



中国石油天然气集团公司统编培训教材

天然气与管道业务分册

# 管道完整性数据管理技术

《管道完整性数据管理技术》编委会 编



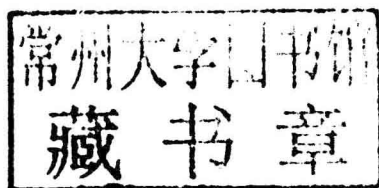
石油工业出版社

中国石油天然气集团公司统编培训教材

天然气与管道业务分册

# 管道完整性数据管理技术

《管道完整性数据管理技术》编委会 编



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书内容涵盖了管道完整性数据管理的基本理论,并从数据采集、数据库建设与维护、数据安全、管道完整性数据分析及其应用等多方面进行了阐述。

本书可作为中国石油天然气集团公司所属各管道分公司关于管道完整性数据管理培训的专用教材,也可作为油气管道行业的工程技术人员和技术管理人员的工作参考手册,并可供相关专业院校师生学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

管道完整性数据管理技术/《管道完整性数据管理技术》编委会编.  
北京:石油工业出版社,2011.8

中国石油天然气集团公司统编培训教材

ISBN 978-7-5021-8095-9

I. 管…

II. 中…

III. 天然气输送-管道工程-完整性-数据管理-技术培训-教材

IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 210942 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)

编辑部:(010) 64523612 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

787×960 毫米 开本:1/16 印张:12

字数:200 千字 印数:1-7000 册

---

定价:42.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 《中国石油天然气集团公司统编培训教材》 编 审 委 员 会

主任委员：李万余

副主任委员：金 华 白泽生

委 员：王志刚 连建家 胡宝顺 马晓峰

卢丽平 杨大新 吴苏江 杨 果

方朝亮 王同良 刘江宁 卢 宏

周国芳 雷 平 马新华 戴 鑑

上官建新 陈健峰 秦文贵 杨时榜

何 京 张 镇

秘 书：张玉文 王子云

# 《天然气与管道业务分册》 编 审 委 员 会

主 任 委 员：黄维和

副主任委员：马志祥 丁建林 张耀明 侯创业

陈健峰 梁 鹏

委 员：王 斌 吴世勤 吴忠良 魏东吼

唐善华 陈四祥 柴 伟 米庆来

徐文满 刘海春 刘 锴 崔红升

吴志平 刘克举

# 《管道完整性数据管理技术》

## 编 委 会

主 编：周利剑

副主编：冯庆善 常景龙 贾韶辉 李 祎  
余海冲

编 委：王学力 郑洪龙 张华兵 燕冰川  
韩小明 冯文兴 魏 政 曹 鑫  
郭 磊 李振宇 杨宝龙 欧新伟  
刘 亮 刘成海

# 序

企业发展靠人才，人才发展靠培训。当前，集团公司正处在加快转变增长方式，调整产业结构，全面建设综合性国际能源公司的关键时期。做好“发展”、“转变”、“和谐”三件大事，更深更广参与全球竞争，实现全面协调可持续，特别是海外油气作业产量“半壁江山”的目标，人才是根本。培训工作作为影响集团公司人才发展水平和实力的重要因素，肩负着艰巨而繁重的战略任务和历史使命，面临着前所未有的发展机遇。健全和完善员工培训教材体系，是加强培训基础建设，推进培训战略性和国际化转型升级的重要举措，是提升公司人力资源开发整体能力的一项重要基础工作。

集团公司始终高度重视培训教材开发等人力资源开发基础建设工作，明确提出要“由专家制定大纲、按大纲选编教材、按教材开展培训”的目标和要求。2009年以来，由人事部牵头，各部门和专业分公司参与，在分析优化公司现有部分专业培训教材、职业资格培训教材和培训课件的基础上，经反复研究论证，形成了比较系统、科学的教材编审目录、方案和编写计划，全面启动了《中国石油天然气集团公司统编培训教材》（以下简称“统编培训教材”）的开发和编审工作。“统编培训教材”以国内外知名专家学者、集团公司两级专家、现场管理技术骨干等力量为主体，充分发挥地区公司、研究院所、培训机构的作用，瞄准世界前沿及集团公司技术发展的最新进展，突出现场应用和实际操作，精心组织编写，由集团公司“统编培训教材”编审委员会审定，集团公司统一出版和发行。

