

从数字设计到数字管控：第四代城市设计范型的威海探索*

杨俊宴

From Digital Design to Digital Control: Exploration of the 4th-Generation Urban Design Paradigm From Weihai Experience

YANG Junyan

Abstract: In comparison with the previous focus on speed and scale, China calls for quality development, scientific urban forms and micro-management in the current mature stage of urbanization. Especially in the digital age, it is necessary to search for comprehensive urban solutions that encompass digital analysis, digital design, and digital management from a new perspective. Taking Weihai as an example, this paper explores the scientific layout and effective management of three-dimensional urban forms and provides a way to create a refined city based on local characteristics, development goals, and theoretical and methodological researches on the digital urban design paradigm. With the help of digital technology of human-computer interaction, the city is better understood from the perspectives of environmental ecology, spatial form, crowd dynamics, and functional formats, which help define city characteristics more accurately and rationally and thereby create a city of greater elegance and livability. Based on in-depth study of urban design management and control elements, the potential advantages of digital technology in planning management are tapped into, and a digital control platform for urban design to improve the efficiency and quality of implementation is established. By relying on the digital platform and integrating intelligent management and control techniques, integrated, intelligent, real-time, multi-scale, and multi-type urban design management and control can be realized.

Keywords: urban design; big data; urban form; digital platform; spatial lineage; Weihai

提 要 当今中国城镇化中后期呈现出品质化的需求，加上原有的快速度和大尺度特征，普遍面临着城市形态的科学布局 and 精细管控的新课题，尤其在数字化时代，需要从新的视角探索“数字化分析——数字化设计——数字化管理”的整体解决方案。以威海为研究样本，针对城市的现状特征和发展目标，通过数字化城市设计范型的理论与方法研究，探索城市三维空间形态科学布局 and 有效管控之道，为营造精致城市提供途径。借助于人机互动的数字化技术，从环境生态、空间形态、人群动态、功能业态等方面充分挖掘城市内在规律，更加精确理性地把握城市特色，营造精细雅致的宜居城市。在深入研究城市设计管控要素的基础上，挖掘数字化技术在规划管理工作中的潜在优势，建构城市设计数字化管控平台，以提升管理实施的效率与质量。依托数字化平台，集成智能管控规则，实现多尺度、多类型城市设计管控要素的集成化、智能化、实时化，为城市设计的管理实施提供有效途径。

关键词 城市设计；大数据；城市形态；数字化平台；空间谱系；威海

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.202002014
文章编号 1000-3363(2020)02-0109-10

作者简介

杨俊宴，东南大学建筑学院教授，博士生导师，中国城市规划学会学术工作委员会委员，yjj-2@163.com

伴随着中国城镇化的不断深化，以聚集人口、发展经济为核心的传统城市发展模式逐渐转型，以人的城镇化为核心的新型城镇化时代已经到来。尤其在数字科技的支撑下，城市建设实践也逐渐呈现出精细化、品质化、人文化、绿色化等特征，对城市设计的需求也日渐显现。而在城市管理实践中，城市设计的有效实施一直是其痛点，成果传导过程中的种种问题导致了城市三维空间形态方面的紊乱（蔡震，2012）。归纳起来，主要可分为三个方面：

一是“城市设计与规划管理的分异”。城市设计语境与现行以控规为主的规划管理语境存在较大的差异，基于控规的土地出让指标主要以二维平面的高度、密度、强度等为主，而城市设计则更加关注的是三维空间的精细布局，对于形体组合、建筑风貌、公共空间、景观界面等内容进行重点塑造（姜涛，李延新，姜梅，2017）。在二维指标的语

* 国家自然科学基金重点项目“基于大数据的城市中心区空间规划理论与关键技术研究”（项目编号：51838002）

境下进行三维空间的管理，本身就容易造成极大的困难，同样的用地指标能够做出截然不同的城市设计方案，这也是导致城市三维空间形态异化和管控低效的根本原因（段进，兰文龙，邵润青，2017）。

二是“局部项目与整体系统的失联”。城市是个复杂的巨系统，极易产生空间的外部性，通常需要从更大的范围内综合考虑局部项目建设带来的影响。如何处理整体与局部之间的关系？如何有效地应对具体项目对城市空间产生的外部性，尤其是负外部性？这也是城市设计管理中需要重点应对的问题之一。

三是“宏观尺度到微观地段的断导”。城市设计具有明显的层级性，从总体城市设计到片区级，再到地段级的城市设计，基本涵盖了城市空间的各个层面。但是城市设计意图在不同尺度、层级间如何有效传导，也是影响城市设计意图落地的重要影响因素，尤其是如何有效地落实到实施与建设层面。如上海陆家嘴中心区的城市设计方案，经过了多年的发展与建设，最终的实施效果与最初的设计方案出现了较大的偏差，相同的情况在全国各城市的发展过程中均多次出现。如何避免优秀城市设计方案在最终的实施过程中出现面目全非的情况，也是需要规划设计师深刻反思的问题。随着数字技术的全面更新，王建国（2018）将城市设计百年发展定义为四代范型，亦即传统城市设计、现代主义城市设计、绿色城市设计和数字化城市设计，其中第四代城市设计范型为基于人机互动的数字化城市设计，可以从新的范型视角探索一种“数字化分析——数字化设计——数字化管理”的整体解决方案。

本文以威海为研究样本，针对其宜居城市的现状特征和精致城市的发展目标，通过数字化城市设计的理论与方法研究，探索城市三维空间形态科学布局 and 有效管控之道，为营造精致化城市提供途径与抓手。借助于人机互动的数字化技术，能够从环境生态、空间形态、人本动态、功能业态等方面充分挖掘城市内在规律，更加精确、理性地把握城市内

核，营造精细雅致的宜居城市（王磊，方可，谢慧，等，2017）。进而在深入研究城市设计管控要素的基础上，挖掘数字化技术在规划管理工作中的潜在优势，建构城市设计数字化实施平台，以提升规划管理的效率与效果（孙钊，吴志华，熊伟，2009）。依托数字化平台，集成智能管控规则，实现多尺度、多类型城市设计管控要素的集成化、智能化、实时化，为城市设计的管理实施提供有效途径。通过威海实践，尝试“数字化采集、数字化分析、数字化设计、数字化管理”等全工作流程，进一步探索第四代城市设计范型的理论和技术方法。

