

高层建筑电气施工中的防雷及接地技术分析

文 / 程福应 三亚民格电力设备工程有限公司

摘要：防雷与接地是保障高层电气系统稳定性与安全性的关键，在电气施工期间，应做好防雷及接地施工。基于此，文章采用案例研究法，结合某商业综合体高层建筑电气施工工程案例展开具体分析，明确该工程概况后，总结归纳了该高层建筑在电气施工期间所面临的防雷接地难点，并以难点为导向，针对性提出了防雷接地技术在高层建筑电气施工中的运用要点，包括多业态空间防雷差异设计、双重进线接地兼容优化、结构电磁耦合干扰抑制、不同区域接地电位差控制、光伏系统动态等电位预埋，以供参考。

关键词：高层建筑；电气施工；防雷接地技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.035

引言

高层建筑是现代城市建设中常用的建筑形式，可在一定程度上提高土地利用效率，在高层建筑工程施工期间，需加强对电气系统的关注，合理运用防雷及接地技术提高高层建筑电气系统的安全稳定性。而防雷及接地技术运用过程中，应充分结合高层建筑结构具体情况，将防雷接地措施良好对接电气系统，并融入到整个高层建筑的运行体系中，继而使高层建筑电气系统在防雷及接地技术的保护下始终保持安全。

一、工程概况

为增强该研究的针对性，结合某高层建筑工程项目展开具体分析。该高层建筑属于商业综合体建筑，建筑高度为98.6m，地上层数为28层，其中1-5层为商业裙楼，6-28层为办公塔楼；地下层数为2层，其中地下1层部分区域作为商业，其余区域作为设备用房，地下2层为人防区域及停车场。该高层建筑总建筑面积约为86450m²，采用框架-核心筒结构，抗震设防烈度为7度，按照一类高层公共建筑进行建设，设计使用年限为50年。

该项目属于商业综合体高层建筑电气施工工程，从电气系统角度来看，采用双重10kV高压进线作为供电电源，由城市电网中的两座变电站引入，用于保障供电稳定性。变配电系统为干式变压器（1600kVA），共配置2台，另配置1台柴油发电机组作为应急设施，规格为800kVA。电气系统的一级负荷、二级负荷、三级负荷占比分别为42.3%、35.8%、21.9%。在电气施工工程中，按照二级防雷建筑进行设计，为保障建筑电气安全，该工程项目尤为看重防雷接地技术的运用。

二、高层建筑电气施工中的防雷接地难点

在案例高层建筑电气施工工程中，在防雷及接地方面存在一定的技术难点，主要表现在以下几个方面：

其一，多业态空间存在防雷差异。结合上述工程概况可知，该高层建筑1-5层为商业裙楼，6-28层为办公塔楼，且存在地下人防区域，不同的建筑功能区在雷电电磁脉冲敏感度方面存在差异，这就要求在开展电气防

雷作业时，根据多业态空间实际情况差异化施工，解决裙楼、核心筒接闪器布置中的电位均衡问题，避免出现跨步电压风险，由此给该高层建筑防雷接地施工带来了一定难度。

其二，双重进线引发接地兼容性难点。案例高层建筑工程项目为保障供电稳定性而采用了双重10kV高压进线方式，且分别来源于不同变电站，这就可能出现中性点接地方式不一致的现象，继而提高了该高层建筑工程电气施工防雷接地技术的应用难度。

其三，电磁耦合干扰问题。案例高层建筑工程采用框架-核心筒结构，该类结构存在密集的钢柱，与电气系统竖井平行布置，当雷电流经引下线时，则可能引发电气耦合干扰现象，对高层建筑中的消防系统等弱电系统产生干扰。

其四，不同区域间的接地电位差。在案例高层建筑中，地下二层中的人防区域具有独立的接地网，而地下一层中的商业区域中的设备连接主接地，故在防雷接地技术运用期间，需注意解决不同区域间的接地电位差控制难题。

其五，动态等电位难点。案例高层建筑工程在后期建设期间需在屋面区域装设光伏装置，但现阶段所运用的接闪器布置方案尚未提前预留新能源装置的接口，继而产生了动态等电位难点，应在防雷接地技术运用期间把控好电气系统的扩展性。

