

- 宝顶山石刻群落，是南宋帝国衰落时期，以最高权力介入集中力量办大事的皇家工程。
- 宝顶山开凿的动因，是为皇储祈福，祛病免灾，获取统治权力。也是为风雨飘摇的南宋朝廷祈福求安，续延皇祚。
- 赵智凤并非宝顶山石刻的开创者，赵智凤这个传世之名，笔者解读为皇家工程的领衔代号。
- 现被认定的赵智凤肖像，亦非赵智凤，其原型溯考，应为其他禅宗或仙道人物。
- 宝顶山工程文史记录缺失，是因为皇室内讳，故意为之。
- 宝顶山雕像儒释道兼容的特色，与皇家意识形态的前提和川渝民间非原教旨宗教观多元包容的审美观有较大关联。
- 宝顶山石刻的艺术风格，是中国宋代以前历代佛刻艺术之集成，是各宗教义与叙事的集成，是儒家礼教、皇权意识形态借佛教叙事的转换借喻，对民间话语的宽容，与世俗心理的共谋。

大足宝顶山石刻是1,000年以来中国人用生命和信仰，以顽石和钢刃谱写的一部视觉神曲和生命史诗。其意义之深远，价值之珍贵，情感之细腻，功在中国，利在人类。

目前，大足学界专家研究成就斐然，功不可没。但大足石刻宝库博大精深，还有深广的研究空间。随着时代发展，学科跨界，新的方法论会不断产生新的研究成果。

撷史钩沉，抛砖引玉，文不尽意，尚祈来哲。（本文为概略版）

弥散与重生——高校艺术博物馆数字隐蔽工程探究

Diffusion and Rebirth—An Exploration of Digital Concealment Project Based on College Art Museums

徐轩露 XU Xuanlu

摘要 随着数字技术的不断发展，数字化转型对高校艺术博物馆的未来发展尤为重要，而决定数字化转型的关键在于数字工程建设中的数字隐蔽工程。本文强调了系统工程方法在规划和管理数字隐蔽工程项目中的重要性，特别是硬件系统建设和软件系统建设的综合考虑。通过整体性、协同性、发展性和环节性思维方法，我们可以有效地面对技术选择、管理协调、人才培养等挑战，并确保数字工程的顺利进行。这不仅促进了艺术博物馆功能的丰富和效益的提升，还推动了文化的跨界融合和数字化时代的文化创新，使高校艺术博物馆在数字技术的推动下焕发新的活力。

关键词 高校艺术博物馆；数字工程；系统工程；隐蔽工程；数字基建

Abstract: With the continuous development of digital technology, digital transformation is particularly important for the future development of college art museums, and the key to determine the digital transformation in the digital engineering construction of digital hidden engineering. This paper emphasizes the importance of the systems engineering approach in planning and managing digital hidden engineering projects, especially the comprehensive consideration of hardware system construction and software system construction. Through holistic, synergistic,

本文为江苏高校哲学社会科学研究一般项目《高校艺术博物馆数字化建设与实践》（项目编号 2023SJYB0420）的阶段性研究成果。

作者简介：徐轩露，南京艺术学院美术馆信息工程部主任、助理研究员，研究方向为艺术博物馆学、数字博物馆。

developmental and link thinking approaches, we can effectively face the challenges of technology selection, management coordination, talent development and ensure the smooth progress of the digital project. This not only promotes the enrichment of art museum functions and the enhancement of benefits, but also promotes the cross-border integration of culture and cultural innovation in the digital era, so that university art museums can be revitalized under the impetus of digital technology.

Keywords: university art museums; digital engineering; systems engineering; hidden engineering; digital infrastructure

高校艺术博物馆是一种特殊的机构和场所，隶属于大学，服务于高校和社会的展览、教育和科研工作。它通过征集、保护、研究、传播和展出人类环境的有形和无形文化艺术遗产，为高校师生和社会公众提供一个培育研究的环境。^[1] 2022年中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于推进实施国家文化数字化战略的意见》指出，“到‘十四五’时期末，基本建成文化数字化基础设施和服务平台，形成线上线下融合互动、立体覆盖的文化服务供给体系。到2035年，建成物理分布、逻辑关联、快速链接、高效搜索、全面共享、重点集成的国家文化大数据体系，中华文化全景呈现，中华文化数字化成果全民共享。”^[2] 习近平总书记强调：“数字技术正以新理念、新业态、新模式全面融入人类经济、政治、文化、社会、生态文明建设各领域和全过程，给人类生产生活带来广泛而深刻的影响。”^[3] 现如今，数字技术的迅猛发展使文化和信息以前所未有的速度和广度在全球范围内弥散。数字化转型也对今天的艺术博物馆产生了深远的影响，为藏品保护、展示和传播提供了强有力的助力乃至促使其改变的方法。

近些年来高校艺术博物馆通过数字工程建设，利用

[1] 张永刚：《建设中国大学艺术博物馆》，《中国民族博览》2023年第4期，第93—95页。
[2] 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于推进实施国家文化数字化战略的意见（2022年）》，[EB/OL] https://www.gov.cn/zhengce/2022-05/22/content_5691759.htm
[3] 《人民日报》：《加强数字化发展治理推进数字中国建设（人民要论）》，人民网[EB/OL] http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2022-02/15/nw.D110000renmrb_20220215_1-07.htm

