

图形技术在航空发动机 故障树绘制中的应用*

郭 淑 芬

(北京航空航天大学动力系, 北京, 100083)

摘 要: 介绍用 AutoCAD 绘图软件建立绘制航空发动机故障树图形库。将故障树中使用的事件符号和逻辑门符号进行归纳、组合、分类, 总结出若干种图形元素放入图形库中, 供用户交互调用; 调用图元时根据需要进行移动、缩放、旋转、编辑与修改等, 以便在确定了故障系统顶事件、中间事件、底事件及逻辑门符号后快速而方便地绘制故障树。

主题词: 航空发动机, 图形学, 故障树形图分析

分类号: V241.02

APPLICATION OF GRAPHICAL TECHNIQUE ON AEROENGINE FAULT TREE DRAWING

Guo Shufen

(Dept. of Jet Propulsion, Beijing Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

Abstract: The establishment of the graph base of aeroengine fault trees using Auto CAD is introduced. Through concluding, constituting and classifying the fault symbols and logical gate symbols of fault trees, some graph components which can be moved, reduced, enlarged, rotated, compiled and modified, are given and put into the graph base. Using the graph components, the fault tree can be drawn rapidly and conveniently when the top, middle and bottom events and logical gate symbols are determined.

Subject terms: Aircraft engine, Graphics, Fault tree analysis

1 故障树的意义

故障树分析法 (FTA) 是目前国内外公认的对复杂系统安全性、可靠性分析的一种实用的方法。是在一定条件下用逻辑推理的方法, 即通过对可能造成系统故障的各种因素 (包括硬件、软件、环境、人为因素) 进行分析。画出逻辑框图即为故障树, 从而确定系统故障原因的各种组合方式和发生概率, 以计算系统的故障概率, 并采取相应的改进措施, 提高系统的可靠性。故障树分析法的特点是: 具有很大的灵活性, 不局限于对系统可靠性作一般的分析, 而且可以分析系统各种故障状态。不仅分析某些零部件故障对系统的影响, 还可以对导致这些零部件故障特殊原因的分析; 故障树分析法是一种图形演绎的方法, 一般是由结果到原因, 自上而下的推理分析, 也可以自下而上的分析。它是围绕某些特定的状态层层深入的分析, 以清晰的故障树图形, 表达了零部件与系统之间的逻辑关系; 进行 FTA 分析的过程, 是对系统深

入认识的过程。它要求分析人员要把握系统内在联系,弄清各种潜在因素对故障发生影响的途径和程度,以便在分析过程中发现问题及时解决问题,从而提高系统的可靠性。故障树建成后,可以定量计算复杂系统的故障概率或其它可靠性指标,为改善和评估系统可靠性提供定量数据。综上所述,故障树建造是故障树分析法的关键,它的完善程度将直接影响系统可靠性的定性分析和定量计算。

航空发动机不但涉及许多学科与技术领域,而且本身结构复杂、形式多样。具体表现在高速旋转、多个零组件构成、载荷与受力复杂、可修复与不可修复、寿命长短不一、故障模式繁多、故障率较高、可进行状态监视与故障诊断的视情维修等特点,故对航空发动机可靠性要求是很严格的,即要求可靠度很高、故障概率要求很小。在对航空发动机可靠性分析中,故障树分析法是既方便又快捷的方法。

2 故障树图形单元的确定

按照故障树的定义,将绘制故障树所需要的图形单元,如事件图形元素可分为顶事件、中间事件、底事件、人为因素引起的事件与可忽略的事件;逻辑门可以分为逻辑与门、逻辑或门、逻辑非门、逻辑禁门、逻辑异或门及转移符号等,进行汇总、归纳、分类,确定典型的图形结构作为图形单元,将图形单元绘制图形后放入图形库中,需要时通过调用屏幕菜单或图标菜单项中的图元,就可以快捷的绘制出任意一棵故障树。图形单元库中的图元见图1。

