

Coordinated Development Strategy of Low-carbon Energy Planning and Spatial Planning under the background of " Multiple Planning Integration "

Zhang Weige^{1,a}, Chen Zhuolun^{1,2,b}

¹School of Architecture, South China University of Technology

²South China University of Technology Architectural Design and Research Institute Co., Ltd.

^aviowlet@126.com

^bzhuolun.chen@un.org

ABSTRACT

Due to the urgent needs of low-carbon city development and the goal of emission peak, China is facing the dual pressure of spatial planning governance reform and energy revolution at the same time, which also puts forward higher requirements for the development and construction of domestic energy planning system and its strategic position. By sorting out the development context of energy planning and the characteristics of spatial planning system in China, this paper compares the differences and contradictions between energy planning and spatial planning in laws and policies, planning modes and implementation systems, and analyzes the main difficulties in the current development of low-carbon energy planning. On this basis, it proposes to promote the coordinated development of spatial planning and low-carbon energy planning by improving the legal system, coordinating the coordination of various departments, and reforming the horizontal and vertical system architecture, so as to establish a comprehensive planning mode from the perspective of energy.

Keywords: Low-carbon Energy Planning, Spatial Planning System, Multiple Planning Integration, Emission Peak

“多规合一”背景下 低碳能源规划与空间规划的协同发展策略

张唯格^{1,a} 陈卓伦^{1,2,b}

¹华南理工大学建筑学院

²华南理工大学建筑设计研究院有限公司

^aviowlet@126.com

^bzhuolun.chen@un.org

摘要

基于当前迫切的低碳城市发展需求和碳达峰目标，中国正同时面临空间规划治理改革与能源革命的双重压力，也对国内能源规划体系的发展建设和战略地位提出了更高要求。本文通过梳理我国能源规划发展脉络和空间规划体系特征，对比能源规划和空间规划在法规政策、规划模式、实施体系中的差异和矛盾，分析当前低碳能源规划发展中所面临的主要困难。在此基础上，提出通过完善法规体系、统筹各部门协作、改革横纵向体系架构等方法，推动空间规划和低碳能源规划的协同发展，建立一种能源视角的综合规划模式。

关键词: 低碳能源规划；空间规划体系；多规合一；碳达峰

1. 引言

进入 21 世纪以来,全球温室效应已进入“窗口期”,政府间气候变化专门委员会(IPCC)在报告中指出如果本世纪中叶未能达成碳中和目标,全球的海洋冰川、生态系统、农林牧渔等生产领域都将遭受到严重侵害^[1]。以此同时,2020 年初开始蔓延的新冠肺炎疫情造成的生产生活的停滞短时间内降低了能源消耗和碳排放总量^[2],但温室气体浓度激增、社会矛盾激增、各国纷纷陷入后疫情时代的经济危机等问题也极大限制了低碳城市发展建设和能源改革的速度。国际可再生能源署(IRENA)提出了推动能源系统转型的四个方面^[3],其中强调了城市层级的宏观调控、系统性规划对于综合能源规划的开展具有重要意义。

为推动城市低碳发展和能源结构转型,系统性降低碳排放,中国在“十四五规划”中明确提出了“构建现代能源体系、实施能源资源安全战略”的发展目标,强调了城市、政府、市场与能源改革间的紧密联系。然而,中国传统能源规划中的“热、电、气”工程规划相对独立,侧重于供给侧设施布局以及战略规划指标约束,综合性协调统筹不足,尤其是在区域规划层级,能源规划往往依附于指标预测、专项规划专篇,缺乏必要的引导地位和系统性的反馈机制。

伴随着国土空间规划改革和多部委联合推动的各县市“多规合一”试点工作,国内城乡规划、生态规划、国土规划得到进一步整合^[4],各层级专业间的配合更加紧密,权属逐步厘清。能源规划可借助“多规合一”、“智慧城市”的推进,将能源系统各项研究成果、新技术融入当前空间规划体系中,发挥引导作用,提供更多科学化数据支撑,加强和其它专项规划间的沟通联动,探索以生态绿色能源系统为主导的可持续低碳化城市空间规划发展策略。

2. 中国低碳能源规划发展与实践探索

2.1. 中国能源规划法规体系的建设与完善

从上世纪 80 年代开始,中国启动能源立法方案探索,共经历三个阶段^[5]:改革开放前,以各种临时性政策指令文件和不断更替的责权部门为主要管理方式的计划经济时期;改革开放后,市场管

