“城元宇宙”：元宇宙赋能未来城市设计*

吴志强　梁　靖　贾蔚怡　黑静好　张少涵　陈　帆　徐浩文　范思琦　纪星桦

提　要　梳理元宇宙产生与发展的关键特征，指出元宇宙与城市设计之间的共性：源于愿景、基于现实和协同创造；进一步总结元宇宙赋能城市设计的三个维度：空间拓维、时间延续和人民共建。根据城市建设与运营层面的需求及城市设计工作的开展，提出了“R（reality）”与“AR（augmented reality）”虚实结合的方法——“RAR（reality augmented reality）”，将应用“RAR”方法开展的元宇宙赋能的城市设计过程与结果统称为“城元宇宙”。对典型的“城元宇宙”实践进行总结，对创作过程进行分类细化并架构创作与运营的总流程图，详述应用“RAR”方法实现元宇宙赋能城市设计的技术路径，以期在存量背景下为未来城市设计的发展提供指引。

关键词　元宇宙；城元宇宙；城市设计；RAR；虚实创造

中图分类号　TU984　文献标志码 A
DOI　10.16361/j.upf.202404002
文章编号　1000-3363(2024)04-0011-07

作者简介

吴志强，中国工程院院士，同济大学建筑与城市规划学院教授，wus@tongji.edu.cn
梁　靖，同济大学设计创意学院副教授
贾蔚怡，同济大学建筑与城市规划学院硕士研究生，jwy@tongji.edu.cn
黑静好，同济大学设计创意学院博士研究生
张少涵，同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司助理工程师
陈　帆，同济大学建筑与城市规划学院博士后
徐浩文，同济大学建筑与城市规划学院博士研究生
范思琦，同济大学设计创意学院硕士研究生
纪星桦，同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司助理设计师

Metacity: Metaverse-Empowered Future Urban Design

WU Zhiqiang, LIANG Jing, JIA Weiyi, HEI Jinghao, ZHANG Shaohan, CHEN Fan, XU Haowen, FAN Siqi, JI Xinghua

Abstract: Through delineating key characteristics of the emergence and development of the metaverse, this paper highlights the commonalities between the metaverse and urban design, which include common origins in vision, shared foundations in reality, and similar creation processes through collaboration. Furthermore, the paper summarizes three dimensions in which the metaverse-empoweres urban design: spatial expansion, temporal continuity, and communal co-creation. Considering issues in urban development, city operation, and urban design processes, a method combining "reality (R)" and "augmented reality (AR)"-termed "RAR (Reality Augmented Reality)"-is proposed. The process and outcomes of metaverse-empowered urban design using the "RAR" method are collectively referred to as "metacity". By summarizing typical practices of "metacity", the paper categorizes and examines in detail the creation process, establishing a comprehensive flowchart of creation and operation. It further elaborates on the technical pathway for realizing metaverse-empowered urban design through the "RAR" method with the aim of providing urban design guidance against the backdrop of existing urban landscapes.

Keywords: metaverse; metacity; urban design; RAR (reality augmented reality); RAR design

随着互联网3.0、工业4.0和社会5.0的发展，元宇宙成为当前无论在学界还是产业领域备受关注的议题。作为人类对未来社会终极形态的积极想象，元宇宙所探讨的虚实世界的关系必然将影响未来城市发展。在城市之中，元宇宙如何介入以推动城市发展，其是否可以为城市创造和建设的过程赋能，如何应用元宇宙概念及相关技术开展实践工作，这一系列随之而来的问题亟待探讨。在此背景下，本文从梳理元宇宙的发展特征出发，着力探讨元宇宙与城市设计，指出元宇宙与城市设计的共性，并进一步提出元宇宙赋能城市设计的3个维度。在充分考虑了福州、台州等地探索经验的基础上，本文提出将城市实体空间“R（reality）”和以“AR（augmented reality）”为代表的技术相结合的“RAR（reality augmented reality）”方法，详述了应用“RAR”开展“城元宇宙”实践的技术路径，以期为城市设计工作的开展打开新思路，激发城市新活力。

* 中国工程科技知识中心建设项目“国际工程科技知识中心及国际合作”（项目编号：CKCEST-2023-1-5）；同济大学“中德工程院城市更新 E-Culture 数智空间共建”项目（项目编号：ZD2023022）

1 元宇宙与城市设计

1.1 元宇宙产生与发展的特征

从自然的物质世界到人类创造的多维世界，文明的演进现今步入了数字世界新纪元[1]。作为集成了新一代数字技术的新兴概念，“元宇宙”自2021年席卷城市社会发展的各个领域以来，迅速充斥于各行各业，并一直是学界和产业界广泛关注的焦点[2-5]。然而，至今学界对“元宇宙”概念也尚未达成共识，呈现出“百家争鸣”的学术讨论之势[6-7]，在产业实际领域的探讨更是层出不穷[8-9]。“元宇宙”概念最早诞生于1992年发表的科幻文学作品Snow Crash[10]，被定义为一个与现实世界平行的虚拟世界，概念孕育之初就具有较强的空间属性。在其后不断涌现的文学、艺术作品以及游戏创作中，其基本延续了“虚拟平行世界”这一概念设定，并以“开放世界沙盒游戏”最为典型[11]。

