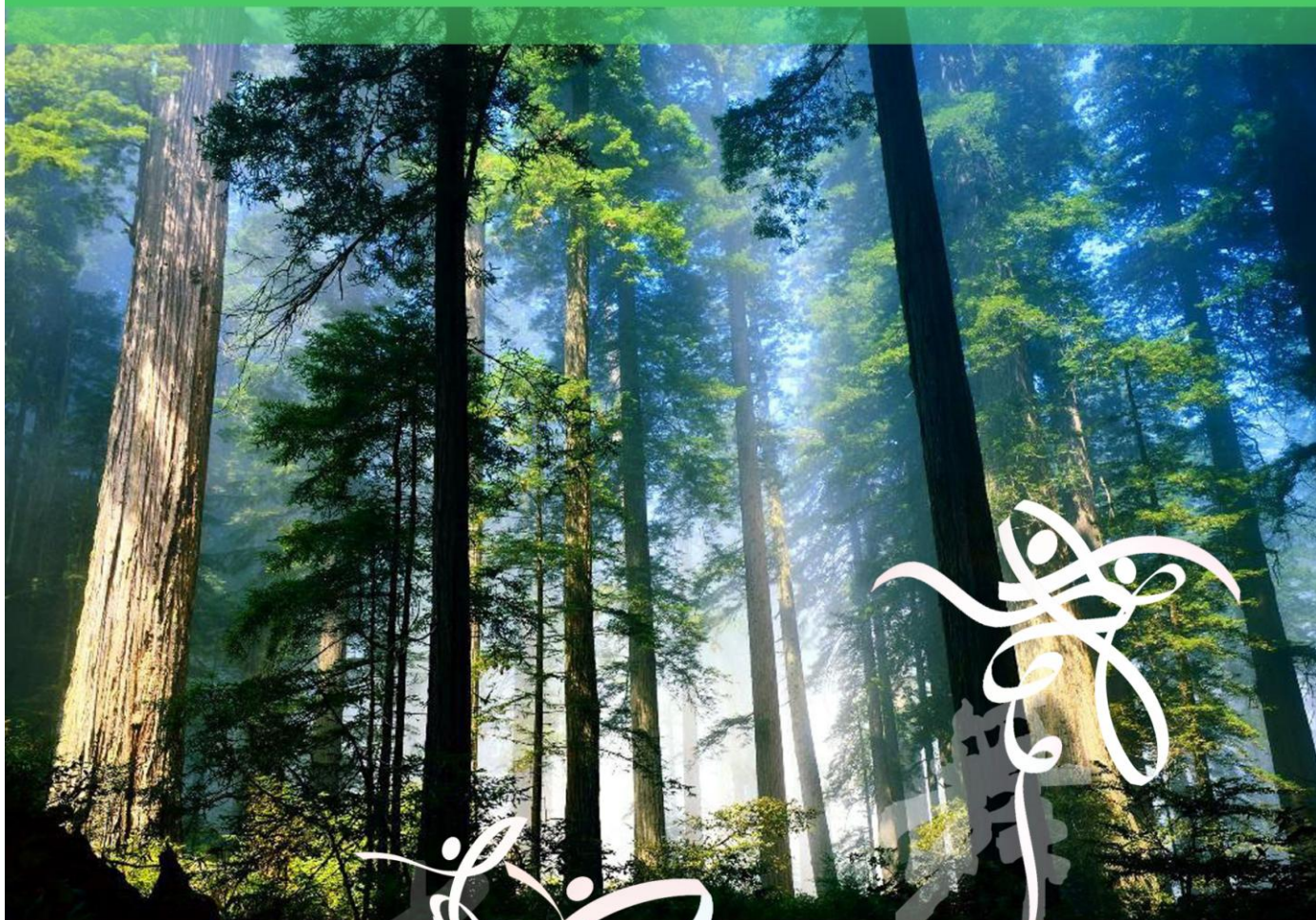




IESD

SKL
OF POLLUTION CONTROL AND RESOURCE REUSE

联合国环境规划署—同济大学
环境与可持续发展学院



上海市碳排放

交易机制及发展战略研究报告

- 2012. 6. 8 -

上海市碳排放交易机制及发展战略研究报告

课题负责人：廖振良

课题参与人员：史娇蓉 李怀正 王晟

联合国环境规划署——同济大学环境与可持续发展学院

二〇一二年六月

封面设计：叶茵茵

摘 要

全球气候变化已经引起国际社会的广泛关注，如何采取有效措施减少温室气体排放成为了环境、政治、经济领域共同关注的焦点。在此大背景下，我国正面临着国际气候谈判及国内发展和减排两方面的巨大压力。碳排放交易源于欧美，经过近十年的发展，已经成为国际认可的有效的温室气体减排手段。为了有效控制温室气体排放，我国正式提出从 2013 年开始在上海等 7 省市开展碳排放权交易的试点工作。

本报告在对国际碳排放交易机制和上海市能源消费 CO₂ 排放现状研究的基础上，对上海市碳排放交易机制的设计和发展战略提出了建议，并采用夏普利值法等不同方法对上海市碳排放交易的初始分配进行了案例研究，得出的主要结论和提出的建议如下：

1、近年来上海市终端能源消费 CO₂ 排放已超过 2.4 亿吨，年平均增长率约为 6.9%；影响上海市终端能源消费碳排放量的主要是第二产业和第三产业，第二产业所占比重最高，达 59%，但呈现下降趋势，第三产业所占比重虽然处于第二位，为 31%，但增速非常显著；排放前十的工业行业温室气体排放总量占上海全市排放总量的 50%左右，加上建筑业和交通业占总量的 70%左右；电力行业在生产过程中排放的 CO₂ 量约占上海市能源消费 CO₂ 排放总量的 30 %左右。

2、2013 至 2015 年作为上海市碳排放交易机制的试运行阶段，从 2016 年开始进入正式阶段，建议此后每五年作为一个实施阶段；建议试运行阶段选择 CO₂ 作为交易气体，后期可逐渐延伸至其他种类的温室气体；建议初期以十大工业行业中达到一定规模的企业为交易主体，进入正式阶段后逐渐把其他行业纳入交易体系；建议企业自行监测，并通过独立第三方机构的认证后，将每年的碳排放情况上报给管理部门；建议试运行阶段的配额不允许储存至下一阶段使用，进入正式阶段后，允许配额的储存，但仍旧不允许借贷；建议每年规定期限前，排放主体必须将该年经核证的二氧化碳排放量与其拥有的排放权进行结算，结算后注销；建议超额排放部分要支付罚款并且在下一阶段补足。

3、建议碳排放权的初始分配以定价出售和拍卖相结合，初期以定价出售为主，以后逐渐提高拍卖比例，直至实现 100%拍卖；建议定价出售初期采用祖父制原则作为过渡，并且尽快制定基准排放率，以行业单位产值 CO₂ 排放量为基础乘上企业的生产产值得到配额数量；建议通过制定阶梯式价格促进上海的产业结构调整，不同导向的产业乘以不同的产业导向系数。

目 录

第 1 章 国际碳排放交易机制	1
1.1 背景	1
1.2 欧盟的碳排放交易	3
1.3 美国的碳排放交易	4
1.4 澳大利亚的碳排放交易	5
1.5 日本的碳排放交易	6
1.6 中国的碳排放交易	6
第 2 章 上海市能源消费 CO ₂ 排放现状	9
2.1 方法	9
2.1.1 核算方法	9
2.1.2 排放因子	10
2.2 CO ₂ 排放分析	11
2.2.1 三产及生活消费	11
2.2.2 行业分析	13
第 3 章 上海市碳排放交易机制设计	18
3.1 覆盖范围	18
3.1.1 交易气体	18
3.1.2 交易主体	18
3.2 总量控制	20
3.3 初始分配	20
3.4 监测、登记、核查	21
3.5 储存、借贷	22
3.6 注销、惩罚	22
第 4 章 上海市碳排放交易的初始分配	23
4.1 案例模拟和分析	23
4.1.1 基本情况	23
4.1.2 方法	24
4.1.3 结果分析	27
4.2 分配方法	28
4.2.1 定价出售与拍卖相结合	28
4.2.2 阶梯式价格促进产业调整	29
第 5 章 总结与结论	30
参考文献	31
鸣谢	35
课题组简介	36

第 1 章 国际碳排放交易机制

1.1 背景

全球气候变化已经引起国际社会的广泛关注，如何采取有效措施减少温室气体排放正逐渐成为环境、政治、经济领域共同关注的焦点。为了更好地应对气候变化问题，1992 年 5 月在纽约联合国总部通过了《联合国气候变化框架公约》（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC），《公约》的最终目标是“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”。

1997 年 12 月，《联合国气候框架公约》缔约方第三次会议通过了《京都议定书》（Kyoto Protocol），规定在 2008 年到 2012 年间，附件一国家的温室气体排放量要比 1990 年平均降低 5.2%。《京都议定书》于 2005 年 2 月 16 日正式生效，是全球第一个以法律形式明确规定各国减排义务的文件。鉴于不同国家减排目标和减排成本的差异，《京都议定书》提出了三种“灵活机制”帮助附件一国家完成减排目标：“联合履约机制”（Joint Implementation, JI）、“清洁发展机制”（Clean Development Mechanism, CDM）和“排放交易机制”（Emission Trading, ET）。

《京都议定书》及其三种“灵活机制”最终催生了碳排放交易和碳市场。碳排放交易源于欧美，经过近十年的发展，已经成为国际认可的有效的温室气体减排手段。碳排放交易早在 2005 年《京都议定书》生效前就已经展开，《京都议定书》生效后，全球碳市场呈现爆炸式增长，碳交易额从 2005 年 110 亿美元上升到 2010 年 1400 多亿美元。联合国和世界银行曾经预测，2012 年全球碳市场交易额将达到 1500 亿美元，英国新能源财务公司最新预测，2020 年全球碳交易市场将达到 3.5 亿美元，有可能将超过石油市场成为世界上最大的交易市场。

目前，全球主要的碳排放交易机制都集中在附件一国家：欧盟排放交易机制（European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS）、美国东北部和中部的区域温室气体计划（Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI）、日本东京都总量限制交易体系（Tokyo Cap-and-Trade Program）以及芝加哥气候交易所（Chicago Climate Exchange）的自愿减排平台等。而包括中国、韩国、南非、印度、印尼、巴西、墨西哥等在内的许多非附件一国家都在积极筹备碳排放交易机制。

在《联合国气候框架公约》“共同但有区别的责任”原则下，2012 年之前，中国与其它发展中国家一样不需要承担减排义务。但是，中国作为仅次于美国的

世界第二大经济体，在国际气候谈判中面临的压力越来越大。跟据国际能源署（International Energy Agency, IEA）公布的数据，2007 年中国的温室气体排放量为 60.3 亿吨，已经超过美国的 57.7 亿吨，成为世界上温室气体排放最多的国家。而 2007 年中国的人均年度温室气体排放量为 4.6 吨，也已经高于世界人均排放水平 4.4 吨。目前，在国际气候谈判中，以美国为首的不少发达国家要求中国和印度等发展中大国承担量化的减排义务，并且以此作为逃避自身责任的理由；小岛国联盟积极呼吁加快谈判进程，也提出了同样的要求。迫于国际压力，2009 年，中国承诺到 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放强度比 2005 年降低 40 %-45 %。

但是，从目前形势来看，中国要完成这一目标还存在很大困难。我国现阶段仍然是粗放型经济发展模式，GDP 上升依赖于大量的能源消耗，中国已经成为能源消耗最大的国家。2010 年，我国能源消耗总量为 32.5 亿吨标准煤，比上年增长 5.9 %。单位 GDP 能耗虽然较 2009 年（1.077 吨标准煤/万元）降低 4 %，但还是高于发达国家，是美国的 3 倍、日本的 5 倍。在能源消耗不断增加的同时，我国的能源进口量也在不断增加。2010 年，我国原油进口 2.39 亿吨，同比增长 17.4 %，对外依存度高达 53.8 %。我国一向是煤炭储量丰富的国家，但从 2009 年开始，我国由煤炭净出口国变为进口国，而且进口量不断增加。如果这些趋势无法得到有效控制，将来甚至有可能威胁到我国的能源安全。

目前，这种不可持续发展的影响已经逐渐显现，全国各地出现煤荒、电荒。“十一五”末期，各地为了完成减排目标，纷纷采取拉闸限电这样的极端措施。但即使是这样，“十一五”单位 GDP 能耗降低 20 %的目标还是没有完成，实际降低了 19.1 %。而“十二五”已经提出单位 GDP 能耗降低 16 %，单位 GDP 二氧化碳排放降低 17 %的目标。显然，单纯依靠传统的命令控制型手段，已经无法有效完成国内减排目标和国际减排承诺。必须寻找低成本、高效率的减排手段，降低温室气体排放完成减排目标，并且推进低碳经济的发展。