理体制确立,政企分离后,完成电力、煤炭、可再生能源法等专项立法,专事专管的建设时期;十八大后至今,推动能源基础法规立法、能源规划立法、能源体制改革的纵深推进时期。能源规划的法规体系完善在这一过程中不断推进。《中华人民共和国能源法(征求意见稿)》中提出了能源规划过程中规划设计、征地、技术服务等各项环节中的注意事项,强调了能源规划中不同层级的统筹机制,明确了各阶段法规编制需要与其它规划相互衔接协调,并于 2016 年颁布《省级能源发展规划管理办法》推动各省市能源规划法规体系制定完善。

总体而言,能源专业视角下的规划法规体系编制进程仍然相对滞后,较多内容停留在宏观战略层面,具体规划设计内容、运营实施流程目前仍自然资源部和传统城市规划部门统管制定,能源部门缺乏必要的指导地位。

2.2. 低碳能源规划的理论研究

低碳能源规划可跟据规划模式和规划层级的不同进行分类,参考空间规划编制思路可化分为:战略型规划、控制型规划和实施型规划;能源法中则按照综合能源规划、分领域规划和区域能源规划划分。这两种划分模式呈现了不同视角下的能源规划实施路径。国内在规划理论层面的研究成果主要集中在低碳能源规划的指标预测评价体系探索、不同规模下能源规划与优化方法、区域低碳能源规划的系统性建设和实施途径等。龙惟定、张改景等学者已经形成了一套完整而系统性的各层级低碳能源规划方法^[6-8],并将其由社区、区域层级扩展至城市多区宏观范围。

近年来也有更多学者将视角投入到城市规划和能源规划的耦合中,例如低碳能源规划模式对城市规划的影响^[9]、低碳城市规划能源一体化系统研究^[10]、区域综合城市能源系统探索等^[11],从各相关专业视角提出了城市规划与能源规划协同发展建议,可以明确能源规划并入城市规划体系的发展趋势,但相较于欧美成熟的综合能源规划模式而言,该话题仍然缺少足够的研究深度、社会关注度及多学科联合探索实践项目经验。

2.3. 低碳能源规划的技术准备

中国在低碳能源规划的实施层面已经形成了充足的技术支撑。分布式能源技术的发展,提升了

“热、电、气”等能源系统整合速度，在推动能源阶梯利用效率的同时，能够满足不同空间不同场景下的用能需要，更重要的是通过分布式的功能设施和扁平化的控制模式满足了城市规划中分区域、分单元规划管控的需要，有利于区域规划中提高土地使用兼容性、提高发展协同规划的可能^[12]。

另外，基于热电联产和智慧电网系统发展而来的能源互联网技术，将能源系统的各个环节统一整合，呈现能量流、物质流、信息流的多效耦合特征^[13]，不仅可以利用集成了地区国土空间和自然资源信息的地理信息平台(GIS)进行深度在地性优化，也可以利用其信息化的特点，纳入智慧城市数据化平台完成实施监控管理、各专业协调动态优化，有效推动城市规划“多规合一”系统的建设和利用。

2.4. 低碳能源规划的实践探索

欧美国家由于不同的城市规划政策体系，城市级能源规划实践项目起步较早，具有较为丰富的经验。例如英国利用能源路径网络技术(EPN)和LEAP等优化模型，将能源系统优化模型与城市规划方案相结合，制定详细的政策法规推动能源规划项目的实施^[14]。亚洲以日本为主要代表，于2008年提出“低碳社会行动计划”，提出建筑物环境效率综合评价体系(CASBEE)，引导低碳社区开发建设、鼓励企业研发节能产品^[15]。

国内的低碳能源规划实践可分为三类：以低碳能源技术创新为主导的传统专项能源规划；以区域低碳能源规划模式为主导的片区或园区能源规划；还有以宏观低碳发展理念为主导的新城规划。其中，区域能源规划已完成200项以上^[11]，天津的中新生态城、曹妃甸生态城等示范性低碳城市规划项目也为以能源规划为主导的低碳城市规划提供了丰富的实践经验。

2.5. 低碳能源规划与空间规划的协同发展进程

基于上述研究，在微观技术层面和宏观战略层面，中国的能源规划体系建设已初见成果。然而，受限于传统城市空间规划自身的矛盾性和滞后性，特别是各地方政府的物质基础、综合环境差异较大，能源规划未能形成完整的分层级实施体系，各阶段规划成果衔接不足；相关专项规划法规的制定缺乏统一沟通机制，存在大量重叠、缺失、模糊不清的部分，有关职能机构分工不明、事权关系混乱，也在一定程度上影响了能源规划融入城市空间规划的进程。

