

我国控制国际航行船舶氮氧化物排放所面临的问题

彭传圣

(交通运输部水运科学研究院, 北京 100088)

【摘要】 为有效减少国际航行船舶氮氧化物排放,助力我国环境空气质量改善,介绍船舶排放氮氧化物的来源和控制方法,阐述《国际防止船舶造成污染公约》中有关船舶氮氧化物排放控制条款,指出我国控制国际航行船舶氮氧化物排放所面临的问题,提出若要有效减少国际航行船舶氮氧化物排放,则需要在接受并实施有效的激励政策、设立公约认可排放控制区、推动公约控制船舶氮氧化物减排规则完善等方面有所突破。

【关键词】 氮氧化物;《国际防止船舶造成污染公约》;排放控制区;环保船舶指数(ESI)

氮氧化物不仅危害人体健康,而且还是破坏环境、形成酸雨和光化学烟雾的主要物质。在改善环境空气质量的进程中,如何减少氮氧化物排放已经成为全球港口城市共同面临的问题。研究表明,大量氮氧化物的存在是造成我国城市,特别是北方城市雾霾天气的主要原因之一;因此,要减少船舶大气污染物排放对空气质量的影响,不仅要降低船用燃油硫含量来减少船舶硫氧化物排放,而且还要通过立法来推动船舶氮氧化物减排。

在船舶排放控制区政策发展和完善的过程中,我国致力于进一步加大对船舶氮氧化物的排放控制力度^[1],但是针对国际航行船舶的氮氧化物排放控制,无论是制定政策还是实施政策均面临诸多问题。本文在介绍船舶氮氧化物的来源和控制方法的基础上,阐述《国际防止船舶造成污染公约》(《MARPOL 公约》)中有关船舶氮氧化物排放控制的条款,分析我国控制国际航行船舶氮氧化物排放所面临的问题。

1 船舶氮氧化物来源和控制方法

1.1 来源

船舶使用燃料油或液化天然气(LNG)等化石燃料产生动力或热量,同时产生氮氧化物。鉴于船舶使用化石燃料产生动力或热量的状况短期内难以有效改变,控制以化石燃料为动力的船舶排放氮氧化物是项长期工作。

1.2 控制方法

船舶动力系统单位功率产生的氮氧化物排放量主要取决于发动机控制燃料产生动力的方法、发动机后处理系统的性能以及发动机与发动机后处理系统的匹配情况,燃料类型及燃料油的硫含量等燃料本身的质量特性对其影响相对较小。

控制船舶氮氧化物排放的方法有:(1)使用不产生氮氧化物的燃料作为船用动力,如蓄电池、燃

收稿日期 2020-03-07

作者简介 彭传圣(1966—),男,研究员,从事码头工艺与设备、集装箱运输、水运节能减排及环境保护等方面的研究工作

E-mail: SYGL@shmtu.edu.cn

· 5 ·

料电池或核动力等(2)对使用燃料油或LNG等常规化石燃料的船舶,运用油水乳化技术(仅使用燃料油时)、船用发动机机内优化技术及湿空气动力技术等,可在一定程度上减少氮氧化物的产生(3)使用发动机氮氧化物后处理技术,如废气再循环、选择性催化还原等技术,搜集并处理发动机产生的氮氧化物,可大幅度减少船舶氮氧化物的排放。

受电池容量、燃料供应及使用成本等的制约,当前实际使用蓄电池、燃料电池动力的船舶很少,更没有使用核动力的民用船舶,因此,控制氮氧化物排放主要采用第2和第3种方法。

如果以《MARPOL 公约》对船舶发动机氮氧化物排放控制要求为基准,那么使用燃料油作为动力的船舶,如应用油水乳化技术、机内优化技术和湿空气动力技术分别可以减少最多30%、40%和65%的氮氧化物排放,如应用废气再循环技术和选择性催化还原技术进行后处理,可以分别减少最多80%和90%的氮氧化物排放。

仅依靠油水乳化技术、机内优化技术或湿空气动力技术来控制氮氧化物减排所需资金投入不少,但减排效果有限,难以满足《MARPOL 公约》对船舶更进一步(第3阶段)减排氮氧化物的要求,后处理技术的氮氧化物减排效果好,但其投入成本更加高昂。

通常认为,使用LNG发动机的船舶可大量减少污染气体的排放,其实并不尽然。这类船舶氮氧化物减排的效果因发动机机型、点火方式和进气方式的不同而差异很大。使用LNG的双燃料发动机氮氧化物排放的多少与发动机的性能和控制有关,其中最重要的是空气燃料比的控制。如果空气燃料比控制得当,与柴油机相比,双燃料发动机氮氧化物排放量可降低70%~80%,但如果不能实现空气燃料比的精确控制,其氮氧化物排放量可能达到很高的数值,甚至高于普通柴油发动机的氮氧化物排放量。

