

# 中国船舶和港口空气污染防治白皮书

全球十大集装箱港口有七个在中国，中国港口每年共处理全球三成的集装箱吞吐量（见表 1）。然而，每一艘进出港口的船舶和货车虽然带来了货物，促进了经济发展，但也加剧了港口和周边地区的空气污染。船用燃料油的含硫量远高于车用柴油，假设一艘中型到大型集装箱船使用含硫量为 35,000 ppm（3.5%）的船用燃料油，并以最大功率的 70% 行驶时，则其一天排放的 PM<sub>2.5</sub> 总量最多相当于我国 50 万辆国 IV 货车同一天的排放量。

**表 1: 2013 年全球 20 大集装箱码头及其吞吐量<sup>1</sup>**

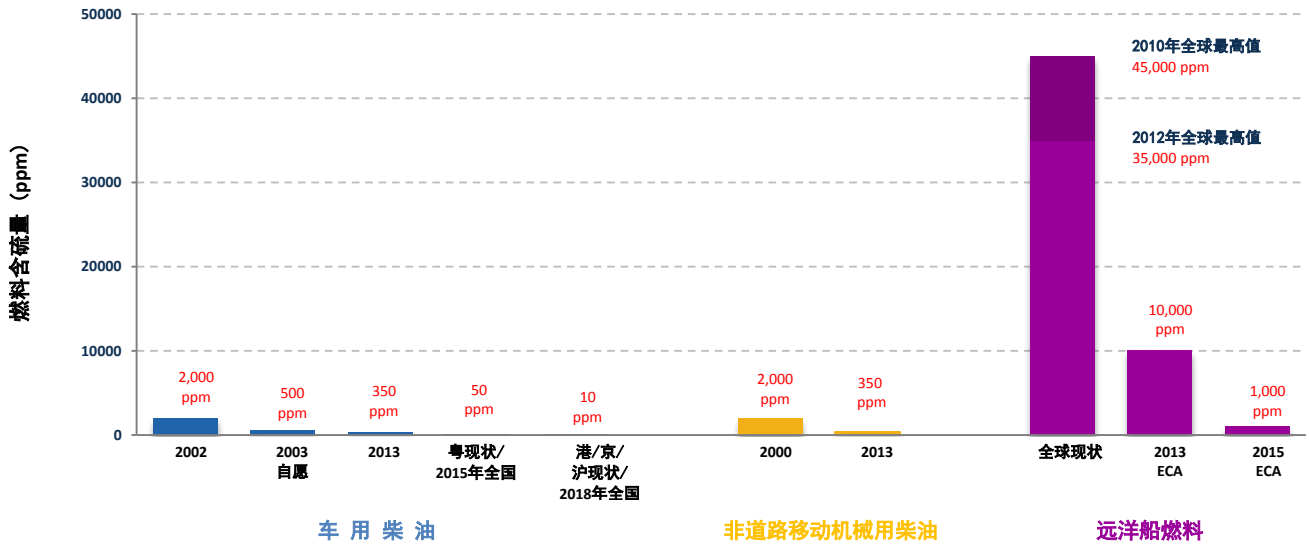
排名	港口名	国家	吞吐量 (百万 TEU)	占世界总吞吐量比例
1	上海	中国	33.6	5%
2	新加坡	新加坡	32.6	5%
3	深圳	中国	23.3	4%
4	香港	中国	22.3	3%
5	釜山	韩国	17.7	3%
6	宁波舟山	中国	17.4	3%
7	青岛	中国	15.5	2%
8	广州	中国	15.3	2%
9	迪拜	阿拉伯联合酋长国	13.5	2%
10	天津	中国	13.0	2%
11	鹿特丹港	荷兰	11.6	2%
12	巴生港	马来西亚	10.2	2%
13	大连	中国	10.0	2%
14	台湾高雄	中国	9.9	2%
15	汉堡	德国	9.2	1%
16	安特卫普	比利时	8.6	1%
17	厦门	中国	8.0	1%
18	洛杉矶	美国	7.90	1%
19	丹戎帕拉帕斯港	马来西亚	7.5	1%
20	长滩	美国	6.7	1%
中国前 20 港口			168.3	26%
世界前 20 港口			293.8	46%
世界总量			641.0	100%

