



青岛市“十四五”能源发展 战略研究报告

Research on Qingdao's "14th Five-Year"
Energy Development Strategy

青岛市“十四五”能源发展战略研究课题组

2022年1月

Research Group of Research on Qingdao's "14th Five-Year" Energy
Development Strategy

Jan, 2022

项目课题组：

国家发展改革委能源研究所

The Energy Research Institute

北京中创碳投科技有限公司

SinoCarbon Innovation & Investment Co., Ltd.

项目资助单位：



能源基金会

Energy Foundation China

-----报告正文-----

免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。

- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

前 言

作为国家 5 个计划单列市之一、国家重要的现代海洋产业发展先行区、“一带一路”新亚欧大陆桥经济走廊主要节点城市和海上合作战略支点的“双节点”城市，“十四五”时期是青岛市深入推进生态文明建设、落实四增四减行动、推动经济高质量发展的关键时期。近年来，国际和国内能源发展趋势逐步发生变化。十九届四中全会强调“推进能源革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系”，从国家战略高度指明了保障我国能源安全、推动我国能源事业高质量发展的方向和路径。随着 2020 年 9 月我国“双碳”目标的提出以及今年《关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的意见》以及《2030 年前碳达峰行动方案》的正式发布，我国能源绿色低碳转型出现了新形势，高质量发展要求更加突出。

在此背景下，青岛市需要强化绿色低碳发展，通过构建清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系，以能源结构转型带动经济结构的优化，坚持节能优先的能源发展战略，在居民的能源消费得到保障和生活水平不断提升的基础上，降低全市的温室气体排放，确保全市实现绿色低碳的经济高质量发展。

本课题通过梳理青岛市的能源发展现状和经济产业基础，合理展望全市未来的能源供需情况，明确“十四五”及更远时期全市能源发展的战略方向，明确提出全市能源发展的核心愿景目标、主要路径和重点措施，并为青岛市“十四五”能源发展规划以及相关配套政策的制定提供科学依据和基础支撑，为绿色低碳循环发展的体系打下基础。

目 录

一、研究背景	- 1 -
1.1 研究背景与意义	- 1 -
1.2 研究目标	- 3 -
1.3 研究思路与技术路线	- 3 -
二、发展基础剖析	- 5 -
2.1 青岛市基本情况	- 5 -
2.2 能源供需现状	- 6 -
2.3 “十三五”能源产业发展情况	- 8 -
三、青岛能源发展定位研究	- 9 -
3.1 国际、国家能源发展形势的转变	- 9 -
3.2 国家和省级战略叠加的能源要求	- 9 -
3.3 “十四五”能源发展面临的机遇与挑战	- 10 -
3.4 “十四五”能源发展的主要定位	- 11 -
四、青岛市高质量发展的能源供需分析	- 12 -
4.1 高质量发展的能源需求分析	- 12 -
4.2 保障能源安全稳定供应	- 13 -
4.3 能源发展与“双碳”目标	- 14 -
五、青岛市能源发展的核心愿景目标	- 15 -
5.1 发展愿景	- 15 -
5.2 核心目标	- 16 -

六、能源革命高质量发展的三大路径	- 17 -
6.1 构建多元、灵活、安全、清洁的能源供给体系	- 17 -
6.2 构建智能、先进、高效的能源利用体系	- 19 -
6.3 创新现代能源管理体制机制	- 20 -
七、能源发展的四大重点建设措施	- 23 -
7.1 壮大风光储氢产业	- 23 -
7.2 拓展丰富用能场景	- 24 -
7.3 储备创新能源技术	- 26 -
7.4 构建新型能源生态系统	- 27 -
八、相关建议	- 29 -

一、研究背景

1.1 研究背景与意义

青岛市是国家5个计划单列市之一，全国15个副省级城市之一。近年来，国家战略在青岛不断叠加，山东省自贸区核心区、全国首批唯一的军民融合创新示范区、国家重要的现代海洋产业发展先行区、“一带一路”新亚欧大陆桥经济走廊主要节点城市和海上合作战略支点的“双节点”城市，赋予青岛全新的历史使命。

早在“十二五”时期，习总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出“四个革命、一个合作”能源安全新战略，其内涵丰富、立意高远，是新时代指导我国能源转型发展的行动纲领。2020年1月，山东省人民政府印发《关于加快胶东经济圈一体化发展的指导意见》，更是指出要构建合作机制完善、要素流动高效、发展活力强劲、辐射作用显著的区域发展共同体，从能源基础设施互联互通、产业创新协同共进、对外开放携手共赢、生态环境共保联治等方面入手，建设国际知名的青岛都市圈，打造全省高质量发展强劲引擎。2020年9月22日，习总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上首次宣示宣布中国碳达峰碳中和目标。此后，习总书记在国际公开场合连续十余次阐述强调碳达峰与碳中和目标愿景，更是体现了我国走绿色低碳发展道路的坚定决心。《关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》等文件的印发进一步明确中国经济体系绿色低碳循环发展相关目标要求。

“十四五”时期是青岛市深入推进生态文明建设、落实“四增四减”行动的关键时期，也是全市能源行业进入全面深化改革的重要时刻。从目前来看，能源需求发生新变化，高质量发展要求更加突出，能源安全面临新挑战，新旧风险交织并存，绿色转型出现新形势，未来任

务更加艰巨,创新发展进入新阶段,科技和体制创新重要性更加凸显。

在此背景下,青岛市通过构建清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系,将以能源结构转型带动经济结构的优化,强化能源消费强度与总量双控,坚持节能优先的能源发展战略,提升产业能效和技术水平;在居民的能源消费得到保障和生活水平不断提升的基础上,降低全市的温室气体和污染物排放,提升空气质量、确保气候安全,提高居民生活的幸福感和获得感,推动全市实现绿色低碳的经济高质量发展。与此同时,构建现代能源体系也是青岛市转变发展方式,培育新的经济增长点的重要手段。“十四五”期间,青岛市在能源领域面临重大基础设施的投资需求,能源基础设施建设、能源产业布局、能源技术发展等方面是将青岛市未来重要的发展方向。在全市独特的区位优势 and 条件,以及国家战略叠加的机遇下,新型产业体系的建立必将带来能源供给方式的变革,严格控制化石能源消费,统筹煤电发展,积极发展非化石能源,统筹考虑供需平衡、能源安全、经济安全,合理规划能源品种与基础设施建设。

青岛作为典型的能源输入型城市,“十三五”时期以来,全市能耗总量虽然得到有效控制,但支撑经济发展空间有限,能源资源供给对经济发展的约束仍然存在。虽然全市能源消费结构近年来快速优化,但清洁能源比重低,可再生能源占比处于较低水平。能源产业缺乏有影响力企业和核心技术,能源基础设施建设尚存不足。高耗能行业用能仍然占据较大比重,能源利用效率与深圳、北京等先进城市相比仍有较大提升空间。本地能源供需的矛盾随着经济增长而日益凸显,低碳能源发展成果需要进一步巩固。

在环境资源约束和经济高质量发展需求下,为面对能源革命与转型发展的机遇和挑战,更好地发挥区位优势、贯彻国家战略、抓住政

策红利，建设出具有本地特色的清洁低碳、安全高效的现代能源体系，青岛市迫切的需要具有综合性和高水平的能源战略研究来为全市“十四五”至更远时期的能源发展指明方向。

1.2 研究目标

调研青岛市的能源现状和基础，分析未来能源供需，明确“十四五”时期全市能源发展的战略方向，并就能源发展的问题深入开展研究，明确提出全市能源体系的发展目标，构建包含总量控制目标、可再生能源发展目标、基础设施建设目标等的指标体系，明确能源发展的重点领域、重点行动、重大项目概念、投融资模式等，为青岛市“十四五”能源发展规划以及相关配套政策的制定提供科学依据和基础支撑，为绿色低碳循环发展的体系打下基础。

