

桁架求解器 项目文档

周育丞

zhouyucheng98@qq.com

1 背景

结构力学在工程中的应用十分广泛，合理的对结构力学求解方法可以有效的提高计算的效率，对工程的意义十分重要。在结构力学问题中，桁架的求解是十分典型且常见的问题。在桁架求解过程中，若手算则会出现以下的问题：

- 桁架过于复杂时，为了求解出每根杆件的内力，计算繁琐、耗时。
- 当桁架属于超静定结构时，手算计算量极大且容易出错。

为了提高在结构力学桁架求解过程中精确度和效率，使用计算机软件进行桁架结构问题求解的方法应运而生。但是目前市面上的小型“求解器”类软件如“结构力学求解器”大多存在以下问题：

- 具有图形界面，但是输入结构时却采用手动输入编号与坐标的形式，当结构较复杂时输入结构较为耗时。
- 开发时间较早，现在使用起来美观程度与用户体验较低。

而大型的结构求解类软件安装较复杂，且正版售价不菲，用户使用也需要花一定时间去掌握。

基于以上背景，本小组准备开发一款具有良好用户体验与易操作性，能让用户以“画图”的方式输入桁架结构，帮助用户在较短时间高效准确解决桁架问题的**桁架求解器**。

2 总体设计

2.1 系统功能

2.1.1 功能概述

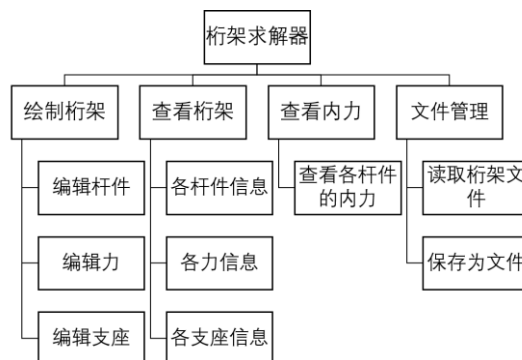


图 1 系统功能框架图

2.1.2 功能说明

此处只对功能做简要的说明，功能具体讲解及使用方法会在第四节提到。

(1) 绘制桁架：通过鼠标拖动（PC）或者手指拖动（手机）的方式建立需要求解的桁架结构体系；通过输入或者拖动的方式，输入结点力；通过输入的方式编辑结构支座类型。

(2) 查看桁架：桁架结构建立完成后，可以查看结构信息。其中杆件信息包括结点的 x,y 坐标；荷载信息包括荷载的大小方向及作用点；支座信息包括支座的位置及类型。

(3) 查看内力：桁架求解完毕后，可以查看桁架的内力。内力显示有三种模式：1、通过轴力图以及数字显示；2、仅通过轴力图显示；3、仅通过数字显示。

(4) 文件管理：可以将绘制的桁架结构的信息存储（以 xml 文件的方式），也可以读取之前存储的桁架信息。便于以后多次查看。

2.2 作品特色

- 可利用鼠标点击与拖动的方式快速建立桁架结构，大大提高了桁架（特别是小型桁架）结构的输入效率
- PC 版自带 C#编写的求解算法，无需依赖第三方文件或调用其他软件
- 可将桁架结构模型保存为文件，也可从文件读取，方便分享与交流

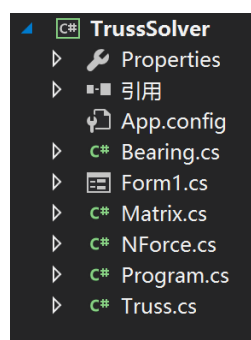
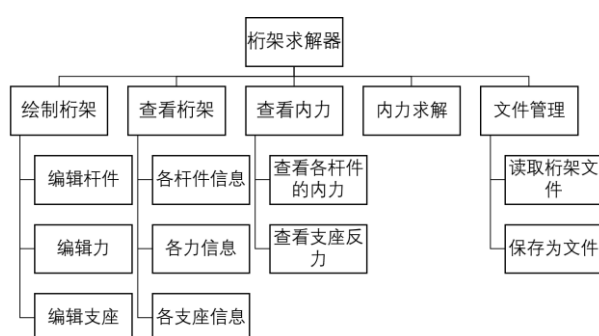
3 详细设计

