

# 石油类危化品实时巡检系统<sup>①</sup>

汪和平, 崔晓颖, 王付宇

(安徽工业大学 管理科学与工程学院, 马鞍山 243032)

**摘要:** 提出了基于 GIS、GPS、GPRS 和无线传感网络技术的石油类危险化学品油气管道监控系统结构及该系统的软件架构和功能设计。该系统利用无线传感网络、GPS 和 GPRS 技术对油气管道进行实时跟踪巡检预警, 利用地理信息系统实现对石油类危险化学品查询、综合分析、动态管理等功能, 从而为石油类危险化学品安全监测提供科学依据, 对减少事故发生或伤亡损失具有重要的现实意义。

**关键词:** 危险化学品; 物联网; 安全监控系统; 实时巡检

## Petroleum of Dangerous Chemicals Intelligent Inspection Systems

WANG He-Ping, CUI Xiao-Ying, WANG Fu-Yu

(School of Management Science & Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243032, China)

**Abstract:** The structure of safety monitoring system for petroleum hazardous chemicals based on GIS, GPS, GPRS and wireless sensor network technology is presented in this paper, as well as the system's software architecture and function design. The system conducts real-time pipeline inspections on oil and gas pipelines by using wireless sensor network technology, GPS and GPRS technology. It accomplishes the query, comprehensive analysis and dynamic management on petroleum hazardous chemicals by using geographic information system, so as to provide scientific basis for the safety monitoring of petroleum hazardous chemicals. It has important practical significance for reducing the occurrence of accidents or loss of casualties.

**Key words:** hazardous chemicals; Internet of things; security monitoring system; real time inspection

近年来, 随着我国经济的发展和工业的崛起, 石化行业迅猛发展。但是由于石油类危化品的巡检不到位, 导致危化品泄露进而引发爆炸、火灾、环境污染等重大事故时有发生, 事故的发生对人口密集区域附近的道路、居民区、行人、房屋设备等构成潜在威胁, 由此造成的人员伤亡和财产损失也是巨大的。例如, 2013年11月22日, 中石化管道公司输油管线破裂, 造成原油泄漏, 发生爆燃, 事故造成55人死亡, 9人失踪, 145人受伤住院, 约2000平方米路面被原油污染。此事故发生后, 引起了各界的高度重视。在这次事故中暴露出的主要问题之一就是: 企业对输油管道疏于管理, 造成原油泄露, 所以对石油类危化品运输过程中的巡检不可忽视。为有效减少事故的发生, 亟需设计一套基于物联网感知技术的实时动态巡检系统。

根据《BP 能源展望 2030》预测: 中国作为促进世界是要消费增长的最大来源, 将在 2030 年取代美国成为世界最大的石油消费国, 因此国家将会更加重视石油的储运<sup>[1]</sup>。目前从国内来看, 石油类危险化学品运输方式主要有管道运输、水路运输、铁路运输、公路运输四种。对石油类危化品运输来说, 管道运输有其独特的优势, 管道运送具有不必转运、损耗极低、风险小、对环境污染小、能长时间接连安稳运转、受恶劣气候影响小、建造费用低、便于管理等优势。所以, 在国内四大运送方式中, 管道运输是最佳的选择。巡检又是预防管道运输事故发生的最有效的方法之一。因此, 本研究拟设计一套石油类危化品实时巡检系统, 使巡检过程有章可循, 有据可依, 从而确保石油类危化品企业的安全运营和社会的安全发展。

<sup>①</sup> 收稿时间:2015-07-21;收到修改稿时间:2015-09-28

### 1 物联网技术的国内外研究现状

在国内外,已有大量围绕物联网感知技术来监控石油类危化品并建立了相对应的预案系统,石油类危化品安全监测的相关研究也引起了大家的广泛关注.在理论研究方面,董爱军等在综述物联网国内外发展现状趋势的基础上,分析了物联网的技术体系和应用现状,提出了物联网产业化发展的体系构架和相关建议<sup>[2]</sup>.顾晶晶等基于无线传感器网络拓扑结构,研究了如何利用错误数据实现物目标定位问题<sup>[3]</sup>.Keith认为,传统的数据库难以处理海量的物联网数据,如何高效处理海量的物联网数据是该领域的研究挑战<sup>[4]</sup>.在应用研究方面,徐一旻等探讨了基于物联网的新一代智能交通管理系统的技术架构,为识别和管理好公路网中最脆弱和最重要路段提供了理论依据<sup>[5]</sup>.王晓亮等研究物联网相关技术在我国铁路运输领域的应用<sup>[6]</sup>.田晶晶等研究了物联网中的汽车超载动态预警系统,并采用位移传感器构造了一种高精度的汽车过载动态监测装置<sup>[7]</sup>.

论文提出基于物联网感知技术的石油类危险品实时巡检系统,能够实现巡检系统低成本、低功耗、远距离传输等问题,实现石油类危化品运输过程物品及设备状态的实时巡检,而且信息可以共享以便及时发现安全隐患,对石油类危化品的安全运输有着重大意义.

### 2 系统总体结构

传统的管道巡检工作一般采用人工巡视、手工记录的方式,由于巡检人员素质参差不齐、责任心不强,经常会出现空班、漏检现象,一些安全隐患不能及时发现,造成人为的安全事故.此外,还存在无法现场指导、管理成本高等缺点<sup>[8]</sup>.本文基于石油类危险化学品管道运输的需求和特殊性,设计了一套基于物联网架构下的 Zigbee/RFID 融合技术、移动 GIS、GPS、GSM(GPRS、CDMA)或 3G/4G 多项技术为一体的石油类危化品智能实时巡检系统.此系统通过集成 Zigbee/RFID 融合技术、移动 GIS、GPS、GSM(GPRS、CDMA)或 3G/4G 多项技术,将地理信息、图片信息、物品状态信息、视频信息、巡检等信息通过一个可随时查询各信息的巡检平台,把各种技术的优势发挥到最大,实现随时随地巡视设备运行的状态,及时发现问题并解决,有效的减少了事故的发生,保障了管道

运输的安全性.系统总体结构如图 1 所示.

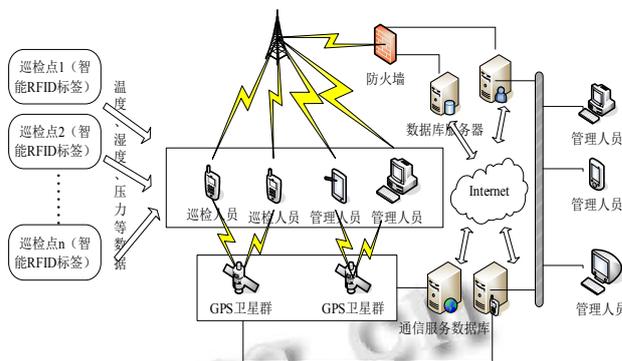


图 1 系统总体示意图

### 3 系统介绍

#### 3.1 系统设计的关键技术

物联网(简称 IOT)是通过传感器、射频识别技术、全球定位系统等技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息,通过各类可能的网络接入,实现物与物、物与人的泛在链接,实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理.基于物联网感知技术的石油类危化品实时巡检系统是以 ZigBee/RFID 融合技术、GPS 技术、移动 GIS 技术以及数据处理技术等物联网技术为基础,建立石油类危化品实时巡检监管平台,系统采用统一的数据接口,提供无缝移动管理,使各个相关部门可以进行实时信息共享和交换,强化石油类危化品后期各个环节的安全监管,从根本上减少石油类危化品事故的发生.系统的组成和框架如图 2 所示.

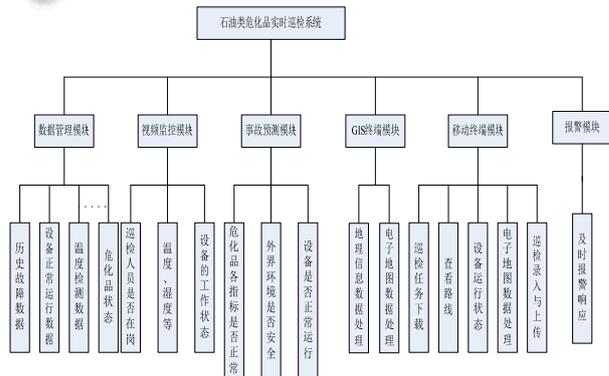


图 2 系统的组成及其框架

#### 3.2 系统的整体功能

系统的总体目标是以 ZigBee/RFID 融合技术、GPS

技术、移动 GIS 技术以及数据处理技术等物联网技术为基础,建立石油类危化品实时巡检监管平台,利用多种技术的优点以及移动设备的便捷,来实现石油类危化品方便、快捷、精准、实时等特点,全面提高石油类危化品管道巡检效率.系统要实现的功能如下:

#### (1)实时定位精确,信息全面准确

系统根据已保存的管道 GIS 数据信息,通过 GPS 卫星、GPRS、3G/4G 网络以及移动 GIS 来监督巡检人员的行进路线以及管道设备的位置及情况,既可以监督巡检人员又可以对物品及管道设备的状态进行实时监控,保证了巡检工作高效的进行.

#### (2)实现数据实时传输,及时发现问题并采取措施

巡检人员在工作时,因为随时携带的移动设备有定位系统,采集的设备及物品的各种信息数据通过 GPS 和移动 GIS 实时传输至监控终端,如果遇到问题,管理人员结合监控终端的信息以及巡检人员采集的信息结合考虑,能够及时做出相应的处理措施.

#### (3)实现远程移动办公

首先需要工作人员根据以往的数据和经验制定巡检方案,上报给管理人员审批,在得到管理人员认可后,由管理人员在管理终端创建巡检任务,然后由巡检人员下载至其移动设备,然后登陆其相应的账户,根据任务路线进行设备及物品的智能 RFID 信息采集,再通过网络反馈至管理人员终端由专职人员进行分析,若出现异常,则由管理人员做出相应的决策以及把信息发送给维修等相关部门,开始检修.若无异常,数据会被相应的保存,检查验收完成后结束任务.

#### (4)系统要有一定的安全性

在保证系统的实用性和先进性的同时,一定要保证系统的安全性.每一级要有对应的权限,不能越级查看,经过身份认证后才可以登录到系统中,管理人员不能随意修改采集到的数据信息,只有专业人员才可以根据情况修改,输入的信息自动备份,所有项目要有加密处理.

### 3.3 系统的组成

根据总体框架结构及石油类危化品需求的分析,基于物联网感知技术的石油类危化品实施巡检系统包括采集层、传输层、存储层、处理层、应用层五个层次.具体如图 3 所示.

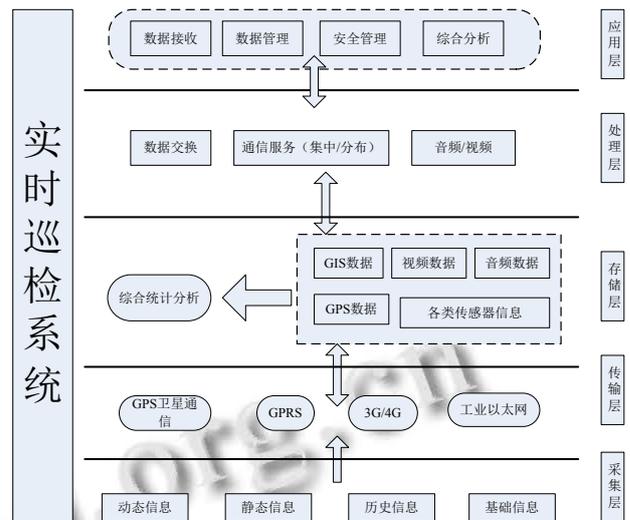


图 3 功能系统图

采集层包括智能 RFID 设备,以及巡检人员的移动设备,为整个系统采集所需要的信息,保证监控平台的稳定运行.传输层主要包括 GPRS、3G/4G 等传输网络,主要作用是对采集层所采集的信息进行传输.存储层则为采集层和传输层的数据进行存储,并对其进行处理、分类、分析.处理层是存储处理以上三层的信息,其数据主要包括本地系统的数据库、监控系统的基础数据和地理信息数据、维检信息数据、预警信息数据.主要来自采集层和传输层为监控平台提供的信息.以上这些数据经过优化处理为服务层提供服务.应用层涵盖数据接收、数据管理、安全管理、综合分析四大部分,通过应用层,各个用户可以根据自己的需要获得不同的应用.

### 3.4 实时巡检平台及相关模块

实时巡检系统是对相关的管道、人员及周边环境等其他与安全有关的事物的监测,它包括数据管理模块,视频监控模块,事故预测模块,GIS 终端模块,移动终端模块和报警模块等,能够实现 24 小时实时动态监控,能够实现信息及时准确的共享,根据这些信息,由专业人员做出事故分析预测,以减少事故发生的概率.

#### 1)数据管理模块

数据管理包括对历史故障数据,设备正常运行状态的数据,石油类危化品正常状态下的数据,例如,温度数据、湿度数据、压力数据、液位数据、设备状态数据等,系统还可以自动保存巡检人员工作时收集到的各种数据,这些数据为用户提供了很好的查询服

务,而且对于实时的视频监控的数据也可以自动保存。系统对各种信息都有分类,方便不同用户的需求。

#### 2)视频监控模块

监控中心通过卫星及网络使数据传输过来,传输的数据包括巡检人员以及管道中传感设备监控到的温度、湿度、压力、液位及设备是否正常运行等状态信息,然后由专业人员对信息进行处理分析,发现异常情况立即报告给相关人员。

#### 3)GIS 终端模块

GIS 终端模块可以对实现 24 小时全方位准确显示地图信息和地理位置信息,可以随时放大、缩小,切换方便。还可以显示巡检人员的位置,便于管理人员查勤,管理人员可以随时查看巡检人员是否在岗,提高了巡检人员的工作效率。

#### 4)事故预测模块

事故预测由专业技术人员根据数据库中的石油类危化品和设备正常运行状态的信息与收集的危化品和设备运行状态的信息对比分析,结合外界环境进行综合对比分析,如有异常及时报告给相关管理人员。

#### 5)移动终端模块

移动终端是巡检人员手持的各种通信设备和信息采集设备,可以是智能手机或者 PAD,用于接收管理人员的指令、查看路线以及手机设备及危化品的各种指标参数并传至管理人员。实现了远程管理,提高了工作效率。

#### 6)报警模块

根据视频监控以及巡检员反馈的数据信息,根据系统本身数据库中设备和物品的正常状态值,系统会自动判断采集到的数据是否正常,如若有差异,系统会自动显示异常,情况的紧急程度会有不同的颜色来显示,以便工作人员更好的应对各种情况。如若有很大差异自动显示报警。

## 4 系统的可行性分析及测试

### 4.1 系统的可行性分析

可行性是指在当前组织内外的具体条件下,网站系统的开发是否已具备了必要的资源及条件。系统的总体架构将系统至少分为三个大的模块,一个模块负责界面设计,一个模块负责业务计算,另一个模块负责数据库的访问。

本文系统主要采用 SSH2 的架构设计,将本系统中间层分别分为 View 层(负责 JSP 页面)、Action 层(负

责业务控制)、Service 层(负责业务处理)、DAO 层(负责数据访问对象)以及 POJO 层(负责实体)。Struts2 主要用在控制用户以及与用户交互方面,负责 View 层。而 Spring 主要用于管理业务对象、以及业务之间的相互调用,将 Action 层、Service 层和 DAO 层有效地整合在一起,Hibernate 则提供对象到关系型数据库的持久化服务,主要用在 DAO 层与 POJO 层上。SSH2 架构设计简单、易用,而且高效的特点,特别适用于高性能计算服务管理平台的开发。三个不同的技术架构的整合,使得表示层、业务逻辑层、数据持久层之间能够清晰地分离,同时让数据存取操作能与底层 SQL 操作相分离。在可能出现的高并发问题前,数据层 hibernate 中配置 memcached 作为二级缓存,减少对数据库的访问,避免对数据库的连接成为瓶颈。服务器采用 Nginx 和 tomcat 集群,Nginx 负责负载均衡。Nginx 不单可以作为强大的 web 服务器,也可以作为一个反向代理服务器,而且 Nginx 还可以按照调度规则实现动态、静态页面的分离,可以按照轮询、ip 哈希、URL 哈希、权重等多种方式对后端服务器做负载均衡,同时还支持后端服务器的健康检查。

### 4.2 系统的测试

本系统主要采用单元测试和功能测试,对系统各功能进行全面的分析,以确保满足用户对系统的需求。

#### 4.2.1 测试环境配置

系统采用以下环境配置进行测试:

##### (1)数据库服务器

数据库:MYSQL 5.6

##### (2)应用服务器

应用服务器: Nginx-1.6.3, Apache Tomcat 6.0

##### (3)服务器端配置

CPU 配置: Intel(R)Core(TM)i7-3770 CPU @ 3.40GHZ

内存配置: 16GB

硬盘: 1TB

#### 4.2.2 单元测试

本系统采用 JUnit 技术进行单元测试,在开发完某一特定模块后,对该模块进行详细的单元测试后,然后继续完善系统。测试主要从 DAO 层出发,来测试 DAO 层与底层数据库交互是否处于正常状态,下面将对用户管理进行简单的单元测试,该测试类名为 UserDaoTest,其单元测试代码如下图 4 所示。单元测试各个模块测试情况良好,说明各单元测试模块符合

