

# 基于生态文明的城市规划理论、方法与实践

专家：蔡云楠

编辑：广东省城市规划协会

**导读：**在广东省 2017 年度第三期注册城乡规划师继续教育培训班上，广东工业大学建筑与城市规划学院副院长蔡云楠教授紧密围绕生态文明理念，剖析了“城市生态”与“生态城市”的概念与内涵，提出了“生态让城市更安全、更舒适、更美好”的观念，在系统剖析生态城市基础理论的基础上，针对当前生态城市规划出现的问题与误区进行了分析，就近年来广受关注的绿色基础设施与海绵城市、城市生物多样性、气候适应性规划、绿道建设等热点、焦点问题提出了一系列创新的技术方法、手段和路径，并结合近年来的实践探索进行了案例解析。

## 一、城市生态和生态城市

### （一）城市生态

城市生态高度发达的复杂人工系统，是城市人类与周围生物和非生物环境相互作用而形成的一类具有一定功能的网络结构，也是人类在改造和适应自然环境的基础上建立起来的特殊的人工生态系统。从构成要素上看，是人类“社会—经济—自然”复合生态系统，是人类栖境从自然生态向人工生态、再向高度复杂的复合生态形式演替的最高阶段。

现代城市生态研究集中城市结构与物质流、能流及信息流之间的功能关系方面，城市生态研究工作就是研究城市所在地区的自然属性与以人类活动为中心的社会属性之间的相互作用关系，从而为确定适于一定人口的生活、科学文化发展或经济活动的最佳城市结构提供根据。

与自然生态系统相比，城市生态系统的生产者绿色植物的量很少，消费者主要是人类，而不是野生动物，分解者微生物的活动受到抑制，分解功能不完全，人类活动对城市生态系统的发展起着重要的支配作用。城市生态系统是人类为核心的生态系统，是物质和能量的流通量大、运转快、高度开放的生态系统，也是容易出现问题和不稳定的系统，其自动调节能力弱、营养结构简单、对环境污染的自动净化能力远远不如自然生态系统，容易出现包括大气污染、水污染、固体废弃物污染和噪声污染等环境污染等问题。

## （二）生态城市

1990年代前后我国开始探索中国生态城市的概念与内涵，认为生态城市是根据生态学原理，综合研究城市生态系统中人与“住所”的关系，并应用社会工程、生态工程、环境工程、系统工程等现代科学与技术手段协调现代城市经济系统与生物的关系，保护与合理利用一切自然资源与能源的再生和综合利用水平，提高人类对城市生态系统的自我调节、修复、维护和发展能力，使人、自然、环境融为一体，

互惠共生（黄光宇，1989）。

王如松、欧阳志云教授在 1994 年提出了生态城市“人类生态学的满意、经济生态学的高效、自然生态学的和谐”3 大建设标准，以及“胜汰原理、拓适原理、生克原理、反馈原理、乘补原理、扩颈原理、循环原理、多样性及主导原理、生态设计原理和机巧原理”等生态城市建设的 10 大原理。

美国学者雷吉斯特在 1996 年提出 10 大生态城市设计原则，主要包括（1）修改土地利用开发的优先权，优先开发紧凑、多种多样、绿色、安全、令人愉快和有活力的混合土地利用社区，靠近交车站等交通设施；（2）修改交通建设的优先权，将步行、自行车、马车和公共交通出行方式置于比小汽车方式优先的位置，强调“就近出行”；（3）修复被损坏的城市自然环境，尤其是河流、海滨、山脊线和湿地；（4）建设体面的、低价的、安全的、方便的、适于多种民族的、经济实惠的混合居住区；（5）培育社会公正性，改善妇女、有色民族和残疾人的生活和社会状况；（6）支持地方化的农业，支持城市绿化项目，并实现社区的花园化；（7）提倡回收，采用新型优良技术和资源保护技术，同时减少污染物和危险品的排放；（8）同商界共同支持具有良好生态效益的经济活动，同时抑制污染、废物排放和危险有毒材料的生产和使用；（9）提倡自觉的简单化生活方式，反对过

