

第十九届“挑战杯”全国大学生课
外学术科技作品竞赛

项目
策
划
书

项目名称：	基于讯飞星火大模型的深远海船舶作业智能体
负 责 人：	施诚
指导教师：	莫益军
项目类别：	人工智能+应用赛

目 录

1 项目概述	1
1.1 项目名称	1
1.2 项目类型	1
1.3 核心问题	1
1.4 设计思路	1
1.5 创新点	2
1.6 摘要	2
2 背景分析	3
2.1 项目背景	3
2.2 痛点分析	4
2.3 讯飞星火大模型介绍	8
3 技术路线	10
3.1 系统架构	10
3.2 关键技术	12
4 应用场景	22
4.1 目标领域	22
4.2 典型应用场景	22
5 团队与资源保障	23
5.1 团队分工	23
5.2 导师支持	23
5.3 资源保障	23
6 成果与预期影响	24
附录 A 数据说明	26
数据含义	26
数据要求	27

1 项目概述

1.1 项目名称

基于讯飞星火大模型的深远海船舶作业智能体

1.2 项目类型

应用赛

1.3 核心问题

传统方案主要依赖通用大模型直接应用或基于预定义规则和脚本的专家系统，存在以下几大痛点：

- 1) 设备数据异构，整合难度大：深远海船舶的数据采集自甲板机械设备、推进系统的多个设备，每类设备的数据采集协议、采样频率、存储格式各不相同，难以整合；
- 2) 任务流程复杂，单智能体应对难：以深远海船舶作业状态分析为例，该任务需要拆分为查询船舶状态、统计各类设备数据、判定船舶状态等多个串行子任务，传统单智能体在处理复杂任务时存在长链推理记忆衰退、误差累积、方向发散等问题；
- 3) 专家经验稀缺，依赖程度高：领域知识，如“A 架摆回到位的时间一般以 A 架摆回后电压值回落到 0 为判定标准”多为未文档化的隐性经验，难以预先被模型学习。缺乏垂直领域知识会导致模型推理的幻觉问题，静态知识库的构建高度依赖人工经验；
- 4) 复杂逻辑僵化，难以泛化：预定义规则无法适应任务变体，如“统计故障期间能耗”这一任务，对于不同的设备故障，需重构代码，难以泛化到新的场景。

1.4 设计思路

针对深远海船舶作业场景中的几大痛点，本项目采用以下设计思路：

- 1) 原子化工具封装：采用标准化工具池，内含具有数据清洗、状态标注、多源关联等功能的函数工具，支持函数组合调用；
- 2) 多角色智能体协同，实现分工合作：设计 **Planner**、**Actor**、**Critic** 三类智能体形成分工协同框架，分别负责任务拆解、工具调用和评估标准；
- 3) 自动提取经验知识，减少人工依赖：从历史交互轨迹中总结经验，形成可迭代的经验池用于指导新的交互；
- 4) 层次化任务分解，动态规划路径：将复杂任务转化为原子级操作，再通过分支细化、语义更新等策略解决长链推理中的记忆衰退问题。

1.5 创新点

本项目主要有以下创新点：

- 1) 多角色智能体协同架构：建立 **Planner-Actor-Critic** 三元框架，通过角色专属提示词实现任务拆解、工具调用、质量审查的流程解耦；
- 2) 层次分解树驱动的动态路径规划：将复杂任务转化为树形原子操作集，通过分支细化、模糊语义更新实现抗误差传播的弹性工作流；
- 3) 经验自动提取-验证-复用机制：从交互轨迹自动归纳三类经验知识，经人工验证后沉淀为可迭代经验池；
- 4) 智能交互式决策支持系统：开发低延时前端，融合 **Tailwind CSS** 响应式设计 with 模块化 **API** 通信，实现船舶状态的实时查询-分析-预警闭环。

1.6 摘要

本项目聚焦深海远航船舶作业场景，基于科大讯飞星火大模型构建多角色智能体协同系统，通过层次化任务分解与动态路径规划，实现船舶设备数据的实时整合、状态分析与异常预警。系统可高效处理甲板机械、推进系统等异构数据，完成能耗计算、发电效率评估等核心任务，助力船舶精准掌握运行状态。项目紧密结合海洋强国战略，以智能化技术提升深海作业安全性与效率，为我国深海资源开发、远洋航运及科考任务提供关键支撑，推动海洋装备智能化升级。

2 背景分析

2.1 项目背景

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视海洋强国建设。海洋经济已经成为沿海国家和地区经济增长最具活力和前景的领域之一，发展海洋经济对于推动经济持续健康发展意义重大。要必须瞄准构建现代海洋产业体系，优化配置陆海资源要素，提高海洋资源开发能力，不断塑造海洋经济竞争新优势，不断推动海洋经济高质量发展。

深远海作业涵盖了科研、能源、国防和商业等多个方向，如深海油气勘探与开采、远洋海军、极地科考等等，在航海业发展中有举足轻重的作用。人工智能技术的推广也为深远海作业注入了新的动力，推动深远海作业向更加智能、安全、高效的方向迈进。本项目涉及的深远海船舶作业智能体，就在辅助工作人员对船只状态进行分析方面发挥了巨大作用。

在船舶运行状态查询和任务执行流程中，常见做法是基于专用规则引擎或专家系统进行分析决策。比如瓦锡兰推出的 Expert Insight 服务就属于典型的专家诊断系统：它利用船舶实时运行数据和人工智能算法，对发动机状态进行监测与故障预判，实现预测性维护。此类专家系统具有领域知识丰富、执行效率高等优势，但传统规则系统需为每类设备定制解析脚本，协议差异导致开发周期长达数月，且预定义规则无法适应任务变体，即使是相似的任务也需重构代码，难以泛化到新的场景，存在异构数据整合低效、复杂逻辑僵化的问题。

此外，近年来大语言模型和自动化智能体开始尝试应用于船舶领域，直接调用 GPT-4、文心一言等通用大模型处理自然语言指令，依赖模型的端到端推理能力。大模型能够灵活地回答自然语言查询、辅助路径规划或能耗优化等任务，但目前仍难以保证推理过程的可靠性和逻辑性。研究指出，尽管 AI 大模型具有处理复杂任务的潜力，其结果可信度和数理逻辑推理能力依然不足，长链任务中易出现记忆衰退、误差累积和方向发散的问题。除此之外，通用大模型在领域知识方面融合不足，缺乏船舶专业认知，如“A 架摆回到位 = 电压归零”，且静态知识库更新依赖人工，难以捕获动态经验。因此，当前深海船舶领域对 LLM 的应用主要处于探索阶段，实际系统仍以专用算法和规则引擎为主。

