

人工智能与未来城市空间规划

Artificial Intelligence and the Future of Urban Spatial Planning

XU Liyan

Eco-smart Cities: A New Planning Framework toward
a Smart and Ecological Urbanism



International Knowledge Centre
for Engineering Sciences and Technology
under the Auspices of UNESCO
联合国教科文组织国际工程科技知识中心



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

The Eco-Smart City

A New Planning Framework toward a Smart and Ecological Urbanism

Liyan Xu

College of Architecture and Landscape Architecture, Peking University

2018.11.19

背景：当前城市规划建设领域的三个关键词

Background: 3 Keywords in Today's Urban Planning Field

- 生态文明建设 The Making of an Ecological Civilization
- 数字智慧城市 Digital Smart Cities
- 国土空间规划转型 Shift of the Planning System toward Comprehensive Spatial Planning



Co

面
AN

宏观

空间尺度

微观

区域研究和城市研究

国土与区域规划

城市总体规划

控制性详细规划
/Zoning

修建性详细规划
/城市设计

场地设计/
建筑设计

可持续规划管理

生态系统研究
生态安全格局

社会经济系统研究
城市发展格局

保护途径

发展途径

生态空间格局
生态红线和控制线

城市总体布局
城市增长边界

综合空间规划

生态控制体系

建设控制体系

生态基础设施

灰色基础设施

设计生态与智慧设计

智能规划管理

空间分析
结构化分析
CNN图像模式识别
RNN语义模式识别

ABM模拟

空间聚类分析
DNN辅助空间区划

无损信息叠加

DNN辅助聚类分析

规划辅助系统

参数自动化设计
GAN自动化设计

脑机接口
反馈式设计

CityGrid IOT
数据聚合
数据挖掘
数据清洗
实时大数据反馈

极速空间可视化
AI辅助决策

m

相关研究领域

Relevant Fields of Research

- 生态智慧城市 Eco-Smart Cities
 - 区域和城市复杂系统模拟 Complex System Modeling for Cities and Regions
 - 生态安全与空间规划 Ecological Security and Spatial Planning
 - 城市生态系统服务及其价值评估 Urban Ecosystem Services and their Evaluation
 - 生态基础设施与设计生态学 Ecological Infrastructure and Designed Ecologies
 - 环境感知、公共健康与空间设计 Environment Cognition, Public Health, and Physical Environment Design
 - 数字技术支持规划设计智能化 InfoTech-Supported Smart Planning & Design

