

# 2020限硫令实施后引发的问题和思考

陈兰芳

上海海事大学, 上海  
Email: kate@aegisind.com

收稿日期: 2021年4月24日; 录用日期: 2021年7月9日; 发布日期: 2021年7月15日

---

## 摘 要

2020年1月1日, 国际海事组织2020限硫令正式实施, 船东使用以下三种措施应对: 船用低硫燃料油、船舶废气清洗系统、船舶新能源。本文重点罗列了船东应对限硫令后, 遇到的问题, 并对遇到的问题进行了思考。

## 关键词

限硫令, 船用低硫燃料油, 船舶废气清洗系统, LNG等新能源

---

# Problems and Thinking after IMO Sulphur 2020 Limit

Lanfang Chen

Shanghai Maritime University, Shanghai  
Email: kate@aegisind.com

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jul. 9<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 15<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

On January 1, 2020, the IMO sulphur 2020 limit was officially implemented. Shipowners use the following three measures: low sulfur fuel oil for ships, ship exhaust gas cleaning system and new energy for ships. This paper focuses on the problems encountered by shipowners after dealing with the sulphur limit order, and thinks about the problems encountered.

## Keywords

Sulphur Limit Order, Ship Low Sulphur Fuel Oil, Ship Exhaust Gas Cleaning System, LNG and Other New Energy

---

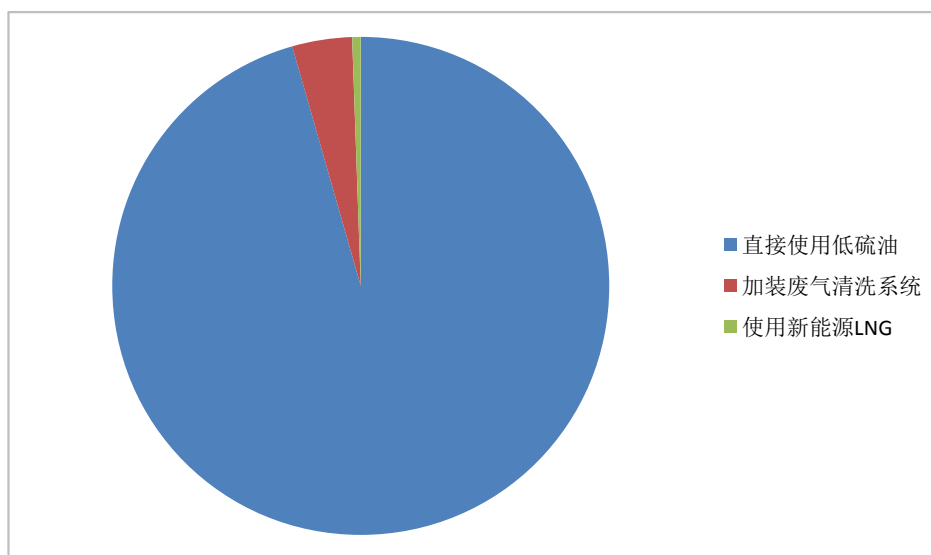


## 1. 引言

船舶废气排放严重污染环境，船舶废气中的硫化物可以形成酸雨，酸雨会造成植物减产、严重造成植物死亡；酸雨会破坏建筑物的外墙面，也会引发人们呼吸系统疾病等，为此国际海事组织 IMO 批准了 MARPOL 公约附件中关于 2020 年后实施 0.50% 的硫限制规定，也称 2020 限硫令。国际海事组织限硫令上限自 2020 年 1 月 1 日起生效，规定营运船舶必须使用硫含量不超过 0.5% m/m 的船舶低硫燃料油，或者安装废气清洗系统或使用其他新型燃料达到同等的低硫排放目标[1]。

船舶可以使用以下三种措施应对 2020 限硫令：第一是直接使用船用低硫燃料油，在炼油环节去除硫；第二是直接使用船用高硫燃料油，同时安装船舶废气清洗系统，通过船舶废气清洗系统对船舶废气进行脱硫，降低船舶废气中的硫氧化物含量；第三直接使用液化天然气、电力、氨等新能源实现硫氧化物的标准排放。