1 实践需求与数字化城市设计思路

1.1 威海作为宜居城市的基本特征及城市设计工作综述

威海位于山东半岛东端，三面濒海，北与辽东半岛相对，东与朝鲜半岛和日本列岛隔海相望，西与烟台市接壤（图1）。与其他滨海城市相比，威海有着诸多独特之处：东临黄海、山海夹城的自然格局造就了其城景嵌合的独特风貌，山海城景融为一体，造就了威海“东方夏威夷”的美誉；威海自古是边关要道，“威震海疆”的卫城遗风、“仙风道骨”的道教圣地、“海运古道”的港口枢纽，都是威海人文荟萃的重要体现；而最大的特点是宜游宜居，威海被联合国评为十大宜居城市，是一座集旅游、生态、生活于一身的滨海城市。

在对威海进行长期数据分析和实地调研访谈后也发现，威海现状建设也逐

渐暴露出诸多问题：城市建设不够精致，在城市的急速扩展式发展中，许多体量高大夯重的建筑群遮蔽了观山观海视廊，有悖于威海精致城市的特色定位；特色彰显不足，穿梭于威海的街头巷尾，很难感受到威海的山海景观特色，资源优势利用不足；活力分布不均衡，威海城市活力呈现出明显的局部聚集特征，游客与市民齐聚于优质海滩、街巷广场等游憩空间，在中心城区其他地区则活力锐减；从临山、滨海的城市建设中可以看出，城市建设缺乏理性的整体指导方针，出现了多处城市建设与周边环境不融的情况；在城市的实际运作管理中，从片区城市设计、地段城市设计再到建筑单体方案，缺乏精确地设计意图传导，而导致城市设计图纸语言无法在项目建设中得到完整的落实。

1.2 新时期的城市建设管理需求

从威海所面临的诸多问题可以看出，城市设计与规划管理的分异、局部项目与整体系统的失联、宏观尺度到微观地段的断导，已成为当下城市规划建设面临的“通病”，而传统的城市设计手段也难以寻求行之有效的破解之道。如何处理城市设计的科学编制与协同中的诸多矛盾、如何将精细复杂的城市设计三维成果无损地转化为管理实施的手段，是当前城市设计的难题，“数字设计”“数字管控”成为新时期威海城市设计的迫切需求。

数字设计是通过大数据集成、三维大模型、人工智能分析等数字化方法，建构城市设计数字化空间谱系及智能化



图1 威海城市区位与现状建设用地图

Fig.1 Location of Weihai city and current land use
资料来源：威海市自然资源和规划局，2011。

规则体系,理性编制总体城市设计并分为城市公共空间体系、城市街道体系、城市风貌体系等类型谱系及各项管控要素,实现从宏观至微观的精确无损化传导。数字化设计的特点在于:谱系化,将三维城市空间的创作设计分解为标准化的、类型化、层级化的基本要素,并按规定格式将这些要素绘制成按类编制的对象集合(陈韦,亢德芝,柳应飞,等,2013);规则化,对所有地块的城市设计,结合谱系要素分类,对建筑、道路、开放空间、风貌视廊等提出明确性的城市设计规则,并转译为计算机代码,录入数字化平台;智能化,平台可进行智能化的解析模拟和预测预警,例如城市天际线的生成、方案的智能化比选、方案报批的智能审查等。

数字管控是通过数字化技术,结合倾斜摄影的矢量空间三维沙盘,建构城市设计智能管理平台,主要包含以下六大场景应用:相关规划的要求核提、方案报批的智能审查、多方案的智能比选、规划要点的智能生成、建筑方案的精细审查、规划实施的智能监测。将城市设计成果导入城市的整体数字化环境之中,为城市设计的数字化研究、分析与实施、控制提供了平台与保障,在威海乃至全国的城市设计管理实践中有着广阔的应用前景。通过城市设计管控平台,可以改变以简单指标和定性判断等粗放型管理城市建设的传统模式,将城市设计中的天际轮廓、标志节点、风貌肌理、开放空间等精细要素进行数字化三维转译,并与多规合一相结合,便于管理者进行精细化管控。

1.3 数字化城市设计的工作思路

彰显一种生态绿色、地域文化的多元发展价值。“观乎天文,以察时变;观乎人文,以化成天下”,多元地域文化及生态绿色价值观始终贯穿于城市设计的全过程。在具体的数字化城市设计编制中,运用生境网络、地貌径流分析等大数据技术,构建一个相互连通的网络系统来探索城市尺度的绿地网络体系,从而构建更加系统完善的山水城市生态格局,在减轻城市生境破碎化影

响、保护生物多样性和生态系统健康等方面能够发挥重要作用;同时,建构多元地域文化承载体系,基于历史资源包络图、LBS等大数据分析,制定符合城市自身特色的文化彰显策略,在城市设计层面尤其突出文化风貌区划分、特色游憩体系、历史承载空间塑造等方面的设计内容。

开展一项开放协作、传递共识的设计实践。从上位法定规划到总体城市设计再到片区城市设计,传统的城市设计工作往往面临编制时间长、前后衔接困难、意图难以传导的问题,尤其是片区和地段深度城市设计难以真正落实总体城市设计意图。数字化城市设计工作则是以多方开放协作为特征,总体城市设计与片区、地段级城市设计协同编制,将宏观设计意图无损传导。同时,通过数字化平台,将城市设计与国土规划、林业规划、控制性详细规划等其他规划相衔接,形成三维一张图模式,协调多规、多部门之间的矛盾冲突,快速有效推进城市设计及建设管理工作的落实与推进。

建立一套衔接管理、面向实施的设计传导路径。从设计方案到实施落地,往往面临繁琐的核提、审查、报建、监测等一系列管理实际需求,通过数字化城市设计工作有效地衔接设计、管理与实施工作,通过一个系统、一张蓝图,将城市设计及相关规划成果导入统一的数字化管控平台之中,实现相关规划的要求核提、方案报批的智能审查、多个方案的智能比选、规划要点的智能生成、建筑方案的精细审查、规划实施的智能监测。其中最关键的一步则是将设计内容转译为数字化管控规则,不再仅仅是高度、强度等控规指标,而是融入了天际轮廓、标志节点、风貌肌理、开放空间等更多城市三维空间形体设计要求,实现从设计到管控的无损传导,真正实现设计衔接管理、设计面向实施的工作模式。

开展一系列着眼微观、自下而上的品质提升行动。城市设计不应是鸟瞰视角下描绘设计师的主观意图,而应着眼于规划设计编制的科学性和包容性,自

下而上地从微观人本视角解释和把握城市发展的客观规律,以及通过高精度定位大数据的实时分析和问卷普查,了解市民的普遍需求。数字化城市设计区别于传统城市设计的一大特征在于,通过大数据对城市人群、空间、行为、发展的客观解析,反映城市人群的活动特征、城市空间特色的切实感知、城市空间的规模布局、城市业态的分布规律等内容,并以此为基础自下而上地推动城市规划与设计的编制工作,在数字化人机互动下设置一定容错率的“阈值”,规避因主观性决策导致的城市设计不合理、不好用等问题,综合提升城市品质。

