

海管调查数据管理与软件开发

李磊 江文滨 林 编

[中国科学院力学研究所流固耦合系统力学实验室]

摘要: 调查数据的收集、整合和管理是海底油气管道(简称海管)完整性管理的基础性环节。针对工程实际需求,开发了新的数据整合和管理方法,整合海管设计和探摸调查数据及录像视频资料,以有限元分析为主要计算手段预测悬跨的承载状态和响应行为,构建了基于多算法、多力学指标的安全评价和分级预警方法,结合探摸调查数据的可视化和专家联网预警技术,实现了高后果区及其危险等级的快速识别,为制定科学、经济的维保方案提供高效、可靠的工具和手段。

关键词: 数据管理;数据整合;预警;海管;安全

引言

海管处在远离陆地的数十米乃至数百米的水下,由于受海况、仪器设备以及成本的限制,人们无法实时了解海管的运行及其周边环境状况。与陆地油气管道相比,影响其安全性的因素更为复杂和不确定,开展海管的完整性管理更具难度。近几年,在南海油气管道的外检测调查中发现了为数众多的悬空、悬跨段、渔船废弃锚、渔网、管线(管缆)交叉、牺牲阳极挂片损耗和小型地质滑塌区(Lin Mian, et.al., 2009, Li Yong, et.al., 2011, Jiang Wenbin, Lin Mian, 2011),这些都是整个海管安全运行的风险和隐患因素。因此,高效整合与管理海管调查数据,快速识别出可能出现危险的海管位置,适时地了解海管安全状况,及时调整生产和治理策略,极大地提升油气田运营的安全性和设备完整性水平,是海洋油(气)田管理部门的当务之急。目前,管道完整性管理软件的管理对象主要还集中在陆地管道,功能方面多以数据的汇总、统计和半定量评价为主(张华兵等, 2012, 冯庆善等, 2011),对管道剩余强度和寿命的计算功能弱;而专业的有限元计算软件前后处理和建模过程复杂,对于需要分析大量数据的工程师而言并不实用。

海底管道安全预警软件由中国科学院力学研究所海洋环境与工程课题组开发,十余年专注于管道安全与技术领域的研究工作,长期深入地开发与三大石油公司科技部门的科研合作。下面介绍海底管道安全预警软件的主要功能特点。

1 软件简介

海底管道安全预警软件开发的目的是为海洋油气工程师和专家决策层提供一套便捷、操作性强的高后果区识别和评价工具,它是基于课题组前期开发的“海管安全评价系统”(Ocean Pipeline Security Evaluation System, 简称OPSES)的核心算法,并根据实际需求定制的一款专业软件。从程序架构的角度来讲,海底管道安全预警软件分为三部分,分别是基础数据库,分析算法集和人机交互界面。

2 基础数据库

一条海管从可研、勘查、设计到投产、维保到延寿、废弃,整个生命周期中会产生大量的数据,这些数据对其安全评价至关重要。在实际生产和运维工作中,数据量庞大、存储分散、格式不统一、缺少可视化工具等导致的数据利用程度低和沟通成本高的问题,严重制约着完整性管理水平的提高。我们开发设计了以下独具特色和优势的数据整合和管理方案来解决上述问题。

结构化数据存储方式

可视化集成界面

地理信息系统集成

录像视频同步定位技术

一键生成定制分析报表

联网推送预警信息

下面逐一介绍以上技术功能。

2.1 结构化数据存储方式

对于海管数据而言,从产生的时间上可分为路由勘探数据、设计参数、实际生产运行数据、环境监测数据和例行探摸调查数据等,除设计参数是固定不变的,其它数据均随时间发生变化,且不同含义的数据格式和长度各异,如何整合这些数据是软件开发中面临的首要问题。软件中运用了结构化数据存储方式来解决上述问题。将历年的调查时间命名为变量,在其中可挂载不同长度和格式的数据,如路由水深分布、泥面高程、沉积物类型和分布、底流监测数据、悬跨参数(起终点、长度、跨高分布)、人工支撑的位置和状态以及管道节点的位置和状态等,所有次的调查数据存储为一个文件,在软件启动后自动载入该文件即可在软件界面中查看、处理所有数据项目。

