文物保护单位安全监测信息集成共享模式研究*

■ 李月** 赵连江 王波 王奕凝** 张志方
故宫博物院 北京 100009

摘 要：文物保护单位由于保存文物价值高、游客数量多、社会影响大，安全事件复杂多样。近年来随着信息化、智能化技术发展，互联网传感器、移动设备、社交网络等方式涌现出海量数据，为实时的报警信息提供了异构、多源化的信息源头。目前，文物保护单位虽然建立了多种事件信息监测与分析系统，但受建设技术因素影响，缺乏统一规划，“数据孤岛”问题突出。因此，如何充分利用现有的资源以及数据价值升级和科学高效的应急决策，建立数据输入输出汇集“中枢”，实现信息增值、辅助应急决策是目前亟需解决的关键问题。本研究通过对文物保护单位内安全监测要素分析和现有监测信息类型分类，给出了信息集成共享的4种主要方式，并从子系统管理、平台控制、消息过滤、接口管理、日志管理等方面给出了信息集成共享平台原型的设计，为安全监测信息集成共享体系建设提供了支撑。

关键词：文物保护单位 安全监测 信息集成 共享方式 风险管理
DOI:10.11842/chips.20220705002

0 引言

文物是人类社会活动中遗留下来，具有历史、艺术和科学价值的遗物和遗迹，是一个国家、一个民族历史文化的沉淀。文物保护单位是我国各级政府依据《文物保护法》所规定的程序，审核公布的历史文化遗存，一般指具有历史、艺术、科学价值的革命遗址和纪念地、古墓葬、古建筑、石窟寺和石刻等不可移动文物[1]。依据文物保护单位的历史、艺术、科学价值，文物保护单位分为全国重点文物保护单位，省级文物保护单位，市、县级文物保护单位，其中全国重点文物保护单位（以下简称“国保单位”）是文物保护的重点和难点之一。从1961年到2017年，我国一共公布7批全国重点文物保护单位，共计4295处[2]。

安全是文物保护的第一要务，是其他各项工作的基础和前提。近年来，文物被盗、被掘、被破坏的事件时有发生，统计数据显示，2021年，全国开展文物执法巡查351390次，发现文物违法行为340起。全国开展文物安全检查发现安全隐患80100项，查处文物安全案件和事故97起，文物安全形势严峻[3]。文物保护单位由于价值密度高、游客数量多、社会影响大，安全事件类型复杂多样。随着近年来传感器网络的不断发展，为实时的报警

