

# 船闸智能排挡技术应用初探

牛东宇<sup>1</sup>, 方泽兴<sup>2</sup>, 俞月龙<sup>3</sup>

(1. 杭州恒生芸擎网络科技有限公司, 浙江 杭州 310051; 2. 浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310013;  
3. 杭州交投船闸管理有限公司, 浙江 杭州 310000)

**摘要:** 利用计算机进行智能排挡是提高船闸运行效率的有效手段, 为了将船闸智能排挡技术有效应用于实际工程建设运营中, 文章分析了所需的关键技术, 包括调度技术、排挡算法和计算机仿真技术, 并将其应用于“浙闸通”智慧过闸系统中, 有效提升了船闸运行效率。

**关键词:** 过闸调度; 船闸排挡; 计算机仿真

**中图分类号:** U641.7    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1006—7973 (2021) 10—0075—03

船闸排挡对提升船闸通过能力有重要意义, 对大型船闸来说, 手工排挡已无法满足船闸实际运行需求<sup>[1]</sup>, 随着智慧船闸的建设<sup>[2]</sup>, 数字化方法为船闸运行管理带来变革<sup>[3-4]</sup>, 利用计算机进行智能排挡是提高船闸运行效率的有效手段。

现有的研究大多围绕船闸排挡算法和提升船闸通过能力方式等方面开展。船闸排挡一般被认为是组合优化的矩形 Packing 问题<sup>[5]</sup> (或称二维装箱问题<sup>[6]</sup>), 该问题被认为是 NP 完全问题, 一般将时间调度和装箱过程相结合, 构建优化目标与约束条件, 利用 CAD 排样算法<sup>[7]</sup>、DFS 算法<sup>[8]</sup>、蚁群算法<sup>[9]</sup>、遗传算法<sup>[10]</sup>等方法对该问题进行求解。

本文主要围绕船闸智能排挡技术在实际工程中的应用展开, 将智能排挡算法融入智慧船闸系统中, 融合船舶调度规则和软件开发技术, 将船闸智能排挡应用于实际船闸调度过程中, 提升船闸运行效率。

## 1 关键技术

### 1.1 调度技术

#### 1.1.1 过闸船舶位置监控技术

调度员可在管理网站上, 观察远方停泊区船舶位置及到闸区的距离, 实时了解申报船舶的停泊、行驶情况; 同时根据船舶定位及闸区过闸的情况, 安排远调调度计划。

为减轻卫星定位服务的数据压力, 采用 Redis 缓存技术, 同时为了方便调度人员实时观察船舶到闸距离, 采用 ajax 技术, 实时刷新网页中列表的特定列。

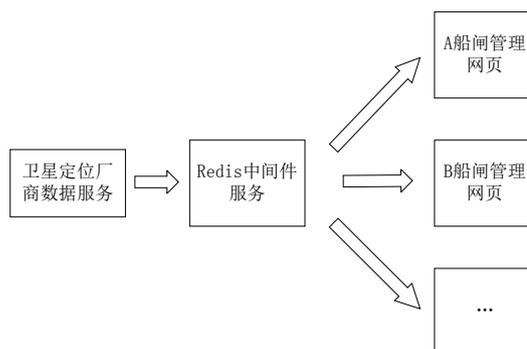


图1 船舶到闸距离监控信息流示意图

#### 1.1.2 App 消息推送技术

调度员的调度信息需推送到船户的手机 App 中, 船户可以根据船舶运行的实际情况, 决定是否响应调度员的调度指令, 调度员也需实时了解船户的调度回复信息。

采用第三方的 App 推送服务, 通过 App 的登录与第三方 App 推送服务建立长连接, 调用第三方 App 推送服务的 API 可实现消息推送。采用 Redis 中间件缓存的办法, 缓存数据由定位程序轮询获取。

