

分类号	
学校代码	10700
学号	2180620020

西安理工大学

硕士学位论文

(学术学位)

唐陵雕塑的信息可视化系统设计

董维

学 科 门 类: 艺术学

一 级 学 科: 设计学

二 级 学 科:

指 导 教 师: 张辉 教授

申 请 日 期: 2021 年 6 月

独创性声明

本人所呈交的学位论文是在导师指导下进行的研究工作及取得的成果。尽我所知，除特别加以标注的地方外，论文中不包含其他人的研究成果。与我一同工作的同志对本人的研究工作和成果的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并已致谢。

本论文及其相关资料若有不实之处，由本人承担一切相关责任

论文作者签名：董维 2021年6月9日

学位论文使用授权

本人作为学位论文作者了解并愿意遵守学校有关保留、使用学位论文的规定，即：在导师的指导下创作完成的学位论文的知识产权归西安理工大学所有，本人今后在使用或发表该论文涉及的研究内容时，会注明西安理工大学。西安理工大学拥有学位论文的如下使用权，包括：学校可以保存学位论文；可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文；可以查阅或借阅。本人授权西安理工大学对学位论文全部内容编入公开的数据库进行检索。本学位论文全部或部分内容的公布（包括刊登）授权西安理工大学研究生院办理。

涉密的学位论文按照《西安理工大学研究生学位论文涉密认定和管理办法》要求进行密级认定，学校按照密级对学位论文进行分类管理。

保密的学位论文在解密后，适用本授权。

论文作者签名：董维 导师签名：张彦 2021年6月9日

论文题目：唐陵雕塑的信息可视化系统设计

学科专业：设计学

研究生：董维

指导教师：张辉 教授

签名：董维

签名：张辉

摘 要

陕西作为中国最重要的古文明中心，有着十分丰富的历史文化遗产，其中尤其以唐代最为开放、强盛、包容，在唐代留存的大量文化遗产中唐代帝王陵墓不仅代表了唐朝政治、军事实力，同时也反映了唐代高度发达的经济与文化艺术水平，蕴含着极为丰富的文化资源。

本文首先对唐陵数字化保护历史成果进行了梳理，针对研究数据碎片化的问题，运用管理学、计算机科学与网页设计的研究手段，借鉴国家实验室认证体系，对唐陵雕塑的研究数据管理体系的设计进行研究，编制规范化的“唐陵数字化采集方案”、建立唐陵研究数据库并设计了数据库管理的交互页面。其次以信息论为主要方法，研究了唐陵数据与传播内容的信息架构设计，确定了唐陵雕塑可视化传播平台的信息体量与内容制作范围，制定了视觉化内容的制作规范。第三，运用信息可视化理论结合交互设计，以“唐陵数字化采集方案”为指导对唐建陵开展整体数字化采集工作，以采集数据为基础制作了大量的传播内容，开发了“云上大唐—唐建陵”沉浸式信息可视化平台，并上线发布。最后对文化遗产信息可视化平台的未来进行了前瞻性研究，提出了“虚拟平台”的构想，为未来文化遗产的传播进行了探索。

由于地理因素、遗产现况等诸多问题，以唐陵雕塑为代表的唐文化在信息时代仍然面对着巨大的传播困境，针对唐陵雕塑信息可视化系统的研究从系统的层面对唐陵雕塑的数字化保护与传播设计了一套创新而完备的解决方案，方案涵盖了从数据采集的源头到最终的内容呈现平台的全流程，同时也为其他文化遗产的价值传播提供可移植的具体经验。

关键词：唐陵雕塑；文化遗产；数据库；信息可视化

Title: Information Visualization System Design of Sculpture for Tombs of Tang Dynasty

Major: The Design Art

Name: Dong Wei

Signature: Dongwei

Supervisor: Prof. Zhang Hui

Signature: Zhanghui

Abstract

Shaanxi, as the most important center of ancient civilization in China, has a very rich historical and cultural heritage, among which the Tang Dynasty is the most open, strong and tolerant. Among the large amount of cultural heritage left in the Tang Dynasty, the tombs of the Tang emperors not only represent the political and military power of the Tang Dynasty, but also reflect the highly developed economy and cultural and artistic level of the Tang Dynasty, which contains extremely rich cultural resources.

Firstly, in this paper, the historical achievements of the digital conservation of tombs of Tang Dynasty was sorted out, the research tools of management science, computer science and web design was applied to address the problem of fragmented research data, the design of the research data management system of sculptures of tombs of Tang Dynasty with reference to the national laboratory certification system was studied, a standardized digital collection scheme of tombs of Tang Dynasty was compiled, a research database of Tang tombs was developed, and an interactive page for database management was designed. Secondly, information theory as the main method was used to study the information architecture design of data and communication contents of tombs of Tang Dynasty, and the information volume and content production scope of the visualization communication platform of sculpture art of tombs of Tang Dynasty was determined, and the production specification of visualized contents was formulated. Thirdly, information visualization theory and interaction design was applied and the overall digital collection of the tombs of Tang Dynasty was carried out by using the "Digital Conservation Plan of Tombs of Tang Dynasty" as a guide, a large amount of communication content was created based on the data, and the immersive information visualization platform "Great Tang on the Cloud - JianLing of Tang Dynasty" was developed and released online. Finally, a forward-looking study on the future of the cultural heritage information visualization platform was conducted and the concept of a "virtual platform" to explore the future dissemination of cultural heritage was proposed.

Due to many problems such as geographical factors and heritage status, Tang culture represented by sculptures of tombs of Tang Dynasty still faces a huge communication dilemma in the information age. The research on the information visualization system of sculpture art of tombs of Tang Dynasty has designed an innovative and complete solution for the digital

conservation and communication of sculptures of tombs of Tang Dynasty from a systematic level. The solution covers the whole process from the source of data collection to the final content presentation platform, and also provides concrete experiences that can be transplanted for the value communication of other cultural heritage.

Keywords: sculptures of tombs of Tang Dynasty; cultural heritage; database; information visualization

目录

1 绪论.....	1
1.1. 研究背景	1
1.1.1. 唐陵雕塑艺术在现时代的新价值.....	1
1.1.2. 传统文化在信息时代的传播困境.....	2
1.2. 国内外研究现状.....	3
1.3. 课题的研究意义.....	5
1.3.1. 文化遗产数字保护与传承的现实意义.....	5
1.3.2. 信息视觉设计方法系统化的理论意义.....	5
1.3.3. 对其他文化遗产可供借鉴的实践意义.....	5
1.4. 研究目的与创新点.....	6
1.4.1. 研究目的.....	6
1.4.2. 研究创新点.....	7
1.5. 本章小节.....	8
2 唐陵雕塑数据库的开发与界面设计.....	10
2.1. 唐陵雕塑数据的特性分析.....	10
2.1.1. 多源异构的数据种类.....	10
2.1.2. 完整度低的数据特征.....	11
2.1.3. 高重复性的数据索引.....	11
2.2. 数据库平台的开发.....	12
2.2.1. LNMP 技术路线.....	12
2.2.2. 元数据的标准化.....	12
2.2.3. 数据体系的架构设计.....	14
2.3. 数据库交互界面设计.....	16
2.3.1. 层级设计.....	16
2.3.2. 功能设计.....	17
2.3.3. 数据标签设计.....	19
2.4. 本章小节	21
3 唐陵雕塑可视化系统的信息设计.....	22
3.1. 信息的内容、组织分析.....	22
3.1.1. 信息的体量分析.....	22
3.1.2. 信息设计的需求分析.....	22
3.1.3. 可视化信息的制作范围.....	23

3.2. 信息架构设计	23
3.2.1. 多元化的信息设计原则	25
3.2.2. 综合式的信息呈现架构	26
3.2.3. 信息的结构及导航设计	26
3.3. 本章小节	28
4 唐陵雕塑传播平台的可视化设计	29
4.1. 传播平台的分析与选择	29
4.1.1. 不同平台的特性分析	29
4.1.2. 沉浸式平台在唐陵雕塑传播中的优势	30
4.1.3. 沉浸式平台的改进与传播效果提升	31
4.2. 平台制作对象的选取	32
4.2.1. 唐陵雕塑现状调研	32
4.2.2. 唐建陵的选择依据	35
4.3. 平台的视觉元素设计	37
4.3.1. “云上大唐”标识设计	37
4.3.2. 三维场景字体设计	38
4.3.3. 平台交互图标设计	39
4.4. 平台的信息可视化内容制作	40
4.4.1. 平台可视化制作技术路线	41
4.4.2. 分层内容的采集与制作	41
4.4.3. 信息导览的视觉化设计	43
4.4.4. 雕塑的一键式浏览序列	46
4.4.5. 可视化信息的集成设计	47
4.5. 本章小结	49
5 总结与展望	50
5.1. 文化遗产传播平台的未来构想	50
5.2. 结论	51
致谢	53
参考文献	54
附录	58

1 绪论

陵墓是古代文明留给我们的背影，在数千年的中华文明史上，一共有 600 多位帝王先后安葬，“事死如事生”皇家丧葬理念始终贯穿其中。由于地理条件、建筑结构、社会变迁、战争灾荒等因素，曾经矗立在中国土地上的绝大多数辉煌灿烂的宫殿庙宇、亭台楼阁都随时间慢慢的消逝了。为了荫及子孙、福泽后代这一朴素的理由，也为了自己在阴间的生活能够保持和阳间同样的水平。帝王陵墓都会将地上地下的建筑制作的无比精美、固若金汤，是那个远去时代的绘画、雕塑、甚至自然景观等艺术的集大成者^[1]。学者通过对帝陵的研究可以不断了解营建时期的历史文化、艺术、民俗风情，普通人民群众通过对帝陵的参观也可体会其蕴含的深厚历史文化价值、艺术价值和科学价值。

笔者至今都能回忆起看到唐桥陵雕塑时视觉与心灵的感染力，在唐陵中自然艺术与人文精神相得益彰、交相辉映，让历史中每个步入这里的人都感受到艺术的震撼^[2]，唐陵——这一盛唐留给我们的体量巨大的文化遗产，不应在祖国不断实现民族伟大复兴的路上被渐渐遗忘。如今我们拥有了以 5G 通讯技术为代表的全新的信息传播手段，高速移动互联网的出现彻底打破了过去信息传播的时空局限，使得观众与文化遗产的互动更加舒适、便捷、高效^[3]。在新技术背景条件下，充分发挥网络优势，深入挖掘帝陵的文化价值，让互联网为文化遗产的传播插上一双翅膀，将渐渐远去的唐陵以全新的数字“活态”方式呈现在所有人的面前，使得每一位观众都能深入了解曾经盛唐的辉煌气象，走进历史、了解我们共同的根脉。

1.1. 研究背景

陕西是中国最早的人类起源地和最重要的古文明中心，古人长期把长安看作是最具控制力的天下中心，作为华夏文明的摇篮，陕西所孕育的历史是如此的灿烂辉煌。党的十九大以来习近平总书记就保护文化遗产、发挥文物资源作用和弘扬中华优秀传统文化作出系列重要论述。深入挖掘中华优秀传统文化蕴含的思想观念、人文精神、道德规范，结合时代要求继承创新，让中华文化展现出永久魅力和时代风采。在全面建成小康社会的关键时期，深刻领会总书记重要论述精神、踏实的推进历史文化遗产的保护与传播工作显得尤为紧迫。

1.1.1. 唐陵雕塑艺术在现时代的新价值

改革开放四十多年来，伴随着中国不断融入全球化的经济体系的同时，各种外来的文化输入也给中国人的价值标准与精神信仰带来了极大的冲击，我们始终面临着坚守中华

传统文化核心价值的使命，这种使命催促着我们不断在灿烂的历史文明中找寻独特的精神价值。2020 年突如其来的新冠疫情，在党中央的带领下，进行了一场惊心动魄的抗疫大战，经受了一场艰苦卓绝的历史大考，付出巨大努力取得了抗击疫情斗争中大战略成果。如今的中国更需要寻找中华优秀传统文化的精神内核，充分感受中华文化的血脉与精髓，彰显我国的“文化自信”。

以汉唐盛世为代表的陕西传统文化的历史信息、文化思想及民族精神，也体现了中华民族在历史洪流中所能展现的优秀品格与智慧。唐陵雕塑艺术信息可视化传播平台利用新媒体技术吸引年轻观众主动地去接受内容更加丰富、形式更为多样的历史文化艺术，充分发挥数字媒体场域下传统文化传播更加迅捷高效、互动体验强的特性^[4]，为群众打造一个全方位沉浸式体验唐代雕塑文化的数字场域，打破了传统展陈形式的束缚，能够更好、更快地传播中国传统文化。

讲好中国优秀传统文化的故事，让世界人民更加充分的了解新时代的中国，是每一个文化工作者义不容辞的责任。唐代社会整体精神蓬勃向上，社会氛围积极开放，这一时期民族融合，经济文化交流密切^[5]，是中国历史上最为繁盛的时代。随着中国综合国力的不断增强，如今的西方对中国充满了误解和猜疑，“中国威胁论”与“中国崩溃论”这种极端荒谬的论调层出不穷，国家层面的对外宣传工作显得极为艰难。运用互联网技术，全景的展示唐代雕塑艺术风貌，让西方观众充分体会中国开放包容的唐代文化，弥合文化隔阂，创造传统文化在全球化时代的文化价值。

1.1.2. 传统文化在信息时代的传播困境

2019 年在北京举办的“第四届腾讯峰会”上，中国国际电视台（CGTV）与腾讯社会研究中心联合发布了《在数字生活中拥抱传统——2019 数字新青年研究报告》，报告中显示非常多的年轻人对传统文化是有兴趣的，在受访的人群中，完全对传统文化没有兴趣的只占 2.3%，接近 90%的年轻人对传统文化有兴趣。特别是在如何了解传统文化的选择方式上，80.5%的人选择了通过网络媒介^[6]。由此可见，传统文化本身是有巨大的传播价值的，可新时代的年轻人他们长期生活在数字化的时代中，已经改变了传统的生活和娱乐方式，仅仅通过建立、改造传统的博物馆、景区、保护区的方式来提升传统文化的传播效能，显然是脱离了时代的。

今年疫情期间，中国电信通过 5G+光纤传输结合云计算，实现了武汉火神山、雷神山云监控系统平台建设，1 月 27 日开始直播，同步在线的用户数量突破了 5000 万。作为我国传统文化代表景区的故宫，去年全年接待游客突破了 1900 万。由以上两个例证可以看出，新的媒介传播手段带来的网络流量是传统物理流量不能比拟的。传统的游客传播模式无法实现单日超过千万的单日游客接待量。

从观众端看，他们对传统文化有着巨大的需求，优秀的文化遗产代表着中华文明的灿

烂历程，理应被所有华夏子孙了解、认识，可现实情况是文化遗产很珍贵，在保护和开发上永远存在着难以调和的矛盾，故宫不可能看完全开放自由的参观，即便是完全自由其接待量也受空间场域条件的限制。在新的科技条件下，解决传统文化传播困境的出路就是数字化的保护与传播。当然，即便是文化遗产的数字化，数十年来在国家政策的大力倡导下，文博领域的信息化建设取得了不少成果，信息化成果目前仍然各自为政的“孤岛”状态，如何将这信息有效的传播出去是所有文化遗产从业者信息时代不能回避的使命。

1.2. 国内外研究现状

(1) 国外文化遗产数字化研究现状

文化遗产是每一个国家软实力的重要体现，各国在文化遗产保护领域都十分重视投入。在数字化保护这个方向，各个发达国家都有明确的文化遗产的数字化规划，从政策规划到落地实施都做了大量的工作。

a. 北美文化遗产数字化研究

美国的数字化实现能力遥遥领先，在文化遗产方面的建设布局也起步较早，虽然美国是一个只有 200 多年历史的国家，也大规模的推行了文化遗产的数字化建设，保护项目众多，涉及门类广泛。1990 年，美国国会图书馆启动了“American Memory”计划，该计划让美国的所有读者能够以非常便捷的方式随时随地阅读国会图书馆的任何信息，并且可以个性化的定制信息，还可以创造性的使用这些信息^[7]。华盛顿大学与斯坦福大学合作实施的米开朗基罗计划(The Digital Michelangelo Project;3D Scanning of Large Statues, 2000)^[8]，使用三维扫描技术、虚拟现实、增强现实技术开发了 Virtual Everglades 项目，建立虚拟美国古村落项目。

加拿大在 2018 年组织开展了国家遗产数字化战略（National Heritage Digitization Strategy,NHDS），NHSD 战略的主要目标是联合协调国内的文化机构共同开展对文化遗产数字化保护工作方法的优化，提高数字化成果的质量，以期更好的保护国家文化遗产^[9]。

b. 欧洲文化遗产数字化研究

欧洲文化遗址资源丰富，各个成员国都十分重视文化遗产的数字化建设，欧盟科技发展第六框架明确规定把文化遗产数字化建设和相关项目研究作为增强经济实力和凝聚力的核心战略地位。法国卢浮宫在 2004 年实现了 12 万件馆藏文物的数字化拍摄并且网络展示。大英博物馆利用虚拟现实技术实现了博物馆的全景展示。2019 年经过多次的学术论证，德国开展实施了国家文化遗产科研数据基础设施建设项目（Nationale Forschungsdaten Infrastruktur for Culture, NFDI4Culture），该项目系统性的分别对文化遗产的数字化、数据标准和数据质量、组织机构等六个部分进行建设，为其自身构建一个完整的生态系统^[10]，内容翔实、规划与有序、广泛参与等优秀的做法值得我国借鉴。

c. 日本与其它国家文化遗产数字化研究

日本政府一直很重视文化工作,在数字化建设方面有很多建设项目,如“Shirakawa-公”古村落虚拟现实项目,对京都唐代街市、城镇风貌进行复原,整体数字化保存唐招提寺等。日本的图书馆数字项目也推广的十分迅速,对原始档案文件进行高分辨率拍摄,由于信息化水平较高,下载速度快,文字说明详细。在政府的主导下,日本建立了比较完备的文化遗产法律体系和规范,还有详细的奖励及惩罚措施,数字技术的引入促进了日本对文化遗产管理的科学化^{[11][12]}。

(2) 国内文化遗产数字化研究现状

2018 年,敦煌博物院就敦煌莫高窟进行了数字化采集工作,全部由国内团队实现,并以 VR 全景漫游的方式在互联网进行传播,目前可以在数字传播平台上看到 700 多个洞窟,2000 余件雕塑、45000 多屏幕的壁画,全景而整体的展示了莫高窟的雕塑与壁画艺术^[13]。2005 年,百度启动数字博物馆计划,目前已有数百家国内博物馆与其合作,展示其博物馆藏品。截止到 2019 年,国内各大博物馆基本都有数字化的项目开展。

在文化遗产数字化研究领域,西北大学张慧在《真实感古遗址三维重建及虚拟展示技术研究与应用》中把地理信息技术应用到小雁塔和张安世古墓群中,实现了三维一致的虚拟漫游^[14]。在信息视觉化领域,山东大学赵君香《博物馆视觉信息的传播研究》将马莱兹克传播场模式和受众中心论引入博物馆的视觉场研究,对视觉信息的传递规律进行了探索,构建了博物馆信息传播的视觉场整合模式,提出了馆内外信息的传播策略,为博物馆在城市化发展中找到了新的定位^[15]。

在传播领域,2015 年,来自中国的技术团队使用建筑全息投影技术配合高精度还原的三位模型对在战争中被损毁的巴米扬大佛进行了还原^[16]。故宫文创产品在引入腾讯团队后从 2016 年开始实现了爆发性的增长,以宫廷故事与馆藏文物为设计原型,探索了文物数字化的方式,设计出了一些列的数字与实体文创产品^[17],至此故宫文化 IP 在国内有了巨大的影响力。

通过对上述国内外研究现状的调研可以发现,国外在文化遗产的数字化保护这一领域的研究开展的非常早,即便是美国这样历史相对短暂的国家也很注重这一领域的研究。欧洲与日本都是通过国家干预在中央政府的层面展开了系统设计,并且通过立法与政策的制定鼓励民间机构广泛参与文化遗产的保护工作。中国是一个文化遗产大国,自古以来政府就注重对于文化的保存工作。改革开放以来,随着中国国力的不断增强,也在不同的领域取得了巨大的突破,从当前的进展来看,国内的文化遗产数字化保护工作并不比国外的落后,甚至在互联网、物联网等领域还有部分领先,作为后来居上的中国文化遗产数字化研究已经取得了丰硕的成果,然而由于国内文化遗产数量巨大,仍有大量的遗址并未开展数字化保护工作,已经开展数字化采集的遗址也存在数据碎片化、整体性差的问题。因此系统化的针对文化遗产开展整体性的数字化保护工作就显得十分必要。