3.1 系统结构设计

3.1.1 技术架构

- 运用 C# GDI+绘制坐标系、桁架图形及内力图
- 鼠标网格捕捉
- 桁架图形的矩阵表示与求解
- 桁架结构的文件存储（xml 文件）

3.1.2 功能模块设计



Form1 类：描述主界面，包括绘图区域，菜单栏，控制区

Truss 类：桁架，包含描述桁架的所有信息以及对桁架结构操作（增添、求解等）的方法

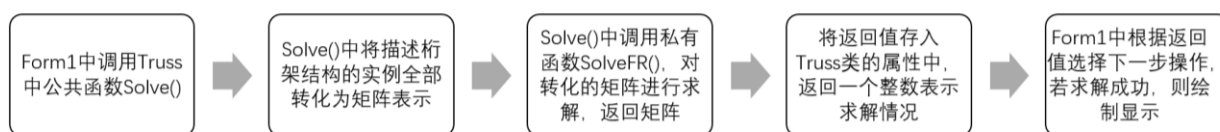
NForce 类：节点力，包含描述节点力的所有信息

Bearing 类：支承，包含描述结构支承的所有信息

Matrix 类：矩阵，存储矩阵信息，封装了对矩阵进行操作的方法

3.1.3 关键功能/算法设计

桁架结构的求解流程如下：



桁架杆件绘制的流程如下：



3.2 数据结构设计

3.2.1 存储数据

1. 数据库

2. 文件存储

桁架结构可被保存为 xml 文件，命名为*.xml

根节点为<Truss>

根节点下 5 个子节点：<Nodes>、<Loads>、<Bears>、<NodesConnect>、<EA>; 分别储存对应的信息。

3.2.2 关键数据结构

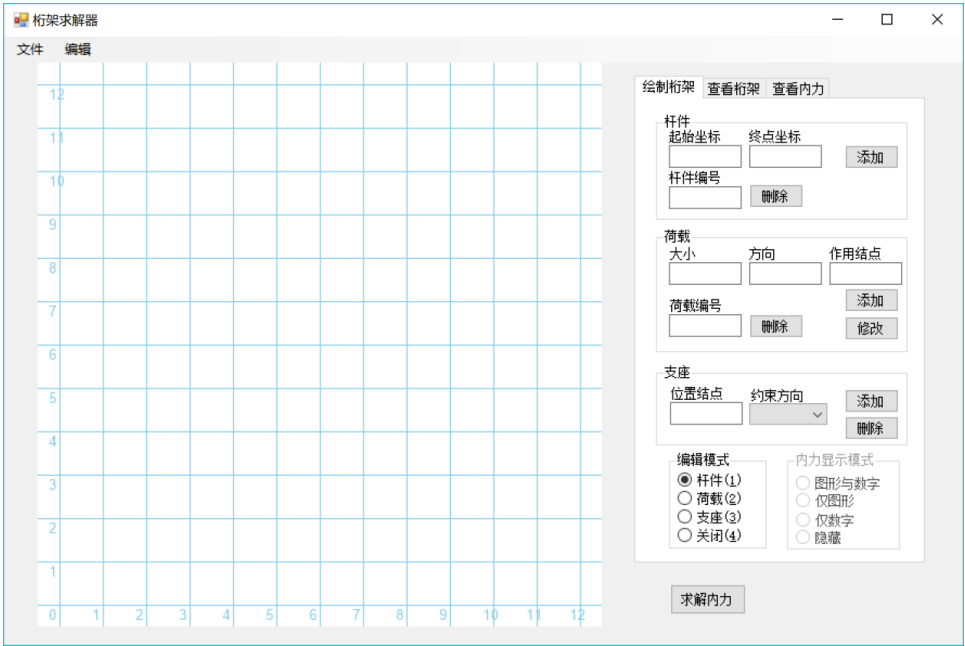
关键信息为存储在 Truss 类中的属性，均为顺序存储（List<>或数组），如下图代码截图所示

```
public class Truss
{
    public List<PointF> Nodes;      //桁架结点坐标
    public List<NForce> Loads;     //桁架所受结点力荷载
    public List<Bearing> Bears;    //桁架支座
    public List<int[]> NodesConnect; //表示结点之间连接情况（杆件）的二维数组
    public double[,] FN;           //表示内力
    public double[,] RE;           //表示支座反力
    public double EA;
```