以LNG取代燃料油作为船舶动力燃料,必须使用价格昂贵的LNG发动机,或者使用发动机后处理技术才能获得氮氧化物大幅减排的效果,但

这种做法成本高昂。此外,鉴于单位体积LNG燃烧释放的能量仅仅相当于同样体积燃油的55%左右,如果所有能够为船舶加装燃油的港口都能够加注LNG,则LNG动力船舶要与燃油动力船舶保持同样的续航力,其船上燃料储存空间需求约是燃油动力船舶的2倍;如果不是所有能够为船舶加装燃油的港口都能够加注LNG,则LNG动力船舶要与燃油动力船舶保持同样的续航力,其船上燃料储存空间更大,需要占用本来用于载货的船舶容积。为追求经济效益,当前只有极少数行业领导者型的船舶运输企业可能选用LNG动力船舶,大多数船舶运输企业最可能选择制造“LNG-Ready”型船舶。

2 《MARPOL 公约》船舶氮氧化物排放控制政策

国际海事组织(IMO)致力于防止、减少和控制船舶排放造成的大气污染,在1988年召开的海上环境保护委员会(MEPC)第26届会议上批准将挪威提出的防治船舶排放污染大气问题作为MEPC的研究课题;在1990年召开的MEPC第30届会议上通过了减少船舶氮氧化物、硫氧化物排放的目标值和期限要求,提出2000年船舶氮氧化物排放降低到基准值的70%,硫氧化物排放降低到基准值的50%,并将《防止船舶造成大气污染规则》列为《MARPOL 公约》的附则。1997年9月缔约国大会批准修订《MARPOL 公约》1997年议定书,新增附则,将《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》作为该附则的强制性要求,规定所有在2000年1月1日或以后铺设龙骨新造或进行重大改装的船舶,所安装柴油发动机(应急发动机、应急用设备及装置除外)输出功率超过130 kW的,氮氧化物排放应满足第1阶段的控制要求。

2008年召开的MEPC第57届会议批准《MARPOL 公约》附则 的修正案,并发布了修订后的船舶氮氧化物排放控制要求,明确了分阶段减少船舶氮氧化物排放的要求:第2阶段和第3阶段的氮氧化物排放限制标准,分别适用于全球海

域活动船舶和IMO认可的氮氧化物排放控制区海域活动船舶,第2阶段和第3阶段船舶氮氧化物排放量分别在第1阶段基础上减少20%和80%。

2014年召开的MEPC第66届会议通过修正案,规定除了要求2016年1月1日起或以后铺设龙骨新造或进行重大改装的、进入北美和美国加勒比海硫氧化物和氮氧化物排放控制区活动的船舶,且其所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,氮氧化物排放应满足《MARPOL公约》第3阶段的船舶氮氧化物排放限制标准外,还要求以后铺设龙骨新造或进行重大改装的、进入新设立的氮氧化物排放控制区活动的船舶,且其所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,氮氧化物排放控制实施时间为《MARPOL公约》规定的氮氧化物排放控制区启用时间或者《MARPOL公约》规定的氮氧化物排放控制区启用时间后的某个时间。

2017年召开的MEPC第71届会议通过修正案,规定将当时为硫氧化物排放控制区的北海和波罗的海排放控制区升格为硫氧化物和氮氧化物排放控制区,2021年1月1日起或以后铺设龙骨新造或进行重大改装的、进入北海和波罗的海排放控制区活动的船舶,且其所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,氮氧化物排放应满足《MARPOL公约》第3阶段的船舶氮氧化物排放限制标准。

目前,全球国际航行船舶中,既有极少数不满足《MARPOL公约》船舶氮氧化物排放限制标准的船舶,也有满足《MARPOL公约》各阶段船舶氮氧化物排放限制标准的船舶。其中:2000年1月1日—2011年1月1日期间铺设龙骨新造或进行重大改装的船舶,且其所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,应满足《MARPOL公约》第1阶段船舶氮氧化物排放限制标准;2011年1月1日起或以后铺设龙骨新造或进行重大改装的、只在北美和美国加勒比海排放控制区外活动的船舶,且其所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,应满足《MARPOL公约》第2阶段船舶氮氧化物排放

限制标准;2016年1月1日起或以后铺设龙骨新造或进行重大改装的、需要到北美或者美国加勒比海硫氧化物和氮氧化物排放控制区活动的船舶,所使用的柴油发动机输出功率超过130 kW的,应满足《MARPOL公约》第3阶段船舶氮氧化物排放限制标准。

