

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 200231035

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学  
硕 士 学 位 论 文

汽车故障诊断专家系统的研究

Research on Automobile Fault Diagnosis Expert System

邱 忠 民

指导教师姓名: 吴 顺 祥 副教授

专 业 名 称: 系统工程

论文提交日期: 2005 年 07 月

论文答辩时间: 2005 年 07 月

学位授予日期: 2005 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2005 年 07 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

## 摘 要

专家系统是人工智能领域最为活跃和最富应用前景的一个分支，将专家系统应用于汽车故障诊断，它可以保存和利用专家的经验知识并结合有关汽车故障诊断方面的领域知识，提高故障诊断人员的经验水平，提高汽车故障诊断效率，适合于工程中这种多解性、创造性和复杂性问题的求解。特别是专家系统和面向对象方法的理论相结合而产生的新一代面向对象的专家系统，符合人类的思维习惯，方便对知识库的建立、维护和扩充，为专家系统的并行处理提供了基础，同时可以实现代码复用，缩短了专家系统的开发周期。

本文通过以汽车故障诊断专家系统及其知识库、推理机为研究对象，具体的研究内容如下：

1、全面地介绍了汽车故障诊断的概念及其国内外发展状况，对专家系统、面向对象等概念进行了阐述，分析了汽车诊断专家系统的优点，决定采用谓词逻辑、规则、框架和面向对象的计算机技术来解决汽车故障诊断专家系统的研究工作。

2、面向对象的知识表示方法在建立汽车故障诊断专家系统知识库中的应用。分析了汽车故障诊断过程中应用到的知识，并对其进行了分类。并采用谓词逻辑、规则、框架和面向对象的知识表示方法组织汽车故障诊断所需知识。

3、面向对象的专家系统中推理机制的研究。本文采用了面向对象的推理方法，其主要是将应用缺省推理、消息推理等具有面向对象特点的推理方法和传统的推理方法相结合，运用正向推理控制策略来进行推理。

4、对汽车故障诊断专家系统的知识库维护和管理进行研究。针对本文所提出的层次式知识组织形式，设计了知识库知识的获取方式及知识库的管理和维护方式。

**关键词：**面向对象；知识表示；汽车故障诊断；专家系统

## ABSTRACT

Expert system is a branch of artificial intelligence, which is the most active and most impossible to be applied in prospect. While expert system is applied to the auto fault diagnose, it may preserve and make use of the experiential knowledge of the specialist, as well as integrate it with the domain knowledge of auto fault diagnosis, and therefore could enhance the fault diagnosis's level, improve the fault diagnosing efficiency and resolve the practical engineering problems which is multi-solving, creative and complicated. Especially, the new generation of ES is produced via incorporating the Object-Oriented (O-O) theory with expert system, which according with the human's ideational habit, which being apt to construct and maintain knowledge-base, and which paving the way for the ES parallel processing, at the same time, it can realize the code-reuse, and shorten the period of ES developing.

Object-oriented auto fault diagnosing expert system (OOAFDES) and its knowledge-base, reasoning mechanism, it will be viewed as the research object in this paper, the specific content as follows:

1. The full-scale introduction of the conception of auto fault diagnose and its development in our country and broad, introduction of expert system (ES), O-O and analysis of the advantages of the O-O expert system, using O-O computer technology to solve the research of AFDES.

2. The application of the knowledge expression method (KEM) in constructing AFDES knowledge-base. All of the knowledge involved in the process of auto fault diagnoses is classified through the analysis to it. Using the method of O-O KEM to Express the Knowledge of Auto fault diagnose.

3. The research of O-O expert system's reasoning mechanism. We apply O-O KEM in AFDES, it would be applied to reasoning machine that default reasoning, message reasoning, inheritance reasoning and other reasoning means that have the O-O character, incorporating with the traditional inference method, introducing into blackboard control structure, implementing the front reasoning strategy to reason.

4. The Research of Maintenance and Arrangement of Knowledge-Base in AFDES. According to the Arrangement of Knowledge in AFDES, this paper designed the equipment way and Maintenance and Management.

