

灰鹤智演——工业AI仿真决策智能平台

GreyCrane Simulation Intelligence

让工业AI先推演未来，再做决策

NUS / C4NGP 技术孵化 | 港口首发 | 面向复杂工业系统



汇报提纲

1 创始团队

2 市场洞察

3 产品方案

4 核心技术

5 发展规划



01

创始团队

创始团队：来自新国立下一代港口建模与仿真卓越中心(C4NGP)



2013年

团队参与MPA主办
下一代集装箱港口
挑战赛，获一等奖、
一百万美金奖金



2017年起

进行大士港设计
仿真效率研究，开
发面向复杂系统的
离散事件仿真内核



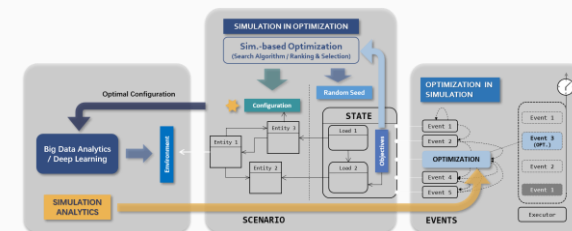
2018年

C4NGP成立
第一期五年研究
资金近一亿元



2022年起

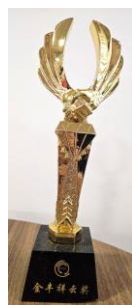
承担冬季仿真
大会仿真挑战
赛组织工作



2023年

C4NGP获
第二期五年研究
资金近六千万元

行业认可
(部分)



团队负责人：长期深耕港口仿真、数字孪生与智能决策



2025·天津航运展|新加坡国立大学李浩斌：拥抱系统与全局思维，共塑数字赋能港口未来



李浩斌 博士

- 新加坡国立大学工业系统工程与管理系高级讲师、外联助理主管
- 下一代港口建模与仿真卓越中心（C4NGP）联合主任
- 新加坡国立大学海事研究中心研究方向负责人
- 新加坡国立大学海事技术与管理硕士项目主任
- 中国系统工程学会港航经济系统工程专业委员会海外委员
- 国际仿真领域期刊 Journal of Simulation 副主编
- INFORMS 模拟仿真分会理事
- 面向对象离散事件仿真框架 O2DES 自主研发者
- 长期聚焦大型港口与物流系统的规划、资源配置和运营优化，推动仿真优化与数字孪生技术应用于真实港航、供应链及仓储场景。

团队核心成员：覆盖项目管理、运筹优化、仿真建模与软件工程



褚鑫 博士 | 项目管理与运筹优化

新加坡国立大学博士后研究员

- 负责项目管理及运筹优化团队工作
- 覆盖运筹优化、数学建模、数据分析、AI及算法开发
- 具备从问题定义、模型构建到算法实现和项目落地的综合能力



邵长颖 硕士 | 仿真建模与软件工程

毕业于约翰霍普金斯大学

- 负责仿真建模、数字孪生模型开发与优化和科研项目管理
- 聚焦复杂工业系统，如港口及集装箱码头的运营分析
- 参与仿真建模工具及平台开发改进

项目经验：十余年积累，从港口仿真走向工业AI

产业项目经验(部分)

港口与海事

1. 服务**新加坡大士港、裕廊港**覆盖
 - 规划级吞吐量总体评估
 - 操作级运营策略验证
 - 堆场与水平交通仿真
 - 海上避碰辅助决策系统
2. 研究开发**瑞典Kvarken港**自主数字孪生
3. 全球航运网络与区域港间运输
4. 设备层面-起升系统电机与减速器预测性维护

大型港口全链条

物流与仓储

1. 为 **PSA 大士港仓储中心**建设数字孪生系统，支撑仓储仿真、资源配置、瓶颈识别与优化策略验证
2. 为新加坡**职工总会**开发仓库数字孪生系统以提高生产力和运营效率
3. 为新加坡**新翔集团**提供航空货运站的数字孪生系统，针对现有业务流程提出改进建议并开展事件管理的情景分析

