引文格式：关东, 党立波. 管道安全综合预警平台设计及实现[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 100-103. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.025

管道安全综合预警平台设计及实现

关　东[1]，党立波[1]
（1. 中煤航测遥感集团有限公司，陕西 西安 710199）

摘　要：为了确保油气管网运输安全性，国内油气管网公司建立了多种安全监测手段。基于此，对监测系统进行了阐述，详细介绍了每种系统的应用现状和实现功能，在此基础上了分析了独立监测系统的不足；然后提出了管道安全综合预警平台，详细说明了平台主要功能，以及实现技术框架；最后介绍了该平台在国家管网某公司管道上进行实践的情况，通过该系统建立实现了该公司管道多手段综合监测预警，提高了预警效率，并实现预警信息闭环管理，确保预警信息早发现和早处置。该系统的建立将为国内油气管道安全监测平台建设提供一种新的思路和方法。

关键词：油气管道；综合监测预警；闭环管理
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0100-04

Design and Implementation of Pipeline Safety Comprehensive Early Warning Platform

GUAN Dong[1], DANG Libo[1]
(1. China Coal Aerial Remote Sensing Group Co., Ltd., Xi’an 710199, China)

Abstract: To ensure the safety of oil and gas pipeline network transportation, domestic oil and gas pipeline companies have established a variety of safety monitoring methods. On the basis of this, we introduced the application status and realization function of each kind of system, analyzed the deficiency of independent monitoring system. Then, we proposed a pipeline safety comprehensive early warning platform, and described the main functions and technical framework of platform in detail. Finally, we introduced the practice of platform on the pipeline of a company in the national pipe network. We found that by using the system, the company realized the multi-means comprehensive monitoring and early warning, improved early warning efficiency, and realized the closed-loop management of early warning information to ensure the detection and disposal of early warning information. The establishment of this system will provide a new idea and method for the construction of domestic oil and gas pipeline safety monitoring platform.

Key words: oil and gas pipeline, comprehensive monitoring and early warning, closed-loop management

国家管网各个分公司为国家区域能源供应发挥了重要作用。为了确保油气管道输送安全，各个分公司先后开发投入了多种安全监测系统[1]，为管道安全运行提供了重要的保障。由于各预警监测系统相对独立，数据架构、通信标准和预警级别定义不统一，且尚未实现在同一平台共享预警数据，导致预警资源优化配置和集中管理的水平不高，同时还存在其他问题。为了综合发挥各个监测系统作用，需要开发管道综合预警平台，实现基于多源监测系统监测数据融合，打破数据壁垒，实现数据综合分析利用；统一定义数据标准与接口技术规范，集监测预警、预警处置、事件管理及系统管理等多模块于一体；对各系统预警信息进行整合分析，通过研究基于多源数据融合的管道一体化风险综合感知技术，建立管道安全动态风险分析评价模型，实现管道风险全方位感知、数据实时共享、预警实时联动、预警信息智能推送及预警处置闭合管理等功能。

1　安全监测预警技术

通过统计分析国内外油气管道事故发生情况，我们可以查出诱发事故的主要因素，包括外部干扰、腐蚀、材料失效及自然灾害。中国油气管道早期危害因素主要为管道腐蚀，但随着近 10 a 来经济建设快速发展以及管道相关技术的进步，第三方损坏成为导致事故的首要因素，其次为自然地质灾害、腐蚀破坏及材料失效等因素[2]。针对以上危害因素，国家

收稿日期：2022-05-23。
项目来源：自然资源部国土环境与灾害监测重点实验室年度基金资助项目（LEDM2021B03）。
第一作者简介：关东（1984—），硕士，高级工程师，主要从事油气管道安全相关信息化设计工作，E-mail：249924732@qq.com。

管网各个分公司建设了相关安全监测预警系统，主要包括光纤预警系统、视频监控系统、地灾监测系统和智能阴保系统，从源头上实施风险防控，有效防止管道失效事故发生，并为管道运行期提供准确的安全状态数据，可以进一步提升管道运营期监测预警精度和安全管理水平。

1.1　光纤预警系统

管道光纤预警系统利用与同沟敷设的光缆作为连续分布式传感器，检测管道沿线土壤振动情况，能够预警外界破坏事件。光纤预警系统采用C/S架构，当发生预警事件时，可实时上传设备名称、归属站、告警时间、桩号位置、告警类型、告警级别、光缆距离、告警点经纬度坐标等预警信息。其中告警类型包括机械施工、人为施工、车辆通行和断缆。通过光纤预警系统应用，将实现第三方施工、打孔盗油、管道占压、自然灾害等外界破坏早期预警，确保管道安全。

