

# 未来装备医工程思维

高金吉

(北京化工大学 设备诊断工程研究中心, 北京 100029)

**[摘要]** 按照耗散结构理论,人类与其所创造的装备在本质上是具有共性的,在与疾病和与故障的斗争方面也有很多相同或相近之处。在系统论的指导下,将医学科学理论和方法用于装备的故障诊断、预测和防治,有可能逐步形成用工程手段来防治故障的专门用于装备的“医学”——“装备医工程”(PME, plant medicine engineering);讨论了疾病和故障成因及其诊断、病因和故障机理的深层规律、治愈和自愈、治标和治本等共性问题,并就汲取中医的黑箱法和西医白箱法的精髓,创建医工程的水晶箱法进行了探讨;应用上述理论,对当前设备诊断技术研究的若干误区进行了分析。

**[关键词]** 装备医工程; 疾病; 故障; 防治

**[中图分类号]** TB114; TB21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)12-0030-06

## 1 引言

安全和可靠度对现代装备至关重要。1967年美国宇航局(NASA)在推行阿波罗计划中专门成立了国家机械故障预防小组(MFPG);不久英国也成立了由R.A.Collacott领导的机械保健中心(UKMHMC),其后相应的机构应运而生。近年来,国际科学和工程界开始大量借用机器健康、诊断、防治、工业大夫等医学术语,将医学上的一些理念运用到设备工程中,这已成为该领域新的发展趋势。

人类医学历史悠久,早在公元前战国时期中医就形成比较完整的理论;西医系统理论的形成也已有400余年。1747年欧洲人在《人是机器》一书中提出应该用机器原理来分析人体结构、病因和病理,并认为临床诊治是:“身体是机器,疾病是机器故障的结果,医生的任务是修机器”<sup>[1]</sup>。

人类本身与其所创造的装备在本质上是具有共性的,在与疾病和故障斗争方面也有很多相同或相近

之处。机械工程关于故障防治的许多关键技术可以而且应该借鉴医学科学原理去探索解决。因此,将医学理论和方法用于装备的故障诊断、预测和防治,有可能逐步形成用工程手段来防治故障的专门用于装备的新医学,笔者将其称作“装备医工程”,英文名为 plant medicine engineering (PME)。

装备医工程(简称医工程)是研究装备一生全过程及其同故障斗争的一门科学体系,属工程科学范畴。视装备为有物质和能量输入输出的、能接收和发出信息的“活机器”,从装备的整体性及其同外界环境的特征关系出发,用实验研究、现场调查、临床诊断等方法,不断总结经验,研究装备和外界环境的相互关系,研究装备故障发生、发展及其防治、根除的规律,以提高装备质量,杜绝事故,减少故障,延长寿命和运转周期。

## 2 自组织和他组织, 装备与人的异同

人是天然自然物,是世界上最高级的自组织系统;装备则是由人来创建的人工自然物,是典型的

**[收稿日期]** 2003-07-30; **修回日期** 2003-09-28

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目(50375014)

**[作者简介]** 高金吉(1942-),男,辽宁本溪市人,中国工程院院士,北京化工大学机电工程学院教授

他组织系统。这里所说的组织是系统科学的专属概念。所谓组织，是指系统形成有序化的机制和过程。自组织和他组织，两者的区别在于组织的动力、指令、调节不同。自组织是指动力、指令、调节都来自系统自身内部的组织机制和过程；而他组织是指动力、指令、调节都来自系统自身外部的组织机制和过程。显然所有的装备，例如机器是由外在的工人（组织动力）根据工程师的设计（组织指令）和加工工艺（组织调节）加工制造而成，因而是他组织。装备的设计制造、安装检修、操作调节都完全依靠人去完成是理所当然的。显而易见，在这种意义上讲，装备和人是截然不同的。

如所周知，耗散结构理论是比利时物理学家普利高津于 1969 年创立的，1977 年荣获诺贝尔奖。该理论指出，一个远离平衡的开放系统，通过不断地与外界交换物质和能量，在外界条件的变化达到一定的阈值时，可能从原有的混沌无序的混乱状态，转变为一种在时间上或功能上的有序状态，这种远离平衡情况下所形成的新的有序结构，普利高津把它命名为“耗散结构”。他证明了在不违背热力学第二定律的前提下，系统可以出现负熵增加机制，使系统总的熵变化趋于减少，即增加有序性，实现系统从无序向有序的进化。这为理解生命的本质、健康的本质提供了最新的理论支柱<sup>[2]</sup>。