复杂物流系统数字化

制造与供应链

1. 与新加坡**先进再制造技术中心**开展面向制造与供应链系统的动态网络配置与仿真研究
2. 与**华为**开展面向智能仓储与供应链运营的多保真仿真与优化研究
3. 为**美光**设计并评估新仓库方案，分析制造物流场景下的运营需求、存储能力与资源配置

制造供应链仿真优化

中国、多方合作与行业网络

1. 与**交通运输部水运科学研究院**合作开发智慧绿色韧性港口指数系统，连接中国、新加坡及欧洲产学研合作资源
2. 与**新加坡海事及港务管理局、游轮中心**合作评估区域渡轮码头容量
3. 与**南京联云智能系统有限公司**合作开发智能锚地泊位分配算法
4. 长期与中国高校、科研机构、政府部门及港航企业保持合作

广泛产学研合作网络



02

市场洞察

市场窗口：港航数字化正在走向智能决策

中国港口已具备数据基础，下一阶段价值在预测、推演与优化

183 亿吨

2025年中国港口货物吞吐量

3.54 亿TEU

2025年中国港口集装箱吞吐量

3,061 个

中国万吨级及以上泊位

60 个

中国已投运自动化码头

157.6 亿元

2025年物流信息软件市场

数字化：TOS/WMS/MES

智能化：预测/识别/监控

决策智能：推演/优化/自主

数字孪生和工业软件正在从“可视化大屏”升级为“可推演、可优化、可决策”的智能系统。

核心痛点：工业决策最大的难题不是缺数据，而是不能试错

复杂工业决策需要回答“如果这样做，会发生什么？”

数据驱动 AI 已经擅长

- 识别异常
- 预测趋势
- 生成文本/代码
- 知识问答
- 监控告警



真正的运营决策必须回答

- 改变资源配置后，系统会怎样演化？
- 多个方案哪个 KPI 更优？
- 历史从未发生过的扰动如何验证？
- 为什么推荐这个方案？
- 算法上线前能否安全测试？

下一代工业 AI 的竞争，不只是让 AI 理解数据，更是让 AI 理解系统如何运行。



03

产品方案

解决方案：让 AI 先“推演”再“决策”

核心主张——把复杂工业系统放进可计算、可演化的数字世界

现实的工业系统不是静态数据表，而是由设备、人员、流程、资源和规则共同演化的复杂系统。



不是让 AI 凭历史数据“猜答案”，而是在数字工业世界中把答案“推演出来”。

产品能力：覆盖规划、预测与决策

三类“智演”能力，把抽象技术转化为客户可购买的产品模块

01

规划智演

回答“建什么、投多少、怎么布局”

- 用于布局评估、设备配置、产能测算、投资方案比选。

02

预测智演

回答“接下来会发生什么”

- 用于未来状态推演、瓶颈预警、KPI预测与风险识别。

03

决策智演

回答“现在应该怎么做”

