

社区近零碳转型要求下控制性详细规划编制优化研究

池飞帆, 刘名瑞, 程俊溢, 靳 慧, 罗 超

【摘 要】社区是城市碳排放的主要载体, 规划和自然资源领域可以在交通出行、建筑物能源消耗等方面对其规划建设进行约束, 引导社区低碳化转型。控制性详细规划是指导社区规划建设的主要依据, 但其编制内容、编制模式与成果应用未能很好地适应社区低碳化转型的需要。立足“双碳”总体目标, 开展社区低碳化转型的控制性详细规划编制优化研究, 提出规划编制内容、规划编制模式、规划管控模式等方面的优化建议, 以推动社区规划建设近零碳转型, 加快构建生态文明建设新格局。

【关键词】社区规划; 近零碳; 控制性详细规划; 碳达峰; 碳中和

【文章编号】1006-0022(2024)06-0110-08 **【中图分类号】**TU984.12 **【文献标识码】**B

【引文格式】池飞帆, 刘名瑞, 程俊溢, 等. 社区近零碳转型要求下控制性详细规划编制优化研究 [J]. 规划师, 2024(6): 110-117.

Regulatory Planning Compilation Optimization for Near-zero Carbon Transition of Communities/CHI Feifan, LIU Mingrui, CHENG Junyi, JIN Hui, LUO Chao

【Abstract】 Communities are the major carrier of urban carbon emission. From the aspects of planning and natural resource management, communities can be restricted in transportation and building energy consumption towards low carbon development. Regulatory planning is a major guidance for community planning and construction, yet its content, model, and application need to be improved to better adapt to low carbon transition of communities. Under the target of emission peak and carbon neutrality, regulatory planning compilation for low carbon transition of communities shall be improved in planning content, planning mode, and planning governance mode, so as to establish the new pattern of ecological civilization.

【Key words】 community planning; near-zero carbon; regulatory planning; peak carbon dioxide emission; carbon neutrality

党的二十大报告指出“中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化”。“双碳”目标提出以来, 国务院陆续出台相关政策文件, 不断深化践行“双碳”目标的具体路径及要求。目前, 虽然我国部分城市的碳排放强度已达峰, 碳排放强度逐年下降, 人均碳排放量、碳排放总量进入平台期, 但是我国的碳排放整体仍处在“总量

高、增量高”的阶段。

社区作为城市的基本功能单元, 与人民生活息息相关, 也是碳排放的主要载体^[1], 在充分认识社区碳排放规律的基础上开展社区低碳化转型工作, 是持续提升人民生活品质、推进实现“双碳”目标、建设人与自然和谐共生的现代化的重要抓手。

【基金项目】 国家社科基金艺术学青年项目 (22CG182)、广州市哲学社会科学发展“十四五”规划 2023 年度一般课题项目 (2023GZYB82)

【作者简介】 池飞帆, 高级工程师, 注册城乡规划师, 广州市城市规划勘测设计研究院有限公司国土综合整治与规划设计所总监 (规划)。

刘名瑞, 通信作者, 硕士, 教授级高级工程师, 注册城乡规划师, 清华大学建筑设计研究院有限公司广州分公司院长。

程俊溢, 硕士, 高级工程师, 广州市城市规划编制研究中心主任科员。

靳 慧, 硕士, 广州城市理工学院建筑学院讲师。

罗 超, 博士, 注册城乡规划师, 湖北美术学院视觉艺术设计学院讲师。

1 社区碳排放机制及规划约束思路

1.1 社区碳排放机制概述

《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南》(2019 年修订版) 将温室气体排放源划分为“能源”“工业过程和产品使用”“农业、林业和其他土地利用”“废弃物”4 大类别(图 1),这主要是从碳排放生产端的角度进行划分的,无法与空间规划相关要素直接关联^[2],难以直观反映规划建设活动对碳排放的影响。消费端(即社区的碳排放具体场景)与规划和自然资源领域的关系更加密切,通过分析社区生活的具体碳排放场景,评估不同情景下的减碳潜力,可以更加精准地把握约束社区碳排放的规划要点。

