

浅谈某养老社区的供电可靠性

梁婧怡

(建设综合勘察研究设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 随着人口老龄化程度加深和城镇化率增长, 我国家庭结构日益简化, 老年群体与子女同住比例下降。我国老年人的养老需求上升, 同时在满足基础养老需求的前提下更注重养生、养心、养性。因此, 各地开始大量兴建集娱乐、养生、医疗护理以及餐饮为一体的新型养老社区, 该类型建筑具有功能特性显著、业态多样化的特点。作为养老社区基础设施的重要组成部分, 供电系统的可靠性直接关系到老年人的生活质量与安全。从负荷等级、供电电源、电力站房、低压配电和电缆选择等方面探讨如何提高养老社区的供电可靠性, 为电气设计师提供参考。

关键词: 养老社区; 供电可靠性; 负荷等级; 供电电源; 电力站房; 低压配电; 电缆选择

A brief discussion on the power supply reliability of a certain elderly care community

LIANG Jingyi

(Building Comprehensive Survey Research and Design Institute Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: With the aggravation of population aging and the increase of urbanization rate, the family structure in our country is becoming more and simple, the proportion of the elderly living with their children is decreasing, and the demand for social pension for the elderly in our country is increasing. At the same, on the premise of meeting the basic pension, the elderly pay more attention to health preservation, heart preservation and personality preservation. Therefore, all parts of the country began build a new type of pension community which integrates entertainment, health preservation, medical care, and catering. This type of building has the characteristics of significant functional characteristics and divers business. As an important part of the infrastructure of the pension community, the reliability of the power supply system is directly related to the quality and safety of life of the. This paper explores how to improve the reliability of power supply in pension communities from aspects such as load level, power supply source, power station, low-voltage distribution and cable selection, and provides references for electrical designers.

Keywords: elderly community; power supply reliability; load level; power supply source; electrical substation; low-voltage distribution; cable selection

0 引言

当前, 我国进入老龄化社会的时间较短, 人口老龄化具有规模大、速度快的特点。国家统计局数据显示, 至2022年末, 我国60岁及以上人

口达到2.8亿; 到2033年, 我国老年人口将突破4亿; 2053年将达到峰值4.87亿。

随着人口老龄化的加剧, 养老社区的需求日益增长。老年人对生活环境的依赖性较强, 尤其是对电力供应的稳定性要求较高。供电系统的可

靠性不仅影响日常生活，还关系到医疗设备、应急照明等关键设施的运行。

本文旨在分析养老社区供电系统的可靠性，提出提高供电可靠性的具体措施，为养老社区的设计提供理论支持。

1 工程概况

本项目位于北京市昌平区，本期总建筑面积为 $166\,324.87\text{ m}^2$ ，其中地上建筑面积为 $100\,476.87\text{ m}^2$ ，地下建筑面积为 $65\,848\text{ m}^2$ ；项目地上包括5栋独立生活楼、1栋护理楼和1栋会所，地下为两层车库。实景照片如图1所示；本项目是包含居住生活、娱乐健身、美食餐饮、医疗护理、文化娱乐、健身运动和观影剧场等全方位的高端养老社区。



