



交通运输部规划研究院
Transport planning and Research Institute Ministry of Transport

船舶转用低硫油政策的实施与监管— 国际政策及实践经验

自然资源保护协会（NRDC）

交通运输部规划研究院

2016 年 11 月

冯淑慧 编著

外部审稿专家

Alexander Barber
Andreas Weigelt
Anna Larsson
Axel Friedrich
Barbara Mathieu-Üffing
Chuansheng Peng
Johan Mellqvist
Malte Siegert
Michael Walsh
Xiaoli Mao

NRDC 中国船舶港口空气污染防治项目组审稿专家

Barbara Finamore
David Pettit
Renilde Becque
Richard Kassel

中文校对

朱祉熹
杨柳
李悦
龚巍巍

同时感谢 Malte Siegert, Sönke Diesener 和其他为本报告提供了宝贵信息和意见的同事。

目录

摘要 i

1 前言 1

2 换油政策的监管程序..... 3

3 遥测技术综述..... 8

4 检验采用等效替代措施船舶的合规性 15

5 处罚和针对性执法 18

6 对我国的启示和建议..... 22

附录 I：加州远洋船燃料规定中检查远洋船合规性的流程图 26

附录 II：欧盟和美国船舶大气排放的遥测方案 27

附录 III：依据 IMO《废气清洗系统导则》申请 EGC 设备认证所需的文件 29

附件 IV：国家海事局监督管理指南..... 30

摘要

2016 年，随着中国国内排放控制区（DECA）政策在各大港口地区的实施，我国迎来了绿色航运的新局面。该政策将部分港口及附近船舶的燃料含硫量限制在 0.5% 以下，相比 3.5% 的全球船用燃油含硫量限值降低了 86%。国内排放控制区政策彰显了我国在大气污染防治方面的决心，这将减少主要港口区域船舶的硫氧化物和颗粒物排放量。这些区域也是全球船舶活动最频繁、人口密度最大、空气污染最严重的大型港口区域。（见图 E1）

与其他环保政策法规一样，DECA 政策成败的关键在于能否得以成功的执行。由于 DECA 是我国首次划定船舶排放控制区，建立有效的 DECA 实施和监管计划至关重要。自然资源保护协会（NRDC）编写了这份白皮书，对全球各地区的相关监督管理经验进行了总结，并提出相关建议，为 DECA 政策的执行和监管提供参考。

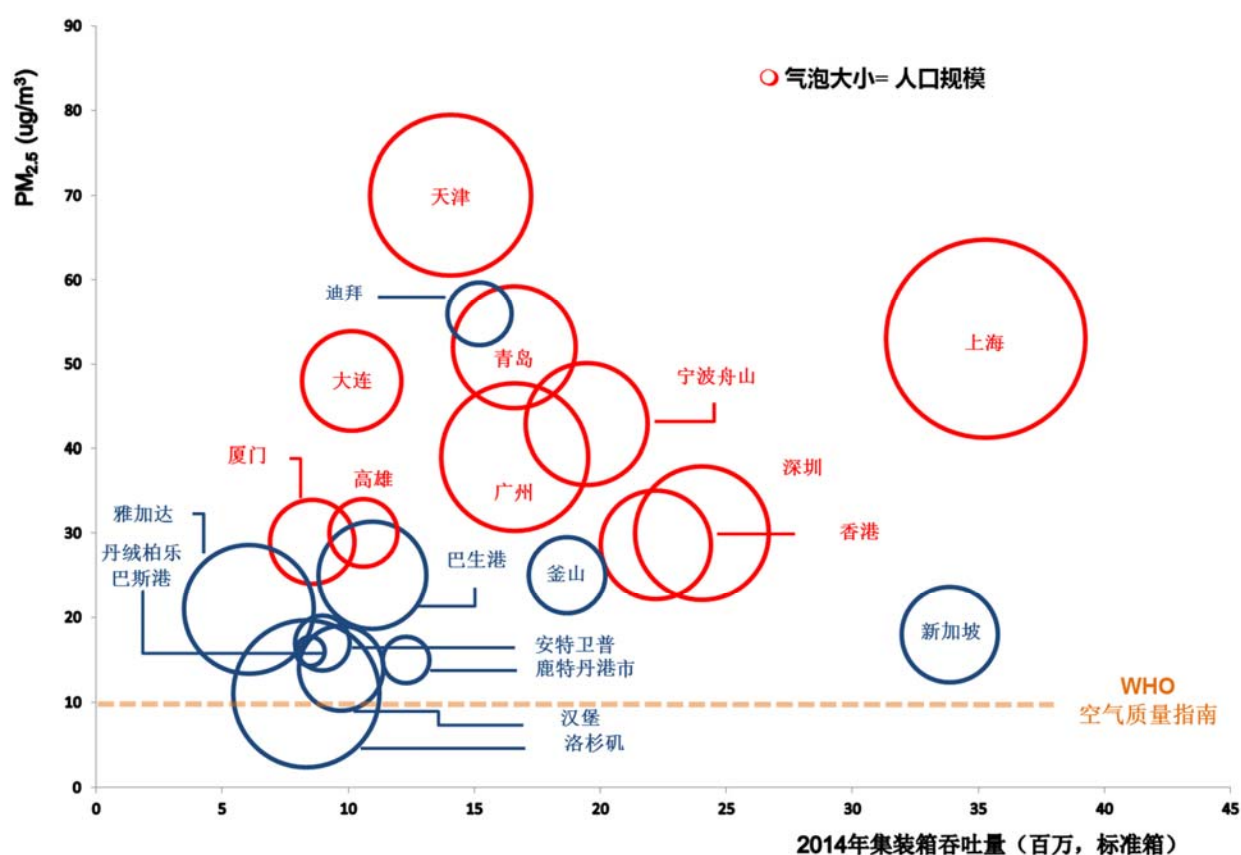


图 E1：全球二十大集装箱港口区域的集装箱吞吐量、空气质量及人口¹

注：中国港口城市用红色表示

总体来说，可通过以下一种或多种方法联合检查船舶是否遵守船用燃料规定：

- 一般通过文书检查来审核燃料相关文件来检查船舶是否遵守船用燃料规定，包括燃油供受单证（BDN）、轮机日志中的油类记录、有代表性的燃油样品和换油手册。文件检查与港口国监督（PSC）相结合，有助于减少监管人员需求，避免航程延误。但是，**BDN 及轮机日志容易造假。为了验证其真实性，应结合当时和历史的燃油温度、黏度记录，以及报警记录，对其进行交叉核查。**
- **燃油样品的实验室含硫量检测是检查船用燃油含硫量最可靠的方法。检测结果可以作为实施处罚的依据。越来越多的地区将燃油取样检测视为监管程序的核心部分。**燃油样本应该从最靠近船舶发动机的位置采集，经由恰当的保管程序后进行运输，并依据标准 ISO 8754 进行检测。有些国家的 PSC 官员必须提交燃油样本取样的依据。为了避免违规船舶在检测结果出来前驶离港口，逃避制裁，监管人员可与船东的岸上指定人员（DPA）取得联系，跟进后续的执法行动。
- **遥测可以对众多船舶的废气排放进行快速筛查，帮助监管机构更有效地锁定排放超标的疑似违规船舶，并进行船上检查。遥测还可以监测 DECA 水域内航行的船舶或使用合规替代措施（如洗涤器或液化天然气）船舶的合规性。**遥测结果可以作为船用燃油样本取样的基础。欧盟部分国家、美国和中国香港地区已经开始试用遥测技术，以支持常规的船舶检查。同时，**为了让监管部门更好地规划未来的检查工作，关注有不良记录的船舶和船公司，欧盟已建成了一个成员国分享监管数据的数据库。**
- **使用便携式或手持式分析仪检测燃油含硫量的快检方法能够帮助检查人员确定哪些船舶有待实验室进一步检测。**荷兰的监管部门现正使用一种便携式燃料含硫量分析仪，几分钟内就可得到检测结果。目前这种仪器得到的结果与实验室检测结果基本一致。荷兰的检查人员根据快检结果判断是否需要对其进行燃油样品取样送实验室检测，以及是否需要滞留该船舶。瑞典、美国等其他国家也开始测试这类快检设备。虽然快检设备的检验结果还不能作为有法律效力的违法证据，但该方法既可以帮助减少进行燃油样品取样的数量及相应的成本，又不削弱监管的效果。。

通过总结美国、欧盟、加州和香港地区目前的监管方案的经验教训，本报告提出以下几点建议供我国在推进 DECA 监管时参考：

- 低硫燃油（0.5%或 0.1%含硫量）与高硫渣油之间的差价较大，如果被发现的几率较小或被处罚的力度不大，船东或船舶经营人会更倾向使用不合规的燃料。**为了起到警示作用，建议我国可以明确必须接受 DECA 文书检查以及须进行燃油样本取样的船舶比例，还应设定严厉的处罚规定。**违规处罚可以是经济或非经济处罚，比如滞留船舶，或者对有违规记录的船舶（或其所属公司）进行记录，未来到港时进行彻查。

- 尽管燃油现场取样是检查燃油是否合规最可靠的方法，但需要时间和资源。我国可以**试用遥测技术和执法数据库来帮助确定待检查和取样的船舶**。此外，还可以**考虑与其他已实施船用燃料含硫量规定的国家或地区分享执法数据**，以更有效地对不法船公司采取行动。
- 欧盟和美国已经建立了详细的监管指南，指导前线检查人员公正、透明地开展合规检查。美国制定了一套完整的处罚政策，以便迅速评估处罚手段。**我国可以借鉴美国和欧盟现有的指南并结合具体国情，制定详细的监管方案和严格的处罚规定。建议针对指南开展培训执法人员培训**，确保执法行动的一致性与规范性。
- 船用燃料规定的顺利实施，不仅要确保船舶确实使用了合规的燃料，保证船舶可以获得合规燃料也同样重要。为了让我国的船公司可以获取 DECA 合规燃料，应当**明确相关部门的职责，以确保在国内出售的船用燃料符合 DECA 及其他船用燃料标准**。
- 为了确保船东或船舶经营人全面遵守 DECA 政策，应帮助其了解如何满足政策的要求。为此，建议在已开展工作的基础上，进一步**对航运业进行全面、清晰和适时的 DECA 政策宣贯，并提供双语（中英文）的政策文本和说明**，以避免理解错误。此外，还可以**对不缺乏换油经验的船公司进行培训**，为其解说 DECA 要求和安全换油程序。

1 前言

二十年来，我国的海上贸易以两位数的年均速度持续增长，成为全球最大的海运贸易国。每年近 1/3 的全球集装箱贸易²和 13% 的海运散货贸易集中在我国港口³，船舶交通量巨大，也因此带来了空气污染。航运业已成为我国大型港口城市空气污染的主要来源之一，包括上海、深圳和香港等地（见图 1）。

表 1：船舶大气污染物排放占当地总排放量的比重⁴

港口城市	SO _x	NO _x	PM _{2.5}	2014 年占全球集装箱 总吞吐量比例	2014 年全球排名（以 集装箱吞吐量计）
香港 ⁺	44%	33%	42%	3.2%	4
深圳 [§]	59%	16%	5%	3.5%	3
上海 ⁺⁺	22%	17%	4%	5.2%	1

⁺：2014 年数据，包括所有种类船舶的大气污染物排放。

[§]：2014 年数据，包括远洋船的大气污染物排放；指二氧化硫的比例，而非 SO_x。

⁺⁺：2013 年数据，包括所有种类船舶的大气污染物排放。

与世界其他大型港口地区相比，我国各大港口所处地区人口规模大，部分地区大气污染物环境背景浓度高，在高背景浓度情况下，船舶污染增量带来的健康风险更大。随着我国电厂、工业、机动车等行业大气污染减排潜力的降低，船舶大气污染成为改善空气质量和保护人类健康的重要举措。

随着船舶大气污染防治意识的加强，我国公布了船舶排放控制区实施方案，计划分阶段在各大港口地区执行低硫油标准。燃料含硫量要求将在三大国内排放控制区（DECA）推行，即珠三角、长三角和环渤海水域（见图 1）¹。自 2017 年 1 月 1 日起，靠泊 DECA 内的 11 个核心港口的船舶必须改用含硫量不高于 0.5% 的燃料（即 0.5% 含硫量燃料）。DECA 内所有港口自 2018 年 1 月 1 日起开始执行泊岸换油政策。自 2019 年 1 月 1 日起，DECA 内航行的所有船舶必须使用 0.5% 含硫量燃料⁵。2016 年 2 月和 3 月，上海市、浙江省和江苏省（统称为长三角区域）的交通主管部门与海事局宣布，长三角将率先实施 DECA 政策，于 2016 年 4 月 1 日生效。上海、宁波-舟山、苏州和南通港靠泊的船舶必须使用 0.5% 含硫量燃料；并鼓励船舶泊岸时使用更清洁的燃料（0.1% 含硫量）或在长三角排放控制区航行时改用 0.5% 含硫量燃料⁶。深圳市人居环境委员会、深圳海事局和深圳市交通运输委员会联合发布通告，计划自 2016 年 10 月 1 日起实施船舶排放控制区政策，强制要求船舶靠泊深圳港期间使用低硫燃油。⁷

¹ 11 大核心港口包括：深圳、广州、珠海、上海、宁波-舟山、苏州、南通、天津、秦皇岛、唐山和黄骅。

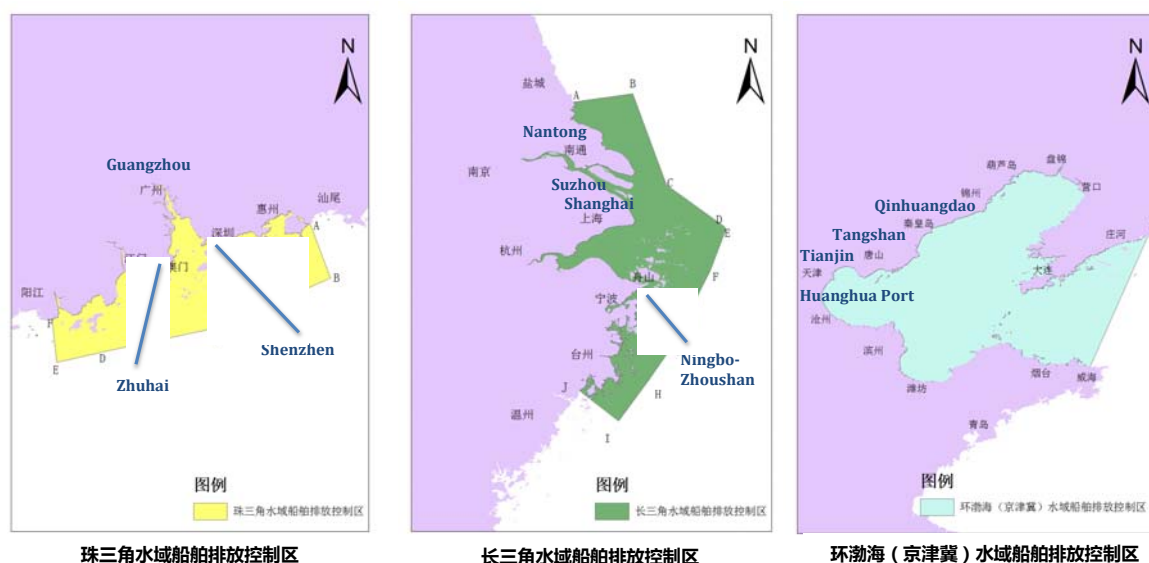


图 1 交通运输部设定的三大排放控制区ⁱ

船用燃料的政策将于 2019 年底进行评估是否采取进一步措施,包括是否将含硫量标准降到 0.1%、是否扩大 DECA 的地理范围。ⁱⁱ

1.1 实施 DECA 政策的潜在效益

DECA 政策是我国大气污染防治政策的重要里程碑。船舶将 2.5%含硫量的燃料⁸替换为 0.5%含硫量的燃料,单位能耗可减少 80% SO_x 排放;如果使用更清洁的燃料(0.1%含硫量), SO_x 减排量可高达 95%或以上。此外,高硫渣油转为 0.5%含硫量燃料最多可将颗粒物排放量(以 PM 质量计)降低一半。⁹

实施了低硫油政策的国家和地区已显著改善了空气质量。例如,美国、加拿大、波罗的海以及北海在国际海事组织(IMO)框架下建立了硫排放控制区(SECA)。排放控制区来往船舶必须使用低硫油。自 2015 年初排放控制区(ECA)含硫量限值降低至 0.1%以来,丹麦安霍尔特岛(靠近主航线的一个丹麦岛屿)的 SO_2 浓度减少了 60%;鹿特丹(欧洲最大的港口和大型工业、能源及石化产业集群之乡)港口周边区域的 SO_2 水平减少了 20%;探测器发现加拿大西部维多利亚的大气污染水平降到了自 2006 年开展监测以来的最低水平。¹⁰