另外,由于集成了多种海管安全性评价算法,计算参数及其结果的数据类型复杂、容量庞大,对这些数据软件也采用了结构化数据存储方式,相比其他有限元计算软件,该软件大大提高了输出文件的集约化程度,方便用户查找利用。

结构化的存储方式也具有很好的可扩展性,当调查或计算结果数据有所增加或更新时,仅需在文件内增加一个变量即可,极大地减少了数据维护人员的劳动量。

2.2 可视化集成界面

在软件界面中,用户可直接以图形方式查看到数据情况。比如在海管的路由图中,除泥面高程外,还同时在相应位置显示出所有人工支撑的有效状态,同时标记出了管线(管缆)交叉及所有环境异常(渔网、锚、小型地质滑塌区)的位置,还能清晰显示节点位置及其应力分布状态。对于多次调查的数据,还可在界面中同时区别显示,方便用户对海管附近地形的演化等环境变迁情况进行对比、分析。

当用户完成计算和评价后,还可显示所有高后果区的位置、长度及其预警等级。

另外,软件中还设计了实时统计控件,在用户查看的路由区域内,可实时统计用户指定的风险因素数量、状态及其空间分布。

2.3 地理信息系统集成

地理信息系统是管理和分析空间数据的应用工程技术,它所处理和管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。本软件集成了地理信息系统,启动该系统时,软件自动将结构化存储的数据转换为地理信息系统可读取的兼容数据,在其中能以更宏观的空间视角来查看海管路由及高后果区状况,包括了附近平台、航道、渔区、工程作业区、工程地质、地貌参数以及计算条件参数和高后果区各安全指标的量值。此系统的集成提高了数据的可视化程度。

2.4 录像视频同步定位技术

对于在海上的油气生产、储运设备,至少每两年进行一次的全线外检测工作,一般都采用潜水员或ROV录像的方式,目前常采用安装三个(甚至更多)摄像头从不同角度同步拍摄,在视频中可以非常清晰、真实地了解海管及周围环境的状况,具有其它可视化手段无法比拟的优点。但这种方式会产生数量众多、容量巨大的视频文件,如果能在海量的视频文件中快速定位到所关心的位置,定点、同步播放多个方向的视频,对于提高安全评价和治理决策制定的效率大有裨益。为此,我们开发了探摸视频同步播放和一键定位技术,并将该功能集成至软件界面中,使用户不仅可在图形和地理信息系统中查看风险因素数据,还可一键定位至同一位置、多角度查看视频拍摄的状况。

2.5 一键生成定制分析报表

软件运行所依赖的数据都是通过软件界面、以图形和列表的方式呈现出来的,当用户需要将所关心的数据进一步编辑或其

他处理时,可以应用软件所提供的“一键生成定制分析报表”功能。该功能可供用户选择需要在报表中生成的内容,无论是管道本身的还是环境的信息,还是评价结果及其统计图表,软件都将以数据表格或图片形式输出为word格式文档,用户可在此基础上编辑、修改。

2.6 联网推送预警信息

对于部门领导和专家决策层来讲,总是希望能够将众多高后果区的状况实时尽在掌握,本软件开发的网络模块可以实现联网推送预警信息。工程师在计算分析完海管的安全状态后,对其进行评价和预警等级的划分,软件将通过网络发送该结果文件至部门领导和专家的计算机上,收到更新的文件后,会自动弹出预警信息变动情况的提示。

3 分析算法集

悬跨海管安全评价的一般做法是根据规范算法得到不同条件下的许用长度,如果实际长度超过该值,该悬跨就被认为是危险的。这种标准单一的评价方式往往导致大量的悬跨被归为危跨,而且无法辨别各危跨的危险程度,在治理时也就无法分清轻重缓急。软件集成了四种特点各异的算法,分别是:DNV规范推荐算法,独立单跨算法,耦合多跨算法和非线性算法,其中后三种是课题组自行研究的算法,与大量他人实验和计算结果的对比分析(李磊等,2010,姚平等,2011),验证了其在计算悬跨海管静态承载状态、动态响应和疲劳寿命等力学指标方面的可靠性。

为方便工程人员使用,软件设计了一键式全自动建模计算功能,只需选择需要计算的调查数据,点击计算确认后软件自动对所有悬跨段执行四种算法的建模分析流程,计算完成后自动以结构化方式存储结果文件,供安全性评价和高后果区识别使用。