3.3 系统界面设计

3.3.1 界面设计风格

主界面（初始界面）：



菜单栏中单击“文件”，可以选择打开或保存为文件；单击“编辑”，可以清空绘制区域，或

设置单元力的大小：



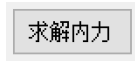
右侧为控制区，有三个 TabPage，分别用于绘制桁架控制，查看桁架信息和查看内力。

3.3.2 主要功能页面

右侧控制区中绘制桁架页面下有三个组，分别用于手动编辑杆件、荷载和支座



右侧下方有“求解内力”按钮，单击即可求解内力并绘制结果



4 使用说明

下图为该桁架求解器的界面，在建立模型时，需要布置结构的杆件、荷载和支座。

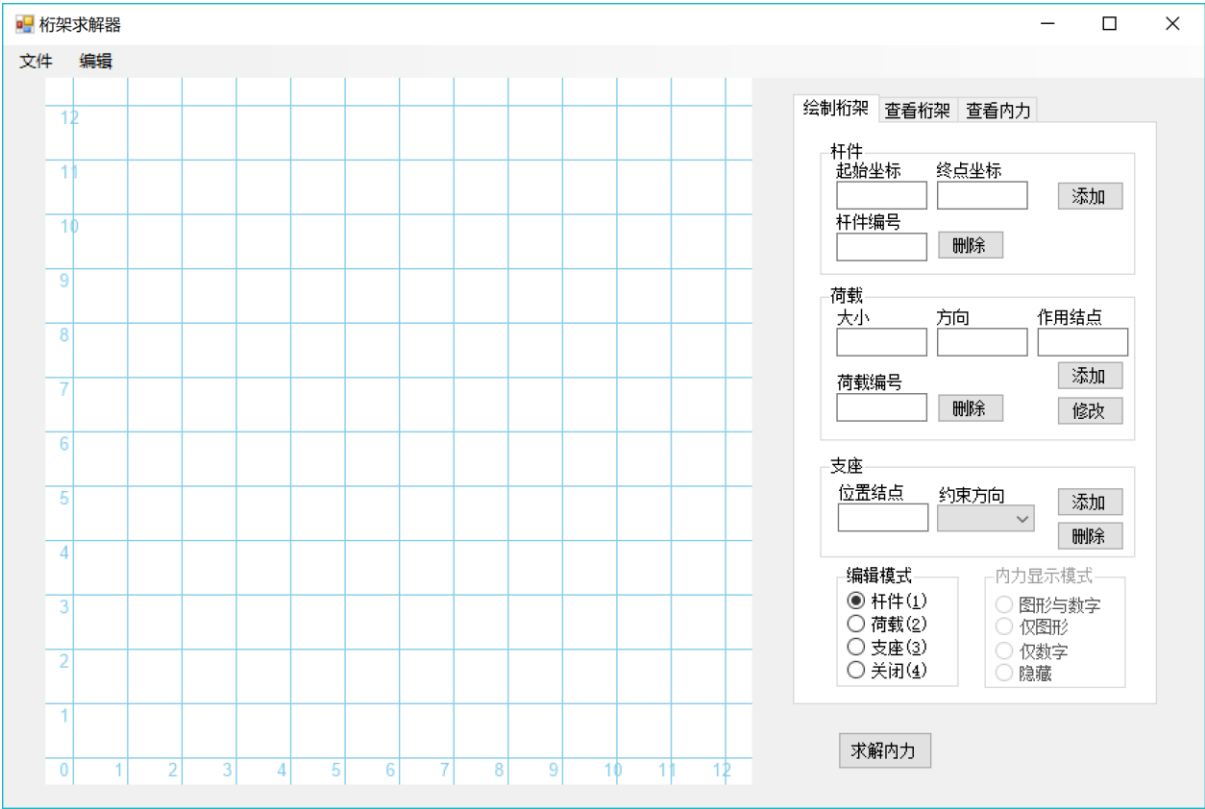


图 1

(1) 杆件绘制

首先是杆件的布置，用户可以通过点击鼠标和拖动进行桁架的布置，如下图：



图 2



图 3

选择编辑模式中的“杆件”（编辑模式表示鼠标在左侧框体点击/拖动编辑时所生成的对象），为了构建从一号点至二号点的杆件，鼠标移至一号点后会自动捕捉一号点处的格点，此时点击左键不放，将鼠标移至 2 号点附近，待自动捕捉点后，松开鼠标则杆件 12 搭建完毕。在每次确定铰接点的过程中，系统会自动按照先后顺序对铰接点进行编号处理，并且系统会按照杆件的形成顺序对杆件也进行编号。若某次的操作失误，可以在构造某一杆件的过程中按鼠标右键则取消相应杆件的构建。

杆件的构建过程也可以通过操作界面的数据输入完成，如图三所示，通过输入起始坐标和终点坐标，点击添加后即可生成杆件。并且根据杆件的标号，可以删除杆件。