从社区的全生命周期发展历程来看,社区碳排放可以分为规划、建设、运营、更新(拆除)4 个阶段(图 2)。

在规划阶段,不直接产生碳排放,但用地布局、规划管控要求对社区建成以后的各项活动具有锁定作用,间接影响了碳排放的产生。

建设阶段的碳排放主要包括各类建筑材料(包括道路和管网材料)生产时的碳排放、施工消耗的能源与资源、处理建筑垃圾时消耗的能源、土地利用类型改变引起的碳排和碳汇变化。根据《中国建筑能耗研究报告(2020)》,建筑材料生产阶段的碳排放量占全国碳排放总量的 28%,建筑施工阶段的碳排放量占全国碳排放总量的 1%。

运营阶段的碳排放主要包括:各类建筑物、构筑物、市政路灯等消耗的能源、资源;交通出行带来的碳排放(从规划的角度看,包括出发地或目的地为本片区的交通出行);废弃物处理消耗的能源,主要包括生活污水处理与生活垃圾处理;生活消费品如食物、衣物等生产时的碳排放;社区碳汇。根据《中国建筑能耗研究报告(2020)》,建筑运行阶段的碳

排放量占全国碳排放总量的 22%,废弃物处理(包括垃圾处理、工业废水处理和生活污水处理)碳排放量占比为 3.2%。

更新(拆除)阶段的碳排放与建设阶段基本相同,主要为建筑物拆除、废弃

物回收阶段的碳排放,包括人工拆除和使用机具机械、拆除机械设备消耗的各种能源动力,以及废料回收运输、废料填埋、焚烧产生的碳排放。因此,社区采用小规模、渐进式有机更新和微改造

