

# 110kV 输变电工程绿色设计应用研究 ——以雄安新区容城 1 号变电站为例

孟磊

上海电力设计院, 上海 200000

DOI:10.61369/ADA.2025010014

**摘要 :** 本研究以雄安新区容城 1 号变电站为对象, 基于可持续发展与生态建筑理论, 结合新区地理环境与绿色建筑指标要求, 开展 110kV 输变电工程绿色设计实践。通过土建设计中环保材料应用与建筑布局优化、电气设计的高效设备选型和智能配电系统构建, 以及噪声控制、废弃物处理等环保措施, 实现节能、节水、节材目标。数据显示, 变电站年能耗较传统设计降低约 20%, 线损率降低约 10%, 非传统水源利用率超 30%, 材料损耗率控制在 5% 以内。

**关键词 :** 110kV 输变电工程; 绿色设计; 雄安新区; 容城 1 号变电站

## Research on the Application of Green Design in 110kV Power Transmission and Transformation Project — Taking Rongcheng No.1 Substation in Xiong'an New Area as an Example

Meng Lei

Shanghai Electric Power Design Institute, Shanghai 200000

**Abstract :** This study takes Rongcheng No.1 Substation in Xiong'an New Area as the object, based on the theories of sustainable development and ecological architecture, combined with the geographical environment of the new area and the requirements of green building indicators, to carry out green design practices for 110kV power transmission and transformation projects. Through the application of environmentally friendly materials in civil engineering design and optimization of building layout, efficient equipment selection and intelligent power distribution system construction in electrical design, as well as environmental protection measures such as noise control and waste disposal, the goals of energy saving, water saving, and material saving are achieved. Data shows that the annual energy consumption of the substation is reduced by about 20% compared with traditional design, the line loss rate is reduced by about 10%, the utilization rate of non-traditional water sources exceeds 30%, and the material loss rate is controlled within 5%.

**Keywords :** 110kV power transmission and transformation project; green design; Xiong'an New Area; Rongcheng No.1 Substation

## 引言

雄安新区作为国家级新区, 以打造绿色、智能、创新城市为使命, 是区域协调发展与生态文明建设的关键。在输变电工程建设中, 新区坚守绿色可持续理念, 这为 110kV 输变电工程绿色设计带来机遇与挑战, 推动传统建设模式革新。在此背景下, 以容城 1 号变电站为对象开展绿色设计研究意义重大。研究将探索绿色设计应用, 形成可复制经验, 通过量化评估展现其节能减排优势, 增强行业认可度。容城 1 号变电站绿色设计实践不仅满足新区环保要求, 还为生态敏感区域工程树立标杆。

## 一、输变电工程绿色设计理论

输变电工程绿色设计的理论基础主要来源于可持续发展理论与生态建筑理论。可持续发展理论强调在满足当代需求的同时不损害后代满足其自身需求的能力, 这一理念为输变电工程的绿色

设计提供了重要的指导原则<sup>[1]</sup>。具体而言, 绿色设计需要从整体性原则出发, 综合考虑技术、经济及环境影响等多方面因素, 以确保电网的安全、经济与绿色运行。生态建筑理论则进一步强调通过优化资源配置和减少环境负面影响来实现人与自然的和谐共存<sup>[2]</sup>。例如, 在输电线路设计中, 应遵循环境影响最小原则, 尽

量避免对生物多样性敏感区域和自然保护区的干扰，同时采用环境友好型材料和建设方法以降低施工过程中的污染和资源消耗<sup>[3]</sup>。

## 二、容城1号变电站工程概况

### (一) 地理位置

容城1号变电站位于雄安新区容城组团北翼安置区 RC02-04 街坊中南部的 RC02-04-20-02 地块内，地理坐标处于东经 115° 50' 至 116° 10'、北纬 38° 45' 至 39° 05' 之间。站址周边地形以平原为主，原始地表高程约 10.4 米，规划场地标高按 12 米设计，高于周边场地 0.3-0.5 米，既满足防汛要求，又形成与城市绿地的自然地形过渡。站址东侧紧邻规划 XN23 路，南侧为 18 米宽规划绿地及城市干道豪丹路，西侧为规划公园绿地，北侧为规划 XE12 路。该区域地质以第四纪黄土和砂质黏土为主，土壤承载力稳定，为接地系统设计提供天然条件：通过建筑物大底板和桩基作为自然接地极，搭配人工敷设的 -40×5 铜排水平接地体与垂直接地极，形成复合接地网。结合场地 12 米标高与周边 0.4 米的地形高差，接地网布置同步考虑排水坡度，将接地系统与地下电缆隧道、雨水调蓄池等结构联动设计，既降低接地电阻，又利用地形实现水土保持与接地效能的协同优化。