(2) 荷载添加

添加荷载时，可通过点击选择编辑模式或快捷键“F2”或“Alt+2”将编辑模式调整为“荷载”。

添加荷载时，通过鼠标点击的方式确定荷载的“长度”和方向，构建的荷载长度和与荷载大小成正比例关系，荷载方向从后一点指向前一点。使用者也可通过变换编辑模式后，输入参数从而确定荷载的大小，方向。系统会自动根据荷载的形成顺序对荷载进行编号。

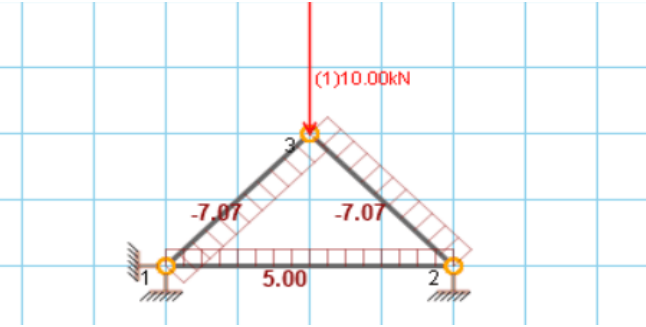


图 7



图 8

(3) 支座添加

添加支座约束时，可通过点击选择编辑模式或快捷键“F3”或“Alt+3”将编辑模式调整为“支座”。在需要添加支座的格点处，左击鼠标 1, 2, 3, 4 次分别代表进行水平方向，竖直方向，铰支座和取消。也可通过编辑界面的参数输入进行构建。



图 5



图 6

至此模型建立完毕。模型搭建好之后，可点击“查看桁架”查看模型信息。

绘制桁架		查看桁架		查看内力	
[杆件]		X		Y	
结点 1	5.00			5.00	
结点 2	9.00			5.00	
结点 3	7.00			7.00	
[荷载]		大小(kN)	方向(°)	作用结点	
荷载 1	10.00		-90.00	3	
[支座]		作用结点	约束方向		
支座 1	1		XY		
支座 2	2		Y		

图 9

(4) 计算与结果显示

点击“求解内力”按钮，计算结果即会显示在结构上，通过切换“内力显示模式”里的选项，可以调整结果显示的形式，同时可以在“查看内力”页面查看桁架及支座的受力情况。结果显示如下图：

