

# 基于复杂适应系统理论的城市色彩系统建构和方法探索\*——以北京王府井街区为例

Construction and Method Exploration of Urban Color System Based on CAS Theory: A Case Study of Wangfujing Block in Beijing

张梦宇 顾重泰 陈易辰 张晓东 ZHANG Mengyu, GU Zhongtai, CHEN Yichen, ZHANG Xiaodong

**摘要** 在国土空间规划背景下,色彩被纳入城市设计的管控要素,成为延续城市文脉、塑造城市特色的重要手段。结合国内外色彩发展经验,总结当前城市色彩管控的主要问题,针对问题引入复杂适应系统(CAS)理论,从主体、特征和机制3方面剖析城市色彩系统内涵,提出体系框架。在此基础上,明确色彩系统与城市设计体系的适应关系,包括总体设计、街区控规、设计引导和实施评估4个阶段的运用方法,细化技术手段及运用场景。以北京王府井街区为例进行技术验证,通过不同尺度色彩识别形成街区更新治理的管控方案,并利用社交网络平台搭建公众参与机制,实现色彩感知与设计的结论运用,使得一向难以量化的城市色彩具备纳入规划指标体系并且长效监测的基础条件,为城市大数据支持规划设计提供新思路。

**Abstract** In the context of national territory spatial planning, color is incorporated into the control elements of urban design, which has become an important means to extend the urban context and shape the urban characteristics. Combined with the experience of color development at home and abroad, this study summarizes the main problems of current urban color management and control, introduces the complex adaptive system (CAS) theory, analyzes the connotation of urban color system from three aspects of subject, characteristics and mechanism, and puts forward the system framework. On this basis, the paper clarifies the adaptive relationship between the color system and the urban design system, including the application methods in the four stages of overall design, block planning control, design guidance and implementation evaluation, and refines the technical means and application scenarios. It then takes the Beijing Wangfujing block as an example for technical verification, the control scheme for block renewal and governance is formed through color recognition of different scales, and the public participation mechanism is built by using the social network platform to realize the application of color perception and design, which makes the urban color that has always been difficult to quantify have the basic conditions for inclusion in the planning index system and long-term monitoring, and provides a new idea for urban big data to support planning and design.

**关键词** 城市设计;CAS;城市色彩系统;色彩管控;王府井街区

**Key words** urban design; CAS; urban color system; color control; Wangfujing block

文章编号 1673-8985 (2022) 03-0030-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20220305

## 作者简介

**张梦宇**  
北京工业大学城市建设学部  
博士研究生  
**顾重泰**  
北京市城市规划设计研究院  
工程师, 硕士

**陈易辰**  
北京市城市规划设计研究院  
工程师  
**张晓东 (通信作者)**  
北京市城市规划设计研究院  
数字技术规划中心 主任, 教授级高级工程师  
zhangxd-bicp@outlook.com

## 0 引言

我国古代就有城市色彩的相关实践,而有意识的现代城市色彩规划大约从20世纪90年代开始。近年我国出台一系列政策标准,指导城市色彩的保存、传递、交流和识别等。

2017年4月,住建部发布《城市设计管理办法》,提出重点地区城市设计应当塑造城市风貌特色,并确定建筑色彩的控制要求。同年

\*基金项目:国家重点研发计划基金“城市复杂系统模型和平行城市计算理论”(编号2020YFB2104001)资助。

10月,《历史文化名城名镇名村保护条例》经修订后正式发布,规定历史文化街区、名镇、名村核心保护范围内的历史建筑应当保持原有的高度、体量、外观形象及色彩等。2020年4月,住房和城乡建设部联合发布《关于进一步加强城市与建筑风貌管理的通知》,旨在延续城市文化,加强对建筑色彩、空间环境等方面的要求。同时,自然资源部发布《国土空间规划城市设计指南》,要求在总体规划中对中心城区城市天际线、色彩等要素进行系统构建,提出管控要求;在详细规划中,加强对建筑体量、界面、风格、色彩、第五立面等要素的管控。从中可以看出,将城市色彩纳入城市设计的管控要素,是延续城市历史文脉、塑造城市风貌特色的重要手段。在新的国土空间规划体系下,不仅要关注建筑色彩和空间环境,还应结合规划层级进行系统构建,实现城市色彩的整体引导和管控。

## 1 国内外城市色彩相关研究

### 1.1 城市色彩相关理论

国际上,20世纪上半叶欧洲出现“色彩调整方法”,意大利、英国、美国、日本等国开展了城市环境和建筑色彩的规划设计工作<sup>[1]</sup>。这些研究受到“色彩地理学”的影响,从自然色彩、环境色彩等方面进行设计实践。例如,意大利都灵围绕街道和广场,建立“色彩数据库”,利用流行色制定城市推荐色彩图谱<sup>[2]</sup>。日本将建筑色彩拓展到城市景观,从“协调”与“特色”两大角度提出城市色彩的管控方法<sup>[3]</sup>。我国以“城市”为视角的色彩研究起步较晚,早期研究为1999年宋建明教授所著的《色彩设计在法国》,之后不同学者发展了城市色彩理论。例如,尹思瑾<sup>[4]</sup>提出城市色彩景观规划设计的理论框架,崔唯<sup>[5]</sup>论述了城市环境色彩规划的构成要素,张长江<sup>[6]</sup>提出预测、引导、调节的色彩管控方法,王京红<sup>[7]</sup>提出用色彩表达人的体验等。

近年来,随着信息技术的高速发展,大数据的方法被广泛运用到城乡规划领域,不同学者尝试对城市空间及环境品质进行数字化转译。例如,许雪琳<sup>[8]</sup>提取色彩SHL参数进行由孟

塞尔色彩体系向SHL色彩体系的数字化转译,提出厦门城市色彩数字化精准管控。龙瀛<sup>[9]</sup>通过街景图像测量北京封闭社区周围及内部公共空间,评估微公共空间的价值。这些研究对城市色彩规划的理论框架和技术方法起到重要的推动作用,但是目前基于图像信息对城市色彩量化计算的研究仍然较少,存在数据精度和计算方法的诸多问题,亟待进一步研究探索。