香港规定远洋船从 2015 年 7 月开始在其港口泊岸时必须换用 0.5%含硫量燃料。集装箱码头及其他港口地区周围的 SO_2 浓度显著降低。例如,自泊岸换油规定出台以来,据集装箱码头附近的监测站数据显示,当风从葵涌码头吹过时(主要在夏季),测得的 SO_2 平均浓度降低了 60%。¹¹

ⁱⁱ 香港地区于 2015 年 7 月 1 日起开始实施《空气污染管制(远洋船舶)(停泊期间所用燃料)规例》,要求船舶需使用含硫量不超过 0.5%的低硫船用燃料、液化天然气(LNG)和经过环保部门认可的其他燃料。

1.2 有效的监管政策是实现减排目标和健康效益的关键

DECA 政策有望显著提升空气质量和健康效益。但是，若无有效的监管来确保船舶切实转用更清洁、但更昂贵的低硫油，这一切将会落空。另外，有力的监管对建立的公平竞争环境至关重要，这样才不会将合规的船舶置于竞争劣势。

有效的监管政策能够使得 DECA 实现改善空气质量的目标，继而为 DECA 政策评估和进一步加强政策要求提供重要依据。

基于上述背景，NRDC 编制了这份白皮书，旨在向我国监管部门介绍国外监管政策的最新进展，并为其完善 DECA 监管提供建议。

2 换油政策的监管程序

本章重点介绍 IMO《防止船舶污染国际公约——附则 VI 排放控制区》中的监管要求，并介绍加州和香港换油条例监管方案的主要特点。

2.1 船上文件检查

一般通过随机检查访港船舶的船公司文件来检查船用燃料的质量。为了确保船用燃料符合 ECA 标准，IMO 要求船舶提供一系列可以证明其合规性的文件和燃油样本，具体规定见《MARPOL 公约》附则 VI 条款 14 和 18：¹²

- 燃油供受单证（BDN）：

购买燃油时由燃油供应商提供。BDN 列明燃油含硫量和质量等信息，且必须在船上保存至少 3 年。

- 轮机日志中的油类记录

油类记录列明日期、时间、船舶位置。另外，要求船舶进入 ECA 之前已完成清洁燃料、离开后才换回使用渣油，须记录期间低硫油的使用量。

- 代表性燃油样本

燃油供应商必须提供代表性燃油样本和燃油供受单证。代表性燃油样本（也称为“MARPOL 样本”）应符合 ECA 的含硫量要求，且必须在船上保存至少 12 个月。

- 换油程序

换油程序应指明换油的执行方式以及进入排放控制区前整个供油系统中超过 ECA 标准的燃料油被完全替换所需时间。该操作过程须可供港口国监督机构检查。

若上述文件和燃油样本显示船舶在 ECA 内使用了违规燃料（例如，BDN 显示在用燃料含硫量超标），则视船东或船舶经营人违反了 ECA 规定。

2.1.1 验证换油记录的真实性

尽管上述文件及燃油样本的完整性和一致性可显示在用燃油符合规定，但这些手写的 BDN 和轮机日志仍存在造假的可能。此外，BDN 并非都是用英文编写的，有些副本时常难以辨认，检查起来很困难。¹³为了验证 BDN 和轮机日志中换油记录的真实性，执法人员可通过检查当前燃油的温度和黏度、近些天或近几个小时内燃油温度和黏度的变化以及报警记录，以评估其与文本信息是否一致。

● 燃油的温度和黏度

由于渣油的黏度比馏分油高，在输送给发动机前需要进行预热。因此，可对船上检查期间以及近几日或几小时内使用燃油的温度和浓度进行检查，以确定燃料是否违规。

一般情况下，供油时，馏分油的温度维持在 20°C ~ 70°C，而高硫渣油温度则高达 115°C ~ 145°C。就混合燃料和低硫渣油而言，其温度取决于它们的化学特性。因此，最好参阅燃料生产商的安全操作说明。通常而言，超低硫燃料油的工作温度在 60°C ~ 95°C 左右。需要注意的是，这些数据仅为通用指南，检查人员应该以燃油供受单证或加油收据上的燃料说明为准。¹⁴

根据加州空气资源委员会（CARB）的经验，燃油温度和黏度可以在船上的以下几处地点观测到：

- 辅机或发动机监测计算机系统内的温度表显示当前燃油温度和黏度；
- 分油机室内的燃油供给单元的黏度计显示燃油温度和黏度；
- 主机、辅机燃油温度和黏度变化趋势记录（如果有记录）。

● 报警记录

当发动机和燃油系统内的燃油温度和黏度发生变化时，会引起警报，这是船上常用的安全措施。警报情况一般记录在纸质文件或电脑里。检查人员可以通过查看燃油温度和黏度的报警记录、燃油入口压力报警记录、燃油泄漏报警记录和事件日志，从而找出换油的证据。

CARB 制定的检查流程图列举了文件检查、燃油温度和黏度检查以及燃油样本取样的步骤，详见本报告附录 1。¹⁵

如果上述燃油相关文件记录的信息与燃油温度和黏度参数不一致或矛盾，则该船可能存在违规嫌疑，可开展进一步调查。例如，轮机日志的油类记录可能显示船舶泊岸后的一小时内进行了换油，但主发动机的燃油温度和黏度变化趋势却显示换油发生时间为泊岸一个小时以后。

一些实施船用燃料规定的地区还要求上述文件包含的信息必须完整和真实(如,加州的地方规定、美国的 ECA 规定和香港的换油规例)。一旦发现信息不完整、虚假或有误导性的,则视为违规,并将给予相应处罚。¹⁶

即便 BDN、轮机日志、以往和当前燃油温度和黏度的信息均一致,也不足以证明船用燃油为合规燃料,尤其是考虑到许多环节都可能存在清洁燃料被污染的情况,包括加油作业时、从燃油储藏舱输送至沉淀柜时、从分油机到燃油日用柜时,以及发动机本身残留的之前使用的燃油都可能污染清洁燃料。¹⁷ 因此,越来越多的国家在船舶管路中进行取样,以便进行含硫量分析。

2.2 含硫量检测的燃油样品取样流程

从船舶管路中进行燃料样本取样,然后进行实验室分析,能够提供在用燃油含硫量的最有力证据。¹⁸ 燃油检测结果可以作为实施处罚的依据。相比文书检查,燃油取样更昂贵、更耗时,有的国家或地区仅在有充分理由怀疑船舶违规的情况下才进行采样。¹⁹ 自 2015 年 1 月 1 日实施含硫量为 0.1% 的 ECA 规定以来,合规成本显著增加。²⁰ 越来越多的国家决定增加船用燃料样本采样和测试的频率。

燃油取样如今成为欧盟和美国加州船用燃料监管工作的核心部分。加州船用燃料规定的执法人员每一次例行船上检查时,都会采集在用燃油样本,以便进行实验室分析。2015 年 2 月,欧盟委员会出台一项决议,要求全体成员国每年对 2~4% 的访港船舶进行燃油样本取样和含硫量分析。该项决议于 2016 年开始实施(参见第 4.2 节)。2016 年 2 月,美国海岸警卫队发布了一项自愿性燃油样本取样计划,旨在帮助评估航运业对 ECA 规定的遵守情况。²⁰

长三角地区已于 2016 年 4 月开始实施 DECA 政策要求,对一小部分接受检查的船舶进行了燃油样本取样和检测。²¹

2.2.1 燃料取样和检测程序

目前尚且没有统一的船用燃油取样和含硫量检测程序。为此,IMO 正在制定指南,并将于 2016 年 10 月在海洋环境保护委员会(MEPC)会议上予以讨论,并作最后审批。²²

欧洲海事局颁布的燃料检查指南包含一小段关于燃料样本取样的介绍,具体规定如下:^{iv,23}

- 船上的燃油取样应当在燃油供应系统中合适的阀门位置进行;
- 样本应当能够代表船舶在用的燃料,且应当从容量至少足够采集 3 瓶样本的容器里取样;
- 样本容器应当是金属制或能够适应样品燃油温度的塑料制的;

ⁱⁱⁱ 2015 年 1 月 1 日前,来往排放控制区的所有船舶必须使用含硫量不超过 1% 的燃料。船舶通常使用低硫渣油(含硫量不超过 1%)以满足 ECA 1% 含硫量的要求。1% 含硫量渣油与普通的高硫渣油间的价格差别较小——在地中海和黑海市场,这一差额低至 0.2%。含硫量为 0.1% 的 ECA 规定生效后,船舶需使用高度精炼的馏分油以满足 ECA 要求。2016 年 8 月 6 日新加坡 0.1% 含硫量馏分油的平均价格比高硫渣油高 73%。因此,当前 ECA 规定的合规成本极高。

^{iv} 更多关于船用燃油样品取样的信息请参阅 EMSA 的《硫检测指南》。

- 如果燃油是经过加热的，样本容器应当配有把手或能够嵌在备用容器里；
- 样本取样后应当立即充分晃动以混合容器里的样本；然后将样本倒入检查人员提供的两个干净的取样瓶中，用于实验室含硫量检测；
- 取样瓶应当使用唯一的验证标识进行密封，并在船舶代表在场时进行贴标。

取样程序的关键在于采样点的选择。业界普遍认为，采样点应当尽可能地靠近发动机，以便确保燃油样本真实反映在用燃料。CARB 特别推荐从最后的燃油滤器里取样。最后的燃油滤器可能在运行的辅机上，也可能在主辅机或者锅炉燃油供应系统内部的分油机室内。船公司也可指定最终取样点。根据经验，执法人员应避免从以下位置取样：燃油贮存柜、沉淀柜、供给箱、日用柜（这类箱子一般距离发动机较远）、冲洗泵、输送泵和交叉泵等。²⁴ IMO、美国海岸警卫队、美国环境保护署（US EPA）和 CARB 要求根据国际标准 ISO 8754:2003 进行燃油含硫量检测。²⁵ 燃油样本分析应当依照《MARPOL 附则 VI》中附录 VI 规定的验证程序执行。²⁶

建立一个良好的燃油样品保管链极为重要。保管链是一份书面法律文件，用于记录样本在人与人之间交接的信息。如果没有保管链维持记录，任何样本的有效性或任何检测、分析结果都可能受到质疑。保管链文件必须由船上取样人员第一签署。后续任何保管样本的人员都必须在文件上留下姓名、组织、日期、时间、联系方式及签名，以确保样本从取样到分析，然后销毁或进一步转移的过程中的完整性。

如果船舶离港前不能完成燃油分析，而实验结果又显示船舶燃油不合规，则船东和船舶经营人很容易逃避控诉。为此，监管人员应该在检查期间获取岸上指定人员（DPA）的联系方式。如果燃油检测结果要求进一步的执法行动，岸上指定人员将代表船公司作为主要联络人。^v

2009 年 IMO 出台了关于 MARPOL 样本的指南。²⁷ 加油期间采集的 MARPOL 样本，仅仅是为了证明供应给船舶的燃料种类，而非船舶实质使用的燃料。只有当船用燃料被查出其含硫量超标时，才会用得上 MARPOL 样本，用于判断应该是燃料供应商还是船舶经营人应该对超标负责。业界普遍认为，MARPOL 样本对于检查燃料是否符合 ECA 要求作用不大。²⁸

2.2.2 船用燃料快检设备

荷兰的船舶检察人员（即荷兰港口国监督官员）现正使用一种便携式快检设备来筛查船舶燃料的含硫量：当含硫量筛查结果高于 0.1% 时，需要进行燃油样品取样并送实验室分析其是否超过 ECA 标准；当含硫量筛查结果高于 0.15% 时，应当将船舶滞留。目前得到的快检结果和实验室分析结果基本一致。美国和瑞典的执法人员也开始测试此类便携式筛查设备。利用 X 射线荧光检测设备能够在 5 分

^v 作为国际惯例，每个船公司通常会为旗下每一艘船舶指派一名或多名岸基人员，称为岸基指定人员或 DPA。DPA 可直接与公司高管沟通，负责监督每艘船的安全和污染防控工作。

钟内显示结果。²⁹美国环境保护署也利用这类设备在加油设施上筛查燃油样本。^{vi} 由于不同厂商生产的快检设备的精确度和可行性不同，还需要开展研究和测试选择应使用哪种仪器，并明确判定船舶违规的临界值。一套用于检测燃油含硫量的便携式 X 射线荧光检测仪的价格约为 \$18,000- \$39,500 美元。

30

2.3 遥测：让传统的监管手段更高效

文书检查和燃油样本取样是最常用的船用燃料标准监管手段，但在检查燃料是否符合 ECA 规定方面仍存在两大缺陷：

- 文件检查和燃油取样无法确认船舶进入排放控制区但尚未入港期间是否违规，因为燃料合规检查需待船舶入港后才能开展。^{vii} 等到 2019 年我国开始要求所有 DECA 内来往船舶都必须使用低硫油时，也会面临同样的问题。
- 对于船舶可以利用废气洗涤器或其他替代措施来满足燃料含硫量的规定的情况，船上的排放监测数据及参数记录有可能造假（参见第 2.4 节）；另外，燃料样品和实际排放很大程度上没有关联。

为了解决这些难题，更有效地实施 ECA 规定，很多国家在试验如何利用遥测技术对于监测船舶合规性。多项研究表明，遥测技术能够快速地从数海里以外的众多船舶中找出排放严重的船舶。³¹ 相比在更加受控的环境下开展的燃油样本含硫量实验室检测，遥测结果具有更高的不确定性。另外，目前由于数据缺乏，还无法将遥测数据与船上废气排放的实测结果进行对比。所以截止目前，遥测结果还不能作为违规处罚的证据。^{viii}但是，遥测对于筛查可能超标的船舶，其性价比较高。该方法可用于监测进出港船舶以及公海航行船舶的污染排放。如果遥测结果发送给 PSC 官员，PSC 官员经审阅发现可疑之处，则可施令在下一个停靠港对可疑船舶进行船上检查。

实施遥测方案的另一个优势是，其检测结果可为船上燃油样本取样提供有力依据。随着燃油样本取样越来越广泛的被用于检验船舶的 ECA 合规性，如果缺乏可靠的需进行燃油样品取样的依据，船舶将因为燃料检查而承受不公平的负担。遥测结果能够为是否需要进行船上燃油样品取样提供有力的依据。³²

欧盟已经，或将于 2016 年开展七项船舶废气排放遥测项目，以推进 ECA 和其他燃料法规的监管（参见附录 II）。美国环保署、加州和香港也正在开展遥测技术的应用测试。³³

^{vi} 经美国环保署测试的该设备符合 ISO 8754:2003 标准；目前市场上有售。

^{vii} 根据《联合国海洋法公约》和《MARPOL 准则》，港口国监督官员不得登上内水水域（比如港口内）以外的船舶，除非有明确的证据证明该船违规。参阅 1982 年《联合国海洋法（UNCLOS）》第 27 条。

^{viii} 目前正在开展一系列研究，旨在降低遥测的不确定性，以期遥测结果将来可以作为法庭证据。

3 遥测技术综述

“嗅探”技术和光学传感技术是两种最常用的遥测技术。

3.1 嗅探技术

嗅探技术是指在大气背景浓度下对污染物进行同步检测。用于制造嗅探器的设备类似于传统的空气质量监测仪。当过往船舶的烟羽经过嗅探器时，检测出的烟羽中污染物（ NO_x 、 SO_x 和PM等）的浓度会比背景浓度高。

尾气烟羽中的 CO_2 浓度能够计算出在某一时间内燃烧的燃料的含碳量，而 SO_2 浓度则与燃料含硫量成正比。因此，一艘船的燃料含硫量可以通过船舶烟羽中的 SO_2 和 CO_2 浓度的比值确定。³⁴

当船舶烟羽经过嗅探器时，一氧化氮（ NO ）或二氧化氮（ NO_2 ）浓度会出现峰值，因为燃料燃烧会导致氮氧化物（ NO 和 NO_2 ）浓度增加。^{35, ix} 此外， CO_2 浓度也会因此增加，但 CO_2 背景浓度更大且易受周围植物影响，所以一般不用来作为船舶尾气烟羽的指示污染物。³⁶

环境空气中 NO_x 、 CO_2 和 SO_2 的浓度出现增加时可能是因为附近的炼油厂和发电厂等污染源导致的。但这类浓度升高通常持续时间较长，体现为整体背景浓度的增加。³⁷ 只有当 NO （或 NO_2 ）^x和 CO_2 浓度突然显著增加时，才可被视为有船舶经过，应进行尾气分析。³⁸

