

国际城市规划

Urban Planning International

ISSN 1673-9493,CN 11-5583/TU

89 IIIIII

《国际城市规划》网络首发论文

题目: 韧性导向的美国诺福克城绿色基础设施规划研究

作者: 赵娟,许芗斌,唐明

网络首发日期: 2020-01-13

引用格式: 赵娟,许芗斌,唐明. 韧性导向的美国诺福克城绿色基础设施规划研究. 国

际城市规划. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5583.tu.20200110.1825.006.html





网络首发:在编辑部工作流程中,稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定,且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件,可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定;学术研究成果具有创新性、科学性和先进性,符合编辑部对刊文的录用要求,不存在学术不端行为及其他侵权行为;稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准,正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性,录用定稿一经发布,不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认:纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约,在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版,以单篇或整期出版形式,在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188,CN 11-6037/Z),所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

网络首发时间:2020-01-13 11:00:40

网络首发地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5583.tu.20200110.1825.006.html

中图分类号: TU984

韧性导向的美国诺福克城绿色基础设施规划研究

国家留基委青年骨干教师出国研修项目(2018)3103号

主持人: 赵娟, 重庆大学建筑城规学院, 博士研究生; 重庆大学城市规划设计研究院有限公司, 注册规划

许芗斌(通信作者),博士,重庆大学建筑城规学院、"山地城镇建设与新技术"教育部重点实验室,副 教授,美国辛辛那提大学 DAAP 学院访问学者。61192881@qq.com

唐明,美国辛辛那提大学(University of Cincinnati) DAAP 学院终身副教授,美国注册建筑师,美国建筑 师协会(AIA)会员,美国绿色能源和环境认证建筑师(LEED),计算机辅助建筑设计协会(ACADIA) 会员及 2015 年会议主席,美国建筑师注册委员会会员(NCARB)

韧性规划思想强调以"灵活适应"策略应对不确定扰动影响。绿色基础设施(简称 GI) 是实现城市韧性的关键手段。以诺福克城规划为例,本文以风险响应机制为主线介绍了韧性 导向的 GI 规划方法,提出了环境数据收集一自然资产评估一GI 网络建构的策略方法,并以 绿地植被绩效评价、海岸线修复与城市雨洪管理为例提出了重点 GI 要素的适应性管理。

一栏目主持人

1 美国城市绿色基础设施规划的韧性转向

绿色基础设施(简称 GI)是自然系统与人工系统相互联系的绿色空间网络,它有利于 城市土地可持续利用.并对人类与环境的和谐及社会经济发展提供重要支撑[1]。20 世纪 80 年 代自然保护基金主导的美国绿色通道计划直接推动了人们对于城市绿色空间网络的关注, 1990年的马里兰绿道与 1994年的佛罗里达绿道规划建设开启了 GI 的实践历程。随着 1999 年美国可持续发展委员会将 GI 建设列为美国城市与社区可持续发展的重要战略,美国掀起 了 GI 研究与实践的热潮。2006 年本尼迪克特(Benedict)和麦克马洪(McMahon)提出 GI 是"一个由自然区域和其他开放空间组成并相互连接的网络, 它保护自然生态系统的价值和 功能、维持清洁的空气和水,并为人类和野生动物提供广泛的利益",进而形成了服务于"环 境、社会和经济健康的生态框架"[2]。实际上,除了互联互通、多功能和绿色等核心理念外, GI 的概念一直处于持续的波动变化之中^[3],这些波动体现出 GI 的包容性,既扩大了其内涵 与外延,也凸显了其作为一种工具的实用性与灵活性。随着近年来城市韧性思想的崛起,为 应对外部环境的不确定性,美国 GI 规划也体现出与韧性思想结合的趋势,如基于绿色街道 的波特兰 GI 规划(2008) [4-5]、基于废弃地利用的里士满 GI 规划(2009) [6]、基于 GISP 模 型的底特律多功能 GI 规划($(2010)^{[7]}$ 、基于水廊道可持续策略的纽约 GI 规划($(2010)^{[8]}$ 以及基于韧性社区塑造的诺福克城 GI 规划(2018)^[9]等,这种向适应性转向的趋势促进了 其综合生态系统服务水平的提升。

