

# 推进节能减排 力行绿色航运

——谈航运环保法规与环保技术的现状与展望

黄哲婷 2010年8月

## 减排是目前航运业面临的一个重要挑战

提起节能减排，不得不提起2009年12月在丹麦举行的、为发达国家和发展中国家制定相关减排目标的联合国气候变化框架公约哥本哈根会议（哥本哈根会议）。本次会议引来了整个航运业界的密切关注。航运业作为一个历史悠久的传统产业，越来越受到来自政治和经济方面有关环境保护和减少排放的压力。

对于哥本哈根会议，不管联合国最终对会议提出的、针对各个国家的减排份额作何定论，航运业迫切希望得到的是一个以国际海事组织进行管理的切实可行的减排方案。据了解，联合国气候变化框架公约会议与国际海事组织的理念的差别在于，我们是否让发展中国家承担更多的责任（“共同但有区别责任”）还是为所有的船旗国制定统一的标准（“无差别待遇”）。

目前，在联合国气候变化框架公约会议的重点议题“温室气体的排放”上，仍没有对国际船用燃油和国际海事排放做出结论。而国际海事组织已经对外表示，其为限制和减少船舶的温室气体排放出台一套完整的管理制度的步伐只有加快，而不会减慢。通过海事环境保护委员会，国际海事组织将完成2005年IMO行动计划，颁布相关规范及措施，建立相应机制以实现既定的减排目标。

虽然经济危机势掠全球，在中国经济的拉动下，中国船东大量吸入国际吨位，最近已成为了最活跃的二手船买家。可想而知，现在国际的减排之风，也正是对准了中国。如今，众人正翘首期待中国船东如何趁此东风，为世界航运业的绿色发展做出应有的贡献。

## 船用燃油硫含量的法规要求日渐严苛

目前国内外航运业最为关注的减排国际法规和区域性规定莫过于国际防止船舶污染公约（MARPOL）附则六和排放限制区（ECA）。关于MARPOL附则六和排放限制区的最新规定，航运业在进入排放控制区后置换和使用低硫燃油上面临着相当紧迫的时间表：

- ❖ 2010年7月1日起，进入排放控制区的船舶的燃油硫含量限度下调至1.00%；
- ❖ 2012年1月1日起，全球航行的船舶的燃油硫含量上限下调至3.50%；
- ❖ 2015年1月1日起，进入排放控制区的船舶的燃油硫含量限度下调至0.10%；
- ❖ 2020年1月1日起，全球航行的船舶的燃油硫含量上限下调至0.50%，但实际执行日期取决于在2018年之前对此上限进行的再度评估；
- ❖ 如果该评估结果不理想，实际执行日期将可能延迟至2025年1月1日。

另就燃油的硫含量的测试，IMO已制定出一套测试精确度程序，将硫含量值精确至0.01%。

同时，欧盟指令 2005/33/EC 对船舶停靠欧盟港口作出严格的规定：指令在章节 4b 中要求，从 2010 年 1 月 1 日起，所有停泊于欧盟港口的船舶，其使用的燃油之含硫量不得高于 0.1% m/m。这意味着，航行至欧盟港口的船舶在靠岸时必须使用合适燃烧轻柴油类产品的发电机和锅炉，除非该船舶停靠时间不超过 2 小时或靠岸期间船舶关闭所有的发电机、仅靠港口的岸电设施进行运作。

鉴于航运业尚未能完全适应和解决由置换高低硫油所带来的技术问题，目前，欧盟各国对本指令的执行情况有所不一：

- ❖ 保加利亚、塞浦路斯、法国、希腊、爱尔兰、马耳他、荷兰、挪威和葡萄牙将按照欧盟于 2009 年 12 月 29 日发布的建议实施方案，对不合规的船舶量情采取放松措施；
- ❖ 瑞典将完全按照指令要求执行，并不考虑上述的放松措施；
- ❖ 英国针对该指令的法律仍未生效实施。

除此以外，美国和加拿大正计划成为欧盟以外的第二个排放控制区，其控制范围包括：

- ❖ 美国与加拿大的太平洋和大西洋沿岸 200 海里的领海海域，
- ❖ 阿拉斯加东南部沿岸 200 海里的领海海域，
- ❖ 美国墨西哥湾沿岸 200 海里的领海海域，以及
- ❖ 夏威夷群岛中有人居住的岛屿与卡霍奥拉维岛沿岸 200 海里的领海海域。

