

高含硫气田职工培训教材

# 天然气净化装置分析化验

曹英斌 编著



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

高含硫气田职工培训教材

# 天然气净化装置分析化验

曹英斌 编著

中国石化出版社

## 内容提要

本书内容共分六个部分,涵盖了高含硫气田化验分析需要掌握的室内分析和在线分析的专业基础知识和操作规程,具体包括取样、气体分析、水样分析、光学分析、电化学分析、细菌分析、硫黄和润滑油分析等,本书内容详实、重点突出、实用性强,能为高含硫气田的开发起指导性的作用。是高含硫气田从事净化作业职工技能培训的必备教材,对专业技术人员也具有一定的参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

天然气净化装置分析化验 / 曹英斌编著.  
—北京:中国石化出版社,2014.8  
ISBN 978-7-5114-2961-2

I. ①天… II. ①曹… III. ①天然气净化-净化设备-分析 IV. ①TE682

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 180196 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 354 千字

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定价:110.00 元

# 高含硫气田职工培训教材

## 编写委员会

主任:王寿平 陈惟国  
副主任:盛兆顺  
委员:郝景喜 刘地渊 张庆生 熊良淦 姜贻伟  
陶祖强 杨发平 朱德华 杨永钦 吴维德  
康永华 孔令启

## 编委会办公室

主任:陶祖强  
委员:马洲 王金波 程虎 孔自非 邵志勇  
李新畅 孙广义

## 教材编写组

组长:焦玉清 袁守民  
副组长:兰宦勤 曹英斌 马崇彦 于艳秋  
成员:潘涛 肖斌 黄子川 朱道庆 姚景武  
张立胜 张文斌 王拥军 刘炜 解更存  
胡文明 张忠慧 张永红 王金波 裴永述  
张鲁平

# 序

2003年,中国石化在四川东北地区发现了迄今为止我国规模最大、丰度最高的特大型整装海相高含硫气田——普光气田。中原油田根据中国石化党组安排,毅然承担起了普光气田开发建设重任,抽调优秀技术管理人员,组织展开了进入新世纪后我国陆上油气田开发建设最大规模的一次“集团军会战”,建成了国内首座百亿立方米级的高含硫气田,并实现了安全平稳运行和科学高效开发。

普光气田主要包括普光主体、大湾区块(大湾气藏、毛坝气藏)、清溪场区块和双庙区块等,位于四川省宣汉县境内,具有高含硫化氢、高压、高产、埋藏深等特点。国内没有同类气田成功开发的经验可供借鉴,开发普光气田面临的是世界级难题,主要表现在三个方面:一是超深高含硫气田储层特征及渗流规律复杂,必须攻克少井高产高效开发的技术难题;二是高含硫化氢天然气腐蚀性极强,普通钢材几小时就会发生应力腐蚀开裂,必须攻克腐蚀防护技术难题;三是硫化氢浓度达1000ppm( $1\text{ppm}=1\times 10^{-6}$ )就会致人瞬间死亡,普光气田高达150000ppm,必须攻克高含硫气田安全控制难题。

经过近七年艰苦卓绝的探索实践,普光气田开发建设取得了重大突破,攻克了新中国成立以来几代石油人努力探索的高含硫气田安全高效开发技术,实现了普光气田的安全高效开发,创新形成了“特大型超深高含硫气田安全高效开发技术”成果,并在普光气田实现了工业化应用,成为我国天然气工业的一大创举,使我国成为世界上少数几个掌握开发特大型超深高含硫气田核心技术的国家,对国家天然气发展战略产生了重要影响。形成的理论、技术、标准对推动我国乃至世界天然气工业的发展作出了重要贡献。作为普光气田开发建设的实践者,感到由衷的自豪和骄傲。