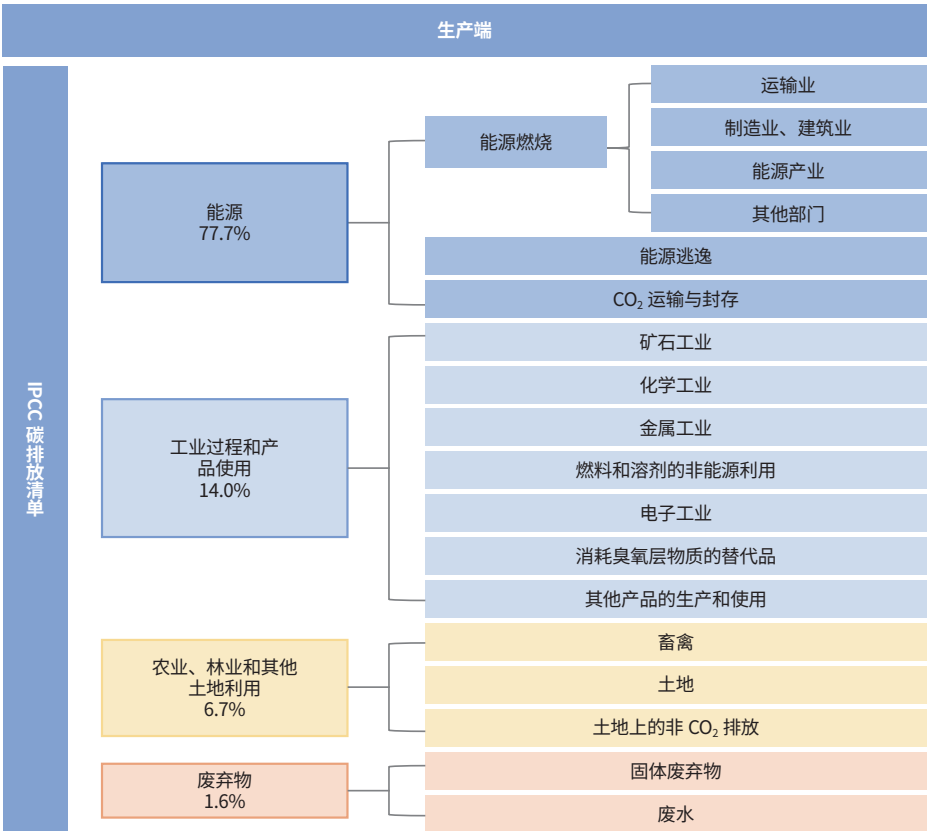


图 1 碳排放主要来源
资料来源:《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》。

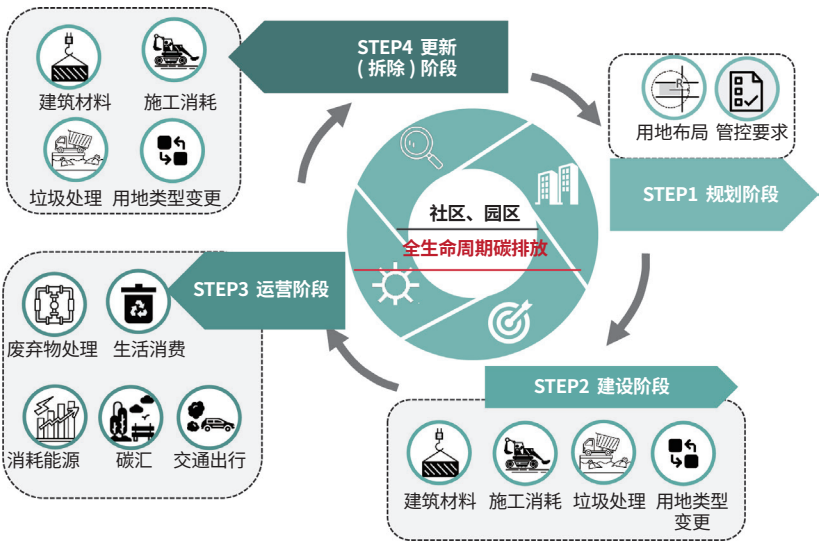


图 2 社区全生命周期碳排放阶段

模式显然更有利于碳排放的减少。

1.2 社区碳排放的规划约束要点

根据社区全生命周期碳排放阶段，从规划和自然资源的视角可以归纳出社区碳排放的4个主要来源，包括交通出行碳排放、建筑物能源利用碳排放、资源消耗与废弃物处理碳排放、碳汇（图3）^[3]。

一是交通出行能源消耗所产生的碳排放，即各种出行消耗的能源总和（出行距离×不同出行方式能耗）^[4]。其中：用地布局（职住空间、服务设施、消费游憩空间）对交通出行的次数、距离和方式都有较大影响^[5]；出行环境对中长距离出行的影响并不显著，但对短途出行的出行方式选择非常关键。

二是建筑物能源消耗产生的碳排放（用能量×排放因子）。从供给角度看，社区对外部能源输入的需求越稳定，单位能源碳排放因子就越低；从消费角度看，社区对外部能源的需求越低（自身需求的减少或可再生能源比重提升），则消耗的能源越少。

三是社区资源消耗与废弃物处理产生的碳排放，主要包括能耗与生产环节的碳排放，生产工艺是影响其碳排放的主因，因此提倡资源的循环利用可以在一定程度上减少该阶段的碳排放。

四是建设过程中林地、耕地等农林用地的减少与绿地等开放空间的增加，会直接导致社区碳汇总量变化。

综上所述，在编制详细规划时，首先要考虑形成紧凑而有活力的用地布局及绿色低碳的出行环境，要以建设完整社区为目标，考虑社区居住用地与公共服务设施、公园游憩设施的统筹布局，从源头上减少不必要的远距离出行。同时，通过高密度、便利的公共交通线路及站点分布，有序、舒适的候车环境和密集的发车频率，提高慢行空间的可达性、安全性、高效性、舒适性等，改善出行环境，增强居民绿色出行的意愿。

其次，在建筑物能源利用、资源消耗与废弃物处理方面，规划和自然资源领域难以也不应该直接改变人们的生活方式，应更多地从引导建筑群低碳化设计、加强绿色建筑与建筑节能管控、鼓励可再生能源设施建设、提高废弃物循环利用等方面来对碳排放进行约束。在建筑群低碳化设计方面，主要是加强对建筑群组合形式、建筑群高度、开敞空间布局和地面铺装的引导；在绿色建筑与建筑节能管控方面，主要是强化对建筑单体朝向、建筑体型系数、建筑透风度的引导，也可以通过绿色建筑相关指标进行管控；在社区能源系统中，应用

