

基于分形维数的青岛德占时期建筑外立面形式复杂度研究

崔晓梅, 刘 珊*

(青岛理工大学 艺术与设计学院, 青岛 266033)

摘要: 青岛德占时期建筑对青岛城市发展的意义深远, 其外立面形式特征是形成青岛独特城市风貌的关键因素, 有着重要的研究价值。形式复杂度作为建筑外立面形式特征的一个重要方面, 目前对其的研究停留在模糊的定性层面, 缺乏直观的量化研究, 分形维数则为其提供了一种量化手段。尝试利用计盒维数法测算青岛德占时期建筑外立面的形式复杂度, 总结得出不同风格的青岛德占时期历史建筑外立面在美学特征上存在一定程度的联系性, 所得数据结果也有助于为青岛历史街区的保护更新提供有效的审美经验和视觉感知预测。

关键词: 建筑外立面; 形式复杂度; 分形维数; 德占时期; 计盒维数法

中图分类号: TU-02; TU12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4602(2025)02-0077-07

Study on the formal complexity of the external facades of the buildings of the German occupation period in Qingdao based on fractal dimension

CUI Xiaomei, LIU Shan*

(School of Art and Design, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China)

Abstract: The buildings of the German occupation period in Qingdao have far-reaching significance to the urban development of Qingdao, and the formal characteristics of these buildings' external facades is the key factor to the formation of unique urban style of Qingdao and therefore has great research value. Formal complexity is an important aspect of the formal characteristics of buildings' external facades. At present, the research on it remains at the vague qualitative level and there is not much intuitive quantitative research, whereas fractal dimension provides a quantitative means. In this study, the formal complexity of the external facades of the buildings of the German occupation period in Qingdao are measured by using the box-counting dimension method, and it is concluded that there is a certain degree of connection in the aesthetic characteristics of the external facades of those different-style historical buildings of the German occupation period in Qingdao. The data obtained will help to provide effective aesthetic experience and visual perception prediction for the protection and renewal of Qingdao historical blocks.

Key words: exterior facade; formal complexity; fractal dimension; the German occupation period; box-counting dimension method

收稿日期: 2023-11-16

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2020ME214)

作者简介: 崔晓梅(1999—), 女, 山东青岛人。硕士, 研究方向为环境设计及其理论。E-mail: 3145788727@qq.com。

* 通信作者: 刘 珊(1981—), 女, 山东青岛人。博士, 副教授, 主要从事建筑遗产保护方面的研究。E-mail: 12933778@qq.com。

青岛德占时期是青岛城市发展的重要阶段,这一时期的建筑具有德国本土建筑风格特征,质量优秀且艺术价值突出,其外立面形式特征直观且鲜明,建筑美学浓郁,承载着青岛的地域文化与风貌特色,值得深入地研究与探索。

建筑外立面形式复杂度,即建筑外立面视觉上的丰富程度,是吸引力或美的预测因子,是建筑美的一个特征,意味着审美经验的重要指标,是研究青岛德占时期建筑外立面形式特征的一个重要方面。目前对青岛德占时期历史建筑外立面形式复杂度的研究分析多聚焦于定性层面,停留在文字性的主观、感性、模糊的描述,缺乏客观、理性、直观的度量。分形维数作为图像复杂度的测算工具,所得分维值能够有效表征建筑外立面的形式复杂度,有利于对青岛德占时期建筑外立面形式特征进行进一步的分析研究。

1 青岛德占时期建筑风格特征

德国占领青岛后,意图将青岛打造为德式样板殖民地,因此在欧人区建造的各类建筑都移植和复刻了同时期的德国本土建筑风格。虽然带有不文明色彩和扭曲接受的因素,但艺术的融合凸显了青岛独特的建筑装饰风格和迷人的城市特色^[1]。德占时期正值世界建筑发展的变革时期,历史主义仍未落幕,现代风格也已登场,因此建筑风格界限变得相对模糊,一栋建筑在具有鲜明主调的同时也兼收并蓄其他风格样式,青岛德占时期历史建筑也有这样的特点^[2]。德国建筑在这一时期经历了复古思潮和新艺术运动,形成了多样化的建筑形态和建筑装饰,产生了以新文艺复兴、德意志民族浪漫主义、折衷主义与青年风格派为主的建筑风格特征,直接影响了同时期青岛的建筑风格流向。

