

# 10kV 变配电系统设计的差异性分析

方施

桐庐电力开发有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i2.7711

**[摘要]** 随着社会经济的蓬勃发展, 10kV 变配电系统作为电力输送与分配的核心环节, 广泛服务于工业生产、商业运营以及居民生活等多元场景, 但各场景对电力的需求可谓千差万别, 使得一套通用的设计方案难以契合所有场景的需求。因此, 深入开展 10kV 变配电系统设计的差异性分析, 不仅有助于优化设计、避免资源浪费, 更是保障各领域稳定供电、提升电力使用效能的关键所在, 极具现实意义与研究价值。基于此, 本文章对 10kV 变配电系统设计的差异性分析进行探讨, 以供相关从业人员参考。

**[关键词]** 10kV 变配电系统设计; 差异性; 优化建议

## Differential analysis of 10kV substation and distribution system design

Fang Shi

Tonglu Electric Power Development Co., Ltd

**[Abstract]** With the vigorous development of social economy, 10kV substation and distribution system, as the core link of power transmission and distribution, is widely used in multiple scenarios such as industrial production, commercial operation and residential life, but the demand for power in each scenario is very different, making it difficult for a set of general design solutions to meet the needs of all scenarios. Therefore, in-depth analysis of the differences in the design of 10kV substation and distribution system is not only helpful to optimize the design and avoid waste of resources, but also the key to ensure stable power supply and improve power efficiency in various fields, which is of great practical significance and research value. Based on this, this article discusses the difference analysis of the design of 10kV substation and distribution system for the reference of relevant practitioners.

**[Key words]** 10kV substation and distribution system design; variability; Optimization suggestions

### 引言

供配电系统的设计对于提高电网的供电可靠性、降低用户的平均停电时间等方面具有十分重要的作用。在建设 10kV 供配电系统时要注重加强 10kV 供配电系统的相关设计。从技术层面来说要确保 10kV 供配电系统能够正常运行, 以满足配电系统的负荷需求。

### 一、10kV 变配电系统设计的基本原则

#### (一) 安全性原则

10kV 变配电系统的安全性是重中之重, 在设备选型上必须选用具备合格绝缘性能、防护等级达标的电气元件, 像变压器、开关柜等, 杜绝漏电、短路隐患。布线规划要严守安全间距, 防止线路间电磁干扰与意外触碰, 尤其是在狭窄的配电室。接地系统要稳固可靠, 遭遇雷击或故障时, 能迅速将电流导入大地, 保障人员与设备安全。继电保护装置应精准灵敏, 快速检测并切断故障电路, 防止故障蔓延, 让整个变配电流程时刻处于安全可控状态。

#### (二) 经济性原则

经济性贯穿 10kV 变配电系统设计全程, 初期建设要精准计算用电负荷, 避免过度配置电气设备造成资金浪费, 合理选定变压器容量, 不多余预留过大裕量。在设备采购环节, 综合对比不同品牌、型号性价比, 挑选质量优且价格合适的产品。运维成本也不容忽视, 优先选用低损耗、高可靠性设备, 减少

后续维修、更换投入。还要考量电力损耗, 优化线路走向与截面, 降低电阻, 削减运行中的电能浪费, 达成长期的经济最优解。

### 二、不同应用场景下 10kV 变配电系统设计的差异性

#### (一) 工业领域

工业生产性质复杂, 用电负荷大且特性多变。大型机械、冶炼电炉等设备常带来大容量、冲击性负荷, 瞬间电流激增, 要求变配电系统有极强的过载与抗冲击能力。钢铁厂炼钢时, 电弧炉启动会让电网电压骤降, 设计需匹配高短路阻抗变压器及快速响应的无功补偿装置来稳压。供电可靠性近乎苛刻, 化工、电子芯片制造这类连续生产流程一旦停电, 原料报废、设备受损严重, 常配备多路电源、冗余母线与不间断电源 (UPS) 确保无缝切换供电。而且工业环境特殊, 存在粉尘、腐蚀、易燃易爆气体, 电气设备防护等级须达防爆、防尘、防腐标准, 布线也要密封阻燃, 设计难度与成本显著提升。

#### (二) 商业领域

商业建筑用电设备繁杂, 涵盖照明、空调、电梯、餐饮电器等, 负荷峰谷差异明显。白天营业高峰, 空调与照明全开, 负荷飙升; 闭店后则锐减, 需精准预测负荷曲线, 优化变压器容量避免闲时浪费、忙时过载。供电中断严重影响顾客体验与商业信誉, 所以对可靠性要求较高, 智能监控系统实时监测,