1.3. 课题的研究意义

1.3.1. 文化遗产数字保护与传承的现实意义

经济的全球化使得工业化生产实现了全球资源配置,伴随着生产资料的全球配置,文化领域也实现了全球的产业融合,以电影工业为例,一部电影仅就是后期的特效制作就是由几个国家的数十个团队共同完成的。全球化的技术合作固然是件好事,但是在很大程度上对文化的多样性和丰富性产生了不可逆的影响。中华文化虽然不是弱势文化,但也受到了外来强势西方文化的冲击,年轻一代对于传统文化的兴趣很多时候都是仅仅体现在兴趣这个层面,回到现实生活中,他们仍然热衷于日漫、美剧等西方文化产品。

“大力拓展文物合理适度利用的有效途径,让历史说话,让文物活起来,讲好中国故事的”^[18]是国家十三五规划中对于文化遗产传播的重要指导方针。以唐陵为代表的唐文化不仅继承了上自商周中国传统文化精神,也因为唐代总体上政治稳定、经济繁荣、文化兼容并蓄最终引导了东方文化和美学的发展走向,甚至对于中国周边国家也产生了广泛而深刻的影响。为了实现讲好中国传统文化的故事、讲好中国和平发展的故事这两个重要的目标,唐文化都是最好的故事范本。

1.3.2. 信息视觉设计方法系统化的理论意义

对西安理工大学唐陵数字化保护研究团队十余年的研究经验进行总结,基于当前整合其他研究团队资源较为困难的现实基础上,对唐陵雕塑的可视化研究提出了整体化的操作流程,找出目前信息可视化设计在文化遗产领域应用项目的共通性,提出了以系统设计为核心的研究方法,注重对文化遗产信息设计本身的特殊规律、方法、构架的体系研究,关注多源异构、中等规模的数据特征,为信息技术与文化遗产的结合找到较为完整的方法。

针对唐陵雕塑信息可视化系统的研究,是探索信息时代历史文化价值挖掘和传播模式的创新,围绕着露天文化遗产的地理分布、文化价值、数字化保护等领域开展研究工作具有重要的理论意义。同时对于文化遗产的数字“活化”,创造出可持续数字化旅游新商业模式能够更好的保护文化遗产。

1.3.3. 对其他文化遗产可供借鉴的实践意义

中华文明源远流长,各种文化遗产十分丰富,对唐陵雕塑的信息可视化的方法研究对于其它遍布在这片土地上的相似遗迹均具有借鉴的意义。数字化文化遗产中的信息可视化工作其本身就是一项流程繁琐、组织难度高、涉及学科众多复杂系统工程,信息技术作

为研究组织的核心,起到了中间媒介的作用。一个系统化的方案应当涵盖文化产品最核心的价值即精神内涵,也就是互联网领域概念“内容”,针对信息的二次加工生产出的内容以各种视觉化的方式呈现,就形成了数字内容产业,只要能够建立文化遗产的数字内容产业其系统就获得了自身不断繁殖生长的生态系统,由此可见一个实践方案的设计必须要从文化产品的出发点进行规划,好的文化产品必须是完整而有时代内涵的。

综上所述,系统性的对数据采集进行规划,建立符合信息化标准的数据库以及内容传播平台的设计研究都是具有可操作、可移植的具体经验,为文化遗产的数字化保护和传播提供了案例与方法。

1.4. 研究目的与创新点

1.4.1. 研究目的

以信息理论为主要的研究方法,文化遗产资源与数字化的整体性保护与传播是该研究系统的基础,信息可视化系统建立目的同样是为了体现整体性原则,以内容传播平台的建设为基点,未来数字化保护与传播的成果可以扩散到文博行业管理体系、信息化旅游体系、旅游行为分析等领域的研究。为了实现这一目标,本课题主要实现以下研究目的。

(1) 构建“数字化整体保护”原则

唐陵作为古代帝王陵墓全体,它的整体性内涵包括了三个层次,即陵园本体的完整性、陵园和背景环境的共生性、唐陵遗址群的总体性^[19]。整体性原则作为平台搭建的指导方针,以文化遗产的传统文化价值为依托,以最新的信息技术手段为方法制定完整的文化遗产保护与传播方案。

(2) 开发沉浸式的内容传播平台

对唐陵雕塑数据进行视觉化再设计,制作大量具有易于传播切有价值的文化内容,建设一个符合现代信息传播方式的雕塑数字化传播平台是传统文化的有效传播手段^[20]。该平台不仅能够全面的展示唐陵的最新研究动态与成果,还能对数据管理体系在实践中进行测试,功能上实现观众与研究团队的有效互动、风格紧贴互联网最新发展脉络,打造一个全新的沉浸式体验唐陵雕塑的网络场域,为传统文化在信息时代更好的传播找到新的途径。

(3) 提升唐文化信息的传播效能

上世纪 90 年代,美国麻省理工学院实验室主任尼葛洛庞蒂提出了“计算不再只和计算机有关,它决定我们的生存”^[21]。如今我们生活的社会到处充满了信息技术,信息技术的广泛应用彻底改变了人们的生活方式。文化遗产的传播从路径上来说存在两种方式,分

别是传统传播路径和信息化传播路径。文化的传统传播路径是“实物导向”的路径依赖,受到文化遗产所处的地理空间以及物理传播能力的限制,而信息化的传播路径是“信息导向”的,把现实世界的文化遗产通过数字化的手段转变成信息世界可用的数据,再把这些数据经过加工生产成可供传播的内容,用信息可视化的将文化遗产扩展到超越时空的信息服务中去,实现了信息技术对文化传播力全面提升^[22]。

信息技术能够为文化的传播赋能,如果仅仅停留在这个层面那么信息技术的能量并未在传统文化保护与传播领域得到全面的释放,信息技术对文化传播的真正意义应该在思维模式转变上,确立“信息”在文化传播中的核心地位,以信息为核心全面构建文化遗产的数字化研究,充分发挥信息设计多学科交叉的优势,不仅将有形的文化遗产通过信息可视化的手段呈现,甚至可以将价值观念层次的文化也通过信息可视化的工具进行传播。用信息技术全面改造文化的传播才能全面释放信息科学的能力。

基于上述观点,信息可视化技术首先能够拓展文化遗产保护资源的局限,提功能无限空间与内容的保护模式,其次还实现文化信息在不受空间、经费、时间等条件的制约下传播给更为广阔的受众群体,第三信息可视化可以提供双向的互动交流,彻底打破传统文化在信息时代的传播困境,提供分层次、个性化的信息服务。

1.4.2. 研究创新点

(1) 跨学科研究

综合运用计算机科学、考古学、艺术学、信息学,以系统研究为基础,以唐陵雕塑为研究对象,以信息媒介为载体开展研究。在唐陵雕塑的数字化保护上充分借鉴既有的考古学经验,用信息技术的将唐陵雕塑的数据充分串联、组织、变造、再生,发挥艺术学内容创作优势制作大量可供展示的内容,最终以沉浸式平台的方式予以展现、传播,打破了多学科研究的壁垒。

(2) 首次开展唐陵大数据规范研究

唐陵研究数据经过多年的积累已经具有相当的规模,然而数据存放与检索都有相当的难度,存在数据存储不规范的问题,加之多年来唐陵研究参与人员众多,元数据的标准程度都很低。本研究以数据库的开发为抓手,从采集端到内容制作流程对大数据的进行规范化研究,首次建立了唐陵数字化保护成果的数据库,并开发了适宜文化遗产保护工作者使用的交互界面。

(3) 唐陵雕塑信息可视化的应用探索

西安理工大学唐陵数字化保护与研究团队十余年来采集了大量一手唐陵研究数据,给予这些数据制作了大量的可供传播的内容,还开发了小程序、数字唐陵网站、实体文创产品、数字文创产品等多种多样的传播手段,本研究在既有研究的基础上,以VR展示手

段为技术路线开发了“云上大唐-唐建陵”沉浸式传播平台，以最新的传播形式对唐陵雕塑艺术进行信息传递。将露天、广域分布、游览困难的文化遗产首次以全景、整体的方式对公众展示，为了增加观众的浏览深度，还将研究团队多年的研究成果以集成信息的方式在展示平台内集成，使得沉浸式平台既有沉浸式体验感又具有一定的学术性，对不同层次的观众实现了全面的覆盖，进行了文化遗产信息可视化研究更深入的探索。

1.5. 本章小节

本文立足于系统研究为基础，着眼于管理学、交互设计、信息可视化等多学科交叉视角，就西安理工大学唐陵研究团队十余年来的数字化保护工作进行有效梳理，对历史采集的数据进行规范化保存。继承前人的研究经验，总结提炼出一整套以数据为核心的数字化保护信息采集方案，并建立数据库，将所有历史数据入库保存。由于该数据库建立的目的是为了能在云端有效的分项数据，因此需要给予该数据库建立一个跨平台的前端交互系统，经过多方调研，最终选定基于 Web 开发的网页式数据库操作界面^[23]。利用数据库的接口程序，开发能传播的唐陵内容，以唐建陵为例，用虚拟现实技术建立一个完全沉浸式的传播平台，将唐陵团队历史上所有的研究内容在平台中集中呈现，最终形成一整套可供推广的文化遗产“数据”用于保护，“内容”用于传播的整体方案，研究框架见图 1-1。

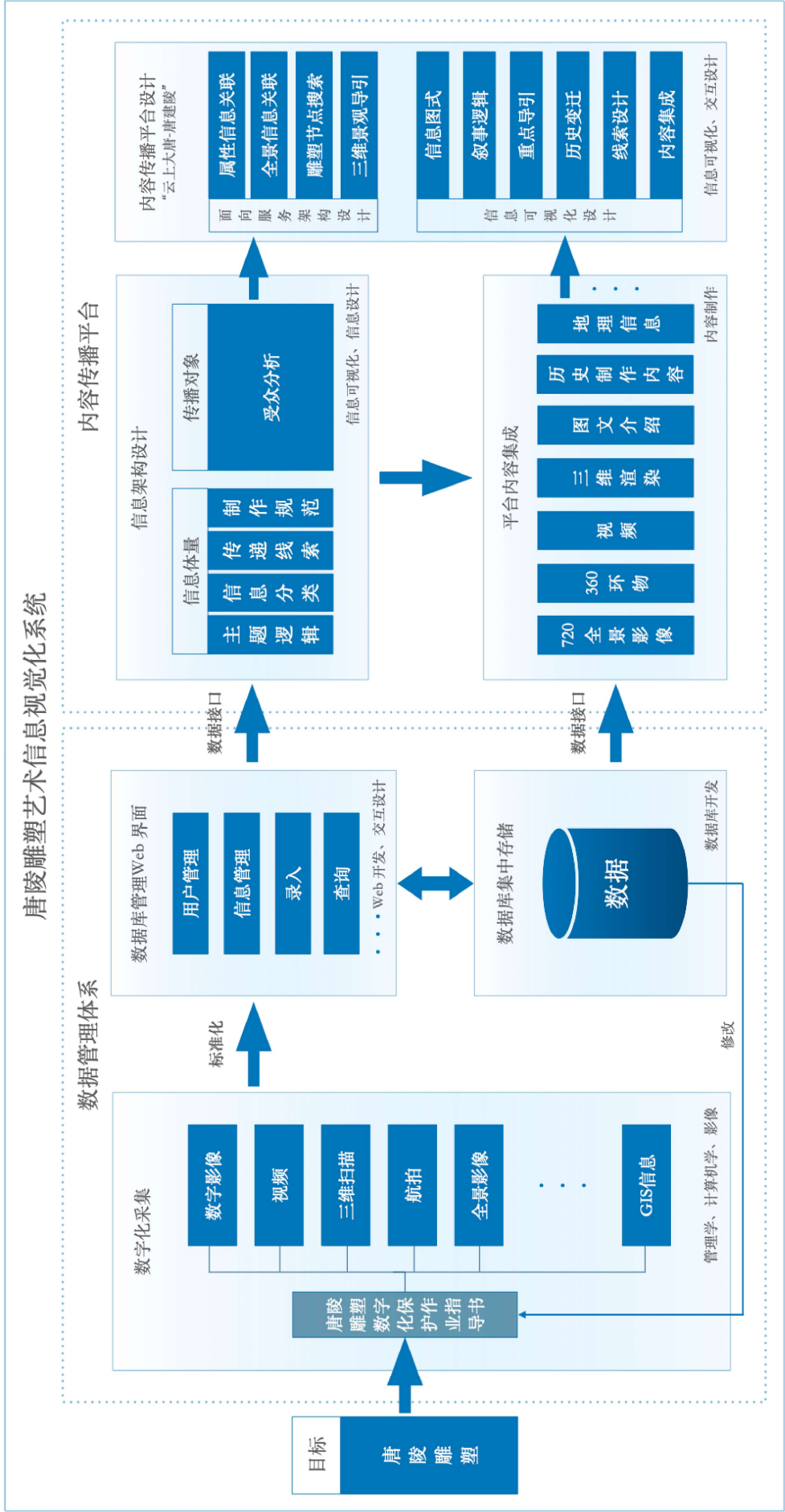


图 1-1 研究框架示意图 制图/董维
Figure1-1 Research framework Cartographer/Dong Wei

2 唐陵雕塑数据库的开发与界面设计

伴随着科学技术的不断发展,文化遗产的数字化保护手段也在不断的丰富,各种针对物质、非物质文化遗产的数字化研究方兴未艾。为了对现有关中唐十八陵更好的进行数字化保护工作,西安理工大学唐陵研究团队多年来运用各种先进的数字化手段对唐陵的雕塑、地形地貌特征、纹饰纹样、体量形貌等诸多元素进行了深入的研究,产生了大量的研究数据,数据的概念目前并不明确,通常被认为是原始的、没有经过加工和释义的信息^[24],据估算目前有数以 T 级的数据存储在研究室的各个电脑上,仍然处于碎片化的阶段。针对这些海量的数据设计一套数据库管理系统就显得尤为必要,而数据库的建立还可以反向规范前段的数据采集工作,最终实现数字化保护全流程标准化管理的目标。

2.1. 唐陵雕塑数据的特性分析

2.1.1. 多源异构的数据种类

伴随着科技领域的不断进步,文化遗产的数字化保护手段得到了极大的扩充,仅就目前针对唐陵雕塑的数字化保护手段而言,就有地里信息、文档、数字影像、三维模型、视频、APP 等众多形式。仅以数字影像为例,对历史胶片的数字化扫描可以生产数字影像,早期的数码相机与当下使用的数码相机,像素数量从 800 万增加到如今的超过 5000 万,数据规模更是成倍的增长,多源数据还带来的不同的数据类型,为了最大化的保存所有影像数据,所有相机均使用 RAW 格式进行拍摄,那么不同相机厂商的 RAW 格式均不相同。另一方面通过数据制作的内容就更为多样了,这些二次产生数据由于内容创作者所熟悉的软件、个人操作习惯等差异更大,考虑到时间跨度,为了适配未来出现的新手段,这些数据的复杂性又会增加一个维度。

数据结构的多样化比来源更为复杂,关联是数据结构的根本,通过数据的不断关联,才能产生真正意义上的智慧融合,数字化博物馆建设的主要内涵中透彻感知和范在互联都不能离开数据内生以及二次赋予的关联^[25]。然而由于早期数据标准的缺失,导致了大量数据的关联错误,以唐陵雕塑为例针对雕塑的编号规范在历史的数字化保护中就产生了数次的变化,这种变化伴随着数字化保护的全过程,不同的采集人员甚至是同一个采集人员不同时期的数据其本人的数据结构也会发生混乱。新采集的数据其结构同样是复杂的,一个雕塑其三维模型是单一而重复的,细节可以拍摄大量的数字图像,地形地貌随时都在发生变化等等都会带来数据结构的改变,由此可见其复杂性不言而喻。

2.1.2. 完整度低的数据特征

文化遗产自身的不完整性,以唐陵为例,从唐乾陵开始,唐代帝王陵墓形成了较为明确的规范,但随着时间的流逝,大量的雕塑遭到了破坏,从保存相对完整的乾陵到几乎没有遗存的章陵,从文化遗产数字化的对象的角度其对象的数量差别巨大。因为上述差距,不同陵墓之间能够产生的数据完整性就完全不同,以翁仲为例,如果对唐陵所有翁仲的正面图像进行检索,唐代不同时期的其数量差别就非常大,初唐时期的两个陵墓由于历史原因是没有翁仲的,盛唐时期的三座陵墓中乾陵和桥陵十分完整,中唐时期的泰陵、建陵、景陵也保存较好,而晚唐时期的陵墓雕塑留存相对较少,因此数据采集的对象就决定了元数据本身不具完整的可能。

单一陵墓数据也有很大的不完整性,唐陵由于建立时国力相对强盛,其陵园总体规模宏大雕塑众多,最出的数字化保护时期为了突出重点,对较为精美、艺术价值高的雕塑进行了重点保护,所以单一陵墓不同雕塑间的数据完整性差别也非常大。由此,在数据表单的设计上就需要设计更为合理的表结构以期实现数据弹性较大,从而避免为了完整性需要填充大量的空数据^[26]。

2.1.3. 高重复性的数据索引

文化遗产的数字化保护,不是一个静态的数据化过程,对这项工作而言,不是一次完整的采集就大功告成的任务^[27]。在时间的脉络上展现乡村的发展与文化遗产变迁的关联,其本身就是文化遗产信息可视化重要内涵。以雕塑的 360 度环物拍摄为例,伴随地貌的不断变迁,针对其的拍摄可能进行了很多次,而这些成果在数据的索引层面上就是重复的,它们共同具有大量相同的数据键,在检索上对精确定位数据产生很很大的影响。比环物影像问题更为严重的是雕塑大量的细节影像,数字化采集内容标准的缺失以及文物部门的发掘进展都会带来大量的细节影像,摄影师在拍摄时为了对雕塑信息的全面记录,往往采用文献摄影的方式,虽然产生了大量翔实而精确信息,但是经过时间的积累,这些艺术图片往往数以百计,例如对于“唐建陵”、“翼马”、“西侧”、“照片”、“细节”这样已经比较复杂的五个关键词共同检索,在数据库中会查到超过 200 条数据,这样对于数据的高效使用是十分不利的。而且这种重复性,由于雕塑本身几乎是静态的,还会随着数字化保护的不断推进而进一步加大。

2.2. 数据库平台的开发

2.2.1. LNMP 技术路线

开源：LNMP 的 Web 软件组合是目前常见的用来运行动态网站或者服务器的自由软件组合，这些软件全部基于开源软件项目，均可免费使用，大大节约了数据库与交互网页的开发成本^[28]。

通用接口：Nginx 是一款开源且轻量化设计的 Web 服务器，其特点是资源占用相对较低、可容纳并发能力强、对各大云计算平台兼容性好。国内目前主流门户网站使用 Nginx 开发的有：百度、新浪、网易、腾讯、淘宝等。MySQL 是目前世界上最广泛使用的关系型数据库管理系统，在 Web 应用方面也是最好的应用软件之一，各大云计算平台也都可以使用。为将来的数据库上云打好技术基础^{[29][30]}。

友好的交互界面：本课题在开题时设计的数据库管理终端是一个 Windows 的窗体程序，从开发难度来说，窗体程序的开发要简单很多，然而使用窗体程序的电脑都需要安装软件，对于未来数据库在云端存储的是不利于传播的条件，而使用 Web 界面进行交互使得所有数据库的用户不需要单独安装软件，就像浏览网页一样便利，便捷的使用方式可以有效的加快数据使用效率，提高数据传播率，为各种内容的研究提供便利^[30]。

为了实现面向未来的数据管理体系，在建设选取主流的技术路线就显得很有必要，考虑到成本与效率的关系以及数据的体量，本研究使用的技术路线为 linux+Nginx+MySQL+PHP 的组合（简称 LNMP）。

2.2.2. 元数据的标准化

数据标准化是数据管理体系设计的基石，以唐陵为例，文化遗产的数字化数据类型涉及十余个数字化学科，数十种数据格式。上述这种多源异构大数据从命名、处理、存储、管理等环节上都需要标准化才能实现数据库的入库管理。如果不进行标准化工作，反而会降低未来数据使用的效率，使得数据集中管理工作不能有效推进。

针对唐陵历史数据进行分析，从数据的来源上看，文化遗产的数字化成果与大型实验室的数据有很大的相似处，国家实验室认证（CNAS）体系从人、机、料、法、环等所有环节对实验进行约束管理，有大量的经验可供借鉴可供借鉴。但是田野文化遗产的数字化保护工作对比博物馆和实验室也有很大的不同，博物馆的数据库都是针对馆藏文物的数字化成果而实验室大多都是送检样品的数据，而田野文化遗产的数字化采集工作环境的不确定性甚至到工作的安全性都和以上两个单位有很大的不同，文化遗产的数据来源多样、数据类型多元，导致了大量的数据之间不互通，实际的采集数据也存在质量不高等问

