

系统故障的可拓诊断方法*

杨春燕 何斌

广东工业大学物元分析研究所, 广州, 510090

摘要 利用可拓方法,建立了系统故障诊断的定性分析与定量分析相结合的方法,为利用计算机进行故障诊断提供了可行的物元模型.

关键词 可拓方法;故障诊断;可拓诊断方法;物元模型

中图资料法分类号 N94

随着科学技术日新月异的进步,人们设计、制造的产品逐渐由低级转向高级,由简单转向复杂,由局部转向整体,涌现出许许多多性能优异的大设备、大系统.众所周知,产品性能优异但不能保持是令人沮丧的,特别是因为单个元件损坏而引起的整个系统报废,不仅造成巨大的经济损失,而且还会带来严重的社会影响.由于技术装备越复杂就越容易发生故障,而在什么地方发生了故障及发生了什么故障却更难以判断,因而故障诊断就显得更重要.

系统故障的可拓诊断方法,是利用新学科可拓学的特有方法——可拓方法进行系统故障诊断的一种有效方法.应用该方法,首先进行系统故障分析,可使人们透彻了解系统,发现系统中的意外情况和薄弱环节,定性 with 定量相结合地评价各种故障发生的程度,使人们按一定的程序或规律去诊断故障的成因及发生故障的程度.它提供给人们一种基于客观真实的手段去剖析系统的设计,判断系统的变化,以准确地进行系统故障诊断的方法.

1 系统故障的可拓诊断方法^[1,2]

1.1 整体故障分析,判断产生何种故障

设发生故障的系统为 S .

(1) 首先利用相关网方法,确定导致 S 发生故障的各种情况,从而确定 S 的故障物元集.

设 S 可能产生的故障集为 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ 若 S 产生故障 I_i , 记为 $I_i(S)$ ($s = 1, 2, \dots, n$), 则描述 S 可能产生的故障的物元为

$$R_i = (I_i(S), c_i, V_i), (i = 1, 2, \dots, n)$$

其中 V_i 为 $I_i(S)$ 发生时关于 C_i 规定的量域,即经曲域.记 V_i' 为 $I_i(S)$ 发生时关于 C_i 容许的量域,即节域.

(2) 测量系统 S 关于 c_i 的量值 v_i ($i = 1, 2, \dots, n$), 即

$$R_{0i} = (S, c_i, v_i), (i = 1, 2, \dots, n).$$

(3) 首次判断: 若 $v_i^2 \notin V_i$, 则认为 $I_i(S)$ 不发生; 若 $v_i \in V_i$, 则进入下一步.

收稿日期: 1997-09-23 杨春燕 女 34岁 副研究员

* 国家自然科学基金资助项目

(4) 计算关联函数值:

$$K_i(v_i) = \frac{\rho(v_i, V_i)}{\rho(v_i, V_i) - (\rho(v_i, V_i))}, (i = 1, 2, \dots, n).$$

(5) 确定产生何种故障:

若 $K_i(v_i) \leq 0$, 则认为 $i(S)$ 不发生;

若 $K_i(v_i) \geq 0$, 则认为 $i(S)$ 可能发生, 且 $K_i(v_i)$ 值的大小反映了 $I_i(S)$ 发生的可能性的

1.2 软硬部故障分析, 分析故障之所在, 即确定产生故障的部位.

对 1.1 判断 S 可能产生的故障进行如下分析.

(1) 首先利用相关网方法, 列出与物元 R_i 相关的硬部物元与软部物元.

设导致 $I_i(S)$ 发生的相关物元为

$$R_{ij} = (S_{ij}, c_{ij}, V_{ij}), (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m).$$

其中 V_{ij} 为 $I_i(S)$ 发生时 S_{ij} 关于 c_{ij} 的量域, 即经典域, 记 V_{ij} 为其节域. S_{ij} 为 S 的子系统或部件.

(2) 测量 S_{ij} 关于 c_{ij} 的量值 v_{ij} , 即

$$R_{0ij} = (S_{ij}, c_{ij}, v_{ij}), (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$$

(3) 首次判断

若 $v_{ij}^2 \notin V_{ij}$, 则认为 $I_i(S)$ 发生不是由 S_{ij} 引起, 即 S_{ij} 不发生故障;

若 $v_{ij} \in V_{ij}$ 则进入下一步.