3. 中国能源规划与空间规划的主要矛盾

3.1. “多规合一”背景下的空间规划特征

城市规划是一种多学科、多要素、交叉网络叠加构成的复杂动态系统，涉及社会、经济、城市空间、自然环境等多个目标的协调运作，目前中国的城市规划由时间序列规划(国民经济和社会发展总体规划)以及空间序列规划(主体功能区规划、城乡规划、土地利用规划、部门专项规划)构成，通过多轮空间规划试点改革，基本形成了以“三区三线”为基础的主体功能区综合规划^[16]。“多规合一”即多时序、多层级、多种专项规划通过各部门协同编制整合形成一个综合性规划，可形成横纵接续、“五级三类”的全局性空间规划体系(图1)。

现行机制下，“多规合一”的规划模式仍处于发展试验时期，在基础数据采集核查、各专业协调配合、顶层设计引导、基础科学体系建设、各职能部门权属划分等方面存在诸多问题，规划编制实施与后续监管运营未形成规范化机制，执行效率低下，许多地区的“多规合一”地理信息平台未对其它专业完全开放，数据整合时效性差，仅作为一种：“线上图纸资源库”使用。

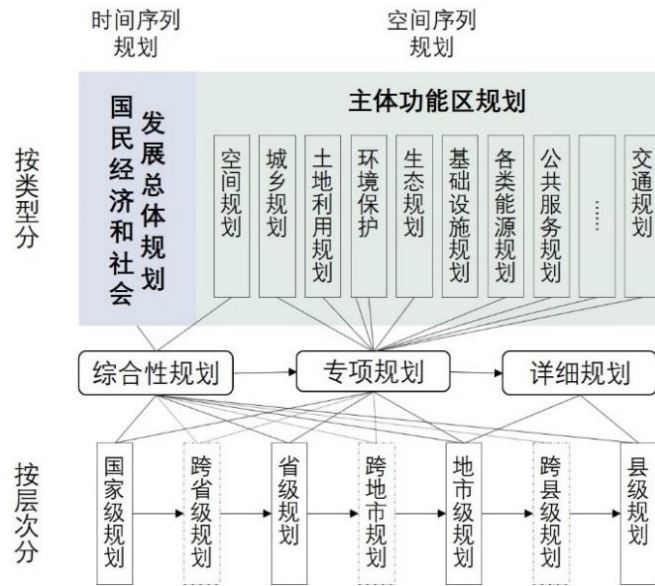


图 1 中国特色空间规划体系架构（根据^[16]整理）

3.2. 法规战略层面的差异

3.2.1. 宏观政策对比

“五年规划”是中国特有的国民经济长期发展计划，也是国家层级的总领性规划，后续各层级的国土空间规划战略、能源规划发展战略都是在此基础上延续深化而来。对比上一轮“十三五”规划及已编制完成的“十四五”规划相关发展政策，可以发现空间规划作为当前发展改革重点在各个战略层面的空间、时间序列上划分有序、内容详实、发展目标也更为明确，在规划纲要中强调了空间性载体、空间性任务、空间性工程、空间性政策四个主要战略目标及其发展路径；而能源发展规划着重强调全局性的能源结构、能源供需调整，以及细分行业如电力、燃气、地热等领域的能源发展改革目标，除了不同专业发展侧重方向上的差异，主要宏观战略和计划指标上存在较多重叠表述，在具体编制体实施体系、保障运营等环节上则较为简略。

现阶段来说，空间规划明显居于改革中的引导地位，是国家和地方层面的宏观政策落实的基本框架，也是城市发展的主要指导原则，能源规划发展战略多侧重内部体系发展、结构性改革和战略布局的讨论，两者缺乏明确的政策衔接与合理的支撑关

系。

3.2.2. 相关法律法规的差异

2020 年由国家能源局印发的《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》结合此前已经推行的能源单行法和其它法律法规，初步呈现了一套与国土空间规划对等的法律制度框架（图 2），其中最为重要的是规定了从国家到地方能源规划的编制和审批主体，明确了有关监管部门，结合《省级能源发展规划管理办法》中的补充内容，基本形成了从国家到地方的能源规划模式，加强了能源部门的管理地位。

