

数字油田在中国丛书

Digital Oilfield in China
Technology and Development of Network Oilfield

数字油田在中国

——油田物联网技术与进展

高志亮 梁宝娟等 著



科学出版社

数字油田在中国丛书

数字油田在中国

——油田物联网技术与进展

高志亮 梁宝娟 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在梳理和总结我国油田物联网建设成就的基础上,系统而详细地介绍油气田物联网技术的理论、原理与实践。编著力求通俗、易懂,图文并茂,具有可读性和实用性。对油田物联网知识和技术具有很好的普及作用,对油田物联网建设具有很好的指导作用。

本书可作为油田企业油气田物联网技术管理与建设工程技术人员培训教材,也可供油田企业领导者、决策者和工程管理人员参考使用。并可作为石油院校、地质院校广大师生数字油田教学用书,更是石油科研院所和IT企业从事油田数字化技术研究、工程设计与建设及油田企业数字化管理和工程施工的技术人员的必备手册。

图书在版编目(CIP)数据

数字油田在中国:油田物联网技术与进展 / 高志亮等著. —北京:科学出版社,2013. 10

(数字油田在中国丛书)

ISBN 978-7-03-038829-2

I. ①数… II. ①高… III. ①数字技术-应用-油田开发-研究-中国 ②智能技术-应用-油田开发-研究-中国 IV. ①TE319

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 240420 号

责任编辑:韦 沁 / 责任校对:宣 慧

责任印制:赵德静 / 封面设计:北京东方人华科技有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 10 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 415 000

定价: 79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《数字油田在中国丛书》编委会

编 委 顾 问 李佩成

编 委 会 主 任 董宝青 刘建朝 李天太 宋考平

编 委 会 副 主 任 (按姓氏拼音顺序排序)

侯晓峰 李剑峰 王同良 王香增

杨 悦

编委会执行主任,主编 高志亮

编 委 (按姓氏拼音顺序排序)

常象宇 程国建 董宝青 段鸿杰

付国民 高 倩 高瑞民 高玉龙

高志亮 侯晓峰 李安琪 李春生

李剑峰 李清辉 李荣西 李天太

李文明 李 勇 刘建朝 刘 展

宋考平 孙少波 孙旭东 王根平

王 权 王书宝 王同良 王香增

杨 悦 袁广金 张 斌 张 琦

张启龙 张守昌 张文坡 赵长宏

作者名单

高志亮 梁宝娟 孙少波
袁广金 赵长宏 高倩

丛 书 序

本书主编高志亮研究员是我多年的同事与朋友,他青年时先是学习油气地球物理勘探,后又考入清华大学学习运筹学与控制论,获理学硕士学位。他有着深厚的数理功底与缜密的思维才能。最近10多年来,他和他的团队倾注全部身心研究数字油田,而且在十分困难的条件下,从无到有,建立起数字油田研究所,并组织召开过多次数字油田高端论坛和相关会议,我都有幸应邀参加。在论坛会上,我发现与会同仁对高志亮研究员创新奋进精神的敬佩以及对其辉煌成就的赞赏之情溢于言表。抚今追昔,高志亮研究员在数字油田研究与应用方面的奉献是十分突出的,现在他又组织力量将其研究成果提炼升华成系列丛书出版问世,这无疑又是一件好事!

我对数字油田研究知之不深,但对他的作用与功能十分赞赏。

人类传递信息一般主要通过三个途径——语言、文字和图件,但都需要通过数字来支持,如裁缝量制衣服,就是通过数字量体裁衣。数字表达最具概括性、细微性和普遍性,但因数字的取得量庞大,关系复杂,而长期停滞在比较简单的事物和形体之中。随着电子计算机和传感技术的出现与发展,用其感知获得信息便成为可能,数字油田正是将传感器技术和互联网、数字化平台等技术整合,实施对油田数字的采集,如对油井、水井、气井、计量间、站、库以及集输管网生产对象进行全面感知和科学管理等。可以认为,数字油田是21世纪油田事业最先进的理念与技术,也是油田发展最好的抓手和推手,是油田管理的一次革命!