### 1.2 城市色彩相关实践

我国已有多个城市编制了城市色彩规划,在

数据采集方法和管控措施等方面进行实践(见表1-表2)。北京从2000年开始通过多项规划工作和多部法规条例,保护和改善北京色彩风貌,这些法规条例主要涉及历史文化名城的保护工作。2017年,《北京城市总体规划(2016年—2035年)》获批,将城市色彩提高到总体规划层面,发布了北京城市基调与多元化研究成果报告、白皮书和资料汇编,各分区也开始制定城市设计导则,包含城市色彩专题。这些文件的出台对北京城市色彩管理起到重要的推动作用。纵观我国城市色彩规划的编制和实

表1 中国城市色彩规划现状

Tab.1 Current situation of urban color planning in China

城市	基础研究对象	调研方法	控制方法
天津市	自然色彩、文化色彩; 传统建筑色彩、现状建筑色彩	《常用建筑色 02J503-1》; 物卡目视比对	色彩总谱; 城市主色调
武汉市	自然环境、历史文化	使用孟塞尔色彩系统,进行专业的 色彩预算、数据记录和拍照存档	功能分区; 分区色谱
哈尔滨市	地理气候、传统建筑文化; 历史建筑、现代类型建筑	拍照、色彩提取	主色调; 色彩控制单元
杭州市	城市区域; 重点街道; 部分单体建筑	拍照、色彩提取形成图谱	主色调; 色彩分区; 建筑类型
温岭市	6大类型建筑色彩	中国建筑物卡国家标准物卡; 数码相机	色彩总谱、分区色谱; 基调色、强调色
广州市	自然环境; 人文色彩; 人工色彩	提取色谱、物卡测色	宏观城市色彩规划体系; 中观功能组织和空间结构景观 色彩规划指引
苏州市	总体色彩; 街道色彩	对照物卡进行视觉测色	主色调、街道色彩; 建筑色彩、环境设施色彩
重庆市	现状自然色彩; 人文色彩; 人工色彩	利用《中国建筑物卡国家标准》对 照片进行色彩比对 (没有太阳的晴天 10:00—15:00 之间拍照)	基调色色谱; 建筑分类; 第五立面
洛阳市	自然地理色彩; 人文地理色彩; 人工色彩	图像采集; 物卡比对仪测量	总体控制:基调色; 分区控制:屋顶色、基调色、 辅助色、点缀色
长沙市	自然景观要素; 民俗特产元素; 城市人工景观	中国建筑物卡国家标准物卡	总体控制:暖色主色调; 相对自由运用明度; 严格控制色彩艳度
郑州市	城市概况、自然地理、历史文化、 建筑、交通、广告、色彩喜好的 倾向等	中国建筑物卡国家标准物卡	主色调色谱; 建筑分类控制:色相、黑度、 白度、色系对比
扬州市	自然环境、人文历史; 历史城市建筑色彩	实地调研提取城市推荐色谱	基调色控制:“扬州灰、明 月白、烟雨青、暖秋彩、深 浅黛”
西安市	自然地理、人文历史、城市发展 脉络、建筑类型	中国建筑物卡国家标准物卡	主旋律定位; 片区色彩深化
北京市	人文历史、土壤植被、建筑风格、 人工色彩	中国建筑物卡国家标准物卡	基调色; 建筑材质及配色方案
呼和浩特市	历史文化街区、自然地理、人文 地理、不同时期建筑色彩	图像采集、物卡比色	建筑色谱、主色调、辅色调
上海市	色彩控制分区、实施路径、气候 特征、地区气质、现状色彩基础	3万多处街景影像、HSV 值	色彩主题、色彩控制分区、 实施引导 基调色、辅助色、点缀色
济南市	城市色彩地域属性、土壤色彩、光 环境分析、人文环境、建筑色彩	实地调研、物卡比色	城市色彩推荐色谱(分色系)

资料来源:笔者自制。

表2 新兴数据和方法支持的色彩分析与实践

Tab.2 Color analysis and practice supported by emerging data and methods

作者	分析与实践内容	数据方法
褚欣 <sup>[10]</sup>	上海市普陀区色彩规划与治理	以网络地图街景数据为基础,采用深度学习技术,对每一张街景地图进行场景切割区分其中要素,并借助白平衡算法还原建筑的色彩数据
白兰 <sup>[11]</sup>	成都市色彩规划实践	利用百度街景图进行建筑立面信息采集,利用 Matlab 软件提取建筑色彩的色相、亮度、彩度
傅倩 <sup>[12]</sup>	长沙市主城区建筑色彩基因提取与分析研究	通过提取城市空间内街景图像,对空间内的色彩进行等分取样,分为不同的抽象空间,模拟人眼在城市空间片段中的色彩认知
周尚意 <sup>[13]</sup>	北京故宫建筑群基调管控	通过眼动实验记录人对某一色彩观察时的进入时间、注视时长、瞳孔大小变化等,直观反映被试者的心理活动及感知特征
叶宇 <sup>[14]</sup>	开封市建筑色彩定量测度	运用 Python 计算机语言访问百度地图 API 进行街道路网抓取,利用 GIS 生成等距采样点及其坐标,获取百度街景影像数据,运用 SegNet 深度学习的图像识别技术来提取建筑影像
.....	.....	.....

资料来源:笔者自制。

施,仍然存在以下问题。

(1) 色彩基础数据匮乏,尚未形成系统数据库。目前我国城市色彩数据主要通过实时影像拍摄和物卡比对的方式进行采集,采集数据有限,精度参差不齐。虽然个别城市已引入大数据的方法,但未形成完整的技术方案,无法支撑数据库的系统建设。

(2) 不同数据存在自身的局限性,数据之间缺乏有效关联。大数据或人工拍照采集的图像数据与真实环境色彩相比存在偏色、比例失真等问题,难以保证数据的准确性;物卡比色的方式则耗时耗力。不同方法采用不同的色彩空间导致数据之间无法关联。

(3) 未形成科学的管控方法,色彩规划实施困难。目前,城市色彩规划主要通过色彩总谱和分区分谱的方式进行管控,这些专家导向型的色谱与实际建成环境存在较大差异。因此,构建复杂色彩系统,适应真实环境,建立自上而下的城市决策与自下而上的城市建造之间的关系是亟待解决的问题。

## 2 基于CAS理论的城市色彩系统体系构架

### 2.1 色彩系统的理论认知

对于个体色彩感知来说,好的城市色彩是种审美体验,是独特的、创造性的、不可重复的,但对于群体来说,却存在共同的体验<sup>[15]</sup>。城市色彩及其演化规律不能通过其构成要素的简单相加来理解,必须以不可分割的整体观、

