

测试，通过校准与滤波优化，使装置性能达标。

5 结语

本检测装置具有显著优势：操作简便，头戴式设计配合按钮操作，无需专业人员指导，学生可自主完成；适配场景广，可利用课间或居家时间随时检测，助力及时干预近视；成本低廉，采用经济型电子器件，远低于商用筛查仪，便于中小学与家庭推广；精度可靠，基于超声波测距与视角原理计算，结合软硬件优化，结果可作为配镜参考。

后续可进一步优化视标显示方式，集成动态视标生成功能，减少对外部视标的依赖，同时提升蓝牙传输距离与抗干扰能力，增强装置的实用性与适应性。

参考文献

[1] 卫健委:2018年全国儿童青少年总体近视率为53.6%[J]. 现代养生(下半月版),2019(5):1-2.  
[2] 金若男,贺伟罡,孙克英,等. 儿童青少年视力筛查设备相关技术

及应用问题探讨[J]. 中国医刊,2020,55(6):594-595.

[3] 胡晋宾,胡开越,刘洪璐. 基于视力表研制的"数学建模"及其开展建议[J]. 教育研究与评论,2024(35):16-22..  
[4] 张明宣. 自助式多功能智能视力检测仪[J]. 电子技术与软件工程, 2021(15):72-73.  
[5] 周志龙. 基于智能设备的视力实时监测保健技术及其应用[J]. 中国高新科技, 2019(3):80-84.  
DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2019.03.14.  
[6] 尹世通,包伟华. 基于ZigBee和蓝牙的无线视力测试系统设计[J]. 上海电力学院学报, 2015, 31(6):568-574.  
[7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 十四五全国眼健康规划(2021-2025年)[Z]. 2022.  
[8] 国际标准化组织. ISO 12836-2019 眼科仪器 视力表[S]. 2019.  
[9] 王利华. 儿童青少年近视防控研究进展[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(6):401-405.

# Development of a Mechanized Integrated Operation Platform for Cold Source Mesh Replacement and Online Cleaning in Nuclear Power Plants

Qiaojun Wu<sup>1</sup> Xinhua Tian<sup>1</sup> Shaofeng Yang<sup>2</sup> Zhongquan Fang<sup>3</sup>

1. Guanghe Nuclear Power Operation Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518038, China

2. Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd., Yangjiang, Guangdong, 529500, China

3. Lianyungang Wuzhou Shipbuilding Heavy Industry Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222228, China

## Abstract

In response to the shortcomings of the traditional “net bag interception+manual offshore fishing boat barge cleaning” method for intercepting the net bag in the cold source water intake channel of a nuclear power plant, the hull of the platform was designed under the required sea conditions and environmental conditions of the cold source water intake channel of the nuclear power plant, as well as the requirements for the platform’s function and performance. At the same time, the turbine part of the platform, the online cleaning and auxiliary replacement device part of the net bag were designed. Based on this, the platform was built and tested to meet the requirements of the technical specifications for the platform’s operating environment and function and downstream performance. The interception net bag of the nuclear power plant was mechanically cleaned online, and the pile foundation net bag could be replaced on the platform without diving operations. The floating net bag was assisted in diving operations. Implement efficient operations, with efficiency increased by over 30% compared to current operation and maintenance methods.

## Keywords

Nuclear power plant; Cold source; Net bag; Online cleaning; Mechanized integrated operation platform

# 核电厂冷源网兜更换、在线清洗机械化一体作业平台的研制

吴侨军<sup>1</sup> 田新华<sup>1</sup> 杨少锋<sup>\*2</sup> 方中权<sup>3</sup>

1. 中广核核电运营有限公司, 中国·广东 深圳 518038

2. 阳江核电有限公司, 中国·广东 阳江 529500

3. 连云港五洲船舶重工有限公司, 中国·江苏 连云港 222228

## 摘 要

针对核电厂冷源取水明渠拦截网兜传统的“网兜拦截+人工海上渔船驳运清理”方式的缺陷,在要求的核电厂冷源取水明渠海况环境条件及对平台功能及性能要求情况下,对该平台的船体进行了设计,同时对平台轮机部分、网兜在线清理和辅助更换装置部分进行了设计,在此基础上建造了平台并进行了试验,达到了技术规范书中对平台运行环境及功能与下哦那个能的要求,通过机械化的方式对核电厂拦截网兜进行在线清洗,能对桩基网兜在平台上进行更换,无须潜水作业,对浮式网兜在潜水作业辅助下实现高效作业,效率比现在运维方式提升30%以上<sup>[1]</sup>。

## 关键词

核电厂; 冷源; 网兜; 在线清洗; 机械化一体作业平台

## 1 引言

核电厂多临海建厂,用海水冷却,取水明渠设拦截网兜防海生物入侵。但网兜易堵塞需维护更换,目前“网兜拦

截+人工渔船驳运清理”方式受天气影响大,海生物爆发期难有效实施,影响核电安全。为解决清理更换需求,需研制网兜在线更换、清洗机械化一体作业平台装置,减少潜水作业,改变低效人工作业。实施该项目,可在平台机械化在线清洗桩基网兜并更换,浮式网兜在潜水辅助下高效作业,效率比现有提升30%以上<sup>[2]</sup>。

