

doi: 10.7690/bgzdh.2013.04.003

基于 GO 法和 Extend 的装备技术状态评估模型

颜静波, 赵金超, 周跃

(海军工程大学管理工程系, 武汉 430033)

摘要: 针对现有的装备使用决策研究难以说明所得评估值代表的物理意义的问题, 重新定义了装备技术状态的概念, 提出一套基于 GO 法和 Extend 的装备技术状态评估的仿真建模方法。从使用者决策需求出发, 给出了技术状态的数学表达。采用 GO 法构建描述功能流程, 提出 GO 模型向 Extend 仿真模型的转换规则, 并利用该规则, 将 GO 模型转换成 Extend 仿真模型, 进行技术状态的仿真评估。分析结果表明: 该方法具有可行性, 且评估结论对决策者的价值更为直接和有效。

关键词: 技术状态评估; GO 法; Extend; 使用决策

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Equipment and Technology Status Evaluation Model Based on GO Methodology and Extend

Yan Jingbo, Zhao Jinchao, Zhou Yue

(Department of Management Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: Because evaluation physical meaning of equipment operation decision is hard to describe, define equipment technical state concept again, put forwards a simulation modeling method of equipment technical evaluation based on GO method and Extend. Based on user decision requirement, give math expression of technical state. Use GO method to establish and describe function process, introduce transformation principle of GO model to Extend simulation model. Use the principle to transform GO model into Extend simulation model, and carry out simulation evaluation for technical state. The analysis result shows that the method has feasibility, and the value of the conclusions of the assessment of decision-makers is more direct and effective.

Key words: technical state assessment; GO methodology; Extend; operation decisions

0 引言

技术状态是指装备在指定时刻的总体技术特性, 是装备各种技术特性的总合^[1], 是装备使用决策的基本依据。技术状态评估是掌握装备技术状态的必要手段。文献[2]提出了基于贴近度的技术状态评估模型, 解决了能够获取技术状态参数及有理想值前提下的单个设备技术状态评估问题; 文献[3]提出了基于多层模糊模型的技术状态评估模型, 解决了具有多个组成层次的复杂装备技术状态评估问题; 文献[4]研究了技术状态指标无法用二元逻辑表达的核动力装置技术状态评估问题; 文献[5]针对该问题进一步提出了基于 Mamdani 模糊推理技术的解决方法。文献[6]提出了基于粗糙集和证据理论的带有不确定信息的技术状态评估模型。以上研究都是在技术状态指标明确, 指标信息能够获取的前提下的综合评估, 目的是为装备技术状态下一个总结论或者说是给出一个总评语, 有利于帮助决策者了解装备技术状态所处的总体水平, 但其存在的共同问题是难以说明所得评估值代表的物理意义。基于

此, 笔者重新定义了技术状态, 给出数学表达式, 从装备的功能机理出发, 运用合理的建模与仿真工具, 并给出技术状态评估模型的构建方法, 使得评估过程直观, 评估结论意义明确, 对决策者的价值更为直接。

1 技术状态指标分析及评估模型构建思路

1.1 技术状态指标分析

对装备使用决策者而言, 其关注的技术状态应是装备在指定时间内的性能水平以及该性能水平所能保持的时间, 即装备的性能指标以及性能指标对应下的可靠性。为便于描述, 笔者给出技术状态的数学表达式, 具体如下:

定义 1 技术状态是指装备从指定时刻开始到规定时刻结束之间, 所有可能发挥的性能水平, 以及保持该性能水平的可能性, 其数学表达式为 $A = \{(a_i, p_i)\}$, 其中 a_i 表示装备可能处于第 i 种性能水平(可标准化处理后用 $[0,1]$ 区间内的值进行表达), p_i 表示规定时间内保持性能水平 a_i 的概率。