相互联系的有机观、每个要素的能动观来重现城市的复杂性<sup>[16]</sup>。结合物理学家韦斯特<sup>[17]</sup>的规模法则,复杂系统可进行量化和预测,促使了社会物理学在城市量化领域的发展。因此,以经典物理学方法对城市色彩的构成层次和要素进行功能性剖析而形成的色彩图谱往往实施困难。针对上述问题,本文引入复杂适应系统(CAS)理论,借助复杂性科学对于系统耦合及系统适应性的关注<sup>[18]</sup>,在剖析色彩层次和要素功能的基础上,建立不同色彩要素之间和不同规划层级之间的相互联系,利用大数据的方法更大范围、更小颗粒识别色彩要素,自下而上形成色彩系统适应规划实施,为色彩数据库的运用和推广奠定理论基础。

在复杂适应系统中,城市色彩基于主体<sup>①</sup>、介主体<sup>②</sup>和适应<sup>③</sup>,形成4个特征和3个机制<sup>④</sup><sup>[19]</sup>,明确主体、介主体和运行机制是构建色彩系统的基础。色彩主体即“色彩基因”,对于城市来说,“色彩基因”可以分为建筑本体、景观绿化、路面铺装等。对于单体来说,建筑本体可以分为建筑部位、建筑构件等。不同构件组成不同建筑,不同建筑组成不同街区,不同街区组成城市整体,形成不同层次的介主体。“色彩基因”和介主体的适应性体现在与色彩环境的协调。色彩系统中,标识是指普遍存在的特性,它为色彩集聚提供了边界,例如一定区域的主题色,该边界为模糊边界;内部模型是色彩系统的核心技术;积木机制是色彩更新机制,如自然选择和动态学习。

## 2.2 色彩系统的体系架构

### (1) 总体原则

在明确主体和机制的基础上,城市色彩作为复杂系统应充分适应城市发展机制,关注主体施色特征,协调与环境的关系。因此,系统构建需遵循以下原则:①整体性原则:色彩系统应将城市作为整体来考虑,感知内容包括整体标识、运行机制、主体属性及其环境关系等;②多样性原则:感知对象尽可能涵盖多主体,包括不同建筑本体、景观绿化、路面铺装等;③地域性原则:结合色彩地理学,充分考虑地理气候、经济社会、文化风俗等因素的影响;④可量化原则:量化色彩感知,选取易获取数据;⑤数据兼容性:充分发挥新数据对传统数据的补充作用,考虑多源数据之间的兼容性和转化关系;⑥以人为本:充分关注市民需求与个人价值的实现。

### (2) 系统架构

基于以上理论,构建城市色彩系统框架,包括系统要素、系统运行、运行结果和对应规划层级。首先,在主体和介主体的基础上,将色彩系统分为宏观、中观、微观层面,对应规划管控层级。宏观层面对应城市整体,中观层面对应城市街区,微观层面对应城市建筑。其次,依据城市设计理论,将不同层级系统细分为不同要素,构建纵向衔接关系,城市整体和城市街区细分为色彩廊道、色彩片区、色彩节点、色彩标识等;城市建筑细分为建筑本体、景观绿化、路面铺装等。结合复杂适应系统机制,明确色彩系统的运行方法和运算结果,其中运行方法主要包括色彩感知、色彩校正、协调度评估,不同层级采用相应的运算方法识别色彩要素特征。建筑层面通过色彩感知和色彩校正识别单体要素的施色特征;街区层面在建筑层面的基础上总结街区空间特征,通过色彩协调度评估单体与环境的关系,提炼街区主题色和代表性单体颜色,评估其色彩搭配;城市层面结合公众参与,考虑区域属性,如文化、气候、材质等,识别整个城市的色彩空间秩序。该色彩系统建立了要素与整体的关系,充分适应规划层级,在主体识别的基础上,更加关注环境的协调关系,是认识论上的转变。在色彩系统框架下,色彩管控有4个核心工

注释:① 主体: CAS由大量具有主动性的元素组成,这些主体无论在形式上还是性能上都各不相同。不同的CAS过程具有不同的时间尺度,但适应的概念可以应用于所有的CAS主体。

② 介主体: 主体通过聚集可以形成更高级的主体——介主体,这些介主体的相互作用通常可以用它们的聚集特性很好地描述出来。

③ 适应: 在CAS中,任何特定的适应性主体所处环境的主要部分都由其他适应性主体组成,所以,任何主体在适应上所做的努力就是要去适应别的适应性主体。这个特征是CAS生成的复杂动态模式的主要根源。

④ 7个基本点: 包括对所有CAS都通用的4个特性和3个机制, 4个特性为聚集、非线性、流、多样性, 3个机制为标识、内部模型、积木。

作:①完善感知方法,适应城市设计体系;②细化运行技术,强化应用路径;③搭建公众参与机制;④实现年度监测。本文将围绕色彩管控的4个核心工作展开进一步探讨(见图1)。

### 3 城市色彩系统适应城市设计体系

本文引入数据增强设计理论优化色彩系统框架下的色彩管控路径。数据增强设计(DAD)强调以定量城市分析为驱动,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具的方法论<sup>[20]</sup>。本文结合数据增强设计方法论,拟定并实践城市色彩总体设计阶段、街区控规分区管控阶段、建筑设计引导阶段和城市色彩实施评估阶段4个层面的城市色彩系统应用方法(见图2)。

#### 3.1 城市色彩总体设计阶段

在城市色彩总体设计阶段,传统工作模式是通过人工对重点建筑进行采样,提出整体意向和分区管控原则。数据增强框架下的城市色彩设计,首先通过大规模街景色彩感知和分区区域调研校正的方式批量获取单位尺度(如以10 m为单元)的城市色彩样本;其次,基于协调度认知和指标测算对问题区域进行初筛;最后,将现行“城市映像式”规划原则进一步细