截止到 2021 年 3 月，世界远洋营运船舶为 101,205 艘，其中以安装废气脱硫系统的船舶为 3947 艘，已预订废气清洗系统并计划与 2021~2023 年安装的船舶为 557 艘；使用 LNG 新能源的船舶为 557，新造船订单为 123 艘；使用低硫油的船舶为 96,701 艘。2021 年 3 月，远洋船舶应对限硫令的措施比较如图 1 所示。



**Figure 1.** Comparison of measures taken by ships in response to sulfur limitation order in March 2021

**图 1.** 2021 年 3 月远洋船舶应对限硫令的措施比较

根据世界船用燃料油市场价格，虽然不同港口，不同时间船用低硫燃料油和船用高硫燃料油价格不同，并且时刻变化，但是一直是船舶用低硫燃料油价格高于船舶用高硫燃料油价格，使用船用低硫燃料油会显著增加船舶营运成本。目前差价大约为 100 USD/吨。2021 年 5 月船舶用低硫燃料油和高硫燃料油价格如图 2 所示。

Top Ports			
	IFO380	VLSFO	MGO
Busan	420.00 -8.50	548.50 +2.00	574.50 +5.00
Fujairah	403.50 -3.50	501.50 -7.50	607.50 +5.00
Gibraltar	406.50 -6.50	506.00 -2.50	-
Hong Kong	392.50 -11.00	503.50 -5.00	527.50 +7.50
Houston	394.50 +0.50	503.50 +5.00	579.50 +1.00
Istanbul	427.50 0.00	528.50 -10.50	577.50 -15.00
LA Long Beach	454.00 +17.00	546.00 -6.00	623.00 0.00

Figure 2. Price of low sulfur fuel oil and high sulfur fuel oil for ships in May 2021

图 2. 2021 年 5 月船舶用低硫燃料油和高硫燃料油价格

## 2. 使用船用低硫燃料油引发的思考

船舶主机、副机、锅炉等设备，在过去的几十年中，一直使用船舶高硫燃料油，虽然船舶设备方为应对 2020 限硫令，出台了一些防范措施如：船舶主机中使用陶瓷活塞环、注意船舶燃油使用中的各方面数据、不同油商的船舶燃料油不混合等。但是在过去的一年中，从国内船舶缸套毛坯厂和船舶缸套加工厂得到的数据显示，船舶缸套需求令急增，这也从侧面显示低硫燃料油对船舶主机、副机、锅炉等有一定的影响[2]。

2020 年，某船舶航行途中缸套排气温度、扫气温度过高，并有敲缸和透平喘振现象，更换活塞环后仍然异常，之后燃料油抽样检查发现沥青质、金属元素超标；2020 年，某船舶在不同港口加装了低硫燃料油，低硫燃料油混合产生大量的油渣，导致主机停电、全船失电；2020 年，某船舶加装低于 0.5% 的船用低硫燃料油航行，在经过某港口被抽检时含硫量为 5.1%。

船舶低硫油使用，引发的船舶故障增多，据国内某船舶管理公司数据显示，某公司 2020 年关于低硫燃料油引发的故障有 50 多起。

某公司油轮运输石油，航行于中东波斯湾经霍尔木兹海峡、阿拉伯海、印度洋、马六甲海峡、南海、太平洋、至中国航线，主机为 HSD-MAN B&W 7S80MC，额定功率为 25,480 KW，额定转速 79 r/min。自 2020 年 1 月 1 日更换低硫油后，两周内，主机多个汽缸套出现不同程度的拉缸，专业服务人员上船和船上工作人员一起对船舶主柴油机进行的吊缸专业检查。

