

## 老旧小区配电线路安全改造电气设计研究

王亚楠

天津华汇工程建筑设计有限公司, 天津 300000

**[摘要]**老旧小区配电线路由于建设年代早、设计标准低,普遍存在线路老化、负荷不足、设备陈旧等问题,电气火灾风险高,供电可靠性和安全性得不到保证。文中在分析老旧小区配电线路改造必要性的基础上,系统梳理了线路老化及负荷承载能力不足、配电设备老旧及保护能力不足、线路敷设方式不合理、接地与漏电保护问题四类安全隐患,并针对性地提出了配电系统总体改造方案设计、配电容量及负荷计算优化、配电线路选型与敷设设计、配电箱及保护装置优化设计、接地系统与防雷设计等安全改造电气设计要点。经过研究得知,系统化的电气设计方案是消除老旧小区配电安全隐患、提高供电安全水平的重要保证。

**[关键词]**老旧小区; 配电线路; 安全改造; 电气设计; 负荷计算

DOI: 10.33142/ec.v9i8.20227

中图分类号: TM727.1

文献标识码: A

## Research on Electrical Design for Safety Renovation of Distribution Lines in Old Residential Areas

WANG Yanan

Tianjin Huahui Engineering Architectural Design Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

**Abstract:** Due to the early construction age and low design standards, the distribution lines in old residential areas generally suffer from problems such as line aging, insufficient load, and outdated equipment. The risk of electrical fires is high, and the reliability and safety of power supply cannot be guaranteed. On the basis of analyzing the necessity of renovating distribution lines in old residential areas, this article systematically sorts out four types of safety hazards: line aging and insufficient load carrying capacity, outdated distribution equipment and insufficient protection capacity, unreasonable line laying methods, and grounding and leakage protection issues. It also proposes targeted electrical design points for safety renovation, including overall renovation plan design of distribution system, optimization of distribution capacity and load calculation, selection and laying design of distribution lines, optimization design of distribution boxes and protection devices, grounding system and lightning protection design. After research, it has been found that a systematic electrical design scheme is an important guarantee for eliminating potential safety hazards in the distribution of old residential areas and improving the level of power supply safety.

**Keywords:** old residential areas; distribution lines; safety renovation; electrical design; load calculation

### 引言

随着我国城市化的不断推进,老旧小区改造也成了重大民生工程和发展工程。老旧小区改造牵涉到千家万户,关系到民生福祉,是重大民生工程、发展工程、民心工程。2025年12月10日天津市政府新闻办召开的“高质量完成‘十四五’规划系列主题新闻发布会——市住房城乡建设委专场”。会议获悉“十四五”以来,天津市累计改造城镇老旧小区1061个,惠及居民53万户。配电线路安全改造在各种改造内容中占有重要位置,老旧小区电气设施

老化、线路容量不足等现象十分明显,电气火灾事故时有发生。目前我国老旧小区普遍存在着电气设施老化、线路容量不够、居民违规用电等现象,从而引发大量的电气火灾事故。从统计数据可知,电气故障引起的火灾占全部火灾的44%。老旧小区原始设计负荷标准低(通常为2~4kW/户),而当前实际负荷普遍达8~12kW/户,用电需求激增与配电系统老化的矛盾日益突出,电气安全隐患日趋严峻。在此情况下,对老旧小区配电线路安全改造的电气设计方法进行系统研究,对消除安全隐患、保证居民用

电安全有重要的现实意义。

## 1 老旧小区配电线路改造必要性

老旧小区配电线路改造的必要性来自安全、政策、技术这三个方面的急迫要求。就安全而言,我国的老旧小区大多是在20世纪八、九十年代以及更早的时候建造的,其电气线路的铺设年限已经超过了20年。一般的电力设备使用寿命为15~20年。这类老旧小区建成时间较早,大多建于2000年以前,运行年限已经超过了常规设备的设计寿命。由于长时间的高负荷工作使绝缘层变脆、金属件锈蚀、接头氧化,存在短路、漏电、火灾等严重的安全隐患。老旧小区电力线路铺设使用时间久,电线绝缘层老化、破损现象较多,造成线路电阻增大、电能损耗增加,容易发生漏电事故,威胁到居民的生命安全。电气火灾高发态势,说明老旧小区配电线路改造迫在眉睫。

