

川东北超深高酸性气田技术标准体系建设

刘殷韬, 廖成锐, 杨玉坤

(中国石化川气东送建设工程指挥部, 四川达州 635000)

[摘要] 针对川东北海相深层天然气田开发难点, 中国石化集团在深入调研国内外相关标准的基础上, 科学地总结、提升工程建设技术应用的成功经验和失败教训, 建设形成一套完整的超深高酸性气田勘探开发技术标准体系, 涵盖了物探、钻井、录井、测井、试气采气、酸气集输及安全环保等 7 个专业 51 项企业标准, 强化规范了工程设计, 推荐了资料处理和解释方法, 明确了施工作业和现场检定要求, 规范了技术装备应用, 有力地指导和保障了工程建设的安全、优质和高效。

[关键词] 超深; 高含硫; 天然气; 勘探开发; 企业标准

[中图分类号] TE3 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)10-0097-06

1 前言

川东北海相深层气藏是国家“十一五”重点工程川气东送建设工程的重要资源基础。工区地处长江上游, 山脉、水系众多, 地表条件特殊, 自然环境敏感。地质构造复杂, 储层埋藏深, 压力系统多变, 地层可钻性差, 勘探认识困难, 高效开发难度大。单井产量高, 天然气中高含 H_2S (15%) 和 CO_2 (8%), 工程建设面临极高的设计、施工和安全风险。因国内超深高酸性天然气资源的开发利用工作起步较晚, 基础理论、工程技术、配套装备、施工经验整体不成熟, 标准化建设工作明显滞后。

要确保川东北超深高酸性气田开发的安全、优质、高效, 夯实工程技术管理基础, 建立完善管理体系, 规范现场施工操作需要有标准可循; 工程设计、物资采购、工程监理、检验检测、安全应急等方面的工作需要标准明确界定工程参数和操作要求。标准的缺失会导致安全和施工基础不牢靠, 隐患多, 风险高, 工程投资和成本难以控制。特别是工程开工建设前发生的罗家 16H、罗家 2、普光 9、毛坝 4 等几起含硫气井井喷、表层套管气窜事故造成的安全环保和生命财产损失, 更凸显建立和完善一套超深高酸性气田勘探开发技术标准体系的必要性和紧迫性。

因此, 以保证整体工程建设安全第一、科学先进、保护环境和实用有效为原则, 中国石化集团公司立足企业标准体系建设, 在深入调研国内外相关气田勘探开发经验与现行标准的基础上, 认真总结前期实施的成功经验和失败教训, 科学地归纳、提升和完善在中国石化企业标准的文本中, 作为该类气田勘探开发生产施工的指导依据。标准体系的建设对探索同类型工程建设技术的系统化管理, 实现酸性天然气开发与利用技术链条的延伸, 促进技术进步, 保障可持续发展具有重要的战略意义。

2 现行标准调研

超深高酸性气田勘探开发所需的高强度、高抗硫材料^[1]及部分新技术、新装备、新工艺国内尚未成熟配套, 工程技术市场存在进口与国产化并重的格局。因此, 为保证使用标准的内外统一、覆盖全面, 标准体系建设在国际标准、国家标准和行业标准 3 个层次上作了大量的调研工作, 将其适用标准直接引进工程建设中来。一是借鉴国际标准, 规范进口技术装备的采购与检验。川气东送工程建设在认真分析 ISO(国际标准化组织), NACE(美国防腐工程师协会), API(美国石油学会), ASTM(美国材料与试验协会)及加拿大酸性油气田开发 IRP(工业

[收稿日期] 2010-07-28

[作者简介] 刘殷韬(1973-), 男, 广东蕉岭县人, 高级工程师, 主要研究方向为石油天然气工程; E-mail: cqdslyt@163.com

推荐作法)和 GTSW(安全工作指南)等标准的基础上,研究和推荐了一批与川气东送工程建设密切相关的标准、规范及操作指南^[2],用于指导和规范各类进口设备的技术参数、工程指标、检测方法及使用要求,并在引进装备的设计、制造、验收、应用等方面与各进口供应商达成一致认识。二是借鉴和参考现行国家标准的部分规范和技术条款,指导国产化装备的选材与检验。三是借鉴行业标准,细化工程技术应用与安全环保管理。石油天然气行业标准中,重点采用了7项硫化氢作业的技术标准和2项涉及硫化氢的气体集输标准(见表1)。安全行业标准中,主要依据2007年后陆续发布的4项涉酸安全标准(见表2)。

