

船舶建造系统化安全监控

万江龙^{1,2,3}, 杨华⁴

(1. 中国船舶科学研究中心, 江苏 无锡 214082; 2. 深海载人装备国家重点实验室, 江苏 无锡 214082;
3. 深海技术科学太湖实验室, 江苏 无锡 214082; 4. 武昌船舶重工集团有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要: 为了提高船舶建造安全性, 通过分析当前船舶建造安全事故的原因, 提出了以人员、设备、环境、高危作业现场、危险源等为安全管理对象的船舶建造系统化安全监控系统。为了验证该系统的效果, 在某船厂采用问卷调查形式对当前安全管理现状和该体系实施对安全管理体系的影响打分, 通过采用模糊综合评价和层次分析法发现实施该体系后管理体系后更趋近于良好。因此船舶建造系统化的安全管理方法对提高船舶建造安全性具有显著作用。

关键词: 船舶建造; 系统化; 安全管理; 人员管理; 设备管理

中图分类号: U66

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 10—0036—04

当前我国是世界第一造船大国, 航运业对于国际货物运输起到了至关重要的作用, 同时各种海工装备也是维护我国海洋权益和领土完整的国防支撑力量。为了保障各种海工产品的建造, 我们必须高度重视船厂的生产效率和生产安全。船舶建造具有高风险、大型复杂工程、建造周期长、涉及技术范围广等特点, 因此风险因素较多, 管理较为复杂。船厂的人员安全和设备安全直接影响船舶建造是否能够按时顺利完成, 为了保证人员和设备安全, 通过分析当前管理方法的不足, 进而提出有效解决对策。

船厂安全事故主要包括高空坠落事故、触电事故、溺水、火灾及爆炸事故、砸伤、碰撞等。随着船舶向大型化发展, 船舶建造高度达几十米, 存在较多的高空作业工况, 由于施工人员安全意识缺乏、安全防护设施不到位等导致的高空坠落事故不少。触电事故位于船厂各类事故之首, 各种触电事故时有发生。对于火灾及爆炸事故大多是由于舱内作业和可燃气体导致的。由于船厂焊接等作业过程中涉及乙炔、易爆气体、液化石油气、丙烷等易燃气体, 同时现场明火较多, 因此很容易发生火灾及爆炸事故。船厂作业类型复杂、场地拥挤、工种多、劳动力密集且危险作业多、治安保卫压力大, 复杂的作业环境决定了管理的难度。因而需要充分做好船舶企业人员和设备安全管理相关工作内容, 提升安全保障船舶制造正常有序运行, 建立一套有效的船厂人员和设备安全管理方法十分必要。

1 安全事故原因

当前船舶建造通常采取分段承包的方式^[1], 无法进

行系统有效的安全教育培训, 使得安全操作规程、作业指导文件流于形式, 经常发生违章指挥、违章作业、违反劳动纪律行为, 加上监管不到位, 发生事故是必然的。比如密闭空间作业窒息、高空作业坠落死亡、违规用气爆炸、机械碰撞伤害等等事故时有发生, 对于水中和水下作业发生作业人员溺亡事故^[2], 机械设备移动倒塌砸伤工作人员等。构成事故的原因主要有三个方面: 一是人为因素; 二是设备因素; 三是环境因素。

在人为因素方面主要包括职业操守、责任因素、专业性因素、危机处理技能因素、安全意识因素等。由于船厂内多种产品同时进行建造, 原材料种类丰富、工序繁多、作业环境复杂, 导致安全管理工作开展起来存在诸多困难, 进而导致船舶建造现场成为人员的不安全行为和设备的的状态的不安全状态的聚集地。在设备因素方面主要存在以下三个方面问题: ①当前部分船厂制定了设备使用、维护、保养的文件, 确定了相关责任人, 但是由于船舶行业缺乏完整统一的设备安全生产标准化规范, 因此船舶建造过程中设备安全管理水平参差不齐。②由于船舶建造计划是根据船东要求的交船时间进行倒退制定, 如果船舶建造周期较短就需要作业人员高强度作业进而保证建造计划的完成, 使得设备处于长时间超负荷的运转状态, 无法按时进行有效地维护保养工作, 必然降低设备的可靠性。③对于很多高精度关键设备的管理仍然采用定期维护保养等传统事后维修的手段, 不能通过智能化的手段实时监控这类设备的运行参数进行健康状态管理, 进而导致这些设备一旦发生故障就导致停工停产或者重大人员伤亡事故^[3]。在环境因素方面, 工作环境差、船厂空间分布不合理等均会对设备安全造成影响。

