

文章编号: 1000-8241(2014)05-0457-05

# 基于大数据条件下的管道风险评估方法思考

冯庆善

中国石油管道公司完整性管理中心, 河北廊坊 065000

**摘要:** 过去几十年, 管道风险评估技术得到快速发展, 但依然沿袭传统的风险评估技术发展之路, 在专家风险认知、事故概率统计等基础上, 利用对外在风险认知程度对评估对象进行预测分析, 其核心问题是风险评估的模型是基于有限的数据库对整个系统进行评估的理念。随着管道发展到大数据时代, 在实现管道属性相关数据对齐并纳入数据库的条件下, 形成了管道大数据, 在很多方面具备了“样本=总体”的基础, 使风险评估技术及管理发生了相应转变。根据工程实践, 初步论述了对管道大数据基本概念和定义的理解, 探索和思考了在大数据条件下由工程适用性评估替代风险评估, 依靠外因评估转变为依靠内因评估, 以及风险专家评估转变为数据评估等方面的内容, 同时提出了需要注意的问题和发展方向。(参 13)

**关键词:** 管道; 大数据; 风险; 占率

**中图分类号:** TE88

**文献标识码:** A

**doi:** 10.6047/j.issn.1000-8241.2014.05.001

## A thought over the pipeline risk assessment methods based on Big Data

FENG Qingshan

Pipeline Integrity Management Center, PetroChina Pipeline Company, Langfang, Hebei, 065000

**Abstract:** Pipeline risk assessment techniques have witnessed rapid advancement in the past few decades, but still carry on the traditional way of risk evaluation which involves risk prediction for the concerned object according to understanding on external risk based on expert's risk awareness, accident probability statistics, the core problem of the method is the risk assessment model, which is based on the concept of evaluating the whole system's risk by limited data. With the pipeline industry entering into the age of Big Data era, Big Data of pipeline has been formed under the condition of pipeline properties alignment and included in database. With the "sample equal to overall" basis in many aspects established, the risk assessment techniques and management have changed accordingly. According to engineering practice, this paper discusses the basic concept and definition of Big Data, explores and presents the possibility of replacing risk assessment with engineering applicability assessment, replacing external cause assessment with internal cause assessment, and replacing expert risk assessment with data risk assessment, and meanwhile, issues that need to be noted and developing direction are pointed out. (13 References)

**Key words:** pipeline, Big Data, risk, occupancy

随着管道行业和国民经济的发展, 管道事故造成的财产损失、环境污染和人员伤亡等严重后果使得管道安全成为政府和管道管理者关注的焦点, 在无法全面、系统知晓管道本体状态和周边环境因素的条件下, 期望借鉴对管道的一般认知、积累的数据和被评估管道的部分数据, 类比测算出管道可能存在的泄漏风险因素和位置, 以相对明晰管道可能存在的风险状态, 这种模式经过几十年的发展, 形成了较为成熟的技术, 应用效果颇为显著<sup>[1-3]</sup>。而且, 该技术领域的众多专家不

断修正评估模型和算法, 使得在有限认知条件下对风险预测的准确性持续提高<sup>[4]</sup>。然而, 随着技术的发展, 管体的部分数据已经非常系统和全面, 形成了能够对管体部分风险因素 100% 认识的大数据, 不需要去判定失效的可能性, 部分数据能够清晰地判定管道是否会发生失效, 从而不需要开展风险评估, 而是依据工程适用性评估, 决策具体位置点的修复计划, 形成了本体缺陷的完整性评估替代风险评估、从事故内因出发分析可能泄漏风险的新模式, 并且可以实现数据分析

工程师替代风险评估专家进行分析评估等的转变。为此,基于大数据管道管理的案例,分析了大数据带来的变化,提出了应该注意和需要解决的问题,以期今后在这方面能够开展更加广泛深入的研究。

## 1 管道大数据的基础概念

Viktor Mayer-Schonberger 和 Kenneth Cukier 的《大数据》<sup>[5]</sup>出版以后,引发了笔者对以下相关问题的思考:就管道行业而言,是否有管道大数据,什么是管道大数据,达到什么条件可以认为是形成了管道大数据,如何形成管道大数据?通过实践,笔者认为管道大数据时代已经到来,在没有基于内检测的数据对齐前,各类数据是分散的,但在系统开展完整性管理后,基于内检测信息,将外检测数据、历史资料数据、日常管理数据等进行校准、对齐、整合,形成了大数据,虽然整体数据存储总量不大,但其已经发挥了大数据对管道风险认识方法和总结结论的提升作用。

