

共赢蓝天与低碳

空气污染防治和气候变化的协同治理

随着打赢“蓝天保卫战”进入攻坚阶段，“协同”逐渐成为我国大气污染防治的关键词。“十四五”期间，我国大气污染防治的重心从降低 $PM_{2.5}$ 浓度水平转向 $PM_{2.5}$ 和 O_3 协同治理。与此同时，为了实现中国郑重承诺的“30-60”双碳目标，生态文明建设将以应对气候变化为重点战略方向，推动空气污染防治和气候变化协同控制来实现减污降碳、协同增效，加快推进产业、能源、交通运输、用地等四个结构调整，从而促进经济社会发展全面绿色转型。

此前，我国已经通过《中华人民共和国大气污染防治法》的修订奠定了协同治理的法规基础，明确指出应开展大气污染物和温室气体实施协同控制。并在《打赢蓝天保卫战三年行动计划》文件中首次明确以四个结构调整为重点，大幅减少主要大气污染物排放总量，协同减少温室气体排放。2021年1月，《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》进一步提出推动融合相关政策法规，以源头治理措施为首实现减污降碳协同效应，严格控制“两高”项目建设，并鼓励开展协同减排相关技术研发、示范与推广。结构调整与源头控制成为实现协同治理空气污染防治和气候变化的主要政策方向和措施落脚点。

在城市实践层面，“十四五”是空气污染防治和气候变化的协同治理的重要窗口期，决策部门的认知提升、经验积累和能力建设都至关重要。在此背景下，亚洲清洁空气中心为“第八届东北地区空气质量管理研讨会”编制了本篇特别材料，着重介绍协同的相关基础知识与国际实践。

更多信息详见“空气知库”网站：<http://www.allaboutair.cn/>

“协同”的概念在国际上首次出现于上世纪九十年代的学术文献中，并在 2001 年政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）第三次评估报告中发表后引起了广泛的关注。环境政策通常有针对性的目标，除了主要的政策目标收益，也可能产生其他的作用，被称为附带效益（ancillary benefits）或协同效益（co-benefits）（Ayres 和 Walter, 1991）。IPCC 评估报告进一步阐明，气候变化减缓政策通常会产生与温室气体减排同样重要的，与发展、环境可持续性有关的协同效益，包括环境空气质量的改善（IPCC, 2001）。这是因为空气污染和气候变化是同根同源的环境问题，化石燃料燃烧是主要空气污染物和温室气体的共同人为排放来源。

但需要注意的是，并不是所有治理空气污染和应对气候变化政策和措施都能够互相带来正向协同效益，也可能产生“副作用”。大部分大气污染物直接和间接对气候变化产生影响，如下图 1 所示，主要空气污染物 NO_x、PM、VOCs、CO、O₃均有增温效应，但由于气溶胶可以减少辐射强迫，SO₂、NO_x、PM 也同时具有降温效应。

污染物 温室气体	影响范围	气候影响	生态破坏 健康影响	短时间 局地
Carbon Dioxide (CO ₂)				 长时间 大范围
Fluorinated Gases (F-gases)				 升温
Methane (CH ₄) Nitrogen Oxides (NO _x)				 降温
Nitrogen Oxides (NO _x)				 人体健康影响
Nitrous Oxides (N ₂ O)				 生态系统变化
Particulate Matter (PM)				 没有直接影响
Sulfur Dioxide (SO ₂)				
Tropospheric Ozone (O ₃)				
Volatile Organic Compounds (VOCs)/ Carbon Monoxide (CO)				

图 1：空气污染物、温室气体及其对环境和健康的影响
来源：WHO, 2018

空气污染物对气候产生影响的作用机制非常复杂，存在不确定性，但全球范围内气溶胶的净效应是降温效应（Boucher 等，2013）。清华大学的一项最新研究结果表明，2006-2017 年，中国采取了一系列大气污染防治措施，使得 SO₂下降了约 70%，黑碳排放

