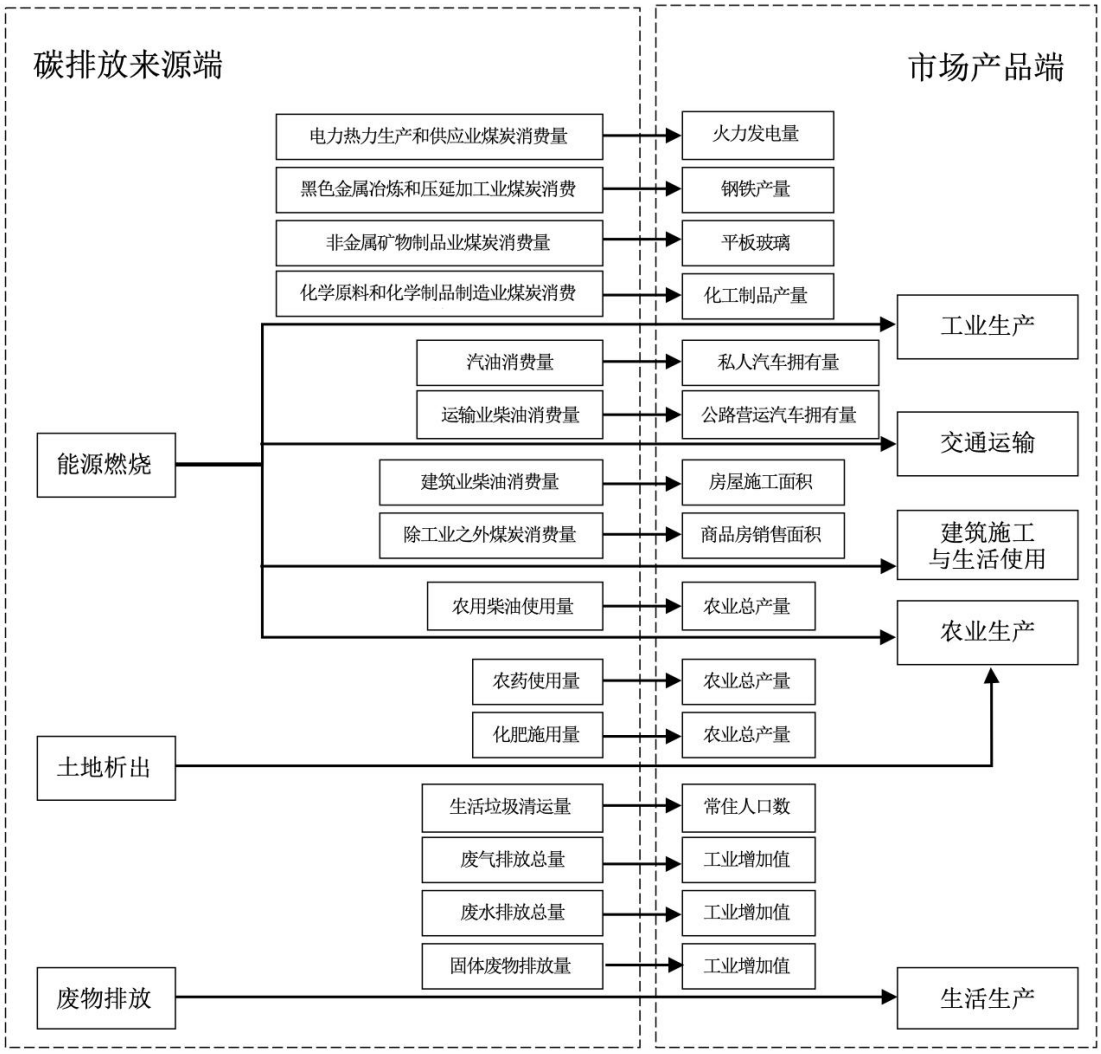
一、各产业碳排放产业链

各产业从碳排放来源端到市场产品端的排放产业链如附图 1 所示。

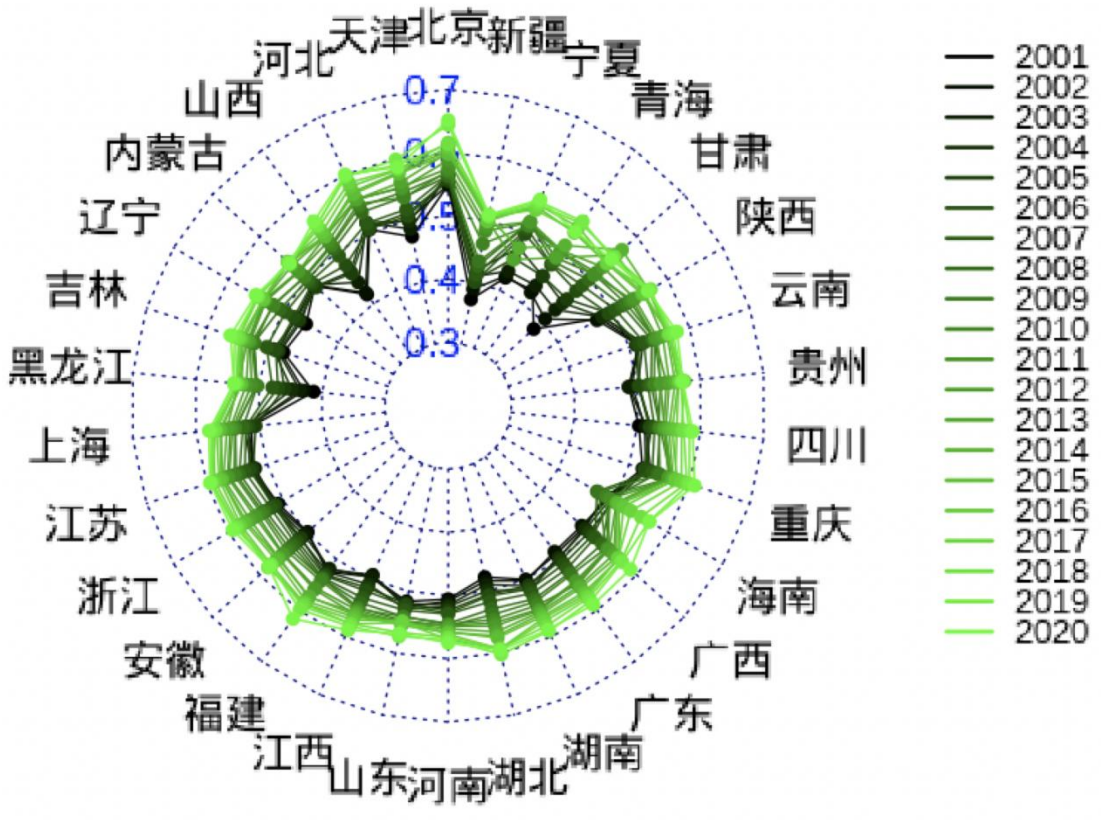


附图 1 各产业碳排放产业链

二、附录 1 双碳目标系统与数智赋能系统指标描述性统计

1.双碳目标系统。

本文利用熵权法对双碳目标系统指标确定权重计算各项指标得分，除去港澳台以及西藏数据缺失严重之外，全国其他 30 个省 2001— 2020 年的双碳目标系统水平指数情况如附录图 1-1 所示。