1.2　视频监控系统

采用智能视频监控技术对管道安全进行监控，可通过计算机视觉、图像视频处理和人工智能等智能化识别工具对在管道上方采集的影像进行分析，对有针对性的监控视野内的可疑目标活动，提供更高效更精确的监控告警服务。视频监控系统采用4G公网对数据进行回传，配有单独的服务器，使用百度地图服务作为底图，由于视频数据较大，占用流量较多，系统采用实时回传预警图片，在需要调用视频数据时远程控制开启视频设备并远程控制设备，查看实时视频数据。

1.3　地灾监测系统

地灾监测系统通过对地质灾害监测单元或环焊缝监测单元的管道应力应变数据进行记录，分析管道运行状态下应力的变化情况，评估管道运行状态，为掌握管道受地灾影响的程度提供了第一手资料，为分析评价管道状态提供了有力的依据，在管道安全运行保驾护航中发挥了重要的作用。地灾监测预警系统采用4G公网对数据进行回传，配有单独的服务器，使用百度地图服务，系统采用B/S架构，数据对接为即时推送，实现了对管道地质灾害、管体应力、环焊缝缺陷等的在线监测，对管道运行安全提供了强有力的支持，是管道安全的重要保障。

1.4　智能阴保系统

由于管道服役工况是处于不断变化的，需要对埋地管道的阴极保护系统及保护效果进行定期评价。随着管道使用年限的增加，管道发生腐蚀的风险也随之增加，对阴极保护方面要求也势必更高。随着智能管道建设步伐的加快以及智能技术的不断涌现，急需通过技术和设备升级改造，实现数据采集、分析评价以及故障诊断的自动化，更利于及时发现问题并解决问题，确保管道安全平稳运行。智能阴保系统包括阴极保护电位采集、恒电位仪数据采集和服务器管理软件三部分，采用B/S结构，实现阴极保护电位和交直流干扰电压数据的远程监测和管理、阴极保护电位的自动检测及预处理、无线数据传输和服务器数据管理等功能。

2　监测系统现状分析

上文对国家管网各个监测系统应用状态和主要功能进行了说明，其主要特点为：系统都是采用现场布设传感器实现各类管道安全实时数据采集，然后通过4G网络进行监测数据传输，并将数据进行服务器存储通过系统进行数据展示。通过分析现状，现有这些独立系统有以下不足：①由于未制定统一的技术规范和数据标准、系统间无法进行数据共享，系统各自独立，数据无法相互共享，预警信息缺乏联动，形成了信息孤岛，不利于管道风险监测数据的充分利用；②管道多维度安全监测数据无法有效整合，依靠单一、局部、片面的监控与分析技术手段，已经无法满足管线及其沿线各类运行风险、异常情况的自动识别及智能化预警需求，无法实现对管道危害事件的综合分析、判断与报警功能。基于以上不足，整合、集成现有分散独立的信息系统，分析管道数据管理结构，以管道基础数据平台为主搭建管道数据孪生体，完善现场数据采集，利用云计算、大数据分析、模式识别等技术，实现对管道及其沿线的多维度监测数据的感知、分析与交互，准确地识别风险并及时预警。研究基于多源数据融合的管道一体化风险综合感知技术，建立管道安全动态风险分析评价模型，围绕管道外部风险感知、评价，建立以业务为引领、问题为导向、风险为抓手的管理平台，使管道风险全面可控，保障油气管道安全运行。

3　油气管道安全监测综合预警平台

油气管道面临多风险因素防控，有必要开展基于多元传感的全维度监测预警体系及系统建设，其核心是构建智能监测预警系统，采用多元化传感器实时监测分析管道安全状态，识别可能出现的损伤位置和损

伤程度，并给出相应的处理措施[3]。监测预警系统可基于物联网架构，采用多元化监测传感器进行功能化配置，并与管道完整性管理系统进行集成设计和数据库共享，实现运行参数、管道结构、油气泄漏、腐蚀防护、外部干扰等多种信号的多功能、一体化监测预警管理，为管道风险管理及数据的综合分析提供支持[4]。此外，油气管道安全监测预警系统应考虑并设计安全需求和技术方案，建立涵盖监测预警技术选择、监测预警系统设计、与管道工程建设配套施工、全维度监测预警运行、信息安全评价预警的综合标准体系，同时构建企业新建油气管道全维度安全监测预警技术规范、操作程序、实施细则、决策支持等文件体系和运行响应机制，细化油气管道安全监测预警技术要点与决策支持，重点开展全维度监测信息的综合风险分析，将油气管道安全监测预警有效纳入完整的管理体系范畴[5-6]。