多消费资源和商品；（10）通过提高公众生态可持续发展意识的宣传活动和教育项目，提高公众的局部环境和生物区域意识。

2002《生态城市建设的深圳宣言》提出了生态城市建设的行动方案，主要包括：（1）通过合理的生态手段，为城市人口特别是贫困人口提供安全的人居环境、安全的水源和有效的土地使用权，以改善居民生活质量和保障人体健康；

（2）城市规划以人而不是以车为本。扭转城市土地“摊大饼”式蔓延的趋势，通过区域城乡生态规划等各种有效措施使耕地流失最小化；（3）确定生态敏感地区和区域生命支持系统的承载能力，并明确应开展生态恢复的自然和农业地区；（4）在城市设计中大力倡导节能、使用可更新能源，提高资源利用效率，以及物质的循环再生；（5）将城市建成以安全步行和非机动交通为主的，并具有高效、便捷和低成本公共交通体系的生态城市，中止对汽车的补贴，增加对汽车燃料使用和私人汽车的税收，将收入用于生态城市建设项目和公共交通。

### （三）城市生态规划

回顾生态规划的历史演变，经历了“园林花园—城市公园—生态规划—生态规划的再发展”四个发展阶段。

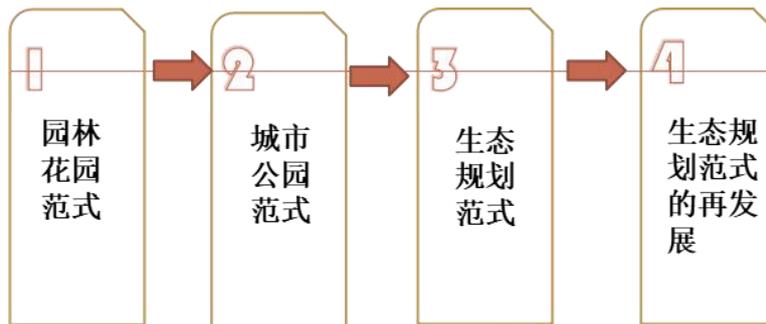


图 1 城市生态规划的四个阶段

园林花园范式形成于农耕社会，城市规模普遍较小，生态环境问题尚不突出，城市规划建设基本上不会过多地从生态环境的角度考虑问题。

城市公园范式产生于工业社会，此时人们开始关注城市生态环境，期望通过绿色空间的引入改善人类的聚居环境，恢复城市中失去的视觉美与和谐生洁。城市生态空间作为城市的必要组成部分，开始承担起社会矛盾与城市问题缓冲器的作用，服务对象也由少数人扩展到大多数。

生态规划范式相对于城市公园范式在概念与技术上有了极大的提升，产生于人类对工业革命的负面影响进行深刻反省的时代，此时，规划师已不仅仅局限于对发展中的城市进行填空式的见缝插绿，而是以宽广的视野，运用多学科的知识对城市土地利用方式进行深刻解析和整体考虑，试图从根本上解决城市环境和社会问题，是一种主动式的规划方法。

生态规划范式的再发展强调对数据的全面收集、系统分析，对问题的准确判断和对最优解决方案、终极目标的追求，对 1960 年代兴起的纯粹理性规划思想的质疑、修正和改善

成为当前城市生态规划理论与方法发展的途径之一。

城市生态规划改变了传统规划以城市、土地和经济为中心的规划方式，是在生态学原理和城乡规划原理的指导下，通过调节城市复合生态系统内部的各种生态关系，改善生态系统结构和功能，合理利用自然资源，维持生态系统平衡，促进人与社会、经济、自然的协调发展。



图 2 传统城市规划与生态城市规划比较

#### (四) 当前城市生态规划容易出现的问题和误区

当前随着世界范围内快速的城市化，带来了严重的环境危机，城市人类活动对水体、大气、土壤等的污染程度空前地加剧、污染方式显著增多、污染的复杂性显著提高，且与

人类活动的其它要素如经济水平、生活方式等紧密相关，在这种态势下，城市生态学显得更为重要。

城市生态学与整个生态学领域中的大部分分支学科比较，相对年轻，也相对薄弱，在研究过程中由于系统内部的一些相互作用、具体机理不十分清楚，导致研究结果的宏观性，在具体的城市建设和管理中显得力不从心。



