

基于传统木构建筑健康安全监测与全信息采集、利用的物联网技术需求的思考

戴俭,刘科

(北京工业大学文化遗产保护研究中心,北京 100021)

摘要:本研究从物联网概念和技术介绍开篇,分析了物联网环境中各个要素之间的关系,并通过元素关系分析出物联网技术的应用领域和范围。同时,针对这种新型技术的特点和限制,探讨了关于在中国古代木建筑保护保存修复方面可即由物联网技术获得的优势及对于现状不足的改善,以及在物联网的技术下文物建筑保护的用户需求、产品形式和获取产品方式的探讨。最后递归出关于物联网技术需求的思考。

关键词:物联网;木构建筑;中国;保护修复

中图分类号: K875/879 **文献标识码:** A

0 引言

物联网是近年来社会 and 行业普遍关心的话题,同时也是下一个阶段 IT 领域发展的方向。这种基于信息传感设备将各种物理世界信息和互联网信息结合起来的新思路将会使我们的工作、生活方式发生巨大的变化,同样也会对我国文化遗产——传统木构建筑的保护产生重要的影响。

中国传统的木结构建筑是世界公认的三大建筑体系之一,我国大部分文物建筑也是以木材为主体结构。虽然木结构建筑以其独特的艺术和科技价值,成为世界建筑史上的瑰宝,但是由于木材本身的特性,决定了其易于受到各种自然灾害和人为因素的侵扰而损坏,木材材质本身也会随时间的发展而劣化,造成文物建筑健康状况的逐步下降,甚至整体的倒塌损毁,事实上目前这种情况仍然十分严重。因此如何充分利用当代先进技术将这些珍贵的文物建筑历史信息全面地采集记录下来,存储下来,并且对其历史价值给予传播利用,同时能够在大的破坏出现之前,通过有效的实时检测、监测发现病害,提出预防和抢救措施是当前十分迫切和必要的工作,是时代对我国文化遗产保护提出的要求。

为了充分发挥物联网在文化遗产保护——中国传统木构建筑保护领域的作用,推进这一工作的开展,有必要对物联网和中国传统木构建筑保护领域开展深入研究,充分认识双方的需求和技术的约定性、

规律性,并在跨学科的领域进行广泛、充分的交流。

1 关于物联网

物联网与现有互联网最大的区别就是网络所连接的信息载体不再是纯粹的数据,而是我们看得见,摸得着的实实在在存在的物体。数据和物质具有各自的特点,如:纯粹数据类信息易于复制、易于保存,但与人的交互相对困难,对现实世界的影响有限;物质是直接与人进行交互,可以直接地影响人类周围的现实环境,但相对的难以复制,难以保存,也难以方便地进行统计归类检索。物联网的出现,将在一定程度上打破物质与数字信息的壁垒,将现实世界中的“物”赋予数字标签信息,实现“物”如“数”一样方便的管理。

网络具有得天独厚的快速信息交流、信息归类和检索的优势,早就可以通过网络将工作文件、计划安排随时带在身边,随时发到世界各地,也可以通过网络随时了解天气、交通等信息。但互联网能够传送的,是可以转化为数字流的音乐、视频、图片等看得见、听得到却摸不到的东西。即使网络已经进驻到你手机的每一个角落,依然无法通过网络简单地为我们回家前烧好洗澡水、打开空调。这是由于互联网现在还仅处于计算机、手机等数字设备的专利,相对于身边的家用电器、小区门禁,互联网是一个完全独立的庞大系统。一旦物联网建立起来,周围的世界将全部打破虚拟和现实的隔阂,网络那相

收稿日期:2011-06-02;修回日期:2011-07-10

作者简介:戴俭(1963—),男,1997年东南大学建筑系毕业,获工学博士学位,现任北京工业大学建筑与城市规划学院院长,中国建筑学会理事、北京规划学会常务理事,北京建筑工程评标委员会专家委员,《华中建筑》编委,E-mail: 67393299@sina.com

隔万里仿如身边的优势将影响到我们家中每一样物品,除了不能拿在手里,几乎可以像在现场一样,对这些物品操作。可以想象,这将彻底改变人们的生活方式。物联网关系分析如图 1 所示。