通过对风速、风向以及船舶自动识别系统（AIS）数据进行分析，可以将测得的大气污染物峰值与相应的船舶进行匹配。^{xi} 为了说明其原理，这里利用瑞典查尔姆斯理工大学应用嗅探器检测船舶废气的案例来说明，如图2为其系统截图。当嗅探器（用红色五角星表示）探测到污染物浓度上升时，该系统将自动对疑似排放大量硫和 CO_2 的船舶进行燃料含硫量评估，并通过综合风速和风向数据来判断烟羽的方向。烟羽方向结合AIS数据就可以确定某个排放峰值是哪艘船舶排放的（粉红色矩形标注）。查尔姆斯理工大学的系统能够自动将船舶信息实时传送给港口国监督部门。这些测量方法属于欧洲CompMon项目的一部分（详细信息见 www.CompMon.eu）。

德国联邦交通与数字基础设施部（BMVI）以及不莱梅大学环境物理研究所（IUP），携手联邦海事水文局（BSH），正在共同研发一个类似的应用技术，并在不断对其进行优化。该系统能够自动追踪汉堡港附近的两个嗅探器监测点（韦德尔和诺伊韦克）周边过往船舶的硫排放，并将可疑案例上报至国际数据库，为地方当局（如港口国监督）锁定船舶进行船上检查提供依据。³⁹ 该系统的研发是MeSMarT项目（海洋对流层中船舶废气的测量）的一部分。^{xii}

^{ix} 此外， NO_x 可用于解决 SO_2 交叉干扰。在实施 NO_x 规定（如 IMO《MARPOL 附则 VI NO_x ECA》）的地区， NO_x 排放评估的结果可支持相关的监管工作。

^x 在自然吸气式柴油发动机排放的污染物中， NO_x 主要为 NO ， NO_2 仅占 5%；然而，在周围大气环境作用下， NO 很容易被氧化成 NO_2 。

^{xi} AIS 数据可以从 AIS 数据供应商那里或者实时报道船舶位置点的网站上获取，例如 www.shipfinder.co。

^{xii} 更多关于 MeSMarT 项目的信息，敬请访问 www.mesmart.de。

如上所述，嗅探器中的测量设备同样也应用于空气质量监测。空气质量分析仪的工作原理包括：紫外荧光法测定 SO_2 、化学发光法测定 NO 和 NO_x 以及非分散红外吸收法或光腔衰荡光谱技术测定 CO_2 浓度。嗅探器分析仪因反应迅速（尤其是机载测量的速度）、重量轻、体积小、适宜室外应用而被广泛使用。⁴⁰

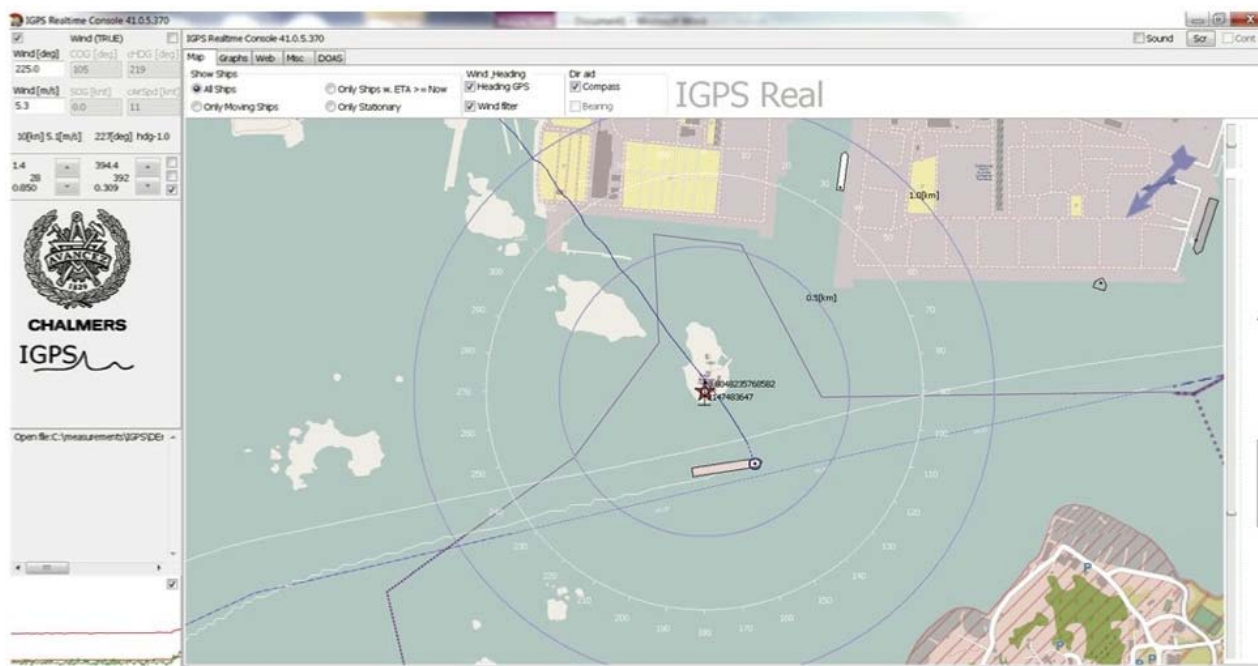


图2.查尔姆斯理工大学IGPS软件根据风向和船舶航行方向判断烟羽位置的截图

图片引用经由瑞典查尔姆斯理工大学Johan Mellqvist 许可。

3.1.1 嗅探器探测违规船舶的灵敏性

研究发现，陆上设备和移动装备（后者安装在飞机和船舶上）中安装的嗅探器检测燃料含硫量所得的结果，与船上检测 SO_x 和 NO_x 排放情况所得结果具有很大一致性。⁴¹ 2010年，哥德堡港的嗅探器检测发现燃料含硫量有所下降，这与2010年7月1日开始排放控制区含硫量限值由1.5%降至1%是一致的（见图3）。同样，2015年1月1日排放控制区燃料含硫量标准由1%降到0.1%，汉堡港附近的嗅探器灵敏地检测到这一变化。图4显示的是德国韦德尔的 NO 和 SO_2 排放遥测结果。2014年12月至2015年1月， NO 浓度变化不大，而2015年1月份测得的 SO_2 浓度明显下降。⁴²

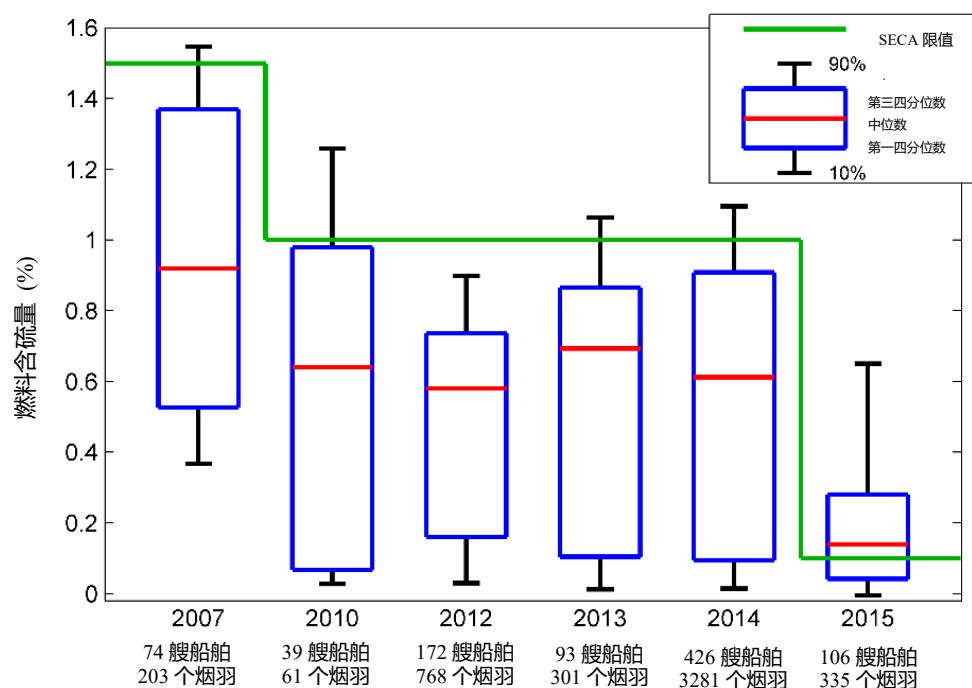


图 3. 2007 年、2010 年、2012 ~2015 年，嗅探器检测哥德堡港来往船舶燃料含硫量数据⁴³

图片引用经由瑞典查尔姆斯理工大学 Johan Mellqvist 和 Jörg Beecken 许可。

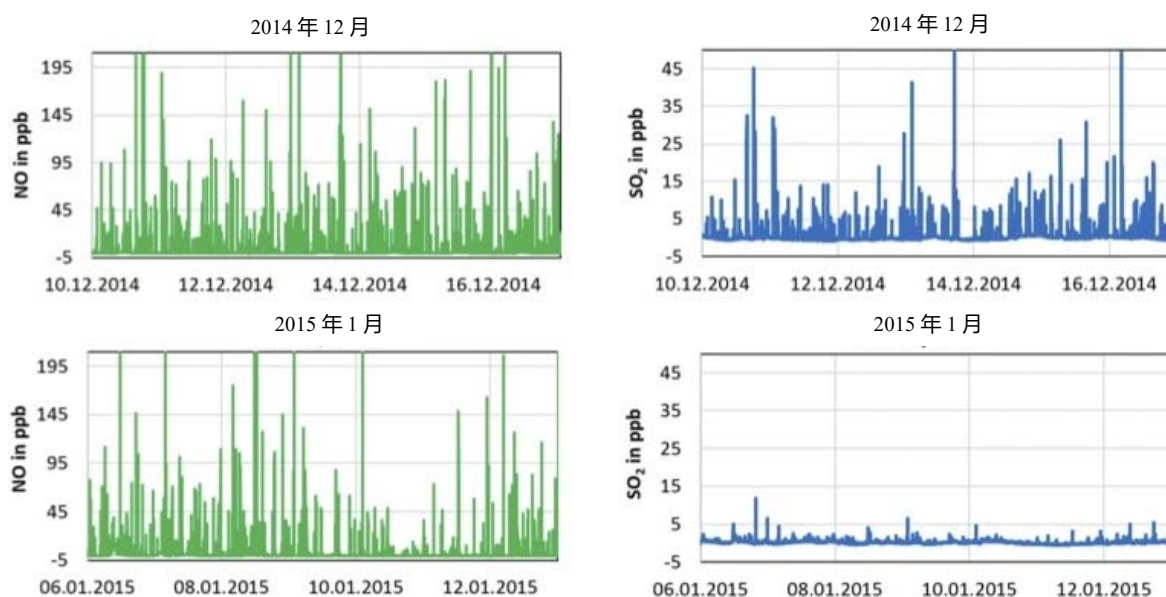


图 4. 风向可比情况下韦德尔两周内测得 NO 和 SO₂ 的体积混合比浓度（汉堡港附近）⁴⁴

注：该图显示自 2015 年排放控制区执行 0.1% 含硫量限值以来，NO 排放量变化并不明显，而 SO₂ 值大大减小。

图片引用经由德国不莱梅大学 Lisa Kattner 许可。

3.1.2 优势、局限及不确定性

嗅探器系统能够轻松操作和运行，主要得益于其内部的商用空气质量分析仪。该系统能远程检测船舶排放的 SO_x 和 NO_x ，可用于监测船舶是否符合 ECA 和我国的 DECA 标准，以及 NO_x ECA 的要求。

如何判别烟羽是来自船舶还是其他会使得 NO/NO_x 和 CO_2 浓度升高的污染源，是使用嗅探器的一大难题。因此，固定式嗅探器的选址尤其重要。嗅探器固定站应当在主导风向上修建，以确保船舶烟羽能够经过嗅探器。嗅探器位置最好远离其他主要排放源，且最好设在主要航线的主导风向下风向处，从而尽可能提高探测到船舶废气的概率。克服该局限性的另一种方法是将嗅探器安装在移动装备（如船舶和飞机）上进行排放检测。

假设已选定最佳的主导风向下风向位置，或者可在移动装备上进行测量，紧接着面临的更艰巨的任务是研发可自动分析烟羽的软件和对排放该烟羽的船舶进行定位。为此，查尔姆斯理工大学研发了一款适用的软件，并在哥德堡港口和丹麦大贝尔特桥等地实施。⁴⁵ 该系统几乎能够实时自动向丹麦环保局数据库汇报来往船舶的燃料含硫量。德国不莱梅大学环境物理研究所（IUP）与联邦海事水文局（BSH）正在共同开发和优化这类软件，如第 3.1 节所述。

嗅探器技术的另一个局限是，嗅探器需要定期校准。例如，每次飞行前需对机载检测用的嗅探器进行校准；⁴⁶ 韦德尔（靠近汉堡）的嗅探器每 25 小时自动校准一次，每几个月手动校准一次。⁴⁷

由于多种因素影响，嗅探器对每艘船的检测结果都必须计算其不确定性。^{xiii} 汉堡附近韦德尔所应用的嗅探器系统的总体不确定度在 0.03~0.1% m/m 含硫量之间；当信噪比非常差时，不确定性水平还曾高达 0.42% m/m 含硫量。⁴⁸ 哥德堡附近使用的嗅探器系统不确定度据报道是在 0.1%~0.2% m/m 含硫量之间。^{xiv} 因此，根据现行的排放控制区 0.1%含硫量限值规定，只有当嗅探器测量的船舶含硫量达 0.3%及以上时，才需接受进一步的合规检查。

3.2 光学传感技术

3.2.1 工作原理

光学技术通过接触污染物检测光属性的变化来测量污染物浓度，它在大气污染物检测方面的应用由来已久。⁴⁹ 通过对各种光学遥测技术对比研究发现，差分吸收光谱（DOAS）技术是目前检测船舶废气排放最可靠的光学方法。⁵⁰ 作为一种特殊的 DOAS 设备，多轴 DOAS（MAX-DOAS）已成功应用于大气污染的评估。

^{xiii} 影响不确定度的因素包含： SO_2 和 CO_2 检测信噪比、排放与稀释、仪器精确度、校正精确度、可重复性，以及假设燃料中的碳和硫完全转换成 CO_2 和 SO_2 存在不确定性。

^{xiv} 查尔姆斯理工大学指出，其嗅探器设备检测 1%含硫量燃料时误差为 20%，参阅 Johan Mellqvist 等人编写的《通过查获重污染船舶为航运业提供公平的竞争环境》，以及 Beecken, J.; Mellqvist, J.; Salo, K. 2014. 的“Airborne emission measurements of SO_2 , NO_x and particles from individual ships using a sniffer technique”，*Atmos. Meas. Tech.*, vol. 7(7), pp. 1957-1968.

