油气田开发水资源高效利用探讨

蒋继辉[1,2] 同 霄[1,2] 范 婧[1,2] 姜伟光[1,2]

(1. 中国石油长庆油田分公司油气工艺研究院;2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室)

摘 要 在油气田开发过程中,尤其是干旱缺水地区,处理好生产用水与产出废水之间的关系是油气田企业可持续发展的重要问题。油气田开发水资源高效利用的最终目的是减少淡水的消耗量,主要体现在新鲜水的合理使用及产出废水的回收再利用两个方面。提出应以产出废水为生产水源,研发适合其水质特征的工作液体系,实现产出废水“免处理”再利用;建立油气田开发水管理体系,根据水的不同用途,科学调配新鲜水和产出废水,实现水资源的高效利用。

关键词 油气田开发; 水资源; 高效利用; 节水钻探; 少/无水压裂; 回收利用; 水管理体系

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2020.01.002 **文章编号**: 1005-3158(2020)01-0004-03

0 引 言

在目前的技术条件下,“水”在相当长一段时期内仍将是油气田开发重要的生产资料,生产需水量大与废水产生量大的矛盾始终贯穿于油气田开发各个环节。尤其是对于致密油气田而言,随着体积压裂技术的大规模推广,施工作业用水量大与返排液产生量大的矛盾进一步凸显[1-2]。在部分注水开发油田,采出水产生量大与回注水需求量大也是一大矛盾。因此,在油气田开发过程中,尤其是干旱缺水地区,处理好生产用水与产出废水之间的关系是油气田企业可持续发展的重要问题。

油气田开发水资源高效利用的最终目的是减少淡水的消耗量,主要体现在两个方面。一是新鲜水的合理使用,主要涉及钻井、压裂、老井改造及维护、采油及注水作业需水等环节;二是将产出废水再利用于生产作业,主要涉及上述作业过程中由井口返出的废工作液或地层水。

1 新鲜水的合理使用

1.1 钻井作业推广应用节水钻探技术

对于水资源(尤其是地表水)短缺的地区而言,传统的钻井工艺在施工过程中面临的耗水量过大的问题显得尤为突出。

1.1.1 改变钻井循环介质类型

1)泡沫钻井液

泡沫钻井液是通过机械搅拌将气体充入钻井液中,用表面活性剂降低气液界面张力,把大气泡变成微细气泡,用较高的凝胶强度使微细气泡均匀分散在钻井液中,形成稳定可泵的气、液、固三相硬胶泡沫。泡沫钻井液与普通膨润土钻井液相比,节水量可达1/3~1/2。

2)气体或雾状体系循环介质

气体钻井是指钻进过程中使用性质较稳定的气体(空气、天然气及惰性气体等)代替钻井液作为循环介质,在井内水量较多的情况下,气体循环介质转变为雾状体系,可实现100%节水。

1.1.2 基于孔内地层水局部循环的节水钻探技术

该技术由中国地质大学与俄罗斯自然资源部地质研究所合作开发[3],是基于孔内地层水局部循环节水思维,利用有限的地表水驱动井下潜水泵实现井内地层水局部循环,从而达到节约地表水的目的,可节水80%~95%。

1.2 压裂作业推广应用少/无水压裂技术

1.2.1 改变压裂作业工作介质类型

1)二氧化碳泡沫压裂

泡沫压裂采用的压裂液由液态二氧化碳、稠化剂、起泡剂等相关化学添加剂和水混合组成[4]。在向井下注入过程中,随着温度的升高达到超临界温度后,液态二氧化碳开始气化,从而与水基压裂液形成二氧化碳泡沫。统计资料表明,二氧化碳泡沫压裂施工用水量只有常规水力压裂的1/6。

2)液态二氧化碳压裂

液态二氧化碳压裂是用超临界二氧化碳代替水作为压裂液,在不添加水或其他辅助成分的情况下,

蒋继辉,2005 年毕业于西安石油大学油气田开发专业,硕士,现在中国石油长庆油田分公司油气工艺研究院从事安全环保技术研究与推广工作。通信地址:陕西省西安市未央区凤城四路苏里格大厦 2316 室,710018。E-mail:jjih_cq@petrochina.com.cn。

用液态二氧化碳作为支撑剂的传递液将支撑剂注入地层的方法。20 世纪 80 年代早期,北美已采用以液态二氧化碳为基础的压裂液系统进行储层改造,1994 年采用以液态二氧化碳/氮气为基础的压裂液系统进行压裂,被证明是一种行之有效的方法。

3)液化石油气压裂

液化石油气压裂是使用液态烃类(丙烷或丁烷等)作为压裂介质以替代清水的压裂方法[4]。液化石油气在高压作用下会形成凝胶状的黏稠物,具有理想的黏度和携砂性能。与水不同的是,液化石油气能与地下的油气资源自然混合,并且不溶解任何盐、重金属或放射性物质,当它与地下的油气资源一起返回到地面时,消除了有害物质的排放。

1.2.2 优化改进水力压裂技术

水力压裂是油气增产最常用、最传统的技术,压裂结束后,约有 15%～80%的液体返排到地面。这些液体的存在将会给油气田开发企业带来一系列问题,包括废液处理、投资成本、环境成本、地表和地下水的污染风险,以及来自社会的反对和误解等,已在多个国家引起争议。因此,对水力压裂技术进行优化改进,以降低对新鲜水的需求量是当前技术条件下亟待解决的问题。Ascent™水平井高边压裂采用先进的建模技术,特制的压裂泵及高强度的超轻支撑剂技术有效降低了油田用水和压裂液的用量,用水量大约降低 20%。