然而，在具体编制流程、目标设定及操作实施方面，传统城乡规划、国土规划法规体系中的专项规划部分，仍具备不可替代的作用，有效推动了能源战略的落实、明确各层级能源总量和能源结构，提出了不同规划阶段中能源工程的具体任务，具备更强的实施型和落地性（表 1）。就当前法律体系而言，各个能源单行法之上，仍未形成一个综合性、科学性、高度统一的统筹管理机制，缺少协调其它专项规划、空间规划的讨论，在权责界定、机构职能、运营监管机制等层面，存在进一步细化的空间。

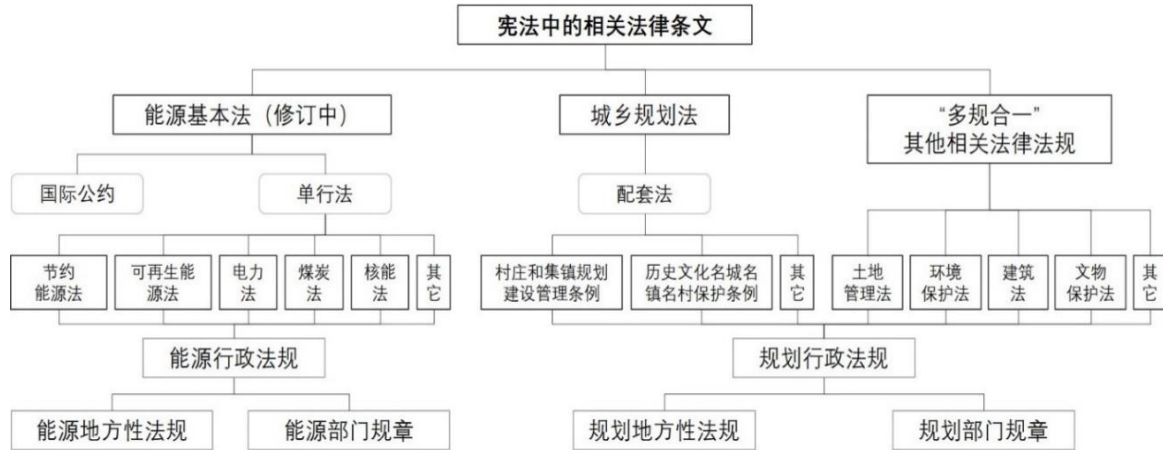


图 2 能源法规体系和空间规划现行法规体系框架（根据^[17,18]整理）

表 1 相关法规中能源规划相关内容的对比

层级	法规名称		涉及能源规划相关内容
	能源法规	城乡规划法规	
国家级	《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》		能源建设用地依法征收、合理补偿安置； 能源规划包括综合能源规划、分领域能源规划和区域能源规划，其战略编制实施应保障国家能源战略的实现； 县级以上人民政府应当将能源发展纳入国民经济和社会发展规划、年度计划； 全国综合能源规划及分领域能源规划的编制应与有关规划相衔接，由国务院能源主管部门和发改部门编制； 区域及地方能源规划编制应与其它规划相衔接，由国家级或省级部门编制审批； 编制及规划过程应征求意见、科学论证、及时公布、接受监督和后续评估修订；
国家级		《中华人民共和国城乡规划法》（2019年）	制定实施城乡规划应当促进资源、能源节约和综合利用；
国家级		《城市规划编制办法》（146号建设部令）	总体规划应从土地、能源等城市长期发展保障出发进行编制； 总体规划发展纲要应包含能源等方面的综合目标和保护要求； 市域规划、中心城区规划应包括能源应包含能源保护与利用的综合发展目标和要求，提出空间管制原则和措施，并确定相关重大基础设施布局； 城市分区规划、控制性详细规划、修建性详细规划应包括设施位置、线路位置并进行管线综合；
省级	《省级能源发展规划管理办法》（2016年）		省级能源发展规划由省级能源主管部门负责编制、上报和组织实施，由国家能源局负责审批，其编制和实施等工作应当遵循依法行政、责权对等、分级负责的原则； 省级能源发展规划应当符合国家能源规划的总体要求和基本方向，主要指标应当衔接一致，并与本省（区、市）国民经济和社会发展规划及相关规划衔接。

			省级能源发展规划包含：基础形势分析、基本原则和发展目标、重点任务、保障措施、环境评价影响和其他法规基础内容；
省级		《省级国土空间规划编制指南（试行）》 (2020年)	严守能源、资源等安全底线，综合收集自然地理资源等方面基础数据，梳理重大战略，评估研判资源、环境、发展等目标，确定能源等资源节约集约利用的目标、指标和时事政策，明确开发要求、结构优化、布局与时序重点，加强省际、地区协调，增强能源资源安全，健全分配机制； 协调各专项规划，依法审批后纳入同级国土空间信息平台，严格管理，明确能源结构总量，引导后续落实实施；
市级		《市级国土空间总体规划编制指南（试行）》 (2020年)	强化资源环境底线约束，推进生态优先、绿色发展，制定能源供需平衡方案、落实碳排放减量任务，控制能源消耗总量，优化能源结构，推动清洁能源利用，提升可再生能源比例，鼓励分布式、网络化能源布局，建设低碳城市； 完善基础设施体系、增强城市安全韧性，基础设施一体化、网络化、复合化、绿色化、智能化布局，鼓励提出综合管廊布局方案； 相关专项规划应在国土空间总体规划的指导约束下编制，落实相关约束性指标，不得违背市级总规的强制性内容；

3.3. 改革中的规划体系碰撞

在空间规划改革前，能源规划基于一般城乡规

划流程（城镇体系规划、总体规划、控制性规划、修建性详细规划），自然形成了一套从宏观到微观的流程体系架构（图3），结合地方性的社区或产业

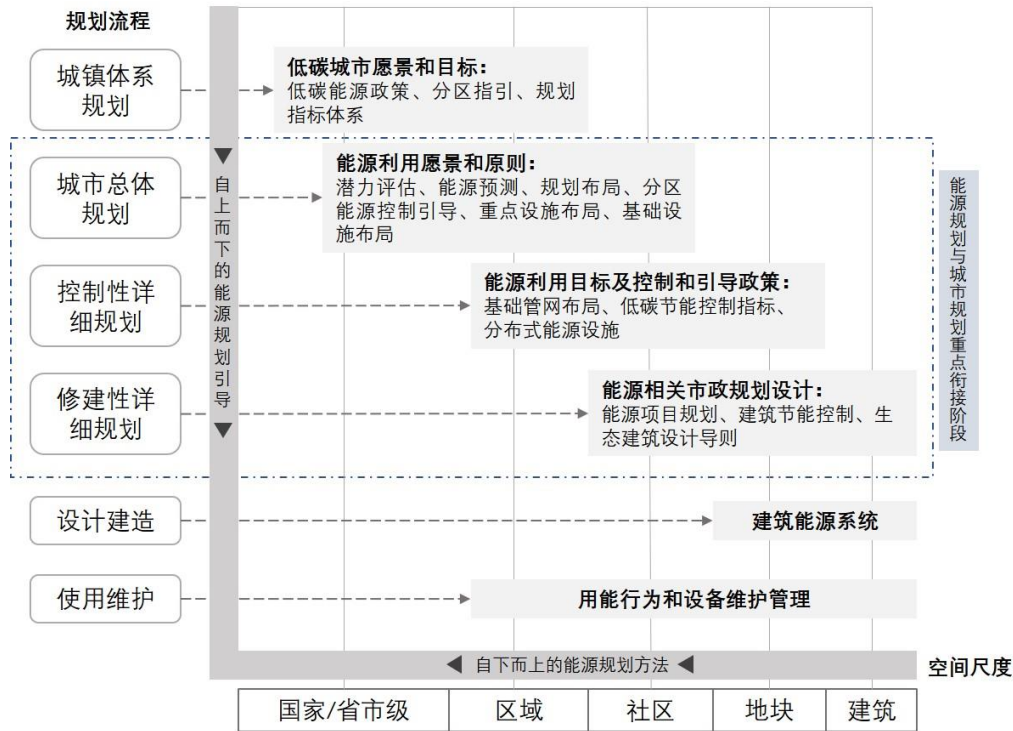


图3 一般能源规划流程及各阶段规划内容（根据^[20]整理）

园建筑能源、市政能源规划项目，产生了“自上而下”和“自下而上”两种能源规划方法，在控制详细规划和修建性详细规划阶段与城市规划的进行衔接。

空间规划改革后，城乡规划转变为“五级三类”空间规划体系，形成“权贵同一、相互衔接、分级管理”的全空间规划体系^[19]，进一步细化各层次分工体系，厘清事权关系和规划目标，更加强调横向协调工作和纵向规划层级重构。与此同时，能源规划也伴随着综合能源供应及利用技术的发展、低碳城市能源结构优化转型的需要，在规划编制、能源预测、评估优化等层面产生变革。例如张改景等学者提出了能源规划转型的五大步骤^[8]：编制能源及排放清单，邀请相关方参与编制目标愿景，评估机会、创建场景，编制城市能源总体规划和区域能源规划，落实政策项目、监测评价和调整过程。然而，无论是从国家向地方推行的改革政策还是从地方向上推行的技术理念，都受到各地经济和行政传导机制的严重影响，空间规划和能源规划改革自身均表现出深度不一、推行缓慢、乏力等特点，两者间也产生了更多新的问题。

(1) 编制管理体系

横向部门关系上，原有国土资源、城乡规划及主体功能区规划编制和管理等职责，并入自然资源部统一管理，全面整合国土规划、市域规划、生态资源规划等专项规划，缓解了资源配置与空间发展的矛盾，但各个系统专业主要发展政策的制定仍由原部门负责，特别是能源专业近年来战略地位逐步上升、下属分支复杂多样，能源规划的编制和审批权限又保留在各级能源主管部门和发改部门，这些因素进一步增加了城市综合空间规划时跨专业、跨系统间统筹协调的成本，造成了综合能源规划“规一建一管”权属不明、话语权争夺、管理审批流程拖沓等现象，影响了能源系统对低碳城市规划的科学引导作用。

纵向编制体系上，由于综合能源规划起步较晚，脱离早期“政企合一”的编制模式后，各层级主管机构不断扩充，内部管理权责分散、时效低下，各级政策繁杂、缺乏统筹协调，不同规划阶段的差异性和管控重点不够明确，在“自上而下”的空间规划体系中存在较多空白缺项，各地区能源发展规划中设定的愿景往往不能在本轮城市专项规划中得到落实，难以形成高效科学的实现路径和保障措施。

在编制审批过程中，缺乏详细的法律依据和灵活的治理手段，评价指标、评估标准未得到及时统一，难以获取准确的数据支撑，在实际编制过程中灵活度较大、精度不足，部门能源工程项目只能按照城乡规划的内容推进，忽略了上一级能源规划的条件和目标，造成了资源上的浪费。

(2) 运营实施层面

能源规划的实施过程不同于空间规划的行政管理模式，常常需要引入能源公司和投资方参与后续落地和运营工作。在实际能源工程中，管理系统尚未健全，职责不明，降低了后期运行效率和总体经济收益，造成方案不能满足预期需求，后续投资乏力；智慧管理平台搭建滞后，数据处理停留在收集展示层面，缺乏实时的反馈调整机制，也失去了对其它相关规划的科学指导能力。在公众参与层面，能源工程的专业性较强、社会监督门槛较高，尚未形成合理的市场监督机制，用户往往缺少主动选择和主动监督的权力，合作—运营—监管模式存在进一步发展空间。

3.4. 跨区域综合规划的挑战

中国“十四五”规划中提出了“优化区域经济布局、促进区域协调发展”的目标，深入推进“京津冀”、“粤港澳大湾区”等大区域间的融合互动与融通互补战略，跨地区间的协同规划已经成为空间规划体系中的重要环节。同时，在能源规划领域，随着现代能源体系构建，无论是跨区域的电力输配系统、油气管道系统，还是源-网-荷-储衔接、智慧电网建设，对于跨区域协调统筹能力的要求也在不断增强。

跨区域协同规划的主要难点在于进一步增加了空间资源配置和土地规划权属的复杂性，地方政府及其下属专业职能部门间的合作与权利分配竞争扩大到区域地方之间，专项规划的编制审批工作和空间管控边界划定难度迅速提升，综合规划方案既要适应各地区间不同的基础条件和发展目标，也要平衡未来发展的资源配置，增加地方间良性竞争的活力。

面对这一挑战，传统“自上而下”的能源规划中跨区域规划内容主要集中在宏观战略层面，由电力、煤炭等各专业部门协调地方政府直接推动落实，专业间缺乏综合规划调度，在跨省市、跨地区间的综合空间规划中难以得到继承和衔接。另一方面，

“自下而上”的“实施型能源规划”在社区-区域以上范围，特别是跨区域间的实践经验尚且不足，研究领域存在空白，需要在政府和能源部门的支持下探索跨区域综合空间规划中，能源规划的介入和实施路径。

