

BALTAMULINK MODELING AND SIMULATION PLATFORM FOR MULTI-DOMAIN DYNAMIC SYSTEMS

北太真元

多域动态系统建模仿真平台

KEEP IN TOUCH

联系我们

 **联系邮箱**
技术支持 support@baltamatica.com
市场合作 market@baltamatica.com

 **地址**
重庆高新区西园北街6号附6号

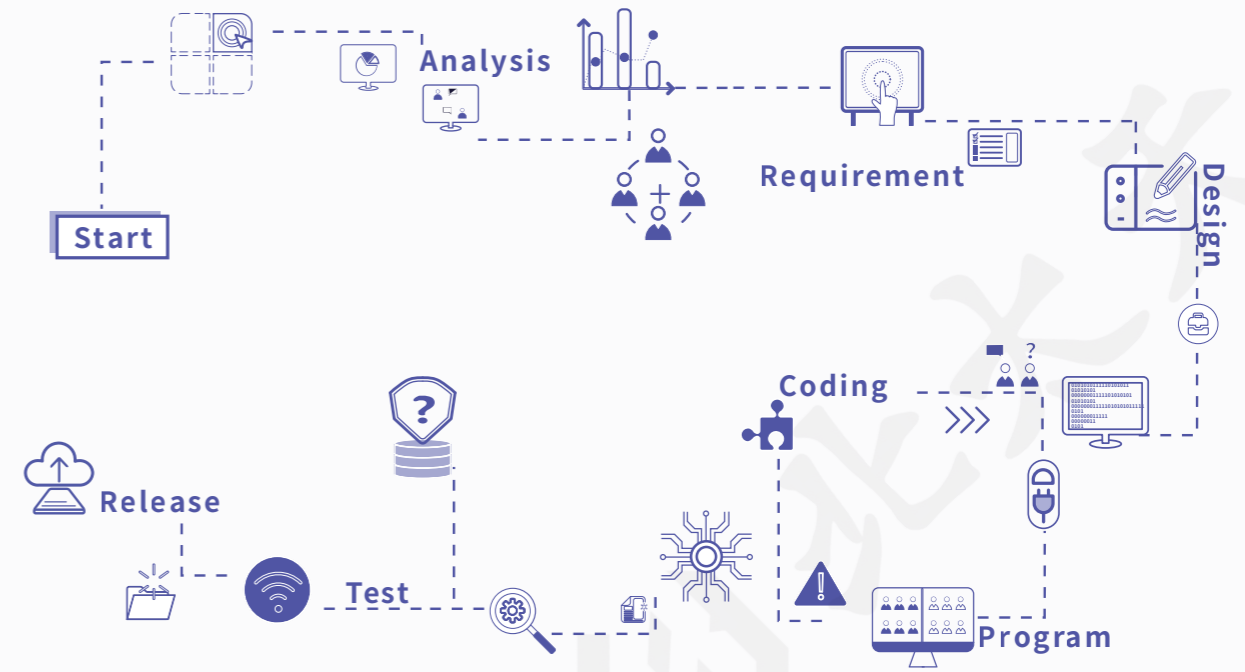
 **官网**
www.baltamatica.com



公众号二维码



官网二维码



版权声明 © 2023 北京大学重庆大数据研究院 保留一切权利

任何单位或个人未经北京大学重庆大数据研究院书面许可,不得擅自摘抄、复制本文件中的内容,不得以盈利为目的开展任何形式的传播。

商标声明

本文件展示、提及或使用的所有商标归北京大学重庆大数据研究院所有。本文件内容不视为以明示、暗示、默许或者其他形式授予任何单位或个人商标使用权。未经北京大学重庆大数据研究院书面许可,任何单位或个人不得以任何形式使用北京大学重庆大数据研究院的商标或标记。

安全港声明

您购买的产品、服务或功能等受您与北京大学重庆大数据研究院所签订的商业合同约定,本文件所描述的产品、服务或功能可能不在您购买或使用范围之内。由于产品版本升级或其他原因,本文件内容会不定期进行更新,对此不会另行通知。除非另有约定,本文件仅作参考作用,所有陈述不构成对合同相对方的任何担保、承诺,不视为合同的组成部分或者附件,北京大学重庆大数据研究院对此保留最终解释权。

“ 模拟仿真能够帮助人们以高效低代价、精细无损伤、全面可调控的方式，更好地理解 and 掌握现实世界中的各种问题和现象，可以作为理论研究和实验研究之外认识世界的新方法。模拟仿真作为一种在计算机上建立数学模型并求解真实结果的研究手段，被广泛运用在科研、工业、军事等行业中。多域动态系统的模拟仿真是仿真领域中的一大类重要领域，其应用需求最迫切、应用场景最广泛、应用价值最直接，很大一部分工业软件就是提供了相应场景中的多域动态仿真能力。

在北京大学、北京大学数学科学学院、北京大学大数据分析与应用技术国家工程实验室、北京大学重庆大数据研究院的鼎力支持下，北太振寰（重庆）科技有限公司的研发团队卧薪尝胆、戮力进取，终于在此正式推出北太真元多域动态系统建模仿真平台V1.0。我们开发北太真元，旨在为用户提供一个完整、高效且直观易用的平台，使他们能够在此基础上构建、模拟、分析并优化复杂的动态系统，开发出具有行业应用价值的仿真软件。我们致力于提供一个自主可控的仿真基础平台，为各行业开发行业应用提供底层工具，为实现工业软件的国产崛起构建核心基础。

我们深知，为了真正实现科研与工程的无缝对接，需要芯片的计算能力和用户创造性的血肉融合。因此，北太真元不仅具备独立自主的模拟技术，还拥有友好的用户界面和随用户需求不断加强的进步性。我们坚信，真正的力量来源于开放与合作。因此，北太真元不仅是一个模拟仿真的平台，为用户提供完整的科学计算与系统仿真一体化解决方案，未来我们还将为开发者提供丰富的API和工具包，使他们能够轻松地地为北太真元开发新的功能和插件。

北太振寰（重庆）科技有限公司始终坚持自主研发的原则，致力于为我国的科研与工程领域提供领先的研发工具。在我们的信念中，科技进步的根本目标是为了更好地服务于人类社会，为了推动人类作为一个物种的持续发展。北太真元是我们在科学和技术上前进的一小步，更是我们为实现科学研究的自由与合作、为构建人类命运共同体所做出的中国贡献。”

—— 李斌

目录

Contents

摘要	02
名词解释	03
1 产品概述	04
1.1 产品介绍	05
1.2 产品能力	06
1.3 产品核心功能	08
1.3.1 一体化平台能力	08
1.3.2 高精度、高效率求解器	09
1.3.3 图形化开发环境	10
1.3.4 基于模型的开发设计	12
1.3.5 支持标量和一维数组建模运算	17
2 技术架构与特性	18
2.1 技术架构	19
2.2 技术特性	20
3 应用场景	22
3.1 汽车模拟类	23
3.2 船舶模拟类	24
3.3 航空航天类	25
4 产品趋势	26
5 技术优势解读	28
5.1 基于北太天元底层计算能力	29
5.2 图形化开发与系统建模能力	30
5.3 高效、精准的系统仿真计算	31
5.4 基于模型的开发设计	31
6 关于我们	32

摘要



北太真元多域动态系统建模仿真平台

Baltamulink Modeling and Simulation Platform for Multi-domain Dynamic Systems

系统仿真是根据系统分析的目的,在分析系统各要素性质及其相互关系的基础上,在计算机虚拟环境中建立能描述系统结构或行为过程、且具有一定逻辑关系或数量关系的仿真模型,据此进行试验或定量分析,以获得正确决策所需的各种信息。当所研究的系统造价昂贵、真实试验的危险性大,或者需要长时间研究系统发展的行为和全过程时,系统仿真是一种安全、高效、低成本的研究方法。

北太真元多域动态系统建模仿真平台(Baltamulink,以下简称“北太真元”)于2023年9月正式发布,本文将介绍北太真元的开发背景、技术架构、技术特性、产品能力、产品优势等内容,帮助读者了解北太真元的产品特性、开展基于北太真元的系统工程仿真生态的构建。

