

船舶柴油机故障诊断数据库系统设计

宋佩茜, 李文杰, 刘 赞

(七一一研究所, 上海 201108)

摘 要: 介绍了船舶柴油机故障诊断数据库的系统架构、数据流程、功能以及软件设计与实现。提出了多机型实船运行数据整合组建大型历史数据库策略, 通过特征参数点的历史数据变化趋势与故障模式相关性分析, 完成对已出现故障原因的辅助分析。可为实船提供应急故障处理方案; 为实现船舶柴油机故障的自动监测和智能诊断奠定基础。

关键词: 柴油机; 故障诊断; 数据库; 设计

中图分类号: TK428; TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2018)06-0015-04

System Design of Marine Diesel Engine Fault Diagnosis Database

Song Peiqian, Li Wenjie, Liu Yun

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108)

Abstract: The marine engine faults diagnosis database is introduced from the aspects of system structure, data flow, function as well as design and realization of software are introduced. The strategy of constructing huge historical database based on data integration of varied types of engines on board is proposed. By the analysis of the relationship between the historical data changing tendency of characteristic parameter points and fault mode, assistant analysis of the reasons of occurred faults is accomplished. The new database offers fault handling program for emergency faults on board, and lays the foundation of fault self-monitoring and intelligent diagnosis of marine diesel engines.

Key words: diesel engine; fault diagnosis; database; design

0 引 言

柴油机作为船舶推进动力系统的核心设备之一, 其组成复杂, 工作环境恶劣, 通常要求高负荷、长时间运行。船员受经验和水平限制, 加上维护保养体系相对落后, 往往很难对故障做出正确判断, 更无法有效及时排除。而故障诊断系统能及早预警柴油机故障征兆, 并迅速准确找出故障原因; 船员根据提示采取正确有效的故障处理措施, 可以避免重大事故发生, 极大地增强了船舶应变能力。

目前我国在船舶柴油机故障诊断技术领域与国外差距巨大, 尚未有成熟的产品实船应用。国外船舶柴油机故障诊断研究经过几十年的发展, 已形成

针对实船特定产品系列的故障诊断专家系统。系统分为数据采集、故障诊断数据库、诊断与推理以及人机交互四层。其中故障诊断数据库是故障诊断系统的核心部分, 是柴油机故障诊断的数据基础, 数据库设计的好坏直接影响柴油机故障诊断系统的判断力和性能。七一一研究所依托行业优势自行设计建立的船舶柴油机故障诊断数据库系统, 通过存储日积月累的实船运行数据组成历史数据库, 用于柴油机故障原因事后分析; 通过对典型事例进行研究, 经由专家知识筛选组成故障数据库, 为实船提供应急故障处理方案。随着时间的推移, 越来越充实的故障诊断数据库将对智能故障诊断系统后续设计起到支撑作用, 为实现船舶柴油机故障的自动监

测和智能诊断奠定基础。

1 数据库系统设计

1.1 数据库系统架构

船舶故障诊断系统数据库系统架构如图1所示。下层为各类设备或实船的现场数据采集层,通过以太网UDP通讯协议提供第一手现场数据;上层为客户端访问数据库层,以报表、曲线、图形等方式进行数据和分析结果的展示;中间的数据库层由基础数据库、历史数据库和故障数据库组成。其中基础数据库管理用户权限、船舶信息;历史数据库存储由各种数据接口形式收集的振动、压力、温度、典型故障等成年累月积累的实船大容量数据;而故障数据库则存放专家经验知识以及通过分析整理历史数据得出的故障模式和解决方法。数据库类型包括关系型数据库、文件数据库以及xml和excel等文本文件等。

1.2 数据流程

本数据库收集了我国船舶主动力配置的多个机型典型船舶1~5年的历史数据和报警数据。数据繁多复杂,主要包括以下四类。

(1) 基础数据:采用关系型数据库存储船型、柴油机基本参数和描述、测点数据等初始化配置参数以及设计参数等;

(2) 现场采集的实时数据:采用内存数据库存储在安装和调试、台架试验以及试航试验等环境下得到的监测数据,包括振动、压力、温度等数据;

(3) 经过压缩处理后的数年累积数据:采用文件数据库存储实船机舱历史数据、报警数据以及统计数据,如实测值、报警标志等;