1.3 研究思路与技术路线

本研究将以青岛市社会、经济、产业、能源资源禀赋、能源生产和消费的现状为基础，深度剖析全市能源发展情况和特征，分析全市可再生能源潜力，解析“十三五”时期的发展变化趋势，研究青岛市产业、能源结构，分析青岛市的能源发展目标、挑战和机遇，明确青岛能源体系的定位并识别在国际、国内背景下面临的多重约束。基于此，项目将统筹考虑未来的能源发展情景，预测“十四五”时期支撑全市高质量发展的能源需求，从全市能源供应保障、供应结构优化、能源基础设施建设、能源产业培育等方面分析全市未来的能源供应情况，在能源供需平衡的前提下，提出符合青岛需求和特色的现代能源体系，并结合能源革命趋势和技术路线，以及青岛市“十四五”时期能源领域的发展目标、路径、重点领域、重点行动、重大项目以及保障措施等，最终形成青岛市“十四五”能源发展战略研究报告。

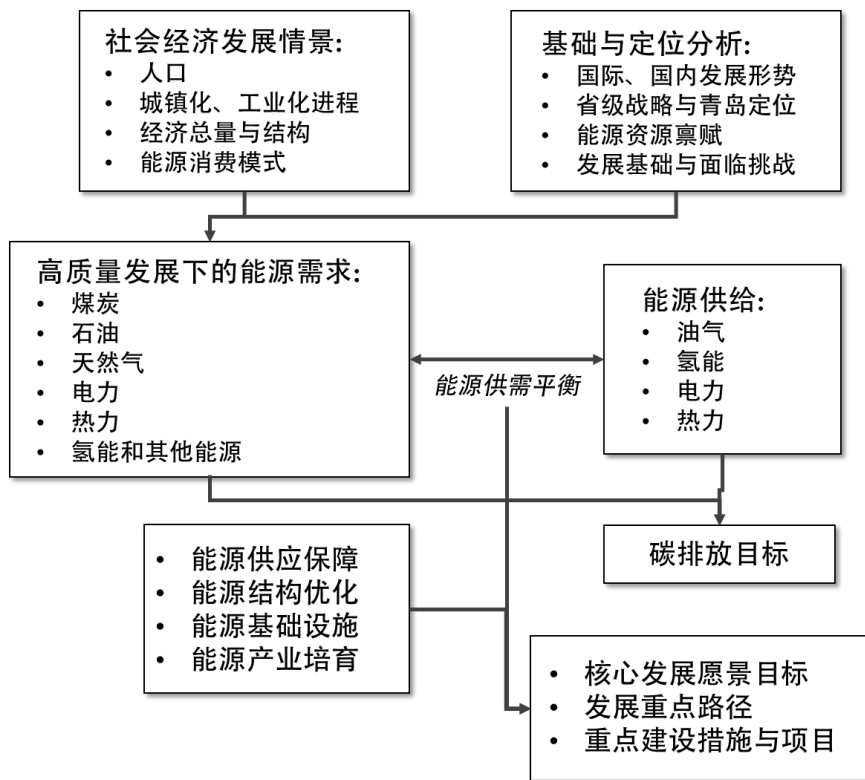


图 1-1 项目研究整体思路

二、发展基础剖析

2.1 青岛市基本情况

青岛市地处中国华东地区、山东半岛南部，是中国东部沿海重要的经济中心城市和港口城市。“十三五”以来，青岛市经济实力持续增强，呈现出“稳中有进、稳中有新、稳中提质”的发展态势。全市生产总值从2016年的9283.2亿元逐年增加至2020年的12400.6亿元，年均增速为6.5%。“十三五”时期，青岛市产业结构不断优化，第一产业与第二产业占比逐年下降，第三产业占比稳步提升。2020年，全市三次产业结构调整为3.4:35.2:61.4。2020年，全市常住人口约1010万人，城镇化率达到76.3%。

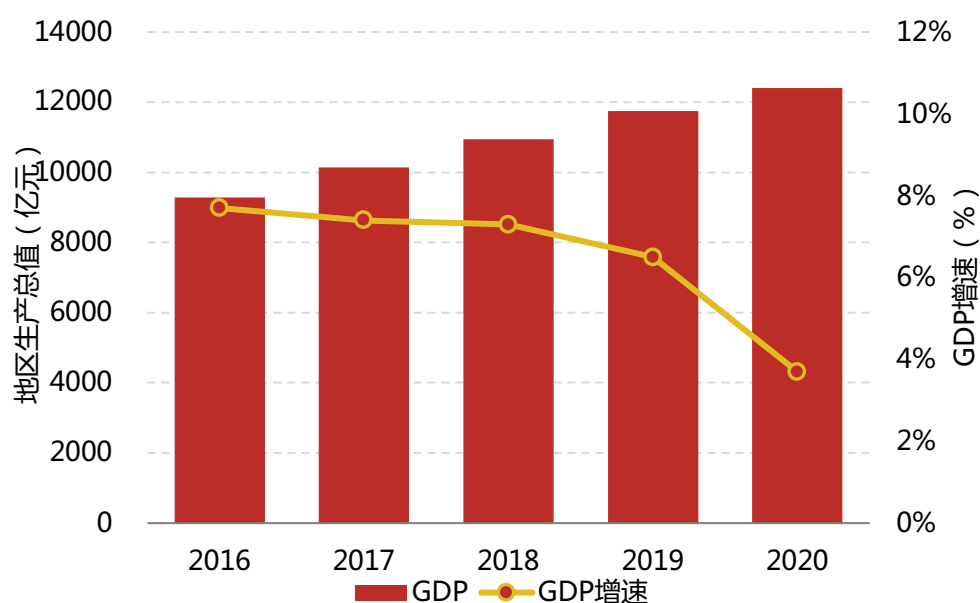


图 2-1 2016-2020 年青岛市经济发展变化趋势

重点产业方面，青岛作为我国重要的先进制造业基地和海洋新兴产业集聚区，“十三五”时期聚焦现代海洋、新一代信息技术、高端装备、新能源、智能家电、医养健康、轨道交通、人工智能、汽车制造等重点产业，加快新旧动能转换，推动产业转型升级，加快构建现代产业体系。

2.2 能源供需现状

2.2.1 能源供需总体情况

近年来，青岛积极推动能源供给侧结构性改革，促进化石能源高效开发利用，拓展非化石能源增量，加强能源输配网络和储备应急设施建设，本地能源供应能力不断提升。同时期，全市能源用能需求伴随当地经济社会稳定有序发展明显增多，能耗总量始终高于地区能源生产量，对市外调入能源具有较高的依赖性。电力供需方面，由于受到自身资源条件限制，青岛电力供给体系存在薄弱环节，难以满足自身用电需求，用电多年来较为依赖市外调入。“十三五”期间，随着本地用电需求增多，市外电量占全社会用电量的比重波动增至 60%。

2.2.2 能源消费现状

进入“十三五”时期，随着当地经济社会不断发展，青岛市能源消费总量整体涨幅明显。2020 年，全市能源消费总量较“十二五”末增长 7.2%。随着地区节能降碳工作不断深入，青岛市能源强度稳步下降。2020 年，全市能源强度为 0.27 吨标煤/万元，五年间累计下降 21.5%。

