

## 一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统和方法

### 技术领域

本发明涉及船舶节能减排技术领域，具体涉及一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统和方法。

### 背景技术

随着应对全球气候变化的压力不断加大，国际海事组织 (IMO) 于 2018 年制定了温室气体 (GHG) 减排战略，在 IMO 的初始战略中，最首要目标是船舶碳强度的下降，这将通过不断严格的各种能源效率和减排要求来实现。2021 年 6 月，海洋环境保护委员会 (MEPC) 通过了对国际海事组织 (IMO) MARPOL 公约的新修正案。新增内容包括新的能效要求——现有船舶能效指数 (EEXI) 和碳强度指标 (CII)，这些是减少航运温室气体 (GHG) 排放的重要措施。

面对航运业日益严峻的减排要求，降低船舶在营运阶段内的碳排放将刻不容缓，为减少温室气体排放对环境带来的影响，各界都制定了去碳化的要求。而在集装箱船营运过程中，由于碳强度指标 (CII) 排放法规的实施，对船舶 CII 值的要求越来越高，并每年根据燃油消耗情况和营运情况评定 CII 级别，在强制的 CII 评价体系中，根据 CII 值的计算结果，将船舶划分为 A、B、C、D、E 五个等级，并且每年的评价基准也越来越严格，从 2023 年起，如果一艘船被评为 D 级或 E 级，那么该船将被视为在 CII 合规方面做得不够且没有积极应对气候变化，船东将会被要求更新该船的能效管理计划 (SEEMP) 以提高船舶的 CII 等级。

因此，船舶运营方需要实施制定合理的计划防止 CII 级别降低带来一系列影响船舶营运的惩罚措施。

### 发明内容

为解决船舶 CII 级别降低带来的一系列影响船舶营运的惩罚措施等问题，本发明提供了一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，通过采用特定的计算和判断方法，能够有效提升船舶 CII 值的监测能力和预估能力，避免因 CII 等级超限导致船舶违规的现象，并提前制定船舶航行的合理方案。本发明还涉及一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法。

本发明的技术方案如下：

一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，包括信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块、等级辅助决策模块和人机

交互模块,所述人机交互模块分别连接信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块,所述信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块依次相连;

所述信息采集模块采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值;

所述数据质量监测模块包括数据质量异常提醒子模块和航次计划异常提醒子模块,所述数据质量异常提醒子模块自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常,若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒;所述航次计划异常提醒子模块自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致,若不一致则推送未按照航次计划执行提醒;

所述油耗模型建立模块将数据质量异常提醒子模块判断出的异常历史航次数据剔除,并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型;

所述等级监测模块根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离,并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗,根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值,根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级;

所述等级预估模块自动判断航次计划异常提醒子模块中船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行,若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果,若按照未来航次计划执行,则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值;

所述等级辅助决策模块实时监测未来各年度的预估碳强度指标值,并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值,若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值,或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围,则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级;

所述人机交互模块具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令,并展示各个模块的输出结果。

优选地,所述数据质量监测模块还包括数据延迟提醒子模块和航次计划更新提醒子模块,所述数据延迟提醒子模块提取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据,并每隔一段时间自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值,若超过预设时间阈值则推送历史航次数据延迟提醒;

所述数据延迟提醒子模块自动判断未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值,若未超过预设时间阈值或无未来航次计划,则推送未来航次计划及时更新提

醒。

优选地，所述等级预估模块中，输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值包括：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离；

S2：获取历史航次数据中船舶从目的港离开时的港口信息，计算出该港口之后剩余未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离，根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估碳强度指标值；

S3：自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天，若超过，则预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值，再按照步骤 S1 和 S2 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

S4：若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天，则复制最后一个航次计划并添加到最后一个航次计划之后，直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天，再按照步骤 S3 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

优选地，所述等级辅助决策模块中，生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级包括：

S1'：增加未来航次计划中剩余航段的航行时间，以提高船舶的碳强度指标等级；

S2'：计算出其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值，并与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比，若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航次的碳强度指标值一定范围，则更换其他航线；

S3'：将多个种类的节能附体装置根据气象条件计算出的各个节能比带入目标船舶当前航线的单航次碳强度指标值计算中，通过各个种类的节能附体装置的节能比相互组合以提高船舶的碳强度指标等级；

S4'：对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶，生成该船舶的能效管理计划报告，并在人机交互模块进行修改、保存及下载。