题,但文化遗产的数字化成果又具有很高的文化价值,大量数据存在不可替代性。数据存储形式复杂,包含着各种结构化、半结构化、非结构化的数据^[31],即前文定义的“多源异构”特性。

在数据的存储层内,应该实现对多源异构元数据的结构转换、装载、清洗、抽取等工作,结合唐陵雕塑的内生关系特点,本研究选择了关系型数据库对数据进行存储,另外对元数据的模型、属性定义以及聚合进行了规划,才能完成对元数据的标准化工作。具有了数据库存储的标准元数据,才能为后续针对数据的计算、再生和创作提供坚实的基础^[32]。

文化遗产的数字化采集是数字化工作的第一步,是所有数据的源头,加之大量的遗址散落在田间地头,地理环境复杂人为因素的破坏也比较严重。数据采集环境相对恶劣、携带器材繁多贵重,以关中唐十八陵为例,绝大部份的陵园都无法实现供电,因此数字化团队还需要携带供电设备,人员的给养等都是现实需要考量的问题。过往的数字化采集工作在器材方面的未携带、非正常损坏的情况也时有发生,当然暴露出来比较重要的问题还是数剧的一致性和规范性比较差。以360度环物的数字图像为例,首先并没有明确规定其拍摄角度,特别以雕塑中轴线为对称的正面、正侧面、背面这四个面是必须进行图像采集的,这样才能保证数据的规范性,而不是仅仅通过十六张或者二十四张照片来展示文物的360度全貌。本次采集方法的规范化就是要对整个采集过程进行全流程的规范化管理。

明晰的管理目标,唐陵在关中土地上伫立了1000余年,各个陵园的完整情况大相径庭,野外工作的团队每次外出开展数字化工作,从西安出发前往工作地点往返需要上百公里,因此对于每次采集工作的目标必须要明确,要针对哪些雕塑分别进行怎样的数字化工作在出发前要进行详细的规划,做到有的放矢的开展工作。从规划阶段全面消灭潜在的质量风险,对与发生的质量问题具有行之有效的纠正与反思机制,从而设计和制度两个层面做到将质量问题控制在较低的范围内。在全流程实现标准化管理,从人员职责、设备管理、采集方法等各个方面推行管理规范,是降低采集风险、提升数据质量的坚实基础。

完善的作业指导,规范化的数据采集工作,从整体性原则出发,建立全流程的作业指导标准:权责明晰的人员组织架构,文化遗产的数字化采集设计多学科交叉管理,是属于具有社会公益性的教育、科技、文化、卫生、环境保护事业,在管理学上被归为社会事业管理体制^[33],由此可知成员之间的互相协调以及完善的工作制度是保证团队运行的基本条件。数据采集团队的人员构成专业多元,每次工作大多都是野外采集,因此有一个权责清晰的人员组织结构十分必要。权责清晰让每个参与工作的人员都十分明确的了解自己的内容是规范化采集的基本要求。

设计完整的采集流程,采集流程的设计建立在十余年来对唐陵雕塑数字化工作经验总结的基础上,充分梳理了历史工作与可供采集的项目,对过往流程进行优化,形成了一套目前看来比较完备,并在今后的执行过程中不断优化的采集流程,见图2-1。

谨慎细致的设备管理,文化遗产的数字化项目,门类众多,田野作业时涉及的仪器复杂、数量繁多、价值昂贵,在野外工作时受制与当地的条件还需要大量的保障支持性设备,

有很多设备需要使用时还要携带大量的配件，野外工作时经常因为一些小的部件出了问题导致整个项目难以实施。由上可见，设备管理工作其本身的特性就是细致谨慎，对仪器设备的出入库管理、完好检查、操作方法等要素建立起一套管理体系是文化遗产数字化保护项目顺利实施的必要保障，同时也能减少不必要的经济损失。

详细具体的操作指导，将所有可以开展的文化遗产数字化项目都演编写作业指导书，作业指导书务必做到详细具体，数字化过程中，作业指导书应随身携带，随时查阅，确保文化遗产数字化作业都能得到的所有数据规范、可用。

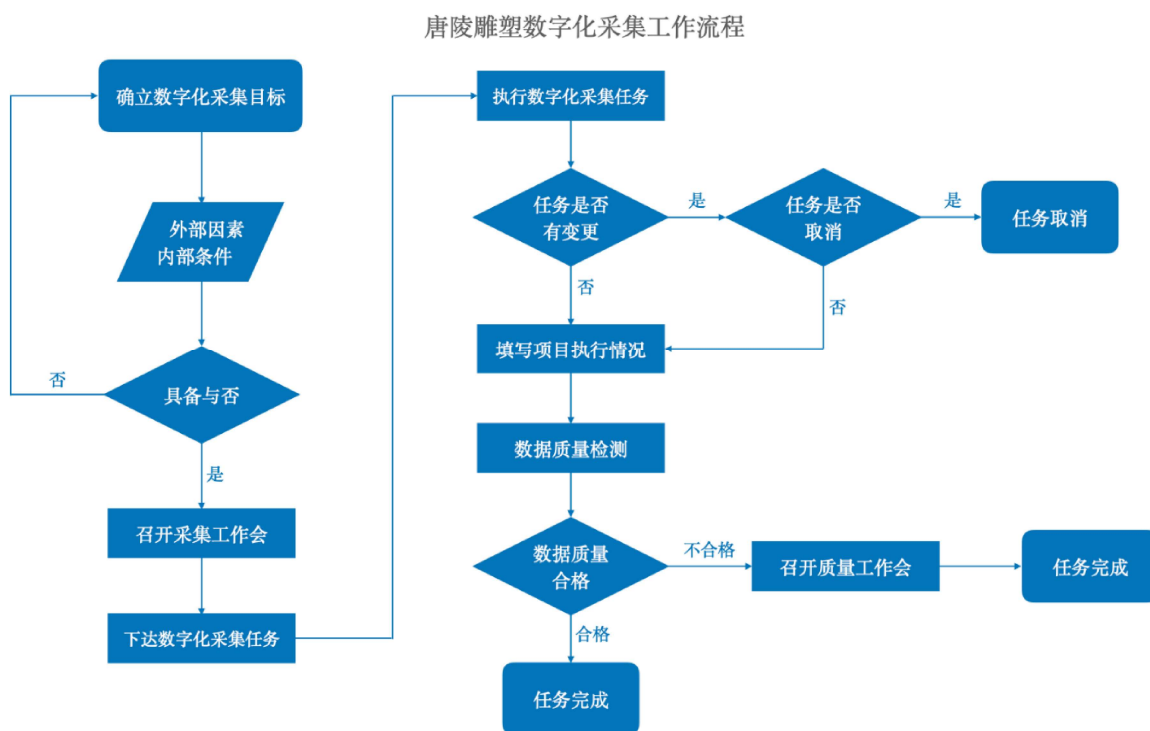


图 2-1 唐陵雕塑数字化采集工作流程 制图/董维

Figure2-1 Digital process of Tang tomb sculpture

Cartographer/Dong Wei

严格周到的质量管理，建立数据质量管理体系，对于所有采集的数据进行适量管控，发现质量问题及时整改，确保海量元数据的质量合格率维持在相对较高的水平。

2.2.3. 数据体系的架构设计

数据管理体系的设计标准，不是一个单一的标准，而是一个数据内容复杂、结构纵横交错、设计人员众多、环节多样的复杂体系。不仅需要大量细致具体工作来实现大量数据的采集，更需要完善的顶层规划，从数据采集的源头开始采用科学手段设计采集的方法和内 容，不断总结完善采集架构才能实现从采集流程到数据成果的全规范化管理。因此设计

一个完善的数据管理体系，其意义显然不仅是将数据统一存储与管理，而是用标准化的方法规范整个文化遗产的数字化流程，使得人员作业有法可依、数据管理快捷简便、质量问题准确溯源等目标，设计框架见图 2-2。

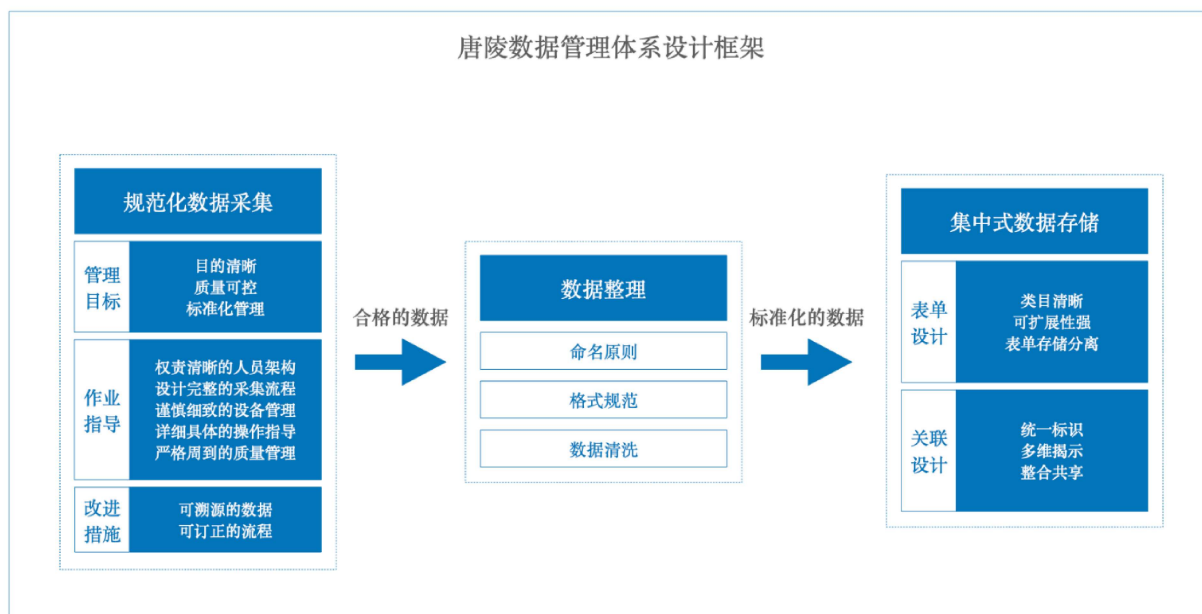


图 2-2 数据管理体系设计框架 制图/董维

Figure2-2 Design framework of data management system

Cartographer/Dong Wei

(1) 集中式的数据库存储与管理

传统的文化遗产信息多是以档案的形式存储在博物馆、考古、文博等机构，公众只能通过实地参观或走访才能接触到，这个系统极大的限制了信息传播的能力^[34]。在国家大力推行文化遗产的数字化保护之后，各个文物数字化保护团队针对文化遗产本身做了大量的工作，然而目前来看各种数据仍未完成统合，大量的数据还处于各自为政的状态，数据不仅利用起来比较困难，甚至仅就存储本身也还存在着较大的风险。因此将所有的数字化成果数据集中于数据库进行存储管理其意义不仅仅是对元数据的收集，更重要的是解决了目前文化价值传播的痛点以及对规避了数据分散性存储的数据风险^[35]。数据是整个唐陵雕塑的信息可视化系统的基础，数据库是数据可视化的后台，所有唐陵雕塑的数据均需要进行数据库的存储与管理。数据作为整个可视化平台开发的基础，还需要为未来在云端存储保留技术路线与接口的可能。

(2) 数据类别的冗余设计

唐陵雕塑的数字化保护工作不是一朝一夕，也不是一次性保护永久使用的运动式工作，而是在时间的跨度上不断挖掘长久保护的工程。随着近年来 5G 通讯技术与计算机人工智能领域的技术进步，针对文化遗产的数字化方式必然会迅速的推陈出新，科技的发

展会带来全新的数字化方式,全新的数字化方式又会产生全新的数据类型与结构。由此可见,建立一个数据库不仅要考虑当下数据类型的管理,还应当具有相当的扩展性,以期能够适应未来新数据类型的管理。

以最新的手机技术为例,目前新一代的 iPhone 手机已经能够实现激光雷达扫描实时建模,和传统的手持激光三维扫描仪不同,手机可以实时同步采集物体的表面纹理贴图,将激光雷达扫描技术与基于图像拼接的三维扫描技术凝结在一个手机上,收集携带方便小巧,野外使用供电方便,虽然现在的测绘精度还不能与手持激光扫描仪比拟,但技术经过一段时间的迭代个发展,很有可能实现对专用激光扫描仪的替代。过去实现对物体的三维扫描需要较大的手持三维扫描设备连接工作站才能实现,对电脑的性能有很高的要求,在野外使用有很多不便,未来如果能在手机这么大的掌上设备上实现较高的扫描精度就必然会产生大量的三维扫描数据^{[36][37]}。

(3) 数据的关联设计

数据关系的设计以 Web 技术为基础,基于 RDF 模型,能够把结构化、半结构化甚至非结构化的数据建立成标准化的数据结构,是信息时代最新的资源组织方式,可能更好的揭示内部关联^[38]。本数据库的表单设计以大量唐陵数字化成果数据为基础,建立了以陵墓为核心的表单关系,考虑到很多陵墓数据的不完整性,因此其表单核心表格仅有陵墓的名称与介绍。其他表格均使用了动态表格作为数据库表单的项目,这种设计大大的增强了数据库功能的扩展性,同时也适应了“多源异构”的数据特点^[28]。

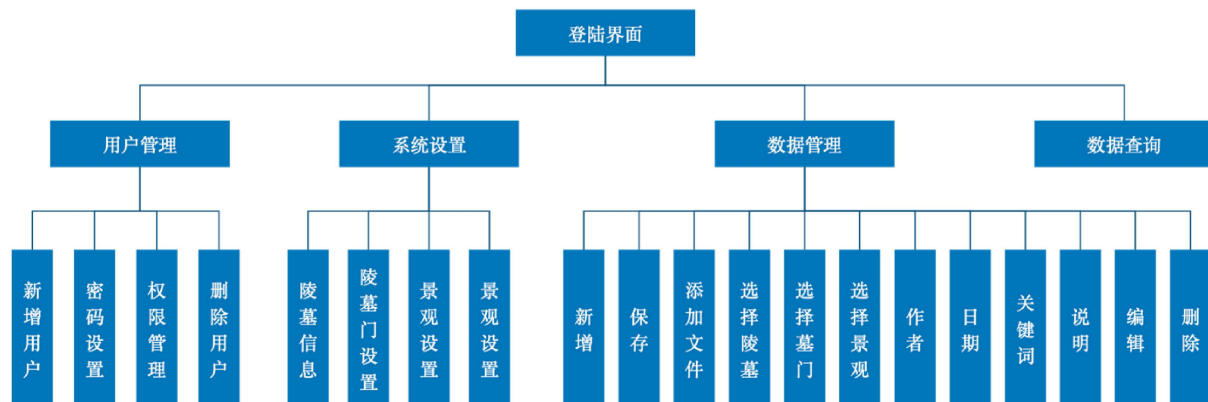
2.3. 数据库交互界面设计

2.3.1. 层级设计

“云上大唐-唐陵数据库”交互界面共计三层,分别为:登陆层、功能模块切换层、数据操作层。其中登陆层主要实现用户登陆的功能,不同权限的用户登陆会显示不同的内容,功能模块切换层主要是为了实现陵墓信息、景观信息、数据新增和维护模块的切换,而数据操作层就是为了给数据添加属性、上传、下载、查询等。设计三层的主要目的是为了降低数据库操作的难度,减少操作人员的学习成本,将数据库的基本操作提炼出来制作在网页交互界面中,把专业的数据分割、迁移等功能依然保留给数据库操作平台,另外三个层级的设计还能够满足对于网络使用加载速度的要求,未来数据库迁移到云端时,不可避免的会开放部分数据库内容,如果对服务器的访问频率过高,容易造成服务器数据用塞,导致崩溃,具体层级设计见表 2-1。

表 2-1 交互界面层级设计

Table2-3 Interaction level design



2.3.2. 功能设计

(1) 登陆功能

唐陵数据库是唐陵所有研究数据的集中存放处，因此我们对所有操作人员的权限进行了区分，登陆界面输入不同权限的账号和密码，进入后依据权限进行操作，比如管理员拥有全部权限，而普通用户仅具有数据查询权限，数据操作人员没有删除数据的权限。

(2) 页面切换功能

基于数据库的表单设计，目前唐陵数据库的功能共有三个模块分别是系统设置、用户管理、资料管理。其中系统设置模块主要针对不同的陵墓现款进行表单字段的操作，比如陵墓地址与简介。陵墓的墓门设置，以及陵墓现存雕塑的种类，该功能的设置主要是为了方便后序数据录入时大量的数据内容不需要打字录入，仅用“点选”的方式就能实现，大大节约了工作时间，提高了数据录入与检索的效率。

由于数据采集的频次没有数据检索的频次高，因此在功能切换模块中，将数据管理界面下的数据查询功能在功能切换模块中做了一个镜像按钮，这样当绝大多数用户登陆数据库后，就可以通过最快捷的方式直接找到数据查询模块。

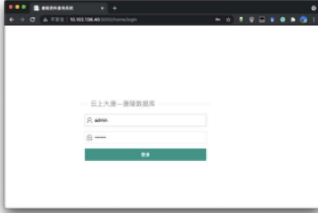
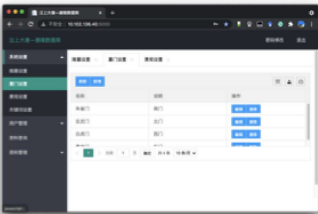
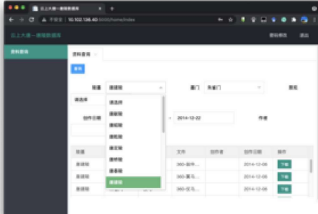
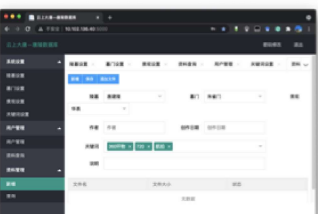
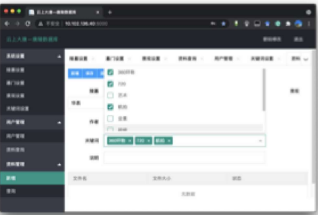
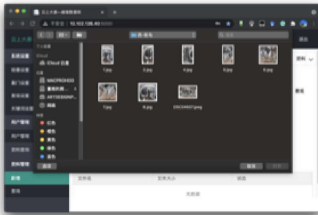
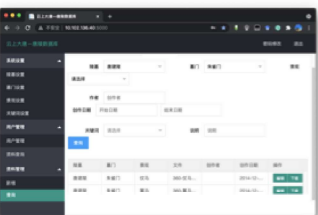
(3) 数据的操作功能

数据操作区的设计同样体现了简洁的原则，因为在系统设置中可以录入大量的标签的预设值，所以针对数据标签的录入大部分也是可以同过“点选”功能实现，对于日期在操作区调用了日历插件，也可以通过选择来录入。为了实现数据结构的可扩展性，除了关键词可在设置中增加和删除外，还预留了数据的“说明”选项，为更多的数据类型留出了

充分的可扩展性。唐陵数据库交互界面的功能设计如表 2-2 。

表 2-2 交互界面功能设计 制表/董维

Table2-4 Table of interactive function design Cartographer/Dong Wei

界面层级	示意图	界面功能/说明
登陆层		登陆首页 数据库管理系统首页，在此页输入相应的用户名和密码会根据不同的用户权限进入不同的界面。
		
		管理员登陆界面 管理员界面拥有全功能操作权限，可以更改陵墓信息、改变其他用户的权限以及对数据的完全操作。
功能切换层		操作员登陆界面 操作员权限仅仅能对数据进行查询和低清晰度下载。
		
		页面切换功能 左侧可以实现对数据库操作功能的切换，数据操作界面的上方可以对历史打开页面切换。
数据操作层		数据上传 在数据操作界面可以选择录入数据的标签如陵墓信息、景观、作者、关键词等，之后再选择上传的文件就可以实现数据上传到数据库的功能。
		
