

学校代码: 10286  
分类号: TU201.4  
密 级: 公开  
U D C: 72.02  
学 号: 200106



# 东南大学

## 建筑学硕士学位论文

历史地段多尺度层级结构数字化建构方法  
与解析应用

——以南京荷花塘历史文化街区为例

(学位论文形式: 应用研究)

研究生姓名: 宋哲昊

导师姓名: 唐 芃

孙友波

申请学位类别 建筑学硕士 学位授予单位 东南大学

工程领域名称 建筑学(专业硕士) 论文答辩日期 2022年05月24日

研究方向 建筑设计及其理论 学位授予日期 20 年 月 日

答辩委员会主席 吉国华 教授 评 阅 人 盲审

2022年05月24日

東南大學  
硕士学位论文

历史地段多尺度层级结构数字化建构方法与解析  
应用  
——以南京荷花塘历史文化街区为例

专业名称：建筑设计及其理论

研究生姓名：宋哲昊

导师姓名：唐 芑

企业导师姓名：孙友波

本论文获国家自然科学基金面上项目“数据驱动的历史地段多尺度层级保护与更新方法”（52178008）资助

DIGITAL CONSTRUCTION METHOD AND  
ANALYTIC APPLICATION OF MULTI-SCALE  
HIERARCHICAL STRUCTURE IN HISTORIC  
AREAS  
——CASE STUDY OF HEHUATANG  
HISTORICAL AND CULTURAL BLOCK IN  
NANJING

A Thesis Submitted to Southeast University

For the Academic Degree of Master of  
Architecture

BY

SONG Zhe-hao

Supervised by

Prof. TANG Peng

and

SUN You-bo

School of Architecture

Southeast University

May 2022

## 摘要

题目： 历史地段多尺度层级结构数字化建构方法与解析应用  
——以南京荷花塘历史文化街区为例

硕士研究生： 宋哲昊

导师： 唐芑

学校名称： 东南大学

历史地段能够真实地反映一个地区的传统风貌和地方特色，是城镇历史记忆的物质载体。当前的历史地段保护与更新方法在城市设计层面的讨论主要集中在以下两个方面：一是分级分段的保护机制难以通盘认知各空间要素间的连贯性和关联性，二是与历史地段保护更新相关的居民、政府、开发商等多元人群诉求难以协调，给实际操作带来困难。因此在历史地段保护更新过程中，设计师急需一个能够整合历史地段复杂的空间形态信息并明确其相互关系，同时反映多元人群诉求的高效分析与辅助决策工具。

中国历史地段的构成规则能够通过形态类型学领域多尺度层级的空间概念进行认知。而在中国历史地段保护与更新的历次实践中，基于微观空间元素的“小尺度、渐进式”的工作方法逐渐成为面对历史地段复杂问题的有效手段。两者分别从理论层面与实践层面印证了对于历史地段的认知、解析与保护、更新工作应从细微的空间元素入手，妥善考虑多尺度层级上的复杂信息并梳理其连接关系。随着信息技术的介入，数字驱动的解析方法以数据信息的递归建构起各尺度层级空间要素之间的整体关联，为相关研究提供了新的方法思路。

本文以南京荷花塘历史文化街区的保护与更新为主要研究对象，基于 Java 语言编程，探索了历史地段多尺度层级结构的数字化建构方法，并依托所构建的数学模型编写了设计决策辅助工具，在“小尺度、渐进式”的工作模式中辅助设计师应对复杂的空间形态与多元人群的诉求，完成设计决策。主要研究内容包括：以形态类型学的尺度层级框架为基础对中国历史地段的空間结构进行认知与解析；通过 Java 语言编程，建构反映历史地段多层次空间要素信息且能够对其进行形态解析的数学模型，完成将空间形态转化为数据集的过程；为数学模型添加可视化互动界面，构建可进行空间要素的修改并获得城市设计层面实时分析结果反馈的设计决策辅助工具；邀请相关专业设计师基于南京荷花塘历史文化街区的保护更新设计这一实际场景对该工具进行试用，验证该工具在实际工作中的应用价值及适用范围，并提出进一步优化改进方向。

关键词： 历史地段、保护更新、形态类型学、尺度层级、数学模型、设计决策辅助工具

## Abstract

**Title:** Digital Construction Method and Analytic Application of Multi-Scale Hierarchical Structure in Historic Areas: Case Study of Hehuatang Historical and Cultural Block in Nanjing  
**Graduate student:** Zhehao SONG  
**Supervisor:** Prof. Peng TANG  
**University:** Southeast University

Historic areas are the material carrier of the historical memory of a town, can truly reflect the traditional features and local characteristics of a region. At present, the discussion on the method of protection and renewal of historic areas in the field of urban design mainly focuses on the following two aspects. On the one hand, the hierarchical and segmented protection mechanism is difficult to fully understand the coherence and correlation between various spatial elements. On the other hand, it is difficult to coordinate the demands of diverse groups such as residents, government and developers, which brings difficulties to the actual operation. Therefore, in the process of protection and renewal of historic areas, designers need an efficient analysis and decision support tool which can integrate the complex spatial morphological information of historic areas and clarify their interrelations, while reflecting the demands of diverse groups of people.

The compositional rules of Chinese historic areas can be recognized through the multi-scale hierarchical spatial concepts in the field of typo-morphology. In the previous practice of the protection and renewal of historic areas in China, the small-scale and gradual working method based on micro spatial elements has gradually become an effective means to face the complex problems of historic areas. Both of them confirm from the theoretical and practical levels that the cognition, analysis, protection and renewal of historic areas should start from small-scale spatial elements, properly consider complex information at multi-scale hierarchy and sort out their connections. With the intervention of information technology, the digital-driven analytical method constructs the overall relationship between spatial elements at various scales and levels through the recursion of data information, which provides new method ideas for related research.

This paper takes the protection and renewal of Hehuatang historical and cultural block in Nanjing as the main research object, based on Java language programming, explores the digital construction method of the multi-scale hierarchical structure of historic areas, and creates a design decision support tool based on the mathematical model constructed. In the small-scale and gradual working method, this tool assists designers to deal with complex spatial forms and the demands of diverse groups of people, and complete design decisions. This research contents four items. Firstly, the spatial structure of Chinese historical areas is recognized and analyzed based on the scale and hierarchy framework of typo-morphology. Secondly, a mathematical model that can reflect the multi-level spatial element information of historic areas and can perform morphological analysis is constructed through Java language programming, the process of transforming the spatial morphology into a dataset is completed. Thirdly, visual interaction interface is added to the mathematical model, and a design decision support tool that can modify spatial elements and obtain feedback of real-time analysis results at the urban design level is constructed. Finally, this tool is tried by professional designers based on the actual scene of the protection and renewal design of Hehuatang historical and cultural block in Nanjing, the value and scope of application of the tool in practical work are verified, further optimization and improvement directions are obtained.

**Keywords:** Historic area, Protection and renewal, Typo-morphology, Hierarchical structure, Mathematical model, Design decision support tool

# 目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 选题背景.....	1
1.1.2 选题来源.....	2
1.2 国内外研究现状.....	4
1.2.1 历史地段的形态认知方法.....	4
1.2.2 当前历史地段保护更新中的适应性方法与思路.....	5
1.2.3 量化分析方法在城市形态研究中的应用.....	6
1.3 研究目的与意义.....	7
1.3.1 研究目的.....	7
1.3.2 研究意义.....	7
1.4 研究对象与内容.....	7
1.5 研究方法.....	8
1.6 论文框架.....	9
第二章 历史地段的空間形态认知与保护更新方法.....	10
2.1 历史地段的空間形态认知研究.....	10
2.1.1 早期的城市形态认知方法.....	10
2.1.2 形态类型学中层级结构思维的发展.....	11
2.1.3 克罗普夫的组合层级结构.....	12
2.1.4 中国历史地段的层级结构表述.....	13
2.1.5 层级结构框架的应用意义.....	14
2.2 国内历史地段保护与更新的工作方法.....	15
2.2.1 地产开发模式.....	15
2.2.2 乌镇模式.....	15
2.2.3 小尺度、渐进式的工作模式.....	17
2.2.4 依托数字化方法的工作模式.....	22
2.3 本章小结.....	23
第三章 荷花塘历史文化街区的层级结构解析与数学模型建构.....	24
3.1 荷花塘历史文化街区空間形态元素的认知与分析.....	24
3.1.1 荷花塘历史文化街区的层级结构及其空間元素属性.....	24
3.1.2 单一肌理层级的认知与解析.....	26
3.1.3 地块层级的认知与解析.....	29
3.1.4 建筑层级的认知与解析.....	31
3.1.5 对城市肌理的认知与解析.....	33

3.2 基于层级结构框架的数学模型建构 .....	33
3.2.1 数据读取 .....	34
3.2.2 Java 语言环境中层级结构框架的构建 .....	35
3.2.3 数学模型中的形态解析 .....	38
3.3 针对中国历史地段特性的模型调整 .....	39
3.3.1 并联 .....	39
3.3.2 套叠 .....	41
3.4 本章小结 .....	42
第四章 设计决策辅助工具的搭建与工作流程 .....	43
4.1 设计决策辅助工具的界面构建 .....	43
4.1.1 工具用户界面的布局 .....	43
4.1.2 街区分析总图的三个模式 .....	44
4.1.3 数据显示栏与操作面板 .....	50
4.2 局部空间要素的调整与全局结果反馈 .....	51
4.2.1 单一肌理层级上的调整 .....	51
4.2.2 地块层级上的调整 .....	53
4.2.3 建筑层级上的调整 .....	54
4.3 依托该工具的辅助决策工作流程 .....	55
4.4 本章小结 .....	56
第五章 设计决策辅助工具的应用检验 .....	58
5.1 设计决策辅助工具的应用价值 .....	58
5.1.1 信息整合与地块功能决策 .....	58
5.1.2 道路规划与地块划分的辅助决策 .....	59
5.2 设计决策辅助工具的局限性与不足 .....	61
5.2.1 形态分析的局限性 .....	61
5.2.2 客观评价的局限性 .....	61
5.2.3 技术层面的可改进之处 .....	61
5.3 本章小结 .....	62
第六章 结论 .....	63
6.1 研究总结 .....	63
6.2 研究展望 .....	64
6.3 结语 .....	65
参考文献 .....	66
附录 .....	69

# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 选题背景

#### 1. 历史地段的定义

在快速城镇化背景下，历史地段的保护与更新一直是被持续关注和研究的问题。历史地段是国际上通用的概念，自 20 世纪 60 年代开始，将文化遗产保护的概念逐渐由单体建筑扩大到整个周边环境乃至历史地段已经成为国际社会的一种普遍共识。我国在 2018 年颁布的《历史文化名城保护规划标准》中对其定义为：能够真实地反映一定历史时期传统风貌和民族、地方特色的地区。历史地段可以是文物古迹比较集中连片的地段，也可以是较完整体现出历史风貌的区域，可以有文物保护单位，既包括城镇中的街区，也可指代其他建筑群、古镇、古村等<sup>[1]</sup>。历史地段能够反应当地某一历史时期内的传统风貌，同时蕴含了丰富的民族与地方特色文化，是城镇历史记忆的物质载体<sup>[2]</sup>（图 1-1）。



图 1-1：我国的部分历史地段  
图片来源：作者自摄

#### 2. 历史地段保护与更新工作中的问题

我国历史地段的形成往往经过了长期的积淀，因此年代久远，空间特征复杂，与现代城市空间的肌理和尺度差异较大。在城镇化进程中新建建筑与传统建筑风格对立、历史街区路网混乱交通闭塞、居住拥挤条件简陋、私搭乱建严重、历史文脉格局遭到破坏等一系列问题逐渐凸显，为此关于历史地段保护与更新方法的探讨也不断涌现。当前的历史地段保护与更新设计方法在城市设计层面的讨论主要集中在以下几个方面：

一方面是分级分段保护机制造成历史地段整体性的割裂。我国当前的各类建筑遗产保护规划可分为两个系列，一是历史文化名城系列，二是文物保护单位系列，二者受不同主管单位的影响，依据的法规亦有区别（表 1-1）<sup>[2]</sup>。这也就造成了历史地段的保护更新在规划层级与建筑设计层级上是分离的，对单一历史建筑的保护与更新往往不会顾及到历史地段的其他



元素，甚至采用“留下保护的、拆掉没价值的、搬走原有居民”这种简单粗暴的改造更新方式，造成历史地段原有风貌和肌理逐渐消亡。面对历史地段空间特征复杂，在多个层面上存在大量关联信息的特点，需要基于详实的历史资料与调研信息以整体的视角看待历史地段，整合街巷、地块、建筑等空间要素<sup>[3]</sup>。

表 1-1 建筑遗产保护规划的两大系列对照表（表格来源：参考文献[2]）

	名城系列保护规划			文物系列保护规划	
法律依据	《城乡规划法》 《文物保护法》 《历史文化名城名镇名村保护条例》			《文物保护法》 《城乡规划法》 《文物保护法实施条例》	
主管部门	规划主管部门（会同文物主管部门）			文物主管部门（会同相关部门）	
规划对象	历史文化名城	历史文化名镇、名村	历史文化街区	全国重点文物保护单位	大遗址
技术规范	《历史文化名城保护规划标准》（2018）	《历史文化名城名镇名村保护规划编制要求（试行）》（2012）	《历史文化名城保护规划标准》（2018）	《全国重点文物保护单位保护规划编制要求》（2005）	《大遗址保护规划规范》（2015）
资质类型	城乡规划			文物保护单位	

另一方面是难以协调历史地段更新过程中多元人群的意愿。中国历史地段的形成经历过长期的积淀，且缺乏成体系的管理与规划，因此其中的土地与房屋产权关系和实际使用情况极其复杂。在这一背景下，任何更新建设都会牵扯到政府、开发商、设计者、产权人等多类人群的不同诉求。政府在有限的预算下对城市面貌的革新提出要求，开发商追求经济效益与施工便捷，设计者希望展现设计理念，多个产权人则会对房屋征用补偿等问题提出不同的要求。尊重各方利益与诉求的更新方式逐渐由政府统一征收拆迁变为多元社会主体共同参与改造。以人为本的城市更新更强调保护居民的生活方式，讲求公众参与，设计方案则需要平衡多方的需求与利益。以上需求多汇集到政策部门并最终汇集到设计师手中，使设计师需要有力的工具来综合各方的需求，并在支持分析与设计的同时对既有工作进行记录、存储与复用。

基于以上两个层面的问题，在历史地段的保护与更新设计中，设计师急需一个能够整合历史地段复杂的空间形态信息并明确其相互关系，同时应对多人群需求的高效分析与辅助决策工具。选题正是基于这一目标，开展相关的方法研究。

### 1.1.2 选题来源

选题以南京荷花塘历史文化街区的保护与更新为研究对象。荷花塘历史文化街区位于南京老城南部，占地面积 12.57 公顷。北侧和东侧临近两条城市主干道集庆路和中山南路，南侧紧邻明城墙，西临鸣羊街，与愚园隔街相望。周围历史文化资源丰富，交通便捷（图 1-2）。



图 1-2: 荷花塘历史文化街区的区位  
图片来源: 作者自绘

荷花塘历史文化街区的历史可追溯到六朝时期。明朝时城南片区格局奠定，荷花塘地区集中了大量民居，居民主要为上层贵族；清代云锦产业发达，大量乡绅士族在此聚居；民国时期社会多阶层混居于此；建国后，荷花塘历史文化街区始终没有成体系的更新，逐渐走向衰败，成为社会底层人群集聚区。荷花塘历史文化街区是南京老城内现存的明清传统住区中历史格局最清晰、传统风貌最完整、历史遗存最丰富的地区之一<sup>[4]</sup>。街区内存有大量不同时期的历史文化遗产，现有省级文保单位 1 处，区级文保单位 3 处，历史建筑 9 处，不可移动文物 9 处，还有大量的古井、古树等。(图 1-3) 空间格局上荷花塘历史文化街区的历史街巷延续明代以来的布局，在旧有的街巷体系上有所发展，建筑肌理基本维持原状(图 1-4)。

1949 年以来，由于缺乏具体的规划与保护措施，荷花塘历史文化街区的私搭乱建现象日益严重，旧有的空间格局开始遭到破坏；历史建筑得不到成体系的保护，建筑的房屋状况每况愈下；狭窄的道路使得交通日益拥挤，且缺乏公共活动空间；供水供电等配套基础设施薄弱，空间环境衰败；最大的问题则是街区内房屋大多年代久远，因历史问题造成其产权归属错综复杂，使得保护与更新工作困难重重<sup>[5]</sup>。

荷花塘历史文化街区是中国城镇居住型历史地段保护与更新的一个典型研究范例。街区



筑—地块—街道”这一基本层级体系。意大利学者穆拉托瑞于 20 世纪 50 年代后开启了建筑类型学研究。类型学派的卡尼吉亚与马菲对层级结构进行了改进，提出了“单一肌理”这一概念<sup>[8]</sup>，进一步明确了街道与地块的连接关系。克罗普夫对康泽恩与卡尼吉亚的理论进行了补充和总结，提出了“城市肌理—单一肌理—地块序列与街道—地块—建筑与场地”这一较为完善的层级结构<sup>[9-11]</sup>，囊括了城市街区中的各要素。

许多国内学者对已经引进的城市形态学方法进行本土化改进并应用于国内城市空间形态的研究中。同济大学的盛晔<sup>[12]</sup>以苏州怡园历史街区更新设计为例，探讨了类型学在历史街区更新设计中从获取原形到基于类型还原设计的具体过程，梳理出类型学应用于实际设计的几种基本方法。华南理工大学姚圣<sup>[13]</sup>以形态学视角对比了中国广州与英国伯明翰的历史街区，对历史街区形态中的各个要素进行了比较分析，得到了不同的更新发展方向。清华同衡规划设计研究院的刘康宁、薛扬<sup>[14]</sup>则基于康泽恩的形态分析方法，构建了用于分析“城市平面格局”的理论框架，并在泉州市舶司城市更新策略研究中进行了实践应用。东南大学的宋亚程<sup>[15]</sup>进行了相关理论的本土化改进研究，以南京多个街区为例，基于层级结构理论探索了适合中国本土城市街区的形态表述方法，针对中国城市的形态特征对层级结构理论进行了改进。

以上研究均表明，随着城市形态分析研究的不断发展，基于“部分 - 整体”关系的尺度层级概念不断完善并被普遍运用于对历史地段形态的分析研究中。系统地看待历史地段并以多尺度层级的空间概念认知其构成规则已成为历史地段形态分析工作中的一个普遍共识。由于层级结构提供了一个清晰的形态描述框架，可将复杂的空间形态信息进行归类整理并确定空间要素之间的联系，因此非常适合应对中国历史地段复杂的形态分析工作。

### 1.2.2 当前历史地段保护更新中的适应性方法与思路

为应对历史地段在城市发展过程中出现的若干问题，许多研究者积极探索了采用多尺度连续性的视角并适应多元人群参与模式的保护更新方法。

同济大学的陈泳教授团队在苏纶场近代产业街区再生项目中<sup>[16-18]</sup>，从多尺度的城市设计视角去考虑设计的生成，形成了从总体骨架到重点片区到街区建筑的层次结构，使节点古建筑与周围的环境更新形成整体，并恢复了整个场所中的居民活动记忆。东南大学的韩冬青、董亦楠等，在南京小西湖历史街区的保护与更新过程中采取了“小尺度、渐进式”的保护再生方式<sup>[3, 19-21]</sup>，应对历史地段细密交错的产权关系以及众多产权人诉求不同带来的整体物质空间形态及其保护再生工作的复杂性，以增强城市设计的过程性和参与性。东南大学王建国院士团队在宜兴蜀山古南街历史文化街区的改造中<sup>[22]</sup>贯彻原真性、完整性和适应性活态利用相结合的原则，在改造过程中一方面延续历史地段既有的整体文化脉络，同时通过示范工程、样板展示等方式让居民了解保护与改造细节，增强居民参与意识，调动居民自主更新的意愿。

以上研究和设计实践证明了当前的历史地段保护更新已经在以多尺度层级连贯性的视角看待空间形态，并在更新过程中融合了多元人群的参与。但这一工作模式在收集各方意见进行信息整合并支撑相应设计策略的过程中产生了巨大的工作量，高效的分析方法与工作平台

呼之欲出。

### 1.2.3 量化分析方法在城市形态研究中的应用

上世纪 80 年代开始,已有学者在城市形态的研究中引入量化分析方法。其中最具代表性的有 20 世纪 80 年代希列尔的空间句法理论<sup>[23]</sup>以及庞特等人的 Spacematrix 分析方法<sup>[24]</sup>等。这些分析方法展现了在城市形态分析中引入定量分析的可能。但受限于技术条件,这些形态分析更多的关注于单一城市形态要素<sup>[25]</sup>。例如空间句法是对城市街道网络相互关系的分析方法,Spacematrix 则是对建筑形态与开发强度进行量化归类的手段。

随着信息技术的介入,目前,国内外学者在城市形态研究领域逐渐应用数字化方法探讨更加复杂的问题。从应用方法的角度主要分为两类:一类是基于已有的数字化软件工具进行分析研究与插件开发,另一类是基于自主编程进行新方法的探索。

SPSS、Fragstats、ArcGIS 等数字化软件工具为相关研究提供了极大的便利。天津大学的王晨利用 Fragstats 以及 SkyHelios 等景观分析软件计算了天津西沽南地区多项城市肌理特征的量化值,并运用 SPSS 分析了这些量化值与大众感受调查结果之间的关系,从而提出对应的控制与优化策略<sup>[26]</sup>。麻省理工大学的 Ratti 与剑桥大学的 Richens 利用图像处理软件 NIH Image 建立了能够模拟城市肌理要素的数学模型,并使其算法能够在数据分析平台 Matlab 中运行<sup>[27]</sup>。东南大学的葛天阳等通过 ArcGIS 平台与 AHP 方法的应用,对南京湖熟古镇内的建筑进行了多级的综合评价,提高了工作效率与计算精度<sup>[28]</sup>。麻省理工大学城市形态实验室提出的一种基于 ArcGIS 平台的街道可达性与建筑要素叠合的分析方法 UNA,能够将网络分析得到的各项指标与建筑内部属性进行叠加<sup>[29]</sup>。香港大学与代尔夫特大学合作的 Form Syntax 分析方法<sup>[30]</sup>则更加全面,将空间句法、Spacematrix 与 MXI 等三种分析方法整合分析并给出相应的 ArcGIS 插件,其分析结果充分显示了城市中以居民活动强度为代表的空间活力。

自主编程的分析方法相对于 ArcGIS 等已有软件工具则有更高的自由度,可针对特殊问题进行数字化表述并加以分析和应用。ETH 的 Benjamin 等人探索了基于特定属性的地块信息检索系统:Space Index<sup>[31]</sup>,可供使用者从大量城市地块中检索出与目标量化指标相近的结果,简化了城市设计中的案例研究过程。Moosavi 等人通过预训练的 Auto-Encoder 神经网络自动学习了大量案例的城市形态结构并将其用向量表示,分析了全球城市形态的主要模式特征<sup>[32]</sup>。东南大学蔡陈翼<sup>[33]</sup>基于深度学习开发了适应神经网络的特征映射编码方法,以高效解析与匹配城市的空间形态特征。东南大学张柏洲<sup>[34]</sup>根据大数据特征提取进行了城市环境中建筑形态的聚类检索,并以分析结果支持设计决策。

以上方法均体现了量化分析方法对于城市形态研究的重大意义,充分展示了数字化技术在相关研究领域的可行性。数字方法的介入使得解决城市形态研究领域更加复杂的问题成为可能。基于 ArcGIS 等已有软件的数字方法实现了数据的联动和整合,自主编程的方法则有着更高的自由度,可根据实际使用场景开发面向实际使用需求的算法模型,提供实际的方法工具以串联实际更新设计中的大量数据,使得相关领域的方法研究有了进一步提升的空间。

综上所述，基于“部分 - 整体”关系的尺度层级概念为历史地段的形态要素提供了清晰的描述框架，各尺度层级空间元素间的关系非常适合通过编码方式予以复现。本研究将以层级结构为程序转译框架，基于自主编程方法开发历史地段保护与更新过程中的决策支持工具，能够使设计师基于空间形态与多元人群需求对历史地段的复杂信息进行快速整合与分析，并对下一步的设计进行决策。

## 1.3 研究目的与意义

### 1.3.1 研究目的

本研究拟提出一种历史地段多尺度层级结构的数字化建构方法并进行解析应用。具体目标分为以下几点：

1. 基于形态类型学梳理中国历史地段的多尺度层级结构，并用数字方法进行记录与转译，以形成一个能整合联动历史地段多层次信息的数字化模型。
2. 探索在历史地段保护与更新过程中能够整合空间结构与多方意愿信息，提供即时分析结果以辅助设计师进行设计决策的数字化工具的建构方法。
3. 以南京荷花塘历史文化街区的保护与更新为例，将设计辅助决策工具进行应用尝试，以期增进历史地段保护与更新工作的科学性，并提高工作效率。

### 1.3.2 研究意义

#### 1. 理论价值

在理论层面上，本研究将形态类型学运用于中国历史地段的空间形态分析中，并支持数字化模型的建构。以清晰的数字化描述框架尝试对历史地段空间结构进行梳理，以更加准确的方式整合与传递历史地段中的复杂信息。

#### 2. 实践价值

本研究通过自主编程搭建的设计决策辅助工具，将以往历史地段保护与更新工作中繁琐的调研、统计、分析工作整合于同一个数字可视化平台上。推进了历史地段保护与更新工作方法层面的发展，提高了工作效率。同时有助于提升历史地段保护更新工作的公平性、合理性与公众参与性，使其真正成为公众参与和广泛支持的工作。

## 1.4 研究对象与内容

研究以南京荷花塘历史文化街区为对象，探索历史地段多尺度层级结构的数字化建构方法并进行解析应用。由于历史地段的保护与更新牵扯到大量复杂信息，本文仅重点探究两方面内容。一方面关注南京荷花塘历史文化街区的空间形态分析问题，以形态类型学相关理论梳理其多尺度层级的空间组织方式，并形成对应的数学模型。另一方面关注街区的保护与更新过程中多目标人群的意愿，搭建一个设计师能综合各方需求进行空间要素调整并获得即时

空间形态分析反馈的辅助决策平台。

具体包括以下几个阶段的内容：

1) 运用形态类型学方法梳理南京荷花塘历史文化街区的空间结构：阅读并研究城市形态学相关文献，理清既有的历史地段空间形态的层级结构理论。完善荷花塘历史文化街区的信息搜集，整合相关信息，并以形态类型学方法为基础梳理其对应的多尺度层级空间结构。

2) 探索历史地段多尺度层级空间结构的数字化转译与解析方法：通过 Java 自主编程，读取南京荷花塘历史文化街区的地理信息，在程序平台内以多尺度层级空间结构为数据结构框架建构可整合联动空间形态信息的历史地段表述模型。同时明确历史地段多尺度层级上空间元素的形态分析方法并转译为可通过计算机快速计算的几何算法，加入数学模型中以获得对应的形态解析结果。

3) 搭建历史地段保护与更新过程中设计师使用的设计决策辅助工具：为历史地段数字化模型添加可视化的互动界面，使其形成一个数字化设计决策辅助工具。该工具一方面能够直观的展现历史地段的形态组织方式及其解析结果，为后续的深化设计提供形态分析层面的依据。另一方面设计师可综合多人群意愿在该工具的界面中进行道路规划与地块划分等层面的空间调整，并获得即时更新的分析与评价结果反馈，使设计决策最大可能满足各方需求。

4) 设计决策辅助工具的应用与反馈：以南京荷花塘历史文化街区的保护与更新为应用场景，收集居民的更新改造意愿，选取多位设计师基于多人群诉求在工具界面内进行实际操作，以确定该工具在历史地段更新设计工作中的有效性，并找到其改进方向。

## 1.5 研究方法

本论文的主要研究方法有：理论研究与信息梳理、空间形态的数字化转译与解析方法、可视化平台的程序搭建方法、应用与反馈。

1) 理论研究与信息梳理：通过对国内外专著、期刊、硕博士论文的阅读，深入了解形态类型学中层级结构的相关理论及研究现状。在已有研究成果基础上进行总结、对比、分析，为论文的研究提供相应的理论基础。通过实地调研明确研究对象的形态特征与问题所在，并为研究提供所需要的相关数据。

2) 空间形态的数字化转译与解析方法：利用前序研究中整理得到的相关数据，建立模型的数据基础。探索程序读取街区空间形态信息的方法，将其转译为联动的数据信息。探索形态分析方法内在的数学原理，将分析方法转译为程序算法模型。

3) 可视化平台的程序搭建方法：通过以 Java 语言编写的图形绘制工具包及其他互动操作方法为既有数学模型添加可视化互动界面，同时为形态分析方法对应的程序算法添加循环算法，使数学模型具备修改反馈功能。

