



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

油气管道实时数据 管理与应用技术

《油气管道实时数据管理与应用技术》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

油气管道实时数据 管理与应用技术

《油气管道实时数据管理与应用技术》编委会 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本教材结合中国石油天然气集团公司近年来在油气管道实时数据信息管理与应用领域的工程实践,对其相关技术知识进行阐述和介绍。全书共六章,主要内容包括油气管道生产运行业务数据特点与类型及管道实时数据应用现状与发展趋势的介绍;国内外油气管道主流工业实时数据库产品、工业实时数据库的行业应用以及关键技术;油气管道中间数据库平台的相关知识;国内油气管道领域已开展的管道实时数据综合应用;信息技术领域硬件虚拟化、云计算、大数据等主流技术。

本书可作为集团公司所属管道企业普及实时数据管理与应用技术知识的培训教材、供油气管道企业生产管理与运行维护人员、工程设计与建设专业技术人员以及相关行业信息化技术人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

油气管道实时数据管理与应用技术/《油气管道实时数据管理与应用技术》编委会编

北京:石油工业出版社,2016.12

中国石油天然气集团公司统编培训教材

ISBN 978-7-5183-1579-6

I. 油…

II. 油…

III. 石油管道-实时数据处理-技术培训-教材

IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 262833 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

编辑部:(010)64251682 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

710 × 1000 毫米 开本:1/16 印张:8.25

字数:140 千字

定价:30.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

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：刘志华

副主任委员：张卫国 金 华

委 员：刘 晖 胡永庆 翁兴波 王 跃

马晓峰 闫宝东 杨大新 吴苏江

赵金法 方朝亮 古学进 刘东徐

张书文 雷 平 郑新权 邢颖春

张 宏 侯创业 李国顺 杨时榜

张永泽 张 镇

《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：凌 霄 黄泽俊 张耀明 侯创业
陈健峰 梁 鹏 吴世勤

委 员：王 斌 崔红升 柴 伟 陈晓鸣
赵延芳 董 鹏 徐文满 史宇峰
陈四祥 刘海春 刘 锴 孙 齐
吴志平 西 昕 刘克举

《油气管道实时数据管理与应用技术》

编 委 会

主 编：黄泽俊

副 主 编：张 帆 祁国成

编 委：戚 麟 孙铁良 王玉忠 徐海云

王建荣 张泮桥 唐善华 张志军

檀俊铭 宋进舟 刘 松 刘诗军

张增强 韩锋刚 颜 辉

执行主编：戚 麟

执行编委：颜 辉 彭 勃 吴 桐 许玉磊

陈玉霞 刘丽君 马 婕 姜 勇

戚菁菁 杨 鹏 马 越 王 聪

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,循序渐进,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

随着油气管道集中调控业务的不断发展,中国石油通过有效利用行业内先进、成熟的信息技术手段,在油气管道 SCADA 系统数据综合应用方面逐步建立起一套整合油气管道运行过程中各类实时生产数据体系,进而形成支撑油气管道业务综合信息化应用的数据管理与应用模式。这种以管道生产运行业务需求为驱动,将管道运行实时数据与信息技术有机融合的应用模式,为我国油气管道集中调控业务领域的信息化建设积累了丰富与宝贵的经验。

为更好地促进我国长输油气管道运营管理信息化水平的提升,实现智能化的油气管道集中调控,在油气管道集中调控业务信息化管理与应用领域,需要一本系统地介绍实时数据管理与应用技术知识的教材。目的是系统地介绍油气管道运行实时数据管理与应用方面的理论及实践经验,并通过生产实时数据在油气管道运行管理方面的信息化应用案例介绍,为油气管道智能化运行管理模式的科学探索奠定坚实的基础。

