

# FreeFta 事故树绘制与分析软件 V1.0

(简称：FreeFta)

## 使用说明书

孟现飞

二零一三年十月

## 目 录

1 软件简介.....	3
2 软件安装.....	4
2.1 运行环境要求.....	4
2.2 Microsoft .NET Framework 4 的安装 .....	4
2.3 事故树绘制与分析软件安装.....	5
3、软件操作.....	9
3.1 主界面.....	9
3.2 工具栏.....	9
3.3 打开事故树文件.....	10
3.4 新建事故树文件.....	12
3.5 添加中间事件或基本事件 .....	14
3.6 保存事故树.....	17
3.7 另存事故树.....	17
3.8 打印事故树.....	17
3.9 存为图片.....	18
3.10 自动排列.....	19
3.11 事件移动.....	21
3.12 求解最小割集.....	22
3.13 求解最小径集.....	24
3.14 求解结构重要度.....	25
3.15 设定基本事件概率.....	27
3.16 求解顶上事件概率.....	31
3.17 求解概率重要度.....	32
3.18 求解临界重要度.....	33
3.20 选项设置.....	34
3.21 导出为 Rtf.....	35

# 1 软件简介

为了给广大从事安全工程技术与管理的人员提供一款操作简单、功能丰富的事故绘制与分析工具，孟现飞研制开发了 FreeFta 事故树绘制与分析软件。

该软件具有如下特点

- 简单易用

系统操作界面简洁美观，支持自定义画布颜色、事件颜色等，支持连续添加事件、批量设置基本事件概率、拖放改变父级事件、自动排列事故树等

- 功能丰富

支持事故树的定性分析（最小割集、最小径集、结构重要度）和定量分析（顶上事件概率、概率重要度、临界重要度）、导出为图片、导出为 Rtf 文档

- 算法高效

系统采用优化的定性定量分析算法，瞬间出现运算结果，最大减少您的等待时间

## 2 软件安装

### 2.1 运行环境要求

- 操作系统: windows xp、windows vista、windows 7、windows 8
- .NET Framework: Microsoft .NET Framework 4 或以上。

### 2.2 Microsoft .NET Framework 4 的安装

如果您的电脑上没有安装 Microsoft .NET Framework 4, 则可以按照下列步骤进行安装:

- (1) 首先到微软官网下载 Microsoft .NET Framework 4, 下载地址为:  
<http://www.microsoft.com/zh-cn/download/details.aspx?id=17718>
- (2) 下载完成后, 点击下载的、如图 2-1 所示的 Microsoft .NET Framework 4 安装文件: dotNetFx40\_Full\_x86\_x64.exe



图2-1.

- (3) 在出现的“Microsoft .NET Framework 4 安装程序”界面 (图 2-2), 选中我已阅读并接受许可条款 (A), 并单击“安装”按钮继续安装 (图 2-3)。



图2-2.

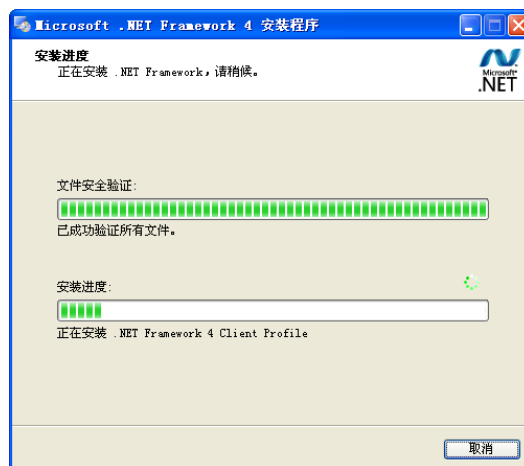


图2-3.

- (4) 在出现的“2-4”界面，单击“完成”按钮，完成 Microsoft .NET Framework 4 程序的安装。



图2-4.

## 2.3 事故树绘制与分析软件安装

安装步骤：

- (1) 首先双击程序包中的 setup.exe 的程序（图 2-5）。

名称	修改日期	类型	大小
program files	2013/11/30 19:56	文件夹	
0x0409.ini	2010/3/23 16:44	配置设置	22 KB
FreeFta.msi	2013/11/10 7:14	Windows Install...	901 KB
setup.exe	2013/11/10 7:13	应用程序	1,188 KB
Setup.ini	2013/11/10 7:14	配置设置	5 KB

图2-5.

- (2) 在出现的“FreeFtaSetup-InstallShield Wizard”界面（图 2-6），单击“Next”的按钮继续安装。

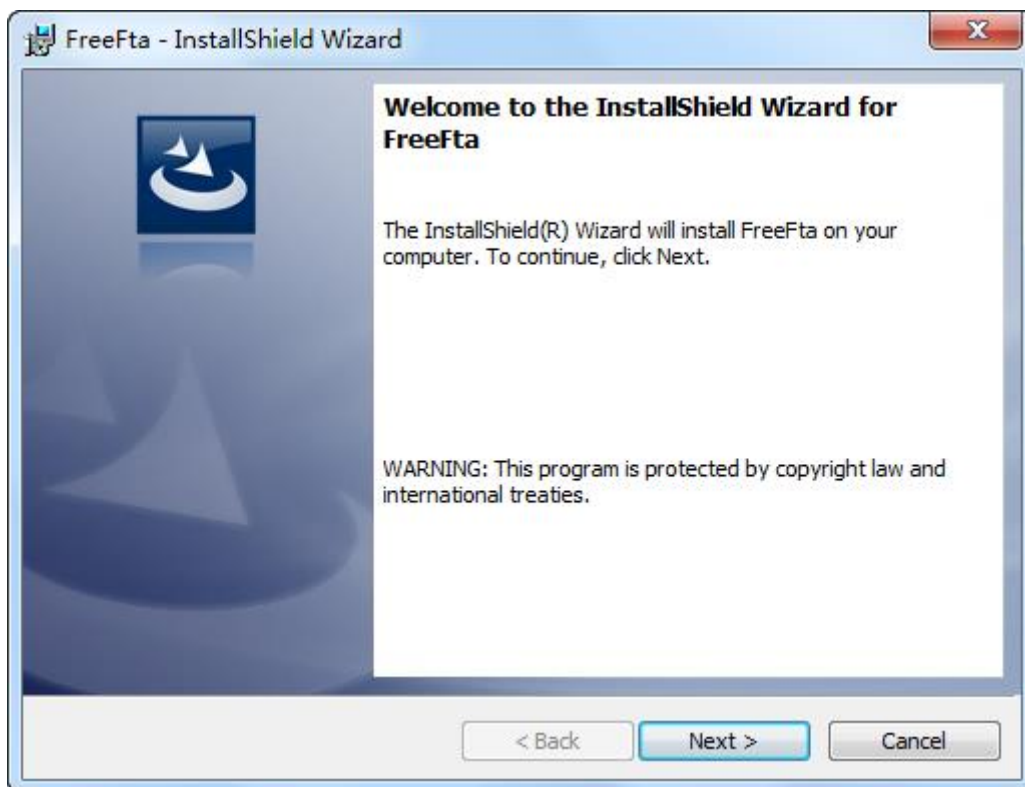


图2-6.

- (3) 在出现的“2-7”界面中，选择“I accept the terms in the license agreement”的单选按钮，并单击窗口下部的“Next”按钮继续安装。

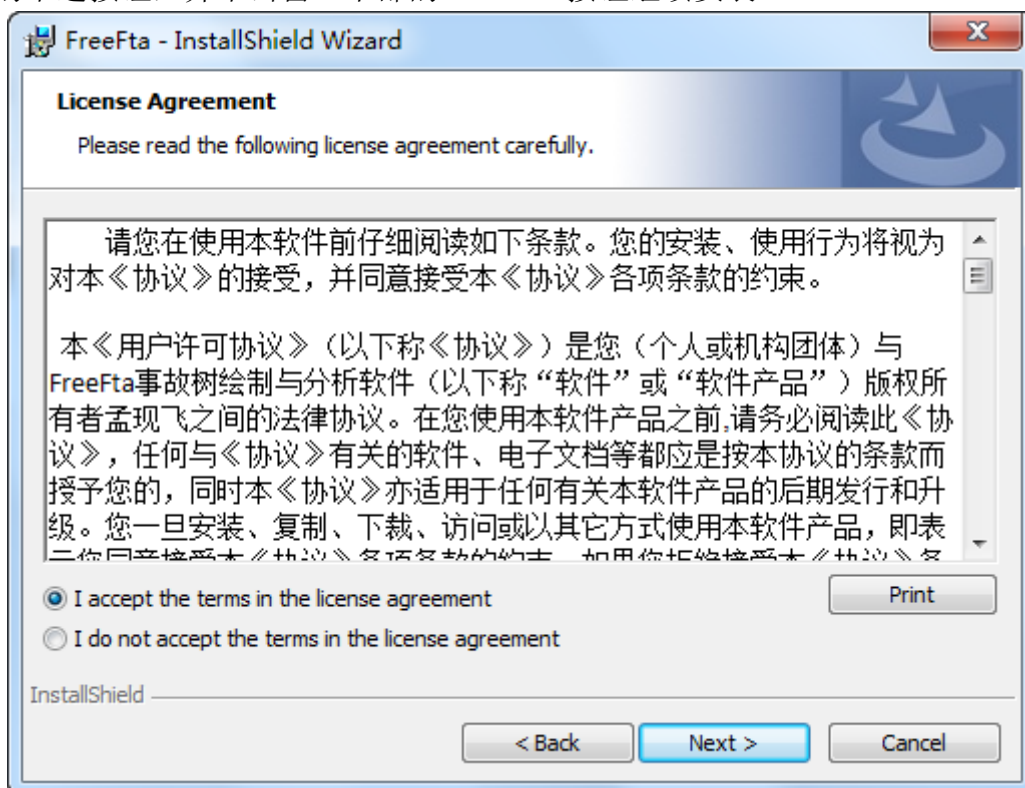


图2-7.

- (4) 在出现的“2-8”界面中，可以单击“Change...”改变程序的安装目录，这里选择默认安装路径，直接单击窗口下部的“Next”按钮，继续安装。

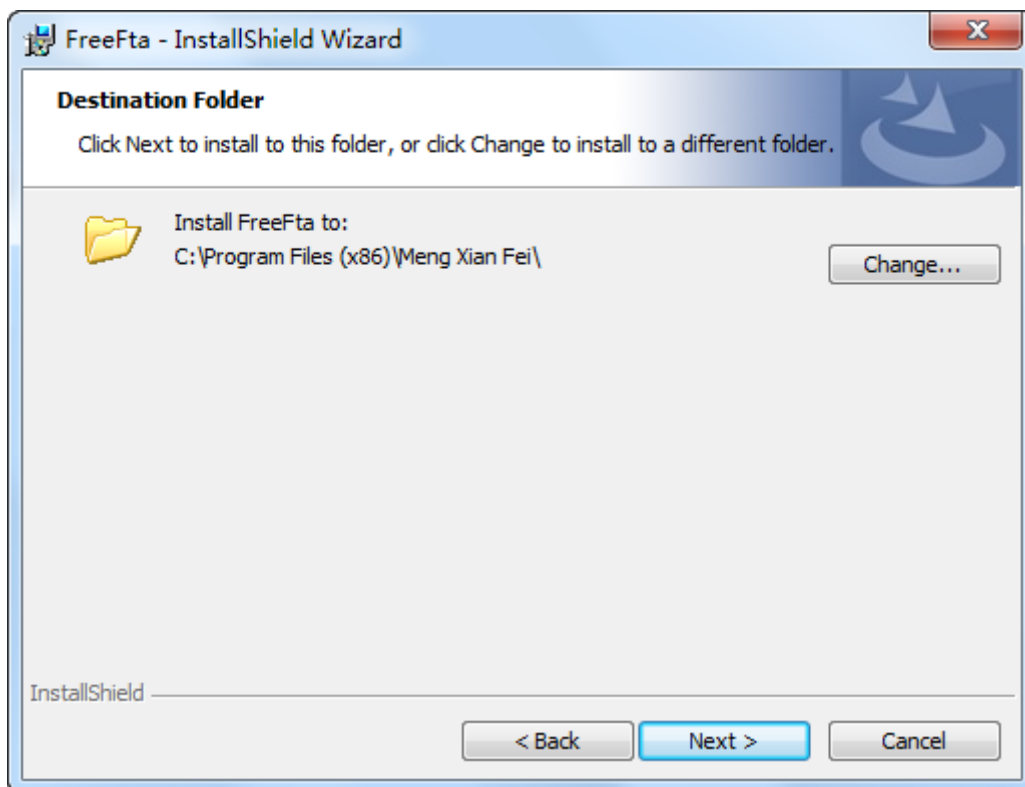


图2-8.

(5) 在出现的“2-9”界面中，单击窗口下部的“Install”按钮。

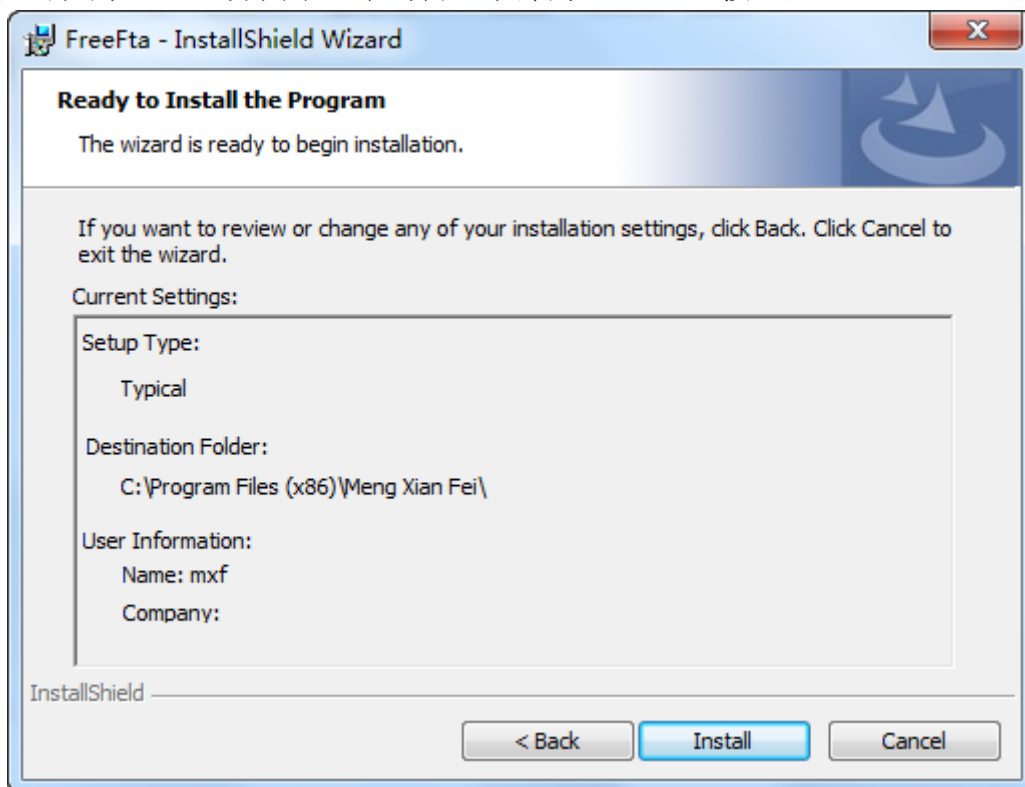


图2-9.

