

炼化装置腐蚀信息综合分析系统的设计与实现

李启锐¹, 邱波², 彭志平¹

(1. 广东石油化工学院 计算机与电子信息学院, 广东 茂名 525000;

2. 中国移动通信集团广东有限公司 茂名分公司, 广东 茂名 525000)

摘要:某石化公司目前的炼化装置腐蚀信息管理系统存在功能不足、扩展性不强、数据集成度不高等问题。通过对该公司的腐蚀信息管理进行深入的需求分析,以数据流图技术进行系统数据分析,以E-R模型进行系统数据结构设计,以模块化技术进行系统功能设计,以灰色理论技术建立腐蚀预测模型。设计完成后以Java EE、AJAX等开发技术实现了一个新的炼化装置设备腐蚀信息综合分析系统。系统对不同装置设备的腐蚀数据建立了统一的数据结构和程序接口,具有可扩展性强、数据整合量大、数据智能分析等特点。实际应用结果表明,系统可以直接获取各种常用的腐蚀数据及报表,自动对腐蚀趋势进行分析与预测,为科学制定检修计划提供依据,大大提高该公司的腐蚀管理工作的效率和水平。

关键词:炼化装置设备;腐蚀信息;综合分析;模块化;E-R模型;灰色理论;预测

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)12-0156-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.12.035

Design and Implementation of Corrosion Information Comprehensive Analysis System for Refining Device

LI Qi-rui¹, QIU Bo², PENG Zhi-ping¹

(1. College of Computer and Electronics Information, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China;

2. Maoming Branch of China Mobile Group Guangdong Co., Ltd., Maoming 525000, China)

Abstract: A petrochemical company's corrosion management system has some problems, such as insufficiency of function, low expansibility, low data integration and so on. A requirement of this company's corrosion management was analyzed deeply. A new corrosion information comprehensive analysis system for refining device was designed and implemented. The system's data was analyzed by data flow diagram. The system's data structure was designed by E-R model. The system's functions were designed by modeling. The corrosion predicted model was established by gray theory. The system was implemented by some software techniques like Java EE and AJAX. The unified data structure and program interface for different refining devices were created. The system has strong expansibility, high data integration and intelligent analysis. The system's application results show that a variety of commonly used corrosion data and reports can be obtained directly, and corrosion trend is analyzed automatically so that it can provide the scientific basis for the maintenance plan. The system can greatly improve the efficiency and quality of the company's corrosion management.

Key words: refining device; corrosion information; comprehensive analysis; modularizing; E-R model; gray theory; prediction

0 引言

炼化装置设备由于经常与强腐蚀介质接触,又常在高温、高压、高流速下进行工作,所以腐蚀特别严重^[1]。这些腐蚀是造成石油化工设备或装置运行周期短的重要原因,更会危及装置的安全平稳运行^[2]。早期,炼化企业的设备防腐管理停留在文字档案的记录上,而且一般的炼化企业生产基地不集中,生产装置设

备数量较大,使得腐蚀防护管理工作非常烦琐,难以到位。随着企业信息化的不断发展与完善,许多炼化企业加强了对腐蚀信息化的研究和开发。目前,已有不少针对炼化企业的腐蚀数据库系统,例如清华大学王日中建立的炼油设备硫腐蚀数据库系统、金陵石化公司炼油厂设备研究所建立的“一脱四注”工艺防腐数据库管理系统、克拉玛依石化公司编制的储油罐数据

收稿日期:2015-03-01

修回日期:2015-06-04

网络出版时间:2015-11-19

基金项目:茂名市科技计划项目(2012B01036,201323);茂名市石油化工腐蚀与安全工程技术研究开发中心开放基金资助课题(650011)

作者简介:李启锐(1982-),男,讲师,硕士,研究方向为石油化工智能信息系统;彭志平,教授,博士,研究方向为石油化工智能信息系统。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151119.1107.008.html>

管理系统等。这些系统的投入使用极大地提高了企业设备防腐蚀管理的水平,实现了防腐蚀技术与防腐蚀管理的结合,为装置的安全长周期运行发挥了积极作用^[3]。但是,这些系统往往以某设备或某类特定设备为中心进行腐蚀信息管理,扩展性不强,当需要整合其他不同种类的设备时容易产生数据不统一的问题,升级维护困难;另外,系统信息的集成度不高,各种数据不能很好关联,相关技术人员和公司管理人员无法及时快速掌握设备运行情况。