三、防雷接地技术在高层建筑电气施工中的运用要点

（一）多业态空间防雷差异设计

为解决因多业态空间而引发的防雷差异问题，在电气施工期间，可根据不同区域需求，差异化设计防雷技术要点。

具体来看，在1-5层的商业裙楼区域，运用直径为12mm的热镀锌圆钢作为避雷带，并均匀布置独立短针（结构可见图1），高度为1.5m，常规区域的独立短针间距需低于10m，对于转角区域，需低于8m，避雷带与独立

短针沿建筑女儿墙外侧布置，并于女儿墙转角位置增设接闪杆。与此同时，要求空调机组等屋面金属装置连接避雷带，两者间的焊缝长度至少为100mm。商业裙楼部分中的引下线选用结构柱内主筋，其直径需超过16mm，与此同时，在商业裙楼首层运用扁钢材料布置环形均压带，运用角钢作为接地极，接地极埋深为3m，与环形均压带连接。

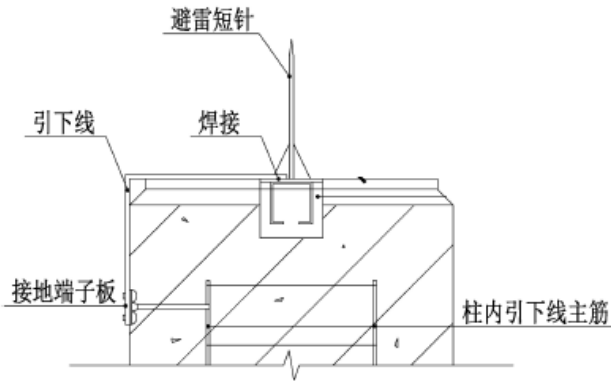


图1 独立短针布置结构图

对于6-28层的办公塔楼，自然接闪器选用框架钢结构，并采用焊接方式，将规格为10m×10m的避雷网络与钢结构顶端连接。办公塔楼外部的玻璃幕墙，其金属框架均需连接均压环，且要求连接节点间距低于15m。电气施工期间，在高层建筑结构中的核心筒中提前预埋钢筋，其直径为20mm，共埋设16根，将其作为高层建筑

办公塔楼区域的引下线。此外，6-28层办公塔楼每3层运用30mm×3mm铜带布设均压环，为保障防雷效果，要求均压环与建筑金属门窗之间的间距低于0.5m^[1]。

对于地下2层的人防区域，则单独布设网格密度为5m×5m的避雷网，采用暗敷的方式施工，同时将铜绞线埋设至顶板结构中，随后焊接结构主筋与镀锌扁钢即可。人防区域中运用铜缆材料作为独立引下线，并在铜缆引下线外部增设绝缘套管，使引下线能够与主接地网隔离，确保防雷接地效果。

(二) 双重进线接地兼容优化

结合上述难点分析可知，案例高层建筑电气施工工程中存在双重10kV进线情况，受到不同变电站中性点在接地方式方面的差异影响而引发了兼容性问题。电气施工期间为规避该类问题，应活用防雷接地技术，对接地电阻进行优化调整，针对双重10kV进线系统，采用统一接地方式，若系统电容电流低于30A，主变电站和备用变电站均采用低电阻（10Ω）接地方式；当电缆网络电容电流较大时，可考虑双回路均采用消弧线圈接地（补偿电流35A）。若必须采用主变电站低电阻接地、备用变电站消弧线圈接地的混合接地方式时，需在两个进线系统之间设置隔离变压器，案例工程项目中所运用的隔离变压器阻抗电压为6%，容量为1600kVA，并借助并联电抗器对环流现象进行抑制。对双重进线中性点接地系统技术参数进行总结，如表1所示。

表1 双重进线中性点接地系统技术参数

技术指标	标准值	限制条件	运行要求
隔离变压器阻抗	6% 阻抗	误差 ≤ ±0.5%	温升 ≤ 65K
并联电抗器电感量	15mH	额定电流 200A	Q 值 ≥ 50
接地扁钢截面积	250mm ²	热稳定系数 k=142	跨步电压 ≤ 35V
SPD 残压	≤ 4kV (I 级)	≤ 2.5kV (II 级)	响应时间 ≤ 25ns
绝缘监测精度	±5%	报警延时 0.5s	通信协议 Modbus RTU

