

# 天津市科学技术进步奖提名公示

(2024年度)

## 一、项目基本情况

提名等级：二等奖

类别：开发类

成果登记号：

项目名称	中文	智能决策驱动的煤炭港口柔性生产技术研究与应用		
	英文	Research and Application of Flexible Production Technology in Coal Ports Driven by Intelligent Decision-making		
主要完成人 (按贡献排序)	李长安、李湛、乔晓澍、杨义鹏、刘军、宋郁珉、秦保新			
主要完成单位 (按贡献排序) (盖章)	国能(天津)港务有限责任公司、国能经济技术研究院有限责任公司、哈尔滨工业大学			
提名者	天津市滨海新区人民政府			
主题词	柔性生产、智能管控、智能装船			
学科分组	223 交通运输	学科名称及代码	580.58040 交通运输工程.水路运输	
相关学科	223 交通运输	学科名称及代码	580.58040 交通运输工程.水路运输	
所涉重点领域	其他			
所属学科 技术领域	水路运输	所属国民经济行业	G. 交通运输、仓储和邮政业	
任务来源:	(1) 国家能源集团科技创新项目 (2) 国能(天津)港务有限责任公司科技创新项目			
起止时间	2017-01至2023-05		外籍完成人	无

## 项目说明

天津港是我国西煤东运、北煤南运的重要黄金出海口。依托国家能源集团“煤电化路港航”一体化运营优势，国能(天津)港务有限责任公司散货港口承担了国家能源集团约20%的煤炭下水任务，每年约4500万吨煤炭从天津港下水输出，占天津港煤炭下水总量的70%。

排产问题是煤炭码头港口生产过程中的重要环节，涉及港口从堆场、取料机、输送机一直到装船机、船舱等存在冲突和依赖关系的大量设备，具有决策点众多、排产考虑因素复杂、突发事件频发等特点，应用传统启发式算法或遗传算法等智能优化方法存在诸多困难和局限。近年来得到快速发展的深度强化学习等前沿人工智能方法，在解决无模型的复杂决策问题上体现出了明显优势和良好效果。

专业化煤炭下水港的生产工艺可以划分为翻、堆、取、装四个环节。随着自动化控制技术的不断提升，翻、堆、取环节陆续实现了单机智能化，但装船环节因涉及船岸实时互动安全问题而未能完全实现智能化。各个环节之间的皮带机水平运输因流程多样且调整复杂而未能完全实现智能化，制约了散货港口生产安全和作业效率的进一步提升。

目前来看流程控制还存在以下痛点：流程切换需全停全启，效率提升还有潜力可挖。专业化煤炭下水港的流程十分多样且仅在关键点位监控料流。传统的流程控制方式是固化每一种流程，方便实现流程自动化，但导致流程之间的切换需全停全起。而流程之间共用的部分皮带的一停一起并无必要，导致装船机移仓、堆料机换堆、某段皮带故障、配煤中的多个流程之间不同步等情形存在较大空载时间和能源浪费。亟须打破固有流程组织模式并实时掌握料流动向，建立柔性流程组织模式和自动切换控制能力。

而装船作业还存在以下痛点：船机避碰靠人，船舶偏载检查停机。船机避碰的关键在于保持距离，但人总会有疲劳和疏忽的可能，依靠人无法杜绝船机碰撞风险。理论上可以借鉴陆上日益成熟的测距技术及传感器，实现基于机器决策的绝对避碰。另外，传统的船舶偏载检查靠人工水尺，密集检查则耗时耗力不经济，前中后三轮检查只能挽回轻微的偏载，导致装船作业中安全与效率无法兼顾。关键是建立船、机实时位置与姿态的高精度感知能力，并形成基于此的智能避碰控制和高效装船模式。

基于上述背景，国能(天津)港务聚焦排产优化、流程控制、装船工艺等环节开展核心技术攻关，建成了全流程数字孪生智慧绿色散料港口，绿色低碳化、单体自动化、协同智能化决策智慧化水平显著提升。

### 成果的创造性、先进性

1. 创新点1：基于深度强化学习和运行甘特图的柔性生产管控技术
2. 创新点2：基于皮带流程数字孪生的高分辨率料流追踪与实时重载切换控制技术
3. 创新点3：基于多源数据融合的船岸数字孪生与智能装船作业技术