* 2021年国家科技部国家重点研发计划重点专项课题（2021YFC1523500）：大型明清古建筑（群）安全风险预警关键技术研究，负责人：都海江。

** 李月，高级工程师，研究方向：安全技术防范，博物馆安防、消防；王奕凝（通讯作者），助理工程师，研究方向：安全技术防范，博物馆安全防范。

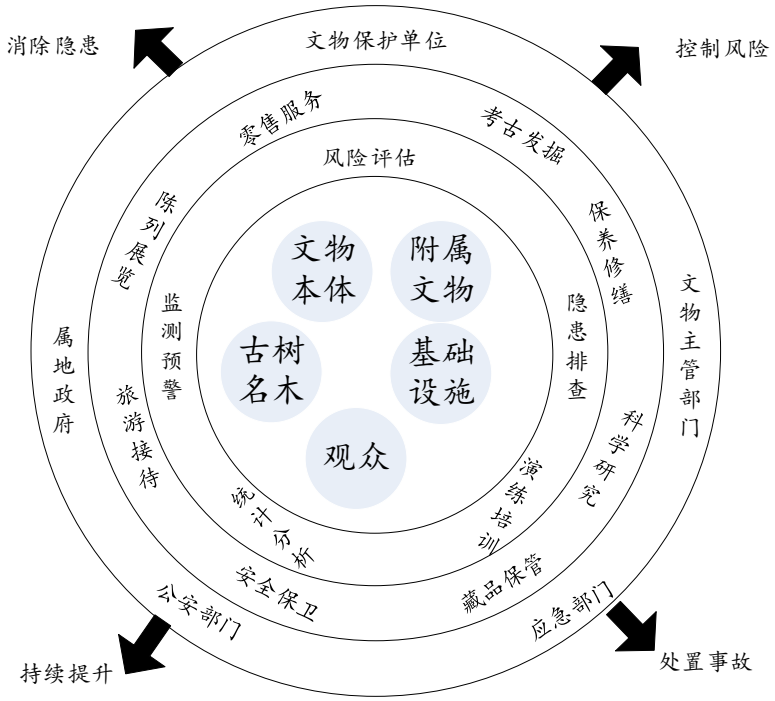

图1　文物保护单位安全管理要素示意图

信息提供了异构、多源化的信息源头。视频监控、人工巡视等也为多元化的事件预警信息的共享提供了信息渠道。但受建设时技术原因影响，专项监测预警系统之间大多存在信息共享不畅通、专网间彼此协调配合不够的问题。单纯依靠独立的预警系统难以发挥整体功能，多源、异构信息之间的集成共享成为文物保护单位实现实时监测预警的前提。

多源异构信息集成技术在国外研究起步相对较早，在20世纪70年代初期已有专家学者开始这方面的研究[4][5]。国外对于多源异构信息集成的方法和应用主要集中在以下两个方面：采用一种技术或方法进行信息集成操作，如联邦信息系统[6]、数据仓库系统[7]、基于消息中间件的信息集成系统[8]、基于XML技术的信息集成系统[9]、基于网格技术的信息集成系统[10]、基于本体的信息集成系统[11]。采用多种方法和技术相结合的方式进行研究，如以全局模式为中心的系统[12]，利用映射进行异构信息集成等。在国内，异构数据集成相对起步较晚，目前主要应用在研究领域。如中国人民大学的研究人员对Web数据模式管理进行研究，北京大学的CoX-MLv1.0，为大规模异构信息集成建立了一个通用平台等。虽然近年来国内相关领域也取得了很多研究成果，但多源异构信息集成系统大多是通用的信息集成平台，很少有针对文物保护单位特点设计的多源异构信息集成平台。因此，亟需根据文物保护单位多源异构信息特点，建设信息集成共享模式和平台。

1　文物保护单位安全监测要素分析

文物保护单位的安全主要是文物保护单位、属地政府、文物主管部门、应急管理部门、公安部门等单位通过风险评估、隐患排查、演练培训、监测预警、处置救援与事故调查等方式，对文物保护单位开展的考古发掘、保养修缮、科学研究、藏品保管、安全保卫、旅游接待、陈列展览、零售服务等各项活动和业务进行管理，以实现对文物本体、附属文物、重要文物藏品、古树名木、基础设施、数据资料、观众等对象的保护。（图1）

文物保护单位安全管理一般以年度工作目标为基准进行工作任务的分解，通过安全责任制的划分确定各级人员职责和任务，通过安全教育和培训、风险评估和管控、专项工作安全管理、安全检查、应急准备与响应、职业健康管理、合规性评价、管理评审等工作来实现安全。其中人防、物防、技防以及管理体系建设是文物保护单位安全防护的主要手段（图2）。人防和物防是古已有之的传统防范手段，是指通过人力和物力手段进行安全防范，是安全防范的基本方法，比如人员巡逻、站岗以及各种实体防范等。随着科学技术的不断进步，传统的