可再生能源、建设分布式能源站和储能设施可有效降低碳排放；废弃物循环利用则主要通过再生水循环利用系统、废弃物分类收集系统来实现。

最后，规划建设活动一方面要减少对原有碳汇空间的干扰，即在规划用途管制中尽量减少对碳汇空间的占用，特别是成规模的连续的蓝绿空间；另一方面则是在规划建设中，因地制宜、因山就水引导建成高品质的碳汇，同时对具体地块要注重种植方式的引导，鼓励采用能形成更高碳汇量的种植方式。

因此，在规划和自然资源领域对碳排放进行管控，可以侧重于单元和地块两个尺度以及交通出行、能源消耗、废弃物循环利用与碳汇4个维度，其中单元尺度应更侧重于用地布局、基础设施的配置以及用地性质与使用强度的调整，地块尺度则更加关注绿色建筑的指标与指引，以及出行环境的营造等。

2 社区近零碳转型的要求与现行控制性详细规划应对的不足

2.1 社区的绿色低碳管控要求

通过梳理国家及各省市发布的“双碳”相关文件，可以发现与社区相关的绿色低碳管控指标超过50项。其中：总体目标方面包括社区人均碳排放量、新建社区CO₂排放下降率等指标；规划布局方面包括混合用地比例、拆建比、公共服务设施配建比例、公共绿地500m服务半径居住用地覆盖率等指标；建筑物能源资源利用方面包括绿色建筑面积比例、风速比、光伏覆盖率、生活垃圾分类收集率等指标；交通方面包括公交站点覆盖率、充电桩配建比例、慢行系统建设标准等指标；碳汇方面包括乔灌木占比、乡土树种使用率等指标。

考虑到指标及管控措施与规划和自然资源部门的职能重合度，建议将社区人均碳排放量、新建地区混合街坊比例、

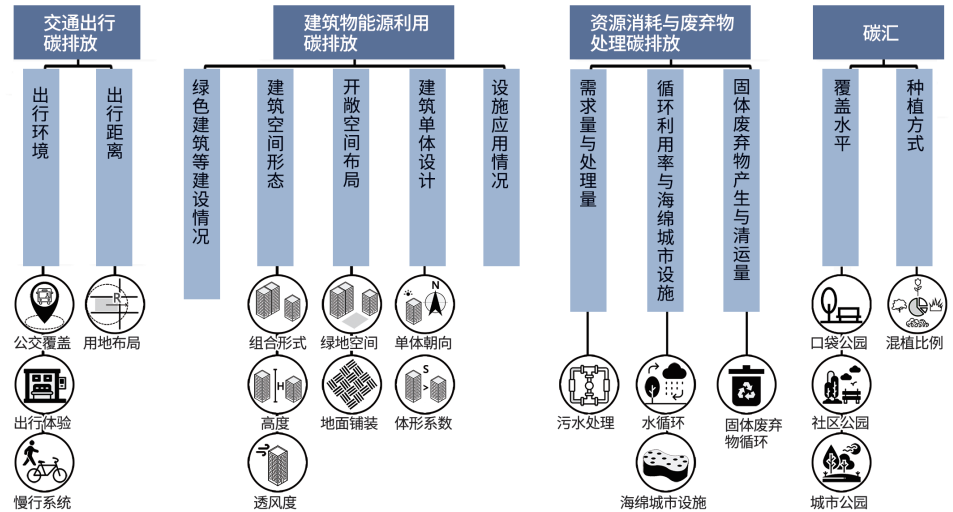


图3 社区碳排放主要来源示意图

拆建比、风速比、连续街墙长度、建筑透风度、绿色建筑星级建设要求等纳入控制性详细规划。

对于装配式建筑面积比例、岭南特色超低能耗建筑 / 近零能耗建筑面积比例、新建公共机构建筑 / 新建厂房屋顶光伏覆盖率、城市再生水利用率、海绵城市设施建设比例等管控指标，建议住建、市政等相关部门编制相关专项规划，分解下达各指标管控要求或划分管控区域，在规划编制时将相关要求及指标予以考虑或纳入规划管理平台，以实现层层传导。

