

住宅建筑供电系统保护导体设置探讨

张 健

新疆维泰开发建设(集团)股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830002

[摘要] 文章对住宅建筑接地系统的设置, 变电所低压馈电干线采用4芯或是5芯, PE干线的设置等问题进行分析和探讨, 通过以上的分析并在建筑实践设计工作中将理论和实践系统的结合在一起, 提升整体建筑供电系统的保护性。

[关键词] 住宅建筑; 接地系统; 低压馈电干线; 4芯或是5芯; 杂散电流

DOI: 10.33142/aem.v4i2.5418

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Discussion on Protective Conductor Setting of Power Supply System in Residential Buildings

ZHANG Jian

Xinjiang Wital Development and Construction (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830002, China

Abstract: This paper analyzes and discusses the setting of residential building grounding system, the use of 4-core or 5-core low-voltage feeder trunk line in substation, and the setting of PE trunk line. Through the above analysis and the combination of theory and practice system in building practice design, the protection of the overall building power supply system is improved.

Keywords: residential building; grounding system; low voltage feeder mains; 4-core or 5-core; stray current

引言

近期铜价的不断走高, 建筑设计院在甲方成本控制的要求下不断承压, 电力电缆作为建筑工程成本重要组成部分, 逐渐受到了房地产开发商相关技术人员的关注, 出现了各种相关住宅建筑采用何种接地方式、变电所低压馈电干线采用4芯或是5芯、是否设置PE干线等讨论, 笔者针对以上问题进行分析, 抛砖引玉, 供同仁讨论交流。

1 本地区住宅建筑电线、电缆的选择

1.1 多层住宅电线、电缆选择

根据XJJ131-2021《住宅设计标准》12.2.11第2条要求, 多层住宅的垂直配电干线宜采用铜芯导线穿管敷设, 设计中不可再为节省资金而采用JGJ 242-2011《住宅建筑电气设计规范》6.4.2中铝或合金材质导体。垂直配电线路亦或户内配电线路均应采用铜质导体^[1]。

XJJ131-2021《住宅设计标准》12.2.11第6条要求: 住宅中的电缆应具备低烟、低毒、阻燃特性。其阻燃特性, 应满足相关规范的要求; 当电缆全程穿金属管在不燃烧体内暗敷设时, 可不受限制。设计中只要多层住宅电缆未全程穿金属管在不燃烧体内暗敷设时, 均要满足低烟低毒阻燃特性。

1.2 高层住宅电线、电缆选择

由于XJJ131-2021《住宅设计标准》12.2.11第3条要求高层住宅的配电线路也须选择铜质导体。电缆未全程穿金属管在不燃烧体内暗敷设时, 均要满足低烟低毒阻燃特性。19层及以上的一类高层住宅建筑, 公共疏散通道的消防应急照明应采用低烟无卤阻燃的线缆, 此时无关何种敷设方式。

有机材料的阻燃概念是相对的, 数量较少时呈阻燃特性, 而数量较多时有可能呈不阻燃特性。因此, 电线电缆成束敷设时, 应采用阻燃型电线电缆。确定阻燃等级时, 因地标交代并不明确, 可采用针对建筑物分级, 使用最低的电缆阻燃等级要求的方式来确定, 参考DB37/5056-2016《民用建筑电线电缆防火设计规范》中下表1确定^[2]:

表1 电线电缆使用场所分级

等级	使用场所	
特级	1. 建筑高度超过100m的高层民用建筑; 2. 单栋地上建筑面积超过10万m ² 高层公共建筑。	
一级	建筑高度不超过100m的高层民用建筑	一类高层民用建筑
	建筑高度不超过24m的民用建筑及建筑高度超过24m的单层公共建筑	1. 任一层建筑面积大于3000m ² 或总建筑面积大于6000m ² 的商店、展览、电信、邮政、财贸金融和综合建筑; 2. 图书、文物珍藏库, 每座藏书超过100万册的图书馆、重要的档案库(馆); 3. 重点文物保护单位; 4. 特等、甲等剧院或座位数超过1500个的其它等级的剧院、电影院, 座位数超过2000个的会堂或礼堂, 座位数超过3000个的体育馆; 5. 市级及以上的广播电视和防灾指挥调度建筑、网局级和省级电力调度建筑; 6. 大、中型幼儿园, 老年人建筑, 任一楼层建筑面积大于1500m ² 或总建筑面积大于3000m ² 的疗养院的病房楼、旅馆建筑、其他儿童活动场所, 不少于200床位的医院门诊楼、病房楼和手术部等; 7. 单栋地上建筑面积5万m ² 以上, 10万m ² 及以下的公共建筑;

等级	使用场所	
二级		8. 重要公共建筑。
	地下建筑	地下公共建筑、I类汽车库
	建筑高度不超过50m的高层民用建筑	二类高层民用建筑
二级	建筑高度不超过24m的公共建筑	1. 任一层建筑面积超过2000 m ² 但不超过3000 m ² 或总面积不超过6000 m ² 的商店、展览、电信、邮政、财贸金融建筑和综合建筑； 2. 区县级广播电视和防灾指挥调度建筑、电力调度楼； 3. 座位数不超过1500个的其它等级的剧院、电影院，座位数不超过2000个的会堂或礼堂，座位数不超过3000个的体育馆； 4. 图书馆、书库、档案库（馆）。
	地下建筑	II、III类汽车库
三级	不属于特级、一级、二级的其他民用建筑	

表2 电缆的阻燃级别选择

适用场所	阻燃级别
特级	A级
一级	B级
二级	C级

当配电线路在桥架内或竖井内成束敷设受非金属含量限制不能满足阻燃要求时，即便选择A级阻燃电缆，通过计算也未能满足非金属含量要求，则应选择敷设不受非金属含量限制的电缆或再分桥架敷设。因此条规范规定属实有些苛刻，将导致一个工程A级及以上的不燃性电缆、桥架数量过多，造价增高。

1.3 电缆截面选择

本地区对于电缆截面选择要求较为特殊，例如95mm²电缆表格则未列出（实际电力公司审图时也要求95mm²电缆需用其他电缆型号代替），单元接户线及每套住宅进户线均需按下表选择：

表3 低压电缆截面

序号	类型	低压电缆截面（mm ² ）
1	低压电缆干线	240、185、150、120、70
2	单元接户线（支线）	70、50、35、25、16
3	每套住宅进户线	单相≥10、三相≥10

2 分析

对于保护导体 GB 51348-2019 中有如下要求：

2.1 下列金属部分不应作为保护接地导体（PE）：

- (1) 金属水管；
- (2) 含有气体、液体、粉末等物质的金属管道；
- (3) 柔性或可弯曲的金属导管；
- (4) 柔性的金属部件；
- (5) 支撑线、电缆桥架、金属保护导管。

2.2 TN 接地系统接地应符合下列要求：

- (1) 在 TN 接地系统中，PEN 或 PE 导体对地应有效

可靠连接；

(2) 当配电回路中过电流保护电器不能满足本标准第7章的要求时，则应采用辅助等电位联结措施，也可增设剩余电流动作保护装置（RCD），或结合以上两种故障防护措施来满足要求；

(3) 单体建筑和群体建筑低压配电系统的接地形式不应采用 TN-C 系统；

(4) TN-C-S 接地系统中的 PEN 导体应满足以下要求：

- a. 除成套开关设备和控制设备内部的 PEN 导体外，PEN 导体必须按可遭受的最高电压设置绝缘；
- b. 电气装置外露可导电部分，包括配线用的钢导管及金属槽盒在内的外露可导电部分以及外界可导电部分，不得用来替代 PEN 导体；
- c. TN-C-S 系统中的 PEN 导体从某点起分为中性导体和保护接地导体后，保护接地导体和中性导体应各自设有母线或端子。

