

浅谈入侵报警在智慧文博中的规划应用 ——以某智慧博物院建设方案为例

石洋¹, 罗功伟², 秦鹏宇¹

(1. 泽瑞智海科技(西安)有限责任公司; 2. 中安消防龙电子技术有限责任公司)

【摘要】文章结合某博物院入侵报警系统建设案例,从项目背景、总体设计原则、科学规划、系统部署等方面,系统探讨博物院入侵报警系统的构建逻辑与实施路径,通过多层次、全维度的防护布局化解安全风险,为同类智慧文博项目的安防建设提供实操性参考。

【关键词】博物院;入侵报警系统;智慧文博

中图分类号: TU89

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.07.041

A Brief Discussion on the Planning and Application of Intrusion Alarm in Smart Museums

——Taking a Construction Plan of a Smart Museum as an Example

SHI Yang¹, LUO Gong-wei², QIN Peng-yu¹

(1. Zerui Zhihai Technology (Xi'an) Co., Ltd.; 2. China Security and Fire Xulong Electronic & Technology Co., Ltd.)

【Abstract】This article is based on the construction case of an invasion alarm system in a certain museum. It systematically explores the construction logic and implementation path of the museum's invasion alarm system from aspects such as project background, overall design principles, scientific planning, and system deployment. Through multi-level and all-dimensional protection layout, it resolves security risks and provides practical references for the security construction of similar intelligent cultural museums.

【Keywords】museum; intrusion alarm system; intelligent cultural museums

1 引言

1.1 项目研究背景

博物院安全直接关乎国家文化资产,全球每年超80%的文物损失由入侵事件造成。传统安防手段难以应对日趋智能化的犯罪行为,我国虽有相关规范要求,但实际应用中存在设备与空间不匹配、系统协同不足、智能识别能力薄弱等问题,导致安防效能受限^[1-2]。

随着物联网、人工智能、BIM等技术的发展,多模态传感器融合与AI算法可实现入侵行为精准识别,BIM技术能优化报警点位布局^[3-4]。

基于此,为科学探索入侵报警系统的规划方法、构建完善的协同安防体系、提升人类文化遗产保护水平,本文提供切实可行的解决方案。

1.2 项目概况

本次研究的某博物院坐落于陕西省,在国内文博界具有标杆地位。陕西省是国内公认的“文物大省”,该院亦是陕西文博领域的重要组成部分。

该博物院为第六批全国重点文物保护单位,馆藏文物2万余件,建筑面积39809m²。院区按建筑区域划分为1至7区,其中1、2、4、5区为地上三层,3区为地上四层,6区为地下二层、地上三层,7区为地下一层、地上三层,建筑总高度29m。

整个园区涵盖周边生态园林、室外广场、停车场、周界围墙等区域,功能区划分为陈列区、公共服务区、藏品库区、藏品保护技术区、业务与科研区、展品制作维修区、行政管理区,共设五个陈列厅。

2 总体设计原则

2.1 设计原则

依据国家相关规定,本院为一级防护单位,其中最高的一级风险部位需达到一级防护要求。系统设计遵循国家标准GB 50348-2018第3.1.5条规定,首先其核心要义在于构建“纵深防护”体系,通过技防、物防、人防三位一体的有机融合,以分层设防理念为指导,划定周界、监视区、防护区、禁区四级防护圈层,层层布控、环环相扣,既要确保防护体系无死角、

无漏洞,又要能保障系统长期稳定可靠运行。这一设计思路,贯穿在该博物院安全防范体系建设与运行的全过程。

2.2 需求分析

2.2.1 被防护对象的基本情况

依据 GB 50348-2018《安全防范工程技术规范》第3章要求,对本项目开展全面实地勘察,明确被防护对象的基本情况、风险等级及防护级别,结合展台、展室、库房、文物修复室及馆内展品运输通道等现场实际条件,拟定布防方案思路。