2.2 现行控制性详细规划应对社区近零碳转型的不足

控制性详细规划的主要任务是在经批准的上层次规划的基础上，结合现状土地使用情况，对土地利用、建设总量、服务设施和基础设施等内容做出进一步规划安排，并确定建设地块的土地使用性质、使用强度等用途管制要求。

从现行的控制性详细规划编制要求与改革方案来看，其内容对“双碳”目标的回应不足，在发展目标、用地布局、规划管控指标、市政专项等方面基本没有体现，具体表现在以下 5 个方面。

2.2.1 低碳理念流于形式

绿色低碳的理念，乃至区域协同、产城融合、合理承载等与之关系密切的理念都停留在目标层面，在社区规划设计时缺少对各领域低碳技术的运用，在规划内容中，包括具体的指标、设计方案都没有涉及。例如：供电、供热、供气等能源专项默认由市政供应，较少考虑建设区域能源中心、减少外部能源需求的可行性；规划管控也缺少对绿色建筑、绿色出行环境、碳汇效率的引导和约束等与“双碳”目标相匹配的要求。特别是在碳汇空间方面，在规划编制中往往优先考虑建设用地的使用便利性，在总量保护的前提下频繁调整生态廊道、

公园绿地布局，难免导致绿色效益、碳汇效益下降。

2.2.2 对片区内外的功能协同考虑不足

在规划设计阶段对经济效益的重视远甚于碳综合效益，在用地布局方面缺少对区域城市功能正面积积极的回应，具体表现为新建社区缺少与现有城市功能和交通的系统联系、新建社区未考虑就业需求导致产城分异进一步加剧等弱回应，也表现为在工业园区周边规划大量居住用地等负面回应。

此外，对社区的内部功能协同考虑不足，产生了较高的出行需求：社区开发更多倾向于建设纯住宅建筑，非强制不建设回报周期长的办公与商业空间，社区内的就业空间缺失；社区基本公共服务设施和休闲游憩设施的供给与需求不匹配，特别是公共服务设施及公园绿地多布局于零碎用地，乃至短期内难以落实的土地，致使本该步行可以解决的需求需要通过高碳化出行才能满足；过高的开发强度是追求资金回报率的必然结果，过高的开发强度与社区功能单一的影响叠加，导致公共服务与基础设施的需求呈现高峰极化和潮汐现象。

2.2.3 规划编制缺少对能源资源利用的系统性考虑

能源消耗是社区碳排放的主要构成，传统的详细规划编制主要在给排水、电力等基础设施专项规划中考虑用户侧能源、资源的需求量与废弃物的排放量，对资源能源供应的方式、清洁能源的比例、水与废弃物的循环等缺少考虑，遑论提出对区域能源站等具体建设项目的管控要求。

2.2.4 上位规划尚未提出碳排放相关指标要求

随着各层级“碳达峰”实施方案的印发，可以预见的是，在总体规划、专项规划中会出现围绕“双碳”目标的相关要求，因此要提前预判详细规划编制中的规划传导问题。

2.2.5 控制性详细规划管控模式存在问题

现行的控制性详细规划管控模式主要存在两方面的问题：一是用地规划条件的内容有缺项。用地规划条件是规划和自然资源部门管控要求的具体体现，传统控制性详细规划中仅有容积率、建筑密度等管控指标^[6]，“双碳”相关的管控要求特别是其他部门的管控要求很难在规划建设管理中得到落实，导致传统控制性详细规划在减少碳排放方面很难发挥效用^[7]。二是用地规划条件的表达形式单一，为了便于规划管理要求的传导，特别是在将规划成果转录至规划管理信息系统、数字化平台等时，生成的要求以指标为主，辅以部分通则性要求，如此详细规划的理念与管控要求在纵向传导中容易简化失真，部分有助于实现“碳中和”的规划设计指引无法传导至建设环节。