从政策上来说,国家已经把供电改造纳入城镇老旧小区改造之中,主要对2000年以前建成的城镇老旧小区进行改造。在确定年度老旧小区改造计划时,已经把供电设施情况评价当作前置条件,确认存在容量不够、设备陈旧、存在安全隐患等状况的供电设施增容改造项目,列入当年度或者后续批次改造计划。2024年市级财政电力设施改造资金为1.2亿元,中央、省级财政补助资金8000万元。从技术角度来讲,由于家用电器大量普及,各种新型电器的出现,用电负荷急剧增加,现有的电线容量远远不够,尤其是在夏季和冬季用电高峰时期,居民用电量急剧增加。夏季高温或者夜间用电高峰的时候,线路和变压器长期处在超负荷的状态下,发热严重、电压不稳定、频繁跳闸。及时做好配电线路安全改造工作,才是保证居民基本用电需求,消除电气火灾隐患的唯一方法。

## 2 老旧小区配电线路安全隐患分析

### 2.1 线路老化及负荷承载能力不足

线路老化、负荷承载能力不足是造成老旧小区配电系统最严重的安全问题。老旧小区电气线路铺设年代久远,线路老化严重。这些线路经过几十年的使用,绝缘层老化、磨损,容易出现短路、漏电等问题。早期铺设的铝芯电线因绝缘层老化破损,金属导线直接暴露在外,极易引发漏电触电事故。从负荷承载角度来说,老旧小区原始设计负荷标准较低,一般为2~4kW/户,而目前实际负荷一般达到8~12kW/户。一些小区的原始电气系统设计标准低,普遍使用耐负载能力差、易氧化的铝芯导线,线路截面积小,不能承受空调、电热水器等大功率电器的负荷。我国超70%的老旧小区存在配电容量不足问题。天津许多老旧小区建于上世纪八九十年代,原始设计没有考虑到电动

汽车充电桩等大功率用电设备的需求,变压器容量接近饱和,后期加装充电桩十分困难。长期过载运行造成设备绝缘层变脆,电气火灾危险增大。

### 2.2 配电设备老旧及保护能力不足

配电设备老化、保护能力差是老旧小区配电系统又一重大隐患。配电箱、变压器等电力设备超期使用,性能下降,对社区正常的供电造成影响。锈蚀严重的电表箱内线路杂乱,金属件失去防护功能,在潮湿天气下还会造成短路起火。传统电气系统没有快速限流保护、超温保护等,在短路、过载情况下不能及时断开电流,造成事故的扩大<sup>[1]</sup>。漏电保护器、空气开关保护装置缺少或者失效,一旦发生短路或者漏电故障,不能及时切断电源。由于保护能力的缺乏,电气故障不能得到及时阻断,很容易造成火灾。

### 2.3 线路敷设方式不合理

线路敷设方式不合理属于老旧小区配电线路安全隐患的主要原因。早期的线路铺设方式比较简单,线路走向不规范,有很多明线敷设。在之后的房屋装修以及居民私自改造过程中,很多线路被随意改动,使线路的布置更乱。线路私拉乱接、过多分支,增加了线路故障的可能性。部分小区有私拉乱接的情况,使线路改造变得更为繁杂危险。敷设方式不规范不但会影响美观,还会直接危及用电安全,明线敷设容易受到机械损伤,私拉乱接造成线路保护缺失,杂乱的线路布局使故障排查十分困难。

### 2.4 接地与漏电保护问题

接地及漏电保护问题属于老旧小区配电系统中容易被忽略,但是后果严重的安全隐患。部分老旧小区的接地系统缺少或者接地电阻变大,降低了漏电保护的效果。接地系统是电气安全的防线之一,一旦发生故障,漏电电流不能够有效地导入大地,就会直接危及人身安全。电表箱应有接地,现场不具备接地条件时,应选用非金属材质计量箱。原末端配电箱无剩余电流动作保护器的应进行加装改造。漏电保护器一般环境选择动作电流不超过30mA,动作时间不超过0.1s。但是大多数老旧小区没有完善的接地系统,也没有有效的漏电保护装置。一旦出现漏电故障,既不能立即切断电源,也不能把故障电流安全地导入大地,电击危险和火灾危险同时存在。