有些学者认为，人与机器的最为深刻和本质的特征是，人是耗散结构，而机器不是耗散结构。因为机器远离着耗散结构的三个基本条件：其一，机器是封闭系统，不是开放系统，机器不能与环境有物质、能量交换，否则就瓦解；其二，机器是平衡系统，必须保持热力学的平衡条件，不然，机体内部和机体外部就不平衡，就会发生物质、能量的交换，交换的结果是机体的瓦解；其三，机器不存在非线性相互作用，不能把从环境输入的物质转化为机体自身，没有负熵产生，不能自己升高有序度<sup>[3]</sup>。笔者认为，上述结论只说对了问题的一半，即这一结论仅仅适用于停运的“死机器”，至多适用于原始的人力机器，如同这一结论也适用于人的尸体一样。而现代机器越来越趋于自动化和智能化，其结构越来越复杂，其功能越来越完善。运行中的“活机器”不是远离而是靠近乃至符合耗散结构的三个基本条件：其一，机器是开放系统，如一台工业泵，它输入电能，吸入流体，排出压力升高后的流体，并产生振动和噪声，与环境有物质、能

量和信息交换；其二，机器在运行时，不是简单的热力学平衡系统，而是与外界有物质、能量和信息的交换的动态的有序稳定系统，与外界的交换并不能使机器瓦解；其三，机器存在非线性的相互作用，在学术理论上已是不争的事实。如透平压缩机的防喘振（anti-surge）和自动平衡（auto-balancer）系统，都是通过机体的自身调节来升高其有序度；近些年，能自动修复已磨损的透平机械轴承和柱塞泵的润滑油填充剂业已问世。随着科技的进步，高度自动化、智能化、仿生化的装备会应运而生，他组织的装备和自组织的人会有许多相近乃至相同之处，有可能遵循某些共同的规律。这就有可能使医学精粹的他山之石为现代装备所用。

按照耗散结构理论，宇宙中的各种系统，不论是有生命的、无生命的，实际上无一不是与周围环境有着相互依存和相互作用的开放系统。因而，运行的装备和人一样，都是开放系统，两者并无严格界限。这就为移植和借鉴现代医学与疾病作斗争的理论和方法，开展与装备故障作斗争的理论和方法的研究，并为医工程的创建提供了理论上的依据。

### 3 疾病和故障成因及其诊断

人类的科学研究活动是原因和结果及其相互关系的探讨。人的疾病和装备故障的成因及其诊断无疑是人类生存面临的永恒课题。医学研究病理的“系统的整体性原理”和“系统的联系性”原理认为，“相互作用是疾病的真正终极原因”；提出“要素质”、“系统质”以及“系统的非加合性”等。可以借鉴这些原理和方法去研究装备部件和整机及其相互作用的关系，在多因多果的复杂关系中，找出故障原因与征兆的因果对应关系，攻克当前故障机理、故障诊断和预测方法研究中的技术难关。

#### 3.1 整体性原理 疾病和故障的层次性<sup>[3~5]</sup>

20 世纪以来，现代科学对各种复杂现象的研究发现，复杂性的内在本质之一是整体不等于部分之和。系统论（systemics）将这种特性和规律总结为整体性原理，即系统整体的属性、功能、行为原则上区别于系统内各要素的属性、功能、行为或其相加之和。该原理可简述为：系统的整体大于它各部分的总和。系统的这一非加和性揭示了，系统在形成过程中发生的层次跃迁是一种质变，从上层次到下层次的分化，或下层次到上层次的组合，都发生了质的飞跃。

人是典型的非加和系统,系统的层次结构和层次序列,在人身上典型地表现出来,例如,在器官水平上,神经、循环、呼吸、泌尿、内分泌等器官系统的整体功能,并不是各系统内相关器官的简单相加,而是在系统水平上呈现的整体性能。因此,要正确地认识和处理人的生理、病理的层次关系。

