

虚拟现实

——秦兵马俑遗址与文物的数字化保护与展示

霍笑游¹ 孟中元² 杨琦²

(1.德国巴伐利亚州文物保护局;2.秦始皇兵马俑博物馆研究室 陕西临潼 710600)

内容提要:虚拟化技术试用于秦始皇兵马俑坑和兵马俑文物的展示,取得了较好的效果。其方法是利用全景摄影,设计和实施“虚拟之环游”。通过对一件跪射俑三维扫描进行虚拟三维场景处理的实践操作,可看出这一技术有很好的发展前景。

关键词:兵马俑坑 全景摄影 虚拟现实

中图分类号:G26

文献标识码:A

一 虚拟现实与文物遗址的数字化保护与展示

虚拟现实(Virtual Reality,简称VR)是通过计算机对复杂数据进行可视化操作与交互,辅助生成一个三维虚拟空间的模拟系统,是一种对真实场景的三维虚拟展示。虚拟现实涉及到计算机图形学、计算机视觉、多媒体技术、人机交互技术、传感技术、人工智能、显示技术、网络并行处理等多个领域。

在文物遗址的数字化保护与展示方面,如果仅从场景的视觉展示角度上可将虚拟现实的应用分为三类:(1)基于数字摄影技术的虚拟现实。可用到双数码相机的数据采集建立三维场景展示和单数码相机的全景摄影技术建立三维场景展示。(2)基于数字测量技术的三维建模的虚拟现实。可用到三维扫描技术对场景和物体进行三维空间建模制作三维虚拟展示。(3)基于数字摄像技术的数据采集与处理建立三维场景。

本文对秦兵马俑文物遗址与文物的数字化保护与展示中所应用到的技术,以实例作一概括介绍,并着重介绍秦兵马俑坑遗址与文物的全景摄影和物体扫描技术的具体应用。

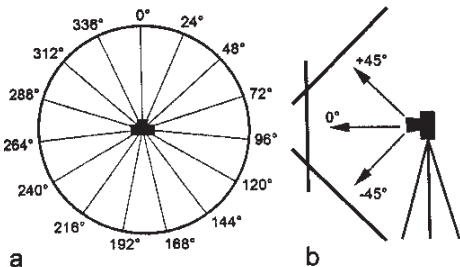
二 基于三维全景摄影技术的虚拟现实

1.三维全景摄影技术概况

三维全景是基于全景图像的真实场景虚拟现

实技术,也称为实景虚拟或全景(Panorama)。为了达到对秦兵马俑坑考古遗址现场的数字化保护,最简捷的办法是借助360°全景摄影技术。

制作三维全景需要可配接全景摄影云台的三角架,接快门线的专业数码相机,三维全景制作软件等。在全景摄影技术方面有国内外成熟的软件产品,国外软件如法国REALVIZ公司的Stitcher 4.0全景制作软件,国内软件如上海杰图公司的造景师6.0全景制作软件等,这些都可以用来开发全景摄影展示。如采用Stitcher 4.0软件,可用18~55毫米标准镜头的NIKON D50数码相机,曼富图(Manfrotto) 303PLUS型号全景云台;如采用上海捷图公司的造景师6.0软件,可使用推荐的Nikon或者Canon的专业单反相机,如NIKON D50/D100/D200,Sigma F3.5-EX DG 8毫米F卡口(配套Nikon



