

于仲波



中国造纸行业参与碳交易的现状与建议

Status and Suggestion of Carbon Trading in China Paper Industry

文 于仲波 孟早明
北京和碳环境技术有限公司

节约能源，降低碳排放是当今时代及未来的发展趋势，而造纸行业是我国碳排放几大重点行业之一。本文研究了我国碳交易市场现状，分析了造纸行业碳排放情况，总结了行业节能降碳的主要技术和其他减排路径。主要得出以下结论：造纸行业碳排放量大，燃煤燃烧排放是其温室气体排放主要来源。试点地区造纸企业参与碳交易积极性高，但是存在碳管理水平不高、人才缺失，节能降碳技术水平有待提高和开发的碳减排项目数量较少等问题，需要行业共同努力进行改善。

1 我国碳交易市场现状

气候变化是21世纪全球面临的巨大挑战，是经济和社会发展的主要约束因素。《联合国气候变化框架公约》下的《京都议定书》把市场机制作为解决二氧化碳为代表的温室气体减排问题的新路径，清晰界定了温室气体排放权，使之成为一种稀缺资源，一种资产，由于其具有商品价值和交易的可能性，进

而催生出以温室气体排放权为代表的碳排放权交易市场。国际碳排放权交易市场主要由基于配额的交易市场和基于项目的交易市场构成，前者创造了需求，以欧盟排放交易体系（EU-ETS）为代表；后者提供减排量供给，以清洁发展机制（CDM）项目为代表。2005年，《京都议定书》生效后，中国作为发展中国家，通过CDM项目参与国际碳市场的活动，在全球CDM市场上占据60%多的市场份额，但随着欧债危机持续和全球经济下行，以及《京都议定书》第二阶段各国减排政策一直难以明朗，国际碳市场持续低迷，中国企业的碳资产遭受隐性风险。

2016年11月4日，《巴黎协定》正式生效，开启了新一轮的全球强化减排进程。中国提出的自主减排的目标，建立全国统一的碳排放权交易市场是应对气候变化行动的重要措施之一。为贯彻落实党中央、国务院关于建立全国碳排放权交易市场的决策部署，稳步推进全国碳排放权交易市场建设，经国务院同意，国家发展和改革委员会2017年12月18日印发《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》（以下简

称《方案》)。12月19日,国家发展和改革委员会召开电视电话会议,就全面落实《方案》任务要求,以电力行业为突破口,推动全国碳排放权交易市场建设做动员部署,全国碳排放交易体系正式启动。中国碳市场将取代 EU ETS,成为全球控排规模最大的碳市场。

全国碳市场有7省市碳排放权交易试点的排放配额和基于项目的国家核证自愿减排量(CCER)两种交易产品。2013—2014年,北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳7省市碳排放权交易试点陆续开市,市场交易活动平稳有序,迄今已相继顺利完成两到三年的履约工作。2016年12月16—22日,四川省和福建省两个非试点地区的碳市场也相继开市,并分别实现了CCER和福建省碳排放权配额的首批交易。到目前为止,我国各省市碳市场仍以二级市场现货交易为主,主要交易产品包括各省市的碳排放权配额和经审定的项目减排量两大类。项目减排量以CCER为主,主要用于7省市的控排机构在履约时抵消其一定比例的碳配额,还有少量用于机构及个人的自愿碳中和行动。

为了进一步完善和规范温室气体自愿减排交易,2017年3月国家发展和改革委员会暂停了CCER项目备案。根据全国碳市场建设的计划安排,2018年为基础设施建设期,主要完成数据报送系统和交易系统建设,开展能力建设,开展碳市场管理制度建设;2019年为模拟运行期,主要开展发电行业配额模拟交易,检验有效性和可靠性,强化市场风险预警和防控机制,完善碳市场管理制度和支撑体系;2020年为深化完善期,发电行业主体间开展配额现货交易,逐步扩大市场覆盖范围,丰富交易品种和交易方式,尽早纳入CCER交易。

2 造纸行业碳排放现状

中国是纸和纸制品的生产大国,企业数量多,生产量大。据中国造纸协会调查资料,2017年全国纸及纸板生产企业约2800家,2012年国家发展和改革委员会根据《关于印发万家企业节能低碳行动方案的通知》的要求,公布了造纸行业的重点用能单位