收稿日期: 2012-10-10; 修回日期: 2012-11-19

作者简介: 颜静波(1977—), 女, 江苏人, 在读硕士, 从事军事系统建模与决策研究。

1.2 评估模型构建思路

根据定义 1, 所谓的技术状态评估就是计算装备在指定时间内可能发挥的性能水平, 以及保持性能水平的概率。笔者认为, 在任务过程中, 影响装备性能发挥的主要因素是故障, 会导致装备性能下降甚至丧失。为此, 笔者设计了一套建模与仿真思路, 按照该思路, 可以将装备的性能水平与保持概率一次性计算出来。该思路是在假设已知正常性能水平和故障影响信息的前提下进行的, 首先采用合理的流程建模方法对装备的功能流程进行模拟, 然后将功能流程模型转换成可仿真的仿真模型, 最后输入故障影响信息开展性能和可靠性仿真。

2 技术状态评估的仿真模型

GO 法是一种可以直接从系统原理图、流程图

按照一定规则直接翻译过来的系统可靠性建模方法, 既可用于功能建模, 也可用于可靠性建模。但 GO 法一般只能借助解析模型进行可靠性计算, 无法完成复杂的性能与可靠性综合计算, 即技术状态的评估计算。为此, 笔者提出一种将 GO 法转换成 Extend 模型的技术状态仿真评估方法, 从而可以利用 Extend 模型进行技术状态的仿真评估。

2.1 GO 法的应用分析

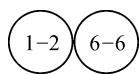
GO 法用 GO 图模拟系统, GO 图与系统图相似, 操作符对应系统的部件, 信号流对应系统的物流。由 GO 图可以直接计算系统成功概率, 能用于多状态、有时序的系统分析, 在应用时表现出模型简洁、计算精确、适用性好等优点^[7]。表 1 给出了技术状态评估仿真中常用的 GO 标准操作符。

表 1 GO 标准操作符的类型及特点

类型	名称	用途	备注
1	两状态单元	可用于模拟电子部件: 报警器、放大器、电池、断路器、线圈、传感器等; 机械部件: 联轴器、减压器、安全阀、伸缩节、直管、过滤器等;	最常用的操作符, 可以模拟两状态部件, 即成功状态和故障状态
5	信号发生器	可产生一个起始信号, 作为 GO 模型的输入, 如发生器、电池、空气或水源等。可用于代表环境影响, 如温度、震动、光纤和辐射等, 也可以模拟人因对系统的影响	在一个模型中出现两个或多个第 5 类操作符是, 他们表示的信号必须是相互独立的
6	有信号而导通的元件	可用于模拟控制开关、电动阀、汽轮驱动泵、电机驱动泵等	第 6 类操作符表示这样一类部件, 即经过激励后才能让输入通过的部件
10	与门	将多个信号用“与门”逻辑连接在一起, 得到输出信号	第 10 类操作符是逻辑操作符, 不需要概率数据

2.2 GO 法向 Extend 的转换规则

根据评估模型的构建思路, 技术状态评估仿真需要将 GO 法的操作符号转换成 Extend 仿真模块。为此, 笔者给出 GO 法向 Extend 的转换规则, 见图 1~图 3。



(a) 操作符 1、6



(b) Machine

注: 操作符 1(两状态单元)和操作符 6(有信号而导通的元件)对应 Library→Mfg→Machine 模块

图 1 操作符 1、6 与 Extend 模块的对应关系



(a) 操作符 5



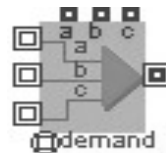
(b) Program

注: 操作符 5(信号发生器)对应 Library→Discrete Event→Program 模块

图 2 操作符 5 与 Extend 模块的对应关系



(a) 操作符 10



(b) Batch(与门)

注: 操作符 10 对应 Library→Discrete Event→Batch 模块

图 3 操作符 10 与 Extend 模块的对应关系

为利用故障影响信息, 开展不同性能状态的仿真, 还需在转换后得到的 Extend 模型上补充一些新的构件, 以构成完整的技术状态评估仿真模型。所需的 Extend 模块有逻辑判断模块、产生随机数模块、统计仿真模块等, 各模块的具体图形及作用见文献[8-9]。

2.3 技术状态评估模型的构建步骤

综合以上分析, 给出技术状态评估模型的构建步骤如下:

- 1) 分析装备功能与结构组成, 建立功能原理图;
- 2) 将功能原理图翻译成 GO 模型;
- 3) 将 GO 模型转换成 Extend 仿真模型;
- 4) 分析故障对性能的影响, 利用相关 Extend

模块, 进一步完善 Extend 模型, 得到完整的技术状态评估仿真模型。

3 某型柴油机的技术状态评估模型

3.1 某型柴油机的功能及组成分析

某型柴油机由柴油机、传动轴承、后传动装置、推进器以及保证装置正常运行的各种附属系统组成。其功能原理如图 4。

该型柴油机有 2 种性能状态: 一是全功率工作; 二是若冷却系统故障则只能 70% 功率工作。

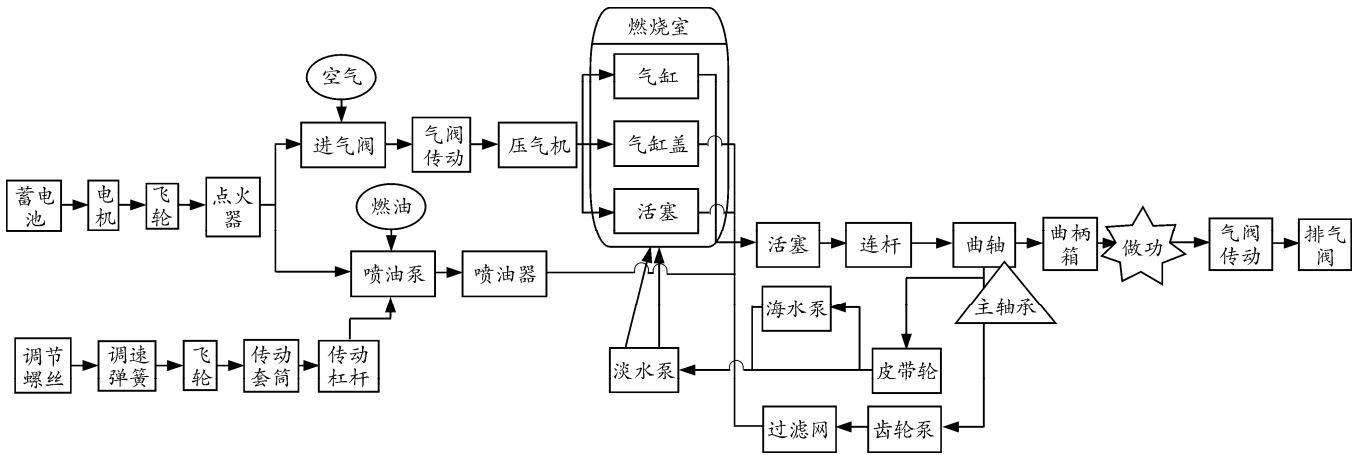


图 4 柴油机的功能原理

3.2 技术状态评估模型

将柴油机的功能原理翻译成 GO 图, 如图 5。

进一步将 GO 模型转换成 Extend 仿真模型并完善后, 得到可以用于柴油机技术状态仿真的 Extend 模型, 由于篇幅限制, 只给出图的局部, 如图 6。