4) 应用与反馈：以南京荷花塘历史街区的保护与更新工作为背景，选取有相关工作经验的设计师基于多类人群需求对设计决策辅助工具进行模拟应用实验，并对其作用进行评价，

以验证模型应用于实际工作的有效性。

## 1.6 论文框架

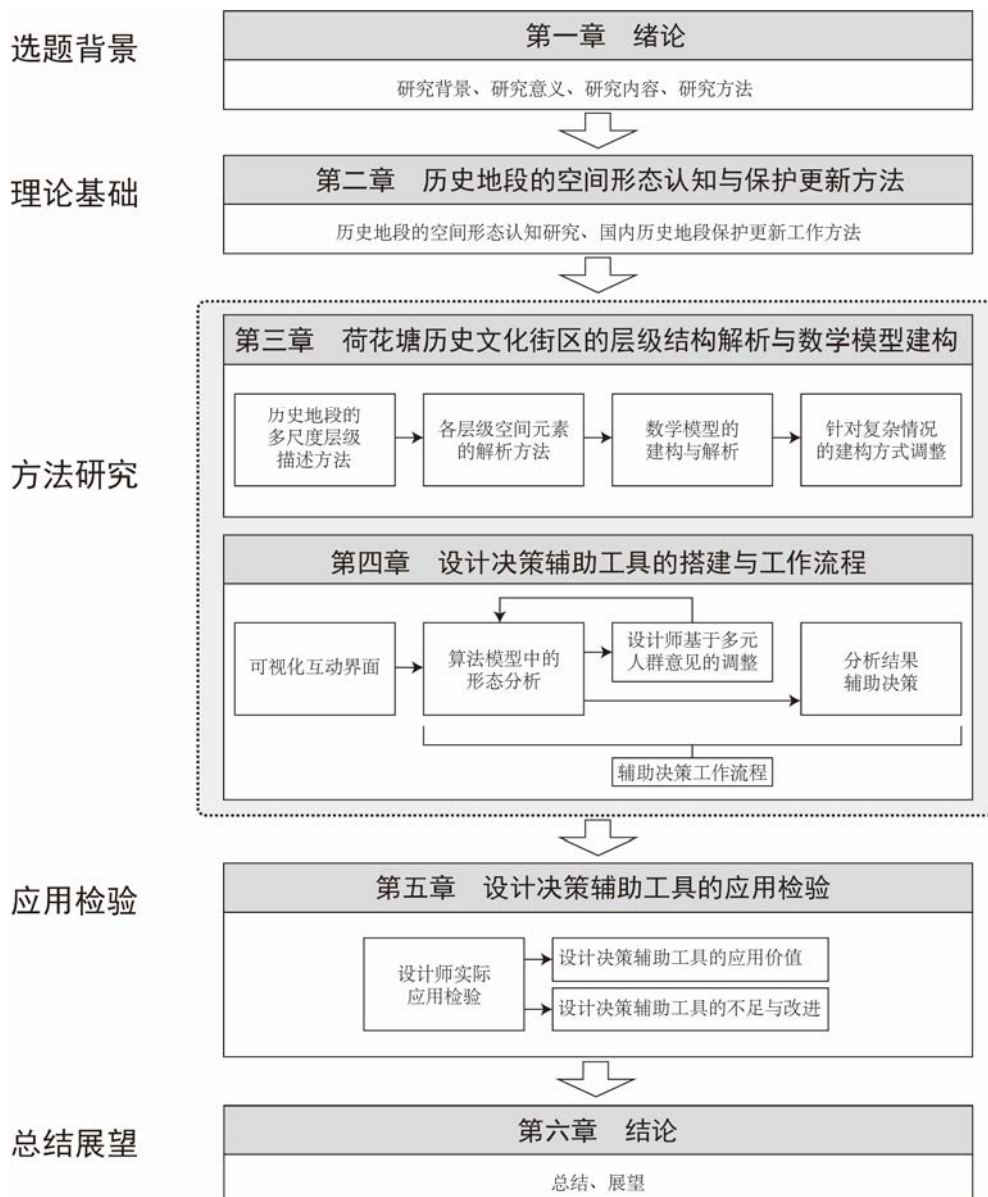


图 1-5: 论文框架

图片来源: 作者自绘



## 第二章 历史地段的空间形态认知与保护更新方法

### 2.1 历史地段的空间形态认知研究

城市设计的实践总是从形态的描述开始<sup>[35]</sup>，历史地段的空间形态解析同样建立在对于历史地段空间物质形态的认知上。自城市出现以来，城市的形态演变就与城市本身是并行的，但很长一段时间里，城市一直处于一种“野蛮生长”的状态，直到 100 多年前，各领域学者才开始系统性的研究城市的形态及其演变<sup>[36]</sup>。城市是一个有机发展的整体，对于城市形态的研究一方面有助于了解城市“动态的变化”，理清城市在发展过程中的空间结构以及各空间要素之间的联系。另一方面，把握城市形态的发展脉络有助于尽量减少城市设计工作中的失调，使城市沿着社会、经济、政治良性的脉络发展，寻求更合理的形态。

改革开放以来的 40 年里，中国的城市形态发生了快速的演变。面对城市的快速扩张与建筑形态趋同，如何保留城市的地域特征，留住传统生活空间以及隐藏在其中的生活方式和集体记忆成为了学界探讨的焦点。把握城市历史地段的空间形态特征，进而把握其空间结构的发展脉络和构成规律也就成为了研究的重点。在西方学术领域，关于城市物质形态的研究已经非常丰富，并涉及建筑史、城市规划、地理学等诸多学科。经过多年的发展，形成了城市形态学与建筑类型学两大学派相互印证的一套完整的形态类型学体系<sup>[37]</sup>。建筑类型学探讨的是建筑实体与空间形式的规律性，城市形态学则重点关注城市中共时的空间关系<sup>[38]</sup>。本节将回顾形态类型学中关于城市空间形态认知的方法演进，并以此为基础尝试对中国历史地段的普遍空间结构进行认知与解析。

#### 2.1.1 早期的城市形态认知方法

在 19 世纪以前，建筑学者更多以城镇平面图作为城市形态的研究主题。1832 年，A. Q. 昆西提出研究平面图对于理解城市历史十分有效<sup>[39]</sup>。从城市的平面图中能够识别城市的空间结构，同时历史平面图跟踪反应了城市几百年来形态发展变化。J. 弗里茨则在城镇平面图的研究中更进一步。他通过编译“平面图集”，按照平面图类型将城镇布局分成“规则”布局和“不规则”布局两类，并解释了城市平面图与城市是自发生长还是有规划的布局之间的关系。使人们进一步认识到城市平面图作为城市形态研究第一手资料的重要价值。

从 19 世纪末开始，德国地理学科中开始出现城市形态分析的概念<sup>[40,41]</sup>。直至二战前，德国的城市地理学研究始终处于主导地位。哈雷大学的德国地理学家奥托·施吕特是这一阶段的代表人物，提出了人文地理学这门新的科学。施吕特及其学生进一步调查了不同类型的建筑及城镇本身的形态，在形态学方面进行了广泛的比较研究，对德国城镇的场地、城镇平面和建筑类型进行了更全面的分类。

以上研究开创了最早的城市形态认知模式，在这一阶段平面图成为认知城市形态的主要媒介和工具。但平面图能够传达的信息较为扁平化，因此在这一阶段仍未能形成较为完整的



区域 (Districts)
肌理 (Tissues)
地块序列 (Plots Series) 与街道 (Streets)
地块 (Plots)
建筑 (Buildings)

图 2-3: 卡尼吉亚的层级结构  
图片来源: 作者改绘



图 2-4: “单一肌理”示意  
图片来源: 作者自绘

### 2.1.3 克罗普夫的组合层级结构

历史地理学派和建筑类型学派均以层级结构的视角对历史地段进行了形态认知，限定了层级划分，定义了层级结构中一系列要素的基本连接关系。但其层级结构体系仍有空白，没有定义两个层级之间的剩余空间，比如地块除了包含建筑还应该有空余的空间。

英国学者克罗普夫整合了以上研究者的研究视角，比较分析了康泽恩和卡尼吉亚的表述方法，在卡尼吉亚的基础上提出了更全面的层级结构体系。克罗普夫的层级结构体系从宏观到微观分为：城市肌理—单一肌理—地块序列和街道空间—地块—建筑与场地—房间—结构—材料<sup>[9,11]</sup>（图 2-5），使各要素之间的关系更加清晰。其层级结构定义了各层级上的“空余空间”，例如地块不仅包含建筑，还有空余的场地。单一肌理不仅包含地块序列，还有道路、广场等开敞空间。克罗普夫的层级结构不仅在纵向上表述了各层级空间元素包含与被包含的基本连接关系，同时在横向上定义了同一层级中空间元素的虚实并列关系，使层级结构体系更加完整，对城市形态有了更准确的描述。

城市肌理 (Urban tissue)		
单一肌理 (Simple tissues)		
地块序列 (Plots series)		街道空间 (Street spaces)
地块 (Plots)		
建筑 (Buildings)	场地 (Areas)	
房间 (Rooms)		
结构 (Structures)		
材料 (Materials)		

图 2-5: 克罗普夫的组合层级结构  
图片来源: 作者改绘

## 2.1.4 中国历史地段的层级结构表述

形态类型学的尺度层级结构提供了清晰的城市形态认知框架，而这一视角亦可用于中国历史地段的形态认知中。研究选取了江苏省南京市高淳老街、浙江省嘉兴市的乌镇、江苏省宜兴市蜀山古南街等多个中国江南地区典型的居住型历史地段，以形态类型学的视角对其空间格局进行解析，探寻这些居住型历史地段的尺度层级特征。

中国居住型历史地段的道路网往往由街区中的一至两条主街以及多条支路构成，如果场地内存在河道水系，则主街往往与河道呈平行关系，在研究所选取的三个历史地段中都有类似的特征（图 2-6）。街道的下一层级为与其相邻的地块序列，即在街道两侧呈“鱼骨状”并排排列的独立地块。地块多呈矩形，大多以短边与道路相邻，作为地块的出入方向（图 2-7）。地块可被看做是一个相对独立的形态单元，在下一层级上由建筑与空余空间组成。建筑实体与空余空间对于地块有不同的占用模式，地块内的建筑布局因此呈现出多种类型特征（图 2-8）。这种类型特征源于地域历史文化的差异，特定街区中的地块建筑布局体现了使用者长期以来的影响。单体建筑则多为 1-2 层，可继续细分出支撑结构与围护结构，再到材料构件的层级。本研究主要关注城市形态与城市设计层面的问题，即单体建筑以上的层级结构。

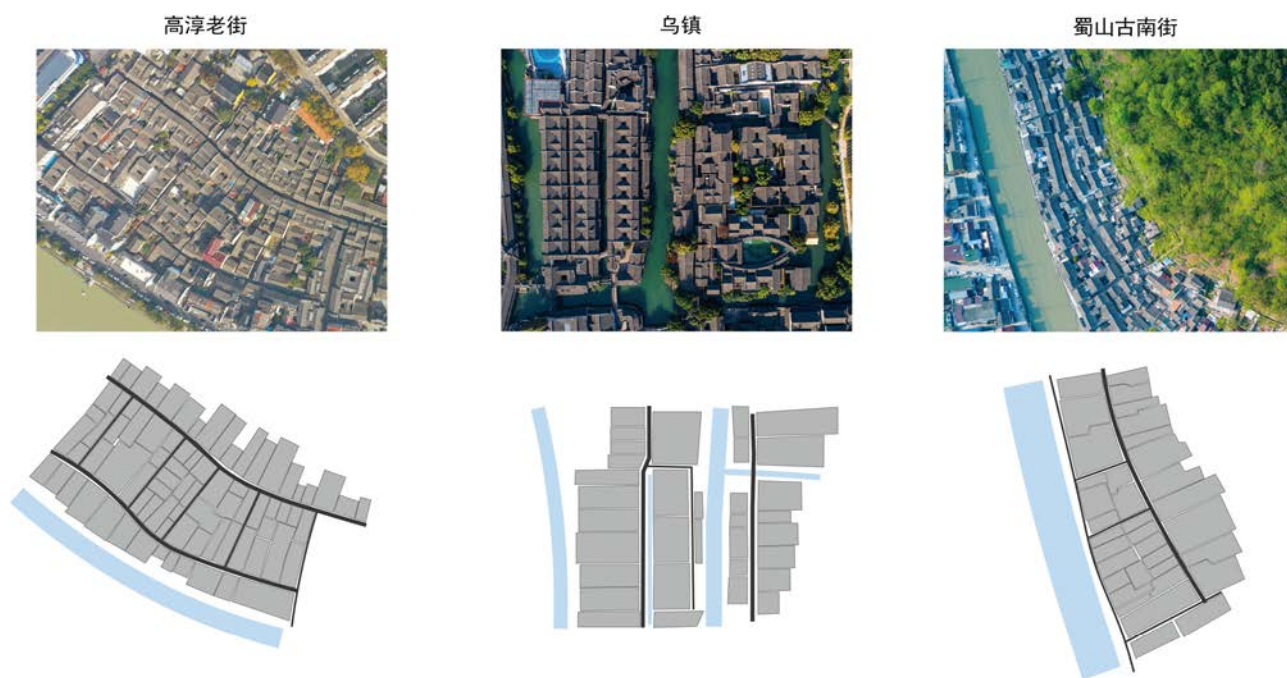


图 2-6：研究选取的三个历史地段的空间肌理（局部）

图片来源：作者自绘

由此可以梳理出中国历史地段从街区整体到细节构件的普遍层级结构框架，即“街区—单一肌理—地块序列与道路—地块—建筑单体与空余空间—支撑结构与围护结构—材料构件”（图 2-9）。其中“肌理—地块—建筑”作为最重要的三个层级，与历史地段的保护与更新工作关系最为密切。这一层级结构可用于对大多数中国居住型历史地段的形态认知，证明了西

方形态类型学的层级结构理论具备应用于中国历史地段研究中的可能性。

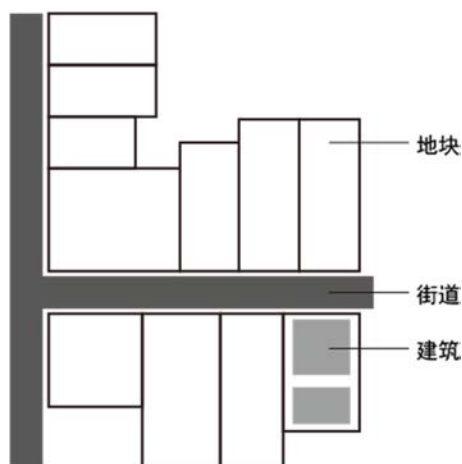


图 2-7：街道—地块—建筑关系  
图片来源：作者自绘

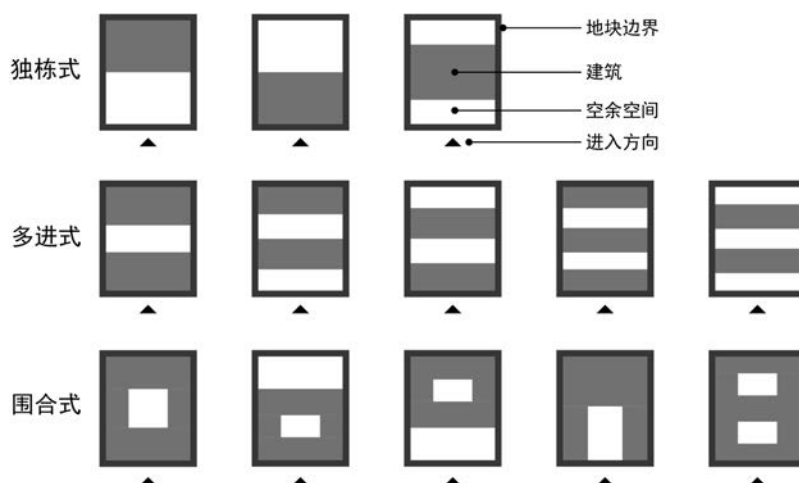


图 2-8：地块内建筑布局的多种类型特征  
图片来源：作者自绘

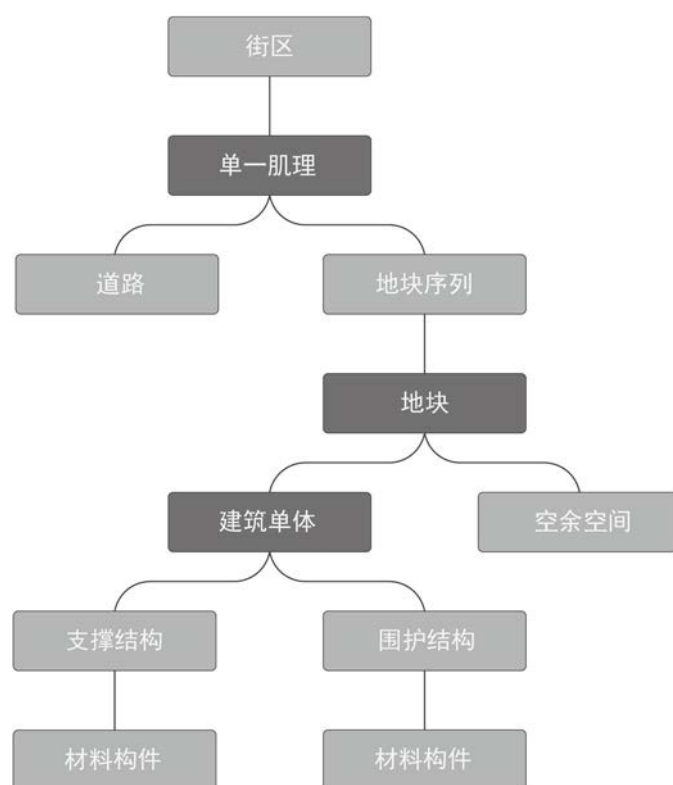


图 2-9：中国历史地段普遍的层级结构框架  
图片来源：作者自绘

### 2.1.5 层级结构框架的应用意义

通过对城市形态学发展脉络的简要梳理，可以发现，人们对城市形态的认知是一个逐渐从平面化单一化走向系统化体系化的过程。在这一过程中，不同学派的研究者不约而同的选

择了基于“部分 - 整体”关系的尺度层级视角，并将尺度层级的框架体系不断完善。尺度层级框架将城市中大量而复杂的空间元素整合看待，并梳理了它们之间的连接关系。系统地看待城市空间并以多尺度层级的空间概念认知其构成规则已成为城市形态分析工作中的一个普遍共识。基于尺度层级的形态认知方法同样适用于对中国历史地段的形态分析研究。尺度层级框架较好的契合了中国居住型历史地段的空间结构，能够应对中国历史地段的空间在多个层面上存在大量相互关联信息的特点，为历史地段中多要素的整合提供了有效的框架和思路。

## 2.2 国内历史地段保护与更新的工作方法

中国的城市经历了数千年的发展，孕育出了大量独特的城市风貌和传统文化，城市的历史地段正是这些风貌与文化的重要载体。历史地段以其独特性、不可再生性和不可复制性，成为一座城市发展历程的见证，甚至成为一座城市的象征<sup>[45]</sup>。建国以来，对历史地段的保护逐渐被重视，相关法规也在逐渐完善。1982年我国公布了第一批国家历史文化名城，至今已公布了7批国家历史文化名城名镇名村<sup>[46]</sup>，越来越多的历史地段被纳入保护范围，并开始进行保护与更新工作。

在历史地段的保护与更新工作日益受到我国政府和社会各界关注的同时，相关学者也在逐渐探索更有效的保护与更新方法。笔者梳理了近年来历史地段保护与更新的工作方法，以期寻找当前工作的思路导向和尚存不足，为本研究拟提出的设计决策辅助工具寻找切入视角与应用模式。

### 2.2.1 地产开发模式

早在1961年，我国就公布了第一批全国重点文物保护单位，对城市历史文化遗迹的保护受到严格的法规限定。而直到以1986年国务院公布第二批历史文化名城且要求划定历史文化保护区为起点，国内才开始涌现一系列历史地段保护更新实践。早期的历史地段保护更新工作往往以地产开发为背景，围绕历史文物建筑进行，采取的是“留下历史建筑，拆除无价值建筑，街区整体重建”的工作方式。这种工作方式的核心关注点在于保重点和商业开发，以文物法要求保留的重点历史建筑为节点，在其周围重建大量仿古建筑形成商业街区，并通过住宅开发来支撑文物保护、带动商业旅游发展。

但这一方法在实际操作中对于历史地段的破坏是很大的，拆旧建新的更新方式使历史地段的街区肌理和生产生活方式被完全重置了。由于商业化的需要，很多历史地段在更新建设过程中采用“假古董”式的新建筑取代了原有建筑，建筑风貌被完全重置以迎合商业化运营，造成历史地段除保留下来的文物建筑外其余部分完全消亡。

### 2.2.2 乌镇模式

由于旧有工作方式中的大拆大建对于历史地段破坏过大，相关学者开始探索新的历史地段保护更新方式。在这一阶段的工作模式中，历史地段的更新工作不再进行大规模的拆除重建，保护改善更新与节点重建相结合以及改善基础设施成为本阶段工作模式的特点。即对于

保存较为完好有一定风貌价值的非历史建筑会采取更新改造修缮的方法而非直接拆除重建，对于历史地段原有的街巷肌理也会进行完整保留。在面对部分历史地段空间环境恶劣、基础设施不足等问题时，更新改造工作同样是在原有空间结构框架下进行基础设施的改进与空间环境的微更新，尊重原有的街区风貌。



图 2-10：乌镇沿河街巷格局（局部）

图片来源：<https://www.vcg.com/creative/1175409208>

乌镇的保护与更新是这一阶段工作模式的代表，因此这一模式也被称为“乌镇模式”。乌镇位于浙江省桐乡市，与周庄、南浔等并成为“江南六大古镇”，其内保存着原有晚清和民国时期水乡古镇的风貌和格局（图 2-10）。改造前，乌镇仅有茅盾故居一个孤立的历史文化节点。而从 1999 年开始，乌镇在政府主导下进行了两期改造<sup>[47]</sup>。改造更新的主旨是力求保持江南古镇的“原生态”面貌，同时以适应现代生活和旅游的需求为目标进行综合的环境治理<sup>[48]</sup>。乌镇在更新建设过程中的规划层面延续街区的原有肌理，古镇的街道与院落格局基本维持旧有的状态。同时参照《乌青镇志》等对街区内旧有的重要节点如寿圣塔、昭明书院等进行了复建（图 2-11），以保持历史地段原有的核心场所记忆<sup>[49]</sup>。而在建筑的处理上，增强了对建筑本身文化价值的认知，对每幢建筑进行了详细的历史价值界定并给出相应的更新策略。在更新改造中大量使用了旧有的建筑材料对环境进行装贴，例如路面采用青石板，房屋则采用长条门板与烟熏后的乌黑木料等（图 2-12），以保持古镇原有风貌，对古镇旧有场景进行重塑。



图 2-11：乌镇昭明书院  
图片来源：

<https://www.vcg.com/creative/1367120101>



图 2-12：乌镇道路与建筑风貌  
图片来源：

<https://www.vcg.com/creative/1193086054>

这一阶段的工作模式相比于之前有了很大的进步，对每一幢建筑的更新操作更加谨慎，历史地段原有的肌理和街巷空间的风貌得到尊重。但由于历史地段的更新仍以商业开发与文化旅游为基本目的，思路尚未完全转变，在实际工作中仍是采用搬走居民，房屋改造翻新后重新作为商业功能的方式，历史街区中旧有的生产生活方式已经消亡，也就使历史信息的真实性和完整性不复存在。同时历史地段整体的改造修缮与环境提升需要一次性投入大量的资金，许多地方政府难以承受。这也就使得许多地方的实际操作方式往往是仅选取历史地段内的重点区域或主要街道的沿街建筑进行更新，同样基于这一模式的正定古城区保护更新中这一特征尤为明显。街道两侧临街的建筑得到了修缮与风貌恢复，而深处小巷中的民居仍破旧不堪，缺乏管理（图 2-13, 2-14）。



图 2-13：正定更新后的主街风貌  
图片来源：作者自摄



图 2-14：正定未更新的小巷风貌  
图片来源：作者自摄

### 2.2.3 小尺度、渐进式的工作模式

随着对于历史地段保护与更新目标的认识逐步提升，这项工作不再仅仅是建筑学问题，



更是一个社会学问题。历史地段中除了大量物质文化遗产，亦应该考虑对于历史信息的真实性、完整性和生活延续性的保护。同时历史地段内复杂的产权关系和居民各不相同的诉求使得以“一盘棋”的统一模式进行的更新工作难以开展，给更新保护工作提出了更高的要求。正是在这一背景下，“小尺度、渐进式”的工作模式逐渐形成。其主要内涵是根据历史地段长期演变中形成的层级结构特征，依托产权与形态等要素对历史地段进行进一步的详细划分，并基于细分后的微观单元展开有差异的保护与更新行动<sup>[3,50]</sup>。近年来在这一思路下进行了大量的保护规划实践。

小西湖历史文化街区位于南京老城南，占地面积不足 5 公顷，但其中包含了 200 多个产权地块与 800 多个产权人，空间环境与社会情况均极其复杂<sup>[51]</sup>（图 2-15）。2015 年开始，小西湖设计团队开始对该历史地段进行深入细致的现场调研与居民采访，对历史信息、交通系统、基础设施、建筑改造、风貌要素与功能活化等要素进行了深入研究，并形成了政府、街道和居委会、社区自治组织、开发单位、设计团队协同工作的五方平台（图 2-16）<sup>[52]</sup>。



图 2-15：小西湖历史文化街区全景  
图片来源：参考文献[19]



图 2-16：小西湖更新工作中的五方平台  
图片来源：作者改绘



图 2-17：小西湖更新过程中设计师与居民沟通  
图片来源：参考文献[20]



图 2-18：小西湖街区内的社区管网体系  
图片来源：参考文献[20]

2016年开始,东南大学团队与历保集团合作,以居民意愿摸排的结果为基础,逐步进行“自愿、渐进”的征收搬迁工作。并根据居民的搬迁情况不断调整规划方案,对每户的产权地块进行针对性的更新改造(图2-17)。先期改造完成的住户成为范例,带动了街区内其他住户的更新改造意愿。为改进街区的基础设施,设计团队设计了特有的地下多类型管道体系。这一管道体系能适应街区内狭窄的街巷,亦避免了对街区风貌的破坏(图2-18)。同时这一管道体系可在多个位置揭开盖板进行维修与扩容,避免了多次开挖对周边建筑与居民的干扰<sup>[53]</sup>。

经过数年的逐步更新推进,小西湖历史地段的保护实践已经成为一场多元主体参与、渐进展开的社会行动。历史地段范围内原有的生活方式和场所环境得到最大程度的保留,且更新设计逐步适应并支持了街区空间的自然演进。

蜀山古南街历史文化街区的更新设计工作是这一工作模式的另一个代表。蜀山古南街历史文化街区位于江苏省宜兴市丁蜀镇,形成于宋代以前,是紫砂文化的重要发源地和传承地之一。街区主要为南北走向,呈长条形,东依蜀山,西临蠡河,背山面水(图2-19),整个街区呈现“河绕山转、街随山走、河街并行”的空间格局和“水-房-街-房-山”的典型剖面关系(图2-20),是宜兴现存最为完整的明清古街道<sup>[22]</sup>。

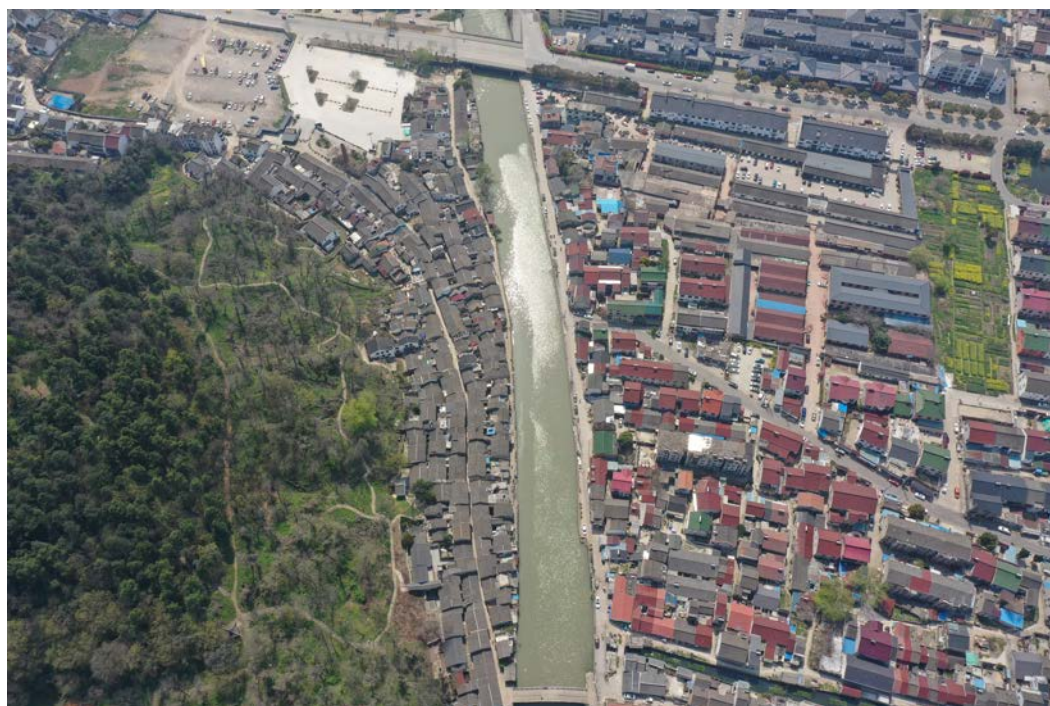


图 2-19: 古南街全貌  
图片来源: 作者自摄

东南大学设计团队对古南街的更新开展了近 20 年的研究。古南街的更新工作同样专注于小尺度,采用针灸式的工作模式,对不同节点采用不同的更新改造策略,逐栋逐户进行意愿摸排与更新。在这一过程中,古南街形成了张家老宅(图2-21)<sup>[54]</sup>、曼生廊与 T 字房(图2-22)<sup>[55]</sup>、水龙宫(图2-23)、练泥池茶室、西街民宿<sup>[56]</sup>等多个改造节点,为整个街区的更新