美国/加拿大排放控制区的加入，必将会进一步加快业界使用低硫油的步伐。

针对林林总总的国际和区域性法规要求，不少船东不禁问道：航运业到底对全球的环境造成了多大的破坏呢？高硫油和劣质燃油对环境的危害在于其燃烧后所排放的硫氧化物、颗粒物、氮氧化物和温室气体（二氧化碳）。对比 2007 年国际海事组织和联合国的不完全统计数据（见表 1），相较全球总排放量，航运业其实并不是某些激进的环保组织所言的“罪魁祸首”。

表 1 航运业排放量与全球总排放量的比较

	航运业的排放量 <sup>1</sup>	全球总排放量 <sup>2</sup>	占百分比
硫氧化物 SO <sub>x</sub>	1620 万吨	9900 万吨	16.36%
氮氧化物 NO <sub>x</sub>	2580 万吨	7800 万吨	33.08%
二氧化碳 CO <sub>2</sub>	11.2 亿吨	272.46 亿吨 <sup>3</sup>	4.11%

与众多的陆上行业相比，航运业可以说是比较清洁的行业了。尽管如此，节能减排是世界一股不可逆转的时代潮流，航运业必须对全球的环保事业作出其该有的贡献。面对严峻的环保形势和法规政策，各船东必须做好充分的准备，在软件和硬件上确保营运船舶满足相关的法规要求。

<sup>1</sup> 国际海事组织 2007 年数据

<sup>2</sup> 联合国环境计划 2007 年数据

<sup>3</sup> 联合国 2004 年数据

## 与船用燃油硫含量相关的技术问题和减排方法

鉴于目前国际航运业还没有找到能够完全代替高硫船用燃油的高效能源，同时行业又必须遵从各种国际或区域性的较为严厉的环保规定，船用燃油的废气排放问题是我们在船舶节能减排方面需要着重考虑的因素。从这个角度上看，航运业必须对船用燃油的质量进行有效控制和管理。

使用低硫油是目前降低海事废气排放的主要手段。然而，高硫油与低硫油的置换操作关系到相关的轮机设备的设置和使用。为了达到进入排放控制区和停靠欧盟港口的低硫油指标，一些船舶的燃油系统不可避免地需要进行重新地安排和修改。同时，在实际操作上，燃烧最高硫含量在 0.1% 以下的燃油可能会出现的技术问题包括：黏度较低、润滑性较差、不能接受或不该有的混合成分、潜在的动力不足、主机启动难、设备清洗不充分、预热控制不良，以及难以对锅炉安全性及燃烧控制系统进行正确的设定等。

解决上述的技术问题，我们并没有一个万能的解决方案，因为这是跟每艘营运船的设备条件、航行区域，以及船东的成本投入息息相关。在这一方面，部分供油商、船级社等机构纷纷推出各种有关燃油置换操作、燃油质量检测等的服务和技术咨询建议，而船东则应该根据其船队的实际营运情况，积极主动地采取保证油品质量的措施。

减排的另一个手段是采用岸电系统，也称之为“冷铁技术”，即，船舶靠岸后关闭船上所有的主机和辅机，通过连接岸上的供电系统，维持船舶在港期间的应急设备、照明系统与装卸载操作等的日常运作。岸电的概念和应用系统其实早已在大部分的发达国家得到宣传和推广，但是由于缺乏统一的接口标准，实际使用起来经常会出现接口、电压等匹配性不符的情况。可能导致的结果是，船东花费资金在船舶上安装一套岸电系统，以为一劳永逸，不再需要为低硫要求而苦恼，但船舶靠港后却连不上当地的岸电系统，反倒吃了违反排放规定的罚单。

其实，要做到降低海事排放，第一步可以做的是对船舶的燃油系统进行监控。这是船舶燃油管理的首要环节。此类的监控工作投入并不大。如英国劳氏船级社（Lloyd's Register）推出的“船上实验室”（Lab-On-A-Ship™）服务：通过在船上安装测量废气排放的监控设备，跟踪船舶燃油和润滑油从加油到使用前经预处理过程的质量状况，船公司便能了解如何有效地控制燃油质量，减少废气排放量。

另外，监控主机和发电机的运作状态也能有效提高燃油效率。发电机运作与燃油质量密切相关，我们可以从监控发电机的性能，在设备运作出现问题或性能表现恶化前，及时采取相关的措施。燃油效率的提高不仅能降低燃油成本、减少废气排放，还可以减低船舶设备的维护成本。