## 船舶废气的健康和环境的影响

停泊在中国港口的大多数船舶使用的是燃料油，即渣油；多数港口机械和港区内货车仍使用柴油。上述船舶、机械和货车的发动机所排放的废气中，柴油颗粒物（PM）、氮氧化物（NOx）和硫氧化物（SOx）

的含量极高。发动机排放的 NOx 会增加区域的臭氧（O<sub>3</sub>）和 PM 浓度。这些污染物会引发呼吸系统和心血管疾病；柴油颗粒物则属于致癌物质<sup>2,3</sup>。柴油或燃料油燃烧产生的 PM 中还含有黑碳。

图 1：中国车用柴油、非道路机械用柴油及国际海事组织关于远洋船的燃油含硫量标准对比<sup>4</sup>



注：车用柴油低含硫量限值已经在一些重点区域实施，如北京、上海、广东和香港。

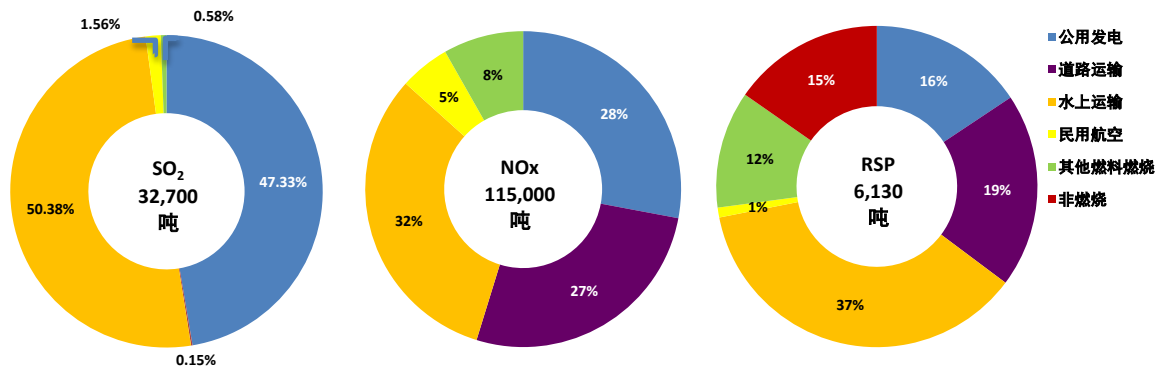
黑碳是一种短期气候致暖物质，会加速冰川和极地冰盖融化，并加剧气候变化。柴油发动机排放的NO<sub>x</sub>和SO<sub>x</sub>还会导致酸雨、富营养化和生态系统的氮富集，加剧海洋酸化<sup>5</sup>。

此外，非清洁柴油和船用燃料油含硫量极高——船用燃料油的含硫量是车用柴油的100至3500倍。高含硫量燃料在发展中国家和地区（包括我国的大部分地区）广泛使用，会对船舶和货车上安装的先进的尾气处理设备造成损害，使得我国大部分地区的远洋船和货车上无法安装使用这类废气处理设备。图1比较了我国机动车、非道路移动机械发动机使用的柴油，以及远洋船燃料的含硫量限值。

## 航运业和港口活动污染加剧我国港口城市的空气污染

中国正为航运所造成的空气污染付出高昂的代价。国内外研究表明，2010年中国约有120万人因为空气污染而过早死亡，其中航运是导致空气污染和健康问题的重要因素之一。根据香港和深圳开展的研究，港口城市的问题尤为突出<sup>6</sup>。图2显示了香港各不同部门的大气污染物排放情况<sup>7</sup>。我国主要港口城市均属于人口密集地区，这就意味着船舶和港口带来的空气污染，对中国的港口城市所造成的公共健康风险和环境影响较之其他国家的港口城市可能更为严重。