在实际应用中，专家系统和传统单模型在实践中往往互为补充，但均难以满

足复杂海况下的安全作业需求。在这样的背景下，基于科大讯飞星火大模型构建的深远海船舶作用智能体协同系统应运而生。

2.2 痛点分析

2.2.1 设备数据异构，整合难度大

深远海船舶的数据采集自多个设备，每个设备又包含多项数据，例如绞车数据就包含了绞车 A/B 放缆长度、绞车 A/B 放缆速度、绞车 A/B 张力等多项数据，如图所示。



图 2-1 船舶数据图

每类设备的数据采集协议、采样频率、存储格式各不相同。例如，绞车变频器的 Ua 电压实际值应为数值的 1/10，而绞车变频器的频率实际值应为数值的 1/100；又如，部分设备采用 Modbus RTU 协议，而其他设备可能使用 CAN 总线或定制化的串口通信协议，不同设备的采样频率不同。因而，在处理数据时，需要针对不同数据采用不同的预处理方式，在整合数据时，也要做好不同设备数据之间的匹配，如采样频率不同的设备数据的时间匹配，数据分析的复杂性使其成为了深远海船舶作业智能体设计的一大难点。

在深远海船舶作业场景中，设计能够整合异构数据的大模型具有重要的战略价值和实践意义。这种模型能够打破传统数据孤岛，将分散在不同设备、不同协议、不同频率的海量数据转化为统一的智能分析资源，为船舶作业提供全方位的决策支持。更重要的是，这种大模型形成了可迁移的数据处理范式，当新增设备或升级传感器时，只需少量样本就能适应新的数据特征，显著提升了系统的扩展性和适应性。

2.2.2 任务流程复杂，单智能体应对难

作业场景中存在多种类型的任务及变体，例如查询数据、统计指标、判定异常，这些任务的流程通常比较复杂，无法通过单步操作直接完成，而需要多步骤串联执行。

如图所示，查询设备状态需要数十个步骤才能完成任务目标。

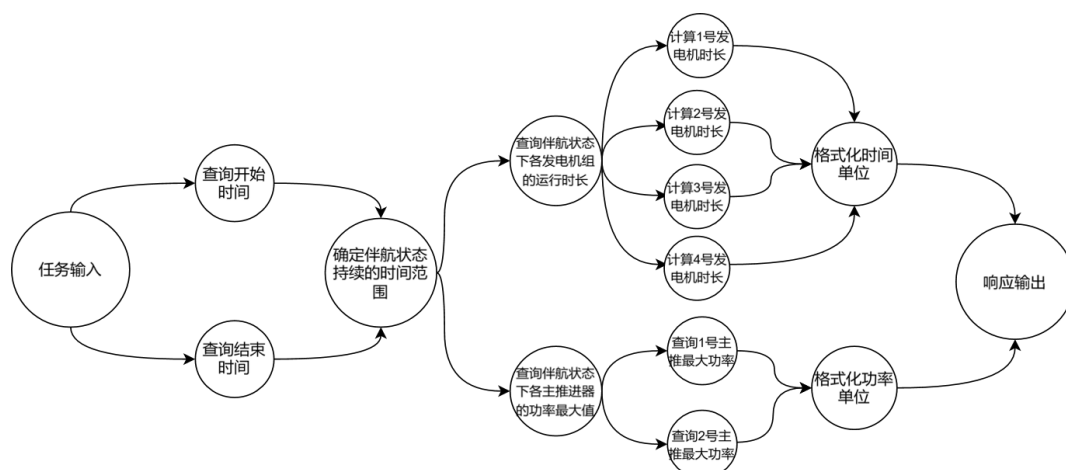


图 2-2 复杂任务流程图

不同的步骤之间存在依赖关系，如图 2-3 所示，传统单智能体系统采用链式迭代求解方案，面对复杂任务流程常存在以下三类问题：

- 1) 记忆衰退：传统单智能体方案在长链推理中存在上下文遗忘问题，导致逻辑错乱或冗余重复，例如，在查询 2024 年 8 月 23 日征服者第一次出水的时间任务中，传统单智能体系统反复确定征服者出水后十分钟的时间范围；
- 2) 误差累积：在长链任务中，早期的微小错误会在后续推理步骤中放大其影响，例如在查询深海作业时间范围中，理论值和实际值的计算误差都会累积到最终的发电效率中；
- 3) 方向发散：复杂问题需要从全局视角进行任务分解与路径规划，传统单智能体系统仅考虑局部信息，难以收敛求解方向，任务的前后依赖关系可能会被忽略。



图 2-3 单智能体任务问题

解决这一问题具有显著的应用价值和实践意义。在深远海船舶作业场景中，复杂任务往往涉及多步骤串联执行和动态决策，传统单智能体系统难以保证任务执行的效率和可靠性，通过优化，系统能够将原本需要人工分解的复杂流程自动化处理，提高任务响应速度。这不仅大幅降低了操作人员的技术门槛，使普通船员也能完成专家级分析，作业质量也能够得到实质性改善，为安全决策提供可靠保障。除此之外，解决这一问题能够使系统灵活应对各类组合型任务，为后续功能扩展奠定了坚实基础，提高技术延展性。

2.2.3 专家经验稀缺，依赖程度高

通用大模型在垂直领域存在专业知识覆盖不足和任务边界模糊的问题，通用大模型缺乏对深远海船舶领域的专业知识储备，无法准确理解领域术语，容易产生理解偏差或“幻觉”。同时，在深远海作业场景中，任务往往缺乏明确边界，包含大量专业术语，系统难以准确识别任务意图。

为了解决这一问题，可以引入领域知识库，明确任务边界，提供上下文支撑与推理依据。但是，深远海船舶作业涉及的大量专业知识和经验规则，往往分散在少数资深专家手中，难以系统化传承。典型的作业场景需要综合行为指导、世界建模、错误反思等多维度专业经验，例如判断“A 架摆回到位”需要以电压值回落到 0 为判定标准，而“动力定位阶段”的识别则依赖于 ON DP 和 OFF DP 动作的精确判断。

这些经验规则不仅数量庞大，而且存在大量非结构化特征，传统知识工程方法难以有效捕获和表达。要采用人工提取成本高，效率低，依赖专家手动建模经验规则，过程繁琐、时间长，难以跟上任务类型和环境的快速变化。现有规则或

