

ZHIZAO GUOCHENG ZHILIANG YICHANG ZHENDUAN DE
ZHINENG FANGFA YANJIU

制造过程质量异常诊断的 智能方法研究

程志强◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

制造过程质量异常诊断的 智能方法研究

程志强◎著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

产品的质量水平高低是影响一个国家经济发展和国际市场竞争能力的重要因素。产品质量、制造过程质量、服务质量问题近年来日益得到我国政府和广大公众的关注和重视。

本书对制造过程质量异常诊断的智能方法进行了研究,主要内容涵盖基于 PNN 的制造过程质量诊断、基于 LS-SVM 的小样本过程质量诊断、基于 Cuscore 统计量的过程质量智能诊断、多元过程质量智能诊断与异常变量识别等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,可供从事纳米材料研究的相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

制造过程质量异常诊断的智能方法研究 / 程志强著

— 北京 : 中国水利水电出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5170-6104-5

I. ①制… II. ①程… III. ①智能技术—应用—制造
过程—质量控制—研究 IV. ①TB4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第304527号

书 名	制造过程质量异常诊断的智能方法研究 ZHIZAO GUOCHENG ZHILIANG YICHANG ZHENDUAN DE ZHINENG FANGFA YANJIU
作 者	程志强 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www. waterpub. com. cn E-mail:sales@waterpub. com. cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	北京一鑫印务有限责任公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 19 印张 246 千字
版 次	2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	91.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

产品的质量水平高低是影响到一个国家经济发展和国际市场竞争能力的重要因素。产品质量、制造过程质量、服务质量问题近年来日益得到我国政府和广大公众的关注和重视。目前,很多国家都将提高产品质量和制造过程的质量水平作为国际竞争的长远的战略。

产品的质量水平取决于产品制造和形成过程中的各个环节的质量水平。对产品的制造和形成过程实施持续的改进策略,是提高产品质量水平的有效途径。对产品制造过程的各个关键质量特性和状态进行监控和异常诊断、发现过程的质量异常现象,是实施过程持续质量改进的起点。质量诊断可以为过程质量的持续改进指明方向。通过质量诊断发现过程异常并查找过程异常的根本原因,从而采取相应有效的纠正措施,可以使过程恢复并保持在稳定受控状态。随着制造过程的现代化、智能化和复杂程度的提高,相应的,在对制造过程进行有效控制和水平诊断方面也提出了更高的要求,面临更多的问题和技术手段等方面的挑战。就目前来看,单纯使用传统的基于统计学的质量诊断技术并不能很好地满足这些新的要求。因此,在进行质量异常诊断的过程中引进并综合使用包括计算机、人工智能等其他技术领域的最新技术研究成果,代表了质量诊断技术的重要发展方向,也是实现智能制造和制造产业水平升级的重要手段。本专著针对这一问题展开了重点研究,将计算机人工智能技术应用于解决制造过程的质量诊断问题,以便诊断和发现制造过程中的异常。本书涉及如下的主要研究内容:

(1)基于概率神经网络的控制图模式识别。传统单变量控制

图是诊断过程异常的重要工具,但对于过程中出现的控制图模式现象却无法加以正确判断。本书在对概率神经网络的结构特点进行研究的基础上对其参数进行了设计,提出使用概率神经网络对控制图的各个模式进行模式识别,并通过仿真实验对使用概率神经网络进行控制图模式识别的性能进行了评估,解决了使用其他类型神经网络识别控制图模式时存在的神经网络结构设计困难且识别率低的问题。

(2)基于最小二乘支持向量机的控制图模式识别。传统的SPC(Statistical Process Control)过程异常诊断方法建立在统计学大数定理基础之上,其过程诊断结论只在大样本条件下才有效,而使用神经网络技术诊断过程异常时也需要使用大量的训练样本。当可以获取的样本数量有限或者获取大量样本的成本过高时,这两种方法并不适用。为此,本书提出使用最小二乘支持向量机技术进行的控制图模式识别,并对其性能进行评估。同时,为提高模式识别的性能,提出使用粒子群算法和遗传算法优化最小二乘支持向量机的参数,实现了在有限样本条件下控制图的有效识别。

