

碳排放与资产定价

——来自中国上市公司的证据

王浩 刘敬哲 张丽宏

(清华大学经济管理学院, 北京 100084)

摘要: 在中国致力于实现“碳达峰、碳中和”目标的大背景下, 本文使用手工收集的 2009 至 2019 年上市公司数据研究企业碳排放与资产定价之间的关系。研究发现, 总碳排放强度和间接碳排放强度更高的企业具有显著更高的股票和债券超额收益率。这一结果通过了多种稳健性检验, 说明金融市场认知碳排放风险, 尤其关注企业碳排放强度, 即单位产出所排放的温室气体量。此外, 间接碳排放水平和年度增长率与股票超额收益率有显著的正向关系。间接碳排放只与企业耗电量和耗热量有关, 比直接碳排放更容易观察, 因此投资者对间接碳排放更加敏感。更高的企业环境、社会、治理 (ESG) 评级和环境评分显著减弱碳排放强度与股票收益率的关系, 说明企业进行环境治理有利于降低碳排放风险, 而市场监管压力的增强则会提高碳风险溢价。异质性检验结果表明, 相较于高排放行业, 低排放行业的碳风险溢价显著更高。

关键词: 碳排放强度; 直接间接碳排放; 超额收益率; 环境社会治理 (ESG); 环境治理评分
JEL 分类号: G12, G38, Q54 **文献标识码:** A

一、引言

2020 年 9 月, 习近平总书记在联合国大会上向世界庄严承诺中国将力争在 2030 年前实现“碳达峰”, 在 2060 年前实现“碳中和”(下简称“双碳目标”)。放眼全球, 已有 85 个国家提出了“碳中和”目标, 其中 29 个国家规划了明确的“碳中和”时间表。中国是世界上最大的二氧化碳排放国和减排国(Peters et al., 2017), 实现双碳目标任重道远。实现双碳目标要求我们构建绿色金融体系来引导投资(马骏, 2016; 王文和刘锦涛, 2021), 强化企业环境信息披露, 尤其是与气候、与碳相关的排放披露和测算, 从而实现对金融机构和企业绿色转型的政策引导、绩效评估和信息监管(马骏, 2021a)。因此, 碳排放与资产定价是一个具有重要理论和实践意义的研究课题, 能够帮助气候政策制定者、监管者和企业决策者理解企业碳排放的经济效益、思考如何建立有效的政策机制、及优化资金配置, 其也为金融学界和业界设计优化碳交易机制、开发碳金融产品、构建投资组合、设计合理有效的碳税收政策提供参考。

根据国际标准, 企业碳排放可以划分为三个范围: 范围一是产生于公司拥有或控制的排放源的直接碳排放; 范围二是间接碳排放, 来自于企业所消耗的外购电力和热力产生的温室气体; 范围三包括其他零散间接排放¹。直接(范围一)和间接(范围二)碳排放是要求披露的内容, 总碳排放为直接排放和间接排放的加总。目前, 碳排放研究的难点在于企业碳排放数据的可获得性。我国企业碳排放数据主要来自于企业自主披露。披露途径包括社会责任报告、可持续发展报告或环境报告。本文手工收集了 2009 至 2019 年间中国上市公司碳排放数

¹ 由于本文没有将范围三排放纳入考虑范围, 因此本文所有的“间接碳排放”表述均只包含范围二排放。

据。与 Bolton and Kacperczyk (2020)一致，我们使用了三种碳排放指标：（1）碳排放强度，定义为碳排放量除以营业收入；（2）碳排放水平，定义为碳排放量的自然对数；（3）碳排放增长率，定义为与上一年相比的年度碳排放量增长率。

研究发现，总碳排放强度和间接碳排放强度与股票超额收益率有显著的正向关系，这一结果经过多种稳健性检验后仍然存在。结果表明，我国投资者认知碳排放风险，尤其关注碳排放强度，即单位产出排放的温室气体量。此外，间接碳排放水平和增长率与股票超额收益率显著正相关。间接排放最容易观察，因此投资者对于间接排放的敏感程度也最高。同时，我们发现总碳排放强度和间接碳排放强度与债券超额收益率显著正相关。这一结果与股票市场的发现一致，并且稳健。

使用股票市场数据进行的机制检验结果表明，碳风险溢价会同时来源于企业自身的环境风险以及市场的政策压力。为了检验企业环境风险的机制，我们使用环境、社会、治理(ESG)评级和环境绩效数据，发现对于 ESG 评级和环境治理评分更高的企业，其碳排放强度与股票收益率的关系相对较弱，这说明环境治理有助于降低资产中的碳排放风险溢价。为了检验市场监管风险的机制，我们选择了 2009-2019 年间三个重要的碳风险相关的政策事件，通过对比政策事件前后的碳风险溢价发现，每当预期的市场监管压力增强时，碳风险溢价会随之升高。异质性检验结果表明，相较于高排放行业，低排放行业的碳风险溢价显著更高。

本文是第一篇专注于使用中国企业碳排放数据研究碳排放与资产收益率之间关系的文章。中国是全球最大的碳排放和碳减排国，同时是最大的发展中国家，拥有全球第二大股票和债券市场。本研究对于增进世界了解中国企业碳排放和碳金融有重要意义，同时我们从新的视角审视了资本市场对企业碳排放和 ESG 的认知。此前，韩国文和樊呈恒（2021）借助行业碳排放数据构造投资组合，使用因子模型研究发现市场对碳风险并不敏感。我们发现了不同的结果，可能的原因是使用企业层面碳排放数据更具优势。首先，企业层面碳排放度量更加准确，行业碳排放和企业碳排放的测度存在口径不一致的问题，这是因为不同部门对于企业的行业分类存在出入¹。其次，Fama and French (2020)指出，企业层面的时变特征相比时间序列因子对资产收益率有更强的解释能力，也就是说数据的颗粒度越高，信息损失就越少。从长远看，中国在实现碳中和的过程中离不开可靠的企业碳排放数据，直接针对个体企业的研究有助于促进企业碳排放数据披露政策的出台与落地。

本文对气候风险度量做出了重要补充。气候金融作为研究政府、企业、金融机构应对气候变化问题的前沿交叉学科，受到越来越多的关注(Hong, Karolyi, and Scheinkman, 2020)。但是如何度量气候变化风险一直是一个难题，现有文献的尝试包括市场指标(Engle et al., 2020; Faccini, Matin, and Skiadopoulos, 2021)、自然灾害事件(Akter, Cumming, and Ji, 2021; Huynh and Xia, 2021b; Kong et al., 2021)、文本分析指标(Berkman, Jona, and Soderstrom, 2021; Li et al., 2020; Nagar and Schoenfeld, 2021; Sautner et al., 2020)。碳排放是可信程度较高的直接指标，从直觉来看，碳排放风险应该成为资产定价的重要因子之一。但是由于数据可得性的限制，针对这一问题的实证研究很少。最近，Bolton and Kacperczyk (2020, 2021)使用 Trucost 数据库的碳排放数据研究了这一问题，然而 Aswani, Raghunandan, and Rajgopal (2021)指出该数据库中大约 75%的碳排放数据是模型估计的而非企业自行披露的，导致前者研究结果的稳健性受到严重影响。我们使用手工收集数据的方法克服了这一困难，构建了不同排放范围和不同构建方法组合的多个企业碳排放指标，填补了国内外研究的空白。

本文其余部分安排如下：第二章综述文献，全面分析了碳排放与资产收益率的相关研究；第三章报告数据和样本统计，介绍了数据来源、计算方法以及样本的年度和行业分布情况；第四章分析实证结果，包括碳排放强度、水平、增长率与股票和债券收益率之间的关系以及

¹ 例如，使用《中国能源统计年鉴》计算得到的部分行业的碳排放量比该行业内的企业自行披露的碳排放量之和要低。

一系列稳健性检验的结果；第五章检验影响机制；第六章对行业异质性和样本选择问题进行了检验和探讨；第七章总结全文。

二、文献综述

(一) 碳排放与股票市场

自从 2016 年《巴黎协定》签署以来，通过降低碳排放来实现可持续发展已经成为人类社会发展的共同目标和公共利益，也引发了学者对于气候变化风险的关注。一些文献使用媒体文本构建市场指标来度量气候变化风险，再通过计量方法得到单个资产的风险暴露(Engle et al., 2020; Faccini et al., 2021)。然而，市场指标难以反映企业的特质性风险，因此现有文献在企业层面的度量上展开了探索，碳排放就是最直接且最重要的度量之一。人们普遍认为，碳排放越高的企业其碳风险也越高，这是由于碳密集型企业营业成本往往更容易受到煤炭、石油等化石能源价格的影响，同时也面临着更高的环境、政策和监管风险(Hong et al., 2020; 马骏, 2021b)。

现有英文文献基于上市公司的碳排放数据与资产价格特别是股票收益率的关系开展了一系列研究。Matsumura, Prakash, and Vera-Muñoz (2014)使用 2006-2008 年的问卷调查数据发现，碳排放水平越高的企业市值越低，在基于股票发行量短期不发生剧烈变动的情况下，这意味着碳排放水平与股票收益呈负相关关系，但这一结论与最新的研究结果有所出入。Bolton and Kacperczyk (2020)发现，在控制了规模、账面市值比以及其他可能影响股票收益率的因素之后，碳排放更高的企业股票预期收益率也更高，说明对于碳风险更大的企业，投资者要求获得更高的回报。这一发现在其他发达国家市场同样成立(Bolton and Kacperczyk, 2021b)。然而，Aswani, Raghunandan, and Rajgopal (2021)对 Bolton and Kacperczyk (2020)的结果提出了挑战，前者发现，后者使用的数据库中有 75%的碳排放数据是模型估计的而非企业披露的，如果只考虑那些由公司自行披露的碳排放数据，Bolton and Kacperczyk (2020)的结果不再存在。这为本文提供了新的研究动机，如果使用中国上市公司的披露数据能够得到新的结论，那么这就表明中国市场存在对碳风险定价的能力。

除了直接考察碳排放与股票收益的关系，Alessi, Ossola, and Panzica (2021)使用欧洲市场的数据，结合企业碳排放量与环境信息披露质量（ESG 评分中的 E 评分）构造投资组合，发现环境信息越透明、温室气体排放强度越低的企业股票收益率越低。In, Park, and Monk (2019)使用美国市场的碳排放数据，基于企业层面的温室气体排放强度（效率）指标，构造了 Efficient-Minus-Inefficient (EMI) 因子，并发现这一因子对应的投资组合在 2010 年之后有显著为正的超额收益率，这意味着效率越高的企业期望收益率越高。Choi, Gao, and Jiang (2020)关注了国际股票市场的表现，发现在极端炎热的天气下，碳密集型企业股票表现更差，因为在这样的时间段中投资者会更关注气候变化风险，且这种变化与基本面无关。在一篇结论相似的研究中，Ilhan, Sautner, and Vilkov (2020) 发现能够对冲下行风险的期权成本对于碳密集型企业来说更高，特别是在投资者更关心气候风险的时期。

国内对于碳排放风险定价的研究相对较少，最主要的原因是缺少合理可靠的数据。在研究碳信息披露的文献中，绝大多数研究采取构建碳信息披露指数的方法(陈华、王海燕和荆新, 2013)，即根据国内外有关气候变化风险和碳排放的相关指导框架和报告，建立多级碳信息披露评价指标体系，根据特定企业是否披露了相关指标内容进行打分(如 0-1 计分)，形成企业层面的碳信息披露评价指数。李秀玉和史亚雅(2016)、田宇和宋亚军(2019)都发现，企业碳信息披露质量越高，财务绩效越好。前者进一步还发现碳信息披露质量对非国有上市公司财务绩效的影响比对国有上市公司的影响效果更大。宋晓华等(2019)则发现碳信息披露水平的提升短期会抑制企业价值增长、长期会促进企业价值增长，而政府环境规制、

媒体关注度和环保组织监督水平越高,该价值效应就越显著。李力、刘全齐和唐登莉(2019)和杨洁、张茗和刘运财(2020)分别研究了碳信息披露质量对于企业股权融资和债务融资成本的影响,研究发现,长期来看碳信息披露质量的提高降低了企业股权和债务融资成本。相比于碳信息披露评价指数,另一类文献则采用更简单的方法,只选用 0-1 虚拟变量衡量企业是否披露了碳排放信息,比如闫海洲、陈百助(2017)基于我国上市公司的样本,首次讨论了企业进行碳信息披露的市场价值效应,研究发现公司进行碳排放信息披露对其市场价值有正向影响,并且这一效应在高碳企业中影响更大。本文首先专注于使用中国企业层面碳排放数据研究碳排放与资产定价的关系,同时探究企业 ESG 和市场监管对碳排放风险定价机制的影响。

(二) 碳排放与债券市场

在 Engle et al. (2020)的基础上, Huynh and Xia (2021a)使用同样的指标研究了气候变化风险在公司债市场的定价。他们以公司债在气候变化新闻指标上的暴露(即债券收益率对指标回归的 Beta)为度量,发现 Beta 越高的债券收益率越低,因为风险暴露越高的债券有更好的对冲效果,投资者对这类债券的需求更高,因此收益率更低。作者的另一篇文章 Huynh and Xia (2021b)发现,当自然灾害真正发生时,投资者会过度压低债券的当前价格,使得未来的回报更高。Seltzer, Starks, and Zhu (2020)研究了美国的债券市场,发现环境评分更低或碳排放更高的企业信用评级更低,发行债券的到期收益率更高,并且在政策管制更加严格的州更显著,这一结果与 Safiullah, Kabir, and Miah (2021)的发现一致,后者进一步发现这主要是由于碳排放影响了企业的现金流不确定性,进而影响企业的还款能力和信用。但是 Duan, Li, and Wen (2020)却发现了相反的结论,他们的结果表明碳排放强度更高的企业发行的债券收益率更低,并指出是因为债券本身具有风险对冲功能,因此投资者对于碳排放强度高的企业的债券需求更高。这一结论和解释与 Huynh and Xia (2021a)一致。我国的研究多集中在绿色债券定价领域,例如张丽宏,刘敬哲和王浩(2021)。本文首次研究企业碳排放与债券收益率的关系,填补了国内的研究空白。