知识库往往是离线构建，更新缓慢，经验提取后，迁移性差，难以泛化，且手动构建的经验规则往往仅适用于特定场景，对设备变化或任务变体缺乏通用适应能力。

设计能够自动提取专家经验的系统对于深远海船舶作业领域具有深远意义，其核心价值在于破解传统知识传承的瓶颈，实现专业知识的数字化沉淀与动态进化。这类系统通过智能化的方式捕获专家在复杂作业场景中的隐性知识，将原本存在于个体经验中的判断标准、操作规则和故障处理方法转化为可计算、可共享的数字资产，有效缓解了领域内“专家退休即知识流失”的困境。系统能够形成持续更新的知识库，这种能力使得专业知识不再局限于少数资深人员的头脑中，而是成为组织层面的可持续资源，既降低了新手的操作门槛，又提升了整体作业的安全性和规范性。

除此之外，自动经验提取系统能够提升了知识转化的效率与精度，它能够处理传统人工方法难以应对的海量非结构化数据，识别出专家自身可能都未明确意识到的经验模式。这种数据驱动的知识发现过程不仅大幅降低了知识获取成本，更重要的是形成了具有自适应能力的知识体系，当船舶设备升级或作业环境变化时，系统能够通过持续学习调整经验模型，保持专业知识的时效性和适用性。

2.2.4 复杂逻辑僵化，难以泛化

在深远海船舶作业实践中，预定义的规则体系往往难以应对复杂任务的多样化变体。

以典型的“统计故障期间能耗”任务为例，当面对不同类型的设备故障时，传统系统需要针对每种故障场景重新编写特定的能耗统计算法——若发电机出现轴承过热故障，需要统计从温度异常到停机期间的能耗；而若是绞车发生缆绳张力异常，则需计算从首次超限到恢复正常工作区间内的能耗变化。这种针对单一故障类型的定制化开发模式，不仅需要耗费大量人力编写特定代码，更难以适应实际作业中千变万化的复合型故障场景。导致运维人员不得不进行繁琐的手工数据提取和分析。这种局限性在远海作业环境中尤为突出，往往使得宝贵的故障分析窗口被浪费在数据处理环节，错失最佳维修时机。

构建具有自适应能力的智能分析框架对深远海船舶作业智能化转型具有重大意义，其核心价值在于彻底改变了传统规则引擎的刚性架构，实现了复杂任务

处理的动态解耦与智能重组。系统通过层次化的任务解析框架，将原本固化的高层目标拆解为原子任务，有效解决了“场景一变、代码重写”的行业痛点。系统展现出的弹性适应能力使得复杂任务分析不再受限于预设规则，而是能够根据实时工况自主构建最优处理路径，突破了传统系统的能力边界。

2.3 讯飞星火大模型介绍

讯飞星火大模型 4.0 Ultra 发布于 2024 年 10 月 24 日，由基于全国首个国产万卡算力集群“飞星一号”训练而成，全面提升了大模型底座的七大核心能力。在国内外中英文 14 项主流测试集中，星火 4.0 Ultra 在 9 个测试集中排名第一，领先国内大模型，并在文本生成、语言理解、知识问答、逻辑推理、数学能力等方面实现对 GPT-4 Turbo 的整体超越。该模型具备多模态交互、深度推理和高效知识处理能力，能够理解并生成文本、语音、图像等多种形式的复杂内容。其强大的语言理解和逻辑推理能力，使其在处理复杂任务时表现出色，例如解答学术问题、生成创意文案、辅助医疗诊断等。模型通过持续优化算法和扩展训练数据，进一步提升了性能，尤其在长文本处理和多轮对话中表现突出，能够更好地满足用户需求。

该模型的核心优势在于其多模态交互能力和广泛的应用场景。它不仅支持文本输入，还能处理语音和图像，适用于教育、医疗、商业等多个领域。模型还具备高效的知识问答和推理能力，能够快速提取关键信息，为企业提供数据分析和决策支持。

讯飞星火大模型 4.0 Ultra 的特点和其在深远海领域的应用先例，使其适合应用于深远海船舶作业智能体项目。主要体现在以下几个方面。

讯飞星火大模型 4.0 Ultra 具有优秀的深度推理与逻辑分析能力，在复杂推理任务中，讯飞星火大模型 4.0 Ultra 通过“深度思考链”技术逐步拆解问题，并提供可解释的推理过程。讯飞星火大模型市场上的相关应用和测评表现优秀，如在安贞医院心内科测试中，星火医疗大模型 X1 的主诊断合理率达 90.1%，远超 GPT-4o 的 75%。在实际调用模型的过程中，可以通过 `reasoning_effort` 参数设置调节推理强度。辅助医生决策，这本身就是一个复杂的层层相扣的推理过程，也使其适合深远海智能体的构建。例如，在处理船舶航行状态的阶段划分、能耗计算、发电效率评估以及安全状态判定等任务时，讯飞星火大模型 4.0 Ultra 能够通过逻辑推理快速将任务拆分为子任务，并推理出子任务需要的工具，也能很好地

进行任务分解树优化、总结经验等工作，确保船舶作业的高效性。

讯飞星火大模型 4.0 Ultra 的长文本处理能力优秀，其 Max-32K 序列模型支持 32K 上下文长度（约 4.8 万汉字），在本任务中数据繁杂，任务链长，需要这样的长文本分析能力。同时，该模型在中文理解和生成方面表现卓越，能够精准解析中文提示词并生成符合语境的优质内容。相比国际大模型，讯飞星火大模型 4.0 Ultra 对中文语境和文化背景的理解更为深入，能有效避免因文化差异导致的内容偏差，使智能体的输出更加自然准确。

讯飞星火大模型 4.0 Ultra 支持高并发任务处理，赛方提供的 API 资源支持每秒两次的模型调用，本次任务中 planner 规划任务够将并行调用 actor 角色解决原子问题，并发的支持使得任务解决更加迅速。

同时，讯飞星火大模型 4.0 Ultra 拥有内置工具池，在异构数据处理时，可以直接使用模型内置的工具链整理私有数据。在规定的数据库范式下，本项目构建了独立的工具池以解析数据，而在数据整合方式不当时也可以调用内置工具池，增强了智能体对异构数据的适应能力。

此外，科大讯飞已经与中石油、中国海油等央企深度合作，推出了多个行业专用大模型，显著提升了能源行业的智能化水平。例如，与中国海油联合打造的“海能”AI 模型，专门针对海上油田的稳产增产、安全钻井等场景，构建了数据驱动、业务协同的新模式，有效优化了生产流程和安全管理，在深远海船舶领域有一定经验。