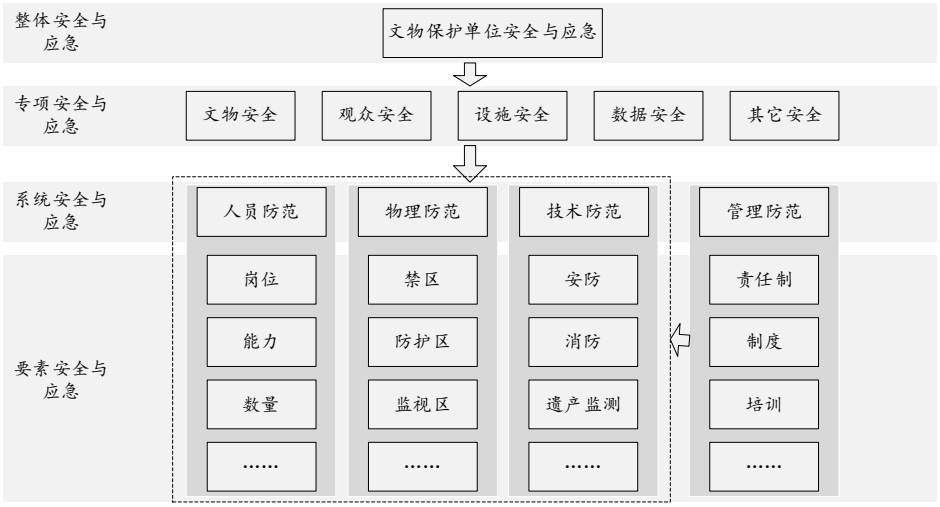

图2　文物保护单位安全与应急管理手段

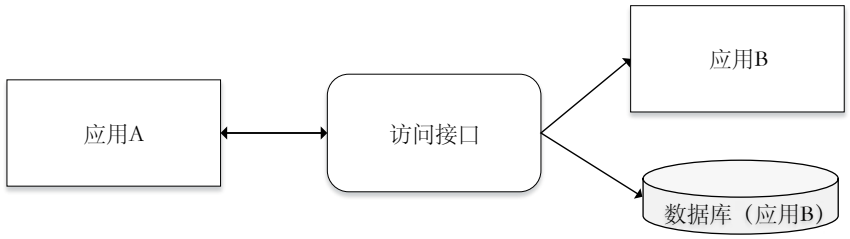

图3　点对点集成共享方式示意图

防范手段与新科技正在不断融合。技防是通过现代科学技术进行安全防范，比如入侵报警、视频监控、声音复核等。在实际管理中，应把这几种防范措施有机结合起来，适应新时代文物安全防范的需求。同时，管理作为一种综合保障手段，能够有效整合“人防”、“物防”、“技防”，实现最大化效用的纽带。

2　文物保护单位安全监测信息分类

近年来，文物行业在资源调查、展览展示、办公自动化等方面的信息化有了很大进展。同时，在安全与应急管理方面，也已经在面向防盗的视频监控与入侵报警、面向防火的火灾报警、面向遗产安全的文物本体监测预警等方面建立了一道防线。通过采用技术防范系统，可以有效解决安全与应急工作中信息繁杂、涉众较多、时效性要求高等问题。目前，文物保护单位安全监测预警主要结合传感器网络、视频图像、文本录入等形式进行信息实时采集，信号源形式主要为传感器监测信号、视频图像信号、文本语义信号等。文物保护单位安全监测信息的主要类型如表1所示。

3　文物保护单位安全监测信息集成共享方式

文物保护单位安全监测信息集成共享方式主要包括点对点集成共享、集中集成共享、汇集数据集成共享、与外部数据集成共享4种方式。

3.1　点对点集成共享方式

点对点数据交换方式是传统的集成共享模式。实现应用系统之间，或应用系统与其他数据源之间的数据访问。主要包括请求数据的应用系统、提供数据共享的应用系统及数据库、数据访问接口，相互之间的关系如图3所示。采用应用接口或数据库访问接口实现。适用于集成要求明确，集成关系简单的系统间进行交换。集成相关的应用系统应属于相同等级的安全域。

3.2　集中集成共享方式

数据集中集成共享方式是对需要共享的多个异构数据源进行整合和数据的集中管理，供多个系统共享和使用。共享数据库可以采用独立于任何具体应用系统的共享信息库，即将需要共享的信息从每个应用的数据库中复制到一个共享的公共数据库中。主要包括多种异构数据源、独立的数据库（多种数据存储形式）、数据