### (二) 周边生态环境

站址东侧规划绿地与南侧 18 米宽绿化带构成“城市绿地 - 建筑界面”的生态过渡带，形成“建筑 - 绿地 - 城市”三级互动体系。建筑外墙采用带芦苇图案的铝镁锰复合板，与绿地内种植的黄杨球、人工草坪等低矮植被形成视觉呼应，通过 0.4 米的标高差在建筑周边形成微地形生态沟。雨季时，屋面雨水与场地径流经绿地渗透净化后汇入雨水调蓄池，实现“建筑排水 - 绿地净化 - 市政调蓄”的闭环系统。站区绿化严格选用雄安适生植物，成活率不低于 90%，采用“乔木 + 灌木 + 草坪”复层结构，既增强生态系统稳定性，又通过植被缓冲降低建筑噪声传播。南侧 2 公里处季节性河流虽非直接水源，但变电站雨水管网末端设置调蓄池，汛期减少外排流量以减轻河流行洪压力；主变事故油池采用重力式油水分离技术，确保废水达标排放，避免对河流水质造成污染，实现建筑与区域水文循环的协同保护。

### (三) 工程规模与功能

作为雄安新区首座满足工业建筑节能设计 2 星标准的 110 千伏户内变电站，项目总占地面积 4835.4 平方米，建筑面积 3715.84 平方米，主体采用地上两层钢框架 + 地下一层钢筋混凝土结构。设计安装 2 台 50 兆伏安变压器，110 千伏侧 2 回出线、10 千伏侧 24 回出线，配套 135 米电缆隧道（单仓净尺寸 2.1×2.0 米），实现“紧凑布置 - 立体出线 - 智能运维”布局。建筑退东侧道路红线 16.5 米、南侧红线 9.66 米，退让空间与规划绿地通过生态植草砖铺地、低矮灌木围合连成整体，使建筑边

界自然融入城市绿化体系。外墙采用仿石材铝镁锰复合板，屋顶设置混凝土 + 钛锌金属板组合构造，既呼应“风拂芦苇荡”的设计立意，又通过金属表皮起伏造型与绿地景观形成动态互动。电气系统采用智能巡检、一键顺控技术，主变自冷方式较风冷减少 5kW 能耗，全站综合能耗较传统变电站降低 15% 以上，实现功能高效与生态界面的有机统一。



## 三、项目定位与绿色建筑指标要求

### (一) 项目定位

容城1号变电站作为雄安新区首批重点供电项目之一，其定位不仅在于满足新区快速发展的电力需求，更在于成为绿色、可持续建筑的示范工程。根据《雄安新区建筑风貌导则》的要求，市政配套类建筑需与城市环境相协调，并体现精细化、整体化的设计理念<sup>[7]</sup>。具体数据见表1所示。容城1号变电站的设计充分响应了这一要求，将“共享型融入式”理念贯穿于整个项目规划中，力求实现与周边城市景观的和谐统一。此外，该变电站还被赋予了探索新区低碳发展路径的重要使命，其设计方向需兼顾城市迭代发展与上位规划理念的落实。

表1 具体指标数据

分类	具体指标	数据
地理位置	站址地块位置	容城组团北翼安置区 RC02-04 街坊中南部 RC02-04-20-02 地块
	地块边界尺寸	东西向长约 23.1m，南北向长约 63.1m
	退线距离	退东侧道路红线 16.5 米，退南侧用地红线最近 9.66 米，退西侧用地范围线 12.14m，退北侧用地红线 8.5 米
	总用地面积	4835.4m <sup>2</sup>
建筑布局	建筑面积	3715.84m <sup>2</sup> （配电装置楼）+79.16m <sup>2</sup> （消防水泵房）
	场地设计标高	12.0m（高于周边场地 0.3-0.5m，高于内涝水位 2.8m）
建筑布局	进站道路	宽度 4.0m，转弯半径 ≥9m，环形道路