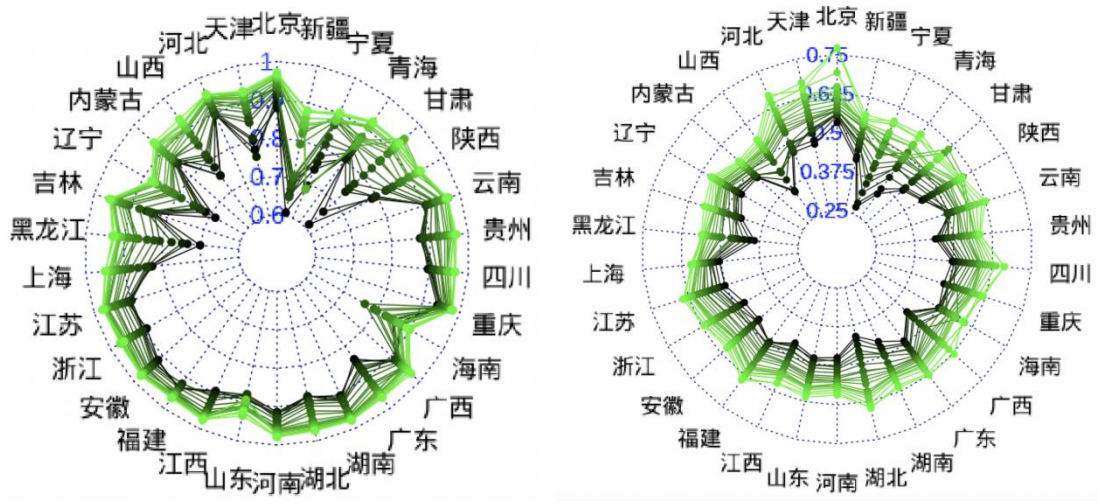


附录图 1-1 2001—2020 年全国 30 个省份双碳目标系统水平

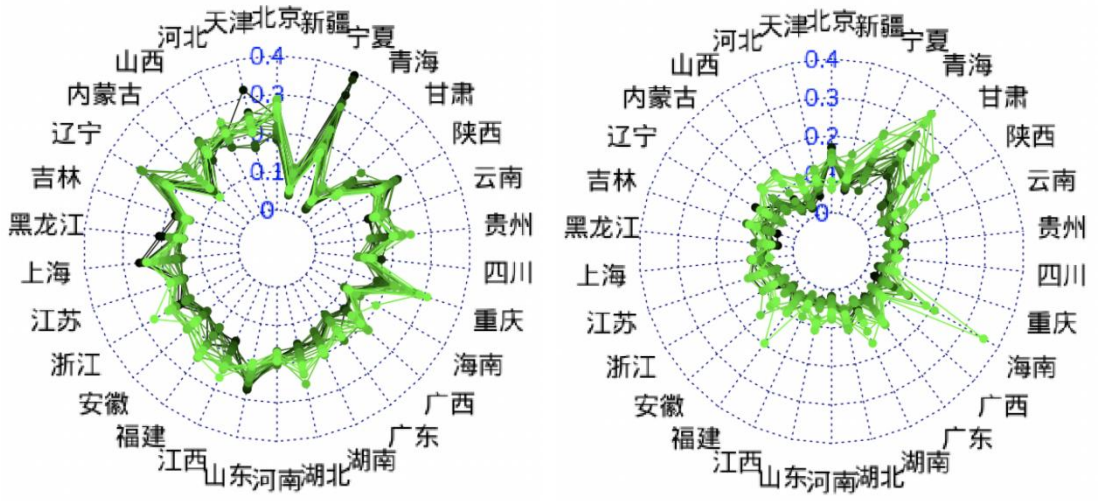
整体而言 30 个省的双碳目标系统水平从 2001 年到 2020 年之间都存在明显的上升趋势，表明我国 20 年间逐渐转变发展方式、调整能源消费结构、提倡节能减排，这一系列举措对建设双碳目标产生了明显的效果。这 30 个省按照不同的发展变化模式，大致可以分为五个类型：高质量提高型、高质量稳定型、中等质量稳定型、低质量稳定型、低质量提高型，可以发现全国 30 个省的双碳目标系统水平的发展情况表现出了较为明显的区域差异性。高质量提高型：北京，北京是 30 个省中唯一双碳目标系统水平最终高于 0.6 的，并且从 2001 年开始始终处于高速上升状态，远远超过其他地区，在 30 个省中始终处于领跑地位；高质量稳定型：上海、江苏、浙江、福建、湖北、广东、重庆、四川、贵州，这些地区初始双碳目标系统水平极接近或高于 0.45，并始终处于稳定上升状态，最终水平超过 0.55，达到较高水平，主要以华东地区和西南地区为主；中等质量稳定型：天津、河北、安徽、江西、山东、河南、湖南、广西、云南，除天津外这些地区初始双碳目标系统水平极接近或高于 0.45，但最终水平接近但未能达到 0.55，属于中等质量水平，主要以华东和华中地区为主，其中山东、河南初始双碳目标系统水平相对较高，而最终水平相对较低，整体提高幅度相对较小，天津初始水平低于 0.45，但最终水平高于 0.55，但整体而言属于稳定性较差但提高性较强的中等质量水平；低质量稳定型：内蒙古、吉林、海南、陕西，这些地区初始水平高于 0.4 低于 0.45，最终水平远低于 0.55，大部分集中在 0.5 左右，属于较低水平，主要以东北地区为主，天津最终水平超过 0.55，但初始水平极低，整体提升范围大于其他地区；低质量提高型：山西、辽宁、黑龙江、甘肃、青海、宁夏、新疆，这些地区初始双碳目标系统水平均低于 0.4，最终水平在 0.5 左右，整体上升幅度相对较大但仍处于较低水平，其中青海和宁夏与其他地区不同，并未处于稳定上升状态，而是处于小范围波动中。

针对不同地区双碳目标系统情况，研究双碳目标系统各个环节的情况，从化石能源脱离

度、排放产业链高效化、生态碳汇能力和绿色转型潜力四个角度进行分析，结果如附录图 1-2、附录图 1-3 所示。



附录图 1-2 2001—2020 年全国 30 个省份化石能源脱离度(左)、排放产业链高效化(右)情况



附录图 1-3 2001—2020 年全国 30 个省份生态碳汇能力(左)、绿色转型潜力(右)情况

就化石能源脱离度而言，全国 30 个省整体均处于上升趋势，主要可以分为三个大类：高质量稳定型、中等质量稳定型和低质量提高型。高质量稳定型：河北、江苏、浙江、安徽、福建、江西、河南、湖南、广西、重庆、四川、云南，以华东地区和西南地区为主，这些地区初始化石能源脱离度在 0.9 上下，最终水平超过 0.95 接近于 1，这些地区单位 GDP 的石化能源生产消费量始终保持较低水平，且随着生产总值大幅提高，化石能源脱离度稳定上升；中等质量稳定型：北京、内蒙古、吉林、上海、山东、湖北、广东、贵州、青海，这些地区初始能源结构水平高于 0.8 但低于 0.9，最终水平高于 0.9，整体处于中等水平，其中北京和上海 20 年间均逐渐由煤炭供能转向煤油和天然气供能，北京 2020 年的煤炭消费量不到 2001 年的 1/15，上海 2012 年开始保持煤炭消费量逐年下降，两地一方面依靠石化能源消费结构转型，另一方面依靠 GDP 大幅提升在常住人口数几乎翻倍、能耗需求大幅度提高的情况下实现了化石能源脱离度的大幅提升，其他地区常住人口数量变动不大，但能源生产和消费尤

其是煤炭和原油消费大幅提高，主要依靠 GDP 的更大增幅实现了化石能源脱离度的提升；低质量提高型：天津、山西、辽宁、黑龙江、海南、陕西、甘肃、宁夏、新疆，以西北和东北地区为主，初始能源结构水平低于 0.8，最终水平在 0.9 左右，整体水平偏低但增加幅度较大，这些地区初期单位 GDP 下石化能源生产和消费量远高于其他地区，近年来能源生产消费量仍然在大幅增加，但得益于国内大环境下经济发展迅速，GDP 增幅远大于能源生产消费量增幅，单位 GDP 下能源生产消费量大大减少，化石能源结构相较于初始时期有明显改善，但化石能源脱离度仍然低于其他地区。整体而言，除了北京和上海由于常住人口数增加带来的能源需求量上涨，迫使石化能源消费结构转型提高化石能源脱离度之外，其他地区无论是能源生产消费量大的还是能源生产消费量小的，推动化石能源脱离度提升主要依靠的都是 GDP 的提升。

就排放产业链高效化而言，与双碳目标系统整体水平的发展形态相似程度较高，地区差异性较大但均保持逐年上升。大致分为五个类型：高质量提高型、高质量稳定型、中等质量稳定型、低质量稳定型、低质量提高型。高质量提高型：北京，是 30 个地区中唯一最终水平超过 0.5 的，整体发展趋势和幅度都远远高于其他地区，主要得益于北京工业、建筑业和废物处理的排放产业链高效化水平远超全国其他地区，北京近年来大幅减少煤炭消费量，因此工业中单位煤炭的产品产量以及建筑业中单位煤炭的房屋供给面积增加幅度极大，且工业生产转化率较高，因此付出的污染代价相对较小，同时生活垃圾清运量相对于众多的常住人口数而言较为可控，因此废物处理方面的排放产业链高效化水平相对较高，但同时，也是由于常住人口迅速增加导致私家车以及公路营运汽车拥有量增加，但汽车使用频率并未下降，汽油和柴油消费量也在迅速增加，因此交通业排放产业链高效化水平较低且提升幅度不大，由此导致了空气质量情况较差且提升不大，成为北京提升排放产业链高效化水平的不利因素，另外，北京的农业排放产业链方面始终依靠合理有节制的化肥农药以及能源使用处于稳定高质量发展中，综合来看，北京主要依靠极高水平的工业、建筑业、废物处理业排放产业链和稳定高质量发展的农业排放产业链在排放产业链高效化水平方面领先于全国；高质量稳定型：天津、江苏、浙江、福建、广东、四川，除了天津之外这些地区初始水平在 0.3 左右，最终水平远高于 0.4 接近 0.5，整体处于较高水平，主要集中在华东地区，田径初始水平不到 0.25 但增长幅度极大，最终水平接近 0.5，这些地区至少一个产业处于全国 30 个地区中领先水平且其他产业基本处于较高水平，如天津工业排放产业链效率增幅极大且水平仅次于北京，同时农业排放产业链也处于较高水平，因此尽管交通、建筑、空气质量水平水平较低，整体产业链水平仍处于高速增长中，再比福建、四川的工业，江苏、浙江、福建、四川的建筑，四川的农业，江苏、浙江、福建、广东的废物处理，福建、浙江的空气质量均具有领先于全国的水平；中等质量稳定型：河北、辽宁、上海、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、重庆、贵州、云南、陕西，主要集中在华中南和西南地区，这些地区初始水平在 0.3 左右但最终水平在 0.4 左右，处于中等发展水平且变化幅度不大，产业链各个环节水平基本都较为中庸，其中河北虽然工业、建筑排放产业链效率较为突出，但其他各项水平都较低，甚至农业还出现了衰退的情况，因此排放产业链整体发展水平处于中等质量水平；低质量稳定型：内蒙古、吉林、黑龙江、海南，这些地区初始水平低于 0.3 但高于 0.2，最终水平不超过 0.35，产业链各个环节能源利用效率都较低；低质量提高型：山西、甘肃、青海、宁夏、新疆，以西北地区为主，这些地区初始水平在 0.2 左右或远低于 0.2，最终水平超过 0.3，青海甚至超过了 0.4，整体发展水平较低但增长幅度较大，其中青海依靠农业、宁夏依靠交通实现了排放产业链效率快速增长。

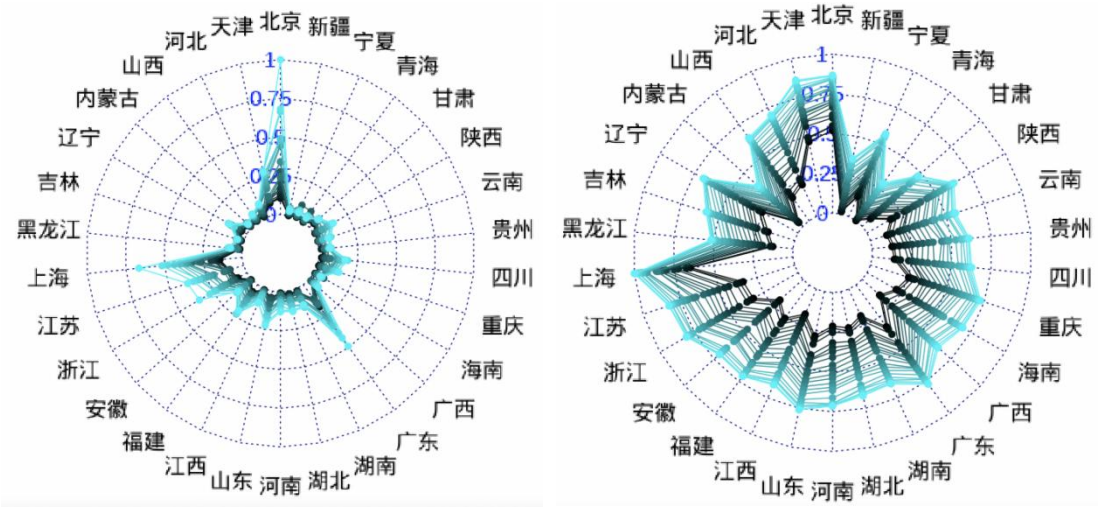
就生态碳汇水平而言，各个地区差异性较大，但整体变化范围较小，主要集中在 0.1 到 0.3 之间，同时大部分地区并非处于上升趋势，因此根据各个地区的不同情况大致可以分为提高型、衰退型和波动型三类。提高型：北京、上海、江苏、浙江、江西、湖北、湖南、重

庆，这些地区 20 年间生态碳汇水平基本处于上升状态，主要得益于生态环境修复治理方面有较为明显的提升，同时环境建设投资方面每年情况较为稳定，践行绿色发展理念较好，环境保护和污染治理情况不断改善；衰退型：吉林、黑龙江、山东、陕西、宁夏，这些地区的生态碳汇水平存在较为明显的下降情况，其中黑龙江和山东在生态环境修复治理方面提升不明显，同时在环境建设投资上表现出较为明显的力度衰减，对生态环境的修复和建设重视程度不高，而陕西和宁夏在生态环境修复治理方面全国各个地区基本都存在不同程度提升的情况下，反而呈现出逐年衰减的趋势，同时以牺牲环境的代价谋求经济发展，生态碳汇水平逐渐降低；波动型：其他地区在生态环境修复治理方面整体上均有不同程度的提升，但在环境建设投资上波动幅度较大，不存在显著的上升或下降。

就绿色转型潜力而言，与生态碳汇水平类似的是各个地区之间差异性也较大，同时整体变化范围较小，大部分处于 0 到 0.2 之间，且保持波动上升趋势，大致可以分为三类：高质量稳定型、中等质量稳定型和低质量稳定型。高质量稳定型：北京、上海、青海，这些地区水平最高时超过或极接近 0.4，始终在极高水平范围内波动，远高于全国其他地区，北京和上海由于常住人口较多、公共交通基础设施发达，人均公共交通使用情况领先于全国其他地区，且由于经济发达、新能源产业发展迅速，低碳能源企业密度远高于其他地区，青海由于拥有丰富的风力资源和充足的光照环境，是发展风电、光伏等新能源的良好地带 ，近年来新能源发电领域受国家政策的大力扶持，单位 GDP 下的低碳能源发电量远超全国其他地区；中等质量稳定型：天津、辽宁、江苏、浙江、福建、湖北、广东、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆，这些地区最终极接近或高于 0.1 但不高于 0.2，主要集中在华东、西南和西北地区，其中华东地区主要依靠高水平的公共交通使用情况和低碳能源企业密度推动绿色转型潜力，西南和西北地区主要依靠地理位置带来的低碳能源发电能力带动绿色转型潜力增长；低质量稳定型：河北、山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、山东、河南、湖南、海南，这些地区的提升幅度不大且最终水平在不到 0.1，新能源发展水平不高。

2.数智赋能系统。

本文利用因子分析的思想，从数智赋能系统相关指标中提取得到数字化发展水平和数字基础设施建设两个公共因子，如附录图 1-4 所示。



附录图 1-4 2001—2020 年全国 30 个省份数字化发展水平(左)和数字基础设施建设情况(右)

就数字化发展水平而言，可以看出全国大部分地区 2001 年到 2020 年间都存在显著的上升趋势，根据上升幅度大致可以分为三个等级。第一级水平：北京、上海、广东，属于全国

范围内互联网发展最早的地区，2001 年的数字化发展水平就显著高于其他地区，20 年间数字化水平一直处于高速发展中，到 2020 年，北京数字化水平遥遥领先于全国其他地区，上海、广东紧随其后，但仍与北京存在较大差距，其中上海与北京的差距主要在于域名数、网站数以及软件和信息技术服务业业务收入，主要是由于北京信息传输、软件和信息技术服务业对地区生产总值的贡献从 2001 年的 6.03%快速增长到 2020 年的 15.35%，替代了工业在地区生产总值中的贡献地位，成为拉动北京经济增长的支柱型产业，仅次于金融业的贡献程度，而上海 2020 年的地区生产总值中，工业占 24.95%，金融业占 18.52%，信息传输、软件和信息技术服务业仅占 7.13%，甚至还要低于批发和零售业与房地产业，尽管近年来上海的数字化水平发展较快，但信息传输、软件和信息技术服务业在上海依旧不是支柱型产业，因此数字化发展水平距离北京仍有一定的差距；而广东与北京的差距主要在于企业计算机使用情况与软件和信息技术服务业法人单位密度，结合 2020 年北京信息传输、软件和信息技术服务业从业人员数占总数的 12.23%，而广东仅占 3.55%，可以看出广东的数字相关产业规模相对于北京差距较大，数字化渗透程度还不够高，与北京相比数字化水平发展水平和速度都存在不足。第二级水平：天津、江苏、浙江、福建、山东，以华东地区为主，由于发达的经济和对外交流与合作水平，这些地区早早接触了新兴的互联网技术，2001 年数字化发展水平明显高于除北上广之外的其他地区，借助经济和地理位置的优势在 20 年间进一步提高数字化水平，虽然距离北上广还有一定的差距，但就发展水平和发展速度而言在全国 30 个省市区中仍然具有较为明显的优势，其中天津的优势在于企业计算机的使用情况和信息传输、软件和信息技术服务业法人单位密度，而网页数和域名数的发展明显逊于其他地区，数字化发展偏向于数字技术在实体行业中和渗透和数字产业的发展，而在线数字信息建设水平略有不足；江苏与浙江的情况相似，优势在于信息传输、软件和信息技术服务业业务收入水平和域名数或网站数，数字产业整体规模较大，在线数字信息建设水平较高，没有明显的短板；福建的优势在于域名数明显多于其他地区，但信息传输、软件和信息技术服务业业务收入和法人单位密度缺陷也较为明显，在线数字信息建设水平突出但数字产业整体发展落后与其他几个地区；山东数字化各项发展都较为均衡，没有明显的优势，但企业使用计算机的情况明显落后于其他地区，数字化在各大产业中的渗透程度还不够。第三级水平：其他地区，属于数字化发展水平相对而言缓慢提高的状态，在产业数字化转型、在线信息数字化建设、数字产业规模扩大等方面都存在不足，其中东北地区、西北地区的发展速度显著低于其他地区。

就数字基础设施建设而言，20 年间全国 30 个省市区都存在明显的提高，根据提升幅度和最终水平可以大致分为四个等级。第一级水平：北京、天津、上海，这些地区从 2001 年开始，数字基础设施建设水平就显著高于全国其他地区，由于地理面积小但常住人口相对较多，数字相关需求量较大，因此数字基础设施建设密集，20 年间，虽然因为地理面积限制数字基础设施建设发展速度相对较慢，但始终处于全国最前列，其中上海始终处于全国最高水平，天津和北京的宽带接入端口密度、移动电话基站密度、光缆密度都相差不大，但都与上海存在较大差距，主要是由于上海拥有全国最高的常住人口密度，2001 年为 2648 人/平方千米，到 2020 年达到了 3950 人/平方千米，约为北京的 3.03 倍、天津的 3.22 倍，庞大的常住人口数带来了巨大的数字化信息需求，再加上极发达的经济发展水平和东部沿海的地理位置优势，数字基础设施建设的需求动力和资源动力都十分充足，天然拥有得天独厚的发展优势。第二级水平：江苏、浙江、福建、山东、广东、重庆，主要集中在华东地区，这些地区的数字基础设施建设水平从 2001 年开始就显著高于全国除了北京、上海、天津之外的其他地区，到 2020 年的 20 年间始终一路领跑，且各项数字基础设施建设发展较为统一，宽带接入端口、移动电话基站、光缆建设齐头并进，其中江苏和浙江发展明显领先于其他几个地区，广东和山东紧随其后，重庆和福建相对发展水平略逊一筹。第三级水平：河北、山西、

辽宁、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、四川、贵州、陕西，这些地区中的大部分三项数字基础设施建设都处于中等发展水平且发展步调较为统一，除了安徽、江西、河南、海南，其中安徽宽带接入端口和移动电话基站数建设水平处于中游水平，而江西处于下游水平，但由于在这些地区中极为突出的光缆建设水平拉动，这两个地区都达到了较高的数字基础设施建设水平；与此相反，河南和海南的宽带接入端口和移动电话基站数建设水平都相对较高，但由于光缆发展不足，拉低了整体数字基础设施建设的发展水平。第四级水平：内蒙古、吉林、黑龙江、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆，主要集中在东北、西北地区，特别是内蒙古、黑龙江、青海、新疆四个地区的数字基础设施建设水平明显断层低于全国其他地区，主要是由于这些地区地理面积较大，但常住人口相对较少，常住人口密度处于极低的水平，对数字化设施的需求量小对较小，与此同时由于地理位置原因，这些地区的发展侧重点在数字化方向倾斜得相对较少，因此数字基础设施建设水平还较低。

三、PVAR 模型平稳性检验结果

对各项变量做对数处理后取 1 阶差分，进行既包含线性时间趋势项又包含个体固定效应项的单位根检验，检验结果如附表 1 所示。

附表 1　　平稳性检验结果

变量	检验方法	检验量值	P 值	平稳性
化石能源脱离度	LLC	-4.2884	0.0000	平稳
	IPS	-7.2948	0.0000	平稳
排放产业链高效化	LLC	-6.7728	0.0000	平稳
	IPS	-7.0508	0.0000	平稳
生态碳汇能力	LLC	-7.3924	0.0001	平稳
	IPS	-7.8618	0.0000	平稳
绿色转型潜力	LLC	-9.7115	0.0000	平稳
	IPS	-10.7838	0.0000	平稳
数字化发展水平	LLC	-14.3698	0.0000	平稳
	IPS	-14.3035	0.0000	平稳
数字基础设施建设	LLC	-4.7274	0.0000	平稳
	IPS	-25.9565	0.0000	平稳