- 用于多方案生成、比较、优化和推荐；高级阶段可作为AI算法上线前的仿真验证沙盒。

从“建什么”到“会怎样”再到“怎么做”，形成贯穿规划、预测与决策的智演能力闭环。

首发市场：港口是复杂工业决策智能的最佳验证场景

平台具备跨行业潜力，但商业化必须先优势最强的场景打穿

复杂度高

船舶、岸桥、场桥、车辆、堆场、闸口和多码头协同高度耦合

决策价值高

规划建设、设备投资、资源调度和效率提升直接影响成本与收入

试错成本高

港口运营不能随意中断，算法和方案上线前必须经过验证

数据基础好

TOS、AIS、设备系统和运营系统沉淀大量结构化数据

团队优势强

长期深耕港口与物流仿真，拥有真实项目和合作网络

港口是验证工业决策智能的高复杂度场景，一旦打穿，可向仓储、制造、交通和能源复制。

标杆项目：苏州港鑫海散杂货码头

已与苏州港达成首个标杆合作，拟围绕太仓鑫海码头开展场景验证

场景痛点

- 散货与件杂货并存；卸船机、门机、皮带、堆场多环节耦合
- 新建/改扩建方案评估
- 多码头货量分配与协同运营
- 未来货量变化下的能力与资源需求预测

拟提供能力

- P0 数据与仿真模型底座
P0 现状诊断和瓶颈识别
- P1 船舶-泊位-设备-堆场 协同计划
P1 堆场时空分配与直取策略
- P2 改造情景实验与资源配置评估
P2 多码头协同优化与能力测算

验证目标

- 验证模型校准能力：
历史回放+人工计划
- 验证规划与协同优化价值：
算法方案对比
- 沉淀港口规划与多码头协同标准
模块
- 形成江苏及全国复制样板

真实数据接入

模型校准

标杆验证

标准模块沉淀

江苏/全国复制

以鑫海完成从技术验证到产品验证的关键跨越，形成可复制的散杂货码头标准解决方案。

产品架构：位于TOS/WMS之上的决策智能层

灰鹤智演不替代生产系统，而是帮助生产系统“预演未来”

AI 决策层

情景生成 / 决策建议 / 智能体交互

仿真优化层

离散事件仿真 / 仿真优化 / 运筹学算法

工业世界模型层

实体 / 事件 / 活动 / 资源 / 队列 / 约束 / 关键绩效指标

数据连接层

码头操作系统 (TOS) / 仓库管理系统 (WMS) / 企业资源计划系统 (ERP) / 物联网系统 (IoT)

TOS/WMS负责组织和执行生产，灰鹤智演负责理解、预测、推演、比较和辅助决策。



04 核心技术

核心技术：大事件模型 + 灰盒建模 + 智演决策引擎

技术创新不是单点 AI，而是构建可解释的工业决策闭环

大事件模型

Large Event Model, LEM

区别于大语言模型的工业机理 AI

利用灰盒建模方法构建可计算、可运行、可随时间持续演化的大规模工业事件体系，使AI能够理解工业系统的运行逻辑，并进一步开展未来情景推演与决策分析。

灰盒建模方法

Grey-box modelling

白盒工业机理 + 黑盒局部数据驱动

机理明确的业务流程、资源约束和状态转换采用白盒模型进行显式建模；复杂局部关系采用监督学习等数据驱动的黑盒模型进行补充与增强。

智演决策引擎

Sim. Intelligence Engine

仿真驱动的智能决策闭环

基于大事件模型进行高速仿真推演，通过“情景生成—仿真演算—方案比对—搜索优化—辅助决策”形成面向复杂工业系统的智能决策闭环。

大事件模型 理解工业世界，灰盒建模 模拟工业世界，智演决策引擎 优化工业世界。

核心壁垒：不是单一算法，而是工业决策智能的复合护城河

技术壁垒 | 可解释、可推演

- 自主开发的港口模型通用化表达PortML, 仿真内核O2DES, SINGAPort Studio 和四维数字孪生框架
- 跨设备、跨流程、跨空间、跨时间的大事件模型LEM
- 仿真优化与 AI 决策引擎
- 支持复杂系统的可解释推演与多方案搜索

