

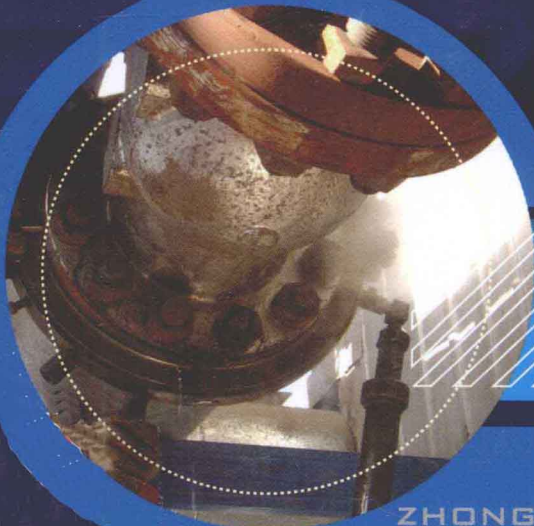


中海油能源发展股份有限公司油田建设工程公司
CNOOC Energy Technology & Services-Oilfield Construction Engineering Co.

中高压管道 带压堵漏工程



胡忆沔 闫肃 杨杰 著



ZHONGGAOYA GUANDAO
DAIYA DULOU GONGCHENG



化学工业出版社

中海油能源发展股份有限公司科技攻关项目配套

中高压管道 带压堵漏工程

胡忆沔 闫肃 杨杰 著



化学工业出版社

北京·

本书分 10 章,分别论述了中高压管道基础知识,管道的泄漏形式与危害,带压堵漏技术简介,管道泄漏现场的勘测,注剂式带压堵漏技术,带压粘接堵漏技术,紧固式带压堵漏技术,带压焊接堵漏技术,管道泄漏事故带压堵漏方法选择,带压堵漏作业安全技术。附录包括:常见物质燃烧爆炸参数表,带压堵漏施工作业劳动防护用品选用一览表,管道公制与英制尺寸对照表。作者充分依据国家现行的法律、法规和技术规范,介绍了管道专业术语,管道元件的公称尺寸和公称压力,管道的分类与分级,提供了带压堵漏技术新理论、新技术、新材料;同时给出了带压堵漏施工方案、应急预案编制及堵漏方法选择等带压堵漏工程管理方面的内容,配有大量插图,注重实用。

本书可供从事石油、化工、海上工程、冶金、能源、造纸、船舶、流体储存输送的工程技术人员及设备维护维修管理人员阅读和使用,同时也可作为中等和高等学校石油机械、过程装备、设备管理专业及相关专业扩充新知识、新技术的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

中高压管道带压堵漏工程/胡忆涛,闫肃,杨杰著
北京:化学工业出版社,2011.10
ISBN 978-7-122-12104-2

I. 中… II. ①胡…②闫…③杨… III. 管道-堵漏
IV. TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 167894 号

责任编辑:袁海燕 陈 丽
责任校对:徐贞珍

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 301 千字

2011 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

编 审 委 员 会

主 任：孙建军

副主任：王少平 郭 琳 李松梅 王 力
崔天林 唐明军 刘全恩 朱多平
李冬翌

委 员（排名不分先后）：

郑松林 黄建虾 周正权 张国军
王豪巍 李晓平 崔矿庆 王继耕
孙 哲 韩 宁 林佳新

前 言

FOREWORD

近年来,由于泄漏事故导致的重大燃爆、环境污染、人员中毒等事故屡有发生。仅全国公安消防单位平均每年参加扑救的泄漏事故就多达数千起,给国家和人民群众生命财产造成了重大损失,对生态环境的危害极大。而安全有效地控制泄漏事故蔓延,减少损失是带压堵漏技术研究的主要内容。