三、 数据与样本统计

(一) 碳排放数据

本文使用的碳排放量、化石能源消耗量以及用电热量是从企业每年披露的社会责任报告、可持续发展报告、环境报告中手工收集的,并进一步依照国家发展与改革委员会(以下简称发改委)发布的方法,通过计算得到部分碳排放数据。样本年份跨度为 2009 年至 2019 年¹。企业核算温室气体需要基于国际通用的《温室气体核算体系》(Greenhouse Gas Protocol)制定的标准,发改委公布的计算方法同样也是如此。根据统计,2010 年全球范围内参与调查的 2487 家企业中,85%的企业直接或间接采纳了该标准。根据《温室气体核算体系》,企业的碳排放可以分为三个范围。范围一是直接温室气体排放,产生于企业拥有或控制的排放源,例如企业拥有或控制的锅炉、熔炉、车辆等产生的燃烧排放;拥有或控制的工艺设备进行化工生产所产生的排放。范围二核算一家企业所消耗的外购电力和热力产生的间接温室气体排放。范围一和范围二排放是《温室气体核算体系》要求强制披露的内容,也是本文考察的重点,企业通常披露的总碳排放指的就是范围一排放与范围二排放之和。范围三排放考虑了所有其他间接排放,是公司活动的结果,但并不是产生于该企业拥有或控制的排放源。例

¹ 范围一碳排放数据的最早年份可以到 2006 年,范围二碳排放数据的最早年份可以到 2008 年,但是为了与总碳排放数据年份保持一致,本文样本都从 2009 年开始算起。这一处理只使得范围一碳排放损失了 3 个观测,使得范围二碳排放损失了 1 个观测,因此不会对样本和结果产生实质影响。

如，开采和生产采购的原料、运输采购的燃料，以及售出产品和服务的使用、员工和客户乘坐的交通工具等。本文未将范围三排放纳入考虑范围。

我们根据披露情况可以将企业分为两类，第一类是直接披露了年度直接碳排放量、间接碳排放量或总碳排放量。对于这一类企业而言，我们直接使用其报告中披露的数据，并统一为相同单位。第二类企业是没有直接披露年度碳排放量，但是披露了不同类型的化石能源消耗量、用电量、用热量。对于这一类企业，我们根据发改委发布的针对不同行业的《企业温室气体排放核算方法与报告指南》（以下简称《指南》）分别计算了其范围一排放和范围二排放，如果一家企业能够同时得到它的范围一和范围二排放，则相加得到总碳排放。根据《IPCC 国家温室气体清单指南》（2006），一种燃料的碳排放计算方法为：

$$E = AD \times EF,$$

其中 AD 为消耗该化石燃料的活动水平数据，由该燃料的消耗量与平均低位发热量的乘积得到， EF 为该化石燃料的排放因子。发改委发布的《指南》中给出了常用的化石燃料平均低位发热量与排放因子缺省值，因此我们利用官方参数与企业披露的化石能源消耗量得到直接碳排放¹。对于电力消耗来说，计算方法与消耗化石能源相同， AD 为企业外购电量， EF 为企业所在区域的电网平均排放因子，由国家应对气候变化战略研究和国际合作中心发布，我们取样本所在时间可得的最近年份发布的数据。对于热力消耗来说，由国家统一规定确定，排放因子采用 0.11 tCO₂/GJ。基于电力与热力消耗计算的碳排放合计得到间接碳排放²。最终我们得到来自 246 家不同公司的 801 个公司-年观测，其中直接碳排放非缺失的观测 506 个，间接碳排放非缺失的观测 598 个，总碳排放非缺失的观测 669 个。

表 1 报告了总碳排放数据的年度与行业分布情况。行业代码与行业名称的对应关系参见附录 1。可以发现，披露碳排放信息的企业数量整体呈现出上升趋势，说明随着气候变化问题的日益突出和国家对于节能减排的日益关注，企业披露环境信息的意愿逐渐增强。从行业分布来看，披露观测数量最多的行业依次是制造业和金融业，均在 150 个以上，两者合计占据了全样本观测数量的 66.8%。虽然作为第三产业的金融业并不是碳密集型行业，但它们在样本中占据了很大比重，我们没有在主要的实证中剔除金融行业企业。

表 1 总碳排放观测的年度与行业分布

行业代码	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	合计
A										1		1
B				1	2	2	4	5	11	12	13	50
C	2	4	6	7	15	14	23	39	54	65	66	295
D								1	3	2	2	8
E				3	3	2	4	4	7	8	5	36
F									2	1	1	4
G	1		3	5	5	6	7	9	12	15	13	76
I			1	1	2	1	1	1	2	1	5	15
J	2	2	7	7	6	5	10	18	27	32	36	152
K				1	1	1	1		4	4	4	16

¹ 由于部分行业范围一碳排放的计算较为复杂，我们在对待需要计算得到的数据时十分谨慎。针对如水泥制造等复杂行业，尽管我们得到了企业少部分的化石能源消耗，如果它没有直接披露碳排放，我们仍然将其按缺失值处理。

² 相比范围一碳排放，范围二碳排放的计算过程更为简单，因此数据可得性更好。但是《企业温室气体排放核算方法与报告指南》中规定需计入范围二碳排放的电力热力消耗为外购电力和热力，部分企业在报告中并没有详细说明用电量为外购电力还是总消耗。我们认为，对于非电力企业来说，其用电量绝大部分来自购入电力，自身发电量十分有限，因此这一计算误差并不会影响我们的结论。

L									1	1	1	3
M									1	3	2	6
Q									1	1	2	4
R									1	1	1	3
合计	5	6	17	25	34	31	50	77	126	147	151	669

(二) 股票市场数据

股票收益率数据来自 CSMAR 计算的考虑分红的月度收益率, 企业财务数据来自 WIND 数据库, 股票超额收益率 (*EXRET*) 为月度收益率减去 1 个月期限国债收益率。收益率数据的样本期为 2010 年至 2020 年。

在股票市场的回归中, 我们控制了以下变量: *BETA* 是基于前 1 年的日度收益率计算得到的市场风险系数; *logME* 是年末公司总市值的自然对数; *BM* 是年末账面市值比, 等于权益的账面价值与市场价值的比值, 其中参考 Liu, Stambaugh, and Yuan (2019), 权益的账面价值定义为所有者权益减去优先股的账面价值; *EP* 是市净率的倒数, 根据 Fama and French (1992), 定义 *EP+* 为, 如果 *EP* 为正, 则 *EP+* 等于 *EP*, 如果 *EP* 为负, 则 *EP+* 等于 0; *MOM* 为前 12 个月的股票收益率, 控制动量效应; *VOL* 为前 12 个月的股票波动率; *IDVOL* 为基于前一年日度收益率和 CAPM 模型计算的股票特质波动率; *LEVERAGE* 为杠杆率, 等于负债总额与资产总额的比值; *INVEST* 为投资率, 等于资本性支出与资产总额的比值; *ROA* 为总资产净利率, 为净利润与平均总资产的比值; *logPPE* 为固定资产的自然对数; *SALES* 为营业收入与资产总额的比值; 参考(Bolton and Kacperczyk, 2021a) 我们还控制了 *EPSGR*, 即每股收益的增长率。在剔除了缺失变量后, 股票市场样本总共包含 8944 条月度观测。所有变量定义见表 2。

表 2 变量定义

变量名	定义
碳排放相关变量	
<i>GHG</i> (百万吨)	总碳排放, 等于直接碳排放与间接碳排放之和
<i>SCOPE1</i> (百万吨)	直接碳排放
<i>SCOPE2</i> (百万吨)	间接碳排放
<i>GHGint</i>	总碳排放强度, 等于总碳排放除以营业收入
<i>SC1int</i>	直接碳排放强度, 等于直接碳排放除以营业收入
<i>SC2int</i>	间接碳排放强度, 等于间接碳排放除以营业收入
<i>logGHG</i>	总碳排放的自然对数
<i>logSCOPE1</i>	直接碳排放的自然对数
<i>logSCOPE2</i>	间接碳排放的自然对数
<i>GHGGR</i> (%)	总碳排放的年增长率
<i>SC1GR</i> (%)	直接碳排放的年增长率
<i>SC2GR</i> (%)	间接碳排放的年增长率
股票市场相关变量	
<i>EXRET</i> (%)	股票月度超额收益率, 等于月度收益率减去 1 个月期国债收益率
<i>BETA</i>	CAPM Beta, 使用前 1 年的日度个股收益率和市场收益率回归得到
<i>logME</i>	总市值的自然对数
<i>BM</i>	账面市值比, 等于权益的账面价值与市场价值的比值, 其中权益的账面价值计算为所有者权益减去优先股的账面价值(Liu et al., 2019)
<i>EP+</i>	定义 <i>EP</i> 为市净率的倒数, 如果 <i>EP</i> 为正, 则 <i>EP+</i> 等于 <i>EP</i> , 如果 <i>EP</i> 为负, 则 <i>EP+</i> 等于 0(Fama and French, 1992)

<i>MOM</i> (%)	前 12 个月的持有至到期收益率
<i>VOL</i> (%)	波动率, 等于前 12 个月的月度收益率的标准差
<i>IDVOL</i> (%)	特质波动率, 使用前 1 年的日度收益率, 基于 CAPM 模型计算
<i>LEVERAGE</i> (%)	杠杆率, 等于负债总额与资产总额的比值
<i>INVEST</i>	投资率, 等于资本性支出与资产总额的比值
<i>ROA</i> (%)	总资产净利率, 等于净利润与平均总资产的比值
<i>logPPE</i>	固定资产的自然对数
<i>SALES</i>	营业收入与资产总额的比值
<i>EPSGR</i> (%)	每股收益的年度增长率
债券市场相关变量	
<i>BONDEXRET</i> (%)	债券月度超额收益率, 等于月度收益率减去 1 个月期国债收益率
<i>logAMOUNTOUT</i>	债券余额的自然对数
<i>MATURITY</i>	到期时间, 单位为年
<i>RATING</i>	债券评级, AAA 级为 1, C 级为 19, 逐级递增
<i>TURNOVER</i> (%)	换手率, 等于月成交量与债券余额的比值
<i>REVERSAL</i> (%)	前一交易月的债券月度收益率
<i>logASSETS</i>	发行人资产总额的自然对数
<i>SALES</i>	发行人营业收入与资产总额的比值
<i>TANGIBILITY</i>	发行人固定资产与资产总额的比值
<i>CASH</i>	发行人现金及其等价物与资产总额的比值

(三) 债券市场数据

我们提取了上市公司 2010 至 2020 年在交易所发行的公司债和企业债, 债券交易数据、特征数据、评级数据与付息数据均来自 RESSET 数据库, 财务数据来自 WIND 数据库。参考 Bessembinder et al. (2009) 等文献, 我们定义一只债券 i 的月度收益率为:

$$Bond\ Return_{i,t} = \frac{(P_{i,t} + AI_{i,t}) + C_{i,t} - (P_{i,t-1} + AI_{i,t-1})}{P_{i,t-1} + AI_{i,t-1}}, \quad (1)$$

其中, $P_{i,t}$ 为债券 i 在 t 月末的收盘净价, $AI_{i,t}$ 为债券 i 在 t 月末的应计利息, $C_{i,t}$ 为债券 i 在 t 月中的付息 (如果有)。债券超额收益率 (*BONDEXRET*) 定义为月度收益率减去 1 个月期限的国债收益率。为了保证债券价格的信息可靠性, 我们剔除了交易量为 0 的债券月度观测。对于同时在不同交易所挂牌交易的债券, 其交易是相对独立的, 因此我们视为不同债券, 均保留在样本中。

在债券市场的回归中, 控制变量包括: *logAMOUNTOUT*, 债券余额的自然对数; *MATURITY*, 到期时间, 单位为年; *RATING*, 债券评级, AAA 级为 1, C 级为 19, 逐级递增, 我们取交易月可得的最近的债券评级信息, 如债券评级信息缺失, 则以主体评级为替代, 如两者都缺失则剔除该观测; *TURNOVER*, 换手率, 等于月成交量与发行量的比值, 单位为%; *REVERSAL*, 最近一个交易月的收益率; *logASSETS*, 企业资产总额的自然对数; *LEVERAGE*, 杠杆率, *BM*, 账面市值比, *ROA*, 总资产净利率, 计算方法与股票市场样本相同; 参考 Ding, Xiong, and Zhang (2021) 和 Seltzer, Starks, and Zhu (2020), 我们还控制了 *SALES*, 定义为营业收入与资产总额的比值, *TANGIBILITY*, 定义为固定资产与资产总额的比值, *CASH*, 定义为现金及其等价物与资产总额的比值。在剔除了缺失变量后, 债券市场样本总计为 4228 条债券-月度观测。

