

变电站轻型装配式建筑设计探讨

李明

南京电力设计研究院有限公司

摘要: 为了推动我国电力系统的发展, 改变以往的建设理念和方法, 本文对轻型装配式建筑进行了概述, 分析了轻型装配式建筑的应用优势, 同时详细阐述了变电站轻型装配式建筑的设计流程, 包括原始资料分析、结构体系设计、墙板材料选择等方面。之后提出变电站轻型装配式建筑的应用策略, 通过应用在变电站建筑物、围墙结构、站内勾道等环节, 切实提高变电站建筑的设计水平, 严格把控变电站建设效率与质量, 节约资源, 实现绿色发展目标。

关键词: 变电站; 轻型装配式建筑; 设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.080

引言: 轻型装配式建筑作为现代建筑行业的发展趋势, 适用于多种类型的建筑施工, 当下可以将轻型装配式建筑应用到变电站设计中, 利用标准化设计、工厂化生产以及装配式建设, 全面提高变电站的施工效率。另外我国电网始终在探索绿色、经济、高效的发展道路, 而轻型装配式建筑设计, 便是实现该目标的重要举措, 将变电站与装配式建筑充分融合, 在延续变电站原有功能的条件下, 对建筑结构进行优化改进, 从而节约更多建设成本, 推动我国电力行业良好发展。

一、轻型装配式建筑概述

轻型装配式建筑是现代建筑行业的主要发展趋势, 大多采取标准化设计与工厂化生产, 搭配装配化施工大大缩减了施工周期, 并且融入了信息化管理与智能化控制技术, 属于节能环保型建筑, 具有生产效率高、特征。传统建筑已经无法满足环保需求, 并且施工过程中存在诸多限制, 装配式建筑的出现改善了各类难题, 包括解决建筑施工质量、提高建筑施工效率以及增强管理的协同性等, 相比传统建筑具有综合优势。装配式建筑除了符合绿色环保的要求外, 在功能、质量等方面同样更为优秀, 具有较强的抗震性能, 一体化的施工模式节省了大量时间、人力资源, 并且建筑的格局布置较为灵活, 根据变电站建筑的需求进行大小分隔, 满足变电设备的配置需求。

二、轻型装配式建筑的应用优势

1. 提高建筑施工效率

轻型装配式建筑在施工效率方面有着显著优势, 由于采用了标准化设计、工业化生产, 有利于缩短施工时间。相比传统现场浇筑施工模式, 装配式建筑则集中在工厂内生产, 部分构件可以直接组装, 或运输至施工现场进行组装, 通过大型吊装设备完成施工, 减少了人力资源的使用。除此之外装配式建筑采用了螺栓连接, 部分结构无须焊接施工, 同时减少了各类复杂程序, 大部分操作在工厂内完成, 只需要将大体及构件运输到现场拼装, 全面提高了建筑施工的便捷性。

2. 节约建筑能源消耗

装配式建筑在能源消耗方面得到优化, 比如轻型装配式变电站常用的单层轻钢机构、ALC板结构, 获得相关部门批准, 广泛应用在电力项目建设中, 并且在技术水平上愈发成熟。通过对比分析150mm厚的ALC板, 在绝缘特性上与480mm厚的压缩空心混凝土板相似, 降低了材料密度但绝缘性能并没有损失。另外钢结构构件导热系数较好, 大多采用带外结构的墙板, 能够有效避免出现冷热桥, 在与外墙的连接中, 会进行特殊结构处理, 从而达到预期的施工效果。装配式建筑施工使用的能源与资源大幅度减少, 建筑物本身的使用寿命提高, 并且当建筑使用寿命到达期限后, 可以将钢结构回收利用, 因此装配式建筑也被称为绿色建筑, 回收利用率可达80%。