全书分10章,内容包括:①中高压管道基础知识。介绍了管道专业术语、管道元件的公称尺寸和公称压力、工业管道涂色标识,特别是以列表的方式介绍了压力管道的类别和级别,清晰简明。②管道的泄漏形式与危害。介绍了泄漏与密封、泄漏分类、法兰及法兰泄漏、管段泄漏、阀门及阀门泄漏、泄漏危害。③带压堵漏技术简介。介绍了带压堵漏技术发展简史、带压堵漏技术机理与组成、带压堵漏技术应用范围、带压堵漏技术不适用范围。④管道泄漏现场的勘测。介绍了泄漏现场对勘测人员的危害因素及防护、泄漏现场环境勘测、泄漏介质勘测、泄漏部位现场勘测基本要求、法兰泄漏部位勘测、直管泄漏部位勘测、变径管泄漏部位勘测、弯头泄漏部位勘测、三通泄漏部位勘测及填料泄漏勘测,比较详尽地介绍了管道泄漏现场的勘测技巧和方法。⑤注剂式带压堵漏技术。介绍了注剂式带压堵漏技术基本原理和特点、密封注剂的性能指标、密封注剂的选用原则、带压堵漏夹具设计、带压堵漏凸形法兰夹具、凹形法兰夹具、直管夹具、弯头夹具、三通夹具、四通夹具、隔离式夹具、夹具壁厚计算、夹具耳板厚度计算、夹具连接螺栓计算、注剂孔的设置与形式选择方法、注剂接头、高压注剂枪、带压堵漏机具总成、法兰泄漏现场操作方法、直管泄漏现场方法、弯头泄漏现场操作方法、三通泄漏现场操作方法及阀门填料泄漏现场操作方法。⑥带压粘接堵漏技术。介绍了粘接技术基础、填塞粘接法、注胶填塞粘接法、顶压粘接法、磁力压固粘接法及塞楔法。

⑦紧固式带压堵漏技术。介绍了楔式紧固工具及操作方法、压式紧固工具及操作方法、套管紧固器、压块紧固器及气垫止漏法。⑧带压焊接堵漏技术。介绍了带压逆向焊接堵漏技术基本原理和特点、带压逆向焊接堵漏操作技术、管道环焊缝破裂的带压焊接方法、增强补焊焊道的途径、带压逆向补焊焊接规范的选择、带压逆向补焊操作注意事项、引流焊接堵漏技术的基本原理和特点、引流器的结构形式及操作方法、带压逆向焊接堵漏技术安全注意事项及引流焊接堵漏技术安全注意事项。⑨管道泄漏事故带压堵漏方法选择。介绍了管道泄漏事故带压堵漏方法、法兰泄漏预保带压堵漏夹具、直管泄漏预保带压堵漏夹具、弯头泄漏预保带压堵漏夹具及三通泄漏预保带压堵漏夹具。⑩带压堵漏作业安全技术。介绍了泄漏事故现场危害因素、泄漏事故可引发的灾害性后果、作业人员安全防护及带压密封技术作业安全注意事项。全书配有大量插图，理论联系实际，注重实用。

该书的内容取自作者公开发表的 53 篇论文，3 项专利（88 2 05337. X，ZL 97 2 03160. X 及 201010553092. 8）及作者执笔的国家行业标准 HG 20201—2007《带压密封技术规范》。其中，管道的泄漏形式与危害、带压堵漏技术简介、管道泄漏现场的勘测、注剂式带压堵漏技术、紧固式带压堵漏技术、带压堵漏方法选择等为著作者开发的技术与方法。

本书第 3 章、第 7 章、第 9 章由胡忆沅撰写；第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 8 章由闫肃撰写；第 5 章、第 6 章、第 10 章由杨杰撰写；全书由胡忆沅统稿。编审委员会对书稿进行了审核。

本著作得到了中海油能源发展股份有限公司油田建设工程公司科技攻关项目“中高压管道在线维修设备的研制”（项目编号：C/KJF HFYJ 002—2010）的支持。在此表示感谢。