汽缸套部位检查发现：3 个汽缸套磨损异常，有硬质颗粒进入汽缸套和活塞之间，造成汽缸套磨料磨损。磨料磨损的主要来源为燃料油燃烧产生的灰分和碳质；燃料油中的催化剂；燃料油运输或者储存过程中混入的锈、砂或者其它杂质；燃料油燃烧时自空气中吸入的杂质[3]。

活塞部位检查发现：活塞环最上面的一道均有轻度的拉伤痕迹，活塞头上则有轻微的红颜色结垢。活塞头红色结垢物如图 3 所示。

分析总结：此船舶主柴油机 3 个汽缸套磨损严重，需要进行更换。因更换低硫燃料油前船舶主机运行正常，定期清洗滤清器和日用油柜；气缸油加注正常，润滑正常；活塞环工作正常，无断环、卡死等异常现象[4]。随对此船用低硫燃料油进行了采样分析。船舶低硫燃料油采样检测结果如表 1 所示。



**Figure 3.** Red scale on piston head  
**图 3.** 活塞头红色结垢物

**Table 1.** Test results of low sulphur fuel oil  
**表 1.** 船舶低硫燃料油采样检测结果

检查项目	检查结果	检查标准	检查方法
硫含量(m/m)	0.39%	≤0.5%	ASTM D4294
密度(15℃, kg/m <sup>3</sup> )	950	930~991	ASTM D1298
运动粘度(50℃, mm <sup>2</sup> /s)	212	100~380	ASTM D445
清洁度	3	≤2	ASTM D4740
苯乙烯(mg/kg)	40	≤20	GB/T6041
苯酚(mg/kg)	20	≤10	

此船舶燃料油检测结果显示燃料油中对燃烧不利的物质苯乙烯和苯酚含量超标，这些苯类物质超标易导致燃油系统磨损，燃烧不充分，易产生结垢。此次船舶使用的低硫燃料油不合格或者被污染[5]。

解决方案：更换缸套，更换低硫燃料油后，连续使用五天后，检查汽缸套，未发现异常磨损和其它异常现象，汽缸套使用正常。这说明不合格低硫燃料油造成了船舶主柴油机缸套磨损异常。

船用低硫燃料油的风险不可忽视，自从更换低硫燃料油以来，此船东公司的主柴油机发动机，特别是老式的二冲程船用发动机上，2020年汽缸套更换频次明显高于往年，活塞头有明显沉积渣，沉淀渣会增加发动机缸套的异常磨损。此外，此船东公司为了使主机更好的使用低硫燃料油，为船舶主机更换陶瓷环、新式气缸油、增加了低硫燃料油化验次数、柴油机检查保养次数，船舶配件费用和设备维修费用都比往年有所增加。

目前大部分船东在观望、比较，可以预见近几年部分使用低硫燃料油的船舶会考虑加装废气清洗系统或者使用新能源。

### 3. 使用船舶废气清洗系统

船舶废气清洗系统有三种形式：开式船舶废气清洗系统、闭式船舶废气清洗系统、混合式船舶废气

清洗系统。关于开式船舶废气清洗系统产生洗涤水是否会对海洋环境造成污染，各方一直有争论，但是闭式船舶废气清洗系统使用的洗涤水循环使用，不会对环境造成污染[6]。在法律政策、社会环保、技术方面无限制条款。

船舶安装废气清洗系统的经济性则取决于高低硫燃料油价格差别、船舶耗油量、安装废气清洗系统投资额等。

例如：某 8 年船龄船舶，计划投资 400 万美元，加装闭式船舶废气清洗系统，设定船舶设备和船舶寿命相同为 20 年，船舶日耗油 100 吨/天，每年运行 350 天，高低硫燃料油价差 120 美元/吨，社会平均收益率按照 10% 计算，问这项投资在经济上是否可行？

年节省燃料油费用： $350 \times 100 \times 120 = 420$  万美元。

加装船舶废气清洗系统后可产生的净现值

$$\begin{aligned} NPV &= A(P/A, I, n) - P \\ &= 420(P/A, 10\%, 12) - 400 \\ &= 420 \times 6.8137 - 400 \\ &= 2461,754 \end{aligned}$$

