

徐影秋, 刘志强, 王俊帝, 洪亘伟. 基于样带—地理探测器的陆桥通道沿线建制市建成区绿地率区域差异影响机理研究 [J]. 风景园林, 2019, 26 (8) : 71-76.

# 基于样带—地理探测器的陆桥通道沿线建制市建成区绿地率区域差异影响机理研究

## Research on Influencing Mechanism of Regional Difference of Green Rate of Built District of Cities Along Land-Bridge Passage Based on Transect-Geodetector

徐影秋 刘志强\* 王俊帝 洪亘伟

XU Yingqiu, LIU Zhiqiang\*, WANG Jundi, HONG Genwei

中图分类号: TU985.11

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2019)08-0071-06

DOI: 10.14085/j.fjyl.2019.08.0071.06

收稿日期: 2019-01-23

修回日期: 2019-06-24

徐影秋 / 女 / 苏州科技大学建筑与城市规划学院在读硕士研究生 / 研究方向为风景园林规划设计与理论

XU Yingqiu is a graduate student in the School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology. Her research focuses on landscape architecture planning and theory.

刘志强 / 男 / 硕士 / 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授 / 研究方向为城乡绿地空间格局及影响机理、风景园林规划设计与理论

通信作者邮箱 (Corresponding author Email) : l\_zhiqiang@163.com

LIU Zhiqiang, M.E., is an associate professor in the School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology. His research focuses on spatial pattern and impact mechanism of urban and rural green space, and landscape architecture planning and theory.

王俊帝 / 男 / 硕士 / 苏州科技大学天平学院、建筑与城市规划学院讲师 / 研究方向为风景园林规划设计与理论

WANG Jundi, M.E., is a lecturer in the School of Architecture and Urban Planning and Tianping College, Suzhou University of Science and Technology. His research focuses on landscape architecture planning and theory.

洪亘伟 / 女 / 硕士 / 苏州科技大学建筑与城市规划学院副教授 / 研究方向为城乡规划理论与方法  
HONG Genwei, M.E., is an associate professor in the School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology. Her research focuses on urban and rural planning theory and method.

**摘要:** 在中国新型城镇化转型发展背景下, 科学认识城市绿地建设水平的影响机理是提升人居环境质量、实现城市绿色发展的重要前提。选取陆桥通道样带为研究区域, 采用地理探测器方法, 探究 1996—2016 年沿线样带 139 个建制市建成区绿地率区域差异的影响机理。研究表明: 1) 沿线样带市域建成区绿地率逐年提升, 但存在明显时空分异, 呈东西部两头高、中部低的“U”型格局; 2) 地理探测显示样带市域建成区绿地率差异是自然、经济和政策等因素非线性或双因子作用的结果, 年均温为核心主导因子, 园林城市政策、海拔高程是次要解释力; 3) 自然地理本底是奠定差异的重要基础, 政策引领是关键, 经济水平是直接推动因素, 产业结构、土地供给和基础设施为外部主导动力。研究量化呈现了自然因素对城市绿地建设水平区域差异的大尺度、长期性影响; 探测“自然—经济—政策”多维因素的综合作用, 更精准地对城市绿地建设分类施治, 是典型区域和典型方法在学科领域的一次尝试。

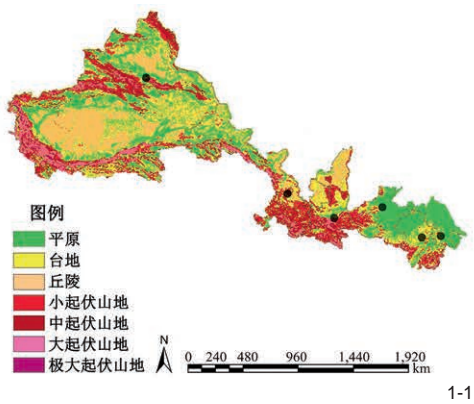
**关键词:** 风景园林; 建成区绿地率; 样带; 地理探测器; 区域差异; 影响机理; 陆桥通道

**基金项目:** 国家自然科学基金 (编号 51778389); 江苏高校“青蓝工程”; 江苏省企业研究生工作站 (苏州园林设计院有限公司); 苏州科技大学风景园林学学科建设项目; 江苏省 2018 年度普通高校研究生科研创新计划项目 (编号 KYCX18\_2564)

