



自然资源保护协会
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

报告

港口规划环评中的移动源 排放评估国际经验

二零二零年六月

自然资源保护协会
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL



致谢

特别感谢NRDC的亚洲港口小组成员：Barbara Finamore，Freda Fung，David Pettit和Charlotte Steiner在报告编写中给予的支持，并对报告草稿进行了全面的审核和评论。同时也诚挚地感谢为本报告提出宝贵意见与建议的业内专家与同仁。



自然资源保护协会（NRDC）

自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，成立于1970年。NRDC拥有600多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员30多名。NRDC主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC在北京市公安局正式注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。更多信息，请访问 www.nrdc.cn。

作者：单静涛、Renilde Becquée、Nicholas Yost、朱源、王社坤

报告排版：张烨

Cover image: © Photo by Ryoji Iwata on Unsplash

© Natural Resources Defense Council 2020

目录

////////////////////////////////////

摘要	4
第一章 背景介绍	8
第二章 中国港口环评概述	12
2.1 中国港口环评的政策沿革	13
2.2 中国港口环评中的大气环境影响评价	14
2.3 中国应对港口和航运相关空气污染的政策措施	14
第三章 美国和欧盟港口环评的法规框架	18
3.1 美国港口环评的相关法规	19
3.2 欧盟港口环评的相关法规	22
第四章 港口的移动源评估	26
4.1 港口移动源评估流程	27
4.2 港口环评中的移动源类型	27
4.3 港口环评中的空气污染物和温室气体	29

////////////////////////////////////

////////////////////////////////////

4.4 移动源评价的地理范围	32
4.5 移动源评价方法和模型	32
4.6 美国EPA国家港口战略评估	33
第五章 美国和欧盟案例研究	36
5.1 洛杉矶港和长滩港案例研究	37
5.2 鹿特丹港案例分析	43
第六章 经验与建议	46
6.1 加强港口环境影响评价的科学基础	47
6.2 提高港口环境影响评价分析的科学性	48
6.3 扩大港口环境影响评价的范围	48
6.4 加强港口环境影响评价的有效性	48
缩写对照表	50
尾注	51

////////////////////////////////////

图录

图1：中国港口规划环评发展历程	13
图2：中国的DECA、IMO的ECA和世界船用燃料的硫限值	15
图3：船用发动机排放标准	17
图4：美国国家环境政策法案（ NEPA ）环境影响报告书组成部分	20
图5：港口排放评估的规划步骤	27
图6：港口相关的温室气体排放源范围	30
图7：2017年圣佩德罗湾港区空气减排量	39
图8：洛杉矶港排放清单的地理范围	40
图9：POLA 2018 2005空气排放比较（以源类别划分）	41
图10：圣佩德罗湾港口的空气监测站	42
图11：荷兰鹿特丹港及MAASVLAKTE 2项目位置	43
图12：里恩蒙德地区2033年NO ₂ 排放水平	45

表录

表1：当地港口和船舶造成的空气污染占比	9
表2：2019年中国LNG船舶	16
表3：当地港口和船舶造成的空气污染占比	28
表4：港口相关的污染物、来源和健康与环境影响	31
表5：NPSA包含的排放源、污染物和地理区域总结	33
表6：NPSA基准和BAU排放清单的数据来源于方法总结	34
表7：NPSA评估的策略情景范例	35
表8：鹿特丹港地区空气污染排放	44

摘要

中国承担了全球每年航运集装箱总吞吐量的30%，并在世界前十大港口中占据七席。然而，港口的货物集散与运输带动经济发展的同时，还造成了大气污染。港口停靠船舶大多使用馏分油或重质燃料油，两者的硫含量均远高于车用燃料。同时，多数的港口集疏运车辆、港口作业机械和铁路机车的主要燃料多为柴油。所有这些发动机排出的废气均含有大量的柴油机颗粒物（Diesel Particulate Matter），氮氧化物（NO_x）和硫氧化物（SO_x）。柴油机排放的NO_x还会造成地区臭氧（O₃）和细颗粒物的增加，对人类健康和环境造成威胁。在香港、上海等人口密集的中国沿海城市，港口和航运排放已经成为大气污染的重要来源之一。

2019年，中国出台了《交通强国建设纲要》及《关于建设世界一流港口的指导意见》等一系列加强交通运输与港口建设的相关政策，港口与航运业将得到进一步强化并迎来新的发展机遇。建设新港口和扩建现有港口的过程中可能会带来更多的水路与陆路交通运输，如不采取适当的缓解措施，船舶、运输车辆和港作机械等港口移动源造成的污染排放将随之增加。



© Photo by Axi Richards on Unsplash

控制移动源排放已经成为中国治理大气污染的首要任务之一。中国的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》明确提出调整运输结构，发展绿色交通体系的战略目标，并强调要有效地强化柴油货车、非道路移动机械和船舶污染防治。

环境影响评价（EIA）作为大型项目规划建设前期的必要环节，可在项目决策的早期阶段对项目将产生的主要环境问题进行评估，并将预防和缓解措施结合到项目建设的决策中。因此，环境影响评价是港口规划建设中评价港口发展和扩建产生的环境污染的一项有力工具。

中国于本世纪初开始港口规划环评的初步探索，经历近20年的发展，港口规划环评工作取得了巨大的进展。尤其是先后于2012年发布的《港口总体规划环境

影响评价技术要点》及2018年发布的《交通运输专项规划环境影响评价技术规范第2部分：港口总体规划》为港口规划环评的科学化和规范化发展奠定了基础。然而，在现有的港口环评中针对港口相关移动源排放的分析评估仍十分有限，可以说是中国港口规划环评实践中相对薄弱的一环。

本报告梳理了一些欧美国家基于环境影响评价法律法规框架下的港口移动源排放评估流程和基本方法。这些国家均在各自的环境立法框架下执行港口规划环评。在港口规划建设中，首先要求评估港口发展对环境和社会造成的广泛影响，包括对空气质量的影响进行评价，并形成了根据港口内船舶、港作机械、重型卡车、港口作业船、铁路机车等相关移动源排放来评

价空气污染排放的系统方法。在此基础上，通过将港口环评和环境许可相结合的“双保险”，支持港口的可持续发展。此外，针对港口的环境监测设计了后续跟进机制，用于评估减排措施的有效性并方便进行及时调整。报告重点介绍了荷兰鹿特丹港、美国洛杉矶港和长滩港移动源排放评估和管理的案例。基于这些案例研究的经验，报告为中国改进港口规划环评中的移动源排放评价提出如下建议，以期从决策源头降低港口开发建设对区域环境的不利影响，从而促进港口行业乃至区域经济、社会和环境的可持续发展，助力实现世界一流港口的建设目标。

- 港口规划环评是辅助预防和减少航运和港口大气污染排放的有效工具。
- 开展港口地区大气环境监测，完善环境监测系统，收集长期、连续的全因子大气环境监测数据。
- 建立全面、精细化的港口排放清单，收录所有的移动源和固定源，并定期对排放清单进行更新，支持港口环评的有效推进。
- 开发港口空气污染模型，将海洋和大气之间的相互作用考虑在内，应用模型进行环境影响分析和预测，提高港口环评的科学性。
- 拓展港口环境影响评价的范围，不仅评估港口建设阶段的空气污染，同时考虑未来港口运营中的移动污染源（船只、卡车、港口设备和铁路机车）造成的空气污染，适时考虑加入温室气体排放指标，推动空气污染和温室气体排放的协同控制。
- 加强港口环境管理，以港口规划环评视作港口大气环境管理的第一步，提出明确、有针对性且可行的空气污染控制对策，并在港口建设与运营的全过程中实践港口空气污染控制行动。明确环境、交通、港口和船舶企业等各政府部门和相关企业、机构在港口环境管理中的责任，建立协调机制，促进环境信息公开，鼓励更多的社会组织和民众参与港口环评管理的社会监督。



报告为中国改进港口规划环评中的移动源排放评价提出建议，以期从决策源头降低港口开发建设对区域环境的不利影响，从而促进港口行业乃至区域经济、社会和环境可持续发展，助力实现世界一流港口的建设目标。



© Photo by Bert van Dijk on Flickr

背景介绍

港口是推动中国经济发展的综合运输体系重要组成部分，而海港和内河港口可以看作是货物和乘客通往全国和世界各地的大门。世界前十大港口中有七个在中国，承担了全球每年船运集装箱总吞吐量的30%。然而，随着船舶和卡车抵达港口的不仅有货物，还有大气污染。在中国港口停靠的船舶大多使用馏分油或重质燃料油，两者的硫含量均比路用燃料高。同时，多数的港口集疏运车辆、港作机械和铁路机车的主要燃料都是柴油。所有这些发动机排出的废气均含有大量的柴油机微粒物质（PM）、氮氧化物（NO_x）和硫氧化物（SO_x），对人类健康和环境造成威胁¹。港口和船舶排放已经成为中国一些沿海人口密集城市大气污染的重要来源之一。根据香港、深圳和上海的最新排放清单²，如表1所示，这三座城市的船舶和港口活动排放，尤其是SO₂和NO_x，占总排放量的比例较高。港口相关的柴油燃料汽车、设备和船舶也造成了温室气体（GHG）排放，进而导致气候变化。



控制移动源污染已经成为中国治理大气污染的首要任务之一。2018年，中国国务院发布了《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，目标是凝聚全国力量共同防治空气污染⁴。当前，汽车、非道路移动机械和船舶已经成为大型城市主要的空气污染源，该计划指出在未来三年对移动源污染进行有效控制的迫切性，明确提出调整运输结构，发展绿色交通体系的战略目标并提出针对“油-路-车”的综合行动计划。

2019年9月，中国政府发布了《交通强国建设纲要》⁵政策，提出构建一个安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系。随后，交通运输部等九部门联合印发《关于建设世界一流港口的指导意见》⁶，要求强化港口的综合枢纽作用，整体提升港口高质量发展水平，以枢纽港为重点，建设安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进的世界一流港口。随着这些政策的出台，港口与航运业将得到进一步强化

表 1：当地港口和船舶造成的空气污染占比³

港口城市	SO ₂	NO _x	PM _{2.5}	年份
香港	52%	37%	41%	2017
深圳	59%	16%	5%	2013
上海	26%	29%	4%	2015

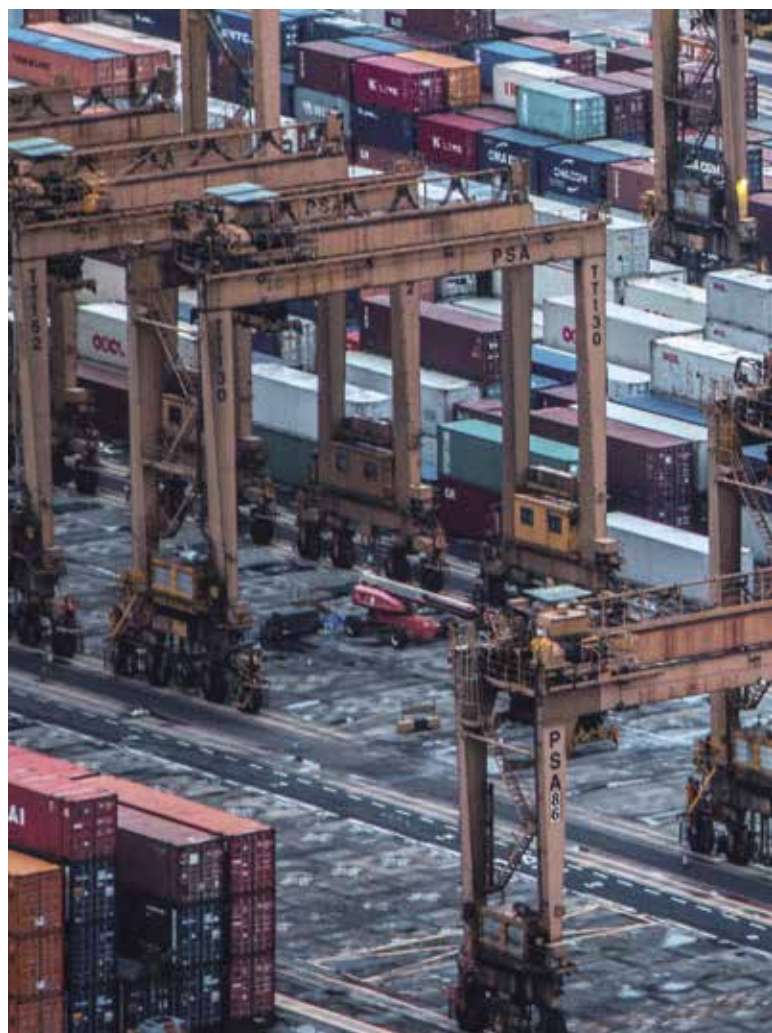
并迎来新的发展机遇。但要体现政策要求的提升港口高质量发展水平，必须于港口总体规划阶段已充分考虑清洁、绿色、安全、高效能的措施或设备。

环境影响评价（EIA简称环评）作为大型项目规划建设前期的必要环节，可在项目决策的早期阶段项目将产生的主要环境问题进行评估，并将预防和缓解措施结合到港口建设发展的决策中。因此，环境影响评价是港口规划建设中评价港口发展和扩建产生的环境影响的一项有力工具。在当前全球航运业增长放缓的背景下，如果能够得到合理的应用和实施，环评中提出的清洁空气方案和潜在激励项目也能够提高港口的竞争力。因此，环评有利于实现港口经济增长和环境保护的双赢。

在中国，环境影响评价最早是在1979年通过的《环境保护法（试行）》中规定的。自2003年9月《环境影响评价法》实施以来，环评制度开始得以系统实施⁷。2004年，中国开始正式推行港口总体规划环评的实施。

大气环境影响评价是港口环评的一个环节。一般而言，环评过程中需要分析、预测并且评估所有可能的环境影响。港口运营和船舶造成的移动源排放是港区空气污染的主要来源之一。然而，一般的环评法规和港口环评专业规范均没有具体提出对移动源排放进行管理和评估的要求。2012年，国家环境保护部和交通运输部联合颁布了关于进一步加强公路水路交通运输规划环境影响评价工作的通知，连同通知一起发布了《港口总体规划环境影响评价技术要点》（以下简称技术要点）指导港口规划环评实践。但是，在技术要点中只要求在船舶流量较大的河港评价船舶烟气排放造成的影响⁸。对海港等其他类型港口由移动源导致的空气污染并未做具体规定。因此在港口规划环评的最初实践中，多数只将干散货运输造成的扬尘和油气污染考虑在内，很少对港口内包括船舶、卡车、港作机械和机车等移动源造成的污染进行分析、预测或评估。所以，虽然根据之前提到的排放清单数据，船舶和港口活动是港口空气污染的重要来源之一，它们在环评

在中国，环境影响评价最早是在1979年通过的《环境保护法（试行）》中规定的。自2003年9月《环境影响评价法》实施以来，环评制度开始得以系统实施。2004年，中国开始正式推行港口总体规划环评的实施。