一旦故障，能迅速定位切换备用电源，将停电时间缩至最短。再者，商业场所寸土寸金，变配电设备布局受限，既要美观融入装修风格，又得预留充足散热、检修空间，兼顾紧凑与实用，考验设计巧思。

### (三) 民用领域

民用用电负荷相对分散，多是家庭日常电器，功率较小但数量众多，季节性波动显著，夏季空调普及，用电高峰突出。设计时要综合考量各住户用电习惯，合理划分供电区域，控制供电半径，减少线路损耗。居民对停电敏感，关乎生活便利性与安全性，需保障电梯、应急照明等关键用电，常配备小型应急电源。居民区注重生活品质，变配电设备要低噪音，选址远离居民楼卧室等休息区，外观设计与小区景观协调，融入绿化、隐蔽于特定建筑造型内，在满足供电功能不给居民生活带来困扰。

## 三、10kV 变配电系统设计差异性的影响因素

### (一) 负荷特性因素

在工业领域，存在大量冲击性与大容量负荷，像电弧炉、轧钢机这类设备，启动瞬间电流能达到额定值数倍，使得系统需具备高抗冲击能力，从变压器选型到线路载流能力计算都得特殊考量，否则极易引发电压骤降、设备损坏。商业场所用电设备多样，负荷峰谷差异巨大，白天营业时段照明、空调满负荷运转，夜晚低谷期用电量锐减，设计时要精准预估负荷变化，不然会出现高峰过载、低谷闲置浪费资源的状况。民用领域负荷分散且随季节波动明显，夏季空调用电激增，设计既要满足分散供电需求，又要适配波动规律，稍有偏差就会导致供电不稳定或成本浪费。

### (二) 供电可靠性需求因素

工业生产流程复杂且连贯性强，化工、电子芯片制造等产业，停电数秒都致使产品报废、生产线重启成本高昂，所以设计倾向于采用多电源供电、冗余母线配置，配备性能卓越的不间断电源与快速切换装置，来保障生产无缝衔接。商业运营依赖稳定电力维持服务，商场、酒店停电会让顾客体验受损、商业信誉蒙羞，因此智能监控、快速故障排查修复机制是设计必备，备用电源的切换时长要控制在极短时间内。民用供电关乎居民日常生活，虽不像工业那般对连续性要求极高，但电梯、应急照明等关键用电不容有失，设计得斟酌合适的应急供电方案，可靠性层级差异促使设计大不同。

### (三) 环境条件因素

工业环境状况恶劣，不少工厂存在易燃易爆气体、粉尘、强腐蚀介质，电气设备必须达到对应防护等级，像煤矿井下的变配电装置要防爆，化工车间的设备得防腐蚀，布线也需密封处理，设计时安全间距更要严格把控，稍有疏忽就有爆炸起火风险。商业建筑追求美观舒适，变配电设备既要融入装修风格，不能突兀，还得在有限空间内满足散热、检修需求，布局设计难度大。民用小区讲究生活品质，设备选址要避开居民休息区，避免噪音干扰，外观要与周边景观协调，不能破坏小区整体美感，环境适配需求促使设计方案各有侧重。

## 四、10kV 变配电系统设计差异性的优化建议

### (一) 精准负荷调研与预测

在10kV变配电系统设计筹备期，需组建专业调研团队，深入不同应用场景细致调查。工业领域，与生产工艺专家合作，深挖生产线各环节，详细梳理设备开机、功率峰值信息，还得考量产品生产周期带来的用电负荷动态变化，诸如化工间歇式

反应釜、机械加工自动化生产线的用电特性。商业范畴，除关注营业时间与促销，更要剖析业态分布影响，像商场餐饮、娱乐区用电高峰错峰，写字楼不同楼层公司用电习惯差异。民用方面，结合当地气候，精准分析冬夏冷暖设备用电时长、功率变化，也不能忽略智能家居普及带来的新增用电。借助大数据平台整合多年历史数据，输入智能算法，综合产业升级、消费趋势等前瞻因素，为变压器容量、线路载流量等关键参数规划提供精准支撑，防资源浪费与供电隐患。

### (二) 定制化设备选型方案

工业场景下由于大量存在冲击性与大容量负荷，电气元件需具备卓越的高过载能力，其短路耐受电流指标必须远超常规标准，防护等级要达到防尘、防水、防爆的高标准，以抵御恶劣的生产环境，像化工车间的腐蚀性气体、煤矿井下的瓦斯粉尘威胁。商业环境用电设备多样且峰谷特性显著，因此优先选用自带智能调控功能的节能设备，其功率因数校正模块可优化用电效率，紧凑式设计满足商业建筑有限的机房空间，商场配电室里的智能开关柜，可依据实时负荷自动调节分合闸状态，减少电能损耗。民用领域聚焦居民生活品质，倾向低噪音、小型化电气设备，变压器采用低磁滞损耗材料，从根源削减运行噪音，小型配电箱便于隐蔽安装在居民楼楼道，不占过多公共空间，还能契合居民对安静居住环境的需求，全方位适配民用场景的特殊要求。