图一//

a)拍摄每组间隔24°的15张照片

b)拍摄+45°、0°、-45°三组照片时的相机

收稿日期 2008-09-11

作者简介 霍笑游(1968~),男,德国巴伐利亚州文物保护局文物修复师,主要研究方向:文物修复。

孟中元(1967~),男,秦始皇兵马俑博物馆研究室副研究馆员,主要研究方向:博物馆信息化应用与管理

杨琦(1984~),男,秦始皇兵马俑博物馆研究室助理馆员,主要研究方向:博物馆教育与信息化。

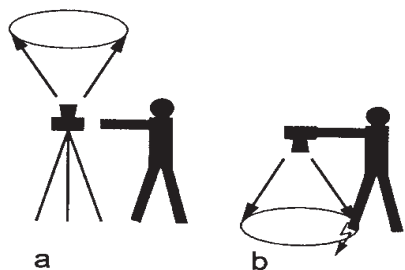
相机使用)的鱼眼广角镜头,Manfrotto 303 sph全景云台,Manfrotto 055B三角架。按照全景摄影技术的要求,将环360°拍摄的一组或多组照片拼接成一个全景图像,或者通过全景制作软件导入一组或多组照片,对照片拼接并输出全景格式的文件。通过计算机技术实现全方位互动式观看的真实场景还原展示方式,通常可在播放软件(Quicktime、Flash)或插件(Java Applet、Activex)的支持下实现360°真实场景的展示,观看者可使用鼠标或键盘控制环视的方向,对场景照片作上下、左右、远近控制以自由选择观赏视角;在场景转动时,会沿着球面坐标进行透视变形,因此在观赏中通过图像的转动会产生逼真的透视立体效果,给人以强烈的空间感和方位感,从而获得一种身临其境的体验。

2. 秦兵马俑文物遗址三维全景摄影开发的起因与过程

该项目初衷是为2007年中德文物保护科技合作成就展开发计算机数字化多媒体展示,以秦俑博物馆网站对文物遗址的全景展示为契机,将全景摄影技术应用于秦兵马俑遗址与文物的数字化保存与展示,以探索使用虚拟技术的可能性,其目标是通过全景摄影来设计和实施“虚拟之环游”,以物体三维扫描对三维场景做虚拟化处理。全景拍摄选用秦兵马俑一号坑遗址五个过洞、秦兵马俑二号坑彩绘俑出土的探方、秦兵马俑二号坑探方隔墙、秦兵马俑三号坑遗址以及秦始皇帝陵园范围内几处不同地点;物体三维扫描各选用一件彩绘跪射绿面俑、将军俑和秦始皇帝陵园七号水禽坑出土的青铜鹤。

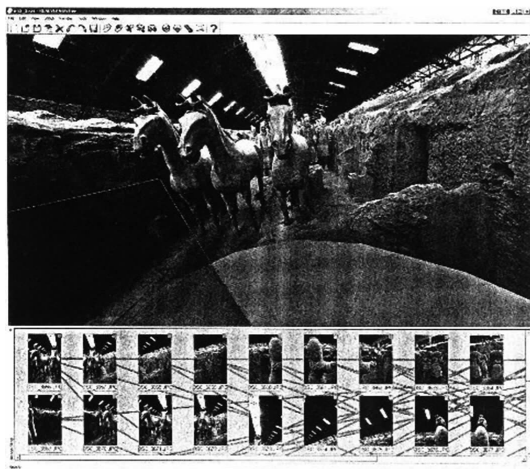
3. 三维全景摄影和物体三维扫描

如何理解三维全景摄影和物体三维扫描?在三维全景摄影中,显示在观赏者面前的是全景中一个观测点的虚拟环境,其间水平的和垂直的视线可以任意改变。物体三维扫描则能实现在要观赏的物体周围做虚拟运动,从各个不同的角度来



图二// 拍摄垂直向上和向下的照片时的相机位置

a)拍摄顶部,相机架在三角架上 b)地面照片,相机手持,三角架必须拿开。注意:脚可能被拍进照片!