工作推进提供了范例。

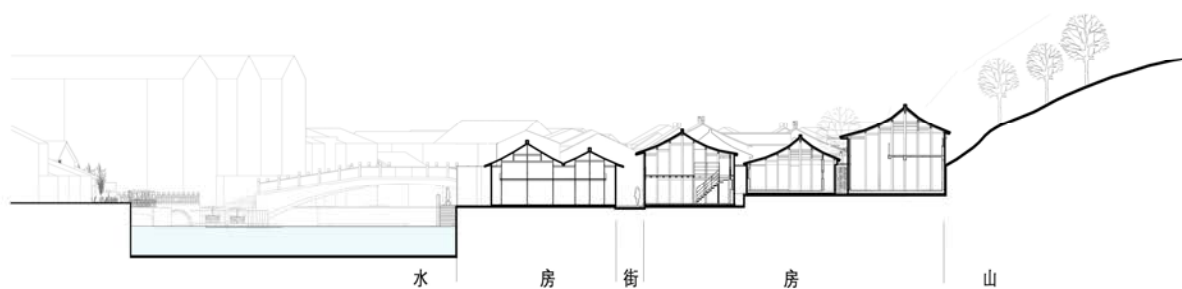


图 2-20：古南街的典型剖面关系  
图片来源：参考文献[22]



图 2-21：张家老宅  
图片来源：参考文献[54]



图 2-22：曼生廊与 T 字房  
图片来源：参考文献[55]



图 2-23：水龙宫  
图片来源：参考文献[56]

同时古南街的更新改造工作更加重视居民的自主性与参与性。相比于其他历史地段改造过程中设计师主导方案的模式，古南街内很多居民的自主设计意识更强，有强烈的参与意识。因此古南街内不少民居往往仅由设计师确定最基本的改造方向与风格特征，选定若干立面构件模板（图 2-24），具体的更新操作则由居民自发完成（图 2-25）。这一方法在统筹街区风貌特征，延续街区肌理的基础上，进一步保留了街区原有的生活模式，激发了街区的内在活力。同时也最大程度上节约了政府资金，提高了工作效率。

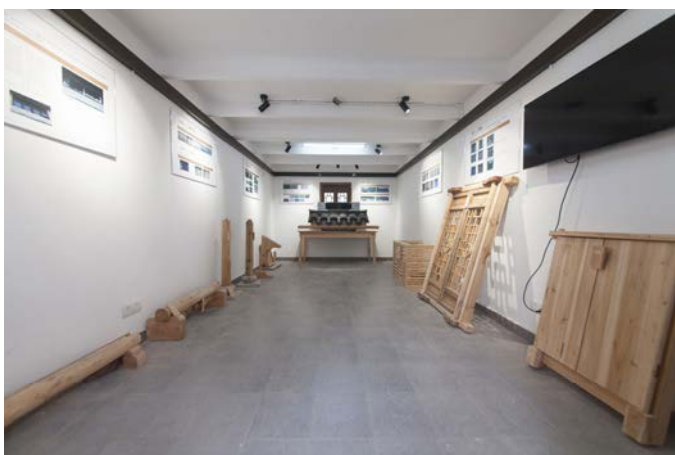


图 2-24：可供居民选择的构件样式  
图片来源：许昊皓摄



图 2-25：古南街居民的自发改造  
图片来源：作者自摄

历史地段的特征各不相同，不可能有四海皆准的保护模式，更不可以简单地采用先控规、后详规、再建筑设计的统一流程<sup>[57]</sup>。而无论是在小西湖还是在古南街，“小尺度、渐进式”的工作方式均证明了其有效性与应用潜力。这一工作模式虽然采用的是小尺度的节点更新，但实际上更关注历史地段的整体性。设计工作在整合历史信息、现状情况以及居民意愿的基础上对每个小尺度节点进行更新，在既有街巷格局的基础上提升整个历史地段的空间活力。同时渐进式的工作方式整合了居民意愿，扩大了工作的参与范围，使更新工作不再是自上而下的整体规划而是自下而上的有机更新，使得历史地段中大量非物质的历史信息与生活方式等得到保留，在生活环境提升的同时最大程度的保留了历史地段的原真性，体现了以人为本的更新设计思路。

但同时“小尺度、渐进式”的工作模式也意味着在设计前有大量繁琐而细碎的前期工作。历史地段内本就存在大量零散的空间信息、复杂的产权关系和多元人群的诉求，该工作模式则在一定程度上放大了这些问题。针对小尺度的更新使设计工作量陡增，任意设计决策的调整都可能影响每个微观单元的形态特征，使设计面临更加复杂的信息整理与反馈工作。因此这一工作模式在实际应用时需要更多的方法与工具辅助，以减少重复工作，提高工作效率，使“小尺度、渐进式”的工作方式更具有可行性和有效性。

## 2.2.4 依托数字化方法的工作模式

王建国院士在《中国城市设计发展和建筑师的专业地位》一文中提到，信息化社会中的第四代城市范型是“数字化城市设计”，是一次以工具方法革命为前提的范型跃升，数据库同样是城市设计的基本成果。这一观点同样适用于历史地段的保护工作<sup>[58]</sup>。

在蜀山古南街历史文化街区的保护过程中，已经有大量数字方法的探索并进行了应用尝试，西街的空间肌理分析与重构是其中的代表案例。西街位于南街西侧，其存在的最大问题是建筑的增改建现象严重，建筑与公共空间的分布不够合理，因此更新改造工作首先要关注其空间肌理的改进与延续。面对这一问题，王笑等基于类型学方法建立了古南街空间层级结构的描述体系，梳理了不同尺度空间形态要素之间的树形连接关系。随后在 CityEngine 平台中构建了对应的建筑生成规则，可基于树形结构的形式语法对路网、地块划分、院落布局、建筑体量以及材料样式等进行基于规则的自动生成（图 2-26, 2-27），取得了较好的效果<sup>[59]</sup>。

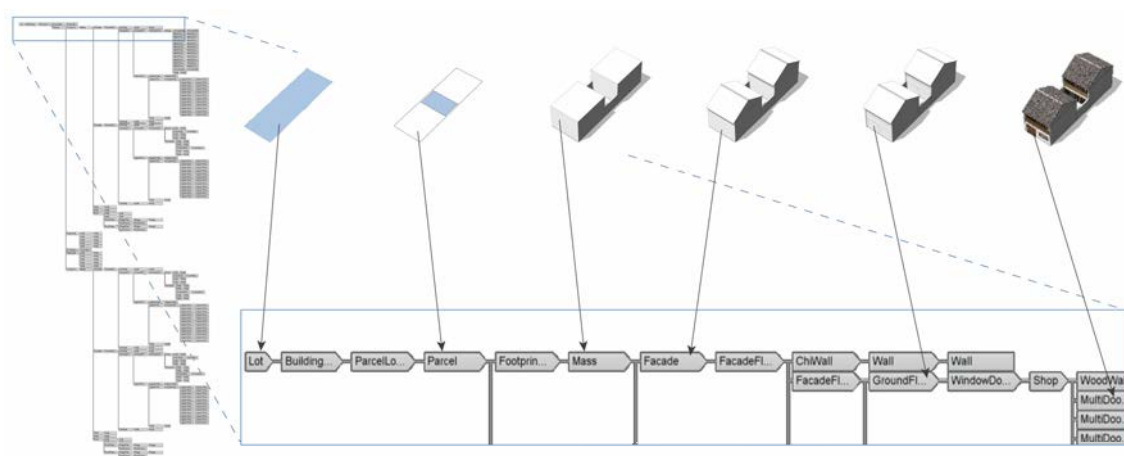


图 2-26：基地中独栋建筑生成步骤及其在树形结构中的位置

图片来源：参考文献[59]



图 2-27：独栋建筑与建筑群生成效果

图片来源：参考文献[59]

针对历史地段的保护更新，一定数量的典型设计模式通过不断积累可形成案例库，相比

于人工方式的检索，借助程序方法进行案例检索具备更高的效率<sup>[60]</sup>。徐怡然等基于古南街已有的多个设计实践，在“整体规划——具体地块——建筑单体——景观小品”的多尺度层级结构上总结出一套设计范式与导则，并提出一种数据库的建构思路与研究方法。在面对“小尺度、渐进式”的工作模式时，能够有效地提升工作效率，辅助设计师针对不同微尺度的地块找到对应的设计方法<sup>[61]</sup>。

以上方法试验只是以“小尺度、渐进式”的工作模式为背景，在历史地段保护更新的过程中寻找有效的数字方法的部分尝试。数字技术的介入建构了历史地段中多尺度层级上零散信息的数学模型，提升了工作效率。同时数字方法给历史地段的更新工作带来的不仅仅是工具的提升，更是方法层面的跃进。在数字技术的推动下，历史地段保护更新工作中的方法流程将得到进一步优化，并逐步形成一套新的方法范式。

## 2.3 本章小结

通过对城市形态认知方法的发展脉络的梳理以及国内历史地段保护更新方法发展的回顾我们可以发现，随着研究者对城市形态认知的逐渐深入，尺度层级结构的认知框架逐渐清晰，将零散的空间元素统合为一个整体。中国历史地段具有鲜明的层级特征，能够通过形态类型学的本土化转译对其进行形态认知。而在历史地段保护与更新的历次实践中，基于微观空间元素的“小尺度、渐进式”的工作方法逐渐成为面对历史地段复杂空间形态的有效手段。两者分别从理论层面与实践层面印证了对于历史地段的认知、解析与保护、更新工作应从细微的空间元素入手，妥善考虑多尺度层级上的复杂信息并梳理其连接关系。特别是面对中国历史地段普遍具有的空间复杂性以及多元人群参与背景下的社会复杂性时，这一思路就显得尤为重要。

同时数字化方法的介入使得历史地段的保护与更新工作在方法层面上得到进一步的递进。数字化方法能够有效整合大量零散细碎的工作，并在多个角度具有进一步拓展的可能。

因此本研究将以城市形态学中的尺度层级结构作为基本认知框架，历史地段“小尺度、渐进式”的更新过程中多元人群的参与作为工作模式背景，提出一种数字化的历史地段建构方法，并将其完善成一个互动式的分析与辅助决策工具。该设计决策辅助工具可反映多类人群的意愿，并可依据设计师对多尺度层级上空间要素的调整给出联动的分析结果，成为“小尺度、渐进式”的工作模式中辅助设计师高效做出更科学设计决策的数字化工具。

### 第三章 荷花塘历史文化街区的层级结构解析与数学模型建构

历史地段的空间形态，是在众多因素的共同推动下经过长时间的演变形成的。这也使得历史地段的空间内包含着大量复杂零散的信息，各空间要素之间具有明确的尺度层级关系。本文的研究对象南京荷花塘历史文化街区（以下简称荷花塘）是南京城内一处典型的历史地段。由于建国以来未进行过整体的规划与更新设计，其街区形态仍是自明代逐渐继承和发展而来。但街区范围内存在大量自发的改扩建，因此空间元素间的关系非常复杂。本章在历史地段的建构方法研究中，首先以多尺度层级的思路梳理了荷花塘空间形态的认知方式，并对各层级上的空间元素进行解析，为后续荷花塘的保护更新提供有效的辅助与参考。在梳理和解析的基础上，通过程序语言搭建起相应的数学模型框架，描述荷花塘复杂的空间信息并梳理其相互关系，为后续工具的建构打下基础。

中国居住型历史地段具有相似的层级结构特征，在空间的拓扑关系上可采用相似的描述框架。因此本章虽以荷花塘为例，但所进行的空间元素数字化转译以及建构的数学模型在面对特征相似的中国居住型历史地段时同样有效。一方面可对历史地段中的空间元素进行转译和表述，反映各类空间元素的复杂信息数据；另一方面，该数学模型能反映多尺度层级结构中各空间元素之间的关联信息，为后续在模型内进行快速的形态分析、形态修改与信息反馈提供可能。

#### 3.1 荷花塘历史文化街区空间形态元素的认知与分析

##### 3.1.1 荷花塘历史文化街区的层级结构及其空间元素属性

荷花塘历史文化街区的空间结构复杂，但空间元素之间仍呈现出形态类型学中所描述的层级关系特征。因此笔者尝试借鉴克罗普夫的组合层级理论，以“城市肌理—单一肌理—地块—建筑与场地”的层级结构认知和标识荷花塘从街区整体到建筑单体的空间组构方式（图3-1），并反映在数学模型中。

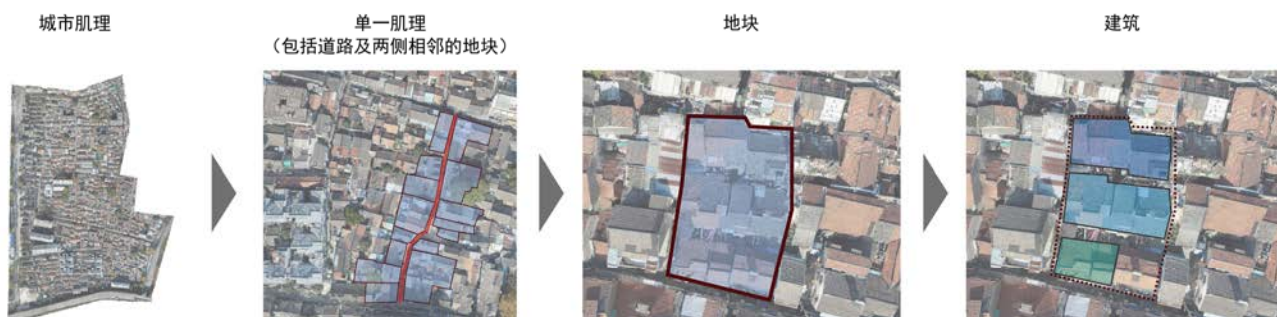


图 3-1：荷花塘历史文化街区的层级结构

图片来源：作者自绘

基于设计工作的实际需要，对层级结构中的空间元素进行了两方面的认知与解析。一方面是空间元素内部的特征，包括其自身的形态特征、产权和历史性等特殊属性以及其包含的下一层级空间元素等，在本研究中统称为该空间元素的内部属性。内部属性有助于历史地段的更新工作中设计决策者对更新对象本身空间特点的把握和认识，同时明确其特殊性质，以提出相应的应对策略。

另一方面是空间元素与外部的连接关系。这种连接关系不仅仅是与同一层级上其他空间元素的连接关系，也有可能是跨层级的，体现了历史地段中空间元素互相之间通达的便捷程度，在本研究中将其统称为该空间元素的外部属性。外部属性反应了历史地段中不同空间元素的公共性，改变外部属性会影响更新设计过程中的功能导向等方面。

同时，对于任意空间元素的内部属性与外部属性，选择合适的方式进行量化表述并转译为数学分析结果，以便在搭建的数学模型中通过算法进行分析和计算。空间元素的内部属性采用建筑学中较常见的一些量化指标进行描述，例如道路的长宽，地块的容积率、建筑占地率，建筑的面积与层数等，这些既有的量化指标可反映空间元素自身的形态特征，并能够通过程序语言转译成几何问题进行快速计算。而对于空间元素的外部属性，则引入空间句法理论。空间句法是一种通过对建筑、街道、城市等人居空间结构进行量化表述，来研究空间组织关系的一种理论<sup>[62]</sup>，提供了多个对城市的空间结构进行量化表述的方法。研究将各层级上的空间元素抽象成空间中的节点，并计算其基于空间句法理论的多个量化分析值，对其公共性，可达性进行量化描述。

图 3-2 展示了本研究用于认知荷花塘的层级结构框架及各层级上的空间元素属性，各量化分析值及具体计算方法将在本节中做详细的介绍。

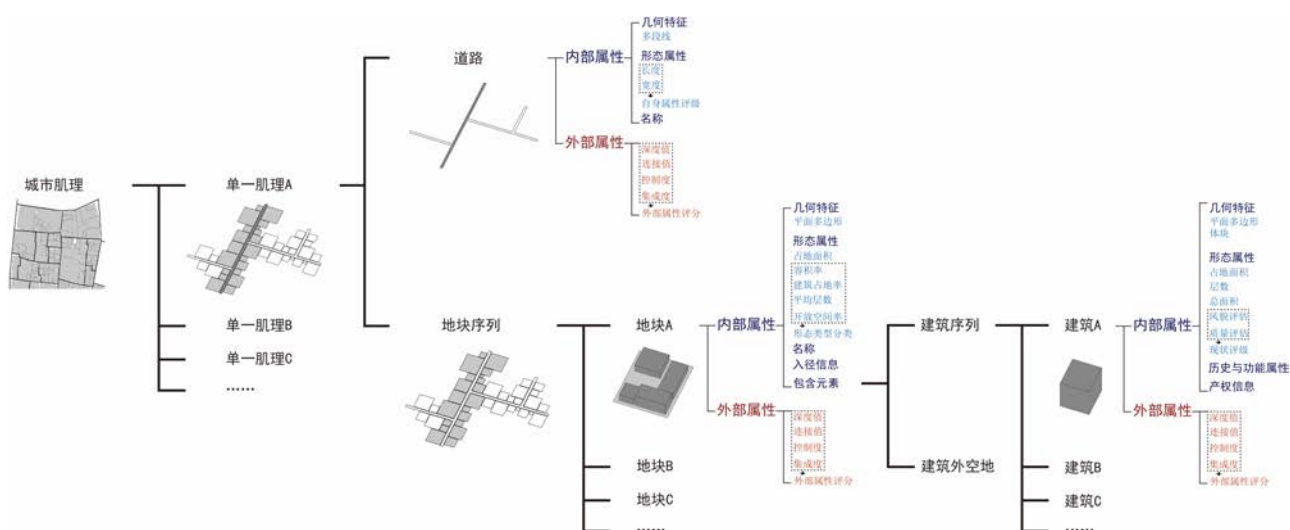


图 3-2：层级结构框架及各层级上的空间元素属性

图片来源：作者自绘



### 3.1.2 单一肌理层级的认知与解析

单一肌理定义为一条延续的道路及道路两侧与该道路连通的地块集合（图 3-3），在本研究对荷花塘历史文化街区的解析中，街区内的每条道路都对应了一组单一肌理，整个街区则由多组单一肌理组成。单一肌理准确描述了地块与道路之间的通达关系，弥补了街区与地块之间的层级空缺。

在这一层级中，研究将主要解析每个单一肌理内道路的内部属性与外部属性。道路的内部属性主要指长宽等形态特征，并根据长宽划定了其形态特征分级。而外部属性则用空间句法理论中多个用于判定公共性的量化分析值来描述，并依据这些量化分析结果给出了道路的公共性评级。

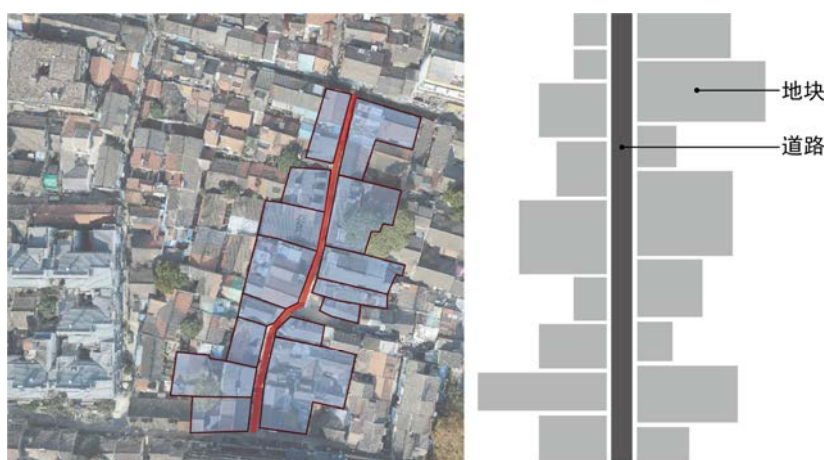


图 3-3：荷花塘历史文化街区内的单一肌理及其模式图

图片来源：作者自绘

道路自身的形态特征通过长宽来描述。不同的道路由于长宽不同而具有主次之分，承担了不同的交通属性，而这一特点也表达了长宽不同道路的通达性。基于这一特点，本研究将道路的长宽作为其内部属性，并根据长度与宽度的不同，对道路的内部属性进行分级。道路内部属性评级的数值越高，表示该道路的交通属性越低，通达性更差。具体的等级划分方式如下表 3-1<sup>[63,64]</sup>。

表 3-1 道路内部属性评级的计算方式（表格来源：作者自绘）

道路宽度（米）	道路长度（米）				
	<100	100-200	200-300	300-500	>500
<3	9	8	7	6	5
3-6	8	7	6	5	4
6-10	7	6	5	4	3
10-15	6	5	4	3	2
>15	5	4	3	2	1

空间句法是对人居空间结构的一种量化表述方法，用于表达城市空间中不同空间元素之间的联系。本研究引入空间句法中的四个基本值：连接值，深度值，控制度与集成度，依据历史地段的道路网中每条道路在平面上的直接通达关系，来描述每条道路的外部属性<sup>[62]</sup>。

### 1) 连接值

连接值表示在一个空间网络中与某个空间节点相连接的节点个数。对应到历史地段中的道路层级，即与某条道路相连接的道路总数为该道路的连接值（图 3-4）。道路的连接值反映了一条道路与整个道路网的连接程度，一条道路的连接值越高，则说明该道路的通达性更强。

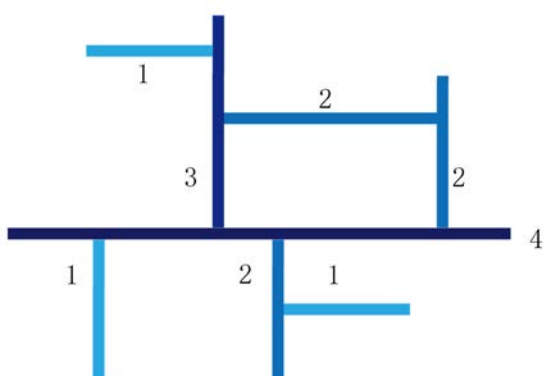


图 3-4：连接值示意  
图片来源：作者改绘

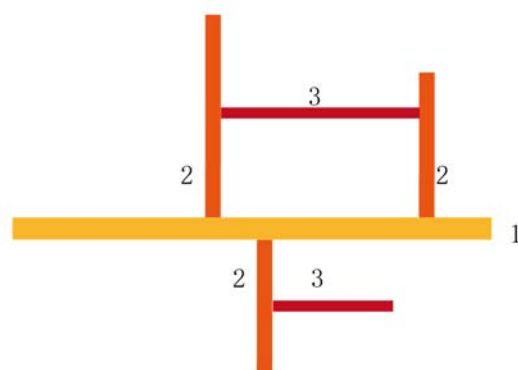


图 3-5：深度值示意  
图片来源：作者改绘

### 2) 深度值

深度值是空间句法中最重要的概念之一，表示空间网络中节点的可达性，即从一个节点到达另一个节点的便捷程度。如果规定两个节点之间为一步，则这两个节点间的深度值即表示从一节点到另一节点的最小步数。其形容的是空间的转换次数，而与节点之间的实际距离无关。对应到道路层级中，即表示路网中任意一条道路的易达性与公共性，是反应道路之间连接关系最直接的量化参数之一。本研究将研究范围外部与研究范围内部道路网相连的主干道深度值定义为 0，而与外部主干道直接相连的道路深度值即为 1，以此类推，即得到研究范围内所有道路的深度值（图 3-5）。道路的深度值即研究范围外部的主干道与该道路之间的深度值，可被理解为任意一条道路通达到研究范围之外的便捷程度。

### 3) 控制度

空间网络中任意一节点的控制度即与该节点相连的所有节点的连接值的倒数之和，其计算公式如下：

$$C_a = \sum_{i=0}^n 1/L_i \quad (3.1)$$

（其中， $C_a$ 表示该节点的控制度， $n$ 表示与该节点相邻的节点个数， $L_i$ 表示与该节点相连的第  $i$  个节点的连接值）

控制度可以看作连接值的进一步推演，反映了空间网络中节点之间相互控制的程度，对应到历史地段的道路网络中即一条道路的控制度越高，则该道路与整个路网联系的更加紧密。

#### 4) 集成度

集成度的概念来源于深度值，由于深度值的大小在一定程度上取决于整个空间网络中节点的数目，因此 P. Steadman 为避免节点数目的影响而改进了计算方法，定义了集成度<sup>[65]</sup>，其计算方法如下：

$$GA = 2(DA - 1)/(n - 2) \quad (3.2)$$

（其中  $GA$  为该节点的集成度， $DA$  为该节点的深度值， $n$  为空间网络中的节点总数）

集成度反映了一个节点在整个空间网络中剔除节点数目影响后的公共性，与深度值所表达的意义是相近的。

根据以上四个空间句法的基本值的计算方法及其意义，我们可以发现，在使用空间句法的量化分析值对历史地段中路网的连接关系进行描述时，连接值和深度值是最直观的两个值，其分别反映了任意一条道路的公共性及道路与路网连接的紧密程度。而控制度和集成度则是连接值和深度值的进一步补充限定，对道路连接关系进行了补充性描述。因此在本研究对于道路连接关系的解析中，以连接值和深度值为基本依据，对道路的易达性和公共性进行初步分级。道路的外部属性评级数值越高，表示其易达性与公共性越差，在整个历史地段道路网中的公共性越差，具体的划分方式见表 3-2<sup>[63, 64]</sup>。

但同时，道路的分级应根据控制度和集成度做进一步的调整，以去除不合理的情况，使道路的连接关系分级能够更准确的描述道路的公共属性。具体的调整方式见下表 3-3。

表 3-2 道路连接关系评级的计算方式（表格来源：作者自绘）

道路连接值	道路深度值		
	<1.5	1.5-3.5	>3.5
>6.5	1	2	3
2.5-6.5	2	3	4
<2.5	3	4	5

表 3-3 道路连接关系评级依据控制度与集成度的调整计算方式（表格来源：作者自绘）

道路集成度	道路控制度		
	<0.5	0.5-3	>3
>0.2	+2	+1	0
0.05-0.2	+1	0	-1
<0.05	0	-1	-2

（注：道路的连接属性评级的最小值为 1，最大值为 5，根据控制度与集成度进行评级调整后若超出此范围则以最大或最小值为限）

单一肌理层级中对道路的内部属性评级给了道路形态以更明确的定义，对于外部属性的

评级则在一定程度上反映了各条道路及与其相邻的地块序列的公共性。通过以上方法，我们在单一肌理层级上将历史地段中各条道路的内部属性及其外部属性进行了量化表述，并分别给予了对应的量化分级。这些数据不仅仅代表了单一肌理这一层级上的形态特征，由于每个单一肌理均包含一条道路及与其相邻的地块序列，因此道路的形态分析结果将通过地块序列对从属于同一单一肌理的地块产生影响，从而打通数据在多尺度层级之间的连通。

### 3.1.3 地块层级的认知与解析

地块是单一肌理的下一层级，是一个街区的基本划分单元，由内部包含的建筑以及除建筑外的空地组成（图 3-6）。在荷花塘历史文化街区中，地块根据形态和产权进行划分。地块是“小尺度，渐进式”工作流程中的基本工作对象之一，更新改造工作往往将街区划分为大量小尺度的地块并基于单一地块逐步推进，根据不同地块的现有建筑布局、建筑状况以及产权人意愿和生活状态等信息提出相应的更新改造策略，以最大限度的保留街区原有的生活方式和空间特征。