量下降了约 30%，可能导致北半球平均升温 $0.12 \pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ （Zheng 和 Zhang 等，2020）。另一方面，气候变化造成的温度、降水、风速的改变将直接影响空气污染物的生成与去除机制，还通过天然源和能源消耗模式改变引起排放变化。在东亚地区，气候变化造成季风减弱等大尺度环流变化，进而引发局部气象条件改变，使得造成空气污染加重不利气象条件的频率和持续时间都在增加（Ding 和 Fu，2017）。关于北京重污染与相关气象条件的研究发现，气候变化导致冬季雾霾的不利气象条件发生频率上升 50%~80%，在过去几十年中，这一情况呈现逐步恶化的趋势（Wu 等，2017）。

空气污染和气候变化都会危害人类健康（如图 1），并且二者之间的关联作用会加剧健康影响，特别是对老龄、心脑血管及呼吸系统疾病患者等敏感人群。依据世界卫生组织提出的空气质量指导值浓度水平，全球超过 90%的城市人口生活在空气污染中。2019 年，全球近 50 万名婴儿死于空气污染，670 万人的过早死亡与空气污染相关，空气污染已经成为全球最大环境健康风险因素（HEI，2020）。而气候变化相关的高温、寒冷等气温因素是仅次于空气污染引发过早死亡的第二大环境健康风险因素。柳叶刀气候与健康报告显示，高温热浪导致的老龄化人口（65 岁+）死亡人数呈明显上升趋势（如图 2）。空气污染与气候变化的协同治理将带来非常可观的健康效益，进而减少公共医疗支出等社会成本负担。

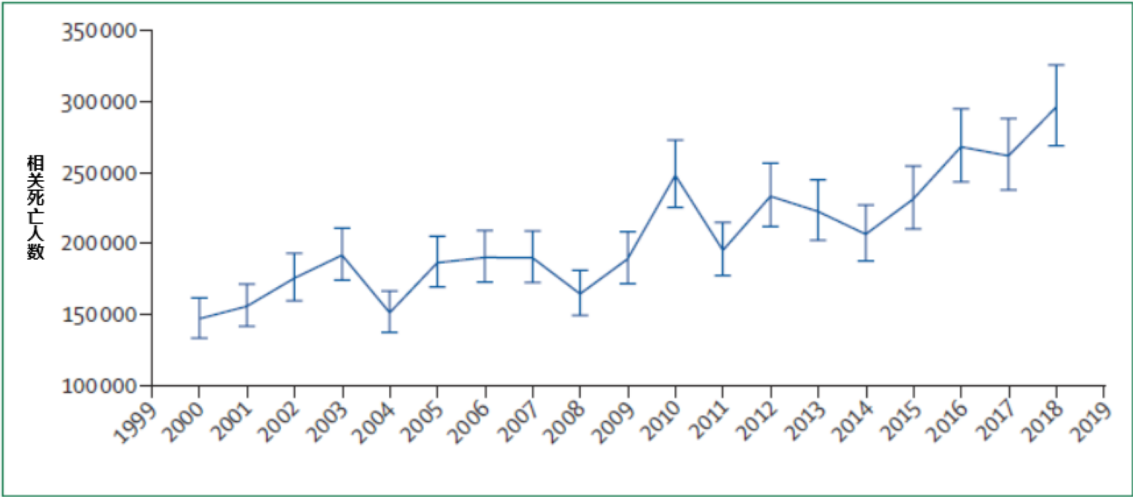


图 2：高温热浪导致的老龄化人口（65 岁+）死亡人数变化趋势

来源：The Lancet，2020

空气污染和气候变化的协同控制措施

我国以化石燃料为主的一次能源结构决定了我国二氧化碳和大气污染物排放具有高度同源性，选择恰当的控制措施可以同时带来空气污染物和温室气体的减排。大气污染物与碳排放的控制策略可分为末端控制和协同减排两大类。其中末端控制措施一般只对某一方面有益，例如使用脱硝脱硫除尘装置和碳捕集技术（Carbon capture and storage, CCS）可以分别减少大气污染物和二氧化碳的排放，但不具有协同效应；末端控制装置还会引起额外的能耗及相应的碳排放。协同减排则从控制化石燃料尤其是煤的使用量出发，通过降低能源强度、清洁能源替代等方式实现污染物和二氧化碳的减排，下表 1 给出了目前常见的控制措施并标注是否具有协同效益。