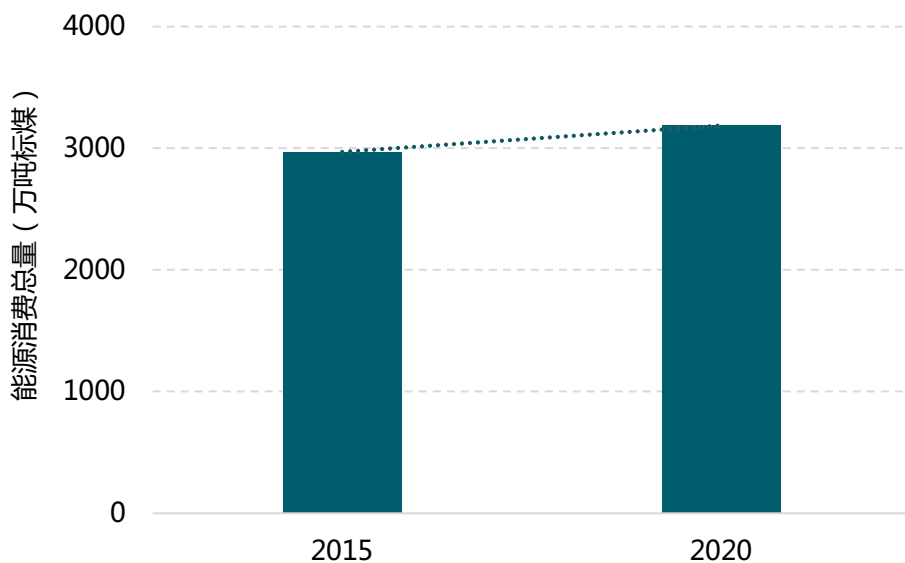


图 2-2 2015 与 2020 年青岛市能源消费总量对比

能源消费结构方面，全市化石能源消费比重仍占据主体地位。多年来，煤品和油品消费占比始终较高，其次为一次及外调电力，天然气消费与其他能源消费占比相对较低。分领域来看，工业、服务业、居民生活为本地能耗较高的三大领域，2020 年上述部门能源消费之和约占全市能源消费总量的 95%¹

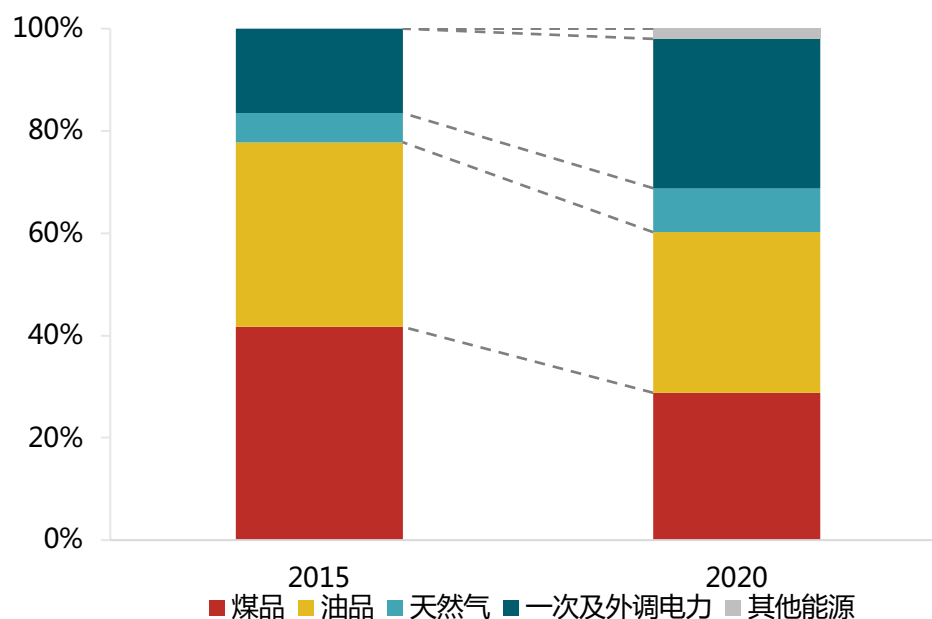


图 2-3 2015 与 2020 年青岛市能源消费结构对比

用电方面，全市用电量随经济发展、城市电气化水平提高、居民生活水平提升而持续走高。2015 年以来，电力消费结构不断优化。全市煤电电量、清洁能源电量、市外电量占全社会用电量的比重由 2015 年的 44.2%、5.3%、50.5% 优化到 2020 年的 26.4%、13.6%、60.0%。

2.2.3 能源供给现状

近年来，青岛市本地能源生产量呈现出波动增长态势。油气生产方面，全市原油加工量与汽油产量近年变化不大，柴油产量出现轻微下降。供电方面，本地电源保障能力显著增强，绿色电力供应能力明

¹ 光明网，青岛全社会能源消费总量强度双下降，<https://m.gmw.cn/baijia/2021-03/17/1302170278.html>

显提高。“十三五”时期，全市发电量先增后降，新能源发电量持续增长。

表 2-1 2015-2020 年青岛市本地能源生产加工情况

年份	能源生产量	原油加工量	汽油产量	柴油产量	发电量	新能源发电量
	(万吨标煤)	(万吨)			(亿千瓦时)	(亿千瓦时)
2015	2308	1288	363	366	174	-
2016	2802	1519	461	419	175	-
2017	2775	1523	456	408	182	14
2018	2834	1541	474	383	192	17
2019	2422	1219	375	305	181	17
2020	2589	1340	371	332	172	21

2.3 “十三五”能源产业发展情况

综合实力逐渐增强。青岛市新能源装备领域以新能源汽车、智能电网、氢能开发与利用为主攻方向，目前产业发展势头良好，综合实力不断提升。

新能源应用规模不断扩大。围绕优化能源结构、减少化石能源消耗，青岛市加快推进新能源开发利用，着力推进风力发电、光伏发电、生物质发电供热等项目建设，新能源应用规模和范围不断扩大。

能源技术发展提供强劲支撑。以海洋能利用、风能装备、氢能利用为重点，依托青岛市内重点高校与科研机构，全市新能源产业科技创新支撑能力逐渐增强。

能源产业发展机制不断完善。“十三五”期间，围绕地区能源结构调整与消费侧节能增效、新能源技术研发与应用推广，青岛市人民政府相继发布多项能源产业相关政策，如《青岛市节能与绿色发展行动方案(2018—2020年)》《青岛市氢能产业发展规划(2020-2030年)》等，为全市新能源产业提供了有效的政策引导与有利的发展环境。

三、青岛能源发展定位研究

3.1 国际、国家能源发展形势的转变

化石能源大量使用带来的气候变化、环境污染、资源短缺等问题日益凸显，给人类可持续发展带来巨大威胁。加快能源绿色低碳转型成为世界各国的一致行动，并取得了积极进展。欧盟、日本、北美等主要发达经济体纷纷更新和制定新能源发展战略，全球能源向、低碳化加速转型。截至目前，全球已有 127 个国家承诺碳中和，其中全球 10 大煤电国家中的 6 个已做出相应承诺。

在世界能源转型的大趋势下，中国作为能源大国和负责任大国，也肩负着推动技术创新、促进地区能源转型、实现可持续发展的重任。早在 2014 年，习总书记就在中央财经领导小组第六次会议上明确提出了“四个革命、一个合作”的重大能源战略思想。2020 年 9 月 22 日之后，习总书记在国际公开场合首次宣示并多次阐述强调中国碳达峰碳中和目标。推进能源革命等内容也被写入国家规划文件。“十四五”是我国推动能源变革转型的关键期和窗口期，能源系统向低碳化转型势在必行。