历史地段内地块的形态类型多样，且与整个街区的连接关系复杂。本研究同样从内部属性与外部属性两个方面对其进行形态分析。地块的内部属性通过容积率、建筑占地率等反映地块形态特征的量化指标来描述，并依据 Spacematrix 理论中的分类方法对地块进行形态类型分类。地块的外部属性则来自于通达到该地块的道路的外部属性分析结果，反映了地块的公共性。



图 3-6：荷花塘历史文化街区内的地块及其模式图

图片来源：作者自绘

研究引入 Spacematrix 理论中的相应计算方法对地块自身的形态特征进行量化表述。该理论认为地块的四个密度评价指标容积率（FSI）、建筑占地率（GSI）、平均层数（L）和开放空间率（OSR）与其形态之间存在相关性（表 3-4），基于这四个值将不同的地块界定为不同的形态类型<sup>[24, 66]</sup>。

表 3-4 Spacematrix 分析方法依据的四个量化指标及其计算方式（表格来源：参考文献[24]）

量化指标	计算方式
容积率(Floor Space Index)	$FSI=F/A$
覆盖率(Ground Space Index)	$GSI=B/A$
平均层数(Number of Floors)	$L=FSI/GSI$
开放空间率(Open Space Ratio)	$OSR=(1-GSI)/FSI$

(其中, F 表示地块内的总建筑面积, B 表示地块内建筑的占地面积, A 表示地块总面积)

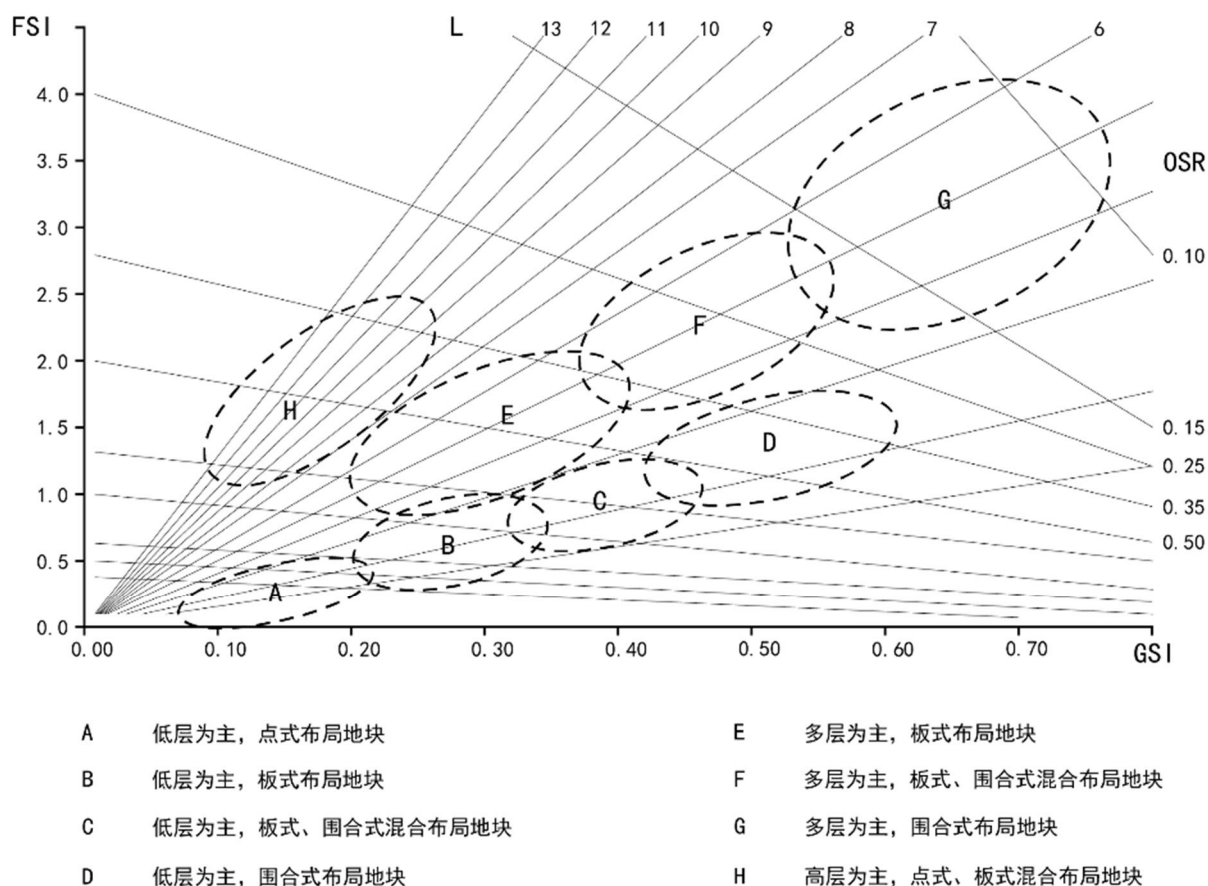


图 3-7: Spacematrix 理论所构建的地块形态类型分类标准

图片来源: 参考文献[24]

Spacematrix 理论所构建的地块形态类型分类标准如图 3-7 所示。通过不同地块四个密度量化指标的范围, 将地块及其内部的建筑布局划分成 8 种形态类型, 分别为 A 低层点式、B 低层板式、C 低层混合式, D 低层围合式, E 多层板式, F 多层混合式, G 多层围合式与 H 高层混合式。本研究引入这一量化划分方式, 可将历史地段中地块内部属性的量化评价进行统筹分析, 并将地块依据其形态特征进行归类, 后续可作为指引设计的重要依据之一。

历史地段中地块大都为独立的形态单元, 而通过道路网连接与各条道路直接相连的地块是各地块之间基本的连接方式。因此地块的外部属性来自于其直接相连的道路的外部属性, 即该道路的连接值, 深度值, 控制度与集成度。但历史地段中存在一种特殊情况, 即部分地

块与不止一条道路连接，即从属于不止一个单一肌理。在面对这种情况时，本研究中该地块外部属性的四个量化指标来自于所有与其相连的道路中公共性最强的那条道路，以反映该地块最公共的状态。同时，各地块同样会依据其从相邻道路获得的连接值，深度值，控制度与集成度计算相应的外部属性评分，计算方式与单一肌理层级中道路外部属性评分的计算方式完全相同，以对地块的公共性做出更准确的评定。

地块的内部属性分类将历史地段中形态各异的地块纳入了一个统一的类型划分体系，可在历史地段的保护更新过程中为设计师提供一个地块的形态归类认知。而地块的外部属性评级则来自于地块与整个街区道路网的连接，反映了地块在整个街区中的交通易达性与公共性，将为设计师在确定地块未来的功能与发展方向时提供更多的参考。

### 3.1.4 建筑层级的认知与解析

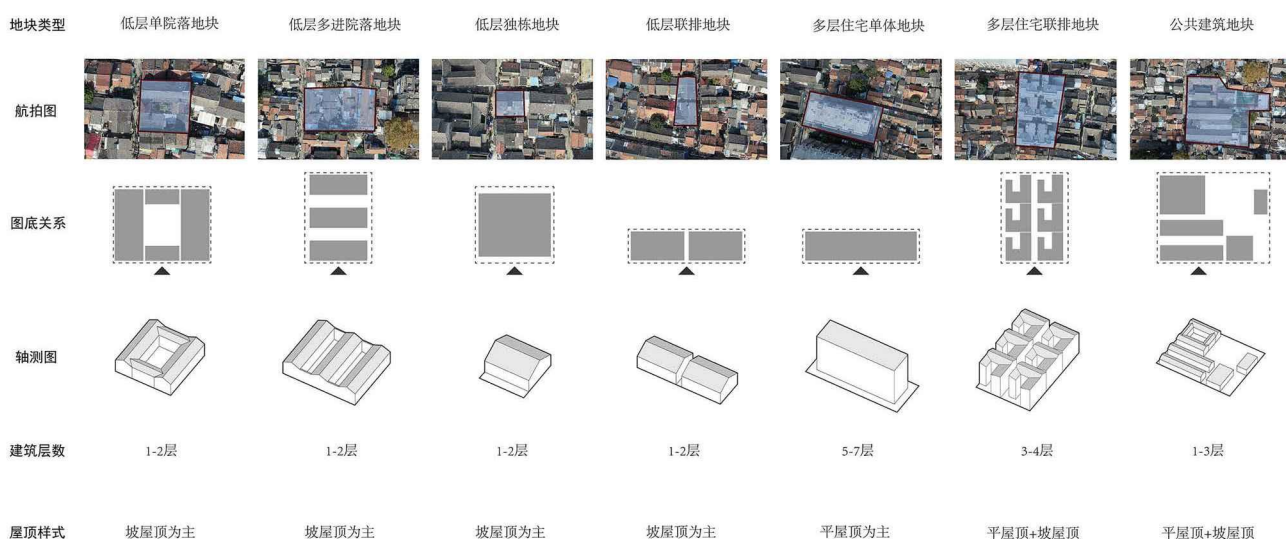


图 3-8：荷花塘历史文化街区内的多种地块建筑布局类型

图片来源：作者自绘

建筑与场地是这一层级结构中最底层的层级，是更新设计工作的直接操作对象。由于荷花塘历史文化街区中各地块建造年代、产权以及功能的差别，地块内的建筑布局方式呈现多种类型特征（图 3-8），不同地块内建筑与场地的关系不尽相同。且历史地段中的建筑经历了多年的改造与产权变更，因此即使是同一地块中的建筑，其空间特征及其与外部的连接关系也可能截然不同，需要更精确的分析。由于本研究更关注于城市设计范畴内的问题，因此对建筑的分析并不涉及构件、材料等与实际建造相关的层级，而是从城市设计的角度对其内部属性与外部属性进行解析。研究基于“五图一表”评价体系来描述建筑的内部属性，并依据其质量与风貌给出了现状评级。建筑的外部属性则一定程度上来源于其所在地块的外部属性，但会根据地块内建筑的布局方式进行调整，以更准确的反映建筑的公共性。

《江苏省历史文化街区保护规划编制导则》<sup>[67]</sup>中要求，完成历史街区的调研时应提供“五图一表”，即现存建筑的层数分析图、质量分析图、风貌分析图、历史功能分析图与年代分析

图，以及历史文化遗存表与分布图。本研究以这一评价体系为基础，来解析历史地段中建筑的内部属性。

历史地段的总平面图及建筑的层数分析图反映了建筑的基本形态属性，可依据其计算建筑的高度、面积、总面积等基本形态数据。调研获得的质量分析图、风貌分析图则反映了建筑的现存状态，这两个指标被分为优、良、中、差四个等级，本研究直接引用调研结果中建筑的质量与风貌评估结果，并依据以上两个指标给出对应的建筑现状评级，具体的评级方式见表 3-5。

表 3-5 建筑现状评级的计算方式（表格来源：作者自绘）

建筑风貌评级	建筑质量评级			
	优	良	中	差
优	1	1	2	3
良	1	2	3	4
中	2	3	4	5
差	3	4	5	5

历史功能分析图与年代分析图，以及历史文化遗存表与分布图则反映了建筑的历史与功能属性。历史地段中往往有大量历史建筑、不可移动文物与文物保护单位，在更新设计工作中需要根据相关法律法规予以对待。同时历史地段中还存在部分前期已经完成更新改造的建筑以及近年来兴建的特殊功能的新建筑（例如社区幼儿园、新住宅楼等），在设计时均需单独考虑。因此在本研究中根据建筑的历史与功能属性将其划分为文保建筑，历史建筑、一般建筑、完成更新建筑与特殊功能建筑，以便设计师在更新改造过程中可明确辨识。

在“五图一表”的评价体系之外，历史地段中建筑物的产权属性亦是值得强调的一点。由于历史地段中的建筑大多年代久远，往往经历了多次的改建加建以及产权更替，因此其产权属性往往非常复杂。不但同一地块内的多座建筑物分属于不同产权人成为普遍现象，一座建筑物的不同楼层乃至不同房间的产权都可能不相同。而不同的产权人又往往有不同的更新设计意愿，也将左右更新设计的处理方法。因此本研究需要明确每一栋建筑所对应的产权信息，并将建筑按照未交房、保留产权进行更新、交出产权三类意愿来进行分类，便于更新设计中设计师根据每栋建筑的情况做单独评判。

建筑的外部属性在一定程度上来自于其所属的地块。但由于历史地段中地块并非四面敞开，同时各地块内的建筑布局不尽相同，因此并非进入地块就可进入全部建筑，而是根据地块本身的进入方向与建筑布局情况形成了访达上的先后顺序。这也就造成了即使是同一地块内，建筑的外部属性特别是深度值也不尽相同（图 3-9）。因此在对建筑的外部属性进行解析时，地块内部建筑的深度值数据应加上从最近的地块入口到达该建筑所穿越的建筑数，即表达该建筑与地块的入口之间由于地块内部建筑布局而增加的空间深度层级。再根据同样的计算方式，计算出每座建筑根据其调整后的深度值，连接值，控制度与集成度所获得的最终外





系，同时反映其相应的内部属性与外部属性分析结果的历史地段空间形态描述数字化模型。

本研究的程序基于 Java 语言在 IntelliJ IDEA 平台中完成。编程方法具有较高的自由度，可针对所需要描述的同类空间元素定义与之相应的类，通过类的各项属性涵盖空间元素所囊括的信息，同时可针对所需要的形态分析方法来编写相应的程序方法，从而能够通过程序计算完成形态的描述与解析。

### 3.2.1 数据读取

历史地段现状场地信息的数据获取是建构数学模型的第一步，程序语言无法直接识别历史地段复杂的实际形态，而必须通过一定媒介来识别历史地段中已有的空间元素及其各项信息，以作为数学模型的基础数据源。

在本研究中，通过 Java 语言编写的 DXFImporter 工具包读取场地 dxf 文件中分图层的信息。在 dxf 文件中，不同的图层中存储了各尺度层级空间元素的平面几何信息。道路的平面几何信息为图层中的多段线，地块与建筑的几何信息为相应图层中的多边形。程序分别读取各图层中的几何信息，并将其分别存储在不同的数据集中。

但历史地段的空間是三维的，建筑除平面几何信息外，还需要对应的层数信息。由于整个研究方法更多是以平面图的视角来看待历史地段，除建筑层数外其他空间元素基本不涉及三维的高度信息，且程序读取三维的 dxf 文件中的信息会带来更大的运算量，因此建筑层数信息采用文字读取的方式解决，即在 dxf 文件中将建筑层数的数字写在对应建筑的多边形内，并置于相应的图层中，程序便能够在该图层中读取到各建筑的层数信息并通过文字与建筑平面的相对位置，将层数与建筑一一对应。

历史地段中的空间元素仍有部分非几何信息，例如道路的名称，地块的名称，建筑的质量、风貌评估结果以及产权属性等，无法通过几何图形读取或后续程序中的计算方法获得，只能通过 dxf 文件直接传递到程序中。在 dxf 文件中将相应图层的文字信息直接写在对应的多边形内，以便于程序读取和对应。道路的名称则将文字写在道路的多段线上，程序读取时通过判断文字与哪条多段线相交，即可找到相应道路的名称信息。

最后，数据读取阶段还需要获得历史地段中建筑的历史与功能属性信息。由于之前介绍的分析方法中已经对历史地段中的建筑依据历史与功能做了初步分类，因此在 dxf 文件中可根据建筑的类别，直接采用分图层的方法。即将不同类别的建筑的平面多边形分别置于不同的图层中，程序读取时会根据其所属图层的不同而赋予不同的功能类别。

通过以上方法，本研究实现了程序对于 dxf 文件中所存储的多尺度层级中空间元素现状的几何信息及其无法通过数学计算获得的内部属性的读取。具体的分图层读取方法见表 3-6。这些读取到的道路、地块与建筑的信息将存储在程序中对应的数据集中，成为后续建构数学模型的基础数据来源。

表 3-6: 不同层级空间元素信息的具体读取方法 (表格来源: 作者自绘)

层级	信息	图层名	数据类型
道路	平面几何属性	道路	多段线
	名称	道路名	文字
地块	平面几何属性	地块	多边形
	地块名称	地块名	文字
建筑		文保建筑	多边形
	平面几何属性	历史建筑	多边形
	+	一般建筑	多边形
	历史与功能属性分类	完成更新建筑	多边形
		特殊功能建筑	多边形
	层数信息	建筑层数	文字
	质量评估	建筑质量评级	文字
	风貌评估	建筑风貌评级	文字
产权属性	建筑产权人	文字	

### 3.2.2 Java 语言环境中层级结构框架的构建

在建立了 dxf 文件到数学模型的数据读取路径之后, 下一步工作将读取到的历史地段数据通过 Java 语言编程在数学模型中构建与多尺度层级结构相对应的程序框架以对各层级空间元素进行表述。类与对象是 Java 语言中的基本概念, 类可用于表述具有相同特征的事物, 同类型的多个空间元素的信息则用同一个类的不同对象来表示。因此本研究针对单一肌理、地块与建筑分别在 Java 语言中构建了对应的 Simple\_tissue, Plot 与 Building 类, 每个类及其对象都会拥有多个属性, 这些属性存储了该类空间元素所应有的全部内部属性与外部属性信息, 包括每个空间元素的几何信息、基于形态分析的计算结果以及其所包含的下一层级的空间元素的对象等。

对于空间元素的几何信息, 程序把从 dxf 文件中读取到的道路多段线、地块与建筑的多边形逐一转化为对应对象的几何属性。但在 Java 语言中并没有与之相对的与几何图形相关的基本数据类型, 本研究借助既有的工具包 hemesh 中大量较为完善的点、线、面、体等几何图形类及其相互运算的数学方法来实现 Java 语言中相应几何信息的表述。

空间元素的内部属性与外部属性的其他信息则为简单的文字或数值信息, 因此通过 Java 语言中已有的 String 字符串, int 整数, double 浮点数, boolean 布尔值等表示即可。其中部分内部属性信息已通过 dxf 文件读取并被逐一赋予各个对象, 但需要计算的部分内部属性分析结果与全部外部属性分析结果则在后续程序中通过形态分析计算获得。

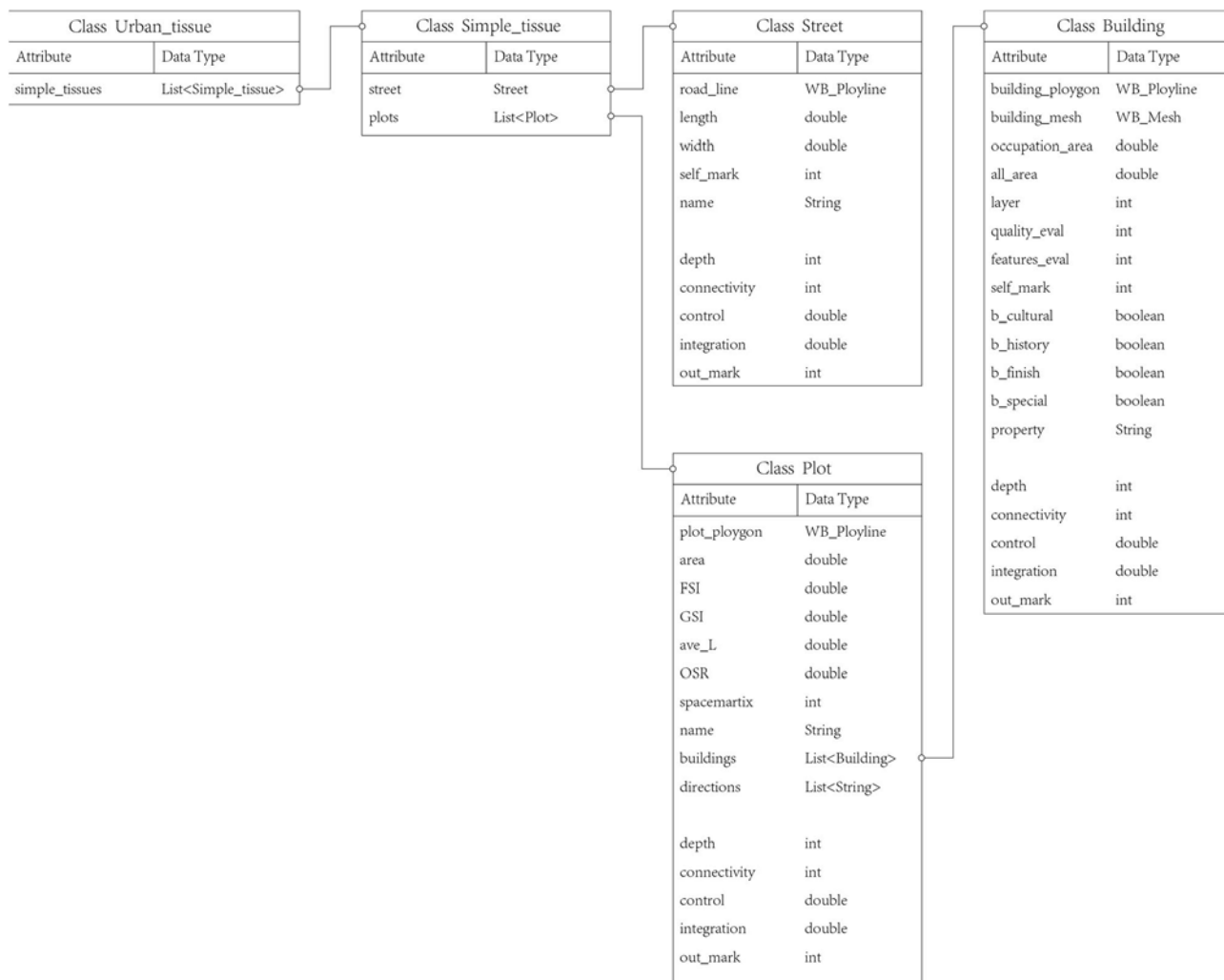


图 3-10：多尺度层级结构数学模型

图片来源：作者自绘

本研究在 Java 程序中构建了如图 3-10 所示的层级结构数学模型。其中，Building 类与场地中所有的建筑相对应，程序每读取到一个建筑的信息，都会构建一个对应的 Building 类的对象。Building 类每个对象的几何特征通过建筑二维平面的 polygon 几何信息和三维体块的 mesh 几何信息来存储，同时用其他数据类型的变量存储了该建筑的其余内部属性与外部属性信息（表 3-7）。

Plot 类与场地中的每个地块相对应，其属性除了表示地块边界的平面 polygon 以及形态分析结果之外，还拥有一个由 Building 类的对象组成的 list，存储了地块内所有建筑所对应的对象。同时每个 Plot 对象亦拥有一个由 String 字符组成的 list，该 list 中仅能存储“EAST”，“WEST”，“SOUTH”，“NORTH”四种字符串，分别表示地块的东西南北四种入径方向。如果某地块的对象的 list 中有相应字符串，则表示该地块可从该方向进入（表 3-8）。

Street 类对应了每条道路，其属性包含了每条道路的几何多段线 polyline，以及对应的其余内部属性与外部属性信息（表 3-9）。Simple\_tissue 类则对应了场地中的每个单一肌理，

由两部分组成，一部分是一个 Street 类的对象，代表了该单一肌理中的道路。另一部分是一个 Plot 类的对象组成的 list，代表了该单一肌理道路两侧的地块序列（表 3-10）。

表 3-7: Building 类所包含的属性（表格来源：作者自绘）

类名	属性类别	属性	数据类型	
Building	几何特征	平面多边形	WB_Polygon	
		体块	WB_Mesh	
	内部属性	形态属性	占地面积	double
			总面积	double
			层数	int
			质量评估等级	int
			风貌评估等级	int
			现状评级	int
	历史与功能属性	历史与功能属性	是否为文保建筑	boolean
			是否为历史建筑	boolean
			是否为完成更新建筑	boolean
			是否为特殊功能建筑	boolean
	外部属性	产权信息	产权人	String
			深度值	int
			连接值	int
控制度			double	
集成度			double	
		外部属性评分	int	

表 3-8: Plot 类所包含的属性（表格来源：作者自绘）

类名	属性类别	属性	数据类型	
Plot	几何特征	平面多边形	WB_Polygon	
		占地面积	double	
	内部属性	形态属性	容积率	double
			建筑占地率	double
			平均层数	double
			开放空间率	double
			形态类型分类	int
	名称	名称	名称	String
			下一层级的对象	List<Building>
			入径信息	List<String>
	外部属性		深度值	int
			连接值	int
			控制度	double
集成度			double	
外部属性评分			int	

表 3-9: Street 类所包含的属性 (表格来源: 作者自绘)

类名	属性类别	属性	数据类型	
Street	几何特征	多段线	WB_Polyline	
		长度	double	
	内部属性	形态属性	宽度	double
		内部属性评级	int	
	外部属性	名称	名称	String
		深度值	int	
		连接值	int	
		控制度	double	
		集成度	double	
		外部属性评分	int	

表 3-10: Simple\_tissue 类所包含的属性 (表格来源: 作者自绘)

类名	属性类别	属性	数据类型
Simple_tissue	下一层级对象	包含的道路	Street
		包含的地块	List<Plot>

最后, Urban\_tissue 为整个程序的主程序, 其主要内容即为一个由 Simple\_tissue 类的对象组成的 list, 代表了组成该历史地段的所有单一肌理。

在这一数学模型中, 各层级上类的对象一方面容纳了该层级空间元素的所有信息, 另一方面有一个存储了其所包含的下一层级空间元素对象的 list, 从而为空间元素找到了对应的程序表述方式, 并建立了各层级之间空间元素的数据之间的联系。

### 3.2.3 数学模型中的形态解析

在多尺度层级结构的数学模型建构完成之后, 即依据前文中介绍的属性特征, 通过程序语言构建相应的计算方法, 为各层级上空间元素的内部属性与外部属性赋值。

程序中首先进行各单一肌理即各条道路的形态分析。道路的内部属性评级来源于其长度与宽度。道路的长度通过程序直接读取每个道路对象的几何属性 polyline 的长度来获得, 道路宽度则通过对每个单一肌理两侧地块的最小距离的几何计算获得。基于每条道路的长度和宽度, 即可在程序中对其内部属性进行评级。

道路的外部属性则由前文中介绍的深度值、连接值、控制度与集成度组成, 同时通过这四个值计算对应的外部属性评分。在该数学模型中, 程序对每个空间元素的某个数值的计算采取的是遍历的方法, 即逐一计算某个 list 中各个同类元素的对应值, 但难以确定对同一个 list 中每个元素的计算顺序。由于各条道路的深度值会受到计算先后顺序的影响, 研究采取了循环判定的方法, 即对每条道路的深度值依据图 3-11 所示的逻辑关系进行计算, 直至某次

循环结束时每条道路的深度值均未改变，则确定为当前路网状态下各条道路的深度值。

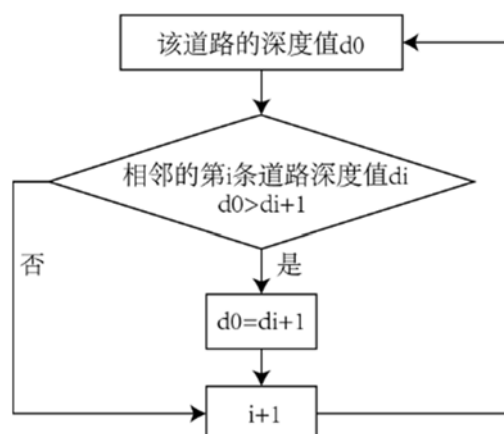


图 3-11：每条道路深度值的计算逻辑

图片来源：作者自绘

道路连接值的计算则与先后顺序无关，因此只需要一次遍历计算。在深度值与连接值计算完成后，对各条道路的控制度与集成度进行计算，并依据这四个值计算道路的外部属性评分，即获得当前路网状态下各单一肌理的外部属性分析结果。

地块的内部属性主要依据 Spacematrix 理论中相应的方法进行计算。各地块内地块与建筑的占地面积可直接通过程序读取相应 polygon 的面积来获得，而建筑的层数信息亦通过 dxf 文件完成读取，基于这些数据即可对每个地块的容积率（FSI）、建筑占地率（GSI）、平均层数（L）与开放空间率（OSR）四个基本指标做计算，并得出其对应的形态类型分类。地块的外部属性则无需计算，直接读取与其同属于同一单一肌理的道路的外部属性数据即可。

建筑的大部分内部属性数据均已通过 dxf 文件读取获得，仅需根据读取到的质量与风貌评估等级计算对应的现状评级即可。建筑的深度值需要单独计算，根据其所属的地块的入径方向分别计算从地块各方向上相邻道路进入的深度值，选取最小值作为该建筑的深度值。建筑的其余外部属性数据则直接来自于其所处的地块，最后计算获得对应的外部属性评分。

### 3.3 针对中国历史地段特性的模型调整

中国历史地段经历了多年的无序演变，内部空间结构非常复杂，存在多种“单一肌理—地块序列与道路—地块—建筑”这一层级结构无法完全涵盖的特殊情况，东南大学宋亚程在博士论文《城市街区形态复杂性的表述方法研究》中将其总结为地块的并联与套叠<sup>[15]</sup>。荷花塘历史文化街区中同样存在这两种情况。本研究对已建构的数学模型做了相应的调整，使其能够更准确的适配中国历史地段的特殊情况。