表 1 2010—2015 年中国造纸及纸制品业生产量和能耗情况

年度	机制纸及纸板生产量 / 万 t	能源消耗量 / 万 t 标准煤	单耗 / 万 t 标准煤
2010	9832.63	3961.92	0.4029
2011	11010.89	3983.51	0.3618
2012	10956.54	3846.14	0.3510
2013	11323.06	4153.00	0.3668
2014	11785.8	4040.56	0.3428
2015	11742.77	4027.67	0.3430
2016	12319.22		

注:数据来源于2010—2015年《中国统计年鉴》中的“工业产品产量”和“分行业能源消费总量”。

表 2 2010—2015 年中国造纸及纸制品业碳排放情况

年度	碳排放量 / 百万 t	能源强度 / t 标准煤·万元 ⁻¹	碳排放强度 / t·万元 ⁻¹
2010	134.567	0.366	1.290
2011	142.032	0.331	1.176
2012	142.632	0.312	1.110
2013	159.336	0.355	1.231
2014	154.587	0.325	1.152
2015	152.461	0.306	1.087

注:造纸及纸制品业的能源消耗实物量数据来源于2010—2015年《中国统计年鉴》中的“按行业分能源消耗量”,并依据《省级温室气体清单编制指南(试行)》中各种能源的碳排放系数,核算出造纸及纸制品业的碳排放量。造纸及纸制品业的工业产值的数据来源于2010—2015年《中国统计年鉴》中的“按行业分规模以上工业企业主要指标”。

表 3 造纸行业典型造纸企业碳排放构成

排放类型	主要排放源	占比 /%
化石燃料燃烧	供热、发电用煤炭及少量汽油、柴油等	81.32
过程排放	碳酸盐使用	不足 0.01
净购入电力	外购电力间接排放	11.23
净购入热力	外购热力间接排放	不足 0.01
废水厌氧处理	废水厌氧处理过程产生的 CH ₄ 排放	7.45

表 4 2010—2015 年中国造纸及纸制品业耗煤量及在行业能耗总量中的比例

年度	能源消耗量 / 万 t 标准煤	耗煤量 / 万 t	煤炭在全行业能源消耗中的占比 /%
2010	3961.92	4281.61	77.19
2011	3983.51	4466.51	80.09
2012	3846.14	4523.89	84.02
2013	4153.00	5302.65	91.20
2014	4040.56	4828.83	85.37
2015	4027.67	4669.25	82.81

注：耗煤量数据来源于 2010—2015 年《中国统计年鉴》中的“分行业煤炭消费总量”，耗煤量折标煤系数采用《GB/T 2589—2008 综合能耗计算通则》的参考值 0.7143 kg 标准煤 /kg。

约 500 家。根据目前重点排放企业的纳入标准，预计未来造纸行业纳入碳交易的控排企业数量也在 500 家左右。

进入 21 世纪以来，我国纸及纸板的需求不断增加，2000—2015 年纸及纸板生产量年均复合增长率为 10.44%，生产量增加导致能源消耗总量年均复合增长率达到 5.68%。随着造纸工业飞速发展，碳排放总量也随之增加，从 2000 年的 64.21×10^6 t 上升到 2015 年的 152.46×10^6 t，年均复合增长率为 5.93%。2015 年，我国碳排放总量为 9084.62×10^6 t 二氧化碳当量，其中造纸行业碳排放量占到我国碳排放总量的 1.67%，可见造纸行业碳排放总量巨大。2010—2015 年中国造纸及纸制品业生产量和能耗情况见表 1，2010—2015 年中国纸及纸制品业碳排放情况见表 2。

根据国家统计局公布的行业生产量产值与能耗数据，我国造纸行业能耗和碳排放总量在 2013 年达到峰值之后连续两年有所下降，2015 年排放强度比 2010 年下降 15.74%，节能降碳工作已经取得了显著成效。

根据《造纸及纸制品生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》，造纸行业碳排放主要有

化石燃料燃烧排放、过程排放、净购入的电力产生的排放、净购入的热力产生的排放和废水厌氧处理的排放 5 类。通过对广东省、福建省随机选取的 10 家纳入碳排放交易的造纸企业（主要产品为纸浆、机制纸和纸板，其中 9 家为废纸制浆、1 家为木材制浆）碳排放数据的汇总分析，造纸行业典型造纸企业碳排放构成见表 3。

由表 3 分析可知，化石燃料燃烧排放是造纸行业主要排放类型，其中煤炭的使用又占据了化石燃料燃烧排放的绝大部分，造纸企业煤炭几乎全部用于小型自备电厂和供热锅炉，发电 / 供热规模小，能源利用效率低，碳排放量大。行业能源结构亟待改善。2010—2015 年中国造纸及纸制品业耗煤量及在行业能耗总量中的比例见表 4。