名词解释

名词	解释
系统仿真	系统仿真是一种计算机辅助方法,用于模拟和分析复杂系统的行为。通过构建数学模型,模拟系统在虚拟计算机环境中的运行,以使用户优化设计、分析性能和预测系统行为的发展。可用于多个领域,如物理、工程、生物等,为用户理解、决策和预测问题提供有力工具。
ODE	常微分方程(ODE)包含与一个自变量 t (通常称为时间)相关的因变量 y 的一个或多个导数。常微分方程涉及未知函数及其导数之间的关系,通常以一阶或高阶导数的形式出现。这些ODE的求解可通过北太真元中的不同求解器实现,如ode45、ode23等,选择哪种求解器取决于问题的具体类型和求解精度的需求。
求解器	仿真模型在数学上可描述为微分(代数)方程,仿真模型的计算就是对这个微分方程的求解,求解器可通过用户建立的模型信息,计算模型在指定时间范围内的状态,从而实现对模型的数值仿真计算,在仿真的过程中用户可根据模型部署的环境和动态特性择优选择各类变步长或定步长求解器。
计算单元	计算单元是仿真模型中不可切割的最小计算函数,对应的就是基础函数库(基础模块库),例如正弦输入函数、求和函数、积分函数等。
信号线	北太真元编辑器中各个模块端口之间的连接线,其代表对应的信号流向,连线的箭头端代表信号流入端口,另外一端代表信号流出端口。
模块	即计算单元,是指对应某个功能的函数、代码的统称。每个模块代表一个特定的算法、数学运算或组件,如传感器、控制器、信号处理器等。
模块库	即预先定义的计算单元集合,代表系统的各种功能和行为。用户可从模块库中选择模块,将其拖放到仿真模型图中,以构建系统。模块库大幅简化系统建模过程,模块库的计算单元涵盖各个研究领域,为系统仿真建模提供灵活性和可重用性。
模型	模型是描述和表示系统行为、结构和特性的抽象对象。模型通过使用数学方程、逻辑规则、物理规律或其他形式的描述,以及采用合适的仿真工具和技术来模拟系统在不同条件下的动态行为。系统仿真模型分为连续时间模型、离散时间模型和混合时间模型。系统仿真模型可用于模拟各种类型的系统,如物理系统、工程系统、经济系统等。
模型库	模型库是指各种预定义组件和模块的集合,便于用户在模型库中选择和引用各种组件,避免从头开始开发设计系统模型的繁琐过程。同时,模型库促进各组件的复用和共享,提高开发效率。
模型图	模型图是系统仿真平台编辑器中模型的可视化表示。模型由积分、增益、求和等各类模块组成,模块通过信号线相互连接,直观地构造模型方程。
行业工具箱	行业工具箱是特定领域的模型库、算法和工具的集合,如信号处理工具箱、控制系统工具箱、通信系统工具箱、汽车系统工具箱、电力系统工具箱等。行业工具箱通过扩展模型库的功能使其能够满足不同行业和应用领域的需求。用户根据具体应用需求选择和使用相应的工具箱,快捷、高效地进行建模、仿真和分析工作。

1. PRODUCT INTRODUCTION

产品概述

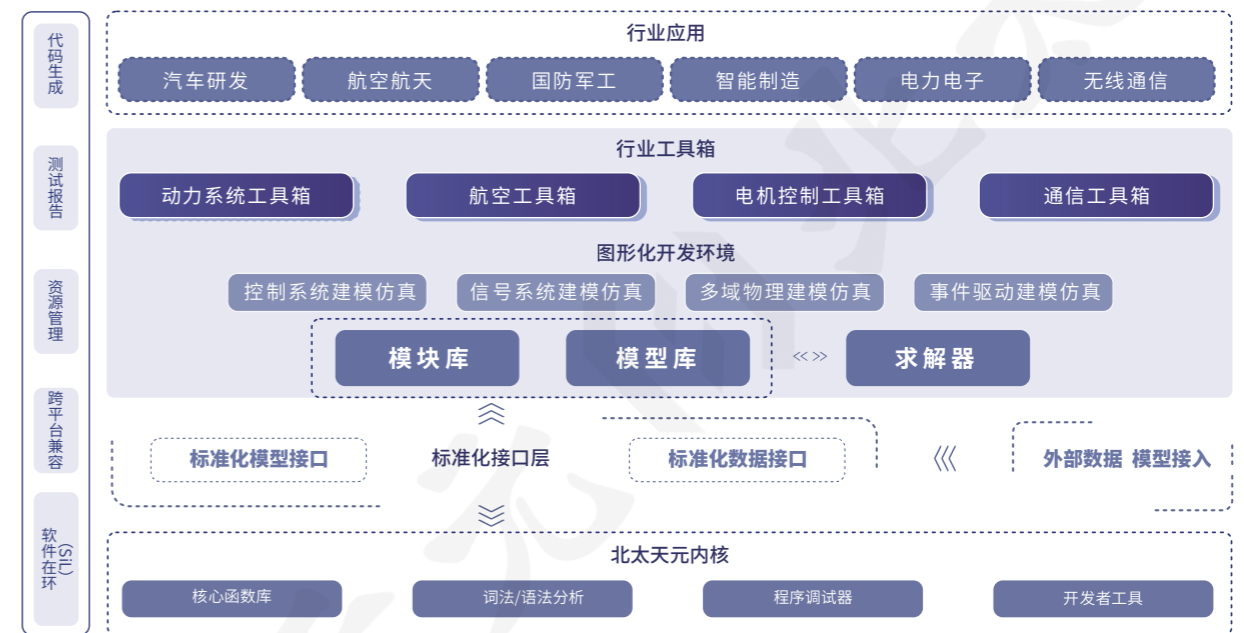
1.1 产品介绍

1.2 产品能力

1.3 产品核心功能

1.1 产品介绍

北太真元多域动态系统建模仿真平台是依托北太天元数值计算通用软件（以下简称“北太天元”）研发的科学与系统仿真一体化平台，提供完善的模块化建模仿真环境，配备多类基础、行业模块库与定步长、变步长求解器，支持复杂系统的模块化建模、仿真与验证，可实现连续/离散系统以及混合系统建模、多域多物理动态系统仿真、基于模型的系统工程设计等功能，支持用户构建、模拟、分析、优化相应的复杂动态系统。



产品架构图

北太真元基于北太天元内核，提供标准化接口层以确保模块间的无缝集成，通过图形化开发环境简化系统设计流程，并为用户提供针对特定领域的专业解决方案。

北太天元内核：作为产品的科学计算环境，负责处理复杂的数学和算法任务。支持高性能数值分析、线性代数、统计学和优化技术，确保模型的准确性和计算效率。

标准化接口层：确保不同模块和组件之间的高效协同工作，为外部数据和应用提供统一的访问方式。

图形化开发环境：支持用户通过直观的拖放方式设计和模拟复杂的系统模型，支持数据分析和可视化、调试和验证，有效提高开发效率。

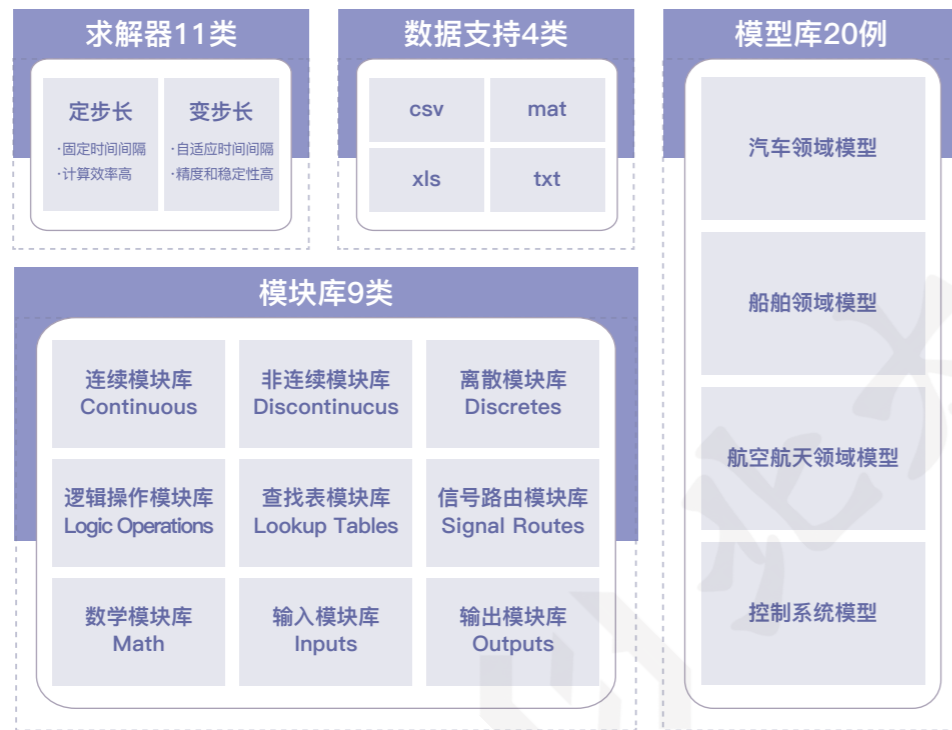
行业工具箱与行业应用：针对特定行业的需求，提供一系列预定义的模块和算法，为用户提供经过专业验证的解决方案，可以直接应用于实际的工程项目中。

