

文章编号：0258-0926(2013)02-0170-03

# 核电厂化学管理系统分析研究

范玮玮

核动力运行研究所，武汉，430223

**摘要：**详细说明核电厂化学管理系统的主要功能、主要作用、使用的主要流程，并介绍它在国内外的使用现状。结合开发化学数据管理系统的经验，探讨在核电厂化学管理中开展和应用人工智能技术，以满足核电厂安全、可靠、经济地运行的需求。

**关键词：**核电厂；化学管理系统；诊断系统

**中图分类号：**TL353+.5 **文献标志码：**A

## 1 前言

核电厂的化学管理系统依据核电厂的化学管理大纲和规程制定年度分析计划和月度计划。化学管理人员在计划的基础上根据核电厂的运行情况添加和修改当天的分析任务。化学取样分析人员根据任务进行取样和分析；将在线监测数据、分析数据与化学规范值进行比较；当发现水质异常，及时提醒和给出指导性意见，以达到控制水质的目的。核电厂的化学管理系统对所有化学监督数据进行管理，包括在线监测数据、现场巡检数据、现场取样分析的实验室数据，这些数据以关系型数据库的形式相互关联，当出现化学异常数据时及时给予提示，对异常参数依据运行经验和管理规程给出指导性的意见和建议。对于重要的化学监测参数，可做出一段时间运行轨迹图，通过图形直观了解化学运行状态，确保电厂寿命期限内的各种化学数据得到有效管理和控制。

## 2 化学管理系统

核电厂的化学管理系统流程见图 1。

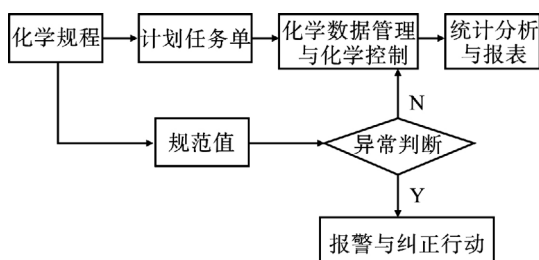


图 1 核电厂化学管理系统流程图

Fig. 1 Flow Chart of NPP Chemical Management System

### 2.1 主要功能简介

化学管理系统主要包括模拟图、计划管理、数据管理、统计、分析和计算、报表生成、基础数据维护和系统管理等功能模块。

**模拟图功能：**在核电厂化学系统图上定义和管理取样点，并将监测项目与监测值相关联。动态显示当前核电厂化学监测参数的值。

**计划管理功能：**化学管理系统依据核电厂化学大纲和化学规程，将取样分析、化学各种任务分解为全年计划和任务单，在此基础上生成每一天的取样分析任务单，化学人员根据每日取样分析任务完成当天的取样和分析工作。

**数据管理功能：**对各种化学监测数据进行分类处理与管理，对定期分析和临时增加的监测参数进行区别处理。数据可采用图形和表格相结合的方式查询，对重要参数可以查询运行区域；根据核电厂化学管理需求生成化学日报、周报、月报、临时监测分析报告等。

**统计分析 & 计算功能：**

(1) 计算任意时段厂关键系统的重要化学控制参数的平均值、最大值、最小值；将监测值与控制目标的值进行比较，量化核电厂化学控制的状况。

(2) 计算任意时间段的世界核运营者协会化学指标值。

(3) 蒸汽发生器的阳离子电导率累计值的计算，可计算任一时间段的阳离子电导率累计值，并给出计算结果是否合格的提示。

(4) 计算一回路冷却剂系统在 25、300、310 的 pH, 根据当前运行中的 Li 和 B 值, 通过查表插值计算当前 pH 值。

## 2.2 主要作用

核电厂的化学管理系统的应用提高了化学人员工作效率, 规范了核电厂化学管理程序和管理过程, 是核电厂化学管理的有效工具。

对化学监测数据有效的管理, 可实现核电厂调试、运行及各种工况下的化学监测数据有效管理, 为监测参数异常趋势分析和设备老化分析提供了基础数据和依据。在化学参数的监测值超出该系统化学控制运行手册所规定的控制指标时及时提醒, 并给出纠正异常水质的提示。用于计算 B-Li-pH 值关系的拟合公式, 解决了 B-Li-pH 之间的计算以及换算问题, 图形显示监测值的运行区间。实现实验室质量控制图的动态维护和管理, 提高实验室质量控制分析数据的可靠性。对化学规范的限值、期望值进行数据化管理, 并在化学监测数据的录入和审核过程中提供数据的有效性校验和验证。