3 造纸行业参与碳市场情况

国家发展和改革委员会（发改办气候 [2016]57 号）《关于切实做好全国碳排放权交易市场启动重点工作的通知》和国家发展和改革委员会（发改办气候 [2017]1989 号）《关于做好 2016、2017 年度碳排

表 5 广东省造纸行业碳计量方式

工序	产品类别	基准值 / t CO ₂ t ⁻¹ 产品	备注
纸浆制造 (不包括废纸纸浆)	硫酸盐商品浆	0.754	纸浆制造是指生产木浆、竹浆、竹木混合浆等纸浆的制造工序。商品浆是指企业自己制浆，风干后用于出售的纸浆。自用浆指企业自己制浆，并直接用于造纸的纸浆
	硫酸盐自用浆	0.547	
机制纸和纸板制造 (包括废纸制浆)	包装用纸及纸板(未涂布)	0.732	箱纸板、瓦楞原纸、白纸板、牛皮纸、砂管纸等
	包装用纸及纸板原纸	0.835	涂布白卡纸、涂布白纸板、涂布牛卡纸
	印刷书写纸(未涂布)	1.040	新闻纸、书写纸、复印原纸、胶版纸、冷压纸、淋膜纸原纸、防黏纸等
	卫生纸原纸	1.239	
纸制品制造 (后加工)	生活用纸制品	0.049	纸制品制造指用纸及纸板为原料，进一步加工制成纸制品的生产工序。生活用纸制品指卫生纸、餐巾纸、手帕纸、面巾纸、纸台布等纸制品

放报告与核查及排放监测计划制定工作的通知》都明确了石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空为重点排放行业。我国造纸行业最早是以开发 CDM 项目的形式参与碳交易，全球制浆造纸行业 CDM 项目主要集中在印度和中国。印度共注册 25 个该类 CDM 项目，其中 15 个已获得签发。中国仅次于印度，共注册 10 个该类项目，其中 2 个获得签发。

目前投入运行的 7 个省市碳排放权交易试点及福建省基本都将造纸行业纳入到控排范围。在造纸企业比较集中的广东省和福建省，2017 年纳入碳交易市场的造纸企业分别有 54 家和 23 家，分别占当地市场所有控排企业的 21.95% 和 8.30%（根据《广东省 2017 年度碳排放配额分配实施方案》和《福建省 2016 年度碳排放配额分配实施方案》核算），其他试点地区市场仅有几家甚至没有。广东省和福建省市场的造纸企业数量占了试点地区的绝大部分，具有较强的代表性。

碳市场的配额计量方式包括基准线法、历史总量法、历史强度下降法等。其中基准线法，是按行业基准排放强度来核定碳配额。运用该计算方法，控排企业所得的碳排放配额是其所属行业的基准值乘以当年的实际生产量（产能）。历史碳排放法，是按照历史平均碳排放量乘以相应的下降系数计算出当年的碳配额。广东省碳市场普通造纸行业的配额计量方式

为基准值方法（见表 5），特殊造纸行业采用历史碳排放强度计算方法，其中基准值方法共分为 3 种工序 7 种不同的产品计量方式。福建省碳市场则采用的是历史法与行业基准线法相结合，事前分配与事后调节相结合的方式。

广东省于 2014 年将有偿配额方式由强制性购买调整为自愿性购买，企业无需先购买有偿配额即可获取免费配额，有偿部分可以自由选择购买或不购买。若企业当年大幅度增加或减少生产量，必须在上报碳排放量时注明原因，经核查无误后国家发展和改革委员会分配相应的配额。福建省于 2017 年后根据上一年生产量、配额调整条件等情况与预先发放的配额进行比较，多退少补。2017 年广东省碳市场总履约度为 100%，可见企业履约积极性非常高；2016 年福建省碳市场总履约度为 97.83%，造纸行业履约度为 100%，其中福建省南平南纸有限责任公司、福建省青山纸业股份有限公司，克服种种困难，参与碳交易市场，完成履约工作。