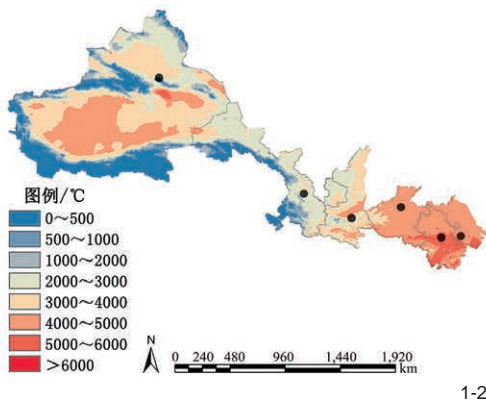
**Abstract:** Under the backdrop of great transformation and development of China's new urbanization, scientific understanding of the influencing mechanism of urban green space construction has become an important prerequisite for improving the quality of human settlement environment and realizing the green development of cities. By taking the transect of land-bridge passage as the research target with the geographical detector method, this paper explores the influencing mechanism of regional difference of the green rate of built district of 139 cities along the sample line from 1996 to 2016. The results show: 1) The green rate of built district along the transect has been increasing year by year, however with obvious differentiation in time and space, showing a U-shaped pattern high in the eastern and western ends and low in the middle; 2) Geographical detection shows that the difference of green rate of built district along the transect is the result of nonlinear or double-factor interactions of nature, economy and policy factors. The average annual temperature is the core leading factor, followed by the garden city policies and altitude elevation; 3) The natural geographical background is the major basis for the difference. The policy guidance is the key factor. Economic development is the direct driving force. The industrial structure, land supply and infrastructure are the external motive forces. This study has quantitatively presented the large-scale, long-term effects of natural factors on the difference of green space construction. It is also an attempt of typical areas and typical methods in the field of disciplines by detecting the comprehensive effects of the multi-dimensional factors of “nature-economy-policy”, in order to more accurately measure the urban green space construction.

**Keywords:** landscape architecture; green rate of built district; transect; Geodetector; regional differences; influencing mechanism; land-bridge passage

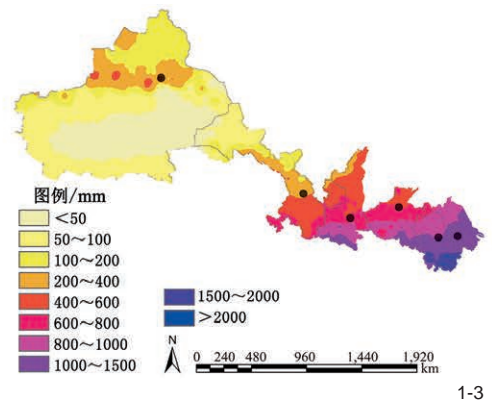
**Fund Items:** National Natural Science Foundation of China(No.51778389); “Qing-Lan Project” in Colleges and Universities of Jiangsu Province; Jiangsu Province Enterprise Graduate Student Workstation (Suzhou Landscape Design Institute Co.,Ltd.); Key Discipline of “Landscape Architecture” in Suzhou University of Science and Technology; Research Projects of Postgraduate Research in Jiangsu Universities in 2018(No. KYCX18\_2564)



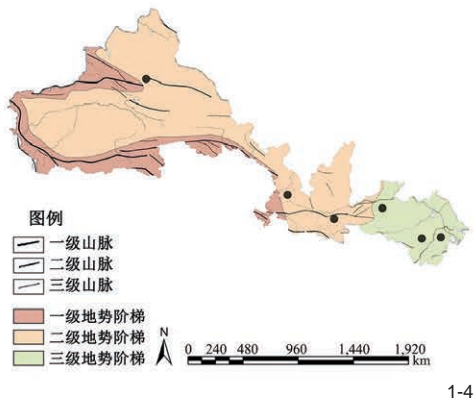
1-1



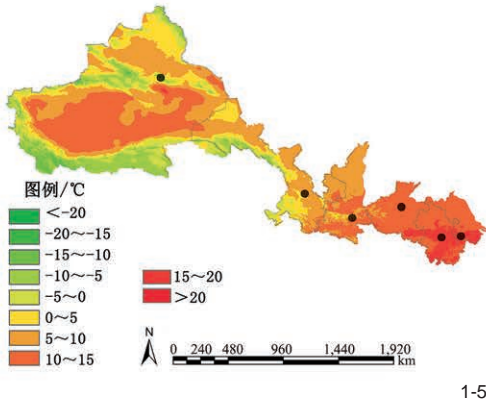
1-2



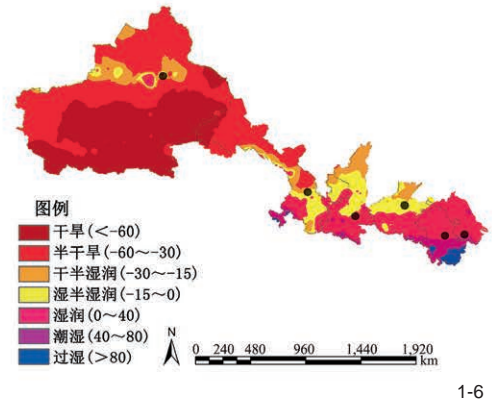
1-3



1-4



1-5



1-6

1

1 样带自然地理梯度概况

Survey of the natural geographic gradient along the transect

1-1 地貌类型

Landform types

1-2  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温

Accumulated temperature  $\geq 10^{\circ}\text{C}$

1-3 年均降水量

Average annual precipitation

1-4 海拔高程

Altitude elevation

1-5 年均温

Average annual temperature

1-6 湿润度

Humidity

城市绿地是改善城市生态环境、推动城市绿色发展的重要基础设施。建成区绿地率作为表征城市绿地建设水平的重要指标之一，自 20 世纪 90 年代以来大幅提升。然而，不同地区自然资源禀赋、社会经济发展要素迥异，市域建成区绿地率异质性和非均衡性显著。探明建成区绿地率区域差异的影响机理，是城市绿地优质发展的重要前提。追溯相关研究主要分为 3 方面：1) 测度上从三(四)大区域、省域、市域、县域或典型城市等多尺度研究；2) 机理研究多定性探索自然地理、社会经济等方面因素与建成区绿地率格局的相关性<sup>[1-5]</sup>；3) 方法由数理统计向空间计量模型演变。上述研究均基于行政级别范围，忽视了特定区域特征，且不能定量甄别影响因素的作用力，难以客观揭示差异格局的内在影响机理。

