

文化大数据文博场馆安全用电保障系统的设计与应用

陈际芝¹ 杨巍¹ 付书平²

1. 中国广电湖南网络股份有限公司未来数智科技分公司 湖南长沙 410007

2. 湖南一二三智能科技有限公司 湖南长沙 410007

摘 要: 高可靠性的安全用电保障系统通过融合智能监测与主动防护的技术手段为文博场馆的运行安全提供电力基础保障。本论文结合在省级博物馆实际场景的实施方案,通过采用安全用电智能装置、电流指纹分析和多级联动断电等多种核心技术对安全用电、电气火灾等防控能力进行研究分析。整个安全用电保障系统通过部署智能用电监控平台与冗余配电架构,实现场所配电节点的供配电系统实时诊断、故障预警与毫秒级切换响应,保障文化遗产、数字资源的安全存储与传输。

关键词: 安全用电;智能监测;文博场馆;电流指纹;多级联动

引言

文博场馆作为文化大数据的重要采集与展示节点,有着极为严格的用电要求。需满足《博物馆建筑设计规范》(JGJ66-2015)中一级供电负荷标准,以确保供电的持续性和稳定性。文物数字化加工区及恒温恒湿展柜供电需符合国家 A 级数据中心可靠性等级(99.99% 可用性),这是因为文物数字化加工过程不容中断,而恒温恒湿展柜对于文物保存至关重要,稳定的电力供应才能维持其环境控制的精准性。

1. 文博场馆安全用电的现状分析

在安全用电设备方面,文博场馆需通过 GB/T17626 电气安全认证,绝缘监测精度 $\leq 1\text{mA}$ 。这一高标准确保了设备在运行过程中不会因绝缘问题引发漏电等安全隐患。依据《文化大数据安全保护要求》(T/CCBD8-2020),博物馆关键设备供电中断时间 $\leq 8\text{ms}$,电气火灾预警响应时间 $\leq 10\text{ms}$ 。任何长时间的供电中断都可能对珍贵文物及数字化资源造成不可逆的损害,而快速的火灾预警响应则能为控制火灾蔓延争取宝贵时间。博物馆一般主体建筑为办公楼与展厅,均由楼层电井统一配电,部分大功率用电设备由总配电房单独走线供电。虽电气常规配置较为规范,但楼层电井配电未配置电气监控系统,一旦出现线路故障,管理人员无法及时得知。且博物馆建馆时间较久,供电线缆绝缘层会出现不同程度老化,墙内隐蔽线路不可避免出现各种漏电现象,用电环境存在安全隐患,这也反映出文博场馆存在用电风险的普遍性。

2. 安全用电设计关键技术指标

文博场馆安全用电多级防护设计需满足以下要求:

- 1、应急级:应急级防护作为最后一道防线,当主电路失效,如发生严重短路等致使主电路无法正常供电时,需在 $\leq 8\text{ms}$ 内动作,达到国家 A 级标准,确保关键设备在极短时间内切换到备用电源,维持系统可靠运行;
- 2、保护级:保护级防护则在温度过高($>90^{\circ}\text{C}$)或电弧持续时间过长($>3\text{ms}$)时启动,避免引发电气火灾, $\leq 5\text{ms}$ 的响应时间符合省级馆要求,能够快速切断故障电路,阻止火灾发生;

3. 安全用电保障系统在实际案例中的应用设计

我们在一省级博物馆中采用“123”安全用电装置,采用领先的“高铁技术”相关科技元素,安装后即使在线路对地短路、设备绝缘损坏或接地故障的情况下,能避免电弧火花的产生,并可不断电继续运行,保证生产安全,同时能避免触电伤亡和线路漏电,还能 24 小时动态监控用电线路对地的绝缘阻值,一旦线路对地绝缘阻值下降到一定程度会自动适时发出声光报警,并提供远程平台公众号消息报警,这是多级防护机制在实际中的应用。

3.1 配电系统容灾设计

双路电源自动切换时间 $\leq 8\text{ms}$,满足 GB50174-2017 A 级标准,确保在一路电源出现故障时,能迅速无缝切换到另一路电源,保障博物馆整体供电的连续性,特别是对于文物数字化加工区及恒温恒湿展柜等关键区域。

3.2 展柜区防护设计

根据区域用电安全需求定制微型智能断路器，其动作时间设计 $\leq 5\text{ms}$ 确保能在极短时间内对展柜供电线路的异常做出反应。泄漏电流设计监测阈值 $\leq 15\text{mA}$ ，提高了对漏电隐患的监测灵敏度，及时发现并处理可能危及文物安全的漏电问题。

3.3 应用场景设计

针对展示厅和办公楼不同区域进行详细规划设计，展示厅主体为两层，每层由楼层东面与西面两个电井供电，L1 层西边电井内照明箱配置 2 台 YES-12KVA 安全用电装置，1 台 YES-6KVA 安全用电装置，动力箱配置 1 个 YES-M600T 三相安全用电智能监控器等。办公楼主体建筑为三层，每层也有相应的安全用电装置和监控器配置。