2010 年 10 月，中共中央《国民经济和社会发展第十二个五年规划的建议》中指出，要逐步建立碳排放交易市场。同年 10 月 19 日，国务院下发《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》，提出要建立和完善主要污染物和碳排放交易制度。2011 年 10 月 29 日，国家发改委发布《国家发展改革委办公厅关于开展碳排放权交易试点工作的通知》，正式批准北京市、天津市、上海市、重庆市、湖北省、广东省及深圳市开展碳排放权交易试点，计划于 2013 年前开展区域碳排放权交易试点，2015 年起在全国范围内开展碳排放交易，建立全国碳交易市场。《上海市国民经济和社会发展第十二个规划纲要》、《上海市节约能源条例》和 2011 年上海市委、市政府重点工作部署中，都对探索开展碳排放交

易、碳金融市场发展等提出了要求，明确提出“十二五”期间积极开展碳交易试点工作，探索碳交易市场机制。

1.2 欧盟的碳排放交易

2001 年 10 月，欧盟委员会发布了《排放交易指令》（草案），旨在利用“限额交易”机制减少温室气体排放。经过两年的讨论和修订，《排放交易指令》（Directive 2003/87/EC）于 2003 年 10 月 13 日正式颁布，《指令》规定从 2005 年 1 月 1 日开始正式实施欧盟排放交易机制（European Union Emission Trading Scheme, EU ETS）。

欧盟排放交易机制是全球第一个国际性的温室气体排放交易机制，到目前为止，它已经发展成为世界上最成熟的排放交易机制，同时也形成了全球最大的碳交易市场。EU ETS 现已覆盖 30 个国家，包括 27 个欧盟成员国以及挪威、冰岛和列支敦士登三个国家；涉及能源和工业行业约 11000 个排放设施，这些设施排放的温室气体约占欧盟 CO₂ 排放总量的一半、温室气体排放总量的 40%。EU ETS 自 2005 年实施以来，成交额一直占到全球碳市场的 3/4 左右，2010 年的成交额高达 1198 亿美元。

EU ETS 是典型的“限额交易”（cap-and trade）机制，实行总量控制与排放交易。欧盟及其成员国设定温室气体排放上限，每个参与主体分配到一定数量的可交易的排放许可额度（即 European Union Allowances, EUAs），所有参与主体允许排放的总量不得超过设定的上限。如果参与主体的实际排放量小于分配到的额度，那么它可以将剩余的额度出售获取利润；反之，它就必须到市场上购买不足的额度；否则，将会受到处罚。

欧盟排放交易机制分为三个阶段。第一阶段是从 2005 年到 2007 年，称之为“试验期”（trial period），这一阶段的目的是不是履行《京都议定书》减排承诺，而是为了收集基础数据和积累经验。第二阶段从 2008 年到 2012 年，与《京都议定书》的履约期相一致，因此称为“京都期”，这一阶段成员国将完成京都减排目标。第三阶段将从 2013 年开始到 2020 年，欧盟的目标是到 2020 年温室气体排放较 1990 年减少 20%，相当于每年减排 1.74%。目前，EU ETS 正处于第二阶段的最后一年。

下表总结了 EU ETS 三个阶段的具体情况。

表 1.1 EU ETS 三阶段

	第一阶段 (2005-2007)	第二阶段 (2008-2012)	第三阶段 (2013-2020)
阶段性质	试验期 (Trial Period)	京都期 (Kyoto Period)	后京都期 (post-Kyoto Period)
年均排放 限额	2,299 MtCO ₂ e 各成员国制定限值	2,083 MtCO ₂ e 各成员国制定限值	1,720 MtCO ₂ e 欧盟统一制定限值
温室气体	CO ₂	CO ₂ , N ₂ O (荷兰)	CO ₂ , N ₂ O, PFC
覆盖部门	超过 20Mw 的火力发电厂、炼油厂、有色金属生产加工行业、建材行业以及造纸业	增加航空业	增加化工、制氨、电解铝、硝酸与乙醛酸生产行业
分配方式	至少 95 % 免费, 其余 拍卖	至少 90 % 免费, 其余 拍卖	电力行业: 100 % 拍卖; 可能存在碳泄露的行业: 100 % 免费; 其它行业: 80 % 免费, 并逐渐增加拍 卖的比例, 到 2027 年实现 100 % 拍卖
跨期性	不得跨期储存 (banking)、借贷 (borrowing)		不得跨期借贷

1.3 美国的碳排放交易

区域温室气体倡议 (The Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI) 是美国第一个温室气体强制减排交易机制, 也是美国区域温室气体减排机制中最为人们所熟悉的。RGGI 由美国东北部和中大西洋区域的 10 个州参与组成, 分别为康涅狄格州、特拉华州、缅因州、马里兰州、马萨诸塞州、新罕布什尔州、新泽西州、纽约州、罗德岛州与佛蒙特州。在布什政府宣布退出《京都议定书》后, 美国国家层面的温室气体减排陷入困境, 而以 RGGI 为代表的一系列区域性温室气体减排机制显示出了美国国内各州减少温室气体排放和应对气候变化的决心。

RGGI 最早由前纽约州州长乔治·帕塔基于 2003 年提出。2005 年 12 月 20 日, 康涅狄格州、特拉华州、缅因州、新罕布什尔州、新泽西州、纽约州和佛蒙特州等 7 各州签署了 RGGI 备忘录 (Memorandum of Understanding, MOU), 并确定了 RGGI 基本规则的框架。2006 年, 备忘录签署方颁布了 RGGI 的基本规则 (Model Rule), 详细规定了 RGGI 的各方面内容, 并且作为各州制定州内规

则和具体实施的基础。2007 年，早期参与过 RGGI 发展的马萨诸塞州和罗德岛州也签署了备忘录，此后，马里兰州也宣布加入 RGGI。

RGGI 从 2009 年 1 月 1 日起开始实施，一共分为两个阶段：第一阶段从 2009 年到 2014 年；第二阶段从 2015 年到 2018 年。RGGI 采用限额交易机制，规定到 2018 年，十个州电力部门的温室气体排放量要比 2009 年减少 10%。2009 年总的预期排放量为 1.88 亿吨，由每个州的预期排放量相加而得。为了给各州提供足够的适应时间，RGGI 的减排目标将分两个阶段完成，第一阶段只需维持现有排放水平（1.88 亿吨），第二阶段开始每年减排 2.5%，4 年总计 10%。与其它强制减排机制不同，RGGI 只选择电力部门参与减排，总共涵盖了区域内 200 多个装机容量超过 25MW 的火力发电设施，这些设施的排放量约占区域内发电设施排放总量的 95%。拍卖是 RGGI 的主要分配方式，另外还有固定出售和从州账户中直接分配两种方法，但是后两种分配方式所占比例非常低，不到 10%。RGGI 规定，至少 25% 的配额要进行拍卖，其余 75% 由各州自行决定分配方法。而实际分配过程中，各州提出的拍卖比例达到了 90% 左右，有的州甚至实行 100% 拍卖。拍卖每三个月举行一次，每个发电设施可以购买任何一个参与州的碳排放配额，通过这种方式，10 个参与州的分散市场连接成了一个协调、统一的区域性市场。RGGI 还规定拍卖所得要投资于规定的项目，从而提高能效、支持可再生能源如太阳能、风能等技术的发展、减少温室气体排放、以及帮助消费者控制能源成本等。

RGGI 允许购买一些减排项目所产生的配额，但抵消项目的配额总量一般不超过 3.3 %，而且只局限于美国本土。抵消项目类型包括建筑行业消费侧能源效率提高、造林碳汇、发电行业六氟化硫减排、堆填区气体捕捉与燃烧、农业粪肥管理中的甲烷捕捉与燃烧等。除了限制项目类型，RGGI 还就抵消项目的其它诸多方面做出规定，因此，抵消机制的实际适用范围非常有限。

1.4 澳大利亚的碳排放交易

澳大利亚政府已经宣布将在全国范围内推行强制碳排放交易机制，澳大利亚的碳交易分两步走：2012 年 7 月先引入碳税机制，到 2015 年 7 月正式过渡至碳排放交易机制。

第一阶段共涉及四种温室气体：二氧化碳、甲烷、氮氧化物和全氟化碳，覆盖能源、矿业、工业和交通等行业 CO₂ 年排放超过 2.5 万吨（部分行业是 1 万吨）的 500 家企业，这些企业的碳排放量占澳大利亚碳排放总量的 60% 以上。澳政府规定，2012 年每吨 CO₂ 为 23 澳元，以后每年上涨 2.5%。从 2015 年 7 月 1 日开

始，碳价将由市场决定，政府实行总量控制，分配初始配额，并且允许交易。

为了保护本国企业的竞争力，澳大利亚在设计碳税机制时引入了价格补贴，对于碳排放密集型的出口行业企业将在第一年内获得企业年均碳价支出 94.5% 的补贴，而其它非碳排放密集型的出口行业企业将获得 66% 的补贴。该补贴以每年 1.3% 的比例逐年下降。

1.5 日本的碳排放交易

2010 年 4 月，日本建立了亚洲首个强制碳交易体系——东京都总量限制交易体系，这是一个地区性的交易机制，促进东京都完成中短期低碳城市建设目标：到 2020 年温室气体排放量比 2000 年下降 25%。该交易体系专门针对大型办公建筑和工厂，一共涉及 1400 个场所（1100 个商业设施和 300 个工厂），这些场所的 CO₂ 排放量占东京排放总量的 20% 左右。

东京都总量限制交易体系设定了两个实施阶段，第一阶段从 2010 年 4 月至 2014 年 3 月，减排 6%-8%（工厂为 6%，其它建筑为 8%）；第二阶段从 2015 年 4 月至 2019 年 3 月，目标减排 17%。配额分配采用祖父制原则，每个排放设施以 2002-2007 年间任意连续三年的排放量为基准计算减排量。

东京都总量限制交易体系允许企业购买东京都区域内的中小企业碳减排额和东京都以外的减排额完成自身减排任务，但购买的外地减排额不能超过总额度的 1/3。配额还允许从第一阶段储存至第二阶段使用。如果所涵盖设施在第一阶段没有完成目标，那么在第二阶段将必须以短缺部分的 1.3 倍减排。东京都环境局成立了减排登记机构管理交易数据，所有交易主体都能够在网上查到交易信息。

除了地区性的碳交易，日本政府也将推行全国范围内的强制碳排放交易。日本交易机制（Emission Trading Scheme, ETS）计划在 2013 年 4 月推出，分为两个阶段，分别在 2013 财年和 2016 财年开展，覆盖大型二氧化碳排放企业和商业楼宇，同时日本还计划与韩国碳市场进行联接。但迫于商业集团的压力，日本有可能推迟出台国家层面的碳排放交易机制。

1.6 中国的碳排放交易

中国作为发展中国家，主要通过 CDM 参与国际碳排放交易。目前，中国已经成为全球 CDM 市场的最大卖家，无论是成功注册的 CDM 项目还是获签的 CERs 数量都位居世界第一，处于绝对领先的地位，市场份额逐渐扩大，其次是

印度，此外，巴西、韩国、墨西哥等国也是 CDM 市场的重要卖家。截至 2012 年 1 月 31 日，在 EB 成功注册的 CDM 项目一共 3815 个，其中中国注册的项目 1800 个，占 47.18%，预计年减排量 3.62 亿吨，占 64.03%。最终签发的 CERs 总量约 8.52 亿吨，中国为 5.06 亿吨，占 59.34%。各东道国的 CDM 项目情况见图 1.1 至图 1.3。