本书旨在向我国油气管道行业的运行管理人员、工程设计与建设专业技术人员以及石油行业信息化技术人员系统地介绍油气管道运行业务数据与实时数据库的概念,油气管道实时数据采集、存储与管理的相关技术,以及基于油气管道实时数据应用的实践与未来技术发展方向等内容,进而为提升我国油气管道运行管理的信息化水平,推进数字化管道向智能化管网的发展进程发挥积极的作用。

此外,在本教材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,同时王鹏飞、管维均作为本书的审稿专家在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现错误和不足之处,恳请读者指正。

编者

2016年5月

说明

为了更好地适应我国长输油气管道运营管理信息化与智能化业务水平的提升,对于油气管道企业的专业技术与管理人员,无论是工程设计与建设专业技术人员,还是生产管理与运行维护人员,以及石油行业信息化技术人员,都有必要进行油气管道实时数据管理与应用方面的相关知识培训。本书内容覆盖了油气管道运行实时数据信息综合管理与应用的相关理论及实践知识,并通过系统简介与功能应用等内容来具体介绍国内油气管道行业已开展的实时数据信息化综合应用。此外还对信息技术领域的一些主流技术在油气管道实时数据管理与应用上的发展方向进行了展望。本书可作为中国石油天然气集团公司所属各管道企业普及油气管道实时数据管理与应用技术知识的培训教材,可供油气管道企业生产管理与运行维护人员、工程设计与建设专业技术人员以及石油行业信息化技术人员参考学习。根据上述人员在油气管道建设与运营管理过程中所肩负的职责不同,对培训对象的划分及其应掌握和了解的内容做如下说明,仅供参考。

培训对象划分如下:

(1)生产管理人员,包括:油气管道行业生产运行管理人员、调度与计划员以及其他相关工艺管理岗位人员。

(2)工程技术人员,包括:油气管道行业自动化、通信及信息专业的工程设计、系统建设与运行维护人员。

针对不同的培训对象,对其要求掌握和了解的内容,可参照如下要求:

(1)生产管理人员,要求了解与熟悉油气管道运行实时数据概念、管理与应用方面相关理论及实践知识。

(2)工程技术人员,要求熟练掌握油气管道运行实时数据的概念、管理与应用方面相关理论与实践知识,并通过掌握教材各章节知识,具备应用油气管道运行实时数据开展信息化业务系统建设与应用的实践技能。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 油气管道运行业务数据概述	(2)
第二节 油气管道运行管理信息化发展历程	(7)
第三节 油气管道实时数据应用现状与发展趋势	(8)
第二章 实时数据库	(10)
第一节 实时数据库概述	(10)
第二节 常用工业实时数据库	(16)
第三节 工业实时数据库的行业应用及发展趋势	(32)
第三章 油气管道中间数据库平台	(38)
第一节 中间数据库平台概述	(38)
第二节 中间数据库平台实现方案	(43)
第四章 油气管道实时数据的采集与存储	(56)
第一节 实时数据采集	(56)
第二节 实时数据压缩存储	(59)
第三节 实时数据异常处理	(61)
第四节 SAN 架构数据库硬件存储技术	(63)
第五节 数据安全技术	(66)
第五章 油气管道实时数据的综合应用	(71)
第一节 概述	(71)
第二节 管道运行数据综合监视系统	(73)
第三节 管道在线仿真系统	(79)
第四节 液体管道调控运行分析系统	(86)
第五节 油气管道能耗综合分析系统	(93)
第六节 天然气管网计量与运销分析系统	(99)

第六章 管道实时数据高级应用技术展望	(104)
第一节 油气管道智能化发展趋势	(104)
第二节 相关技术发展	(105)
第三节 相关技术应用展望	(109)
参考文献	(116)