(6) 在出现的“2-10”界面中，单击窗口下部的“Finish”按钮，完成事故树绘制



与分析软件程序的安装；安装完成后，开始菜单和桌面出现 **FreeFta** 的事故树绘制与分析软件程序启动的快捷方式。

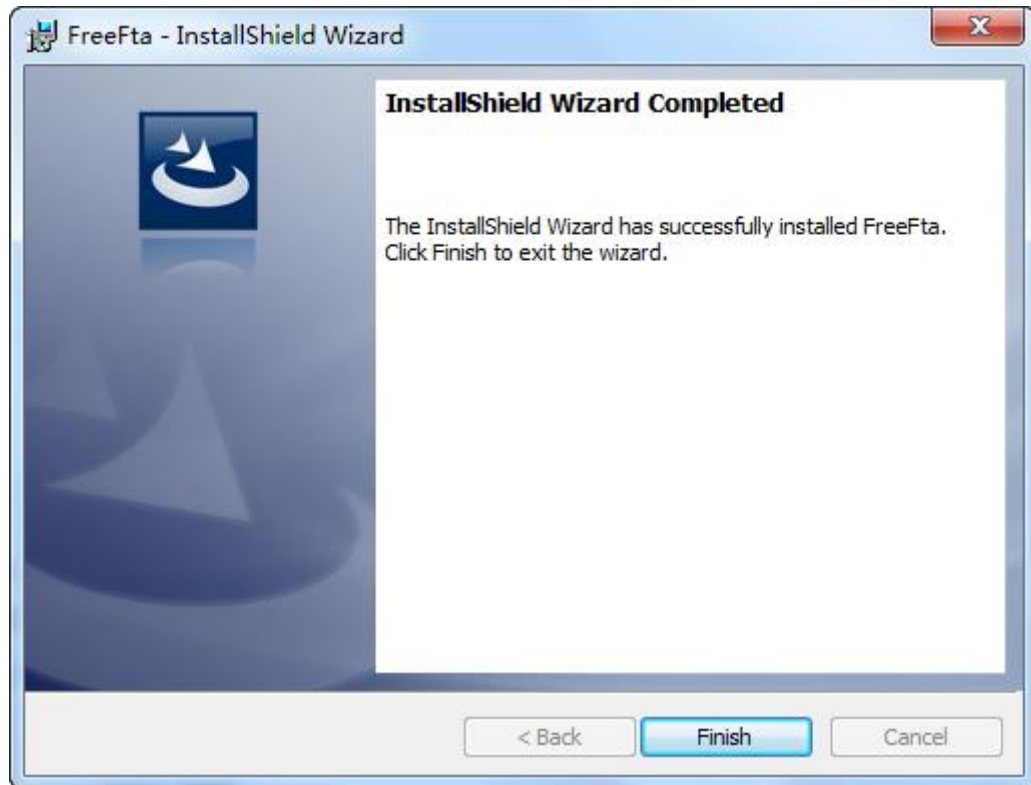


图2-10.



## 3、软件操作

### 3.1 主界面

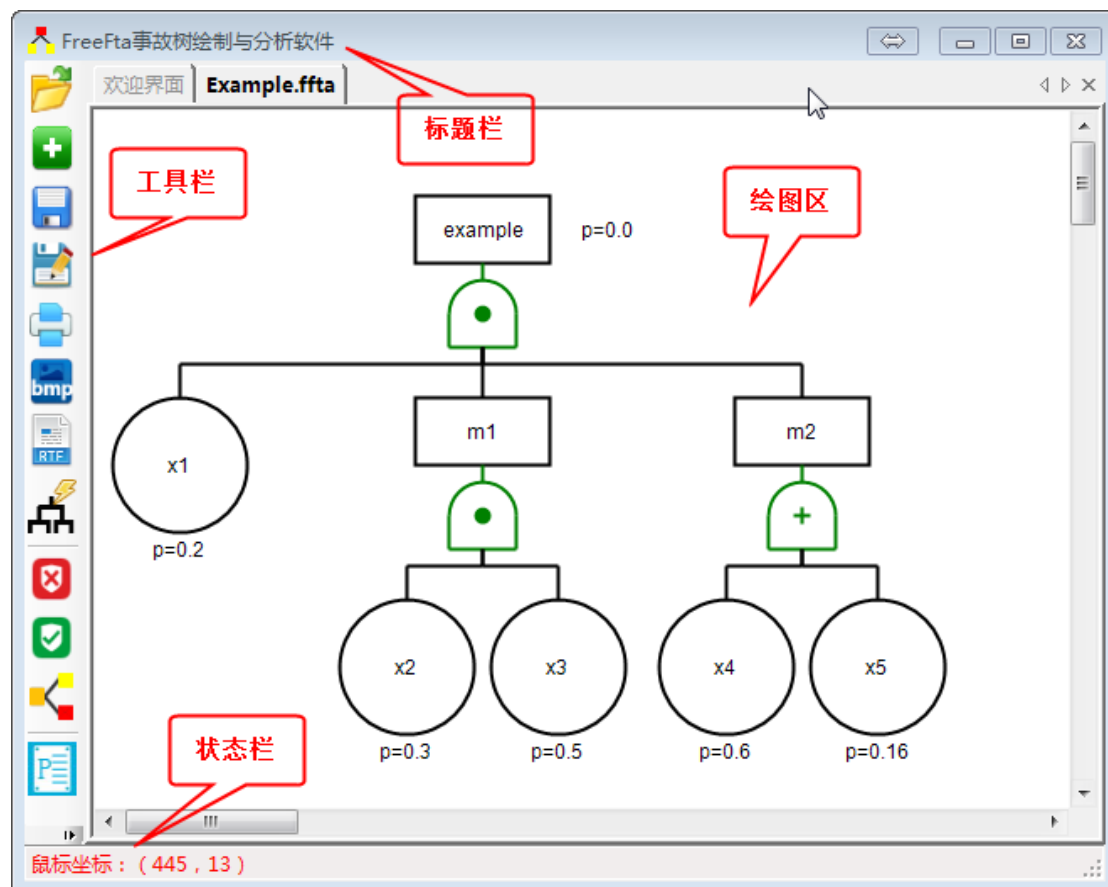






图3-1.


### 3.2 工具栏

表 3-1: 工具栏图标及功能

图标	功能	备注
	打开事故树文件	
	新建事故树文件	
	保存事故树文件	
	另存事故树文件	

	打印事故树	
	存为图片	图片格式为 bmp
	导为 Rtf	可使用 word、写字板、wps 等文字处理软件打开
	自动排列事故树	自动排列后可以再通过手工调整以完全满足实际要求
	求解最小割集	
	求解最小径集	
	结构重要度	
	设定基本事件概率	
	求解顶上事件概率	
	求解概率重要度	
	求解临界重要度	
	选项	
	帮助	

### 3.3 打开事故树文件

点击工具栏中的  按钮，弹出如下图所示的窗口：

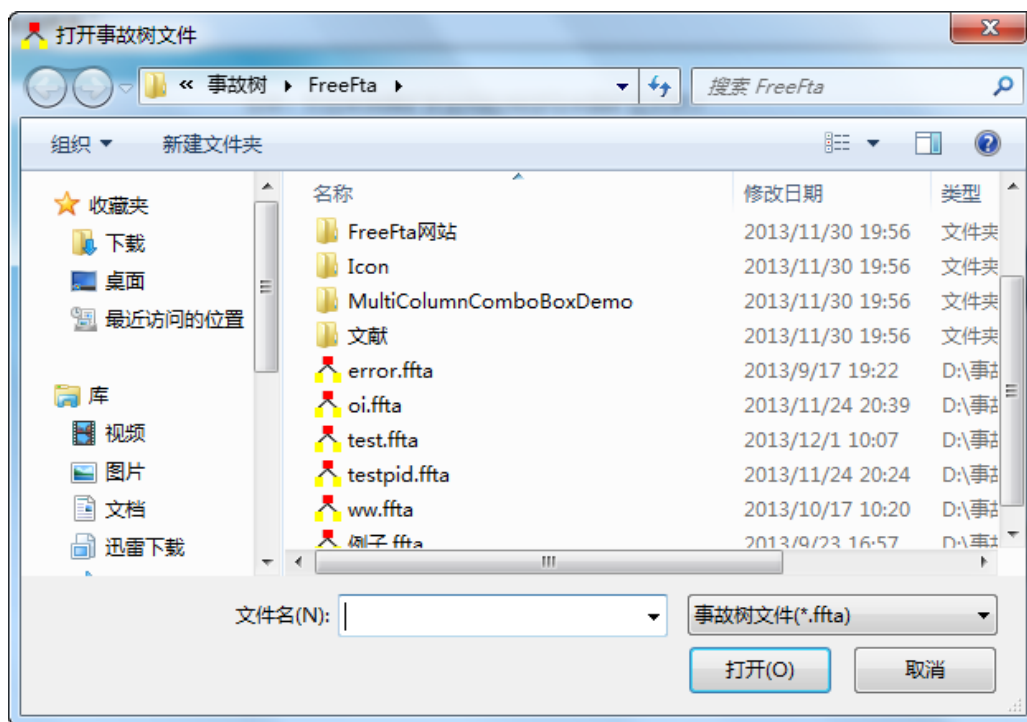


图3-2.

选中要打开的文件，如下图所示，选中 test.ffta，（注：事故树的文件扩展名为 ffta）

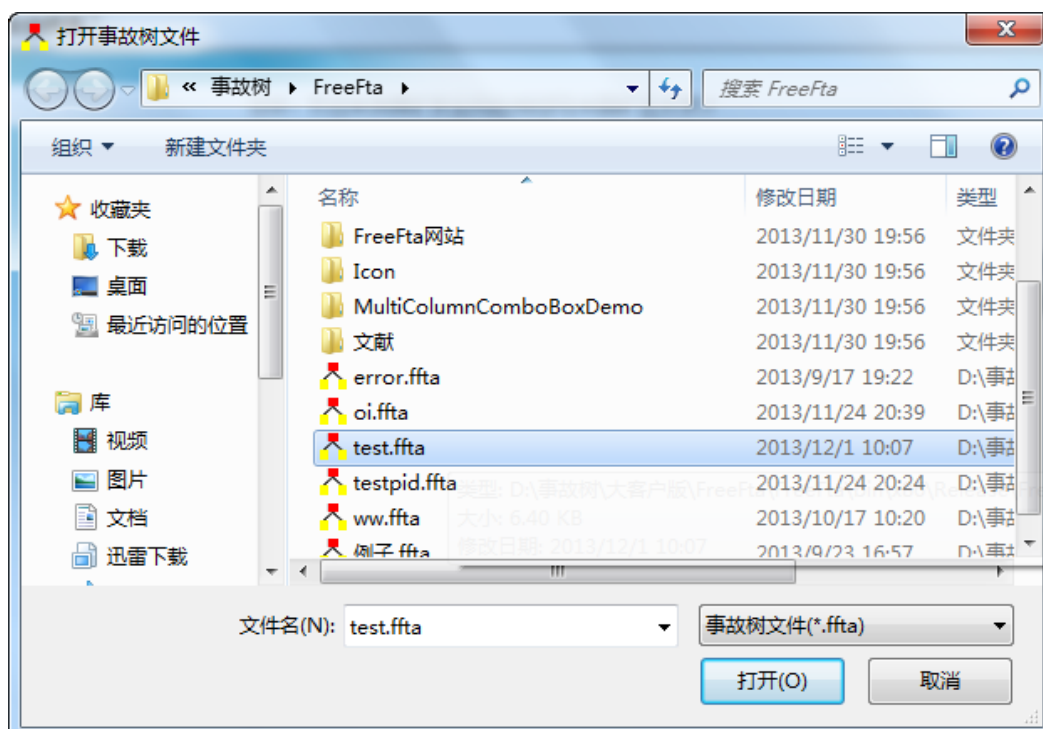


图3-3.

点击上图中的 **打开(O)** 按钮就会打开相应的文件，如下图所示：

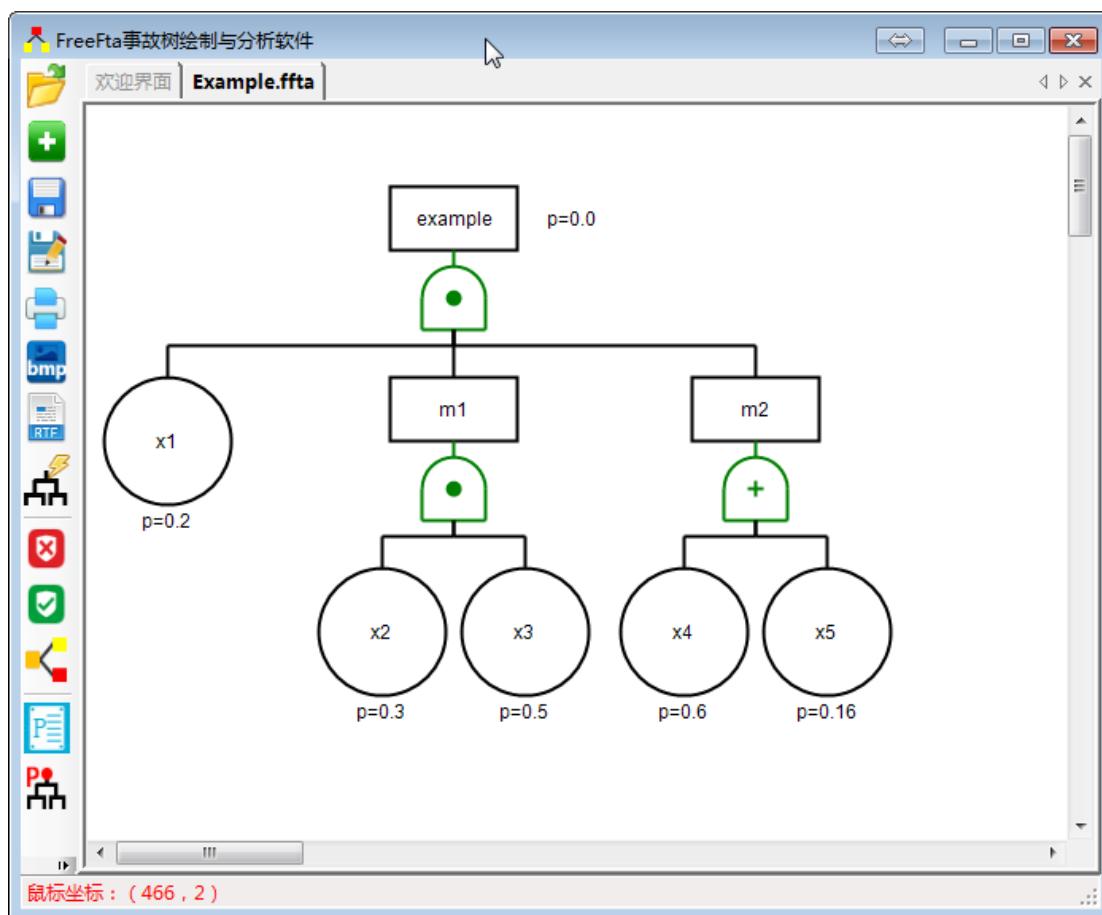


图3-4.