2 数字化城市设计的工作框架与技术方法

2.1 数字化城市设计的工作框架

传统的城市设计工作面临着意图难传导、体系难关联、管控难精细的问题。数字化城市设计综合运用大数据分析、人工智能技术、三维空间精细化设计、智能规则传导等方法,将城市设计划分为总体城市设计、城市设计全覆盖及城市设计数字化平台三个阶段,实现设计意图从宏观到微观的无损传导、从系统到局部的精准关联、从设计到管控的精细衔接。

第一阶段的总体城市设计阶段的任务重心在于如何充分认识完整的城市对象,切中要害地把握城市空间形态问题,充分挖掘、彰显城市特色,引导城市空间形态发展。第二阶段的数字化城市设计全覆盖则在总体设计的高度把握与特色定位的基础上,以城市空间形态等五个方面为抓手,落实总体城市设计意图,进行详细且高质量的设计。第三阶段则是在城市设计的引导下,建构城市空间数字化智能平台,保障从总体设计到城市设计全覆盖所表达的城市设计要素可以有效地传递实施(图2)。

(1) 总体城市设计。在现状调研、部门访谈及整合分析后,剖析威海现状的核心问题,并在此基础上运用手机信令大数据、业态POI大数据、交通探头及公交大数据、街景智能识别技术、人

人工智能大数据交互平台等大数据分析技术，从历史、交通、空间、景观、产业等方面对威海现状进行深入研究，确定“岬湾战略”核心设计理念。进而提出威海“48字”方针^①，从山海形胜、生态建设、景观视廊、都市轴线、空间形态、城市风貌这六大方面，塑造精致威海城市的精气神。结合大陆尖端、黄海三稍、精致宜居的地理区位及自身特色，以及承接“48字”方针意图，确定威海“岬湾抱海、七星环翠”的总体空间格局，并从山水、都市、文化骨架三副骨架以及山海形胜、生境网络、公共中心、视廊风貌、历史承载等十个体系方面进行专项设计。

(2) 城市设计全覆盖。为满足设计要求的落地与精细化建设要求，在总体城市设计的基础上开展片区级城市设计

全覆盖工作。以城市空间形态、城市公共空间、城市景观风貌、城市观景眺望、城市慢行街道五个方面为抓手，落实总体城市设计意图。并根据威海行政区划划定16个管理片区、63个城市管理单元，对每个片区开展现状用地评价、道路交通综合评价、公共空间评价、建筑综合评价等现状评估，剖析各片区在建设、产业、风貌、历史文化等城市核心问题，提出各片区的空间结构、空间分区及规划策略。在1:2 000的设计精度上，对街道轴线、街坊形态、开放空间、景观绿化等进行片区级详细设计，并在卫城等重点地段开展地段级详细设计。

(3) 城市设计数字化管控平台。为改变以简单指标和定性判断等粗放型管理城市建设的传统模式，将城市设计全覆盖设计内容进行数字化转译，建构城

市设计数字化平台，便于管理者进行精细化管控。其中，谱系化是将三维城市空间分解为城市形态体系、城市公共空间体系、城市风貌体系、城市眺望体系、城市街道体系的基本要素，并按规定格式将这些要素绘制成按类编制的对象集合；规则化是对威海所有地块的城市设计，结合谱系要素分类，对建筑、道路、开放空间、风貌视廊等提出明确性的城市设计规则，并转译为计算机代码，录入数字化平台；智能化是管理者通过平台即可进行智能化的分析模拟，例如报建方案的智能化比选、方案报批的智能审查等。通过空间基础沙盘系统及数字化辅助决策系统建构数字化平台，包括城市管控分级可视、控规调整智能论证、规划要点智能生成、建筑方案精细审查、多个方案智能比选等核心功能模块。

2.2 数字化技术方法模块

数字化技术方法是城市设计中剖析现状问题、测度人群活力、优化空间形态等方面行之有效的解决途径。在威海数字化城市设计中，运用动、静、显、隐四种大数据技术模块，综合测度威海的人群动态结构、城市空间三维形态、数字意象感知、业态职能空间等城市现状品质、特征及问题。

其中，动、静态模块为城市物质层面：静态技术模块运用相对稳定的带有物质空间信息数据，测度城市物质层面的基准信息；动态技术模块运用带有时间信息的数据，测度物质层面中的流动要素随着时间的迁移而产生的变化特征；显、隐性模块为城市感知层面：显性技术模块运用大数据技术测度主体对客体的纯主观认知，是感知层面中相对显现的部分，也是城市形态的外在表现方式；隐性技术模块则是以客观而不可见的隐性数据作为研究载体，测度城市感知层面中相对隐匿的部分，挖掘城市形态内在运行的关键机制（图3）。