系统要求.

```

Public void testAdd() throws Exception {
    User user=new User();
    user.setName("test");
    user.setUserPwd("test");
    assertNotNull(user);
}

Public void testFindAllByUsername() throws Exception {
    List list=userDao.findAllByUsername("admin");
    assertTrue(list.size>0);
    Iterator it=list.iterator();
    While(it.hasNext())
    {
        User user=(User)it.next();
        assertNotNull(user);
    }
}

Public void testFindById() throws Exception {
    User user=userDao.findById(TestID);
    assertNotNull(user);
}

Public void testIsExist() throws Exception {
    Boolean b=userDao.isExist("admin","admin");
    assertTrue(b);
}

Public void testDelete() throws Exception {
    userDao.delete(TestID);
    User user=userDao.findById(TestID);
    assertNull(user);
}
    
```

图 4 单元测试代码

本文主要使用 LoadRunner 11.0 产生虚拟用户 Vuser, 来模拟用户使用 Web 服务器资源时, Web 服务器能承受的最大并发用户数, 并通过各类数据对结果进行分析. 虚拟用户 Vuser 访问平台管理系统时, 通过运行事务过程中事务总数量和失败的数量(表 1), 以及“点击率”(图 5)等参数来大概了解系统的最大并发用户数. 测试环境为设置虚拟用户 Vuser 的数量按照每 30s 增长 2 个 Vuser 的速度进行并发测试.

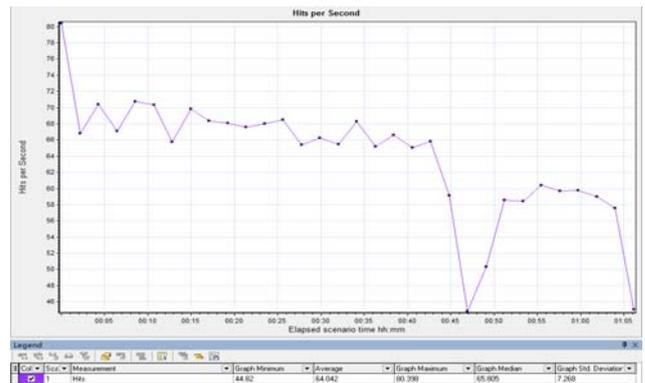


图 5 点击率

通过对上述指标的考察, 初步认定瓶颈主要还出现在服务器的性能上, 需要进一步采用合适的负载均衡方法和配置并调优到合适的 JVM 内存.

### 5 结论

为了减少石油类危化品管道运输时事故的发生, 解决石油类危化品管道运输安全的问题, 本文提出了石油类危化品实时维检系统, 该系统把以往的事后控制事故产生的危害转为事前控制, 极大的减少了人为造成的事故, 一旦出现异常情况, 系统还会出现警示信号, 降低了事故的发生率, 此系统保证了石油类危化品信息能够实时被监控, 各部门实现信息共享, 充分发挥各部门的作用, 有利于保证石油类危化品运输的安全. 为促进我国城市安全环保提供了有益的借鉴和参考.

表 1 总事务数与失败事务数

事务	Vuser 数量							
	10	50	100	150	200	236	250	270
Passed transactions	400	3535	7263	11600	15869	17989	19169	21033
Failed transactions							71	1235
Hits/s	72.18	68.03	67.93	66.52	40.07	59.75	58.60	53.73

### 参考文献

- 1 中外石油战略储备模式比较研究. 亚太经济, 2014(4): 80.
- 2 董爱军, 何施, 易明. 物联网产业化发展现状与框架体系初探, 科技进步与对策, 2011, 28(14): 61-65.
- 3 顾晶晶, 陈松灿, 庄毅. 基丁. 无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型. 计算机学报, 2010, (9): 1548-1556.
- 4 GJK. The Internet of things: The death of a traditional database. IETE Technical Review, 2009, 26(5): 313-319.
- 5 徐一旻. 基于物联网的新一代智能交通管理系统探析. 武汉大学学报, 2012, 6(65): 133-137.
- 6 王晓亮, 宓奇, 彭苏勉等. 物联网在我国铁路运输领域的应用与发展探讨. 铁道通信信号, 2010, (3): 47-49.
- 7 田晶晶, 李世武, 苏建. 基于位移传感器的汽车超载动态监测预警系统. 吉林大学学报(工学版), 2012, (42).
- 8 Zhang JH, Zhong L, Wang XH, et al. Fundamentals, present situations and outlooks of digital oilfield. Progress in Exploration Geophysics, 2007, 30(1): 25-29.