#### 3.3.1 并联

在前序研究中，我们主要依据院落形态与产权来划分地块，并将地块作为后续更新改造

中的基本形态单元。在这一过程中，我们默认了所有建筑都仅被包含在一个地块内。但由于历史地段的年代久远，房屋与院落往往成型于不同的年代，并且随着产权变更，许多院落的划分愈发复杂。甚至出现了同一幢建筑被分为多个部分与多个院落相连，造成单个建筑跨越地块边界的情况，即本研究中的地块并联现象（图 3-12）。

由于复杂产权关系的地块究竟如何划分并非本研究关注的重点，因此在面对地块并联现象时，本研究希望通过数学模型的调整，使这一现象不会与现有的层级结构产生冲突。为此本研究提出了“设计地块”的概念，即认为产生并联现象的两个或多个地块在后续的更新设计过程中可以被看作是同一地块（图 3-13）。程序在对历史地段的 dxf 文件进行读取时，若发现地块并联，则直接将并联的地块合并成一个 Plot 类的对象，在数学模型中进行后续的分析时始终将其作为一个整体的地块看待，从而使这一特殊情况能够被纳入既有的层级结构体系中进行分析，获得对应的分析结果。

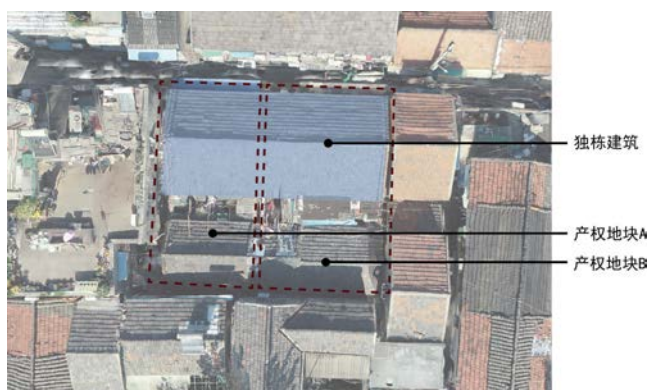


图 3-12：荷花塘中的地块并联情况  
图片来源：作者自摄自绘

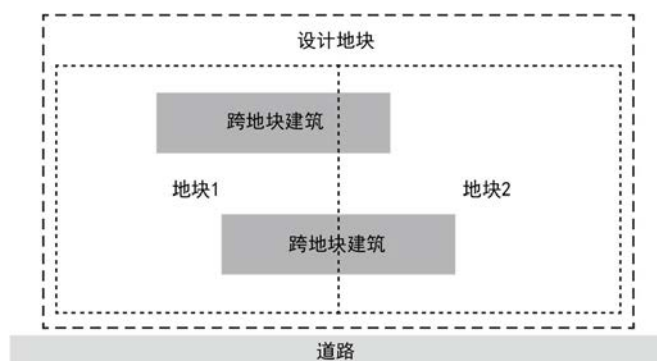


图 3-13：并联地块合并为设计地块示意  
图片来源：作者自绘



图 3-14，3-15：荷花塘中的地块套叠情况  
图片来源：作者自摄

### 3.3.2 套叠

地块的套叠即历史地段中存在部分地块不与任何道路相连，而是通过周围地块进入的情况。我国历史地段的道路网因建筑无序加建而多次改变，地块又经过多次划分，因此地块的套叠在历史地段中非常常见。荷花塘历史文化街区中就有部分地块套叠情况(图 3-14, 3-15)，需穿过外围地块中的狭长走廊到达内部地块。

地块套叠使得部分地块不属于任何单一肌理，这些地块无法纳入原有的层级结构中做相应的分析。因此本研究对数学模型中的层级结构做了适当的调整，在单一肌理的 list 之外加入了一个由所有非临街地块组成的 list, 并对这一 list 中的所有地块同样进行相应的分析计算。由于没有相邻道路，因此这些地块的深度值为所有可进入到该地块的相邻地块中深度值最低的+1。而由于这些地块仅与周围地块相邻，因此其连接值为与之相邻的可进入该地块的地块总数。通过这一深度值与连接值算法，即可获得其对应的控制度与集成度数据及其外部属性评分。经过这一调整，适应荷花塘等中国历史地段的多尺度层级结构数学模型框架完成(图 3-16)。

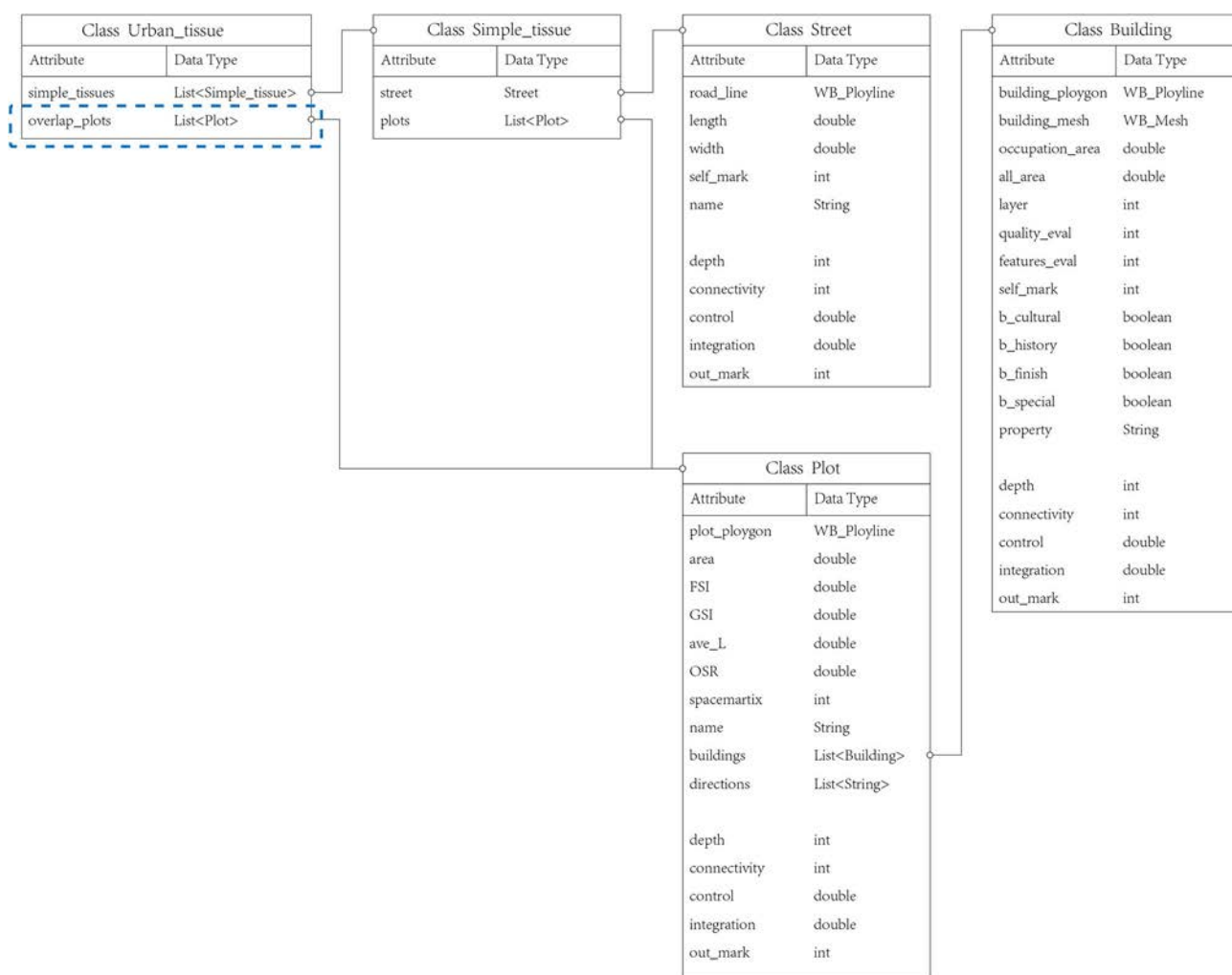


图 3-16: 加入套叠地块序列后的数学模型框架

图片来源：作者自绘



### 3.4 本章小结

在本章中，笔者首先梳理了历史地段的多尺度层级描述方法，以荷花塘历史地段为例确定了历史地段在城市设计范畴内“城市肌理—单一肌理—道路与地块序列—道路—建筑”的尺度层级结构，并明确了各层级上空间元素在内部属性与外部属性两个层面上的解析方法，为后续数学模型的建构提供了完整的思路与方法框架。接下来基于 Java 编程语言在 IntelliJ IDEA 平台中完成了基于既有层级结构的数学模型的建构，同时该数学模型能够自动计算获得各层级上空间元素相应的内部属性与外部属性分析结果。最后对模型进行了针对特殊情况的调整，形成了与历史地段既有状态更匹配的描述与解析的数字化模型。

本章的工作实质上是将形态转化为数据集的过程。历史地段的形态复杂，各空间元素之间联系紧密，仅通过定性的方法难以进行全面的认知，势必影响后续的更新设计。通过引入对多尺度层级上空间元素内部属性与外部属性的定量分析方法，形成一套定性分析与定量分析相结合的分析方法框架，进而通过程序语言实现方法转译，将历史地段复杂的形态转变为清晰的数据结构。基于这一数据结构建构的数学模型一方面是历史地段中空间元素复杂信息数据的数据集，将无序的空间元素整合为一体；另一方面，该数学模型为本研究提供了核心的方法逻辑，各层级空间元素的属性相互联动，为后续在模型内进行快速的形态分析、修改与反馈提供了可能。后续研究将基于已有的数学模型，完善操作界面、修改与循环反馈机制以及分析结果的显示方式等，使其成为一个在实际工作中可供设计师使用的设计决策辅助工具。

## 第四章 设计决策辅助工具的搭建与工作流程

在历史地段基于“小尺度、渐进式”的实际更新设计工作中，为满足多人群意愿，需要基于对历史地段空间要素的调整，即时对分析结果进行更新，以辅助设计师判断某项设计策略对整个街区的影响。在前序研究中，数学模型的建构基于程序读取的 dxf 文件，因此若直接对 dxf 文件进行修改并重新读取，确实能够获得修改后的分析结果，ArcGIS 等既有平台亦采用此种方式。但这种更新方式未能实现于平台中完成全流程操作，效率较低。

本研究基于自主编程方法的优势在于依托历史地段的形态转化而来的数学模型构建了可视化互动用户界面。互动用户界面不仅能为使用者提供不同分析角度、不同空间元素以及不同维度的分析结果，且能够使设计师对数学模型中多尺度层级上的空间要素进行形态属性调整，实时根据调整后的街区状态获得新的分析结果。最终通过对工具界面的完善以及分析评价结果的综合，形成在历史地段的保护更新工作中，可依据多类人群的意愿不断调整设计策略，并即时反馈分析结果的设计决策辅助工具。

### 4.1 设计决策辅助工具的界面构建

#### 4.1.1 工具用户界面的布局

设计决策辅助工具需要可视化的用户界面，该界面应直观的展示分析评价结果，同时使设计师能够进行空间要素的模型调整。基于这两点功能需求，设计决策辅助工具的界面分为三个部分：界面中央是街区的总平面图，能够切换多种模式，以分析总图的形式展示不同角度的分析结果，同时街区总平面图亦作为使用者的操作对象，设计师可直接在总平面图上进行空间要素的形态调整；界面右侧为数据显示栏，用于显示街区整体的形态分析数据以及使用者想要查看的空间元素的详细形态数据；界面左侧为操作面板，面板内加入了工具内置的修改与更新等操作对应的操作按钮，设计师可直接通过按钮点选来使用工具（图 4-1）。

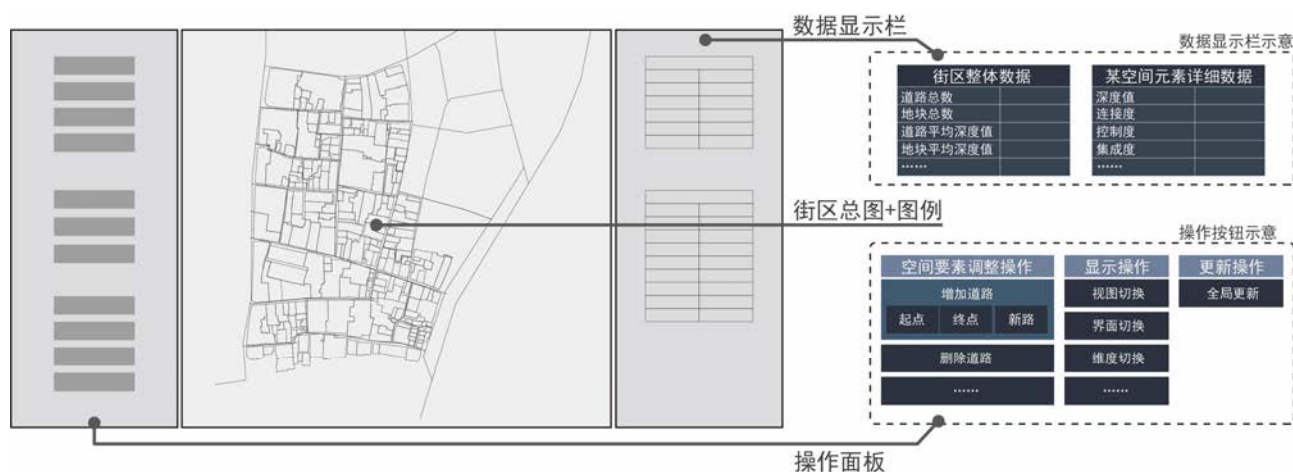


图 4-1: 工具用户界面的布局

图片来源: 作者自绘

#### 4.1.2 街区分析总图的三个模式

街区的分析总图是街区数学模型的可视化。由于各层级上空间元素的几何特征均采用 hemesh 工具包中对应的几何图形类来表示,因此本研究同样在程序中运用 hemesh 工具包中的绘图类 WB\_Render 在程序运行后的工具界面内根据数学模型来绘制相应的几何图形,形成街区的可视化总平面图。

为使辅助工具界面能够直观的反映历史地段的分析结果,在绘制道路、地块与建筑的过程中会根据其内部属性或外部属性的评分不同进行相应的颜色区分。评分高低会联动颜色的深浅,不同颜色的线段与地块所代表的信息在图中通过图例显示,使用者可直观的看出整个历史地段各道路、地块与建筑的状态。工具界面设定了内部属性和外部属性两个模式,在每个模式内亦可切换地块或建筑的总图视图,以避免空间元素过多带来视觉上的混淆,为设计师提供了不同分析角度与空间元素的历史地段分析总图。同时,为使分析结果更加直观,工具界面的建筑视图增加了二维与三维两种显示维度。使用者可随时切换,根据需要查看平面或立体的分析结果(表 4-1, 4-2)。

除内部属性与外部属性分析模式外,设计决策尚需要更直观的成果反馈,以便提供分析结果与设计衔接的窗口。为此本研究为工具界面添加了第三个模式——综合评价底图模式(表 4-3)。综合评价底图综合了各层级空间元素的内部属性与外部属性分析结果,并给出可作为设计决策依据的分析参考。

在单一肌理层级中,综合评价底图依据道路的内部属性评级与外部属性评级,给出了对应的道路设计分级,具体的计算方法如表 4-4 所示。道路设计分级反映了每条道路基于形态特征与公共性的综合评价结果,可辅助设计师决定历史地段中该道路的未来功能定位。

在地块层级中,综合评价底图首先基于 dxf 文件中读取到的各地块中建筑的属性信息将地块分为特殊地块与普通地块。特殊地块包含文保单位地块、特殊功能地块(如幼儿园、派出所)等,需单独处理。普通地块则根据内部建筑的产权人意愿分为保持原样、可改造以及可改造或重建等性质。综合评价底图中确定普通地块性质的原则为:若当前地块范围内有建筑的产权人意愿为不交房,则该地块暂定为不参与更新改造。可改造地块以及可改造或重建地块则会依据其 Spacematrix 形态类型分类与空间句法的外部属性评级获得更进一步的分类(表 4-5),以便辅助设计师为每个地块制定相应的设计导则。

在建筑层级中,综合评价底图同样将建筑分为特殊建筑与普通建筑。普通建筑依据产权人意愿分为未交房,可改造与可拆改。为应对单个建筑存在多产权人的现状,综合评价底图中确定建筑更新意愿的原则为:如果某一建筑的多产权人的意愿分为保留产权更新和交出产权两种,则该建筑的产权人意愿为可改造;某一建筑的多个产权人有人不交房,则整栋建筑的产权人意愿定为不交房。对于可改造与可拆改建筑,则根据其现状评级与外部属性评级进行分类(表 4-6)。设计师可依据不同建筑的现状情况及公共性等特征做出设计改造决策。

表 4-1: 设计决策辅助工具的内部属性分析模式 (表格来源: 辅助工具界面截图)



表 4-2: 设计决策辅助工具的外部属性分析模式 (表格来源: 辅助工具界面截图)

外部属性分析模式

地块视图



建筑视图 (二维)



建筑视图 (三维)

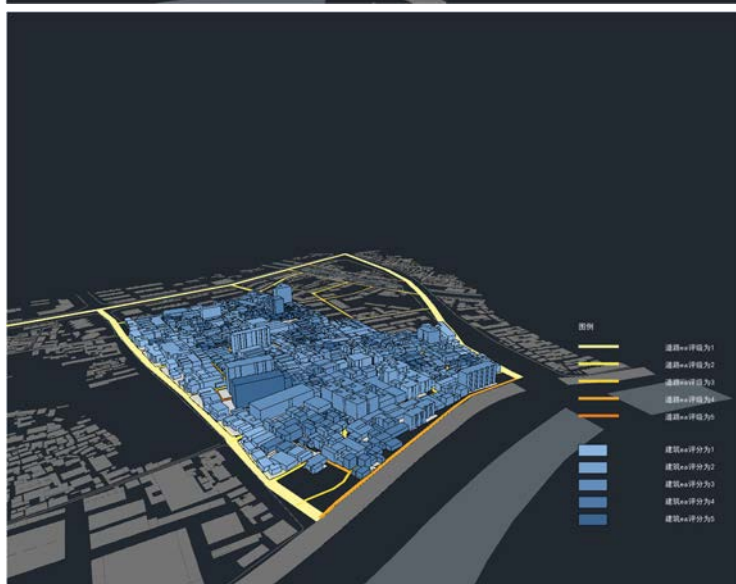


表 4-3: 设计决策辅助工具的综合评价底图模式 (表格来源: 辅助工具界面截图)

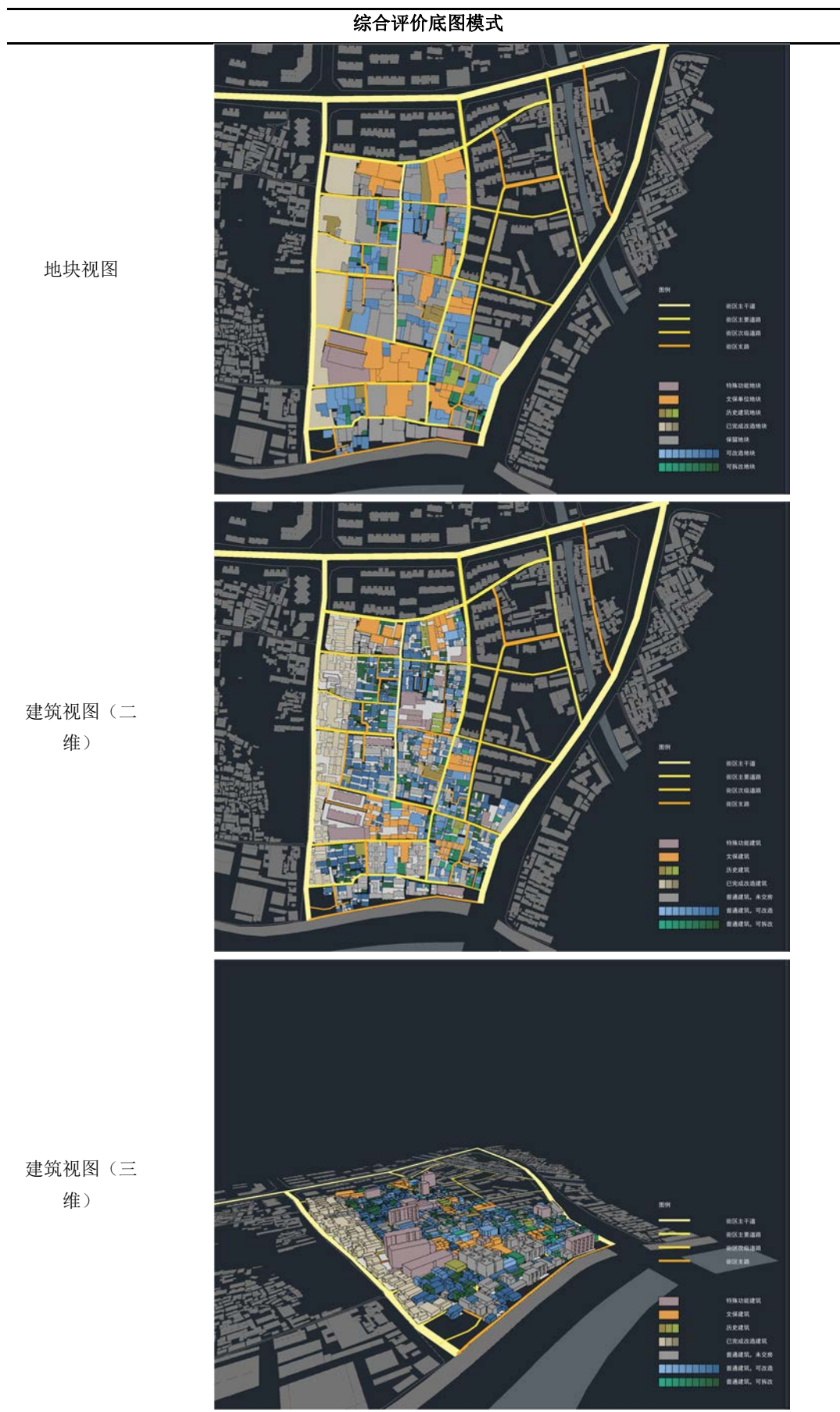


表 4-4: 综合评价底图中道路设计分级的计算方法 (表格来源: 作者自绘)

道路内部属性评级	1-3			4-6				7-9		
	1-2	3	4-5	1	2	3	4-5	1	2	3-5
道路外部属性评级										
道路设计分级	A	B	C	A	B	C	D	B	C	D

(其中, A 为街区主干道, B 为街区主要道路, C 为街区次级道路, D 为街区支路)

表 4-5: 综合评价底图中地块设计分级的计算方法 (表格来源: 作者自绘)

地块外部属性评级	地块内部属性分级				
	1-2	3-4	5-6	7	8
1-2	低层低密度 高公共地块	低层高密度 高公共地块	多层中密度 高公共地块	多层高密度 高公共地块	
3	低层低密度 较公共地块	低层高密度 较公共地块	多层中密度 较公共地块	多层高密度 较公共地块	高层建筑 地块
4-5	低层低密度 不公共地块	低层高密度 不公共地块	多层中密度 不公共地块	多层高密度 不公共地块	

表 4-6: 综合评价底图中建筑设计分级的计算方法 (表格来源: 作者自绘)

建筑外部属性评级	建筑内部属性评级		
	1-2	3	4-5
1-2	房屋状况好 公共性高	房屋状况较好 公共性高	房屋状况差 公共性高
3	房屋状况好 公共性中	房屋状况较好 公共性中	房屋状况差 公共性中
4-5	房屋状况好 公共性低	房屋状况较好 公共性低	房屋状况差 公共性低

综合以上分析方法, 最终形成图 4-2 所示的综合评价底图框架。综合评价底图结合了空间元素内部属性与外部属性多角度的信息给出综合的分析评价, 将成为分析与设计衔接的接口, 可辅助设计师针对空间元素的不同特征做出对应的设计决策。

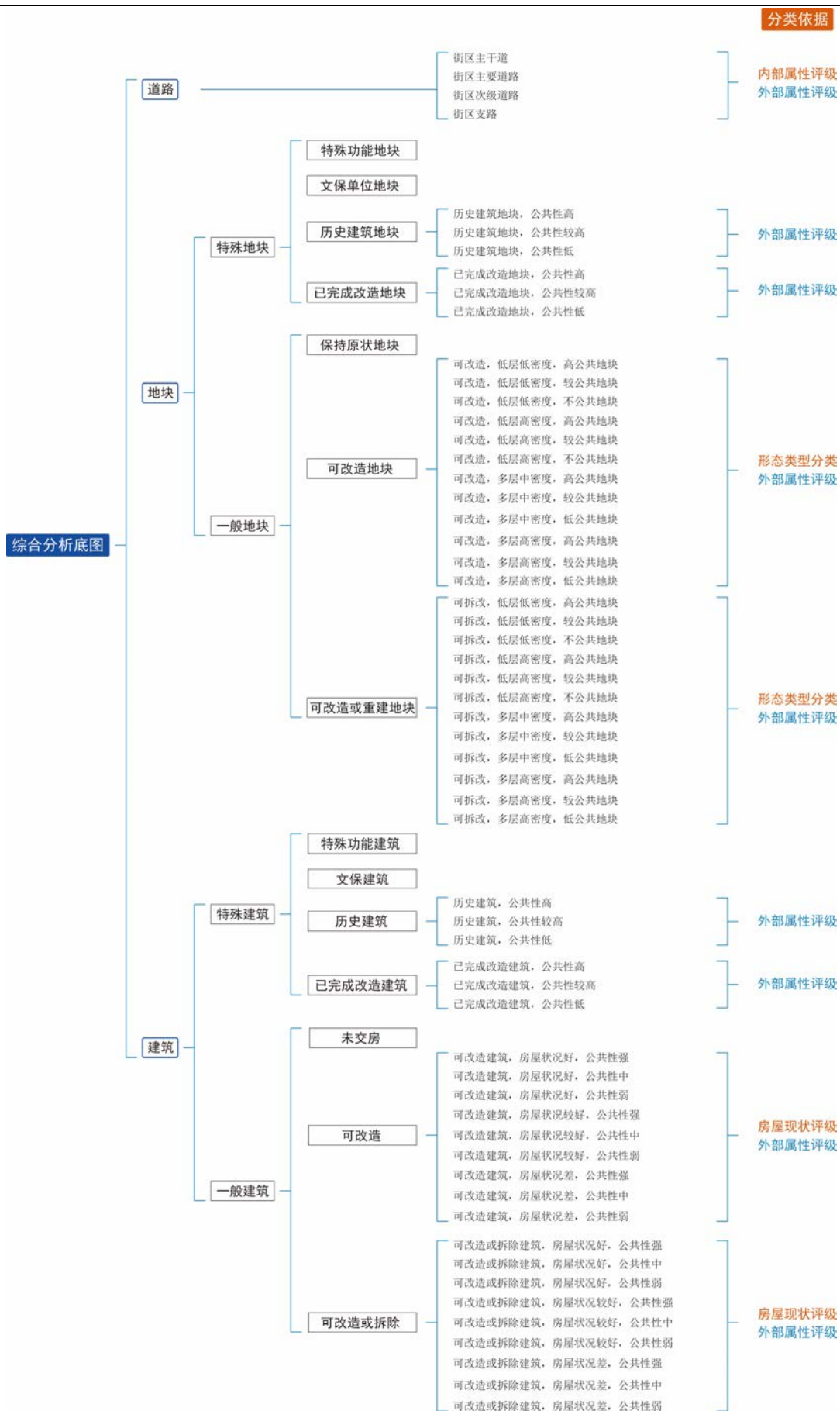


图 4-2：综合评价底图的框架

图片来源：作者自绘



### 4.1.3 数据显示栏与操作面板

工具界面右侧的数据显示栏通过 PApplet 类中内置的 text 方法来实现,该方法可将需要的文字与数据按顺序排列,并显示在界面的对应位置。数据显示栏首先提供了历史地段的整体数据,能直观的显示当前状态下历史地段诸如平均道路深度值、平均地块外部属性评分、地块可改造比例等整体分析结果,方便使用者快速了解街区的整体形态特征。数据显示栏内还可提供某一单一肌理、地块或建筑的详细信息,会根据鼠标的实时坐标,显示当前鼠标指向的空间元素的内部属性与外部属性等详细数据,方便使用者随时查看其关注的空间元素的相应信息。最后,数据显示栏还加入了操作提示栏,对使用者的每步操作进行提示。

工具界面左侧的操作面板通过工具包 ControlP5 完成。ControlP5 为基于 Java 语言的一个可用于构建操作界面的工具包,内置了添加按钮等互动元素的方法。这些互动元素可联动程序中的其他操作,因此可将工具中需要的空间要素调整方法与操作面板中对应的按钮联动。同时所有操作按钮均添加了对应的快捷键,提升了工具界面操作的便捷性。

