

团 体 标 准

T/NJ 1424—202X/T/CAAMM XXX—202X

农林拖拉机和机械 典型仿真应用软件模块化封装

Tractors and machinery for agriculture and forestry—
Modular package of typical simulation application software

(公示稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国农业机械学会
中国农业机械工业协会

发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械学会和中国农业机械工业协会联合提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会(SAC/TC 201)和全国拖拉机标准化技术委员会(SAC/TC 140)共同归口。

本文件起草单位：第一拖拉机股份有限公司、中国农业大学、国家农机装备产业计量测试中心(筹)、洛阳智能农业装备研究院有限公司、龙门实验室。

本文件起草人：薛文璞、李锋军、杜岳峰、高鸣、张雷雷、翟志强、孙黎明、朱忠祥、张冰冰、吴蒙、郭丹丹、贾辉、陈智辉、李小帅、黄胜操、赵静慧。

农林拖拉机和机械 典型仿真应用软件模块化封装

1 范围

本文件规定了农林拖拉机和机械典型仿真应用软件模块化封装的术语与定义、缩略语、系统架构、功能和通用要求。

本文件适用于农林拖拉机和机械零部件仿真应用软件模块封装的设计与开发。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

参数配置模块 **parameter configuration module**

规定仿真输入参数的类型、格式等数据,并将所需配置的参数与参数配置项变量相对应的预置模块。

3.2

输入输出模块 **input and output module**

将输入数据参数配置文件与仿真节点相关联,通过通信功能实现仿真数据和仿真结果输入、输出的模块。

3.3

仿真服务端模块 **simulation server module**

根据参数配置文件提供相应仿真功能的仿真应用软件集合,具有前处理、求解和后处理功能的模块。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API: 应用程序接口 (Application Programming Interface)

CAD: 计算机辅助设计 (Computer Aided Design)

MFC: 微软基础类库 (Microsoft Foundation Class)

OSI: 开放系统互连 (Open Systems Interconnection)

TCL: 工具命令语言 (Tool Command Language)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)

5 系统架构

系统架构见图1，应包括总控程序和仿真服务端模块。总控程序宜包含参数配置、输入输出和数据管理模块。仿真服务端模块宜包含前处理模块和后处理模块。前处理模块包括但不限于格式转换、几何清理、网格划分、边界条件施加和材料赋予等功能子模块。后处理模块包括但不限于数据提取、云图绘制、图片截取和报告生成等功能子模块。典型仿真应用软件（以有限元分析软件HyperWorks为例）模块化封装案例参见附录A。