3. 提高建筑抗震能力

相比传统建筑结构, 轻型装配式建筑的抗震能力得到提升, 经过反复验证、优化改进, 抗冲击能力较为优异, 加上钢结构本身的可塑性强, 所以装配式建筑结构不会因超载而产生断裂, 应力变化不会较为剧烈。另外钢结构具有一定延伸率, 在结构体系受到驱动荷载的条件下, 能够吸收大量能量, 降低受到损伤的风险。此外, 由于钢材的可塑性, 即使在极端荷载作用下, 也能通过形状的改变来适应力的分布, 从而保护结构不被破坏。ALC板本身的重量较轻, 大大减轻了建筑物的整体重量, 有利于降低地震灾害造成的破坏, 同时ALC板具有适应变形的能力, 使得在地震波动下能够更好地吸收和适应变形, 避免裂缝的产生。

4. 提高建筑环保性能

传统建筑施工每平方米会产生200公斤的建筑垃圾, 而一栋5万平米的建筑所排放的垃圾可达1万吨, 这也导致城市垃圾中30%~50%都是建筑施工形成。相比之下装配式建筑可以减少建筑垃圾的形成, 大部分构件在工厂中预制生产, 运输到施工现场后直接吊装即可。另外施工过程中不会产生灰尘, 现场主要为干施工, 使用的材料大多为可回收或可降解材料, 当建筑物拆除时回收利用, 不会形成建筑垃圾。

三、变电站轻型装配式建筑的设计方法

1. 设计原则与特点

轻型装配式变电站建筑主要采用标准化设计原则, 设计过程需要考虑到装配式变电站内的电压等级参数, 做好电气设备型号、数量的统计分析, 并设置合理的进出线数量, 保证规划布局的合理性, 满足装配式变电站建设需求。在满足变电站设计标准要求的条件下, 增加空间利用率, 通过缩短设备联络距离等方法, 体现出装配式变电站的集成化、结构化特征。除此之外立足经济性原则, 设计具有经济性、可靠性的装配式变电站, 结合设备参数、生产工艺, 确定施工顺序与要点, 顺利完成建设工作。

2. 原始资料分析

为了提高装配式变电站设计方案的合理性，应提前收集资料信息，明确装配式变电站的设计标准和要求，深入现场进行实地勘察，了解变电站建设地理位置，是否与周边环境存在冲突的，在满足建设要求的条件下，结合环境信息确定最佳地点。另外合理配置变压器、进出线数量，结合关键的电气设备，预测变电站的整体面积，对比收集到的数据信息，确定该区域能够容纳装配式变电站建筑。

3. 结构体系设计

相比传统变电站设计，现代装配式变电站无论在建设还是使用中，都具有得天独厚的优势，并且在结构方面得到优化改进，通过分析不难发现装配式变电站的综合效益更高，比如在结构体系设计中，采用集中配置节余占地空间，目前主要使用钢框架、轻型门式钢框架、装配式混凝土柱+钢屋架结构形式。钢框架结构大多可以分为两种体系，包括钢框架+压型组合楼盖结构体系，另一种为空腹梁支撑钢框架体系，两种结构体系存在明显差别，根据装配式变电站建筑设计需求，110kV、220kV的变电站设计，主要使用钢框架+压型组合楼盖结构体系。轻型门式钢框架由多种结构组合而成，如山墙骨架、钢架柱、侧向支撑等，该结构受力形式较为简单，施工技术较为成熟，主要通过工厂生产，

适用于户外变电站单层建筑设计。装配式混凝土柱+钢屋架结构体系，大多使用预制混凝土柱作为结构柱，梁使用钢结构桁架或实腹式钢梁，该结构体系的核心在于节点化处理，对施工工艺有着较高要求。若采用叠合梁板结构形式，混凝土浇筑施工量大幅度提高，采用焊接施工工艺的情况下，必须预留大量预埋件，因此该结构的应用较少。

4. 墙板屋面选择

变电站轻型装配式建筑设计中，墙板材料选择是降低能耗的关键因素，在装配式建筑中，大多采用轻质节能保温装饰新型板材，作为轻型装配式变电站的主要构件，能够减轻建筑整体重量，同时具有较强的保温、隔热、隔音性能，节能效果可达50%。墙板材料需要对质量、保温效果、防火性能等方面进行综合考量，同时采用的墙板材料使用年限与变电站相匹配，提前计算墙面结构使用时产生的维护保养费用。除此之外提高钢结构与墙板材料之间的安全稳定性，确保两者得到有效连接，达到预期的抗震设计要求。目前轻型装配式变电站建筑，主要采用轻骨料混凝土空心墙板、装饰防火板复合外墙体系、金属板复合外墙体系等，综合性能表如表1所示。轻型装配式变电站屋面体系，由自承式钢板底模钢筋桁架现浇楼板等结构组成，综合性能比较如表2所示。

