

关于远洋船转用低硫油的情况说明

自然资源保护协会

(2014年11月)

一、前言

自然资源保护协会应中国港口协会的要求编写了这份情况说明,旨在介绍我国港口附近船舶以及进出港船舶转用低硫油的情况。

远洋船主要使用燃料油(也称为渣油或重油)来提供动力、电力和供热。船用燃料油是炼油的残余物,具有含硫量高、粘度高的特点,还含有重金属,如镉、钒和铅等。发动机内的燃料燃烧后,燃料油中的硫转化成二氧化硫(SO₂),还有一小部分被氧化为三氧化硫(SO₃),产生硫酸和硫酸盐气溶胶,直接以颗粒物形式排出。硫氧化物(SO_x)的排放也加剧了副产物PM_{2.5}(粒径小于2.5微米的细颗粒物)的生成¹。这些污染物均会引发呼吸系统和心血管疾病,颗粒物还是致癌物质^{2,3}。船舶排放的SO_x和氮氧化物会影响生态系统:导致酸雨、富营养化和氮富集,以及海洋酸化⁴。燃料油燃烧产生的PM中含有黑碳,这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。

在我国,船舶已成为各大港口城市的主要大气污染源。上海、深圳和香港是世界排名第一、第三和第四的集装箱港,船舶和港口排放的SO₂分别占这三个城市污染物排放总量的12%、66%和50%⁵。

二、船用燃料的含硫量

中国是国际海事组织(IMO)的成员国,已签署了IMO制定的环境法规——《防止船舶污染国际公约》(MARPOL),包括防治船舶空气污染的附件六。目前,IMO规定船舶使用的燃料油的含硫量限值为35,000 ppm(3.5%)ⁱ。这一限值到2020年将降低至5,000 ppm(0.5%),但IMO将在2018年完成对2020年限值的可行性审查,并确定是否如期实施。该标准比前述的全球含硫量最高的燃料油降低了86%,见图1。

此外,附件VI的签署国可以向IMO申请设立更严格的“排放控制区”(ECA),以加强船舶废气排放控制。驶入ECA水域的船舶使用的燃料含硫量不可超过10,000 ppm(1%),该限值自2015年1月1日起将进一步缩紧至1,000 ppm(0.1%)。美国加州和欧盟均执行了严格的泊岸换油的规定,强制要求远洋船停靠码头时使

ⁱ 已设立的排放控制区(ECA)除外。见注释6中IMO,“Sulfur Oxides”。

用的燃油含硫量不超过 1,000 ppm (0.1%)。加州的换油规定更为严格,从远洋船驶入距离加州海岸 24 海里水域范围内开始执行 (见图 1)。

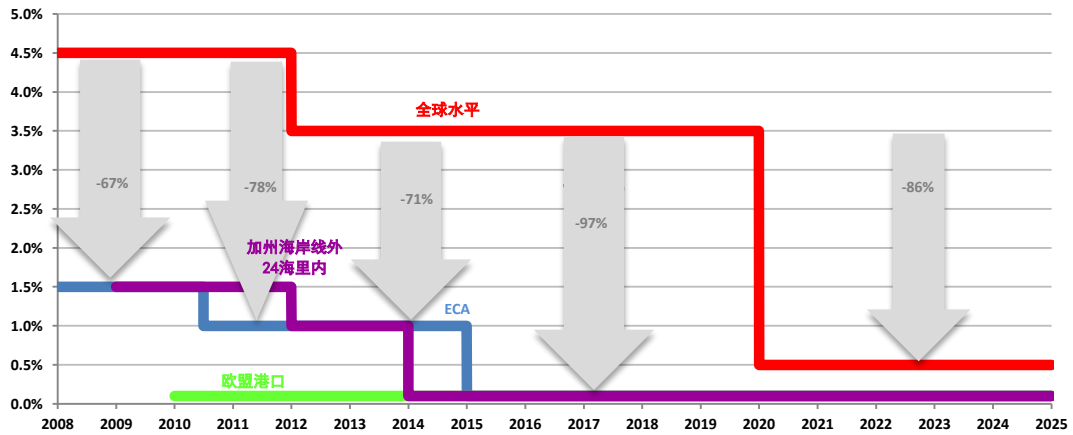


图 1 2008 年至 2025 年, IMO 船用燃料油含硫量标准及欧盟和美国加州海域燃油含硫量限值⁶

注:上图中紫色线特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) 的含硫量限值更加严格: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。