**Keywords:** Object-Oriented, Auto fault diagnose, Expert system

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 问题的提出.....	1
1.2 国内外的研究现状.....	2
1.3 汽车故障诊断的意义.....	3
1.4 论文的主要工作.....	5
<b>第二章 汽车故障诊断专家系统基本知识</b> .....	6
2.1 汽车故障诊断概述.....	6
2.1.1 汽车故障诊断概念.....	6
2.1.2 故障诊断的历史与发展.....	7
2.1.3 汽车故障的种类与特点.....	8
2.1.4 汽车故障的诊断方法.....	8
2.2 专家系统.....	10
2.2.1 专家系统概念.....	10
2.2.2 专家系统的特点.....	10
2.2.3 专家系统的结构.....	11
2.2.4 专家系统的发展.....	14
<b>第三章 汽车故障诊断专家系统的知识表示与组织</b> .....	16
3.1 汽车故障诊断专家系统中知识的分析.....	16
3.2 知识表示.....	16
3.2.1 知识表示的要求.....	17
3.2.2 知识表示的主要方法.....	17
3.3 汽车故障诊断专家系统的知识库组织方法.....	23
3.3.1 汽车故障诊断的知识特点.....	23
3.3.2 层次结构的知识表示及组织.....	24
3.3.3 汽车故障判断知识库的产生式规则的组织.....	26
3.3.4 知识对象的遍历算法.....	27
3.4 本章小结.....	28
<b>第四章 汽车故障诊断专家系统推理机研究</b> .....	29
4.1 推理方法.....	29
4.2 汽车故障诊断面向对象的推理机制.....	29
4.2.1 缺省推理.....	30

4.2.2 消息传递推理	30
4.3 推理控制策略	32
4.4 专家系统模块功能	32
4.5 故障诊断的主要参数	33
4.6 应用举例	35
4.7 本章小结	35
<b>第五章 汽车故障诊断知识库的维护和管理</b>	<b>37</b>
5.1 知识库的知识获取	37
5.2 知识库的管理和维护	38
5.2.1 事实的维护	39
5.2.2 规则的维护	40
5.2.3 框架的维护	41
5.2.4 对批方式获取的知识的调试和检测	42
5.2.5 动态知识库的维护	43
5.3 本章小结	43
<b>第六章 总结与展望</b>	<b>44</b>
<b>参考文献</b>	<b>47</b>
<b>致谢</b>	<b>50</b>

# Contents

<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	1
1.1 The Rise of Problem.....	1
1.2 The Status of Research in our Country and Abroad.....	2
1.3 The Significance of Auto Fault Diagnose.....	3
1.4 The Main Research of This Paper.....	5
<b>Chapter 2 The Basic Knowledge of AFDES</b> .....	6
2.1 The Introduction of Auto Fault Diagnose.....	6
2.1.1 The Conception of Auto Fault Diagnose.....	6
2.1.2 The Development and History of Fault Diagnose.....	7
2.1.3 The Type and Feature of Auto fault.....	8
2.1.4 The Method of Auto Fault Diagnose.....	8
2.2 Expert System.....	10
2.2.1 The Conception of Expert System.....	10
2.2.2 The Feature of Expert System.....	10
2.2.3 The Structure of Expert System.....	11
2.2.4 The Development of Expert System.....	14
<b>Chapter 3 Knowledge Express and Organization of AFDES</b> .....	16
3.1 The Analysis of Knowledge in AFDES.....	16
3.2 The Express of Knowledge.....	16
3.2.1 The Requirement of Knowledge Express.....	17
3.2.2 The Main Way of Knowledge Express.....	17
3.3 The Organized Way of Knowledge-Base in AFDES.....	23
3.3.1 The Feature of Knowledge in AFD.....	23
3.3.2 The Knowledge Express and Arrangement of Structure.....	24
3.3.3 The Arrangement of Production Rule in AFD Knowledge-Base.....	26
3.3.4 The Overlock Algorithm of Knowledge-Object.....	27
3.4 Summary.....	28
<b>Chapter 4 Research of Reasoning Mechanism in AFDES</b> .....	29
4.1 The Method of Reasoning.....	29
4.2 The Reasoning Mechanism of Object-Oriented in AFD.....	29
4.2.1 Vacancy-Reasoning.....	30
4.2.2 Message Transmition Reasoning.....	30