		数据查询/下载 用数据查询功能通过数据信息查询到具体的数据，如果是图像可在预览窗口中对图像进行预览，批量选择要下载的数据就可以将数据下载到本地。

2.3.3. 数据标签设计

在“系统设置”模块中，管理员可以录入陵墓的基本信息，比如陵墓的地理信息、现况等，更重要的是可以对雕塑的种类进行管理，比如常见的唐陵雕塑有华表、翼马、獬豸、狮子等，在早期的唐陵如唐昭陵中有昭陵六骏、献陵有石虎，在“景观设置”中可以对雕塑类别进行管理，如图 2-3 所示。由于数据的多源性，因此还需要对数据的类别也进行管理，这个数据类别考虑到未来新的数字化保护方式也对其设置成了可编辑的，在数据类别和雕塑属性的双关联条件下，绝大多数的历史数据都得到了有效的覆盖，剩下不足 5% 的数据在数据库管理中采用“说明”的形式进行管理，唐陵数据库可以将每条数据赋值 5 个关键词，还可以在说明中对数据进行具体的说明。在数据结构上实现了对唐陵雕塑数据的冗余设计，面对未来可能出现的新的数字化手段也进行了规划，如图 2-4。



图 2-3 雕塑类别的管理 制图/董维

Figure2-3 Page of sculpture category Cartographer/Dong Wei



图 2-4 雕塑关键词的管理 制图/董维

Figure2-4 Page of sculpture keywords Cartographer/Dong Wei

渐进式的搜索方式，数据在查询中可以仅凭借最简单的方式进行查询，还可以从已经查询的结果中不断增加条件进行筛选，对比常用的搜索引擎百度“在结果中搜索”这项功能有更强的便利性。例如操作人员可以仅仅使用“唐建陵”这个关键词就可以搜索出所有关于唐建陵的所有数据，如图 2-5。



图 2-5 数据查询示意图-1 制图/董维

Figure2-5 Data query diagram-1 Cartographer/Dong Wei

由上图结果可见，使用较为模糊的结果会查询出大量的数据结果，进一步缩小范围，例如再增加一个筛选条件“翼马”，查询结果见图 2-6。

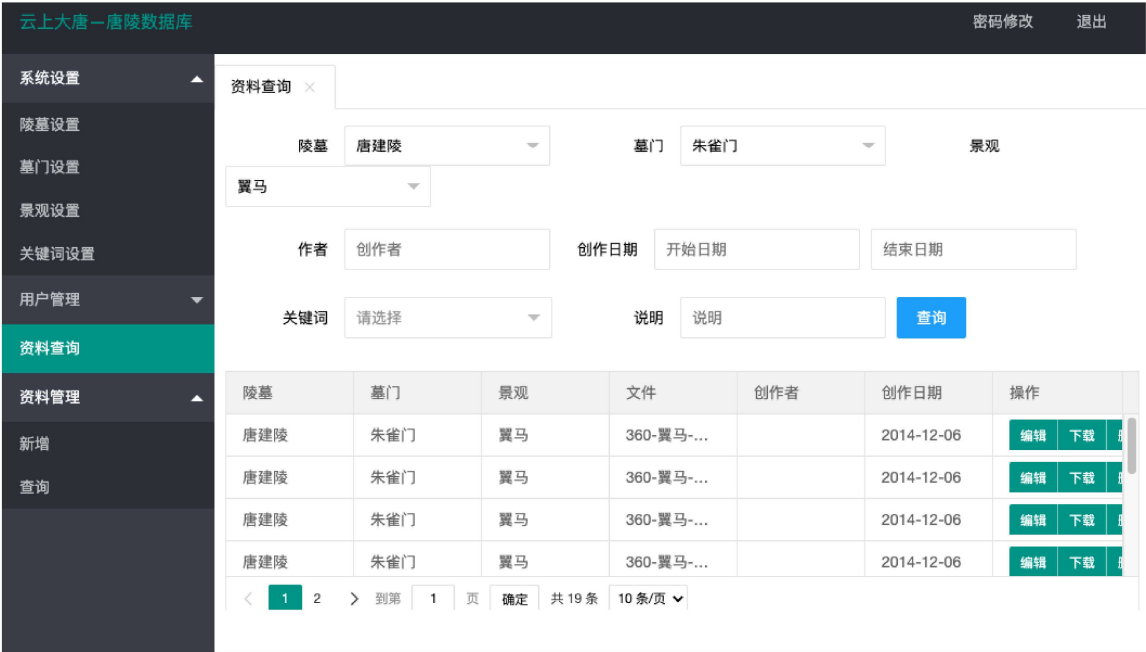


图 2-6 数据查询示意图-2 制图/董维

Figure2-6 Data query diagram-2 Cartographer/Dong Wei

由上图可见，查询结果就大大缩小了，这种设计我成为“可视化”的信息查询，用户不需要在查询结果的一开始就十分清楚自己需要什么样的结果，可以通过不断的前进探索式的搜索方式得有用的数据，提高数据利用效率。

2.4. 本章小节

从数据管理体系出发对数据的生产方式、特性分类、存储模式等特征对文化遗产建立分类框架，从文化遗址数据采集方法，从方案制定、任务管理、人员责任、风险预防、规范操作这五个方面标准化数据采集的作业流程，在数据的源头为数据库的建立降低数据管理难度。建立一个符合信息科技的，标准、安全、冗余、易维护的数据库唐陵研究数据库，以数据库作为信息可视化系统的后台为前端的传播媒介提供有力的数据支撑。

数据库的交互界面是整个数据的应用层面，数据库运行完全依赖交互界面的设计，其交互界面面对的用户为文化遗产数字化保护的研究人员，为了让操作逻辑清晰简便，采用了扁平化界面设计。整个数据库的交互界面只有三层，交互逻辑目标就是在登陆界面过后，所有的操作都应该在两次点击内实现，这样设计的目标就是为了降低交互界面的学习成本，让非专业人员也能迅速理解软件的操作方式。基于上述设计理念设计并实现了“云上大唐-唐陵数据库”网页交互界面。

3 唐陵雕塑可视化系统的信息设计

信息设计是指人们对信息进行处理的技术和实践,通过信息设计可以提高人们应用信息的效能。信息的视觉化设计其目的本身就是为了提高信息的传播效能,因此对可视化传播平台的信息进行合理的组织,对其建构合理的逻辑结构,根据不同的目标用户与信息量设计具体的应用是可视化平台设计的首要步骤。

3.1. 信息的内容、组织分析

3.1.1. 信息的体量分析

1982年 Edward Tufte 在其著作《The Visual Display of Quantitative Information》中对信息的体量与不同体量的信息设计提供了基本的方法,其中对于信息的体量有着清晰的定义,详细分为大规模信息、中等规模信息与合适规模信息三类^[38]。国家标准:GB/T38667-2020《信息技术 大数据 数据分类指南》中对大数据有明确的定义,具有体量巨大、来源多样、生成极快、且多变等特征,并且难以用传统数据体系结构有效处理的包含大量数据集的数据为大数据^[40]。在体量、多样性、速度、多变性几个维度上,唐陵雕塑的数字化数据都不算大规模数据,但又不是分类明确,简单易用的类似成绩表这样的小规模数据。所以对唐陵研究数据的定义应该是中等规模的数据。

对中等规模数据的信息设计着重在对信息内容进行有效的组织,确保“摘要”、“概念”、“参考信息”等“概念定义”的完整性,并为所有组织的查阅提供有效性。这一点在前述对于唐陵研究数据库的设计中已经实现,唐陵数据库的应用就是对中等规模的数据进行了有效的管理。而唐陵雕塑的信息可视化传播平台其实现的就是对中等规模的数据进行筛选和制作,制作成各种各样的信息(内容)并将这些信息发布在传播平台上,传播平台实现对合适规模信息的组织与传播。针对合适规模的信息,就要求对平台进行主题性的逻辑开发,把制作好的信息进行分类,强调重点信息,清晰制作规范,明确传递信息的线索。

3.1.2. 信息设计的需求分析

唐陵雕塑所承载的信息十分宽泛。首先可以是非常浅显的旅游信息,在唐陵研究现场考察时,面对数十座唐陵雕塑,大量远道而来的游客,其游览时间往往是不超过1个小时的,按照唐陵雕塑的分布面积,这样的游览时间甚至不能阅读完成对唐陵景区各种介绍信息的浏览。其次唐陵的雕塑背后还承载着整个唐王朝甚至是中国封建社会的生活形态、精

神风貌、艺术审美以及其折射出来的民族精神内涵,值得各种各样的历史学爱好者,专业研究人员前来参阅。据此我们可以把唐陵信息传播对象的需求分为审美性需求、探索性需求、解释性需求以及交流性需求四种^[41]。浅层信息受众和深层信息受众都是唐陵雕塑信息可视化平台的传播对象,正是因为上述传播对象的不同该平台才不同于简单的虚拟现实平台所带来的体验,也正是因为明确了传播对象,才使得对于内容制作的规模增加了,并且如果平台想维持受众多次观看,那么还需要对平台上的内容进行实时更新。

针对审美性需求,其信息设计主要应该体现在对信息的呈现角度、信息载体的美学内涵、环境氛围的设计上,使观众在浏览相关信息时产生优美的视听享受,实现对与气氛的烘托从而彰显唐陵雕塑的美学特征。探索性需求,其信息设计主要突出用户的体验,设计具有交互性、可行性的浏览项目,将用户的行为与雕塑的观看体验连接起来,同时具有探险与导引的两大特征。解释性需求,其信息设计模型大多在浏览环节中,通过对雕塑的历史、自然场景、故事等信息通过内容的形式重新组织,用语言符号对雕塑艺术解析,对与观众的普遍性的问题进行回应,使得观众可以充分的阅读与思考。交流性需求,交流可以分为观众与雕塑之间与观众与观众之间两种,在信息架构中充分设计交互环节,是的观众对于穿越一千余年的雕塑实现沟通,体会唐代祖先的精神世界,而观众之间的交流可以大大的增强信息的流通与迭代,通过充分的交流营造一种主动传播唐文化的“氛围”才是信息可视化平台的传播目标。

3.1.3. 可视化信息的制作范围

基于唐陵研究团队的多年唐陵数字化研究成果的总结,框定以 360 环物、720 全景、细节图片、三位扫描模型、线稿、研究论文为主要制作内容。

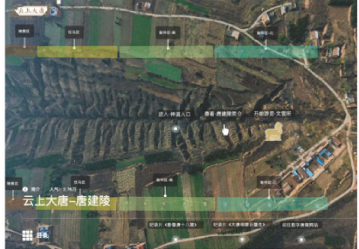
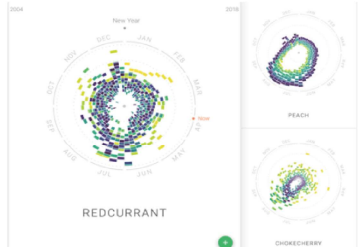
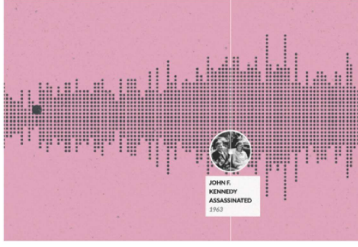
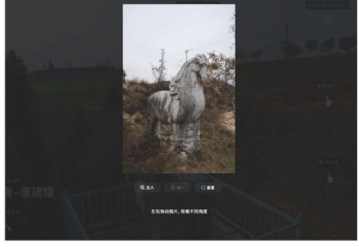
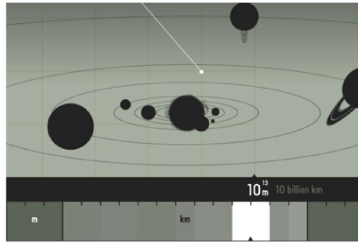
上述制作范围已经涵盖了绝大多数文化遗产保护的手段。考虑到目前移动互联网的流量已经处于绝对主导地位,单一唐陵的数字化成果体量不宜太大,数据量太大会造成网络流量过高,加载速度变慢,影响观看体验,经过对移动互联网的反复测试,也为了保障观看效果,研究团队对于数字图像、三维模型、全景图片的大小都进行了规范。

3.2. 信息架构设计

信息可视化从其本质功能来说就是以各种抽象的数据为原材料,把它们加工成一切可视化的结构。数据是信息的基础,信息是经过编码的数据。在信息可视化的研究领域中 Matt Wool man 曾经将信息可视化的架构总结为以下四种,分别是:用于显示空间、环境以及结构的“地图式(Mapping)”,用于呈现新新闻、统计结果的“情报式(Informing)”,用于复杂行为、过程、事件可视化的“交互式(Interacting)”,以及当时是很先进的还在研究的“探索式(Exploring)”^[42],如表 3-1。

表 3-1 信息可视化架构调研汇总 制图/董维

Table3-1 Survey summary of information visualization architecture Cartographer/Dong Wei

架构名称	案例	用途	在本文平台中的应用
地图式 (Mapping)	 图片来源: https://interaktiv.morgenpost.de/	主要用于显示空间、环境相关的复杂信息,也用于一些基础结构(例如地铁运行图)等较复杂结构的信息可视化。案例是一个实时显示柏林城区噪声分布的网站。	 首页沙盘
情报式 (Informing)	 图片来源: http://rhythm-of-food.net/	用于显示来自数据统计、新闻、交流数据的信息,通常用于大规模数据(例如贸易数据)的信息可视化。案例是对全球不同时间对农作物的需求统计的数据可视化网站。	 研究信息情报集成
交互式 (Interacting)	 图片来源: http://histography.io/	用于将复杂事件、行为、过程等信息用视觉化的方式呈现,尤其适合应用于一些信息的关系视觉化。案例是年度大事件的历史呈现,用时间为索引同时呈现事件的关联性。	 交互式 360 度观看
探索式 (Exploring)	 图片来源: https://www.nikon.com/	用于将一些富有探索型的事件以及具有创造性联系的符号信息以视觉化的方式呈现。案例是 Nikon 公司用于显示宇宙物体大小尺度的信息可视化网站。	 探索式遍历

3.2.1. 多元化的信息设计原则

纽约大学波兹曼教授在其著作《娱乐至死》中提出传播学中著名的观点“媒介即隐喻”，在固有认知中，通常认为媒介本身就是一种形式，而这种形式本身是不具备意义的其服务的对象是媒介承载的内容，即媒介是信息的载体，例如一段对话其本身可以是文字呈现在报纸上，也可以是录音，其信息的内容是一致的，仅仅是媒介不同^[43]。然而从“媒介即隐喻”这个观点出发，就可以看到，媒介本身也具有信息性，媒介对信息的影响不在物理层面上，而在心里层面。媒介形式对于文化遗产信息的影响更有着举足轻重的意义，目前国内大量的博物馆和文化遗产的信息化都存在同样的问题就是碎片化，其内容信息的本身其实无论从审美还是阐释的角度都非常优秀，但整体性不足，文化遗产与文物的信息往往不仅仅是考古学意义上的尺寸、断代等考古信息，如果我们认为媒介本身具有隐喻性，那么我们在设计中就必须考虑文化遗产本身的象征性、符号性甚至是信息的语境。一切与媒介相关的感官信息获取方式中视觉信息占据了绝大部分，从文字走向图像其本身就是信息传播方式的重大变化，因此把大量的数据、文字、图像等综合在一个信息呈现平台上，用信息可视化技术来设计就需要遵循一定的设计原则。从本文第一章提到的“数字化整体保护”原则出发，充分突出信息的整体性，制定了以下设计原则：

(1) 连贯性

唐陵雕塑信息可视化平台要充分体现平台信息的连贯性，平台信息的连贯存在两个层面的连贯性，首先是信息本身的连贯性，这体现在信息的本身属性上，以图片效果为例，其曝光、色调、相同属性图像的拍摄角度都应当是连贯的，这与镜头语言中经常提到的“侧光一致性”原则不谋而合，轴线原则本身的意义就是满足信息的隐喻性，为了满足整体化的原则，那么信息本身的属性必须是连贯的。其次是信息交互的连贯性，信息的交互特征不仅是连贯甚至在某些交互领域应当是一致的，这样有利于用户对于交互方式的学习，以360环物为例，整个平台的交互方式应当是一样的，用相同的交互方式必须得到相同的信息呈现结果，否则用户的体验就会产生偏差，认为两者不是同一空间下的信息，从而破坏了平台信息的整体性。

(2) 包容性

可视化平台的信息设计的包容性也体现于两个方面，首先设计的包容性要包容大量不同结构的信息类型，在信息化的时代，互联网给我们带来了平等性和去中心化，平台对于大量信息的集成正是对这两个特性的回应，用户在平台中能够充分享受到对于信息的选择自由，自主的观看和学习进而形成个人的认知体系。其次平台的信息设计还应该包容所有参与的个体，对每一位平台的用户都提供友好而整体的界面是信息设计的重要方面，既有文字的阅读过程提供时间体验也有图像的瞬间感受提供空间体验，充分满足各种观众的不同层面的认知需求。

(3) 延展性

信息设计的延展性主要体现在对平台数据的创生增值上,信息通过新媒介进行传播,新媒介的出现彻底改变了传统媒介的单项特征,虚拟技术使得美学呈现在空间上有了充分的延展性,用户可以在平台的信息中充分亲历,获得一种自由审美的感受,有充分的想象,不仅是抽象信息的生动性更是具体的可感知性。

3.2.2. 综合式的信息呈现架构

前文提到的四种信息可视化架构是十九年前的著作中提到的架构分类方式,在计算机技术已经取得长足进步的今天,如果对唐陵雕塑的艺术信息以其中的某一种信息架构来呈现,都不能完整的显示唐陵雕塑的艺术魅力。信息科技的进步是我们目前能够使用的计算机技术已经大大超越了著作的时代,当然并不意味着不能单一的使用其中的某种架构就认为这个理论过时了,事实上在当下的时代中我们仍然是遵循着上述信息架构来进行信息设计的,信息技术的提升是我们不在拘泥于其中的任何一种分类,而是可以综合式的使用上述四种信息架构设计我们的平台。以唐陵雕塑的信息可视化平台为例,平台首先需要有一个顶部的航拍地图用于展示陵前雕塑于陵墓关系的综合地图,该页面应当是“地图式”的,在页面上可以展示陵墓的神道与神道雕塑的关系,阙门、乳台等遗址的分布以及雕塑的具体分布区域,全景化的宏观展示陵墓结构。其次由于陵墓占地面积通常都有十余平方公里,就需要用探索的方式对陵墓的各种文化遗产进行遍历,可以神道入口为起点模拟古代帝王入葬仪式,也可以按需求对不同分区的雕塑进行游览。整个浏览的过程均需要通过交互设计来实现,还可以在使用平台的人之间实现信息交互,充分做到人—机、人—人的交互。平台针对每一尊雕塑都会集成大量的研究信息,比如图片,环物等等,这些信息都要以“情报式”的方式来呈现。综上所述,如今的信息可视化项目其信息架构必然是综合性的,单一的架构很难满足多元化的信息呈现方法。

3.2.3. 信息的结构及导航设计

信息所处的空间通常定义为“虚拟空间”,虚拟空间与真实空间的差别是真实空间是可以被测量和定义的,例如我们可以用空间直角坐标系来定义真实空间的位置,而虚拟空间却无法定义。虚拟空间的“虚拟”特性在于其空间是由导航来建立的,如建立一个信息的导航结构也就同时创建了信息的虚拟空间^[44]。如同真实世界需要路标一样,信息世界也需要探路。对于探路的设计通常需要考虑两种情况,一种是在熟悉的环境中,对于路径的选择不需要决策,用户十分清楚到达所需信息的路径,只需要执行其认知的最短路径选择就可。另一种占大多数的是对环境并不熟悉的用户,其每次对于路径信息的选择都需要决策过程,然而其决策过程往往并不是孤立的,其决策通常发生在对于页面信息的阅读基

基础上,然而阅读并不一定产生正确的信息,因此对于页面文字要充分消除歧义,发挥媒介信息隐喻的特征,通过视觉元素的设计对信息的导航进行有效引导,针对这一群体用户的导航设计其信息必须要有关联且延续,最好能形成闭合循环。

虚拟空间的导航设计与真实空间也有相似的内涵,用户首先应当完成对于自己的定位,真实世界的迷路通常发生在不知身在何处,虚拟空间也同样,观众往往被某个信息的标签吸引点进去,在海量的信息世界里进入二层链接通常就会迷路,甚至忘记自己的目标,因此对于信息的层级也需要尽量的简化,对于各种通道,尤其是返回总体沙盘的通道应当予以设置,并且在设计完毕后应在真实世界进行用户测试,基于测试结果对信息的导航结构不断优化。

唐陵雕塑的可视化平台,从信息层面上规划了三个层次,其中的索引层就是导航结构设计的核心,在自由选择浏览节点与总体沙盘之间设置了“软”引导的导引信息,引导用户对唐陵雕塑进行大致浏览,建立整体印象,并且用方向语言不断教育用户雕塑之间的关联信息,在所有标志性场景中放置数据标志,使得整个虚拟的可视化环境即实现了自由探索也能在引导下完成对整体信息的概览,信息导航逻辑如图 3-1 所示。