2 韧性导向的诺福克城绿色基础设施规划

2.1 规划背景

诺福克城(Norfolk)毗邻伊丽莎白河(Elizabeth River)和切萨皮克湾(Chesapeake Bay), 是美国东海岸重要的港口城市。诺福克城具有丰富的历史和复杂的环境,自 1682 年建立以 来,诺福克城经历了多次革命内战、城市边界扩张、人口结构变化等挑战,也时常面临着洪 水与飓风的自然威胁。但诺福克城总是从逆境中走出来,充分展现了它的韧性与活力。近年 来,诺福克城面临新的挑战,根据美国国家海洋和大气局(NOAA)的数据,诺福克城成为 美国第二大受海平面上升威胁的地区。与此同时,在全球经济转型期间,诺福克城对少数几 个主要行业的依赖也带来了挑战。诺福克城现在试图将挑战转化为机遇,2013年它作为首 批韧性城市加入了洛克菲勒 100RC 计划并制定了诺福克城韧性城市规划(2015), 努力利 用韧性策略应对海平面上升、洪水风暴问题,清洁雨水径流、支持城市生态,同时实现经济 转型并建立健康社区^[10]。诺福克城 GI 规划(2018)正是基于其韧性城市的发展目标,利用 城市的自然资源来改善环境和社区健康,强调保护一恢复一缓解的适应性核心策略的落地与 实施, 最终建设面向未来的韧性沿海社区。

2.2 韧性 GI 规划框架的提出

2.2.1 核心主线

与早期马里兰绿道[11]、西雅图 GI 规划[12]等研究相比,韧性导向的 GI 规划提高了应对 不确定环境挑战的意识,诺福克城 GI 规划体现出了典型韧性规划特征,它在回顾既有城市 发展目标、战略方向基础上,并针对当前城市条件以及未来海平面上升所带来的预期变化, 制定了由城市土地向周边水环境延伸的两个主线。土地主线基于传统 GI 建设、强调保护、 连接和重新建立绿地景观,为人类和野生动物提供通道,处理雨水和减少洪水,提升城市景 观品质。水环境主线强调恢复海岸线栖息地,以支持水生生物、抵御风暴潮的缓冲区,进而 适应未来气候变化,并促进城市居民在水域的科普与休闲活动。

2.2.2 目标策略

诺福克城 GI 规划围绕两根主线分别制定了 3 项土地目标与 2 项水环境目标(表 1): 土地目标 1 重在强调绿色自然空间网络的增强与维护,主要策略包括提升绿量提高蓄水能 力、保护城市栖息地斑块并重新建立连接、修复城市溪流为社区提供自然设施等;土地目标 2 主要针对城市建成区域绿色空间数量较少的情况,提出了利用公园与学校等公共空间建立 低影响的 GI 示范点、增加屋顶绿化蓄水设施、改良城市地面与土壤的渗入能力等,其实质 是强调城市灰色基础设施向基于雨洪管理的 GI 的转化。水环境目标 1 主要针对海平面上升 与洪涝威胁,提出恢复和扩大滨海湿地以保护海岸线,恢复城市湖泊、池塘、水库、湿地和 海岸线周围的植被缓冲地带,进而保护水质、免受风暴潮侵蚀[11]。土地目标3和水环境目 标 2 都是围绕城市居民与社区活动,提供绿色开放空间,并强化建立人与自然环境的有效联 系。