4 人机交互界面

本软件为方便工程一线人员和决策层领导专家的使用,设计了四个模块:专家模块、工程师模块、预警分析报表模块和ROV调查数据分析模块。专家模块的功能以预警数据查询、主动更新和危跨信息可视化为主。工程师模块的功能以悬跨查询、参数统计、一键式全自动建模计算、安全等级分级和发布预警信息为主。预警分析报表模块的功能是自动生成含有高后果区识别结果的预警分析报表和各风险因素参数的统计分析报表。ROV调查数据分析模块集成了悬跨的统计、查询功能,实现了在海量ROV探摸视频文件中对指定位置处的一键定位和多向视频的同步播放。在专家和工程师模块中均集成了图形、地理信息系统和视频同步定位播放三种数据可视化界面和启动按钮,方便不同层次、不同需求的用户使用。

5 结束语

海底管道安全预警软件集数据管理、统计分析、计算预测和评价预警功能为一体,能够为海管治理方案的确定提供有力的分析工具,也可作为海管完整性管理的组成部分。相比现有的数据管理方式,在管理的效率和效果上该软件具有明显的优势(如表1),但总体而言,海管的完整性管理还处在研究探索阶段,很多基础性数据的测量手段还需要进一步开发,相关的技术改造升级工作还需要落实,大量的基础性数据有待补充等等,而完整性管理也包含了对自身效能进行评价和不断修正、完善的过程。海底管道安全预警软件在基础性数据的收集、分析因素的全面程度和用户体验等诸多方面,仍有很多需要改进、提高之处,需要更多的用户使用并提出修改意见。力争用3~5年时间的努力,使该软件真正成为国内具有自主知识产权的管道完整性管理利器。

表1 软件相比现有数据管理方式的优点

任务	现有数据管理方式	本软件
存储方式	多级、多个文件夹—>多个文件	仅有一个文件
存储格式	多种格式 (pdf、word、excel等)	*.dat, 可输出为word兼容格式
可视化程度	低、甚至无相关手段	高、包含信息丰富
条件筛选	手动、效率低	批量自动处理
数据间对比	手动、效率低	图形化对比显示、一键统计
增补、更新	增加文件夹和文件数量	一个数据文件内变量扩容
安全评价	无法执行, 需其它软件计算	一键式全自动批量建模计算
对策贡献度	人工分析, 费时费力, 利用率低	高效识别、评价危跨, 科学、经济

参考文献

- [1] Lin Mian, Cao Yulong, Li Lei, Huang Guojun. Investigating a near-bed submarine pipeline in a current. Proceedings of the ASME 2009 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. 2009
- [2] Lin Mian, Fan Fengxin, Li Yong, Yan Jun, Jiang Wenbin, Gong De-Jun. Observation and theoretical analysis for the sand-waves migration in the North Gulf of South China Sea. Chinese Journal of Geophysics, 2009, 52, (3)
- [3] Li Yong, Lin Mian, Jiang Wenbin, et al. Process control of the sand wave migration in Beibu Gulf of the South China Sea. Journal of Hydrodynamics, 2011, 23, (4)
- [4] Jiang Wenbin, Lin Mian. Application of grid-nesting technique on sandwaves migration simulation I - Ultra-high resolution 3D current simulation. Chinese Journal of Geophysics, 2011, 54, (5)
- [5] 李磊, 曹玉龙, 林緬, 预测近底床悬跨海管的安全跨长, 中国石油大学学报, 2010, 34, 2
- [6] 姚平, 范奉鑫, 李中阳, 李磊, 曹玉龙, 刘洋, 东方气田海管悬跨段安全评估分析, 海洋科学, 2011, 35, (8)
- [7] 冯庆善, 王学力, 李保吉, 何悟忠, 张存生, 张永盛, 郭莘, 长输油气管道的完整性管理, 管道技术与设备, 2011, 第6期: 1-5.
- [8] 张华兵, 程五一, 周利剑, 冯庆善, 郑洪龙, 戴联双, 项小强, 曹涛, 刘悦, 管道公司管道风险评价实践, 油气储运, 2012, 31, (2)

作者简介: 李磊, 男, 1983年生, 2010年毕业于中国科学院, 现工作于中国科学院力学研究所流固耦合系统力学实验室, 工程师, E-mail: li_lei@imech.ac.cn。