要是船东不愿意投入成本改用低硫油，但船舶有需要进入排放控制区，船东还可以考虑使用物理或化学方式，在排放废气之前，对排放物进行处理，以达到当地的环保要求。硫氧化物及其他排放物清洗器和氮氧化物选择性催化还原就是其中两种分别降低 SO<sub>x</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的替代性方式。不过，在船上安装这些系统，不仅其设备需要占用部分的空间，初识安装和运作成本也较高，并不能完全满足船东少投入高回报的要求。

## 从船体与轮机设计和清洁能源入手的节能方案

近一两年来，航运成本的压力使许多的船公司采取或考虑使用各种各样的节能方案。以集装箱船为例，减速节能成为了班轮公司的首选。尽管降低航速必然减少燃油的消耗，船舶轮机的低工况运行极有可能损害轮机设备的寿命。尤其是在船舶使用的燃油质量不佳的情况下，低速运作会导致轮机的加速磨损。同时，减速所节省的能源并不表示船舶同时减少了排放。通过一个相对比较直观的计算，结果表明了一艘配备 70,000 千瓦主发动机、航速为 25 海里的大型集装箱船，如果航速减低至 20 海里，所需的推进功率仅为原先的 50%。即使航程将因为减速而有所延长，燃油消耗则可以减少 40%。因此减低船舶推进功率能够很大程度的节省燃油消耗；但是，在 20 海里和 25 海里航速之间航行，计算所得的氮氧化物总排放量却相应增加，最大每航次增加量可达 40 吨左右。（见图 1）

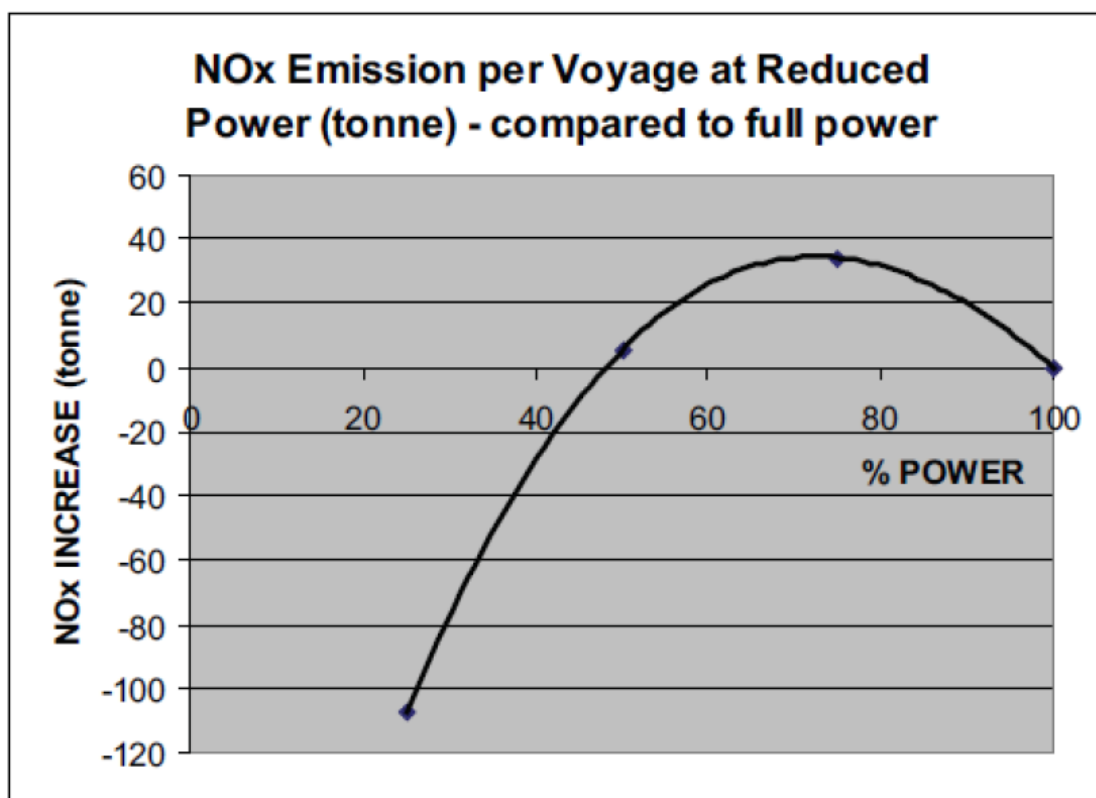


图 1 每航次全速与减速航行氮氧化物排放量比较<sup>4</sup>

据了解，国内某些知名的船东集团就船舶减速节能的技术问题早已与各大船级社和船舶设计机构等方面开展过深入的研究。作为一系列减速节能技术研究的先行者，英国劳氏也早在 2008 年便出版了一本名为《集装箱船减速节能技术指引》，提请业界与船东从技术入手，在考虑不按照船舶规格所设定的运行状态进行船舶营运时，应该注意相关的技术问题，确保船舶的发动机能够可靠、稳定地运行，排除容易导致破坏船舶安全、可靠运行的因素。