图3 目前城市生态规划出现的问题和误区

一是生态资源的利用“重发展、轻保育”。快速的城市发展侵占了大量结构性生态绿地，城市连片出现了空间蔓延趋势。

二是生态要素的保护“重个体，轻结构”。整个绿化系统，生态系统连接度整体较低，破碎程度愈演愈烈，生态廊道遭到蚕食，水系被截断，往往更重视单一的生态项目和工

程，忽视生态要素之间的联系，加剧了碎裂化和孤岛化的特征。

三是生态空间建设“重外围，轻中心”。城市建成区内生态空间较为缺乏，特别是都会区城市功能集中，用地紧张，建设密度高，生态要素不断被破坏。

四是绿化方式“重形象，轻功能”。城市绿地重视观赏而忽略使用功能；广州市仅21%的公园绿地使用率较高，主要为小区游园、居住区公园、综合公园；79%的公园绿地使用率一般或较低。

五是价值取向“重洋轻土”。城市建设盲目抄袭西方，本土文化、建筑、园林风格被削弱；外来物种入侵严重，并仍有逐渐增强的趋势。

六是建设模式“重任务，轻保障”。注重任务的设计与下达，保障机制构建的支撑不足；缺乏有效的监管机制。

## （五）城市生态规划的原则与内容

生态规划的原则主要包括整体优化、协调共生、功能高效、趋适开拓、生态平衡、保护多样性、区域分异等。

城市生态规划基本按照“现状分析—确定目标—方案设计—实施方案”的过程，主要涉及生态要素的调查与评价体系的建立、环境容量和生态适宜度分析、生态功能分区规划、城市土地利用规划、人口容量规划、城市环境规划、园林绿地系统规划、资源利用与保护规划、城市综合生态规划等主

要内容。

## **二、生态让城市更安全**

主要研究领域包括对于城市区域的环境容量、自净能力研究，城市与水文关系研究等方面，从生态学的角度探讨城市地表变化对城市雨洪水文的影响、对城市河流水文的影响，以及由此引起的城市洪涝灾害变化、城市地下水时空再分布、城市河流的泥沙堆积演变等，探讨城市建设与城市水体的相协调对策，降低洪涝灾害、减轻地面下沉等。特别是近年来为解决城市水生态、水资源、水环境、水安全领域普遍存在的突出问题，我国提出开展“海绵城市”的建设，通过“自然渗透、自然积存、自然净化”，降低雨水的产汇流，恢复城市原始的水文生态特征，使地表径流尽可能达到开发前的自然状态，从而化解“大水围城”、“城中看海”的现象，成为热点和焦点问题。

海绵城市是指通过加强城市规划建设管理，充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用，有效控制雨水径流，实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市发展方式。

### **（一）绿色基础设施与海绵城市**

绿色基础设施(Green Infrastructure)将基础设施的概念延伸到绿色空间体系，是指提升生物多样性、维持自然生态过程、保护空气与水资源以及提高城市和人民生活质量的

荒野和开敞空间所组成的一个相互连接的网络，涵盖水道、湿地、森林、野生动物栖息地和其他自然区域，绿道、公园和其他保护区域，农场、牧场和森林和荒野。

由城市森林、湿地、水道、城市绿地及其他自然区域等组成的绿色基础设施是“海绵城市”的重要载体，对于海绵城市建设具有生态、社会、经济等方面的多重价值和意义。

与海绵城市充分利用自然实现雨洪资源化利用的理念一样，绿色基础设施作为城市和区域的自然生命支持系统，通过各类土地资源之间的联系与互通，修复、改善包括水系统过程在内的自然结构，持续、稳定地满足人类的需求。特别是在雨洪管理方面，绿色基础设施通过结合自然系统的一系列技术和措施，模仿自然水系统过程，达到改善环境质量和提供公共设施服务的目的，这与“海绵城市”所追求的以“雨洪资源化利用，提高城市应对气候变化、极端降雨的防灾减灾能力”为目标，以“控制面源污染、保障水质”为核心，以“水资源管理和水生态治理”为理念，“像海绵一样吸纳、净化和利用雨水”等诸多方面是完全一致的。绿色基础设施可以看作是“海绵城市”中的海绵体，而“海绵”则可认为是以自然为对象的水生态基础设施。