(四) 描述性统计

表 3 展示了样本的描述性统计结果，包括碳排放相关变量、股票市场相关变量和债券市场相关变量，所有连续变量均在 1%和 99%分位数处做了缩尾处理。

Panel A 是碳排放相关变量，其中 *GHG*、*SCOPE1* 和 *SCOPE2* 分别为总碳排放、直接碳排放和间接碳排放，单位为百万吨二氧化碳当量。平均来看，样本中企业的年平均温室气体排放量为 824.4 万吨，然而 25%分位数、中位数和 50%分位数分别为 2.7 万吨，18.6 万吨和 190.4 万吨，均远小于平均数，因此可以判断中国的碳排放总量主要都来自于排放最高的那部分企业（前 25%的企业）。直接碳排放 *SCOPE1* 和间接碳排放 *SCOPE2* 的均值分别为 978.2 万吨和 114.7 万吨，同样远高于 Panel A 中样本各分位数，呈现出与总碳排放相同的分布特点。*SCOPE1* 均值高于 *GHG* 均值的原因是部分高排放企业只披露了其范围一排放或化石能源的消耗量，范围二排放缺失，导致总碳排放缺失。*GHGint*、*SC1int* 与 *SC2int* 是单位总碳

表 3 各样本描述性统计

Panel A: 碳排放相关变量						
变量	观测数	均值	中位数	标准差	25%分位数	75%分位数
<i>GHG</i> (百万吨)	669	8.264	0.186	30.705	0.027	1.904
<i>SCOPE1</i> (百万吨)	506	9.782	0.012	38.337	0.002	0.465
<i>SCOPE2</i> (百万吨)	598	1.147	0.083	4.039	0.015	0.376
<i>GHGint</i>	669	0.108	0.010	0.326	0.001	0.045
<i>SC1int</i>	501	0.102	0.001	0.356	0.000	0.018
<i>SC2int</i>	598	0.026	0.003	0.070	0.001	0.016
<i>logGHG</i>	669	12.479	12.135	2.819	10.219	14.459
<i>logSCOPE1</i>	506	10.264	9.361	4.048	7.395	13.049
<i>logSCOPE2</i>	598	11.241	11.321	2.555	9.607	12.836
<i>GHGGR</i> (%)	426	65.607	3.743	330.759	-4.635	19.567
<i>SC1GR</i> (%)	290	123.471	4.241	622.267	-10.621	18.238
<i>SC2GR</i> (%)	328	47.359	3.743	186.481	-5.235	20.736
Panel B: 股票市场相关变量						
变量	观测数	均值	中位数	标准差	25%分位数	75%分位数
<i>EXRET</i> (%)	8944	0.820	-0.445	10.340	-5.445	5.579
<i>BETA</i>	8944	1.010	1.031	0.329	0.802	1.231
<i>logME</i>	8944	24.345	24.340	1.406	23.345	25.333
<i>BM</i>	8944	1.132	0.814	2.098	0.459	1.247
<i>EP+</i>	8944	0.063	0.048	0.053	0.024	0.087
<i>MOM</i> (%)	8944	9.970	0.075	43.661	-17.534	24.165
<i>VOL</i> (%)	8944	9.907	8.877	4.895	6.463	11.951
<i>IDVOL</i> (%)	8944	8.258	7.753	3.128	5.982	10.012
<i>LEVERAGE</i> (%)	8944	60.880	63.281	21.074	46.137	76.306
<i>INVEST</i>	8944	0.040	0.029	0.040	0.006	0.061
<i>ROA</i> (%)	8944	3.994	2.739	4.695	1.242	5.703
<i>logPPE</i>	8944	22.777	22.909	1.979	21.358	24.347
<i>SALES</i>	8944	0.547	0.485	0.445	0.222	0.740
<i>EPSGR</i> (%)	8944	0.271	0.045	2.326	-0.265	0.300
Panel C: 债券市场相关变量						
变量	观测数	均值	中位数	标准差	25%分位数	75%分位数

<i>BONDEXRET</i> (%)	4228	0.054	0.096	1.013	-0.171	0.403
<i>logAMOUNTOUT</i>	4228	21.599	21.640	0.793	21.129	22.182
<i>MATURITY</i>	4228	2.422	2.077	1.870	0.990	3.405
<i>RATING</i>	4228	1.215	1.000	0.526	1.000	1.000
<i>TURNOVER</i> (%)	4228	1.983	0.394	3.751	0.050	1.924
<i>REVERSAL</i> (%)	4228	0.280	0.329	1.024	0.047	0.642
<i>logASSETS</i>	4228	25.877	26.048	1.331	25.105	26.701
<i>LEVERAGE</i> (%)	4228	64.869	68.399	12.849	55.846	75.652
<i>BM</i>	4228	1.053	0.958	0.530	0.682	1.267
<i>ROA</i> (%)	4228	2.959	2.319	2.444	1.576	3.640
<i>SALES</i>	4228	0.441	0.368	0.362	0.105	0.602
<i>TANGIBILITY</i>	4228	0.236	0.202	0.226	0.009	0.388
<i>CASH</i>	4228	0.129	0.125	0.072	0.065	0.183

排放强度、直接碳排放强度与间接碳排放强度，定义为碳排放量（吨）与当年营业收入（千元）的比值，均值分别为 0.108，0.102 与 0.026。这是本文关注的核心变量，相比于绝对碳排放量，实践中碳排放强度是投资者与企业运营者更关心的指标(Aswani et al., 2021)，因为排放强度考虑了企业规模因素，刻画了一单位产出所排放的二氧化碳，更真实反映了企业的能源消耗效率，更能体现企业的碳排放风险。

logGHG (*logSCOPE1*、*logSCOPE2*) 是总碳排放（直接碳排放、间接碳排放）的自然对数，均值分别为 12.479，10.264 与 11.241。可以发现，取对数消除了数据本身的偏度，使得均值和中位数回到了同一量级。*GHGGR* (*SC1GR*、*SC2GR*) 是总碳排放（直接碳排放、间接碳排放）的增长率，衡量碳排放的短期风险。由于数据本身的因素，当前中国市场上的碳排放增长率数据质量并不理想，可以看出总碳排放、直接碳排放和间接碳排放的平均年度增长率分别为 65.61%、123.47%和 47.36%，均值整体偏大，并且同样远高于各比例的分位数，说明数据仍然是由高排放的一小部分企业驱动的，因此对于增长率指标的检验只作为研究完整性的补充。

Panel B 展示了股票市场相关变量的描述性统计。样本中股票平均月度超额收益率为 0.82%，中位数为-0.45%，说明右尾更厚。*BETA* 均值为 1.01，略高于市场风险。*BM* 均值为 1.132，*EP+*均值为 0.063，*LEVERAGE* 均值为 60.88%，*ROA* 均值为 3.99%，这些数据与样本中制造业企业占比高一致，说明是负债率偏高且盈利能力相对较差的企业。*LEVERAGE* 过高的另一个原因可能是样本中金融行业的企业占比较高，而金融行业企业的负债率相较于非金融行业企业来说通常更高。

Panel C 呈现了债券市场相关变量的描述性统计结果，被解释变量 *BONDEXRET* 均值为 5.4 个基点，中位数为 9.6 个基点。债券平均余额为 32.277 亿元，平均到期时间为 2.422 年。从 *RATING* 的分布来看，样本中至少 75%的观测评级均为 AAA 级，这与中国市场债券评级总体偏高一致。平均月度换手率为 1.98%，前一交易月的平均收益率为 28 个基点。

我们希望尽可能全面展示企业层面碳排放的分布和特点。基于此，本文进一步分析了企业碳排放的行业异质性，结果在表 4 中。从行业来看，总碳排放最高的前五个行业分别是 D44-电力、热力生产和供应业，B07-石油和天然气开采业，C30-非金属矿物制造业，B06-煤炭开采和洗选业以及 C28-化学纤维制造业。直接碳排放最高的五个行业分别是 D44-电力、热力生产和供应业，B06-煤炭开采和洗选业，B07-石油和天然气开采业，C25-石油加工、炼焦和核燃料加工业，C31-黑色金属冶炼和压延加工业以及 C30-非金属矿物制造业。间接碳排放最高的五个行业分别是 B07-石油和天然气开采业，I63-电信、广播电视和卫星传输服务业，C28-化学纤维制造业，C31-黑色金属冶炼和压延加工业以及 B06-煤炭开采和洗选业。

表 4 碳排放量的行业分布

行业代码	GHG	SCOPE1	SCOPE2	GHGint	SC1int	SC2int
A03	0.3603	0.0055	0.3548	0.0269	0.0004	0.0265
B06	46.7071	160.1253	3.7723	0.2301	0.6653	0.0323
B07	149.4288	106.0874	31.1502	0.0622	0.0437	0.0185
B09	1.2088	0.3263	0.8936	0.0329	0.0121	0.0298
B11	0.6521	0.8370	0.0150	0.0280	0.0347	0.0006
C13	1.0756	0.3693	0.6648	0.0199	0.0068	0.0123
C14	1.8621			0.0266		
C15	0.2353	0.0311	0.0115	0.0338	0.0271	0.0083
C17	0.1128		0.0684	0.0675		0.0384
C18			0.0043			0.0005
C22	1.9541	0.1989	1.6961	0.5951	0.1397	0.2446
C25	10.6062	47.3472	2.3605	0.1064	0.4745	0.0238
C26	4.7394	3.0409	1.2249	0.3059	0.2064	0.0843
C27	0.6307	0.2911	0.3989	0.0632	0.0230	0.0342
C28	33.5345	0.1353	6.4952	0.4060	0.0151	0.1313
C30	60.7688	23.4140	2.5126	0.6262	0.3058	0.0890
C31	27.4518	24.8397	4.4793	0.5552	0.5439	0.0589
C32	8.5882	0.1474	2.8153	0.1272	0.0093	0.0439
C33	0.9545	0.1069	0.5071	0.0113	0.0012	0.0059
C34	0.1430	0.0217	0.1292	0.0044	0.0006	0.0051
C35	0.4991	0.1880	0.1819	0.0196	0.0259	0.0142
C36	1.0576	0.0614	0.4804	0.0110	0.0008	0.0090
C37	1.1139	0.1875	0.5892	0.0108	0.0038	0.0101
C38	0.9376	0.0035	1.3972	0.1285	0.0002	0.2290
C39	0.8261	0.0181	0.2135	0.0153	0.0007	0.0082
C42	0.1047	0.0348	0.0699	0.0111	0.0031	0.0080
D44	173.8130	211.4182	0.1838	1.9861	2.1211	0.0024
E48	4.5849	2.2389	1.2477	0.0158	0.0092	0.0051
F51	0.0051	0.0001	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
F52	0.0525	0.0148	0.2666	0.0015	0.0005	0.0039
G53		1.3410	0.2178		0.0849	0.0118
G54	0.0165	0.0026	0.0128	0.0028	0.0005	0.0024
G55	3.5408	2.6950	0.1607	0.0925	0.0778	0.0103
G56	17.2469	17.7837	0.3153	0.1729	0.1729	0.0038
G58	0.1772			0.0023		
G60	2.7352	2.3845	0.3507	0.1303	0.1122	0.0180
I63	7.8853	0.3011	12.1647	0.0280	0.0011	0.0435
I64	0.0785	0.0499	0.6958	0.0126	0.0095	0.0692
I65	0.0313	0.0019	0.0238	0.0063	0.0003	0.0034
J66	0.1375	0.0411	0.0944	0.0005	0.0001	0.0004
J67	0.0225	0.0016	0.0138	0.0030	0.0001	0.0010
J68	0.0816	0.0029	0.0752	0.0002	0.0000	0.0001
J69	0.0077	0.0006	0.0071	0.0033	0.0003	0.0030
K70	2.9084	0.0029	0.0206	0.0214	0.0001	0.0008
L72	0.3823	0.0465	0.3357	0.0279	0.0034	0.0245
M73	0.0849	0.0268	0.0448	0.0136	0.0028	0.0110
N77		0.9846	0.0785		0.2762	0.0594
Q83	0.0134	0.0026	0.0151	0.0030	0.0006	0.0034
R85	0.0194	0.0032	0.0162	0.0024	0.0004	0.0020

可以看出不论是从哪一个范围考察,平均碳排放量最高的行业都集中在能源行业。不同行业碳排放强度的排序与碳排放量稍有不同,但并无显著差别,其中变化最大的行业是 C22-造纸和纸制品业,尽管碳排放量的排序并不是最靠前的,但总碳排放强度排名前五位,间接碳排放强度更是排名第一位。当然,这一排序没有考虑那些碳排放缺失的行业,因此并不是绝对的。但我们可以从表 4 看出,样本呈现出的碳密集型行业和非碳密集型行业与实际情况基本一致。另外,不同行业之间的碳排放水平差距很大,所以在本文的研究中,我们分别控制了行业固定效应或公司个体固定效应来捕捉由于行业的碳排放水平不同所带来的平均影响。

四、实证研究

本章研究中国企业碳排放与资产定价之间的关系,并展示分析结果。我们以碳排放强度 ($GHGint$ 、 $SC1int$ 和 $SC2int$) 为核心解释变量,从股票市场的研究入手,并进一步延伸到债券市场,通过多种稳健性检验验证了结果的稳健性。为了和现有文献形成对照,我们还使用碳排放水平 ($\log GHG$ 、 $\log SCOPE1$ 、 $\log SCOPE2$) 和碳排放增长率 ($GHGGR$ 、 $SC1GR$ 、 $SC2GR$) 进行了补充检验。