3 我国控制国际航行船舶氮氧化物排放所面临的问题

在当前可行的控制船舶氮氧化物排放的方法中,机内优化技术效果有限。此外,无论是以LNG替代燃油还是安装后处理设备,成本都很高,这使得以追求经济效益为目标的船舶运输企业难有主动性和积极性去应用氮氧化物减排技术。如果希望船舶采取有效的进一步减排氮氧化物的措施,只有采用港口或港口所在城市牺牲经济利益换取船舶减排氮氧化物的激励措施,或者按照《MARPOL公约》的思路设立氮氧化物排放控制区,强制船舶减排氮氧化物。采用激励措施的港口,以环保船舶指数(ESI)为依据,对已采取大气污染物和温室气体减排措施并超出基本要求的靠港船舶给予奖励。后者典型的代表是北美建立的硫氧化物和氮氧化物排放控制区。

3.1 应用ESI

ESI由国际港口协会(IAPH)制定,用来描述海运船舶氮氧化物、硫氧化物和二氧化碳排放情况。ESI分值在0~100,其中,0分表示船舶仅符合现行环境法规,100分表示船舶零排放。现行船舶ESI分值 I_{ES} 计算方法如下:

$$\begin{aligned} I_{ES} &= I_N + I_S + I_C + I_{\text{岸电}} \\ &= \frac{2}{3} E_N + \frac{1}{3} E_S + I_C + I_{\text{岸电}} \end{aligned}$$

式中: I_N 为氮氧化物指数值; I_S 为硫氧化物指数值; I_C 为二氧化碳指数值,每半年报告燃油消耗和航行距离得5分,报告期相较于基准期能源利用效率增加的百分比作为相应的加分值,总分上限为15分; $I_{\text{岸电}}$ 为岸电附加分,如果船上配置了岸电受电装置,

得10分; E_N 为氮氧化物排放评价计分,是船上所有主机和副机的氮氧化物排放值优于《MARPOL公约》相应的排放限制标准的百分比,按照其额定功率加权平均的结果评分,满分为100分; E_S 为硫氧化物排放评价计分,是船上使用各类燃油(A类硫含量(质量分数,下同)0.5%~3.5%的重质燃料油、B类硫含量0.1%~0.5%的船用柴油和C类硫含量0%~0.1%的低硫燃料油)评价得分之和。船舶使用各类燃油的实际硫含量处于该类燃油硫含量上限的得0分,处于下限的得满分,处于上下限之间的按差值得分,A类、B类和C类燃油的满分分别为30分、35分和35分,硫氧化物排放评价计分满分100分。

ESI分值充分考虑了减排氮氧化物的要求,以此推动船舶采取选用排放性能好的发动机、配置后处理系统及靠港使用岸电等措施。

目前全球包括鹿特丹港、安特卫普港、汉堡港、洛杉矶港、温哥华港、东京港、釜山港等在内的53个港口或机构,依据靠港船舶的ESI值对船舶进行相应的奖励。

当前我国港口还没有采用这种激励措施,原因在于我国《大气污染防治法》第3条第2款规定“地方各级人民政府应当对本行政区域的大气环境质量负责,制定规划,采取措施,控制或者逐步削减大气污染物的排放量,使大气环境质量达到规定标准并逐步改善”。该项规定强调了地方政府在环境保护、改善大气质量方面的责任。对地方政府而言,需考虑是否有利于治理船舶大气污染的经费,即使有此项经费,鉴于动用财政资金奖励国际航行船舶的审批程序相对复杂,自然也难有实质性动作。

3.2 设立排放控制区

鉴于申请设立排放控制区需要经历约40个月的较长周期,为了能够尽快减少船舶氮氧化物排放,助力我国环境空气质量改善,我国船舶排放控制区是基于《大气污染防治法》而设立的,与《MARPOL公约》认可的排放控制区效力存在差别,

其表现在:一方面,我国设立的排放控制区范围局限在我国具有管辖权的领海及内水水域;另一方面,我国作为《联合国海洋法公约》缔约国,国际航行船舶在我国领海范围内需要执行“无害通过权”。《联合国海洋法公约》第21条规定“沿海国制定关于无害通过领海的法律和规章,这种法律和规章除使一般接受的国际规则或标准有效外,不应适用于外国船舶的设计、构造、人员配备或装备”。因此,尽管我国设立的排放控制区范围局限在领海和内水水域,我国也不能对其他国家的国际航行船舶提出进一步减排氮氧化物的要求。