2.2.2 被防护对象的风险等级与防护级别

按照 GA 27-2002《文物系统博物院风险等级和安全防护级别的规定》,结合博物院使用情况和藏品情况,确定风险等级与防护级别如下。

1)防护单位

该博物院为一级风险单位,馆内各展室、库房、文物修复室及安防中心控制室均为一级风险部位,防护等级为一级。

2)防护部位及防护目标(见表1)

3)物防设施与人防组织管理概况

物防设施:周界为约2000m长的金属栅栏,建筑呈北斗七星组合式,各建筑单体通过“复道”连通,展馆外围砌筑混凝土围墙,监控室设于七区一层东南侧。

人防措施:设有专职保卫人员日常巡逻,夜间有保卫处工作人员巡逻。

4)建筑物基本情况(见表2)

2.2.3 所在地及周边环境情况

地理与人文环境:一期占地约500亩,建筑面积39809m²,采用双路市电+发电机电+UPS不间断电源供电,是城市重要文化地标。

气候环境:大陆性季风气候,四季分明,年平均降水量537mm~650mm,年平均温度9℃~13.2℃。

电磁与周边干扰:周边无工厂、大型电气及通讯设施,无强电磁、噪声及振动干扰,不影响系统运行。

3 入侵报警系统部署

3.1 系统概述

该博物院入侵报警系统采用总线制模式,符合 GB 12663-2019较高防护功能级(C级)要求,结合共有部分与风险等级,满足系统工程技术性能指标。

3.2 系统结构图(见图1)

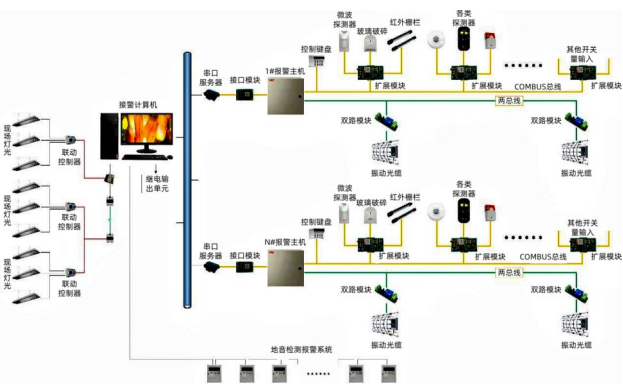


图1 入侵报警系统结构图

表1 防护部位及目标对比表

功能区域		参照标准	风险级别	防护级别
禁区	藏品库区	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
禁区	展品运输通道	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
禁区	监控中心	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
防护区	临展馆	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
防护区	汉兵马俑馆	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
防护区	秦文化馆	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
防护区	汉唐壁画馆	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
防护区	珍品馆	GA 27-2002	一级风险部位	一级防护部位
监视区	一至五区二层服务区,包括报告厅、咖啡茶座、餐饮、旅游服务中心、公共阅览室、书店、电子阅览室、茶座、纪念品商店	GB-50348	普通风险部位	普通风险对象基本型的相关规定设计
监视区	园区围墙与展馆之间区域,包括生态园林、办公区、室外广场、后勤保障区、服务区、停车场	GB-50348	普通风险部位	普通风险对象基本型的相关规定设计
周界	园区围墙、一至六区展馆周界	GB-50348	普通风险部位	普通风险对象基本型的相关规定设计

表2 各建筑物基本情况对比表

功能区域		建筑结构	窗户、出入口
禁区	藏品库区	钢筋混凝土框架结构	地下一层、地下二层无窗,首层南侧库房区域无窗,北侧及二层、三层文物研究区域有窗,整个六区设有单独的出入口通道
禁区	展品运输通道	钢筋混凝土框架结构	每个馆内区域无窗,连接各馆之间连廊有窗,设有单独的出入口通道
禁区	监控中心	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
防护区	临展馆	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
防护区	汉兵马俑馆	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
防护区	秦文化馆	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
防护区	汉唐壁画馆	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
防护区	珍品馆	钢筋混凝土框架结构	无窗,有单独的出入口通道
监视区	一至五区二层服务区,包括报告厅、咖啡茶座、餐饮、旅游服务中心、公共阅览室、书店、电子阅览室、茶座、纪念品商店		有窗,每个区域有多个出入口