表1 楼面、屋面板性能综合比较

品种	构造做法/mm	隔声性能/dB	防火性能/h	传热系数/(W·m ⁻² ·K)	综合单价/(元·m ²)	施工难度	美观与使用寿命
自承式钢板底模钢筋桁架现浇板	70~270	≥45	≥1.68	0.18	170	施工速度快	常用于钢结构体系建筑屋面，具有较高的美观度
压型钢板+现浇混凝土板	70~270	≥45	≥1.68	0.18	200	施工速度快	能够在钢结构体系建筑屋面中应用，电缆明敷，不具备较高的美观度
预制轻骨料混凝土叠合板	70+70	≥45	≥1.68	0.21	200	施工速度快	能够应用于钢结构体系建筑屋面，暗敷，具有较高的美观度

表2 墙板性能综合比较

品种	厚度/mm	材料燃烧性能等级	防火性能/h	传热系数/(W·m ⁻² ·K)	参考综合单价/(元·m ²)	保温和板缝防雨水渗漏	施工速度	美观与使用寿命
轻骨料混凝土空心集成墙板	220	A	3	1.35	1000	能够有效隔离热量，并且保温良好，多层复合，专用内置排水管排水。	较快	品种多，可同主体寿命
纤维水泥复合墙板	200	A	3	0.35	1400	能够有效隔离热量，并且保温良好，多层复合，多缝排水	施工简单，速度较快	部分可分别更换，品种多，可同主体寿命
铝镁锰合金复合幕墙集成墙板	185	A	3	0.38	1800	能够有效隔离热量，并且保温良好，采用高密度岩棉封边技术，具有良好的防水抗渗性	施工步骤简单，可以保证施工的效率	结构强度适中，耐渍、易折弯焊接加工使用寿命>50年
压型钢板复合墙板	150	A	3	0.38	900	能够有效隔离热量，并且保温良好，采用高密度岩棉封边技术，具有良好的防水抗渗性	施工较快	使用寿命为20年，在5年期间内，容易出现连接部位锈蚀

5. 围墙结构设计

传统变电站围墙结构主要采用铁艺栏杆、实体墙两种类型，通过实心砖砌筑而成，并在建设完成后进行适当的粉刷处理，在保证墙体质量的条件下，增加外墙的美观度，不过容易受到气候影响产生裂纹，导致变电站围墙结构安全性降低。在轻型装配式变电站建筑设计中，需要重点关注围墙结构优化，应改变为装配式围墙结构，通过工厂进行预制生产，把控好每个构件的精准度，提高墙体外观工艺效果，优化围墙结构的装饰性能。装配式围墙结构能够减少现场施工的麻烦，并且墙体组装较为便捷，等待工厂生产完成即可运输到变电站施工现场组装，降低了气候环境造成的负面影响，施工过程中减少了噪音、粉尘污染。装配式围墙结构主要分为预制混凝土柱、预制墙板实体围墙、型钢柱等类型，所有材料的生产实现工厂化，并且没有特殊的模块要求，可以通过工厂实现大批量生产，快速完成变电站围墙结构施工。

6. 电气设备设计

轻型装配式变电站由多样化的电气设备组成，施工前应根据需求合理选择设备类型、设备数量，提前计算电气设备的总负荷，为确定变压器容量奠定基础，同时结合额定电压参数，选择变压器的具体型号，注意做好热稳定性、短路分析，判断变压器设备是否符合使用标准。除此之外根据正常条件下的额定电压参数、额定电流参数，优化配置线路间隔电气设备，确认达到轻型装配式变电站的运行要求，在各类电气设备的选择中，重点分析是否具备通信匹配性的功能，从而完成初步的规划布局。电气设备选用好后，根据提前设计好的主接线图核对，确认是否存在遗漏，电气主接线设计应保证安全稳定，具有较好的电能质量，最后确定电气设备的空间布置、实际尺寸大小、安全净距离、物理联系等。良好的连接线设计、二次接线端子设计，有利于设备的安装、调试，设计方案存在偏差将直接影响变电站的施工与运行。