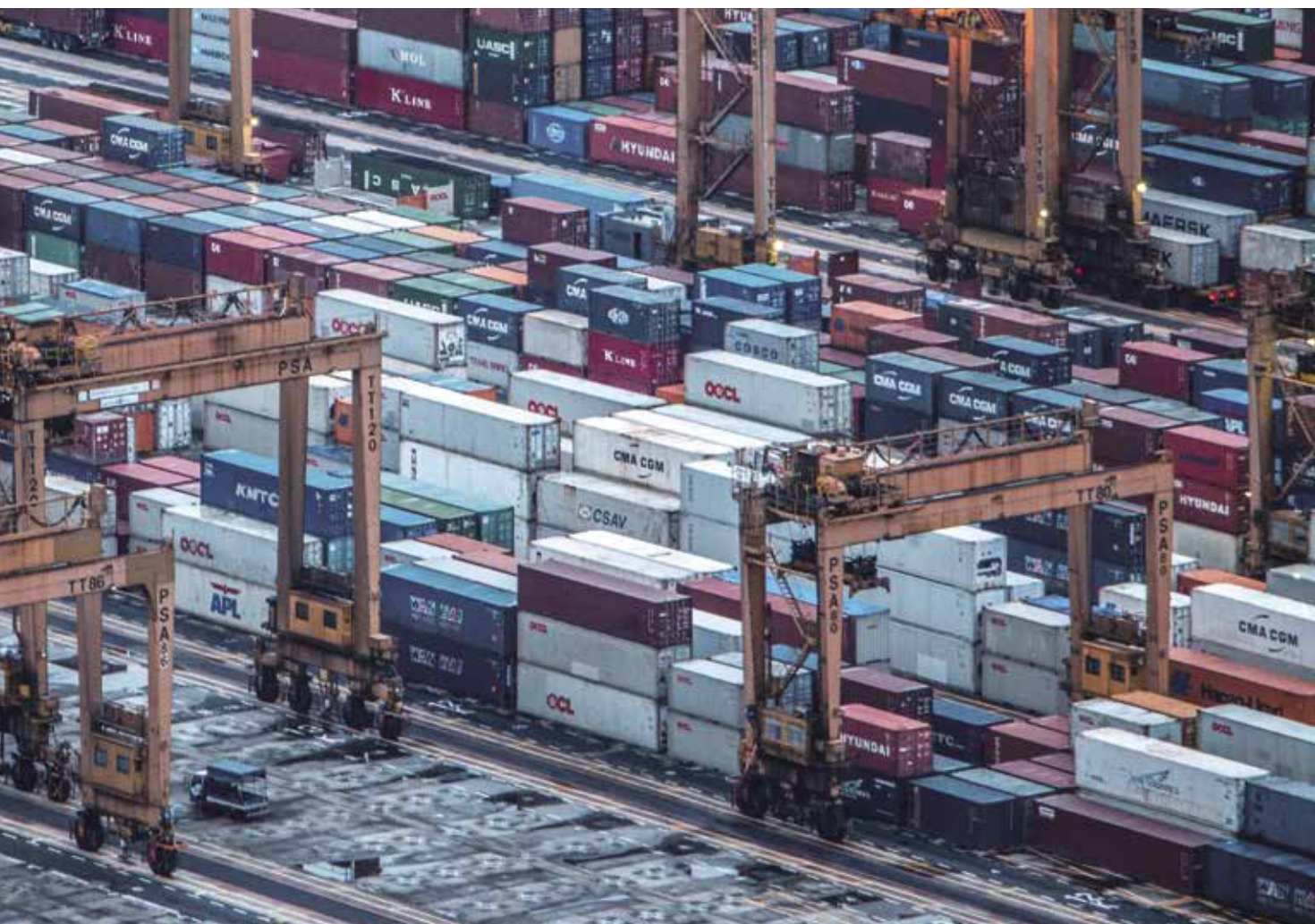


中是被忽视的。近几年来，船舶排放开始被纳入环评报告中，也有少数的港口规划环评中考虑了卡车和港作机械的排放，但范围也仅限于港口范围之内。

港口规划环评中的大气环境评价主要包括范围界定（确定空气污染源）、空气污染排放预测、周围空气质量影响评价、建议形成、港口规划和运营中缓解措施提出以及后续评估与监测。

美国和一些欧洲国家在防控航运和港口污染方面有多年经验。本报告梳理了一些欧美国家基于环境影响评价法律法规框架下的港口移动源排放评估流程和基本方法。这些国家均在各自的环境立法框架下执行港口规划环评。在港口规划建设中，首先要求评估港口发展对环境和社会造成的广泛影响，包括对空气质量

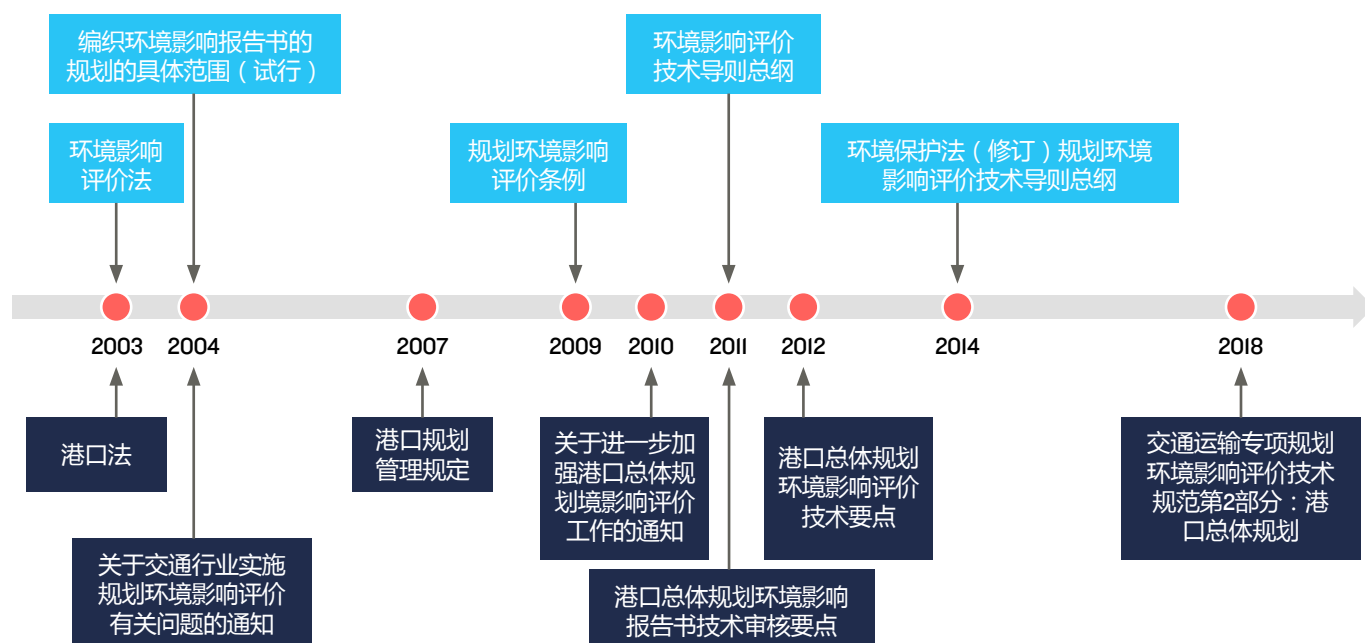
的影响进行评价，并形成了根据港口内船舶、港作机械、重型汽车、港口作业船、铁路机车等相关移动源排放来评价空气污染排放的系统方法。在此基础上，通过将港口环评和环境许可相结合的“双保险”，支持港口的可持续发展。此外，针对港口的环境监测设计了后续跟进机制，用于评估缓解方法的有效性并方便进行及时调整。报告重点介绍了荷兰鹿特丹港、美国洛杉矶港和长滩港移动源排放评估和管理的案例。基于这些案例研究的经验，报告为中国改进港口规划环评中的移动源排放评价提出建议，以期加强移动源评估在港口环境影响评价中的地位，从决策源头降低港口开发建设对区域环境的不利影响，从而促进港口行业乃至区域经济、社会和环境的可持续发展，助力世界一流港口的建设目标。



© Photo by ummid Jr on Unsplash

中国港口环评概述

环评特别是规划环评在项目决策早期对可能产生的主要环境影响进行评估，并将预防和缓解措施结合到项目建设发展的决策中。经过近20年的探索与实践，中国港口规划环评工作取得了巨大进展，在有效防止港口开发建设对生态环境产生不利影响方面发挥了重要作用。然而，作为港口重要排放源的相关移动源的排放评估在港口规划环评中仍是相对薄弱的环节。

图1：中国港口规划环评发展历程⁹

2.1 中国港口环评的政策沿革

环境影响评价在20世纪70年代末引入中国。2003年9月《环境影响评价法》的颁布实施，标志着我国环评工作进入制度化、法制化阶段。环评法实施之后，环境保护部（现生态环境部）和交通运输部发布了一系列政策和法规，重申依法实施港口环评的重要性并明确了港口环评的具体程序。港口规划环评发展历程及相关重要政策文件发布时序见图1。

港口规划和项目建设环评遵循不同的标准和指南。本报告将重点介绍港口规划阶段的环评流程，即规划环评。规划环评在我国和欧盟国家中都是战略环境影响评价（SEA）的一部分。规划环评程序中应明确、描述和评估规划实施可能对环境产生的所有重大影响。在欧美国家环评中还要求在考虑规划的目标和地理范围的同时，研究合理的替代方案。实际上，可以将规划环评视为一种决策支持工具，用以尽可能详细地描述实施一项计划、政策或项目相关的环境影响。规划环评必须包含足够的信息，以评估影响的接受

度，并由此提出适当的修改和缓解措施。

《环境影响评价法》和《规划环境影响评价条例》中有关环境影响评价范围和程序的规定适用于所有规划活动，其中均未对港口规划和建设工程环境影响评价做出特殊规定。港口规划建设作为大型建设项目，环评工作应遵循环境法律法规中的普适条款。《港口法》第七条第二款要求“编制港口规划应当组织专家论证，并依法进行环境影响评价。”¹⁰《港口规划管理条例》第十九条规定“编制港口规划应当依法进行环境影响评价，并符合国家规定的环境影响评价的程序、内容及深度要求。”上述的“依法进行环境影响评价”的“法”就是《环境影响评价法》和《规划环境影响评价条例》。

基于规划内容的差异，不同类型的规划环评技术可能存在差异。因此，《规划环评条例》第九条规定，对规划进行环境影响评价，应当遵守有关环境保护标准以及环境影响评价技术导则和技术规范。规划环境影响评价技术导则由国务院环境保护主管部门会同国务院有关部门制定；规划环境影响评价技术规范由国务院有关

部门根据规划环境影响评价技术导则制定，并抄送国务院环境保护主管部门备案。根据上述授权，2003年原国家环保总局制定了《规划环境影响评价技术导则总纲（试行）HJ 130-2003》并于2014年修订为《规划环境影响评价技术导则总纲HJ 130-2014》。

2012年环境保护部和交通运输部联合颁布了《关于进一步加强公路水路交通运输规划环境影响评价工作的通知》，《港口总体规划环境影响评价技术要点》作为该通知的附件一并印发，实际上起到了港口总体规划环境影响评价技术规范的作用。2018年交通运输部又专门制定并发布了《交通运输专项规划环境影响评价技术规范第2部分：港口总体规划（JTT1146.2-2018）》，对港口总体规划环境影响评价中规划分析、资源环境现状调查与评价、环境影响识别与评价指标体系构建、环境影响评价、规划方案综合论证和优化调整建议、环境影响减缓措施、环境影响跟踪评价、公众参与和评价结论等方面的要求进行了规定。

2.2 中国港口环评中的大气环境影响评价

大气环境评价是一般环境影响评价流程以及港口环境影响评价的一部分。一般而言，环评需要分析、预测和评估所有可能的环境影响。作为规划环境影响评价的基本要求，《规划环境影响评价技术导则》要求评估机构识别所有可能造成的重大不良环境影响，包括直接影响，间接影响，短期影响，长期影响，各种可能发生的区域性、综合性和累积性的环境影响¹²。

虽然2003和2014年两个版本的规划环境影响评价技术导则总纲都将全面评估规划实施可能产生的各种环境影响作为规划环评的一项基本要求。但是在港口总体规划环评领域，对于需要评估的环境影响的范围则有一个逐步扩大的过程。2012年发布的《港口总体规划环境影响评价技术要点》要求重点识别长期、直接、不可逆和累积的影响，并关注间接影响。而2018年发布的《交通运输专项规划环境影响评价技术规范第2部分：港口总体规划（JTT1146.2-2018）》则要求

重点识别可能导致环境功能恶化、资源环境利用存在严重冲突的环境影响，包括长期、直接、不可逆、综合性、区域性和累积性的影响及间接影响¹³。可见，对港口总体规划实施可能产生的间接影响，在环境影响评价中的重要性得到加强。

从港口总体规划环评的指标体系看，移动源的重要性也在逐步提升。2012年的《港口总体规划环境影响评价技术要点》中，大气环境影响评价的重点是大宗散货港口的粉尘和油品港口的油气。移动源方面，只要求在船舶流量较大的河港评价船舶烟气排放造成的影响；同时在环境影响评价指标中也将公路集疏运尾气二氧化氮排放总量列为大气环境的考核性评价指标。在2018年的《交通运输专项规划环境影响评价技术规范第2部分：港口总体规划（JTT1146.2-2018）》中，移动源在规划环评中的重要性得到进一步提升。一方面，船舶废气的重要性得到了提升，被列为粉尘和油气之后的第三大评价对象，要求处于船舶排放控制区的港口总体规划应分析船舶废气排放造成的影响。另一方面，附录D所列的环境影响评价指标体系中，除了船舶之外，集疏运车辆和流动机械尾气的二氧化硫、二氧化氮排放总量（t/年）也被列为污染物排放评价指标。

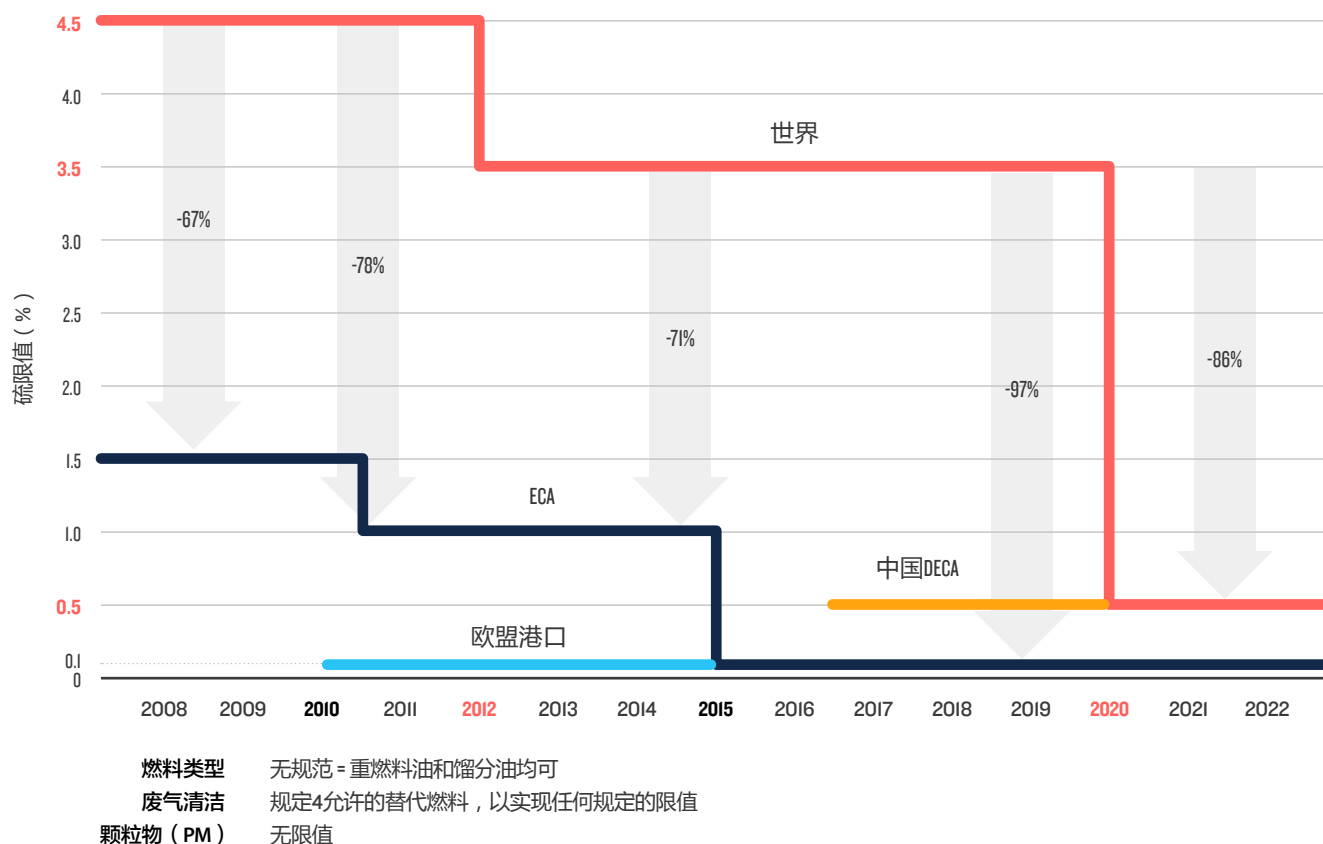
2.3 中国应对港口和航运相关空气污染的政策措施

港口空气污染主要来自三个方面：船舶排放、港口运营和货物装卸以及卡车运输。近年来，随着有效的产业转型和升级，以及燃煤和路面机动车污染管控的收紧，船舶等非道路移动源排放问题逐渐显现，并受到越来越多的关注。中国政府已经颁布了一系列政策以应对来自港口和航运的空气污染。

2.3.1 实施国内船舶排放控制区

2016年，中国出台了国内排放控制区（DECA）相关法规，规定逐步转为使用低硫船用燃料。该法规首先在三个主要港口地区（环渤海，长江三角洲和珠

图2：中国的DECA、IMO的ECA和世界船用燃料的硫限值



江三角洲)实施,要求所有停靠船舶使用0.5%的硫燃料。从2019年1月开始,所有在中国领海(距海岸12海里)运行的船舶都必须使用硫含量0.5%的燃料;自2022年1月起,在海南海域航行的远洋轮船必须使用硫含量0.1%的燃料。法规还要求所有内河船舶使用与汽车燃料相同的、硫含量不超过10ppm的柴油⁴。