(3)Cuscore 统计量对过程中预期异常信号的诊断。根据制造过程积累的先验知识,某些过程异常信号具有可预期的特征。使用 Cuscore 统计量诊断过程中的预期异常信号,可以有效地利用以往制造过程中积累下来的关于过程异常的先验知识,提高诊断的效率。本书研究并评估了 Cuscore 统计量用于诊断非线性二次预期信号时的性能;提出了使用移动窗口技术和最小二乘支持向量机模式识别技术进行变点检测的方法,解决了标准 Cuscore 技术中存在的失配问题,提高了 Cuscore 统计量对于预期异常信号的检测能力。

(4)多元过程质量诊断及异常变量识别。实际的制造过程多数属于多元过程且各个变量之间常常存在某种相关性。目前的多元 SPC 技术只能诊断制造过程的整体质量状态,并不能对异常变量进行有效分离和明确定位。结合传统多元 SPC 技术,本书分

别构建了多元过程均值矢量和协方差矩阵的智能诊断模型,将均值矢量和协方差矩阵的异常变量辨识问题转化为模式识别问题来加以解决;设计了最小二乘支持向量机模式识别器;对提出的两个异常诊断模式进行了性能评估;在诊断多元过程总体质量状态的基础上,实现了对于异常变量的辨识;通过对二元过程实例的分析,具体说明了模型的应用方法。

客户的需求在当今社会日益呈现出多样化的特点。由于客户的需求不同,对生产的模式和要求也是不同的。针对制造过程的不同特点和不同的过程质量诊断要求,本书在研究以往过程诊断技术的同时,将人工智能技术应用于过程质量诊断,弥补了以往过程质量诊断技术中存在的不足。本书的研究内容所解决的关键问题主要包括:

(1)使用最小二乘支持向量机进行控制图模式识别,实现了在小样本条件下制造过程的异常诊断。休哈特控制图在大样本条件下才具备良好的过程异常诊断性能,在小批量生产模式下由于生产样本难以获取,给基于传统 SPC 技术的质量诊断工作带来困难。本书提出使用基于统计学习理论的 LS-SVM 技术来诊断控制图异常模式,实现了在有限样本条件下的过程异常诊断。

(2)提出使用移动窗口法和 LS-SVM 模式识别技术进行过程变点智能检测的模型及其实现方法,解决了标准 Cuscore 控制图理论中存在的失配问题。标准的 Cuscore 控制图技术中的“失配”问题会降低 Cuscore 图诊断过程预期异常信号的效率,本书使用移动窗口法将过程的变点检测问题转化为异常模式的识别问题,从而可以为 Cuscore 控制图提供触发信号的合理估计值,有效地解决了标准的 Cuscore 控制图中存在的失配问题,进一步提高了诊断效率。

(3)提出多元过程均值矢量和协方差矩阵异常诊断的智能模型与实现方法,在诊断多元过程总体质量状态的同时,实现了对于多元过程异常变量的识别。传统的基于 MSPC 技术的多元过程质量诊断只能够诊断过程的总体状态,不能具体识别和分离异

常变量。本书以模式识别技术为手段,通过研究并定义均值矢量和协方差矩阵的模式,将统计学多元过程均值矢量和协方差矩阵的异常诊断问题转化为模式识别问题,解决了多元过程异常变量的识别与定位问题,弥补了传统 MSPC 技术诊断过程异常的缺陷。本书的研究通过这些新的智能技术手段和方法的合理应用,增强了过程质量诊断的效力,为质量诊断提供了新的研究思路 and 实现技术,对于提高制造过程的质量诊断水平有着现实的指导意义。

本书是作者博士研究工作的一个总结,是以作者的博士论文和发表的相关 10 余篇 SCI、EI、CSSCI 等期刊论文为基础,并结合相关理论和实践研究资料而著述成书的。本专著的出版得到了华北水利水电大学高层次人才科研启动项目(编号:201102043)的资助,在此表示诚挚感谢。