行业壁垒 | 懂港口、懂流程

- 长期服务大型港口、仓储、制造与供应链项目
- 沉淀港口设备、作业流程、KPI体系、资源约束与调度规则
- 不只是通用AI，而是面向工业系统运行机理建模

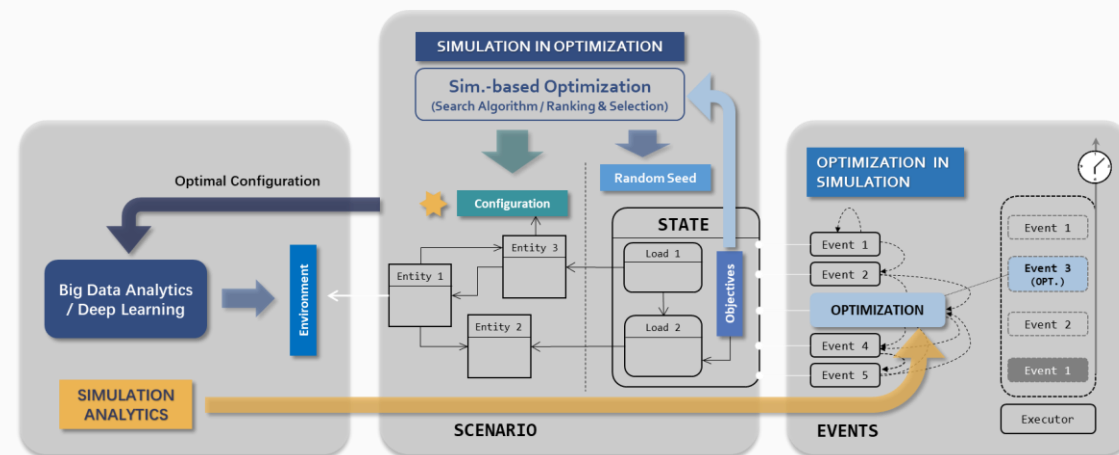
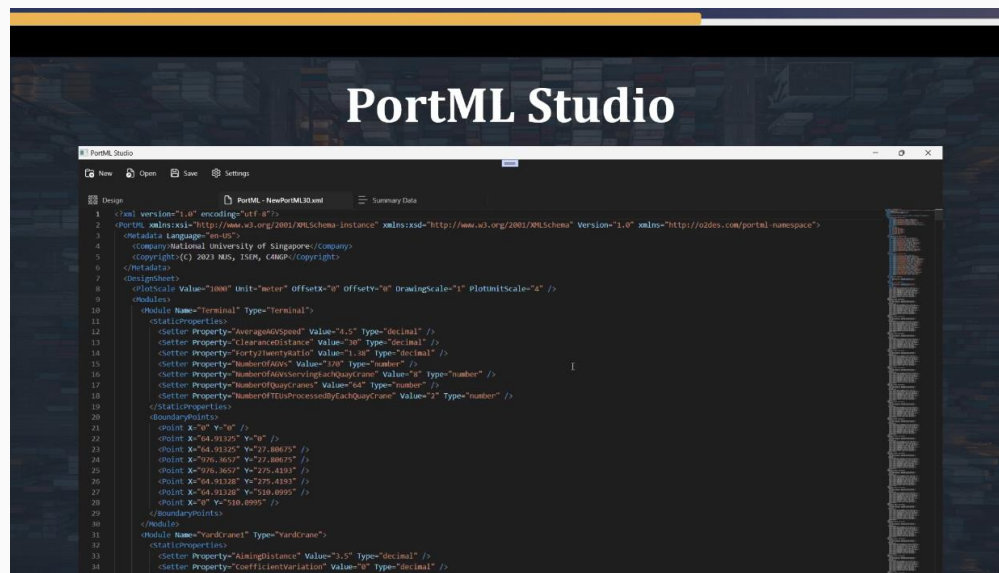
产品化交付壁垒 | 可配置、可复制