尽管对于元宇宙的产业实践明显快于且多于学术探讨[12]，但随着应用场景的深化，围绕“元宇宙”的学术探讨伴随着产业实践逐渐增多，且逐渐由对具体技术的探究扩展到对整体世界观的定义和价值内涵的挖掘。学界对“元宇宙”理论层面的探讨目前主要集中在两方面（图1）：①从虚实世界、空间的关系解析元宇宙[2-3, 11, 15-16]；②从技术实现的视角解析元宇宙[2, 12, 15]。张辉等[12]认为元宇宙是由数字化技术所构建的一种数字化虚拟世界和现实世界能够在一定程度上共存共生的数字样态。Irshad等[13]提出了基于五个关键结构的元宇宙概念，即元宇宙本身、人/化身、元宇宙技术能力、行为和结果。赵星等[2]从技术实现的视角将元宇宙的发展路径划分为复刻现实、超脱现实和增强现实等三类。陈林生等[14]构建了元宇宙“技术—经济互塑系统”模型从而使元宇宙更好地与实体经济和产业结合。

发源于对虚实关系的探讨、依托于新兴数字技术发展的实现，在数字化时代，“元宇宙”这一理论概念必将拥有更为广阔的应用场景。作为诞生之初就有较强空间属性的理论概念，“元宇宙”试图描绘“虚拟空间”与“真实空间”的关系[2-5]，其注定将对人类生存的最大空间——城市，产生巨大影响[4]。在经历了最初的“爆火”和“热议”，到“质疑”和“批评”，当元宇宙概念逐步“冷却”，面向未来城市发展，当前应对这一概念及相关技术进行本质性的探讨和面向应用的实践探索。

1.2 元宇宙与城市设计的共性

1.2.1 源于愿景：元宇宙与城市设计的本质特征

自2021年“元宇宙元年”以来，对元宇宙和城市的探讨逐渐增多，主要聚焦于两方面：一方面是对现象和概念的剖析，比较典型的涉及“元宇宙”的概念和框架[5]、发展带来的社会空间变化[6]；另一方面是面向应用场景的探讨，比较典型的如数字城市设计[15]、“元宇宙”的规划应对[4]、数字化室外空间[16]等。任兵等[5]将元宇宙与城市空间相结合的最新形态命名为“城市元宇宙（Metacity）”，并将其阐释为新型智慧城市中继数字孪生城市之后的又一进阶形态，是“利用区块链技术、交互技术、电子游戏技术、人工智能技术、网络及云计算技术、物联网技术等六大类技术在虚拟空间中打造的物理城市空间的延伸，以数智文明的视角构造出的未来城市新生态”。该定义从技术应用层面较为清晰地阐释了“城市元宇宙”的概念，具有一定的借鉴意义，但遗憾的是，该定义从实际应用的角度出发，尚未对涉及“元宇宙”本源性的虚实关系展开深入探讨，对于“城市元宇宙”理论概念的构建不够翔实，这也源于对“元宇宙”概念的探讨本身就尚未形成定论。

不可否认的是，无论是从技术层面还是概念层面展开，对元宇宙的探讨都承认其“源于对想象场景的构建”的立足原点，这与城市规划学科内对城市展开更新、设计的出发点不谋而合；对城市进行的设计与创造源于人类的共同美好愿景[17-20]，通过专业路径在城市空间实现对愿景的描绘；而“元宇宙”这一概念作为人类对未来社会形态的积极想象[8, 10]，其基于对虚实关系的探讨、依托于新兴数字技术发展的实现[2]，是从实体空间延伸至虚拟空间的愿景描绘，其二者具有本质特征的共性，这也是元宇宙可以介入城市设计的前提。面向未来的城市设计[22]，元宇宙概念为城市设计的愿景提供了新的实现方式，“元宇宙”的发展必将推动城市虚实空间紧密融合[23]。

1.2.2 基于现实：元宇宙与城市设计的建构基础

上文提到，元宇宙的概念在孕育之初就有极强的空间属性，其应用的本质在于对实施对象开展场景营造。在应用层面，元宇宙“虚实融合”“以虚促实”的发展趋势是各领域对当前发展阶段的共识[2-6]，“元宇宙”的发展将推动虚实世界紧密融合、密不可分[3]，这也进一步说明了元宇宙概念及相关技术无法离开实体空间及城市空间本身。城市设计作为以城市为研究对象的设计工作必须基于现实开展[18-19]，故元宇宙与城市设计有相同的建构基础，这也是元宇宙能够介入城市设计的基础。在城市这一巨大的真实空间之下，元宇宙介入传统的城市设计工作，将推动“虚实空间”深度融合、以“虚拟”促进城市实体空间发展，切实为城市设计工作赋能，笔者将这一过程和结果称之为“城元宇宙”。