根据集团公司员工队伍专业构成及业务布局，“统编培训教材”按“综合管理类、专业技术类、操作技能类、国际业务类”四类组织编写。综合管理类侧重中高级综合管理岗位员工的培训，具有石油石化管理特色的教材，以自编方式为主，行业适用或社会通用教材，可从社会选购，作为指定培训教材；专业技术类侧重中高级专业技术岗位员工的培训，是教材编审的主体，

按照《专业培训教材开发目录及编审规划》逐套编审，循序推进，计划编审300余门；操作技能类以国家制定的操作工种技能鉴定培训教材为基础，侧重主体专业（主要工种）骨干岗位的培训；国际业务类侧重海外项目中外员工的培训。

“统编培训教材”具有以下特点：

一是前瞻性。教材充分吸收各业务领域当前及今后一个时期世界前沿理论、先进技术和领先标准，以及集团公司技术发展的最新进展，并将其转化为员工培训的知识和技能要求，具有较强的前瞻性。

二是系统性。教材由“统编培训教材”编审委员会统一编制开发规划，统一确定专业目录，统一组织编写与审定，避免内容交叉重叠，具有较强的系统性、规范性和科学性。

三是实用性。教材内容侧重现场应用和实际操作，既有应用理论，又有实际案例和操作规程要求，具有较高的实用价值。

四是权威性。由集团公司总部组织各个领域的技术和管理权威，集中编写教材，体现了教材的权威性。

五是专业性。不仅教材的组织按照业务领域，根据专业目录进行开发，且教材的内容更加注重专业特色，强调各业务领域自身发展的特色技术、特色经验和做法，也是对公司各业务领域知识和经验的一次集中梳理，符合知识管理的要求和方向。

经过多方共同努力，集团公司首批39门“统编培训教材”已按计划编审出版，与各企事业单位和广大员工见面了，将成为首批集团公司统一组织开发和编审的中高级管理、技术、技能骨干人员培训的基本教材。首批“统编培训教材”的出版发行，对于完善建立起与综合性国际能源公司形象和任务相适应的系列培训教材，推进集团公司培训的标准化、国际化建设，具有划时代意义。希望各企事业单位和广大石油员工用好、用活本套教材，为持续推进人才培训工程，激发员工创新活力和创造智慧，加快建设综合性国际能源公司发挥更大作用。

《中国石油天然气集团公司统编培训教材》

编审委员会

2011年4月18日

# 前言

进入 21 世纪以来,管道完整性管理方法在油气管道行业迅速得到应用,成为国内外主要油气管道公司普遍采用的方法。管道完整性管理是指管道管理者不断对管道运营中面临的各类风险因素进行识别和评价,并不断采取针对性的措施将风险控制在可接受范围之内,达到预防和减少管道事故的发生,保障油气管道安全、可靠、经济运行的目的。

应用管道完整性管理方法,需要采集和分析大量的管道、设备属性和状态信息。数据管理是管道完整性管理的基础技术,包括管道数据模型、管道数据采集、维护、管理、分析等专项技术。通过把管道的设计、建设、运行、检测、修复等各类信息等采用统一的数据模型进行组织和存储,实现对管道全生命周期完整性数据的有序管理,进而利用专业化分析软件及业务管理系统实现管道的完整性管理。

本书第一章介绍完整性管理的概念,阐述完整性管理和数据管理间的关系。第二章详细介绍管道建设、运营各阶段数据采集的内容、方法。第三章阐述如何基于数据模型、数据字典建立管道完整性数据库,管道完整性数据存储和维护技术。第四章介绍管道完整性数据管理及系统安全的基本要求与实现手段。第五章介绍高后果区分析、风险评估、完整性评价等数据分析技术以及基于 GIS 的分析方法。第六章介绍管道完整性技术中石油管道管理中的应用实例。

本书第一章由周利剑、冯庆善、常景龙编写,第二章由冯庆善、周利剑、常景龙、李祎、贾韶辉、余海冲编写,第三章由李祎、余海冲、魏政、杨宝龙、欧新伟、刘成海编写,第四章由李祎、郭磊、李振宇、曹鑫编写,第五章由贾韶辉、郑洪龙、张华兵、燕冰川编写,第六章由王学力、贾韶辉、韩小明、郭磊、刘亮、冯文兴编写。全书由贾韶辉校对,周利剑、贾韶辉统稿。此外,本教程编写过程中参考了许多相关领域专家、学者和工程技术人员的