总结认为管道大数据的定义:以管道内检测数据为基线,实现将内检测信息、外检测数据、设计施工资料数据、历史运维数据、管道环境数据和日常管理数据等的校准、对齐整合,使各类数据均可对应各环焊缝信息,形成统一的数据库或数据表。由于形成大数据的基础条件是必须有精准的基线,因此推荐以内检测所提供的各管节信息为基线,而内检测数据、施工资料和环境数据等是形成大数据的基本元素。

中国石油管道公司已经形成了基于内检测信息的部分管道大数据表,经过数据分析和挖掘得到的结论,给出了管道风险判定和风险预控的建议方案,以及每一根管的缺陷情况和维修计划等,实现了精准科学地修复每一个缺陷<sup>[6]</sup>,比较科学合理地得出管道使用或判废的结论,使决策有了依据,改变了管理模式<sup>[7-8]</sup>。下面以部分管道大数据带来的风险评估技术与管理的转变为例,分析大数据对部分风险因素判定的改变,以及对管理模式和决策的影响。

## 2 管道大数据改变管道风险的认知

Viktor Mayer-Schonberger 和 Kenneth Cukier 认为大数据带来了思维变革、商业变革和管理变革。根据管道完整性技术发展现状,就管道完整性技术和管理

而言,大数据带来显著变化,其至少使得风险评估与管理产生如下变化。

### 2.1 若数据达到“样本=总体”水平,则在工程上不需要风险评估

风险评估是人们对管道存在认知不清状态下对其进行的预测,在部分因素已经清晰的条件下,对管道的认知基础发生改变,因而风险评估的方法、价值及其能够发挥的作用等也应有所改变,不应固守传统理念和方法。这在基于内检测结果的管道完整性评价方面有清晰的体现,主要表现在大数据带来对数据认知的变革,使得不再使用小数据(有限的样品数据或事故数据)说明大问题(全线的问题),而是变革为依据大量数据(全线 100% 的检测数据或工程施工数据等)判定每一个具体的小问题(腐蚀点和焊接缺陷等),在管理上的变化体现在由数据主宰管理投资决策与管道寿命,不再是依据经验的主观猜测或判断,而是依据数据分析的结论进行决策。

管道大数据允许一定的“不精准”,如内检测数据,在追求高精度的基础上,对风险的评估要认可其误差,无需再评估其可靠性,因为已经足够明确影响安全的大缺陷的安全状态,故而不需要进行风险评估。根据当前的技术水平,管道进行了高精度的漏磁内检测后,内检测数据给出了管体 100% 的可检出缺陷数据,可以评估较大金属损失缺陷的检出率接近 100%,可靠度接近 100%,达到了对管体腐蚀点“样板 = 样品”的水平,清晰了管体腐蚀的所有信息,无需再考虑借助经验或其他参数评估腐蚀风险,而较小的金属损失缺陷漏检等对管道泄漏风险影响较小,可以不予考虑<sup>[9]</sup>。

中国石油管道公司于 2007 年开始对东北原油管网开展三轴高清漏磁内检测,累计检测里程超过 3 000 km,2007 年完成第一段检测后,根据相关标准进行了开挖验证,统计结果表明:该内检测技术对于腐蚀深度大于 10% 的缺陷,检出率大于 90%;腐蚀深度大于 40% 的缺陷,检出率为 100%。根据这一内检测结果,系统地对腐蚀点进行了修复,调整了阴极保护设备和参数等,同时认为该管道在今后 5~8 年内不存在防腐层腐蚀泄漏风险,无需开展针对腐蚀泄漏的防腐层大修、应急管理,也不再需要其他投入,节约了工程管理成本,提高了管理效率。事实证明:开展内检测后的管道经修复后没有发生腐蚀泄漏,腐蚀泄漏得到了控制,不再是管道运行的风险因素<sup>[10]</sup>。