化到空间管控单元,使得总体城市设计有空间落位的基础抓手。

#### 3.2 街区控规分区管控阶段

控规分区管控阶段色彩管控的传统方式是将色彩纳入引导性指标,在方案实施阶段由专家介入,然而该方式对于色彩评价存在一定主观性。数据增强框架下的城市色彩设计,首先是形成稳定的色彩管控指标,以孟塞尔(Munsell)的色相、明度、彩度等色彩形态变化指标对其进行量化,增加了人眼视觉的可读性;其次是形成将认知映像转化为客观指标的方法。针对色彩协调性评估,将以往管控中倾向于主观感受的概念进行量化。最后是基于现状色彩的分级管控方式,通过色彩聚类方法和神经网络聚类方法将大范围城市色彩进行聚类评估,同时提供个性建筑主体色、辅助色、点缀色的弹性设计空间。

#### 3.3 建筑设计引导阶段

在以往的建筑引导色彩管控中以专家建议的形式开展,色彩引导存在较大的主观性。数据增强框架下的城市色彩设计在完成控规分区导引的基础上,具备了空间传导(百米尺度)和稳定指标(Musell色彩体系)传导

的技术基础。此外,针对街道的协调性评价可精细到10 m单元。基于网络数据库积累的城市街景基础数据为建筑色彩的历史回溯提供了有效手段,拓宽了以往城市色彩关注单一空间或典型案例的分析维度。

#### 3.4 城市色彩实施评估阶段

城市色彩实施评估往往随着重点项目的开展以典型案例形式“附加式”进行。数据增强框架下的城市色彩设计依托历年街景数据和自主采集数据的积累,具备开展持续性色彩监测评估的技术基础。对于街道问题区域的发现可通过人工智能目标识别的方式,宜在专家评估专项专题之前进行。此外,“基调色、其他代表色”和“主体色、辅助色、点缀色”组成的便携式色卡可作为规划基层(如责任规划师)实施监督管理的依据。

#### 3.5 技术方法及应用路径

色彩系统的技术方法及应用路径主要包括以下几个步骤。首先,明确识别不同层次色彩数据的获取路径。其次,通过色彩感知、色彩校正和色彩评估进行数据计算:色彩感知结合大数据和传统数据的特征,限定感知方法和获取精度,利用计算机算法提取色值;色

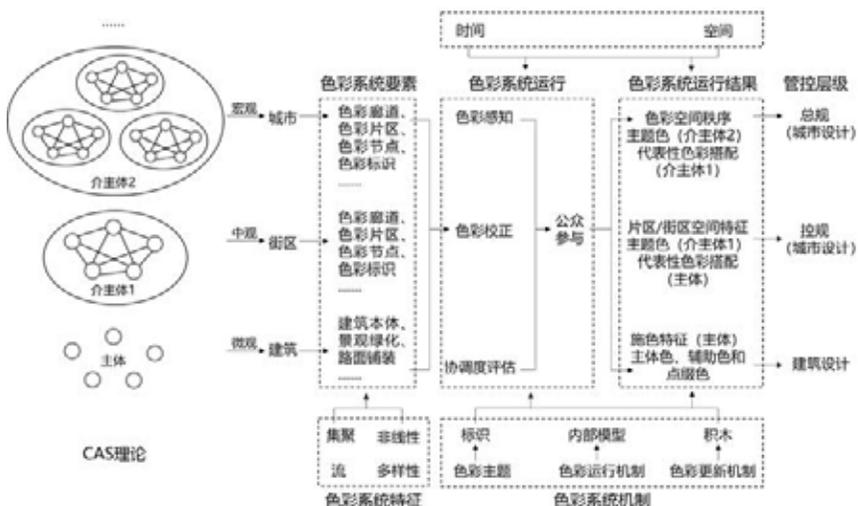


图1 基于CAS理论的城市色彩系统体系架构  
Fig.1 Architecture of urban color system based on CAS theory



图2 城市色彩系统适应城市设计体系  
Fig.2 Urban color system adapts to urban design system

资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。

彩校正通过色彩空间转换和修正系数的方法实现不同路径的关联;色彩评估基于色彩协调值,进行主体与环境适应性评价。最后,依据城市设计理论,结合第三方评估和公众参与,形成色彩管控建议色谱,可运用于城市更新或街区治理。

#### 4 北京王府井街区色彩感知与管控

本文以“首都功能核心区—东单门街道—王府井街区”为例进行方法验证。北京老城区王府井街区历史悠久,形成以王府井大街为轴线的棋盘式道路网格。20世纪末,街区坚持规划先行,开展了三期城市设计整治工程,保留传统商铺、延续原有肌理、整治建筑立面与街道空间环境。当前,为进一步落实《北京城市总体规划(2016年—2035年)》《首都功能核心区控制性详细规划(街区层面)(2018—2035)》,东城区政府编制了《王府井商业区更新治理规划》以推进解决街区更新治理的难点问题。在新一轮更新治理规划中,引入城市色彩数据库系统,通过对街区尺度、街道尺度及建筑尺度的色彩感知,形成空间管控的设计要求,以期对其他领域大数据增强设计提供借鉴。

##### 4.1 多尺度的色彩感知和设计

基于上述色彩系统,结合城市设计理论,以王府井街区为研究对象,识别色彩形态和空间结构,形成街区更新改造方案。将王府井街区色彩系统细分为“街区—街道—建筑”3个层级,街区层面识别色彩空间秩序形成整体管控要求;街道层面识别色彩廊道和色彩节点,提出街道立面管控要求;建筑层面通过色彩校正识别节点施色特征,并依据以上管控要求,细化节点建筑整治方案。在此基础上,借助互联网平台搭建公众参与的长效监测机制,最终形成管控建议色谱和实施引导措施。

###### (1) 街区尺度的色彩标识识别

从街区尺度识别色彩系统标识,明确色彩空间的主题色,依据主题色出现频率,划分基调色和其他代表色,作为街区色彩空间的统一标

准。按照王府井街区范围在系统数据库中获取源数据集进行分析,通过图片读取和计算机视觉语义分割提取图像中的建筑空间,采用色彩平衡处理校正不同角度、光照、方向等带来的影像失真;基于K-means算法提取每段影像一次聚类色,按照街道朝向进行二次聚类并提取占比排在前10的聚类色,再将不同朝向的二次聚类色进行综合聚类,最终得到10个占比较大的色彩,作为街区主题色。根据色彩的出现频率,将频率较高的5个色彩定位为基调色,剩余色彩为其他代表色。此外,考虑设备的感知偏差,适当选取无彩度灰色(N)作为补充(见图3)。