## （二）绿色基础设施的规划原则

规划应遵循“城乡统筹、保护与修复结合，流域统筹、水陆结合，灰绿统筹、快慢结合，部门统筹、多规融合”的

原则。

### （三）不同空间尺度的规划策略与方法研究

在区域层面，识别基础要素、建构区域格局，划定生态控制线、保护自然本底，开展流域治理、修复涉水要素。

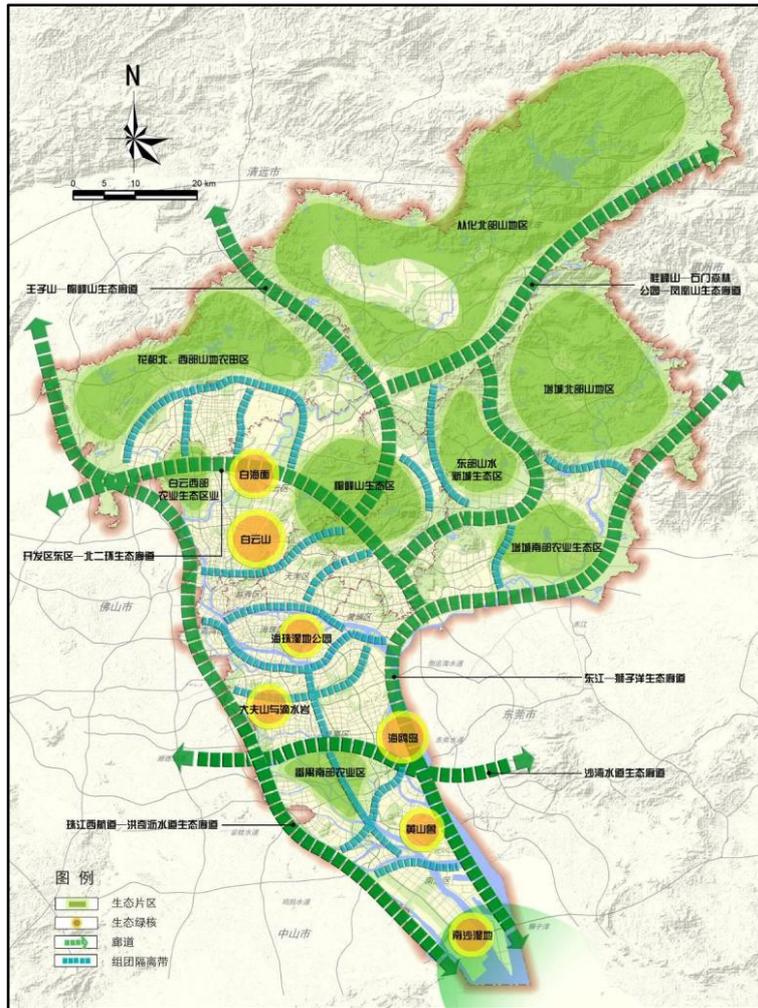


图4 广州市生态控制格局

在城区层面，建构绿色网络、严控蓝线绿线，加强水系修复，构建湿地海绵，提高道路“弹性”，加快管网绿色改造。

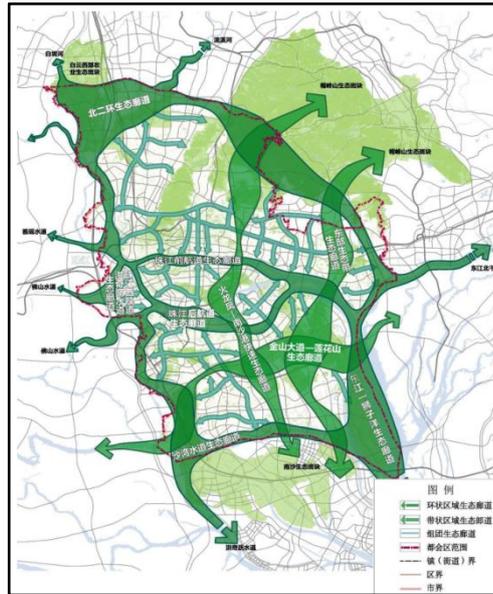


图 5 广州市都会区绿色基础设施规划

在场地层面层面，结合法定规划、制定雨水指标，布局 LID 设施，按照“集流—净化—蓄排”的技术流线落实工程措施。

在建筑层面，利用屋顶空间、吸纳屋面径流，结合建筑墙体，构筑竖向海绵。

### 三、生态让城市更舒适

#### （一）城市空间要素与气候的关系

我国是气候变化较为严重的国家之一，洪涝、高温、干旱、台风等极端天气事件发生的频率和强度不断增加，由于城市抵抗力较弱，导致各种城市问题不断出现，防不胜防。为此，2016 年国家发改委、住建部联合出台《城市适应气候变化行动方案》，提出创建气候适应型城市，全面提升城市适应气候变化的能力。

城市规划是缓解和应对气候环境变化的重要途径之一。摸清城市规划控制要素与气候的关系是气候适应性规划的关键所在。自然地形、空间形态、容积率、建筑密度、绿化覆盖率、水体、生态廊道等要素、指标与城市气候都有着极为密切的关系。城市规划应遵循人与自然气候舒适性、物质空间与自然气候协调性、城市能源利用高效性等原则，科学合理地改善人地关系，提升的城市韧性。

## **（二）气候适应性城市规划的类型**

针对气候变化的城市规划主要包括减缓性规划和适应性规划。减缓气候变化，是指城市规划要从低碳城市建设角度稳定和降低大气中的温室气体（特别是CO<sub>2</sub>），进一步缓解城市的暖化；适应气候变化主要是利用CFD和WRF数值模拟技术进行气候模拟，探索城市形态、指标与城市气候环境之间的科学关系和相互影响规律，采取相应规划策略应对气候变化。