中国的DECA政策在很大程度上是基于国际海事组织(IMO)根据《国际防止船舶造成污染公约》(MARPOL)制定的标准。2016年出台的DECA政策在中国主要港口地区,将IMO要求于2020年1月生效的全球远洋轮船必须使用0.5%硫含量燃料的规定提前了3-4年。扩大范围后的2019年DECA法规比IMO全球要求提早了一年。自2015年起,国际排放控制区(ECA)中的燃料硫含量限制为0.1%以下。

2.3.2. 鼓励港口岸电

岸电供应(OPS)为停泊的船舶在其主引擎和辅助引擎关闭时提供岸上电力。岸电可以节省本应为靠港船舶提供电力的燃料消耗,并消除与燃料消耗相关的空气污染。根据DECA法规,自2019年7月起,可连接到岸电的船舶必须使用岸电,所有在中国港口停靠的邮轮自2021年1月1日起必须使用岸电。2019年和2020年以来建造的船舶(油轮除外)应具备使用岸电的能力,且后者应于2022年开始使用岸电。根据交通运输部发布的港口岸电部署计划,中国将于2020年底完成投资建造493个港口岸电设施,包括沿海港口366个和内河港口127个,保障船舶在泊使用岸电。同时,深圳等地的地方政府也为建设和使用OPS提供建设补贴和使用激励。

表 2：2019 年中国 LNG 船舶¹⁶

类型		数量	总计
LNG 为燃料		110	285
双燃料		175	
改造	原燃料发动机	46	285
	更新发动机	72	
新建		167	

2.3.3. 港口设备电气化

中国的大型港口也正在进行港作机械（尤其是起重机）的电气化升级口。同时，较为老旧的柴油集疏运卡车也逐渐被液态天然气（LNG）或电动集疏运卡车所取代。

如果岸电设施和港口电气设备使用可再生能源供电，则能够很大程度改善港口地区的空气质量，并减少运输和港口活动产生的二氧化碳和黑碳排放。

2.3.4. 推动航运业的 LNG 使用

在“十二五”和“十三五”规划期间，中国主要致力于推广 LNG 作为低排放的船用燃料替代品。已有计划在长江，西江和京杭运河沿线建造 74 座 LNG 加气基础设施。如表 2 所示，目前中国已建造或翻新了 280 多艘 LNG 船。尽管长江上有数百艘 LNG 内陆船在运营，但这一努力面临着重大挑战，尤其是公众对 LNG 加气设施安全性的担忧，大大减缓了加气设施的建设和船只的部署。¹⁵

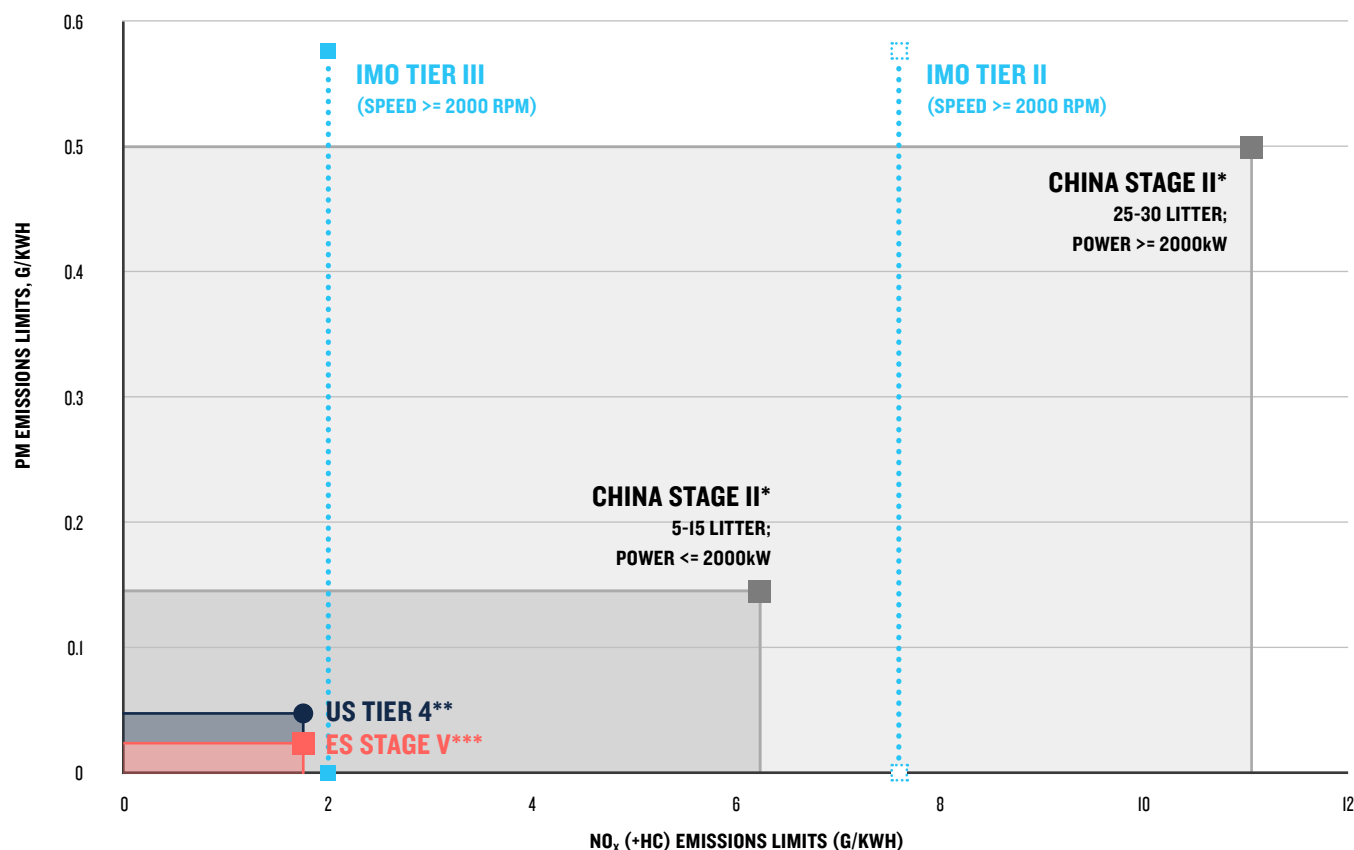
2.3.5. 运输结构调整

调整货运运输结构、实现运输方式由公路向铁路、水路转变，是《打赢蓝天保卫战三年行动计划》提出的主要战略之一。中国将稳步增加铁路货运量，促进码头铁路/轮船运输，并改善码头铁路与主要铁路/码头站场之间的联系。到 2020 年，长江沿岸的主要港口将完成与铁路的互联互通。

2.3.6. 提高国内船舶发动机的排放标准

目前，船舶 NO_x 排放的管控主要依赖于发动机排放标准的制定。中国针对内河、沿海、海河船和渔船发动机的第一阶段排放标准实施于 2018 年 7 月 1 日。中国第一阶段船用发动机标准的 NO_x 和碳氢化合物（HC）限值至少是国 V 排放标准中对卡车限值的三倍。自 2018 年 9 月 1 日起，从事国内水路运输的进口船舶和中国籍国际航行船舶所使用的柴油发动机必须满足 MARPOL 73/78 附则 VI 的 II 级 NO_x 排放要求。2021 年 7 月 1 日起，将实施第二阶段船用发动机排放标准。在欧盟和美国，内陆和国内船舶要遵守更为严格的 NO_x 标准。在美国的 ECA（以及 2021 年在北海和波罗的海

图3：船用发动机排放标准



Emission standards depend on engine rated speed, displacement per cylinder or rated power; rpm = revolution per minute

* Standards for PM and NO_x+HC, to take effect in 2021.

** Standards for PM and NO_x, for engines with rated power >= 600kW and <3,700kW; phased in from 2014 to 2017

*** Standards for PM and NO_x, for engines with rated power > 300kW; phased in 2019-2020.

的ECA)中运行的新远洋船舶(OGV)也需要满足更严格的NO_x限制(Tier III标准)。这些标准仅适用于新船。满足欧美最新排放标准或Tier III排放标准的船舶必须安装排放控制装置,或切换到替代燃料发动机(例如LNG),以满足这些更严格的NO_x要求。这些技术需要大量的前期成本及一定的运营成本。

中国通过推行上述减排系列措施,港口空气污染治理效果显著。2018年我国环渤海(京津冀)、长三角、珠三角排放控制区的船舶硫氧化物、颗粒物排放量相比2015年分别下降33%和22%。¹⁷

¹⁷ 中国新型重型卡车和客车发动机的排放标准遵循欧洲的先例,命名为国I、II、III等。国V标准(类似于欧V)适用于2017年7月起开始在全国范围内销售的所有新型柴油和汽油车辆。

¹⁸ MARPOL附则VI第13条的NO_x排放限值适用于船舶上安装的每台功率超过130 kW的船用柴油机。附则VI(修订版)对新发动机的要求采用了“三级”架构。结构的第II级要求,建造于2011年1月1日及之后的船舶所安装的柴油发动机需将NO_x排放水平降至4.4 g/kWh。第III级要求,建造于2016年1月1日及之后的船舶所安装的柴油机,在船舶行驶于指定ECA范围内时,其NO_x排放水平需降至3.4 g/kWh。在指定的ECA之外,执行第II级规定。

美国和欧盟港口 环评的法规框架

美国和一些欧洲国家均在各自的环境立法框架下执行港口规划环评。在港口规划建设中，首先要求评估港口发展对环境和社会造成的广泛影响，包括对空气质量的影响进行评价，并形成了根据港口内船舶、港作机械、重型汽车、港口作业船、铁路机车等相关移动源排放来评价空气污染排放的系统方法。在此基础上，通过将港口环评和环境许可相结合的“双保险”，支持港口的可持续发展。



© Photo by Artem Sapozhnikov on Unsplash

3.1 美国港口环评的相关法规

3.1.1 国家环境政策法（NEPA）

在美国，尼克松总统于1970年1月1日签署了国家环境政策法案（NEPA），这是标志着开启新的绿色十年的第一部正式法案。随后，美国的五十个州中有大约一半颁布了相关方案，包括加利福尼亚州颁布的加州环境质量法案（CEQA）¹⁸。NEPA是美国进行环境影响分析的基础。

NEPA颁布不久之后，白宫成立了环境质量委员会（CEQ），发布了针对法律实施的非约束性指导方针。有了七年的经验为基础，加之当时对于不必要的拖延和文书工作的不满，卡特总统发布了约束性法规，取代先前的指导方针。它的目的旨在精简法律的应用——减少文书工作和延误，同时强调环境保护的结果。现在环评实践已经在全部50个州推行。

美国由联邦资金（并非州资金）全资或部分支持的建设项目，或者会对联邦国土或水域（如主要河流和海洋）产生影响的项目，必须根据NEPA程序进行分析。港口作为重要交通基础设施，多数的港口重大建

设项目需要得到联邦的许可和资金资助，因此都将收到NEPA法案的约束。

NEPA要求项目的牵头机构认真审视项目的环境后果，并与可能减少这类后果的其他可行方案进行对比。在港口项目中，其中包括分析“陆上”影响，如港口扩建或疏浚工程导致的当地柴油卡车交通量增加。

3.1.2. 环评流程

NEPA的规定的分析有三个级别：（1）环境影响报告书（EIS）——最全面的分析，每年完成数百份；（2）环境评估（EA），更简短的文件，每年完成数万份；（3）除外对象，包含事先确定为不会产生重大环境影响的行动类别，不论是单独的影响还是累积的影响。

EIS必须包含对提议行动的目标和需求的说明，对替代方案的讨论，对受影响环境的讨论、公众参与和对提议行动和替代方案产生的环境影响的讨论。NEPA既适用于单个项目，也适用于政策、规划和项目计划。

替代方案分析被认为是环评流程的核心。环评文件必须客观地对所有的“合理替代方案”进行评估，对每个

替代方案进行“实质性处理”，其中还包括一个“不采取任何措施”的替代方案。

环境影响报告书还必须讨论缓解措施，即在项目不断推进的过程中能够减少或消除任何不利环境影响的方法。讨论必须既包括直接影响（由项目导致，发生在同一时间地点）和间接影响（由项目导致，但是发生时间较晚或在有一定距离的地点发生，但仍是“合理可预见”的）。后者包括增长带来的影响。

环境影响评价文件还必须考虑累积影响，即当项目累加上其他过去、现在和合理可预见的未来项目时产生的影响不论执行行为的主体是谁）。这可能源于单独影响很小但是集合产生影响很大的行动。关于港口，船舶、卡车、火车和港口的码头机械设备带来的排放就是累积影响的一个例子。

各机构在环评流程中担任不同的职责。提出行动的机构（或有权批准的机构）是准备环评文件过程中的牵头机构。具备司法管辖权或专门知识的机构可称

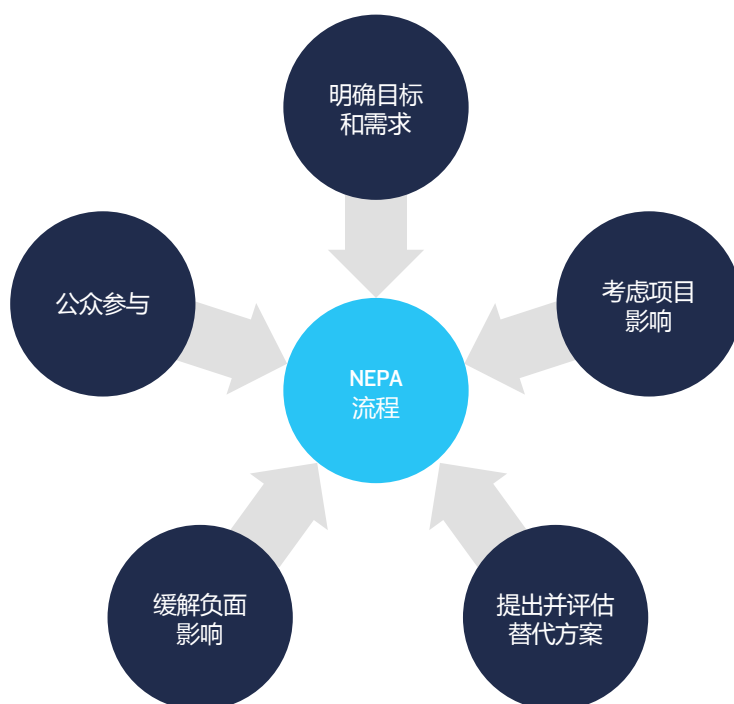
为辅助牵头机构的合作机构。对环评文件发表评论的机构是评论机构。CEQ负责监督政府范围内的NEPA流程。CEQ授权美国环保署（EPA）负责对其他机构的EIS进行公开评估。

环境影响报告书可以由牵头机构独立完成或牵头机构单独选择的外部承包商完成。利益冲突条款保证承包商对环评流程的结果，如或有补偿，没有任何利益关系。

依照程序，NEPA流程从范围界定开始，牵头机构邀请公众和其他机构对EIS中应研究的内容发表意见。然后，准备EIS草案，随后进入公众意见征询期。接下来，牵头机构根据这些评论修改其文件，并完成最终版本的EIS，该EIS将公布至少30天以待进一步评论。之后，牵头机构会准备一份决策记录（ROD），内容包括机构决策、对EIS给予了哪些关注以及采用了哪些缓解和监测措施以确保该决策的后续行动。

根据美国港务局协会（AAPA）进行的一项调查，

图4：美国国家环境政策法案（NEPA）环境影响报告书组成部分¹⁹



美国港口及其私营合作伙伴的预计将在与港口相关的基础设施上花费1,548亿美元。到2020年,联邦政府还将对美国港口增加248亿美元的投资²⁰。考虑到所有这些与港口相关的计划和投资,美国环保署于2016年发布了一份国家港口战略评估报告,以指导评估美国港口地区的移动源排放,并为决策者提供减少美国港口空气污染和温室气体的战略和技术。

3.1.3. 加州环境质量法案 (CEQA)

在加利福尼亚州,港口开发类的项目需依照《加州环境质量法案》(CEQA)的要求进行分析。CEQA遵循NEPA模式,但决策者有更大的义务选择对环境有益的替代方案。一般认为NEPA是程序性的(也即有充分的影响披露,但并没有义务规避这些影响),而加州的CEQA则是实质性的(这意味着存在避免不利影响的法定义务)。CEQA要求在可行的情况下减轻项目对环境的重大影响。在实践中,这通常意味着项目将比最初提议时的成本更高。例如,如果港口工程项目出现诸如柴油卡车排放量的增加的环境影响,则可能需要采用清洁卡车或零排放货物运输方式的缓解措施。这些缓解措施可以由负责项目的牵头机构或公民在法院依法强制执行。加州可以对新发动机或车辆采用更严格的排放标准(受EPA豁免的约束),并设定燃料规格。