中国疆域广博、绿地建设地域性强，

如何研判不同区域建成区绿地率差异？何导致区域差异的影响因素？不同因子影响的区域又该如何进行针对性绿地建设？样带 (transect) 是沿着某主要因素形成的具有一定梯度规律的带状地域范围，能有效识别事物内部差异性影响<sup>[6]</sup>。由陇海、兰新铁路线组成的陆桥通道，是“一带一路”的重要一轴<sup>[7-8]</sup>，沿线形成一条具有自然地理和人文经济梯度分异的典型样带。选其进行区域性绿地建设研究，具有典型性特征，通过廓清陆桥通道城市绿地建设分异规律，为制定城市绿地因地制宜建设政策提供科学依据。

事物空间分布均受特定自然和社会因素等影响，地理探测器 (Geodetector) 是度量事物空间分异性并探测其影响力的一种统计学方法<sup>[9-10]</sup>，能客观揭示区域主导因子及多因子交互作用，已广泛应用于自然及社会科学领

域。鉴于此，以陆桥通道沿线样带为研究范围，在厘清其市域建成区绿地率差异基础上，利用地理探测器识别近 20 年来建成区绿地率区域差异区域异的主导因素及内在机理。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区域

#### 1.1.1 样带概况

陆桥通道是“现代丝绸之路”第二亚欧大陆桥中国段的主轴线<sup>[11]</sup>，经苏、皖、豫、陕、甘、新 6 省，是横贯中国东、中、西部最主要的铁路。样带呈现以下特征：1) 跨三级阶梯，有显著的高程、降水量等梯度 (图 1)；2) 作为连接三大区域的“金腰带”，东、中、西部经济梯度明显。在中国“开”字型到“八横八纵”交通规划中，陆桥通道成为推动中西部开发、实现经济飞跃的重要引擎<sup>[12]</sup>。

表1 样带县级市及以上城市一览表(2016年)

Tab. 1 List of sample cities at county-level and above along the transect (2016)

地区	省(自治区)	代表城市	城市数量/个	合计/个
东部	江苏	徐州、连云港等	34	139
中部	安徽	合肥、宿州等	22	
	河南	郑州、洛阳等	38	
西部	陕西	西安、铜川等	13	
	甘肃	兰州、金昌等	14	
	新疆	乌鲁木齐、吐鲁番等	19	

表2 交互探测表达式

Tab. 2 Interactive detection expressions

表达式	交互关系
$P(x \cap y) < \min[P(x), P(y)]$	因子 $x$ 和 $y$ 交互后非线性减弱
$\min[P(x), P(y)] < P(x \cap y) < \max[P(x), P(y)]$	因子 $x$ 和 $y$ 交互后单因子非线性减弱
$P(x \cap y) > \max[P(x), P(y)]$	因子 $x$ 和 $y$ 交互后双因子加强
$P(x \cap y) > P(x) + P(y)$	因子 $x$ 和 $y$ 交互后非线性加强
$P(x \cap y) = P(x) + P(y)$	因子 $x$ 和 $y$ 相互独立

### 1.1.2 研究范围和单元

为保证研究时空范围连续性和行政区划完整性,遵照2016年中国行政区划调整,在陆桥通道铁路沿线基础上,以其沿线所经6省的完整省域为范围,县级市及以上城市为单元、1996—2016年为时段,并对数据不全的城市进行处理<sup>①</sup>,最终选取139个城市单元(表1)。

### 1.2 地理探测器

相较于传统影响因素分析方法,地理探测器有3方面优势:1)有效探测类型变量的影响程度,包括数值型数据和定性数据;2)可检验单变量空间分异性,也可检验两个变量空间分布的一致性;3)能探测两因子交互作用,这是地理探测器区别于一般回归模型的独特优势,并对影响值大小排序,识别主导因素<sup>[13-15]</sup>。选用地理探测器因子探测和交互探测模型,综合测算陆桥通道样带市域建成区绿地率区域差异的解释力。

1) 因子探测:主要探测因子对建成区绿地率区域差异的解释程度。

$$P_{DG} = 1 - \frac{1}{\sigma_G^2} \sum_{j=1}^m n_{Dj} \sigma_{Dj}^2 \quad (1)$$

式中, $P_{DG}$ 为影响因子 $D$ 的影响力值, $n$ 为样带城市数量, $m$ 为次级区域个数, $n_{Dj}$ 为次级区域城市数量; $\sigma_G^2$ 为全样带建成区绿地率方

