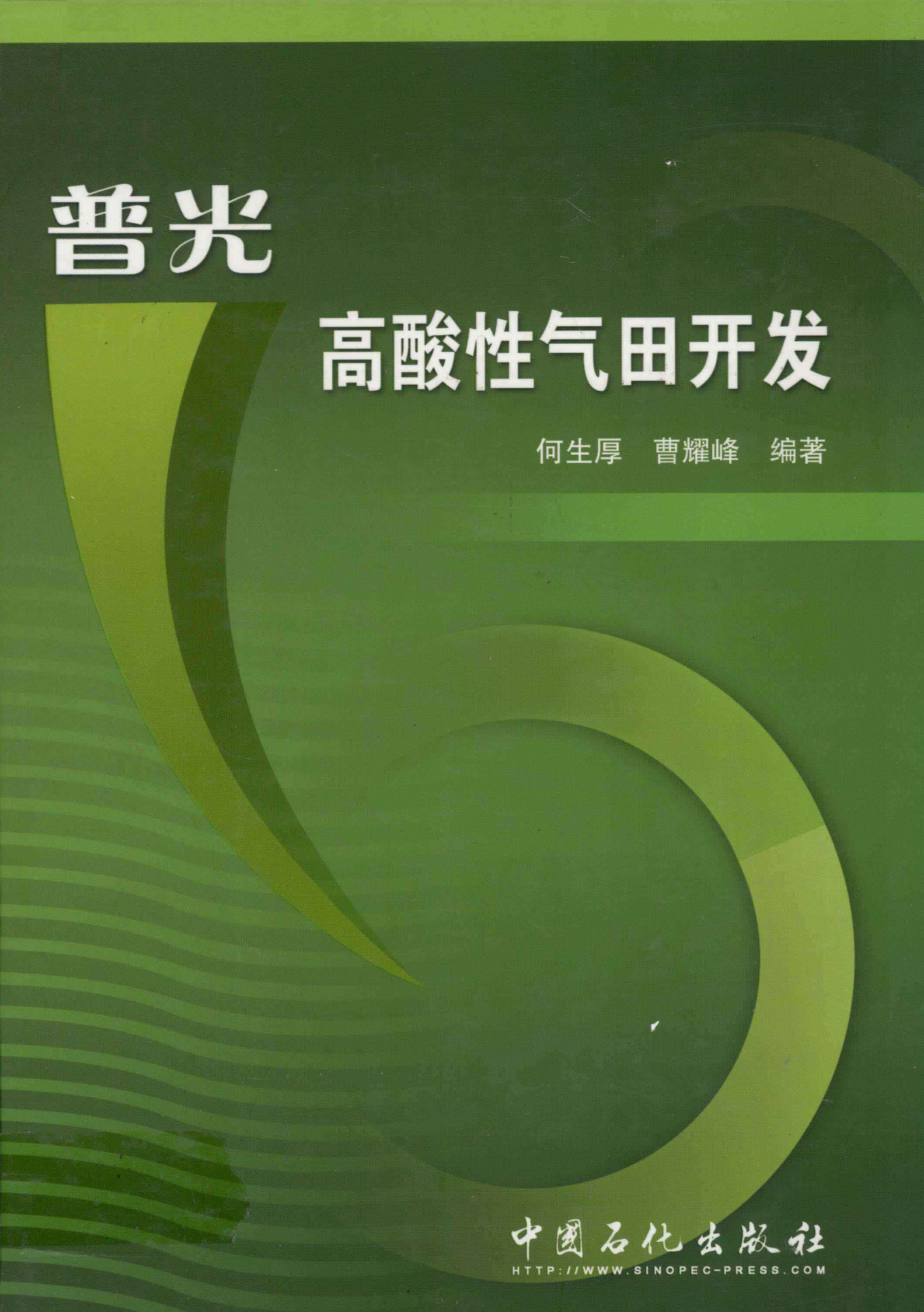




普光

高酸性气田开发

何生厚 曹耀峰 编著

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普光高酸性气田开发

何生厚 曹耀峰 编著

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

内 容 提 要

本书是《高含硫化氢和二氧化碳天然气田开发工程技术》一书的姐妹篇。其内容既吸纳了国内外成功经验,又反映了自己的最新科技成果,并重点概括了普光气田开发的系统工程技术,是科研攻关、工程实施的理论、经验总结,是一部高酸性气田开发建设的实践篇。反映了我国酸性气田开发的新水平。可供从事油气田开发的科研人员、管理人员,及相关院校相关师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