表 1 诺福克城 GI 规划主要目标内容

目标	主要内容	分类备注
土地目标1	增加和维护自然绿色基础设施(城市森林、灌木和草地栖息	绿色

	地等),以支持野生动物、渗透和清洁水源、改善空气质量、	
	降低高温并提供美景	
土地目标 2	安装和维护已建成的绿色基础设施,以阻挡和保留雨水,改	含灰色基础设施向 GI 转
	善自然绿色基础设施做法不太适合的地区	变
土地目标3	为居民和游客提供足够的开放空间,确保一个健康的城市	人地互动关系
水环境目标 1	保护和恢复自然海岸线,支持健康的水生生物、风暴缓冲和	蓝色基础设施
	水过滤	
水环境目标 2	提升水域可达性,便于船只、钓鱼者、观鸟者和行人亲近水	人地互动关系
	域	

资料来源: 作者整理

2.2.3 主要步骤

诺福克城 GI 规划分为六个步骤:确立韧性目标、环境数据收集、自然资产评估、GI 系统建构、重点要素管理与综合实施计划(表2)。从表2的总结中可以看到,关于土地(绿) 与水环境(蓝)修复利用的两个核心主线贯穿规划始终,诺福克城 GI 规划实际上是绿蓝规 划的组合。同时基于韧性规划注重社区与人群发展特点、诺福克城 GI 规划中也体现了对人 与自然环境相互依存的关注,同时提供多元化的文化与休闲机会,为城市居民缔造健康有趣 的生活方式。

表 2 诺福克城 GI 规划主要步骤与内容

规划步骤	主要内容	
确立韧性目标	3 项土地目标	2 项水环境目标
环境数据收集	绿地植被 城市排水 自然休闲	湿地 沼泽 水域 海岸线
自然资产评估	交通路线\文化资产\教育设施分布	
GI 系统建构	强调韧性、人地互动、复合利用的城市绿色空间网络,框架与重点	
重点要素管理	绿地与树冠绩效 雨洪管理 海岸线修复 适宜步行性	
综合实施计划	土地策略与实施计划	水环境策略与实施计划

资料来源: 作者绘制

2.3 韧性 GI 网络建构程序与方法

2.3.1 采集与识别一环境数据收集

采用不同识别技术与分析手段对环境数据采集的完整性与精确性影响很大, 韧性导向的 GI 规划强调对于不确定环境因素的积极响应,这就决定了它对于数据采集要求更高。诺福 克城 GI 规划将美国农业部国家航空图像项目(NAIP)的图像转换为像素,利用红外波段识 别技术对进数据分析,根据树木、灌木、草、裸露的土壤和不透水表面的光谱反射特征进行 数据对比,进而转译成 GIS 数据,最终绘制成关于描述城市自然绿色资产的土地覆盖分类 图(图1)。这种土地覆盖分类图可以被用来确定城市中的树冠,区分透水和不透水表面, 并确定建筑、道路、地下设施、公园、学校等特征。此外,主要用以光探测和测距的激光雷 达技术^①也被用在本规划中帮助识别城市绿色自然资产中的植被规模。

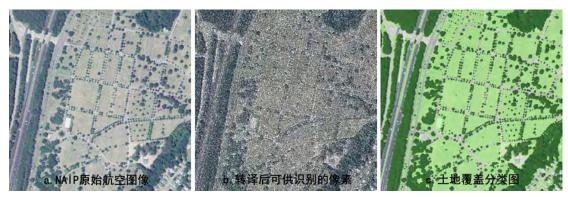


图 1 环境数据采集与识别 资料来源: 根据参考文献[11]整理

2.3.2 风险与响应一自然资产评估

诺福克城 GI 规划对自然资产因子的选择与评估主要体现了最大化、适应性与人地互动 等三项原则。最大化原则指最大化城市的自然 GI 资产,该类型资产既包含了水域、湿地、 沼泽与林地、公园等自然资源,也包含了城市中城市建成区中能转化为 GI 的灰色(人工) 基础设施。适应性原则指应对不确定环境威胁的能力,该类型资产主要指海岸线、溪流、湖 泊等城市水环境资产及其周围湿地、植物缓冲带(图2)等。人地互动原则强调 GI 连接社 区、加强社区建设,人的参与和互动是 GI 的一个重要支撑。诺福克城 GI 规划中与该原则 相关的资产包括自然休闲设施、历史文化资产、文化教育设施与适宜步行空间等。