优选地，还包括数据存储模块和用户管理模块，所述人机交互模块通过数据存储模块分别连接信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块，所述用户管理模块与所述人机交互模块相连。

一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，包括以下步骤：

信息采集步骤：采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值；

数据质量监测步骤：自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常，若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒；再自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致，若不一致则推送未按照航次计划执行提醒；

油耗模型建立步骤：将数据质量监测步骤判断出的异常历史航次数据剔除，并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型；

等级监测步骤：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离，并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值，根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

等级预估步骤：自动判断船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值；

等级辅助决策步骤：实时监测未来各年度的预估碳强度指标值，并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围，则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级；

人机交互步骤：具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令，并展示各个模块的输出结果。

优选地，所述数据质量监测步骤中，还提取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据，并每隔一段时间自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若超过预设时间阈值则推送历史航次数据延迟提醒；还自动判断未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若未超过预设时间阈值或无未来航次计划，则推送未来航次计划及时更新提醒。

优选地，所述等级预估步骤中，输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值包括：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离；

S2：获取历史航次数据中船舶从目的港离开时的港口信息，计算出该港口之后剩余未执

行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离，根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估碳强度指标值；

S3：自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天，若超过，则预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值，再按照步骤 S1 和 S2 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

S4：若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天，则复制最后一个航次计划并添加到最后一个航次计划之后，直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天，再按照步骤 S3 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

优选地，所述等级辅助决策步骤中，生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级包括：

S1'：增加未来航次计划中剩余航段的航行时间，以提高船舶的碳强度指标等级；

S2'：计算出其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值，并与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比，若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航次的碳强度指标值一定范围，则更换其他航线；

S3'：将根据气象条件计算出的不同种类的节能比带入目标船舶当前航线的单航次碳强度指标值计算中，通过不同种类的节能比相互组合以提高船舶的碳强度指标等级；

S4'：对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶，生成该船舶的能效管理计划报告，并在人机交互模块进行修改、保存及下载。

优选地，所述等级辅助决策步骤中，还将船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值与用户选择的目标碳强度指标值进行对比，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，则推送报警信息并产生报警提示。

本发明的有益效果为：

本发明提供了一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，包括信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块、等级辅助决策模块和人机交互模块，各模块相互协同工作，先采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值，再判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常，若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒；并判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致，若不一致则推送未按照航次计划执行提醒；然后将数据质量异常提醒子模块判断出的异常历

史航次数据剔除，并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型，再根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离，并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值，根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级；最后判断航次计划异常提醒子模块中船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值；最后实时监测未来各年度的预估碳强度指标值，并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值，若预估碳强度指标值超过或与目标碳强度指标值的差值未超过目标碳强度指标值的一定范围，则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级。本发明可用于实时监测集装箱船 CII 等级，结合实际情况提供降级风险预警，并提供等级提升辅助决策建议指导。本系统的使用非常方便和高效，用户仅输入检索条件，点击人机交互模块中的按钮就可以检索筛选出高度符合相关条件的船舶信息，能够大大提升船舶 CII 值的监测能力和预估能力，避免因为 CII 等级超限导致船舶违规的现象，提前制定船舶航行的合理方案。

本发明还涉及一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，该方法与上述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统相对应，可理解为是上述船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统的实现方法，该方法包括信息采集步骤、数据质量监测步骤、油耗模型建立步骤、等级监测步骤、等级预估步骤、等级辅助决策步骤和人机交互步骤，通过采用特定的计算和判断方法，能够提升船舶 CII 值的监测能力和预估能力，避免因为 CII 等级超限导致船舶违规的现象，提前制定船舶航行的合理方案。

## 附图说明

图 1 是本发明船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统的结构示意图。

图 2 是本发明船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统的优选结构示意图

图 3 是本发明船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法的流程示意图。

## 具体实施方式

下面结合附图对本发明进行说明。

本发明涉及一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，该系统的结构示意图如图 1 所示，该系统包括信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块、等级辅助决策模块和人机交互模块，人机交互模块分别直接（或间接）连接信

息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块，所述信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块依次相连，各模块相互协同作用，通过采用特定的计算和判断方法，使该系统的使用非常方便和高效，用户仅输入检索条件，点击人机交互模块中的按钮就可以检索筛选出高度符合相关条件的船舶信息，能够大大提升船舶的碳强度指标值（即 CII 值）的监测能力和预估能力，避免因碳强度指标等级（即 CII 等级）超限导致船舶违规的现象，提前制定船舶航行的合理方案。

具体地，如图 2 所示的优选结构示意图，该系统包括信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块、等级辅助决策模块、数据存储模块、人机交互模块和用户管理模块，该实施例的人机交互模块间接与信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块相连，是通过数据存储模块间接连接，即信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块均通过数据存储模块与人机交互模块相连，数据存储模块用于存储船舶的基础数据、船舶历史航次数据、船舶未来航次计划数据、航线港口时间计划数据，以及存储并提供各个模块生成的主要数据（如当前 CII 值、预估 CII 值、辅助决策建议和能效管理计划 SEEMP 报告等）；用户管理模块与人机交互模块相连，用于管控人机交互模块下每个用户的权限和功能。

其中，信息采集模块用于从数据存储模块中获取船舶的历史航次数据，并采集人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值（即 CII 值）。

数据质量监测模块包括数据延迟提醒子模块、航次计划更新提醒子模块、数据质量异常提醒子模块和航次计划异常提醒子模块，其中，数据延迟提醒子模块从数据存储模块中提取历史航次数据中船舶从目的港离开时的最新一条数据，并每隔一段时间（即每天 10 点）自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否大于预设时间阈值，即是否大于 30 天，若大于 30 天则推送历史航次数据延迟提醒；数据延迟提醒子模块用于自动判断数据存储模块中未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否大于预设时间阈值，即是否大于 30 天，若当前时间与结束时间相差小于等于 30 天或无未来航次计划，则推送未来航次计划及时更新提醒；数据质量异常提醒子模块用于自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常，若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒；航次计划异常提醒子模块用于自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致，若不一致则推送未按照航次计划执行提醒。

油耗模型建立模块是对历史航次数据中船舶的航行油耗和停泊油耗进行规律性分析，具

体地，先将数据质量异常提醒子模块判断出的异常历史航次数据剔除，再根据剔除后的历史航次数据，按年度划分建立航行油耗模型，拟合出关于航速-每小时油耗的关系公式，如下式所示：

$$F = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

上式中，F 为每小时航行油耗，x 为航速，a、b、c 为拟合公式的系数。

然后根据剔除后的历史航次数据，按年度划分建立停泊油耗模型，拟合出每小时停泊油耗公式，如下式所示：

$$T = ax^b + bx + c \quad (2)$$

上式中，T 为每小时停泊油耗，x 为船舶吃水，a、b、c 为拟合公式的系数。

等级监测模块根据上述剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离，并根据航行油耗模型拟合出的航速-每小时油耗的关系公式以及停泊油耗模型拟合出的每小时停泊油耗公式计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值（即 CII 值），根据碳强度指标值并基于国际海事组织(IMO)的规范要求确定出碳强度指标等级（即 CII 等级）；并将 CII 值和 CII 等级通过人机交互模块进行展示，同时，展示每个航次的单航次 CII 值和 CII 等级，以及各个航次累计的 CII 值和 CII 等级。例如，船舶 A 在 2022 年度一共经历了 001 航次、002 航次和 003 航次，计算出从 001 航次到 003 航次的总油耗和总航行距离，进而计算得到该年度的 CII 值和 CII 等级，并依次计算出 001 航次结束和 002 航次结束时的总油耗和航行距离，得到两个航次结束后的累计 CII 值及该 CII 值对应的 CII 等级。同时，分别计算出三个航次每个航次的总油耗和总航行距离，分别得到三个航次的 CII 值和 CII 等级，以上计算结果均存储在数据存储模块，并提供给人机交互模块进行界面展示。

等级预估模块根据未来航次计划提供出未来各年度的预估 CII 值和预估 CII 等级，以及各航次预估 CII 值和预估 CII 等级；先自动判断航次计划异常提醒子模块中船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若没有按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值。其中，每天预估一次，预估的结果均保存在数据存储模块。进一步地，输出预估碳强度指标值具体包括以下步骤：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离（港口与港口之间组成航段，众多航段组成航次）；

S2: 获取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据的港口信息, 计算出该港口之后到当前年度的最后一天时剩余未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离(即计算出各个港口之间的停泊油耗、航行油耗和航行距离), 根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估 CII 值和 CII 等级;