在添加数据显示栏与操作面板后,形成图 4-3 所示的设计决策辅助工具界面。



图 4-3: 设计决策辅助工具界面  
图片来源: 辅助工具界面截图

## 4.2 局部空间要素的调整与全局结果反馈

历史地段复杂的空间形态使我们对任意空间元素进行修改，都可能会对其他空间元素以及街区整体产生影响，因此个别空间元素属性修改后快速获得全局分析结果是设计决策辅助工具的优势。本研究所构建的设计决策辅助工具具备以上修改与反馈机制，可在工具界面内对历史地段多尺度层级空间元素的属性进行调整，并反映调整后所有其他空间元素以及整个研究对象街区的实时分析与评价结果。

在历史地段的更新设计中，对道路网以及地块划分方式的调整是总图设计决策的主要内容，决定了历史地段中道路、地块乃至地块中建筑的设计导向。本工具中加入了针对道路与地块的形态调整功能（表 4-7），使用者在工具界面中通过简单操作即可对空间元素的属性进行修改。

表 4-7：设计决策辅助工具中包含的形态调整功能（表格来源：作者自绘）

层级	调整功能
单一肌理	增加道路
	删除道路
	修改道路宽度
地块	地块合并
	地块拆分
	修改地块入径方向

同时，由于历史地段中建筑的产权关系错综复杂，每个建筑的更新改造意愿都可能随时产生变化，而建筑的更新改造意愿可能会影响到其所属地块的更新设计导向。因此决策工具具备随时修改单个建筑更新改造意愿的功能，以即时反映符合当前居民意愿的历史地段整体分析结果。

### 4.2.1 单一肌理层级上的调整

历史地段内的道路网多为逐渐演变形成，缺乏统一的规划设计，存在大量断头路等不合理情况，因此在设计决策过程中，对道路网的调整也就变得势在必行。本研究的决策辅助工具具备增加与删除道路的功能，设计师可根据实际需求对道路进行调整，以获得更合理的道路网。

由于历史地段中道路的规划需要尊重既有的地块与建筑形态，新道路的规划应尽量避免影响街区内原有的建筑，因此本研究增加新道路的逻辑是新道路的路线选择应沿着原有地块的边界。为此，在数学模型中建立了一套新路径选择方法。程序会依据整个街区的所有地块边界建构一个由地块边界线组成的 mesh 网格，从而形成一个二维的寻径网络。当设计者想要增加一条新道路时，可直接在工具界面内的街区总图上点选道路的起始点，程序会自动找到 mesh 网格上点选位置的最近点作为道路的起始点，并通过 hemesh 工具包中 HE\_Path 类内置

的方法，获得该 mesh 网格上起始点之间的最短路径的多段线，即作为增加的新道路的路径（图 4-4，图 4-5）。随后程序会以该路径为基础新建一个 Street 类与 Simple\_tissue 类的对象，该新道路与其他道路具有完全相同的属性，并加入到街区所有单一肌理的 list 中。

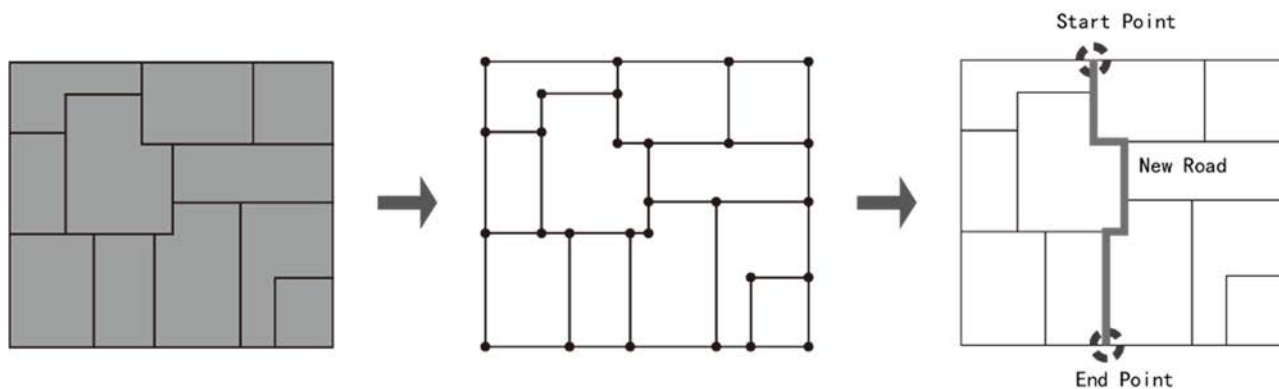


图 4-4：根据地块建立 mesh 网格并寻径的过程  
图片来源：作者自绘

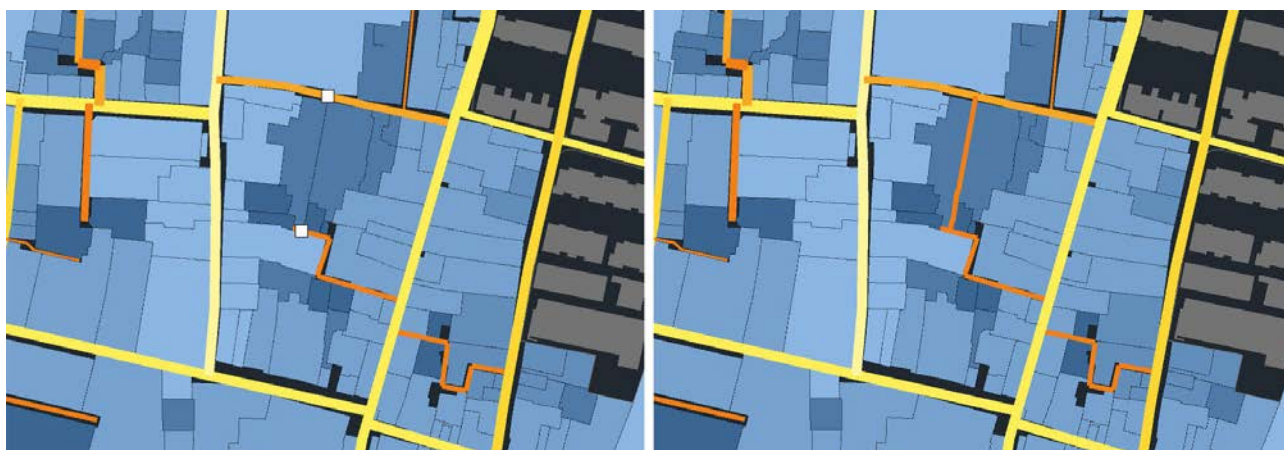


图 4-5：工具界面中获取新道路  
图片来源：辅助工具界面截图

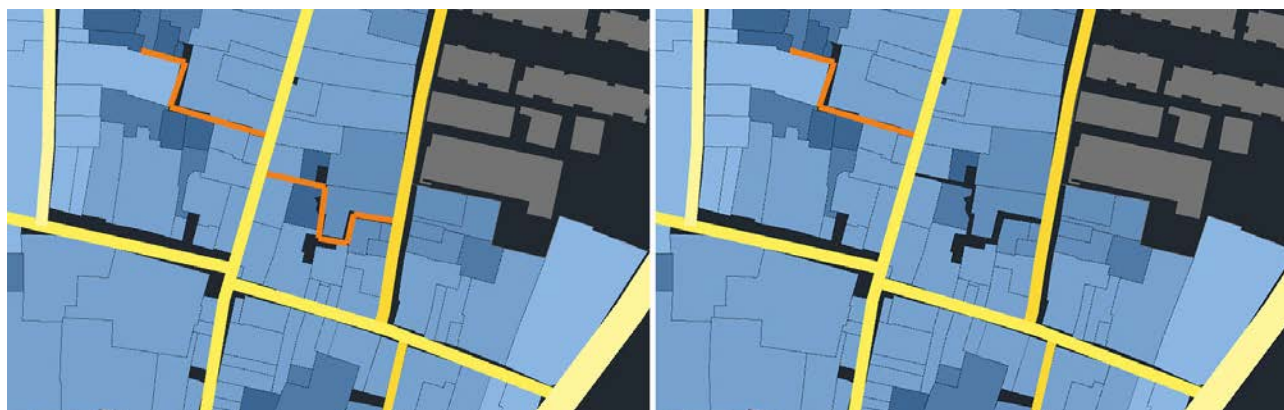


图 4-6：工具界面中删除道路  
图片来源：辅助工具界面截图

单一肌理层级上删除道路的操作相对较为简单。设计师直接在街区总图上点选要删除的道路，即可将该道路从街区所有单一肌理的 list 中移除，不会参与后续的计算(图 4-6)。

单一肌理层级上还可以对道路的宽度进行修改。设计者点选需要修改的道路后，按下相应的数字键，即可将道路修改为对应的宽度。

#### 4.2.2 地块层级上的调整

地块是历史地段更新设计过程中的基本操作单元，但既有的地块依据形态与产权划分，尺度相对较小，无法完全适应更新后的功能需求。因此在条件允许的情况下，设计决策需要对地块做适当的调整。本研究针对地块层级在程序中添加了以下功能：地块合并、地块拆分以及地块入径方向的调整。

地块的合并是地块调整的基本策略之一，将小地块合并为较大地块可承载更多的功能，增加地块改造的潜力。设计者在工具界面的街区总图上点选两个有共边的相邻地块，如果两个地块内均无文保建筑、历史建筑或未交房的建筑等，则被认为可以合并，并基于两个原有地块的多边形合并产生的新多边形新建一个 Plot 类的对象。新的地块包含之前两个地块中的所有建筑，并被加入对应单一肌理的地块序列中，参与后续的计算（图 4-7）。



图 4-7：工具界面中合并地块  
图片来源：辅助工具界面截图

地块的拆分是地块调整的另一个主要方法，由于地块原有的划分不一定合理，对地块的拆分和再组合能够有效的梳理历史地段的空间结构，使各地块被高效利用。数学模型中对地块的拆分通过多段线的划分来完成，设计者先手动选取要被拆分的地块，再手动画一条多段线，如果这条多段线将地块分为两部分，且未穿过地块内的任何建筑，则该地块被这条多段线分为的两部分即为两个新地块（图 4-8，4-9）。原有地块中的建筑被重新分配到两个新地块中，同时两个新地块也重新进入各自单一肌理的地块序列。

在地块层级中还可进行地块入径方向的调整，入径方向不影响地块的形态，但会影响地块内建筑的外部属性，从而影响整个地块的功能导向。在数学模型建构过程中，判定地块与

道路相对关系的方式是只要地块与某条道路相邻，都会被归入对应单一肌理的地块序列。但这与历史地段的实际形态并不吻合，地块即使与多条道路相邻，并不一定会向每条相邻道路开口，地块应仅被归入与其可直接通达的道路的单一肌理中，这一问题也需要通过手动调整地块入径方向来解决。

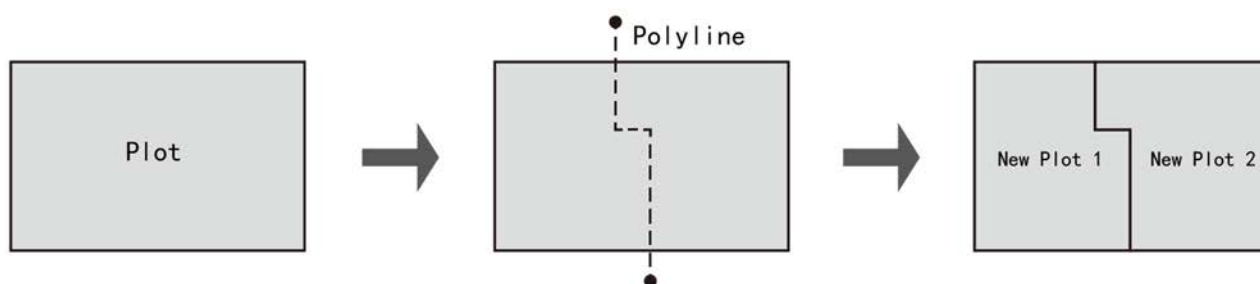


图 4-8: 工具中的地块拆分操作  
图片来源: 作者自绘



图 4-9: 工具界面中拆分地块  
图片来源: 辅助工具界面截图

针对这一问题，工具界面的街区总图内可点选需要重置入径方向的地块，该地块会转为手动设定模式，并清空之前自动计算的入径方向信息。随后，设计者将点选一个方向，程序会根据鼠标点击的位置与地块的几何中心点形成的向量来确定新入径方向（图 4-10）。该地块将只会加入通过新入径方向相连的道路的单一肌理，并计算获得自身及其内部建筑的外部属性分析结果。

#### 4.2.3 建筑层级上的调整

设计决策辅助工具可修改既有建筑的更新改造意愿，并由此反映整个街区各地块与各单一肌理更新改造的可能性，为后续的保护与更新工作提供参考。在工具界面内通过鼠标选中对应建筑并进行按键切换，即可将其更新改造意愿在未交房、保留产权进行更新、交出产权

三者之间调整。

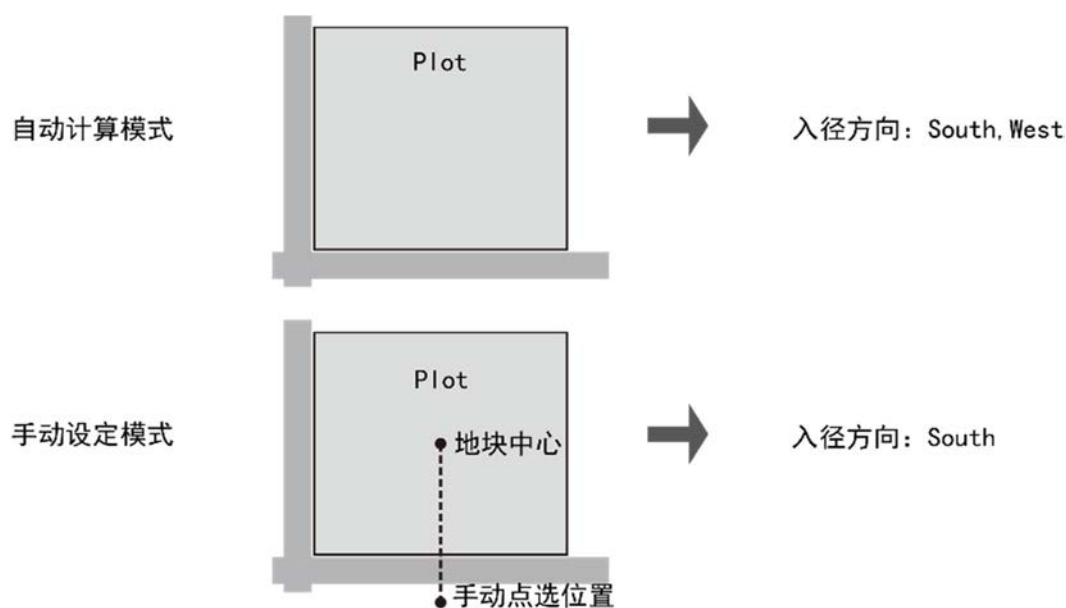


图 4-10：地块入径方向的自动计算与手动设定模式对比  
图片来源：作者自绘

### 4.3 依托该工具的辅助决策工作流程

在历史地段“小尺度、渐进式”的工作模式背景下，设计师在设计决策辅助工具中进行的修改调整需要基于历史地段更新设计相关的多元人群的意见。一方面，居民（或产权人）和居委会对于历史地段特别是自身房屋的改造更新会有不同的意愿；另一方面，政府与开发商从城市发展与经济的角度提出一些具体的要求；而设计师则要在这些意见的基础上以更整体的视角制定设计策略。因此本研究梳理了设计师基于居民、政府、开发商等多人群意见及自身设计思路使用该工具对历史地段的空间形态进行设计调整，并逐步获得对应分析与决策结果的演进过程。

首先应输入居民或产权人的意见。设计师根据前期调研结果在程序界面的街区总图中逐一点选确定该房屋的产权人意愿，设计决策辅助工具此时提供的分析结果可看作是对街区现状的评价。

同时设计师应根据政府与开发商的意愿进行多尺度层级上的空间调整，例如政府规划层面上道路网的调整，开发商基于未来商业价值对街区格局的重新规划等，都将在这一步由设计师在可视化界面内完成。在完成这一系列操作后获得的分析与评价结果可看作是后续设计的先决条件，即依据设计师必须遵守的政府开发商规划设计策略调整之后对街区状态的评价。

最后，则是设计师在综合了多类人群意见的基础上进行进一步的决策调整，并实时获得新的分析结果。由于历史地段中各类人群的意见可能会随时发生变化，需要不断的统一协调，

因此以上流程并非一个线性流程，而是一个循环的修改与反馈过程。在循环过程中，设计师可不断修改并查看每次设计策略的调整对于街区整体评价结果的影响，以辅助设计师做出后续的设计决策，直至获得能够满足多元人群意愿且符合未来设计导向的总图方案，用以指导下一步深化设计。具体的辅助决策流程如图 4-11。

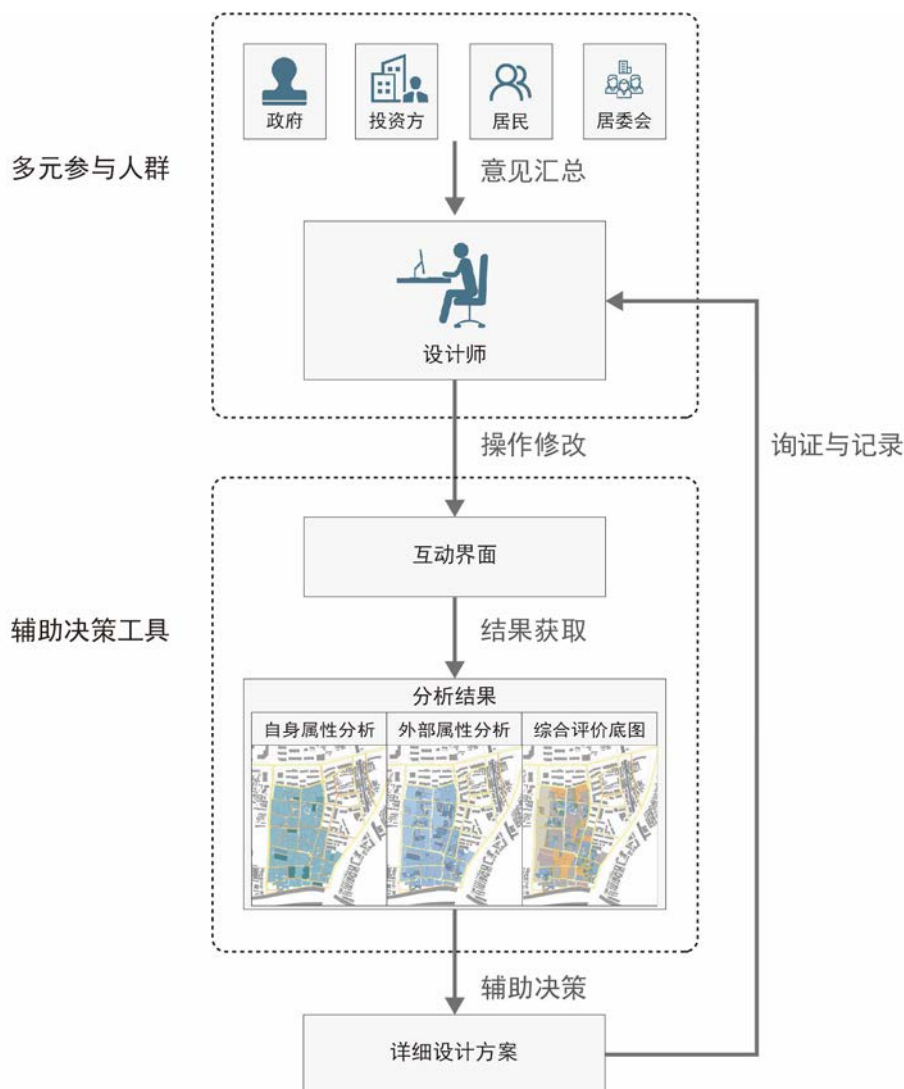


图 4-11：依托该工具的辅助决策工作流程  
图片来源：作者自绘

#### 4.4 本章小结

本章介绍了设计决策辅助工具的功能、界面构成以及操作方法。工具界面分为街区分析总图、操作面板与数据显示栏三个部分，在直观的展示分析评价结果的同时使设计师能够进行空间要素的模型调整并获得更新后的全局分析结果。工具界面为用户提供内部属性分析、外部属性分析与综合评价底图三个显示模式。内部属性与外部属性分析模式实质上是数

学模型的可视化，方便使用者快速查看任意空间元素的分析结果。综合评价底图则是设计师下一步深化设计的工作底图，使工具的分析结果与后续的更新设计工作衔接。

同时，依托本研究构建的设计决策辅助工具，形成了设计师基于多人群意见进行调整并快速获得分析结果反馈以辅助设计决策的流程。这一流程发挥了自主编程方法快速计算与反馈的优势，适应了历史地段“小尺度、渐进式”的工作模式中每次设计策略调整都需要对大量微观单元的形态特征进行重新分析的特点。后续将介绍本研究对该设计决策辅助工具进行的应用试验，以验证该工具的有效性。



## 第五章 设计决策辅助工具的应用检验

前序研究基于历史地段的多尺度层级空间结构，构建了一套基于 Java 语言编程的历史地段数学模型，并将其发展为设计决策辅助工具。本章将该工具进行应用检验，以确定在实际应用过程中的作用与不足，验证该工具在历史地段保护更新工作中的应用价值，并找到后续的改进方向。

本研究选取多名设计师或建筑从业人员，参照第四章中介绍的分析与辅助决策流程对设计决策辅助工具进行了模拟试用，并从辅助历史地段实际保护更新工作的角度出发提出该工具的应用价值以及尚存问题。研究分别选取了对数字技术更了解、对历史地段的保护与更新更了解以及对两方面均有一定了解的三类设计师参与试用，以获取多样化的使用意见反馈。

### 5.1 设计决策辅助工具的应用价值

#### 5.1.1 信息整合与地块功能决策



图 5-1：设计师依托该工具筛选出的可承担一定规模商业功能的地块  
图片来源：作者自绘



图 5-2：设计师依托该工具筛选出的可承担文化旅游功能的地块  
图片来源：作者自绘

参与试用的设计师认为，历史地段的保护与更新过程中需要整理与分析大量的信息，既有的保护更新多基于一到两种特定的分析方法，难以做到客观全面。而该设计决策辅助工具

的一大特点是空间要素信息的快速整合与分析能力，特别是综合评价底图界面，给出了产权关系与形态分析相结合的综合评价结果。设计师在进行保护与更新的前期决策时，往往会先明确某种功能目的，再依托多方面综合的信息，找到特征相似的能在未来街区中承担特定功能的地块或建筑。该工具较好的应对了这一需求，例如图 5-1 展示了设计师想要确定未来街区中哪些地块适合承担较大规模的商业功能，可依托本工具快速对所有地块进行修改与筛选，最终找出街区内所有产权人改造意愿相同、公共性较高且面积达到一定需求的地块。图 5-2 展示了设计师采用类似方法筛选出的可依托既有文物遗产资源作为历史文化旅游功能的地块。

### 5.1.2 道路规划与地块划分的辅助决策

部分对历史地段保护与更新较为熟悉的设计师提出，该工具在实用层面的另一个重要作用是提供了历史地段保护更新过程中在道路规划与地块划分层面上的辅助决策。在历史地段的保护与更新中，对道路网以及地块划分方式的调整是总图设计的主要内容。传统的基于类型学地图的分析方法在每次修改调整后，都要重新绘制类型学地图对街区修改后的状态进行重新分析，因此带来较大的工作量。而在本研究的设计决策辅助工具界面内，设计师可进行不断的修改尝试，快速高效的比选不同规划策略下历史地段的路网特征、地块公共性等状态。图 5-3 为设计决策辅助工具界面内荷花塘历史文化街区当前各空间要素的外部属性分析结果，图 5-4 与图 5-5 为参与试用的设计师对道路网进行不同的修改调整后获得的外部属性分析结果。图 5-4 的设计策略更倾向于去掉封闭的小路，以打通的大路解决街区范围内的交通问题。图 5-5 的调整则更尊重现有的道路网形态，尽量打通小路中的断头路，并增加一些支路以保证地块的通达性。工具界面内提供了历次修改后详细的量化分析数据供设计师进行比选，以找到更合理的规划设计策略。



图 5-3：荷花塘当前状态的外部属性分析结果

图片来源：辅助工具界面截图

此外，参与试用的设计师均对该工具的人机互动界面给予了一定程度的肯定。设计决策辅助工具的功能分区清晰易懂，可在界面内直接操作修改并获得实时反馈，进一步提升了使用的便捷性与工作效率，被认为是一个用户友好型工具。



图 5-4：基于打通大路为主的道路规划设计策略调整后的外部属性分析结果

图片来源：辅助工具界面截图



图 5-5：基于添加支路为主的道路规划设计策略调整后的外部属性分析结果

图片来源：辅助工具界面截图

## 5.2 设计决策辅助工具的局限性与不足

### 5.2.1 形态分析的局限性

设计决策辅助工具的数据来源是研究对象街区的地形图，所存储的主要是历史地段的形态信息，包含道路的走向、地块的范围与建筑的平面轮廓等内容。以此为基础数据的工具实质上是一个以形态分析为主的工具，例如在评判一个地块或建筑的公共性时依据的是空间句法理论中关于公共性的几个量化分析值。但在实际的历史地段保护与更新过程中，空间元素的特性往往受到多重限制因素的影响，例如距离周围功能活力点、文化活力点的距离对地块的公共性有一定程度的影响，存在与工具中的形态分析结果不符的情况。因此本工具的分析与评价结果也存在一定局限性，提供的结果仅在形态分析层面具有参考价值，未来的工具可在录入周边影响要素方面进行改进。

### 5.2.2 客观评价的局限性

本研究的设计决策辅助工具所提供的分析与评价结果是一个完全客观的结果。工具所能计算的量化指标都基于既有分析理论，工具的主要作用是把这些既有的规则进行整合，并翻译为程序中的算法进行计算，最后将所得结果可视化显示。但实际工作中历史地段保护与更新方案的产生是一个客观评价与主观评判相结合的过程，设计师对街区中的道路、地块的主观感受同样会影响到设计结果。因此设计决策辅助工具中可加入对空间元素的一系列自定义判定标准，设计师可基于实际情况在程序界面中对空间要素给出自定义的评分，最终主观评价与客观评价结合，获得更科学的决策结果。

### 5.2.3 技术层面的可改进之处

除以上两个层面的局限性之外，参与试用的设计师还针对该设计决策辅助工具提出了多个技术层面的可改进之处。

第一点在工具使用的摸索阶段会经常出现误操作的情况。因此程序界面应加入撤销误操作的指令，同时在使用者操作顺序出现问题（例如未选择新道路终点即点击了生成道路）时要避免程序出现“报错”，而是给出相应的提示。对于这一问题，已经基于试用人员的意见，对程序进行了相应的调整与改进。同时将在后续该工具进一步完善并实际应用于历史地段的保护与更新工作时提供使用说明书。

第二点是试用人员提出该工具应具有存储方案的功能，以方便对多个方案进行比选。设计师表示在历史地段保护更新工作中，设计决策的调整是一个不断试错的过程。最高效的状态是该工具可记录使用者的每次操作，且在程序界面中能回退到任意一次修改之后的状态。该功能的实现需完善数学模型的底层逻辑，记录每一步操作后的街区数学模型信息，将在后续研究中进一步完善。

第三点是该工具应能直接导出街区调整后的模型与多个角度的分析图，以辅助设计师完成后续的详细方案设计。基于这一意见已经为工具添加了图片导出功能，且通过 iGeo 工具包

尝试与 Rhino 等数字化建模平台衔接，使程序可导出能被 Rhino 读取的 3dm 文件，形成本研究开发的设计决策辅助工具与商业建模软件的联动。

### 5.3 本章小结

本章是对本研究构建的设计决策辅助工具能否真正应用于历史地段实际保护与更新工作的检验。该工具直接的用户群体是设计师，通过选取多位设计师对该工具进行试用，初步验证了该工具在历史地段保护与更新过程中对于信息整合分析、道路规划与地块划分辅助决策以及提升工作效率等方面的有效性，可对设计师的设计决策工作起到一定的辅助作用。当然，作为一次数字化技术应用于历史地段保护与更新实践的尝试，工具依然存在一些不足。专业经验更丰富的设计师从实际工作的角度对该工具进行试用后，提出了多角度的意见，成为设计决策辅助工具未来进一步改进的方向。