差, $\sigma_{Dj}^2$ 为次级区域建成区绿地率方差。 $P_{DG}$ 取值区间为 $[0, 1]$ , $P_{DG}$ 越大,表明因子的影响程度越高。

2) 交互探测:主要探测因子间相互作用关系(表2)。

### 1.3 影响因素指标选取、数据来源和类型划分

建成区绿地率差异成因复杂,自然环境和人类社会活动<sup>[16-18]</sup>均与其关系密切。根据科学性、可得性和可行性原则,选取3类共15个指标构成地理探测因子集(表3)。利用地理探测器对类型变量的探测有效性,各类因素数据来源及划分方式见表4。1)自然环境因素有6个指标,均赋值为类型变量。年均降水量参照中国等降水量线分为4个类型;湿润度依照全国干湿状况划分为5类;海拔高程依据三大阶梯划分<sup>[19]</sup>;年均温、日平均气温稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、地貌类型均根据中国科学院资源环境科学数据中心,分别总结划分为5、4、5类。2)社会经济因素有8个指标,均按自然断裂点法分为5类,数据源自1996—1997年《城市建设统计年报》、1998—2016年《中国城市建设统计年鉴(报)》和1997—2017年《中国城市统计年鉴》。3)政策制度根据园林城市评价结果,将城市单元分为“是/不是”

表3 地理探测因子集

Tab. 3 Geographic detection index system of influencing factors

一级指标	二级指标	三级指标	探测指标	间接计算公式	
自然环境	气象要素	X1	年均降水量		
		X2	湿润度		
		X3	年均温		
	地类要素	X4	日平均气温稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温		
		X5	海拔高程		
		X6	地貌类型		
社会经济	经济水平	X7	人均二、三产业产值	(二产+三产)产业产值/人口	
	土地供给	X8	人均建成区面积	建成区面积/人口	
	人口规模	X9	人口密度	人口/城区面积	
	产业结构	X10	二产占比	二产产值/GDP	
		X11	三产占比	三产产值/GDP	
	用地规模	X12	人均城市建设用地面积	城市建设用地面积/人口	
	基础设施	X13	建成区路网密度	路网长度/建成区面积	
	政府投入	X14	园林绿化固定资产投资占比	园林绿化固定资产投资/固定资产投资	
政策制度	政策支持	X15	园林城市		

注:“人口”指标在2005年及之前采用《城市建设统计年报》和《中国城市建设统计年报》中“城市人口”的数值,在2006年及之后年份,由《中国城市建设统计年鉴》中“城区人口”和“城区暂住人口”相加获得。

园林城市2类<sup>[20]</sup>。

## 2 沿线样带市域建成区绿地率区域差异

掌握样带市域建成区绿地率区域差异是判断其分异机理的基础。利用标准差( $\sigma_t$ )、变异系数(CV)<sup>②</sup>分析建成区绿地率总体差异;采用锡尔系数( $T$ )<sup>③</sup>进行差异分解,廓清样带各区域差异贡献度。

### 2.1 时序演变

1) 沿线样带总体及东、中、西部市域建成区绿地率均呈稳步上升趋势,这与其作为我国“八横八纵”规划的重点地带相关。2) 样带市域建成区绿地率区域差异明显,呈“东—中—西”部递减的三级梯度格局(图2)。

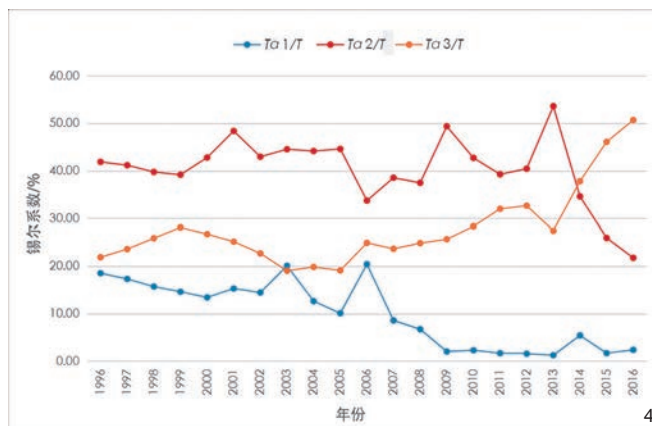
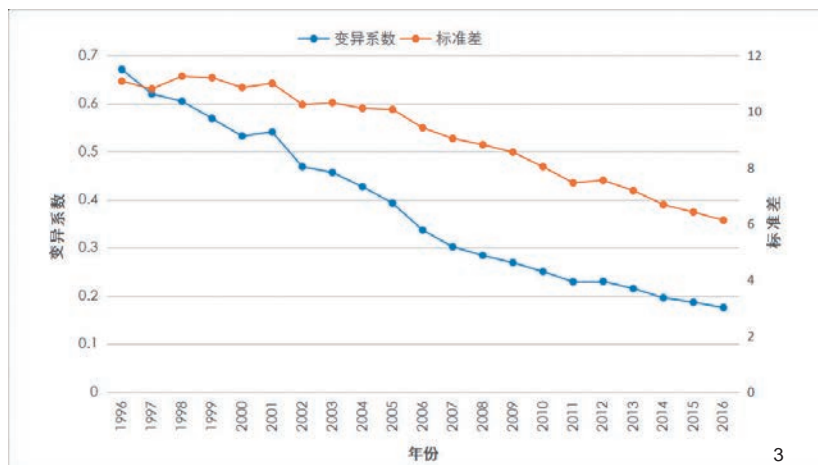
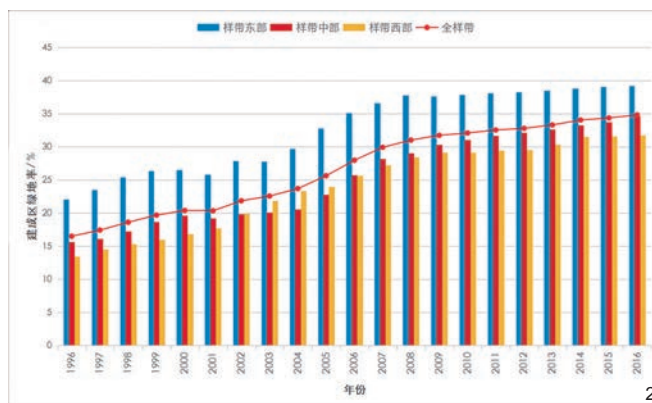
### 2.2 区域差异