3.2 国家和省级战略叠加的能源要求

近年来，国家战略在青岛不断叠加，中央出台一系列文件支持青岛发展。作为国家沿海重要中心城市、重要的现代海洋产业发展先行区，青岛承载了国家建设世界一流海洋港口、山东省新旧动能转换、青岛上合示范区的历史使命。

山东省委、省政府历来高度重视能源建设，本地能源产业发展因此取得了巨大成就，但由于自身资源型、重化型产业结构突出，提升产业层次、优化能源结构、实现转型升级的任务十分艰巨。为此，山

东省计划通过优化产业结构、减少煤炭消费、增加低碳能源替代和创新工作机制，并以此推动山东省能源转型和碳排放尽早达峰。

青岛市“十四五”能源发展应按照国家推进能源革命的战略思路，把握气候约束对能源发展提出的新要求，结合山东省能源转型特点与能源产业发展重点，顺应能源发展大势，主动适应、把握和引领新常态，优化能源供给结构，提高能源利用效率，提升能源普遍服务水平，为打造山东面向世界开放发展的桥头堡、长江以北地区国家纵深开放新的重要战略支点，提供坚实能源保障。

3.3 “十四五”能源发展面临的机遇与挑战

3.3.1 复杂国际形势对能源安全稳定供应提出新要求

当前复杂的国际形势加大了能源安全稳定供给的不确定性，特别是受到地缘政治因素与新冠肺炎疫情的影响，国际能源合作不稳定性和安全风险大幅增加。青岛是典型的能源受端城市，受政策环境、市场价格和极端天气等因素影响较大，存在一定的能源短缺风险。在新形势下，青岛有必要做好中长期应对国内外环境变化准备，积极推进本地能源供应基础设施建设，加快提升能源供应链安全保障能力。

3.3.2 碳达峰碳中和形势加速能源低碳转型进程

国家碳达峰碳中和目标愿景对青岛市能源低碳发展提出新要求。在青岛经济发展带动能源消费总量稳定增长的预期趋势下，能耗“双控”压力不断增加。此外，全市天然气等清洁能源消费占比与广东、上海、深圳等先进省、市相比存在较大差距，能源结构深化调整任务较为艰巨。“十四五”乃至更远时期，青岛市有必要按照省委、省政府要求，积极推进能源生产和消费清洁革命，加快提升能源利用效率，以天然气和氢能为切入点，加快本地能源领域绿色低碳转型。

3.3.3 区域能源合作助推能源体制机制健全

我国经济社会目前正在加快构建新发展格局，“一带一路”倡议将推动能源领域开放合作。新形势下，青岛市能源体制机制与新模式、新业态的匹配度有待提高，现有能源体制机制仍对能源高质量发展的引领作用还需加强。有必要发挥区位优势，紧抓区域能源合作的重大发展机遇，完善能源要素配置方式，突破能源市场化改革，引导不同能源企业强化在基础设施建设和运营方面的交流合作，积极承担全省能源枢纽中心角色，助力胶东经济圈能源互联互通，系统推进能源安全高效供给与绿色低碳发展。

3.4 “十四五”能源发展的主要定位

为实现碳达峰碳中和目标愿景，着力构建清洁低碳、安全高效的能源体系，青岛市需完成煤炭压减和空气质量达标的环境资源约束，并满足建立“1322”产业新体系、推动经济高质量发展的能源需求，这标志着未来五到十年将是青岛市经济由高速增长向高质量发展转型的攻坚期，也是青岛市能源行业进入全面深化改革的重要时刻。考虑到国家战略在青岛叠加的红利，“十四五”期间，青岛市在能源领域面临重大基础设施的投资需求，能源基础设施建设、能源产业布局、能源技术等方面是未来青岛市能源产业发展聚焦的重点。新型产业体系的建立必将带来能源供给方式的变革，统筹考虑供需平衡、能源安全、经济安全，合理规划能源品种与基础设施建设迫在眉睫。

“十四五”及中长期，青岛亟须加快低碳可持续发展推动经济高质量发展、能源高效率利用和环境高水平保护，不断满足人民日益增长的美好生活经济需要、安全高效能源需要和优美生态环境需要。

四、青岛市高质量发展的能源供需分析

4.1 高质量发展的能源需求分析

展望 2035 年，青岛市将基本实现新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化，建成高水平国际化创新型城市与现代化经济体系。综合考虑全市经济高质量稳步增长带动的各领域用能需求增多，以及能耗“双控”制度的约束，预计未来全市能源需求将持续提升。对应的，全市能耗强度将稳步下降。

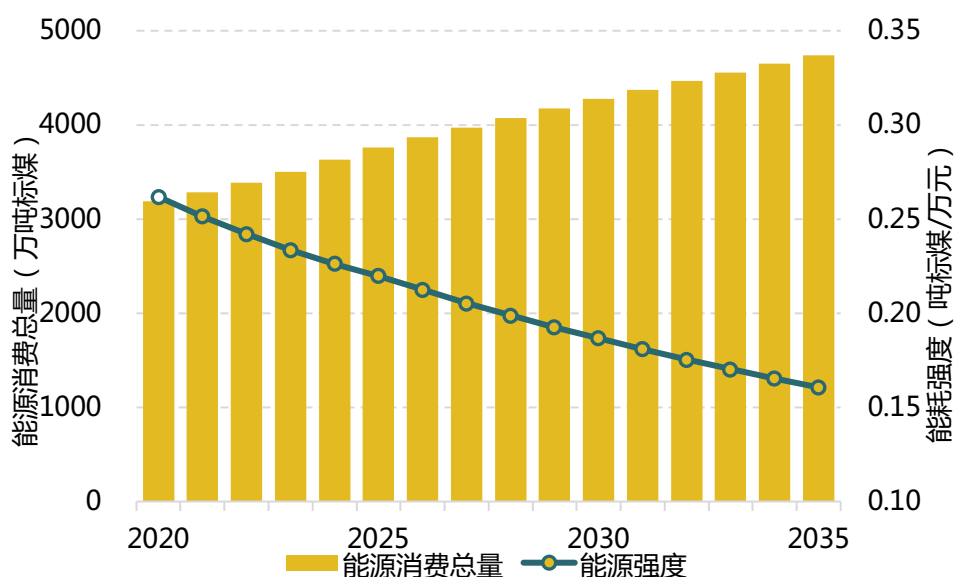


图 4-1 2020-2035 年青岛市能源消费总量及强度变化趋势

当前，我国碳达峰碳中和目标愿景对青岛市能源转型发展提出新要求，积极推进能源清洁革命，大幅提高能源利用效率，加快用能结构清洁化低碳化成为全市能源发展的必然选择。为此，青岛市未来有必要积极推动重点用能产业绿色发展，优化调整能源结构，加快能源发展方式转变，推动增量需求主要依托清洁能源，加速能源向清洁低碳转型。预计未来，全市非化石能源占一次能源消费比重将稳步提升。