著作和研究成果，在此表示诚挚的感谢！

本书可作为油气管道行业的工程技术人员和技术管理人员的工作参考手册，也可以作为相关专业大学生的学习参考书。

由于时间较为仓促，编者水平有限，教程中难免出现错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2010 年 12 月



# 说明

随着管道完整性管理的推广，各管道分公司的管道从业人员，从管道管理者到基层站队员工，都需要进行不同内容的管道完整性数据管理技术专业培训。本书内容覆盖了管道完整性数据管理的基本理论，并从数据采集、数据库建设与维护、数据安全、管道完整性数据分析及其应用等多个方面进行了阐述，可作为中国石油天然气集团公司所属各管道分公司的管道完整性数据管理培训的专用教材。根据在管道完整性管理过程中的岗位不同，对培训对象的划分及其应掌握和了解的内容在本教材中章节分布，做如下说明，仅供参考。

培训对象划分如下：

1. 生产管理人员，包括：管道分公司管道处、管道科、管道管理岗。
2. 专业技术人员，包括：管道分公司管道科、基层站队、管道班、巡线工。
3. 数据录入人员，包括：数据录入、维护人员、数据库管理员。
4. 相关技术人员，包括：除各管道分公司管道处、管道科的管道完整性管理从业者。

针对管道完整性管理过程中不同岗位的教学内容分布，可参照如下要求：

1. 生产管理人员，要求掌握第一章、第二章内容，了解第三章、第四章、第五章和第六章内容。
2. 专业技术人员，要求掌握第一章、第二章、第四章、第五章内容，了解第三章、第六章内容。
3. 数据录入人员需要掌握本书所涉及的所有内容。
4. 相关技术人员，要求掌握第一章、第二章、第五章和第六章内容，了解第三章、第四章内容。

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....                     | 1  |
| 第一节 管道完整性管理的定义 .....             | 1  |
| 第二节 管道完整性数据管理与管道完整性管理流程的关系 ..... | 2  |
| 第二章 管道完整性数据采集 .....              | 4  |
| 第一节 数据采集介绍 .....                 | 4  |
| 第二节 管道建设期数据采集 .....              | 7  |
| 第三节 管道运行期数据采集 .....              | 11 |
| 第四节 管道历史数据恢复 .....               | 12 |
| 第五节 数据质量控制 .....                 | 36 |
| 第六节 数据校正与入库 .....                | 38 |
| 第七节 站场数据采集 .....                 | 42 |
| 小结 .....                         | 48 |
| 第三章 管道完整性数据库建设与维护 .....          | 50 |
| 第一节 数据库模型 .....                  | 50 |
| 第二节 管道完整性数据模型 .....              | 55 |
| 第三节 数据字典 .....                   | 65 |
| 第四节 管道完整性数据库 .....               | 73 |
| 第五节 完整性数据维护 .....                | 82 |
| 小结 .....                         | 84 |
| 第四章 管道完整性数据安全 .....              | 85 |
| 第一节 管道数据安全概述 .....               | 85 |
| 第二节 管道数据保密规范 .....               | 85 |
| 第三节 管道数据安全技术 .....               | 87 |
| 第四节 管道数据安全设计 .....               | 92 |
| 小结 .....                         | 98 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>第五章 管道完整性数据分析 .....</b>   | <b>99</b>  |
| 第一节 高后果区分析 .....             | 99         |
| 第二节 管道风险评价 .....             | 105        |
| 第三节 管道完整性评价 .....            | 115        |
| 第四节 基于地理信息系统的数据分析技术 .....    | 124        |
| 小结 .....                     | 143        |
| <b>第六章 管道完整性数据应用 .....</b>   | <b>144</b> |
| 第一节 管道完整性工程图的应用 .....        | 144        |
| 第二节 管道完整性数据在高后果区分析中的应用 ..... | 149        |
| 第三节 管道完整性数据在风险评价中的应用 .....   | 152        |
| 第四节 管道完整性数据在地震灾害评价中的应用 ..... | 156        |
| 小结 .....                     | 171        |
| <b>参考文献 .....</b>            | <b>172</b> |