2 船厂人员和设备的安全管理

在人员安全管理方面,完善组织架构、网格化管理、建章立制、多层次培训等方式实现全员参与、职责明确。在设备安全管理方面,通过制定安全生产制度建设、识别危险源、制定科学合理完善的检修计划等,保证设备能够持续可靠安全地工作。在完善以上两项工作的基础上,引入系统化的设备监控系统实时地监控人员和设备的工作状态及运行参数,及时发现不安全行为和状态,提前做出干预措施,保证人员和设备安全、生产的顺利进行。

2.1 人员安全管理

通过组织机构的完善、人员的培训、岗位职责的明确实现了全员参与。建立完善的安全管理组织架构,通过分管领导、主管部门、业务部门、责任人四级组织结构管理模式。另外,所有的项目都配备安全管理人员,除了具有安全管理资质以外,还注重从船舶建造通用岗位中选拔安全管理人员,对船舶建造项目实施安全生产跟踪管理。

采用区域化管理方式,将建造现场分为若干个区域单元,区域与区域之间设置明显的边界,区域内设置作业区、物品存放区等,物品存放区又区分为原材料、半成品、成品等区域。设备主管部门负责所有区域的考核。每个区域设置区域作业长,作为该区域第一责任人,同时每个区域设置区域设备管理员,每台设备设置设备管理员,实行精细化管理。设备管理员负责设备日常维护保养、使用状态记录等,区域设备管理员负责对区域内设备的维护保养记录进行抽检,区域作业长负责整个区域内人员和设备的安全管理。每年进行优秀设备管理员、优秀区域设备管理员、优秀区域作业长的评选,保养积极参与设备的管理的优秀个人进而实现设备管理的全员参与^[4]。

通过建立《管理手册》、《程序文件》、《作业文件》、《安全操作规程》、《应急预案》等5类管理制度,实现人员的制度化管理。建立多种层级、多种内容的安全生产教育培训,包括入厂培训、每年再培训、开展事故反思教育等。入厂培训实行三级培训,即厂级培训、部门级培训、班组级培训。厂级培训、部门级培训、班组级培训分别从船厂层面、部门层面、班组层面的安全生产问题进行培训。每年再培训是对入厂一年以上的员工每年开展一次全面的安全生产培训。同时为了实现

全员参与,强化安全意识,全体员工可以对船厂安全管理方面进行建言献策,对于好的安全管理建议被采纳,给予奖励。对于发现人员不按照安全管理要求进行作业的,进行惩罚。

2.2 设备安全管理

以“风险分级管控、隐患排查治理”双体系为重点^[5],进行船厂的安全生产制度建设,制定多项职业健康安全和环境管理制度,以及全岗位工种类操作规程、多设备类操作规程、多个工艺类操作规程,主要包括风险分级管控制度隐患排查制度、应急预案制度、派工制度、台账制度等。

船厂的设备安全管理流程主要有以下步骤。第一,排查风险点。组织对生产经营全过程进行风险点辨识,确认,建立风险点台账。第二,危险源辨识。采用适用的辨识方法对风险点内存在的危险源进行辨识。

针对基础特种设备利用PDCA循环的原理进行;定期检验作为法规强制性检验,做到提前报验,协调特种设备停机检验时间和检验前开展自查自检工作,规避特种设备安全问题,确保受检率和通过率达到100%,保证特种设备均在有效期内使用。

2.3 系统化安全管理

当前船厂普遍采用的设备维护保养方式为日常检查、周期巡查以及定期检查等方式,这几种方式均属于事后检测,不能提前发现设备可能出现的安全隐患,影响船厂的安全生产^[6-9]。为了保障船厂安全生产和操作人员的安全,通过开发一套船厂安全生产监控系统来增强设备安全性,操作人员能够放心地对设备进行操作。如果设备出现故障,维修人员可以在第一时间了解到故障发生的位置和大致的原因,从而做出正确的判断并及时解决问题。这样能保障操作人员的安全,并且可以明显减少设备故障时间,延长设备的使用寿命,降低设备的维修费用,提高生产效率。

系统化监控系统的监控对象包括人员、设备、环境、高危作业现场、危险源,采用定点监控设备和移动监控设备来收集人员的实时信息、设备的运行参数、周围环境的状态参数,通过系统和管理人员的远程和现场监控判断人员的不安全操作、设备的不安全参数、周围环境的不安全状态等,提前发现安全隐患制定相应措施,进而规避、转移、减轻风险。船舶建造系统化安全监控系统的监控对象、控制手段、责任人、监控内容如表1所示。