1.2.3 协同创造：元宇宙与城市设计的实现路径

如1.2.1所述，元宇宙与城市设计都源于共同愿景，这意味着在实现的过程中需要协同，协调各方想象与描绘及利益主体间的关系，以协同的方式实现对

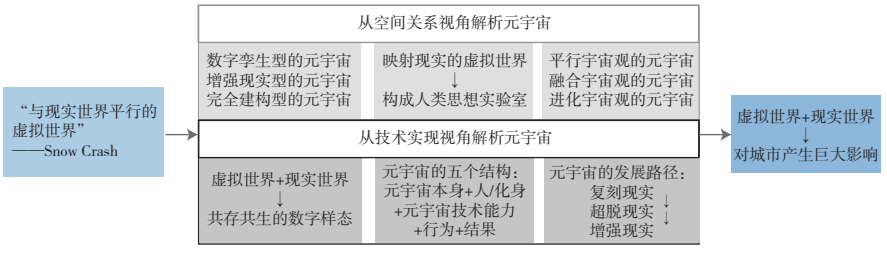

图1 元宇宙概念的发展历程

Fig.1 Evolution of the meta-universe concept

共同愿景的描绘。元宇宙本身作为一种全新的数字样态[12]，在其开发和建构的语境下，不仅依赖于技术开发者的创新能力，更需要用户和内容创造者的协同参与——互动与反馈[22-23]。同样，以人民为主体的当代城市规划与设计需要政府、开发商、市民以及其他利益相关者共同参与[19]。在元宇宙中，通过交互式体验，用户可以直接影响和塑造虚拟环境，与真实空间互动反馈[20, 23]。这类似于在城市设计中，多方主体的沟通与协调[24]，以及公众通过相关平台参与设计的一般路径[25-26]。故“协同创造”是元宇宙与城市设计的共同实现路径，这是元宇宙可以介入城市设计过程的实施条件。

2　元宇宙赋能城市设计的三个维度

元宇宙与城市设计的共性为元宇宙介入并赋能城市设计提供了完备的可能。在数字新时代[27]，元宇宙赋能城市设计以创造“城元宇宙”需要面向实施的维度，探讨元宇宙如何具体介入城市设计并为其赋能是当前语境下需要探讨的重要问题，本节详细探讨元宇宙赋能城市设计的三个维度。

2.1　空间拓维：从现实到虚拟

元宇宙对虚实空间关系的探讨是对当前城市设计相关工作的根本性启发，其根本是由元宇宙概念下相关的技术发展带来的。以AR（augmented reality）为基础的“增强”现实和更进一步的混合现实（MR）及更全面的扩展现实（XR）是推动虚实交互场景构建的重要入口[2]；同时，近年来，以移动增强现实（mobile augmented reality，MAR）技术为代表的空间计算技术变革催生了越来越多的城市尺度元宇宙应用案例，使得研究者[7]关注到城市的数字空间资产。移动增强现实是由于工业生产能力的提高以及计算机图形学和人机交互技术的发展而产生的一种基于移动设备的增强现实交互思想[13]。移动增强现实可以实时描绘自由运动的虚拟材料，同时保持真实物体和虚拟物体之间理想的空间关系，从而有效支撑了数字内容在城市空间中的植入[14]，这为城市空间的塑造，从现实到虚拟的拓维提供了实施可能，是元宇宙给城市设计带来的根本性启发。

2.2　时间延续：从过去到未来

由于数字技术提供的更沉浸的“虚拟存在”感，“元宇宙”为体验者提供了轻松穿梭于时间的可能性[23]。依过去看当下，以当下见未来，这是城市设计在时空上的宏观范围。基于动态规划理论，设计早已不满足于蓝图式的单一结果，系统规划理论、连续性规划理论、行动规划模型等应运而生，规划成为改善城市的主动而具体的工具[28-29]。通过数字技术构建的“元宇宙”使得设计方案可以快速映射到场地中，“元宇宙”的内容能够快速变化响应，这一特点也让多时间线的设计叙事内容能够在城市空间中迅速交替与对话，突破了传统设计与建设周期，让过去、现在和未来都能够与城市空间迅速产生关联[30-31]。

2.3　人民共建：从个体到群体

“元宇宙”的介入为人民共创提供了可持续的开放机会。城市是人类的城市[27]，故元宇宙赋能城市设计创造的“城元宇宙”实践是一种汇聚人类愿景、塑造个体和集体更美好的虚实生活场景的实践。元宇宙相关的集成技术及平台为人类个性化动态需求提供了灵活响应、及时预测和智能诊断的可能性[32-33]。在人民城市设计的语境下，元宇宙启发城市设计搭建可持续的、共创的数字开放平台，以移动设备链接个体，及时获取相关需求信息，设计调节以极高的灵敏度来及时对场景做出反馈[34]，促进城市更好地达成人民共建的目标。

3　“RAR”：元宇宙赋能城市设计的方法

在城市设计中，聚焦城市场景构建的具体方法，融合“元宇宙”的概念与技术实现手段，笔者总结实践经验，提炼“R”与“AR”结合的方法框架——“RAR（reality augmented reality）”。

