

# 沉船事故中人员伤亡原因分析及逃生装置设计

朱伊妍<sup>1</sup>, 肖庆云<sup>2</sup>, 郭雨洁<sup>2</sup>, 汪 舸<sup>3</sup>, 张一祎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>武汉理工大学材料学院, 湖北 武汉

<sup>2</sup>武汉理工大学交通学院, 湖北 武汉

<sup>3</sup>武汉理工大学管理学院, 湖北 武汉

<sup>4</sup>武汉理工大学计算机学院, 湖北 武汉

Email: 157293409@qq.com

收稿日期: 2020年11月23日; 录用日期: 2021年1月6日; 发布日期: 2021年1月13日

## 摘 要

近年沉船事故频发,带来巨大的生命财产损失,探究减少沉船事故所造成的人员伤亡和经济损失的方法,是船舶安全领域研究的热点。基于此背景,需设计一款新型的智能逃生装置来降低沉船事故带来的影响。确定初步的设计方案需基于对沉船事故案例进行广泛调查、搜寻大量关于伤亡情况和原因的信息、进行分析讨论之上。经分析沉船导致人员伤亡事件,总结出乘客缺乏指挥、不具备自主逃生能力以及逃生过程艰难等方面原因。因此逃生装置可设计为具有自动逃生、维持人员生命体征的功能的类型,来解决沉船事故造成的安全隐患。

## 关键词

沉船事故, 人员伤亡, 案例调查分析, 逃生方法, 逃生装置

# Cause Analysis of Casualties in Shipwreck Accident and Design of Escape Device

Yiyan Zhu<sup>1</sup>, Qingyun Xiao<sup>2</sup>, Yujie Guo<sup>2</sup>, Ge Wang<sup>3</sup>, Yiyi Zhang<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Institute of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

<sup>3</sup>School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

<sup>4</sup>School of Computer Science, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

Email: 157293409@qq.com

Received: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2020; accepted: Jan. 6<sup>th</sup>, 2021; published: Jan. 13<sup>th</sup>, 2021

文章引用: 朱伊妍, 肖庆云, 郭雨洁, 汪舸, 张一祎. 沉船事故中人员伤亡原因分析及逃生装置设计[J]. 交通技术, 2021, 10(1): 20-26. DOI: 10.12677/ojtt.2021.101003

## Abstract

In recent years, frequent shipwrecks have caused huge loss of life and property. It has become a hot research topic in the field of ship safety to explore ways to reduce the casualties and economic losses caused by shipwrecks. Based on this background, it is necessary to design a new intelligent escape device to reduce the impact of shipwreck. Preliminary design should be based on extensive investigation of the shipwreck case, searching for a large amount of information about the casualties and causes, analysis and discussion. Through the analysis of the causes of casualties caused by the sunken ship, it can be concluded that a large number of casualties were caused by the lack of command and guidance of the passengers, the lack of self-escape ability and the difficult escape process. Therefore, the escape device can be designed with the functions of automatic escape and maintaining the vital signs of personnel to solve the potential safety hazards caused by the shipwreck.

## Keywords

Shipwreck Accident, Casualties, Case Study and Analysis, Escape Method, Escape Device

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着经济的迅速发展和人民生活水平的日益提高, 船舶逐渐成为贸易往来和休闲旅游所不可或缺的运输工具, 船舶行业也随之日益兴盛, 受到大众的广泛关注。然而近年来船舶的安全问题层出不穷, “东方之星”号、“世越”号等游轮的翻沉事故时有发生, 造成了惨重的人员伤亡和巨大的经济损失, 如何减少船舶安全事故造成的严重后果, 已经成为各国研究的课题。

游轮、客轮和渡轮等大型船舶载客量大, 船上人员未经专门的逃生训练, 如遇沉船事故不能正确及时地应对, 而导致众多人员伤亡。船舶的建造和运行过程所花费的物力成本和人力成本较大, 造成巨大的经济损失。研究大型船舶的沉船问题与研究其它类型的船舶的沉船问题相比, 更具代表性和可研究性, 因其遇到问题会更加复杂, 逃生更为困难, 但提供的设备空间却更为充足, 可实现技术发挥的范围更广; 此外经研究设计获得的方案也更易投入实际应用, 取得的效果也更为显著, 因大型船舶具有较大的载客量和高昂的建造成本, 若方案能成功应用, 其规避的伤亡和损失也更大。因此以游轮、客轮和渡轮作为研究对象。以对沉船案例分析得的结论为基础, 提出一种能自主逃生, 且可维持人员生命体征的装置的初步的设计构想, 并对设计方案所需的技术和原理进行探究和阐述。