4.3 The Tactics of Reasoning Control.....	32
4.4 The Function of Model in ES.....	32
4.5 The Main Diameter of Fault Diagnosis.....	33
4.6 Example.....	35
4.7 Summary.....	35
<b>Chapter 5 The Maintenance and Management of AFD</b>	
<b>Knowledge-Base.....</b>	<b>37</b>
5.1 Acquirement of Knowledge-Base.....	37
5.2 The Maintenance and Management of Knowledge-Base.....	38
5.2.1 Maintenance of Instance.....	39
5.2.2 Maintenance of Rule.....	40
5.2.3 Maintenance of Frame.....	41
5.2.4 The Regulation and Diagnosis of Knowledge Obtained from Debug.....	42
5.2.5 Maintenance of Active Knowledge-Base.....	43
5.3 Summary.....	43
<b>Chapter 6 Conclusion and Perspective.....</b>	<b>44</b>
<b>Reference.....</b>	<b>47</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>50</b>



## 第一章 绪论

### 1.1 问题的提出

汽车是一个复杂的机械系统，它由数千种零件构成，这一大系统要正常运行，必然要求车辆上所有的零部件都能正常运行。既然车辆是一个机械系统，在运行过程当中个别部件难免会发生故障。汽车零部件出现故障后，必须及时准确地发现并给予排除，否则就会影响车辆的正常运行，甚至还会出现车毁人亡的悲剧。汽车上所发生的故障有的是比较容易发现的，而有的则很难发现，必须经过仔细的检查判断之后才能确定故障部件。传统的汽车故障的检测方法是靠耳听、手摸、眼看。这种故障诊断方法的结果是维修质量不高，维修费用占整体运输成本的比重很大。随着制造业水平的提高、计算机技术在汽车上的广泛应用，车辆的安全性、可靠性和操控性能得到大大的提高，同时也使得汽车结构复杂，增加了汽车的诊断维修保养难度，对汽车维修人员的各方面知识和维修技能提出了更高的要求。因此客观上要求采用更加高效的汽车故障诊断技术，快速、高效、准确地发现并排除汽车故障，以提高车辆使用的经济效益和社会效益。

就我军部队而言，一是汽车在我军现代化建设中担负着越来越重要的任务，例如，部队的雷达、导弹、通信等装备绝大部分以汽车为平台，军械、工程、防化、装甲机械化等各类装备的配套保障装备基本上为车载；二是随着部队车辆装备的不断更新换代，汽车的技术水平不断提高，对车辆的保养、维护、修理等工作提出了更高的要求；三是未来高技术条件下作战，战场环境空前恶劣，战争的时效性不断增强。因此，在军队汽车维修方面采用先进的汽车故障诊断手段，有效地提高故障诊断、维修的效率，提高车辆的技术保障能力，对保证部队作战的最后胜利有重要的意义。

在工程技术领域中，故障诊断是随着现代技术高速发展而出现的一门技术，就是指鉴别机器的技术状态是否正常，发现并确定故障的部位和性质，寻找故障起因，预报故障趋势并提出相应对策。故障检测是指故障发生前的早期预警及故障发生时的及时报警，一般故障检测只对单一零部件的状态进行检测，得到该零部件的故障状态。故障检测的可靠性由漏报率和虚警率来描述；故障检测延时(从

故障发生到检出故障的时间)在一些特殊场合也是一个重要指标[5]。

汽车诊断是指在不解体(或仅卸下个别小件)的条件下,确定汽车技术状况,查明故障部位及原因的检查。汽车故障诊断技术则是指研究汽车故障机理、汽车诊断理论、方法和检测诊断技术的一门学科。它包括汽车故障机理、诊断数学和检测诊断技术三方面的内容。汽车故障诊断技术是以工程数学、可靠性理论、信息理论为基础,以电子技术、计算机技术、人工智能技术为手段,以汽车故障为主要研究内容的一门综合应用技术[9]。