3.1　“RAR”内涵：虚实创造

对“RAR”概念的界定围绕城市设计语境下对“R”和“AR”内涵的阐释和二者作用关系的描述：“R”即现实（reality），指的是集成各类物质环境要素和人类需求愿景的真实城市场景系统；“AR”即增益现实（augmented reality），指的是在元宇宙概念下，通过以“AR（增强现实）”技术为代表的技术方法赋能传统城市设计，对真实城市场景进行内容增强；“RAR”即是“现实+增益现实（reality + augmented reality）”，指的是通过以“AR”为代表的，包括大数据、人工智能、区块链等一系列数字技术与方法，对真实城市场景进行再创造，以“虚实融合”“以虚促实”的导向，实现该城市场域中的共同愿景（图2）。“RAR”的对象是城市空间，包含真实空间与虚拟空间两个维度；“RAR”的本质是对虚实空间的创造；应用“RAR”方法赋能城市设计，创造未来城市形态——“城元宇宙”。

3.2　“RAR”框架：虚实空间的十道设计

“RAR”针对虚实空间的创造同时在虚拟空间和真实空间展开，这在传统城市设计的基础上拓展了空间维度和内容层面，笔者总结虚实空间的十道设计，构建了“RAR”的框架。见图3。

3.2.1　虚拟空间的五道设计

（1）形象设计

形象设计是在虚拟空间中城市“意象”的创造。这要求设计师在精准把握愿景的基础上，将愿景在空间中进行形象化演绎，可能是某承载群落文化认同的物象、令人向往的美好生活场景，或是意象化的故事演绎。设计将在其中发挥重要作用，如何设计空间形象以更好地表达向往、创造共鸣、传递价值认同，这是设计之初需要重点考虑的。

（2）时间设计

时间设计是对“形象”的运动进行设计。真实感与沉浸感的营造需要设计师为形象赋予“虚拟生命”，即在三维静态形象层面引入时间维度，依据形象特性设计其运动变化，在形象本体上进行时空轨迹的二次创作。这要求设计依据愿景的主命题，创造虚拟世界的运动规律，并能与真实世界接轨，强化集体愿景的共识。

（3）沟通设计

沟通设计是人与虚拟空间的互动设计。将动态形象与场景落地，需着重考虑与空间对象互动的方式。设计的基础是人类的感知能力，设计师依据人类基本五感（视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉）和超感官知觉开展沟通设计，设计画面、语音、气味、触感等传达耦合于愿景的意图。

（4）反应设计

反应设计是人对空间反馈方式的设计。与对象产生互动后，对象会传达沟通反应，是建立虚实空间互动并以此实现“闭环”的桥梁。通过智能感知收集真实空间的反应，并反馈给虚拟空间，建立“互动—反馈”的闭环。设计师需设计对象反馈方法，建立对象反应机制，有效传达信息。

（5）虚实搭接

以上四道设计均可在虚拟世界中依托数字技术手段在计算机上完成，转到第五道设计时，需要厘清真实空间与愿景之间搭接的可能性，要认清现实世界和虚拟世界分别缺少什么，通过设计进行适当补充，使得真实空间的“戏台”可以承载虚拟空间演绎的“戏”。