1.1 新文艺复兴

彼时德国建筑正处于民族复兴主义运动的高潮阶段,新文艺复兴是其中的一种倾向,追求的是古典建筑艺术。德国新文艺复兴风格本身并不纯粹,较多地留有中世纪的遗韵,是杂糅了巴洛克、文艺复兴、哥特式等建筑风格的某种形式上的折衷主义,在当时的青岛应用广泛^[3]。青岛德占时期新文艺复兴建筑虽呈现出古典样式,但讲究装饰简洁,讲求比例尺度,所采用的古典建筑装饰都被简化处理,在建筑外立面中已不占主要位置,只成为象征性的构件。青岛水师饭店具有新文艺复兴风格的典型样式,建筑整体轻松明快,装饰只突出山墙上的半木构装饰以及塔楼之下和外廊扶栏处的桁架装饰。

1.2 德意志民族浪漫主义

德意志民族浪漫主义是德国建筑民族复兴的另一种倾向,推崇利用中世纪建筑艺术同古典主义相抗衡,又被称为新罗马风,是青岛最典型的德国建筑风格。其在提倡自然天性的同时,发扬个性自由,在建筑表现上模仿中世纪的塞堡或哥特风格^[4]。这种风格具有德国乡村半木建筑特色,建筑体形自然活泼,变化丰富。如迪德瑞希住宅,有着古堡形状的塔楼、新颖奇特的尖顶、三角形的山墙、陡峭多样的屋顶、半木结构的墙体以及石质的墙裙,圆形的楼梯间外凸,建筑构件外露且疏密有致,装饰效果强烈。

1.3 折衷主义

折衷主义建筑,又被称为集仿主义建筑,会融合多种风格于一体,热衷于模仿历史上的各种建筑形式,不讲求固定的风格法式,只追求形式美和比例均衡,立足于创造华丽丰富而新奇瞩目的建筑形式,以求摆脱一脉相承的谱系,这弥补了古典主义和浪漫主义在建筑上的局限性。如德国总督府邸,同时含有哥特式、德意志民族浪漫主义和青年风格派的特征,也在局部使用了中国传统元素,装饰繁琐豪华,造型典雅别致。严格意义上说,德占时期的所有建筑都或多或少地存在着折衷的痕迹,很多建筑局部有意或无意地融入了其他建筑文化的要素,使建筑本身呈现出两个或多个不同风格的形式^[5]。

1.4 青年风格派

青年风格派是发生在德国的“新艺术运动”,目标是摆脱传统风格的束缚,企图探索新形式,重视自然的装饰特点,具有反机械化、反工业化的倾向。青年风格派建筑有两个发展阶段,第一个阶段发生在1896年到1900年,具有明显的哥特式复古倾向;1900年之后是第二个阶段,此时与法国、比利时的新艺术运动风格相近。青年风格派主要是对建筑形式和装饰风格进行了革新,强调细部装饰与不对称的美感。其简化和抽象化了装饰线条,将模仿自然界动植物纹样的曲线融入建筑中,装饰主要集中在山墙和门窗,使建筑外形趋于简洁,给人以自然、动态的建筑美感。如青岛俱乐部,门厅上方起曲线山墙,窗台和檐口用粗花

岗石装饰,建筑立面造型典雅浑厚,比例均衡美观,表现出强烈的青年风格派特征。这一建筑风格可以说是创造出了一种前所未有的能适应工业化时代精神的简练手法和简化装饰^[6]。

