

# 智能船舶燃油净化系统二维可视化界面的设计与开发

**摘要：** 在船舶智能化发展的大背景下，针对船舶智能机舱的燃油净化系统，设计开发一套二维可视化界面。该可视化界面可以通过数据库访问接口，对船舶燃油净化系统的实时监测数据进行可视化显示，包括燃油系统的油泵状态、管道状态以及油舱状态等。该界面采用模块化的设计思想，可以方便地接入船舶智能机舱监控系统软件，同时对于轮机相关专业的船舶燃油净化系统的仿真教学，也具有一定的参考价值。

**关键字：** 智能机舱、燃油净化系统、可视化界面、模块化

## DESIGN AND DEVELOPMENT OF TWO-DIMENSIONAL VISUAL INTERFACE FOR INTELLIGENT SHIP FUEL PURIFICATION SYSTEM

**Abstract** In the context of the development of ship intelligence, a set of two-dimensional visualization interface is designed and developed for the fuel purification system of ship's intelligent engine room. The visual interface can visually display the real-time monitoring data of the ship's fuel purification system through the database access interface, including the fuel system's fuel pump status, pipeline status, fuel tank status, and 24H fuel tank level graphs. The interface adopts a modular design concept, which can be easily connected to the ship's intelligent engine room monitoring system software. At the same time, it also has certain reference value for the simulation teaching of marine fuel purification system for marine engineering related majors.

**Keywords** Intelligent engine room Fuel purification system Visual interface Modular

### 引言

智能船舶作为船舶行业的全球关注的新热点，逐渐成为国内外船舶设计研发的新方向<sup>[1]</sup>。世界各个造船强国近年来均在智能船舶领域投入了大量资源，然而各国的智能船舶发展方向也存在一定差异，如韩国依托信息技术产业优势，致力于船舶智能化和建造技术的智能化研究，并关注对岸基资源的充分利用；日本基于先进科技优势，主要关注船舶智能与环保的标准化研究，希望能够实现标准化和科研的协同推进；欧洲致力于研究智能船舶的无人自动航行和远程控制技术；我国智能船舶研究主要围绕顶层设计与相应研究开展，同时遵循制造强国战略的行动纲领<sup>[2]</sup>。

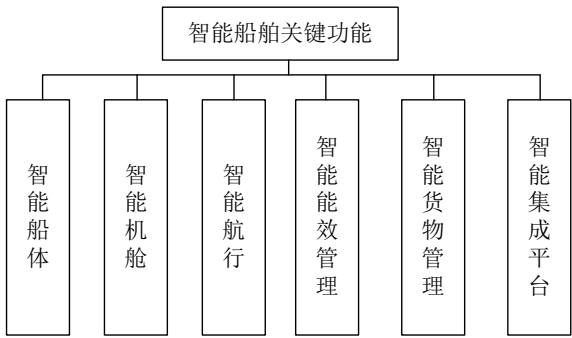


图 1 智能船舶关键功能

中国船级社对于智能船舶的含义进行了数学模型的界定，模型包含 6 项关键要素，分别是智能航行、智能机舱、智能船体、智能货物管理、智能能效管理和智能集成平台<sup>[3]</sup>。在智能船舶数学模型建立过程中，可以单独选择一项智能功能，也可以同时选择几项智能功能来配置相关参数，以达到智能船舶的制造和使用规范效果。智能船舶的关键功能如图 1 所示。

为实现智能船舶关键功能，大致需要 6 大关键技术，分别是信息感知技术、通信导航技术、能效控制技术、航线规划技术、状态监测与故障诊断技术以及遇险预警救助技术<sup>[4-5]</sup>。其中状态监视和故障诊断技术是指由于智能船舶配员很少，对船舶设备状态的监测与故障诊断技术要求高，需要借助大数据技术以及智能诊断技术等新技术，对船舶潜在故障进行及时排查和处理，保证船舶在航行过程中的安全可靠。状态监测与故障诊断技术的应用领域在智能船体和智能机舱 2 大模块。该技术基于采集数据结果，能够实现全生命周期对船体、主机等关键配套的监控，并结合辅助决策系统提高船体和设备安全性，减少维修费用<sup>[6]</sup>。