区域和城市复杂系统建模 Complex System Modeling for Cities and Regions





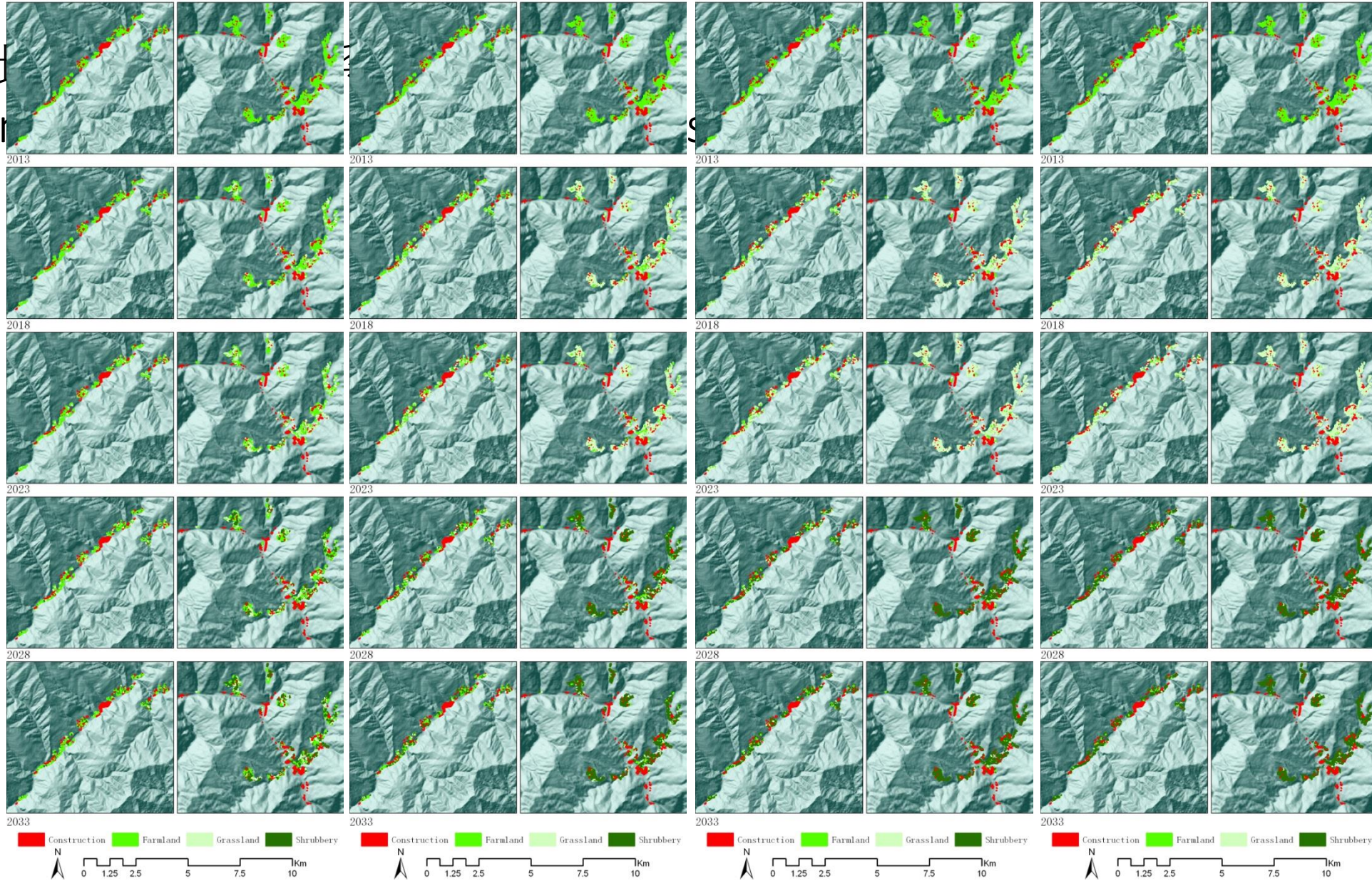
Annual Compensation = 3000

Annual Compensation = 4000

Annual Compensation = 5000

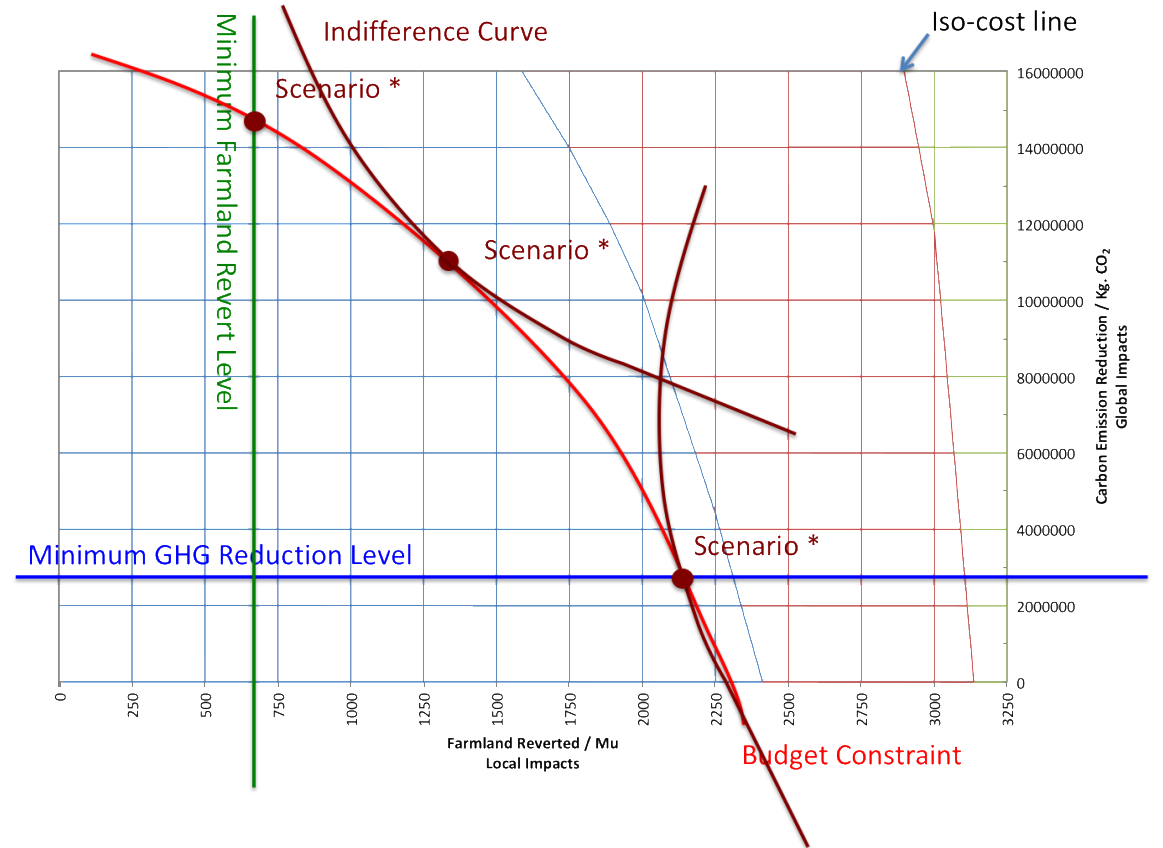
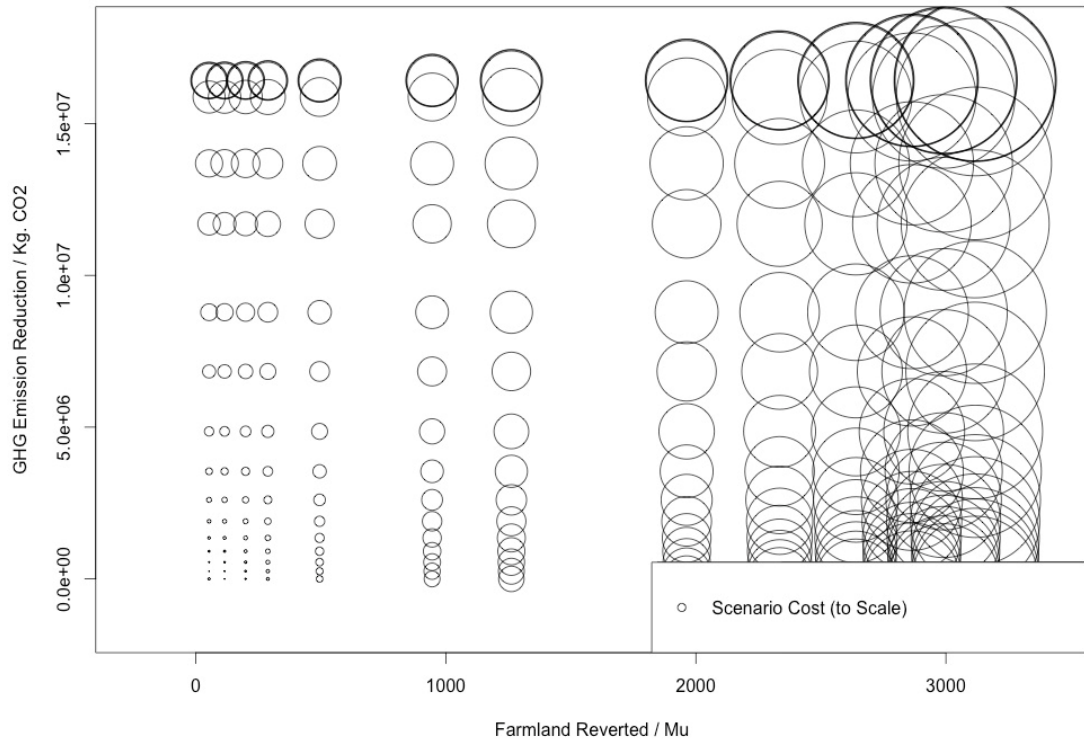
Annual Compensation = 6000