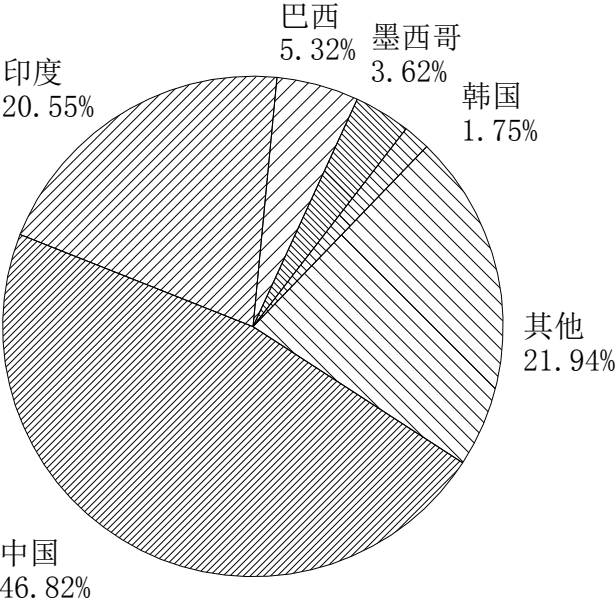


图 1.1 各东道国 CDM 项目注册量

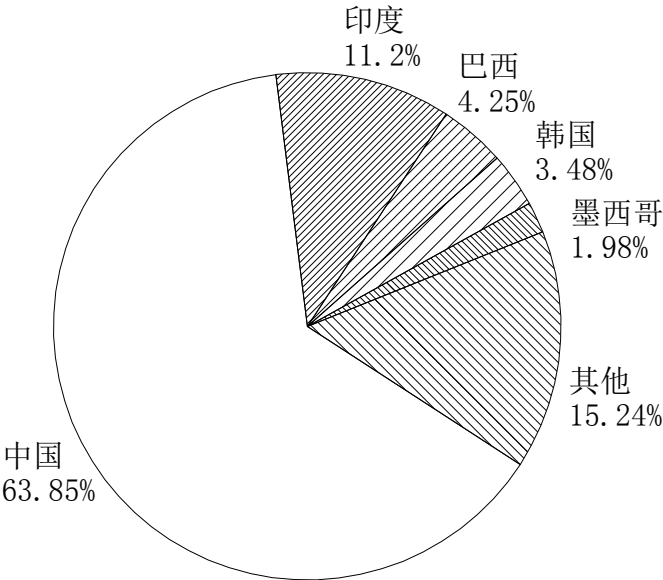


图 1.2 各东道国 CDM 项目预计年减排量

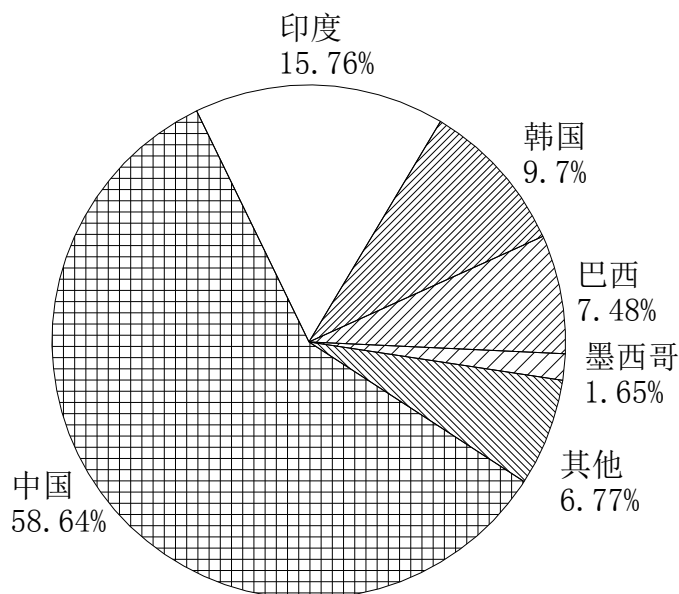


图 1.3 各东道国 CERs 签发量

中国 CDM 虽然发展迅速，取得了一定的成果，但也存在许多问题。首先，中国 CDM 项目的注册成功率和签发率低，截至 2012 年 1 月 31 日，中国通过国家发改委批准的 CDM 项目共 3558 个，但成功在 EB 注册的项目仅 1785 个，注册成功率仅 1/2 左右，获得 CERs 签发的项目仅 684 个，签发率为 19.22%。其次，中国 CDM 项目类型单一，无论是成功注册的项目还是获得签发的项目，都主要集中在新能源和可再生能源以及节能和提高能效。其三，CDM 市场是买方市场，中国作为 CDM 的单纯卖家，在交易过程中处于国际碳交易链的最低端，缺少话语权和定价权，往往由国外买家以低价购得中国的 CERs，再在国际二级交易市场上以高于原价几倍的价格卖给需求者，获得巨大利润。因此，中国发展自己的碳排放交易市场势在必行。

第 2 章 上海市能源消费 CO₂ 排放现状

上海市碳排放交易机制的研究需要以上海市温室气体排放为基础，只有了解掌握上海碳排放的实际情况才能对上海市碳排放交易机制的设计提出更加合理、有效的建议。上海市排放的温室气体主要有二氧化碳、甲烷以及氧化亚氮，其中二氧化碳占 95%以上，因此本研究着重分析上海市 CO₂ 的排放情况。上海市目前还没有公开的 CO₂ 排放数据，本研究将按照上海市能源消费的实际情况核算上海市 CO₂ 的排放情况，并对其进行分析。

2.1 方法

2.1.1 核算方法

在现有研究中，CO₂ 排放的核算主要有两种原则：消费者责任原则和生产者责任原则。由于本章节的分析将作为上海市碳排放交易机制设计的参考依据，为了能够更准确的排放主体的实际情况，本研究将采用消费者责任原则进行核算。

根据国家统计局编制的《中国能源统计》的分类，能源消费总量包括：终端能源消费量、能源加工转换损失量（投入量-产生量）、能源损失量（包括运输和输配损失）。其中，CO₂ 排放主要产生于终端能源消费，本研究不计能源加工转换损失和能源损失的碳排放。

所用数据来源于《上海市工业能源交通统计年鉴》（下文简称《年鉴》），根据《年鉴》的统计，上海市终端能源消费的类型包括一次能源和二次能源总计 17 类：原煤、洗精煤、焦炭、焦炉煤气、其它煤气、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、天然气、其它石油制品、其它焦化产品、热力和电力。

CO₂ 排放量等于能源消耗量乘以 CO₂ 排放因子，CO₂ 排放因子对最终核算结果的影响非常大，在已有的研究中主要采用两类排放因子：分别是综合排放因子和分项排放因子。综合排放因子计算简单，但误差较大，一旦选取不合理就会对最终结果造成较大偏差；分项排放因子的准确性高，但是要分别计算 17 种能源，计算量大、较为复杂。本研究为得到更符合实际情况的结果，采用分项排放因子。

具体的计算方法参照 IPCC 发布的《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》中的计算方法。公式如下：

$$E = \sum_i \sum_j AC_{i,j} \bullet NCV_j \bullet CC_j \bullet O_j \bullet 44/12 \quad (2.1)$$

其中：E—CO₂排放量

i—不同部门

j—能源品种

AC—能源消耗量

NCV—低位热值

CC—含碳量

O—氧化率

44/12—C 转换为 CO₂ 的系数

低位热值由于各国燃料差异明显，直接采用 IPCC 缺省值带来的误差较大，《能源统计年鉴》发布了我国燃料的平均低位热值，但各地区之间还是存在差异。《上海工业能源交通统计年鉴》根据上海市能源的实际热量情况，采用不同的折标系数将能源实际消耗量折算成标煤量，因此本研究以上海市能源消耗的标准量为基础，采用 IPCC 2006 中的缺省含碳量和氧化率计算 CO₂ 排放量。

2.1.2 排放因子

除电力和热力外 15 类能源的排放因子可参照《IPCC 2006》缺省值经过计算和转换得到，具体见下表。

表 2.1 各类能源 CO₂排放因子（单位：10⁴t/10⁴t 标煤）

能源种类	CO ₂ 排放因子	能源种类	CO ₂ 排放因子
原煤	2.77178	柴油	2.17113
洗精煤	2.77178	燃料油	2.26782
焦炭	3.13510	液化石油气	1.84883
焦炉煤气	1.30092	炼厂干气	1.68768
其它煤气	1.30092	天然气	1.64373
原油	2.14769	其它石油制品	2.14769
汽油	2.03049	其它焦化产品	2.36451
煤油	2.09495		

电力和热力作为二次加工能源，CO₂ 排放因子由生产过程中各能源的消耗量所决定。本研究中电力、热力的 CO₂ 排放因子按照生产过程中各能源排放的 CO₂

总量除以生产量所得。

表 2.2 华东区域电网排放因子（单位：tCO₂/MWh）

年份	排放因子
2004	0.95737
2005	0.91726
2006	0.88124
2007	0.85710
2008	0.84319

2.2 CO₂ 排放分析

本研究分析了上海市 2004 年至 2008 年的能源消费 CO₂ 排放情况，2004 年上海市终端能源消费排放 CO₂1.7 亿吨，2008 年达 2.4 亿吨，年平均增长率 6.89%。

2.2.1 三产及生活消费

首先，从三产及生活消费方面对上海市能源消费 CO₂ 排放情况进行分析，每年的排放情况见表 2.4。

表 2.3 2004-2008 上海市终端能源消费排放情况（单位：万吨）

	第一产业	第二产业	第三产业	生活消费	总量
2004	247.65	11055.10	4410.89	1363.22	17076.86
2005	219.81	11950.04	5135.74	1558.86	18864.45
2006	201.12	12688.93	5784.02	1697.91	20371.98
2007	171.58	13837.66	6846.93	1921.87	22778.04
2008	170.78	14054.05	7431.54	2167.36	23823.73

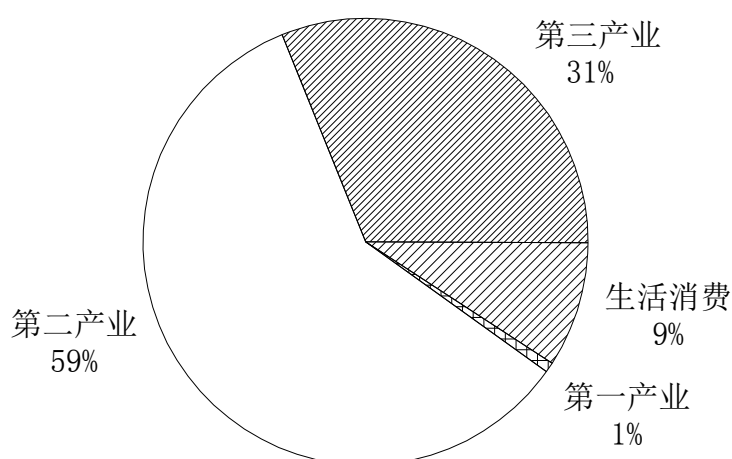


图 2.1 2008 年终端能源消费 CO₂ 排放情况

上图是 2008 年上海市终端能源消费 CO₂ 的排放情况，从图中可以看出，第二产业的 CO₂ 排放量最大，占 59%，其次是第三产业，第一产业和生活消费的排放量占 10%，其中第一产业所占的份额仅 1%。

从排放量看，2004-2008 年上海市 CO₂ 排放第一的是第二产业，其次是第三产业、生活消费和第一产业。而第三产业的增长最快，年均增长率达 11.00%，其次是生活消费 9.72%，第二产业的增长率为 4.92%，第一产业呈现负增长为 -7.16%，如图 2.2 所示。

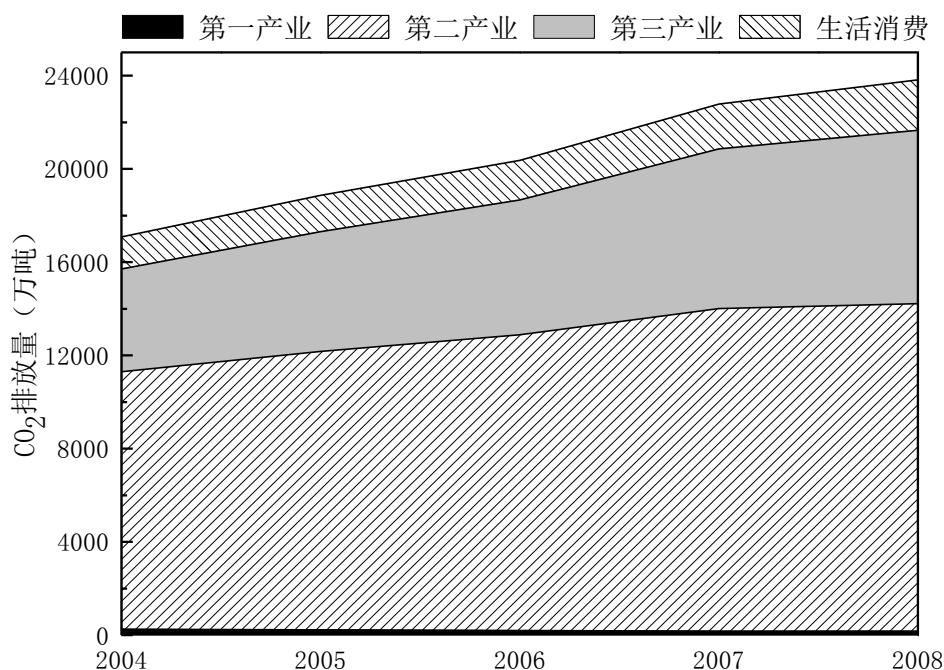


图 2.2 2004-2008 上海市能源消费 CO₂ 排放量

从比值看，第二产业所占比重从 2004 年的 65%下降至 2008 年 59%，第三产业所占比重逐渐上升，从 26%上升至 31%。生活消费所占比重略有上升，而第一产业所占比重略有下降，具体见图 2.3。