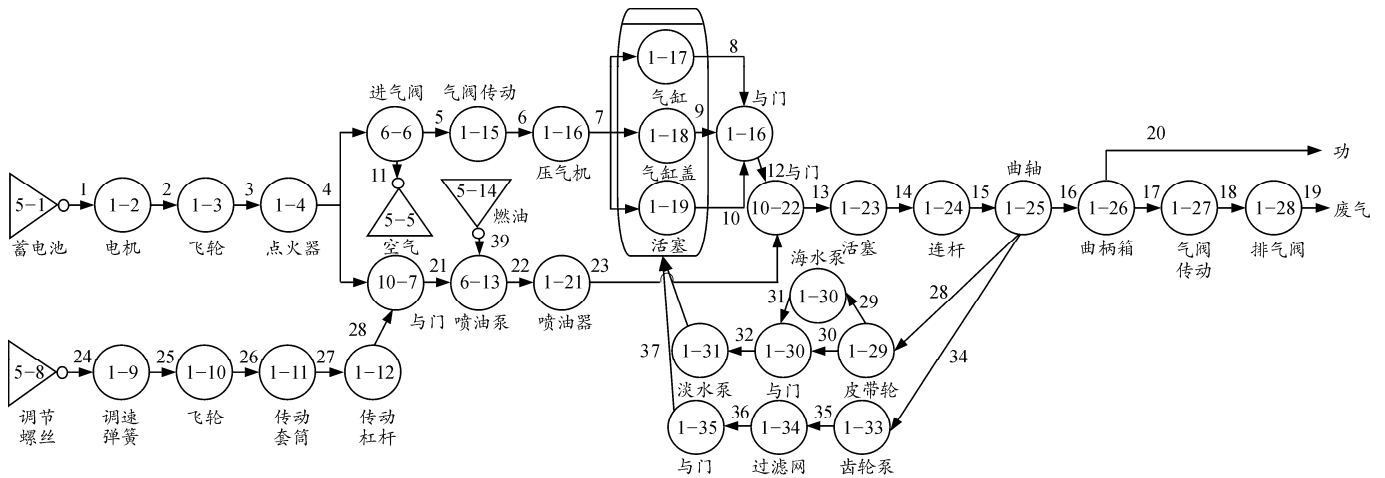


图 5 柴油机技术状态评估的 GO 模型

3.3 仿真计算

为了统计 Extend “小球” 处理时间模拟冷却系统中各部件故障将会对整个柴油机系统性能及可靠性产生怎样的影响, 笔者采用如下方法: 启动系统和调速器各产生一个小球, 当小球经过冷却系统各模块时, 统计出各模块输出故障信号 (故障为信号 1, 正常信号为 0) 之前的处理时间, 取出最长的时

间, 各部件的输出信号进入 Equation 模块进行一次逻辑判断 (全为 0 则输出 0, 否则输出 1), 将输出作为曲轴 Machine 模块 Down 端口的输入。若在柴油机一次工作仿真时间内 (曲轴模块处理时间), 冷却系统故障, 则柴油机 70% 功率工作时间 = 仿真时间 - 冷却系统正常工作时间, 否则, 柴油机正常工作时间 = 一次工作仿真时间, 再将 T 端口的输出输入给 Plotter 模块, 做出图形和表格。