7. 站内勾道设计

对传统变电站电缆沟施工进行分析，工序较为复杂繁琐，并且施工周期相对较长，电缆沟沟道大多采用砌砖、钢筋混凝土结构，不仅工艺复杂还会影响施工效果，很难在规定时间内完成建设。在轻型装配式变电站建筑设计中，可以通过优化围墙结构，降低沟壁厚度实现优化，装配式电缆沟道施工，对比传统施工沟壁厚度减少一半，沟道底板采用钢筋混凝土结构，有利于提高电缆沟的运行质量，铺设施工较为安全。在电缆沟道构件制备过程中，提前准备相应的模具，批量生产不同标准、不同宽度、不同深度的构件，在工厂制作完成后，运输至施工现场拼装，从而减少现场作业与交叉作业的冲突，避免受到气候环境干扰，较快地完成建设任务。

不过需要注意在图纸设计中，应提前在沟道壁上预留螺栓与孔洞，并将预留的位置标注在图纸上，利用特殊记号标注确保清晰明确，以便工厂根据图纸把控好预制构件细节，按照要求提前预留孔洞，满足拼装施工需求。

四、变电站轻型装配式建筑的应用效果

目前来看轻型装配式变电站已经成为发展趋势，不仅改变了变电站建筑结构形式，同时应用了各类新型材料与施工方法，大大提高了变电站施工效率。轻型装配式变电站在设计过程中，要确定层高、跨度等关键数据，为预制构件生产提供参考，工厂根据轻型装配式变电站的建设方案，实施统一化生产，对预制构件进行装配，减少了大部分施工作业，有利于降低生态环境污染，质量方面符合设计规范要求。对比传统钢筋混凝土框架结构设计，施工周期可以缩短1/2，促使建设资金快速回笼，加快变电站的运营。施工过程中机械化程度高，生产好的预制构件会运输至现场拼装，利用各类机械设备吊装，无须投入过多的人力资源，节约部分施工成本，在经济效益方面具有明显优势。另外装配式变电站建筑由现场施工转移到工厂生产，解决了施工现场管理混乱等问题，有利于减少高空坠落、物体打击、触电等人身威胁，从装配式变电站施工效果来看，现场安全系数更高，始终处在受控状态。总而言之变电站轻型装配式建筑设计，要比传统施工更具经济、社会效益，技术水平得到大幅度提升，不会出现常见的质量通病，值得全面推广成为变电站建设的主要发展方向。

结束语

变电站作为我国电力系统中的重要设施，伴随时代发展不断优化升级，目前采用了轻型装配式建筑设计，改变了以往施工建造时间长、投资成本高以及质量无法保障等问题。轻型装配式变电站符合生态发展原则，并且技术水平高、占地面积小，实现了资源与能源的节约，对促进我国电力行业发展有着积极作用。装配式建筑本身的优势显著，在变电站建筑设计中，能够充分保障建设效益和质量，相比传统变电站建筑自重减少，主要通过工厂预制构件，运输到施工现场进行拼装，减少了大规模和泥、抹灰、砌墙等作业，可以在短时间内完成施工快速投入运行。

参考文献

- [1] 俞昇森, 李丹乐, 李佳丽, 朱勋. 装配式变电站钢结构建筑适用性分析[J]. 农村电气化, 2023, (04): 13-16+58.
- [2] 韩虎军, 王晓旭, 张凯, 周睿. 装配式建筑在变电站中的应用[A]. 中国电力企业管理创新实践(2021年)[C]. 2023: 50-51.
- [3] 徐波, 张晓晨. 变电站装配式建筑工程全面质量管理体系建设[J]. 中国住宅设施, 2023, (01): 109-111.