3.1.4. 港口空气污染评估要求

联邦《清洁空气法案》(CAA)和NEPA为监管和缓解美国货物运输排放所产生的影响提供了法律依据。清洁空气法案旨在保护公共健康和福利免受各类空气污染的损害。该法案为包括臭氧,颗粒物,二氧化氮,二氧化硫和一氧化碳在内的污染物()建立了空气质量标准。空气污染水平超过这些标准的地区称为“未达标”地区。有未达标区域的州必须制定切实可行的空气质量计划或《州实施计划》(SIP),以明确达到标准所需的减排量以及实现减排的控制措施。对于港口行业而言,CAA中很重要的一部分是有关柴油机、轮船装载操作、油漆涂料以及车辆和各类港口设备排放的法规^{21,22}。

清洁空气法案对包括港口扩建或基础设施规划在内的交通运输规划提出了要求,即由联邦资助或批准的高速公路、海港、机场和铁路项目必须符合SIP排放预测,以避免产生新的空气质量违规现象、加剧现有的违规行为或推迟空气质量标准的按时达成。EPA与其他联邦机构合作,通过法规制定合规性政策,并在基础设施提案获得批准后加以实施。

通过提供信息,激励措施和财务援助,EPA正在努力鼓励企业采用符合甚至高于监管标准的清洁技术。国家清洁柴油运动是一项旨在减少卡车,火车机车,船舶和港作机械等各个领域柴油排放的综合计划。EPA的行业战略计划还会与行业进行合作,从而实现辐射全行业的环境目标。例如,EPA鼓励港口利用排放清单测算港口对环境的影响并部署环境管理系统(EMS)。

加州制定了一项全面的计划,用以评估和减少来自货物运输的健康风险,并减少造成区域臭氧和PM_{2.5}高含量的排放。加州空气资源委员会(CARB)制定了升级卡车、港作船只和机械的计划,并通过了最大程度降低排放和社区健康影响的法规²³。CARB还先于国际海事组织(IMO)对船舶的低硫燃料使用提出要求,并规定使用岸电(或等效替代)来减少船舶在在泊时的排放。

许多港口还自愿实施了管理空气质量与减少其环境足迹的计划,现已实施了一系列策略,如要求使用岸电、增加铁路可达性以及使用低硫燃料等。

位于加州的洛杉矶港和长滩港共同组成了美国最繁忙的港口,港口邻近社区和NRDC在21世纪初期就港口几个大型扩建项目上遵守CEQA的情况提出了挑战。其中最重要的环境问题是港作船只、火车、卡车和其他车辆造成的空气污染。一般会通过建模和测试形成排放清单,主要对柴油颗粒物进行衡量,用以评估港口的空气污染,

因此,洛杉矶港和长滩港制定了《圣佩罗湾清洁空气行动计划》²⁴,涵盖港口内所有形式的货物运输,包括船舶、卡车、火车和站场设备。该计划要求通过



租赁、关税和激励措施采取积极的港口行动，以清洁柴油排放源并限制港口扩建项目的影响。从2006年到2016年，该计划已帮助港口减少了近87%的柴油微粒物排放，而在此期间，港口吞吐量增加了10%。港口也由此深化了未来严格遵守CEQA法案的意识。

3.1.6. 公众参与：加强问责

NEPA还规定了地方社区的公众参与过程，以确保港口相关项目对健康的影响得到充分考量，并保证缓解措施的实施。NEPA要求向公众提供完整环境分析报告的电子版和纸质版本，举行公开听证会，征求公众意见。牵头机构以书面形式答复所有公众意见。机构做出的最终决定可再通过法庭进行判决。为了进一步提高社区的参与度，EPA制定了将环境正义问题纳入NEPA合规性分析的最终指南，以指导联邦机构解决环境正义问题的方法并让当地社区充分参与其中²⁵。

做出决定后，任何有资格的人都可以在法庭上质疑该决定，并提出，根据决定者参考的记录，该决定是任意且不定的。如果原告胜诉，此事将退回牵头机构以纠正其错误。实际上，仅有一小部分NEPA文件会受到法庭质疑，但是对独立、公正审查的预期会极大程度上确保NEPA程序的完整性。

3.2 欧盟港口环评的相关法规

3.2.1. 欧盟环评指令简介

欧盟《环境影响评论指令》（环评指令）旨在管理欧盟内部的环评实践，该指令于1985年首次提出，此后进行了多次修订。2001年，欧盟又发布了《战略环境影响评价（SEA）指令》。环评指令适用于其附件I和II中所列的各种公共和私人项目。附件I所列的所有项目均被视为对环境有重大影响，并要求进行环评；对于所有附件II中的项目，由相关国家政府自行决定其是否需要环评。港口开发包含在附件I中，而较小的港口项目可能属于附件II^{26, 27}。

大型港口，以一定吨位的船舶通行标准，归入EIA指令的附件I中。较小的港口则必须归入附件II。本附件指出，“道路、港口、港口设施，包括渔港（附件I中未涵盖的项目）”必须在决策制定之前进行具体案例分析或者根据成员国设置的标准进行EIA。指令的附件III列出了在具体案例研究或设定门槛和标准时必须考虑的选择标准。

在欧盟层面并不存在针对港口环评的具体政策或要求。港口活动和扩建被归入交通运输和基础设施领域，并被认为是跨欧洲多式联运网络的一部分。与港口有关的环评和环境管理必须遵守相关法规的所有一般要求，尤其须注意欧盟法规中定义的“环境敏感区”。由于港口通常位于人口密集区和海洋敏感区附近，因此港口开发必须从整体规划的角度出发，考虑到社会经济和环境需求以及周围沿海地区的制约因素。此外，对于交通相关的项目，欧盟委员会设定的主要目标是：（a）可持续和安全的出行，（b）环境保护，（c）从环境影响的角度对交通方式进行比较，（d）现有设施的最佳使用，以及（e）互通性。应对环境可持续性的绩效指标进行规定。欧洲海港组织（ESPO）2003年发布的《环境行为准则》为在港口区域内环境保护的计划行动提供了质量框架。

根据欧盟环评指令提供的总体框架，每个欧盟成员国都应制定或修订自己的环评法律和政策以执行欧盟指令²⁸。这些特定国家/地区的环评监管框架和程序在欧盟国家之间仍可能存在很大差异。欧盟环境法实施与执行网络（IMPEL）的一项研究（2012年）发现²⁹：

- 几个（即并非全部）欧盟国家出台了是否需要环评对附件II项目进行筛选的指南。
- 负责环境影响评估程序的主管部门可以在国家、地区或地方层面，也可以设定于地区级别上占稍多数的法定机构中。
- 在大约50%的国家中，环境报告的范围界定是强制性的，一些国家颁布了范围界定和环评程序指南。除主管部门外，一些国家还会有公众参与强制范围的界定。
- 几乎所有欧盟国家都要求必须对施工阶段的环境影响进行调查，而约75%的欧盟国家要求必

须对潜在事故/事件的环境影响进行调查。

- 提交的环评报告的评估过程有时可能需要主管部门之外的其他专门任命的委员会或独立专家参与。
- 在大多数欧盟国家中，环评需要具备针对监测的相关建议。在大约三分之二的国家中，这些建议随后以义务或条件的形式纳入了开发同意书。

环评指令于2014年进行了更新，原因包括：筛查流程操作不充分（附件II），导致一些欧盟国家强制要求进行环评，而其他一些国家则无需进行任何环评即可推进项目；质量不足和评估分析不充分；与其他欧盟指令不一致的风险，包括环评的时长有时会导致制定流程过长或过短，无法保证充足的公众咨询的空间²⁹。

除了一般的环评指令外，欧盟还制定了许多规范海上运输和基础设施各个方面的具体政策、策略和法律。例如2015年的欧洲监测、报告和核查（MRV）计划，对进入或驶离欧盟成员国管辖范围内港口的船舶进行碳排放监管。船舶所有人和经营人须遵守碳排放监测、报告和核查（MRV）规范。监控计划应于2017年8月31日之前提交，也是第一个合规的期限³⁰。

3.2.2. 港口空气污染评估的要求

2008年通过的《空气质量指令》是管理欧盟空气质量的主要指令。其中对几种危害人体健康的空气污染物设定了指标。该指令还要求欧盟成员国对空气质量进行监测和评估，以确保其达到这些目标，向欧洲委员会和公众报告监测和评估的结果，并制定和实施包含实现目标措施的空气质量计划。其他可能与港口开发存在联系的指令包括《非道路移动机械上安装的发动机排放指令》，《液体燃料硫含量指令》和《汽油储存和配送所产生的挥发性有机化合物排放指令》。

²⁸ 值得注意的是，“环境影响评估指令”规定了欧盟国家必须通过本国立法遵守的最低标准/要求。他们不能低于，但总是可以超过指令的要求。

所有的欧盟指令都必须转化为国家立法，以指定由哪个机构负责这些任务。各国也可以选择采用比该指令中包含的阈值/限值更严格的阈值/限值。《空气质量指令》设置了颗粒物（ PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ ）、二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、铅、苯和一氧化碳的限值，这些限值均参考了世界卫生组织（WHO）制定的指南³¹。

视乎开发建设的规模和重要性，可以进行不同类型的环境影响评估，例如快速环境影响评估，它可用于有可能造成有限负面影响的项目。这一快速评估的程序包括收集单季数据，广泛识别影响和使用一般方法预测影响。对于可能引起一系列重大负面影响的项目，将需要进行全面的环评，因为只有通过详细的研究才能够确认这类项目的负面影响程度。会对整个区域的发展产生影



响的项目则需要事先进行战略环境评价²⁹。

作为环评研究范围界定过程的一环，主管部门可以根据预期项目产生的空气排放是否会对附近的敏感居民或栖息地产生潜在影响，来确定特定的空气质量（排放扩散）模型和影响评估要求。例如，对于荷兰的鹿特丹港而言，近期的港口扩建距离居民区很远；

NO_x排放增加对附近敏感栖息地的潜在不利影响才一直是某些开发提案的限制因素。一般来说，预测固定源（例如烟囱）排放与移动源（例如交通）排放的扩散会采用不同的扩散模型。此外，为背景空气质量水平（受影响地点的现有排放量）和气象数据建立足够连续和可靠的数据集也十分重要。荷兰等国家已经开发出了本国首选的空气质量模型，其中包括了全面的数据集，用以评估开发提案对空气质量的影响。

3.2.3. 后续机制：港口监控

在环境影响评估程序的最后，有关主管部门会决定该项目能否进行，并注意与之相关的条件。这一决定必须公开，该决定所依据的主要论点（包括公众参与过程的有关信息）以及必须采取的减少项目不利影响的措施也必须公开。与环评批准相关的条件将包括在项目的环境许可证中，通常包括特定的监测和报告要求。空气污染物的参考测量方法可参考欧洲的EN标准（例如，用于测量PM₁₀的EN 12341）。欧洲标准（ENs）是经三个欧洲标准化组织（欧洲标准化委员会，欧洲电工标准化委员会和欧洲电信标准化协会）之一批准的文件，认可其在自愿技术标准化领域的有效性。

为了确保合规，许可证通常要求提供不违反周围空气质量标准的证明。然而，将违反此类标准的行为归因于特定来源并不总是十分简单。因此，许可证还可能包括对一种或多种相关污染物排放速率的实际限制，并要求运营方或第三方监控排放速率。此类监控必须在质量保证体系内进行，以确保所获得的数据有效且适用于所检测的来源和污染物的性质和大小³²。



港口的移动源评估

本部分将介绍国际上港口移动源评估的一般流程和方法，以帮助改进我国港口环评实践中的港口排放评估。本部分内容主要参考由GloMEEP合作倡议和国际港口协会(IAPH)于2018年出版的《港口排放工具包指南第1部分：港口排放评估》(PETG)，以及由美国环保署于2016年出版的《国家港口战略评估：减少美国港口的空气污染和温室气体》(NPSA)。

图 5：港口排放评估的规划步骤



4.1 港口移动源评估流程

为了最大限度地提高港口排放评估的成功率，并尽量减少进行评估的工作量，港口排放工具包PETG³³建议在开始实际评估之前遵循一系列规划步骤。这些步骤如图5所示，主要步骤将在以下各节中进一步讨论。

除了上述规划步骤外，美国EPA的《国家港口战略评估》还建议在评估特定港口区域的战略时考虑以下问题³⁴：

- 港口的类型和规模是怎样的？
- 港口最主要的柴油排放源是什么？
- 是否有针对特定港口的排放清单或清洁空气计划可以用来参考？
- 港口每个领域的柴油车/船已经使用了多久？
- 是否已有方便利益相关方参与的平台？

4.2 港口环评中的移动源类型

美国EPA将移动源定义为可移动或可被移动到不同地方的机动车辆、发动机和设备。移动源包括在道路上运行的车辆，以及非道路上的运载工具、发动机和设备。根据美国EPA港口倡议（EPA Ports Initiative），港口需要评估与港口有关的卡车、火车机车、港作机械、港口船只和远洋船的排放³⁵。EPA发布的《国家港口战略评估》重点对减少柴油车辆和设备排放的战略潜力进行了研究，并评估了以下五个主要的移动源领域。

4.2.1. 集疏运卡车

集疏运卡车是运输货物进出港口的组合式短程卡车。集疏运卡车通常在港口和附近的铁路站场或配送中心之间进行短途往返。集疏运卡车通常在进出港口、装载或卸载集装箱或其他货物时会出现大量的等待时间或缓行时间。在美国，相较长途货运卡车更快的更新和周转率，集疏运卡车的车龄通常较长。

4.2.2. 铁路

美国港口环评评估中的铁路排放源通常包括调车机车和长途运输机车。调车机车在铁路站场内执行铁路车厢的短距离运输，而长途运输机车则需要驶出港口到较远的目的地。调车机车将各个铁路车厢连接起来，组成由长途运输机车牵引驶出港口的列车。

4.2.3. 港作机械

港作机械在港区内使用，可装卸货物到远洋轮船（OGV）和港作船上。港作机械可以在港口范围内移动，转运货物到卡车和火车车厢上。港作机械包括叉车、起重机和散货装卸设备（例如，拖车、装载机）等多种类型。在美国的主要港口，港作机械正在逐渐升级为电动或混合动力驱动。本部分将主要介绍以柴油为动力的港作机械，特别是站场拖车、轮胎式龙门起重机（RTG）和集装箱装卸机（顶臂架和侧臂架）。

4.2.4. 港口作业船

港口作业船协助将远洋轮船运送到港口周围，将货物和人员运进和运出港口区域，并为OGV提供燃料；他们还负责将人员和补给品运送到海上设施上。港口作业船是指发动机每缸排量小于30升的船只，在美国被归类为1类和2类船只。有许多不同类型的柴油动力港口作业船，包括商用渔船、政府船只和疏浚船。

4.2.5. 远洋轮船

远洋轮船负责将货物和人员运入或运出港口，通常会往返于外国港口，进行长距离运输。它们也可能往返于其他国内港口。远洋轮船是指发动机每缸排量在30升或以上的船只（即第3类船只）；港口评估中考虑的远洋轮船船舶类型级描述见表3。推进发动机和辅助发动机的活动都需要考虑在OGV柴油排放的评估中。

表 3：当地港口和船舶造成的空气污染占比 ³	
船舶类型	描述
汽车运输船	装载集装汽车的自航干货船舶
散货船	装载零散货物的自航干货船
集装箱船	装载集装货物的自航干货船
一般货物	装载各类干货的自航货物船
乘客	自航邮轮
冷藏自航	装载易腐货物的干货船
滚装 (RORO)	处理货物滚装的自航船
油轮	自航液体货物船，包括化学油轮、石油产品油轮、液体食物产品油轮等。

4.3 港口环评中的空气污染物和温室气体

如上所述，空气污染物和温室气体来自于用于港口海上作业的排放源。港口排放评估的重点是与货物运输有关的排放源。港口运营涉及多种多样的排放源，但并非在每个港口都能找到所有排放源类型。港口经营范围从单一的货物装卸到融合了货物装卸功能的工业和商业运营。有些港口主要处理国际海上运输业务，还有一些会同时处理国际和国内海上运输业务。

在大多数情况下，港口地区的利益相关者主要关注的是具有短期和局部影响的空气污染物。在地方一级， NO_x （与地面臭氧相关）、PM和 SO_x （会促使PM的产生）是影响港口地区空气质量的最关键污染物。地面臭氧和PM对健康的不利影响是推动世界各地空气质量计划的两个最常见的因素，并且对于几乎所有港口地区减少空气污染物排放的努力都是至关重要的。