图1 实景照片
Fig. 1 Real photo

2 负荷等级分析

2.1 养老社区负荷特点

养老社区的负荷特点表现为稳定性与周期性并存，医疗设备、环境控制和安全系统等对电力供应的可靠性要求高，同时负荷种类多样且复杂。

(1) 负荷的稳定性与周期性

1) 稳定性。养老社区的用电负荷相对稳定，因为老年人的生活作息规律，日常活动（如餐饮、照明、取暖或制冷等）需求较为固定。

2) 周期性。负荷呈现出明显的昼夜周期性，白天负荷较高（如餐饮、医疗设备使用），夜间负荷较低，但夜间可能因医疗设备或紧急照

明保持一定负荷。

(2) 医疗与护理设备负荷

1) 医疗设备。养老社区通常配备大量的医疗设备（如氧气机、监护仪和呼吸机等），这些设备对电力供应的稳定性和可靠性要求极高。

2) 护理设备。电动护理床、升降设备等增加了社区的基础负荷。

(3) 环境控制负荷

1) 取暖与制冷。老年人对环境温度敏感，养老社区需要常年保持适宜的温度，导致空调和供暖系统的负荷较大。

2) 通风与空气质量。为了保证空气清新，通风系统和空气净化设备的运行也会增加负荷。

(4) 安全与应急负荷

1) 应急照明与监控。需要24 h不间断的监控和应急照明系统，以确保老年人的安全。

2) 消防与报警系统。需要长期运行，增加了社区的负荷。

(5) 生活娱乐负荷

1) 娱乐设施。如电视、音响和健身设备等，虽然单台设备负荷较小，但整体使用频率较高，累积负荷不可忽视。

2) 餐饮设施。社区内的厨房设备等在用餐时段会集中使用，形成短时高峰负荷。

2.2 负荷等级划分

依据文献[1-5]等规范，确定本工程负荷等级。

1) 一级负荷。包括：消防用电设备；急诊室、养老社区经营及设备管理计算机系统用电；安防用电；弱电机房、变电所和柴油发电机机房等用电；客梯用电；生活泵和排水泵等。

2) 二级负荷。包括：制冷站及换热站等设备用电；厨房冷库用电；主要通道及楼梯间的照明用电等。

其余为三级负荷。

若项目中存在急救室、手术室、麻醉室和重症监护室等涉及患者生命安全的设备及其照明用电，应定义为一级负荷中特别重要的负荷。

本项目为业主自持的大型养老型社区，在全

国定位很高。在项目前期，与开发单位设计及运营部门沟通，将一级负荷和二级负荷自定义为必保负荷，与一级负荷中特别重要负荷有着同等的供电要求。

老年人是需要关注身心健康的特殊群体，笔者建议在养老项目中针对中断供电直接或间接造成人身伤害伤亡，直接影响基本生活，引发秩序混乱及造成重大影响的负荷，建议提高其负荷等级的设计。

3 供电设计

3.1 供电要求

1) 一级负荷。应由两个电源(双重电源)供电，当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏。

2) 一级负荷中特别重要的负荷。除满足一级负荷供电需求外，也应增设应急电源供电（如UPS或柴油发电机，本工程采用柴油发电机组作为应急电源）。

3) 二级负荷。采用双回路供电（两台变压器各引一路低压回路在负荷端配电箱处切换供电），确保供电连续性。

4) 三级负荷。可采用单电源单回路供电。

3.2 供电电源及容量

(1) 市政电源

本工程从市政路引来两路独立10 kV电源，每路10 kV电源均满足所有负荷运行要求。

根据北京市批复方案案例，每路10 kV外电源采用 $3\times 300\text{ mm}^2$ 的高压电缆，可提供10 000~12 400 kV·A受电端容量。

(2) 发电机组电源

本工程设置柴油发电机房，内设置一台柴油发电机组，作为一级负荷中特别重要负荷及必保负荷的电源。当两路市电因故障同时失电后，备用发电机将在15 s内实现自动启动。

在电力系统中，发电机组的容量计算是确保系统稳定运行的关键，发电机组的额定容量应略高于系统的峰值负荷，通常预留10%~20%的裕量，以应对突发负荷增长。

发电机组的容量计算公式为

$$S_{c1} = \alpha \frac{P_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma} \cos \varphi} \quad (1)$$

式中， S_{c1} 为按稳定负荷计算发电机组的容量(kV·A)； α 为负荷率； P_{Σ} 为总负荷(kW)； η_{Σ} 为总负荷的计算效率，一般取0.82~0.88； $\cos \varphi$ 为发电机额定功率因数，可取0.8。

本项目通过核算，需柴油发电机组供电的负荷总量为1 080 kW，通过式(1)计算，采用单台1 500 kW的柴油发电机可满足整个项目的供电需求。

4 电力站房

4.1 站房选址

变电所站址是电力基本建设工作的主要组成部分。总布置合理而又紧凑的，则投资省，建设快，经济效益高，反之，将给电力建设造成损失和浪费，变电所的选址需满足文献[1]中的相关条文规定及地方供电局的相关要求。