光学吸收光谱的原理是光的强度会在穿越 SO_2 、 NO_2 和臭氧等吸收介质过程中减弱。光路中的污染物分子数量与被吸收的光之间存在一定关系。通过分析穿过船舶尾气烟羽的光谱，可以确定相关污染物，并计算光路上的污染物的量。

主动 DOAS 设备由可持续性光源和光学设备组成，能够发射并接收穿过大气的光谱。被动 DOAS 设备需借助太阳和月亮等自然光源。用于检测船舶废气排放的 DOAS 设备通常使用阳光。

已有多个研究团队采用光学传感方法进行船舶大气污染物排放监测。为了能够快速对大量的船舶进行含硫量检测，瑞典查尔姆斯理工大学研发了一套被动机载系统检测船舶 SO_2 和 NO_2 排放。⁵¹ 过去两年内该系统一直搭载在丹麦环保局的一架固定翼飞机上，代表丹麦环境主管部门成功查获了几十艘使用高硫油的重污染船舶。查尔姆斯理工大学目前还在固定站或港务船上部署了该系统，以便监测鹿特丹港海域及周围的污染排放。⁵²

不莱梅大学研发了多轴 DOAS 系统（MAX-DOAS），旨在监测更大的航道区域（6-10 km）范围的空气质量，也可用于检测每艘船舶的污染排放。图 5 展示了用于监测航运空气污染的船载和机载 MAX-DOAS 设备。

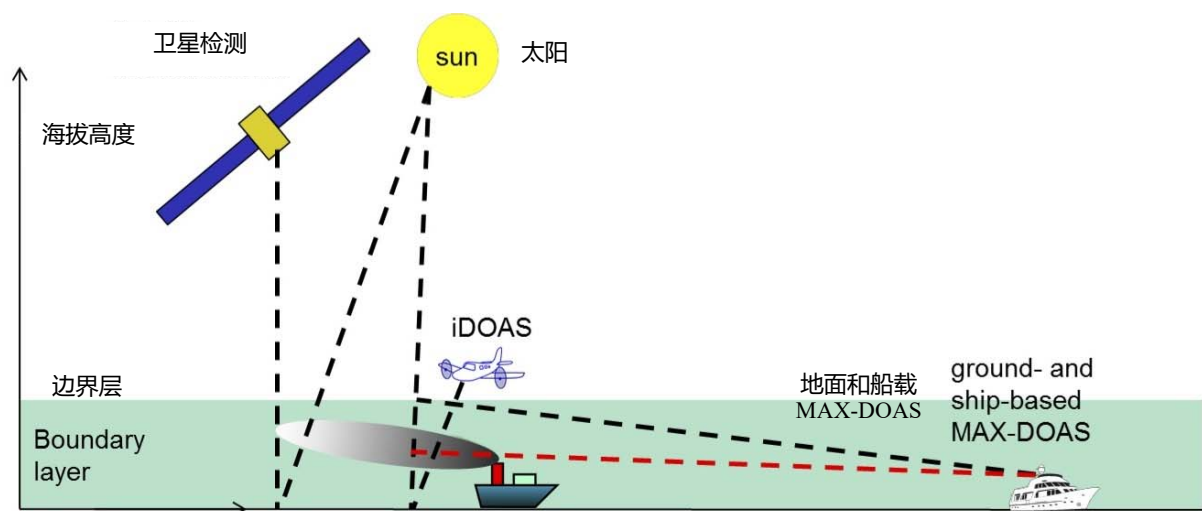


图5. MAX-DOAS在海、陆、空平台监测航运大气污染的原理图⁵³

图片引用经由德国不莱梅大学 IUP 许可。

MAX-DOAS 能够检测一定波长日光的吸收率，对应 SO_2 和 NO_2 等气体的特性。为了分析光谱，用户需要使用辐射传输模型，其中包含多个参数，如当地时间，以及相对于太阳的真实测量角度等，从而得出柱密度（如每平方厘米的污染物量）。测得的气柱长度可能会随着测量波长的能见度变化而变化，但是可以对此进行评估。气体的体积混合比可根据柱密度估算得出。但是，用户利用 MAX-DOAS 只能掌握 SO_2 的信息，无法获知 CO_2 的信息，所以需要将测得的 SO_2 浓度与 NO_2 浓度联系起来，从而间接得出燃料含硫量。 NO_2 浓度取决于船舶的当前负荷、发动机温度和烟羽扩散时间（扩散时间越长，

NO 转化成 NO₂ 越多)。为了研发用于监测船舶 ECA 合规性的 MAX-DOAS 工具,仍需要开展更多的研究,构建辐射传输模型,估测模型参数,并获取特定的船舶信息,从而得出 NO₂ 浓度。

3.2.2 优势、局限及不确定性

DOAS 系统的最大优势在于能够从距离船舶 6km 处远程检测废气烟羽。由查尔姆斯理工大学研发的 DOAS 检测系统相比嗅探器精确度略差,但可用于区分使用高硫油和低硫油的船舶。

DOAS 的另一个优势是不需要校准。此外,与嗅探器相比,光学测量受大气污染物背景浓度或其他过往船舶排放的影响较小。

特别是使用 MAX-DOAS 系统来监测船舶 ECA 合规性时,最大的挑战在于需要研发辐射传输模型来分析测得的光谱(上文已提及),并且需要估测船舶发动机负荷和温度以及烟羽扩散时间,才能得出 SO₂ 与 NO₂ 混合比。

被动 DOAS 系统根据日光变化来估测污染物浓度,所以只能在白天运行。为了克服这一局限,可使用带有外部光源的主动 DOAS 设备。

DOAS 方法的不确定性在很大程度上取决于仪器设备。光通过性越好,其精确度就越高。此外,污染物浓度和种类也起到一定决定作用,因为有些气体的吸收性较好,可以更好地进行测量。研究发现,下探式 DOAS 设备(如装在飞机上的该类设备)的总体不确定度可达到 30%~45%,而水平式和上仰式 DOAS(如装在地面上的该类设备)的总体不确定度在 10%~30%之间。⁵⁴

3.3 遥测设备的指示性成本

遥感设备的成本差别较大,取决于传感器类型、设备规模和测定的污染物种类。瑞典哥德堡查尔姆斯理工大学研制的一个固定站嗅探器系统的指示性费用为 13~15 万欧元(约合人民币 96.4 万~111 万元)。^{xv} 该设备包括 SO₂、NO_x、CO₂ 和 CH₄ 传感器,以及用于测量风速(以评估船舶尾气烟羽方向)的仪器,并整合了可识别船舶的 AIS 数据。

配置一套空中监测用的嗅探器和光学仪器的指示性费用分别为 20 万~24 万欧元(约合人民币 148 万~178 万元)和 15 万欧元左右(约合人民币 111 万元)。

^{xv}本报告中使用的是 2016 年 7 月 7 日的汇率。

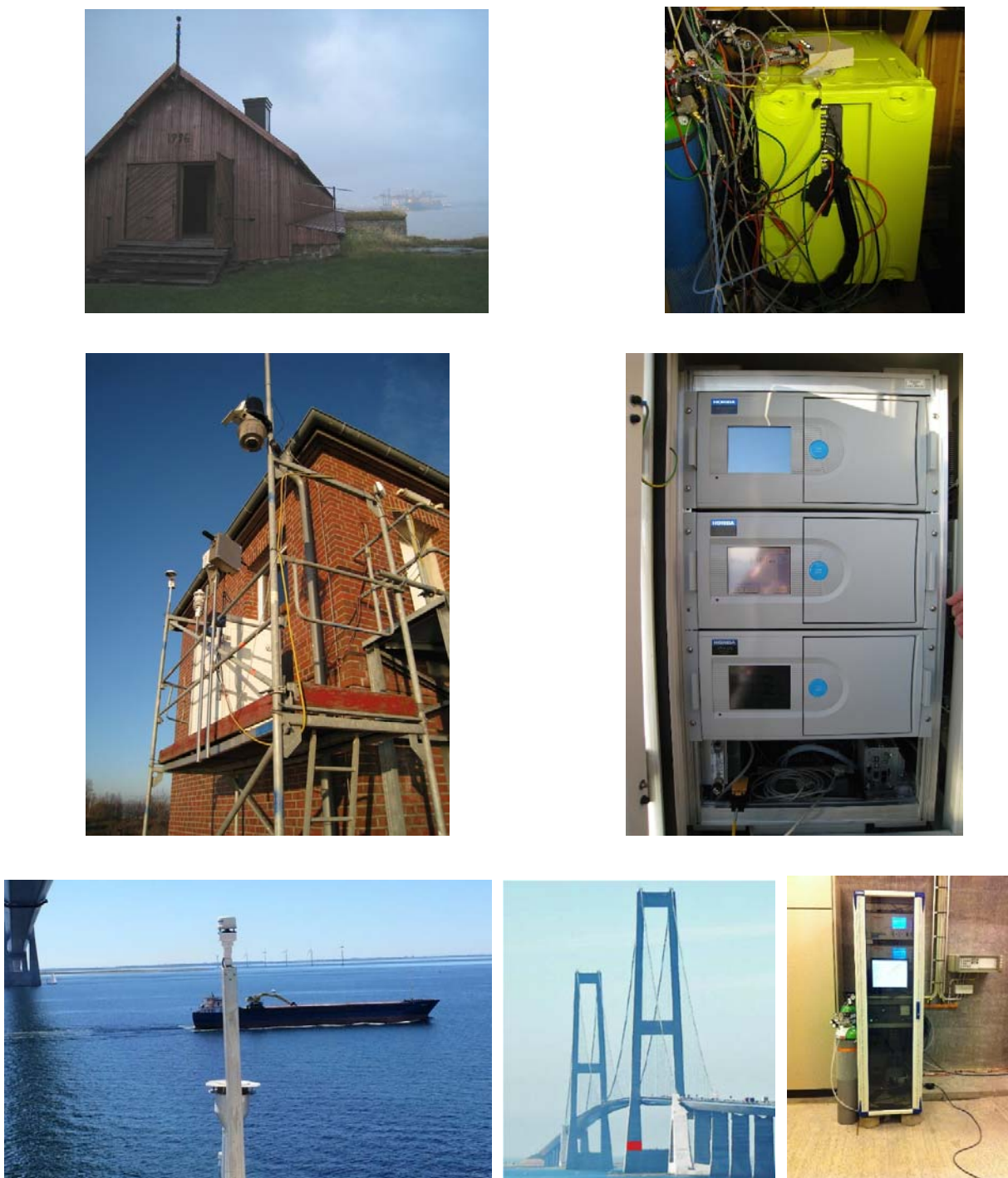


图 6. 瑞典哥德堡港、德国汉堡港和丹麦大贝尔特桥固定站嗅探器

左上图展示了埃尔夫斯堡位于哥德堡港入口处的建筑物，安装有嗅探器。右上图中的嗅探器安装在全天候防护箱内。中间左图展示了汉堡港附近韦德尔的一座建筑物外的嗅探器和 DOAS 望远镜。中间右图中的空气质量监测设备安装在全天候嗅探器防护箱内。左下图展示了一艘船正经过大贝尔特桥处设立的查尔姆斯理工大学的嗅探器。下面中间图展示了大贝尔特桥柱内设嗅探器，其位置用红色标注。右下图展示了桥柱内部的探测器和分析仪。2015 年约有 25000 艘船舶经过大贝尔特海峡驶入波罗的海（主要入口）。

3.4 检测位置

为了检测船舶污染排放，可在固定站或卡车、飞机及船舶等移动平台上安装嗅探器和 DOAS 设备。固定站成本低，且能够自动运行，因此可以设立多个检测点（参见图 6，列举了哥德堡港和汉堡港之外的两个固定站测量点）。然而，应当注意的是，一旦船舶运营人掌握了检测设备的位置，则会据此作出调整，仅在船舶靠近设备点时才换用低硫油。由于船舶从高硫油转换到低硫油可能需要几个小时才能完全冲洗含有高硫油的管线，因此，可设立多个固定站，且不告知船舶运营人设备的具体位置以防其违规操作。在多个检测点都测得“清洁”废气的船舶则能证明其合规性。

包含其他排放源或船舶交通繁忙区域的固定站还需要解决背景污染或其他船舶污染排放的干扰问题。尤其是就嗅探器而言，固定站的抽样率在很大程度上受风向和嗅探器位置影响。反过来，这也会限制固定站的选址。

机载检测覆盖范围广，可以很快追踪和检测大量船舶。该方法的另一个优势是，风向变化对检测结果影响较小，尤其当飞机搭载了嗅探器时。检测期间，飞机通过跟踪船舶，并多次穿越尾气烟羽对其进行检测分析，从而获取可靠的估值。⁵⁵ 荷兰与德国正在测试使用直升机与无人机进行空中检测。直升机与无人机均能飞入船舶尾气烟羽并停留一段时间，让嗅探器能更准确的检测废气。^{xvi}

机载检测的主要缺点是成本高（2000~3000欧元/小时，约合人民币14800~22200元/小时）。^{56,xvii} 所以为了节约成本，应该在检测到使用违规燃料的船舶可能性较大的位置进行部署。如果将机载检测与现行的用于监管船舶操作性或事故性溢油或有害物质泄漏的手段相结合，可有效降低成本。⁵⁷

4 检验采用等效替代措施船舶的合规性

IMO MARPOL 附则 VI 第 4 条规定，船东或船舶运营人可采用等效替代方案，以满足附则 VI 要求，前提是这些措施的减排效果与附则 VI 的规定等效。⁵⁸ 废气清洗（EGC）系统（又叫 SO_x 洗涤器）和液化天然气（LNG）发动机是最常用的两种等效替代措施。

在我国，DECA 政策亦允许使用等效的替代措施，包括 EGC 系统、清洁燃料和岸电，前提是这些替代措施可以取得与 DECA 政策等效的减排效果。⁵⁹

4.1 废气清洗（EGC）系统

根据欧洲海事局发布的《含硫量检查指南》规定⁶⁰，对配备 EGC 的船舶进行文书检查时，可重点审核以下文件：

- 船旗国发布的批准使用洗涤器的文件：

^{xvi} 出于安全目的，直升机和无人机不能在船舶上空飞行。因此，只有尾气被吹向船舶侧面时，直升机或无人机才能飞入烟羽进行检测。

^{xvii} 包含飞机运行成本、嗅探器安装成本以及欧洲航空安全局认证成本（仅限民用飞机），假定无需购买飞机。

- a. 对非欧盟和非美国船旗的船舶，审核 MARPOL 附则 VI 方案 A 或 B 性能认证，或者
 - b. 欧盟船旗船舶的船用设备指令（MED）认证^{xviii}。
- 如果 EGC 系统要求进行试用，审核船旗国发布的批准试用 EGC 系统的文件；
 - 列明允许使用的燃料类型及其含硫量的文件；
 - 轮机日志中的记录；
 - 燃油供受单证。

上述文件一般保存在船上，用于证明：（1）EGC 设备已获得主管部门的批准，（2）EGC 设备可正常运转，以及（3）如果燃油燃烧产生的废气经过正常运作的 EGC 设备处理，废气排放水平可符合燃料含硫量的规定。

具体而言，第一份文件，即 MARPOL 附则 VI 性能认证，包含用于检验 EGC 是否符合 MARPOL 附则 VI SO_x 排放要求的两种方式，参见 IMO《废气清洗系统导则》⁶¹（以下简称《IMO EGC 导则》）⁶²。

- 方案 A 要求对 EGC 性能进行初步认证，然后需定期检查持续运转的参数及每天的废气排放记录，以检验设备的性能；
- 方案 B 要求持续监测船舶实际的废气排放情况，及每天运转的参数，以检测 EGC 的性能。

由于方案 A 要求的每天检查废气排放，任务繁重，船东目前更偏向选用方案 B。⁶³

《IMO EGC 指南》规定，EGC 设备制造商须为每一台设备准备表 2 中列出的文件，并获得船旗国的审批，可视为满足 MARPOL 附则 VI 的规定。船东或船舶运营人应当准备好这些文件，并在检查中出具（文件详细信息，请参见附录 III）⁶⁴。

表 2：须由船旗国行政机构批准的 EGC 装备文件

批准 EGC 系统的文件	方案 A	方案 B
SO _x 排放合规计划（SECP）	✓	✓
船上监测手册（OMM）	✓	✓
EGC 记录簿或电子记录系统	✓	✓
SO _x 达标排放证书	✓	
方案 A 的 EGC 系统技术手册（ETM-A）	✓	
方案 B 的 EGC 系统技术手册（ETM-B）		✓

^{xviii} 在欧盟，欧盟船旗的船舶安装的 EGC 系统可采用船用设备指令（MED）认证替代 MARPOL 附则 VI 方案 A 或方案 B 认证。参见尾注 22 EMSA《含硫量检查指南》。

如果安装了 EGC 设备的船舶废气中 SO_2 与 CO_2 的比值 (SO_2 (ppm) / CO_2 (%v/v)) 低于 IMO 燃料含硫量限值对应的比值, 则证明该设备的性能满足 MARPOL 附则 VI 的规定。如下所示:

在开展文书检查时, 如果船舶安装的 EGC 设备经过了方案 B 认证, 或者经过方案 A 认证, 同时装有废气连续监测系统的, 监管人员可通过审核废气连续监测数据来检查 SO_2/CO_2 比值所对应的燃料含硫量是否超过规定的限值 (参见表 3)。此外, 还应当对每日检查记录的设备运行参数进行检查, 以便判断 EGC 设备运转是否正常。

表 3: IMO 规定的燃料含硫量限值与 SO_2/CO_2 比值的对应关系⁶⁵

燃料含硫量 (%m/m)	SO_2 (ppm) / CO_2 (% v/v)
4.50	195.0
3.50	151.7
1.50	65.0
1.00	43.3
0.50	21.7
0.10	4.3

如果 EGC 设备经过方案 A 认证但未安装废气连续监测系统, 则可通过审查每日废气检查结果 (即 SO_2/CO_2) 来检验燃料合规性。通过检查设备运行参数, 可检验 EGC 装置运转是否正常。

不管 EGC 设备是经由哪种方案认证, 数据记录和处理设备都应自动记录 SO_2/CO_2 比值的连续监测数据 (若该装备适用), 以及 EGC 设备的运行参数。^{xix} 所有监测数据必须保存至少 18 个月。⁶⁶

除文件检查外, 还应开展实物检查, 以检验:

- 检查时所有 EGC 系统是否处于运行状态;
- 所有燃油燃烧设备是否连接到 EGC 系统, 除非 SECP 中已列明;
- 是否安装防篡改连续监测系统 (方案 B 认证系统必装, 方案 A 认证系统可选装);
- 所有 EGC 设备是否得到妥善维护。

4.2 使用液化天然气或其他替代燃料的船舶

监管人员应当检查以下文件和记录:

- 能够证明船旗国或船级社批准使用指定替代燃料的文件;

^{xix} 比如洗涤水压力和进气口的排气流速, 进入 EGC 装置前的废气压力及进入后的压降等。

- 轮机日志里显示了替代燃料油耗的记录；
- 对于双燃料发动机而言，应检查能够说明船舶完成换油以及切换回常规燃料时的日期、时间和位置的历史记录；
- 燃油供受单证，如果可行的话，可用于说明使用的燃料类型。