(5) TN 接地系统中的 PEN 导体，应在建筑物的入口处进行总等电位联结并重复接地；

(6) TN 接地系统中，变电所内配电变压器低压侧中性点，可采用直接接地方式。

(7) TN 接地系统中，低压柴油发电机中性点接地方式，应与变电所内配电变压器低压侧中性点接地方式一致，并应满足以下要求：

- a. 当变电所内变压器低压侧中性点，在变压器中性点处接地时，低压柴油发电机中性点也应在其中性点处接地；
- b. 当变电所内变压器低压侧中性点，在低压配电柜处接地时，低压柴油发电机中性点不能在其中性点处接地，应在低压配电柜处接地^[3]。

2.3 目前本地区常见住宅建筑接地系统及 PE 线的设置存在两类做法

A：住宅建筑为大地盘地下车库，地下车库内设置变电所，接地形式采用 TN-S 系统，利用车库基础内钢筋作为共用接地装置，这其中分为三种设计做法：

(1) 变电所低压配电系统至住宅楼内低压配电柜采用 5 芯电缆。

(2) 变电所低压配电系统至住宅楼内低压配电柜采用 4 芯电缆，设置共用 PE 干线。

(3) 变电所低压配电系统至住宅楼内低压配电柜采用 4 芯电缆，利用基础共用接地网作为 PE 干线的延伸，在单体住宅建筑直接由整体共用接地装置（车库基础内钢筋网）引出 PE 干线。

B：住宅建筑为大地盘地下车库，地下车库内设置变电所，接地形式采用 TN-C-S 系统，这其中分为两种情况，车库基础内钢筋作为共用接地体，变电所低压配电系统至住宅楼内低压配电柜采用 4 芯电缆，但低压馈电干线 PEN 线在住宅楼低压电源入口处做重复接地。

C: 车库基础与住宅基础脱离, 相距不小于 20 米, 各自设置接地装置, 地下车库内设置变电所, 变电所低压配电系统至单体住宅楼内低压配电柜采用 4 芯电缆, 低压馈电干线 PEN 线单体住宅楼低压电源入户处做重复接地。

针对接地形式的要求在不同技术标准中各有阐述:A:《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 第 6. 1. 2 当电源采用 TN 系统时, 从建筑物总配电箱起供电给本建筑物内的配电线路和分支线路必须采用 TN-S 系统。B:《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2012 第 5. 4. 2 电子信息系统设备由 TN 交流配电系统供电时, 从建筑物内总配电箱(箱)开始引出的配电线路必须采用 TN-S 系统的接地形式。C:《建筑电气工程电磁兼容技术规范》GB 51204-2016 第 8. 1. 6 智能建筑供配电系统宜采用 TN-S 制式。当采用 TN-C-S 系统供电时, 应采取措施避免建筑智能化系统的共地干扰。各类规范主要是考虑避免产生杂散电流。

以某项目为例, 建筑面积约为 10 万平方米, 住户约为 960 户, 共 8 栋住宅楼, 60 户配置一根 185 线缆, 每栋楼采用两路干线为住户供电, 对接地型式及 PE 线的不同做法做具体分析如下:

(1) 接地型式采用 TN-S 时, 低压馈电干线采用 5 芯电缆, 电缆采用 4X185+1X95 规格, 其中 N 线不接地, 正常工作时电流通过 N 线回流至电源, 无杂散电流, 如图 1-1 所示。在发生单相接地故障时, 故障电流沿共用 PE 线、共用基础钢筋网等接地装置回流至电源无杂散电流, 如图 1-2 所示。