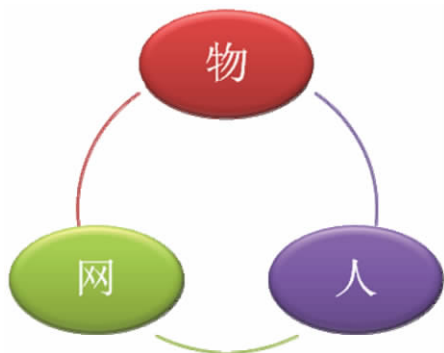


图 1 物联网基本元素关系

Fig. 1 Relationship of basic element of IOT

要想了解物联网能为文化遗产保护做什么,首先要了解物联网能做什么。总体来说,构成物联网网络链条的最小单位为图 1 所示三元素。

这三个元素构成了物联网一个完整的最小单位,再复杂的网络结构也无非就是最小单元的连接,那么从这个关系网开始分析。

1) 人→物。在互联网出现之前,人们就已经很熟悉这种交流方式了,简单来说,人通过视、听、闻、触四种方式接受信息,而通过手、脚、口传递信息,因此,人对于物的操控无外乎嘴说、手拿、脚踩等有限的几种方式。纵观我们周围的世界,我所能对物的操作几乎全部都包含在这几种方式之内。而现在,随着控制技术的进步,我们几乎可以将任何人对物的直接操作转变为电子信号对物的操作,这种普及的由电子信号信息操作物的方式也构成了物联网实现的基础。

2) 网→人。网络给予人的信息是丰富多彩而快速的,网络可以传输数据,而数据通过现有的技术可以还原成声音、影像,甚至是气味、动作。而且网络具有速度快、范围大的优势,具有数据整合分配的特性,因此从现有技术手段来说,网络能给予人全方位的帮助。

3) 物→人。物对于人是信息反馈者的角色,我们的行动作用于物上,物及时地给予我们反馈。物通过色、型、味将信息传达给人,并且通过传感器,物本身具有的看不见、摸不到的数据能直观地显示在我们眼前。

4) 网→物。网对于物,相当于建立了物自己独特的数据库。在形成数据流之前,物的属性是存

在于物本身或相关的纸质文档记录上。这些记录资料整理起来非常麻烦,要进行查询、排序、归类等处理,需要耗费大量的人力物力。但当实体物在网络世界有了自己独特的身份之后,基于数据库建立起来的网络就可以方便地对物进行统计处理。

5) 人→网。人从网获得信息,并将信息处理方式反馈给网,现有技术的操作方式不外乎四种:鼠标、键盘、触控、体感,未来也许还有声控、指纹、红外等操作方式。总体来说,最大限度地利用人类操控的经验模板,简化操作流程,符合人体工学的操作方式将是未来趋势。

6) 物→网。物联网有区别于互联网最重要的属性。物可以提供给网的是信息,大致分为以下两种:档案信息,从古建筑角度来看,就是几何形态信息、影像信息,材料成分组成、年代、历史背景等信息;其次是由加装的各种传感器传达出来的动态信息,如内部应力应变信息、病害信息、环境空气温湿度、有害气体等。

经过上面的分析,不难得出一个结论,物、人、网三元素是一个互相交流的内部循环系统。在这个环节里面,人是信息处理者和决策发布者,物是决策接受者和信息反馈者,而网则是信息和数据传递者。

为此需要进一步明确的是,作为物的文化遗产——传统木构建筑的形态应该是什么样,即终端产品是什么?对网的技术需求的限定是什么?而这一问题的回答又与终端产品的获取、控制、制造,以及终端用户—人的需求构成密切相关。因此将在终端用户需求、终端产品分类、终端产品的获取、控制、制造,以及物联网的技术需求等四个部分加以阐述分析。

通过对物及其作用方式的数字化,利用物联网网络信息共享和高速传递的特性就具有了通过数字技术实施文物建筑保护的可能性。为实现这一目标应进一步明确:

其一、在物联网的技术下文物建筑保护的用户需求是什么?

其二、在物联网的技术下文物建筑保护的产品形式是什么?