此外，监管人员应当亲自查看替代燃油燃烧系统，以确认是否处于运行状态、运行是否正常，以及是否连接到船上的燃油燃烧设备。

4.3 岸电

2019 年 1 月 1 日以前，DECA 政策要求船舶仅在泊岸时使用 0.5% 含硫量的低硫燃料。因此，岸电可以作为等效的替代措施。针对使用岸电的船舶，应检查以下文件：

- 列明岸电连接日期和时间的发动机日志；
- 证明岸电系统是否得以妥善维护的记录。

此外，监管人员应当亲自查看，以确保岸电连接良好、正常运行时船上所有辅机均处于关闭状态。

5 处罚和针对性执法

法规监管的威慑力取决于两个因素：处罚力度，违规被发现并、被处罚的概率。为了使监管政策更加有效，处罚必须高于违规所得的非法收益。提高违规行为被处罚的概率，与制止违规同等重要。

5.1 ECA 国家的处罚手段

对于进入硫排放控制区 (SECA) 或排放控制区 (ECA) 后使用违规燃料的船舶尚没有统一的处罚手段。那些要求船舶使用低硫油的国家和地区 (包含 ECAs 或其他实施了船用低硫油规定的地区) 已经制定了各自的监管政策。下表总结了船舶违规将面临的处罚。

在欧盟，设立违规罚款标准的基本宗旨是为了确保企业不能从违法行为中获得经济利益。⁶⁷ 有人认为，由于违规行为并不一定被发现，特别是在执法相对宽松的地区，如果对违规行为的处罚仅与从违规行为中获得的收益持平，那么处罚将很难起到威慑作用。⁶⁸ 如下表所示，欧盟成员国采取的处罚力度不尽相同。因此，各国呼吁建立一个更加统一和明确的处罚标准。

在美国，如果船上人员表达了守法的意愿并对违规行为做出了合理解释，美国海岸警卫队可将其视为“非刑事过失”。这种情况下，该行为会被记录下来，录入美国海岸警卫队数据库并报告给美国环保署进行核查。除非涉及安全问题，否则美国海岸警卫队不会采取进一步的行动。如果提交给环保署的数据表明船东或船舶运营人有不诚信的可能，则环保署可以开展合规性调查，并依法实施处罚。如果美国海岸警卫队怀疑船舶故意违规，例如篡改 BDN 信息，则可将其视为“刑事过失”，直接展开调查，

滞留船舶、罚款或对船东处以警告。⁶⁹

表 4：SECA 及其他限制船用燃料含硫量的地区对违规行为的处罚规定⁷⁰

国家/地区	最高罚金 ^{xx}	其他处罚	规定
比利时	€600 万（人民币 4450 万元）	罚款； 船舶滞留	SECA
英国	£8,000 – £300 万 （人民币 69,000 – 2590 万元）	船员拘禁；没收船舶	SECA
瑞典	SEK 1000 万（人民币 783 万元）	船舶滞留	SECA
芬兰	未设定最高罚款额度 （€800,000 左右， 约 人民币 593 万元）	船舶滞留	SECA
法国	€200,000（人民币 148 万元）	船员拘禁；船舶滞留	SECA
挪威	NOK 300,000（人民币 238,000 元）	船员拘禁	SECA
德国	€350 - €22,000 （人民币 2,590 – 163,000 元）	船舶滞留	SECA
拉脱维亚	€2,900（人民币 21,500 元）	-	SECA
丹麦	未设定最高罚款额度	船员拘禁； 船舶滞留	SECA
美国	US\$70,117/日（人民币 468,520 元/日） （通胀上调后）	船舶滞留	ECA
加利福尼亚	针对严格责任违规处 US\$10,000 /日/项 （人民币 66,820 元/日/项）	-	加州远洋船燃料规定
香港	HK\$200,000（人民币 172,000 元）	船东、船长或代理判处 6 个月拘禁	香港空气污染管制（远洋船）（停泊期间所用燃料）规例

美国监管机构可以对违反MARPOL公约的单次违规行为处以US\$70,117/日（人民币 468,520元/日）的最高法定罚款。⁷¹ 美国环保署发布的处罚政策文件明确了违规罚款的计算方法，主要依据是：(i)通过违规获得的经济利益，(ii)违规行为的严重性。该文件允许海岸警卫队的检查员快速评估处罚额

^{xx} 2016 年 7 月 7 日的汇率。在加州，如果发现有船舶违反远洋船燃料规例，则处以相应的罚金。

度。在最终决定罚款额时，海岸警卫队和环保署还会根据船公司其他方面的情况进行调整。^{72,xxi}

除了罚款，美国海岸警卫队、美国海关和边境保卫局以及众多欧盟国家在开展检查期间有权滞留船舶。例如，船上检查时一旦发现违规行为，美国海岸警卫队可发布“禁航”（针对国内船舶）或滞留（针对国外船舶）命令。根据违规的严重程度，船舶的通关证可能会被吊销或暂扣。⁷³ 问题解决，并提交了超出最高罚款额度的承诺书（LOU）^{xxii}、保释金或其他担保物之后，船舶可以取回通关证。^{74,xxiii} 船舶滞留可能会给船东或船舶运营人带来严重的经济和法律后果，所以船舶滞留和吊销或暂扣通关证能够强有力地震慑违规行为。⁷⁵

在香港，尽管最高罚款与其他地区相比并不算高，但是一旦发现有违反换油规例的行为，船东或船长有可能被判处6个月的拘禁。拘禁处罚可导致船长执照被吊销。目前尽管这项处罚还没有在任何案件中执行过，但已起到了有效的威慑作用。⁷⁶ 自2015年7月远洋船舶岸换油规例生效以来，香港政府已成功对两家泊岸时使用违规燃料的船公司定罪：第一家被罚款HK\$3,000，第二家的船东和船舶负责人各自被罚款HK\$15,000。⁷⁷

5.2 提高违规被发现及处罚的概率

欧盟成员国在实施 SECA 规定方面的经验有力地说明了好的监管计划对于遏制违规行为的重要性。在 2015 年欧盟加强 SECA 执法力度以前，只有 0.1% 到达欧洲港口的船舶接受燃料合规检查，而其中竟有一半的船舶被查出使用违规燃料。⁷⁸

为了响应加强 SECA 监管的号召，⁷⁹ 欧盟委员会与欧盟成员国及挪威共同出台决议，详细阐述了一项监测 SECA 合规情况的协同监管方案，并规定了各成员国开展船舶检查和燃料样品分析的最小比例。该方案的主要内容包括：⁸⁰

- **文书检查频率：**各成员国每年必须检查至少 1/10 到达该国港口的船舶的轮机日志和 BDN。
- **燃油取样或分析频率：**自 2016 年 1 月 1 日起，对于经过轮机日志和 BDN 检查的这 10% 到港船舶，还需按以下比例，进一步采用取样、分析、或取样分析并用的方法来检验船用燃料含硫量。
 - 岸线全部在 SECA 内的成员国：40%
 - 部分岸线在 SECA 内的成员国：30%
 - 不在 SECA 范围内的成员国：20%。^{xxiv}

^{xxi} 确定处罚金额时会从五个方面考虑船公司的问题：蓄意或疏忽程度、配合程度、违规记录、诉讼风险及其他因素、支付能力和追加环保项目的表现情况。更多信息请参阅尾注 71 《EPA 违规处罚政策》。

^{xxii} 承诺书（LOU）是由船东或船长签发、交给美国海岸警卫队的法律文件，旨在承诺违规事件被证实及执行民事处罚时将会履行支付违规罚款的义务。海岸警卫队收到承诺书后，可允许释放被滞留的船舶，并继续开展合规调查。

^{xxiii} 承诺书能够有效防止可能一去不返的船舶违规，违规证据永远存在。

^{xxiv} 自 2020 年 1 月 1 日起，岸线不在 SECA 范围的成员国必须对 10% 接受检查的船舶中的 30% 进行燃油样品取样检测。

- **完善船舶检查方案，以减少燃料取样或分析频率：**如果成员国采用遥测技术或快速筛查分析方法来识别违规船舶，或者每年对到港船舶轮机日志或 BDN 的检查比例高于 40%，则开展燃油取样或分析检查的船舶比例最多可在上述规定基础上减少一半。
- **汇报检查结果：**成员国应该在 THETIS-S 系统中报告每次含硫量的检查结果。THETIS-S 是一个联合信息系统，旨在支持欧盟燃料质量指令的实施。成员国还应编制含硫量标准合规性年度报告，对文书检查、燃油取样和分析结果进行汇总，并提交欧盟委员会。报告具体要求请参阅《EMSA 含硫量检查指南》。⁸¹

相较于 2015 年以前一半受检船舶被查出违反 SECA 要求，THETIS-S 数据库的最新数据显示，2015 年违规率大大降低（仅 5% 左右）。为完成或超额完成欧盟对船舶燃料取样检测率的最低要求，丹麦和瑞典在 2015 年加大了执法力度⁸²，因此其违规率更低（低于 3%）。⁸³ 而对于其他欧盟国家，一项在比利时海域开展的机载监测试点计划显示，其违规率仍有可能高达 20%。⁸⁴ 这表明，尽管一些国家已经取得巨大进展，其他欧盟国家的 SECA 监管力度仍有很大提升空间。

加州的远洋船燃料规定已经实施了 6 年多，每年要开展数百次船上检查（见表 5）。2013 年和 2014 年，分别有 12% 和 10% 的到港船舶接受检查。^{xxv} 每次检查期间，CARB 人员会从船舶管路中采集燃油样品并送至 CARB 的实验室检验燃料含硫量是否合格，还会检查文件，并查看机舱燃料温度计和黏度计读数以及监控室电脑记录的燃料温度或黏度变化数据，以便找出违规迹象。⁸⁵

如表 5 所示，过去 6 年加州的违规率保持在 6% 以下。由于 CARB 开展的检查多集中在违规可能性较大的船舶上（例如，不熟悉加州换油规定的新到港船舶，或 12 个月以上未接受检查的船舶），所有到港船舶的整体违规率应当低于 6%。⁸⁶

表 5：CARB 远洋船用燃料规定检查结果总结⁸⁷

年份	受检船舶数量	发布违规通知/ 结案	违规率
2009	134	7	5%
2010	313	18	6%
2011	493	26 / 27	5%
2012	575	33 / 20	6%
2013	1004	46 / 45	5%
2014	861	27 / 27	3%
2015	987	28/28	3%

^{xxv}2013 年到访加州港口的船舶有 8690 艘；由于 2014 年的数据未公开，假设 2014 年访港船舶数量与 2013 年相同。关于 2013 年加州访港船舶数据，可以访问美国海事局开放数据网站，海事数据与统计，<http://www.marad.dot.gov/resources/data-statistics/>（最后访问时间 2016 年 2 月 16 日）。

合规性及燃料检测数据交流平台：THETIS 数据库

基于航运业的全球性特点，实施船用燃料含硫量规定的国家之间可交流监管信息，比如船舶及船公司的合规记录，这有助于 PSC 官员更有效地针对多次违规者采取执法行动。

2015 年 1 月，EMSA 建立了 THETIS-S 信息系统，帮助欧盟成员国统一、集中地记录和交换船用燃料含硫量检测记录和合规性检查结果等信息。THETIS-S 系统数据旨在帮助 PSC 官员更好地规划未来的检查工作，聚焦有不良记录的船舶和船公司。2015 年 THETIS-S 共记录了 6801 次船舶检查。⁸⁸ EMSA 和丹麦环保局已计划将其他 SECA 国家纳入到 THETIS-S 合作框架中，致力于帮助所有 SECA 国家更有效、更有针对性地开展执法工作。⁸⁹

6 对我国的启示和建议

国内监管机构已于 2016 年 4 月 1 日起在长三角地区率先开始实施 DECA 政策，深圳从 2016 年 10 月 1 日开始实施。2016 年 1 月 29 日，国家海事局（MSA）发布《中华人民共和国海事局关于加强船舶排放控制区监督管理工作的通知》（其附件《船舶排放控制区监督管理指南》请参阅本报告附录 IV 的指南摘要）。⁹⁰ 上海、江苏和浙江海事局相继制定了更详细的指南，为一线检查人员提供指导。在长三角地区的核心港口，2016 年 4 月 1 日至 7 月中旬有 1850 多艘船舶接受 DECA 合规检查；其中，有 360 多艘船舶进行了燃油样品取样，58 艘船舶被查出使用违规燃料（即，3.14% 的船舶接受了 DECA 合规检查，其中多于 16% 的船舶进行了燃油样品取样）。其他 DECA 区域的地方政府和海事局也在致力制定更详细的指南，以推进 DECA 政策的实施。

本报告通过总结美国、欧盟和其他地区的实践经验与教训，提出以下建议供相关机构在推进 DECA 政策的实施和监管时参考。

6.1 指定燃油样品取样的船舶数量比例，以体现监管力度，并设定严厉的违规处罚规定

一般来说，BDN 和轮机日志容易造假，通过抽取燃油样品开展船用燃料含硫量检测是检查燃料是否合规的最可靠方法。IMO 和 ECA 国家正逐步加大对船用燃油取样检测的投入。

如上所述，自 2016 年 1 月 1 日起，欧盟成员国必须对 2%~4% 的到港船舶进行燃油取样。加州执法人员每次船上检查都会采集燃油样品。2016 年 2 月起，原本以文件检查为主的美国海岸警卫队也启动了一个自愿的燃油取样方案，以评估船舶是否遵守 ECA 规定。⁹¹ IMO 正在制定统一的船上燃油样品取样指南，计划将于 2016 年 10 月完成并提交 IMO 成员国审核。⁹²

鉴于 DECA 是我国首次划定船舶排放控制区，部分没有换油经验的船舶违规率可能会较高。燃油样品取样能够更准确地查获违规船舶，⁹³ 我国应当明确对到达 DECA 港口的船舶进行检查和燃油样

品取样分析的比例。执法人员不仅应对文件检查结果可疑的船舶进行燃油样品取样，还应对文件检查无嫌疑的船舶进行随机抽查，以提升执法的威慑力。^{94,xxvi}

除了提升查获违规船舶的几率，提高违规被发现的机会成本对于遏制 DECA 违规也同样重要。虽然《大气污染防治法（修订）》将罚款上限设定为人民币 100,000 元（约 US\$15,000），但主管部门可执行更严厉的非经济处罚，比如滞留可疑船舶，或要求有违规记录的船舶接受更详尽的检查。

6.2 采用遥测技术，建立执法数据库，帮助筛选船舶进行文书检查和燃料取样

文书检查和燃料现场取样需要较多时间和精力，因此建议采用更高效的监管技术对有违规迹象或倾向的船舶进行筛选，以便确定文书检查和燃料样品取样的对象，从而提高监管效率。我国可考虑通过以下两种方法进行受检船舶的筛选：

- **遥测硫排放，识别可能使用违规燃料的船舶。**主要港口地区可以联合实施遥测计划，为船舶燃料含硫量检验提供指导和支持。首先应该在主要港口开展试点，测试遥测技术的可行性，并选出适合我国港口状况的最佳技术方案。
- **建立国家 DECA 监管数据库，**执法人员可记录船上检查结果。根据检查数据，执法人员可确定船舶和船公司“黑名单”，并将其作为重点检查对象。未来，我国可以考虑与欧盟、美国、加州以及香港合作，推动各实施船用燃料规定的国家和地区共享检查数据。

根据遥测结果和/或监管数据库，执法人员可以通过以下步骤更经济地检查船舶是否合规：

- 选择一定比例的到达我国港口的船舶接受检查。其中一部分为根据遥测结果和/或 DECA 监管数据库记录的有针对性的选择，一部分为随机抽查。
- 船上检查期间，审查文件和 MARPOL 样本，并从一定比例的受检船舶中采集具有代表性的燃油样本，进行实验室分析。燃油样品取样船舶的选择依据为：a) 文件或燃油样本有违规嫌疑；b) 随机选取。

在船舶交通量比较大的港口，要求一定比例的受检船舶接受燃油样品取样可能会给现行的监管工作造成压力。据此，监管部门可以考虑试用燃料含硫量快检设备进行筛查，仅针对筛查结果显示含硫量高的船舶燃油样本进行实验室分析。

应当注意的是，筛查设备给出的结果相比在受控环境下进行的实验室监测具有更高的不确定性。要采用快检方法，必须对此类技术进行全面评估，了解其偏差和在学术界的接受度。该评估有助于为筛查结果设定一系列合理的临界值，以明确是否需要进一步采集燃油样本进行实验室分析来证实燃料的违规情况。

xxvi 根据 MSA 的监管指南，如果燃料相关文件不完整或不规范，或者存在违规迹象，MSA 官员应当进行燃油样品采样并送检。如果所有文件准确无误且不存在违规迹象，MSA 官员可进行燃油抽查，但不是必须的。