养老社区建筑物较为分散，且用电具有持续性特点，所以站址选择需考虑供配电距离和用电特点两个条件。

电力站房应靠近负荷中心，减少电缆长度和电能损耗。同时，站房应远离老年人活动区域，避免噪声和电磁干扰。

本项目在首层设置1处高压电缆分界室，地下一层设置3处变电所及1处柴油发电机房，站房位置如图2所示。

4.2 供电半径

低压系统供电半径是指低压配电系统中从变压器到用电设备之间的最大允许距离；变电所尽量接近负荷中心，缩小低压供电半径是提高供电质量的关键因素。

低压系统通常采用220 V/380 V的电压等级，供电半径的设计需要确保末端电压在允许范围内（额定电压的 $\pm 5\%$ ）。缩小供电半径是降低电压降的直接因素。

电压降与线路长度、负载电流和电缆电阻成

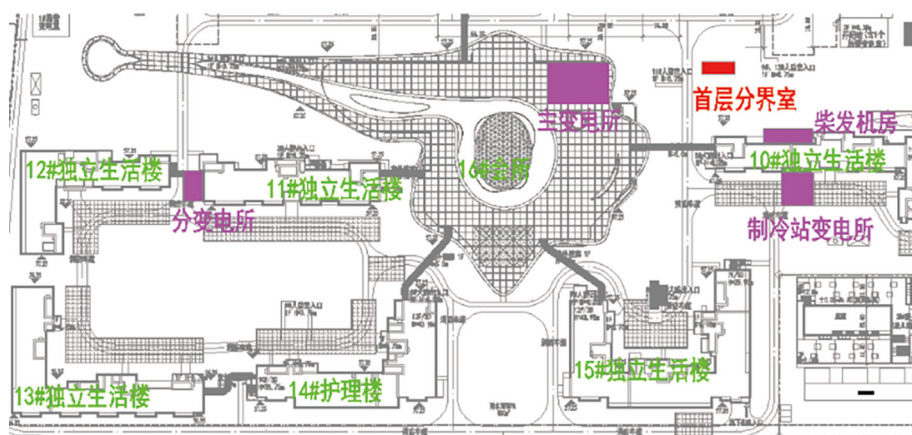


图2 电力站房位置

Fig. 2 Power station location

正比。如果供电半径过大,可能导致末端电压过低,影响设备正常运行。

电压降计算式为

$$\Delta u = IL\Delta u_i \% \quad (2)$$

$$I = \frac{P_e K_x}{\sqrt{3} \cos \theta U_n} \quad (3)$$

式中, Δu 为线路电压损失百分数(%) ; Δu_i 为三相线路单位电流长度的电压降百分数 [%/(A·km)] (可通过查电缆参数得出) ; I 为负荷计算电流(A) ; L 为线路距离(km) ; P_e 为有功功率(kW) ; K_x 为需要系数 ; U_n 为标称线电压(kV) ; $\cos \theta$ 为功率因数。

本项目供电半径均在160 m以内,计算过程不再赘述,通过此式(2)~式(3)计算出的结果均不超过电压值的 $\pm 5\%$ 。

5 低压配电系统

5.1 低压配电原则

低压系统以满足供电可靠性、灵活性、安全性、检修方便及减少损耗等原则进行设计。

一般情况下,低压配电系统的结构按照主配电设备、分支配电和末端用电设备三个层面考虑,每个层面可根据系统和设备状况设一级或二级,整个系统配电级数一般为三级,最多不超过四级。