图三// 使用 Stitching 软件(Realviz Stitcher)

将单张照片合成三维全景摄影

观赏。借助于物体三维扫描,可以实现具有立体感高清晰的展示。

实现.mov文件格式的全景展示需要Quicktime播放器,在观看过程中视线可随鼠标或键盘随意操纵,观者所看到的场景是全景中的长方形片段,用鼠标或键盘控制场景的移动可变换视角,可在虚拟的三维空间中自由取定方位改变场景研究细节。另外,可点击播放窗口上的变焦按钮“+”或“-”使得取景放大或缩小,观者在视觉上便产生与场景或远或近的错觉。

(1) 三维全景摄影

可通过全景制作软件在计算机上输出三种不同的全景展示类型:柱面、球面和立方体。柱面展示,全景照片如同环挂在圆柱的外表,观者位于圆柱的中心,沿水平方向可旋转360°,垂直方向的观看角度低于120°;球面和立方体面展示,均可在水平方向旋转360°,垂直方向的视角不受限制。

选择一号坑前方五个过洞为全景拍摄点,在保证光线充足情况下尽量不使用闪光灯,制作三维全景使用303PLUS型号的全景摄影云台,配有Nikon18毫米广角镜头(相当于小型相机的27毫米镜头)的Nikon D100单反数码相机。拍摄前将全景摄影云台固定在一个曼富图三角架上,相机固定在全景摄影云台上,使得相机可围绕一个节点即镜头的光学中心进行旋转。相机可以准确地校正以避免视差误差,否则在照片组合后会看到误差。用小水准仪或安装在三角架头上的气泡水准仪可以进行水平校正,拍摄中按动快门线拍摄以保持相机稳定不动。

为了在360°水平旋转的情况下将整个环境都拍摄下来,根据不同焦距的镜头需要拍摄12~16



图四// 为物体三维扫描准备照片,使用图处理软件
(Adobe Photoshop)去掉和代替背景

张照片。每隔固定角度拍摄一张照片以保证每张照片要有约30%的重叠区,以方便Stitcher软件进行照片的组合。为了制作球面三维摄影(360°×360°),则需要拍摄三组照片:一组沿水平方向,一组将相机沿水平向上45°,一组向下45°拍摄(图一:b)。接着还要单独拍摄一张垂直向上(图二:a)和一张垂直向下的照片(图二:b)。在拍摄垂直向下的照片时,因无法使用三角架,相机必须手持并尽可能不要挪动位置。

使用所带的广角镜头每隔24°旋转拍摄15张照片(图一:a)。三组旋转拍摄,加上上下两张,共需拍摄47张照片。

拍摄一组照片时,相机在整个拍摄过程中的位置不能变化。只有曝光、焦距、频谱白色点等取值保持固定,才能保证计算机合成照片的成功。一组照片的取值各异,照片的叠合部位便会产生边痕。最严重的情况下,单张照片将无法合成拼接。因此有必要用手动控制相机,使得拍摄时相机不能再调焦距。

当所有的拍摄完毕后,将数码照片输入计算机里的Realviz Stitcher 4.0软件,合成并拼接制图(图三),为了获得好的展示效果,通常需要应用Photoshop CS与Stitcher 4.0软件对画面局部进行加工处理。针对互联网展示及数字化保存的不同需要,可输出不同分辨率的(QTVR)多媒体动画格式的三维全景。

可将已完成的几组三维全景摄影文件通过“热点”(Hotspots)创建与网页的超文本链接,即可在一个文物遗址的不同地点“虚拟”走动和四处观察。在秦兵马俑一号坑的五个不同的地点均拍摄了三维全景照片,制作出全景展示文件,将这些全

景通过热点链接建立联系即可形成“虚拟绕场一周”。拍摄时由早晚和天气所决定的不同的光线条件,会带来不同的结果和气氛,所以各组三维全景展示只有在一定条件下才能彼此链接。

在现有的技术条件下,可由计算机技术人员与考古工作者协作,从考古信息记录的规程出发,设想可在秦兵马俑坑内以及俑坑外,在不同的方位科学地定位设点拍摄,拍摄的数码照片建立数据库存档,记录下拍摄全景时的摄影的技术参数,如采用光圈焦距大小、相机距地高度、拍摄点精确坐标,按相同三维全景制作规范输出,制作三维全景,这样就可以随着考古工作的发掘,动态记录下各个时间段的俑坑的三维全景,以动态的三维全景真实再现并科学记录考古遗址场景,通过考古数据库信息建立起某一遗址单元的考古发掘动态信息。