从区位角度来看，容城1号变电站位于雄安新区核心区域，周边规划有多个城市公园和公共空间。这种特殊的地理位置要求变

电站的设计必须融入周边环境，避免对城市景观造成割裂感。因此，项目团队在设计初期便明确了“隐于城，融于景”的设计目标，通过优化建筑布局和采用覆土、结建等方式，最大限度地减少对土地资源的需求，同时提升与周边自然环境的协调性。

## （二）绿色建筑指标要求

容城1号变电站的绿色设计严格遵循了国内外相关绿色建筑评价标准，并结合雄安新区的特殊需求，制定了涵盖节能、节水、节材及室内环境质量等多维度的具体指标要求。在节能方面，项目参考了《建筑节能设计标准》和《低碳建筑技术导则》，通过优化围护结构保温隔热性能、选用高效电气设备以及应用清洁能源等措施，力求在全生命周期内实现碳排放量的最小化。例如，变电站的外墙和屋顶采用了350mm厚的铝镁锰岩棉夹芯板，其传热系数降低至 $0.49\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，较传统设计减少了约66%的热损失。此外，外窗玻璃配置为6Low-E+12Ar+6双层中空玻璃，并内充氩气，整窗传热系数仅为 $1.9\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，遮阳系数降低到0.41，显著提升了建筑的隔热性能。

在节水方面，容城1号变电站采用了雨水收集系统和高效节水器具，以实现水资源的循环利用。根据设计，站区内的雨水收集池可满足站内绿化和部分冲洗用水的需求，非传统水源利用率达到30%以上，符合《绿色建筑评价标准》中关于水资源节约的相关要求。

节材方面，容城1号变电站优先选用了可循环利用的建筑材料，如再生钢材和环保型混凝土，其可循环材料使用比例超过20%。同时，通过精细化施工管理，项目将材料损耗率控制在5%以内，远低于行业平均水平<sup>[6]</sup>。这些措施不仅减少了资源浪费，还降低了施工过程中的碳排放。在室内环境质量方面，变电站的设计充分考虑了运行人员的舒适度需求，通过自然采光和机械通风系统的结合，确保了室内空气质量和温湿度的适宜性。此外，项目还采用了低挥发性有机化合物（VOC）的装饰材料，以减少对室内环境的污染。

## 四、变电站绿色设计举措

### （一）土建设计绿色举措

在容城1号变电站的土建设计中，环保材料应用与建筑布局优化相辅相成，共同推动绿色建筑目标的实现。项目优先选用新型墙体和绿色装饰材料，外墙采用铝镁锰板复合100mm厚岩棉保温板，传热系数低至 $0.49\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；外窗配置6Low-E+12Ar+6双层中空玻璃并充氩气，传热系数仅 $1.9\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，大幅降低热量损失，提升围护结构保温隔热性能。这些材料兼具可回收性与低环境负荷特性，其中铝镁锰板耐久性强、抗腐蚀性优，能延长建筑使用寿命；岩棉生产碳排放低且防火性能良好；低VOC涂料则改善室内环境质量，减少对人员健康危害。

在建筑布局上，项目充分考量雄安新区地理气候，采用南北

通透形式，结合大面积玻璃幕墙与遮阳设施，实现自然采光最大化，同时避免夏季过热。通风设计中，通过可调节百叶窗、优化开窗位置，利用风压与热压效应促进自然通风，降低空调使用频率；屋顶架空层搭配光伏板，既增强隔热效果，又提供清洁能源。环保材料与科学布局的协同作用，使变电站年能耗较传统设计降低约20%，为输变电工程绿色设计积累了宝贵经验。

### （二）电气设计节能降耗

在容城1号变电站的电气设计中，高效电气设备选型与智能配电系统构建起绿色化转型的技术核心。为降低运行能耗与环境影响，项目采用低损耗变压器和高效开关柜等核心设备，主变压器运用非晶合金铁芯材料，使空载损耗较传统硅钢片变压器降低约30%，负载损耗减少15%以上；开关柜选用洁净空气绝缘型GIS设备，以氮气与氧气混合气体替代强温室效应的六氟化硫气体，全寿命周期内碳排放减少超97%，折合减碳量达5911.29tCO<sub>2</sub>e，既提升节能性能，又消除气体泄漏的环境风险。