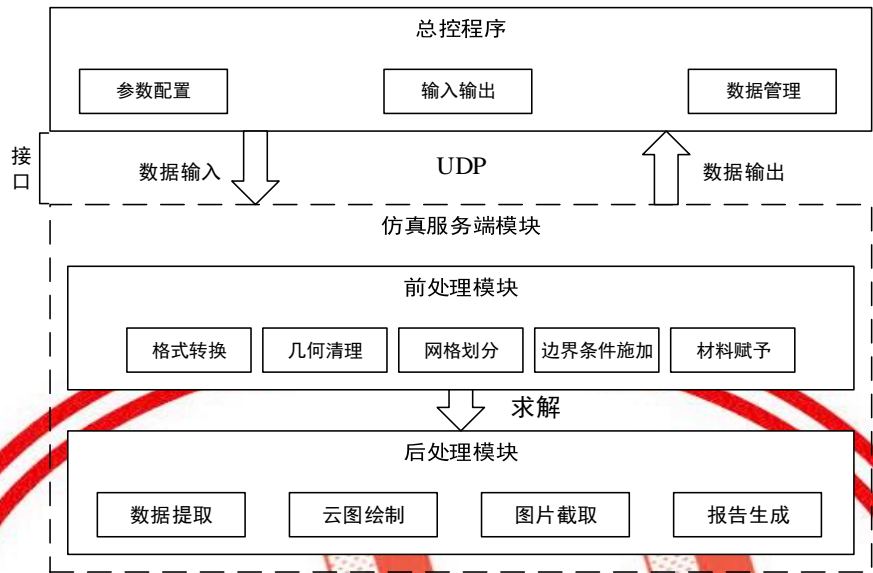


图 1 典型仿真应用软件模块化封装的系统架构

6 功能

6.1 总控程序

6.1.1 基本要求

总控程序应面向客户提供包括但不限于MFC/Qt/.net进行开发的图形界面程序。

6.1.2 参数配置模块

参数配置模块将输入参数配置项跟所对应的变量相关联，写入预设的位置、生成关系列表或查找并替换相应的字符串。通过处理函数处理配置命令，并将生成的配置文件传递至输入输出模块。参数配置模块应至少具备下列功能：

- a) 根据实际需求提供基本的人机交互功能；
- b) 根据使用者对不同仿真节点的选择提供相对应的参数配置模板；
- c) 对输入的参数有基本的错误处理；
- d) 根据输入的信息生成对应的仿真输入数据文件。

6.1.3 输入输出模块

输入输出模块在接收到参数配置模块生成的仿真参数配置文件后，会与参数配置文件对应的仿真服务端模块建立通信，将配置文件发送给相应服务端执行仿真操作，随后对服务端进行监听，等待服务端仿真执行完毕后，接受结果文件并保存。输入输出模块应至少具备下列功能：

- a) 可为参数配置文件和仿真结果提供输入输出指令；
- b) 实现总控程序与各仿真节点之间信息传递的通信；

- c) 根据实际需求输出各仿真节点计算结果数据。

6.1.4 数据管理模块

数据管理模块主要负责对仿真结果数据的存储,应至少具备下列功能:

- a) 根据实际需求使用合适的方式存储各仿真节点数据;
- b) 具备对各仿真节点输出的仿真结果数据进行增删改查。

6.2 服务端

6.2.1 前处理模块

前处理模块应对总控程序发送到仿真服务端模块的数模进行文件格式的转换,应至少具备下列功能:

- a) 对于自动边、硬点、重合面等情况自动识别并进行几何清理;
- b) 对面网格与四面体网格自动划分,可控制关键的网格划分参数;
- c) 材料创建和属性赋予,并且材料的关键参数可控,包括但不限于杨氏模量、泊松比、密度等;
- d) 自动进行边界条件加载。

6.2.2 后处理模块

后处理模块应至少具备下列功能:

- a) 对各类格式的计算结果文件中的数据进行提取;
- b) 采用较为直接的云图的方式展示结果;
- c) 支持 Word API 或 PowerPoint API 自动生成仿真报告。

6.3 通信

6.3.1 通信方式

总控程序与封装模块之间应具备仿真配置参数文件与仿真结果文件传输的通信功能,应至少满足下列要求:

- a) 在传输层具有包括但不限于可靠性保证、顺序保证和流量控制字段等功能;
- b) 具备同一个总控程序与不同仿真节点通信的功能。

6.3.2 扩展

除通信方式的基本要求外,对部分细节还应满足下列要求:

- a) 采用 IP + Port 的形式确定全网唯一进程;
- b) 可对 IP 和 Port 进行灵活更改,保证模块在不同的设备上仍然可以通信;
- c) 具备一定的恶意程序识别功能,例如遭遇短时间内极大量次数的访问时,通信可以采取相应措施保护服务端。

7 通用要求

7.1 模型

7.1.1 类型

封装模块应针对农林拖拉机和机械的零部件，所导入的CAD模型应为零件模型，不应出现装配体和需要添加连接的情况。

7.1.2 格式

对模型导入阶段CAD数模格式的要求如下：

- a) 包括但不限于*.iges,*.step,*.prt,*.smg,*.sldprt,*.sat,*.easm 等；
- b) 模型数据不宜过大，大小宜在 128 MB 以下。