图 3-1 信息导航设计示意图 制图/董维

Figure3-1 Schematic diagram of information navigation design

Cartographer/Dong Wei

3.3. 本章小节

数据是信息可视化的基础，没有数据就没有信息，没有信息谈信息的可视化就是空谈，可是据特别是大量的数据其本体也是无法传播的，受众对于未经加工数据是没有阅读能力的。本章节对唐陵雕塑可视化平台的信息组织与架构进行了探讨并完成了平台的主要信息设计内容。首先对与平台信息的内容与组织进行了分析，确定了唐陵雕塑的信息体量以及可视化的对象需求，从媒介的隐喻的属性出发对信息架构的设计原则进行了讨论，最终确定了连贯性、包容性以及延展性的多元设计原则，对可视化的四种模型进行了调研，最终确立了综合化的方法来构建信息可视化平台。由于信息体量较大、内容丰富，本章着重对信息的导航结构进行了设计，确立了索引层的虚拟空间特征以及信息中间介质层级，同时理清了平台信息的逻辑关系，为后续视觉界面设计建立了良好的信息基础。

4 唐陵雕塑传播平台的可视化设计

如何将数据制作成可供对象观看的内容,这就是信息可视化根本目的。平台是内容的载体,可以是虚拟的也可以是实体,平台与内容的关系是不可分割的,以著名的短视频平台举例,如果平台的短视频在切换时非常卡顿,即便是短视频内容再优秀,恐怕糟糕的用户体验也会影像用户最终的印象,而仅有顺滑的交互体验也无法支持空洞的内容传播,所以平台对于内容本身来说有非常重要的意义,设计一个有利于唐陵雕塑传播的平台对于其艺术价值的传播有着十分重要的意义。

信息可视化(Information visualization)是需要跨学科研究的领域,其目的在研究非数值型信息且规模较大资源的视觉呈现(例如程序的代码或者大量的数据文件)。通过利用图形图像方面的技术与方法,帮助人们理解和分析信息。然而理解的过程其本质上是一种心理活动,罗伯特斯宾塞在其著作《信息可视化概论中》开宗明义的提到:可视化就是形成某事物的心理模型活动,这种定义是对媒介隐喻性的回应同时也是影像新媒介诞生以来主要的艺术思潮^[44]。由此可见传播平台本身就是可视化设计的重要部分,平台不仅是信息的容器,其本身就是信息会对观众产生认知影响,故此传播平台的可视化设计十分重要。

4.1. 传播平台的分析与选择

4.1.1. 不同平台的特性分析

目前的传播平台总体来说有两种实现方式,一种是传统的网页平台,基于阅读逻辑进行设计,一种是全景沉浸式三维平台。各大门户网站就是传统的网页平台,公众号、小程序、微博等移动互联网下诞生的信息视觉传播方式也都属于传统网页平台,传统网页平台的主要特点是基于阅读逻辑设计,观众首先看到的是所有文章的标题,点击个人喜爱的标题选择性的观看所发布的内容。而沉浸式平台更加接近真实场景的游览模式,观众有一定的路线进行游览,在游览的过程中获取其所需要的信息。

(1) 网页式平台

目前各大博物馆都有其官方网站、微信公众号以及微博官方账号等网页传播平台,以故宫博物院为例,就建立了一个官方网站,在官方网站上可以查阅到各种各样的信息,故宫博物院还针对大量的馆藏文物进行了数字化保护,成果可以在数字多宝阁、数字文物库中观看,其中数字多宝阁中可以看到文物的三维模型。西安理工大学唐陵数字化保护团队已经建立了“数字唐陵”的网站,该网站累计已经有了超过 15 万次的点击量,对于唐文化的传播起到了重要的作用^[45]。

然而上述传统网页式平台存在的问题是网站上所有发布的信息都是以页面的形式存在的,其信息之间的勾连性不强,比如瓷器的三维模型展示可以较好的展示其瓷器本身的信息,但是该瓷器的用途,与其他瓷器的关联,以及其在具体陈设摆放时的形态都很难得到有效的展现。唐陵的雕塑更是如此,以翁仲为例,作为信息传播平台的网站可以做到对翁仲各种信息的展示,历史由来、风格演变特征、甚至可以通过大量的照片来明确其位置信息,其弊端就在于信息提供的量越大,其文章就越长,阅读难度越高,难以符合目前移动互联网的传播趋势。

(2) 沉浸式平台

全景平沉浸式平台其根本上就是虚拟现实技术在互联网的应用,如今由于 5G 为代表的高速移动互联网的发展使其有了更广阔的应用场景。近年来,虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术的发展为文化遗产的保护提供了新途径。虚拟现实是以计算机技术为核心,结合相关科学技术,生成与一定范围真实环境在视、听、触感等方面高度近似的数字化环境,用户借助必要的装备与数字化环境中的对象进行交互,产生亲临真实环境的感受和体验。由此可见,虚拟现实具有多感知性、沉浸性、交互性和构想性等特点,将这些特点应用于文化遗产的保护中,将会带来很大帮助。多感知性和沉浸性会为体验者创造文物所在历史时期的社会环境,体验者可以切身体会,这比从文字和图片中感知历史知识更容易让人理解;交互性使用户与系统产生联系,系统按照使用者的意愿进行表述;构想性是指用户通过联想和推理等思维过程,对系统运行的未来进行想象,以获取更多的知识,认识复杂系统深层次的运动机理和规律性。

4.1.2. 沉浸式平台在唐陵雕塑传播中的优势

唐陵雕塑信息可视化台的搭建是基于文化遗产数字化整体保护原则的,矗立在陕西关中大地上的十八座唐代帝陵是一个有机的整体,每座帝陵四个门所残留的雕塑以及帝陵的封土甚至是周边环境的变迁都是帝陵所能提供的信息,这些信息从认知的角度来说都是联系的。首先,整体是构成事物的诸要素的有机统一,部分是整体中的某个或某些要素。信息可视化就是一种心理的构建和体验,基于这一认识,一个文化遗产作为整体所能提供的心里感受是远大于其中某些单一要素的,所以沉浸式的体验设计其本身的出发点就是用整体性的体验带给观众完整的心里感受和体验,唐陵的每座雕塑并不是孤立存在的,就像单个的兵马俑很难带来大型军阵的震撼感一样,其所能提供的信息被大大的减弱从而带来了并不震撼的心里感受。这对唐陵雕塑所承载的唐代文化艺术的内涵是不利的。其次是沉浸式体验带来的临场感,伴随着虚拟现实技术(VR)与增强现实(AR)技术的不断发展,目前可以制作临场感非常强的文化遗产信息可视化平台,在这个平台上甚至不用佩戴专门的设备就能够足不出户的体验文化遗产带来的感受。这样的临场感大大的加强了观者的心理感知,对信息可视化的传播来说是巨大的优势^[46]。

4.1.3. 沉浸式平台的改进与传播效果提升

沉浸式的体验平台在应用中仍然存在不少问题,目前全国各大博物馆,很多景区都只做了 720 全景漫游系统,这些系统虽然提供了很强的在场感但对于展品的信息提供并不完全,而且往往是一次制作后就不再更新,信息集成度低使得虚拟现实往往只是提供的在场感,其信息承载能力是弱于传统网站的。以故宫博物院为例,故宫博物院的全景故宫提供了太和殿、太极功、养心殿等建筑的 720 全景,用建模结合实景拍摄的方式实现了对故宫全景的呈现,然而故宫博物院将八个宫殿建筑全部集中在太和殿广场上,从空间上打破了原有故宫的格局,让游览的人对故宫的结构有混乱的感受。在太和殿场景中,对于广场上的围环和栏杆没有深入的介绍,平台也忽略了丹陛石、建筑形制等重要信息的介绍,当然这与虚拟现实平台的特性有关,虚拟平台的全景图片文件通常比较大,为了实现全平台的浏览,通常使用网页,如果在单一场景中集成信息较多,首先影响网络加载焦虑,容易造成浏览器崩溃,其次信息集成密集还会对游客购买门票的实景游览有影响,不利于解说等相关旅游产品的销售。

在社交属性方面沉浸式平台与现在的移动互联网也有较大的差距,大量的全景平台没有社交功能。社交的缺失使得用户对于全景平台的浏览变成了信息孤岛,并不符合如今万物互联的大趋势,在视频网站普及弹幕功能后,即便是相对题材严肃的文化遗产数字华传播平台,也应当实现部分社交功能,为前来浏览的观众提供交流沟通的服务。综上所述,信息承载量低、社交属性差是沉浸式平台对比网页平台的最大短板。

为了解决上述短板,本研究对传统 720 全景漫游系统进行了二次开发,制作了大量的适合在沉浸式平台观看的内容,在沉浸式浏览页面集成大量内容,使得观者不仅能对唐陵雕塑有全面直观的感性认识,还能够从集成内容中深入而理性的理解唐陵雕塑背后隐含的唐代社会、经济演化规律,了解艺术风格与时代的紧密关系,使全景平台不仅具有身临其境的在场体验,更有深度研究的文化内涵。

信息集成使得平台的内容更加丰富,可观看性更强,但大量信息集成在平台上也会带来数据体量臃肿,本研究开发的“云上大唐-唐建陵”平台其中全景场景超过 50 个,在单一项目中已经超过了云平台的推荐场景数量上限,如果在场景中使用平台后台素材库添加内容,必然会使得加载速度更加缓慢,影响观看效果。本研究充分利用前文开发的数据库,在腾讯云租用云端服务器,将部分内容数据以数据库的形式存储在云端,利用数据库外链接口,将三维扫描模型、雕塑细节图片、艺术图像、纪录片视频能体积较大且需要集成的内容通过链接加载,由此不仅可以提升细节图片质量,还可利用云计算分布式带宽优势,提升加载速度。在浏览线索体积不增加的情况下,将平台的整体文件大小控制在 3GB 以内,使得大量的观众可以在使用流量完成浏览也不带来很大的数据负担。在沉浸式体验的同时提供了大量的信息,为唐陵雕塑艺术的信息可视化找到了适宜传播的新方法。

在平台建设完成后,通过 720 云发布,在微信朋友圈、微博上都进行了转发,上线四

个月来目前已经收获 2.76 万次浏览量，随着集成内容的不断更新，相信会后更多的观众通过沉浸式平台来体验唐陵精美绝伦的雕塑艺术。唐陵研究团队还将唐建陵的经验复制，拍摄制作了唐乾陵的全景展示平台，唐桥陵也已经计划开展数据采集工作，相信在不久的将来可以建成完整的唐陵雕塑云上博物馆。

4.2. 平台制作对象的选取

4.2.1. 唐陵雕塑现状调研

唐陵雕塑的可视化平台，其主题无疑全景呈现唐陵的雕塑艺术，所以对唐陵雕塑的展示是平台最重要的主题，所有内容都以具体的雕塑为切入点进行展示。笔者在研究生就读期间二十余次前往关中唐十八陵进行实地调研（如图 4-1），总计行程超过 6000 公里，对唐十八陵的地面雕塑现况进行了全面的梳理与总结，将十八座唐陵现存地面雕塑数量汇总如图 4-2 所示。

由图 4-2 可见，同样是关中的唐代帝陵其保存情况大相径庭，保存最好的唐桥陵雕塑虽有残损但数量十分完整，而保存较差的章陵墓前仅存 1 座残破的翁仲雕塑。张辉教授在《重大社会变迁下的唐陵雕塑》一文中将唐陵雕塑分成了 4 个阶段，其中第二阶段和第三阶段的唐陵石刻最为精美，上述两个时期的五座唐陵只有定陵保存状况较差，虽然陵园损毁严重但仅存的几座定陵雕塑仍然高大雄伟、艺术精湛，为我国唐代石刻艺术宝库中的精华^[47]。在中晚唐时期也就是上述第四个阶段的 11 座唐陵中保护状况最好的是唐崇陵，目前现存 36 座雕塑，尤其是朱雀门外的神道雕塑相对比较完整，其余唐陵的雕塑损毁均超过 40%。唐代因安史之乱导致国势衰微，中晚期唐陵还存在雕塑造型较为草率，加之唐陵分布广泛，在不同的县重视程度、保护情况差异很大，其中跨越两个县的唐贞陵因其玄武门在淳化县，县政府将北门雕塑搬至县城广场展示，事实上对唐贞陵的原始完整性造成了一定程度的破坏、而与唐乾陵近在咫尺的唐靖陵作为唐代在长安的最后一位皇帝的陵寝，在建设时由于国力衰落，雕塑和陵园规模都无法与乾陵相比，雕塑大多矮小切粗糙。温韬趁唐末战乱，将唐陵全部盗掘，作为建国后官方唯一发掘的唐陵，靖陵仍然出土了大量的文物。而随着农业社会人口不断增多，人们不断开发耕地，如今的唐陵大多都在农村的田间地头，雕塑周边的果树等作物严重侵蚀着雕塑的空间。当然对所有唐陵的数字化保护工作是研究团队的责任，但在初期平台建设时，选择一个相对完整的唐陵作为研究对象，有助于全面的确定保护与内容制作标准，从而在未来有效的复制这一模式，最终实现对所有唐陵的研究与开发。因此唐陵雕塑的信息可视化平台建设应当从保护较好的五座唐陵中选择分别是：唐乾陵、唐桥陵、唐泰陵、唐定陵、唐崇陵。



图 4-1 唐陵实地调研照片 拍摄/西安理工大学唐陵研究团队

Figure4-1 Investigation photos of Tang Mausoleum

表 4-1 唐陵雕塑现况梳理 制表/董维

Table4-1 Current situation of Tang mausoleum sculpture Cartographer/Dong Wei

分期	唐陵名称	原有雕塑	现存雕塑
初创期	唐献陵	四门外各有石虎 2 座；朱雀门外石犀 2 座、华表两座	现存石虎 5 座、石犀 1 座（石犀石虎各一座现藏碑林博物馆）、华表 1 座
	唐昭陵	玄武门原有蕃臣像 14 座；东西两庑置昭陵六骏；后寨村存护陵石狮 2 座	现存蕃臣像 7 座（均残）；2 座护陵石狮与四骏现存碑林博物馆、两骏现藏于美国宾夕法尼亚大学博物馆
成熟期	唐乾陵	四门各有石狮 2 座（玄武门为小石虎 2 座）；玄武门仗马 6 座；朱雀门外蕃臣像 61 座、翁仲 20 座、仗马 10 座、鸵鸟 2 座、翼马 2 座、华表 2 座	现存石狮 6 座（白虎门缺 1 座，玄武门残存 1 座石虎）；玄武门仗马 5 座；朱雀门外 61 蕃臣像（均残）与 36 座雕塑（部分残缺）均在
	唐定陵	四门各有石狮 2 座；玄武门仗马 6 座；朱雀门翁仲 20 座、仗马 10 座、鸵鸟 2 座、翼马 2 座、华表 2 座	现存石狮 3 座（青龙门石狮现存富平文管所）；玄武门现存仗马 1 座；朱雀门外翁仲 4 座
	唐桥陵	雕塑同定陵，朱雀门外翼马改为獬豸两座	现存石狮 8 座；朱雀门神道雕塑与玄武门外雕塑均在（部分残缺）
延续期	唐泰陵	朱雀门外有蕃臣像 8 座，其余同桥陵	现存石狮 7 座（白虎门缺一座）；玄武门仗马 4 座；朱雀门外华表 2 座、翼马鸵鸟各 2 座、仗马 5 座、翁仲 18 座
	唐建陵	同桥陵	现存石狮 6 座（白虎门、玄武门石狮现存昭陵博物馆，青龙门石狮 2010 年被盗）；朱雀门外神道雕塑均在（一座华表残缺）
衰微期	唐元陵	同桥陵	现存石狮 4 座（白虎门、玄武门各两座）；玄武门外仗马 2 座；朱雀门外翼马 1 座、仗马 2 座、翁仲 7 座
	唐崇陵	同泰陵	现存石狮 5 座；玄武门外仗马 3 座；朱雀门外华表 2 座、翼马 2 座、鸵鸟 1 座、仗马 8 座、翁仲 18 座
	唐丰陵	同桥陵	现仅存玄武门石狮 1 座；华表 1 座（残缺） 2019 年考古发现神道华表 1 件、翼马 2 件、石马和牵马人各 3 件
	唐景陵	同桥陵，玄武门原有小石狮 2 对	现存石狮 8 座；玄武门小石狮 4 座、仗马 6 座；朱雀门神道华表 2 座（1 座残缺）、翼马 2 座、鸵鸟 1 座、仗马 9 座、翁仲 5 座
	唐光陵	同桥陵	现存石狮 5 座；玄武门仗马 6 座；朱雀门华表 2 座（残缺）、翼马 2 座、鸵鸟 1 座、仗马 2 座、翁仲 3 座（2 座躺在田间）

(续表)

衰 微 期	唐庄陵	同泰陵	现存石狮 7 座 (玄武门少 1 座); 朱雀门华表 2 座 (皆残)、翼马 2 座、鸵鸟 1 座、翁仲 6 座;
	唐章陵	同桥陵	现仅存朱雀门翁仲 1 座 (残缺)
	唐端陵	同桥陵	现存石狮 6 座 (玄武门外无石狮); 朱雀门华表 2 座 (一座残缺)、翼马 2 座、鸵鸟 2 座 (一座现存碑林博物馆)、仗马 2 座 (躺到残缺)、翁仲 4 座
	唐贞陵	同桥陵	现存石狮 8 座 (其中玄武门石狮 2 座现在淳化县广场); 玄武门 4 座仗马 (现在淳化县广场); 朱雀门华表 2 座、翼马 2 座、鸵鸟 1 座、仗马 6 座、翁仲 12 座
	唐简陵	同景陵, 玄武门原有小石狮 2 对	现存石狮 5 座 (朱雀门 1 座、青龙门两座均存富平县文庙, 玄武门两座皆残); 玄武门仗马 4 座; 朱雀门翼马 2 座 (现存省历史博物馆)、仗马 2 座、翁仲 2 座
	唐靖陵	同桥陵	现存石狮两座 (皆残); 朱雀门华表 2 座、翼马一座、仗马 3 座、翁仲 2 座

4.2.2. 唐建陵的选择依据

建陵是中唐第一个皇帝宗李亨与章敬皇后以及韦妃合葬的陵。肃宗建陵位于礼泉县城北约 15 公里的武将山。武将山海拔 783 米、东与九嵎山昭陵遥相对峙, 西与乾陵隔川遥望, 沟壑纵横、南望沃野, 为全国第五批文物保护单位。基于前文分析结论, 在众多的唐陵中仅有五座唐陵的保存状况较好, 从乾陵以后唐陵的基本规制确定下来, 所有陵墓均有四门, 其中雕塑主要分布在朱雀门的神道两侧, 我们对上述五座唐陵的神道雕塑进行分析, 其结果如表 4-2 所示。对这五座唐陵的具体情况分析后确定第一期唐陵传播平台的制作对象为唐建陵, 具体有以下三个原因:

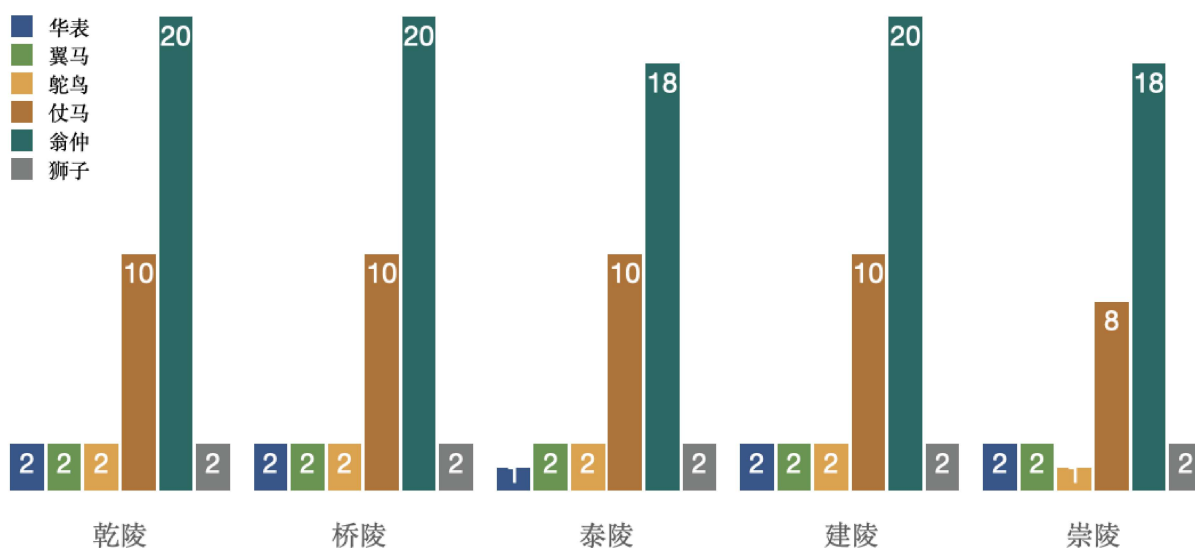
(1) 神道雕塑保存完整

唐建陵由于地理位置的原因, 远离城镇交通不便, 因此其神道雕塑从数量来看被完整的保存了下来, 仅有南门外的西侧华表残损, 但近年来经过文物部门的勘探, 已经将残骸挖掘整理好, 应当很快就能竖立起来。建陵雕塑从个体保存情况来看也是非常完好的, 翼马鸵鸟四尊瑞兽均是完好的保存状态, 五对仗马完好的有四座, 其余虽有残破但主体尚存能够分辨, 十对翁仲大部分都完好无损, 仅有个别无头, 朱雀门狮子也十分完整, 从雕塑保存情况看, 雕塑的完整性与乾、桥二陵一致, 完好程度不逊于乾、桥二陵神道雕塑, 从保护情况来看好于同时期兴建的玄宗唐泰陵, 也好于晚唐时期的崇陵。