×
Com



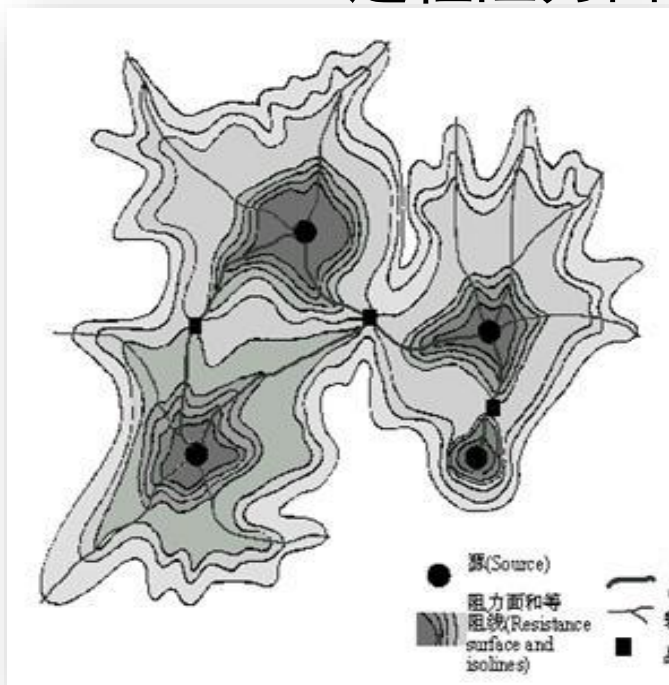
区域和城市复杂系统建模——利益相关方损益分析与情境分析

Complex System Modeling for Cities and Regions – Scenario Analysis

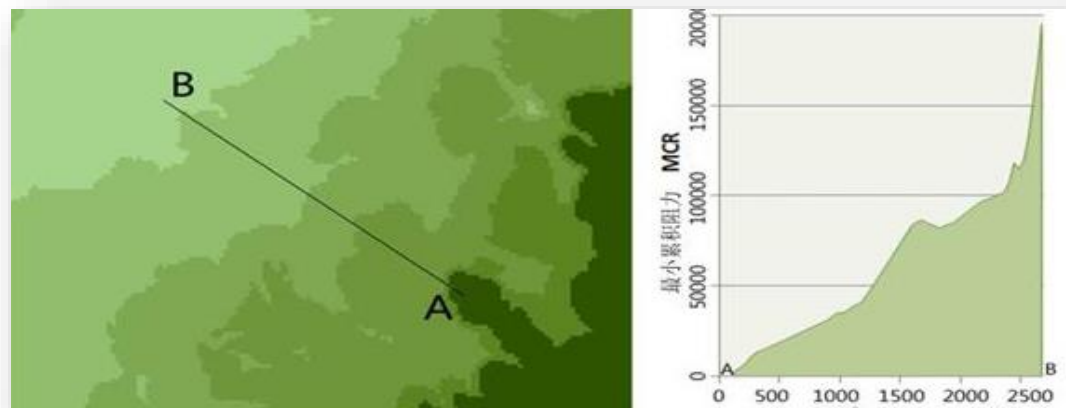


生态安全与空间规划 Ecological Security and Spatial Planning

过程阻力面



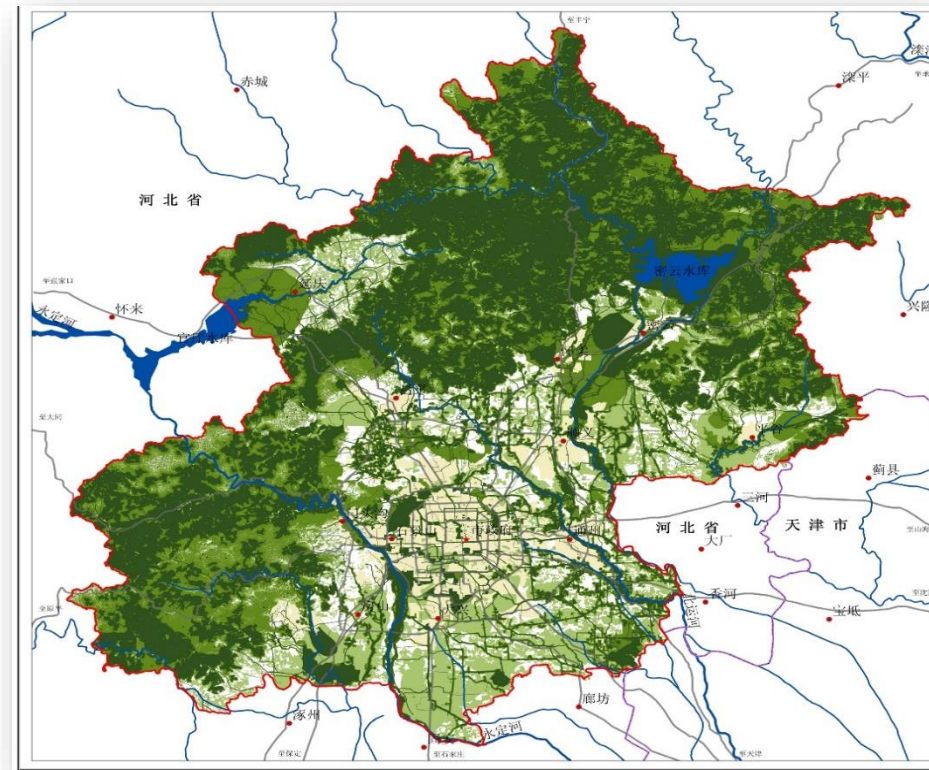
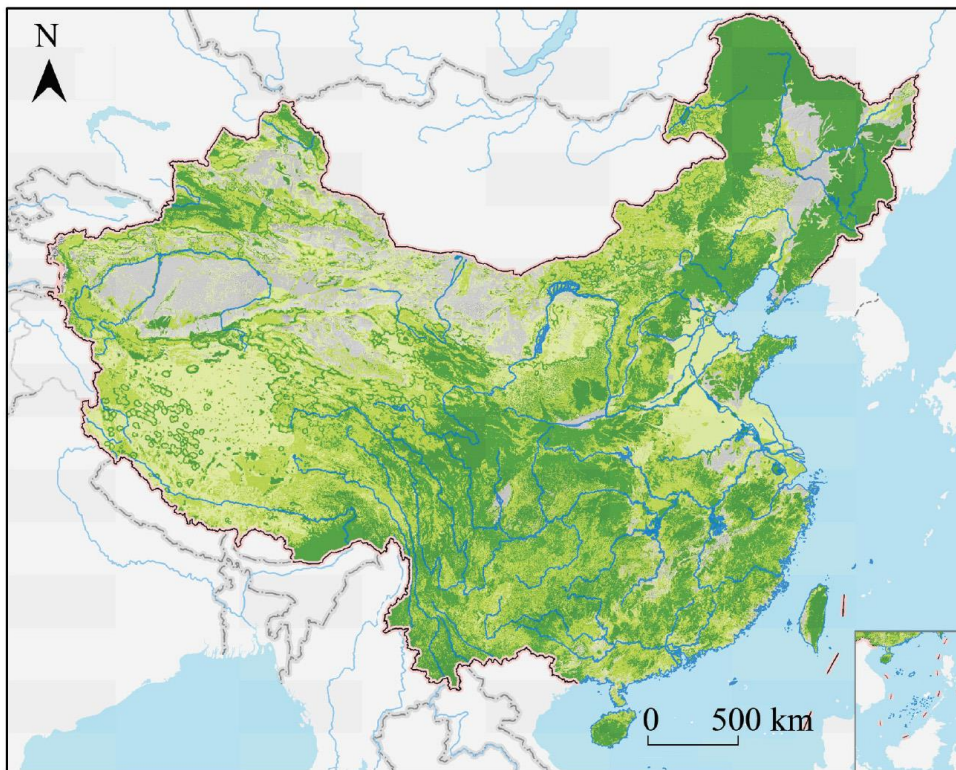
门槛值方法



生态安全格局

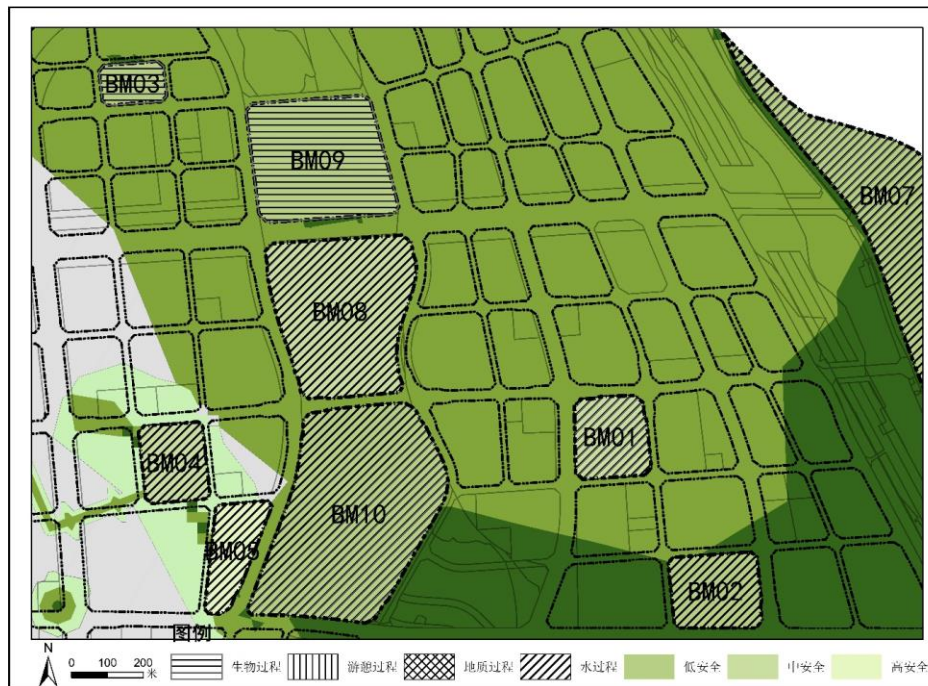


生态安全与空间规划：国土与区域生态空间规划 Ecological Security and Spatial Planning: National and Regional Plans



