

绿色节能环保型城市变电站设计探讨

申 洋 蒋 忠 王 拓

中电建新疆勘测设计研究院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要：国内城镇化进程与能源转型工作持续推进，传统城市变电站在运行阶段会出现能耗偏高、资源利用效率不足和生态适配度较低的各类问题。本文针对绿色节能型城市变电站的设计方式开展研究，文章梳理变电站绿色建设的基础设计原则，从平面规划、设备选用、辅助系统优化和智能管控建设等维度总结可行的设计方法，构建变电站全生命周期绿色设计体系，能够有效控制变电站运行能耗与环境负面影响，对城市电网低碳发展与稳定建设具备一定的参考作用。

关键词：绿色节能；环保型城市；变电站设计

引言：现代城市用电负荷处于不断增长的状态，电力基建的建设标准也在持续更新，传统变电站的运行模式已经无法适配当前电网低碳发展的整体要求。变电站日常运行带来的能耗问题与环境影响，逐渐受到电力行业的重视，绿色改造也成为电网升级的主要方向。针对目前城市变电站能耗管控不完善、生态融合程度偏低的问题，本文结合现有电力工程建设标准，对城市变电站的绿色节能设计方法与核心技术进行分析，可为同类电力工程的低碳建设提供基础参考。

1 绿色节能环保型城市变电站设计概述

绿色节能型城市变电站是现代化电力基础设施的重要类型，融合了电力施工、生态保护与智能控制等多项基础技术。该类设计模式贯穿工程建设与设备运行的全周期过程，能够提升各类资源的利用效率，减弱电力设施运行对周边环境产生的不利影响，可在保障城区供电稳定的基础上，兼顾设备运行效率与区域生态保护工作。该模式突破了传统变电站单一供电的功能局限，在工程全流程中融入节能降耗与资源循环的建设理念，能够让城市电力建设同步实现经济、社会与生态多重效益^[1]。国内现阶段已经制定多项绿色电网建设规范，新建变电站大多采用紧凑化布局与基础节能设计，但整体建设依旧存在规划体系不完善、智能管控能力不足、生态融合效果不佳等问题。城市变电站的绿色设计工作需要遵循现行行业标准，以供电安全作为基础前提，贯彻全周期节能理念，结合城市建设实际情况制定适配的设计方案，保障技术应用的实用性，同时兼顾电力工程建设

2 绿色节能环保型城市变电站核心设计原则

2.1 安全可靠原则

安全可靠是城市变电站开展绿色设计工作的首要

原则，该原则适用于变电站各项节能改造与工程设计环节。城市变电站承担着城区电力输送和负荷调配的基础工作，设备整体运行状态能够直接决定城市生活用电与产业用电的稳定程度。电力系统如果出现设备故障或供电中断的情况，城市经济建设和社会秩序都会受到相应的负面影响。因此，设计人员在落实绿色节能设计方案的过程中，必须把电力系统安全稳定运行作为基础前提。设计人员需要依据国家现行电力安全标准和变电站建设规范，合理规划站内电气布局与设备安装距离，逐步完善站内继电保护、防雷接地、防火防爆等基础安全配套设施。变电站选用节能设备、改造节能技术和升级智能管控系统的所有工作，都需要开展标准化安全检测工作，以此规避节能改造操作对设备绝缘性能和运行稳定性造成的负面影响，提升整个电力系统的风险抵御能力，保障城市变电站能够长期安全、稳定地投入常态化运行。

2.2 全生命周期节能原则

全生命周期节能原则是绿色节能变电站设计工作的核心内容，这项设计理念和传统变电站的节能优化方式存在明显区别。传统变电站的节能改造工作大多集中在施工建设阶段，而全生命周期节能模式需要工作人员将节能降耗的思路贯穿到变电站建设与使用的全部流程当中，其中包含项目选址、方案设计、设备采购、工程施工、日常运维、设备退役和场地二次利用等各个环节^[2]。工作人员可以在项目规划阶段通过科学选址和布局优化的方式，减少土地资源占用，同时降低电力线路传输产生的能耗。工作人员在设计 and 施工阶段能够通过设备升级、工艺调整、环保材料应用等方式，控制工程固有能耗和施工带来的环境问题。在设备运维和后期退役阶段，工作人员可依托智能化管理手段控制运行能耗，同