3.3 系统选型原则

系统由多台报警主机构建,单台主机兼具报警信息采集与独立控制功能,采用微机管控模式,可在管理计算机故障时完成局部撤防操作。为满足报警响应时间 $\leq 2s$ 的要求,采取如下技术措施。

- ①选用8路或16路地址模块,限定单台主机接入的单地址模块数量。
- ②划分独立网段及VLAN,将报警主机工业总线控制端口转换为网络端口,通过网络传输提升系统响应速度。

3.4 设计范围

3.4.1 周界防护

周界防护是智慧博物院安防体系的首道智能防范屏障,为安防工作的重中之重。

园区周界:整体采用振动光缆系统,在三处停车场出入口及正门出入口加装红外栅栏,构建闭合防护体系。振动光缆通过绑带蛇形敷设于栅栏表面,围墙顶端采用扣网固定光缆。围墙沿线每30m布设一台红外摄像机,周界共划分20个防区,单个防区长度不超过100m(见图2)。

展馆周界:一至五区三层、三区四层的二层露台均布设6光束红外栅栏,构筑高度1.6m的隐形围墙防护。

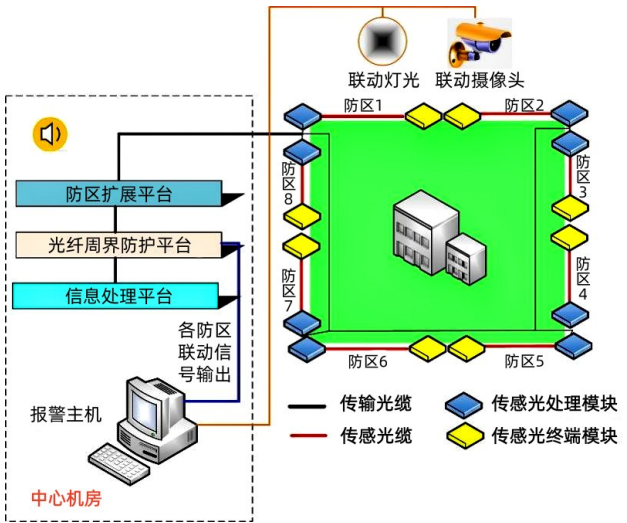


图2 园区周界拓扑图

3.4.2 监视区防护

系统配置室外高速球型摄像机、一体化摄像机,室内配备分辨率不低于200万像素的半球、枪式、球型摄像机,结合BIM空间仿真技术,覆盖游客通行路段、人员密集区域、停车场等场景。各门口值班室及二层服务区功能房设置紧急报警按钮与有线对讲系统。

3.4.3 防护区防护

布设玻璃破碎探测器,用于防范窗户与展柜砸毁入侵风险。

采用室内双鉴探测器、被动红外探测器开展空

间防护,配套布设分辨率不低于200万像素的低照度摄像机与拾音器。

展柜内部布设红外幕帘探测器、多维驻波探测器,独立展柜上方安装半球摄像机并配置拾音器。

展厅内布设紧急报警装置与有线对讲系统。

北侧临展卸运交接区:布设摄像机、拾音器、紧急报警装置及有线对讲系统。

3.4.4 禁区防护

监控中心:总控中心与信息机房均设有视频监控、内部对讲及出入口控制设备,七区二层露台采用红外栅栏防护。

藏品库区与文物修复室:六区二层露台设红外栅栏,配置视频监控、拾音器、被动红外探测器、微波探测器,出入口设紧急报警装置与门禁,二层玻璃幕墙安装玻璃破碎探测器,库房墙体等设置振动探测器。

