**关于自主船舶与引航最佳耦合模式的探讨**

周广华 胡建军 潘登 李大智

摘要：自主航行船舶是工业4.0时代的必然产物，也是航运数字化转型的最终成果之一。本文从国际海事组织（IMO）和中国船级社对自主船舶的定义和等级划分入手，厘清各自主等级船舶实现“人机等效替代”的各种场景，通过明晰引航员在其控制环路中发挥的具体作用，尝试创建一种与自主船舶拟定的“人机等效替代”场景形成最佳耦合的引航模式，在引航领域为自主船舶的发展探索一条简捷实用、安全高效的发展路径。

关键词：自主船舶；引航模式；安全；高效；

一、引言

2017年6月MSC98（国际海事组织（IMO）海上安全委员会(MSC)第98届会议，下同）首次提出海上自主水面船舶（Maritime Autonomous Surface Ship,MASS,以下简称自主船舶）的概念，并启动了对MSC主管的涉及安全和保安的IMO文书（即公约、议定书和规则等）的全面界定，目的是识别出妨碍自主船舶应用的条款，为后续修正做好准备。2021年5月，MSC103届会议审议并通过了立法范围界定工作的成果，《1972年国际海上避碰规则》（以下简称《避碰规则》）是此次立法范围界定的重点内容。2022年4月MSC105次会议，启动制定海上自主水面船舶(MASS)基于目标的文书，预期2025年获得通过，2028年生效。

2020年3月1日，中国船级社（CCS）发布新版《智能船舶规范》（以下简称《规范》），2021年9月1日《船舶引航管理规定》（以下简称《规定》）的修改案生效，《规范》与《规定》都为适应自主船舶时代提前做出了相应调整。根据《规定》的要求，如何创新引航模式以适应即将到来的自主船舶时代的需要，已成为刻不容缓的问题。自主船舶强调的是自主感知、自主决策和自主行动，最终实现系统对人的等效替代。本文从国际海事组织（IMO）和中国船级社（CCS）对自主船舶的等级划分与描述入手，厘清自主船舶实现“人机等效替代”的几种场景，通过明晰引航员在其控制环路中发挥的具体作用，尝试创建一种与自主船舶“人机等效替代”场景形成最佳耦合的引航模式，从而为自主船舶的发展探索一条简捷实用、安全高效的发展路径，也为实现自主船舶边际效益最大化贡献引航的智慧和力量。

二、自主船舶等级划分标准

（一）IMO对自主船舶等级的划分、描述及《规则》适用

**表1 基于IMO自主船舶的适用性比较**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 航员配置 | 控制方式 | 《避碰规则》适用方式 |
| L1 | 有船员在船 | 自动化控制 | 等效/制定解释性文件 |
| L2 | 有船员在船 | 遥控 | 等效/制定解释性文件/修正 |
| L3 | 无 | 远程监控 | 等效/制定解释性文件/修正 |
| L4 | 无 | 自主控制 | 修正 |

（二）、CCS对自主船舶等级的划分与描述

CCS根据智能船舶的实际功能授予Ai、Ri、Nx、Hx、Mx、Ex、Cx、I的标志，本文仅根据《规范》对Ni、Ri、Ai这三种入级符号厘清船员配置的不同要求。详见表2、表3、表4。

N：船舶具智能航行功能

**表2 CCS智能船舶N符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标志 | 描述 | 船员配置 |
| N | 具备航路与航速的设计与优化动能 | 该符号需配备船员在船监视 |
| X | 补充功能，以一个小写字母表示 |
| No | 具备开阔水域自主能力 |
| Nn | 具备全程自主能力 |

R：船舶具有远程控制操作功能

**表3 CCS智能船舶R符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标志 | 描述 | 船员配置 |
| Ri | 远程控制操作（i为数字1、2，表示远程操作的范围和程度） |  |
| R1 | 锚地至锚地远程控制站操作 | 船员在船操作非遥控系统设备/监视及必要时接管遥控系统 |
| R2 | 全程远程控制 | 无船员 |

A：船舶具有自主操作功能

**表4 CCS智船舶Ai符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标志 | 描述 | 船员配置 |
| Ai | 自主标志（为数字1、2、3，表示自主操作的范围与程度） | 无船员 |
| A1 | 实现锚地至锚地自主操作，可远程监控操作 | 进出港由船员或引航员控制操作 |
| A2 | 实现锚地至锚地自主操作，可远程监控操作 | 无船员，进出港由远程控制站操作 |
| A3 | 实现泊位至泊位自主操作，远程监控操作 | 无船员，必要时由远程控制 |

三、自主船舶时代引航模式的探讨

为了便于从引航的角度进行探讨，本文根据船员配置情况，结合CCS和IMO对自主船舶的分类将自主船舶划分为三种类型（表5）。

**表5 自主船舶划分种类**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 船员配置 | 对应CCS《规范》 | 对应IMO分级 |
| A | 全程配置船员 | NX、R1 | L1、L2 |
| B | 仅进出港配置船员 | R2、A1 | L3 |
| C | 全程不配置船员 | A2、A3 | L4 |

