

# 基于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证工具研究

李颜若玥 李文文

(中国计量科学研究院)

**摘 要:** 针对机器可读标准层级验证的需求,以交互式电子故障诊断手册为例,对其进行机器可读层级及特征分析,在此基础上提出了基于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证测试系统的功能需求,设计并开发了验证工具功能模块,选取特定交互式电子故障诊断手册进行了验证工具的应用。相关研究方法和成果可应用于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证,可为其他新型标准的机器可读层级验证提供参考。

**关键词:** 交互式电子故障诊断手册,机器可读层级,验证工具

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.06.012

## A Machine-readable Standard Level Verification Tool Based on Interactive Electronic Failure Diagnosis Manual

LI Yan-ruo-yue LI Wen-wen

(National Institute of Metrology, China)

**Abstract:** To respond to the requirement of machine-readable standard level verification, the interactive electronic failure diagnosis manual is taken as an example in the paper to analyze its machine-readable level and characteristics. On this basis, the functional requirements of the tool, which are used for machine-readable level verification of interactive electronic failure diagnosis manual, are proposed. Meanwhile, the functional module of verification tool is designed and developed. The method and result of this paper can be applied to machine-readable level verification of interactive electronic failure diagnosis manual, and can be learned by tasks of other machine-readable standards machine-readable level verification.

**Keywords:** interactive electronic failure diagnosis manual, machine-readable level, verification tool

## 0 引言

随着国家标准数字化进程的推进,机器可读标准的发展逐渐深入。机器可读标准是一种新型标准,标准具备数字化形态,结构化程度高,互操作能力强,可扩展性强,使得机器可以对标准内容进行识别、执行、决策等。标准内容从传统的文字

实现方式转变为机器可读方式,是标准现代化发展的大势所趋<sup>[1]</sup>。

2019年,ISO提出了机器可读标准分级模型的发展阶段划分,并在研究和实践应用不断推进的基础上,对于相关内容的定义和表述也进行了优化<sup>[2]</sup>。国际上普遍都采取这种分级模型。根据标准内容与机器的交互程度,将其划分为5个发展阶段

---

**作者简介:** 李颜若玥,博士,工程师,研究方向为标准技术验证。

<sup>[3,4]</sup>。以ISO的分级模型为基础,在前期研究中,本团队对机器可识别、机器可执行、机器可决策3个等级进行了研究,构建了机器可读等级概念模型,建立了等级评价指标体系。目前虽然研究了机器可读标准可识别、可执行和可决策的3个层级,不同层级的划分及其指标体系概念模型,但是由于越向智能化层级发展,机器可读标准的表现形式将越发个性化、定制化,对于机器可读层级的评价及验证就更需要在指标体系的基础上,根据特定的对象实行特定的实践。

国家标准计划《数字化电气文件编制 第1部分:交互式电子故障诊断手册》<sup>[5]</sup>提出了交互式电子故障诊断手册的相关要求。由于交互式电子故障诊断手册具备机器可识别、可执行和可决策的特性,本文选取其为研究对象。以交互式电子故障诊断手册机器可读层级的验证为目标,首先介绍了交互式电子故障诊断手册的含义,与传统故障诊断手册的区别。并对交互式电子故障诊断手册进行分析,研究其机器可读层级及对应的特征,在此基础上开发了针对性的验证工具,用于进行交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证。所采取的验证方法和策略可以为后续其他新型标准的机器可读层级验证提供参考。

## 1 交互式电子故障诊断手册介绍

故障诊断手册<sup>[6]</sup>是介绍和描述产品使用过程中可能出现的故障,并对这些故障的排查、诊断提供一套快速的诊断流程,以便于维修人员能够快速、准确地定位故障,查找故障原因,并在最短时间内排除故障。传统的故障诊断手册需要维修人员根据实际发生的现象,对照故障手册,人工进行搜索和选择,再根据故障手册的提示逐步进行故障的定位和排查。

一方面,由于技术、工艺、材料等的不断进步,产品结构更加复杂,故障诊断难度逐步增加。传统故障诊断手册在应用过程中出现体积庞大、机动性差、数量巨大、效率低下等问题。另一方面,随着数字化进程的推进,要求在整个过程中机器的