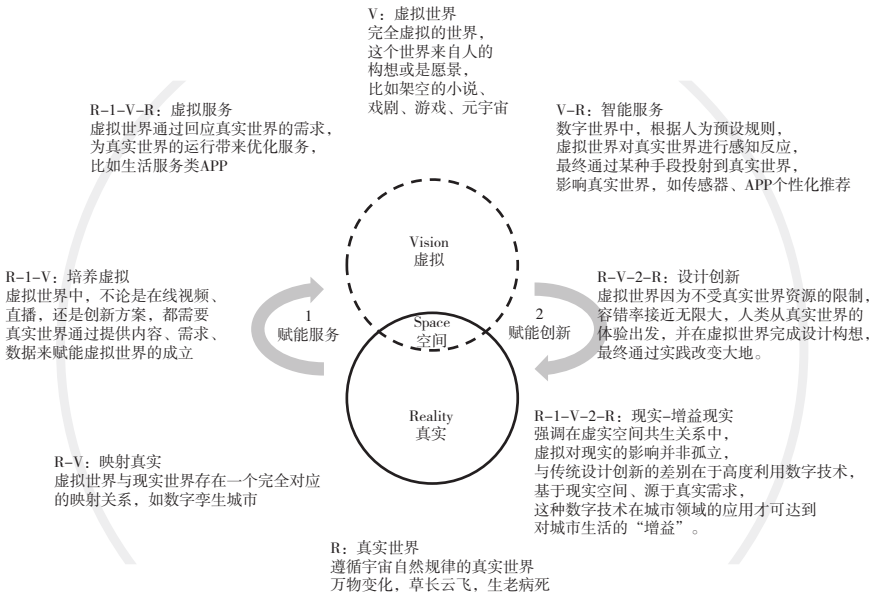

图2 “RAR”虚实创造解析

Fig.2 The "RAR" design analysis

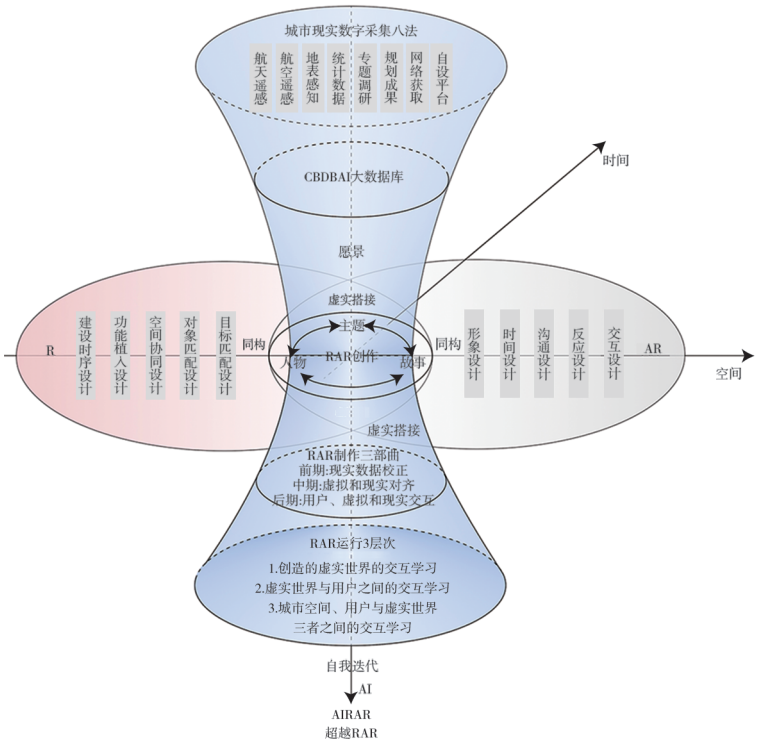

图3 “RAR”框架

Fig.3 Workflow of "RAR"

3.2.2 真实空间的五道设计

（1）目标匹配设计

目标匹配设计是在传统城市设计目标定位的基础之上匹配好虚拟空间和真实空间双维目标的设计。设计的落点仍在于对痛点、难点问题的攻克，设计目标应当清晰、具体。愿景中的虚拟世界与真实世界有所不同，在对愿景精准识别的基础之上，更需要清晰地辨识梦想和现实的差异，并以智能化的设计手段将虚拟世界的愿景和现实空间中的目标相匹配。

（2）对象匹配设计

对象匹配设计是针对动态的使用对象的需求匹配的设计，基于用户对象的需求诊断。落位空间的真实享有者其实与当下的愿景构建者并不相同，这要求设计师前瞻性地考虑到未来的使用对象，将虚拟空间的愿景转化为切实可感可用的真实空间场景，便于与对象需求相匹配。

（3）空间协同设计

空间协同设计是虚拟空间如何在真实空间中演绎并与之协同的设计。由虚拟世界向真实世界转接，场景的塑造必须与真实世界相协同，切实地落位到真实空间之中，首先需考虑真实世界的空间尺度如何与创造的虚拟世界场景相协同，真实空间中落位的虚拟世界场景原型需根据真实空间具体条件进行二次设计，使其与真实空间具体情况相匹配。

（4）功能植入设计

功能植入设计与传统城市设计中功能定位设计类似，在此涉及虚拟空间和真实空间两个维度。在真实空间中“可

感可用”是设计与人类生活接轨的落脚点。对接真实世界的具体需求，设计师需对场景原型植入具体功能，赋予虚拟空间场景实在性的意义，对人类生产生活各个方面的服务提供支持。

（5）建设时序设计

建设时序的设计是面向实施的指导。从实施流程上，应该梳理好各个阶段需完成的具体设计目标，将目标拆解，依据实际情况递进式开展设计实施，顺应人类社会发展的演进规律，从基本目标开始逐步升级提质。同时实时流程还需要具备前瞻性，提前考虑到真实世界发展带来的变化，并以动态方式及时适应。

4　“城元宇宙”：元宇宙赋能城市设计的实践及技术路径

笔者结合在福州闽江两岸和台州官河水街开展的元宇宙赋能城市设计的“城元宇宙”实践，详述面向实施的技术路径。“福元宇宙”设计实践是在第五届数字中国峰会的背景下展开的，旨在激活福州闽江两岸城市滨水空间，为第五届数字中国峰会赋能[35]；“仙元宇宙”设计实践聚焦台州市官河文化街区的激活，从空间体验到业态运营开展全方位更新，将其打造为全球第一个打通数字经济的元宇宙街区[36]。在“RAR”的方法框架之下，项目实施的技术路径依据时间顺序可总结为4个层次（图4）即：①通过数字采集完成空间建构；②对虚拟空间和真实空间进行双向设计，完成“RAR”创作；③开发AR引擎与交互系统完成“RAR”制作；④对软硬件设备进行集成调试、发布与维护，推进RAR运行。