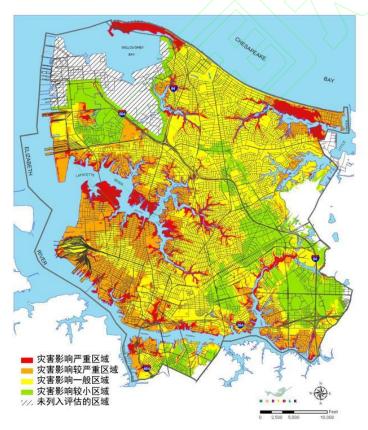


图 2 风暴潮及洪涝灾害评估

资料来源: THE GENERAL PLAN OF NORFOLK 2018

由于资产因子众多,仅以水环境资产为例具体说明。作为典型受海平面上升威胁城市, 与水共存形成了诺福克城韧性战略的关键主题,其市域五分之一面积为水域,水域沿线形成 了 211 英里长的海岸线。诺福克城平均海拔 10.3 英尺,因此一些地势较低的地区更容易受 到海洋飓风与季节大潮等因素的影响,规划首先对这些地带的风暴潮影响及洪涝灾害发生机 率进行了评估,明确各类受影响区域的分布与风险等级(图2)。对于城市而言,水域与湿 地沼泽既是受不确定环境因素影响最大的区域,同时也是对城市 GI 系统具有重大价值的区 域。通过恢复城市内部溪流、内陆湖泊及其周围湿地,可以吸收与过滤城市雨水,防暑降温、 提升城市景观品质。在潮汐水道的水陆过渡区域可以进行海岸线修复,恢复植被缓冲带与野 生动物、鱼类和贝类生境,图3反映了城市水域资产分布及湿地植被覆盖率现状评估结果, 实际上是针对图 2 风险评估的响应。



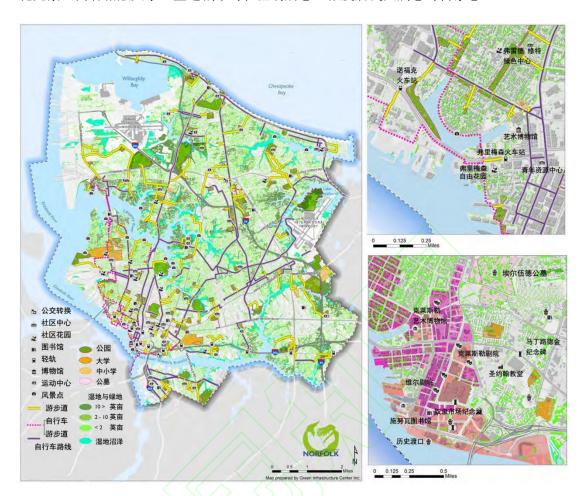
图 3 水域湿地植被覆盖率评估

资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

2.3.3 连接与开放—GI 系统框架建构

总体而言,城市的自然绿色基础设施包括城市森林、成片完整的林冠、湿地和沼泽、公 园等绿地。这些绿色资产有助于净化空气、为城市遮荫、提供美景、抵御风暴、吸收雨水, 并支持以自然为基础的散步、划船和钓鱼等休闲活动以及文化资源的设置。诺福克城 GI 系 统在维护和增强现有自然资产基础上,通过绿道、步行道、自行车道等连接方式增强了公园、 绿地与其他自然文化资产的连接性,进而形成支持健康生活方式的 GI 系统框架(图 4)。 图 5 是滨水区域多样化连接体系示意图, 自行车与步行复合游步道濒水而设, 用地内部绿地 斑块通过步道连接外围绿地通廊,大大提高社区宜居性,人们更有可能步行和骑自行车穿过 绿地并亲近水域。诺福克城悠久而丰富的历史,体现在其建筑和文化资源上,图 6(公园绿 地与历史文化资产连接示意图)显示了绿地、植被和水如何环绕和支持城市中心的历史和文