在动态模块，通过LBS高精度定位数据分析威海的人群活动特征及动态结构规律。具体而言，通过手机APP高精度定位，获取的威海市24h人群活动数

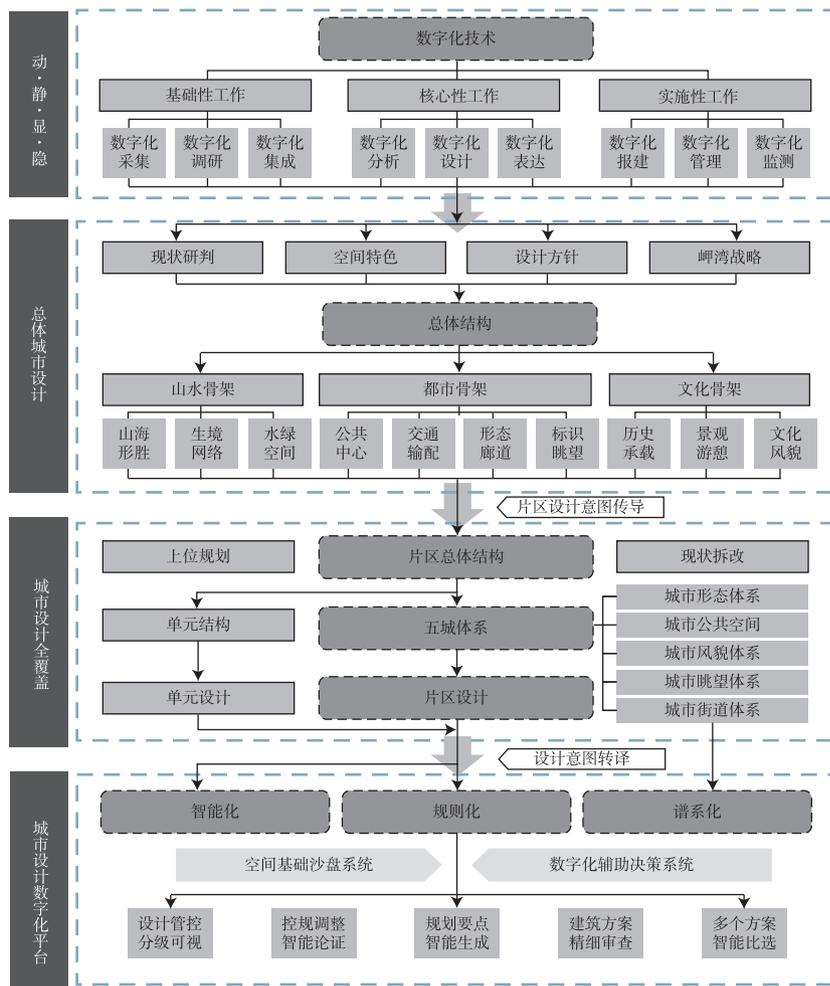


图2 数字化城市设计的工作框架
Fig.2 Working framework of digital urban design
资料来源：作者绘制。

据得到各个时段人群空间分布聚集程度，并对人群活动进行相关归纳总结，威海市潮汐式城市中心结构出现了放缩、迁移、涨落、生灭、凹平等动态结构模式。在此基础上，通过人群的上班、出游、消费行为建构人群活动的通勤圈、游憩圈及消费圈，并最终生成人群活动动态结构——数字市民画像，并提出优化设计策略，激活全季、全时段、全地区的人群活力(图4)。除此以外，威海公交站点客流分析也被用于动态模块研究，结合公共交通站点大数据，分析不同站点的人群流量及布局特征，以此合理优化15min出行圈的空间布局。

在静态模块，运用历史数字地图大数据梳理威海历史文化印记和脉络，通过现存历史资源包络图还原历史文化格局，以此探索文化之源并制定彰显多元

文化的历史空间格局策略；通过生境网络及山水形胜体系建构，图解威海的自然地理格局，明确生态保护片区、廊道、斑块，这是实现现代山水城市可持续发展的生态基础；运用空间形态分区，对城市空间进行三维建模，优化和调整整体空间形态格局。以生境网络为例，详解其具体研究步骤：生境网络(habitat network)是研究区域中的自然空间或植被稳定、依照自然规律而人工连接的空间，主要以植被带、河流和农地为主(谭瑛, 姚青杉, 2015)。城市作为人口活动及建筑的高密集区域，完整的生态网络建构可保护其内部的生态、半生态环境及动植物种群的相对稳定，有利于城市生态系统和物种多样性的保护。根据生境网络的特征，分别从生境网络的构成要素、生物栖息地情况、生境网络

格局指数、生态敏感度区保护四个方面考察生境网络的构筑。从现状城市生境网络调研及其相应问题挖掘出发，详细深入地探讨生境网络的构成要素和城市内外生物栖息地的现状情况。在此基础上通过生境网络格局指数分析和生态敏感度评价方法来探索生境网络格局，从而为有充分依据的生境网络及其四个要素——核心保护区、生境斑块、廊道结构和跳板结构的规划布局做出指引(图5)。

在显性模块，通过街景图片人工智能分析技术，分析城市意象及城市特色风貌感知，以此优化城市风貌格局及地标视廊体系。具体而言，通过FCN(Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation)全卷积神经网络和深度学习要素识别数据集，对街景数据中所包含树木、绿化、道路、机动车、天空、人行、道等在内的多项场景要素进行识别，并进一步地从空间整体层面对威海的街道意象分布进行分析。在此基础上分析对山体、水体、都市意象的感知进行综合测度，发现威海现状建设存在环山不见山、拥湾不见海、核心感知弱、慢行不通达的问题，并提出沿山应低层精致建设、塑造垂海眺望廊道、错位发展两大核心CBD+RBD、塑造高品质山海通廊的设计应对策略(图6)。

在隐性模块，通过业态POI分析技术，分析城市的业态空间分布和集聚特征，提出针对性的产业空间布局优化策略。具体来说，业态POI数据是通过开源平台获取并整合处理，进而得到的海量城市业态坐标及空间分布的数据资料，资料的内容包含所有业态点的地理坐标、业态名称、关键词等相关信息，

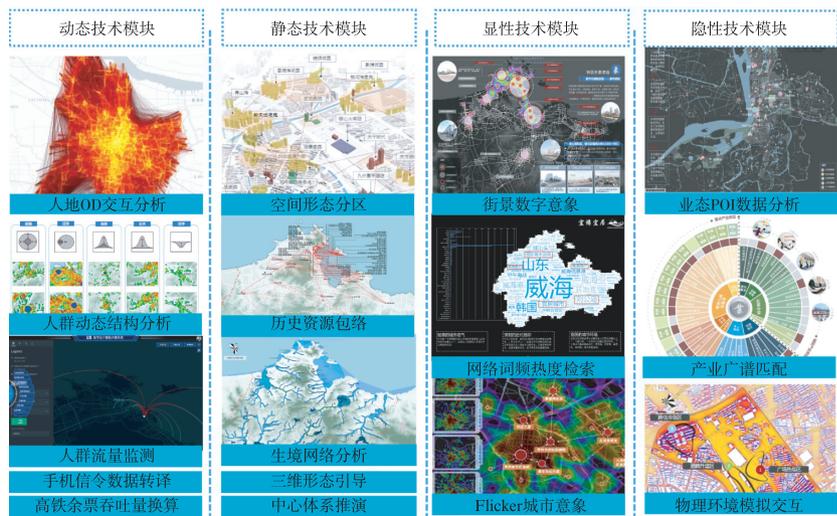


图3 动、静、显、隐四大技术方法模块

Fig.3 Dynamic, static, explicit and implicit modules

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

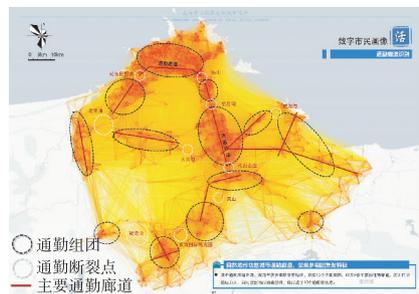


图4 动态模块(LBS高精度定位技术)