3.1 总体架构设计

综合预警平台设计思路：利用标准规范化平台，结合“互联网+”与物联网，将管道与管道运行监测数据进行全面统一，统一定义数据标准与接口技术规范，集监测预警、预警处置、事件管理及系统管理等多模块于一体，对各系统预警信息进行整合分析，通过研究基于多源数据融合的管道一体化风险综合感知技术，建立管道安全动态风险分析评价模型，实现管道风险全方位感知、数据实时共享、预警实时联动、预警信息智能推送及预警处置闭合管理等功能。形成以实时监测预警、预警处置、事件管理、综合管理和系统管理五大平台为核心，将基础设施层、集成层、数据层、服务层、业务应用层和展示层相统一的设计，利用软件层将各操作界面呈现出来，实现管网综合监测预警。

1）基础设施层：通常基于底层传感器，对生产过程的监控与实时网络通信对自动控制技术形成规范管理，实现各类信息的采集、传输等功能，是整个架构最基本的功能，其采集信息的准确性直接关系到后台监控判断的合理性，可以说是综合监测预警平台的“眼睛”。本次综合监测预警平台基础设施层包括振动光纤、视频监测、地质灾害传感器和智能阴保传感器，以及用数据传输的4G网络。

2）数据层：通过把不同类型的信息来源进行归类、整合，从业务角度对各类专业数据库进行有效规范与衔接，将管道的基础数据、环境的实时数据与运营商各类数据信息综合汇总，形成有效信息。需要建立统一的数据标准，现阶段已经有可应用的数据标准与模型如PODS、APDM、PIDM和CPDM，故而可以基于上述模型进行开发，实现数据的互联互通、集成共享[7]。本平台采用APDM模型实现现场数据的采集、计算、传输、数据汇聚与存储，包括地灾、光纤、视频及智能阴保等预警数据。

3）服务层：统一接口对于数据的安全访问，通过RestfulAPI网关对接口的管理，实现统一接口服务，上层应用使用统一接口服务实现数据和服务的访问，达到业务目标。

4）应用层：这层应是整个系统建设的重点，是连接人员与虚拟数据之间的桥梁，可以直观地将数据呈现给决策者，提高数据利用率。应用层主要包括：实时监测预警、预警处置事件管理、综合管理、系统管理等内容；同时具有开放性、预留性、扩展性等特点，可为后来新功能升级提供支持。

5）综合展示层：PC端用户使用系统，通过桌面端和移动端浏览器进行系统访问，可根据用户级别不同，确定角色和权限。

3.2 功能设计及实现

管道综合预警平台，主要功能包括实时监测预警、预警处置、事件管理、综合管理和系统管理等功能。通过这些功能实现，实现了管道安全预警都信息综合分析，提高预警准确性，并对预警信息实现闭环管理，确保各类预警信息早发现、早处置，消除管道安全各类不利因素，确保管道安全。

1）实时监测预警。收集整理国家管网各个分公司所辖管线、站场、阀室、桩牌、高后果区、光纤、视频位置、截面等地理信息坐标数据，底图以百度地图为依托，在GIS地图上展示平台集成的光纤预警、视频监控、地灾监测、智能阴保实时监测数据。其中报警信息按照4种监测手段进行数量统计，以饼图形式展示；也可按照组织机构统计4种监测手段报警数量；同时以列表的形式列出所有报警信息。光纤预警点主要信息包括预警时间、预警类型、预警位置、报警级别；地灾预警主要信息包括预警时间、预警类型、预警位置、报警级别、最大拉/压应力；视频监控预警点主要信息包括预警截图、报警时间、类型、位置、级别、终端编号等；智能阴保预警点主要信息包括报警时间、类型、位置、级别、报警ID、电压、点位以及阴保状态等。监测信息一张图如图1所示。



图1　监测信息一张图

2）预警处置。选择指定的预警，查看预警信息及现场人员对预警的反馈信息，也可手动填报现场人员的反馈信息，包括落实人员、现场描述、照片、视频等信息，可关闭预警或继续跟踪。如预警属于异常事件可升级为事件在事件处理模块中继续跟进后续情况，如图2所示。

