

[引著格式] 范毅, 黄军甫. 泡沫固井用泡沫发生装置研究 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (9+10): 56~58.

泡沫固井用泡沫发生装置研究

范毅 (长江大学文理学院, 湖北 荆州 434100)

黄军甫 (中石化石油机械有限公司第四机械厂, 湖北 荆州 434024)

[摘要] 在我国, 泡沫固井是没有大规模采用而被普遍看好的一种新型固井方式, 相关设备技术尚不成熟。为此, 提出了泡沫固井用关键装置——泡沫发生装置的技术思路, 包括泡沫水泥浆的制造方法和泡沫与水泥浆的混合方法; 就泡沫发生装置设计提出了总体方案; 根据泡沫发生装置设计要求, 对核心部件泡沫混合器进行了选择。泡沫发生装置的研制, 尚有一些难点需要突破。

[关键词] 固井; 泡沫固井; 泡沫; 水泥浆; 泡沫混合器

[中图分类号] TE925.203 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 09+10-0056-03

1 研究背景

泡沫固井主要是通过制造泡沫与低密度水泥浆结合, 形成超低密度水泥浆, 从而降低环空水泥浆段的液柱压力, 因而特别适合于长封固段固井和低压易漏井的固井作业。泡沫水泥固井适用于如下区块作业: ①页岩气井固井; ②煤层气井固井; ③出现低压易漏、浅表疏松或裂缝性地层的常规固井; ④海洋油气田固井。

根据美国石油学会 SPE 论文库的资料显示, 通过固井成本统计, 与常规固井相比, 使用泡沫固井的平均成本低 42.5%; 由于泡沫水泥浆密度低、自重轻, 水泥柱高度设计值相比常规水泥要高出 20.3%; 通过打分评价机制, 泡沫水泥固井相比常规水泥固井质量更高; 通过实验室试验结果比较固井水泥环空效果可见, 泡沫水泥柱在压力冲击下无裂缝、密封性能好, 而常规水泥则出现了许多裂缝。

通过上述比较可以看出, 无论是在常规固井领域, 还是在非常规固井领域, 泡沫水泥浆用于固井作业都拥有无可比拟的优势。随着国内陆上油气田的非常规页岩气井的大量开采, 煤层气井的开发应用, 常规井的难度逐渐增加, 在大力发展海洋油气田钻采的情况下, 发展泡沫水泥固井成为解决以上难题的一剂良药。在国外石油开采发达的国家, 泡沫固井是较普遍被采用的一种固井方式; 在国内却是没有真正被大规模采用而被普遍看好的一种新型固井方式。原因如下: 进行泡沫固井作业, 需要成套泡沫固井装备, 包括固井车、液氮泵车、液体添加设备、泡沫发生装置、成套设备自动控制系统等。在国内, 前 3 种设备技术已较成熟, 而后 2 种设备技术尚不成熟^[1~3], 因而研制泡沫发生装置势在必行。

2 技术思路

2.1 泡沫水泥浆的制造方法

制造泡沫水泥浆的方法主要有 2 种: 机械充气法和化学发气法。使用机械充气法制备泡沫水泥浆, 虽然地面配套设备较多、施工工艺复杂, 但成浆效果好, 可实现任意设计量的气体充入, 形成的泡沫均匀细小, 密度可控; 使用化学发气法制造泡沫水泥, 虽然地面配套设备少、施工工艺简单, 但发气量较少, 尤其是在液柱压力超过 10MPa 的井内, 这种泡沫水泥浆在井下很难大幅度降低水泥浆的密度。鉴于此目前在解决低压易漏地层固井施工中主要采用机械充气法, 而化学发气法则多用于解决固井施工后水泥的“失重”等问题。