表1 文物保护单位安全监测信息分类

安全监测信息大类	安全监测信息子类	主要信息指标
安全防范	视频监控	视频图像
	入侵报警	时间(年月日时分秒),区域,系统名称,设备编号,状态
	出入口控制	时间(年月日时分秒),区域,系统名称,设备编号,状态
	车辆管理	时间(年月日时分秒),地点,车牌号,状态
	观众监测	时间(年月日时分秒),区域,设备编号,数量
消防安全	烟感探测	时间(年月日时分秒),区域,设备名称,设备编号,状态
	温感探测	时间(年月日时分秒),区域,设备名称,设备编号,状态
	图像分析	高清视屏图像
	防雷监测	时间(年月日时分秒),区域,设备编号,传感器电流,本次雷击ID号
遗产监测	病虫害监测	时间(年月日时分秒),区域,设备编号,状态
	温湿度监测	时间(年月日时分秒),状态,温度,湿度
	气象环境监测	时间(年月日时分秒),风向、风速、温度、相对湿度、雨量、PM2.5、PM10、AQI
基础设施监测	电力监测	时间(年月日时分秒),系统名称,设备编号,状态
	热力监测	时间(年月日时分秒),区域,系统名称,设备编号,状态
业务信息管理	风险防控管理	风险源管理、高危场所管理、特殊时期管理
	安全隐患管理	隐患填报、隐患查询、隐患类型、隐患来源、统计分析
	安全任务管理	安全检查管理、培训管理、演练管理
	资源信息管理	应急机构设置、地图标识管理、物资用品管理、设备设施管理
	队伍信息管理	队伍名称、人员、联系方式
	预案信息管理	预案查询、预案维护、预案属性维护

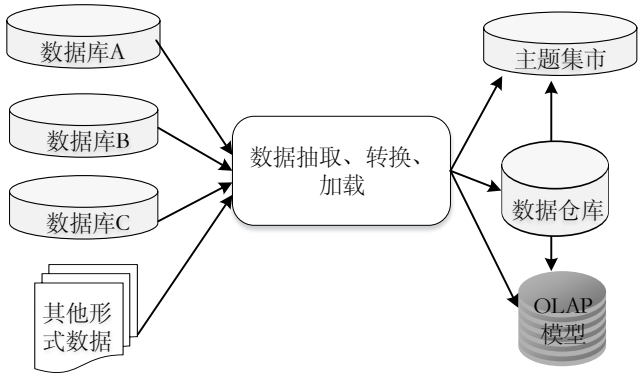

图4 集中集成共享方式示意图

整合工具、数据访问渠道,相互之间的关系如图所示。适用于对可共享数据的集中管理。数据中心可参考此模式进行数据资源整理。

3.3 汇集数据集成共享方式

汇集数据集成共享方式可以实现汇总数据库与各项数据库之间需共享数据间的传输和交换。主要包括各级报送的数据资源、数据提交/接收工具,数据传输渠道,相互之间的关系如图所示。可采用消息中间件、开发专用的提交/接收工具、利用ETL(Extract Transformation Loading)工具等实现。适用于不同层级机构进行数据报送和接收的过程。