有几个国家制定了定义清洁空气的空气质量标准。这些标准中对必须满足标准的地理界限进行了规定。尽管气候变化的影响（例如海平面上升和极端天气事件）是许多港口共同面对的长期问题，与气候有关的污染物所产生的本地和短期影响却没有能够引起健康问题的污染物那么严重。因此，大多数国家没有针对港口和航运业等行业制定特定的温室气体排放目标或标准。但是，大多数国家仍致力于通过《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）解决与气候有关的污染问题，并已经或计划制定温室气体排放目标，也证明了将温室气体排放纳入港口排放评价的合理性。世界银行和亚洲开发银行（亚行）都要求每年二氧化碳当量超过10万吨的任何项目或活动在项目设计和运营期间监测和减少温室气体排放。英国上诉法院（UK Court Of Appeal）最近裁定，希思罗机场（Heathrow Airport）第三条跑道计划是非法的，这表明，如果各国认真履行“巴黎协定”（Paris Agreement）中的承诺，气候污染将成为运输项目环境影响评估（EIA）中越来越重要的因素。

港口相关排放源的识别重点在于港口控制或受影响

的活动，并按排放源类别和能源类型进行分类。选择要涵盖在评估中的污染物及其相关计量单位是非常重要的。为港口相关排放源进行估算的常见空气污染物和温室气体包括：

4.3.1. 标准空气污染物和前质

以美国为例，标准空气污染物（criteria air pollutants, CAP）是指美国联邦政府和/或加利福尼亚州政府基于对人体健康的短期和/或长期影响而制定的环境空气质量标准。美国环保署已经制定了六种污染物的国家环境空气质量标准（NAAQS），即 NO_x 、 SO_2 、PM（按颗粒大小进一步分类： PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ ）、 O_3 、CO和铅。氮氧化物（ NO_x ）、二氧化硫（ SO_2 ）和颗粒物（PM）是港口相关空气质量评估的常用污染物。虽然不是标准污染物，但挥发性有机化合物（VOC）通常在港口排放评估中与标准污染物一起被考虑，因为它们是地面臭氧的化学前质。

在美国，评价并不会对非远洋船舶排放的 SO_2 进行分析，因为这些领域当前使用的是超低硫柴油（ULSD），一种清洁燃烧的柴油，可显著减少这些排放源所释放的 SO_2 。远洋船舶产生的 SO_2 排放量被计入了预测，因为尽管这些船舶在港口使用低硫馏分型燃料（硫含量最高为1000 ppm），使用硫含量更低的燃料可能会进一步减少排放量。

4.3.2. 气候变化标准

二氧化碳（ CO_2 ）是与柴油（和其他化石燃料）燃烧相关的主要温室气体（GHG），占运输业全球变暖潜力加权温室气体排放量的95%以上。甲烷（ CH_4 ）和一氧化二氮（ N_2O ）合计占运输温室气体排放总量的2%左右。这两种气体都是在燃料消耗过程中释放的，尽管排放量比二氧化碳小得多并受到车辆排放控制技术的影响。

从碳排放的角度来看，港口的管理机构与其经营码头之间的关系对于确定各种活动的来源类别至关重要³⁶。温室气体清单的排放源与其他空气污染物的处理

方式不同。几份温室气体量化协议建议以排放源的所有权或控制权为主要根据，将产生排放的活动分为三类，称为“范围”。这些范围已针对港口进行了如下调整：

- 范围1 – 港口直接排放源。这些排放源直接由港口管理实体控制和运营，包括港口所有的车队车辆、港口管理方所有或租赁的车辆、建筑物中的锅炉和熔炉、港口所有和运营的港作机械以及由港口管理当局拥有和经营的任何其他排放源。
- 范围2 – 港口间接源。这些排放源包括为港口管理方拥有的建筑物和运营所购买的电力。租户购买的电力和能源不包括在此范围内。
- 范围3 – 其他间接排放源。这些排放源与承租人的业务有关，包括船舶、卡车、港作机械、铁路机车、港口船只、承租人的建筑物、承租人购买的电力和港口雇员的车辆。对于拥有大

量租户的港口来说，这可能是最大的温室气体排放源。

图6是这些范围的图示。此图显示了业主港口的范围（由租户处理的货物操作）。对于运营港口（由港口独立进行货物运营的港口）而言，图中范围3所示的排放源将被视为属于范围1。购买电力发电的排放将属于范围2或范围3排放，具体取决于耗电运营的所有权；运营港口将比业主港口产生更多的范围2购买电力排放。

最近，由于碳基燃料不完全燃烧而产生的黑碳（BC）颗粒物的定量已成为人们关注的问题，因为其短暂的气候作用力会加速北极和南极地区的冰雪融化。在港口排放评价中考虑黑碳这一要素才刚刚起步。制冷剂通常不包括在港口排放评价中，因为相比于其他温室气体排放，其消耗和排放速率数据很难获取，且数量很少。表4列出了最常见的港口运营污染物、来源及相关的健康和环境影响。

图6：港口相关的温室气体排放源范围

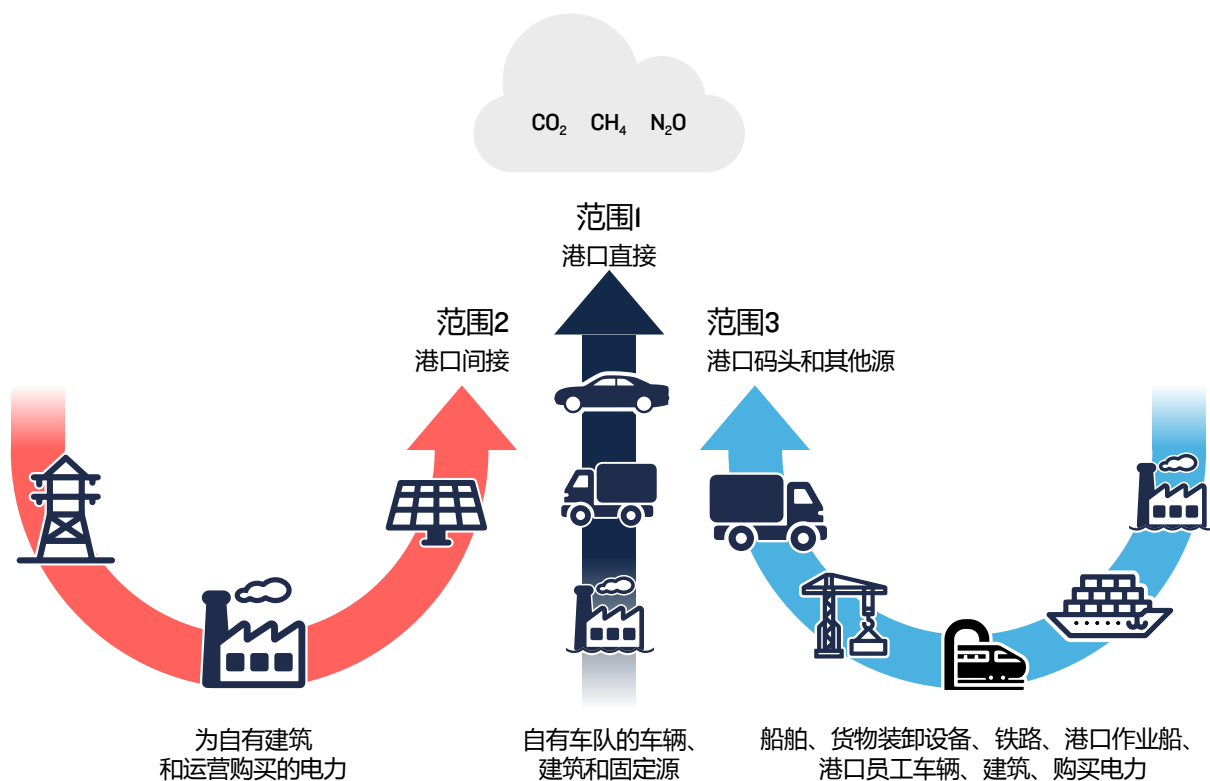


表 4：港口相关的污染物、来源和健康与环境影响

空气污染物	排放源	健康和环境影响
NO_x ：高反应性气体的总称；它们都含有不同数量的氮和氧。大多数NO _x 是无色无味的。	当燃料在高温下燃烧时，即燃烧过程中，会形成NO _x 。主要与港口有关的NO _x 来自于为陆上设备和车辆提供动力的发动机、轮船、不可再生能源发电以及其他燃烧燃料的工业和商业排放源所产生的废气。	NO _x 可以与空气中的其他化合物发生反应，形成微小颗粒，从而增加PM浓度。NO _x 还可以与挥发性有机化合物和日光结合形成地面臭氧或雾霾。氮氧化合物和挥发性有机化合物是臭氧的前质。臭氧与呼吸急促、咳嗽、喉咙痛、气道发炎和受损有关，会加重肺部疾病，例如哮喘、肺气肿和慢性支气管炎。
PM 是指空气中散布的固体或气溶胶颗粒。灰尘、污垢、烟灰、烟尘和废气均被视为PM。PM通常分为总PM（或单独成组的PM）或分为两个较小的尺寸类别：PM ₁₀ ，由直径最大为10微米的颗粒组成；和PM _{2.5} ，由直径为2.5微米或更小的颗粒组成。柴油颗粒物（DPM）在某些辖区是一种很重要的颗粒物。	空气中的PM是多种方式产生的固体颗粒和液滴的混合物。与港口相关的主要PM排放源来自为陆上设备和车辆提供动力的发动机废气、船舶、不可再生能源发电以及其他燃烧燃料的工业和商业排放源所产生的废气。PM也会从大面积裸露的土路或泥泞道路中产生，在这些区域中，车辆和设备会将PM散布到空气中。	细颗粒的问题在于，它们的尺寸很小，可以更深入地进入肺部并进入血液，从而增加了健康隐患。暴露于PM _{2.5} 与呼吸系统疾病，肺功能下降，哮喘发作，心脏病发作和过早死亡有关。
SO_x 是一类通过燃烧含硫燃料产生的无色腐蚀性气体	在燃烧过程中燃烧含硫燃料时会释放SO _x 。与港口有关的主要SO _x 排放源包括为陆上设备和车辆提供动力的发动机、船舶、不可再生能源以及燃烧化石燃料的其他工业和商业排放源所产生的废气。	SO _x 与多种呼吸系统疾病有关。吸入SO _x 会限制肺部通道从而导致呼吸道阻力增加。一些SO _x 在大气中变成硫酸盐颗粒，造成测得的PM水平升高。高浓度的气态SO _x 会导致酸雨的形成，酸雨会破坏树叶和降低生长速度，造成对树木和植物的伤害。
VOC 是参与大气光化学反应的任何碳化合物（CO、CO ₂ 、碳酸、金属碳化物或碳酸盐和碳酸铵除外）。	燃烧过程中燃烧燃料时会产生VOC。与港口有关的主要VOC排放源来自于陆地设备和车辆提供动力的发动机、船舶、不可再生能源以及其他燃烧燃料的工业和商业排放源所产生的废气。此外，含有VOC的液体还会用于许多工业和商业应用，由此挥发到空气中。	除有助于形成臭氧外，某些VOC还被认为是空气中的毒素，可对健康产生广泛的不利影响。一些VOC也被认为是PM。
气候变化污染物	排放源	健康和环境影响
通常从港口相关排放源释放的温室气体（GHG）包括二氧化碳（CO ₂ ），甲烷（CH ₄ ）和一氧化二氮（N ₂ O）。海洋相关排放源非大量排放或未包含在此清单中的其他气体也会导致气候变化。	自然过程和人类活动都会释放温室气体。与港口有关的主要温室气体排放源来自为陆上设备和车辆提供动力的发动机、船舶、不可再生能源发电以及其他燃烧燃料的工业和商业排放源所产生的废气。	大多数气候科学家都认为，当前全球变暖趋势的主要原因是人类加剧了“温室效应”。当大气捕获从地球向太空辐射的热量时，就会导致变暖。大气中的某些气体会阻止热量散逸，或称为GHG。气候变化导致地球大气层内出现极端和异常的天气变化。

4.4 移动源评价的地理范围

连接港口的交通干道和港区的大排放源可能会影响港口数百米范围内的当地空气质量。通常，与港口相关的移动源评估应涵盖所有相关的来源和地理区域。这一般至少包括港口管理的地理区域或港口运营商管辖范围内的其他区域，通常还包括附近交通走廊中与港口有关的交通。

评估应涵盖整个港口，包括发生与港口有关的船舶和货运活动的海洋范围和陆地范围。以下介绍了美国EPA建议的每种移动源分析的地理范围。

- **远洋轮船：**港口范围内或在停靠港口时船舶使用的所有限速区域、操作区域、停留区域和锚固区域。对于沿海海港而言，也可能包括通往国际边境的过境区。
- **港口作业船：**通常，港口作业船的地理范围应与OGV地理范围相同。它应涵盖港口作业船为停靠港口的OGV提供支持的所有区域，以及港口外运营的港口作业船活动所覆盖的所有区域。
- **港口作业机械：**港口范围内作业机械开展作业的所有区域。
- **集疏运卡车：**港口范围内重型卡车作业的所有区域，包括闸口、队列、港口道路和装卸区域，以及通往第一个联运转运点的出港运输走廊。
- **铁路：**港口范围内的所有铁路站场，以及附近港口相关的长途运输活动。

4.5 移动源评价方法和模型

通常，与港口有关的排放评价包括三个主要部分：排放清单；设备、活动和排放指标；以及排放预测。

4.5.1. 排放清单

排放清单对港口相关的各种排放源及其活动进行了

分类，将这些活动转换为能耗水平，再将能耗转换为排放量。排放清单列出了在确定的地理、运营和时间范围内各种排放源类别下的活动和相关排放。

港口相关的空气污染物排放清单是建立排放指标和排放预测的基础。可以根据清单的目的、可用于编制清单的数据和资源以及可用于完成工作的时间范围，编制详细程度不一的港口排放清单。

从根本上说，会根据特定区域内运行的船只、车辆和设备的数量（如总数），以及其运营活动的数据和适当的排放因素，来建立定量排放清单。

集疏运卡车、铁路、港口机械、港口船舶和远洋船舶领域需制定单独的排放清单。例如，通常会利用公路机动车排放估算模型来制定集疏运卡车和港口机械清单，例如美国EPA的“MOVES”模型³⁷，加利福尼亚州的“EMFAC”模型³⁸和欧洲的“COPERT”模型³⁹。2020年2月，美国EPA发布了《评估港口相关和货物运输移动源排放清单的方法》报告草案⁴⁰。报告根据最新的数据计算技术、船舶自动识别技术、更新的EPA空气质量模型以及Everglades港排放清单编制的实践，为如何制定标准污染物和前质、气候相关的排放、来自移动源的空气毒物和能源消耗的清单提供了详细的信息。该文件介绍了为远洋船舶、港口船舶、港口机械、公路车辆和铁路的移动源领域制定排放清单的最新技术。

4.5.2. 设备、活动和排放指标

设备、活动和排放指标共同构成了清单的背景信息。设备、活动、能源消耗、排放源、货物吞吐量以及其他指标的数据均是相互关联的，通过对这些数据进行分析，有助于制定减排标准并对工作的设计和效果进行比较。例如，可以对一个排放指标进行追踪，如每吨货物的排放量，并将指标用于确定比率是提升了还是下降了。如果是下降了，通过识别低效情况可以获得更多信息，从而采用能够降低活动排放强度的纠正措施。评价中还会将制造商的排放报告和设备占空比考虑在内。

4.5.3. 排放预测

排放量预测以对货物吞吐量随时间增加以及设备和运营随时间变化的估计为基础，对排放量进行未来预测。预测可用于评估减排情景；评估港口相关排放源法规的益处；在制定未来减排目标时确定潜在的减排量，并为能效计划提供支持。

一般而言，会为选定的港口地理范围制定基准和常规业务（BAU）情景，然后分析减少与港口相关移动源排放量的各种策略。基准年排放清单提供了排放预测中使用的基础数据。BAU情景根据现状下的未来趋势来估算排放量。选择的基准年可以是最近的年份，也可以是港口运营进行重大改良或扩展之前的任何年份。如果可以记录过去的减排工作，则可以选择减排工作开启前的年份作为基准年，以便量化取得的进展。需要考虑的一个重要因素是，年份越靠前，所需数据的获取难度则很可能会越高。这也可能会反过来对开展评估所需的资源和时间产生重大影响。清单的基准年越新，就越容易获得必要数据。