表1 船舶建造系统化安全监控系统

信息采集	监控对象	控制手段	责任人	监控内容
①定点监控设备 ②移动监控设备	人员	入口打卡 摄像头人脸识别	系统 安全管理人员	①作业区域人员统计；②作业人员动态定位； ③不安全行为识别；④人员分类管理；
	设备	摄像头远程监控 现场监督	设备管理人员	①动态监控设备运行状态；②查看设备维护保养运行信息；③A类设备数据进入监控系统、B类设备人员监视、C类设备日常清点；
	高危现场	摄像头远程监控 现场监督	安全管理人员	①用气作业现场监控；②舱内作业现场监控； ③高空作业现场监控；④水上作业现场监控；
	环境监控	传感器超过阈值 报警	系统	可燃气体浓度监测等；
	危险源	摄像头远程监控	区域作业长	对于识别的一级危险源（A级）、二级危险源（B级）重点关注；

对于人员的管理主要包括人员信息统计、人员动态定位、不安全行为识别、人员分类管理四个方面，具体如下：①通过定点打卡设备统计施工现场的人员配置情况；②通过摄像头的人脸识别动态定位人员的工作内容。一方面有利于对现场工作进行全面把控和指导，另一方面在突发事故时，能够迅速定位被困人员及时施救；③通过安全管理人员的远程视频监控及时发现作业人员的不安全行为并制止，例如不系安全绳、不带安全帽等；④通过人脸识别将人员分级管理，对于新入职员工、培训等级低员工进行标注加强关注。

系统化监控系统对设备的管理是以设备的分类管理为基础，通过ABC分类法对船厂设备进行分类。①对于A类设备数据进入监控系统，动态监控设备的关键运行参数，如施工升降机监控系统、塔吊安全监控系统等。通过对每个参数设定安全范围，当超过这个范围时进行报警，由设备管理人员及时发现并排除可能的安全隐患。②对于B类设备由设备管理人员重点监视，作业人员是否按照操作规程等作业指导文件进行安全作业。③对于C类设备只需进行日常清点。所有的设备维护保养录入系统化监控系统进行信息化管理。

用气作业现场监控、舱内作业现场监控、高空作业现场监控、水上作业现场监控等高危现场作业通过摄像头远程监控和现场监督相结合的方式及早发现不安全行为，避免安全事故的发生。作业环境气体监测及报警系统以监测作业环境气体质量情况为切入点，动态监测各类气体浓度，当可燃气体浓度超过阈值时就发出报警信号，及时实施整改措施。对于识别的一级危险源（A级）、二级危险源（B级）由区域作业长通过摄像头远程监控重点关注。

3 安全管理方法评价

对于现有船舶建造安全管理方法和系统化的安全监控方法通过采用模糊综合评价结合层次分析法^[10]进行两种方法的评价，通过定量分析判断其性质，从而使模糊概念得以清晰化。

3.1 评价指标的确定

对船厂的安全评价分为安全生产管理制度、资质和人员管理、安全技术管理及安全设施和防护管理等四类20个评价指标，如表1所示。

表2 W船厂安全指标体系

设备安全管理体系 S1	安全生产责任制度 u1、安全生产资金保障制度 u2、安全教育培训制度 u3、安全检查制度 u4、生产安全事故报告处理制度 u5
资质和人员管理 S2	企业资质与从业人员资格 u6、外来务工人员安全管理 u7、岗位安全操作规程 u8、员工工伤福利待遇规定 u9
安全监控技术 S3	高处作业安全技术管理 u10、危险化学品安全技术管理 u11、起重机械安全技术管理 u12、焊接与切割安全技术管理 u13、涂料作业与通风安全技术管理 u14、电气安全技术管理 u15
设备设施和防护管理 S4	作业环境卫生管理 u16、防火防台安全管理 u17、特种设备管理 u18、厂区交通安全管理 u19、安全检查测试工具管理 u20

评价指标体系中第一层次的4项指标已由《施工企业安全生产评价标准》给出，安全生产管理制度（S1），资质和人员管理（S2），安全技术管理（S3），设备和设施管理（S4）的权重分别为：

$$A = (0.3 \quad 0.2 \quad 0.3 \quad 0.2)$$

对于第二层次各项指标权重，将采用目前运用较为成熟的成分分析确定各指标的权重。由此可得各指标的权重向量为：

$$W_i = (W_1 \quad W_2 \quad \dots \quad W_n)^T = (0.35 \quad 0.18 \quad 0.18 \quad 0.18 \quad 0.10)$$

3.2 评价等级的确定

将安全评价等级分为优秀、良好、合格及不合格四级，则对应的评价等级集合为：

$$V = \{v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad v_4\} = \{\text{优秀、良好、合格、不合格}\}$$