由于作者水平所限，书中不足和疏漏在所难免，敬请各位专家和读者给予批评指正。

著者

2011 年 7 月于天津塘沽

目 录

CONTENTS

第 1 章 中高压管道基础知识 1

1.1 管道专业术语	2
1.1.1 管道设计部分	2
1.1.2 管子与管道	4
1.1.3 管件	6
1.1.4 管法兰、垫片及紧固件	7
1.1.5 阀门	9
1.1.6 管道腐蚀	10
1.1.7 管道带压密封	11
1.2 管道元件的公称尺寸和公称压力	14
1.2.1 管道元件的公称尺寸	15
1.2.2 管道元件的公称压力	17
1.3 工业管道涂色标识	19
1.3.1 概述	19
1.3.2 基本识别色	19
1.3.3 识别符号	21
1.3.4 安全标识	21
1.4 管道的分类与分级	22
1.4.1 管道分类	22
1.4.2 管道分级	23

第 2 章 管道的泄漏形式与危害 25

2.1 泄漏与密封	25
2.1.1 泄漏	25
2.1.2 密封	26

2.2	泄漏分类	27
2.2.1	按泄漏的机理分类	27
2.2.2	按泄漏量分类	27
2.2.3	按泄漏的时间分类	28
2.2.4	按泄漏的密封部位分类	28
2.2.5	按泄漏的危害性分类	29
2.2.6	按泄漏介质的流向分类	30
2.2.7	按泄漏介质种类分类	30
2.3	法兰及法兰泄漏	30
2.3.1	法兰的结构及密封机理简介	30
2.3.2	法兰泄漏	31
2.4	管段泄漏	34
2.4.1	焊缝缺陷引起的泄漏	34
2.4.2	腐蚀引起的泄漏	38
2.4.3	振动及冲刷引起的泄漏	42
2.5	阀门及阀门泄漏	45
2.5.1	工业管道阀门简介	45
2.5.2	阀门泄漏	49
2.6	泄漏危害	54

第3章 带压堵漏技术简介 57

3.1	带压堵漏技术发展简史	58
3.1.1	带压堵漏技术国际发展简史	58
3.1.2	带压堵漏技术国内发展简介	60
3.2	带压堵漏技术机理与组成	62
3.2.1	带压堵漏技术的广义机理	62
3.2.2	带压堵漏技术的组成及原理简介	63
3.3	带压堵漏技术应用范围	66
3.4	带压堵漏技术不适用范围	68

第4章 管道泄漏现场的勘测 70

4.1 泄漏现场对勘测人员的危害因素及防护	70
4.2 泄漏现场环境勘测	71
4.3 泄漏介质勘测	71
4.4 泄漏部位勘测	73
4.4.1 泄漏部位现场勘测基本要求	73
4.4.2 法兰泄漏部位勘测	73
4.4.3 直管泄漏部位勘测	75
4.4.4 变径管泄漏部位勘测	76
4.4.5 弯头泄漏部位勘测	77
4.4.6 三通泄漏部位勘测	78
4.4.7 填料泄漏勘测	79
4.4.8 注意事项	81

第5章 注剂式带压堵漏技术 82

5.1 注剂式带压堵漏技术基本原理和特点	82
5.1.1 注剂式带压堵漏技术的基本原理	82
5.1.2 注剂式带压堵漏技术的特点	87
5.2 密封注剂	88
5.2.1 密封注剂的性能指标	89
5.2.2 密封注剂的选用原则	90
5.3 带压堵漏夹具	92
5.3.1 夹具设计	92
5.3.2 凸形法兰夹具	95
5.3.3 凹形法兰夹具	95
5.3.4 直管夹具	96
5.3.5 弯头夹具	98
5.3.6 三通夹具	100
5.3.7 四通夹具	103