表1 涉硫化氢石油天然气行业标准
Table 1 Oil and gas industry standards respecting soul gas

标准编号	标准名称
SY/T 6362 - 1998	石油天然气井下作业健康、安全与环境管理体系指南
SY/T 0059 - 1999	控制钢制设备焊缝硬度防止硫化物应力开裂技术规范
SY/T 5440 - 2000	天然气井试井技术规范
SY/T 5518 - 2000	石油天然气井位测量规范
SY/T 5087 - 2005	含硫化氢油气井安全钻井推荐作法
SY/T 6137 - 2005	含硫化氢的油气生产和天然气处理装置作业的推荐作法
SY/T 6277 - 2005	含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规定
SY/T 6610 - 2005	含硫化氢油气井井下作业推荐作法
SY/T 6616 - 2005	含硫油气井钻井井控装置配套、安装和使用规范
SY/T 0599 - 2006	天然气地面设施抗硫化物应力开裂和抗应力腐蚀开裂的金属材料要求

表2 涉 H₂S 安全行业标准
Table 2 Safety standards respecting H₂S

标准编号	标准名称
AQ 2012 - 2007	石油天然气安全规程
AQ 2016 - 2008	含硫化氢天然气井失控井口点火时间规定
AQ 2017 - 2008	含硫化氢天然气井公众危害程度分级方法
AQ 2018 - 2008	含硫化氢天然气井公众安全防护距离

总体上,现行国内外工程技术标准已经形成一套严密、科学的体系,发挥了较广泛的规范作用。但川东北工区勘探开发的超深高酸性特点制约了各类标准的整体引用。a. 国际相关标准侧重于材料、产品和实验评价,缺乏涉硫化氢的施工和作业类标准,借鉴性多于实用性,且与国内工业基础不同,难以直接引用;b. 国内针对同类工况的适用性标准数量

少,起点低,范围窄,规范的专业领域不全面;c. 现有酸性气田勘探开发标准多是框架指导和原则性规范,侧重安全,缺乏技术操作性;d. 标准配套整体滞后于技术发展,新技术应用缺乏标准依据。

3 标准体系设计

3.1 总体工作思路

把握企业标准在技术上的指导性、功能上的监控性、状态上的稳定性和时间上的先行性,以服务川东北超深高酸性气田勘探开发工程建设为目标,摸清新标准需求,分析落实现行标准的应用情况,指导范围和使用局限,为标准体系的建立和完善提供依据。针对超深高酸性气田勘探开发特点,抓住重点专业的关键环节,结合新技术推广应用经验的总结提升,强化可操作性,搭建标准体系框架,整体布局,分批实施,组织建立和完善标准体系。强化标准应用力度,发布一批,宣贯一批,执行一批,推动川气东送工程各专业管理与施工环节的标准化建设进程。坚持持续改进,在安全环保、优质高效的前提下,以标准的形式吸收和推广工程建设中取得的成功经验和有效作法,为稳步推进技术创新搭建平台。

3.2 标准体系框架

在现行标准调研和工程需求调研的基础上,通过差异性分析,采用“SV 分离法”,将工程建设的“非标准”(Variation)条件和作法从现行标准(Standard)已规范的部分中识别和剥离出来,结合其专业范围、标准制定的技术基础和功能要求,归纳合并至企业标准中,扩大工程技术,特别是新技术的标准化范围。据此,针对超深高酸性气田勘探开发技术特点,标准体系的选题重点放在强化工程设计规范、推荐资料处理和解释方法、明确施工作业和现场检定要求、规范技术装备应用条件等几个方面。在专业上确定了物探工程2项、录井工程3项、测井工程5项、钻井工程18项、试气采气工程13项、集输工程6项及安全环保工程4项等共51项选题^[3];在时间上则根据工程建设不同阶段的主要任务、标准化需求及技术应用成熟度,2006—2009年分4批完成新标准的编制发布和修订完善。