其三、在物联网的技术下文物建筑保护的获取产品的方式是什么?

其四、物联网技术需求的思考。

2 物联网终端用户——文化遗产建筑保护需求构成

做为文化遗产的传统木构建筑保护和所有文化遗

产的保护一样其核心需求在于其历史文化价值的保护与传播 细分起来应分为三个层次或方面的内容。

2.1 传统木构建筑历史文化价值研究的需求

传统木构建筑历史文化价值的研究是一切保护的基础,是保护对象的确立,保护修缮方案的确定以及如何对其文化价值进行有效传播等的关键。显然针对传统木构建筑历史文化价值深入、客观、准确的研究、评价需要尽可能多地掌握和拥有大量全面完整、真实的木构建筑的信息。这些信息包括木构建筑现状标本性信息,包括大量的有关建筑本体、背景形态、材料、环境等的数据、文字、图像资料,尤其是三维图像形态信息资料。

2.2 传统木构建筑历史文化价值保护的需求

传统木构建筑历史文化价值保护不仅要了解认知保护对象的价值,更要明确保护做为价值载体的文物建筑的残损状况。因此获取残损现状信息,并予以实时监测、评价将是科学有效地开展保护研究和进行维护、修缮的基础和前提保障。

2.3 传统木构建筑历史文化价值传播与利用的需求

传统木构建筑的保护的一个重要的目的就是木构建筑所蕴含的历史文化价值的传播与利用,具有文化延承和教育的作用。因此,如何全面真实地传递、再现与利用传统木构建筑历史文化的物证信息是社会对传统木构建筑的重要需求。

3 物联网终端产品分类——文化遗产建筑数字信息产品构成(示例)

以木结构建筑历史文化价值保护为对象的终端(数字)产品按照用户需求,现阶段主要包括三项内容;1) 基于历史价值研究需求——木构建筑现状数

据库产品;2) 基于历史价值保护需求——木构建筑健康安全监测评价平台产品;3) 基于历史价值传播、利用需求——木构建筑数字博物馆、木构建筑数字游戏平台产品。

3.1 传统木构建筑现状数据库及关键信息内容

- 1) 传统木构建筑现状几何及三维空间形态信息;
- 2) 传统木构建筑现状材料成分信息;
- 3) 传统木构建筑现状残损信息;
- 4) 其它——历史文献、图片、修缮记录等信息。

3.2 传统木构建筑健康安全实时监测评价平台及其检测关键信息内容

- 1) 木构建筑材料性能变异的实时监测;
- 2) 木构建筑单一构件力学性能变异的实时监测;
- 3) 木构建筑整体结构变形的实时监测。

3.3 传统木结构建筑数字博物馆及关键信息内容

- 1) 原真文物实物三维影像信息提取;
- 2) 相关历史背景信息。

4 终端产品获取与制造——文化遗产建筑数字信息产品获取

以木结构建筑为对象的终端产品按照用户需求,和以上分析将可形成以下三种产品类型:1) 木构建筑现状数据库(产品);2) 木构建筑健康安全监测评价平台(产品);3) 木构建筑数字博物馆、木构建筑数字游戏平台(产品)。这些产品的获取、制作、利用的具体内容、数据量、使用方式都是直接影响物联网使用的关键。