3 社区近零碳转型要求下控制性详细规划编制模式的优化建议

3.1 编制内容的优化建议

“双碳”目标是经济社会发展的主要目标，但不是唯一目标，要综合考虑社会、经济、环境等各项目标之间的协同，不能只是一味追求经济发展或者减碳降碳。因此，规划设计应完整准确、全面贯彻新发展理念，做好“碳达峰”“碳中和”工作，在规划中全方位落实减碳排增碳汇要求。

3.1.1 在规划传导衔接部分增加碳排放相关要求，并编制碳排放专章进行落实

通过直接落实或者分解上位规划提出的碳排放相关目标、指标及其他要求，提出本单元控制性详细规划的具体实施方案，包括直接落实的指标与设施配置要求，也包括对减排量的进一步分解，明确交通出行、建筑物能源利用、固体

废弃物循环利用等领域的责任要求。在规划成果中，应有对该部分内容的响应落实情况说明。见图 4。

3.1.2 加强功能定位与业态研究

社区控制性详细规划应与国土空间总体规划充分衔接，优先保护生态廊道、通风廊道，充分考虑区域居住地与就业地分布、基础设施及污染源邻避效应，合理确定社区的功能定位，根据定位进一步明确社区内部的用地构成，特别是商务商业用地的混合比例，明确服务设施配置要求，强化与主要就业地及区域服务设施的交通联系，引导形成有利于绿色出行的社区功能结构与用地布局。

3.1.3 在编制过程中增加碳排放现状与潜力评估专章

转变发展理念，在规划编制过程中加深对现状的认识，而不是仅仅局限于基础资料的罗列，建议在现状基础资料汇编的基础上，参考交通、服务设施等专项评估，探索开展碳排放现状与潜力评估。

碳排放现状与潜力评估可围绕交通出行、建筑物能源利用、水与固体废弃物 3 大板块开展，对规划管理单元内的现状建设情况、服务设施布局、现状出行方式与出行量、绿色建筑情况、海绵城市设施、可再生能源措施、建筑群形态等各项要素的现状与优化提升潜力展开针对性分析，评估采取各项减碳措施的可行性，并将其作为规划编制的指导依据。见表 1。

3.1.4 深化单元控制性详细规划编制内容

在土地利用章节，除了各类用地的面积指标，建议增加居住人口与就业岗位的数量指标，以引导职住平衡。

在公共服务设施章节，与上位规划衔接，关注各类设施的服务能力，包括服务半径与服务规模，以及相对应的服务人口，深入评估现状公共服务设施是否能够满足社区居民的需求，同时对公



图 4 指标任务的分解与传导示意图 (以中新广州知识城碳中和城市示范区概念方案设计为例)

共服务设施 15 min 步行可达覆盖情况进行分析，必要时提出综合交通体系支撑建议。

在综合交通章节，应更多关注慢行系统的规划与设计，提出单元内道路的横断面形式和管控要求，关注慢行系统的连续性、可达性、舒适性与安全性，内容深度尽量达到指导下一步工程设计的层面；在规划编制时应与公交公司进行沟通，根据需要进行地铁—公交接驳线路规划；公共交通接驳能力较弱的地

区，建议交通管理部门与公交公司对接，将定制巴士纳入建设计划，以降低社区未来的交通出行碳排放。

在蓝绿空间章节，应尽可能保留现状河湖水系、古树名木，减少开发对场地碳汇的影响；应对本片区所能提供的碳汇进行估算，包括面积与碳汇量，并提出地块内的碳汇形式 (乔灌木搭配、植物选择等) 建议。