4 新标准规范内容

4.1 物探工程

重点针对川东北物探施工存在着地表高差大、地下构造复杂两大勘探难点,编制并发布了川东北

山地地震勘探资料采集与资料处理等两个技术规范,在采集技术设计准备、工区踏勘、二维/三维观测系统设计与二次论证、试验、表层结构调查、测量、钻井、接收、地震爆炸工作、质量控制、地震资料现场处理、资料解释工作准备、原始资料、静校正、叠加、常规偏移及叠前时间偏移剖面处理的基本流程、处理质量控制和要求、资料处理成果、成果验收和存档等方面都提出了明确的技术要求和规定,强化了对山地二维/三维地震勘探资料采集的设计、施工、质量控制、资料整理及质量检验等工序的技术要求,为设计、施工、监理及验收工作提供了明确的量化依据(见表3)。

表3 川东北物探工程企业标准

Table 3 Enterprise standards of geophysical prospecting engineering for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0027 - 2006	川东北山地震勘探资料采集技术规范
Q/SH 0028 - 2007	川东北山地震资料处理技术规范

4.2 钻井工程

1) 钻井基础设计标准:制定发布了川东北钻井地质设计、井身结构设计、油套管选用等基础设计标准,对相关设计方法和要点作了针对性要求,成为工区设计、管理、施工、检测方面的基础指导文件。

2) 钻井施工技术标准:制定发布了川东北钻前施工、复杂压力条件下钻井、气体钻井、垂直钻井、钻井扩孔、钻井取心、钻井套管保护、井漏预防与处理、固井技术、固井质量测量及评价、钻井井控等施工技术标准,详细规范了关键施工的技术要求、操作、检测、考核方法与指标,为新技术的推广、钻井提速和确保工程质量搭建了可靠的操作平台。

3) 钻井技术装备标准:制定发布了川东北钻井井控装置、钻井(修井)井架与底座、钻机设备、钻具等4项技术装备标准,总体上规范了超深高酸性气田钻井装备的配套、安装、使用、检测及维护条件,严格规定了装备技术参数和应用参数,为实现队伍的统一配备,确保现场施工的本质安全奠定了基础。

表4为川东北钻井工程企业标准。

表4 川东北钻井工程企业标准

Table 4 Enterprise standards of drilling engineering for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0010 - 2009	川东北气体钻井技术规范

标准编号	标准名称
Q/SH 0011 - 2006	垂直钻井推荐作法
Q/SH 0012 - 2007	川东北井身结构设计推荐作法
Q/SH 0013 - 2007	川东北复杂压力条件下钻井推荐作法
Q/SH 0014 - 2009	川东北天然气井固井技术规范
Q/SH 0015 - 2006	含硫化氢含二氧化碳气井油套管选用技术要求
Q/SH 0016 - 2006	川东北天然气井钻井扩孔技术规范
Q/SH 0017 - 2007	川东北深井超深井钻井套管保护技术规范
Q/SH 0018 - 2006	川东北天然气井钻具配套、使用与维护技术规范
Q/SH 0019 - 2006	川东北钻机设备配套技术标准
Q/SH 0020 - 2009	川东北钻前施工作业技术规范
Q/SH 0036 - 2006	川东北天然气井固井质量测量及评价技术规范
Q/SH 0160 - 2008	川东北天然气井钻井取心技术推荐作法
Q/SH 0197 - 2008	川东北钻井地质设计规范
Q/SH 0205 - 2009	川东北天然气井钻井井控技术规范
Q/SH 0206 - 2008	川东北天然气井钻井井控装置配套、安装和使用规范
Q/SH 0208 - 2008	川东北钻井(修井)井架、底座的检测与使用
Q/SH 0243 - 2009	川东北地区钻井井漏预防与处理推荐作法

4.3 录井工程

为实现超深复杂硬地层优快钻井,川东北地区规模化推广了气体钻井,并大量使用了适用于硬地层钻井的PDC(聚晶金刚石复合片, polycrystalline diamond compact)钻头^[4]。气体钻井、PDC钻井等新工艺的应用改变了录井工作所依赖的物质基础,钻井过程中返出的岩屑细小混杂,砂泥岩之间钻时和气测值变化不明显,给岩性判别、地层对比、油气层解释带来困难。因此,除制定川东北常规地质录井技术规范外,针对性地制定了空气钻井和PDC钻头钻井条件下的录井技术规范(见表5)。

