

基于古建筑最小干预保护原则的电气设计探析

陈 蕾

上海江南建筑设计院(集团)有限公司 上海 200000

摘要: 古建筑是历史的“凝固年鉴”，是地域文化与民族精神的重要载体。合理的修复与活化利用能避免“冻结式保护”，使古建筑融入现代生活，是人类文明延续的责任。针对古建筑电气改造，其核心是在确保古建筑本体绝对安全的前提下，满足现代用电需求。古建筑电气设计不是简单的“通电”，需要在古建筑保护与现代功能需求之间找到平衡的精细专业，既要满足当代的用电、安全、照明、智能化等现代需求，又要尽可能将对古建筑本体历史风貌和结构安全的干预降至最低。古建筑电气设计是一个专业性很强、涉及多学科交叉的领域，其核心原则是“安全第一、最小干预、可逆性、可识别”，一切设计都必须服务于古建筑保护这一根本目标

关键词: 古建筑；电气设计；电气火灾；最小干预

引言：古建筑修缮工程的电气设计，绝非“以新代旧”简单的“翻新”。修复过程本身即是技艺的传承与实践。要严格遵守“保护优先、最小干预”、“可逆性”和“不改变古建筑原状”的原则。如何在确保古建筑安全的前提下，实现必要的电气功能，满足现代生活的安全与便利需求，低干扰安装，“修旧如旧”，是电气设计改造中，一门精密平衡的艺术。在实际项目中，最大的挑战往往来自如何在苛刻的限制条件下实现电气设计的安全与功能目标。每个古建筑都有其独特性，必须进行详细的现场勘查和评估，制定“一楼一策”的个性化方案。让古建筑的历史价值、艺术价值、科学研究价值、社会文化价值得以充分体现。

1 负荷计算

精准计算，严格控制，避免过度设计。与业主充分沟通，明确现代用电需求，以满足基本照明、消防等和必要的管理用电为准，严格控制大功率电器的使用，不宜追求余量过大。精确计算现代使用需求，并确定用电负荷^[1]。

2 供电系统设计

确保供电可靠，特别是消防系统。电源接入与变电所设置宜远离核心保护区，总配电箱(柜)宜设置在独立的、非文物价值的附属用房内，或设置在专用的、不破坏风貌的设备间内。

在各功能区设置区域配电箱，规划新的配电箱位置，既要便于检修操作，又要隐藏在不显眼的地方，安装位置宜选择在次要空间，如走廊尽头、楼梯下等隐蔽处，箱门做仿古装饰处理，尽量与环境融合。

设置总配电箱(柜)、区域配电箱和末端配电箱，实现分级保护。古建筑多为木结构(砖木结构)，耐火

等级低。由建筑物外引入的配电线路，电源开关应具有隔离功能。应设置漏电、过载与短路、接地故障保护，所有回路必须安装高灵敏度的漏电保护器，断路器整定值需精确计算，确保及时动作。末端回路供电应采用故障电弧断路器，能有效检测到电线接触不良等引起的电弧，预防电气火灾^[2]。

3 照明系统设计

照度设计标准遵循《建筑照明设计标准》，照度不宜过高，以满足功能需求和营造氛围为主，避免光污染和对文物的光辐射损害。避免“过度现代化”：防止粗暴添加现代灯具破坏古建筑意境，照明设计是技术与艺术的结合。满足功能性照明需求，重点在于灯具的隐蔽安装和精准控光，严格防止紫外线、红外线辐射损害文物。景观照明则旨在“为建筑增韵”，用光突出建筑特色，营造意境，切忌过度亮化。

3.1 灯具选择与安装

应采用小型、隐蔽、与建筑风格相融合的灯具。例如，在古建中可使用仿宫灯、筒灯、射灯，可调节的轨道射灯、洗墙灯等，避免直接安装在彩画、壁画、雕刻等珍贵文物本体上，避免在历史天花上永久固定大型灯具。多采用“见光不见灯”的间接照明、投光照明方式。光源选择优先使用LED等冷光源降低热负荷。功能性照明与重点展示照明分开设计。当正常照明灯具安装高度在2.5m及以下，且灯具采用交流低压供电时，应设置剩余电流动作保护电器作为附加防护。照明灯具靠近可燃物时，应采取隔热、散热等防火措施^[3]。

3.2 照明控制

可采用分区、分时、感应控制，减少不必要的能耗，并营造不同的场景模式。对于局部低功率照明(如

展柜照明)，可考虑采用安全电压（如24V/12V）供电，进一步提升安全性。

4 线路敷设技术

精心设计电线敷设的路径，这是文物建筑电气设计的中中之重，改造成功的关键。了解建筑的保护级别、原有电气系统的年代、以及哪些部分是具有特殊历史价值的（如原始灯具、装饰线脚等），严禁在梁、柱、檩、椽等主要承重结构和有价值的装饰面上开槽、钻孔、钉钉。不能因敷设线路而破坏建筑的核心承重结构。“能明则明，能暗则简”，做到隐蔽性与协调性。尊重原始材料、工艺与历史层次，避免“以假乱真”。