普光高酸性气田开发 / 何生厚, 曹耀峰编著.
—北京: 中国石化出版社, 2010.2
ISBN 978-7-5114-0279-0

I. ①普… II. ①何…②曹… III. ①气田开发 IV.
①TE37

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第017265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.cn
北京柏力行彩印有限公司印刷
全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 43.5 印张 1003 千字
2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷
定价: 220.00元

序

普光气田进行整装开发,是中国石化集团有限公司在川东北天然气勘探取得重大突破的基础上实施的。与普光天然气净化厂和直达上海的长输管道及部分天然气利用项目一并报国务院批复,由国家确定为“川气东送”系统工程,被列为国家“十一五”重大建设工程项目。

从2006年9月份开始,来自集团公司各油田和有关参建单位的100余支钻测录、试气作业、地面建设等专业队伍组成的几万名建设大军,唱着“我为祖国献石油”,肩负着保障国家能源安全的历史使命,从全国四面八方陆续汇集到川东北和长江流域,拉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”。此次会战,前后历时三年,完成开发井40口、进尺 22×10^4 m;完成试气投产作业;铺设集输工艺管线63km,建设集气站场16座;建成年处理能力 120×10^8 m³天然气的气体净化厂;同步建设了2200余千米的“川气东送”管道工程,标志着一个现代化的高含硫天然气生产基地在我国川东北地区已经拔地而起。

普光气田的开发建设,对保障国家能源安全、促进能源结构调整、深化企业节能减排、改善用气区自然环境和方便人民群众生活具有重要意义。普光气田包括主体及其周边大湾区块,主体位于四川省达州市宣汉县,到目前累计探明天然气地质储量 2782×10^8 m³,2009年动用地质储量 1811×10^8 m³,建成天然气生产能力 105×10^8 m³。至2010年再动用大湾区块 760×10^8 m³储量,累计建成 135×10^8 m³产气能力,按 120×10^8 m³混合气生产可稳产十年以上,随着周边滚动发展,使生产能力不断增长,确保长期稳定供气。普光气田建成投产后,主要供应四川、重庆、湖北、江西、安徽、江苏、浙江及上海等省、直辖市的天然气用户,将西部地区的资源优势与中、东部地区的市场优势有机结合起来,对贯彻落实国家“西部大开发”、“中部崛起”和“东部地区率先发展”战略,化解资源供应紧张矛盾,促进区域优势互补和协调发展具有重大的现实意义。

普光气田具有高含硫化氢、高压、高产、埋藏深等特点,特别是硫化氢平均含量达15%、二氧化碳含量达10%。这种酸性气共生气藏的开发,被业界普遍认为是世界性难题。面对世界性难题,各参建单位始终坚持尊重科学、尊重规律,以实际行动自觉践行科学发展观。坚持不懈地进行学习、实践和创新,逐步形成了海相储层精细描述技术,开发方案优化技术,气体钻井、复合钻井、含硫化氢地层钻井等复杂压力体系地层优快钻井技术,高温高压测井技术,超长井段射孔技术,试气测试技术,大型酸化压裂气层改造技术,高酸性湿气集输技术和净化技术等为主要内容的南方海相油气勘探开发工程技术系列,成为集团公司“天然气大发展”战略实施的重要技术保障。

同时在国内首次比较系统、完整地创建了整装高含硫气田的开发建设技术标准系列，特别是针对高含硫气田开发建设在执行国内相关标准和借鉴国际标准的基础上，又先后组织制订的50余项企业技术标准和规定，这些专项标准通过实践修改，反复印证，形成了中国石化的企业标准，对我国今后进行高含硫气田开发建设具有重要的现实指导意义。