在普光气田开发实践中,中原油田普光分公司在高含硫气田开发、生产、集输以及HSE管理等方面取得了宝贵的经验,也建立了一系列的生产、技术、操

作标准及规范。为了提高开发建设人员技术素质,2007年组织开发系统技术人员编制了高含硫气田职工培训实用教材。根据不断取得的新认识、新经验,先后于2009年、2010年组织进行了修订,在职工培训中发挥了重要作用;2012年组织进行了全面修订完善,形成了系列《高含硫气田职工培训教材》。这套教材是几年来普光气田开发、建设、攻关、探索、实践的总结,是广大技术工作者集体智慧的结晶,具有很强的实践性、实用性和一定的理论性、思想性。该教材的编著和出版,填补了国内高含硫气田职工培训教材的空白,对提高员工理论素养、知识水平和业务能力,进而保障、指导高含硫气田安全高效开发具有重要的意义。

随着气田开发的不断推进、深入,新的技术问题还会不断出现,高含硫气田开发和安全生产运行技术还需要不断完善、丰富,广大技术人员要紧紧密结合高含硫气田开发的新变化、新进展、新情况,不断探索新规律,不断解决新问题,不断积累新经验,进一步完善教材,丰富内涵,为提升职工整体素质奠定基础,为实现普光气田“安、稳、长、满、优”开发,中原油田持续有效和谐发展,中国石化打造上游“长板”作出新的、更大的贡献。



2013年3月30日

# 前 言

在天然气工业中,为了将合格的商品天然气供应至用户,天然气净化是重要的一环。天然气净化通常是指脱硫脱碳、脱水、硫黄回收及尾气处理。脱硫脱碳与脱水是为了使天然气达到商品天然气或管输天然气的质量指标;硫黄回收与尾气处理是为了综合利用及满足环保要求。目前,天然气净化已形成一个独立的、系统的专业,其地位也越来越重要。

普光气田是我国已发现的最大规模海相整装高含硫气田,在国内没有成功开发同类气田的先例,在世界范围也属于难题。普光天然气净化厂是国内首座自主设计、建设的百亿方级高含硫净化厂,原料天然气高含硫化氢、二氧化碳与有机硫。中原油田普光分公司作为直接管理者和操作者,逐步积累了一套较为成熟的高含硫天然气开发、净化和 HSE 管理等方面的经验。为全面总结高含硫天然气净化管理与操作经验,固化、传承、推广好做法,夯实自身培训管理基础,同时也为同类天然气净化提供借鉴,我们组织了系统专业技术人员,以建立中国石化高含硫天然气净化职工培训示范教材为目标,在已有自编教材的基础上,编著、修订了系列《高含硫气田职工培训教材》。本套教材涵盖了净化装置、硫黄储运、分析化验和安全监控 4 个重要部分,突出高含硫净化装置的工艺特点,以反应典型性、针对性、实用性、先进性为原则,每个部分单独成册,总编陈惟国、朱德华。

《高含硫气田职工培训教材——天然气净化装置分析化验》为专业技术培训类教材,侧重于高酸性气田实验室分析和在线监测的实际操作技能培训。执行了现行的国标、行标,并根据净化厂装置运行要求制定了相适应的企标和实验方法,能够满足高酸性气田所有分析要求。本教材从内容上力求理论与技术相结合,突出了实用性和技能培养。本册教材由曹英斌编著,副主编张永红、张文斌。内容共分 6 个部分,涵盖了高含硫气田化验分析需要掌握的室内分析和在线分析的专业基础知识和操作规程,第 1 部分由张永红、轩慎友编写,第 2 部

分由马帆、刘超编写,第3部分由杨静、夏莉编写,第4部分由郭慧勇、曹春辉编写,第5部分由吴燕茹、简瑞编写,第6部分第1章由赵凡、刘军芳编写,第2章由闵峰、何占兴编写;参加编审的人员有王拥军、高峰、徐政雄、裴永述、李红军、赵三群、陈玉成等。

本套教材可作为高含硫天然气净化职工培训使用,也可作为天然气净化领域科研、设计、生产及管理技术人员的案头参考书,还可供从事炼厂气及其他气体净化的工艺技术人员参考。

在本套教材编写过程中,各级领导给予了高度重视和大力支持,陈惟国同志对做好教材编写工作多次作出指导,刘地渊、熊良淦、张庆生、尹琦岭、商剑峰、杨作海、王和琴、陶祖强对教材进行了审定,多位管理专家、技术骨干、技能操作能手为教材编审贡献了智慧、付出了辛勤的劳动,中国石化出版社对教材的编审和出版工作给予了宝贵的支持和指导,在此一并表示感谢!