生态安全与空间规划：生态控制性规划

Ecological Security and Spatial Planning: Ecological Zoning



门头沟分区规划-生态安全与空间管控分图则

约束性管控指标——城乡建设用地

地块编号	BM01	BM02	BM03	BM04	BM05	BM06
地质	建筑抗震等级	-	-	-	-	-
水土	水土保持-植被覆盖率	-	-	-	-	-
水	地表水环境质量标准	II类	I类	II类	II类	III类
生态过程	道路广场透水面积比重	100%	-	100%	100%	≥80%
生物	本地木本植物指数	≥0.65	≥0.65	-	≥0.65	≥0.65
游憩	噪声达标区覆盖率	≥85%	≥85%	-	≥85%	≥85%
视觉	文保单位缓冲区达标率	≥85%	≥85%	≥85%	≥86%	≥85%
用地属性	古树名木保护率	100%	100%	100%	200%	100%
	建筑高度	按控规	按控规	按控规	按控规	按控规
	规划用途	按控规	按控规	按控规	按控规	按控规
	权属性质	村集体	混合	村集体	混合	混合

约束性管控指标——生态用地修复

地块编号	BM07	BM08	BM09	BM10	BM11	BM12
地质	受损弃置地生态恢复率	-	-	-	-	-
水土	危险地带村庄搬迁率	-	-	-	-	-
水	水土保持-植被覆盖率	-	-	-	-	-
生态过程	地面水环境质量标准	I类	II类	II类	I类	-
生物	水体岸线自然化率	100%	100%	200%	100%	-
游憩	综合物种指数	≥0.3	-	100%	≥0.3	-
视觉	本地木本植物指数	≥0.65	-	-	≥0.65	-
用地属性	shannon多样性指数	0.1	-	1.04	0.1	-
	景观边界密度指数	5.48	-	17.8	5.48	-
	shannon均匀性指数	0.14	-	0.94	0.14	-
	景观聚集度指数	90.31	-	47.58	90.31	-
	文保单位缓冲区达标率	100%	-	-	-	-
	古树名木保护率	-	-	-	-	-
	规划用途	河流	混合	其他绿地	混合	-
	权属性质	-	村集体	村集体	村集体	-

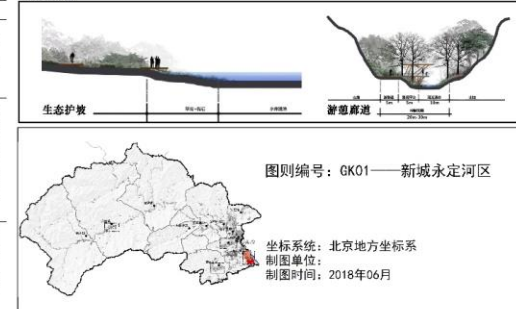
引导性指标

控制内容	控制指标	生态核心区/禁止建设	生态缓冲区/限制建设	生态协调区/有条件建设
生态过程	河道绿化普及率	100%	100%	≥60%
	暴雨洪水临时设防标准	50年一遇	100年一遇	200年一遇
	本地植物指数	-	-	≥0.6
	森林覆盖率	≥65%	≥35%	≥12%
游憩	珍稀濒危物种保护率	100%	100%	-
	文保单位缓冲区达标率	100%	100%	≥85%
视觉	建筑立面视觉形象	禁止进行城乡建设	参照景观背景严格控制	参照景观背景和控制要求严格控制
	建筑体量	禁止进行城乡建设	参照景观背景严格控制	参照景观背景和控制要求严格控制
农业活动	新增农用地面积	-	-	-
	化肥施用强度	≤150kg/ha	≤200kg/ha	≤250kg/ha
	灌溉用水有效利用系数	≥0.65	≥0.6	≥0.55

规划管控导则

规划导则	规划导则
生态核心区/禁止建设区	生态核心区是保障人类生存发展的生态安全底线，保障核心生态系统服务功能持续稳定发挥；实行严格管控，原则上禁止开发区域进行管理。
生态缓冲区/限制建设区	生态缓冲区是生态核心区的延展，提供更高水平的生命安全和生态安全的保护。区内的城乡、工矿及基础设施建设应严格管控，原则上不再新增城乡建设用地和独立工矿用地，并鼓励现有城乡建设用地和独立工矿用地逐步搬迁退出，区域性基础设施及旅游游憩基础设施的建设，如有必要，应在认真论证其生态安全影响的前提下，履行必要的报批手续再行开展，并按照相关规划及法律法规的标准进行建设管理。
生态协调区/有条件建设区	生态协调区是生态核心区和缓冲区更大范围的延展，是区域生态系统在结构和功能上完整的坚实屏障。在满足生态过程兼容性的前提下，根据各村发展需求，结合各村土地利用总体规划有序进行新增建设用地布局安排，鼓励现有独立工矿用地的搬迁退出，或转化为城乡建设用地。

设计导则



城市生态系统服务及其价值评估 Urban Ecosystem Services and their Evaluation

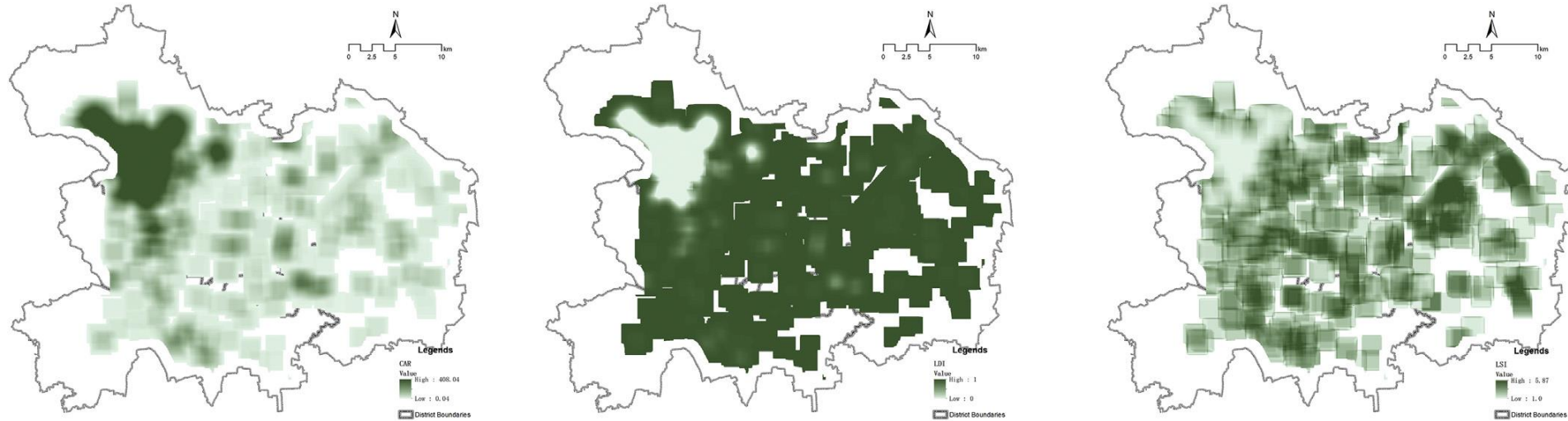
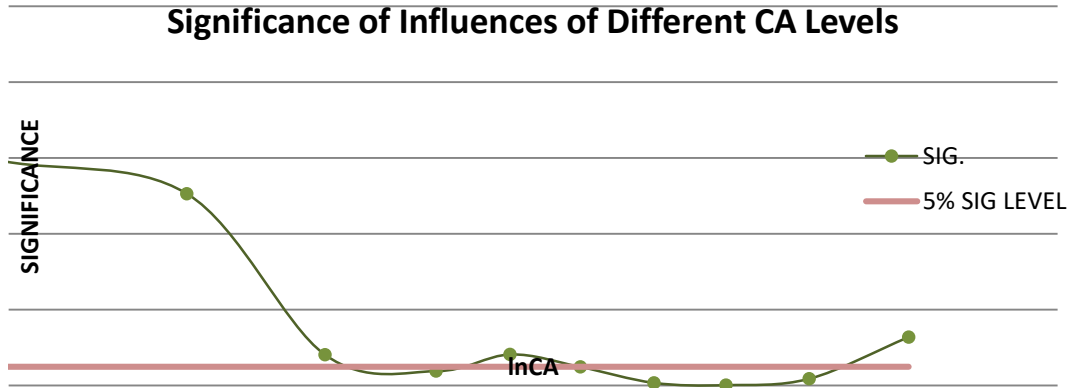


Fig. 3. The spatial pattern (LEM values) of the CAR, LDI and LSI variables.