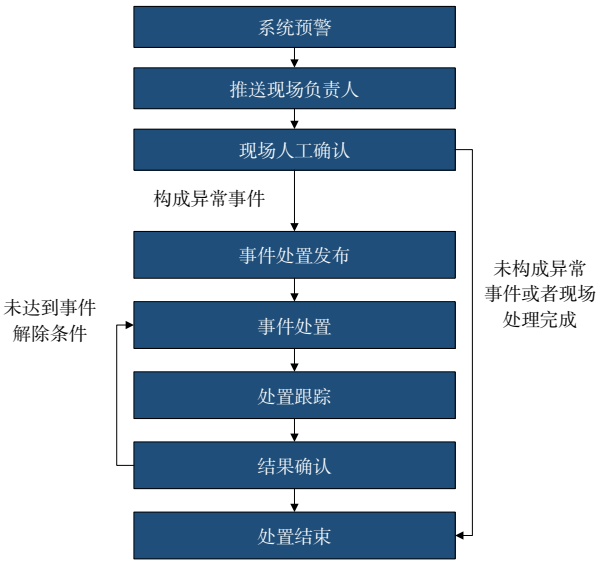


图2　预警处置流程图

3）事件管理。根据用户选择的组织机构、时间范围、预警类型、事件状态展示符合条件的事件信息列表，选中事件可以对产生该事件的预警流程进行详细的回顾。选择指定的事件，跟进事件的反馈信息，关闭事件或继续跟踪。按照组织机构、时间范围、事件状态、事件级别、预警类型对符合条件的事件进行图表分析，分析结果可导出。

4）综合管理。可根据自定义时间段对该时间范围内的预警信息及预警原因按照光纤预警、视频监控、地质灾害监测预警3种类型进行统计、分析。并可按照组织机构筛选过滤，以掌握整体预警情况以及各个管理处、站场、管段的综合预警情况。统计分析结果以图表的方式展现，并可生成相应报表并可导出。

5）系统管理。对用户、组织机构、角色进行统一管理，对用户信息进行录入、维护以及授权，与各个分公司组织机构对应，实现用户的分组归类处理，指定角色（系统管理员、管理员、用户、访客），并配置角色对应的功能权限。管道安全综合预警平台中的所有用户操作，全部记录在系统日志中，系统日志具备按操作类型、预警类型、预警状态、事件状态、用户、组织机构来检索日志的功能[8]。

4　结　论

油气管道综合监测预警平台这一发展模式的提出为有效提升油气管道公司应急管理体系和能力的现代化建设、从根本上消除事故隐患提供思路，是有效提升管道本质安全水平、保障油气管道周边人民群众生命财产安全的实施途径。通过该综合预警信息平台开发，实现了国家管网集团分公司多种监测手段数据集成，实现了基于管道基础地理信地图所有预警信息一张图展示，并实现了管道多种预警数据综合分析确定管道风险，提高了管道预警准确性、及时性，提高了分公司油气管网监管科学性和安全性，为其他国家管网集团分公司提供了一种借鉴思路。

参考文献

[1] 李明,吴斌,刘思良,等. 油气管道全生命周期安全监测预警探析 [J]. 当代化工,2017,46(7): 1 385-1 388

[2] 李明,董列武,马云修,等. 新建油气管道安全监测预警技术及标准体系 [J]. 油气储运,2017,36(10): 1 168-1 172

[3] 任悦,刘铠铭,杨舒迪,等. 油田管道风险及完整性评价体系构建与应用[J]. 吉林大学学报(信息科学版),2020,38(2): 220-226

[4] 孙祥林,冯卫,任培奎 . 长输油气管道安全预警系统 [J]. 现代职业安全,2010(3):108-109

[5] 徐佳谋,吴强 . 管道安全预警系统的软硬件设计 [J]. 国外电子测量技术,2009,28(3):47-52

[6] 宋一纯. 长输油气管道安全影响因素分析及安全监控管理体系研究[J]. 石油化工安全环保技术,2021,37(6): 16-19

[7] 王巨洪,张世斌,王新,等. 中俄东线智能管道数据可视化探索与实践[J]. 油气储运,2020,39(2): 169-175

[8] 彭小婷,卢丹丹,王明,等. 通配式时空信息服务管理平台的设计与实现[J]. 地理空间信息,2022,20(4): 91-95