5.3.8	隔离式夹具	104
5.3.9	夹具壁厚计算	106
5.3.10	夹具耳板厚度计算	113
5.3.11	夹具连接螺栓计算	114
5.3.12	注剂孔的设置与形式选择方法	115
5.4	注剂接头	116
5.4.1	注剂阀	117
5.4.2	注剂接头	119
5.5	高压注剂枪	124
5.5.1	手动复位式高压注剂枪	125
5.5.2	油压复位式高压注剂枪	126
5.5.3	自动复位式高压注剂枪	128
5.6	机具总成	130
5.6.1	手动液压油泵	131
5.6.2	管路接头	134
5.7	带压堵漏现场操作方法	137
5.7.1	法兰泄漏现场操作方法	137
5.7.2	直管泄漏现场方法	149
5.7.3	弯头泄漏现场操作方法	152
5.7.4	三通泄漏现场操作方法	152
5.7.5	阀门填料泄漏现场操作方法	152

第6章 带压粘接堵漏技术 156

6.1	填塞粘接法	156
6.1.1	热熔胶填塞粘接法	157
6.1.2	堵漏胶填塞粘接法	159
6.2	注胶填塞粘接法	163
6.3	顶压粘接法	165
6.3.1	顶压粘接法的基本原理和特点	165
6.3.2	法兰泄漏顶压工具及操作方法	168

6.4	引流粘接法	175
6.4.1	引流粘接法的基本原理和特点	176
6.4.2	引流器的结构及操作方法	177
6.5	磁力压固粘接法	181
6.5.1	磁力压固粘接法的基本原理和特点	181
6.5.2	压固磁铁结构及操作方法	184
6.6	塞楔法	192

第7章 紧固式带压堵漏技术 195

7.1	楔式紧固工具及操作方法	196
7.2	压式紧固工具及操作方法	198
7.3	套管紧固器	200
7.4	压块紧固器	202
7.5	气垫止漏法	203

第8章 带压焊接堵漏技术 205

8.1	逆向焊接堵漏技术	205
8.1.1	带压逆向焊接堵漏技术基本原理和特点	206
8.1.2	带压逆向焊接堵漏操作技术	208
8.1.3	管道环焊缝破裂的带压焊接方法	218
8.1.4	增强补焊焊道的途径	224
8.1.5	带压逆向补焊焊接规范的选择	226
8.1.6	带压逆向补焊操作注意事项	228
8.2	引流焊接堵漏技术	234
8.2.1	引流焊接堵漏技术的基本原理和特点	234
8.2.2	引流器的结构形式及操作方法	236
8.3	安全操作注意事项	241
8.3.1	带压逆向焊接堵漏技术安全注意事项	242
8.3.2	引流焊接堵漏技术安全注意事项	246

第 9 章 管道泄漏事故带压堵漏方法选择 248

- 9.1 管道泄漏事故带压堵漏方法 248
- 9.2 中高压管道预保带压堵漏夹具 251
 - 9.2.1 法兰泄漏预保带压堵漏夹具 251
 - 9.2.2 直管泄漏预保带压堵漏夹具 251
 - 9.2.3 弯头泄漏预保带压堵漏夹具 251
 - 9.2.4 三通泄漏预保带压堵漏夹具 254

第 10 章 带压堵漏作业安全技术 256

- 10.1 带压堵漏作业安全管理与防护 256
 - 10.1.1 泄漏事故现场危害因素 256
 - 10.1.2 泄漏事故可引发的灾害性后果 257
 - 10.1.3 作业人员安全防护 258
- 10.2 带压密封技术作业安全注意事项 261

附录 264

- 附表 1 常见物质燃烧爆炸参数表 264
- 附表 2 带压堵漏施工作业劳动防护用品选用一览表 267
- 附表 3 管道公制与英制尺寸对照表 271

参考文献 273

第1章

中高压管道基础知识

管道是用来输送流体介质的一种设备。这些管道的输送介质和操作参数不尽相同，其危险性和重要程度差别很大。为了保证各类管道在设计条件下均能安全可靠地运行，对不同重要程度的管道应当提出不同的设计、制造和施工检验要求。目前在工程上主要采用对管道分类或分级的办法来解决这一问题。