高精度的数据采集、三维重建和数据管理，将藏品以数字信息的形式保存，实现藏品数字化。这有助于减少藏品的破损和腐化，并为藏品的修复、复制和研究提供有利条件。^[4] 数字孪生技术可以通过虚拟复刻真实物理世界的高校艺术博物馆，动态监测藏品所处环境，帮助高校艺术博物馆开展预测性保护、管理等工作。在展览展示方面，数字工程的建设给高校艺术博物馆带来了革命性的变化，数字设备与技术可以将藏品或展示信息以更生动、立体的方式呈现给观众，如利用增强现实、^[5] 虚拟现实、^[6] 数字交互、立体呈现等科技创设沉浸式展示，让观众身临其境于藏品所处的历史或所想表达的艺术场景之中。^[7] 此外，数字技术还可以通过个性化与定制化展示平台，满足不同群体对线上展览的叙事、审美和情感等因素体验的不同需求。数字科技拓展了高校艺术博物馆传播方式的多元化和高效性，通过互联网、社交媒体等渠道，高校艺术博物馆可以将展品故事、展览的内容以及相关的历史、文化、艺术的信息传播给更广泛的人群。^[8] 同时，数字技术也使博物馆、艺术博物馆、高校艺术博物馆、美术馆能够与其他机构、专家和公众进行更紧密的合作和交流，共同推动中国传统文化、世界艺术遗产的传承和发展。如中国国家博物馆APP、百度百科数字博物馆、南京博物院虚拟展厅、首都博物馆网上体验馆、数字敦煌、数字故宫等，就取得了一定的成果。而放眼全球，许多地方的艺术博物馆、美术馆也涌现出更多的数字化呈现与建设案例，例如Google艺术与文化（Google Arts & Culture）包括了世界各地的博物馆和文化机构，提供了数万件艺术品的高分辨率图片，以及使用Google街景技术实现博物馆内部全景浏览；卢浮宫（Louvre Museum）在线数字系统提供了丰富的在线藏品和展览，让全世界的访问者能够在线欣赏到《蒙娜丽莎》等世界级艺术珍品；大英博物馆（British Museum）的数字藏品涵盖了人类历史、艺术等多领域，其官网提供了大量的在线展览和虚拟浏览体验，包括声名显赫的《罗塞塔石碑》等；纽约大都会

[4] 谭沅军、李晓钦、熊德山：《浅析我国“数字化+博物馆”融合发展与应用》，《长江文明》2023年第1期，第113—119页。
[5] 增强现实技术（英文名称：Augmented Reality，缩写为AR）。
[6] 虚拟现实技术（英文名称：Virtual Reality，缩写为VR）。
[7] 杨丹：《高校博物馆数字化建设的理性思考》，《黑龙江教育（高教研究与评估）》2009年第12期，第45—46页。
[8] 肖竹青：《大数据时代美术馆展览数据的运用：以关山月美术馆为例》，《大众文艺》2019年第12期，第72—73页。

艺术博物馆（Metropolitan Museum of Art）是美国最大的艺术博物馆之一，其数字在线系统和内部的数字隐蔽工程（大型藏品数据库）有大量的在线藏品和展览，以及丰富的教育资源；艾尔米塔什博物馆（Hermitage Museum）位于俄罗斯圣彼得堡，是世界四大博物馆之一，提供主题数字虚拟展览服务，通过点击展厅内的数字圆圈，访问者可以查看三维实景；法国吉美博物馆（Musée Guimet）收藏了来自亚洲各国的艺术品，其官方网站建设的数字系统提供了虚拟展览和详细的藏品介绍，是了解亚洲艺术的重要窗口；美国弗利尔美术馆（Freer Gallery of Art）收藏了大量的东亚艺术品，其网站提供了多种线上数字展览，特别是中国艺术品，包括良渚玉器和商周青铜器。这些数字博物馆和美术馆通过前期周密的数字隐蔽工程建设，利用显性数字工程的高分辨率图像、数字展览、虚拟现实和增强现实应用程序，为全球观众提供了前所未有的文化和艺术体验，使观众能够沉浸式感受艺术作品的魅力。高校艺术博物馆也在数字科技的变革中正经历一场弥散和生成的双重转变，这一过程不仅丰富了高校艺术博物馆的功能和效益，创造了全新的展览展示和客群体验，还新增了数字藏品数据库，引入感知交互系统、数字管理系统，数字物联系统以便提供数字智慧服务功能，还为文化的跨界融合和数字化时代的文化创新提供了新的助力，使高校艺术博物馆在数字技术的推动下焕发出新的生机和活力。^[9]

所以，数字技术合理高效助力高校艺术博物馆主要是通过数字工程的建设和管理，而关系数字工程运行顺畅的关键在于数字隐蔽工程。本文将结合高校艺术博物馆数字隐蔽工程的建设与管理思路，提出自己的一些探索与研究见解，以供参考。

一、高校艺术博物馆数字隐蔽工程的研究背景

（一）高校艺术博物馆数字工程建设发展现状

我国高校艺术博物馆数字化工程建设在起步较晚的情况下取得了快速的发展进步，数字化和网络信息技术在高校艺术博物馆建设中得到了广泛运用，但仍处于技术发展初级阶段。这些数字化工程的建设虽然取得了举世瞩目的成就，但也面临着一些新的问题和挑战。

首先，高校艺术博物馆在数字化管理建设运营中面临着一些基础性技术问题，缺乏有效的管理机制，管理环节出现问题会对整个数字化管理系统运行产生不良影响，因此需要完善制度建设。

其次，高校艺术博物馆工作人员缺乏专业的数字化管理意识。数字化时代对高校艺术博物馆管理提出了新的发展理念，但这一理念尚未被广泛理解和接受。由于行业历史的发展原因，高校艺术博物馆工作人员对数字化和信息化技术的认识有限，因此，高校艺术博物馆的数字化建设也需要跨学科、跨专业的人才团队协同合作，培养和提升工作人员的数字化管理