#### 1.1.3 远调排队及过闸调度

船户需要实时了解自己的排队序号, 根据序号前排队船舶的数量, 船户能够大致推算出等待时长。

总调调度人员需要实时掌握闸区内停泊的船舶情况, 闸区内船舶的停泊船舶量是有限的, 调度人员需要根据闸区船舶停泊情况安排船舶有序过闸。

卫星定位厂商的数据服务可以提供当前时刻特定区域的船舶列表, 通过对比前后两次获取的船舶列表, 可计算出新进区域船舶, 未离开区域船舶和已离开区域的船舶。

通过轮询取值办法跟踪船舶进入或离开停泊区的时间，时间的精确度取决于轮询取数的时间间隔，一般针对慢速行驶的船舶，时间间隔以 10-30 秒为宜。

## 1.2 排挡算法

### 1.2.1 参数预设

根据调度时间确定优先服务规则，对每座船闸预先设定如下参数因子：

- (1) 闸室最大能够组合放置的船舶数。
- (2) 按照先到先过闸的规则，必须确保优先服务的船舶数。
- (3) 引航道上可以滞留停泊的船舶。

### 1.2.2 算法步骤

(1) 去除需要确保优先服务的船舶，计算出所有的选择组合，组合数个数为。

(2) 把确保优先服务的船舶加入到上一步的每一个组合中，每个组合的船舶数量小于等于。

(3) 循环计算上一步中的每一个组合，计算方法如下：①对组合的船舶，按船舶宽度从大到小排序。②取出最大船舶，放入闸室左下角（从船户过闸角度）。③尝试找出最大的能放入左上角的船舶，并放入左上角。④重复②、③两步，直至填满闸室。⑤检查计算结果是否符合过闸安全规则。⑥如果符合过闸安全规则，同时大于等于前次船舶排列数，则保存组合的计算结果。

(4) 最后比较这些组合的计算结果，找出最符合先到先进闸的排列，该船舶排列即最终结果。

## 1.3 排挡图仿真技术

在排挡图的布局、设计中，采用的计算机仿真技术如下。

### 1.3.1 视口技术

视口指的是浏览器的可视区域，根据 CSS3 规范，视口单位见表 1。

表 1 视口单位表

视口单位名称	含义
vw	1vw 等于视口宽度的 1%
vh	1vh 等于视口高度的 1%
vmin	选取 vw 和 vh 中最小的那个
vmax	选取 vw 和 vh 中最大的那个

### 1.3.2 网页画布技术

网页画布技术采用了 HTML5 中新添加的 Canvas 元素，该元素是 HTML5 中的一个亮点。通过 Canvas 元素自带的 API 结合 javascript 可以绘制各种图形和图像以及动画效果。

网页画面技术主要用于绘制船舶示意图，绘制闸室外框、系缆位置、警示线、闸室中线、船舶外框、船舶图标以及各种文字等。

## 2 应用实例

### 2.1 应用背景

“浙闸通”是应用于浙江省杭金衢绍甬航区 14 座船闸的统一过闸系统，包括船舶过闸系统、船户过闸 App 以及综合信息平台，本文所介绍的过闸调度排挡技术在“浙闸通”系统中开展应用。

### 2.2 排挡原则

调度员在所有远调进入闸区的船舶中，挑选符合过闸条件的船舶，使其进入待闸船舶序列中，再选择进入闸室过闸的船舶。

(1) 根据浙江省运行船闸的宽度和船舶实际宽度，一个闸室横截面，最多排列两艘船舶。

(2) 为达到最大的闸室利用率，应该尽可能按照横排两艘的方式安排船舶位置，除非排不下或有闸室空位。

(3) 从船户的角度，按照先左后右的方式排挡。

(4) 在闸室中的前后任意连续三艘船舶，不允许空重相隔。

(5) 由调度人员选择排队优先的船舶进行船舶进闸排挡，不允许为了过闸的高效率，随意跳过排队优先的船舶。

### 2.3 操作界面

#### 2.3.1 待闸船舶显示

列出待闸过闸的船舶，其中勾选部分是调度员选中的预备过闸的船舶。

申请序号	船舶名称	当前状态	货物	到闸时间	确认时间	总长	总宽	船中吃水	尾部吃水	最大	
1	201110082	浙上渡9629	进闸	煤炭	2020-11-11 08:30:05	2020-11-11 08:30:43	44.8	8.15	2.2	2.1	2
2	201110083	宁波航3387	进闸	煤炭	2020-11-11 08:30:05	2020-11-11 08:30:44	41.9	7.98	2.2	2.1	2
3	201110094	浙嘉山渡00171	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:05	2020-11-11 08:30:54	44.9	8	1	0.7	1
4	201110095	浙嘉山渡2908	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:30:55	44.9	7.95	1	0.6	1
5	201110096	浙嘉山渡2328	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:30:57	44.9	7.75	1	0.8	1
6	201110097	浙杭航0708	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:30:59	44.9	7.96	1	0.8	1
7	201110099	浙建城0889	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:31:01	44.9	7.95	1	1	1
8	201110101	浙嘉山渡23729	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:31:03	44.9	7.75	1	0.6	1
9	201110112	浙嘉山渡14006	到闸确认	空载	2020-11-11 08:30:45	2020-11-11 08:31:05	44.9	8.16	1	1	1
10	201110128	浙上渡26006	到闸确认	空载	2020-11-11 08:46:12	2020-11-11 08:46:57	44.9	7.95	1	1.4	1
11	201110132	浙杭航0655	到闸确认	空载	2020-11-11 08:34:26	2020-11-11 08:46:48	44.9	8.16	1	0.8	1
12	201110131	浙嘉山渡00145	到闸确认	空载	2020-11-11 09:22:42	2020-11-11 09:24:27	44.9	7.95	1	0.6	1
13	201110192	浙建城1285	到闸确认	煤炭	2020-11-11 10:25:04	2020-11-11 10:25:41	44.9	7.95	2.2	2.1	2
14	201110197	浙嘉山渡23885	到闸确认	空载	2020-11-11 10:27:37	2020-11-11 10:28:20	44.9	7.95	1	0.8	1