化元素,两者相融共享,塑造城市与社区场所感,激发居民归属感与自豪感。



- 图 4 诺福克城 GI 规划图 (左)
- 图 5 滨水多样化连接体系示意图 (右上)
- 图 6 公园绿地与历史文化资产连接示意图(右下)
- 资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

2.4 重点 GI 要素的管理与实施

2.4.1 土地要素一绿地植被绩效评价

一般 GI 规划中常使用绿地率作为评价绿地质量一个重要指标,绿地率较高的地区往往体现出犯罪率较低、步行适宜性高、呼吸系统疾病发生率低的特点,这些地区的商业也更具活力,城市洪涝灾害出现几率也较低。诺福克城 GI 规划以综合绿地率、树冠覆盖面积、与步行空间结合程度等指标的绿地植被绩效评价方式替代了单一绿地率评价方式。这种绿地绩效评价方式的引入为绿地布局优化、植被质量提升、空间功能完善及服务水平提升提供了直观依据。诺福克城 GI 绿地植被绩效评价基于单因子评价开展,图 7 是绿地植被发展机会评价,规划在分析整合绿地与沼泽现状植被、分析城区绿地拓展机会基础上进行评价,进而提出了增地与增冠[®]两种拓展城市绿量途径,并建立了由分区一量化[®]一选点的具体工作模式。步行空间适宜性也是诺福克城 GI 绿地植被绩效评价的一个重要指标,主要通过公交站与道路沿线 50 英尺范围内绿地植被覆盖率(图 8)、小学学区绿地植被覆盖率(图 9)、小学学校 1/2 与 1/4 英里内绿地植被覆盖率比较等指标综合评定。建立绿地植被质量与公园、街区、

学校步行空间的联系无疑是十分重要的,一方面公园与学校属于可以提供较多的拓展 GI 绿 量可能性的公共资产,另方面对于城市空间步行空间适宜性的评估则建构了 GI 与城市居民 活动的直接联系。由于树冠面积指标切实涉及生态效益、蓄水能力、绿量大小与城市景观空 间质量,诺福克城 GI 规划也将树冠直径纳入了城市街道步行适宜性的评价标准之中,图 10 即基于树冠直径等级的学区街道绿量评价图。规划根据此项评价结果将通往公园与学校且缺 乏大树遮荫的主要道路确定为优先种植目标区域,创建通往学校与公园的鼓励步行与自行车 的绿色线路,鼓励儿童拥抱健康步行生活。此外,规划针对季节性风暴灾害对植被的威胁设 计了预防性维护机制,通过建立一个树木维护工作组,负责日常社区街道大树管理与维护并 进行必要的修剪和移除,降低风暴灾害对树木造成损害的风险水平,进而减少灾后紧急服务 请求。



- 图 7 绿地植被发展机会评价(左)
- 图 8 绿地植被覆盖率与空间步行适宜性评价(中)
- 图 9 小学学区绿地植被覆盖率评价(右)