## **（三）减缓气候变化的城市规划关键技术**

一是绿色碳汇网络技术，主要包括划定生态红线、生态修复、构筑绿色空间体系、布局生态冷源、构建城市风廊等关键技术。

二是公共交通导向开发技术，综合考虑交通、就业与生活设施配套之间的关系，将居住、商业、办公、公共服务设施等出行量大、使用频率高的功能布局在轨道站点600m半

径范围内，增强资源、服务、基础设施的共享程度，降低城市能源与资源成本，减少城市建设活动对地区气候环境的影响。

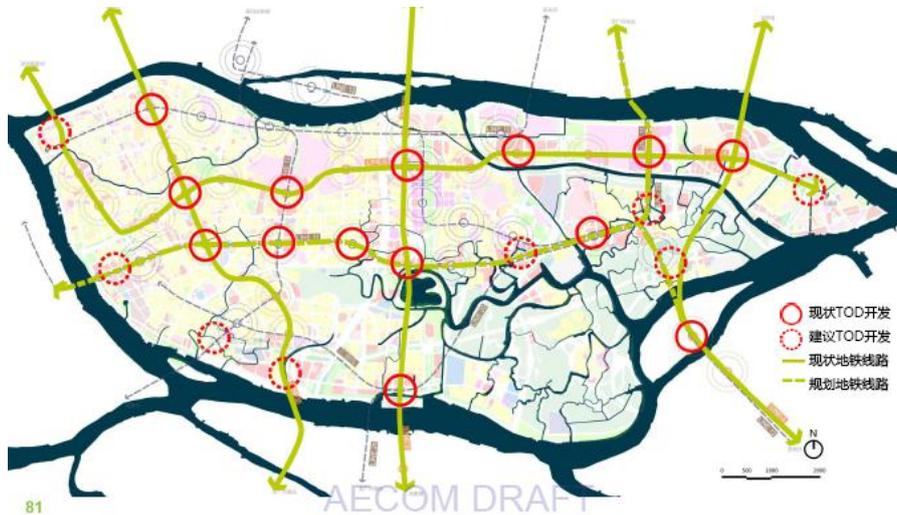


图 6 海珠生态城 TOD 开发模式

三是街区尺度控制技术，突破基于小汽车交通的传统大街坊、大马路式的道路格局。

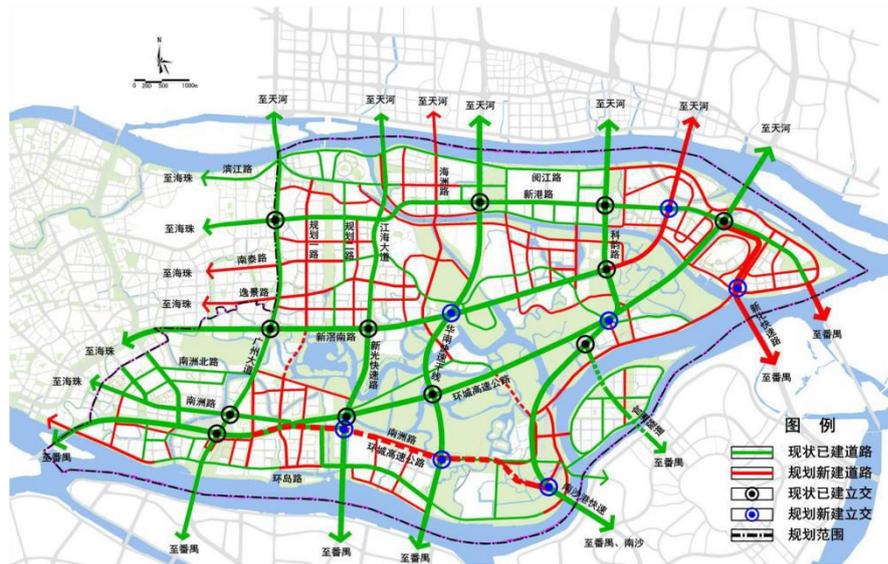


图 7 海珠生态城规划采用“交通走廊 + 小街区”的道路网络模式

四是公共服务设施均衡布局技术，合理布局与配置各级公共服务设施，将缩短居民在使用过程中的出行距离和时耗，促进交通减碳。

五是结合气候的空间布局技术:采用合适的建筑空间布局形式,为建筑室内外创造良好日照和采光环境,有效引导自然风进入建筑群内部,促进空气流动,增加建筑物与空气的热交换,从而降低建筑物的温度。

五是城市生物多样性提升技术:在城市建设中,生物多样性的丰富对城市生态环境的改善起着不可或缺的作用,如构建舒适宜居生态环境,提高城市景观多样性和服务功能等。

#### (四) 适应气候变化的城市规划关键技术

一是多尺度的城市气候监测技术:包含城市地表温度反演技术、红外传感摄像监测技术、城市气温定点监测技术、车载光学大气遥测技术、车载气温流动监测技术。



图 8 红外传感监测设备



图 9 车载光学大气遥测车

二是多尺度城市气候模拟技术：区域、城市总体规划层面可采用 WRF（Weather Research and Forecast Model）数值模拟技术；城市控制性详细规划层面运用通风潜力分析；城市修建性详细规划层面通过 CFD（Computational Fluid Dynamics，计算流体力学）进行模拟。