本文研究的智能船舶燃油净化系统的可视化界面就属于智能船舶的智能机舱关键功能，是智能船舶机舱监测系统的一部分<sup>[7]</sup>，实现对船舶燃油净化系统监测量的可视化显示和警报提示<sup>[8-9]</sup>。本文就船舶燃油净化系统二维可视化界面在 Qt 开发平台下的设计和实现，从需求分析、总体设计和软件开发三个方面，进行了详细的研究和讨论。

## 需求分析

船舶燃油净化系统二维可视化界面是船舶智能机舱监控系统软件的重要模块之一，其主要作用是实现对船舶燃油净化系统设备的运行状态和参数进行可视化显示<sup>[10]</sup>。同时，如果相关设备运行发生故障，监测量偏离正常范围，该界面相关区域控件的状态将会发生变化，以进行设备故障警报提示。为此，该界面软件需要具备以下 3 项功能：

1. 数据库接入：船舶燃油系统安装有各类传感器以实时获取油舱的液位、管道状态以及阀门状态数据，这些数据都通过船舶数据传输系统被上传到岸基数据中心。作为整个智能船舶监控体系的上位机，船舶燃油净化可视化界面需要提供数据库接入能力，以从船舶岸基船舶监控数据库获取相应的监测量，作为软件可视化处理的输入。
2. 监测量可视化显示：将从数据库获取的监测数据进行可视化处理，提供友好的人机界面，以供监控人员实时查看船舶燃油净化系统的状态。
3. 设备警报提示：设置警报设置接口，当接收到的船舶燃油净化系统的监测量数据为错误数值或者偏离设定的警报阈值时，界面相应的区域的状态将会发生变化，进行报警提示。

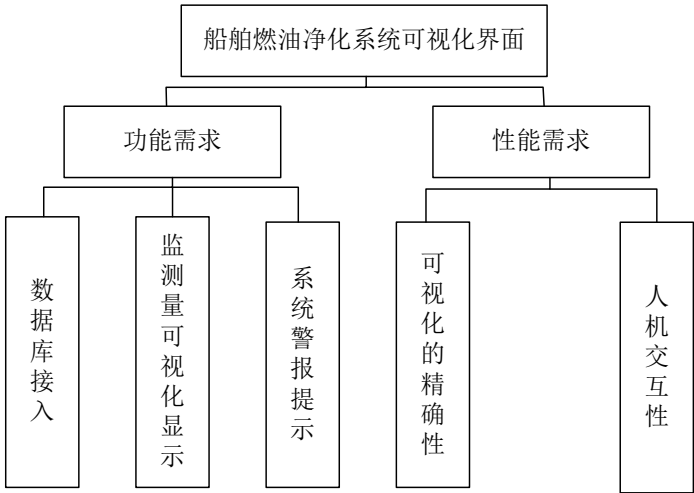


图 2 船舶燃油净化系统可视化界面需求分析

此外，除了上述功能需求，船舶燃油净化系统可视化界面在反映监测数据时应精确可靠，同时为保证界面美观度和人机交互性，需要满足界面布局合理、比协调以及配色美观等要求综上所述，船舶燃油净化系统可视化界面的需求分析如图 2 所示：

## 总体设计

### 系统架构

船舶燃油净化系统可视化界面属于船舶智能机舱监控系统的一部分。船舶智能机舱监控系统共包含三大子系统，分别为智能船舶机舱监测数据采集系统、智能船舶数据传输系统以及智能船舶机舱数据处理分析系统。数据采集系统将传感器获取的船舶机舱监测数据通过船舶数据传输系统上传至岸基数据中心，形成船舶实时监测数据库。船舶数据处理分析系统则通过各类数据分析软件以及可视化界面对实时监测的船舶机舱数据进行处理、分析和可视化显示。其中，本文研究的船舶燃油净化系统可视化界面就属于智能船舶机舱数据处理分析子系统。智能船舶机舱监控系统的系统架构如图 3 所示。