我国 2009 年 5 月 1 日起施行的 2009 版《特种设备安全监察条例》对压力管道最新定义是：指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。这就是说，现在所说的“压力管道”，不但是指其管内或管外承受压力，而且其内部输送的介质是“气体、液化气体和蒸汽”或“可能引起燃爆、中毒或腐蚀的液体”物质。

中高压管道属于压力管道范畴。但各个行业对中高压管道的定义并不一致。一般低压管道是指公称压力 1.6（不含）MPa 以下的管道；中压管道是指公称压力 1.6（含）~10.0MPa 的管道；高压管道是指公称压力 10~100MPa 的管道。以此推断中高压管道是指公称压力 1.6（含）~100MPa 的管道。应当指出的是管道的划分除了按压力分类外，还与管道的最高工作温度有关。

1.1 管道专业术语

在管道工程领域，经常要进行语言交流。在交流中涉及较多的是专业术语的定义问题，如果无法统一定义，就会出现词义混淆、一词异义或一义异词等现象。由于管道工程领域所涉及的行业较多，其术语的风格略有差异。

根据国家标准 GB/T 15237—2000 术语工作，术语的定义是：在特定专业领域中一般概念的词语指称。指称的定义是：概念的表达方式。概念的定义是：通过对特征的独特组合而形成的知识单元。特征的定义是：一个客体或一组客体特性的抽象结果。客体的定义是：可感知或可想象到的任何事物。而根据术语学的原理，术语和定义是可以互相替换的。两者的差异是术语应简短，而定义可冗长。

1.1.1 管道设计部分

① 流体输送管道。系指设计单位在综合考虑了流体性质、操作条件以及其他构成管理设计等基础因素后，在设计文件中所规定的输送各种流体的管道。流体可分为剧毒流体、有毒流体、可燃流体、非可燃流体和无毒流体。

② GA 类（长输管道）：长输（油气）管道是指在产地、储存库、使用单位之间的用于输送（油气）商品介质的管道，划分为 GA1 级 GA2 级。

③ GB 类（公用管道）：公用管道是指城市或者乡镇范围内用于公用事业或者民用的燃气管道和热力管道，划分为 GB1 级 GB2 级。

④ GC 类（工业管道）：工业管道是指企业、事业单位所属的用于输送工艺介质的工艺管道及其他辅助管道，划分为 GC1 级、GC2 级、GC3 级。

⑤ GD类（动力管道）：火力发电厂用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道，划分为GD1级GD2级。

⑥ 工程设计。由操作要求发展而来的，并符合本规范要求的详细设计，包括用以指导管道安装的全部必要的图纸和说明书。

⑦ 设计压力。在正常操作过程中，在相应设计温度下，管道可能承受的最高工作压力。

⑧ 工作压力。工作压力是为了保证管路工作时的安全，而根据介质的各级最高工作温度所规定的一种最大压力。最大工作压力是随着介质工作温度的升高而降低的。用 P 表示，单位为MPa。

⑨ 波动压力。由管道系统中液体的流速发生突然变化所产生的大于工作压力的瞬时压力，亦称水锤压力，通常发生在突然关闭阀门或停泵的情况。

⑩ 静水压力。在静止状态下由水位高差产生的作用在管内壁或外壁上的压力。

⑪ 动水作用力。由管外部水的流动产生的作用在水下管道上的推力、吸力及浮力等作用力。

⑫ 真空压力。压力运行管道在突然降压导致管道内瞬时真空状态下，由大气压力作用在管外壁的压力。

⑬ 设计温度。在正常操作过程中，在相应设计压力下，管道可能承受的最高或最低温度。

⑭ 工作温度。管道在正常操作条件下的温度。

⑮ 适用介质。在正常操作条件下，适合于管道材料的介质。

⑯ 设计寿命。设计计算的使用时间，来验证一种可调换的或永久性的部件是否适宜于预期的使用时间。设计寿命不是管线系统的寿命，因为经适当维护和保护的管线系统可以长期地进行液体输送。