(一) 股票市场的截面检验

本小节研究了上市公司各范围的碳排放强度与股票收益率之间的关系,回归模型如下:

$$EXRET_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 Carbon Intensity_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \gamma_t + \varphi_i + \varepsilon_{i,t}, \quad (2)$$

其中被解释变量为 $EXRET$, 即股票月度超额收益率,核心解释变量为碳排放强度,包括总碳排放强度 $GHGint$ 、直接碳排放强度 $SC1int$ 和间接碳排放强度 $SC2int$ 。 $Controls$ 为控制变量,包括 $BETA$ 、 $\log ME$ 、 BM 、 $EP+$ 、 MOM 、 VOL 、 $IDVOL$ 、 $LEVERAGE$ 、 $INVEST$ 、 ROA 、 $\log PPE$ 、 $SALES$ 和 $EPSGR$ 。由表 4 可以看出,企业碳排在行业层面有显著差异和趋势,因此我们进一步控制了 γ_t ——年-月固定效应,来捕捉时间差异带来的影响,以及 φ_i ——公司层面固定效应,来控制行业或公司个体层面的异质性带来的影响。

表 5 展示了股票市场的主要结果,其中(1)、(2)、(3)列模型控制了行业固定效应,(4)、(5)、(6)列模型控制了公司个体层面固定效应,所有模型都控制了年-月固定效应,括号中是在公司和年份层面的聚类标准误。从表 5 可以发现, $GHGint$ 与 $SC2int$ 的系数为正,且分别在 5%和 1%水平下显著, $SC1int$ 系数同样为正,但并不显著。这说明企业的总碳排放强度和间接碳排放强度对未来股票收益率有显著的正向影响,而直接碳排放强度并不存在显著影响。这一影响在经济意义上同样显著:在考虑公司个体固定效应之后, $GHGint$ 产生 1 个标准差的变化,会使得股票月度超额收益率平均变化 0.63%,年化之后为 7.54%,是样本均值的 76.59%; $SC2int$ 产生 1 个标准差的变化会使得股票月度超额收益率平均变化 0.34%,年化之后为 4.05%,是样本均值的 41.46%。

表 5 的结果说明企业碳排放强度与股票收益率之间的关系符合基于风险的资产定价理论假设。碳排放强度越高的企业面临着更高的环境风险,企业经营会受到越来越多的政策影响和限制。同时,为了达到减排目标,它们往往需要付出更高的成本,从原来高排放化石能源的使用和生产转向清洁能源或可再生能源的消耗和生产。在更高的风险暴露下,投资者会要求获得更高的回报,表现为未来的股票收益率更高。

控制变量的系数表现基本符合预期。 $\log ME$ 的系数显著为负,说明高市值的股票未来表现越差; MOM 的系数显著为负,说明中国市场上存在短期反转效应,过去一年表现越好的股票未来一个月的超额收益率越低; $IDVOL$ 的系数显著为负,说明特质波动率越高的股票未来收益率越低,与现有文献的结果一致(Ang et al., 2006, 2009); $LEVERAGE$ 的系数显著为

正，这是因为杠杆率越高的公司破产风险更高，因此投资者要求更高的回报，符合风险溢价的理论假设。我们注意到，在模型（2）中，*BM* 和 *EP+* 的系数与预期并不相符，但是这一情况在其他模型设定下并不普遍存在，也不影响文章的整体结论。

表 5 碳排放与股票收益率的截面检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	1.363*** (0.501)			1.926** (0.924)		
<i>SC1int</i>		0.424 (0.854)			0.722 (4.003)	
<i>SC2int</i>			2.520*** (0.635)			4.820*** (0.991)
<i>BETA</i>	-0.566 (0.639)	-0.839 (0.617)	-0.790 (0.605)	-0.296 (0.730)	-0.760 (0.818)	-0.682 (0.686)
<i>logME</i>	-0.031 (0.229)	-0.296 (0.237)	0.052 (0.201)	-3.619*** (0.894)	-3.869*** (1.019)	-3.521*** (0.969)
<i>BM</i>	0.004 (0.017)	-0.038*** (0.010)	0.011 (0.025)	-0.492 (0.692)	-0.113 (0.167)	0.197 (0.304)
<i>EP+</i>	-3.798 (4.580)	-4.440** (1.956)	-3.673 (3.638)	-2.105 (3.490)	0.911 (4.328)	3.833 (2.575)
<i>MOM</i>	-0.004 (0.007)	0.000 (0.005)	-0.004 (0.008)	-0.019*** (0.005)	-0.019*** (0.003)	-0.023*** (0.003)
<i>VOL</i>	0.018 (0.063)	-0.029 (0.054)	-0.005 (0.069)	-0.008 (0.073)	-0.053 (0.058)	-0.002 (0.060)
<i>IDVOL</i>	-0.188** (0.074)	-0.207** (0.083)	-0.130* (0.076)	-0.182** (0.080)	-0.198** (0.096)	-0.175** (0.074)
<i>LEVERAGE</i>	0.028* (0.017)	0.042*** (0.013)	0.033** (0.016)	0.029 (0.037)	0.095*** (0.036)	0.067** (0.029)
<i>INVEST</i>	7.057 (6.956)	8.300 (5.576)	8.962 (6.793)	2.523 (8.068)	7.511 (6.790)	-0.915 (7.755)
<i>ROA</i>	0.062 (0.052)	0.070 (0.051)	0.078 (0.059)	0.024 (0.065)	0.084 (0.061)	0.103* (0.057)
<i>logPPE</i>	-0.065 (0.202)	0.273 (0.170)	0.023 (0.230)	0.441 (0.485)	0.664 (0.594)	0.078 (0.545)
<i>SALES</i>	0.087 (0.377)	-0.164 (0.253)	-0.324 (0.375)	0.657 (1.329)	-0.870 (1.375)	-1.616 (1.266)
<i>EPSXGR</i>	-0.041 (0.061)	0.014 (0.053)	-0.029 (0.047)	-0.060 (0.079)	0.028 (0.031)	0.011 (0.055)
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	7484	5700	6794	7484	5700	6794
Adj. R^2	0.321	0.310	0.315	0.331	0.323	0.328

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

(二) 债券市场的截面检验

本小节研究了上市公司各范围的碳排放强度与债券收益率之间的关系,采用如下回归模型:

$$BONDEXRET_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 Carbon Intensity_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \gamma_t + \varphi_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中 *BONDEXRET* 为债券月度超额收益率,核心解释变量仍然是碳排放强度,控制变量包括 *logAMOUNT*、*MATURITY*、*RATING*、*TURNOVER*、*REVERSAL*、*logASSETS*、*LEVERAGE*、*BM*、*ROA*、*SALES*、*TAGIBILITY* 和 *CASH*。同样地,我们还控制了年-月固定效应 γ_t ,以及个体层面的固定效应 φ_i ,在债券市场的回归模型中,我们选择了公司固定效应或债券固定效应作为个体层面的固定效应。

表 6 呈现了碳排放与债券收益率之间的关系的检验结果。模型 (1)、(2)、(3) 控制了公司固定效应,(4)、(5)、(6) 控制了债券固定效应,所有模型都加入了年-月固定效应,括号中是在公司和年份层面的聚类标准误。在所有的模型设定中,*GHGint*、*SC1int* 和 *SC2int* 的系数同样为正,并且只有 *GHGint* 和 *SC2int* 统计显著,与股票市场的结果完全一致。经济意义上,在控制住债券固定效应之后,*GHGint* 变化 1 个标准差会使得债券超额收益率变化 9.36 个基点,是样本均值的 1.73 倍;*SC2int* 变化 1 个标准差会使得债券超额收益率变化 2.08 个基点,是样本均值的 38.37%。

REVERSAL 系数稳定为负且均在 1%水平下统计显著,这与 Bai, Bali, and Wen (2019)的结果一致。前一交易月的收益率对后一月有显著的预测能力,说明债券市场同样存在短期反转效应。*logAMOUNTOUT* 的系数显著为正,并且在各个模型设定下都十分稳定,表明发行规模大的债券获得更高的收益率。

表 6 的结果说明,企业碳排放一定程度上反映了碳风险的高低,风险越高的企业,投资者对于该企业的资产要求更高的风险回报。这一结论与 Seltzer, Starks, and Zhu (2020)的发现一致。但是他们的研究只考察了发行到期收益率,没有考察碳排放带来的动态价格变化。另一方面,他们只关注了直接排放 (*SCOPE1*),而本文发现中国市场上的碳风险溢价主要体现在总排放 (*GHG*) 和间接排放 (*SCOPE2*) 上。

综合表 5 和表 6 来看,企业碳排在股票市场和债券市场都有显著的风险溢价,主要体现在总碳排放和间接碳排放上。这一现象的原因可能与中国上市公司对于碳排放信息的披露行为有关。中国上市公司大都只披露了年度总碳排放量,披露企业中只有约 45%-50%详细披露了直接和间接排放,因此总排放信息的可得性更强。而对于直接和间接排放来说,直接排放的计算相对复杂,而间接排放只需了解企业的电力消耗与热力消耗,因此间接排放信息相比直接排放信息来说可得性更强且可信度更高。

需要指出的是,股票市场和债券市场对于碳风险定价的一致表现并不是必然的。第一,股票市场和债券市场是不同的市场,两者的交易群体有着明显的区别。债券市场以机构投资者为主,包括商业银行、证券公司、基金公司等,而股票市场有大量的个人投资者,这是中国股票市场的典型特征。第二,股票与债券是两种本质不同的金融资产,债券持有人是公司的债权人,在资产清算时具有优先权,其主要受到信用风险的影响。股票持有人是公司股东,是公司的拥有者,其收益很大程度上决定于公司的整体盈利情况。因此,两个市场对于以碳排放为度量的碳风险都有显著为正的溢价并非必然。表 5 和表 6 的结果正说明本文的结论在股票和债券这两个相互联系但是相对独立的市场都是非常稳健的。

表 6 碳排放与债券收益率的截面检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	0.287*** (0.104)			0.287** (0.13)		
<i>SC1int</i>		0.162 (0.158)			0.047 (0.317)	
<i>SC2int</i>			0.280** (0.111)			0.296** (0.116)
<i>logAMOUNTOUT</i>	0.103*** (0.022)	0.172*** (0.035)	0.164*** (0.023)	0.152*** (0.057)	0.206** (0.082)	0.166*** (0.05)
<i>MATURITY</i>	0.000 (0.035)	-0.007 (0.032)	-0.018 (0.035)	0.161 (0.474)	-0.078 (1.009)	0.064 (0.895)
<i>RATING</i>	0.191*** (0.045)	0.081 (0.057)	0.080 (0.064)	0.042 (0.116)	-0.077* (0.045)	0.077 (0.093)
<i>TURNOVER</i>	0.230 (0.802)	0.245 (0.442)	0.713 (0.654)	0.177 (1.002)	0.351 (0.935)	1.023 (0.997)
<i>REVERSAL</i>	-0.128*** (0.023)	-0.152*** (0.023)	-0.118*** (0.032)	-0.156*** (0.025)	-0.183*** (0.028)	-0.158*** (0.039)
<i>logASSETS</i>	0.113 (0.247)	0.488 (0.331)	0.225 (0.241)	0.247 (0.317)	0.673 (0.612)	0.556* (0.334)
<i>LEVERAGE</i>	-0.010 (0.01)	-0.008 (0.016)	-0.008 (0.015)	-0.016 (0.015)	-0.024 (0.025)	-0.022 (0.018)
<i>BM</i>	-0.083*** (0.01)	0.058 (0.098)	-0.011 (0.091)	-0.300*** (0.106)	0.035 (0.132)	-0.036 (0.115)
<i>ROA</i>	-0.002 (0.005)	-0.013 (0.026)	-0.007 (0.019)	-0.010 (0.012)	-0.029 (0.03)	-0.025 (0.021)
<i>SALES</i>	0.226 (0.246)	0.736** (0.359)	-0.125 (0.385)	0.185 (0.469)	0.740 (0.49)	-0.151 (0.476)
<i>TANGIBILITY</i>	0.257 (0.176)	-0.099 (0.085)	0.352 (0.382)	0.592 (0.523)	-0.143 (0.173)	0.496 (0.502)
<i>CASH</i>	0.873** (0.409)	0.103 (0.784)	1.503** (0.667)	0.113 (1.03)	-0.864 (1.431)	1.451* (0.776)
<i>CONSTANT</i>	-5.124 (6.619)	-15.278* (7.909)	-9.471 (6.034)	-8.808 (7.633)	-18.430 (16.465)	-16.578** (8.016)
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	2748	2890	3694	2748	2890
Adj. R ²	0.112	0.131	0.115	0.087	0.098	0.089

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

(三) 稳健性检验

为了说明结果的稳健性，本文进行了六组稳健性检验。第一，我们希望说明，碳排放强度在 *EXRET* 的各个分位数处都与其有显著的正向关系，来检验 OLS 回归的稳健性；第二，

从表 3 描述性统计结果可以看出，碳排放强度的分布存在偏峰和厚尾现象。因此，我们对碳排放强度做取对数处理来克服这一问题；第三，为了进一步消除极端值的影响，我们尝试对碳排放强度进行更大程度的缩尾处理，再次进行回归；第四，由于营业收入中包含了价格，碳排放强度的计算可能会受到通货膨胀等因素的影响，因此我们使用雇佣人数计算了碳排放强度的替代指标；第五，我们对样本剔除采取了更严格的限制，保证在不同模型设定下，样本数量均保持一致；第六，由于碳排放和控制变量都是年度数据，我们使用年收益率作为被解释变量进行了稳健性检验。