1.2 产品能力

科学计算和系统仿真一体化平台能力	解释器	依托北太天元科学计算语言及内核解释器的性能与优点，拓展研发全面的仿真求解器，提高系统仿真建模计算能力。
	变量空间	实现北太天元和北太真元的变量流通，以及北太真元模型的单独变量管理。
	开发者SDK	开发者工具（SDK）随北太天元主体发布，提供北太天元底层的各类接口。用户可利用开发者工具编写穿透北太天元底层的扩展功能模块。开发者工具现已有200余个接口函数，支持不同类型的矩阵、字符串、结构体、元胞数组等底层数据的访问以及各类常用软件内核操作的调用。此外，开发者工具提供包装编译器bex，用户可使用bex快速编译出适用于北太天元的扩展模块。
	数据类型	支持导入和导出csv、xls、xlsx、txt等格式的主流数据文件以及原生mat格式的数据文件。
系统集成功能化组件	求解器	北太真元提供离散求解器和连续求解器，支持定步长、变步长求解仿真，且求解器参数支持用户自定义配置。北太真元支持用户根据问题的刚性、计算精度与效率等需求，选择合适的求解器，以提高计算的精度、效率和可靠性。
	模块库	北太真元的模块库是一种包含各种预定义模块的资源库，用户可通过拖拽和连接相应的模块来构建模型。模块是用来构建模型的主要元素，每个模块代表一个方程或建模组件。模块库中的模块涵盖各种功能，包括但不限于连续函数模块、非连续函数模块、离散系统模块、数学函数模块等。用户可通过北太真元的库浏览器来浏览和搜索模块库，找到需要的模块后，将其添加到模型中。
	模型库	模型库是一种资源库，包含一系列预定义的、可复用的模型组件。这些组件可以是单个模块，也可以是包含多个模块的子系统。模型库可以帮助用户快速构建和修改模型，提高工作效率。用户可以使用北太真元提供的标准模型库，也可以自定义模型库。通过使用模型库，用户可以确保在整个组织或项目中使用一致的模型组件，从而提高模型的质量、可复用性和可靠性。
	行业工具箱	行业工具箱是一种扩展北太真元的集成功能组件，提供一系列针对特定行业的专用模块和工具。通过使用行业工具箱，用户可以更方便地进行特定行业的建模和仿真，提高工作效率和研发质量。

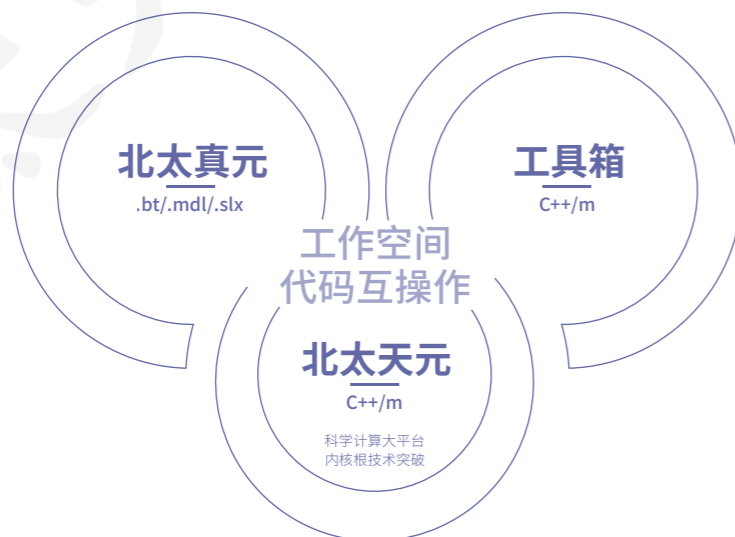
系统集成功能化组件	模型解析	北太真元中的模型文件采用.bt（baltamulink缩写）格式保存，按照固定格式存储模型的相关数据和信息，例如模块类型、模块连接关系、模块参数等。模型解析即从模型文件中获取求解器计算需要的数据和信息。
	模块参数检查	模块参数检查确保模块的参数设置正确无误。该功能检查模块参数的值是否在有效的范围内，是否与其他参数的值兼容，以及是否满足其他的约束条件。
	图形化开发环境	图形化开发环境是北太真元的一个核心特性，提供直观且易于使用的界面，用户可以通过拖拽信号线来连接模块、构建和修改模型。该建模过程直观灵活，用户可以轻松地试验不同的设计选择，快速地进行原型设计和迭代。
	结果后处理	结果后处理帮助用户分析和可视化仿真结果。北太真元提供示波器工具，用户可将该工具连接到模型的任何部分，以观察仿真结果。此外，北太真元还提供数据导出功能，用户可将仿真结果导出到北太天元工作空间或文件中，进行进一步的分析和处理。
运行依赖	通信模块	通信模块负责处理前端和后端之间的通信。这包括但不限于接收来自前端的请求、前端请求转发给后端、后端响应返回前端。
	操作平台	本版本支持Windows操作系统，未来将随北太天元进一步适配更多操作平台。
	标准文件	生成.bt文件，保存模型数据，将图形化框图抽象为数据并提供给底层进行仿真计算，具有复用性。
产品质量标准	配套软件	需配套北太天元软件使用。
	原创性	为实现国产替换的初衷，北太真元的功能设计及实现方式保证原创性和独创性，并尽量避免或减少对其它的应用依赖。
	可扩展性	北太真元开发的目的是要广泛地满足目标人群教学、研究和工作中的不同需求，保证较强的可扩展性以应对用户使用过程中的不同环境带来的差异化、精细化需求。
	可靠性	北太真元保证在一定的环境下、在给定的时间内，能够稳定运行，不发生故障。北太真元丰富的预定义模块都经过了严格的测试和验证，可确保仿真的准确性，因此正确执行操作的比例高，系统运行的时间长度长，在发现新缺陷之前的时间长度长，以及缺陷出现的密度低。

1.3 产品核心功能



1.3.1 一体化平台能力

以北太天元内核为底层框架，工作区变量可在北太天元和北太真元之间高效流通。支持主流操作系统及硬件平台，同时支持csv、xls/xlsx、txt等主流数据格式以及原生mat格式的文件数据导入和导出。在增强产品的适用范围和灵活性之外，为用户提供一体化平台，用于研究和解决多样化的动态系统问题。



1.3.2 高精度、高效率求解器

北太真元提供离散求解器和连续求解器，确保仿真的准确性和效率。支持定步长、变步长求解仿真模型，求解器参数支持用户自定义配置和系统自动配置。针对不同的应用场景和问题，提供连续、离散、数学等模块库，支持用户建立离散系统、连续系统的仿真模型，允许用户根据不同的应用场景和问题需求灵活选择。

求解器类型	求解器	精度	使用说明
定步长	ode1	低	基于向前Euler方法
	ode2	低	基于二阶Runge-Kutta方法
	ode3	低	基于Bogacki-Shampine方法
	ode4	中	基于四阶经典Runge-Kutta方法
	ode5	高	基于Dormand-Prince方法
	离散	中	如果模型为离散系统，请选择该求解器
变步长	ode45	中	大多数情况下，首选求解器 ode45
	ode23	低	对于容差较宽松的问题或在刚度适中的情况下，ode23可能比ode45更加高效
	ode113	低到高	对于具有严格误差容限的问题或在ODE函数需要大量计算开销的情况下，ode113可能比ode45更加高效
	ode78	高	对于具有高准确度要求的平滑解的问题，ode78可能比ode45更加高效
	ode89	高	对于非常平滑的问题，当在较长的时间区间内进行积分时，或当容差特别严格时，ode89可能比ode78更加高效