在市政工程章节，能源系统的规划应考虑整合电力、燃气、供热等专项，

表 1 对社区减碳潜力的评估示例

用能量		园区建成后碳排放量 /t		碳排放量占比 /%	减碳主要措施	指标	减碳增汇量 /t	
年用电量	17 170 688.00 kW·h	6 435.57	7 663.94	46.53	全部建设近零能耗建筑，降低建筑综合能耗	100%覆盖	1 490.84	1 571.05
					使用高效节能的太阳能路灯	100%覆盖	80.21	
年用气量	78.54 万 Nm ³	1 228.37			建筑屋顶铺设光伏板 (建筑可再生能源替代率达到 8%)*	公共建筑屋顶铺设，屋顶面积占 14%	865.49	
					建筑立面采用光电玻璃 *	选取能效最高立面，1/4 建筑立面安装光电玻璃 (能效最高型号)	17 990.19	
年用水量	897 900.00 t	94.28	860.51	5.22	建设雨水收集系统、海绵城市等，提高雨水的资源化利用	雨水利用率按照 10%计算	0.41	14.70
年污水量	83.95 万 m ³	220.79			再生水利用率	根据市政专项评估，按照 16%的利用率计算	14.29	
年生活垃圾产量	2 007.50 t	545.44						
建成后道路绿化面积	5.18 万 m ²	- 176.84	7 946.86	48.25				1 056.69
建成后地块内部绿地面积	8.80 万 m ²	- 581.57			改进绿化种植方式，提高碳汇量	宅旁绿地：密植灌木丛碳汇年均 5.13 kg/m ²	1 050.71	
						集中绿地：在大小乔木密植混种区，平均种植间距< 3m，土壤深度> 0.9 m		
占用林地进行开发建设面积	43.10 万 m ²	8 705.27				设置立体绿化，增加绿化量，提高碳汇量	建设工程项目实施屋顶绿化、墙面垂直绿化等的绿地面积总额，不得超过建设工程项目审批确定的绿地面积的 20%	5.98
合计			16 471.31	100				2 642.44

注：参考中新广州知识城碳中和城市示范区概念方案设计与贷款申请书设置；“*”指考虑到投资成本，最终方案中未采取该项措施。

从用户侧对本片区的供热、供冷、供电、供气等负荷需求进行分析，提出社区供给方案，涉及光伏板、光伏一体化建筑、天然气分布式中心、集中供冷系统等。除此之外，应考虑在方案中提出配置能源调蓄设施等有利于降低碳排放的措施，衔接专项规划提出的相关要求，再统筹市政供应系统的实际需求。资源系统的规划应考虑整合给水、排水、海绵城市 3 个专项的内容，开展用户侧的用水需求

分析，更多关注水资源的循环利用，降低新水使用比例。在环卫方面也应提出相应的设施配置要求，如“采用更精细化的垃圾分类设施”等。

在进行规划编制时，除对各类市政工程负荷进行预测外，还应应对单元内年度人均用电量、用气量、用水量、污水量、雨水量、生活垃圾产量等进行预测，估算出单元整体碳排放量，并对“社区人均碳排放量”指标提出预期性管控要求。

见图 5。

3.1.5 地块控制性详细规划编制内容、图则应体现“双碳”相关管控要求

具体而言，地块控制性详细规划编制应关注以下 3 个方面的内容：一是将单元层面的管控要求转换为更加具体的行动抓手，将公交覆盖水平转换为引导性的公交站点位置布局，将可再生能源的利用转换为地块具体的指标，如(高星)绿色建筑占比、近零能耗建筑占比等。