## 第六章 结论

### 6.1 研究总结

随着城市的快速发展,在历史地段的保护与更新设计中,对历史地段的认知与解析应是一个整体性、系统性、公众参与性的过程,当前的保护更新工作中虽然有多种量化分析方法,却缺乏有效的分析与辅助决策工具。论文依据形态类型学的相关研究成果,以尺度层级为基本框架,梳理了历史地段多尺度层级上空间元素的认知与分析体系,基于 Java 语言编程对历史地段多尺度层级结构进行了数字化建构。并以历史地段保护与更新实践中基于微观空间元素的“小尺度、渐进式”工作模式为背景,构建了一个整合各类人群意见高效提供形态分析结果以辅助设计师获得设计决策的工具,为更新设计提供更科学的分析参考。研究选取多名设计师或建筑学专业人员对该工具进行模拟试用,验证了该工具在历史地段保护与更新工作中的价值,并明确了其适用范围与改进方向。

主要的研究成果包括:

1. 在理论研究层面梳理与整合了历史地段多尺度层级上空间元素的认知与分析评价体系。通过对形态类型学领域层级结构相关理论的梳理与借鉴,将“城市肌理—单一肌理—道路与地块序列—地块—建筑”的层级结构应用于对中国居住型历史地段的认知中,并在这一层级结构框架下基于多种既有分析方法整合了各层级上空间元素的分析与评价体系,给出了相关属性值的定义、实际含义与计算方法。使历史地段形态分析的量化指标更加明确,避免了文字描述的模糊性,实现了城市形态研究中以数据分析为基础的方法整合。

2. 探索了历史地段多尺度层级空间结构的数字化建构方法。基于 Java 语言编程,在 IntelliJ IDEA 平台中建立了一套从外部数据读取到多尺度层级的数据结构搭建再到各层级空间元素量化分析的数学模型。通过这一数学模型,将历史地段内大量零散的空间信息转化为各层级数据联动的数据集,完成了形态到数据的逆向建模过程。这对于历史地段保护更新实践中的信息整理及分析与评价工作有着重要的意义,将空间元素进行数据表述使各空间元素的信息得以联动,使分析与评价结果更快速而客观。同时基于 Java 语言编程的数据模型可通过自主编写方法而不断拓展,从而为相关方法的推进提供了基础。

3. 开发了历史地段更新改造过程中可供设计师使用的设计决策辅助工具。通过 Java 语言编程,为既有的数学模型添加了可视化的互动界面。在界面内设计师可基于多元人群意愿对多尺度层级上的空间元素进行调整,并重新获得分析结果反馈。该工具发挥了自主编程方法快速计算与反馈的优势,使历史地段“小尺度、渐进式”工作模式中的分析与设计决策更高效准确。形成了分析结果指导实际设计的接口,为设计师后续的深化设计工作提供了具有实际意义的辅助决策参考。

4. 开拓了数字技术应用于历史地段保护更新的新思路。历史地段的保护与更新是一项传

统而复杂的工作，通过引入数字化分析方法，实现了历史地段保护与更新工作中的若干问题与数字化方法优势的结合，找到了两者的契合点与适用范围。这一思路可用于历史地段多角度的问题研究中，解决传统方法问题孤立、效率低下、结论不够准确等问题，启发设计者面对历史地段保护与更新中的大量问题时更多数字化方法的研究与尝试，推动相关研究的发展。

## 6.2 研究展望

在本研究已完成内容的基础上，尚有几处可拓展和完善之处：

### 1. 研究对象的范围拓展

本研究以历史地段作为研究对象，以尺度层级结构解析历史地段的构成规则，并进行数字化的建构与解析。本研究基于的形态类型学视角下的尺度层级结构可用于城市中各种类型街区的形态认知，所构建的街区数学模型框架可用于任意街区的表述与分析。因此可将研究范围做进一步的拓展，通过部分参数的调整与方法的完善，本研究所构建的分析与辅助决策工具可用于更多城市街区的形态研究中，从而获得更丰富而全面的城市形态研究成果。

### 2. 研究对象的层级拓展

本研究所构建的“城市肌理—单一肌理—道路与地块序列—地块—建筑”的层级结构涵盖了城市设计视角下从街区到单一建筑的研究范围，但这一层级结构在宏观和微观层面上均有可拓展之处。在更宏观的视角下，更大范围的城市区划乃至整个城市空间都可作为城市肌理以上的层级。在更微观的领域，单体建筑还可再细分为房间，结构，材料等层级。在后续研究中，不仅仅打通城市与建筑尺度之间的联系，而是以数据信息的递归实现城市设计到建筑单体构件之间的无缝衔接成为新的探索方向。更完善的尺度层级结构能够实现城市规划、城市设计与建筑设计多领域的工作联动，使原本各领域相互割裂的方法体系成为整体。

### 3. 与生成设计工具衔接以形成完整工作流程

本研究的方法基于一定的规则将历史地段的内部空间及其内部大量的零散信息转化为各层级数据联动的数据集，完成形态分析工作中形态到数据的逆向建模过程。但在历史地段的实际更新设计工作中，不仅仅需要形态分析方法，更需要与形态分析联动的形态设计过程。因此后续研究中，需基于机器学习等数字化生成设计方法，把建筑设计原理转为自动化程序的生成设计，并将形态分析工作中形态到数据的逆向建模过程，与生成设计中数据到形态的正向设计过程连接起来，形成“形态分析—形态设计”之间的良性互动，才能形成由数字控制的历史地段的高效分析与设计工作流程。

### 4. 数字化工具置入线上平台

本研究目前所构建的设计决策辅助工具虽为自主编程完成，但必须基于 IntelliJ IDEA 平台运行，因此在实际使用过程中设计师必须线下在具有相关配置环境的设备上进行操作，这一过程势必耗费大量时间，降低了沟通效率。因此本研究后续可尝试与线上平台联动，将现有的工具发展成一个线上的历史地段分析与辅助决策平台，使设计师乃至多元的参与人群

可随时随地进行使用，将大大提升该方法的适用性与工作效率，真正做到数字技术成果辅助实际设计工作。

### 6.3 结语

历史地段的保护与更新是一个永恒的课题，历代研究者在不断的保护更新设计实践中，在各个角度实现了方法层面的进步。本研究基于形态类型学中的尺度层级结构，提供了一种历史地段的数字化建构与解析方法，并将所建构的数学模型完善成设计师可依据多元人群诉求进行设计策略调整并获得分析结果反馈的设计决策辅助工具，以荷花塘历史文化街区的实际保护更新工作为应用场景进行了实际检验，验证了相关工具的有效性。这一尝试给历史地段的更新工作带来的不仅仅是工具的提升，更是方法论层面的跃进，证明了基于数字技术的量化分析方法能够与理论层面的城市形态描述框架相结合，为设计工作提供更高效而科学的分析结果，在城市设计的实际命题中发挥作用。

本研究虽然采用较为前沿的数字化方法，但面向的仍是历史地段这一传统对象中的问题。经过长期的自然演变，每个历史地段都具有自己独特的空间肌理、街道网络、地块布局与建筑形态。历史地段中的空间元素虽功能与形态各异，却都有其独特的价值，他们彼此独立又互相影响，形成一个有机的整体。在不断精细化的历史地段保护与更新工作的背景下，更新设计方案不再是设计师一人的价值观决断，而是历史地段中大量复杂信息综合导向的结果。形态分析工作需要为形态设计提供更高效、更科学的分析结果，进而以数据流连接工作中的各个阶段，形成“形态分析—形态设计”之间的衔接与互动，推进历史地段的更新设计工作中“基于经验的人为归纳”到“基于数据的模式提取”的工作方式，才是本研究所揭示的另一层技术意义。



## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 历史文化名城保护规划标准[DB/OL].  
[https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdkgknr/tzgg/201902/20190228\\_239602.html](https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdkgknr/tzgg/201902/20190228_239602.html).
- [2] 朱光亚. 建筑遗产保护学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2019.
- [3] 韩冬青. 显隐互鉴, 包容共进——南京小西湖街区保护与再生实践[J]. 建筑学报, 2022, (01): 1-8.
- [4] 郭超, 吉倩媛, 王海卉. 城市历史住区的再生路径探析——“居住+”理念在南京荷花塘历史住区的规划设想[A]//持续发展 理性规划——2017 中国城市规划年会论文集 (20 住房建设规划) [C]. 中国广东东莞: 2017: 293-304.
- [5] 华琳, 王承慧. 南京荷花塘历史文化街区社区特征及发展建议[A]//规划 60 年: 成就与挑战——2016 中国城市规划年会论文集 (17 住房建设规划) [C]. 中国辽宁沈阳: 2016: 652-665.
- [6] Michael-Robert-Gunter Conzen. Alnwick, Northumberland. A Study in Town-plan Analysis.[With Plates, Plans and a Bibliography.].[M]. 1960.
- [7] M-R-G Conzen. Alnwick, Northumberland: A Study in Town-Plan Analysis[J]. Transactions and Papers (Institute of British Geographers), 1960, (27): 122.
- [8] Gianfranco Caniggia, Maffei Gian-Luigi. Architectural composition and building typology: interpreting basic building[M]. Alinea Editrice, 2001.
- [9] Karl Kropf. Ambiguity in the definition of built form[J]. Urban morphology, 2014, 18(1): 41-57.
- [10] Karl Kropf. The handbook of urban morphology[M]. John Wiley & Sons, 2018.
- [11] Karl Kropf. Morphological investigations: Cutting into the substance of urban form[J]. Built Environment, 2011, 37(4): 393-408.
- [12] 盛晔. 历史街区更新中类型学方法的研究与应用[D]. 同济大学, 2008.
- [13] 姚圣. 中国广州和英国伯明翰历史街区形态的比较研究[D]. 华南理工大学, 2013.
- [14] 刘康宁, 薛杨. 基于康泽恩形态分析方法的历史地段特色营造策略研究——以市舶司历史地段为例 [A]//活力城乡 美好人居——2019 中国城市规划年会论文集 (07 城市设计) [C]. 中国重庆: 2019: 1930-1946.
- [15] 宋亚程. 城市街区形态复杂性的表述方法研究[D]. 东南大学, 2019.
- [16] 陈泳. 近代工业街区的进化——从“苏纶厂”到“苏纶场”[J]. 建筑学报, 2015, (07): 98-103.
- [17] 陈泳. 近现代苏州城市形态演化研究[J]. 城市规划汇刊, 2003, (06): 62-71.
- [18] 陈泳. 当代苏州城市形态演化研究[J]. 城市规划学刊, 2006, (03): 36-44.
- [19] 董亦楠, 韩冬青, 沈旸, 等. 适于传统街区保护再生的“类型学地图”绘制与应用——以南京小西湖为例[J]. 建筑学报, 2019, (02): 81-87.
- [20] 董亦楠, 韩冬青, 黄洁. 从南京小西湖历史地段小尺度、渐进式保护再生看城市设计的过程性和参与性[J]. 时代建筑, 2021, (01): 51-55.
- [21] Marco Trisciuglio, 董亦楠. 可置换的类型 : 意大利形态类型学研究方法与中国城市[J]. 建筑师, 2017, (06): 22-30.
- [22] 王建国. 历史文化街区适应性保护改造和活力再生路径探索——以宜兴丁蜀古南街为例[J]. 建筑学报, 2021, (05): 1-7.
- [23] B 希列尔, 赵兵. 空间句法——城市新见[J]. 新建筑, 1985, (01): 62-72.
- [24] MY-Berghauer Pont, Haupt Per-André. Spacematrix. space, density and urban form[M]. NAI Publishers, 2010.
- [25] 叶宇, 庄宇. 城市形态学中量化分析方法的涌现[J]. 城市设计, 2016, (04): 56-65.
- [26] 王晨. 基于心理舒适偏好的旧城区城市肌理优化标准与策略研究[D]. 天津大学, 2020.
- [27] Carlo Ratti, Richens Paul. Raster Analysis of Urban Form[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2004, 31(2): 297-309.

- [28] 葛天阳, 后文君, 阳建强. 基于 GIS 和 AHP 的历史地段建筑多级综合评价——以南京湖熟古镇核心地段为例[J]. 现代城市研究, 2017, (07): 31-38.
- [29] Andres Sevtsuk, Mekonnen Michael. Urban network analysis[J]. Revue internationale de géomatique, 2012, 287305.
- [30] Yu Ye, Yeh Anthony, Zhuang Yu, et al. "Form Syntax" as a contribution to geodesign: A morphological tool for urbanity-making in urban design[J]. Urban Design International, 2017, 22(1): 73-90.
- [31] Benjamin Dillenburger. Space Index: A retrieval-system for building-plots[J]. 2010.
- [32] Vahid Moosavi. Urban morphology meets deep learning: Exploring urban forms in one million cities, town and villages across the planet[J]. arXiv preprint arXiv:1709.02939, 2017.
- [33] 蔡陈翼, 李颺, 卢德格尔·霍夫施塔特. 神经网络导向的形态分析与设计决策支持方法探索[J]. 建筑学报, 2020, (10): 102-107.
- [34] 张柏洲, 李颺. 基于大数据特征提取的建筑形态聚类检索方法研究——以大学校园为例[A]//智筑未来——2021 年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集[C]. 中国湖北武汉: 2021: 614-621.
- [35] 韩冬青. 设计城市——从形态理解到形态设计[J]. 建筑师, 2013, (04): 60-65.
- [36] 段进, 邱国潮. 国外城市形态学研究的兴起与发展[J]. 城市规划学刊, 2008, (05): 34-42.
- [37] 陈飞. 一个新的研究框架:城市形态类型学在中国的应用[J]. 建筑学报, 2010, (04): 85-90.
- [38] 沈克宁. 建筑类型学与城市形态学[M]. 中国建筑工业出版社, 2010.
- [39] 段进邱国潮. 国外城市形态学概论[M]. 南京: 东南大学出版社, 2009.
- [40] 韩冬青, 宋亚程, 葛欣, 等. 西方城镇街区形态研究评述[J]. 城市建筑, 2016, (22): 15-20.
- [41] 宋亚程, 葛欣, 韩冬青. 西方城市街区的形态表述方法综述[J]. 新建筑, 2018, (01): 144-149.
- [42] 陈飞, 谷凯. 西方建筑类型学和城市形态学:整合与应用[J]. 建筑师, 2009, (02): 53-58.
- [43] 宋亚程, 韩冬青, 张焯. 南京城市街区形态的层级结构表述初探[J]. 建筑学报, 2018, (08): 34-39.
- [44] Giancarlo Cataldi, Maffei Gian-Luigi, Vaccaro Paolo. Saverio Muratori and the Italian school of planning typology[J]. Urban morphology, 2002, 6(1): 3-14.
- [45] 单霁翔. 城市文化遗产保护与文化城市建设[J]. 城市规划, 2007, (05): 9-23.
- [46] 国家文物局中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房和城乡建设部 国家文物局关于公布第七批中国历史文化名镇名村的通知[DB/OL].  
[http://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgknr/tzgg/201901/20190130\\_239368.html](http://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgknr/tzgg/201901/20190130_239368.html).
- [47] 李昕. 转型期江南古镇保护制度变迁研究[D]. 同济大学, 2006.
- [48] 阮仪三, 顾晓伟. 对于我国历史街区保护实践模式的剖析[J]. 同济大学学报(社会科学版), 2004, (05): 1-6.
- [49] 李涪, 雷冬霞. 情境再生与景观重塑——文化空间保护的方法探讨[J]. 建筑学报, 2007, (05): 1-4.
- [50] 董亦楠, 韩冬青. 超越地界的公共性——小西湖街区堆草巷的空间传承与动态再生[J]. 建筑学报, 2022, (01): 17-21.
- [51] 邹建国. 南京老城南小西湖片区基于产权单元的居住空间传承与拓展[D]. 东南大学, 2016.
- [52] 董亦楠. 南京小西湖历史地段保护与再生中的形态类型学方法[D]. 东南大学, 2019.
- [53] 李新建, 李建波, 范宁, 等. 历史地段工程管线综合设计的理念、方法与实施路径——以南京小西湖为例[J]. 建筑学报, 2022, (01): 28-35.
- [54] 王建国, 李家翔. 1号地块张家老宅改造[J]. 建筑学报, 2021, (05): 7-9.
- [55] 唐芑. 曼生廊和T字房[J]. 建筑学报, 2021, (05): 16-17.
- [56] 王为, 沈旻, 俞海洋. 被历史和记忆缠绕的“过去”——古南街改造更新中的3个案例[J]. 建筑学报, 2021, (05): 18-23.
- [57] 陈薇. 生活是条河——宜兴丁蜀古南街保护20年思考[J]. 建筑学报, 2021, (05): 31-35.
- [58] 王建国. 中国城市设计发展和建筑师的专业地位[J]. 建筑学报, 2016, (07): 1-6.
- [59] 唐芑, 王笑, 华好. 解码历史——宜兴丁蜀古南街历史风貌保护与更新中的数字技术与实践[J]. 建筑学报, 2021, (05): 24-30.

- [60] 徐怡然, 唐芄. 适应传统聚落风貌保护的案例库建构方法研究——以宜兴丁蜀古南街为例[A]//数智营造: 2020年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集[C]. 中国湖南长沙: 2020: 17-22.
- [61] 徐怡然. 基于案例库思维的传统聚落风貌保护设计方法研究——以宜兴丁蜀古南街为例[D]. 东南大学, 2021.
- [62] 张愚, 王建国. 再论“空间句法”[J]. 建筑师, 2004, (03): 33-44.
- [63] 韩冬青, 宋亚程, 葛欣. 集约型城市街区形态结构的认知与设计[J]. 建筑学报, 2020, (11): 79-85.
- [64] Xin Ge, Han Dongqing. Sustainability-oriented configurational analysis of the street network of China's superblocks: Beyond Marshall's model[J]. Frontiers of Architectural Research, 2020, 9(4): 858-871.
- [65] Philip Steadman. Architectural morphology: an introduction to the geometry of building plans[M]. Taylor & Francis, 1983.
- [66] Akkelies Van Nes, Berghauser Pont Meta, Mashhoodi Bardia. Combination of Space syntax with spacematrix and the mixed use index: The Rotterdam South test case[A]//PUC, Santiago, Chili, 2012.
- [67] 江苏省住房与城乡建设厅. 江苏省历史文化街区保护规划编制导则[DB/OL].  
<https://wenku.baidu.com/view/515bc46aa45177232f60a271.html>.

## 附录

## 附录 A 层级结构数学模型的部分代码:

```
import Tools.PolygonTools.PolygonTools;
import org.locationtech.jts.geom.Geometry;
import org.locationtech.jts.operation.buffer.*;
import processing.core.PApplet;
import wblut.geom.*;
import wblut.processing.WB_Render;

public class Street {
    String name;
    WB_PolyLine street_line;
    WB_Polygon buffer_street;
    WB_Polygon judge_street;

    double length;
    double width;
    int math_mark;

    int depth;
    int connectivity;
    double control ;
    double integration;
    int dc_mark;

    String design_mark="";

    Street(WB_PolyLine road_line_in){
        street_line =road_line_in;
        width=B_C.new_road_first_distance;
        depth=100;
        connectivity=0;
        dc_mark =5;
        length+=Math.abs(WB_GeometryOp.getDistance2D(street_line.getPoint(0),street_line.getPoint(1)));
        for(int i=0;i<street_line.getNumberOfPoints()-2;i++){
            length+=Math.abs(street_line.getLength(i));
        }
    }

    void get_math_mark(){
        if(length<100){
            if(width<3){
```

```
        math_mark=9;
    }
    if(width>=3&&width<6){
        math_mark=8;
    }
    if(width>=6&&width<10){
        math_mark=7;
    }
    if(width>=10&&width<15){
        math_mark=6;
    }
    if(width>=15){
        math_mark=5;
    }
}
if(length>=100&&length<200){
    if(width<3){
        math_mark=8;
    }
    if(width>=3&&width<6){
        math_mark=7;
    }
    if(width>=6&&width<10){
        math_mark=6;
    }
    if(width>=10&&width<15){
        math_mark=5;
    }
    if(width>=15){
        math_mark=4;
    }
}
if(length>=200&&length<300){
    if(width<3){
        math_mark=7;
    }
    if(width>=3&&width<6){
        math_mark=6;
    }
    if(width>=6&&width<10){
        math_mark=5;
    }
    if(width>=10&&width<15){
        math_mark=4;
    }
}
```

```
        if(width>=15){
            math_mark=3;
        }
    }
    if(length>=300&&length<500){
        if(width<3){
            math_mark=6;
        }
        if(width>=3&&width<6){
            math_mark=5;
        }
        if(width>=6&&width<10){
            math_mark=4;
        }
        if(width>=10&&width<15){
            math_mark=3;
        }
        if(width>=15){
            math_mark=2;
        }
    }
    if(length>500){
        if(width<3){
            math_mark=5;
        }
        if(width>=3&&width<6){
            math_mark=4;
        }
        if(width>=6&&width<10){
            math_mark=3;
        }
        if(width>=10&&width<15){
            math_mark=2;
        }
        if(width>=15){
            math_mark=1;
        }
    }
}
```

```
import Guo_Cam.Vec_Guo;
import Tools.PolygonTools.PolygonTools;
import processing.core.PApplet;
import wblut.geom.*;
```

```
import wblut.processing.WB_Render;
import java.util.ArrayList;

public class Plot {
    String name;
    WB_Polygon plot_polygon;
    ArrayList<Building> in_buildings = new ArrayList<>();
    int depth = 100;
    int connectivity = 0;
    double control = 0;
    double integration = 100;
    int dc_mark = 5;

    ArrayList<String> directions = new ArrayList<>();
    String in_name;
    ArrayList<Street> near_roads = new ArrayList<>();
    ArrayList<Plot> near_plots = new ArrayList<>();
    int w_depth;
    int e_depth;
    int n_depth;
    int s_depth;
    boolean b_set_direction;
    ArrayList<Street> set_in_roads = new ArrayList<>();
    ArrayList<Plot> set_in_plots = new ArrayList<>();

    double area;
    double buildings_area;
    int other_buildings;
    double other_buildings_ratio;
    double FSI;
    double GSI;
    double ave_L;
    double OSR;
    int space_matrix;
    boolean b_intersect_road = false;

    String features = "";
    String function = "";

    Plot(WB_Polygon land_polygon_in) {
        plot_polygon = land_polygon_in;
        depth = 100;
        connectivity = 0;
        dc_mark = 5;
    }
}
```

```

void get_data() {
    area = Math.abs(plot_polygon.getSignedArea());
    double building_occupation = 0;
    for (Building building : in_buildings) {
        if (!building.b_delete) {
            building_occupation += Math.abs(building.building_polygon.getSignedArea());
        }
    }
    double building_area = 0;
    for (Building building : in_buildings) {
        if (!building.b_delete) {
            building_area += Math.abs(building.building_polygon.getSignedArea() * building.layers);
        }
    }
    other_buildings = 0;
    for (Building building : in_buildings) {
        if (!building.b_delete) {
            other_buildings++;
        }
    }
    other_buildings_ratio = (double)other_buildings / in_buildings.size();
    buildings_area = building_area;
    FSI = building_area / area;
    GSI = building_occupation / area;
    ave_L = FSI / GSI;
    OSR = (1 - GSI) / FSI;
}

void plot_get_new_direction(Vec_Guo vec2) {
    if (!b_set_direction) {
        directions.clear();
    }
    b_set_direction = true;
    if (!b_intersect_road) {
        WB_Point p1 = new WB_Point(vec2.x, vec2.y);
        for (Plot plot : near_plots) {
            if (WB_GeometryOp.contains2D(p1, plot.plot_polygon)) {
                set_in_plots.add(plot);
                if (Math.abs(p1.xf() - plot_polygon.getCenter().xf()) > Math.abs(p1.yf() -
plot_polygon.getCenter().yf())) {
                    if (p1.xf() > plot_polygon.getCenter().xf()) {
                        directions.add("E");
                        e_depth = plot.depth;
                    }
                    if (p1.xf() < plot_polygon.getCenter().xf()) {

```



```
        directions.add("W");
        w_depth = plot.depth;
    }
}
if (Math.abs(p1.xf() - plot_polygon.getCenter().xf()) < Math.abs(p1.yf() -
plot_polygon.getCenter().yf())) {
    if (p1.yf() > plot_polygon.getCenter().yf()) {
        directions.add("N");
        n_depth = plot.depth;
    }
    if (p1.yf() < plot_polygon.getCenter().yf()) {
        directions.add("S");
        s_depth = plot.depth;
    }
}
break;
}
}
}
if (b_intersect_road) {
    WB_Point p1 = new WB_Point(vec2.x, vec2.y);
    double d_length = Double.MAX_VALUE;
    int num = 0;
    for (int i = 0; i < near_roads.size(); i++) {
        double d0 = Math.abs(WB_GeometryOp.getDistance2D(p1, near_roads.get(i).street_line));
        if (d0 < d_length) {
            num = i;
            d_length = d0;
        }
    }
    set_in_roads.add(near_roads.get(num));
    if (Math.abs(p1.xf() - plot_polygon.getCenter().xf()) > Math.abs(p1.yf() - plot_polygon.getCenter().yf())) {
        if (p1.xf() > plot_polygon.getCenter().xf()) {
            directions.add("E");
            e_depth = near_roads.get(num).depth;
        }
        if (p1.xf() < plot_polygon.getCenter().xf()) {
            directions.add("W");
            w_depth = near_roads.get(num).depth;
        }
    }
    if (Math.abs(p1.xf() - plot_polygon.getCenter().xf()) < Math.abs(p1.yf() - plot_polygon.getCenter().yf())) {
        if (p1.yf() > plot_polygon.getCenter().yf()) {
            directions.add("N");
            n_depth = near_roads.get(num).depth;
```

```

        }
        if (p1.yf() < plot_polygon.getCenter().yf()) {
            directions.add("S");
            s_depth = near_roads.get(num).depth;
        }
    }
}
//B_C.which_point_out = 9;
//B_C.can_draw_point_out = true;
}

void get_intersect_plot_direction() {
    WB_AABB aabb = plot_polygon.getAABB();
    directions.clear();
    for (Street street : near_roads) {
        WB_PolyLine l_w = new WB_PolyLine(plot_polygon.getCenter(), new
WB_Point(plot_polygon.getCenter().xf() - Math.abs(aabb.getWidth()), plot_polygon.getCenter().yf()));
        WB_PolyLine l_e = new WB_PolyLine(plot_polygon.getCenter(), new WB_Point(plot_polygon.getCenter().xf()
+ Math.abs(aabb.getWidth()), plot_polygon.getCenter().yf()));
        WB_PolyLine l_n = new WB_PolyLine(plot_polygon.getCenter(), new
WB_Point(plot_polygon.getCenter().xf(), plot_polygon.getCenter().yf() + Math.abs(aabb.getHeight())));
        WB_PolyLine l_s = new WB_PolyLine(plot_polygon.getCenter(), new WB_Point(plot_polygon.getCenter().xf(),
plot_polygon.getCenter().yf() - Math.abs(aabb.getHeight())));
        if (PolygonTools.checkIntersection(street.street_line, l_w)) {
            directions.add("W");
            w_depth = street.depth;
        } else if (PolygonTools.checkIntersection(street.street_line, l_e)) {
            directions.add("E");
            e_depth = street.depth;
        } else if (PolygonTools.checkIntersection(street.street_line, l_n)) {
            directions.add("N");
            n_depth = street.depth;
        } else if (PolygonTools.checkIntersection(street.street_line, l_s)) {
            directions.add("S");
            s_depth = street.depth;
        }
    }
}

void get_in_building_depth() {
    if (directions.size() != 0) {
        for (int i = 0; i < in_buildings.size(); i++) {
            WB_AABB aabb = plot_polygon.getAABB();
            WB_PolyLine l_w = new WB_PolyLine(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter(), new
WB_Point(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().xf() - Math.abs(aabb.getWidth()),

```

```

in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().yf());
        WB_PolyLine l_e = new WB_PolyLine(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter(), new
WB_Point(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().xf() + Math.abs(aabb.getWidth()),
in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().yf()));
        WB_PolyLine l_n = new WB_PolyLine(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter(), new
WB_Point(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().xf(), in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().yf() +
Math.abs(aabb.getHeight()));
        WB_PolyLine l_s = new WB_PolyLine(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter(), new
WB_Point(in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().xf(), in_buildings.get(i).building_polygon.getCenter().yf() -
Math.abs(aabb.getHeight()));
        int building_depth = 100;
        for (String string : directions) {
            if (string.equals("W")) {
                int w_d = 0;
                for (int j = 0; j < in_buildings.size(); j++) {
                    if (i != j && !in_buildings.get(j).b_delete && PolygonTools.checkIntersection(l_w,
in_buildings.get(j).building_polygon)) {
                        w_d++;
                    }
                }
                if (w_d + w_depth < building_depth) {
                    building_depth = w_d + w_depth;
                }
            }
        }
        for (String string : directions) {
            if (string.equals("E")) {
                int w_e = 0;
                for (int j = 0; j < in_buildings.size(); j++) {
                    if (i != j && !in_buildings.get(j).b_delete && PolygonTools.checkIntersection(l_e,
in_buildings.get(j).building_polygon)) {
                        w_e++;
                    }
                }
                if (w_e + e_depth < building_depth) {
                    building_depth = w_e + e_depth;
                }
            }
        }
        for (String string : directions) {
            if (string.equals("N")) {
                int w_n = 0;
                for (int j = 0; j < in_buildings.size(); j++) {
                    if (i != j && !in_buildings.get(j).b_delete && PolygonTools.checkIntersection(l_n,
in_buildings.get(j).building_polygon)) {