Fig.4 Dynamic module(LBS high precision positioning technology)

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

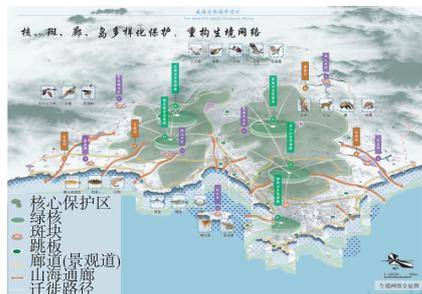


图5 静态模块(生境网络技术)

Fig.5 Static module(Habitat Networks technology)

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

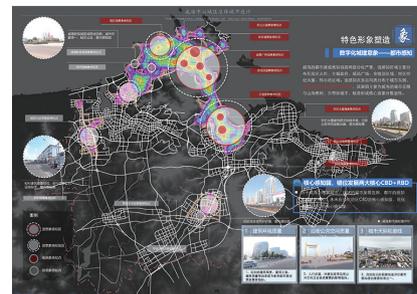


图6 显性模块(街景图片人工智能分析技术)

Fig.6 Dominant module(AI analysis technology for street view pictures)

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

分析城市中社会服务职能、生产服务职能、生活服务职能、工业制造职能产业的空间分布特征。其特点是数据全面、精细化、集成度高、可视化，弥补了城市规划研究中抓取及分析城市业态空间布局的局限与不足（图7）。

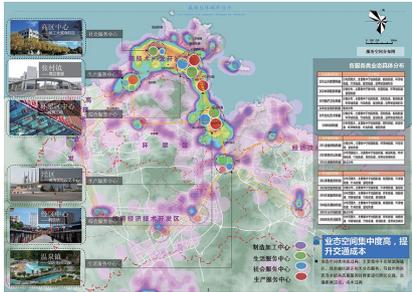


图7 隐性模块（业态POI分析技术）

Fig.7 Hidden module (business POI analysis technology)

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

3 基于数字技术的总体城市设计

数字化城市设计流程的第一阶段为总体城市设计阶段，其任务重心在于如何充分认知完整的城市形态，切中要害地把握城市空间的问题，挖掘和彰显城市特色，引导城市空间发展布局。从历史、交通、空间、景观、产业等方面对威海现状进行深入研究，确定“岬湾抱海、七星环翠”（图8）核心设计理念，结合对城市空间的总体把控，形成总体城市设计的形态格局并凝练空间的三副城市骨架。构建山海形胜、生境网络等十个体系方面进行专项设计，形成城市空间的高度分区引导城市空间形态布局；将总体城市设计的成果从时间维度进行拆解细分，构建近详远略的威海城市建设行动计划，引导城市空间特色的塑造。



图8 威海核心片区鸟瞰图

Fig.8 Aerial view of the Weihai core area

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

3.1 城市骨架体系

在城市总体格局的基础上，根据城市设计的管控要素，建构强调自然生态基底关系的山水骨架、塑造现代化城市面貌特征的都市骨架和强化城市特色形象的文化骨架三幅相互关联和嵌合的城市骨架，并将之进一步细化为城市十大体系专项控制城市空间形态（图9）。

山水骨架为城市的山水结构关系，通过梳理城市山水绿地体系关系，构建出展示城市绿色面貌空间骨架关系，主要包括三方面内容：山水形胜、生境网络和水绿空间。山水形胜体系基于区域、半岛、中心城区三个尺度的山海格局分析，得出“拥湾发展，环山发展”策略。在设计中，通过强化“山海”格局展现城市绿脉绿楔关系、强化“山城”格局展示多样景观序列，并强化“岬湾”格局，增设新开放空间，提升威海的山水格局，形成威海特色的山海形胜体系；生境网络体系通过对市域范围内的山体、水体、绿地、廊道、植被、动植物等生境要素关系的梳理，提炼“核”“斑”“廊”和“岛”核心生境承载基地提升威海的生境网络，形成威海特色的生境网络体系；水绿空间体系基于城市山体、水体、公园、街道、业态和公共空间等分析，采取“新增”“优化”和“拓宽”的策略，对威海水簇格局进行提升，绿地等级划分、并进行绿地空间规划，提升威海的水绿空间，形成威海特色的水绿空间体系。

都市骨架旨在强调城市的都市空间结构关系，展现现代化城市空间特征，主要包括公共中心体系、形态廊道体系、交通运输体系和标识眺望体系四大体系关系，营造城市现代化展示结构。公共中心体系通过对于历史脉络、山海

形态、产业发展、交通输配以及公共中心本体的综合分析与研究，根据历史跳跃式规律，利用山海廊道分割城市空间，使形态更紧凑集约，形成一种主次相间的，呈“T”字状的公共中心体系。形态廊道体系结合城市山海格局、生境网络、交通输配以及轴线廊道本体的综合分析与研究，形成滨海湾区带，中央都市带与近山低密带，并顺应中央都市带，利用骨架道路形成城市发展轴线，利用道路或者线性开放空间连接山海，打通山海视廊，形成垂海景观轴线，打造一种湾城山三带序列排布、垂海轴廊联通山海的轴线廊道体系。交通运输体系通过对于公共中心、产业发展、人群活力、山海格局以及交通本体的综合分析与研究，利用环山道构建快速输配双环，对于人群活力的集聚点、山水资源的主要节点应构建慢行街区，利用、打通和改造山体内部山道，形成环山特色慢行道，串联海湾，利用海湾沙滩资源，景观资源塑造特色海湾慢行道，形成一种快道、慢街、环山、联湾的特色交通组织模式。景观眺望体系通过对于历史之源、城市意象、人群活力、山海格局以及标识眺望本体的综合分析与研究，通过增设和原基础的利用，并根据人的观景类型，分为鸟瞰和平眺两种类型进行眺望体系的设计，最终形成一种有主有次，山海全覆盖的眺望体系。

文化骨架重点体现城市空间特色，展现城市文化形象的结构关系，主要包括历史承载体系、观澜游憩体系和文化风貌体系。历史承载体系通过对于威海思想之源的解析，提取城市历史特色，提取威海这一卫城与开埠城市的城市特色，分析其建城机制与文化特色，构建海陆城市人文骨架，并提取其现实意义，实现文化圈层焦点的活力再现，形成一种沿湾拓展，圈层互望的历史结构关系。景观游憩体系通过对于山海格局、公共中心、人群活力、历史之源等多方面的综合分析与研究，利用山海景观资源点打造特色山海游线、串联主要都市活力点与景观点，打造都市游线、充分利用现有人文体育的设施，结合历史资源打造人文游线并利用威海本地的