(4) 典型故障数据:存放经过筛选处理后的故障数据,如气缸漏气、进排气门间隙、某缸断油、活塞顶/裙分离、轴瓦及烧伤、爆燃、敲缸、断轴等故障数据,以及专家的经验知识,并提供结合实船历史数据库的案例分析应用。

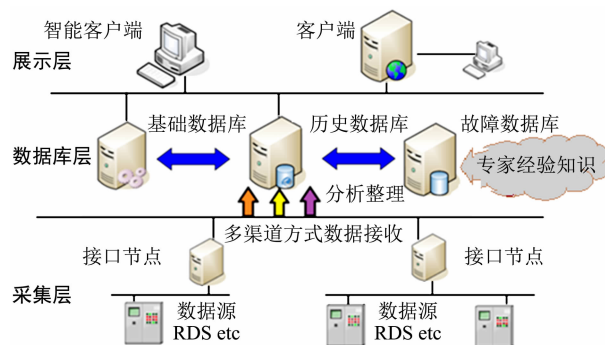


图1 数据库系统架构图

数据流程如图2所示。

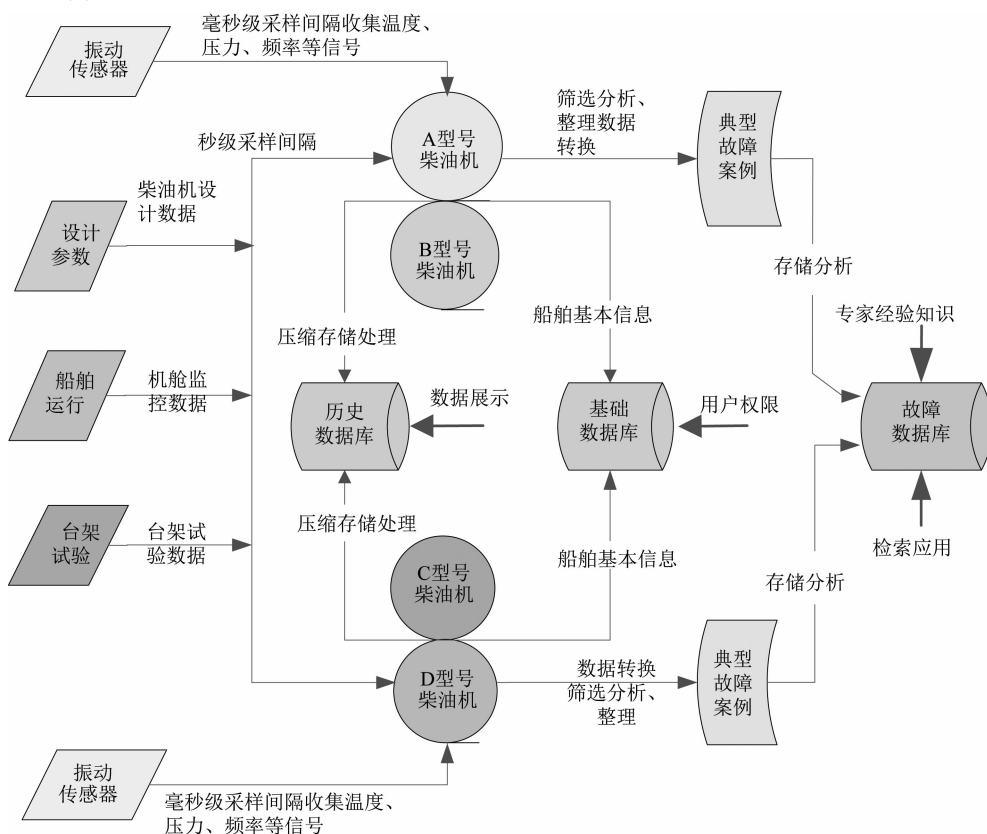


图2 故障诊断数据库数据流程图

1.3 数据库功能

按照功能将数据库分成三个部分：基础数据库、故障数据库和历史数据库。

(1) 基础数据库存储系统配置和用户管理数据。系统配置包括：船的基本登记信息、故障数据库和历史数据库的配置参数及打印参数等。用户管理数据存储用户的登录信息、权限分配等。可灵活切换不同船舶的数据，在一套软件中支持多种船型数据，不同用户级别的软件功能有安全性限制。

