

与城市融合共生的附建式变电站建设发展与展望

李 鹏

(电力规划设计总院, 北京市, 100120; duankun023@163.com)

摘 要: 随着城市化进程的不断发展, 同时在“碳达峰、碳中和”战略目标下电作为清洁能源的使用越来越广泛, 导致用电负荷不断增大, 在城市负荷中心建设变电站成为越来越普遍的现象。城市人口密集、土地资源紧缺且商业化价值高、公共基础设施多, 变电站在城市独立建设的传统模式将难以为继。在此背景下附建式变电站应运而生, 为解决城市土地资源紧张与用电需求之间的矛盾开辟了一条融合共生的建设模式。附建式变电站最显著特点是可以高效利用土地, 同时可以将变电站深入用电负荷中心, 使社会、经济、城市建设协同发展。由于附建式变电站发展时间较短, 建设过程中不可避免地存在消防、噪声、振动等问题, 这些问题需要更深入的研究和解决。总之附建式变电站是未来用电负荷密度高和土地资源紧缺的城市变电站建设的发展趋势。

关键词: 城市建设; 附建式变电站; 消防; 振动; 噪声

引言

随着城市化进程的不断推进以及经济社会的高质量、高速度发展, 在“碳达峰、碳中和”战略目标下城市用电负荷逐步提高, 同时城市土地资源紧张且商业化价值较高, 导致变电站建设与城市用地资源紧张之间的矛盾日益突出。传统变电站的建设模式为单独建设, 用地面积较大、容积率较低, 在城市核心区选址难度越来越大, 且变电站周边居民对电磁辐射、噪声等问题的担忧引发“邻避效应”, 造成变电站站址无法落地的情况时有发生。附建式变电站在此背景下应运而生, 为解决城市用地紧张与用电需求之间的矛盾开辟了一条融合共生的建设模式。

1. 国内外发展现状

在我国, 深圳等用地极为紧张的城市最先开始试点将变电站与城市公共建筑或住宅联合建设, 随着建设经验的积累和设计理念的进步, 逐步进入了规模化的应用阶段。据不完全统计深圳已建及在建附建式变电站共计18座, 正在开展设计和前期工作的有20余座。杭州市近年来也在尝试将变电站与其他公共建筑统一规划建设, 并于2020年出台了《杭州市变电站“入公建”实施细则》。雄安新区为节约用地、高质量建设新区, 于2025年3月发布了地方标准《雄安新区附建式变电站技术标准》(DB1331/T 113-2025) [1]。该标准适用的电压等级为110kV-220kV, 内容包括选址、总布置、电气一次、系统和电气二次、土建、消防、环保等。

土地集约化和技术智能化则是其他国家将变电站与商业、住宅等融合建设的两条主线。日本东京人口密度极大、土地资源异常紧缺, 早在20世纪90年代就将变电站嵌入了商业综合体地下室; 新加坡则颁布了《土地集约化导则》, 该导则强制要求新建的公共建筑需预留变电站建设空间, 并采用气体绝缘设备以减少用地面积。欧洲国家主要侧重于绿色建筑的认证整合, 例如德国柏林的波茨坦广场的附建式变电站采用了光伏幕墙, 成功实现了能源自给, 并获得了德国可持续建筑委员会(DGNB)的铂金认证。

2. 建设设计方案

2.1. 总体建设方案

通过将变电站作为整体模块, 与其它功能建筑贴邻建造、或嵌入其它功能建筑的投影范围内、或在其它地下建构筑物上方建造变电站的方式, 达到与商业、住宅、其他公共基础设施共建的目的 [2]。

2.2. 站址选择

传统单独建设的变电站受制于“邻避效应”、土地资源紧缺、与城市规划不协调等因素。在市区建设的变电站，应基于土地利用集约化、土地经济价值最大化、公共服务人性化的角度，将变电站与商业、办公、住宅等其它功能建筑融合建设，这是附建式变电站选址的主要原则。