表5 川东北录井工程企业标准

Table 5 Enterprise standards of logging engineering for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0031 - 2006	川东北地区空气钻井条件下的录井技术规范
Q/SH 0032 - 2007	川东北地区PDC钻头钻井条件下的录井技术规范
Q/SH 0195 - 2008	川东北常规地质录井技术规范

4.4 测井工程

针对川东北地区应用较为广泛的多极子阵列声波测井技术,制定发布了其作业技术规范和资料处理解释规程,以加强海相碳酸盐岩储层裂缝识别,落

实地应力各向异性及分布,揭示储层物性,为投产完井工作提供设计依据。制定发布了大斜度井、水平井裸眼测井施工操作规程,以确保超深高含硫地质环境与大井斜作业条件下测井施工和设备安全;制定发布了含硫化氢条件下电缆测井作业要求,对提升测井装备的抗硫能力,避免井下事故,强化测井施工人员自我防护意识等方面作了严格要求(见表6)。

表6 川东北测井工程企业标准

Table 6 Enterprise standards of well logging engineering for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0029 - 2006	川东北多极子阵列声波测井作业技术规范
Q/SH 0030 - 2006	川东北多极子阵列声波测井资料处理解释规程
Q/SH 0037 - 2006	川东北天然气井含硫化氢条件下电缆测井作业要求
Q/SH 0190 - 2008	川东北大斜度井、水平井裸眼测井施工操作规程
Q/SH 0192 - 2008	川东北天然气井射孔技术规程

4.5 试气测试及投产完井

为明确区分勘探试气与开发投产的工程施工要求,应对超深、高温、高压、高含硫的作业条件和山路崎岖、沟壑纵横、湿润多雨的地表环境降低勘探开发风险,节约投资,根据工区需求和主要工作环节制定了13项新标准(见表7)。

1) 勘探试气技术标准:针对川东北探区气藏性质及井下流体性质变化范围宽,压力变化大,短期测试等应用条件和施工特点,编制了川东北酸性天然气井试气工程设计、试气作业、地层测试及试井技术4项标准,基本覆盖了勘探试气作业的主要技术环节。

2) 开发投产作业标准:针对开发井高压高产、多重腐蚀、长期生产等应用特点,重点对采气工程方案设计、井下生产管柱设计、气井完井、酸性天然气取样、修井作业、井控技术及采气工程等关键技术环节作了详细规范,对各重要施工工序的操作作业、技术指标、装备指标等作了明确的技术要求和工程参数界定。

3) 其他配套标准:《川东北含硫化氢天然气井酸化与酸压工艺技术规范》对川东北地区探井与开发井应用的增产措施作了详细要求;《川东北天然气井报废与处置技术规范》明确了超深高酸性气田开发井的判废、报废条件及申报审批程序,规范了工程报废与地质报废依据及后期管理要求。

表7 川东北试气测试及投产完井企业标准

Table 7 Enterprise standards of gas well test & workover for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0021 - 2009	川东北含硫化氢天然气井修井作业推荐作法
Q/SH 0022 - 2007	川东北含硫化氢天然气井试气推荐作法
Q/SH 0023 - 2006	川东北含硫化氢天然气井地层测试推荐作法
Q/SH 0024 - 2009	川东北含硫化氢天然气井酸化与酸压施工技术规范
Q/SH 0025 - 2006	川东北天然气井完井推荐作法
Q/SH 0026 - 2009	川东北地区采气工程推荐作法
Q/SH 0035 - 2006	川东北天然气井报废与处置技术规范
Q/SH 0172 - 2008	川东北酸性天然气井试井技术规范
Q/SH 0173 - 2008	川东北酸性天然气井井下生产管柱设计推荐作法
Q/SH 0174 - 2008	川东北酸性天然气采气井井控技术规范
Q/SH 0175 - 2008	川东北酸性天然气井试气工程设计格式规范
Q/SH 0176 - 2008	川东北酸性天然气取样技术规范
Q/SH 0244 - 2009	川东北酸性天然气气藏采气工程方案设计编写推荐作法