## 3 老旧小区配电线路安全改造电气设计

### 3.1 配电系统总体改造方案设计

配电系统总体改造方案设计属于安全改造的第一步。根据《既有住宅建筑功能改造技术规范》JGJ/T390-2016,应在对既有建筑供配电系统和防雷接地系统现场勘察的基础上,根据改造后建筑物的用电负荷情况和使用要求进

行供配电和防雷系统设计。电源引入方式及住户设计容量需要征询当地供电局意见。总体方案设计应遵循以下原则：根据老旧小区具体情况对高压电缆、公用配电变压器、低压电缆、电表箱、入户电线进行改造，实现低压一户一表计量。供配电改造升级前应对原有建筑电气系统现场勘察，按照用电负荷、使用要求以及远期发展容量进行设计。改造方案要依照负荷性质和容量，考虑到中远期负荷的发展情况，按照安全、可靠、经济以及便于管理的要求来制订。增减用电负荷时，需重新对供电容量、敷设电缆、供配电线路保护及保护电器的选择性配合等参数做计算。

### 3.2 配电容量及负荷计算优化

配电容量、负荷计算优化属于安全改造电气设计的重要部分。改造设计要根据住户数量、住宅面积、公用负荷等进行负荷测算，还要考虑同时使用率，一般采用需要系数法计算配电容量，保证计算结果的准确性、合理性。老旧小区原始设计负荷标准低，一般为2~4kW/户，而目前实际负荷大多达到8~12kW/户。改造升级后建议每户最低用电标准不小于6kW，每套住宅用电负荷不超过12kW时，应采用220V单相电源供电；每套住宅用电负荷超过12kW时，宜采用380V三相电源供电，以均衡三相负荷、降低线路损耗。居民住宅配电变压器安装容量应按不小于0.5的配置系数来确定，对规模较大、负荷较大的小区，宜采用多台变压器分散供电的方式，减小供电半径，降低线损率。变压器的容量应根据用电设备的实际耗电量之和重新计算。经过评价需要进行改造升级更换变压器的，应选用低损耗配电变压器，变压器能效等级不得低于GB 20052规定的能效等级2级。通过科学的负荷计算和合理的容量配置，确保改造后配电系统具备充足的供电能力并留有适当裕度，满足中远期负荷增长需求。

### 3.3 配电线路选型与敷设设计

配电线路选型及敷设设计属于安全改造的主要技术

工作。老旧小区配电线路改造范围主要是小区室外管网、楼栋公共配电竖井、楼道公共照明、集中电表箱等公共区域设施，改造分界至住户电能表处，不包含住户套内私有管线改造。根据《既有住宅建筑功能改造技术规范》JGJ/T390-2016，公共区域及表后入户导线应采用不小于10mm<sup>2</sup>铜芯绝缘线，公共区域电气线路应采用穿管暗敷。当须敷设在燃烧性能低于A级的建筑装饰或保温面层中时，应穿金属保护管。现有架空敷设的低压电缆优先采用穿管埋地敷设的方式进行改造升级，拆除无用缆线，消除安全隐患，确因条件限制无法埋地的应进行梳理规整。建筑外墙、楼梯间内敷设的强电、弱电线路均要套阻燃套管。供电线路优先采用电缆暗敷方式，沿道路、绿化带敷设时，电缆埋深不小于0.7m，穿越车行道时需加装钢套管防护，埋深不小于1.0m。各类线路选型及敷设的设计要点可以归纳成表1。

### 3.4 配电箱及保护装置优化设计

配电箱以及保护装置的改进设计属于提高配电系统安全性的关键部分。在配电箱配置方面，每套住宅应设置住户配电箱。配电系统应按户设置电度表，公用电气设备应设专用电度表。电表箱未经“电改”的应改造电表箱（金属材质喷塑，户外设置的需带遮雨棚）。原配电箱（板）、弱电箱等安装位置环境不良的，修缮时应将其移装于干燥、通风、安全及便于维修的部位。保护装置用表后老式闸刀开关更换为空气开关。在每户增配1个漏电保护器。原末端配电箱无剩余电流动作保护器的应加装剩余电流保护装置<sup>[2]</sup>。低压配电系统为TN-S接地型式，中性线和保护线分开。配电箱（柜）需配备过压、过流、漏电保护装置，漏电动作电流不大于30mA，动作时间≤0.1s。通过配电箱、保护装置的全面更新，可以大大提高配电系统故障隔离的能力以及安全防护水平。