从系统规划的角度选址，附建式变电站的站址应接近负荷中心，且需要满足电缆进出线走廊规划需求；从城市规划的角度选址，还应符合城市规划、城市风貌，并降低或避免对周边建筑舒适度的影响；从工程建设角度，站址应选择竖向高程高于百年一遇或五十年一遇洪水位区域[3]，站址附近道路还应满足主变等电气设备的运输需求，且应满足消防救援需求。

2.3. 总布置

总布置不仅需要满足变电站建设和运营的工艺流程，也应保证其它功能建筑的安全与舒适。因此，总布置需要做到：安全第一、集约紧凑、协调统一。变电站的总布置需要确保消防安全，做好与周边建构筑物的防火安全距离，且严格执行防火分隔措施，避免火灾波及其他功能建筑；同时应该确保电气安全，电气安全距离应满足国家相关标准规定；与其他功能建筑共用的道路还应确保电气设备运输、安装和维修的安全。在满足工艺流程和规范规程对总平面布置要求的前提下，需要尽可能的节约用地、节约空间，减少对其它功能建筑舒适度的影响。变电站的建筑、结构、消防、给排水设计要与其它功能建筑统一设计、统一规划，既避免浪费又满足各自功能的使用需求。

2.4. 建筑设计

防火安全性尤为重要，与其他使用功能建构筑物之间的防火与分隔设计是变电站建筑设计重中之重。为确保各使用功能的独立性，附建式变电站必须设计为一个独立的防火分区，且不允许设置其它使用功能的设施和房间。对于附建式变电站的耐火极限也必须做出严格的要求和限制，参考变电站相关规范规程对于耐火等级的要求，地上部分的耐火等级不应低于二级。与其它功能建筑之间主要通过防火墙和楼板进行分割，防火墙的耐火极限不应低于3.00h且防火墙上不应开门、窗、洞口，楼板的耐火等级不低于2.00h。布置含油设备的房间是消防设计应重点关注的部位，应采用防火墙和耐火极限不低于2.00h的楼板与其它房间分隔[2]。

附建式变电站作为一个使用功能独立的防火分区，其疏散楼梯和安全出口也应该单独设置，且疏散楼梯在首层应直通室外。

为方便变压器等大型电气设备的运输，主变压器室宜设置在变电站的第一层，且优先布置在靠外墙的位置，主变压器室的门面向主变运输道路。

2.5. 辅助设施

因附建式变电站多位于市区，宜选用市政供水作为生活、消防水源。为充分利用市政资源，生活污水宜接入市政污水管网，雨水排入市政雨水管网[2]。

应设置独立的送风系统和排风系统。当具备自然进风条件时，应优先采用自然进风方式。排风采用机械排风，为减少对周边人员的生活影响，排风口应远离人员活动区域。如噪声控制不达标，排风口还应作消声处理。主变压器室、无功补偿装置室、建筑面积大于50m²且无外窗的继电器及通信室、电缆夹层等房间，根据变电站设计的相关规范，应设置火灾后的机械排风系统。

2.6. 消防设计

自动灭火系统是变电站内扑灭初期火灾的关键措施，附建式变电站由于不能用水扑救电气火灾，因此采用气体灭火系统或细水雾灭火系统作为主要的灭火措施，在电缆竖井和电缆夹层等部位也可以配置超细干粉灭火系统。气体灭火系统的优点是灭火效率高、不导电、不留残渣，对精密设备无损害，因此在继电器室、主控室等布置精密仪器的房间可以设置气体灭火系统。细水雾灭火系统的优点是用水量少、水滴粒径小、电气绝缘性好、对人体无害且环保，可有效扑灭电气设备火灾和油类火灾，主要用于电气设备的灭火。

3. 主要问题探讨

3.1. 火灾危险性类别

对于变电站内变压器室的火灾危险性类别而言，主要依据以下两本规范的规定：《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）表3.1.1中规定闪点不小于60℃的液体的火灾危险性类别为丙类，其条文说明油浸变压器室的火灾危险性类别为丙类，但并未对气体或干式变压器室的火灾危险性类别进行说明；《火力发电厂与变电