(2) 雕塑艺术精美绝伦

唐建陵是肃宗皇帝的陵寝，兴建于“安史之乱”后，属于中唐时期的典型陵墓，此时的唐代已不复盛唐时期的自信与富庶，但建陵仍然承袭了自乾陵以来的唐陵规制，下宫、献殿、阙台等陵园建筑一应俱全，四门时刻种类数量均与乾陵相同。特别是神道雕塑起形制与乾陵完全相同，但翁仲的服饰风格与乾、桥二陵相比有了明显变化，和泰陵的左文右武的形制相同。从石刻水平来说，王子云、陈安利、刘向阳等人均认为建陵的石刻水平在唐代诸陵里属于绝佳之作，陈安利先生更是给出了“登峰造极”的评价^[48]，认为其雕塑体量虽然比如乾陵、桥陵高大，但从雕塑手法上更加写实，神态刻画也更加入木三分，特别是一对翼马雕工精致、跃然欲奔是超越盛唐之作，后面晚唐时期的陵墓更是难以相比。从元陵开始，包括后期的十一座陵墓其雕塑形体消瘦、制作简陋，没有盛唐时期宏伟自信的气势，也没有中唐时期的精致圆活。

表 4-2 五座唐陵神道雕塑现况 制表/董维
Table4-2 Current situation of five Tang mausoleum sculpture Cartographer/Dong Wei



(3) 陵园尚未旅游开发

上述五个陵墓，乾陵是最早成功开发成景区的唐代陵墓，如今已经是国家4A级景区，旅游设施完备，保护状况完好，并且由于距离乾县不远，交通方便，游览相对方便。桥陵同样也建立了景区，虽然景区级别不如乾陵，但对文物保护和游览来说也提供了较大的便利条件。泰陵新修建了一个保护区，政府投资建设了一些游览设施，整个神道已经铺设路面，目前已是周边村民的日常活动公园，由于泰陵距离城市较远游客不多，但也已经脱离了“田间地头”的原始状态。而建陵如今虽然有文保所对其进行管理，但目前尚无任何游览设施，加之常年流水侵蚀，如今的神道已经被侵蚀成一条巨大的难以跨越的沟壑，对往来游客对雕塑的观看带来了巨大的不便。笔者三年来9次前往唐建陵调研，在高德地图上

始终不能正确的搜索到建陵的具体位置，按导航前往常常走错。

综上所述，唐建陵的雕塑现况完好、精美写实，是唐代陵园雕塑的优秀代表，然而由于交通不便，水土流失导致游览困难，是陕西关中大地上的深山中一座天然的石刻艺术博物馆，对其进行数字化保护与传播有重要的文化价值。

4.3. 平台的视觉元素设计

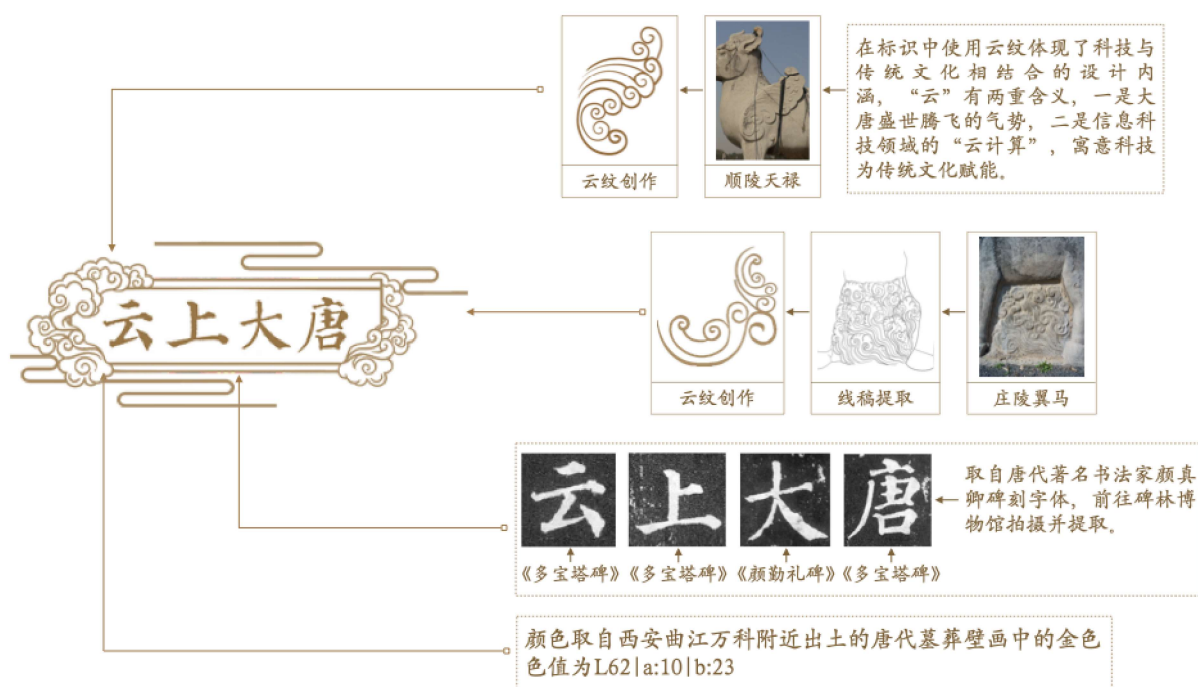
根据中国互联网络信息中心(CNNIC)与 2021 年 2 月发布第 47 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示截至 2020 年 12 月，我国网民规模达 9.89 亿，手机网民规模达 9.86 亿，网民使用手机上网的比例达到 99.7%，从 2014 年移动互联网普及率首次超过 PC 互联网发展至今移动互联网已经成为互联网接入手段的绝对主流^[49]，因此平台视觉元素的设计应当基于移动互联网设备的视觉体验。

4.3.1. “云上大唐”标识设计

“云上大唐”是整个虚拟化平台的标识，会出现在所有平台的场景中，唐陵是唐文化的代表，云上大唐的名称是唐代文化与当代以“云计算”为代表的信息科技的结合，寓意信息科技为唐代文化赋能，使得唐代的优秀传统文化在信息化的时代能够更好的得到传播与推广，“云上大唐”的图标如表 4-3。

表 4-3 “云上大唐”标识设计示意图 制表/董维

Table4-3 Logo design of "Datang on cloud" Cartographer/Dong Wei



“云上大唐”四个字取自唐代著名书法家颜真卿的碑刻字体，其中“云、上、唐”三字取自《多宝塔碑》，“大”字取自《颜勤礼碑》，设计团队前往西安碑林博物院拍摄并对字形进行提取，调整大小与位置最终形成了云上大唐的图标的文字。

“云上大唐”图标周边的云纹是云计算的象征，该标识左上云纹提取自顺陵朱雀门天禄卷云翼的纹饰，右下部云纹提取自庄陵西侧翼马卷云翅，唐陵在神道两侧置翼马，一是为了表明君王英明、明是非、辨忠奸同时也为了寄托美好的飞天之梦，宣扬大唐盛世的恩德。整个图标设计体现了现代科技与唐代传统文化的结合，体现了唐陵雕塑信息可视化平台建设的目的与意义。

“云上大唐”图标的颜色取自西安理工大学曲江校区附近出土的唐代墓葬壁画中的金色，整个可视化平台所展示的数字化内容以及平台制作均由西安理工大学唐陵研究团队完成，在标识设计上也体现了曲江的元素，壁画中的黄色保存较好的有4处，共取得7个样本，对其进行分析后确定了颜料的色度信息为：L:62/a:10/b:23^{[50][51]}。“云上大唐”整体标识视觉设计示意图如表 4-3 所示。

4.3.2. 三维场景字体设计

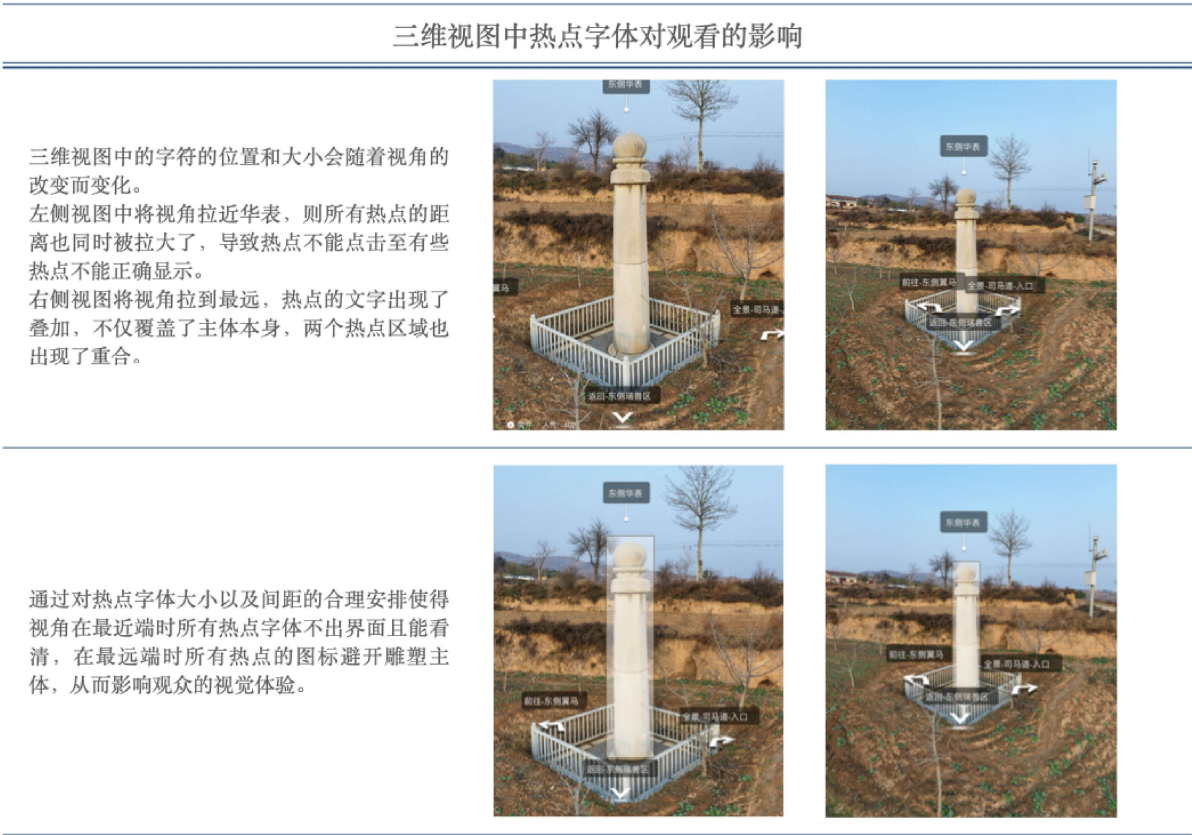


图 4-2 字体对三维观看效果的影响 制图/董维

Figure4-2 Influence of font on 3D viewing effect Cartographer/Dong Wei

可视化平台的字体在移动终端上浏览,其字体不受平台设置的限制,移动端使用的字体是基于个人手机系统的设置,例如同样的网页或者公众号文章,在不同的移动终端均会显示不同的字体。所以平台的字体设计主要是针对字体大小的设计,而不是字型本身。由于可视化传播平台的线索内容是 720 全景,全景实际上只是一种对周围景象以球面几何关系进行映射生成的平面图片^[52],只有通过全景播放器的球面化处理才能成为三维全景,其观看内容的特点是三维化的,在三维化的观看体验中,字体的大小仅仅是一个基准,随着视点的前进和后退,字体大小与间距都会有所变化。如图 4-2 所示,在视点的近端通常会出现图标分布变远使得热点超出界面边界,导致热点无法点击,在视点的远端图标出现聚集从而遮挡了雕塑主体或者图标之间出现了叠加,同样也会导致热点无法点击。在 720 全景热点设计时要尽量避免拥有大量信息热点的字体在观看时形成叠加或者超出界面,是平台字体设计的首要任务。

在字体的设计中,还应该以三维观看要素为出发点,适时的调整字体与图标的大小,在视觉上形成“近大远小”的透视感,配合雕塑的在视觉上体量的变化,使得观者在观看内容时可以充分的感受唐陵雕塑的空间与临场感,增强心理认知。如图 4-3 所示,近处的翁仲选择 16 号字体以及完整的图标大小,远处的翁仲选择 12 号字体以及 0.5 倍的图标大小,在视觉上就形成距离感受,强化了空间感。

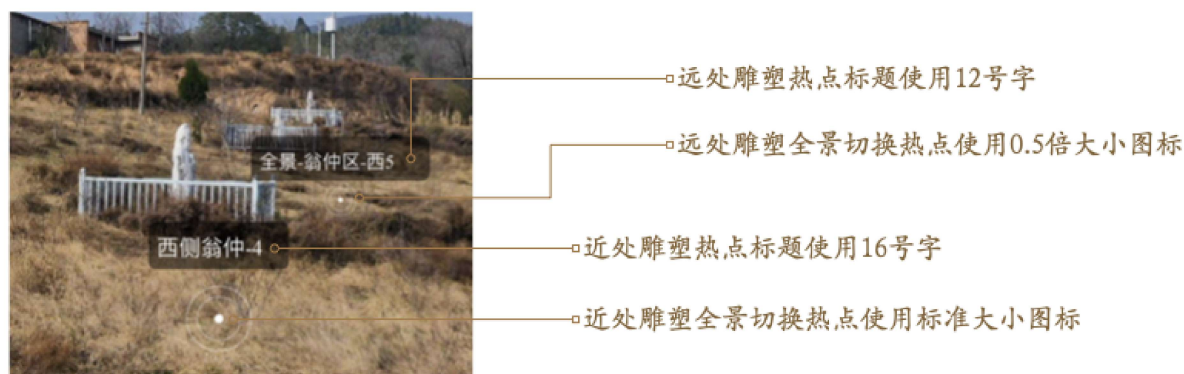


图 4-3 字体大小营造观看空间感 制图/董维

Figure4-3 Font size creates a sense of viewing space Cartographer/Dong Wei

4.3.3. 平台交互图标设计

(1) 区域性指示图标

唐建陵朱雀门雕塑分布在长 763 米的神道上,中间有一流水侵蚀形成的巨大沟壑使得东西两边不能跨越,必须要绕道至最北边的村庄才能实现东西两侧的导览,因此平台需要大量的具有方向性导引的图标,这点在平台的开发工具中已经存在,设计中仅需要考虑图标的指向与雕塑的可读性。该项目的初始界面为唐建陵的高空俯瞰图,由于无人机拍摄

限高为 500m, 又加之手机浏览为竖屏, 因此在其进入界面中很难看到所有雕塑的全貌, 故专门设计了区域性标识作为进入界面的图标, 区域性标识将一侧的雕塑分为四个区域分别是瑞兽华表区、仗马区、翁仲南区、翁仲北区、四个区域分别用不同颜色的矩形方框进行标识, 为了让观众能够大体看清雕塑的分布状况, 做了半透明处理的同时将区域标识进行了立体化放置, 使得区域标识不论在怎样的角度都会显示在区域的上方。除此之外在初始界面还放置了不构成区域的图标与一键式导览图标, 如图 4-4 所示。

(2) 一键式导览图标

“云上大唐-唐建陵”搭建完成时预计有超过 50 个 720 全景用于浏览, 由于大部分平台的用户都是对唐陵园结构不了解的普通用户, 因此在所有界面都设置了一个一键式导览图标, 该图标的图样取自唐泰陵的翼马, 从西侧翼马提取纹样, 并且使用“云上大唐”平台的主题颜色完成了对该图标的平面设计, 后续再对图标进行动画设计, 一共设计了 4 帧, 分别是闪烁和图标颜色的深浅变换, 让图标看起来在使用场景中比较醒目, 如图 4-3 所示。该图标的功能实现了后文叙述中的单体雕塑循环浏览, 也就是说只要点击该图标就能完成对唐建陵所有单体雕塑与碑刻的循环浏览^[57]。



图 4-3 一键导览图标设计 制图/董维

Figure4-3 One click guide icon design Cartographer/Dong Wei

4.4. 平台的信息可视化内容制作

唐陵雕塑的信息化视觉平台在技术路线上选择了多种扩展现实(XR)的全景沉浸式平台, 在多种信息可视化手段中选择 720 全景作为信息传递的基础线索内容十分有利与提供充分的虚拟现实感, 720 全景作为信息导览的线索对其采集的内容就有了不同的要求^[59]。全景信息不仅要提供雕塑的形态以及周边地貌, 还应该明确雕塑之间的关系, 包括其分布的方式、高度以及区域信息, 这些地理信息作为单一的雕塑全景是很难展现的, 而雕塑之间的分布关联又充分的反映了唐代帝王陵墓的规制, 对于观众了解唐陵雕塑的分布

有着十分重要的意义,上述充分体现了信息线索内容设计的必要性。基于上述研究目的,本项目对与全景图像的采集进行了周密而完备的设计,在采集时确定了三层次的全景图像数据采集。

4.4.1. 平台可视化制作技术路线

本次沉浸式平台的制作对象是唐建陵,唐建陵神道雕塑十分完整但神道本身已经塌陷,而且其雕塑之间的距离相对较远,因此在数据采集初期的实地调研就十分重要。如果制作对象是陵墓雕塑相对比较少且雕塑位置相对较近的唐陵,规划两个层次的索引层就能实现,索引层次的精简既可以降低数据采集量还可以使得雕塑之间的关联简化,有助于实现信息可视化清晰明了的设计目标。本次全景制作由于唐建陵在雕塑周边已经设置了文保栏杆,所以采集制作全部使用了无人机进行航拍,无人机型号:DJI Mavic2 Pro,后期通过 PTgui 软件拼图制作成 2:1 的标准全景图,为了保证观看精度一律采用了 10000*5000 像素的分辨率。平台视觉化元素的制作使用 Photoshop 软件对唐陵雕塑的云纹进行了提取并制作了所有视觉化元素,图标的动画效果均使用 Motion 制作完成。平台选定了“720 云”平台作为互联网展示云端,该平台提供了功能强大的开发工具,将全景素材导入开发工具,就可以使用开发工具添加热点、链接、描述、图标绘制等一系列功能,就可以实现线上观看。而信息集成内容,细节图片使用云端数据库外链图片,三维模型由于目前云端功能的限制,将其渲染成了可供网络使用的视频,渲染工具 Cinem 4D, 360 环物开发工具提供了支持,可以导入序列帧或者对图片进行顺序命名来实现。

4.4.2. 分层内容的采集与制作

第一层次为唐建陵的全貌信息,采用无人机在 500 米、250 米以及 100 米的高空分别对唐建陵的全貌进行分区拍摄,每张全景照片将周向 360 度的范围氛围 9 个区域,每个区域拍摄上、中、下 3 张照片,总计拍摄 27 张照片,在后期软件中拼接形成适宜云端展示要求比例为 2:1,大小为 5000 万像素的全景照片。前期将唐建陵朱雀门的雕塑主要分为三个区域分别是:华表瑞兽区、仗马区、翁仲区。不构成区域的目标用连接热点标注,如阙台、狮子、文管所等。全貌信息是整个索引的核心节点,在信息线索中居于结构的中心位置,也就是说所有的图像都应在其内部能够指向该核心节点,高空节点通过多种热点的设置实现了对建陵导航信息的概览,如图 4-4。