1) 1996年以来样带建成区绿地率不均衡特征长期存在。 $\sigma_t$ 变化平缓,CV下降明显(图3)。2) 样带东部分异最小,中部最大。东、中、西部差异总体贡献率 $Ta1$ 、 $Ta2$ 、 $Ta3$ (锡尔系数组内差异)为9.83%、40.31%、27.91%,西部差异有不断强化趋势,其将是导致样带绿地建设总体差异的重要因素,究其原因:2013年西部深化改革,试点城市建成区绿地率提升导致两极化严重(图4)。下文将深入探测沿线样带城市绿地建设分异问题的影响因素。

表4 自然环境及政策制度因素指标类型划分表

Tab. 4 Classification of indicators for natural environmental/policy factors

类型	X1/mm	X2	X3/°C	X4/°C	X5/m	X6	X15
类型1	< 200	干旱 < -60	< -5	0~1 000	< 600	平原	是
类型2	200~400	半干旱 -60~-30	-5~5	1 000~3 000	600~2 600	台地	不是
类型3	400~800	半湿润 -30~0	5~10	3 000~5 000	> 2 600	丘陵	
类型4	> 800	湿润、半湿润 0~40	10~15	> 5 000		小、中起伏 山地	
类型5		湿润 > 40	15~20			大、极大起伏 山地	



2 样带及各区域市域建成区绿地率演变 (1996—2016 年)

Evolution of the green rate of built district along the transect wholly and regionally (1996—2016)

4 样带市域建成区绿地率锡尔系数 (1996—2016 年)

Theil ratio of green rate of built district along the transect (1996—2016)

3 样带市域建成区绿地率差异演变 (1996—2016 年)

Time series evolution of green rate of built district along the transect (1996—2016)

### 3 沿线样带市域建成区绿地率区域差异的影响机理

#### 3.1 影响因素地理探测

##### 3.1.1 因子探测

1) 总体探测。年均温是样带市域建成区绿地率总体差异的核心影响因子(表5,图5-1)。各类因素都发挥着不同程度影响,自然因素作用稳定,经济因素波动变化,政策在2001年后贡献较大。由于整体分析会掩盖内部差异性,下面进行分区探测。

2) 分区探测。①样带东部建成区绿地率领先,经济优势是关键。由于东部城市开发逐渐稳定,后期经济影响力减弱,而自然因素长期性作用越发显著,年均温总体影响达第一。②样带中部建成区绿地率差异呈缩小态势,园林城市政策是首要影响因子。总体上自然和社会经济作用较均质,都发挥着重要影响。

③年均温对样带西部两极化起最大决定作用。5个时段内主要影响均来自自然因素。2014年后三产结构开始发挥影响,成为第二核心因子(表5,图5-2~5-4)。

##### 3.1.2 交互探测

交互探测显示,任意2个因子交互均表现为非线性加强或双因子加强(表6)。1)年均温与湿润度交互影响力最大,印证了自然地理本底的先天支撑力和约束力。2)自然与社会经济变量有协同增强效应,“自然—经济—政策”因素两两交互明显强于单一类型因素的交互力。

#### 3.2 建成区绿地率区域差异的影响机理

1) 自然的天然制约力是根源。自然地理本底奠定了样带建成区绿地率“东高西低”基本差异格局。自然因素表现出强烈的“短板效应”,建成区绿地率高的多集中于样带东、中部水热条件良好的平原区。事实上长期以来热

