

绿色建造赋能变电站建设：双碳背景下的应用与展望

李 鹏

（电力规划设计总院，北京市；duankun023@163.com）

摘 要：在全球气候变化和能源危机日益严峻的背景下，中国提出“双碳”目标，推动能源结构转型和绿色低碳发展。变电站作为电力系统的重要组成部分，其建设过程中的资源消耗和环境影响不容忽视。绿色建造技术以其节能、环保、高效的优势，成为助力变电站建设实现碳中和碳达峰目标的关键路径。本文分析了双碳背景下绿色建造技术在变电站建设中的重要性，探讨了装配式建造技术、海绵城市理念、屋顶光伏系统、永临结合策略、三维设计技术等绿色建造技术在变电站建设中的应用方法，并展望了其未来发展趋势。绿色建造技术能够有效降低变电站建设过程中的资源消耗和环境污染，提高建设效率和质量，为实现变电站建设的绿色化、低碳化、智能化提供有力支撑。未来，应进一步加强绿色建造技术的研发和应用，完善相关标准规范，推动绿色建造技术与新一代信息技术的深度融合，助力构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

关键词：绿色建造；变电站；装配式建造；海绵城市；屋顶光伏；永临结合；三维设计

习近平主席于 2020 年 9 月 22 日在第七十五届联合国大会上明确提出，我国在 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，力争 2060 年前实现碳中和目标。2021 年 10 月中共中央、国务院发布的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》以及国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》相继出台，构建了双碳目标政策体系的顶层设计，电力行业依据上述意见及方案制定相应的配套政策。相关资料统计表明，能源燃烧占我国二氧化碳排放总量的 88%，电力行业二氧化碳排放占能源行业的 41%[1]。电力行业的节能减排对双碳目标的实现起着至关重要的影响，绿色建造技术的应用是助力双碳目标顺利实现的重要举措。国家电网有限公司正在全面推进输变电工程的绿色建造，中国南方电网有限责任公司发布并编制了绿色低碳电网建设标准，在电网工程建设领域中，正在积极探索并实践绿色建造技术在电网工程中的应用。

1 变电站绿色建造技术

绿色建造是按照绿色发展的要求，通过科学管理和技术创新，采用有利于节约资源、保护环境、减少排放、提高效率、保障品质的建造方式，实现人与自然和谐共生的建造活动。绿色建造是一个系统工程，其贯穿于工程策划、设计、施工、交付的建造全过程。绿色建造技术则是指为贯彻绿色建造的理念而采取的绿色策划技术、绿色设计技术和绿色施工技术等技术手段。

变电站绿色建造技术是绿色建造技术在电网建设领域的延伸和具体化。在变电站建设过程中，如何通过绿色建造技术高效节约资源、有效提高建设效率，同时将对环境的影响降至最低，需要进行长期研究和探索。通过对部分变电站建设中的实践，装配式建造技术[2]、海绵城市[3]、屋顶光伏、永临结合等技术已在变电站中成功应用实施。

绿色策划是绿色建造的关键活动，是因地制宜对建造全过程、全要素进行统筹，科学确定绿色建造目标及实施路径的工程策划活动[5]。绿色策划应主要关注绿色建造总体目标和资源节约、环境保护、减少碳排放、品质提升、职业健康安全等，具体在绿色策划、绿色施工和绿色交付等方面落实。

2 绿色建造技术在变电站中的应用

2.1 装配式建造技术应用

装配式建造技术是指在工厂加工制作建构筑物的构件和配件，然后运输至施工现场，再通过可靠的连接方式在现场装配安装的技术。装配式建造技术在我国工程建设行业大力推广应用，相关规划政策也密集出台。2015年08月27日住建部发布了《工业化建筑评价标准》（GB/T51129-2015），装配式建筑在全国全面推广；2016年2月22日国务院出台《关于大力发展装配式建筑的指导意见》，指导意见要求因地制宜发展装配式混凝土结构和钢结构等装配式建筑；2020年08月28日，住建部等九部门印发《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》，意见明确提出要大力发展钢结构建筑、推广装配式混凝土建筑。

装配式建造技术具有标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理等优势，同时可以加快现场施工效率，减少现场湿作业，减少劳动力投入，提高安全文明施工水平。