## 2 平台功能要求和设计参考标准

### 2.1 基本功能和环境要求

使用环境条件

【作者简介】吴侨军(1983-),男,中国广东茂名,本科,高级工程师,从事核电厂冷源研究。

【通讯作者】杨少锋(1990-),男,中国广西平南人,本科,工程师,从事核电冷源运维管理研究。

平台的结构材料需要具备较高的强度和抗疲劳性能,具有良好的抗腐蚀性,抗海生物附着性能,以减少生物附着对作业平台性能的影响。

平台设计应考虑现场网兜布设情况,工作移动过程中不会对网兜造成损坏。

作业平台具备足够照明条件,夜间也能进行作业。

平台具备电力供应,发电机和柴油机负载能保证足够电力供应平台上设备工作要求。

平台需配置相应救生与消防设备。

平台四周设置围栏、平台表面防滑等,保证作业人员防护安全。

平台及设备应能够适应6级风以下的日常工作条件,且在12级台风环境下保持稳定性和牢固性。

平台上变频器设置防护措施,保证可靠性。

表1

序号	环境内容	环境要求
1	海域类型	核电厂取水口海域海面
2	浪高要求	s;l 米
3	海水流速	0.8 米 / 秒流速以下能安全作业
4	海水温度	- 2° c ~ 40° c
5	海水盐度	15 ~ 40ppt
6	日常工作风力	不低于 6 级风力下安全作业
7	网兜清洗和更换水深	10-12 米
8	工作平台抗风浪能力	满足在 12 级台风,保持稳定性和牢固性

## 2.2 拦截网工作平台要求

### 2.2.1 平台设计

需预留设备安装及网兜清洗空间,合理布局绞车移动装置、网兜起吊 / 卷扬装置、冲洗装置及电源等设备,减少对网兜冲洗、更换作业空间的占用,便于网兜摊开在线清洗<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 网兜在线冲洗

水上部分:将网兜尾部至根部至少 2/3 长度拉至平台,通过高压水流在线冲洗,提升效率。

水下部分:通过平台操控机械杆升降,调整冲洗水角度及摄像头监控,实现水下部分在线冲洗。

### 2.2.3 网兜在线更换

可在平台上完成桩基网兜在线更换,无需潜水员参与,降低作业风险与成本。

## 2.3 平台设计标准

### 2.3.1 本平台的设计和建造参考以下标准执行:

中国工业标准 (GB); 中国造船标准 (CB); 中国造船质量标准 (CSQS); 中国冶金标准 (YB)。

### 2.3.2 建造厂标准

工作平台稳性满足中华人民共和国海事局《沿海小型船舶检验技术规则》(2024) 的要求;工作平台干舷满足中华人民共和国海事局《沿海小型船舶检验技术规则》(2024) 的要求;本平台材料、结构强度及抗疲劳性能均高于《沿

海小型船舶检验技术规则》(2024) 的要求) 的相关要求,并参考《游艇法定检验暂行规定》(2013);平台设计建造过程中既要满足以上标准规范的最新版本,同时借鉴参考《国内航行海船法定检验技术规则》(2020)、《国内航行海船建造规范 (2024)》进行设计。

## 3 平台研制

### 3.1 船体研制

#### 3.1.1 平台结构形式

整个平台为双体结构,每个单体为独立体,之间采用活动连接。甲板为铰链连接,铰链销轴为直径 40 的锻钢件。平台底部及首尾封板采用连接板和螺栓连接,形成一个固定的整体。两个单体骨架形式相同,单体采用横骨架式,利于铰链处加强的设置。肋骨间距 500mm,纵骨间距 1.45mm。平台设有 2 个甲板房,甲板房也采用横骨架式。

#### 3.1.2 系泊设备

工作平台配备了左右片体的尾部及中部各设置两台电动绞盘,每台电动绞盘拉力 30kN,绞盘下方为卷筒,设有刹车装置型号 Type: 20kN 轻型电动绞盘。

#### 3.1.3 推进装置

工作平台无推进装置,移动主要通过锚和绞车执行。

#### 3.1.4 燃油自持力

工作平台内设置两个燃油储存舱,供发电机日常工作使用,左右燃油储存舱容积均为 3.4m<sup>3</sup>,燃油自持力为 15 天。

#### 3.1.5 栏杆布置

甲板四周布置栏杆,栏杆高度 1050mm,栏杆立柱间距不大于 1.5m,每三根立柱至少设置一个斜撑。栏杆横挡间距分别为 230、380、380mm。栏杆设计满足规范要求,甲板左侧栏杆留有缺口,供工作人员上下,此位置布置两道链条。

#### 3.1.6 照明系统

工作平台的照明系统由直流 24V 蓄电池供电,充分满足日常照明及信号灯需求。甲板室和片体舱内均安装有照明灯,确保夜间作业的顺利进行,同时配备有探照灯以增强夜间作业能力。此外,在棚顶中间还设有一盏白环照灯,兼具照明和信号功能,保障平台的夜间可见性。

#### 3.1.7 救生消防设备

救生设备配置:平台配备了两只救生圈,每只附带 18 米长的救生浮索,这些救生圈被固定在不锈钢挂钩上,位于便于迅速使用的栏杆位置,同时不影响日常工作。另外,平台还备有四件救生衣,存放在舱内搁物架的便捷存取位置,确保满足规定对工作人员的救生设备要求。

消防设备配置:平台配备了一个带绳的消防水桶,以及一把消防斧,以备不时之需。为应对火灾,平台配备了五具容量为 5.0kg 的手提式 CO<sub>2</sub> 灭火器,特别放置在距离发电机舱室 1.5 米范围内的位置。此外,还有六具容量为 3.0kg 的干粉灭火器,增强了平台的火灾应急能力。为发出求救信