2 分形维数

分形几何学的研究对象是复杂、不规则的数学结构,弥补了欧氏几何学只能研究点、线、面等规则而光滑的基本形体的不足。分形维数首次进入建筑领域是在 1996 年,多年来的研究成果和结论证明其在建筑学领域有着积极作用,目前对其的应用主要体现在对建筑的分析评价以及建筑设计的生成与控制方面。

分形维数是嵌在欧氏空间中的,是一个空间指数,它描述的是研究对象占据空间的能力,能够反映研究对象的空间特征和复杂性,是一种测算图像中几何信息的相对密度和多样性的常用方法。无论分形的生成机制和构造方法多么不同,都可以通过分形维数这一特征量来测定其不平整度、复杂度和卷积度^[7]。建筑外立面虽然不是数学意义上的完美分形,但其具有从建筑主体造型到门窗再到细部装饰这一系列尺度上的几何分布,具备普遍意义上的分形特征,属于广义分形的范畴。可以将建筑外立面看作是一个分形集,其讨论的是点、线、面之间的关系,即形式结构和组织关系^[8]。因此分形维数可以作为建筑外立面形式复杂度的测算工具,测算范围包括建筑轮廓、主要几何和次要几何,不包括色彩、纹理等因素。

分形维数有多种测算方法,目前在建筑学领域最常用和最简便直观的方法就是计盒维数法。使用计盒维数法确定图像分形维数的过程依赖于多个尺度的叠加网格来评估图像中信息的密度^[9]。其具体的测算过程是:用边长为 r 的方格覆盖研究对象,得到覆盖完全所需的最少方格数 $N(r)$;以一定速率不断缩小方格,得到方格边长 $r_1, r_2, r_3, r_4, \dots$, 以及最少方格数 $N(r_1), N(r_2), N(r_3), N(r_4), \dots$;建立 $\lg(1/r)$ 与 $\lg N(r)$ 的双对数坐标系,并标出每组数据在坐标系中对应的点,这些点的拟合直线的斜率为此研究对象的分维值 D ^[10]。计算函数为

$$D = \frac{\lg N(r_i) - \lg N(r_{i-1})}{\lg(1/r_i) - \lg(1/r_{i-1})} \quad (1)$$

一般来说,分维值 D 将显示 1~2 之间的结果,其中结果越低表示复杂度越低,结果越高表示复杂度越高。作为一般的多重分形模式,建筑外立面的分维值不会保持一个数字,会随观测视距和观测尺度有所变化,也就是说,建筑外立面形式复杂度会是一个范围值。

3 青岛德占时期建筑外立面形式复杂度研究

据目前相关研究统计,青岛德占时期各类型历史建筑超 50 栋,涵盖商业建筑、公共建筑和居住建筑三大类,从每种类型中各选取 5 栋有代表性的优秀历史建筑,对其主入口外立面形式复杂度进行测算,如表 1 所示。

3.1 青岛德占时期历史建筑分形维数测算

首先需要确定好方格边长 r 。建筑外立面的形式复杂度是一种视觉信息,对其的量化测算需要考虑到人眼的因素。人眼在不同的观测视距与观测视角下所感知到的尺度范围不同,能接收到的视觉信息也不同^[11]。因此方格边长 r 需要根据人眼的观测尺度范围 $[r_{\min}, r_{\max}]$ 来确定,而观测尺度范围则可以根据三角函数由观测视角 θ 与观测视距 L 得出,如图 1 所示。

成人双眼视野范围的清晰视域在水平方向视角为 30° ,垂直方向视角向上、向下分别为 27° 与 35° ^[12]。在清晰视域内,视角越小,人眼的观察能力就会越细致,能接收到的视觉信息就会越多。当视角为 2° 时,被观察对象进入人眼黄斑区,可以被精准识别。因此可以确定观测视角 θ_{\max} 为 27° , θ_{\min} 为 2° 。