4 造纸行业温室气体核算问题

温室气体排放量核算核查是碳市场建设的基础性工作，但是大部分造纸企业缺乏碳管理人才，在碳排放核算核查方面存在诸多问题，导致在碳交易中常

表 6 造纸企业碳排放核算核查部分问题汇总表

问题	答案 / 解决方案	来源
造纸企业产品“浆粕”属于“纸浆”还是“纸和纸制品”	建议将“浆粕”生产量数据填入“纸浆”一栏中，并做注明	国家碳市场帮助平台
某造纸厂的废水处理台账中，有几个月的厌氧处理出水 COD _{Cr} 数据缺失了，该如何处理？	按照保守性原则，对缺失的出口端 COD _{Cr} 数据，取当年其他月份出口 COD _{Cr} 数据中最小值；对缺失的进口端 COD _{Cr} 数据，取当年其他月份进口 COD _{Cr} 数据中最大值，同时应考虑使用与丢失数据月份产品生产量相似月份的数据进行估算，取最大值	国家碳市场帮助平台
造纸行业厌氧处理产生的气体全部回用于锅炉燃烧，但是这部分气体未检测甲烷含量，这部分甲烷算不算回收？	废水厌氧处理的气体如全部回收锅炉燃烧了，可算作回收，在核算边界内可不包括废水厌氧处理产生的甲烷排放。但前提是企业需要按照《核算指南》要求，提供对废水厌氧处理气体的回收量记录，以及对废水厌氧处理气中 CH ₄ 含量的检测值。若企业无法提供以上有效的计量数据，则按照保守性原则，需要核算废水厌氧处理产生的甲烷排放。排放 CH ₄ 的 GWP 值为 21	国家碳市场帮助平台
造纸企业废水处理过程中采用水解酸化的半厌氧方式处理废水，是否需要核算废水处理的排放？	水解酸化过程中甲烷产生很少，可以忽略	国家碳市场帮助平台
造纸企业的废水处理以 BOT 形式外包给某环保公司，环保公司负责建设和运营废水处理设施，同时收集废水厌氧处理产生的甲烷进行发电，所发电力卖回给造纸企业使用。造纸企业对废水处理设施和沼气发电系统均没有运营控制权，这种情况下，造纸企业是否还需要核算废水厌氧处理产生的甲烷排放？	按照运营控制权法，外包的生产活动不纳入报告范围。由于造纸企业对废水处理设施和沼气发电系统均没有运营控制权，造纸企业不需要核算废水厌氧处理产生的甲烷排放，废水厌氧产生的甲烷排放纳入环保公司的报告范围	国家碳市场帮助平台
造纸企业供热锅炉燃煤低位发热量在买入时每批次都有实测，核算时是采用实测值还是缺省值	造纸企业可遵循《GB/T 213 煤的发热量测定方法》对燃煤低位发热量进行实测，至少每批次进行一次监测并记录，通过加权平均计算年平均值。权重是每批次的入厂煤量	根据一线核查员实际经验整理
造纸行业自备电厂燃煤低位发热量、单位热值含碳量、碳氧化率数据如何选取	自备电厂适用《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》对于燃煤的低位发热量，应符合该《指南》对于燃煤低位发热量的具体规定，如果数据无法获得，可采用入厂煤低位发热值的加权平均值，权重是每批次的入厂煤量。如果没有实测值，可采用缺省值。对于燃煤的单位热值含碳量、碳氧化率没有实测值的企业，可暂采用指南和问答平台中的缺省值，从 2018 年起，对于燃煤单位热值含碳量和碳氧化率缺省值将采用高限值	根据一线核查员实际经验整理

常处于不利地位。表6汇总了国家碳市场帮助平台涉及造纸企业的部分问题和一线核查人员在造纸企业碳排放核算核查工作中遇到的部分问题，以供相关人员参考。

5 造纸行业节能降碳建议

5.1 技术手段

通过节能技术改造提高能源利用效率，提高清洁能源使用比例是造纸企业低碳发展最重要的手段，

是企业完成碳排放履约的首选方式。

造纸行业的节能技术主要有新型蒸煮技术、余热回收、热电联产以及废纸利用，到2030年，这些节能技术在行业基本普及。造纸行业主要节能技术见表7。

此外，厌氧废水处理甲烷回收利用、燃煤清洁利用、燃煤替代等技术也具有很高的推广价值，如以天然气、生物质燃料替代煤；在木材原料获取和加工过程中，回收树皮、木屑等生物质能源；在制浆过程中，有效回收黑液作为生物质资源；在纸产品处置

表7 造纸行业主要节能技术

技术	技术指标	技术应用比例 /%		
		2020年	2030年	2050年
连续蒸煮	450 kg 标准煤 /t 浆，节能 46%	80	100	100
余热回收	2.5 蒸吨蒸汽	60	90	100
废纸利用	360 kg 标准煤 /t 纸	44	50	60
热电联产		56	75	90