针对以上存在的问题,文中以某石化公司炼油分部装置设备的腐蚀数据为研究对象,结合国内外研究工作和生产实际开展腐蚀数据分析与建模、腐蚀信息图形化管理、装置设备腐蚀趋势分析预测等方面的研究工作,设计实现了腐蚀信息综合分析系统。系统对腐蚀数据结构进行了提炼和抽象,建立了统一的数据模型;对程序结构进行了优化,形成了统一的程序接口。系统成功把该公司炼油分部的 47 套不同的装置设备和 15 个生产车间的 450 座大型储罐的基础数据、腐蚀案例、腐蚀大修调查报告、定点测厚报告等日常防腐数据进行了整合,并应用灰色理论等人工智能技术对腐蚀数据进行分析,计算出设备的腐蚀变化趋势。系统投入运行后,该公司防腐工作效率和效果有了明显提高。

1 系统分析

1.1 需求分析

系统需求分析是软件开发的一项必不可少的工作,不论采用何种开发技术,首先得彻底地了解 and 弄清系统在功能、性能及环境方面的用户需求,以保证开发出来的应用系统真正地满足用户需求^[4]。

系统的需求分析如下:基于 Web 技术;系统用户分为大修管理员、设备管理员、测厚管理员、系统管理员和普通用户五种,各类用户具有不同的权限;实现各套装置及 5 类设备(塔、泵、炉、容器、换热器)基本信息维护;实现装置流程图的分级展示;实现测厚数据图形化展示;实现设备的大修数据维护;实现测厚点和测厚数据维护;实现腐蚀案例维护;实现腐蚀数据智能分析,显示设备的腐蚀趋势。维护包括对数据的增加、删除、修改、查询及各类报表自动生成。

1.2 数据流分析

数据流图(Data Flow Diagram, DFD)是描述信息系统逻辑模型的一种结构化分析工具,以图形的方式反映系统中信息的流动、处理和存储情况,反映系统必须完成的逻辑功能,是一种功能模型。它运用分解及抽象手段来控制需求分析的复杂性,采用分层的数据流图反映复杂系统的结构关系^[5]。