物联网与文物建筑保护的关联性示意图见图 2 所示。

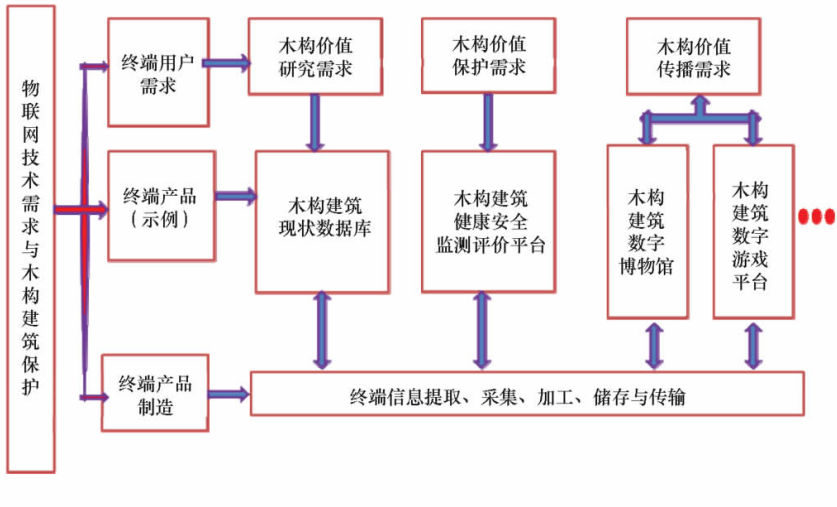


图 2 物联网与文物建筑保护的关联性示意

Fig. 2 Connections between protections of cultural architectures and IOT

4.1 木构建筑现状数据库(产品)及相关信息采集 加工

木构建筑现状数据库(产品)及相关信息采集、加工包括四个方面: 1) 传统木构建筑现状几何及三维空间形态信息; 2) 传统木构建筑现状材料成分信息; 3) 传统木构建筑现状静态残损信息; 4) 其它——历史文献、图片、修缮记录等信息。

4.1.1 关于传统木构建筑现态几何与三维影像信息(基于激光扫描技术的)采集 目前利用激光和摄影技术进行精确测量及三维空间形态几何信息、影像信息采集是国际上历史建筑保护领域数字化发展的趋势。

采集实景见图 3 所示。



图 3 采集实景

Fig. 3 Survey by laser scanner

采集点云成果信息示意图 4 所示。

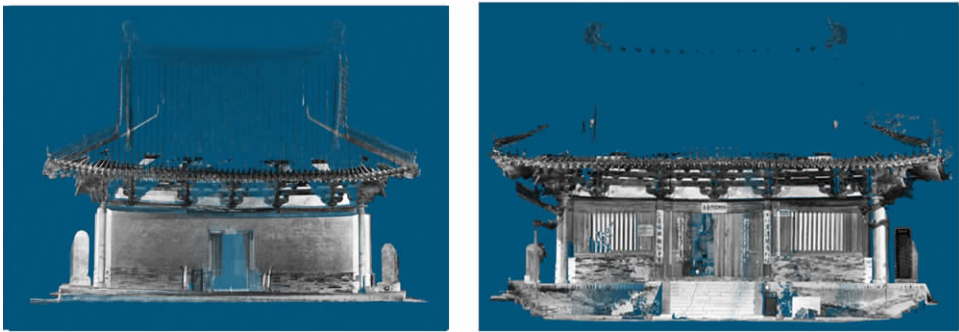


图 4 采集点云成果信息示意

Fig. 4 Point cloud information

点云信息本身做为最原始的几何形态数字化信息本身已具有极高的储存、研究的价值,但由于其数据量较大,在物联网的传播中具有一定的难度,而通过物联网实时的远程控制提取信息目前还有难度。

通常为保持应有的精度一个三开间的古建筑里面的数据量将达到 15G 之多。而基于点云的图纸信息的成果通常数据量不大,易于储存,完全可以由物联网进行远程传递(图 5)。

