

# MAN B & W 主机遥控气动装置计算机 故障分析系统研制

郑士君<sup>1</sup>, 褚建新<sup>1</sup>, 向阳<sup>1</sup>, 韩成敏<sup>2</sup>, 仇鑫尧<sup>2</sup>, 徐波<sup>2</sup>

(1. 上海海运学院, 上海 200135; 2. 中远集装箱运输有限公司, 上海 200090)

**摘要:**运用故障树分析(FTA)和故障效应分析(FEA),从系统化角度建立镜像对称故障矩阵模型,实现对 MAN B & W 主机遥控气动装置的计算机故障信息流分析与查询。所研制的应用程序具有多文档、多窗口图文界面。

**关键词:**故障树分析;故障效应分析;故障信息流

**中图分类号** V664.82<sup>+1</sup> **文献标识码** A

## Development of Computer-Based Fault Analysis System for Pneumatic Device in Automatic Remote Control System of MAN B & W Main Engine

ZHENG Shi-jun<sup>1</sup>, CHU Jian-xin<sup>1</sup>, XIANG Yang<sup>1</sup>, HAN Cheng-min<sup>2</sup>, QIU Xin-yao<sup>2</sup>, XU Bo<sup>2</sup>

(1. Shanghai Maritime University Shanghai, 200135, China; 2, COSCO CO., Shanghai 200090, China)

**Abstract:** By using the fault tree analysis(FTA) and failure effect analysis(FEA), a fault model with logic matrix in mirror symmetry is set up systematically in the paper. Then, the computer-based analysis and inquiry of fault information stream of the pneumatic devices in automatic remote control system of MAN B & W main engine are carried out. The developed programs of application have multi-document and multi-window interfaces.

**Key words:** Fault Tree Analysis; Failure Effect Analysis; Fault Information Stream

船舶主机遥控系统是船舶机电设备中自动化程度较高的控制装置之一。由于遥控系统的各种故障而造成主机设备不能正常运行,降低了主机运行质量;由于故障源不能及时识别和排除,造成故障蔓延或系统瘫痪,导致自动化船舶只能手动操作。这些都影响船舶的航行安全,也增加了机务管理难度。

国外一些船公司曾研制过主机遥控装置在线故障检测装置。这种检测装置的优点是能够及时指示和报警或预警系统所出现的各种故障,引导操作人员及时排除故障,使系统恢复正常。但是这种装置结构复杂,大量的传感器电路使得检测装置本身出现故障的可能性大大增加,且造价昂贵。国内某船公司曾与有关单位合作开展过主机遥控装置故障分析的研究项目,但限于当时的研究水平及研究经费,仅搞了电控部分的故障分析,且未最后实现实用化的计算机辅助分析系统。

许多故障实例表明,由于电子元器件集成度、自

检能力及可靠性的日益提高,主机遥控系统疑难故障大多出现在气动控制部分。本文运用 FTA 和 FEA 技术,从系统化角度构筑 FTA 与 FEA,实现遥控系统气动装置故障信息流分析。这里,FTA 从系统级失效(顶事件)开始,直至不可再分解的元器件失效(底事件)。故障信息在这里作为一种“流”,自上而下,顺着这种“流”,我们可以找到系统失效的故障源。而 FEA 则从元器件失效逆向推断其对系统的影响。故障信息在这里也作为一种“流”,自下而上,根据这种“流”,我们也可以找到某故障源对系统的危害程度。

### 1 FTA 信息流模型

对于 MAN B & W 主机遥控气动装置的 FTA (Fault Tree Analysis 故障树分析),我们所采取的步骤是:

1) 分析气动装置,充分调研后选定系统某功能

失效的顶事件;

2) 根据气动装置原理图和系统元器件、组件、功能块的使用,维护及故障表现,直接建立最小路集的三级故障树;

3) 从系统化角度,构造 FTA 矩阵模型,为计算机故障分析提供有效手段。

### 1.1 系统级故障(顶事件)与故障树

根据调研结果及专家经验,主机遥控气动控制装置可能出现的系统级故障现象归纳为五大类:备车故障、起动车故障、点火故障、换向故障和调速故障。造成系统级故障的原因必然是系统中相应的功能块失效(故障)而引起。而功能块是由一些组件构成,所以功能块失效必然是其中某些组件失效所造成。功能组件的失效又必然是构成该组件的若干元器件失效所造成。我们把系统级故障(顶事件)发生原因,从系统的功能块追查到不可再分解的系统元器件(底事件),从而建立相应的故障树。

### 1.2 FTA 系统化矩阵模型

当用计算机程序排列故障树,并进行故障查询与分析时,必须对树形图进行数学化描述,即建立 FTA 数学模型。

我们把主机遥控气动控制装置的故障链分成三级:第一级故障源为功能块;第二级为组件(或部件);第三级为元器件。元器件故障是不可再分解的故障源。设系统级故障  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , 这些故障是由功能块  $u_1, u_2, \dots, u_m$  的失效(一级故障源)而造成,于是有:

$$F = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 & 12 & \dots & 1m \\ 21 & & & \\ \vdots & & & \\ n1 & & \dots & nm \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix} = AU \quad (1)$$

式中 A 为功能块失效矩阵,它是一个布尔型逻辑矩阵。A 中的元素  $a_{ij}$  取 1 或 0,表示相应的功能块失效而造成系统的故障与否。

功能块的失效是由组件  $v_1, v_2, \dots, v_l$  的失效(二级故障源)引起,于是有:

$$U = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1l} \\ b_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ b_{m1} & & \dots & b_{ml} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_l \end{pmatrix} = BV \quad (2)$$