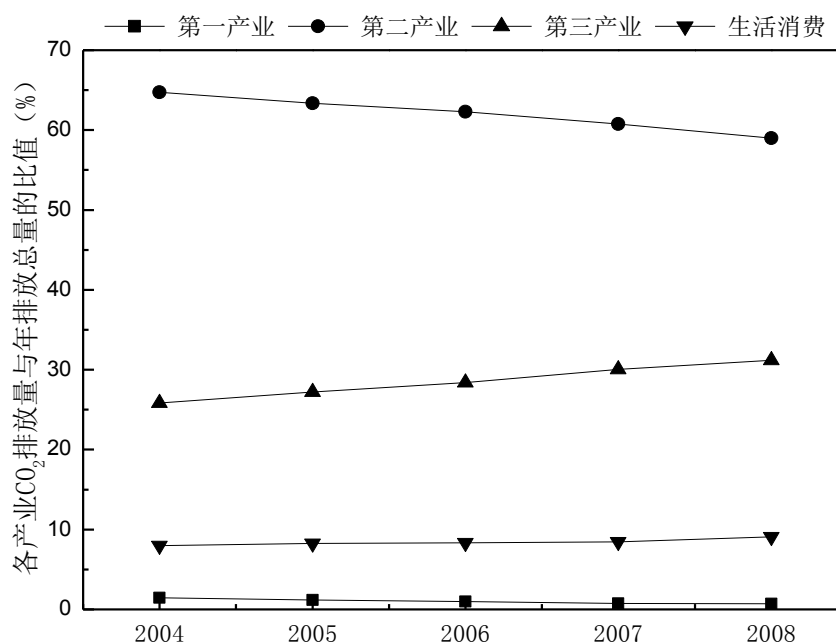


图 2.3 2004-2008 各产业 CO₂ 排放比值

综上所述，影响上海市终端能源消费碳排放量的主要是第二产业和第三产业，第二产业所占比重最高，但处于下降趋势，第三产业所占比重虽然处于第二位，但增速非常显著。

2.2.2 行业分析

根据行业分类，第二产业包括工业和建筑业，其中工业又可分为 34 个大类行业，上海市第二产业的 CO₂ 排放主要来源于工业，占第二产业排放总量的 95% 以上，其中排放前十的工业行业 CO₂ 排放总和占全市排放总量的 50% 左右。第三产业中，交通运输、仓储及邮政业 CO₂ 排放占主导，比重达 60% 以上。

本研究对建筑业，交通运输、仓储及邮政业以及 34 个工业行业的 CO₂ 排放情况进行了核算，并且选取建筑业，交通运输、仓储及邮政业以及排放前十的工业行业进行具体分析。2004-2008 年这 12 个行业的 CO₂ 排放情况见图 2.4 至图 2.8。