图9 威海总体城市设计骨架体系引导图

Fig.9 Guide of integrated urban design framework system of Weihai

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

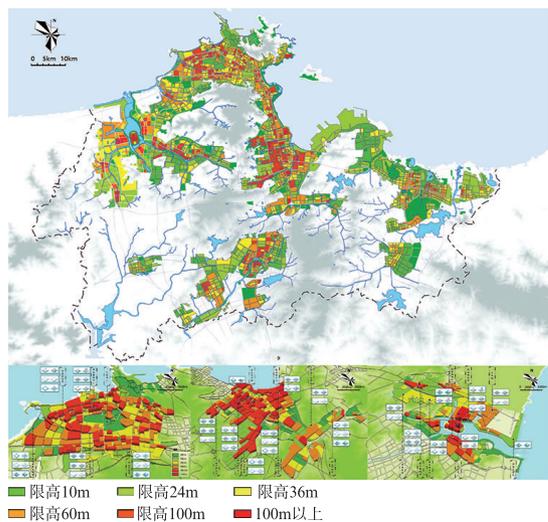


图10 威海总体城市高度分区引导图

Fig.10 Overall urban height zoning map of Weihai

资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

特色植物，通过植物配比以及植物颜色设计，部分慢行道路进行道路“花化”，形成一种多元化创新化且有主题有特色的城市景观游憩体系。文化风貌体系通过对于用地功能、历史之源、城市意象、山海格局以及风貌本体的建筑形式、色彩等综合分析与研究，形成现代都市、文体会展、近代历史、园区创新、滨海特色、沿山低密、山体林地、及城市基质八类城市风貌分区，对于各类风貌分区的风貌进行引导，形成一种与用地功能相匹配的以现代都市或近代历史风貌为核心的组团圈层式结构。

3.2 城市高度分区

总体城市设计结合公共空间和轴线廊道等的布局关系，对威海市域范围各分区、管理单元进行了细致的高度分区管控，将城市划定为超高层建筑发展区、高层建筑发展区、高层建筑适度发展区、小高层建筑引导区、多层建筑发展区和低层建筑发展区六大类城市高度分区控制，提出每种不同分区下的建筑高度限制及形态类型选型引导（图10）。以此为基础，在全市范围内划分出高新区山大轴线、双岛湾中心岛、会展中心、临港中心、火车站站前、经区南新中心、东部新城等7个核心高层促建区以及22个二级高层控制区作为城市下一步高强度开发的区域，带动城市整体发

展，强化现代化城市形象，打造优美的城市天际线空间。同时，针对沿山地区的开发控制，提出沿山底层带的控制要点，在沿山等高线起伏聚落的区域，引导城市建设与生态环境保护之前达到平衡状态，在满足一定的容积率开发的基础上，引导沿山地区顺等高线打造高端居住组团、两山相夹处打造自由生态组团，组团之间以绿楔分割，生态低密、山谷处采用尽端路网，营造自由乡村村落，并通过绿道公园界面注意与城市公园界面的衔接，构建出威海整体高低错落的形态关系，彰显山海城整体风貌形象。

3.3 动态行动计划

在总体空间设计引导的基础上，结合时间维度进行重点项目的拆解，引导城市建设动态有序地进行。在总体层面上提出未来威海城市建设发展的十大重点项目，提出项目明确的定位，并结合城市三副骨架和十大体系设计，提出明确的控制要求，引导重点项目建设贯彻总体城市设计的具体意图。

在十大重点项目之外，结合城市设计的总体考虑，细化到城市各个职能部门和各级区政府，提出未来发展的项目化建设清单，逐一落实总体城市设计的核心意图，将总体城市设计的关键条目分解为150余建设项目，并从实施的紧

要性及近近期的难易程度逐年推进，合理有序地组织城市空间的建设发展。

4 基于数字技术的城市设计全覆盖

依照威海的行政区划以及城市设计意图分区，将总体城市设计范围划分为16个城市设计管控片区，片区平均面积为60km²；进而细分为63个城市设计管控单元，单元边界与控规边界双向校核完全一致，平均面积为16.27km²，全面覆盖威海中心城区。

4.1 五城传导体系

为了有效传导，构建城市设计五城体系进行总体城市设计的意图传导（图11）。其中，城市形态体系是对城市建筑三维形态的整体性设计，管控内容包括城市轴线、重点高度意图区、沿山低层意图区、地标等；城市公共空间体系是对城市公共空间的位置、规模、形态的整体性设计，管控内容包括绿地公共空间、都市公共空间、滨水公共空间等；城市风貌体系是对城市风貌的分区、类型的整体性考虑，针对威海共形成滨海特色、都市文化、胶东居住、沿山低密、园区创智等5类风貌类型；城市眺望体系是对城市内视廊与互视关系的整体性考虑，针对视廊所观视到的城市景观的形态、风貌进行控制；城市街

道体系是对城市街道的功能定位、临街风貌与建设规范进行的管控。

4.2 分区城市设计的传导

在威海城市设计全覆盖的片区层级设计中（图12），充分对接规划分局与片区管委会对于本地区的发展诉求与现实困境，并在尊重现状与已批方案的基础上，落实上位城市设计意图。威海的分区城市设计内容既包括产业引导策略、空间塑造策略、生态提升策略等一般性片区级城市设计内容，同时，结合数字化城市设计的特点，将片区城市设计结构性要素以城市设计五城体系的形式加以落实，形成矢量化、精确化的城市设计传导体系，并形成后续的单元城市设计的具体设计依据。

4.3 单元城市设计的传导

在威海城市设计全覆盖的单元层级设计中（图13），主要进行城市五城体系的成果细化与空间准确落位以及更深度现状匹配，修正总体城市设计与片区城市设计中不现实不落地的空间设计内容。同时结合城市设计意图与各单元的具体情况和发展诉求，与设计委托方进行城市设计方案的敲定落实，以指导具体管控规则以及城市设计建议指标的确定。此过程中需要细化以下方面的内容：细化形态体系，详细推敲建筑高度形态，确定建筑高度、数量、面积等形态指标的要求。细化风貌体系，结合现状与城市风貌体系的总体布局，确定每一管控街区的具体风貌倾向。细化公共空间体系，依据现状建设情况，对于总体城市设计中不同类型与强度的设计意图进行具体落位，并以规则形式加以数字化（如绿地广场面积、位置、长度等）。细化眺望体系，结合五城体系对于城市眺望体系的要求以及现状建设，确定具体眺望点的空间位置，视廊点所在空间管控要求，视廊的范围。细化街道体系，确定特色街道的具体位置，长度以及与街道特色定位相关的业态与设施布置要求。细化公共设施布局，依照公共服务设施布置原则，完善基本公共服务网络，将控规对于公共服务设施的要