加利福尼亚州的CEQA流程要求将基准条件与预计的未来条件进行比较，并要求在可行的情况下，评价必须提供可实现且可强制执行的措施，以便将重大污染增幅降至基准以下。

4.6 美国EPA国家港口战略评估

为了支持减少港口空气污染和温室气体的倡议，美国EPA于2016年发布了名为《国家港口战略评估：减少美国港口的空气污染和温室气体（NPSA）》的报告。该国家级评估旨在研究当前及未来港口地区运营的各类柴油源的排放及各种可行的策略，并探究这些方法对于减少港口相关卡车、机车、港作机械、港口作业船和远洋船排放的潜力。该评估可以供政府和港口利益相关者参考，以判断其在港口地区的优先事项和相关决策，并在美国范围内实现更大程度的减排。

EPA根据来自美国19个海港的代表样本进行了排放量预测，进而制定了这项国家级的评估。该NPSA编制了2011年的基准清单，针对所有污染物的2020和2030年BAU清单，以及仅针对CO₂的2050年BAU清单，还开发了针对五个移动源排放领域的2011年基准排放模型。每个污染源的清单均经过单独开发，采用了服务于该国家级评估的最佳可用数据和方法。每个结果部分中显示的总计是该评估中所有港口区域的总基准排放量。NPSA报告描述了五个排放源分析所需的数据、方法和结果。表5总结了此评估中涵盖的移动源排放领域，以及每个排放源所涵盖的污染物和覆盖的地理区域。

表 5：NPSA包含的排放源、污染物和地理区域总结

移动源	排放类型	污染物	覆盖的地理区域
卡车	公路8类柴油卡车	NO _x 、PM _{2.5} 、VOC、CO ₂ 、BC和某些空气毒素	距港口边界0.5公里（0.3英里）内的所有集疏运活动
铁路	长途和调车机车柴油机车	NO _x 、PM _{2.5} 、VOC、CO ₂ 、BC和某些空气毒素	距港口边界0.5公里以内的所有铁路活动
港口作业机械	柴油动力作业机械	NO _x 、PM _{2.5} 、VOC、CO ₂ 、BC和某些空气毒素	所有预计发生在港口的CHE活动
OGV	柴油推进和辅助发动机	SO _x 、NO _x 、PM _{2.5} 、VOC、CO ₂ 和BC	距港口边界0.5公里以内的所有OGV活动
港口作业船	柴油拖船和渡船	NO _x 、PM _{2.5} 、VOC、CO ₂ 、BC和某些空气毒素	距港口边界0.5公里以内的所有港口作业船活动

表 6：NPSA基准和BAU排放清单的数据来源于方法总结

领域	基准的主要来源（2011）	BAU预测（2020、2030、2050）的主要来源
集疏运卡车	DrayFLEET模型 USACE水上贸易统计 FHWA货运分析框架	2008三角研究所（RIT）地区增长率 EPA MOVES2010b 模型
铁路	EPA全国排放清单 公开发布的铁路排放清单	2008 RIT地区增长率 EPA火车和海洋排放标准规章制定
港口作业机械	公开发布的港作机械排放清单 USACE水上贸易统计	2008 RTI地区增长率 EPA NONROAD2008a模型
港口作业船	EPA全国排放清单	2008 RIT地区增长率 EPA火车和海洋排放标准规章制定
OGV	EPA C3法规影响分析 USACE准入和许可 劳氏船舶注册 公开发布的OGV排放清单	2008 RIT船用燃料增长率 EPA C3监管影响分析 EPA北美排放控制区标准

排放源之间排放量的相对差异也受到了评估中采用的各排放源地理边界的影响。沿港口相关运输走廊（例如高速公路和铁路线）的移动源影响是一个重要的环境挑战，但该评估并未着重关注交通走廊的影响。下方的表6总结了其中编制清单所采用的数据来源和方法，是因排放源而异的。评估主要依靠现有的EPA数据和模型或其他公开数据完成。

该评估检验了一系列目前可以使用的策略，包括零排放（如岸电）等技术。这些技术可用于制定自愿性计划，从而实现额外的减排量。表7总结了NPSA评估的一些策略情景。类别包括更换较老的柴油车队，减少空载的运营改良措施，以及转为使用更清洁的燃料等方案。尽管该评估包括了一些提高港口运营效率的策略，但主要关注点还是对技术策略的评估。EPA始终相信运营策略（例如减少卡车或机车的空载）可以有效地减少柴油排放。

据NPAS预测，EPA的新柴油车辆与设备法规将会大大减少未来NO_x和PM_{2.5}排放。但是，较老的卡车和设备是许多港口运营中存在已久的固定装置，想要为这些车队更新至新的技术还需要很多年。加快采用最清洁的技术淘汰老旧的港口车辆和设备，能够减少排放并增强公共健康效益，其效果会超出在不采取进一步自愿行动的情况下可实现的成果。预计在未来几年，任何移动源的港口相关CO₂排放量都将比当前水平有所上升，其中很大一部分原因是经济贸易和活动的显著增加。

表 7：NPSA评估的策略情景范例

移动源领域	策略情景描述
集疏运卡车	淘汰较老的柴油卡车，更换为符合更清洁的EPA标准的插电式混合动力车。
铁路	采用电动机车等更清洁的技术替代较老的长途机车发动机。
	提升能源效益
	采用更清洁的技术和发电机组（GenSet）技术替代较老的调车机车发动机。
港作机械	采用电气技术等更清洁的技术替代较老的站场卡车、起重机和集装箱装卸设备。
港口作业船	采用混合动力船等更清洁的技术替代或改建较老的拖船和渡船。
远洋轮船	转为使用低于EPA法规标准的低硫燃料，在某些船舶类型上使用液化天然气。
	利用岸上电力减少集装箱船、客船和冷藏船的停留。



© Photo by chuttersnap on Unsplash

美国和欧盟案例研究

为治理港口空气污染问题，美国洛杉矶港和长滩港，以及荷兰鹿特丹港在港口扩建和运营中充分重视港口相关移动源排放评估与管理，通过建立港口排放清单或利用空气质量模型，在量化分析港口污染排放的基础上制定清洁空气计划，并通过后续环境监测定期评估缓解措施的有效性以便及时调整。



5.1 洛杉矶港和长滩港案例研究

5.1.1 背景

洛杉矶港（POLA）和长滩港（POLB）是位于圣佩德罗湾的两个相邻港口，各自独立运营。这两个港口所承担的集装箱吞吐量决定了它们在美国和世界贸易中的地位。POLA和POLB是美国第一大和第二大集装箱港口，处理的集装箱运输量之和占美国总量的60%⁴¹。

洛杉矶地区是美国公认的总体空气质量问题最为严重的地区。尽管数十年来采取了严格的空气污染控制措施并取得了实质性进步，但在洛杉矶地区实现国家空气质量目标依旧极为困难。二十年前，港口相关排放源的空气污染在加利福尼亚州还不是一个受到重视的问题，不过这种情况在2009年发生了巨大转变，几乎所有的港口相关排放源，如船舶、货运卡车、机

车、港作机械、拖船、疏浚船和其他海洋设备等，均被要求遵守美国国家关于港口的强制性减排标准。加州空气污染控制工作的核心是一系列州立法规和监管要求，这些要求已经改变了加州海岸附近使用的燃料类型，促使在5至10年内替换掉大多数现有的港口船舶发动机、货运卡车和港作机械，并转换港口运营方式。两个港口均大力支持加快法规要求的实施，并积极鼓励发展新技术⁴²。

加利福尼亚环境质量法案（CEQA）要求州和地方机构明确其行为对环境的重大影响，并在可行的情况下避免或减轻这些影响。洛杉矶市港务局对洛杉矶港开发项目的潜在环境影响进行了分析。一旦发现了重大影响，则会展开减少此类影响的策略研究。在对该项目做出任何决定之前，需向港务委员会提交一份《环境影响报告》（EIR）。委员会可以参考报告做出明智的选择，同时兼顾港口发展对环境的影响与项目为

洛杉矶市带来的经济利益。

当联邦通过出资或许可参与港口发展项目时，港口还必须遵守《国家环境政策法》（NEPA）。与CEQA类似，NEPA也要求在联邦对项目采取行动之前对项目的环境影响进行分析。因此，美国环境质量委员会（CEQ）已和加利福尼亚政府达成协议，如果某些项目同时受CEQA和NEPA约束，例如由联邦政府和州政府共同资助的港口，则将采用联合《环境影响报告》或《环境影响声明》。

5.1.2 政策演变

加州环境法规的优先事项与行动是受到一系列公众关注的驱动而展开的。公众普遍认为加利福尼亚州的空气污染水平会引起广泛、长期的人类健康问题，从而推动了空气污染管控法规的出台。

在过去的二十年中，POLA和POLB一直面临着加强对环境关注的巨大压力。主要的影响因素包括：

- 2006年，加州空气资源委员会（CARB）进行了一项针对圣佩德罗湾两个港口排放的柴油颗粒物造成的健康风险评估。这项健康风险评估发现，这两个港口提高了数百平方英里范围的癌症患病风险，影响近200万人，港口附近居民每百万人口癌症患病风险增加了500例，并导致每年出现14至43例过早死亡。CARB健康风险评估提高了公众对空气污染物排放量及港口其对该地区影响的认识。
- 南海岸空气质量管理局等监管机构施加了更大的压力，要求减少排放量以支持空气质量管理计划（AQMP）。
- 周围社区公众更加关注港口扩建及扩建对噪声、交通拥堵、空气污染和环境正义等的影响。
- 几项重大诉讼促成了减轻港口对临近社区环境影响的协议的达成。这些诉讼是城市、当地社区和港口之间关系的重要里程碑。这些诉讼

的指控港口没有完全遵守NEPA和更为严格的CEQA规定。CEQA要求牵头机构（在这个诉讼中为两个港口）披露全部的环境影响，并在可行的情况下对这些影响采取减缓措施。诉讼最后达成了和解协议，港口，特别是洛杉矶港承诺采取各项措施缓解港口扩建的影响。这些诉讼也导致了几个主要港口扩建项目的延期。兑现实施缓解措施的承诺现已成为两个港口日程运营程序的一部分。

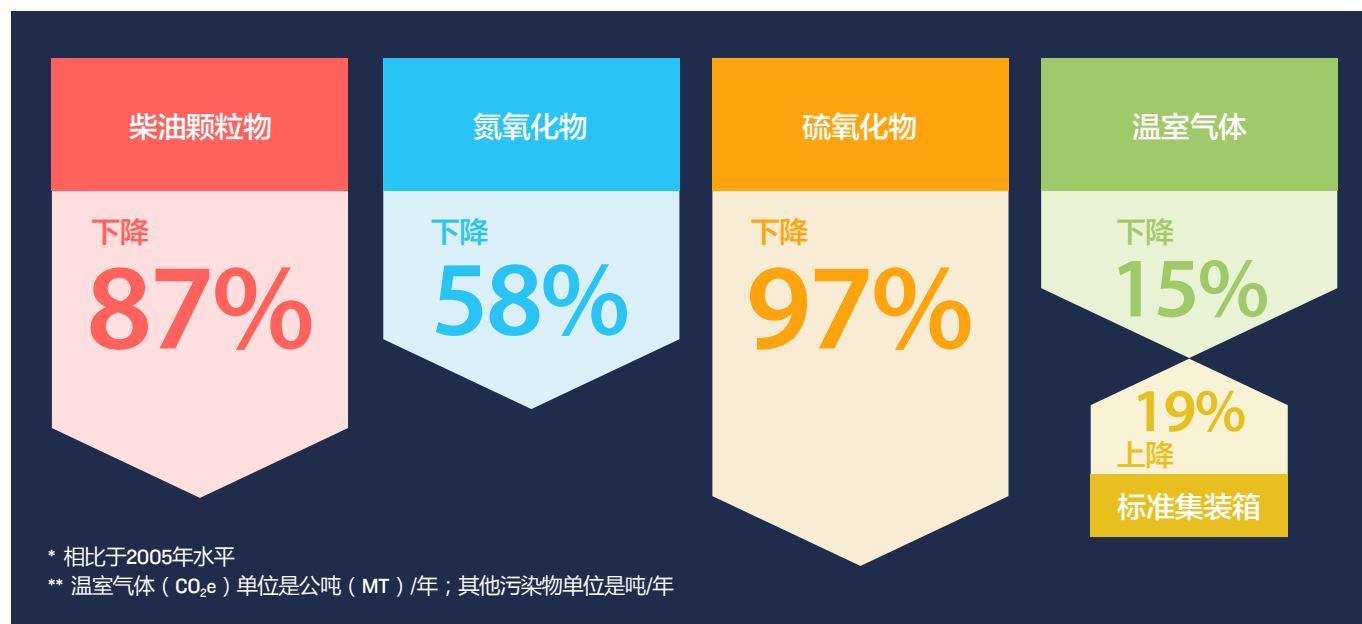
- 在加州的其他地方，人们也通过其社区的货物运输活动的影响表示担忧。2006年，加州制定了《货物运输行动计划》（GMAP），提出了一项综合战略，以期解决通过该州的高速公路、铁路和港口运输货物所涉及的经济和环境问题。它为改善整个加州货物流通设定了目标。GMAP明确了建议进行进一步调查、审查或实施的约200个行动和项目。改善环境是GMAP的主要内容。得益于GMAP提供的机会，加之加州和美国联邦政府提供的资金，减少环境影响所需的基础设施改进才能得以实现。

随着各种压力的加剧，两个港口决定主动调整政策并制定《清洁空气行动计划》和其他举措，从而积极应对挑战，而不是消极抵抗监管压力。而它们取得的成果可以说是美国任何港口综合体中最先进、最激进的环保计划。

5.1.3 与《圣佩德罗湾港区清洁空气行动计划》的联系

洛杉矶港和长滩港合作制定的《圣佩德罗湾港区清洁空气行动计划》（CAAP）是一项空气质量计划，该计划确立了旨在减少与港口相关的空气污染和相关健康风险的战略，同时为港口发展提供空间、创造就业机会并允许与此发展相关的经济活动的继续推进。该计划提出了应对空气污染的战略，包括清洁卡车计划、减少船舶污染计划，和先进的新技术，例如世界

图7：2017年圣佩德罗湾港区空气减排量



上第一艘混合动力拖船。该计划最初于2006年通过，并于2010年和2017年进行了更新。得益于清洁空气行动计划和其他空气质量控制举措，这两个港口区域的空气排放量相比于2005年水平实现了大幅减少，如图7所示。

5.1.4. 港口空气质量控制项目规划

■ 空气排放清单

洛杉矶港和长滩港排放清单每年更新一次，是公认的最全面的港口排放清单，因为它必须满足世界上任何港口所遵守的最高要求。这个年度基于活动的排放清单，主要用于追踪港口通过实施《圣佩德罗湾港区清洁空气行动计划》(CAAP)和州级与联邦法规中明确的措施而减少的来自货物运输相关污染源产生的排放量。为了量化年度空气排放量，港口需要收集港口租户和运营商的运营信息。年度空气排放清单由一个专门的技术工作组(TWG)负责协调和制定，组成该工作组的代表来自于洛杉矶港、长滩港和空气监管机构包括美国EPA、EPA第9区、加州空气资源委员会

(CARB)和南海岸空气质量管理局(SCAQMD)。通过与TWG合作，两个港口努力寻求与空气监管机构就制定排放估算所使用的方法和信息达成共识。监管机构已同意将由此制定的排放清单设置为它们在南海岸空气盆地港口相关源的排放清单，以取代机构为两个港口制定的清单。

洛杉矶港和长滩港排放清单均采用南海岸空气盆地的空气质量模型地理范围作为其分析范围，供港口和监管机构共同用于港口相关排放控制政策的制定和进度跟踪。水路分析区域由海岸向外延伸130海里(nm)的范围，北部和南部至盆地边界。陆地地理区域包括四个相邻县的外边界。所有与港口直接相关的货运业务都被算作该地理范围内的运营范围。排放清单研究地理区域覆盖了超过一千万人口(图8)。

排放是根据与货物运输相关的排放源类别进行评估的，包括远洋船(OGV)、港口船舶、港作机械(CHE)、铁路机车和重型车辆(HDV)。

清单中量化的废气排放污染物包括PM₁₀和PM_{2.5}、

图8：洛杉矶港排放清单的地理范围



柴油颗粒物 (DPM)、NO_x、SO_x、HC、CO以及三种温室气体CO₂e的标准化总和。

洛杉矶港和长滩港进行了相对于任何港口而言都最为全面的排放量预测，是执行《圣佩德罗湾港口清洁空气行动计划》(CAAP)及其多项更新的一部分。这些预测包括按货物类型划分的货物增长率，未来集装箱船的停靠分布和大小分布，结合所有国际、国家和州法规以及清洁空气计划中减排战略相关的众多情景。图9来自于2018年洛杉矶港排放清单，按照五个与港口相关的排放源类别——远洋船舶 (OGV)，港口