⑰ 管道荷载。设计时应考虑的各种可能出现的施加在管道结构上的集中力或分布力的统称，包括恒（永久）荷载、活（可变）荷载和其他荷载。

⑬ 计算壁厚（理论壁厚）。计算壁厚是根据压力，按强度条件计算得到的壁厚。

⑭ 压力试验。以液体或气体为介质，对管道逐步加压，达到规定的压力，以检验管道强度和严密性的试验。

⑮ 强度试验压力。管道强度试验的规定压力。

⑯ 泄漏性试验。以气体为介质，在设计压力下，采用发泡剂、显色剂、气体分子感测仪或其他专门手段检查管道系统中泄漏点的试验。

⑰ 密封试验压力（严密性试验压力）。管道密封试验的规定压力。

1.1.2 管子与管道

① 管子。用以输送流体或传递流体压力的密封中空连续体称为管子。管道用管子按国际标准分为两类。

a. 管子（pipe）。按照相关标准规格制造的圆截面管子，其规格用“公称尺寸”表示，同一公称尺寸的管子，壁厚可以不同，但其外径均相同，国际上称为“pipe”。

b. 管子（tube）。不按上述标准制造的，可以是圆截面也可以是任意其他截面（如矩形、多边形等）的管子。圆管的规格由外径、内径和壁厚三者中之二确定，国际上称为“tube”。

② 钢管。由铁和炭等元素炼制的圆管的统称。

③ 无缝钢管。钢坯经穿孔轧制或拉制成的管子。

④ 有缝钢管。由钢板、钢带等卷制，经焊接或熔接而成的管子。

⑤ 不锈钢管。用少量铬和镍等金属元素炼制的合金钢制作的圆管。具有高度抗腐蚀能力，并耐高温和高压，属合金钢管范畴。

⑥ 管道。用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或截止流体流动的管道组成件总成。管道除管道组成件外，还包括管道支承件，但不包括支承构筑物，如建筑框架、管架、管廊和底座（管

墩或基础)等。

⑦ 管道组成件。用于连接或装配成压力密封的管道系统机械元件,包括管子、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门、安全保护设施以及诸如膨胀节、挠性接头、耐压软管、过滤器、管路中的仪表(如孔板)和分离器等。

⑧ 安装件。将负荷从管子或管道附着件上传递至支承结构或设备上的元件。它包括吊杆、弹簧支吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨、锚固件、鞍座、垫板、滚柱、托座和滑动支架等。

⑨ 管道支承件。是将管道荷载,包括管道的自重、输送流体的重量、由于操作压力和温差所造成的荷载以及振动、风力、地震、雪载、冲击和位移应变引起的荷载等传递到管架结构上的元件。

⑩ 工业管道。由金属管道元件连接或装配而成,在生产装置中用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道及其他辅助管道。

⑪ 工艺管道。输送原料、中间物料、成品、催化剂、添加剂等工艺介质的管道。

⑫ 公用系统管道。工艺管道以外的辅助性管道,包括水、蒸汽、压缩空气、惰性气体等的管道。

⑬ 长输管道。指产地、储存库、使用单位间的用于输送商品介质的管道。

⑭ 副管。为增加管道输送量,在输油站间的瓶颈段敷设与原有线路相平行的管段。

⑮ 输油管道工程。用管道输送油品的建设工程,一般包括钢管,管道附件和输油站等。

⑯ 输气管道工程。用管道输送天然气或人工煤气的工程。一般包括输气管道、输气站、管道穿越及辅助生产设施等工程内容。

⑰ 压力管道。指利用一定的压力,用于输送气体或者液体的管状设备,其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa (表