

港澳

GD-HK-MO Research Center CAUPD
中国城市规划设计研究院
粤 港 澳 研 究 中 心

2021 粤港澳观察蓝皮书

——以绿色低碳发展推动空间持续优化——

GD-HK-MO OBSERVE BLUE BOOK

以绿色低碳发展推动空间持续优化
PROMOTE CONTINUOUS SPACE OPTIMIZATION THROUGH
GREEN AND LOW-CARBON DEVELOPMENT

2021 | 中规院 CAUPD | 中规智库

中国城市规划设计研究院 · 深圳分院

粤港澳观察蓝皮书
GD-HK-MO OBSERVE BLUE BOOK

粤港澳大湾区观察蓝皮书
GD-HK-MO OBSERVE BLUE BOOK

| 2021



中国城市规划设计研究院·深圳分院
CHINA ACADEMY OF URBAN PLANNING & DESIGN SHENZHEN

时光辗转，粤港澳观察蓝皮书迎来了第五个春秋，在变幻莫测的世界发展形势中，她见证了大湾区上升为国家战略以来的持续发展与面临挑战，并以前瞻的视角对其未来发展提出了趋势预判和策略应对。其中，2017 年和 2018 年分别以“国家治理下的区域重构”和“大湾区的未来与共识”为主题，从大湾区使命与价值的角度推进区域共识与合作发展，探讨在大湾区共建世界级城市群和一流湾区的共同使命下的互利共赢模式。2019 年和 2020 年分别以“科创共生、互联未来”和“后疫情时代下的湾区可持续发展”为主题，在应对中美大国博弈尤其是科技制裁的背景下，全球疫情导致世界格局进一步不确定性的基础上，将视角回到大湾区内部，以勤修内功的方式做好科技创新、交通互联、可持续发展等方面的准备，不仅解决自身面临的高密度下空间治理的问题，也为竞争力的提升尽快的弥补短板、打好基础。无论全球经济与世界格局如何变化，只要大湾区能够形成区域发展合力，不断的自我完善，必然会更好、更快的实现世界级城市群的目标，而近年来大湾区的发展事实也充分的证明了这一点。

回到 2021 年，作为“十四五”规划开局之年，以及我国迈入第二个百年奋斗目标的新征程的起点，具有重要的时代意义。高质量发展已经成为未来的主线，科技创新成为核心动力，双循环发展成为基本格局，而作为中国城市群中的第一梯队，其“一国两制”的特殊制度属性要求大湾区不仅要先行先试走在前面，而且要成为重要节点发挥典范作用和战略价值。

碳达峰与碳中和不仅是中国对世界许下的承诺，更是实现高质量发展的必然过程，因此，从整个大湾区着手以更广泛的视角来探讨绿色低碳发展之路，并将其与近两年开展的国土空间规划相结合，落实到具体的空间结构与功能的优化上，对于大湾区率先实现碳达峰与碳中和，建设成为高质量发展典范具有重要意义。因此，2021 年，我们将以绿色低碳和空间优化为主题，在延续大湾区勤修内功思路的基础上，依然从生态、创新、人文、互联、协同等五大湾区的视角，并结合我院开展的重要国土空间规划以及绿色低碳项目实践，探讨绿色发展的转型之路与国土空间的优化之路。

在此，感谢所有的专家、学者和朋友对粤港澳观察蓝皮书的大力支持，感谢所有坚持为蓝皮书提供观察内容、并肩作战的同事们！希望大家的努力下，让粤港澳观察蓝皮书可以走的更好、更远，为大湾区的健康发展与学术交流提供更丰富的视角、更优秀的观点！



我们的邮箱是 greatbayarea_caupd@163.com
扫描以下二维码，可以关注中国城市规划设计研究院深圳分院的“城 PLUS”微信公众号，期待着您的进言和投稿！

Contents

目录

前言	002
----	-----

Observe

湾区观察

-

湾区价值	008
------	-----

008	全球趋势：碳理念的时代共振
017	中国使命：碳革命的大国担当
023	湾区行动：碳目标与空间重构

湾区观点	032
------	-----

032	湾区特征：立足碳排格局，认知空间结构
044	生态湾区：注重动态评估，完善规划体系
053	创新湾区：统筹全域资源，优化产业模式
061	人文湾区：重塑岭南文脉，均衡公服配置
076	互联湾区：促进枢纽均衡，推动共享慢行
085	协同湾区：瞄准低碳目标，强化区域治理

湾区动向	094
------	-----

094	港澳发展动向：更精准化的绿色低碳治理经验
103	国土空间规划：绿色低碳视角的空间优化思路
123	绿色低碳项目：多维创新视角的规划类型探索

Part A

Observe

湾区观察

湾区价值

- 1.1 全球趋势：碳理念的时代共振
- 1.2 中国使命：碳革命的大国担当
- 1.3 湾区行动：碳目标与空间重构

湾区观点

- 2.1 湾区特征：立足碳排格局，认知空间结构
- 2.2 生态湾区：注重动态评估，完善规划体系
- 2.3 创新湾区：统筹全域资源，优化产业模式
- 2.4 人文湾区：重塑岭南文脉，均衡公服配置
- 2.5 互联湾区：促进枢纽均衡，推动共享慢行
- 2.6 协同湾区：瞄准低碳目标，强化区域治理

湾区动向

- 3.1 港澳发展动向：更精准化的绿色低碳治理经验
- 3.2 国土空间规划：绿色低碳视角的空间优化思路
- 3.3 绿色低碳项目：多维创新视角的规划类型探索

湾区观察

1 湾区价值

1.1 全球趋势：碳理念的时代共振

1.1.1 全球格局演变中的碳议程

近年来，极端天气事件频发，今年即出现了北美洲西部极端高温、欧洲中西部地区持续强降雨引发大范围洪灾、中国部分地区极端暴雨引发洪涝灾害等众多突破历史记录的气候异常事件。国际主流观点认为，全球气候变暖加剧了大气系统的不稳定性，是造成全球极端天气气候事件频发的首要背景。

然而很多人仍在质疑对全球性气候变化的科学认知：全球真的在变暖吗？从全球尺度来看，无论是直观的全球平均气温，还是北极冰盖面积、海平面高度变化等间接数据，都实实在在地表明：全球温度正在升高，而且升高的速度远超历史。据世界气象组织发布的《2015-2019 年全球气候》最终报告，自工业化以来，全球平均温度已经上升了 1.1 摄氏度，而这种趋势还将持续；而在 2014-2019 年五年间，全球平均海平面上升速度达到了每年 5 毫米，而 2007 至 2016 年这一速度还是每年 4 毫米。

接下来的问题是，人为的温室气体排放是否是全球变暖的主因？自工业革命以来，全球温室气体的浓度增长远远超出过去 80 万年自然变化的范围。而在近百年的全球快速变暖期间，既无大型火山喷发等极端地壳活动的发生，地球轨道变迁、太阳常数波动等长尺度事件也变化甚微。目前最受认可的国际气候变化研究机构——政府间气候变化专门委员会（IPCC），在其第五次评估报告（AR5）中指出：人类活动产生 CO₂ 排放等温室气体增加导致气候变暖的可能性在 95% 左右¹。

1 汤雨,赵荣美,王进.碳排放大战①: 前世今生 [EB/OL].
<https://www.jiemian.com/article/5915631.html>. 2021-04-07/2020-07-30

气温变化 (°C)

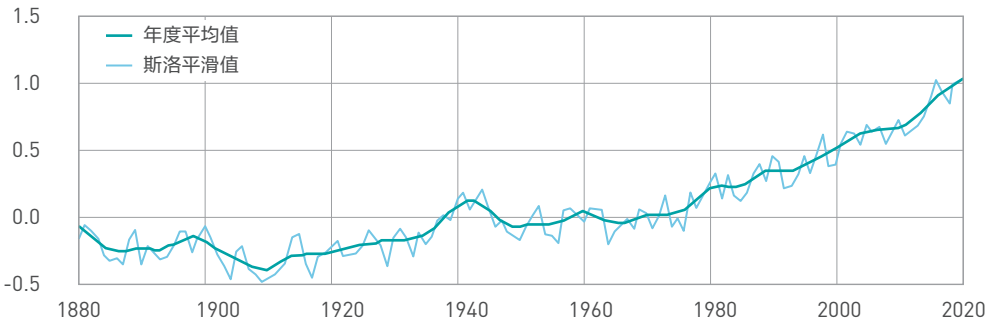
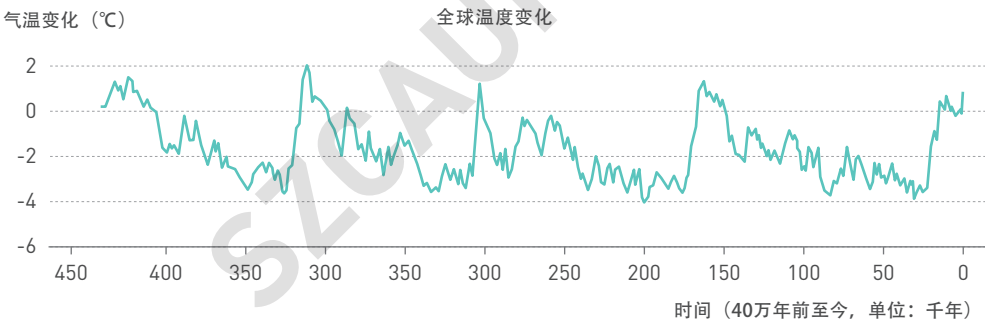


图 1-1-1 全球地表温度相对于 1951-1980 年间平均气温的变化情况
资料来源: NASA

气温变化 (°C)



CO₂ (ppm)

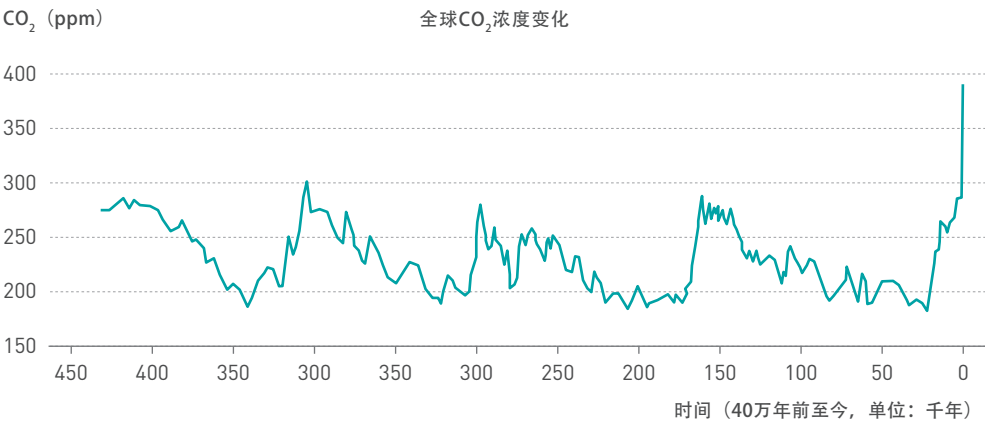


图 1-1-2 工业革命以来全球温度与温室气体浓度变化情况
资料来源: 政府间气候变化专门委员会 (IPCC)

010
011

总体而言，人类对全球气候变化的科学认知，经历了一个漫长发展和成熟的过程。1896 年，瑞典科学家 Arrhenius 首次提出二氧化碳浓度增加会导致全球变暖，并进行了模拟计算，结果显示大气中二氧化碳浓度加倍就会引起全球升温 5-6℃。20 世纪以来，人类在大气、海洋、地质等不同领域的研究不断取得进展，对气候变化的理论假说进行交叉验证，逐渐提高了气候变化研究的可信度。1960 年代之后，基于计算机模型进行理论模拟和验证后的气候变化科学更是真正发展成为一门成熟的学科。1979 年，第一次世界气候大会在瑞士日内瓦召开，与会科学家明确提出，大气中二氧化碳浓度增加将导致地球升温——这标志着气候变化的科学性开始受到国际社会关注。此后，世界气象组织（WMO）与联合国环境规划署（UNEP）于 1988 年建立了政府间气候变化专门委员会（IPCC），对全球气候变化进行评估，并于 1990 年发布第一次评估报告，各国政府开始正视人为温室气体排放问题。自此，全球气候治理被正式提上议事日程。

（1）碳目标的全球演化史

不同于污染排放对属地环境的危害，各地的碳排放通过大气循环均摊全球，具有超强的外部性。因此全球气候治理也必须在现行多边体制下探索建立相对应的国际合作与约束机制。

伴随世界政治经济格局的演化，我们可以看到全球气候治理框架也出现一系列重大转变：第一，全球气候治理的目标从治理力度优先，逐渐过渡到参与优先，再到国家利益优先；第二，国际气候谈判的焦点从“共同但有区别”的原则之争，到“自上而下”或“自下而上”的模式之争，再到能源、贸易、资金、市场、技术等具体利益之争；第三，主要集团博弈的格局逐渐从南北对立的“两大阵营”，转型为“两大阵营、三驾马车”（南北两方阵营，美、欧、新兴市场国家三个主要博弈方），再到逆全球化潮流下部分大国单边主义和全球多极合作并存；第四，多边进程的行为主体从国家政府主导，到政策和市场并重，再到非国家主体的广泛参与²。

1992 年，联合国大会通过了《联合国气候变化框架公约》（下称《公约》），为此后近三十年全球气候治理合作建立了基础的原则和框架。《公约》首先明确提出应对气候变化的最终目标是稳定大气中温室气体的浓度，以避免由于人为因素引起气候变化所带来的风险。其次，《公约》确立了公平原则、共同但有区别的责任和各自能力的原则、成本有效性原则等国际应对气候变化合作的基本原则，保障了此后国际气候变化合作进程向正确的方向发展。《公约》将缔约方分成了发达国家和发展中国家两大阵营以确定责任和义务，推动签约各国做出分类承诺——发达国家应率先开展行动，控制和减少其温室气体排放，还应该为发展中国家应对气候变化提供新的和额外的资金与技术支持。

2 柴麒敏. 全球气候治理是一面时代的镜子 [EB/OL].
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_5382448, 2019-12-31/2020-07-30

这一阶段，国际社会对应对气候变化抱有非常乐观的态度，发达国家和发展中国家在发展水平上尚存在巨大差距，发达国家对于承担主要责任并率先采取行动并无显著异议。但是，此后二十多年的发展历程证明，解决气候变化问题是长期而复杂的过程，新兴经济体的崛起对全球格局的改变，使得发达国家对于应对气候变化有了新的关切。

在《公约》框架下，《京都议定书》于 1997 年出炉并于 2005 年正式生效，自上而下地为发达国家规定了碳减排的法定义务，确定了发达国家间排放权贸易机制、发达国家与发展中国家间的清洁发展机制及联合履约机制等三大机制。

其后，2007 年第 13 次联合国气候变化大会通过的《巴厘路线图》，启动了发达国家和发展中国家之间的碳排放权的双轨制谈判。

2015 年，第 21 次联合国气候变化大会通过了《巴黎协定》，其新突破主要包括：一是提出了气候治理长期目标，即“把全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上 2℃ 之内，并努力将气温升幅限制在工业化前水平以上 1.5℃ 之内”；二是建立了一个混合“自上向下”和“自下向上”两种模式的目标管理机制，各缔约国将提交各自的“国家自主贡献”碳减排指标，并通过周期性“全球盘点”形成动态评估机制，以推动各国提高“国家自主贡献目标”的力度，逐步趋近气候治理的长期目标。

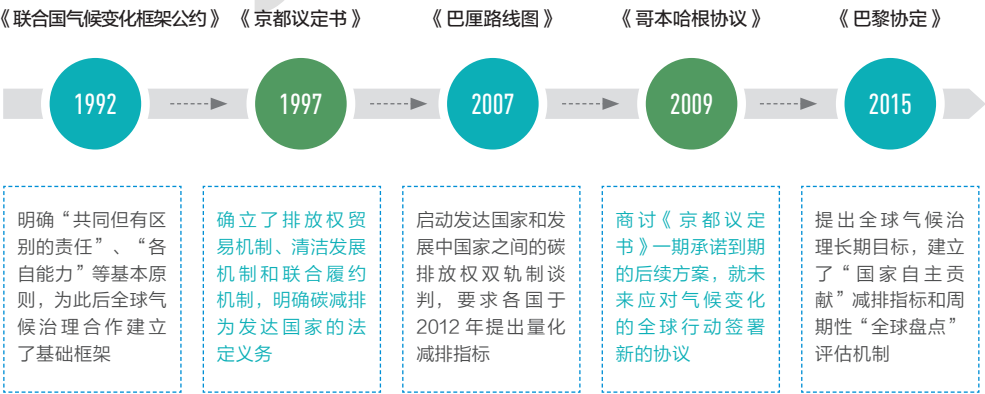


图 1-1-3 国际应对气候变化主要发展历程
资料来源：本章作者整理绘制

012
013

（2）碳治理的新时代价值

2020 年以来，在全球新冠疫情的影响下，国际社会对气候变化的关注也在持续升级。根据每日化石燃料排放量数据，由于疫情防控政策对全球经济社会活动特别是交通活动的抑制，全球二氧化碳排放量在经历数十年的稳步上升后，在 2020 年同比下降了 6.4%；然而随着世界范围内经济活动的逐渐复苏，“如果不采取大量的集体行动去抑制排放，2020 年最终只会成为全球碳排放记录的一个小小的偏移。”³ 各经济体利用疫情后的经济刺激计划和结构调整机遇，帮助经济增长走上“绿色轨道”才是更加可持续的气候行动。

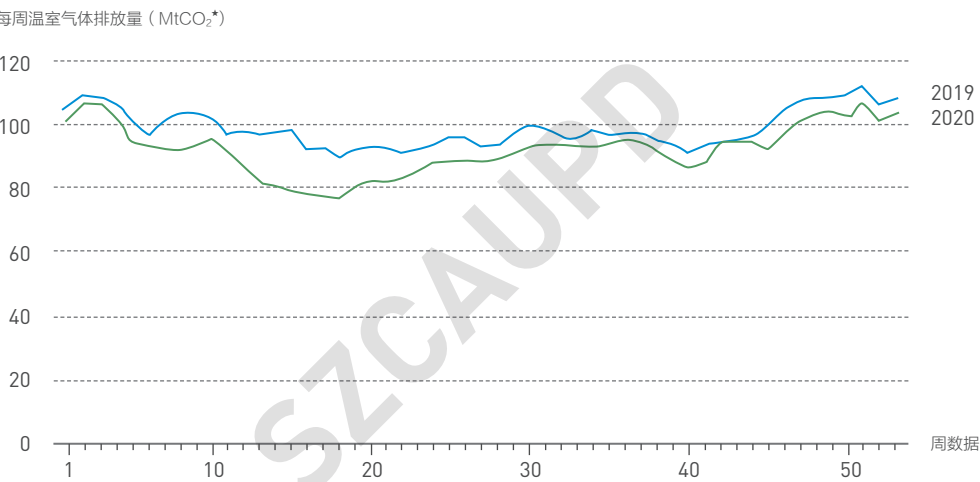


图 1-1-4 2019 年与 2020 年全球周纪碳排放量比较
资料来源：Nature 杂志官方网站，<https://www.nature.com/articles/d41586-021-00090-3>
*MtCO₂，即兆吨二氧化碳

目前，基于《巴黎协定》“自下而上”理念建立的“国家自主贡献”模式已经基本成型。在新时代政治多极化发展趋势凸显的背景下，应对气候变化的国际机制走向务实化和相对松散化的发展态势也更为清晰，而如何在求同存异的原则基础上，在多边利益博弈中谋求更见成效的合作共赢，成为新时代碳治理的核心议题：

在政治方面，美国在拜登政府的领导下重返气候应对多边机制，中、美、欧引领全球气候变化的意愿彰显，全球应对气候变化的领导力再次凝聚。与此同时，中国也更积极参与国际气候治理，在上述多边机制特别是发展中国家当中的影响力大幅提升。

3 环球科学·新冠疫情致 2020 年全球碳排放减少 6.4%[EB/OL].
https://huanqikexue.com/a/qiyanan/diqiu_ziran/2021/0119/31024.html, 2021-01-19/2020-07-30.

经济方面，绿色发展的理念已逐渐为世界各国所接受，无论是已进入后工业化阶段的发达国家还是仍处于工业化发展期的新兴经济体，都意识到以低碳转型带动下一阶段经济增长的重要性。应对气候变化的外在压力和实现经济增长的内在诉求并不存在本质分歧——信息时代的经济发展不再建立在能源和资源的大量消耗上，国际和区域的核心竞争力更加体现在知识和信息的获取和应用上；可再生能源的利用带来的也不只是环境的效果，它也意味着更为自由和公平的能源获取机会。这都体现着人类文明发展的深层次需求。

而在技术方面，最近十年来，低碳技术的创新和应用为应对气候变化提供了良好的支撑。可再生能源的大规模利用从理论成为现实，信息技术发展带来的智能电网、互联网+、大数据等崭新的技术和理念，不断夯实和丰富低碳发展的实现路径。

1.1.2 碳议程的时空影响分析

（1）政治经济学视角下的碳议程

应对气候变化的碳议程在很大程度上受到全球政治经济格局演变的影响。从上世纪九十年代开始，以中国为代表的一些发展中国家经济快速发展，对全球政治经济格局产生深远的影响，也同时影响着气候变化的利益格局。1990 年，美国还是全球第一大排放国，占世界排放总量的 23%。发达国家的排放量占全球的 66%。中国的排放量尚不足美国的一半。到 2012 年，发达国家排放量占全球总排放已经降到 41%。中国不但是第一大排放国，排放量基本达到美国和欧盟的总和，与发展中国家经济发展水平的差别也在不断地加大。受此影响，发展中国家阵营也不断分化且立场分歧逐渐显现，最不发达的国家更关注本国如何适应气候变化的问题，碳排小国开始要求所有碳排大国采取更积极的行动，而多数中等收入的发展中国家则希望维持团结，共同保持对发达国家的压力。

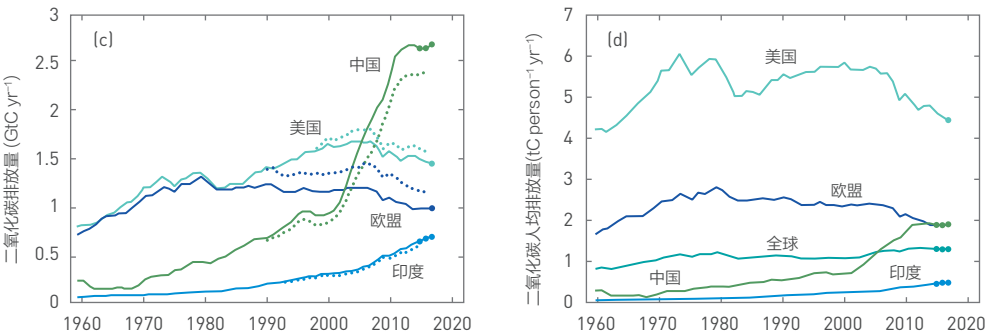


图 1-1-5 全球各大经济体碳排放总量和人均碳排放量变化
资料来源：Wrong way: 2018 global CO₂ emissions tick up again.

014
015

新冠疫情及随后出现的社会经济阻隔向各国充分暴露了过度依赖全球产业分工体系的安全问题，而长距离产业链的过度发展也对全球生态环境及气候变化产生了一定的负面影响——经此一役，国际生产分工和贸易都将可能出现阶段性的收缩和再组织。然而从长期来看，经济全球化和政治多极化仍将是世界政治经济格局的基本发展方向，也将是应对气候变化的全球利益格局演化的主背景。当前正是世界传统二元格局和多极化格局之间的过渡阶段，在新格局未能形成和稳定之前，气候变化问题上的南北分异格局也不会发生革命性的变化。

反过来，应对气候变化的全球性进程也对全球治理体系产生越来越强的作用力——世界主要大国和利益集团都试图通过在应对全球气候变化问题上的话语权，扩大或主导在全球政治经济体系中的优势和影响力。尽管《公约》所确立的坚持“共同但有区别的责任”原则被广泛认同，发达国家必须对气候变化承担更多责任。然而，涉及到具体的减排责任、资金与技术支持等问题，各国依然分歧严重，博弈无处不在。

以碳排放议题为例，发达国家认为，解决问题的关键是未来碳排放增量，因此目前正高速发展的国家如中国、印度、越南等，应承担更大的责任；而欠发达国家认为，发达国家要为他们的高额的历史排放和人均排放负责，所以发达国家应为减碳担负更多责任，也应予欠发达国家更多的经济补偿和技术支持。应对气候变化作为一种战略工具，不仅可以用来团结相同利益集团，更可以有效打压竞争者。例如，拜登政府认为中国需要为“一带一路”部分项目的污染及碳排放行为负责，并要求停止对沿线国家化石能源产业投资的金融支持。

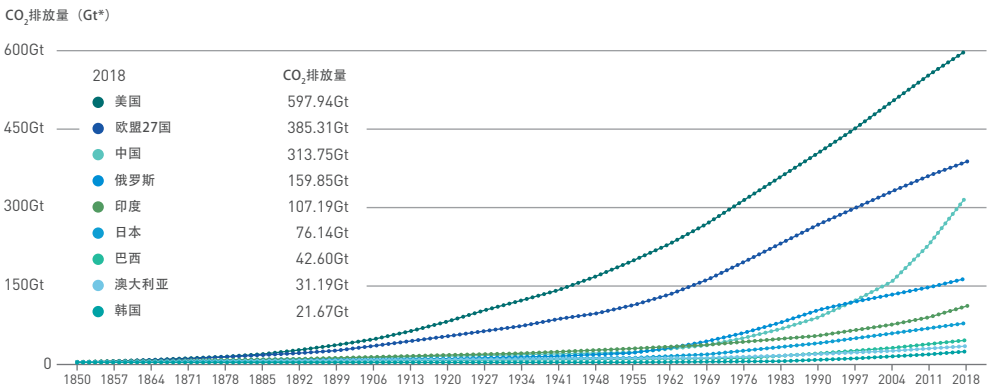


图 1-1-6 1850-2018 年部分国家 / 经济体累计碳排放量

数据来源: PIK

*Gt, 即十亿吨

此外，不同利益集团在碳排放量的核算方法上也存在巨大争议空间。从生产者角度去核算温室气体，确实数据易得，操作方便，目前各国的排放清单也是这样编制的。但是，产品的最终消费者是否理应承担其消耗物品生产环节所产生的部分碳排放呢？发达国家占据着全球产业分工的顶端，高碳产业早已转移，享用着廉价资源与工业品不用担责。而发展中国家不断生产，通过外贸出口满足他国消费需求，不仅要承担“减碳”大任，相互之间还要抢夺本已不多的发展空间。2014 年的全球碳预算报告（Global Carbon Budget 2014）指出，从 1990 年起，欧美等富裕国家减少的排放量实际上被他们“外包”出去的碳排放量所抵消，并且，这部分“外包”出去的碳排放量正以每年 11% 的速度增长。

（2）经济地理学视角下的碳议程

回顾人类近代史上的三次科技革命，对能源、信息和交通的生产方式矩阵均产生了革命性的巨大影响，能源、信息、物资的生产及运输的当量和效率均获得了飞跃式的提升，并且越来越不受时间和空间的限制，具有了越来越高的灵活性和自由度。前两次科技革命，无论是蒸汽机技术还是电力技术，都是以解决资源和能源的大规模获取和使用为核心。第三次科技革命带来人类在能源资源获取和利用能力上的质的提高，具有明显的精细化特征，意味着人类可以利用更少的能源和资源更为精确地满足社会需求。这种精细化的特征无疑将大大提高能源资源的效率，打破人类过分依赖化石能源的困境，可以说是对气候和环境更加友好的一次科技革命。

表 1-1-1 历次科技革命中“能源-信息-交通”生产方式矩阵的主要组合模式

历次科技革命	能源生产和传递方式	信息传递方式	物资传递方式
第一次科技革命	煤炭—蒸汽动力	电报	铁路为主的轴带集中运输
第二次科技革命	煤炭—电力、石油—内燃机	电话	公路为主的点对点分散运输
第三次科技革命	化石能源 & 可再生能源	互联网	基于物联网的多式联运

从经济地理的视角来看人类生产组织和技术发展的历史趋势，整体上是一个生产和消费的横向活动半径不断加大、对自然资源加工利用的纵向层次不断增生的过程。工业革命特别是第二次科技革命以来，人类在不断开发新的能量来源、增加人口容量的同时，将源于自然界的产品的生产环节和加工工序不断复杂化，并产生大量的运输和交易过程中的能源和资源浪费（美国 2020 年能源消费结构当中有 62.3% 的能源是在二级能源生产、运输过程和终端使用过程中被损耗和浪费掉的）。以信息技术和新能源技术为核心的第三次科技革命及其所衍生的新消费文化，使得旨在精简人类生产的横向活动半径与纵向加工层次的“去中心化”的分布式生产布局，以及“在地化 + 定制化”的短链生产 - 消费模式成为可能：

016
017

一方面，在生产活动的横向空间布局方面，信息技术的指数级发展和新能源技术的逐渐深化与普及，使得未来人类社会的生产与运输，能够基于海量而精准的系统化信息处理，进行更为灵活和分散的空间布局，从而使更多的在地化生产和消费成为可能，最大程度地减少不必要的横向传递与消耗。

另一方面，在生产体系的纵向结构层次上，信息技术革命将促进旨在减少加工和交易层次的“在地化+定制化”生产消费模式的转型，以及组织和空间意义上的“去分工化”的劳动分工模式的转型：组织意义上，个人的社会经济分工角色呈现多元化趋势，社会分工结构则由传统的树状结构向交叉网络结构转变；空间意义上，大量的社会经济分工角色出现在地化倾向，社会组织结构则可能出现小型化、本地化、网络化趋势。

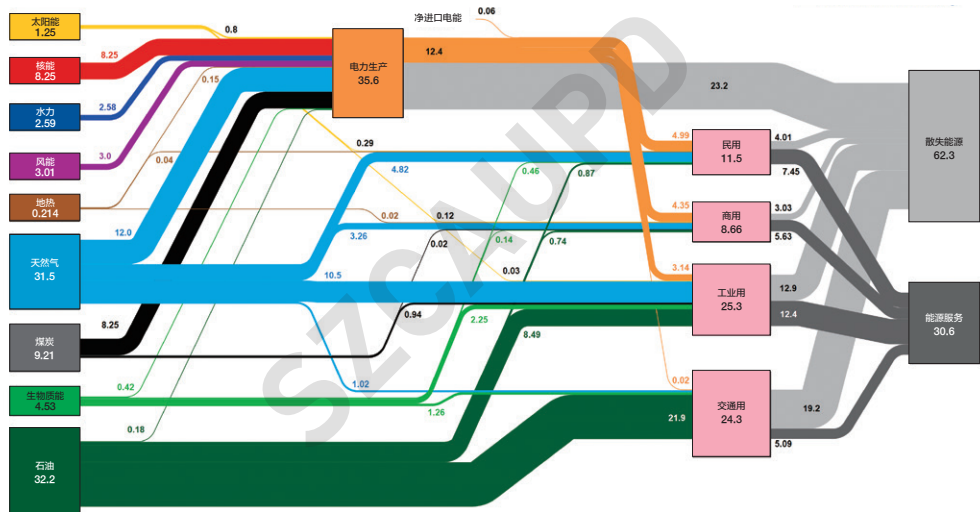


图 1-1-7 2020 年美国能源消耗结构 (能源消耗分类估算值, 单位 Quads)
图片来源: 美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室 (Lawrence Livermore National Laboratory), <https://www.llnl.gov/news/pandemic-drives-down-us-energy-use-2020>

尽管大尺度的资源调配以及生产分工在某些领域仍将长期存在，但是我们可以预见，人类对自然资源的生产加工和消费模式在横向空间和纵向层次两方面的转型，将最终带来扭转人类与地球之间紧张关系的重要拐点。

1.2 中国使命：碳革命的大国担当

1.2.1 中国低碳发展现状与未来

“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现‘碳中和’”。这是国家主席习近平在 2020 年 9 月的第 75 届联合国大会上对全球气候治理作出的中国承诺（以下简称“双碳”目标）。

与我国在《巴黎协定》中提出的将在 2030 年左右实现碳排放达峰的气候目标相比，“双碳”目标显然是更具雄心也更需力度的气候治理目标，将对全球气候治理目标的达成起到重大推动作用，同时也意味着中国未来四十年的经济增长将与碳排放深度脱钩，中国的经济结构和能源、产业、交通、建筑、消费等领域的发展战略都将面临深度革新。

(1) 中国碳排放现状

中国自 2006 年起已超越美国成为全球最大的碳排放国。2019 年我国碳排放总量达到 98.25 亿吨，占到全球的 28.8%，超过美国和欧盟的总和；人均碳排放量已超过欧盟，仅次于美国，而如延续原有发展模式，还将在短期内超过美国；碳排放强度为 6.88 吨 / 万美元，高出全球平均强度 43%。

尽管碳排放总量大，但我国此前的气候治理行动已初现成效——与 2005 年相比，2019 年我国单位 GDP 二氧化碳排放下降了 48%，同期 GDP 增长超 4 倍，非化石能源占一次能源比重从 7.4% 提高到 15.3%。未来，随着经济发展延续新常态，碳排放强度目标逐步实现，碳排放总量的增速也将进一步降低。

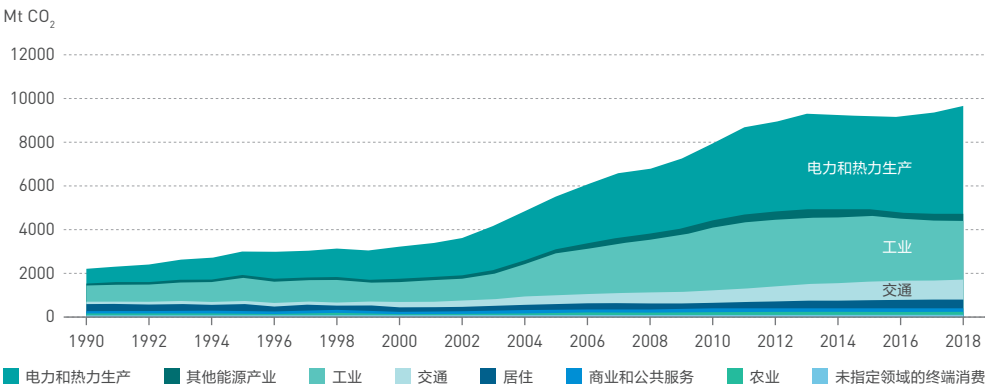


图 1-2-1 1990-2018 年中国分行业二氧化碳排放量变化
图片来源: 国际能源署 (IEA), <https://www.iea.org>

从行业角度，根据国际能源署（IEA）统计，2018 年中国来自电力和热力生产、工业的碳排放量占总量的比重相对全球来说明显更高（分别高出近 10%）。这意味着，中国的碳减排，既要积极发展零碳电力，也要结合自身国情，对一些高耗能工业行业施加减排压力。全球能源互联网发展合作组织 2021 年发布的《中国 2060 年前碳中和研究报告》，给出了更具体的碳减排测算，预计未来中国电力生产等能源活动将承担总减排量的 81%。

从区域角度,以中国分省数据来看,2017年山东、江苏、河北和内蒙古二氧化碳排放总量最高。宁夏、内蒙古、新疆和山西的碳排放强度最高。宁夏和内蒙古碳排放年复合增速最高。后续受“双碳”目标影响最大的省份,可能更多取决于中央对各省的减排目标是控总量、还是控强度、还是控碳排放增速,亦或三者都有。但大体而言,碳排放总量大、强度大、增速快的省份,或者产业结构过于依赖高耗能行业的省份,受政策冲击可能会较大⁴。

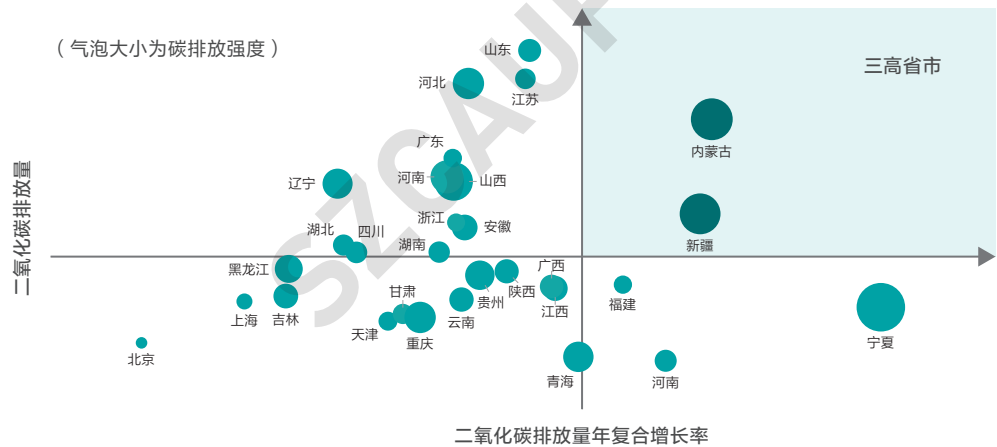


图 1-2-2 2017 年中国各省市碳排放量和增长率对比
资料来源：CEADs，华创证券

总体而言，我国的低碳发展转型还面临着一系列严峻问题，包括：制造业在国际产业价值链中仍偏向中低端，产品能耗物耗高，增加值率比较低，经济结构调整和产业升级任务艰巨；能源结构优化任务艰巨，石化能源尤其是煤炭消费占比较高，单位能源的二氧化碳排放强度比世界平均水平高约30%，；三是单位 GDP 的能耗仍然较高，建立绿色低碳的经济体系任务仍然艰巨而长远⁵。

4 张瑜. 中国的“碳”都在哪里 [EB/OL].
<http://finance.sina.com.cn/zt/china/2021-04-20/zl-ikmxzfmk7891284.shtml>, 2021-04-20/2021-07-30.

5 杨拯. 清华报告: 中国 2060 年实现碳中和, 减排将远超发达国家 [EB/OL].
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_9546740, 2020-10-14/2021-7-30.

（2）气候应对行动与挑战

为达成我国各阶段气候治理目标，必须依靠市场和政府双轨协同前进：既要充分利用市场机制和市场化工具推动减碳行动和绿色经济，同时又要意识到在气候治理问题上存在不可避免的“市场失灵”，因此政府要适时制定和优化气候治理相关法规政策、战略规划和行动路线。

为了统筹推进开展适应气候变化工作，国家发改委于 2013 年发布了《国家适应气候变化战略》，作为中国第一部专门针对适应气候变化方面的战略规划，提出了中国强化应对气候变化行动的十五个方面的政策和措施。2014 年发布了《国家应对气候变化规划(2014-2020 年)》，明确了到 2020 年国家气候变化的原则、目标、重点以及重点领域的相关措施。相关战略和规划发布以来，各相关部门开展了大量综合性和系统性的工作，同时还积极开展气候适应型城市的试点工作，提升城市应对气候变化的韧性。

伴随国家在 2015 年《巴黎协定》和 2020 联合国大会上提出的绿色减碳目标，生态环境部正在组织编制《国家适应气候变化战略 2035》，以明确我国到 2035 年适应气候变化的目标和任务，并且将适应气候变化与科学发展、基础设施建设、消除贫困等行动有机融合，构建适应气候变化的新发展模式。

与此同时，碳排放权交易体系将成为我国实现“双碳”目标的市场化制度支撑⁶，把建立全国统一碳市场，把更大范围内的重点排放源纳入碳交易，作为完成国家自主贡献目标的重要手段。另外，《巴黎协定》的签署也为我国深度推进能源定价机制的市场化改革提供了契机。在确保经济稳定增长的前提下，通过碳市场的建设和能源市场的改革，减少经济社会发展对能源资源的损耗，减低经济社会发展对生态环境的负面干扰，起到助力传统产业低碳化转型升级、促进绿色低碳新兴产业快速发展、深度推进供给侧结构性改革的作用。

当前，中国已成为全球第二大经济体和第一大碳排放国，但中国主要发展指标和长期存在的“二元经济结构”特征，均显示了其发展中国家的定位。中国的历史责任、发展阶段和基本国情，既是我們提出“双碳”目标的主要依据，也构成了中国落实碳减排行动的主要挑战：

从经济发展阶段来看，中国总体上处于工业化中期向后期过渡的阶段，以重工业和加工制造为核心的工业化仍需持续一段时间。从城市化进程来看，中国仍处于城市化加速发展阶段。中国经济与发

6 我国碳排放权交易体系的核心政策文件《碳排放权交易管理办法(试行)》于2020年底发布,并自2021年2月1日起施行。该体系旨在通过一个可交易的绩效标准来降低碳排放强度,并将率先在发电行业实施,预计未来将拓展到其他行业。

020
021

达经济体在国民收入、经济结构、技术水平和经济增长质量、资源环境质量、人文社会发展等方面都存在显著差距。

从中国经济发展与转型前景来看，中国当前面临经济下行压力，经济社会发展的结构性矛盾日益突出，在落实《巴黎协定》过程中可能面临转型成本，包括产业转型过程中可能出现的结构性失业问题。此外，中国应对气候变化的宏观管理能力尚有不足，法律法规、政策体系还不健全，许多领域仍处于空白状态，例如对温室气体排放的监测监控核算能力和执法能力还较薄弱。这些都对中国落实“国家自主贡献”目标、推进气候行动构成了挑战。

1.2.2 中国低碳转型的时空策略

中国如何设计和推进低碳发展的时空路线？首先，我们面临的问题是如何将外在约束机制（国际承诺目标）成功转化为内生动力机制（市场工具 + 考核机制），而这当中最为关键的市场机制，不仅应当包括供给端的碳交易机制，还应包括联动需求端（消费端）的碳税等碳定价机制，从供给和需求两端同时促进全民生产生活向低碳发展和绿色增长转型。与此同时，中国又是一个幅员辽阔、区域发展不平衡的大国，低碳领域的各类国家重大战略和政策，也应继续以自上而下的顶层设计和自下而上的局部试点相结合的方式稳步推出、持续优化，探索不同类型地区和主体推进减碳和低碳发展的有效路径。

（1）外部策略

未来，任何涉及国际间合作的行动都需要考虑应对气候变化因素。例如，国际社会已经开始从应对气候变化的角度审视“一带一路”等中国近年提出的一些国际合作倡议，中国只有通过“一带一路”对外合作战略的绿色低碳转型，方能构建起可持续发展的新型国际合作关系。事实上，中国能否更好地担负应对气候变化之重要引领者的责任，将成为构建负责任大国形象一个重要的组成部分。

而在未来应对气候变化国际谈判和国际合作中，中国应该主动倡导把应对气候变化谈判从“争排放空间”转向“谋低碳合作”。尽量减少气候变化国际谈判中的政治性争论，表现出中国在推动应对气候变化国际合作上真诚务实的态度。中国已经把推动低碳发展作为协调经济发展和生态保护的重要途径，并作为国家未来发展战略的重要组成部分。从碳强度目标、碳交易试点到低碳城市试点，中国已经开展了大量的工作，成为践行低碳发展的先锋。未来我们更应积极尝试把国际谈判和国内工作更为有机的结合起来，充分利用国内实践经验，掌握并利用话语权，创造一个更有利于国内低碳发展的国际环境。

中国如何更加从容而有效地应对国际气候合作的变局？首先，中国的气候变化行动应基于自身国家利益的需求，这就要求中国在气候变化政策的制定中充分考虑其宏观成本收益比——即中国减缓和适应气候变化本身所带来的共生效益应超出气候行动的成本。其次，中外气候变化合作的机制和层级应相对灵活，例如我们与美国的气候变化合作机制即可从国家层面适当下沉至省州层面——美国西部和东北部各州近年来始终积极推动气候变化政策和行动，中美在国家以下层面的气候变化合作可以作为未来加强的重点⁷。

（2）内部策略

作为发展中国家，我国的碳排放在一定程度上还要继续增长，跟发达国家在已经达峰并逐年下降的情况下推动低碳行动的策略必然不同。我们在行动路线和制度设计上要适应实际国情，在吸收国外先进经验的基础上形成适合我国的设计。

首先，为实现我国 2060 年碳中和的愿景，专家建议采取“长期低碳转型路径”，即 2030 年前执行“强化政策路径”，其后加速向“1.5℃路径”靠拢。若按照我国提交巴黎协定的“国家自主贡献”目标执行一般政策路径则无法实现碳中和，而以现状的发展基础和需求来看，直接采用“2℃路径”或“1.5℃路径”的可行性也较低。

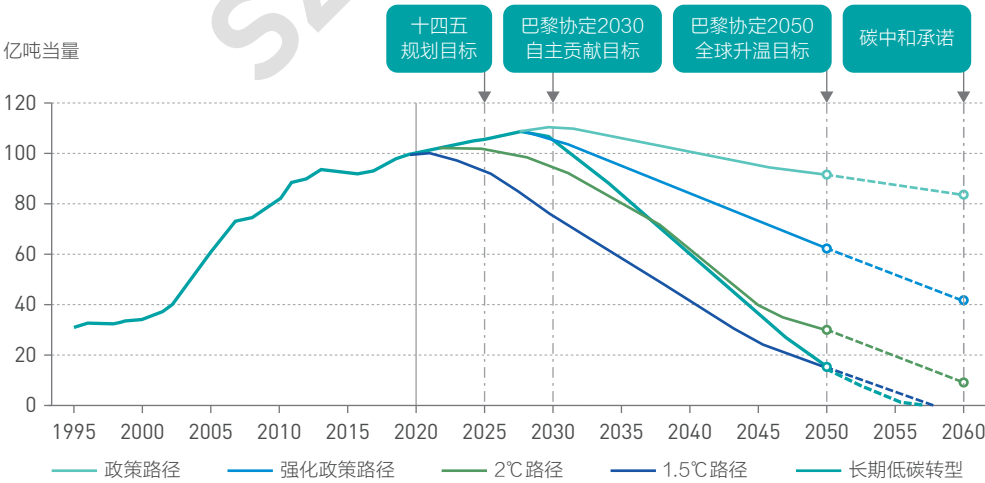


图 1-2-3 中国实现 2060 年碳中和愿景的“长期低碳转型路径”

资料来源：清华大学气候研究院，华泰证券研究所

7 张雁,张俊杰,王克,张志强,孙永平.全球气候治理：从中国方案到中国行动 [N]. 光明日报,2016-11-23 (15).

022

023

在具体的低碳转型发展策略上，我们在工业、能源、建筑、交通等四大碳排放核心部门的低碳转型路径应包括：

第一，增长方式的低碳转型。通过改变产业发展方式，靠技术进步和创新驱动产业增长，促进传统产业的低碳转型，大力发展新型绿色低碳经济，逐步实现经济增长和碳排放的脱钩。

第二，能源系统的低碳转型。通过实施能源生产和消费革命，构建以清洁、低碳为特征的能源供应体系，合理控制能源需求总量，大幅提升能源利用效率和管理水平，逐步实现能源增长和碳排放的脱钩。

第三，消费模式的低碳转型。通过转变市民生活和消费方式，在满足合理消费需求和提升生活品质的同时，通过广泛的宣传教育和积极的政策引导，形成绿色、低碳、节约的消费理念和生活消费方式，逐步实现消费增长和碳排放的脱钩。

第四，城市化模式的低碳转型。城市形态、城市设计和城市连通性是决定城市温室气体长期排放水平的重要影响因素，通过改变城市形态、加强低碳基础设施建设，改善对土地利用模式与公共交通体系的设计和规划以实现低碳转型。

考虑到建筑及其相关能耗占了中国能源消耗的 40%，为了实现碳达峰、碳中和目标，我们必须在城市和乡村的空间规划和建筑设计中推行碳中和理念，通过不同的行政和市场手段促进在现有建筑改造和新项目建设中的绿色低碳实践⁸。

从我国 2011 年启动的低碳试点城市的发展经验来看，大部分试点城市都明确提出了碳排放峰值目标，并积极探索总量控制制度、近零碳排放区示范区工程建设、低碳产品和低碳技术推广、碳数据管理、重大项目碳评价制度、城市规划碳排放评估等，探索了不同类型城市的低碳发展模式，具有很强的代表性。试点城市整体碳排放得到了很好的控制，碳排放强度下降幅度更大，部分试点城市已经进入达峰平台期。与此同时，许多试点城市将低碳理念有机融入生态文明建设之中，积极响应国家发展理念和战略调整给市场、技术、资金、资源能源与环境带来的变化，破解发展过程中面临的资源与环境瓶颈，满足自身发展转型、产业升级并提升竞争力的需求。此外，试点城市将规划作为抓手，在城市低碳发展规划的编制与实施过程中，为更加深入持久的低碳发展转型奠定了良好基础。

8 徐林. 碳达峰碳中和的实现举措与政策机制 [EB/OL].
https://opinion.caixin.com/m/2021-03-22/101678509.html, 2021-03-22/2021-07-30

1.3 湾区行动：碳目标与空间重构

1.3.1 他山之石：国际低碳发展经验借鉴

（1）美国：绿色低碳相关政策法规、规划与行动实践

作为世界上人均碳排放最高的第一大国，美国在应对气候变化问题上始终伴随民主党和共和党的交替执政而左右摇摆。在共和党执政期间的消极战略之下，美国是迄今为止唯一没有签署《京都议定书》的发达国家。而继民主党“绿色总统”奥巴马对内发布《应对气候变化国家行动计划》与《清洁电力计划》，对外积极推动达成全球气候治理领域最具影响力的《巴黎协定》等重要国际合作协议之后，共和党总统特朗普上台仅五个月后就宣布美国正式退出《巴黎协定》，并从联邦预算中砍掉了奥巴马向联合国“绿色气候基金”承诺的资金支持。

2021 年民主党重新入主白宫，拜登政府重启“绿色新政”，并在 4 月刚刚主办的全球领导人气候峰会上表态，2030 年美国碳排放将比高峰的 2005 年减少 50%-52%；2035 年实现无碳电力；2050 年目标碳中和。拜登更承诺要在四年任期内投入 2 万亿美元用于气候行动。以环保名义控制传统能源的同时，无论是加大清洁能源科技创新以打造经济增长新引擎，还是加强清洁能源基础设施建设以拉动内需，都体现出拜登版“绿色新政”对于国内就业格局再造的重视，其竞选团队曾估算这一计划将创造 100 万个就业机会。

尽管在联邦层面存在国家战略和政策方向上的摇摆，但是回顾美国在气候应对和低碳发展相关的法规、规划和行动领域的组合演进，自 20 世纪 70 年代以来仍然呈现出逐渐完整和体系化的趋势：

① **逐步健全的联邦层面的碳减排政策法规。**从 20 世纪 70 年代起，美国多次出台能源与减排相关法案，逐渐形成完整的碳减排政策体系。1970 年正式通过的《清洁空气法》是美国环境立法历史上有重要意义和深远影响的第一部法案，也是很多国家在制定空气质量法律法规方面的样板。奥巴马政府时期，美国高度重视低碳发展，2009 年美国国会通过了《美国清洁能源与安全法案》，对提高能源效率进行规划，确定了温室气体减排途径，建立了碳交易市场机制，提出了发展可再生能源、清洁电动汽车和智能电网的方案等，成为一段时期内美国能源领域碳减排政策的法定依据，通过把美国打造成全球清洁能源的全球领跑者而重振美国经济，创造相关就业。2013 年颁布了《应对气候变化国家行动计划》，不仅是对奥巴马第一任期以来所执行的各项气候相关政策的总结，也是对未来美国气候变化应对政策的一个远景规划，标志着美国的气候变化应对政策从相对被动全面走向积极主动。2014 年推出的《清洁电力计划》，确立 2030 年之前将发电厂的二氧化碳排放量在 2005 年水平上削减至少 30% 的目标，这是美国首次对现有和新

024
025

建燃煤电厂的碳排放进行限制。一系列应对气候变化的顶层设计，引领了美国 2007 年碳达峰后的快速去峰过程。

② **自下而上的地方气候变化创新政策和行动。**相对于联邦政府在两党执政期间对气候政策和行动的摇摆不定，以加州为代表的地方行动自下而上地持续为美国低碳发展注入活力。2006 年加州通过了《加州全球变暖行动法案》（简称 AB32 法案），是美国第一个州层面具有法律效力的碳减排法案和行动方案，要求 2020 年的温室气体排放量降低到 1990 年的水平或比预测情境减排 25%，同时赋予了加州空气资源委员会管辖区域温室气体排放的职责。2008 年加州通过了《加州可持续社区和气候保护法案》（简称 SB375 法案），该法案要求加州的 18 个大都市区（包括湾区）定量减少由汽车和轻型卡车产生的温室气体排放量，要求州内各大都市区制定“可持续社区发展战略（SCS）”作为区域交通规划的一个新组成部分，促进集约、混合用途、可持续的商业与居民区开发，以达到由加州空气资源委员会为每个区域制定的温室气体减排目标。之后，加州还实施了一系列环保项目，包括“总量限制与交易”计划、低碳燃油标准、可再生电力强制措施和低排放汽车激励措施等，带动其他州也纷纷采取措施，逐步形成自下而上的碳减排合力。自 2005 以来，美国东北部、西部、中西部诸州先后启动了“区域温室气体计划”、“西部气候行动”和“中西部温室气体协议”等跨州甚至跨国的区域性气候行动方案和联盟，还有近千个城市参与的“美国市长气候保护协议”、共 40 多个州参与的气候变化登记系统等。地方行动在实践过程中，不仅促进了整个国家的减排程度，更为如何有效运转各类减排机制、协调不同主题的行动方案等领域积累了丰富经验，也为联邦层面的政策和法律设计出台奠定了坚实基础。

③ **高度关注碳减排与可持续发展的区域规划。**以旧金山湾区为例，《加州可持续社区和气候保护法案》推出后，湾区区域交通规划（由大都市交通委员会和湾区地方政府协会联合编制）陆续推出了《规划湾区》等一系列包含“可持续社区战略”的新型区域规划，明确了通过在交通节点地区推进更紧凑的集中式增长以及混合功能的社区开发和更新，以努力达成减少人均温室气体排放的区域发展目标。该系列规划的核心策略是推动社区沿着现有交通网络的“集中式增长”，为实现区域经济、环境和公平关键目标提供“最佳性价比”方案：基于现有社区的特征，有效利用现有的基础设施，在由各地方政府识别、推荐并批准的优先发展区实施“集中式增长”战略并减轻对优先保护区的影响。《规划湾区 2040》成功地提前将人均二氧化碳排量降低到比 SB375 法案规定的 2035 年指标更优的水平，这也得益于湾区《气候行动计划》对气候保护领域强劲的资金支持。

而上述新型的区域交通规划系列仅是区域气候变化应对战略拼图中的一块。湾区空气质量管理区还通过了《2017 年清洁空气规划》，为保护公众健康和气候变化应对提供了更为系统化的区域战略，提出湾区如何在实现所有州和联邦级别的空气质量标准，以及消除因空气污染造成的健康风险差异

方面继续取得进展。该规划进一步确定了湾区向“后碳经济”转型并实现 2030 年和 2050 年的温室气体减排的目标愿景和区域气候保护战略。

（2）欧盟：多主体协同的低碳发展策略及路径

欧盟是世界范围内低碳发展价值观的主要引领者，是最早承诺大幅度强制减排的主要经济体。同时，欧盟也是构建跨国家主体形成制度体系并达成共识策略的成功践行者，目前已通过谈判协商并出台具有法律约束力的文件《欧洲气候法》，并与《欧洲气候公约》、《欧洲绿色协议》等其他协同文件，共同保障未来欧洲碳中和目标的顺利实现。

① **欧盟及其成员国在低碳领域的双重主体架构。**基于区域多元独立主体的现实基础，欧盟以协同有效作为构建体制的首要标准。在绿色低碳领域，构建“欧盟委员会 + 欧盟成员国”的双重主体，尤其强调通过鼓励欧盟成员国为自身主体发声且相互尊重耐心，保障欧盟成员国能够积极参与决策并支持最终决议，形成对外统一和对内执行的双重稳定。

欧盟及其成员国双重主体均在减排立法中发挥双线推动的重要作用。首先，在成员国层面，欧盟主要国家如德国、法国、瑞典和英国等均在以积极立法方式推进节能减排。以德国为例，德国在 21 世纪初即出台了一系列国家长期减排战略、规划和行动计划，如 2008 年《德国适应气候变化战略》、2011 年《适应行动计划》及《气候保护规划 2050》等。在此基础之上，德国政府又通过了一系列法律法规，如《联邦气候立法》《可再生能源优先法》《可再生能源法》及《国家氢能战略》等，其中 2019 年 11 月 15 日通过的《气候保护法》首次以法律形式确定德国中长期温室气体减排目标，包括到 2030 年时应实现温室气体排放总量较 1990 年至少减少 55%。此外，为进一步落实具体行动计划，德国政府于 2019 年 9 月 20 日通过《气候行动计划 2030》，计划对每个产业部门的具体行动措施进行明确规定。总体上构建了系统性的法律体系。而在欧盟层面，欧盟委员会作为碳中和立法机构一直以来均在积极推进具有法律约束力的协同工作。在这个过程中，欧盟先是解决各国协同中关于经济利益的核心问题，如：2008 年欧盟委员会通过“气候行动和可再生能源一揽子计划”法案，内容包括欧盟排放权交易机制修正案、欧盟成员国配套措施任务分配的决定、碳捕获和储存的法律框架、可再生能源指令、汽车二氧化碳排放法规和燃料质量指令，由此形成了欧盟的低碳经济政策框架。该计划是最早具有法律约束力的欧盟碳减排计划，被认为是全球通过气候和能源一体化政策实现减缓气候变化目标的重要基础。在此基础上，2020 年 1 月 15 日，欧盟委员会通过《欧洲绿色协议》，提出欧盟到 2050 年实现碳中和的碳减排目标，也为后来《欧洲气候法》的出台和将碳中和目标写进法律做好铺垫。

② **关注不同主体间协同，构建绿色低碳的全要素策略。**欧盟已在区域尺度承诺中期目标为 2030 年温室气体排放量比 1990 年至少减少 55%，远期目标在 2050 年实现区域碳中和。虽然至今以《欧

洲绿色协议》、《欧洲气候法》等为代表的文件，仍需要各个成员国的政治法律认可才能得以生效，但作为先进理念的绿色发展战略，其以“公平、繁荣的社会，以及富有竞争力的资源节约型现代化经济体”为目标，囊括了学者、政府、企业及社会团体等不同主体，覆盖了能源、工业、生产和消费、大规模基础设施、交通、粮食和农业、建筑、税收、社会福利等不同要素，力争实现经济增长与资源消耗脱钩。在具体的策略行动中，欧盟重视兼顾公平与繁荣，保障目标实现所需的资金及技术，以目前在《欧洲绿色协议》所涉及的八个领域具体行动可见，其旨在构建全要素但彼此支撑的统一框架：“提升欧盟2030年和2050年的气候目标”、“提供清洁、可负担的和安全的能源”、“促进工业向清洁和循环经济发展”、“以高能效和高资源效率的方式建造及翻新建筑”、“无毒环境的零污染目标”、“保护和恢复生态系统和生物多样性”、“从农场到餐桌的绿色农业战略”、“加速向可持续的智能交通转型”。

③ 尊重成员国禀赋差异，以灵活弹性机制保障区域目标顺利实现。在关注区域尺度并设立整体目标价值的同时，欧盟尊重具体成员国对于政策的响应和调整。如：欧洲能源资源禀赋差异显著，煤矿资源主要分布在乌克兰的顿巴斯、波兰的西里西亚、德国的鲁尔和萨尔、法国的洛林和北部等地，石油资源主要分布在喀尔巴阡山脉山麓地区、北海及其沿岸地区，天然气资源储备主要分布于北欧国家。此外，各成员国文化传统差异明显且伦理道德评判标准不同，同为欧盟大国的德法对于核能即采取不同的能源路线。德国经历二战阴影对核威胁有强烈的民族意识，在早于日本核事故之前即讨论弃核并以太阳能、风能为主的可持续能源路线，而法国则因核工业可提供数十万直接间接就业岗位等因素，在当前核电占全国约70%的电力消费的基础上多次明确重申保持有序减低但核能仍不低于50%的同比其他世界国家的高比重。

此外，欧盟构建在保障区域整体大目标的同时，特别针对成员国的硬性弹性相结合灵活机制。如，欧盟明确表示整体区域的可再生能源占比将于2030年至少提升至27%。在此硬性指导政策下，深入分析和探讨每个成员国的具体情况，并根据《欧盟可再生能源指令》中的《减排分担协议》对其具体目标进行弹性调整。如：瑞典因其可持续能源发展技术先进基础优异而将其本国的占比上调为50%，马耳他因相应技术落后而下调为10%，以此方式在区域整体能够保障欧盟27%目标值的顺利实现。

（3）日本：低碳城市建设的政策和规划推动

日本推进绿色低碳型城市建设的一系列探索，自战后能源危机时已起步，迄今在多个重点领域已取得显著成效，尤其在节能体系、可再生能源开发、海洋能、地热、太阳能、垃圾发电、风能、燃料电池等新能源领域，处于世界顶尖水平。同时，日本的规划部署和实施举措中已形成较为成熟的低碳理念，将节能减排和新能源利用落位在空间上，体现在规划理念、交通布局、建筑设计、城市能源结构、生态保护、土地利用、生产生活方式中节能减排和新能源利用等方面。通过合理紧凑型城市空间安排和智能化城市管理体系构建实现低碳城市目标。

政策方面，1997年日本签署《京都议定书》旨在限制温室气体排放、改善都市环境，2008-2012年中，《京都议定书》规定了日本向国际社会承诺碳排放量比1990年减少6%；2007年东京政府颁布《东京气候变化战略：低碳东京10年计划的基本政策》，详细阐述了东京未来应对气候变化的长期战略规划，设定目标到2020年相对2000年减少25%的温室气体排放；2008年日本环境省颁布了《面向低碳社会的12大行动》，提出在工业、交通、建筑、能源结构等领域的具体减排技术和制度措施；2010年发布《东京气候变化战略—进展与展望》，形成东京以项目治理为核心的低碳发展路径，东京全球首发建立并推行城市碳总量控制与排放交易体系——排放权贸易；2011年国土交通省发布《低碳城市建设指导方针》，提出城市向集约型城市结构转变和交通与城市结构领域、能源领域、绿化领域三大方面措施；2012年日本正式实施《全球变暖对策税》和《购电法政策》。

2008年日本提出“构筑环境示范都市”，现在总共23个城市指定为“环境示范城市”，预计以后将逐渐增加到40到50个城市，最大限度地灵活利用地方资源，形成集约型城市、整合公共交通体系、优先利用可再生能源、革新居住、保护森林等绿色植被。2010年6月18日内阁会议决定“环境未来城市构想”，继“环境示范城市”之后的又一发展目标，最终将“环境示范城市”进一步上升至“环境未来城市”，从而对应环境、高龄化社会，目前批准实践的城市有11个。

举例而言，富士山集约城市功能、发展特色经济和产业、提高中心城区交通便利度，打造中心城区就业、购物、休闲、文化活动综合场所，促进住宅向中心城区集中，完善保育、养老设施并进行多功能社区建设，促进产业集聚和技术创新。从城市空间形态、能源利用等领域探索创新，提高建设用地利用效率、加强产业内部及关联产业间集聚效应，在国土空间规划实施中纳入低碳城市建设。东京帮助企业控制、降低温室气体的排放，大力推广限额贸易系统；控制城市建设过程中的温室气体排放，新建筑测试能耗要求要高于现行标准；倡导东京市民以家庭为单位进行低碳生活，推行节能灯的使用，加装隔热窗户等；打造低碳交通，推广新能源汽车使用；通过大数据分析、新能源与新材料、移动互联网等技术性解决方案提高城镇能源与资源的使用效率以及管理的智能化、数字化水平；构建智能交通体系，实施节能省时的优化路径、相关交通工具的选择方案；推动能源供给和需求的可视化、智能化管理，将家庭、楼宇、社区的能源供求情况进行实时统计，对历史数据进行分析，预测出能源需求情况，从而统筹平衡、削峰平谷。

1.3.2 湾区行动：迈向绿色增长的湾区发展策略

在全球疫情绵延不绝、气候事件影响加剧、国际流动分工受阻、区域近域合作强化等背景下，粤港澳大湾区需要在充分尊重人与自然在湾区和谐共生关系的前提下，以“双碳”目标作为空间发展和规划转型的出发点，从增进碳汇和减少碳排放的正负双向进行发力，对湾区空间结构和规划策略进

行相应的系统性优化调整，并从生态、创新、人文、互联、协同等五大领域提出湾区绿色增长和低碳发展的行动策略。

（1）相向而行：大湾区整体空间优化策略

基于本书第二章从碳排放评估视角对区域空间结构模式的分析，多中心、扁平化的城镇空间结构模式和临近型交通流动模式，相对于单中心、层级化、随机型的架构体系要更加低碳，但与此同时，区域中心布局的分散化和扁平化又需要掌握一个相对适度的阈值，过度的分散化和扁平化布局将不利于具有国际竞争力的高品质区域功能中心的培育。

从大湾区现有的区域空间结构来看，湾区整体仍以多中心、层级化的结构模式为主，交通通勤则在广州和深圳两大核心城市以随机流动模式为主，在次级中心城市以临近流动模式为主。在此现状基础上，湾区应基于自身生态要素的多样性和地理分布的均好性，进一步优化完善现有的多中心空间格局，促进不同次区域对相关生态要素的保护修复与整合利用，增进碳汇要素空间格局的优化，提高其对城镇空间和新经济布局的组织作用。与此同时，湾区应通过规划和实施能源格局低碳升级、产业链群整合完形、交通模式优化引导、人文服务均衡复合、多元主体协同共进等多方面的减碳策略，推动湾区从当前中心分布相对极化、要素流通相对紊乱的多中心结构，向未来中心布局多元均衡、要素对流趋向近域和指向明确的多中心结构进行系统化转型。

下面我们从增进生态要素效能和重塑都市网络结构两方面，对粤港澳大湾区的具体空间优化策略进行阐述：

① 从自然生态本底出发，增进湾区生态要素的碳汇效能和空间组织功能

在粤港澳大湾区培育升级国际服务、科技创新、文化休闲等世界级湾区城市群核心功能的过程中，湾区的自然地理本底格局特别是其中的核心生态要素将成为增进湾区碳汇、重塑湾区功能网络体系的重要基础。以《广东省国土空间规划（2020-2035年）》中提出的“北屏南湾、蓝心碧廊，绿意融城、便捷可达，绿色安全、弹性灵活”作为大湾区生态空间发展的基本框架，我们进一步提出以下生态空间优化策略：

——充分发挥碳汇空间的生态安全和空间组织功能：大湾区北部连绵山体生态屏障、南部的美丽蓝色海湾、以狮子洋为中心的湾区生态蓝芯、“碧道+风廊+绿道”的复合型生态廊道体系，以及“蓝绿融城、便捷可达”的多层次品质公园体系，共同构成了湾区应重点保护修复和网络化完形的碳汇空间体系。例如，大湾区中部的珠江-东江河口周边地区是传统的基本农田和生态湿地保护地区，也是南北两大都市圈之间的重要天然生态缓冲带，未来大湾区将由此向南和向北出现明显的内外分

工格局——南部的深港+珠澳都市圈在生产和服务领域均为以面向外循环为主的门户型区域，北部的广佛都市圈则将发展为以面向泛珠三角和中西部其他腹地为主的内循环中枢。

——充分挖掘湾区优质生态资源的新经济组织价值：在大湾区城镇高度连绵发展、生态空间日益破碎化而道路交通网络日益均衡的要素格局基础上，优质的环境风景资源已从城镇之间的发展屏障转变为组织创新生产活动和优质服务生活的重要空间线索。山、林、江、海都是不可复制的优质生态本底和空间组织资源，湾区应充分利用环珠江口、环巍峨山以及沿海、环山等生态资源富集地区的生态景观优势，挖掘和提升其周边地区的新经济发展潜力。

——充分尊重本底差异，促进珠江口两岸互补与联动：珠江口东、西两岸的自然地理环境和城镇发展基础存在着明显的互补性。西岸的山体相对宽阔，留给滨海、河口地区的城镇发展空间相对狭小，整体生态环境条件相对东岸较为优越，城市生产和生活成本也远低于东岸。未来，随着东西两岸之间快速交通网络的形成，西岸可充分利用其在制造业领域的集群化和网络化优势，与东岸“广深港澳科创走廊”集聚的现代服务和创新产业集群形成充分的互补与对流，并利用其成本和生态环境优势与东岸形成通勤圈范围内的就业与生活对流。

② 从生产扩张逻辑到系统整合逻辑，重塑湾区多中心巨型都市网络结构

未来，粤港澳大湾区将在《广东省国土空间规划（2020-2035年）》提出的“一核两圈，三带多轴”的双向开放新格局基础上，落实“一带一路”、泛珠三角区域合作等国家战略，以“双区驱动”“双城联动”构建形成两大扇面的双向开放格局。在此战略格局基础上，基于我院对湾区自身的区域空间组织逻辑和城镇网络结构的系统化梳理，我们进一步提出未来大湾区都市网络结构的优化策略：

大湾区目前的人口和建设用地分布呈现典型的高密度、都市连绵化的空间特征，而以广州、深圳、香港等核心城市带动的多中心的城市网络结构和紧密协作的产业分工体系则使大湾区的要素联系更为紧密，呈现高度的多中心网络化状态，我们称之为巨型都市网络⁹。

对标世界级湾区功能升级和空间优化的轨迹，未来粤港澳大湾区的功能配置和交通组织，将从基于高速公路网络、以制造业为核心驱动的生产扩张逻辑为主，转向基于轨道交通网络、以现代服务+供应链组织驱动的系统整合逻辑为主。

从核心功能组织来看，近中期大湾区将继续以港澳作为国际开放和服务门户、深港都市圈作为科技创新引擎、广佛都市圈作为商贸流通中枢的三足鼎立的竞合分工模式，支撑大湾区在现代服务、创新生产、

9 中规院深圳分院《2021年度粤港澳大湾区高质量发展指数》研究报告。

030
031

生活消费等领域服务能级的全面提升。而到远期乃至远景阶段，随着国家高速铁路和城际轨道网络的在大湾区内逐步构建成型，环珠江口的环湾方向、珠江两岸的东西方向、广深港和广珠澳等南北方向的快速轨道交通联络体系逐步建成，将极大提升大湾区巨型都市网络在区域范围内进行整体性功能配置的基础条件。粤港澳大湾区的空间结构将由此出现新的扩散与整合——从以广、深、港为核心的三极化空间格局，逐步转向环湾集聚、湾陆对流、南北分工、东西联动的多中心网络化空间格局。

未来，粤港澳大湾区将形成环湾内圈层的高端服务集聚和同城化对流（珠江口国际自贸湾），以及环湾外圈层的区域产业协作和商务对流。内外两个圈层分别主导不同层面或环节的功能——内圈层是主导国际门户、现代服务、科技创新、新型生活休闲等门户型、高价值、大流量的同城化服务圈层，以环珠江口+东西互联的快速城际轨道系统为交通组织力量；外圈层则形成研发-生产-服务功能交织的区域产业协作和商务对流圈层，除了其圈层内部相关地区围绕重点产业或空间要素形成要素对流和空间协同之外，其与内圈层的门户枢纽和高端服务等功能集聚区将形成密切的内外对流。

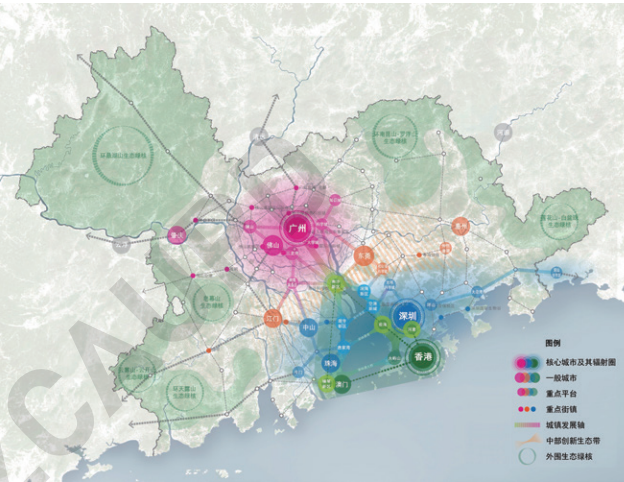


图 1-3-1 粤港澳大湾区远期空间结构设想
资料来源：中规院深圳分院《2021 年度粤港澳大湾区高质量发展指数》报告

（2）多维并进：五大维度行动推进湾区低碳发展

在“双碳”目标的国家战略背景之下，粤港澳大湾区作为低碳发展的先行示范区域，不仅需要在全域空间结构和规划布局上做出响应，更需要在生态、创新、人文、互联、协同等维度做出充分的战略调整与战术应对，以系统性策略引领国家绿色低碳发展的新趋势：

在生态方面，重点是构建多层次的碳中和评估模型和多元化的碳中和政策制度体系，并从气候治理角度构建低碳导向的国土空间结构体系。规划和相关部门应推动大湾区、城市、社区等不同层次碳中和评估模型的建构和优化，在标准化、精细化的碳排放和碳汇核算的基础上，分区制定低碳相关规划和政策，设计差异化的低碳发展路径：一方面，基于生态安全格局推动湾区城市规模和结构、能源利用结构、碳汇空间格局的优化，从空间治理角度构建低碳国土空间组织体系；另一方面，完善碳交易和生态补偿机制，推广绿色低碳规划设计，构建湾区碳中和相关的法规政策体系。

在创新方面，重点是打破行政边界，共建以“链主”为核心的世界级产业链群，推动绿色低碳导向下湾区产业体系的组织和技术革新。一方面，大湾区应顺应“全球稳定供应链”向“区域稳定供应链”转变的趋势，着力构建更加完善、更加稳定的区域化产业链和供应链体系，共建以“链主”为核心的世界级产业链群——在空间上就需要打破行政边界，利用湾区城市的发展梯度实现要素互补与区域合作，引导优化大湾区产业链的“集群式”空间分布。另一方面，需要创新湾区的生产方式和服务方式，在大力推动传统产业低碳化和新兴绿色低碳产业发展的同时，打造服务于未来产业的基础设施网络 and 智能服务体系。

在人文方面，重点是传承岭南文化基因中的绿色低碳理念，构筑湾区文化和自然要素交织的大地景观网络，同时，推动公共服务资源的均等化布局和复合式发展。大湾区自然和历史文化资源丰富、碰撞交融，未来应延续岭南文化基因中的绿色低碳理念，构建更为完整的遗产保护线性空间，形成文化和自然要素交织的大地景观网络。在公共服务方面，为突破资源布局不均衡导致大量交通出行的困局，大湾区应通过住房供给和公共服务的均等化布局和复合式配置，多渠道优化居民交通出行需求，提高湾区居民生活品质。

在交通互联方面，重点行动策略包括推动轨道交通导向的区域交通结构和空间结构转型，重塑基于 TOD 模式的城市职住和开发模式升级，同时推广普及共享运输和慢行社区等低碳交通模式。大湾区城际轨道交通的规划建设已进入加速期，但是目前的轨道交通枢纽体系与城市空间、产业布局的耦合关系有待进一步优化，传统的大站模式难以适应未来大湾区多中心空间结构的发展。未来亟需以枢纽营城的理念，推动轨道交通系统的低碳化、精细化规划，以及轨道节点周边地区的精细化开发建设，推动区域空间结构和城市职居体系的重塑。与此同时，加快促进共享运输、慢行交通等相关政策机制研究，推广集约、共享、绿色、低碳的运输服务和交通出行模式。

在协同方面，重点行动策略包括构建区域-城市-社区多层行政主体和政府-企业-市民多元参与主体的低碳规划和低碳行动机制，并且从区域性的法规政策保障、金融体系支撑、基础科研突破和低碳标准制定等方向加强区域协同和机制创新。重点关注对低碳发展之关键领域的制度保障和经济激励，全面促进低碳转型相关的个人行为、企业行动、资金流动、技术研发；利用大湾区对外开放优势和金融高地优势，在国家政策框架下探索构建更为开放创新的湾区绿色金融体系，通过市场机制和金融工具促进湾区碳汇和碳排放空间布局优化，引导传统产业低碳化和新兴绿色产业发展；利用港澳为代表的基础科研优势和一般城市的产业转化和供应链组织优势，加强碳相关的基础科研-产业转化-市场推广等的区域协同，引领碳相关技术标准和行业标准的制定。

本节作者：刘岚 中规院粤港澳研究中心 主任研究员；赵亮 中规院粤港澳研究中心 研究员；樊明捷 中规院粤港澳研究中心 研究员

032
033

2 湾区观点

2.1 湾区特征：立足碳排格局，认知空间结构

2.1.1 大湾区整体碳排放格局¹⁰

根据中国碳核算数据库（CEADs）数据，2017 年大湾区碳排放总量约 3.69 亿吨，陆地植被固碳总量约 1.75 亿吨，固碳量占排放量的 47%。城镇是碳排放的主要空间，森林植被是固碳的主力。

大湾区碳排放主要从三个方面进行研究：碳排放总量、单位 GDP 碳排放量、县单位人口碳排放量。

碳排放总量较高的区县主要集中在环珠江口区域，主要分布于香港、佛山、惠州、广州等城市。各地市中心城区碳排放量较低，由于产业转移等因素，紧邻中心城区的区县碳排量较高，而更外围区县碳排放量较低。例如，深圳福田区、罗湖区碳排放量较低；外围深圳龙岗区、宝安区碳排放量较高；更外围惠州龙门县、肇庆怀集县等碳排放量较低。

单位 GDP 碳排放量较高的区县主要集中在大湾区西部及东部的外围区域。单位 GDP 碳排放量较低的区县主要位于珠江口周边及中部区域。大湾区内 58% 的区县及地区单位 GDP 碳排放量优于我国平均水平。

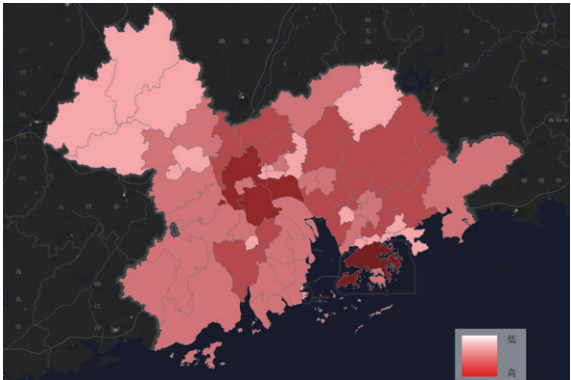


图 2-1-1 2017 年大湾区各区县碳排放总量比较

单位人口碳排放总量较高的区县主要集中在大湾区外围区域，并由外围向中部逐步递减。单位人口碳排放量较低的区县主要位于广州、深圳等城市。大湾区内 70% 的区县及地区单位人口碳排放量优于我国平均水平。

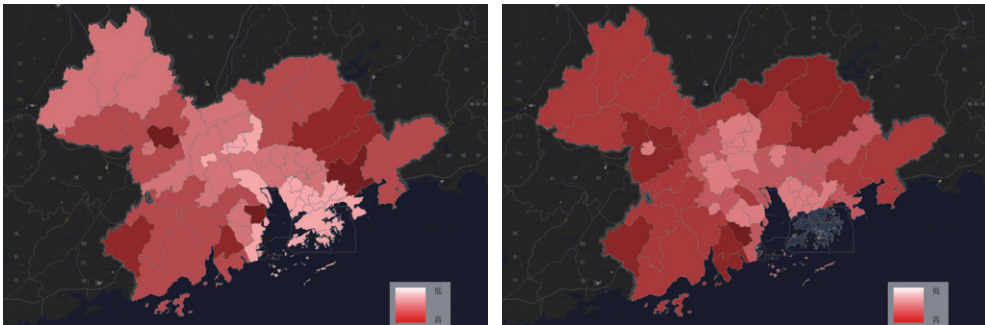


图 2-1-2 2017 年大湾区各区县单位 GDP 碳排放量比较

图 2-1-3 2017 年大湾区各区县单位人口碳排放量比较

整体来看，中心城区的碳排放总量、单位 GDP 碳排放量、单位人口碳排放量都较低；中心城区边缘区域碳排放总量较高；外围区域的单位 GDP 碳排放量、单位人口碳排放量较高。

2.1.2 大湾区空间结构、交通出行与碳排放

（1）分析框架：区域空间结构对城市碳排的影响

交通碳排是城市碳排的主要来源之一，且是空间规划工作主要的着力点。城市碳排放中，交通排放占 30% 左右，且有不断上升的趋势。城市和区域的空间结构影响着交通出行，进而影响交通碳排放，这也是空间规划降低碳排放的重要方式之一。

空间结构对于城市和区域交通碳排放具有锁定作用，低效的空间结构将导致城市持续的高碳排模式。空间规划对于城市和区域发展有长期的、结构性的作用，一旦空间规划决定的空间结构得以确立，则对其引起的交通出行进行结构性的调整将是非常困难的¹¹。

空间结构可从属性格局和流动网络进行认识。面向区域空间结构的属性特征，本节从密度、功能复合、交通服务三个方面进行分析。通常认为，高密度、功能复合、绿色化的交通方式，更有利于城市碳排的降低。

而面向区域空间结构的流动特征，可从中心格局、中心等级、流动网络三个维度进行分析。其中，中心格局包括单中心与多中心两类，中心等级包括层级化和扁平化两类，而流动网络可分为邻近流动与随机流动两类。三个维度组合之下，可建立下面五类区域空间结构的组织模式¹²。

10 中规院深圳分院《2021 年粤港澳大湾区碳中和年度研究报告》。

11 潘海啸, 汤謩, 吴锦瑜, 等. 中国—低碳城市—的空间规划策略—潘海啸 [J]. 城市规划学刊, 2008, 178(6): 57-64.

12 Alain Bertaud, Order Without Design, 2006; 潘海啸, 汤謩, 吴锦瑜, 等. 中国—低碳城市—的空间规划策略—潘海啸 [J]. 城市规划学刊, 2008, 178(6): 57-64.

034
035

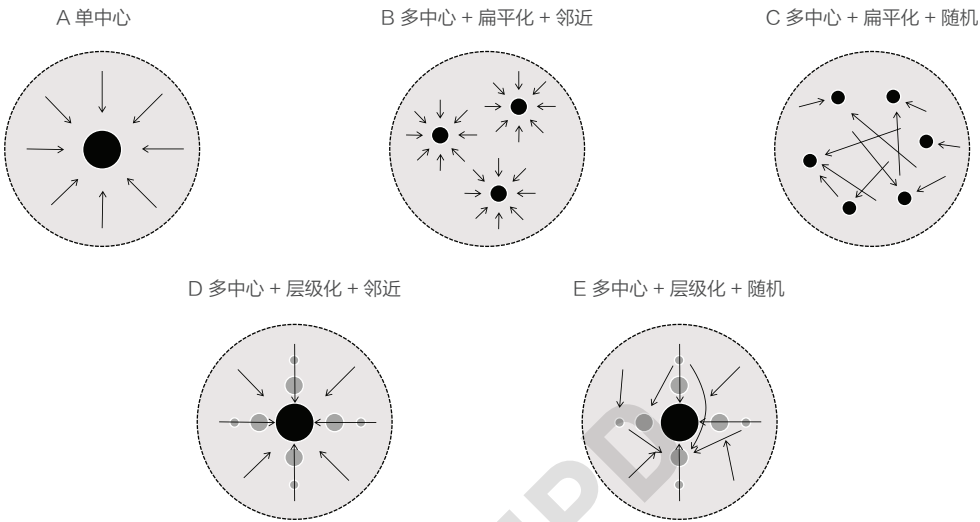


图 2-1-4 区域空间结构模式示意

模式 A：单中心——集聚就业与服务设施，对广阔腹地的居民形成吸聚，向心性交通大量发生；

模式 B：多中心、扁平化、邻近流动——多个无明显等级差异的中心，并形成多个围绕中心的组团，居民就近在组团内部获得就业机会与公共服务；

模式 C：多中心、扁平化、随机流动——多个无明显等级差异的中心，缺乏组团式组织关系，居民随机在各个中心获得就业机会与公共服务；

模式 D：多中心、层级化、邻近流动——多个等级化的中心，空间组织上形成与中心体系相匹配的交通走廊，居民通常趋向进入最临近的高一级中心，获取高一级中心的就业机会与公共服务；

模式 E：多中心、层级化、随机流动——多个等级化的中心，居民随机进入高一级中心的中心获取就业机会与公共服务。

就粤港澳大湾区而言，其就业人口的整体空间结构显现多中心、层级化的特征。人口通勤流动上，广州、深圳核心区与外围存在大量的长距离通勤，而珠海、东莞、佛山等城市中心区则呈现出短距离通勤为主的特征。

基于空间结构模式分析，临近型流动比随机型流动更加低碳，多中心比单中心更加低碳，扁平化比层级化更加低碳。但相对而言，多中心和扁平化模式受规模效应的局限，对于培育更有竞争力和高品质的区域中心更具挑战。

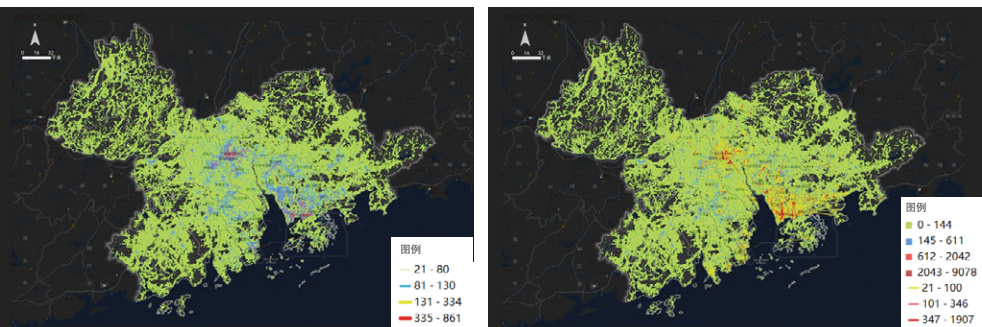


图 2-1-5 大湾区工作人口分布

图 2-1-6 大湾区通勤流动网络（100 米栅格尺度）

（2）碳排计算：基于通勤网络的大湾区碳排放格局

通勤出行碳排放是城市交通碳排放的主要来源，规律性的通勤行为受城市空间结构影响较大。更合理的职住空间分布，能够有效降低通勤距离和职住分离度，降低个体出行的通勤碳排放量。此外，城市公共交通、慢行交通等体系建设的完备，也可以有效降低主要居住组团与主要工作组团之间大量通勤出行的平均碳排放。因此，研究和控制通勤碳排放是实现碳中和的重要一环。

方法上，基于百度 LBS 数据，计算、统计不同层次（栅格、街镇、区县等）居民的通勤距离和通勤方式，参照《北京市低碳出行碳减排方法学（试行版）》提供的各类通勤方式人公里碳排放因子，可计算出不同区划的通勤碳排放总量；结合百度通勤数量数据，以计算人均通勤碳排放量。

① **城市层面：港澳率先走向低碳通勤，广深等城市仍处于高碳通勤模式。**广州、深圳作为人口最多的城市，总通勤碳排放量为湾区最高，两市通勤碳排放总量超过湾区总量的 50%；大湾区其余城市通勤碳排放总量均少于广州或深圳的 1/3；澳门通勤碳排放总量最少。

广深两市人均通勤碳排也为湾区最高，珠海、惠州次之；中山在珠三角范围人均通勤碳排最低；香港人均通勤碳排放量在湾区最低，澳门略多于香港。

香港的小汽车通勤出行碳排比例最低，是大湾区内唯一比例不超过 50% 的城市，同时公共交通出行（包括公交车、地铁等）碳排超过 50%；澳门、广州、深圳的小汽车通勤碳排，比例均不超过 60%，比例最高的江门市达到 65.3%。

036
037

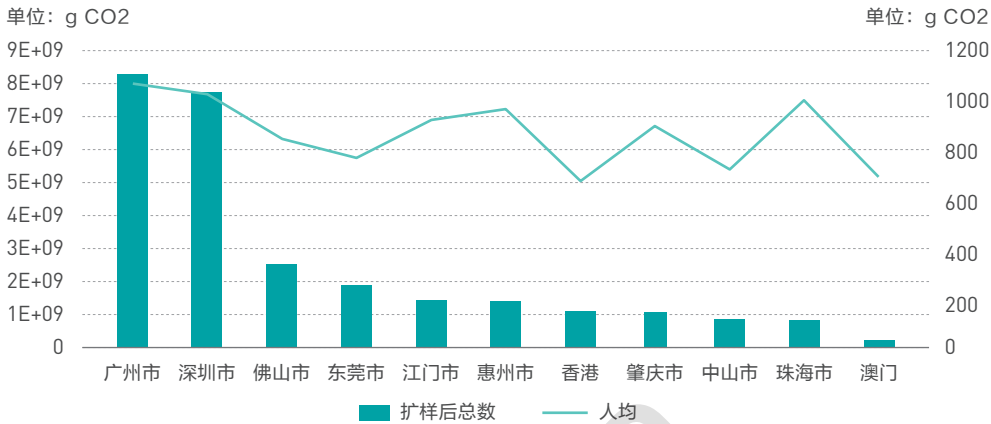


图 2-1-7 大湾区城市交通通勤碳排放总量与人均交通通勤碳排放量

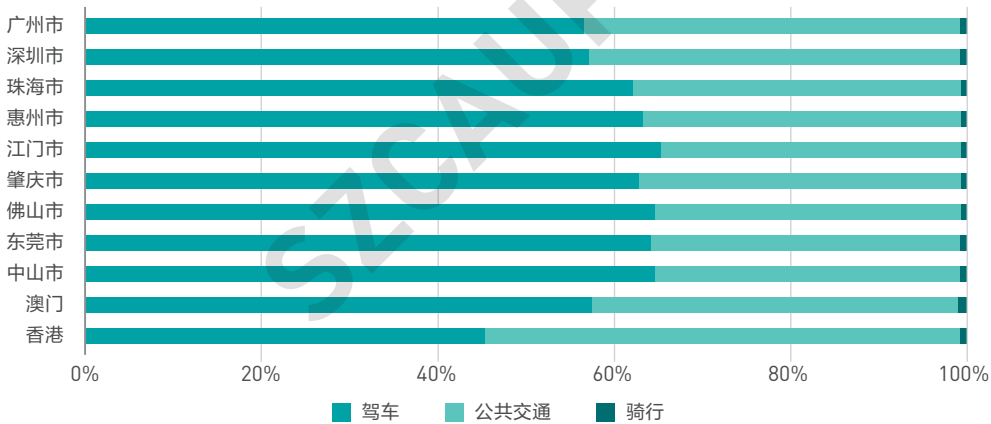


图 2-1-8 大湾区城市各通勤方式碳排放总量比例

② 区县层面，大湾区边界区县人均通勤碳排放量较高。深圳宝安、龙岗两区的通勤碳排总量最高，总量前 10 名的区县均分布在深圳、广州或佛山，通勤排放总量排名前 20% 的区县（13 个）产生了超过 50% 的通勤碳排放；通勤排放总量最少的区县主要分布在惠州、澳门、肇庆等，大多人口数量较少或人口密度较低，通勤碳排总量最少的 20% 区县仅产生了约总量 3.5% 的碳排量。

人均通勤碳排较高的区县也主要位于大湾区边界地区，通勤距离较长，职住分离度较高；人均通勤碳排较低的地区主要在香港和澳门，中山－西北组团、江门－恩平市也较低，一般具有小汽车通勤比例较低（如香港）或通勤距离较低（如澳门、中山、江门）等特征。

表 2-1-1 大湾区区县通勤碳排放量前五名与后五名标准化

城市	区县	通勤碳排总量标准化
深圳市	宝安区	1.0000
深圳市	龙岗区	0.9128
广州市	天河区	0.7679
广州市	白云区	0.7621
深圳市	南山区	0.6901
.....		
肇庆市	德庆县	0.0382
肇庆市	封开县	0.0305
澳门	离岛	0.0288
澳门	路氹填海区	0.0265
惠州市	龙门县	0.0207

表 2-1-2 大湾区区县人均通勤碳排放量前五名与后五名

城市	区县	人均通勤碳排放量（kgCO ₂ ）
深圳市	大鹏新区	1100.06
广州市	南沙区	914.06
珠海市	金湾区	896.41
佛山市	高明区	869.20
广州市	从化区	836.61
深圳市	盐田区	831.71
.....		
中山市	西北组团	496.34
香港	新界	474.54
澳门	澳门半岛	415.84
香港	香港岛	369.13
香港	九龙	338.73

038
039

③ 街镇层面，人均通勤碳排：跨界发展地区<城市中心<湾区外围地区。通勤碳排总量较多的街镇主要集中于深圳、佛山、广州的中心区域，通勤碳排最多的前 10% 街镇（63 个）排放了超过 35% 的总通勤碳排；通勤碳排总量较少的街镇主要分布于惠州、肇庆的外围，尽管通勤距离较长，但通勤人数较少，通勤碳排总量最少的 10% 街镇仅排放了约 0.4% 的总通勤碳排。

人均通勤碳排放量最低的街镇主要位于香港、澳门，小汽车通勤比例较低，除此之外，其余较低的街镇主要位于跨市通勤集群；城市中心街镇的人均通勤碳排放也较低；人均通勤碳排放量较高的街镇，主要位于大湾区外围，小汽车通勤比例较高，通勤距离也较长。

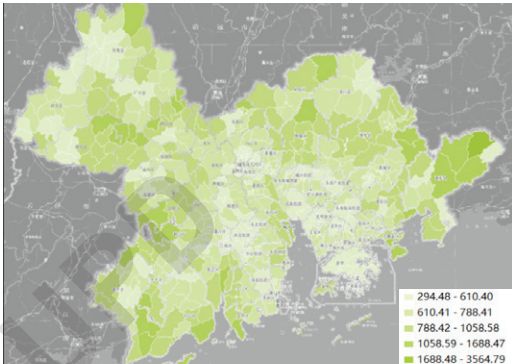


图 2-1-9 大湾区各街镇人均通勤碳排空间分布

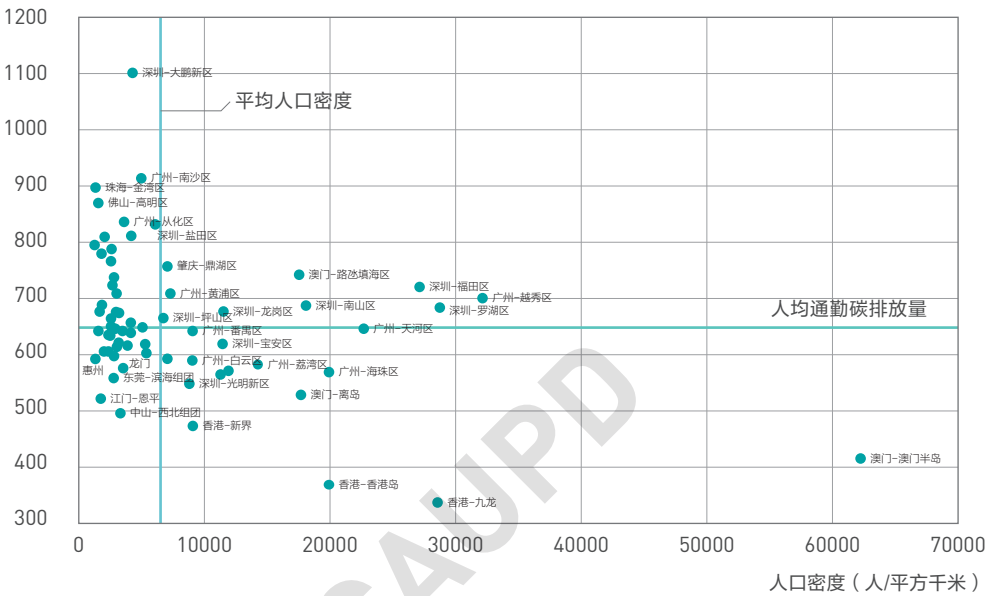
（3）实证分析：空间结构要素与通勤碳排的关系认识

① 空间结构属性特征下的低碳通勤

——高密度并不一定低碳，但基本上不会太“高碳”：以通勤人均碳排放量和人口密度来区分：澳门半岛、九龙、香港岛等属于高密度低碳排类，主要在于较低的小汽车通勤比例；西北组团、恩平市等属于低密度低碳排类，主要在于低职住分离度、短通勤距离；大鹏新区、南沙区、金湾区等属于低密度高碳排类，主要在于长通勤距离、高职住分离度。总体上，大湾区内无显著的高密度高碳排类区县。大湾区内各区县的建设用地人口密度和通勤碳排放量之间的线性关系较弱，不同区县的通勤碳排放特征不同，具体因素还需结合其他空间结构要素进行分析。

——职住空间平衡并不一定低碳，更需要成本、品质的匹配：职住空间上的平衡（职住分离度低）并不代表实际通勤关系的平衡。由于成本、品质上的差异，部分地区存在实质通勤上的不匹配，导致通勤距离较大和碳排放量较大。大湾区整体呈现随职住分离度增加，人均通勤碳排放量增加的趋势，但线性关系不明显（ $R^2=0.2565$ ），以通勤人均碳排放量和职住分离度来区分：九龙、香港岛等属于较大分离度、低碳排特征，主要在于较高的公共交通比例；大鹏新区、南沙区、盐田区等区域主要呈现大分离度、高碳排特征，主要在于长距离的通勤，大多位于市区边缘；恩平市、西北组团属于小分离度、较低碳排，主要在于通勤距离较小；台山市、新会区等属于小分离度，较高碳排，主要在于高小汽车通勤率，或就业居住空间不匹配。

人均通勤碳排放量（kg）



2-1-10 大湾区区县交通通勤人均碳排放与职住分离度散点对比图

人均通勤碳排放量（kg）

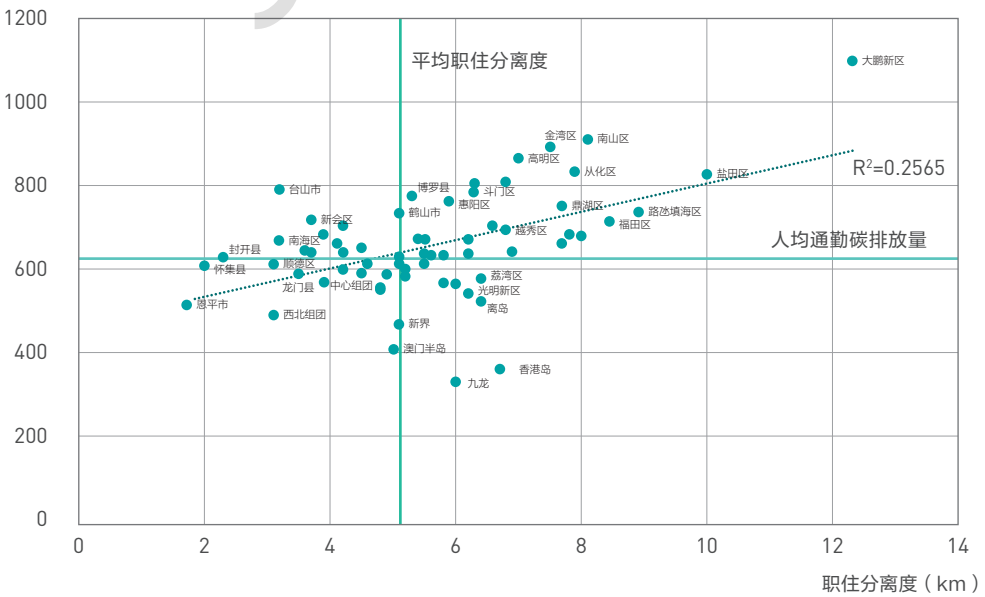


图 2-1-11 大湾区区县交通通勤人均碳排放与人口密度散点对比图

040
041

② 空间结构流动特征下的低碳通勤

——多中心比单中心低碳，扁平化比层级化低碳

依据前文划分的五种空间模式，基于就业空间格局与通勤联系网络进行类型识别与碳排分析。

A. 单中心模式，样本分析：南山区

南山区有明显的就业核心区域，高新园及其周边聚集了大部分的工作人口。从通勤联系来看，不论是区内通勤还是跨区通勤，工作核心区吸引了最主要的通勤流。

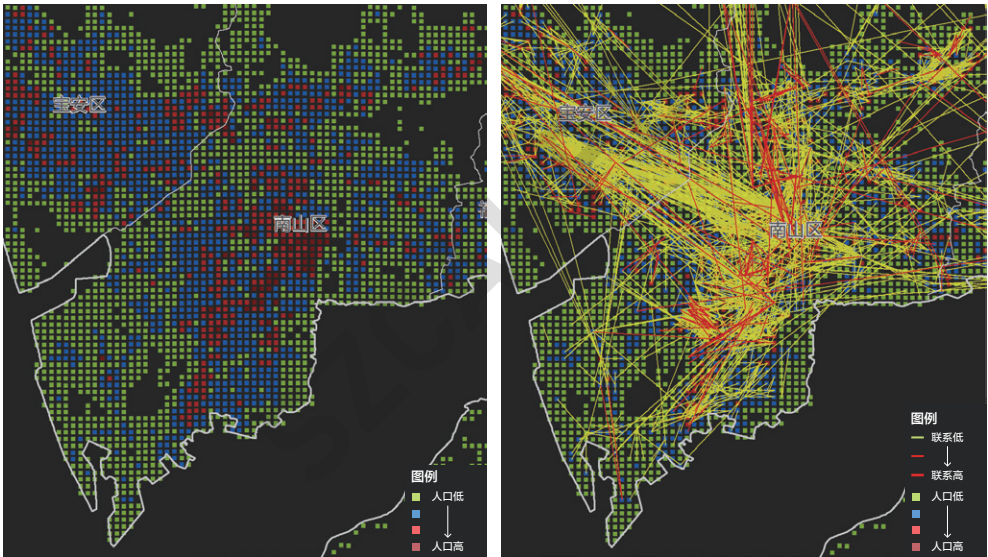


图 2-1-12 南山区工作人口分布

图 2-1-13 南山区通勤流动分布

B. 多中心、扁平化、邻近流动，样本分析：光明区

光明区内部有几个就业较集中的区域，规模差异不明显，围绕这几个中心，形成了几个组团；光明区内整体通勤围绕着几个中心，每个中心辐射范围相对有限，主要吸引各自临近的居民，形成短途通勤。

C. 多中心、扁平化、随机流动，样本分析：广州中心区

广州中心区多中心、扁平化特征明显，核心区域范围较广，区域间分隔不明显，无明显的工作核心区；广州中心区通勤呈现较明显的无序随机流动特征，没有明显的通勤流动趋势，临近通勤和远距离通勤交叉。

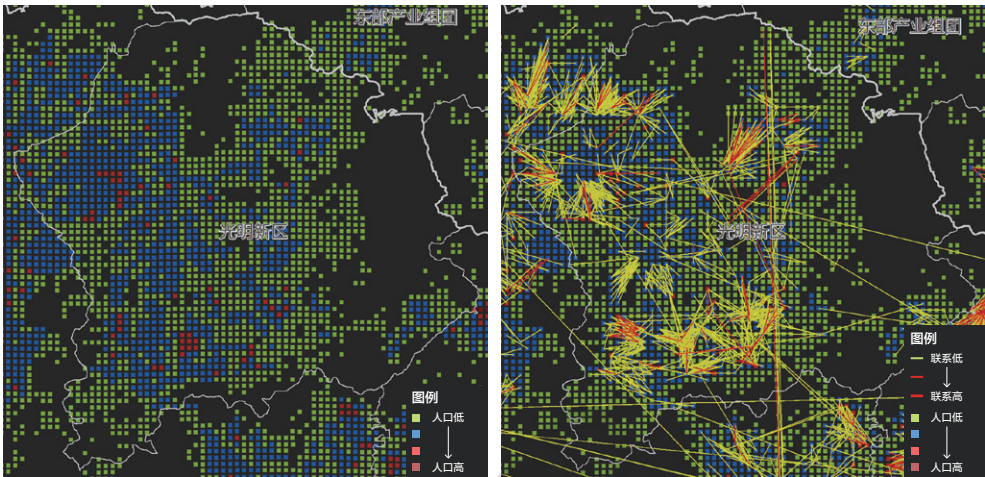


图 2-1-14 光明区工作人口分布

图 2-1-15 光明区通勤流动分布

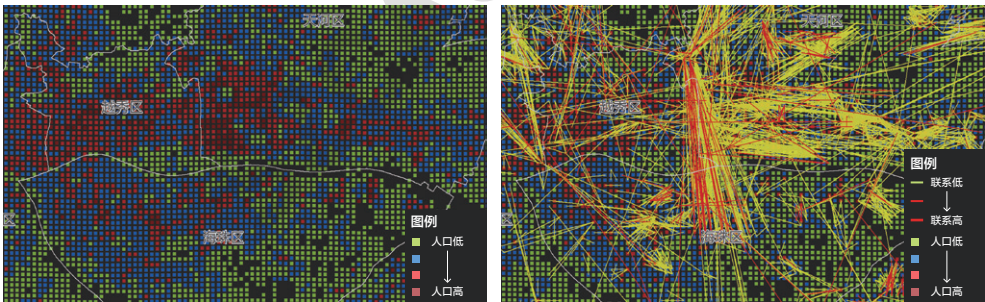


图 2-1-16 广州中心区工作人口分布

图 2-1-17 广州中心区通勤流动分布

D. 多中心、层级化、邻近流动，样本分析：龙华区

龙华区具有明显的多中心、层级化结构，富士康附近是主要核心，观澜、大浪作为两个副核心，与主核心差异明显。三个核心均主要吸引各自周边的居民就业，主核心的吸引力更强、影响范围更广，副核心对各自周边区域吸引较强。

E. 多中心、层级化、随机流动，样本分析：福田区 + 罗湖区核心区

这一区域具有明显的多中心特征，整体以福田 CBD 为主中心，其余区域中心规模略小于主中心；每个核心区域除了对本核心周边居民具有较强吸引力，对远距离居民也有一定的吸引力，同时，中心之间相互吸引居民就业情况也较常见。

042
043

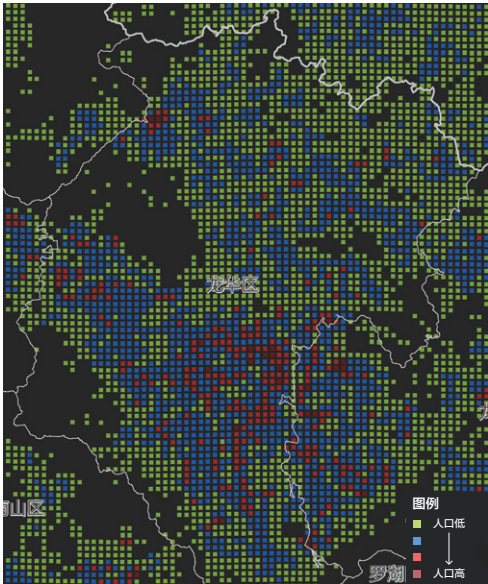


图 2-1-18 龙华区工作人口分布

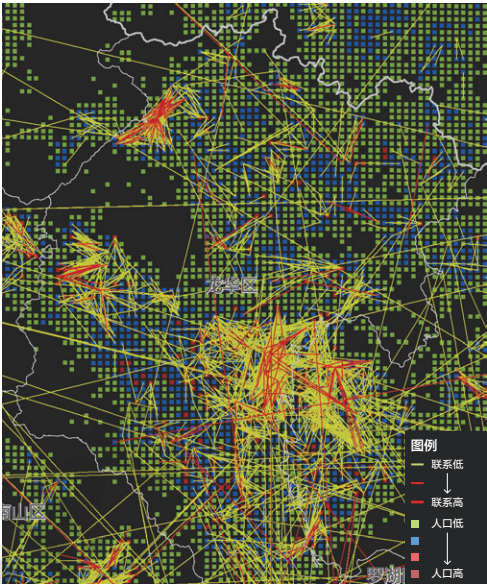


图 2-1-19 龙华区通勤流动分布

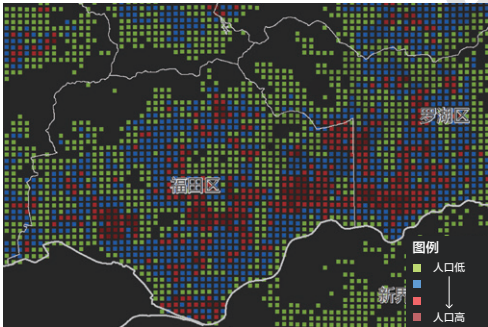


图 2-1-20 福田区 + 罗湖区西部工作居民分布



图 2-1-21 福田区 + 罗湖区西部通勤流动分布

基于以上各空间模式的样本比较，邻近性流动要比随机性流动更加低碳；多中心相对比单中心更加低碳；扁平化比层级化相对更加低碳。

表 2-1-3 空间模式对应区域与人均通勤碳排放量表

代码	空间模式	样本区域	人均近似通勤碳排放量
A	单中心	南山区	687
B	多中心、扁平化、邻近流动	光明区	548
C	多中心、扁平化、随机流动	广州中心区	650
D	多中心、层级化、邻近流动	龙华区	571
E	多中心、层级化、随机流动	福田区、罗湖区	720

各模式的条件之间，邻近性、随机性对通勤碳排影响较明显；层级化使部分追求更优质就业机会和高品质服务空间的居民可以忍受更长的通勤，导致碳排放的增加。

——邻近型就业比中心型就业低碳，但可能不利于竞争力与品质的提升

大湾区最低碳的区域之一，位于深莞交界地带。其典型特征在于短距离的通勤较多，就近就业主导。与之相应的产业形态则以中低品质生产制造产业 + 城中村或宿舍为主。低碳通勤的同时，品质与竞争力并不具优势。

——中心型就业 + 规模通勤走廊，结合大运量公共交通，更利于碳排降低

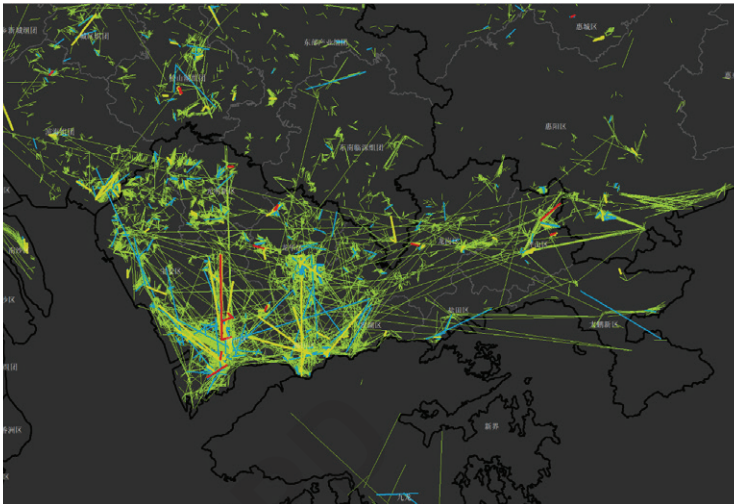
大运量、复合化的公共交通走廊，有利于降低沿线地区的通勤碳排，如香港的东铁沿线地区，深圳 1、11 号线沿线地区、4 号线沿线地区，有利于缓解中心型通勤带来的长距离通勤碳排。

大湾区每公里通勤碳排较低的地区，基本都有地铁服务；同样，有地铁服务的地区，每公里通勤碳排要明显低于缺乏地铁服务的地区。

③ 小结：面向低碳的空间结构，需要多因素综合作用

总体上，空间结构的属性格局与流动网络要素，均对交通碳排有一定影响，但均无法独立作用。城市规划的空间结构，需要密度、中心、交通等多要素的协同与综合，方能形成最佳的低碳型城市空间。同时，低碳并非城市空间结构追求的唯一目标，更需要综合考量城市竞争力与空间品质，形成中心体系与公共交通网络相匹配的空间结构，综合提升区域空间的可持续发展能力。

本节作者：孙文勇 中规院深圳分院粤港澳数字湾区中心 主任规划师；郑琦 中规院深圳分院城市基础设施研究中心 博士，市政规划师；刘行 中规院深圳分院粤港澳数字湾区中心 规划师；李梦露 中规院深圳分院城市基础设施研究中心 工程师



2-1-22 深莞局部通勤联系示意图

044
045

2.2 生态湾区：注重动态评估，完善规划体系

2.2.1 主动适应世界潮流和中国承诺，推动湾区率先实现碳中和

（1）引领绿色低碳发展趋势，发挥湾区先行示范作用

截至 2020 年 10 月，根据 ECIU 数据，全球有 127 个国家 / 地区提出碳中和愿景，这些国家的温室气体排放总量已占到全球排放的 50%。全球十大煤电国家中，已有 6 个作出碳中和相应承诺。在国际上，哥本哈根、阿姆斯特丹、阿德莱德、纽约等全球城市先后提出了在碳减排领域的相关计划及路线图，主要以能源优化、公共交通、绿色建筑等领域为突破口，实现碳中和目标。

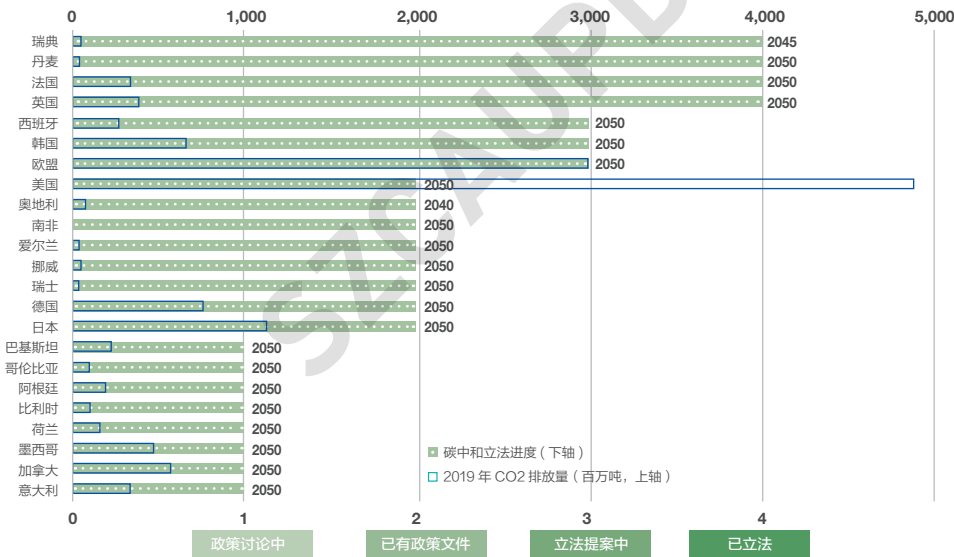


图 2-2-1 提出碳中和愿景的国家
资料来源：ECIU、华泰证券研究所

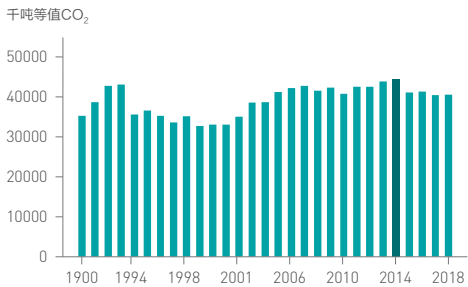


图 2-2-2 香港历年温室气体排放量
资料来源：香港环保署

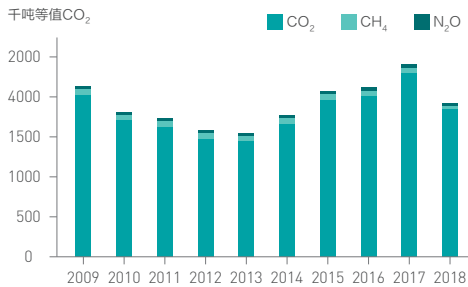


图 2-2-3 澳门历年温室气体排放量
资料来源：澳门环境保护局

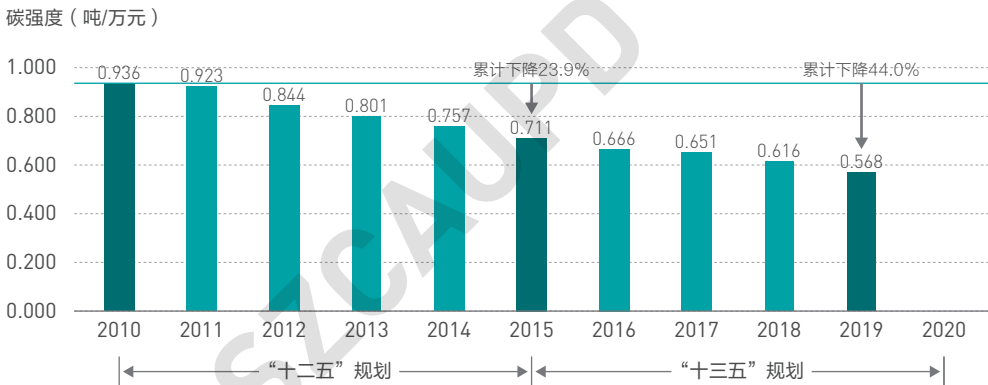


图 2-2-4 广东省“十二五”和“十三五”期间碳强度下降率
资料来源：广东生态环境公众号

香港和澳门在碳达峰领域领先全国。根据香港环保署数据，香港近年来碳排放量较为平稳，呈现小幅下降趋势。香港行政长官 2020 年施政报告指出，近十年香港政府拨款超过 470 亿元推行各项节能和可再生能源措施、推广电动车船，以及引入创新转废为能和转废为材设施，以协助减废减碳；2018 年香港人均碳排放降至 5.4 吨，相较 2005 基准年下降约 36%，并宣布香港将致力争取于 2050 年前实现碳中和。澳门环境保护局发布的环境状况报告显示，澳门碳排放量已经进入峰值波动区间。澳门单位 GDP 碳排放量远低于大湾区其他城市，在世界范围内也处于领先水平。

粤港澳大湾区是我国最早开展低碳建设试点的地区之一。2010 年，广东省和深圳市列入首批低碳试点范围。2013 年，广州、深圳碳排放权交易市场正式启动，广东省出台《广东省碳排放管理试行办法》，并与住建部签署合作框架协议，成为首个在全省范围内推进低碳生态城市建设的省份。经过 10 年绿色低碳发展，广东省碳强度累计下降超 44%，碳市场年度排放配额总量达 4 亿吨，配额规模排名全国第一、全球第三。根据气候变化绿皮书《应对气候变化报告（2020）》评估结果，

046
047

在全国 176 个城市中，深圳绿色低碳发展水平排名第一，各方面处于领先地位，2020 年深圳万元 GDP 能耗强度和碳排放强度降至全国平均水平的 1/3 和 1/5；广州在 2016 年后碳减排效果明显，绿色低碳发展态势良好，成为低碳城市中的后起之秀。

在我国实现碳达峰和碳中和的道路上，粤港澳大湾区将继续发挥先行示范作用。“十四五”是布局和实施各项绿色低碳行动，确保 2030 年前实现碳达峰的关键时期，广东省和大湾区各市在“十四五”规划或规划建议中均提出了一系列绿色低碳发展措施。广东省要求单位地区生产总值二氧化碳排放的控制水平继续走在全国前列，有条件的地区率先实现碳达峰，以碳达峰为牵引，持续深化产业、能源、交通等方面结构调整，促进经济社会发展全面绿色转型。广州、佛山、珠海等城市均提出要推动碳排放率先达峰，深圳要求以先行示范标准完成国家碳排放达峰行动任务，东莞筹划制定并落实 2025 年前碳排放达峰工作计划，江门、中山、惠州、肇庆等城市提出推动绿色循环低碳发展，加快生态系统碳汇工程建设。展望未来，预计大湾区将先于全国实现碳中和目标。

（2）推进绿色低碳规划转型，完善国土空间规划体系

目前，我国各地普遍未编制应对气候变化的专项规划，也未将应对气候变化目标任务全面融入生态环境保护规划。部分省市开展了低碳建设试点，编制了低碳发展规划等专项规划，但各层级低碳规划名称各异，继承性不强，覆盖不全面，绿色低碳规划体系需要进一步完善。为推进碳达峰和碳中和目标的实现，统筹布局各领域绿色低碳发展工作，将低碳发展、适应气候变化纳入经济社会发展规划、国土空间规划、城乡建设规划体系，在各类规划中完善碳中和相关内容，明确各层级碳中和目标定位、指标体系、管控措施，推动绿色低碳设施布局和落地。编制碳中和专项规划，以碳中和视角编制生态修复规划、市政基础设施规划等，落实低碳发展相关政策和目标，明确策略、措施和近期行动计划。

在经济社会发展规划、国土空间规划、城乡建设规划体系中，制定碳中和相关目标指标，结合三条控制线、城市规模等统筹确定城市碳排放规模；优化布局能源等区域重大基础设施；构建生态网络体系，完善生态系统碳汇，提出生物多样性保护、山水林田湖草系统修复任务，促进碳中和与生态保护形成协同效应；制定碳交易和生态补偿策略，做好规划传导工作。在碳中和专项规划中，细化碳中和目标指标、碳源、碳汇功能分区和管控要求；制定碳中和路线图，测算碳排放量、固碳量，分领域制定碳中和策略和措施；布局碳源减排和碳汇构建重点项目。在生态修复、市政基础设施、交通、产业等相关专项规划中，从碳中和视角提出生态碳汇构建和提升策略，布局绿色低碳基础设施，落实减碳技术应用，推动绿色出行和产业升级，细化碳交易和生态补偿办法。在详细规划中，制定和校核控制单元内的碳中和控制指标，落实管控要求；对控制单元、具体地块碳中和措施做出实施性安排，推动绿色低碳技术落地。

2.2.2 建立湾区碳中和评估模型，优化碳排放和碳汇空间格局

（1）建立各层次碳中和评估模型，描绘湾区碳排放和碳汇特征

研究大湾区碳排放和碳汇空间特征。根据碳排放量与城镇面积、人口、产业等社会经济因子的关系，以及固碳量与植被覆盖、生态系统分布等自然生态因子的关系，采用向下分解的方式，将大湾区各区县碳排放和碳汇数据分解至镇街层面，以反映大湾区碳排放和碳汇空间分布特征。大湾区碳中和格局受到生态空间格局的影响，具有圈层式结构。单位面积碳排放强度高的地区集中于珠江口，特别是广州、深圳、香港等经济高度发达的核心城市，而碳汇多分布于外围生态屏障地区，内部城市排放强度高，外部森林吸收能力强，碳中和的实现取决于二者的动态平衡。

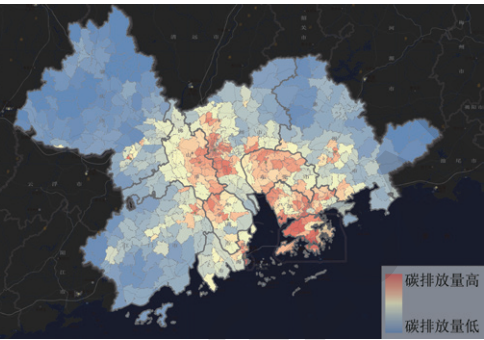


图 2-2-5 大湾区各镇街单位面积碳排放量

资料来源：根据中国碳核算数据库县级清单数据计算

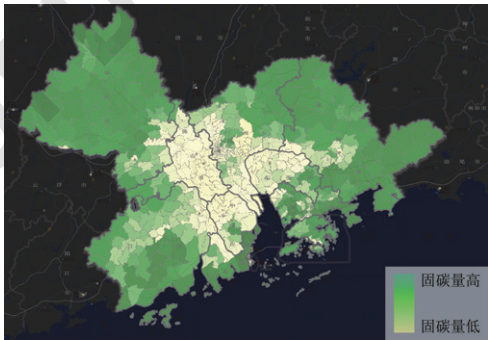


图 2-2-6 大湾区各镇街单位面积植被固碳量

开展城市碳排放和碳汇核算。城市是产生和影响碳排放的主要地域空间，2013 年发布的《城市温室气体核算国际标准》（GPC）提供了一种城市碳排放核算方法，主要包含 5 个方面：固定源能源、交通、废弃物、工业生产和产品使用、农业林业和土地利用变化。结合国土空间规划涉及行业领域，开展城市碳中和评估模型构建，按照能源、工业、交通、农业、废弃物、绿色资产 6 个维度构建城市碳中和评估模型。基于模型评估现状、规划碳排放和碳汇情况，实现不同模块的可视化表达，辅助制定减碳策略，优化城市碳排放行为。

建立社区碳中和评估模型。社区维度是上下联动实现碳中和的关键节点，在模型构建中，主要考虑建筑、交通、废弃物、绿地碳汇 4 个模块，分别构建碳排放和碳汇核算方法。建筑模块可根据建筑运行阶段的能源消费种类直接计算碳排放，或根据采暖、制冷、照明等能耗种类计算碳排放，也可采用单位面积综合能耗法计算；交通模块采用基于能源消耗量或基于交通距离的计算方法；市政模块主要计算废水处理产生的甲烷和氧化亚氮、废弃物填埋处理产生的甲烷、废弃物焚烧处理产生的二氧化碳；绿地碳汇模块根据固碳速率计算不同类型生态系统的碳汇量。



图 2-2-11 多领域城市减碳规划技术集成

施绿色低碳。全面推进低碳化生活方式，实施固体废物分类回收，提高生活垃圾焚烧率，促进能源回收。根据区域经济发展情况和市政设施需求，因地制宜建设地下综合管廊。鼓励综合管廊与地铁同步建设，有效利用地下空间，降低工程建设风险，节约工程造价。加大对现有基础实施低碳化改造，提升电力、交通、通讯等关键生命线系统的气候防护能力，加强新型基础设施建设。

在建筑领域，推行建筑工业化，发展装配式建筑，延长建筑寿命。普及一体化和被动式设计，全面推行低能耗、近零能耗建筑。提高建筑用能系统和设备效率，推广超高效系统和设备，限制高耗能家电增长。建筑终端用能清洁化，提高电气化水平和建筑可再生能源利用率，发展智能系统，建设微电网，发展储能设备，有效实施电力需求侧响应。发展近零能耗智能建筑，新建建筑要普遍达到基本级绿色建筑要求，鼓励发展星级绿色建筑。加快推行绿色建筑和建筑节能标准，加强设计、施工和运行管理，不断提高新建建筑中绿色建筑的比例。推进老旧小区节能改造和功能提升，大力推广应用绿色建材，推行装配式钢结构等新型建造方式。

在城市更新领域，设定碳减排目标，由停留在绿色环保层面的低碳上升为多层次、成体系的碳减排综合改善目标。提出适应资源禀赋的设计，结合太阳能、风能、水资源等资源环境禀赋及发展诉求设计更新思路与方法。鼓励在城市更新项目中增加公共绿地、开放空间，探索建立城市生态用地的增存挂钩式“绿色折抵”机制，综合运用多种低碳技术方法，实现减碳目标。

在社区和乡村建设领域，整合多样生态模式，描绘零碳绿色社区和乡村新图景。大力发展绿色生态技术，降低社区碳排放，提高社区固碳能力。开展绿色低碳社区建设试点，在有条件的地区建设生态零碳社区。在乡土自然基础上建设低碳乡村，保护富有传统意境的田园乡村景观格局，实现村庄与周边环境有机融合，保持规模适度、尺度适宜、边界自然。注重村庄绿化手法乡土自然，优先选择果蔬和本地适生植物。合理集约配置公共服务设施，加强供水、排水、道路等市政设施配套建设绿色化，推动农村生活垃圾减量化资源化。推进绿色农房建设，按照安全适用、节能减碳、经济美观、健康舒适原则，持续提升农房设计水平和建造质量。研究完善绿色农房适宜技术路线，稳步提升农房节能标准，加强可再生能源推广应用。

在生态碳汇建设领域，推动生物多样性保护与山水林田湖草系统治理，优化碳汇空间格局，构建气候友好型城市生态系统。建立通风廊道分级分区管控体系，强化通风改善微气候。引入基于自然的解决方案（NbS）等先进理念，推进城市生态修复，提升生态碳汇能力，推动生态修复与碳中和协同增效。保持山水脉络和自然风貌，实现城市风貌与周边自然景观有机融合，推进生态绿道和绿色游憩空间等建设。重视城市绿地碳汇功能，开展立体绿化，减少高强度维护、工程化措施造成的碳排放，提升绿地生态品质，发挥城市绿地的固碳潜力。

林地	湿地	草地	农田	绿地
① 量质并举，造林与生态修复并重 ② 大力营造近自然林地，构建中长期稳定碳汇 ③ 改进人工林经营方法，保持蓄积量高增长	① 建设湿地公园，扩大碳汇面积 ② 构建水生和滨水植被碳库 ③ 增强湿地径流过滤作用，建设人工湿地，减少污水处理负荷	① 围封、人工种草、改良草场、退耕还草 ② 促进草地自然生长，减少高强度维护和表面枯枝落叶的清理	① 减少农业生产碳排放，提高农作物单产 ② 采用秸秆还田、施有机肥、免耕等措施	① 规划建设嵌入固碳功能 ② 扩大绿地中林地、湿地等高效碳汇的占比 ③ 采用基于自然的解决方案，减少高排放的工程措施

图 2-2-12 生态修复与碳中和协同措施

2.2.3 建立湾区碳中和政策体系，完善碳交易和生态补偿机制

（1）分区制定碳中和政策，实现差异化碳达峰与碳中和

由于大湾区碳源与碳汇空间分异较大，需要通过区域协同完成整体碳中和。根据地区社会经济发展阶段和生态本底条件，建立区域协同机制，明确碳达峰和碳中和的差异化时序，核心城市率先实现碳中和。港澳地区社会经济发展水平较高，已经进入碳排放峰值波动区间，宜率先探索迈向碳中和的路径，起到引领作用，在 2050 年前后实现净零排放；广州、深圳等城市技术创新和经济实力较强，应在广东省率先实现碳排放达峰，并加紧实现碳中和。湾区城市应切换城市发展路径，尽早进入绿色低碳发展通道，先于全国完成碳达峰和碳中和任务。大湾区外围生态屏障地区，利用优良的生态本底资源，培育做大绿色生态碳汇，不断提升自然资源资产总值，发掘生态产品价值实现路径，践行绿水青山就是金山银山的发展理念。

（2）推动湾区绿色金融合作，完善碳排放交易机制

粤港澳大湾区所在的广东省辖区内经济发达，香港、澳门地区是国际金融、旅游中心。香港地区长期作为国际金融中心的地位以及澳门地区发展金融业的潜力，都具备发展绿色金融的充分条件。其金融工具给投资者带来收益的特性也能刺激投资者对投资绿色金融（碳金融）的兴趣，普惠性质的绿色金融也将得到优先普及与发展。

052
053

而对于内地的国家政策及地区政策都在积极保障有效绿色金融市场的建设。如：我国为应对气候变化加快碳排放交易市场早已采取应对措施，2011 年起，国家发展改革委员会在广东、上海、深圳、北京、天津、重庆、湖北、福建、成都、海南等省、市建立碳交易试点。广东碳交易所的碳排放配额稳步增长，从 2013 年至 2019 年 9 月为止，成交量增长了 325 倍，成交金额翻了 100 倍。增长数据直接说明了社会对碳交易日益增长的重视程度，也说明了粤港澳大湾区具备大力发展绿色金融的必要条件。而除此之外，于 2012 年挂牌成立的广州碳排放交易所也发展迅速，是国家碳交易试点交易平台和广东省政府唯一指定的碳排放配额有偿发放及交易平台，2013 年更改为国家发改委首批认定的“国家核证自愿减排量（CCER）”交易机构之一。以粤港澳大湾区核心城市广州为例，根据广州碳交易所资料，2018 年就参与设立绿色基金，合计发放 43.1 亿元。其中花都基金 2 亿元（绿色金融示范区）、绿色产业担保基金 1 千万、广州北站基金 11 亿元、广州花都空港产业投资基金 20 亿元、广东粤科低碳发展基金 10 亿元（广碳所 2018）。2020 年 5 月，中国人民银行等四部委发布《关于金融支持粤港澳大湾区建设意见》，提出要推动绿色金融合作，并提出了一揽子的具体措施。

碳普惠制是对小微企业、社区家庭和个人的节能减碳行为进行具体量化和赋予一定价值，并建立起以商业激励、政策鼓励和核证减排量交易相结合的正向引导机制。碳普惠制的推广及运营将推动建立低碳消费拉动低碳生产的经济发展新模式，从需求侧促进供给侧产品技术创新升级，实现低碳的价值传递，延伸碳交易市场，形成政府、企业、公众“共同建设低碳社会，发展低碳经济”的新局面。未来，大湾区应进一步加大碳普惠制度的推广力度，完善制度和平台建设，将碳中和要求融入制度建设当中。

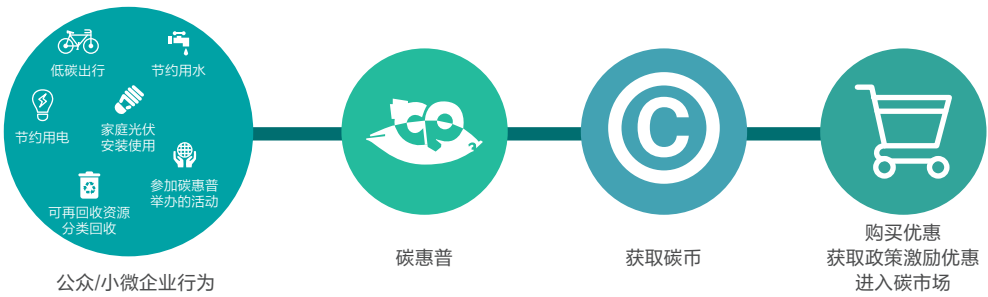


图 2-2-13 广东省碳普惠机制
资料来源：广东省碳普惠创新发展中心网站

总体上，粤港澳大湾区在资本密集型、资源型、科技型绿色资产上具有比较成本优势。面对经济全球化趋势以及以云计算、物联网、人工智能等为代表的新一代技术的影响，粤港澳大湾区从比较优势转向竞争优势的获取，需要政府积极引导，发挥市场配置功能。此外，粤港澳大湾区发展绿色金融具有资本运作优势，可在减排节能和降低碳排放方面实现市场化、金融化，制定碳交易乃至绿色资产的标准、交易机制、定价及风险监控准则。通过市场机制优化配置碳排放空间资源，为排放实体碳减排提供经济激励，从而引导优势低碳产业群体落户粤港澳大湾区，提升绿色发展的质量。要在原有的粤港澳三地合作基础上，进一步使区域绿色发展机制不断完善，成为具有全球竞争力的生态样板。

（3）促进湾区碳汇提质增效，建立跨区域生态补偿机制

在大湾区圈层式的生态空间格局下，外围生态碳汇地区应该得到内部城市碳排放地区的生态补偿，以支持生态修复和碳汇提质增效工作。生态保护补偿机制是调整生态保护者和生态受益者之间利益关系的激励性制度安排，首先应明确自然资源的权属状况，构建归属清晰、权责明确、监管有效的产权制度，在此基础上，按照“谁受益、谁补偿，谁保护、谁受偿”的原则确定生态补偿的参与主体。其次，根据参与主体、资源类型等综合确定生态补偿标准，可采用服务价值法、机会成本法、受偿意愿法、恢复成本法等。最后，制定生态补偿途径，可通过财政政策、税费政策、市场交易等途径实现。通过建立生态补偿制度，为大湾区各地区构建一个协作的舞台，形成统一的迈向碳中和的大湾区力量。

本节作者：牛宇琛 中规院深圳分院城市基础设施研究中心 研究员

2.3 创新湾区：统筹全域资源，优化产业模式

2.3.1 创新产业组织方式：打破行政边界，建设世界级产业链群

（1）湾区责任：建设参与全球产业发展新格局竞争的先导区

推动产业链由水平分工走向垂直整合。当前严峻复杂的全球疫情形势带来了全球产业链深度调整重构的重要战略机遇，产业链群成为全球城市区域产业竞争的新形态¹³。传统水平分工的全球产业链布局 and 供应链结构是大规模工业化生产制造时代的典型生产关系，湾区大量企业“两头在外”，即位于产成品和半成品、零部件、原材料的加工制造环节的价值链低端，价值链上游的研发设计与下游的销售

13 黄奇帆. 以区域经济高质量发展应对外部环境新变化 [J]. 瞭望 2020 年第 21 期.

054

055

结款清算和售后服务等生产性服务过程被西方发达国家和跨国企业控制以实现利益最大化。全球供应链的物理空间由于人流物流受疫情限制被大幅压缩、正在变“短”，粤港澳大湾区需要顺应“全球稳定供应链”向“区域稳定供应链”转变的趋势，在产业布局方面注重本土化和内部化，构建更加完善、更加稳定的区域化产业链供应链体系，率先形成在一定地域内垂直整合的国际化水平分工生产关系。

大湾区具有培育产业链群参与全球竞争的先导优势。经历了改革开放以来 40 余年的发展，中国成为世界制造业大国，拥有 41 个工业大类、207 个工业中类、666 个工业小类，是全世界唯一拥有联合国产业分类中所列全部工业门类的国家。粤港澳大湾区已经形成了比较完备的产业体系，其中港澳以服务业为主，珠江东岸的深莞惠都市圈形成了电子信息产业集群，珠江西岸的广佛肇、珠中江都市圈则形成了汽车和机电装备产业集群，江门、肇庆等提供上游金属制品，大湾区以中国 0.6% 的国土面积吸纳全国 5% 的人口创造全国 12% 的 GDP，工业增加值达到 3.2 万亿元，制造业占 92.7%，庞大的产业规模造就了粤港澳大湾区“世界工厂”之名，具备了支撑全球产业链变革并提升我国产业在全球价值链格局中地位的规模优势和集群优势。

（2）应对策略：共建以“链主”为核心的世界级产业链群

① 培育大湾区产业链群发育梯次

发挥大湾区各城市的优势产业基础，利用湾区城市的发展梯度实现要素互补与区域合作，针对不同类型的产业通过向外转移和内部升级形成梯次推进的产业链群。

对于湾区仍然存在的相当规模的如电子组装加工、金属冶炼、五金建材制造等劳动密集型和低附加值产业，在合理淘汰或向外转移的同时，可以通过提高技术水平获取核心竞争力提升附加价值，向高端产业及战略性新兴产业转型。

对于湾区高端信息技术产业、先进装备制造产业、生物医药、新材料等国家战略性新兴产业，重点推动湾区形成从研发、设计到物流、金融等产业配套的多个全产业链集群；比如，湾区可以由东向西发挥深圳与珠海集成电路、中山光电器材与计算机制造基础优势构建“研发孵化—智能制造—生产配套”梯度创新格局，重点围绕 5G、人工智能、第三代半导体、新型显示等领域共建湾区新一代电子信息技术产业链群结合湾区装备制造优势加强高端机器人增材制造等智能装备的研发与产业化，共建湾区先进制造业链群并依托产业链集群巨大的市场规模提升湾区在全球产业生态中的话语权。

另外，相比长三角依托产业门类齐全、教育科研实力雄厚的优势向具有“重、智、上游”特色的高科技业逐步转型，湾区以“三来一补”加工业为基础，依托出色的贸易、航运设施建设和金融业发展，产业格局由出口加工业向具有“轻、智、终端”特色的高科技业逐步转型，对于终端消费电子产品

的内核和整体解决方案的竞争优势不明显。湾区是我国提高整体制造业技术水平和交付质量的创新最前沿地区，要实现产业链垂直整合，需要聚焦关键技术补齐上游环节，通过产业链与创新链双向融合实现核心技术国产化和关键装备自主化。

② 推动湾区探索实行“链长制”

深圳在 2020 年 7 月发布的《深圳市关于推动制造业高质量发展坚定不移打造制造强市的若干措施（征求意见稿）》中明确提出建立“链长制”，这一制度未来可在湾区推行。综合广州、深圳与港澳的知识密度、创新能力和科技水平专注于开发核心技术，并加快发展金融商务、信息软件业等高端生产性服务业，与东莞、佛山等高端制造业形成良性互动，明确系统集成能力强、市场占有率高、产业链拉动作用大的制造业企业为“链主”企业，由“链长”梳理重点产业链找准产业链缺失和薄弱环节，形成明晰的“协同研发—产品化—融资—制造—销售”的世界级产业链集群。比如，新能源汽车以广州为链长专注于打磨智能驾驶技术、新能源汽车电池核心技术，将新能源电池、电机、电控等核心零部件生产组装加工等环节向佛山、肇庆等地转移；推动家具行业向智能家居转型升级，佛山作为链长协调组织关系聚焦推进智能家具芯片技术研究，高效引领智能家具产业链群发展。

③ 引导优化大湾区产业链“集群式”空间分布

原本的分散园区布局模式导致湾区内部存在比较明显的计算机通信、电气机械、基础化工、金属制品业等产业同质化¹⁴、基础设施低水平重复建设、上下游企业间供求关系不稳定引起的以价格战为主的恶性竞争等资源低效配置现象，在垂直整合的产业链演变下，湾区产业聚集方式可以通过城市之间的合作继续打破行政边界，向链群组织的“集群式”布局模式转变。产业链集群是指在 1 小时到 3 小时车程半径内（50 公里—200 公里半径）形成整个上中下游 70% 以上的零部件、半成品的集群化生产基地，最大程度地降低在全球性大范围的产业链分布导致的物流成本高、运输时间长等风险，强化产业链的抗风险能力。

要克服基础研究与核心技术的制约，进一步提升全球产业核心竞争能力，并降低在产业分工协作过程中的能源与资源等消耗，湾区未来需要打造创新型地域经济综合体，分类布局、相对集聚、互相配套，推动形成聚集制造业上中下游原材料、零部件产业、各种模组 70—80% 本地化生产的集群，以及聚集同类产品和同类企业，围绕产业链延伸创新链的生产性服务业和制造业集群等，形成更为高效、低碳的产业组织模式。基于现状产业分布¹⁵，大湾区首先向更高端的产业形态迈进，以电子制造、电气机械和汽车制造三大产业为例，形成产业链“集群式”空间分布。

14 粤开证券研究院报告：《粤港澳大湾区产业转型升级之路》，2020。

15 李郁，中山大学城市化研究院：《粤港澳大湾区产业空间演变》，2019。

056
057

表 2-3-1 湾区产业升级方向及产业链分析

湾区现状分布主要产业	产业升级方向	“集群式”分布产业链		
		价值核心（链主）	关键制造	生产配套
通信设备等电子制造	新一代信息技术产业（关键电子元器件、智能设备+高端信息软件业）	研发制造与服务（操作系统、芯片研发制造；应用软件/通信服务）	终端产品（智能终端设计与制造）	元器件（分立器件/电声光器件/电池/传感器）
电气机械及器材制造	高端装备制造（智能制造装备）	系统研发与整机制造（自动控制系统/高端数控机床/工业机器人/自动化设备）	零部件与整机（主轴/丝杠/减速器/控制器/交流伺服电机）	基础材料、新材料（高性能齿轮钢/高标准轴承钢/高强度结构钢）
金属制品业		产业链生产配套集群		
纺织业	高端服装	/		
交通运输（含汽车）制造	新能源汽车制造	关键技术研发（智能驾驶技术/新能源汽车电池核心技术）	整车制造（整车设计与加工组装）	零部件（电池/电控/电机/仪器仪表/制动装置/变速箱系/配件内饰/充电桩）

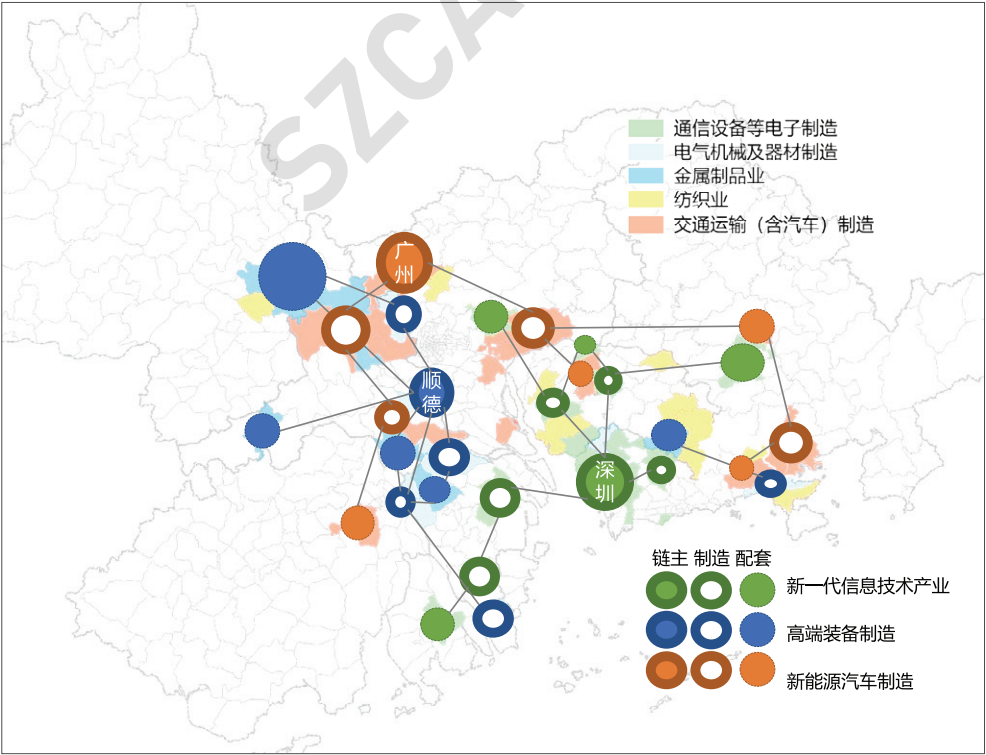


图 2-3-1 大湾区产业链“集群式”空间分布示意图

2.3.2 创新产业生产方式：突破技术革命，实现产业体系绿色低碳化

（1）湾区责任：迎接“双碳”目标与能源问题双向促进的新一轮产业变革

① “碳中和”的实现需要构建绿色低碳产业体系

“双碳”目标确定绿色低碳发展为未来经济发展的主旋律，“低碳转型”成为当前产业领域政策风口，2021 年 3 月政府工作报告将“扎实做好碳达峰、碳中和各项工作”列为年度重点工作之一，2020 年末工业和信息化部也在全国工业和信息化工作会议上提出“要围绕碳达峰、碳中和目标节点，实施工业低碳行动和绿色制造工程”，2021 年 2 月国务院在《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》中提出“建立健全绿色低碳循环发展经济体系，促进经济社会发展全面绿色转型”。《中共中央国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》明确提出大力发展绿色产业，作为中国开放程度最高、经济活力最强的区域之一，国家赋予了粤港澳大湾区实现绿色低碳循环发展建设绿色发展示范区的使命，大湾区应主动承担责任加快实践并率先实现碳中和。

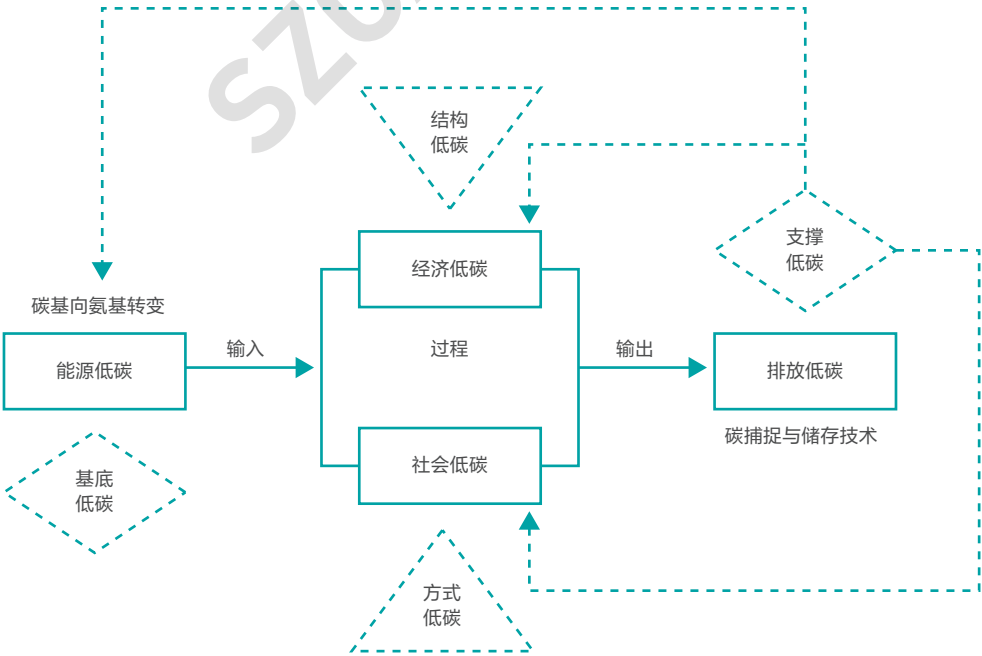


图 2-3-2 低碳绿色经济循环示意图
资料来源：智慧产业指南《低碳绿色发展智慧产业指南》，2021

058

059

② 能源革命带来经济社会发展新动能

由于煤炭、石油、天然气以及大中型水电等常规能源的有限性以及环境和气候变化问题的日益突出，主导以清洁能源替代高公害能源的新能源运用是继第一次能源革命——煤与蒸汽机、第二次能源革命——石油与内燃机之后的新一代能源及动力系统的变革，标志着人类从蒸汽时代、电气时代、信息时代进入绿色能源时代，为新一轮科技革命和产业变革带来了经济社会发展新动力，也势必会对未来世界经济格局产生深远的影响。立于全球经济前沿的粤港澳大湾区面对产业变革浪潮，要瞄准以可再生能源为代表的新能源，以碳纤维、石墨烯为代表的新材料，以云计算为代表的新一代信息技术，以 3D 打印为代表的智能制造技术等生产要素，不断探索新技术、新产业、新业态、新模式，助力广深港澳科技创新走廊建设，推进湾区间各层级、各功能城市群的互相促进，并通过产业集群优势和一流的营商环境吸引更多国内国际创新主体，形成强劲的创新驱动模式，促使以滨海经济、港口经济、都市经济与网络经济高度融合形成的湾区经济飞速发展。

（2）应对策略：聚焦产业迭代升级和绿色发展构建低碳产业体系

① 促进技术更新，实现传统产业低碳化

稳步推进湾区产业升级，促进湾区优势产业拥抱 5G 移动通信、物联网、人工智能等重点技术，搭建产业公共技术平台，攻关产业共性关键技术，实现原材料－设备－产品生产模式的全流程低碳化。通过延链补链和品牌打造促进产品高端化和先进化，依托湾区服装、钟表、珠宝、家具、玩具等传统产业领域具有的显著规模生产优势、研发和品牌优势，推动传统优势产业特色化改造并向创意产业转型，加速新技术、新产品、新业态及新模式的应用示范，以应用带动产业发展形成更多新经济增长点，推动产业规模不断迈上新台阶，引领市场继续做大做强做优。比如，鼓励湾区纺织企业向国外积极引进合成纤维、尼龙、聚酯纤维、先进轻纺等新材料技术提升纺织服装业产品竞争力；在石油化工领域进一步延伸和完善石化深加工、精细化工产业链，发展绿色石化。

发挥湾区产业协同优势加快推进制造业智能化、信息化，重点围绕第三代半导体、新型显示、生命健康、高端装备等重点领域，支撑和引领产业转型升级，采取“智能制造＋传统产业”融合模式实现各层级间的信息互通，减少生产盲目性，既可以为企业降成本增效率又能促进低碳化生产。比如依托深圳人工智能、控制系统等软件技术发展和佛山智能装备制造等硬件支持，率先建设智能工厂，并渗透探索智能物流、定制化生产、零库存生产，建立产业链整体互联网化。

聚焦科技前沿领域，抢抓科技产业变革机遇，建设湾区成为全球重要的新兴科技与创新发展策源地，持续支撑经济更高质量和更可持续发展，建成具有国际竞争力的未来产业发展高地。2020 年美国针对华为等中国企业的“芯片断供”促使我国将科技自立自强作为国家发展的战略支撑，湾区要持

续孵化增材制造、石墨烯、柔性电子、微纳米材料与器件、氢燃料电池等前沿领域，为中长期新兴产业发展和积蓄未来发展力量奠定坚实基础。

② 优化产业结构，培育新兴绿色低碳产业

湾区经济基础雄厚但基础研究薄弱，应着重培育和发展基于科学的产业，实现湾区能源和产业结构的深度调整，搭建起由“新能源产业＋智能制造业＋节能环保产业”组成的绿色低碳现代产业体系，成为全球新兴产业的重要策源地。能源结构方面，推动光伏、风能等清洁能源使用比重，预计整体比重将在 40 年内从目前的 10% 以内提升至 70% 以上¹⁶。产业结构方面，以绿色低碳技术创新和应用为重点，加快推进绿色低碳产业发展。

推动湾区能源消费电力化，电力生产清洁化。2019 年能源活动碳排放约 98 亿吨，占全社会碳排放（不含 LULUCF）的比重约 87%，控制能源领域碳排放是实现全社会碳中和的关键，能源消费减碳必须加快以电代煤、以电代油、以电代气，大力提升工业、交通、建筑领域电气化水平，电能将逐步成为最主要的能源消费品种，取代煤炭在终端能源消费中的主导地位。目前我国发电装机以煤电为主（煤电装机占比接近 50%），要实现碳中和，推动湾区电力行业进行清洁化转型，需要围绕先进核电、风电光伏等可再生能源、高效储能、智慧能源等领域，大力发展技术领先的清洁能源产品。

加快推进湾区汽车行业电动化、网联化、智能化、共享化。在汽车制造领域大力发展新能源汽车、智能网联技术，推动混合动力电动汽车、纯电动汽车（包括太阳能汽车）、燃料电池电动汽车、高效储能器等新能源汽车行业替代传统汽车行业发展，谋划布局智能网联车，加强车载芯片、感知系统、车载通信终端、线控底盘等智能网联及自动驾驶核心技术储备研究，为汽车发展的能源供给问题和交通安全与效率提升问题提出新的解决方案。

围绕高效节能、先进环保、资源循环利用等技术制造工艺，重点发展高效电光源与节能电器、净水节水、废气处理、可降解生物塑料等节能产品与环保装备，开展电子废弃物、工业废弃物、城市生活垃圾等资源再生利用。在电子废弃物利用领域，电子垃圾已成为世界上增长最快的废弃物，湾区是电子信息产业聚集地，推动湾区电子行业通过云计算和物联网等技术创新去物质化的服务模式、提高电子产品的耐用性与维修服务水平、突破先进的回收利用技术等方法发展电子行业循环经济。

16 中信建投证券研究报告《“碳达峰、碳中和”二十大趋势研判》，2021。

2.3.3 创新产业服务方式：从物联网到智联网，构建绿色低碳服务体系

（1）湾区责任：推动建设面向智慧社会的智能服务体系

① 推动智联网融合发展

物联网（IoT）作为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮，是能够将人、生物、机器、软件系统连接起来的万物互联技术，随着 AI 的蓬勃发展，物联网开始迈入智联网（AI+IoT）时期。粤港澳大湾区作为未来中国最活跃最发达的创新发动机，要大力发展 5G、人工智能核心关键技术，解决物联网发展中各信息系统不能进行有效整合和共享造成的重复性工作、资源浪费以及“信息孤岛”等问题，推动智联网服务链逐步向工业、政务、电信、交通、金融、医疗、教育等领域广泛渗透，以及应用链逐渐向生产、物流、供应链等核心业务延伸。推动湾区智联网对实体经济融合赋能，在宏观层面提供最优决策，减少恶性竞争与资源浪费，改变产能过剩与产业同构的现状问题；微观系统层面充分利用大数据及人工智能，提高响应速度，将决策支持与快速反应有效结合，提升各个业务系统的效能，加快公共服务方式改变并促进产业转型和创新创业。

② 建设粤港澳大湾区智慧城市群

在历经农业社会、工业社会、信息社会后，基于智联网的发展，通过智慧交通、智慧医疗等领域随时随地提供个性化的精准服务，最终实现以泛在、智能、普惠、精细为主要特征的智慧社会。智慧社会的发展不是局限于以地为中心的城市空间管理和区域整合，而是逐渐扩展到以人开展智能服务和管理，区域内部城市群发展不平衡是区域建设智慧社会过程中面临的重要挑战之一。粤港澳大湾区是智慧城市群的标杆和样本，为了实现大湾区智慧社会的整体建设，解决智慧社会建设中的行政区划管理、文化差异、经济发展不平衡等问题，需要在湾区范围统一规划并构建协同合作机制。空间信息建模技术可为智慧社会的数字生态提供最为重要的数字孪生保障，借助地球空间信息科学及相关数字化技术观察与人的行为和流动数据，监测并促进实现湾区内部融合发展，全面推动新时代城市管理从数字化到智能化再到智慧化转型，将湾区率先打造成城市群内部整合度高的智慧社会。

（2）应对策略：打造服务于未来产业的基础设施网络

① 抢先确立信息基础设施建设标准

基础设施的基础地位决定相关建设必须适度超前，工业经济时代大量经济活动建立在以铁路、公路、机场、港口等为代表的传统基础设施建设上，湾区要建成竞争力影响力卓著的粤港澳大湾区国际科技创新中心并发展新一代电子信息技术世界级产业链群，要统筹布局重大科技基础设施、科教基础设施、产业技术创新基础设施等支撑科学研究、技术开发、产品研制的创新基础设施，要提前布局以 5G、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施，以人工智能、云计算、区

块链等为代表的新技术基础设施，以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等基于新一代信息技术演化生成的信息基础设施并抢先确立全球标准。以 IDC 为例，企业及人口集中导致局部并发数据量较大的湾区是数据中心首选布局地点，大数据中心的发展会加速数字化城市管理平台的搭建，大大提升湾区城市管理综合统筹能力¹⁷，根据中国 IDC 圈数据显示，截止 2019 年末粤港澳大湾区三大运营方及民营 IDC 机房总量为 48 个¹⁸，主要分布在广州、深圳、东莞、香港四市，湾区应进一步优化 IDC 机房在其他城市的布局。

② 加快布局服务于绿色低碳产业的融合基础设施

面向构建湾区可持续发展竞争力需要，湾区要前瞻布局服务于未来产业的融合基础设施，主要是指深度应用互联网、大数据、人工智能等技术支撑传统基础设施转型升级形成的智能交通基础设施、智慧能源基础设施等。城际高速铁路和城市轨道交通、新能源汽车充电桩建设将进一步帮助完善城市交通网络体系，其中加强城际高速铁路和城际轨道交通建设投资可以促进湾区内部基础设施互联互通，是推进湾区融合发展的基础，而新能源汽车是推进制造强国和网络强国建设的重要支撑和融合载体，充电桩作为新能源汽车的基础设施需要在湾区大量推广建设；以 5G 基站、大数据中心为代表的信息新基建均是耗电大户，需要建设特高压保障能源供应安全，作为坚强智能电网的重要基础，特高压的建设将成为城市新一轮发展的基础，这也会给数据中心的选址提供更多空间选择，有效促进湾区集约高效发展。

本节作者：张琪 中规院深圳分院规划设计四所 研究员；李福映 中规院深圳分院规划设计四所 主任规划师

2.4 人文湾区：重塑岭南文脉，均衡公服配置

2.4.1 文化发展

（1）从整体历史文化脉络视角关注文化保护与发展

① 大湾区历史文化资源丰富，多元文化碰撞交融

广东是中国海上丝绸之路发祥地，是中西文化交融之地，中国近现代民主革命的策源地，也是当代中国的“思想库”和改革开放实践的“先行区”。其文化以农业文化和海洋文化为源头，在发展过

17 中国银河证券研究院《带动增长，引领升级，新基建正逢其时》，2020。

18 中国 IDC 数据圈。

062
063

程中不断吸取和融汇中原文化和海外文化，逐渐形成务实、开放、兼容、创新的独特特点。珠三角所在的岭南地区，历史上经历了从西往东、自北向南、从山区到沿海开发的空间推移过程，同时南粤文化、中原文化、海外文化在此期间不断交流融合，形成现今大湾区的文化特征。总的来说，大湾区历史文化特征自成格局，外来汉化文化与原生态文化并存，在吸收了西洋文化后迅速转变，多种文化发生碰撞最终形成了特色鲜明、风格独特的地域文化¹⁹。

表 2-4-1 大湾区历史文化特征脉络及各时期建筑代表

时期	秦汉－宋元	明清时期	清末至民国	改革开放以来
文化特征	古越族文化与汉文化的逐步融合，汉文化在珠三角逐渐成为主流文化	海外文化传入，以广州为中心的商贸文化辐射整个珠三角区域	本土文化与外来文化碰撞融合，开始形成华侨文化	珠三角作为改革开放的前沿地带，从传统向现代迅速转变
建筑代表	南越王宫苑遗址、光孝寺等	以青砖建造宅第的宗族村落、祭祀宗祠	西关大屋、东山洋楼、沿街骑楼	大量传统建筑甚至完整村落被拆除

② 构建完整的文化遗产保护利用线性空间

粤港澳大湾区拥有丰富的有形和无形的历史文化遗产，同时文化之间具有内在的关联性。未来需要进一步从整体大区域尺度方面关注文化保护与发展，避免片面的从个体或单个类型的角度进行保护，甚至从以价值的考量角度进行开发。首先，应当科学系统开展跨区域线性文化遗产研究，深入认识遗产的价值，合理分级分类，导则与示范相结合，制定相应标准，推动示范，发掘遗产的当代价值，提升城市品质；其次需要将文物保护工作纳入空间规划体系，解决遗产保护在跨区域大尺度上碎片化的问题，通过多方资源叠加，结合新的利用方式，融入新的社会发展环境中，通过线性串联，凸显整体价值，各种社会主体均可参与其中，进行各种活化保护与利用。通过构架线性连续的特色空间，串联沟通特色村镇、重要城市、旅游节点、风景名胜资源，形成一体化整体展示的线性文化资源体系；最后，依托“一带一路”，加强文化的对外交流，促进文化传承。

（2）文化要素与自然要素交织，构筑湾区大地景观

① 大湾区的文化要素分布受山水兼备、地貌多样的地理环境本底影响

岭南地处我国南疆边陲，北隔五岭、南阻大海，相对封闭的地理位置一方面极大限制了古代岭南与中原、大洋彼岸先进文化的沟通，另一方面，外来影响少，又有利于形成和发展自己的本根文化，有利于民族文化的沉积，形成民族地方特色。同时广东省山水兼备、地貌多样、流域众多，形成了独特的景观本底，历史上形成的地方空间，通常根植于本地的自然地理环境，逐步演化出地方性的经济地理格局与文化景观。大湾区主要以平原为主，周边地域则地貌形态复杂，包括山丘谷地区和

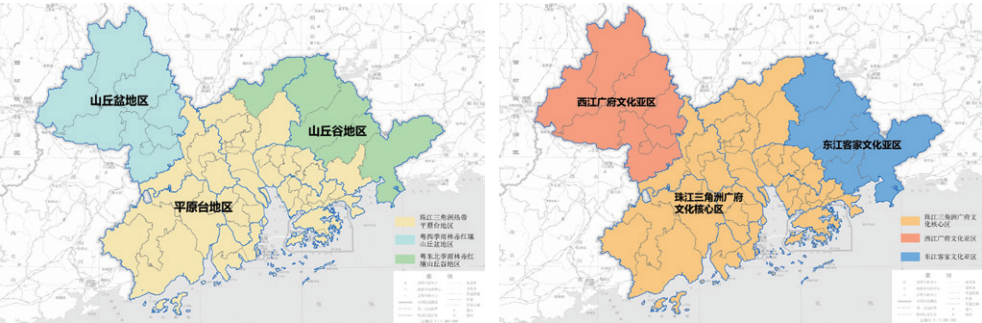


图 2-4-1 粤港澳大湾区地形地貌分区图

图 2-4-2 粤港澳大湾区文化地理分区图

山丘盆地区，自然景观丰富多样，山系、平原、海洋分化出不同的生产方式，产生了不同的文化基因，共同构成了岭南地域文化的自然和社会基础。中部密布的河网和冲积平原孕育了农耕稻作和商业文化，孕育形成了广府文化，南部滨海的地理环境则铸造了敢于冒险和向外开阔的海洋文化²⁰。

② 珠江流域与东江流域交汇，文化与自然要素网络化分布

粤港澳大湾区珠江八门入海的自然环境，塑造了水网交错、桑基鱼塘、水田肌理的特色片区，而文化的分区更是与流域范围高度重叠，体现了地理与文化之间的耦合关系，自然文化地理格局的形成受流域影响明显，历史文化资源分布与流域分布高度相关，共同构成了整体和动态发展的区域文化生态系统，自然人文资源空间分布整体呈现“网络化”特色，主要由以自然环境为基底的“面”，以河网水道、古驿道等交通通道为轴线的“线”、以聚落为领域的“点”以及非物质文化遗产共同构成。其中珠三角地区珠江、东江、西江流域地区的文化资源要素分布最为密集，以珠江流域、韩江流域及沿海诸河流域为空间骨架，向纵深延展，形成网络化分布特征²¹。

表 2-4-2 大湾区点线面不同类型文化资源

资源类型	文化点		文化路线		文化基底
	建（构）筑物	历史聚落	自然景观资源	水陆古驿道	
物质文化资源	文物保护单位 历史建筑	历史文化名城名镇名村 历史文化街区 传统村落 古村落	风景名胜区 森林公园 自然保护区 其他自然景观物	陆路古驿道：梅关古道、西京古道等 古水道：北江、西江、东江等	自然本底
非物质文化遗产资源	广府文化、客家文化、福佬文化等地域文化本底，包括非物质文化遗产、传统民俗、历史名人和事件等历史文化信息				

19 参考珠江三角洲全域规划（2014-2020 年）总报告

20 参考广东省国土空间规划岭南魅力体系部分内容

21 参考广东省国土空间规划广东省地域文化保护利用专题研究

064
065

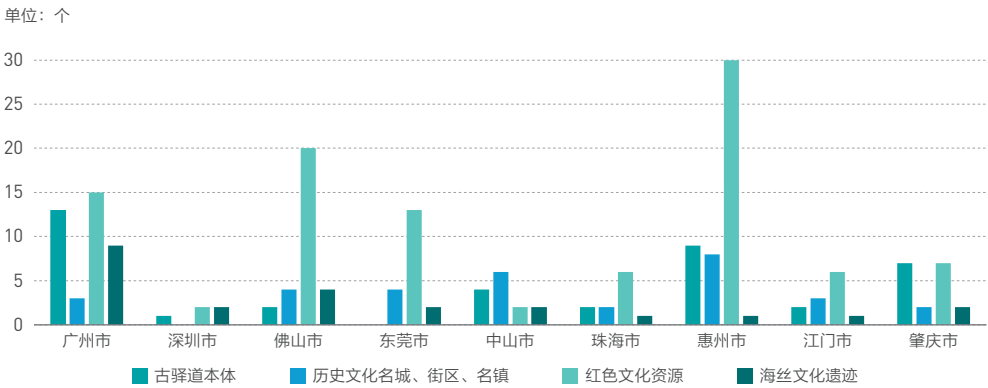


图 2-4-3 大湾区历史文化资源要素分布

③ 绿色发展理念下，文化要素与自然要素共同构筑大地景观

基于大湾区通山达海的地域景观本底和传统岭南文化与现代文明交融互促的文化特色，在绿色发展理念引领下，综合自然、人文要素资源，彰显大地景观风貌与文化底蕴，打造凸显岭南魅力本底的地域景观，构建展现流域特色的魅力游憩网络。通过加强对蓝绿网络和水乡景观特色的保护，以自然为本，凸显特色斑块肌理和水乡格局的保护、生态驳岸营造以及多彩高品质的滨水林相塑造，营造多样性生物生存环境²²，结合流域划分，以碧道、古驿道、绿道为骨架，强化流域文化空间支撑。同时，大湾区应当依托文化空间，通过挖掘文化价值、保留原有空间结构、优化片区的整体物质环境、加强文化资源保育的方式，对文化空间进行适应性改造，提升文化空间品质，打造以人为本的环境。在这个适应性改造过程中，应当贯彻“三个尊重”：一是尊重历史，强调对遗产自身和所处城市文脉的延续，更多地从“简单而纯粹”的思路出发，避免大拆大改，并力求对城市经典内涵有所呼应。二是尊重环境，强调对基地及其周边自然环境的“最小干预”，并结合对本地特色文化的挖掘，力求将文化与自然进行完美融合。三是尊重社区，强调市民对于文化和文化设施发展的重要作用，在文化传播和教育普及方面主动作为，力求创造人与遗产、遗产与城市之间的良性互动。通过对旧住宅区、旧建筑、旧街区等多元区域进行微改造更新，改善生活质量，促进城市功能转型，最终形成历史文化区、城市文化储存器。

22 参考广东省国土空间规划岭南魅力体系部分内容

（3）延续岭南文化基因中的绿色低碳理念

① 岭南建筑中体现人与自然和谐的智慧

因岭南地区处于热带、亚热带之间，大部分地区属于亚热带季风海洋性气候，高温、多雨、潮湿的气候特性使得岭南建筑要具有遮阳、隔热、通风等功能，以适应当地气候，大湾区的广府民居等岭南古建筑中，大多数具有明堂、天井等构成要素，充分考虑了使用功能、遮阳隔热、通风散热等符合岭南地区气候环境的设计手法。岭南建筑充分利用了岭南的自然资源和汲取岭南文化的精髓，形成独具岭南特色的建筑艺术，成为岭南文化的重要载体，蕴含着丰富的生态意蕴和重要的现实价值，既具有浓厚的地域特色，又彰显了岭南人民高超的生态观理念，在技术上体现了岭南建筑对当地气候的适应、利用和改善，在艺术上反映出岭南建筑对当地自然美的追求²³。许多岭南传统建筑，如岭南四大名园、陈家祠、北京路上下九步行街的商业骑楼等建筑，成为城市现代化发展和岭南建筑文化的完美结合体，以及城市的亮丽名片和社会公众旅游休闲购物的好去处。以岭南特色建筑“骑楼”为例，沿街架空首层用做公共行人道的“骑楼底”正是适应了岭南当地日照时间长、高温多雨的气候特性，不仅可以遮阳避雨，采光通风，有利于现代空调的节能以改善人居环境，也为人们提供一个安全、舒适、便利的逛街购物出行的来往空间，在促进商业繁荣的同时，也反映出人民追求“人、建筑、自然环境”和谐统一的生态学思想。

② 岭南建筑中彰显绿色低碳理念

位于惠州市龙门县南昆山国家森林公园内的广东南昆山十字水生态度假村，基于对生态环境和客家文化的尊重和保护，该项目在全面了解南昆山当地的水文、地理、植被等自然生态环境后，合理选择建造地址，顺山势而建，减少对大自然的破坏程度；同时，建筑材料就地取材，选择当地的砖瓦、石沙、竹材和木材等以降低资源消耗；使用旧砖瓦等材料以提高原材料的回收利用率。此外，所有建筑都采用架空的形式，最小限度地破坏山体结构和挖山取土。十字水生态度假村作为现代岭南建筑的代表之一，秉承人、建筑、自然协调发展的生态价值观，通过与当地的自然环境相结合，有效地协调建筑物与周围环境的关系，尽可能地减轻建筑物在建造和使用过程中对大自然的破坏程度，保护自然生态环境和当地生物多样性，使人类、建筑、自然和谐共生、协调发展。

挖掘岭南建筑文化中的生态“基因”，发展和延续岭南建筑文化中的生态文化，有利于贯彻绿色发展理念，推进生态文明建设。岭南建筑倡导人、建筑、自然和谐统一的生态世界观和协调发展的生态价值观，在建筑设计中注重倡导生态优先原则，树立环境共生意识，保护自然生态环境；贯彻节地、节水、节能、节材的理念，节约资源和降低能耗；推广应用和发展节能、低碳环保的建筑新技术，发展绿色建筑；注重当地适宜技术的应用，建筑因时因地制宜建造，致力于将绿色发展理念贯穿建筑的全过程，建造与自然环境和谐、低能耗的绿色建筑，从而助力美丽中国建设。

23 黄玉华、徐勇志：岭南建筑文化的生态观及实践路径研究[J].柳州职业技术学院学报,2019,19(06):14-18.

066
067

③ 历史建筑与街区活化中注重人居环境改善

近年来广州围绕岭南特色和传统风貌大环境着力推动文化遗产传承，改善人居环境。广州作为国内首个试点“中国可持续发展城市降温项目”的城市，一方面在永庆坊二期开展旧城更新提升示范项目，针对街区与建筑尺度，在旧城高密度地区传承和创新岭南建筑降温降湿技术，采用岭南传统建筑的通风、隔热、遮阳的一些措施，突出岭南特色的同时，全面提升硬件环境。另一方面大力推广绿色建筑和建筑节能，将广府传统建筑的气候适应智慧传承应用到现代城市空间中，引风入城缓解热岛效应。在微改造的模式下，永庆坊的人居环境得到显著改善。

建筑生态理念指导建筑工匠结合地域、自然环境特点进行设计以达到通风散热、防潮防晒的效果，并代代传承，让岭南特色生态家园遍地开花，从而有效地改善人居环境，提升居民的生活品质。这既是建设岭南特色生态家园的建筑理念，也是发展绿色建筑的理论支撑，极大地丰富和发展了岭南建筑文化。居住环境与历史建筑和街区的保护相辅相成，未来应进一步注重以基础设施和改善为出发点，进行城市更新和改造，逐步改善人居环境，促进传统街区活化，推动精细化管理，同时保持建筑 and 历史文化街区的历史信息，形成环境与人文的融合。

2.4.2 公共服务

（1）教育服务：以教育资源和服务的均等化降低居民出行需求

① 核心挑战：教育资源不均衡导致长距离出行明显

最明显的就是教育资源在空间分布的不均衡所带来的长距离择校就学问题。在大湾区内，尤其是深圳原关外等城镇化高速发展地区，出现教育资源不均等导致长距离择校就学的现象：因公办学校学位无法扩容，其统筹招生难以满足所有条件合格的学位需求，部分学生需要前往距离较远的民办学校；同时，由于城镇化扩张过快，配套的教育资源跟不上城市建设发展，且教育设施建设存在前期手续繁琐、工程建设缓慢、新校需要借址等问题，最终导致片区内学位紧缺、区域分布不平衡，部分公办学校学生需要分流到较远学校。深圳市教育部门曾就此现象做过解释：学区房政策下的“就近入学”并不意味着“入读离家最近的学校”²⁴。在日本，由于老师作为公务员允许强制流动，教育资源相对公平，家长不会争相购买或租赁“学区房”。但在教育不公平的环境下，为获取周边学位资格，容易出现买旧房而不住，实际仍居住于离学校较远地区的情况，从而产生长距离通勤。

根据《广东省国土空间规划（2020-2035年）》中提出的15分钟生活圈建设目标，运用OSM路网、百度公开POI公共服务设施下载、百度100m栅格人口分布等大数据，基于路网建立幼儿园10分

24 深圳市教育局.《深圳市2016至2017学年度义务教育阶段新生招生三十问答》.[EB/OL].2016-03-10

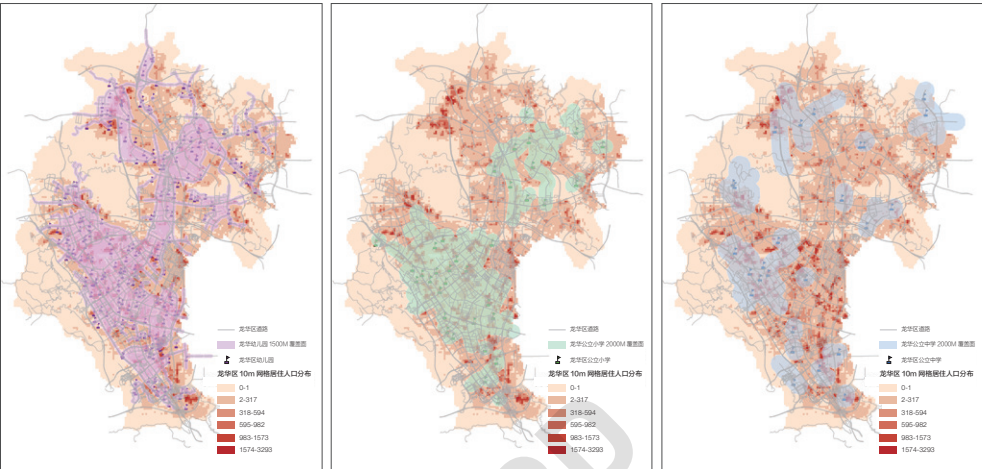


图 2-4-5 龙华区基于路网分析的教育设施服务覆盖面（左：幼儿园；中：小学；右：中学）

钟步行、中小学15分钟步行服务覆盖范围，并与居住人口进行叠加，仅以深圳市龙华区为例，研究发现龙华区仅有幼儿园覆盖面较好，公立小学在西北部（塘村与章阁村周围）出现了小范围的空缺，而公立中学地区的服务范围未能较好的覆盖龙华东南部片区，公立中小学服务范围人口覆盖率均小于85%。

其次，教育水平和风格差异也会带来跨境通勤。深港、珠澳两地，由于教育体系与风格存在巨大差异，部分家长为获得港澳国际化的教育资源，将学生送往港澳读书，每日需要长距离跨境通勤。

再次，课外教育也会带来大量交通出行。周末、寒暑假期间，学生由于参加补习班、兴趣班，经常性的外出也会导致大量通勤。

② 策略应对：多渠道推进教育资源与服务均等化

重点是提升基础教育水平，优化教育资源的空间布局。高速增长阶段下的基础人文服务欠账，需要政府部门加快教育硬件设施升级来进行弥补或缓解，而推动教师资源合理流动也可以在一定程度上协调与均衡优质的教育资源。除此之外，还可以发挥社会参与作用和推动校企合作，提升教育力量薄弱学校的教学经验和管理能力。发挥教育资源网络作用，实现教学资源的交流共享，增强教育资源要素流动，缓解人员高度通勤带来的绿色低碳发展压力。

其次是建设在线教育云平台，推进一体化的智慧教育服务。借助云计算、大数据、边缘计算、人工智能、“互联网+”等新一代信息技术打造教育云平台、智慧教育公共服务平台，以统一的门户网

068
069

站为人们提供教育服务管理，打破教育信息化的边界，在常态教学中逐步发挥在线教育的灵活性、扩展性、可复制性等优势，实现教育全方位、数字化、全球化的转型发展。智慧教育作为以现代信息技术构建为基础的开放式网络教育，不应成为资本市场融资的手段，而是使受教育者的学习不再受时间、空间限制，保障国民接受教育的平等性，对提高教学质量，推动区域教育创新，缩小区域、城乡、校际教育水平差距具有重要意义。而且通过新型技术实现的在线教育云平台，可以更好地整合教育资源，自定义构建个性化的网络学习课程，拥有更加自由的学习环境。线上教育，首要保障的是高质量“教育”，其次才是通过信息手段实现“线上”，通过实现学生居家享用一流的教育资源，从而减少交通出行，降低碳排放。

（2）医疗服务：以合理配置和布局医疗资源满足绿色低碳要求

① 核心挑战：医疗资源过于集聚与线下服务主导增加交通需求

广州和香港经过多年的发展在医疗资源上具有显著优势。通过对网络数据的抓取以及对医院医疗等级及其位置分布可视化后可以明显发现，广州地区三甲级医院数量远超大湾区内陆其他地区，优质的医疗服务也主要集中在香港、广州地区，高质量的医疗资源过于集聚，而群众出于对基层医院医疗服务能力的担忧，就医需求大量向大医院集中，导致看病出行距离增加。

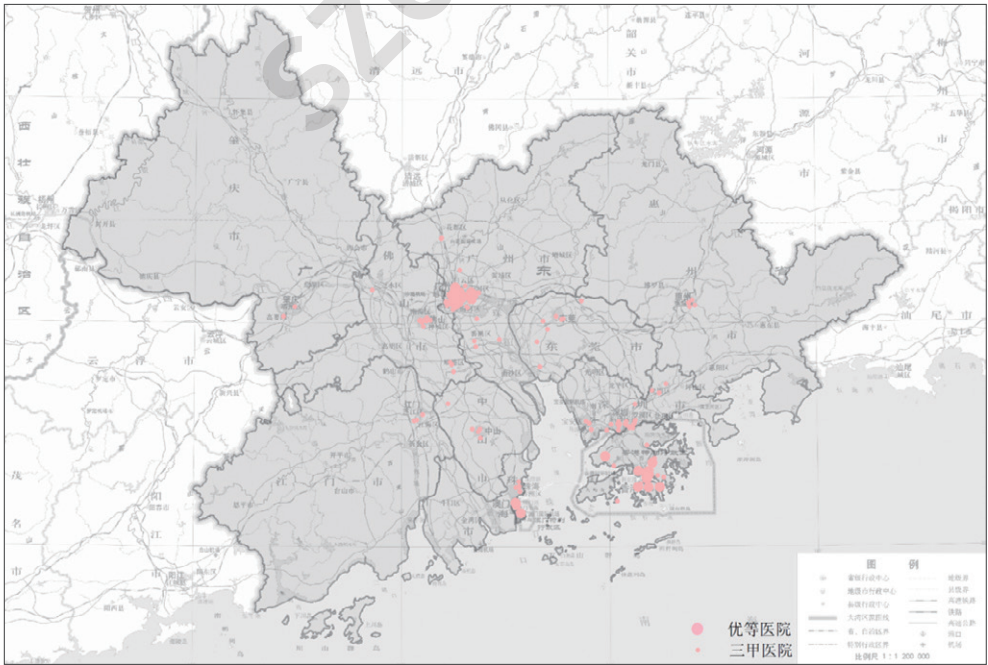


图 2-4-6 优等医院（大湾区）和三甲医院（大陆）资源分布

以线下为主的医疗服务体系也会增加看病出行次数。目前我国整体医疗服务过于依赖线下方式，数据显示，我国慢病患者拿药、复诊长期占据大量线下医疗资源，不仅增加看病出行次数，也给线下医疗机构带来较大压力。而随着人民生活水平不断提高，疗养保健需求也随之升级，而医疗服务与疗养保健功能之间在地区分布上相对分散，不利于设施资源集约利用。

② 策略应对：推进线下分级诊疗和线上智慧医疗，探索医养空间一体化

——提升基层社区医疗服务能力，实现科学有序的分级诊疗。

近年来，为解决百姓看病难的问题，多地试行区域医联体制度，即整合区域三级医院与二级医院、社区医院、村医院等医疗资源形成一个医疗联合体。医联体内实行科学有序的分级诊疗：普通疾病患者可先就近到社区首诊，需要转诊的危重患者可以优先上转至上级医院就诊。而对于上转的患者，由上级医院制定个体化、规范化治疗方案，社区医院则负责健康管理、患者随访、基本治疗及康复治疗，真正实现“大病到三甲，小病到基层，康复回社区”的医疗服务模式。推进医联体建设工作，是提升基层医疗服务能力，完善医疗服务体系建设的重要举措，不仅为向广大居民提供优质医疗服务起到了重要的推动作用，也会使转诊更畅通，更大程度地满足各地居民多元化的就医需求。

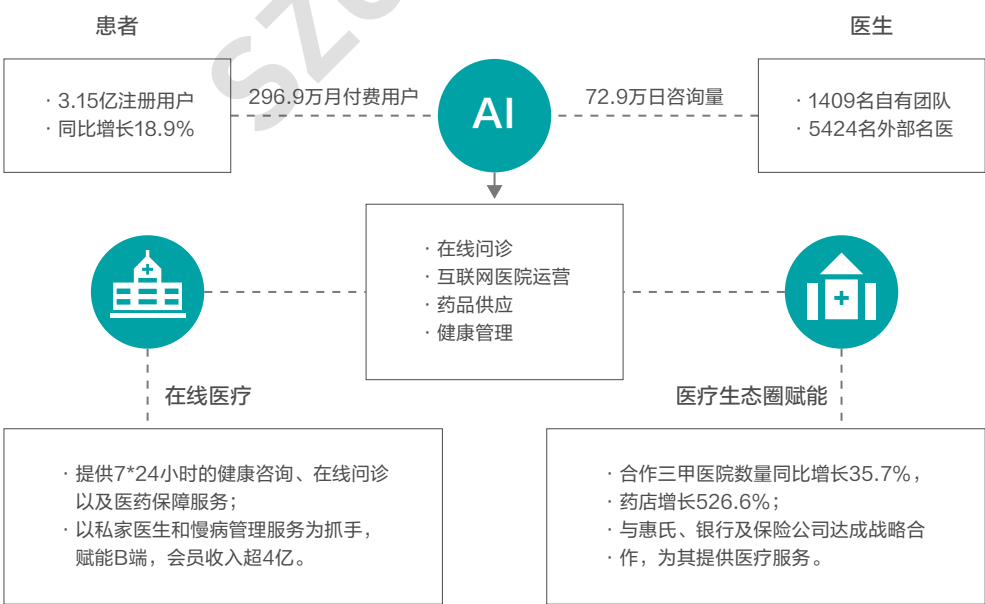


图 2-4-7 平安好医生在线医疗优势服务²⁵

25 新浪财经·易观互联网医疗数据更新，平安好医生问诊平台流量再创新高 [EB/OL].2020-07-15

070
071

——加强智慧医疗系统，实现医疗服务智能化，完备远程看诊探视系统

线上智慧医疗有利于缓解线下医疗服务压力。随着物联网、大数据等技术在医疗领域的应用，智慧医疗系统正逐步形成，其建设和发展通过信息化手段实现远程医疗和自助医疗，不仅有利于缓解医疗资源紧缺压力，而且可以实现医疗信息和资源的共享和交换，大幅提升医疗资源分配的合理性。疫情期间表现抢眼的互联网医疗或将借着突然暴增的用户需求，迎来行业发展的新纪元。线上问诊与简单医疗服务能让公众获得方便、快捷、可及的医疗服务和医疗咨询服务，并通过承接和分流群众医疗健康需求，阻断人与人面对面可能产生的疫病传播，降低了线下人群聚集感染的风险，对于缓解线下医疗服务强度具有一定优势。通过远程医疗会诊系统，患者在极短时间内就可以获得专家诊断意见，避免了长途寻医带来的不便。且有助于医院病历资料的保存逐渐向数字化、国际化、标准化、绿色化、低碳化方向发展。

加强智慧医疗系统有助于加速实现医疗服务智能化，比如：通过建立 5G 智慧立体急救网络，借助智能检测和 AI 技术，可以迅速识别突发病情，为患者调配急救资源；线上诊疗可以实现实时数据传输，让医生提前做好准备，为患者赢得更多抢救时间；专家可利用 VR 和远程 B 超等技术随时随地问诊；患者出院后可通过线上医院进行复查等工作；利用先进的物联网技术及其他计算机技术，实现医疗信息的智能化采集、转换、存储、传输和后处理，完备远程看诊探视系统，缓解基层群众日益增长的医疗需求与不同区域医疗资源结构巨大反差的矛盾。

打造健康档案区域医疗信息平台有助于区域内患者资料共通。建立粤港澳大湾区统一电子病历，可以为医生更好地提供就诊的参考依据，便于医生更好地制订治疗方案、提供用药参考、减少药物不合理使用及重复开药，对患者来说也可以避免很多重复检查，切实减轻医药负担。目前，针对部分业务，广东省已通过线上增设服务专区、线下开设服务专窗、部署自助服务终端等多渠道打通线上线下跨区域办理途径，该举措为实现“湾区通办、湾区档案平台”提供进一步可能。

——满足健康新需求，探索医养空间一体化建设

随着智慧医疗行业的兴起，医养空间被赋予更多内涵，开始承担治疗、保健、护理、养老、疗养等多重任务。从普通民众对医疗保健认知的角度，过去人们只是在生病时才会有求医需求，现在更加重视健康的生活行为与方式，既重视肌体健康、心理健康，侧重疾病预防，这就意味着在未来的智慧医疗时代，医养空间将不再局限于特定机构之内，其边界或将走进我们的日常生活。

目前，医养健康服务的实施主要由卫生部门牵头，但在面对如机构养老、居家照护等后续服务跟进时显得力不从心，未来需要政府从财政、人才、组织、政策等方面给予保障，构建医养一体化行政

协调机制。此外，需要整合现有社区资源，通过多管齐下建立“政府－市场－社区”多主体协同发展的医养一体化健康服务供给体系，并提高其服务质量²⁶。一体化的健康服务供给体系通过减少不必要的重复医疗资源配置，以资源相对更为集中的方式促进了绿色低碳的发展。

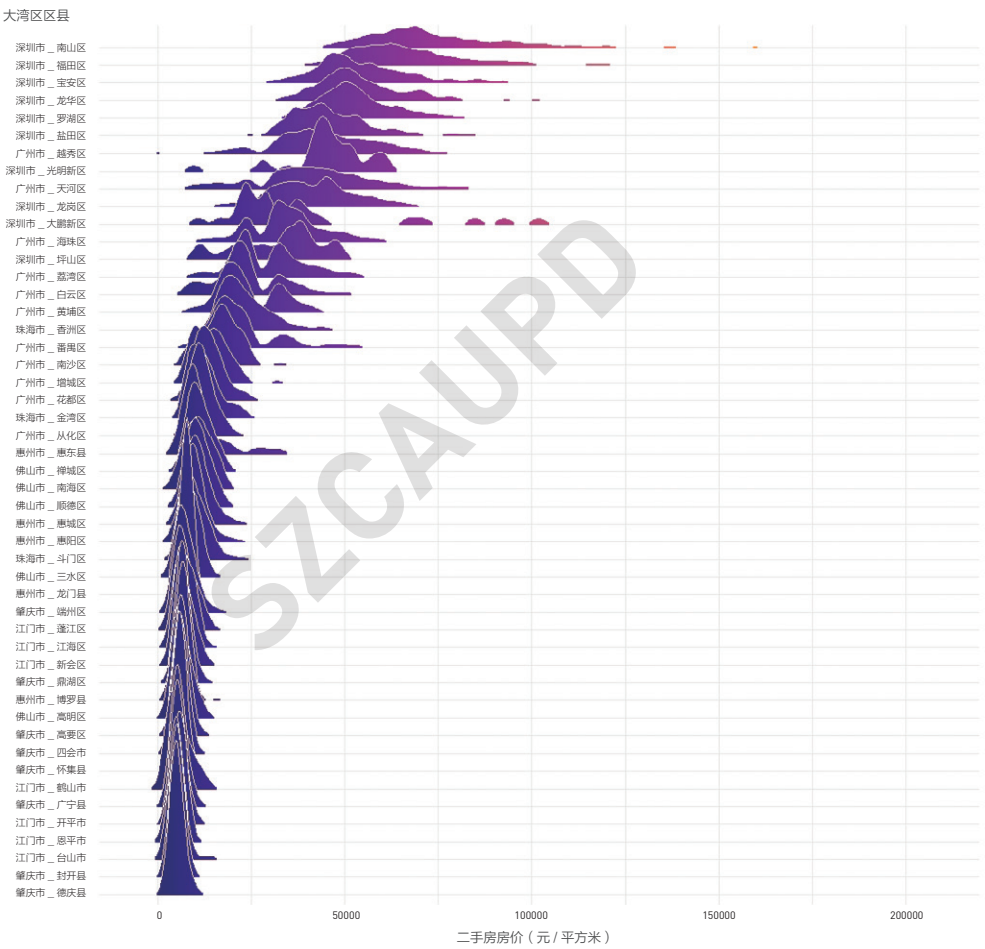


图 2-4-8 珠三角部分区县二手房房价分布

注：东莞、中山未有区县划分

26 王曉迪, 王力, 郭清. 医养护一体化——新型医养结合老年健康管理服务模式的构建与发展趋势 [J]. 健康研究, 2017, 37(01): 33-37.

（3）住房供给：以复合型功能和弹性共赢模式优化交通通勤需求

① 核心挑战：居住功能单一，空间供给错配，公共服务资源捆绑过度

大湾区传统居住小区较多，其功能相对单一，多元化特征不足，居民往往需要到周边地区才能满足日常生活所需，若想享受体育馆、大型商业中心等大型服务设施，更是需要驱车前往。

近年来，政府兴建了经适房、限价房等大量保障性住房，但由于分配机制混乱导致资源错配，被分配到的保障房往往地理位置与户主工作地点距离较远，带来购房人员的长距离通勤。根据链家网采集的二手房房价分布可以看出，大湾区部分地区二手房房价明显偏高，深圳市南山区、福田区部分房价超过 15 万 / 平方米（深圳大鹏新区因存在别墅区域导致部分价格偏高），一般家庭难以承担。深圳市二手房房价整体情况在珠三角九市中居于最高位置，但值得注意的是，深圳市由于保留了许多老旧小区、城中村，使房价幅度较大，部分房价处于中等水平，具有一定的可选择性，仍具有很强的包容性，

住房被捆绑了过多的基本公共服务资源属性，在房屋价值构成中，最主要的价值来自所吸附的公共资源和公共服务价值，从而出现仅为获得周边公共服务资源而导致买而不住的现象，即实际居住仍在其他地区，也会间接导致居民通勤、消闲出行距离增加。

② 策略应对：构筑功能复合共享社区，提供弹性供应模式

——构筑居住 + 就业、居住 + 消费的功能复合共享社区

随着灵活办公尤其是在家办公方式（如淘宝店主或直播主播）的普及，以及全球疫情的持续使跨境电商、咨询等工作者的仍然保持线上工作方式，未来将有更多的中青年人在白天的时间段对社区产生更强的依赖度。根据《2020 年云办公行业市场前景及投资研究报告》，疫情期间以腾讯、阿里巴巴、字节跳动等互联网公司 B 端协同产品为首，以金山办公、致远互联等为代表的远程办公文档协作产品渗透率得到快速提升。随着移动互联网的发展，更多服务与设施向共享形态转变，人们的生活和工作也将更多的依赖于科技和移动互联网带来的便捷。

单一居住功能为主的社区将逐渐被功能更加多元的复合社区所替代。甚至出现满足个人需求的自我反馈的集合住宅：具有更多灵活性、可持续性、反应性的社会融合和智能系统（包括自动循环）。青年租房特征需求更多的体现为小户型、消费服务、私密性、社会交往、空间个性等方面，而传统居住区、城中村日益逼仄的生活环境难以满足青年的需求，未来构建居住 + 就业、居住 + 消费等多种类型、功能复合的共享社区，不仅可以满足日常生活和休闲娱乐时间的社交需求，还可以降低休闲出行的距离。

在新加坡“再创我们的家园”规划实践中，对特定城镇和地产将进行全面的改善工程，通过设施更新注入新的活力，让每处地产保留独特而鲜明的特征。比如翠城新景 The Interlace 为新加坡的一种新型的住宅形态，31 栋住宅楼，每栋 6 层高，以六边形的格局相互联结叠加，构成 6 个大尺度的通透庭院，其交织的空间形成一个包括空中花园、私人 and 公共屋顶平台的垂直村庄。

——建立适应人口流动性与人口结构变化的弹性供应模式

租房仍是移民城市的最大需求。“使用”将代替“拥有”成为未来发展的十二大趋势之一²⁷。2030 年预计全世界 72 亿人口中将有 1/4 的人群是流动的，人类可能将从长期以来的“固定住居的时代”再次迎来“流动居住的时代”，原有的所有制产权关系也极有可能被打破²⁸。大湾区多个城市均为典型的移民城市，常住人口住房自有率不足半数，未来仍是国内对移民最具吸引力的区域之一，租房需求仍将占据主导地位。为更好地解决新市民、务工人员、青年人等群体的住房困难问题，2021 年国务院办公厅印发的《关于加快发展保障性租赁住房的意见》中也明确指出，各地应扩大保障性租赁住房供给，缓解住房租赁市场结构性供给不足，推动建立多主体供给、多渠道保障、租购并举的住房制度。

追求更加灵活和个性化的居住的空间或生活方式。建立适应人口流动性与人口结构变化的弹性供应模式，供给弹性可变的住房形态，保障租房与住房流动性，以适应人生阶段和家庭结构的变化。近年来，中国的各线城市正在迅速被尺度庞大、外观单一的大型住宅楼盘所占据。随着人们生活水平的提高，呆板的批量复制式住宅将不再能满足人们个性化的需求。未来住宅可能将是一个开敞的平面空间；一系列可互换重组的地板，屋顶和墙体组件可创造出不同的情境、氛围和私密性。智能技术将赋予空间可调整性，以满足住户在不同时期及情形下的需求²⁹。根据深圳市住房和建设局官网统计，截止至 2020 年 1 月，申请公租房轮候名单中 1 人家庭申请量高达 11.5 万户，其次为 3 人家庭，申请量约 8.5 万户，可见，租房轮候库里以来深圳不久的单身年轻人占比最多，但是 1 房户型在公租房户型中并不是最多的户型，因而户型结构在一定程度上可以与人民需求匹配进行调整。深圳市 2021 年 7 月颁布的《关于进一步加大居住用地供应的若干措施》（征求意见稿）中，以“定目标 - 优结构 - 控风貌 - 推改造 - 提强度 - 增配套”为主线，提出“轨道站点 500 米范围内实施以居住为主的综合开发；提高居住和公共设施用地规模和比例、调整用地结构，提高居住用地比例；土地整备留用地原则上优先安排居住用途”等多项措施，实现“2035 年全市常住人口人均住房面积达到 40 平方米以上”的目标。

27 凯文·凯利（Kevin Kelly）. 必然 [M]. 电子工业出版社，2015.

28 特赞 Tezign. 在未来，不买房，也能有“家”，HouseVision 理想家 . [EB/OL]. 2016-08-18

29 I-Living.Crossboundaries × 爱空间专栏采访 . [EB/OL].2016

074
075

优化可支付住房的空间布局，匹配就业岗位与人口密度。近几年，政府正努力为所有家庭提供高质量且可负担的住房，包括为面向符合规定条件的城镇中等偏下收入住房困难家庭、新进就业无房职工和在城镇稳定就业的外来务工人员提供可以出租的保障性生活。但公租房的位置多位于城市边缘地区，且往往与务工人员工作地相隔甚远，导致租房人员每日需要长距离通勤。因此，结合工作地点优化公租房布局，匹配就业岗位与人口密度，有利于降低通勤成本和减少碳排放量。根据深圳2020年安居房供应与需求分布可以看出，龙岗区与宝安区因面积较大并拥有大量城市更新区域而供应量最高，从需求来看，南山、福田区因分布有大量企业、工作岗位且教育设施相对优质而需求最大，申请人数量较多，从而造成供需之间的不平衡。

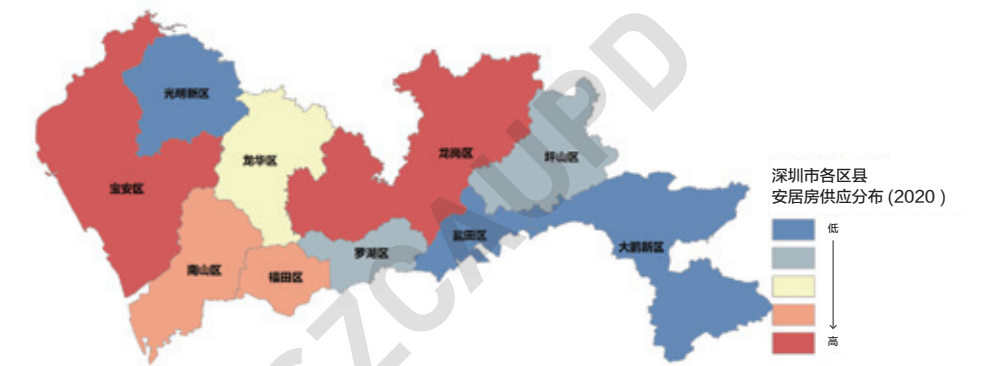


图 2-4-9 深圳 2020 安居房供应分布

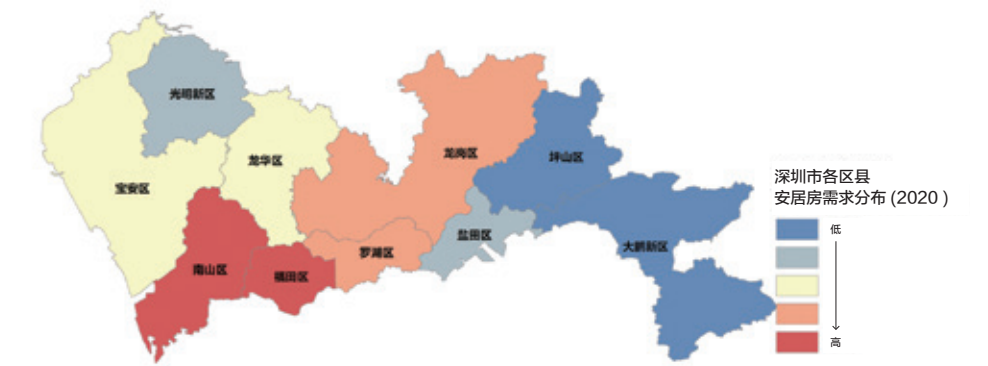


图 2-4-10 深圳 2020 安居房需求分布³⁰

30 深圳市政府. 深圳市住房发展 2020 年度实施计划. [EB/OL].2020-04

建立基本公共服务均衡配置的 15 分钟生活圈。《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》提出坚持“以人民为中心”，充分保障公共服务设施用地需求，城镇教育设施用地配置原则上不低于 3 平方米 / 人，每个社区生活圈至少布局 1 个社区卫生服务中心或社区医院；新建住宅小区养老服务设施面积每百户不低于 30 平方米。以步行可达距离 15 分钟社区生活圈为单元，按合理的服务半径配置公共服务设施，在城镇密集区基本实现社区生活圈全覆盖，构建包括“郊野公园-城市公园-专类公园-社区公园”在内的品质公园体系，织密城市绿地网络，优化城市绿地布局，为市民创造更多接触大自然的机会。通过基本公共服务 15 分钟生活圈的配置，居民只需要步行或者骑行就可以满足日常生活的需求，并快速满足看病、买药等紧急需求，减少通勤距离和降低学童出行风险。



图 2-4-11 《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》（公布版）15 分钟生活圈配置³¹

本节作者：冯楚芸 中规院深圳分院规划设计四所 研究员；白晶 中规院深圳分院规划设计四所 主任规划师；蔡澍瑶 中规院深圳分院粤港澳数字湾区中心 研究员；孙文勇 中规院深圳分院粤港澳数字湾区中心 主任规划师

31 广东省自然资源厅. 《广东省国土空间规划（2020-2035 年）》. [EB/OL].2021-02-09

076
077

2.5 互联湾区：促进枢纽均衡，推动共享慢行

2.5.1 枢纽营城，推动轨道导向的区域开发建设

正是因为空间结构对绿色低碳具有锁定效应，一旦区域或城市规划所引导的空间结构确定，在我国快速城市化和城市机动化水平迅速提高的阶段，则对其引起的交通出行进行结构性调整将变得非常困难，其碳排放水平也将受到极大的影响。

表 2-5-1 不同空间结构对交通组织和碳排放的影响比较

国家	空间层次	交通组织模式	人均碳排放量(吨/人)
美国	城市群	私人汽车为主的公路、铁路多通道多方式的复合运输模式	5.27
	都市圈	私人汽车为主导的交通模式	
欧洲（英国）	城市群	铁路和公路为主导的复合运输模式	1.72
	都市圈	大运量公共交通为主	
日本	城市群	铁路运输为主导的铁路、公路多通道多方式运输模式	1.87
	都市圈	轨道交通为主、小汽车为辅的交通模式	

大湾区城市群内部广州、深圳都市圈表现为基于产业链分工形成的多中心功能体系，在带来空间相对均衡发展的同时，在某种程度上也刺激和推动了小汽车的使用，参考德国区域相对均衡的多中心中小城市体系空间结构，若没有合理的交通模式，特别是缺乏大运量轨道交通服务，将导致城市之间的联系更倾向于小汽车出行方式，这就需要尽快扭转多中心功能体系所引发的城际出行小汽车化的倾向。

近年来随着大湾区城市群、都市圈概念的兴起，珠三角地区城际轨道交通的规划建设已进入加速期，按规划未来人均城际轨道里程等指标已经超过纽约、东京等城市群、都市圈，诸如建设“轨道上的都市圈、城市群”亦已成为各市大力推动的基建计划。但是大湾区中心城区及主要功能区之间距离约为 100 公里左右，甚至更小距离尺度、高密度连绵开发的区域空间格局是其有别于其它城市群、都市圈的重要特征，小汽车为主导的高速公路运输模式所带来的高效性、灵活性让未来大湾区实现交通低碳化面临比其他地区更为严峻的挑战。

抛开轨道交通本身的制式、速度、互联互通等技术因素，由于编制体制和部门行业协同不足，现状城际轨道的规划建设在区域层面上对产业、城市规划的反馈性不足，更多处于被动适应的状态，枢

区域定位	具体区域	主要功能	五线以上 枢纽数量
都心	都心	综合服务	5
	新宿副都心	综合服务	1
	涩谷副都心	综合服务	1
	池袋副都心	综合服务	1
	大琦副都心	商务办公	0
	临海副都心	工业商业	0
	锦系町副都心	商业居住	0
副都心	上野副都心	商业居住	2
	品川	文化居住	0
	秋叶原	综合服务	1
新节点	品川	文化居住	0
	秋叶原	综合服务	1
一般重点地区	北千住等共 12 个区域	多以居住为主导	3
总计			14



图 2-5-1 日本东京都市圈轨道枢纽与重点片区的布局关系

纽体系与城市空间、产业的耦合关系有待进一步优化。以东京都市圈为例，多线枢纽主要集中在山手线以内及附近区域，每一个重点地区均有一个或多个轨道枢纽，80% 的多线枢纽资源分布在重点片区内部。

相应的深圳都市圈在惠州地区、西部滨海地区、东莞滨海湾新城、东莞与深圳的边界等地区枢纽与空间的耦合性较差，这种传统的大站模式难以适应未来大湾区多中心空间结构的发展。另一方面，现状跨市轨道交通的规划受限于行政边界，不仅建设滞后，而且以各市传统中心区为核心的放射性跨市城市轨道布局与边界地区空间功能组织契合度较低，难以适应未来边界地区创新、商务、高端制造、居住等多元功能的发展，特别是对新就业中心及未来可能的就业中心的支持不足。

利用城际轨道、跨市轨道引导大量城际交通联系的绿色化、低碳化，必然需要多行业部门、多专业领域的共同努力，摒弃过去单一部门、单一专业的规划编制、建设模式，大力推动站产城的一体化发展。另一方面，大湾区城市群特有的空间尺度、空间形态、产业链合作等会导致在特定空间形成相对完整的城市功能地区，特别是深莞惠、广佛等跨界地区未来随着跨界合作的强化，跨市通勤距离有可能进一步增长，这些特点和问题都需要在下阶段都市圈轨网规划建设中重新识别。

078
079

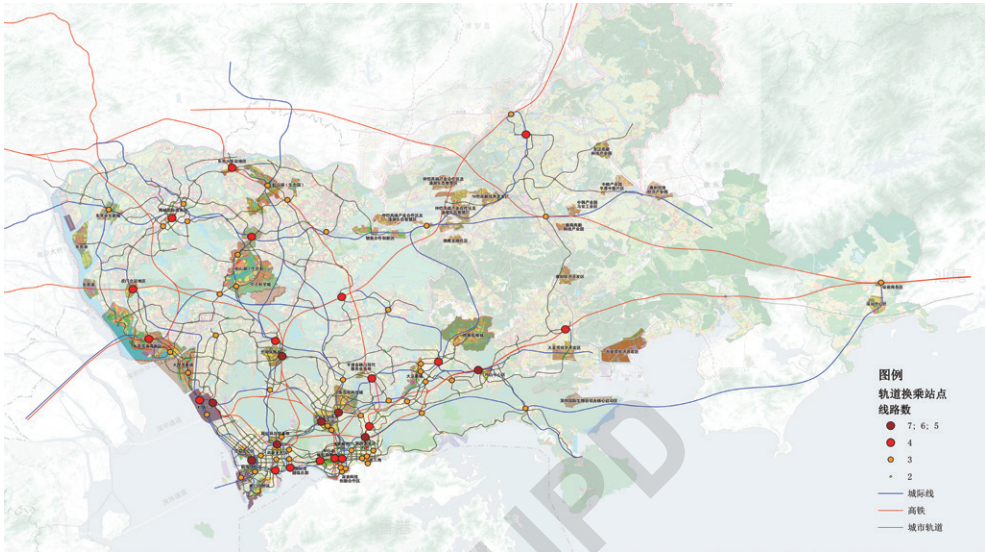


图 2-5-2 深圳都市圈轨道枢纽与重点片区的布局关系

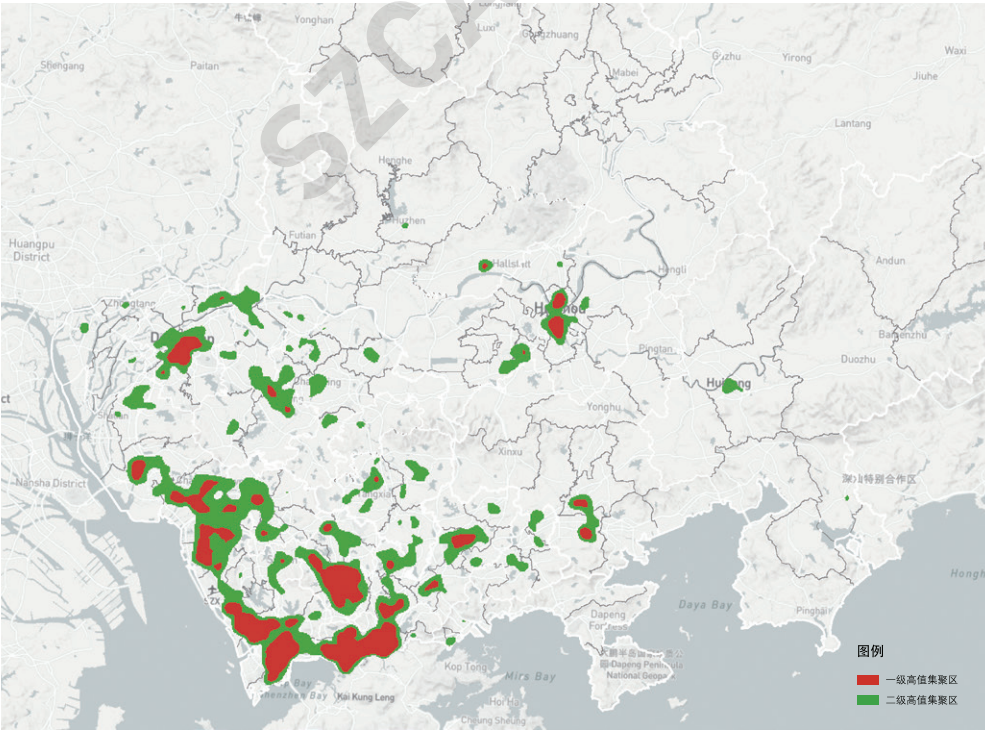


图 2-5-3 深圳都市圈现状主要就业中心核密度图



图 2-5-4 深圳都市圈现状主要就业中心通勤范围

特别是应基于“完整”城市活动功能区的交通组织视角，重构都市圈枢纽的功能和组织体系，引导和支持具有“完整”城市活动功能的潜力区域逐步锚固相对完善的对外交通和城市轨道交通组织功能，引导下层级公共交通、城市道路围绕枢纽进行布局优化，以适应广州、深圳都市圈特有的产业链分工、空间组织尺度特征。比如明确具备区域组织功能的高铁枢纽、城际枢纽、机场等合理的服务范围，配置功能匹配的交通资源，以达到不同城市功能区域具备均等的对外交通服务。而对于地区组织枢纽，更多强调通过包括跨市城市交通等资源的投入，保障功能区具备相对完善、服务水平较高的职居交通组织功能。

2.5.2 多元 TOD，推动城市职居体系的重塑

随着城市人口的增长和小汽车的普及，城市客运交通在交通运输碳排放量中占比逐年增加，比如能源消耗由 2005 年的 16.12% 上升到 2015 年的 25.71%，而通勤交通碳排放是城市客运交通碳排放的主要来源之一，通过减小通勤距离降低城市客运碳排放已经成为各国研究实践的共识。

虽然从我们对 2021 年大湾区街镇尺度的通勤碳排放分析，很难直接得到轨道交通可以有效降低通勤碳排放的显性结论，但可以看出以城市轨道为导向的香港九龙、香港岛由于用地建设集约、公共交通发达，具有典型的功能混合、紧凑发展的空间特征，成为其保持低碳通勤的主要影响因素。而在轨道设施规模、人口密度、产业业态等方面具有可比性的广州、深圳的中心区相较香港中心区而言则属于较高通勤碳排放地区。

082
083

2.5.3 共享运输，促推新型集约的运输服务模式

（1）加快政策机制研究，推广新型机动化服务模式

私人小汽车占城市客运交通碳排放的比重由 2005 年的 27.02% 上升到 2015 年的 70.85%，成为当今拉动城市交通碳排放量迅速增长的主因。虽然各市都在加大城市轨道交通和城市公交建设，在政策导向上不断提高公交或绿色出行比例，但是对于城市客运来说，随着城镇化率的进一步提升和居民收入的增长，私人小汽车的拥有率还会进一步增长，个人出行小汽车机动化的趋势是客观事实，而且相当长的时期内，公共交通的整体服务水平难以比拟小汽车，小汽车的使用人群向公共交通转移的趋势依然缓慢。如何利用新技术培育新的服务模式，形成服务水平更高的新型个人机动化服务方式是关键。

但由于相关立法尚未完善和明确，导致拼车、网约车等相对私人小汽车出行更集约的方式发展滞后，大大制约了私人小汽车使用者转移到这种相对更为绿色、又能保障服务水平的交通模式。虽然据统计网约小汽车的使用者大多是从公交出行转移过来，但是在私人出行小汽车化不可逆转和公交轨道建设相对缓慢的情况下，网约车和拼车这种相对集约的方式是缓解城市交通拥挤和减少城市私人出行碳排放量的折中方式，也是短期内实现私人交通低碳化的一种可能路径。未来应采取更为开明和创新的态度，研究和明确拼车、网约车等较为集约化的私人出行方式的地位，结合新能源汽车的推广对其加快试行发展。

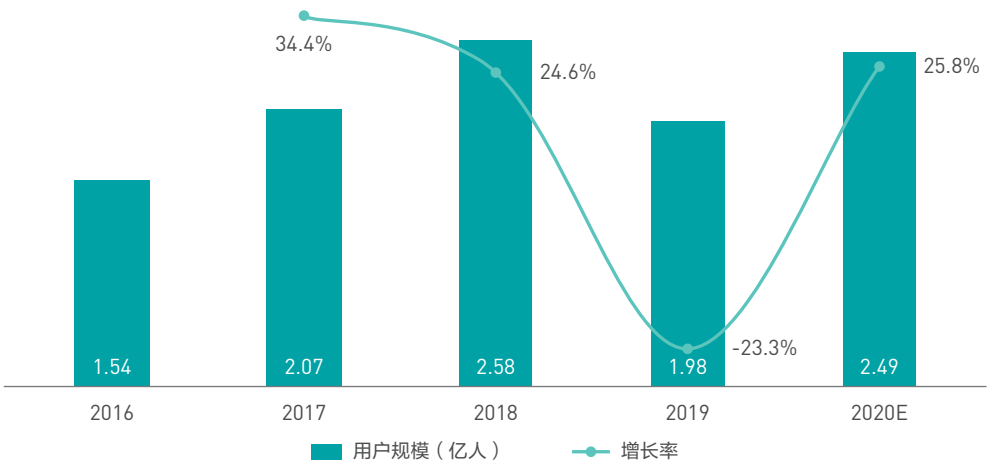


图 2-5-7 2016-2020 年中国顺风车用户规模及预测
说明：仅针对顺风车平台的用户规模进行估算及预测，顺风车均指线上顺风车业务。
资料来源：艾媒数据中心（data.iimedia.cn）

（2）推动物流运输枢纽化、一体化组织

由于货运铁路电气化、公转水等的实施，货运碳排放比例虽有所下降但仍占据高位，2015 年货运占交通运输碳排放量达 62%。由于大湾区产业链分工协作紧密且空间尺度适宜公路货运，大量的货车、集装箱运输成为珠三角地区的一大特色，比如服务深圳港的货柜车超过 3 万辆，货运减排成为大湾区交通运输低碳化的关键。

由于现状大湾区物流园区等设施还没有实现共享且重复建设较多，导致铁水联运、公路集中配送等集约化的货运服务尚未形成规模化。未来推动区域共享的设施利用是形成集约高效物流运输枢纽化和一体化（多式联运）组织以及城市共同配送的关键。

为提升货物运输效率和降低碳排放，未来需要优化大湾区物流设施布局（现状主要集中在广深，外围设施的规模和功能都存在缺失）和建立湾区物流统一信息平台。重点加强物流园区设施共享，减少货运运输吨里程，通过港口群协同合作提升区域内货运水路接驳量，加强铁路货运场站建设（平湖、石龙、南沙等），强化航空、航运、铁路、公路设施的互联互通，大力发展多式联运，探索建立区域统一的公共物流信息平台，提升物流设施高效利用率，推动共同配送以及应急等公共物流的统一调度，提升整体物流保障能力。进一步完善城市绿色物流配送体系建设，形成区域到社区的配送设施体系，结合社区更新重点完善社区级复合型的物流配送站的建设。推行电动等绿色环保配送车辆。

2.5.4 街区再造，倡导绿色、健康的新生活方式

强调以公交慢行等绿色交通方式为优先导向的交通资源配置机制。新建或改建道路优先安排公共交通、慢行交通空间，合理设置步行连廊、安全岛、自行车停放设施等附属设施，构建连续、安全的慢行网络。加强行人与公共交通、轨道交通等设施的接驳换乘设计以及城市旧改项目中新建、改建道路中的无障碍设施设计。

引导小汽车交通合理发展和使用。对城市重点更新地区，研究制定明确的车辆使用管理政策，建立和完善项目规划和实施阶段的交通影响评价制度，结合评估结果合理配建停车泊位。推广节能环保等新能源、绿色交通工具，适当超前设置充电桩等相关设施。在城市重点地区利用智慧交通、无人驾驶技术等新技术，开展“轻车化”、“无车化”示范区。

加快制定在城市更新项目中适度超前采用新技术、绿色技术的奖励机制。在城市更新项目中大力推广 5G 基站建设、新能源汽车充电桩、智慧停车、智慧物流、智慧道路、网约公交等新型基础设施建设，鼓励城市道路使用节能环保材料、降噪路面材料、绿色环保照明设施等。

084
085

推动绿色化、智慧化改造升级老旧基础设施，适度超前布局智慧化基础设施。建设智慧路灯、智慧井盖、智慧通信网络等数字基础设施。推进垃圾转运站、污水厂等“消极”基础设施的“积极化”、“公共空间化”改造。

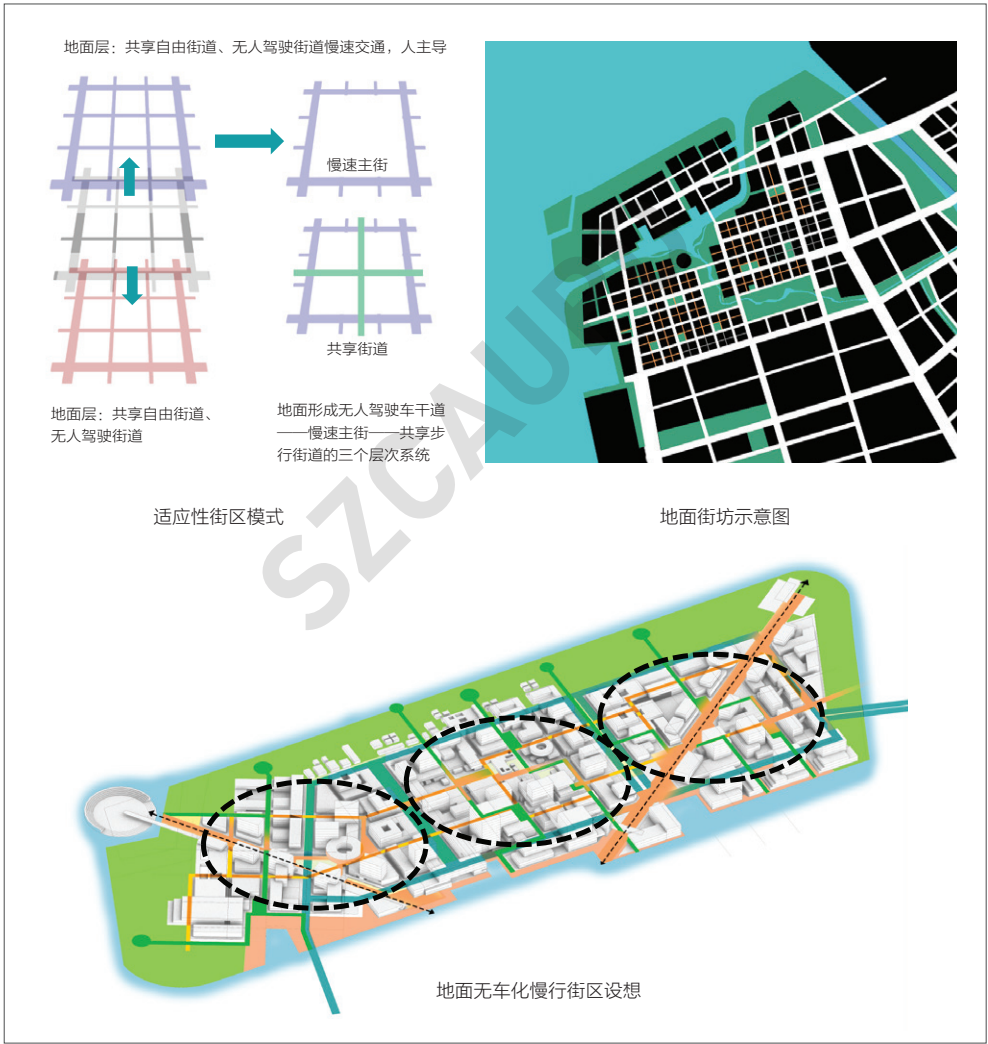


图 2-5-8 深圳前海妈湾低碳社区探讨
资料来源：中规院，《前海深港国际服务城发展策略和理想空间研究专题规划》

本节作者：李春海 中规院深圳分院交通规划设计研究所 所长；张文娜 中规院深圳分院交通规划设计研究所 研究员

2.6 协同湾区：瞄准低碳目标，强化区域治理

粤港澳大湾区作为三大国家战略重点区域，有责任为国家层面开展绿色低碳及碳中和技术工程创新相关工作提供先行示范经验，且低碳示范建设将在城市群、城镇、片区、社区等不同尺度以及包括能源、产业、建筑、交通、社会等不同领域开展，更能体现在低碳发展路径和体制建设中在基础研究、评估体系、响应部门、技术应用、工程合作等不同阶段。下面重点从区域和城市等空间决策与机制等方面进行阐述。

2.6.1 大湾区以环境综合整治机构推动协同体制机制建设

粤港澳大湾区这一区域概念自提出起始即重点关注区域自然环境，在不同环境主题合作过程中三地不断加深机制建设并拓展到其他领域，但对自然环境的关注和协同机制建设仍然是湾区的共识与基础。在 2019 年 2 月发布的《粤港澳大湾区发展规划纲要》（下称《湾区纲要》）中，即提出粤港澳大湾区将“推动大湾区开展绿色低碳发展评价，力争碳排放早日达峰，建设绿色发展示范区”的整体目标，并对节能减排技术领域给予关注，如提出“加强低碳发展及节能环保技术的交流合作，进一步推广清洁生产技术。推进低碳试点示范，实施近零碳排放区示范工程，加快低碳技术研发”。此外，以粤港澳大湾区“具有全球影响力的国际科技创新中心”为目标，结合当前科技研发和产业创新等优势探讨未来湾区绿色发展也是普遍关注的可能路径，而针对当前绿色低碳及碳中和实现领域研究最为成熟的能源及产业要素进行制度层面归纳分析具有更为重要的现实意义。

（1）大湾区对绿色低碳发展理念形成区域战略共识

粤港澳大湾区虽然是由三个历史因素下的不同行政主体组成，但面对全球气候变化的共同问题有着基本共识。即：支持未来低碳排放绿色发展，并在整个大湾区范围内“力争碳排放早日达峰建设绿色发展示范区”。

虽然，大湾区内在低碳发展中的经济社会利益权衡及未来长期发展路径等层面尚未形成具体机制，但不同行政主体对价值观的共识和各自体制构建也同样值得关注。相比港澳高度依赖外部能源并不是巴黎气候协定标准承诺主体，中国大陆对于绿色低碳的行政协调度更加积极。2017 年第三届珠三角城市群绿色低碳发展论坛发布了《珠三角九市绿色低碳建设评估结果（2017）》，标志着粤港澳珠三角九市行政制度上将采用统一的评估监管协同。此外，对于减少碳排放的关注重点能源领域也明确提出城市群体系下的行政协作意向，如：《广东省“十三五”控制温室气体排放工作实施方案》明确要求“研究建立珠三角城市群绿色低碳发展评价指标体系，定期发布珠三角九市指标数据，促进珠三角九市开展相关工作”。相比之下，港澳作为单体城市其减排表述及策略更加具体，基本

086
087

从能源及产业入手，对煤炭、钢铁等高耗能工业产品需求较低，并由国家保障港澳繁荣稳定的宏观制度政策支持而能源外部无条件支持供应。由此，粤港澳在能源及产业的国家体制机制协同层面能够形成一定的区域战略共识。

（2）大湾区对愿景响应的能源产业体制构建

认知粤港澳整体对低碳减排及碳中和愿景的响应，需要首先认知粤港澳三地及以深圳、广州为代表的内地城市间的发展差异。以经济发展关联的碳生产率(单位碳排放产生的生产价值)作为标准可见，粤港澳明显出现港澳与内陆间的断代差异，而内地城市中深圳、广州也与其它城市存在显著断代差异。总体上，澳门的碳生产率最高，其次是香港，再次是深圳市、广州市，最低的是肇庆市，表现出湾区内部以碳排放碳要素评估之后呈现的极度不均衡现象。

未来清洁能源代替化石燃料发电是碳中和的重中之重，碳排放达峰和碳中和目标的提出，加大了能源转型挑战。2018 年中国煤炭发电占比高达 66%，次优能源发电占比 24%（其中水电 17%、核电 4%、天然气 3%），风电、光伏等优质能源发电占比合计 9%。对比海外发达经济体，美欧日次优能源是发电主力（美国与日本气电占比最高，欧洲核电占比最高），煤炭发电占比分别为 24%、15% 和 32%。大湾区能源结构和能源强度处于全国领先水平，但化石能源占比仍然超过 60%，能源强度是东京湾区的 2.3 倍、旧金山湾区的 1.4 倍，节能降耗空间巨大。与国际先进水平相比，大湾区万元 GDP 能耗偏高，在能源结构上，煤炭占比仍高于美国、日本、德国等。

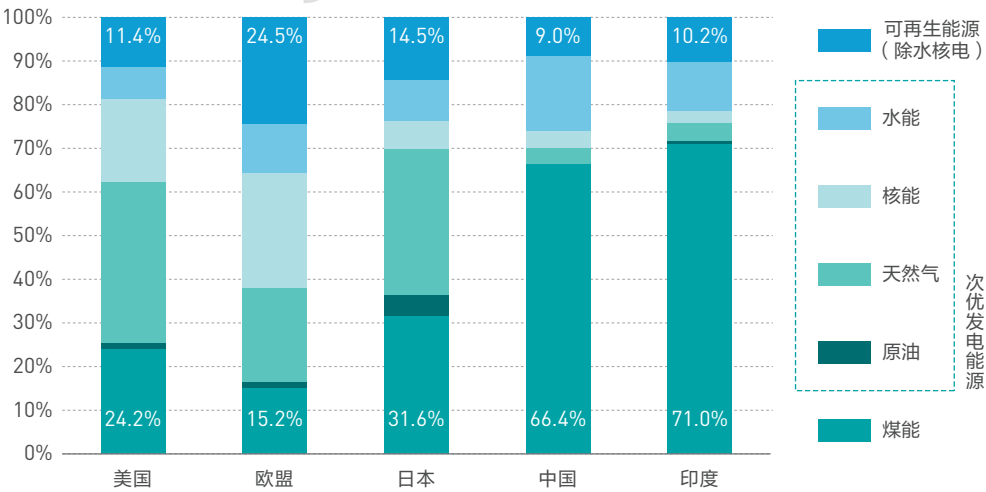


图 2-6-1 中国与世界部分国家和地区发电结构对比
资料来源：IEA、华泰证券研究所

粤港澳大湾区的一次性能源（固体燃料为主）消耗比重远高于世界平均水平，且珠三角 9 市的煤炭消费比重远高于港澳。针对珠三角 9 市的最近一次能源调查表明其除煤炭的能源结构大概为：石油占比 23.52%，天然气和水电、核电、风电等清洁能源占比分别为 14.49%、10.39%，由此可见有着调整能源结构减排的巨大空间。而针对珠三角 9 市的产业结构调查表明：服务业基本集中于广州、深圳（占 9 市的 60% 以上），制造业集中于广州、深圳、佛山和东莞（约占 9 市的 80%）。特别是除广州、深圳之外的 7 市聚集大量化石、钢铁、电力、水泥等高耗能产业。

大湾区应积极优化能源供给和消费结构，探索“可再生能源 + 储能”的能源供给体系，并依托大数据、物联网等新技术搭建能源互联网。全面推进分布式光伏 + 微电网系统建设，充分发掘可再生能源潜力，尤其在负荷集中增长区域，提高零碳电力比例，实现能源结构优化减碳；大力研发电池储能、氢储能、冰蓄冷等高效储能方式，削峰填谷提高能源利用效率，实现降耗减碳；初步构建能源互联网，力促能源供需精准匹配，减少能源浪费。在乡村地区，发展太阳能光伏、小型风电等分布式可再生能源电力，改善乡村能源供给结构；发展农村户用沼气，替代薪柴，降低炊事用能碳排放；因地制宜发展太阳能热泵、水源热泵空调，降低建筑制冷和取暖能耗。

2.6.2 大湾区低碳发展共识下的不同空间层级协同机制及经验

根据 IPCC 地表碳排放标准测算，粤港澳大湾区 11 个城市 2010 年碳排放总量约为 6.1 亿吨，约占整个广东省 21 个城市碳总排放量的 16.4%。可见，大湾区内城市有一定的低碳发展经验优势，但目前碳排放量平均年增长率 6.9% 仍对未来“双碳”目标形成巨大考验。而大湾区内各个城市作为主要的行政机制单元正在主要以政府低碳规划及能源等行动为主在经济社会稳定的前提下力图完成低碳减排任务目标。

（1）区域城市群尺度的绿色低碳响应机制观察

总体来看，粤港澳三地缺乏统一的政策标准体系，比如绿色建筑、低碳交通、节能低碳产品等方面都没有统一的建造、运行标准，鼓励绿色低碳发展的金融、财政政策方面也没有普适性，在推进城市间绿色低碳协同发展方面有待强化。绿色低碳发展规划有待进一步布局，应逐步建立绿色产业体系，率先建成国家森林城市群，引导形成全社会绿色消费和低碳生活的良好氛围。而空间的统筹安排也极为重要，目前大湾区有着明显的圈层结构，在中心环湾地区城市密集人为活动复杂而成为主要的碳排放区域，外围地区依托自然条件人类活动干预相对较小且植被覆盖度高。目前虽尚未有内外圈层城市对于碳中和效益合作，但在大湾区整体区域视角下，内外圈层的定位及土地利用功能应该有分工保障现有的森林资源和固碳潜力。

表 2-6-1 大湾区各市低碳发展相关规划与行动文件

城市	低碳政策及实施
香港	香港气候行动蓝图 2030+
深圳	深圳市十二五规划工商业能源保障专题规划；深圳市低碳发展中长期规划（2011–2020）；深圳可持续能源及新能源动能专项基金；深圳可持续发展规划（2017–2030）
广州	广州市十三五规划能源节约及减排排放
东莞	东莞市十三五规划能源节约专题（2016–2020）
佛山	佛山市低碳城市建设规划
珠海	珠海市十二五专题温室气体排放控制规划；珠海市十三五绿色低碳发展专题规划
中山	中山市十三五温室气体减排专题规划；十二五规划低碳发展专题基金项目
澳门	澳门环境保护规划（2010–2020）
惠州	惠州市低碳生态规划（2014–2030）
江门	江门市低碳发展战略规划（2010–2020）
肇庆	肇庆新城低碳发展专题规划（2012–2030）

（2）都市圈空间尺度的绿色低碳响应机制观察

湾区内目前在“十四五”期间重点提出的都市圈主要为广州都市圈及深圳都市圈，但由于都市圈自身的碳中和规划仍未完全公布，而广州和深圳在都市圈内是绝对引领的地位（深广两市 GDP 实力在各自都市圈内占比均超过 70%），因此需要重点关注深广两市的低碳响应机制及辐射情况。广州、深圳人均土地面积均低于各自辐射城市如肇庆、惠州，而肇庆、惠州也属于湾区外层结构有着大量自然山体森林覆盖。目前虽然都市圈内没有对不同城市的碳源及碳汇功能进行协同探讨，但未来可以通过城市空间功能的组合在一定程度上换取功能覆盖及开发保护协同。

广州在 2000 年之前以轻工业为主但之后也同时加强重工制造，因此其自 2000 年起煤炭消耗增加成为最大的碳排放源头，这一能源结构维持到 2013 年因其人口和汽车保有量致使石油消耗超过煤炭。目前在整体产业结构中，服务业占比最大（47%），能源生产占 35%，轻工业占 5%，重工业占 5%。“十四五”规划中广州尚未对能源结构提出明确方向，但在经济产业结构中着重提出高科技产业，且将与佛山、肇庆传统经济圈特别是肇庆共同组建和分担制造和重工的比重，由此未来可能通过经济产业结构反推影响能源结构并在保障社会经济的同时探寻碳中和路径。

深圳自 2001 年起开始转向高新技术及研发产业，因此其能源消耗特别是煤的能源消耗在 2008 年达到顶峰（分别为 41 Mt 和 18 Mt）。目前深圳第三产业占总的 GDP 59% 并致使消费服务成为最

大的碳排放源，其中又以运输、仓储、通信为主要碳排放源。而在能源层面，不同于传统内地城市的煤炭和先进城市的天然气，汽油曾是深圳的第一大能源来源，但随着政府大力推广以比亚迪为代表的世界电动车和新能源技术，并且在公共交通中以政策补助形式大量普及（截止 2017 年 12 月，16359 辆公共汽车实现电力化，全市保有的 12518 辆出租车中的 63% 完成电力化，且在 2020 年目标达到 100%。），能源开始更加多样性发展，如：除西气东输之外，2010 年深圳实施油料能源作物实施补贴下液化天然气（LNG）逐渐代替煤和石油，此外，深圳积极发展的核能源（3 座核电厂：大亚湾、凌奥 1 期、凌奥 2 期）年发电达 45 百万 MWH，凌奥三期同时正在兴建。以这些能源优势项目为基础，深圳已经在发挥都市圈核心城市影响力并将能源合作作为主要形式来推进低碳减排具体行动。

（3）城市尺度及合作平台的绿色低碳响应机制观察

除香港、澳门、深圳、广州之外，湾区内其他城市也在价值观中认同对低碳减排的整体目标，但湾区内部城市的发展不均衡导致其合作及体制机制差异较大。目前，湾区大多数城市工业向服务业转型的经济结构转变中，香港、深圳、佛山和惠州逐渐达到碳排放峰，而广州、东莞和江门也正在降低排放增幅。在以燃煤为主要能源及能源生产城市，珠海、中山、肇庆仍然在工业化转型中碳排放显著增加，这些工业化转型的城市将成为未来粤港澳大湾区低碳减排工作中的重点关注对象。当前对于城市低碳减排的路径研究认为，不同于自然生产系统的碳固定抵消作用，城市生态系统由于其复杂属性而致使能源及产业成为重要而无法充分抵消的碳排放源。因此，在满足社会经济发展与基础保障的同时提高第三产业的比重是较为显著的提升途径，但同时，城市生态系统要尽快建立碳中和中的碳固定等技术与平台并展开城市合作。未来城市作为粤港澳大湾区的主要行政主体需要加强该空间尺度的合作机制建设。

此外，城市内通过用地空间调整也是城市践行绿色低碳及碳中和目标的重要路径。香港与深圳都保有城市中的大量绿地空间作为碳汇空间储备，并尽可能的推进用地功能混合以及绿色交通出行方式等都是重要的低碳发展模式。这些在城市尺度内的高密度复合空间精细化发展模式，在很大程度上实现了以空间结构优化降低人类活动强度特别是跨区远距离通勤等实现人流物流和废弃物的低碳效应。

2.6.3 大湾区绿色低碳愿景的政策机制与路径建议

（1）构建政府 – 企业 – 市民多元主体的节能减排体系

由于节能减排及碳中和等问题涉及当前发展的各个层面，并在机制体制及空间合作中涉及不同主体及其对于整个体系的作用影响。以下主要从政府、企业及市民三大主体进行观察与梳理。

090
091

首先，由于节能减排与企业逐利行为与个人消费自主性之间存在矛盾，高耗能、高碳排放企业和消费人群较难自主、自觉地参与碳中和愿景建设。政府作为碳中和行动中的主导者、监督者和政策制定者，首先需要将碳中和目标纳入国民经济和社会发展规划，组织编制和实施相关的中长期专项规划和年度计划。其次，通过制定减排政策、确立行业标准、支持研发等，政府可以为企业深度减排、探索零碳技术提供价格信号和激励，引导企业为零碳 / 低碳转型采取减排措施。政府还需充分发挥对全社会节能减排的宣传教育职能，加深个人对碳中和愿景的认识和理解，促使其自愿开展绿色零碳行动，积极履行节能减排社会责任。

其次，企业作为碳中和的行动主体，应积极响应政府政策，自觉履行企业社会责任，将碳中和目标纳入企业长期发展战略，为深度脱碳转型做出充分准备。进一步地，企业需要加大研究开发投入力度，为科技创新提供基础支撑，并通过工艺改进、供应链管理等措施提高整体效率，实现低碳 / 零碳生产，形成碳中和愿景下新的市场竞争力。这些行动也将有力促进企业向市场和消费者提供零碳 / 低碳高效的产品选项，这一过程可提升消费者体验感和经济效益，潜移默化地影响其使用习惯和行为，进而促使个人由原有的高碳消费模式转向零碳 / 低碳消费。与此同时，由于具有减排量、技术、投入减排成本和收益等信息优势，企业可以在国家制定减排政策期间，积极参与讨论并提供必要的信息和建议，这将有利于提高政策的全面性和可操作性，也有利于企业对政策走向有更充分的了解。

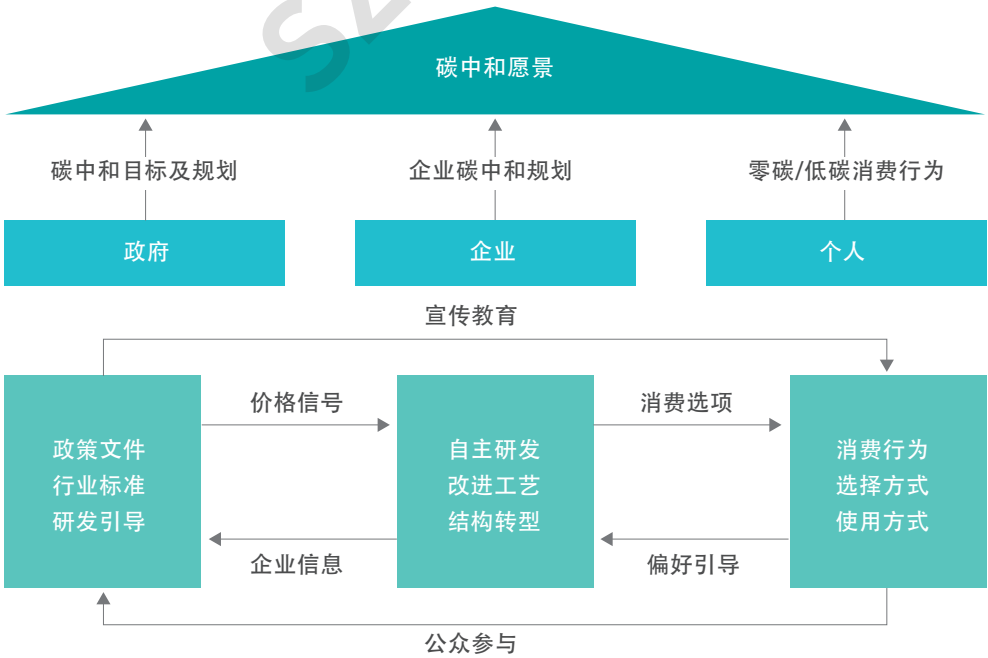


图 2-6-2 碳中和愿景的社会路径

最后，公众参与是政策制定的重要环节，个人也可以广泛参与零碳 / 低碳政策的制定，发挥公众的监督作用，为构建高效的碳中和政策体系建言献策。此外，政府与企业、个人的联系为减少范围一、范围二的碳排放（即直接碳排放和使用外购电力产生的碳排放）提供了有效途径。受限于核算体系和管理难度，政府减排目标和政策往往难以将范围三的排放（即其他相关但非直接的活动产生的碳排放）纳入约束范围；而企业和个人之间的互动关系依托于选择行为和使用行为，与产品的全生命周期碳排放紧密联系，是约束范围三碳排放的重要途径，为实现全社会深度脱碳提供了关键补充。

（2）关注实现节能减排应有的重点并给予制度保障

使不同主体在制度体系中发挥不同但综合有效的作用是减排政策的重要路径，而与此同时需要重点关注低碳减排的关键领域和针对性的制度保障措施。目前常见的制度保障措施有国家法律法规、地方行动方案、行业企业约束及激励条款、面向社区和个人鼓励政策等不同尺度。对于国家法律法规层面，目前已有欧盟等区域及西欧国家如瑞典、丹麦、新西兰等以立法形式承诺了碳中和目标。通过立法来保障减排政策的法律基础和效力，可以把碳中和的长期愿景转换为全社会的行动共识，全面促进低碳转型的个人行为、企业行动、资金流动、技术研发。纵观目前的先进法律法规主要在于引导地方性政府的重大资金分配并对高耗能领域（如：交通排放、建筑排放）进行能源管理。地方自主探索碳中和是专家针对我国地区发展不平衡而提出的策略，建议鼓励国内发展水平相对较高的地区（如粤港澳大湾区）率先自主探索碳中和路径。通过制定地方战略、规划等方式将可以重点引导经济结构、产业结构、能源结构实现低碳化转型，建筑、交通、农业等部门实现低碳发展等。此外，探索实施碳排放总量控制、行业碳排放标准、项目碳排放评价、碳排放准入与退出等相关制度、标准和机制等也能为国内城市和国家政策制定提供经验。行业和企业碳中和约束与激励是针对碳排放来源而直接对接，在具体路径中需要同时注重技术创新和政策引领。因企业在实现碳中和时往往会加重其碳排放成本，因而需要以技术创新将产品的竞争实质性构成行业标准。目前已有战略性资本雄厚企业如苹果等积极响应并将其纳入未来企业的发展战略，粤港澳大湾区内的国际战略性企业如华为、腾讯等目前还没有类似的行业标准性举措，未来大湾区在企业领域的自主政策仍有很大空间且可能需要一定程度的放权。最后，社区及具体个人层面的鼓励政策是最基础但也是城市生活领域碳排放的重要影响要素。能源体系的细化将更为重要，在硬件层面可以加强新能源公共充电桩、电网扩容、分布式能源、生活垃圾分类系统等的具体实施规则，而在软件层面则可以引导低碳行为的经济补贴，并重点推进当前我国及大湾区生活习惯下的零碳生活方式认可的相关制度研究。总体上可见，在重点领域（如：能源领域）建立针对性又覆盖纵向各个层面的制度乃至补贴体系将会成为粤港澳大湾区重要的潜在低碳减排的切实路径。

（3）加强碳循环基础科研认知探索引领碳固定标准

碳循环基础科研及碳固定标准等将会是影响未来碳中和目标达成的基础技术保障，而粤港澳大湾区基于目前在国内的基础科研和技术创新等领域的领先程度也具有一定的优势并需要重视。

目前，碳循环的基础研究仍未在湾区尺度内特别是涉及“城市 + 自然”综合的生态系统内开展，且跨研究机构和跨学科领域的研究均未有效的开展并取得区域性的基础数据。而碳捕捉碳固定技术等目前在世界范围内也处于起步阶段，未来可能需从湾区的基础科研与企业创新应用等层面入手加强，并力争成为这一领域的标准制定及领先者。总体上，碳捕集、利用与封存技术是一组技术的统称，即捕集源头（包括化石燃料发电、生物燃料发电、钢铁、水泥、石化产品等难以脱碳的工业生产过程和大气）产生的二氧化碳排放，并无限期封存（避免进入大气层），或作为原料用于其他生产过程。虽然这项技术已有 40 年历史，但截至 2019 年全球仅有 51 个碳捕集与封存（CCS）设施和 2 个大型利用设施，其中 19 个 CCS 设施正常运作，主要用于提高石油采收率，而 2 个大型利用设施分别位于美国和加拿大，可在全球范围内每年捕集 3200 万吨二氧化碳。CCUS 到目前为止，尤其是在电力行业（建筑物和 IGEG）还没有被证明是一项成熟的技术，也不是低碳替代品的选择。然而，扩大这项技术的规模势在必行，据国际气候变化专门委员会（IPCC）报道，CCUS 将在保持全球变暖在 1.5℃或 2.0℃以下的许多途径中发挥重要作用，IPCC 特别指出了水泥、钢铁等重工业的重要性，这些行业与电力行业不同，目前还没有低碳替代能源。化学、石油和天然气等许多行业已着手开发技术，将二氧化碳从排放物（或通常存储在地下的废弃材料）转变为可在化学工业或食品、饮料行业中使用的原料，但这项技术尚未成熟。二氧化碳原料制成的塑料等材料价格高昂，需要大幅降价才能与原始材料竞争。

粤港澳大湾区应大力发展新型碳捕集技术，积极推动 CCUS 项目成本下降。在 CCUS 产业链中，碳捕集环节的成本约占总成本的 70% 以上，而在不同行业开展碳捕集项目的成本因技术流程、捕集技术成熟度、初始烟气中 CO2 浓度等参数的不同而有所差异。短期内应聚焦天然气加工厂、乙醇厂、炼化厂等高浓度排放源，但由于该类排放源碳排放总量较小，中长期来看还是应当积极促进燃煤电厂、钢铁厂、水泥厂的碳捕集成本下降。此外，湾区应积极发展 CO2 利用技术。目前较为成熟的利用技术是 CO2-EOR。据研究，中国已开展的 CO2-EOR 项目平均可以提高 10%~20% 的采收率，且中国的封存潜力巨大，未来大规模开展 CO2-EOR 技术可在实现较大收益的前提下实现 CO2 永久封存，同时还需积极探索并发展 CO2 封存监测技术，为 CO2 长期封存提供可靠的保障。最后，湾区应在技术创新带来的低成本、低风险和高回报的基础上，鼓励产学研金合作，带动更多企业和人才参与 CCUS 项目，推动 CCUS 市场的形成，逐步完善 CCUS 项目的商业模式。对企业而言，虽然目前多家大型能源企业已经自筹资金开展了对 CCUS 项目的探索，

但更多的企业对 CCUS 仍持观望态度，主要认为 CCUS 项目高成本、高风险和收益不稳定的特点无法保障企业的根本利益。

本节作者：赵亮 中规院粤港澳研究中心 研究员

3 湾区动向

3.1 港澳发展动向：更精准化的绿色低碳治理经验

3.1.1 香港动向观察

（1）绿色低碳的价值导向与目标愿景

香港作为世界经济文化发达城市地区，一直积极参与和响应国际主流价值活动。绿色低碳及可持续发展的目标在香港得到广泛认同并引起从政府到市民的行动支持。2010 年，香港即提出 2020 年实现以 2005 年为基准降低碳排放 50%-60%。根据《香港气候变化报告 2015》中测算，香港 2014 年人均碳排放量约为 6.2 公吨，2020 年目标降低为 4.5 公吨，2030 年减少到 3.3 至 3.8 公吨，未来进一步降至人均 2 公吨。

世界各国在 2016 年巴黎气候大会中提出自身的减排承诺，香港虽不是气候协议中的独立承担主体，但作为中国节能减排协议的组成部分及特别行政区主体，也积极表态自身的量化标准和减排目标。2017 年由香港政府主持并发布出台的《香港气候行动蓝图 2030+》中明确表示并进一步修正目标：2030 年完成降低单位 GDP 碳排放至 2005 年的 30% 至 35% 的水平。

（2）低碳建设的现状观察与要素路径

当前的科技水平等决定影响城市碳排放的要素主要集中在依托能源结构的产业、交通、社会生活等诸多层面。而根据香港本土对碳排放现状的研究，香港的主要本地排放源包括发电（含煤气生产）、本地运输、废物处理等及其变化趋势。其中，发电是本地最大的温室气体排放源（以二氧化碳为主），占 2012 年总排放量约 68%。作为全球建筑最为密集的中心城市之一，香港约 90% 能源消耗与全港 42,000 座建筑物有关，即建筑物的能源消耗占香港温室气体总排放量约 61%。运输是第二大排放源，占温室气体总排放约 17%，主要来自汽车的燃油使用。其他排放源包括废物处理（5%）、工业过程（4%）和农业、林业及其他土地利用（0.1%）³³。因此，香港未来减排目标也将需要从能源结构这一根本发力，并同时需要考虑到其主要影响要素在香港自身的具体情况。

33 香港政府统计处.《香港能源统计年刊》.2013.

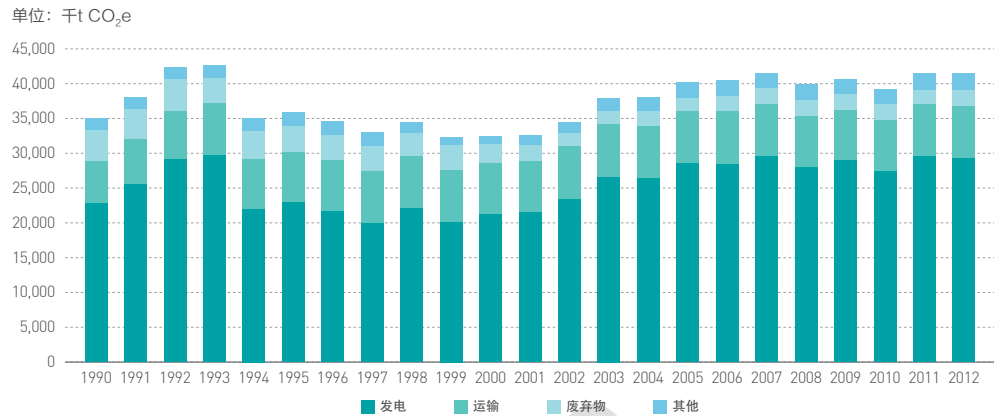


图 3-1-1 香港各行业温室气体排放年度比重³⁴

① 未来将通过增加天然气能源比重应对电力供应压力

作为一个人口稠密和高楼大厦林立的国际商业、金融、贸易及物流中心，香港需要高度可靠、安全、洁净及可负担的电力。2017 年，香港消耗了 157,604 兆焦耳的电力（政府统计处 2018 年调查数据），而化石燃料发电产生了 2660 万吨二氧化碳当量（EPD 2019）。燃煤发电（占总电力的 48%）是主要的发电的燃料来源。香港目前的燃煤发电主要依托于港灯电力（HKE）及中华电力（CLP）分别运营的 6 座和 8 座燃煤机组。考虑到社会经济的稳定性，煤炭的能源比重降低必须要逐步开展而彻底废除可能延伸到 2038 年。其中，实现南丫发电厂的退役和青山发电厂的燃煤发电机组改造将可能成为近期降低煤炭比重的具体行动。以 2050 年达到碳中和为目标，减少发电燃料组合中煤炭的使用比例以及找到能替代的合适能源要素将极为重要。

香港专家首先研究备受公众所关注且减排效率最高的可再生能源，但结论为受限于香港自身条件未来可再生能源比重仅能维持在 3%-5% 左右³⁵。首先对于风能发电领域：总体上受限于有限的海域和大部分天然山坡不适宜组建风力发电设施的陆域，香港仅有两个海上地点可能适合发展具商业规模的风力发电（南丫岛西南面海面及果洲群岛东南面海面）。现时香港在这两个海域已有数个小型风力发电项目但总生产电力不足 1 兆瓦，其中最大型的是 2006 年启用由香港电灯有限公司（港灯）于南丫岛设立的 800 千瓦风力发电机。此外，经研究显示，南丫岛西南海面设置容量达 100 兆瓦的风力发电场，能够每年生产 1.75 亿度电。果洲群岛东南面海面，则可设置 200 兆瓦的风力发电场。两者合计成本将超过 100 亿港元但所能提供的电力占本港总耗电量少于 1.5%，这表示风力发电成本较天然气明显昂贵。其次对于太阳能发电领域：受政府政策鼓励，太阳能可再生能源利用在香港

34 香港政府统计处.《香港能源统计年刊》.2013

35 香港政府机电工程署.《香港可再生能源年度调查》.2019

已经超过 200 项，但这些项目目前因稳定性考虑只能在学校及公营机构楼宇设施装设。此外，这些项目的规模通常非常小型（产电量少于 10 千瓦）或只能中型（例如机电工程署总部大楼装置的产电量为 350 千瓦），连接电网产生的电力仅能满足建筑物约 3% 至 4% 的用电需求。至今，香港两个最大型的太阳能板发电系统项目为港灯南丫发电厂的装置（分阶段在 2010 年及 2013 年开始运作，产电量为 1 兆瓦），以及渠务署小濠湾污水处理厂的新太阳能发电场（在 2016 年 12 月启用，总装置容量达 1.1 兆瓦，可供应渠务署在小濠湾污水处理厂约 25% 的电力需求）。目前，香港的累计太阳能板发电装置产电量不足 5 兆瓦，未来将持续关注如红磡建业中心太阳能发电系统等项目。但据现时估计，在 2030 年前太阳能只可应付约 1% 至 1.5% 的香港总电力需求。此外，可再生能源过于依赖自然条件（如：风气候环境、夜晚阴天等），其仍然受限于当前的能源贮存技术而暂无法将其考虑成为未来稳定的能源保障选择。

目前，来自天然气的电力（占 27%）和进口的核电（占 25%）是香港的第二和第三大来源。其中，核电部分在未来一段时间内应该可以继续得以保障。香港自 1994 年开始从中国大陆输入核电，当时很大程度改善了香港本土的空气质量并大幅降低了温室气体排放水平。现行输入核电的协议有效期至 2034 年，届时香港可以保障约 25% 的电力仍为零碳排放（核能）。而在剩余的 75% 电力保障中，香港在《2030+ 气候行动计划》中提出，未来将逐步淘汰燃煤改用天然气发电并得到广泛共识。香港目前正在探讨以天然气替代煤炭的切实路径，并出台《香港电力市场未来发展的公众咨询》等一系列调研报告。目前研讨的阶段性目标为 2020 年整体能源结构中，降低煤炭比重至 25% 而提升天然气至 50%，且这一方向趋势将进一步加强。以 2050 年争取实现碳中和为目标，届时天然气将成为最大的电力发电能源并占约 69%，核能维系在 25% 左右，可再生能源将占 3%，废弃物占 0.7% 左右。

② 以增加公共交通比重、提高运输能源效率、关注对外交通枢纽实现减排目标

作为香港当前第二大温室气体排放源且不同于发电能源当前多种途径的技术支持（交通运输未来仍将以燃油能耗为主），香港拟通过增加公共交通比重、提高运输能源效率、关注重点交通领域多种渠道多管齐下实现减排目标。

首先，增加公共交通比重。截至 2016 年 7 月底，香港有超过 578,000 部领牌私家车（即私家车和电单车），占车辆总数的 78%。在 1995 年至 2014 年间，私家车的平均年增长率超过 3%，其中 2010 年至 2015 年间上升至约 5%。而由环境保护署采用“EMFAC-HK 车辆排放 v4.1”计算模型的结果，私家车和摩托车将可能在 2041 年增加至 896,500 辆。而在 2014 年由政府运输咨询委发布的研究报告中发现，私营企业持续增长的车辆拥有率是导致交通拥堵及温室气体排放的重要原因。由此可见，为减少运输部门的碳排放水平，香港决策者极有必要实施控制私人车辆，而大

力发展公共交通则是有效的保障路径。整体上，香港的公共交通系统发展处于世界前列（据统计，九成港人出行使用公共运输服务且在 84 个城市中排行第一³⁶），但仍有很大程度的改进空间，特别是现正在探讨如何以政策倾斜保障提升公共交通对市民的吸引力（如：制定同时满足舒适度、高性价比及时间保障的公交系统、提升公共交通使用 APP 软件系统等）。而作为公共运输系统中的骨干（香港铁路有限公司（港铁）每天服务超过 500 万乘客人次），铁路以电力为能源约占香港总用电量 3%。而在 2015 年，由铁路服务产生的碳排放量约为 994,316 吨二氧化碳当量，而 2020 年的电力强度比 2008 年水平减低 21% 且未来在 2050 年将更进一步降低改善。

其次，提高运输能源效率。《香港 2030+：跨越 2030 年的规划远景与策略》（香港 2030+）倡议透过空间规划重塑出行模式，以改善运输效率减少依赖车辆出行的需求。具体策略为：在新发展区及主要市区以外的区域规划更多就业机会，拉近工作及居住地点的距离。另外，尽最大可能将人口及有关活动规划在公共运输枢纽的覆盖范围之内，并推广步行与单车代步来减少以车辆为主的出行模式由此减少碳排放。而对于不得不进行的市内公共交通出行，提倡洁净出行的车辆环保署于 2010 年完成研究认为，直至 2020 年，香港在不同运输领域中均可更广泛使用清洁车辆（例如混合动力和电动车技术）。其中，公交车领域（包括专营公交车）可达 15% 覆盖率，对于重型货车、轻型货车及私家车领域其覆盖率也可达 15%、15% 及 30%。未来 2050 年，公共交通中的电池电动和氢燃料电池电动的能源比重将计划提升至约 60%至 70%。

最后，关注对外交通枢纽。在改善市内交通并降低碳排放的同时，香港作为国际运输枢纽城市同时注重对外交通的重大枢纽，这里仅以香港国际机场及航运码头为例探讨其未来降低碳排放的策略路径。2008 年，由香港机场管理局（机管局）主导完成首份针对它的建筑物和设施的碳审计并成为首个签署环保署《减碳约章》的机构。本次审计测算表明机管局自身碳排放占机场范围总量的 40%，其余 60% 是来自其商业伙伴。对于机管局自身控制范围内，机场小区完成了超过 400 项有助降低碳排放的行动。如：照明装置更换为发光二极管、更换及重组制冷系统、引入电动车辆及充电设施、实施重新校验计划等。而对于其外部商业伙伴所造成的碳排放，机管局现正以合作协议形式开拓新的减碳目标（5 年和 20 年目标）和相关措施策略。在第一个五年计划中，机管局于 2010 年与 40 个业务伙伴签订减碳排放 25% 合约，并于 2010 至 2015 年间超额完成（实际减碳 25.6%）。第二个五年计划中，机管局于 2016 年 11 月 3 日与扩大到 53 个机场业务伙伴承诺在 2016 至 2020 年间将香港国际机场的整体碳强度从 2015 年水平减少 10%。2012 年 12 月，香港国际机场获国际机场协会颁发“机场排放认可计划”的“优化”级别证书。“优化”级别是这项计划第二最高级别认证，而香港国际机场是亚太区首个达到这项认证标准的机场。这项认证于 2013

36 陈阮德徽，香港：公共交通与运输的结合 [J]. 中国公路,2018(14):30.

年和 2014 年获得更新，机管局的策略使香港国际机场获得海内外多个碳排放管理及汇报奖项。而对于港口输运枢纽，香港运输管理局也制定了相关的测算标准并采取针对性减排行动。如：香港货柜码头运营商于 2006 年测算单个标准货柜的碳排放量约为 14.25kg，以此为标准制定在 2015 年将其减少 30% 至 10kg 标准。具体行动之一是将传统柴油驱动的轮胎式龙门起重机转换为可提升减排 60% 效率的混合动力（超 90% 电力驱动）和完全电动的起重机，据研究表明这一策略是减排目标于 2013 年（10.88kg）几乎完成的重要原因。港口现代货运码头对于低碳减排的投入也使其荣获 2011 年环境运动委员会香港环保卓越计划的肯定。未来，考虑到香港全球输运枢纽的核心及其全球标准的领先地位，其定将制定进一步从排放数据收集、减排目标、资金到实现行动的国际引领政策及措施。

（3）低碳路径中的优势方向及借鉴可能

① 多元主体下的政策引领

香港低碳减排取得一定成效与其多元政府及民间组织等主体的推进有密切关系。首先，政府在低碳减排中起重要的引领作用。总体上，环境局在政府内部的气候变化政策上担当重要角色，负责协调其他决策局和部门的行动计划，其具体事务权责也分散交织在不同的行政机构中。2015 年，环境局与政府内部及主要的非政府利益相关者合作编制《香港气候变化报告 2015》以求在巴黎气候大会前发表针对香港的评估报告。在巴黎气候大会召开之后，香港行政长官于当年《施政报告》中即宣布成立由政务司司长主持的局长级“气候变化督导委员会”，以进一步强化政府按照《巴黎协议》作出的整体政策和执行能力。在政务司司长的领导下，各决策局和各部门在 2016 年间合作并审视以往的工作，订立 2030 年碳强度下降的目标并制定本文件中提及的策略和加强行动。为了分享和收集意见，委员会在 2016 年 7 月 12 日举办了大型的利益相关者参与论坛。环境局会继续在香港特别行政区的气候变化政策中担当领导地位，协调各局和各部门的工作。“气候变化督导委员会”的管理框架可以随未来每届政府于任期内作调整，使其能响应《巴黎协议》定下的每五年盘点和作渐进检讨的要求。而“气候变化督导委员会”中政府方的其他部门均有着整体减排低碳的具体分工。如：香港天文台是负责香港特别行政区政府气候变化科学的政府部门，其职责为发表多份有关香港气候变化科学的报告。机电工程署致力提高大众对节约能源的意识，并于 2012 年首次推出《节能约章》，旨在为业界和地区机构建立更紧密的伙伴关系。目前，超过 3,300 个参加者已经签署了《节能约章 2016》。未来，机电工程署会继续在其他界别推广节约能源。

② 基础加前沿的研究保障

除上文提及的基础碳排放测算及路径基础研究之外，香港依托自身高校正在开展非常前沿的节能减排研究。在过去 5 个财政年度，香港创新及科技基金拨款约 1.07 亿元资助了约 50 个与环保技术

有关的项目。其中，众多项目与节能和新能源有关。包括：纳米及先进材料研发院近期研究开发的先进隔热涂料，并证明较其他涂料可以节省 15% 的电力；汽车零部件研发中心于 2014 年研发的电动汽车快充技术将原本几小时的充电时间缩短为少于一小时；香港纺织及成衣研发中心发明技术可将厨余转化成能被生物降解的纤维纺织品，在 2016 年第 44 届日内瓦国际发明展中获得了评审团特别嘉许金奖。香港科技大学开发了针对建筑物和工业应用的高效能吸收式冷却系统。目前，虽然这些技术离市场应用仍有一定距离，但世界领先的研究却极有可能在腹地较小的香港先行先试并率先实现香港本土的科技节能减排。

③ 国际金融中心的市场潜力

香港作为国际金融中心有潜力成为引领性并可向内地推广与拓展合作的绿色金融城市。2016-2017 年度，财政司司长在发表财政预算案演说中提到绿色金融，并表示政府会加强宣传其具有竞争性的资本市场，突显香港发展绿色金融产品的优势。2016 年 5 月，政府咨询组织金融发展局发布了《发展香港成为区域绿色金融中心》的报告。报告指出，香港作为亚洲区域绿色金融中心具有许多独特优势。报告建议政府及公营部门管控的发行人发行基准绿色债券，并为各项项目及证券设立绿色金融标签计划，以吸引发行人及新投资者来港。在 2016 年 7 月，作为领展房地产投资信托基金的管理公司－领展资产管理有限公司，宣布发行 5 亿美元的绿色债券，并按固定利率 2.875% 于 2026 年前发售，成为香港首个发行绿色债券的商营企业和亚洲首个发行绿色债券的地产公司。该项债券的收益专为其九龙东办事处项目提供资金，这是一个将根据“绿建环评”新建建筑铂金级别和美国绿色建筑认证 LEED 铂金级标准所建造的商业项目。在 2016 年 10 月，港铁公司以利率 2.5% 发行首个 6 亿美元的 10 年绿色债券，以带动服务质素及环保方面的投资。这些前期准备为未来以绿色金融实现低碳减排提供了潜在可能，也因开拓未来碳中和目标的潜在实现路径而备受关注。

3.1.2 澳门动向观察

总体上，对比于香港的国际性关注度及本土研究热情，虽然澳门在节能减排普世价值下也已开展一些响应性举措，但并未形成专题性的行动方案或出台过类比于香港的响应性目标文件（如：响应巴黎气候协定相关文件）。因此，针对澳门在绿色低碳发展方面的观察主要在现有资料基础上，结合澳门城市的特性进行现状整理并尝试分析其作为国际旅游城市未来的绿色低碳路径。

（1）节能减排趋势下的现状梳理

作为城市化率达 100% 且人口密度全球最高的城市，研究结果表明澳门的温室气体也同样与支撑城市运转的能源体系和以交通运输为代表的城市产业生活领域密切相关。

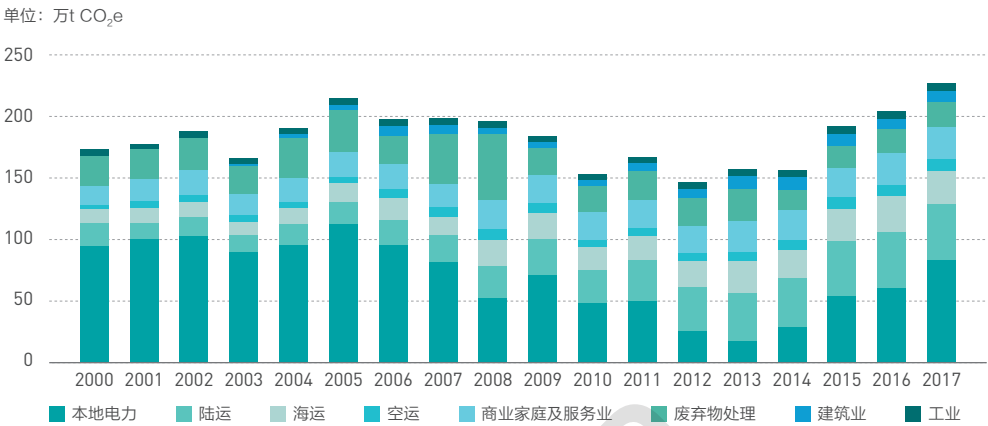


图 3-1-2 澳门各行业温室气体排放年度比重³⁷

首先，作为资源短缺面积极为狭小的岛及半岛城市，澳门几乎所有的能源产品均依托外部供给，而受地理区位影响其能源体系深受毗邻的中国大陆能源供给侧结构影响。与香港不同的是，澳门产业结构高度依赖以博彩业为主的高端旅游，并主要以酒店、餐饮、零售等相关服务行业为主。虽然，这些行业在同等收益性价比下对能源需求较低，但其能源需求以电力需求为主并导致澳门整体的用电量较大。目前，澳门的电力能源高度依赖中国大陆提供的电力服务，并以 1985 年起澳门公共供电服务专营机构澳门电力股份有限公司(CEM)与中国大陆方中国南方电网的电力交易协议为基础。自 2005 年以来，CEM 加大从中国南方电网进口电量，进口电力逐渐成为澳门电力消费主要来源。2017 年澳门自中国南方电网进口的电力供应近 40 亿千瓦时，占当年澳门总电力供应（53.77 亿千瓦时）的约 73%。由于电力能源需求的压力，澳门同时也在积极推进本地发电且致使本土温室气体排放自 2013 年以来一直攀升。有学者研究表明，2000-2013 年间，澳门电力行业温室气体由 94.70 万吨下降到最低值 17.30 万吨。但因 2013 年本地发电量增加之后的温室气体排放量持续增长，2017 年澳门电力行业温室气体排放反弹增长为 83.32 万吨，约为 2013 年排放量的 4.8 倍。由此可见，在扩大外部电力能源输入之外，澳门的节能减排同样需要对本地发电的能源结构进行研究。根据学者的相关研究，澳门的本地发电能源由燃油发电、天然气发电、垃圾焚烧发电、可再生能源发电等组成³⁸。其中，可再生能源以太阳能为主有着最高的减排效益，但受限于地理条件和相关技术其比例和潜力仍较小。2017 年，澳门光伏系统发电量仅为 1448 千瓦时。而目前的主要本地发电能源为重油，而参考重油与天然气的排放因子分别为 0.71kgCO₂e/ 千瓦时及 0.42kgCO₂e/ 千瓦时，未来澳门通过天然气取代重油发电能够提升减排效率约 41%。由此可见，澳门未来的减排路径也以天然气发电为主。

37 宋庆彬,汪中才.澳门温室气体排放特征与减排策略研究[J].中国人口·资源与环境,2020,30(07):18-26.

38 澳门规划学会.《澳门环境保护规划(2010-2020)》

此外，相关交通运输领域的温室气体排放研究表示澳门在此领域有着巨大的提升潜力。2000 年以来，澳门运输业温室气体持续增长并且未有明显变缓迹象。2017 年澳门运输业（包括陆运、海运和空运）温室气体排放为 81.99 万吨，约为 2000 年排放量的 2.5 倍。此外，陆运交通一直都是澳门运输业温室气体排放的主要来源，其排放占比由 2000 年的 11% 逐步增加至 2017 年的 20%。2000-2017 年间，澳门陆运交通温室气体排放总量由 18.94 万吨稳步增加至 45.42 万吨，这与澳门私家车和电单车数量稳步增长的趋势基本吻合。而澳门清洁能源汽车发展滞后成为其最大的减排潜力，截至 2018 年 2 月才刚刚引入比亚迪电动汽车，出租车、公交车、私人汽车中电动汽车普及率极低。同时，澳门海运交通温室气体排放也由 2000 年的 11.05 万吨增至 2017 年的 27.37 万吨，增长了近 1.5 倍。此外，2000-2017 年间，澳门空运交通温室气体排放由 3.16 万吨增长至 9.20 万吨。此外，澳门航班单次起降温室气体排放有了显著改善，2016 年已经完成每起降架次温室气体排放在 2012 年 0.49 吨的基础上减少 20% 的预定目标，在 2017 年完成较 2012 年水平减少 28.7% 的目标，在 2018 年澳门国际机场每起降架次之碳排放量与 2012 年相比减少达 40.98%。澳门国际机场为未来十年定立了更进取的新目标，即“至 2028 年，每架次航班起降的碳排放量比 2018 年减少 30%”的“十年碳排放管理方案”³⁹。但总体上，澳门空运温室气体排放量变化均仅占总排放量的 4%。

（2）国际旅游城市定位下的可能影响

讨论澳门节能减排问题其国际旅游城市的影响不可忽视，这不仅仅因为旅游是其当前的主要产业生活方式，更多的还在于未来的节能减排方向无法脱离这一基本现实。而基于国际旅游城市定位，其减排方向也与建筑耗能、交通运输、废弃物处理、市民生活等层面关系密切。

根据《澳门环境保护概念性规划构想（2010-2020）》中对“低碳澳门、绿色生活”的探讨，认为澳门未来应该“遵循低碳发展的理念，建设低碳小区和旅游区的环保策略和行动计划，并于生产和消费领域，提出建设低碳生产和消费体系的环保策略和行动计划，配合澳门作为‘世界旅游休闲中心’的区域发展定位，推进低碳城市、低碳区域建设，达至经济、社会发展与生态环境保护三赢局面”。对于旅游城市所涉及的酒店业，目前澳门尚没有商业地产建筑等的绿色节能建造运行标准，但这一点也说明其未来节能潜力巨大。澳门环境保护局自 2007 年开始设立“澳门环保酒店奖”，积极鼓励本澳酒店业绿色发展。而作为亚热带地区城市，其夏季空调制冷所耗电量占一定比例。澳门的研究表明空调每调高 1℃，能源效率将提高 7%-10%，设定空调温度（如：中国内地的 26℃）则有着近 20% 的节能空间。此外，在旅游城市建设的交通行业特别是陆运交通中，澳门开始制定相关政策鼓励居民优先选择环保汽车，并推出《淘汰重型及轻型二冲程摩托车资助计划》，

39 澳门国际机场.关于我们—绿色机场[EB/OL].[2020-04-08].

<https://www.macauiairport.com/cn/aboutus/aboutmia/greenairport/data>.

102
103

淘汰了澳门 5450 辆高排放率的二冲程摩托车。此外，针对大量人口涌入产生的大量废弃物，以往澳门直接进行垃圾焚化发电并产生约 1kgCO₂e/ 千瓦时的高排放，而自 2017 年起澳门环境保护局发布了《澳门固体废物资源管理计划（2017-2026）》并计划 2026 年实现人均固体废物弃置量在 2016 年基础上减少 30%（0.63kg/ 人）的目标。最后，澳门关注居民生活中的低碳文化培育，环境保护局通过颁布“澳门环境保护规划(2010-2020)”约束公共部门的低碳行动，此外每年开展“环保 Fun”、“低碳节日”、“绿色企业伙伴计划”等活动，鼓励居民“绿色出行”，将低碳生活倡议旗帜，贯彻到居民生活的方方面面。

最后，以实现澳门低碳旅游发展为目标，除能源和交通等技术性节能减排之外，需要政府部门、企业、居民与旅客各个角色的合作。总体上，澳门政府主要以奖励性政策为驱动并取得一定成效。如：2018 年的“澳门环保大奖”获奖酒店为 55 间，同比是 2007 年的 7 倍。未来政府需要在绿色能源标准、清洁能源汽车购置税费、建筑物、服务设施、废弃物处理等方面制定长效的节能减排计划与政策，并持续发挥切实有效的引领作用。而作为大型博彩企业及中小型企业，则应该以大型企业发挥主体的带头作用正面推动低碳、绿色和节能的具体操作并注重与旅客的互动关系，使旅客享受服务体验的同时了解可持续发展的重要性。居民与游客的低碳发展将需要更为长远的环保文化，在加强宣传使其充分意识到人类生产生活对环境所产生的影响，并且采取积极措施作出改善的同时，更多需要在科技的平台及应用下满足其需求，如每年举办的澳门国际环保合作发展论坛及展览等可能会提供这种综合宣传与科技推广的平台机会。

3.1.3 空间视角下港澳融入湾区碳中和目标的潜在路径

港澳城市具有一定程度的政治策略独立性，因此能够在能源及产业结构中采取自主低碳减排及碳中和策略。但放眼于更大尺度的大湾区，特别是考量到碳排放引起全球变化的区域影响力，港澳同样需要与内地城市特别是湾区 9 市之间的空间战略合作。

依托港澳高度聚集空间、产业分工及连接内外双循环的地区特色，其能够通过加强与内地空间功能分异、产业逐步升级及国际标准对接、先进碳中和技术方法引进等方式以促进粤港澳大湾区的整体绿色低碳发展。加快基础设施空间联通、减少对自然空间的干预、加强对人类活动空间的高效集中利用等均能够在整个湾区尺度提供港澳发展至今的先进经验。此外，港澳是大湾区尺度下构建绿色空间协同的必要参与者，在囊括生态本底空间、产业能源空间、交通出行空间、碳固定重大设施布局空间等均有着一定的积极作用。

作者：赵亮，中规院粤港澳研究中心，研究员

3.2 国土空间规划：绿色低碳视角的空间优化思路

3.2.1 高密度特大城市的绿色低碳发展路径之一——深圳市宝安区国土空间分区规划

（1）项目背景

应对全球气候变化与推进全球可持续发展日益成为世界共识。在国土空间规划编制过程中，如何践行绿色复苏的气候治理新思路，推进 2060 年前实现碳中和，是当前亟待回答的一个重大课题。

宝安区位于深圳西部、珠江口东岸，地处粤港澳大湾区的核心，是大湾区经济最发达、人口最密集、建成度最高的地区之一，作为深圳的先锋地区，在探索高密度特大城市的绿色低碳发展路径中具有不可推卸的责任。

（2）特征与问题

“十三五”期间，宝安区绿色低碳发展已经取得积极成效，主要体现在产业和能源结构优化、资源利用效率提升、重点领域节能降耗等方面。从能源利用效率来看，宝安区处于全国领先地位，2017 年单位 GDP 能耗下降率为 4.45%，但与深圳全市水平仍有差距。

① 城区建成度高，生态服务功能不足

由于城区建成度极高，生态空间随着城市快速扩张受到挤压，森林覆盖率低、质量不高，湿地保护压力不断增大，海岸带开发强度高且海域污染严重，生态廊道出现断裂导致生态系统连通性下降，城市地表高度硬化使得城市热岛效应明显。目前城区内除山体之外的绿色空间极少，大量细密河涌在城市建设中被掩埋，公园绿地和广场的总体规模不足、覆盖率低，特别是社区公园建设滞后，这些都成为增加碳汇的不利因素。

② 碳排放源头较多，存量时代面临减碳挑战

宝安区碳排放源头较多。全区人口总量多，密度大，2019 年常住人口 334.3 万人，“七普”常住人口更是达到 447.7 万人，比原统计增加 113.4 万人，居住承载能力及人口粘



图 3-2-1 宝安区“十三五”期间绿色发展成效

性大为提升。同时，宝安区作为深圳机场的所在地也是交通大区，较多的各类交通设施和过境交通量成为实现碳中和的不利因素。

宝安区现状建设用地 237.66 平方公里，建成度约为 60%，超过深圳全市 48% 的平均水平，几乎接近适建区的上限，未来通过存量更新实现建筑量增长将是空间资源配置的重点。根据 2019 年建筑普查，宝安区现状建筑总量约 2.65 亿平方米，按照未来新增 8000 万平方米初步匡算，若不采取优化措施，碳排放量将增加约 480 万吨，未来必须开展近零能耗建筑改造。

（3）国土空间规划的创新与应对

① 明确碳中和具体路径，分步实现碳中和目标

根据国家碳达峰和碳中和目标设定，按照深圳市以先行示范标准实现碳达峰、碳中和的要求，争取 2028 年前实现碳达峰，2050 年左右实现碳中和。在目标指引下，制定分阶段工作思路和重点任务安排，明确碳中和具体路径，分阶段迈向零碳社会。

2025 年夯实低碳发展基础。建设多元化绿色能源供给体系；加强低碳排放核算的风光水电调度；推进制造生产线智能化技术改造，结合工业互联网建设推广，打造数字化车间与智能工厂；推进充电桩建设和快充技术的应用发展；支持节能技术研发、能效监控管理、能源互联网试点和节能产品应用推广；推进应用气候变化投融资发展，完善碳交易市场政策体系。

2035 年挖掘节能减碳潜力。汽车大范围电动化，实现存量燃油车 30% 由新能源汽车替代，20% 更新为节能车型；鼓励航空燃油逐步实现生物质燃料替代；探索汽车行驶交通智能化的技术标准和运营模式；争取实现 45% 建筑达到近零能耗水平；工业领域实现间接排放下降 20%；充分挖掘建筑屋顶及外墙光伏装机潜力，拓展氢能等清洁能源应用推广范围。

2050 年迈向碳中和目标。纵深推进能源使用与碳排放脱钩，达到能源消费电气化、能源供给准零碳化；全面普及电动汽车、构建智能网联交通系统，实现道路交通领域零碳排放，进一步降低综合能耗；通过使用氢能和生物燃料等措施，实现航空航天领域 50% 零碳动力替代；推广电炊事替代应用，消除民用燃气排放；优化电子设备制造业等重点耗能领域的工业流程和装备设施，削减 50% 生产直接排放；零碳电源比例提升至 90%，结合碳汇手段最终迈向零碳社会。

② 积极扩大生态空间，构建山海相连的生态格局，分要素修复生态空间

优化碳汇空间格局，保持加强生态文明建设的战略定力，建立自然公园为主体的自然保护地体系，积极扩大生态空间。规划自然公园 8 个，其中森林公园 5 个，湿地公园 3 个，总面积 6478.43 公顷。

调整法图中远离城市的绿地，向人口密集地区集聚，提升绿量、锚固边界，为人的活动留足游憩空间，建设多元丰富、覆盖均衡的绿地体系，实现“百米见园、出门见绿”。

探索密集城市建设地区的生态安全格局构建路径。宝安区带状分布的城市形态和较高的建设用地占比，凸显构建山海相连的生态安全格局的重要性。高密度的建成空间中，河流和绿地作为重要的生态廊道和生态斑块对生态系统的完整性具有重要意义。识别生态区位重要的河流廊道，结合碧道和城市绿地建设，形成连山通海的河流生态廊道网络，提高区域生态系统连通性。规划依托山海相连的指状生态系统塑造 3 条山廊、18 条水廊，构建缝合城市组团的绿色脉络以及复合多元的游憩网络。

完善山水林田湖草生态网络体系，推进生态修复，形成持续稳定的生态碳汇。林地方面，强调量质并举，造林与修复并重，大力营造近自然林地，构建中长期稳定碳汇，改进人工林经营方法，保持蓄积量高增长。湿地方面，建设湿地公园，扩大碳汇面积，构建水生和滨水植被碳库，增强湿地径流过滤，建设人工湿地，减少污水处理负荷。绿地方面，规划建设嵌入固碳功能，扩大绿地中林地、湿地等高效碳汇的占比，采用基于自然的解决方案，减少高排放的工程措施。

③ 强化国土空间用途管控，形成疏密有致、立体紧凑的城市形态

优化城市规模和结构，促进城市建设集约紧凑高效布局。规划强调区域协同思维，构建开放的城市空间结构，融入大湾区核心圈层、联动珠江口东西两岸。针对现状“南城北镇”的特征，进一步优化中心体系，配合深圳全市的人口疏解要求，引导人口增量向北部倾斜，塑造新的城市中心和宜居城区，打造辐射宝安南北两大板块的市级城市中心。结合现有人口密度高、生态环境较好的地区建设六处片区级公共中心，强化公共服务及商业服务的均好性。

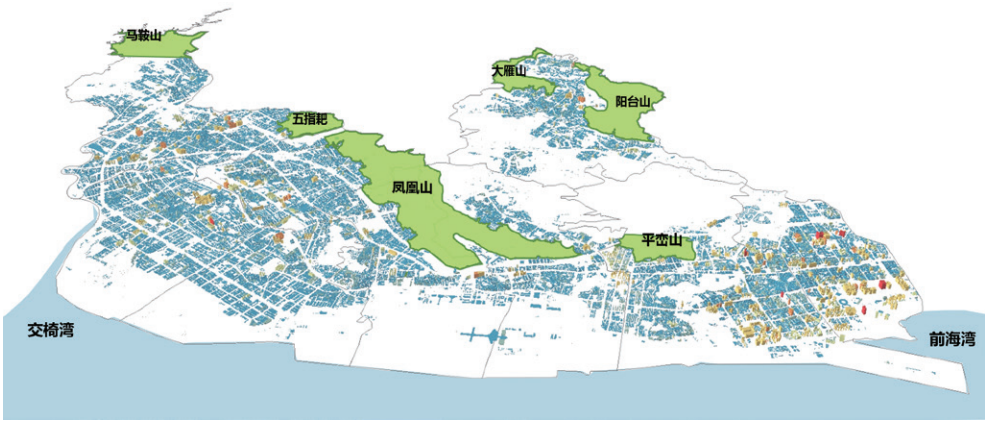


图 3-2-2 疏密有致、立体紧凑的城市形态

106
107

充分考虑职住平衡,减少通勤出行需求。面向深莞协同,构建以交椅湾为核心的扇形功能框架,促进产城融合。继续开发会展海洋岛、立新湖、松岗中心等就业中心,同时构建北部宜居城区,促进职住平衡。

引导形成疏密有致、立体紧凑的城市形态。保护山体轮廓线,形成通山观海通廊,加强山与城、海的沟通与融合。引导建筑高度布局,结合航空限高的要求,使城市形态疏密有致。建设通风廊道体系,规划3条一级通风廊道,6条二级通风廊道,利用入海河流形成17条海陆风廊道,为城市引入清洁冷空气,缓解城市热岛效应和空气污染,提升大气环境质量。进一步提升土地利用价值,地上地下联动发展,至规划期末地下空间开发总量达到约1900万平方米。

④ 开展碳排放评估,实施单元碳排放控制

加强碳排放定量监测能力,构建碳中和监测评估模型和平台,关注能源、工业、交通、废弃物、绿色资产等领域,评估现状、规划碳排放汇情况,制定减碳策略,优化城市碳排。

将绿色低碳指标融入规划指标体系,结合宝安区标准单元的划定,将碳中和要求落实至单元,实施碳排放总量控制、强度控制。制定单元碳排放量削减措施指引,提出碳排放重点管控单位,落实各项碳中和措施。

作者:杜宁,中规院深圳分院规划一所主任规划师、存量中心主任,高级城市规划师、注册城市规划师;《宝安区国土空间分区规划(2020-2035年)》由中规院深圳分院规划一所、城市基础设施研究中心、交通规划设计研究所联合编制,项目组成员包括周游、胡恩鹏、丁华杰、李瑶、陈杨、王川涛、牛宇琛、王欢欢、廖晓卉、郑琦、刘旻旻、李春海、平少华、谢博宇等。

3.2.2 高密度特大城市的绿色低碳发展路径之二——深圳市龙华区国土空间分区规划

龙华区是深圳高速城市化发展的缩影,呈现高密度、高强度的发展特征,这使龙华面临生态空间紧缩、生态效应减弱的困境,城市宜居性也遭到严峻挑战,跨区通勤造成大量交通碳排。为了加快形成绿色生产方式和生活方式、推进生态文明建设,龙华国土空间规划对生态格局、功能结构、交通规划等进行了优化调整。

(1) 快速城市化伴随生态、宜居、碳排三大困境

① “城”与“绿”关系紧张

从遥感影像可以看出,在1990至2020的30年变化中,龙华区优质生态资源逐渐“外围化”,渗透力减弱,连接度下降,这直接影响了生态效应的发挥:全区城市热岛效应显著,建成区与郊区相差7-8摄氏度,明显高于国家生态园林城市≤2.5摄氏度要求,在深圳全市仅低于布吉。龙华区生态环境情况(EI)指数与人均生态服务价值评估均居全市末位。面对现状严峻的形势,保障城市未来的可持续发展、建立生态安全格局是本轮规划的首要任务和一切发展的前提。

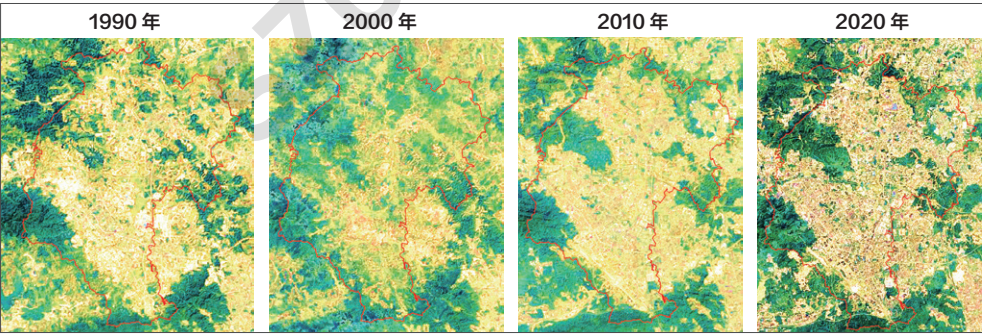


图 3-2-3 遥感影像视角龙华自然资源分布变化

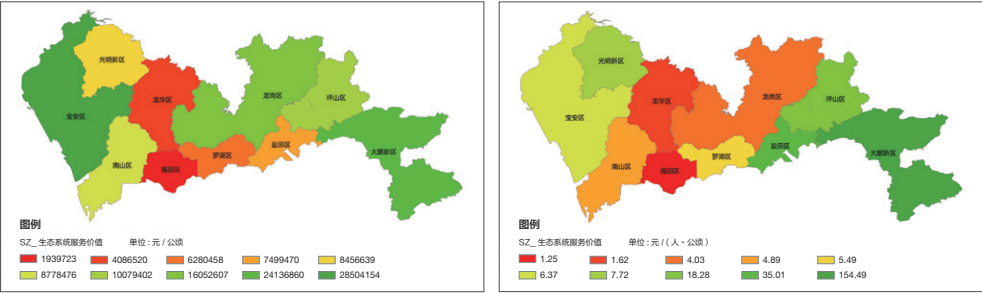


图 3-2-4 深圳市生态总体服务价值评估

数据来源:资源环境科学与数据中心公开数据

图 3-2-5 深圳市人均生态服务价值评估

108
109

② 城市宜居性遭到挑战

龙华区是全市建设密度和开发强度最大的片区之一。2019 年龙华全区毛容积率为 1.27⁴⁰，全市第三，仅比罗湖、福田低，开发强度全市第二，仅比福田低。用地紧约束条件下，导致各类公服设施、公共空间配置总体不足，面临城市宜居性的各种挑战。

公共服务设施严重不足。龙华的公共服务设施占地和建筑面积，以及人均公共服务设施面积均为深圳各区的末位。由于公共服务设施普遍存在接待能力和服务覆盖范围不足的问题，导致居民不得不远距离出行，增加交通负担和家庭出行碳排。

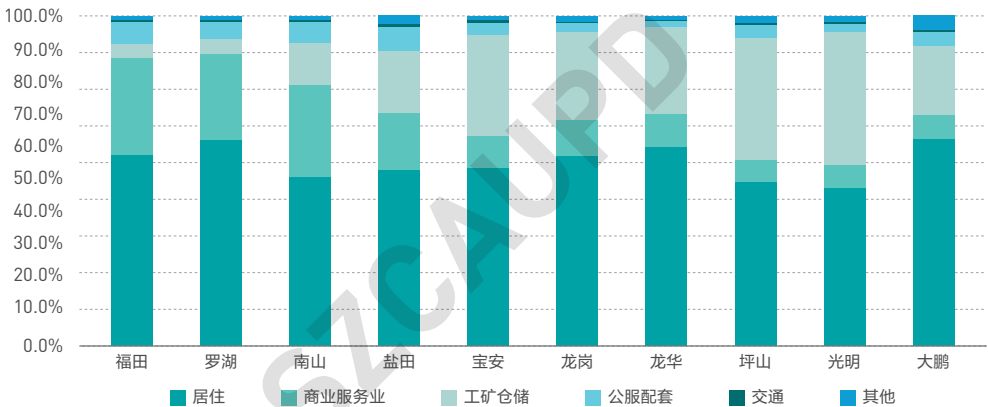


图 3-2-6 2019 年深圳市分区分类建筑功能结构表
数据来源：深圳市国土空间总体规划（2020-2035 年）项目·评估专题

公共空间总量不足，人均绿地水平远低于国标。全区人均公园绿地面积仅 5 平方米 / 人左右，远低于福田区的 15 平方米 / 人以及国标 8 平方米 / 人的水平。

在高建成、用地紧张的城区，如何科学、精准地解决设施缺口是本轮规划要解决的重点难题。

③ 跨区通勤造成大量碳排

由于边界效应，职住空间存在跨行政区分布，珠三角地区人口呈现跨区高流动的特点。原关内地区土地资源紧缺、产业密集、大量人口选择在中心城区工作，跨区居住的模式，使得像深圳龙华等地区逐渐演变为“睡城”，人口跨区工作带来的跨区流动的特征显著，职住平衡指标处于全市末位，且南北城差异大：龙华北部，区内通勤人口比例较大，富士康等企业的产业工人通勤距离较短，一

40 2018 年龙华区毛容积率 = 2019 年龙华区建筑普查建筑总量 / 龙华区第三次国土调查建设用地总面积

般在 5 公里范围内，大多住在厂区宿舍或企业附近的城中村内；而在龙华南部，居住用地比例远高于工商类用地，存在大量往福田、南山方向的跨区通勤出行，通勤距离和时间均较长，也导致在梅林关、福龙路等连接关内的通道交通压力较大，存在明显的“潮汐现象”。

龙华区城市轨道建设滞后。目前仅开通轨道交通 4 号线、5 号线、6 号线，在建 4 号线北延线。全区现状轨道交通运营总里程为 16.2 公里，密度 0.09 公里 / 平方公里。受限于轨道交通的服务能力，路面交通的分担率较大，交通碳排有待降低。

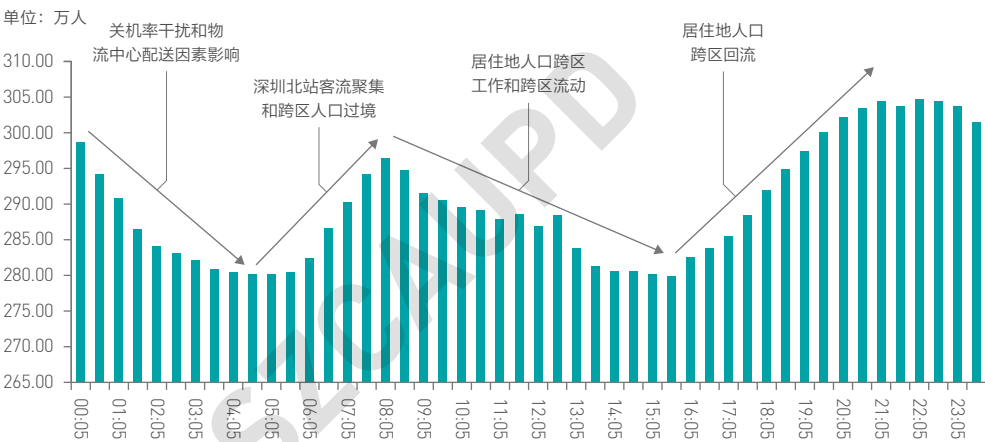


图 3-2-7 龙华区时点人口波动
数据来源：深圳大学人口研究所·人口专题

单位：公里/平方公里

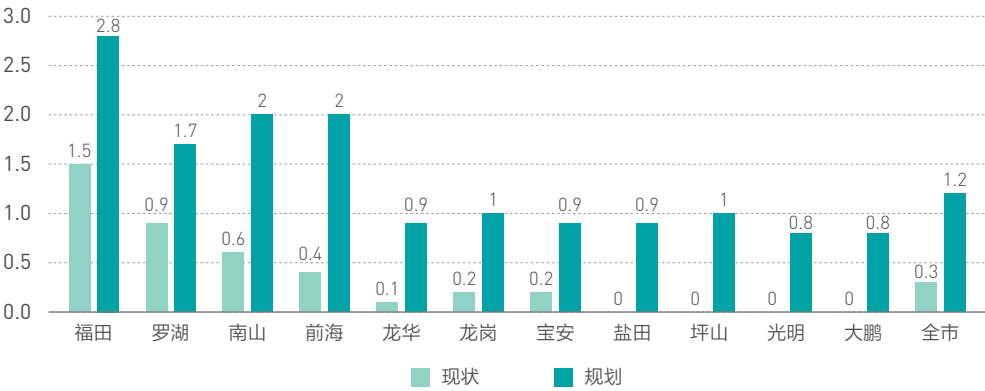


图 3-2-8 深圳各区轨道线网密度对比
数据来源：深圳市各区轨网规划（项目组统计整理）

110
111

（2）国土空间规划角度解决问题的思路

① 打破肌理板结，构建“城”、“绿”深度融合的新空间秩序

以底线思维保障生态格局安全。限制城市的无序蔓延，框定城市发展的空间，以生态红线、生态基本控制线保护保障外围生态屏障绿环，即以阳台山森林公园、观澜森林公园、光明森林公园等组成的生态屏障绿环，它属于龙华区重要的生态斑块和生态冷源，在维持生物多样性、水源涵养、水土保持、缓解城市热岛效应方面发挥重要作用。

以生态链接加强生态向城市内部的渗透作用。由观澜河干流、各支流组成的河流型生态廊道和依托沈海高速的绿色连廊，串联各类绿地公园，形成山水格局相链、自然系统可达的蓝绿网络。生态骨架既是承担区域防洪排涝、雨水消纳、污染物净化以及缓解城市热岛的重要通道，同时也形成了网络化、便利可达的绿色公共空间体系，发挥休闲游憩以及激发城市活力的重要功能。

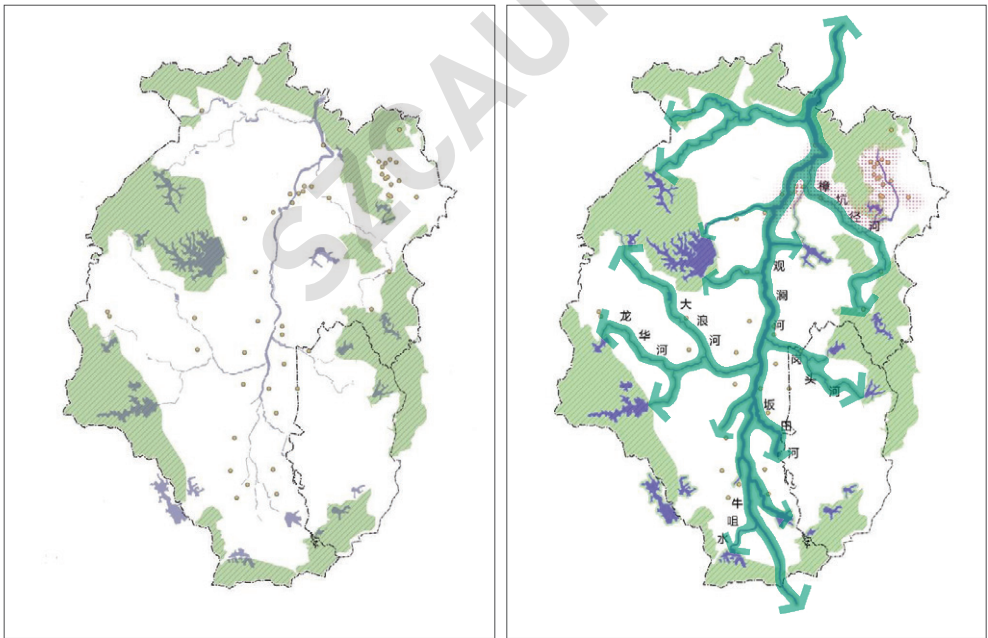


图 3-2-9 保障外围生态屏障绿环

② 精准化、复合化供给设施与绿地，提升城区宜居性

以单元评估为依据，对配套设施进行精准补充。对 10–15 分钟生活圈尺度的标准单元进行评价，了解生活圈和就业圈的设施配置水平、空间品质、交通可达性的各项指标。结合各标准单元的常住人口分析各类设施、开敞空间的总量分布能否满足单元居民日常需求，以及路网密度和轨道站点能否为单元居民提供便捷的交通服务进行精准分析。按照分析结果显示的各类要素的缺失情况，进行针对性补充。对于有用地条件的标准单元，将相应的设施补充要求纳入城市更新单元的附加条件；对于用地紧张且无改造条件的标准单元，保证邻近几个标准单元总体指标平衡。

以绿化、设施复合化提升城区品质。对于龙华这种高密度建成区，由于土地资源紧张，生态化改造可以从追求水平向的“绿地率”转向提高立体的“绿化率”、“绿视率”与“绿容率”，尽可能增设墙面绿化、阳台绿化和屋顶绿化，丰富住区的绿化层次，增加住区的生态容量，未来将这三项指标纳入各地块出让条件中去；在土地资源紧约束条件下，公共服务设施复合设置也是值得探索的方向。打破部门藩篱，依据各类设施对建筑及场地的实际需求状况合理布局。原则上除部分功能相对独立或有特殊布局要求的地区级公共设施仍需独立设置外，鼓励社区级及邻里级设施均集中复合化设置，形成吸引力更强的社区中心。

③ 通过功能结构调整减轻跨区通勤的交通压力

通过用地和建筑结构的调节，改善龙华南北职住结构。为了调节龙华南部居住比例过高和职住失衡问题，严格限制龙华南部居住用地和建筑量的增加，在梅林关、龙华北站和华南物流园片区补充工、商业用地和建筑量的比例；龙华北部则结合轨道站点周边、产业组团布局适当增加居住用地和建筑量，整合低效产业用地，保障工业用地集聚和规模供给，集合九龙山、鹭湖中心城重点布局科研用地，提升龙华北部就业环境，打破龙华区“居住价值大于就业价值”失衡现况。

推进轨道交通建设布局，减轻路面交通拥堵和碳排。未来龙华区与原特区内的“向心通勤联系”将持续加强，目前龙华至福田、罗湖方向均有轨道快线服务，基于手机信令数据分析发现，福田、南山是龙华区主要的对外出行方向⁴¹。从规划来看，根据全市人口岗位分布预测，未来市域范围通勤圈将持续外扩，本轮规划将主要加强南山、宝安、东莞、龙岗方向的轨道快线直接联系。同时结合龙华区国土空间分区规划提出的“一环、一轴、一圈、双城、双心”的城市空间结构，提出区内轨道线网布局的优化调整方案，大幅提升轨道交通的出行分担率。

112
113

（3）思考与总结

在高密度建成区践行绿色低碳发展过程中，面临用地、交通、功能的等各方面约束，龙华区在本轮国土空间规划中，从守底线、链生态、优公服、调结构等方面塑造生态格局、提高城市宜居性、减轻碳排压力。绿色低碳的发展方向通过规划提出后，如何保障全方位落地，中间的传导、政策、实施、监督等各个环节还需要系统研究。

作者：林芳菲，中规院深圳分院创新空间规划设计研究所，城市规划师；本节内容根据《深圳市龙华区国土空间分区规划（2020-2035 年）》项目整理与延展，项目编制部门：中规院深圳分院创新空间规划设计研究所、交通规划设计研究所、市政交通规划所；项目组成员：范钟铭、刘雷、孙婷、刘为煜、林芳菲、黄晓希、王方、陈菲、张文娜、陆巍、王金辉、朱乃轩；其他合作单位：深圳市规划和自然资源局龙华管理局、深圳大学人口研究所 / 钟若愚教授、深圳市城市规划设计研究院 / 杜菲博士。

3.2.3 共生：保护与发展的终极答案——深圳市大鹏新区国土空间分区规划

大鹏半岛是位于深圳东南部三面环海的滨海小城，与惠州接壤，东临大亚湾，西抱大鹏湾，遥望香港新界。大鹏作为深圳行政区划中的功能区，其资源特征赋予其一些突出的特色：常住人口与旅游人次存在巨大数据反差，陆海自然空间比重远远大于城市空间，并拥有厚重的历史文化积淀以及特色的旅游服务功能。在严格保护的前提下，如何激活自然资源价值实现高质量发展一直是大鹏需要解决的核心问题。

（1）协调保护与发展关系，明确高质量与特色化发展路径

大鹏丰富且珍贵的自然资源需要受到严格保护，各层次规划为此都制定了严格的保护措施，包括在陆域范围划定生态红线、自然保护区、基本生态控制线、国家地质公园等，管控历史遗产保护、核电等区域基础设施的安全防控距离。在海域范围明确广东省海洋生态红线、大亚湾水产保护区省级自然保护区等各类海洋保护与管控的要求，形成严格的陆海双重保护框架。

41 根据交通部门统计，龙华往福田、南山出行量达到 67.4 万人次 / 日，占全区对外出行总量的 36%。

但与此同时，也会存在部分绿道、徒步路线受到管控限制在城市建设中难以合法开展，以及部分海上旅游项目发展环境不畅等现实问题。如何将绿水青山变成金山银山，激活自然资源价值，缩小与“关内”地区生活品质、就业环境、收入水平等方面的较大差距？都是大鹏人长期以来的发展诉求。

因此，厘清和处理好保护与发展的关系是大鹏未来规划需要解决的关键问题。在充分保护的基础上，激发大鹏的资源潜力，满足大鹏人对未来美好生活憧憬的需求，是大鹏未来发展的价值核心。大鹏的资源特征决定其不可能走规模化扩张和推倒重来的发展模式，而是要以目标为导向，以人为核心，充分激活资源价值，通过高质量发展模式与特色化路径实现更好的保护。因此，分区规划编制确定了目标导向的技术路线，通过目标寻找问题差距，有针对性的制定生态优先、产业融合、区域协作、陆海统筹、品质特色六大发展策略，并通过治理将发展目标分解为指标体系进行管控和监测。



图 3-2-10 保护与发展的关系

（2）以资产的方式管理自然，以创新的模式利用自然

① 坚持保护，稳定生态格局，提出差异施策的保护要求

在市级总规基础上提出三山两湾、一带多廊的生态安全格局，细化和增补廊道类型，在通风廊道基础上增加河流型廊道并提出具体管控要求。结合资源特征提出差异施策保护要求，根据海洋、林地、耕地、河湖湿地以及矿产五类资源特征提出差异施策的保护要求。

② 探索自然资源利用新模式，激发资源活力

结合山林田园资源，探索自然资源利用新模式。识别可利用的山林农田资源，打造森林康疗花园和现代田园综合体，推动林业、农业资源与旅游、教育、文化、康养产业的深度融合，发展休闲渔业

表 3-2-1 差异施策的自然资源保护

资源类型	管控措施	具体内容
海洋资源	分级保护，分类修复	整合海洋资源，分级保护海洋资源；加强珊瑚礁和红树林湿地的保护；加强海岸线保护与修复；加强海岛监测与整治修复
林地资源	分区保护，差异施策	半岛低山丘陵生物多样性保育与水源涵养林；中南部低山丘陵生态风景林与水土保持林；沿海低山丘陵保护林与生态风景林
耕地资源	分级管控	永久基本农田；永久基本农田储备区；一般耕地；宜耕地潜力区
河湖湿地资源	流域统筹，分级保护	上游注重水源涵养；下游加强污染防治；入海口加强湿地保护与修复
矿产资源	分区管控，整体保护	并入自然保护地体系，加强地质遗迹的整体保护；开展地质遗迹评价分级，进行差异化保护



图 3-2-11 自然资源利用模式

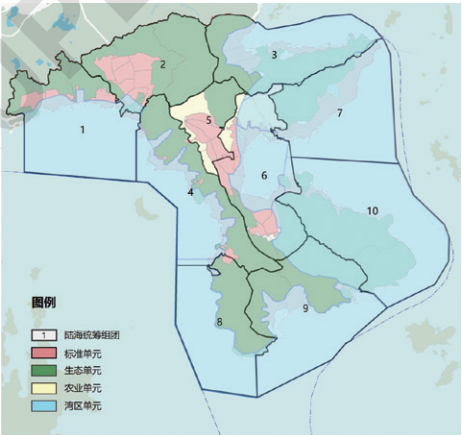


图 3-2-12 全域全要素自然资源管理单元



图 3-2-13 管理单元管控要求

和滨海旅游业，积极开展科普教育、海洋活动体验，组织全季多元赛事，打造山海户外运动圈，实现山海联动。通过生态修复和创新综合利用，植入旅游、科普教育等新功能，建设矿山公园。带动周边地区的活力，形成城市地标的新名片，实现自然资源的价值转换。

③ 构建全域全要素、精细化的自然资源管理体系

结合资源类型特点，通过划分不同类型管控单元细化管控要求。在总体规划基础上进一步细化生态单元、农业单元、标准单元、陆海统筹单元，针对不同资源分类、分要素、分单元提出保护、利用、开发、修复治理等方面具体管控要求。

（3）以系统的思路组织修复，有针对性提高蓝绿碳汇能力

① 注重生态本底综合评价

在生物多样性调查与现状调研基础上，通过定性分析和定量评价对大鹏新区生态问题进行诊断并评估现状海洋及陆地碳汇能力，识别生态廊道断裂点、生态脆弱区等生态修复重点区域，挖掘海洋及陆地碳汇潜力。

② 坚持系统修复理念

规划将山水林田湖海作为一个生命共同体，遵循生态要素之间的生态过程及内在生态联系，结合独流入海的流域特征，以小流域和海湾为基础，将大鹏新区划分为 8 大生态修复分区，统筹生态、农业和城镇空间，系统制定生态修复方案，并针对不同修复分区生态问题，提出差异化生态修复策略指引，提升生态系统总体服务功能，增加全区蓝色碳汇及绿色碳汇能力。

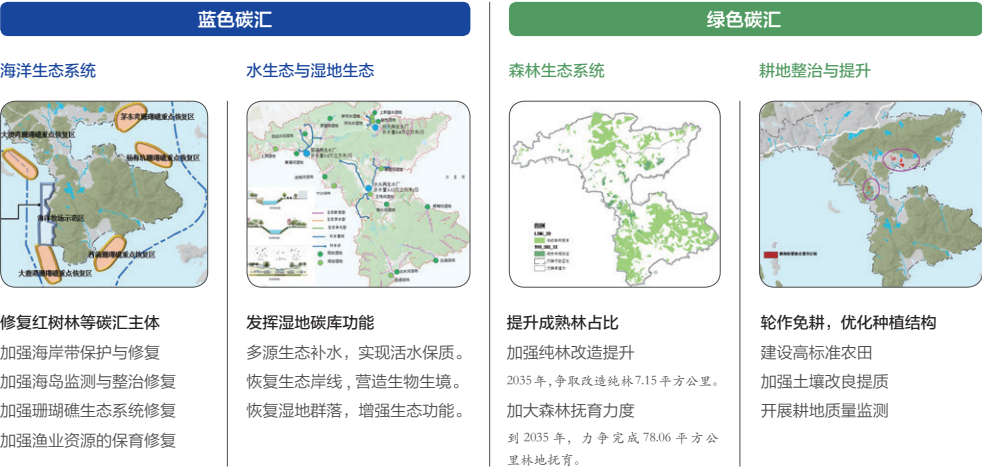


图 3-2-14 蓝绿空间生态修复

116
117

③ 探索生态价值实现路径

加快自然资源资产确权登记，健全生态系统生产总值（GEP）考核体系，建立生态补偿和保护长效机制。研究创建“全国碳汇交易机制示范区”，开展碳汇交易平台试点，利用本地丰富的海洋资源进行海洋碳汇交易探索，合理选择碳汇核算方法和建立各项碳汇核算制度，并配套制定相应的优惠政策，率先在深圳市示范建设零碳示范区，将大鹏新区生态优势转换为发展优势。

（4）加强安全风险评估，构建安全韧性的防灾体系

① 充分利用生态化手段，抵御多发性自然灾害风险

对于多发性自然灾害风险，在依据市总规及深圳防洪潮专项规划提高设防标准的同时，尽可能利用生态化手段抵御自然灾害风险，通过完善海岸防风林带，建设生态化海岸防护系统，加固沙堤、种植沙丘等生态海堤建设的做法抵御自然灾害风险。

② 依据灾害风险分布，合理优化城市空间布局

识别地质灾害风险地区，划分防灾分区。依托山体、河流等生态空间构建区域防灾隔离带和通风廊道，城区内部利用河道、绿带和主干道形成“卫生隔离用地”，作为应急避险空间。合理避让重大灾害隐患点。新增城市建设合理避让风暴雨潮高风险区域，地质灾害高易发区域进行建设应进行评估并提出防治措施。协调重大危险源布局对用地空间的影响，对核电站、LNG 高压管道、油气仓储、LNG 接收站等重大危险设施周边地区实施严格的安全防护管理，禁止在安全防护距离内布局商业、居住、公共服务等人口密集用地。

③ 构建海陆空协同的应急疏散救援体系

统筹避难空间应急功能转换，建设适合大鹏新区特点的海、陆、空协同的区域疏散救援体系。规划核疏散通道和应急疏散通道，设置应急避难场所、陆上疏散通道、海上救援基地以及空中救援停机坪。

（5）以自然为底色，营造山海特色生活方式

① 强化山海感知体验，构建大公园系统

延伸山海通廊，串联城市特色资源，以森林环城、近海滨城、湿地入城为目标，组织山

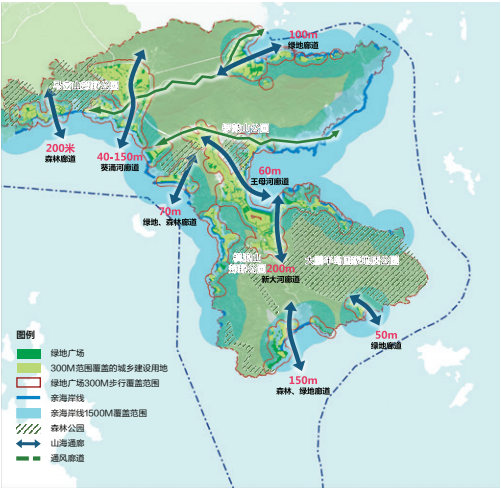


图 3-2-15 大公园体系

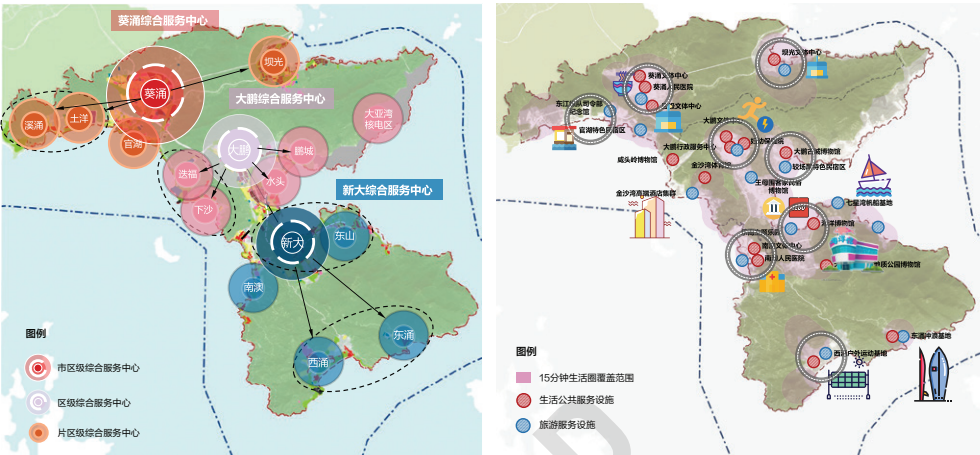


图 3-2-16 基本公共服务体系与生活、旅游圈融合

海可亲的生活游憩网络。充分对接各类自然资源管控要求，构建郊野公园、滨海公园、半山公园、湿地公园、城市公园和社区公园的大公园体系。识别可利用的低海拔地区打造半山郊野公园，通过生态修复引入旅游观光、健康运动等功能，建设近山游步道、观景平台等加强城景融合，满足人们亲近自然的高质量生活需求。

② 构建登山望海、碧水林荫、文化可感的多彩漫步路径

结合“六道合一”的多功能绿道、市级滨水碧道网络细化以及串联历史村落、地段、文化街区 and 文物古迹等历史文化空间的文化驿道建设，构建体验大鹏山水人文的大鹏路径。

③ 通过旅游圈与生活圈的共建共享，让大鹏人的生活方式成为一种特色

打造多元、特色的公共服务满足当地居民与旅游人群的多元需求。通过公共设施的功能混合、设施复合、错峰使用，促进生活圈和旅游圈的共享。利用设施共享增加人群交流机会，让旅游人群切实体验大鹏居民特色的生活方式。

（6）启示与思考

保护与发展看似需要协调的关系，实质上是对自然与人关系的判断和选择。从工业文明价值体系走向生态文明价值体系，人与自然的关系从最初的敬畏到野性征服，最终将回归到更高层次的和谐共生。大鹏需要把自然放在与城市同等的地位，在保护中认真考虑人的需求并将人的生活融入自然，通过精细化的管理以及合理的利用，充分释放自然资源价值，实现长久有效的保护；在发

118
119

展中将自然作为城市底色并融入城市发展和环境建设，变身为城市独有的特色，实现高质量发展。虽然大鹏对于保护与发展的命题仍在不断的探索，但未来一个人与自然和谐共生的美丽典范值得我们共同期待。

作者：王冬雪，中规院深圳分院规划三所，城市规划师。王金辉，中规院深圳分院市政交通规划所，城市规划师。胡杨浩博，中规院深圳分院规划三所，城市规划师。本节内容根据《深圳市大鹏新区国土空间分区规划（2020-2035年）》项目整理。项目编制部门：中规院深圳分院规划三所、市政交通规划所；项目组成员：方煜、王飞虎、黄斐孜、王冬雪、胡杨浩博、刘丽绮、崔玥、吴天帅、张小川、周天璐、王一男、王金辉、张浩宏、刘芳、郗启亮、吕锋、周路燕、帅士奇等；其他合作单位：深圳市规划和自然资源局大鹏管理局、深圳市实维经济咨询公司魏建漳博士、许梦洁等。

3.2.4 推动“产、城、村、人”深度融合、可持续发展——惠州市惠阳区国土空间规划

（1）项目概况：响应省市国土空间规划编制要求，谋划惠阳区绿色可持续发展新蓝图

2019年7月3日，《广东省国土空间规划（2020-2035年）编制工作方案》正式印发，明确提出以惠州等四市三县（区）为试点，惠州市率先开展《惠州市国土空间总体规划（2020-2035）》（以下称市总体规划）规划工作，提出“推动惠州打造为珠江东岸新增长极、粤港澳大湾区高质量发展重要地区和国内一流城市，努力成为新时代推进生态文明建设的典范”的总体目标。

为贯彻落实党中央、国务院建立空间规划体系的重大部署和市总体规划相关要求，惠阳区委区政府快速响应，由自然资源局牵头组织开展了本次《惠州市惠阳区国土空间规划（2020-2035年）研究》项目。项目旨在通过全域资源本底摸底，识别惠阳区发展的现实挑战以及本轮国土空间规划要解决的核心问题，优化国土空间格局并完善生态、土地、产业等资源要素配置，谋划惠阳区面向2035年绿色可持续发展的新蓝图。



图 3-2-17 规划范围

本次规划区范围为惠阳区行政范围，用地面积共 917.18 平方公里⁴²，包括秋长街道、淡水街道、三和街道、新圩镇、镇隆镇、永湖镇、沙田镇、良井镇、平潭镇共 3 个街道 6 个镇。

（2）关键问题：城市各类资源要素丰富，但存在结构性错配，制约城市绿色高质发展

惠阳区全域范围内山、水、林、田、湖、草、产、城、村等各类资源要素丰富，是多要素高度集聚的典型城市样板。但在“双区驱动”、“深莞惠协同发展”等背景下，惠阳作为惠州紧邻深莞两市的第一站，城市发展和品质建设与另外两座城市始终存在一定的时差。本次规划研究通过全区现状底数摸查与国土空间开发现状评估、规划评估等，发现制约惠阳过去绿色高质量发展的核心问题在于生态、土地、产业各类要素存在空间上的结构性错配，具体包括以下几点。

① 生态特色资源优越，但保护利用不充分

惠阳区的山、河、塘、林、田用地面积规模占全域国土面积的 80%，现有 3 个自然保护区和 5 个森林公园，具备白云嶂、叶挺森林公园等一流的自然生态资源，森林覆盖率达 48%，生物多样性丰富。近十年来随着城市的发展，生态空间的保护一直处于较稳定的状态。但丰富的自然资源还有待进行合理、科学、高质量地利用。全区公共休憩空间紧缺，人均公园绿地面积仅 11.06 平方米/人，且城市与周边的山体等郊野生态资源要素联系较弱，融合性不强，亟需统筹生态空间保护利用的总体格局、管控底线与原则。

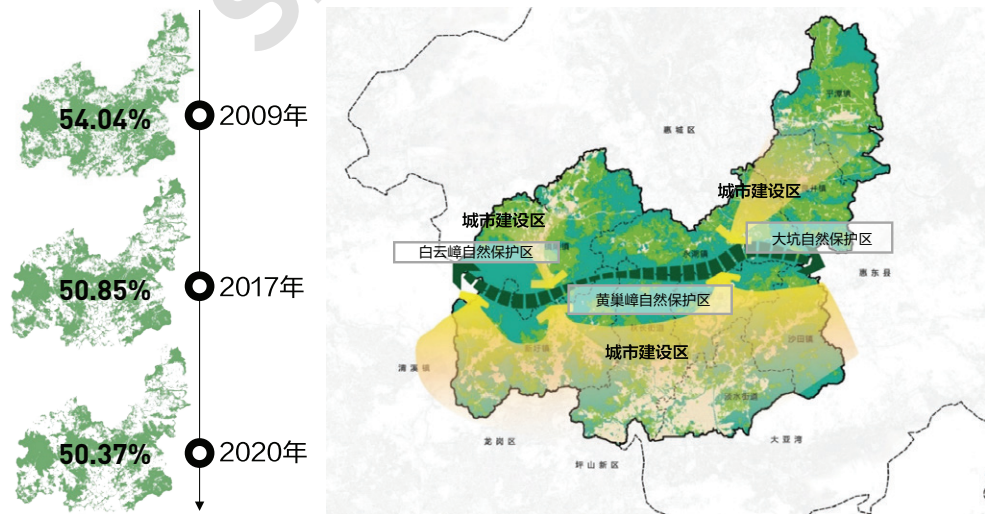


图 3-2-18 生态空间演变

42 数据来源于第三次全国土地利用调查二上成果。

120
121

② 空间资源优势明显，但全区空间存在南北供给错位

对比东莞和深圳高约 50% 的开发强度，惠阳的开发强度仅为 18.6% 左右，空间资源具有明显优势。但对于惠阳发展动力与经济效益南强北弱的特征，其现行空间资源的供给存在一定错位。

从空间效益而言，南部淡水街道、秋长街道等以大项目带动经济增长为发展核心，商贸服务业产值与地均工业增加值最高且增长较快，北部镇街则以工业、旅游业及农业综合发展为主，地均效益较低。而对比土地资源的供给与实际发展空间效益现状，惠阳区明显存在空间南北错配的矛盾。一是北部空间供给大于需求，平潭镇、良井镇、永湖镇、镇隆镇的土规指标落实率均值仅在 73% 左右，因发展动力不足，存在大量“有指标，无建设”的情况，使得规划指标无法落实。二是南部空间需求超出供给，秋长街道、淡水街道、沙田镇的土规规划指标落实率均值达 81%。另外，由于发展动力强劲，南部除规划用地落实率高之外，还存在很多“无规模，有建设”的情况，三调为建设而土规为非建设的用地共 27.73 平方公里。

③ 制造业基础雄厚，但缺少重大的战略平台来集聚发展动能

惠阳区产业基础雄厚，制造业仍是全区国民经济的主体。2019 年，三产结构为 3.3:60.9:36.1，以第二产业发展为主，先进制造业增加值占规模以上工业增加值比重达到 66.6%⁴³。特别是 2000 年以来集聚了大量高新制造产业要素，新增企业快速增长，近年来新增的鼎宝金属制品、骏马精密、驰久能量、创美科技等 86 家规模以上工业企业，完成工业总产值增长 47.4%。另外惠阳是区域产业承接的重要载体，以电子信息产业为代表的企业从深圳到惠阳的产业转移趋势十分明显。

但在区域协同时代下，全区始终缺乏承载区域发展动能的重大战略平台。深惠边界地区战略平台如深圳国际低碳城、坪山高新区、仲恺高新区、潼湖生态智慧区、大亚湾经济技术开发区等平台均主要分布在深圳坪山、惠州仲恺和大亚湾片区，而惠阳始终缺乏可以承载区域发展动能、融入协同发展格局的重大战略平台。

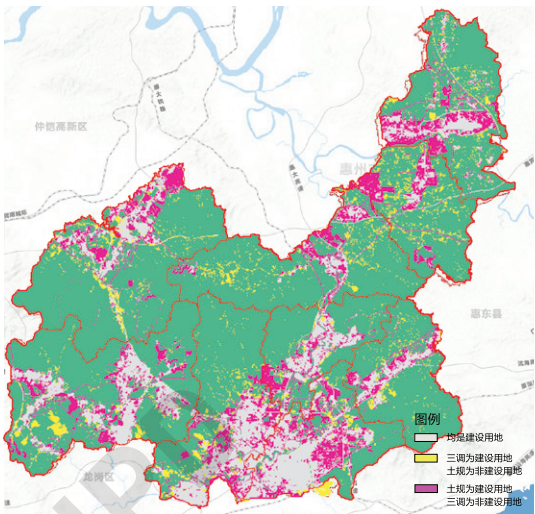


图 3-2-19 土地利用规划建设用地与现状建设叠加分析

43 数据来源于惠阳区 2019 统计公报。

④ 存量资源丰富，但有待合理高效利用

惠阳区有合法手续的存量资源占总建设底数的 1/4。但这些土地资源存在与市场动力、各类管控底线不相符的情况，使得实际开发利用效率不高，成为“闲置”的资源。在本轮规划中，在用地约束收紧的条件下，在绿色发展、集约节约用地的总体要求下，如何实现存量资源的全面梳理和再利用，也是空间结构调控和资源再分配的必要支撑。

（3）规划应对：以调结构为切入点，以推动“产、城、村、人”深度融合为目标，推进惠阳高质量、可持续发展。

本次规划研究以问题为导向，针对惠阳生态利用不充分、空间要素错配、缺乏战略平台、存量资源待盘活四大核心特征问题，以调结构为切入点，重点从四个方面作出规划应对，推动全区国土空间格局优化，促进惠阳高质量绿色发展。

① 充分发挥生态资源优势，统筹引导全域自然资源的保护与利用

针对惠阳生态特色资源丰富优势，通过绿心培育、生态格局优化、生态保护红线划定、永久基本农田保障、耕地林地等资源的布局优化，建立自然资源统一管控的空间体系，明确“两分绿、一分城”的资源要素管控目标，打好城市发展的生态基底。针对自然资源要素问题，通过合理补划，布局优化等工作，确保完成耕地、林地、永农等资源要素的保护任务。面向 2035 年全区保障林地保有量 380 平方公里、耕地保有量 124.69 平方公里，永久基本农田保护面积 84.76 平方公里。同时识别全域绿地生态系统，构建“一廊、三带、五芯”的公园绿地结构体系，打造“三百米见绿、五百米见园”的绿地系统目标。

② 通过三区三线调整、总体格局优化、结构性调整引导全区土地资源配置

优化全区南北国土空间发展结构。南部依托秋长街道、淡水街道、三和街道、新圩镇、沙田镇建设临深发展主城区，集聚空间资源打造媲美深圳福田、南山的高品质城区。中部以良井、永湖两镇为主，依托清林径－白云嶂绿核及黄巢嶂等群山，以及淡水河等良好生态资源建设“山水城”共融的生态特色发展片区。北部镇隆镇、平潭镇集中建设专业化中心，支撑北部镇隆人工智能发展区、平潭空港经济区、平潭机场等重点项目建设，与仲恺、惠城协同发展。

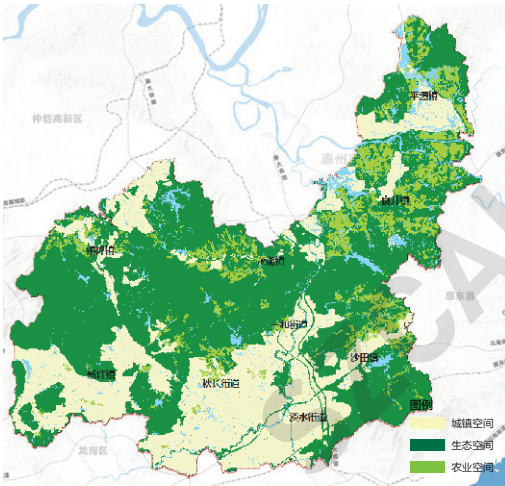
充分遵循生态文明新理念与区域发展新形势，构建“一城两区三带五片”的国土空间开发保护总体格局。推动城市多中心、组团式、网络化发展，融入区域总体格局。

③ 通过平台谋划、创新赋能，支撑惠阳建设湾区“智造高地”

针对惠阳产业空间分散、空间效益低等问题，全区总体谋划 13 大重点产业园区，把智能制造作为加快产业结构优化、质量提升的主攻方向。近期重点打造惠阳（象岭）智慧科技产业园、惠阳（新

122
123

圩）智能制造产业园、洋纳产业园 3 大平台，聚焦电子信息、智能制造及现代服务业，带动全区发展。高品质建设平潭空港经济区和良井镇智慧互联产业园 2 大平台支撑惠州湾产业新城建设、建设镇隆人工智能片区平台对接仲恺－潼湖先进制造业片区。支撑鸿海产业园、花果金融和科技城、东部产业园等平台引导产业用地及相关空间要素集聚，聚焦发展重点。另外，远期应对区域新形势，临深主城区重点谋划新增秋月湖生态智慧城、惠阳新城、惠阳（新圩）智能制造产业园 3 大区域协同发展战略重大平台，创新赋能打造区域智造之核，链接深莞创新资源，促进产业升级和动能转换，引领惠阳未来高质量创新发展。



3-2-20 三类空间管控图

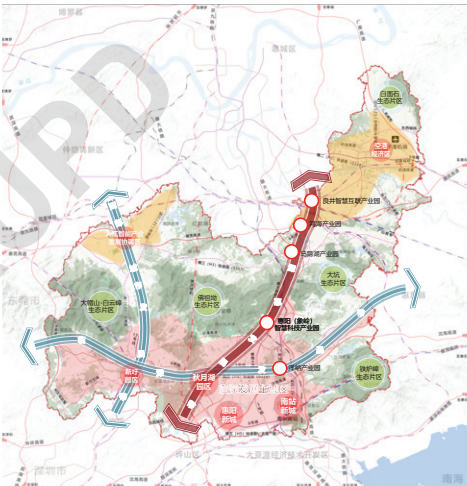
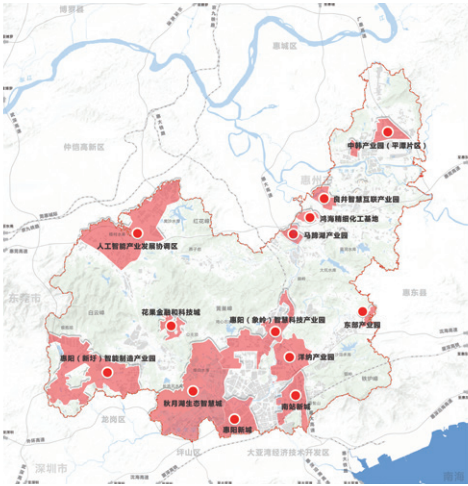


图 3-2-21 惠阳区国土空间开发保护总体格局



3-2-22 产业空间格局规划图

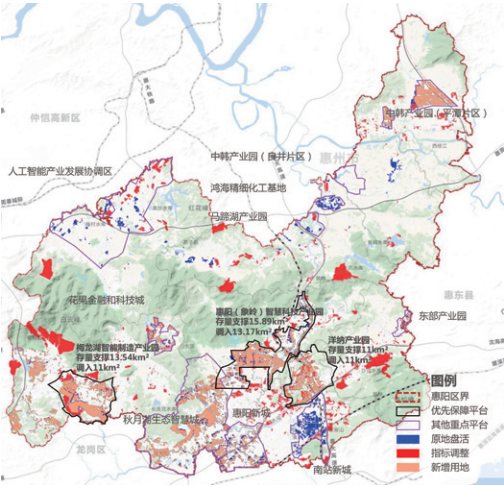


图 3-2-23 存量用地再利用分布规划图

④ 促进集中集聚集约发展，通过存量资源的系统梳理，引导“闲置”用地合理高效利用

针对惠阳丰富的未利用存量资源，在集约节约用地的总体要求下，通过存量资源的梳理、潜力分析和再利用策略的制定实现惠阳存量资源的高效利用。本轮识别出主要有潜力进行存量资源盘整利用的土地包括增减挂钩、供而未用、批而未供三类用地。通过原地建设与指标空间调整两种手段，全面推动惠阳数十平方公里未建存量资源的盘整、回收、再分配，促进土地资源向重点发展片区部署和全区土地集约节约利用。

作者：刘为煜，中规院深圳分院创新空间规划设计研究所，城市规划师。本节内容根据《惠州市惠阳区国土空间规划（2020-2035）研究》项目整理。项目编制部门：中规院深圳分院创新空间规划设计研究所。项目组成员：罗彦、刘雷、孙婷、刘为煜、林芳菲、黄晓希等。其他合作单位：惠州市惠阳区自然资源局、深圳市新城市规划建筑设计股份有限公司、广州地理研究所、深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司。

3.3 绿色低碳项目：多维创新视角的规划类型探索

3.3.1 生态、科学和城市的融合探索——深圳市光明区系列规划实践

（1）项目概况

光明区位于深莞交界处，北与东莞松山湖科学城环巍峨山相接，西与深圳海洋会展新城依茅洲河相连，总面积 156 平方公里。其中，光明科学城位于光明区东侧、龙大高速以东区域，总面积 99 平方公里，是大湾区综合性国家科学中心的先行启动区，承担着大湾区源头创新的重要使命。

新一轮国土空间规划要求加快推进生态文明建设，在构筑山水林田湖草生命共同体的基础上，优化国土空间开发保护格局，促进能源资源配置合理化，促进生产生活方式向绿色发展转型。2019 年以来，“双区”政策先后出台，2020 年深圳被确认为综合性国家科学中心的主阵地，2020 年 4 月 14 日，深圳市政府发布《关于支持光明科学城打造世界一流科学城的若干意见》提出支持光明科学城在构建科研体系、培育新兴产业、深化科技体制机制创新等方面先行先试。

在生态与科学的双重主题下，市区两级和社会各界对光明的规划和建设汇聚了更多期待，也提出更高要求。

124
125

（2）关键问题

① 生态价值不显

光明区山环水绕、绿野芳田、水库密布，茅洲河穿城而过，各类生态资源丰富，现状生态用地占全区用地 53%，是全国首批绿色生态示范城区之一，2016 年被评为国家海绵城市试点区，2020 年光明区被命名为国家生态文明建设示范区，在生态建设上光明区凭借优越的生态基底一直保持领先水准。

光明区生态建设也存在几个突出的问题：第一，建设用地侵占生态底线现象突出，光明现状生态控制线内建筑规模约 540 万平方米，约占全区总建筑规模的 7%。大量违建造成生态斑块破碎、生态廊道不畅。第二，生态资源价值有待提升，光明区北部和南部地区有集中大片林地，因缺乏绿道系统联系，外围森林资源可达性不足，景观游憩功能未得到发挥；全区现状河流滨水空间开放性和公共性不强，与区域公共空间和慢行系统联系薄弱，密布的河流水系与城市生活融入度低，可见不可亲。

② 科学基础不强

自 2019 年起，光明科学城筹划建设以来一直对标世界一流科学城开展相关研究工作。从现状来看，光明科学城科学基础薄弱，与其他世界一流科学城存在一定差距，与高标准建设世界一流科学城的目标要求也不匹配。主要体现在以下几个方面：第一，用地结构以产业用地为主、科研用地缺乏；第二，人口结构学历水平较低，大专以上人口占比仅为 11%，低于全市 21% 的平均水平，高学历、创新型人才储备不足；第三，长期以来产业发展以制造业为主，战略新兴产业产值占全市比重仅为 3.9%，产业创新水平不足、质量不高；第四，区域交通连接不足、对外道路运量临近饱和、城市轨道建设滞后，与其他创新要素和区域交通枢纽尚未能形成高效联系。

③ 城市品质不优

光明早期沿国道 G107 主轴发展，新区成立后重点推进凤凰城片区建设，龙大高速以东片区品质提升较为滞后，加上茅洲河天然阻断了光明新区内部公明和光明两街道之间的联系，造成了光明区两明割裂以及就业、服务、活动连通不畅的现状。同时，光明区在公共服务上存在区域供给不均衡、体系建设不完善、社区级和街道级设施建设滞后、城市对人的吸引力和归属感不佳等问题，且现状公共空间系统性不足、多元化欠缺，公园绿地之间缺乏慢行联系。在城市风貌上，由于光明区此前以“三来一补”企业为主，产业类型低端，导致现状建筑风貌缺乏特色，整体城市形象不佳。

（3）规划应对

① 坚持生态 +，彰显生态价值，延续绿色发展

构建全域生态安全格局。光明是深圳北部生态区域屏障的重要组成部分，同时位于茅洲河上游，通过水系与区域其他流域形成生态互动。光明生态格局的构建要立足区域生态安全格局，同时充分依

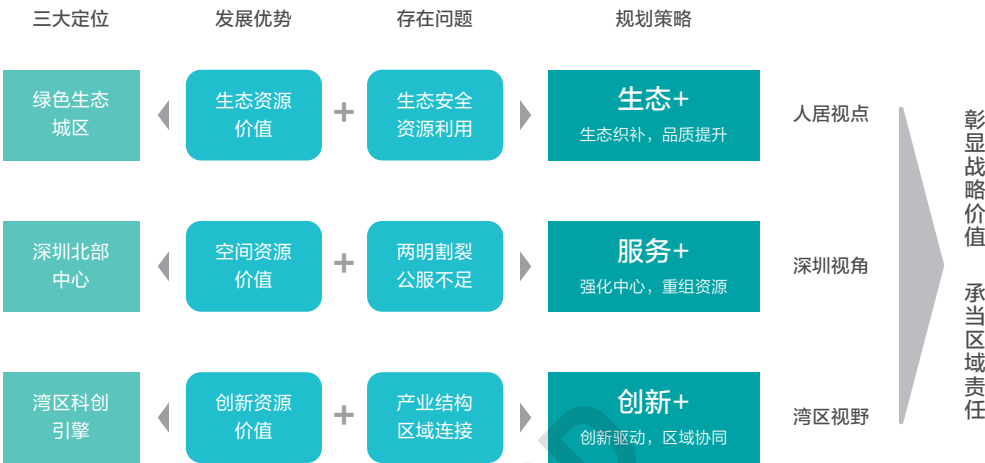


图 3-3-1 光明区规划策略应对

托光明自身的山水脉络，形成通山达水的生态纽带，突出蓝绿空间的融合共生，构建山水相融的全域生态保育体系，总体形成以茅洲河为生态中脊、以外围四大森林公园为生态绿核、以 7 条茅洲河支流为主要生态廊道的“一水八廊四核”的都市山水田园生态格局，优化提升城市生态系统的质量和稳定性。

严格自然资源的保护。以生态保护为首要原则，严控各类生态保护底线，保护生态空间不减少、生态质量不降低。耕地上，结合城市建设，优化耕地的布局与规模，集中向光明北片区、楼村－径口片区、将石－马头山片区以及凤凰－玉律片区布局。林地上，依托外围森林资源进行林地布局优化，通过生态造林、中幼龄林抚育等方式方法提高林地总量。开发边界内，依托大型公园的现状林地开展见缝造林，提高森林覆盖率。河湖水系上，以现状水系格局为基础，强化河湖水系及湿地与其他自然资源的联系，构建以茅洲河及其支流为主要骨架“树形”河湖水系与湿地生态空间网络，打通城市与山林间的自然通道。

强化自然资源的修复。在光明开发边界以外划定生态农业单元，按照系统修复、分类施策、因地制宜的原则，统筹单元内生态要素的保护和修复。生态单元以林、水、矿等要素修复，强化重要生态功能区域的整体保护修复，提升生态系统的质量和稳定性。农业单元注重耕地保护和农田提质，通过创新耕地保护利用模式，突显光明山水田园风光提升国土空间开发质量。

优化自然资源的利用。积极推进光明公园之区建设，依托各类自然资源要素，整合农田、水库、湿地等自然要素和城市公园、郊野公园、湿地公园等各类蓝绿空间，构建全域游憩体系。通过绿道、

126
127

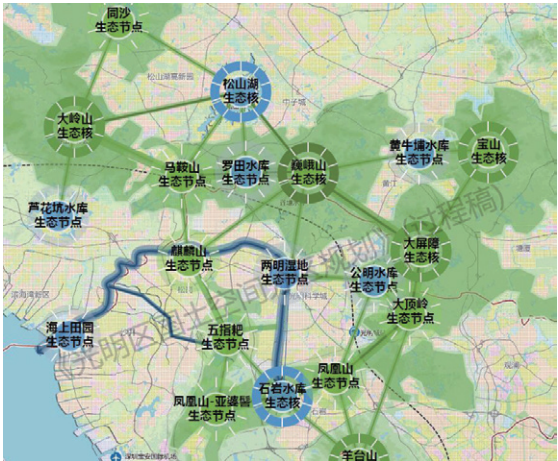


图 3-3-2 区域生态格局图
资料来源：中规院深圳分院《光明区国土空间分区规划》（过程稿）



图 3-3-3 光明区生态安全格局图
资料来源：中规院深圳分院《光明区国土空间分区规划》（过程稿）

碧道等方式将城市内部公园绿地、公共空间同外围生态要素连接起来，形成相对大型的郊野公园、运动公园和森林公园，构建全域化网络化的大公园系统。

② 坚持创新 +，加强区域协同，优化资源配置

区域协同，落实科创引擎使命。加强深莞合作，推动光明科学城与松山湖科学城联合，发挥大科学装置集群优势，共同形成湾区东岸创新中轴的脊梁和枢纽。加强光明科学城与南山科技园、西丽湖科教城的联系，统筹深圳各类科创要素，发挥深圳创新优势，构建完整的科技创新产业链条。通过茅洲河流域桥接区域“创新”与“制造”格局，发挥茅洲河作为联动滨海湾新区、海洋会展新城的区域创新纽带作用，推动创新研发与高新制造协作发展。以华星光电为首，培育光明本地头部企业，整合产业链条，实现从“追随者”到“组织者”价值转变。

结构引导，优化空间资源配置。塑造“一心一廊多组团”的空间结构，强化光明中心区公共服务、科学创新、文化展览等核心功能的引领力。以茅洲河、龙大高速为纽带，形成贯穿南北、畅联东西的生态、交通、创新等功能为主复合轴带，实现两明缝合。将光明划分为多个城市组团，结合各组团现状特征与问题，基于功能定位，提出各组团对应功能及布局优化策略，提升城市内部组织效率。

优化用地，塑造重点科学片区。积极推进规划区范围内建设用地的结构调整和布局优化，实现全区范围内建设用地资源集中、高效配置。通过深化产业结构调整，合理优化各类用地比例，引导产城融合，建设用地的布局满足“政、产、学、研、资”五位一体的产业转型需求，向科技创新、信息

技术、生命科学等产业集聚区倾斜。同时，为应对科学发展的不确定性，用地上通过科学留白充分预留科学发展用地，保障科学城后续建设。

交通互联，强化与大湾区联系。引入 2 条高铁 2 条城际，强化光明区与湾区机场、港澳、广佛等城市联系，实现 1 小时到达湾区核心城市。构建“光明城站和科学城站”双枢纽体系，光明城站侧重服务区域客流，科学城站侧重服务湾区客流。推进城市轨道交通建设，实现光明与周边重要组团至少有 1 条城市轨道交通，支撑深莞一体化发展。形成“井”字形高速公路结构，分离过境交通。

③ 坚持服务 +，提升城市服务，优化城市品质

打造三级公共服务体系。依托光明中心区打造综合服务中心，布局以“一岛三中心”和“科学方舟”为主的一批体现科技创新内涵和推动科技交流的公共服务设施群。结合城市组团打造组团级中心，布局街道级行政办公和文体设施。以轨道站点、公共空间为中心，建设 15 分钟社区生活圈，完善社区级基本公共服务配套。

建设体现科学城特色的生活圈。结合城市片区功能，打造居服生活圈和产研生活圈，结合不同生活圈各自需求特点完善设施配置标准，满足日常生活需求，强调产城融合。同时，结合科学城人群特点，建设科学城特色生活圈，布局 24 小时开放的连续慢行交通网络，提供优质开放交往空间，适当增设 24 小时社区图书馆、24 小时自习室、心理诊疗中心等特色服务设施。

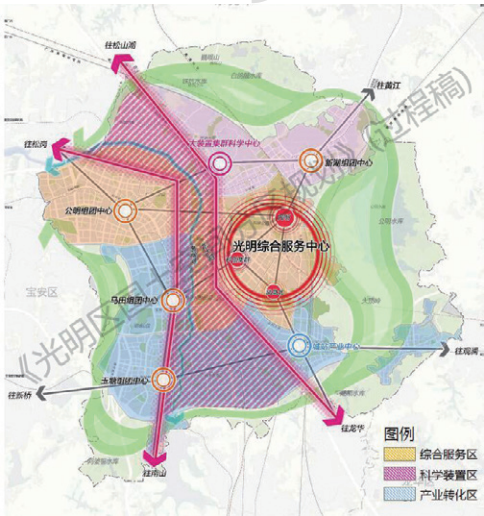


图 3-3-4 光明区城市空间结构
资料来源：中规院深圳分院《光明区国土空间分区规划》（过程稿）

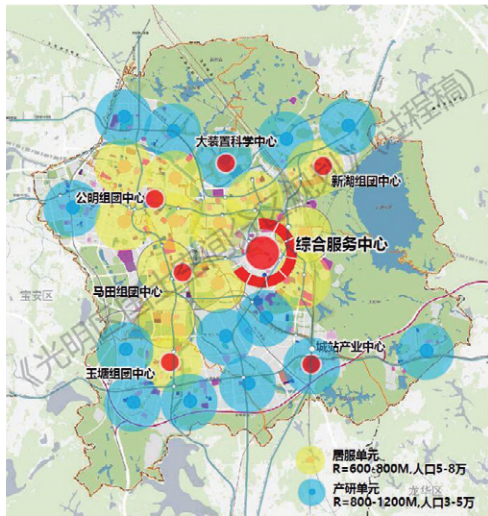


图 3-3-5 光明区公共服务体系
资料来源：中规院深圳分院《光明区国土空间分区规划》（过程稿）

128
129

构建网络化公共空间体系。构建生态野趣与城市活力相融合的开敞空间系统，形成以“森林公园－城市公园－社区公园”为主体的公园体系，实现 300 米进公园，500 米进森林的开敞空间系统。结合森林公园，完善萦绕光明的生态绿环；结合光明内部生态绿地，打造“智慧环道—科学环廊—光明绿环”三环串联的光明绿道骨架；结合茅洲河及支流，优化河流水系两岸碧道建设，构建连续、安全、舒适的休闲蓝绿网络。

塑造体现国际范、科技韵、绿色风的城市风貌。以自然山水环境为感知基调、公共空间为感知场所、建筑风貌为感知焦点，形成差异化的城市风貌。外围生态空间依托现状山体、良田、湖泊等自然景观特色，形成连续开敞的大型自然生态空间，营造山林生态景观区；城市中心以城市公园和生态廊道为骨架，以轨道站点和城市组团中心为核心，进行现代化城市风貌建设，形成具有现代国际风范的城市中心景观区；科学发展片区以科学装置建设为核心，与城市环境相融合，塑造富有现代气质、科技韵味的大科学装置景观区。总体上，形成山水环绕、大疏大密、疏朗有序的总体城市风貌。

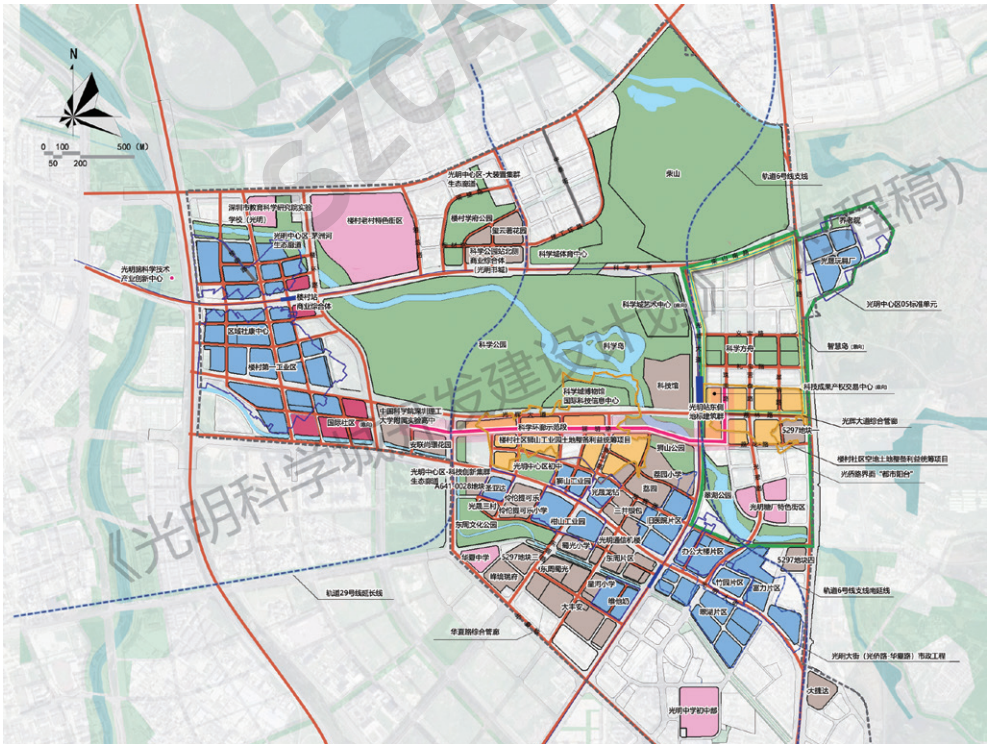


图 3-3-6 光明中心区近期项目空间分布图
资料来源：中规院深圳分院《光明科学城开发建设计划》（过程稿）

（4）规划设计与城市管理的融合

① 优化标准单元的管控与传导

开发边界内，优化法定图则标准分区，从实施角度，适度结合社区边界，以 1.5-3 平方公里（十五分钟生活圈的服务半径）划定标准单元，重点进行指标分解、设施落实、形态控制，指导下一阶段法定图则修编。开发边界外结合自然地理特征，划定农业发展单元及生态保育单元，重点明确主导功能、准入的土地用途及项目类型，指导下一阶段详细规划修编。

② 加强协同高效的都市治理

光明区明确建设高颜值高品质的现代化城区，针对此目标提出“1+N”“2+X”总师制度，由总师把控“从研究至施工”的全流程，加强总师制度在具体项目实施传导中的作用，确保规划科学合理实施、提升城市形象品质、实现精细化管理。在全域范围内以 1 个总规划师团队统筹 N 个相关专项团队对全域发展方向进行把控，在各个重点片区用 1 个总规划师团队、1 个总建筑师团队协调、X 个相关专项团队对片区内具体建设项目进行全流程把控。

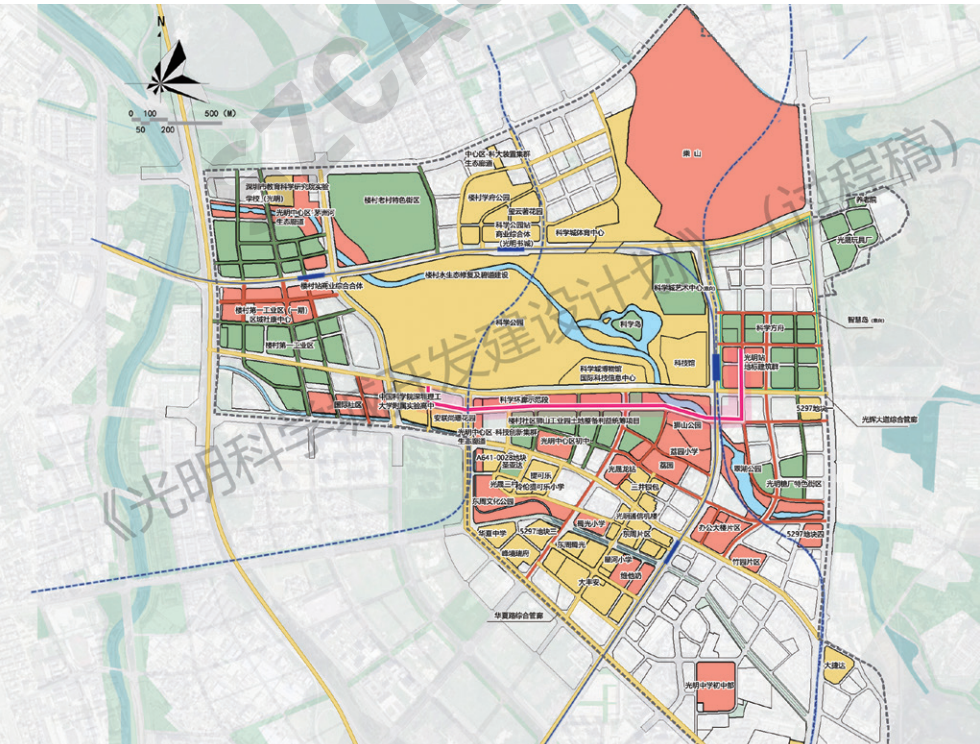


图 3-3-7 光明中心区近期项目建设时序图
资料来源：中规院深圳分院《光明科学城开发建设计划》（过程稿）

130
131

③ 平衡规划蓝图与城市动态建设时序

光明科学城正处在高速建设期，各类项目都在快速推进，但科学城项目落位和开发建设存在高度不确定性，需提前谋划预留，同时保障持续动态跟踪以满足开发建设的变化。针对管理部门日常项目审批流程和管理需求，建立实施项目库，明确不同项目的责任部门，形成指导科学城建设的行动指南。空间上，结合光明科学城重点建设区域将光明科学城划分为七个作战单元；类型上，对应开发策略将其分为 8 个项目类型；时间上，分为 2021 年、2022-2023 年、2024-2025 年三个时序。最终形成“两图一表”，便于开发管控。

作者：李澜鑫，中规院深圳分院规划二所，城市规划师；夏青，中规院深圳分院规划二所，主任规划师；
本文涉及规划项目包括：《光明区国土空间分区规划》由中规院深圳分院规划二所编制，项目组成员包括叶芳芳、王宁、罗仁泽等；《光明科学城空间规划》由中规院深圳分院规划二所编制，项目组成员包括叶芳芳、王宁、罗仁泽等；《光明科学城开发建设计划》由中规院深圳分院规划二所编制，项目组成员包括黄浩彦、董旭、李宗艺等。

3.3.2 设计城市与自然的边缘地带——东莞谢岗镇总体城市设计的探索与思考

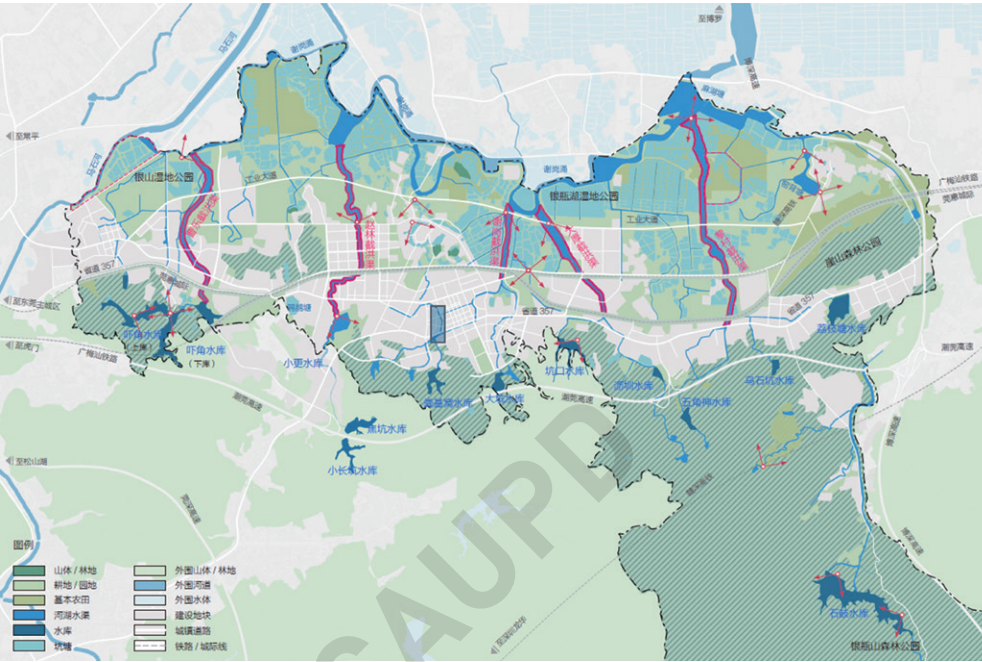
（1）谢岗镇——山水交织、城野交融的空间样本

东莞市谢岗镇，与惠州潼湖隔水相望。相较于东莞其他镇街的高强度开发建设，谢岗镇仍然保留着山水交织、城野交融的空间特质。

谢岗镇整体上东西延伸。银瓶山脉在南侧，五条主要水廊南北向穿越镇区汇入潼湖湿地。城北湿地与农田交织，形成了南山、中城、北水的基本格局。山、水、林、田、塘、镇在一处不大的空间内交织耦合，创造了一个城野交融的绝佳空间样本。

（2）关注“城市”与“自然”的边缘地带

谢岗镇目前仍处在城市快速扩张的阶段。根据国土空间规划方案，当前组团化的建成区不仅逐渐连绵成片，还有继续向东、向北扩张的趋势。正是在城市与自然相互交织且快速转变为建成区的过渡地带，往往是“城市”与“自然”两种系统的矛盾冲突最为激烈的空间界面。城与野冲突也将导致原有生境自然景观的破碎化，在空间上表现为大型自然景观斑块由连续的整体分化为不连续的小型斑块，这些小型斑块数量增加的同时，面积减小、形状趋向复杂。



3-3-8 谢岗镇现状生态景观格局分析图

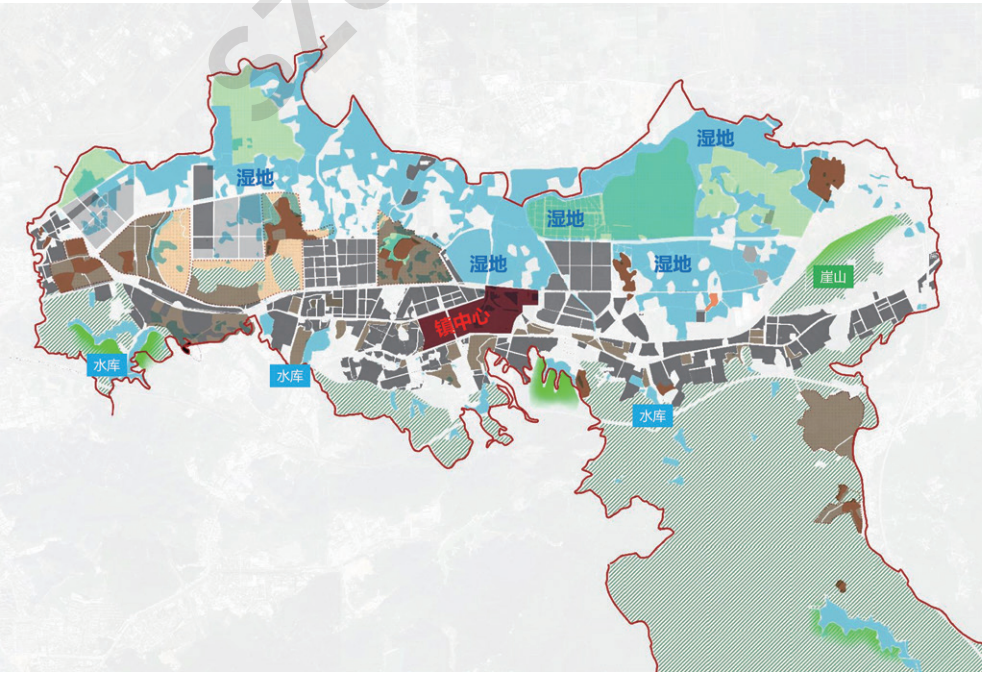


图 3-3-9 谢岗镇“城市”与“自然”的边缘地带

132
133

在面对“自然”被快速转化为“城市”的阶段，我们不仅需要分析两者边缘地带的转变过程，同时也要讨论“规划设计”本身对边缘地带的影响。因此，将城市扩张与自然景观生态效应的变化纳入到同一个分析框架中，就成为谢岗镇总体城市设计的重要前提。

（3）“自然”与“城市”之间是条笔直的“边界”

谢岗镇的现状建成区与自然空间是犬牙交错的状态，原有的居民点主要呈散点状分布在南山北水的过渡地带，嵌入在城野之间。然而相关空间规划却用一条“直线”，划分出了未来的城市建成区边界，也将原本完整的湿地景观群肌理生硬切分。

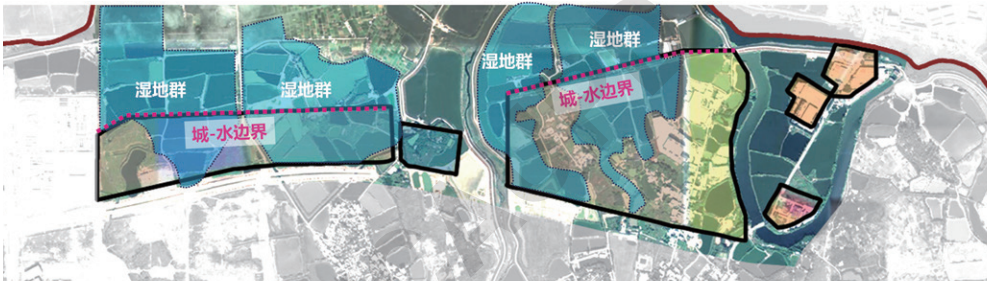


图 3-3-10 切分后的城市开发边界与湿地群落的关系图示

事实上，回顾整个谢岗镇的发展历程不难发现，早期奠定景观格局的基础是竖向空间上的细微差异。例如，镇中心以及各村落都位于场地标高较高的区域，而农田和鱼塘则位于相对较低的地区。这种竖向高度变化并不显著，但却成为调节自然与人居环境的关键，村落之间看似随意的散布，实则是由景观之间相互依存结构所决定的。

对比现在以及未来的相关规划，可以看出这种平直而几何化的空间形态决定了城市与自然的关系，具体表现在高等级道路以及开发边界的划分上。以最近刚建成的粤海大道为例，该地区恰好位于城市建成区与自然田园湿地相互交接渗透的片区。依托粤海大道，向北延伸的建设用地以生硬的边界划分直接切入湿地群落。

从现场的调研也可以看到，因为粤海大道的建设，改变了原来南高北低的地形走势，原有潜在微地形中的地表径流逐步向北汇水的过程被阻断。这种形式的“边界”都是由于开发建设的“工程性”逻辑和自然生态边界的随机性形成冲突所致。它不仅减少了生态斑块边界的凹凸曲折，甚至有可能进一步截断自然生境系统的运行规律。

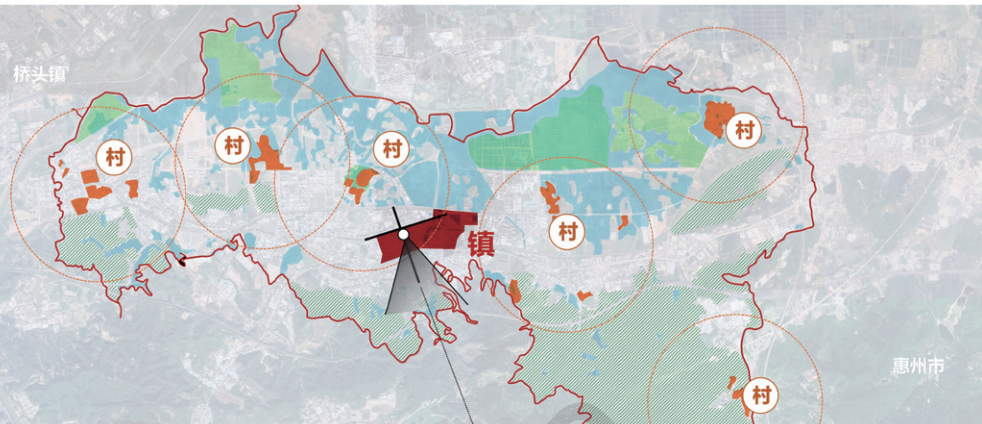


图 3-3-11 镇中心与村的空间关系

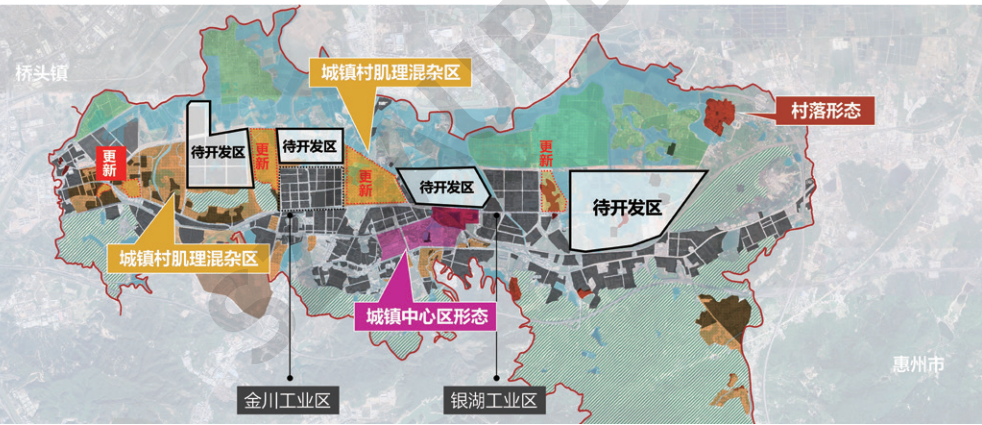


图 3-3-12 现状建成区情况分析

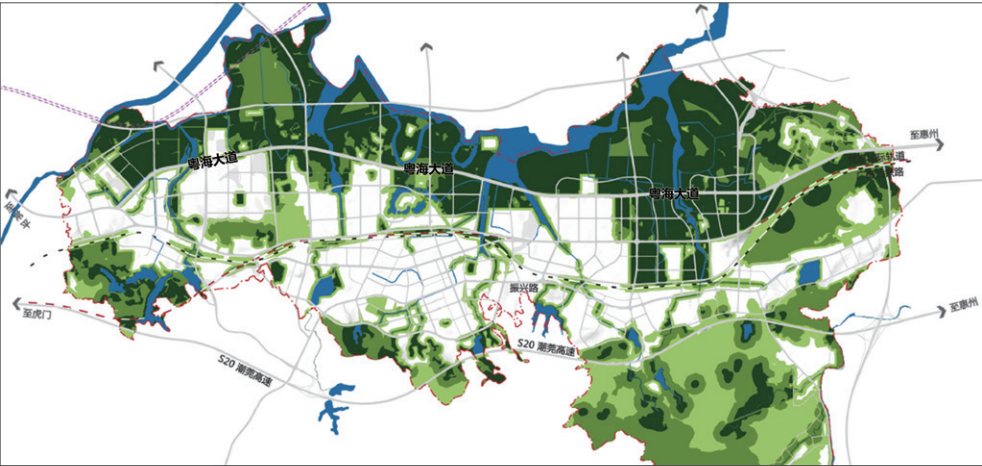


图 3-3-13 粤海大道与现状自然景观系统的关系

134
135

（4）找到关键生态策略点

谢岗镇作为东莞市的“东进战略桥头堡”，当前仍有空间扩张的现实需要。通过分析谢岗镇的发展历程，我们发现当城市道路系统的主干道贯通、次支道路逐渐成网时，正是景观破碎化的关键时间点。这一时期，原来与大型生态斑块仍存在联系的边缘性小型斑块将被完全孤立；而原本顺应自然景观逻辑而形成的参差咬合形态的边界被规整化后，建成区与自然生态斑块的肌理图底关系将形成反转。

可以看到，“城市”与“自然”的互动关系，并不是一个均质变化的过程，一些重要的生态节点对整个生态景观格局起到决定性作用。因此，为尽可能地减少城市扩张对自然系统的扰动，我们需要识别出对景观格局有着重要影响的生态策略点。

- 针对谢岗镇的实际情况，我们将此类生态策略点分为 3 类：
- 受城市干扰较小，仍具有原生境特征的大尺度自然生态斑块地区；
 - 重要的“生态踏脚石”，如河道、线性的景观廊道等；
 - 近期受到破坏但仍未与大尺度自然斑块失去联系的自然边缘斑块地区。

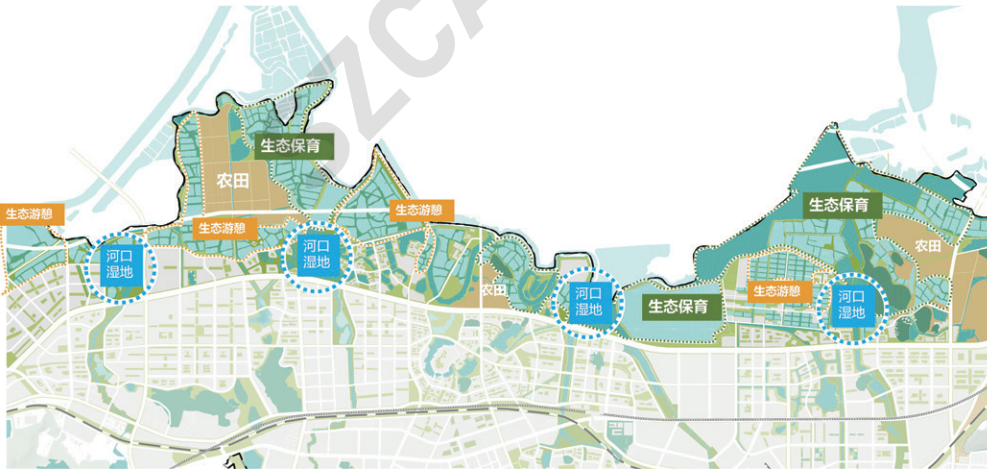


图 3-3-14 重要的生态空间策略点

（5）设计策略——将城市“温柔”地嵌入到自然中

在识别并建立关键生态节点的空间关系后，城市发展对空间的占用将有的放矢，更加精细化地谋划空间发展蓝图。这种审慎的空间扩展策略不仅体现在避开敏感的完整生态斑块，更重要的是谋求城市与自然的协同共生。

① 柔化刚性的边界

谢岗镇正在经历着将小型斑块和生态踏脚石逐步从大型斑块剥离的过程。传统的方法往往通过权属边界、道路边线以及开发边界等方式围合一个平直的“界线”。这种做法虽然可以界定核心的生态保护圈，然而对于景观斑块正在走向破碎化的地区，往往忽略了仍存在较高生态价值的外围小型斑块。

因此，在设计中我们需充分重视大型生态斑块与外围小型斑块的连接，尊重它们在空间形式上的“随机性”与“参差感”。在空间中二者呈现为相互渗透的形态，自然与城市的边界也应由“直线”变成依据自然景观边界而形成的曲线。这些小型斑块作为核心生态斑块外围的缓冲区，承担着生态廊道与踏脚石的作用。

② 自然与城市的渗透

通过细致地辨别和探勘微地形，对于现阶段仍具有恢复价值的水系河网进行景观修复。重点是修复粤海大道南北两侧的生态联系，通过景观修复工程将重新连接北侧湿地水体生态斑块，建立以湿地群为主体的景观核心保护区。在保证原有生态斑块不受到过度干扰的前提下，城市建成区通过保持与自然生态斑块适宜的距离以满足生态斑块复杂的边界形式。

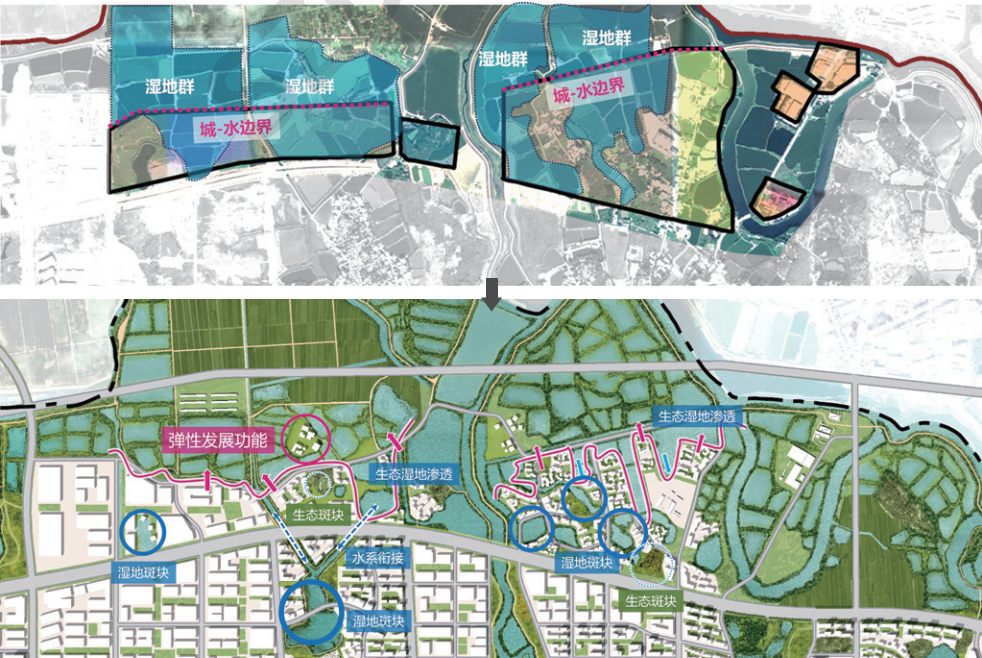


图 3-3-15 自然与城市的渗透

136
137

③ 城市“微单元”嵌入自然系统

纠正原有依托方格网状路网而形成的城市建成区，而是依据不同的建设区位的生态景观特征，划分为3种类型的城市“微单元”。

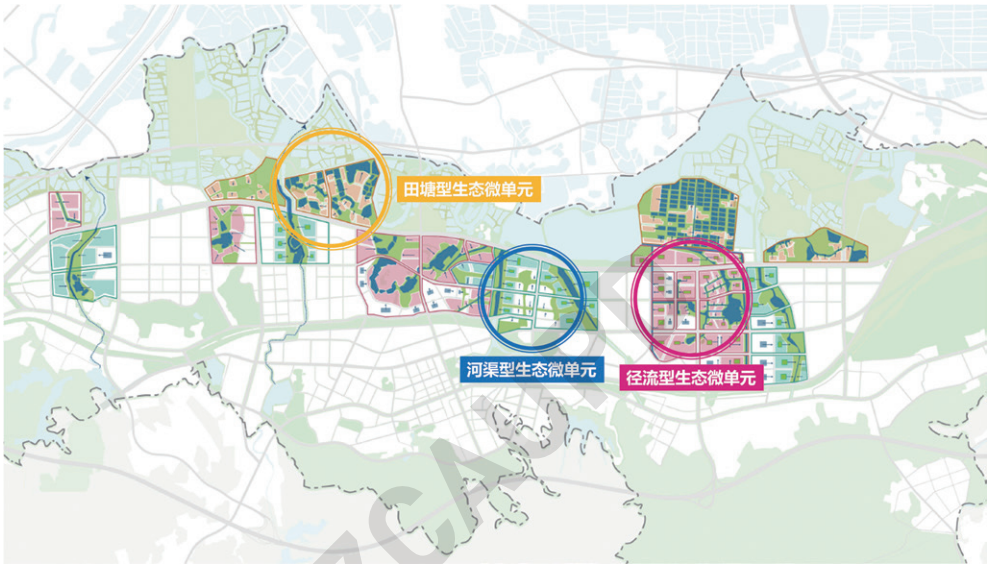


图 3-3-16 城市“微单元”

径流型生态微单元：由现状小型河道、湖泊及周边建设用地组成。尊重地区既有蓄排水结构，在开发建设的同时保留地区生态脉络，此类地区可以在不同等级的海绵空间创建流动通道，活化水动力，实现对谢岗镇次级水体的汇集、转输和调蓄。

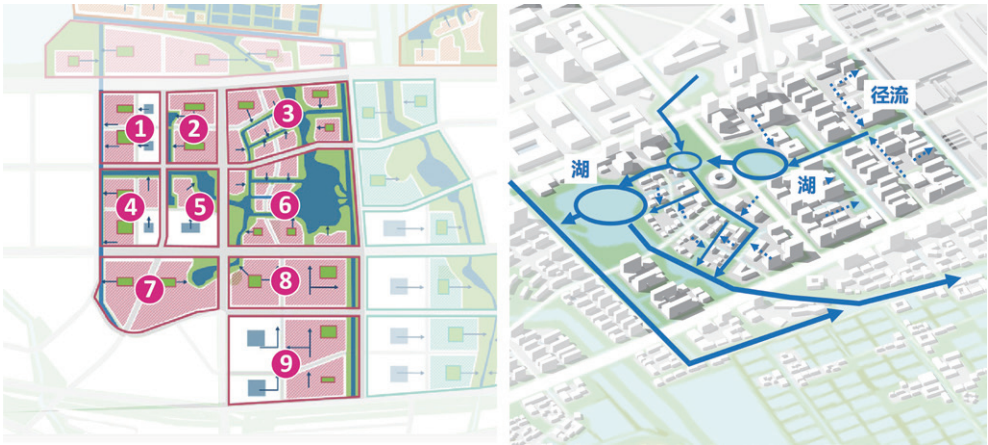


图 3-3-17 径流型生态微单元

河渠型生态微单元：微单元内部临近截洪渠地块可与截洪渠构建直接的汇水联系。其余地块可先于地块内部进行集水，经绿带输水至截洪渠，而后统一汇入临近的河涌之中。

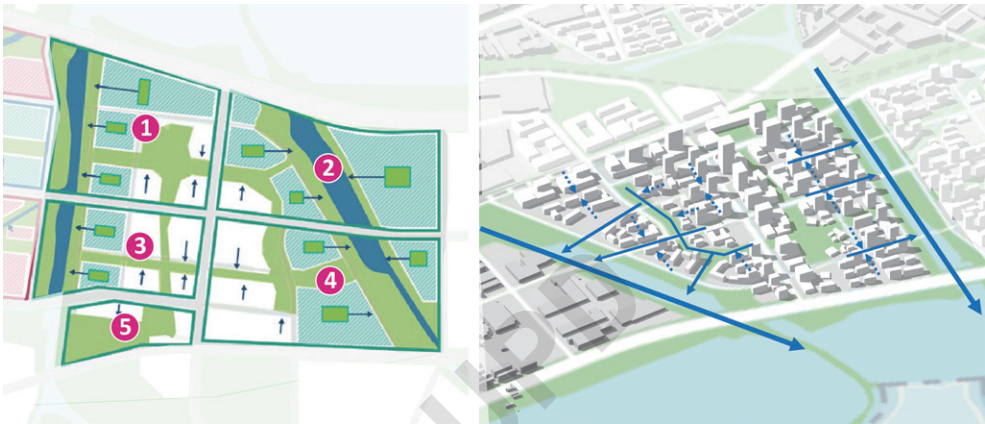


图 3-3-18 河渠型生态微单元

田塘型生态微单元：微单元内部地块集水净化后就近输入水塘，再次净化后汇入北部湿地群。微单元内部各地块应严格限制开发，开发模式以低影响开发为主。



图 3-3-19 田塘型生态微单元

④ 生态保护与城市建设合理调校的机制

生态保护区域内开发量的等量合理变动，是保证规划生态目标实现的基础。重要生态地区的开发指标需转移至更适宜的区域，以兼顾发展与生态保护的双重目标。针对生态敏感地区，以开发权转移为政策工具的生态补偿机制应成为平衡开发与保护的有力措施。

138
139

（6）总结与展望

城市扩张客观上不可避免地会占用自然地区，这其中两者冲突最为激烈的时间点就是小型自然斑块从大型板块中逐步脱离而进一步失去二者间的联系之时。因此，尽可能保护原生的生境系统，并在此基础上尊重关键性的生态策略点成为处理城市与自然“边缘地带”的重点。在谢岗的实践中，我们总结出柔化、渗透、嵌入的设计手法，去协调刚性的管控边线与丰富的自然边界间的矛盾。

在本项目同国土空间规划编制的协调沟通中，我们发现二者间互补的必要性。即自上而下的划定与自下而上的修正。这种修正并非基于空间设计的表达，更重要的是反映出自然景观系统的运行逻辑，并通过城市设计的整合性特征，在空间设计中予以落实。希望通过此次项目在工作模式中的创新探索，可以成为今后城市总体设计与国土空间规划协同编制工作中的重要参考。

作者：曹煒博，中规院深圳分院城市设计中心，主任规划师；康馨，中规院深圳分院城市设计中心，城市规划师；《东莞市谢岗镇总体城市设计》由中规院深圳分院城市设计中心编制，项目组成员包括李长春、任婧、逢浩廷、周富强等。

3.3.3 碳中和导向的城市核心区能源规划探索——深圳湾超级总部基地地下空间与市政工程详细规划

（1）项目背景

随着我国经济由高速发展步入高质量发展的新阶段，党的十九届五中全会提出要推进以人为核心的新型城镇化，要“构建系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系”。面向气候变化问题，2020 年 9 月，习近平主席在第 75 届联合国大会提出我国“双碳”目标。如何构建示范引领的市政基础设施系统，支撑新型城镇化的实现，引领城市低碳绿色、环境友好、韧性智慧发展，是新时期市政基础设施规划探索的重要方向。

深圳湾超级总部基地（以下简称“深超总”）位于深圳湾核心区位，根据深超总城市设计，其定位为连接深圳与国际、沟通现在与未来、宜居宜游宜业开放共享的全球城市功能中心，是助力粤港澳大湾区发展的核心引擎，是打造社会主义现代化强国城市范例的样板。

深超总 117 公顷范围内，开发量达到 520 万平方米，服务 25 万就业人口，毛容积率接近 4.5，大幅高于福田中心区约 2.5 的容积率。



图 3-3-20 深圳湾超级总部基地城市设计效果图
资料来源：中规院深圳分院《深圳湾超级总部基地城市设计优化》

140
141



图 3-3-21 深圳湾超级总部基地城市设计效果图
资料来源：中规院深圳分院《深圳湾超级总部基地城市设计优化》

2019 年 6 月，深超总开发建设指挥部面向全球开展《深圳湾超总地下空间与市政工程详细规划》国际咨询，通过两轮竞标，中规院与上海市政府、日建设计组成的联合体最终中标该项目，目前该项目正在深化整合阶段。结合本次项目契机，我们对未来城市核心区域的新型市政基础设施规划进行了系统探索，下面重点介绍项目低碳绿色的现代能源技术。

（2）深超总可再生能源利用技术探索

通过系统研究太阳能、风能、水电、地热和海水能等可再生能源在深超总利用的适应性发现，受地理位置、能源资源条件、规划发展定位等因素影响，深超总不具备大规模光伏发电、风电等利用条件，仅可进行小型示范应用。作为高强度开发区域，深超总的能源需求负荷密度非常高，在可再生能源利用方面受限，因此，如何在能源应用方面做到高效、节能、减排是深超总能源利用努力的方向。

（3）深超总用能特征分析

深超总规划用地性质主要为商业服务业用地，占城市建设用地比率约 55%，建筑以公共建筑为主，其中办公为主导用途，分布少量公寓、商业和文化用途。

测算深超总总用电负荷约 35 万千瓦，整体能耗水平高。将预测的常规电力、燃气需求换算成标煤可以发现，电力需求与燃气需求总量中电力需求为 95% 以上。

表 3-3-1 可再生能源利用技术深超总适应性分析

可再生能源技术	深超总发展条件评估	规划建议
太阳能光伏	深圳发展条件一般，单位面积太阳能储量偏低	深超总为办公建筑，作为城市名片，对建筑外观要求高。不考虑太阳能局域光伏电站等设施。路灯照明采用太阳能补偿的 LED 路灯
太阳能集热	光照时间短，但四季气温高，提高集热效率	深超总为办公建筑，无热水需求用户，且作为城市名片，对建筑外观要求高。不考虑太阳能集热
风能	整体条件较差	少量示范性发展，路灯风电补偿可以进行实验测试。
水电	无条件	不考虑
地热	无条件	不考虑
海水能	不能利用潮汐能发电，但可以利用于水源热泵系统	因深圳湾和华侨城近海生态系统脆弱性和敏感性，海水升温排放对生态系统影响较大，相关专家一致不建议使用海水源热泵技术

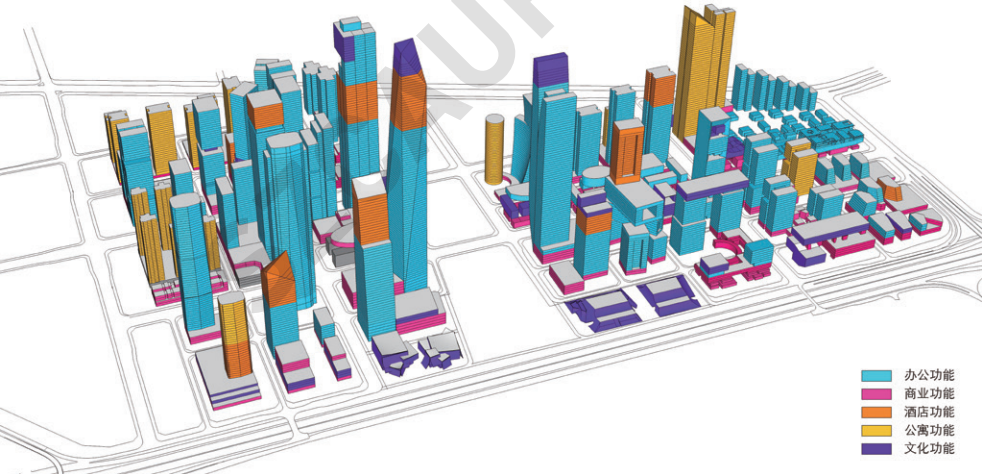


图 3-3-22 深超总各地块功能分布立体示意图

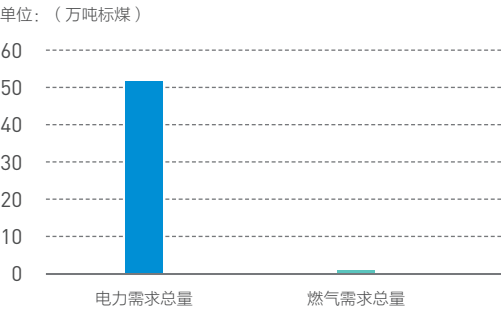


图 3-3-23 深超总电力需求与燃气需求

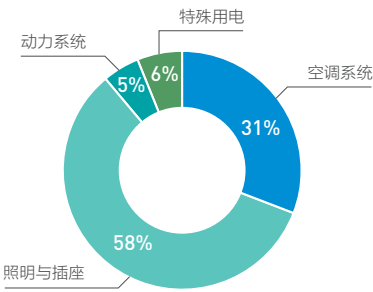


图 3-3-24 深超总办公建筑分项用电构成

142
143

根据《深圳市大型公共建筑能耗监测情况报告（2017 年度）》，公共建筑主要用电为照明与插座、空调系统，两者分别占比约 60% 和 30%。其中空调用电作为第二大电力需求，又是引起电网峰谷波动的主要因素。按照办公建筑空调系统用电量占全体用电量的 31% 进行估算，深超总应用于空调制冷热所需用电量约为 5.3 亿度。如何利用各类能源技术，降低空调用电能耗，调节电力峰谷平衡，是深超总能源的绿色低碳、节能高效、集约利用的主要研究方向。

（4）深超总集中供冷方案

结合深超总主要用能为电能，电能主要用于夏季供冷以及短暂的冬季供热的能源需求，在保障电力供应前提下，为提高能源利用效率，重点是提升供冷系统能效。

首先需要对各种制冷方式进行能效比较研究。

① 能效比较的理论计算

假定深超总 550 万平米建筑面积均需要供冷，分别预测分散电力空调用电、天然气冷热电三联供、集中电力区域制冷等方式的能效。将三种方式的能源消耗换算成标煤进行比较，在理想运行状态下，采用冷热电三联供技术，与单独采用中央空调系统，在相同的供冷、供热、供电情况下，可减少使用约 4 万吨标准煤，减少排放约 17.6 万吨二氧化碳和 550 吨二氧化硫；减少建设冷水机房和变配电房约 5.3 万平方米，节约单体建筑用空调制冷设备总投资约 6 亿元。另外，还可节省用于补充冷却塔的漂水损失约 42 万吨 / 年，并可使建筑电气的装机容量减少约 122.5 兆瓦。

表 3-3-2 理想状态下不同区域能源方式的能效计算

能源方式	能源需求	换算标煤（吨）	备注
分散电力空调	每年 3.3–5.4 亿千瓦时	103600–163122	按规划区空调用电量占整体电量核算
天然气冷热电三联供系统区域供冷	每年 8000 万 –1 亿立方米天然气	97144–121430	按规划区供冷需求机组用气量核算
集中电力区域制冷	每年约 4.5 亿千瓦时	135010	按规划区供冷需求机组用电量核算

② 供冷系统实际应用的能效比较

考虑到集中供冷各用户高峰时段不均衡、用户需求不稳定，供冷系统能效并不是完全匹配理想状态，各个系统实际能效一般均略低于理想状态。供冷系统的实际应用能效，可以参考日本实际运行的一些供冷项目。

2003 年日本对 108 个非居住建筑区域供冷项目和 36 个独立建筑冷热源的能源效率进行实地调查

得到的数据（考虑了各种影响因素的真实能耗）在对数坐标上的线性拟合图。从图中可以看出，根据对这些非居住区区域集中供冷项目和分散供冷项目的实际运行能效统计，分散供冷能源效率随面积变化不大，两种区域供冷系统能效均随面积增大而提高。其中结合未利用能（自然冷源或可再生能源）的区域供冷系统随面积增大能效增大较慢。

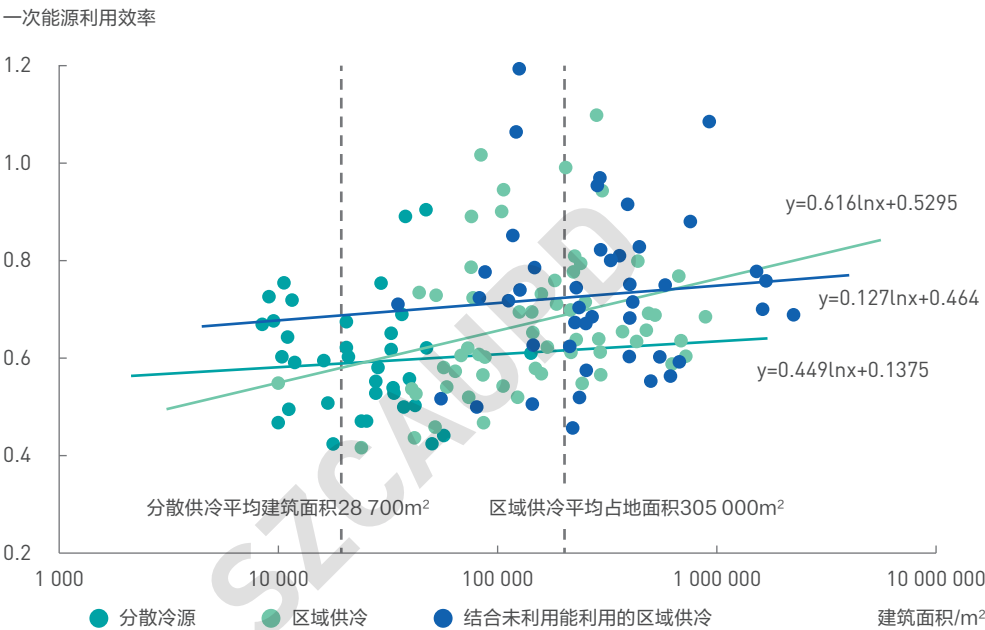


图 3-3-25 日本公共建筑供冷模式实际能效统计图

总体而言，结合未利用能（自然冷源或可再生能源）的区域供冷系统真实能源效率最高，区域供冷系统次之，而分散系统的能源效率最低。而对区域供冷项目来说，管网经济半径内供冷面积越大能效越高。

③ 深超总集中供冷方案选择

因深超总用气量需要专供高压天然气管道，目前周边属于城市高密度建成区，难以落实；同时，深超总建设品质要求较高，冷热电三联供对周边商业地块影响较大，因此本次规划在征求相关部门意见的情况下，规划未采用冷热电三联供系统。

结合深超总滨海特征，在方案规划之初考虑了利用海水作为低温冷源进行辅助制冷的方案，但因深圳湾和华侨城近海生态系统比较脆弱和敏感，海水升温排放对生态系统影响较大，专家们一致不建议使用海水源热泵技术。

144
145

综合考虑制约因素，最终选择较为成熟可靠的电制冷 + 冰蓄冷技术作为主要制冷技术。冰蓄冷空调适用于商业、办公、公共建筑等都市人口稠密、制冷需求大的地区。这些建筑夏季空调负荷相当大，在工作时间内需要持续提供冷量，是用电峰值的重要组成部分。由于蓄冷技术具有“削峰填谷”的技术优势，可作为智能电网的组成部分，提高电力系统运行效益。利用蓄冰装置可使制冷机组设置容量降低 30% ~ 50%，大大减少电力投资。通过蓄冷机组智慧能源管理系统的组合运用，可实现一定程度的节能减排效果。

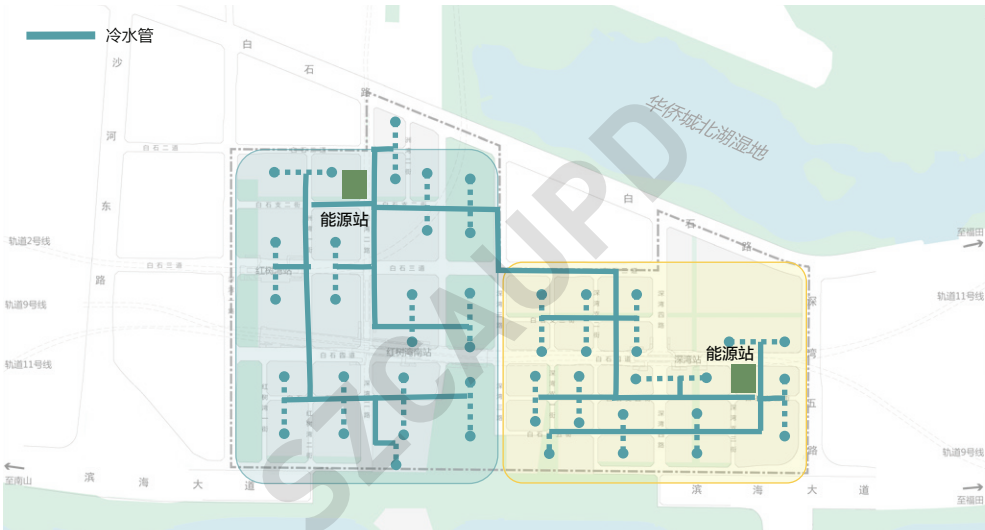


图 3-3-26 深超总集中供冷示意图（中间方案）

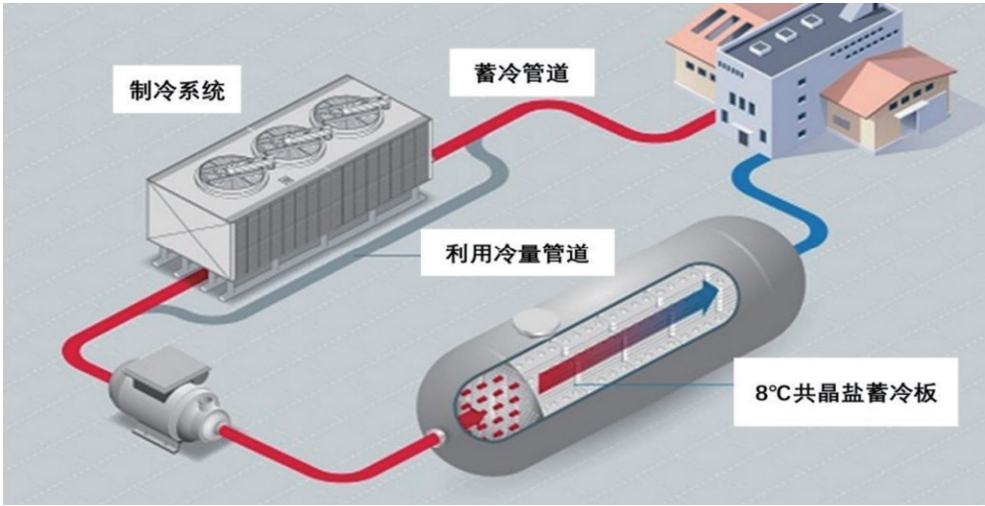


图 3-3-27 相变储能系统运行示意图

目前，我们正在与深圳大学未来地下城市研究院相关技术团队共同研究相变储能技术在深超总的应用可能，该技术在冰蓄冷的基础上将蓄冷介质由水改变为相变储能材料，可提高约 30% 左右的电机运行效率，节能减排相较冰蓄冷技术提高约 30%⁴⁴，是绿色节能和储能领域前沿技术，该技术的应用具有引领性。为保障可靠性，相变蓄冷技术在深超总片区的应用方式和实施方案仍在进一步论证。

（5）深超总碳中和展望

另外，深超总规划项目中还构建了结合集中供冷冷却补水的再生水和雨水资源利用系统，节水优先的高标准优饮水系统，智慧无人物流配送系统，气动垃圾耦合污水收集处理以及高效的资源智慧管控运营系统，均体现了深超总绿色低碳的发展理念。

借鉴日本大丸有地区、新加坡裕廊湖区和多伦多未来城市的案例，以及李晓江、沃格雷等⁴⁵的相关研究，面向深超总片区级别的高密城区，为提前实现深超总碳达峰、碳中和目标，可在社区用能、交通出行、衣食生活和绿化固碳等方面进一步开展综合研究，统筹深超总绿色低碳的可持续高质量发展。

四大方向	低碳绿色技术	深超总方案
	减排潜力	
社区用能	130%~80%	具体内容
		绿色建筑
		可再生能源利用
		水资源循环利用
居民出行	10%~20%	社区微气候营造
衣食生活	10%~40%	绿色交通工具
绿化固碳	5%~10%	节能系统
		固废分类回收
		植物固碳
		深超总方案
		最少达到绿建 2 星以上，部分建筑（如 C 塔）达到超 3 星
		-
		利用再生水和雨水资源，自来水替代率 10%
		建筑垂直绿化，建筑风环境的整体考量
		六轨六站，公交分担率 90% 以上；无人物流，智慧配送体系，减少人工，提高运行效率
		集中供冷，智慧管控
		建立垃圾分类收集、运输系统，示范干湿分离气动垃圾
		中央绿轴及西侧绿轴绿地、滨海大道下沉上部公园绿地、建筑垂直绿化

图 3-3-28 深超总碳中和框架方案展望

作者：曾胜、周路燕，中规院深圳分院市政交通规划所，工程师；《深圳湾超级总部基地地形空间与市政工程详细规划》为国际咨询项目，中规院与上海市政研究总院和日建设计组成联合体中标该项目，市政工程部分内容主要由中规院深圳分院市政交通规划所完成。中规院深圳分院技术成员包括王泽坚、钟远岳、张若冰、俞云、曾胜、草原、龚志渊、陈郊、周路燕、钟广鹏、温俊杰、刘芳、张浩宏、李敢、帅士奇、雷晓寒等。

44 廖小亮、曾智勇、董华佳，8℃相变蓄冷技术[J]，绿色科技，2020(4).
45 李晓江、沃格雷等，《重大绿色技术创新及其实施机制》[M]，中国环境与发展国际合作委员会政策研究专题发布，2020 年 9 月。

146
147

3.3.4 深圳湾超级总部基地夜景灯光专项规划

（1）项目背景

深超总项目位于深圳市，规划研究范围约为 145 公顷（含深圳湾超级总部基地 117 公顷及深圳湾公园 28 公顷）。目前已经进入快速开发建设时期，并于 2020 年开展了《深圳湾超级总部基地夜景灯光专项规划》专题研究，将夜景作为提升城市空间品质的工作内容之一。在项目编制启动时，已建成琰湾汇及深湾街心公园，已有建筑方案 13 个，景观咨询方案 1 个，覆盖深超总近一半的面积。其中，有 6 个建筑已在进行建筑景观照明设计，其中 3 个采用了媒体立面照明方式。

（2）关键问题

① 深圳湾周边环境生态敏感性极强

深超总属于填海区，北侧紧邻华侨城湿地公园，西接大沙河生态长廊，南临深圳湾，周边以湿地、内海湾环境为主，生态敏感性极强。深圳湾是生态环境敏感的半封闭感潮海湾，湾内有 2 处红树林生态自然保护地：福田红树林自然保护区（中国唯一位于城市核心区的自然保护区）及香港米埔－后海内湾湿地。根据《深圳市城市照明专项规划（2021-2035）》，周边接临的湿地均在光生态敏感区内，应当对照明方式和景观照明建设总量加以管控，减少光侵扰和光生态事故。

② 东亚－澳大利亚候鸟迁徙路线上的深圳湾

候鸟迁飞的“中转站”和“加油站”。深圳湾是广东省最重要的水鸟栖息地之一，也是东亚－澳大利亚迁徙路线的重要“中转站”和“加油站”。深圳湾及跨越深港两地的红树林湿地，候鸟季能够吸引 189 种，10 万多只候鸟，甚至包括黑嘴鸥及黑脸琵鹭等易危、濒危物种（每年约有 10% 的黑脸琵鹭选择深圳越冬，2019 年全球普查数据仅存 4463 只）⁴⁶。

根据《全国候鸟迁徙路线保护总体规划（草案）》，有 3 条全球性候鸟迁徙路线贯穿中国全境，迁徙候鸟种类达 700 余种，总数量过亿。其中，东亚－澳大利亚迁徙路线过境中国的候鸟占该线总量的 20~25%，是候鸟迁徙种类和数量最多的一条线，也是最拥挤的一条迁徙通道。草案提出要加强候鸟迁徙路线的保护，正确处理保护与发展的关系，从推进生态文明建设的高度，坚持“保护优先”的发展理念。

深圳市通过实施 5 年禁渔期、红树林复植、系列污染治理和生态修复工作，让深圳湾滨海休闲带成为“人、自然、城市”和谐共处的生境。《深圳市海洋环境保护规划（2018-2035）》第五十八

46 文灿. 深圳迎最佳观鸟季，这份观鸟地图请收好！[N]. 深圳商报，2021-01-20。

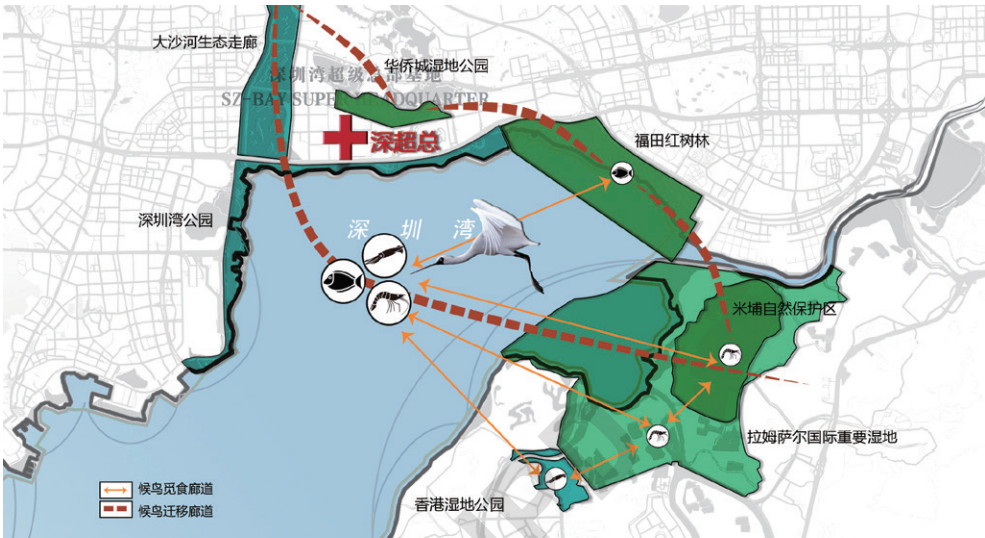


图 3-3-29 深圳湾超级总部基地周边环境
注：米埔－后海内湾湿地属于《拉姆萨尔湿地公约（Ramsar Convention）》的国际重要湿地。福田红树林自然保护区是全国唯一处于城市腹地，面积最小的国家级森林和野生动物自然保护区。《深圳市海洋环境保护规划（2018-2035）》已经明确提出将推动福田红树林自然保护区加入拉姆萨尔湿地公约。

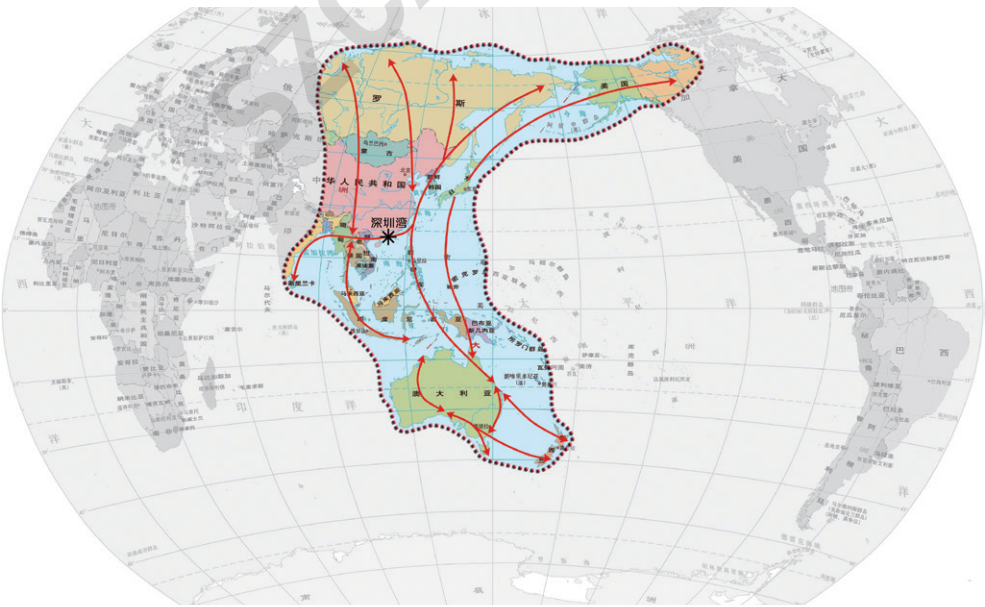


图 3-3-30 东亚－澳大利亚迁徙路线
资料来源：《中国周刊网》CHINA WEEKLY⁴⁷

47 方正飞. 滨海湿地 连接海陆的生态屏障 [J/OL]. 中国周刊网 CHINA WEEKLY. <http://www.chinaweekly.cn/4865.html>, 2018-01-05.

148
149

条也明确提出深圳湾地区应科学控制建筑高度和建筑形式，预留鸟类迁徙通道。《粤港澳大湾区水鸟生态廊道建设规划（2020-2025 年）》提出建设粤港澳大湾区水鸟生态廊道，开展水鸟栖息地修复，提升迁徙“中转站”湿地环境质量，提供高质量水鸟生存环境。深圳湾是水鸟生态廊道的重要生态节点，包括“一个源 source- 深圳后海湾、一个踏脚石 step stone- 深圳华侨城国家湿地公园、一个目标地 sink- 深圳市级湿地公园”。主要水鸟包括鹭类、雁鸭类和鸬鹚类，重点保护水鸟物种包括黑脸琵鹭和卷羽鹈鹕等。

③ 水鸟迁徙的时间特点和导航系统

深圳湾以夜间迁飞的小型水鸟为主，包括食谷鸟类、食虫鸟类、涉禽、雁鸭类等，它们白天蛰伏觅食，夜间迁徙。从日落时逐步开始迁飞，利用月亮星辰导航，高峰时段开始于晚上 10 点~11 点，结束于凌晨 2 点~4 点，因此需要对夜间迁飞的通廊（鸟道）予以重点保护。

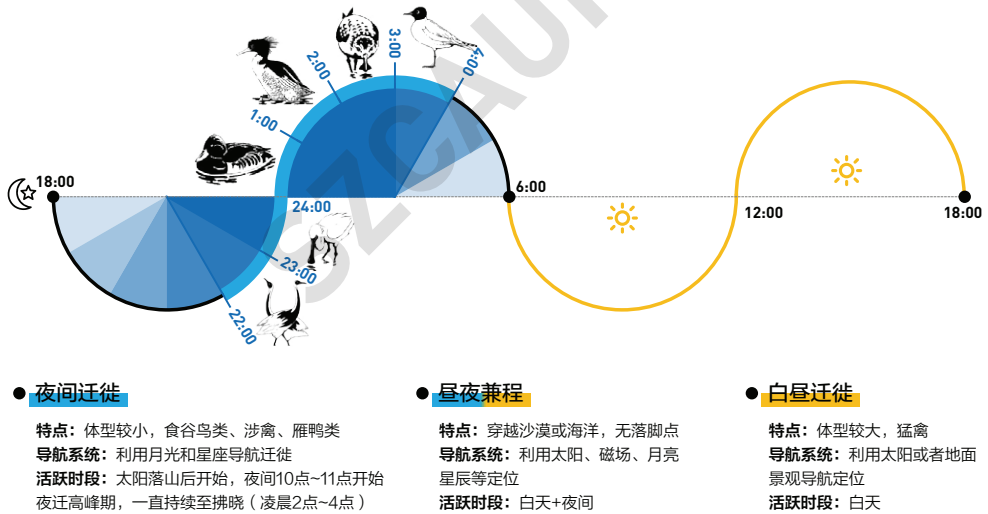


图 3-3-31 候鸟迁徙时间特点
资料来源：笔者根据资料整理
注：候鸟迁徙年度节律分为春季迁徙和秋季迁徙，按照日节律分为白昼迁徙、夜间迁徙和昼夜兼程迁徙。各类迁徙都有起始时间、高潮时间、结束时间的变化规律。

④ 鸟类的趋光性可能导致与发光的建筑碰撞死亡

小型候鸟迁飞时的飞行高度有限，一般不超过 1000 米，燕类约 400 米，雁类约 700 米，而深超总的建筑最高近 500 米。由于飞行高度与建筑高度接近，夜迁候鸟可能因自身的趋光性，飞蛾扑火般撞向被过度点亮的超高层建筑。

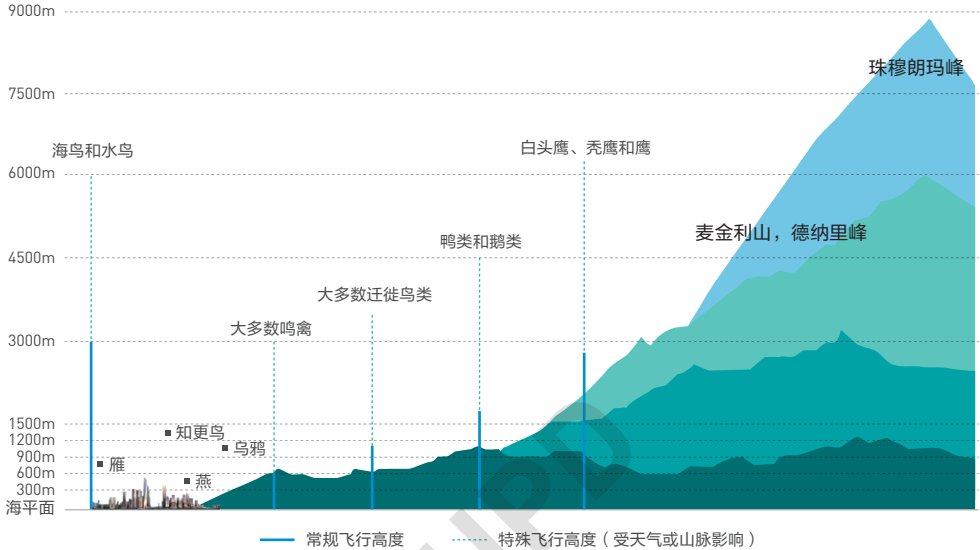


图 3-3-32 候鸟迁飞高度示意
资料来源：<http://www.forestry.gov.cn/>⁴⁸

⑤ 正确处理建设 24 小时持久活力城区与保护候鸟夜迁通廊的矛盾

深超总的高强度开发、高密度建设、高活跃度公共活动与周边环境的生态性和敏感性碰撞、交织、矛盾。如何正确处理活力舒适的光环境建设与光生态保护的矛盾至关重要。

在此条件下，深圳市住房和建设局（深圳湾超级总部基地开发建设指挥部办公室）及时组织专题研究，编制片区照明规划。

（3）规划应对

项目编制始终坚持高活跃度片区应当在保障功能照明的前提下，塑造趣味、艺术、特色的高品质景观照明。但考虑周边环境的特殊性，应当对景观照明进行管控和引导，在保障活力的同时，充分考虑候鸟迁徙廊道的光生态保护，考虑绿色低碳照明。调降亮度仅针对用于满足夜间形象展示的景观照明亮度，功能照明必须按标准保障。《深圳湾超级总部基地夜景灯光专项规划》对绿色低碳重点的关注和探索，可从“全生命周期”视角进行分解：

本项目对绿色低碳的照明规划方式应对，着重体现在以下几个方面：

48 国家林业和草原局·国家公园管理局网站·全球候鸟最多的迁徙路线，就经过中国 [J/OL].. <http://www.forestry.gov.cn/main/5462/20210123/093445680189938.html>，2021-01-26。



图 3-3-33 “全生命周期”的照明规划要点

① 调降景观照明技术指标以保护生态减少能耗

国内照明设计一般按照《城市夜景照明设计规范》（JGJ/T 163-2008）提出的根据建筑饰面不同反射比对照明亮度进行控制，但是深圳湾超级总部基地建筑多选用玻璃幕墙，按照上述照明指标控制存在一定问题。因此，项目编制从以下两个方面进行控制：

首先，调降景观照明技术指标。参考 LEED-NC 绿色建筑评估体系对外照明功率密度管控的要求，将建筑外立面照明指标降低至标准要求的 80%。

其次，研究玻璃幕墙控制指标。项目组以福田 CBD 高度密集的建筑为调查对象，用亮度计测量多栋建筑内透光，对亮度测量数据整理分析后，提出建筑内透光最大亮度不得超过 $30\text{cd}/\text{m}^2$ ，平均亮度不得超过 $15\text{cd}/\text{m}^2$ 。

表 3-3-3 建筑泛光及内透光照明标准值

建筑装饰面材料	平均照度 (lx)			平均亮度 (cd/m ²)	
分类	反射比	标准值	示范值	标准值	示范值
白色或浅色表面 (白色外墙涂料, 乳白色外墙釉面砖, 浅冷、暖色外墙涂料, 白色大理石)	0.6~0.8	150	120	25	20
中间色表面 (银色或灰绿色铝塑板、浅色大理石、白色石材、浅色瓷砖、灰色或土黄色釉面砖、中等浅色涂料、铝塑板等)	0.3~0.6	200	160	25	20
深色表面 (深色天然花岗岩、大理石、瓷砖、混凝土, 褐色、暗红色釉面砖、人造花岗岩、普通砖等)	0.2~0.3	300	250	25	20
玻璃幕墙	<0.2	/	/	/	15

注:根据《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T163-2008),深圳湾超级总部基地属于高亮度环境的E4区。玻璃幕墙宜选用内透光照明。

通过以上两种方式,建立属于深超总的候鸟友好照明指标示范值,同时降低照明指标将带来景观照明能耗的降低。

② 引导候鸟友好的绿色照明设计方式

深超总的区位重要性决定其必定是夜景照明建设的重点,但应通过引导有节制、候鸟友好的理性照明设计,体现回归自然的价值。提出“超级内生”的规划目标,打造具有示范效应的内透光展示窗口。将建筑内透光作为夜景塑造的核心方式,总体塑造低调内敛、优雅纯净的夜景观。推动建 / 构筑物景观照明设计与幕墙、室内照明一体化设计,推广节能、易维护、高品质的内透光明照。