各项指标的对数 1 阶差分项都通过了单位根检验，呈现平稳性，可以进行进一步的模型拟合。

四、PVAR 模型定阶情况

本文对双碳目标系统下化石能源脱离度、排放产业链高效化、生碳碳汇能力、绿色转型潜力与数智赋能系统系统下数字化发展水平、数字基础设施建设建立 PVAR 模型，在最大值滞后期 10 期范围内进行定阶，不同滞后期下 AIC、BIC、HQIC 值情况如附表 2 所示。

附表 2　　不同滞后期下 PVAR 模型定阶情况

滞后期	AIC	BIC	HQIC
1 期	-10.3192	-8.52583	-9.6161
2 期	-10.8964	-8.70516	-10.0351
3 期	-12.6338	-10.0039	-11.5973

4 期	-13.3419	-10.2251*	-12.1100
5 期	-13.5893	-9.92829	-12.1381*
6 期	-13.7258	-9.45106	-12.0261
7 期	-13.8845*	-8.91115	-11.9007
8 期	-12.7637	-6.98576	-10.4513
9 期	60.5859	67.3030	63.2832
10 期	63.5467	71.3781	66.7022

综合考虑下选择滞后 4 阶的 PVAR 模型进行拟合。

五、滞后 4 期 PVAR 模型系数

将化石能源脱离度、排放产业链高效化、生态碳汇能力、绿色转型潜力与数字化发展水平、数字基础设施建设作为指标，建立滞后 4 期的 PVAR 模型，模型系数如附表 3 所示。

附表 3　　六项指标滞后 4 期模型系数

滞后项	化石能源脱离度	排放产业链高效化	生态碳汇能力	绿色转型潜力	数字化发展水平	数字基础设施建设
化石能源脱离度-1	0.228***	0.173	-0.195	-0.441	-1.682	0.123**
排放产业链高效化-1	0.001	-0.110	-0.100	0.639*	0.628	-0.024
生态碳汇能力-1	0.022**	0.029	-0.394***	-0.156**	-0.052	0.004
绿色转型潜力-1	-0.001	0.003	0.020	-0.172	-0.191*	0.006
数字化发展水平-1	-0.008***	-0.012*	-0.008	-0.082***	-0.349***	-0.005
数字基础设施建设-1	-0.012	-0.209**	0.483*	0.469*	1.731**	0.234***
化石能源脱离度-2	-0.382*	-0.100	0.499	-0.065	0.158	0.036
排放产业链高效化-2	0.029	-0.052	-0.093	0.092	0.246	-0.026
生态碳汇能力-2	0.015	-0.019	-0.082	-0.154**	0.181	-0.007
绿色转型潜力-2	0.000	-0.002	0.057	0.091	0.046	0.012
数字化发展水平-2	-0.003**	-0.004	-0.018	-0.009	-0.109***	0.002
数字基础设施建设-2	0.020	-0.004	-0.086	0.131	2.224***	0.075*
化石能源脱离度-3	0.161**	0.192**	-0.472	-0.683*	-0.250	-0.007
排放产业链高效化-3	-0.004	-0.137**	0.110	-0.166	0.509	-0.004
生态碳汇能力-3	0.018	-0.035	-0.074	0.013	-0.083	0.015
绿色转型潜力-3	0.009*	-0.004	-0.007	0.118***	0.120	0.023***
数字化发展水平-3	-0.001	-0.004	0.020*	-0.024**	-0.008	0.005***
数字基础设施建设-3	0.038	0.103**	-0.080	0.711***	-0.629	0.181***
化石能源脱离度-4	-0.074	0.027	0.400	0.195	-0.119	0.013
排放产业链高效化-4	0.037	0.086	-0.030	0.015	1.235*	0.022
生态碳汇能力-4	0.017	0.009	-0.053	0.044	0.072	0.008
绿色转型潜力-4	-0.003	-0.006	-0.011	0.147***	-0.130	0.027***
数字化发展水平-4	0.004	-0.003	0.023***	0.018*	-0.157***	0.015***
数字基础设施建设-4	0.009***	0.011**	0.026	0.084***	0.283***	0.016***

注：滞后项列中指标后的“-1”、“-2”、“-3”、“-4”分别代表滞后 1、2、3、4 期；“***”、“**”、“*”分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。