2.2 泡沫与水泥浆的混合方法

泡沫与水泥浆混合只能在混浆槽内、柱塞泵内、柱塞泵后高压管线内进行。经过在中原油田、长庆油田、西南油气田、辽河油田、四川油田和江汉油田等试验调研，试验是通过一台空气泡沫发生器产生空气泡沫，输入到在混浆槽内混合或者水泥车的三缸柱塞泵吸入管，使得空气泡沫和泥浆能够在混浆槽内或者三缸柱塞泵内进行混合，从而制备泡沫水泥浆。作业中采用在混浆槽内通过搅拌混合的方式，出现了相同的问题，即在混浆槽内通过搅拌无法混合泥浆与泡沫，究其原因是由于空气泡沫的输入压力和流动性与泥浆无法匹配，因而泡沫与低密度水泥浆无法结合；作业中均采用在柱塞泵内混合，也以失败告终，原因是由于无法实现搅拌，泡沫在水泥浆内难以均匀分布，不能形成超低密度水泥浆。采用在柱塞泵后高压管线内进行混合似乎是唯一可行的方案，来自国外的报道也可作为印证。

3 泡沫发生装置设计

3.1 总体方案

通过分析，成套泡沫固井装置主要应由 1 台固井车、1~2 台液氮泵车、1 台液体添加剂撬、1 台泡沫发生装置、1 套成套系统控制装置组成。主要的工作过程是，固井车泵出水泥浆，液氮泵车输出氮气，液体添加剂撬输出发泡剂、稳泡剂等添加剂（也可直接接到固井车上），然后通过泡沫发生装置进行混合。在泡沫发生装置内，氮气与发泡剂发生反应产生氮气泡沫，氮气泡沫与水泥浆混合成分布均匀的泡沫水泥浆，然后泵入井口装置。以上过程均由控制系统进行控制，通过调节水泥的排量、氮气排量和液体添加剂排量来保证最终泡沫水泥浆的密度。设备的总体构思如图 1 所示。

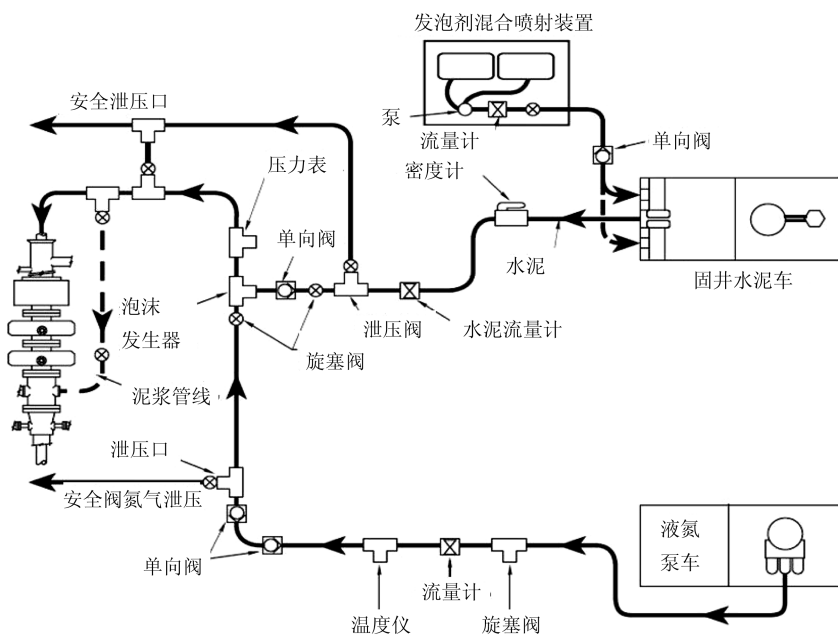


图 1 泡沫固井装置及工作过程示意图

3.2 泡沫发生装置设计要求

泡沫发生装置主要要求如下：①由于该装置连接在大泵排出管后的高压管汇系统上，所以该装置的承压能力应至少为 40MPa；②氮气进入的方式应符合文丘里效应，即水泥浆高速通过氮气入口时产生负压，从而吸入氮气；③氮气进入后，与水泥浆内的发泡剂反应产生泡沫，需设置混合机构保证该泡沫均匀分布在水泥浆体中；④混合好的泡沫水泥浆需经过取样、验证密度合适以后再泵入井口。