通过以上归纳梳理，我们从配员角度对自主船舶进行了分类，从中也找到了自主船舶（MASS）引航方案的解决思路。

（一）对应A类自主船舶的引航模式

该类船舶全程配备船员，在操纵及运营方面变化不大，与传统船舶差别在于其自主化程度更高。引航站需及时对引航员进行相应的知识和技能地更新培训。现有《避碰规则》、《规定》及引航模式完全可以适用。

（二）对应B类自主船舶的引航模式

该类船舶仅进出港时需配置船员，其优点和缺点都很明显。优点主要有：一，消除了船员在锚地到锚地航段诸多风险与不适；二，与现有《避碰规则》基本上可以实现等效，《规定》及现有引航模式也完全适用。缺点主要有：一，不能确保船员娴熟操作船舶设备、快速明了系统自动报警从而及时排除故障，无法充分了解船舶操纵性能，且与引航员之间技术互补性弱化，这对进出港航行及靠泊安全是不利的；二，除了船员工资外，还增加了每个航次都需要支付船员团队的差旅费，增加了船舶营运成本。

笔者的思路是：创新引航模式，实施团队引航。该团队由引航员、船长及若干名船员组成，引航员由引航站指派，船长及船员由船东按进出港时段向引航站雇请。该模式的优越性有以下几点：

1，新引航模式保持了引航员、船长及船员法律地位的延续性，而且有效降低该类型自主船舶营运成本。

2，新引航模式有利于船员扎根港口，实现船员港口本地化和集约化。从船东角度来看，本地化可大幅度降低船员差旅支出，集约化可以为船东大幅度节约用工成本。从船员角度来看，能在港口城市安居乐业，大大加强职业归属感；从社会层面来看，既增加了行业吸引力，又保障了就业问题，对社会的稳定发展有重要的意义。

3，引航协会有足够的能力和资源组织协调引航团队人员到业界产、学、研、用，及时全面地进行知识和技能地更新培训，熟悉不同厂商、不同类型自主船舶在航行中、在各个港口进出港作业中出现的问题及解决方法，进而培训出技术娴熟、知识全面、经验丰富的优秀引航团队，最大限度地为自主船舶时代港航企业安全高效运转提供保障。

（三）应对C类自主船舶的引航模式

对于该类型自主船舶，引航操作由引航员在岸基控制中心进行遥控操纵或在控制中心监视船舶自主操纵。该模式最大优点是实现了对人的完全替代，最大程度地降低了人工成本，而其缺点也很明显：

一，性价比不高，相对B类而言，其边际效益急剧下降。单从技术上讲，实现单船从泊位到泊位无人化操作已经没有任何问题——目前定位精度已经达到米级，精准定位得以保证；大功率全旋回推进器结合DP系统，可以保证船舶航行在计划航线上；同时为防止设备突发故障，自主船舶均配备了应急设备。然而，在这一系列的研发、整合、制造及维护过程中，任何一个环节都离不开巨额资金投入，特别是要將众多厂家的操作系统整合，其难度大、成本高。

二，《避碰规则》修正过程中比较棘手的几个问题如何实现程序化。尽管国际海事组织海上安全委员会(MSC)已经对《避碰规则》中不适用于自主航行船舶的规则条款做出了明确的界定，并将实施等效或修正。但是《避碰规则》的发展史告诉我们，每一次重大改变都是一个漫长的过程。此次界定，与会者对不适用部分均已达成共识，至于该如何修正，还未达成共识。笔者从一位引航员的视角谈谈这次修正的几处痛点：

（1）“航道”是否可以用“狭水道”来实现等效替代？尽管实践中，发生在航道中的船舶碰撞事故都引用该条款，但这并不意味着狭水道中的航法可以照搬到航道，因为二者是物理尺度极其悬殊的两个通航场景。

（2）船舶尺度，对于在大洋、沿岸及狭水道航行的船舶来说，可以忽略不计，这些场景中无论是有人船还是自主船舶，都可以实现“早、大、宽、清”的避让，而且笔者相信自主船舶在这一点上会做得更好、更到位，甚或直接将自主船舶定义为让路船，如此《避碰规则》将更简洁，航行将更安全。如果切换到航道这种通航场景，船舶尺度就不能忽略了，相关规则是否适用就值得商榷了。众所周知，如今300米长的船舶比比皆是，但260米宽的航道在很多港口已经是极限，在这种通航场景中，特别是在横流较强的航段，船舶会遇的安全距离被压缩，只能由引航员和船长见机行事，如果不能量化或简单硬性地量化，都很可能酿成自主船舶的系统性风险。

（3）“良好船艺”是《避碰规则》中极具智慧的精要所在，《避碰规则》中没有明确表述或者无法明确表述但对航行安全不可或缺的、得到业界长期实践证明或业界公认是好的经验、习惯和做法都涵盖其中。作为《避碰规则》的重要组成部分，“良好船艺”赋予了驾驶人员因事因地制宜、见机行事的权力，充分发挥了人的主观能动性。但是，这种权力行使得是否得当、这种主观能动性是否积极正确，只有一个衡量标准，那就是安全与否。因此，为确保安全，“早、大、宽、清”被航海界尊为“良好船艺”的行为准则。在切换到进出港及靠离泊这种通航场景中，由于场景复杂多变，“早、大、宽、清”就变得复杂了，“良好船艺”的运用就显得更为重要。引航行为是否符合“良好船艺”，船长和引航员之间的分歧时有发生。