求加以形态化。细化特色设计意图，对于总体城市设计中体现威海特色的城市设计意图或策略进行深化落实，如沿山低层带、花化路径等。

5 基于数字技术的城市设计管控平台

在数字技术的支撑下，如何将城市设计意图落实到实际的管理工作中，实现设计语言向管理语言的转译，是第四代城市设计的重要探索。在吸收众多既有城市设计管控要素的基础上，依托数字化技术与方法，建构城市三维空间管控的数字化平台（杨俊宴，程洋，邵典，2018）以实现城市空间的精细化管控。在威海城市设计数字化平台建设中，通过数字化基础沙盘建构、多源大数据录入、智能规则编写与编码等工作搭建城市设计管控平台，并通过计算机算法

使其逐步智能化，最终应用到实际的规划管理工作中。

5.1 数字沙盘建构与数据集成

数字沙盘的建构是整个数字化平台搭建的底层基础，在威海实践中，城市设计数字化平台的基础数字沙盘主要由显性的倾斜摄影与隐性的城市地形DEM、三维建筑模型共同构成。两者特点不同，在平台中承担的角色也不尽相同。倾斜摄影（图14）更加侧重于城市外显景观风貌的展示与协调，地形DEM与三维建筑模型则更侧重应用于计算机的精确计算。在数字化平台中，将两者进行精准叠加，从而完成基础数字沙盘的建构。

在此基础上，逐步录入数字化城市设计标准成果等多源异构大数据，主要包括数字化城市设计CAD、GIS等矢量化数据、多规合一成果、控规成果、POI数据、LBS大数据等，形成威海城市空



图11 城市设计五城体系示意图

Fig.11 Schematic diagram of urban design of the five city system
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。



图12 火炬片区城市设计总平面图

Fig.12 Site plan of urban design of the Torch Area
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。



图13 火炬片区HJ01单元城市设计总平面图

Fig.13 Site plan of urban design of the HJ01 unit in the Torch Area
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

间大数据集成平台，为后续的平台功能开发、规划智能管理奠定重要基础。

5.2 智能规则的转译

在数字化城市设计成果、五城体系传导与管控的基础上，通过智能规则的编写实现设计意图向管理语言的转译，并最终集成于城市设计管控平台之中。转译过程采取的是谱系化、多层次递进的演进逻辑。首先，通过数字化城市设计，明确威海中心城区需要管控的设计意图，并最终落实到五城体系管控；其次，依托五城体系设计意图，明确转译与管控要素，进而明确管控要素控制指标（图15）；第三，针对威海中心城区所有城市建设用地地块，进行特色化、个性化的规划条文案管控，同时借助于计算机编码与计算能力，将各地块的管控规则精准链接到相应的用地地块，实现管控规则的数据化与智能化。智能规则是城市设计意图转译为规划管理语言、数字化平台计算机语言的最小单元，通过规则化的编制逻辑，以实现设计意图的转译与无损传导，进而借助计算机语言搭建数字化智能管理平台。

智能规则是整个威海数字化城市设计成果的凝练，将五城体系管控拆解为五大类、近60小项的管控指标，以对整个城市三维空间进行精细化的管控引导。规则编写按照统一的逻辑展开，其中包含了此条管控规则的目标、适用对象、管控要素与内容、适用空间范围、管控强度级别、参数指标等方面内容。举例说明，如此条规则“为营造体验丰富的城市滨水公共空间，其南北段长度总和不宣少于600m”中，即包含了管控目标、要素与内容、强度级别、参数指标等内容。智能规则根据其管控强度的不同，可以分为刚性规则与弹性规则；依据审核方式的不同，可分为人工识别规则与计算机识别规则。在充分利用计算机识别、判定、计算、模拟等能力的基础上，逐步实现数字化平台的半智能管理。最终，目前在威海城市设计数字化管理平台中录入并集成了中心城区城市建设用地所有地块约11.3万条管控规则，初步实现了管控规则的智能化应用。



图14 数字化平台中嵌入的威海中心城区局部倾斜摄影

Fig.14 Partial tilt photography of the Weihai central city embedded in the digital platform
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

体系	内容	要素	备注
城市形态体系	重点意图区(沿山低层控制区)	最高高度	组合模式(A/B/C/D)
	重点意图区(重点高度控制区)	最低高度	肌理
	重点意图区(滨海特色控制区)	基准高度	限高
	城市轴线(一级)	沿街立面	限低
城市公共空间体系	城市轴线(二级)	裙房高度	虚实比
	地标门户	沿街立面	透挡率
	都市公共空间	基底面积	限高
	绿地公共空间	最高/低高度	限低
城市风貌体系	都市文化风貌区	位置(中心/副轴/沿街)	建筑肌理
	胶东居住风貌区	位置(中心/副轴/沿街)	建筑形式
	近代历史风貌区	屋顶色彩	建筑形式
	山区创意风貌区	墙体色彩	建筑形式
城市眺望体系	沿山低密风貌区	屋顶色彩	建筑形式
	滨海特色风貌区	墙体色彩	建筑形式
	鸟瞰视廊(一级)	海岸线遮挡率	天际线错落度
	鸟瞰视廊(二级)	海岸线遮挡率	天际线遮挡率
城市街道体系	平眺视廊(滨海平眺)	天际线遮挡率	天际线遮挡率
	平眺视廊(都市平眺)	街道高宽比	天际线遮挡率
	滨海街道(观山平眺)	建筑后退线	建筑界面虚实比
	滨海街道	建筑后退线	建筑界面虚实比
通则	景观大道	建筑后退线	建筑界面虚实比
	模式A	小进深花园住宅	建筑界面虚实比
	模式B	大进深花园住宅(四跃五)	建筑界面虚实比
	模式C	大进深花园住宅(三跃四)	建筑界面虚实比
	A级审核	市级规划部门组织专家评审会进行审核	
	B级审核	区级规划部门组织专家评审会进行审核	

图15 数字化城市设计管控要素谱系化

Fig.15 Pedigree of digital urban design management and control elements
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