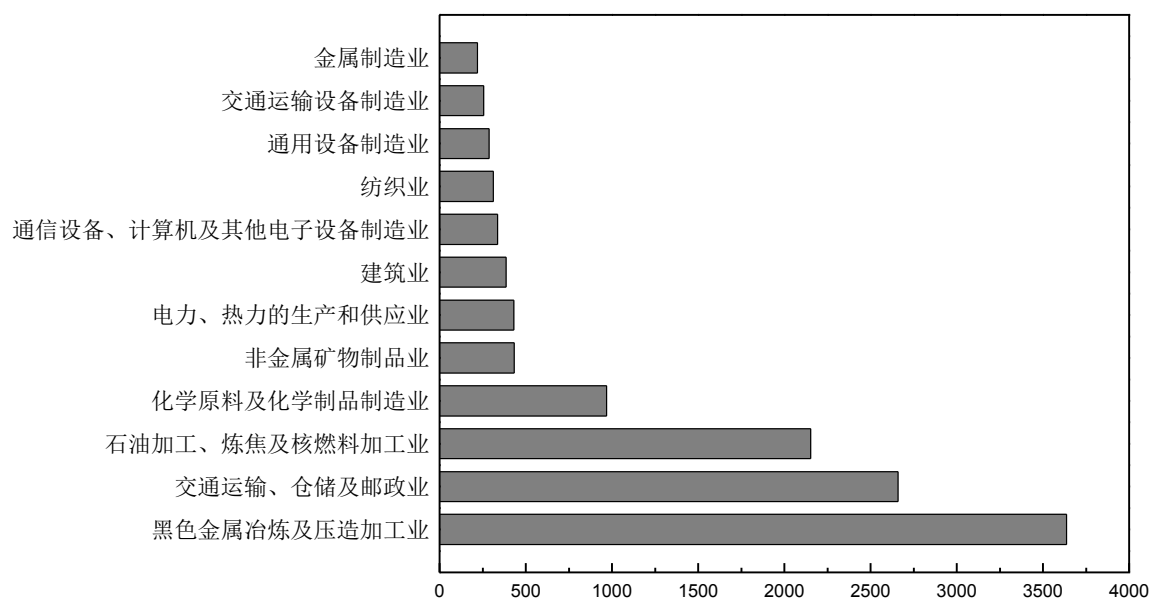


图 2.4 2004 年排放量前十的工业行业以及交通和建筑业的 CO₂ 排放情况（单位：万吨）

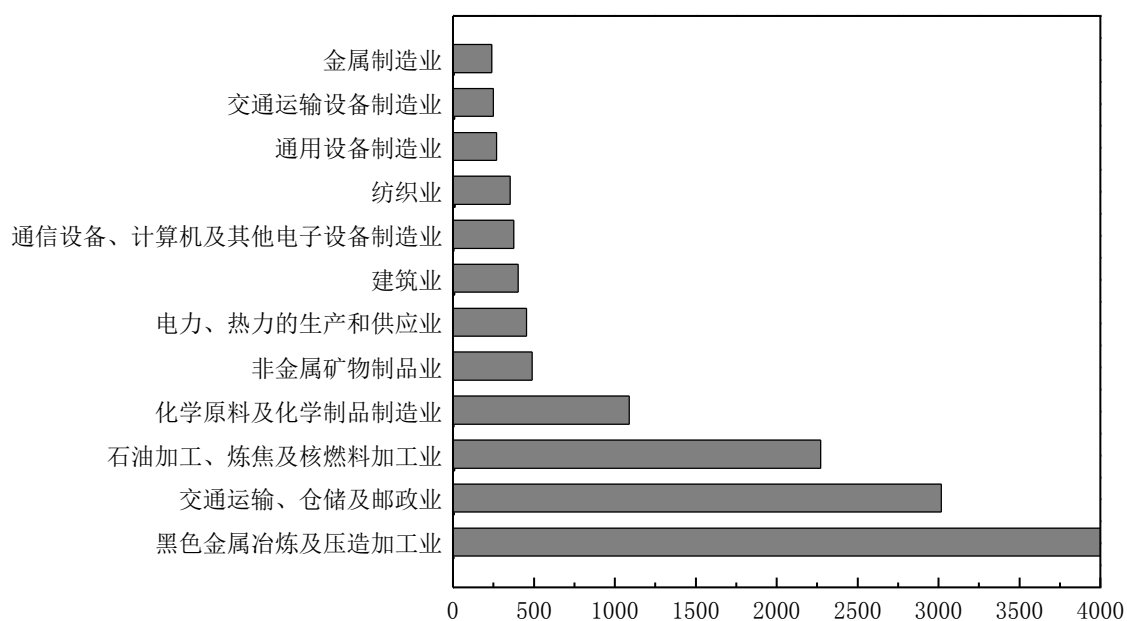


图 2.5 2005 年排放量前十的工业行业以及交通和建筑业的 CO₂ 排放情况（单位：万吨）

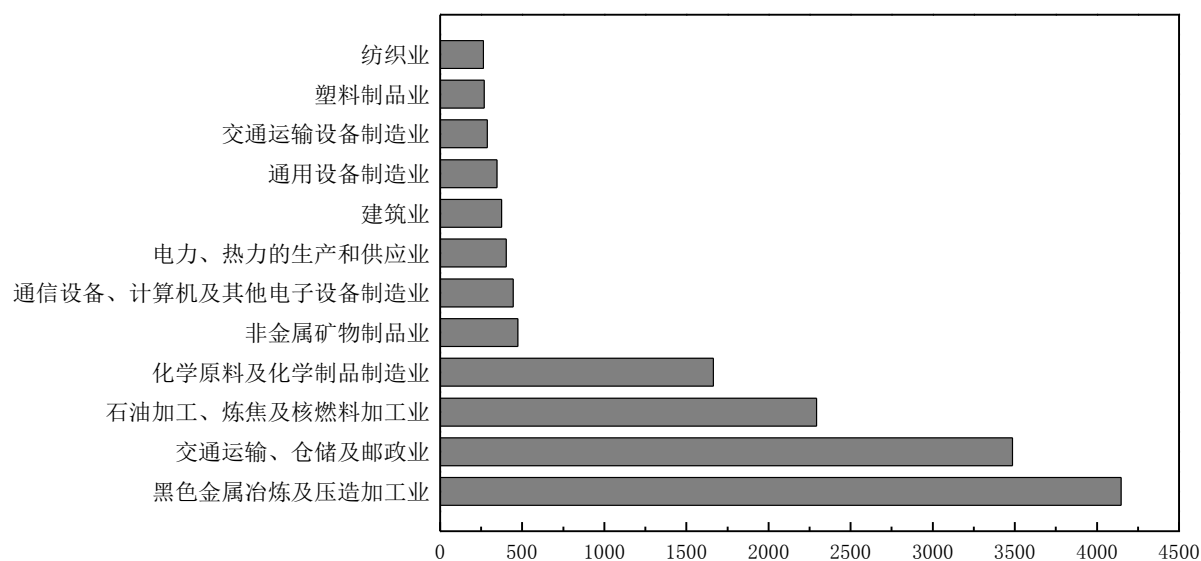


图 2.6 2006 年排放量前十的工业行业以及交通和建筑业的 CO₂ 排放情况（单位：万吨）

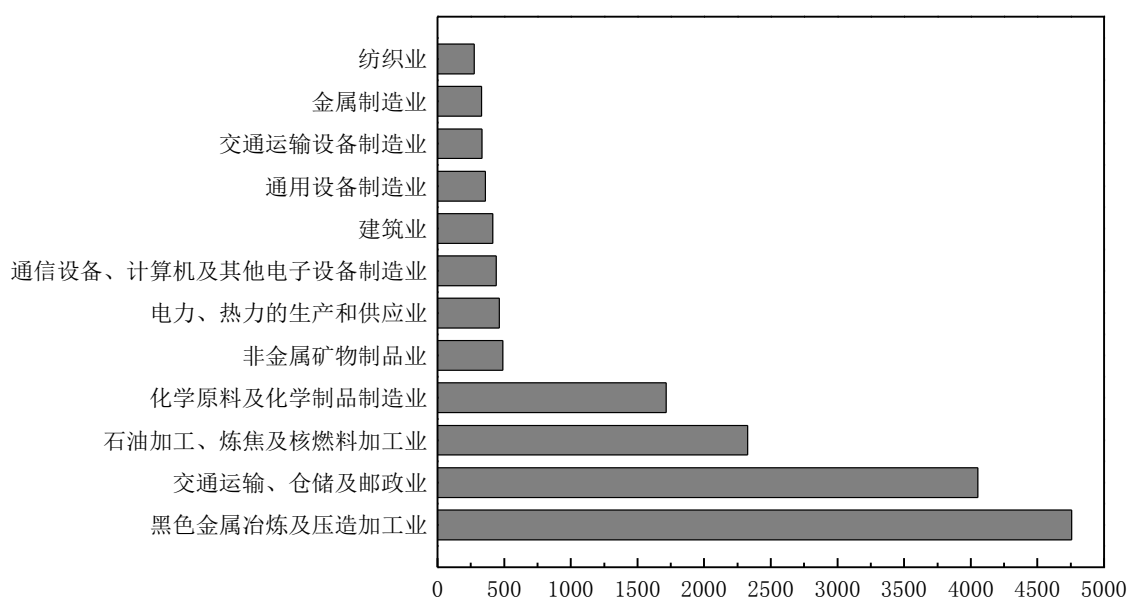


图 2.7 2007 年排放量前十的工业行业以及交通和建筑业的 CO₂ 排放情况（单位：万吨）

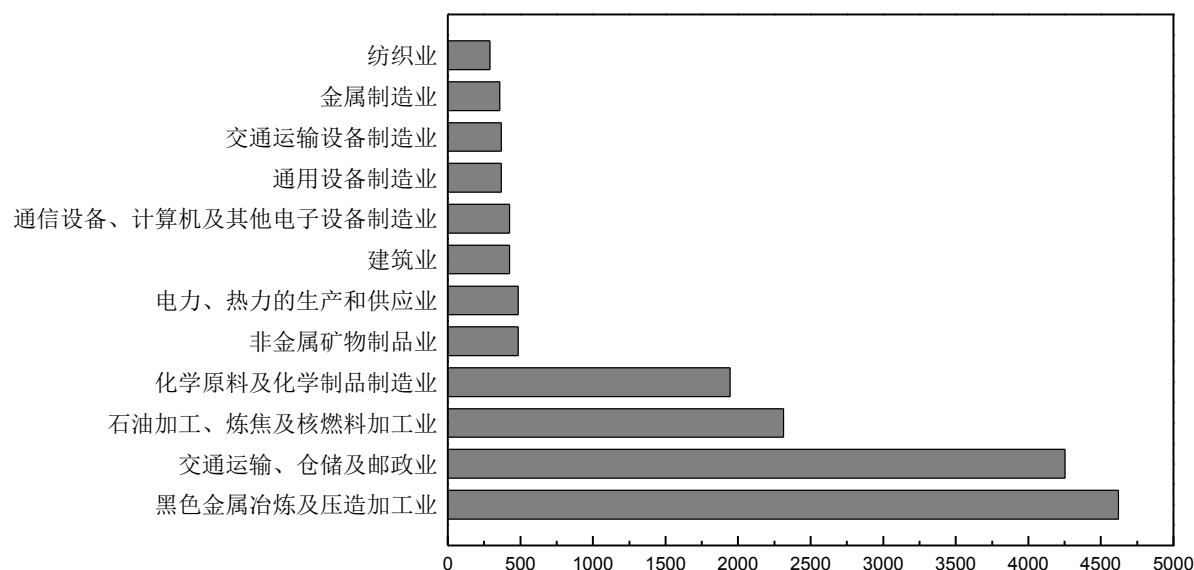


图 2.8 2008 年排放量前十的工业行业以及交通和建筑业的 CO₂ 排放情况（单位：万吨）

黑色金属冶炼及压造加工业，交通运输、仓储及邮政业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学原料及化学制品制造业等四大行业的 CO₂ 排放量远高于其它行业。其中，交通运输、仓储及邮政业的增长非常迅速，年均增长量 388 万吨，年均增长率 9.84%。

十大工业行业变化不大，尤其是前五个行业，分别是：黑色金属冶炼及压造加工业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学原料及化学制品制造业，非金属矿物制品业，电力、热力的生产和供应业。十大工业行业的 CO₂ 排放量占上海市 CO₂ 排放总量的 50% 左右，加上建筑业和交通业，CO₂ 排放总和占上海市能源消费 CO₂ 排放总量的 70% 左右。

电力行业作为一个能源二次加工行业，是能源密集型行业，虽然其自身消费的 CO₂ 排放量处于工业行业的第五位。但是，电力生产过程中排放的 CO₂ 量达 6000 万吨以上，占上海市能源消费 CO₂ 排放总量的 30% 左右。

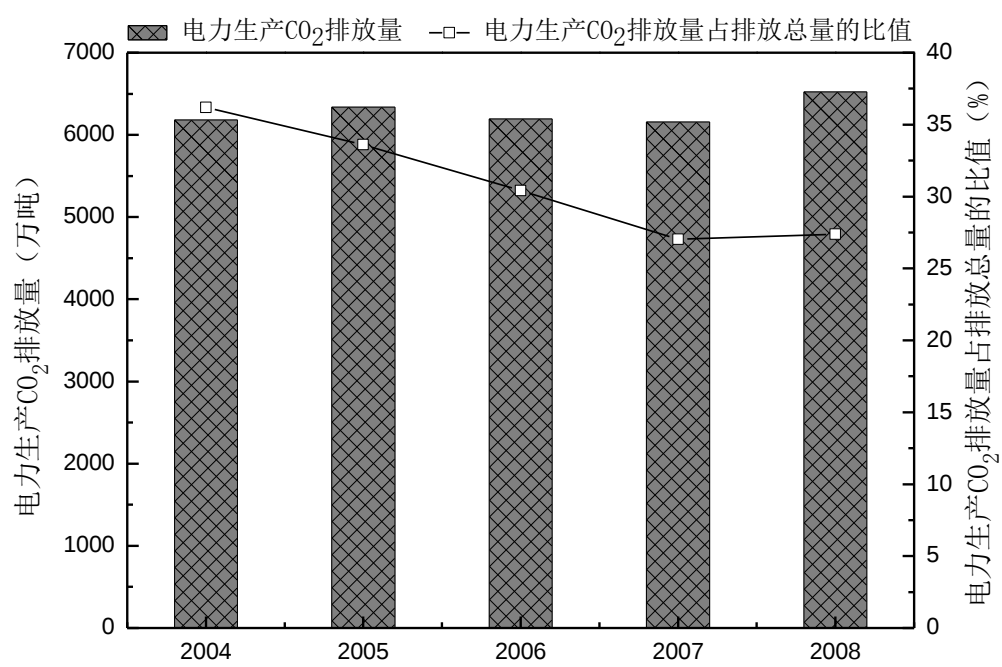


图 2.9 电力生产 CO₂ 排放情况

第3章 上海市碳排放交易机制设计

3.1 覆盖范围

3.1.1 交易气体

碳排放交易机制的覆盖范围是指交易气体与交易主体。所谓交易气体是指纳入机制的温室气体种类,《京都议定书》中规定了6种温室气体:二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫。从现有的碳排放交易机制来看,它们选择的交易气体都不尽相同,有的只涉及CO₂一种温室气体,如EU ETS第一阶段、RGGI以及日本东京都;有的囊括了多种温室气体,如EU ETS的第二、三阶段、WCI和澳大利亚。

每个国家或区域实施碳排放交易机制的目的都不同,有些是为了完成对外减排承诺,有些是为了有效降低温室气体排放,也有是为了引入碳排放价格机制从而影响市场行为,不同的机制目的会影响交易气体的选择。

上海市作为碳交易的试点城市,试运行阶段以推动机制运行为主要目的,因此在选择交易气体的时候并不要求覆盖的全面性,而是以机制运转为首要考虑。同时,在确定交易气体时还应考虑上海市温室气体的排放和组成情况以及数据的可获取性等现实条件。有研究表明,上海市主要排放的温室气体是二氧化碳、甲烷和氧化亚氮,其中又以二氧化碳为主。因此,上海市推行碳排放交易的初期,可以选择CO₂作为交易气体,等到机制运行稳定后再选择性地扩大交易气体的范围,如甲烷、氧化亚氮等其他五种温室气体。

3.1.2 交易主体

交易主体是指纳入交易体系的行业或企业。现有的碳排放交易机制的交易主体差异很大,除RGGI只覆盖电力行业外,其它机制的交易主体都涉及多个行业,但各个机制的行业差别也很大,有的以工业行业为主,如EU ETS、WCI、澳大利亚,有的以建筑行业为主,如日本东京都。

交易主体的范围大小没有定论,并非越大越好或越小越好。从理论上说,机制的覆盖范围越广,边际减排成本的多样性也就越高,从而使减排成本更低,机制更有效。但是,现实情况下,即使全面覆盖也无法保证最有效的减排效果。而且,有些行业的排放量与排放总量相比非常小,如果将这些行业纳入交易体系,

减排的收益可能远低于增加的管理成本。例如，上海的农业排在总排放量中所占比例很小，并且呈现递减趋势，再加上农业的温室气体排放测量难度较大，农业部门不宜加入上海的碳排放交易机制。

同时，管理者一般都会对纳入交易范围的企业设定准入门槛，要求企业的年排放量或年产能、耗能超过一定数值，如欧盟最初的 20MW 和第三阶段的 25000t CO₂e、RGGI 要求火力发电设施超过 25MW 等。这样做的目的是将小型排放源排除在机制之外，从而简化机制。

EU ETS 在第一阶段只针对超过 20MW 的火力发电厂、炼油厂、有色金属生产加工行业、建材行业以及造纸业；第二阶段 2012 年开始增加航空业；第三阶段扩展至化工、制氨、硝酸与乙醛酸生产以及电解铝行业。并且第三阶段将把连续三年排放量不足 25000 吨的企业排出在外，这一举措大约涉及 4200 家企业，但这些企业的排放总量仅占交易机制总量的 0.7%左右。

总体来说，上海市碳排放交易机制交易主体的选择应该坚持抓大放小的原则。前文进行理论分析时已经比较过碳交易与碳税各自的优势和劣势，其中很重要的一点就是碳交易与碳税相比更适合于大级别的排放设施，因此，如果目的是全面覆盖，那碳税会是更加合适的选择。

从第 2 章的分析可知，上海市的 CO₂ 排放 50%都集中在排放前十的工业行业，分别是黑色金属冶炼及压造加工业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学原料及化学制品制造业，非金属矿物制造业，电力、热力的生产和供应业，通信设备、计算机及其它电子设备制造业，通用设备制造业，交通运输设备制造业，金属制造业和纺织业；建筑和交通业也是 CO₂ 排放大户，并且交通部门的排放量增长显著。以上行业都是上海市碳排放交易机制的交易主体的选择范围。同时，上海市年能耗 5000 吨标煤以上的重点用能企业有较好的统计数据，可以以此作为纳入交易体系的企业的准入门槛，不仅有良好的数据基础，也可以排除小型排放源增加管理成本。

综上所述，在试运行阶段可以选择十大工业行业中年能耗 5000 吨标煤以上的企业作为交易主体。建筑业和交通业与工业行业相比实施碳交易更加复杂，尤其是交通业，因此在试运行阶段先不纳入交易体系，等积累了足够的经验后，再逐步纳入体系内。到正式运行阶段，保证纳入交易范围的企业排放总量占上海市二氧化碳排放总量的 50%以上。而电力行业作为能源密集型行业，在生产过程中排放的 CO₂ 占上海市排放总量的 30%左右，应该作为交易主体的重点。

3.2 总量控制

碳排放交易机制的一个重要特点就是可以通过设定上限控制温室气体排放的总量，这也是很多政府选择碳交易而非碳税的一个考虑因素，总量控制目标是保证碳排放交易机制有效降低温室气体排放的基础。确定严格的总量上限对于碳排放交易机制的有效运行是非常重要的，如果设定的总量限额大于排放设施在原有生产情况下的排放总量，就会导致碳市场供大于求，无法达到碳排放交易机制预期的减排目标并且不利于碳市场的形成。

总量控制可以是绝对上限，也可以是基于产出或基准的相对上限。绝对上限可以保证排放量控制在一定的总量之下，而相对上限有可能会随着 GDP 的上升而上升。现有的碳排放交易机制都设定了绝对上限，一个重要的原因是目前已经实施碳排放交易机制的国家基本都是已经承诺减排目标的发达国家，如果设定相对上限不利于完成减排义务。

第 2 章分析的五个交易机制，除了澳大利亚要从第二阶段开始实施碳交易还未确定减排目标外，其余 EU ETS、RGGI、WCI 以及日本东京都制定了明确的减排目标，以基准年排放量为基础，在规定时期内减排一定的比例，并且把总减排目标分解为每一年的总量控制上限。

中国还没有承担国际减排义务，加上基于经济发展的考虑，上海市目前不会设定全市总量控制目标。但为了碳排放交易机制的有效运转，应该设定绝对总量控制目标。“十二五”期间，上海市单位 GDP 二氧化碳排放量要比 2010 年降低 19%，可以按照交易主体 CO₂ 排放量占上海市温室气体排放总量的比例划分交易主体应该承担的减排任务，从而确定上海市碳排放交易机制的总量控制目标。

3.3 初始分配

在已有机制中，碳排放权的初始分配方法多种多样，从 100%免费分配到 100%拍卖都有，而免费分配的方法也不尽相同，往往在一个机制内有多种分配方法。免费分配在实施过程中面对的阻力较小，对于新机制的推行有一定的好处。同时，免费分配也可以帮助排放主体应对突然增加的生产成本，减缓新机制对经济的冲击。

但是，免费分配也会带来不少问题：大量的免费分配会降低市场流动性，增加价格的波动；配额分配意味着在经济体间进行财富转移，这可以纠正分配不均，但也可能使情况更加恶化；免费分配可能会减缓价格信号对投资者的影响，减慢向低碳经济的转变；对新加入者的免费分配可能会导致高排放行为；如果参与者

可以把配额成本转嫁给消费者，那么免费分配就有可能带来不当额外获利，这种情况尤其可能发生在电力部门。

由于免费分配本身存在各种弊端，在理论界拍卖更受欢迎。采用拍卖的机制可以更灵活地根据实际情况调整总量限额。因为如果是免费分配，减少配额必然会造成接收者的反对，但是如果进行的是拍卖，减少拍卖配额的总量就容易得多。