由于我国尚未出台专门的船舶废气排放标准,在我国水域内的船舶可使用含硫量最高为 35,000 ppm (3.5%) 的燃料。与之形成对比的是,道路车辆和非道路移动机械发动机(如农用拖拉机及建筑设备)使用的柴油含硫量已实施严格限值,即控制在 350 ppm (0.035%) 以内。在珠江三角洲和长江三角洲地区的主要城市,机动车用柴油和汽油的含硫量控制在 50 ppm (0.005%) 以下;北京、上海和香港的车用燃油含硫量标准更为严格,为 10 ppm (0.001%),与美国、欧盟及日本的水平基本相同⁷。图 2 对比了各类燃料的含硫量。

船用燃料油的含硫量是车用柴油的 100 至 3500 倍。因此,远洋船单位燃料的二氧化硫和颗粒物排放量远远超过道路车辆ⁱⁱ。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_{2.5} 总量最多相当于我国 50 万辆国 IV 货车同一天的排放量⁸。

ⁱⁱ 美国和欧盟的小型船舶是例外,即欧盟的内河船和美国安装第 1 类和第 2 类发动机的船舶。有规定要求这些船舶使用的燃料含硫量不超过 10 ppm (0.001%),该要求与车用柴油一样严格。

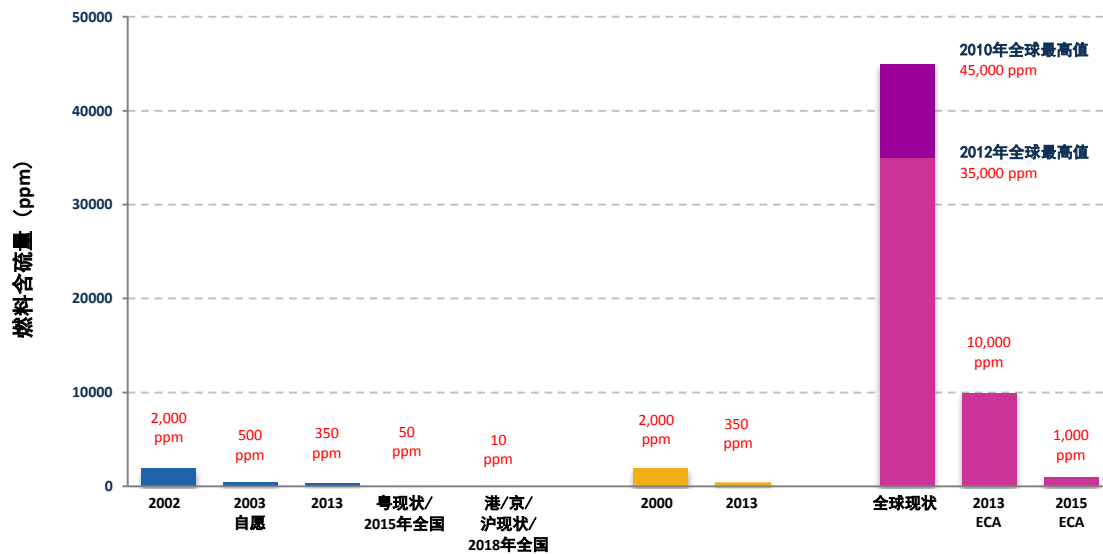


图 2 中国车用柴油、非道路机械用柴油及国际海事组织关于远洋船的燃油含硫量标准对比⁹

三、船舶转用低硫油的相关规定和激励政策

船舶转用低硫油（即“换油”）是削减船舶废气排放的最常用的措施之一。SO₂和以硫酸盐为主的颗粒物在发动机烟气中的浓度与燃油含硫量成一定比例，因此，即使没有任何排放控制设施，单靠转用低硫油也能够直接降低二氧化硫和颗粒物的排放量¹⁰。对船公司而言，除了可能安装额外的储油罐并为员工提供换油的培训会增加少许成本以外，船舶转用低硫油不需要其他的基础设施和人力投资。因此，船公司实施换油比其他技术更容易，如使用废气洗涤器、改用液化天然气（LNG）或使用岸电等都需要对船体进行改造。