《数字油田在中国丛书》的出版发行,无疑对数字油田事业是一大贡献,不仅如此,数字油田的理论和实践成果也将有助于其他事业的吸纳与运用,互相促进,如将其作为运用于水资源开发利用、水事管理、交通运输事业等的借鉴。

在此,我祝这部丛书早日出版问世!祝编者们幸福快乐!

中国工程院院士



2013年8月16日

于长安大学

序

2011年,长安大学数字油田研究所要出版发行《数字油田在中国——理论、实践与发展》专著,请我作序。那时,我只是对数字油田有所关注和有一个基本的了解。但是,我对总结和引导数字油田建设与发展非常赞赏,也很支持。这部专著发行后在社会上引起了很大的反响,尤其在油田企业与数字油田界引起了极大的关注,获得了很高的评价。

本次推出的《数字油田在中国——油田物联网技术与进展》,是《数字油田在中国丛书》的第二部专著,该书主要探索了油气田物联网技术的理论、原理和建设的方法及运维管理等。这本书对于在油田全面推动油田物联网建设,实现油田全面数字化,具有重要的意义。

油气田物联网是指通过安装各类传感器对油气水井、计量间、油气站库及相关集输管网等生产对象(设备或装置)进行全面的感知,完成数据的采集,通过一定的方式完成数据传输、管理与应用,实现对生产对象(设备或装置)目标物的监测与控制,以改变油田生产运行管理方式。由此看出,油田物联网管理可以创造价值,油田物联网应用可以提高效率,油田物联网管理可以提高效益。所以,该书的出版具有很重要的作用与价值。

《数字油田在中国——油田物联网技术与进展》一书就是总结和推广油田物联网技术的一部专著,可以很好地推动油田物联网的建设与发展,我愿意为推广油田物联网技术,推动油田物联网建设助一臂之力。

我祝愿《数字油田在中国——油田物联网技术与进展》专著顺利出版发行。

 教授

2013年8月15日

前 言

2010年,被称为新一代互联网的物联网概念的提出,使得物联网强大的物物相连理念引入到油田企业,从而出现了油田物联网。物联网通过射频识别(RFID)、全球定位系统等技术,按约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换与通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控、遥控与管理等。油田数字化正是借助传感器、射频、网络技术对油田油井、水井、气井、计量间、站、库及相关集输管网等生产对象进行全面感知,虽然不是对各种物品流转过过程的追踪,但是,感知的数据可实现生产过程远程控制与管理,达到物物相连的相似性与效果,从而油气田物联网应运而生。

我们把油田物联网分为广义油田物联网和狭义油田物联网。广义油田物联网泛指在油田一切领域或专业使用传感器和RFID技术的技术,包括勘探、钻探、测井等。狭义的油田物联网是指油田其中的某一个方面。本书主要以油气生产物联网为研究对象,研究油田油气生产物联网的技术与建设,为叙述方便,本书统称为油田物联网。

随着快速发展的油田物联网建设,油田企业工程技术人员、中高级管理人员短缺现象日益严重。因此,他们渴望能够拥有专门的技术专著学习或专门的技术培训教材,并希望有专业的培训机构和专业的培训教师承担起培训的重任。

本书既是油田物联网的技术专著,又可作为油田物联网技术的培训教材。本书叙述力求通俗、易懂,书写力求简洁、明了;既可以满足一般管理人员和工程技术人员阅读、学习,又可以满足管理人员和工程技术人员务实操作。浅显的原理,朴实的语言,使得工程技术人员一读即懂,从而帮助其在实际中查阅参考。同时,本书还可以满足油田企业中高级管理人员作编年计划、经济预测和效益分析。所以,这是一本油田物联网技术的专著及务实操作手册。

本书是《数字油田在中国》系列丛书之一,全书贯穿了数字油田的基本理念和数字油田的基本思想,在数字油田理论指导下完成。全书共12章20余万字,大体上分为三个部分,第2章至第6章主要对油田物联网的技术进行论证与叙述。第