## 2.2 风险分析模型从依据外在现象类比推测转变为依据内因统计归纳

大数据使得从内在分析可能成为现实,而不是从表象预测表象。大数据改变对事故的认识模式和风险分析方法。传统的风险评估方法,多以历史事故统计出的某因素所占比例作为事故的发生概率,或者利用评估人员的知识和个人认知给出主观判定,是利用外部信息和历史认知预测评估对象总体发生事故概率的做法,亦是利用外在现象分析推测可能存在类似现象的做法。管道大数据包括了历史数据,涵盖了每一具体点的各种信息,根据各类高致开裂因素的统计分析结果,较多缺陷点的历史数据反映了事故发生的原因,揭示了事故发生的本质原因,具备了从内因分析泄漏条件的条件。2014年2月作者在《油气储运》发表论文,提出应该在具备大数据的基础上用“树生”的事故分析模型分析事故,认为分析对象的所有自身数据,可以按照树的枯死或干枝折断等模拟逻辑关系分析事故致因,其核心是认为事故的发生与管道全生命周期各环节的因素都有关系,各环节的因素都可能导致事故的发生,当具备导致事故发生的全要素时,事故发生<sup>[11]</sup>。这一模型只有基于管道大数据才具有可操作性。该理论是一种从内因出发分析问题的方法,改变了传统的从事故现象出发分析事故原因的模式。“树生”模型条件下,不是从腐蚀、制造缺陷、地质灾害、第三方破坏和误操作等导致泄漏风险的直接因素出发考虑问题,而是从管道全生命周期,即从其设计、施工和运行的全过程中,社会因素、管理模式、运行模式和环境特征等本质因素可能造成哪些缺失出发考虑问题,而这些缺失正是造成腐蚀、制造缺陷和地质灾害等泄漏风险直接因素的内在本质原因。因此,这是一个从内因数据出发,发现造成表面现象的模型。

基于该“树生”模型,风险分析从内因分析出发,缺失因素量对失效因素量的“占率”是核心思想,即在管道的全生命周期中,某一点已经具备事故发生的因素比率越高,其发生事故的概率就越高。与传统分析方法不同的是:此方法是对具体的点或具备相同数据特征的群,通过分析具备泄漏的条件判定泄漏的概率;而传统方法是借鉴事故发生的概率这一表面现象来类比评价对象某类事故发生的可能性。

某公司所辖管道发生了环焊缝缺陷所致的泄漏,而泄漏管道已经完成了基于内检测数据的大数据库建

设,为此,利用大数据分析泄漏焊缝的全生命周期数据,统计发现与泄漏相关的数据有焊接工艺设计、焊接公司、X片检测公司、监理公司、焊接时间、返修时间、运行压力、土壤环境、内检测结果等。显然,当一个缺陷同时具备内检测发现金属损失、在冬季焊接、有返修等特征时,其发生泄漏的可能性很高,当在大数据库中其他环焊缝具备与该环焊缝相同的各类施工数据越多时,其发生泄漏的可能性越高,为此很容易排列出不同环焊缝的泄漏概率。如果认为该泄漏焊缝所提供的全生命周期数据都是泄漏的内在因素信息,则将这些因素作为环焊缝开裂的全因素,于是可以对其他各环焊缝开裂的可能性进行排序,其泄漏概率便也容易计算。

该公司基于这一排序,对泄漏管道的环焊缝风险进行排序,并分为7个级别,给出了环焊缝风险控制方案,是一个有针对性和可靠度较高的风险评估结论。环焊缝缺陷风险排序的7个级别,按照严重程度排序依次为:同时具备a、b和c因素的环焊缝;同时具备a和b因素的环焊缝;同时具备a和c因素的环焊缝;同时具备b和c因素的环焊缝;具备a因素的环焊缝;具备b因素的环焊缝;具备c因素的环焊缝。其中:a为根据内检测报告所提供的环焊缝缺陷尺寸等数据,应用BS7910 2A级评价为具有不安全缺陷的环焊缝;b为内检测报告环焊缝缺陷深度为壁厚20%以上的环焊缝缺陷;c为数据显示为冬季焊接的死口或返修口,内检测报告存在缺陷的环焊缝。