系统涉及的腐蚀数据量较大,数据的处理过程较为复杂,为了提高数据流图的清晰程序,一共设计了四层数据流图。其中顶层数据流图如图 1 所示。

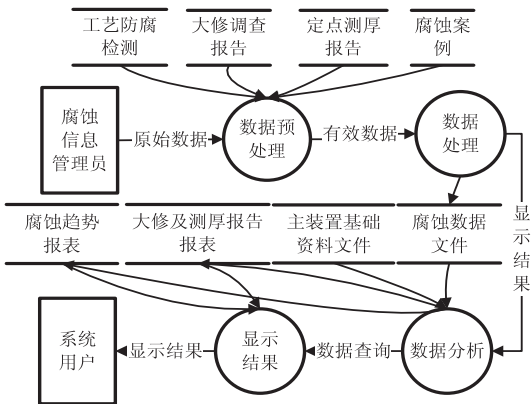


图 1 系统顶层数据流图

2 系统设计

2.1 系统功能模块设计

在系统需求分析的基础上进行系统功能分析与模块设计。应用模块化原理对系统的功能进行分解,分解过程按照高内聚、低耦合的原则进行,尽可能提高模块的相对独立性。

系统的功能结构图如图 2 所示。

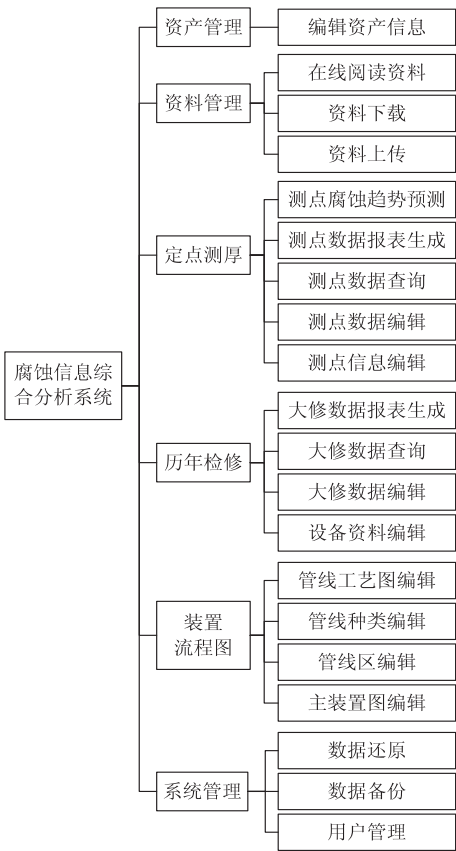


图 2 系统功能结构图

系统主要包括六个模块。
(1) 系统管理模块实现用户的添加、修改、删除、

权限分配等。权限分配、数据备份、数据还原仅由系统超级用户完成。

(2) 装置流程图模块实现四级图形菜单导航。应用此导航,用户只需要通过鼠标点击装置流程图,可迅速查询各区域(如减压塔、减压炉等)内某条管线的基本资料、腐蚀历史数据及腐蚀趋势图。

(3) 历年检修模块的主要功能包括塔类、炉类、换热器类、容器类和泵类共 5 类设备的基础信息和大修数据的维护,对大修数据汇总分析、生成大修调查报表等。

(4) 定点测厚模块的主要功能有测厚点基础信息及其测厚数据维护。由于测厚点和测厚数据量较大,该模块提供了使用 Excel 表进行数据导入功能。该模块还实现腐蚀数据的计算分析,对腐蚀程度进行分类显示,生成腐蚀趋势分析图,从而为腐蚀防护人员提供决策支持。

(5) 装置资料管理模块对腐蚀相关进行分类管理,除了普通的文件维护管理外,还提供了在线查看功能,可支持的文件类型包括有 Word、Excel、PowerPoint 和 PDF 文档。

(6) 资产管理模块对该装置的相关信息进行添加、修改、删除和查询。

2.2 数据结构设计

数据结构是一个信息系统的基础,一个良好的数据结构设计,对系统的数据一致性、健壮性、可维护性和编程的方便性有着重要影响。根据现场调研与需求分析可知,本系统的腐蚀数据主要包括装置设备的基础资料和腐蚀历史监测数据。

装置设备的基础资料主要包括装置本身、装置设备、工艺管线和储罐设备。装置设备有塔、容器、换热器、泵、炉,这 5 类的档案资料主要包括名称、设备编号、型号、规格、介质、温度、压力等;工艺管线的管道名称、编号、测厚线名称、压力、温度、规格、材质、测厚点数等;储罐是盛装各种原油产品的容器,其档案资料主要有罐区号、防腐涂料、材质、罐形、介质、温度、测厚点数等;装置的测厚点与储罐的测厚点档案资料基本相同,主要有编号、名称、部位类型、材质、规格、安全厚度等。

腐蚀监测数据主要有两大类:一是大修调查报告,二是定点测厚。大修调查报告与装置的设备种类相关,一种设备可能有多份大修调查报告,调查报告的内容主要有大修日期、检测人员、腐蚀类型、腐蚀情况、检测情况和现场图片等;定点测厚报告与工艺管线的测厚点相关,一个测厚点可能有多份测厚报告,测厚报告的内容主要有检测日期、测点温度、实测厚度、备注等。