(2) 历史数据库来源于各条实船的运行数据，包括历史数据和报警数据等。其中：历史数据查询：从历史数据库中按照一定的规则检索数据（采样），对原有的历史数据的检索模式进行升级，支持多点、多时间段、多条件查询；支持报表打印和 Excel 及 xml 文件导出。历史曲线展示：根据采样条件进行历史数据的曲线展示。

(3) 故障数据库保存故障分析数据、故障分析曲线等。故障数据生成：按照一定的规则从历史数据和报警数据中检索数据，形成故障分析数据，可以对分析数据进行存储或导出到分析软件。故障数据库对故障分析数据进行存储，便于后续分析使用。故障曲线展示：针对故障分析的中间数据进行曲线展示，并支持相关测点的曲线展示。

1.4 软件设计与实现

柴油机故障诊断数据库系统整合多个柴油机机型、多艘船舶的历史数据，为一个大型历史数据仓库；并建立多机型历史数据库与故障模式关联关系。针对船舶的历史数据，通过相互影响特征参数点的数据变化趋势，总结出与故障现象的关联关系，对已出现故障的原因进行辅助分析。软件采用 Microsoft visual Studio 2015 C#语言开发，应用程序之间的数据传输采用 XML 超文本语言，数据库采用 SQLite 关系型数据库和文件数据库。

由于各类实船的应用效率、信号有效采样间隔的设置、采样时延的消除以及今后扩展的其它应用，致使数据来源形式各异。通常有不同的数据库架构，如文本、XML、文件型数据库、关系型数据库、内存数据库等，以及超大数据量数据压缩等问题，致使数据的连接访问缺乏统一接口，应用程序缺乏兼容性。因此软件的设计目标就是统一应用平台，实现异构数据库系统信息互访，减少数据库应用程序编制工作量，提高程序的复用效率；然后集成、结构化各个异构数据源的数据，经过数据提取、转换处理后，向外提供统一的访问引擎，实现与应用系统之间的互联、互访和数据共享。图 3 为

数据库访问引擎结构图。

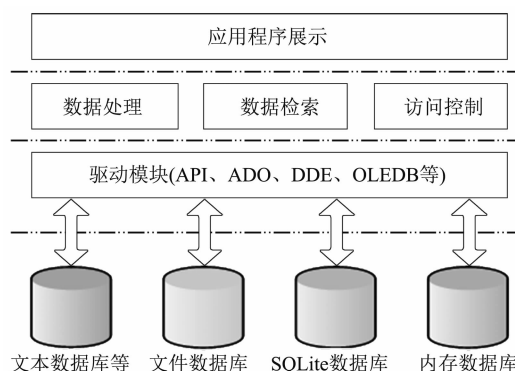


图3 数据库访问引擎结构图

(1) 驱动模块：将大容量存储的数据库类型归成几类，制定相应的 API、ADO、DDE 和 OLE DB 等数据接口驱动协议。

(2) 数据处理：深入研究适合船舶监控的数据压缩算法、存储结构以及处理效率，使其既能满足高压缩比存储，又能完成快速解压还原，并保证数据的真实性、可靠性和一致性。

(3) 数据检索：检索条件分析、检索功能调用、检索结果遍历、检索结果格式化以及检索结果输出。

(4) 访问控制：访问控制方法分前置和后置两类，分类条件过滤及检索条件扩展属于前置，而后置是在检索操作完成后进行的访问控制，对结果集中的数据逐条进行授权过滤；并对各种数据存储的访问方式进行抽象，借鉴 ADO 的设计思路，将文本、文件系统数据库的访问封装成类数据库访问的形式，从而屏蔽不同数据存储访问的差异性。

2 应用案例

以某船某柴油机“左机故障停机”为例，进行船舶柴油机故障诊断数据库的应用验证。

2.1 基础数据库

从某船收集柴油机实船运行数据，采集频率为秒级，时间为 2016/11/26 至 2017/11/30，形成经高比例压缩处理过的文件数据库，按船号进行统一存储管理；同时，在新建故障分析时自动建立船号与故障原因、相关测点关联关系。如图 4 所示，船号为 1#船，历史数据的存放路径为 E:\NewData，故障原因为功率或转速跌落，关联参数点为左机故障停机、左机转速等 10 个特征参数点。