展品运输通道:安装摄像机实现全程无盲区监控。

文物卸运交接区:配置摄像机、拾音器、紧急报警装置和有线对讲系统。

屋面:二区、四区、六区、七区屋面采光天窗处安装红外对射、玻璃破碎探测器。

3.4.5 前端设备安装

入侵探测器:壁挂式设备安装于与入侵方向呈90°、高度约2.3m的位置;吸顶式设备水平安装于重点部位天花板,安装位置避开热源、空调、运动物体及遮挡物。

摄像机:安装前完成检测与调试,避免逆光拍摄,室外高位摄像机增设防雷防护措施。

监视器:规整安装于机柜内,保证通风良好,监控人员观测距离为荧光屏对角线的4倍~6倍,规避光线直射,机柜距墙间距不小于0.8m。

控制设备:控制台平稳安装布设,机柜内部设备固定牢靠,线路通过电缆槽及进线孔规整布设,线缆预留余量并设置永久标识。

3.5 重点和难点

系统符合“C级”防护标准,软件功能完善。其中,周界防护是入侵报警系统的核心重点与难点,可识别周界各类入侵行为,精准甄别风雨、小动物等环境干扰因素,有效降低系统误报率。各类行为可在

系统界面呈现差异化波形特征。

通过对作用空间、持续时长、作用强度及变化规律结合频谱频率开展对应分析,可识别各类入侵模式,实现不同入侵模式的有效区分。

3.5.1 数据预处理(见图3)