量和水分一直稳定的作为影响绿地的最基础力量<sup>[21][57]</sup>,后期年均温、海拔高程等影响力攀升也印证了这一点。

2) 政策导向的宏观调控是关键原因。在中国以政策主导的建设背景下,政策这只“有形的手”是调控绿地建设的关键环节<sup>[22]</sup>。“一带一路”倡议引领下的旅游、绿化等政策使陆桥通道获得更多资金、技术等投入,但2016年样带西部的园林城市数量仅四成,缺少政策扶持是主要原因,并拉低其建成区绿地率。

3) 经济发展水平是直接推动因素。样带绿地建设经济指向性增强,经济水平是建成区绿地率区域差异的直接推动力。陆桥通道沿线形成陆桥经济带,东部是经济最发达区域,一定的经济基础保证其更有能力去承担城市绿地建设,而中、西部经济缺乏活力,市域间建成

表5 因子探测

Tab. 5 Detection of influencing factors along the transect

排序	样带		东部		中部		西部	
	指标	$P_{D,G}$	指标	$P_{D,G}$	指标	$P_{D,G}$	指标	$P_{D,G}$
1	X3	0.243 2	X3	0.240 2	X15	0.190 9	X3	0.392 9
2	X15	0.152 3	X8	0.232 6	X8	0.176 3	X6	0.175 1
3	X5	0.117 7	X2	0.222 5	X12	0.168 0	X2	0.154 5
4	X4	0.102 9	X7	0.209 1	X3	0.133 7	X1	0.152 6
5	X7	0.099 7	X15	0.199 0	X10	0.110 1	X5	0.147 0

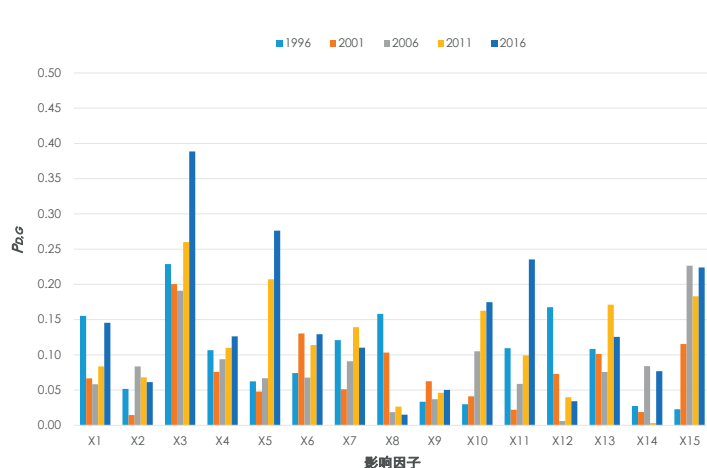
注：仅罗列因子探测  $P_{D,U}$  值排序前 5 位，前 3 位为核心因子因素。

表6 交互探测

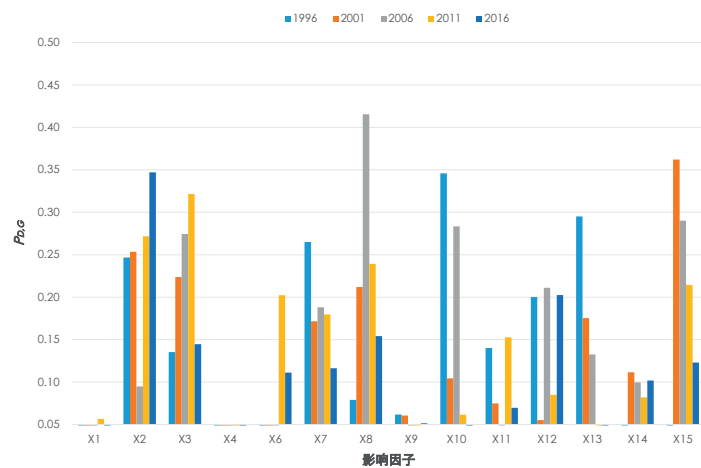
Tab. 6 Detection of interaction factors along the transect

排序	$P_{D,G}$			
	样带	东部	中部	西部
1	X2 ∩ X3 (0.362 0)	X7 ∩ X8 (0.529 0)	X10 ∩ X12 (0.427 8)	X3 ∩ X11 (0.592 1)
2	X3 ∩ X10 (0.356 7)	X2 ∩ X7 (0.509 6)	X8 ∩ X10 (0.412 4)	X1 ∩ X3 (0.576 5)
3	X1 ∩ X10 (0.347 4)	X8 ∩ X14 (0.506 5)	X10 ∩ X11 (0.401 5)	X3 ∩ X12 (0.573 8)
4	X3 ∩ X7 (0.343 3)	X8 ∩ X13 (0.499 1)	X6 ∩ X10 (0.391 0)	X3 ∩ X10 (0.567 3)
5	X3 ∩ X15 (0.338 4)	X12 ∩ X14 (0.497 4)	X8 ∩ X15 (0.378 5)	X3 ∩ X14 (0.562 1)

注：仅罗列交互探测  $P_{D,U}$  值排序前 5 位，前 3 位为交互因素。



5-1



5-2



5-3



5-4

5 样带及各区域影响因子贡献率

Contribution rate of influencing factors along the transect wholly and regionally