参与度逐步提升,在最大限度内减少人力的消耗,人员仅在必须且关键的点位介入。在此前提下,中机生产力促进中心<sup>[5]</sup>提出了国家标准计划《数字化电气文件编制 第1部分:交互式电子故障诊断手册》,该标准将规定交互式电子故障诊断手册的编写基本要求、编写内容要求、故障诊断方案、故障诊断步骤及手册发布要求等,以使得交互式电子故障手册的编制、发布和使用实现标准化、规范化。

交互式电子故障诊断手册采用信息技术的手段,以产品数据库、故障信息数据库为基础,采用结构化、模块化的编制技术,开发的故障诊断手册有助于提高故障诊断效率,减少误判断,缩短故障排除时间。交互式电子故障诊断手册是以计算机软件的形式发挥效用。将其部署在计算机系统上,当故障发生后,通过传感器检测,并发送故障代码信息,交互式电子故障诊断手册系统接收相关信息后,调取相关诊断信息,与人员进行交互,引导维修人员的故障诊断和排除工作。交互式电子故障诊断手册克服了传统纸质或开放数据格式故障诊断手册在使用中的不足。

## 2 交互式电子故障诊断手册的机器可读层级及特征

为实现交互式电子故障诊断手册机器可读层级验证的目的,首先需要对其机器可读层级及相应层级特征进行研究分析,提取验证要点,为后续验证工具的开发提供需求输入。本文结合交互式电子故障诊断手册的功能,分析各功能的实现方式及技术特点,从机器可识别、机器可执行和机器可决策3个层级对于交互式电子故障诊断手册进行了特征分析。

### 2.1 机器可识别

交互式电子故障诊断手册的机器可识别能力,表现在故障代码的可识别、故障代码唯一性以及故障信息复用性。故障代码可识别,即针对特定产品,每一个故障都有其特定的编号,称之为故障代码。故障发生时,传感器检测到后,会发出相应信号,包含故障代码信息,系统可以识别到该故障

代码,调取相应的信息,以便后续和维修人员进行交互。故障代码唯一性,即故障和故障代码必须一一对应,这是机器可识别的基础要求。故障信息可复用,是指每一个故障背后都涉及相应的故障诊断排查信息,不同故障的诊断信息可能会存在重复的部分,同一条信息可以在不同故障诊断信息中重复使用。

## 2.2 机器可执行

交互式电子故障诊断手册的机器可执行能力,是指系统在接收到故障代码信息或者人为输入故障代码/故障关键词后,系统将输出故障诊断准备内容,需要维修人员进行安全注意事项的阅读和确认,工作环境的确认,个人保护设备是否正确穿戴等信息的确认。人员确认所有准备事项并反馈给系统后,系统自动调取后续故障诊断方案。即系统根据输入信息及人员反馈信息,进行相应操作的过程,为交互式电子故障诊断手册可执行能力的体现。

## 2.3 机器可决策

交互式电子故障诊断手册的机器可决策能力,是指系统在接收到故障代码信息或者人为输入故障代码/故障关键词后,维修人员可以根据实际使用情况选择故障诊断优选条件,包括故障诊断定位由外到内,故障诊断定位由易到难,或者历史发生概率由大到小等。交互式电子故障诊断手册会给出基于优选条件的故障诊断方案排序。即系统根据输入信息及故障诊断优选条件,给出不同的故障诊断方案顺序,为交互式电子故障诊断手册可决策能力的体现。

# 3 机器可读层级验证工具

## 3.1 功能需求分析

开发一套独立的基于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证测试系统。系统验证测试功能包含交互式电子故障诊断手册的机器可识别、可执行和可决策能力。通过用例测试,以演示验证的方式,在系统上实现对应的验证过程及结果的展示。

此次开发的基于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证测试系统,在对于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级和特性进行分析的基础上,根据各层级的验证提出了系统开发需求,以需求为依据,设计并开发相应的功能模块。

基于交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证测试系统共包含5部分,第一部分是首页,对于本系统的应用进行视频介绍。第二部分是机器可识别验证模块,包括“故障代码可识别验证”“故障代码唯一性验证”和“故障信息复用性验证”3个子菜单栏。第三、第四部分是机器可执行验证和可决策验证模块。最后一部分是测试结果统计模块。