## 1.2 国内外的研究现状

汽车故障诊断专家系统的研究始于 20 世纪 70 年代末,并用于工程领域的故障诊断研究。如 20 世纪 70 年代末期,Donald 等把故障诊断专家系统用于军用汽车发动机的故障诊断中。汽车发动机是汽车的“心脏”,其故障发生频繁。汽车发动机的故障诊断成为早期汽车故障诊断专家系统的一个重要研究内容,也是人工智能的一个最具挑战性的问题,特别是现代汽车的电控系统(燃油喷射系统等)不断增加,其故障诊断正向高难度复杂化方向发展。1982 年意大利米兰汽车工业大学成功地研制汽车电子系统故障诊断专家系统;1985 年美国通用汽车公司研制了发动机冷却系统诊断专家系统 Engine cooling advisor;1986 年日本 Nissan 汽车公司研制的发动机电子集成控制系统的诊断专家系统;1987 年加拿大太平洋铁路公司开发了发动机故障诊断专家系统 EDMS 等。上述故障诊断专家系统在快速故障诊断、改善汽车修理质量和降低维修成本方面显示出了巨大潜力。

早期汽车故障诊断专家系统的研究始终与动态信号处理紧密相关,并通过与电控单元 ECU 的数据信息交互,达到快速诊断系统故障的目的。如 Yoo 等开发了一个汽车 ECU 的诊断专家系统 DIASI,通过对电控单元的数据分析,结合专家诊断知识,实现对电控系统的故障诊断。

1989 年美国 Venkat 等首次将神经网络用于故障诊断中,并与基于知识的专家系统进行了比较,克服了传统诊断推理速度慢、不适应在线诊断的缺陷,获得理想的结果。此后,Mark 等把神经网络引入到汽车控制系统和柴油发动机的故障诊断中,利用神经网络的学习功能和强大的非线性映射特性和很强的容错性能,实现故障的快速分类。Sharky 等对柴油发动机的故障机理进一步研究的基础上,提出多神经网络的诊断策略,与单一策略专家系统诊断对比,表明多神经网络诊断

系统的强大诊断功能。

20 世纪 90 年代初期, 汽车故障诊断专家系统研究对象的范围逐步扩大到各个汽车系统总成, 并向多知识、多模型诊断方向发展。Brenrlan 等运用状态监控和模糊逻辑推理, 开发了汽车悬架单元的故障诊断系统。Staszewski 等通过振动信号的特征提取和神经网络模式识别, 建立汽车变速箱故障诊断系统。M. L. Smith 为 Eaton 公司开发的汽车制动系集成诊断系统, 该系统对诊断输入信息和事实数据进行规则和神经网络交互式推理后, 完成制动系统的诊断。澳大利亚的 Autar 等在 CAMODE 系统的基础上, 结合浅知识和深知识推理, 开发了柴油机自诊断专家系统。H&a1 等开发了一个基于决策树的诊断专家系统 EXEDS, 通过建立征兆群, 达到快速诊断的目的。Pisu 开发了一个基于层次模型的在线汽车制动和转向故障诊断系统, 该系统通过主动单元和被动单元实现故障定位、离线处理和诊断, 比传统的 FMEA、FTA 以及事故树功能更强大[13] [19] [20] [31]。

国内在汽车故障诊断技术的研究方面起步较晚。20 世纪 80 年代末, 国内部分高校和科研机构对汽车故障诊断专家系统进行研究, 并相继发表了一些研究文献。20 世纪 90 年代中期后, 国内的研究进入快速发展期, 部分高等院校做了大量的研究工作, 部分研究已达到国外同等水平。从整体上看, 无论是知识表示方法, 还是诊断推理方法, 都呈现出多样化。在基于信号处理方面, 从传统的傅里叶变换到小波分析, 为故障诊断信号的预处理提供一条有效的技术路线。在基于知识处理方面, 从传统基于逻辑的诊断专家系统模型到集成模糊逻辑、实例和神经网络技术的诊断专家系统模型, 仅仅经历了十来年的时间。