各参建单位和全体参建员工按照科学发展观的要求，以建设“安全工程、优质工程、生态工程、福祉工程”为己任，始终坚持以人为本，不断加强气田开发全过程的安全工程配套建设和安全环保的监管，妥善处理气田开发与人身安全、自然环境、当地经济社会发展等关系，切实做到了安全生产、清洁生产、文明作业、绿色开发，先后经受了气田当地的暴雨洪涝和地质次生灾害、南方地区雨雪冰冻灾害以及汶川5.12大地震等自然灾害的考验，没有发生一起重特大安全和环保事故。始终坚持继承石油石化优良传统和现代化管理的有机结合，积极创新、大胆探索市场经济环境下组织大规模油气田开发的管理体制和运行机制，初步形成了“集团化决策、项目化管理、市场化运作、社会化服务”为主要内容的管理模式，构筑起了全过程市场化运作、全流程标准化施工、全系统项目化管理、全方位透明化监督的“四全”运行机制。始终坚持加强党的建设和思想政治工作，积极开展“五比五赛”等形式灵活的劳动竞赛，将国有企业的政治优势转化为促进气田开发建设的保障动力，铸造了一支思想过硬、作风过硬、技术过硬，能征善战、敢打必胜、奋发有为的职工队伍，培育形成了以“创业、创新、求实、奉献”为主要内容的气田开发建设精神，取得了物质文明和精神文明建设的双丰收。

经过石化人三年艰辛卓绝的奋斗，普光气田能够安全顺利建成投产，是普光气田全体建设者在新世纪初为祖国能源新战略开创了一个新的里程碑。作为普光气田开发建设的具体组织者和建设者，应感到由衷的自豪和骄傲。同时，在这个高兴的日子里，我们也要永远铭记几代石油人为普光气田发现前仆后继进行的不懈努力，没有他们永不言败的顽强进取，就没有普光气田今天的整装开发。

《普光高酸性气田开发》一书是几年来普光气田开发建设学习、攻关和实践的总结，是参战单位广大员工实践的成果，是科技工作者智慧的结晶。该书的出版将为广大油气田开发工作者提供极具价值的学习参考资料，也为我国同类气田的开发提供系统的经验。在此表示衷心的祝贺！

最后，希望普光气田的全体管理者能够继承发扬普光气田勘探开发建设过程中积累的好经验、好做法、好作风，把普光气田开发好、管理好、运营好，为集团公司持续有效和谐发展作出新的更大的贡献。

王志刚

前言

我国海相油气是新世纪油气发展战略重点之一，随着海相油气勘探不断取得重大突破，海相油气田的规模化开发亦提上了日程。中国石化在“十五”期间探明了普光特大型气田。普光气田地处四川东北，地面山川纵横；地层复杂，压力剖面多变，可钻性差；储层超深，非均质严重，高含硫化氢、二氧化碳，其开发难度是世界上少有的海相气田。

中国石化集团公司决策层于2006年作出了自主开发普光气田的重大决策，得到了国家的支持，被列入国家“十一五”重点工程，被国家定名为“川气东送”工程。这一决策是对中国石化乃至中国石油界开发高酸性超深气田的一个动员令。中国石化组织了本公司精兵强将，并联合国内十几所知名院校，集成了科研、设计和施工的集团军，于2006年9月展开了以普光气田开发工程、集输工程、气体净化工程和普光至上海的输气工程等系统工程大会战，拉开了高酸性超深气田开发攻坚战序幕。

开发普光气田缺乏可借鉴的成套技术，我们在“十五”期间着手对国内外技术进行了调研，同时组织了有针对性的科研攻关，取得了一些成果，并在此基础上组织编写了《高含硫化氢和二氧化碳天然气田开发工程技术》一书，重点介绍了相关的理论和实用技术，用以指导气田的开发。我们本着学习借鉴、自主研发、实践总结、发展完善的指导思想，编制了普光气田开发气藏工程、湿气集输工程、气体处理厂工程、气体外输工程和安环工程等系统工程方案，组织了国家、公司层面的重大科研攻关项目以及50多个先导试验项目，编制了50多项工程技术和安环工程专业企业标准规范，为系统工程的实施奠定了基础。随着工程和科研攻关的进展，把取得的成果和经验应用于实践，反复修改完善各项方案，为建设“川气东送”精品工程提供了坚实的技术支撑。