- 标准模块库、行业大事件模型库、PortML建模语言
- 标准数据模型与TOS/WMS适配框架
- 以配置化交付替代重复定制，支撑港口集团多场景复制

技术底座保证能推演，行业Know-how保证推演可信，产品化模块保证可复制交付。

当前成熟度：已进入中试和产品化阶段

已形成可运行技术底座，但仍需通过标杆项目完成工程化验证



TRL 6

原型已在相关应用环境验证

原型系统

可执行软件与演示原型

PortML

标准化建模语言

O2DES

仿真优化引擎

下一阶段目标：把项目型工具沉淀为可配置、可部署、可复制的灰鹤智演1.0。

产业验证：底层技术已在真实复杂工业系统中应用

技术能力已被大型产业客户和科研合作项目验证



港口场景

大士超级港、裕廊港、夸肯港、厦门港：
港区规划、能力评估、堆场规划、自动
导引车（AGV）调度及多码头协同。



物流/仓储

PSA 供应链枢纽：
仓储数字孪生、资源配置、瓶颈识别与
运营优化



制造/供应链

ARTC、华为、美光等合作：
动态网络配置、多保真仿真和复杂系统
优化。

相关能力已在大型产业合作项目中验证，为GreyCrane产品化提供技术与场景基础。



05 发展规划

商业模式：从项目实施收入走向软件授权和持续服务

项目实施 → 软件授权 → 功能模块 → 年度服务 → 集团级平台

收入类型	内容	阶段
项目实施费	数据接入、模型建设、场景配置、校准验证	初期
软件 License	GreyCrane Platform 私有化部署或企业授权	初期-中期
功能模块费	规划、堆场、设备、扰动、AI 验证等模组	中期
年度服务费	模型维护、算法升级、情景库更新、技术支持	中长期
集团级授权	港口集团多码头、多场景统一部署	长期

早期以项目实施和私有化部署切入，中长期通过模块授权、年度服务和集团部署提高持续收入。

规模复制：以标准模块支撑配置化交付

用标准模块吸收共性，用少量配置处理差异

80%标准化通用部分 | 可复用能力

- 仿真引擎 + 设备库
- 流程/活动库 + KPI库
- 优化算法 + AI决策引擎
- 标准数据模型 + API适配框架
- 行业大事件模型库

20%客户配置部分 | 少量适配

- 港口布局与货量结构
- 设备配置与作业规则
- 客户KPI权重与管理目标
- 本地系统接口差异
- 数据质量与校准参数

用标准模块吸收共性，用配置化处理差异，把一次性项目沉淀为可复制产品。

从标杆码头切入，通过“单点验证—集团复制—生态扩展—跨行业复制”实现规模化增长

阶段	① 标杆切入	② 集团复制	③ 港航生态扩展	④ 跨行业复制
核心目标	证明客户愿意用，技术能创造价值	证明产品可以复制	扩大客户获取渠道与产品边界	验证底层平台的跨行业能力
首要场景	苏州港太仓鑫海散杂货码头	苏州港集团旗下不同码头/货种	长江沿线及国内外港口	仓储、物流、制造、交通等
进入方式	围绕一个高价值决策问题开展标杆项目	复用模型底座、接口和行业模块	与港口集团、设计院、高校、TOS/自动化厂商合作	“通用平台+行业模型+企业配置”
产品演进	规划智演 / 生产计划 / 能力评估中选择首个场景	增加堆场、协同计划、预测、扰动等模块	从单码头走向多码头、集团级决策	复制大事件模型与智演决策框架
商业结果	形成首个可量化案例	降低新增客户交付成本	提升销售覆盖和客单价值	打开更大工业AI市场

每个标杆项目都在沉淀行业模型库、场景库和决策数据资产，持续降低复制交付成本。

三年完成中试产品化、港口复制和跨行业扩张

Year 1: 中试与产品化

- 完成标杆项目
- 发布灰鹤智演1.0
- 建立本地交付与客户支持能力

Year 2: 港口规模复制

- 服务江苏多个港口客户
- 建立TOS/WMS标准接口
- 完成集团级多港部署样板

Year 3: 跨区域、跨行业

- 拓展全国及国际港口客户
- 进入仓储物流与制造场景
- 建立行业大事件模型库

融资/政策支持主要用于

产品研发

仿真引擎、AI决策引擎、
行业大事件模型库

工程化

API、数据接口、私有化
部署、数据安全

中试验证

中国首批港口标杆项目、
模型校准、场景验证

团队建设

研发、交付、BD、客户成功



不是让 AI 猜答案，
而是把答案推演出来。

GreyCrane Simulation Intelligence

Building the Decision Intelligence Layer for Complex Industrial Systems

THANK YOU