通过有效引导照明设计的方式，可以消减人工照明对自然生态环境的负面影响。照明设备选型阶段也应从全生命周期的视角，选用高质量长寿命的灯具，设计出便捷高效的灯具更换方式（避免高空作业更换灯具，降低风险和人工成本）。

表 3-3-4 建筑内透光实现方式

照明设施	“借景” 功能性内透	“用景” 控制性内透	“造景” 景观性内透
	不增设建筑外立面景观照明，借景于加班楼层灯光，自然形成的建筑内透照明效果。	以独立回路控制建筑室内靠近窗户的灯具，按景观照明开闭时间要求在夜间开启，塑造夜景。	结合建筑玻璃幕墙的窗格，在幕墙内侧或室内安装景观照明灯具，模拟内透光照明效果。
新增灯具（洗墙灯、投光灯等）	×	×	√
新增设备（控制器、线缆等）	×	√	√
推荐优先级	最优先	优先	推荐
对碳排放的影响	不额外产生碳排放	产生部分碳排放	产生碳排放

③ 低碳节能的候鸟季照明运营模式

考虑深圳湾是候鸟夜迁通廊的特点，以候鸟季作为切入点，有针对性地研究候鸟季照明开闭模式，提出以下要求：

候鸟季提前 1 小时关闭景观照明。候鸟季为每年 10 月至次年 5 月，候鸟季期间，深超总所有建筑景观照明较深圳市景观照明开闭时间提前 1 小时关灯，因此将节省 1 小时的照明能耗。

候鸟季调降 / 关闭建筑景观照明。调降或关闭建筑顶冠、立面景观照明。

152
153

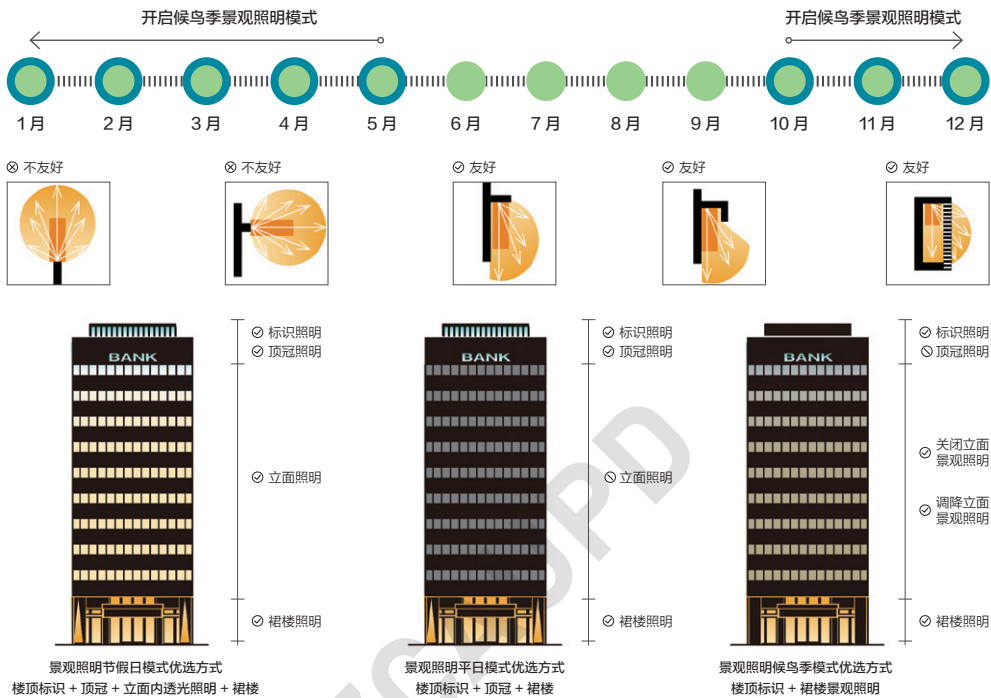


图 3-3-34 景观照明模式示意

候鸟季模式的减碳效益

以神州数码国际创新中心建筑景观照明为例，其景观照明初步设计的总功率为 260Kw，候鸟季景观照明模式下，保留裙楼照明，塔楼亮度再调降 50%。候鸟季（除重大节假日外，约 230 天）每天提前 1 小时关闭景观照明，可节约 61410 度电（260KW*1h*230=61410 KWh）。假设目前我国电力生产中约 30% 来自于零碳电源，则电力碳排放因子约为 0.6kgco2/kwh，那么提前 1 小时策略可减少 36846Kg 的碳排。若考虑候鸟季建筑单体关闭部分景观照明设施及调降亮度，按照日常 50% 的能耗计算，则可再减少 18426Kg 的碳排。因此，神州数码国际创新中心建筑景观照明通过候鸟季景观照明模式和提前一小时关灯策略，共计可减少 55269Kg 的碳排放。

④ 绿色智慧的照明集中控制系统

规划提出以深超总作为单元，建设照明集中控制系统，实现片区照明的精细化管理。各地块照明方案在设计阶段，必须设计平日模式、节假日模式和候鸟季模式，并以地块为单位设置地块级照明集中控制系统且预留接口，便于片区集中控制系统建成后逐一接入，实现统一集中控制。新建道路则高标准建设智慧路灯或智慧庭院灯，接入集中控制系统。

控制内容分为两类，一是道路及公园广场的功能照明，采用经纬时控，根据一年四季变化规律和地球自转和绕太阳公转的原理，计算日出日落时间以确定开灯时间；二是景观照明，结合深圳市景观照明开闭时间要求，结合夏令时和冬令时相关要求确定候鸟季和非候鸟季关灯时间。

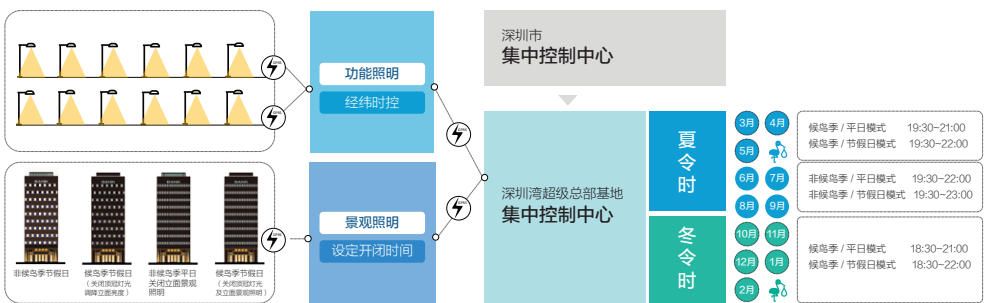


图 3-3-35 照明控制系统示意

⑤ 裙楼之下多彩有趣，裙楼之上低调内敛。

绿色节能和候鸟友好非常重要，同时也应当充分考虑和尊重公众对美好光环境的需求。因此，规划也提出重视公共空间灯光环境活力，用近人尺度光环境的趣味性和标志性代替建筑灯光的标志性。因此，深超总片区照明坚持高效用光，优先确保街道、公共空间光环境的安全度、舒适性。景观照明则将商业裙楼、二层连廊、未来城脊、中央绿轴和 24 小时采光的地下空间作为高活跃度空间，设置具有艺术性、趣味性的彩色光，采用丰富多样的照明方式，以此形成多样丰富的夜景观。

深超总照明规划从生态文明建设视角，充分考虑夜迁候鸟所需推广“内透光”照明；调降亮度指标降低景观照明能耗；通过智慧路灯及集中控制系统实现精细化能耗管控；以丰富多彩的近人尺度灯光体验代替建筑外立面景观亮化对绿色低碳进行回应和思考。

作者：杨艳梅，中规院深圳分院城市照明中心，城市规划师；《深圳湾超级总部基地夜景灯光专项规划》由中规院深圳分院城市照明中心编制，项目组成员包括梁铮、骆玉洁、刘雨姗、许振潮、张霞、刘纓、杨跃、宋子燕等。

3.3.5 幸福通勤与美好生活——粤港澳大湾区通勤监测报告

通勤是一个与每个个体都密切相关的话题。2020 年末，住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室、中规院、百度地图慧眼联合发布《2020 年度全国主要城市通勤监测报告》（以下简称“2020 年度通勤报告”），通勤距离、通勤时耗等与个体感受直接相关的指标在互联网上引发了热议，“今天你极端通勤了吗”、“你的通勤幸福吗”一度成为“热搜”话题。今年 6 月，在 2020 年度通勤报告工作基础上，我们立足粤港澳大湾区自身特点，从区县和街镇两级尺度对大湾区的通勤出行展开了研究，发布《粤港澳大湾区通勤监测报告》，力争从多维度、多视角认识大湾区通勤特征。

154
155

（1）通勤不仅是一个关乎个体出行的话题，也见证了城市网络的日常“律动”

在城市内部，每一个个体的通勤活动构成了城市网络在早、晚高峰的高频次、高强度流动。高精度的互联网大数据精确记录了城市每一个角落发生的通勤活动，通勤规模、通勤联系网络在时间和空间维度得以细致刻画。因此，对于新冠疫情这类影响城市日常运行的特殊事件，通勤成为观察城市活力恢复的最直接的指标。我们研究发现，粤港澳大湾区的活力表现在疫情后的高“恢复率”——珠三角九市就业人口规模已恢复 80% 以上，深圳、东莞、惠州、珠海等四个城市恢复率达到 90% 以上。对于个体而言，疫情也带来通勤行为特征的变化，跨市通勤、长距离通勤活动在疫情后有所下降。

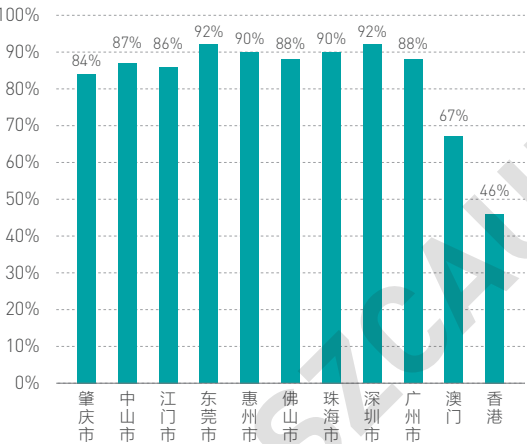


图 3-3-36 大湾区各市疫情后就业人口恢复情况

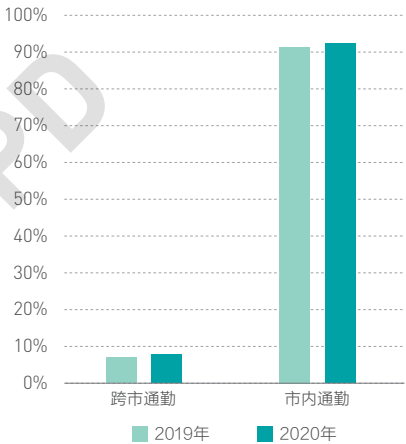


图 3-3-37 疫情前后市内、跨市通勤占比变化情况

（2）通勤不仅是一个关乎个体职、住选择的话题，也见证了城市职住空间的分布规律

与 2020 年年度通勤报告保持一致，我们选取通勤空间半径、职住分离度、平均通勤距离、5 公里通勤占比等指标来认识大湾区的通勤空间特征。从区县尺度来看，大湾区各区县呈现各异的通勤空间特征。结合区县所在城市与区位条件，可发现一些有趣的现象。

从城市内部来看，位于中心城区的区县比其他区县有更小的通勤空间半径和职住分离度⁴⁹。这意味着中心区县在更小的空间尺度内可实现职、住功能的平衡。这与中心城区城市功能更综合、职住空间分布相对均衡高度相关。但从通勤距离分布来看，各城市中心区县“幸福通勤”（即 5 公里以下通勤）比例低于其他区县，这意味着非中心区县短距离通勤出行比例更高，职、住空间分布更容易实现“就近平衡”。

49 通勤空间半径是指覆盖 90% 通勤人口的空间椭圆，职住分离度是按照全社会总通勤距离最小原则计算的理论最优通勤距离。

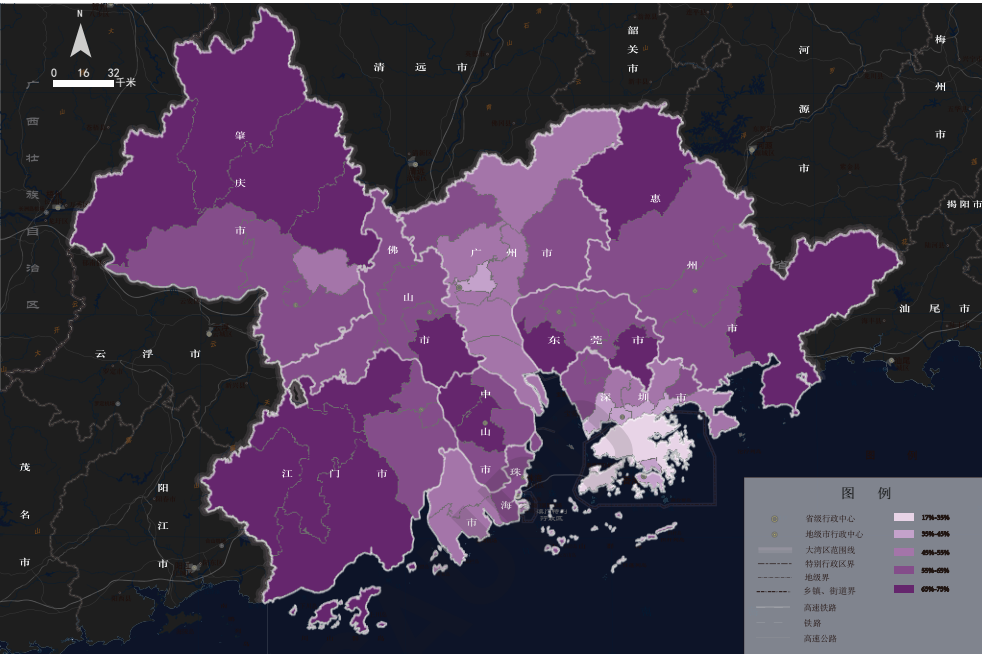


图 3-3-38 大湾区各区县幸福通勤分布

就近的职住平衡是城市规划工作者一直追求的一个规划理想，它意味着个体可以减少在通勤上所耗费的时间，在通勤方式上也有更灵活的选择，因此这样的通勤是“幸福”的。但从大湾区“幸福通勤”区县分布图来看，现阶段的就近平衡更多与非中心区县的就业形态有关，是努力奔向“幸福通勤”的过程状态。例如位于中心城区外围的工业园区、新城开发区，这类地区因功能相对独立、通过提供配套宿舍就可实现就业者的“就近通勤”。但从现实的情况来看，这类地区往往因交通服务供给不足难以满足个体在通勤方式上的自由选择。因此，我们说这类“幸福通勤”仍是过程状态，未来随着配套服务设施的改善，这类地区将真正实现“幸福”通勤。

（3）通勤不仅是刻画城市空间特征的指标，也是城市效率与绿色发展的支撑

对于个体而言，职、住空间分布受城市空间尺度、就业类型分布、住房成本等客观因素影响，但个体的通勤感受取决于通勤过程中交通方式的服务水平。一方面，市域轨道、轨道快线、快线巴士等公共交通服务方式缩短了通勤出行时间，提升了个体的通勤体验；另一方面，这类交通服务方式是否真正便捷可获取也是影响通勤服务水平的重要因素。

156
157

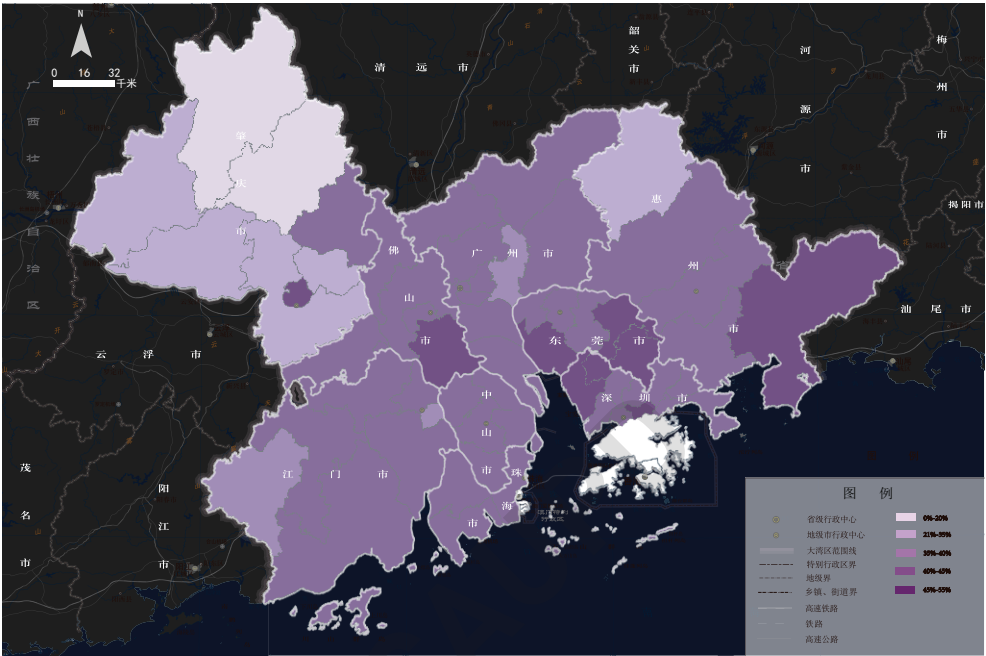


图 3-3-39 大湾区各区县公交 45 分钟服务占比分布图

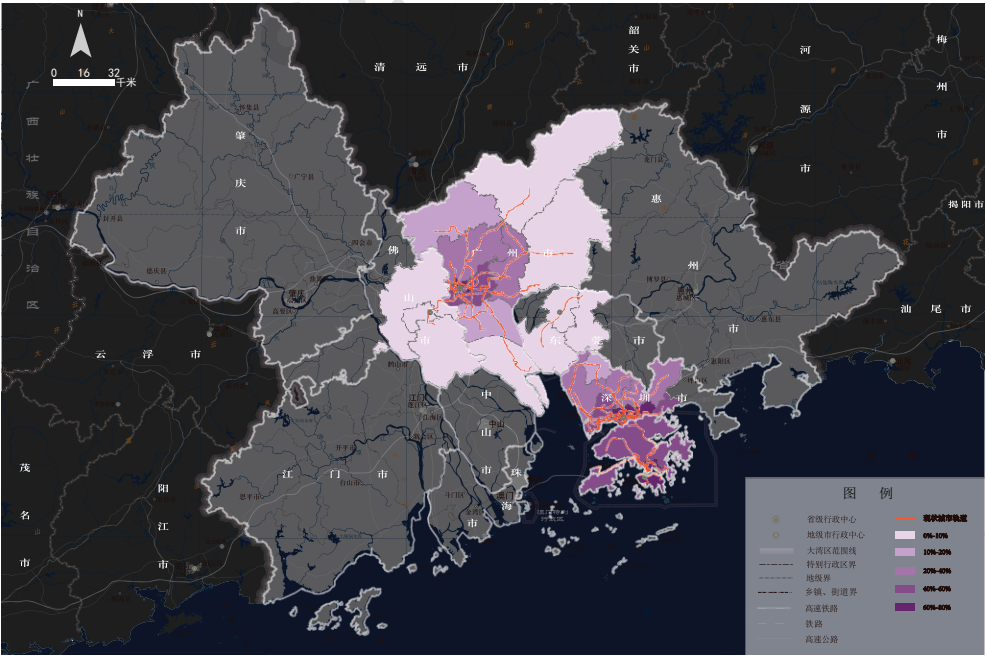


图 3-3-40 大湾区各区县轨道覆盖通勤人口比重分布图

从大湾区各区县 45 分钟公交服务占比和轨道覆盖通勤人口比重来看，便捷的公共交通供给仍以中心城区服务为主，这也是我们说外围区县“幸福通勤”仍是过程状态的原因。各城市的公共交通服务水平也存在着较大差距。目前，通过高效、便捷的公共交通服务保障城市通勤时效已成为全球大城市的目标。新加坡在《陆路交通总体规划 2040》中提到“90% 的行程能在 45 分钟时间内通过公共交通、主动出行、共享交通等方式完成”的目标，伦敦亦在《伦敦交通 2025》中提出“45 分钟内公共交通可达的通勤人口比例是城市交通发展的核心度量指标”。

从绿色交通发展的角度来看，公共交通服务也是影响通勤碳排放的重要因素。通过分析大湾区各区县人口密度与人均通勤碳排放量的关系，我们发现：香港九龙、港岛，以及澳门半岛等地区均通过发达的公共交通服务支撑了城市的高密度建设，成为大湾区典型的高密度、低碳排放区县，也体现了交通服务的效率。因此，在“碳中和”背景下，如何提升公共交通对通勤出行的服务水平，实现绿色发展与美好生活的目标，是未来较长一段时间大湾区交通发展需重点关注的问题。

作者：张文娜，中规院深圳分院交通规划设计研究所，交通规划师；《粤港澳大湾区通勤监测报告》由住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室、中规院深圳分院、中规院交通分院、百度地图慧眼联合发布，深圳分院项目组成员包括：李鑫、孙文勇、平少华、程威知、刘行等。

3.3.6 以轨道枢纽重构推动湾区空间的低碳布局——枢纽规划实践与思考

（1）枢纽规划建设成为关注热点

在各类机动化出行方式中，轨道交通碳排放量较低，是绿色低碳出行的优选方式。目前国家正大力支持轨道交通发展，粤港澳大湾区高铁、城轨、地铁的规划建设正加快推进。

从提升粤港澳大湾区整体运行效率的角度，中规院深圳分院在 2016 年受广东省住房和城乡建设厅委托开展《“经略珠三角”规划研究》，提出在粤港澳大湾区构建“双环 + 放射”城际轨道结构体系，整体提升大湾区城际出行服务，方案概念在《大湾区城际铁路建设规划》基本得以实现。

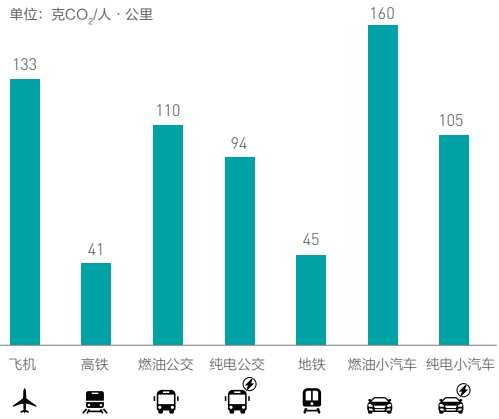


图 3-3-41 各类交通方式碳排放对比图

158
159



图 3-3-42 《经略珠三角》(2016):“双环+放射”城际轨道结构

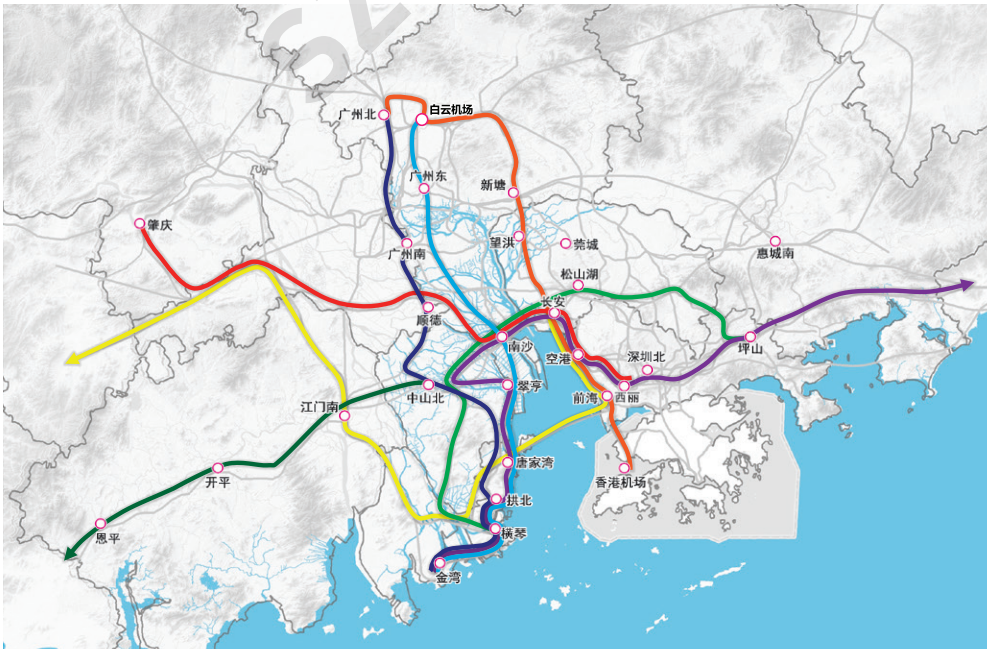


图 3-3-43 《大湾区城际铁路建设规划》

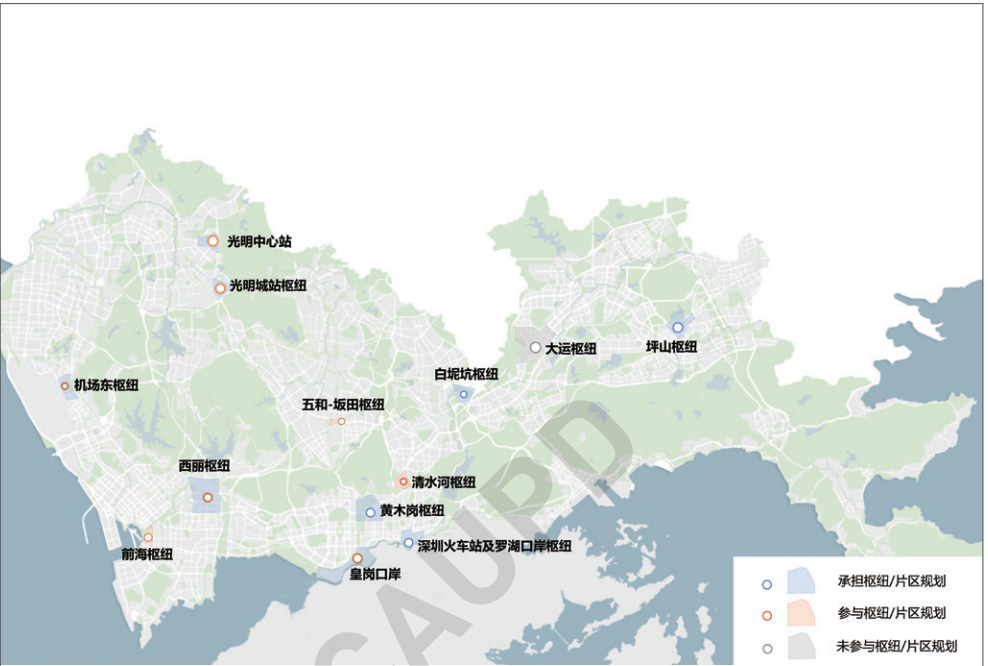


图 3-3-44 中规院深圳分院参与深圳地区轨道枢纽片区规划项目情况

经过多年发展，大湾区轨道线网的格局已基本稳定，当前的规划重点和热点逐步转移至枢纽，中规院深圳分院也在粤港澳大湾区的枢纽规划设计中发挥了重要的作用。以深圳为例，参与了目前深圳正在开展的 90% 枢纽规划设计项目，其中有 50% 的枢纽片区规划的整合工作正在开展中。

综合各个项目的情况来看，目前轨道交通发展面临的两大问题仍待重点突破：

——站城的协同发展：枢纽（及车站）是轨道交通系统服务城市活动的核心空间，也是人民出行服务体验的关键节点，“站城耦合”对于提升城市的服务效益具有重要意义，部分城市已成功获取了发展红利，从而促使“TOD”热潮出现。

——线网的连通效率：粤港澳大湾区内形成了高铁、城际、城市地铁等多层次多制式的轨道线网体系，“互联互通”、“多网融合”是轨道交通系统效率提升的关键，也是考验大湾区轨道交通系统能否实现绿色低碳目标的重大议题，其中枢纽建设正成为关注的热点。

160
161

（2）以“站城耦合”减少无效流动

早期的普通铁路枢纽选址均位于城市的中心区内，但随着近年城市的扩张以及“站城矛盾”的突显，越来越多的大型高铁枢纽选址于城市中心区外围或郊区，从而导致了大量的乘客需通过远距离的接驳才能获取高铁服务。目前，广州南站布局于距离城市中心 15 公里以上的番禺，致使大量的旅客频繁往返于城市中心区与郊区之间，成为旅客诟病的一大典型。

表 3-3-5 全国已建成 10 台以上高铁枢纽与市中心区距离（经由百度地图测量）

距离市中心区 d（公里）	大型高铁枢纽	数量
$d \leq 3$	石家庄站、兰州西站、天津站、沈阳站、西九龙站	5
$3 < d \leq 6$	杭州东站、重庆北站、天津西站、北京南站、	4
$6 < d \leq 9$	汉口站、贵阳北站、南京南站、成都东站、徐州东站、合肥南站、南昌西站、深圳北站、北京西站	9
$d \geq 9$	西安北站、郑州东站、上海虹桥站、昆明南站、重庆西站、广州南站、南宁东站、长沙南站、济南东站、沈阳南站、武汉站、佛山西站、太原南站、哈尔滨西站、大连北站	15

“站城耦合”的意义在于减少无效的衔接转换，将高快速的轨道与高价值的城市空间进行叠合，营造到站即到目的地的体验，有效地减少城市转换的频次，从而减少出行的碳消耗。

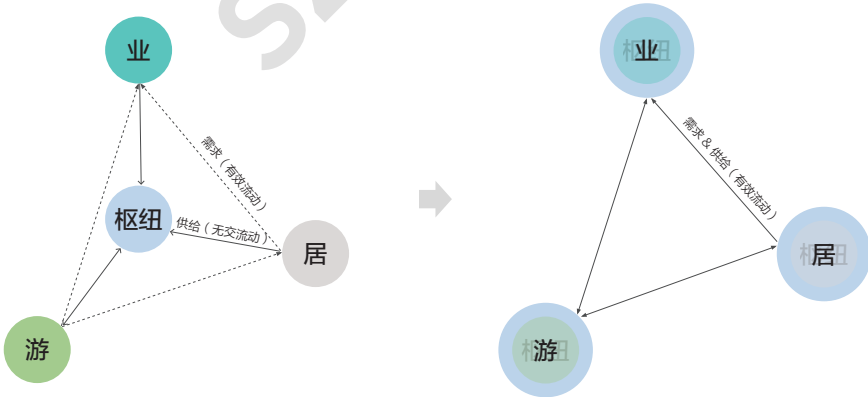


图 3-3-45“站城耦合”模式图

以湾区东岸的深圳都市圈为例，深圳核心地区的站城耦合特征突出，城市发展的重点片区与重点枢纽的布局呈现高度一致，东莞的轨道站城关系呈现初步的协同趋势，但惠州的轨道交通与重点片区布局呈现明显的偏离。因此，在未来都市圈国土空间规划中，中规院深圳分院将致力于提升都市圈地区站城耦合的程度，通过优化线网布局、提升枢纽片区规划等多种方式促进粤港澳大湾区的站城空间协同优化。

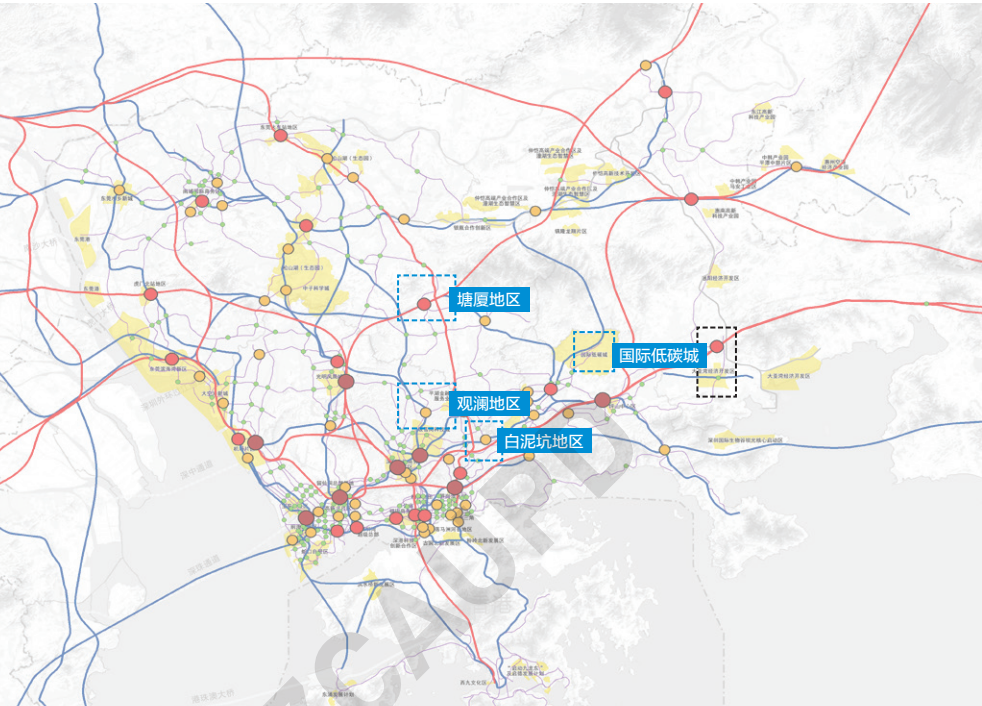


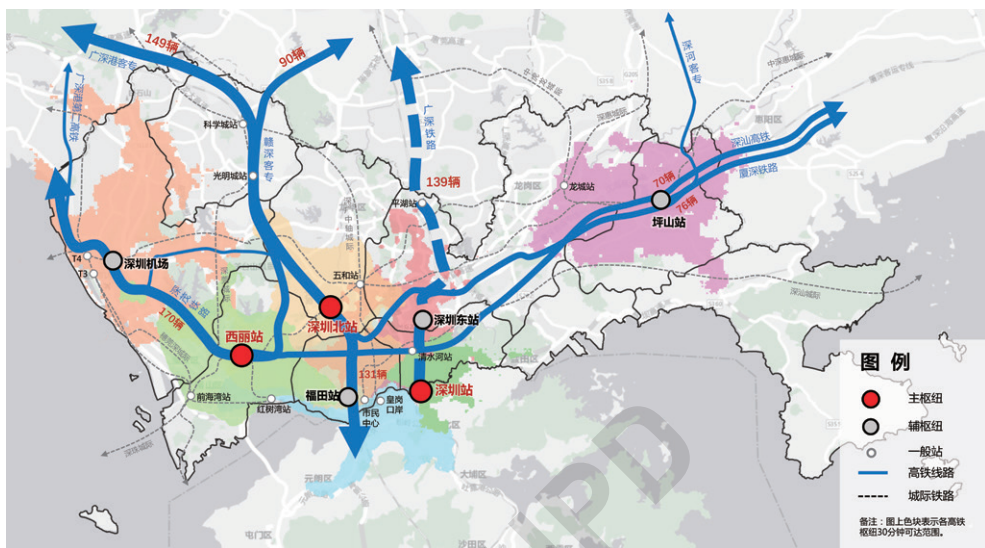
图 3-3-46 深圳都市圈重点发展片区与轨道线网布局关系图

（3）以“多枢纽服务”提升接驳效率

传统的铁路服务模式是一城一站，这种服务模式在城市高度连绵发展的粤港澳大湾区中问题尤为突出，在同样的土地上粤港澳大湾区各大城市集聚了更大规模的人口和就业，以单个枢纽进行全域服务显然人为地制造了集聚和拥堵，同时也与人性所追求的就近服务原则不相符。

以深圳市为例，当前仅有深圳北站作为高铁服务枢纽，导致宝安、龙岗、大鹏等地区的高铁出行极为不便，同时节假日高峰时期深圳北站地区的交通拥堵情况突出。目前批复的铁路总图规划将构建“三主四辅”的铁路枢纽格局，将有效缓解这种状况，将西侧客流分流到西丽站，但机场东站、坪山站仍定位为辅站，对于宝安、龙岗地区的服务支撑仍不足，建议进一步提升以上两枢纽功能，构建更为高效的多枢纽服务。

国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》要求“市地级行政中心 45 分钟上高速铁路”，最新印发的《城市综合交通体系规划标准》要求“高快速铁路主要客站应布置在中心城区内，并宜与普通铁路客运站结合设置，中心城区外规划人口规模超过 50 万人的城市地区，宜设置高快速铁路



客站”。从政策与规范层面均提出基于服务人口规模与接驳时间要求提供服务。一些学者提出对于在枢纽周边构建大规模的高快速路体系来满足接驳效率的要求，该思路格局之下必将带来城市路网体系的重大变动，加重“站城矛盾”，而且这样的方式其实就是将本应由轨道承担的运输转移到道路运输上，与我们所追求的低碳发展背道而驰。我们认为，高铁枢纽更多是为城市而服务的，高铁枢纽的建设不应带来城市交通的“梗阻”，而应借助枢纽的建设为城市的发展带来动力，并为城市交通的疏解作出贡献。因此，我们更倡导均衡化地布局高铁枢纽，以“多枢纽”服务减少无效的接驳转移时间消耗。当然，均衡化的“多枢纽”服务依托于高铁网络的互联互通，在各个枢纽配套相应的设施，使各枢纽能够提供“无差别”的服务。这种做法对于铁路系统本身增加了相应的设备投资，但不管是从人的出行服务、还是从城市交通管理的角度，铁路系统升级所带来的正外部性是巨大的，反过来也将提升铁路客流的运营效益。

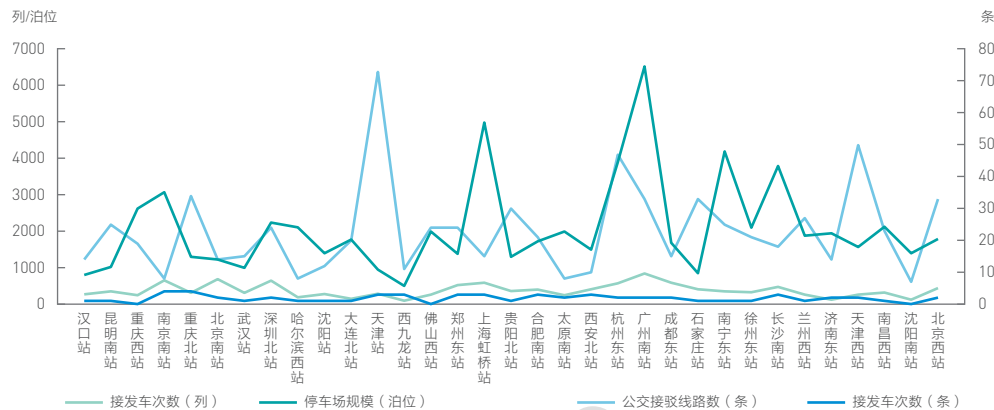


图 3-3-48 全国 10 台以上高铁枢纽接发车数量与接驳设施关系图

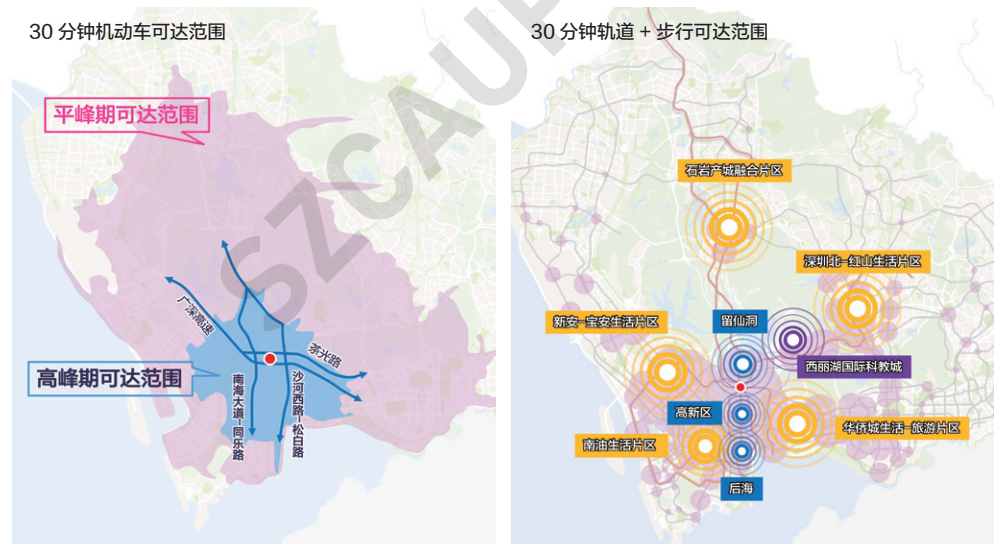


图 3-3-50 西丽枢纽轨道接驳可达性图

(4) 以“枢纽群”引导低碳绿色出行

通过对我国当前已建成的 33 座 10 台以上的大型高铁枢纽的梳理分析,发现当前大型高铁枢纽的接驳对于小汽车的依赖度高,各类交通接驳设施的布局并未形成合力,无论高铁枢纽配置的地铁线路数量多少,小汽车停车泊位配置规模均在 1000 个以上,公交接驳能力并未得到充分发挥。

因此，在即将新建的大型高铁枢纽中，我们将致力于引导更为“低碳绿色”的接驳模式：在《西丽综合交通枢纽地区城市设计国际咨询交通方案深化设计》工作中，我们提出“1+N”枢纽群的服务

模式，利用城市轨道交通网络形成多个与西丽枢纽便捷接驳的枢纽群，以城市轨道交通的“准时、快捷”服务作为主体，在枢纽周边及外围地区形成多个接驳点，一方面解决高峰期道路拥堵带来的高铁接驳服务可靠性问题，另一方面提供优质的公共交通服务引导乘客绿色低碳出行。

随着轨道交通的快速发展，未来轨道的线网规模、枢纽的数量将呈现级数上升。据统计，深圳市域范围规划枢纽超过 200 个，整个深莞惠地区规划枢纽数量超过 300 个。与东京、巴黎都市圈相比，枢纽规模已超过 2 倍以上。面对多中心发展的格局、功能空间裂变的需求，需要以新的轨道枢纽组

164
165

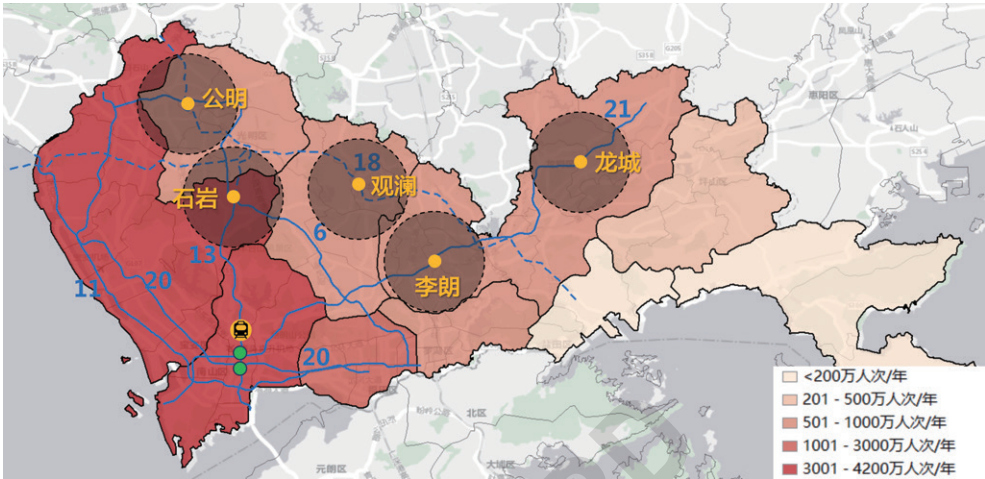


图 3-3-51 西丽枢纽“1+N”枢纽群服务（实线为近期建设线路，虚线为远期线路）

织模式来服务城市。如何对枢纽进行分级分类，促使枢纽空间布局与城市空间相耦合，充分发挥枢纽集群协同效应，将是粤港澳大湾区、深圳都市圈枢纽体系重构的重点，也是推动湾区空间低碳发展的关键点。

作者：蔡燕飞，中规院深圳分院交通规划设计研究所，主任工程师；中规院深圳分院交通规划设计研究所牵头《西丽综合交通枢纽地区城市设计交通方案深化》的编制，并参与《“经略珠三角”规划研究》、《深圳火车站与罗湖口岸片区城市设计国际咨询》、《深圳市西丽综合交通枢纽概念设计及主体建筑设计方案征集》、《深圳火车站与罗湖口岸片区更新统筹规划》、《清水河综合交通枢纽方案设计方案征集》、《基于 TOD 理念的深圳白坭坑区域可持续发展规划建设管理研究》、《南海区综合发展规划——轨道站点 TOD 综合开发策略研究》等枢纽相关项目，相关项目人员包括李春海、张文娜、高阳、李超、平少华、陈旭光、谢博宇等。

3.3.7 深圳市既有城中村碳排放特征及减碳路径——以和一新村为例

（1）研究概况

① 研究背景

根据相关研究，城市二氧化碳排放量占整体排放量的 60% 以上，是造成气候变化的主要因素，也是碳中和的主阵地。与深圳类似的国际城市产业结构以及工业能源结构调整后，社区生活碳排逐渐占据了较大比例（超过 50%），社区作为城市管理的重要基本单元，随着我国城市发展，未来碳排比例预期将会显著增加。

近年来，我国社区更新逐渐从“拆、改、留”转向“留、改、拆”。过去大规模房地产开发逻辑下，高耗能、高污染、高排放、大拆大建式的模式在社区更新改造中不再适用。“渐进式更新”和“微更新”成为关键趋势，在此视角之下，社区绿色更新是城市减碳的重要抓手。社区尺度的碳减排具有更简单、更灵活、更容易操作的优势，因此低碳社区的更新和管理应该受到足够的重视。

② 研究对象

深圳是全国城中村密度最高的一线城市之一。40 年来，深圳上千个城中村为新深圳人提供了第一落脚点，以包容的姿态慷慨地接纳着来自四面八方的年轻人。作为深圳居住空间中的重要组成部分，现状城中村中的碳排放是反映深圳生活碳排的重要空间类型，也是映射未来人群结构变化最为敏感的地区。

本次既有社区研究选取的和一新村建于 2010 年前后，地处深圳市宝安区沙井街道，周边现状以旧村旧厂为主，是研究深圳工业租赁型社区碳排放水平的重要样本。



图 3-3-52 和一新村区位及现状照片

③ 工作方法

本次研究旨在从社区碳排放计量入手，通过访谈、现场调研的方式采集包括社区用能、居民出行、衣食生活和绿化固碳四个方面的相关数据，在掌握碳排放现状数量和结构特征的基础上，确定碳减排的具体量化目标和指标，使低碳管理和建设更易于实施和监控。

（2）社区特征与碳排放特点

① 生活水平与碳排总量

和一新村居住的以周边工业区就业的人群为主，超过 98.9% 在此居住的人均为租赁房屋，户均人

166
167

口极低，仅为 1.36 人 / 户，基本为单身人群。从学历结构来看，超过 70% 为 19~40 岁之间，超过 75% 为初中及高中学历。与之相对应，和一新村的主要户型为 12~30 平方米左右的租赁型户型，套内仅能满足洗漱、晾晒、休息、如厕等基本生活需求。

与同类城市的商品房、安置房及老社区相比较，和一新村的人均碳排放绝对值处于最低水平。其中在能源消耗上的差异尤其大，反映了家庭结构、生活方式、居留方式对于社区能源消耗的影响。

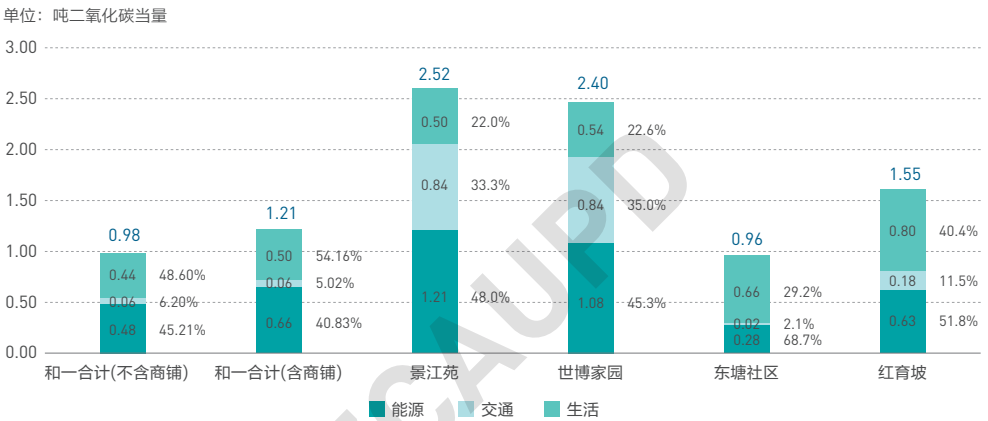


图 3-3-53 和一新村与其他类型社区人均碳排比较

从人群结构变化上来看，深圳的人群结构在过去十年发生了剧烈的变化，人群受教育程度快速提升，就业结构也逐渐趋向于高科技化、高收入化，城中村作为特定时期的居住类型，总量上的能耗低反映的更多是社区宜居水平低，需要警惕未来由于生活水平提高、人群结构变化带来的碳排增长。

② 社区生活与碳排放空间分布

和一新村总占地面积约 6.5 公顷，总建筑面积为 95233 平方米，其中底商面积共计 13728 平方米，主要为社区服务功能，包括饮用水站、餐馆、社区商铺、网吧等。

源于和一特殊的居住形式，其生活特征也相对独特，在访谈中 80% 受访的居民不在家做饭，吃饭工作日在工厂解决，在家则是通过外卖及餐厅吃饭；64% 受访的居民在家不烧开水，日常饮用水通过楼下的饮水站购买直饮水、矿泉水解决；受访居民除睡觉时间外，在家平均居留时间不超过 3 小时，其余时间除工作外，主要在网吧等娱乐场所开展休闲活动。

和一新村社区商业空间碳排占整个社区的 20%，其中燃气消耗的碳排放占整个社区的 80%。这反映了家庭人口结构对于碳排放的影响是非常显著的。对于成员不常在家就餐、居住的家庭来说，社区服务功能就显得尤为重要。

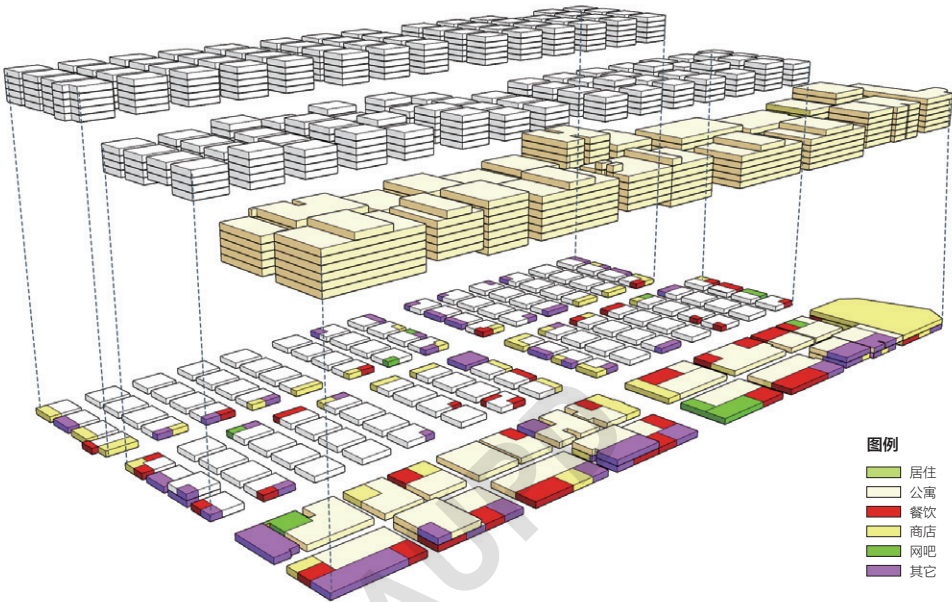


图 3-3-54 和一新村建筑功能

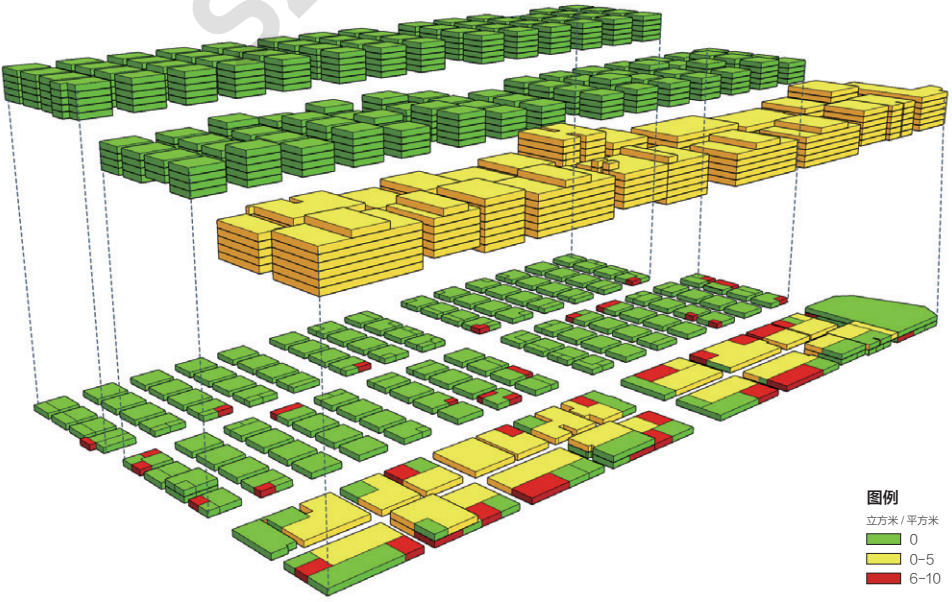


图 3-3-55 和一新村分功能单位面积燃气碳排强度

（3）发展情景与减碳路径

① 宜居、减碳目标下的城中村

城中村作为深圳在快速城镇化之下的特殊生活场景，一方面承担了低成本住宅的作用，但与此同时，伴随着深圳城市逐步的转型与调整，城中村也需要调整其居住空间的供给形态适应城市的新发展目标。从城中村的现状碳排特征来看，其碳排放量总量的低水平源自于居住人群生活水平的低质量，因此在“美好生活需要”背景下能源、资源消耗增长需要相应的技术措施予以规避。

目前深圳市正在通过城中村综合整治，规范城中村管理，其中已实施的具有代表性的案例包括水围柠盟公寓、万科泊寓等。从实践案例来看，受限於城中村的建筑结构产权特征，在综合整治后主要提供的仍然以租赁式住房为主，但人口结构会有一些的改变，改造后的城中村人均居住面积相较于现状会相对上升，但户均面积仍然在 30 平米以下，户均人口约 1.8 人左右，因此在低碳发展路径上仍然需要应对租赁为主的人群需求特征。

② 需求特征与碳排变化

从人群变化上来看，和一新村所在的宝安区在 2013 至 2019 年之间，从事技术服务的人群增长了近 10 倍。第三产业就业人口比重（41.01%）已经与工业（43.16%）相近，其变化映射到租赁型住房内的人口结构说明了人群的年轻化以及就业结构的多元化。

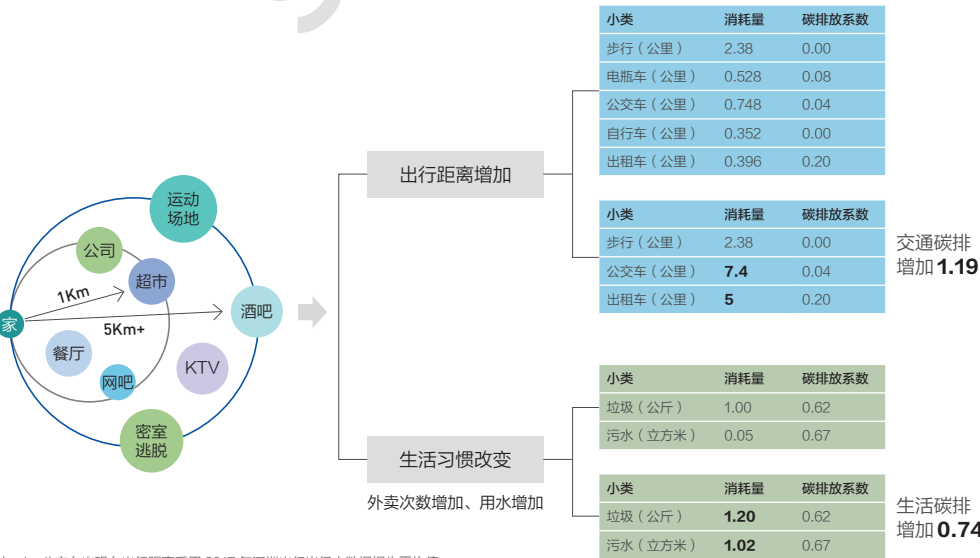


图 3-3-56 和一新村人群需求变化

居住能耗上升：由于家庭结构及户均人口的变化，户内的能源消耗水平相对于现状会存在较大的提升。

交通出行增多：根据《经理人》杂志针对该类人群的社交分析报告，相较于传统制造业就业人群，以服务、研发为主的人群出行距离和频率会显著升高，同时对于文体娱乐设施需求加大。

③ 减碳路径

推动城中村整体绿色化改造：从城中村发展来看，对现有居住环境进行整体改善是植入绿色技术的前提。从碳排放的角度而言，改造时一次性对电器、用水、垃圾、污水处理等进行全面更新能够有效降低碳排放总体水平，人均碳排降低比例能够达到 30%。从碳成本来估算，一次性改造投入的碳排预计为一年的碳排放量，相对于后期的年均消耗是值得的。

社区生活圈的搭建是实现绿色低碳的重要手段：租赁型社区由于其特殊的生活方式，日常饮食、娱乐活动大量发生在底商空间，通过共享空间、设施、服务的塑造能有效吸引各类居民使用相关设施和减少住宅内部能耗。

加强社区绿化水平以增加碳汇是重要补充：无论地面绿化、屋顶绿化、垂直绿化均能有效提升城市碳汇水平，因此，通过对社区进行一定程度的立体绿化能有效改善社区碳汇水平。

低碳生活方式的干预是实现碳中和必须引入的手段：现行绿色技术能减少的均为能耗水平，但很难将能耗降低至零，对碳中和来说，生活方式的转变则是实现碳中和“最后一公里”的必要手段。

作者：周游，中规院深圳分院规划设计一所，城市规划师；本节内容根据《中国街区更新中的绿色节能技术应用研究》课题整理与延展，项目由美国能源基金会（EFC）资助，由中规院与深圳建科院合作承担。中规院深圳分院课题组成员包括周俊、金鑫、周游、陈杨、刘旭东。

附录 参与人员名单

人员名单按章节排序

主 编	范钟铭 方 煜
编 委	朱荣远 王泽坚 罗彦 戴继锋
执 行 主 编	赵迎雪
文 字 统 稿	石爱华
校 对	石爱华
排 版 设 计	许丽娜
主要编写人员	石爱华 刘 岚 孙文勇 牛宇琛 张 琪 冯楚芸 蔡澍瑶 李春海 赵 亮
内 容 支 持	马向明 赵燕菁 邹 兵 张秋柳 茅明睿