4.6 集输工程

普光开发井产出的高压天然气高含 H_2S 、 CO_2 , 并伴有少量地层水。在集输场站流程粗分离后经管道输入净化处理厂,设计选用的主要输送管道材质为耐 H_2S 的碳钢管道、镍合金管及镍基合金复合管。由于工程所选管材和输送介质特殊,管道途经地表条件复杂,工程投资高,安全风险大,国内没有同类集输工程标准作依据。因此,在借鉴国内外相关技术和组织技术攻关取得成果的基础上,对集输系统设计、管道选材与管道腐蚀监测等几个重点环节提出了明确的技术参数和方法要求,满足了工程建设的迫切需要(见表8)。

4.7 安全环保工程

以技术标准为基础,特别制定了钻井、试气与井下作业等高危施工环境下的安全环保专业化标准,并对勘探开发总体作了应急管理要求,进一步扩大标准指导范围,强化了安全管理基础,明确了消防气防、安全施工、应急储备、应急措施、应急疏散、残废品处置等方面的要求,为杜绝事故发生,保障工程建设、施工人员和工区群众的生命财产安全,促进工区的环境保护提供了指导依据(见表9)。

5 标准修订

随着川气东送建设工程的深入推进,新技术、新工艺、新装备的应用经验持续积累,新标准的修订时机也逐步成熟。同时,一批石油天然气行业和安全

表8 川东北集输工程企业标准

Table 8 Enterprise standards of acid gas gathering and transportation system for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0245 - 2009	高含硫化氢气田天然气集输系统设计规范
Q/SH 0246.1 - 2009	川东北高含硫气田集输管道及管件技术条件,第1部分:碳钢和合金钢管道及管件
Q/SH 0246.2 - 2009	川东北高含硫气田集输管道及管件技术条件,第2部分:镍基合金管道及管件
Q/SH 0246.3 - 2009	川东北高含硫气田集输管道及管件技术条件,第3部分:镍基合金复合管道及管件
Q/SH 0247 - 2009	川东北高含硫化氢气田集输管道腐蚀监测与控制设计技术要求

表9 川东北安全环保工程企业标准

Table 9 Enterprise standards of HSE (health, safety, environment) for South - East Sichuan

标准编号	标准名称
Q/SH 0033 - 2009	川东北含硫化氢天然气井钻井与试气作业工程安全技术规范
Q/SH 0034 - 2007	气体钻井安全技术规范
Q/SH 0099.1 - 2009	川东北地区天然气勘探开发环境保护规范,第1部分:钻井与井下作业工程
Q/SH 0240 - 2009	川东北应急管理规范
Q/SH 0033 - 2009	川东北含硫化氢天然气井钻井与试气作业工程安全技术规范

行业标准的相继发布实施和部分技术要求、推荐作法、技术指标变化,要求川东北企业标准作出相应改进。为合理提高工程建设的安全、质量与效率,工区分别于2007年和2009年两次大规模组织现行企业标准的制修订讨论,收到对井场布局及安全防护距离、泥浆储备量、油气上窜速度要求、防喷器及管汇试压要求、空气钻排砂口布置等事关安全且对建设投资有较大影响的改进建议500余条。根据建议,中国石化集团公司企业标准主管部门集中组织有关专家,对涉及标准进行了修订论证,完成了20项标准的修订审查和改版发布工作。

6 标准宣贯与实施

6.1 标准宣贯

按照发布一批、宣贯一批的原则,工区聘请有关专家和标准编写人,重点对技术领导、管理人员、现场技术骨干等共1400余人次进行了标准宣贯培

训。在工区标准管理部门的直接安排、严格检查和强力推进下,各工程建设单位认真组织落实川东北新标准的宣贯学习和执行,确保全员参与、认识到位、思想统一,严格依据新标准规范工程管理、安全环保、方案设计、施工操作、工程监理、物资采购、质量控制等工程建设的各个环节,充分发挥了标准体系对工程建设的指导作用。