(4) 计算关联函数值:

$$K_{ij}(v_{ij}) = \frac{\rho(v_{ij}, V_{ij})}{\rho(v_{ij}, V_{ij}) - \rho(v_{ij}, V_{ij})}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m).$$

(5) 确定产生故障的部位:

若 $K_{ij}(v_{ij}) \leq 0$, 则认为 S_{ij} 不发生故障;

若 $K_{ij}(v_{ij}) \geq 0$, 则认为 S_{ij} 发生故障.

1.3 整体故障的共轭分析

对系统进行上述分析后, 还应进行虚实、潜显、负正的全面分析, 以便更准确地确定故障, 尤其对虚、潜、负部的分析, 更有价值. 如某系统的故障, 可能是由于系统中某个器件(实部)的损坏而产生, 也可能是由于系统内部空间部分(虚部)的杂质(如有害气体、灰尘等)对器件腐蚀, 造成破损, 直至穿孔, 而使机器不能正常运转, 这种故障在器件穿孔前为虚部故障. 若及时排除, 则可避免引起实部故障的发生, 从而减小故障发生的程度. 对虚实部、潜显部、负正部的分析类似 1.2 的做法.

2 系统故障的可拓诊断方法的框图

2.1 整体故障分析框图

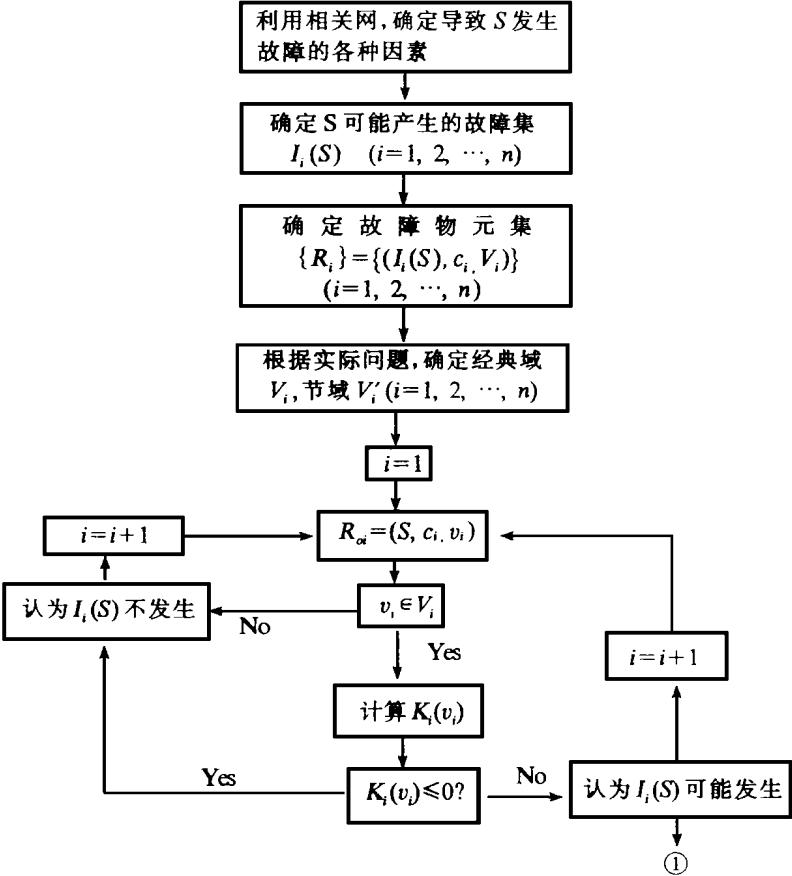


图 1 整体故障分析框图

2.2 软硬部故障分析框图

软硬部故障分析框图见图 2.

2.3 虚实、潜显、负正部故障分析框图

类似 2. 2, 不再赘述.