目前变电站装配式建造技术主要在装配式建筑物和装配式构筑物两个方面开展。建筑物的装配式建造技术主要体现在结构形式、围护墙体、内隔墙、楼屋面板等方面。建筑物的结构形式采用钢框架结构或轻型钢结构，框架梁柱、主次梁、主次檩条、围护结构与主体结构之间的连接采用全螺栓连接。围护墙体多采用铝镁锰复合墙板、纤维水泥复合墙板，复合墙板的功能可以同时满足保温、隔热、防水、防火的要求，墙板尺寸结合建筑外形排版、强度、运输、安装等因素确定。铝镁锰复合墙板由外墙板和内墙板组层，外墙板由铝镁锰合金板、岩棉和镀锌钢板组成，工厂一体化加工，内墙板多采用纤维水泥板，铝镁锰复合墙板的长度多为3m、4.2m或5m。纤维水泥复合墙板由外墙板、保温层和内墙板在现场复合而成，内外墙板均为纤维水泥复合板，板标准尺寸为1200mm×2400mm和1220mm×2440mm。内隔墙多采用纤维水泥复合墙板、轻钢龙骨石膏板等材料，轻钢龙骨石膏板由两侧石膏板、中间保温层现场复合而成。屋楼面宜采用钢筋桁架楼承板，钢筋桁架楼承板的底板采用厚度不小于0.5mm的镀锌钢板，并将底板固定在钢梁上。



图1 钢筋桁架楼承板

变电站构筑物的装配式建造技术主要体现在装配式围墙（防火墙）、标准化小型预制构件等方面。装配式围墙由预制钢筋或混凝土柱和预制墙板组成，有些工程仅预制墙板。常见的预制墙板为清水混凝土预制板、蒸压轻质加气混凝土板，板的厚度应满足强度要求，常用的厚度为80mm和100mm，板的宽度多为2500mm。标准化小型预制构件主要有路灯基础、空调室外机基础、排水沟盖板、雨水井、排水沟盖板、混凝土散水、路缘石等。



图 2 某站装配式围墙

上述装配式建造技术已在变电站建设中广泛推广应用，且装配式建造技术主要集中在某一个施工或专业层面开展。未来的变电站装配式建造技术将朝着更加集成化、标准化、工厂化的方向发展，例如变电站内的一些警卫室、辅助生产用房、消防小室等小型建筑物，将在工厂内一体化完成建筑、结构、建筑电气、水暖、通信等设施的集成安装，并整体运输、现场吊装就位即可。

2.2 海绵城市设计理念应用

海绵城市，在国际上也称“低影响开发雨水系统构建”，旨在使城市在适应环境变化和应对雨水带来的自然灾害等方面具有良好的弹性。下雨时可以吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水释放并加以利用，实现雨水在城市中自由迁移，最大限度减少城市化对原有生态水文状态的影响。

在我国东南及华南地区的城市河网密布，城市排水系统受河道水位及潮位影响明显，雨季内涝较为严重，特别是随着城市建设的开发强度不断增大，使内涝问题更为突出[4]。变电站内的建构物、设备基础、电缆沟、道路等使站内 50%以上的场地硬化，且地坪的设计也降低了雨水的下渗率。通过在变电站的雨水排水系统中建立蓄水池从而调蓄雨水，可以有效减少暴雨时从变电站内排出的雨水。



图 3 某站调蓄水池及雨水泵站

变电站蓄水池的工艺流程为：蓄水池与雨水泵站毗邻布置，站区雨水经雨水管网排入蓄水池进行调蓄，多余的雨水溢流至雨水泵站，再由雨水泵站排至站外雨水排水系统。在降雨结束之后的一段时间内，再将蓄水池内的雨水排至站外排水系统。

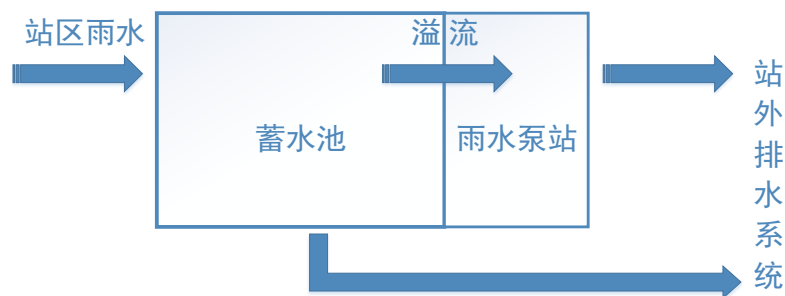


图4 变电站调蓄水池排放工艺流程

2.3 太阳能屋顶光伏发电系统

太阳能是太阳内部氢原子发生氢氦聚变而产生的核能，并通过热辐射传至地球，可将其进行光热转化和光电转化。光伏发电即是利用太阳能进行光电转化的一种发电方式，太阳光辐射能经太阳能级半导体电子器件吸收并转化为电能。太阳能是一种可再生的原始能源、清洁能源；分布范围广，可就地发电，减少长距离输电的建设成本和电能损失；建设期短、安装容易、维护简单，无环境污染且可以对防风固沙产生有效作用。鉴于上述多项优势，光伏太阳能的推广利用将是大势所趋。住房和城乡建设部于2021年9月发布了《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021），改规范为强制性工程建设规范，其5.2.1条规定新建建筑应安装太阳能系统[7]。