1. 分位数回归

表 7 展示了碳排放强度与股票收益率关系的分位数回归结果。Panel A、Panel B 和 Panel C 的核心解释变量分别为总碳排放强度、直接和间接碳排放强度。第 (1) 列至第 (5) 列分别报告了在 10%、25%、50%、75% 和 90% 的分位数处的回归结果，控制变量与表 5 相同。所有模型设定全部控制了年-月固定效应和公司个体固定效应，括号中是在公司层面的聚类标准误(Parente and Santos Silva, 2015)。Panel A 和 Panel C 的结果表明，*GHGint* 和 *SC2int* 在 *EXRET* 的各个分位数处的影响均为正，而 90% 的极端值附近则基本不显著。这一结果说明碳排放与资产收益率的关系对于收益率最高的 10% 的资产来说并不太明显。*SC1int* 与 *EXRET* 始终不存在显著关系。这一结论与表 5 保持一致。

表 8 是碳排放强度与债券收益率关系的分位数回归结果，表格结构与表 7 一致，控制变量与表 6 相同，并控制了年-月固定效应与债券固定效应。表 8 的结果表明，*GHGint* 与 *SC2int* 在除 90% 分位数外的各分布处都与债券收益率有显著的正向关系，证明了本文的结果并不只是在资产收益率均值附近的结果，除去收益率最高的那部分资产之外的样本存在显著为正的碳风险溢价。

表 7 碳排放强度与股票收益率关系的分位数回归

Panel A: 总碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>GHGint</i>	1.148	1.194*	1.400***	1.489**	1.065
	(0.875)	(0.6114)	(0.484)	(0.721)	(3.885)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	7484	7484	7484	7484	7484
R^2	0.227	0.286	0.338	0.313	0.250
Panel B: 直接碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>SC1int</i>	0.896	2.523	0.427	1.903	-0.026
	(3.707)	(3.353)	(3.564)	(5.512)	(8.298)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	5700	5700	5700	5700	5700
R^2	0.221	0.280	0.333	0.298	0.241
Panel C: 间接碳排放强度					

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>SC2int</i>	3.020*	2.278	3.393*	5.519***	4.807
	(1.610)	(1.420)	(1.892)	(1.899)	(7.445)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6794	6794	6794	6794	6794
R^2	0.228	0.287	0.334	0.307	0.242

注：括号中是在公司层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

表 8 碳排放强度与债券收益率关系的分位数回归

Panel A 总碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>GHGint</i>	0.612***	0.453***	0.146*	0.143*	-0.213**
	(0.148)	(0.157)	(0.082)	(0.082)	(0.094)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bond F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	3694	3694	3694	3694
R^2	0.058	0.084	0.146	0.106	0.049
Panel B: 直接碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>SC1int</i>	-0.338	0.023	0.070	-0.047	0.216
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bond F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	2748	2748	2748	2748	2748
R^2	0.081	0.123	0.157	0.094	0.060
Panel C: 间接碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Quantile	q10	q25	q50	q75	q90
<i>SC2int</i>	1.022*	0.316***	0.187***	-0.019	-0.268
	(0.571)	(0.087)	(0.066)	(0.108)	(0.341)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bond F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	2890	2890	2890	2890	2890
R^2	0.083	0.114	0.154	0.083	0.049

注：括号中是在公司层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

2. 碳排放强度的对数处理

由表 3 描述性统计可知, $GHGint$ 、 $SC1int$ 和 $SC2int$ 的分布均存在右偏性。本小节对碳排放强度变量进行对数处理, 来克服这一问题的影响。

表 9 展示了这一方法的回归结果。Panel A 的被解释变量是股票超额收益率, Panel B 的被解释变量是债券超额收益率, 所有模型均包含了控制变量和固定效应。第 (1) 列和第 (4) 列表明, 对数处理后的 $GHGint$ 后仍然与下一期的股票和债券超额收益率呈显著的正相关关系, 第 (3) 列和第 (6) 列的结果表明对数处理后的 $SC2int$ 同样与下一期的股票和债券超额收益率呈显著的正相关关系。这意味着数据的右偏性并不影响系数的方向与显著性, 所有结论均与表 5 和表 6 保持一致。

表 9 碳排放强度对数处理的稳健性检验

Panel A: 股票市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\log(1+GHGint)$	2.131** (0.913)			3.559** (1.707)		
$\log(1+SC1int)$		0.557 (1.689)			3.030 (5.548)	
$\log(1+SC2int)$			3.246*** (0.955)			6.788*** (1.454)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	7484	5700	6794	7484	5700	6794
Adj. R^2	0.321	0.310	0.315	0.331	0.323	0.328
Panel B: 债券市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\log(1+GHGint)$	0.500*** (0.186)			0.509** (0.202)		
$\log(1+SC1int)$		0.321 (0.482)			-0.143 (0.898)	
$\log(1+SC2int)$			0.497*** (0.183)			0.525*** (0.189)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	2748	2890	3694	2748	2890
Adj. R^2	0.112	0.131	0.115	0.087	0.098	0.089

注: 括号中是在公司和年份层面的聚类标准误; *, **和***分别表示在 10%, 5%和 1%水平下统计显著。

3. 不同程度的缩尾处理

为了进一步消除极端值影响, 说明本文结论的稳健性, 我们对 $GHGint$ 、 $SC1int$ 和 $SC2int$ 分别在 2.5%和 5%处进行了缩尾处理, 重新进行回归。结果汇报在表 10 中。

表 10 的 Panel A 汇报股票市场的回归结果。可以发现, $GHGint$ 和 $SC2int$ 的回归系数

在 2.5%和 5%的缩尾处理后仍然保持显著为正。相对于表 5 的结果来说,系数的大小也发生了明显变化。表 10 中的变量系数明显大于表 5 中相同变量的系数。以 2.5%的缩尾处理为例, *GHGint* 的系数由原来的 1.926 增加至 2.851, 而 *SC2int* 的系数由原来的 4.820 增加至 9.196。这说明缓解极端值的影响会增强本文在股票市场的结论, 即每单位碳排放强度所蕴含的风险会带来更高的风险溢价。

表 10 的 Panel B 汇报债券市场的回归结果。证据表明, 2.5%和 5%的缩尾处理对于 *GHGint* 的系数显著性没有影响, 系数大小相对于表 6 结果由 0.287 分别增加至 0.29 和 0.457。但是 Panel B 第 (5) 列和第 (6) 列显示, 在更大程度的缩尾处理后, *SC2int* 的系数变得不再显著。对于债券市场来说, 投资者对于总碳排放强度的关注是始终一致的, 而间接碳排放强度对于债券收益率的影响更容易受到极端值的驱动。

表 10 不同程度缩尾处理的稳健性检验

Panel A: 股票市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
winserization	2.5%	5%	2.5%	5%	2.5%	5%
<i>GHGint</i>	2.851** (1.302)	6.271 (3.905)				
<i>SC1int</i>			3.809 (3.873)	2.145 (5.137)		
<i>SC2int</i>					9.196*** (3.070)	11.433*** (3.923)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj R^2	0.331	0.331	0.323	0.323	0.327	0.327
Observations	7484	7484	5700	5700	6794	6794
Panel B: 债券市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
winserization	2.5%	5%	2.5%	5%	2.5%	5%
<i>GHGint</i>	0.290** (0.132)	0.457** (0.216)				
<i>SC1int</i>			-0.024 (0.077)	-0.090 (0.624)		
<i>SC2int</i>					0.735 (0.655)	-1.270 (4.037)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bond F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	3694	2748	2748	2890	2890
Adj R^2	0.087	0.086	0.098	0.098	0.087	0.087

注: 括号中是在公司和年份层面的聚类标准误; *, **和***分别表示在 10%, 5%和 1%水平下统计显著。

4. 用雇佣人数做替代分母

上文中, 计算碳排放强度的方法为碳排放量 (吨) 除以营业收入 (千元)。但是这一方法可能会产生下列问题: 计算碳强度过程中包含了价格因素, 尤其是考虑到本文使用了 2009-

2019 年跨度为 10 年的上市公司数据，企业产品价格已经出现了较大变化。因此，我们使用雇佣人数作为替代分母，对碳排放强度指标的计算方法进行了稳健性分析，以考察价格因素的影响。

表 11 展示了这一检验的主要结果，其中 Panel A 是股票市场的检验结果，Panel B 是债券市场的检验结果，模型包含了前文中所有的控制变量。除 Panel A 的第（4）列以外，表 11 的结果仍然表明总碳排放强度和范围二碳排放强度更高的企业其股票和债券未来超额收益率更高，与本文结论保持一致。另外，尽管整体来看范围一碳排放强度与资产收益率之间没有显著关系，但 Panel B 的第（2）列模型发现了显著为正的回归系数，方向同样符合预期。这说明价格因素并没有对本文结论造成影响。

表 11 碳排放强度计算方法的稳健性检验（雇佣人数）

Panel A: 股票市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint_emp</i>	0.0004** (0.0002)			0.0006 (0.0005)		
<i>SC1int_emp</i>		-0.0002 (0.0001)			-0.0008 (0.0009)	
<i>SC2int_emp</i>			0.0017** (0.0008)			0.0040*** (0.0016)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	7484	5700	6794	7484	5700	6794
Adj. R^2	0.320	0.310	0.315	0.331	0.323	0.327
Panel B: 债券市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint_emp</i>	0.0002** (0.0001)			0.0002* (0.0001)		
<i>SC1int_emp</i>		0.0001** (0.00003)			0.00003 (0.0001)	
<i>SC2int_emp</i>			0.0002** (0.0001)			0.0002** (0.0001)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	2748	2890	3694	2748	2890
Adj. R^2	0.111	0.131	0.115	0.087	0.098	0.089

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

5. 样本数量的影响

有学者可能会担心，回归模型中样本数量的不同可能会影响结果的一致性。本文的不同回归模型中样本数量不同的原因在于我们关心的核心解释变量在变化。比如在表 5 中，第（1）列和第（3）列的核心解释变量为 *GHGint*，因此我们只需要求 *GHGint* 以及其他控制变

量不存在缺失，而对 $SC1int$ 和 $SC2int$ 则没有要求。同理，对于第（2）列和第（5）列，以及第（3）列和第（6）列，核心解释变量分别为 $SC1int$ 和 $SC2int$ ，因此我们只要求它们自身不存在缺失，这才导致了在核心解释变量不同时，样本量存在一定差异。为了消除样本量不同可能导致结果不一致的担忧，本文采取了更严格的剔除条件，即只有三个核心解释变量均不存在缺失时才保留该样本，并对表 5 和表 6 的模型进行了重新回归。

表 12 展示了样本数量稳健性检验的结果，模型设定均与主回归保持一致。可以看出，施加更严格的提出条件没有对结果产生任何实质性影响，在股票市场与债券市场上，总碳排放强度以及范围二碳排放强度更高的企业股票和债券收益率仍然显著更高。

表 12 样本数量的稳健性检验

Panel A: 股票市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$GHGint$	1.781*** (0.475)			2.333*** (0.567)		
$SC1int$		1.271 (1.042)			4.298 (4.230)	
$SC2int$			2.487*** (0.432)			3.262*** (0.630)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	5355	5355	5355	5355	5355	5355
Adj. R^2	0.304	0.303	0.304	0.316	0.315	0.317
Panel B: 债券市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$GHGint$	0.308* (0.166)			0.342** (0.159)		
$SC1int$		0.324 (0.286)			0.123 (0.495)	
$SC2int$			0.401* (0.211)			0.482** (0.203)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	2466	2466	2466	2466	2466	2466
Adj. R^2	0.115	0.113	0.116	0.091	0.088	0.092

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

6. 年收益率的定价

由于碳排放是年度数据，因此本文使用年度股票超额收益率作为被解释变量进行了稳健性检验。

表 13 展示了使用年度超额收益率进行稳健性检验的结果。Panel A 是股票市场，Panel B 是债券市场。对于股票市场来说，控制变量与上文相同，在债券市场的回归中，除

TURNOVER 换手率同样替换为年度换手率以外，其余控制变量也与上文相同。模型的其他设定均保持不变。Panel A 的第 (1)、(3)、(4)、(6) 列结果表明，本文关于总碳排放强度和间接碳排放强度与股票收益率的关系在年度层面仍然基本成立，尽管在数值上与表 5 的结果略有不同，但同样显著为正。唯一相悖的是第 (2) 列，反映出直接碳排放强度与年度股票超额收益率呈负相关关系。Panel B 的结果中，只有间接碳排放强度与债券年度超额收益率仍然保持显著的正向关系，总碳排放与直接碳排放强度则基本不显著，这与本文指出的间接碳排放强度测算数据更可得，可信程度也更高的解释一致。整体来看，本文结论在年度收益率指标上仍然保持稳健。

表 13 年度超额收益率的稳健性检验

Panel A: 股票市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	0.592** (0.292)			0.312 (0.338)		
<i>SC1int</i>		-19.033*** (4.597)			-8.281 (9.652)	
<i>SC2int</i>			0.947*** (0.319)			0.698*** (0.099)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	620	471	560	620	471	560
Adj R^2	0.325	0.317	0.352	0.475	0.574	0.591
Panel B: 债券市场						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	0.004 (0.005)			-0.0005 (0.009)		
<i>SC1int</i>		0.006 (0.005)			0.004 (0.006)	
<i>SC2int</i>			0.010* (0.006)			0.015** (0.006)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	548	407	427	548	407	427
Adj. R^2	0.058	0.425	0.089	0.046	0.208	0.085