对于企业用户而言，讯飞星火还支持知识库关联和私有化部署，可以无缝对接企业内部数据，既能保证数据安全，又能显著提升智能体在专业领域的表现。

当然，讯飞星火大模型 4.0 Ultra 也具有一定劣势，如高复杂度科研任务表现有限，在尖端科研领域，如量子计算模拟等超复杂领域，星火的性能仍弱于国际顶级模型，依赖后续专业子模型协同训练。但是在本项目中，由于添加了静态知识库，对专业名词的解释做了额外补充，这一劣势对系统的搭建影响较小。其次，该模型的响应延迟较高，多文档处理时延迟可能达 3-15 秒，在已知的测评中，长文本场景下该模型弱于 Kimi 的实时性。虽然在高并发处理问答任务时这一缺陷并不明显，但是在单独提问获取回答时效率可能不高，在实际使用过程中发现复杂问题可能需要等待超 1 分钟获取回答，不过，在确保回答准确性和规范性的前提下我们认为这样的延时可以接受。

综上所述，本系统选择讯飞星火大模型 4.0 Ultra 为基础。

3 技术路线

3.1 系统架构

本系统采用模块化分层设计，构建了一个基于讯飞星火大模型 4.0 Ultra 的多角色智能体协同框架。

该系统可以处理的问题可以分为如下几类。



图 3-1 问题定义图

系统整体架构如图所示，主要包含以下核心组件。

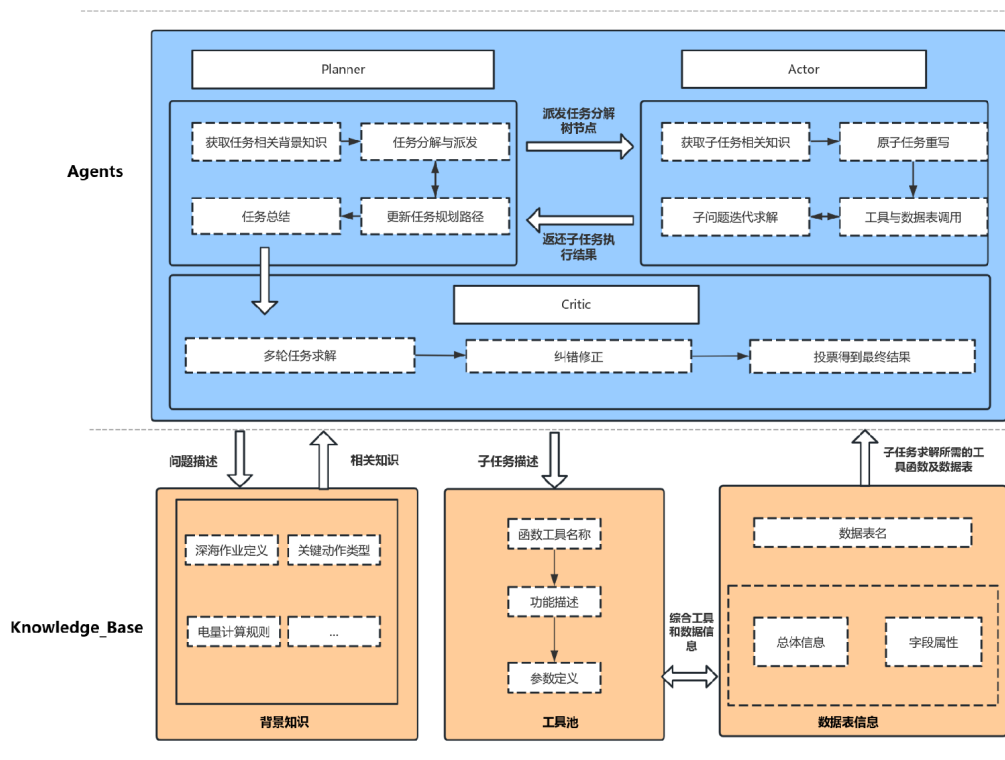


图 3-2 系统架构图

3.1.1 数据接入层

数据接入层实现数据的预处理，在读取数据后，针对船舶设备运行数据的清洗、特征提取和状态标注，注重时间序列模式识别、多设备数据关联、关键操作点的自动标注、异常数据处理、状态转换检测。对于复杂模式下的数据处理，调用讯飞星火大模型 4.0 Ultra 处理传统规则无法识别的复杂工况。例如，当遇到非典型电流模式时，系统将 A 架时序数据发送给大模型，由其基于预设的船舶作业规则模板分析电流特征并返回三个关键动作点坐标。系统设计了双重校验机制，预测失败时返回指定值，该实现通过结构化提示词嵌入领域知识，如电流阈值、噪声过滤，在数据处理流程中构建了“规则优先 + 大模型兜底”的混合决策架构，最终为后续的分析提供结构化的、标注完整的数据基础。有关数据的含义和输入格式规范，详见附录 A。

3.1.2 领域专家知识库

在深远海船舶领域，尽管讯飞星火大模型 4.0 Ultra 知识库覆盖了设备分类、能耗计算及深海作业阶段判定等核心内容，但“征服者”等设备的具体功能、物理特性及与其他设备的联动逻辑尚未明确。例如，甲板机械的能耗分配规则、作业阶段的能耗差异分析，以及深海作业阶段判定中多设备动作的影响与异常处理机制也未充分纳入，舵桨、推进系统等设备的报警阈值也缺乏详细说明。因而，本系统构建了领域专家知识库。

领域专家知识库存储了与船舶设备运行、能源管理、安全监控相关的结构化知识，具体包含设备与系统定义、关键动作与状态、数据查询规范、特殊场景逻辑等多类信息，采用关键词映射方式存储，通过 keys 字段实现自然语言到专业术语的转换，提供典型场景的查询示例，弥补了通用大模型在船舶专业领域的知识盲区。

3.1.3 工具池

对于常用的具有确定性的计算工作，调用本地工具函数计算比调用大模型响应速度更快、计算确定性更高且开销更低。因而，本系统构建了工具池。

工具池存储了一系列用于原子操作的工具函数，包括数据检索、数学运算和代码生成运行等。工具池中的每个工具都实现了标准化的接口设计，包括功能描

述元数据、结构化参数定义、统一的执行接口以及领域知识封装，确保既能独立处理专业领域任务，如船舶设备数据的时间排序和条件筛选，又能通过大模型的函数调用能力灵活组合，形成复杂工作流以解决新型任务，同时通过严格的输入校验和异常处理机制保障可靠性。

3.1.4 多角色智能体协同框架

多角色智能体协同框架通过标准化提示词定义了一套完整的任务处理流程，每个角色专注于专一职责，如 Planner、Actor、Critic 角色等。该框架采用结构化接口设计，提示词包含关于执行依赖关系、知识库、工具池的描述，并通过四重校验机制——参数校验、格式规范、交叉验证和输出审查确保全流程质量控制。该框架的具体实现会在3.2.1小节中具体阐述。