图 2：船舶废气排放量占香港废气排放总量的比例，2012 年数据<sup>8</sup>



注：RSP 指可吸入颗粒物，即 PM10。

图 3：全球四个排放控制区覆盖范围：波罗的海、北海、北美洲和美国加勒比海排放控制区



注：在 SO<sub>x</sub> 排放控制区中二次颗粒物 (PM) 的排放通过 SO<sub>x</sub> 排放限值进行间接控制。

### 防控船舶和港口空气污染

北美、欧洲及亚洲一些国家和地区的政府（如新加坡、香港和深圳）意识到航运的空气污染对健康和环境的影响，已采取了相关措施来防治船舶和港口的空气污染。有的政府还推出自愿性计划以鼓励使用低硫燃料和清洁技术。对于远洋船，则由联合国机构“国际海事组织”（IMO）对其制定 SO<sub>x</sub>、PM 和 NO<sub>x</sub> 的排放标准<sup>9</sup>。IMO 还在全球设定了四个排放控制区（ECA），见图 3。

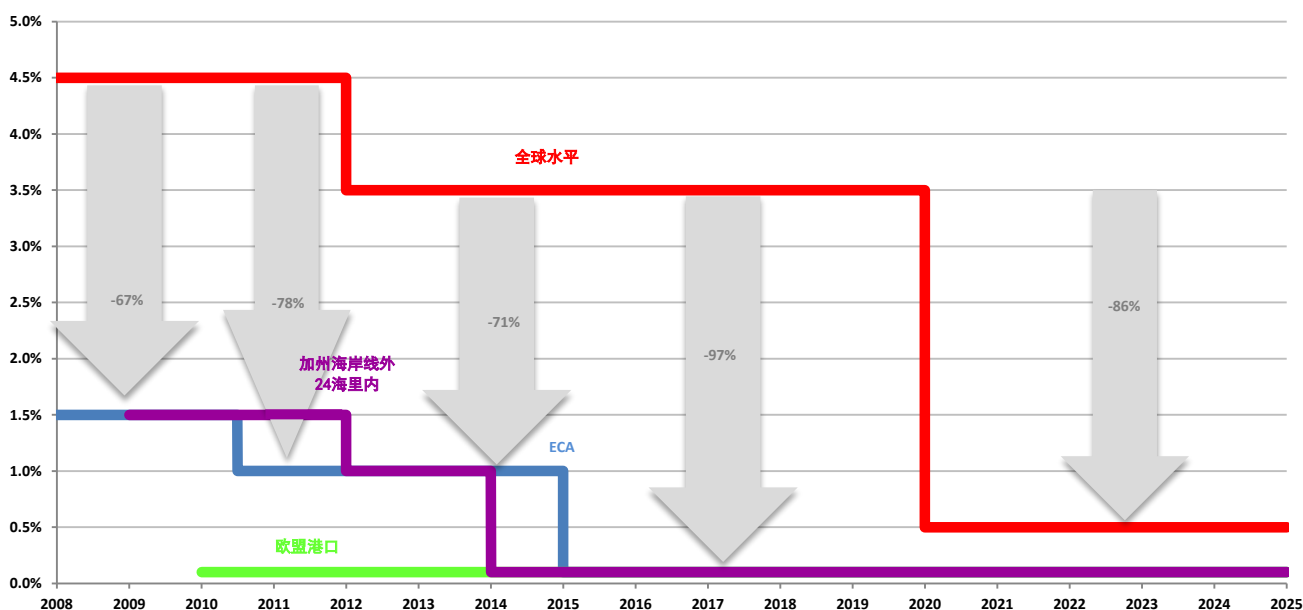
船用燃料油含硫量的世界平均值为 26,000 ppm（1 ppm 为百万分之一），即 2.6%；而全球船用燃料油含硫量的最大限值为 35,000 ppm，即 3.5%。图 3 所示四个排放控制区的实施更严格的 SO<sub>x</sub> 排放限值（并间接控制 PM）。在北美和欧洲的 ECA 范围内航行和停靠的船舶，其使用的燃油含硫量不可超过

10,000 ppm（1%）。该标准在 2015 年将收紧至 1,000 ppm（0.1%）<sup>10</sup>。

北美洲和美国加勒比海 ECA（海岸线以外 200 海里内的海域）还是 NO<sub>x</sub> 排放控制区。自 2016 年起，所有新建的远洋船在这两个 ECA 范围内航行时，其 NO<sub>x</sub> 排放必须比现在新建的远洋船低 75%<sup>11</sup>。