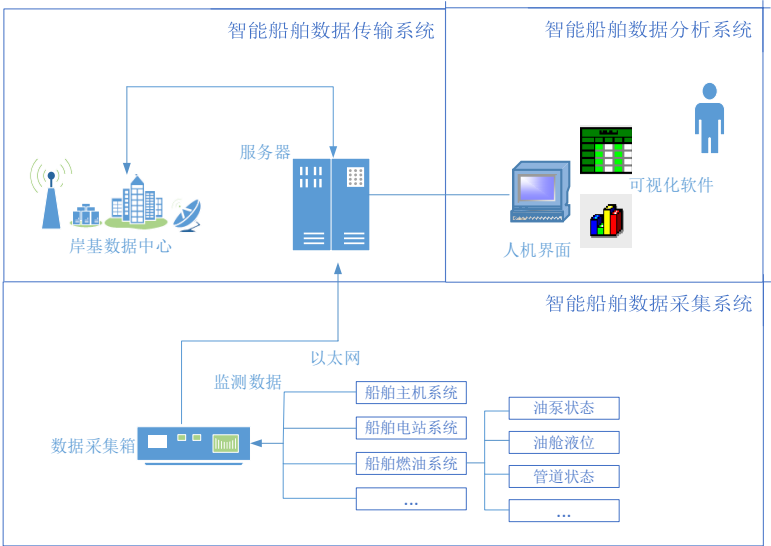


图 3 智能船舶机舱监控系统架构

### 软件模块

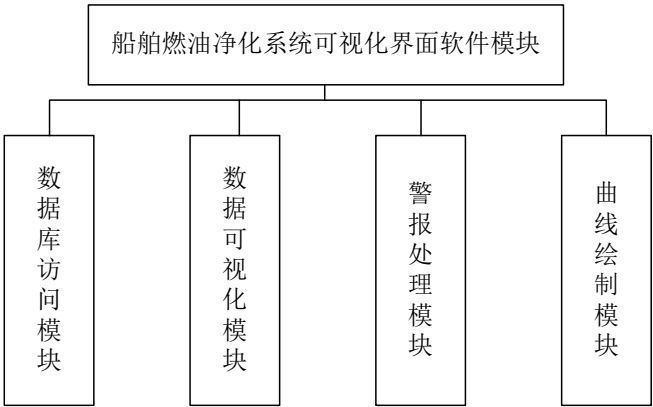


图 4 软件模块划分

根据软件的系统架构和需求分析，将船舶燃油净化系统的二维可视化软件进行如图 4 的模块划分，将软件划分为 4 个模块。

## 开发流程

### 开发平台

本文基于 Qt 开发平台，进行船舶燃油净化系统可视化界面开发。Qt 是一款基于 C++ 的图形用户界面程序开发平台，拥有一套应用程序开发类库，与 MFC 不同，Qt 是跨平台的开发类库，其程序具有良好的可移植性。Qt 提供了高效的集成开发环境 QtCreator 和界面设计器 QtDesigner，同时利用其元对象系统实现了许多 Qt 特性，比如信号槽和对象树机制，使得开发人员能够高效地开发用户界面程序。

### 主要流程

#### （1）接口设计与实现

在设计开发界面类时，需要根据具体的船舶燃油系统可视化界面的功能需求和软件模块划分，设置相应的数值输入接口和状态切换接口，完成主要状态数据的可视化显示。相关的接口设计和接口的主要作用如表 1 所示。

表 1 界面接口设计

序号	接口类型	主要作用
1	数据库访问接口	获取实时的监测数据
2	数据处理接口	可视化显示监测数据
3	曲线绘制接口	用于绘制油舱的 24H 液位曲线图
4	警报设置接口	监测数据警报设置

1) 数据库访问接口：作为界面软件的数据库访问模块，用于访问船舶监控数据库，获取船舶燃油净化系统的监测量，作为后续数据可视化处理的输入。Qt 中的 QSql 模块提供了对数据库的支持，该模块中的众多类基本上可以分为三层：驱动层、SQL 接口层以及用户接口层。其中驱动层为具体的数据库和 SQL 接口层之间提供了底层的桥梁；SQL 接口层提供了对数据库的访问，其中的 QSqlDatabase 类用来创建连接，QSqlQuery 类可以使用 SQL 语句来实现与数据库交互，其他几个类对该层提供了支持；用户接口层的几个类实现了将数据库中的数据链接到窗口部件上，这些类是使用 Qt 模型/视图框架实现的，它们是更高层次的抽象，即便不熟悉 SQL 也可以操作数据库。通过 Qt 的 QSql 模块，可以方便快捷地对船舶燃油净化系统可视化界面软件设置数据库访问接口。Qt 的 QSql 模块分层如表 2 所示。