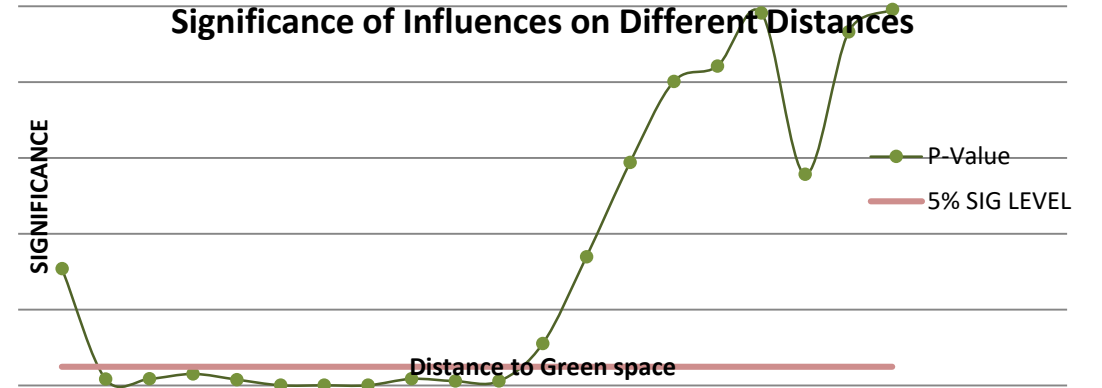
城市生态系统服务及其价值评估

Urban Ecosystem Services and their Evaluation

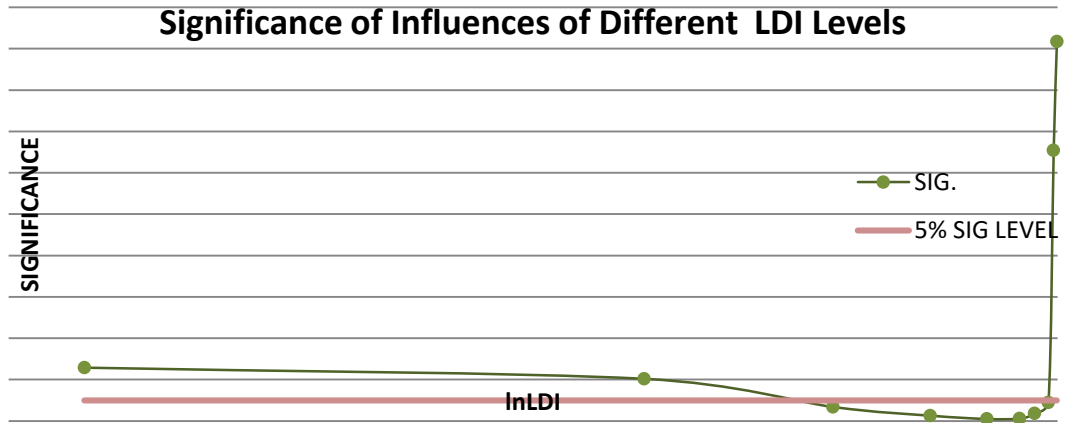
Significance of Influences of Different CA Levels



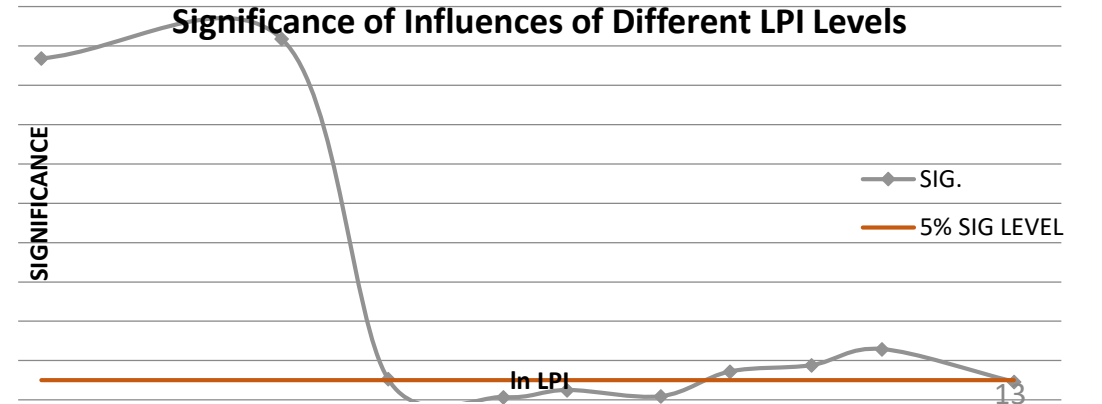
Significance of Influences on Different Distances



Significance of Influences of Different LDI Levels



Significance of Influences of Different LPI Levels



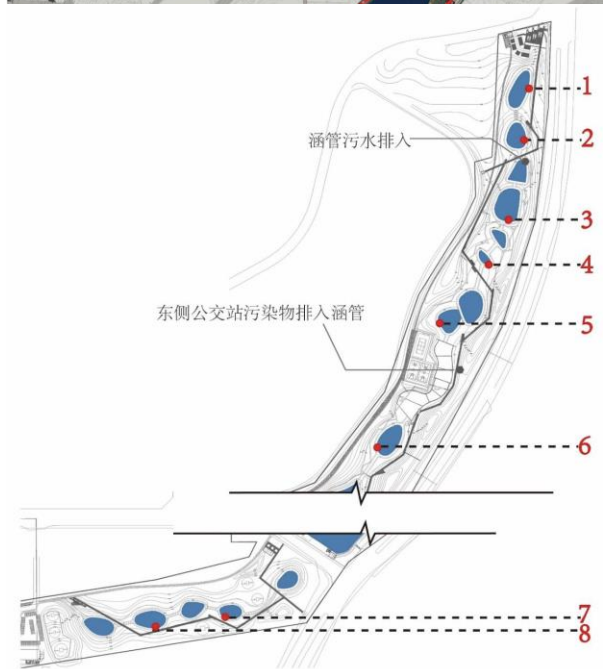
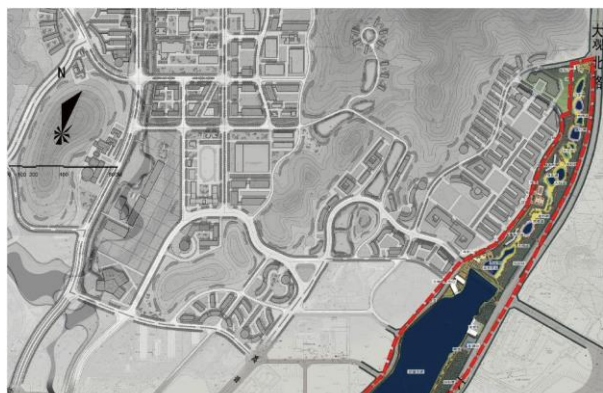
城市生态系统服务及其价值评估