净现值为正，从经济考虑，这项投资可行。

实际上，第一年节省燃料油费用 420 万美元大于投资额 400 万美元，此船舶加装废气清洗系统第一年就可以收回投资。每一艘船舶都可以根据实际情况计算船舶加装废气清洗系统的经济性，若经济上可行，则可以为船舶加装废气清洗系统。

所以，在当前情况下，船舶加装废气清洗系统应对 2020 限硫令是一项经济性的选择，可以规避低硫油带来的风险和低硫油的高成本。

#### 4. 使用 LNG 等新燃料

目前船舶新燃料有：LNG、电力、氨燃料、甲醇、氢气、生物燃料等。使用相对比较多的是 LNG，电力船舶只在小船和近海使用；其它新燃料基本还是实验阶段。各国都在积极研究新能源，推进新能源的使用。尤其是 LNG 船舶。

目前国内外都出台了一些政策支持船舶新能源，如江苏省现有船舶应用 LNG 清洁能源改造补贴：船龄 15 年以下、200 总吨以上、船长小于 68 米、符合京杭运河主尺度系列的普通货船，加装 5 立方米以上 LNG 气罐，可享受政府补贴 5 万元；加装 5 立方米以下 LNG 气罐，可享受政府补贴资金 4 万元。享受优先过闸等优惠政策。但 LNG 新燃料船舶整体造价成本比较搞，例如：新造 30 吨 VLCC 造价大概为 1 亿美金，而 LNG VLCC，造价成本为 1.5 亿美元，大概增加成本 50%；改建成本高：例如 2020 年国内改造一艘 VLCC，由船舶主机由普通柴油机更换为双燃料柴油机，改装成本超过 3000 万美元，改造周期超过 1 年。

但是在各国政策的积极推进下，LNG 加注港口增多，技术不断改进成熟，LNG 船舶成本有下降的趋势，有部分船东在使用低硫燃料油的船舶报废后，选择 LNG 船舶。LNG 船舶不会产生硫化物排放，环保意义重大；此外，随着 LNG 船舶技术的逐渐成熟、配套的逐渐增多、成本的逐年下降，会有更多的 LNG 新造船舶投入使用。

#### 5. 思考和结论

限硫令已经实施一年多了，不同的船东选择不同的方案应对，遇到的问题也是各不相同，船东、船员、船舶管理公司、设备厂商等各方面积极应对挑战，解决问题，2020 限硫令得以顺利实施。但也有一

些问题在持续发生，需要加强监测和监管，使用新方法或者更换新设备，在可预见的时间内，船用低硫燃料油、船舶废气清洗系统、新能源这三种措施将会并行持续发展；同时使用船用低硫油的船舶会减少，使用船舶废气清洗系统的船舶和新能源的船舶会增加。

对船舶废气的治理的研究也在持续进行中，如：使用更低硫的燃料油；船舶废气清洗系统脱硫的同时脱碳、脱销；各个国家和地区对 LNG 船支持和 LNG 加注站的建设，氨气、电能、生物能源等船舶的研究和应用，所以减少船舶废气排放、净化船舶废气是一项持续的工作，保护自然环境是我们永恒的主题。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国上海海事局. 船舶废气清洗系统[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2020.
- [2] 杨世知. 船用低硫燃油潜在风险不容忽视[J]. 中国船检, 2020(9): 59-64.
- [3] 魏海军, 尹峰, 王吉喆. 船舶燃料油的使用与管理[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2011.
- [4] 浦卫华, 黄立, 王昌庆, 郭立君, 张文正. 低硫燃油在船用中速柴油机上的应用[J]. 柴油机, 2020(3): 4-10.
- [5] 王天潇. 典型炼油企业低硫重质船用燃料油生产方案研究[J]. 当代石油石化, 2019(12): 27-34.
- [6] 周增辉. 脱硫塔装置的改装和维护[J]. 中国船检, 2020(12): 96-99.