1.3.3 图形化开发环境

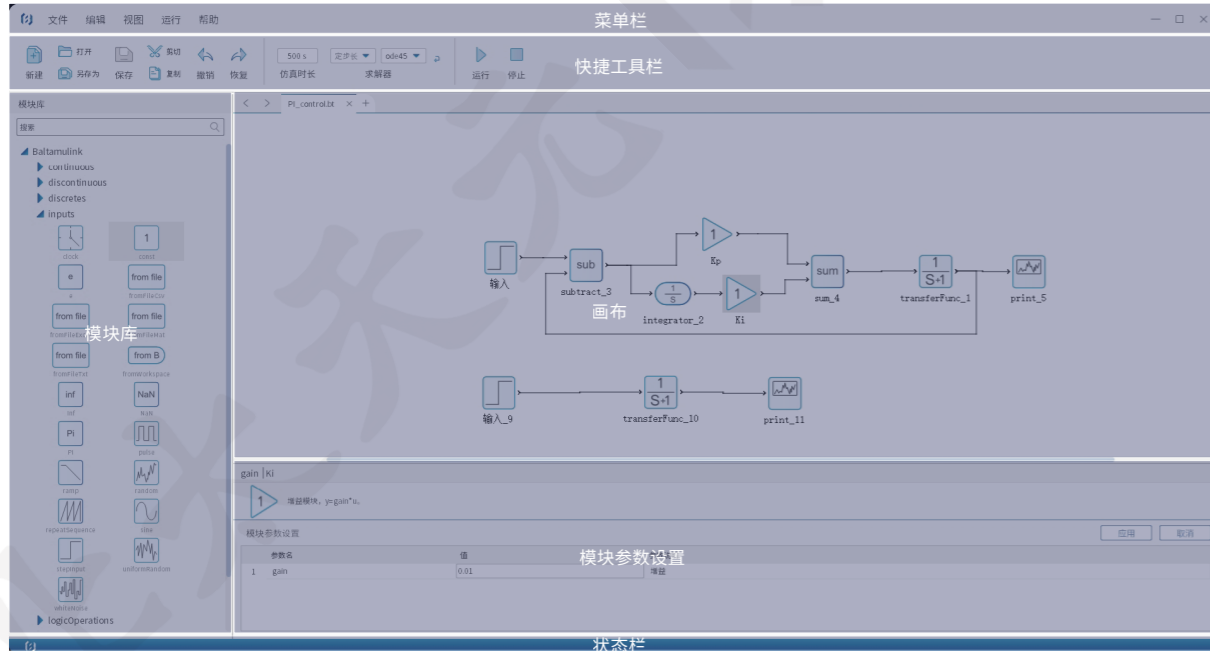
北太真元提供用户友好型图形化开发环境，图形化开发采用图形元素、图标和连接线替代传统的代码编写方式，用户通过拖放、连接和配置图形元素来建立复杂系统模型，无需深入掌握编程细节。由此，用户可以快速进行原型设计和迭代，降低技术难度，提升开发效率。



简单的操作流程：

此流程允许用户通过直观的可视化界面，轻松创建、仿真和优化多域动态系统，无需深入掌握编程知识。

- 打开模块库，将传感器、滤波器等模块拖拽到画布区并连接起来。
- 设置模块参数和初始条件，然后配置仿真求解器窗格参数，如时间步长和仿真时间范围。
- 运行模型，用户通过输出类计算单元获取图形窗口中的信号变化，用户可以深入分析数据，优化系统设计，并将结果导出。



核心仿真模块库：

集成核心的仿真模块库，覆盖基本的动态系统建模需求。确保所提供的模块经过优化和测试，具备良好的稳定性和性能。



高效简洁的图形化用户界面：

贯彻以用户为中心的设计理念（UCD），提供功能完备的图形界面，确保信息清晰与功能分区完善。重视中文母语使用者的操作习惯及注意力区域，用户可以通过直观的可视化界面及用户旅程规划，灵活且直接完成界面交互。简洁的视觉层级、规范的交互系统和统一的多平台设计，旨在让用户轻松构建模型并迅速上手。



数据可视化工具：

提供基础的数据可视化工具，如时间曲线图，使用户能够观察和分析仿真结果，满足基本的分析和调试需求。



完善的帮助与反馈机制：

用户可通过问题反馈向北太真元提出需求与建议。同时提供在线帮助文档，覆盖平台的主要功能和操作。通过简单的教程和示例，帮助用户入门和解决常见问题。

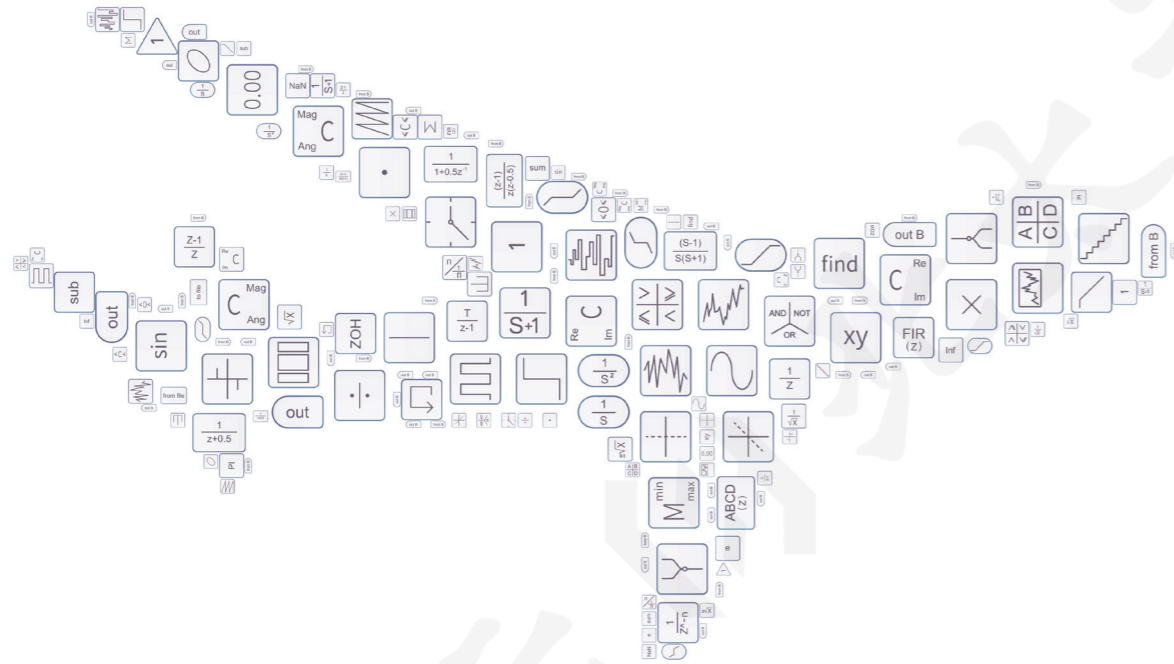


模板与示例支持：

提供部分基础的模板和示例，帮助新用户快速开始建模和仿真。通过学习现有的模型，用户可以更容易地理解平台的工作方式和潜在能力。

1.3.4 基于模型的开发设计

北太真元提供丰富的基础计算单元，满足用户的不同开发、建模需求。多样化计算单元库可对研究对象进行完备的建模计算，实现高效的产品开发、迭代，从而为产品方案和设计结果的验证提供准确的依据。



· Continuous

连续模块库包括用于描述连续时间系统的组件，如微分方程、积分器、传递函数等，用于模拟物理系统，如机械、电气和流体系统。

integrator	实现输入信号对时间的一阶积分
integratorSecdOrd	实现输入信号对时间的二阶积分
spaceState	按给定状态空间系数实现线性系统
transferFunc	传递函数模块，按给定传递函数系数实现对应线性系统
zeroPoleTransferFunc	按给定零极点和增益，实现对应线性系统

· Discontinuous

非连续模块库包括描述在某些点上有突变的系统组件，用于模拟如电力系统中的开关操作，或者机械系统中突然的负载变化等非连续行为。

viscousFriction	实现动态摩擦仿真
deadZone	在指定区间输出零
quantizer	按给定间隔实现输入信号的量化
saturation	在给定上下限区间内输出信号

· Discretes

离散模块库包括用于描述离散时间系统的组件，如离散时间积分器、滤波器等，用于数字信号处理、控制系统设计等。

delay	时延模块，按指定时长延迟输出信号
difference	差分模块，输出当前时刻输入与上一时刻输入的差值
discreteFilter	按给定系数实现离散 IIR 滤波器
discreteFIR	按给定系数实现离散 FIR 滤波器
discreteSpaceState	按给定状态空间系数实现离散系统
discreteIntegrator	实现输入信号的离散时间积分
discreteTransferFunc	按给定传递函数系数实现对应离散系统
discreteZeroPole	按给定零极点实现对应离散系统
memory	输出上一个仿真时间步的输入信号
unitDelay	将输入信号延迟一个仿真时间步输出
ZOH	实现采样信号的零阶保持