[9] 安军：《现代博物馆数字化建设技术的应用与革新》，《中国设备工程》2023年第10期，第33—35页。

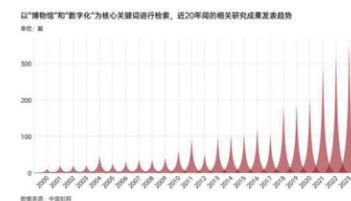


图 1. 2000 年以来以“博物馆”和“数字化”为研究主题的发文趋势。

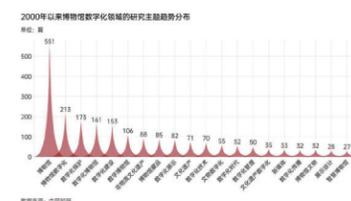


图 2. 2000 年以来博物馆数字化领域的研究主题趋势分布。

意识水平，共同推动数字技术与文化的融合，以适应数字时代带来的新挑战和变革，实现在业务和管理方面的迅速响应和创新转型。

（二）高校艺术博物馆数字工程的研究现状

我国高校艺术博物馆数字化工程的相关研究较之于其他领域也起步得较晚。根据目前搜集到的文献来看（以CNKI文献数据库为主），直至1999年，明确以“数字化博物馆”为主题的论文才首次出现：《正在兴起的数字化博物馆》（甄朔南，中国博物馆，1999）。直到2006年，彭冬梅和潘鲁生、孙守迁共同撰写的《数字化保护——非物质文化遗产保护的新手段》才在学术界引起了广泛的关注。而真正意义上的系统化研究则先后以《面向剪纸艺术的非物质文化遗产数字化保护技术研究》（彭冬梅，2008），《数字化生存下的历史文化资源保护与开发研究——以陕西为中心》（赵东，2014）为代表的数篇引用率较高的博士论文为主。虽然近5年间，相关领域的研究成果数量明显增加，但与高校艺术博物馆数字工程建设这一微观领域直接相关的研究成果仍旧不多。即便是将检索范围稍加扩大，以“博物馆”和“数字化”为核心关键词进行检索，近20年间的相关研究成果也仅为2392篇（其中含会议文献203篇，报纸文献75篇，翻译引进的外文文献为253篇，见图1）。

不仅如此，相关的研究主题也较为多样化，主题分布离散性较强。这些研究成果中包含了大量诸如“新媒体”“展示设计”“非物质文化遗产”“文化保护”等细节性的研究，其中有关博物馆的本体性研究占有较高的比重。与“数字化建设”和“数字博物馆”等核心主题相关的论文数量仅为259篇。在这些文献中，涉及高校数字博物馆的研究成果仅占总数的2%—3%。（图2）

需要指出的是，在目前检索到的文献中有关博物馆数字化的相关研究多以路径研究、政策性研究和理论性研究为主。但高校艺术博物馆数字化工程不仅需要传统意义上的质性研究，同时还需要借助自然科学尤其是工程学领域的相关研究成果。因此，近几年

国家提出的数字基建 (Digital Infrastructure) /新基建 (New Infrastructure) [10] 概念以及工程学领域中的系统工程 (Systems Engineering) [11] 和隐蔽工程 (Hidden Engineering) [12] 等领域也是本议题不可或缺的组成部分。但与上文中的情况类似,自2019年以来,以“新基建”和“数字化转型”为主题的研究成果总数仅770篇,其中外文文献47篇,其研究主题依然以政策性研究、物联网、数据中心、区块链等专题性研究为主。这些研究成果中只有极少部分能够为本议题提供直接性的支撑。(图3)

在系统工程和隐蔽工程领域,相关研究成果与上文中“数字化博物馆”的检索结果刚好相反。在自然科学领域,系统工程是一个重要的研究领域,并在近十年间获得了越来越多的关注。自1956年开始,系统工程相关的研究成果达50614篇。但大多数集中于系统论的本体研究,与本议题高度相关的“项目管理”主题仅有134篇,且并非集中于博物馆领域。这意味着在高校艺术博物馆数字化工程建设的理念中,系统工程论这一至关重要的思维方法尚未获得应有的重视和应用。而“隐蔽工程”这个关键词与之类似,也仅在自然科学领域有所应用,管理学概念上的隐蔽工程相关研究成果数量较少。(图4)

根据以上分析可以看到,高校艺术博物馆数字化转型已经受到社会、高校、博物馆与信息技术界的重视,但是进行长期关注并持续进行针对性专题研究的专家学者较少,仍然需要更多的博物馆、艺术博物馆、美术馆从业人员以及高校对口学科的研究人员和专家进行多领域、多视角的持续深入探究。

(三) 什么是数字工程

数字工程是一门跨学科的新兴领域,以克服传统信息系统的物理、技术、功能和思维边缘。其核心理念是基于“大技术、大平台、大共享、大应用”,数字工程整合信息科学、计算机科学、空间科学、通信科学、管理科学、经济人文科学等多个学科和技术,以构建一个信息基础设施和综合应用网络为目标。数字工程着重于

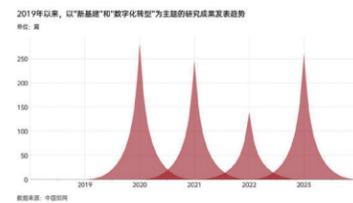


图 3. 2019 年以来以数字基建(Digital Infrastructure)和新基建(New Infrastructure)为主题的发文趋势。

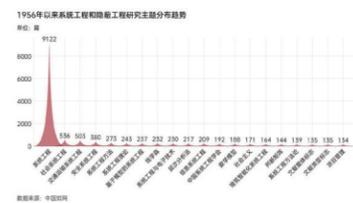


图 4. 1956 年以来系统工程和隐蔽工程研究主题分布趋势。

[10] 新型基础设施建设 (简称: 新基建 New Infrastructure), 2018 年 12 月 19 日至 21 日, 中央经济工作会议在北京举行, 会议重新定义了基础设施建设, 把 5G、人工智能、工业互联网、物联网定义为“新型基础设施建设”。

[11] 系统工程 (Systems Engineering) 是为了最好地实现系统的目的, 对系统的组成要素、组织结构、信息流、控制机构等进行分析研究的科学方法。

[12] 隐蔽工程 (Hidden Engineering) 是指在建筑或工程项目中, 一些关键的结构、设备、系统或构件被安装或布置在建筑物内部, 通常无法直接看到或容易观察到的部分。

数字化信息以及以此为基础的信息系统的整合、集成、共享和协同,将传统的“系统”转变为面向综合应用的“工程”。在数字工程中,“数字”广泛涵盖了各种数字化的信息,包括空间信息和非空间信息、软件工程和硬件工程。[13]同时,数字工程从管理建设到运行实施上还是一个系统工程,所以它要遵循需求工程、系统设计、系统分析、验证与确认这一系统工程的执行逻辑。因此数字工程的主要焦点之一是研究和实现空间信息的存储、处理、传播和综合应用。这可以通过信息高速公路、空间数字基础设施和数字显性工程来体现。[14]

数字工程具有四个主要特性,包括数字化(数据和信息的存在形式)、网络化(运行平台)、智能化(应用目标)和可视化(表现手段)。数字工程的技术支撑体系包括各种相关科学技术和方法,可以不断扩展和发展。[15]