2.2 故障数据库

针对不同的船型和机型对故障原因进行分类，支持故障原因分级管理。分为柴油机型号/分系统/

子系统/部套/零部件/故障现象/故障原因七级,按树形结构排列。其中:分系统/子系统/部套/零部件是柴油机下级系统,故障现象是一个具体故障的描述,故障原因是出现的故障现象的一个具体原因,可能多个原因会导致同一故障现象。图 5 为某型号柴油机故障模型,按 XXX 型号柴油机/运行工况/功率或转速跌落树形排列。功率或转速跌落故障可能由“个别气缸不着火”等 8 种原因造成,数据库会给出每种原因的解决方法。如果通过筛选发现:故障原因与“调速器及调速器连接杆工作不正常”较契合,则数据库给出的提示是让船员检查调速器及调速器连接杆。故障库在实际应用过程中,亦可根据专家经验知识进行不断修正,以便给船员提供更好的应急故障处理方案。



图 4 某船历史数据关联设置示例

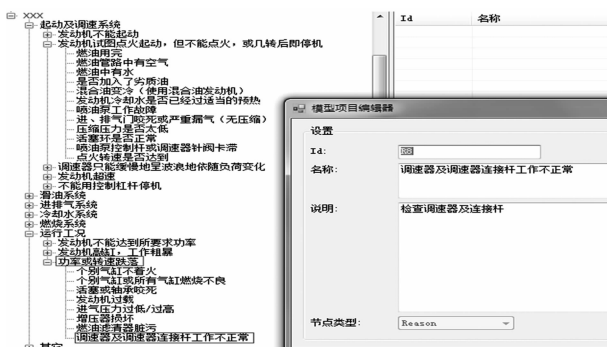


图 5 某型号柴油机故障库示例

2.3 故障分析

新建一个分析,关联 1 号船相对应的历史数据库,选择关联特征参数点,按出现左机故障停机时间点,回放相关联测点这个时间段的数据趋势曲线(图 6),进行故障分析。左机转速、左机滑油压力、左机海水压力突降,左机滑油温度缓降,左机涡轮增压器温度小幅变化,左机淡水温度小幅上升,但滑

油压力只有一级报警,照理不应该有左机故障停机。左机超速、左机滑油压力过低和左机曲轴箱压力高均未有任何变化,表明有其它未知原因造成,请教了有关专家,认为可能是连杆轴承滑油温度过高引起故障停机。

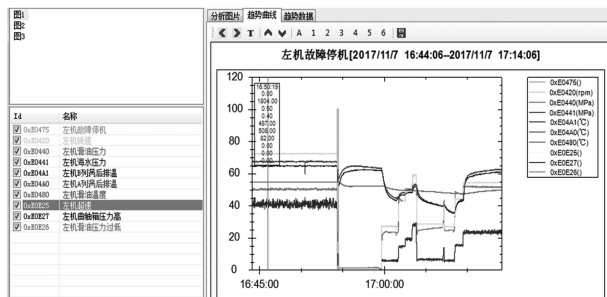


图 6 左机故障停机

以上案例分析表明:故障诊断数据库不仅能提供实船数据,还原故障发生时段的船舶运行状态,以便专家对故障原因进行详尽有效的分析;而且随着时间的推移,不断更新的故障数据库将大大提升船员排除故障的能力。

3 结 论

随着故障诊断数据库系统的不断完善,源源不断的运行数据充实到数据库,通过故障模式、故障机理、典型事例等一系列数据挖掘、分析后得出的结论对柴油机行业改进研发、生产、制造、工艺和使用各环节,推进技术发展意义重大;也为后续故障诊断系统不断改进奠定了基础。

参考文献

- [1] 安茂春. 故障诊断专家系统及其发展 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (9): 1217-1219.
- [2] 吴明强, 李界红. 故障诊断专家系统综合智能推理技术研究 [J]. 计算机测量与控制, 2004, 12 (10): 932-934.
- [3] 蒋磊, 杨朔. 船用柴油机故障诊断技术现状及发展趋势 [J]. 船舶, 2007 (4): 36-40.
- [4] 朱立红. 基于 Hadoop 的数据库查询引擎的研究与实现 [D]. 镇江: 江苏大学, 2013.
- [5] 丁峰. 基于 XML 的轨道数据库设计及验证 [D]. 北京: 北京交通大学, 2011.