船舶，港作机械 (CHE)，机车和重型车辆 (HDV) 对2018年与2005年排放量进行了比较。2018年与2005年相比，除了港作船舶的CO排放量和港作机械的等量CO₂e排放量以外，其他污染物的排放量均有所减少。即使在2018年标准集装箱吞吐量比2005年增加了25%的情况下，也实现了这种程度的减排。

■ 清洁空气行动计划 (CAAP) 战略

2017年底，洛杉矶港和长滩港发布了CAAP 2017更新的最最终版本。CAAP 2017更新中的新战略来自所有

图 9：POLA 2018 2005 空气排放比较（以源类别划分）⁴³

	PM ₁₀ 吨	PM _{2.5} 吨	DPM 吨	NO _x 吨	SO _x 吨	CO 吨	HC 吨	CO _{2e} 公吨
2018								
远洋船	57	53	43	2909	110	250	119	205,486
港口作业船	27	25	27	813	1	581	89	66,092
港作机械	8	7	6	464	2	877	86	188,894
机车	33	31	33	886	1	216	51	76,073
重型车辆	9	9	9	1,482	3	209	34	397,027
总计	134	125	118	6,554	118	2,132	380	933,572
2005								
远洋船	534	429	466	5,295	4,825	470	213	288,251
港口作业船	55	51	55	1,318	6	364	87	56,925
港作机械	54	50	53	1,573	9	822	92	134,621
机车	57	53	57	1,712	98	237	89	82,201
重型车辆	248	238	248	6,307	45	1,865	368	474,877
总计	948	820	879	16,206	4,983	3,757	850	1,036,876
2005至2018年的变化（百分比）								
远洋船	-89%	-88%	-91%	-45%	-98%	-47%	-44%	-29%
港口作业船	-51%	-51%	-51%	-38%	-88%	60%	2%	16%
港作机械	-86%	-86%	-89%	-71%	-78%	7%	-7%	40%
机车	-42%	-41%	-42%	-48%	-99%	-9%	-42%	-7%
重型车辆	-96%	-96%	-96%	-77%	-91%	-89%	-91%	-16%
总计	-86%	-85%	-87%	-60%	-98%	-43%	-55%	-10%

通过港口运输货物的排放源，其中包括部署零排放和接近零排放的卡车和港作机械，以及扩大船舶减排计划。更新的重点是在未来20年与行业利益相关者、监管机构、当地社区和环境团体合作，减少排放并应对气候变化。影响两个港口未来减排的CAAP 2017策略包括：

- 推进清洁卡车计划，逐步淘汰老式卡车，并在早期过渡到近零排放，到2035年实现零排放，设置了于2020年生效的卡车比率。
- 要求码头运营商在可行的情况下购买零排放设备，或者在采购新设备时考虑接近零排放或最清洁的设备。
- 进一步减少泊船舶的排放，对圣佩德罗湾船队中最老旧，污染最严重的船舶进行更新处理。

- 加快部署更清洁的发动机和操作策略，以减少港口作业船的排放。
- 加强码头铁路的使用，转变运输方式，方便更多货物通过铁路离开码头。

■ 空气质量监测

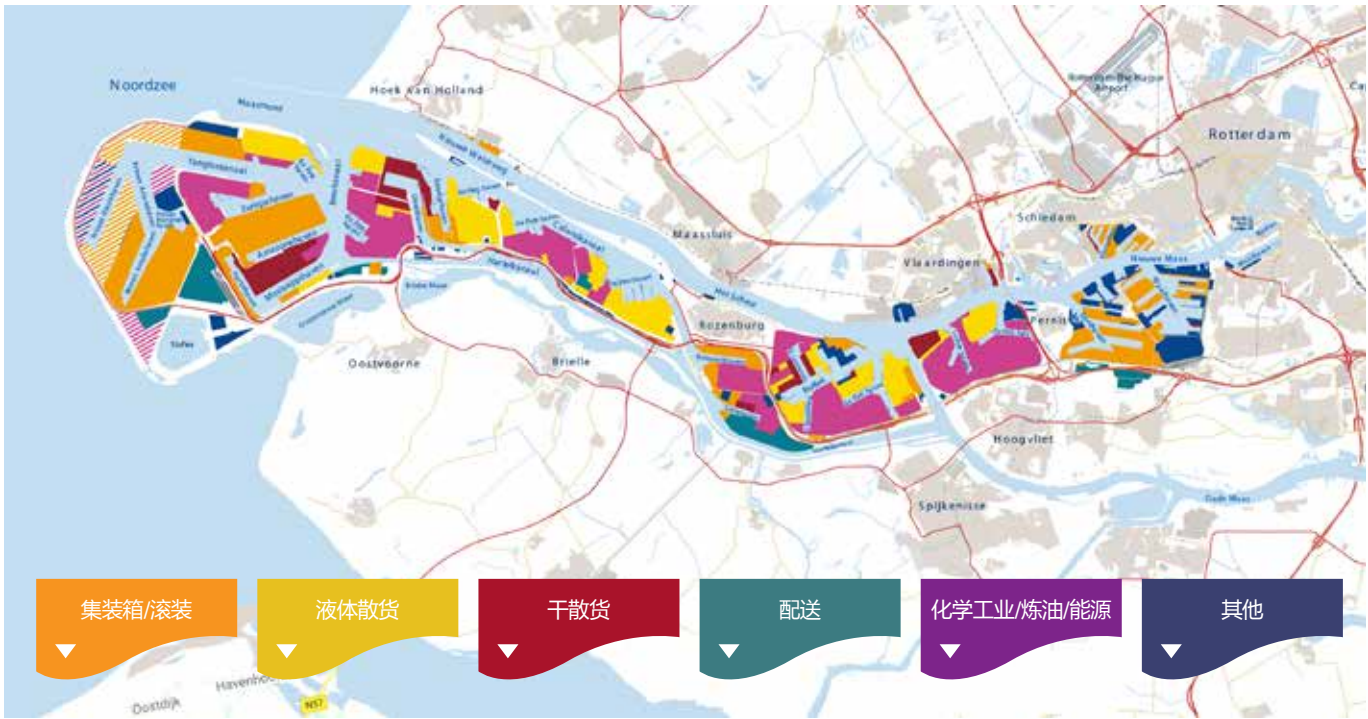
自2005年以来，洛杉矶港和长滩港各自运营着一个空气质量监测网络，收集圣佩德罗湾地区环境空气质量和气象条件的持续数据。该空气质量监测网络能够提供有关港口空气质量改善工作的反馈，促进管理的改进，从而支持港口改善圣佩德罗湾港口区域内空气质量的承诺。

监测项目包含一个由六个空气监测站组成的网络（两个在长滩港，四个在洛杉矶港），这些站点会对区域内一组全面的空气污染物进行测量。空气质量监测站

图 10：圣佩德罗湾港口的空气监测站⁴⁴



图 II：荷兰鹿特丹港及MAASVLAKTE 2项目位置



会测量洛杉矶港附近的环境空气污染水平。其中进行实时空气质量测量的指标包括：臭氧、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、两种尺寸的颗粒物（PM₁₀即粗颗粒，以及PM_{2.5}即细颗粒）、多环芳烃（PAH）和超细颗粒。此外，每三天会收集过滤器上24小时的颗粒物综合样本，再进行详细的化学分析，这是实时监控器无法完成的。这些监测站收集的实时环境数据均发布在网上，可供公众查阅。

作为该项目的一部分，气象监测站会与每个空气监测站相邻运行，以辅助空气质量数据的解读，并用于其他港口项目。每个气象监测站均会收集风速、风向和温度数据，同时还有一个指定的监测站收集太阳辐射、相对湿度和气压数据。

两个邻近社区检测点的位置选择取决于一项特殊的“验证研究”，用以确保监测点对社区内的环境条件是具有代表性的。

5.2 鹿特丹港案例分析

鹿特丹（Rotterdam）是荷兰第二大城市，鹿特丹港（POR）曾一度是世界上最繁忙的港口，如今也仍然是欧洲第一大港口。鹿特丹港位于城市中心与北海之间，范围从鹿特丹市中心历史悠久的港口区至最近开发的Maasvlakte 2地区，东西绵延43公里，占地超过100平方公里。Maasvlakte 2区域主要为填海开垦区，从港口一直延伸到北海。

鹿特丹港是欧洲大陆与世界其他地区之间货物运输的重要中转枢纽，主要从事石化和化学工业以及一般货物运输。尽管鹿特丹港运输中集装箱所占份额正在逐步增加，但该港口的业务重点依旧集中于散装货物和油轮（干式和液体）。根据码头的不同，鹿特丹港的吃水深度可达24米（78英尺），是世界上为数不多可接收满载状态下最大散货船的港口。往返鹿特丹港的货物是通过远洋轮船、驳船、火车或公路运输的⁴⁵。

表 8：鹿特丹港地区空气污染排放（单位：1000公吨）

	航运			工业
	航海	港口操作	靠泊	
NO _x	1	4	4	17
细颗粒物（燃烧）	0.1	0.2	0.3	0.2
SO ₂	0.6	3	2	31

根据鹿特丹港船舶排放量（2004年数据）和工业排放量（2007年数据）的比较发现，港口大部分排放量来源于工业来而不是航运。

尽管鹿特丹港的最大空气排放源是第二产业，里恩蒙德（Rijnmond）地区（鹿特丹及周边地区）的海洋和内陆航运排在某些热点地区贡献很大。根据2004年的一项研究，该地区航运对NO_x排放总量的相对贡献约为13-25%，但造成的PM₁₀排放对总浓度影响则相对更低，最高为10-15%。远洋船只和内河驳船所占比例大致相等⁴⁶。

但自2000年代中期以来，鹿特丹港已启动了一系列强制性和自愿性计划，以减少其自有船队以及停靠港口的船舶和驳船所造成的空气污染。另外还启动了一项综合计划，以通过提高物流链效率和提供替代能源来减少港口运营对气候和空气污染的影响。加上北海ECA控制区中允许的燃料硫排放水平的加严，在里恩蒙德地区，与航运和港口相关的货物装卸与运输对空气排放的贡献进一步降低。

为了适应洲际远洋船舶大型化和专业化的发展趋势，加强鹿特丹作为世界和欧洲重要港口的地位，鹿特丹当局决定建设马斯莱可迪二期（Maasvlakte 2）项目，也称为鹿特丹新港建设项目。新港项目位于北海之上，通过填海扩张港口土地。新港建设由荷兰政府和鹿特丹市政府合作执行，自2008年开始修建，2013年一期投入使用。港区水深19米，可满足12000标箱集装箱

货轮停靠，可承担最大年吞吐量450万标准箱（TEU），并将为集装箱转运（600公顷）、化学工业（300公顷）和货物集散活动（100公顷）提供空间。

Maasvlakte 2的建设极大程度上考虑了环境因素，在建设之前进行了全面的环境影响评价研究，明确提出港口建设中可持续发展的因素。项目环评成果中包括一份关于空气质量影响评估的独立的长达380页的附件，该附件根据以欧洲环评指令为指导的荷兰国家法规《2005空气质量决议》评估了空气质量的影响。NO_x，SO₂和PM₁₀均得到了评估。由于缺乏有关该区域目前和未来预期背景值的信息，PM_{2.5}未被考虑在内。出于环境影响评估的目的，项目考虑针对不同工业发展情景的三个替代方案，时限分别为2020年（Maasvlakte 2部分投入运营）和2033年（Maasvlakte 2全面投入运营）。这些替代方案包括总体规划替代方案、最环保的替代方案（包括除鹿特丹港直接提交的措施之外的其他措施）和首选替代方案（包括已咨询的利益相关者愿意实施/保证的环境措施）⁴⁷。

为了评估Maasvlakte 2地区的空气质量，将项目评价区域确定为Maasvlakte 2的直接周围环境，包括附近的居民区以及距Maasvlakte 2约40公里的重要内陆运输走廊。此外，如果在上述研究区域之外出现交通强度、交通拥堵和（航海）安全热点的任何重大变化，也必须对此进行评估。计算出可能的发展路径和最坏

情况下的排放量，然后使用“新国家模型”评估空气质量瓶颈并进行敏感性分析。新国家模型是荷兰的空气质量排放模型，可在荷兰的市场上找到两个相关软件包，即Pluimplus和Stacks。

图12显示了Maasvlakte 2全面投入运营后，里恩蒙德地区（Maasvlakte 2位于最左侧）的预期总NO₂排放水平。

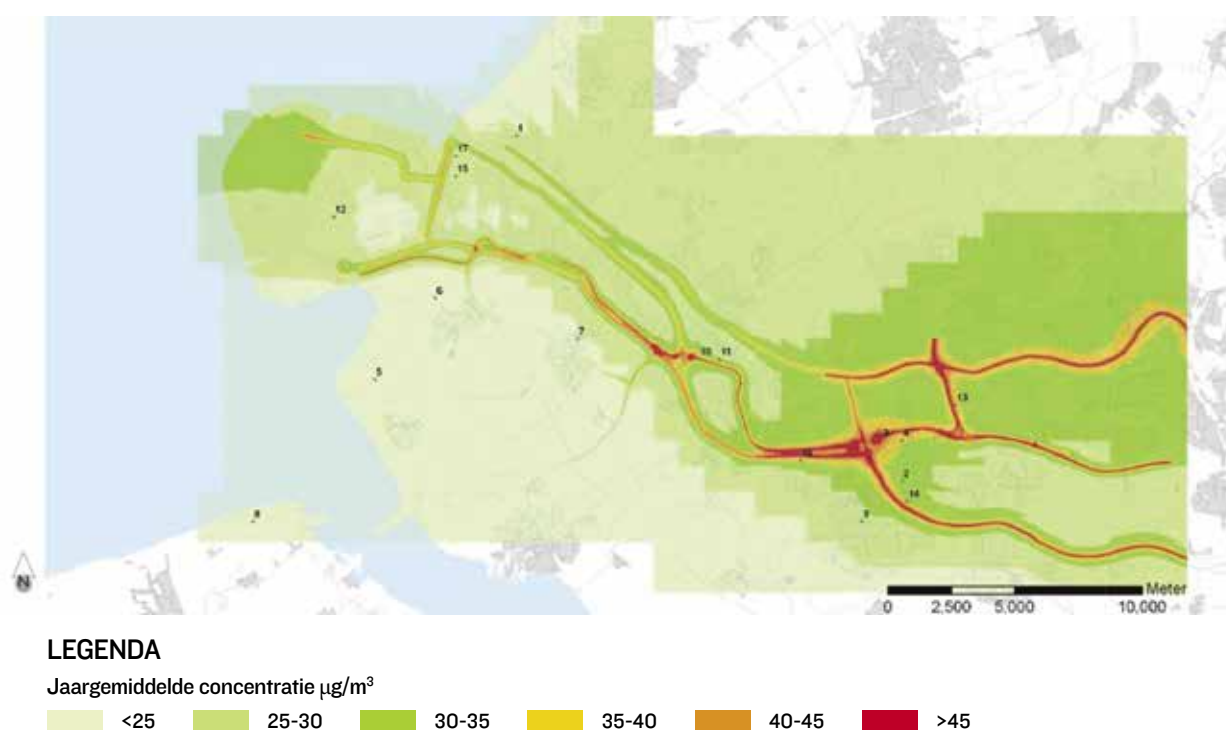
对Maasvlakte 2的空气质量影响计算表明，在Maasvlakte 2运行期间，里恩蒙德地区并非始终都能达到欧盟的空气质量标准。PM₁₀的24小时标准和NO_x的年平均浓度在某些海上航道、数条高速公路隧道附近以及位于鹿特丹港港口入口附近的Hoek van Holland镇超标。

在征询专家意见后，选定了一套减少热点地区空气排放的措施，并对其技术、法律和经济可行性进行了评估。计算了2020年和2033年的各种替代方案中的空气减排影响，以确定应采取的措施。此外，在环评还包括了有关监测措施和位置的建议。

根据Maasvlakte 2的环境影响评估中空气质量模型预测的不利影响而采取的一项措施是创建“环境区”，鹿特丹市政府于2013年在港口区实施了这一措施，以期改善当地空气质量并补偿Maasvlakte 2地区日益增加的公路交通量。从2013年起，不符合欧盟欧V标准的卡车被禁止进入Maasvlakte 1号（先前的扩建）和Maasvlakte 2号地区。自2016年以来，该措施已升级至要求卡车必须符合欧VI标准。环评流程也致使鹿特丹港对欧盟指定北海和波罗的海为2021年氮排放控制区（NECA）的大力支持。国际研究表明，指定NECA是减少远洋船舶NO_x排放的一种经济有效方式。