(四) 什么是数字隐蔽工程

首先,隐蔽工程是指在建筑或工程项目中,一些关键的结构、设备、系统或构件被安装或布置在建筑物内部,通常无法直接看到或容易观察到的部分。这些关键元素被埋藏在建筑物内部或深入地下,目的是提供必要的功能、服务或结构支持,同时不影响建筑物的外观或可用性。隐蔽工程通常包括以下几个方面,结构隐蔽工程、电气和管道隐蔽工程、通信和网络隐蔽工程、安全系统隐蔽工程、消防系统隐蔽工程等。隐蔽工程的设计和施工需要高度的专业知识和技能,以确保这些隐蔽元素的安装、布置和连接是符合规范和标准的。

而我们谈到的数字隐蔽工程 (Digital Hidden Engineering) 是数字技术和信息系统建设项目中内部隐藏、嵌入或整合数字化设备、网络基础设施、数据存储和处理系统,以支持数字化服务、信息处理、数据管理和通信。这些数字化元素通常不容易被外部观察或察觉,因此称为“隐蔽”。数字隐蔽工程的设计和实施需要专业知识和技能,以确保系统的性能、可靠性和安全性。数字隐蔽工程的目标是提高效率、降低能耗、提供更好的用户体验以及满足不同领域的数字化需求,是整

[13] 王巍巍、王乐:《美国数字工程战略发展分析》,《航空动力》2022年第5期,第23—26页。

[14] Goerger S R et al., "Engineered resilient systems: a DoD perspective", *Procedia Computer Science* 28(2014):865-872.

[15] Kraft E M, "Digital engineering enabled systems engineering performance measures", *AIAA Scitech Forum* 10(2020):1-24.



图 5. 故宫数字多宝阁。



图 6. 故宫数字多宝阁数字文物具体展现。

个数字工程运作系统的关键基础设施。数字隐蔽工程在当今社会中具有广泛的应用，它涉及许多重要的领域，如信息安全、智能制造、智慧城市等。在信息安全领域，数字隐蔽工程可以用于保护计算机系统和网络免受攻击和入侵，确保信息的机密性、完整性和可用性。在智能制造领域，数字隐蔽工程可以用于优化生产过程，提高生产效率和产品质量。在智慧城市领域，数字隐蔽工程可以用于实现城市管理的智能化和精细化，提高城市居民的生活质量和幸福感。

(五) 博物馆、艺术博物馆、美术馆数字隐蔽工程建设与在线转化的案例

目前国内博物馆、艺术博物馆、美术馆在数字隐蔽工程设计、建设到运行方面比较有代表性的就是“数字故宫”与“数字敦煌”，它们可以称为具有系统工程性的数字化建设案例，可以说它们完全符合前期数字隐蔽工程从严密设计、建设到运行的全流程建设要求，最终以显性工程的形态展示出来。

1. 数字故宫在系统中分为全景故宫、故宫APP、故宫游戏、故宫数字多宝阁、数字文物藏品库。

最能体现数字隐蔽工程建设质量的是故宫的数字多宝阁（图5、图6）和数字文物藏品库，这两套系统是一个将传统文物藏品与数字技术相结合的项目，它旨在通过数字化的方式展示故宫的珍贵文物藏品，使观众能够以全新的方式欣赏和了解这些文物藏品。为了实现这一项目，数字隐蔽工程建设需要进行一系列的工作，包括以下几个方面：

(1) 数字多宝阁数字隐蔽工程

①文物藏品数字化采集：首先需要对故宫的文物藏品进行高精度的数字化采集，包括使用高分辨率的相机、扫描仪等设备对文物藏品进行拍摄和扫描，获取文物藏品的三维模型、纹理贴图数据。

②文物藏品数字化处理：在采集到文物藏品数据后，需要进行一系列的数字化处理，包括数据清理、修复、纹理映射等，以确保数字化文物藏品的质量和准确性。

③交互设计：为了让观众能够更加方便地与数字化文物藏品进行互动，需要进行交互设计，包括设计用户界面、交互方式、导航流程等。

④系统开发：在完成交互设计后，需要进行系统的开发工作，包括开发三维渲染引擎、数据库管理系统、用户认证系统等，以支持数字多宝阁的展示和运行。

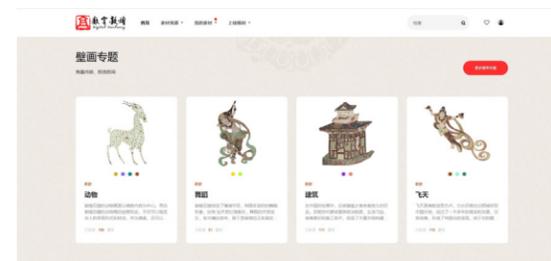


图 7. 数字敦煌壁画专题。

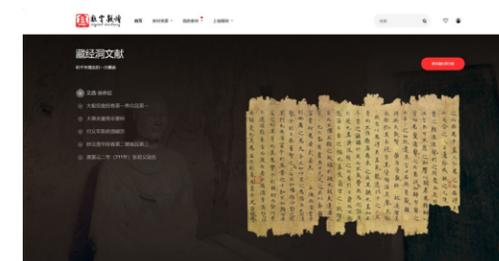


图 8. 数字敦煌藏经洞文献。

⑤内容制作：在数字化文物藏品和系统开发完成后，需要进行内容制作，包括编写文物藏品介绍、制作展示动画、设计交互流程等，以使观众能够更加深入地了解文物藏品背后的历史和文化。

(2) 数字文物藏品库数字隐蔽工程

①文物藏品数字化采集：首先需要对故宫的文物藏品进行数字化采集，包括拍摄高清照片、制作三维模型等。这需要专业的摄影设备和技术，以及相关的软件和技术。

②文物藏品数字化处理：采集到的文物藏品数字化信息需要进行处理，包括图像处理、三维模型重建等。这些处理过程需要使用到计算机视觉、图像处理、三维建模等技术。

③文物藏品数字化存储和管理：处理好的文物藏品数字化信息需要进行存储和管理，以便后续的查询、检索和使用。这需要建立完善的数据库管理系统，确保文物藏品数字化信息的安全、可靠和高效管理。

④文物藏品数字化展示和传播：数字文物藏品库不仅需要对内部员工开放，也需要对公众开放，让更多人了解和欣赏故宫的文物藏品。因此，需要设计和开发相应的展示和传播平台，包括网站、移动应用等。