Urban Ecosystem Services and their Evaluation



生态基础设施与设计生态学

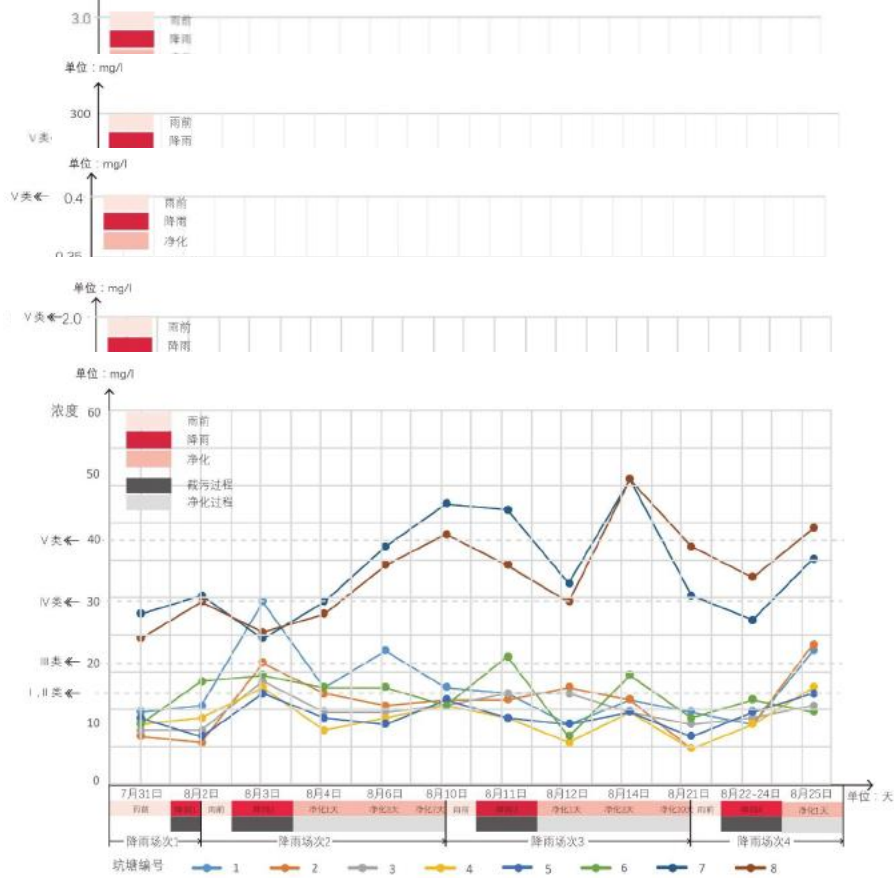
Ecological Infrastructure and Designed Ecologies



坑塘编号	形态	植被种类	植被覆盖率
1		芦苇	0.27
2		芦苇、薇甘菊	0.18
3		花叶芦竹、风车草、绿粉狐尾藻	0.87
4		再力花、睡莲	0.67
5		纸莎草、再力花、睡莲	0.51
6		灯芯草、再力花、睡莲、花叶芦竹	0.39
7		梭鱼草、风车草	0.26
8		纸莎草、再力花	0.34

生态基础设施与设计生态学

Ecological Infrastructure and Designed Ecologies



污染加重，如氮和氨氮的净化状况^[53]。COD 出现类似情况的原因是雨水塘中化学物质之间相互转化的作用^[209, 210]。

图 5.5 COD 采样节点浓度分布图

表 6.6 净化效率回归方程系数统计表

影响因素	自变量号	回归方程相关系数					
		TN	TSS	TP	NH4-N	COD	
降雨条件	降雨间隔	X1				-1.71 [*]	
	降雨量	X2					
	降雨强度	X3					
	降雨历时	X4			-60.213 Δ ^{***}	-0.116 ^{***}	
设计参数	形态	周长	X5				
		面积	X6				
		面积周长比	X7			4.440 ^{***}	
		等周系数	X8				-1359.162 ^{***}
	水力	容量	X9				344.030 Δ ^{***}
		长短轴比	X10			-54.729 ^{***}	-139.791 ^{***}
		深度	X11	93.248 ^{***}			-122.256 Δ ^{**}
		面积深度比	X12				
植被	高差	X13	7.726 ^{***}		10.666 ^{***}	14.391 ^{***}	
	净化时间	X14	-18.761 ^{^***}		4.034 ^{**}	-15.958 ^{^***}	
	水流路径	X15				-1.956 ^{***}	
温度	X16	55.435 ^{***}	0.442 ^{***}	607.089 ^{***}	115.86 ^{***}	212.976 Δ ^{***}	
R2	X17	45.878 ^{**}					
X18	X18	324.646 ^{^*}	482.205 ^{^***}	10.855 ^{***}			
			0.682	0.486	0.575	0.503	0.757

生态基础设施与设计生态学

Ecological Infrastructure and Designed Ecologies

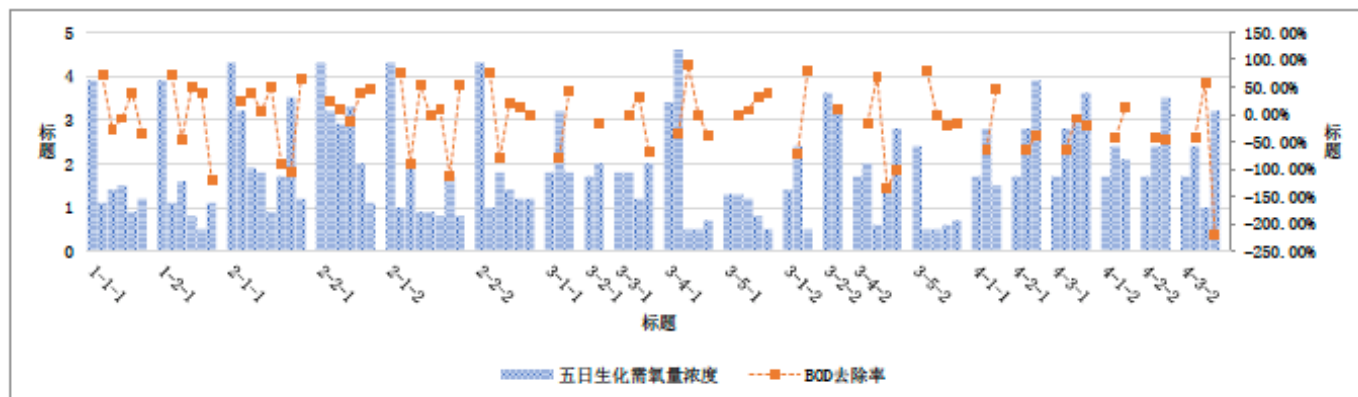
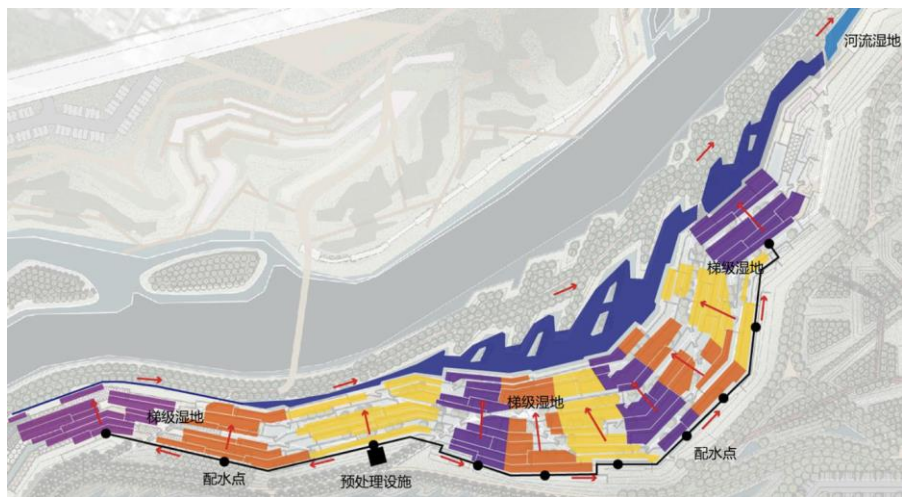