表 1：分部门大气污染治理和温室气体减排措施

部门	领域	具体政策	是否具有协同效益
电力	末端控制	电厂超低排放改造	仅空气质量效益
		CCS 技术	仅碳减排效益
	总量控制	新建项目禁止配套建设自备燃煤电站 除热电联产外，禁止审批新建燃煤发电项目	✓
	提高能效	“上大压小”，淘汰落后产能 减少输电损失	✓
	能源结构调整	大力发展可再生电力资源	✓
供热	末端控制	强化供热锅炉末端控制措施 燃煤锅炉超低排放改造	仅空气质量效益
	提高能效	改造老旧集中供热管网，推进锅炉节能改造	✓
	能源结构调整	供热锅炉煤改气 推广热电联产、工业余热、可再生热源等供热技术	✓
工业	末端控制	工业提标改造，对于重点行业推动实施超低排放改造 挥发性有机物综合治理	仅空气质量效益
	错峰生产	重点排污单位在冬季调整生产经营活动，减少或者暂停排放大气污染物的生产、作业	仅空气质量效益
	提高能效	工业技术升级和清洁生产 淘汰燃煤小锅炉，推进工业锅炉节能改造	✓
	能源结构调整	淘汰燃煤小锅炉，燃煤锅炉清洁能源替代	✓
	产业结构调整	对于水泥、钢铁等重点行业，压减过剩产能、淘汰落后产能，整治“散乱污”企业 发展低能耗、高附加值的高新技术工业，限制能源密集行业投资	✓
民用	需求控制	提倡低碳生活方式	✓
	提高能效	推广新型清洁高效燃煤炉具，分期分批更换传统炉灶，提升热效率 鼓励北方农村地区建设洁净煤配送中心，使用低灰、低硫的洁净煤和型煤，减少高挥发分的低变质烟煤使用 全面执行绿色建筑标准，实施住宅节能改造，提高房屋保温性能	✓
	能源结构调整	生活和冬季取暖散煤清洁化替代，“煤改电”、“煤改气”或改为集中供热	✓
交通	需求控制	控制机动车保有量	✓
	末端控制	加严机动车排放标准，淘汰老旧车辆	✓
		油品升级	仅空气质量效益
	提高能效	提高燃油经济性	✓
	能源结构调整	推广新能源和清洁能源车辆、作业机械和船舶	✓
	运输结构调整	提倡公共交通出行，优化调整货物运输结构	✓
土地利用	用地结构调整	扬尘综合治理 禁止秸秆焚烧 农业源氨排放治理	仅空气质量效益

来源：清华大学，2019

他山之石：协同治理的国际经验与新政

美国加州

美国加州是协同治理空气污染治理和应对气候变化的先行者，也是全球为数不多的成功典范案例。加州是美国最大经济体，却也是人均能源消耗最低的州之一（倒数第四），在过去的 20 年，加州在 GDP 增长了约 50% 的同时实现了单位 GDP 温室气体排放量下降 40% 以上；同时加州的空气质量也在不断改善（EIA, 2021）。2018 年，加州领先于美国国家层面签署全州碳中和 2045 年目标，先于拜登政府的 2050 年国家层面的碳中和目标。空气质量目标则要求达到州和国家环境空气质量标准，并致力于消除不同社群之间的健康风险差异。