4. 低碳城区能源规划与空间规划的协同发展策略

4.1. 健全法规体系，整合部门资源，提升综合影响力

(1) 加快完善能源法规体系，明确能源规划中各阶段中运行机制，将实施过程中评估和监管监察体系融入到整个行政体系中，整合简化繁杂的能源单行法规，提升能源法的主体权威作用。尤其是在能源规划篇章中，要注重城乡规划相关法律法规的衔接工作，主动引导能源规划参与介入城市空间规划的各个层级中，将低碳城市发展纳入能源发展底层思路。

(2) 整合各级能源部下属部门资源权力，简化部门间行政审批流程，降低交流成本，加强以低碳能源发展为目的的跨部门协同协商机制，由主管部门统一协调，避免单一要素间事权分立、权责重叠、规划内容相互矛盾等问题。既改善行政职能碎片化的现状，又通过形成专业合力，加强纵向指导能力，提高与空间规划对等协商的话语权。

(3) 建立综合能源规划系统框架，摆脱传统能源工程规划布局中，形式单一、缺乏系统性统筹规划理念的问题，推动“碳中和”、“碳达峰”等发展目标的具象化，综合考量地区自然资源、能源基础和城市发展需求，主动融入国家区域发展战略，研究能源改革视角的低碳城市规划发展路径，推动多元、高效、清洁、安全的现代能源系统在城市空间落地实施。

4.2. 完善编制监管流程，建立动态反馈机制

(1) 探索科学的能源规划流程，明确各阶段能源规划任务，完善各层级能源规划编制审批流程，“规一管一建”权属分离，注重资源约束作用，将编制权限下放到地方，引导各地根据自身潜力和需求，发展差异化的现代能源体系，增强地方主观发展动力。同时可加强科学评估预测方法讨论研究，利用碳夹点技术^[10]、线性优化模型等手段，梳理各

个规划层级中的限定要素，提出合理的控制性指标，纳入到空间规划各个阶段的约束导则中。

(2) 建设全要素、全流程沟通机制，加强能源规划内部各层级、专业间的工作衔接，在“一张蓝图”的基础上，构建数据共通、信息共享的实时交流平台建设，打通各专项规划间的协商对话桥梁。另外，通过各专业数据的统一收集、整合分析，可大大提升能源规划及其它专项规划的科学性和相互支撑作用，相关监管部门也可以借助数据平台推动动态反馈机制建立，快速调整当前规划方案，形成高效联动的综合规划体系。

(3) 加强空间规划过程中对能源规划的管理审查工作，尤其是综合规划和建设实施阶段，通过设置固定审查环节，评估规划中各项能源约束指标、能源结构、能耗需求的合理性，协调其他资源配置，确保低碳节能约束目标准确落实、规划时序中能源项目周期划分适宜，保障能源供应和使用安全，进一步强化能源规划在实现低碳城市发展建设过程中的正向作用。

4.3. 加强跨地区、跨领域协作，推动智慧城市网络建设

(1) 推动区域统筹框架与协调机制建设，加强地方政府间的交流合作，在大区域规划建设背景下，发挥优势互补作用，结合地区个性化发展需求，跨区域调配、平衡能源资源，缓解大都市圈能源供需矛盾，并通过统筹补偿机制将发达地区的经济政策红利让渡给周边区域，推动区域协同发展。

(2) 适当放宽能源行业准入门槛，吸纳各领域专业人才，引入跨学科思维知识解决当前能源规划发展困境，丰富技术手段和规划模式，完善能源互联网、智慧电网等城市复杂能源系统工程，推动智慧低碳城市建设。另外，通过智慧城市系统可以实时监测能源规划的各个系统要素，深入系统终端单元和用户体验研究，进一步优化能源规划的实施路径，加快能源规划需求侧改革。

4.4. 把握政策发展机遇，探索多元化合作模式

为了推动清洁能源发展、碳中和碳达峰的早日实现，能源结构性改革进一步加快，伴随空间规划改革进入推进时期，中国政府颁布了多项政策以推动低碳城市和低碳能源技术的发展，地方政府也针对清洁能源工程、绿色建筑提出了各种补贴福

利。在此期间，相关职能机构应积极响应政策，加强对企业、市场的引导工作，把握福利机遇，组织运作多元化的社会合作模式；研究市场化改革过程中的权力配置模式和能源产权制度，尝试让渡部分职能、引入第三方监督治理机制，形成政府机关、规划能源部门、企业专家、社会组织等共同参与的新型能源规划体系。在传统政府驱动型规划模式的基础上，逐步探索更多公众参与、更加灵活合理的规划模式，为其它专项规划的运作提供改革经验。