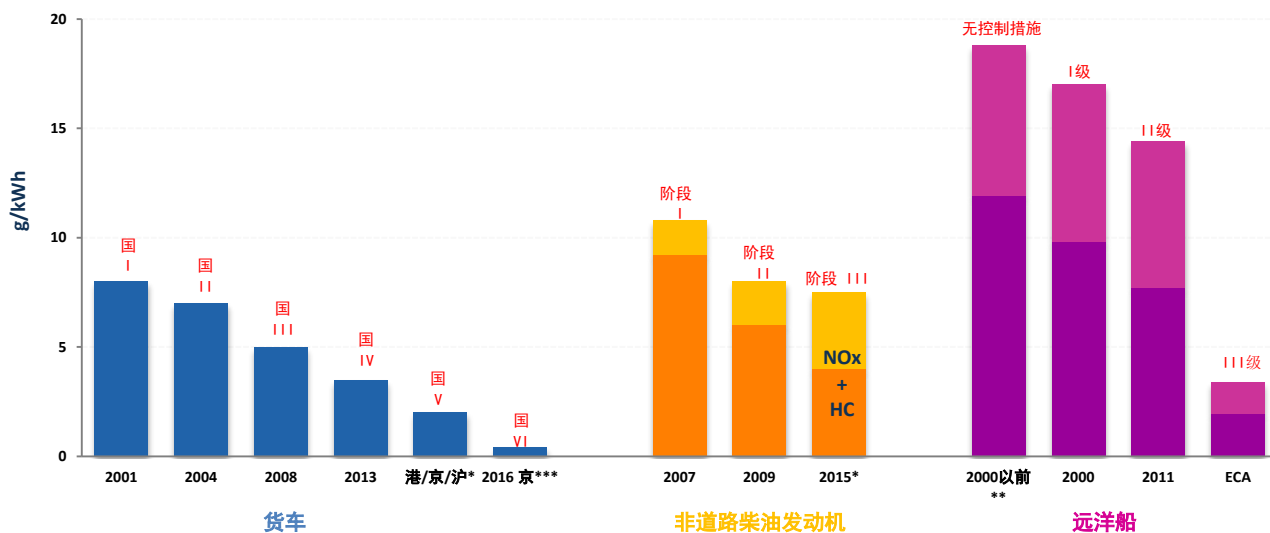
欧盟的内河船和在美国航行的美籍非远洋船都必须比 ECA 内船舶执行更严格的燃油含硫量限值和 NO<sub>x</sub> 排放标准<sup>12</sup>。美国、欧洲和各地区的船舶燃料含硫量限值对比见图 4。图 5 比较了我国现在和未来几年机动车和非道路移动机械用柴油发动机的 NO<sub>x</sub> 排放限值，以及 IMO 规定的远洋船 NO<sub>x</sub> 排放限值。

图 4：2008 年至 2025 年，IMO 船用燃料油含硫量标准及欧盟和美国加州海域燃油含硫量限值<sup>13</sup>



注：上图中紫色线指美国加州的燃油含硫量标准，图中所示为船用柴油 DMA (marine gas oil) 的含硫量限值。加州对船用柴油 DMB (marine diesel oil) 的含硫量要求更加严格：标准要求 2009 年 7 月 1 日起，DMB 含硫量不能超过 0.5%；2014 年 1 月 1 日起执行 0.1% 的含硫量标准。欧洲的北海 ECA 和波罗的海 ECA 分别于 2007 年和 2006 年正式生效。北美洲 ECA 于 2012 年 8 月 1 日起执行 ECA 的含硫量标准，加州近岸海域同时开始实施 1% 的含硫量限值。

图 5：中国道路和非道路柴油机 NO<sub>x</sub> 排放标准与 IMO 船用发动机排放标准对比<sup>14</sup>



注：柱状图中颜色较浅的部分指不同发动机功率或转速的 NO<sub>x</sub> 标准范围。我国非道路发动机的 NO<sub>x</sub> 标准是根据输出功率设定的。IMO 远洋船 NO<sub>x</sub> 标准则因发动机最大转速而异。

\* 柴油货车的国 V 标准（即标有“港/京/沪”的蓝色柱）还未在全国范围内推行，具体实施时间尚未公布。目前仅香港、北京和上海实施了该标准。非道路柴油发动机的最新标准限制了 NO<sub>x</sub> 和碳氢化合物 (HC) 的总排放量。该标准将于 2015 年 10 月 1 日实施。