## 2. 沉船事故分析

### 2.1. 沉船案例分析

#### 2.1.1. “东方之星”号客轮沉船事故[1]

2015年6月1日“东方之星”号客轮在南京驶往重庆途中突遇罕见强对流天气[2], 在长江中游湖北水域沉没, 该客轮载客数454人, 成功获救12人, 遇难442人。整个沉船过程为客轮在受到下击暴流袭击时, 船舶突然侧倾, 随后短时间内发生180度翻转, 以至未向外发出求救信息及警报, 客轮就已完全沉没(图1)。



**Figure 1.** “Oriental Star” capsized  
**图 1.** “东方之星”号翻沉

该沉船事故导致的死亡人数较高，主要有以下四个原因：其一，逃生通道较为狭窄，船体经改造后，原来每个客房内对着舷侧和中间走廊的两扇窗户，只留下对着中间走廊的一扇窗户，逃生通道数量锐减。此外，客房内的设计也较为不合理，窗户被床抵住，使得难以在短时间内从逃生口逃出，大部分的逃生口都作废。其二，事故发生后，乘客缺乏专业人士指引，船长没有提前制定并实行应急方案，未有效引导乘客逃生，使得许多乘客被困在客房内，或是慌忙乱跑，这增加了因窒息和其他原因而死亡的可能，并且其也没有向船外发出求救信息警报，拖慢了救援的时间。其三，事故发生时正值夜晚，船上的大部分乘客都被困在了空间狭小的客房内，没有充足的应急补给设备，而且该空间不密闭，极易被水淹没。其四，乘客大多数为老人和小孩，体力较差、行动不便，没有较好的逃生能力，要求其主动逃生十分困难，而且老人身体也相对较差，更容易被饿死或是窒息死亡。该事故的幸存者大部分在翻沉时位于甲板上、舱外船舷上，相对船内乘客逃生的机会更大，但是在逃生途中也因水下情况复杂而遇到了困难。

### 2.1.2. “世越”号客轮沉船事故

2014年4月16日“世越”号客轮在韩国全罗南道珍岛郡观梅岛西南方向海上发生浸水事故而沉没，该事故共造成296人死亡，142人受伤，8人失踪。沉船原因为船舶在行驶途中突然改向，船舶触礁，使得船体结构受到破坏，海水漫入而导致船舶翻沉(图2)。



**Figure 2.** “Shiyue” capsized  
**图 2.** “世越”号翻沉

该事故导致的死亡率较高，主要原因类似于“东方之星”号客轮的翻沉事故，也是由于缺乏指挥引导

和应急设备, 船内人员慌乱逃亡, 船上没有充足的食物和氧气补给, 且经改造后逃生通道过于狭小, 不利于逃生, 多数乘客被淹死。“世越”号搭载的乘客较为特殊, 大部分为学生, 安全意识淡薄, 不具备自主逃生能力[3], 同时又缺乏专人指引, 因此伤亡率较高。而其他乘客对船体的结构和逃生通道的位置不熟悉, 逃生过程受到严重阻碍, 只能被迫救援。“世越”号沉没事故暴露出船员操作能力的缺乏、责任心缺失和应急处置不当的问题[4], 这也说明靠人为指挥或操作来得以救援存在较大的随机性和不确定性。

### 2.1.3. 普吉岛沉船事故

2018年7月5日两艘载有127名中国游客的船只“凤凰”号和“艾莎公主”号游轮在返回普吉岛途中, 突遇特大暴风雨, 分别在珊瑚岛和梅通岛发生倾覆, 该沉船事故共造成47人遇难。

该事故中的两艘游轮不同于前两个事故中的客轮, 船舶的体积较小, 甲板以上的船舶高度较低, 仅有两层, 同时密闭空间较少, 绝大部分通过窗户对外敞开, 而乘客也主要集中在空间较大的舱室, 而不是分散在各个空间狭小的客房中, 且该事故不是发生在夜晚, 乘客有良好的逃生机会和能力, 船舶在翻沉后发生爆炸、气体泄露、漏电、物体坠落等危险事故的可能性较小, 因此逃生较为便利、危险系数小。该沉船事故造成人员伤亡的原因主要是乘客未穿救生衣, 又缺乏专人指挥引导而落水死亡(表1)。

Table 1. Casualty statistics

表 1. 人员伤亡统计

	总人数	获救人数	伤亡及失踪人数	伤亡数
“东方之星”号沉船事故	454	12	442	97.36%
“世越”号沉船事故	476	172	304	63.8%
普吉岛沉船事故	127	80	47	37%