普光天然气净化厂在管理经验方面还需要不断积累完善,恳请同志们在使用过程中提出宝贵意见,为进一步完善、修订提供借鉴。

书中不当及疏漏之处尚祈业内专家及同志们赐正。



# 目 录

## 第 1 部分 取样

第 1 章 取样点与取样器 .....	( 3 )
1.1 联合装置取样点 .....	( 3 )
1.2 公用工程车间取样点明细 .....	( 5 )
1.3 硫黄储运车间取样点明细 .....	( 7 )
1.4 润滑油取样点明细 .....	( 7 )
1.5 取样器具介绍 .....	( 8 )
第 2 章 各采样点的采样方法及注意事项 .....	( 11 )
2.1 采样所执行的标准 .....	( 11 )
2.2 取样前的准备工作 .....	( 12 )
2.3 水质采样方法 .....	( 13 )
2.4 锅炉水及蒸汽的采样方法及注意事项 .....	( 14 )
2.5 气体采样注意事项 .....	( 16 )
2.6 酸碱罐车采样要求 .....	( 16 )
2.7 润滑油的取样 .....	( 17 )
2.8 工业硫黄的采样 .....	( 18 )
2.9 样品保存、流转及销毁 .....	( 19 )
第 3 章 单项具体操作 .....	( 25 )
3.1 高压密闭采样器操作 .....	( 25 )
3.2 低压密闭采样器操作 .....	( 26 )
3.3 天然气净化厂取样管理规定 .....	( 26 )
3.4 取样过程应急预案 .....	( 29 )
3.5 取样安全操作规程 .....	( 30 )

## 第 2 部分 气体分析

第 4 章 气相色谱法 .....	( 34 )
-------------------	--------

4.1	气相色谱仪系统介绍 .....	( 35 )
4.2	气相色谱仪检测器 .....	( 38 )
<b>第 5 章</b>	<b>气相色谱仪的使用及维护维修 .....</b>	<b>( 56 )</b>
5.1	气相色谱仪使用操作通则 .....	( 56 )
5.2	气相色谱分析仪的维护和常见故障的解决 .....	( 57 )
<b>第 6 章</b>	<b>天然气净化厂气体项目分析方法 .....</b>	<b>( 62 )</b>
6.1	天然气中有机硫含量的测定 .....	( 62 )
6.2	原料天然气组分的测定 .....	( 65 )
6.3	净化天然气组分的测定 .....	( 68 )
6.4	硫黄回收酸性气组成的测定 .....	( 71 )
6.5	硫黄回收过程气组成的测定 .....	( 74 )
6.6	加氢过程气组成的测定 .....	( 76 )
6.7	天然气水露点的测定 .....	( 79 )
6.8	微库仑综合分析仪 .....	( 86 )

### 第 3 部分 水质分析

<b>第 7 章</b>	<b>滴定分析 .....</b>	<b>( 98 )</b>
7.1	硬度的测定 .....	( 98 )
7.2	碱度的测定 .....	( 101 )
7.3	氯化物的测定 .....	( 103 )
7.4	磷酸盐的测定 .....	( 104 )
7.5	耗氧量的测定(酸性高锰酸钾法) .....	( 108 )
7.6	氨氮的测定(蒸馏-中和滴定法) .....	( 111 )
<b>第 8 章</b>	<b>重量分析 .....</b>	<b>( 115 )</b>
8.1	水质悬浮物的测定 .....	( 115 )
<b>第 9 章</b>	<b>光学分析 .....</b>	<b>( 118 )</b>
9.1	浊度的测定 .....	( 118 )
9.2	总铁的测定(邻菲罗啉分光光度法) .....	( 120 )
9.3	余氯的测定 .....	( 122 )
9.4	挥发酚的测定 .....	( 127 )
9.5	硫化物的测定 .....	( 130 )
9.6	石油类和动植物的测定(红外光度法) .....	( 136 )
9.7	化学需氧量的测定 .....	( 141 )

第 10 章 电化学分析 .....	(145)
10.1 电导率 .....	(145)
10.2 pH 值 .....	(148)
10.3 溶解氧 .....	(152)
10.4 钠、铵、钾、镁和钙离子的测定(离子色谱法) .....	(156)
第 11 章 细菌分析 .....	(161)
11.1 菌落总数(平皿计数法) .....	(161)
11.2 腐生菌(TGB)、硫酸盐还原菌(SRB)与铁细菌含量测定 .....	(164)
11.3 总大肠菌群的测定(多管发酵法) .....	(167)
11.4 耐热大肠菌群的测定(多管发酵法) .....	(173)

## 第 4 部分 溶液分析

第 12 章 强酸碱浓度及铁含量分析 .....	(180)
12.1 HCl 浓度的测定 .....	(180)
12.2 HCl 中铁等杂质含量的测定 .....	(182)
12.3 NaOH 浓度的测定 .....	(184)
12.4 NaOH 中铁等杂质含量的测定 .....	(186)
第 13 章 胺液的分析 .....	(190)
13.1 贫胺溶液发泡性的分析 .....	(190)
13.2 胺液中热稳定盐含量的测定 .....	(192)
13.3 自动电位滴定仪测定 MDEA 溶液浓度 .....	(193)
13.4 脱硫溶液中二氧化碳含量的测定 .....	(194)
13.5 脱硫溶液中硫化氢含量的测定 .....	(197)
第 14 章 TEG 的测定 .....	(203)
14.1 三甘醇脱水溶液组成分析 .....	(203)

## 第 5 部分 硫黄、润滑油分析

第 15 章 工业硫黄分析 .....	(210)
15.1 工业硫黄 .....	(210)
15.2 工业硫黄试样的制备 .....	(211)
15.3 工业硫黄分析 .....	(211)
第 16 章 润滑油分析 .....	(224)
16.1 石油和石油产品及添加剂机械杂质测定 .....	(224)

16.2	石油产品闪点和燃点测定	(228)
16.3	石油产品水分测定	(230)
16.4	石油产品酸值测定	(233)
16.5	石油产品运动黏度测定	(236)

## 第6部分 在线分析

<b>第17章</b>	<b>样品预处理系统</b>	(244)
17.1	样品传输的基本要求	(244)
17.2	样品系统的基本要求	(245)
<b>第18章</b>	<b>介质的分析</b>	(247)
18.1	高压气体组分分析	(247)
18.2	克劳斯脱硫法 $H_2S/SO_2$ 比值分析	(271)
18.3	高压气体微量硫分析	(283)
18.4	高压天然气水含量分析	(309)
18.5	加氢尾气 $H_2$ 含量分析	(321)
18.6	含硫天然气尾气排放 $SO_2$ 测定	(328)
18.7	动力锅炉尾气排放监测	(338)
18.8	空分空压氮气中 $CO_2$ 含量测定	(347)
18.9	动力站炉膛 $O_2$ 含量测定	(352)
18.10	空分空压氮气中 $O_2$ 含量测定	(357)
18.11	汽提水中 pH 测定	(361)
18.12	含 MDEA 污水 COD 测定	(366)
18.13	凝结水中 TOC 测定	(368)
<b>附录一</b>	<b>普光净化厂相关在线分析仪表标准试剂配制方法</b>	(373)
<b>附录二</b>	<b>普光净化厂联合装置在线分析仪表通信网络图</b>	(376)
<b>参考文献</b>		(378)