3.2 关键技术

3.2.1 多角色智能体协同

在处理任务时，单智能体系统通常采用迭代处理方式，把用户任务和相关数据都放到同一个上下文中输入给大模型，然后通过多轮循环解决问题。但实际上，任务理解、数据分析本身就是比较复杂的执行节点，单一智能体难以兼顾执行前后的任务规划和结果反思。

如图所示，从人类认知角度出发，处理一个复杂的工程任务时，往往会采用团队协作的方式，每个人担任不同的角色，这样就只需要关注自己负责的部分，从而提升任务完成的可靠性。

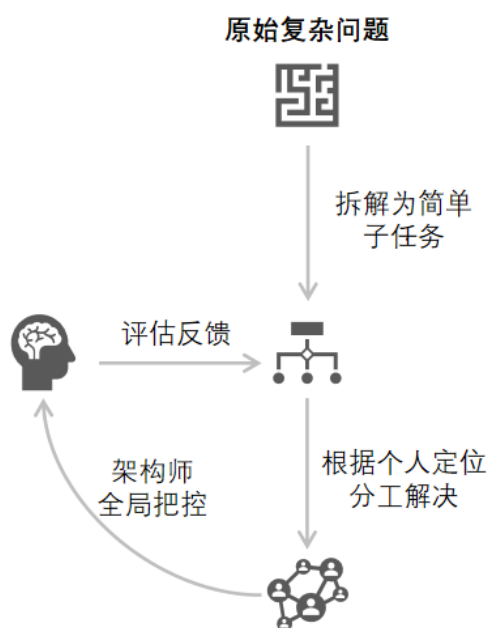


图 3-3 人类解决复杂问题思想

基于这个思想，本系统引入了“角色分工”，以讯飞星火大模型 4.0 Ultra 作为智能体的底层认知引擎，通过设置角色提示词、专属知识库和对应工具池来引导不同的角色行为，称为知识引导的智能体角色分工。

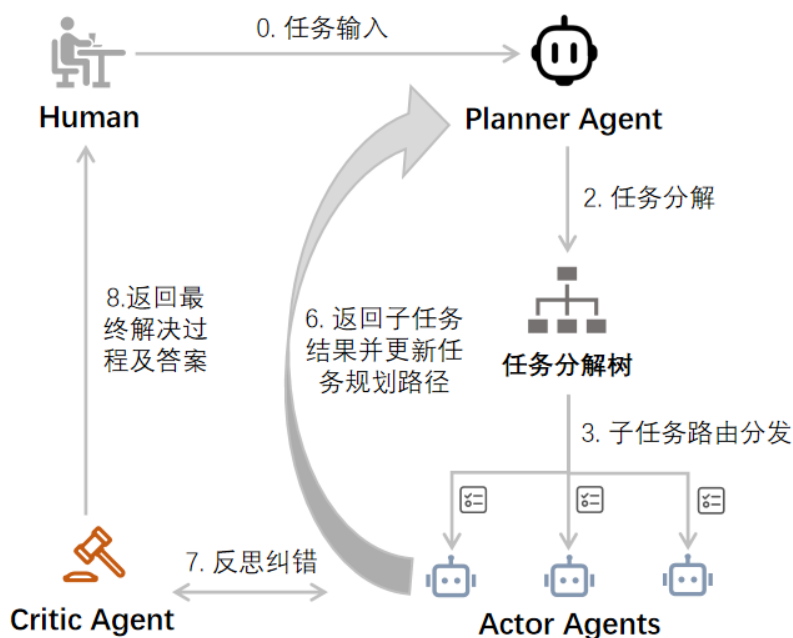


图 3-4 智能体结构示意图

如图所示，系统设计了三类角色：规划智能体 Planner、执行智能体 Actor 和监督智能体 Critic。

Planner 是本系统最高层级的决策中枢，承担着将复杂任务转化为可执行 workflows 的关键职责。其主要功能包括：

- 1) 任务解析与拆解：深度分析用户输入的原始问题，识别其中的时间要素、专业术语和隐含需求，将宏观任务拆解为具有明确依赖关系的原子级子任务序列；
- 2) 任务派发：对于每一个拆分完成的原子任务，依格式输出子任务的信息，包括子任务层级、依赖列表、格式要求等信息；
- 3) 子任务总结：收集所有子任务的结果，把各个子任务的执行情况和答案整合成一个完整的上下文，供后续优化路径使用；
- 4) 动态路径优化：根据初始任务、任务分解树及当前的任务完成情况，判断未完成的子任务节点是否需要调整，返还调整后的或不需要调整的任务分解树，确保求解路径最优。

在问题拆解中，**Planner** 需要严格遵循约束，确保每个子问题应尽可能简化且无需进一步拆解，确保其可直接利用已有信息及上游任务的执行结果进行求解，同时，任务拆解应当给予提供的函数工具进行，且要避免冗余。在反馈调整中，**Planner** 在遵守以上原则的基础之上，还需要保证对任务分解树的调整（结束、剪枝、插入、更新、分裂）也不违反以上原则。

Actor 是本系统的核心操作单元，负责将 **Planner** 分解的原子任务转化为具体的工具调用和数据操作。其主要功能包括：

- 1) 子任务求解：基于已知工具、数据表信息和背景知识，回答当前子任务的问题；
- 2) 子任务优化：依据当前子任务的上游任务执行结果和已知信息，优化当前子任务。

Critic 负责监督任务规划和执行路径，其在运行过程中，需要逐步检查 **Planner** 和 **Actor** 的思考过程，对任务链进行反思和纠正，通过投票和纠错两个核心机制协同工作来实现答案优化。投票机制首先对多个候选答案进行多轮采样评估，通过让讯飞星火大模型 4.0 Ultra 对比不同答案的优劣自动过滤明显错误并降低随机性误差，最终选出最佳答案；而纠错机制则是对投票错误地问题进行更精细的修正，最终结构化输出修正后的推理链和最终答案。

除了以上三种智能体以外，系统还通过设置角色提示词的方式设置了负责投票、总结答案、调用工具和知识库的智能体，多种智能体协同工作，共同构建了一个完整的智能决策系统。

3.2.2 层次分解树驱动的动态路径规划

在复杂任务求解过程中，迭代分解方法虽然直观，但存在明显的局限性。随着任务链的延长，系统容易出现记忆衰退现象，早期分解的细节容易被遗忘；同时误差会在迭代过程中不断累积，导致最终结果偏离预期；在任务过于复杂时，会出现求解方向发散、难以收敛到最优解的问题。这些问题在复杂问题求解中表现得尤为突出，传统的线性任务链难以应对多维度的关联和约束。