图 4.9 各级湿地生化需氧量浓度变化及各级去除率

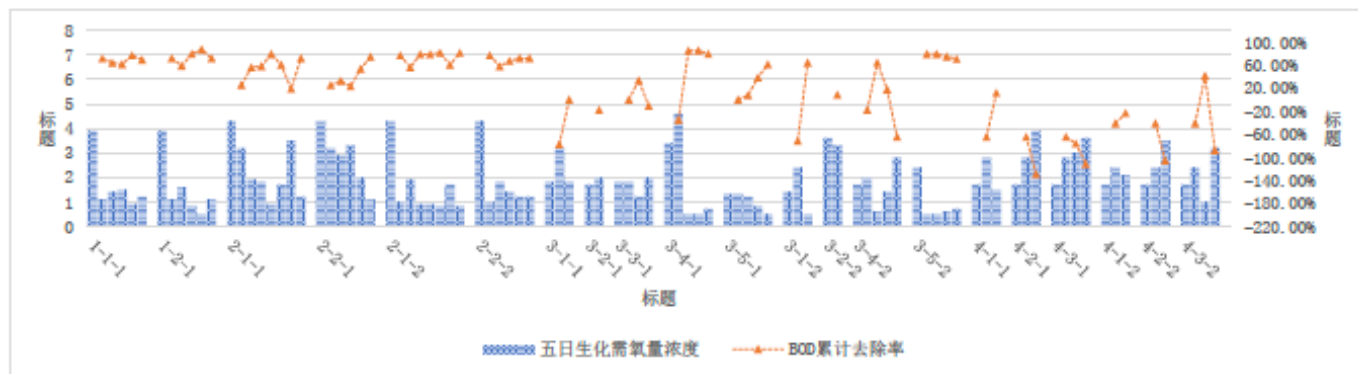


图 4.10 各级湿地生化需氧量浓度变化及其累计去除率

生态基础设施与设计生态学

Ecological Infrastructure and Designed Ecologies

污染物	主要去除原理	系统设计参数 (形状参数)				系统设计参数 (植物参数)						系统水力运行参数		设计措施	需要综合考虑的博弈因素		
		形状复杂程度				水流路径长度	植被覆盖度	植被种类								进水污染物浓度	进水前是否曝气
		单塘面积	单塘周长	周长比面积	形状指数			美人蕉	再力花	梭鱼草	旱伞草	黄菖蒲	纸莎草				
氨氮	(化能自养型微生物、足够的溶解氧浓度) 氨氮转化为亚硝态氮和硝态氮的硝化阶段, 参与反应的化能自养型微生物须在好氧条件下进行			周长比面积		水流路径长度	植被覆盖度	美人蕉	再力花	梭鱼草					1. 适当增加形状复杂度 2. 增加水流路径长度 3. 增加植被覆盖度 4. 进水前曝气	1. 大众活动场地的需求 (安全、尺度、审美、亲水等) 2. 设计与工程预算 3. 施工难度与效率 4. 后期维护成本 5. 当地气候与植被条件 6. 污水净化的标准 (预期的污染物浓度、预期的净化时长和效率)	
总磷	(基质、植物) 基质对磷的吸附和植物的吸收作用。湿地基质对磷的去除作用存在饱和问题, 需要对饱和基质的更换。植物吸收无机磷, 将无机磷变成植物体的组成部分, 最后通过植物收割去除。	单塘面积				水流路径长度	植被覆盖度		再力花		旱伞草	黄菖蒲	纸莎草	进水污染物浓度	1. 适当增加形状复杂度 2. 增加水流路径长度 3. 增加植被覆盖度 4. 使用再力花、旱伞草、黄菖蒲、纸莎草等类似植物 5. 提高进水浓度 6. 进水前曝气 7. 选择适当的基质 8. 植物定期收割、基质方便更换		
总氮	(化能自养型微生物、溶解氧、有机物碳源) 硝化、反硝化作用是人工湿地系统实现氮去除的主要过程。参与硝化反应的化能自养型微生物须在好氧条件下进行。当BOD较高时, 有限的DO首先被异养微生物用于有机物的降解, 硝化反应只有在BOD降到一定程度才能进行。另外, 反硝化作用又需要从有机物中获得碳源, 较低BOD的含量将不利于反硝化进行	单塘面积	单塘周长		形状指数									进水污染物浓度	1. 适当增加形状复杂度 2. 提高进水浓度 3. 进水前曝气		
化学需氧量	(异养微生物、足够的溶解氧浓度) 废水中大部分有机物是被异养微生物转化为微生物体及CO ₂ 和H ₂ O。人工湿地内有机物既可以好氧去除也可以厌氧去除, 当湿地内溶解氧充足, 好氧代谢占优势, 有机物降解过程较为迅速。反之当DO不足, 较缓慢的厌氧代谢占优势, 使得有机物在湿地内积累。		单塘周长		形状指数				再力花					进水污染物浓度	1. 适当增加形状复杂度 2. 使用再力花等类似植物 3. 提高进水浓度 4. 进水前曝气		
生化需氧量	(异养微生物、足够的溶解氧浓度) 废水中大部分有机物是被异养微生物转化为微生物体及CO ₂ 和H ₂ O。人工湿地内有机物既可以好氧去除也可以厌氧去除, 当湿地内溶解氧充足, 好氧代谢占优势, 有机物降解过程较为迅速。反之当DO不足, 较缓慢的厌氧代谢占优势, 使得有机物在湿地内积累。	单塘面积	单塘周长		形状指数					梭鱼草				进水污染物浓度	1. 适当增加形状复杂度 2. 使用梭鱼草等类似植物 3. 提高进水浓度 4. 进水前曝气		

图 6.2 各污染物的去除机理、影响参数以及设计措施

环境感知、公共健康与空间设计 Environment Cognition, Public Health, and Physical Environment Design