如前所述，美国加州和欧盟均执行了严格的泊岸换油的规定；加州规定更为严格，从远洋船驶入距离加州海岸 24 海里水域范围内开始执行。全球共设立了四个 ECA，任何驶入这些排放控制区的远洋船必须使用低硫燃料。这四个排放控制区包括欧洲的北海 ECA、波罗的海 ECA、北美洲 ECA 和美国加勒比海 ECA（见图 3）。所有远洋船在排放控制区内都要使用含硫量低于 10,000 ppm（1%）的燃油；该限值将于 2015 年 1 月降低至 1,000 ppm（0.1%）。该标准比前述的全球含硫量最高的燃料油降低了 97%，见图 2。

上述换油规定有效的改善了港口区域的空气质量。例如，加州自 2009 年开始要求进入其海域的远洋船必须换油；到 2010 年，加州奥克兰港和整个圣佩罗湾附近的空气质量得到了明显提高，SO₂ 浓度降低了 28-72%¹¹。

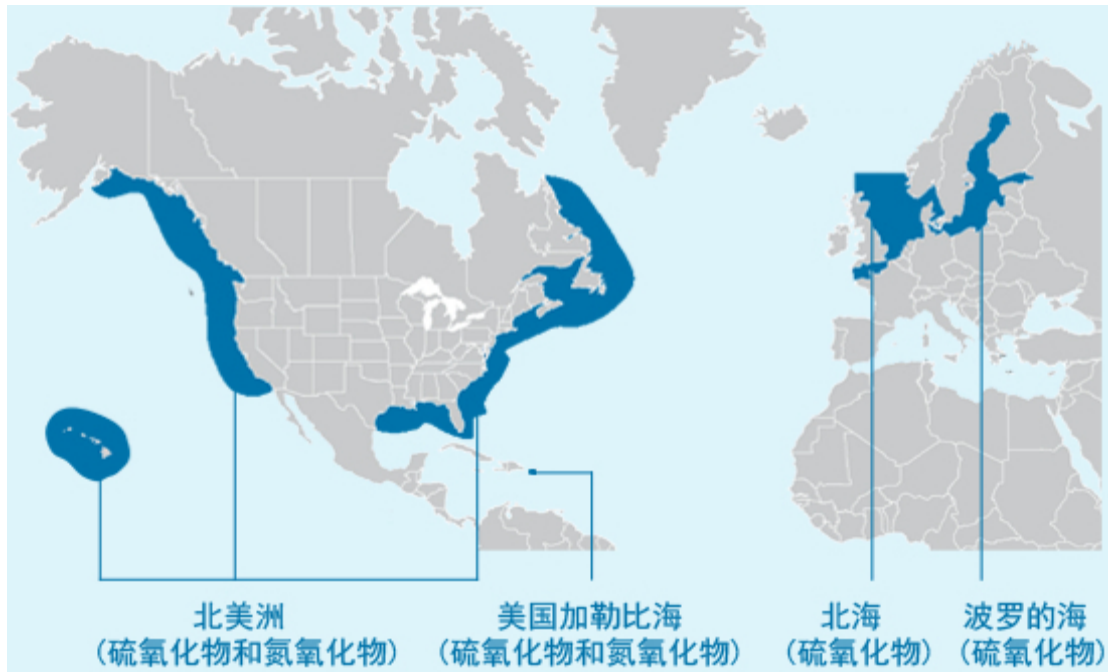


图 1 全球四个排放控制区覆盖范围：波罗的海、北海、北美洲和美国加勒比海排放控制区

注：在 SO_x 排放控制区中，二次颗粒物 (PM) 的排放通过限制 SO_x 排放进行间接控制。

在亚洲，香港、新加坡和深圳均推出了激励政策鼓励船舶自愿转用低硫油。最早的自愿计划是一些船公司、邮轮公司和船务公司于 2010 年在香港发起的《乘风约章》。签署“乘风约章”的公司承诺在香港泊岸的船舶自愿改用含硫量为 5,000 ppm (0.5%) 的燃油。在《乘风约章》的推动下，2012 年 9 月下旬，香港环保署推出了一项为期三年的激励计划，该项计划将给予泊岸换油的远洋船一定的优惠。香港计划于 2015 年正式实施强制要求船舶泊岸转用低硫油的法规。

2014 年 9 月，深圳也推出了相似的计划：船舶在深圳港泊岸时转用含硫量不高于 5000 ppm (0.5%) 的燃料的，市政府可提供 75-100% 的用油差价补贴。

作为世界最繁忙的集装箱港口之一，新加坡港自 2011 年起推出了自愿的“绿色港口计划”。根据该计划，若远洋船在新加坡港泊岸时或在其海域内使用含硫量不高于 1000 ppm (0.1%) 的燃料或其他经审批的减排技术，港口减免其 15-25% 的费用¹²。

上述激励计划是推动船舶换油的重要一步，但船公司的参与率很低。截止 2014 年 6 月，仅有 12% 的远洋船登记参与香港的计划；船公司表示，政府补贴只相当于约 40% 的换油成本^{13,14}。2013 年在新加坡港换油的船舶还不到 1%¹⁵。

四、远洋船在我国的情况

中国—北美和中国—北欧航线是全球最繁忙的航线（见图 4）。很多出入我国港口的船舶同时也服务北美和北欧的港口，如前所述，北美和北欧均要求这些

船舶进入排放控制区后转用低硫油。因此，出入我国港口的大多数远洋船均有换油的设备和能力，但这些船舶在我国却未转用低硫油。

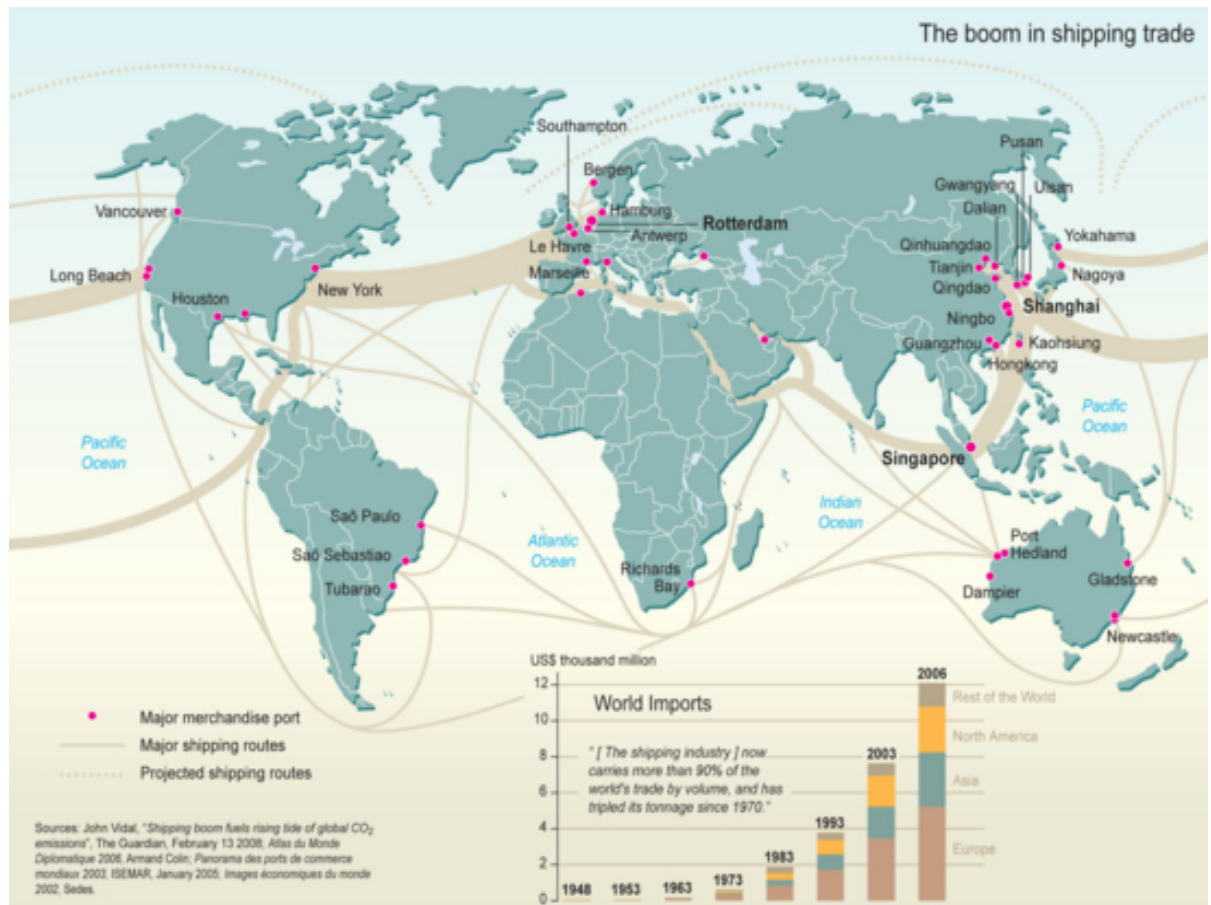


图 2 全球主要航运线路图(2011 年)¹⁶

目前尚缺乏关于来往排放控制区和我国港口之间船舶数量的公开数据。从表 1 可以看到，在香港签署了《乘风约章》并自愿在香港换油的船公司，其旗下的船舶也定期到访大陆的港口。这些船公司和其他出入排放控制区的公司都按照规定在排放控制区内进行了换油。但是，由于低硫油的价格比燃料油高很多（目前价格差约为 56%）¹⁷，因此，除了那些加入了香港和深圳的自愿激励计划的公司外，其他船公司不大可能在中国海域内转用低硫油。

表 1 签署《乘风约章》的船公司到访大陆港口的情况¹⁸

签署《乘风约章》的船公司	到访的港口			
	上海港	深圳盐田港	广州港	香港
Alianca 亚利安莎				✓
APL 美国总统船公司	✓	✓	✓	✓
CMA CGM 法国达飞船公司	✓	✓	✓	✓
COSCO 中国远洋运输	✓	✓	✓	✓
Crystal Cruises 水晶邮轮	✓			✓
Evergreen 长荣	✓	✓	✓	✓

签署《乘风约章》的船公司	到访的港口			
	上海港	深圳盐田港	广州港	香港
Hamburg Sud 汉堡南美	✓	✓		✓
Hanjin Shipping 韩进	✓	✓	✓	✓
Hapag Lloyd 赫伯罗德海运	✓	✓		✓
Hoegh Autoliners 挪威礼诺				✓
Hyundai Merchant Marine (HMM) 现代船公司	✓	✓		✓
Maersk Line 马士基	✓	✓	✓	✓
MOL 商船三井	✓	✓		✓
NYK 日本邮船	✓	✓		✓
OOCL 东方海外	✓	✓		✓
Pacific Basin 太平洋航运				✓
Prestige Cruise Holdings Prestige 邮船				✓
Wah Kwong 华光海运				✓
Wan Hai Lines Ltd. 万海航运	✓	✓	✓	✓
Yang Ming (Taiwan) 台湾阳明海运	✓	✓		✓