· Logic Operations

逻辑操作模块库包括用于执行逻辑运算的组件，用于建模和仿真逻辑控制系统，如自动控制逻辑、故障检测逻辑等。

logicOperator	对输入信号执行指定的逻辑运算
relationOperator	对输入信号执行指定的关系运算
comparaToConst	对输入信号和指定常量执行指定的关系运算
comparaToZero	对输入信号和零值执行指定的关系运算

· Lookup Tables

查找表模块库包括用于通过查找表实现非线性映射的组件，用于模拟复杂非线性系统，如发动机控制、温度补偿等，其中直接计算非线性映射通常复杂耗时，而使用查找表可显著提高计算效率。

oneDlookup	一维插值表
twoDlookup	二维插值表
multiDlookup	三维插值表

· Math

数学模块库包括用于执行基本数学运算的组件，如加法、乘法、三角函数等，用于各种数学计算和转换，适用于几乎所有类型的数值仿真和分析。

abs	计算输入信号的绝对值
sum	计算输入信号的和
bias	给输入信号加上指定偏差值

complex2MA	输出复数信号的幅值和相位
complex2RI	输出复数信号的实部和虚部
divide	对输入信号执行指定的乘除运算
dotProduct	对输入信号执行点乘运算
gain	对输入信号乘上指定增益
MA2Complex	输出指定幅值和相位的复数
RI2Complex	实部和虚部合成为复数
mathFunc	基础数学函数，执行指定的函数运算
matrixCat	将输入信号按列拼接为向量
minMax	输出输入信号的极大值/极小值
product	对输入信号执行指定的乘除运算
roundFunc	按指定方式对输入信号取整
sign	输出输入信号的符号（正负）
sqrt	求输入信号平方根
signedSqrt	求输入信号平方根（有符号）
reciprocalSqrt	求输入信号平方根的倒数
subtract	对输入信号求和运算
ElimentsSum	计算输入向量所有元素的和
ElimentsProduct	计算输入向量所有元素的乘积
degFunc	按指定参数计算输入信号的正弦函数

· Inputs

输入模块库包括用于定义和管理模型输入的组件，如电源、信号生成器等，用于为仿真模型提供外部输入，如传感器信号、测试数据等。

whiteNoise	按指定噪声功率生成白噪声信号
ramp	按指定参数生成斜坡信号
clock	输出仿真过程中的时刻
const	输出指定常数值
fromFileTxt	导入指定 txt 文件数据
fromFileCsv	导入指定 csv 文件数据
fromFileExcel	导入指定 excel 文件数据
fromFileMat	导入指定 mat 文件数据
fromWorkspace	导入北太天元变量区的数据
pulse	按指定参数生成周期脉冲信号
random	生成正态分布随机信号
repeatSequence	按指定序列生成周期信号
sine	按指定参数生成正弦信号
step	按指定参数生成阶跃信号
uniformRandom	按指定参数生成均匀分布随机信号
Pi	输出 Pi
e	输出自然对数底数 e
Inf	输出 Inf
NaN	输出 NaN

· Outputs

输出模块库包括用于定义和管理模型输出的组件，用于从仿真模型中提取结果和数据，如记录到文件、显示在仪表或传输到其他系统。

print	数据可视化，绘制信号关于时间的曲线
out	将数据保存到北太天元变量区
terminator	信号结束模块
toFileCsv	将仿真数据保存为指定的 csv 文件
toFileExcel	将仿真数据保存为指定的 excel 文件
toFileMat	将仿真数据保存为指定的 mat 文件
toFileTxt	将仿真数据保存为指定的 txt 文件
toWorkspace	数据保存到北太天元变量区，可定义变量的名称
XYgraph	数据可视化，第一个输入为 X 轴，第二个输入为 Y 轴

· Signal Routes

信号路由模块库包括用于管理和路由信号的组件，用于组织和管理模型中的信号流，如信号合并和分离。

demux	指定方式分解输入信号
mux	合并输入信号

1.3.5 支持标量和一维数组建模运算

北太真元支持标量和一维数组的建模运算，在增强产品的通用性和灵活性之外，还为处理各种工程和科学问题提供性能支持。通过整合这些功能，北太真元的仿真环境为用户提供完整、高效的一维数据处理和分析平台。

通过使用 demux 和 mux 组件，用户可灵活地组合和拆分数据流，实现对一维信号的精确控制和操作。输入模块允许接收各种标量和一维信号输入，与数学模型组件协同工作，进行复杂的算术和逻辑运算。

2. TECHNICAL ARCHITECTURE & FEATURES

技术架构与特性

2.1 技术架构

2.2 技术特性

2.1 技术架构



技术架构图



用户交互层：为用户提供直观的操作界面

用户交互层是平台的前端部分，提供直观的用户界面，使用户能够轻松地进行模型操作和求解器适配。提供模型操作功能，使用户能够创建、编辑和管理仿真模型，此外还提供求解器适配功能，使用户能够根据特定的仿真需求选择和配置合适的求解器。



图形化开发环境：提供丰富的开发工具和资源

图形化开发环境提供完整的开发工具和资源，包括模型库浏览器、模型编辑器和通信模块。模型库浏览器使用户能够方便地查找和使用预定义的模型组件。模型编辑器提供创建和编辑模型的工具，使用户能够根据需求定制模型。通信模块则负责处理模型组建过程中前后端的数据交换。此外，图形化开发环境还支持模型的实时仿真和调试，使用户能够在开发过程中及时发现和解决问题。

**通信模块：连接用户交互层和北太天元内核，保证模型的正确性和有效性**

通信模块是连接用户交互层和北太天元内核的关键部分，包括模型解析和模块参数检查两个主要功能。模型解析负责解析用户创建的模型，并实现相应的求解。模块参数检查则负责检查用户设置的模块参数，确保满足模块的要求。

**系统仿真计算：核心计算引擎，确保模型的高效仿真和准确性**

系统仿真计算模块是产品的计算核心，包括动态系统求解和仿真结果优化两个主要功能。动态系统求解负责根据用户定义的模型参数和初始条件，进行时间域或频率域的仿真计算。仿真结果优化则负责根据仿真的中间结果，自动调整计算参数或方法，确保仿真的准确性和效率。

**北太天元内核：处理模型的计算和执行，提供开发者接口**

北太天元内核是产品的科学计算环境核心，由核心函数库、词法/语法分析、程序调试器和开发者工具四部分组成。核心函数库提供基础的计算能力和算法支持。词法/语法分析负责解析代码的结构和内容，确保其语法正确性。程序调试器帮助用户定位和修复模型中的错误。开发者工具则提供一套完整的开发环境和规范，使开发者能够更加高效地扩展和定制软件功能。此外，内核还支持多种求解器和算法以满足不同仿真需求。

2.2 技术特性



图形化开发环境模块：提供直观的图形化交互环境，使算法、模型和计算单元的建立与调试更加直观和高效。通过数学方程的图形化开发环境将复杂的数学和工程问题转化为直观的图形界面，用户可以更容易地理解和操作复杂的数学结构，从而提高开发效率和准确性，非专业人员也能轻松上手。



数学函数算法库模块：包括一系列先进的数学、物理、计算机和工程领域的算法和仿真问题求解器。通过多线程模型算法优化技术，确保计算的高效和准确。无论是常见的数学运算还是复杂的工程仿真，该模块都能提供强大的支持，为用户节省大量的开发时间和资源。



接口层模块：建立统一的数据标准、模型格式、框架和接口，将多样化的数据统一转化为可被北太天元内核识别和处理的格式。通过完善的接口统一管理功能确保不同数据源之间的无缝连接和高效转换。



模块库模块：打造全面的计算单元存储和管理系统，包括预置、导入以及用户自定义的计算单元。提供丰富的预置计算单元，并支持用户根据需求对各计算单元进行自定义、配置和调试，实现完全个性化的计算单元管理。



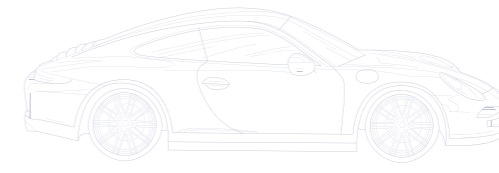
工具箱模块：提供多种功能性、领域性工具箱，并支持第三方来源的工具箱载入与管理。无论是通用的工具还是特定领域的专业工具，该模块都能提供全面的支持。通过灵活的工具管理和扩展机制，确保平台的高度可定制化和广泛适用性。