为测算形式复杂度的范围值,需要先确定一个最大观测视距。最大观测视距可以根据建筑的具体尺度 H 与最大观测视角 θ_{\max} 来确定,以确保所得数据的稳定性与准确性。成人的视线高度一般是 $1.5 \sim 1.7$ m,取中间值 1.6 m。以人在垂直方向视角向上最大 27° 时能清晰观察到建筑外立面为节点,利用三角函数测算出人眼清晰观察建筑外立面所需的最大观测视距 L_{\max} ,并由此推导出观测尺度范围 $[r_{\min}, r_{\max}]$ 。

表1 15栋青岛德占时期优秀历史建筑概况

建筑类型	建筑名称	建设时间	建筑外立面风格特征
商业建筑	德华银行	1899—1901	浓厚的文艺复兴风格,多处运用中国传统文化符号,古朴而端庄
	山东铁路矿务公司总部	1899—1902	德国民族浪漫主义,采用了阶梯形的山墙
	水师饭店	1901—1902	新文艺复兴风格,装饰极少,突出山墙和桁架装饰
	礼和洋行	1902	运用欧洲文艺复兴后期的设计手法,讲求秩序和统一
	青岛俱乐部	1910—1911	青年风格派,主入口上方的曲线山墙和椭圆形窗是标志性特点
公共建筑	德国监狱	1900	德国古堡式建筑,装饰简洁,风格凝重
	胶澳邮局	1900—1901	双塔楼哥特式建筑,山墙设计精美,细部处理精致
	俾斯麦兵营	1900—1909	古典复兴建筑,采用新哥特式装饰
	德国警察署	1904—1905	新文艺复兴风格,外砌清水砖以仿造半木构的装饰风格
	基督教福音堂	1908—1910	融合了新罗马风和青年风格派风格
居住建筑	天主教会宿舍	1899	德国民族浪漫主义,设有哥特式塔楼,屋顶带有中国传统风格
	安娜别墅	1901—1903	新文艺复兴风格,采用巴洛克式经典元素进行装饰处理
	德国总督官邸	1905—1907	折衷主义,装饰复杂,于粗放中见精巧
	迪德瑞希住宅	1907	典型的德国民族浪漫主义建筑,采用了砖石基础以及半裸露的木构架
	斐迭里街公寓	1908	德国民族浪漫主义,采用了连续的拱券型的砖石叠涩装饰,设计精细巧妙

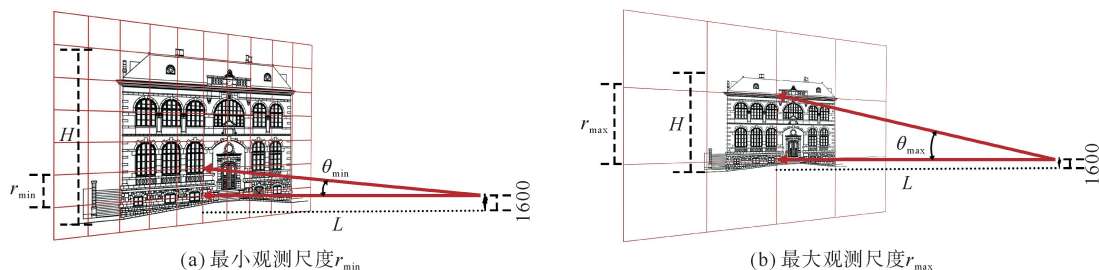


图1 观测尺度、观测视角、观测视距间的三角函数关系(单位:mm)

$$L_{\max} = \frac{H - 1600}{\tan 27^\circ} \quad (2)$$

$$r_{\min} = L_{\max} \times \tan 2^\circ \quad (3)$$

$$r_{\max} = L_{\max} \times \tan 27^\circ \quad (4)$$

一个分形体的结构描述可以采用一个幂函数描述,也可以采用两个指数函数描述,而指数函数对应的就是几何数列,即等比数列,也就是说只有等比数列才能与分形体的真实结构吻合^[13]。因此可以在所得观测尺度范围 $[r_{\min}, r_{\max}]$ 内取等比数列作为方格边长 r_1, r_2, r_3, r_4 。这样虽然降低了数据点数,但可以过滤掉随机干扰项,提高数据准确性。