五、总结

转用低硫油是控制船舶颗粒物和 SO_x 排放的常用方法之一，与其他废气排放控制技术相比，该方法对基础设施和人力的要求较低。目前，在北欧和北美设立的排放控制区以及部分欧洲港口，均要求船舶转用低硫油。在欧美，换油已得到有效实施，并取得了显著效果。

在我国，船舶已成为港口城市的主要污染源，换油可有效防治空气污染。多数运营中国—北美和中国—北欧航线的船舶在排放控制区航行和在欧洲港口泊岸时均换用了低硫油；但是，由于低硫油价格较高，且我国尚无相关法规规定，这些船舶在我国海域内仍在使用的含硫量较高的燃料油。

深圳和香港推出了转用低硫油的激励计划，这是鼓励远洋船在我国港口泊岸时换油的重要一步。然而，在没有强制性的法律规定、仅有激励计划的情况下，如果计划不能补贴燃料的差价，参与激励计划的船公司将处于价格劣势。香港船公司的低参与率说明了该激励计划仍不足以使大多数远洋船换油。因此，我国有意推动换油的港口应探讨建立强制性规定的可能性，以创造公平的商业环境、取得最大的环境效益。

注释

- ¹ Health Effects Institute (HEI), “Outdoor Air Pollution Among Top Global Health Risks in 2010,” press release, 2013 年 3 月 31 日, www.healtheffects.org/International/HEI-China-GBD-PressRelease033113.pdf.
- ² World Health Organization, “Ambient (Outdoor) Air Quality and Health,” March 2014, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> (accessed October 5, 2014).
- ³ International Agency for Research on Cancer (IARC), IARC Monograph: Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes, Vol. 105, 2013, monographs.iarc.fr/ (最后访问时间: 2014 年 4 月 7 日).
- ⁴ 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. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), *Nitrogen Dioxide/Sulfur Dioxide Secondary NAAQS Review: Integrated Science Assessment (ISA)—Final*, EPA/600/R-08/082F, 2008.
- ⁵ 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). 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/2012HKEIRReport_eng.pdf. 刘娟, “上海市船舶及港口大气污染物排放清单研究”, 2014 船舶和港口大气污染防治国际论坛发言, 2014 年 2 月 27 日, <http://www.efchina.org/News-zh/EF-China-News-zh/news-20140312-zh> (最后访问时间: 2014 年 5 月 28 日).
- ⁶ 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 (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. 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%93Regulation-14.aspx (最后访问时间 2014 年 3 月 18 日).
- ⁷ 根据国务院 2013 年颁布的《大气污染防治行动计划》，到 2015 年底，三个重点区域（京津冀、珠三角和长三角）的重点城市将供应含硫量为 10 ppm (0.001%) 的车用柴油；到 2017 年底，将在全国范围内供应。参见：国务院，“大气污染防治行动计划”，2013 年 9 月 10 日，www.gov.cn/zwggk/2013-09/12/content_2486773.htm (最后访问时间: 2014 年 3 月 17 日)。
- ⁸ 目前国内实施的柴油车标准为国 IV 标准。此处假设符合国 IV 标准的货车的 PM_{2.5} 排放系数为 0.02 克/公里，重型柴油车平均行驶里程为 60,000 公里/年，即 164 公里/天。装有低速发动机的集装箱船使用含硫量为 35,000 ppm (3.5%) 的燃油，其 PM_{2.5} 排放系数为 1.54 克/kWh。假设主发动机的输出功率为 60MW。参见：Qiang Zhang et al., *Investigation of Diesel Emissions in China*, 2013, www.theicct.org/investigation-diesel-emissions-china (最后访问时间: 2014 年 4 月 13 日); Hong Huo et al., “Vehicle-use Intensity in China: Current Status and Future Trend,” *Energy Policy* 43 (2012): 6-16; U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), *Proposal to Designate an Emission Control Area for Nitrogen Oxides, Sulfur Oxides and Particulate Matter: Technical Support Document*, April 2009, www.epa.gov/nonroad/marine/ci/420r09007.pdf. 需注意的是，环境保护部机动车排污监控中心研究发现柴油货车平均行驶里程为 110,000 公里/年。如采用该数据，则一艘集装箱船一天所排放的 PM_{2.5} 总量大约相当于我国 25 万辆国 IV 货车同一天的排放量 (2014 年 8 月 4 日与环境保护部机动车排污监控中心丁焰的沟通所得信息)。
- ⁹ 见注释 6, IMO, “Sulfur Oxides (SOx)”. 另参见 TransportPolicy.net, “China: Fuels: Diesel and Gasoline,” transportpolicy.net/index.php?title=China:_Fuels:_Diesel_and_Gasoline (最后访问时间: 2014 年 5 月 1 日)。
- ¹⁰ David B. Kittelson, Megan Arnold, and Winthrop F. Watts Jr., *Review of Diesel Particulate Matter Sampling Methods: Final Report*, University of Minnesota, January 1999, www.me.umn.edu/centers/cdr/reports/EPAreport3.pdf.