## 3.2 验证工具设计及实现

### 3.2.1 功能模块

#### (1) 可识别验证测试

##### 1) 故障代码可识别验证

选择故障代码测试用例,实现输入故障代码后可输出对应故障描述的过程。图1为交互式电子故障诊断手册故障代码可识别验证流程图。

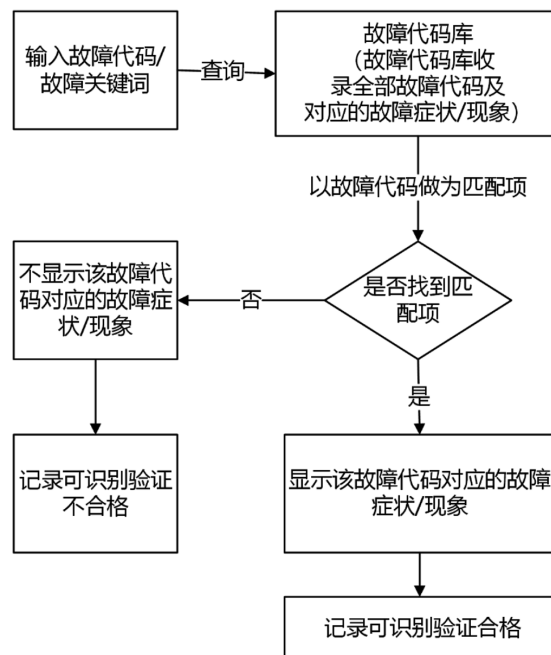


图1 故障代码可识别验证流程

##### 2) 故障代码唯一性验证

图2为交互式电子故障诊断手册故障代码唯一

性验证流程。输入故障代码或故障关键词,系统查询是否找到唯一匹配项,并给出相应的结果。

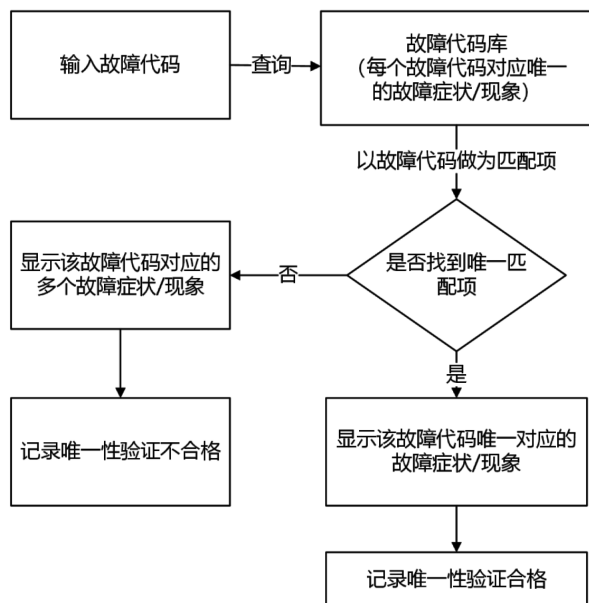


图2 故障代码唯一性验证流程

### 3) 故障信息复用验证

图3是交互式电子故障诊断手册故障信息复用验证流程图。输入多个故障代码,系统给出对应的故障描述和诊断方案。进行完所有的测试用例的运行后,系统对于诊断方案复用情况进行统计,并给出反馈说明。

#### (2) 可执行验证测试

图4是交互式电子故障诊断手册可执行验证流程图。输入故障代码或故障关键词,系统输出故障

诊断准备内容,确认后调取故障诊断方案。

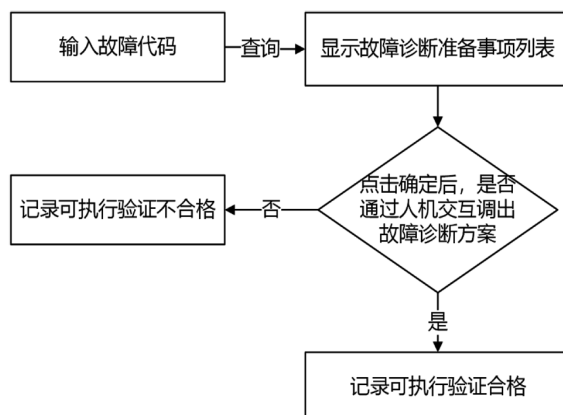


图4 可执行验证流程

### (3) 可决策验证

图5为交互式电子故障诊断手册可决策验证流程图。输入故障代码或故障关键词后,显示可以选择优选条件的选择框,选择不同的优选条件并显示不同的优选故障诊断方案,同时系统给出反馈说明:“发生了某故障,根据某优选条件,优选的故障诊断方案排序如下。”