表 2 QSql 模块分层

模块分层	主要的封装类
用户接口层	QSqlQueryModel、QSqlTableModel 和 QSqlRelationalTableModel
SQL 接口层	QSqlDatabase、QSqlQuery、QSqlError、QSqlIndex 和 QSqlRecord
驱动层	QSqlDrive、QSqlDriveCreatorBase、QSqlDrivePlugin 和 QSqlResult

2) 数据处理接口：作为界面软件数据可视化模块，用于将数据库访问接口获取的实时监测数据，包括管路状态、油泵状态以及油舱的液位数据，进行可视化显示。该部分接口与界面的绘制密切相关，接口的函数参数即为管道和油泵的颜色变量以及油舱液位的数值变量，当输入相关监测量时，界面的关键部分将会进行可视化更新。

3) 曲线绘制接口：同样地，用于将数据库访问接口获取的各个油舱的实时液位数据绘制成油舱的24H液位曲线图。更为直观地提供船舶燃油净化系统过去24H的燃油储量变化，以供监测人员实时查看。这部分接口的实现，采用了Qt的第三方开源绘图库QCustomPloy。在界面开发的Qt项目文件中，完成第三方绘图库的配置后，即可利用绘图库的绘图函数，方便地完成曲线图绘制，其主要相关函数包括坐标轴设置函数以及曲线绘制函数等。

4) 警报设置接口：用于对船舶燃油净化系统的监测量设置警报阈值，对于监测的异常数据，进行警报提示。主要包括两类警报设置接口，一类是针对船舶燃油净化系统的油泵，在警报接口中设置有三种状态，分别是待机状态（颜色为黄色）、正常工作状态（颜色为绿色）以及警报状态（颜色为红色）。一类是针对船舶燃油净化系统的油舱，设置有液位阈值警报接口。通过该接口设置液位警报值，当油舱液位高于设定数值时，油舱的颜色将会变红，以提示监控人员，该油舱即将满仓。

(2) 可视化界面绘制

可视乎界面的绘制是船舶燃油净化系统可视化界面开发主要工作。本文通过Qt Widget开发技术进行界面程序开发，基于Qt的绘图系统完成船舶燃油净化系统可视化界面的绘制。在进行绘制前，需要对界面的布局和配色方案等进行总体把握，完成相关绘制的预先设计，避免在实际完成可视化界面绘制之后，由于前期设计的出错，导致大规模的重绘。据此，本文基于本文船舶燃油净化系统的油舱管道、油泵和油舱等数量和大小，对可视化界面进行了总体的布局和配色把握，尽可能保证界面比例和色彩协调。考虑到大部分的屏幕比例为16:9，所以在进行界面绘制前，将界面大小比例事先调整为16:9，以界定布局边界。同时根据布局需求，合理采用Qt提供的布局策略，主要包括垂直布局、水平布局以及栅格布局，对界面布局进行进一步的调整 and 美化。

在完成前期的界面外观和布局设计之后，本文利用Qt绘图系统对可视化界面进行详细的绘制。Qt整个绘图系统基于QPainter，QPainterDevice和QPaintEngine三个类。三者的关系和主要作用如图5所示。

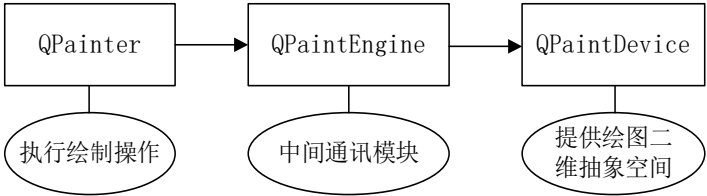


图 5 Qt 绘图系统

由于QPaintEngine在Qt内部实现，一般情况下不需要关注。因此在实际绘制可视化界面时，只需关注如何创建绘图空间以及如何进行具体的界面绘制。绘图空间可以通过实例化QPainterDevice的子类QWidget进行创建。而界面的具体绘制则通过QPainter类进行操作。QPainter类提供了高度优化的图形绘制接口，以支持各种复杂界面图形的绘制。