在机械工程实践中,机器的零部件均合格达标,组装起来的整机发生故障的实例屡见不鲜,完全符合医学上常用的“系统的非加合性”原理。以石化行业常用的关键装备4机组(压缩机、蒸汽透平机、发电机、电动机连为一体)为例,尽管所有转子和联轴器均经过严格高速动平衡,相连时对中均达到标准,但试运时有的平稳,有的发生强烈振动。据医学上“系统的非加合性”原理,各转子、联轴器均动平衡不等于轴系动平衡,转子的相互作用可能是导致轴系不平衡的真正终极原因。目前世界上所有制造厂以及在用户安装、检修时,转子间对中均是采用传统的5维法(轴端面3维和轴外圆 $x, y$ 两方向对中),均不考虑转子的相对相位。实际上,各转子均有残余不平衡力或力矩,转子相连时不考虑相对相位,可能造成轴系不平衡因素的叠加,这是导致轴系时有振动的根本原因。因此,如采用6维对中法,即在5维对中基础上依据各转子残余不平衡力或力矩的方位,同时考虑转子相对相位,有可能治本,使4机组转子轴系处于动平衡状态,运转起来“有序稳定”。目前,正在进行的模拟实验和理论初步分析表明,采用6维对中法,可以大大降低轴系振动。因此,有必要进一步研究,从中找出规律,并以此为突破探索新的诊断、预测思维方式和方法。

### 3.2 联系性原理及病因病机和故障机理深层规律

系统论的联系性原理反映了相互作用在事物的形成、发展和变化中的决定作用及地位,这是世界上的一种普遍规律。黑格尔在对立统一规律的研究中明确提出,交互作用是事物的真正终极原因。

现代科学和哲学的系统中心论揭示了因果关系的更深刻、更本质的客观规律性,更符合人的疾病和装备故障的实际,可以用来指导研究病因、病理和故障机理。其特点是:a.人的病变和装备故障的终极原因是其所处的相互作用异常,即内部要素与要素之间的关系,要素与整体之间的关系,其与外界的关系,这三方面关系形成复杂的关系网,其中某一方面关系异常,或关系网的某个或某些环节

异常,都可能引起病变和故障;b.“实体”致病的“因”作用不过是关系网异常的一种“果”,实体性因素是否发生致病和产生故障的作用并不是由其本身决定,而是由其所处的关系网决定。如一台透平压缩机,在运行中监测到强烈的精确分频振动,解体检查发现轴承损坏,其原因就不一定是轴和轴承本身的问题(如间隙过大或轴瓦松动等),而是由于轴与轴承的摩擦造成的,摩擦是由于转子和定子不同心引起的,不同心是由于对中不良,而对中的变化是源于基础的不均匀沉降。从中不难看出,故障诊断必须研究零部件的相互作用,研究因果链,研究故障机理,才能从一次原因、二次原因、三次原因等最终查明初始原因。

### 3.3 健康的本质是有序稳定<sup>[3]</sup>

现代医学将人看成是一个“耗散结构”,健康的本质是处于“有序稳定”状态,保持健康的根本点不在于那种宏观的稳定状态,而在于调节控制那些建立和保持这种状态的具体机制,对于这个系统运行状态可用“熵病”和“有序度”来评价。所以应该引入机器运行“健康状态”的评价方法和标准,深入研究设备故障的深层次内涵,探讨其与“有序稳定度”和与可靠度间的关系。在理论上,研究“熵病”和“有序度”在装备工程上的含义,提出新的概念。以高速旋转机械为工程实例,从研究滑动轴承—转子系统的非线性振动故障机理得知,机器在正常运行时是处于动的有序稳定状态,一旦遇到干扰或机器自身发生变化,如润滑油温升降、转子叶片结垢、对中变化等,都可能造成机器失稳。从非线性振动理论可以分析研究故障和“有序稳定度”的关系以及“有序稳定度”与可靠度的关系,从而研究出提高机器有序稳定度的对策。

## 4 治疗原理和治疗深度

16世纪以后,西医把物理学的作用原理移植到治疗学中,首先形成了“修理模式”。这种模式贯彻了牛顿力学原理,惯性力保持事物的初始状态,要纠正变态回到初始状态,需要相反的外加作用来抵消加速度。这一原理转化到治疗学中,成为用治疗作用来消除外来致病作用及其引起的病变状态,把疾病理解为机体的局部异常,治疗的任务在于消除或修复已有的病灶,在病变和治疗中都把机体置于被动地位。