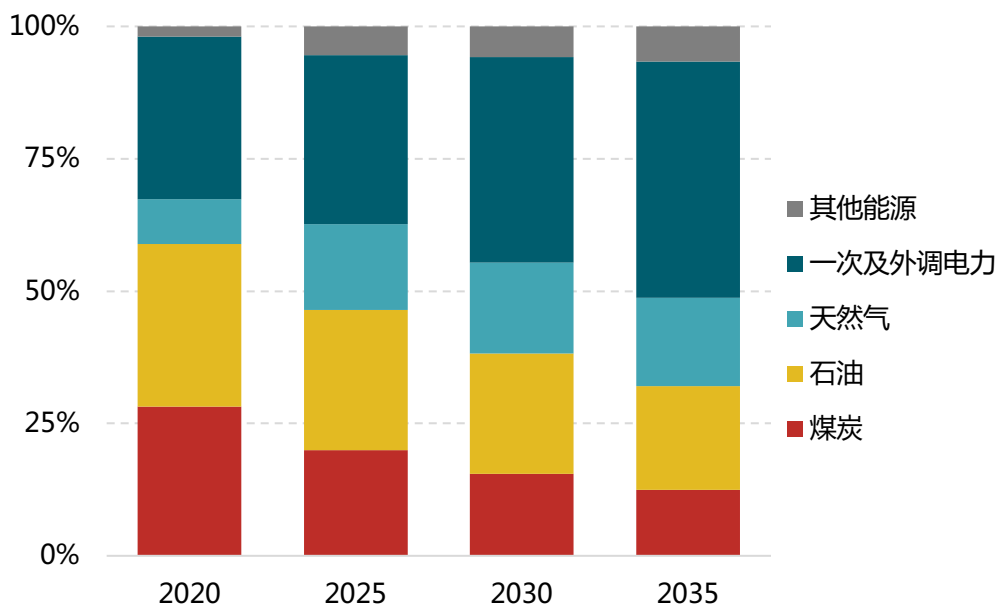


图 4-2 2020-2035 年青岛市能源消费结构变化

4.2 保障能源安全稳定供应

《青岛市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》及相关规划里明确指出，青岛未来将完善多轮驱动能源供给体系，健全多元市场供应体系，打造韧性、安全的现代能源供给保障体系，进一步增强能源对经济社会发展的支撑作用。预计未来全市电力供应、天然气接卸及输配、电煤储备等能源供给渠道拓展，供给能力实现大幅提升；全市在中远期能源供给侧多元化清洁能源供给体系基本建成，为碳达峰后的青岛实现碳中和愿景奠定良好的发展基础。

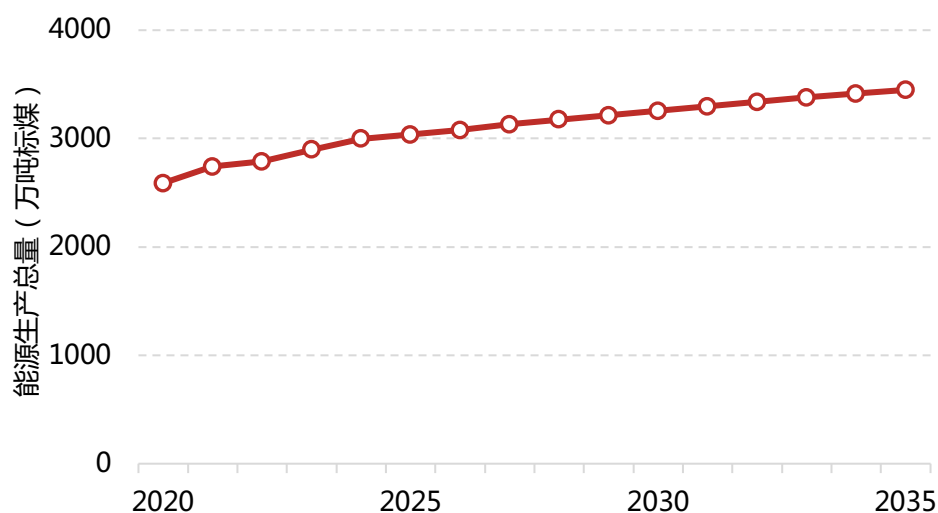


图 4-16 2020-2035 年青岛能源生产总量变化趋势

4.3 能源发展与“双碳”目标

“十四五”时期不仅是青岛市经济高质量发展的重要时期，也是全市碳达峰的关键期、窗口期。加快推动能源清洁低碳转型能够有效助力地区如期实现碳达峰目标，并为后续实现碳中和愿景奠定基础、提供坚实保障。按照当前预测的全市能源发展水平，“十四五”时期全市碳排放将持续增加，并在“十五五”中后期实现增量放缓，如期实现碳达峰目标。

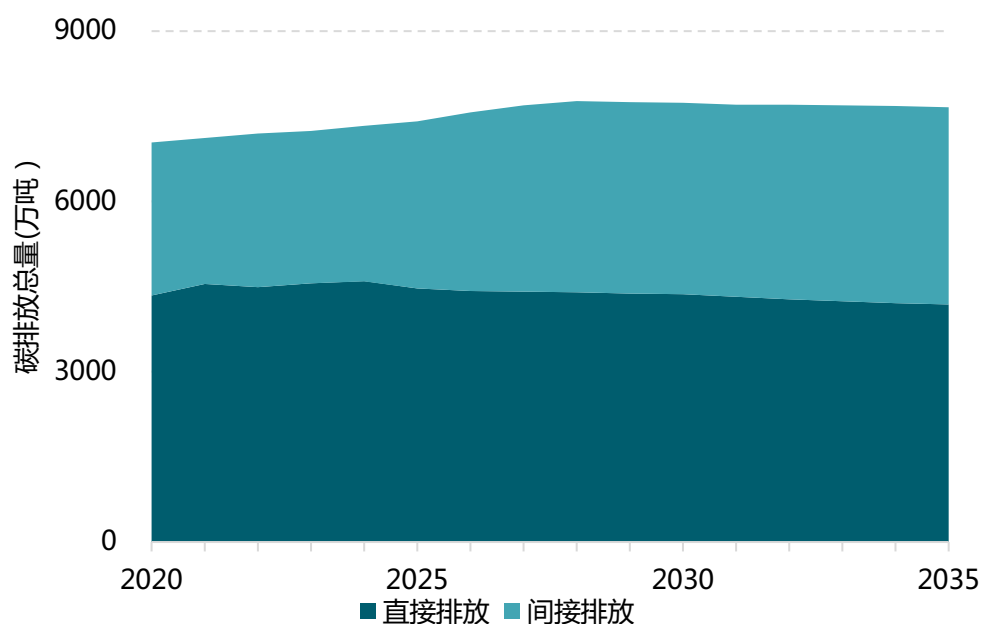


图 4-3 2020-2035 年青岛市碳排放变化趋势

五、青岛市能源发展的核心愿景目标

5.1 发展愿景

“十四五”是青岛市能源生产和消费转型的重要窗口期，明确青岛能源发展的方向和路径，对加快推动能源生产和消费安全高效低碳转型、应对气候变化、实现经济社会高质量可持续发展意义重大。本研究旨在全面落实“碳达峰、碳中和”新要求 and “四个革命、一个合作”能源安全新战略，以推动能源高质量发展为主题，以绿色低碳发展为主线，统筹发展和安全，加快推动能源发展质量变革、效率变革、动力变革，全面构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，以一个愿景为指引，以三大战略路径为依托，以四大重点建设措施为抓手，为努力建设智慧青岛、幸福青岛提供坚强可靠的能源保障。

一个愿景：构建立足十四五、面向 2035 的新型现代能源体系。

三大战略路径：一是构建多元、灵活、安全、清洁的能源供给体系。二是构建智能、先进、高效的能源利用体系。三是通过完善能源市场体系、构建新型能源生态系统进一步创新现代能源管理体制机制。