总的来说, 我国在汽车故障诊断专家系统方面的研究一直紧跟国外学术动态, 对新理论、新方法和新趋势等方面的把握和研究及时, 逐步取得了一些有价值的成果。由于我国汽车制造业水平的相对落后, 制造质量、工艺等环节技术薄弱以及汽车运行环境较差等原因, 导致汽车故障的频发性和多变性, 促使了汽车故障诊断专家系统的研究与开发。随着汽车数量的不断增加, 与之形成强烈反差的是车辆的维修与保养环节极其滞后, 汽车维修质量水平低下, 相关领域专家的缺少和低层次的重复建设等等, 都是研究开发汽车故障诊断专家系统的一个促进因素。

### 1.3 汽车故障诊断的意义

在现代化生产中, 设备的故障诊断技术越来越受到重视, 如果某台设备出现

故障面又未能及时发现和排除，其结果不仅会导致设备本身损坏，甚至可能造成机毁人亡的严重后果。在连续生产系统中，如果某台关键设备因故障不能继续运行，往往会涉及全厂生产系统设备的运行，从而造成巨大的经济损失。对生产单位，配置故障诊断系统能减少事故停机率，具有很高的收益 / 投资比，而且能够延长设备检修周期，缩短维修时间，为制定合理的检测维修制度提供依据，极大地提高了经济效益。如我国在 1987 年国营工资企业有 40 万个以上，总固定资产约 7000 亿元，每年用于设备大修、小修及处理故障的费用一般占固定资产原值的 3—5% [36]。采用诊断技术改善设备维修方式和方法后，一年取得了经济效益可达数百亿元。由此可见，设备故障诊断技术在保证设备的安全可靠运行，以及获取很大的经济效益和社会效益上，其意义是十分重大的。

近年来，我国机动车保有量急剧增加，机动车安全运行的问题越来越突出，加强机动车的管理，重视机动车的安全技术检测，成为整个社会，特别是公安交通管理部门亟待研究解决的重要课题，我国的机动车安全检测经过十几年的实践，走过萌芽、形成、发展和完善的道路，积累了丰富的经验，但实质上从检测技术、检测设备和检测标准等来看，基本上都是照搬国外的。这曾对推动我国的机动车安全技术检测工作起了积极作用。但在实践中暴露了不少问题。与发达国家相比，我国车辆状况、道路条件差别很大，驾驶员、检测员的文化素质相对较低，交通管理、汽车产业政策和不相同，鉴于目前机动车安全技术检测工作中的问题重重，建立与我国国情相适应的机动车安全检测模式具有特别重要的意义。

汽车诊断技术是随着机器、设备诊断技术发展而在近二十年内发展起来的综合性科学，其意义和作用可归纳为如下几点：

(1) 改革汽车维修制度，为实现视情维修提供必要的保障。汽车检测制度发展至今经历了三个阶段：从事后维修制、定期维修制到视情维修制。事后维修制是指故障发生后才对设备进行维修，这种方式隐含着威胁人身安全和造成重大经济损失的危害。定期维修制以零件的磨损规律或零件的寿命为基础，其结果是与汽车的实际技术状况不符，造成盲目修理和失修现象。视情维修制是利用检测设备定期地检测汽车的技术状况，根据检测结果，按照实际需要机器进行针对性修理，它是以一定的检测诊断为基础的。

(2) 汽车技术诊断是提高维修效率, 加快维修速度, 减少维修费用, 监督维修质量的迫切需要。近几十年来, 汽车工业蓬勃发展, 汽车数量迅速增加, 我国汽车保有量已超过 2000 万辆, 保有量增加, 修理任务了相应加大。汽车电子装置的迅速发展造成熟练的维修工的严重不足, 并且手工单凭经验进行修理已不能适应现代化修理的要求, 这就需要采用新技术, 发展故障自动诊断设备, 提高维修效率。

(3) 加强对汽车安全技术检测, 能保证车辆安全行驶的有效方法, 并能减少公路交通事故造成的人员伤亡、经济损失和发动机排气、噪声等污染。

## 1.4 论文的主要工作

由于汽车整体系统构成非常庞大, 结构非常复杂, 使得汽车所出现的故障是多种多样的, 而故障现象却是复杂多变的。不同的故障可能会出现相似的故障现象, 同一故障也可能有不同的故障现象, 因此要综合汽车所有的故障诊断知识于一体形成一有效的故障诊断专家系统是非常困难的。鉴于此, 本文将采用层次结构的知识表示方式和面向对象的推理机制来解决汽车故障诊断专家系统这一问题。旨在得出一种能够解决汽车故障诊断专家系统问题的新手段和方法, 为该问题的解决提供了一种可行的思路。论文的主要工作和结构如下:

(1) 第一章, 问题的提出、汽车故障诊断的概念及其国内外发展状况, 论述了在汽车故障诊断专家系统的意义。

(2) 第二章对专家系统、故障诊断等概念进行了阐述, 分析了面向对象专家系统的优点, 决定采用面向对象的计算机技术来解决汽车故障诊断专家系统的研究工作。

(3) 第三章对汽车故障诊断知识表示进行介绍, 分析各自优缺点, 采用层次结构的知识表示方式对汽车故障诊断知识进行表示, 并提出了对知识获取方法。

(4) 第四章对汽车故障诊断推理方式进行介绍, 分析各种方式优缺点, 并采用面向对象的推理机制来解决系统推理问题。

(5) 第五章对汽车故障诊断知识的维护和管理进行研究, 对本文所建立的知识库进行有效的维护与管理。

(6) 第六章对全文进行总结, 对本文中未能完成的部分工作提出建议和意见。最后对今后汽车故障诊断专家系统的研究方向提出展望。

## 第二章 汽车故障诊断专家系统基本知识

### 2.1 汽车故障诊断概述

#### 2.1.1 汽车故障诊断概念

诊断(Diagnosis)一词来源于希腊,在医学上,“诊”就是“望、问、切、察”,“断”就是医生做出判断,指出发生了什么疾病。采用的是由现象判断本质,由当前推断未来的逻辑思维方法。随着人类文明和技术的不断发展,这一逻辑思维方法在愈来愈多的领域得到推广。在工程技术领域中,故障诊断是随着现代技术高速发展而出现的一门技术,就是指鉴别机器的技术状态是否正常,发现并确定故障的部位和性质,寻找故障起因,预报故障趋势并提出相应对策。

故障检测是指故障发生前的早期预警及故障发生时的及时报警,一般故障检测只对单一零部件的状态进行检测,得到该零部件的故障状态。故障检测的可靠性由漏报率和虚警率来描述;故障检测延时(从故障发生到检出故障的时间)在一些特殊场合也是一个重要指标。

设备的故障诊断是在一定工作环境下查明导致设备规定功能的失调的原因、故障的分类和评价以及故障决策等。故障分类是指对故障的性质、严重程度等进行归类,故障决策是给出故障的处理意见。原则上,故障源应查到最底层,即元件级故障,但大部分故障只需要查到某一部件层次,就必须整体的更换该部件或调整部件的参数,才能排除设备故障。

在一些故障集较单一的应用场合,故障检测和定位往往是同时完成的,因而有时将故障检测和故障诊断这两个概念定义为故障诊断。由于,故障诊断应用的领域和对象的不同,使得诊断的内容和方法有所差异。从传统汽车到现代汽车的逐步发展,故障诊断在汽车工业中的应用也逐步发展成为汽车故障诊断技术。

国标 GB5624—85“汽车维修术语”中对汽车诊断的常用术语作了如下规定:汽车诊断指在不解体(或仅卸下个别小件)的条件下,确定汽车技术状况,查明故障部位及原因的检查[8]。

汽车故障诊断技术是指研究汽车故障机理、汽车诊断理论、方法和检测诊断技术的一门学科。它包括汽车故障机理、诊断数学和检测诊断技术三方面的内容。

故障机理,又称失效理论,它是研究机器元件、部件失效机理,即失去功能

的物理化学过程和失效模式。

诊断数学是研究诊断信息的选择、采集、处理和判断的数学原理与方法。

检测诊断技术是诊断理论与方法的一种工程实现，它包括检测仪器的研制、无损检测技术、寿命估计与预报技术和诊断系统等。

因此，汽车故障诊断技术是以工程数学、可靠性理论、信息理论为基础，以电子技术、计算机技术、人工智能技术为手段，以汽车故障为主要研究内容的一门综合应用技术。

### 2.1.2 故障诊断的历史与发展

故障诊断技术至今已有很长的历史，可以说几乎是与机器的发明同时产生的。最初机械设备较为简单，维修人员主要靠感觉器官、简单仪表和个人经验就能胜任故障的诊断和排除工作，我们把它叫做传统的诊断技术[29]。