站设计防火标准》（GB 50229-2019）表11.1.1条规定气体或干式变压器室火灾危险性分类为丁类。根据《建筑设计防火规范》国家标准管理组《关于220V附建式变电站防火设计问题的复函》（建规字〔2019〕2号）的意见，与民用建筑贴邻建造的220kV干式室内变电站的防火设计可比照火灾危险性类别为丙类的厂房进行设计。建议其它电压等级及其他附建型式的变电站也按丙类厂房进行防火设计。

3.2. 振动控制

为减小电气设备的火灾危险性，电气设备多采用无油设备，但有实测资料表明干式电抗器比油式电抗器的振动更剧烈，且对舒适度影响较大的为结构二次噪声[4]。

当附建式变电站内的主变、电抗器等主要产生振动的电气设备无法独立设置基础时，可以在楼板上电气设备的支座处设置隔震支座，从源头上控制振动传入板梁柱等构件，以降低振动对居住舒适度的影响。

3.3. 噪声控制

变电站内的主要噪声源是主变压器和电抗器，噪声来源主要是设备内的铁心振动和绕组振动。铁心在交变磁场的作用下发生磁致伸缩，并随着交变磁场的频率而产生周期性的振动，绕组也会在电磁力的作用下使结构发生振动。由于附建式变电站与商业、办公、住宅等功能的建筑物共建，根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）的规定，这些建筑物的声环境功能区为1类（昼间 $\leq 55\text{dB}$ ，夜间 $\leq 45\text{dB}$ ）或2类（昼间 $\leq 60\text{dB}$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}$ ）。这些建筑物的使用者对噪声较为敏感，做好噪声控制对建筑物使用者的舒适度至关重要。

噪声控制主要应该从噪声源和传播途径两个方面进行控制。从电气设备方面，通过合理设计线圈、铁芯以及优化加工生产工艺，可以降低设备的噪声排放。另外一方面是从传播途径上阻断噪声的传播。因附建式变电站为户内变电站，根据工程经验以及模拟测算，围护结构可以很好的阻断噪声的传播。更应该关注的是建筑物上的进风口产生的噪声外漏以及风机自身产生的噪声。可通过采用进风口设置消声百叶、风机出风口设置消声器的方法进行处理。

4. 发展与展望

（1）城市土地资源日益紧缺且商业化价值越来越高，附建式变电站作为集约化城市建设的必然选择，是城市变电站建设的发展方向。它有效解决了城市用电需求与独立建设变电站用地困难的核心矛盾，通过将变电站与商业、办公、住宅等建筑融合建设，实现了土地资源的高效利用，同时满足了城市供电需求。

（2）关于附建式变电站的设计规范，目前国内相继出台了一些团体标准和地方标准。未来还需要进一步编制技术先进、安全可靠、环境友好、适应经济社会高质量发展的行业标准和国家标准。

（3）未来附建式变电站可以向数字化、智能化方向发展。通过BIM、数字孪生等技术，实现状态实时感知、故障预测和无人化巡检等功能。

总之，附建式变电站未来的发展将继续以安全为基石，以智能为核心，以融合为方向，成为与城市共生共荣、高效、可靠且环境友好的新一代电力基础设施。

参考文献

- [1] 河北雄安新区管理委员会综合执法局. 雄安新区附建式变电站技术标准: DB1331/T 113-2025 [S/OL]. 2025-03-18 [2025-10-20].
- [2] 中国电力规划设计协会. 附建式变电站设计规范: T/CEPPEA 5015-2023 [S/OL]. 2023-03-31 [2025-10-20].
- [3] 国家能源局. 变电工程总布置设计规程: DL/T 5056-2024 [S/OL]. 2024-05-24 [2025-10-20].
- [4] 胡杨木, 谢强. 楼面布置电抗器的振动响应实测及控制 [J]. 高压电器, 2025, 61(4): 177-186.