## 主要技术文件目录及来源

### 技术文件一：

“煤炭港口全流程智能管控关键技术研究及应用”研究报告——项目组

### 技术文件二：

“煤炭港口全流程智能管控关键技术研究及应用”查新报告——教育部科技查新工作站（L39）

### 技术文件三：

应用证明1——宁波智能装备研究院有限公司

应用证明2——中交一航局安装工程有限公司机电设计咨询分公司

应用证明3——滨沅国科(秦皇岛)智能科技股份有限公司

### 技术文件四：

专利证书——国家知识产权局

1. 发明专利：“皮带料流追踪方法、装置和计算机设备”（ZL202210283646.X）
2. 发明专利：“一种船舶的水尺测量方法、系统、装置及计算机设备”（ZL202110704263.0）
3. 发明专利：“一种单激光雷达散货货船舱口位置识别方法”（ZL202011434857.6）
4. 发明专利：“取料系统配煤的控制方法”（ZL201710086621.X）
5. 发明专利：“皮带机控制系统及控制方法”（ZL201810142020.0）
6. 发明专利：“一种多层三维点云单层化的方法”（ZL201710368940.X）
7. 发明专利：“基于一致点漂移算法的三维非刚体点云配准方法”（ZL201710369635.2）
8. 发明专利：“一种小曲率不规则点云曲面的拟合方法”（ZL201910590279.6）
9. 发明专利：“基于深度强化学习的多智能体攻防决策方法”（ZL202211398653.0）

### 技术文件五：

#### 论文

1. Qiao X, Gao S, Cao W, Wang C, Liu J, Zhou K. A point cloud segmentation and material statistic algorithm for train carriage, Measurement and Control. 2023; \$6(3.4): 537-545. doi:10.1177/00202940221092043 (中科院SCI四区, IF=2.1)
2. Miao Y, Li C, Li Z, et al. A novel algorithm of ship structure modelling and target identification based on point cloud for automation in bulk cargo terminals[J]. Measurement and Control, 2021. 54(3-4):155-163. (中科院SCI四区, IF=2.1)
3. Li, C.; Wu, S.; Li, Z; Zhang, Y; Zhang, ..; Gomes, L. Intelligent Scheduling Method for Bulk Cargo Terminal Loading Process Based on Deep Reinforcement Learning[J]. Electronics 2022, 11.1390. (中科院SCI四区, IF=2.9)
4. Xue S, Yang X, Li Z, et al. An Approach to Fault Detection for Multirate Sampled-Data Systems With Frequency Specifications[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2017. DOI:10.1109/TSMC.2016.2645797. (中科院SCI一区, IF=8.7)
5. Li Z, Teng Jun, Qiu Jianbin, et al. Filtering Design for Multirate Sampled-Data Systems[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2018, PP:1-9 (中科院SCI一区, IF=8.7)
6. Yang Y, Li Z, Yu X, Li Z, Gao H, A trajectory planning method for robot scanning system using mask R-CNN for scanning objects with unknown model, Neurocomputing, Volume 404, 2020, Pages 329-339 (中科院SCI二区, IF=5.5)
7. Yang Y, Li Z, Li Z, Yang L, and Yan Y, "An Automatic Laser Scanning System for Objects with Unknown Model," 2019 IEEE Smart World, Leicester, UK, 2019, pp. 82-87(EI)

8. Li Y, Li Z, Yang Y, Zhao L, Yang L. A fast recognition algorithm of ship hatch in bulk cargo terminal based on point cloud contour extraction. Measurement and Control. 2023;56(1-2):228-236 (中科院SCI四区, IF-2.1)
9. 李长安, 杨义鹏, 李湛, 等. 基于5G通讯的多传感器数据融合与煤炭货船舱口识别与感知[J]. 指挥与控制学报, 2023, 9(05):612-617. (科技核心期刊)
10. 宋郁珉, 孙浩, 李湛, 等. 基于非完整点云法线滤波补偿的散货船舶舱口识别算法[J]. 计算机应用, 2024, 44(1):324-330. (中文核心期刊)
11. 秦保新, 张羽霄, 吴思锐, 等. 基于改进D3QN的煤炭码头卸车排产智能优化方法[J]. 系统仿真学报, 2024, 36(3):770-781 (中文核心期刊)

#### 技术文件六:

标准

1. 国家标准:《资产管理 管理体系 GB/T33173 应用指南》(GBT 3317-2022)

#### 技术文件七:

经济社会效益报告——国能(天津)港务有限责任公司

#### 技术文件八:

企业名称变更登记

2023年度天津市科学技术奖