7章至第11章主要讨论油田物联网建设的方法与应用。第1章绪论与第12章主要对油田物联网建设的重要性、未来发展与技术走向进行论述。梁宝娟博士、孙少波博士对全书做了整体的设计与组织,高志亮研究员系统地审核、审订了全稿。主要章节由主编、副主编们分工撰写完成,但还有部分章节由其他同志完成:赵长宏高工、金德明高工、王赞工程师完成了传感器技术与RTU技术等部分章节;郭元元工程师、董利刚研究生完成了工程设计与质量控制、工程安装与维护等部分章节;张文博、张馨研究生参与完成了标准化与标准技术章节的撰写及英文工作;梁小欢、张丽制作和清绘了全书的图件;特别是大部分基础性材料都是由王正良、孙阳研究生完成收集和整理的,并且他们还参与编写了部分章节的内容。

油田物联网还处在研究和探索阶段,在建设过程中还存在很多的问题,技术还有待提高。因此,本专著不足之处在所难免,请大家给予谅解与指正。

编著过程中,我们参考了大量的各种文献,大多都以参考文献的方式进行了标示,在此表示衷心的感谢。如有疏漏,敬请指出,以便我们以其他适当方式补登致谢。

高志亮
2013年8月

Preface

In 2010, the concept of “Internet of things” which is known as a new generation of Internet was put forward. Its powerful idea of “everything is connected” has been adopted by oil enterprises and the “Network Oilfield” was created. According to the Promissory Agreement, the “Internet of things” refers to connecting any items to the Internet, conducting information exchange and communication by means of the Radio Frequency Identification (RFID) and the Global Positioning System (GPS) technologies, in order to realize intelligent identification, location, tracking, monitoring, remote control and management, etc. With the help of Sensors, RFID, GPS and Network Technology, Digital Oilfield would sense comprehensive data of the production objects, such as oil wells, water wells, gas wells, metering stations, libraries and related gathering pipe-nets, to gain the “Perception Data”. Although it is not tracking the process of circulation among goods, the “perception data” is what can make the remote control and management of the production process a reality, and achieve a similarity effect with “everything is connected”. Thus, the oil and gas network arises at the historic moment.

The Network Oilfield has its broad sense and narrow sense. The broad sense of Network Oilfield applies to all fields or professions oilfields which are in the help of Sensors and RFID technology, including exploration, drilling, logging, etc. The narrow sense of Network Oilfield applies to a specific aspect of oilfield. This book chose network of the oil and gas production as the main research object and discussed oilfield oil and gas production network technology and construction. For conveniently, this book generally describes it Network Oilfield.

The rapid development of the Network Oilfield construction caused a problem: the shortage of personnel of oilfield enterprise engineering, technical and senior management. Therefore, there is an urgent demand of specialized technical monograph and training materials for professional training to undertake the important task of cultivation.

This book is a technical monograph of Network Oilfield as well as a training material of gas field network technology. The book is user-friendly, for senior managers and engineering technical personnel to learn and do practical operation. At the same time, it could also help the senior managers in oilfield enterprise doing chronological plan, economic forecasts and benefit analysis. This is a monograph as well as a practical operation manual about Network Oilfield.

In light of the idea of Digital Oilfield, this book was written based on the digital oilfield theory and belongs to the series of *Digital Oilfield in China*. The book is more than 200000 words and consists of 12 chapters, generally divided into three parts. Chapter 1 is the introduction of the whole book, chapter 2 to chapter 6 mainly argues and narrates Network Oilfield technology; chapter 7 to chapter 11 discusses Network Oilfield construction method and application; chapter 12 along with chapter 1 talk about the importance, development and technology direction in the future of Network Oilfield. Dr. Liang Baojuan did the whole design and organization and Prof. Gao Zhiliang systematically reviewed and revised the draft. The main chapters were collaboratively written by chief editors and deputy editors, but some sections were performed by other authors, whom are as follows:

Sections of Sensor and RTU technology——Senior Engineer Zhao Changhong and Jin Deming, Engineer Wang Yun;

Sections of Engineering design and quality control, engineering installation and maintenance——Engineer Guo Yuanyuan, Postgraduate Dong Ligang;

Sections of Standardization and standard technology, English translation, edit and check work——Postgraduate Sun Yang, Postgraduate Zhang Wenbo, Postgraduate Zhang Xin; Diagrams——Liang Xiaohuan, Zhang Li; Collection and management of basic materials, also edit of some chapters——Postgraduate Wang Zhengliang.