#### 3.2.2 页面设计

验证工具系统界面如图6所示。左侧是可识别验证、可执行验证和可决策验证等各个模块的菜单栏及其子菜单栏。针对可识别、可执行、可决策验证3个功能模块,详细的界面设计为左侧保留菜单栏,中间为故障代码输入框以及故障查询率排名前15的故障列表,右侧则为相关验证的说明及

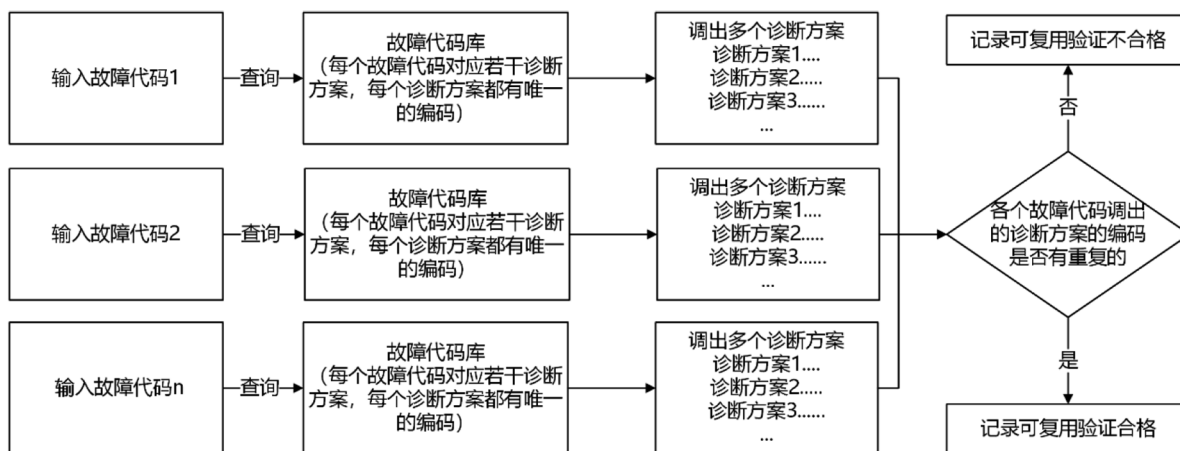


图3 故障信息复用验证流程

对应的图1~图5所示的验证流程。

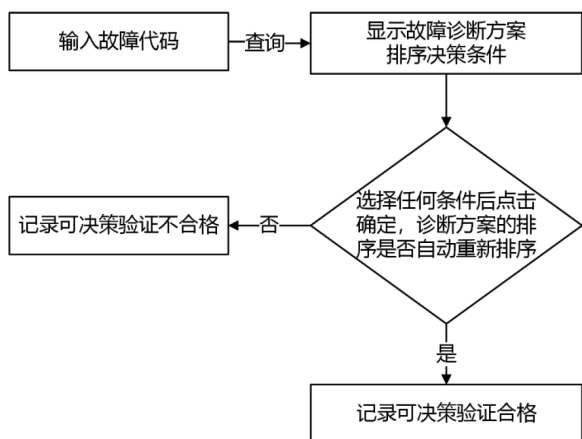


图5 可决策验证流程



图6 系统首页及菜单栏

### 3.2.3 相关数据表

每次进行验证操作后, 相关的数据由测试工具进行记录和统计, 并在测试结果模块进行展示。测试结果部分设计了表格和饼状图的统计形式, 将验证项目及验证次数, 其中的成功次数和失败次数以及所占总验证次数的百分比进行统计和展示, 给出交互式电子故障诊断手册机器可读层级验证的结果。

### 3.3 验证工具应用

选取了根据某型汽车的故障诊断信息实现的交互式电子故障诊断手册, 采用验证工具进行验证的应用。按照不同的机器可读层级, 分别利用验证工具进行了交互式电子故障诊断手册机器可读可识别、可执行、可决策验证测试。表1和图7给出了经过3层级验证测试后的结果统计。对于故障代码可识别验证, 总共进行了14个用例的测试, 其中11次实现了故障代码的可识别。对于故障诊断方案可复用验证, 所有测试用例的故障诊断信息中有18条信息进行了复用。对于故障代码唯一性验证, 共进行了11个用例的测试, 其中10个故障代码信息都是唯一的, 1个故障代码对应了两个故障, 不符合唯一性要求。对于机器可执行验证, 共进行了11个用例的测试, 7次调取了故障诊断先决事项, 经过人员交互后进行下一步故障诊断, 4次没