## 2.2. 人员伤亡原因归纳

通过上述案例分析, 我们将案例中常见的造成人员伤亡的原因进行了归纳, 得到如下十一条, 其中前九条为直接造成人员伤亡的原因, 后三条为间接伤亡原因(表2~3)。

Table 2. Casualty statistics—direct cause of death

表 2. 人员伤亡统计——直接死亡原因

类型	原因分析	具体描述
直接死亡原因	恐惧慌乱而死	船舶翻沉时, 由于事发突然, 乘客未做心理准备, 又缺少专业人士的指引, 因而在恐惧和慌乱中窒息死亡。
	爆炸伤亡	易燃易爆的液货、燃料储存区、电子元件汇集处等等在受到撞击或倾倒地都会引发船舶爆炸, 且此类爆炸往往一波接一波, 持续引发, 爆炸的威力也不断加大。
	中毒死亡	船内的部分舱室长期处于密闭、不通风的状态, 氧气浓度较低, 可通过复杂的理化反应生成有毒气体[5]。且船内还置有装满惰性气体的设备, 船舶翻沉时, 这些有毒气体逸出, 使人中毒, 或是快速消耗尽船内的氧气而使人窒息。
	高空坠落或被重物砸中而亡	在船舶翻沉时, 船内的柜子、柱子等设施发生倾覆, 而对于楼层较高的游轮, 其上悬挂的重物因剧烈摇晃而脱离固定并落下, 这些重物都会砸伤乘客。而翻沉时, 船内人员来不及反应, 没有握紧固定物, 因剧烈摇晃而被甩出, 从高空坠落死亡。
	触电而死	船内的电气系统如电箱等高压供电设备因受撞击而损坏, 内部的电线裸露在外, 且船内还装有众多金属设施, 其绝缘层多数被破坏, 涌进的水又是良好的导体, 使得附近的乘客因触碰电线、带电的金属或水而死[6]。
	饥饿而死	乘客长时间困在在舱内, 若舱内未备有食物或难以取得, 其会因长时间缺乏维持体力的食物导致死亡。
	水压过大而死	船底的乘客往往因承受较大的水压而心脏衰竭或猝死。
溺死	船内若无法形成水密区域, 在翻沉后, 即刻会有大量海水涌入船内, 甚至灌满船舱, 人在水下无法保证长时间呼吸, 因缺氧而死, 整个过程十分短暂, 乘客往往未能逃出便溺水身亡。	

## Continued

即使是从船中逃出进入水中也会有各种情况发生,不擅长游泳的乘客,如果没有救生衣等设备,会呛水溺亡,而善于游泳的乘客也会因为其它原因而溺亡,如冬天气温过低使人失去知觉,或是体力不支、肌肉抽筋而溺水,再如被沉船附近有旋涡卷入而溺亡。此外,乘客也有因水温较低、天气寒冷而被冻死的,不排除有水下动物的袭击的可能。

**Table 3.** Casualty statistics—indirect causes of death

**表 3.** 人员伤亡统计——间接死亡原因

类型	原因分析	具体描述
间接死亡原因	失去照明设备	船舶在翻沉后,船内的供电设备会遭到毁坏,原有的电灯无法照明,此时若船内没有应急的照明设备,则将一片漆黑。失去照明,乘客在逃生过程中难以判断周围的状况、辨别危险,可能会受伤,或是因无法找到逃生通道而被困在船内。
	逃生通道堵塞	船舶翻沉导致水压过大,尽管部分房间为密闭条件,但依旧难以打开舱门。逃生通道会被落下的重物阻挡,或是因爆炸等原因受到破坏。此外,逃生通道内的情况也十分复杂,可能存在较多安全隐患。
	救援难以开展	船体结构较为复杂,船舶的众多入口都被重物堵住,且进入船内后还有触电、窒息、爆炸等危险。此外,沉船事故多发生在极端恶劣天气,这也给救援工作增加难度,使得船内被困的乘客错过良好的得救机会。

### 3. 逃生装置的设计

国内外现有的船舶逃生设备或装置主要是外挂式或独立式安全设备,包括救生船、救生圈、新型抗浸服、带防溅罩的充气救生衣和水下出口明明灯、辅助氧气系统、自携式水下呼吸装置、撞击能量衰减系统、应急出口照明系统、应急漂浮系统等(图 3~4)。



**Figure 3.** Existing escape equipment or device—lifeboat

**图 3.** 现有的逃生设备或装置——救生艇



**Figure 4.** Existing escape equipment or device—life buoy

**图 4.** 现有的逃生设备或装置——救生圈

在已对沉船事故进行调研和对人员伤亡原因进行分析的基础之上，初步提出了智能救生设备的设想(图5)。

该设备是一个拥有封闭独立空间[7]，能自动脱离船体实施逃生并可长时间维持人员生命体征的装置，其可适用于各种类型式样的船体和不同类型的人群，帮助船上人员安全、有效地逃生。