限于作者的研究水平、时间和精力,所得到的研究结论仅属于阶段性成果,疏漏和不足之处在所难免,诚恳希望同行专家、研究人员和其他读者不吝给予批评和指正。

程志强

2017 年 10 月

目 录

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 质量诊断技术的研究意义	1
1.2 质量诊断	3
1.3 质量诊断技术的发展及国内外研究现状	6
1.4 本书的研究内容、结构和研究方法	18
第 2 章 基于 PNN 的制造过程质量诊断	21
2.1 过程异常与控制图的使用	21
2.2 控制图模式识别问题	27
2.3 神经网络与控制图模式识别	32
2.4 基于 PNN 控制图模式识别的过程异常诊断	38
2.5 本章小结	54
第 3 章 基于 LS-SVM 的小样本过程质量诊断	56
3.1 制造过程的小样本质量诊断问题	56
3.2 有限样本条件下的统计学习理论	59
3.3 支持向量机理论	64
3.4 基于 LS-SVM 控制图模式识别的过程异常诊断	71
3.5 基于智能进化算法和 LS-SVM 的过程异常诊断 技术	77
3.6 本章小结	89

第 4 章 基于 Cuscore 统计量的过程质量智能诊断	91
4.1 Cuscore 统计量与过程异常诊断问题	91
4.2 Cuscore 统计量对于非线性预期异常信号的诊断 性能	96
4.3 解决 Cuscore 图失配问题的智能变点模型	100
4.4 本章小结	118
第 5 章 多元过程质量智能诊断与异常变量识别	120
5.1 多元过程质量诊断问题	120
5.2 多元统计过程控制图	122
5.3 多元过程均值异常诊断与变量识别的智能诊断 模型	126
5.4 多元过程散度异常诊断与变量识别的智能模型 ..	138
5.5 本章小结	147
第 6 章 总结与展望	149
6.1 研究内容总结	149
6.2 展望	151
附录 以第一作者身份发表的主要学术论文	153
参考文献	277
后记	295

第 1 章 绪 论

1.1 质量诊断技术的研究意义

质量是一个全社会共同关心的话题。美国著名质量管理专家朱兰有句名言：“生活处于质量的堤坝后面”(Life behind the quality dikes)。这说明产品质量问题对于社会经济生活的重大影响。从企业参与市场竞争与自身生存与发展的角度来看，企业之间的竞争要素包括企业战略、价格与成本、售后服务、品牌形象、资本与效益等，但支撑这些竞争要素的最为基础的要素就是质量。质量是企业参与市场竞争并取得长期生存的基础。人们对于质量的重视使得质量的概念和质量管理的办法不断得到发展，目前质量管理已经经过了质量检验阶段、统计质量控制阶段、全面质量管理阶段、标准化质量管理阶段、数字化质量管理阶段等五个阶段的发展^[1,2,3,4]。在质量管理的发展过程中，人们不断将数理的方法应用于质量管理，其中以休哈特 SPC (Statistical Process Control) 控制图为代表的过程质量诊断技术的使用，大大地提高了制造企业的质量保证水平，使得人们认识到 SPC 质量诊断技术对于保证产品和过程质量的重要性。

20 世纪 90 年代末以来，随着全球经济一体化以及国际贸易的快速发展，市场需求多变，企业之间的国际化竞争日趋激烈，各国企业为了提高客户满意度和取得竞争优势，纷纷根据市场的要求而改进生产模式和开发多种先进的现代化生产系统。现代工业制造过程的特点是规模巨大，制造技术及工艺复杂，随着现代

化生产系统的日益复杂,人们发现在生产模式多样化、生产工艺与流程复杂化的条件下,不同特点的制造过程对于质量诊断技术的要求是不同的,影响到过程及产品质量的因素众多,单纯依靠统计学的方法并不能对复杂制造过程中的异常实施有效诊断,以传统统计学为理论基础的过程质量诊断技术在取得研究和应用成果的同时,在很多情况下并不能够满足和适应先进制造过程对于过程质量诊断提出的新的要求,人们意识到制造过程质量诊断工作中必须不断吸收和引进其他学科中先进的成果,站在系统的高度,对制造过程实施多方位立体诊断。同时,随着科技进步的快速发展,在其他学科出现了很多优秀的技术成果,这些技术成果典型地包括神经网络、支持向量机、进化优化算法、小波理论、模糊数学以及灰色理论等,它们的技术特点可以用来更好地解决制造过程质量监控与诊断问题,特别是计算机软/硬件技术、计算速度的飞跃式提高以及数据采集与存储技术的快速发展,使得这些技术也具备了在制造过程现场进行使用的条件。目前质量诊断技术已经远远突破了统计学的框架,包含了更多现代化的、先进的工程技术手段,成为一门交叉性很强的学科。本书正是在这样的市场经济背景和科技背景条件下,在传统的统计学质量诊断理论的基础上,使用计算机技术和人工智能方法,针对产品制造过程中的异常诊断问题,研究解决制造过程质量诊断问题的新途径和新方法。需要说明,我们使用人工智能的方法对制造过程进行诊断分析,不是对传统统计学过程诊断方法的否定,而是适应市场环境、制造环境以及技术环境的变化,在原有统计学方法的基础上,对原有的过程质量诊断方法做出了有益的补充和改进。