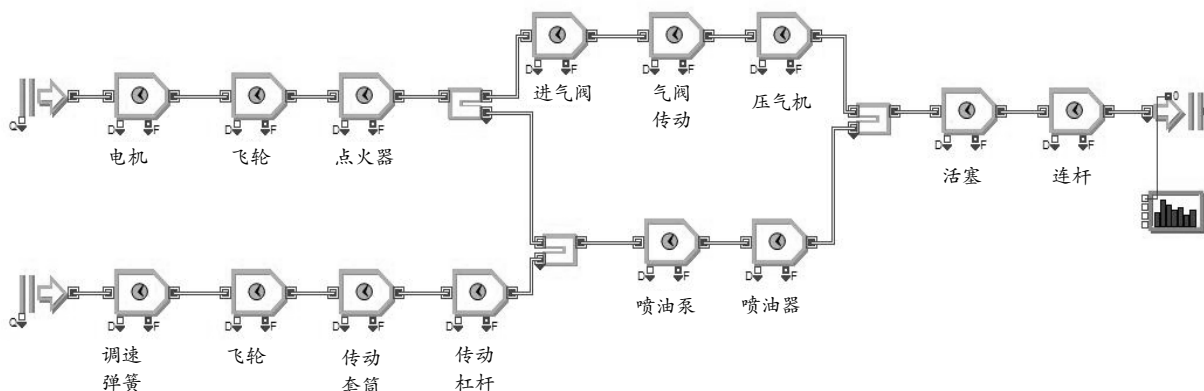


图 6 柴油机技术状态评估仿真的 Extend 模型

假定柴油机各部件的失效率如表 2 所示。

表 2 柴油机各部件的失效率

部件	失效情况	失效率	涉及部件	状态	失效率
进气内舌阀	无法打开	1×10^{-5}	驱动机	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	飞轮	损坏	1×10^{-5}
进气外舌阀	无法打开	1×10^{-5}	点火器	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	进气阀	损坏	1×10^{-5}
排水电磁阀	无法打开	1×10^{-5}	压气机	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	调节螺丝	损坏	1×10^{-5}
预定控制盒控制板	无法扳动	1×10^{-5}	调节弹簧	损坏	1×10^{-5}
盘车电磁阀	无法打开	1×10^{-5}	转动杠杆	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	喷油泵	损坏	1×10^{-5}
启动电磁阀	无法打开	1×10^{-5}	喷油器	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	曲柄箱	损坏	1×10^{-5}
排气内舌阀	无法打开	1×10^{-5}	气阀	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	连杆	损坏	1×10^{-5}
排气外舌阀	无法打开	1×10^{-5}	曲轴	损坏	1×10^{-5}
	无法关闭	1×10^{-5}	淡水泵	损坏	1×10^{-5}
皮轮	损坏	1×10^{-5}	排气阀	损坏	1×10^{-5}
海水泵	损坏	1×10^{-5}	过滤网	损坏	1×10^{-5}
齿轮泵	损坏	1×10^{-5}	操作分阀	损坏	1×10^{-5}
断路器	损坏	1×10^{-5}	停机按钮	损坏	1×10^{-5}
燃烧室	汽缸盖损坏	1×10^{-5}	消声器	损坏	1×10^{-5}
	活塞损坏	1×10^{-5}	控制电源	损坏	1×10^{-5}

设仿真时间为 200 时间单元, 则根据该模型进行 1 000 次仿真, 得到该型柴油机的技术状态评估值为

$$A = \{(1, 0.9), (0.7, 0.07), (0, 0.03)\}$$

表明该型柴油机的当前技术状态是 200 h 内, 保持全功率工作能力的可能性是 90%, 只发挥 70% 功率的可能性是 7%, 功能丧失的可能性为 3%。

4 结束语

因为文中的研究是在假定装备的性能水平已知

的前提下, 考虑故障对性能影响的技术状态评估^[10], 并未考虑如环境以及装备自身的劣化等因素的影响。在今后的研究中, 笔者将进一步考虑在这些因素影响下的技术状态评估问题, 使决策者能够更加客观、真实地掌握装备的实时信息, 从而能够科学、正确地使用好执掌装备。

参考文献:

- [1] 金家善. 船用蒸汽动力装置技术状态评估方法研究[D]. 武汉: 海军工程大学, 2003.
- [2] 金家善, 谭猛泉, 孙丰瑞. 基于贴近度的机械设备技术状态综合评估方法[J]. 海军工程大学学报, 2003(4): 1-6.
- [3] 耿俊豹, 金家善, 万延斌. 基于多层模糊模型的舰船技术状态评估方法研究[J]. 舰船科学技术, 2004, 12(6): 18-20.
- [4] 陈玲, 蔡琦, 蔡章生. 基于部分失效的 NPP 典型系统技术状态评估[J]. 系统工程理论与实践, 2006(9): 17-21.
- [5] 陈玲, 蔡琦, 蔡章生. 基于 Mamdani 模糊推理的核动力装置技术状态评估[J]. 海军工程大学学报, 2007(5): 35-39.
- [6] 耿俊豹, 邱玮, 孔祥纯, 等. 基于粗糙集和 D-S 证据理论的设备技术状态评估[J]. 系统工程与电子技术, 2008(1): 57-62.
- [7] 沈祖培, 黄祥瑞. GO 法原理及应用: 一种系统可靠性分析方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [8] 秦天保, 王岩峰. 面向应用的方针建模与分析—使用 ExtendSim[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [9] 杨建军, 杨晶, 刘锋. 基于 Extend 的多态 PMS 仿真模型[J]. 计算机工程, 2010(14): 230-233.
- [10] 吕立波, 张帅. 战时装备保障物流方案评估模型[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(10): 51.