S3: 自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天(即跨年时间), 若超过, 则查找未来航次计划中“出发港出发时间<跨年时间”且“目的港抵达时间 $\geq$ 跨年时间”的航段, 预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值, 再按照步骤 S1 和 S2 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值(CII 值), 并根据预估碳强度指标值确定出预估碳强度指标等级(预估 CII 等级);

S4: 若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天, 则复制最后一个航次计划, 复制的个数为(跨年时间—未来航次计划的结束时间)/最后一个航次计划的总时长, 并向上取整, 添加到最后一个计划航次后面(以最后一个航次计划的结束时间为出发时间), 直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天, 然后按照步骤 S3 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值, 并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

等级辅助决策模块实时监测未来各年度的预估碳强度指标值, 并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值, 若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值, 或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围, 则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级;

最后, 将船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值与用户选择的目标碳强度指标值进行对比, 若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值, 则推送报警信息并产生报警提示。

等级辅助决策模块用于实时监测未来各年度的预估碳强度指标值, 并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值, 若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值, 或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围, 即预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过目标碳强度指标值的 3%, 则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级;

若目标船发生超限预警, 则生成辅助决策相关建议, 具体地,

1) 对未来航次计划中剩余航段进行航行时间调整, 增加未来航次计划中剩余航段的航行时长, 并按照等级预估模块预估出调整后的未来各年度的预估 CII 值, 通过增加航行时长以使年度的预估 CII 值距离设定 CII 值 10%以上, 进而提高船舶的碳强度指标等级;

2) 计算出数据存储模块中其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值, 并将其与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比, 若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航线碳强度指标值一定范围, 即小于当前航线碳强度指标值 10% 以上, 则建议更换其他航线。

3) 将不同种类的节能附体装置根据气象条件计算出的各个节能比带入目标船舶当前航线的单航次 CII 值计算中, 计算过程中可以组合多个节能附体的节能比效果, 提供小于目标船舶当前航线碳强度指标值 10% 的节能附体装置安装建议以提高船舶的碳强度指标等级。例如, 船舶的 CII 值对应的 CII 等级差 3% 到达 C 级或 C 级以上, 而第一类节能附体装置的节能比为 1%, 第二类节能附体装置的节能比为 2%, 通过增加第一类节能附体装置和第二类节能附体装置, 进而使船舶的碳强度指标值 (CII 值) 达到 C 级或 C 级以上。

4) 对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶, 即对 CII 等级为 D 级以及 E 级的船舶, 生成该船舶的能效管理计划报告 (SEEMP), 并可在人机交互模块进行修改、保存及下载。

人机交互模块具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令, 并展示各个模块的输出结果。具体地, 人机交互模块可以展示每个船舶的 CII 值和 CII 等级的实时情况、航次以及年度 CII 预估情况以及数据质量监测模块提供的监测信息, 此外, 用户还可以在人机交互界面设定每条船的目标 CII 值和 CII 等级、录入未来航次计划、展示辅助决策信息以及 SEEMP 报告修改、保存以及下载功能。

本发明还涉及了一种船舶运营效率评估方法, 该方法与上述船舶运营效率评估系统相对应, 可理解是上述船舶运营效率评估系统的实现方法, 该方法包括信息采集步骤、数据质量监测步骤、油耗模型建立步骤、等级监测步骤、等级预估步骤、等级辅助决策步骤和人机交互步骤, 如图 3 所示,

信息采集步骤: 采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值;

数据质量监测步骤: 自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常, 若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒; 再自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致, 若不一致则推送未按照航次计划执行提醒;

油耗模型建立步骤: 将数据质量监测步骤判断出的异常历史航次数据剔除, 并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型;

等级监测步骤: 根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离, 并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的

总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值，根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

等级预估步骤：自动判断船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值；

等级辅助决策步骤：实时监测未来各年度的预估碳强度指标值，并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围，则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级；

人机交互步骤：具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令，并展示各个模块的输出结果。

优选地，数据质量监测步骤中，还提取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据，并每隔一段时间自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若超过预设时间阈值则推送历史航次数据延迟提醒；还自动判断未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若未超过预设时间阈值或无未来航次计划，则推送未来航次计划及时更新提醒。

优选地，等级预估步骤中，输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值包括：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离；

S2：获取历史航次数据中船舶从目的港离开时的港口信息，计算出该港口之后剩余未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离，根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估碳强度指标值；

S3：自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天，若超过，则预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值，再按照步骤 S1 和 S2 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