⑤文物藏品数字化研究和应用：数字文物藏品库还可以为文物藏品研究提供新的手段和方法，例如通过对文物藏品数字化信息的分析和挖掘，揭示文物藏品的历史、文化、艺术等方面的价值。同时，数字文物藏品库也可以为文物藏品修复、复制等提供技术支持。

2. 数字敦煌在系统中分为：自选素材、壁画专题（图7）、藏经洞文献（图8）、共创作品、壁画元素、艺术摄影。

(1) 藏经洞文献数字隐蔽工程

高保真敦煌藏经洞图像资源数字化建设：通过超高清数字摄影采集、图像拼接、色彩管理、图像定位与纠正和数据库的建设等系统工作，真实、完整地呈现敦煌石窟壁画和藏经洞文献二维形象的数字资源。^[16]目前数字敦煌中的藏经洞经文图像资源，已经将14 637幅通过数字敦煌网站呈现给广大观众。

[16] 杨雪梅、陈港泉、何红军、张婷、赵良：《敦煌研究院文物数字资源版权问题探析》，《中国博物馆》2024年第1期，第95页。

(2) 壁画专题数字隐蔽工程

①敦煌现场壁画艺术摄影数据库建设：数字敦煌利用超清数字图像采集器械对石窟内的内景、壁画、彩塑等各类艺术品进行采集，目前针对壁画艺术已完成约14万幅，数据库存储容量超10TB。

②敦煌美术临摹品数字化建设：数字敦煌还建设了包含众多艺术家临摹的敦煌石窟雕塑、壁画等作品在内的数据库，通过数字扫描、数字摄影采集、拼接、校色、规范数据库存储流程，同时针对每一件作品建设相关的数字文献库，进一步形成规模性的数字化资源。据了解现在的数字敦煌数据库拥有数字化壁画白描稿、彩色临本4 000多幅，数字彩塑资源50余身、临摹复制了15个洞窟的整窟数据资源。^[17]

③敦煌数字孪生资源建设：数字敦煌还对石窟寺造像、空间结构进行定位布测、高精度全息激光扫描与数据生成，之后工程师通过对原始采集下来的3D全息数据进行模型修正，数据校对，最终完成了206个洞窟结构、45身造像的大型三维数字资源库建设，通过数字敦煌官网呈现带给全球观众一个盛宴。截至2022年，数字敦煌共有来自几十个国家的1 700多万人次的访问和登录。

3. 南京艺术学院美术馆数字化构建中隐蔽工程分为软件系统建设和硬件建设。南京艺术学院美术馆作为高校艺术博物馆始终坚持数字工程的建设要不断在实践中探索学习，通过先进的技术、管理办法和数字设备的引进，消化再吸收并与自身实践经验相结合的方法实现数字化系统的优化和升级，达到了最佳效果。^[18]

(1) 数字隐蔽工程软件系统建设

①第一阶段：2012—2013年，南京艺术学院美术馆通过调研论证各大博物馆、艺术博物馆、美术馆和其他高校艺术博物馆的网站、小程序，同时结合自身的建设特点完成了网络客户端和移动网络客户端的架构调研数据（图9），与亿拍科技公司合作，首次使用AR系统技术，对南京艺术学院美术馆馆藏作品进行数字采集、数字储存和数字化处理，为后续展示提供保障。

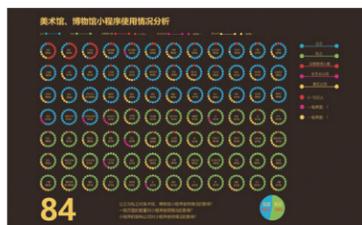


图9. 博物馆、美术馆小程序调研分析数据图。

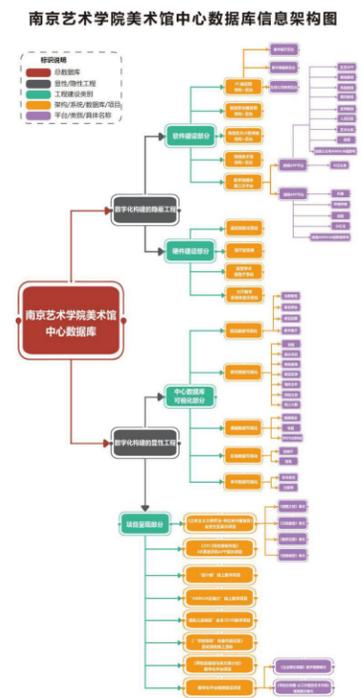


图10. 南京艺术学院美术馆中心数据库架构设计图。

[17] 杨雪梅、陈港泉、何红军、张婷、赵良：《敦煌研究院文物数字资源版权问题探析》，《中国博物馆》2024年第1期，第95页。

[18] 徐轩露：《高校艺术博物馆“显性与隐蔽”数字工程的构建与探索——以南京艺术学院美术馆数字馆建设为例》，《南京艺术学院学报（美术与设计）》2023年第6期，第204页。



图11. 南京艺术学院美术馆智慧学术报告厅建设。



图12. 南京艺术学院美术馆主视觉显示区。

②第二阶段：2014—2015年，针对数字美术馆展示的共时性元空间、数字艺术在虚拟空间的多元展示、虚拟艺术创意社区和虚拟大学生艺术社区的技术论证和初步框架设计，利用虚拟现实技术、图片数据捕捉和Unity软件，开发了微信美术馆互动游戏功能。

③第三阶段：2020—2022年，南京艺术学院美术馆完成了中心数据库可视化架构设计（图10）和移动互联网服务端架构设计，以中心数据库为核心，进行新版PC端官网、智能移动端官网，微信小程序端、大众媒体平台数字矩阵化的数字平台架构，全面展示南京艺术学院美术馆的学术研究、展览展示、公共教育与数字典藏等各项高校艺术博物馆功能。

(2) 数字隐蔽工程硬件系统建设

①将多功能报告厅的传统投影升级为小间距LED屏，并增设导播、摄像设备及数字网络端口，实现有线与无线信号的智慧化改造。（图11）

②美术馆大厅入口将用超高清LED大屏取代大幅海报展示架，配备独立控制系统、多媒体播放系统和移动网络端设备投屏系统，实现非局限性视频海报、动态海报和交互素材的投放。（图12）