第二层次为唐建陵雕塑的区域全景信息,同样采用无人机,在略高于雕塑的试点对与雕塑的整个分区进行拍摄,采用略高的视点时多次拍摄实践的结果。由于农田的侵蚀,大量的唐陵雕塑与农村的农业设施与民房十分接近,如采用平视的视角,在田间的经济作物与房屋设施等会对雕塑产生遮挡,在区域全景图像中因为无法看到雕塑而不能对其进行

热点标记。计对神道两侧共计八个区域进行了区域全景信息的数据采集,其中由于朱雀门外每侧均有十座翁仲,分布范围较大,故将翁仲区分为了南北两个区域进行拍摄。区域全景时区域雕塑的共同节点,区域内的雕塑内均设置能够指向区域全景的热点。

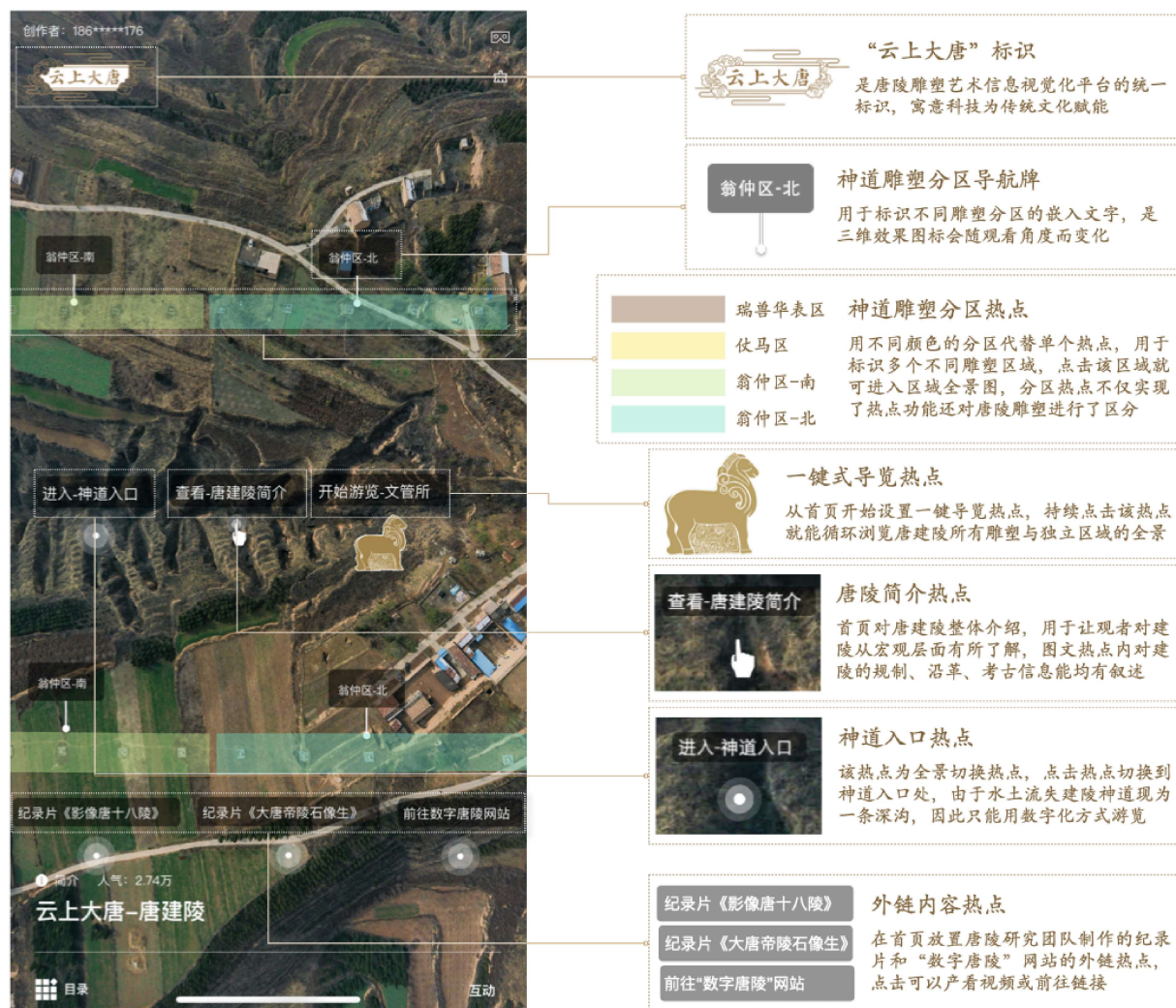


图 4-4 平台首页沙盘设计示意图 制图/董维

Figure4-4 Design sketch of home page overview Cartographer/Dong Wei

第三层次为唐建陵全部雕塑个体全景信息,唐建陵所有雕塑出于保护的目,均设置了护栏,护栏在起到保护雕塑的同时也干扰了地面全景的拍摄,如果在地面采用相机对个体全景信息进行采集,护栏的高度会对雕塑产生遮挡,特别是比较矮的如仗马,几乎无法识别内部的具体造型与纹饰,同样由于经济作物的种植,很多果树也还会干扰无人机的拍摄角度,树枝会造成后期图像拼接错误,因此对于个体的全景信息采集采用了地面与空中无人机相结合的方式。项目总计采集了全部 36 座雕塑的个体全景信息。

另外,本研究项目还对其他陵园内的非重点元素进行了全景信息的拍摄,包括阙台、乳台、西侧华表残骸、文管所、毕沅所立石碑、翁仲毛坯等。总计新采集与制作全景 60 项,如表 4-4。

表 4-4 全景制作场景统计 制表/董维

Table4-4 Panoramic production scene statistics Cartographer/Dong Wei

全景 种类	华 表	翼 马	鸵 鸟	仗 马	翁 仲	石 狮	阙 台	毕 沅 碑	文 管 所	乳 台	华 表 残 骸	石 人 毛 坯	雕塑 区域 全景	神道 全景	高空 视角	总计 (处)
全景 制作 数量	2	2	2	10	20	2	2	1	1	1	1	1	8	4	3	60

4.4.3. 信息导览的视觉化设计

线索内容是整个平台的连接基础，是构建沉浸式平台叙事主题的基本框架，因此对线索内容的关联设计决定着观众对于唐陵整体的心理感受与认知，同样由于大多数平台的观众可能对唐陵从未有过认知，有很大的可能行会误触热点。笔者在对大量的 720 全景项目进行调研时，很多平台都存在进入某一场景后就无处可去的问题，也就是常说的“走入了死胡同”，为了避免这种误操作带来的体验劣化，对所有场景内的热点进行了容错化设计。上一节已经完成了对三个层次全景信息的采集与制作，需要建立场景之间以及后续集成信息的内容建立清晰的关联，沉浸式平台全场景拓扑关系图如图 4-5 所示。综上所述，清晰的叙事逻辑与容错化设计就是关联设计的基本要求^[62]。

关联设计的目的是为了明确以下五重关系：个体与个体、个体与区域、区域与区域、区域与全貌以及个体与全貌的关系。基于对这五重关系的认知，在全景图像的切换上设置了以下几种关系：

(1) 个体与个体

主要体现雕塑个体与周边雕塑的关系，由于雕塑均为南北纵列分布，所以在雕塑全景图像的两侧分别设置其南北两个方向的相邻雕塑切换热点。这两个热点通过对全景视角的限制以及充分考虑手机竖屏的浏览习惯，在切换进雕塑个体全景的入口页面就能够显示出来，实现最为快捷的周边雕塑浏览，如图 4-6。因为是三维全景浏览的原因，相邻雕塑在个体雕塑移动视角时仍然会展现在全景图像上，同样在雕塑上也放置相邻四个雕塑的切换热点，使得浏览全景的同时不用回到初始视角也能实现对相邻雕塑的全景切换，提高了相邻雕塑信息获取的效率。

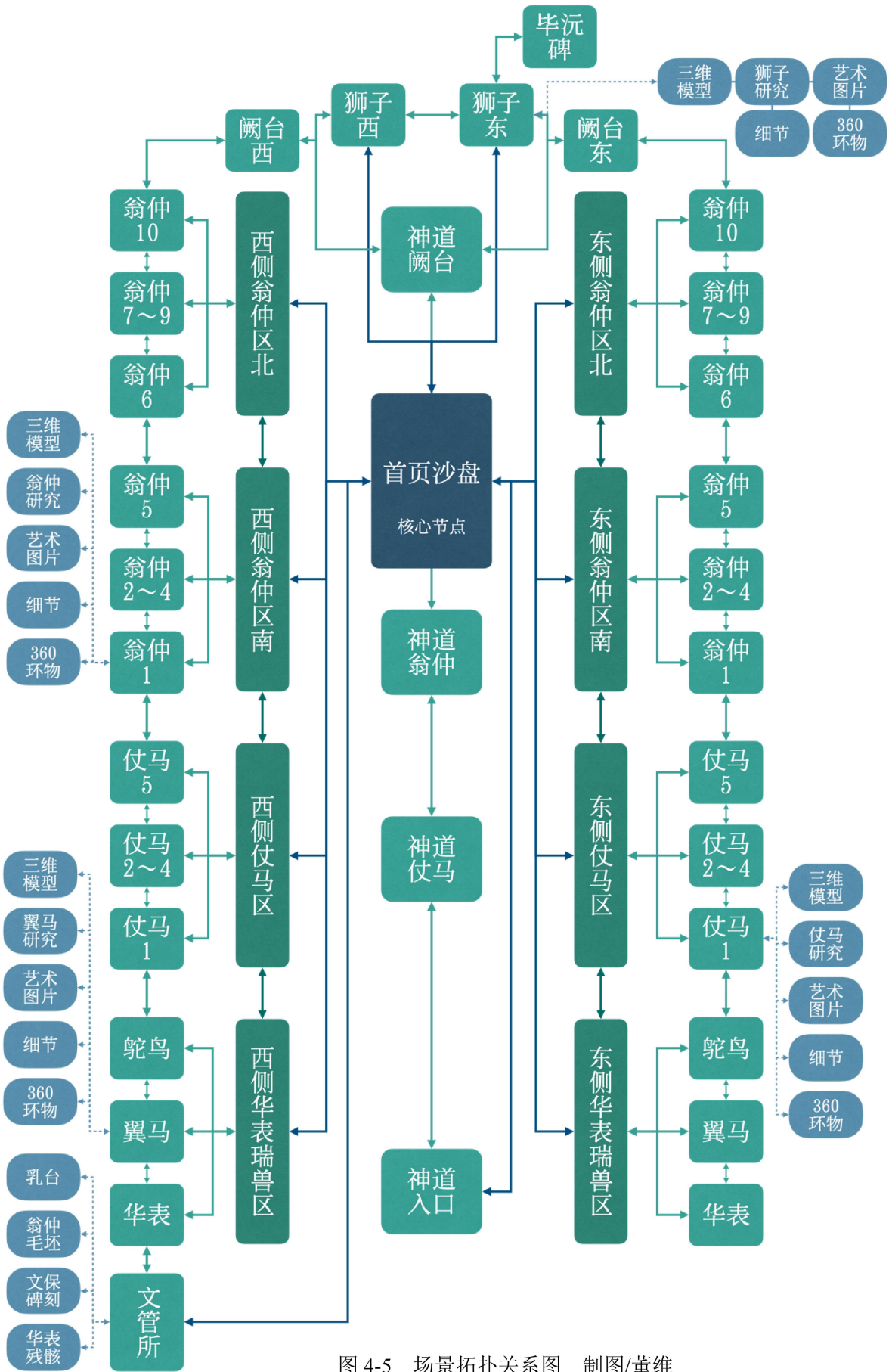


Figure4-5 Schematic diagram of scene topological relationship

Cartographer/Dong Wei

(2) 个体与区域

主要体现雕塑个体在区域中的位置,如图所示,在个体全景展示的图中均在雕塑的下方设置了返回区域的全景切换热点,返回区域后,在区域中也会显示所有雕塑所在位置的全景切换热点,因为区域中的雕塑分布距离较远,所以在区域显示界面特别是在手机显示界面无法在初始屏幕就显示区域内的所有雕塑。综上在区域显示界面至少应该让观众看到一个区域内的雕塑,通过左右移动就可以切换区域内的其他雕塑。



图 4-6 信息导览可视化设计示意图 制图/董维

Figure4-6 Visual design of information guide Cartographer/Dong Wei

(3) 区域与区域

区域之间的关系是体现唐陵墓葬雕塑规制的重要信息,对于理解唐陵雕塑的分布有至关重要的作用,是对唐陵雕塑个体特征的总结和提炼,对个体共性的总结,因此区域间应当设置全景切换热点。如图 4-6 所示,在所有区域全景图像的进入界面均放置了切换相邻区域的图标,点击图标就能够切换相邻的雕塑区域,同时也想观众传递了相邻区域的规制,由此仅需要对区域进行三次切换就可以充分了解唐陵雕塑的形制。

(4) 区域与全貌

区域与全貌的是三层全景图像中最浅的一层,如图 4-6 所示,在区域中设置了返回全貌的切换热点,而在全貌图中也通过区域多边型热点的方式对雕塑的四个特色区域进行了标记,在全貌上展示了区域的分布情况,在区域内显示了区域的具体细节,充分展示了局部与整体的关系。

(5) 个体与全貌

个体与全貌的关系在唐陵的研究曾名可以体现个体与全貌的关系,然而在平台的关联设计中其主要设计目的是为了平台的容错化设计,其设计的方式就是遵循了前述信息架构设计的集中节点法,在所有个体雕塑中设置返回全貌的图标,就可以完全避免用户在使用过程中无处可点的场景,由此可见,唐建陵的全景图像不仅实现了对全貌的展示,还是整个陵墓浏览的沙盘,从中可以切换到各个区域中。

4.4.4. 雕塑的一键式浏览序列

基于对沉浸式平台叙事逻辑的认知,对于用户的浏览行为就需要进行引导,使得用户在浏览内容时不是无的放矢的乱点,而是受到引导的进行浏览。在平台的开放工具中提供了导览这项功能,不过导览功能会极大的限制了用户的浏览顺序,导致用户完全无法按照个人意志浏览信息,所以在设计中放弃了这一方式。考虑到该平台未来可能会有很多专业人士使用,因此对于浏览序列的引导应当是比较弱的。前文设计了一键式导览的图标,由于该图标其色彩与动画均与其它图标不同,通过对于图标设计对用户制造一种暗示,用户不需要学习就能够对建陵的所有雕塑与相关建筑遗址进行浏览^[60]。

浏览序列的设计还应当遵循一定的顺序,这个顺序应当符合人们正常参观唐陵的顺序,因此在顺序上朱雀门左右两侧的雕塑均应该从南向北进行浏览,所以在两侧的雕塑个体全景中均把北侧雕塑定义为前往,而把南侧相邻的雕塑定义为返回。由于有三个层次的全景图像,从全貌到区域以及从区域到个体均定义为前往,反之则定义为返回,从文字上实现了对浏览序列内部逻辑的暗示,如图 4-7 所示。

序号的设计,东西两侧的雕塑中,单侧均分列着 5 座仗马雕塑和 10 座翁仲雕塑,均从南向北顺序编号,这样使得用户在浏览时得到了心理上对于雕塑顺序的心理认知,从感受的层面对雕塑的布局产生了必要的认知。

个体的循环与区域的分置,38 座个体雕塑的全景在设计上实现了循环,用户可以从一个雕塑切入,按照固定的点击顺序即可浏览完成所有的雕塑,实现了对唐建陵雕塑群的遍历。区域没有设计实现循环,因为区域信息不是本项目的重点信息,在信息的分类中,区域信息是对雕塑个体信息的补充和解释,是为了更全面的展示唐陵的雕塑艺术,不设计热点的循环切换是为了强制让用户进入到雕塑个体全景的浏览层面,而不是停留在对于

区域的循环中，浏览序列如图 4-7 所示。

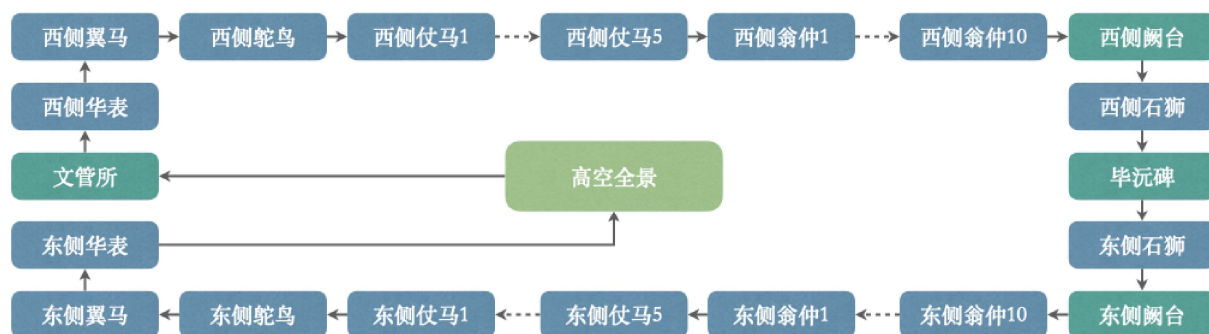


图 4-7 一键浏览序列示意图 制图/董维

Figure4-7 Sculpture browsing sequence diagram Cartographer/Dong Wei

平台的线索信息是整个平台信息可视化设计的基础，在这个基础之上，还需要对各个雕塑的其他数字化内容进行集成，这样才能实现唐陵雕塑信息视觉化设计中期望实现的对唐陵雕塑艺术全面而整体的展示。由此能够实现对于信息的分类，重点信息可以实现快速浏览，有深度的信息实现全面而详实的阅读，从不同的认知层面满足所有层面用户对平台信息的获取需求。

4.4.5. 可视化信息的集成设计

可视化信息的集成是对 720 展示平台深度开发的重要成果，在沉浸式平台中集成大量的信息是对传统沉浸式平台的必要改进，使得观众在浏览唐陵雕塑的同时还能够获取各种各样的信息将单一的游览变成有选择的文化交流过程。信息的集成是对西安理工大学唐陵研究团队多年研究成果的一次集中呈现，十余年来团队在唐陵雕塑的数字化保护工作中采集了海量的数据、制作了大量的内容同时也开展了多多方位的研究，由于数据量巨大，因此如果仅仅是对数据进行呈现，那么必然不能得到很好的传播效果，并缺数据本身不是内容，阅读数据本身需要有一个学习的过程，所以数据本身并不适合作为信息集成的对象，那么对数据的二次加工并由此形成的内容就是信息集成的核心。以唐陵雕塑的三维扫描数据为例，由于唐陵雕塑体量巨大，因此其扫描模型大小通常超过 10GB，最大的文件超过 100GB，即便是在 5G 互联网技术蓬勃发展的今天，也很难想象这样的数据能够通过互联网流畅的观看。综上所述，内容是传播平台信息集成的对象，而对于数据的加工是内容制作的重要手段。信息集成如图 4-8 所示。

经过对数字唐陵网站的数据进行分析，确定了以下几种集成内容分别是：三维扫描模型、雕塑细节、雕塑研究、艺术照片、360 环物、历史信息等。信息索引层的 720 界面中，对上述内容设置热点，点击查看所选内容。由于目前移动流量占据绝对主流，因此所有内容的开发都应以手机观看为出发点，以视频内容制作为例，正常的视频都是横屏，高清视

频分辨率为 1920×1080 。而如今手机作为互联网的主要入口，通常人们手持手机的方式都是竖屏，而且由于手机输入法的优化，目前使用手机进行交互的方式也以竖屏为主，诚然手机提供了屏幕翻转功能，甚至能够通过陀螺仪来感知手机的姿态进行自动切换，然而频繁的改变手机握持方式对用户体验并没有好处，所以对于平台集成的视频信息其制作规范就规定了其视频为竖屏分辨率 1080×1920 。同理还对其他平台集成内容的制作进行了规范，如细节图片的长边小于 2000 像素，尽量使用竖幅拍摄，360 环物图片边长小于 1000 像素，文件小于 600KB 等。对于雕塑的介绍以及研究成果均以图表的方式进行呈现，从而避免了观众需要阅读大量的文字信息使得平台浏览困难，不利于信息的传播。



图 4-8 可视化信息集成示意图 制图/董维

Figure4-8 Schematic diagram of information integration design
Cartographer/Dong Wei