同样地，从人类认知角度出发，我们习惯于把复杂任务拆分为许多子任务，子任务再层层拆分为原子任务逐个完成，最后再回顾整个过程。

这种对子任务的拆分方式天然适合树形结构，因而，系统引入了层次分解树驱动的动态路径规划，利用讯飞星火大模型 4.0 Ultra 优秀的推理能力和对复杂语义的精准解析能力，对任务进行分解。

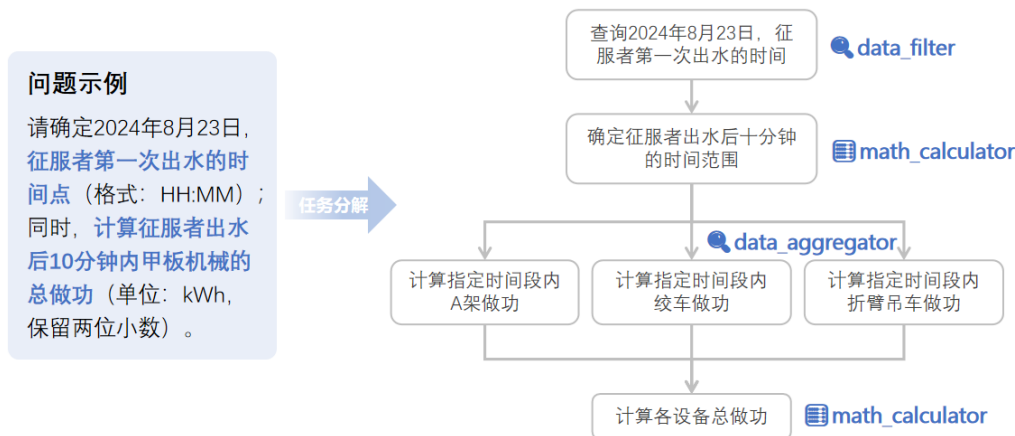


图 3-5 分解树示意图

如图所示，在 Planner 将任务层层分解之后，可以得到一系列具有依赖关系的子任务，我们使用分解树来存储每个树节点对应的子任务，每个节点的子节点就是子任务，子任务之间可以并行，且分解树的叶子结点一定是原子任务，可以直接调用工具池中的函数工具进行求解。为确保任务更新和状态查询的操作性，系统还特别设计了基于唯一任务 ID 的快速检索机制，使得在庞大的树形结构中能够高效定位特定节点。同时，系统保留了任务分解过程中的完整决策链

条，包括初始假设、中间推理和最终结论，为结果验证和错误追溯提供透明化的支持路径。

在任务的执行过程中，Planner 会根据反馈调整任务树的结构，实现动态路径规划，主要会进行以下三项操作：

- 1) 分支细化/剪枝：细化任务分支以提升执行粒度，对重复节点或无效路径进行剪枝以收敛执行方向，例如将计算设备总做功，细化为先计算每个设备的做功，再求和；
- 2) 错误节点纠正：出现异常/错误时重新执行当前节点或调整规划路径，减少误差累积，例如在计算出负功率等明显错误时，需要进行纠正；
- 3) 模糊语义更新：根据上游任务结果更新节点任务，同步执行信息，缩小任务边界，如将模糊表述“指定时间内”细化为具体时间“14:15-14:25”。

由于各分支子任务之间具有相对独立性，系统可以针对特定子树进行局部重构，在不影响整体结构的情况下实现动态调整。这种设计既吸收了人类思维中分层处理的认知优势，又克服了线性链式分解常见的误差累积问题，在保持求解效率的同时显著提升了复杂问题处理的鲁棒性。

层次分解树算法实现的算法伪代码如下。

Algorithm 1 层次分解树算法

```
1: procedure BUILDDECOMPOSITIONTREE(raw_question)
2:   初始化空分解树 decomposition
3:   decomposition.raw_question  $\leftarrow$  raw_question
4:   分析问题特征, 设置 contains_time, format_requirement, assumption
5:   生成初始子任务列表 subtasks 和 chain_of_subtasks
6:   return decomposition
7: end procedure
8: function GETTASKBYID(decomposition, task_id)
9:   for subtask in decomposition.subtasks do
10:    if subtask.task_id == task_id then
11:      return subtask
12:    end if
13:  end for
14:  return null
15: end function
16: procedure UPDATESUBTASKANSWER(decomposition, task_id, answer)
17:   subtask  $\leftarrow$  GETTASKBYID(decomposition, task_id)
18:   if subtask  $\neq$  null then
19:     subtask.answer  $\leftarrow$  answer
20:   end if
21: end procedure
```

3.2.3 经验自动提取机制

知识库的设置使我们可以基于静态的外部知识库来增强模型的能力。但很多对任务成功至关重要的经验是隐性的, 蕴含在我们的实际判断中。这些经验如果依赖人工提取, 每出现一类新问题, 都由我们手动解决然后再总结出经验, 不仅成本高, 而且很难泛化到新的场景中。

为此, 系统引入了一个关键机制——基于智能体之间的交互轨迹自动提取经验, 系统可以“回放”这些成功经验, 从而显著提升对新任务的响应能力。

每次任务求解的过程都会生成一条完整的交互轨迹。而交互轨迹中的每个

时间步，都包含了智能体的内部信息、智能体当前的行动、以及与其他智能体的交互信息，如任务意图、调用函数记录、背景知识等等。

在收集到足够多交互轨迹后，各个智能体可以从这些轨迹的不同之处以及来自最终结果的正误反馈，从中归纳出可迁移的经验知识，这些经验大致可以分为三类：

- 1) 行为指导：用来明确某类问题的解决方法，比如 **Planner Agent** 认识到，题目包含“在这段时间内”这类限定描述时，需要根据前后逻辑关系来分解任务；
- 2) 世界建模：用来对未知名词进行合理推理，比如理解“A 架摆回到位”这个未知名词是以 A 架摆回后电压值回落到 0 为判定标准；
- 3) 错误反思：用于纠正决策时的微小错误，比如布放阶段和回收阶段存在缺失时，不构成一次完整的深海作业过程。