### 3.4 新建事故树文件

- 1) 点击工具栏中的  按钮，弹出如下图所示的顶上事件窗口：

图3-5.

- 2) 录入顶上事件编号和事件名称  
如：事件编号为 Example，事件名称为 example

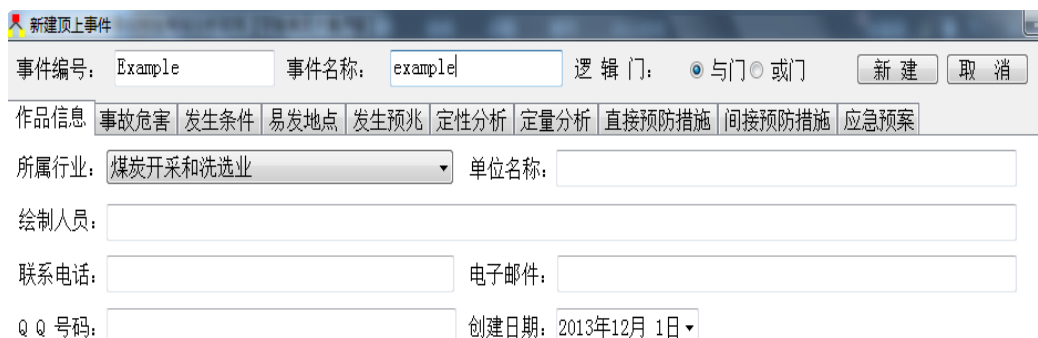


图3-6.

注：其中事件编号必须以字母开头。

同时可以在下方填写作品信息、事故危害、发生条件、易发地点、发生预兆、定性分析、定量分析、直接预防措施、间接预防措施、应急预案等。这些信息也可以在以后任意时刻填写或编辑。

作品信息包括：所属行业、单位名称、绘制人员、联系电话、电子邮件、QQ 号码、创建日期等，填写作品信息的主要目的是为了便于他人联系事故树的绘制人员进行交流沟通。

- 3) 选择相应的逻辑门
- 4) 点击 **新建** 按钮，弹出如下图所示窗口

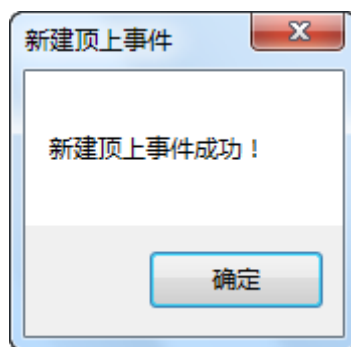


图3-7.

点击确定，进入如下图所示的界面：

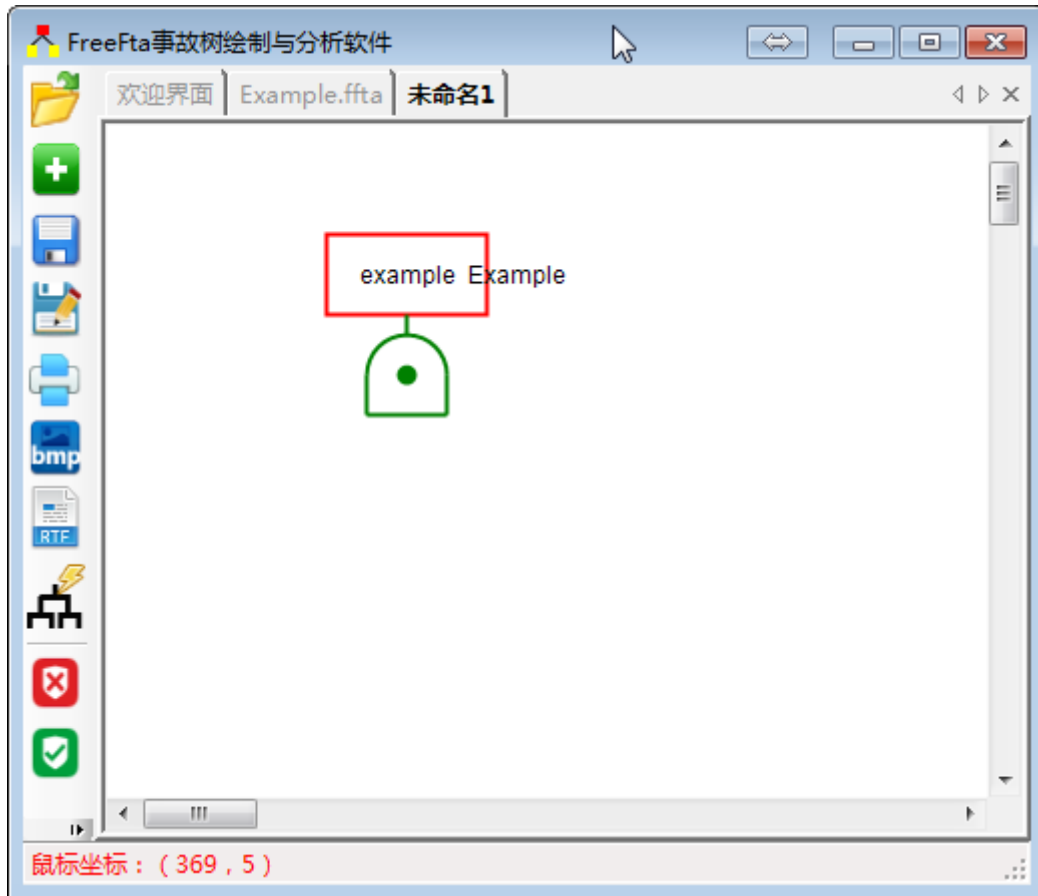


图3-8.

### 3.5 添加中间事件或基本事件

右键点击顶上事件“example”将弹出如下图所示的快捷菜单

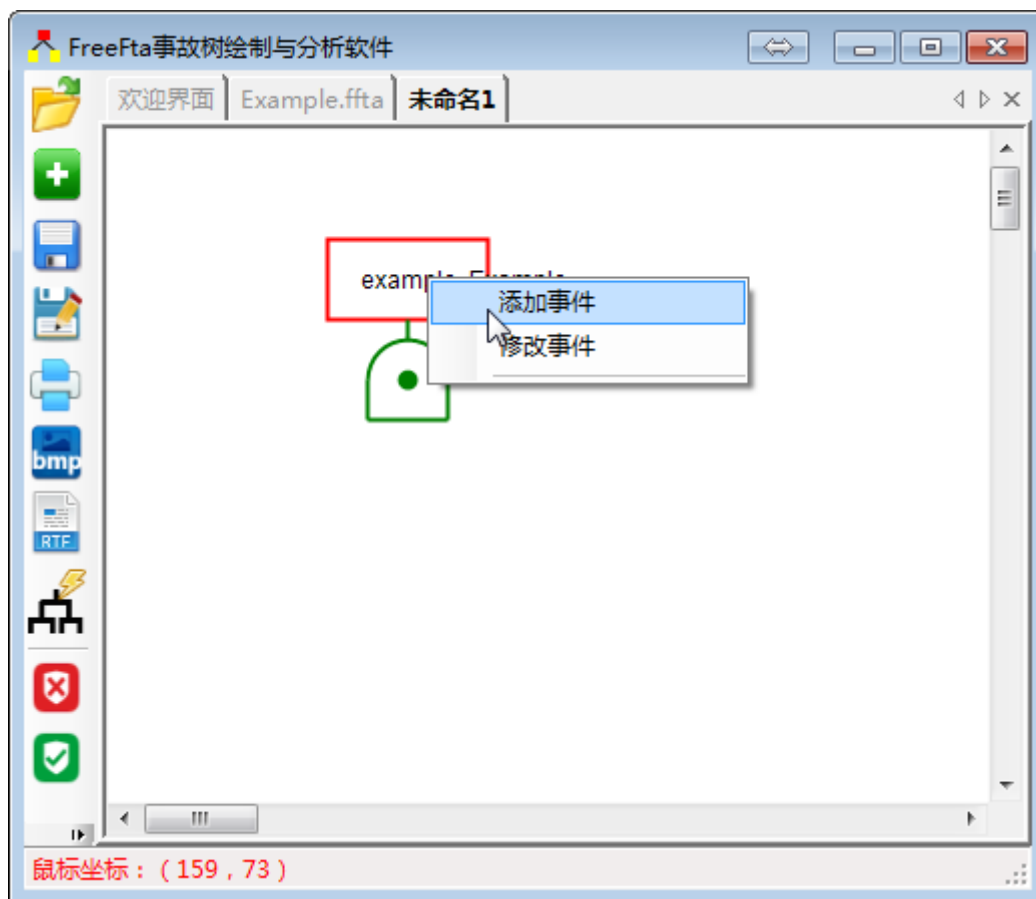


图3-9.

点击其中的“添加事件”，弹出如下窗口：

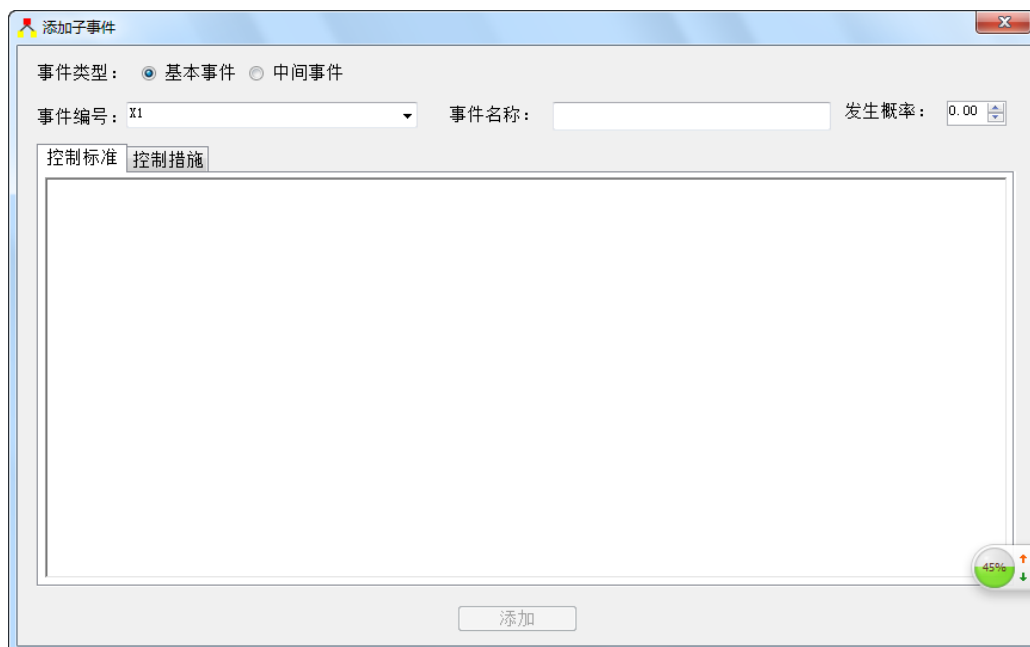


图3-10.

事件类型分为：基本事件和中间事件，当选择基本事件时，界面如上图所示，系统自动给出基本事件的编号，可以修改基本事件编号，但编号必须以大写字母

X 或小写字母 x 开头，发生概率在 0 到 1 之间，包含 0 和 1。

当事件类型选择为“中间事件”时，弹出如下窗口：

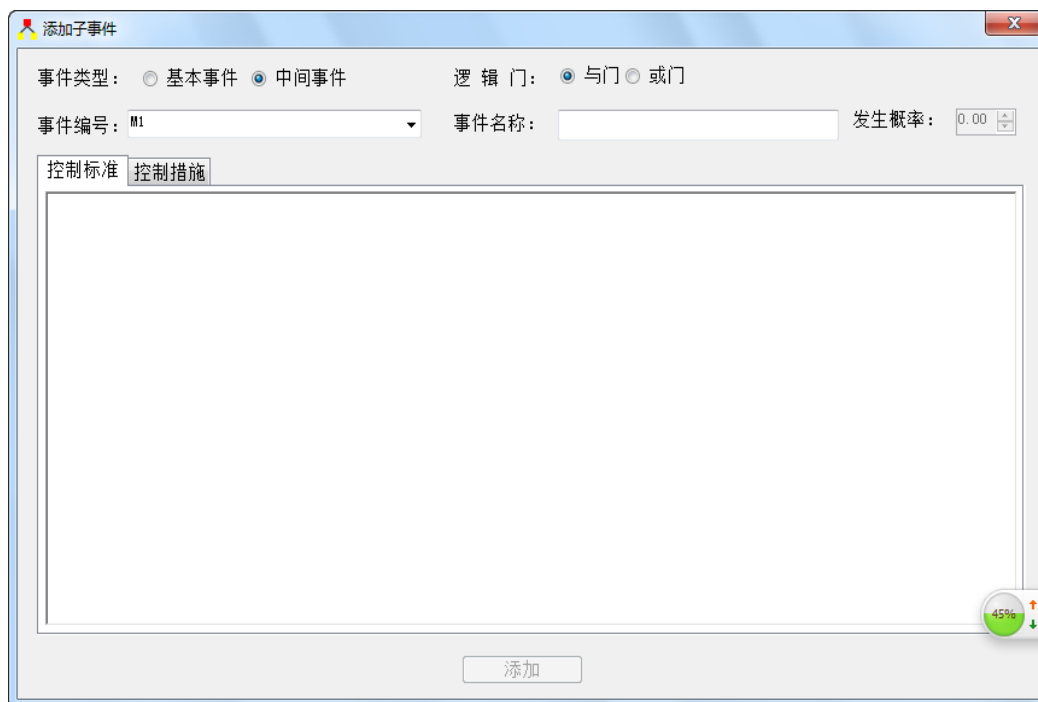


图3-11.

系统自动给出中间事件的编号，可以修改基本事件编号，但编号必须以大写字母 M 或小写字母 m 开头，且不能录入发生概率。

无论是基本事件还是中间事件都可以录入“控制标准”与“控制措施”。

录入基本事件或中间事件的信息后，点击 **添加** 按钮，即可以完成添加，系统支持在不关闭窗口的前提下连续添加。

如果添加后事件，发现事件类型选择错了，如本事要添加中间事件，但添加成了基本事件，此时只需要右键点击相应的基本事件，在弹出的快捷菜单中选择“修改事件”，

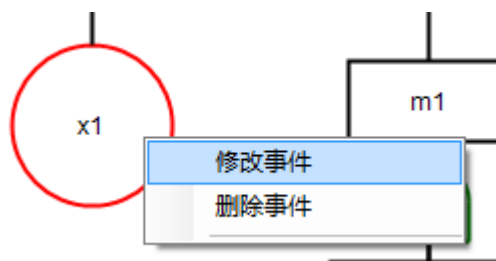


图3-12.


在弹出窗口中，选择“中间事件”，并设置相应的逻辑门即可。






图3-13.


### 3.6 保存事故树

点击工具栏中的  按钮即可，如是新建事故树文件，则需选择保存位置并命名。

### 3.7 另存事故树

点击工具栏中的  按钮，在弹出的窗口中选择保存位置并命名。

### 3.8 打印事故树

点击工具栏中的  按钮，在弹出的窗口中选择打印机、纸张、打印方向、缩放比例等。

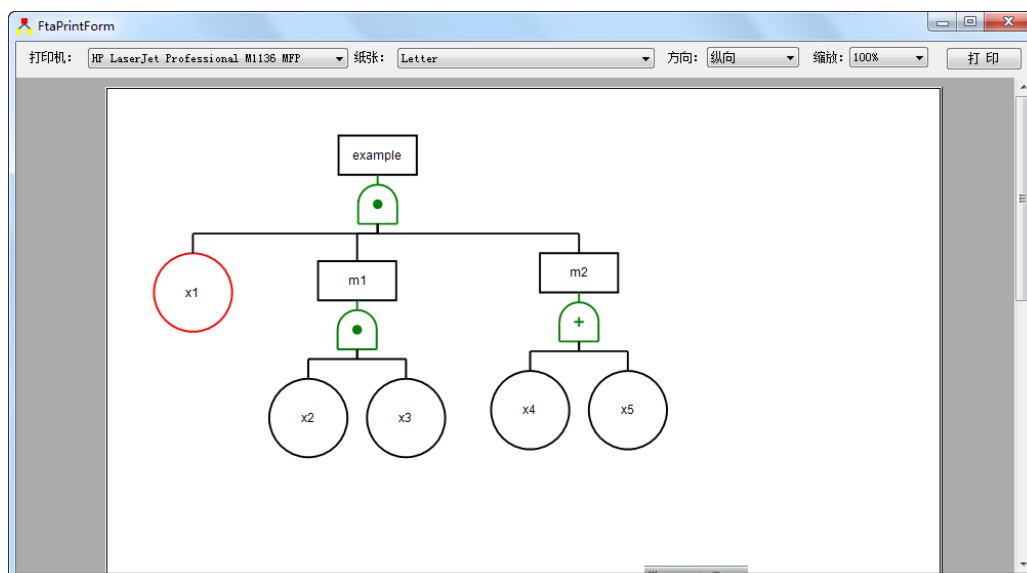


图3-14.

### 3.9 存为图片

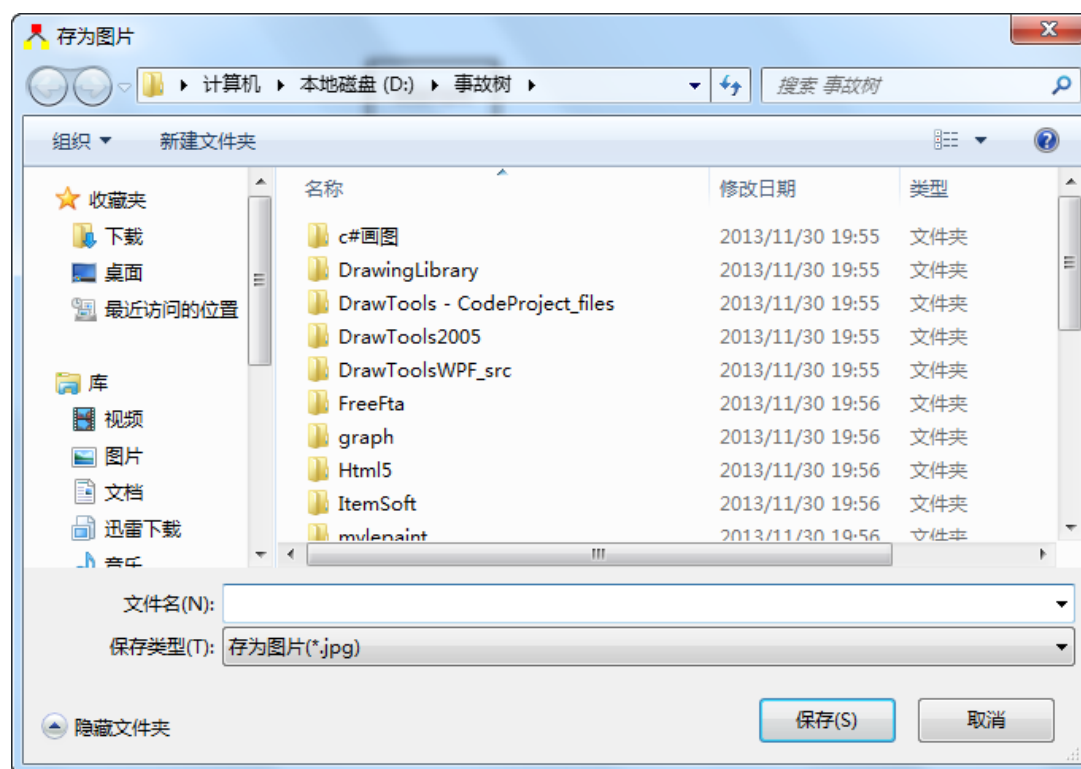
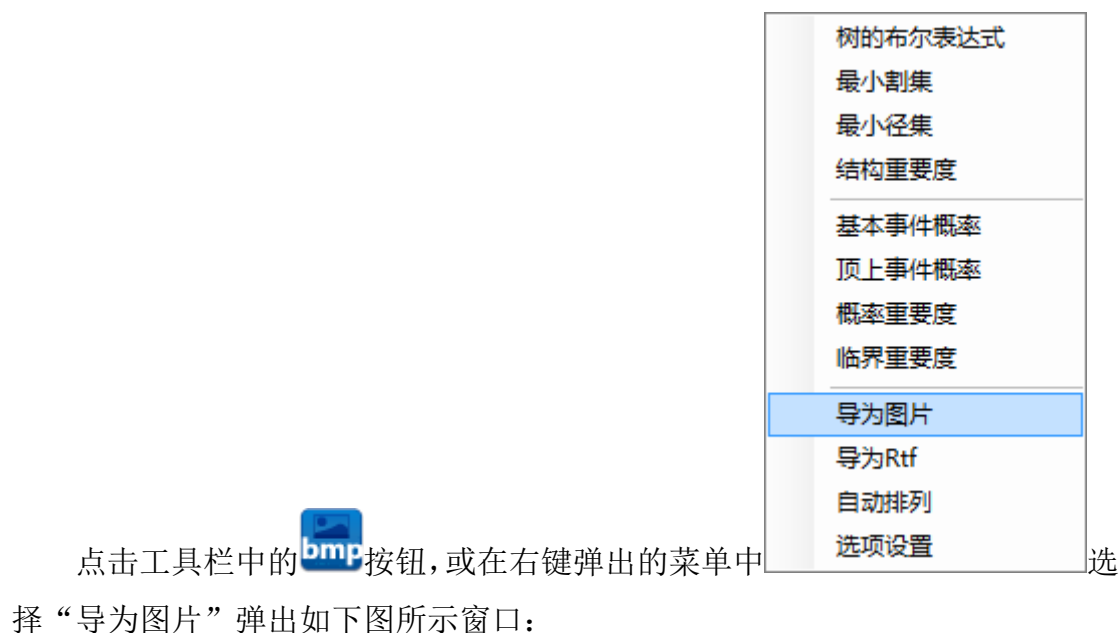
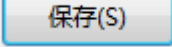


图3-15.

设定要保存的图片文件位置和名称后,点击 ,系统将完成保存,并自动打开相应的图片文件,如下图所示。

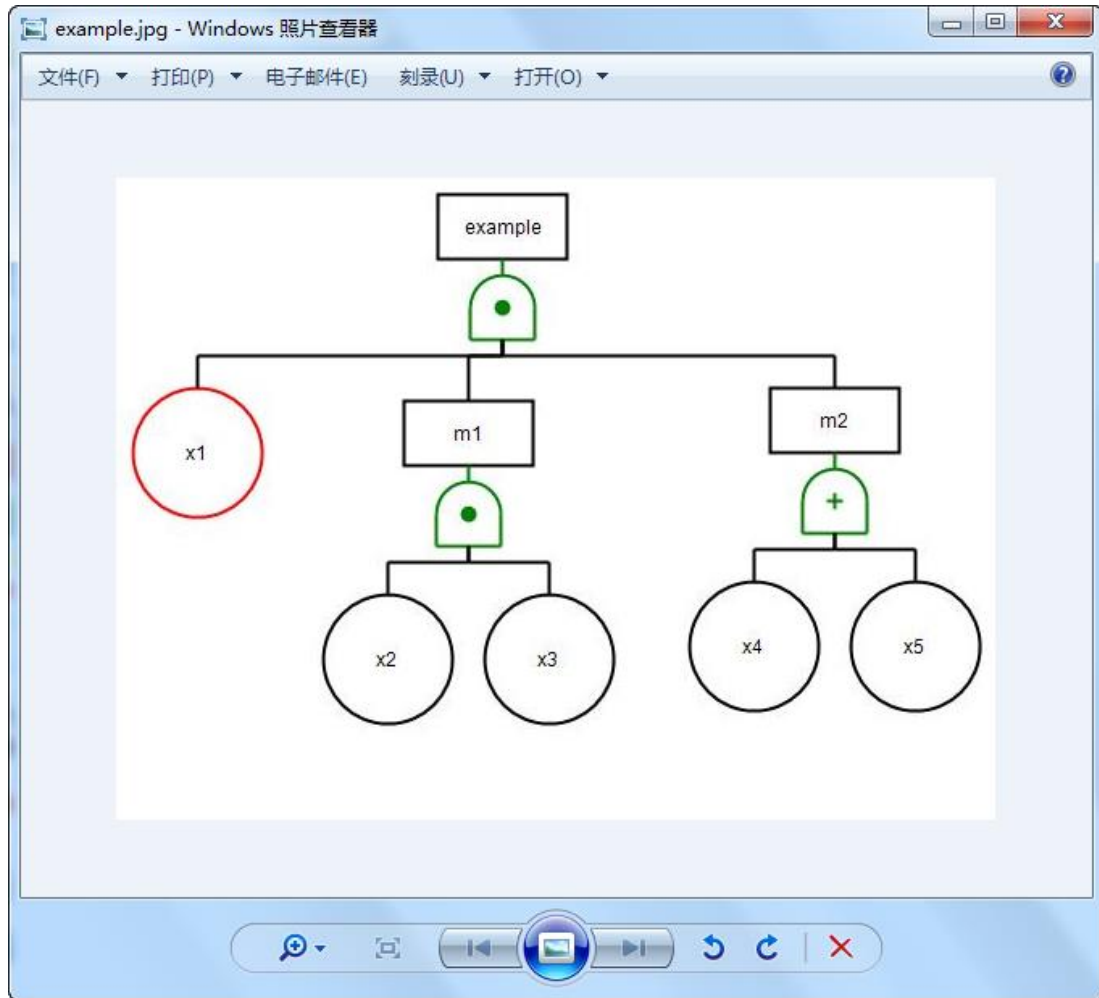



图3-16.

### 3.10 自动排列

点击工具栏中的按钮即可实现事故树的自动排列，如下图是未自动排列前的事故树：

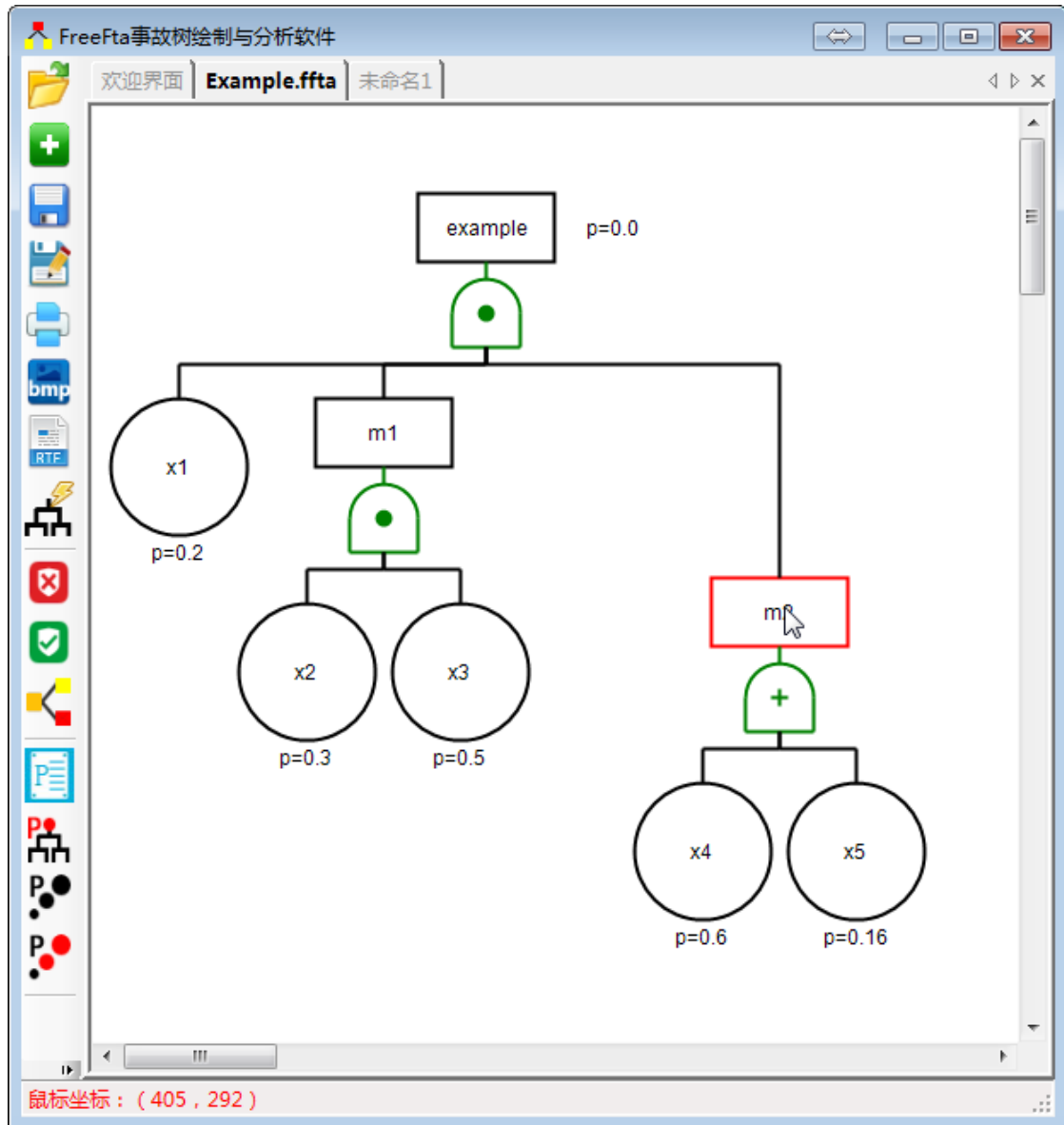


图3-17.