6.3 制定详细的监管指南，规定违规判定和处罚评估的基本依据，以确保处罚公平、公正，并起到警示作用

为了建立一个公平、公正的处罚体系，并发挥强大的威慑力，有必要为执法人员制定清晰、详细、透明的监管指南。其内容应包含 DECA 合规检查的方法和程序，以及违规处罚的基本原则。例如，国家海事局发布的指南规定，任何被查出使用违规燃料的船舶，根据其严重性，应受到以下一项或多项处罚：(i) 警示教育；(ii) 纠正违规行为；(iii) 滞留；以及(iv) 罚款（见附录 IV）。如果能够进一步明确船东或船舶运营人在何种情况下将受到上述何种处罚，以及哪些因素会影响最终的处罚决定，将会更有助于指南的实施。

清晰的处罚指南不仅能够帮助船东和船舶运营人了解违规的后果，还有助于检查人员及其他执法人员迅速采取行动，从而尽可能减少合规检查和作出处罚决定所需的时间，以免耽误船舶航程。

对无意违规的船公司，比如没有正确地遵守换油程序，应视情况从轻处罚；对累犯或故意违规的船公司（比如篡改 BDN），应当从重处罚，而且今后还要对其严格检查。

美国海岸警卫队制定的《排放控制区工作辅助文件》以及 EMSA 制定的《硫检查指南》提供了有用的参考（参阅《排放控制区工作辅助文件》第 2~4 条和《欧盟硫检查指南》附录 I，其中列明了旨在推进合规检查流程的检查清单、表格及流程图）。⁹⁵ 美国环保署的处罚政策亦能够为完善处罚指南提供有用的参考。⁹⁶

6.4 培训执法人员

DECA 政策是我国首次划定船舶排放控制区。执法人员在开展监管之前应当接受专业的培训。培训的主要目的是帮助他们了解：(i) 应该检查哪些文件；(ii) 船上检查期间应当收集哪些可用于合规判断的证据；(iii) 应该进一步开展哪些合规检查；以及 (iv) 如果船舶被查出违规，应采取哪些行动并作出处罚决定。所有国内排放控制区应当制定统一、规范的监管程序，以避免航运企业因失误而违规。通过详细阐述各种检查结果所对应的可采取的措施，执法人员能够更好的理解指南编写者的意图。对检查程序的宣贯也非常重要，通过宣贯，船东和船舶运营人能够清晰的了解自身需要做哪些准备，也会对监管行动有一定的预期。

截止目前，我国已成功举办两场国际培训研讨会，参会的执法人员主要来自欧洲、加州、美国环保署和香港，他们跟我国 DECA 区域的官员分享了经验。⁹⁷未来，相关部门还可以针对 DECA 区域的一线检查人员组织类似的培训研讨会。长三角地区的 MSA 官员可以作为培训讲师，与其他 DECA 区域的检查人员分享他们的经验。

6.5 确保船用燃油质量

DECA 政策的顺利实施，不仅要确保船舶确实使用了合规的燃料，还需要保证船舶可以获得合规的燃料。在美国，美国环保署负责燃料质量标准（包含船用燃料）的制定以及燃料供应商的监管检查，

而美国海岸警卫队则牵头负责船舶检查。美国环保署还开展了一项长期的、综合的燃料质量保证计划，其中包括国内供应的船用燃油的质量保证。^{98, xxvii} 美国环保署的计划旨在确保到港船舶可以获得符合美国和国际标准的燃油。据悉，美国国内供应的船用燃油符合排放控制区和美国联邦船用燃料标准的达标率非常高。⁹⁹

《大气污染防治法（修订）》明确规定“国务院交通运输主管部门可以在沿海海域划定船舶大气污染物排放控制”，但并未指明应当由哪一机构来监管岸上供应的船用燃油质量。该法第一百零三条规定，县级以上地方人民政府质量监督及工商行政管理部门有权处罚生产或销售违规船用燃料的公司。但是，各部门在保证燃料质量方面的职能分工以及如何做好协调工作尚未明确。近几年，地方质量监督部门和环保局对机动车和非道路移动机械使用的燃料展开过联合质量调查。明确质量监督、工商行政管理以及环保局和 MSA 的责任与权限，有助于确保国内销售的船用燃油符合 DECA 及国际燃料质量标准。¹⁰⁰

6.6 帮助船东/船舶运营人遵守 DECA 政策

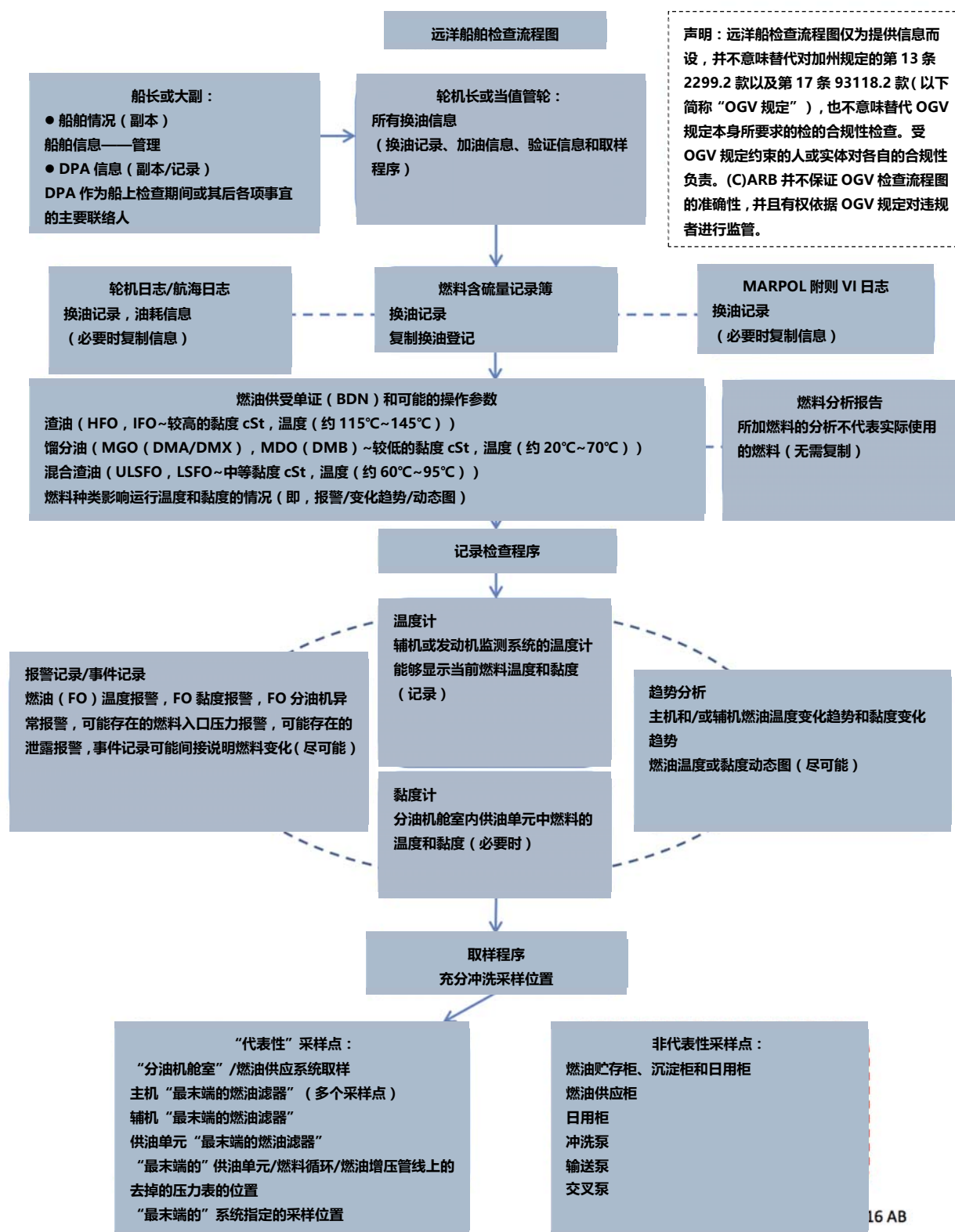
帮助船舶运营人了解如何遵守 DECA 政策，尤其对于未曾到达过 DECA 区域的船舶非常重要。

一旦确定了规定实施的时间表，相关机构就可以开始宣传完整、清晰、及时的监管信息，这是确保业内公司全面遵守规定的最有效的方法。相关政策的文本和说明的中英版本应当同时发布，以减少误解。

近几年，IMO ECA 规定和加州远洋船用燃料规定的燃料含硫量标准有所加严。燃料标准收紧前，美国海岸警卫队和 CARB 就经常发布船舶安全警示或通知，提前告知燃料标准的变化。船舶警示和通知还包括安全换油程序、用于证明遵守换油规定所需的记录，以及其他船公司必须了解的事宜。¹⁰¹ 我国监管部门可考虑发布类似的通知，以确保船东和船舶运营人做好准备工作。

最后一点，相关部门可以针对船公司代表和船员召开培训研讨会，介绍 DECA 政策的具体要求和指南，说明为证明燃油合规性船上需要准备的文件和燃油样本，并强调良好的换油程序对于确保换油安全性和效果的重要性。而且，此类研讨会应聚焦缺乏换油经验的船公司，比如未曾到过欧盟和美国排放控制区的公司。

^{xxvii} 美国环保署燃料质量保证计划明确了推定责任结构，即分销链的各方（包括炼油厂、分销商和零售商）应当对燃料超标（例如含硫量）承担责任。各方可提供证据证明自己对超标不负有责任，这些证据应当证明其不会导致违规，并包括已落实燃料质量监督计划的证明，以及产品交付时的合规证明。更多关于美国环保署燃料计划和推定责任结构的信息，请参阅 Anthony Miller，尾注 32 “确保遵守北美适用法规”和美国联邦法规- 40 CFR 80.613（<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/80.613>）。

附录 I：加州远洋船燃料规定中检查远洋船合规性的流程图¹⁰²

附录 II：欧盟和美国船舶大气排放的遥测方案

国家	启动和完成日期	应用的技术	责任机构	目标船舶
洛杉矶港和长滩港 ¹⁰³	2015 年 10 月	位于港务船和固定站的嗅探器和差分光学吸收光谱技术 (DOAS)	南海岸空气质量管理区, 由查尔姆斯理工大学提供支持	附近海域和港口来往船舶 (650 艘)
丹麦 ¹⁰⁴	2014 年初起	嗅探器 (大贝尔特桥) 嗅探器和 DOAS (机载)	丹麦环境保护署, 由查尔姆斯理工大学提供支持	进出波罗的海和丹麦海域船舶
瑞典哥德堡 ¹⁰⁵	2006 年起	嗅探器 (埃尔夫斯堡) 嗅探器和 DOAS (机载)	查尔姆斯理工大学, 由欧盟 CompMon 项目和瑞典创新局资助	进出哥德堡港和瑞典海域船舶
德国汉堡 ¹⁰⁶	2014 年 9 月起	嗅探器和 DOAS (韦德尔和诺伊韦克)	联邦海事水文局 (BSH), 联合不莱梅大学	进出汉堡港船舶
比利时安特卫普 ¹⁰⁷	2015 年 9 月~10 月 (第一阶段) 2016 年 8 月~12 月 (第二阶段)	嗅探器 (机载)	北海数据模型管理中心比利时皇家自然科学研究所 (比利时)、联邦公共服务 (FBS) 移动中心 (比利时), 以及人居环境和交通运输检查局 (ILT) (荷兰)	比利时和荷兰海域
鹿特丹港 ¹⁰⁸	2009 年 9 月	嗅探器和光学仪器, 包括 DOAS、光探测和测量 (光学雷达 LIDAR) 以及紫外相机 (UV-CAM)	欧盟委员会联合研究中心 ^{xxviii}	进出鹿特丹港船舶
涅瓦湾和芬兰湾 ¹⁰⁹	2011 年 8 月和 9 月 2012 年 6 月和 7 月	嗅探器 (安装在陆地和船舶上)	查尔姆斯理工大学, 由波罗的海区域合作提供经济资助, 旨在减少船舶和港口排放, BSR InnoShip	进出涅瓦湾和芬兰湾船舶

^{xxviii} 由查尔姆斯理工大学、荷兰应用科学研究所 (TNO)、国家公共卫生与环境研究所 (RIVM) 以及挪威空气研究所 (NILU) 提供支持。

船舶转用低硫油政策的实施与监管—国际政策及实践经验

国家	启动和完成日期	应用的技术	责任机构	目标船舶
汉堡可行性研究——空中检测船舶硫排放 (STEAM) 110	2016年6月/7月 (为期9个月的检测和实证研究)	遥控驾驶航空器上的嗅探器 (RPAS)	欧洲航天局, 由 CLS Delair-Tech, EMSA, BSH, 丹麦船东协会, 以及三叉戟联盟提供支持	汉堡港外围海域 (试点阶段)

附录 III：依据 IMO《废气清洗系统导则》申请 EGC 设备认证所需的文件¹¹¹

	方案 A	方案 B
SO_x 排放合规计划（SECP），规定如下： ▪ 列举所有安装了 EGC 设备的船用燃油燃烧设备； ▪ 列举所有无法安装 EGC 设备的燃油燃烧设备 ▪ 提出如下证明合规性的资料：废气排放连续监测（方案 B），关键参数的每日记录（方案 B）；或检查废气排放监测的每日记录（方案 A）	✓	✓
船上监测手册（OMM） ▪ 列明所有能证明系统合规性的传感器^{xxix} ▪ 详细说明应如何检查废气监测系统（比如，废气取样位置）	✓	✓
EGC 记录簿或电子记录系统： EGC 记录簿是一系列用于记录可能会影响传感器监测 EGC 系统合规性的事件的表格（例如，维护、检修和校准、洗涤液/污泥处理）	✓	✓
SO_x 排放合格证书： 证明 EGC 设备已按方案 A 的要求进行了检验	✓	
方案 A 的 EGC 系统技术手册（ETM-A）： 详细说明正确操作某一特定 EGC 设备的主要参数；为保证合规性，EGC 设备应始终在规定的参数范围内运行	✓	
方案 B 的 EGC 系统技术手册（ETM-B）： 详细说明正确操作某一特定 EGC 设备的主要参数；为保证合规性，EGC 设备应当始终在规定的参数范围内运行		✓

^{xxix} 主要传感器包含废气监测、主要流程参数（如洗涤水压力和流量），以及废水水质监测

附件 IV：国家海事局监督管理指南

中国交通运输部海事局(MSA)于 2016 年 1 月 29 日发布了船舶排放控制区监督管理指南。¹¹² 该指南是各级海事局工作人员在珠三角、长三角、环渤海(京津冀)水域开展国内排放控制区(DECA)监管的指导性文件。

指南提出的船舶换用低硫燃油的检查要求包括三部分内容：

i) 文书检查和燃油检查：

- 轮机日志：核查船舶换油起止日期、时间和经纬度等信息是否完整规范；核查换油起止船舶位置、燃油消耗及低硫燃油使用量是否满足控制区要求；核查每一燃油舱中燃油的存量记录是否完整规范。
- 燃油供受单证：核查是否持有燃油供受单证，单证记录的燃油是否符合要求。
- 燃油转换程序：核查是否持有书面燃油转换程序，该程序是否符合船舶安全管理体系要求，燃油转换操作记录是否规范完整。

对于文书检查不合格、有违规记录，或者经监测存在违规嫌疑的船舶，海事管理机构应进行传播燃油检测，验证燃料是否符合含硫量相关规定。对于文书检查合格、无违规记录或存在违规嫌疑的船舶，海事管理机构仍可进行船舶燃油抽检。

ii) 处理

使用不符合标准或者要求燃油的船舶，应当根据违法情节，依据法律法规或国际公约相关规定，按照下列一种或者几种方式进行处理：

- 警示教育
- 纠正违规行为
- 滞留
- 依据《中华人民共和国大气污染防治法》第一百零六条进行处罚。即处罚金人民币 1 万至 10 万元不等（约为 1500-15000 美元）。

船舶燃油供给单位未如实填写燃油供受单证的，或未按照规定向船舶提供燃油供受单证和燃油样品的，以及船舶和船舶燃油供给单位未按规定保存燃油供受单证和燃油样品的，按照《防治船舶污染海洋环境管理条例》第六十三条进行处罚，即处罚金人民币 2000 至 10000 元不等（约为 200-1500 美元）。

iii) 替代措施的检查要求（对使用岸电、液化天然气(LNG)、洗涤器等替代措施的船舶）：

- 使用岸电的船舶：

核查船舶轮机日志中的岸电使用起止时间记录是否完整规范；确定岸电使用起止时间是否满足控制区要求。确认船舶是否具备使用岸电的条件。

- 使用清洁能源的船舶（例如 LNG）：
 - 核查船舶防止空气污染（IAPP）证书/记录是否备注该船舶使用清洁能源。
 - 对于双燃料动力船舶，应核查换用燃料时间记录是否完整规范；核查换用燃料时的船舶经纬度记录是否完整规范；
 - 确定换用燃料时的船舶位置是否满足控制区要求；核查清洁能源和燃油的使用量记录是否完整规范等。
- 加装后处理装置的船舶：
 - 核查船舶轮机日志中尾气后处理装置使用的起止时间记录是否完整规范；装置使用起止时的船舶经纬度记录是否完整规范；确认装置使用起止时船舶位置是否满足控制区要求。
 - 核查是否持有尾气后处理装置产品相关证书以及是否在船舶防止空气污染证书有相应的签注等。