5-1 样带

The whole transect

5-2 样带东部

East of the transect

5-3 样带中部

Centre of the transect

5-4 样带西部

West of the transect

区绿地率极化严重。

4) 产业支撑、土地供给和基础设施是外部主导动力。产业是基础,土地是基本立地条件,设施建设是抓手。①产业调整推动绿地发展,这也解释了克拉玛依等自然承载力低的城市建成区绿地率提升的原因。②土地反映城市绿地建设的潜力,中国“增量”绿地建设方式决定

其依托建成区面积而发展的模式。③基础设施和可达性建设能拉动建成区绿地率增长。

5) 区域特定要素是重要影响因素。在样带分区探测中:①东部建成区绿地率均较高,园林绿化投资有正向促进作用;②中部对用地规模表现出较强依赖性<sup>[23][25]</sup>;③人口决定力仅在样带西部得到体现,20世纪末在“鼓励

中小城市发展”背景下人口涌入西部促其建成区绿地率提升<sup>[21][57]</sup>,但自然因素未来仍会是产生差异的根本因素。

## 4 结论与对策

### 4.1 结论

当前城市绿地建设已经进入由重量向量

质并举的新时期<sup>[24]</sup>，利用地理探测器宏观把握1996—2016年陆桥通道沿线样带市域建成区绿地率分异问题根源和作用机理，为不同自然和经济区位的城市绿地建设提供参考。主要结论如下：

1) 区域差异测度表明，样带市域建成区绿地率存在明显的时空分异，总体水平呈“东—中—西”部递减的梯度特征。样带分异呈现东西部两头高、中部低的“U”型格局，自然条件优越、经济水平高的东部样带绿地建设最为均衡，西部分异成为建成区绿地率区域差异的重要原因。

2) 因子和交互探测显示，样带城市绿地建设差异是“自然—经济—政策”多因素非线性耦合作用的结果，自然因素起根本性作用且长期稳定，突出表现为年均温；经济—政策方面园林城市政策、人均二、三产业产值为主要解释力。分区探测显示园林绿化固定资产投资占比、人均建设用地面积和人口密度的影响分别在东、中、西部得到较大体现。

3) 样带市域建成区绿地率区域差异是自然环境、政策导向、经济水平、产业支撑、土地供给和设施建设等共同作用的结果。①自然环境起基础支撑作用，样带自然梯度奠定了全局性、稳定性影响。②政策是“有形的手”，引导宏观调控。③样带形成一定梯度的陆桥经济带，经济基础是直接推动力。④产业结构、土地供给和基础设施是区域差异的外部主导动力。

## 4.2 对策

自然地理是样带市域建成区绿地率分异的基础和根源，城市绿地建设应尊重自然地域客观差异规律。政策引导和经济发展是调控重点，应发挥政策关键引领作用，以经济建设为推力，通过产业、用地和设施等外部手段共同提升城市绿地建设水平。此外，针对特定区域，应依据主要影响力分类施治、因“市”制宜。①绿化投资型：东部绿地建设和城市融合度高，适当加大绿化财政补贴优化发展。②用地依赖型：中部作为样带“双向支撑点”<sup>[23][24]</sup>，应发挥用地规模的优势集聚效应实现绿地增长与建设用地脱钩。③自然制约型：以产业绿色化为抓手，通过陆路通道“以线带片”开发西部第三产业，拉动建成区绿地率提升。

值得一提的是，研究一定程度上拓展城市绿地建设水平差异、机理研究的思路，为风景园林学科提供了新的方法支撑。样带能打破行政区划壁垒，对揭示梯度差异因素具显著作用；地理探测器实现了对自然地理环境影响程度的定量、精准呈现，并探测“自然—经济—政策”多维因素的综合影响程度，进而由“面”及“点”、为不同区域和不同发展阶段的城市绿地建设提供针对性调控措施。当然，地理探测器也有一些局限，如指标代入时，自变量须为类型量、每个分层中要求至少有两个样本点等。另外，城市绿地建设因素复杂，后期可进一步考虑环保、法律等影响，近年来教育对“绿色”意识提高、绿地建设影响也不可忽视。

### 注释 (Notes):

- ① 本文“建成区绿地率”是建成区绿地面积占建成区面积的比重，公式为：建成区绿地率 = 建成区绿地面积 / 建成区面积 × 100%。数据源于住房和城乡建设部《城市建设统计年报》（1996—1997）、《中国城市建设统计年报》（1998—2005）和《中国城市建设统计年鉴》（2006—2016），缺少某年份数值的城市，均采用该城市前后两年数值平均值替代。研究单元剔除了定西、陇南等11个数据缺失较多的城市。
- ② 标准差、变异系数可消除单位和平均数不同对结果的影响。标准差 ( $\sigma$ ) 能反映绝对差异程度，指样本中各变量值与其平均值离差平方和平均值的算术平方根。变异系数 (CV) 能反映相对差异程度，值用样本标准差除以平均值。
- ③ 根据锡尔系数 (T) 原理，将 T 分解为样带东、中、西部的城市组内差异  $T_a$  和组间差异  $T_b$ ，具体参考刘志强等对锡尔系数差异分解的运用，见参考文献 [1]。