显而易见,当代装备的维修方式和16世纪西

医的“修理模式”是异曲同工的。而现代医学早已改变了传统的修理模式，无论是治疗原理还是治疗深度，在理论和方法上均取得了重大突破，这是很值得医工程认真研究和借鉴的。在某种意义上可以说，医学的今天就是医工程的明天。

#### 4.1 自主调理及治愈和自愈<sup>[3,6]</sup>

从人类的疾病史和治疗史的角度来看，人的疾病已有 300 万年历史，而真正意义上的医疗活动不过万年左右，这说明人类的历史有 99% 以上的时间是“缺医少药”的，然而，人类并没有被疾病征服和消灭，靠的就是生命的自组织机制，是机体对内外环境的复杂作用有防御、调节、适应的机制和能力，是机体对自身所发生的异常（病变）自主地调节、恢复到正常值并保持稳定的机制和能力。

装备发生故障往往是联锁停机或是人为停机解体检修来排除故障，这是迄今为止大多数装备采用的靠人去“治愈”的方法，其本身没有任何“自愈”的功能。其结果，不但减少了生产时间，还增加了检修费用，更容易在开停机过程中引发新的故障和事故。

现代装备越来越自动化、智能化，独立完成特定任务的功能越来越强，对人的依赖性越来越小。有的根本不可能由人去维修，如美国 2003 年 6 月 10 日发射的“勇气”号火星车和 7 月 7 日升空的“机遇”号火星车，预定于 2004 年 1 月在火星分别着陆，在太空飞行半年之久，一旦有了故障靠人去诊断和维修是根本不可能的。

医学上提出“自主调理是治疗学的第一原理”以及“自愈和治愈”等理念；保持健康的根本点不在于那种宏观的稳定状态，而在于调节控制那些建立和保持这种状态的具体机制。疾病的痊愈终归还得依靠人体的自愈能力，包括免疫、防御、代偿、修复和适应等<sup>[3]</sup>。这些都可以用来指导研究装备自愈系统原理，研制出装备的自愈系统，该系统可在装备运行中测试分析早期故障征兆，采用智能诊断和主动控制方法自行将故障消除在萌芽中。现代医学已经向修理机器学习，更换人的心脏、肾等零部件了，工程上也应借鉴移植现代医学的“自主调理”治疗原理，以故障预防和自愈为目标，研究过程装备复杂系统自主调控原理及其在工程上的应用，实现故障在装备运行中的“自愈”。

20 世纪 60 年代从美国等发达国家兴起的状态监测和故障诊断技术，开始改变了传统的事后维修

(BM, breakdown maintenance)、定期计划检修 (TBM, time based maintenance)、逐步实施预知维修 (PdM, predictive maintenance) 和智能维护 (intelligent maintenance)。应用信息技术和知识工程去指导人们何时停机检修，指明故障的可能原因和要维修的部位。为了防止故障酿成机毁人亡的恶性事故，在石化、冶金、电力等流程工业，许多重要装备都设有停车联锁或紧急停车系统 (ESD, emergency shut down)，对保护装备不受损坏起到了重要作用。上述与故障作斗争的方法尽管采用了信息工程、知识工程等高新技术，但有一个共同特点就是必须停机后由人去修复机器和重新启动装备使其恢复正常。

工程实践表明，除了少数突发故障以外，大多数故障发生是有一个渐进过程的，而相互作用是故障的终极原因。在故障形成过程中可能有若干因果关系，其最初始原因，往往是由于工艺、环境或输入条件变化或操作不当引起的，如果早期发现，及时采取恰当的措施是完全可以防止的。在系统论指导下，移植现代医学“自主调理”治疗原理，研究以故障预防和自愈为目标的过程装备自主调控原理，探讨改变装备完全靠人去“治愈”的传统维修方式，应用状态监测诊断技术、人工智能技术、主动控制技术、信息和计算机技术等，在装备发生故障之前，实现故障“自愈”的可能性，开发出故障自愈调控系统 (FSR, fault self-recovering regulation) 是完全可能的。可以预见，在流程工业广泛应用的紧急停车系统 (ESD) 之前增设故障自愈调控系统 (FSR)，可在确保安全前提下大幅度减少故障停机，降低维修费用，并可以指导设计出免维修或少维修的新一代监控一体化的过程装备，取得巨大经济效益。