用方格对建筑外立面的二进制图像进行覆盖,得到覆盖完全所需的最少方格数 $N(r)$,如图2所示。根据式(1)计算得出分维值,数值大小表示了最大观测视距下建筑外立面形式复杂度的高低。最后是以最大观测视距 L_{\max} 为起点,每隔5000 mm为一个层级逐渐靠近建筑,重新测算每个观测视距所对应的方格尺寸,并计算得出各个层级的分维值,将所得分维值整合就有了建筑外立面形式复杂度的范围值,如表2所示。

3.2 青岛德占时期历史建筑形式复杂度分析

观察青岛德占时期建筑外立面形式复杂度的范围值,其最低值在1.326~1.555,最高值在1.754~1.890,总体数值偏高,这说明青岛德占时期建筑外立面有着丰富的视觉效果和强烈的视觉刺激。另外,对比各类型建筑间的分维值,可以看出居住建筑外立面的形式复杂度会偏高一些,商业建筑外立面的形式复杂度会偏低一些,但整体上这15栋历史建筑间的范围值差距并不算大,有形式复杂度相近的特点。

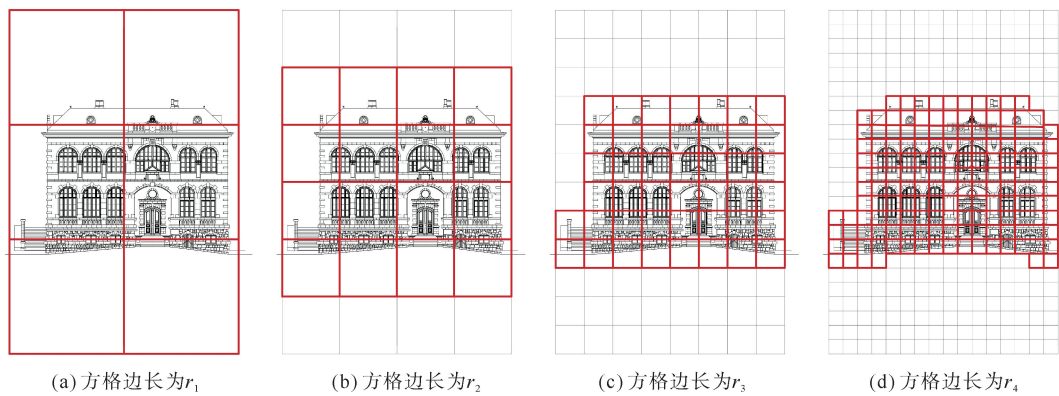


图 2 方格覆盖建筑外立面的二进制图像

表 2 青岛德占时期建筑外立面形式复杂度

商业建筑	分维值 D	公共建筑	分维值 D	居住建筑	分维值 D
德华银行	[1.486, 1.777]	德国监狱	[1.486, 1.772]	天主教会宿舍	[1.508, 1.783]
山东铁路矿务公司总部	[1.393, 1.846]	胶澳邮政局	[1.410, 1.854]	安娜别墅	[1.503, 1.825]
水师饭店	[1.330, 1.842]	俾斯麦兵营	[1.555, 1.843]	德国总督官邸	[1.544, 1.797]
礼和洋行	[1.398, 1.879]	德国警察署	[1.396, 1.754]	迪德瑞希住宅	[1.326, 1.786]
青岛俱乐部	[1.348, 1.782]	基督教福音堂	[1.360, 1.761]	斐迭里街公寓	[1.525, 1.890]