第一章 绪 论

摘要:本章主要介绍油气管道生产运行过程产生的业务数据特点与类型、管道运行管理信息化发展历程以及管道实时数据应用现状与发展趋势等内容。

当今时代,管道运输作为世界上五大运输方式(公路、铁路、空运、水运、管道)之一,也是能源行业中石油、天然气及其相关产品的主要运输方式。运输原油、成品油及天然气的管道通常称为油气管道。宏观上统计,全球陆上开采的约70%石油和99%的天然气都是依靠长距离油气管道进行输送的。这些油气管道主要利用地下空间连续密闭输送,因此也就成为石油与天然气等产品最为安全、经济、环保的输送方式。如果把油气能源比喻成国家工业的血液,那么油气管道就是国家的能源命脉,由此可见其作为国家基础设施在国民经济中的重要地位^[1]。

一般来说,油气管道分别与各油气田、炼油厂、储油库、储气库、液化天然气接收站(即LNG站)以及各油气用户等相连,用以完成油气接卸及输转任务。从规模与用途角度划分油气管道,大致可分为两类:一类是油气田内部采油气井、计量站以及油气联合处理站之间的油气集输管道;另一类则是长距离输送原油、天然气及其衍生产品的管道,称为长距离输送油(气)管道。而本教材所提及的油气管道主要为国内及跨国长距离输送油(气)管道,简称长输油气管道。

随着我国石油和天然气工业的快速发展,国内长输油气管道建设进程突飞猛进。新中国成立以来,我国长输油气管道经历了初始发展(1958—1969年)、快速发展(1970—1987年)、稳步发展(1988—1995年)和加快发展(1996年至今)四个阶段,如图1-1所示。管道总里程已从1958年克拉玛依至独山子输油管道的数百千米发展到2015年的数万千米,其中天然气管道里程数最多,原油管道次之,成品油管道再次之。目前,我国陆上油气管道总里程超过十余万千米,覆盖三十多个省区市和特别行政区。

截至目前,我国长输油气管网基本上形成了横贯东西、纵贯南北的管输网络,对保障我国油气田稳产增产和满足国民经济持续、稳定、均衡发展起到了重要作用;形成了我国西北、东北和西南三个方向的陆上进口通道,与

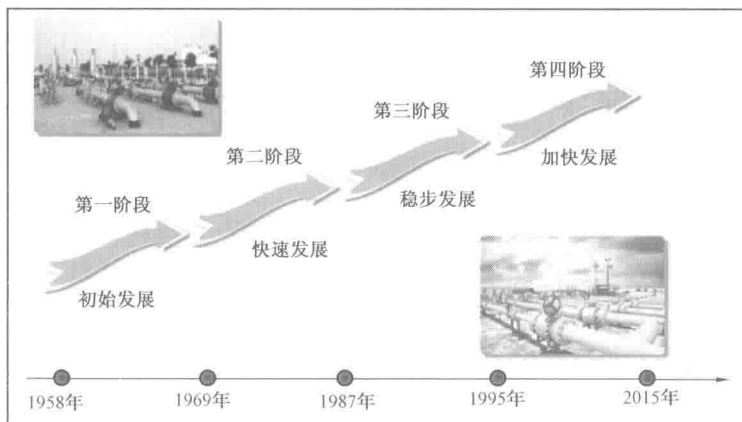


图 1-1 中国石油长输油气管道发展历程示意图

海上运输通道一起,构筑了我国油气进口的“三陆一海”的“四大能源战略通道”,形成了国家油气进口的多元化格局。因此,我国油气管网的不断建设和完善标志着国家能源输送网络的逐步形成。

在当今信息技术广泛应用的形势下,面对如此大规模的油气管网运行管理工作,对于过程中产生的海量且类别繁多的运行数据信息,如何科学合理地运用好这些数据信息为油气管道运行管理提供决策支持,是管道行业生产管理人员及工程技术人员应掌握的重要技能,这也是本教材编写的目的所在。因此,在绪论章节将首先通过对油气管道运行业务数据的特点及分类、运行管理业务信息化发展历程、管道实时数据应用现状与发展趋势等内容进行介绍,以此为教材主体知识讲解奠定基础。