资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018



图 10 基于树冠直径的学区街道绿量评价

资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

2.4.2 水要素-海岸线修复与城市雨洪管理

健康天然的海岸线对于韧性城市有重大意义,它能自然地吸收风能和波浪能减少灾害发 生,并提供生态栖息地。目前诺福克城中许多海岸线通过混凝土墙、碎石填筑等结构方法不 必要地硬化了, 诺福克城 GI 规划采用"活的海岸线"计划作为稳定修复海岸线的首选方案。 确定沿海环境的规划范围首先考虑海平面上升因素的影响,研究表明至2040年预计诺福克 城周边海平面将上升 1.5 到 2.5 英尺, 诺福克城 GI 规划使用这两个高度之间的狭长区域作 为弹性发展区域, 进而确认海平面上升因素对于海岸线修复、湿地迁移和种植决策的影响(图 11)。除修复海岸线外,在平均高水位线向陆上的植物缓冲区可缓冲土地径流带来的水,保 护土地免受海浪和风的破坏。诺福克城 GI 规划确立了宽度不低于 50 英尺的植物缓冲区(图 12),它可以应对海平面上升后风暴潮带来的海浪和风能,保护海岸线免受侵蚀,同时为鸟 类和其他野生动物提供栖息地。规划沿海缓冲区中通过种植缓冲植物来增加海岸线的厚度是 创建一个城市韧性的关键策略。

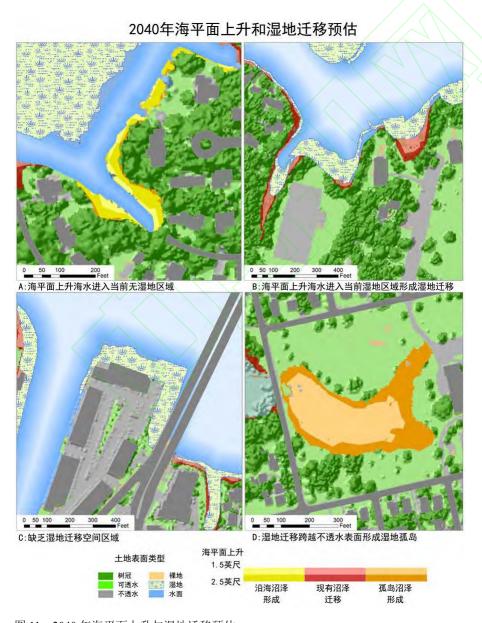


图 11 2040 年海平面上升与湿地迁移预估 资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

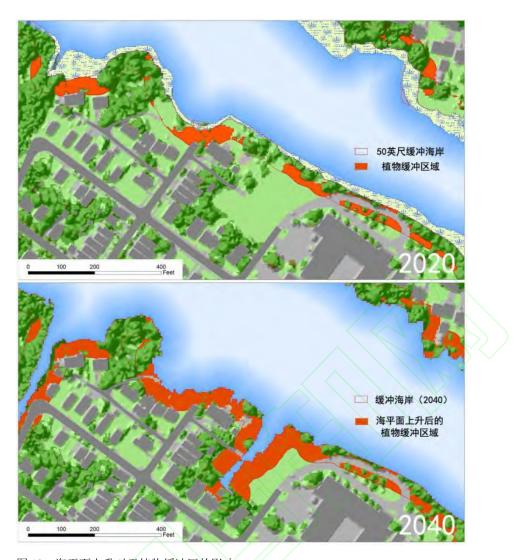


图 12 海平面上升对于植物缓冲区的影响 资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

诺福克城极易受到周期性高潮汐和不定期沿海风暴的影响,潮汐洪水对其影响远高于其 他地区,大量地表径流进一步增加城市雨洪管理的复杂性。除了环境因素以外,洪水频发的 主要原因还在于大量不透水表面和雨水管道容量的不足,诺福克城 GI 规划综合上述影响因 素形成城市雨洪管理评价(图13),可以用来为雨水管理甚至城市设计提供策略。诺福克 城新分区条例已经利用 GI 规划数据进行管理实践,区分蓄水与渗透两种不同区域,蓄水为 主地区优先采用蓄水池、绿色屋顶技术,渗透优先地区则采用雨水花园、生物沉淀池、透水 路面和干井技术。在这两个区域,树木和其他植被都被优先考虑以帮助吸收和过滤地表水, 这些策略有效减少了暴雨排水系统的峰值流量和需求[11]。