3. APPLICATION SCENARIOS

应用场景

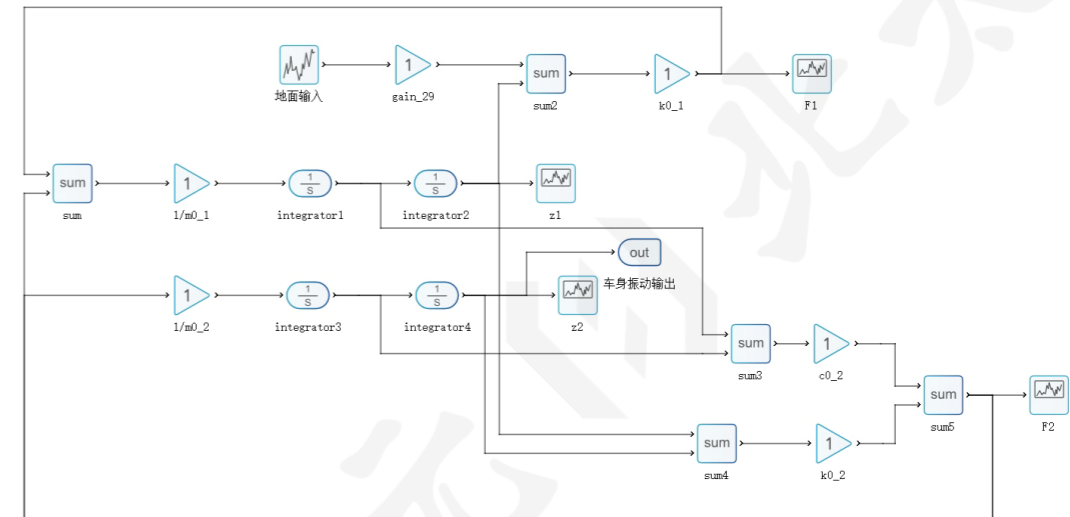
- 3.1 汽车模拟类
- 3.2 船舶模拟类
- 3.2 航空航天类

3.1 汽车模拟类



•汽车NVH模拟与仿真分析

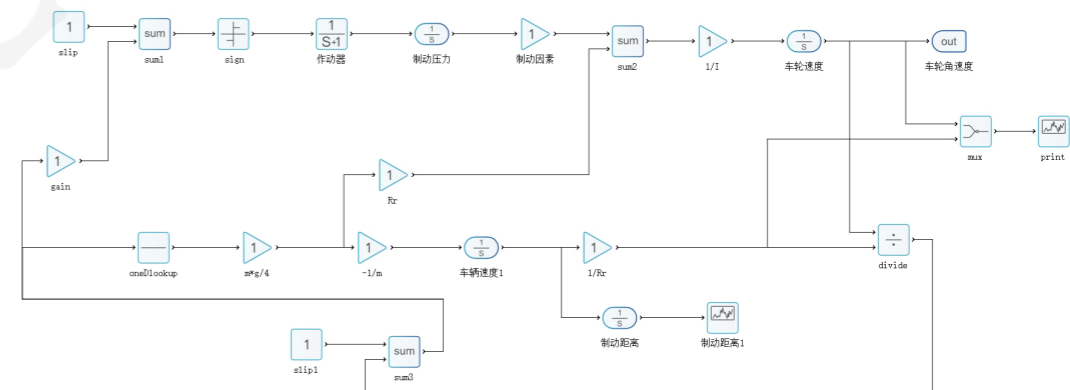
NVH (Noise、Vibration、Harshness) 衡量汽车制造质量的一个综合性问题，其传递给用户的感受是最直接的。有统计资料显示，整车约有1/3的故障问题是和NVH问题有关系，而各大制造企业有近20%的研发费用花费在解决NVH问题上。在车辆NVH开发过程中，仿真是其中非常重要的一部分，可在前期进行性能分析和改善，在后期提供方向指导和建议参考。



汽车NVH模拟与仿真分析

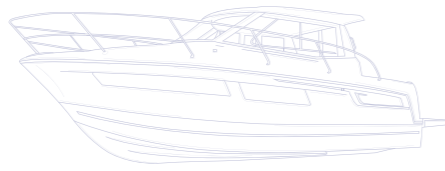
•汽车制动防抱死系统 (ABS) 控制方法研究

汽车制动防抱死系统是把车轮的滑移率限制在对应最大路面附着系数的范围之内，从而使车辆获得最大的地面制动力，同时具有较好的横向稳定性。ABS系统通过控制作用于车轮制动泵上的制动管路压力，使汽车在紧急刹车时车轮不会抱死，从而使得汽车在紧急制动时仍能保持较好的方向稳定性，ABS系统是汽车上一项主动安全系统。在北太真元中建立汽车传动系统模型，并设计bangbang算法，验证ABS系统可靠性。



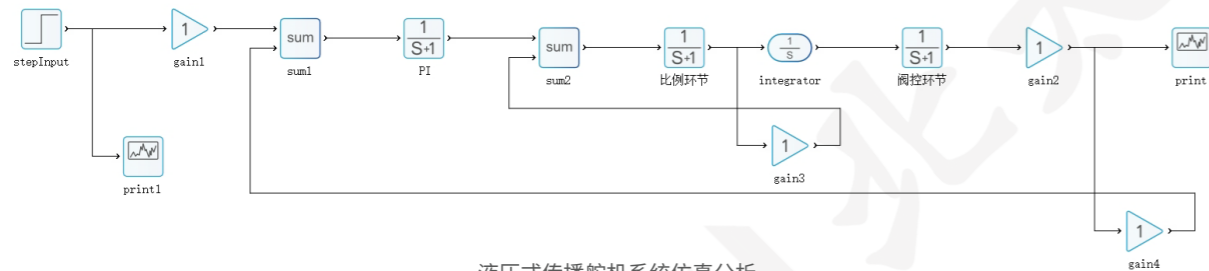
汽车制动防抱死系统 (ABS) 控制方法研究

3.2 船舶模拟类



• 液压式船舶舵机系统仿真分析

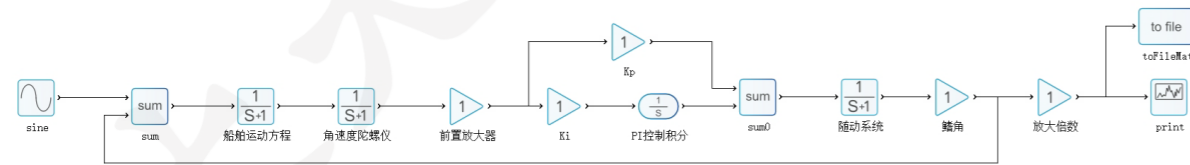
液压式船舶舵机控制系统是现代船舶的重要部分之一，其作用是通过电子控制系统对船舶的操纵进行精确调节，以确保船舶行驶和操作的安全性和可靠性。该系统主要由执行机构、驱动系统和控制系统等几部分组成，其控制环节包括输入环节、比例环节、阀控缸环节和转角反馈环节。通过上述各环节的传递函数建立闭环仿真模型，采用PI控制算法对上述控制系统进行仿真分析。



液压式传播舵机系统仿真分析

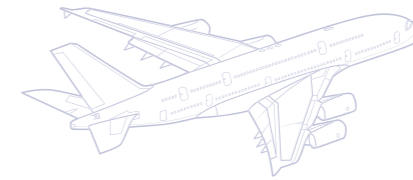
• 基于PI控制的船舶运动模拟仿真分析

船舶在航行中因受到海浪、海风及海流等海洋环境扰动的作用，不可避免地产生横摇运动。剧烈的摇摆将对船舶产生一系列有害的影响。减摇鳍装置是减小船舶横摇最有效的减摇设备之一。通过控制鳍的运动可以使鳍产生对抗海浪的稳定力矩达到减小横摇的目的。建立船舶运动模型，用PI控制方法实现减摇鳍的控制，并对海浪的波倾角和船舶的横摇角进行仿真。