¹¹ Ling Tao, L. et al., “Effects of Switching to Lower Sulfur Marine Fuel Oil on Air Quality in the San Francisco Bay Area,” *Environmental Science and Technology*. 47 (August 2013): 10171–10178.

¹² Maritime and Port Authority of Singapore [MPA], “Enhancement to Maritime Singapore Green Initiative—Green Port Programme,” *Port Marine Circular No. 06 of 2013*, 2013, www.mpa.gov.sg/sites/circulars_and_notices/pdfs/port_marine_circulars/pc13-06.pdf (最后访问时间：2014年9月23日)。

¹³ 2014年6月19日与香港环保署 Phoebe Lui 沟通所得信息。

¹⁴ Keith Wallis, “Shipping Lines Face Host of Obstacles in Jump to Cleaner Fuel,” *South China Morning Post*, 2013年1月14日, www.scmp.com/news/hong-kong/article/1127309/shipping-lines-face-host-obstacles-jump-cleaner-fuel (最后访问时间：2014年4月10日)。

¹⁵ 2014年7月24日与新加坡海事与港口管理局 Suan Jow Tan 沟通所得信息。

¹⁶ GRID-Arendal, *Kick the Habit: A UN Guide to Climate Neutrality*, United Nations Environment Programme, 2008.

¹⁷ Bunkerworld Index, “Fuel Prices,” www.bunkerworld.com/prices/index/bwi (最后访问时间：2014年10月18日)。重油价格为 BW380 and BW180 燃油价格的平均值，低硫油的价格则根据 Bunkerworld Distillate Index 计算。

¹⁸ Civic Exchange, “Fair Winds Charter,” <http://civic-exchange.org/materials/theme/files/FWC.html> (最后访问时间：2014年10月17日)。Yantian International Container Terminals, “Shipping Lines,” https://www.yict.com.cn/service-shipping-company/shipping-lines.html?locale=en_US (最后访问时间：2014年10月17日)。Guangzhou Port Group, “Container Business – Service Schedule,” <http://en.gzport.com/en/RouteSearch/RouteSearch.aspx> (最后访问时间：2014年10月17日)。APL, “Asia-Europe,” http://www.apl.com/wps/wcm/connect/f02df200427563778b1adbdb45abdaff/APL_Trans_Pacific.htm?MOD=AJPERES (最后访问时间：2014年10月17日)。Hapag-Lloyd, “China-Local Schedules,” http://www.hapag-lloyd.com/en/local_info/local_schedules_china.html#stripe9082 (最后访问时间：2014年10月17日)。Hyundai Merchant Marine, “Service Profile,” http://www.hmm.co.kr/cmp/eng/service/container/service/service_profile_index.jsp# (a 最后访问时间：2014年10月17日)。MOL, “Service-Asia-North America,” <http://cms.molpower.com/Service/Network/TradeLaneService/trdUid/700000000281> (最后访问时间：2014年10月17日)。Wan Hai Lines, “Shipping Schedule,” <http://www.wanhai.com/views/Main.xhtml> (最后访问时间：2014年10月17日)。