环境感知、公共健康与空间设计

Environment Cognition, Public Health, and Physical Environment Design

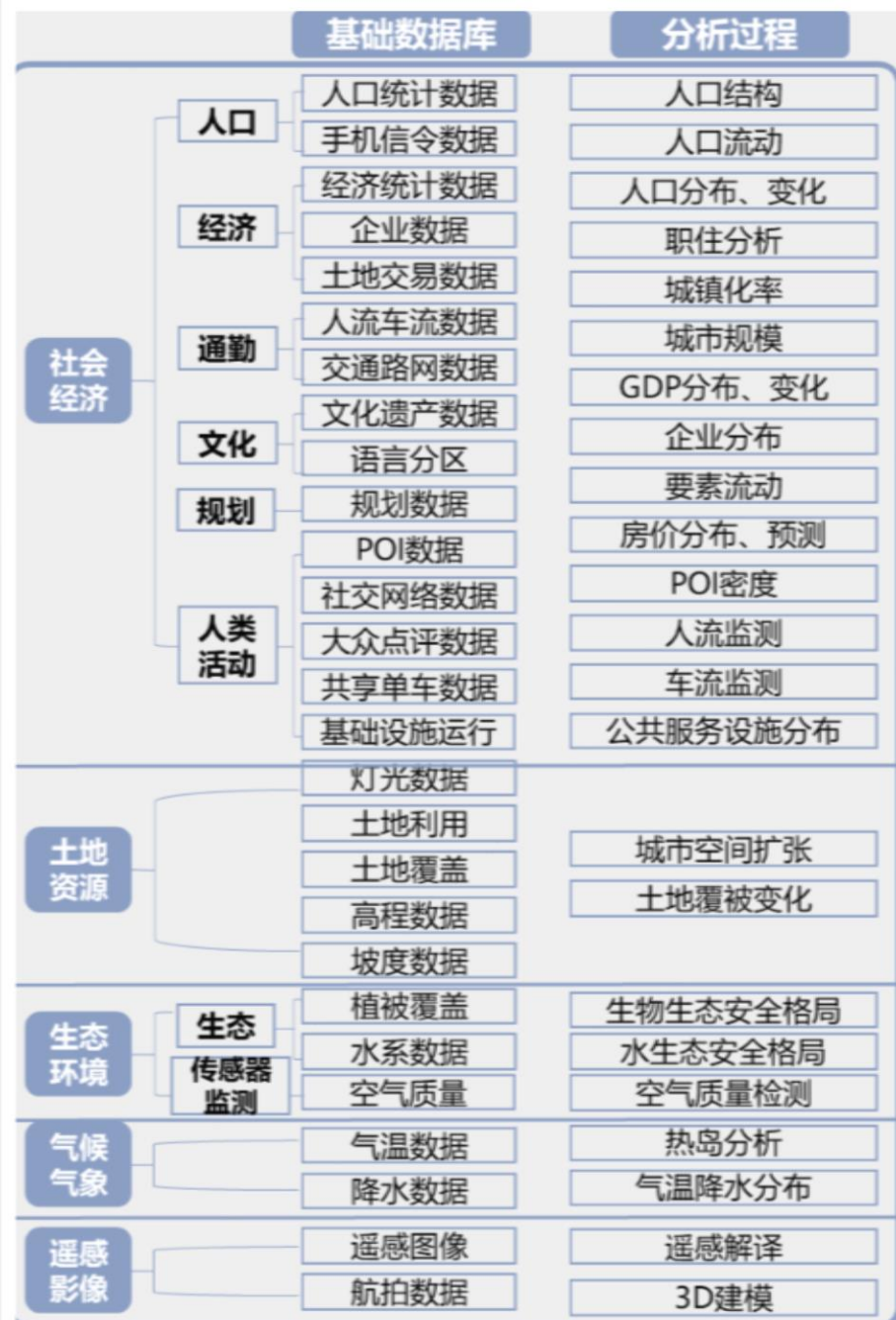
全景展开图(16:6)



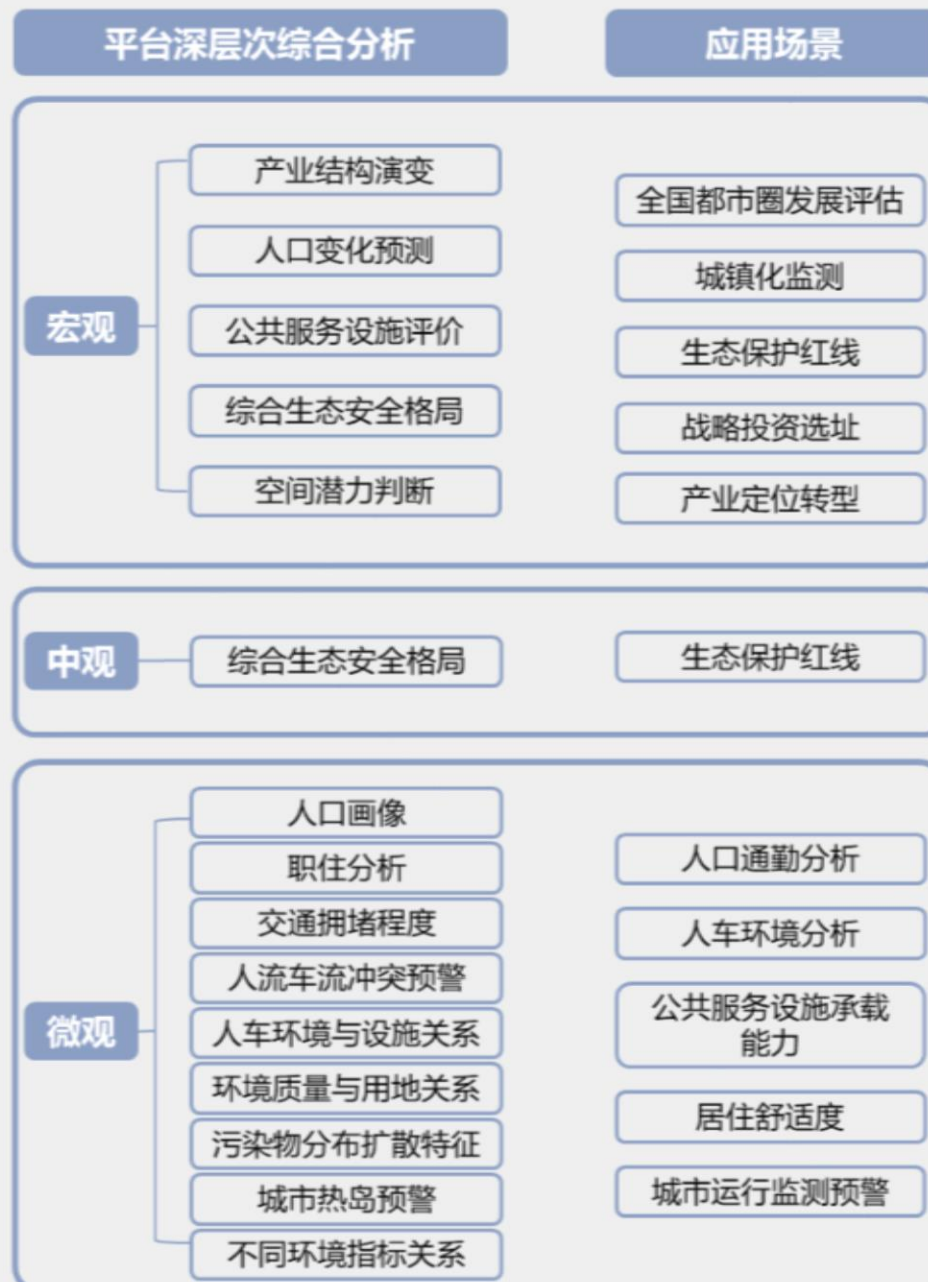
全景展开图(16:5)



- | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|---------------|------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| 道路(road) | 人行道(sidewalk) | 建筑物(building) | 墙(wall) | 栅栏(fence) | 杆子(pole) | 交通灯(traffic light) | 交通标志(traffic sign) | 植被(vegetation) | |
| 地面(terrain) | 天空(sky) | 人(person) | 骑行人(rider) | 汽车(car) | 货车(truck) | 公交车(bus) | 有轨电车/火车(train) | 摩托车(motocycle) | 自行车(bicycle) |

数
Inf

基础信息可视化



生态智慧城市：工作平台 Eco-Smart Cities: Working Platform Developed