(2)物体三维扫描(物体的虚拟现实)

我们选择秦兵马俑二号坑出土的绿面彩绘跪射俑进行了物体三维扫描。

制作物体三维扫描的出发点是数码照片。共有两种不同的拍摄方法,即Singlerow(单行)和Multirow(多行)技术。单行物体三维扫描只由一行照片组成,用相机围绕物体的水平面拍摄;多行物体三维扫描是从物体上部或下部斜面拍摄出多行照片,称为多行技术。

拍摄时使用了一台单反数码相机、一个三角架以及一个带角度刻度的转盘。使用中性的背景以避免加工时要从每张照片上除去背景的麻烦。将绿面彩绘跪射俑置于转盘中央,以两个日光光源照明,在相机的放置位置上,要注意在转动转盘时不能让被拍摄物体伸出的部位脱离视野。拍摄整组照片时,相机的位置不变。拍摄所有的照片过程中,确定相机曝光时间和焦距后就不能再改变。

选择的转动角度愈小,拍摄的照片便愈多,展示时物体的运动便愈流畅。跪射俑的物体三维扫描利用的是单行技术,每隔22.5°的角度转动一下放置跪射俑的转盘,因此转盘转360°一圈,共拍摄16张照片。

在照片输入计算机后,下一步是用数码照片处理软件Adobe Photoshop CS将照片的背景去掉,以统一的深灰色的背景取代(图四),再将照片输入到制作物体三维场景的软件Apple QuickTime VR Authoring Studio V1.0继续进行组合处理。通过相应的程序设置,可以确定合适的物体三维扫描的特性,如视窗尺寸、起动点、自动起动等等。作为播放格式使用的是QTVR物体三维扫描格式。仔细观看所制作的物体三维场景,照片上的缺陷

可通过图片处理程序来排除,接着需要再将照片组合成物体三维场景,直到制作出满意的跪射俑的三维空间虚拟场景。

三 基于数字测量的三维建模的虚拟现实

文物遗迹在长期的保存过程中无法避免自然消亡的规律,考古遗址中很多重要的遗迹,如秦俑坑棚木遗迹,有着珍贵的科研价值,是考古信息的组成部分,但因考古发掘工作的需要,遗址中一些重要的迹象也会被有计划地去除。传统的方法是使用绘图、照相、摄像和文字记录等手段记录遗迹、遗址的几何信息和三维形态,很难做到十分精确,无法为后来的研究、展示等提供必要的资料。怎样既保留遗迹在不同阶段的信息资料,又不影响发掘、研究工作的继续进行,一直是考古工作者探索的问题。为解决这一问题秦俑博物馆采用两种方案进行实践探索:其一是基于高分辨率高速双数码相机采集数据的三维建模技术;其二是采用了基于三维激光扫描技术的考古遗址的三维建模。对秦兵马俑文物采用了基于结构光和三维激光扫描技术的文物的三维空间建模。

1. 基于三维激光扫描技术的考古遗址的三维建模

三维数字建模项目就是利用激光扫描系统平台,通过发射和接收脉冲式激光的原理,测量被测物表面的三维坐标点集,得到的大量坐标点的集合称为点云,通过计算机软件处理并真实再现所测场景的三维立体景观。

2006年4月,秦兵马俑博物馆与西安四维航测遥感中心合作完成了秦俑二号坑棚木遗址的三维数字建模。采用数据采集等方式和流程,用三维激光扫描系统进行扫描,建立起精度达毫米级的三维数字模型,可在模型上真实测量并实现观众对遗址多角度、多方位的全面观察,这一项目实现了文物遗迹信息的数字化存储保护与展示,研究人员可以在虚拟环境中再现或真实重现遗址建模当时的状况,使再现遗迹和重建遗址成为可能。