时完成设备回收、材料复用和场地生态修复工作，以此持续减少电力工程的资源损耗与碳排放量，切实提升变电站整体节能效果。

2.3 生态友好性原则

生态友好性是城市绿色变电站设计工作中不可或缺的重要原则。多数城市变电站的建设位置都处于城区范围，站点周边会配套各类城市功能区域，变电站日常运行过程中产生的各类污染因素，会对当地生态环境和居民居住环境造成一定影响。设计人员在开展变电站绿色设计工作时，需要严格遵循生态保护的基本理念，尽量降低设施运行带来的环境干扰。工作人员可以依托相关技术手段和结构优化方式，对变电站运行产生的噪声、电磁场以及各类废弃物排放进行管控，确保设施运行状态能够符合城市环保管理的基础标准。设计人员还需要兼顾变电站整体外观与城市整体景观的适配性，通过调整站内布局方式、增加绿化配置、优化建筑外观等常规手段，弱化电力设施本身的工业特征。相关设计工作需要尊重场地原有的生态条件，不能因为工程建设破坏区域生态结构，以此实现电力设施和城市生态环境的协调发展。

2.4 智能高效性原则

智能高效性原则是绿色城市变电站设计需要遵守的重要准则，智能化技术的应用可以为变电站节能运维工作提供基础保障，也是当代绿色变电站建设的主要特点。工作人员在开展变电站设计工作时，需要融入数字化与智能化相关技术，以此搭建一套可自主运行、精准管控、动态调整的能耗管理和设备运维体系^[3]。设计人员可在变电站内部布置数据采集、智能监测以及自动调控相关设备，工作人员能够依托这类设备收集主变装置、辅助设备以及通风照明系统的能耗数据，完成数据统计与分析工作。相关数据可以帮助工作人员及时找出能耗异常问题，锁定高能耗设备与运行环节，以此开展针对性的节能优化工作。电力行业人员可结合物联网、大数据及自动控制相关技术，对变电站设备运行状态进行判断，对电网负荷进行动态分配，完成电力系统的自主调节。这类智能化设计方式可以提升变电站整体运行效率，减少人工运维产生的能耗，降低设备无效损耗，让变电站能够同时实现节能降耗与高效运行的建设目标。

3 绿色节能环保型城市变电站关键设计与策略

3.1 站址规划与总平面节能设计

站址规划与总平面布局优化是城市变电站绿色节能设计的基础环节，合理的规划方式能够从根源控制工程能耗与资源浪费问题，削弱电力设施对周边环境的不良

影响。设计人员需要结合城市电力负荷分布格局、城市整体建设规划与生态保护要求开展选址工作，人员可将变电站布置在城市负荷中心区域，输电线路的敷设长度能够得到有效缩减，电网输电过程中产生的电能损耗可以得到有效控制，整体输电工作效率也会有所提升。工作人员需要主动规避城市生态敏感区域、居民集中居住区域和城市核心景观区域，变电站运行带来的环境影响可以得到有效管控，工程后期的环保治理成本也能得到合理控制。变电站建设需要摒弃传统粗放式的占地模式，工作人员可以采用集约化、紧凑型的空间布局方式，对站内各个功能区域的空间排布进行优化调整，压缩多余的设备间距与闲置场地面积，城市土地资源的利用效率能够得到显著提升。设计人员需要对站内功能区域进行合理划分，规整各类电力设备的摆放位置，减少输电线路交叉与迂回布置的情况，线路运行损耗可以进一步降低。施工人员可以依托原有地形条件开展场地平整作业，减少土方施工产生的资源消耗与生态破坏，同步完善站内排水循环体系，实现水资源的重复利用。站内通风与采光空间的合理规划，能够充分利用自然条件完成设备散热与场地照明，人工设备的运行能耗可以得到有效削减，以此实现变电站源头节能与生态适配的建设目标。

3.2 主设备节能选型与优化设计

主设备优化选型是城市变电站绿色节能设计的关键部分，设备运行产生的能耗会直接影响变电站整体节能效果，也是控制站内电力损耗的主要切入点。变压器设备在变电站运行过程中的能耗占比相对更高，设备空载运行和带负荷运行产生的损耗，都是变电站基础能耗的重要组成部分。设计人员可以更换新型节能变压器设备，这类设备能够有效降低运行能耗，设备本身的运行优势也可以减少日常运维投入。工作人员需要结合城区用电负荷的变化规律，合理搭配变压器的容量和设备数量，依据用电负荷的波动情况调整设备投切状态，以此减少设备轻载、空载运行带来的能源损耗^[4]。变电站开关设备可以选用集成化的小型设备，这类设备的整体结构更为紧凑，能够节约站内土地空间，也可以降低线路运行产生的能耗。高低压配电设备需要选用低损耗的智能装置，工作人员可以简化配电系统的整体结构，优化配电线路的材料规格和敷设路径，缩短线路传输距离，降低电力传输过程中的损耗。相关人员需要结合电网运行的实际情况配置无功补偿设备，对电网无功功率进行动态调节，改善电网运行状态，减少电力传输和转换过程中的无效能耗。设备整体选型和结构优化工作，可以从