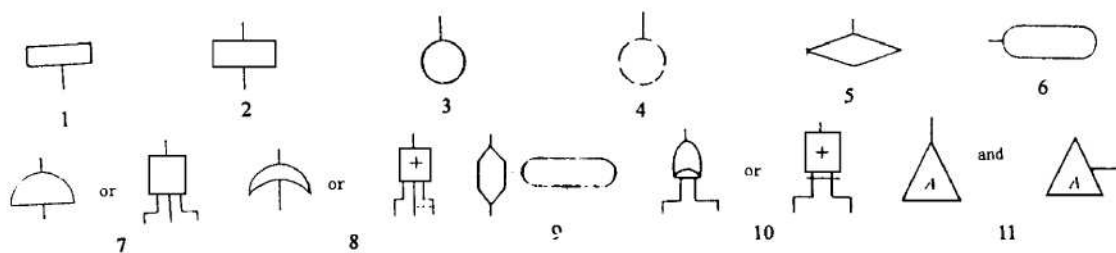


Fig. 1 Graph components base of fault tree

图1中,1为顶事件,为系统中不希望发生的事件,位于故障树的顶端;2为中间事件,为除顶事件以外的其它结果事件,位于顶事件与底事件之间;3为底事件,亦称结果事件,是逻辑门的输入事件,位于故障树的底端;4为人为因素所致的底事件;5为可省略事件,表示有可能发生,但概率值较小或不需要再进一步分析的故障事件;6为条件事件,是与禁门一起使用的条件事件;7为与门,表示仅当所有输入事件都发生时,门的输出事件才发生;8为或门,表示至少有一个输入事件发生时,门的输出事件才发生;9为禁门,表示仅当禁门打开的条件发生时,输入事件发生导致输出事件发生;10为异或门,表示输入事件中任一发生门的输出事件则发生,但两个事件不能同时发生;11为故障事件的转移,表示条件完全相同的事件或者同一故障事件在不同的位置上出现,用这两种符号实现转移。

在确定了故障树所需要的图形元素后,就可以开始建立故障树的图形单元库。本文采用两种方示来实现,即利用 AutoCAD 图形软件的块功能与幻灯片库的图标菜单。其中用块功能:将每一个图形元素分别用块(Block)命令定义一个块,然后用 Inserter 命令将已定义好的图形元素插入在图幅中的右侧,形成块的图形库。AutoCAD 图形软件定义块的过程如下:

Command: Block<cr.>

Block name (or?): 块名或 <cr>

如果键入的块名已存在, 则 AutoCAD 提示的信息是:

Block already exist

Redefine it (N):

如果用“N”响应或空响应, 则 Block 命令退出, AutoCAD 不改变已有的任何内容; 如果用“Y”响应, 则重新定义上述的块, 并重新生成当前的图形, 修改 Block 的现有插入基点作为该图形插入的基准点, 插入时图元可以绕该基点变比例、旋转角度。将所有图元定义的块用 Insert 命令插入后放在一幅图中, 居屏幕的右侧, 即为块功能实现的图元库, 供用户调用。屏幕的左侧和中部是绘图区, 用户可以在此处绘制故障树。

用幻灯片库的功能: 将每一幅图形 (.dwg 文件) 元素, 用命令制作成一幅幻灯片 (.sld) 文件, 将所有的幻灯片文件写在一个 ASCII 码列表文件 (.TXT) 中, 将此文件用 Slidelib 命令定义为不可读的幻灯片库文件, 并赋予库名, 库内包含了所有图元的幻灯片。为了调用幻灯库的幻灯片, 需要修改 AutoCAD 的菜单 ACAD.MNU, 为了不影响其他用户使用 AutoCAD 图形软件, 故将菜单 ACAD.MNU 备份成所需要的名字, 在备份菜单上进行修改和添加工作。

修改和添加图标菜单项:

*** icon

** poly

[Set Spline Fit Variables]

:

[acad (pl-cubic, Cubic Fit Polyline) ' splinetype 6]

** SSSS

[ICON...sun DongWen...1997. 06. 20...Beijing.....]

[HDPK(z001)] ^ C ^ cinsert;stb001;\\ \\ [HDPK(z009)] ^ C ^ cinsert;stb009;\\ \\

[HDPK(z002)] ^ C ^ cinsert;stb002;\\ \\ [HDPK(z0010)] ^ C ^ cinsert;stb0010;\\ \\

[HDPK(z003)] ^ C ^ cinsert;stb003;\\ \\ [HDPK(z0011)] ^ C ^ cinsert;stb0011;\\ \\

[HDPK(z004)] ^ C ^ cinsert;stb004;\\ \\ [HDPK(z0012)] ^ C ^ cinsert;stb0012;\\ \\

[HDPK(z005)] ^ C ^ cinsert;stb005;\\ \\ [HDPK(z0013)] ^ C ^ cinsert;stb0013;\\ \\

[HDPK(z006)] ^ C ^ cinsert;stb006;\\ \\ [HDPK(z0014)] ^ C ^ cinsert;stb0014;\\ \\

[HDPK(z007)] ^ C ^ cinsert;stb007;\\ \\ [HDPK(z0015)] ^ C ^ cinsert;stb0015;\\ \\

[HDPK(z008)] ^ C ^ cinsert;stb008;\\ \\

** 3Dobjects

[3D Objects]

在备份菜单上进行修改、添加下拉式菜单的内容和修改、添加屏幕菜单的内容如下:

修改、添加下拉式菜单

修改、添加屏幕菜单

**POP3

** DR3

[Draw]

[ARC] \$ S=ARC

[Sun Dong Wen] ^ C ^ C \$ I=ssss \$ I= *

[Sun Dong Wen] ^ C ^ C \$ I=ssss \$ I= *

[—>Line]

[ATTDEF:] ^ c ^ c_ATTDEF

[Segments]^ C^ C_line

[BHATCH:]^ C^ CBHATCH

其中“Sun DongWen”是加在下拉式菜单和屏幕菜单中的选择项,用它可以调用图标菜单,“\$ I=ssss”用于访问名字为“ssss”的图标菜单,“\$ I= * ”用于显示图标菜单,并允许用户调用图标菜单。将备份后修改和添加的菜单(. MNU)装入、加载生成的(. MNX)菜单,用户调用下拉式菜单和屏幕菜单中的选择项“Sun DongWen”,就可以获得图标菜单。

3 故障树的绘制

在绘制一棵故障树时,如果使用块功能定义的图形库中的图元,其绘制过程为:进入 AutoCAD 后将“新图名=AAA”,这样就将图1所示图形显示在屏幕中,用 Inserter 命令将图形库中的图元有选择地拷贝到当前图中的确定位置上,并且可以进行缩放、旋转等编辑与修改工作。绘制的“某型航空发动机中央传动齿轮断裂”的故障树,如图2所示。如果使用幻灯库制作的图标菜单,其绘制过程为:通过下拉式菜单或屏幕菜单中的“Sun Dong Wen”选择项,调出标题为:“ICON……Sun Dong Wen……1997. 06. 20……Beijing……”图标菜单,根据绘制故障树所需要的事件符号和逻辑门符号,在 Command: 状态下选择其中任意一个图标菜单项,插入需要绘制的图元处,完成绘制故障树的任务,如图2所示。

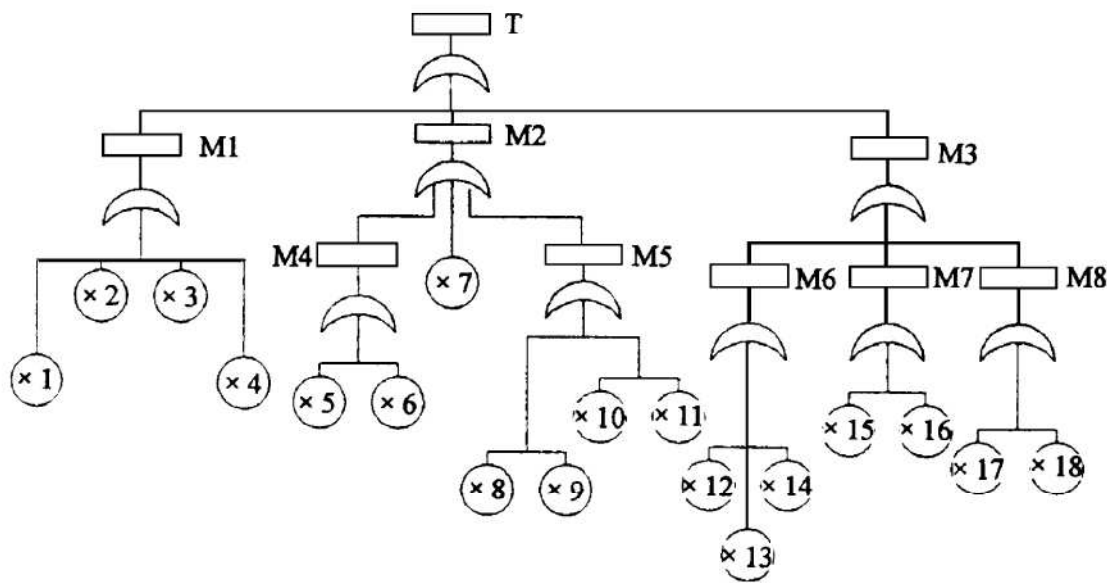


Fig. 2 Fault tree of certain aeroengine central transferring gear fracture

综上所述,用计算机辅助绘制航空发动机故障树,是计算机辅助故障树分析法中的一种应用。通过调用图形元素库或幻灯片库的图标菜单中的事件符号和逻辑门符号的图元,免去了许多不必要的重复、繁琐的工作,大大提高了绘制故障树的效率和绘图的精度。

参 考 文 献

- 1 孔瑞莲编著. 航空发动机可靠性工程. 北京:航空工业出版社,1996.
- 2 郭淑芬编著. 新编 AutoCAD12.0用户实用指南. 北京:科学出版社,1995.
- 3 何德芳编著. 失效分析与故障预防. 北京:冶金工业出版社,1990.