

doi: 10.7690/bgzdh.2014.09.006

基于案例推理的装甲装备故障诊断方法

张耀辉, 李浩, 李林宏, 咎翔, 韩朝帅
(装甲兵工程学院技术保障工程系, 北京 100072)

摘要: 针对基于案例推理的故障诊断忽视相似车型或者相似部件之间案例的相互借鉴性的可能性, 探索一种新的故障诊断方法: 在定义故障案例及建立相应的故障特征关键词字典的基础上, 建立有效的案例存储与索引机制, 以提高案例库中源案例的故障覆盖范围, 为相似型号或新型的装甲装备故障诊断提供参考, 并通过实例予以验证。

关键词: 案例推理; 相似性; 装甲装备; 故障诊断

中图分类号: TJ811 **文献标志码:** A

Fault Diagnosis Method of Armored Equipment Based on Case Reasoning

Zhang Yaohui, Li Hao, Li Linhong, Zan Xiang, Han Chaoshuai

(Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: Most of the case-based reasoning (CBR) fault diagnosis research ignore the possibility of case drawing between similar equipments or parts and explore a new fault diagnosis method. Based on the fault case definitions and establishment of fault characteristics keyword dictionary, building an effective case storage and indexing mechanism, in order to improve fault coverage of the source cases in case warehouse, providing a reference for similar type of new equipment fault diagnosis, and verifying it by an example at last.

Keywords: case-based reasoning (CBR); similarity; armored equipment; fault diagnosis

0 引言

基于案例推理(case-based reasoning, CBR)技术摆脱了知识瓶颈的束缚, 在很多领域得到了广泛应用, 如航空远程故障诊断^[1]、民用飞机维修间隔期确定^[2]、智能化农业^[3]和教学指导等。但目前的研究大部分集中在案例检索方面, 如高明通过改进最近邻法来实现水轮发电机组的故障诊断^[4]; 李锋尝试采用人工神经网络方法实现案例检索与案例实现的整体设计方案^[5]; 程刚提出将无机环图支持向量机多类分类器应用到案例检索^[6]中, 很少具体考虑应用领域的特点对案例组织与索引的影响。

基于此, 笔者在考虑应用领域特点的前提下, 探索新的案例库组织形式, 并在此基础上确立相应的索引机制, 以提高故障案例的覆盖面和案例推理的效能, 更好地满足装甲装备诊断与维修需求。

1 装甲装备维修保障领域的特点

装甲装备维修领域的知识很难通过规则的形式对其进行全方位的描述, 但却比较具体地蕴含在实践过程产生的案例中, 该领域具有以下特点。

1.1 经验知识占主导地位

装备维修是实践性非常强的活动, 其熟练的维

修技能依赖于长时间的维修实践积累的经验, 因为故障的表现形式十分复杂, 依靠建立数学模型等结构化知识来解决维修实践过程中的问题很难有实际的指导意义, 但维修方案的验证与存储却相对容易, 不存在知识获取的瓶颈, 因此经验知识在装备维修领域依然处于主导地位。

1.2 理论多是定性化描述

维修领域的理论研究已经比较成熟, 但是在比较重要的环节, 例如阈值确定等方面却很难有足够实践指导意义的理论支持, 即使有相关研究也多是定性化描述, 缺少定量的设计。

1.3 不同装甲装备型号之间的相似性

需求决定设计, 人们对装甲装备火力性、防护性、机动性的需求决定了车型的设计, 而技术制约需求, 技术发展的连续性决定了人们对装甲装备设计要求的延续性, 因此很少有车型是完全创新的, 大部分新车型是对老车型的改进, 不同型号间车型的结构、功能、运行环境存在很大的相似性, 有些系统还包含标准化产品, 因而其故障现象、故障原因就可能存在相似性, 这就决定了维修方案之间存在极大的相似性, 因此不同车型的相似部件的维修

收稿日期: 2014-03-26; 修回日期: 2014-04-21

作者简介: 张耀辉(1960—), 男, 河北人, 博士, 教授, 从事维修理论与技术研究。

方案制定有很大的借鉴意义。

2 案例检索

2.1 案例的定义与表示

文中将故障案例定义为一个五元组 $Case = \langle I, N, T, F, M, E \rangle$ ，其中 I 是故障编号，是标识故障案例的唯一符号； N 是故障车型，包括车辆型号以及所属相似车型组别； T 是装备的摩托小时消耗，用以标识装备使用情况； $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ ，是有限的非空集合，表示故障现象、征兆以及故障结论等； M 是故障结论，包括故障原因、故障部位、故障后果、维修方案、故障机理，维修方案等； E 是故障的辅助性信息，包括维修性描述、检索次数以及成功排除故障的频率等，故障案例的结构如表 1 所示。