分维值可用于度量不同风格的审美特征并体现人类视觉偏好^[14]。在过去的研究中,分形维数已被用于分析建筑师的设计理念,表明了一些不同的设计风格可以根据其分维值进行分类^[15]。可以说,每种风格在数学上都是可量的,具有不同程度上的统计意义。将青岛德占时期建筑外立面的分维值变化趋势绘制成图(图 3),可以观察到,即使风格不同,但每栋历史建筑的总体趋势都是下降的,这说明越靠近建筑,能被观察到的视觉信息就越多,这也从侧面反映出青岛德占时期各风格建筑外立面都比较突出小尺度构件的装饰。

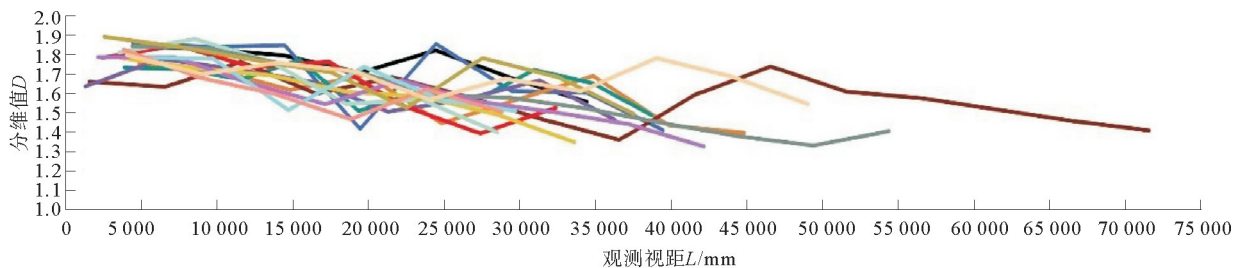


图 3 青岛德占时期建筑形式复杂度

- 德华银行;
- 青岛俱乐部;
- 水师饭店;
- 礼和洋行;
- 山东铁路矿务公司总部;
- 德国监狱;
- 胶澳邮政局;
- 俾斯麦兵营;
- 德国警察署;
- 基督教福音堂;
- 天主教会宿舍;
- 安娜别墅;
- 德国总督官邸;
- 迪德瑞希住宅;
- 斐迭里街公寓

青岛德占时期建筑外立面的窗户形态各异、特点鲜明,是建筑外立面的重要构件,对青岛德占时期建筑外立面的形式复杂度起着重要作用。因此单独测算出 15 栋历史建筑主入口外立面窗户的分形维数,将所得分维值与最大视距下的建筑外立面形式复杂度进行对比分析,如图 4 所示。从对比图中可以看出,大部分窗户的分维值范围是 [1.4, 1.7],形式复杂度较高。而基督教福音堂较低的原因是测算过程中并未将玻璃窗花考虑进去,青岛总督府邸则是因为主入口立面的窗户面积较小,无法做过多的装饰。另外还可以观察到,在最大视距建筑外立面的形式复杂度相近的情况下,15 栋历史建筑的窗户形式复杂度的变化范围反而较大,这意味着虽然青岛德占时期建筑外立面的形式复杂度相近,但每栋建筑所突出装饰的构件不同。

结合上述分析,可以看出青岛德占时期建筑外立面的形式复杂度较高,视觉信息丰富,虽然建筑形态和建筑风格多样,装饰所强调的构件不同,但整体上形式复杂度相近,在视觉刺激上有着统一的效果,这反映出青岛德占时期建筑外立面的形式特征在变化中有着内在统一的联系性。这种联系性一方面可能是因为这一时期的建筑都在一定程度上融入了其他风格的要素,且构图手法与尺度也比较类似;另一方面则可能是统一的民族文化底蕴和审美基础起到了作用。这种变化中的联系性可以说是青岛德占时期建筑风格多样但却得以协调共存、相得益彰的因素之一,使彼此间形成了青岛独特的历史风貌。

4 结束语

利用分形维数对青岛德占时期历史建筑外立面的形式复杂度进行测算,得到了其视觉效果丰富且各风格间分形维数相近的分析结果,直观且清晰地感受到其在视觉上的丰富程度以及变化规律。同时,认识到不同风格的青岛德占时期历史建筑外立面在美学特征上存在一定程度的联系性,进一步深入了对青岛德占时期建筑外立面形式特征的研究和探索,积累了美学经验。

量化所得数据不受参与者的不同社会文化背景或情绪状态的影响,因此对形式复杂度量化的数据可以作为美的重要预测指标,为青岛德占时期历史建筑的保护修复与历史街区的改造更新提供有用的参考和度量,有利于快速支持设计决策和视觉推理。

参考文献(References):

- [1] 王敏,刘亚兰,杨佳欣. 近代设计思潮影响下的青岛建筑与装饰研究[J]. 山西建筑,2012,38(27):15-17.
WANG Min, LIU Yalan, YANG Jiaxin. Research on buildings and decoration in Qingdao influenced by modern design ideas[J]. Shanxi Architecture, 2012, 38(27): 15-17.
- [2] 成帅,刘珊. 青岛德占时期历史建筑风格、建构与材料修复[M]. 青岛:青岛出版社,2019.
CHENG Shuai, LIU Shan. Style, construction and material restoration of historical buildings during the German occupation period in Qingdao[M]. Qingdao: Qingdao Publishing House, 2019.
- [3] 闫昱良. 青岛德占时期建筑营造技艺研究[D]. 济南:山东建筑大学,2021.
YAN Yuliang. Research on construction technics and skills of buildings in Qingdao during the German occupation[D]. Jinan: Shandong Jianzhu University, 2021.
- [4] 于丽. 青岛德占时期历史建筑室内装饰艺术与应用研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2023.
YU Li. Research on interior decoration art and application of historical buildings in Qingdao during German occupation period[D]. Qingdao: Qingdao University of Technology, 2023.
- [5] 孙钊. 青岛德占时期居住类建筑外表皮研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2013.
SUN Zhao. Study on the surface of residential architectures in Qingdao during German occupation period[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013.
- [6] 纪晓. 青岛德占时期建筑装饰艺术研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2008.
JI Xiao. The research of Qingdao architectural decoration in German occupation period[D]. Qingdao: Qingdao University of Technology, 2008.
- [7] 赵远鹏. 分形几何在建筑中的应用[D]. 大连:大连理工大学,2003.
ZHAO Yuanpeng. The application of fractal geometry in architecture[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2003.
- [8] 李英伟. 基于分形几何的建筑立面形式分析研究[D]. 广州:华南理工大学,2010.
LI Yingwei. Research on analysis of the architectural elevation forms based on fractal geometry[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.

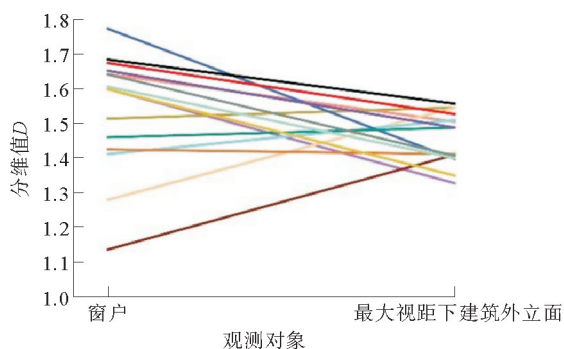


图4 最大视距下建筑外立面形式复杂度与窗户形式复杂度对比

- | | | |
|-----------|---------------|----------|
| — 德华银行; | — 青岛俱乐部; | — 水师饭店; |
| — 礼和洋行; | — 山东铁路矿务公司总部; | — 德国监狱; |
| — 胶澳邮政局; | — 俾斯麦兵营; | — 德国警察署; |
| — 基督教福音堂; | — 天主教宿舍; | — 安娜别墅; |
| — 德国总督官邸; | — 迪美瑞希住宅; | — 斐迭里街公寓 |

- ty of Technology, 2010.
- [9] DAWES M J, OSTWALD M J, LEE J H. The mathematics of ‘Natural Beauty’ in the architecture of Andrea Palladio and Le Corbusier: An analysis of Colin Rowe’s theory of formal complexity using fractal dimensions[J]. *Fractal and Fractional*, 2023, 7(2): 139-139.
- [10] 马兰, 张华, 郭粹峰. 以分形维数测算建筑几何图形的视觉复杂度[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2019, 31(10): 1809-1816.
MA Lan, ZHANG Hua, GUO Zifeng. Visual complexity of building’s geometric pattern based on fractal dimension[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2019, 31(10): 1809-1816.
- [11] 张晓婧. 基于分形理论的冀南传统民居空间形态设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
ZHANG Xiaojing. Research on spatial form design of traditional residence of south Hebei Province based on fractal theory[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [12] 何皓亮. 人眼视觉分辨率对于建筑视觉场影响的量化研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
HE Haoliang. The quantitative research for the impact of building visual perception by human visual resolution[D]. Tianjin: Tianjin University, 2014.
- [13] 陈彦光. 城市形态的分维估算与分形判定[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(5): 529-539.
CHEN Yanguang. Approaches to estimating fractal dimension and identifying fractals of urban form[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(5): 529-539.
- [14] LEE J H, OSTWALD M J. The ‘visual attractiveness’ of architectural facades: Measuring visual complexity and attractive strength in architecture[J]. *Architectural Science Review*, 2023, 66(1): 42-52.
- [15] MA L, ZHANG H, LU M Z. Building’s fractal dimension trend and its application in visual complexity map[J]. *Building and Environment*, 2020, 178: 106925.

(责任编辑 张晓靖; 英文校审 程文华)

(上接第 76 页)

- [12] DANIEL T C, MEITNER M M. Representational validity of landscape visualizations: The effects if graphical realism perceived scenic beauty of forest vistas[J]. *Journal Environmental Psychology*, 2001, 21: 61-72.
- [13] 张成明. 景观空间开敞度的量化[J]. *中国园林*, 2019, 35(1): 102-106.
ZHANG Chengming. Quantification of landscape space openness[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 35(1): 102-106.
- [14] 盖尔·扬. 交往与空间[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
GEHL Jan. Communication and space[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002.
- [15] 李哲, 宋爽, 何钰昆. 基于美景度评价法(SBE)的当代新中式景观材质建构研究[J]. *中国园林*, 2018, 34(11): 107-112.
LI Zhe, SONG Shuang, HE Yukun. On the material constitution of the contemporary new Chinese style landscape: A quantitative assessment using Scenic Beauty Estimation method[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2018, 34(11): 107-112.
- [16] 许大为, 李羽佳. 基于 SD-SBE 法的专家与公众审美差异研究[J]. *中国园林*, 2014, 30(7): 52-56.
XU Dawei, LI Yujia. Experts and public aesthetic differences based on SD-SBE method[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2014, 30(7): 52-56.
- [17] JENSEN F S. Landscape managers’ and politicians’ perception of the forest and landscape preferences of the population[J]. *Forest Snow and Landscape Research*, 1993, 1: 79-93.
- [18] 冯钟平. 中国园林建筑[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 183-336.
FENG Zhongping. Chinese gardens architecture[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000: 183-336.
- [19] 刘敦楨. 苏州古典园林[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2019: 27-33.
LIU Dunzhen. Suzhou classical gardens[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2019: 27-33.
- [20] 计成. 园冶注释[M]. 陈植, 注释. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981: 22-59.
JI Cheng. Yuanye annotation[M]. Annotator: CHEN Zhi. Beijing: China Architecture & Building Press, 1981: 22-59.
- [21] 孟兆祯. 风景园林工程[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012: 234.
MENG Zhaozhen. Landscape engineering[M]. Beijing: China Forestry Press, 2012: 234.

(责任编辑 赵金环; 英文校审 程文华)