\*\* 无控制措施的远洋船排放水平基于 Eyring 等的集装箱货船的排放系数<sup>15</sup>。

\*\*\* 北京已经承诺于 2016 年实施比国 V 标准更严格的排放标准，因此该图以国 VI 标准表示。

## 排放控制区经济性高，可推动清洁技术的发展

多项研究预计排放控制区政策具有较高的经济性。据估计，欧洲的北海和波罗的海 ECA 执行低硫燃料的标准后，其健康和环境效益将是达标所需费用的四倍。而北美洲 ECA 执行严格的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 和 PM 排放标准，其所带来的效益高于达标所需费用的 10 倍。

上述法规和激励政策已推动了航运业的替代燃料和先进的船舶废气排放控制技术的发展与应用。尽管以含硫量低的船用燃料油替代高硫燃料油仍是满足燃油含硫量要求的最常用方法，但一些船公司也开始测试并应用末端尾气净化装置来降低尾气中的硫氧化物 (SO<sub>x</sub>)<sup>16</sup>。由于北美执行了严格的 NO<sub>x</sub> 排放标准，先进的 NO<sub>x</sub> 排放控制技术（如选择性催化还原技术和废气再循环装置）也已在一些船只上应用<sup>17</sup>。在美国、欧盟和中国，以液化天然气 (LNG) 代替船用燃料油的技术正逐渐受到重视。LNG 船舶的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 和 PM 排放量比使用低硫燃料的船舶更低，而且 LNG 的价格在美国和欧盟比低硫船用油低<sup>18</sup>。因此，越来越多的欧洲、美国和中国港口已开始建造 LNG 加注设施<sup>19</sup>。另外，美国和欧盟的一些港口也鼓励、甚至强制要求远洋船靠岸时使用岸电、降低航速，以进一步减少船舶废气在港口区域的排放<sup>20</sup>。

## 防治我国船舶和港口空气污染的近期措施

中国近年来严重的空气污染问题促使政府公布了新的空气质量标准并实施了大量提升空气质量的措施。部分沿海省市已经开始关注船舶和港口活动的空气污染问题。香港是国内首个执行严格的本地船用低硫油标准（500 ppm，或 0.05% 含硫量）的城市，并即将率先强制要求远洋船靠岸时使用低硫燃料油<sup>21,22</sup>。继香港之后，深圳市公布了一系列相关措施，推动船舶、货车和港口设备使用清洁能源，包括为转用低硫油和使用岸电的船舶提供补贴<sup>23</sup>。其他港口城市和地区，如上海市、青岛市、广东省、江苏省和山东省，均已发布方案推广使用岸电、港口设备电气化以及电动或天然气动力货车<sup>24</sup>。总体来说，由于国内

对船舶和港口的大气污染防治的相关措施和研究尚处于起步阶段，船舶、货运车和港口设备还存在很大的减排空间，推动清洁化的船只、货运车辆和港口设备将能极大的促进国家和沿海的大气污染重点防控区域改善空气质量。

虽然上述规划、计划很令人鼓舞，但这些措施实施起来可能会面临许多挑战。由于缺乏足够的数 据，大多数措施在拟定时未充分根据港口特点进行具体分析。多数规划仅泛泛的提出了规划目标，因此，具体的罚则、补贴政策等实施细则只能由省级或市级负责机构与各利益相关方（包括港口和航运业）协商后确定。但如果没有足够的分析作支撑，这些规划将难以得到港口和航运业的全力支持。航运业竞争激烈，如果邻近地区的港口不能共同推行地区性的减排政策，船舶有可能转向监管力度宽松的港口，这势必导致污染转移，并大大削弱港口已实施的防治措施的减排效果。