鹿特丹港为Maasvlakte 2的整个运营生命周期制定了全面的监测和评估计划，并在适当的范围内将结果报告给荷兰有关当局以及欧盟委员会。监测计划列出了如何监测影响以及由谁负责。此外，进度报告（Maasvlakte 2监控）迄今已于2010年，2012年和2014年发布，并可在Maasvlakte 2网站上公开获得⁴⁸。

图 12：里恩蒙德地区2033年NO₂排放水平



经验与建议

在环境影响分析中要求考虑项目造成的所有环境影响，以便对各类影响形成全面的了解。就港口规划环评，应分析港口规划以及建设和运营的直接、间接和累积影响。国际经验表明，为全面评估港口建设发展的环境影响，必须将船舶，港口机械设备，货运卡车和火车机车等与港口相关的移动源污染纳入环境影响评估并进行适当分析。在中国的港口环评过程中，移动源排放也受到越来越多的关注。但是，从国际经验的角度来看，还可以进一步改进。借鉴美国和欧洲案例研究的经验，针对中国港口环境影响评估的现状一些建议总结如下。



© Photo by kees torn on flickr

6.1 加强港口环境影响评价的科学基础

6.1.1 积极开展港口地区大气环境监测

长期、连续和全因子的大气环境监测数据以及相应的气象和气候观测数据为大气环境评估提供基础，同时也支撑后期环境变化的跟踪。由于港口空气排放的特殊性，依靠城市范围的环境监测站数据往往针对性不足，难以反映港口区域的实际情况。为此，洛杉矶港和鹿特丹港均在港区内建立了环境监测系统，进行长期的大气环境监测。一直以来，中国大多数港口缺乏区域内的大气环境监测数据，导致无法掌握港口的空气排放情况或减排措施的真正实施效果⁴⁹。随着排污许可证制度的推行，港口开始规划建设独立的环境空气监测站，这种情况将逐步改观。建设港口区域大气环境监测系统，监测指标除应考虑颗粒物、二氧化硫和氮氧化物等常规指标外，建议同时监测一氧化碳，挥发性有机化合物和黑碳等港口排放的特征指标。

6.1.2 建立全面的、定期更新的港口地区大气排放清单

构建一个完整的、定期更新的港口大气排放源清单，准确评估港口排放现状，是制定有效的港口环境影响评估的前提，同时也为港口运营期精细化排放控制提供数据支撑。港口地区的大气污染排放来自陆地和海洋，包括固定源和移动源。美国 and 欧美的大型港口定期更新的大气排放清单，使得港口和监管机构能够定期调整和优化空气控制方案以及清洁港口行动计划（如果港口已制定该计划）。目前，中国即将完成第二次全国污染源普查，包括港口地区周围的区域固定大气排放源，可以通过结合各种移动源和固定源来制定大气排放源的完整列表。此外，考虑到移动源的可变性，对排放源清单定期更新（每三至五年或根据活动水平）有利于适时调整减排方案，以最大化减排方案的环境和健康效益。

6.2 提高港口环境影响评价分析的科学性

6.2.1 构建综合的港口空气污染模型

港口是一个包含陆地和海洋的综合区域。鹿特丹港的经验表明，港口空气污染模拟模型的开发将大大增强港口环评分析的科学性。港口区域受到海洋和陆地大气以及陆地、海岸和近海基底表面相互作用的影响。因此，有必要在港口空气污染模型发展中考虑上述问题。科学有效的空气污染模型将为环评分析和预测以及评估空气污染控制措施的有效性提供强大的工具。

6.2.2. 考虑港口运营期的移动源排放

欧美国家在进行港口规划环评当中，一般考虑港口项目规划、建设、运营全生命周期的排放情况。港口规划环境影响评价除涵盖施工阶段的空气污染，还更应关注在未来的港口运营中的移动源（船舶、卡车、港口设备和铁路）空气污染。加州的CEQA流程以及洛杉矶港和长滩港的经验表明，要求港口预测扩建完成后的空气污染水平，并允许公众监督，可以敦促港口当局制定和采取对港口运作最合适的控制措施，从而可以消减由于港口扩建而导致的空气排放增量。

6.3 扩大港口环境影响评价的范围

6.3.1 协同控制空气污染和温室气体排放

随着国际社会对气候变化问题的关注日益增加，越来越多协同控制空气污染和温室气体的倡议得以提出。一些国家已开始将温室气体纳入其环境影响评估。随着体制改革的完成，中国已经将空气污染和温室气体管理统一纳入生态环境部，为空气污染和温室气体的协同控制提供了良好的机会和机制。对于港口环境影响评价，相互关联的“汽车，船舶，机械，石油，煤炭和天然气”为大气污染和温室气体协同控制提供了一个实践平台，也是港口大气环境管理中必须考虑的对象。



© Photo by kees torn on flickr

6.3.2 选择适当的地理分析区域

一般而言，与港口相关的移动源评估应涵盖所有移动污染源和相关的地理区域。通常至少包括港口当局或其他港口经营者管辖范围内的地理区域，一般还包括附近交通走廊中与港口运输有关的范围。也即，评估应涵盖整个港口，包括与港口有关的船只和货运活动发生的海洋边界和陆地边界。

6.4 加强港口环境影响评价的有效性

6.4.1 落实港口空气污染控制措施，强化环评事中事后监管

将大气环境评估纳入港口环境影响评估只是港口大气环境管理的第一步。港口环境影响评估更重要的功能是推动整个环境管理过程，即为港口制定具体、有针对性和可操作的空气污染控制措施并付诸实施。

空气污染控制措施应根据港口发展和环境保护要求进行审查和更新。港口空气污染控制行动不仅是环境影响评估的后续行动，而且是港口建设和运营的环境指南。一般而言，港口空气污染控制措施执行后还应进行包括监测、数据收集、整理和分析、模拟和实施评估的工作。粉尘管理、油品质量标准、划定无煤区或禁油区、岸电、船舶使用低硫油等具体措施都已开始在各个港口地区实施。对于一些需要重大投资或牵涉多国部门协调的排控措施，如建设铁水联运配套设施、岸电或船舶清洁能源供应设备等，后续的评估工作对证明这些领先的措施的减排效果至为重要。

6.4.2 加强部门协调，促进社会监督

洛杉矶港和鹿特丹港的经验表明，港口环境影响评估和空气污染控制涉及各级政府部门和相关机构在各个

领域的协调，以及非政府组织及周边社区的参与。因此，明确环境、交通、海事、港口和船舶企业等各政府部门和相关企业机构在港口环境管理中的责任，建立协调机制，使所有相关部门能够参与其中，并为公众提供足够的环境信息公开和参与渠道，力争在实现治理的同时尽量保障各方利益平衡，才能够有效地增强港口环境影响评价有效性并提高主管部门的环境责任。

中国的港口环境管理也是如此，不仅涉及政府的各个部门，而且涉及企业、社会团体和公众。一般而言，有关政府部门应采取有效的机制和措施，以改善政策和标准的统一，并为实施主体提供统一的标准和要求。要鼓励和号召更多的企业、社会组织和公众参与环评管理，并在港口空气污染管理行动的社会监督中发挥积极主动的作用。



© Photo by chuttersnap on Unsplash

缩写对照表

BC	黑碳	MOVES	机动车排放模型 (US EPA)
CAAP	圣佩德罗湾港区清洁空气行动计划	N ₂ O	一氧化二氮
CARB	加州空气资源委员会	NEPA	国家环境政策法
CEQA	加州环境质量法	NGO	非政府组织
CH ₄	甲烷	NO _x	氮氧化合物
CHE	港作机械	NPSA	国家港口战略评估 (US EPA)
CO	一氧化碳	OPS	岸电供应
CO ₂	二氧化碳	OGV	远洋船舶
DECA	国内排放控制区	PM	颗粒物
DPM	柴油颗粒物	POLA	洛杉矶港
ECA	排放控制区	POLB	长滩港
EMFAC	公路车辆排放模型 (CARB)	POR	鹿特丹港
EIA	环境影响评价	RTG	橡胶轮胎龙门起重机
EU	欧盟	SCR	选择性催化还原法
FYP	五年计划	SO ₂	二氧化硫
GHG	温室气体	SEA	战略环境评价
IMO	国际海事组织	TKP	港口总体规划环境影响评价技术要点
LNG	液态天然气	USEPA	美国环境保护署
MEE	生态环境部	VOCs	挥发性有机化合物
MOT	交通运输部		

尾注

1. Freda Fung等《中国船舶和港口空气污染防治白皮书》，NRDC，2014年10月，<http://nrdc.cn/Public/uploads/2016-12-04/5843bfc83563e.pdf>.
2. 香港环境保护署，《2017年香港空气污染物排放清单报告》，2019年6月，https://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/data/2017_Emission_Inventory_Report_Eng.pdf.
马东，《强化船舶排放污染治理，构建绿色航运体系》，中国环境报，2018年4月24日，http://epaper.cenews.com.cn/html/2018-04/24/content_72019.htm.
中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）《应对气候变化与大气污染治理协同控制政策研究——聚焦短寿命气候污染物和非道路移动源》，2015年11月，<http://www.cciced.net/zcyj/yjbg/zcyjbg/2015/201607/P020160708362638261961.pdf>.
3. 同上.
4. 中华人民共和国国务院，《关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》，2018年6月27日，http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm
5. 中华人民共和国国务院，《交通强国建设纲要》，2019年9月19日，http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm
6. 交通运输部，《关于建设世界一流港口的指导意见》，2019年11月13日，http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/syj/201911/t20191113_3296530.html
7. 中华民国全国人民代表大会，《中华人民共和国环境影响评价法》，2002年10月，http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2019-01/07/content_2070264.htm
8. 环境保护部和交通运输部，关于进一步加强公路水路交通运输规划环境影响评价工作的通知附件一《港口总体规划环境影响评价技术要点》，2012年5月
9. 汪守东，徐洪磊，李悦，《中国沿海港口总体规划环境影响评价研究》，环境科学与管理，Vol. 41 No. 10: 157-160,
10. 全国人民代表大会常务委员会，《中华人民共和国港口法》（2018年修正本），<http://search.chinalaw.gov.cn/law/detail?LawID=406475>.
11. 交通运输部，《港口规划管理规定》，2007年12月，http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2008-01/02/content_848769.htm.
12. 生态环境部，《规划环境影响跟踪评价技术指南》，2019年修订版，<http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/pjjs-dz/201912/W020191224603893112972.pdf>.
13. 交通运输部，《交通运输专项规划环境影响评价技术规范第2部分:港口总体规划》（JT/T146.2-2018），2018年8月
14. 交通运输部，《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，2018年11月，<http://www.gov.cn/xinwen/2018-12/20/5350451/files/92419c6c912a4a34a428291d413c498f.PDF>.
15. 中国船东网, 中国内河水运LNG应用现状和前景, 2019年7月, <http://www.csoa.cn/doc/15699.jsp>.
信德海事, 内河LNG动力船发展缓慢, 怎么办? 2019年4月, <https://www.xindemarineneews.com/m/view.php?aid=11648>.
16. 数据来源于交通运输部水运科学研究院
17. 新华社，我国三大船舶排放控制区大气污染物排放量下降明显，2019年1月21日，http://www.gov.cn/xinwen/2019-01/21/content_5359636.htm
18. Nicholas C. Yost和Xiaoke Zhang，《中美环境影响评价对比》，环境法研究所，2017年1月
19. 美国环境质量委员会《〈国家环境政策法〉公民指南》（NEPA）2007年12月，http://energy.gov/sites/prod/files/nepapub/nepa_documents/RedDont/G-CEQ-CitizensGuide.pdf.
20. 美国港口当局协会（AAPA），《美国港口当局及其私营部门合作伙伴的基础设施投资计划，2016-2020》，2016年4月6日，<http://aapa.files.cmsplus.com/SeminarPresentations/2016Seminars/2016PRCommitteeMarchMeeting/2016-2020%20Port%20Planned%20Infrastructure%20Investment%20Survey%203-3-2016.pdf>.

21. 美国环保署,《港口入门指南:73联邦环境法规和计划》, <https://www.epa.gov/community-port-collaboration-and-capacity-building/ports-primer-73-federal-environmental-regulations> (2019年4月23日查阅)
 22. 美国环境咨询委员会,《减少与货物运输相关的废气排放:努力实现环境正义》,2009年11月, <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/2009-goods-movement.pdf>.
 23. 加利福尼亚资源委员会, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/> (2020年2月25日查阅)
 24. 长滩港、洛杉矶港、圣佩德罗湾港2017清洁空气计划,2017年11月, <http://cleanairactionplan.org/documents/final-2017-clean-air-action-plan-update.pdf>.
 25. 美国环境保护署,将环境正义问题纳入EPA NEPA合规性分析的最终指南,1998年4月, <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/ej-guidance-nepa-compliance-analyses.pdf>.
 26. 欧洲委员会,环境影响评价——EIA, <https://ec.europa.eu/environment/eia/eia-legalcontext.htm> (2016年7月19日查阅)
 27. Verbeeck, Lien和Hens, Luc,《港口区域的环境管理工具》,2004年1月
 28. IMPEL (2012),根据具体实例执行环境影响评估
 29. 欧洲委员会 (2015),审查环境影响评估 (EIA) 指令
 30. 欧洲委员会,欧洲议会和理事会关于海上运输二氧化碳排放的监测、报告和核查的法规,以及对法规的修订 (EU) No 525/2013. (2015)
 31. ClientEarth (2014),清洁空气手册——欧盟空气质量法实用指南
 32. 欧洲委员会 (2003),第三节:空气质量立法, <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air.pdf>
 33. GEF-UNDP-IMO GloMEEP项目与IAPH (2018),港口排放工具包指南I:港口排放评估, <https://gm.imo.org/wp-content/uploads/2018/10/port-emissions-toolkit-gl-online-1.pdf>
 34. 美国环境保护署,《国家港口策略评估:减少美国港口的空气污染和温室气体》,2016年9月 <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=PI00PGK9.pdf>.
 35. Ibid
 36. GEF-UNDP-IMO GloMEEP项目与IAPH (2018),港口排放工具包指南I:港口排放评估, <https://gm.imo.org/wp-content/uploads/2018/10/port-emissions-toolkit-gl-online-1.pdf>
 37. EPA机动车排放模型 (MOVES) 是用于移动源的最先进的排放建模系统。对于与港口相关的排放清单,它用于公路和CHE清单的开发。
 38. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/mobile-source-emissions-inventory/msei-modeling-tools>
 39. COPERT是欧盟标准的车辆排放计算器,用车辆数量,里程,速度和其他数据 (例如环境温度) 计算特定国家或地区的排放量和能耗。 <https://www.emisia.com/utilities/copert/>
 40. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=PI00YFY8.pdf>
 41. 美国港口管理局协会 (2017), <http://aapa.files.cms-plus.com/Statistics/NAFTA%20Container%20Port%20Ranking%202017.pdf>
 42. OECD (2010),国际航运对环境的影响:以洛杉矶和长滩为例
 43. 洛杉矶港,空气排放清单2018,长滩港,空气排放清单2017
 44. <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/air-quality-monitoring>
 45. 鹿特丹港,港口愿景2030——港口指南, <http://www.portofrotterdam.com/en/Port/port-in-general/port-vision-2030/Pages/default.aspx>
 46. OECD (2010),国际航运对环境的影响:以鹿特丹港为例
 47. 鹿特丹港 (2007),Maasvlakte 2 Milieu Effect Rapportage – Bijlage Luchtkwaliteit <https://www.maasvlakte2.com/kennisbank/Bijlage%20Luchtkwaliteit.pdf>
 48. 鹿特丹港 (n.d.) Wakend oog over Milieueffecten. <https://www.maasvlakte2.com/nl/index/show/id/149/monitoring-evaluatie-en-bijsturing>
 49. 深圳市生态环境局,我市建成港口船舶空气质量自动监测站,2018年3月29日, http://meeb.sz.gov.cn/xsdw/jczxz/jcdt/content/post_2056473.html
- 江苏省人民政府,省政府办公厅关于印发江苏省生态环境监测监控系统三年建设规划 (2018 - 2020) 的通知,2019年3月7日, http://www.jiangsu.gov.cn/art/2019/3/15/art_46144_8277474.html
- 中国环境报,常州启动船舶大气污染监测 开闸通行时,NO_x浓度上升145%,PM_{2.5}浓度上升33.3%,2020年5月11日, http://www.mee.gov.cn/ywdt/dfnews/202005/t20200511_778561.shtml



NRDC北京代表处

地址：中国北京市朝阳区东三环北路38号泰康金融大厦1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5927-0688



本报告采用环保纸印刷