## 2.3 应用简介

中核集团核动力运行研究所先后为秦山第二核电厂、江苏田湾核电有限公司开发了化学管理系统, 目前正在为福清核电厂开发化学管理系统。核电厂的化学管理系统的开发和使用, 整体上提高了化学管理工作的效率, 促进核电厂化学管理的规范化, 该系统的使用在核电行业起到了较好的示范作用, 同时也为开发核电厂化学异常专家诊断系统、化学指标分析以及评价等深入专题性研究进行了技术积累。

## 3 人工智能化学诊断技术

人工智能化学诊断技术是以化学数据的采集和处理为基础, 在监测化学参数的变化和报警时, 通过专家知识来诊断监测仪表和设备在运行中的故障, 有助于减少由于蒸汽发生器传热管腐蚀破损和其他原因引起的核电厂停堆时间。所以, 应用人工智能化学诊断技术, 是保证核电厂发电机组经济、安全运行的重要手段。我国在役的核电厂目前已完成了化学数据有效的管理, 人工智能化学诊断这项技术在我国在役核电厂化学管理中尚未得到推广和使用。据报道, 美国电力研究协会、西屋公司和日本的核电厂已研制出较先进的

人工智能化学诊断技术, 成功地应用于核电厂二回路设备故障的自动诊断。

人工智能化学诊断技术是一种计算机专家系统, 能判断被监测的系统发生异常, 提出纠正措施和建议, 比其他的方法来得更迅速。专家诊断系统包括监测数据库、知识库、报警信息库、结果解释等数据库; 启动人工智能监测程序后, 即启动推理, 根据异常数据得出结论并生成报告, 通过人-机接口展现结果。诊断技术大致可设计为以下 3 类:

(1) 初级诊断功能主要是针对各项在线监测数据, 首先对监测数据与各监测数据的规范值进行比较, 返回比较结果, 提示异常数据, 分析异常原因和处理建议, 对异常的变化做出及时响应。

(2) 中级监测诊断对某监测参数进行链式诊断, 如二回路水的 pH 值、蒸汽发生器的 pH 异常, 可逐级查找到给水、凝结水和补给水等, 以确定最终问题的发生部位。

(3) 较为高级监测诊断可对核电厂维持严格的化学控制, 将目前已知二回路系统设备的故障一一列举, 分析引起的原因, 把该领域的专家知识和经验集中起来, 编制完整的诊断规则, 根据规则建立专家知识库。定期或根据实时报警启动人工智能监测, 可根据在线仪表提供的信息及部分离线监测数据信息对照知识库的规则进行推理, 对化学工况做出严密的监测与诊断, 找出问题的答案。实际上, 专家知识库的建立是人工智能化学诊断关键, 知识库应设计为开放的, 用户可以根据运行经验的提高, 逐步进行完善和补充。

研究和利用专业人员的知识, 根据专家的知识建立化学专家知识库, 通过管理软件的设计, 实现人工智能诊断技术, 从而实现化学数据异常地快速诊断。核电厂的化学水质自动诊断专家系统, 通过不断地对系统和设备运行自动监测和自动的判断, 保证核电厂安全、可靠、经济地运行。

## 4 结束语

核电厂的化学管理系统可对重要的化学监测参数进行图形化处理, 引入人工智能化诊断后, 通过不断地对系统和设备运行自动监测和自动判断, 以保证核电厂安全、可靠、经济地运行。

## Analysis on NPP Chemistry Management System

Fan Weiwei

Research Institute Nuclear Power Operation, Wuhan, 430223, china

**Abstract:** The major function, action and flow chart of chemical management system for a nuclear power plant is introduced in detail, and its application in the world is illustrated. Referring to years of experience in the development of the chemical data management system in nuclear power plants, this paper discusses how to achieve the purpose of rapid identification and diagnosis by the application of artificial intelligence technology and chemical anomaly data, to meet the needs of plant operation, achieve the aim of safe, reliable and economical operation of nuclear power plants.

**Key words:** Nuclear power plant, Chemistry data management system, Expert diagnosis system

作者简介：

范玮玮（1962—），女，工程师。2000年毕业于中国地质大学计算机科学与技术专业。现主要从事核电厂运行经验的研究。

（责任编辑：黄可东）

---

（上接第 130 页）

作者简介：

刘鹏亮（1981—），男，高级工程师。2008年毕业于上海交通大学机械设计及理论专业，获硕士学位。现主要从事控制棒驱动机构性能分析研究。

周建明（1972—），男，高级工程师。1995年毕业于四川轻化工学院机械设计与制造专业，获学士学位。现主要从事控制棒驱动机构设计和制造研究。

吕永红（1976—），男，高级工程师。现主要从事控制棒驱动机构研发和核电厂技术改造管理工作。

（责任编辑：孙 凯）