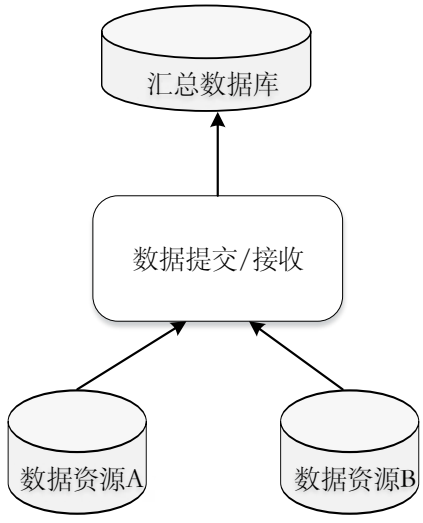

图5 汇集集成共享方式示意图

3.4 与外部数据集成共享方式

与外部数据交换方式可以实现环境信息系统与外部相关单位进行数据交换。后台内部不同安全级别网络间的数据交换也可参照此模式,隔离方式依相关信息

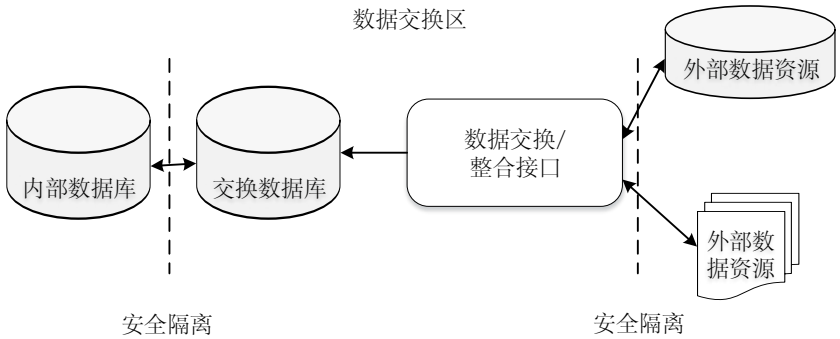

图6　与外部数据集成共享方式示意图

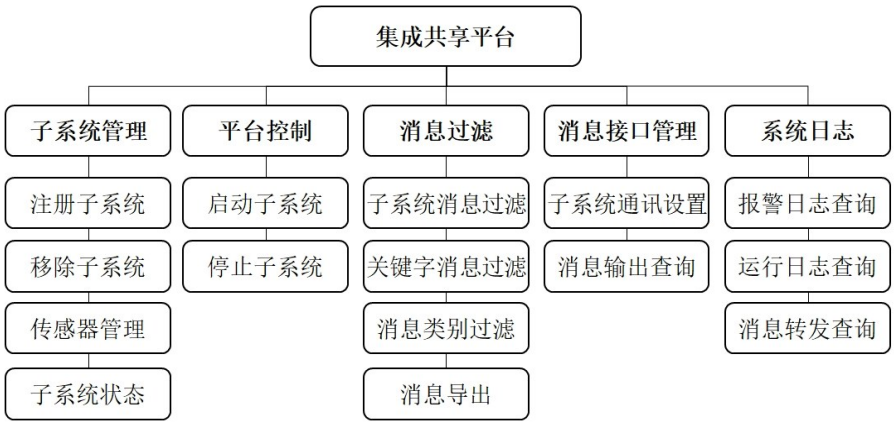

图7　集成共享平台原型功能框架

安全标准要求来确定。主要包括内部数据库、外部数据资源、数据交换区、数据传输渠道，相互之间的关系如图所示。适用于后台数据与外部部门间数据交换的过程。此种方式应建立数据交换区，按照安全相关规定，实现与内部数据库之间、与外部之间的安全隔离。

4　文物保护单位安全监测信息集成共享平台原型设计

集成共享平台一方面将各个系统、各个部门之间的信息进行顺畅的交换，另一方面通过一站式管理对全局信息进行总览和配置。通过对各个子系统之间的接口集成，可统一提供数据通讯接口及数据，打通各子系统之间的实时信息交换，并监控全局系统整体运行状态。集成共享平台本质核心是以SOA为服务架构，采用松耦合方式，达成消息服务标准化、数据字典标准化，满足业务需求。集成平台并不是集中处理业务，所有业务还是基于原有的业务信息系统进行处理。集成平台只是一个打通这些不同业务信息系统数据的通道，让各个系统的数据能够互通，解决“信息孤岛”问题。主要包括子系统管理、平台控制、消息过滤、消息接口管理、系统日志等功能模块。

4.1　子系统管理

子系统管理主要包括子系统注册、移除、状态管理及传感器管理。

4.1.1　子系统注册与移除

子系统目录存储与子系统相关信息，包括子系统的地域、所属部门、URL地址、功能描述、版本信息、发布时间、发布人员、状态、输入输出参数、错误代码、同步异步、技术负责人、电话、Email等等信息。各个子系统需要向集成平台进行注册，只有注册后各个子系统才能正常运行，并且能使集成平台方便的对各个子系统进行管理和维护。当某一个子系统功能需要移除时或暂时屏蔽时，可以操作移除子系统功能，使子系统从界面消失。