③美术馆引进大尺寸智慧屏，安装并调试后投入使用到各个展厅，同时建设安装美术馆馆体楼宇监控智能化系统，实现后台与移动网络客户端的连接。

二、高校艺术博物馆数字隐蔽工程特点与问题研究

(一) 高校艺术博物馆数字隐蔽工程的特点

高校艺术博物馆数字隐蔽工程属于泛数字隐蔽工程的范畴，也属于数字工程领域的一个特定分支。但是在实际建设与应用中更多的是围绕高校艺术博物馆数字工程的特色和运行规则开展工作。泛数字隐蔽工程与高校艺术博物馆数字隐蔽工程在应用领域的主要区别是前者主要集中在金融、医疗、制造业、信息技术等，其应用范围非常广泛，包括数据处理、系统集成、应用开发、

网络安全等。而后者主要应用于文化艺术遗产机构，旨在数字化、保护和展示艺术博物馆藏品，包括艺术品、文物藏品、历史文化遗产等。关注点是文化传承、艺术品管理和文化教育，其主要体现为如下几个方面。

1. 建筑自动化系统：包括智能照明系统、智能安防系统、智能中央空调系统等；

2. 中心数据库：用于存储、处理和管理高校艺术博物馆大量艺术史、文献、实物藏品、数字藏品、客群社群交互反馈、展览数字档案、设计数字档案、艺术家数字档案、媒体宣传、资金、财务预决算、OA系统、典藏库房管理系统等数据，支持云计算和大数据分析；

3. 智慧艺术博物馆系统：展示设备后台管理、增强现实（AR）和虚拟现实（VR）后台管理、移动设备官方应用程序、传感器和物联网设备后台应用+管理；

4. 数字工程基础设施

（1）软件基础工程（以南京艺术学院美术馆为例），比如PC端官网架构+后台管理系统（内含：数字展厅系统后台、数字典藏库管理系统后台、在线公共教育系统后台）、智能移动端官网架构+后台管理系统、微信官方小程序端架构+后台管理系统、数字媒体矩阵系统（新闻媒体APP平台、视频APP平台）；

（2）硬件基础工程（以南京艺术学院美术馆为例），比如场馆监控智能化系统、展厅智慧屏、智慧学术报告厅系统、主入口数字显示系统。

（二）高校艺术博物馆数字隐蔽工程存在的问题

高校艺术博物馆在实施数字隐蔽工程时，面临的挑战和问题与一般数字隐蔽工程类似，但在某些方面具有其特殊性。这些问题通常涉及技术实施、项目管理、资源配置等多个方面。以下是一些主要问题。

1. 技术和工具问题：在数字隐蔽工程的建设过程中，选择合适的技术和工具常常面临困难。我们需要谨慎考虑技术的成熟度、未来的可扩展性以及维护成本，但这些因素往往难以同时满足，导致选择过程充满挑战。另外，不同技术和系统的集成也是一大挑战，需要确保新引入的技术与现有系统兼容，无缝集成，并且不影响系统的整体性能。

2. 管理和协调问题：数字隐蔽工程在项目管理和协调上通常牵涉多个团队和部门，包括高校艺术博物馆业务内专业人员（包括：艺术史、典藏管理与研究、展陈设计、展览管理、公共教育、馆务综合管理）、IT专家、工程师、项目管理人员等。然而，有效的沟通和协调往往是一个复杂的问题，可能成为项目成功实施的障碍。不同团队之间的沟通不畅和协调不一致可能导致项目进展缓慢，甚至失败。尤其是国内的高校艺术博物馆在人员专业构成上目前相对比较单一，更加凸显这个问题所在。

3. 人才培养和团队建设问题：随着技术的不断发展，高校艺术博物馆团队的技能和知识更新成了一个令人困扰的问题。培养和维护一个具备足够技术能力的团队变得越来越具有挑战性，而且可能会导致团队面临技术滞后的风险。

4. 数据管理和治理问题：随着高校艺术博物馆数据量的不断增长，有效管理和治理数

据变得极为困难。数据的收集、存储、分析、保护以及合规性等各方面问题开始变得棘手，而高校艺术博物馆似乎缺乏足够的解决方案来应对这些挑战。这种情况使得数据管理和治理成为一个紧迫的问题。

5. 用户参与和反馈问题：在数字隐蔽工程建设中，用户的参与和反馈是优化和改进项目的关键。确保用户需求得到满足并获得积极反馈是挑战之一。挑战主要集中在多样化用户需求、时间和资源压力、解决问题的挑战和满足合规性要求。

6. 预算与资金限制问题：数字隐蔽工程往往需要显著的资金投入，包括软件、硬件和人力资源。在预算有限的情况下，如何有效地分配资源和确定优先级也是高校艺术博物馆数字工程建设中遇到的问题所在。

三、高校艺术博物馆数字隐蔽工程的建设对策

高校艺术博物馆数字工程的构建不仅仅是数字化转型，而是一个涉及多个方面的系统工程。在这个过程中，我们需要采用系统工程的方法论来规划和管理数字工程项目，包括需求工程、系统设计、系统分析、验证与确认等各个阶段。确保每个阶段都经过深入的分析 and 验证，以满足项目的整体目标。同时紧密结合数字隐蔽工程和显性工程的设计与实施，它们必须协同合作，借助系统工程的原理和方法，这也是一个备受重视的研究领域和实践课题。在数字工程的系统设计阶段，我们需要特别考虑如何协调隐蔽工程和显性工程，以确保系统在各个方面具备全面性、可靠性和可持续性。在数字工程的实施过程中，我们需要采用系统工程的方法来设计和管理系统的构架，通过科学的规划、研究、设计、制造、测试和应用等步骤来有序组织和实施隐蔽工程和显性工程，以确保数字工程的各个组成部分能够有效集成，各个子系统能够互联互通，无缝协同工作，系统能够高效运行并保持卓越性能，达到整体性能要求。^[19]

作为一项复杂的系统工程，在数字工程建设中，隐蔽工程尤为重要，它需要从硬件系统建设和软件系统建设两个方面进行综合考虑和规划，经过反复的论证、规划、研究与设计，是决定数字基建的重要基础。如果没有进行妥善的建设与管理，将会给整个数字工程带来风险隐患与永久的结构缺陷。那么如何有效建设和管理数字隐蔽工程，以及协调其软件系统和硬件系统，笔者给出了相应对策和建议。（见图13）