四大重点建设措施：一是壮大风光储氢产业，二是拓展丰富用能场景，三是储备创新能源技术，四是构建新型能源生态系统。

到 2025 年，全市多轮驱动能源供给体系进一步完善，能源供给能力稳步提升。围绕新能源利用技术及装备制造等产业，重点发展氢能、风能、太阳能、生物质能等新能源，初步形成基础研究、应用开发、装备制造、工程示范“四位一体”的新能源供应体系；全市能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高，用能结构明显优化，能源消费增量处于合理区间，能源发展方式发生根本性转变，增量需求主体转变为清洁能源，为如期实现碳达峰目标奠定基础。

展望 2035 年，全市清洁低碳、安全高效的现代能源体系全面建

成，多元化清洁能源供给体系不断完善，能源消费侧电气化和节能增效全面推进，能源消费结构进一步优化，能源技术创新体系与现代能源市场体制更加成熟完善，为青岛大步迈向碳中和目标、高水平基本实现社会主义现代化提供坚实保障。

5.2 核心目标

立足资源优势和产业基础，在深入分析青岛市的能源供需、能源建设和社会经济现状的基础上，按照“四个革命、一个合作”战略思想，构建形成清洁低碳、安全高效的绿色能源体系，助力青岛市建设开放、现代、活力、时尚的国际大都市。到 2025 年，能源消费总量控制在 4000 万吨标煤以内，能源强度五年累计下降 16%，煤炭消费占比控制在 23.5% 以下，能源生产总量达到 3000 万吨标煤以上，可再生能源装机量达到 523 万千瓦，外调电力占全社会用电量比重约 51.5%。

能源安全保障方面，以转变能源发展方式和提高能源发展质量为中心，以科技创新、提质增效为主线，加快构建并夯实多元供给格局，加强能源基础设施建设，着力减少化石能源利用，统筹集中式和分布式开发利用方式，力促风光等可再生能源装机持续增长。**能源利用体系方面**，深度拓展工业、建筑、交通等终端能源消费领域的电气化进程，加大生物质等非电利用，推动用能权、碳排放权市场化交易，持续推动可再生能源高比例发展利用，助力本地如期实现碳达峰目标。**智慧能源系统建设方面**，加快能源数字化、智能化发展，大力推动综合能源服务，开展源网荷储一体化试点示范。**能源科技创新方面**，提高科技创新能力建设，支持海洋能、氢能、储能等先进适用技术发展和关键核心技术创新和应用示范。**体制机制完善方面**，着力破除体制机制壁垒，推动绿色低碳能源与交通、建筑等产业深度融合，实现绿色低碳平稳转型。

六、能源革命高质量发展的三大路径

6.1 构建多元、灵活、安全、清洁的能源供给体系

6.1.1 电力供给清洁化

以高质量煤电推动能源转型。新能源为主体的新型电力系统依赖于遍布全国分布式的光伏发电、风电、储能系统，需要大力发展虚拟电厂与智能微电网，使常规火力发电从目前的积荷电力转变为调峰电力，实现电力脱碳与零碳化。

统筹推进海陆风电开发。以海上风电为主战场，积极推进风电开发，适度有序推进陆上风电开发建设，推进青岛市风电装机规模取得突破。

推进光伏规模化发展。整县制有序推进分布式光伏发展是青岛市推进光伏规模化发展的必要手段。逐步提高太阳能综合利用率，鼓励发展太阳能耦合多种热源在建筑供暖、生活热水中的应用。同时，青岛应有序发展集中式光伏，鼓励渔光互补、农光互补、风光储多能互补等“光伏+”项目示范，打造胶东半岛光伏发电示范。

做好生物质发电项目建设。山东省属于生物质资源大省，青岛市也应结合本地经济社会发展实际，科学布局、稳妥有序推进生物质发电项目建设，推动产业技术进步，提升项目运行管理水平，大力推进农林生物质热电联产。严控制只发电不供热项目，提升项目经济性和产品附加值，逐步形成有效的生物质发电市场化运行机制。推动开展生物质热电联产工程示范，推进生活垃圾焚烧发电项目建设。

6.1.2 完善油气供应体系

拓展油气热电氢综能源服务。青岛油气行业应起到保障能源安全的“压舱石”和“调节器”作用，作好平衡战略，要进一步加大油气勘探

开发力度,提高油气供应,降低油气对外依存度,合理使用油气资源,提高使用效能,保障国家和省能源安全。

内部节能推动行业减碳。“双碳”背景下,油气行业在发展油气业务的同时,要进一步做好自身减碳工作,优化自身能源利用结构,加快推进节能减排,在企业内部大力实施清洁替代和能源的清洁化利用,提高电气化水平,实现绿色低碳开发。

数字化转型创造更大价值。随着全球常规石油产量的下降,人类石油勘探活动逐步开始转向页岩油、超深水油气,在非常规油气开采领域,数字化技术将最具应用价值。基于此,青岛油气企业应借鉴全球各大石油公司经验,将数字化转型作为未来发展的战略方向之一,降低企业信息化建设和运维成本,增强核心竞争力。

6.1.3 供热多元低碳化

以可再生能源供热为重点。为推进清洁能源供热发展,青岛市先后出台系列文件,不断调整优化城乡供热能源结构,探索形成适应经济社会发展要求的清洁、低碳、安全、高效新型能源消费方式。“十四五”期间,全市应积极推进清洁能源替代,实施供热燃煤锅炉天然气替代工程,因地制宜、积极稳妥推进农村地区“煤改气”“煤改电”等清洁取暖工作,持续扩大太阳能、地热能、生物质能、工业余热等清洁能源供暖规模。促进可再生能源与常规化石能源供暖系统融合,创建可再生能源供暖示范。

以核能供热为依托。核能作为低碳能源供给的重要补充,是一个极有前景的领域。深入细致做好核能供热市场及适配性分析研究,对于优化青岛市能源结构、清洁供暖水平及实现零碳供热具有重要作用。与此同时,应统筹兼顾安全性和经济性,推动核能实现安全、高效、可持续发展。

以工业余热为抓手。青岛应从经济性出发，根据不同企业余热种类、温度、余热量，结合生产条件、工艺流程、内外能量需求，选择合适的余热利用方式，提高余热利用系统设备的效率，实现降低能耗、提高效益的目的。

6.1.4 积极发展非电低碳燃料

“十四五”期间，氢能和海洋能将是青岛市能源发展新动能的重要抓手，应以科技发展引领，推动青岛市如期实现碳达峰碳中和目标，带动地区经济绿色低碳发展。

6.2 构建智能、先进、高效的能源利用体系

6.2.1 深化结构节能

推动产业结构深度调整。能源消费与产业结构之间存在长期均衡关系，产业结构变动是促进能源效率提高的决定性因素。因此，青岛应着重进行工业结构的优化升级，加快实施新旧动能转换，构建战略性新兴产业引领、先进制造业和现代服务业支撑的现代产业体系，提高经济质量效益和核心竞争力。

严格控制“两高”项目盲目发展。坚决遏制地方“两高”项目盲目发展，将已建“两高”项目全部纳入重点用能单位在线监测系统，强化对年综合能耗 5000 吨标准煤以上高耗能项目的节能审查管理。

完善产业平台能效治理机制。探索实行能评准入机制，全面实施“区域能评+产业能效技术标准”准入机制，研究单位能耗“投入—产出效益”考核制度，制定重点区域负面清单。分类推进重大平台综合评价，开展重大平台年度、季度节能形势分析、预测和预警，定期发布评估报告。