#### 4.2 治疗深度的研究及治标和治本

治疗深度首先是治疗的层次问题。除了少数较简单的疾病以外，大多数疾病的发生、发展都程度不同地具有层次性。这些不同病变层次之间有着质的差别，又有相互作用，在因果关系上，形成一次因果、二次因果、三次因果及更深层次的因果链；在现象与本质的关系上，有着一级本质、二级本质、三级本质及更深层次本质的不同。一般来说，只要存在层次性，层次的病因、层次的本质，无论对于病变，还是对于治疗，都具有决定意义。医学上有“防病知本，诊病求本，祛病治本，愈病固

本”的理念。这对于故障的诊断和防治都有指导作用。上述由于精确分频振动导致轴承损坏的例子，只有找出基础不均匀沉降这一初始原因，才能消患治本。

## 5 中西医的黑箱法和白箱法，医工程的水晶箱法<sup>[3,7]</sup>

黑箱和白箱是控制论的概念，是根据对于被控制系统的内部结构和作用机制了解的不同程度而区分的。黑箱是指内部结构和作用机制尚不了解的系统，白箱是指内部结构和作用机制已经了解清楚的系统。西医学在近代的发展，主攻方向是运用分解还原方法，对人体进行白箱研究，以解剖学为基础，一步一步地把人体内部的结构和作用机制弄清楚。西医的临床诊治是以白箱研究为基础的，力图进行白箱控制。黑箱的研究是在不打开研究对象的情况下，对对象进行考察，主要是给以输入，测定其输出，经过多次重复，分析和掌握输入和输出之间的规律性关系，由此断定系统内部造成输入与输出之间这种特定关系的作用机制或性质。黑箱方法在中医学得到了广泛的应用。

中医和西医这两种医学体系分别起源、分别发展了几千年，其研究对象是同一的，至今中西医之间的学术差异之深到了格格不入的程度。锋芒初露的设备诊断技术刚刚诞生40多年，如研究方法不当，有可能走弯路，因此，应该取中西医之所长，借鉴和移植医学科学理论和方法。在系统论的指导下，应用“透视原理”，汲取中医朴素系统论“黑箱法”和西医还原理论“白箱法”的精髓，借鉴和研究“水晶箱法”原理，即认为装备是整体的又是透明的，内部的结构和作用机理是清楚的，整体又是没被分解的。在这个思维模式和相关研究工作的基础上，通过设备故障与人体疾病诊治的比较研究，创建一个新原理——装备医工程的“水晶箱法”原理，科学地开展装备故障诊断和防治，为提高装备安全和可靠度打下坚实的理论基础。

## 6 设备诊断技术研究的若干误区分析

从20世纪70年代末至今20多年，设备状态监测及诊断技术在我国开发应用取得了显著成效，曾出现过高校研究和企业应用的“诊断热”，但近年来无论是诊断理论和技术的研究，还是设备诊断工程的推广应用，都不如前十几年那么热了。其原因之一，是当初对诊断技术期望过高，实际结果有

差距；之二，诊断是应用技术，要接受工程实践的检验，如同医学的理论和方法，要靠临床诊疗去验证一样。如果研究创新的目的仅仅是为了发表高水平的论文，而到现场现在和将来都无法应用，就不会有生命力。笔者认为，当前在设备诊断技术研究方面尚存在如下一些误区，应在系统科学和医学科学理论的指导下，认真加以分析。本文提出讨论，旨在与各位同行商榷。

### 6.1 重视信息处理和特征识别，忽视机器结构和故障机理研究

这是一种“黑箱法”研究，只研究机器发出的信号，进行处理和分析，提取特征并研究如何识别，但对机器结构和故障机理一无所知，不研究机器内部零部件间及机器与环境的相互作用。当然，诊断的结果只能是产生特征信号的一次原因，而无法通过故障因果关系链查明初始原因。应该指出，信号处理、特征提取和识别的研究是绝对重要和必要的，但多数研究者都挤在这条“华容道”上，定会贻误战机。

### 6.2 用“灰色”的不可知论代替“黑、灰、白”的普遍规律

认为机器种类繁多，故障机理复杂，因此，难以查清，只能是“灰色”的，其诊断结果用百分数来表示。实际上，依据故障机理的研究和临床诊断的工程经验，故障特征和其原因往往存在三种关系，即有为白色，无为黑色，尚不清楚的为灰色。显然，如果全采用灰色理论，就永远不能确诊。