加州采取了一系列能源结构清洁化措施，将传统大气污染物、温室气体、有毒有害空气污染物治理相结合，基于立法制定严苛的约束性政策目标，并通过跨部门紧密合作，统一规划、和协同减排措施来落实，最终产生了巨大协同效益。本文将加州的经验与领先做法总结如下：

管理规划

1967 年，加州成立了空气资源委员会（California Air Resources Board, CARB），最初主要是为了解决空气污染问题，其后应对气候变化的职能也由该部门承担。加州境内还基于“空气流域”，设有若干空气质量管理区/局，例如包含洛杉矶的南海岸空气质量管理区和包含旧金山的湾区空气质量管理区，统一管控空气污染物和温室气体的排放。

2016 年，加州出台了法案 AB 197(2016)，标志着加州首次明确空气污染物和温室气体协同治理，并要求地方空气质量管理部門评估气候措施对传统空气污染物减排的协同效益，避免气候措施（例如碳交易机制）造成局部空气质量的恶化（UCLA, 2020）。

为实现空气质改善和应对气候变化的目标，加州有两个总规划：（1）美国《清洁空气法》所要求的州实施计划（State Implementation Plan, SIP）（即达标规划），其核心是由地方空气质量管理部門制定的空气质量行动计划（Air Quality Management Plan, AQMP）；（2）《全球变暖解决方案法》所要求的气候行动规划。加州明确要求规划必须纳入协同效益的考量，协调不同部门和行业的措施。而以湾区为代表的加州地方当局，

将空气污染和气候变化协同治理的规划合二为一，制定和实施《清洁空气规划》，实施一揽子协同控制空气污染物、温室气体和有毒有害污染物排放的措施组合。

协同减排措施

加州协同控制政策措施集中在交通、电力生产与消费、工业等行业，旨在实现四大目标：减少空气污染物排放；能源系统去碳化；通过提高能效和减少消费来降低对化石燃料的依赖；减少黑碳和甲烷等短寿命气候污染物的排放。

交通行业

加州是全美最大的航空燃油和汽车燃油消费州，并且是第二大石油产品消费州，交通行业相关排放是空气污染物和温室气体的首要来源（EIA，2021）。交通行业的温室气体排放量占加州总排放的 40%，交通 NO_x 排放量占比 83%、柴油 PM 占比 97%。因此，加州针对交通行业设置了非常严苛的减排目标，致力于到 2050 年温室气体排放量比 1990 年水平减少 80%。为了实现这一目标，加州制定了综合交通政策，包括机动车电动化、清洁能源替代、和减少行车里程数（VMT）（如下表 2）。

表 2：加州交通减排目标与主要措施

交通减排目标与措施	
温室气体减排目标 (GHG Emissions Targets)	
交通部门温室气体排放量比 1990 年的水平减少 80% ⁷⁶	2050 年
法案 SB 375 区域性“可持续社区”温室气体目标： 乘用车人均温室气体的减排百分比 ⁷⁷	各种法规
南加州政府协会 (SCAG)	2020 年 (8%); 2035 年 (19%)
旧金山湾区地铁交通委员会 (MTC)	2020 年 (7%); 2035 年 (19%)
圣华金谷 (San Joaquin Valley)	2020 年 (12%); 2035 年 (16%)
轻型与重型车辆 (Light- and Heavy-Duty Vehicles)	
先进清洁汽车 LEV III 法规 (传统空气污染物和温室气体)	各种法规
先进清洁卡车法规	各种法规
零排放车辆目标 (ZEV Targets)	
150 万辆 ZEV 出行量 ⁷⁸	2025 年前
500 万辆 ZEV 出行量 ⁷⁹	2030 年前
- 25 万个电动车 (EV) 充电站 ⁸⁰	2025 年前
低碳燃料标准 (Low Carbon Fuel Standard) ⁸¹	
燃料碳强度降低 10% ⁸²	2020 年
燃料碳强度降低 20% ⁸³	2030 年
碳总量控制与排放权交易 (Carbon Cap and Trade) ⁸⁴	
涵盖炼油与燃料供应。	
间接排放源规定 (Indirect Source Rule) ⁸⁵	