尾注

¹ 中国环境保护部, 2015 中国环境状况公报, 2016 年 5 月 20 日。 World Health Organization (WHO), *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (Update 2016)*, 2014 年 5 月, http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/. <http://worldpopulationreview.com> (最后访问时间 2016 年 5 月 26 日)。 United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), *Review of Maritime Transport 2015*, 2015, http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015_en.pdf。 JOC, *Top 50 World Container Ports*, <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports> (最后访问时间 2016 年 1 月 28 日)。 China Daily, “Qingdao's population soars to 9 million”, 2015 年 2 月 13 日, http://www.chinadaily.com.cn/m/shandong/e/2015-02/13/content_19582180.htm (最后访问时间 2016 年 1 月 28 日)。 Xiamen Municipal Government, “Report shows Xiamen population reaches 4.255 million in 2014”, 2014 年 12 月 22 日, <http://english.xm.gov.cn/xiamenoverview/population/> (最后访问时间 2016 年 1 月 28 日)。 Hamburg Metropolitan Region, *Economic Motor*, <http://english.metropolregion.hamburg.de/> (最后访问时间 2016 年 1 月 28 日)。 天津政府, “2015 年我市人口基本情况”, http://www.tj.gov.cn/zjtj/qrk/rkgk/201503/t20150326_263363.htm (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 浙江统计, 2014 年浙江省人口变动抽样调查主要数据公报, http://www.zj.stats.gov.cn/tjgb/rkcydcgb/201502/t20150213_153148.html (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 大连市, 亚太城市峰会网站, <http://apcs.city.fukuoka.lg.jp/cn/city/china/dairen/> (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 Shenzhen Government Online - Overview, <http://english.sz.gov.cn/gi/> (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 World Bank Data Bank, Population - total, <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 DMC Amsterdam, “Rotterdam”, <http://dmcamsterdam.com/destinations/rotterdam/> (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 New Geography, *Special Report: 2013 Metropolitan Area Population Estimates*, <http://www.newgeography.com/content/004240-special-report-2013-metropolitan-area-population-estimates> (最后访问时间 2015 年 5 月 26 日)。 City Population, “South Korea: Busan Metropolitan City”, <http://www.citypopulation.de/php/southkorea-busan.php> (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 City Population, “Belgium: Antwerp”, <http://www.citypopulation.de/php/belgium-antwerpen.php> (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 Dubai Statistics Center, No. of estimated population by sector and community, <https://www.dsc.gov.ae/en-us> (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 Indonesia Points, “Jakarta's population”, <http://www.indonesiapoint.com/tourist-attractions/jakarta/jakarta-population.html> (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 “Population of Greater Kuala Lumpur”, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Greater_Kuala_Lumpur (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 “Population of Johor Bahru”, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Johor_Bahru (最后访问时间 2016 年 6 月 26 日)。 台湾内政部, 各县人口统计, http://www.ris.gov.tw/zh_TW/346 (最后访问时间 2016 年 7 月 5 日)。

² UNCTAD, *Review of Maritime Transport 2015*, 尾注 1。

³ Clarksons Research, “Top Shipping Awards: Who's Big on Seaborne Trade?”, 2014 年 5 月 9 日, <https://clarksonresearch.wordpress.com/2014/05/09/top-shipping-awards-whos-big-in-seaborne-trade/> (最后访问时间 2016 年 2 月 25 日)。

⁴ Hong Kong Environmental Protection Department, *Emissions Inventory for 2014*, http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/data/emission_inve.html。 Qingyan Fu, “Status and Strategies of Shipping Emission in Shanghai Port”, Presentation at the 4th Pacific Ports Clean Air Collaborative Conference 上的演讲, 2015 年 10 月 20 日。 China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED), *Coordinated Actions for Addressing Climate Change and Air Pollution -- With a Focus on Short-Lived Climate Pollutants and Non-Road Mobile Sources, A Report to the CCICED*, 2015 年 11 月, <http://www.cciced.net/encciced/policyresearch/report/201511/P020151117574524303949.pdf>。

⁵ 交通运输部, “交通运输部印发珠三角、长三角、环渤海(京津冀)水域船舶排放控制区实施方案”, 2015 年 12 月 4 日, http://www.gov.cn/xinwen/2015-12/04/content_5019932.htm。

⁶ 上海交通委员会和上海海事局, “关于上海港实施船舶排放控制区的通告”, 2016 年 2 月 17 日, <http://www.shmsa.gov.cn/NewsContent.aspx?CatalogId=5b1d411c-6630-4869-8151-23d0c844f78d&ContentId=173aaef-c5b0-4813-ac1e-7606d413b74c> (最后访问时间 2016 年 3 月 17 日)。 浙江省交通厅和浙江海事局, “关于浙江省实施船舶排放控制区的通告”, 2016 年 3 月 31 日, http://www.moc.gov.cn/st2010/zhejiang/zj_tongzhigg/tzgg_qita/201604/t20160405_2009219.html (最后访问时间 2016 年 3 月 31 日)。 江苏省交通运输厅和江苏海事局, “关于长三角水域江苏省实施船舶排放控制区的通告”, 2016 年 3 月 31 日, http://www.jsd.gov.cn/art/2016/4/1/art_18938_1179541.html (最后访问时间 2016 年 3 月 31 日)。

⁷ 深圳市人居环境委员会、深圳海事局和深圳市交通运输委员会, “关于船舶靠泊深圳港期间使用低硫燃油的通告”, 2016 年 9 月 12 日, http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/szgg/tzgg/201609/t20160912_4922878.htm (最后访问时间 2016 年 9 月 18 日)。

- ⁸ 尽管 IMO 规定全球船用燃料含硫量限值为 3.5%，2014 年第三次 IMO 温室气体研究最新数据显示，2012 年全球船用渣油平均含硫量为 2.5%。参见 IMO, *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>.
- ⁹ Dan A. Lack, et al., 2009, “Particulate emissions from commercial shipping: Chemical, physical, and optical properties”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 114, doi:10.1029/2008JD011300. 另一项研究指出，使用 0.155% 含硫量馏分油（MDO）所产生的 PM 质量比使用 0.6% 含硫量渣油（HFO）低 70%（参见 A. Kasper, S. Aufdenblatten, A. Forss, M. Mohr & H. Burtscher, 2007, “Particulate Emissions from a Low-Speed Marine Diesel Engine”, *Aerosol Science and Technology*, 41:1, 24-32.）
- ¹⁰ “Unni Einemo, “Danish air quality measurements confirm positive ECA impact”, *Bunkerworld*, 2016 年 2 月 16 日, <http://www.bunkerworld.com/news/140819?tag=1-198694-145899173-0-BW> (最后访问时间 2016 年 2 月 17 日). “Rotterdam port: pollution by ships is falling”, *Green4sea*, 2015 年 7 月 17 日, <http://www.green4sea.com/rotterdam-port-pollution-by-ships-is-falling/>. Nick Jameson, “Port’s air quality ‘best for almost a decade’”, *Sustainable Shipping*, 2015 年 10 月 5 日, <http://www.sustainableshipping.com/news/Port-s-air-quality-best-for-almost-a-decade-139131>.
- ¹¹ Environmental Bureau and Environmental Protection Department, *Work Plan of the Review of Air Quality Objectives (AQOs)*, Submission to Penal on Environmental Affairs of the Legislative Council CB(1)705/15-16(03), 2016 年 3 月 30 日, <http://www.legco.gov.hk/yr15-16/english/panels/ea/papers/ea20160330cb1-705-3-e.pdf> (最后访问时间 2016 年 5 月 31 日).
- ¹² Paris MOU, *Guidelines on Application of MARPOL Annex VI Regulation 18 in an Emission Control Area (ECA)*, https://www.parismou.org/sites/default/files/Guidelines%20on%20fuel%20availability_0.pdf (最后访问时间 2016 年 2 月 1 日). US Coast Guard, *ECA Job Aid – Domestic & Foreign Vessels*, 2012 年 7 月 24 日, https://www.uscg.mil/d13/cfvs/PDFs/MARPOL_VIJobAid.pdf (最后访问时间 2016 年 2 月 1 日).
- ¹³ Michael Bloor, et al. 2013. “Effectiveness of international regulation of pollution controls: the case of the governance of ship emissions”, Cardiff University. UK Parliament House of Commons, *Inquiry on Sulphur Emissions By Ships*, Michael Bloor、Susan Baker 和 Helen Sampson 教授提供的书面证据, <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm201012/cmselect/cmtran/1561/1561vw.pdf> (最后访问时间 2016 年 1 月 2 日).
- ¹⁴ 与加州空气资源委员会 Alex Barber 的对话, 2016 年 6 月 22 日.
- ¹⁵ Alex Barber, “ECA OGV Fuels Inspection Investigative Skills Training”, 上海排放控制区监管研讨会上的演讲, 2016 年 4 月 11 日.
- ¹⁶ Hong Kong Government, *Air Pollution Control (Ocean Going Vessels) (Fuel at Berth) Regulation*. L.N.51 of 2015. US Coast Guard, *ECA Job Aid*, 尾注 12.
- ¹⁷ California Air Resources Board, *Guidance for Vessel Operators Utilizing the Research Exemption to Use Fuel at or Below 0.1% Sulfur That Does Not Meet Specifications for Distillate Fuel Grades in the California OGV Fuel Rule*, Marine Notice 2015-1, 2015 年 10 月, http://www.arb.ca.gov/ports/marivevess/documents/marinenote2015_1.pdf (最后访问时间 2016 年 5 月 31 日).
- ¹⁸ Unni Einemo, “2016 brings step change in EU sulfur inspections”, *Bunkerworld*, 2016 年 1 月 18 日.
- ¹⁹ Shubhlakshmi Shukla, “Tankers: Uncertainties remain in EU over sulfur emissions rules: sources”, *Platts News*, 2015 年 10 月 12 日, <http://www.platts.com/latest-news/shipping/london/tankers-uncertainties-remain-in-eu-over-sulfur-26236179>
- ²⁰ US Coast Guard, “Voluntary Vessel Fuel Oil Sampling Program”, *Marine Safety Information Bulletin*, 2016 年 2 月 17 日, https://www.uscg.mil/msib/docs/003_16_2-17-2016.pdf (最后访问时间 2016 年 6 月 1 日).
- ²¹ 上海市政府, “上海海事局查获首例船舶使用不符合排放控制区要求燃油的案件”, 2016 年 5 月 6 日, <http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2315/nw18454/u21aw1127962.html> (最后访问时间 2016 年 6 月 28 日). 浦东海事局, “浦东海事局首次查获船舶使用高硫燃油案件”, 2016 年 6 月 14 日, <http://www.shmsa.gov.cn/NewsContent.aspx?CatalogId=f04ecb41-8ea9-422f-8abf-f5ede769bf10&ContentId=04d723a0-30ec-4afe-b4fa-d7cd0472318b> (最后访问时间 2016 年 6 月 28 日). 国家海事局, “浙江海事局 4 月份船舶排放控制区监管工作有序推进”, 2016 年 5 月 13 日, http://www.chinapsc.org/info_detail.jsp?infoId=2484 (最后访问时间 2016 年 6 月 28 日). 张家港海事局, “船舶最严‘限排令’在江苏率先实施——张家港海事局开展‘船舶排放控制区’行动”, 2016 年 4 月 18 日, http://www.zjgmsa.gov.cn/art/2016/4/18/art_13425_1041638.html (最后访问时间 2016 年 6 月 28 日). 常熟日报, “常熟海事局开展船舶排放控制区专项检查”, 2016 年 5 月 3 日, <http://www.szdushi.com.cn/news/201605/2016187496.shtml> (最后访问时间 2016 年 6 月 28 日).
- ²² Unni Einemo, “Development of IMO in-use sampling guidelines hit snags”, *BunkerWorld*, 2016 年 2 月 23 日, <http://www.bunkerworld.com/news/Development-of-IMO-in-use-sampling-guidelines-hit-snags-140887> (最后访问时间 2016 年 2 月 25 日)

- ²³ European Maritime Safety Agency (EMSA), *Sulphur Inspection Guidance*.
<http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/external-news/item/2407-sulphur-inspection-guidance.html>
- ²⁴ 与加州空气资源委员会 Alex Barber 的对话, 2016 年 2 月 5 日。
- ²⁵ International Maritime Organization (IMO), “Amendments to Bunker Delivery Note to Permit the Supply of Fuel Oil Not in Compliance with Regulation 14 of MARPOL Annex VI”, 2015 年 12 月 10 日,
<https://imo.amsa.gov.au/secure/papers/2016/ppr3/10.pdf>. US EPA, *EPA Guidance on ECA Marine Fuel*, 2014 年 12 月,
<https://www3.epa.gov/otaq/documents/oceanvessels/420b14097.pdf>. California Air Resources Board, “Marine Notice 2014-1”, 2014 年 8 月, http://www.arb.ca.gov/ports/marinevess/documents/marinernote_2014_1.pdf. ISO 8754 检测方法适用于含硫量(质量分数)在 0.03%~5%之间的燃料产品。关于 ISO 8754 标准请访问 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=30062。
- ²⁶ US EPA, *EPA Guidance on ECA Marine Fuel*, 尾注 25。
- ²⁷ IMO, “MEPC.182(59) 2009, Guidelines for the Sampling of Fuel Oil for Determination of Compliance with the Revised Annex VI of MARPOL 73/78”, 2009 年 7 月 17 日,
http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=26467&filename=182%2859%29.pdf (最后访问时间 2016 年 6 月 23 日)。
- ²⁸ Unni Einemo, “Proposed IMO guidelines for onboard fuel sampling spark wider debate”, *Bunkerworld*, 2016 年 2 月 17 日,
<http://www.bunkerworld.com/news/Proposed-IMO-guidelines-for-onboard-fuel-sampling-spark-wider-debate-140835> (最后访问时间 2016 年 2 月 25 日)。
- ²⁹ 与美国环保署 Ross Ruske 的对话, 2016 年 3 月 8 日。与荷兰船舶检查人员 Ing. Dennis W. Brinkman 的对话, 2016 年 9 月 9 日。
- ³⁰ 与美国环保署 Ross Ruske 的对话, 2016 年 3 月 8 日。与荷兰船舶检查人员 Ing. Dennis W. Brinkman 的对话, 2016 年 9 月 9 日。
- ³¹ Sinha, P. et al. “Emissions of trace gases and particles from two ships in the southern Atlantic Ocean”, *Atmos. Environ.*, 37, 2139–2148, 2003. Schlager, H. et al. “Aircraft-based Trace Gas Measurements in a Primary European Ship Corridor”, *Proceedings TAC-Conference*, 83–88, 2006. Agrawal, H. et al. “Primary Particulate Matter from Ocean-Going Engines in the Southern California Air Basin”, *Environ. Sci. Technol.*, 43, 5398–5402, 2009. Williams, E. J. et al. “Emissions of NO_x, SO₂, CO, and HCHO from commercial marine shipping during Texas Air Quality Study (TexAQS) 2006”, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 114, D21306, doi:10.1029/2009JD012094, 2009. Diesch, J.-M. et al. “Investigation of gaseous and particulate emissions from various marine vessel types measured on the banks of the Elbe in Northern Germany”, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 3603–3618, doi:10.5194/acp-13-3603-2013, 2013. Balzani Lööv, et al., “Field test of available methods to measure remotely SO_x and NO_x emissions from ships”, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 2597–2613, doi:10.5194/amt-7-2597-2014, 2014. Jörg Beecken et al., “Emission factors of SO₂, NO_x and particles from ships in Neva Bay from ground-based and helicopter-borne measurements and AIS-based modeling”, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 5229–5241, 2015。
- ³² Unni Einemo, “Proposed IMO guidelines”, 尾注 28。
- ³³ Anthony Miller, “Ensuring Compliance with the North American & Caribbean Emission Control Areas and EPA’s Fuel Program”, US-China Green Ports and Vessels Initiative Workshop 上的演讲, 2016 年 6 月 13 日~16 日。South Coast Air Quality Management District, “SCAQMD Awards \$1.1 Million for Remote Sensing Projects to Enhance Emissions Monitoring at Oil Refineries, Ships, and Other Sources”, 2015 年 3 月 3 日,
<http://www.aqmd.gov/home/library/public-information/2015-news-archives/remote-sensing-projects> (最后访问时间 2016 年 6 月 23 日)。宁治, “港口和船舶污染监测及管理”, US-China Green Ports and Vessels Initiative Workshop 上的演讲, 2016 年 6 月 13 日~16 日。
- ³⁴ 燃料含硫量的估算方法论请参考 Balzani Lööv, J. M. et al., “Field test of available methods”, 尾注 31。Kattner L., et al., “Monitoring compliance with sulfur content regulations of shipping fuel by in situ measurements of ship emissions”, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 10087–10092, 2015。
- ³⁵ Johan Mellqvist et al., *Identification of Gross Polluting Ships to Promote a Level Playing Field within the Shipping Sector: Final Report to Vinnova*, 2014。
- ³⁶ Kattner L., et al. 2015, “Monitoring compliance with sulfur content regulations”, 尾注 34。
- ³⁷ 与德国联邦海事水文局 Andreas Weigelt 的对话, 2016 年 4 月 26 日。
- ³⁸ Kattner L. et al., “Monitoring compliance with sulfur content regulations”, endnote 33, and Balzani Lööv, J. M. et al., “Field test of available methods”, 尾注 31。
- ³⁹ 与德国联邦海事水文局 Andreas Weigelt 和德国不莱梅大学环境物理研究所(IUP)的 Barbara Mathieu-Üffing 的对话, 2015 年 12 月 8 日。

