管理、通风设计与数字化辅助设计，可显著降低建筑空调、通风、照明等能耗，量化计算单位面积能耗降低率、年节约能耗总量，换算为标准煤消耗量，评估能源节约效益。污染物减排方面，能耗降低可间接减少燃煤发电带来的二氧化碳、二氧化硫等污染物排放，量化计算年污染物减排量，同时，模块化施工与装配式结构可减少施工过程中的扬尘、噪声污染，量化评估施工阶段污染物减排效果^[4]。另外，集约化设计采用绿色环保、可回收的建筑材料，减少建筑材料生产过程中的环境污染，全面量化评估集约化设计对生态环境的保护作用，契合“双碳”目标与绿色发展理念。

结束语

本文围绕风光储联合电站建筑空间集约化设计展开全面研究，从特征需求剖析到设计策略、技术支撑，再到效益评估，构建完整体系。通过优化布局、复合功能、模块化与数字化设计等策略，结合结构安全、热管理通风、智能运维等关键技术，实现空间高效利用与成本、效益的平衡。全生命周期成本与环境效益评估验证了方案的可行性与优势。未来，随着新能源产业发展，需持续优化设计，推动其向智能化、绿色化升级，为新能源电站高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]熊为. 500kV变电站站用电系统中风光储联合发电技术运用[J]. 电力设备管理,2025(4):132-134.
- [2]常乃超,崔晖,韩彬,等. 风光储联合发电站参与省间电力市场出清[J]. 电力需求侧管理,2024,26(3):82-88.
- [3]孙书鑫,宋朋飞,乔颖,等. 风光储联合发电站与电力用户的电能直接交易模型[J]. 可再生能源,2024,42(9):1237-1245.
- [4]李咸善,胡家旗,张远航,等. 风光水储联合体多时间尺度市场化运营调度策略[J]. 中国电机工程学报,2025, 45(22):8879-8892,中插17.