从理论研究的角度来看,制造过程质量诊断技术是质量工程的重要组成部分。质量工程(Quality Engineering)的概念最初由日本田口玄一^[5,6](Genichi Taguchi)提出。田口博士在研究和定义质量损失函数的基础上,独创了所谓的“田口方法”。目前,质量工程的概念已经远远突破了最初田口方法的范围,其内容和方法都得到了极大的拓展。质量智能化诊断技术将计算机科学、人

工智能技术等其他学科先进的成果应用于制造过程质量诊断,大大丰富了质量工程的内容,本书的研究在这方面具有重要的理论意义。

从实际应用的角度来看,对制造过程进行监控和实施制造过程质量诊断,是实现质量持续改进的有效途径之一。质量策划,质量控制和质量改进等一系列质量管理活动都需要包含质量诊断这一重要工作环节。通过对制造过程进行质量诊断,可以发现制造过程中的质量问题、查找和排除造成质量异常的原因。据工业统计,60%~70%的产品质量问题来源于制造过程,本书研究如何通过使用人工智能方法对制造过程中的异常进行监控和诊断,保证过程处于稳定受控的工作状态,从而保证最终产品的质量、安全和可靠性,提高制造过程对于异常的诊断效率。智能化过程质量诊断技术对于企业降低废品、提高质量保证水平、增加企业效益、增强企业竞争力等方面,具有重要的应用价值。

本书的研究是国家自然科学基金重点项目:“面向复杂产品的质量控制理论与方法”(70931002)和国家自然科学基金项目:“六西格玛管理的保障机制和技术研究”(70672088)的重要组成部分。

1.2 质量诊断

1.2.1 质量诊断的内容

质量诊断的概念包含了丰富的内容,就本书而言,重点研究产品制造过程质量诊断。通常,质量诊断可以看成是使用一定的管理学手段和技术,或者根据一定的标准,对企业的产品和服务、过程或质量管理工作进行考察、衡量并加以判断,以明确该产品和服务的质量是否满足规定的标准要求或者客户要求,或与该产

品的形成有关的质量管理工作是否适当、有效,并进一步辨识和查找造成质量问题的根本原因,指出产品质量的改进方向,并提出相应的改进的途径与措施的全部活动。

质量诊断的内容可以大致分为三个大的方面^[7]:产品质量诊断、过程质量诊断和质量管理体系诊断。产品质量诊断,即针对产品本身不定期或定期地对市场上出售或库存的产品进行抽样检查,确定产品质量能否满足用户的需求,掌握产品的质量数据和信息,以便采取措施加以改进。过程质量诊断就是通过对制造过程的质量进行定期检查,掌握制造过程的质量状态是否稳定,过程中是否存在异常干扰因素,过程能力是否充足,查找导致工序异常的原因以及异常问题的发生部位和发生程度。过程质量诊断过去也通常被称为工序质量诊断。质量管理体系诊断包括对于 ISO 9000 质量保证体系^[8]的符合性诊断、卓越质量奖诊断、平衡记分卡方法诊断等。其中,质量保证体系的诊断就是对 PDCA (策划—实施—检查—处理,Plan-Do-Check-Act)循环的诊断。对质量保证体系的有效性和符合性进行的诊断通常称之为审核(Audit),可以由组织的外部人员(如顾客或者外审员)进行,称为“外审”;也可由企业内部人员进行,称为“内审”。