表 1 故障案例结构

名称	内容
故障案例标志	故障编号
故障车型	型号以及所属相似车型组别
故障发生时间	摩托小时
故障特征	故障系统、部件；故障具体现象、征兆；故障特征关键字及权重
故障结论	故障原因、故障部位、故障后果、解决方案、失效机理
故障辅助信息	维修性描述、检索次数、成功率

2.2 案例的组织与索引策略

实现的关键步骤是建立合适的案例存储与索引机制^[7]。为了提高检索的效率，并且能够兼顾到不同型号的相似系统与部件的维修方案制定时的可参考性，将整个案例库组织成多层次的机构，然后建立分层索引机制。装备的故障诊断与维修的案例库按照关键特征组成树状层次结构的索引模型。

采取如图 1 所示的案例库组织结构，将相似车型的案例库进行统一的组织构建，在加大案例覆盖面的同时，提高目标案例的检索效率，在此基础上的目标案例检索的流程如图 2 所示。

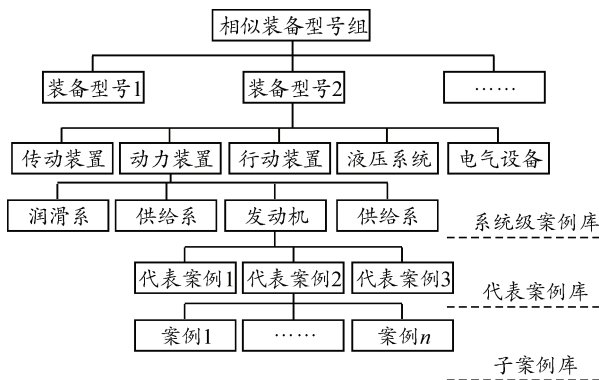


图 1 案例库组织结构

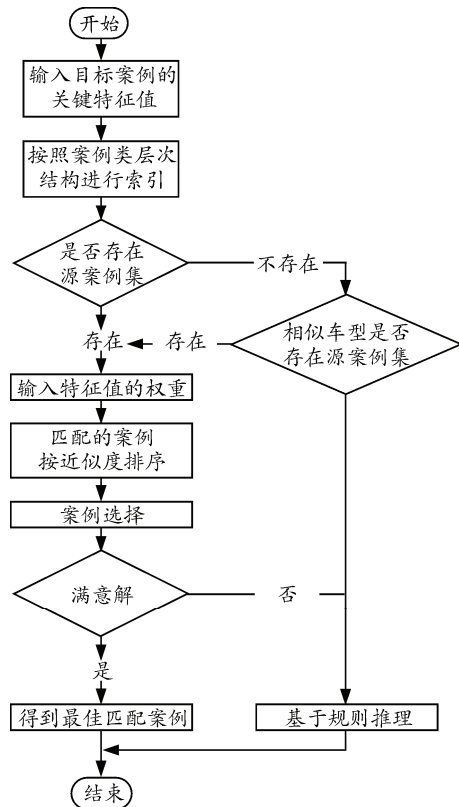


图 2 目标案例检索的流程

2.3 案例的匹配

由于案例中的相当一部分内容以自然语言为主，不像数值语言那样描述精确，这就为案例的准确匹配带来了困难，为提高匹配的精度，匹配之前需要提取相应的故障特征关键字建立字典。

假设 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ， X 代表目标案例，是非空有限集合， $X_i (1 \leq i \leq n)$ 是目标故障案例第 i 个特征值，同样，设 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ ， Y 代表源案例，也是非空有限集合， $Y_i (1 \leq i \leq n)$ 是目标故障案例第 i 个特征值， W_i 是所对应关键属性的权重系数 ($W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$)，考虑到装甲装备故障诊断过程中经验的重要性以及该领域知识的复杂性，权重系数由专家给定，则目标案例 X 与源案例 Y 的距离为

$$DIST(X, Y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i A(X_i, Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n W_i}} \quad (1)$$

其中 X_i, Y_i 分别表示案例 X 与案例 Y 的第 i 个属性， $A(X_i, Y_i)$ 的定义为

$$A(X_i, Y_i) = \begin{cases} 0, & \text{如果 } X_i, Y_i \text{ 是离散的, 且 } X_i = Y_i \\ 1, & \text{如果 } X_i, Y_i \text{ 是离散的, 且 } X_i \neq Y_i \\ \frac{|X_i - Y_i|}{\max X_i - \min Y_i}, & \text{如果 } X_i, Y_i \text{ 是连续的} \end{cases} \quad (2)$$