文中系统需要将 47 套装置和 450 座大型储罐的

腐蚀数据进行整合。每套装置的结构各不相同,有的复杂,有的简单。经过深入分析,为它们建立统一的数据 E-R 模型,如图 3 所示。

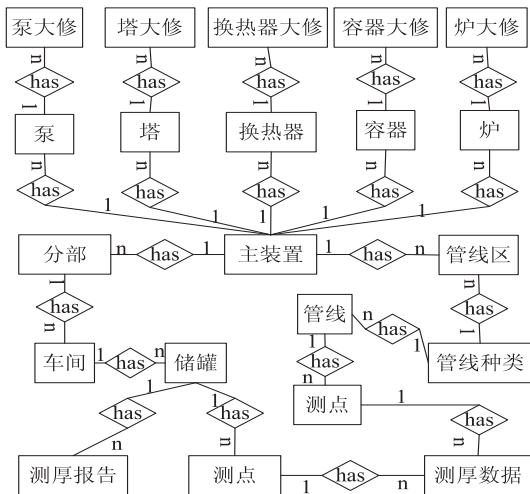


图 3 系统 E-R 模型图

由于涉及到的实体较多,图 3 中只列出了最主要的实体以及实体与实体之间的联系,实体的属性及部分外围数据实体在此不做详述。

在得出系统 E-R 概念模型的基础上,根据 E-R 模型与关系模型的转换规则,即可建立关系数据库管理系统所支持的逻辑数据模型,从而得到系统的数据存储结构。

2.3 系统流程设计

按照规划,文中系统最终目标是实现某石化公司腐蚀信息的系统化、规范化和自动化管理。该石化公司按照功能业务不同分为炼油分部、化工分部、港口分部、铁运分部、水务运行部、动力厂六大部门,每个部门有不同数量的装置和设备。为了便于管理,系统把菜单分为两级,一级菜单为部门,二级菜单为装置设备。系统的总体操作流程如图 4 所示。

2.4 腐蚀趋势预测模型设计

目前预测方法较多,有蠕变损伤预测、疲劳寿命预测、神经网络寿命预测、灰色系统预测和模糊预测,而灰色系统预测由于其理论的成熟和预测的广泛而应用较多,成为结构和机械系统寿命预测的理想方法^[6]。文中使用灰色系统预测方法。

灰色预测是基于灰色动态模型 (Grey Dynamic Model, GM 模型) 的预测^[6]。建立 GM 模型要求原始数据序列 $\{X^{(0)}(k)\} (k = 1, 2, \dots, n)$ 为光滑函数。对原始数据序列经过一次累加得到 $\{X^{(1)}(k)\} (k = 1, 2, \dots, n)$, 对累加结果序列建立灰微分方程、计算二级参数包 (C, D, E, F) 、计算发展系数 a 和灰作量 b 、累加还原等步骤后可以建立如下 GM(1,1) 预测模型^[7-12]:

$$x^{(0)}(k+1) = (1 - e^a) \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} \quad (1)$$

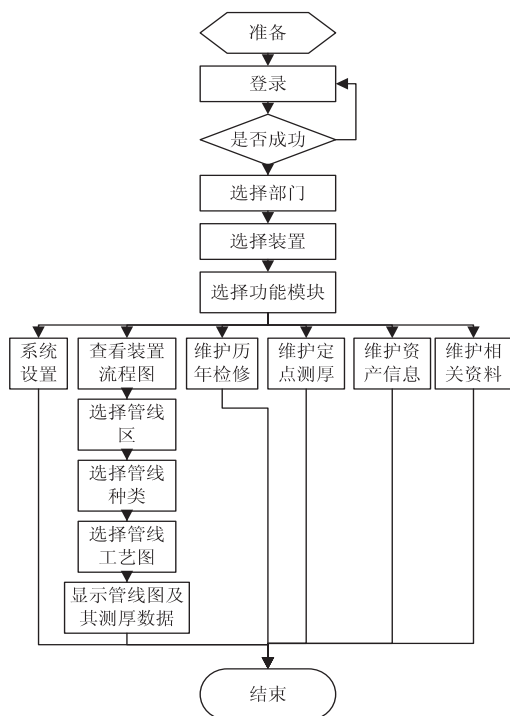


图 4 系统总体流程图

其中:

$$a = \frac{CD - (n-1)E}{(n-1)F - C^2} =$$

$$\frac{\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - (n-1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^2 - \left[\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \right]^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{DF - CE}{(n-1)F - C^2} =$$

$$\frac{\sum_{k=2}^n x^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^2 - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^2 - \left[\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \right]^2} \quad (3)$$

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad (4)$$

由以上分析可知,预测模型的输入为原始数据序列、输出为预测值。因此,可以将其设计为一个独立的业务逻辑模块,接收系统传输过来的原始数据序列,经过模块内部计算后把预测结果返回给调用模块。

2.5 系统软件架构设计

MVC 设计模式目前比较流行。基于 MVC 设计模式的软件架构对系统中所有应用程序的输入、处理和输出进行强制性分离,将其分割为模型 (Model)、视图 (View) 及控制器 (Controller) 三大核心部分,分别担负相应的任务,这三部分以低耦合、低编码关系的方式进行协同工作。

文中系统软件的架构基于 MVC 设计模式,以增加

代码的重用性,减少耦合,提高系统应用开发的可扩展性以及可维护性。

3 系统实现

3.1 软件环境和技术

系统实现以 My Eclipse 作为集成开发环境,以 Tomcat 作为应用程序服务器,以 MySQL 为数据服务器,系统的编程技术基于 Java EE 的三大轻量级框架 SSH (Sturts2、Spring、Hibernate),综合使用 Ajax、Flash、JQuery、HTML5 等先进应用 Web 技术提高页面的用户体验效果。