S4：若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天，则复制最后一个航次计划并添加到最后一个航次计划之后，直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天，再按照步骤 S3 计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

优选地，等级辅助决策步骤中，生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级包括：

S1'：增加未来航次计划中剩余航段的航行时间，以提高船舶的碳强度指标等级；

S2'：计算出其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值，并与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比，若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航次的碳强度指标值一定范围，则建议更换其他航线；

S3'：将根据气象条件计算出的不同种类的节能比带入目标船舶当前航线的单航次碳强度指标值计算中，通过不同种类的节能比相互组合以提高船舶的碳强度指标等级；

S4'：对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶，生成该船舶的能效管理计划报告，并可在人机交互模块进行修改、保存及下载。

优选地，等级辅助决策步骤中，还将船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值与用户选择的目标碳强度指标值进行对比，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，则推送报警信息并产生报警提示。

本发明提供了客观、科学的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统及方法，通过采用特定的计算和判断方法，可用于实时监测集装箱船 CII 等级，结合实际情况提供降级风险预警，并提供等级提升辅助决策建议指导，能够提升船舶 CII 值的监测能力和预估能力，避免因为 CII 等级超限导致船舶违规的现象，提前制定船舶航行的合理方案。

应当指出，以上所述具体实施方式可以使本领域的技术人员更全面地理解本发明创造，但不以任何方式限制本发明创造。因此，尽管本说明书参照附图和实施例对本发明创造已进行了详细的说明，但是，本领域技术人员应当理解，仍然可以对本发明创造进行修改或者等同替换，总之，一切不脱离本发明创造的精神和范围的技术方案及其改进，其均应涵盖在本发明创造专利的保护范围当中。

13  
权利要求书

1、一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，包括信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块、等级辅助决策模块和人机交互模块，所述人机交互模块分别连接信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块，所述信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块依次相连；

所述信息采集模块采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值；

所述数据质量监测模块包括数据质量异常提醒子模块和航次计划异常提醒子模块，所述数据质量异常提醒子模块自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常，若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒；所述航次计划异常提醒子模块自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致，若不一致则推送未按照航次计划执行提醒；

所述油耗模型建立模块将数据质量异常提醒子模块判断出的异常历史航次数据剔除，并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型；

所述等级监测模块根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离，并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值，根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

所述等级预估模块自动判断航次计划异常提醒子模块中船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值；

所述等级辅助决策模块实时监测未来各年度的预估碳强度指标值，并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围，则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级；

所述人机交互模块具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令，并展示各个模块的输出结果。

2、根据权利要求1所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，所述数据质量监测模块还包括数据延迟提醒子模块和航次计划更新提醒子模块，所述数据延迟提醒子模块提取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据，并每隔一段时间自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若超过预设时间阈

值则推送历史航次数据延迟提醒；

所述数据延迟提醒子模块自动判断未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若未超过预设时间阈值或无未来航次计划，则推送未来航次计划及时更新提醒。

3、根据权利要求1所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，所述等级预估模块中，输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值包括：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离；

S2：获取历史航次数据中船舶从目的港离开时的港口信息，计算出该港口之后剩余未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离，根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估碳强度指标值；

S3：自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天，若超过，则预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值，再按照步骤S1和S2计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

S4：若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天，则复制最后一个航次计划并添加到最后一个航次计划之后，直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天，再按照步骤S3计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

4、根据权利要求1至3之一所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，所述等级辅助决策模块中，生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级包括：

S1'：增加未来航次计划中剩余航段的航行时间，以提高船舶的碳强度指标等级；

S2'：计算出其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值，并与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比，若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航次的碳强度指标值一定范围，则更换其他航线；

S3'：将多个种类的节能附体装置根据气象条件计算出的各个节能比带入目标船舶当前航线的单航次碳强度指标值计算中，通过各个种类的节能附体装置的节能比相互组合以提高船舶的碳强度指标等级；

S4'：对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶，生成该船舶的能效管理计划报告，并在人机交互模块进行修改、保存及下载。

5、根据权利要求1至3之一所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑系统，其特征在于，

还包括数据存储模块和用户管理模块，所述人机交互模块通过数据存储模块分别连接信息采集模块、数据质量监测模块、油耗模型建立模块、等级监测模块、等级预估模块和等级辅助决策模块，所述用户管理模块与所述人机交互模块相连。