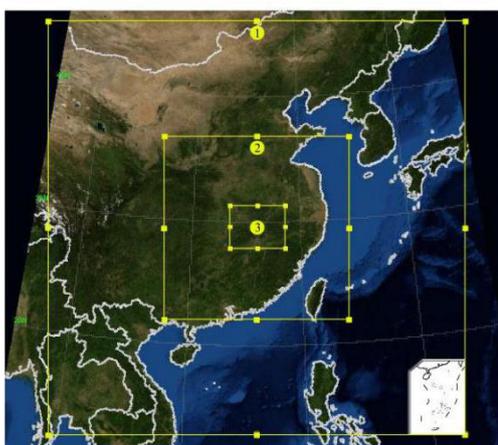


图 10 WRF 模拟技术网格划分示意图

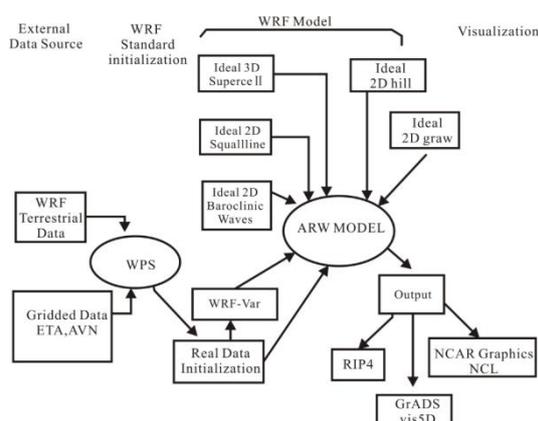


图 11 WRF/UCM 模式数据输入与输出

三是多尺度城市气候调控技术，在区域尺度进行环境优化与主通风廊道构建，在城市尺度开展重点地区通风廊道建构与优化，在场地尺度，结合控规出台环境控制导则。

## 四、生态让城市更美好

### （一）绿道 2.0：构建以“生态廊道”为主体的安全网络结构

绿道的功能主要涉及生态服务功能（净化空气质量、防洪调蓄、固碳释氧、调节气候、景观游憩、维持生物多样性等多种生态功能）和景观游憩功能（为城市居民提供休憩场所，开展教育、人文、娱乐、康体等多种活动，为城市营造良好人居环境）等方面，从量化的角度初步计算了不同规模、

区位绿道的固碳释氧量，进一步明确了绿道的生态功能。在广州绿道网规划建设 2011 年获得联合国区域发展中心可持续交通委员会颁布的“世界可持续交通大奖”的基础上，探讨了未来广州东部生态廊道规划建设的可能性与实施对策。