硬件层面降低变电站基础能耗,为变电站绿色节能运行提供稳定的基础保障。

3.3 辅助系统绿色节能设计

变电站辅助系统包含照明、通风空调、给排水以及降噪环保等基础系统,这类系统需要长期持续运行,整体能耗累积数值较高,是变电站节能改造工作的主要优化方向。工作人员需要采用精细化设计模式,对各类辅助系统开展全方位节能优化改造。照明系统的节能改造可以依托新型照明设备和智能控制模式完成,工作人员会替换传统高能耗照明设备,普及应用节能灯具,同时配套安装智能照明控制装置,系统可以根据自然光照强度和场地使用情况调节照明状态,工作人员也会合理规划照明点位布局,在满足日常运维照明标准的基础上控制照明能耗。通风与空调系统的节能优化需要结合自然通风条件开展,设计人员会优化变电站建筑通风结构,利用自然风完成设备散热工作,以此减少机械设备的运行时长。室内温控工作可以依托智能设备完成,设备能够根据室内温度自动启停和调节功率,有效规避长期运行带来的能耗浪费,高效设备的选用也可以提升温控系统的节能水平。给排水系统优化以节水和水循环利用为核心,工作人员会普及节水器具,搭建雨水收集与简易污水处理设施,实现水资源的二次利用,减少市政用水消耗。变电站降噪工作会结合设备改造、建筑改造和绿化建设同步推进,多维度削弱设备运行噪音,满足城区环保运行标准。

3.4 智能化节能管控系统设计

智能化节能管控体系是变电站实现长效节能与精细化能耗管理的重要方式,相关技术会依托各类数字化手段,完善变电站能耗管控与设备运行优化体系。电力工作人员可以搭建能耗智能监测体系,在变电站各类用电设备与运行节点安装监测和计量装置,装置可以实时收集设备运行状态、能耗数据及环境参数,相关数据会统一上传至管控平台完成汇总整理。平台能够自动统计不同设备与区域的用电情况,生成对应的能耗分析数据,帮助工作人员精准定位能耗异常点位与高能耗环节,为节能优化工作提供数据支撑。变电站可配套搭建智能调

控模块,系统能够结合电网负荷变化与监测数据,自主调整设备运行模式。电网负荷出现波动时,系统可主动变更变压器运行数量与配电工作状态,同时根据环境变化调节站内辅助设备运行状态,以此降低无效能耗^[5]。该系统还具备故障预警与状态研判功能,可以提前排查设备运行隐患,减少异常工况带来的能源损耗。工作人员可以搭建数字化运维管理平台,整合变电站设备档案、检修记录与运行数据,系统能够依据设备运行状态预判老化损耗情况,制定合理的运维计划,减少无效运维产生的资源消耗。在场地条件满足的前提下,变电站可增设分布式光伏设备,自发产生的电能可以供给站内辅助设备使用,有效降低市政电网用电量,进一步提升变电站整体绿色节能水平。

结束语

综上所述,电网低碳转型是电力行业现阶段的主要发展方向,城市变电站开展绿色节能改造,能够契合现代城市电力建设的基本发展要求。绿色设计模式可以弥补传统变电站运行模式存在的不足,对设备能耗和资源损耗进行控制,减少电力设施运行对城区环境造成的负面影响。电力行业需要持续完善绿色建设理念,优化变电站整体规划布局、设备配置与智能管控体系,逐步提升变电站节能运行与生态适配能力,保障城市电网可以长期维持稳定的低碳运行状态。

参考文献

- [1]江慧梅,肖艳,严焯玲.变电站建筑设计的核心要素探究[J].中国建筑金属结构,2025,24(4):142-144.
- [2]吴俊林.城市旧建筑绿色改造设计探讨[J].新材料·新装饰,2025,7(11):71-74.
- [3]黄邝滨.绿色照明理念下城市公园绿地夜景的照明设计[J].中国照明电器,2025(8):156-158.
- [4]黄育伟.绿色节能技术在民用建筑电气设计中的应用分析[J].工程建设标准化,2025(12):113-116.
- [5]朱孟杰,于璐,孟超,王宁宁,吕倩.绿色照明技术在变电站照明设计中的应用与实践[J].中国照明电器,2026(4):187-189.