4.1　数字采集：空间建构

项目的开展从建构空间数据底座开始，主要分为3步：①采集前准备；②三维激光点云扫描与空间建模；③场景内容的数据采集，包括问题诊断和需求分析。在技术层面，主要应用捕捉和重建现实环境的三维点云扫描技术对实景进行场景扫描，同时在服务器后端分析其精确性和准确性，最终对设计对象的真实空间场地全貌进行建模，并明确项目的痛点问题和需求。在“福元宇宙”项目中，团队对闽江两岸真实空间所存在的跨度5659 m、共328栋建筑及其场地进行点云扫描完成空间建构；在“仙元宇宙”项目中，团队对官河水街的河道与两岸景观及沿街商铺形态进行全维扫描，并记录业态和运行数据，完成了从空间到内容的底板建构。

4.2　“RAR”创作：虚实空间的双向设计

元宇宙赋能城市设计的“城元宇宙”设计创作与传统城市设计一致。但不同的是，“城元宇宙”设计涉及虚拟空间和真实空间两个维度，在传统的空间创作的基础之上还需要数字内容设计（图4）。在“福元宇宙”项目中，设计以闽江两岸真实的场景为现实底板，提取金鱼、榕树等意象，以水为脉，赋予虚拟对象运动轨迹，塑造流动的生命状态。提取福州市历史文化发展历程关键要素，结合数字中国峰会主题，设计故事叙述：第一幕是千年穿越，第二幕是两岸回应，第三幕是多元的宇宙（图5）。在“仙元宇宙”项目中，为积极贯彻落实浙江省委“打造宋韵文化传世工程为代表的优秀传统文化传承发展取得新突破”部署，“官河水街·仙元宇宙”按照“水清可观、文盛可游、街繁可贸”的总体思路，串联东官河、南官河、西官河、永宁江沿线南宋特色人文资源，打通古官河陆上通道，在虚拟空间之中再现江南胜景，通过移动设备与真实空间展开交互，触发体验性功能，打造以文引旅、以旅养文，可游、可购、可休闲、可体验的“十里官河、千年宋韵”新地标。见图6。

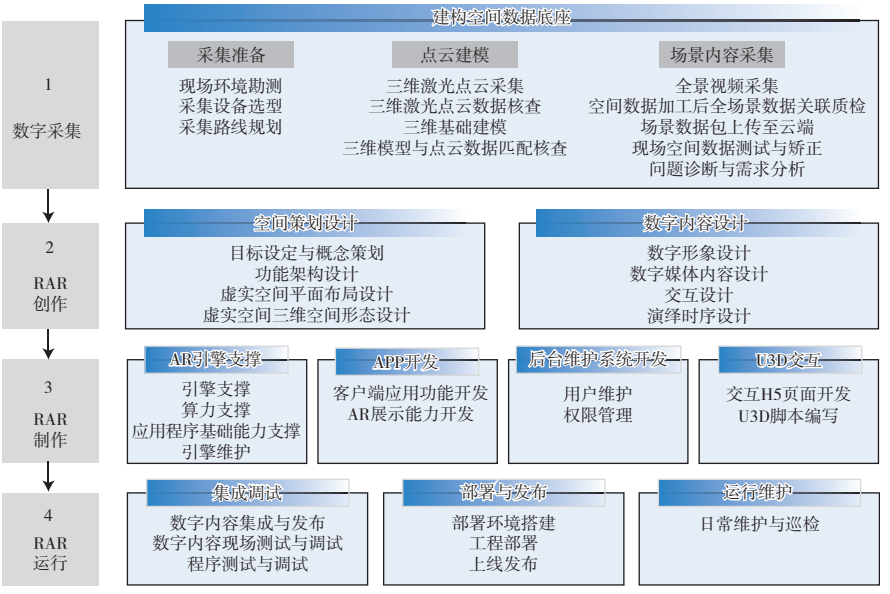

图4　元宇宙赋能城市设计——“城元宇宙”实现的技术路径

Fig.4　Metaverse-empowered future urban design-technological path to the realization of the "Metacity"

图5　“福元宇宙”项目移动设备交互显示的真实场景图

Fig.5　Realistic scenarios of mobile devices interacting with the "FU meta-universe"

资料来源：《福元宇宙：福州城区核心段元宇宙夜景规划与实施》项目编制团队，2022

图6 “仙元宇宙”项目移动设备交互显示的真实场景图
Fig.6 Realistic scenarios of mobile devices interacting with the "XIAN meta-universe"
资料来源：《官河古道—仙元宇宙》项目编制团队，2022