六、格兰杰因果检验结果

通过格兰杰因果检验对变量之间的因果关系进行检验，结果如附表 4 所示。本文结论所得出的影响关系通过了格兰杰因果检验。

附表 4　　六项指标模型格兰杰因果检验结果

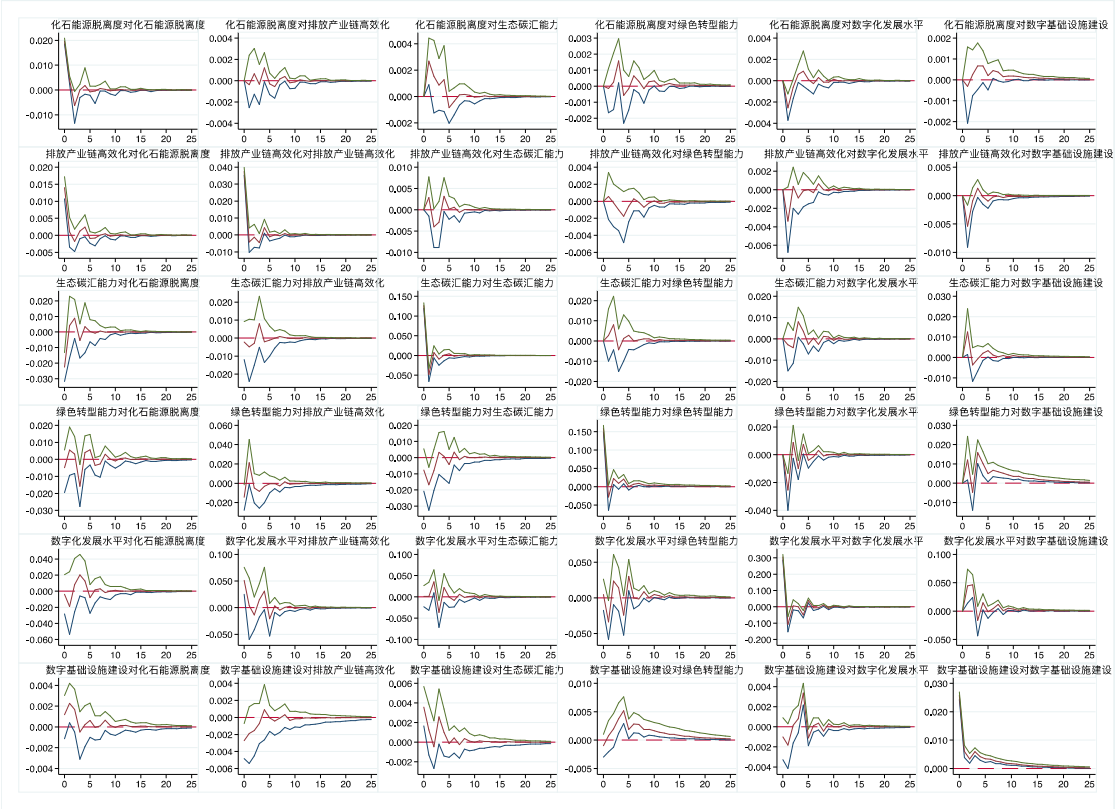
因变量	自变量	检验量	自由度	p 值
化石能源脱离度	排放产业链高效化	3.959	4	0.412
化石能源脱离度	生态碳汇能力	6.9086	4	0.141
化石能源脱离度	绿色转型潜力	3.8283	4	0.43
化石能源脱离度	数字化发展水平	13.154	4	0.011
化石能源脱离度	数字基础设施建设	16.763	4	0.002
化石能源脱离度	全变量	40.127	20	0.005
排放产业链高效化	化石能源脱离度	5.9146	4	0.206
排放产业链高效化	生态碳汇能力	5.0894	4	0.278
排放产业链高效化	绿色转型潜力	0.47719	4	0.976
排放产业链高效化	数字化发展水平	4.7298	4	0.316
排放产业链高效化	数字基础设施建设	12.294	4	0.015
排放产业链高效化	全变量	53.041	20	0
生态碳汇能力	化石能源脱离度	2.9039	4	0.574
生态碳汇能力	排放产业链高效化	0.98272	4	0.912
生态碳汇能力	绿色转型潜力	1.3454	4	0.854
生态碳汇能力	数字化发展水平	15.973	4	0.003
生态碳汇能力	数字基础设施建设	6.2276	4	0.183
生态碳汇能力	全变量	82.242	20	0
绿色转型潜力	化石能源脱离度	4.8163	4	0.307
绿色转型潜力	排放产业链高效化	7.7988	4	0.099
绿色转型潜力	生态碳汇能力	10.287	4	0.036
绿色转型潜力	数字化发展水平	15.683	4	0.003
绿色转型潜力	数字基础设施建设	21.459	4	0
绿色转型潜力	全变量	46.199	20	0.001
数字化发展水平	化石能源脱离度	2.189	4	0.701
数字化发展水平	排放产业链高效化	4.033	4	0.402
数字化发展水平	生态碳汇能力	3.3695	4	0.498
数字化发展水平	绿色转型潜力	8.7334	4	0.068
数字化发展水平	数字基础设施建设	46.502	4	0
数字化发展水平	全变量	98.549	20	0
数字基础设施建设	化石能源脱离度	4.8223	4	0.306

数字基础设施建设	排放产业链高效化	2.0281	4	0.731
数字基础设施建设	生态碳汇能力	3.064	4	0.547
数字基础设施建设	绿色转型潜力	22.976	4	0
数字基础设施建设	数字化发展水平	121.45	4	0
数字基础设施建设	全变量	185.05	20	0

注：表中全变量指除该变量之外的所有自变量。

七、脉冲响应分析

对模型中的变量化石能源脱离度、排放产业链高效化、生态碳汇能力、绿色转型潜力、数字化发展水平、数字基础设施建设两两之间做脉冲响应分析如附图 2 所示，脉冲响应图的 95%置信区间最终都收敛到 0，模型结果稳定。



附图 2 化石能源脱离度、排放产业链高效化、生态碳汇能力、绿色转型潜力、数字化发展水平、数字基础设施建设脉冲响应分析