6.2.2 推进重点领域节能

提升工业能效水平。加大传统产业节能改造力度，以钢铁、石化、化工、建材、纺织等高耗能行业为重点，加大落后产能和过剩产能淘汰力度，全面实施传统制造业绿色化升级改造。

建筑领域深入节能。全面推广建筑保温低成本改造，并在大型公共建筑建立能耗监测和管理系统，优化能源使用效率，降低建筑能耗水平。结合天然气管网建设规划和气源供应，因地制宜地推进煤改气、煤改电、煤改生物质等清洁取暖措施。加大绿色建筑推广力度，建设超低能耗和近零能耗建筑示范项目。

加快提升电能替代水平。在交通运输领域，积极推进船舶岸电和机场桥载电源工程建设，制定新能源汽车推广和燃油车新增限制计划等。在农业生产领域，加快完善农村电网改造升级，积极推动固定式机械以及小型移动式机械的电能替代等。在商业和生活领域，积极推动机关、学校、餐饮、商场等场所煤、气替代进程，加快普及节电智能家用电器，促进居民家庭生活便利化和清洁化。

6.2.3 推进多能互补项目建设

建设风光储氢一体化基地。以解决电力供需矛盾为切入点，在负荷需求大、供电有缺口、新能源资源条件好的地区，优化整合电源、电网和负荷等资源要素，辅以储能等技术手段。针对工业园区、商业区等区域特点，推进“源网荷储一体化”建设。

推动多能互补项目建设。积极发展先进储能技术、信息通信技术和智能控制等技术，加强可再生能源与增量配电网、电动汽车、充电桩、氢能等融合发展。结合新能源资源条件、互补特性和市场需求，因地制宜实施存量“风光火储多能互补”，在新能源资源较好区域积极推动试点建设。

6.3 创新现代能源管理体制机制

6.3.1 构筑新型电力系统

统筹各级电网协调发展。在电源方面推广可再生能源发电并网主动支撑、规模化储能设计与管理等技术，大幅提升可再生能源并网的友好性与安全性，满足高比例可再生能源接入与消纳需求；在输电网方面，积极推广柔性直流电网、半波长等新型输电以及大电网安全稳定控制和智能调度技术，提升电网资源配置效率、安全性和灵活性；在配电网方面，全面提高配电网智能互动水平，建立面向智慧城市的智慧能源综合体系；打通包含能源生产、传输、消费及存储的源、网、荷、储业务链条。

全面提升电力系统调节能力。因地制宜布局燃气调峰电站、抽水蓄能电站，加速形成源、网、荷协同促进清洁能源消纳的格局，多维度提升电力系统灵活性。鼓励建设以电为中心的综合能源系统，实现电源侧风光水火多能互补，需求侧电热冷气多元负荷互动，电网侧源网荷储协调控制，推动新能源发电方式创新。

打造智能坚强电网。结合绿色电源供应体系，完善网架结构，稳步推进电网智能化，布局打造“电力充足、安全稳定”的输电网，加快构筑“结构合理、技术先进、灵活可靠、经济高效”的配电网，形成“输配协调、强简有序、结构清晰、功能明确、匹配合理”的坚强电网构架。

6.3.2 完善能源市场体系

推动能源投资多元化。优化营商环境，创新多元商业模式，在政府建立碳达峰、碳中和目标考核机制时，将新能源项目考核纳入其中，设置既包含完成投资额、税收等经济效益，也综合考虑促进就业、碳减排量等社会和生态效益的考核标准。同时，进一步完善市场准入制度。尝试以新能源用能者信用和政府信用为担保开发金融产品，为新

能源项目融资；对于已持有新能源资产的大型企业，积极推动发行绿色债券或者绿色 ABS，畅通和拓宽融资渠道。

完善电力市场建设。根据对象的不同，采取多样化措施完善青岛电力市场建设，如有条件的提取与省内用电大户合作，探索新能源电力跨省交易机制；对于欠缺条件的地区，新能源电力可与火电、抽水蓄能相结合的方式参加中长期电力交易等。

落实能耗双控目标责任。严格落实目标责任，将能耗双控目标任务及时分解下达至各县市区。建立能耗双控分级预算管理机制与“百千万家”企业能耗双控目标责任考核机制，落实能耗双控监测预警和会商调度机制。

七、能源发展的四大重点建设措施

7.1 壮大风光储氢产业

7.1.1 打造风电和光伏产业基地

推进海上风电项目建设。通过技术引领、政策机制创新等多种方式，加快推动海上风电进步和成本降低，稳妥推进近海海上风电项目开发与深远海海上风电示范项目示范建设，以合理规模带动青岛市海上风电产业平稳发展。

着力打造光伏产业集群。合理布局光伏电站，有序发展集中式光伏，鼓励渔光互补、农光互补、风光储多能互补等“光伏+”项目示范。有序推进整县分布式光伏发展，积极开发建筑一体化光伏发电系统，合理布局硅材料产业等。

打造基于海上风电的多能互补样板。推动大型风电整机装备及关键部件制造产业发展，构建海上风电设计、施工、运维、电网等全产业链一体化发展格局。结合海上风电基地，打造风能、氢能、海水淡化、储能及海洋牧场等多种能源或资源集成海上能源基地重大示范工程。

7.1.2 推进氢能产业创新发展

以氢能助推产业升级。围绕氢气的制—储—运—注—用产业链上的核心环节，以建设“东方氢岛”为目标，充分发挥青岛的氢气资源、科技研发优势，以董家口、平度等化工园区副产氢、氯碱副产氢为基础²，加大蓝氢利用，推动氢能的高效制备，加大氢能技术研发力度，

² 青岛化工副产氢资源丰富，董家口化工园区内集聚了金能科技、海湾化学、青岛炼化等一批化工龙头企业，年产氢气量可达到约 14 万吨。

降低氢能制取和运输成本；充分利用富裕海上风电资源，发展绿色制氢技术。

打造氢能产业集群。在推进现有整车企业传统燃油车型提档升级的基础上，提升自主创新能力，加大氢燃料电池、智能车联网等关键技术攻关，推动新能源汽车产业集群化发展。

全力争创氢燃料电池汽车示范城市。加速推进氢燃料电池汽车示范城市的硬件要求达标。争取尽快完成氢燃料电池汽车示范营运数量和加氢站建设数量指标，力争氢燃料电池汽车尽快投产，氢燃料电池关键部件生产企业早日建成投产。

7.1.3 培育壮大储能产业链

加快储能产业强链、补链和延链。配合本地新能源产业发展，围绕正负极材料、电解液、电芯等关键材料和零部件制造，进一步扩大储能产业规模，大力发展电容储能产业，积极布局固态锂金属电池等前沿产品，适时布局液流电池等新兴化学电池。

推动储能示范项目建设。在电源侧，结合新能源场站合理配置储能系统。在电网侧，推动智能电网与分布式能源、储能技术融合发展，开展试点示范。在用户侧，推动储能与新能源、充电桩、5G 基站等多场景应用，发展新业态。支持重点企业首台（套）储能装备研发制造，加快储能公共服务平台建设，支持设立研发基地和技术创新中心，加速产业孵化。

7.2 拓展丰富用能场景

7.2.1 应用交通领域清洁能源技术

实施交通基础设施节能改造。新开工高速公路建设项目全部按照绿色公路标准进行。推进零碳、低碳枢纽建设。加快专用充（换）电

桩和公共充（换）电桩建设，以及个人自用充电桩建设。

增强建设智慧交通指挥系统。加快互联网、云计算、大数据、物联网等新技术在青岛市交通领域推广应用，全面提高青岛市综合交通接驳效率，持续提升公共交通竞争力，努力实现交通运输行业治理标准化、规范化、智能化。