Because the Network Oilfield is still in the phase of research and exploration, lots of problems still exist in the process of construction and the technology is being improved. This monograph is hard to avoid defects, sincerely hope you could give us understanding and correction suggestions.

As this is an introductory book with a relatively broad scope, the topics are not

covered in a great depth. However, we have included many references, pointing to the path to the deeper understanding of any particular topic, and we also express our great thanks to all the forerunners in the form of references.

Finally, it is almost impossible to thank all of the people who contributed in some way to making the book a reality. Here we give our heartfelt thanks to you again. If there are any omissions, please feel free to contact us. Any comments and suggestions will be appreciated.

Chief Editor: Gao Zhiliang

August, 2013

目 录

丛书序

序

前言

Preface

第 1 章 绪论	(1)
1.1 油田物联网建设的背景	(1)
1.2 油田物联网建设的作用	(2)
1.2.1 改变了油田企业的生产运行方式	(2)
1.2.2 减员增效,降低生产成本,减少工人劳动强度与风险	(7)
1.2.3 改变了生产组织方式,节能降耗,成为绿色油田	(9)
1.3 油田物联网建设的意义与愿景	(11)
1.3.1 油田物联网是数字油田的重要组成部分	(12)
1.3.2 油田物联网建设的功能价值	(13)
1.3.3 油田物联网建设效果与回报	(16)
1.3.4 油田物联网建设的愿景	(18)
1.4 小结	(20)
第 2 章 物联网与油田物联网	(22)
2.1 物联网	(22)
2.1.1 物联网的概念与技术	(22)
2.1.2 物联网的原理	(24)
2.1.3 物联网的特征	(25)
2.1.4 物联网的技术架构	(26)
2.2 油田物联网	(27)
2.2.1 油田物联网的概念与分类	(27)
2.2.2 油田物联网技术的概念和原理	(30)
2.2.3 油田物联网的特征	(33)
2.2.4 油田物联网的技术架构	(33)

2.3	油田物联网技术的一般应用	(35)
2.3.1	油气水井监测与管理	(35)
2.3.2	生产辅助管理	(36)
2.3.3	生产过程运行管理	(37)
2.4	小结	(37)
第3章	油田物联网传感器技术	(39)
3.1	传感器	(39)
3.1.1	传感器的概念和作用	(39)
3.1.2	无线传感器的概念与作用	(41)
3.1.3	智能传感器的概念和作用	(43)
3.2	油田物联网传感器	(45)
3.2.1	油田物联网传感器的概念	(45)
3.2.2	油田物联网传感器的分类	(46)
3.2.3	油田物联网传感器的特征	(46)
3.3	抽油机传感器简介	(47)
3.3.1	传统型传感器	(47)
3.3.2	一体化无线示功图传感器	(51)
3.3.3	几个问题的讨论	(53)
3.4	油田物联网其他传感器	(55)
3.4.1	压力传感器	(55)
3.4.2	温度传感器	(56)
3.4.3	液位传感器	(57)
3.5	小结	(59)
第4章	RTU 技术与应用	(60)
4.1	RTU 概念及其应用	(60)
4.1.1	RTU 的概念	(60)
4.1.2	RTU 的发展过程	(61)
4.1.3	RTU 的功能与应用	(64)
4.2	RTU 系统组成及设计要求	(66)
4.2.1	软件设计与功能	(67)
4.2.2	硬件设计与功能	(69)
4.3	油田物联网 RTU 设备技术	(70)