工作流程管理在管道完整性管理系统中的应用·····	刘 亮 刘 洋 李振宇等	(610)
管道建设期的完整性管理的数据问题·····	赵忠刚 曹轶辉 闫 洁	(615)
数字化管道在津燕原油管道上的建设与应用·····	黄 全	(619)
基于完整性管理理念的川渝地区油气管道水工保护·····	洪荣琳 赵 菲	(624)
安塞油田管道泄漏监测与安全预警系统建设及应用·····	陈鸿鹄 黄战卫 赵晓辉等	(634)
油气管道调控中心SCADA系统专业维护研究·····	李小睿 胡俊杰 张新明	(640)
浅谈管道完整性数据安全保护技术·····	李 城 余东亮 何 黎	(645)
设计在管道完整性管理中的意义·····	马 驰	(649)
管道线路完整性专项支持技术浅识·····	唐富存	(653)
成品油管道安全仪表系统设计·····	聂中文 邓东花 李秋娟	(661)
海管调查数据管理与软件开发·····	李 磊 江文滨 林 缅	(666)
基于三维仿真技术的油田管网安全管理平台研究·····	张学清 孙世友 姚 新等	(670)
管道调度操作支持系统联动报警功能和技术要点·····	孙 颖 杨国锋 李国栋	(675)
基于无线传感器网络的管道系统数据收集算法研究*·····	余华平 郭 梅	(682)
数字管道技术在长输管道建设中的应用与研究·····	张吉坤	(688)
浅谈LNG项目模块衔接方案·····	王超众 赵 刚 李祥民等	(694)
浅谈中缅油气管道设计对新型管道设计软件的影响·····	池 坤 李永军 周艳杰等	(699)
站场完整性管理技术研究进展·····	郑洪龙 李明菲 周利剑等	(701)
大型储罐完整性管理技术·····	张华兵 程万洲 王 新等	(706)
在役长输管线站场典型管段的完整性检测方案·····	牛化昶 陈传胜 李 俊	(710)
江苏LNG接收站站场完整性管理分析·····	郭海涛	(715)
油库不安全行为综合防控体系探讨·····	朱建成 王 丰	(719)
油库安全精细化管理初探·····	蔺子军 朱建成 张晓伟等	(723)
浅谈输气站场完整性管理·····	龙征海 刘兢建	(725)
浅议LNG接收站完整性管理体系建设·····	卢 浩	(730)
输配气站场RBI评价技术及软件研发·····	蒋 毅 杜晓春 罗璇宇	(736)
洞油库安全问题及预防措施·····	李建军 杜伟娟 姜 峰	(742)
谈天然气站场的完整性管理·····	谢孝宏	(745)
油气站场安全评价方法研究·····	闫凤霞	(750)
变频驱动同步电机在西气东输国产压缩机组中的应用·····	郝 星 李 毅	(756)
离心式压缩机干气密封故障的分析·····	聂慧俊 康成佳 张争伟	(760)
机械清洗在内浮顶罐的应用·····	冯 杰 王延昌 李志国等	(765)
天然气管道RTU阀室电源改造的研究·····	端木君 梁富华	(768)
周界报警系统在油气长输管道站场(阀室)中的应用初探·····	徐方辰 邢八一	(771)
大型石油储备库安全设计探讨·····	高淑梅 王 琦 董 巍	(775)
油气站场工艺管道泄漏风险定量评价技术研究与应用实践·····	程万洲 张华兵 燕冰川等	(779)
油气管道站场设备可靠性数据采集与管理研究·····	汪 航 王海清 张玉涛	(783)
基于WEB设计的油气站库缺陷管理系统开发与运用·····	成 诚 冯 杰 李志国等	(789)
离心输油泵振动分析及减振措施·····	罗 智 杨春花	(793)

输
浅
海
大
储
液
输
永
SHA
川
中
以
大
安
浅
论
数
中
站
L
关
L
L
浅
浅
浅
燃
城
天

第三届中国管道完整性管理技术会议

论文集(上册)

中国石油学会石油储运专业委员会 编



责任编辑：袁超红 魏天宇

责任校对：崔 刚

封面设计：北京中技油联石油化工科技中心



ISBN 978-7-5636-2664-9



9 787563 626649 >