接着就要对归纳出的经验进一步筛选和验证，经过验证的高质量经验会以提示词的形式被纳入经验池，系统在后续任务中会自动根据这些已有的经验——即大模型提示词，指导新的交互过程。根据 **Prompt** 工程的思想，通过设计和优化提示词，可以引导大模型生成符合预期的高质量输出的技术和方法，充分发挥模型的能力。提示词的优化，使得大模型能够自动识别并修正推理过程中的不规范表达，提升生成内容的相关性和规范性，使交互过程更加合理，形成“优化提示词 → 提升输出质量 → 在新的交互中积累优质经验 → 进一步优化提示词”的正反馈，为长期优化提供了坚实基础，例如，通过提示词，不精确计算过程“ $1 \text{ MJ}=1 \text{ kWh}\times 0.2778$ ”被优化为精确的“ $1 \text{ MJ}=1 \text{ kWh}/3.6$ ”，系统也学会了“动力定位阶段以 ON DP 和 OFF DP 动作作为起始判定标准”。

新任务执行时，系统会从经验池中检索相关经验，优化任务分解和执行路径。同时，新任务的交互轨迹又会被记录并归纳为新的经验，经过人工验证后补充到经验池中。这种机制不仅减少了对人工传授经验的高度依赖，还能适应任务类型和环境的快速变化，提升系统在垂直领域的专业性和泛化能力。

3.2.4 前端实现

在开发智能体交互界面时，我们采用了多页面架构设计，包括首页（index.html）、关于页面（About.html）、团队介绍页面（Our_Team.html）和智能

交互页面（interaction.html），每个页面承载不同的功能和内容。首页作为门户展示核心信息，关于页面详细阐述系统设计理念、使用方法和典型问题示例，团队页面则聚焦成员介绍，而交互页面作为核心功能模块，实现了用户与智能体的问答交互。

交互页面是用户体验的核心，其中的交互功能通过 JavaScript 实现，当用户在输入框中输入问题并发送后，系统会立即将消息渲染到聊天区域，同时显示加载状态动画，模拟向后台 API 发送请求的过程。页面通过事件监听机制捕获用户输入行为，包括点击发送按钮和键盘快捷键操作。输入框设计了智能高度调整功能，能够根据内容多少自动扩展或收缩。消息气泡采用差异化样式设计，并通过动态创建 DOM 元素的方式实现消息的实时渲染，自动将聊天区域滚动至最新消息位置，使操作更加流畅自然。

智能问答



图 3-6 智能交互界面展示

底层通信采用 fetch API 进行异步数据交换，实现交互界面和智能体的连接，

前端通过 POST 请求将用户输入的问题以 JSON 格式发送到智能体服务，服务端处理完成后返回结构化的响应数据。处理过程中，使用 WebSocket 持久连接，让交互界面实时展示任务处理过程。界面同时设置了错误处理机制，保证当网络异常或服务不可用时，用户能够得到友好的错误提示而非空白页面。以下为模拟 API 请求的代码示例，展现了系统将用户输入发送给服务端的过程。

```
1 // 模拟API请求
2 async function simulateApiRequest(message) {
3     response = await fetch('http://localhost:5000/process', {
4         method: 'POST',
5         headers: {
6             'Content-Type': 'application/json',
7         },
8         body: JSON.stringify({ message: message })
9     });
10    data = await response.json();
11    return await data.result;
12 }
```



图 3-7 思考过程展示

在样式设计上，我们结合 Tailwind CSS 框架与自定义 CSS，确保界面风格统一且美观，同时通过响应式布局适配不同终端设备，提升用户体验。

为了提升代码的可维护性和扩展性，我们采用模块化开发策略，将各个功能组件封装成独立模块。例如，关于页面中的功能卡片、使用指南等部分均以模块化方式构建，便于复用和迭代。这种结构化的开发模式不仅提高了开发效率，也为后续功能升级奠定了坚实基础。

4 应用场景

4.1 目标领域

人工智能 + 航海业

4.2 典型应用场景

深远海船舶作业场景中存在多种类型的任务，典型应用场景如：

1) 船舶状态监控与设备知识管理：

- (a) 实现关键动作的实时检测与识别，如 A 架摆动、绞车收放等特定作业动作的自动判别；
- (b) 对船舶运行状态进行智能识别与分类，包括正常航行、动力定位、设备故障等多种工况；
- (c) 建立设备知识问答系统，快速响应“发电机组额定参数”等专业查询。

2) 设备运行指标统计分析：

- (a) 精确计算各类设备能耗，支持按小时/天等多维度统计分析；
- (b) 实现燃油消耗的监测。

3) 安全状态判定与异常预警：

- (a) 对滑油压力、冷却水温度等关键参数进行实时阈值监控；
- (b) 开发多级预警机制，区分提示、警告、严重三级报警。

综上所述，人工智能在深远海船舶作业中的应用涵盖了从状态查询、指标统计到安全预警的多个方面，为解决复杂任务提供了高效、可靠的解决方案，为航海业的智能化发展开辟了新的可能性。

5 团队与资源保障

5.1 团队分工

本团队由五名大二学生组成，在为期三个月的开发中，我们充分发挥各自特长，通过明确分工与紧密配合，成功构建了一套功能完整、交互性强的深远海船舶作业智能分析系统。团队具体分工如下：

- 1) 施诚：团队负责人，项目领导人，负责组织分配任务，收集船舶作业数据，开发智能体等；
- 2) 黄达：算法工程师，船舶作业智能算法核心开发者，让大模型更加准确地回答问题，减少人力资源的投入；
- 3) 王舒逸：前端架构，负责团队交互界面与可视化系统开发，让复杂的船舶数据开口说话，用设计提升作业效率；
- 4) 王萌梓：前端架构，负责团队交互界面与可视化系统开发，优化可视化界面，输出清晰的信息数据；
- 5) 李新毅：测试与运维，守护系统稳定运行的安全网，测试功能与准确率。

5.2 导师支持

指导教师：莫益军

项目导师莫益军教授主要研究方向为边缘智能和自然语言理解，与项目主体高度契合。在开发过程中莫教授为团队提供了全方位的指导和支持：在技术层面，他亲自指导多智能体协同架构设计，帮助团队攻克了任务分解树动态规划等关键技术难题；在工程实践方面，他协调团队与中海油服建立产学研合作。莫教授还特别注重培养团队的科研素养，从文献检索、论文写作到专利申请都给予细致指导。在莫教授的悉心指导下，团队不仅完成了系统开发，更在问题分析、技术选型和工程实现等各方面能力都得到了显著提升。

5.3 资源保障

- 1) 算力支持：讯飞星火大模型 4.0 Ultra ；
- 2) 数据来源：2024 年数字工业孪生大赛复赛 B 榜数据。

6 成果与预期影响

6.0.1 阶段成果

- 1) 形成了基于讯飞星火大模型的深远海船舶作业智能体；
- 2) 申请了多角色智能体协同系统实现技术的专利；
- 3) 申请了深远海船舶作业智能体的软件著作权。