利用设计好的调查表，向W船厂相关技术人员、管理人员、操作人员等发放20份调查表，对当前设备安全管理现状和实施船舶建造系统化安全管理方法进行打分。通过采用上述方法进行计算后得到当前W船厂评价矩阵为： $B_a = (0.22 \quad 0.30 \quad 0.34 \quad 0.06)$

对实施船舶建造系统化安全管理方法的评价矩阵为： $B_b = (0.29 \quad 0.38 \quad 0.30 \quad 0.03)$

通过计算结果可以发现当前W船厂贴近于优秀的贴近度为0.22，贴近于良好的贴近度为0.3。贴近于合格的贴近度为0.34，贴近于不合格的贴近度为0.06，因此当前W船厂整体水平贴近于合格。采用船舶建造系统化安全管理方法W船厂整体水平贴近于良好。

交叉航段通航安全评估方法及应用

——以秦淮河航道与溧水河、句容河交叉的三岔口航段为例

许力源, 张高峰, 应翰海

(华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 交叉航段由于多条航道交织, 交叉水域水流条件较为紊乱, 船舶在区段内通航时漂移量增大, 导致船舶操纵难度增大, 加大了水上交通事故的风险。本文以秦淮河航道与溧水河、句容河交叉的三岔口航段为例, 提出交叉航段通航安全关键因素, 通过数学模型分析了交叉航道水流流态对船舶安全通航的影响, 为类似工程提供借鉴。

关键词: 通航安全; 航道; 横流

中图分类号: U698

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 10—0039—03

江苏省境内水网发达、航道密集, 各条航道的自然状况及通航状况均各有差异, 同时随着航道网的不断完善、通航船舶数量的不断增加, 不同类型航道的自然条件对于通航安全的影响将逐步显现^[1]。航道、海事部门通过大力建设 VTS、AIS 等监管系统^[2]来保证船舶通航安全。根据内河航道现状情况分析, 内河航道中对存在通航安全隐患的航段主要包括交叉航段、急弯航段、桥

区航段、船闸航段等^[3]。其中, 交叉航道因航段由于多条航道交织, 交叉水域水流条件较为紊乱, 船舶在区段内通航时漂移量增大, 导致船舶操纵难度增大, 同时, 相邻各航道内船舶进出频繁, 进一步加大了水上交通事故的风险。另一个方面, 由于交叉航段水流为多方汇集, 航段底部水流在冲向航道两壁的过程中, 将大量的泥沙也带到航段区域淤积, 泥沙淤积的地方往往形成水下潜

4 结论

通过调研对当前船厂的安全事故进行分类, 找到造船事故的原因, 从而从人员安全管理和设备安全管理两个方面提出消除当前事故原因的方法, 进一步提出采用系统化的安全监控方案从人员、设备、环境、高危作业现场、危险源五个方面进行管理。最后以 W 船厂为例, 通过调查问卷的方式对系统化监控系统进行评价, 发现其可以将 W 船厂的安全水平由当前的合格提升至良好的水平。当前该方法效果只是进行了理论计算, 下一步须创造条件进行典型试验进行效果验证, 为进一步推广做技术和管理准备。

参考文献:

- [1] 柯军, 赵彦文. 中小型船厂现场管理探讨 [J]. 航海工程, 2013, 42(01): 85—87.
- [2] 葛永达. 面向造船企业责任成本管理研究 [C]. 江苏科技大学, 2012.
- [3] 王哲迥. 船舶制造企业机械设备安全生产管理的重要性和强化措施 [J]. 中国设备工程, 2020, (13): 93—94.

- [4] 徐平. 新船厂设备管理的探索 [J]. 中国设备工程, 2006, (05): 10—12.

- [5] Caprace JD, Petcu C, Velarde MG. Optimization of shipyard space allocation and scheduling using a heuristic algorithm [J]. Journal of Marine Science and Technology, 2013, 18: 404—417.

- [6] 彭懿, 朱琦, 赵晶等. 物联网技术在船厂安全生产中的应用 [J]. 船舶工程, 2019, 41(05): 112—116.

- [7] BAI XP, NIE W, LIU CM. A Comparison of Chinese, Japanese, and Korean shipyard production technology [J]. Journal of Marine Science and Application, 2007, 6(2): 25—29.

- [8] 毛久昌. 浅析造船企业设备监控技术发展趋势 [J]. 江苏船舶, 2017, 34(02): 28—30.

- [9] Doce AM, Casas VD, Trueba P. Industrial Internet of things in the production environment of a shipyard 4.0 [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020, 108: 47—49.

- [10] 黄帅金, 洪文, 刘浩然. 模糊综合评价在某造船厂安全管理中的应用研究 [J]. 造船技术, 2012, 307(3): 8—13.