机动车电动化：先进清洁轻型车和重型车措施

为加大力度解决轻型车辆空气污染和温室气体排放问题，2012年加州、美国环保局和国家公路交通安全管理局共同创立了先进清洁汽车项目，其核心包括修订后的第三阶段污染物排放标准，第三阶段温室气体排放标准、以及零排放车辆标准。前两个排放标准针对2015-2025年新车，通过引擎和排放控制的先进技术、混合动力技术、并使用强度高和质量轻的材料，减少尾气和温室气体排放。通过严苛的排放标准倒逼加州车企加大机动车电动化发展的绿色转型。

零排放汽车所指的是氢燃料电池电动车、纯电动车和混合动力车。2012年，加州颁布的《零排放车辆条例》规定加州中、大型车企根据其销售量，必须每年配比生产一定数量的零排放汽车和插电式混动汽车。以每辆汽车的电动续航里程为指标，车企通过配额交易实现自主减排。由于电动汽车技术革新，该条例于2018年进行更新，将销售全电动汽车的车企数量扩大一倍，并不再发放配额给混合动力汽车。基于该条例，2018年美国近一半的电动汽车都在加州出售，也帮助提高了加州车企在全美的市场份额。

除提高清洁机动车产量外，加州还通过财政补贴政策刺激需求侧。加州的补贴政策与各项气候和环境法案保持方向一致，向低收入人群倾斜。例如，低收入消费者购买新电动车可获得车辆补贴，并鼓励其开展老旧汽车淘汰和替换，或发放补贴鼓励向公共交通等方式的低碳出行。其次，通过差异化管理措施提供补助金给汽车经销商，激励消费者优先购买电动汽车。

此外，加州也努力为清洁车辆使用提供便利。符合超低排放标准的零排放汽车将有资格使用快车道，进而减缓道路拥堵的影响，也相应减少拥堵造成的额外排放。加州也致力于推动充电桩等基础设施建设，加州能源委员会给电力公司提供购买和安装电动汽车基础设施的补贴，加州公共事业委员会授权扩大插电式电动汽车的充电网络购买和安装提供补贴。

在先进清洁卡车项目下，CARB收紧柴油车排放标准，鼓励柴油发动机制造商加速技术创新，推动研发天然气引擎技术。此外，加州还明确推动清洁卡车发展的源头治理措施才是根本，促使柴油车也逐步向零排放转变。2020年6月，加州出台《先进卡车法规》，进一步明确与《零排放车辆条例》类似的车企清洁生产要求。

清洁燃料替代

为促进清洁燃料发展，加州共出台了两个标准：车辆燃油效率标准和低碳燃料标准，前者旨在提高燃油效率来减少石油消耗量，现已覆盖中型和重型卡车；低碳燃料标准（Low carbon fuel standard, LCFS）是碳排放强度标准，是加州制定的一项创新政策，通过降低交通燃料的碳强度来实现减排目标并减少空气污染，旨在鼓励燃料供应商加大研发生产低碳燃料。如果生产的燃料在标准碳强度要求以内，将获得配额，可用于出售给不达标的企业。

减少行车里程数

2008 年，加州通过法案 SB 375(2008)促使用地和交通规划的优化，使其与气候目标相一致。政府为缩短通勤距离和时间，推动开发商在以公共交通便利的站点附近打造高密度城镇住宅，减少居民的出行里程，从而减少交通污染和温室气体排放。

电力行业

由于加州实施严格的大气污染物排放总量控制，发电企业经过长期的技术变革和先进的末端治理措施极大减少了空气污染物的排放，电力行业的 NO_x 排放量仅占总排放量的 1.4%，PM_{2.5} 仅占 1%。但是，加州电力行业的温室气体排放量占比 14.7%。因此，目前电力行业的治理措施主要集中在可再生能源利用和建筑能效的提高两个方面。

2002 年以来，加州要求电力零售商的供电比例中必须有一定的可再生能源配额。为实现碳中和目标，加州进一步提出在 2045 年前实现供电必须 100%来自可再生能源和零碳能源。洛杉矶设有水电局（Los Angeles Department of Water and Power, LADWP），是美国唯一一个拥有市政电力部门的城市，拥有电力生产的地方性控制权。洛杉矶还关停了三座燃煤发电厂，取消三座天然气发电厂的兴建计划，对现役天然气发电厂进行清洁技术改造，并扩大可再生能源发电规模。

除了供给侧的努力，在需求侧方面，加州不断推动绿色节能建筑发展以节约能源。加州公共事业委员会、加州能源委员会、地方政府和企业共同制定和实施能效项目，旨在实

现《加州能效行动计划》的三大目标：建筑总节能量翻倍、提升低收入于弱势社区的能效、建筑去碳化，确保新建住宅或改造老旧住宅达到加州建筑能效标准。

经济激励

总量控制与排污许可证交易制度是美国的一项重要制度创新，在严格控制和减少排放总量的同时，允许排放源之间进行交易，通过经济激励手段促使减排目标的实现。加州在排污交易制度的设计和实施中也非常重视不同政策目标的协同与一致性。例如，加州碳交易市场产生的收入被存入加州温室气体减排基金（Greenhouse Gas Reduction Fund, GGRF），用于补贴具有空气质量改善效益和气候效益的投资项目，一个重要用途是在铁路建设过程中为植树造林拨款，从而抵消因为高铁建设而产生的空气污染和温室气体排放量。这是源于美国《清洁空气法》条款下的《交通一致性条例》，该条例要求交通规划与空气质量管理规划相融合（USEPA, 2020）。

欧盟

管理规划

欧盟是世界上首个宣布气候中和目标的经济体，2019年出台的《欧洲绿色新政》提出欧盟将于2050年达到温室气体净零排放，实现经济增长与资源消耗脱钩，并确保公正的绿色转型和制定以人为本的强化转型政策（欧盟委员会，2019）。绿色新政的一项核心目标就是实现环境全面零污染的雄心，2021年5月，欧盟发布了最新的《欧盟零污染行动计划》明确提出以综合方案来协同治理污染，污染防治政策应最大化与气候、能源、建筑、交通、工业、贸易等政策的协同效应（欧盟委员会，2021）。而此前，欧盟在2016年修订空气质量目标和相应的减排规划时就强调过，空气质量目标设置应考虑与国家能源和气候政策的关联性和一致性。

协同减排措施

能源结构转型是实现协同目标的重中之重，欧盟作为全球最成功的转型经济体，一项重要的成功经验就是将可再生能源、能效提升、和可持续解决方案巧妙融合在全行业中，以最低成本实现去碳化。同时，欧盟大力推动智能电网、氢能源、碳捕集、利用与封存

（Carbon capture, utilization and storage, CCUS）、储能等创新技术的发展，从而更好的部署可再生能源和化石能源去碳化。

交通行业贡献了欧盟温室气体排放量的 1/4，为实现碳中和目标，欧盟计划在 1990 年的水平上减少 90% 的交通碳排放。针对陆运，欧盟即将颁布欧 7 机动车排放标准，并与 CO₂ 排放绩效标准协同（欧盟委员会，2019）。欧盟以绿色电池为推动交通电动化发展的核心，从 2024 年起仅允许有贴标碳足迹声明的电池投放市场，并且促进电池的回收、处理、再利用，致力于打造循环经济（欧盟委员会，2020）。针对水运，欧盟不断加强对污染船只进入欧盟港口的监管，在船舶码头安装使用岸电设施。

在工业行业，欧盟将审议大型工业源污染治理措施，促使其在减少空气污染的同时，与气候和能源政策保持一致。并呼吁进一步采纳和研发协同减少污染物和温室气体排放的先进技术，例如遥感和人工智能等工业数字化新技术。