鉴于国内外还没有一本系统介绍高酸性气田开发的书籍，我们觉得十分有必要对普光气田开发建设的历程进行总结，把科研工作者和建设者的智慧、成果、经验集成起来，在建成物质成果的同时，形成我们的技术成果。

本书是《高含硫化氢和二氧化碳天然气田开发工程技术》一书的姐妹篇，重点概括了普光气田开发的系统工程技术，是科研攻关、工程实施的理论、经验的总结，是一部高酸性气田开发的实践篇。普光高酸性气田的开发技术和示范工程已被列入国家重大科技攻关“十一五”至“十三五”计划，预示着在今后的开发过程中，将不断取得科研攻关和实践经验的新成果；也企盼着后来者编著出新的书籍，以形成高酸性气田开发全过程的配套技术书籍。

本书作者是普光气田开发的组织者，参加了开发建设全过程的工作。鉴于普光气田开发是一个滚动发展，不断深化认识，不断总结提高，不断修正实施方案的过程，资料分散，系统性差，我们收集了近百项方案、成果、论文和经验总结资料，结合自己的认识和体会，用了十个月时间进行编撰，三易其稿。又组织了各章节素材的主要编写者进行了审阅，最后进行了定稿出版。

在此要特别说明的是，本书的基本素材是上千名参与建设者的成果，特别是一批年青的素材的主要编写者，应视为本书撰写者。他们是曾大乾、毕建霞、姜贻伟、张世民、彭鑫岭、靳秀菊、谭国华、刘红磊、刘传喜、孙兵、赵金海、李铁成、孙耀庭、王勇、陈雷、周仕明、孙晓春、李时杰、周靖、高文凤、王秀芝、聂仕荣、唐志军、姚艳芳、李明志、张庆生、曹言光、古小红、魏凤玲、宿亚仙、赵开良、吴永清、李继强、谭国华、刘红磊、曾正清、杨国蒲、杨雷、钟建堂、马洪山等。在此，对他们作出的贡献表示衷心的感谢！

编著者

目 录

绪 论	1
第一章 气藏地质	3
第一节 地层特征	3
一、地层划分与对比	3
二、地层特征	6
第二节 构造特征	9
一、区域构造特征	9
二、地震地质层位的标定及反射特征	9
三、气田构造断裂特征	11
四、构造圈闭特征	13
第三节 沉积特征	15
一、区域沉积特征	15
二、沉积相类型及特征	16
三、沉积相的判别	20
四、沉积微相分布特征研究	22
第四节 储层特征	25
一、储层岩性特征	25
二、储层物性	27
三、储集空间与孔隙结构	30
四、储层敏感性	43
五、储层综合评价	45
第五节 气藏特征	47
一、流体性质	47
二、气水关系	48
三、气藏地层压力与温度	49
四、气藏类型	49
第六节 气藏三维地质建模	50
一、建立地质模型的技术路线	50
二、三维构造建模技术方法及成果	50
三、三维属性模型建模方法	51

第二章 储层、含气性预测与井身轨迹设计优化.....	55
第一节 储层标定	55
一、储层地震反射特征分析.....	55
二、储层标定.....	56
第二节 储层预测	59
一、技术思路.....	59
二、地震属性优化与储层宏观分布预测	60
三、储层预测方法优选与储层精细预测	65
第三节 含气性预测研究	72
一、技术思路与方法.....	72
二、地震数据体预测模型剖面和平面的特征.....	75
第四节 井身轨迹优化设计	80
一、设计思路.....	80
二、井身轨迹设计优化	80
三、井型优化.....	81
四、实钻效果.....	82
第三章 气藏工程.....	83
第一节 试井及产能评价	83
一、探井测试概况	83
二、不稳定试井分析.....	85
三、气井产能评价.....	91
第二节 气藏开发技术政策研究	106
一、开发方式及层系划分	106
二、开发井网部署.....	107
三、气井合理产量研究	115
四、技术经济界限研究	116
第三节 初步方案设计	119
一、方案设计原则及思路	119
二、初步开发方案设计	120
第四节 初期方案实施跟踪研究及方案最终优化	126
一、初期推荐方案实施情况及跟踪研究	126
二、重新核定动用储量	133