进行质量诊断可以使用定性分析法或定量分析法。传统的质量诊断分析方法常用的有评分法、标杆对比(Benchmarking)、平衡记分卡法(Balanced Score Card, BSC)、调查表法、Pareto 图法、鱼骨图法、SPC 控制图、过程能力指数分析等。

质量诊断的目的在于通过使用各种质量工程技术手段,监控并确保影响产品及其生产过程的各种因素处于受控(In Control)状态^[9,10]。全球生产力和经济的发展使得生产系统日益成为一个复杂系统,其信息具有不确定性、模糊性及混沌性等特点,难以找到精确的数学模型进行描述;同时,客户需求的日益多样化使得很多生产过程具有小样本、复杂产品(如,航天器,船舶等)甚至是单件生产的特征,因此,传统的基于统计学的质量诊断理论在这种情况下已经不能满足质量管理的要求。随着科学技术的进

步,各种计算机技术、人工智能技术、人工神经网络、进化优化算法、模糊理论和灰色理论、小波理论、支持向量机、混沌理论等众多的工程技术手段被不断成功地应用到质量诊断领域中,大大丰富了质量诊断的手段。目前,质量诊断理论和技术已经形成为一门综合性质的交叉学科,涉及行业及企业的各个层面,可以对影响企业发展和竞争力提高的各种质量因素进行诊断,根据质量诊断的结果查找造成质量问题的原因并采取纠正措施,从而使得企业的质量管理水平得到持续改善。

1.2.2 质量诊断的特征

产品或者制造过程的质量诊断问题,通常被称为“质量故障诊断”(Quality Fault Diagnosis)问题。对于产品或者过程的质量诊断,根据被诊断对象的不同,可以在不同的层次上进行,层次性是质量诊断的重要特征之一。质量诊断的层次通常可以分为系统级、子系统级、元部件级的故障诊断^[11,12]。质量管理学中的质量诊断,诊断对象一般是“人员、机器设备、物料、制造工艺、生产环境、测量方法与设备”,关注的是在系统和子系统级别上对生产过程能否满足规定的要求进行分析判断,比如,过程中是否存在异常因素,过程是否受控,过程能力指数是否满足客户要求,等等。对于部件级别和元件级别的质量故障诊断问题,多数需要根据产品所涉及的具体学科,在掌握和分析生产工艺、设备或者产品的物理和化学机理模型的基础上,借助于专业知识和专业的检测分析仪器,对故障的原因和部位加以判断并进一步制订解决方案,各个层次的质量诊断问题需要技术工程师的密切参与才能得到很好解决,单纯依靠统计学或者计算机数据分析的方法,诊断效果一般不理想。低层次的质量故障问题一定会导致高层次的质量故障问题;高层次的质量故障问题可以由低层次的质量故障问题引起的,也可以是在不存在低层次的质量故障问题的情况下发生。

质量诊断除了具有层次性特征之外,还包括相关性、随机性、可预测性等特征。相关性是指故障之间的相互影响,以及故障及其特征之间的复杂对应关系。相关性导致了故障诊断的困难。随机性是指质量故障的出现时刻一般没有规律可循,故障信息往往具有模糊性和不确定性。可预测性是指多数的故障在其发生之前都会有一定的征兆,如果及时检测和分析这些故障特征信息,质量故障问题在很大程度上是可以预测和预防的。质量故障诊断问题的随机性、相关性特点使得造成质量故障问题的各种原因之间的关系十分复杂,传统的故障诊断方法已经不能满足现代质量故障诊断的要求,必须采用智能故障诊断的方法^[13,14]。智能故障诊断技术运用人工智能技术和专家知识,不需要建立过程的精确数学模型,以人类思维对于信息的加工和认识过程为推理基础,通过对故障信息的有效获取、传递和推理分析,找到质量特性和过程参数变量之间的关系,从而对过程中的被监控对象的运行状态和故障部位进行正确判断和决策。