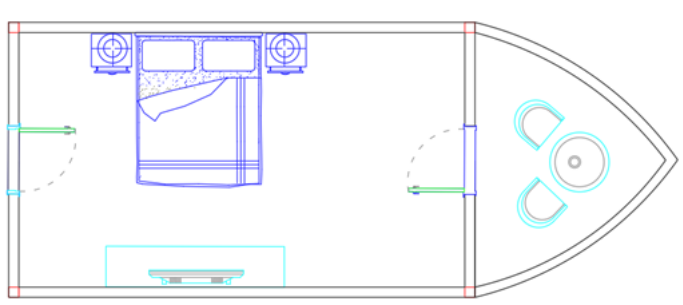


Figure 5. Sketch of intelligent life saving equipment  
图 5. 智能救生设备简图

其功能和逃生过程为当船舶发生翻沉事故时，船上人员能够方便、快速、有序地进入到该设备，并能在不同情况下顺利主动脱离主船体并进入水中，在脱离船体后，逃生舱室还要能够维持人员的短时间生存需求，并有充足的应急供给设备，方便实施救援。该逃生装置依靠气囊内化学物质爆炸膨胀产生的巨大推动弹射出主船体，进入水中保持漂浮和密闭状态。为实现动力弹射，需在装置和主船体间安装一个有助于装置脱离船体的系统，可根据需要调节装置和船体的联接关系，在正常情况下装置不会脱落，牢固地安装在船体上，而一旦发生危险，则该系统立即触发，使装置弹射出船体。而为实现装置在水中维持人员生命体征的目的，需在进入水中时保持水密，而漂浮时可适当通风，同时装置内配有基本的设施。

不同于船舶翻沉后主要依靠被动的传统营救方式，该主动逃生装置具备自主脱离船体的能力，形成一套完善的沉船主动逃生装置，相对更为便捷、及时和有效，极大地提升了时间的利用率，也尽可能地减少人员伤亡。

#### 4. 结语

通过分析沉船事故导致人员伤亡的各项原因，可得出许多结论：首先，沉船事故造成人员伤亡的原因并不单一，往往是多种因素，包括直接和间接原因，共同作用所导致的。其次，若需减少沉船事故的人员伤亡，就必须解决应急补给、确保空间安全密闭和紧急引导的问题。再次，沉船逃生的关键在于确保乘客具有逃生的机会和能力，避免在船舶翻沉中受伤，甚至死亡。最后，救援工作能够顺利开展也需要船内人员集中在某一较为安全和密闭的区域，或是处在方便获得救援的位置，最好是集中位于脱离主船体的独立空间内，这样可减小其它危险和环境因素所带来的影响。

针对以上解决方案的分析，我们提出了新型的智能逃生设备的设想。船舶遇险翻沉后，乘客可根据系统指引进入此逃生设备中进行逃生。其功能为帮助乘客实现自主逃生，具体的运行过程是逃生装置自动脱离船体，弹射入水中，并能漂浮在水面。设备内装有应急补给设施，因而可保证乘客的生命安全，救援人员也可通过打捞水中漂浮的逃生装置，以进行救援工作。该设备化被动逃生为主动逃生，可大幅提高船上人员的生存几率

#### 基金项目

国家级大学生创新创业训练计划资助+202010497044。

## 参考文献

- [1] 国务院“东方之星”号客轮翻沉事件调查组. “东方之星”号客轮翻沉事件调查报告[N]. 检察日报, 2015-12-30(01).
- [2] 郑永光, 田付友, 孟智勇. “东方之星”客轮翻沉事件周边区域风灾现场调查与多尺度特征分析[J]. 气象, 2016(1): 1-13.
- [3] 孙永强, 吕石立. “世越”号客船翻沉事故的问题和启示[J]. 航海技术, 2016(2): 64-66.
- [4] 米铁武, 赵庆爱. “世越”号沉船事故引发的思考[J]. 航海技术, 2015(1): 67-69.
- [5] 陆忠信, 吴魏成. 船舶有毒有害气体的影响因素及防范措施[J]. 科技创新与应用, 2020(20): 120-121.
- [6] 马超, 顾张亮, 潘森桃. 探讨船舶电气系统触电危险性[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(18): 3192-3192.
- [7] 孙寒冰, 蒋一, 杨静雷, 等. 一种具有独立逃生舱室模块的快艇[实用新型] [P]. 中国专利, 201520393693.5, 2015-11-11.