三、开发井网部署的最终方案	136
四、最终方案气井配产与开发指标优化	137
第四章 钻井工程	145
第一节 钻井工程相关地质特点	145
第二节 钻井方案总体设计	147
一、钻井方案总体设计思路 and 原则	147
二、平台规划及轨道模拟	148
三、钻井设备及钻头优选	151
四、钻具组合及钻井参数	154
五、防碰技术及技套保护要求	158
六、井控	160
第三节 井身结构设计方案	164
一、井身结构设计原则及依据	164
二、直井井身结构设计方案	165
三、定向井井身结构设计方案	166
四、水平井井身结构设计方案	176
第四节 钻井液研究及选择	192
一、地层特性对钻井液的要求	192
二、钻井液（完井）体系优选、配方及性能评价	193
第五节 优化钻井配套技术	202
一、气体钻井技术	202
二、自动垂直钻井技术	218
三、海相地层复合钻井技术	229
第六节 钻井过程中气层保护	234
一、钻井过程气藏污染的地质因素	234
二、钻井过程中气层保护要求	235
三、气层保护技术、方法评价	235
四、非渗透钻井液技术	238
第七节 钻井过程中的安全、环境保护措施	241
一、钻井过程安全措施	241
二、环境保护措施	241
三、防漏技术措施及应急处置	242

四、井涌、井喷预防措施	243
五、防火措施	244
六、空气钻井安全技术措施	244
七、井场及钻井设备的布置	245
八、H ₂ S的监测	246
九、钻井安全操作	247
十、应急管理	247
第八节 普光105-2井钻井工程设计示例	248
一、地质设计概述	248
二、钻井工程	252
三、钻井液设计	270
四、气体钻井技术方案	282
第五章 开发测井	296
第一节 测井资料标准化及解释模型	297
一、测井数据标准化	297
二、储层参数测井解释模型的建立	298
三、确定解释标准	303
第二节 气层综合解释技术	305
一、气、水和干层测井曲线特征	305
二、气层识别方法	308
三、气层解释标准研究	310
四、测井解释研究成果	312
第三节 测井新技术资料解释和应用	321
一、微电阻率扫描成像测井	321
二、核磁共振测井	324
三、正交偶极声波测井	331
第四节 套管测井资料解释技术	340
一、固井质量测井解释	340
二、套管检测测井解释	343

第六章 完井工程	346
第一节 套管柱设计	346
一、套管柱设计原则	346
二、套管选材、选型	346
三、固井工具与套管附件选型	348
四、套管串结构设计	349
五、套管柱强度校核	350
第二节 固井工程	351
一、固井技术难点及管理问题	351
二、普光气田各层套管固井基本技术方案	353
三、水泥浆体系设计	357
四、提高固井质量的综合措施	365
五、总体固井情况分析	372
六、P204-2H井固井实例要点	372
第三节 射孔工程	384
一、射孔方式、施工难点及要求	385
二、射孔参数选择	385
三、射孔工艺技术	394
四、普光气田射孔的井控要求	398
五、普光301-4井射孔实例	398
六、工作液选择	401
第七章 采气工程	408
第一节 采气工程方案编制依据及技术思路	408
一、采气工程设计地质依据	408
二、采气工程设计技术思路	409
第二节 采气工程总体方案要点	410
一、完井方式选择	410
二、采气井设备设计	412
三、生产管柱设计	414
四、修井压井液设计	422
第三节 增产工艺	428
一、增产改造技术难点	428
二、增产改造技术方案设计原则	428

三、酸液体系性能设计	429
四、酸液添加剂筛选评价	430
五、酸液配方优选及性能评价	431
六、酸压工艺技术选择	433
七、普光气田深度酸压优化设计	434
八、酸压施工后的液体返排措施	437
九、酸压施工概况及案例简述	438
第四节 开发试气和测试	440
一、开发试气方案	441
二、开发井生产测试	451
三、试井解释方法	453
四、P302-2试气实施及分析	453
第五节 气井生产系统分析及生产管柱尺寸确定	458
一、气井生产动态曲线分析	459
二、油管尺寸及气井工作制度选择	463
第六节 防腐及硫沉积、水合物防治工艺	465
一、生产管柱材质选择及防腐工艺	465
二、防治硫沉积工艺	470
三、水合物形成预测及防治	471
第七节 投产程序设计	474
一、井台投产作业程序	474
二、单井投产作业程序	476
第八节 投产过程中的安全与环保	479
一、应执行的标准与规范	479
二、完井方案安全及环保要求	480
三、酸压施工安全和环保要求	482
四、测试施工安全和环保要求	483
第八章 地面集输工程	484
第一节 方案总体设计	484
一、设计原则及标准	484
二、开发方案提供的设计依据	485
三、自然环境和社会条件	487