```

```

        w_n++;
    }
}
if (w_n + n_depth < building_depth) {
    building_depth = w_n + n_depth;
}
}
}
for (String string : directions) {
    if (string.equals("S")) {
        int w_s = 0;
        for (int j = 0; j < in_buildings.size(); j++) {
            if (i != j && !in_buildings.get(j).b_delete && PolygonTools.checkIntersection(l_s,
in_buildings.get(j).building_polygon)) {
                w_s++;
            }
        }
        if (w_s + s_depth < building_depth) {
            building_depth = w_s + s_depth;
        }
    }
}
in_buildings.get(i).depth = building_depth;
}
}
if (directions.size() == 0) {
    for (Building in_building : in_buildings) {
        in_building.depth = depth;
    }
}
}
}

```

```
public class Building {
```

```

    WB_Polygon building_polygon;
    WB_Mesh block;
    int layers;
    double occupation_area;
    double area;
    int quality_evaluation;
    int features_evaluation;
    int qf_mark;
    int b_change;
    boolean b_cultural = false;

```

```
boolean b_history = false;
boolean b_finish = false;
boolean b_special = false;
String property;

int depth;
int connectivity;
double control;
double integration;
int dc_mark;
//ArrayList<String> directions = new ArrayList<>();
String features = "";
String function = "";

Building(WB_Polygon building_polygon_in, int layers_in, String property_in, int quality_in, int feature_in,int b_change_in) {
    building_polygon = building_polygon_in;
    layers = layers_in;
    occupation_area = Math.abs(building_polygon.getSignedArea());
    area = occupation_area * layers;
    property = property_in;
    quality_evaluation=quality_in;
    features_evaluation=feature_in;
    b_change=b_change_in;
    get_qf_mark();

    depth = 100;
    connectivity = 0;
    dc_mark = 5;
}

void get_qf_mark() {
    if (quality_evaluation == 1) {
        if (features_evaluation <= 2) {
            qf_mark = 1;
        }
        if (features_evaluation == 3) {
            qf_mark = 2;
        }
        if (features_evaluation == 4) {
            qf_mark = 3;
        }
    }
    if (quality_evaluation == 2) {
        if (features_evaluation == 1) {
            qf_mark = 1;
        }
    }
}
```

```
    }
    if (features_evaluation == 2) {
        qf_mark = 2;
    }
    if (features_evaluation == 3) {
        qf_mark = 3;
    }
    if (features_evaluation == 4) {
        qf_mark = 4;
    }
}
if (quality_evaluation == 3) {
    if (features_evaluation == 1) {
        qf_mark = 2;
    }
    if (features_evaluation == 2) {
        qf_mark = 3;
    }
    if (features_evaluation == 3) {
        qf_mark = 4;
    }
    if (features_evaluation == 4) {
        qf_mark = 5;
    }
}
if (quality_evaluation == 4) {
    if (features_evaluation == 1) {
        qf_mark = 3;
    }
    if (features_evaluation == 2) {
        qf_mark = 4;
    }
    if (features_evaluation >= 3) {
        qf_mark = 5;
    }
}
}
```

## 附录 B 设计决策辅助工具中空间要素调整方法的部分代码:

```
void renew_all_simple_plot_series(ArrayList<Plot> plots, ArrayList<Building> buildings) {
    overlap_plots.clear();
    for (Plot plot : plots) {
        plot.b_intersect_road = false;
        plot.get_in_buildings(buildings);
        plot.get_data();
        plot.get_plot_space_matrix();
        if(plot.name==null){
            plot.name="新设计地块";
        }
        plot.depth = 100;
        plot.connectivity = 0;
        plot.control=0;
        plot.integration = 100;
        plot.dc_mark = 5;
        plot.near_roads.clear();
        plot.near_plots.clear();
    }
    for (Simple_tissue simple_tissue : all_simple_tissues) {
        simple_tissue.plot_series.clear();
        simple_tissue.street.get_judge_road();
        for (Plot plot : plots) {
            if (PolygonTools.judge_polygon_intersect(simple_tissue.street.judge_street, plot.plot_polygon)) {
                simple_tissue.plot_series.add(plot);
                plot.near_roads.add(simple_tissue.street);
                plot.b_intersect_road = true;
            }
        }
    }
    for (Plot plot : plots) {
        if (!plot.b_intersect_road) {
            overlap_plots.add(plot);
        }
    }
}

void renew_road_network_mark() {
    for (Simple_tissue all_simple_tissue : all_simple_tissues) {
        if (all_simple_tissue.depth < 1.5) {
            if (all_simple_tissue.connectivity > 6.5) {
                all_simple_tissue.dc_mark = 1;
            }
            if (all_simple_tissue.connectivity > 2.5 && all_simple_tissue.connectivity < 6.5) {
```

```
        all_simple_tissue.dc_mark = 2;
    }
    if (all_simple_tissue.connectivity < 2.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 3;
    }
}
if (all_simple_tissue.depth > 1.5 && all_simple_tissue.depth < 3.5) {
    if (all_simple_tissue.connectivity > 6.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 2;
    }
    if (all_simple_tissue.connectivity > 2.5 && all_simple_tissue.connectivity < 6.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 3;
    }
    if (all_simple_tissue.connectivity < 2.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 4;
    }
}
if (all_simple_tissue.depth > 3.5) {
    if (all_simple_tissue.connectivity > 6.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 3;
    }
    if (all_simple_tissue.connectivity > 2.5 && all_simple_tissue.connectivity < 6.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 4;
    }
    if (all_simple_tissue.connectivity < 2.5) {
        all_simple_tissue.dc_mark = 5;
    }
}
}
int change_num=0;
if(all_simple_tissue.control<0.5){
    if(all_simple_tissue.integration>0.2){
        change_num+=2;
    }
    if(all_simple_tissue.integration>=0.05&&all_simple_tissue.integration<=0.2){
        change_num+=1;
    }
}
if(all_simple_tissue.control>=0.5&&all_simple_tissue.control<=3){
    if(all_simple_tissue.integration>0.2){
        change_num+=1;
    }
    if(all_simple_tissue.integration<0.05){
        change_num-=1;
    }
}
}
```



```
if(all_simple_tissue.control>3){
    if(all_simple_tissue.integration>=0.05&&all_simple_tissue.integration<=0.2){
        change_num-=1;
    }
    if(all_simple_tissue.integration<0.05){
        change_num-=2;
    }
}
if(all_simple_tissue.dc_mark+change_num>=1&&all_simple_tissue.dc_mark+change_num<=5){
    all_simple_tissue.dc_mark+=change_num;
}
if(all_simple_tissue.dc_mark+change_num<1){
    all_simple_tissue.dc_mark=1;
}
if(all_simple_tissue.dc_mark+change_num>5){
    all_simple_tissue.dc_mark=5;
}
}
}

void get_start_point(Vec_Guo vec1) {
    WB_Point p1 = new WB_Point(vec1.x, vec1.y);
    double d0 = Double.MAX_VALUE;
    int a = 0;
    for (int i = 0; i < all_simple_tissues.size(); i++) {
        double d1 = Math.sqrt(WB_GeometryOp.getDistance2D(p1, all_simple_tissues.get(i).street.street_line));
        if (d1 < d0) {
            d0 = d1;
            a = i;
        }
    }
    v_start = WB_GeometryOp.getClosestPoint2D(p1, all_simple_tissues.get(a).street.street_line);
    v_real_start = p1;
}

void get_end_point(Vec_Guo vec1) {
    WB_Point p1 = new WB_Point(vec1.x, vec1.y);
    double d0 = Double.MAX_VALUE;
    int a = 0;
    for (int i = 0; i < all_simple_tissues.size(); i++) {
        double d1 = Math.sqrt(WB_GeometryOp.getDistance2D(p1, all_simple_tissues.get(i).street.street_line));
        if (d1 < d0) {
            d0 = d1;
            a = i;
        }
    }
}
```

```

v_end = WB_GeometryOp.getClosestPoint2D(p1, all_simple_tissues.get(a).street.street_line);
v_real_end = p1;
}
void get_short_path(HE_Mesh building_mesh) {
    double ds = Double.MAX_VALUE;
    int a_s = 0;
    for (int i = 0; i < building_mesh.getNumberOfVertices(); i++) {
        double d1 = Math.sqrt(WB_GeometryOp.getDistance2D(v_real_start, building_mesh.getVertex(i)));
        if (d1 < ds) {
            ds = d1;
            a_s = i;
        }
    }
    double de = Double.MAX_VALUE;
    int a_e = 0;
    for (int i = 0; i < building_mesh.getNumberOfVertices(); i++) {
        double d1 = Math.sqrt(WB_GeometryOp.getDistance2D(v_real_end, building_mesh.getVertex(i)));
        if (d1 < de) {
            de = d1;
            a_e = i;
        }
    }
    try {
        new_Road = HE_Path.getShortestPath((HE_Vertex) building_mesh.getVertex(a_s), (HE_Vertex)
building_mesh.getVertex(a_e), building_mesh);
        ArrayList<WB_Point> new_road_points = new ArrayList<>();
        WB_Vector v1 = new WB_Vector(0.01 * (v_start.xd() - new
WB_Point(new_Road.getPathVertices().get(0)).xd()), 0.01 * (v_start.yd() - new
WB_Point(new_Road.getPathVertices().get(0)).yd()));
        v_start = v_start.add(v1);
        new_road_points.add(v_start);
        for (int i = 0; i < new_Road.getPathVertices().size(); i++) {
            new_road_points.add(new WB_Point(new_Road.getPathVertices().get(i)));
        }
        WB_Vector v2 = new WB_Vector(0.01 * (v_end.xd() - new
WB_Point(new_Road.getPathVertices().get(new_Road.getPathVertices().size() - 1)).xd()), 0.01 * (v_end.yd() - new
WB_Point(new_Road.getPathVertices().get(new_Road.getPathVertices().size() - 1)).yd()));
        v_end = v_end.add(v2);
        new_road_points.add(v_end);
        WB_PolyLine poly1 = new WB_PolyLine(new_road_points);
        Street road0 = new Street(poly1);
        road0.name = "新设计道路";
        Simple_tissue tissue0 = new Simple_tissue(road0);
        all_simple_tissues.add(tissue0);
    } catch (Exception e) {

```

```
e.printStackTrace();
}
}

void merge_land(WB_GeometryFactory gf, Vec_Guo v1, Vec_Guo v2) {
    WB_Polygon poly1 = new WB_Polygon();
    WB_Polygon poly2 = new WB_Polygon();
    WB_Point p1 = new WB_Point(v1.x, v1.y);
    WB_Point p2 = new WB_Point(v2.x, v2.y);
    boolean b_can_merge=true;
    for (int i = 0; i < plots.size(); i++) {
        if (WB_GeometryOp.contains2D(p1, plots.get(i).plot_polygon)) {
            for(Building building:plots.get(i).in_buildings){
                if(!building.features.equals("普通建筑")){
                    b_can_merge=false;
                    B_C.print_no = true;
                    break;
                }
            }
        }
        if (WB_GeometryOp.contains2D(p2, plots.get(i).plot_polygon)) {
            for(Building building:plots.get(i).in_buildings){
                if(!building.features.equals("普通建筑")){
                    b_can_merge=false;
                    B_C.print_no = true;
                    break;
                }
            }
        }
    }
    if(b_can_merge) {
        for (int i = 0; i < plots.size(); i++) {
            if (WB_GeometryOp.contains2D(p1, plots.get(i).plot_polygon)) {
                poly1 = plots.get(i).plot_polygon;
                plots.remove(i);
                break;
            }
        }
        for (int i = 0; i < plots_mesh_polygons.size(); i++) {
            if (WB_GeometryOp.contains2D(p1, plots_mesh_polygons.get(i))) {
                plots_mesh_polygons.remove(i);
                break;
            }
        }
    }
}
```

```
for (int j = 0; j < plots.size(); j++) {
    if (WB_GeometryOp.contains2D(p2, plots.get(j).plot_polygon)) {
        poly2 = plots.get(j).plot_polygon;
        plots.remove(j);
        break;
    }
}
for (int j = 0; j < plots_mesh_polygons.size(); j++) {
    if (WB_GeometryOp.contains2D(p2, plots_mesh_polygons.get(j))) {
        plots_mesh_polygons.remove(j);
        break;
    }
}
WB_Polygon p_new = gf.unionPolygons2D(poly1, poly2).get(0);
Plot land_new = new Plot(p_new);
land_new.name="新设计地块";
plots_mesh_polygons.add(p_new);
plots.add(land_new);
HEC_FromPolygons hec1 = new HEC_FromPolygons(plots_mesh_polygons);
plots_mesh = new HE_Mesh(hec1);
//B_C.which_point_out = 4;
}
//B_C.can_draw_point_out=true;
}

void cut_polygon(GeometryFactory gf_jts, Vec_Guo vec1, WB_PolyLine polyLine) {
    WB_Point p0 = new WB_Point(vec1.x, vec1.y);
    int a = 0;
    for (int i = 0; i < plots.size(); i++) {
        if (WB_GeometryOp.contains2D(p0, plots.get(i).plot_polygon)) {
            a = i;
            break;
        }
    }
    boolean b_can_cut=true;
    for(Building building:plots.get(a).in_buildings){
        if(!building.features.equals("普通建筑")){
            b_can_cut=false;
            B_C.print_no=true;
            break;
        }
    }
    if(b_can_cut) {
        Polygon jts_polygon0 = PolygonTools.toJTSPolygon(plots.get(a).plot_polygon);
        plots.remove(a);
    }
}
```

```
int b = 0;
for (int i = 0; i < plots_mesh_polygons.size(); i++) {
    if (WB_GeometryOp.contains2D(p0, plots_mesh_polygons.get(i))) {
        b = i;
        break;
    }
}
plots_mesh_polygons.remove(b);
LineString jts_line = PolygonTools.toJTSPolyline(polyLine);
Coordinate[] coordinates = jts_polygon0.getCoordinates();
Geometry geometry0 = gf_jts.createLineString(coordinates);
geometry0 = geometry0.union(jts_line);
Polygonizer polygonizer = new Polygonizer();
polygonizer.add(geometry0);
Collection<Polygon> polygons = polygonizer.getPolygons();
for (Polygon polygon0 : polygons) {
    Plot land = new Plot(PolygonTools.toWB_Polygon(polygon0));
    land.name="新设计地块";
    plots.add(land);
    plots_mesh_polygons.add(land.plot_polygon);
}
HEC_FromPolygons hec1 = new HEC_FromPolygons(plots_mesh_polygons);
plots_mesh = new HE_Mesh(hec1);
}
```

## 附录 C 构建设计决策辅助工具 UI 界面的部分代码:

```

void add_button(PFont font) {
    ControlFont font0 = new ControlFont(font, B_C.button_word_size);
    ControlFont font_small = new ControlFont(font, B_C.button_small_size);
    CColor color_title = new
CColor().setForeground(0xFF7487a5).setBackground(0xFF7487a5).setActive(0xFF7487a5);
    CColor color_no_change = new
CColor().setForeground(0xff465d75).setBackground(0xff465d75).setActive(0xff465d75);
    CColor color_change = new CColor().setForeground(0xffcdcd).setBackground(0xff2e3440).setActive(0xff0f0f0);
    //CColor color_small = new CColor().setForeground(0xffcdcd).setBackground(0xff465d75).setActive(0xff0f0f0);
    cp5.addButton("显示操作: ")
        .setPosition(B_C.button_start_x, B_C.button_start_y)
        .setSize(B_C.button_width+2*B_C.button_x_space, B_C.button_height)
        .setColor(color_title)
    ;
    cp5.getController("显示操作: ")
        .getCaptionLabel()
        .setFont(font0).setColor(0xFF000000)
    ;
    cp5.addButton("视图切换(b)")
        .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + B_C.button_y_space)
        .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
        .setId(0)
        .setColor(color_change)
    ;
    cp5.getController("视图切换(b)")
        .getCaptionLabel()
        .setFont(font0)
    ;
    cp5.addButton("界面切换(E)")
        .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 2 * B_C.button_y_space)
        .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
        .setId(1)
        .setColor(color_change)
    ;
    cp5.getController("界面切换(E)")
        .getCaptionLabel()
        .setFont(font0)
    ;
    cp5.addButton("维度切换(p)")
        .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 3 * B_C.button_y_space)
        .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
        .setId(2)
        .setColor(color_change)
    ;
}

```

```
;
cp5.getController("维度切换(p)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("信息查询(B)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 4 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(3)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("信息查询(B)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("切换查询要素(P)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 5 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(4)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("切换查询要素(P)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("视角锁定(q)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 6 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(5)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("视角锁定(q)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("图例")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 7 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int)(B_C.button_width*0.45f), B_C.button_height)
    .setId(25)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("图例")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
```

```
cp5.addButton("数据")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_width+B_C.button_x_space-(int)(B_C.button_width*0.45f),
B_C.button_start_y + 7 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int)(B_C.button_width*0.45f), B_C.button_height)
    .setId(24)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("数据")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("更新操作: ")
    .setPosition(B_C.button_start_x, B_C.button_start_y + 8 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width+2*B_C.button_x_space, B_C.button_height)
    .setColor(color_title)
;
cp5.getController("更新操作: ")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0).setColor(0xFF000000)
;
cp5.addButton("全局更新(R)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 9 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(6)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("全局更新(R)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("取消错误操作(N)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 10 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(26)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("取消错误操作(N)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("修改操作: ")
    .setPosition(B_C.button_start_x, B_C.button_start_y + 11 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width+2*B_C.button_x_space, B_C.button_height)
    .setColor(color_title)
;
```



```
cp5.getController("修改操作: ")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0).setColor(0xFF000000)
;
cp5.addButton("主路选取(F)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 12 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(7)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("主路选取(F)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("增加道路")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 13 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setColor(color_no_change)
;
cp5.getController("增加道路")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("起点(s)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space+B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y +
14 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(8)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("起点(s)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("终点(e)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + (int) (B_C.button_width * 0.35f),
B_C.button_start_y + 14 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(9)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("终点(e)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
```

```
cp5.addButton("新路(l)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + 2 * (int) (B_C.button_width * 0.35f)-
B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y + 14 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(10)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("新路(l)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("删除道路(d)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 15 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(11)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("删除道路(d)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("重置路宽(h)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 16 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(12)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("重置路宽(h)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("合并地块")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 17 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setColor(color_no_change)
;
cp5.getController("合并地块")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("开始(m)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space+B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y +
18 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(13)
```

```
.setColor(color_change)
;
cp5.getController("开始(m)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("地块 1")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + (int) (B_C.button_width * 0.35f),
B_C.button_start_y + 18 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(14)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("地块 1")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("地块 2")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + 2 * (int) (B_C.button_width * 0.35f)-
B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y + 18 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(15)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("地块 2")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("拆分地块")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 19 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setColor(color_no_change)
;
cp5.getController("拆分地块")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("开始(c)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space+B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y +
20 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(16)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("开始(c)")
```

```
.getCaptionLabel()
.setFont(font_small)
;
cp5.addButton("画线(x)")
.setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + (int) (B_C.button_width * 0.35f),
B_C.button_start_y + 20 * B_C.button_y_space)
.setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
.setId(17)
.setColor(color_change)
;
cp5.getController("画线(x)")
.getCaptionLabel()
.setFont(font_small)
;
cp5.addButton("拆分(C)")
.setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + 2 * (int) (B_C.button_width * 0.35f)-
B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y + 20 * B_C.button_y_space)
.setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
.setId(18)
.setColor(color_change)
;
cp5.getController("拆分(C)")
.getCaptionLabel()
.setFont(font_small)
;
cp5.addButton("地块方向")
.setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 21 * B_C.button_y_space)
.setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
.setColor(color_no_change)
;
cp5.getController("地块方向")
.getCaptionLabel()
.setFont(font0)
;
cp5.addButton("选择(T)")
.setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space+B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y +
22 * B_C.button_y_space)
.setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
.setId(19)
.setColor(color_change)
;
cp5.getController("选择(T)")
.getCaptionLabel()
.setFont(font_small)
;
```

```
cp5.addButton("朝向(t)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + (int) (B_C.button_width * 0.35f),
B_C.button_start_y + 22 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(20)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("朝向(t)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("取消(S)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space + 2 * (int) (B_C.button_width * 0.35f)-
B_C.button_small_x_space, B_C.button_start_y + 22 * B_C.button_y_space)
    .setSize((int) (B_C.button_width * 0.3f), B_C.button_height)
    .setId(21)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("取消(S)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font_small)
;
cp5.addButton("产权变更(H)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 23 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(22)
    .setColor(color_change)
;
cp5.getController("产权变更(H)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
cp5.addButton("导出操作: ")
    .setPosition(B_C.button_start_x, B_C.button_start_y + 24 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width+2*B_C.button_x_space, B_C.button_height)
    .setColor(color_title)
;
cp5.getController("导出操作: ")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0).setColor(0xFF000000)
;
cp5.addButton("存储图片(L)")
    .setPosition(B_C.button_start_x+B_C.button_x_space, B_C.button_start_y + 25 * B_C.button_y_space)
    .setSize(B_C.button_width, B_C.button_height)
    .setId(23)
```

```
.setColor(color_change)
;
cp5.getController("存储图片(L)")
    .getCaptionLabel()
    .setFont(font0)
;
}

void draw_all_things() {
    if (!B_C.b_get_buffer) {
        for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
            if (simple_tissue.street.width <= 10) {
                simple_tissue.street.get_buffer_road(simple_tissue.street.width * 0.5);
            }
            if (simple_tissue.street.width > 10) {
                simple_tissue.street.get_buffer_road(10 * 0.5);
            }
        }
        B_C.b_get_buffer = true;
    }
    if (!B_C.top_3d) {
        if ((B_C.draw_what) % 3 == 0) {
            cam.begin3d();
            for (Plot land : plots_manager.plots) {
                if (!B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_common_basic_land(render, this);
                }
                if (B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_background_land(render, this);
                    pushMatrix();
                    translate(0, 0, 10);
                    for (Building building : land.in_buildings) {
                        building.draw_common_qf_mark_building(render, this);
                    }
                    popMatrix();
                }
            }
            if (B_C.b_see_detailed) {
                pushMatrix();
                translate(0, 0, 15);
                if (B_C.b_land_text) {
                    if (!B_C.can_draw_building) {
                        plots_manager.plots.get(plots_manager.see_detailed_plot).draw_chosen_basic_land(render,
this);
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```
        if (B_C.can_draw_building) {

building_manager.buildings.get(building_manager.see_detailed_building).draw_chosen_qf_mark_building(render, this);
        }
    }
    if (!B_C.b_land_text) {
        for (Plot land :
simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).plot_series) {
            if (!B_C.can_draw_building) {
                land.draw_chosen_basic_land(render, this);
            }
            if (B_C.can_draw_building) {
                pushMatrix();
                translate(0, 0, 5);
                for (Building building : land.in_buildings) {
                    building.draw_chosen_qf_mark_building(render, this);
                }
                popMatrix();
            }
        }
    }
    popMatrix();
}
pushMatrix();
translate(0, 0, 30);
for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
    simple_tissue.street.draw_common_buffer_basic_road(render, this);
}
popMatrix();
if (B_C.b_see_detailed) {
    if (!B_C.b_land_text) {
        pushMatrix();
        translate(0, 0, 40);
        if (B_C.b_get_buffer) {

simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).street.draw_detailed_buffer_basic_road(re
nder, this);
        }
        popMatrix();
    }
}
}
}
if ((B_C.draw_what) % 3 == 1) {
    cam.begin3d();
    for (Plot land : plots_manager.plots) {
```

```

        if (!B_C.can_draw_building) {
            land.draw_common_mark_land(render, this);
        }
        if (B_C.can_draw_building) {
            land.draw_background_land(render, this);
            pushMatrix();
            translate(0, 0, 10);
            for (Building building : land.in_buildings) {
                building.draw_common_dc_mark_building(render, this);
            }
            popMatrix();
        }
    }
    if (B_C.b_see_detailed) {
        pushMatrix();
        translate(0, 0, 15);
        if (B_C.b_land_text) {
            if (!B_C.can_draw_building) {
                plots_manager.plots.get(plots_manager.see_detailed_plot).draw_choosen_mark_land(render,
this);
            }
            if (B_C.can_draw_building) {
                building_manager.buildings.get(building_manager.see_detailed_building).draw_choosen_dc_mark_building(render, this);
            }
        }
        if (!B_C.b_land_text) {
            for (Plot land :
simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).plot_series) {
                if (!B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_choosen_mark_land(render, this);
                }
                if (B_C.can_draw_building) {
                    pushMatrix();
                    translate(0, 0, 5);
                    for (Building building : land.in_buildings) {
                        building.draw_choosen_dc_mark_building(render, this);
                    }
                    popMatrix();
                }
            }
        }
        popMatrix();
    }
    pushMatrix();

```



```
translate(0, 0, 30);
for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
    simple_tissue.street.draw_common_buffer_mark_road(render, this);
}
popMatrix();
if(B_C.b_see_detailed) {
    if (!B_C.b_land_text) {
        pushMatrix();
        translate(0, 0, 40);
        if (B_C.b_get_buffer) {
            simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).street.draw_detailed_buffer_mark_road(re
nder, this);
        }
        popMatrix();
    }
}
}
if ((B_C.draw_what) % 3 == 2) {
    cam.begin3d();
    for (Plot land : plots_manager.plots) {
        if (!B_C.can_draw_building) {
            land.draw_design_land(render, this);
        }
        if (B_C.can_draw_building) {
            land.draw_background_land(render, this);
            pushMatrix();
            translate(0, 0, 10);
            for (Building building : land.in_buildings) {
                building.draw_design_building(render, this);
            }
            popMatrix();
        }
    }
    if (B_C.b_see_detailed) {
        pushMatrix();
        translate(0, 0, 15);
        if (B_C.b_land_text) {
            if (!B_C.can_draw_building) {
                plots_manager.plots.get(plots_manager.see_detailed_plot).draw_chosen_design_land(render, this);
            }
            if (B_C.can_draw_building) {
                building_manager.buildings.get(building_manager.see_detailed_building).draw_chosen_design_building(render, this);
            }
        }
    }
}
```

```
        }
    }
    if (!B_C.b_land_text) {
        for (Plot land :
simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).plot_series) {
            if (!B_C.can_draw_building) {
                land.draw_chosen_design_land(render, this);
            }
            if (B_C.can_draw_building) {
                pushMatrix();
                translate(0, 0, 5);
                for (Building building : land.in_buildings) {
                    building.draw_chosen_design_building(render, this);
                }
                popMatrix();
            }
        }
    }
    popMatrix();
}
pushMatrix();
translate(0, 0, 30);
for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
    simple_tissue.street.draw_common_buffer_design_road(render, this);
}
popMatrix();
if (B_C.b_see_detailed) {
    if (!B_C.b_land_text) {
        pushMatrix();
        translate(0, 0, 40);
        if (B_C.b_get_buffer) {

simple_tissue_manager.all_simple_tissues.get(simple_tissue_manager.see_detailed_road).street.draw_detailed_buffer_design_road(r
ender, this);

        }
        popMatrix();
    }
}
}
building_manager.draw_off_things(render, this);
pushMatrix();
translate(0, 0, 50);
if (B_C.can_draw_start_point) {
    simple_tissue_manager.draw_start_point(render, this);
}
```

```
        if (B_C.can_draw_end_point) {
            simple_tissue_manager.draw_end_point(render, this);
        }
        popMatrix();
    }
    if (B_C.top_3d) {
        if ((B_C.draw_what) % 3 == 0) {
            cam.begin3d();
            for (Plot land : plots_manager.plots) {
                if (!B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_common_basic_land(render, this);
                }
                if (B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_background_land(render, this);
                    for (Building building : land.in_buildings) {
                        building.draw_qf_mark_building_block(render, this);
                    }
                }
            }
            for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
                simple_tissue.street.draw_common_buffer_basic_road(render, this);
            }
        }
        if ((B_C.draw_what) % 3 == 1) {
            cam.begin3d();
            for (Plot land : plots_manager.plots) {
                if (!B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_common_mark_land(render, this);
                }
                if (B_C.can_draw_building) {
                    land.draw_background_land(render, this);
                    for (Building building : land.in_buildings) {
                        building.draw_mark_building_block(render, this);
                    }
                }
            }
            //画道路
            for (Simple_tissue simple_tissue : simple_tissue_manager.all_simple_tissues) {
                simple_tissue.street.draw_common_buffer_mark_road(render, this);
            }
        }
    }
}
```

心於至善

---