经济激励

为了有效促进绿色新政及其各项相关子规划的实施，欧盟委员会着眼于实施三个层面的经济激励措施，包括：调动资金、建立有利政策环境来撬动和引导投资、为绿色项目提供支持。欧盟的公平转型机制（Just Transition Mechanism）是实现气候中和目标的核心工具，旨在 2021-2027 年调动至少 650-750 亿欧元来填补实现气候中和的资金缺口（欧盟委员会，2021），涵盖以下三个计划：（1）欧盟政府提供 175 亿欧元赠款成立公平转型基金（75 亿欧元来自于欧盟预算、100 亿欧元来自于欧盟新冠疫情复苏基金），用于支持严重依赖煤炭的成员国产关化石燃料相关产业、开发绿色就业市场、补贴中小型企业，旨在撬动近 300 亿欧元的投资。该基金还通过撬动欧洲社会基金，扩大资金渠道来推动提供绿色技能相关的能力建设和培训；（2）通过欧盟投资计划调动 100-150 亿欧元，吸引私营部门投资可持续能源和交通，刺激绿色债券市场发展；（3）基于公共贷款机制，通过欧盟预算提供 15 亿欧元赠款，以及欧洲投资银行提供的 100 亿欧元贷款，并调动 250-300 亿欧元的公共投资支持绿色转型。



参考文献

- 清华大学, 《中国城市空气质量改善和温室气体协同减排方法指南》, 2019, <http://allaboutair.cn/a/reports/2019/0918/562.html>
- Ayres 和 Walter 等, The greenhouse effect: damages, costs and abatement, 1991, https://econpapers.repec.org/article/kapenreec/v_3a1_3ay_3a1991_3ai_3a3_3ap_3a237-270.htm
- Boucher 等, Clouds and aerosols, 2013, <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/ip09000j.html>
- Ding 和 Fu 等, Air pollution and weather interaction in East Asia, Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science, 2017, <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.536>
- European Commission, The European Green Deal, 2019, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf
- European Commission, Green Deal: sustainable batteries for a circular and climate neutral economy, 2020, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312
- European Commission, The Just Transition Mechanism: making sure no one is left behind, 2021, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism_en
- European Commission, Zero pollution action plan, 2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0400&qid=1623311742827>
- Health Effects Institute, State of Global Air 2020, <https://www.stateofglobalair.org/>
- IPCC, Climate Change 2001 Synthesis Report, 2001, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf
- The Lancet, The Lancet Countdown on Health and Climate Change: 2020 report, 2020, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)32290-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)32290-X/fulltext)
- UCLA, 《空气污染与气候变化的协同治理：加州经验的启示》, 2020 年, <https://law.ucla.edu/sites/default/files/PDFs/Publications/Emmett%20Institute/UCLA%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E4%B8%8E%E6%B0%94%E5%80%99%E5%8F%98%E5%8C%96%E5%8D%8F%E5%90%8C%E6%B2%BB%E7%90%86%E6%8A%A5%E5%91%8ACoordinated%20Governance%20%28Chinese%29%208.2020%20v2.pdf>
- USEPA, General information for transportation and conformity, 2020, <https://www.epa.gov/state-and-local-transportation/general-information-transportation-and-conformity>
- U.S. Energy Information Administration, California state profile and energy estimates, 2021, <https://www.eia.gov/state/?sid=CA>
- World Health Organization, COP24 Special Report: health & climate change, 2018, <https://www.who.int/publications/i/item/cop24-special-report-health-climate-change>
- Wu 等, Weather conditions conducive to Beijing severe haze more frequent under climate change, Nature Climate Change, 2017, <https://www.nature.com/articles/nclimate3249>

Zheng 和 Zhang 等, Changes in China' s anthropogenic emissions and air quality during the COVID-19 pandemic in 2020, Earth Syst. Sci. Data, <https://doi.org/10.5194/essd-13-2895-2021>