如果按照传统的风险评估方法,通常会基于该泄漏事故,提高该管道环焊缝开裂的概率,认为该管道的制造缺陷风险高,但不能对每一道焊口的风险进行识别和排序。

## 2.3 从风险专家评估风险转变为数据分析人员分析风险,关注数据相关性,更能够识别潜在风险

大数据使数据分析师成为管道风险识别和评估的专家,不再重点关注因果关系,而是从本质的大数据中找出相关性,从而揭示根本原因。传统的风险评估需要风险评估专家利用其掌握的管道行业风险知识或者基于管道事故统计数据等进行评估,然而,在管道大数据具备后,可以按照一定的规则对数据进行统计,从而识别可能存在的风险。例如,在上述案例中,根据管道环焊缝开裂的关键因素,通过大数据统计,可以发现存在数量很少的返修焊口,而漏磁内检测可以发现缺陷的焊口,同时可以找出该焊口的焊接公司、焊接班

组、X片公司和监理等因素,进一步对这些因素进行统计分析,匹配统计高后果区(HCA)等因素,则很容易找出可能泄漏环焊缝的高风险点。

基于大数据的风险评估容易识别出易被忽略或遗忘的可能造成事故各因素的“长尾”,可以最大程度地规避“幸存者法则”。美国Chris Anderson在其著作《The Long Tail(长尾理论)》中提出:在当前信息时代,如何挖掘那些经常被遗忘或不重视的非主流事物的价值<sup>[12-13]</sup>。该理论对当前的管道安全管理很有启发,因为管道管理面临相同的问题,并且这些非主流因素可能对安全运行更加重要,分析历史事故,可以发现事故的发生往往是管理者没有做到位、遗漏或没有认识到其重要性的工作所导致。对于风险评价如何避免在风险因素识别中出现长尾(只识别出主要因素或当前大家普遍关注的风险因素,而忽略了其他因素)也是至关重要的,打分法等受打分专家认知的局限最容易出现长尾,概率统计类比计算的方法则易将部分关键因素作为被忽略或比率较小的因素进行计算。

大数据统计下,数据分析工程师不受风险分析专家背景知识和信息遗忘等因素的影响,按照一定的规则,对可能导致事故发生的内在因素进行统计,不关注数据信息与风险专家的关系,不关注因果关系,从而可以100%分析现有数据,避免遗漏或对历史数据等的遗漏,更能够准确识别和评估风险。

例如,上述环焊缝开裂事故,造成环焊缝致裂的因素都是工程管理或日常管理中易被疏忽或遗忘的“长尾”,只有在大数据条件下才能够被识别、发现,有关“现场进行100%X片检查,一次焊接通过率达95%以上,环焊缝的失效可能性小”等认知,忽略了最可能占焊接总量很小的质量控制缺失,但数据分析人员,按照一定的规则,可以统计出这些缺失,同时结合占率等排序,给出其风险评估值。

#### 2.4 管道大数据应用需要注意的问题

当前,对大数据的认知尚不全面,现有数据也没有充分利用,还有很多数据未纳入其中,对于部分已经实现“样本=总体”的数据,如何全面收集、管理和利用,如何考虑精准和因果关系,如何避免“幸存者法则”的现象发生,如何从管理机制和管理决策流程入手进行变革,以确保评估结论得以利用,适应大数据时代的需求等都是亟待思考和探索的问题,这些问题必将导致今后管道安全经济运行管理产生变革。但随着技术的

发展,如果所有数据都纳入大数据管理,而基于大数据的风险管理模式没有相应改变,则容易造成管理成本的增加和效率的降低。因此,如下几个关键因素需要考虑:

(1)是否所有管道相关的数据都应该纳入大数据管理,如何取舍纳入大数据管理的数据源。

(2)数据分析依赖于专业分析,但不能允许专业分析对数据进行选择性使用,以避免“幸存者法则”,多数数据不足以达到全样本,需要风险评价。

(3)风险评估的方法发生变化,大数据条件下的风险可接受准则也应该重新考虑。

(4)大数据环境下,如何挖掘数据信息,创建合适的规则,发挥数据的价值也是关键环节<sup>[13]</sup>。

另外,在大数据的建立和发展过程中,应该从保证数据质量开始,建立全生命周期的数据管理,为安全生产提供可以量化的价值,提升精细化管理能力。当前,大数据对管道风险评估技术与管理的影响尚处于初始阶段,今后在以下两个方面需要重点研究,以促进大数据在风险评估技术的应用:

(1)研究管道大数据的基本准则和管理模式,搭建管道大数据库。

(2)基于大数据研究新的事故致因理论,从而搭建基于内因的风险评估理论和模型。

### 3 结束语

管道大数据的形成尚处于起始阶段,在大数据方面的探索将是今后一个时期的焦点。以上在管道大数据及其对管道风险评估带来的转变等方面的思考仅是初步探索。基于大数据条件下的风险评价用内因评估替代基于外因评估的转变,以及适用性评估替代风险评估的转变等,都将彻底改变现有的管道风险评估和管理运营模式,不仅表现在对管道风险的认知理念、思维方法和技术体系等方面,而且将更全面地改变管道建设和运行管理的方法体系,改变政府和公众对管道的监管法规、投资决策等。管道系统大数据的形成将是未来的发展趋势,必然带来风险评价等技术与管理理念、模式的变革,提前研究与利用好大数据可能带来的风险评估技术的变革,提升大数据的应用价值,降低管理成本提高效率,是今后提升管道安全、高效运行水平的首要选择。

参考文献：

[1] PETER Tuft, NADER Yoosef Ghodsi, BERTRAM John. Benchmarking pipeline risk assessment processes[C]. The 9th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, September 24-28, 2012: IPC 2012-90045.

[2] 曹云. 系统工程风险评估方法的研究进展[J]. 中国工程科学, 2005, 7(6): 88-95.

[3] 张华兵, 程五一, 周利剑, 等. 管道公司管道风险评价实践[J]. 油气储运, 2012, 31(2): 96-98.

[4] 戴联双, 张俊义, 张鑫, 等. RiskScore 管道风险评价方法与应用[J]. 油气储运, 2010, 29(11): 818-821.

[5] VIKTOR Mayer Schonberger, KENNETH Cukier. Big Data: a revolution that will transform how we live, work and think[M]. Boston: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2013.

[6] 冯庆善. 在役管道三轴高清漏磁内检测技术[J]. 油气储运, 2009, 28(10): 72-75.

[7] 冯庆善, 王学力, 李保吉, 等. 长输油气管道的完整性管理[J]. 管道技术与设备, 2011(6): 1-5.

[8] 郑洪龙, 许立伟, 谷雨雷, 等. 管道完整性管理效能评价指标体系[J]. 油气储运, 2012, 31(01): 8-12, 19.

[9] TAYLOR Colin, ZHU Renkang. Enhanced use of ILI DATA improve integrity[C]. The 9th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, September 24-28, 2012: IPC 2012-90573.

[10] 陈健峰, 陈次昌, 税碧垣, 等. 管道完整性管理技术集成与应用[J]. 油气储运, 2012, 31(2): 81-85.

[11] 冯庆善. “树生”事故致因理论模型[J]. 油气储运, 2014, 33(2): 115-120, 128.

[12] ANDERSON Chris. The long tail: Why the future of business is selling less of more[M]. New York: Oversea Publishing House, 2006.

[13] 白云川. 迎接大数据时代[J]. 中国制造业信息化, 2011(12): 39-44.

(收稿日期: 2014-02-07; 修回日期: 2014-02-15; 编辑: 关中原)



作者简介：冯庆善，高级工程师，1974年生，2010年博士毕业于北京航空航天大学材料科学专业，现主要从事管道完整性技术研究与管理。

FENG Qingshan, Ph.D, senior engineer, born in 1974, graduated from Beihang University, materials science, in 2010,

engaged in the research and management of pipeline integrity technology.

Tel: 0316-2170679, Email: qsfeng@petrochina.com.cn

下期要目

管道完整性管理信息化研究进展与发展方向 ..... 周利剑, 等

中国石油油气管道失效数据管理问题及对策 ..... 王婷, 等

基于完整性数据库的管道应急信息化技术 ..... 贾韶辉, 等

企业级气象与地质灾害预警服务定制技术 ..... 袁泉, 等

基于 ArcGIS Engine 的三维长输管道信息系统构建 ..... 黄玲, 等

原油差温顺序输送最大安全停输时间 ..... 周建, 等

管道补口热收缩带粘接质量的超声检测方法 ..... 王维斌, 等

海底天然气管道多相流动与腐蚀状况分析 ..... 廖柯熹, 等

油舱透气晃动效应研究模型实验设计 ..... 朱哲野, 等

小口径管道超声波检测耦合曲面修正系数 ..... 魏同锋