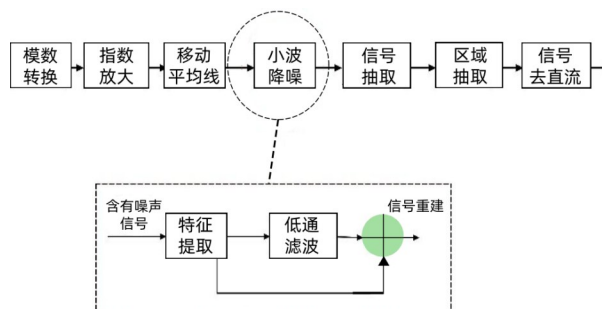


图3 振动光缆信号软件预处理

数据采集后经指数放大、均值处理等操作,按固定比例降低采样率,以满足空间分辨率与空间覆盖的指标要求。

对原始信号开展小波去噪处理,小波去噪可等效为低通滤波,因其在去除噪声的同时能够有效保留信号特征,该性能优于传统低通滤波器。

单次扫描数据依据预设的空间覆盖范围,分别选取若干采样点,整合生成数据集并对应相应空间位置。通过多次扫描,构建多组时间序列。对各组时间序列实施算法处理。

3.5.2 频谱分析

频谱分析是将复杂信号分解为若干简单信号的技术。多数物理信号均可表示为多组不同频率简单信号的叠加,提取信号不同频率维度信息的过程即为频谱分析。

频谱由采集信号经傅里叶变换运算求得,各类事件在频域呈现不同特征:风雨干扰低频分量占比更高,入侵行为包含大量高频特征分量,不同事件对应的频段响应存在差异。

3.5.3 模式识别

大风情况下模式识别。大风情况下,影响范围很大,持续时间较长,强度有大有小,如图4所示。

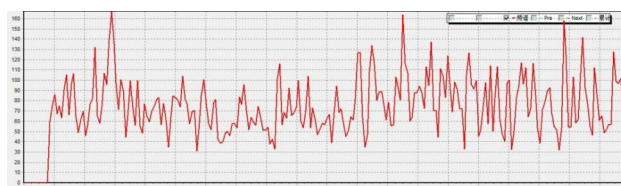


图4 大风情况下的信号特征

敲击墙体模式识别。敲击墙体情况下,影响范围小,持续时间短,强度较大,如图5所示。

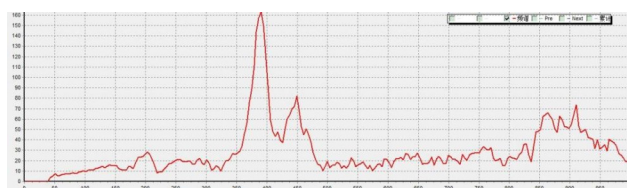


图5 敲击墙体情况下的信号特征

人员攀爬情况下模式识别。人员攀爬情况下,影响范围较小,持续时间几秒或者更长,如图6所示。

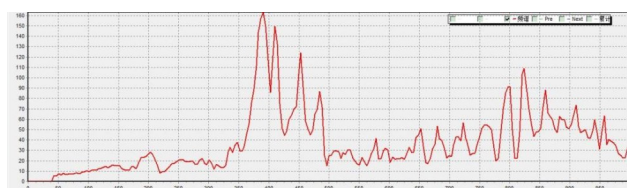


图6 人员攀爬情况下的信号特征

车辆经过下模式识别。车辆经过情况下,影响范围广,持续时间长,振动幅度、频率逐渐变强,如图7所示。



图7 车辆经过下的信号特征

一般而言,入侵的频率集中在高频区间,为5000Hz以上,大风的频率集中在低频区间,在500Hz以下。

综上,结合AI算法,对信号特征进行一定程度的处理,对入侵行为进行识别,从而对风、雨、小动物等因素进行充分区分,降低系统误报率。

3.6 与音视频监控复核系统等其他子系统的协同应用

该博物院智能化安防体系并非设备的简单堆砌,依托自主安防学习平台,对前端设备采集的信号数据开展持续分析与迭代学习,动态优化算法模型,有效降低入侵报警系统误报率,提升系统整体智能化水平与运行稳定性,使整套安防体系更贴合博物院的实际防护与应用需求。

音视频监控复核系统是博物院安全防范体系的核心支柱,其前端设备围绕图像复核、视频监控、视频报警三大核心功能配置,控制端由网络集成平台、

控制器、管理服务器及智能分析服务器统筹部署。该院采用分层级、差异化配置方案,实现各防护分区内入侵报警系统与音视频监控复核系统的深度联动融合。

3.6.1 周界协同

1) 园区周界

围墙上布设周界警戒摄像机,配套红外补光设备与联动式LED频闪灯。系统与振动光缆系统深度联动,依托安全防范平台在摄像机成像区域划定虚拟围篱,完成周界24小时不间断侦测。系统识别到可疑人员或物体穿越虚拟围篱时即刻触发报警,报警信号同步上传至监控管理中心,报警画面经网络推送至远程监视终端,并自动开启围墙LED频闪灯形成视觉威慑。

2) 展馆周界

陈列馆二层露台布设6光束红外栅栏,搭建高度1.6m隐形防护屏障。每套红外栅栏顶端均配置联动灯光与联动警号;发生入侵行为时,系统同步触发声光报警(可通过阈值调节设备灵敏度,有效降低误报概率)。

3.6.2 监视区协同

监视区防护以入侵探测器与视频前端设备联动为核心,实现入侵事件实时视频复核。各出入口布设人脸采集摄像机,采集、归档通行人员人脸图像,搭建博物院专属人脸数据库,同步建立黑白名单机制,并与公安部门人脸数据库完成数据交互比对,重点甄别通缉等高危人员,完善人员管控防线。

建设一套自主学习平台,利用智能化前端传感器、摄像机协同,通过将场景中背景和目标分离进而分析并追踪在摄像机场景内出现的目标。平台可以根据视频内容来进行分析,在场景中预设不同的报警规则,一旦目标在场景中出现了违反预定义规则的行为,系统会自动发出报警,监控工作站自动弹出报警信息并发出警示音,用户可以通过点击报警信息,实现报警的场景重组并采取相关措施。预定义规则包括:越界分析、入侵分析、丢失分析、方向分析、滞留分析、智能跟踪等等。