对于养老社区项目,建议将配电系统划分为

多个独立区域,当某一区域发生故障时,可以隔离该区域,避免影响其他区域的供电。

5.2 低压配电干线

根据负荷种类和用电性质,养老社区项目针对以下6种情况设计配电干线。

1) 一级负荷中特别重要负荷及必保负荷配电干线。如弱电设备用电、医疗康复、重要医疗器械等由变压器I段母线和非消防应急段母线放射至末端互投箱。

2) 一、二级普通负荷配电干线。如娱乐用电、通道照明、排水泵等由变压器I段母线和II段母线放射至末端互投箱。

3) 消防负荷配电干线。如应急照明、消防风机及消防水泵等由变压器II段母线和消防应急段母线放射至防火分区互投箱。

4) 三级负荷配电干线。如户内用电、普通排风机等由变压器I段或II段母线放射至二级配电总柜处。值得注意的是,独立生活楼为公寓型住宅,具有楼层多、层户数多、户面积较小等特点,所以设置了二级配电总柜,同时为了避免故障停电造成大面积影响,最终本项目配电一路干线供3层居民用电。

5) 生活娱乐区域用电干线。如剧场、健身、餐厅和棋牌等区域均设置专用配电箱,由变压器I段或II段母线引来一根专用干线,采用T接形式至各区域电源箱。

6) 大功率制冷设备用电。如冷水机组等大型用电设备, 由变电所变压器I段或II段母线放射至其控制柜, 必保冷机设备由非消防应急段供电。

以本项目为例, 其低压配电干线如图如图3所示。

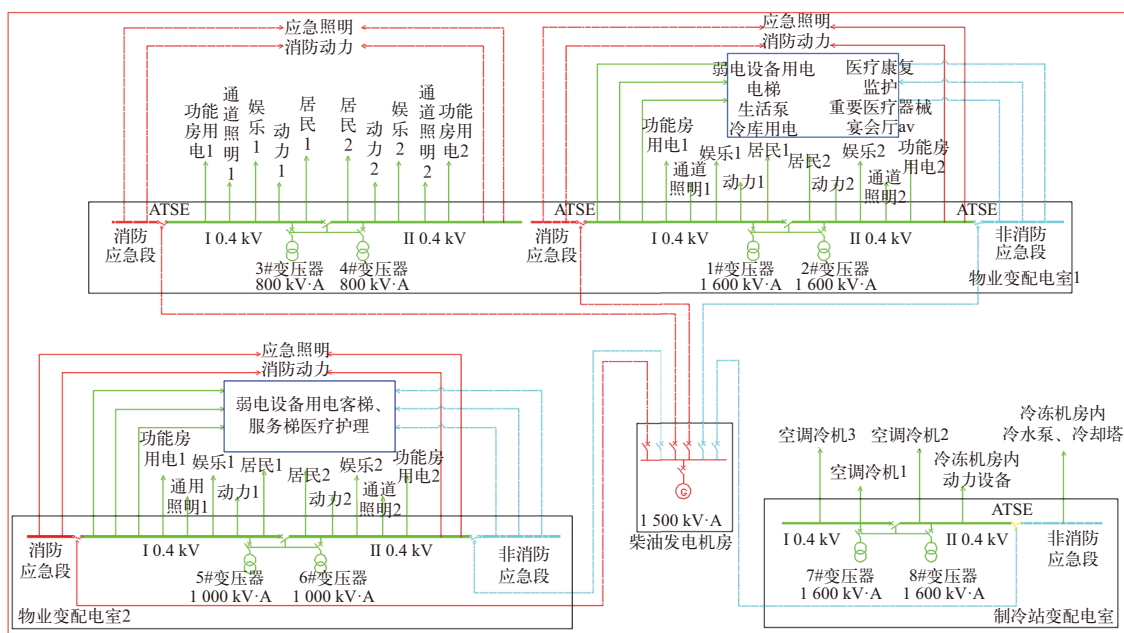


图3 低压配电干线

Fig. 3 Low-voltage distribution main line

5.3 末端配电

本项目在三相配电线路中, 单相负荷应均匀分配以尽量减少中性线电流。照明和动力用电将按照实际需求分开供电, 减少因动力负荷引发的电压波动对系统供电质量的影响。供电回路将采用降压措施以减少启动时对电压的影响。

5.4 低压配电保护

为提高低压配电系统的供电可靠性, 本项目配电线路均装设短路保护、过载保护(消防负荷除外)和接地故障保护等电气元器件。对于产生谐波的设备, 需采取抑制谐波的保护措施; 除电力元器件的保护外, 其他保护措施也至关重要。