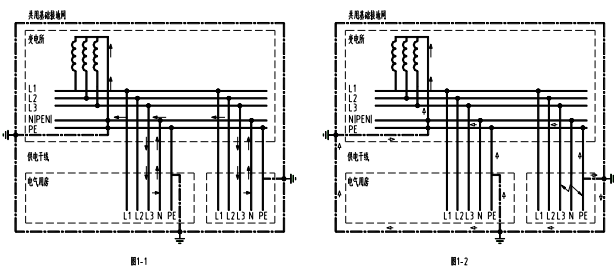


图 1 TN-S 时、5 芯电缆、电缆采用 4X185+1X95 规格

(2) 接地型式采用 TN-S 时, 低压馈电干线采用 4 芯电缆, 电缆采用 4X185 规格, 独栋住宅两路线缆共用 95 电缆作为 PE 干线, 其中 N 线不接地, 正常工作时电流通过 N 线回流至电源, 无杂散电流, 如图 2-1 所示。在发生单相接地故障时, 故障电流沿共用 PE 母排、共用基础钢筋网等接地装置回流至电源, 如图 2-2 所示。

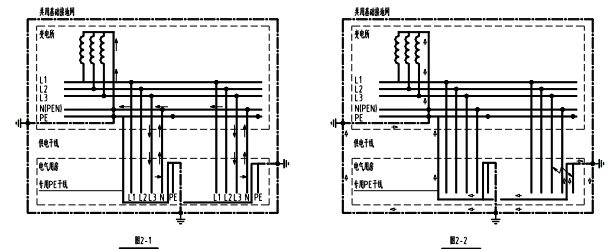


图 2 TN-S 时、4 芯电缆、电缆采用 4X185 规格

(3) 接地型式采用 TN-S 时, 低压馈电干线采用 4 芯电缆, 电缆采用 4X185 规格, 其中 N 线不接地, 正常工作时电流通过 N 线回流至电源, 无杂散电流, 如图 3-1 所示。在发生单相接地故障时, 故障电流沿共用基础钢筋网等接地装置回流至电源, 如图 3-2 所示。此时考虑由于共用基础钢筋网内钢筋联结采用绑扎方式, 各连接点接触电阻较难确定, 故障电路由及回路工频电阻值难以确认, 相对于图 1 或图 2 存在故障电流过小, 灵敏度不足的情况, 故此时应在变电所低压干线出线侧设置剩余电流保护装置作为单相接地故障的保护^[4]。

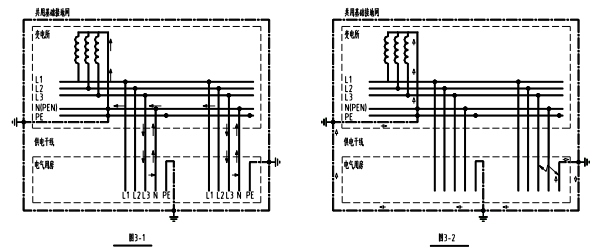


图 3 TN-S 时: 4 芯电缆、电缆采用 4X185 规格

(4) 接地型式采用 TN-C-S 时, 低压馈电干线采用 4 芯电缆, 电缆采用 4X185 规格, PEN 线在单体住宅建筑进户处做重复接地, 正常工作时电流会通过 PEN 线和共用接地网回流至电源, 此时产生大量无序杂散电流, 如图 4-1 所示。发生单相故障电流时, 共用基础钢筋网等接地装置回流至电源, 如图 4-2 所示。

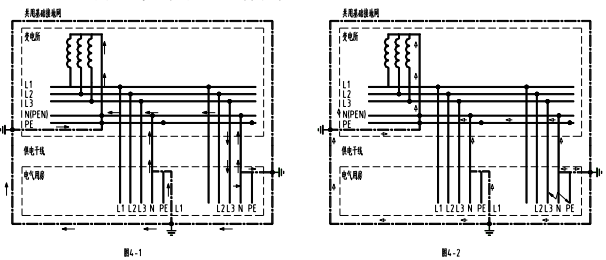


图 4 TN-C-S 时: 4 芯电缆、电缆采用 4X185 规格

(5) 接地型式采用 TN-C-S 时, 低压馈电干线采用 4 芯电缆, 电缆采用 4X185 规格, PEN 线在单体住宅建筑进户处做重复接地, 正常工作时大部分电流会通过 PEN 线回流至电源, 由于多电源进线及低压配电室共用接地干线的存在, 部分工作电流会通过用电单元内接地干线回流至相邻供电干线 PEN 线再回到电源点, 此过程中存在大量无序杂散电流, 此时可通过接地型式采用 TT 系统解决杂散电流问题。发生单相短路故障电流时, 电流沿自身回路及相邻回路的 PEN 线回流至电源, 如图 5-1 所示。当采用单电源进线时, 如图 5-2 中正常工作时大部分电流会通过 PEN 线回流至电源。