除了拍卖，无论是免费还是固定出售，都要有一定的分配原则，目前主要的分配原则有两种：祖父制原则和基准线原则。祖父制原则一般是用历史排放量乘以一定的减排比例，而基准线原则主要是由管理者制定基准排放率，再乘上企业的经济活动指数（产值或投入等）得到分配的配额数。对上海市碳排放交易机制的初始分配方法的具体建议将在第 4 章进行详细探讨。

3.4 监测、登记、核查

确定排放主体的配额后，管理部门要对主体每年的 CO₂ 排放进行监控。在现有的碳排放交易机制中，各自都有完善的监管机制。EU ETS 给排放主体发放温室气体许可证，规定温室气体的监测和报告要求，并且要求经过独立第三方的核证。同时，EU ETS 为每个主体分配一个电子系统，管理配额的发放、持有、交易、注销以及与外部的联结机制等。WCI 成立了专门的报告委员会，负责报告规则、报告方法以及区域温室气体排放数据库的建立，同时要求每个参与州、省授权第三方独立机构核查排放设施上报的排放信息。RGGI 也要求温室气体排放必须经过主体所在州授权的第三方独立机构核查。日本东京都要求企业按照政府制定的导则执行碳报告制度。

为保证上海市碳排放交易机制的有效运行，应建立一套完善的监管机制，由指定的管理部门负责，制定监测、核查和报告的规则。每个排放主体制定监测计划，包括排放设施的具体工艺情况、监测方法和监测频率，并且获得管理部门批准。监测由排放主体自行完成，但是上报管理部门前要经过独立第三方的核查，由第三方机构出具核查报告，并且提交给管理部门，作为后期结算的依据。第三方独立机构要进行资质认定，由核查机构提出申请，管理部门进行审核，通过审核的机构颁发资质证书。并且定期对已经获得资质的第三方机构进行抽检，抽检不合格应取消资质，从而保证排放主体的减排信息真实、准确。

上海市已经于 2008 年成立上海环境能源交易所，该所可以作为上海市碳排放交易机制的依托平台，由交易所建立碳排放交易机制的网络平台。每个交易主体在环交所开设电子账户，配额的发放、持有、结算、交易与注销都通过该账户完成。管理部门把每个排放主体的配额发放至电子账户，排放主体上报的碳排放

量也记录在电子账户中，以便最后结算用。同时，排放主体间的交易也记录在电子账户内，交易完成，买方的电子账户加上相应的配额数，卖方的电子账户扣除相应的配额数。每个阶段结束后，把排放主体电子账户中的配额与排放量进行结算，用过的配额进行注销。

网络平台除了提供电子账户服务，同时兼顾信息发布平台，及时更新排放主体间的交易情况，包括交易量、交易价格等，保证信息的公开透明，不但是交易主体，非交易主体也可以查看交易信息。同时，网络平台还可以实现网上拍卖功能。

3.5 储存、借贷

配额的储存是指允许排放主体将一个承诺期多余的排放权在下一承诺期继续使用，这可以保证机制的稳定性，但可能会对交易量产生影响。由于担心市场价格的波动，企业有可能会出现惜售现象。借贷是指允许排放源将下一承诺期的排放权用在当期，这可能会带来无休止地使用未来的权利，而且由于排放主体未能完成目标，造成目标可能需要重新协定或被削弱。

在已有的碳排放交易机制中，借贷都不被允许，但很多机制都允许储存。对于上海市碳排放交易机制，建议试运行阶段的配额不允许储存至下一阶段，以免试运行阶段的不合理性带入正式阶段。进入正式阶段后，建议允许配额的储存，这可以促进机制的稳定运行。

3.6 注销、惩罚

每年规定期限前，排放主体必须将该年经核证的二氧化碳排放量与其拥有的排放权进行结算，结算后注销。超额排放的排放主体可以到市场上购买不足的排放权，否则将受到惩罚。

现有碳排放交易机制都制定了严格的惩罚措施，除了规定高昂的罚款金额外，不少机制都要求没有完成减排目标的主体第二年进行弥补，弥补的程度各不相同。EU ETS 规定只需等量补足超额部分，日本东京都要求以 1.3 倍的量进行弥补，而 WCI 规定了 3 倍的弥补减排量。这样做的目的是为了企业逃避责任，影响总量控制的目标。

上海市碳排放交易机制罚款的确定，应该保证罚款金额高于市场购买排放权的成本。同时，也应该规定上一年未完成的减排量要加入第二年的减排目标中，试运行阶段可以采取欧盟的方式，同等量完成减排即可。

第 4 章 上海市碳排放交易的初始分配

初始分配是碳排放交易机制设计中的重点，是整个交易机制的基础，它关系到机制的具体实施效果。本研究首先采用不同的初始分配方法对三个电力企业进行模拟分配，并且对分配结果进行分析。在此基础上，结合上海市 CO₂ 排放的实际情况，对上海市碳排放交易的初始分配提出建议。

4.1 案例模拟和分析

4.1.1 基本情况

通过前文分析可知，电力行业作为能源密集型行业，在加工生产过程中排放的 CO₂ 占上海市 CO₂ 排放总量的 30%左右，是上海市碳排放交易主体中的重点行业。因此，本研究以电力行业为例，分析不同初始分配方法对不同生产效率的电力企业的影响。

上海市浦东新区有三个发电厂，地理位置相邻，并且由同一集团负责管理。为了便于区分，本研究将三个电厂分别称为一电厂、二电厂和三电厂。一电厂共有 4 台 300MW 燃煤发电机组；二电厂共有 2 台 900MW 超临界燃煤发电机组；三电厂共有 2 台 1000MW 超超临界燃煤发电机组。本研究将采用基准线原则、祖父制原则和夏普利值法分别对三个电厂进行碳排放配额的初始分配，并对分配结果进行分析。

下表 4.1 是三个电厂 2008 年的产值、能耗及 CO₂ 排放情况。CO₂ 排放量以能耗为基础通过计算得到，由于缺少详细的能源消费数据，无法采用第 2 章分析上海市能源消费 CO₂ 排放时的分项因子，这里采用综合因子进行计算。本节中的 CO₂ 排放量是用于案例模拟分析，而非实际应用，采用综合因子进行计算并不影响最终的分析效果。国家发改委能源研究所推荐的 C 排放系数为 0.67 吨/吨标煤，换算成 CO₂ 排放系数为 2.46 吨/吨标煤，上海市节能技改项目申报中要求采用的二氧化碳减排系数也为 2.46 吨/吨标煤，两者相同，因此本研究采用的 CO₂ 排放因子即 2.46 吨/吨标煤。

表 4.1 2008 年三个电厂的产值、能耗及 CO₂排放情况

	一电厂	二电厂	三电厂
产值 (万元)	241611	374413	214452
综合能耗 (吨标煤)	170314	179942	131118
万元产值能耗 (吨标煤/万元)	0.705	0.481	0.611
CO ₂ 排放量 (吨)	418972	442657	322550
万元产值 CO ₂ 排放 (吨/万元)	1.734	1.182	1.504

从表中可以看出 2008 年二电厂的产值最高，一电厂和三电厂的产值接近，一电厂略高于三电厂；二电厂的 CO₂ 排放量也是最高，一电厂其次，但与二电厂接近，三电厂的排放量最低。由此计算得到二电厂的万元产值 CO₂ 排放最低、生产效率最高，其次是三电厂，一电厂的生产效率最低。

4.1.2 方法

4.1.2.1 夏普利值法

夏普利值法是合作博弈论中按照个体对联盟的贡献解决利益、成本分配问题的一种公平、有效的方法。在博弈论中，合作博弈可以分为两人合作博弈和多人合作博弈，后者又称为联盟博弈。夏普利值以其存在的唯一性、计算方法的规范性、分配方式的合理性成为联盟博弈中最重要的解的概念，被成功地应用于成本分摊，收益分配等诸多现实问题中。

夏普利值法是夏普利 1953 年根据三个公理提出的。第一个公理是对称公理，是指博弈的夏普利值（对应分配）与博弈方的排列次序无关，或者说博弈方排列次序的改变不影响博弈得到的值。第二个公理是有效公理，意为全体博弈方的夏普利值之和分割完相应联盟的价值，也即特征函数值。第三个公理是加法公理，是指两个独立的博弈方合并时，合并博弈的夏普利值是两个独立博弈夏普利值之和。

夏普利证明了同时符合上述三个公理，描述联盟博弈各个博弈方价值的唯一指标，即夏普利值。夏普利值反应了各个博弈方在联盟博弈中的贡献和价值。在联盟中，按照博弈方的价值进行分配是比较公平且易于接受的。

夏普利值法的应用有三个前提条件：1、超可加性，企业通过合作在规定排放限额下产出的利益不小于不合作时各自产出利益的总和，即合作总是会产生超额利益；2、群体合理性，每个企业分配到的利益总和等于合作产生的总的利益，即利益全部分配；3、个体合理性，通过合作，每个企业分配到的利益不小于单独行动时的利益。

碳排放交易中配额的初始分配问题可以看作是多个交易主体的联盟博弈，分配过程中既要考虑责任主体的边际成本，使社会总成本最小化，也要兼顾责任主体间的公平性。采用夏普利值法对初始分配进行分析是解决上述问题的合理方法。

假设 n 个企业参与碳排放权的初始分配， n 个企业的集合记为 $N=\{1, 2, \dots, n\}$ ， N 的任意子集 S 称为联盟（包括空集和 N ），表示子集 S 中的 s 个企业进行交易。特征函数 $v(S)$ 表示 s 个企业通过合作在规定的二氧化碳排放限额下的生产产值（万元），用 n 维向量 $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 表示每个企业分配到的利益份额，则利益分配模型如下：

$$\sum_{i \in N} v(i) \leq v(N) \quad (4.1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = v(N) \quad (4.2)$$

$$x_i \geq v(i) \quad (4.3)$$

采用夏普利值法可以求出 x_i 的唯一解：

$$x_i = \sum_{S(i \in S)} \frac{(|S|-1)!(n-|S|)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus \{i\})] \quad (4.4)$$

公式的左边部分表示排列次序的概率，右边部分是企业 i 对联盟 S 的贡献，求出的 x_i 即企业 i 的贡献值， x_i 与 $x_1+x_2+\dots+x_n$ 的比值即企业 i 的贡献率，碳排放限额乘以每个企业的贡献率即企业分配到的配额数。

4.1.2.2 模拟方法

假设交易机制内仅三个电厂，管理部门根据三个电厂的实际情况设定 CO_2 的排放总量，分别以基准线原则、祖父制原则和夏普利值法进行初始配额的分配。案例模拟中进行了简化，把按照基准线原则计算得到的三个电厂的配额总和作为总量控制的目标。

基准线原则要求先确定基准排放率，再乘以企业的经济活动指数，从而计算得到每个企业的初始配额。根据上海市公布的《上海市产业能效指南（2008 版）》，电力行业的平均万元产值能耗为 0.407 吨标煤/万元，折算成万元产值 CO_2 排放

为 1.001 吨/万元，可见三个电厂都没有达到行业均值。采用行业均值作为初始分配的基准线，分别乘上三个电厂的生产产值即可得到每个电厂的初始配额。

祖父制原则是以每个企业的历史排放量为基础，乘上一定的减排比例得到企业的初始配额。本案例以三个电厂 2008 年的 CO₂ 排放量作为历史排放量进行计算。

夏普利值法根据企业对联盟的贡献分配初始额度，本案例的三个电厂可以通过两两合作组成联盟，也可以三个电厂共同合作形成联盟。由于这三个电厂地理位置相邻且由同一集团管理，这使它们之间的合作具有可行性和可操作性。

首先，定义特征函数 $v(S)$ 为在规定的 CO₂ 排放限额下 s 个企业通过合作产生的生产产值， $v(\{1\})$ 、 $v(\{2\})$ 、 $v(\{3\})$ 分别是 2008 年三个电厂的生产产值，在此基础上假设其它四个特征函数值 $v(\{1,2\})$ 、 $v(\{1,3\})$ 、 $v(\{2,3\})$ 、 $v(\{1,2,3\})$ ，具体见表 4.2。

表 4.2 夏普利值法的特征函数值

特征函数	特征函数值（万元）
$v(\{1\})$	241611
$v(\{2\})$	374413
$v(\{3\})$	214452
$v(\{1,2\})$	656024
$v(\{1,3\})$	618865
$v(\{2,3\})$	476063
$v(\{1,2,3\})$	880476

根据公式（4.4）分别计算得到三个电厂的夏普利值 x_i ，然后计算每个电厂的贡献率。其中，二电厂对联盟的贡献率最大，其次是一电厂和三电厂，一电厂略高于三电厂，具体见表 4.3。每个电厂的贡献率乘以 CO₂ 排放限额即是三个电厂分配到的初始额度。