表8 4种造纸工艺中常用的节能降碳技术摘录

序号	技术名称	主要技术内容	典型项目				
			适用的技术条件	建设规模	投资额 / 万元	年节能量 / t 标准煤	CO ₂ 排量 / t·a ⁻¹
1	高效双盘磨浆机	应用高效传动装置，配用高性能长寿命造纸打浆磨盘和先进的自动控制系统，实现恒功率或恒能耗控制	年产30万t高档涂布白板纸项目	年产30万t牛卡纸项目	180	627	1655
2	螺杆膨胀动力驱动节能技术	利用工业中的蒸汽、热水、热液或汽液两相流体等动力源，将热能转换为动能，驱动发电机发电或直接驱动机械设备	蒸汽温度 > 100℃ 以上的全部蒸汽，蒸汽压力大气压力以上，热水温度 > 80℃，烟气温度 > 200℃	SEPG500-1000/2400-1.65-S 1套螺杆膨胀动力发电机组	900	2520	6653
3	造纸靴式压榨节能技术	将传统辊式压榨的瞬时动态脱水改为静压下的长时间宽压区脱水，大大提高脱水效率，节省干燥蒸汽用量，实现节能	纸机车速 600 m/min 以上，净纸幅宽 3000 mm 以上	年产 20 万 t 纸	2000	9899	26134
4	永磁涡流柔性传动节能技术	实现负载和电机之间通过气隙相连接。装置包括永磁磁力耦合器和永磁调速转动装置等，电机启动时不需要克服负载惯性，减少了峰值电流，节约能源，减少设备磨损	匹配电机功率范围 4 ~ 300 kW	1台 185 kW 功率的热鼓风机	50	116	306

阶段提高废纸回收率，将废纸一部分作为制浆原料，另一部分作为生物质能源，投入到制浆造纸生产过程中。通过上述措施优化能源消费结构，推动清洁能源或生物质能源成为造纸及纸制品业的能源增量主体。

另外，根据近期国家发展和改革委员会发布的重点推广的节能低碳技术目录，列举部分适用于造纸行业的先进适用技术（见表8）。

5.2 管理手段

加强、规范管理是当前阶段我国控排企业节能降碳较为有效的方式。面对大多数造纸企业未建立专门的碳管理部门、专业人才缺失的现状，企业应建立健全节能降碳机构和管理制度，落实目标责任，培养或引进专业碳管理人才，实行能源审计制度，开展能效水平对标活动，建立健全企业能源管理体系、碳管理体系，提高能源、低碳管理水平。

对于影响碳排放量核算的重要数据，企业应按照相关标准和指南要求做好测试与记录统计，制定完备的监测计划。避免由于缺少监测数据、监测方法不符合要求或者数据缺失带来的核算损失。

5.3 市场手段

造纸行业在履约时，既要通过改善生产技术减少碳排放量，同时也要积极参与碳交易市场，通过市场的手段达到减排目标。各种手段相互配合，提高履约

效率，降低减排成本。

目前，各试点地区都推出了各种灵活的履约方式，具体包括购买配额、购买核证碳权、跨期使用碳配额等；以及推出碳金融产品，具体包括配额信托产品、配额抵押融资、碳权远期产品、碳基金产品等。一些短期内配额不足的企业可通过市场手段购买碳权，立即完成减排任务；一些配额剩余的企业可以通过市场投资获取收益，如中治美利浆纸有限公司出售碳配额的案例。还可以进行碳权质押获取资金，改进生产技术减少碳排放量。

自愿减排项目的开发方面，目前制浆造纸行业具备 CCER 开发潜力的项目类型包括锅炉改造、变频器节能改造、废水处理沼气回收利用、生产线蒸汽节能改造、生物质废弃物制浆造纸、余热利用等。但是，造纸企业目前参与碳交易的项目极其有限，造纸企业应积极参与到碳交易当中并获得应有的收益。

综上所述，对于纳入控排的造纸和纸制品生产企业来说，要实现减排目标，必须通过温室气体盘查（即碳盘查）摸清家底，准确掌握自身的碳排放情况，了解潜在资产和潜在负担，识别潜在的减排环节，从而为造纸和纸制品生产企业实现节能降碳目标，规划碳市场投资提供决策基础，避免超标排放形成碳负债。对于未纳入控排范围的造纸企业，则可通过开发 CCER 项目，形成碳资产并通过碳交易体系变现，从而在碳交易市场中占据一席之地。❖