当前只有选择性催化还原技术能够满足在现行《MARPOL公约》规定的船舶氮氧化物排放控制标准的基础上更进一步减排氮氧化物的要求。选择性催化还原技术的思路就是在发动机排气管道上配备选择性催化还原装置,使得氨在催化剂的作用下与氮氧化物发生选择性的化学反应后生成氮气和水。这种选择性的化学反应只有在高温和催化剂的共同作用下才能充分发生。现有催化剂的耐硫性能较差,通常只有在发动机使用硫含量不大于0.1%的燃油时,催化剂才能有效发挥作用。发动机的排气温度在300~400℃时,这种选择性化学反应进行得最为充分,减排氮氧化物的效果最好;如果发动机排气温度下降,化学反应将不能充分进行,影响减排氮氧化物的效果。因此,在没有要求船舶使用硫含量不大于0.1%的燃油的情况下,现有技术难以实现《MARPOL公约》规定的在氮氧化物排放控制标准的基础上更进一步减排氮氧化物;只在内水这类近岸水域或港区范围采用选择性催化还原技术减排氮氧化物,并不能达到最佳效果。

为此,我国2018年制定发布了《船舶大气污染物排放控制区实施方案》,但只要求2019年1月1日起船舶使用硫含量不大于0.5%的燃油,并没有提出进一步控制船舶氮氧化物排放的措施;《船舶大气污染物排放控制区实施方案》要求从2022年1月1日起进入沿海排放控制区海南水域的船舶使用硫含量不大于0.1%燃油,但

(下转第12页)

征得干线船舶运输企业异地(常熟)提箱的确认后,通知车队在常熟港提取空箱并送至工厂实施门点装货。装完货后的重箱运回常熟港交由支线驳船运至上海洋山深水港区。该运输方式在时间上相比陆路运输增加了2天,物流费用也增加了300元/TEU,但在特殊时期为客户打通了物流通道,保证了发货人的交货期,公司受到了该厂的称赞。

4.2 “沪太通”实现时间换成本

在现实运输中存在由于违背时间约束而导致运输成本增加的问题,研究运输成本需要在时间窗约束下实施,因此,在优化运输方案时要将运输时间因素加以考虑,以获得综合效益最佳的结论。

公司在与常熟某生产特种耐磨球的工厂商务洽谈中了解到,该企业长期以来都有“小重箱”从上海港洋山深水港区出口。受国际市场竞争的影响,再加上近几年出台了严格的超重管制措施,该工厂物流成本不断上升。为此,公司为该厂制作了

一套新的出运方案,将陆路运输改成“沪太通”运输。在改用“沪太通”模式后,整体出运时间相比陆路运输增加了1天,但每TEU的综合费用下降了400元。这个改变可为该厂节省物流费用50万元/年以上,且“以箱代库”的操作可帮助该厂优化其自身的供应链。

5 结语

对“陆改水”的分析和研究,主要目的是满足不同客户及同一客户在不同时期的特殊要求,运输方式优化的核心是成本控制,当然还要兼顾缩短运输时间和增加集装箱的运输量。在实际工作中应该按照客户需求,综合环境、时间、费用、运营、操作等诸多因素,选对一种或者组合两种及以上的模式,形成一个最适合客户需求的“专属方案”。

参考文献:

- [1] 金健. 太仓港腹地集装箱“陆改水”运输模式创新[J]. 集装箱化 2015(7):6-7.

(上接第8页) 没有对进入沿海排放控制区海南水域活动的外国籍国际航行船舶提出进一步控制船舶氮氧化物排放的要求,只是要求2022年1月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的、进入沿海控制区海南水域的中国籍国内航行船舶所使用的单缸排量大于或等于30L的船用柴油发动机,应满足《MARPOL公约》第3阶段氮氧化物排放限制标准。

从2022年1月1日起,我国在沿海排放控制区海南水域实施的排放控制方法借鉴了《MARPOL公约》在其认可的排放控制区的氮氧化物排放控制方法,在实施过程中必将面临与北美排放控制区实施过程中面临同样的问题:在实施日前,为规避因为满足新的氮氧化物排放控制标准而导致新造船成本的增加,相关国内船舶运输企业会申报大量“铺设龙骨”新造船舶,而实际上这些船舶在未来较长时间内才会逐渐开始建造,在这段时间内不大可能有新造船使用满足

《MARPOL公约》第3阶段控制标准的发动机;在实施日期之后,在较长时间内进入沿海排放控制区海南水域的中国籍国内航行船舶大多将是旧船,旧船会使这一区域的船舶氮氧化物排放比以往更多。

鉴于我国进一步推动船舶减排氮氧化物所面临的问题,目前采取的政策措施不得不局限在有限的沿海水域范围内并只能针对部分特定船舶实施,因此能够获得的船舶氮氧化物减排成效有限。为有效减少国际航行船舶氮氧化物排放,助力我国环境空气质量改善,需要在实施有效的激励政策、设立《MARPOL公约》认可的排放控制区、推动《MARPOL公约》控制船舶氮氧化物减排规则完善等方面有所突破。

参考文献:

- [1] 彭传圣. 我国船舶排放控制区政策的发展与完善[J]. 水运管理 2020(1):1-6.