## 因地制宜的政策和排放控制区战略至关重要

为了应对上述挑战和研究的不足，港口或港口区域需进行更多的研究，以建立港口大气污染物排放清单，评估一个港口或一个地区采取不同的污染控制措施所需的成本和可能的效益。例如，岸电或 LNG 船舶等措施的成本和效益可能会因港口的具体情况而具有很大差异，这种分析将有助于港口制定最优的减排方案以达到最佳控制效果。随后，可以在防治措施成本效益分析的基础上制定“港口清洁空气行动计划”，以指导如何削减船舶和港口的废气排放。政府也应评估相关的减排政策对港口竞争力的影响，并制定应对方案，这将能够为船舶和港口大气污染防治政策争取更多的支持。最终，实施区域性的、甚至全国性的废气减排方案，例如设立排放控制区 (ECA)，将能够有效地防止船舶转移到环保要求较宽松的港口，并确保拟定的减排方案能够实现最佳减排效果和健康效益。

## 注释

- 1 “The Shanghai International Shipping Institute (SISI) Issued the Global Port Development Report for 2013,” *3PLNews*, 2014 年 3 月 26 日, [www.3plnews.com/ocean-freight/the-shanghai-international-shipping-institute-sisi-issued-the-global-port-development-report-for-2013.html](http://www.3plnews.com/ocean-freight/the-shanghai-international-shipping-institute-sisi-issued-the-global-port-development-report-for-2013.html) (最后访问时间: 2014 年 4 月 10 日)。
- 2 World Health Organization, “Ambient (Outdoor) Air Quality and Health,” March 2014, [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/) (最后访问时间: 2014 年 10 月 5 日)。
- 3 International Agency for Research on Cancer (IARC), *IARC Monograph: Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes*, Vol. 105, 2013, [monographs.iarc.fr/](http://monographs.iarc.fr/) (最后访问时间: 2014 年 4 月 7 日)。
- 4 International Maritime Organization (IMO), “Sulfur Oxides (SOx)—Regulation 14,” IMO website, 2014, [www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx) (最后访问时间 2014 年 3 月 18 日)。另参见: [TransportPolicy.net](http://TransportPolicy.net), “China: Fuels: Diesel and Gasoline,” [transportpolicy.net/index.php?title=China:\\_Fuels:\\_Diesel\\_and\\_Gasoline](http://transportpolicy.net/index.php?title=China:_Fuels:_Diesel_and_Gasoline) (最后访问时间: 2014 年 5 月 1 日)。
- 5 Tara L. Greaver et al., “Ecological Effects of Nitrogen and Sulfur Air Pollution in the U.S.: What Do We Know?” *Frontiers in Ecology and the Environment* 10, no. 7 (September 2012): 365–372. Bill Collins, Michael G. Sanderson, and Colin E. Johnson, “Impact of Increasing Ship Emissions on Air Quality and Deposition over Europe by 2030,” *Meteorologische Zeitschrift* 18, no. 1 (February 2009): 25–39. National Park Service (NPS), *Evaluation of the Sensitivity of Inventory and Monitoring National Parks to Acidification Effects from Atmospheric Sulfur and Nitrogen Deposition, Main Report*, U.S. Department of the Interior, April 2011. USEPA, *Nitrogen Dioxide/Sulfur Dioxide Secondary NAAQS Review: Integrated Science Assessment (ISA)—Final*, EPA/600/R-08/082F, 2008。
- 6 Hak-kan Lai et al., “Health Impact Assessment of Marine Emissions in Pearl River Delta Region,” *Marine Pollution Bulletin* 66, no. 1-2 (January 2013): 158-163. 卢旭阳, “推广使用岸电和低硫油治理船舶污染”, 2014 年汽车尾气排放控制研讨会发言, 2014 年 6 月 26 日 (最后访问时间: 2014 年 7 月 12 日)。
- 7 Simon K.W. Ng et al., *Study on Marine Vessels Emission Inventory for Hong Kong—Final Report*, submitted to the Environmental Protection Department of the HKSAR Government, 2012。
- 8 Hong Kong Environmental Protection Department (HKEPD), 2012 Hong Kong Emission Inventory Report, Hong Kong SAR Government, March 2014, [www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/data/files/2012HKEIRport\\_eng.pdf](http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/data/files/2012HKEIRport_eng.pdf)。
- 9 国际海事组织 (IMO) 制定了环境保护相关的法规, 即《防止船舶污染国际公约》(MARPOL)。该公约的附件 VI 是关于防治船舶空气污染的。本白皮书提到的国家和地区均签署了附件 VI, 并在附件 VI 的框架下实施法律法规。更多详细内容见报告全文: 冯淑慧等, 中国船舶和港口空气污染防治白皮书, 自然资源保护协会, 2014 年 10 月。
- 10 根据 MARPOL 附件 VI, 2015 年开始在北美洲、加勒比海、波罗的海和北海 ECA 航行的船舶所使用的燃料含硫量限值为 1000 ppm (0.1%); 目前 ECA 以外的区域设定的燃料含硫量为 35,000 ppm (3.5%)。参见尾注 5: IMO, “Sulfur oxides (SOx)”。
- 11 IMO, “Nitrogen Oxides (NOx)—Regulation 13,” 2014, [www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-%28NOx%29-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-%28NOx%29-%E2%80%93-Regulation-13.aspx) (最后访问时间: 2014 年 3 月 18 日)。
- 12 美国的非远洋船主要安装第 1 类和第 2 类发动机 (发动机排量小于 30 dm<sup>3</sup>)。该类船舶包括拖船、顶推船、补给船、渔船和港口内或临近港口间航行的商船。