QWidget类是Qt Widgets模块中用户界面元素的基类。它从窗口系统接收鼠标、键盘和其他事件，并在屏幕上绘制自身的表示。由于QWidget中的paintEvent事件处理器可以在子类中被重写来接收绘图事件，因此可以通过QPainter在绘图事件中重绘QWidget的类对象。Painter提供高度优化的功能来完成大多数图形用户界面程序所需的工作。它可以绘制从简单的图形原语（由QPoint、QLine、QRect、QRegion和QPolygon类表示）到矢量路径等复杂形状的所有内容。在Qt中，矢量路径由QPainterPath类表示。QPainterPath提供了一个用于绘制操作的容器，使图形能够被构造和重用。Qt事件循环会自动处理绘图事件，并根据重写的内容做出响应，从而在指定区域完成船舶的绘制。

### (3) 界面的封装复用

在完成船舶燃油净化系统的界面类的设计开发后,为了方便该可视化界面接入船舶智能机舱监控系统软件以及提高了界面类的复用性和易用性,可以通过 Qt 自定义控件开发技术,将开发好的可视化界面类进行编译,将生成的链接库封装进 Qt Creator 和 Qt Designer 的控件库中。这样就可以在 Qt 项目中完成相关文件的配置和调用,利用 Qt 界面编程特性,对船舶燃油净化系统可视化界面进行拖拽式用户界面程序开发。

## 软件实现

本文基于 Qt 图形用户界面程序开发平台,完成了船舶燃油净化系统可视化界面的设计与开发。该可视化界面由 8 个油舱、6 个油泵、若干管线以及主机等构成。界面效果如图 6 所示,显示了船舶燃油净化系统的正常工作状态。