5.3 智能化应用场景

目前，威海城市设计管控平台已经投入到规划管理部门的日常管理工作中，能够有效地提升规划管理工作的效果和效率。除拥有传统数字化平台的三维展示、图层筛选管理、简要指标测度等基础功能外，智能化的应用场景是威海数字化平台的亮点，场景主要包括：①复杂类城市空间指标测度，如错落度计算、天际线分析等；②城市设计辅助决策系统，主要包含以下六大场景应用：相关规划的要求核提、方案报批的智能审查、多方案的智能比选、规划要点的智能生成、建筑方案的精细审查、规划实施的智能监测。平台在集成了城市设计二三维成果、城市基础地理数据、包括多规合一与控规等其他规划编

制成果等三大类、50+层数据的基础上（图16），有能力进行相对复杂的城市空间指标测度。城市设计辅助决策系统则在规划管理全流程中，多方面地为规划决策提供支持与辅助。

在威海经区分局受理的九龙湾地块方案出让、审批过程中，就实际应用了数字化平台以辅助决策，取得了良好的效果。在开发商确定拍地成功之后，受委托的设计单位到经区规划分局索取地块相关资料以及详细的规划设计要点，由于数字化平台中已经录入和集成了诸多的设计要求，因此只要选定九龙湾地块，平台即可自动链接、生成较为详尽的规划设计要点，在原有的控规指标基础上，新增精细化的城市设计管控要求。自动生成要点文件为矢量化的GIS文件、可编



图 16 威海城市设计数字化平台中所集成的数据资源

Fig.16 Digital resources integrated in the Weihai urban design digital platform
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。



图 17 威海城市设计数字化平台“建筑方案的精细审查”应用场景

Fig.17 Application scenario of "fine review of architectural scheme" of the Weihai urban design digital platform
资料来源：南京东南大学城市规划设计研究院有限公司，上海数慧系统技术有限公司，2019。

辑的Word文件，便于规划管理人员、设计单位加以修改、使用，上述实际应用场景即为平台的相关规划的要求核提、规划要点的智能生成两大智能化应用。

在设计单位按照事先要求的成果编制标准完成设计成果，并提交规划管理部门审查，即进入方案报批与审查阶段。利用数字化平台辅助，可以实现报批方案的无缝精准落位，平台自动审查80余项管控要点，保证精准无遗漏；同时通过人机交互机制，留有30%的人工审查指标，保持规划的弹性管控（图17）。方案在经过多轮的审查、反馈、修改后，最终符合全部规划要点要求，并将最终成果入库，完成一整套土地出让、方案审批的管理流程。据威海规划局各分局统计，之前每个土地出让和项目审批中需要阅读

几十个规划设计文本来提炼规划要点，审核各项软硬指标，庞大工作量需要2个以上工作日来处理，在数字化平台中5min即能完成。大幅提升了规划管理部门的工作效率，同时审查结果更加准确、全面。

注释

- ① “48字方针”为设计团队为威海城市建设确定的指导方针，具体为：“抱海环翠，精致岬湾；山水掩映，生态低密；凭湾对眺，山海互望；垂海通透，慢行顺山；随坡就势，错落有致；红瓦白墙，以小为美。”

参考文献 (References)

[1] 蔡震. 关于实施型城市设计的几点思考[J]. 城市规划学刊, 2012(S1): 117-123. (CAI Zhen.

Reflections on urban design implementation[J]. Urban Planning Forum, 2012(S1): 117-123.)

[2] 陈韦, 亢德芝, 柳应飞, 等. 武汉市城市设计技术要素的通则式控制体系构建[J]. 规划师, 2013(11): 64-69. (CHEN Wei, KANG Dezhi, LIU Yingfei, et al. Wuhan urban design technological factors system with the general principles[J]. Planners, 2013(11): 64-69.)

[3] 段进, 兰文龙, 邵润青. 从“设计导向”到“管控导向”——关于我国城市设计技术规范化的思考[J]. 城市规划, 2017(6): 67-72. (DUAN Jin, LAN Wenlong, SHAO Runqing. From "design-oriented" to "control-oriented": reflections on the standardization of urban design techniques in China[J]. City Planning Review, 2017(6): 67-72.)

[4] 姜涛, 李延新, 姜梅. 控制性详细规划阶段的城市场设计管控要素体系研究[J]. 城市规划学刊, 2017(4): 65-73. (JIANG Tao, LI Yanxin, JIANG Mei. Research on urban design control system at the regulatory plan level[J]. Urban Planning Forum, 2017(4): 65-73.)

[5] 南京东南大学城市规划设计研究院有限公司, 上海数慧系统技术有限公司. 威海数字化城市设计[R]. 2019. (Nanjing Southeast University Urban Planning and Design Institute Co., Ltd. Shanghai Shuhui System Technology Co., Ltd. Weihai digital urban design[R]. 2019.)

[6] 孙剑, 吴志华, 熊伟. 基于三维数字技术的城市设计研究与应用[J]. 城市规划学刊, 2009(S1): 239-241. (SUN Zhao, WU Zhihua, XIONG Wei. Research and application of the urban design based on the three-dimensional digital technology[J]. Urban Planning Forum, 2009(S1): 239-241.)

[7] 谭瑛, 姚青杉. 基于生境网络的山水城市生态格局模式研究[J]. 中国园林, 2015, 31(5): 92-96. (TAN Ying, YAO Qingshan. Research on the ecological pattern of Shanshui cities based on habitat network[J]. Chinese Landscape Architecture, 2015, 31(5): 92-96.)

[8] 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计——城市设计第四代范型议[J]. 国际城市规划, 2018, 33(1): 5-10. (WANG Jianguo. Digital urban design based on human-computer interaction: discussion on the fourth generation of urban design[J]. Urban Planning International, 2018, 33(1): 5-10.)

[9] 王磊, 方可, 谢慧, 等. 三维城市设计平台建设创新模式思考[J]. 规划师, 2017(2): 48-53. (WANG Lei, FANG Ke, XIE Hui, et al. 3D urban design platform construction and innovation[J]. Planners, 2017(2): 48-53.)

[10] 威海市自然资源和规划局. 威海数市总体规划2011—2019[R]. 2011. (Weihai Natural Resources and Planning Bureau. Master plan of Weihai from 2011 to 2019[R]. 2011.)

[11] 杨俊宴, 程洋, 邵典. 从静态蓝图到动态智能规则: 城市设计数字化管理平台理论初探[J]. 城市规划学刊, 2018(2): 65-74. (YANG Junyan, CHENG Yang, SHAO Dian. From static blueprints to dynamic intelligence: the theory of digital man-agement platform for urban design [J]. Urban Planning Forum, 2018(2): 65-74.)

修回: 2020-01