在此基础上，进一步强化等电位联结效果，在地下1层配电室设置总等电位端子箱，采用铜排将其连接，要求连接点之间的间距低于5m。对于局部等电位，则于高层建筑体中的柴油发电机房、高压配电室中布置600mm×400mm×200mm规格的局部等点位箱，要求局部等点位箱中的铜排截面积至少达到25mm²。为最大限度实现对双重进线接地系统的兼容性优化，可在10kV进线柜中安装绝缘监测装置，要求其报警预制低于1MΩ，在0-100MΩ区间范围内，以1kHz的采样频率采集绝缘数据，用于保障绝缘保护的的实际效果^[2]。

(三) 结构电磁耦合干扰抑制

受到高层建筑结构的影响而产生了电磁耦合现象，故运用防雷及接地技术展开电气施工期间，需注意结合结构特征而抑制电磁耦合干扰问题。

防雷及接地技术运用期间，可屏蔽引下线电磁屏，于钢柱引下线外围表面包裹铜带，厚度控制在2mm，同

时在外层覆盖绝缘PVC套管，厚度为1.5mm，同时在屏蔽层两端引出多股铜缆，将其与均压环充分连接。为保障施工效果，提升防雷接地施工质量，需在施工期间做好间距控制，要求钢柱与电气竖井之间的间距至少为800mm，若两者间的平行段超过15m，则需额外增设2mm厚度的镀锌钢板。对于交叉位置，不仅需尽可能避免出现交叉现象，还需将不可规避的交叉部位采用垂直90°的方式跨越，并使交叉角度偏差均低于5°。

为进一步抑制电磁耦合干扰问题，还可采取弱电系统防护措施，选用屏蔽效能超过70dB/100MHz的屏蔽双绞线作为消防系统信号线，使屏蔽层能够覆盖85%以上的区域。布线施工期间，需将强电线槽、弱电线槽之间的间距控制在300mm，由此确保电磁耦合干扰抑制效果。对等电位连接进行优化时，于高层建筑6-28层区域中的结构梁内提前埋设均压环，案例工程项目运用镀锌扁钢（40×4mm）制成均压环，随后将均压环与钢柱焊接，

要求焊接点间距低于 5m, 用于保障焊接效果。同时将接触电阻控制在 0.03Ω 以下, 并运用微欧计测量电流, 确保施工质量^[3]。

防雷及接地技术运用期间, 按照表 2 所示标准对电磁耦合干扰抑制措施进行把控, 并对钢柱接地点、竖井贯穿点等特殊节点进行处理。对于钢柱接地点, 在各钢

柱位置增设两处接地点, 借助放热焊接工艺在接地连接点连接, 为确保防雷接地施工质量, 将焊接接头的抗拉强度控制在 200MPa 以上。对于竖井贯穿点, 则在穿越防火分区时, 借助耐火极限 ≥ 3h 的密封胶将管线密封, 要求密封厚度至少达到 50mm。

表 2 电磁耦合抑制施工标准

技术要素	设计参数	施工允许偏差	检测标准
铜带屏蔽层厚度	2.0±0.1mm	厚度误差 ≤ 5%	直流电阻 ≤ 0.1Ω/m
线槽间距	300+50mm	定位误差 ≤ 20mm	绝缘电阻 ≥ 100MΩ
均压环截面积	160mm ²	焊缝缺损 ≤ 5%	导通电阻 ≤ 0.05Ω
屏蔽线缆覆盖率	≥ 85%	编织密度偏差 ≤ 3%	转移阻抗 ≤ 100mΩ/m
交叉角度	90±5°	角度偏差 ≤ 2°	耦合衰减 ≥ 60dB

(四) 不同区域接地电位差控制

为解决案例高层建筑不同区域间的接地电位差问题, 可运用防雷及接地技术对电气施工作业进行优化, 完善接地网互联体系, 改造主接地网, 以铜排为主干线, 直流电阻需低于 0.015Ω/m, 施工时沿建筑地下二层顶板结构将其规范铺设。与此同时, 在高层建筑商业区、人防区的区域交界处布设电位连接器, 为确保其运用效果, 要求电位连接器的响应时间低于 100ns。