4.3.1	井口 RTU	(70)
4.3.2	井组 RTU	(71)
4.3.3	RTU 系统集成	(72)
4.3.4	未来新一代 RTU	(73)
4.4	小结	(73)
第 5 章	油田物联网数据采集技术	(75)
5.1	油田物联网数据采集系统	(75)
5.1.1	数据采集的概念	(75)
5.1.2	油田物联网数据采集的意义	(76)
5.1.3	油田物联网数据采集系统	(76)
5.2	油井数据采集技术与方法	(77)
5.2.1	油田物联网数据采集技术	(77)
5.2.2	油田物联网数据源与采集模式	(79)
5.2.3	油田物联网数据采集系统	(81)
5.3	油田站、库数据采集	(84)
5.3.1	SCADA/DCS 的概念	(84)
5.3.2	SCADA 数据采集方式	(86)
5.4	油田物联网采集的数据及类型	(88)
5.4.1	油田物联网数据	(88)
5.4.2	油田物联网数据类型	(89)
5.4.3	油田物联网数据的价值	(90)
5.5	小结	(93)
第 6 章	油田物联网的数据传输	(94)
6.1	数据传输的概念	(94)
6.2	数据传输技术	(95)
6.2.1	ZigBee 技术	(95)
6.2.2	无线网桥技术	(101)
6.2.3	光纤技术	(106)
6.3	油田物联网数据传输方式	(109)
6.3.1	油田物联网数据传输方式与结构	(109)
6.3.2	油田物联网数据传输与模式	(110)
6.3.3	油田物联网数据传输汇聚应用	(114)

6.4	小结	(115)
第7章	油田物联网建设与生态环境	(117)
7.1	油田物联网建设	(117)
7.1.1	油田物联网建设的概念	(117)
7.1.2	建设的需求分析	(121)
7.1.3	建设的基本内容与方法	(125)
7.2	油田物联网建设生态环境与划分	(129)
7.2.1	油田物联网建设的基本环境条件划分	(129)
7.2.2	我国油田环境的基本特点	(131)
7.3	不同环境下采集装备的要求	(133)
7.3.1	一般环境	(133)
7.3.2	高热高寒环境	(135)
7.3.3	高寒环境	(135)
7.3.4	高湿环境	(136)
7.3.5	海洋环境	(136)
7.4	小结	(137)
第8章	油田物联网工程设计与质量控制	(139)
8.1	油田物联网工程设计思想	(139)
8.1.1	油田物联网工程设计的意义	(139)
8.1.2	油田物联网设计思想	(140)
8.1.3	油田物联网设计内容	(142)
8.2	油田物联网设计方法与步骤	(146)
8.2.1	油田物联网工程设计	(146)
8.2.2	油田物联网设计基础与准备	(149)
8.2.3	现场勘查	(150)
8.3	油田物联网设计与质量保证	(152)
8.3.1	油田物联网工程设计规范	(152)
8.3.2	油田物联网规范设计	(156)
8.3.3	油田物联网设计的保障	(160)
8.4	小结	(162)
第9章	油田物联网建设标准化	(164)
9.1	油田物联网建设标准的概念	(164)

9.1.1	标准的概念	(164)
9.1.2	油田物联网标准化	(165)
9.2	油田物联网标准化体系建设	(167)
9.2.1	油田物联网标准化体系建设的概念	(167)
9.2.2	油气田物联网标准体系建设思想	(168)
9.2.3	油田物联网建设规范体系	(168)
9.3	油田物联网建设的标准	(173)
9.3.1	油田物联网建设模式标准	(173)
9.3.2	油田物联网模块标准模型	(174)
9.3.3	油田物联网名词规范与相关指标	(176)
9.4	小结	(179)
第 10 章	油田物联网管理平台	(180)
10.1	油田物联网平台概念	(180)
10.1.1	平台的由来与一般性概念	(180)
10.1.2	数据管理平台的概念	(181)
10.1.3	油田物联网平台概念	(183)
10.2	油田物联网管理平台建设	(185)
10.2.1	油田物联网平台建设的意义	(185)
10.2.2	油田物联网管理平台建设的策略	(186)
10.2.3	油田物联网管理平台建设方法	(188)
10.3	油田物联网管理典型平台分析	(193)
10.3.1	“三端五系统三辅助”思想分析	(194)
10.3.2	油田数字化管理平台中间件分析	(198)
10.3.3	长庆油田数字化管理平台建设的启示	(200)
10.4	油田物联网平台	(201)
10.4.1	油田物联网管理平台建设思想	(201)
10.4.2	油田物联网平台建设内容	(202)
10.4.3	油田物联网的平台模型	(203)
10.5	小结	(203)
第 11 章	油田物联网功图诊断与计产	(205)
11.1	示功图的基本原理	(205)
11.1.1	示功图的概念	(205)