点击自动排列后，如下图所示：

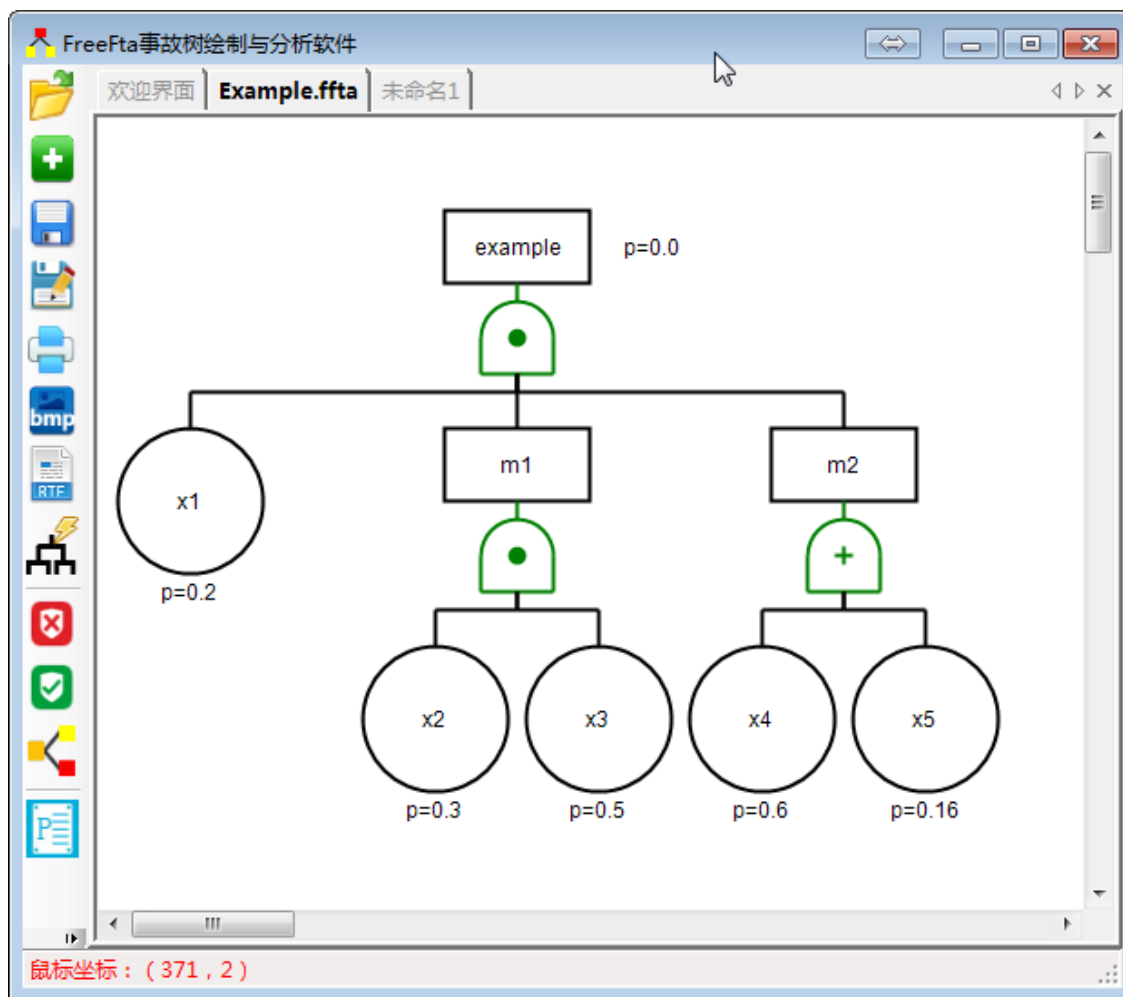


图3-18.

可以在自动排列后图形基础上再进行调整事件位置。

### 3.11 事件移动

系统支持两种方式的事件移动：鼠标拖放、键盘箭头移动，二者作用不同，鼠标拖放实现位置快速调整、键盘箭头移动实现位置微调。

鼠标拖放移动事件步骤：

- 1) 鼠标左键点击要移动的事件（顶上事件、中间事件或基本事件）
- 2) 按住鼠标左键不放，拖到要移动的位置，松开鼠标左键即可

键盘箭头移动事件步骤：

- 1) 鼠标左键点击要移动的事件（顶上事件、中间事件或基本事件）
- 2) 按住键盘箭头（上、下、左、右均可），移动到要移动的位置，松开键盘箭头即可

## 3.12 求解最小割集

点击工具栏中的  按钮，或在右键弹出的菜单中选择“最小割集”菜单项弹出如下图所示窗口：

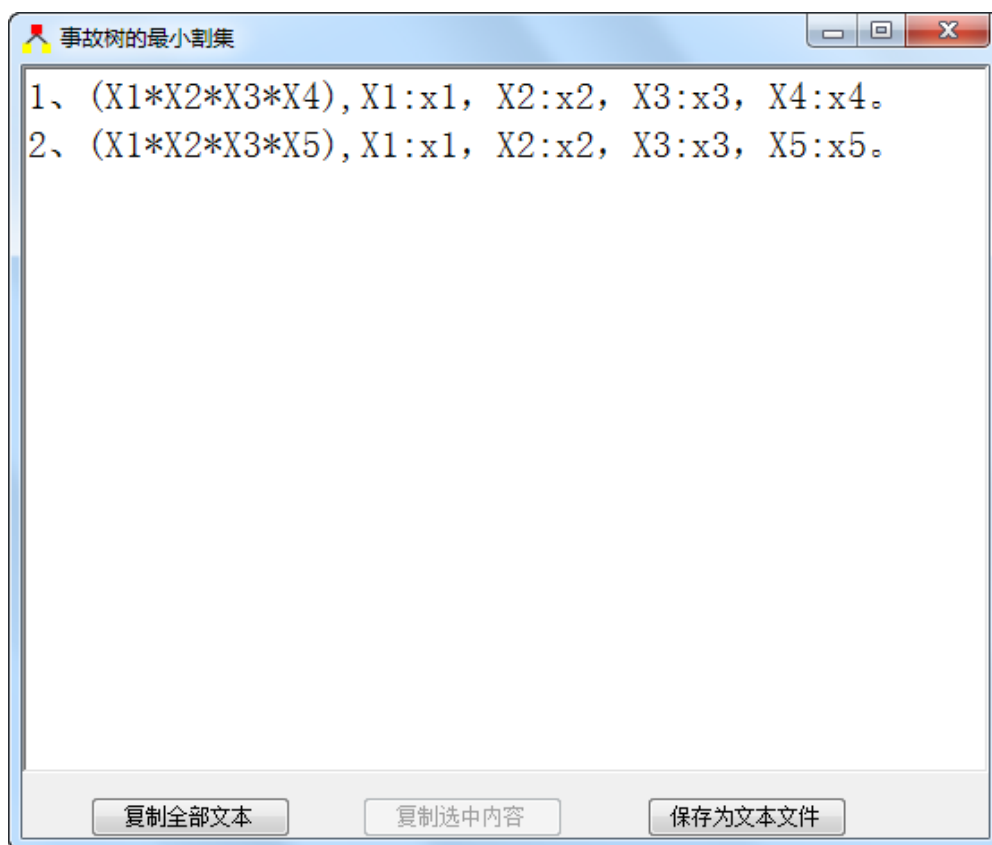



图3-19.

窗口中罗列了最小割集中的每个集合。

点击  按钮可以复制窗口中的全部文本到 windows 剪贴板，

当选择窗口中的部分或全部内容时， 将由灰色变为可用状态

，点击  将复制选中的内容到 windows 剪贴板，

点击 ，将弹出保存为文本文件的窗口：

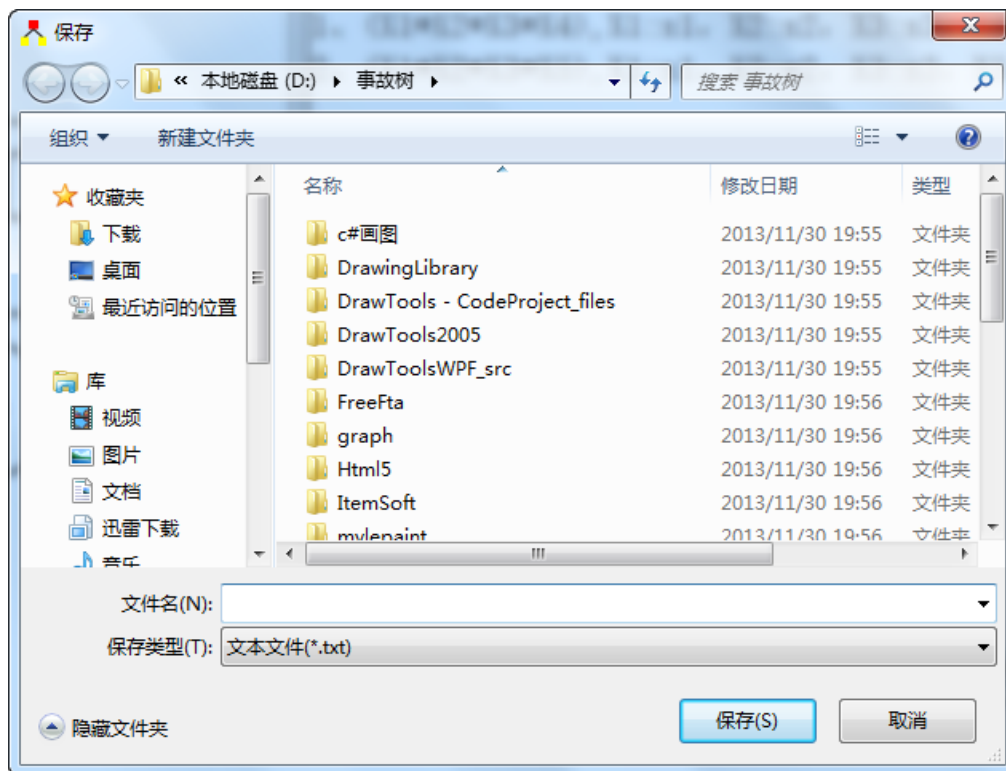



图3-20.

选中保存位置并命名后，点击  即可。

### 3.13 求解最小径集

点击工具栏中的  按钮，或在右键弹出的菜单中选择“最小径集”菜单项弹出如下图所示窗口：

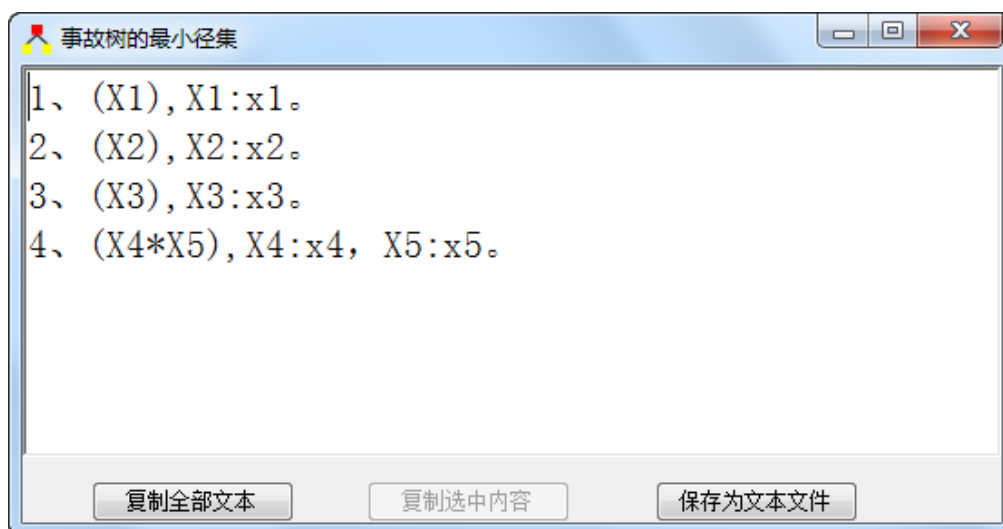
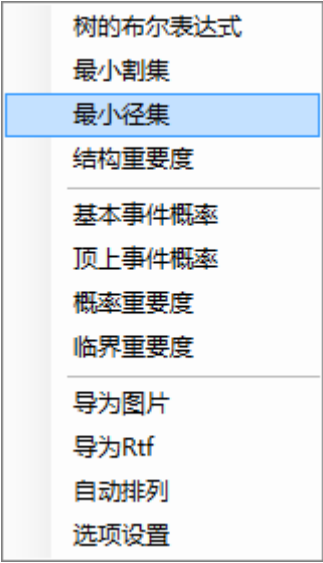




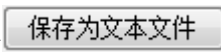


图3-21.