第一节 油气管道运行业务数据概述

一、数据的定义

油气管道运行业务数据是指油气管道运行过程中产生的反映管道运行状态各类参数以及用于生产管理与优化运行所需要的各种数据。油气管道运行业务数据的范畴较为广泛,运用信息工程学的评价,它涉及油气管道这一对象的多个属性层面。典型的属性层面体现在两个方面,一是以站场

仪器采集的管道运行压力、输送油气介质的流量与温度、站场工艺设备运行参数等为代表的过程数据,这一层面的数据具有一个共同的属性特点,那就是数据信息值随时间的变化性,即数据的实时性;而另一层面是管道基本属性数据(如管线分段、坐标、高程、管径、壁厚、管材等级、设计压力等管道设计与材质方面的数据)、管道运行维护与检修数据(如管道设备数据、水压试验、压力监测、泄漏检测、阴极保护、管线埋深等)、阶段运行统计数据(如关于分输计量、输量统计、站库库存、管输能耗等方面的日、月、季与年度统计分析信息)等用于管道运行管理的数据信息。此外,油气管道运行业务数据还包括管道周边地理信息(地形、地质、水文、气候等环境数据)、生产机构信息(维抢修队伍、所辖管理机构的管理信息)等与运行相关的其他数据层面。

随着信息技术的不断发展进步,数字化与信息化管理理念已经渗透到油气管道运行管理的各个层面。作为工业化与信息化融合的产物,油气管道运行业务数据概念的提出确定了油气管道在设计施工、生产运营、维护检修等多个环节与油气管道运行业务息息相关的数字范畴,在此数字范畴的基础上,可以通过开展全方位的数据应用,使油气管道行业的管理人员与技术人员能够准确全面地掌握管道运行状态,为其智能决策提供有效的支持。

与电力、制造业等行业的业务数据类似,油气管道运行业务数据是一个广义上的概念,它的产生是在我国油气产品输送体系不断优化完善的趋势下行业技术革新的必然产物。严格意义上讲,油气管道运行业务数据不是一个简单的技术范畴,没有哪一项定义能够限定“油气管道运行业务数据”仅为某一类的数据范畴,作为反映国家重要能源基础设施的数据信息体系,油气管道运行业务数据的发展应用态势在很大程度上体现了油气管道生产运行管理的规范化水平,更是未来油气管道行业大数据理念的基础支撑与核心体系。

二、数据的特点

油气管道运行业务数据作为一类特定的行业数据,其特点与制造业、运输业以及电力等行业都存在一定的相似性,归纳起来,油气管道运行业务数据有以下三个方面特点。

(一) 数据类型的多样性

随着我国油气管道集中调控业务的不断深入,在生产指挥与管理决策方面,存在着对管道运行业务数据及其他相关数据大量的分析应用需求。

这直接导致了管道运行业务数据类型的多样性与复杂性。油气管道运行业务数据涉及多种类型的数据,按照数据应用功能分类,它可分为管道基本属性数据(包括管道从设计、施工到运行过程中产生的所有设备设施静态数据,如管道管材、管线分段、设计压力、站场设备基础数据等)、管道运行数据(指管道运行期间产生的各种数据,如管道运行压力、设备启停状态、输送介质的温度与流量等)、管道维检修数据(包括设备参数、水压试验、内外检测、阴极保护等)以及用于管道运行管理的决策支持数据(如运行管理统计分析数据、管道周边环境、维抢修队伍、所辖机构信息等内容)。