随着现代工业及科学技术的迅速发展，生产设备日趋大型化、高速化、自动化和智能化，传统的诊断技术已远远不能适应了。随着人工智能技术的迅速发展，特别是知识工程、专家系统和人工神经网络在诊断领域的进一步应用，出现了故障诊断的智能化。智能故障诊断技术已是当今世界发达国家的研究热点之一。在专家系统已有较深厚基础的国家中，机械、电子设备的故障诊断专家系统已基本完成了研究和试验阶段，开始进入广泛应用的阶段。如 1985 年 Regenie 等人研制的飞行器控制系统监视器 (EEFSM) 和美国宇航局 Langley 研究中心研制的飞行器故障诊断专家系统 (Faultfinder) 等都已达到了实际应用水平，并投入使用。尤其在航空航天领域中，可靠性和维修性工程越来越受到重视，迫切需要利用自动故障诊断和维修的专家系统来保障火箭、卫星和导弹试验以及基地飞行试验的安全。现已研制出一些智能诊断系统，像火箭发动机专家系统 (REFDES)、航天器故障诊断专家系统 (ARFDES)、卫星研制系统地面实时故障诊断专家系统等等。

自 80 年代以来，我国的不少教学科研院所先后开展了故障诊断专家系统的研制工作，并取得了一定的科研成果，有一些系统已投入了实际运行。如华中科技大学设计的基于知识的汽车发动机的诊断专家系统，运用了深层和浅层知识，进行功能、症状和特性的三种分析法，较成功的对一复杂系统进行故障诊断。解放军军械工程学院在军械装备故障诊断专家系统的设计中，采用规则、语义网络、框架等多种知识表现形式，在表层推理失败后，可进行基于军械装备物理功能模

型的深层推理。

### 2.1.3 汽车故障的种类与特点

汽车故障是指汽车中的零部件或总成，部分地或完全地丧失了汽车原设计规定功能的现象。

汽车故障按影响汽车性能的情况分为功能故障和参数故障。功能故障是指汽车不能继续完成本身的功能，如行驶跑偏、转向失灵、发动机不能起动等等；参数故障是指汽车的性能参数达不到规定的指标，如发动机功率下降、百公里油耗异常、排放超标等等。

汽车故障按造成后果的严重程度又可分为轻微故障、一般故障、严重故障、致命故障。

(1) 轻微故障。一般不会导致汽车停车或性能下降，不需要更换零件，用随车工具作适当调整即可排除。如气门脚响、点火不正、喷油不正、怠速过高等。

(2) 一般故障。导致汽车停车或性能下降，但一般不会导致主要部件和总成的严重损坏，可更换易损零件或用随车工具在短时间内排除。如来油不畅、滤清器堵塞、个别传感器损坏等。

(3) 严重故障。可能导致主要零件的严重损坏，必须停车，并且不能用更换零件或用随车工具在短时间内排除。如发动机拉缸、抱轴、烧瓦、气缸裂纹等。

(4) 致命故障。可能引起车毁人亡的恶性重大事故。如柴油车飞车、连杆螺栓断裂、活塞碎裂、制动系统失效等。

汽车故障按发生的频率又可分为间歇性、持续性、突发性、渐发性故障。

### 2.1.4 汽车故障的诊断方法

汽车在使用过程中，故障的现象是错综复杂的。一种故障现象，可能是由多种原因引起的；而某一原因，又可能引发多种故障现象。如何科学地、准确地对故障现象进行分析，确诊造成故障的真正原因，是目前汽车维修中最受关注的课题之一。

传统的汽车故障诊断是建立在人工经验检查的基础上。所以主要依赖于人工观察、推理分析和逻辑判断，经常要结合解体作业的修理，强调零部件的修复。虽然也借助一些仪器设备进行检测，但这种方法对于现代汽车，尤其是一台有几千个零件和复杂电子线路的汽车来说，显然是力不从心了。现代汽车故障诊断通



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库