5. 结论

低碳能源规划是实现城市“创新、协调、绿色、开放、共享”发展的重要途径，也是当前城市综合规划体系中的关键环节。通过梳理低碳能源规划的发展历程，分析当前空间规划改革特征，可以发现目前能源规划自身和外部的的发展面临诸多问题。确立城市能源发展目标，完善能源规划体系、将能源约束条件融入空间规划编制流程，推动能源规划和空间规划协同发展对低碳城市建设具有重要意义。

对比两者当前发展特征和改革需要，本文提出了健全能源法律体系、整合部门资源、完善编制审批监察体系、加强跨领域协作等优化建议，通过建立一种能源视角的综合规划体系，提高能源系统在领域内的话语权和影响力，可以为低碳城市发展规划的落实提供更多理论支撑和实践经验。

项目基金

住房和城乡建设部国际科技合作项目 (No. 2021-H-001)；国家自然科学基金 (No. 51778235)；广东省自然科学基金 (No. 2016AZ28)；2015 年度中央高效业务费自然科学基金面上项目 (No. 2015ZM013)；国家自然科学基金青年科学基金项目 (No. 51108185)。

REFERENCES

- [1] IPCC. (2018). Global warming of 1.5°C. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.2018.
- [2] UNEP. (2020). Emissions Gap Report 2020. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>.
- [3] IRENA. (2021-06). WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2021: 1.5°C PATHWAY. <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>.
- [4] He, D.(2017) Coordination Between The Macro Governance And Local Development In Spatial Planning System: An Enlightenment From Multi-plans Experimental Cities. *Planners*. 2017(02):12-18.
- [5] Yang, C, T. (2021) On the Key Issues of the Reconstruction of China’s Energy System and Its Legal Realization. *Environmental Protection*. 2021(09) :44-47.
- [6] Long, W, D. (2011) Community Energy Planning for Built Environment In Low Carbon Cities. China Architecture & Building Press, Beijing.
- [7] Long, W, D. (2016) Urban Demand Side Energy Planning and Energy Microgrid Technology. China Architecture & Building Press, Beijing.
- [8] Zhang, G, J. et al. (2021) A Building Energy Planning Method under Background of Carbon Emission Reduction. *Shanghai Energy Conservation*. 2021(07): 685-688.
- [9] Chen, X, L. (2008) Coupling Model of Urban And Rural Planning and Energy Saving Action. In: 2008 China Urban Planning Annual Conference. Dalian.
- [10] Xuan, W. Zheng, X. (2014) Low Carbon Energy System And Urban Planning Integration. *Planners*. 2014(11):82-86.
- [11] Wu, X, T. et al. (2019) Thinking of district energy system based on HVAC professional perspective—Concept, planning and design. *Heating Ventilating & Air Conditioning*. 2019(01):2-14+24.
- [12] Huang, C, J. (2012) The Study of Regulatory Detailed Planning from the Perspective of Regional Distributed Integrated Energy Systems. In: School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou.
- [13] Chen, J. (2017) Research on Planning of Regional Distributed Energy System under Energy Internet. In: North China Electric Power University, Beijing.
- [14] Shen, M, J. (2012) Greater London Planning. *Journal of Urban and Regional Planning*. 2012(01).
- [15] Lang, Y, H. Li, H, Q. (2010) International Experiences for Constructing City’s Low Carbon Energy System and China’s Action. *Energy of China*. 2010(07):11-16.
- [16] Guo, R. et al. (2019) Territory spatial planning system and the convergence between different levels. *Geographical Research*. 2019(10):2518-2526.
- [17] Che, D. (2021) Brief introduction of Energy laws, regulations and standard system in China. *China Cement*. 2021(05) Page:114-120.
- [18] Luo, Y. Fan, D, L. (2016) Legal Urban Rural

Planning Development From The Viewpoint Of
Modern Governance. *Planners*. 2016(09) :46-53.

- [19] Gui, Y, L. Wang, X. (2019) Vertical and Horizontal
Reconstruction: Logical Thinking on the
Framework for Spatial Planning and Management of
Territory. *Journal of Beijing Administration Institute*.

2019(05):44-52.

- [20] Yu, H. Huang, Z, S. Pang, Y, Q. (2018) *Guideline for
Demand Side Community Energy Planning*. China
Architecture & Building Press., Beijing.