7.2 仿真输入数据

输入数据应包含CAD模型与仿真输入参数配置文件。对于配置文件中仿真输入参数应包含但不限于几何清理与网格划分策略参数、网格形态控制参数、材料的密度、杨氏模量和泊松比、载荷的坐标、大小和方向、约束的坐标与强制位移、分析工况等。其中输入参数应为浮点数类型，数据应为双精度。

7.3 仿真输出数据

7.3.1 基本要求

仿真模块参照输入标准执行应得到对应仿真类型的结果数据，应包括但不限于数据结果和图形文件（如常态规模分析应得到各阶位移以及模型固有频率等），以及支持Word API或PowerPoint API自动生成的仿真报告。

7.3.2 文本数据

对仿真输出的文本数据应满足下列要求：

- a) 对仿真输出的双精度类型的数据进行小数点位数校验，并根据实际情况采取适当保留；
- b) 应完整输出字符串类型数据，长度宜控制在 100 个字符以内。

7.3.3 图形数据

静态图片格式宜为*.jpg或*.png，动态图片格式宜为*.gif。

7.4 封装

7.4.1 自定义工具类

对于开发过程中自定义的工具类应遵循下列规则：

- a) 封装的工具类宜写入分类中；
- b) 在某一个仿真节点中不宜引入其他仿真节点中的工具类。

7.4.2 自定义控件

自定义控件应满足下列要求：

- a) 不应暴露成员变量或属性，防止内部成员变量外部泄露；
- b) 类名应与自定义结构体匹配。

7.4.3 功能扩展

功能扩展应至少满足下列需求：

- a) 支持一定程度的功能升级；
- b) 支持以定制开发、二次开发、接口集成等多种方式为基础的功能构件开发。

附录 A (资料性)

典型仿真应用软件（以有限元分析软件 HyperWorks 为例）模块化封装案例

A.1 概述

在农林拖拉机和机械零部件生产过程中，有限元分析是一项基本且重要的工作。传统的有限元分析模式已不能满足实际工作需求，对农林拖拉机和机械零部件有限元分析模块进行二次开发，有利于提高设计效率，降低设计成本、缩短开发周期。基于HyperWorks的农林拖拉机和机械零部件有限元分析软件模块是针对部分农林拖拉机和机械零部件的快速有限元分析的通用系统。系统结构如图A.1所示。