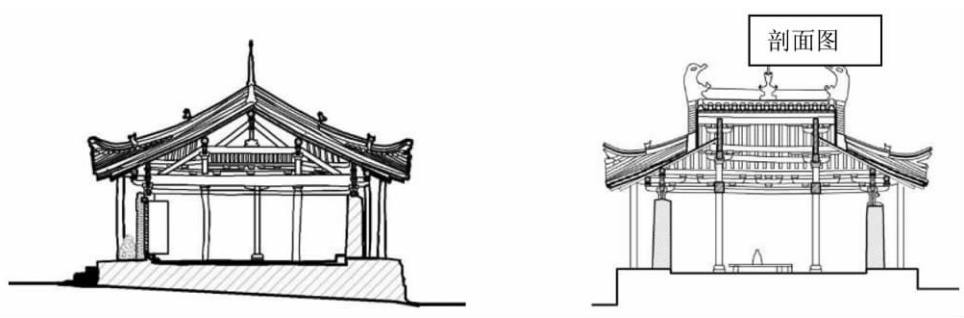


图 5 基于点云的图纸信息

Fig. 5 Drawing information base on point clouds

4.1.2 传统木构建筑现状材料成分信息的采集 利用高分辨电镜 EM、拉曼光谱仪、X - 射线衍

射仪、X - 射线荧光仪等技术采集、鉴别古代油饰彩画颜料成分、砖石、灰浆成分、种类等信息(图 6) 。

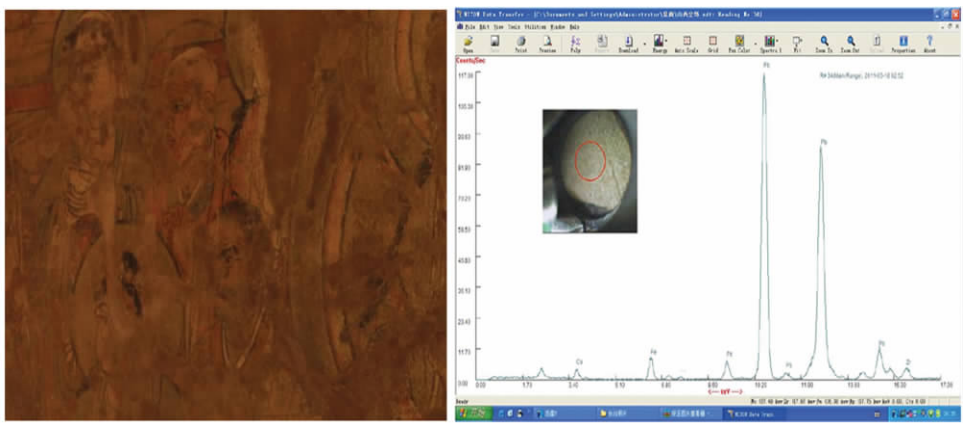


图 6 壁画颜料成分分析

Fig. 6 Mural paint analysis

X 荧光仪和拉曼光谱在壁画检测中的应用: 检测壁画后 ,发现该壁画的地杖使用的是 PbCO_3 (碳酸铅) 。绘画颜料的分析结果是: 深红色为朱砂 ,橙红色为铅丹 ,绿色为石绿(孔雀石) 。此外 ,从检测图看到由于该黑色是画在地杖上的 ,所以含大量的 Pb; 还含有 Cu 和含量高于木头本体的 Fe 存在; 从而分析判断出该黑色不是简单的墨黑 ,而是用锅底黑(含铁) 调上一些石绿(孔雀石) 画出的。对该壁画上的各种颜色分析发现使用的都是中国传统的无机矿物颜料 ,从壁画的风格看应该是唐代或五代时期的作品 ,即便后人修过也应该是用的传统工艺和材料修的。

4.1.3 传统木构建筑现状静态残损信息提取 有三种方法: 1) 采用应力波仪、超声波仪无损采集、检测木构柱梁的内部形态信息。2) 利用红外热成像检测内部开裂。3) 利用地质雷达(探地雷达) 发射的高频电磁波采集、检测实体对象内部形态信息 ,判

定建筑物墙体(壁画) 残损情况的技术 ,以及利用无损检测技术中的回弹仪 检测、采集砖石材料强度及材料的力学性能等信息。

1) X 荧光仪和拉曼光谱对石材的残损检测。在原起寺和大云院附近的石柱和石碑、石刻进行检测分析后发现所有的石材中都含有非常高的钙 ,而且基本看不到 SiO_2 的存在 ,由此判断这些石材都是取自当地的石灰岩。还有一个比较让人关注的现象是这些石材的表面硫的含量都非常高 ,见图 7。

初步判断以上石材的硫是由外部污染所造成 ,石灰岩硬度很高 ,但非常害怕来自酸性物质的侵袭 ,像酸雨和一些含硫的粉尘对它的侵害都是很严重。所以需要对此现象进行关注 ,做好相应的保护工作。采集的信息通常为图形数据形式 ,数据量不大 ,可以满足利用网络传输需要。