四、集输工程存在难点及对策	491
五、总体工艺技术路线	492
六、研究优化后的总体方案	493
第二节 气田集气管网工程	499
一、建设规模及基础数据	499
二、集气管网布置原则	500
三、管网优化设计	500
第三节 气田集气站场工程	512
一、站场总体规划	512
二、集气工艺	514
三、集气站平面布置	518
四、集气末站	519
五、主要设备	520
六、辅助系统	524
第四节 集输系统材料选择与腐蚀控制	524
一、管道材料、设备选择	524
二、腐蚀控制与监测技术	528
第五节 自动控制与泄漏监测	533
一、自控SCADA系统方案	533
二、主要检测及自控内容	536
三、管道泄漏监测	537
四、自控仪表选型及配置原则	540
第六节 通信工程	540
一、通信业务需求及设计原则	540
二、通信网络传输方案	541
三、光缆传输系统	542
四、电话、工业电视监控系统	542
五、巡线抢修及移动通信系统	543
第七节 集输系统安全应急预案、环保及节能	543
一、安全对策	543
二、集输应急预案	544
三、环保措施	546
四、节能措施	548

第九章 气体净化工程	549
第一节 总体方案	550
一、编制原则和指导思想	550
二、建设地区条件及厂址选择	550
三、项目范围及规模	555
四、工艺技术路线	557
五、主要技术经济指标	557
六、总体结论	558
第二节 总工艺流程及产品方案	559
一、总工艺流程	559
二、产品方案	562
第三节 工艺技术及主要设备	563
一、工艺技术	563
二、工艺技术特点	566
三、主要工艺设备	578
四、总平面布置	584
五、竖向布置	585
六、联合装置布置	586
第四节 自动控制与信息系统	587
一、自动控制系统	587
二、信息系统	593
第五节 配套工程	595
一、硫磺储运	595
二、装置中间罐区	597
三、可燃气体放空系统	597
四、燃料气系统	599
第六节 公用工程	599
一、给排水	599
二、消防系统	602
三、供电	602
四、供热系统	603
五、空分、空压系统	607
六、辅助生产设施	608

第七节 安全、环保和节能	609
一、安全生产危害因素分析.....	609
二、安全主要防范措施	610
三、环保及污染预防.....	612
四、节能	613
第十章 安全环保工程.....	615
第一节 重大事故隐患分析	615
一、钻井主要事故因素	615
二、采气、作业主要有害因素	616
三、地面工程危险有害因素.....	616
四、天然气处理厂的重大事故隐患.....	617
第二节 应急救援中心建设	617
一、工程建设的必要性	617
二、设计原则.....	618
三、方案设计.....	619
第三节 安环工程制度建设及实施.....	629
一、安全制度建设	629
二、安全制度的实施.....	632
第四节 事故应急预案.....	634
一、突发事件分类与分级	634
二、应急工作原则	634
三、应急预案体系	635
四、应急启动条件	637
五、组织机构与职责.....	637
六、预测与预警	640
七、应急准备.....	641
八、应急报告与应急指令	641
九、应急处置.....	642
十、应急终止与后期处置	643
十一、新闻发布	644

十二、应急保障	644
十三、监督管理	645
第五节 重大灾害应急预案	646
一、井喷失控应急预案	646
二、火灾、爆炸应急预案	651
三、硫化氢事件应急预案	659
第六节 环境保护及职业卫生	665
一、执行的主要标准及规范	666
二、普光气田环境功能区划	666
三、普光气田环境保护目标	666
四、主要污染源和污染物	667
五、污染防治措施	667
六、环保科技攻关	669
七、职业卫生	671