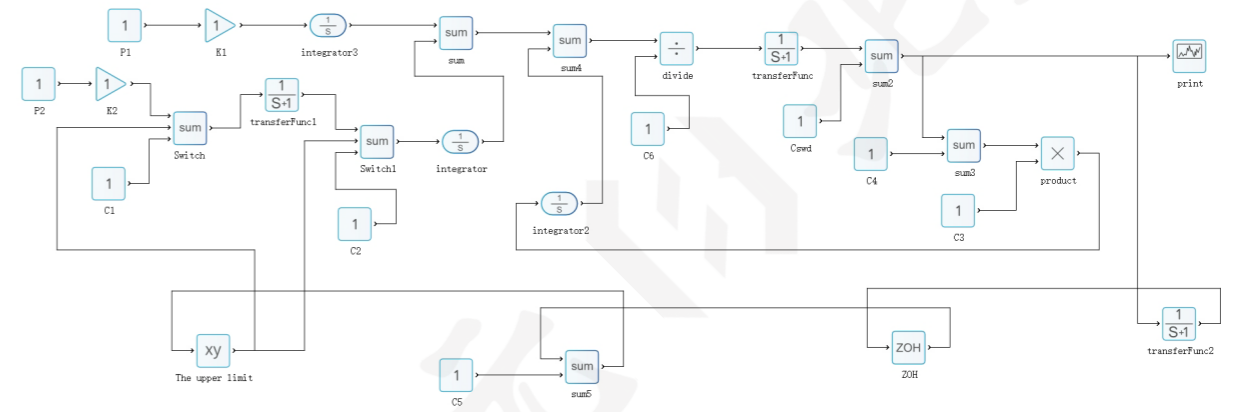
基于PI控制的船舶运动模拟仿真分析

3.3 航空航天类



• 飞机燃油系统模拟仿真分析

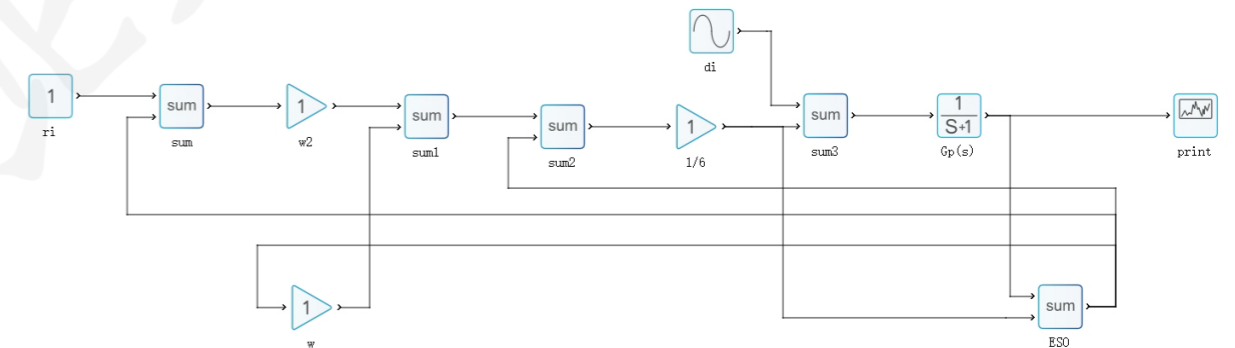
燃油系统是飞机的关键系统之一，用于储存燃油并在不同飞行状态下安全可靠地将燃油供给发动机，以保证飞行安全和飞行性能。温度控制系统是飞机燃油系统地面模拟试验的关键子系统之一。建模分析某飞机发动机燃油总管实验器的工作过程及液压系统结构，提出一套简单方便的自动化温度控制方案，并用北太真元对控制过程进行仿真。



飞机燃油系统模拟仿真分析

• 基于ADRC的飞行器姿态控制系统设计

随着航天技术的发展，飞行器的构造越来越复杂，性能要求也越来越高。飞行器能在空中按预定的轨迹运动的同时也离不开姿态控制系统。飞行器姿态系统的非线性、强耦合、不易获得精确模型及飞行过程中受到多种干扰等特点为航天器姿态控制系统的设计带来极大挑战。



基于ADRC的飞行器姿态控制系统设计

4. PRODUCT DEVELOPMENT TRENDS

产品趋势

北太真元多域动态系统建模仿真平台将全面拥抱用户需求，灵活前进。每一步创新，都是为了满足用户的深度需求，推动仿真技术的边界，助力企业更高效地开发和部署仿真应用。



求解器

计算精度和效率拓展

立足于先进的数值分析方法和算法，北太真元的求解器将扩展求解器类型及参数化配置能力，以提高计算精度和效率，更精确地模拟复杂的物理和工程问题，满足更高的精度需求。



模块库

计算单元的场景支持能力

作为仿真平台的核心组成部分，北太真元将不断丰富和完善模块库和模型库，提供更多的预置计算单元和模型，此外还将支持用户自定义计算单元和模型，以满足特定需求。



数据处理

打造多样化数据处理平台

数据处理是现代仿真的关键环节。产品将构建一个多样化的数据处理平台，支持多种数据格式和类型的输入、输出和转换，帮助用户更有效地理解和利用数据。



行业工具箱

为企业提供一站式决方案

北太真元将以实现企业应用为主要目标，提供一系列针对不同行业和领域的专业工具箱，为企业提供一站式的仿真解决方案，帮助企业更高效地开发和部署仿真应用。

5. TECHNICAL ADVANTAGES INTERPRETATION

技术优势解读

- 5.1 基于北太天元底层计算能力
- 5.2 图形化开发与系统建模能力
- 5.3 高效、精准的系统仿真计算
- 5.4 基于模型的开发设计

5.1 基于北太天元底层计算能力

北太天元底层计算能力确保了高性能和可扩展性，可实现对复杂系统的模块化建模、仿真与验证的能力。北太真元利用北太天元的先进计算框架，为复杂系统的模块化建模、仿真与验证提供高效的支持。

变量区管理：

通过灵活的变量区管理，允许用户自定义和控制仿真过程中的数据存储和访问，提高数据处理的灵活性和效率，有助于优化整体仿真性能。



支持数组建模运算：

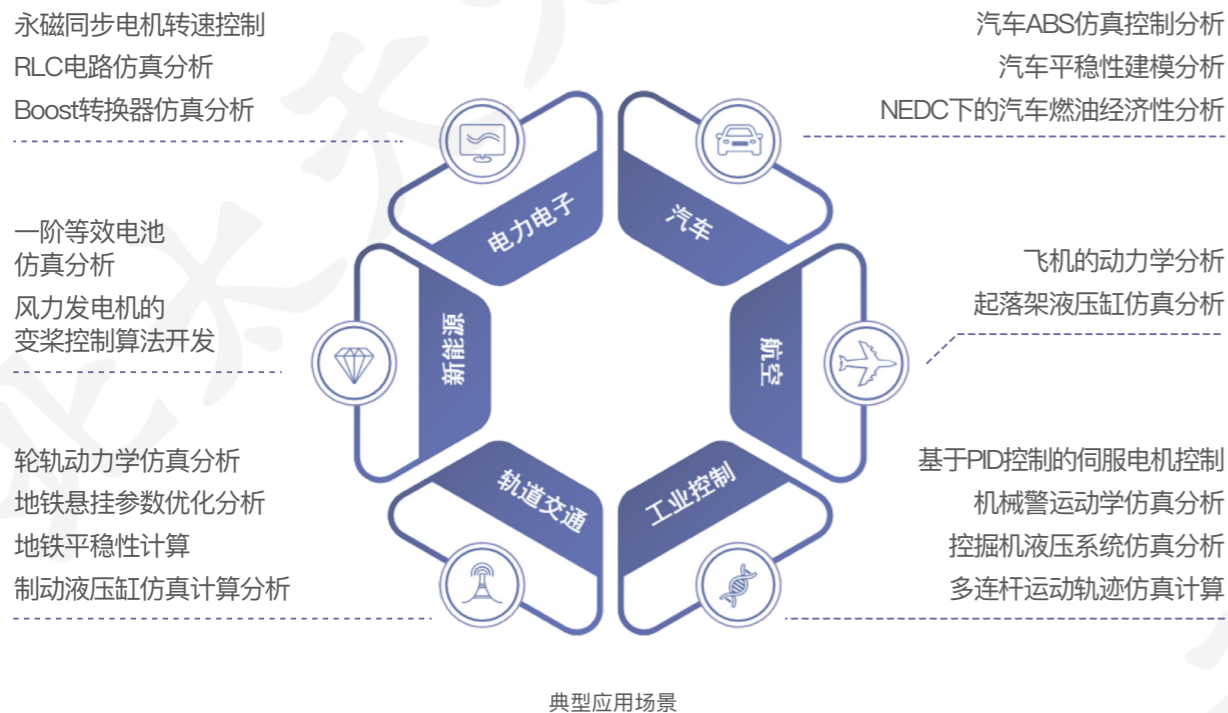
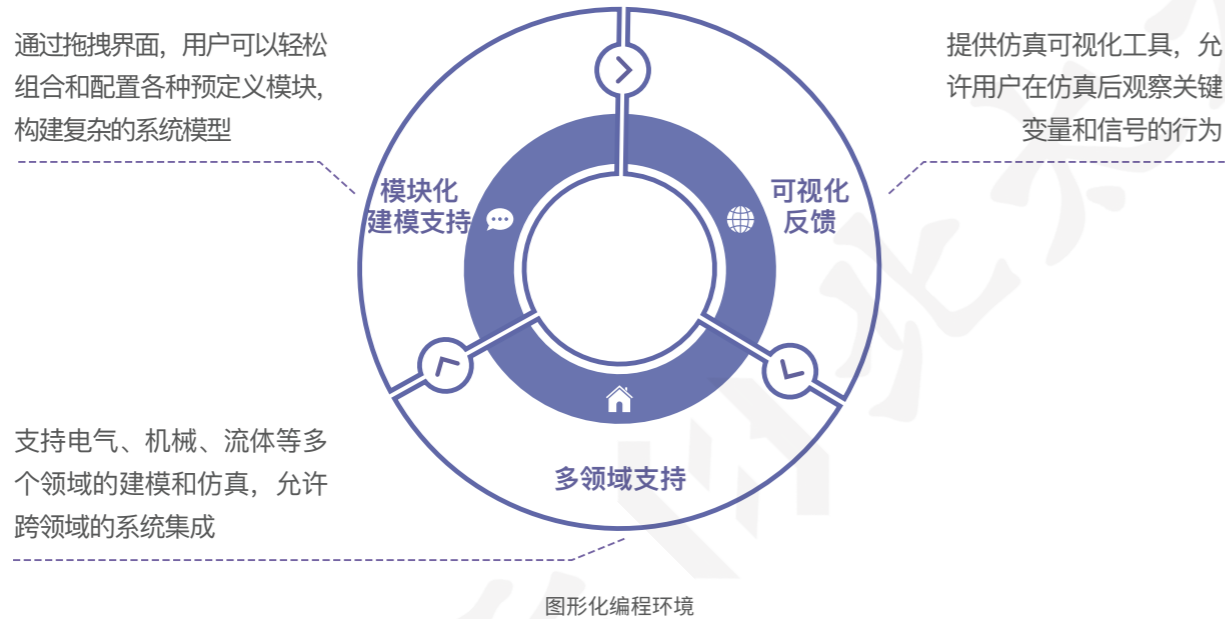
提供对标量和一维数组的建模运算支持，包括组合、拆分和数学运算等功能，使用户能够灵活地处理一维数据和构建复杂模型。