1.3 质量诊断技术的发展及国内外研究现状

1.3.1 质量诊断技术的发展阶段

质量诊断技术是用于控制质量特性指标和诊断过程变量异常变化的一系列理论、方法和技术的综合。在现代化生产条件下,质量诊断技术是现代工业企业保证其质量水平的一项关键性技术。质量诊断技术的发展阶段与质量管理的各个发展阶段是密切相关的,但又不完全相同。从质量监控与诊断的发展来看,主要经历了以下三个发展阶段。

1) 原始质量诊断阶段

19 世纪末到 20 世纪 40 年代。这一阶段的质量检验依靠的是对产品的全检或抽检,对于质量异常问题的解决多数情况下需

要依赖专家经验,根据专家的直觉和经验对质量问题做出判断和改进。

2)全面统计过程控制阶段

20世纪40年代至80年代。在这一阶段,日本和美国率先将SPC技术应用于生产,并大幅提高了制造过程的质量水平;随后,其他国家相继在其生产中使用SPC技术作为质量监控与诊断的手段。随着SPC技术的推广应用,SPC技术也获得了不断改进,并由单变量SPC发展到多变量SPC、统计过程诊断(Statistical Process Diagnosis,SPD)^[15,16]和统计过程调整(Statistical Process Adjustment,SPA)^[17,18]。SPD技术不仅要判断过程是否失控,还要确定与辨识异常的类型以及异常发生的位置、原因等方面的信息。SPA需要在诊断过程失控的基础上,进一步提供如何对生产过程进行调整的方案,使得生产过程重新处于稳定状态。80年代初,我国学者张公绪提出了两种质量诊断理论和系列选控图,在质量诊断理论方面做出了突出贡献。

3)智能质量诊断阶段

20世纪80年代末至今。在这一阶段,工业过程变得越来越复杂,全面质量管理理论在全世界范围得到普遍的认同和推广应用,生产过程涉及的质量特性变量大大增多,并明显具有复杂相关性、不确定性、模糊性的特征,使用质量诊断的统计学方法处理这些诊断问题变得越来越困难。随着科技水平尤其是人工智能技术的进步,智能技术为质量诊断开辟了新的道路。智能化质量诊断技术虽然已经有近30年的发展历史,但实践证明,这方面的研究还没有形成系统化完整化的理论体系,在实践上中也没能满足现代制造业对于质量保证与诊断的要求,尚有很多问题需要研究解决。

1.3.2 质量诊断技术的类型

质量智能诊断技术涉及众多学科中的前沿成果,没有一种诊

断理论可以解决全部的复杂生产过程现场中的质量异常问题,需要将各种方法综合应用于制造过程的现场才能取得良好效果。目前,在国内外质量诊断的众多研究中,涉及众多的理论和方法,按照它们的特点,可以大致分为三个类型^[13,19]。

1.3.2.1 基于解析模型的方法

这类方法出现最早,特点是需要建立被诊断过程和对象精确的解析模型。实际过程诊断问题中,复杂生产过程具有多变量、时变和非线性的特征,建立过程的精确数学模型非常困难,这一方法的效果在实际中受到很大限制。这类方法中的典型方法包括参数估计法^[20]、基于观测器的状态估计法、等价空间法^[21]、状态空间法^[22-26],它们都属于使用解析模型进行质量诊断的方法。

1.3.2.2 基于信号处理的方法

这种方法不需要建立被诊断对象的精确数学模型,主要诊断思路是认为系统的输出观测值在幅值、相位、频率及相关性上同故障之间存在着某种联系,利用信号模型,如相关函数、自回归移动平均、(快速)傅里叶变换、小波变换^[27-29]等,从过程观测数据中提取诸如方差、频率、相位、幅度等信息,从而判断故障的存在和故障源的位置。

1.3.2.3 基于知识的方法

现代制造业中的生产过程是极其复杂的,已经不可能使用精确的数学模型对其进行描述。同时,计算机软硬件技术和人工智能技术的发展,为质量诊断提供了新的技术实现手段。基于知识的质量诊断方法以人工智能为主要实现技术,具有广泛的理论研究和实际应用价值。其显著优势在于,可以模拟人类思维进行推理,推理规则明确;知识可用显式的符号表达,无须被诊断对象的细节知识,适用于复杂产品和制造过程;便于计算机实现等。应当注意,基于人工智能的质量诊断方法不是对原来的基于传统统