窗口中罗列了最小径集中的每个集合。

点击  按钮可以复制窗口中的全部文本到 windows 剪贴板，当选择窗口中的部分或全部内容时， 将由灰色变为可用状态 ，点击  将复制选中的内容到 windows 剪贴板，点击 ，将弹出保存为文本文件的窗口：



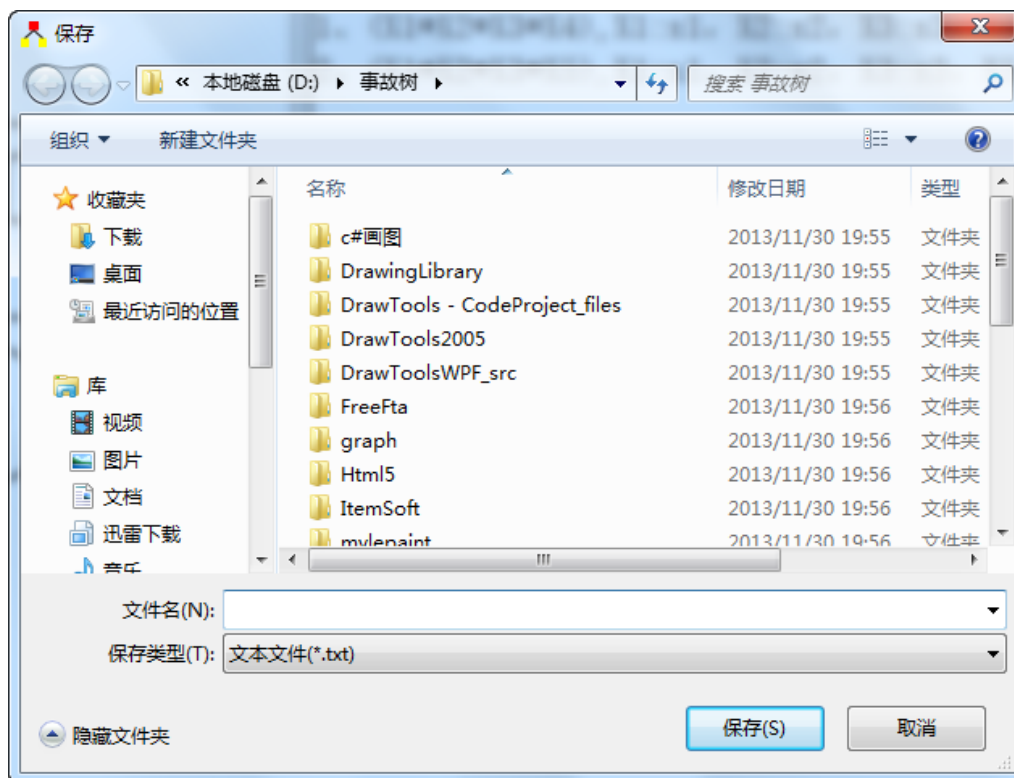
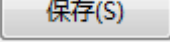

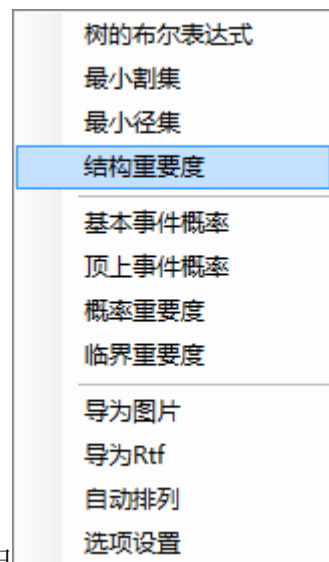


图3-22.

选中保存位置并命名后，点击  即可。

### 3.14 求解结构重要度

点击工具栏中的  按钮，或在右键弹出的菜单中  
选择“结构重要度”菜单项弹出如下图所示窗口：



选

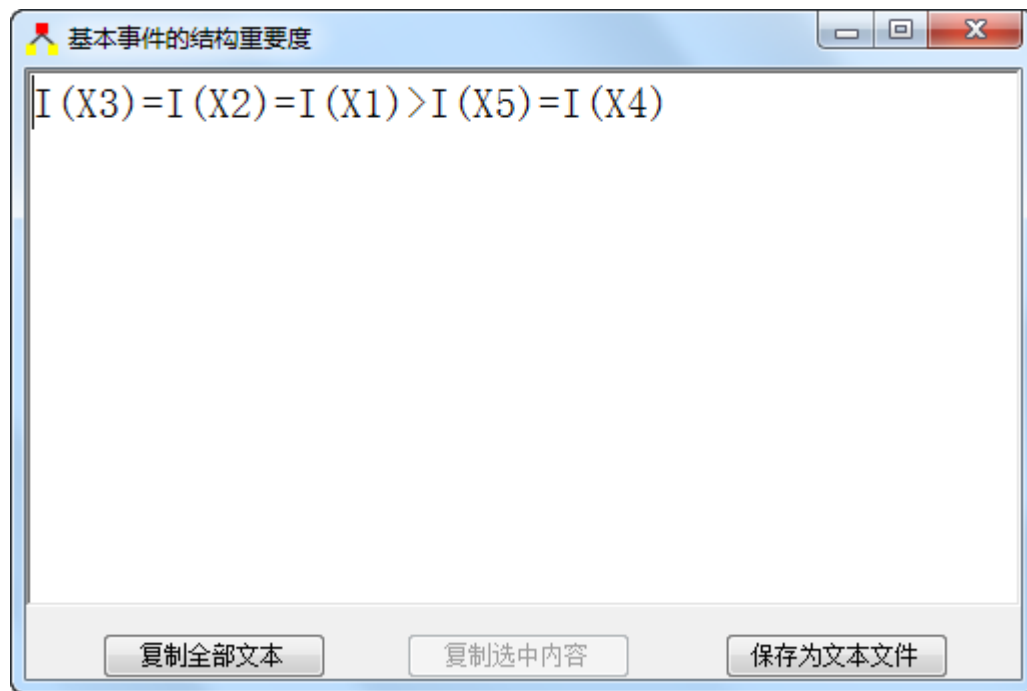


图3-23.

点击 **复制全部文本** 按钮可以复制窗口中的全部文本到 windows 剪贴板，当选择窗口中的部分或全部内容时，**复制选中内容** 将由灰色变为可用状态 **复制选中内容**，点击 **复制选中内容** 将复制选中的内容到 windows 剪贴板，点击 **保存为文本文件**，将弹出保存为文本文件的窗口：

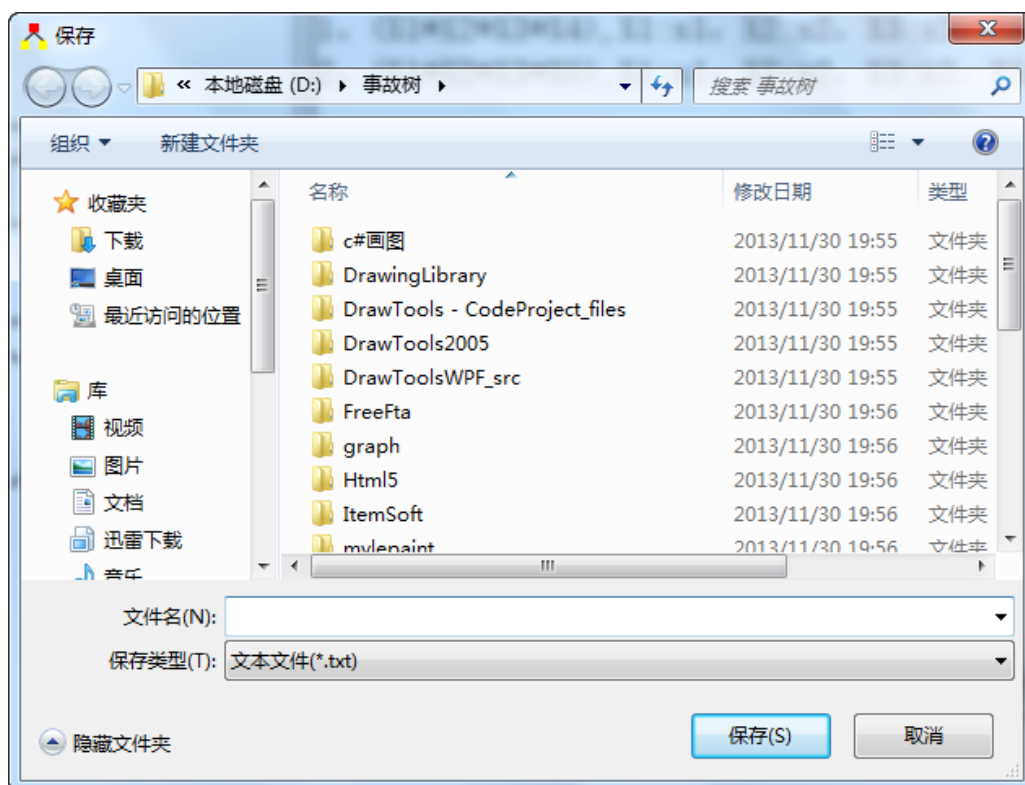
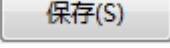
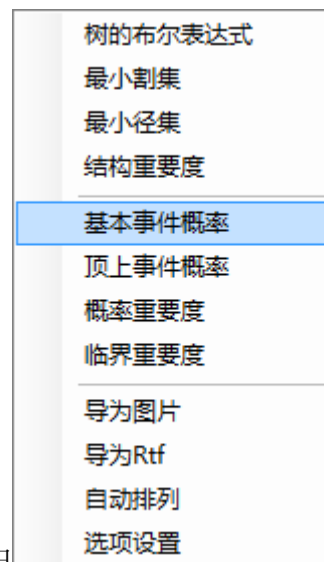


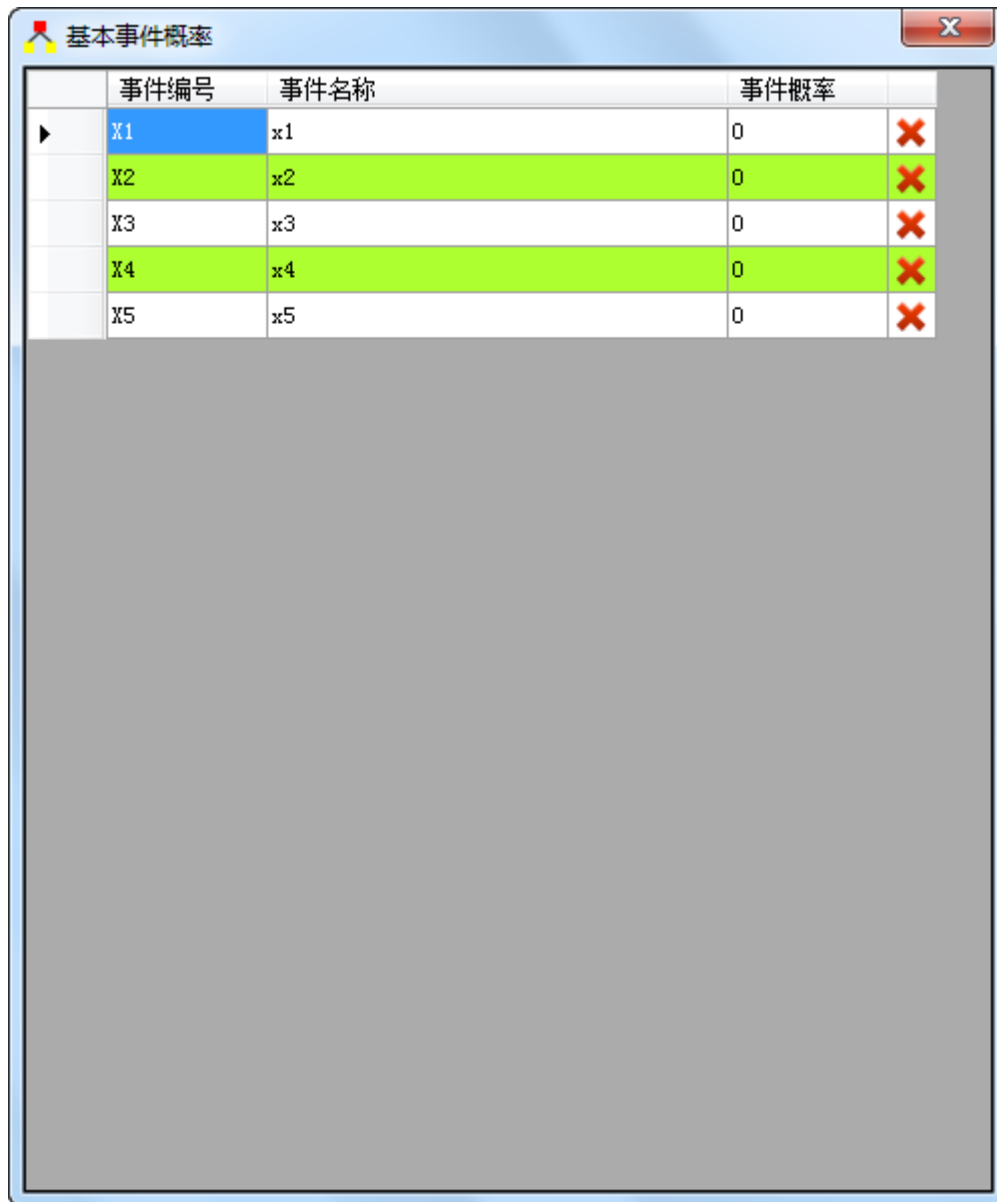
图3-24.

选中保存位置并命名后，点击  即可。

### 3.15 设定基本事件概率



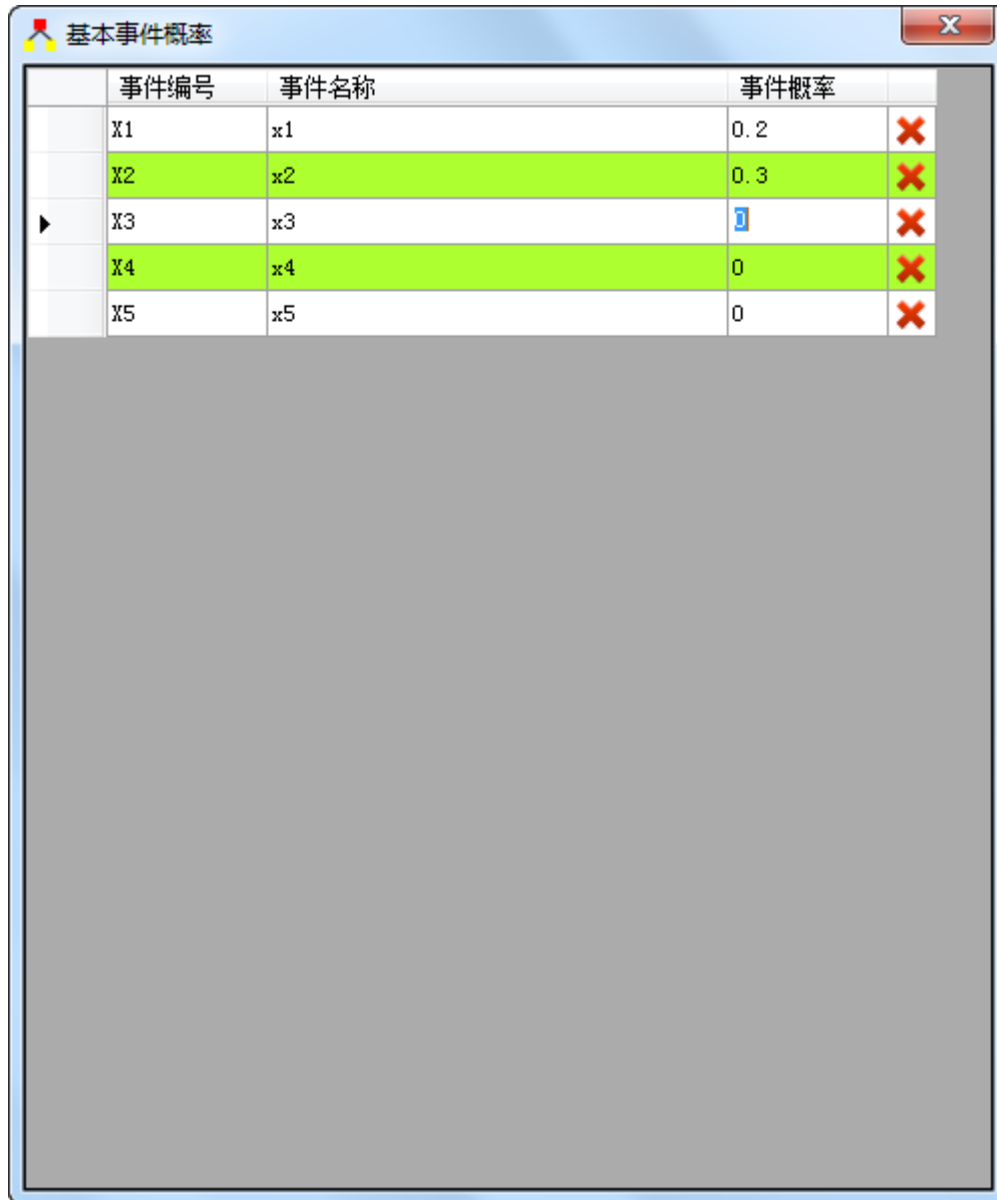
点击工具栏中的  按钮，或在右键弹出的菜单中选择“结构重要度”菜单项弹出如下图所示窗口：



	事件编号	事件名称	事件概率	
▶	X1	x1	0	✘
	X2	x2	0	✘
	X3	x3	0	✘
	X4	x4	0	✘
	X5	x5	0	✘

图3-25.



点击某行中的事件概率单元格即可编辑，如下图所示：



	事件编号	事件名称	事件概率	
	X1	x1	0.2	✘
	X2	x2	0.3	✘
▶	X3	x3	0	✘
	X4	x4	0	✘
	X5	x5	0	✘

图3-26.

设定完成后，如果希望在图形上直接显示基本事件的事件概率，则点击工具

栏中的  按钮,或在右键弹出的菜单中  选择“选项设置”菜单项弹出如下图所示的选项设置窗口:

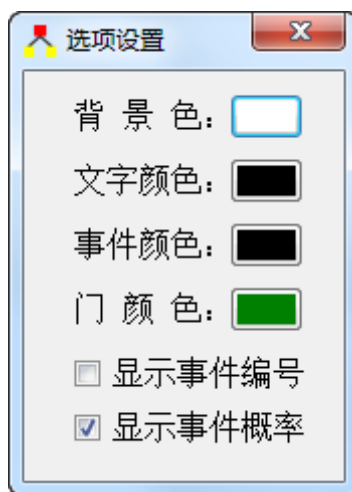


图3-27.

勾选其中的  显示事件概率 , 则事故树显示如下:

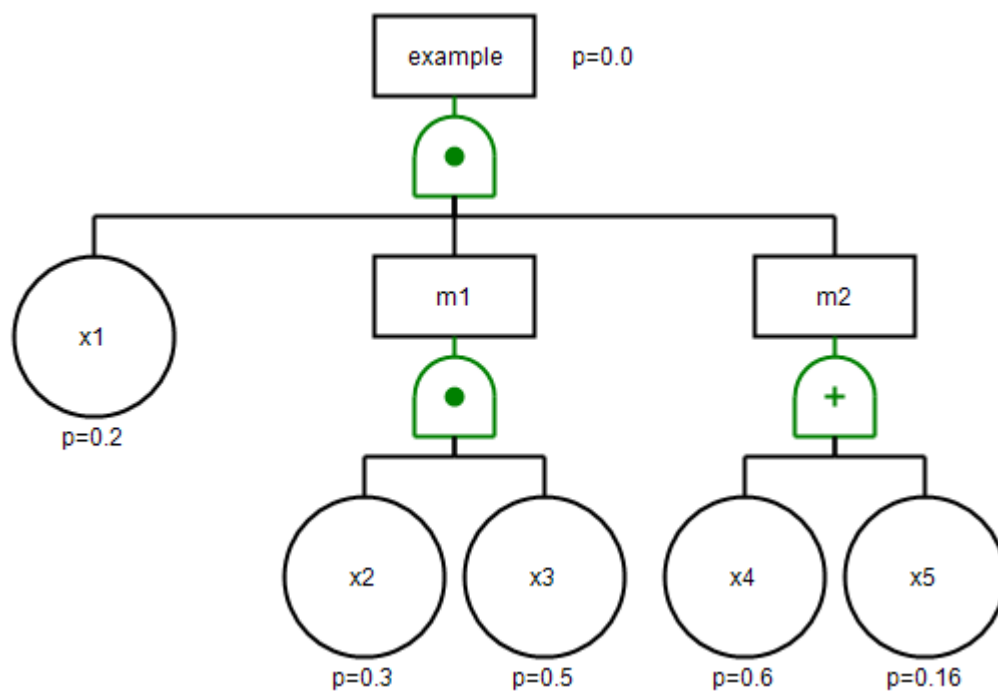


图3-28.

### 3.16 求解顶上事件概率

树的布尔表达式

最小割集

最小径集

结构重要度

基本事件概率

顶上事件概率

概率重要度

临界重要度

导为图片

导为Rtf

自动排列

选项设置



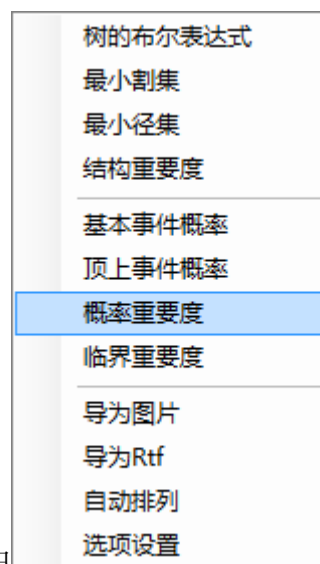
点击工具栏中的按钮,或在右键弹出的菜单中选择“顶上事件概率”菜单项弹出如下图所示的窗口:



图3-29.

### 3.17 求解概率重要度

点击工具栏中的  按钮,或在右键弹出的菜单中选择“概率重要度”菜单项弹出如下图所示的窗口:





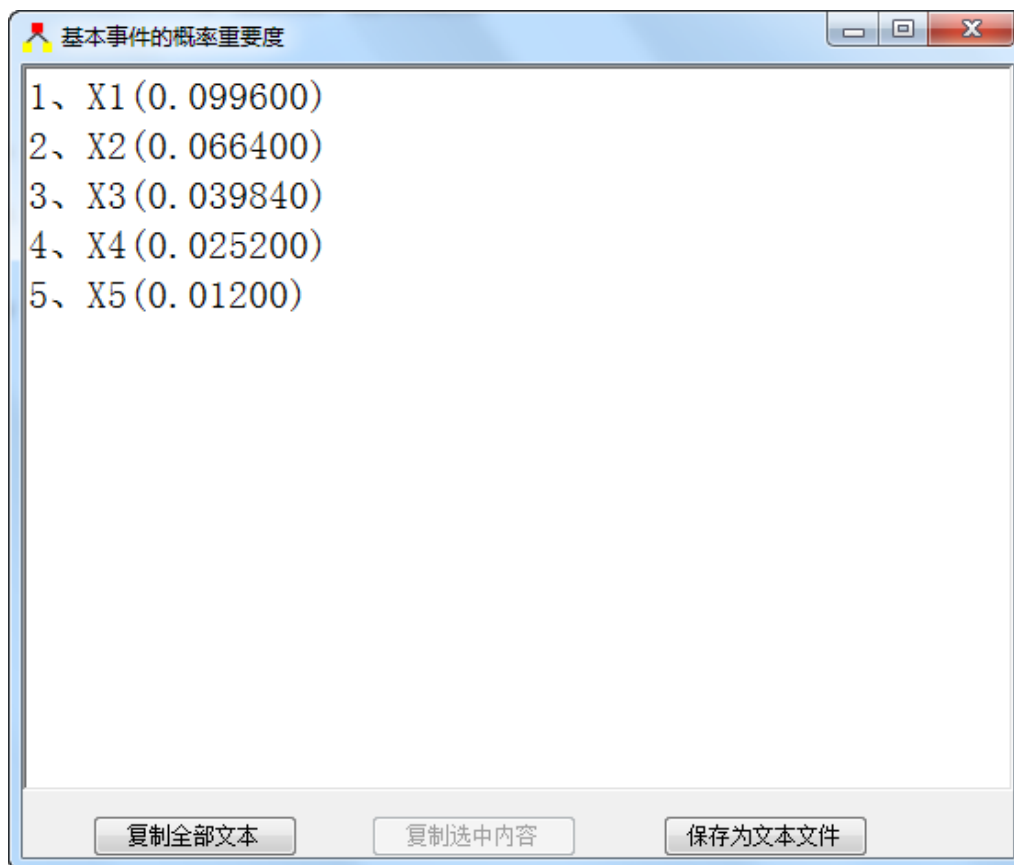
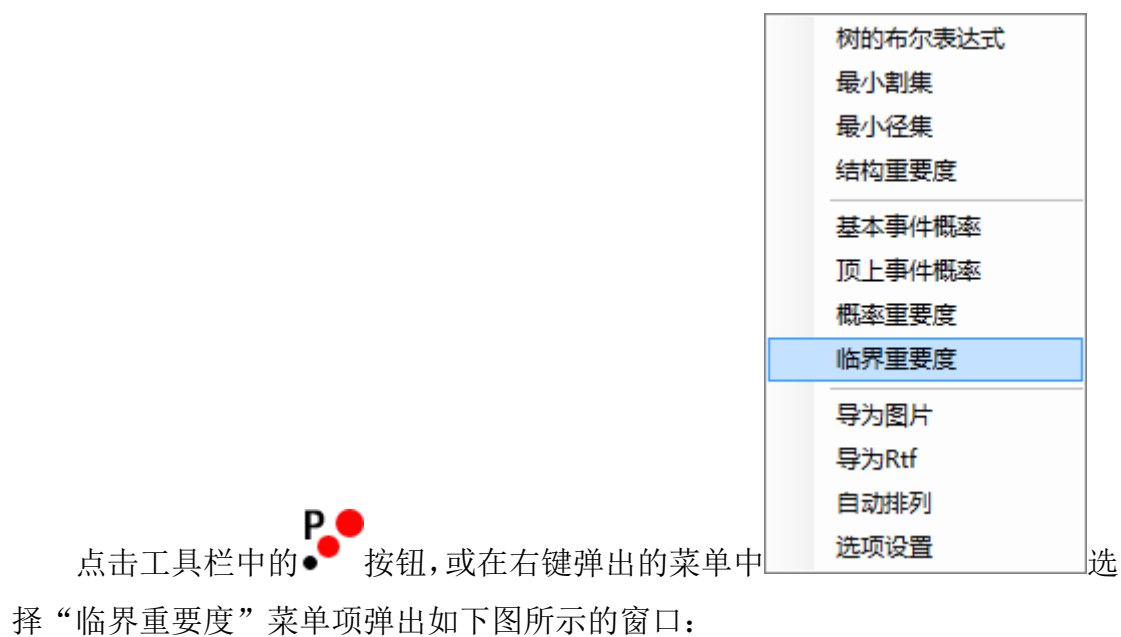


图3-30.

### 3.18 求解临界重要度



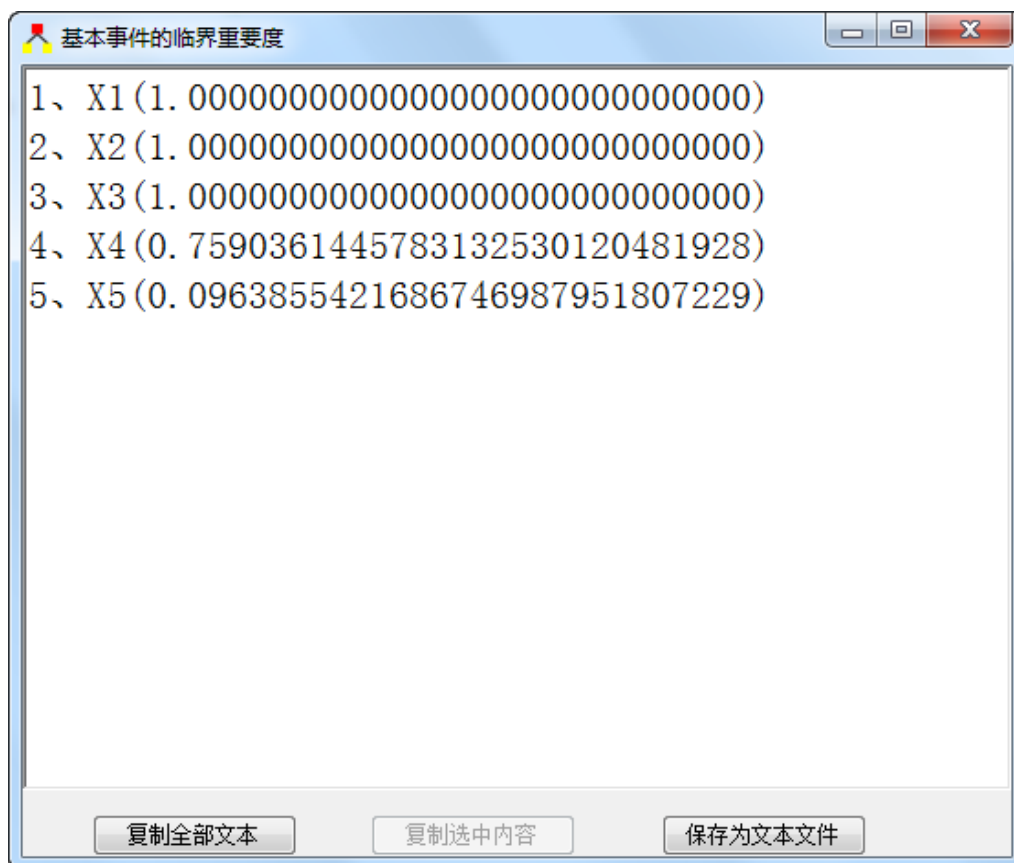


图3-31.

## 3.20 选项设置




点击工具栏中的  按钮,或在右键弹出的菜单中选择“选项设置”菜单项弹出如下图所示的窗口:

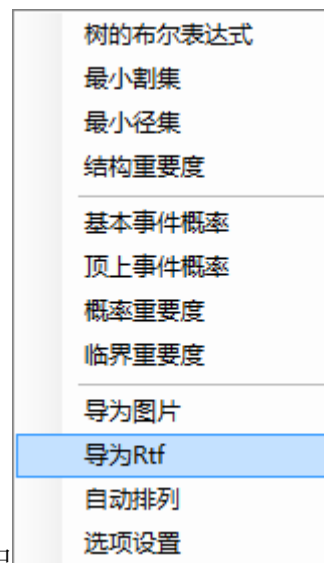



图3-32.