表 4.3 三个电厂的夏普利值和贡献率

电厂	夏普利值	贡献率
一电厂	258277.67	29.33 %
二电厂	396079.67	44.99 %
三电厂	226118.67	25.68 %

夏普利值法的应用有三个前提条件：超可加性、群体合理性和个体合理性，分别对应公式（4.1）、（4.2）和（4.3）。通过计算可以看出，本案例的结果满足上述三个条件。

4.1.3 结果分析

采用基准线原则，三个电厂分配到的 CO₂ 排放额度分别为：241906 吨、374870 吨、214714 吨。案例简化了总量限额的确定，把按照基准线原则计算得到的三个电厂的配额总和作为总量控制目标，即 831940 吨。按照历史排放法进行分配，三个电厂分配到的额度分别为：294188 吨、310818 吨、226483 吨。按照夏普利值法进行分配，三个电厂分配到的额度分别为：243876 吨、374087 吨、213526 吨。具体分配结果见表 4.4。

表 4.4 三种分配方法的结果比较

		一电厂	二电厂	三电厂
基准线原则	分配额度（吨）	241906	374870	214714
	百分比	29.09 %	45.08 %	25.82 %
祖父制原则	分配额度（吨）	294188	310818	226483
	百分比	35.38 %	37.38 %	27.24 %
夏普利值法	分配额度（吨）	243876	374087	213526
	百分比	29.33 %	44.99 %	25.68 %

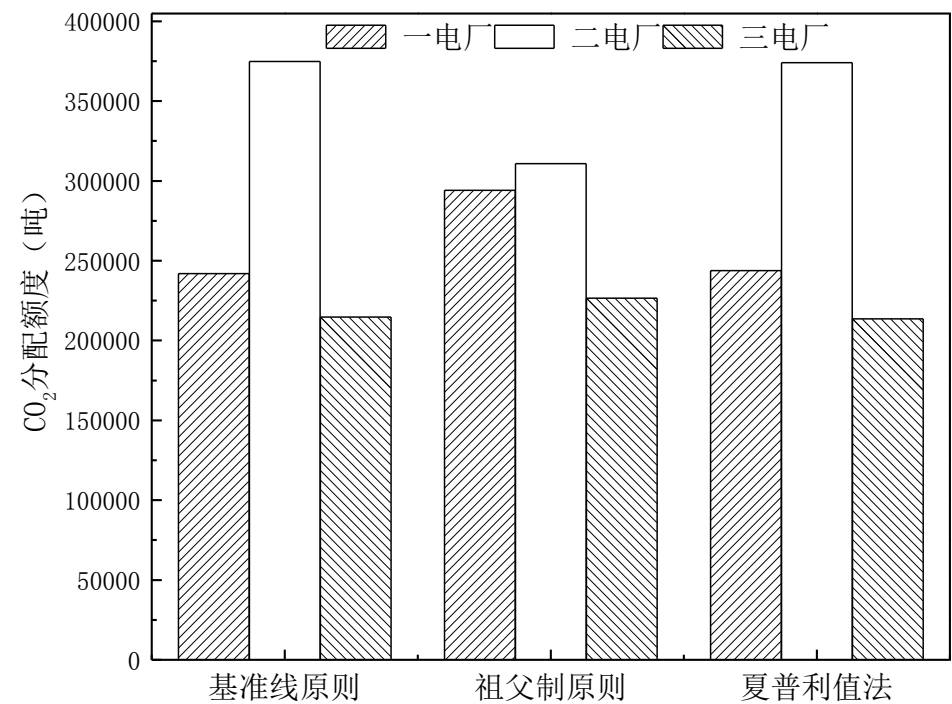


图 4.1 三种分配方法的分配结果

从图中可以看出，采用祖父制原则进行分配明显有失公平，效率最低的一电

厂分配到的额度与效率最高的二电厂接近，远高于效率第二的三电厂。这样的分配方法容易降低企业改进生产技术的积极性，不利于整个行业的发展。基准线原则以企业的产值为基础乘上相同的基准得到分配配额，排放量相同的情况下，企业的生产效率越高，分配到的配额也就越多，以此激励企业自主减排，提高生产效率。

采用夏普利值法进行分配的结果与采用基准线原则进行分配的结果非常接近，效率最高的二电厂分配到的配额最多，其次是一电厂和三电厂。前面已经分析过，夏普利值法是一种公平且有效的初始分配方法，本案例从理论上证明了基准线原则是更加合适的初始分配方法。因此，建议上海市碳排放交易采用基准线原则进行初始分配。

4.2 分配方法

4.2.1 定价出售与拍卖相结合

前文已经分析过，碳排放权的初始分配可以分为免费、定价出售和拍卖三种方式。欧盟第一、二阶段主要以历史排放原则下的免费分配为主，第三阶段开始将采用基准线原则，并且不断加大拍卖的比例，逐渐替代免费分配。RGGI 的初始分配方法主要以拍卖为主，个参与州自行决定拍卖比例，目前来看，每个州拍卖的比例都在 90%以上，有的州甚至达到了 100%拍卖。WCI 的拍卖可能采用免费分配或拍卖，或者两者相结合，初期至少有 10%的配额要进行拍卖，到 2020 年将上升到 25%。日本东京都的初始分配采用历史排放原则，以基准年的排放量乘以期限年份减排比例得到具体配额数量。

从产权角度出发，碳排放权的初始分配是经济利益的分配，如果采用免费分配，即相当于财富的免费分配，对于没有获得分配的行业、企业存在不公平性。从环境角度出发，碳排放权是一种环境资源，是有价值的，免费分配会造成环境资源的流失，同时也无法激励企业减排的积极性。因此，有偿分配是更加合理的选择。

拍卖是理论上最合适的初始分配方法，现有的碳排放交易机制虽然很多在初期并没有选择拍卖作为主要的分配方法，但都表示会逐步引入拍卖机制作为分配的主要方法，而美国 RGGI 在机制运行的初期就决定进行 100%拍卖。

上海市碳排放交易机制的试运行阶段可以以定价出售为主，总量的 5%留作拍卖。进入正式阶段后，逐渐提高拍卖的比例，直至实现 100%拍卖。从前面的分析可以看出，基准线原则是更加公平有效的分配方法，但是因为基准率的制定

需要有详细的排放数据为支撑，而上海目前的情况显然无法满足制定基准线的要求，因此在试运行阶段可以采用祖父制原则作为过渡。并且以实施碳交易机制为契机，尽快收集数据，制定行业基准，采用基准线原则进行分配。

4.2.2 阶梯式价格促进产业调整

在定价出售碳排放配额的同时，还可以通过制定阶梯式价格促进上海的产业结构调整。上海市经济委员会发布的《上海工业产业导向和布局指南（2007 年修订本）》提出了上海工业产业导向，分为鼓励类、限制类、禁止类，不在上述三类的即为允许类。鼓励类包括高附加值和高科技含量的产业和技术，有利于促进循环经济的发展等要求。限制类和禁止类主要是指一些污染严重、能耗过高的产业，以及在生产制造过程中会排放大量有毒、有害物质的工艺和产品。

在确定各行业、产业的碳排放配额价格时，可以遵循上海的产业导向，对鼓励发展的产业、技术、产品予以一定的优惠和扶持，而对于限制和禁止发展的产业、技术、产品应该提高要求，促进污染严重、能耗过高等产业的淘汰。例如，可以在原有价格的基础上，对鼓励类、限制类和禁止类分别乘以一定的价格系数，鼓励类为 0.8、限制类为 1.2、禁止类为 1.5。

每个企业分配到的配额的计算公式为：配额量=行业基准·产值。购买价格为基础价格·产业导向系数，鼓励类为 0.8，允许类为 1，限制类为 1.2，禁止类为 1.5。

采用有偿分配，会增加企业生产成本，可能降低本地企业的竞争力，影响经济发展。这可以通过价格补贴等方式予以弥补和纠正，对于影响竞争力的企业应给与价格补贴，按照企业的贸易强度来划分对企业竞争力的影响。初期的价格补贴要求力度较大，以帮助企业适应新机制的推行，而后可以根据实际情况，逐渐减小补贴的力度。

第5章 总结与结论

在全球应对气候变化的大背景下,我国面临着国际气候谈判及国内发展和减排两方面的巨大压力。为了有效控制温室气体排放,我国已经明确提出要建立碳排放交易机制和市场,上海是首批7个碳排放权交易试点省市之一。本报告在对国际碳排放交易机制和上海市能源消费 CO₂ 排放现状研究的基础上,对上海市碳排放交易机制的设计和发展战略提出了建议,并采用夏普利值法等不同方法对上海市碳排放交易的初始分配进行了案例研究,得出了以下主要结论:

1、2004 年上海市终端能源消费 CO₂ 排放 1.7 亿吨,2008 年达 2.4 亿吨,年均增长率 6.89%。影响上海市终端能源消费碳排放的主要是第二产业和第三产业,第二产业所占比重最高,达 59%,但呈下降趋势,第三产业所占比重虽然处于第二位,为 31%,但增速显著。上海市排放前十的工业行业温室气体排放总量占全市排放总量的 50%左右,加上建筑业和交通业占总量的 70%左右,其中,交通业的年均增长量为 388 万吨,年均增长率 9.84%。电力行业在生产过程中排放的 CO₂ 量达 6000 万吨以上,占全市能源消费 CO₂ 排放总量的 30 %左右。

2、2013 至 2015 年作为上海市碳排放交易机制的试运行阶段,从 2016 年开始进入正式阶段,此后每五年作为一个实施阶段。试运行阶段选择 CO₂ 作为交易气体,后期可逐渐延伸至其它种类的温室气体。初期以十大工业行业中达到一定规模的企业为交易主体,进入正式阶段后逐渐把其他行业纳入交易体系。每个排放主体制定监测计划,包括每个排放设施的具体工艺情况、监测方法、监测频率、报告要求等。企业自行监测,并且通过独立第三方机构的认证后,将每年的碳排放情况上报给管理部门。管理部门为排放主体设立电子账户,记录主体配额的发放、持有、结算、交易与注销。试运行阶段的配额不允许储存至下一阶段使用,进入正式阶段后,允许配额的储存,但仍旧不允许借贷。每年规定期限前,排放主体必须将该年经核证的二氧化碳排放量与其拥有的排放权进行结算,结算后注销。超额排放部分要支付罚款并且在下一阶段补足。

3、碳排放权的初始分配以定价出售和拍卖相结合,初期以定价出售为主,预留总量的 5 %用作拍卖,以后逐渐提高拍卖比例,直至实现 100%拍卖。定价出售初期采用祖父制原则作为过渡,并且尽快制定基准排放率,以行业单位产值 CO₂ 排放量为基准乘上企业的生产产值得到配额数量。通过制定阶梯式价格促进上海的产业结构调整,不同导向的产业乘以不同的产业导向系数,鼓励类为 0.8,允许类为 1,限制类为 1.2,禁止类为 1.5。对于影响竞争力的企业给与价格补贴,按照企业的贸易强度来划分对企业竞争力的影响。初期的价格补贴力度较大,帮助企业适应新的机制,而后根据实际情况逐渐减小补贴力度。