（一）数字隐蔽工程软件系统的建设与管理对策

1. 需求分析和规划

在软件系统建设初期，进行详细的需求工程，与高校艺术博物馆管理人员、行业专家

[19] 毕思文：《数字工程基础理论框架构建》，《地质灾害与环境保护》2003年第4期，第51—57页。

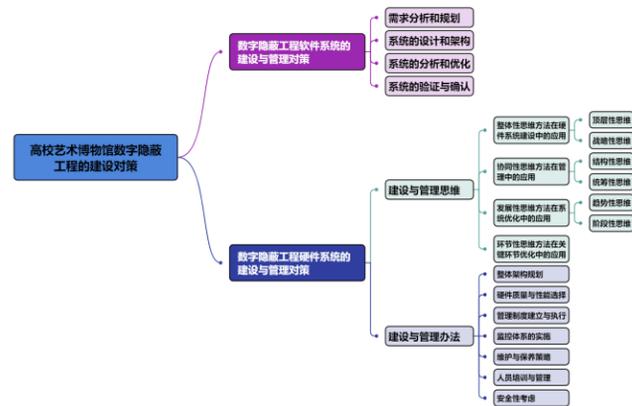


图 13. 高校艺术博物馆数字隐蔽工程的建设对策思维导图。

和其他相关方紧密合作，明确软件系统的需求和目标。使用系统工程的方法来将高级需求分解为具体的系统需求，以建立明确的需求基础。另外，通过条目化、规范化的需求过程，形成需求数字线索并对设计更改进行基于需求的评审，进入技术状态管理平台。建议使用管理软件，如JIRA^[20]或Trello^[21]，以跟踪和管理需求变更。

2. 系统的设计和架构

数字隐蔽工程软件系统在系统设计阶段综合考虑各种需求和约束，基于需求分析，权衡各种可行的设计方案，包括功能/逻辑构架和物理构架，制定系统设计和架构，确保系统的设计能够满足用户需求，并考虑到未来的可扩展性。采用标准化的设计原则和模式，以提高系统的稳定性和可维护性。建议使用系统设计软件，如AutoCAD^[22]或SolidWorks^[23]，进行详细设计。

3. 系统的分析和优化

数字隐蔽工程软件系统可以使用系统工程方法进行系统分析，评估系统设计的有效性和合规性。在项目进行过程中，一方面进行系统的优化和改进，包括功能、性能、接口、安全性和可靠性，另一方面进行全面的系统性能评估，包括风险评估和故障模式效应分析，以满足不断变化的需求和挑战。建议使用模拟软件，如MATLAB^[24]或Simulink^[25]，进行系统性能分析。

[20] JIRA 是 Atlassian 公司出品的项目与事务跟踪工具，被广泛应用于缺陷跟踪、客户服务、需求收集、流程审批、任务跟踪、项目跟踪和敏捷管理等工作领域。

[21] Trello 是一款可视化的项目及任务管理软件，可支持中英文等多种语言，具有项目 / 任务跟踪、文档管理 / 存储、团队协作等核心功能。

[22] AutoCAD (Autodesk Computer Aided Design) 是 Autodesk (欧特克) 公司于 1982 年首次开发的自动计算机辅助设计软件，用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计，现已经成为国际上广为流行的绘图工具。

[23] SolidWorks 是一款流行且广泛应用于机械设计和工程学科的 3D CAD 软件，它可以帮助工程师实现 3D 建模、分析、绘制和制造各种机械部件和设备。

[24] MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件，用于数据分析、无线通信、深度学习、图像处理与计算机视觉、信号处理、量化金融与风险管理、机器人，控制系统等领域。

[25] Simulink 是美国 Mathworks 公司推出的 MATLAB 中的一种可视化仿真工具。Simulink 是一个模块图环境，用于多域仿真以及基于模型的设计。它支持系统设计、仿真、自动代码生成以及嵌入式系统的连续测试和验证。

4. 系统的验证与确认

数字隐蔽工程软件系统包括系统验证和确认，这一阶段的工程实施人员和管理团队负责规划和实施验证过程，以确保软件系统的设计和制造符合特定需求。这包括编写详细的软件系统测试方案和测试步骤，以验证软件系统是否按照规定的需求进行了构建和部署。建议使用测试管理工具，如TestRail^[26]或Quality Center^[27]，进行测试规划和追踪。

(二) 数字隐蔽工程硬件系统的建设与管理对策

在数字隐蔽工程中，硬件系统的建设与管理是至关重要的环节。为了确保数字隐蔽工程的顺利进行，首先要在其硬件系统的建设与管理上树立科学的建设与管理思维，然后再制定合理的建设与管理办法。以下是针对数字隐蔽工程中硬件系统的建设与管理对策的详细叙述。

1. 建设与管理思维

(1) 整体性思维方法在硬件系统建设中的应用

①顶层性思维：在构建硬件系统时，首先需要从宏观角度规划整个系统的架构。这包括确定系统的总体目标、核心功能，以及如何与其他系统（如软件、网络等）协同工作。

②战略性思维：制定长期的硬件发展计划，考虑未来技术趋势和业务需求的变化，确保系统可持续发展，具备适应性和灵活性。

(2) 协同性思维方法在管理中的应用

①结构性思维：设计硬件系统时，需要确保各硬件组件之间的有效协同，比如数据中心的服务器、存储和网络设备之间的高效连接和通信。

②统筹性思维：在硬件系统的日常管理中，强调整体规划和协调，确保系统维护、升级和故障处理等活动在整体框架下高效执行。

(3) 发展性思维方法在系统优化中的应用

①趋势性思维：持续关注硬件技术的发展趋势，如云计算、边缘计算和物联网技术，以便及时采纳新技术，提升系统性能和效率。

②阶段性思维：通过分阶段实施升级和改进计划，逐步提升硬件系统的性能和可靠性，同时避免因大规模变更带来的风险。

(4) 环节性思维方法在关键环节优化中的应用

这种思维强调识别和专注于系统中的关键环节或要素。理解这些关键部分对整个系统的重要性，可以更有效地分配资源和精力，推动系统的整体发展。识别并关注硬件系统中的关键环节，如数据存储的可靠性、网络设备的安全性等，确保这些关键部分得到特别关注和充分的资源投入。