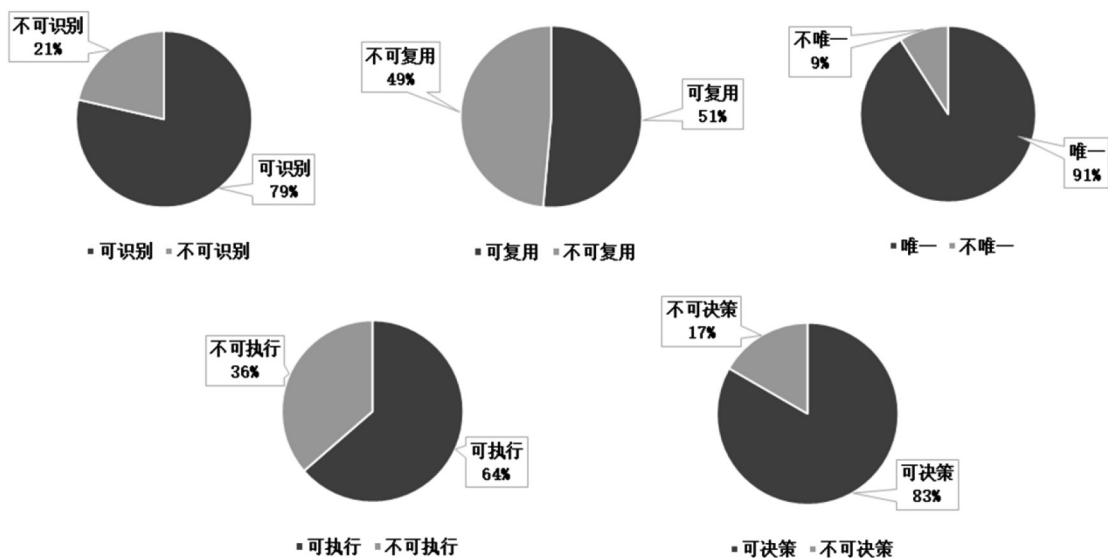


图7 验证测试结果

有成功调取故障诊断先决事项。对于机器可决策验证,共进行了6个用例测试,其中5次根据所选的优选条件,故障诊断信息排序发生了变化,1次虽然选择了优选信息,但未给出优选的故障诊断信息排序。

表1 交互式电子故障诊断手册机器可读层级验证测试结果

| 测评项目  |             | 成功次数 | 失败次数 | 成功占比   |
|-------|-------------|------|------|--------|
| 可识别验证 | 故障代码可识别验证   | 11   | 3    | 78.57% |
|       | 故障诊断方案可复用验证 | 18   | 17   | 51.43% |
|       | 故障代码唯一性验证   | 10   | 1    | 90.91% |
| 可执行验证 |             | 7    | 4    | 63.64% |
| 可决策验证 |             | 5    | 1    | 83.33% |

## 4 结论

本文针对新型标准的机器可读可识别、可执行和可决策的层级验证问题,以交互式电子故障诊断手册为对象,分析了其机器可读各个层级的能力要求及相应特征,提出了验证需求和验证方法,以需求为导向,方法为输入,设计开发了相应的验证工具,用于进行交互式电子故障诊断手册的机器可读层级验证。由于机器可读标准表达形式根据具体的标准对象会存在一定的差异性,机器可识别、可执行和可决策的实现方式也存在一定区别,但是通用的机器可读能力等级和要求是一致的,因此本论文的研究可以作为特例,后续可对相关方法进行延伸和借鉴,为其他新型标准的机器可读层级验证提供参考。

## 参考文献

- [1] 蔡焱. 全新的标准表达方式[J]. 质量与标准化, 2022(1): 5-7.
- [2] ISO – IEC/ISO SMART[EB/OL]. [2024-03-20]. <https://www.iso.org/smart>.
- [3] Scenarios for Digitizing Standardization and Standards[R]. DIN/DKE, 2021.
- [4] HAO W, HUANG W, HOU X. White Paper–Application and Future Planning for Standard Knowledge Graph[J]. Application and Future Planning for Standard Knowledge Graph, 2023: 1-23.
- [5] 国家标准项目 – 国家标准信息公共服务平台[EB/OL]. [2024-03-20]. <https://std.samr.gov.cn>.
- [6] 曹晶, 顾惠烽. 汽车故障诊断手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2020.