具体设计组网方案和拓扑图如下：

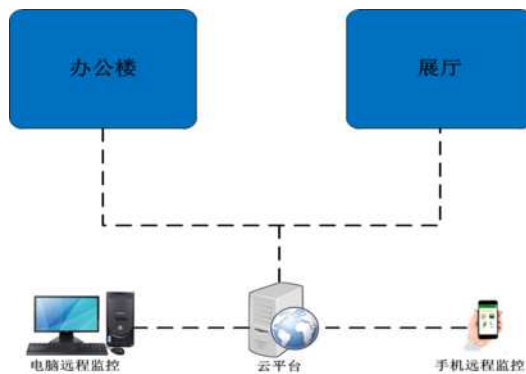


图 1：安全用电整体组网设计方案（省级博物馆）



图 2：办公楼分楼层安全用电设计方案（某省级博物馆）

从图 1、图 2、图 3 可以清晰看到，省级博物馆的安全用电系统通过各电井内的安全用电装置和智能监控器，结合广电 5G 文化大数据专网+GPRS 模块等实现数据传输，形成了覆盖整个博物馆的安全用电监控网络，可以确保博物馆安全、文物安全、文化数据传输的安全。

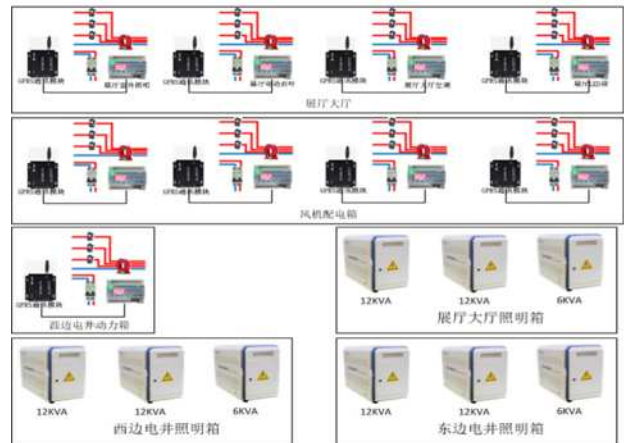


图 3：展厅分楼层安全用电设计方案（省级博物馆）

3.4 三级防护监测体系设计

在设备层，需满足国标 GB/T14287.2-2014，高精度的零序电流监测能够更敏锐地察觉线路中的漏电等异常情况，为安全用电提供基础保障。省级博物馆采用的安全用电智能监控器能对用户线路的电流、漏电电流、线路温度等进行 24 小时动态监测，其精度符合相关标准要求，确保了设备层的防护能力。

在平台层，需满足国标 GB/T22239-2019，采用等保 2.0 第三级加密，确保智能用电监控平台的数据安全，防止数据被窃取或篡改，保障文化大数据传输数据的信息安全。省级博物馆项目实际实施中安全用电智能监控软件平台具备远程监控和管理功能，包括接收实时数据、设定修改参数、报警定位判定等，且采用相应加密措施保障数据安全，符合平台层的防护要求。

4. 省级博物馆项目建设的实施成效

项目建设完成后的实际运行，故障定位精度达电路分支级，符合 GB/T31960.8-2015 标准，能够精准定位故障位置，便于快速维修，减少停电时间。年预防性维护成本降低 40%，这得益于智能装置对用电状态的实时监测，提前发现潜在问题，变被动维修为主动维护，优化了维护流程，降低了维护成本。省级博物馆实施安全用电智能系统后，实现了全天候动态监控各用电回路用电情况，包括电流值、漏电电流值、温度值等，避免了电气火灾的发生，保障了人员安全，出现过载漏电故障时能及时切断过载回路电源，减少了维护人员工作量，提高了工作效率，实现了远程监控和本地监控结合，维护人员通过手机微信服务号可实时查看各用电回路用电状态，还实现了集中高效管理，一个监控账号可以监控

上千个节点的用电状况，且历史数据可查，充分体现了安全用电体系在实际应用中的显著成效。

5. 结语

该安全用电保障系统在风险防控层面，通过电流指纹技术进行大数据分析，实现隐患超前预警，显著降低火灾风险；并具备毫秒级断电响应能力，达到国家极限标准，能迅速切断故障，防止灾害发生。在数据保障层面，为文物数字化资源的存储与传输提供稳定可靠的电力支撑，并创新性地构建安全用电知识图谱，整合多源信息，为安全管理与决策提供智能化支持。在省级博物馆应用实践中证明了系统的有效性与先进性，其设计与国家文化大数据安全要求高度吻合，深度融合预警、处置、数据管理与知识决策，构建了一套“预防-保护-支撑”的全方位安全用电解决方案，成功经验具备可复制性，为文博行业及更广泛的文化大数据应用场景提供了宝贵的建设范本。

参考文献：

- [1] 国家文化大数据产业联盟. 文化大数据安全保护要求 : T/CCBD 8-2020[S]. 2020.
- [2] 中国电子工程设计院. 数据中心设计规范 : GB 50174-2017[S]. 北京 : 中国计划出版社, 2017.
- [3] 李帆等. 基于电流特征分析的电气火灾预警模型 [J]. 电工技术学报, 2022, 37(11): 2801-2810.
- [4] 湖南一二三智能科技. SAFE- IV 型智慧用电安全控制器白皮书 [R]. 2023.
- [5] 王振宇. 文物保存环境恒湿恒温系统供电保障研究 [J]. 文物保护与考古科学, 2021, 33(04): 112-119.
- [6] 住房和城乡建设部. 博物馆建筑设计规范 : JGJ66-2015 [S]. 2015.
- [7] 国家标准化管理委员会. 电气火灾监控系统 : GB/T14287-2014 [S]. 2014.