4.1 可逆性

“可逆性”施工，整个电气系统成为一个独立于文物本体的“附加层”，未来可以整体或部分拆除，恢复建筑原状。所有增设的电气设施（线路、配电箱等）应具备可拆除性，且拆除后对文物本体的影响最小。避免使用永久性、不可逆的固定方式。

4.2 可识别

新增部分应与历史原状有所区别，便于日后区分和修复。例如明敷的线管、桥架可采用与原有建筑色彩和质感协调但又不完全相同的材料。在满足可识别性的前提下，设备安装应尽量隐蔽，或与建筑环境相协调，不破坏古建筑的历史风貌和观瞻效果。将现代电气需求融入古老的建筑肌体之中。

4.3 线路敷设

由室外到室内宜选择由建筑的基础之下进入，不应损伤其它设备及建筑基础。首选利用原有的管道井、地板下空腔、吊顶上方等。次选在非重要历史构件（如次要墙体、地板）上开浅槽，并使用与原始材料相容的填充物恢复。首选明敷线管（线槽），采用线槽、线管沿墙脚、梁柱侧面等非重点观赏区域敷设，但需将其设计为与建筑装饰融为一体的元素（如仿古线槽），可使用与墙面颜色、质感相近的明线管，并使其走向尽可能规整、隐蔽，严禁在古建筑本体上直接敷设电线。利用墙角的装饰线条、挂镜线等现有构件，在其后方开浅槽或固定小型线槽。利用家具背后、窗帘盒等视觉死角进行布线。利用原有的木地板龙骨之间的空隙或地垄墙上的空，穿管敷设线路，保护管采用具有良好的防火和保护性能的金属管。如必须暗敷，应在非承重墙体上开浅槽，深度以能容纳线管为准，严禁切断主体结构的钢筋或对木结构造成重大损伤。在无吊顶的屋架下，线路沿梁、檩等构件的侧面（非观赏面）敷设，做到“虽有但隐”。

4.4 材料选择

线缆采用低烟无卤阻燃型或矿物绝缘电缆。线管/线槽应采用阻燃材料，颜色与建筑表面协调，如仿木纹、深棕色等。针对古建筑特殊环境（如潮湿、虫蛀），选用防腐防潮电气材料，延长系统寿命。

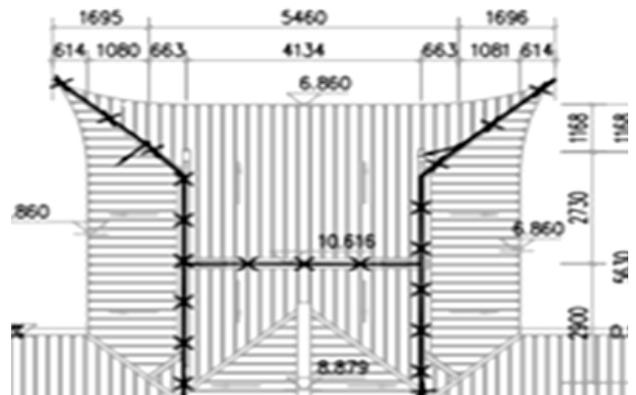
线缆及套管的敷设与材质选择，应以国家和行业标准作为依据，主要包括《文物建筑防火设计规范》、《民用建筑电气设计标准》、《电力工程电缆设计标准》和《电缆及光缆燃烧性能分级》。

5 防雷与接地系统设计

许多古建筑地势较高，或原本未做防雷，本身缺乏有效的防雷系统。根据《古建筑防雷工程技术规范》、《建筑物防雷设计规范》和文物建筑的重要性、地理环境确定防雷等级。结合古建筑特点设置防雷系统，防止雷击损坏建筑结构或引发火灾。古建筑防雷设计前，应进行现场勘察，并应编写勘察报告。

5.1 接闪器

在古建筑上安装接闪装置时，应根据建筑的特点，结合屋顶形制，优先采用避雷短针、避雷带等低干扰方式，沿屋脊、吻兽等部位敷设（如图一），尽量保持建筑天际线轮廓，避免使用高大的独立避雷针，选择在易受雷击等部位安装。沿檐口布置的接闪带不应妨碍落叶时节雨水的排泄。古建筑屋顶上的宝顶、铁刹、金属链和金属屋面等金属导体，其材质和规格符合做接闪器的要求时，可作为接闪器。同一古建筑的接闪装置、引下线及接地装置宜采用相同材质的材料。防雷装置及其部件使用的材料应符合环保要求，且应使用耐腐蚀的或经过合格防腐处理的材料。采用接闪网方式以外类型的接闪器时，采用滚球法计算其保护范围。