6.2 标准实施

1)川东北新标准对超深高酸性气田施工技术难点、生产管理中的薄弱环节、极易忽略的安全隐患作了纲要性的指导,吸收提升了行业内的成熟经验。据此,标准涉及的各级部门根据职责进一步建立了详细的管理制度和实施细则,实现和促进了标准执行的常态化、制度化和规范化,为工程建设快速建设管理网络和强化管理基础提供了指导。

2)新标准推荐了一批适用的新技术、新装备、新作法的技术指标和实施方法,为推动技术进步搭建了有效的标准化平台,快速形成配套技术装备和专业化队伍,整体提升了工程施工和安全保障能力。

3)工程技术管理部门依据标准,共进行现场安全检查、钻开气层开工验收、试气开工验收、投产作业开工验收300余次,检查并整改各类问题3600余项,确保了工程建设的本质安全,实现了现场施工零伤亡、零事故和零污染。

4)标准对安全、方法、质量等方面给予的明确界定,使甲乙双方、企业与地方之间在居民拆迁撤离、井场重浆储备、井控装置配备、人员培训持证上岗、应急预案落实、后勤抢险救援保障等问题上达成共识,避免了因引用多重标准造成的歧义和矛盾,为工程建设的和谐顺利推进奠定了基础。

7 结语

在川气东送建设工程的大背景下,川东北超深高酸性气田技术标准体系的建设工作以工程建设需求为导向,充分发挥系统优势,先框架、后标准,分阶段、有层次地编制和修订完善了51项专业标准,更严、更细、更具体地编制形成了一整套重点明确、内容互补、科学严谨的标准体系,内容覆盖了物探、钻井、测井、录井、试气采气、酸气集输、安全环保等天然气勘探开发全过程,对工程建设的管理体系、工程技术体系、安全环保体系、物资装备体系和生产运行体系起到了重要的指导和规范作用。

标准建设贴近高酸性、高压、高产条件的生产工

况,突出新技术、新成果的总结吸收,快速完成优势技术集中,实现了新技术向实用性、操作性标准的提升,拓展和丰富了超深高酸性气田勘探开发标准的内容和领域。其技术内容及性能指标体现了当前超深高酸性气田勘探开发的先进技术水平,在气体钻井、高含硫条件下的电缆测井作业、气体钻井和PDC钻头钻井条件下的录井等方面填补了国际技术标准空白。

同时,作为成功指导我国第一个超深高酸性气田大规模开发的工程技术标准体系,其体系建设方法和规范内容亦可作为指导同类气田开发的参考和

依据。

参考文献

- [1] NACE MR0175/ISO15156. 石油和天然气工业—石油和天然气生产中用于含 H_2S 环境材料[S].
- [2] 何生厚,赵金洲,沈琛,等. 高含硫化氢和二氧化碳天然气田开发工程技术[M]. 北京:中国石化出版社,2008
- [3] 中国石油化工股份有限公司科技开发部. 中国石化川东北地区勘探开发企业标准汇编[M]. 北京:中国石化出版社,2009
- [4] 孟伟,杨玉坤,王宝新,等. 钻井配套技术在川东北的应用与实践[M]. 北京:地质出版社,2007

The construction of technical standards system for ultra deep and high acid gas field in North-East of Sichuan Province, China

Liu Yintao, Liao Chengrui, Yang Yukun

(The Headquarters of Sichuan-to-East Gas Transmission Project, SINOPEC,
Dazhou, Sichuan 635000, China)

[**Abstract**] To deal with exploitation difficulties of North-East Sichuan gas field of the marine strata, after researching extensively, summarizing and promoting the successful experience and failure lesson of project construction technology application scientifically, the SINOPEC Group established an integrated suit of technical company standards system for ultra deep and high acid gas field. The system includes 51 standards, containing geophysical prospecting, drilling, logging, well logging, gas well test and collection, acid gas gathering and transportation system, and HSE (health, safety, environment). It strengthening regulated the project design, recommended the data treatment and explanation method, definituded the required operation and field calibration, standardized the use of technical equipment, effectively guided and supported the construction of safety, quality and efficiency.

[**Key words**] ultra deep; high acid; natural gas; exploration and development; enterprise standard