- ⁴⁰ Johan Mellqvist et al., *Identification of Gross Polluting Ships*, 尾注 35.
- ⁴¹ Balzani Lööv J.M. et al. “Field test of available methods” 尾注 31.
- ⁴² Kattner L. et al., “Monitoring compliance with sulfur content regulations”, 尾注 34.
- ⁴³数据摘录自 Jörg Beecken, *Remote Measurements of Gas and Particulate Matter Emissions from Individual Ships*, ISBN 978-91-7597-141-4, Doctoral thesis, Chalmers University of Technology, 2015.
- ⁴⁴数据摘录自 Kattner L. et al., “Monitoring compliance with sulfur content regulations”, 尾注 34.
- ⁴⁵ Jörg Beecken, Johan Mellqvist and K. Salo, "Airborne emission measurements of SO₂, NO_x and particles from individual ships using a sniffer technique", *Atmospheric Measurement Techniques*, 2014, Vol. 7(7), pp. 1957-1968. Johan Mellqvist, et al., “Quantification of Stack Emissions from Marine Vessels”, *Proceedings of the Air and Waste Management Association 109th Annual Conference and Exhibition*, 2016 年 6 月.
- ⁴⁶ Jörg Beecken, Johan Mellqvist and K. Salo, 2014. “Airborne emission measurements of SO₂, NO_x and particles”, 尾注 45.
- ⁴⁷与德国联邦海事水文局 Andreas Weigelt 和德国不莱梅大学环境物理研究所(IUP) Barbara Mathieu-Üffing 的对话, 2015 年 12 月 8 日.
- ⁴⁸与德国联邦海事水文局 Andreas Weigelt 对话, 2016 年 3 月 3 日.
- ⁴⁹ A. Richter et al., “Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space”, *Nature*, 437, 2005.
- ⁵⁰ J. M. Balzani Lööv et al., “Field test of available methods”, 尾注 31.
- ⁵¹ N. Berg et al., “Ship emissions of SO₂ and NO₂: DOAS measurements from airborne platforms”, *Atmospheric Measurement Techniques*, 2012, 5, pp. 1085-1098.
- ⁵² J. M. Balzani Lööv et al., “Field test of available methods”, 尾注 31. Jörg Beecken et al., “Emission factors of SO₂”, 尾注 31.
- ⁵³数据摘录自 André Seyler et al, 2014. “Monitoring Shipping Emissions with MAX-DOAS Measurements of Reactive Trace Gases”. http://www.iup.uni-bremen.de/doas/posters/egu_2014_wittrock.pdf.
- ⁵⁴ J. M. Balzani Lööv et al., “Field test of available methods”, 尾注 31. 根据环境测量与系统的 Denis Pöhler 的交流, 某些下探式 DOAS 系统能将不确定度降低至 10%以下.
- ⁵⁵ J. M. Balzani Lööv et al., 2014, “Field test of available methods”, 尾注 31. Johan Mellqvist et al, “Identification of Gross Polluting Ships”, 尾注 35.
- ⁵⁶ Johan Mellqvist, et al. “Identification of Gross Polluting Ships”, 尾注 35.
- ⁵⁷ Johan Mellqvist, et al. “Identification of Gross Polluting Ships”, 尾注 35.
- ⁵⁸ IMO, *MARPOL Annex VI – Regulation 4*.
- ⁵⁹交通运输部, “交通运输部印发珠三角、长三角、环渤海(京津冀)水域船舶排放控制区实施方案”, 2015 年 12 月 2 日, http://www.moc.gov.cn/2016wangshangzhibo/2016zhuantu2/xiangguanlianjie/201602/t20160201_1984227.html (最后访问时间 2016 年 6 月 4 日).
- ⁶⁰ EMSA, *Sulphur Inspection Guidance*, 尾注 23.
- ⁶¹ IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, MEPC 68/21/Add.1, <http://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin1541anx1.pdf>
- ⁶² IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, 尾注 61.
- ⁶³ Håken Thoresen, “DNV GL EGC system approval and experience - SO_x Exhaust Gas Cleaning Systems (EGCs)”, Intertanko Tanker Event 上的演讲, 纽约, 2014 年 5 月 9 日.
- ⁶⁴ IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, 尾注 61. Wärtsilä, *Wärtsilä Scrubber Product Guide*, 2014 年 6 月.
- ⁶⁵ IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, 尾注 61.
- ⁶⁶ IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, 尾注 61.
- ⁶⁷European Union, *Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels*, 2012 年 11 月 27 日.

- ⁶⁸ Unni Einemo, “Interview: Trident Alliance still concerned about EU ECA enforcement”, *Bunkerworld*, <http://www.bunkerworld.com/news/INTERVIEW-Trident-Alliance-still-concerned-about-EU-ECA-enforcement-140806> (2016 年 2 月 16 日).
- ⁶⁹ Michael McNamara, “Are the US and Canada leading the enforcement of ECA regulations?”, *Seatrade Maritime News*, 2015 年 7 月 14 日, <http://www.seatrade-maritime.com/news/americas/are-the-us-and-canada-leading-the-enforcement-of-eca-regulations.html> (最后访问时间 2016 年 2 月 28 日).
- ⁷⁰ 信息由 Trident Alliance 成员收集(2015 年 12 月 4 日). Hong Kong Government, *Air Pollution Control (Ocean Going Vessels) (Fuel at Berth) Regulation. L.N.51 of 2015*. California Government, *California Health and Safety Code §39674*. Unni Einemo, “Three vessels fined as Norway doubles ECA inspections”, *Bunkerworld*, 2015 年 7 月 28 日, <http://www.bunkerworld.com/news/Three-vessels-fined-as-Norway-doubles-ECA-inspections-137870> (最后访问时间 2015 年 9 月 15 日). US Federal Government, *The Act to Prevent Pollution from Ships (APPS)*, 33 U.S.C. §1908(b), <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/USCODE-2010-title33/pdf/USCODE-2010-title33-chap33-sec1908.pdf>
- ⁷¹ US Federal Government, *The Act to Prevent Pollution from Ships*, 尾注 67. 法案规定罚款上限为\$25000 美元, 根据通胀做出调整后, 现行罚款上限为\$70,117 美元 (参见 <https://www.federalregister.gov/articles/2016/07/01/2016-15411/civil-monetary-penalty-inflation-adjustment-rule#t-2>).法案同时还规定, 如任何人作出与遵守 MARPOL 附件 VI 规定相关的声明或陈述存在错误、虚假或欺骗性的, 那么每份声明或陈述最高可罚款\$5000 美元.
- ⁷² US EPA, *EPA Penalty Policy for Violations by Ships of the Sulfur in Fuel Standard and Related Provisions*, 2015 年 1 月 15 日, <http://www2.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/marinepenaltypolicy.pdf> (最后访问时间 2015 年 5 月 1 日).
- ⁷³ US Federal Government, *The Act to Prevent Pollution from Ships*, 尾注 67.
- ⁷⁴ *United Nation Law of the Sea (UNCLOS)*, Article 73(2).
- ⁷⁵ Eugene J. O'Connor, et al., “Stepped up enforcement in the North American ECA”, Montgomery McCracken Walker & Rhoads LLP, 2014 年 12 月 8 日, <http://www.ukpandi.com/knowledge/article/stepped-up-enforcement-in-the-north-american-eca-august-2014-update-130331/>
- ⁷⁶ Hong Kong Government, “LCQ17: Measures to reduce the emissions of ocean-going vessels at berth”, Hong Kong Government Press Releases, 2016 年 1 月 6 日, <http://www.info.gov.hk/gia/general/201601/06/P201601060362.htm> (最后访问时间 2016 年 5 月 31 日).
- ⁷⁷ Fanling Magistrate’s Courts of the Hong Kong Special Administrative Region, 案件编号 FLS2638-9/2016 、案件编号 FLS6295-6/2016.
- ⁷⁸ Crystal Chan, “ECA cheating uncovered”, *IHS Maritime 360 website*, 2014 年 10 月 6 日, <http://www.ihsmaritime360.com/article/14862/eca-cheating-uncovered> (最后访问时间 2015 年 4 月 28 日).
- ⁷⁹ 举例参考, Roger Strevens, Roger Strevens, “The end of the world as we know it”, *Bunker Bulletin*, 2014 年 12 月 15 日, <http://www.bunkerworld.com/community/blog/133061/Roger-Strevens/The-end-of-the-world-as-we-know-it>.
- ⁸⁰ European Union, “Commission implementing decision (EU) 2015/253 of 16 February 2015 laying down the rules concerning the sampling and reporting under Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels”, 2015 年 2 月 17 日, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32015D0253> .
- ⁸¹ EMSA, *Sulphur Inspection Guidance*, 尾注 23.
- ⁸² Unni Einemo, “2016 brings step change”, 见尾注 18. Unni Einemo, “Three vessels fined as Norway doubles ECA inspections”, *Bunkerworld News*, 2015 年 7 月 28 日, <http://www.bunkerworld.com/news/Three-vessels-fined-as-Norway-doubles-ECA-inspections-137870> (最后访问时间 2015 年 9 月 15 日).
- ⁸³ Unni Einemo, “EU sulfur rule non-compliance about 5% in 2015: EMSA”, *Bunkerworld*, 2016 年 3 月 9 日, <http://www.bunkerworld.com/news/EU-sulfur-rule-non-compliance-about-5-in-2015-EMSA-141030>, (最后访问时间 2016 年 3 月 16 日).
- ⁸⁴ Unni Einemo, “Interview: Trident Alliance still concerned about EU ECA enforcement”, *Bunkerworld*, <http://www.bunkerworld.com/news/INTERVIEW-Trident-Alliance-still-concerned-about-EU-ECA-enforcement-140806> , (最后访问时间 2016 年 2 月 16 日).
- ⁸⁵ CARB, *2012 Annual Enforcement Report*, 2013 年 5 月, <http://www.arb.ca.gov/enf/reports/reports.htm> (最后访问时间 2015 年 9 月 1 日).

⁸⁶与加州空气资源委员会 Alex Barber 的对话, 2014 年 10 月 24 日。

⁸⁷ CARB. *Annual Enforcement Report* (2009 – 2015 editions), <http://www.arb.ca.gov/enf/reports/reports.htm> (最后访问时间 2015 年 7 月 8 日)。

⁸⁸ Unni Einemo, “EU sulfur rule non-compliance”, 尾注 83。

⁸⁹Danish Maritime Authority and Ministry of Environment and Food of Denmark, 2016, *Action Plan 2016 on efficient enforcement of regulations on ship’s sulphur emissions*. Sergio Alda, “New sulfur requirements, best practices and the way ahead”, presentation at EMSA SECA Seminar, Barcelona, 2015 年 10 月 22 日。

⁹⁰交通运输部海事局, “交通运输部海事局关于加强船舶排放控制区监督管理工作的通知”, 2016 年 2 月 3 日, <http://www.gdmsa.gov.cn/gd/ShowArticle.asp?ArticleID=30263> (最后访问时间 2016 年 3 月 16 日)。

⁹¹ “US Coast Guard to introduce voluntary bunker sampling for ECA compliance”, *Bunkerspot*, 未标注日期, <http://www.bunkerspot.com/americas/41453-americas-us-coast-guard-to-introduce-voluntary-bunker-sampling-for-eca-compliance>, (最后访问时间 2016 年 2 月 28 日)。

⁹² Unni Einemo, “Proposed IMO guidelines”, 尾注 28。

⁹³ Michael Bloor et al., 2013, *Effectiveness of international regulation*, 尾注 13。

⁹⁴ MSA, *Notice regarding strengthening the enforcement*, 尾注 90。

⁹⁵US Coast Guard, *ECA Job Aid*, 尾注 12. EMSA, *Sulphur Inspection Guidance*, 尾注 23。

⁹⁶US EPA, *EPA Penalty Policy for Violations*, 尾注 72。

⁹⁷国家海事局, 上海海事局召开“排放控制区监管技术与方法研讨会”, 2016 年 4 月 13 日, http://www.moc.gov.cn/zizhan/zhishuJG/haishiju/tupianxinwen/201604/t20160414_2013646.html (最后访问时间 2016 年 7 月 9 日)。US EPA, *International Cooperation - EPA collaboration with China*, <https://www.epa.gov/international-cooperation/epa-collaboration-china> (最后访问时间 2016 年 7 月 9 日)。

⁹⁸ Anthony Miller, “Ensuring Compliance”, 尾注 33。

⁹⁹ 与美国环保署 Phil Brooks 的谈话, 2015 年 9 月 23 日。

¹⁰⁰ 李丽平等, “借鉴美国经验控制我国船舶大气污染”, 《环境保护》, 2015 年第 1 期, <http://www.prcee.org/wz/253197.shtml>。

¹⁰¹US Coast Guard, “Ultra Low Sulfur Fuel Oil & Compliance with MARPOL Requirements”, *Maritime Safety Alert 2-15*, 2015 年 3 月 3 日, <http://www.uscg.mil/hq/cg5/cg545/alerts/0215.pdf> (最后访问时间 2016 年 2 月 29 日)。California Air Resources Board, “November 2011 Advisory to Owners or Operators of Ocean-Going Vessels Visiting California Ports, Information on Record keeping Requirements”, *Marine Notice 2011-4*, http://www.arb.ca.gov/ports/marinevess/documents/marinenote2011_4.pdf, (最后访问时间 2016 年 2 月 29 日)。

¹⁰²加州空气资源委员会 Alex Barber 于 2016 年 6 月 30 日提供。

¹⁰³ Johan Mellqvist, et al., “Quantification of Stack Emissions from Marine Vessels”, 尾注 45。本文撰写的同时, 关于测量活动的完整报告也正在编写中。

¹⁰⁴The Danish Environmental Protection Agency, “New environmental requirements for Ships cut air pollution by half”, News release, 2015 年 10 月 9 日, <http://eng.mst.dk/about-the-danish-epa/news/news-archives/2015/okt/new-environmental-requirements-for-ships-cut-air-pollution-by-half/> (最后访问时间 2016 年 4 月 1 日)。

¹⁰⁵ Johan Mellqvist et al., *Identification of Gross Polluting Ships*, 尾注 35。

¹⁰⁶ Kattner L., et al. 2015, “Monitoring compliance with sulfur content regulations”, 尾注 34。André Seyler, “Retrieval of shipping emissions from MAX-DOAS measurements”, Master Thesis, University of Bremen, 2014 年 5 月 16 日。

¹⁰⁷与比利时皇家自然科学学院北海数模研究室(Royal Belgian Institute of Natural Sciences of Management Unit of North Sea Mathematical Models)的 Ward Von Roy 的对话, 2016 年 3 月 17 日。

¹⁰⁸ J. M. Balzani Lööv et al., “Field test of available methods”, 尾注 31。

¹⁰⁹ Jörg Beecken et al., “Emission factors of SO₂”, 尾注 31。

¹¹⁰ Costas Paris and Robert Wall, “Europe Tries Out Sniffer Drones for Policing Ship Emissions”, *Wall Street Journal*, 2015 年 11 月 26 日, <http://www.wsj.com/articles/europe-tries-out-sniffer-drones-for-policing-ship-emissions-1448454246?mod=djemlogistics>, (最后访问时间 2016 年 3 月 16 日).

¹¹¹ IMO, *2015 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems*, 尾注 61.

¹¹² 交通运输部海事局, “交通运输部海事局关于加强船舶排放控制区监督管理工作的通知”, 尾注 90.