[26] TestRail 是一个基于网页的测试用例管理工具，用来管理、跟踪和组织软件测试工作。

[27] Quality Center 是一个基于 Web 的测试管理工具，可以组织和管理应用程序测试流程的所有阶段，包括制定测试需求、计划测试、执行测试和跟踪缺陷。

2. 建设与管理办法

(1) 整体架构规划：在硬件系统的建设中，首要任务是设计一个稳定且可扩展的整体架构。这意味着要选择能够支持长期发展和技术进步的硬件。例如，选择能够扩展存储容量和计算能力的服务器和网络设备，以适应未来业务增长和技术变革的需求。另外，明确数字化建设的具体需求和目标。这包括了解所需服务的类型、用户群体、预期的功能等。基于这些信息，进行全面的规划，包括硬件设施的种类、规模、性能要求等。

(2) 硬件质量与性能选择：选择高性能、高质量的硬件设备是至关重要的。应当进行市场调研，根据需求分析的结果，选择符合技术规格和预算的硬件设备，确保它们能在预期的运行环境中表现稳定。这包括但不限于服务器、存储设备、网络设备、安全设备等。在选择时，考虑设备的性能、可靠性、扩展性、与现有系统的兼容性以及成本效益。

(3) 管理制度建立与执行：建立全面的硬件设备管理制度，涵盖采购、验收、存储、维护和故障处理等各个环节。这些制度应当确保设备从采购到报废的整个生命周期得到妥善管理。

(4) 监控体系的实施：部署高效的监控系统以实时监测硬件设备的状态，包括温度、性能负载、网络流量等。使用专业的分析工具来处理收集到的数据，快速识别和响应潜在的问题。

(5) 维护与保养策略：定期对硬件设备进行检查、清洁和保养。制定并遵循详细的维护保养计划，对关键设备和部件进行定期更换，同时，确保硬件设施的环境（如温湿度、清洁度、安全性）符合技术要求，以降低故障风险。

(6) 人员培训与管理：加强对操作和管理人员的培训。确保团队成员了解硬件系统的结构、运行原理以及维护保养技巧。定期组织培训和交流，提高技能水平和应对突发情况的能力。

(7) 安全性考虑：在所有这些措施中，安全性是一个不可忽视的方面。考虑到数字工程建设的安全性，确保硬件设施的物理和网络安全，预防数据泄露和其他安全威胁。如防火墙、入侵检测系统、物理安全措施等。

(三) 数字技术对高校艺术博物馆传播推广与展示系统的重要性和建设意义

1. 提高可访问性和扩大观众范围

数字化展览和在线藏品档案使得高校艺术博物馆的资源可以跨越地理界限，向全球观众开放。这不仅增加了高校艺术博物馆的可访问性，也极大地扩展了其观众范围。通过提供多语言版本的数字内容，高校艺术博物馆可以更好地服务于不同语言和文化背景的国际观众。

2. 丰富的互动体验与教育价值

随着VR和AR技术的不断成熟，高校艺术博物馆可以创建更加沉浸式和互动性强的展览体验。观众可以通过专门的设备或者智能手机，进入一个虚拟重建的历史场景，或者在现实世界中叠加虚拟信息，这样的体验让观众仿佛穿越时空，亲身体验历史事件或艺术作品的创作背景。

利用数据分析和人工智能，高校艺术博物馆可以提供个性化的展览导览和学习体验，根据观众的兴趣和行为定制推荐内容。

3. 促进藏品保护与研究

数字孪生技术允许高校艺术博物馆创建藏品的高精度数字副本。这些数字副本不仅可以用于线上展览，吸引无法到场的远程观众，还可以在藏品保护中发挥重要作用。通过对数字副本的分析和模拟，研究人员可以预测和防范可能对实物造成损害的因素，从而更有效地保护这些珍贵的文化遗产。另外，随着数字艺术品市场的兴起，区块链技术提供了一种确保艺术品真伪和版权归属的有效手段。通过将艺术品的起源、历史和所有权信息记录在区块链上，博物馆可以为公众提供可验证的艺术品真实性证明，同时保护艺术家的版权和创作收益。

4. 提升品牌形象和市场竞争能力

积极采用最新的数字技术，可以帮助高校艺术博物馆塑造创新和前卫的品牌形象，吸引年轻观众和技术爱好者。通过社交媒体平台分享数字化内容和互动体验，高校艺术博物馆可以有效提高其在公众中的知名度和影响力，增强市场竞争力。

5. 提高管理效率与服务质量

采用数字技术，如物联网（IoT）设备和智能分析工具，可以提高高校艺术博物馆的运营效率，如通过智能环境监控系统保护藏品，或通过数据分析优化参观流线和服务。数字平台还为高校艺术博物馆提供了与观众直接交流和收集反馈的渠道，帮助博物馆更好地了解观众需求，提升服务质量和观众满意度。例如AI技术可以帮助高校艺术博物馆根据观众的兴趣和行为模式定制个性化的参观路线和解说内容。例如，基于观众在展览中的停留时间和兴趣点，智能导览系统能够推荐其他观众可能感兴趣的展品或展区。此外，通过语音识别和自然语言处理技术，观众可以与展品进行“对话”，获取更加丰富和深入的信息。

四、结语

高校艺术博物馆数字化建设是其自身实现科学化、智慧化的必由之路。发现、总结和解决好高校艺术博物馆数字化建设过程中遇到的问题，这已经成为行业同仁的共识。高校艺术博物馆数字工程是一个系统工程，不仅需要自身业内的不断奋斗，还需要其他学科人才的交叉、专业队伍的融合。目前，高校艺术博物馆数字化建设还处于起步阶段，在应用层面也仅仅局限在网络虚拟展示和局部展览的交互展示上，比起较早开始数字化转型的大型博物馆和其他行业还有很大差距。所以，我们只有不断学习系统性发展规律，坚持可持续发展理念，积极推进高校艺术博物馆数字化事业稳步发展，以信息技术作为基础，利用数字技术作为主要手段，并以智能技术为引领，才能增强和扩展高校艺术博物馆的综合功能，提升其在公共文化服务领域的作用。通过整合和应用先进的数字技术资源，我们未来将传统的高校艺术博物馆转型为真正意义上的智慧型艺术博物馆，以满足数字时代迫切的发展需求。