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

(四) 碳排放的替代指标

本小节针对上文结果进行了进一步检验。具体来说，我们参考(Bolton and Kacperczyk, 2021a, 2021b)将碳排放强度替换为碳排放水平与碳排放的年度增长率，对 (2) 式和 (3) 式的模型进行了重新检验，结果汇报在表 14 和表 15 中。

表 14 展示对碳排放替代变量与股票收益率关系的检验结果。Panel A 将碳排放强度替

换为了碳排放水平，其余模型设定与表 5 相同。可以发现，在模型 (1)、(2)、(3) 列中使用行业固定效应时， $\log GHG$ 、 $\log SCOPE1$ 和 $\log SCOPE2$ 均不显著，但是当 (4)、(5)、(6) 列中使用公司固定效应时， $\log GHG$ 与 $\log SCOPE2$ 均在 10% 水平下统计显著，与本文结论一致，即总碳排放水平和间接碳排放水平越高的企业下一期的股票收益率越高。这一方面说明，公司固定效应的控制更强，捕捉了行业固定效应没有控制住的公司异质性特征，而这显著影响了 $\log GHG$ 与 $\log SCOPE2$ 与股票收益率之间的关系。另一方面也说明， $\log GHG$ 和 $\log SCOPE2$ 对于股票收益率的影响在行业截面上并不显著。Panel B 是对碳排放增长率的检验，解释变量分别为 $GHGGR$ 、 $SC1GR$ 和 $SC2GR$ 。Panel B 的结果表明，只有 $SC2GR$ 对于股票收益率有显著影响。增长率衡量的是一家企业的短期碳风险，这说明在短期视角下，投资者只关注企业范围二排放的增减，也就是用电和用热的多少。

表 15 展示对碳排放替代变量与债券收益率关系的检验结果。同样地，Panel A 使用的是 $\log GHG$ 、 $\log SCOPE1$ 和 $\log SCOPE2$ 来代替原来的碳排放强度，Panel B 使用的是 $GHGGR$ 、 $SC1GR$ 和 $SC2GR$ 来代替碳排放强度。表 15 的结果表明，对于债券市场而言，不论是碳排放水平还是碳排放增长率，对于债券收益率均不存在显著影响。

表 14 碳排放替代变量与股票收益率关系的检验

Panel A: 碳排放的自然对数						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\log GHG$	0.035 (0.051)			0.274* (0.163)		
$\log SCOPE1$		0.002 (0.014)			0.144 (0.095)	
$\log SCOPE2$			0.086 (0.073)			0.325* (0.177)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	7484	5700	6794	7484	5700	6794
Adj R^2	0.320	0.310	0.315	0.331	0.323	0.327
Panel B: 碳排放增长率						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$GHGGR$	0.0002 (0.0005)			0.0001 (0.0004)		
$SC1GR$		0.0002 (0.0002)			0.0002 (0.0003)	
$SC2GR$			0.003* (0.002)			0.003*** (0.001)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	4882	3308	3780	4882	3308	3780
Adj R^2	0.330	0.339	0.326	0.342	0.350	0.336

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*、**和***分别表示在 10%、5%和 1%水平下统计显著。

表 15 碳排放替代变量与债券收益率关系的检验

Panel A: 碳排放的自然对数						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>logGHG</i>	0.050 (0.042)			0.061 (0.05)		
<i>logSCOPE1</i>		0.029 (0.027)			-0.013 (0.033)	
<i>logSCOPE2</i>			0.035 (0.049)			0.052 (0.068)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	3694	2748	2890	3694	2748	2890
Adj. R^2	0.11	0.131	0.113	0.086	0.098	0.087
Panel B: 碳排放增长率						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGGR</i>	0.0001 (0.0002)			0.000 (0.0002)		
<i>SC1GR</i>		0.001 (0.001)			0.001 (0.001)	
<i>SC2GR</i>			-0.001 (0.001)			-0.0005 (0.001)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Bond F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	2604	1595	1678	2604	1595	1678
Adj. R^2	0.101	0.11	0.112	0.067	0.067	0.073

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

综合表 5 至表 15 的结果可以发现，企业碳排放对于资产收益率的影响可以分为横向和纵向两个维度。横向上，根据 IPCC 对于碳排放范围的划分，碳排放可以分为直接排放（范围一）、间接排放（范围二）和总排放（范围一和范围二）。纵向上，对于碳排放的衡量除了业界最为关心的排放强度外，还有排放水平（衡量长期风险）和排放增长率（衡量短期风险）。在股票市场上，总碳排在排放强度和排放水平两个纵向角度对于超额收益率有显著的正向影响，间接碳排在排放强度、排放水平和排放年度增长率三个纵向角度均对收益率有显著的正向影响，而直接碳排放则不存在任何影响。这可能是由于：一方面，目前中国企业对于总碳排放的披露比例是最高的，数据可得性最好，另一方面，间接碳排放相较于直接碳排放而言更好观察，因为对于非电力企业来说，其间接碳排放就是来自电力和热力消耗，不存在更为复杂的过程排放和较多的化石能源排放源，因此有效信息含量更高。在债券市场上，对于收益率的显著影响主要来自于总碳排放强度和间接碳排放强度，而不论是碳排放水平还是排放增长率，三个范围的碳排放指标均不存在风险溢价。这一结果意味着中国市场投资者对于碳排放强度传递的信息更为看重，而作为衡量企业碳密集程度的重要指标，碳排放强度与资产收益在各个层面上都存在十分稳健的正向关系。

五、 机制检验

第四章发现，碳排放强度与股票收益率和债券收益率都有显著的正相关关系，并指出这说明碳风险在中国资本市场上得到了定价。本章节使用股票市场的数据，对于影响这一定价的两种可能机制进行检验：第一，企业自身环境风险；第二，市场的政策压力。

(一) 企业环境风险

现有文献指出，投资者对于企业的可持续性发展和社会责任具有偏好。Hong and Kacperczyk (2009)的研究表明，投资者会远离生产烟草、酒精、大麻等“罪恶”的股票，而当下高碳也可以被理解为一种“罪恶”。Baker et al. (2019)、Wang et al. (2020)、张丽宏等(2021)等文章则揭示了投资者愿意对绿色债券要求更低的回报。Krueger, Sautner, and Starks (2020)关于机构投资者与气候变化风险的研究发现，关注气候风险的投资者大都是长期的、对企业可持续性有偏好的投资者。基于这一解释，对于环境治理状况不同的企业来说，每单位碳排放强度所隐含的风险溢价应当是不同的。环境治理较好的企业本身抗风险能力更强，投资者更为偏好，因此对于这一类企业来说，碳排放强度的风险溢价就应该更小¹。本节采用两类指标度量企业自身的环境治理，对于这一假设进行了检验。

1. ESG 评级

本文进行机制检验的第一个指标是企业的 ESG 评级。ESG 评级从环境 (Environment)、社会 (Social)、和治理 (Governance) 三个维度衡量了企业整体的社会责任表现，ESG 评级更高的企业面临的环境风险往往更低。我们从 Wind 数据库获取了社会价值投资联盟 (以下简称社投盟) 发布的企业年度 ESG 评级数据，与本文样本合并。社投盟进行 ESG 评级的信息来源包括上市公司年度报告、社会责任报告、可持续发展报告、ESG 报告、企业官网、临时公告、监管部门的监管信息等，评分维度包括 3 个一级指标、9 个二级指标、27 个三级指标和 55 个四级指标。社投盟 ESG 评级共设 10 个大等级，分别为 AAA、AA、A、BBB、BB、B、CCC、CC、C 和 D。其中 AA 至 B 级用“+”和“-”号进行微调，因此，总共 20 个子等级。本小节定义了新的解释变量 ESG ，即在每个月的截面数据中，如果企业的 ESG 评级在前 20%²，则该月的 ESG 赋值为 1，否则赋值为 0。在回归中我们对 ESG 变量取了滞后一期的数据，回归模型如下。

$$EXRET_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 Carbon Intensity_{i,t} + \beta_2 ESG_{i,t} + \beta_3 Carbon Intensity_{i,t} \times ESG_{i,t} + \beta_4 Controls_{i,t} + \gamma_t + \varphi_i + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

表 16 展示了根据 (4) 式进行回归的主要结果，被解释变量为股票月度超额收益率。可以发现在仅控制行业固定效应时 (第 (1)、(2)、(3) 列)， $GHGint$ 、 $SC1int$ 和 $SC2int$ 均显著为正，而三个变量与 ESG 的交叉项均显著为负。在控制公司固定效应之后 (第 (4)、(5)、(6) 列) 后， $GHGint$ 和 $SC2int$ 仍然显著为正，且与 ESG 的交叉项保持显著为负，但与 $SC1int$ 有关的一组变量的系数并不显著了。这说明对于社会责任表现更差的企业而言，总碳排放强度和间接碳排放强度所隐含的风险溢价更高，提高企业 ESG 能够削弱碳排放强度与股票收益率之间的正向关系。对于直接碳排放来说，在行业截面上，社会责任表现更差的企业碳排放对股票收益率同样有显著的正向影响，且基于环境治理风险的解释成立。但这一关系在控制住公司层面的异质性特征后消失了，因此这种影响可能是由于企业本身某些与碳排放相关且非时变的特征导致的，是较弱的。

¹ 比如 Huynh and Xia (2021b) 发现，对于环境治理更好的企业，其股票收益率对于自然灾害冲击的敏感性也更低。

² 本文还尝试了 10%、25%、30%。不同的选值对于结论并没有显著影响。

表 16 社会责任表现对碳风险溢价的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	2.413*** (0.850)			2.705** (1.366)		
<i>SC1int</i>		3.569** (1.596)			-1.101 (3.868)	
<i>SC2int</i>			3.219** (1.360)			6.670*** (1.417)
<i>GHGint</i> × <i>ESG</i>	-1.527*** (0.312)			-1.678*** (0.533)		
<i>SC1int</i> × <i>ESG</i>		-1.416* (0.811)			-1.064 (0.664)	
<i>SC2int</i> × <i>ESG</i>			-3.823*** (1.446)			-4.289*** (1.342)
<i>ESG</i>	0.272 (0.307)	0.014 (0.365)	0.084 (0.345)	0.048 (0.354)	-0.407 (0.423)	-0.310 (0.391)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry F.E.	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Firm F.E.	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Observations	3883	2902	3217	3883	2902	3217
Adj <i>R</i> ²	0.301	0.288	0.283	0.318	0.309	0.305

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

2. 环境治理评分

有学者会认为，ESG 评级衡量的是企业在环境、社会和治理三个维度上的综合表现，而不仅仅是对环境维度的评价，因此表 16 的结果可能包含了其他因素的影响。为了解决这一问题，本文采用了第二个指标来直接度量企业的环境治理水平。

本文从中国研究数据服务平台（CNRDS）中获取了环境治理的细分数据，并基于该数据定义了四个新的虚拟变量以及一个新的环境治理评分变量：*GTECH*，若企业开发了或运用了对环境有益的创新产品、设备或技术则赋值为 1，否则为 0；*REDUCE*，若企业采取减少废气、废水、废渣及温室气体排放的政策、措施或技术则赋值为 1，否则为 0；*RENEW*，若企业使用可再生能源或采用循环经济的政策、措施则赋值为 1，否则为 0；*SAVING*，若企业采取节约能源的政策措施或技术则赋值为 1，否则为 0。环境治理评分 *SCORE* 等于上述四个虚拟变量之和。环境治理评分的目的在于评估企业的环境治理水平，同时对在多个方面的表现都出色的企业予以区分。我们将环境治理评分变量和四个环境治理的虚拟变量分别与碳排放强度交叉相乘进行回归，结果呈现在表 17 中。

表 17 的 Panel A 是将 *GHGint* 作为解释变量的回归结果，Panel B 是将 *SC2int* 作为解释变量的回归结果，所有模型都包括了控制变量、年-月固定效应和公司固定效应。由于 *SC1int* 在本文研究中对于资产收益不存在显著影响，为节约篇幅，表 17 中并未呈现与 *SC1int* 有关的结果。Panel A 第（1）列中，*GHGint* 与 *SCORE* 的交叉项显著为负，说明环境评分越高的企业其总碳排放强度所蕴含的碳风险溢价更低。细分来看，*GHGint* 与 *GTECH* 和 *RENEW* 的交叉项均显著为负，这表明投资者更青睐开发了绿色技术以及使用可再生能源的企业，因此要求更低的风险回报。*GHGint* 与 *REDUCE* 和 *SAVING* 的交叉项并不显著但仍为负。Panel B

显示 $SC2int$ 与 $SCORE$ 的交叉项显著为负, 说明环境治理评分更高的企业其间接碳排放所蕴含的风险溢价更低; $SC2int$ 与 $RENEW$ 的交叉项显著为负, 其与 $GTECH$ 、 $SAVING$ 和 $REDUCE$ 的交叉项虽不显著但也为负。结果表明, 更好的环境治理有助于降低碳风险溢价, 支持了本文关于企业自身环境风险的机制解释。

表 17 环境优势对碳风险溢价的影响

Panel A: 总碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$GHGint$	4.946*** (1.314)	4.678*** (0.720)	3.079*** (1.041)	3.771*** (1.121)	2.988** (1.367)
$SCORE$	0.158 (0.133)				
$GHGint \times SCORE$	-0.768** (0.334)				
$GTECH$		0.554 (0.474)			
$GHGint \times GTECH$		-4.492*** (1.578)			
$REDUCE$			-0.132 (0.419)		
$GHGint \times REDUCE$			-0.233 (0.309)		
$RENEW$				0.236 (0.277)	
$GHGint \times RENEW$				-1.346*** (0.442)	
$SAVING$					0.253 (0.360)
$GHGint \times SAVING$					-0.173 (1.572)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6761	6761	6761	6761	6761
Adj R^2	0.340	0.341	0.340	0.340	0.340
Panel B: 间接碳排放强度					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$SC2int$	11.739*** (3.854)	6.181*** (0.381)	17.324 (14.503)	7.690*** (1.155)	7.458*** (1.778)
$SCORE$	0.294* (0.154)				
$SC2int \times SCORE$	-2.943* (1.663)				
$GTECH$		0.609 (0.602)			