3.2 维护装置流程图

炼化装置由于设备众多,管线的名称和测点的编号不容易被人所熟记。为便于用户方便、快捷、直观地对数据进行管理,对装置腐蚀状况的全面、正确的掌握,一般腐蚀信息管理系统中会提供装置的工艺管道仪表流程图,在流程图设置相应管线、腐蚀检测点。但是装置的管线繁多,并不容易准确查找并点击选择某条管线。

文中系统在设计和实现过程中把装置单一的 PID (Piping & Instrument Diagram) 图分解为工艺流程图→管线区→管线种类→管线单体图的四级导航,把一个大粒度的 PID 图逐步细化求精,最后到达小粒度的单体图和测厚点^[13]。选择某套装置时首先显示出该装置的整体工艺流程图,同时列出该装置已经划分的管线区;选择某个管线区后在页面的左侧以菜单树的形式列出管线种类及其包含的管线单体图;选择某个管线单体图后在主界面列出该管线的示意图及其测点历史测厚信息。整个查询过程层次分明、直观、易懂、易用。装置流程图、管线区、管线种类、管线单体图可以动态进行增、删、查、改操作。

3.3 维护历年检修

这个模块提供对装置的 5 类设备及其检查情况的数据进行维护。这 5 类设备的数据维护方式基本一致,为减轻实现代码量,提高代码的重用性,使用了统一的程序接口。在操作数据库的接口方法提供统一的 Dao 方法,方法中接收装置 id、设备 id 等作为参数。数据的维护方式有两种:一种是手工在页面上逐条进行;一种是根据页面提供的数据模板,批量进行,如数据的导入。

3.4 测厚信息的维护

测厚信息包括测点数据及测点历史测厚数据。与历年检修类似,同样提供两种维护方式:手工逐条进行和批量操作。但是,该模块还涉及到测厚数据的分析和预测测厚点的腐蚀趋势。

预测算法使用了一个名为 GM11 的 Java 类来实

现,该类中把算法的输入(原始数据序列)、输出(预测结果序列)、中间值(发展系数、灰作用量、二级参数包、累加序列)等设置为该类的成员变量,在构造方法中对它们进行初始化,通过类的 AGO()、getZ1()、getC()、getD()、getE()、getF()等方法实现累加、计算白化背景值和二级参数包,在 getForecastedValue() 方法进行预测值计算。该类在用户选择查看测点腐蚀趋势图时被相应的业务逻辑类调用,并把结果返回到表示层,最后在页面中呈现,如图 5 所示。

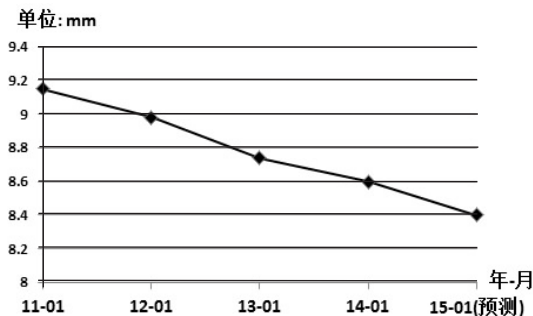


图 5 测点的腐蚀趋势图

3.5 维护相关资料

采用 JQuery 的一个上传插件和 Flash 的上传进度条来上传文件^[14]。专门设置一个文件下载类,该类以文件号为主键从数据库把随机文件名、真实文件名以及文件存储位置查找出来,生成下载链接地址后传给客户端。文件查看时参照百度文库的方式:当用户上传文件时调用 openoffice.org 的系统服务将 office 文档转换为 pdf,然后调用 swftools 将 pdf 转换为 swf,最后在浏览页面使用 flexpaper 浏览 swf 文件。

3.6 维护资产信息

该模块主要记录资料的基本情况,采用普通的表格和表单实现。装置的描述信息一般情况比较多,并且涉及到信息的格式化显示,如设置一级标题、二级标题、加粗等样式,普通的表单字段无法实现。因此,该信息在数据库使用 longtext 类型的字段进行保存,在页面中使用 CKEditor 插件进行维护。程序中首先在 web.xml 中配置该插件的 servlet;然后在 JSP 页面通过 <%@ taglib prefix = "FCK" uri = "http://java.fckeditor.net" %>标签将该插件的标签库引进来;最后在 JSP 页面中使用 <FCK:>标签在表单中调用该插件。