表1 老旧小区配电线路改造线缆选型与敷设设计要求

| 序号 | 设计部位/场景              | 选型及敷设要求                    | 依据/备注         |
|----|----------------------|----------------------------|---------------|
| 1  | 表后入户导线               | 不小于10mm <sup>2</sup> 铜芯绝缘线 | JGJ/T390-2016 |
| 2  | 公共区域电气线路敷设           | 穿管暗敷                       | 常规做法          |
| 3  | 敷设在燃烧性能低于A级的装饰或保温面层中 | 穿金属保护管                     | 防火要求          |
| 4  | 现有架空低压电缆改造           | 优先穿管埋地敷设；条件限制时梳理规整         | 消除安全隐患        |
| 5  | 建筑外墙、楼梯间内强电/弱电线路     | 均套阻燃套管                     | 防火、防机械损伤      |
| 6  | 沿道路、绿化带敷设的供电线路       | 电缆暗敷，埋深≥0.7m               | 避免外力破坏        |
| 7  | 穿越车行道的供电线路           | 加装钢套管防护，埋深≥1.0m            | 增强机械防护        |

### 3.5 接地系统与防雷设计

接地系统和防雷设计属于保证配电系统安全运行的最后一道防线。根据规范要求,对既有建筑防雷和接地系统进行检查,发现有锈蚀、损坏、接触不良、不符合国家相关标准技术要求的,应进行改造升级。防雷及接地系统改造要遵照《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《低压配电设计规范》GB 50054 的有关规定<sup>[3]</sup>。在接地系统上,卫生间改造时,设置在卫生间内的设备接地端子与接地极连接后,再将该端子与建筑物的接地装置相连,即形成局部等电位联结。电表箱应有接地,现场不具备接地条件时,应选用非金属材质计量箱。接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。新增、改建的电气用房和其他重要设备机房应做好接地保护措施,确保同一个单位工程的新、改、旧的电气工程接地符合要求。防雷设计中应该充分发挥现有建筑物结构和金属部件的防雷作用,减少工程量和造价。接地系统、防雷设计的完善可以减少雷击过电压、漏电故障给人身、设备带来的危害,是老旧小区配电线路安全改造不可缺少的一部分。

### 4 结语

老旧小区配电线路安全改造属于消除电气安全隐患,保证居民用电安全的一项重要工作。本文从改造必要性出发,系统分析了老旧小区配电线路在线路老化及负荷承载

能力不足、配电设备老旧及保护能力不足、线路敷设方式不合理、接地与漏电保护问题等四类安全隐患,并针对性地提出了配电系统总体改造方案设计、配电容量及负荷计算优化、配电线路选型与敷设设计、配电箱及保护装置优化设计、接地系统与防雷设计等安全改造电气设计要点。经过研究可知,系统的电气设计方案是解决老旧小区配电安全隐患,提高供电安全水平的保证。未来在改造过程中要遵循安全第一、经济合理、技术先进三个原则,充分考虑中远期负荷的发展需要,选择高效节能的设备以及新型的保护装置,使老旧小区的配电系统向着安全、可靠、智能的方向前进。

### [参考文献]

- [1]张柳浩.老旧小区电气系统改造工程设计与施工技术实践[J].住宅与房地产,2026(16):126-128.
  - [2]王炯.老旧小区改造工程中智能配电网建设与群众工作方法创新[J].智慧中国,2026(5):16-17.
  - [3]张永明,于杰生,颜哲,等.面向老旧小区的建筑供配电低碳改造技术研究[J].建筑节能(中英文),2023,51(6):96-101.
- 作者简介:王亚楠(1991—),女,汉族,河北沧州人,工程师,石家庄铁道大学毕业,现就职于天津华汇工程设计有限公司,从事建筑电气设计工作。