2) 利用应力波仪检测、提取木材内部形态残损状况。结果见图 8。

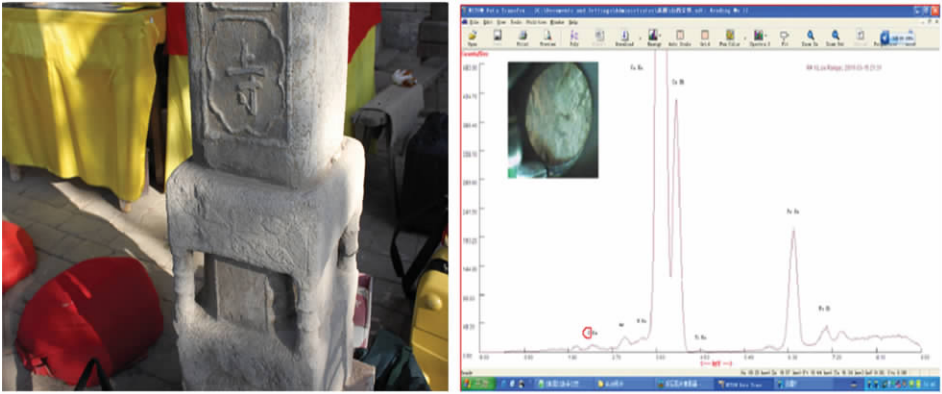


图 7 石柱材料分析
Fig. 7 Material analysis of stone pillar

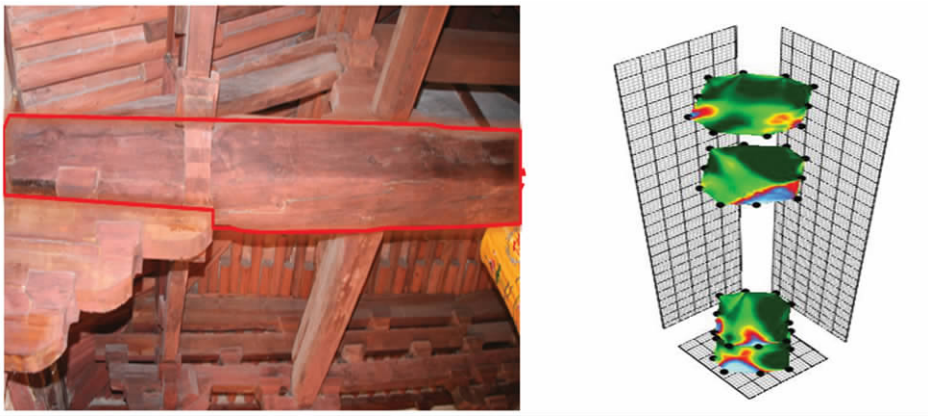


图 8 木结构应力分析图
Fig. 8 Stress analysis of timber structure

一些经过修缮的木结构很难从外表判断内部的孔洞,利用阻力和应力波仪可以进行有效检测。图 8 左图为检测图形,蓝色部分说明此梁内有空洞。须说明的是该图数据量不大,可以满足物联网传输需求。

3) 利用探地雷达检测,采集墙体、壁画、基础病害、残损信息(如空鼓)。这类检测结果通常也是通过图形波纹来反映内部的静态残损状况,数据量不大,可以满足物联网传播需求。

4.1.4 其它——历史文献、图片、工艺、修缮记录等信息 这类信息主要指的是普通的图片、照片与文字信息的采集,数据量完全可以满足物联网要求。

4.2 木构建筑健康安全监测、评价平台(产品)建设,及相关信息采集与评价

内容包括:1) 木构建筑材料性能变异的实时监测,信息采集;2) 木构建筑单一构件力学性能变异的实时监测,信息采集;3) 木构建筑整体结构变形的实时监测,信息采集。

4.2.1 木构建筑材料性能变异的实时监测信息采集 用两种方法:(1) 利用阻力与应力波仪和超声波仪监测木结构建筑材料性能变化的信息;(2) 利用应力波仪、回弹仪,监测、采集砖石材料强度及材料的力学性能等信息。