图一

5.2 引下线

如无法利用建筑本身的金属构件，可利用人工金属导体做引下线。当古建筑通面阔大于引下线的平均间距时，

且不宜在古建筑正面敷设引下线时,可在古建筑止面两个墙角各敷设1根引下线,同时在侧墙和通进深方向的外廊柱上、后墙等较隐蔽处增加引下线,使引下线的平均间距不大于引下线的平均间距。当后墙无法安装引下线时,可在侧墙或通进深方向的外廊柱上增加引下线,使引下线的平均间距不大于引下线的平均间距。在木结构上敷设引下线时,引下线的金属支撑架应采用隔热层与木结构之间隔离。每根引下线均应与接地装置连接,单根引下线接地装置的冲击接地电阻应满足规范要求^[4]。

5.3 接地系统

接地极宜采用独立接地体,接地电阻必须符合规范要求,在高土壤电阻率的场所,可采用降阻措施。且布置在建筑物基础或台基1m外。防直击雷的人工接地网距古建筑的出入口处及人行道不宜小于3m,当小于3m时,应按规范规定,采取防跨步电压措施。独立设置的接闪器,其接地装置距建筑物基础或台基的距离不应小于3m。单体古建筑中存在多种系统的接地装置时,宜采用共用接地。接地极埋深宜在冻土层以下,不宜小于0.5m。人工接地体的施工不应损伤古建筑基础、地下设施。

6 火灾自动报警系统设计

电气故障引发的电气火灾,已成为古建筑火灾的首要原因。如何在保护古建筑原貌的同时确保消防安全,为古建筑选择合适的火灾报警系统,核心在于平衡有效防护与最小干预,即在实现可靠预警的同时,最大程度减少对文物本体的影响。必须将预防电气火灾置于首位。火灾自动报警系统至关重要,对于火灾危险性大,需要进行火灾早期探测的场所,应选择极早期报警系统。具有火灾危险性的全国重点文物保护单位及省级文物保护单位,应设置火灾自动报警系统,具有火灾危险性的其他文物建筑宜设置火灾自动报警系统。线路敷设、维护困难或古建筑保护需要不允许敷设线路的古建筑,可采用无线火灾自动报警系统或独立式火灾探测报警器无线组网系统。火灾自动报警系统的设计应结合保护对象的特点及环境条件、文物建筑的维护保养水平,做到安全可靠、技术先进、经济合理、便于维护。根据古建筑保护等级,设置相应火灾自动报警系统形式,严格遵循现行《文物建筑防火设计规范》、《火灾自动报警系统设计规范》消防规范设置。

7 应急照明系统

应根据古建筑的用途、规模、建筑内环境以及相应场所要求和文物建筑承受能力等因素决定设置消防应急照明。保证在发生火灾时能有效为建筑物中的人员在疏散路径上提供必要的照度条件、提供准确的疏散导引信息,有效保障人员的安全疏散。遵循《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》规范设置。

文物建筑分布较分散时,消防应急照明和疏散指示系统宜采用非集中控制型系统。系统应由文物建筑总配电箱的专用线路配电。建筑内消防应急照明和灯光疏散指示标志的备用电源连续供电时间应符合要求。消防应急照明灯具宜设置在墙壁的上部,顶棚上或出口的顶部,设置位置需兼顾安全与风貌。疏散照明的地面最低水平照度应符合:一般疏散走道,不应低于1.0 lx;人员密集场所,不应低于3.0 lx;疏散楼梯间,不低于5.0 lx,但人员密集场所等的疏散楼梯间、疏散走道,不应低于10.0 lx。确保火灾、断电等突发情况下游客与工作人员的安全疏散^[5]。

结束语

古建筑的电气设计是一项“戴着镣铐的舞蹈”。要求设计师不仅精通电气专业知识,更要对文物保护有深刻的理解和敬畏之心。必须与建筑保护专家、建筑师、结构等其他专业工程师和业主紧密合作。其最终目标是在确保文物绝对安全的前提下,以最谦逊的技术手段,为古老建筑注入必要的现代功能,让其既能延年益寿,又能焕发新的生机。既要守护文化印记,让文物在时光中继续呼吸,又要赋予建筑安全舒适的现代活力,让现代人得以安全地走近历史、感受文明。

参考文献

- [1]倪照鹏、刘激扬等. GB50016《建筑设计防火规范》中国计划出版社出版.2018年.
- [2]杨波、邹勋等. DG/TJ08-2410《文物和优秀历史建筑消防技术标准》同济大学出版社.2022年.
- [3]王金元、孙兰等. GB51348《民用建筑电气设计标准》.中国建筑出版传媒有限公司.2019年.
- [4]厉守生、方磊等. GB51017《古建筑防雷工程技术规范》.中国建筑工业出版社出版.2014年.
- [5]邱仓虎、肖泽南等. WW/T0125《文物建筑防火设计规范》.文物出版社.2025年.