信号路由	输入单元	连续单元	离散单元	数学单元	更多单元
DEMUX MUX	标量 一维向量	标量 一维向量	标量 一维向量	标量 一维向量	标量 一维向量

数组建模运算能力

5.2 图形化开发与系统建模能力

允许用户通过拖拽组件和连接信号线来创建复杂的系统模型，无需编写任何代码。极大降低用户的编程门槛，使得非程序员也能轻松上手。通过实时的可视化反馈，用户可以快速理解和调整模型的行为，从而大幅节约开发时间。



5.3 高效、精准的系统仿真计算

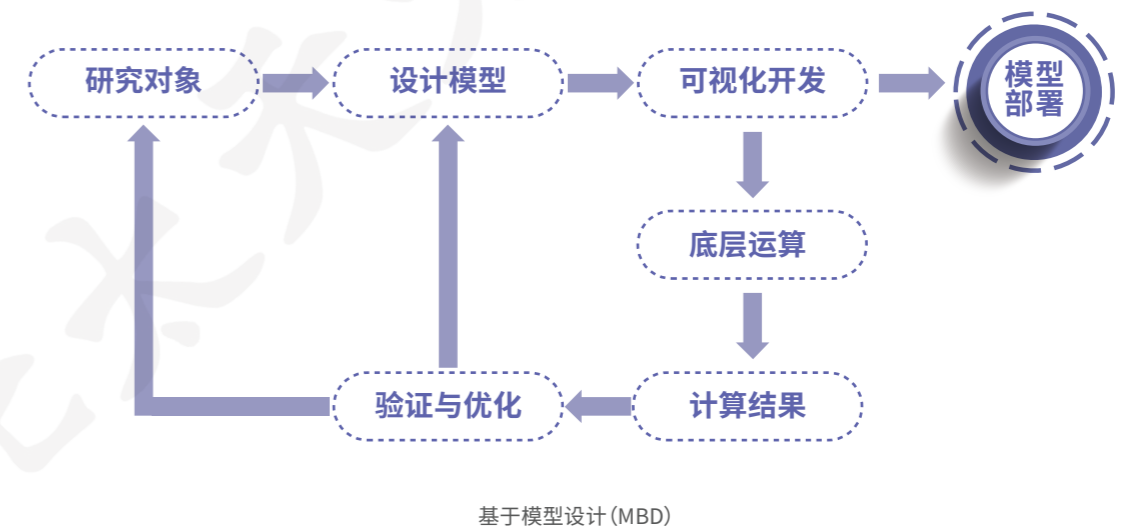
采用先进的数值求解器和优化技术，确保仿真的准确性和效率。通过虚拟仿真，用户可以在产品开发初期发现和修复缺陷，避免昂贵的后期修改。同时支持多种仿真模式，使得用户可以在不同阶段选择最合适的仿真策略。

独立自研的求解器技术：集成一系列针对不同类型系统模型的求解器，包括定步长、变步长和离散系统的求解器共11个，确保仿真的准确性和效率，满足不同复杂度和规模的仿真需求。

早期缺陷发现：通过虚拟仿真，用户可以在早期阶段精准发现和修复设计缺陷，节省成本和时间。

5.4 基于模型的开发设计

提供丰富的计算单元库和工具箱，用户可以选择预定义的计算单元，通过基于模型的开发方法，用户可以快速迭代和验证设计方案，确保产品的质量和性能。



丰富的计算单元库：提供多样化、高精度的计算单元库，涵盖多个领域和应用场景，使用户能够通过选择和配置这些单元快速构建和验证动态系统模型，降低开发的复杂性和时间成本。

仿真运行与控制：支持基本的仿真运行和控制功能，模型可读性和可维护性高，满足基本的模型验证和测试需求。

6.

OUR TEAM

关于我们

北京大学重庆大数据研究院

单位介绍

北京大学重庆大数据研究院是在重庆市人民政府指导下，由重庆高新技术产业开发区管理委员会和北京大学共同举办的具有独立法人资格的重庆市属事业单位。研究院由院士专家领衔，相关领域杰出学者亲自挂帅，组建超两百人的高水平科研队伍。在“卡脖子”的基础软件方向、自主创新的工业软件方向、面向重大战略需求的应用软件方向等均已取得重大突破，已建成3个中心、15个实验室、4个院企共建联合实验室，成立4家科技企业。在研原创科技成果30余项，已公开发布10余项，主持或参与横纵向项目30余项，申请知识产权125项，承办数学促进经济社会发展论坛等高水平学术活动40余场，入选重庆市引进类高端研发机构，获批国家级博士后科研工作站。

建设背景



2020年8月18日，北京大学校长郝平(时任)率团赴重庆，拜会重庆市委书记陈敏尔(时任)，重庆市委副书记、市长唐良智(时任)，双方签署市校战略合作协议。

2020年11月21日，重庆高新技术产业开发区管理委员会与北京大学正式签订合作协议。双方在西部(重庆)科学城共建北京大学重庆大数据研究院。



北太振寰（重庆）科技有限公司

北太振寰（重庆）科技有限公司（以下简称“北太振寰”）是由北京大学重庆大数据研究院基础软件科学研究中心（以下简称“中心”）孵化的科技型企业。2020年10月以来，李若教授带领团队在北京大学数学科学学院内开启北太天元数值计算通用软件（以下简称“北太天元”）“0-1”的内核原创研究，在北京大学大数据分析与应用技术国家工程实验室进行技术孵化，并落地北京大学重庆大数据研究院推动“1-10”的产品孵化。

北太振寰以重庆为总部，辐射全国，致力打造国产通用型科学计算软件，融合数学、物理、计算机、工业工程等多种学科的理论知识与实践经验，围绕国产自主知识产权的科学计算软件底层根技术，发展国内数学软件、工业软件、专业软件等核心关键软件，构建以应用数学为基础的技术生态、应用生态与产业生态。

企业愿景

愿景

成为世界领先的科学计算软件提供者

使命

实现计算数学的根本价值，架起数学到应用的桥梁，服务科学研究和工业应用，
推动人类文明共同进步

核心价值观

自主创新，以人为本，至诚至信，合作共赢

发展历程