在该窗口中可以设置事故树的背景色、文字颜色、事件颜色、门颜色、是否显示事件编号、是否显示事件概率等。

选项设置后，如果保存了文件，则在下次打开时仍然起作用。

### 3.21 导为 Rtf



点击工具栏中的  按钮，或在右键弹出的菜单中选择“导为 Rtf”菜单项弹出如下图所示的窗口：

选

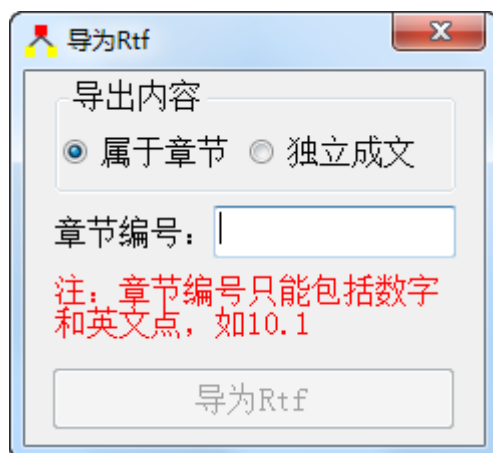
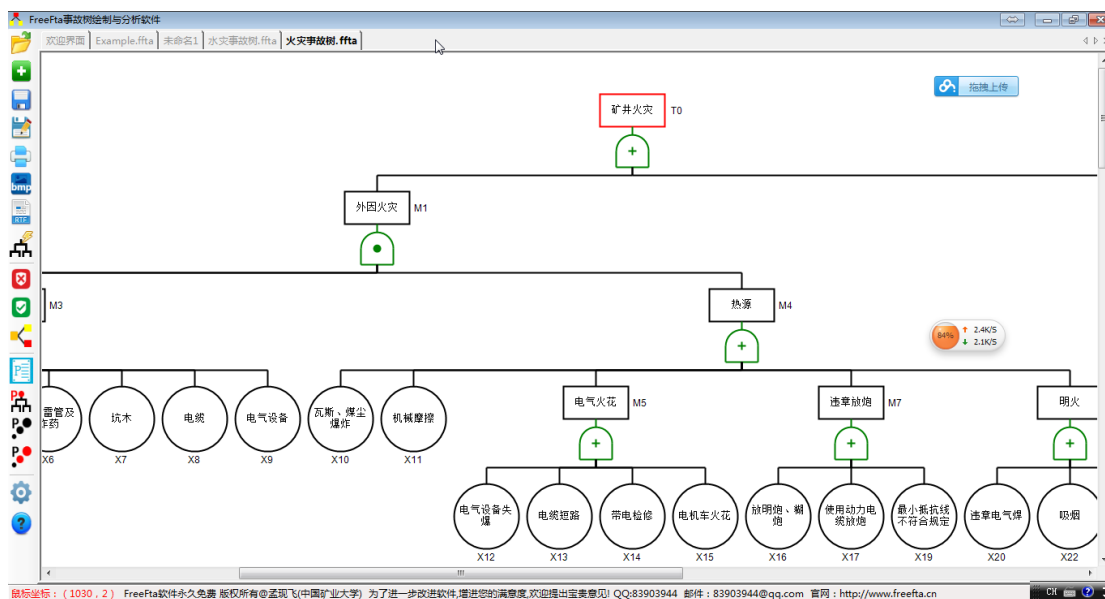



图3-33.

导出的内容可以设定属于某个章节，或者独立成文，但在导出前最好设置好了顶上事件的各项信息，如：作品信息、事故危害、发生条件、易发地点、发生预兆、定性分析、定量分析、直接预防措施、间接预防措施、应急预案等。

打开例子中的“火灾事故.fta”文件，如下图所示：



击工具栏中的  按钮，并选择“独立成文”，导出的 Rtf 文件内容如下所示：

## 1事故危害

- (1)造成人员伤亡，井下发生火灾后生成大量的有毒有害气体特别是一氧化碳造成井下人员中毒死亡。
- (2)影响生产，造成局部或全部停产。
- (3)造成煤炭资源的损失，封闭火区将冻结大量的可采煤量。
- (4)造成巨大的经济损失，火灾将烧毁大量的设备，另外还消耗大量的人、财、物。

- (5)可能引起瓦斯、煤尘爆炸事故。
- (6)产生火风压破坏通风系统，导致事故扩大。

## 2发生条件

### 1.内因火灾：

- (1)煤炭具有自燃倾向，并且呈破碎堆积状态：自然倾向分三类，Ⅰ类容易自燃，Ⅱ类自燃，Ⅲ类不易自燃。（自然倾向取决于：煤的化学成分、煤的物理性质、煤岩成分）
- (2)有不断的氧气供给：矿井地表覆盖层为基岩，无黄土层，在工作面开采几个分层后，采空区形成通达地表的裂隙，漏风供氧。
- (3)氧化生成的热量大量积聚，难以及时散失：氧化过程分三类，潜伏阶段，自热阶段，燃烧阶段。
- (4)矿井老火区没有完全消除，仍存在发火隐患。

### 2.外因火灾：

外因火灾是由于外来热源引起的，地面火灾大部分是外因火灾。井口建筑物内违章使用明火或电焊作业，容易引起外因火灾。

- (1)存在明火：吸烟、电气焊、喷灯焊、电炉、灯泡取暖。
- (2)出现电火花：电钻、电机、变压器、开关、插销、接线三通、电铃、打点器、电缆等出现损坏、过负荷、短路等，引起电火花。
- (3)违章放炮：放明炮、糊炮、空心炮、动力电源放炮、不装水炮泥、倒掉药卷中的消焰粉、炮眼深度不够、最小抵抗线不符合规定等都会产生放炮明火。
- (4)瓦斯、煤尘爆炸：瓦斯、煤尘爆炸引起火灾。
- (5)机械摩擦及物体碰撞：能引燃可燃物引起火灾。

## 3易发地点

主运输巷道、回风巷道、采掘工作面、采空区、机头硐室、变电所、电气焊作业地点、材料巷等场所。

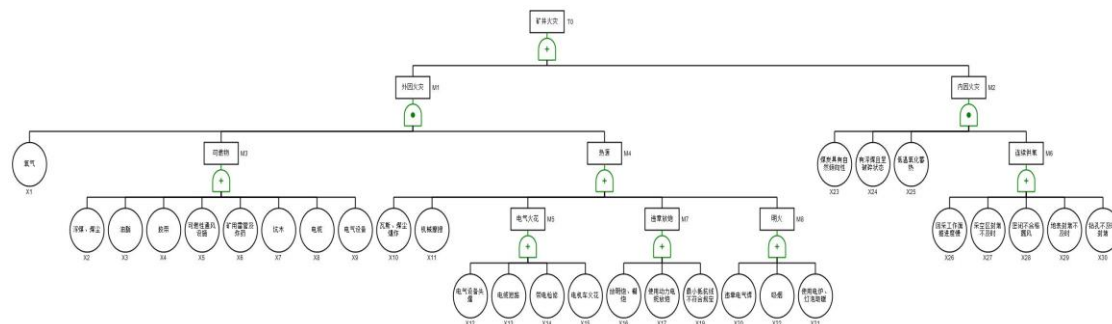
## 4发生预兆

- 1.巷道空气温度升高、湿度增大、巷道中出现雾气或巷道壁“挂汗”，冬季塌陷区冒出蒸气或冰雪融化。
- 2.在巷道中有煤焦油或松节油的气味。
- 3.从自燃发火处流出的水或空气，其温度比通常温度高，CO<sub>2</sub>气体浓度异常增大。
- 4.人体有不舒适感，头痛，精神疲乏等。
- 5.巷道空气中或密闭及井上下施工的灭火、探火钻孔内出现CO气体。

## 5事故树

- 1.巷道空气温度升高、湿度增大、巷道中出现雾气或巷道壁“挂汗”，冬季塌陷区冒出蒸气或冰雪融化。

- 2.在巷道中有煤焦油或松节油的气味。
- 3.从自燃发火处流出的水或空气，其温度比通常温度高，CO<sub>2</sub>气体浓度异常增大。
- 4.人体有不舒适感，头痛，精神疲乏等。
- 5.巷道空气中或密闭及井上下施工的灭火、探火钻孔内出现CO气体。



图：矿井火灾

表：基本事件清单

事件编号	事件名称	事件概率
X1	氧气	0
X2	浮煤、煤尘	0
X3	油脂	0
X4	胶带	0
X5	可燃性通风设施	0
X6	矿用雷管及炸药	0
X7	坑木	0
X8	电缆	0
X9	电气设备	0
X10	瓦斯、煤尘爆炸	0
X11	机械摩擦	0
X12	电气设备失爆	0
X13	电缆短路	0
X14	带电检修	0
X15	电机车火花	0
X16	放明炮、糊炮	0
X17	使用动力电缆放炮	0
X19	最小抵抗线不符合规定	0
X20	违章电气焊	0
X21	使用电炉、灯泡取暖	0
X22	吸烟	0
X23	煤炭具有自然倾向性	0
X24	有浮煤且呈破碎状态	0
X25	低温氧化蓄热	0

X26	回采工作面推进度慢	0
X27	采空区封堵不及时	0
X28	密闭不合格漏风	0
X29	地表封堵不及时	0
X30	钻孔不及时封堵	0

## 6定性分析

(1) 由事故树图可见，或门个数占80%，而与门个数仅占20%，因此系统(矿井火灾事故)的危险性极大。

(2) 最小割集有101组，表示引起矿井火灾事故有101种可能途径。从求出的最小割集可知任一最小割集中的基本事件全部发生，事故就会发生。如巷道中具有一定的浮煤、煤尘，遇到电气设备失爆导致的火源，极易引起煤尘爆炸。

(3) 最小径集共有12组，但氧气和煤炭具有自燃倾向性是客观存在的，而(X1 X28 X32 X26 X27 X29 X30 X31 X33 X34)、(X2 X23 X3 X7 X8 X9 X4 X6 X5)、(X16 X23 X22 X12 X10 X11 X17 X18 X19 X20 X21 X13 X14 X15)、(X1 X24)、(X1 X23)和(X1 X25)6条途径中包含有氧气、煤炭自燃倾向性，该防治途径失效。因此必须防治(X2 X28 X3 X7 X8 X9 X4 X6 X5 X32 X26 X27 X29 X30 X31 X33 X34)、(X16 X28 X22 X12 X10 X11 X20 X21 X13 X14 X15 X17 X18 X19 X32 X26 X27 X29 X30 X31 X33 X34)、(X2 X24 X3 X7 X8 X9 X4 X6 X5)、(X2 X25 X3 X7 X8 X9 X4 X6 X5)、(X16 X24 X22 X12 X10 X11 X17 X18 X19 X20 X21 X13 X14 X15)和(X16 X25 X22 X12 X10 X11 X17 X18 X19 X20 X21 X13 X14 X15)任意一组最小径集元素同时发生。

## 7定量分析

## 8直接预防措施

### 3.3.1 外因火灾

- 1.主井、主要运输大巷皮带，全部采用阻燃性皮带，禁止使用非阻燃性皮带，必须使用防爆型电气设备，主要电缆也应使用不燃性电缆。(X4 X8 X9)
- 2.严格井下火药、雷管及放炮管理制度的执行。加强井下油脂及易燃材料的管理，不得在井下堆放保存。(X3 X6 X7)
- 3.在井口每班安排检身人员，所有入井人员严禁携带烟草和点火物品，严禁严禁吸烟、使用电炉灯泡取暖；人、物运输必须相关规定，防止摩擦撞击火花和电机车电火花的产生。(X11 X15 X21 X22)
- 4.定期清理巷道的浮煤。(X2)
- 5.井下局部通风地点必须采用阻燃风筒供风，严禁使用可燃性通风设施。(X5)
- 6.提高矿用电器设备的防爆性能，加强电器设备的管理，避免出现电气设备失爆和电缆损坏等问题的出现，严禁带电检修设备。(X12 X13 X14)
- 7.井下凡机电作业时，必须制定安全管理技术措施，如果有电焊、气焊、喷灯焊接等工作，作业前必须先冲洗作业地点的煤尘，严禁违章作业。(X20)
- 8.按作业规程进行爆破作业，严禁违章放炮，特殊情况下爆破作业，必须严格执行经矿技术负责人批准的专项措施。(X19)
- 9.防止瓦斯和煤尘爆炸，详情见其它事故树。(X10)

### 3.3.2 内因火灾预防措施

1. 开采容易自燃和自燃的煤层时，采煤工作面必须采用后退式开采，炮放（采）工作面月推进度不得低于35米，综采（放）工作面不得低于45米。月推进度低于规定值时必须编制专项防火安全技术措施并严格贯彻执行。（X26）
2. 提高采煤工作面的回采率，采煤工作面不得随意留顶煤，每班必须清扫浮煤。采煤工作面临近钻场、老巷、水仓、泵窝、高冒区等特殊地点时，必须提前编写防火专项措施，采用不燃性材料充填严实并严格落实。（X24 X32）
3. 工作面切眼构成及回采前，必须保证切眼内顶板完好，当切眼内出现破碎煤体时必须立即在破碎区域范围内施工防灭火工程，用不燃性材料进行充填并进行喷浆封闭。（X32）
4. 超前30米施工防火钻孔进行注水，注水效果符合有关规定。（X25）
5. 采煤工作面上、下巷防火钻场的设置个数、间距必须符合集团公司规定。利用防灭火灌浆（胶）、注氮系统对综采、综放工作面及其他高温区要进行预防性灌浆、注胶和注氮工作。（X25 X34）
6. 采煤工作面上、下隅角必须及时放顶，并与切顶线放齐，确保冒落严实。采煤工作面下隅角煤壁到20架立柱吊挂风帘或彩条布减少向采空区漏风。按规定搭设土袋墙，对采煤工作面上、下隅角封堵严密。组织人员对工作面地表裂隙进行充填，封堵地表漏风，工作面回采结束后严格按照规定进行封闭。井上、下施工的钻孔必须有可靠的封孔措施并严格执行，报废钻孔必须及时封孔。（X27 X28 X29 X30）
7. 保证通风系统运行稳定，工作面拆除前必须编制专项防灭火安全技术措施，减少上下拐头压差，防止采空区漏风。（X31 X33）

## 9 间接预防措施

### 3.4 预防矿井火灾的其它措施：

1. 开采容易自燃和自燃的煤层时，在采区开采设计中，必须明确选定自然发火观测站或观测点的位置，并建立监测系统、确定煤层自然发火的标志气体和建立自然发火预测预报制度。所有检测分析结果必须记录在专用的防火记录簿内，并定期检查、分析整理，发现自然发火指标超过或达到临界值等异常变化时，立即发出自然发火预报，采取措施进行处理。
2. 内外因发火管理和火区的管理应按批准的措施执行，并遵守《煤矿安全规程》相关规定。
3. 启封火区要有计划和经集团公司批准的措施，火区注销必须经集团公司批准。
4. 如果在火区周围进行采掘工作，必须符合《煤矿安全规程》第250条的规定。

---

(以下无正文)