<i>SC2int</i> × <i>GTECH</i>						-15.300 (10.063)
<i>REDUCE</i>						-0.158 (0.329)
<i>SC2int</i> × <i>REDUCE</i>						-12.155 (14.874)
<i>RENEW</i>						0.741** (0.292)
<i>SC2int</i> × <i>RENEW</i>						-3.809** (1.900)
<i>SAVING</i>						0.444 (0.324)
<i>SC2int</i> × <i>SAVING</i>						-3.756 (2.948)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6209	6209	6209	6209	6209	6209
Adj <i>R</i> ²	0.330	0.330	0.330	0.330	0.330	0.330

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

(二) 政策压力

影响碳风险溢价的另一个重要因素就是政策压力和监管风险。比如对于能源行业等高排放行业来说，碳排放总量的管制就是一种政策风险，这影响了企业的运营决策与发展路径。因此，当市场的政策压力增强时，碳风险溢价应该也会随之升高。由于样本量限制，本文数据不太适合用于做 PSM-DID 检验。因此，本节选择了对于中国市场比较有影响力的三个碳风险相关的政策事件，使用投资组合构造的方法研究其前后碳风险溢价的变化。三个政策事件分别为：1. 2013 年 6 月，中国的碳排放权交易市场正式开始交易，这标志着中国碳排放权交易试点落地实施；2. 2015 年 12 月，世界气候变化大会在巴黎召开，这是一场史无前例的气候变化大会，超过 150 个国家元首和政府首脑参加了本次气候大会的开幕式，会议签署了《巴黎协定》，标志着 2020 年后的全球气候治理将进入一个前所未有的新阶段，具有里程碑式的非凡意义。同时，2015 年 12 月，中国人民银行发布《银行间债券市场发行绿色金融债券有关事宜的公告》，并同时公布了《绿色债券支持项目目录》，标志着中国绿色债券市场的正式成立；3. 2017 年 12 月，国家发改委发布了《全国碳排放权交易市场建设方案（电力行业）》，标志着全国碳排放交易体系完成了总体设计，并正式启动。

投资组合的构造方式为，在每个月末，我们使用最近可得的碳排放强度数据，根据 30% 和 70% 分位数的碳排放强度，对截面股票划分为三部分：高碳组、中性组和低碳组。组合收益率为以市值为权重的加权超额收益率。我们构造多空组合，即买入高碳组股票、卖出低碳组股票得到每个月的多空组合收益率。为了检验碳风险溢价的变化，在每个政策事件日的前 12 个月和后 12 个月（剔除事件月），我们计算得到多空组合的 Fama-French 三因子模型调整后收益率，即回归得到的 α ，中国市场的 Fama-French 三因子数据来自 CSMAR。根据这一方法得到的结果如表 18 所示。

表 18 中的三列分别为三个政策事件前后的碳风险溢价 α ，第一行为前 12 个月，第二行为后 12 个月，第三行为后 12 个月与前 12 个月的差值。可以看出，在每个政策事件之

后，市场的碳排放强度多空组合的溢价都会上升。碳排放权交易市场试点后溢价上升为 7.27%（年化），巴黎气候变化大会后上升 13.49%（年化），而全国碳排放交易市场启动后，溢价上升了 11.59%（年化）。这些上升在经济学意义上都是十分显著的，这也证明了碳风险溢价会收到市场政策压力与监管风险的影响，支持了本文的机制假设。

表 18 政策事件前后的碳风险溢价

	2013 年 6 月	2015 年 12 月	2017 年 12 月
前 12 个月	0.176%	-0.568%	-1.409%
后 12 个月	0.783%	0.556%	-0.443%
差值	0.606%	1.124%	0.966%

六、进一步讨论

本章从两个方面对文章的检验和结果进行了讨论。首先，上文实证分析解释了中国资本市场上的碳风险溢价及其可能的影响机制，同时提到，不同行业之间的碳排放强度存在巨大差异，因此，本章从行业角度进行异质性考察。其次，本文的主要研究对象为主动披露了碳排放信息的中国上市企业，本章对于样本选择问题和披露与未披露企业的特征进行了讨论。

（一）行业异质性检验

2020 年 2 月，国家发改委在《关于明确阶段性降低用电成本政策落实相关事项的函》中，明确定义了六大高耗能行业，石油、煤炭及其他燃料加工业，化学原料和化学制品制造业，非金属矿物制品业，黑色金属冶炼和压延加工业，有色金属冶炼和压延加工业，电力、热力生产和供应业¹。因此，我们划分上述六个行业为高排放行业，其他行业为低排放行业，进行异质性检验，结果如表 19 所示。

Panel A 的数据表明， $GHGint$ 、 $SC1int$ 和 $SC2int$ 在高排放行业的分组回归中都不显著，而在低排放行业的回归中均显著为正，从数值上也明显大于对应的高排放行业分组的回归系数。在 Panel B 中，债券市场呈现出相似的结论，除了 $GHGint$ 以外， $SC1int$ 和 $SC2int$ 在低排放行业的分组回归中的系数均大于其在高排放行业分组的回归系数，并且 $SC2int$ 在低排放行业分组中系数显著为正。这一结果揭示了一个有趣的现象，尽管市场上绝大多数的碳排放量是由排放最高的个别行业产生的，但是投资者并没有对他们的碳排放风险进行定价，反而是在低排放行业中，投资者会更加关注企业的碳排放风险。表 19 关于股票市场的结果与 Bolton and Kacperczyk (2021a) 也相同，他们在美国市场上同样发现低排放行业的分组回归得到的碳风险溢价比全样本更高，这意味着低排放行业的碳风险溢价要高于高排放行业的碳风险溢价，他们将这一现象归因于投资者对于行业的不准确分类。另外，表 19 Panel B 中第（2）列的回归结果与 Duan et al. (2020) 在债券市场发现的企业碳排放强度与债券收益率的负相关性也一致，但是本文的整体结论仍然支持投资者在债券市场上对碳风险仍然给予了显著为正的溢价。

本文认为，这一结果的原因在于，对于投资者来说，高排放行业和低排放行业的企业披露碳排放信息的信息含量是不同的。高耗能行业的行业特点决定了其必然带来高碳排放，因此投资者会预期到这一问题，而提前将碳排放的风险反映到资产价格中，使得高排放行业的企业披露碳排放信息缺乏新增的信息含量。但是低排放行业则不同，低排放行业本身不存在严重的耗能和环境问题，因此这些行业内的企业披露的碳排放信息是预期外信息，不太可能

¹ 在我们的样本中，采矿业（行业代码 B）的碳排放同样排在前列，但是为了与官方定义保持一致，我们并未把采矿业划分为高排放行业。但是我们做了将采矿业划分高排放行业的稳健性检验，并不影响本文结论。

会提前反映到资产价格中。当接收到企业的碳排放信息时，投资者会将这些信息视为新增信息（Innovations），进而对资产价格形成新的预期，反映在数据上则对应着更高的未来回报率。

表 19 行业异质性检验

Panel A: 股票市场						
	高排放行业			低排放行业		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	0.086 (0.760)			4.527*** (1.834)		
<i>SC1int</i>		-0.508 (0.549)			13.781*** (3.930)	
<i>SC2int</i>			-0.884 (1.296)			5.020*** (1.036)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	838	645	910	6646	5055	5884
Adj. R^2	0.338	0.336	0.334	0.338	0.332	0.335
Panel B: 债券市场						
	高排放行业			低排放行业		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>GHGint</i>	0.312** (0.145)			0.291** (0.126)		
<i>SC1int</i>		-0.959*** (0.094)			2.507 (2.980)	
<i>SC2int</i>			-1.186 (1.554)			0.283** (0.131)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year-month F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm F.E.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	231	269	233	3463	2479	2657
Adj. R^2	0.131	0.081	0.183	0.109	0.120	0.112

注：括号中是在公司和年份层面的聚类标准误；*，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

(二) 样本选择问题的讨论

最后我们探讨了本文的样本选择问题。本文所使用的样本来自于自主披露碳排放信息的企业，那么披露与未披露碳排放信息的企业特征有什么不同，披露行为又会带来哪些影响。

表 20 展示了披露与未披露企业的特征在均值上的统计数据与组间差异，样本区间为 2009-2019 年，Panel A 展示的是全样本的比较，Panel B 展示的是根据发改委的高耗能行业划分出的高排放组的比较，Panel C 展示的是低排放组的比较，所有变量均在 1%和 99%分位数处做了缩尾处理。其中 *ASSETS* 为资产总额，单位为亿元；*CASH* 为现金与资产总额的比值；*INVEST* 为资本性支出与资产总额的比值；*LEVERAGE* 为杠杆率的百分比；*PPE* 为固定资产与资产总额的比值；*ROA* 为总资产净利率的百分比；*SALES* 为营业收入与资产总额的比值。

从 Panel A 可以看出，与未披露碳排放信息的企业相比，披露企业的总资产更高，现金持有比例更低，投资支出比例更低，杠杆率更高，ROA 更低，销售收入比例更低，而在固定资产比例上没有显著差异。除了销售收入比例特征外，以上特征的差异在高排放组和低排放组内也基本成立。因此可以得出的初步结论是，披露碳排放信息的企业往往是一些规模更大且负债率更高的企业，并且这些企业的盈利能力通常更差。在披露行为可能带来的影响方面，现有文献也并没有得出一致的结论，比如 Matsumura et al. (2014)使用美国市场的自主披露数据研究发现，市场会鼓励企业披露碳排放，披露企业的市值相较于未披露企业更高。闫海洲和陈百助（2017）在中国市场上发现了同样的结论，即披露碳排放信息有助于企业提升市场价值。但是，Griffin, Lont, and Sun (2017)却指出 Matsumura et al. (2014)的研究并没有很好地解决样本选择问题，前者进一步使用线性回归的方法估计了未披露企业的碳排放信息，发现碳排放披露行为与其市值之间并没有必然关联。这些文献对于未来围绕企业碳排放披露行为的探讨和研究提供了重要的参考。

表 20 披露样本与未披露样本的企业特征

Panel A: 全样本					
变量	披露组		未披露组		差值
	样本量	均值	样本量	均值	
ASSETS	668	1691.805	40572	115.730	1576.076***
CASH	668	0.148	40572	0.196	-0.048***
INVEST	668	0.039	40572	0.057	-0.018***
LEVERAGE(%)	668	62.145	40572	44.050	18.095***
PPE	668	0.205	40572	0.210	-0.005
ROA(%)	668	3.935	40572	6.649	-2.714***
SALES	668	0.551	40572	0.690	-0.139***
Panel B: 高排放组					
变量	披露组		未披露组		差值
	样本量	均值	样本量	均值	
ASSETS	78	710.810	5637	121.423	589.386***
CASH	78	0.115	5637	0.147	-0.032***
INVEST	78	0.047	5637	0.065	-0.018***
LEVERAGE(%)	78	57.837	5637	46.545	11.293***
PPE	78	0.360	5637	0.338	0.021
ROA(%)	78	4.242	5637	5.342	-1.100
SALES	78	0.978	5637	0.735	0.242***
Panel C: 低排放组					
变量	披露组		未披露组		差值
	样本量	均值	样本量	均值	
ASSETS	590	2126.407	34935	121.949	2004.458***
CASH	590	0.153	34935	0.204	-0.051***
INVEST	590	0.038	34935	0.055	-0.018***
LEVERAGE(%)	590	62.716	34935	43.649	19.067***
PPE	590	0.184	34935	0.189	-0.006
ROA(%)	590	3.897	34935	6.863	-2.966***
SALES	590	0.494	34935	0.682	-0.188***

注：差值的统计检验为 t 检验 *，**和***分别表示在 10%，5%和 1%水平下统计显著。

七、 结论

本文使用手工收集的 2009 至 2019 年上市公司数据实证研究了企业碳排放与股票和债券收益率之间的关系。结果表明，总碳排放强度（水平）和间接碳排放强度（水平）更高的企业的股票有更高的超额收益率。这一结论通过了多种稳健性检验，包括分位数回归、排放强度对数处理与不同程度的缩尾比例。同时，间接碳排放增长率与股票超额收益率也呈正相关关系。在债券市场上，我们发现总碳排放强度和间接碳排放强度更高的企业有更高的债券超额收益率，而碳排放水平和碳排放增长率与债券收益率则不存在显著的相关关系。这一结果说明：从碳排放度量指标维度来看，投资者更关注企业的碳排放强度，即单位产出排放的温室气体，其更好地反映了企业的能源利用效率。从排放范围维度来看，投资者对于间接碳排放强度、水平及变动更加敏感，这可能是由于间接碳排放只包含了企业外购电力和热力产生的间接碳排放，数据可得性更强也更容易观察。

使用股票市场数据进行的机制检验结果表明，碳风险溢价会同时来源于企业自身的环境风险以及市场的政策压力。利用企业 ESG 评级和环境绩效数据，本文发现对于 ESG 评级和环境治理评分更高的企业，其碳排放强度与股票收益率的关系相对较弱，这说明环境治理有助于降低资产中的碳排放风险溢价。而通过对比政策事件前后的碳风险溢价，我们发现每当预期的市场监管压力增强时，碳风险溢价会随之升高。上述证据支持了本文的机制假设。