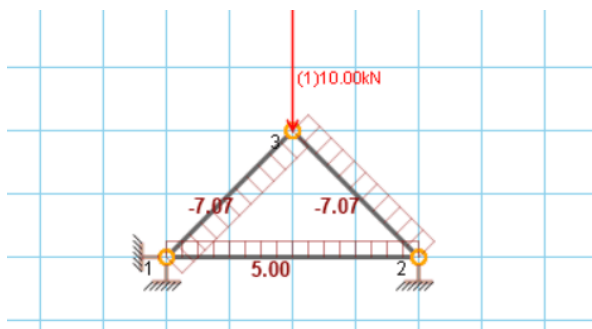


图 10

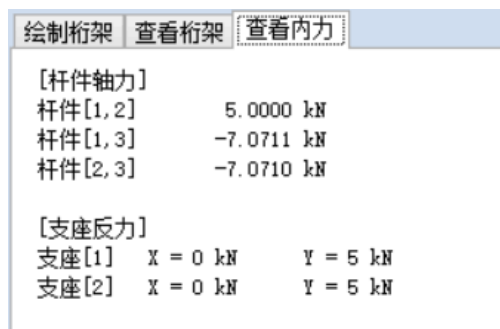


图 11

(5) 实例分析

下面,通过一个实际的结构力学桁架问题的求解说明本款结构力学求解器的特点。图是朱慈勉版结构力学的一道超静定桁架求解问题,右图是本款结构力学求解器构件的模型。

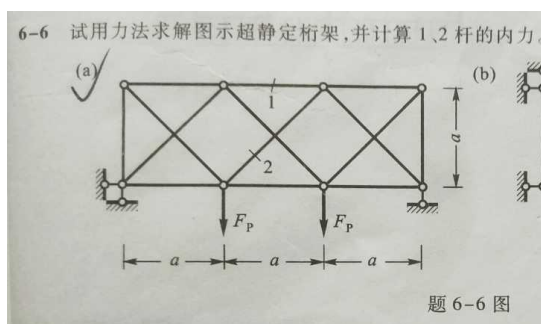


图 12

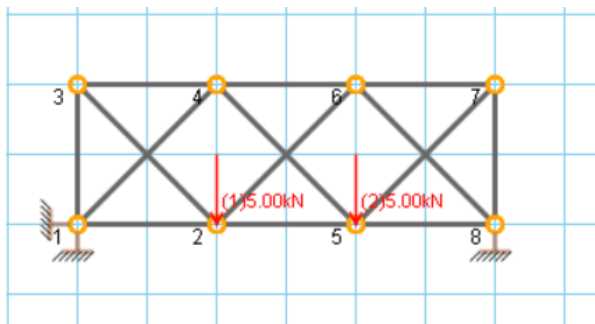


图 13

求解后的结果如下所示:

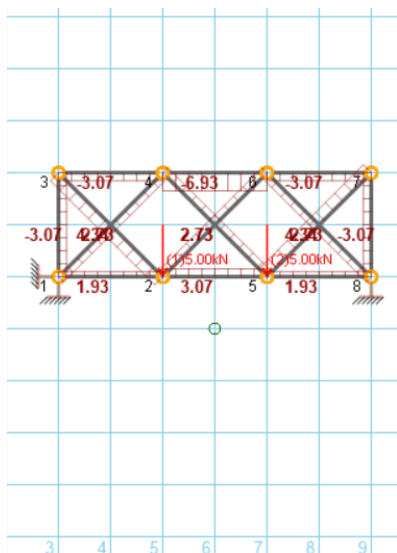


图 14

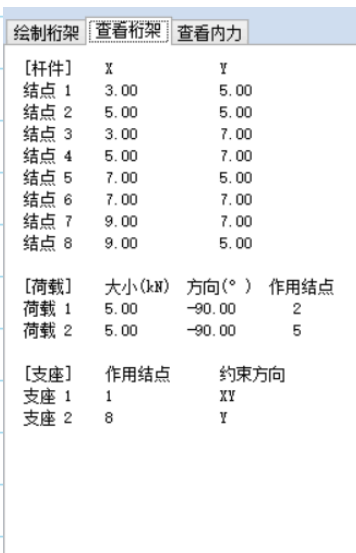


图 15

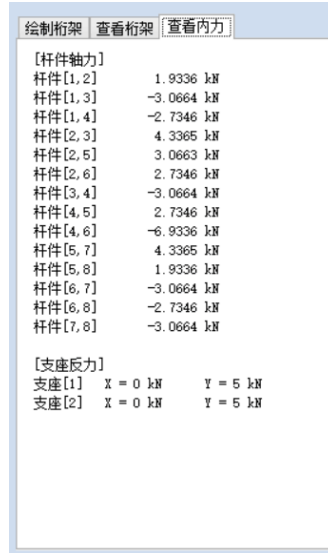


图 16

计算结果与答案一致,验证了程序的准确性。