4 结束语

炼化装置设备腐蚀信息综合分析系统于 2012 年成功应用于某石化公司炼油分部的三号常减压等 7 套装置,2013 年推广到炼油分部的全部 47 套装置和 450 座大型储罐,现正在推广到化工分部。

该系统投入前,要取得完整的腐蚀数据必须从


RBI、Limis 等系统中分别抽取后再整合,耗费的人力和物力资源较多。系统投入运行后可以直接获得所需要的各种数据和报告,节约了大量工作时间,减少了纸张等资源的浪费。此外,系统帮助腐蚀防护工作人员及时判断设备管道腐蚀状况,根据腐蚀趋势提前做好各种防护措施,减少因设备腐蚀意外停工,提高了生产的安全性。有了该系统,腐蚀的防护工作可以更加规范和标准,工作效率更高,能够产生更大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 牟义慧. 炼油设备的腐蚀与防护[D]. 大庆:东北石油大学,2011.
- [2] 李一曼,周三平,李涛. B_S 模式石化腐蚀数据管理系统趋势图设计与开发[J]. 腐蚀与防护,2011,32(3):232-235.
- [3] 许述剑,刘小辉. 炼化企业防腐蚀信息化管理系统的研发与展望[J]. 腐蚀与防护,2010,31(3):188-192.
- [4] 白铁成,姚江河. 一种红枣生产管理资源共享平台的设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2015,32(1):89-92.
- [5] 闫俊伢. DFD 在软件需求分析中的应用[J]. 计算机教育,2012(19):86-88.
- [6] 阮晓刚. 常减压装置腐蚀机理研究与可靠性分析[D]. 成都:西南石油大学,2005.
- [7] 李启锐,陈晓龙. 炼厂常减压装置管线腐蚀速率的灰色预测[J]. 腐蚀与防护,2014,35(8):852-855.
- [8] 杨华龙,刘金霞,郑斌. 灰色预测 GM(1,1)模型的改进及应用[J]. 数学的实践与认识,2011,41(23):39-46.
- [9] Liu Sifeng, Forrest J, Yang Yingjie. A brief introduction to grey systems theory[J]. Grey Systems: Theory and Application, 2012,2(2):89-104.
- [10] Huang Changmei, Shen Weihua, Xiao Xiaocong. Research on construction and application of the GM(1,1) forecast model of Olympics track and field achievements[J]. Grey Systems: Theory and Application, 2012,2(2):178-196.
- [11] Lin Z C, Lin W S. The application of grey theory to the prediction of measurement points for circularity geometric tolerance[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2001,17(5):348-360.
- [12] Tsai Ming-Tiem, Hsiao Shih-Wen, Liang Wen-Ko. Using grey theory to develop a model for forecasting the demand for telecommunications[J]. Journal of Information and Optimization Sciences, 2005,26(3):535-547.
- [13] 李启锐,龙添昌,王松钦,等. 石化装置设备腐蚀数据的图形化展示技术研究与应用[J]. 石油化工设备技术,2015,36(2):51-55.
- [14] 郑越航,庾善日,罗丽娟,等. 石化装置设备防腐信息分析仿真系统的设计与实现[J]. 广东石油化工学院学报,2013,23(1):22-25.

炼化装置腐蚀信息综合分析系统的设计与实现



作者：[李启锐](#), [邱波](#), [彭志平](#), [LI Qi-rui](#), [QIU Bo](#), [PENG Zhi-ping](#)
作者单位：[李启锐, 彭志平, LI Qi-rui, PENG Zhi-ping \(广东石油化工学院 计算机与电子信息学院, 广东 茂名, 525000\)](#), [邱波, QIU Bo \(中国移动通信集团广东有限公司 茂名分公司, 广东 茂名, 525000\)](#)
刊名：[计算机技术与发展](#) 
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2015, 25 (12)

引用本文格式: [李启锐. 邱波. 彭志平. LI Qi-rui. QIU Bo. PENG Zhi-ping 炼化装置腐蚀信息综合分析系统的设计与实现](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015 (12)