利用应力波仪和超声波检测仪对木构建筑材料性能周期性监测可以达到动态检测其变异的目的,方法同前不再赘述。其数据量亦不大,可以满足物联网传输需求。

4.2.2 木构建筑单一构件力学性能变异的实时监测 利用应力应变、加速度、位移等各类传感器监测采集和获取构件性能变化,并进而对构件的损伤位置、损伤程度、进行判断,并及时将此信息传输到处理到相关决策机构。这类监测通常数据量不大也完全可以满足物联网传输要求。

4.2.3 木构建筑整体结构变形的实时监测 用了两种方法。

(1) 利用激光扫描进行碰撞试验—监测、获取

位移、变形信息的方法。许多古建筑年久失修后,出现节点脱榫、柱身歪斜等情况(图 9)这种变形的具体情况通常也可以通过激光扫描方法,在进行碰撞

试验后获得详细变形信息。如果最终的成果仅仅需要一图形的方式进行传输和评价的话,通常数据量也不大,可以满足物联网的要求。

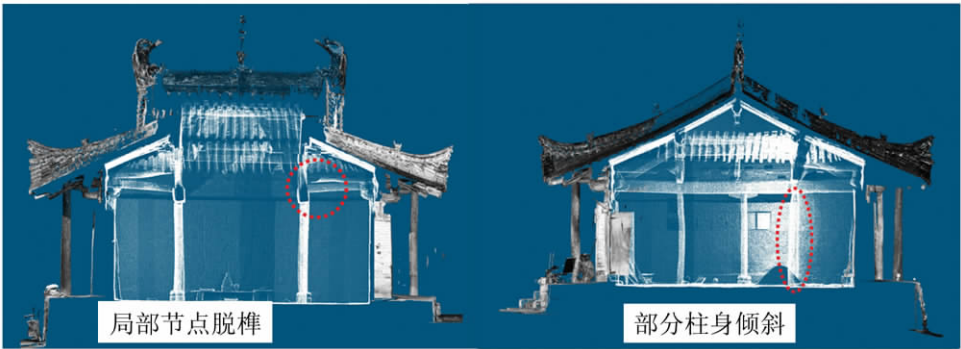


图 9 三维扫描仪探测的结构损伤

Fig. 9 Structure damages detected by 3D laser scanner

(2) 利用光纤光栅间接传感器监测、采集应力应变加速度、位移变化的信息,可以进一步判断结构整体性能的变化。泉州开元寺是全国重点文物保护单位,大雄宝殿是开元寺的主体建筑,位于其中轴线上。北京工业大学课题组曾在泉州开元寺大雄宝殿进行了结构监测和信息采集。大雄宝殿平面上为矩形,面宽九间,进深六间,课题组在整个建筑空间上

布置 5 个传感器,获得大殿的平移振型和扭转振型(图 10)。在平面图可以看到,为了获得平移振型分别在梁上、柱上、柱台以及地面布置传感器;为了获得扭转振型在大殿的对称位置的柱上布置传感器,图 10 为最终获得的开元寺大雄宝殿 N-S 加速度多踪时域波形记录和 N-S 位移多踪时域波形记录。

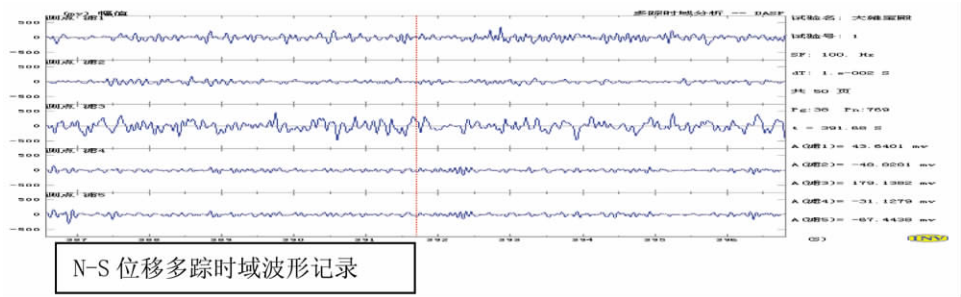


图 10 开元寺应力应变波形记录

Fig. 10 Stress-strain wave data of Kaiyuan temple

数据信息被采集后,经过处理后的数据量并不大,通常都是可以利用互联网传输出去的,同时可以被远距离实施监控和管理。

4.3 木构建筑数字博物馆、木构建筑数字游戏平台(产品),及其信息的采集与加工

4.3.1 基于博物馆文化价值传播定位的原真文物实物三维影像的采集 木构建筑及其构件兼具影像和精确三维几何信息的信息采集对原真性文化遗产的历史文化信息传播具有重要意义,也是数字博物馆未来的方向和物联网的基础(图 11)。但是对于