4.3 “RAR”制作：引擎与交互系统开发

RAR制作环节可以被理解成城市设计项目的实施落地环节，与传统城市设计交付实施后，在实体空间开展建设不同的是，RAR制作环节主要为虚拟空间的开发，具体为：①建构AR引擎。同时需要算力和应用程序基础能力支撑，引擎需具备全场景的厘米级3D高精地图采集和构建能力以及厘米级的空间计算能力，能够进行强环境理解和高真实感渲染。②客户端开发。目前主要是APP的开发，开发相关应用功能和AR展示能力。③后台维护系统开发，确保用户维护和相关使用权限的管理。④U3D交互功能的开发，设计交互页面与脚本的编写。在福元宇宙项目中，由于其水岸的特性，交互主要是观看虚拟空间剧目演绎；而在仙元宇宙项目中，由于现有商铺和业态的丰富性，购物推荐、消费互动等环节被增添了进来（图7）。

4.4 “RAR”运行：

项目完成制作后，需要进行集成调试、部署与发布和运行维护，这相当于是城市设计项目的验收，对项目的呈现效果进行检验和维护，这是将创意和数据融入应用程序的关键步骤（图4）。在完成集成调试和环境与工程的部署后就可以将虚拟空间的内容上线客户端平台，上线发布标志着项目进入了一个新的阶段，此时应用程序对外开放，用户可以开始实际体验。但项目的工作并未因此结束，日常维护与巡检是确保应用长期稳定运行的关键，这包括监控应用性能，解决出现的问题，以及定期更新软件以适应新的需求或修复已知缺陷。

图7 “仙元宇宙”项目移动设备交互显示的真实场景图（消费场景）
Fig.7 Realistic scenarios of mobile devices interacting with the "XIAN meta-universe" (Scenes about shopping)
图片来源：《官河古道—仙元宇宙》项目编制团队，2022

5 总结与展望

本文从元宇宙产生与发展的特征出发，探讨了元宇宙与城市设计之间的共性：源于愿景、基于现实和协同创造，进一步提出了元宇宙赋能城市设计的三个维度：空间拓维、时间延续和人民共建，并将元宇宙赋能城市设计的创造过程和结果定义为“城元宇宙”；依据设计实践经验，笔者提出元宇宙赋能城市设计的方法“RAR”，从虚拟空间和真实空间关系的视角提出了“RAR”的十道设计架构，并以福元宇宙和仙元宇宙实践为例，详述了应用“RAR”方法实现元宇宙赋能城市设计的技术路径。作为人类技术演进带来的对城市规划设计学科领域的新思考，“城元宇宙”概念及“RAR”方法需伴随着时代发展的需求而不断丰富，并逐步落位到解决城市真实痛点、难点的新场景中。据此，提出三点发展思考。

5.1 设计流程

不可否认，除了新技术的介入，元宇宙赋能未来城市设计的探讨语境融合了城市设计与更新的传统领域，更融合了交互设计、数字媒体设计与艺术设计等诸多设计领域，其创作过程融合各设计类型与数字化技术应用过程，与传统城市设计领域有所不同，所以其设计实施流程与一般城市建设更新项目相近，又具有其独特性。总体来说，可行性更强，实践周期更短，效果更为显著。从实施应用的角度考虑，元宇宙赋能未来城市设计的技术路径需更加系统化、规范化和标准化。

5.2 技术标准

元宇宙赋能未来城市设计的“城元宇宙”实践是落位于真实城市空间的实践，关乎人类愿望和地方城市发展，其设计和实施需有更明确的技术标准作为制约：一方面是针对新一代数字技术，如AR等技术应用的指导；另一方面是针对设计实施过程中对城市空间改变量的控制，使设计实践有理可据，有律可依。

5.3 未来趋势

2023年9月，文化和旅游部等5部门联合发布了《元宇宙产业创新发展三年

行动计划（2023—2025年）》[37]，对元宇宙面向应用的相关政策陆续推出，鼓励应用元宇宙赋能城市多维发展。元宇宙赋能未来城市设计是回应存量时代城市更新的具体需求，落脚于城市空间，切实针对城市痛点问题提出解决方案。在未来，元宇宙赋能城市设计应当与我国存量更新的现实要求更紧密地结合，更充分地利用数字技术提出解决方案，“城元宇宙”实践也应当应用到更广阔的场景中，逐渐渗透到经济、社会、文化等各维度，创造更有活力的城市生活场景，切实为城市空间赋能。

参考文献

[1] 吴志强. 国土空间规划的五个哲学问题[J]. 城市规划学刊, 2020(6): 7−10.

[2] 赵星, 乔利利, 叶鹰. 元宇宙研究与应用综述[J]. 信息资源管理学报, 2022, 12(4): 12−23.

[3] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P, et al. All one needs to know about metaverse: a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda [M/OL]. arXiv, 2021[2024−04−18]. http://arxiv.org/abs/2110.05352.

[4] 邓智团. 元宇宙与城市发展：逻辑阐释与规划应对[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 44−49.

[5] 任兵, 陈志霞, 张茂茂. 迈向数智时代的城市元宇宙：概念界定与框架构建[J]. 电子政务, 2023(6): 88−99.

[6] 姜春雷. 元宇宙与智慧城市的未来[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(6): 153−155.

[7] 高奇琦, 梁兴洲. 幻境与虚无: 对元宇宙现象的批判性反思[J]. 学术界, 2022(2): 54−64.