新能源汽车智能充电网络建设。依托“互联网+”智慧能源，提升智能化水平，积极推广智能有序慢充为主、应急快充为辅的居民区充电服务模式，加快布局网格化的智能充电基础设施，加快形成适度超前、快充为主、慢充为辅的高速公路和城乡公共充电网络。

7.2.2 打造多元化建筑用能供给

城市建筑用能清洁化。新建十二层以下的居住建筑和实行集中供应热水的公共建筑，按照相关规定和技术标准配置太阳能热水系统，不断扩大太阳能集热建筑应用量。推广被动式超低能耗建筑与老旧小区节能改造并行，全面提高建筑节能率。

扩大农村清洁供暖规模。以确保农村居民安全取暖过冬为底线，以取暖清洁化为目标，因地制宜地确定清洁取暖改造方式，包括但不限于气代煤燃气炉供暖、电代煤供暖、生物质锅炉供暖等。

加强公共机构节能管理。探索公共机构能耗定额与财政预算机制挂钩，推动建立能源资源消费基准线和能耗定额标准。提升公共机构节能管理数字化水平，加强青岛市公共机构能耗监控平台建设。推进公共机构节能新技术新产品的应用，鼓励采用智慧节能型网络服务器等节能产品。

7.2.3 加速生产方式数字化转型

加快工业能源互联网建设。依托本地工业互联网平台的智慧能源板块，打造国际引领的智慧能源在线监测系统以及综合能源服务方案。

建设青岛市重点耗能企业在线监测系统，对企业能源介质实施动态监控和数字化管理，改进和优化能源平衡，提供调度监控、计量计费、业务管理、节能潜力分析与节能降耗技术应用管理等全方位、完整性的综合能源服务方案。

建立能源综合利用管理控制体系。实施能源利用诊断、能源效率诊断、能源管理诊断，编制节能诊断报告，全面分析能效提升和节能降耗潜力，提出节能改造建议。推动企业、园区开展能源资源信息化管控、污染物排放在线监测、地下管网漏水检测等系统建设。支持采用物联网、大数据等信息化手段开展信息采集、数据分析、流向监测、财务管理，推广“工业互联网+再生资源回收利用”新模式。

加速平台化数字化转型。分行业建立产品全生命周期绿色低碳基础数据平台，统筹绿色低碳基础数据和工业大数据资源，建立数据共享机制，推动数据汇聚、共享和应用。加快人工智能、物联网、云计算、数字孪生、区块链等信息技术在绿色制造领域的应用，提高绿色转型发展效率和效益。

7.3 储备创新能源技术

7.3.1 推动燃煤发电清洁高效

提“内功”持续提升机组效率。继续降低发电煤耗，进一步提升社会功能发电效率。有序推进现役燃煤发电机组节能改造工作。严格执行国家标准，加强对新建煤电机组的准入管理与各类型机组（含燃煤自备电厂）的节能改造。

炼“身手”提升电源灵活性。对于存量机组，积极推进现役煤电机组实施灵活性改造。对于新建机组，提升新建煤电机组调节能力，提高宽负荷运行效率和经济性。推动自备机组参与调峰、火电灵活性改造，提升可再生能源电力消纳能力。

固“优势”全面实现超低排放。“十四五”期间除了部分淘汰关停之外，青岛应对其余煤电机组开展超低排放深度攻坚，推进煤电机组全面实现超低排放。同时，推进电厂废水零排放、固体废弃物的处理和综合利用等技术研发应用。

7.3.2 激发拓展海洋产业动能

加快核心技术部件研发。聚焦关键核心技术问题，在政策上继续鼓励龙头企业以产学研用一体化模式，形成具有自主知识产权的漂浮式海上风电大功率装备解决方案，推进深远海风电发展，突破浮式风电基础等新技术研发。

推进海洋科技成果加快转化。着力打造特色鲜明的国家级科技成果转移转化示范区，不断激发青岛市海洋产业发展动能，提升产业竞争力，推动青岛能源结构的调整和促进青岛海洋经济的高质量发展。

打造海洋产业应用示范。开发海岛（域）多能互补独立供电系统并开展示范，在具备波浪能开发潜力的田横岛群、大管岛群等海域，开展利用波浪能发电工程示范等。

7.3.3 持续发展低排放技术

立足青岛实际，本地应因地制宜引入生物燃料掺煤发电、“混氨”燃煤电厂、CCUS 减碳技术等持续发展低排放技术应用。

7.4 构建新型能源生态系统

7.4.1 培育数字能源新业态

推进数字化基础设施建设。加快推进能源生产、储运、消费领域的智能传感器、智能终端等数字化元件设备的建设布局，建设 5G、光纤能源数据信息传输专网，加强能源信息通信能力建设，推进通信基础设施共建共享，提高能源信息网络覆盖面积。

推进能源系统数字化改造。构建智慧能源大数据平台，实现能源项目建设、运行、安全“数字一张网”，提高能源数字化管理水平，提升能源行业公共服务和治理现代化水平。应用大数据、物联网、云计算等技术，建设清洁能源数字信息系统，实现资源、规划、并网、运行、消纳等全环节信息融合，为清洁能源科学规划和高质量发展提供支撑。

7.4.2 加强需求侧管理

开展绿电市场化交易。对标跨国企业和国内先进地区经验做法，紧密结合全球碳关税背景与国内重点区域相继提出的“双碳”目标规划，提前布局绿电市场化交易。

推动虚拟电厂发展。通过需求和政策信号激励，引导形成灵活性电源主动参与调峰，推动聚合可调节负荷资源、储能和分布式新能源，发展供需智能互动的虚拟电厂，促进新能源消纳利用。构建综合能源服务商、辅助服务供应商、能源聚合商等市场主体参与辅助服务的商业模式，打造虚拟电厂生态体系，提升电力系统灵活性调节能力。

7.4.3 打造智慧能源系统

建设能源网络化保障体系。建设本地能源网络化保障体系、推进能源生产供应智能化、建设分布式能源网络、能源消费供需对接网络化和电网资源开放共享。

拓展智慧能源应用场景。依托大数据技术对能源电力系统中积累的海量数据的分析洞悉源-网-荷-储间能源流、业务流、信息流的流向与交互模式，助力电力市场智能交易体系建设。

八、相关建议

2021年12月8日至10日召开的中央经济工作会议提出：要立足以煤为主的基本国情，增加新能源消纳能力，推动煤炭和新能源优化组合。新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制，创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，加快形成减污降碳的激励约束机制，防止简单层层分解。

实现碳达峰碳中和是推动高质量发展的内在要求，国家层面在“双碳”背景下，重申深入推动能源革命，加快建设能源强国，也为青岛市“十四五”能源发展指明了道路。结合研究结果，课题组针对青岛市“十四五”以及更远时期的能源发展提出以下建议：

坚持清洁低碳的能源转型路线。制定科学的“十四五”和2035年能源发展战略和规划，完善能源发展的保障措施，推进全市的能源结构向清洁、低碳、高效的方向转变，推进青岛能源的高质量发展。

打造多元化能源供给试点示范工程。选择具备条件的地区，积极推进清洁能源供给示范工程，打造多元化清洁能源发展试点，逐渐形成可复制可推广的清洁能源应用样板，为周边城市和山东省提供发展建设经验。

加快构建新能源发展的科技支撑体系。制定新能源发展关键技术研究及示范等重点专项计划，开展新能源关键核心技术攻关。依托本地高校和科研机构，建立全市新能源科技创新平台，鼓励设施、数据等资源开放共享，形成完善的新能源科技创新服务体系。