通过以上方法,得出王府井街区整体色彩管控要求。王府井街区基调色以暖色系为主,包括黄色(5Y、7.5Y)、红黄色(10YR)。明度主要为中高明度6—7,搭配部分低明度2—3的色彩。彩度以中低彩度1—2为主。其他代表色同样以暖色系为主,包括黄色(2.5Y、5Y)、红黄色(2.5YR、7.5YR)、红色(10R)。明度集中在中高明度4—7。彩度变化值较大,从低彩度1—2至中高彩度8均有分布。

###### (2) 街道尺度的协调度评估

从街道尺度进行协调度评估,识别色彩廊道的空间特征。按照色相、明度、彩度三要素及色彩心理学相关理论基础,提出街道层面的色彩协调度评估方法,分别对沿街立面色彩协调度进行分析(式(1)、式(2))。

结合色彩心理学相关理论研究,孟塞尔色彩理论中将面积、明度与彩度的关系归纳为(A色的明度×彩度)/(B色的明度×彩度)=B面积/A面积,即:

$$\frac{L_A \times C_A}{L_B \times C_B} = \frac{S_B}{S_A} \quad (1)$$

式中:A、B分别表示两个颜色; $L_A$ 、 $L_B$ 分别表示A色、B色的明度; $C_A$ 、 $C_B$ 分别表示A色、B色的彩度; $S_A$ 、 $S_B$ 分别表示A色、B色的面积。

简而言之,高明度、高彩度、小面积的色彩和低明度、低彩度、大面积的色彩对人眼的冲击是相似的,基于这一理论基础出发,本文将街道的色彩协调度归纳为式(2)。

$$CH = \sum_{i=1}^M L_A^i \times C_A^i \times S_A^i \quad (2)$$

式中:CH代表色彩协调值(Color Harmonization Value); $T_M$ 表示研究单元内的色彩数; $L_A$ 为A色的明度; $C_A$ 为A色的彩度; $S_A$ 为A色的面积占比。协调值为0—100之间的浮点小数。

以王府井大街为例,采用K-means聚类方法,提取街道立面的色相、明度、彩度,计算出色彩协调值。依据协调值曲线可知,王府井大街存在7个主要的波动折点,图4中黄色虚线的5个区域为街道景观节点,其协调值波动符合设计要求;而A、B两个红色框线区域则是由于不协调的广告牌带来的色彩波动,不符合设计要求,应作为整治对象。

通过以上分析,得出王府井大街立面色彩的评估结论及设计建议。街道整体色彩空间主要通过色相和明度进行统一,变化体现在节点建筑的彩度波动,波动范围控制在 $\leq 5$ 。大街西侧整体协调,色相统一,以暖色系红黄色(7.5YR、10YR)、黄色(2.5Y、5Y、7.5Y)为主。明度集中在5—7,搭配部分高明度8和少量中低明度3—4的色彩。彩度以中低彩度为主,相对变化较大,峰值主要出现在代表性商业建筑。但有少量高明度、高彩度冷色系出现在商业建筑外立面广告牌上,对街道界面有一定影响,建议调整。大街东侧相对协调,色相以暖色系为主,主要为红黄色(10YR)、黄色(2.5Y、5Y、7.5Y),较大街西侧更多使用冷色系的色彩,主要为玻璃幕墙,对街道界面有一定影响,建议控制使用。明度集中在5—7,搭配部分高明度8和少量中低明度3—4的色彩。彩度主要为低彩度1—3,部分大体量玻璃幕墙建筑出现中彩度4—6(见图5)。

###### (3) 建筑尺度的施色特征识别

对节点建筑和标志性建筑进行具体分析,总结景观节点的施色特征,并通过街景数据、拍摄数据和物卡比色数据的对比,得出修正系数,运用于前两个层次的聚类分析。选取街区内景观节点或代表光环境类型的重要建筑进行分析,以北京饭店为例进行色彩校正。校正方法以物卡比色数据为基准,判断街景数据和

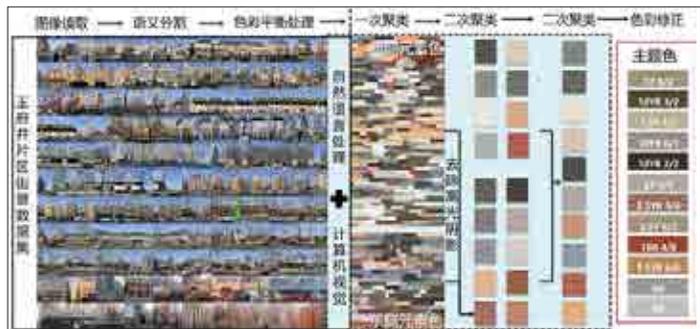


图3 街区层面城市色彩感知及分析路径  
Fig.3 Urban color perception and analysis path at block level

资料来源:笔者自绘。

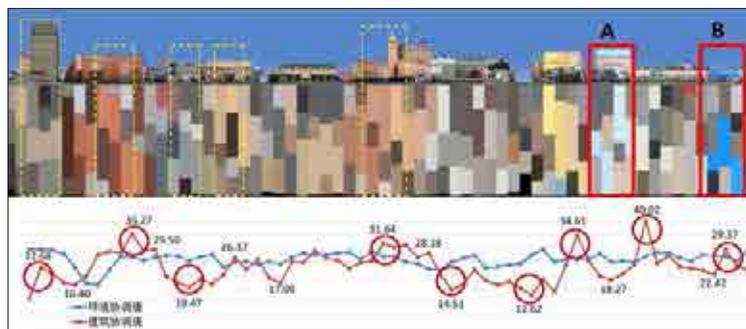


图4 街道立面色彩协调值曲线  
Fig.4 Color coordination value curve of street facade

资料来源:笔者自绘。

拍摄数据的偏色情况。可以看出,街景数据色相准确,拍摄数据整体偏向黄色;明度普遍偏高1—2个值;中明度红黄色(YR)彩度吻合,高明度色彩(Y)基本偏高2。因此,对街景数据进行明度和彩度修正,对补充拍摄数据进行色相、明度、彩度的修正,修正后的色彩用作聚类分析(见图6)。经过修正后,指导北京饭店的色彩更新设计。该建筑历史悠久,作为王府井大街南端点融合了东西方文化,主体色为红黄色(7.5YR8/4),搭配红黄色(10YR6/2)和黄色(2.5Y7/2)的辅助色,形成浓郁而不失活泼的色彩风格,在更新设计中需重点延续色彩风貌,避免周围建筑的影响。