[8] 黄欣荣. 元宇宙的哲学探索: 从信息社会到宇宙大脑[J]. 理论探索, 2022(2): 5−11.

[9] YOO S C, PISCARAC D, KANG S. Digital outdoor advertising tecoration for the metaverse smart city[J]. International Journal of Advanced Culture Technology, 2022, 10(1): 196−203.

[10] NEAL S. Snow crash: a novel[M]. Spectra, 2003.

[11] 肖超伟, 张旻薇, 刘合林, 等. “元宇宙”的空间重构分析 [J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38(2): 1−9.

[12] 张辉, 曾雄, 梁正. 探微“元宇宙”: 概念内涵、形态发展与演变机理[J]. 科学学研究, 2023, 41(5): 769−776.

[13] IRSHAD S, AWANG RAMBLI D R, MUHAMAD NAZRI N I A, et al. Measuring user experience of mobile augmented reality systems through non−instrumental quality attributes[M]//ABDULLAH N, WAN ADNAN W A, FOTH M. User science and engineering: Vol. 886. Singapore: Springer Singapore, 2018.

[14] 陈林生, 明文彪, 赵星. 元宇宙技术融合赋能实体经济高质量发展: 理论模型与产业应用[J]. 经济社会体制比较, 2024(1): 74−83.

[15] 李浩浩, 徐大鹏, 杜磊, 等. 元宇宙: 数字孪生城市设计[J]. 机器人技术与应用, 2022(6): 12−14.

[16] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality: a class of displays on the reality−virtuality continuum[C]//DAS H. Photonics for Industrial Applications. Boston, MA, 1995: 282−292.

[17] 甘惟, 吴志强, 王元楷, 等. AIGC辅助城市设计的理论模型建构[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 12−18.

[18] 张剑涛. 简析当代西方城市设计理论[J]. 城市规划学刊, 2005(2): 6−12.

[19] 孙一民, 司马晓, 邓东, 等. “人民城市设计：创新实践与思考”学术笔谈[J]. 城市规划学刊, 2023(3): 1−11.

[20] 伍磊, 牛强, 朱玉蓉. 论虚实空间融合的元宇宙城市[J]. 城市学报, 2024(1): 47−52.

[21] 崔愷. 城市更新中设计的转变[J]. 城市规划学刊, 2022(6): 58−61.

[22] HENRYSSON A. Bringing augmented reality to mobile phones[D]. Norrköping: Linköping University, 2007.

[23] 陈昌凤. 元宇宙: 深度媒介化的实践[J]. 现代出版, 2022(2): 19−30.

[24] 吴志强, 甘惟, 李舒然, 等. “城市众脑”：理论模式及关键议题[J]. 城市规划学刊, 2023(6): 20−26.

[25] 莫文竞, 夏南凯. 基于参与主体成熟度的城市规划公众参与方式选择[J]. 城市规划学刊, 2012(4): 79−85.

[26] 赵民, 刘婧. 城市规划中“公众参与”的社会诉求与制度保障: 厦门市“PX项目”事件引发的讨论[J]. 城市规划学刊, 2010(3): 81−86.

[27] 吴志强, 周咪咪, 刘琦, 等. “跨代孪生”：映射城市的生命特征[J]. 城市规划学刊, 2024(1): 9−17.

[28] BELLMAN R, 黎国良, 马麟浚, 等. 动态规划理论[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1961(1): 1−10.

[29] 王富海, 孙施文, 周剑云, 等. 城市规划:从终极蓝图到动态规划: 动态规划实践与理论[J]. 城市规划, 2013, 37(1): 70−75.

[30] 李煜, 陈紫薇, 徐跃家, 等. 计算、生成、虚拟：基于多元数字工具的城市设计技术体系探索[J]. 北京建筑大学学报, 2023, 39(4): 65−76.

[31] 李浩浩, 徐大鹏, 杜磊, 等. 元宇宙：数字孪生城市设计[J]. 机器人技术与应用, 2022(6): 12−14.

[32] 甘惟. 城市生命视角下的人工智能规划理论与模型[J]. 规划师, 2018, 34(11): 13−19.

[33] 吴志强, 甘惟, 刘朝晖, 等. AI城市：理论与模型架构[J]. 城市规划学刊, 2022(5): 17−23.

[34] AZUMA R T. A survey of augmented reality[J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355−385.

[35] 新华网. 中国工程院院士吴志强: “福元宇宙”实现技术与情怀的融合[EB/OL]. (2022−08−26) [2023−10−19]. https://www. ncsti. gov. cn/kjdt/ztbd/xzjj/szjjrc/yyz/202207/t20220728_90948.html.

[36] 新华网.《黄岩, 一座甜了千年的城》: 元游官河古道[EB/OL]. (2024−04−20)[2024−04−21]. http://www. zj. xinhuanet. com/20240420/c18bcd55bf524157be22bfaf414b6805/c.html.

[37] 元宇宙产业创新发展三年行动计划(2023—2025年)[R]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2023.

修回：2024-06