# 第一章 绪 论

社会经济快速发展的强烈需求极大地促进了我国油气工业的发展，油气输运管道建设也逐步发展和完善。目前我国拥有的油气管道实际总里程已超过6万公里，到2010年，我国拥有油气管道总里程将超过10万公里。但随着部分油气管道进入“老龄期”和管道里程的大幅增长，各种事故也呈上升趋势。近年来，我国发生的几次油气管道事故，使管道管理和决策者清晰地认识到我国目前管道安全管理模式中存在的问题和不足，及与国外先进管理模式的差距。管理人员就我国必须在管道管理中采用新的管理模式以减少事故的发生，保证管道安全已达成共识。

管道完整性管理作为一种新的管理模式，经过不断的积累、研究和探索，从最初的缺陷管理、风险管理到基于风险的完整性管理逐渐形成了一套系统的以预防为主的管道完整性管理体系，美国管道完整性管理法规的签署和部分标准的颁布标志着该管理体系已基本完善。作为一种新的管理理念和管理模式，管道完整性管理力求实现“预防为主，防患于未然，将经济投入到最需要的关键点”的目标。本章将从完整性管理的基础理论、完整性数据管理与完整性管理的关系两个方面介绍其基本理论和发展背景。

## 第一节 管道完整性管理的定义

管道完整性 PI (Pipeline Integrity) 是指：

- 1) 管道始终处于安全可靠的服役状态；
- 2) 管道在物理上和功能上是完整的，管道处于受控状态；
- 3) 管道运营商已经采取，并将持续不断地采取措施防止管道事故的发生。

管道完整性管理 PIM (Pipeline Integrity Management) 是指管道公司根据不断变化的管道完整性因素，对管道运营中面临的风险因素进行识别和技术评价，制定相应的风险控制对策，不断改善识别到的不利影响因素，从而将管道运营的风险水平控制在合理的、可接受的范围内，建立以通过监测、检测、检验等各种方式，获取与专业管理相结合的管道完整性的信息，对可能



使管道失效的主要威胁因素进行检测、检验,据此对管道的适用性进行评估,最终达到持续改进、减少和预防管道事故发生、经济合理地保证管道安全运行的目的。

管道完整性管理与管道的设计、施工、运营、维护、检修的各过程密切相关。在役管道的完整性管理要求管道公司要不断识别运营中面临的风险因素,制定相应的控制对策,对可能使管道失效的危险因素进行检测,对其适用性进行评估,不断改善识别到的不利因素,将运营的风险水平控制在合理的可接受的范围。管道完整性管理是一个连续的、循环进行的管道监控管理过程,需要在一定的时间间隔后,再次进行管道检测、风险评价并采取措施减轻风险,以达到持续降低风险和预防事故发生的目的,保证管道生产过程经济、合理、安全地运行。对在役管道逐步实施完整性管理是提高管理水平、确保安全运行的重要措施,是一项防患于未然的科学方法。

管道完整性管理(PIM)也是对所有影响管道完整性的因素进行综合的、一体化的管理,包括:

- 1) 拟定工作计划、工作流程和工作程序文件;
- 2) 进行风险分析和安全评价,了解事故发生的可能性和将导致的后果,制定预防和应急措施;
- 3) 定期进行管道完整性检测与评价,了解管道可能发生的事故的原因及部位;
- 4) 采取修复或减轻失效威胁的措施;
- 5) 培训人员,不断提高人员素质。

完整性管理是一个持续改进的过程,完整性管理是以管道安全为目标的系统管理体系,内容涉及管道设计、施工、运行、监控、维修、更换、质量控制和通信系统等全过程,并贯穿管道整个运行期,其基本思路是调动全部因素来提高管道安全性,并通过信息反馈,不断完善。