为发挥光伏发电对实现双碳的巨大优势，并积极响应《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的要求，变电站或换流站内也可尝试推广应用光伏发电系统。可充分利用变电站内的主控通信楼、综合楼等建筑物的屋顶安装光伏板，这些建筑物通常为钢筋混凝土平屋顶，将光伏板采用固定倾角安装于钢材支架上，再将支架固定在屋顶混凝土支墩上，支架与基础、支架构件之间可采用螺栓连接。

2.4 永临结合技术应用

“永临结合”是在设计施工方面，将永久建构筑物与临时建构筑物统筹设计、统筹施工的一种理念。将工程建设阶段的临时性建构筑物按永久设施建设，满足工程投入使用后的功能要求，从而避免重复建设，不仅可以节约资源、控制造价，还可以节约工期。鉴于在成本及工期控制上的优势，永临结合理念在国内外的工程建设中被广泛应用。

在变电站工程建设中，“永临结合”的建设理念引起了越来越大的关注，并已经探索出了一些可行的永临结合技术，例如道路建设的永临结合、消防管网的永临结合等。

2.5 三维数字化设计

变电站的三维数字化设计是将站址所处位置的地理地形数据、电气设备、各建构筑物的几何模型、设备参数、材料特性等信息，在统一的设计平台以三维模型和数据的形式加以集成的一种正向设计方法。在数字化转型的大背景下，国家电网、南方电网、内蒙电网等电网企业已经在电网三维数字化设计方面进行了较多的开发和研究，并相继出台了相关政策推动电网领域的三维数字化设计工作[6]。

变电站的三维数字化设计是由传统的二维设计向三维数字化设计的变革。数字化的数据便于传递、集成，有助于开展项目的协同设计，降低差错率、提高生产效率，促进项目的高效化管理，加强工程建设数据的全生命周期应用，为建设单位带来建设质量和项目管理水平的提升，达成项目利益和社会利益的平衡统一。

3 展望与建议

绿色建造技术不仅能够有效降低变电站建设过程中的资源消耗和环境污染，还能提高建设效率和质量，是实现变电站绿色低碳建设的关键路径。未来绿色建造技术的发展建议从以下几方面着力：

1. 加强政策引导和标准体系建设：

电网建设企业应出台更加积极的政策措施，鼓励和支持绿色建造技术在变电站建设中的应用。建立健全绿色建造技术标准体系，从国家标准、行业标准和企业标准等方面制定和完善相关技术规范、评价标准等，为绿色建造技术的推广应用提供技术支撑。

2. 加大技术研发和创新力度:

鼓励企业、设计单位、施工单位、材料供应商和科研机构加大对绿色建造技术的研发投入，重点突破装配式建造、绿色建材、节能环保等领域的关键核心技术。推动绿色建造技术与新一代信息技术深度融合，提升变电站建设的智能化水平。

3. 推广示范工程和经验交流:

建设一批绿色建造技术应用示范工程，总结经验，形成可复制、可推广的典型模式。加强企业之间的交流与合作，推广先进经验和做法，促进绿色建造技术在变电站建设中的广泛应用。

相信在政府、电网企业和变电站各建设参与单位的共同努力下，绿色建造技术将在变电站建设中发挥更加重要的作用，为实现“双碳”目标、构建清洁低碳、安全高效的能源体系做出积极贡献。

参考文献

- [1] 朱克亮, 张李明, 石雪梅, 等. 基于“双碳”目标的变电站建设过程中“永临结合”探索与实践 [J]. 电力与能源, 2022, 43 (1): 13-17.
- [2] 王江营, 陈浩, 刘国庆, 等. 装配式建筑技术在绿色建造中的综合应用 [J]. 施工技术(中英文), 2022, 51 (16): 73-77.
- [3] 蒋立红. 绿色建造技术创新发展趋势 [J]. 建筑, 2017(18): 10-13.
- [4] 杭州市城乡建设委员会. 杭州市海绵城市建设低影响开发雨水系统技术导则(试行)[M]. 2016.
- [5] 住房和城乡建设部. 绿色建造技术导则（试行）[M]. 2021.
- [6] 李青芯, 贺瑞, 程翀. 电网三维数字化设计技术探讨及展望 [J]. 电力勘测设计, 2020 (S1): 1-6.
- [7] 中国建筑科学研究院有限公司. 建筑节能与可再生能源利用通用规范: GB 55015—2021 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.