基于 Agent 的土工离心机状态监测与故障诊断研究

Research on Condition Monitoring and Fault Diagnosis for

Geotechnical Centrifuge Based Agent

刘天全

Tianquan Liu

重庆高金实业有限公司 中国·重庆 401122

Chongqing Gaokin Industry Co., Ltd., Chongqing, 401122, China

摘要:论文在介绍土工离心机总体结构和布局的基础上,分析了土工离心机的常见故障类型及其主要故障零部件,提出了离心机多 Agent 故障诊断系统模型,阐述了系统中主要 Agent 的组成,探讨了系统中的若干关键技术,为实际工作系统的开发提供了理论支持。

Abstract: Based on the introduction of the general structure and layout of the geotechnical centrifuge, the common fault types and main fault parts of the centrifuge are analyzed. The multi-agent fault diagnosis system model of the centrifuge is proposed. The composition of the main agents in the system is described. Some key technologies in the system are discussed, which provides theoretical support for the development of the practical working system.

关键词: 离心机; Agent; 故障诊断

Keywords: centrifuge; Agent; fault diagnosis

DOI: 10.36012/etr.v2i8.2535

1 引言

土工离心机是提供不同加速度过载环境,进行离心模拟试验,开展土力学基础理论和工程实际应用研究的一种重要关键设备^[1]。多 Agent 系统是一个具有自主性、反应性、主动性和社会性的网络化计算机系统,具有较强的人工智能和适应环境的特性,能使故障诊断的准确率有较大提高,因此,基于多 Agent 的诊断技术成为现在智能故障诊断研究领域最具潜力的发展方向之一^[2]。本文尝试将多 Agent 系统引入离心机状态监测与故障诊断,综合利用各类数据进行离心机运行状态的一致诊断,探讨建立一种基于多 Agent 的离心机故障诊断方法。

2 离心机总体结构和布局

土工离心机主要分为两类:采用电机-齿轮箱间接驱动的机型,这是土工离心机采用的主流机型;采用电机直接驱动的机型是这几年发展起来的。考虑到目前土工离心机主要以电机-齿轮箱间接驱动的机型为主,本文的主要研究内容是土工离心机的常见故障及监测诊断的方法。

如图 1 所示,采用电机-齿轮箱间接驱动的土工离心机普遍采用三层布局形式,总体结构由传动系统、转动系统、润滑系统、上和下仪器舱以及集流环等组成,其中传动系统主要含有电机、齿轮箱和传动支承等,转动系统含有转臂、摆动吊篮和配重等。

【作者简介】刘天全(1971~),男,重庆铜梁人,工程师,从事机械动力设计与分析研究。

1—编码器;2—电机;3—齿轮箱;4—旋转接头;5—冷却润滑油站;
6—传动支承;7—模型箱;8—摆动吊斗;9—转臂;
10—不平衡力监测;11—下仪器舱;12—摄影装置;
13—上仪器舱;14—集流环;15—光纤环

图 1 土工离心机总体结构及布局

3 离心机常见故障及主要故障部件

如表 1 所示,土工离心机的典型故障主要集中在电机、齿轮箱、主轴和转臂等零部件。针对不同的故障零部件,采取有效的故障诊断方法,建立合适的在线状态监测与故障诊断系统是维护土工离心机安全运行的重要保证。

表 1 土工离心机整机及零部件容易出现的故障与原因

问题	原因
离心机振动	设计缺陷,转臂未配平衡
齿轮箱轴承损坏	设计不合理、润滑设计不完善
主轴轴承损坏	防不平衡设计、润滑设计不完善
转臂叉耳变形、断裂	材料缺陷,设备超载
电机损坏	设备超载,装配工艺缺陷
集流环异响	装配工艺缺陷
电气零件损坏	常见故障

4 离心机多 Agent 诊断模型

4.1 多 Agent 诊断模型的建立

根据离心机故障特征,首先对其进行多层次任务分解,分解为多个功能、结构相对单一的子系统;其中每个子系统能够成为自主工作的 Agent;最后多个自主工作的 Agent 系

统体系又组合成单个 Agent,并建立所有 Agent 之间的通信、协作与协商机制,形成多 Agent 系统的秩序,以完成故障诊断任务。离心机多 Agent 协调诊断模型如图 2 所示。