### 6.3 用经验的概率百分数来诊断具体机器的故障原因并精确计算其隶属度

用监测到的信号诊断一台机器的故障，采用书本上专家提供的故障原因的可能百分数进行复杂的计算，得出精确的隶属度百分数。但书本上的百分数只是所有发生故障的机器的概率统计结果，如同频振动的原因，转子不平衡为70%，但是，如果所诊断的机器是由于轴承间隙过大，则上述计算结果正好相反。因此，这种方法是“猜测”，而不是诊断。这如同医生不能用病人发烧最多的病因去为一位正发烧的病人下诊断结论一样。虽然听起来是幼稚可笑的，但是世界上一家颇有名气的公司推出的机械故障诊断专家系统，就是这样推理的。

### 6.4 用单一的状态参数评估装备复杂系统

对复杂的机械装备系统进行风险评估，仅仅依

据预测和分析某一状态参数, 如振动的幅值, 预测并得出是否安全的结论。这正如仅测量血压, 就判定一个人是否健康一样, 显然是不可信的。对复杂的大系统, 其内部以及与环境有复杂的相互作用和关系网, 过分的简单化是不可行的。

#### 6.5 不善于应用信息技术诊断故障, 仅凭经验多次拆机“剖腹探查”

有些工程技术人员, 不重视采用先进的信息技术和诊断方法, 机器出了毛病, 不测试分析就拆开检查。殊不知拆开的机器, 如同验尸一样, 失去了许多动态信息, 有些故障是无法判断的, 如转子的质量偏心, 解体检查测量发现不了问题, 只有在运行时才能检测诊断出来; 又如, 轴承的有序稳定状态, 也只有运转时才能判定, “剖腹探查”往往无济于事。

## 7 结论

现代系统论和耗散结构理论为借鉴现代医学与疾病作斗争的理论和方法, 开展与装备故障作斗争的理论和方法的研究提供了理论依据。人类本身与其所创造的装备在本质上是具有共性的, 在与疾病和与故障的斗争方面也有很多相同或相近之处。将医学理论和方法用于装备的故障诊断、预测和防治,

有可能逐步形成用工程手段来防治故障的专门用于装备的新医学——装备医工程。现代医学精粹的他山之石为现代装备所用, 可使锋芒初露的设备诊断工程发扬光大, 呼之欲出的医工程前程似锦。

装备医工程的研究, 为研制具有自愈功能的监控一体化的新一代装备提供了理论依据。

#### 参考文献

- [1] 恩格尔. 需要新的医学模型: 对生物医学的挑战 [J]. 医学与哲学, 1980, (3): 88
- [2] 湛星华, 沈小峰, 等. 普利高津与耗散结构理论 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998
- [3] 祝世讷. 中西医学差异与交融 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 38~39
- [4] 钱学森. 他建系统学 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2001
- [5] 沈禄庚. 系统科学概要 [M]. 北京: 北京广播学院出版社, 2000
- [6] Gao Jinji. A study of the fault self-recovering regulation for process equipment [A]. Proceedings of IMS[C], Xi'an, China, 2003
- [7] Gao Jinji. Mechanical fault diagnosis expert system based on black-gray-white gathering sieve method [J]. Euromaintenances, 2002

## Thinking about Future Plant Medicine Engineering

Gao Jinji

(Plant Diagnosis Engineering Research Center, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

**[Abstract]** According to the dissipative structure theory, human has much in common with man-made machine, and there is much in resemblance between disease healing of human and fault overcoming of machine. Under the light of the systemics, by introducing the methodology of medical science into the field of machine fault diagnosis, prediction and prevention, it is possible to build a new theory of PME (Plant Medicine Engineering) to prevent and eliminate faults of machine by engineering means. Some common issues, such as the forming of diseases and faults, how to diagnose those diseases and faults, the deep rule concerning the causes and mechanisms of faults and diseases, comparison between curing and self-healing, and between the dealing of symptoms and that of initial causes, etc., were discussed in this paper. A novel “crystal box approach” of PME, which is based on the piths of both “black-box approach” of traditional Chinese medical theory and “white-box approach” of modern west medical science, was put forth. Lastly, from the view point of PME, some pitfalls in current studies about fault diagnosis are discussed.

**[Key words]** plant medicine engineering, diseases, faults, prevention and cure