### (三) 采用灵活接线架构

在工业领域，选择单母线分段、双母线等接线方式，可依据生产流程的关键程度与设备布局来布局母线分段点。对于连续生产、不容许停电的关键生产线，各分段母线连接不同电源，一旦某段母线故障，通过快速联络开关，能在数秒内将负荷切换至备用母线，保障核心生产环节不停机，减少经济损失。商业用电场景下，高峰时段，如节假日商场促销、写字楼集中办公时段，可灵活调配各分段母线供电区域，优先保障重要租户、公共区域照明及空调用电；故障时，运维人员能迅速隔离故障段，缩小停电范围，维持商场基本运营秩序，避免引发顾客恐慌与商业信誉受损。民用方面，采用灵活接线利于分区停电检修，在不影响多数居民用电的前提下，针对性排查线路故障、进行设备维护，还能后续小区扩容、新增用电设施预留合理的接线拓展空间，整体提升供电的灵活性与稳定性。

### (四) 强化冗余设计

工业生产中，按生产流程的关键度分级实施冗余策略。对于绝对不能停电的核心生产线，配备多路相互独立的电源，电源来源涵盖不同变电站甚至不同电网，搭配多台备用变压器，且设置自动切换装置，切换时间控制在毫秒级，确保化工合成、电子芯片制造等精细生产环节不受丝毫停电干扰，维持生产连贯性，规避产品报废、设备损坏等巨额损失。商业领域，在商场收银区、数据中心、消防设施等关键区域，设置应急电源系统，如UPS不间断电源搭配柴油发电机组作为后备，UPS可在市电瞬间失电时无缝供电，维持关键设备运转几分钟，柴油发电机随后启动接力，保障重要区域长时间稳定供电，守护商业运营安全与数据完整性。民用范畴，针对电梯、应急照明这类关乎居民生命安全的用电设施，配备小型冗余电源，像自带锂电池的应急照明灯具，停电瞬间自动点亮；电梯配备应急平层装置，由备用电源驱动，将轿厢安全送达楼层，强化居民用电的安全冗余度。

### (五) 融合智能监控与运维

在工业环境中,于变压器、开关柜、电缆等关键部位广泛部署智能电表、高精度传感器,实时捕捉电压、电流、温度、功率因数等参数。一旦监测到数据异常,系统借助智能算法迅速判断故障类型与位置,提前发出预警,运维人员可依据精准定位快速响应,在故障萌芽阶段处理问题,保障化工、钢铁等连续生产行业不停产。商业建筑内,智能监控系统与建筑管理系统集成,实时反馈用电异常,不仅能及时排查潜在电气火灾隐患,还能依据用电数据优化运营成本,通过峰谷电价策略,智能调控空调、电梯等设备运行时间,实现节能降费。民用小区里,智能电表将数据远程传输至物业管控平台,方便物业人员定期排查线路老化、过载等隐患,还能借助智能断路器实现远程分合闸调控,遇上紧急抢修可远程切断故障线路,降低运维人员现场作业风险,提升运维效率与安全性,弱化因设计差异带来的运维难题。

#### (六) 优化空间布局

商业建筑中,像商场与写字楼寸土寸金,空间利用极为关键。需精准勘察隐蔽空间、夹层的承载能力与尺寸,让配电柜、变压器等设备巧妙嵌入,既不影响整体装修风格,又留出足够散热风道,利用自然对流或小型排风扇维持合适温度,避免设备过热降效。工业场景下,依据工艺流程布局变配电设施,将配电室建在用电负荷集中区,缩短电缆长度,降低线路电阻损耗,还能减少电磁干扰对精密生产设备的影响。大型工厂按车间用电需求分区设置配电室,提升供电效率。民用小区讲究景观融合,把变配电设备安置于地下车库特定角落,或是打造独立景观小屋,做好绿化遮蔽,既契合小区规划美学,又满足居

民对居住环境美观舒适的诉求,还能留出充足空间方便后续运维检修。

#### 结束语

综上所述,10kV 变配电系统设计的差异性分析揭示了不同应用场景下多样化的需求导向。从工业的严苛生产条件,到商业的运营体验考量,再到民用的生活品质追求,每个领域都为变配电系统设计划定了独特的边界条件。精准把握这些差异,是迈向高质量设计的第一步。随着技术迭代、用电模式更新,新的差异还会不断涌现。设计者唯有持续跟踪、深入钻研,将优化建议融入实践,才能让 10kV 变配电系统在各场景中高效运转,持续为社会的稳定与发展输送可靠电力,适应日新月异的用电环境。