图 2 多 Agent 系统协调诊断模型

在离心机多 Agent 协调诊断模型中,子系统包括振动分析 Agent、温度分析 Agent、油液分析 Agent、不平衡分析 Agent 等,通过通信 Agent 与协同 Agent 和融合诊断 Agent 联系后,再与管理 Agent 和人机智能界面连接^[3]。该模型把以前的多故障综合诊断模式改为面向不同故障类型的多 Agent 分模块诊断模式,每个诊断只针对一种特定类型的故障,它具有自己独立的诊断过程。这使诊断机制更加准确多样,可以根据需要增加或者减少一个 Agent,但不会改变其它 Agent 的结构。

4.2 多 Agent 系统诊断流程

在实际诊断过程中,首先通过人机界面启动管理诊断 Agent,发出诊断指令,通信 Agent 接收指令,并根据指令类型选择振动分析 Agent、温度分析 Agent、油液分析 Agent 或不平衡分析 Agent,对离心机运行状态实施诊断,得到初步诊断结果。再通过通信 Agent 将结果返回管理 Agent,管理 Agent 利用协调 Agent 调度各初步诊断结果,供融合诊断 Agent 作出综合判断。土工离心机多 Agent 系统诊断流程如图 3 所示。

5 多 Agent 诊断系统的关键技术

5.1 故障诊断任务分解

离心机故障诊断任务分解有四种分布式任务分解方法^[4-5]:
①基于系统输入故障类型的分解方法;
②基于系统输出类型的分解方法;
③根据应用系统子系统功能的分解方法;
④基

图 3 多 Agent 系统诊断流程图

于系统空间分布规律的分解方法。故障分解是以需要诊断内容容易出现故障类型来分解,低层子故障总是上层父故障的特殊情况,上层父故障则是低层子故障的总结。离心机作为一种结构复杂机电设备,在上层多使用结构分解,而低层多使用故障分解。其故障诊断任务分解如图 4 所示。

图 4 离心机故障诊断任务分解

5.2 故障诊断任务控制策略

根据离心机诊断任务分解情况,采用的是并行与串行相结合的混合故障控制策略。这是因为同一级的诊断子故障之间相互是并行的,必须完成所有的诊断子故障后,才能继续执行诊断父故障。

混合任务控制策略是使用并行控制策略诊断系统在诊断任务的粗粒度,使用串行控制策略诊断任务的细粒度。在并行控制策略中,由父任务线程启动具有一个线程的诊断子任务,所有的子任务线程执行完毕后,父任务线程才能继续执行。在串行控制策略中,执行每个诊断子任务,都采用单一线程的方式。

5.3 诊断 Agent 之间的通信机制

设计各应用领域的多 Agent 的软件技术基础是面向 Agent 的软件机制^[6],这些软件技术包含面向 Agent 的分布式软件协议(CORBA 和 COM/DCOM)、面向 Agent 的程序设计、Agent 间的通信语言、面向 Agent 的开发环境平台等。离心机多 Agent 故障诊断系统基于 CORBA 结构来实现诊断 Agent 间的通信。CORBA 提供了一个通用的体系结构,使应用对象能够跨越不同的硬件平台和操作系统进行通信。

6 结语

本文在分析土工离心机布局、结构和一般故障类型的基础上,分析了土工离心机的常见故障类型及其主要故障零部件,提出了离心机多 Agent 故障诊断系统模型,阐述了系统中主要 Agent 的组成,探讨了系统中的若干关键技术以及故障诊断任务控制策略,研究的土工离心机多 Agent 故障诊断方法为实际工作系统的开发提供了理论支持。

参考文献

- [1] 包承纲.岩土离心模拟技术的原理和工程应用[M].武汉:长江出版社,2011.
- [2] Mangina-EE, Mcarthur-SDJ, Mcdonald-JR, et al. A multi-agent system for monitoring industrial gas-turbine start-up sequences [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2001,16(3): 396-401.
- [3] Liu J M.多智能体原理与技术[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4] Ghadami, Rasoul, Shafai, et al. Decomposition-based distributed control for continuous-time multi-agent systems[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2013,58(1): 258-264.
- [5] 孙璐,钟联炯.多 Agent 的故障诊断任务分解和结果综合研究[J].火力与指挥控制,2008,33(10):113-116.
- [6] 陈真勇,何永勇等.多 Agent 故障诊断原型系统研究[J].中国机械工程,2002,13(13):1054-1087.