参考文献

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change [R]. New York: United Nations, 1992.
- [2] Nicholas Linacre, Alexandre Kossoy, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2011 [R]. Washington DC: World Bank, 2011.
- [3] 未来世界命悬于碳? [EB/OL]. <http://news.163.com/09/1215/00/5QHJ18GT000120GR.html>, 2009-12-14/2012-02-18.
- [4] 刘毅. 回应中国经济责任论, “温室气体排放大国”只是表象[EB/OL]. http://www.goepe.com/exhibition/zh_news.php?id=48749, 2010-08-25/2012-02-18.
- [5] 王静. 2010 年我国能源消费总量 32.5 亿吨标准煤 [EB/OL]. http://www.xinhua08.com/news/zgcj/hgjj/201102/t20110228_340016.html, 2011-02-28/2012-02-08.
- [6] 王洪宁. 2010 年中国原油对外依存度达 53.8% 再创新高[EB/OL]. <http://business.sohu.com/20110127/n279111390.shtml>, 2011-01-27/2012-02-08.
- [7] UNFCCC. <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html> [EB/OL], 2012-01-31/2012-01-31.
- [8] 清洁发展机制网. http://cdm.ccchina.gov.cn/web/item_data.asp?ColumnId=63, 2012-01-31/2012-01-31.
- [9] 高慧慧. 总量控制下的排污权交易制度研究[D]. 安徽: 合肥工业大学, 2009.
- [10] 鲍南. 国内外水污染物排污权交易政策分析及启示[J]. 上海环境科学, 2009, 28 (3): 134-138.
- [11] 罗丽. 美国排污权交易制度及其对我国的启示[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2004, 6 (1): 61-68.
- [12] 方灏, 马中. 美国 SO₂ 排污权交易的实践对我国的启示[J]. 南昌大学学报(人文社会科学版), 2008, 39 (5): 72-76.
- [13] 瞿伟. 美国排污权交易的模式选择与效果分析[J]. 工程与建设, 2006, 20 (3): 188-190.
- [14] 杨展理. 中国排污权交易的可行性研究[J]. 环境保护, 2001, (4): 31-34.
- [15] 陈慧平. 排污权交易制度的特点及其在我国的实施现状分析[J]. 贵州民族学院学报(哲学社会科学版), 2009, (4): 22-24.
- [16] 张明旭, 顾友直. 上海市全面实行排污许可证交易的可行性探讨[J]. 上海环境科学, 2003, 22 (4): 238-240.
- [17] 戴世明, 吕锡武. 企业推广排污权交易的可行性研究[J]. 基建优化, 2005, 26 (3): 55-58.
- [18] 王学山, 虞孝感, 王玉秀. 区域排污权交易模型研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15 (6): 62-66.
- [19] 姚闯, 栾敬东. 排污权交易制度的经济学分析[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(16): 118-119.
- [20] 贾爱玲. 排污权交易制度的经济理论分析及必要性[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21 (1): 94-98.
- [21] 蓝虹. 排污权交易的产权分析[J]. 生态经济, 2005, (4): 70-73.
- [22] 刘鹏崇. “排污权”权利主体论[J]. 内蒙古环境科学, 2009, 21 (6): 1-6.
- [23] 张梓太. 污染权交易的立法构想[J]. 中国法学, 1998, (3): 57-62.
- [24] 钱水苗, 楼洁. 中国排污权交易的法制建设探讨——以浙江省为例[J]. 环境污染与防治, 2010, 32 (4): 84-92.

- [25] 李蜀庆, 张香萍. 论建立我国的排污权交易法律制度[J]. 重庆大学学报 (社会科学版), 2004, 10 (1): 111-113.
- [26] 张颖, 王勇. 我国排污权初始分配的研究[J]. 生态经济, 2005, (8): 50-62.
- [27] 刘鹏崇. 排污权初始配置国内研究综述[J]. 中南林业科技大学学报 (社会科学版), 2010, 4 (3): 14-17.
- [28] 陈德湖, 李寿德. 寡头垄断和排污权初始分配问题[J]. 系统工程, 2004, 22 (10): 51-53.
- [29] 罗丽, 姚志伟. 论政府在排污权交易市场中的定位[J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2011, 13 (1): 88-93.
- [30] 宋露, 南灵. 排污权交易市场中政府角色研究[J]. 环境科学与管理, 2010, 35 (5): 16-19.
- [31] 曹春苗, 李云燕. 排污权交易中的政府行为探析[J]. 经济研究导刊, 2009, (33): 167-169.
- [32] 李寿德, 程少川, 柯大钢. 我国组建排污权交易市场问题研究[J]. 中国软科学, 2000, (8): 19-23.
- [33] 林云华, 冯兵. 我国排污权交易市场的管制机制研究[J]. 经济管理, 2008, 19 (12): 48-49.
- [34] 李芳. 我国排污权交易市场的组建与运作问题探讨[J]. 上海管理科学, 2005, (5): 56-58.
- [35] 李寿德, 黄桐城. 基于经济最优性与公平性的初始排污权免费分配模型[J]. 系统工程理论方法应用, 2004, 13 (3): 282-285.
- [36] 李寿德, 黄桐城. 初始排污权的分配——一个多目标决策模型问题[J]. 中国管理科学, 2003, (6): 40-44.
- [37] 李寿德. 初始排污权的免费分配对市场结构的影响[J]. 系统工程, 2005, (4): 294-298.
- [38] 李寿德, 王家祺. 初始排污权不同分配下的交易对市场结构的影响研究[J]. 武汉理工大学学报 (交通科学与工程版), 2004, 28 (1): 40-43.
- [39] 李寿德, 黄桐城. 交易成本条件下初始排污权免费分配的决策机制[J]. 系统工程理论方法应用, 2006, 15 (4): 318-321.
- [40] 宋玉柱, 高岩, 宋玉成. 关联污染物的初始排污权的免费分配模型[J]. 上海第二工业大学学报, 2006, 23 (3): 194-199.
- [41] 高慧慧, 徐得潜. 公平条件下水污染物排污权免费分配模型研究[J]. 工程与建设, 2009, 23 (3): 299-301.
- [42] 孙卫, 尚磊, 袁林洁. 基于成本有效的流域初始排污权免费分配模型[J]. 系统管理学报, 2011, 20 (3): 303-306.
- [43] 于术桐, 黄贤金, 程绪水, 万一, 张晓蕾. 流域排污权初始分配模式选择[J]. 资源科学, 2009, 31 (7): 1175-1180.
- [44] 于术桐, 黄贤金, 程绪水, 万一, 马天旗, 陈磊. 流域排污权初始分配模型构建及应用研究——以淮河流域为例[J]. 资源开发与市场, 2010, 26 (5): 400-404.
- [45] 胡民. 排污权定价的影子价格模型分析[J]. 价格月刊, 2007 (2): 19-22.
- [46] 林云华. 排污权影子价格模型的分析及启示[J]. 环境科学与管理, 2009, 34 (2): 16-19.
- [47] 颜蕾, 巫腾飞. 基于影子价格的排污权初始分配和交易模型[J]. 重庆理工大学学报 (社会科学), 2010, 24 (2): 53-56.
- [48] 李寿德, 仇胜萍. 排污权交易思想及其初始分配与定价问题探析[J]. 科学学与科学技术管理, 2002, (1): 69-71.
- [49] 黄桐城, 武邦涛. 基于治理成本和排污收益的排污权交易定价模型[J]. 上海管理科学, 2004, (6): 34-36.
- [50] 林云华. 论排污权交易市场的定价机制及影响因素[J]. 当代经济管理, 2009, 31 (20): 1-4.

- [51] 林云华, 冯兵. 排污权交易定价机制研究[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31 (2): 33-36.
- [52] 毕军, 周国梅, 张炳, 葛俊杰. 排污权有偿使用的初始分配价格研究[J]. 环境保护, 2007, (13): 51-54.
- [53] 肖江文, 罗云峰, 赵勇, 岳超源. 初始排污权拍卖的博弈分析[J]. 华中科技大学学报, 2001, 29 (9): 37-39.
- [54] 陈德湖. 基于一级密封拍卖的排污权交易博弈模型[J]. 工业工程, 2006, 9 (3): 49-51.
- [55] 陈德湖, 李寿德, 蒋馥. 排污权拍卖方式比较研究[J]. 上海管理科学, 2005, (2): 40-42.
- [56] 于远光. 排污权拍卖价格操纵的博弈分析[J]. 求索, 2010, (1): 45-47.
- [57] 于远光, 孟凡强. 不完全竞争市场下排污权拍卖的价格操纵分析[J]. 统计与决策, 2009, (11): 41-43.
- [58] 林云华. 排污权初始分配方式的比较研究[J]. 石家庄经济学院学报, 2008, 31 (6): 42-45.
- [59] 张东方, 吴以中, 蒋乐平, 邵旭, 宗良纲. 排污权初始免费分配与有偿分配的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (10): 4707-4709.
- [60] 梅林海, 戴金满. IPO 定价机制在排污权初始分配中应用的研究[J]. 价格月刊, 2009, (9): 33-36.
- [61] 肖江文, 罗云峰, 赵勇, 岳超源. 排污权交易制度与初始排污权分配[J]. 科技进步与对策, 2002, (1): 126-127.
- [62] 曾鸣, 杨玲玲, 马向春, 田廓. 碳税与碳交易在中国电力行业的适用性分析[J].
- [63] 蔡博峰. 碳税 PK 总量控制-碳交易[J]. 环境经济, 2011, (6): 48-56.
- [64] Karan Capoor, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2006 [R]. Washington DC: World Bank, 2006.
- [65] Karan Capoor, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2007 [R]. Washington DC: World Bank, 2007.
- [66] Karan Capoor, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2008 [R]. Washington DC: World Bank, 2008.
- [67] Karan Capoor, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2009 [R]. Washington DC: World Bank, 2009.
- [68] Alexandre Kossoy, Philippe Ambrosi, et al. State and Trends of the Carbon Market 2010 [R]. Washington DC: World Bank, 2010.
- [69] A. Denny Ellerman, Paul L. Joskow. The European Union's Emissions Trading System in perspective [R]. Virginia: Pew Center on Global Climate Change, 2008.
- [70] Markus Ahmana, Dallas Burtraw, Joseph Kruger, Lars Zetterberg. A Ten-Year Rule to guide the allocation of EU emission allowances [J]. Energy Policy, 2007, (35): 1718-1730.
- [71] A. Denny Ellerman, Barbara K. Buchner. The European Union Emissions Trading Scheme: Origins, Allocation, and Early Results [J]. Environmental Economics and Policy, 2007, 1(1): 66-87.
- [72] Christina Hood. Reviewing existing and proposed emissions trading systems [R]. Paris: International energy agency, 2010.
- [73] 瞭望新闻周刊. 碳税与碳交易的政策选择 [EB/OL]. <http://www.ditan360.com/Finance/Info-98612.html>, 2012-01-04/2012-01-29.
- [74] 国际商报. 澳大利亚征碳税: 拿现在赌未来? [EB/OL]. http://www.fjsen.com/j/2011-07/15/content_5192998.htm, 2011-07-15/2012-01-29.
- [75] 初晓波. 日本的低碳城市建设——以东京都为中心的研究[J]. 科学中国人, 2011, (12):

52-59.

- [76] 尹小平, 王艳秀. 日本碳交易的机制与成效[J]. 现代日本经济, 2011, (3): 20-26.
- [77] 王颖. 日本碳交易市场之鉴
[EB/OL]. <http://www.china5e.com/show.php?contentid=132800>, 2010-10-12/2012-01-28.
- [78] 仇勇懿, 孙江宁. 日本低碳城市的政策与实践——以东京碳排放限额和交易计划为例[J].
- [79] 日本 2013 年启动强制性碳交易 覆盖工商业排放源[EB/OL].
<http://gongyi.sohu.com/20101105/n277177943.shtml>, 2010-11-05/2012-01-29.
- [80] 日本搁置碳交易计划 民主党政府向商业集团屈服[EB/OL].
<http://news.sohu.com/20101231/n278607971.shtml>, 2010-12-31/2012-01-29.
- [81] 嘉兴市环保局. 嘉兴市主要污染物排污权交易办法[R]. 2007.
- [82] 周知. 试论排污权交易制度在中国的应用[M]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- [83] 嘉兴市环保局. 嘉兴市主要污染物初始排污权有偿使用实施细则[R]. 2010.
- [84] 江苏省环境保护厅, 江苏省财政厅, 江苏省物价局. 江苏省太湖流域主要水污染物排污权有偿使用和交易试点方案细则[R]. 2008.
- [85] 江苏省物价局, 江苏省财政厅, 江苏省环境保护厅. 江苏省太湖流域主要水污染物排放指标有偿使用收费管理办法(试行)[R]. 2008.
- [86] 江苏省环境保护厅. 江苏省太湖流域主要水污染物排污权有偿使用和交易试点排污单位排放指标申购管理办法[R]. 2009.
- [87] 江苏省环境保护厅. 江苏省太湖流域主要水污染物排污权有偿使用和交易试点排放指标申购核定暂行办法[R]. 2009.
- [88] 上海市统计局. 上海市工业能源交通统计年鉴. 2004-2008.
- [89] Greenhouse Gas Emissions Allowance Allocation [R]. Virginia: Pew Center on Global Climate Change, 2008.
- [90] Goulder, L., Parry, I., Williams, R., Burtraw, D. The cost effectiveness of alternative instruments for environmental effectiveness in a second best setting [J]. Journal of Public Economics, 1999, 72(3): 329-360.

鸣谢

课题组在本课题研究和报告的撰写过程中得到了上海环境能源交易所的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

课题组简介

课题负责人：廖振良

课题参与人员：史娇蓉 李怀正 王晟

本研究课题组属于联合国环境规划署——同济大学环境与可持续发展学院。课题负责人廖振良副教授的研究方向为环境系统工程，2002 年获同济大学博士学位，并曾于 2009 年在美国普林斯顿大学做访问学者。他长期致力于环境管理与政策的教学及研究工作，参与了上海市有关碳排放交易试点的咨询研究，对南南能源合作和碳减排，以及基于合作博弈论的环境资源分配等进行过深入研究。