3.6.3 防护区协同

防护区是博物院安防建设中占比最大的区域,入侵报警系统与音视频监控复核系统的协同机制在此区域最为复杂,需兼顾文物展示效果与安防防护

需求。

在视频监控配置方面,由于博物院文物展厅为突出展示效果,普遍采用“空间低照度、展品高照度”的灯光设计,因此摄像机选型需重点满足低照度、宽动态等因素,同时兼顾隐蔽性与美观性,对摄像机及定焦、变焦镜头的光圈参数进行精准适配;针对展厅内独立展位(用于陈列一级文物),在展位正上方安装专用固定摄像机,并配套部署拾音器,实现音视频同步复核监控;在库房、文物修复室、走廊等光线条件稳定但整体照度偏低的区域,部署巡检摄像机(如巡检机器人),实现自动化、全方位巡检覆盖。

在入侵报警技术应用方面,该区域采用多种类型的探测设备,包括红外探测器、微波探测器、双鉴探测器、玻璃破碎探测器、压敏探测器、多维驻波探测器等,安装方式涵盖吸顶式、通道式、壁挂式、按压式等,按工作原理及信号触发方式可分为主动式与被动式两类。

除监视区防护手段以外,上述设备及技术的部署更需结合防护区被保护文物的种类特性针对性地进行配置,应同时兼顾文物布展的实际需求与保护规范。例如,临展馆需适配周期性、主题化的动态布展需求,防护区技防系统需具备高度灵活性;基于文物保护要求,防护区及后续禁区内严禁采用红外热光源灯光联动,仅可配置冷光源LED灯光实现联动警示。综上,在最小空间单元内,需保障技防手段的多样性与充分性,构建无死角防护体系。

3.6.4 禁区协同

禁区中藏品库区在博物院建筑中一般处于地下或半地下,除防护区防护手段以外,另外部署了地音检测探测器,识别不同频率区间的声波单元,结合AI算法,对信号特征进行一定程度的处理,进行入侵行为识别。

禁区中机房中心防护在沿用防护区核心防护措施的基础上,重点强化机房中心及配电系统的安全保障,同时提升系统智能化水平。

数据安全方面,博物院将安全数据同步至市信息办进行异地存储备份,构建双重数据备份体系,防范数据丢失或损坏风险。

配电安全方面,作为易被忽视的关键环节,机房采用“双路市电+柴油发电机+UPS不间断电源”的高可靠性供电方案,严格遵循GB 50348规范配置柴油发电机,确保备用供电时长不低于8h,同时设置市电

双切配电柜与UPS输出配电柜,保障供电连续性。

机房中心部署自主安防学习平台,基于前端信号持续迭代学习,优化算法,降低误报率,提升安防系统智能稳定性,贴合博物院实际需求,助力智慧文博建设。

4 结语

博物院安全是文化遗产保护的基石,入侵报警系统的科学规划与应用至关重要。本文结合某博物院案例,通过多模态传感融合的规划框架,多维度安全防护手段相结合,实现报警精准化、响应协同化与布局最优化。

未来,随着5G、数字孪生等技术的深化应用,入侵报警系统将向“主动预警—智能决策—全程追溯”的智慧化方向发展,为文化遗产保护提供更高效、可靠的保障。

参考文献

- [1] 钟国文, 张婧乐. 我国智慧博物院研究综述[J]. 科学教育与博物院, 2020, 6 (5): 347-354.
- [2] 宋杰. 智慧文博场馆建设的思考与对策[J]. 技术与市场, 2023, 30 (6): 163-166.
- [3] 张新伟, 李铁柱. 智能监控一体化在博物院安防中的应用[J]. 智能物联技术, 2025, 57 (4): 134-138.
- [4] 刘斐, 蔡雄飞, 刘闵, 等. 基于风险分析的博物院安防专项设计探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2024, 18 (3): 22-27.