在电气施工期间, 还可运用分层接地处理方式完成施工作业。对于地下人防区域, 则将长度、宽度分别为 25mm、4mm 的镀锌扁钢制成接地网, 要求网格规格为 5m×5m, 将其埋至 1.2m 深度位置。对于商业区域, 通常按照上述方式运用镀锌扁钢组成接地网, 但需采用双面搭接的方式将设备与接地网焊接, 并使搭接长度至少达到 100mm, 用于确保连接效果。此外, 在地下人防区域与商业区域之间设置过渡带, 宽度为 2m, 并进一步埋设钢绞线 (3 根), 作为电位均衡导体结构^[4]。

为最大限度控制不同区域之间存在的电位差问题, 还可根据高层建筑区域结构特征, 在人防配电间、地下二层配电间之间安装一套动态电位补偿装置, 要求该补偿装置的响应时间低于 10ms, 调节精度达到 ±1V, 额定补偿电流为 30A, 与此同时配备在线电位监测仪, 用于把控电位补偿情况, 继而有效遏制电位差问题的产生。高层建筑工程项目运用防雷及接地技术进行电气施工时, 应做好材料质量把控, 采用三级验收体系确保材料达标, 最大限度保障电位差控制效果。

(五) 光伏系统动态等电位预埋

案例高层建筑在后续建设过程中将会于屋顶加装光伏装置, 故在防雷接地电气施工期间, 需结合光伏系统加装需求, 做好相应的预埋与预留工作。具体来看, 在屋面混凝土结构中, 以 5m 为间距提前埋设不锈钢螺栓, 埋深 200mm, 并为外露部分加装防锈盖帽。在此基础上, 以 10m 为间隔, 沿女儿墙布置防护等级 IP67 的铝过渡接头, 为光伏系统加装后的避雷带连接奠定良好基础。

高层建筑电气工程防雷接地工程施工期间, 还需提前预留引下线, 准备直径为 20mm 的镀锌圆钢, 按照 (间距 ≤ 3m 的规格将其预埋至建筑体核心筒结构中, 共埋设 4 根。

此外, 还需做好等电位连接预埋施工, 于高层建筑屋面结构位置, 提前预埋镀锌扁钢, 并以 5m 为间隔均匀布置 25N·m 扭矩的铜螺母连接点, 形成均压环扩展节点, 当光伏系统安装后, 则可直接运用该节点进行连接, 由此实现全方位的防雷接地。与此同时, 在光伏阵列区域布设不锈钢接地端子箱, 并要求所有连接点的接触电阻均低于 0.03Ω。在电气施工期间, 还需预埋电缆通道, 提前预埋壁厚 3.5mm、直径 100mm 的镀锌钢管, 并内穿镀锌圆钢 (直径 8mm) 作为等电位连接导体^[5]。

结语

综上所述, 高层建筑电气施工期间, 需严格落实防雷及接地作业, 尽可能提升电气系统的稳定性。但受到多方面因素的影响, 导致高层建筑电气施工过程中难免会遭受到各种干扰, 因此, 需根据高层建筑实际情况合理运用防雷及接地技术, 由此方可确保防雷及接地技术能够在高层建筑体中发挥出良好作用, 对电气系统形成保护, 并保障电气施工质量。

参考文献

[1] 高宝姍. 高层建筑电气设计中防雷接地系统的优化分析 [J]. 电气技术与经济, 2025, (03): 348-351.
 [2] 李西军, 曹连德, 王斌. 高层建筑电气防雷接地施工技术研究 [J]. 灯与照明, 2025, (02): 145-147.
 [3] 贾树国, 谢斌, 韩伟伟. 超高层建筑电气防雷接地系统优化设计 [J]. 城市开发, 2025, (05): 134-136.
 [4] 李嘉馨. 简述高层建筑电气施工中防雷及接地技术应用思考 [J]. 中国设备工程, 2024, (11): 232-234.
 [5] 罗鑫. 高层建筑电气系统防雷接地技术与消防研究 [J]. 消防界 (电子版), 2024, 10 (02): 114-116.

作者简介: 程福应, 1979 年 02 月, 男, 汉族, 湖北浠水, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑电气施工。