2. 基于结构光和激光三维扫描技术的文物的三维空间建模

文物数字化就是指以某种技术手段获取文物形体、纹理、质地、材料等数据信息。数字化扫描设备及技术的发展为建立文物的三维空间信息提供了条件,对文物进行三维扫描建立文物的三维数字模型是属于数字化扫描仪系统在逆向工程中的应用。三维扫描就是数字化测量实物表面的三维坐标点集,得到的大量坐标点的集合称为点云,通过对点云数据信息的处理,通过配备的三维扫描

仪软件处理拟合成曲面构成文物的三维立体模型,再通过二维摄影照片贴图将纹理贴在文物的三维空间模型上,即可建立起带有真实的文物色彩纹理的三维模型。对于文物的扫描一般使用非接触式的结构光或激光的三维扫描仪,早期的三维扫描仪不能建立文物的色彩纹理,需要通过彩色数码照片贴图形式建立带有纹理的三维模型。目前使用较多的是英国、意大利、德国、日本等国生产的三维激光扫描仪,国内深圳华朗科技有限公司的HOLON-3DS产品也可用于文物的三维建模,它的特点是通过扫描除了可以得到物体的点云数据外,还可得到逼真的彩色纹理,省去了通过摄影照片进行纹理贴图这一步骤。

秦俑博物馆与德国专门从事三维扫描的公司合作对几件馆藏文物精品如彩绘跪射俑、将军俑、秦始皇帝陵园七号坑出土的青铜仙鹤等文物分别采用了两种不同的三维扫描设备(结构光、激光)扫描,建立了几件精品文物的三维空间模型,为珍贵文物的数字化保存与展示做了尝试。

3. 基于数字摄影技术的数字化三维建模

对考古遗址进行数字测量,除了可应用三维扫描设备外,还可以采用基于数字摄影技术的数字测量进行三维建模。武汉大学开发的基于数字摄影的非接触式构建三维空间模型技术对秦兵马俑二号坑遗址进行了三维建模尝试。该系统模拟人眼睛视觉三维成像的原理,通过用两台同样的高分辨率、高速数码相机,结合计算机相关设备,分别用两台数码相机从不同的视觉在同一时间采集到两张数码照片。通过控制台控制数码相机的位置从而可采集到连续的多组高分辨率的数码照片,通过配有特殊高性能三维显卡的计算机对采集的多组数码照片通过软件进行高速处理,观测者戴上红外线控制或者与计算机连接的光偏振立体眼镜,通过操作鼠标移动、可对图像进行放大、缩小,从计算机的显示屏上看到清晰逼真的三维立体全景图像。该系统还可以配合AUTOCAD软件对考古遗址全景图像上显示的三维文物遗迹、遗物作精确测量,作为真实记录考古信息很好的手段。该项技术可进一步开展应用于对秦兵马俑坑的考古遗址的数字化三维建模进行数字化保护与展示。

四 基于数字摄像技术的文物遗址数据采集与处理建立三维场景

中视典数字科技有限公司(<http://www.vrplatform.com/>)开发的中视典VR-Platform虚拟现实平台,结合Director多媒体软件插件,可对文物古迹进行三维数字化仿真。利用VR-Platform虚拟现实

技术,结合网络技术,可以将文物的展示、保护提高到一个崭新的阶段。首先表现在将文物实体通过影像数据采集手段,建立起实物三维或模型数据库,通过计算机网络来整合统一大范围内的文物资源,利用虚拟技术更加全面、生动、逼真地展示文物,从而使文物脱离地域限制,实现资源共享,真正成为全人类可以“拥有”的文化遗产。使用VR-Platform虚拟现实技术可实现文物及考古遗址展示和保护的现代化。这项技术对于秦始皇陵园遗址构建虚拟展示有着应用潜力。