- 13 California Air Resource Board (CARB), “Vessel Speed Reduction for Ocean-going Vessels,” presentation at public workshop, Sacramento, CA, July 29, 2009, [www.arb.ca.gov/ports/marinevess/vsr/docs/072909speakingnotes.pdf](http://www.arb.ca.gov/ports/marinevess/vsr/docs/072909speakingnotes.pdf) (最后访问时间: 2014 年 4 月 12 日)。European Council, Directive 2012/33/EU of the European Parliament and the Council of November 21, 2012, amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulfur content of marine fuels, 2012, [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0033](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0033). IMO, “Sulfur Oxides,” 见尾注 5。
- 14 “China: Non-road: Emissions,” [TransportPolicy.net](http://TransportPolicy.net), [http://transportpolicy.net/index.php?title=China:\\_Nonroad:\\_Emissions](http://transportpolicy.net/index.php?title=China:_Nonroad:_Emissions) (最后访问时间: 2014 年 5 月 1 日)。参见尾注 11: IMO, “Nitrogen Oxides (NOx)”。
- 15 Veronika Eyring et al., “Emissions from International Shipping: 1. The last 50 years,” *Journal of Geophysical Research* 110 (September 2005): 1984-2012。
- 16 例如世界上最大的邮轮公司“嘉年华邮轮公司”最近宣布在 70 艘邮轮 (即该公司 70% 的船舶) 上安装废气洗涤器以满足 ECA 对 SOx 排放的要求。见“Carnival Expands Cruise Ship Scrubber Technology,” *Environmental Leader*, 2014 年 5 月 22 日, <http://www.environmentalleader.com/2014/05/22/carnival-expands-cruise-ship-scrubber-technology/> (最后访问时间: 2014 年 5 月 28 日)。
- 17 IMO, *Final Report of the Correspondence Group on Assessment of Technological Developments to Implement the Tier III NOx Emission Standards Under MARPOL Annex VI*, MEPC 65/4/7, 2013 年 2 月 8 日。
- 18 George Teriakidis, “LNG Fuelled Ships Recent Development 2014,” Det Norske Veritas (DNV) presentation, [slideshare.net](http://slideshare.net), February 2014, <http://www.slideshare.net/teriak/lng-fuelled-recent-development-2014-02?related=1> (最后访问时间: 2014 年 10 月 1 日)。
- 19 Port of Rotterdam Authority, “Massive Boost for Rotterdam LNG Hub,” 2013 年 10 月 16 日, <http://www.portofrotterdam.com/en/News/pressreleases-news/Pages/massive-boost-rotterdam-lng-hub.aspx> (最后访问时间: 2014 年 10 月 1 日)。Keith Meyer, “LNG Bunkering: What’s Happening in North America?” LNG Bunkering Summit 2014, <http://www.lngbunkeringsummit.com/> (最后访问时间: 2014 年 10 月 6 日)。Mabel Tan, “Chinese Port to Build Inland LNG Bunkering Stations,” *Bunkerworld*, 2013 年 9 月 15 日, [www.bunkerworld.com/news/Chinese-port-to-build-inland-LNG-bunkering-stations-131837](http://www.bunkerworld.com/news/Chinese-port-to-build-inland-LNG-bunkering-stations-131837) (最后访问时间: 2014 年 9 月 15 日)。
- 20 California Air Resources Board, “Shore Power for Ocean-going Vessels,” <http://www.arb.ca.gov/ports/shorepower/shorepower.htm> (最后访问时间: 2014 年 10 月 6 日)。Port of Los Angeles, “Vessel Speed Reduction Incentive Program Guidelines,” undated, [www.portoflosangeles.org/pdf/VSR\\_Program\\_Overview.pdf](http://www.portoflosangeles.org/pdf/VSR_Program_Overview.pdf) (最后访问时间: 2014 年 8 月 17 日)。Port of Long Beach, “Participate in the Green Flag Program,” undated, [www.polb.com/civica/filebank/blobload.asp?BlobID=6963](http://www.polb.com/civica/filebank/blobload.asp?BlobID=6963) (最后访问时间: 2014 年 8 月 17 日)。
- 21 Legislative Council of Hong Kong (LegCo), *Legislative Council Brief: Air Pollution Control Ordinance (Cap. 311) Air Pollution Control (Marine Light Diesel) Regulation*, January 2014, [www.legco.gov.hk/yr13-14/english/subleg/brief/2\\_brf.pdf](http://www.legco.gov.hk/yr13-14/english/subleg/brief/2_brf.pdf) (最后访问时间: 2014 年 3 月 24 日)。
- 22 Advisory Council on the Environment (ACE) of Hong Kong, *Mandatory Fuel Switch at Berth for Ocean Going Vessels in Hong Kong Waters*, 2013, [www.epd.gov.hk/epd/english/boards/advisory\\_council/files/ACE\\_Paper\\_10\\_2013.pdf](http://www.epd.gov.hk/epd/english/boards/advisory_council/files/ACE_Paper_10_2013.pdf) (最后访问时间: 2014 年 3 月 1 日)。
- 23 深圳市政府, “深圳市人民政府办公厅关于印发深圳环境质量提升行动计划的通知”, 2013 年 9 月 20 日,