在节点建筑施色特征识别的基础上,依据街区尺度和街道尺度的管控要求,提出节点建筑的整治方案,并对整治后的环境协调度进行评估。以好友世界为例,该建筑为非代表性建筑,通过拆除高明度高彩度广告牌,改用低彩度中明度暖色系为主体色,使其协调值由34降至均值20,与周围环境达到协调。通过王府井大街东西侧建筑整治前后的色彩协调度曲线可以看出,节点建筑在整治改造后色彩整体趋向稳定,好友世界、工美大厦改造后的正向影响显著(见图7)。

#### 4.2 色彩管控公众参与机制搭建

在构建多尺度城市色彩感知与设计的基础上,搭建基于基层规划师与公众的色彩监测和运营反馈制度,以保障色彩规划能够有效落实到基层街道治理,形成重要的色彩管控机制保障。

一是依托大范围色彩感知编制以街道为单

元的责任规划师色彩引导册,以色谱、代表色、基调色、点缀色协同引导的方式为街道责任规划师提供可操作的地方性色彩指引标准,方便基层开展城市管理工作。具体而言,主要是通过大范围、精细尺度的城市色彩感知和K-means聚类得到更贴合每一个街道基础建筑色调和高协调指标的色彩引导册,将引导册与现行责任规划师制度结合,使得基层规划建设有规则可依、贴近当地现实,可落实到具体指标管理上,保障自上而下色彩规划的传导畅通。

二是制作以重要历史文化建筑、特色建筑、网红建筑等为故事线的城市色彩普及宣传册,使得民众可以从身边的建筑理解城市色彩设计的内容,同时针对名片建筑提出保护更新和引导的建议。具体而言,在各区域民众对当地建筑有较深刻认识的基础上,通过对重要节点建筑的量化分析,将城市色彩专业理论与民众的普遍认识相结合,使其了解规划的色彩管控如何落实到日常生活中;民众认为有不合理之处也可及时提出,形成自下而上的色彩反馈链。

三是通过第三方社交网络平台对研究区域进行分析,形成互联网第三方视角的大众点评册。站在第三方的视角反映游客心目中各个景区、历史街区、网红景点的建筑色彩具有什么特点,同时大众评分情况在一定程度上反映了民众对该地区建筑风貌的认可度(见图8)。

#### 4.3 色彩持续监测管控方法应用

在开源街景数据基础上及自主采集技术逐步完善的当前,对于城市色彩的管控在技术

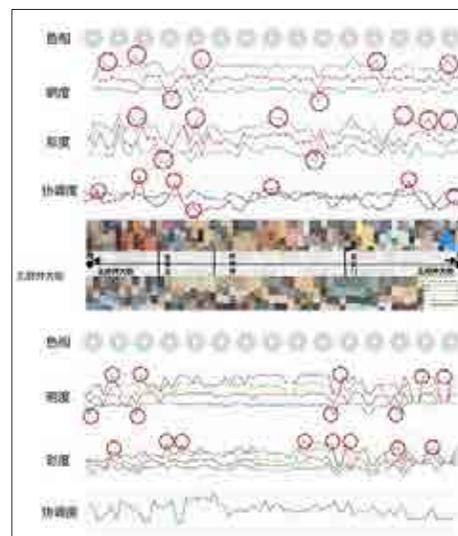


图5 王府井步行街色彩协调度评估  
Fig.5 Evaluation of color coordination degree of Wangfujing pedestrian street

资料来源:笔者自绘。

层面已经具备了进行持续监测的基础,可构建普适的、可逐年追踪的持续监测机制。

一是建立逐年更新的数据基础。本文涉及首都功能核心区年度更新开源数据15万张,自主采集结合规迹®街景采集APP众筹获得,可保证各街区尺度色彩的稳定获取;二是构建稳定的色彩指标评估方法。本文结合PSPNet模糊神经网络及孟塞尔色彩指标构建的色彩评估方法,可对各街区色彩值的明度、彩度、色相、协调度进行大规模计算;三是形成稳定的街区评估单元。本研究以首都功能核心区作为对象,以250 m为街区感知固定单元,初步绘制了北京老城色彩地图®(见图9),对区域主题色进行监测,重点提取区域内明度、彩度均较高

注释: ⑤ 北京市城市规划设计研究院开发的街景照片自主采集移动端APP。

⑥ 色彩感知网格采用适应单个道路围合街区大小的250m×250m网格,便于与实际街区大小对应。

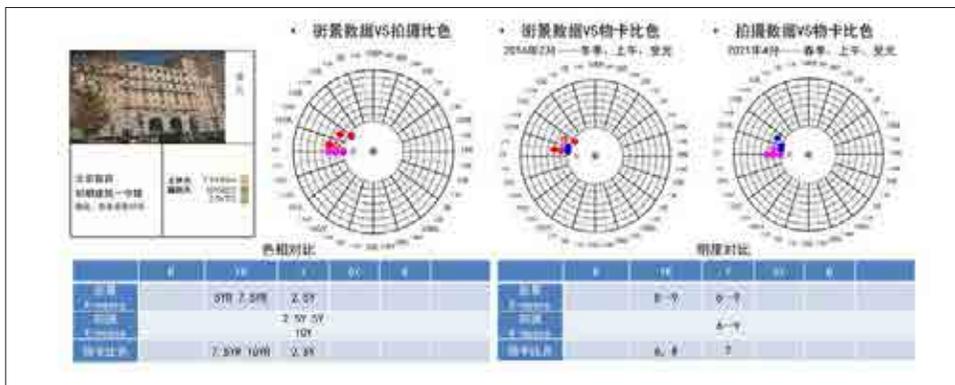


图6 单体建筑层面的色彩数据标定及校准参数确定

Fig.6 Calibration of color data and determination of calibration parameters at the level of single