3 实例分析^[3]

有一空冷小循环发动机, 输出功率约 2. 94kW, 以汽油为燃料. 燃料箱装在上部, 由重力给油方式向燃料室供油, 不需供油泵. 发动时, 一般采用电发动, 发动电源是蓄电池. 若电发动失效时, 也可采用手动的方法. 而永磁式发电机发电变压后则向产生电火花的火花塞提供高压电源. 该发动机装在一小型割草机上, 现发动机不能发动, 可利用上述可拓诊断方法进行故障诊断.

3.1 整体故障分析

设发动机为 S, 记

$$R = (S, \text{启动状态, 不启动}).$$

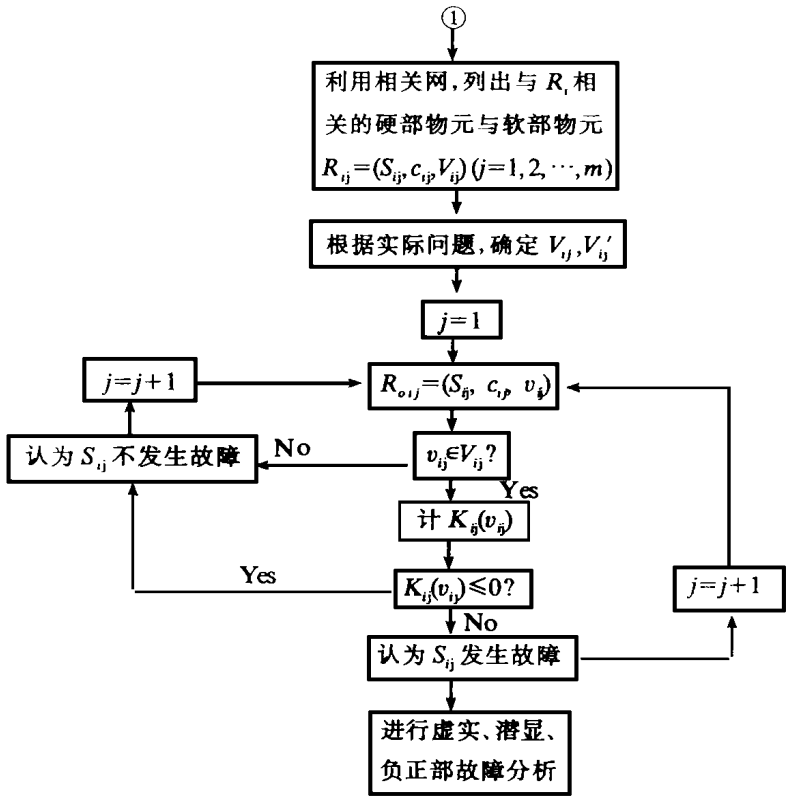


图 2 软硬件故障分析框图

(1) 列出 R 的相关网:

$$R \sim \begin{cases} (S, \text{燃料量, 不足}) \\ (S, \text{火花能量, 不足}), \\ (S, \text{汽缸压力, 不足}) \end{cases}$$

3

将 S 可能产生的故障记为 $I_1(S)$ 、 $I_2(S)$ 、 $I_3(S)$ 。

(2) 建立描述 S 可能产生故障的物元

$$\begin{aligned} R_1 &= (I_1(S), \text{燃料量}, V_1) = (I_1(S), c_1, V_1); \\ R_2 &= (I_2(S), \text{火花能量}, V_2) = (I_2(S), c_2, V_2); \\ R_3 &= (I_3(S), \text{汽缸压力}, V_3) = (I_3(S), c_3, V_3). \end{aligned}$$

根据实际问题, 确定 $V_i = < 0, a_i>$, $V'_i = < 0, \pm a_i>$ ($i = 1, 2, 3$)。

根据实测数据, 按照 1. 1 的程序计算, 确定产生何种故障。

3. 2 软硬件故障分析

若由 3. 1 计算, 认为 $I_1(S)$ 发生, 则进行下述相关分析:

$$R_1 \sim \begin{cases} (\text{汽化器, 工作状态, 失灵}) = (S_{11}, c_{11}, V_{11}) = R_{11} \\ (\text{油箱, 油量, 不足}) = (S_{12}, c_{12}, V_{12}) = R_{12} \\ (\text{油管, 通畅程度, 差}) = (S_{13}, c_{13}, V_{13}) = R_{13} \end{cases}$$

确定 $V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$, 然后按 2.2 的程序计算, 确定产生故障的部位.