单独设置接地网, 且间距不小于 20 米, 可能存在极少部分工作电流会通过接地装置回流至电源。以项目示例分析, 截面为 185 平方毫米电缆其每米电阻为 0.00946

欧姆, 按供电距离 20m 计算其电阻值为 0.18 欧姆, 按本地通常接地做法 1 欧姆的要求, 同时按砂质粘土考虑回路土壤电阻每米 30 欧姆计算, 共计为 600 欧姆, 通过 PEN 线回流电源的电流是通过接地装置及大地回流至电源电流的 3333 倍, 可认为接地装置相距 20 米无电气连接, 此过程可近似认为无杂散电流, 无工频 50Hz 基波及其谐波的干扰。发生单相短路故障电流时, 电流沿自身回路的 PEN 线回流至电源。

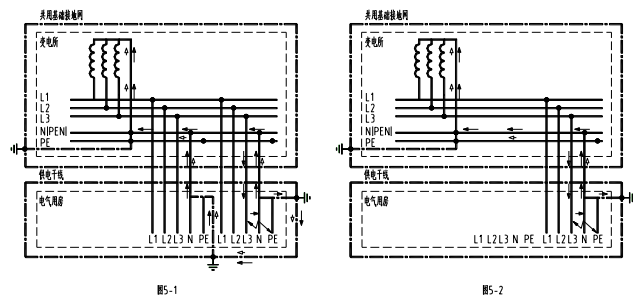


图 5 TN-C-S 时: 4 芯电缆、电缆采用 4X185 规格

3 思考

根据以上的分析, 住宅建筑当为大底盘车库时, 住宅与车库不分开时, 接地系统应采用 TN-S 系统; 住宅与车库分开时, 可采用 TN-C-S 系统。当采用 TN-S 系统时, 在接地干线及共用接地装置满足热稳定校验、前端采用剩余电流保护器作为接地故障保护时, 存在采用 4 芯线缆供电

可能性。另一方面如考虑电子信息设备的高频信号, 接地装置感抗的存在, 会形成以感抗为主的复阻抗, 其有别于以上讨论的工频电阻, 对设备的共模电位差会产生直接影响, 这也是我们需要在具体工程中考虑的问题。

4 结语

综上所述, 从理论上考虑, 大地盘车库住宅项目采用 TN-S 接地系统时, 存在采用 4 芯电缆的可能性, 同时会产生一定的经济效益, 但应由相应的补充措施。

[参考文献]

- [1] 中国航空规划设计研究总院有限公司. 工业与民用供电设计手册 4 版[M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
- [2] 新疆建筑设计研究院有限公司等. 住宅设计标准: XJJ131-2021[S]. 北京: 中国建材工业出版社, 2021.
- [3] 国网新疆电力公司乌鲁木齐供电公司. 住宅小区供电设施建设和改造技术标准: XJJ074-2016[S]. 乌鲁木齐: 新疆维吾尔自治区建设标准服务中心, 2016.
- [4] 中国建筑东北设计研究院有限公司. 民用建筑电气设计标准: GB51348-2019[S]. 地区: 出版社, 2019.

作者简介: 张健 (1975.8-), 出生于新疆石河子, 1998 年毕业于西北建筑工程学院机电工程系电气技术专业, 目前就职于: 新疆维泰开发建设(集团)股份有限公司, 所属部门: 设计事业部(维泰设计研究院), 职务: 电气专业总工程师, 职称: 高级工程师。