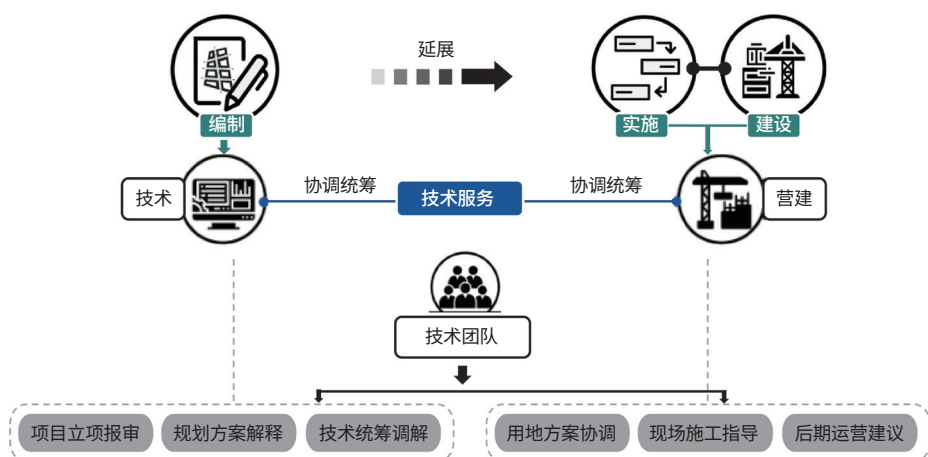


图7 全流程参与的规划编制模式示意图

制阶段提出系统性减排增汇的路径，还有必要对规划管控模式进行优化。

一是将新增的有助于实现“双碳”目标的规划管控要求，以及其他部门出台的相关要求纳入规划管理“一张蓝图”，并将其作为自然资源部门设置建设用地规划条件的依据。例如，将垃圾分类回收设施的配置要求、绿色建筑星级要求、岭南特色超低能耗建筑和近零能耗建筑面积、装配式建筑占当年新开工建筑比例、雨水资源利用率纳入建设用地规划条件的不同模块。

二是探索更加细致的传导模式。通过将规划设计方案完整准确地呈现在 CIM 等平台、创新规划许可形式，实现设计理念，如依托三维模型提出慢行系统规划设计要求、产能建筑的并网要求等。

3.4 规划协同建议

从“五级三类”的国土空间规划体系来看，控制性详细规划更多的是落实、传导总体规划，并衔接专项规划的相关内容，特别是单元指引的内容，因此有必要从以下两个方面进行规划协同：一是层层落实提出的减排增汇具体目标，总体规划（分区规划、规划指引）、专项规划应在本地区“双碳”方案的指导下，提出社区单元减排增汇的总体指标与分

项任务，并将相关内容纳入控制性详细规划。二是区域协同确定不同功能单元选址，总体规划（分区规划、规划指引）应与国土空间总体格局相衔接，优先保护生态廊道、通风廊道，保证相关开发建设不干扰生态廊道、通风廊道的功能，以降低能源需求；居住社区的选址对交通出行具有决定性作用，应充分考虑居住社区与产业社区、厌恶型设施的布局协调等，根据各单元的功能定位引导构建有利于绿色出行的功能结构。

4 结束语

社区承载着人民对美好生活的向往，在不降低生活品质的前提下推动社区减碳增汇，并最终实现社区的近零碳转型，对生态文明建设具有重要意义。本文面向“双碳”目标，提出社区控制性详细规划编制内容、编制模式、管控模式、规划协同 4 个方面的优化建议，以期能为新时期社区规划建设与详细规划改革提供参考。

（本文是在广州市城市规划编制研究中心《碳达峰、碳中和目标下的居住社区与产业园区规划设计研究》课题研究的基础上形成的，衷心感谢课题组所有成员以

及广州市规划和自然资源局领导专家的智慧贡献和帮助。）

[参考文献]

- [1] 陈凯芳，朱隆斌. 英国低碳社区挑战项目的经验及借鉴意义[J]. 现代城市研究，2013(12): 37-41.
- [2] 陈可欣，陶韦华，方晓丽，等. 国土空间规划中碳中和评估及规划应用路径研究[J]. 规划师，2022(5): 134-141.
- [3] 黄建，罗淑湘，史军，等. 低碳社区碳核算及减排路径研究[J]. 建筑技术，2019(8): 1018-1022.
- [4] 王昆. 绿色低碳导向的近郊城镇组团空间规划策略：以苏南地区 N 组团为例[J]. 规划师，2022(12): 100-104.
- [5] 柴彦威，肖作鹏，刘志林. 基于空间行为约束的北京市居民家庭日常出行碳排放的比较分析[J]. 地理科学，2011(7): 843-849.
- [6] 邓雪媛，蒋灵德，刘超. 国土空间详细规划碳排放测度与管控研究：以苏州太湖科学城核心区详细规划为例[J]. 规划师，2023(9): 117-122.
- [7] 李启迪，汪坚强，郑善文. 我国控规中低碳研究的发展与现状[J]. 城乡规划，2020(3): 80-89.
- [8] 司马晓，荆万里，吴晓莉. 低碳生态规划技术集成与实施推进的系统解决方案：以深圳国际低碳城系列规划为例[J]. 城乡规划，2017(1): 63-71.

[收稿日期] 2023-09-10;

[修回日期] 2023-12-20