(1) 保护系统

1) 电气火灾监测。本项目在第一级配电柜的进线端设置剩余电流式电气火灾监控探测器, 探测漏电电流、过电流等信号, 发出声光信号报警, 准确报出故障线路地址, 监视故障点的

变化。

2) 消防电源监测。末端消防配电箱互投开关前及出线端设消防电源监控, 实现各类消防设备供电的主、备电源发生过电压、欠电压、缺相、过电流及中断供电等故障时, 消防电源监控器能进行声光报警并记录, 同时显示被监测电源的电压值及准确故障点的位置。

(2) 保护装置

1) 电弧故障保护器。它是一种用于检测和防止电气线路中电弧故障的电气安全装置。其主要功能是识别可能导致火灾的危险电弧, 并在检测到异常时迅速切断电路, 从而避免火灾的发生。本项目在老年人活动频繁区域的末端插座电路、照明电路和其他分支电路, 设置了电弧故障保护器。

2) 后备保护器。它是一种电力系统中的保护设备, 主要用于在主保护装置失效或故障时, 提供额外的保护功能, 以确保电力系统的安全运

行。它通常作为主保护装置的补充，能够在主保护无法正常工作及时切断故障电路，防止设备损坏或事故扩大。本项目所设浪涌保护器均配置了专用的后备保护开关。

5.5 供电电缆的选择

文献[4]中7.3.8条明确要求，应采用阻燃低烟无卤交联聚乙烯绝缘电缆、电线或无烟无卤电缆、电线；文献[1]中13.8.4条及13.9.1条也对燃烧性、产毒性等做了相关要求；由于本养老社区定位较高，经对本项目的深度调研，为提高供电的可靠性及安全性，最终确定如下供电线缆情况。

1) 共井消防设备干线采用矿物绝缘电力电缆，消防分支干线采用B级阻燃耐火型低烟无卤交联聚乙烯绝缘电力电缆，其他照明及动力干线用电均采用B级阻燃型低烟无卤交联聚乙烯绝缘电力电缆。

2) 末端分支线路，消防设备采用C级阻燃型耐火型低烟无卤交联聚乙烯绝缘铜芯电线，一般照明及小动力用电采用C级阻燃型低烟无卤交联聚乙烯绝缘铜芯电线。

3) 电缆和母线均采用五芯型，照明回路采用4+1型，动力回路采用3+2型。

4) 电力电缆选用燃烧性能B1级、产烟毒性t1级、燃烧滴落物/微粒等级d1级；长期有人滞留的地下建筑选择烟气毒性为t0级、燃烧滴落物/微粒等级为d0级的电力电缆。

5) 大容量（开关容量不小于630 A）回路采用密集型母线。

6 结束语

老年人是现阶段国内外社会特别关注的特殊群体，全国各地通过大量建设养老项目来解决老年人的养老问题。大型养老社区是集居住、医疗

护理、娱乐休闲及餐饮等的多功能多业态建筑，在设计养老社区时，准确确定负荷等级、合理搭建可靠且安全的供电系统是所有电气设计师值得思考的问题。本文对养老社区的供配电设计进行整理，为以后养老项目做参考，也希望地产行业的从业者及电气设计师们关注并提升养老社区的用电安全和用电可靠性，真正做到以人为本，保证老年人安全且舒适的生活环境。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑电气设计标准: GB 51348—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [2] 中华人民共和国公安部. 建筑设计防火规范(2018版): GB 50016—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国应急管理部. 建筑防火通用规范: GB 55037—2022[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 老年人照料设施建筑设计标准: JGJ 450—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑电气与智能化通用规范: GB 55024—2022[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.
- [6] 中国航空规划设计研究院总院有限公司. 工业与民用供配电设计手册[M]. 4版: 北京: 中国电力出版社, 2016.

作者简介

梁婧怡(1991—)，女，工程师，研究方向为建筑电气设计。

(收稿日期: 2025-03-17)