显然,式中 B 为组件失效矩阵。 $b_{ij}$  取 1 或 0,表示相应的组件失效而造成功能块的失效与否。组件的失

效又是由元器件  $w_1, w_2, \dots, w_g$  的失效(三级故障源)引起,于是有:

$$V = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1g} \\ c_{21} & & & \\ \vdots & & & \\ c_{l1} & & \dots & c_{lg} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_g \end{pmatrix} = CW \quad (3)$$

式中 C 为元器件失效矩阵。 $c_{ij}$  取 1 或 0,表示相应的元器件失效而造成组件的失效与否。合并式(1)、(2)、(3),则得:

$$F = AU = ABV = ABCW = DW \quad (4)$$

## 2 FEA 信息流模型

对 MAN B & W 主机遥控气动装置的 FEA (Failure Effect Analysis 故障效应分析),其步骤是:

1) 确定系统主要元器件的故障模式对系统的危害程度(效应);

2) 以表格形式建立 FEA 档案;

3) 从系统化角度构造 FEA 矩阵模型,并与 FTA 矩阵模型关联起来,为计算机故障查询与分析提供更为有效的手段。

### 2.1 故障效应的分类与表格档案建立

主机遥控气动控制装置元器件、组件或功能块的故障模式及其故障效应按其作用类别可分为:气源单元、起动车单元、停车单元、换向单元和调速单元。它们的某一失效行为(即故障模式)将导致某系统级故障的发生。

每一元器件建立一 FEA 表格档案,记述该元器件的失效模式、失效原因、对系统的影响、以及预防失效的措施等。

### 2.2 FEA 系统化矩阵模型

为了能够把 FEA 与 FTA 有机结合起来,使计算机程序的故障查寻既能顺向(FTA 信息流),又能逆向(FEA 信息流),必须建立相应的 FEA 的矩阵模型。

我们把故障效应也分成三级:第三级故障效应为组件(或部件);第二级故障效应为功能块;第一级故障效应为系统失效。设元器件故障模式及其对自身的效应为  $w_1, w_2, \dots, w_g$ , 它们对相应的组件(或部件)  $v_1, v_2, \dots, v_l$  造成影响(三级故障效应);组件故障效应将对功能块  $u_1, u_2, \dots, u_m$  造成影响(二级故障效应);功能块的故障效应将造成系统级失效(一级故障效应)  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , 根据上节中的相同推导方法,可得:



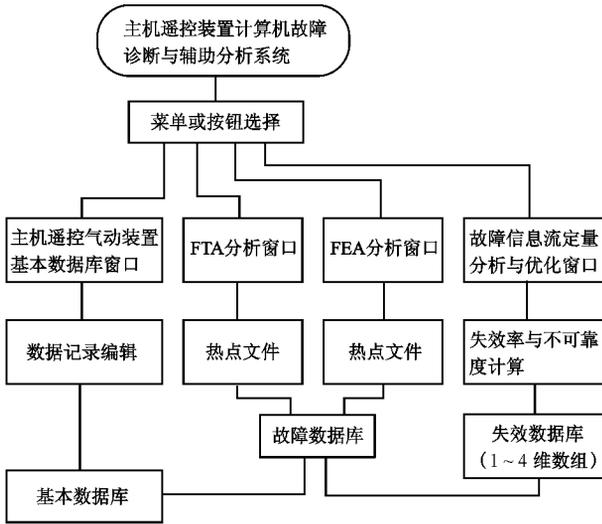


图4 应用程序结构示意图

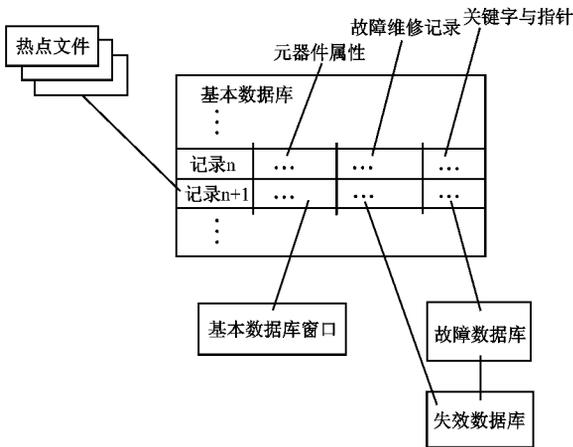


图5 应用程序数据库关系图

应用程序主要组成部分为:数据库;热点链接文件和界面(窗口)。数据库中的资源用来支撑应用程序,有基本数据库、故障数据库和失效数据库。数据库之间的关系如图5所示。图中的失效数据库存放着气动装置元器件失效率与不可靠度统计数据,用以定量分析故障信息流。

应用程序热点文件所起的作用是把窗口界面与数据库联系起来,这种联系是通过特定的指针或关键字实现的。

### 5 结论

依据本文所论述的船舶主机遥控系统故障信息流分析而设计开发的计算机应用软件第一版,已安装在中远集运十余艘大型集装箱船舶上。其界面友好,资料丰富,操作方便,实用性强。能够帮助轮机管理人员及公司机务人员对其所发生的故障现象进行分析和评估,搜索出导致系统失效的故障源,指出故障源所在的物理位置,提供修复方法。

本文的基本思想和设计框架有着广泛的应用前景,可推广到其它类型控制设备的故障分析,实现计算机化教育和业务培训。对大型、复杂控制设备,运用这种手段进行故障分析训练及维修方法指导,可大大缩短操作人员的摸索适应期。

### 参 考 文 献

[1] 史定华,王松瑞. 故障树分析技术方法和理论[M]. 北京:北京师范大学社,1993.  
 [2] 易宏,等. 船舶可靠性工程导论[M]. 国防工业出版社, 1995.