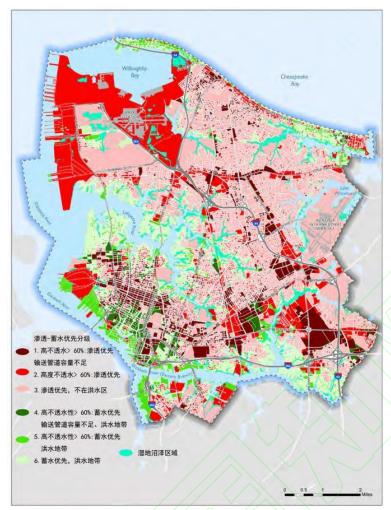


图 13 雨洪管理渗透与蓄水分区

资料来源: A Green Infrastructure Plan of Norfolk 2018

3 结语

韧性规划有能力在系统和片区层面生存、适应和成长, 也有能力面对环境压力和潜在冲 击,同时更能适应与自我改造。韧性导向的诺福克城规划展示了一种适应未来不确定扰动的 GI 规划设计崭新模式。总体而言, 诺福克城 GI 规划强调了以弹性策略进行应对不确定环境 因素的适应性、以生态与环境为主导的自然功能向人文功能拓展的复合性、综合"蓝一绿一 灰"规划内容的多元性等特点。

注释:

- ① 激光雷达技术是一种利用脉冲激光形式的光测量到地球距离(可变距离)的遥感方法。
- ② 增地即城市用地由非绿地转化为绿地的增长模式,增冠指用地性质不变更,种植大树、 增加树冠覆盖面积以提升城市绿量的增长方式,这种方式非常适用于城市密集建成区。
- ③ 规划制定了城区30%绿地率的发展远景,最终量化为每年种植5200棵大树的具体目标。

参考文献

- [1] 吴伟, 付喜娥. 绿色基础设施概念及其研究进展综述[J]. 国际城市规划, 2009, 24(5): 67-71.
- [2] BENEDICT M A, MCMAHON E T. Green infrastructure: Linking landscapes and communities[M]. Washington, DC: Island Press, 2006: 1-5; 34; 35; 51.
- [3] WRIGHT H. Understanding green infrastructure: the development of a contested concept in England[J]. Local environment, 2011,16(10): 1003-1019.
- [4] Portland's Green Infrastructure: Quantifying the Health, Energy, and Community Livability Benefits[R/OL]. Environmental Services City of Portland. 2010. https://www.portlandoregon.gov/bes/article/298042
- [5] NETUSIL N R, LEVIN Z, SHANDAS V, et al. Valuing Green Infrastructure in Portland, Oregon[J]. Landscape and urban planning, 2014, 124(4): 14-21.
- [6] The Richmond Region Green infrastructure Project Building a regional green infrastructure network for our communities[R/OL]. Richmond Regional PDC, Green Infrastructure Center, Capital Region Land Conservancy, etc.2009. http://gicinc.org/RichReg.htm#res.
- [7] MEEROW S, NEWELL J P. Spatial Planning for Multifunctional Green Infrastructure: Growing Resilience in Detroit[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 159(3): 62-75.
- [8] The NYC Green Infrastructure Plan: a sustainable strategy for clean waterways [R/OL]. The Department of Environmental Protection NYC, 2010. in https://smartnet.niua.org/content/6ebca067-1385-4765-b270-94542a7a4522
- [9] A Green Infrastructure Plan for Norfolk: Building Resilient Communities [R/OL]. The Green Infrastructure Center Inc., 2018. https://www.norfolk.gov/DocumentCenter/View/38067.
- [10] Norfolk Resilient city[R/OL]. The city of Norfolk, The Rockefeller Foundation, 2015. http://100resilientcities.org/strategies/norfolk/
- [11] 付喜娥、吴人韦. 绿色基础设施评价(GIA)方法介述——以美国马里兰州为例[J]. 中 国园林, 2009, 25(9): 41-45.
- [12] 刘娟娟, 李保峰, 南茜 •若, 等. 构建城市的生命支撑系统——西雅图城市绿色基础设施 案例研究[J]. 中国园林, 2012, 28(3): 116-120.