### 参考文献 (References):

- [1] 刘志强, 王俊帝. 基于锡尔系数的中国城市绿地建设水平区域差异实证分析 [J]. 中国园林, 2015, 31 (3): 81-85.
- [2] 韩旭, 唐永琼, 陈烈. 我国城市绿地建设水平的区域差异研究 [J]. 规划师, 2008, 24 (7): 96-101.
- [3] 徐骅, 刘志强. 我国城市建成区绿地率差异实证分析: 基于1996—2013年城市面板数据 [J]. 规划师, 2016, 32 (4): 106-112.
- [4] 刘志强, 林存晖, 王俊帝, 等. 中国县级建成区绿地率时空分异特征研究 [J]. 风景园林, 2018, 25 (11): 90-95.
- [5] 李方正, 解爽, 李雄. 基于多源数据分析的北京市中心城绿色空间时空演变研究 (1992—2016) [J]. 风景园林, 2018, 25 (8): 46-51.
- [6] KOCH G W, SCHOLLES R J, STEFFEN W L, et al. The IGBP Terrestrial Transects: Science Plan [R]. Stockholm: IGBP 1995.
- [7] 袁牧, 秦芳. “一带一路”战略背景下中国城市和城乡规划的未來 [J]. 规划师, 2016, 32 (2): 5-10.
- [8] 狄保忻, 白永平, 吴常艳, 等. 陇海—兰新一北疆铁路沿线城市建设用地时空差异分析 [J]. 经济地理, 2012, 32 (10): 63-69.

[9] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical Detectors-based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.

[10] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72 (1): 116-134.

[11] 孙峻岭, 林炳耀. 新亚欧大陆桥经济新发展及对徐州影响 [J]. 经济地理, 2011, 31 (11): 1793-1797.

[12] 方创琳, 张小雷. 西陇海兰新经济带节点城市的发展方向与产业分工 [J]. 地理研究, 2003 (4): 455-464.

[13] 丁悦, 蔡建明, 任周鹏, 等. 基于地理探测器的国家级经济技术开发区经济增长率空间分异及影响因素 [J]. 地理科学进展, 2014, 33 (5): 657-666.

[14] 刘彦随, 杨忍. 中国县城城镇化的空间特征与形成机理 [J]. 地理学报, 2012, 67 (8): 1011-1020.

[15] 李颖, 冯玉, 彭飞, 等. 基于地理探测器的天津市生态用地格局演变 [J]. 经济地理, 2017, 37 (12): 180-189.

[16] 刘滨谊, 林俊. 城市滨水带环境小气候与空间断面关系研究: 以上海苏州河滨水带为例 [J]. 风景园林, 2015, 22 (6): 46-54.

[17] 岳晓蕾, 林菁, 杨宇翀. 城市绿地对热岛效应缓解作用研究: 以保定市中心城区为例 [J]. 风景园林, 2018, 25 (10): 66-70.

[18] RICHARDS D R, PASSY P, OH R Y. Impacts of Population Density and Wealth on the Quantity and Structure of Urban Green Space in Tropical Southeast Asia [J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 157: 553-560.

[19] 蒋捷, 杨昕. 基于DEM中国地势三大阶梯定量划分 [J]. 地理信息世界, 2009, 7 (1): 8-13.

[20] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市园林绿化评价标准: GB/T 50563—2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

[21] 李佳洛, 陆大道, 徐成东, 等. 胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化 [J]. 地理学报, 2017, 72 (1): 148-160.

[22] 匡兵, 卢新海, 周敏, 等. 中国地级以上城市土地经济密度差异的时空演化分析 [J]. 地理科学, 2017, 37 (12): 1850-1858.

[23] 单卓然, 黄亚平, 谢来荣. “一带一路”战略下的中部城市功能空间优化策略 [J]. 规划师, 2016, 32 (2): 23-30.

[24] 李雄, 张云路. 新时代城市绿色发展的新命题: 公园城市建设的战略与响应 [J]. 中国园林, 2018, 34 (5): 38-43.

### 图表来源 (Sources of Figures and Tables):

图1来自中国科学院资源环境科学数据中心；图2~5均由徐影秋进行数据测算和绘制；表1样带各省城市单元和地区划分依据住房和城乡建设部2016年《中国城市建设统计年鉴》，各城市的位置坐标和行政边界数据取自国家基础地理信息中心1:400万数据库的行政区图；表2具体参考王劲峰等地理探测器原理介绍，参考文献[10]；表3、4自然环境因素来自中国科学院资源环境科学数据中心，社会经济因素数据来自1996—2016年《（中国）城市建设统计年鉴（报）》和1997—2017年《中国城市统计年鉴》，政策制度因素依据住房和城乡建设部园林城市评价结果，间接数据由徐影秋整理计算，并根据研究需要整理划分主要类型；表5、6均由徐影秋进行数据测算和绘制。

(编辑 / 陈汪丹)