4.1.2　子系统状态监测

对所有子系统当前的运行状态进行监测，主要状态分类如表2所示。业务对象的运维状态在各业务模块中定义，在运维日志中记录对象的运维状态变化，在运维工具中查看运维信息，随时可查看最新数据，查询历史

数据，提供了启动服务/停止服务/重启服务的功能，提供全网段或指定网段内网络设备在线状态实时监测。

4.1.3 传感器管理

传感器管理模块主要集中在 Web Service 发布的服务接口中，不仅要提供传输的参数，还要完成数据存储、信息推送、报警判断、其他平台数据推送和报警信息推送至平台等任务。集成平台的一些子系统会用到某些传感器（比如烟雾报警器等），在这里可以添加传感器，并且可以对这些传感器做出一些参数的变化修改。传感器管理模块是整个平台数据推送的始源。平台包含有烟雾传感器、气压传感器、视频传感器、湿度传感器等，所传输的数据分为数据流和视频流。发布数据推送服务接口，提供给硬件传感器调用该服务进而向平台推送数据。硬件数据流传感器选择 XML 和 JSON 两种数据传输方式，视频流传感器则通过 RTMP 协议向平台传输流媒体数据。

4.2 平台控制

平台控制功能模块包括子系统启动和停止。根据系统运行状态可以来自由选择需要启动的子系统。如果优先级最高的子系统处于“不存在”状态，主服务要通过 WebAPI 不断轮询，只要该子系统启动了，就会再次激活。主要过程包括：主服务调用子系统的 WebAPI，要求子系统连接主服务，不断循环直到激活成功；接收到 WebAPI 以后，子系统将连接主服务；系统连接主服务，就会触发 Hub 类的 OnConnectedAsync 事件；在 OnConnectedAsync 事件中，将回调子系统的 Online 事件，回传关键的参数 connectionId；子系统 Online 事件触发后，将调用主服务的 WebAPI，在主服务端注册，注册成功后自动处于“备用”状态；服务将调用 WebAPI，命令该类子系统的当前“启用”子系统进入到“备用”状态。注意，这一瞬间，该类子系统无一“启用”；主服务调用优先级最高子系统的 WebAPI，将该子系统变为“启用”状态，并更新启用子系统列表及完整子系统列表的状态。进入正常运行后，需要监听所有子系统，一旦故障，必须及时切换停止并备用子系统。循环监控启用子系统心跳，如果心跳丢失三次，通过服务类型找到排在最前的处于备用状态的子系统。

4.3 消息过滤

子系统产生的消息一般包含消息来源，消息内容以及消息类别等信息，可以根据这些来进一步过滤消息。显示过滤器表达式的作用是在接收数据包之后，从已接收的所有数据包中显示出符合条件的数据包，隐藏不符合条件的数据包。具体包括子系统消息过滤、关键字消息过滤、消息类别过滤和消息导出。

表 2 子系统运行状态分类表

对象	状态	描述
服务	不存在 NOTEXIST	服务心跳丢失（服务未启动或启动未激活）
	备用 STANDBY	服务心跳正常但未启用
	启用 INUSE	服务心跳正常且正在投入使用
用户	在线 ONLINE	用户在线
	离线 OFFLINE	用户离线
	无效 INVALID	用户因超出有效期等原因导致的无效

4.3.1 子系统消息过滤

展示所有子系统运行过程中产生的消息，可以根据子系统来过滤消息。一条基本的表达式由过滤项、过滤关系、过滤值三项组成。比如 ip.addr == 192.168.1.1，这条表达式中 ip. addr 是过滤项、== 是过滤关系，192.168.1.1 是过滤值（整条表达式的意思是找出所有 ip 协议中源或目标 ip、等于、192.168.1.1 的数据包）。以不同的过滤项表达式=不同的 IP 地址来过滤不同的子系统。