资料来源:笔者自绘。

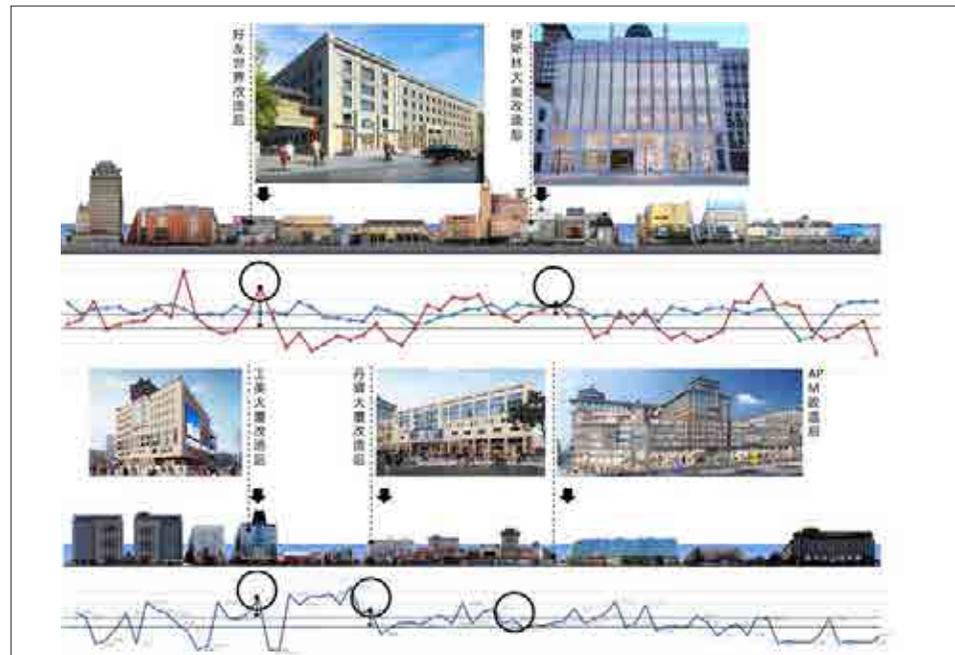


图7 王府井东西两侧建筑整治前后色彩协调值对比

Fig.7 Comparison of color coordination values of buildings on the east and west sides of Wangfujing before and after renovation

资料来源:笔者自绘。



图8 社交平台重点关注建筑及其色彩分析

Fig.8 The social networking platform focusing on architecture and its color analysis

资料来源:笔者自绘。

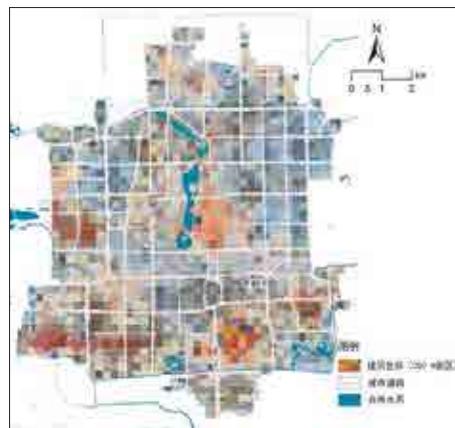


图9 首都功能核心区老城立面色彩映像地图

Fig.9 Color image map of the facade of the old city in the capital functional core area

资料来源:笔者自绘。

的颜色,在固定街区评估单元的基础上可对各单元的色彩进行持续追踪监测和对比分析。

色彩数据库系统的构建实现了城市色彩的量化处理,为建立长效监测评估机制提供了基础条件。监测评估的对象主要包括区域或线性空间的基调色、其他代表色等,通过数据库运算,监测色彩空间的标识性和协调性,并结合空间结构、文化价值、专家问卷、公众参与等综合评判色彩空间秩序。

## 5 结论

本文结合复杂适应系统和城市设计理论,论述“城市色彩总体设计阶段、街区控规分区管控阶段、建筑设计引导阶段、城市色彩实施评估阶段”的城市色彩规划的数据驱动方法。着重提出了针对中观层面城市色彩的监测与管控体系:一方面,基于孟塞尔标准色系,结合计算机图形学将《北京城市色彩城市设计导则》提出的总体基调原则落实到以街区、街道为基础的“空间主体”上;另一方面,通过色彩协调度评价提出了可量化街区色彩管理的阈值,为建筑单体或建筑群融入街道色彩管控提供实操手段,在保证街道整体色彩协调性的同时兼顾重点建筑色彩的个性和文化符号。

在色彩系统框架下,针对4个核心工作,开展城市色彩设计实践。以王府井街道更新为案例,在现状色彩协调度评估、单体建筑色彩

引导、设计方案比选、管控策略生成等方面验证了方法的实效性。同时着重提出色彩协调度的量化方法,探讨色彩管控公众参与机制的搭建,为城市色彩持续监测提供数据来源、评估方法和空间单元上的统一机制,为城市色彩的持续量化提供一种系统思路。

研究仍存在后续开展的必要,包括多源数据校正系数的地区性差异,宏观层面色彩聚类的方法,微观层面不同建筑环境、材质、时段带来的协调值变化等。此外,本文提出的色彩协调值等指标具有一定的探索性,针对其普适性及应用维度仍需进一步验证。当前相关研究已在北京市开展系列实践,技术方法已具备向其他城市推广的条件,具体参数可结合当地实际进行调整。