若由 3.1 计算, 认为 $I_2(S)$ 发生, 则进行下述相关分析:

$$R_2 \sim \begin{cases} (\text{活塞, 状态, 不动}) = R_{21} \\ (\text{活塞环, 状态, 磨损或断裂}) = R_{22} \end{cases}$$

$$R_{21} \sim \begin{cases} (\text{曲轴, 状态, 不动}) \\ (\text{连杆, 状态, 折断}) \end{cases} \sim \begin{cases} (\text{轴承, 状态, 卡住}) \sim \begin{cases} (\text{轴, 状态, 坏}) \\ (\text{轴承, 轴与承间油量, 无}) \\ (\text{轴承, 轴与承间滚珠, 不正常}) \end{cases} \\ (\text{能源, 供应量, 不足}) \sim \begin{cases} (\text{蓄电池, 电量, 0}) \\ (\text{拉索, 状态, 折断}) \end{cases} \end{cases}$$

同样按 1.2 的程序计算, 确定产生故障的部位.

若由 3.1 计算, 认为 $I_3(S)$ 发生, 则进行下述相关分析:

$$R_3 \sim \begin{cases} (\text{火花塞, 状态, 不正常}) \\ (\text{蓄电池, 电压, 不足}) \\ (\text{永磁式电机, 状态, 不正常}) \\ (\text{高压线圈, 状态, 不正常}) \end{cases}$$

算 (引线, 状态, 不正常)

再按 1.2 的程序计算, 确定产生故障的部位.

3.3 虚、潜、负部的故障分析

在由 3.2 确定了产生故障的部位后, 还应对发动机进行虚、潜、负部的故障分析, 例如: 若判断火花塞发生故障, 可能是由于火花塞本身的故障, 也可能是由于积碳、积油等, 使火花塞不能正常工作. 有时显部的很小故障, 可能潜在着很大故障的发生, 有时实部不正常, 可能是由于虚部的种种原因造成的. 因此, 不论由 3.2 是否确定了产生故障的部位, 都应进行虚、潜、负部的故障分析.

4 结束语

本文给出了系统故障诊断的一种形式化、定量化方法, 该方法尤其适用于复杂大系统的故障, 它可以使工程技术人员按一定的程序直接探索出系统的故障所在.

鸣谢 在本文的写作过程中得到了蔡文先生、曾建谋先生的帮助与指点, 在此并致谢.

参 考 文 献

- 1 蔡文. 物元模型及其应用. 北京: 科学技术文献出版社, 1994. 267~ 271
- 2 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法. 北京: 科学出版社, 1997. 191~ 196
- 3 史定华, 王松瑞. 故障树分析技术方法和理论. 北京: 北京师范大学出版社, 1993. 32~ 34

Extension Diagnostic Method of System Fault

Yang Chunyan He Bin

Research Institute of MEA, GDUT, Guangzhou, 510090

Abstract By mean of extension method, a system fault diagnostic method is set up, which combines qualitative analysis with quantitative analysis. A practicable model of matterelement is provided in order to use computer to make fault diagnosis.

Key words extension method; fault diagnosis; extension diagnostic method; model of matter element

(上接第 97 页)

参 考 文 献

- 1 艾小白. 物理学中长期悬而未决的问题. 现代物理知识, 1996(6), 16
- 2 周镇宏. 现代物理与新技术. 广州: 广东人民出版社, 1992. 356
- 3 张三慧, 王虎珠. 力学. 北京: 北京科技出版社, 1987. 254

About the Temperature Relativity Effect of Matter in Motion

Liu faxing¹⁾ Liu Songhao²⁾

1) Dept. of Mathematics and Physics, GDUT, Guangzhou, 510090;

2) The Institute of Quantum Electronics, SCNU, 5100631

Abstract The special theory of relativity has been established for a long time, the thermoedynamics of relativity can not be established yet. From the state equation of ideal gas, the temperature relativistic effect of matter in motion is given by the method of successive approximation.

Key words the special theory of relativity; matter in motion; temperature