物联网而言,由于数据量巨大,尚需进一步探索存储和传输大方法。

4.3.2 基于博物馆文化价值传播定位的相关历史背景信息的采集 这一部分是传统的照片、文字等二维信息,数据量可以满足物联网传输之用。

4.3.3 基于博物馆文化价值传播定位的相关数字游戏平台 用已有的文化遗产资源进行文化价值传播的一个有效途径就是物联网为基础的游戏平台的建设。目前已有较成熟的技术,应加大探索的力度。



图 11 三维技术重建的高还原度文物数据

Fig. 11 Ultra-accurate 3D data of relics

5 物联网技术需求的思考

物联网将进入人们生活和工作的方方面面,我们有理由相信它将在不久的将来,对文化遗产保护事业产生重大的影响,因此必须积极面对,并充分利用物联网带给我们的机会,利用这一手段全面促进和提升文化遗产保护的水平。因此以下几点建议做为本文的结语:

1) 应尽快建立针对传统木构建筑信息采集的,同时能够适应于物联网要求的标准。传统木构建筑信息采集应依据文物建筑价值研究、保护、传播的需要尽快开展研究制定相应的标准,既满足保护的需要,同时要把视野放得更广大些,使其满足未来物联网发展的需要。

2) 应加强针对传统木构建筑信息储存的技术——方式、规模、质量,软硬件条件与建设。在以上的分析、研究中不难发现,传统木构建筑信息储存,尤其是对于大量的激光扫描点云信息的存储,具有相当的难度,同样需要技术研发和软硬件条件与建设。

3) 应加强针对传统木构建筑信息传输技术——方式、规模、质量,软硬件条件与建设。在以上

的分析、研究中不难发现,传统木构建筑信息传输,尤其是对于大量的激光扫描点云信息的传输,具有相当的难度,同样需要技术研发和统一标准的建立。

4) 应进一步加强针对传统木构建筑信息远程操控技术——方式、安全,软硬件条件与建设。针对传统木构建筑信息实施远程监控和管理,目前已有基础,且部分地区已有实践,但是系统、规模化、集成化且高智能化的远程监控还需要在软硬件条件条件方面加大建设的力度。

参考文献:

[1] 穆雨晴. 文化遗产保护中的三维扫描技术[M]. 北京: 北京建工学院, 2007.
MU Yu-qing. 3D scanning technologies in cultural heritage protection [M]. Beijing: Beijing University of Civic Engineering and Architecture. 2007.

[2] 罗小华. 基于三维激光扫描技术的古建筑测绘[M]. 苏州: 苏州科技学院建筑系, 2009.
LUO Xiao-hua. Historical architecture surveying based on 3D laser technology [M]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology. 2009.

[3] 王保云. 物联网技术研究综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(12): 1-7.
WANG Bao-yan. A summary of research on internet of things' technology [J]. J Electr Meas Instr 2009 23(12): 1-7.

IOT technology based on the safety monitoring and information
collection and utilization of traditional wooden construction

DAI Jian ,LIU Ke

(Conservation and Research Center of Cultural Relics ,Beijing University of Technology ,Beijing 100021 ,China)

Abstract: This article begins with the introduction of IOT concept and technology , analyses the relationship of each element in the IOT environment ,and gets the deduction of application fields of IOT based on analysis. Meanwhile ,according to the standards and limitations of this new technology ,the advantages gained by IOT technologies which can benefit for Chinese ancient wooden architectures in conservation and restoration aspects are discussed. It also discusses the improvements of current status ,the demands of customers ,and the forms and methods of obtaining the products under these technologies of IOT. At last ,the article summarizes the demands of IOT technology.

Key words: IOT(Internet Of Things) ; Wooden construction; China; Conservation and restoration