6.0.2 社会价值

该系统在实际应用中具有多重社会价值。

在安全层面，该系统的应用能够保障海上作业的安全。系统通过实时监测滑油压力、发电机温度等关键参数，结合预设的安全阈值和动态风险评估模型，实现提前预警异常状态，可有减少因设备突发故障导致的海上作业中断和安全事故。

在效率层面，该系统的应用能够辅助优化决策，提高海上作业的效率。系统通过计算能耗与发电效率等关键指标，辅助评估优化燃油消耗，其提供的实时数据支撑又能够辅助作业方案的制定。

同时，该系统的应用还能够缓解领域知识高度依赖人工的问题。经验池的设置将稀缺的船舶专家经验转化为可复用的知识库，降低对人工专家的依赖，经验池的可循环性也使得系统能够从任务驱动中持续学习与自我优化，逐步提升任务处理能力。

在国家战略方面，项目成果深度契合海洋强国战略对于创新海洋科技的要求，为深海矿产勘探与开发、现代航运等提供核心技术支撑，增强我国在国际深海领域的竞争力。同时，项目人工智能+航海业发展的联动推动了海洋产业的创新引领型转变，促进了传统海洋产业向现代海洋产业的转型，并带动船舶制造、人工智能等产业链升级，助力“智慧海洋”基础设施建设，可延伸至海上风电运维、极地科考等场景，为维护海上丝绸之路运输安全、推动海洋经济高质量发展提供关键保障，推动我国从“海洋大国”向“海洋强国”的战略转型。

6.0.3 商业潜力

系统基于多角色智能体框架模块解耦，具备良好任务无关性，支持跨场景迁移与复用，商业潜力主要集中在航海智能化、工业预测性维护和数字孪生仿真三大领域。

在航海行业，随着全球航运业数字化转型加速，智能船舶市场预计将在 2027 年突破 200 亿美元。本方案通过多智能体协同框架实现船舶设备的实时监控、故障预警和能效优化，可节省维护成本、提升能效，这些核心价值使其在远洋运输、海洋工程等场景具备强劲的市场需求。

从商业模式看，项目可采用 SaaS 订阅、定制化解决方案和数据增值服务三种盈利路径。针对中小航运公司，提供按船收费的智能监控服务；面向海上风电、石油钻井等大型企业，则提供定制化 AI 运维方案；还可为保险公司输出风险评估报告，构建多元收入来源。相较于传统方案，本项目的核心优势在于多智能体架构有效解决长任务链误差累积问题，且通过自动提取专家经验显著降低人工依赖，运维成本大幅降低。

本系统未来增长空间广阔，可向无人船运营、碳足迹管理和跨行业复制方向延伸。随着 IMO 2030 减排政策的推进，项目的能效优化能力将成为刚需；而技术架构的通用性也使其能快速适配风电、航空等工业场景。综合来看，该项目凭借技术创新性和市场需求契合度，具有优秀的商业潜力。

附录 A 数据说明

数据含义

核心设备和动作标识

本项目记录的船舶的主要设备数据和对于数据的标识如下：

- 1) A 架（A 架即 A 型吊架、a 形架吊机，是一种特殊的起重机械，主要配合科考绞车对大型设备进行收放）设备：通过 Ajia-0_v（右舷角度）、Ajia-3_v/Ajia-5_v（电流）等参数，结合 key_action 字段标记“开机 / 关机”“征服者入水”等 17 种关键动作（如 knowledge.json 所列）；
- 2) 动力定位（DP）：通过 P3_33 参数判断 ON DP/OFF DP 状态，对应航行状态表中的 dp_status 字段；
- 3) 折臂吊车：通过 13-11-6_v（功率）标记“开机 / 关机”“小艇入水”等动作，结合 stage_field 区分“待机 / 工作”阶段；
- 4) 发电机：通过 P1_66（有功功率）、No_1_running_status（运行状态）等参数监控柴油发电机组的负载、转速及报警状态（如设备参数详情.csv 中的阈值设定）。

航行阶段与状态划分

- 1) 四大巡航状态：通过多设备数据融合标注停泊状态、航渡状态、动力定位状态、伴航状态，例如：dp_status 为“动力定位状态开始”时，结合 A 架 stage 为“布放阶段中”判定伴航状态。P3_15（推进变频器功率） ≥ 1000 时标注“航渡状态”；
- 2) 深海作业阶段：根据 A 架 stage 字段区分“布放阶段”与“回收阶段”，或通过折臂吊车开关机区间奇偶性判定（knowledge.json 规则）。

参数阈值与报警机制

设备参数详情.csv 定义了各类报警阈值，例如：柴油发电机滑油压力低于 210kPa 时触发报警，低于 180kPa 时安全停车（Safety_Protection_Set_Value）。A 架电流状态（current_status）通过 Ajia-3_v 和 Ajia-5_v 是否同时大于 0 判断“有

电流”。

数据要求

必须捕捉的数据字段

系统使用者必须捕捉的数据如下表所示。

表 1 必须捕捉的数据

设备类型	关键字段（示例）	数据格式要求
A 架	csvTime, Ajia-0_v, Ajia-3_v, Ajia-5_v	时间格式（如 2025-07-07 12:00:00），数值型
DP 系统	csvTime, P3_33	数值型（0 或 > 0）
折臂吊车	csvTime, 13-11-6_v	数值型（功率，单位 kW）
发电机	csvTime, P1_66（有功功率），P1_88.14（额定转速运行，布尔值）	数值型 / 布尔型

数据格式规范

使用者捕捉的数据还必须遵循如下格式规范：

- 1) 时间格式：csvTime 需为可解析的时间字符串（如 %Y-%m-%d %H:%M:%S），代码中通过 `pd.to_datetime` 处理；
- 2) 数值格式：电压 / 电流 / 功率等数值需为浮点型（如 391.1V），部分字段需除以 10 转换（如 1-2-0_v 实际值 = 表中值 / 10）；
- 3) 缺失值处理：允许 error 或空值，代码中会跳过（如 `if value == "error": continue`）。连续零值超过 10 个时会被过滤（`limit_consecutive_zeros` 函数）。

数据文件组织

- 1) 文件命名：需符合 `table_name_map` 配置（如 `Ajia_plc_1.csv`、`Port3_ksbg_9.csv`）；
- 2) 目录结构：输入数据存放于 `data_path`（如 `develop_home/input_data`），输出数据生成于 `output_path`；

- 3) 字段完整性：必须包含各表 columns 中定义的关键字段（如 A 架动作表必须包含 key_action、running_status）。