# 第 1 部分 取 样





## 1.1 联合装置取样点

联合装置取样点以一联合为例，二、三、四、五、六联合与一联合相同。

### 1.1.1 高压天然气（带吹扫至高压火炬）

(1) 111-SN-103	112-SN-103	水解反应器出口天然气
(2) 111-SN-104	112-SN-104	脱硫后天然气
(3) 111-SN-105	112-SN-105	水解反应器入口天然气
(4) 111-SN-204		产品天然气
(5) 736-SN-101		原料天然气
(6) 736-SN-102		原料天然气
(7) 736-SN-201		外输天然气

### 1.1.2 低温（<50℃）低压液体（带压差设备）

(1) 111-SN-106	112-SN-106	贫胺液
(2) 111-SN-302	112-SN-302	酸性水

### 1.1.3 低温（<50℃）气体（带压差设备）

(1) 111-SN-107	112-SN-107	闪蒸气吸收塔顶气
(2) 111-SN-202		TEG 闪蒸罐顶气

### 1.1.4 低温 (<50℃) 气体 (带吹扫至低压火炬)

- |                |            |           |
|----------------|------------|-----------|
| (1) 111-SN-301 | 112-SN-301 | 酸性气 D-301 |
| (2) 111-SN-405 | 112-SN-405 | 尾气 C-402  |

### 1.1.5 低温 (<50℃) 低压液体 (带密闭排放系统)

- |                |            |            |
|----------------|------------|------------|
| (1) 111-SN-201 |            | 富 TEG      |
| (2) 111-SN-203 |            | 贫 TEG      |
| (3) 111-SN-406 | 112-SN-406 | 半贫胺液 C-402 |
| (4) 111-SN-501 |            | 汽提水        |

### 1.1.6 高温 (>50℃) 低压液体 (带循环水系统)

- |                |            |     |
|----------------|------------|-----|
| (1) 111-SN-101 | 112-SN-101 | 富胺液 |
| (2) 111-SN-404 | 112-SN-404 | 急冷水 |

### 1.1.7 低压气体 (球胆采样)

- |                 |            |             |
|-----------------|------------|-------------|
| (1) 111-SN-303  | 112-SN-303 | 过程气 E-302   |
| (2) 111-SN-304  | 112-SN-304 | 过程气 E-303   |
| (3) 111-SN-305  | 112-SN-305 | 过程气 R-301   |
| (4) 111-SN-306  | 112-SN-306 | 过程气 E-305   |
| (5) 111-SN-307  | 112-SN-307 | 过程气 R-302   |
| (6) 111-SN-308  | 112-SN-308 | 过程气 E-307   |
| (7) 111-SN-401  | 112-SN-401 | 循环酸性气 C-401 |
| (8) 111-SN-402  | 112-SN-402 | 加氢尾气 F-401B |
| (9) 111-SN-403  | 112-SN-403 | 加氢后尾气 R-401 |
| (10) 111-SN-407 | 112-SN-407 | 烟气 SK-404   |
| (11) 111-SN-502 |            | 酸水汽提塔顶气     |



### 1.1.8 低压液体 (容器采样)

111-SN-309    112-SN-309    液体硫黄

### 1.1.9 水质 (直排)

(1)	111-SN-703	112-SN-703	凝结水
(2)	111-SN-310	112-SN-310	高压饱和蒸汽 D-302
(3)	111-SN-311	112-SN-311	炉水 D-302
(4)	111-SN-312	112-SN-312	低压饱和蒸汽 E-303
(5)	111-SN-313	112-SN-313	低压饱和蒸汽 E-305
(6)	111-SN-408	112-SN-408	高压饱和蒸汽 D-401
(7)	111-SN-409	112-SN-409	炉水 D-402
(8)	111-SN-410	112-SN-410	高压过热蒸汽 E-404
(9)	111-SN-411	112-SN-411	低压饱和蒸汽 E-401

## 1.2 公用工程车间取样点明细

### 1.2.1 污水站

- (1) 联合装置来水
- (2) 集气末站来水
- (3) 压力沉降罐出水
- (4) 过滤撬块出水

### 1.2.2 水处理站和凝结水站

- (1) 过滤器出水
- (2) 阳离子交换器出水
- (3) 脱碳塔出水