3.3 泡沫混合器选择

泡沫发生装置的核心部件是泡沫混合器。目前可供选择的泡沫混合器主要有 3 种模型：①哈里伯顿的泡沫混合器，主要是利用文丘里效应，使用针阀控制排量，采用 3 个入口 1 个出口，基础泥浆、氮气、添加剂分别输入，利用文丘里效应混合完成后排出。②斯伦贝谢的泡沫混合器，混合器为“十字型”，也是 3 个入口 1 个出口，采用带孔的挡板将水泥浆破碎后完成混合。③BJ 公司的“T 字型”泡沫混合器，基础泥浆内已经混好了添加剂，与氮气在混合器内混合后排出，主要混合功能由带孔挡板和文丘里效应完成。

通过比较分析和实际应用调研，认为选择 BJ 公司的“T 字型”泡沫混合器比较好。在完成泡沫混

合器的试制后,参照上述总体方案(见图1),将混合器以及各种管汇和仪表都集成在一台小撬上,完成一台接口完整的泡沫发生撬。

4 结语

泡沫发生装置的研制,尚有以下难点需要突破:①泡沫混合器需承受至少40MPa的压力,如何选择材料能保证能耐高压、耐磨?②泡沫混合器出入口的管径、内部样式如何确定?怎么样通过设计保证文丘里效应发挥到最佳?③内部是否采用带孔的挡板?如果采用该方案,怎样保证该挡板能耐冲击、耐磨损?如何设计挡板上的小孔以保证浆体分散均匀?

核心部件泡沫混合器完成后,需要确定泡沫水泥浆的配方,从而确定基础水泥的配方和液体添加剂的配方。由于泡沫水泥的混合均在高压环境下完成,考虑到受压后泡沫的破碎效果,预计稳泡剂和发泡剂的效果均需要通过现场试验检测。

[参考文献]

- [1] 刘建红,王莉,吴国勤,等.泡沫水泥固井工艺研究[J].内蒙古石油化工,2011,(18):28~29.
 [2] 郑钟,李秉跃,窦虎清.泡沫水泥固井装备及技术配套研究[J].科技资讯,2009,(19):38.
 [3] 李兵泉,武萍妹,王伟,等.高效泡沫发生器的研制与应用[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2013,35(3X):322~323.

[编辑] 黄鹂

(上接第45页)

4) 实施效果。井网加密效果:根据该油藏断层根部老井钻遇油层特点,在井网控制较差、剩余油相对较富集区域,部署2口加密调整井,井距由250m左右缩小到150m左右,2口井于2015年4月相继投产,初期日产纯油40t,截止到2015年8月累计产油5935t,加密效果较好。

换向水驱效果:2014年2月,对1口高含水井实施转注,对应2口油井综合含水率平均降低27.7%,初期日增油19.9t,4个月累计增油2030t。

截至2015年8月,共实施油水井措施13口,平均单井增油723t,累计增油9573t。从断块数据来看,开发形势有所好转,日产油由173t上升至205t,增加了32t,综合含水率由86.1%降至84.2%,自然递减率由19.9%下降到18.5%,断块开发效果得到改善。

6 结论

1) 牙刷状油藏长期受边水指进影响,采油井点水淹程度高,井间水淹程度相对较弱,并且水淹程度由低部位向高部位逐渐减弱,剩余油主要富集在构造高部位采油井之间区域。

2) 采用数值模拟与动态分析相结合进行分析,牙刷状油藏进入高含水后期,实施横向换向注水开发,通过增加横向水驱,在一定程度上削弱了边水的指进作用,扩大了水驱波及体积,可以有效挖潜井间剩余油。

3) 通过水淹规律研究和内部加密井试验,对于窄条状牙刷状油藏,初期采用150m左右的小井距布井更有利于边水均匀推进。

[参考文献]

- [1] 陈明月.油藏数值模拟基础[M].北京:石油工业出版社,1994.
 [2] 赵永强,杨承林,王秀鹏,等.边水活跃油藏的剩余油分布研究及调整技术[J].吐哈油气,2002,7(1):36~38.
 [3] 程时清,唐恩高.复杂岩性多底水断块油藏合理开发方式研究[J].特种油气藏,2007,14(3):62~65.
 [4] 罗钰涵,唐华.AF窄条状底水油藏剩余油分布及挖潜策略研究[J].内蒙古石油化工,2009,(2):102~105.

[编辑] 黄鹂