另外,按照信息存储形式进行数据分类,管道运行业务数据涉及结构化数据、半结构化数据以及非结构化数据等类型。其中,对于结构化数据,可理解为依照关系数据模型以数据二维表形式构建与存储的数据类型,如管道基础参数信息、设备台账数据、运行统计报表等具有关系数据模型的数据部分;对于半结构化数据,可理解为具有一定结构性的数据存储模式。与具有固定结构模型的结构化关系数据类型相比,半结构化数据是按照不同事务对象各类属性来构建的数据结构模型。针对管道运行业务数据,这种模型通常体现为树状结构。它与结构化数据类型的二维关系表相比有着较大的区别,例如,目前很多实时数据库产品中用于存储管道站场中泵、阀、压缩机等工艺设备运行状态的各类实时数据,就是采用这种半结构化的数据存储模式。而对于非结构化数据,可理解为数据非结构化的整体保存。主要是指其数据信息存在内容上的随机性,通常只能采用一种“二进制大对象(BLOB)”的数据存储模式。例如,管道站场工业电视系统中采集的视频监控数据以及地理信息系统中管道周边的遥感影像数据都是采用这类数据存储模式^[2]。

(二)数据体的总量大

随着大规模油气管网在我国的迅速形成,油气管道生产运行数据的增长速度已远超出了主观预期,这些数据对油气管网的科学规范管理发挥了愈加关键的作用。基于实时数据开展应用的数据采集与监视控制系统(Supervisory Control and Data Acquisition,简称SCADA)在长输油气管道远程集中调控业务中已经作为核心技术手段,得到了深入应用,并极大地推动了管道运行数据应用规模的飞速增长。如果以覆盖全国油气管道的规模化SCADA系统实时监控为例,由于远程控制现代化水平的不断提高,对诸如压力、流量和温度等重要运行参数的监测精度、频度和准确度都提出了更高要求,

因此也就形成了对这些重要运行参数更进一步的海量数据采集与实时处理要求。当前,作为国家级的长输油气管道控制中心采集的管道运行实时数据已达到了数十万点,并且对关键数据采集响应速度甚至达到了毫秒级别,每年系统实时采集的数据总量已达到数十万亿字节,年归档存储的管道运行实时数据量也已达达到万亿字节左右。此外,由于我国油气管网规模的快速增长,管道运行业务数据中管道设施静态数据、管道维检修数据、管道相关地理信息等其他数据也相应地出现了数据体量“指数级”的增长,使管道运行业务数据体达到了海量数据的级别。

(三)数据的实时性

在前面关于“管道运行业务数据”的定义部分曾指出管道运行过程数据作为管道运行业务数据的主要数据层面具有随时间的动态变化性,亦即数据的实时性。作为管道运行业务数据的重要组成部分,管道运行过程数据构成了管道运行业务数据的主干部分,因此数据的实时性相应地也就成为油气管道运行业务数据的一项主要特征。

基于信息技术中的实时数据库理论描述,数据的实时性特征主要体现在以下两个方面:一是数据采集与存储处理的实时性,二是数据应用与事务处理的实时性。当前,随着信息技术产业应用领域的不断拓展,基于数据信息的相关技术应用已从传统的商务与管理事务应用向现代非传统工程和时间关键型应用领域进行扩展。具体如 CIMS(计算机/现代集成制造系统);管道介质输送、数据通信、语音交换、电力调度等网络管理;电子银行事务、电子数据交换与电子商务、股票证券交易;交通控制、雷达跟踪;武器制导、实时仿真、C3I(指挥自动化技术系统)等。这些应用有着区别于传统数据信息应用不同的特点,除了针对大量共享数据和控制数据的维护任务外,更为突出的是其应用活动有着很强的时效性,要求在规定的时刻或一定的时间内完成其处理,且所处理的数据也往往是“短暂”的,即有一定的时效性,过时则有新的数据产生,而依靠之前数据做出的决策及得到的推导也就失去了时效性。因此,这类数据应用不仅需要与传统应用相类似的数据库技术来实现数据共享及维护数据的一致性,更需要数据的实时处理技术来支持其事务与数据的定时限制。这就是数据的实时性特点。

由于管道运行数据具有上述的实时特性,因此将管道运行过程中这类随时间动态变化的数据类别定义为油气管道实时数据,并主要以油气管道实时数据的管理与应用技术作为本教材的叙述内容。