4.3.2 关键字消息过滤

可以根据手动输入文字来过滤消息。设置关键字过滤值就是设定的过滤项应该满足过滤关系的标准，比如 500、5000、50000 等等。以不同的过滤值表达式=不同的关键字来过滤不同的具体消息。

4.3.3 消息类别过滤

可以根据不同的消息类别来过滤消息。设定过滤关系就是大于、小于、等于，我们可以通过设定过滤值和过滤关系来区分不同的消息类别，比如温度值超上限等消息。筛选 url 中包含 .php 的 http 数据包----http.request.uri contains ".php"，筛选内容包含 username 的 http 数据包----http contains "username"。

4.3.4 消息导出

导出子系统运行产生的消息，一般可以导出为 excel 文件。可先通过消息过滤查询出相应的消息数据列表。然后触发导出事件执行，通过导出组件将数据支行写入到 xls 文件中。可按相关列头排序。

4.4 消息接口管理

4.4.1 子系统通讯设置

子系统通讯设置就是指消息传输，设置内容包括协议类型、端口号，IP 地址等信息配置。将第三方系统作

为系统的一个页签，点击以后单击登录进入第三方系统的指定页面。如果还没有添加过应用则需要先创建一个应用。在应用管理列表进入集成设置页面，启用集成功能，获取生成的密匙。

4.4.2 消息输出查询

集成共享平台不仅需要满足默认的给全网其他系统用户发送消息，还要能够支持给指定的批量用户发送，所以创建消息的时候，需要提供账号导入功能。导入文件的格式通常为文本格式，为了防止后台运营编辑人员导入错误格式，在后台加入了模板下载。操作人员可直接在模板内录入账号。每一条需要输出转发的消息内容需要显示标题、内容、发送状态（未发送、已发送）、发送时间。未发送的消息应排列在已发送的上方，同一状态内的消息按照发送时间倒序排列。消息的操作包含了修改、删除、发布，不支持批量操作，只能逐个操作。需要说明的是处于未发送状态的消息可以进行任何操作，消息一旦发送则不允许进行修改和删除。用户一旦发现已查看的消息可以被系统随意修改和删除，使用户对平台的信任感随之降低。当列表中的消息越来越多的时候，快速找到目标内容则会比较困难。为快速查找历史信息，需要提供一些查找筛选的条件，可按照消息的发送状态、发送时间段以及消息标题的方式进行组合查询。

4.5 系统日志管理

子系统运行过程中，某些模块会产生日志，需把这些日志记录下来，保存到数据库。系统中操作和报警信息均可以记录到日志。日志保存级别可以根据重要程度设置，减少储存日志信息量，方便检索。系统日志管理支持多种日志查询方式。

4.5.1 报警日志查询

报警日志是报警系统产生的，用于查询报警记录，可根据时间等过滤条件来查询。日志收集器采用无中心设计，使用引入日志收集器，其提供自动日志打印和手动日志打印两种方式。自动日志打印通过拦截的方式自动打印所有的接口调用信息，手动打印则提供打印入口，供开发者自行调用。日志按一定的格式输出，可使用轻量型日志采集器采集日志并传输给日志解析器，完成日志的解析、过滤、加工，最后通过日志控制台展示，完成日志的可视化转变。

4.5.2 运行日志查询

运行日志是系统日常运行过程产生的，如警告消息，也可根据时间等过滤条件来查询。实时采集服务器运行日志，上传到中央处理系统，统一管理和保存日志，提高运维效率，保障运维安全。自动识别各种日志类型，自动抽取关键字段，将非结构化的日志转化为结构化数据。可以对日志进行全文索引，对不同来源的日志做关联分析，方便及时定位问题，同时通过丰富的统计及可视化功能，使日志情况一目了然。