## 参考文献 References

- [1] 张梦宇. 北京老城地理色彩保护规划要略研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2018.  
ZHANG Mengyu. A study on the planning of geography color protection in the old city of Beijing[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2018.
- [2] 包晓雯, 邱惠英. 国外城市色彩规划实践及其对上海的启示[J]. 上海城市规划, 2018 (4): 115-118.  
BAO Xiaowen, QIU Huiying. Foreign experience on urban colour construction and the enlightenment of Shanghai[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2018(4): 115-118.
- [3] 刘隽瑶, 柯珂, 龚志渊, 等. 日本乡村地区色彩管控体系和特点解析[J]. 小城镇建设, 2021, 39 (6): 100-107.  
LIU Junyao, KE Ke, GONG Zhiyuan, et al. Analysis of color control system and characteristics in rural areas of Japan[J]. Development of Small Cities & Towns, 2021, 39(6): 100-107.
- [4] 尹思谨. 城市色彩景观规划设计[M]. 南京: 东南大学出版社, 2004.  
YIN Sijin. Planning and design of the city's colorscape[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2004.
- [5] 崔唯. 城市环境色彩规划与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.  
CUI Wei. The color programme and design of city environment[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2006.
- [6] 张长江. 城市环境色彩管理与规划设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.  
ZHANG Changjiang. Color management and planning design in urban context[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
- [7] 王京红. 城市色彩表达精神[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.  
WANG Jinghong. City color: expressing city spirit[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013.
- [8] 许雪琳, 朱郑炜, 马毅. 厦门市城市色彩管控体系构建研究[J]. 规划师, 2020, 36 (18): 77-82.  
XU Xuelin, ZHU Zhengwei, MA Yi. The practice of establishing city color management system in Xiamen[J]. Planners, 2020, 36(18): 77-82.
- [9] 徐婉婷, 张玉阳, 龙瀛. 对微公共空间的价值评估: 基于北京房价的视角[J]. 城市规划与发展杂志, 2022, 148 (2): 04022012.  
XU Wanting, ZHANG Yuyang, LONG Ying. Valuing the micropublic space: a perspective from Beijing housing prices[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2022, 148(2): 04022012.
- [10] 褚欣, 叶锺楠, 黄莎莎. 城市建成区色彩规划与治理——以上海市普陀区为例[J]. 上海城市规划, 2020 (3): 75-81.  
CHU Xin, YE Zhongnan, HUANG Shasha. Urban color planning and management in urban built environment: a case study of Putuo District of Shanghai[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2020(3): 75-81.
- [11] 白兰, 李成楠, 张欣. 城市色彩规划的实践探索——以成都市为例[J]. 城市建筑, 2021, 18 (35): 48-51.  
BAI Lan, LI Chengnan, ZHANG Xin. Exploration on urban color planning practice: a case of Chengdu[J]. Urbanism and Architecture, 2021, 18(35): 48-51.
- [12] 傅倩, 王喧, 黄钰靖, 等. 长沙市主城区建筑色彩基因提取与分析研究[J]. 长沙大学学报, 2021, 35 (4): 30-37.  
FU Qian, WANG Xuan, HUANG Yujing, et al. Extraction and analysis of architectural color gene in the main urban areas of Changsha City[J]. Journal of Changsha University, 2021, 35(4): 30-37.
- [13] 周尚意, 苏娟. 面向城市基调控的建筑群色彩感知和认知分析——以北京故宫建筑群为例(提纲)[C]//第三届城市文化发展高峰论坛论文集. 2018: 110.  
ZHOU Shangyi, SU Xian. Analysis on architectural complex color perception under city control: a case study of the Forbidden City (outline)[C]//Proceedings of the 3rd City Culture Development Forum. 2018: 110.
- [14] 叶宇, 仲腾, 钟秀明. 城市尺度下的建筑色彩量化测度——基于街景数据与机器学习的人本视角分析[J]. 住宅科技, 2019, 39 (5): 7-12.  
YE Yu, ZHONG Teng, ZHONG Xiuming. Quantitative measurement of architectural color at city scale: a humanistic perspective analysis based on street view data and machine learning[J]. Housing Science, 2019, 39(5): 7-12.
- [15] 王京红. 什么是好的城市色彩[J]. 流行色, 2014 (11): 118-127.  
WANG Jinghong. What is good city color[J]. Fashion Colour, 2014(11): 118-127.
- [16] 刘春成. 城市隐秩序复杂适应系统理论的城市应用[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017.  
LIU Chuncheng. The hidden order of city: complex adaptive system theory in urban studies[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press (China), 2017.
- [17] 杰弗里·韦斯特. 规模: 复杂世界的简单法则[M]. 张培, 译. 北京: 中信出版社, 2018.  
WEST G. Scale: the universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies[M]. ZHANG Pei, translate. Beijing: Citic Press, 2018.
- [18] 张晓东, 许丹丹, 王良, 等. 基于复杂系统理论的平行城市模型架构与计算方法[J]. 指挥与控制学报, 2021, 7 (1): 28-37.  
ZHANG Xiaodong, XU Dandan, WANG Liang, et al. Model architecture and urban computing for parallel cities based on complex adaptive systems[J]. Journal of Command and Control, 2021, 7(1): 28-37.
- [19] 约翰·H·霍兰. 隐秩序适应性造就复杂性[M]. 周晓牧, 韩辉, 译. 上海: 上海科技教育出版社, 2019.  
HOLLAND J. Hidden order: how adaptation builds complexity[M]. ZHOU Xiaomu, HAN Hui, translate. Shanghai: Shanghai Science and Technology Education Press, 2019.
- [20] 龙瀛. 【专辑特送】《上海城市规划》之数据增强设计专辑[EB/OL]. (2016-05-03) [2022-06-10]. [https://mp.weixin.qq.com/s/?\\_biz=MjM5ODI3ODQ3Ng==&mid=2653247495&idx=1&sn=2687defa4e0d31be271cca46befd52a9&scene=4#wechat\\_redirect](https://mp.weixin.qq.com/s/?_biz=MjM5ODI3ODQ3Ng==&mid=2653247495&idx=1&sn=2687defa4e0d31be271cca46befd52a9&scene=4#wechat_redirect).  
LONG Ying. [Special album] Data enhancement design album of Shanghai Urban Planning Review[EB/OL]. (2016-05-03) [2022-06-10]. [https://mp.weixin.qq.com/s/?\\_biz=MjM5ODI3ODQ3Ng==&mid=2653247495&idx=1&sn=2687defa4e0d31be271cca46befd52a9&scene=4#wechat\\_redirect](https://mp.weixin.qq.com/s/?_biz=MjM5ODI3ODQ3Ng==&mid=2653247495&idx=1&sn=2687defa4e0d31be271cca46befd52a9&scene=4#wechat_redirect).
- [21] 龙瀛, 张思嘉. 数据增强设计框架下的智慧规划研究展望[J]. 城市规划, 2019, 43 (8): 34-40, 52.  
LONG Ying, ZHANG Enjia. Smart urban planning under the framework of data augmented design[J]. City Planning Review, 2019, 43(8): 34-40, 52.
- [22] GOU A. 基于空间结构的城市色彩规划方法[J]. 颜色资源应用, 2013, 38 (1): 65-72.  
GOU A. Method of urban color plan based on spatial configuration[J]. Color Research Application, 2013, 38(1): 65-72.
- [23] WEINMANN M. 用于城市环境语义解释的高光谱、多光谱、颜色和三维点云信息的融合[J]. 国际摄影测量学、遥感和空间信息科学档案馆——ISPRS档案馆, 2019, 42 (2/W13): 1899-1906.  
WEINMANN M. Fusion of hyperspectral, multispectral, color and 3D point cloud information for the semantic interpretation of urban environments[J]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 2019, 42(2/W13): 1899-1906.