6、一种船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，包括以下步骤：

信息采集步骤：采集船舶的历史航次数据以及人机交互模块中由用户选择的未来航次计划数据和船舶目标碳强度指标值；

数据质量监测步骤：自动判断历史航次数据中的航行油耗数据、停泊油耗数据和航行里程数据是否异常，若判断出历史航次数据异常则推送历史航次数据质量异常提醒；再自动判断船舶当前航次的途径港口顺序与未来航次计划的途径港口顺序是否一致，若不一致则推送未按照航次计划执行提醒；

油耗模型建立步骤：将数据质量监测步骤判断出的异常历史航次数据剔除，并根据剔除后的历史航次数据建立航行油耗模型和停泊油耗模型；

等级监测步骤：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度和该年度中每个航次的总航行距离，并根据航行油耗模型和停泊油耗模型计算出船舶该年度和该年度中每个航次的总油耗，根据总油耗和总航行距离计算出船舶该年度和该年度中每个航次的碳强度指标值，根据碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

等级预估步骤：自动判断船舶当前航次的途径港口顺序是否按照未来航次计划执行，若未按照未来航次计划执行则不输出预估结果，若按照未来航次计划执行，则输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值；

等级辅助决策步骤：实时监测未来各年度的预估碳强度指标值，并自动判断预估碳强度指标值是否超过由用户选择的目标碳强度指标值，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，或预估碳强度指标值小于等于目标碳强度指标值且两者的差值未超过一定阈值范围，则生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级；

人机交互步骤：具有供用户选择的船舶目标碳强度指标值、未来航次计划以及选择确认指令，并展示各个模块的输出结果。

7、根据权利要求6所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，所述数据质量监测步骤中，还提取历史航次数据中船舶从目的港离开时最新一条数据，并每隔一段时间自动判断最新一条数据的目的港离开时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若超过预设时间阈值则推送历史航次数据延迟提醒；还自动判断未来航次计划的结束时间与当前时间的差值是否超过预设时间阈值，若未超过预设时间阈值或无未来航次计划，则推送未来航次计划及时更新提醒。

8、根据权利要求6所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，所述等级预估步骤中，输出船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值包括：

S1：根据剔除后的历史航次数据计算出船舶当前年度按照未来航次计划已执行途径港口顺序的每个航次中各航段的总油耗和总航行距离；

S2：获取历史航次数据中船舶从目的港离开时的港口信息，计算出该港口之后剩余未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离，根据已执行和未执行途径港口顺序的各航段的总油耗和总航行距离计算出船舶当前年度及未来各年度的预估碳强度指标值；

S3：自动判断未来航次计划的结束时间是否超过船舶当前年度的最后一天，若超过，则预估从未执行途径港口顺序的第一个航段到当前年度的最后一天所在航段为止船舶的碳强度指标值，再按照步骤S1和S2计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级；

S4：若未来航次计划的结束时间未超过船舶当前年度的最后一天，则复制最后一个航次计划并添加到最后一个航次计划之后，直至未来航次计划的结束时间超过船舶当前年度的最后一天，再按照步骤S3计算出该年度船舶的预估碳强度指标值，并根据预估碳强度指标值确定出碳强度指标等级。

9、根据权利要求6所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，所述等级辅助决策步骤中，生成目标船舶的辅助决策建议以提高船舶的碳强度指标等级包括：

S1'：增加未来航次计划中剩余航段的航行时间，以提高船舶的碳强度指标等级；

S2'：计算出其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值，并与目标船舶当前航次的碳强度指标值进行对比，若其他航次计划的船舶单航次碳强度指标值小于目标船舶当前航次的碳强度指标值一定范围，则更换其他航线；

S3'：将根据气象条件计算出的不同种类的节能比带入目标船舶当前航线的单航次碳强度指标值计算中，通过不同种类的节能比相互组合以提高船舶的碳强度指标等级；

S4'：对碳强度指标等级超过预设等级阈值的船舶，生成该船舶的能效管理计划报告，并在人机交互模块进行修改、保存及下载。

10、根据权利要求6至9之一所述的船舶碳强度指标等级辅助决策支撑方法，其特征在于，所述等级辅助决策步骤中，还将船舶未来各年度及未来各年度中每个航次的预估碳强度指标值与用户选择的目标碳强度指标值进行对比，若预估碳强度指标值大于目标碳强度指标值，则推送报警信息并产生报警提示。