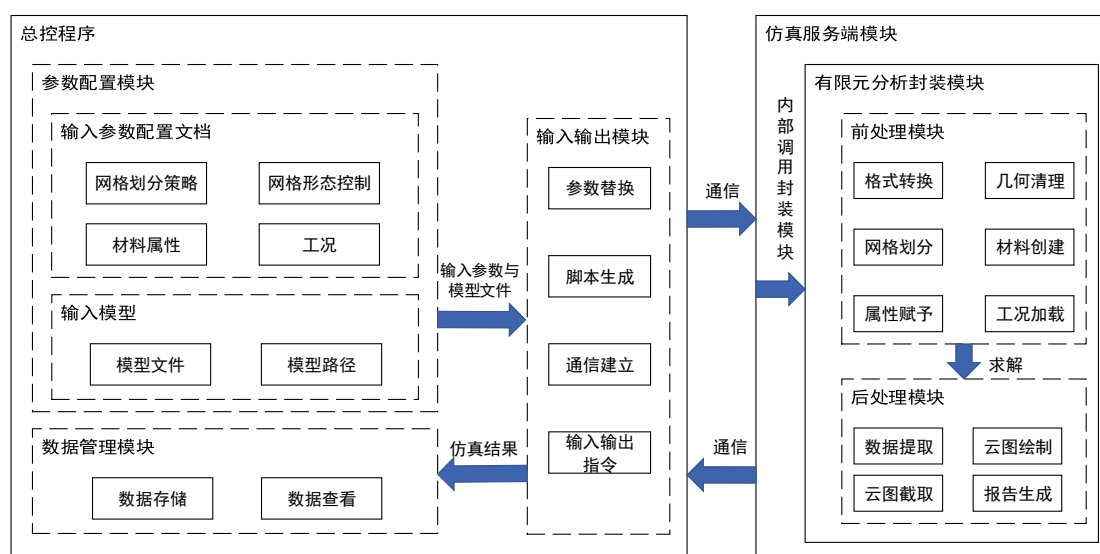


图 A.1 有限元分析软件 HyperWorks 模块化封装结构图

总控程序包括参数配置、输入输出和数据管理模块。参数配置模块的输入内容包含输入参数配置文档和待分析的CAD模型。输入输出模块根据配置文件生成对应分析类型的前处理tcl脚本和后处理tcl脚本，并与仿真模块建立通信连接，将tcl脚本和CAD模型发送至仿真模块处理，并对仿真模块进行监听，待仿真完成后接受仿真结果文件。数据管理模块用于仿真结果的存储与查看。

仿真服务端模块为基于HyperWorks二次开发的有限元封装模块，包含前处理（HyperMesh）和后处理（HyperView）模块，具备对零件进行网格划分、赋予材料、加载边界条件、输出求解文件并调用求解程序、提取计算结果并绘制云图、输出仿真报告等自动处理功能。

A.2 通信方式

为保证传输速度，总控程序与仿真服务端模块之间采用带有校验环节的UDP通信协议进行通信。总控程序建立通信的方式见图A.2。

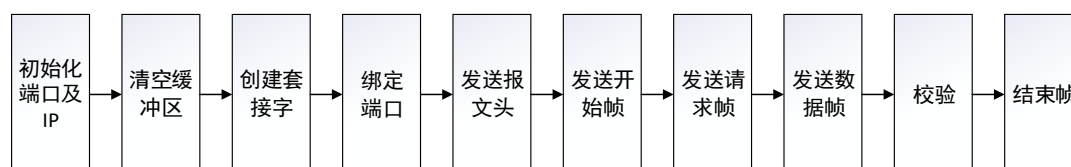


图 A.2 总控程序端通信方式

A.3 典型运行过程

系统的一个典型运行过程如图A.3所示，系统工作方式如下：

- a) 用户通过总控程序模块选择待分析的 CAD 模型、网格划分策略和网格形态控制策略，输入零件材料的密度、杨氏模量和泊松比。配置基础参数，建立前处理脚本文件；
- b) 选择分析类型（以常规模态分析为例）。进入模态分析参数配置界面，根据界面提示输入约束点的坐标、自由度与强制位移。点击下一步，输入频率范围与阶数并回到主页面，点击执行常规模态分析。此时输入输出模块会根据专有参数配置文件更新前处理脚本文件，并在相关文件夹下生成后处理脚本文件；
- c) 点击执行常规模态分析，总控程序将前处理脚本、后处理脚本和 CAD 模型文件发送至仿真模块相应的文件夹；
- d) 仿真模块对相应文件夹进行监听，当监听到文件夹中有三个文件时执行命令行程序 `cmd.exe`，调用 `Hypermesh` 和 `optistruct` 求解器读取前处理脚本，开启前处理功能；
- e) 前处理完成后生成计算结果文件并输出到相应文件夹，总控程序中的某个线程对该文件夹进行监听，当文件夹中的文件数量大于 8 时，调用 `Hyperview` 读取后处理脚本，开启后处理功能；
- f) 后处理完成后生成 PPT 格式的仿真结果报告，总控程序中的某个线程监听到文件夹中存在 PPT 格式文件后，自动将仿真结果报告发送到总控程序对应文件夹。发送完成后清空仿真服务端模块文件夹内的全部文件。由此完成一次完整的工作流程。



图 A.3 系统典型运行过程