4.5.3 消息转发查询

有些子系统与子系统之间存在消息交互，因此要把一个系统产生的消息通过集成平台转发到另一个子系统，并可查询转发信息。采用控制台的消息查询功能，按照时间维度或者根据日志中查到的消息 ID，来查看具体某条消息的消息内容、消息参数和消息轨迹。查询内容主要包括：查看某条消息的具体内容，具体参数；查看消息由哪个生产 IP 发送，是否发送成功，消息到服务端的具体时间；查看消费由哪些消费者消费了，是否消费成功，消息确认消费的具体时间；需要做分布式系统的性能分析，查看消息队列对相关消息处理的时延。

5 总结

突发事件具有爆发突然、难以预测、影响巨大等特点，需要决策者在事件紧急、资源有限、信息模糊的情况下采取应对方案，决策的科学性、高效性就更至关重要。在文物保护单位已建立多种突发事件信息监测与分析系统基础上，建立数据输入输出汇集“中枢”，实现信息增值、辅助应急决策对提升文物保护单位的安全效能和应急能力意义重大。本研究通过分析文物保护单位安全监测要素，对现有监测信息类型进行分类，并对信息集成共享的方式进行研究，设计信息集成共享平台原型系统，可以为文物保护单位安全监测信息集成共享体系建设提供有力支撑。

参考文献：

[1] 霍巍,杨锋,谌海霞.西藏重点文物保护单位的现状、潜在资源分析与保护对策[M].北京:社会科学文献出版社,2016:85
[2] 第一至七批全国重点文物保护单位统计资料简册
[3] 百度网.文物局通报国家文物局通报2021年文物行政执法和安全监管工作情况[EB/OL].https://baijiahao.baidu.com/s?id

=1729826741725600842&wfr=spider&for=pc,2022-04-11
[4] 车成逸,马宗民,焦晓龙.基于结构化信息源的本体构建方法综述[J].计算机应用研究,2012,29(7):5.
[5] 贾欢.多源异构钻井信息集成技术研究及应用[D].西安石油大学,2017.
[6] 于娟,党延忠.本体集成研究综述[J].计算机科学,2008(7):9-13.
[7] 凌云.基于XML技术实现C/S异构数据库的集成[J].微计算机信息,2007(27):3.
[8] 刘造新.基于本体的XML关联规则挖掘方法[J].计算机应用,2008,28(9):3.
[9] 耿玉水.面向集团企业的数据集成模型构建方法研究[D].天津大学,2014.
[10] 潘佳云.基于本体的异构数据集成技术研究[D].东华大学,2013.
[11] 吴思颖,吴扬扬.基于中文WordNet的中英文词语相似度计算[J].郑州大学学报:理学版,2010,42(2):4.
[12] 王玉清,金晓民.XML技术及其与其它语言的比较[J].内蒙古大学学报:自然科学版,2004,35(5):5.

Research on the Integrated Sharing Model for Safety Monitoring Information of Cultural Heritage Sites

LI Yue, ZHAO Lianjiang, WANG Bo, WANG Yining, Zhang Zhifang
the Palace Museum,Beijing 100009

Abstract: Cultural heritage sites are complex and diverse in terms of security incidents due to the high value of preserved cultural relics, the number of visitors and the social impact. With the development of information technology and intelligence in recent years, massive amounts of data have emerged from internet sensors, mobile devices, and social networks, providing a heterogeneous, multi-sourced source of information for real-time alarm information. At present, although a variety of event information monitoring and analysis systems have been established within present cultural heritage sites, but they lack of unified planning when constructing due to the influence of technical factors so the problem of "data silos" is prominent. Therefore, how to make full use of the existing resources as well as data value upgrading and scientific and efficient emergency decision-making to establish data input and output pooling "hub" to achieve value-added information, and the assist emergency decision-making, is a key issue that needs to be addressed. In this study, 4 main ways of information integration and sharing were given through the analysis of safety monitoring elements in heritage protection sites and the classification of existing monitoring information types, and a prototype information integration and sharing platform is designed in terms of subsystem management, platform control, message filtering, interface management and log management, aiming to provides support for the construction of an integrated safety monitoring information sharing system.

Keywords: cultural heritage site; safety monitoring; information integration; risk management

（责任编辑:何岸波； 责任译审:毛子英 张述庆）