#### [参考文献]

- [1]黄东尧.10kV 变配电系统设计的差异性分析[J].集成电路应用,2022,39(12):316-317.
- [2]魏振培.10kV 配电系统的规划与设计分析[J].集成电路应用,2022,39(07):120-121.
- [3]萧天旺.10kV 变电所供配电系统的设计要点[J].造纸装备及材料,2021,50(02):12-14.
- [4]蔡骥.10kV 供配电系统设计及对供电可靠性的影响分析[J].电工技术,2021,(02):75-77.
- [5]刘侠.基于10kV变配电所供配电系统的设计重点与难点分析[J].大众标准化,2021,(02):187-188.
- [6]朱清清.10kV 变配电所供配电系统设计要点[J].电子元件与信息技术,2020,4(05):149-150.

### 上接第 143 页

#### 五、工程案例

##### 5.1 某抽水蓄能电站水力学问题的攻克

在某座正在建设的高水头电站施工期间,工程团队遇到了一个压力管道水力学方面的难题。具体来说,初始设计中的水击压力超出了管材所能承受的极限。面对这一挑战,工程团队进行了深入的 CFD(计算流体力学)模拟分析,通过精确的计算和模拟,成功地定位了关键管段中水流加速的点。基于这些数据,他们采取了一系列有效的措施,包括增设旁通管以分流水流,以及优化止回阀的关闭规律。这些措施最终成功地将水击压力的峰值降低了 20%,从而确保了管道的安全运行。此外,针对上水库进出水口出现的漩涡流态紊乱问题,导致发电效率降低的情况,工程团队对进水口的体型进行了改造,并增设了消涡梁。这些改进使得流态变得均匀,流量系数提升了 15%,进而使得机组的发电出力得到了显著的增加。

##### 5.2 工程效益的综合评估

电站投运后的评估结果表明,该电站通过在电力市场中进行调峰填谷操作,获得了相当可观的经济收益。在高峰时段的发电收入不仅覆盖了低谷时段抽水的成本,而且使得电站的净利润超过了亿元。此外,该电站的系统调频响应非常迅速,能够将区域电网的频率偏差控制在 $\pm 0.1\text{Hz}$ 以内,有效减少了因频率不稳定造成的停电损失,折合起来每年可减少数千万元的损失。在新能源接入方面,该电站每年能够吸纳周边的风电和光伏弃电超过 5000 万千瓦时,这不仅有助于提升清洁能源的利用率,而且从电力供应、系统稳定性以及能源消纳等多个

方面,全面展现了抽水蓄能电站的综合效益。

#### 六、结语与展望

抽水蓄能电站水力学原理深植于工程各层面,从基础理论能量转换、设备特性到复杂输水系统设计及整体运行管控,是决定电站成败关键。当下,伴随新能源大规模并网、电力体制改革深化,抽水蓄能迈向智能化、大容量、高参数发展路径,未来需深化多场耦合数值模拟精度,研发适应复杂工况新型机组,融合物联网、AI 构建智慧运维体系,持续拓展功能应用场景,在全球能源变革浪潮中锚定电力系统核心调节地位,护航绿色能源体系稳健前行。

#### [参考文献]

- [1]叶青,黄昉.变速抽水蓄能机组迈向工程化应用[N].科技日报,2024-10-08(005).DOI:10.28502/n.cnki.nkjrb.2024.006192.
- [2]李祥,喻葭临,张怀芝,等.TBM 技术在抽水蓄能电站的应用现状与发展趋势[J].水力发电,2024,50(10):65-68.
- [3]高溥瑞.某抽水蓄能电站进/出水口水力特性分析及体型优化[D].西安理工大学,2024.DOI:10.27398/d.cnki.gxalu.2024.001558.
- [4]王奶生,赵党军,李院忠,等.地质超前预报在抽水蓄能电站工程中的应用[J].水利水电技术(中英文),2023,54(S2):85-92.DOI:10.13928/j.cnki.wrahe.2023.S2.016.
- [5]高学平,袁泽雨.抽水蓄能电站地下水库建设进展及关键水力学问题[J].水利学报,2023,54(09):1058-1069.DOI:10.13243/j.cnki.slxb.20230164.
- [6]宋寅强.某抽水蓄能电站下水库溢洪道水力学特性试验研究[D].西安理工大学,2020.DOI:10.27398/d.cnki.gxalu.2020.001481.