4.5. 本章小结

“云上大唐-唐建陵”是唐陵雕塑信息可视化平台的一次设计实践，本章在第三章信息设计成果的基础上以唐建陵为研究对象开发了一套完整的唐陵雕塑沉浸式传播平台。在技术路线选取阶段对传统网页式阅读平台和沉浸式观看平台进行了论证，最终选择了沉浸式平台，同时还对沉浸式平台的优缺点进行了分析，最终确立了以沉浸式平台为索引大量集成内容信息的方式最终实现“云上大唐-唐建陵”传播平台的搭建。唐建陵的选取基于多年对唐十八陵的走访调研成果，对唐陵雕塑的现况进行梳理，最终选择了神道雕塑完整、尚未旅游开发的唐建陵作为平台的研究对象。为平台的建设六次前往唐建陵采集数据，制作了超过 4GB 的传播内容并上线发布，设计制作了平台的标识等视觉元素，以叙事逻辑为指导建立了雕塑间的观看链接，为了满足不同观众的需求开发了一键式导览功能，最终在以全景信息为索引集成了三维模型、数字图像、艺术摄影、研究成果等内容，综合运用多学科研究方法完成了对唐陵雕塑可视化呈现平台的设计开发。

5 总结与展望

5.1. 文化遗产传播平台的未来构想

本文前四章运用跨学科的研究方法,以最新的文化遗产数字化保护技术为基础,从包含数据采集、数据管理、内容制作、信息设计、可视化开发的全流程完成了对唐陵雕塑的可视化系统的设计,该系统的设计能够满足当下文化遗产数字化保护与传播的需求,但是随着信息技术的日新月异,以区块链、超高速移动互联网、万物互联等全新技术为代表的前沿科技不断发展,文化遗产的信息化工作必将迎来一个全新的时代,笔者不揣冒昧对未来的数字化传播工作提出以下几点构想。

(1) 虚拟化

前文从理论和实践的双重角度对现有数字信息可视化平台开展了研究并完成了搭建工作,作为集成了目前最新数字化保护内容的信息传播平台,其意义不言自明,然而数字技术发展速度迅猛,新科技层出不穷,为了适应未来的传播形式平台的虚拟化就显得很有必要。平台的虚拟化其主要内涵是弱化实体平台的搭建,强化平台的虚拟无形资产。例如已经搭建成功的“云上大唐-唐建陵”,该传播平台仅仅作为未来虚拟化平台的一个产品而不是传播平台的总体。

虚拟化平台的核心任务是建构一整套涉及全媒体传播的数据管理、内容制作、发布规范等实施标准,从而使得无论未来出现了哪种新的传播模式都能够尽快匹配其发布规则。为了使得其制定的标准能够得到实施,虚拟化的平台还应承担人员的培训工作,只有彻底的解决了人的问题才能更好的解决信息可视化的问题。虚拟化的平台是一个想象的共同体,通过对人与方法的约束实现工作目标的趋同,以目标吸引机构、人才、设备、技术的不断进入,才能不断创造出更好的传播内容与产品。

(2) 开源化

人们对数据是没有情感连接的,数据也不能作为传播的内容直接进行发布,但是数据的采集工作又非常的细碎繁琐,区块链技术的出现为数据的完全开源提供了新的实现方式,区块链从技术上看仅仅是一个数据结构,其去中心化和不可篡改以及可供追溯的种种特点都可以使原本微小的数据变得有意义。以数字图像为例,一张唐陵雕塑的手机照片就是碎片化的,在海量数据的今天其实没有什么使用价值,然而因为有了区块链仍然可以以平台的方式向外发布,而且可供追溯的特点可以保障作为创作者的著作权,如果有千千万万的人参与到一张照片的传播中来,那么该平台就可以产生一定的流量收益,由于版权可供追溯,所有微小的价值都可以得到体现,因此就可以吸引更多的“微”力量加入到平台中来,从而极大的改善了数据的获取能力,将唐陵雕塑原本的专业采集方式转变成全民采

集,从中等规模的数据体量提升为大数据,真正的实现传统文化的实时、动态、广泛、全面的数字化保护理想。区块链技术的出现为数据提供了完备的保障,使得“微”力量得以汇聚,建立一个完全基于云计算、云存储的开源唐陵雕塑数据库是未来必要的发展方向,但因其体量巨大、公益属性明显,以德国、日本等发达国家为鉴,应当是国家层面建立和完善一套文化遗产的数据管理体系并开源使用,才能更好的为文化遗产的保护工作提供信息科技的力量^{[74][76]}。

(3) 自媒体化

移动互联网时代以来,自媒体的力量不断壮大,近两三年来互联网的各个领域都在自媒体化,2019年开始的直播电商风潮其成交量数据使得传统电商都冠以了“传统”二字,随着互联网时代出生的人口不断走入消费娱乐的主流,一切传统的传播方式都受到了前所未有的挑战。传统媒体纷纷转向自媒体平台,人民日报、新华社等官方媒体纷纷在短视频平台开设账号发布内容成为“网红”,共青团中央也在哔哩哔哩收获了826万粉丝,笔者认为即便是自媒体已经如此强大,但属于它的真正高峰还远没有到来。文化遗产的传播平台就应该是自媒体的数据提供方,从上述的虚拟化、开源化最终都要以内容制作为目的,专业的人可以制作出非常高质量的内容但也有它数量少、制作周期长的弊端,如果能吸引广大群众参与到文化遗产的内容创作中来,就会以惊人的速度大量的生产出各种用于传播的内容,真正的形成全民参与传统文化传播的浪潮。

5.2. 结论

本研究以数字化整体保护为原则,以一整座唐陵为研究对象,开展了较为全面的信息可视化系统研究。系统研究其目的是为了全面而完整的解决唐文化在新时代的传播困境,该可视化系统的研究主要涉及四个方面均取得了一定的研究成果。数据采集方面经过对多年数字化工作的总结形成了一套完整的数据采集操作方法,从而在数据源头上保证了元数据的质量;数据管理方面建立了唐陵研究数据库,并将多年的研究数据录入数据库进行管理,由于建立了数据库对于多源异构的复杂数据类型就必须进行清洗与整理最终实现了数据的标准化管理方法;信息设计方面,因为遵循数字化整体保护原则,所以单一陵墓其数据量都是比较大的,为了更加友好的呈现方式就需要开展信息设计研究,本文完成了对唐陵雕塑信息内容、组织、架构以及呈现方式信息设计的同时也形成了文化遗产数字化信息设计的有效方法;可视化平台的开发方面,基于信息设计的研究成果,本研究以唐建陵为对象并参考前述研究成果制作了“云上大唐-唐建陵”沉浸式雕塑信息可视化传播平台并上线发布,平台信息的导航、索引、集成是建立在信息设计基础上的可视化研究成果。

本文以跨学科的研究为基础,使用信息可视化技术为唐陵雕塑找到了一条适应新时

代的内容传播方案，在系统的层面设计了一整套适合文化遗产保护与传播的新方法，用最新的虚拟现实技术为唐陵的雕塑艺术在信息世界进行了重构，使得大量的群众足不出户就能够全天候多角度的对唐陵雕塑进行观看，打破了野外大型文化遗址的时空场域困境，增强了人们对数据的感知体验，更高的实现了用户对信息的理解。由于使用了数字化的传播方法，本系统的设计改变了传统文化遗产在传播方式上的被动化、线性化，在传播平台上实现了交互式、离散化的全新传播方法。平台不仅是唐陵雕塑艺术的展示中心，还是广大传统文化爱好者的交流中心，将所有人的智慧通过网络连接在一起，从而更好的释放信息科技与传统文化结合的力量，以期达到对文化遗产全面“活化”的目的。

文化遗产的数字化保护与传播是一项十分艰苦的工作，笔者三年来数十次前往唐陵进行数据采集所取得成果不过沧海一粟，每次接近唐陵雕塑都能感受到其上艺术之精美、气势之恢弘。唐陵雕塑的信息可视化设计其本质是为了更好的挖掘其形式、美学与数据的关系，而信息可视化的又是一种心理活动，如何在设计的隐喻表现中引导观众形成有序、系统的认知，是每一个传统文化传播者始终面对的问题，但我始终坚信后来的研究者一定会给出更好的答案。

致谢

衷心感谢我的导师张辉教授，本文的所有研究工作均是在张老师的耐心指导下完成的。从论文的选题到研究范围、研究方法甚至是论文中的一张图、一个标题，我的导师都细心的帮助我修改。攻读硕士学位的三年里，张老师认真的工作态度、饱满的工作热情和积极处世态度，都让我受益匪浅，在我今后的工作中也会以张老师为榜样。同时也感谢同学王硕、王怡心、慕琼、孙婉、岳巧思、孔庆鹏、王登轩、王天俊、高晓林在我的研究中对给予的帮助。

在艺术与设计学院就学的时间里,很感谢艺术学院的所有老师对我的淳淳教诲,是你们教会了我们勤奋学习、踏实做事、以宽容之心面对生活,指引着我们沿着正确方向前进。

感谢西安电子科技大学的韩冰老师在计算机科学方面对本研究的指导与帮助。

感谢西安理工大学艺术与设计学院、同学们给予的帮助,感谢教研室全体同学在课题研究过程中的努力与坚持。

感谢参与论文评审与答辩的各位老师。

参考文献

- [1] 张建忠.中国帝陵文化价值挖掘及旅游利用模式[D].西安: 陕西师范大学,2013:11-16
- [2] 张辉.重大社会变迁下的唐陵雕塑[J].美术,2012(09):109-111.
- [3] 霍成伟.5G 技术下的移动博物馆新探讨[J].科学教育与博物馆,2020,6(Z1):122-126.
- [4] 付姝姣.传统文化传播的创新策略研究——基于数字媒体的视角[J].出版广角,2020(23):67-69.
- [5] 雷中民.唐代墓室壁画《礼宾图》图像学研究[J].民族艺术,2014(03):158-159+157.
- [6] 曾军.数字新青年研究报告[R].北京:上海大学,2019:11-15.
- [7] 孙晓梅.楚文化数字化网络平台的设计与实现[D].武汉: 华中师范大学,2012:2-3.
- [8] Levoy M, Pulli K, Curless B.The digital michelangelo project: 3D scanning of large statues[J]. Computer Graphics . 2000:51-53.
- [9] National Heritage Digitization Strategy:21 projects approved for funding across Canada[EB/OL], <https://nhds.ca/2018/10/16/national-heritage-digitization-strategy-21-projects-approved-for-funding-across-canada.2018>.
- [10] Infrastructure for research data from the field of material and immaterial cultural heritage[EB/OL],<https://nfdi4culture.de/downloads.html>, 2019.
- [11] 赵婷,陶信伟.日本文化遗产数字化保护经验与启示[J].文化艺术研究,2018,11(04):19-27.
- [12] 赵跃,周耀林.国际非物质文化遗产数字化保护研究综述[J].图书馆,2017(08):59-68.
- [13] 于天歌.文化遗产的数字化保护利用研究——以敦煌莫高窟为例[J].文化产业,2020(27):23-24.
- [14] 张慧. 真实感古遗址三维重建及虚拟展示技术研究与应用[D].西安:西北大学,2010.
- [15] 赵君香. 博物馆视觉信息的传播研究[D].济南:山东大学,2019.
- [16] Emily Hammer, Rebecca Seifried, Kathryn Franklin, Anthony Lauricella.Remote assessments of the archaeological heritage situation in Afghanistan[J].Journal of Cultural Heritage,Volume 33,2018,Pages 125-144.
- [17] 李红超,王昕宇,李维钰.基于文化元素的故宫博物院文创产品设计研究[J/OL].包装工程:1-16[2021-03-24].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20210223.1409.004.html>
- [18] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要[EB],2016
- [19] 李嵘. 整体性原则在唐陵保护中的实践与思考[D].西北大学,2008.
- [20] 王泽,彭梦瑶,许宏巍.博物馆青铜器文物的信息可视化设计[J].湖南包装,2020,35(05):57-61.
- [21] 尼葛洛庞蒂,《数字化生存》[M], 胡兵、范海燕译, 1997 年, 前言第 15 页.
- [22] 覃京燕. 文化遗产保护中的信息可视化设计方法研究[D].清华大学,2006.
- [23] 张家浩. 我国工业遗产信息采集与管理体系建构研究[D].天津大学,2018.
- [24] Zins C.Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge[J].Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2007, 58 (4) :479-493.
- [25] 王春法.关于智慧博物馆建设的若干思考[J].博物馆管理,2020(03):4-15.

- [26] 李洋,吴纳维,褚峤,李颖.数据融合视角下的遗产保护与发展:一个理论框架[J].中国名城,2021,35(02):79-86.
- [27] 郭晓彤,杨晨,韩锋.文化景观遗产数字化记录及保护创新[J].中国园林,2020,36(11):84-89.
- [28] 高劲松,张园芳,胡秋萍,彭博.基于关联数据的文物信息资源融合方法研究[J].情报科学,2020,38(12):36-42+115.
- [29] 台钰莹,王乐春,杨东波.元数据标准登记系统平台构建——以文物行业为例[J].图书馆建设,2019(S1):15-19.
- [30] 任君宇.张库大道(内蒙古段)遥感考古调查与研究[D].内蒙古师范大学,2020.
- [31] 刘盼雨,王昊天,郑栋毅,刘芳.多源异构文化大数据融合平台设计[J].华中科技大学学报(自然科学版),2021,49(02):95-101.
- [32] 周耀林,刘晗.数据 3.0 思维下的文化大数据应用研究[J].学习与实践,2019(09):118-127.
- [33] 刘德胜.大遗址保护理念与我国文化遗产事业管理体系研究[J].华夏考古,2013(04):135-140.
- [34] 牛金梁.非物质文化遗产智能化传播的数字技术赋权逻辑[J].湖南师范大学社会科学学报,2020,49(05):150-156.
- [35] 张晴.信息互联环境下文物保护平台建设实践[J].数字技术与应用,2021,39(01):130-132.
- [36] On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice[J]. Jeroen De Reu,Philippe De Smedt,Davy Herremans,Marc Van Meirvenne,Pieter Laloo,Wim De Clercq. Journal of Archaeological Science . 2014.
- [37] 邵壮.馆藏文物三维数字化探究——以中国国家博物馆为例[J].文物鉴定与鉴赏,2020(24):97-103.
- [38] 徐芳,金小璞.基于关联数据的文化遗产数字化保护研究综述[J].国家图书馆学刊,2020,29(04):90-99.
- [39] Edward R. Tufte. The Visual Display of Quantitative Information[M].Connecticut,United States: GRAPHICS PRESS,2001:142-150.
- [40] GB/T38667-2020,信息技术 大数据 数据分类指南[S],北京:中国标准出版社,2020.
- [41] 都江.基于交互关系的馆藏文物信息传播研究[D].武汉:武汉理工大学,2016.31-34.
- [42] Matt Woolman.Digital Information Graphics[M].London: Thames & Hudson, 2002. 4-89.
- [43] 尼尔·波兹曼.娱乐至死[M].桂林:广西师范大学出版社, 2004:17-34.
- [44] 罗伯特·斯宾塞.信息可视化概论:第三版[M].北京:中国轻工业出版社, 2020:187-194.
- [45] 翟佳佳,张辉.“数字唐陵”用户界面的设计原则研究[J].包装工程,2016,37(18):67-71.
- [46] 王硕.唐帝陵石像生数字化保护 App 界面设计与移动交互体验研究[D].西安:西安理工大学,2020:13-15.
- [47] 刘向阳.唐代帝王陵墓[M].西安:三秦出版社,2006:163-169.
- [48] 陈安利.唐十八陵[M].北京:中国青年出版社,2001:188-193.
- [49] 中国互联网络信息中心.第 47 次中国互联网络发展状况统计报[EB/OL].<http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwzxbg/hlwjtbg/202102/P020210203334633480104.pdf>.
- [50] 郭瑞,赵凤燕,冯健,杨文宗,王佳,夏寅.西安出土唐墓壁画黄色颜料的分析研究[J].文物保护与考古科

- 学,2019,31(06):62-71.
- [51] 张悦.唐墓壁画颜料色彩浅析[J].文物天地,2019(10):51-54.
- [52] 马自萍,郭贝贝,李海东,邹静.Pano2VR 的宁夏虚拟博物馆全景漫游实现[J].现代电子技术,2021,44(08):149-153.
- [53] 孟丽丽,季昆,王佳琪.基于 Web 的虚拟校园漫游系统的开发[J].计算机工程与设计,2021,42(03):896-901.
- [54] 王艳军,路立娟,李朝奎.面向服务架构的智慧旅游信息系统的设计与实现[J].测绘通报,2014(09):108-111.
- [55] 杨晓梅,张韵婕,蓝荣钦,赵卫林,杨松.智能旅游信息系统的研究与实现[J].测绘科学技术学报,2012,29(05):321-325.
- [56] 王泽,彭梦瑶,许宏巍.博物馆青铜器文物的信息可视化设计[J].湖南包装,2020,35(05):57-61.
- [57] 华培.视觉的隐喻——叙事式信息可视化设计方法研究[J].美术大观,2021(03):168-169.
- [58] 刘健.博物馆数据可视化的探索与实践——以上海博物馆数字化建设为例[J].博物院,2019(02):91-97.
- [59] 赵哲超,王昕.媒介记忆视域下物质文化遗产的数字化传播——以微信小程序“云游敦煌”为例[J].新闻与写作,2021(03):99-102.
- [60] 王蒙,许鑫.主题图技术在非物质文化遗产信息资源组织中的应用研究——以京剧、昆曲为例[J].图书情报工作,2015,59(14):15-21.
- [61] 陈铭峥,吴勇.基于 WebGIS 的非物质文化遗产信息展示系统设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2020,43(10):68-71+76.
- [62] 李遥.中国墓室壁画信息可视化设计与展示[D].西安:西北大学,2020:11-15.
- [63] 胡小妹.信息可视化设计与公共行为研究[D].北京:中央美术学院,2014:58-64.
- [64] 卞威杰.大数据时代档案信息资源共享平台数据采集系统设计与应用[J].档案与建设,2020(10):25-29.
- [65] 王成玥.基于视觉信息传达的网页广告智能推送系统设计[J].现代电子技术,2020,43(20):160-163.
- [66] 曾子明,孙守强.面向敦煌壁画的移动视觉搜索模型研究[J].情报资料工作,2021,42(02):104-112.
- [67] 宗立成,王娜娜.计算机辅助青铜器纹饰特征线识别方法研究[J].图学学报,2020,41(06):1018-1023.
- [68] 张兴旺,卢桥,田清.大数据环境下非遗视觉资源的获取、组织与描述[J].图书与情报,2016(05):48-55.
- [69] 华培.视觉的隐喻——叙事式信息可视化设计方法研究[J].美术大观,2021(03):168-169.
- [70] What storytelling can do for information visualization[J]. Nahum Gershon, Ward Page. Communications of the ACM . 2001 (8)
- [71] 范陆薇,胡波,李富强,隋吉祥.博物馆解说牌的信息可视化设计[J].东南文化,2020(04):163-169+191-192.
- [72] Storytelling:its role in information visualization[EB/OL]. W.Wojtkowski,W.G.Wojtkowski. <https://wenku.baidu.com/view/c4041e1da76e58fafab003fa.html> . 2019.

- [73] 王健荣.陌生化语境下信息可视化研究框架构想[J].装饰,2020(06):126-127.
- [74] 曹向晖.看见“看不见”——信息可视化设计实践趋势与例析[J].美术观察,2020(05):56-59.
- [75] 郑辉.园林山水脉络信息可视化动态模型仿真[J].计算机仿真,2019,36(11):312-316.
- [76] 师悦.从表现到体验——技术背景下信息可视化设计的多样呈现[J].艺术百家,2019,35(05):206-211.

附录

研究生期间的主要成果

获奖情况:

1. 2019 年, 获得校二等奖学金;
2. 2020 年 9 月, “数字大唐-5G 时代全国领先的唐文化新文旅平台”在西安理工大学 2020 年“互联网+”大学生创新创业大赛中获得一等奖;
3. 2020 年 5 月, 摄影作品入选西安美术馆“致敬守望”专题作品展;
4. 2019 年 4 月, 摄影作品入选西安理工大学建校 70 周年书画摄影作品展览;
5. 2019 年 10 月, 摄影作品入选陕西第四届国际丝路影像博览会。

发表论文情况:

论文《“云上博物馆”在文化遗产保护与传播中的应用——以唐陵为例》在《中国民族博览》杂志的 2021 年 8 月上旬发表;

参与项目和实践情况:

1. 2020 年, 参与西安市社会科学基金重点项目《西安碑林博物馆石刻艺术的线下多媒介展陈与线上信息传播研究》;
2. 2020 年至今, 参与第二批国家级一流本科课程申报, 课程名称《唐花萼相辉楼复原虚拟仿真实验课程》;
3. 2018 年至 2020 年, 参与自闭症儿童艺术疗愈公益项目《冲决藩篱 星星世界》, 负责项目视频与照片拍摄;
4. 2020 年, 参与西安理工大学人文社会科学研究专项《新媒介环境下的摄影艺术研究》;
5. 2020 年, 参与拍摄纪录《昭陵六骏》;