除此以外，从大的技术层面上看，通过船体设计的优化和轮机设备的改进，船舶的节能目标也能够轻易地达到。

<sup>4</sup> 摘自《英国劳氏船级社：集装箱船减速节能技术指引》

在新造船的设计研发阶段，船东可以提前与船厂、设计院进行船体结构的设计优化。通过采用一系列的方法，如减少船体本身的摩擦，改良船体后部结构和使用球鼻型船艏以减少波浪对船舶造成的阻力，以及对船体进行浪流优化，改良的船体结构能显著降低燃油的消耗量。

为了减少船体与海水的摩擦，安装船体气孔系统（ACS）是其中一个正在研发的创新型设计方案。船艏首先需要安装一个气泡发生器。在航行时打开发生器，其产生的气泡便能附着在与海水接触的船体表面，从而形成气垫效应，减少海水的阻力。

利用流体力学分析方法，我们现在不但能够对船体的线性进行优化，还可以改进船舵和螺旋桨的设计，如，可以回收螺旋桨残余能量的高效能船舵、同轴反转螺旋桨、螺旋桨节流装置、尾压浪板和前置导叶螺旋桨等等。

在轮机系统方面，废热回收是提高能源效率的一个主要方式，其主要原理是将燃气涡轮与蒸汽涡轮和柴油机相结合，从发电机回收损失的热量。目前市场上已经有成熟的废热回收系统供船公司采用。

常用柴油燃料喷嘴也是已经投放市场的一项节能技术。燃料喷嘴的主要作用在于加大喷油压力并灵活地控制喷射时间和喷油速率形态。这对于发电机燃料和排放的优化有着非常好的改善效果。

目前，开发适合船用的新型清洁能源也成为了节能减排的重点。一些由政府或企业启动的实验项目围绕可循环再生资源的利用，有望进一步加快航运的绿色环保进程。如，船上安装天帆和太阳帆的设计已经处于试验性阶段。

除了风能和太阳能两大广为应用的天然能源以外，核能和燃料电池也渐渐地进入了航运业开发新型驱动能源的视野。

早在上世纪 60 年代，世界上已经制造出四艘核能推进船，并有相关的核能推动船舶暂行规范的存在。从技术和商业意义上讲，在 1966 年至 1976 年间采用的暂行规范和这四艘核动力商船无疑是非常成功的，但在当时的时代条件下，核能在世界商船贸易的推广受到了极大的政治限制。

如今重提核驱动船舶这一课题，其研究范围包括公共健康、配员、培训、日常操作、风险和法规要求等，所涉及的船舶类型包括邮轮、油轮、散货船和集装箱船。相关研究的初步结论证明，建造和营运核能推动商船的技术是可行的。核动力船舶可以采用目前已经可以使用的小型的水堆

（Pressurised Water Reactor - PWR）反应堆，而其他类型的商用核能反应堆也将在不久的将来成为现实。

燃料电池则是直接将燃油能量转化为电能的技术，它有利于降低排放及提高能源效率。该技术仍然在早期的开发阶段，专家预计在 5 到 10 年内船舶便可以使用燃料电池供应部分的辅助电力；而在 10 到 20 年内，燃料电池有望完全代替辅助发电机。尽管与现在的柴油发电机相比，燃料电池能源利用率的提高程度不可能达到质的改变，从电池释放的污染物却非常地少。燃料电池的广泛利用将取决于氢能源技术的成熟发展。

绿色航运是整个海事行业的挑战，并已经成为了全球关注的一大热点。船东作为船舶的拥有者、使用者和受益者，对推行绿色航运可谓是责无旁贷。在全球经济回暖的大形势背景下，航运业必定再

次回到经济浪潮的风口浪尖，中国船东更应高瞻远瞩，看准时机，在机构及其船队的营运重整过程中，走好一步推进节能减排、力行绿色航运的好棋。

特别鸣谢英国劳氏船级社为本文章提供相关的技术与数据。

作者 黄哲婷 Jetteen Huang