（4）自主船舶极度无人化给航运生态圈的负面影响需要充分评估，自主船舶如果无限追求对人的替代，势必造成航海类专业的极度萎缩。航海院校是航运生态的重要组成部分，是航运生态圈不可或缺的绿水青山。航海类院校一旦凋零意味着未来从事航运的人均是些没见过大海大洋的人。

四、引航模式创新的重要意义

(一)引航模式创新符合《规定》的要求

《规定》是引航行为的主要法规和重要依据。《规定》第一条开宗明义：“适应水上运输和港口生产的需要”指明了引航的发展与创新方向，即必须适应港航企业发展需要。

（二）引航模式创新是自主船舶时代必然要求

自主船舶的时代即将到来，国际海事组织及国际上最具影响力的几家船级社均为此做出了积极快速的响应，这一切都标志着自主船舶时代的到来。引航如何适应这个大时代，是一个业界必需直面的课题，越早面对、越早思考、越早参与对业界越有利。

（三）引航模式创新有助于优化自主船舶发展路径

据MSC 105会议决议，IMO即将《智制定能船舶规则》以规范MASS操作，该《规则》的形成机制是基于目的导向。自主船舶蓬勃发展，谁能最先整合出最恰当的发展路径，谁就能成为最大的赢家。无论自主船舶或是传统船舶，其本质都是运输工具，都是靠赚取有限的运费维持运营，成本直接影响到航运企业的生存与发展。如果发展路径定位为实现锚地至锚地自主航行，则过度频繁的差旅开支是船东要承受的痛点问题。如果发展路径定位为泊位至泊位，为克服锚地至泊位之间航段的复杂困难而投入的巨额装备、设施的研发与制造成本，将是船东难以承受之痛。该航段通航场景过于复杂，为其完善细化相关通航规则将耗费巨大的时间成本，这对自主船舶制造企业来说无法承受的。如果能够发挥引航部门的业务优势，结合引航模式创新，解决锚地至泊位的航行问题，自主船舶的最佳发展路径也将清晰起来：

（1）着力发展锚地至锚地型自主船舶，将锚地至泊位航段交给引航团队。

（2）锚地至锚地航段，充分发挥自主船舶程序化优势，直接将自主船舶定义为让路船，确保通航安全。

（3）充分发挥我国水域辽阔、海岸线长、港口众多的优势，大力发展自主内贸船舶，快速形成成熟的航运新业态，以先发优势引领国际航运新秩序的形成。

（四）对维护航运生态圈的积极影响

通过引航模式创新，在自主船舶进出港航段实现船员队伍与引航员队伍的融合，从相当程度上解决了船员的痛点问题，这对优化相关院校的生源、稳定船员队伍、维护航运生态有重要意义。

五、结语

一方面，自主船舶是时代的大势所趋，另一方面，在相当长的一段时间内自主船舶会与传统船舶并存。这是因为自主船舶可以赋能航运管理与运营，使其更加便捷顺畅，却无法赋能船舶航行所处的复杂环境；同时海上运输对安全性要求较高，在开阔水域，自主船舶的自主避碰能力已经满足使用要求，但在近海水域则有待规则的进一步完善细化、智能技术装备的成熟以及成本的降低。在现阶段，笔者认为我国自主船舶最适用、最安全、最高效的发展路径就是大力发展前文所述的B类自主船舶，结合引航模式创新，探索引航与自主航行船舶最佳耦合模式，推动智能船舶的发展。限于笔者水平与视界，设想还需进一步完善，希望能以此文抛砖引玉，为打造自主船舶航运新秩序建言献策，略尽绵薄之力。

**参考文献：**

[1]周翔宇,吴兆麟,王凤武,等.自主船舶的定义及其自主水平的界定[J].交通运输工程学报,2019(6):149-162.

## [2]张铎.自主船国际海事立法进展及中国的应对[J].世界海运.2020（6）:1-4

[3]周珊.自主船舶对海员职业发展的影响研究[J].中国水运,2019(12):28-29,36

[4]张铎.[以IMO新理念审视国际海上避碰规则](https://doc.paperpass.com/journal/20180094sjhy.html?utm_source=ppreport)[J].世界海运,2018（4）:1-4.

[5]吴青.[自主水面货船研究现状与展望](https://doc.paperpass.com/journal/20190018xdkjyc.html?utm_source=ppreport)[J].智能系统学报,2019（1）:57-70.

[6]许岩松.航道中避碰规则的适用及碰撞责任的认定[J].世界海运,2021（7）：1-6

**作者简介：**

周广华，珠海港引航站，高级引航员。

胡建军，深圳港引航站，高级引航员。

潘登，珠海小鲸大合科技有限公司，智能船舶研

李大智，港珠澳大桥海事局，远洋船长。