图 2 待闸船舶页面

#### 2.3.2 船舶调度显示

船舶调度示意图页面自上而下分为 3 个部分，待选

船舶区、排档调整区以及船闸示意图区。

(1) 待选船舶区。列出待过闸的全部船舶, 其中, 勾选部分为调度员选择的预备过闸的船舶。

(2) 排档调整区。对于自动排档的船舶, 可以进行手工调整, 比如: 增加、删除、位置移动等。

(3) 船闸示意图。根据中部排档调整区的船舶位置信息, 等比例缩放展示船舶在船闸中停靠的位置。

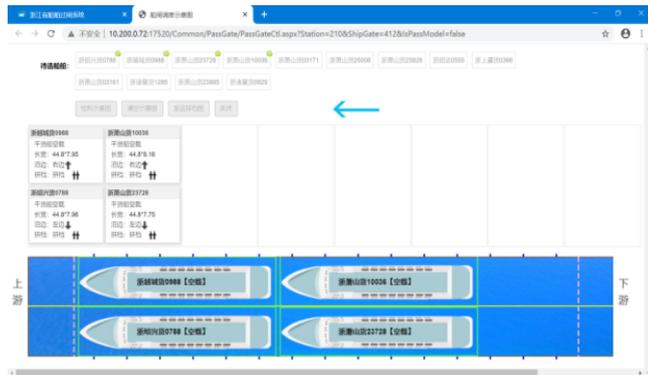


图3 船舶调度示意图

### 2.3.3 船闸排档示意图布局

考虑到用户使用的计算机的分辨率各有不同, 船闸排档示意图需要自适应用户的屏幕显示, 自适应的内容包括: 区域自适应, 即待选船舶区、中间排档调整区、船闸示意图区; 字体大小自适应, 界面显示的字体大小需要随着屏幕分辨率的变化而变化; 图标大小自适应, 包括上、下行图标、船舶图标等。

### 2.3.4 排档图的等比例缩放

根据自上而下3个区域的比例, 确定下部的船闸示意图区域的长度和宽度。

各船闸的大小不同, 甚至差异较大, 所以为了保证显示效果, 保持页面下部船闸示意图外框长宽与屏幕大小比例关系固定, 即不管船闸的大小及屏幕分辨率变化, 其显示比例不变。

根据船闸的实际长宽及页面下部船闸示意图的固定长宽, 计算出长、宽的缩放比例, 再根据船舶实际长宽, 计算出船舶的屏幕显示长宽。

## 3 结论与展望

本文主要围绕船闸智能排档技术在实际工程中的应用展开, 将智能排档算法融入智慧船闸系统中, 融合船舶调度规则和软件开发技术, 将船闸智能排档应用于实际船闸调度过程中, 提升船闸运行效率。

随着内河航运过闸业务的不断发展, 在船舶过闸调

度及闸室排档方面还会有新的需求, 在实际调度、排档业务中也会出现新的问题, 需要不断完善软件系统, 满足过闸业务发展需求。

参考文献:

- [1] 王伟, 黄涛. 基于随机排档的船闸通过能力研究 [J]. 水运工程. 2021(01): 162-167.
- [2] 张加雪, 钱江. 智慧船闸 [M]. 东南大学出版社, 2018.
- [3] 王力. 船闸数字化管理技术及应用 [J]. 江淮水利科技. 2016(03): 39-40.
- [4] 徐祖亮. 船闸管理技术手段现代化探析 [J]. 中国水运. 2011(1): 34-35.
- [5] 吴小涛, 袁晓辉, Muhammad Adnan Ikram, 等. 基于拟人策略的三峡永久闸室编排新算法 [J]. 水电能源科学. 2015, 33(05): 148-151.
- [6] 毛星, 徐希涛. 多目标遗传算法在船闸调度中的应用 [J]. 计算机与现代化. 2018(06): 16-18.
- [7] 卢方勇, 齐欢, 曹杰, 等. 永久船闸运行闸室编排调度计算机应用与研究 [J]. 计算机应用研究. 2000(06): 65-67.
- [8] 刘云峰, 齐欢. DFS 算法在三峡永久船闸优化编排中的应用 [J]. 计算机工程. 2002(08): 224-226.
- [9] 王小平, 阮茜. 基于蚁群算法的船舶过闸计划优化模型 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版). 2011, 39(08): 100-103.
- [10] 高蕾, 吴婷. 隔代遗传算法在船舶调度系统中的应用 [J]. 舰船科学技术. 2017, 39(04): 61-63.