## 第二节 管道完整性数据管理与管道完整性管理流程的关系

管道完整性管理体系体现了安全管理的组织完整性、数据完整性和管理过程完整性及灵活性的特点。首先需要从数据采集、整合、数据库设计、数

据的管理、升级等环节,保证数据完整、准确,为风险评价、完整性评价结果的准确、可靠提供重要基础。特别是对在役管道的检测,可以给管道完整性评价提供最直接的依据。

中国石油天然气集团公司经过多年的探索和研究,结合中国石油管道的管理现状,制定了符合中国实际的管道完整性管理流程。管道完整性管理的六步循环是管道完整性管理的核心技术内容和关键组成部分。从数据角度看,这六步循环完全是以管道完整性数据库为核心,对数据的采集、存储、分析、发布的过程。数据的完整性是管道完整性管理的基础,数据的准确性制约着完整性后续流程的分析与评价结果。完整性管理的各个流程循环都是以数据为依据,数据推动着完整性工作流的不断开展,保证完整性管理顺利实施。首先,要针对完整性管理中高后果区分析、风险评价、完整性评价的数据需求制定出相应的数据采集计划,满足后续的分析与评估需要。在不同环节中对数据的需求各不相同,比如完整性评价侧重于内外检测的数据,而高后果区分析侧重于环境数据的采集,风险评价中除了考虑环境数据还要结合管道本体数据作分析,这样才能因危害类型不同确定出反映管道状态和可能存在危害影响的信息,以便了解管道的状况并识别对管道完整性构成威胁的管段。其次,在数据存储这个环节是基于PIDM(Pipeline Integrity Data Model)管道数据模型建立数据库,通过数据库组织、存储多时相、多比例尺、多数据类型的管道数据,并维护管道数据之间的关联关系。管道完整性数据库包括管道设计施工数据、管道运行维护数据、检测及监测数据、修复数据,以及大量的遥感影像、专题地图、环境和地理信息、生产运行历史及事件和风险数据等,合理地组织存储这些数据并维护数据更新,是这个环节的重点。数据分析是在前期大量数据采集基础上合理运用高后果区分析、风险评价、完整性评价的技术对数据做出分析。最后,通过互联网将相关的评价结果、完整性修复计划等信息发布,以实现数据和信息的共享,达到驱动管道完整性工作循环进行的目的(图1-1)。

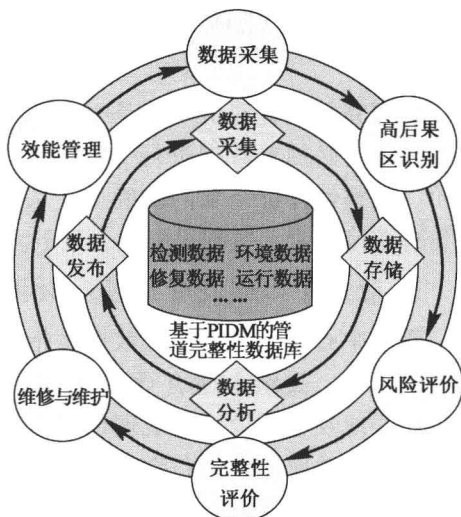


图 1-1 管道完整性管理流程图



## 第二章 管道完整性数据采集

数据采集是实施管道完整性管理循环的第一个步骤，也是最为关键的一个步骤，其所采集数据的完整性制约着管道完整性管理过程中后续的高后果区分析、完整性分析、评价等工作结果的准确性。目前我国油气管道行业的数据均存在着管道历史数据不完整、不精确的问题，数据很难得到共享和有效分析利用，造成数据使用效率低，无法达到管道完整性管理精度的需求，所以对于管道行业有必要进行全面的管道数据采集、整理，以满足管道完整性管理的需要。

### 第一节 数据采集介绍

#### 一、数据采集内容

管道完整性管理是一种基于风险的、主动预防的管理方式。这就要求在数据采集时必须对数据全面的收集、整理，以保证高后果区分析、风险评价、完整性评价结果的准确性，从而制定出正确的管道维修计划。从完整性管理角度来看，数据采集包含以下内容。

##### 1. 管道中心线及管道设施数据采集

管道中心线及管道设施数据是指包括管道中心线在内的从设计、施工到运行的干线、支线上所有管道设施数据，如钢管信息、防腐层、弯头、阀。管道中心线及管道设施的地理位置需要专业的测绘部门来进行测量，而其他管道设施相关属性数据需要从各种相关施工资料、竣工资料中整理和提取。

##### 2. 管道检测数据采集

管道检测数据是指包括金属损失、裂纹、管体变形、焊缝缺陷、防腐层缺陷等在内的各种管道的缺陷数据。这部分数据是完整性评价的重要参考数