五 虚拟现实技术在秦兵马俑文物数字化保存与展示中的优势

虚拟现实技术可作为观赏艺术品、增强艺术感染力的辅助手段,可以对现实中难以展示的场景、受限制或根本不可能被展示的角度进行虚拟展示。例如,通常参观者只能从俑坑的边缘观赏兵马俑,而通过在俑坑中完成的三维全景摄影使其有可能就像亲临坑下仔细观赏兵马俑;对于学术研究者,可以避免工作中对珍贵的易损文物不必要的提取,借助该项技术只通过计算机就可以仔细观赏文物、研究文物的细部特征;通过这种技术手段,无论是来博物馆的参观者还是通过互联网浏览博物馆网站的公众,都可以虚拟置身于秦兵马俑文物遗址中漫游,在计算机形成的三维空间中观赏博物馆典型的精品文物数字化展示。通过全景摄影技术可输出360°全景展示,还可以输出大幅面、高清晰、广角度的照片,以作为传统纸质的和数字化的考古报告素材和博物馆文物陈列展览素材;采用该项技术可利用数据库技术结合多媒体编著软件,开发文物遗址展示和博物馆文物陈列展览的视频光盘、数字化多媒体出版物;可应用于秦俑坑不同发掘阶段的考古发掘遗址现场数字化信息保存与展示,也可将制作

好的全景应用于博物馆网站、观众触摸屏展示、数字化考古发掘报告;由于移动电话已具备播放电影或录像的功能,观众可登录博物馆网站下载介绍秦兵马俑文物的图像、视频、动画、全景展示等相关资料信息,或者直接将这些发送到参观者移动电话中欣赏。

三维全景摄影和物体三维扫描这两种形式的虚拟三维场景制作费用不高且制作方便快捷,能高质量、逼真地表现文物遗址和文物的三维空间,这种可视化形式为传达空间感开辟了新前景。采用三维激光扫描技术对文物遗址和文物进行空间建模,可作为精确的数字化考古信息保存,以便用于研究与展示工作。博物馆参观者通过积极介入“虚拟艺术”,可获得新的观赏途径,从而促进对艺术品的理解。另外,仅需要一台普通计算机,不再需要数据手套、显示头盔等虚拟现实所必需的特殊硬件设备即可方便观看。本文所介绍的几种关于秦兵马俑文物遗址与文物的虚拟现实技术对于博物馆的数字化保护与展示有着广泛的应用潜力。限于篇幅不能对所提到的几种技术作详尽说明,不当之处还望专家指正。

(衷心感谢兵马俑博物馆的所有同事和巴伐利亚州文物保护局中国项目组的同事对工作的支持。对在坑内拍摄时所给予的合作,要特别感谢秦俑博物馆保管部的李华、王东峰、王伟峰、夏寅几位同事。)

参考文献:

- 1.郭青:《秦俑二号坑遗址三维数字建模项目取得成功》,《陕西日报》2006年3月31日。
- 2.中典视数字科技网站:http://www.vrplatform.com/article/html/vr_solution_23.html

Virtual Reality: Digital Preservation and Display of the Terracotta Warriors & Horses Sites and Cultural Relics of Qin Dynasty

HUO Xiao-you¹ MENG Zhong-yuan² YANG Qi²

(1. Bavaria Preservation Bureau of Cultural Relics, Germany;

2. Research Office, Terra-cotta Warriors and Horses Museum, Lintong, Shaanxi 710600)

Abstract: The use of virtualization technologies depending on the pit and the terracotta Warriors achieved good results. Our goal is to design and implement a “virtual tour” by panoramic photography, as well as to process a virtual three-dimensional scene by three-dimensional scanning of a kneeling figurine. The application of the technology should be a good prospect.

Key words: terracotta warriors pit; panoramic photography; virtual reality