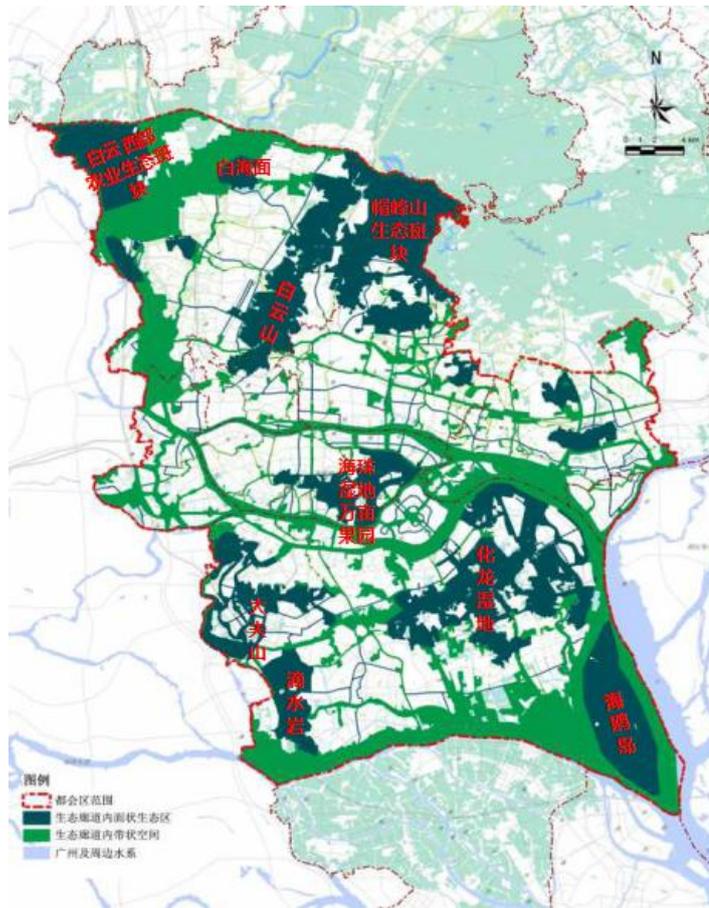


图 12 广州市都会区生态廊道规划

## （二）城市化的生物效应研究

通过探讨城市化过程中植物物候、遗传、生理功能的变化，植物区系的变化，城市对人有害动物的防治等，研究城市绿化的生态效应、城市生物对城市环境的作用。

结合广州万亩果园、大学城、流花公园等重点地区的生态建设案例，开展了一系列的生物多样性提升工程。通过调

查城区鸟类基本情况，对城市中常见的涉禽、游禽、鸣禽生活习性的研究，整理其对于栖息地水系、岛礁、植被、人为干扰等方面的要求，研究栖息地建设，提升和改善鸟类整体的生存繁衍系统，进一步加强城区生物多样性保护和生态环境重建，提出基于鸟类栖息地营建的城市整体景观格局、水系规划、水深控制、流速和水位变化控制、植被群落规划、树种选择、人为干扰控制、招鸟措施等方面若干设计准则，极大地丰富了广州市的城市生物多样性。



图 12 城市生物多样性提升工程

### （三）城市系统的结构、功能和调控机理研究

当前，生态城市理论研究逐渐走向对于生态城市系统的结构、功能和调控机理深层次的研究，主要包括城市能量流动的研究（分析能量流动的速率、方式、途径，以及影响能量流动的内外因素、时空变化等）、城市物质循环的研究（分

析水、食物、货币、生产生活资料等的流动模式、控制因子等)和城市系统调控模型的研究(使用城市系统仿真模型、优化模型、灵敏度模型等分析城市系统的机构、功能和调控机理)等方面。

## 五、结语

生态城市模式充满了理想和智慧,给人以很大启发.经过30年的发展,生态城市已从概念成为方法,从理论走向行动,从模糊逐渐清晰。

在协同推进新型城镇化和生态文明建设的背景下,生态城市规划的理论、方法应成为实现生态空间山清水秀和绿色发展的重要途径。

## 参考文献

(1)蔡云楠,肖荣波,李晓辉.城市生态用地评价与规划.科学出版社,2014.1.

(2)蔡云楠,李晓辉,周岱霖.建设生态广州之思与行.广州出版社,2016.10.

(3)蔡云楠,方正兴,肖荣波.绿道规划——理念标准实践.科学出版社,2013.1.

(4)蔡云楠,朱志军,郭冠颂,陈霭雯.生态城市规划的理念与实践——以广州海珠生态城为例.南方建筑,2014.12.

(5)Cai Yunnan,Liu Chenyi. Eco-city Planning and Practices from the Perspective of Environmental

Performance Evaluation. Journal of Landscape Research, 2015. 7.

(6) 蔡云楠, 李晓晖, 吴丽娟. 广州生态城市规划建设的困境与创新. 规划师, 2015. 8.

(7) 孙铁钢, 肖荣波, 蔡云楠, 王耀武等. 城市热环境定量评价技术研究进展及发展趋势. 应用生态学报, 2016. 5.

(8) 杨培峰, 蔡云楠. 生态问题导向的城市绿地系统规划建设模式探索. 城市发展研究, 2016. 9.

(9) 蔡云楠, 温钊鹏, 雷明洋. “海绵城市”视角下绿色基础设施体系构建与规划策略. 规划师, 2016. 12.

(10) 蔡云楠, 温钊鹏, 雷明洋. 高密度城市绿色开敞空间的建设误区和优化策略. 中国园林, 2016. 12.

(11) 蔡云楠, 温钊鹏. 提升城市韧性的气候适应性规划技术探索. 规划师, 2017. 8.