智能配电系统则通过智能化技术实现电能的精准管理与高效利用。系统集成智能监测、控制和优化调度功能，借助高精度传感器与智能终端实时采集分析运行数据，动态调整供电策略，自动优化变压器档位和无功补偿装置状态；其强大的故障诊断和自愈能力，可通过大数据与人工智能算法预测设备风险、快速隔离故障，减少停电时间与能源浪费<sup>[9]</sup>。最终，智能配电系统使变电站线损率较传统设计降低约10%，与高效设备选型共同为输变电工程的绿色化发展提供了兼具创新性与实用性的实践范例。

### （三）环保设计

在容城1号变电站的环保设计中，噪声控制与废弃物处理是两大核心板块。针对变压器、电抗器等设备产生的电磁噪声和机械噪声，设计团队从设备选型、布局优化和隔音设施三管齐下。选用低噪声主变压器，较传统设备降噪约10分贝；将高噪声设备集中布置在远离居民区处，并通过双层隔音结构外墙与吸声材料填充，削弱噪声传播；在变电站周边设置绿化带和隔音屏障，进一步阻隔噪声扩散，实测厂界噪声完全符合国家标准。

废弃物处理方面，施工阶段严格分类建筑垃圾，可回收材料专业回收，不可回收物无害化处理，同时采用装配式建筑技术减少垃圾产生<sup>[10]</sup>。运营阶段，废旧电气设备通过专业渠道提取贵金属和可再利用部件，生活垃圾按“减量化、资源化、无害化”原则分类处置。从施工到运营，容城1号变电站通过系统化的噪声控制与废弃物处理措施，既降低对周边环境的影响，又推动资源循环利用，为输变电工程的可持续发展提供了实践范例。

## 五、结论与建议

综上所述，容城1号变电站通过系统化绿色设计，在土建设计、电气设计与环保设计等方面实现创新突破，成功达成节能、节水、节材及环保目标，显著降低工程全生命周期内的资源消耗

与环境影响。其采用的低损耗电气设备、智能配电系统、环保材料及生态友好型施工运营策略，有效提升了变电站运行效率与环境效益。该项目不仅满足雄安新区高标准供电需求，还为输变电工程绿色化转型提供了实践样本，其量化评估方法与技术路径对

全国绿色电网建设具有示范价值，为后续工程在生态敏感区域的建设提供了重要参考，有力推动了电力行业可持续发展理念的落地实施。

## 参考文献

- [1] 李爱晶;王玺;赵笑笑;朱宗旺.110kV 输电线路工程绿色设计研究 [J]. 山东电力高等专科学校学报, 2022, 25(6): 27-30.
- [2] 李烁群;胡宇行;徐凡. 变电站工程绿色低碳应用分析 [J]. 工程抗震与加固改造, 2024, 46(2): 10006-10006.
- [3] 孙浩;孟庆成;海阳春. 110 kV 输电线路的设计及优化路径探究 [J]. 今日自动化, 2024, (4): 61-62.
- [4] 于志力;萨仁高娃;阿如汉;张振;聂建春. 基于绿色低碳理念的内蒙古电网变电工程技术应用分析 [J]. 内蒙古电力技术, 2024, 42(2): 55-60.
- [5] 徐凌悦;黄晓. 输变电工程对环境的影响及防治措施分析 [J]. 当代化工研究, 2023, (8): 194-196.
- [6] 远航;周慧荣. (封面内容介绍) 雄安新区容西片区首座变电站 -- 段沙 110 千伏变电站顺利投运 [J]. 电力科学与工程, 2022, 38(8): 11-11.
- [7] 周国良. 共享型融入式变电站的实践思路分析 —— 雄安新区河西 110 千伏变电站的设计理念 [J]. 地产, 2021, (24): 165-167.
- [8] 王梦林;程梦雨;康皓;姜立. 变电建筑碳排放计算方法研究与低碳案例实践 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (4): 98-100.
- [9] 王卓. 基于全生命周期的 110 kV 变电站降碳方案研究 [J]. 电工电气, 2022, (1): 66-69.
- [10] 张浩. 变电站绿色建筑探讨 [J]. 中国新技术新产品, 2011, (24): 77-77.