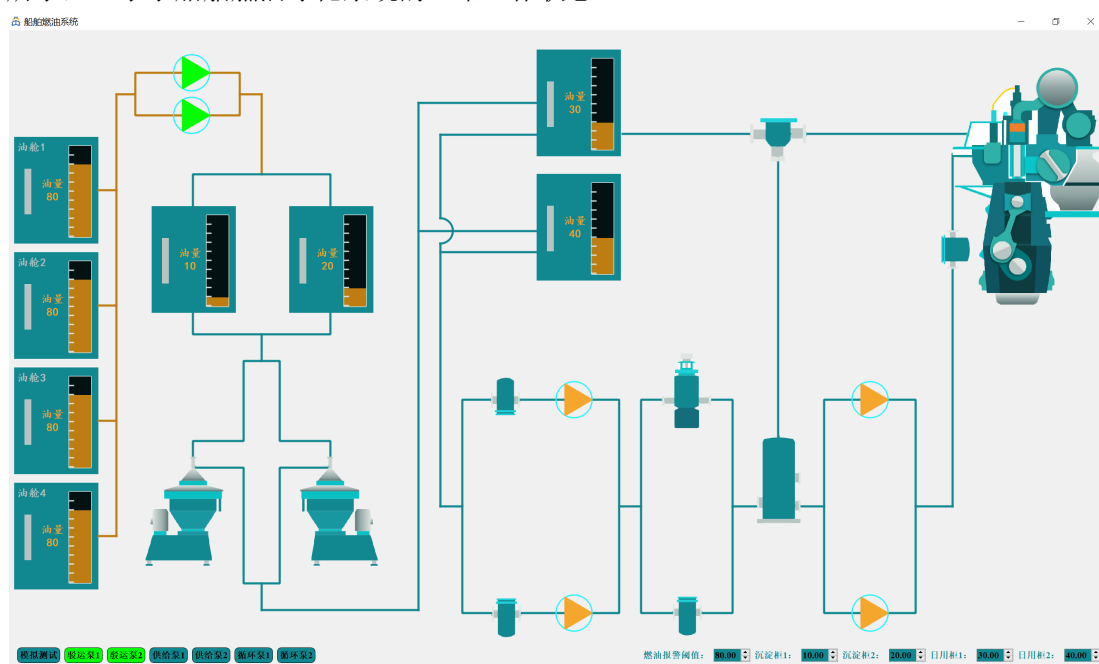


图 6 船舶燃油净化系统可视化界面

本文在可视化界面的各个油舱区域设置了鼠标事件,点击油舱,可以弹出该油舱 24H 的液位曲线图,如图 7 所示。

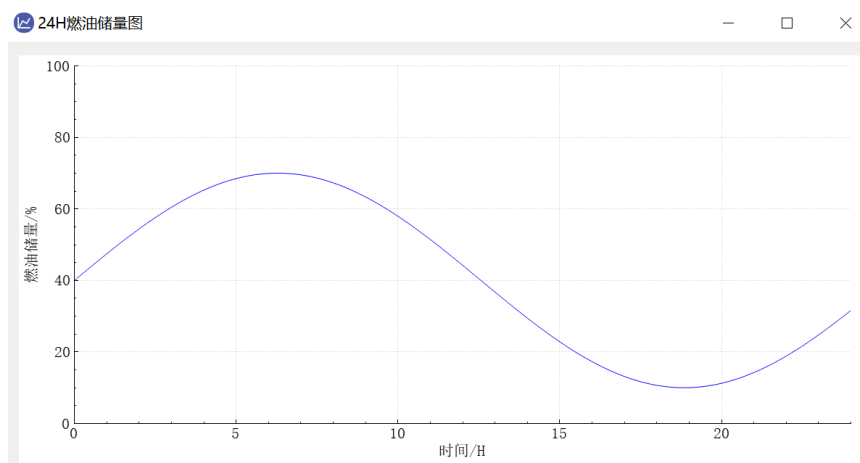


图 7 24H 油舱液位曲线图

本文的船舶燃油净化系统可视化界面设置有警报功能,包括油舱液位警报以及油泵的故障警报。如图 8 所示,油舱液位阈值设置为 80%,当该油舱的液位超过 80%时,油舱的状态将会变成红色。图 9 显示了不同状态下的油泵可视化外观,左起分别是正常运行、待机以及故障状态。

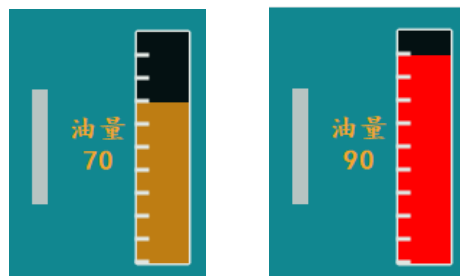


图 8 油舱液位警报对比图

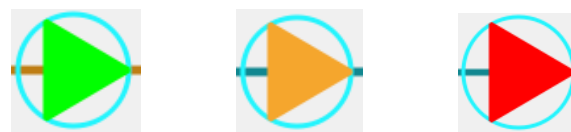


图 9 油泵故障警报对比图

## 结语

本文基于 Qt 开发平台,设计实现了智能船舶燃油净化系统的二维可视化界面。该界面设置有数据库访问接口、数据处理接口、曲线绘制接口以及警报设置接口,实现了数据库接入、监测量可视化显示和设备警报提示等功能,完成了对船舶燃油净化系统的实时监测,提高了船舶相关设备安全性,减少了人员管理成本和维修费用。该可视化界面可以方便地接入船舶智能机舱监控系统软件,同时对于轮机相关专业的船舶燃油净化系统的仿真教学,也具有一定的参考价值。

## 参考文献

- [1] 熊胜. 智能船舶的发展现状及趋势[J]. 船舶物资与市场,2020,(10):1-2
- [2] 韩泽旭. 智能船舶的发展现状及趋势[J]. 船舶物资与市场,2021,29(05):3-4.
- [3] 潘登,孙武,赵继成. 全球主要船级社智能船舶规范比较[J]. 中国船检,2021,(05):68-72.
- [4] 李文玉. 智能船舶关键技术分析[J]. 船舶物资与市场,2020,(11):21-22.
- [5] 刘昌勇. 智能船舶技术发展与趋势简述[J]. 中国水运,2021,(07):83-85.
- [6] 吴佐政. 浅谈船舶机舱设备的智能化管理[J]. 珠江水运,2020,(03):92-93.
- [7] 王宏智,高学东,贾小平,赵扬. 船舶机舱智能监控系统的设计研究[J]. 制造业自动化,2011,33(07):19-21.
- [8] 余国虎. 智能船舶机舱监测报警系统研究[J]. 大众标准化,2021,(05):23-25.
- [9] 卢光松. 船舶机舱监测与报警系统设计与应用研究[D]. 大连海事大学,2017.
- [10] 张娅. 智能网络型船舶机舱监测报警系统设计[J]. 舰船科学技术,2018,40(16):154-156.