[http://zwgk.gd.gov.cn/007543382/201205/t20120507\\_314243.html](http://zwgk.gd.gov.cn/007543382/201205/t20120507_314243.html) (最后访问时间:2014年10月1日). 深圳市政府“中国深圳绿色航运新闻发布会”: [www.sz.gov.cn/cn/xxgk/xwfyw/wqhg/20140924/](http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/xwfyw/wqhg/20140924/) (最后访问时间:2014年9月28日)。

24 上海市人民政府,“上海市人民政府关于印发《上海市清洁空气行动计划(2013-2017)》的通知”2013年11月7日, <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node2314/node2319/node12344/u26ai37377.html> (最后访问时间:2014年10月1日). 江苏省政府,“省政府关于印发江苏省大气污染防治行动计划实施方案的通知”2014年1月6日, [http://www.js.gov.cn/jsgov/tj/bgt/201401/t20140123\\_419410.html](http://www.js.gov.cn/jsgov/tj/bgt/201401/t20140123_419410.html) (最后访问时间:2014年10月1日). 广东省交通运输厅,“广东省交通运输厅关于印发《广东省绿色港口行动计划(2014-2020)》的通知”2014年2月13

日, <http://www.gdcd.gov.cn/AllAttach%5Cattach%5Cattachd8bb19ac-088e-45ce-94b2-0cec416c849f.pdf> (最后访问时间:2014年10月1日). 青岛市政府,“关于印发青岛市大气污染防治2013年行动计划的公告”2013年6月1日, <http://www.qingdao.gov.cn/n172/n68422/n68424/n28264690/n29535746/131015161408733132.html> (最后访问时间:2014年10月1日). 山东省政府,“关于印发《山东省2013—2020年大气污染防治规划》和《山东省2013—2020年大气污染防治规划一期(2013—2015年)行动计划》的通知”2013年7月17日, [http://www.shandong.gov.cn/art/2013/8/13/art\\_3883\\_3605.html](http://www.shandong.gov.cn/art/2013/8/13/art_3883_3605.html) (最后访问时间:2014年10月1日).