最后，本文还就碳风险溢价的行业异质性进行了分析，发现低排放行业的碳风险溢价更高，而高排放行业则几乎不存在溢价。我们认为，这是由于低排放行业企业的碳排放信息对于投资者而言是新增信息，拥有信息含量，未被反映在市场价格中，而高排放行业企业的碳排放信息是可预期的，已经被反映在了市场价格中。

参考文献

- 陈华、王海燕和荆新, 2013,《中国企业碳信息披露:内容界定、计量方法和现状研究》,《会计研究》第 12 期,第 18-24 页。
- 韩国文和樊呈恒, 2021,《企业碳排放与股票收益——绿色激励还是碳风险溢价》,《金融经济学研究》第 4 期,第 78-93 页。
- 李力、刘全齐和唐登莉, 2019,《碳绩效、碳信息披露质量与股权融资成本》,《管理评论》第 1 期,第 221-235 页。
- 李秀玉和史亚雅, 2016,《绿色发展、碳信息披露质量与财务绩效》,《经济管理》第 7 期,第 119-132 页。
- 马骏, 2016,《论构建中国绿色金融体系》,《金融论坛》第 5 期,第 18-27 页。
- 马骏, 2021a,《进一步提升环境信息披露水平》,《现代金融导刊》第 1 期,第 3-4 页。
- 马骏, 2021b,《绿色金融如何支持中国“30·60 目标”》,《国际金融》第 5 期,第 3-7 页。
- 宋晓华、蒋潇、韩晶晶、赵彩萍、郭亦玮、余中福, 2019,《企业碳信息披露的价值效应研究——基于公共压力的调节作用》,《会计研究》第 12 期,第 78-84 页。
- 田宇和宋亚军, 2019,《碳信息披露、盈余质量与重污染企业财务绩效》,《财会通讯》第 3 期,第 87-91 页。
- 王文和刘锦涛, 2021,《碳中和”逻辑下的中国绿色金融发展:现状与未来》,《当代金融研究》第 1 期,第 18-26 页。
- 闫海洲和陈百助, 2017,《气候变化、环境规制与公司碳排放信息披露的价值》,《金融研究》第 6 期,第 142-158 页。
- 杨洁、张茗和刘运材, 2020,《碳信息披露如何影响债务融资成本——基于债务违约风险的中介效应研究》,《北京理工大学学报(社会科学版)》第 4 期,第 28-38 页。
- 张丽宏、刘敬哲和王浩, 2021,《绿色溢价是否存在?——来自中国绿色债券市场的证据》,《经济学报》第 2 期,第 157-184 页。
- Akter, Maimuna, Douglas Cumming, and Shan Ji. 2021. “Death , Destruction , and Manipulation.” *Working Paper*.
- Alessi, Lucia, Elisa Ossola, and Roberto Panzica. 2021. “What Greenium Matters in the Stock Market? The Role of Greenhouse Gas Emissions and Environmental Disclosures.” *Journal of Financial Stability* 54:1–18.
- Ang, Andrew, Robert J. Hodrick, Yuhang Xing, and Xiaoyan Zhang. 2006. “The Cross-Section of Volatility and Expected Returns.” *The Journal of Finance* 61(1):259–99.
- Ang, Andrew, Robert J. Hodrick, Yuhang Xing, and Xiaoyan Zhang. 2009. “High Idiosyncratic Volatility and Low Returns: International and Further U.S. Evidence.” *Journal of Financial Economics* 91(1):1–23.
- Aswani, Jitendra, Aneesh Raghunandan, and Shivaram Rajgopal. 2021. “Are Carbon Emissions Associated with Stock Returns?” *Working Paper*.
- Bai, Jennie, Turan G. Bali, and Quan Wen. 2019. “Common Risk Factors in the Cross-Section of Corporate Bond Returns.” *Journal of Financial Economics* 131(3):619–42.
- Baker, Malcolm, Daniel Bergstresser, George Serafeim, and Jeffrey Wurgler. 2019. “Financing the Response to Climate Change: The Pricing and Ownership of U.S. Green Bonds.” *Working Paper*.
- Berkman, H., J. Jona, and N. S. Soderstrom. 2021. “Firm-Specific Climate Risk and Market Valuation.” *Working Paper*.

- Bessembinder, Hendrik, Kathleen M. Kahle, William F. Maxwell, and Danielle Xu. 2009. "Measuring Abnormal Bond Performance." *Review of Financial Studies* 22(10):4219–58.
- Bolton, Patrick, and Marcin Kacperczyk. 2021a. "Do Investors Care about Carbon Risk?" *Journal of Financial Economics* 142(2):517–49.
- Bolton, Patrick, and Marcin Kacperczyk. 2021b. "Global Pricing of Carbon-Transition Risk." *Working Paper*.
- Choi, Darwin, Zhenyu Gao, and Wenxi Jiang. 2020. "Attention to Global Warming" edited by A. Karolyi. *The Review of Financial Studies* 33(3):1112–45.
- Ding, Yi, Wei Xiong, and Jinfan Zhang. 2021. "Issuance Overpricing of China's Corporate Debt Securities." *Journal of Financial Economics* forthcomin.
- Duan, Tinghua, Frank Weikai Li, and Quan Wen. 2020. "Is Carbon Risk Priced in the Cross Section of Corporate Bond Returns?" *Working Paper*.
- Engle, Robert F., Stefano Giglio, Bryan Kelly, Heebum Lee, and Johannes Stroebel. 2020. "Hedging Climate Change News" edited by A. Karolyi. *The Review of Financial Studies* 33(3):1184–1216.
- Faccini, Renato, Rastin Matin, and George Skiadopoulos. 2021. "Dissecting Climate Risks: Are They Reflected in Stock Prices?" *Working Paper*.
- Fama, Eugene F., and Kenneth R. French. 1992. "The Cross-Section of Expected Stock Returns." *The Journal of Finance* 47(2):427–65.
- Fama, Eugene F., and Kenneth R. French. 2020. "Comparing Cross-Section and Time-Series Factor Models" edited by A. Karolyi. *The Review of Financial Studies* 33(5):1891–1926.
- Griffin, Paul A., David H. Lont, and Estelle Y. Sun. 2017. "The Relevance to Investors of Greenhouse Gas Emission Disclosures." *Contemporary Accounting Research* 34(2):1265–97.
- Hong, Harrison, and Marcin Kacperczyk. 2009. "The Price of Sin: The Effects of Social Norms on Markets." *Journal of Financial Economics* 93(1):15–36.
- Hong, Harrison, G. Andrew Karolyi, and José A. Scheinkman. 2020. "Climate Finance." *The Review of Financial Studies* 33(3):1011–23.
- Huynh, Thanh D., and Ying Xia. 2021a. "Climate Change News Risk and Corporate Bond Returns." *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 56(6):1985–2009.
- Huynh, Thanh D., and Ying Xia. 2021b. "Panic Selling When Disaster Strikes: Evidence in the Bond and Stock Markets." *Management Science* forthcomin.
- Ilhan, Emirhan, Zacharias Sautner, and Grigory Vilkov. 2021. "Carbon Tail Risk" edited by R. Koijen. *The Review of Financial Studies* 34(3):1540–71.
- In, Soh Young, Ki Young Park, and Ashby Monk. 2019. "Is 'Being Green' Rewarded in the Market? An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns." *Working Paper*.
- Kong, Dongmin, Zhiyang Lin, Yanan Wang, and Junyi Xiang. 2021. "Natural Disasters and Analysts' Earnings Forecasts." *Journal of Corporate Finance* forthcomin.
- Krueger, Philipp, Zacharias Sautner, and Laura T. Starks. 2020. "The Importance of Climate Risks for Institutional Investors" edited by A. Karolyi. *The Review of Financial Studies* 33(3):1067–1111.
- Li, Qing, Hongyu Shan, Yuehua Tang, and Vincent Yao. 2020. "Corporate Climate Risk: Measurements and Responses." *Working Paper*.
- Liu, Jianan, Robert F. Stambaugh, and Yu Yuan. 2019. "Size and Value in China." *Journal of Financial Economics* 134(1):48–69.
- Matsumura, Ella Mae, Rachna Prakash, and Sandra C. Vera-Muñoz. 2014. "Firm-Value Effects of Carbon Emissions and Carbon Disclosures." *The Accounting Review* 89(2):695–724.

- Nagar, Venky, and Jordan Schoenfeld. 2021. “Is Weather a Systematic Risk? Evidence from Annual Reports.” *Tuck School of Business Working Paper No. 3438428*.
- Parente, Paulo M. D. C., and João M. C. Santos Silva. 2015. “Quantile Regression with Clustered Data.” *Journal of Econometric Methods* 5(1):1–15.
- Peters, Glen P., Robbie M. Andrew, Josep G. Canadell, Sabine Fuss, Robert B. Jackson, Jan Ivar Korsbakken, Corinne Le Quéré, and Nebojsa Nakicenovic. 2017. “Key Indicators to Track Current Progress and Future Ambition of the Paris Agreement.” *Nature Climate Change* 7(2):118–22.
- Safiullah, Md, Md Nurul Kabir, and Mohammad Dulal Miah. 2021. “Carbon Emissions and Credit Ratings.” *Energy Economics* forthcoming.
- Sautner, Zacharias, Laurence van Lent, Grigory Vilkov, and Ruishen Zhang. 2020. “Firm-Level Climate Change Exposure.” *Working Paper*.
- Seltzer, Lee, Laura T. Starks, and Qifei Zhu. 2020. “Climate Regulatory Risks and Corporate Bonds.” *Working Paper*.
- Wang, Jiazhen, Xin Chen, Xiaoxia Li, Jing Yu, and Rui Zhong. 2020. “The Market Reaction to Green Bond Issuance: Evidence from China.” *Pacific-Basin Finance Journal* 60:101294.

附录 1 行业代码与行业名称对应关系

行业门类代码	行业门类名称	行业大类代码	行业大类名称
A	农、林、牧、渔业	A03	畜牧业
B	采矿业	B06	煤炭开采和洗选业
		B07	石油和天然气开采业
		B09	有色金属矿采选业
		B11	开采辅助活动
C	制造业	C13	农副食品加工业
		C14	食品制造业
		C15	酒、饮料和精制茶制造业
		C17	纺织业
		C18	纺织服装、服饰业
		C22	造纸和纸制品业
		C25	石油加工、炼焦和核燃料加工业
		C26	化学原料和化学制品制造业
		C27	医药制造业
		C28	化学纤维制造业
		C30	非金属矿物制品业
		C31	黑色金属冶炼和压延加工业
		C32	有色金属冶炼和压延加工业
		C33	金属制品业
		C34	通用设备制造业
		C35	专用设备制造业
		C36	汽车制造业
		C37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
		C38	电气机械和器材制造业

		C39	计算机、通信和其他电子设备制造业
		C42	废弃资源综合利用业
D	电力、热力、燃气及水的生产和供应业	D44	电力、热力生产和供应业
E	建筑业	E48	土木工程建筑业
F	批发、零售业	F51	批发业
		F52	零售业
G	交通运输、仓储和邮政业	G53	铁路运输业
		G54	道路运输业
		G55	水上运输业
		G56	航空运输业
		G58	装卸搬运和运输代理业
		G60	邮政业
I	信息传输、软件和信息技术服务业	I63	电信、广播电视和卫星传输服务
		I64	互联网和相关服务
		I65	软件和信息技术服务业
J	金融业	J66	货币金融服务
		J67	资本市场服务
		J68	保险业
		J69	其他金融业
K	房地产业	K70	房地产业
L	租赁和商务服务业	L72	商务服务业
M	科学研究和技术服务业	M73	研究和试验发展
N	水利、环境和公共设施管理业	N77	生态保护和环境治理业
Q	卫生和社会工作	Q83	卫生
R	文化、体育和娱乐业	R85	新闻和出版业

Carbon Emissions and Assets Pricing

——Evidence from Chinese Listed Firms

WANG Hao LIU Jingzhe ZHANG Lihong
(School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: In the context of China’s efforts to achieve the goal of “carbon peak” and “carbon neutrality”, this article uses manually collected data on Chinese listed firms from 2009 to 2019 to study the relationship between corporate carbon emissions and assets pricing. The study finds that companies with higher total carbon emission intensity and indirect carbon emission intensity have significantly higher excess returns on stocks and bonds, which passes various robustness tests, indicating that the financial market recognizes carbon emission risks and pays particular attention to corporate carbon emission intensity, that is, greenhouse gas emissions per unit of output. In

addition, both the level and the annual growth rate of indirect carbon emissions are positively associated with the excess return on stocks. Indirect carbon emissions are only related to the electricity consumption and heat consumption of enterprises and are easier to observe than direct carbon emissions. Therefore, investors are more sensitive to indirect carbon emissions. Higher corporate environmental, social, and governance (ESG) ratings and environmental scores significantly weaken the relationship between carbon emission intensity and stock returns, indicating that better corporate environmental governance is beneficial to reduce carbon emission risks, while higher regulatory pressure from the government will increase carbon risk premium. Results of heterogeneity tests indicate that compared with high-emission industries, firms within low-emission industries bear higher carbon risk premium.

Keywords: Carbon emission intensity; Direct and indirect carbon emission; Excess returns; ESG; Environmental governance

JEL Classification: G12, G38, Q54