2　产出废水的再利用

油气田产出废水成分复杂,其中悬浮物含量为 150～300 mg/L、石油类为 15～35 mg/L,COD 为 4 000～7 000 mg/L,色度为 400～600,并且含有大量的无机离子 Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^{+}、Na^{+}、Cl^{-} 等,pH 值 5.0～7.0[5]。废水处理后排放是最常见的处置方法,然而达标排放不仅增加了水处理成本,还造成了水资源的浪费。为了解决油气田开发供、排水之间的矛盾,将产出废水回收再利用是油气田企业近年来采取的有效措施,应从以下 3 个方面开展工作。

2.1 研发可回收清洁工作液体系

可回收清洁工作液体系的“可回收”性体现在该体系返排液仅需通过简单处理就可重复利用,“清洁”性体现在无毒无害、环境友好。

2.1.1 环保型钻井液处理剂材料及钻井液体系

可用作环保型钻井液处理剂的材料大多来自天然产物及提取物,如淀粉、纤维素、木质素、栲胶、腐殖酸等,其来源广、价格较低、可生物降解,主要包括硅酸盐钻井液、天然高分子聚合物钻井液、有机盐钻井液、聚合醇钻井液、合成基钻井液等。

2.1.2 低分子胍胶压裂液

对普通胍胶进行降解处理,通过控制胍胶浓度、生物酶用量、降解温度、降解时间及 pH 值等条件来控制胍胶的降解程度,使其相对分子质量降低的同时,又能保证在足够的硼酸根作用下实现交联,可研制出低分子胍胶稠化剂。通过 pH 值控制硼酸盐离解平衡移动原理,改变胍胶压裂液的交联状态,使其在酸性条件下非降解性破胶,胍胶分子结构不被破坏,可实现重复交联。低分子胍胶压裂返排液经过简单的“沉砂＋过滤”处理后即可回用。

2.1.3 聚合物体系压裂液

以丙烯酰胺为主体,通过在非离子表面活性剂上引入不饱和键,采用乳液聚合的方式,在一定的温度和压力下可合成聚合物体系压裂液主剂;利用表面活性剂基团之间的架桥作用(静电吸附、氢键等)可使聚合物主剂形成三维网状结构,携砂性能优异。聚合物压裂返排液经过简单的过滤除砂处理即可实现回收利用。

2.2 处理后配制工作液

以长庆油田为例,该油田产建井大多采用丛式井组或者水平井进行开发,不但需要大量的配液用水,而且产生大量的作业废水。若能将产生的废水处理后再利用,则可有效解决废水产生量大与配液用水需求量大的矛盾,在降低生产成本和减少环保隐患方面具有重要意义。

2.2.1 配制钻井液

钻井液性能与配浆水的性质密切相关,水中的各种杂质、无机盐类、三价金属离子、细菌和气体等对钻井液的性能有很大影响。因此,在废水回收再利用配制钻井液之前,可采取化学沉淀法或转化法、过滤法对其进行处理。

2.2.2 配制压裂液

废水的 pH 值、金属阳离子(钙、镁、铁等)、悬浮物、细菌、颗粒粒径等是影响配制压裂液的关键因素[6],可通过混凝沉淀、精细过滤、紫外线杀菌[7]等方式对上述指标进行控制,对于酸化压裂废水或高黏度压裂废水还应增加相应的中和及降黏等预处理步骤。

2.3 用于油田注水开发

注水开发是维持地层压力、提高原油采收率的有效手段。对于地处黄土塬区的长庆油田来说,由于油层渗透率极低,每年需要大量的水源进行注水开发。

如果产出废水经处理后作为回注水，不但可以有效缓解该区域干旱缺水的难题，而且可以减少安全环保隐患。废水的悬浮物、石油类、粒径中值等是影响油田注水开发效果的主要因素，针对低渗透油藏注水水质要求，可在储层敏感性评价的基础上，对油田压裂废水采用混凝沉淀、精细过滤、杀菌防垢等技术进行处理[8]。

3 展 望

1)优化工作液体系，实现产出废水“免处理”再利用

对产出废水的处理不可避免地会导致二次废物的产生，增加了安全或环境问题的发生风险及生产作业成本。因此，可以通过优化工作液体系，最大程度利用油气田产出废水。

需要解决的关键问题：①当前周期用水管理成本及水质参数特性描述；②储层损害机理与重复用水基础设施成本建模分析；③结合产出废水或其他可用水源，设计调制特定的工作液体系。

2)建立油气田开发水管理体系

随着油田工厂化、大井组作业模式的应用，集中大规模用水、排水频繁，钻井、压裂、排水构成了一个水系统，做好水科学管理，可大大提高水资源利用率，缓解油气田开发与水资源缺乏之间的矛盾。

需要解决的关键问题：①制定回用水质标准；②开发低成本环保型水处理剂，攻关废水处理回用关键技术；③设计应用模块化、集约化的处理装备；④规范油气田开发水系统科学管理技术等。

参 考 文 献

[1] 熊运实.油气田开发新面临的环境风险及对策措施[J].油气田环境保护,2016,26(6):1-4.

[2] 霍小鹏,焦艳军,李烨楠,等.川南页岩气开发的环保形势及对策建议[J].油气田环境保护,2019,29(3):1-3.

[3] 白光洪.解决贵州山区钻探施工工程性缺水问题初探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007(增刊):94-97.

[4] 孙张涛,吴西顺.页岩气开采中的水力压裂与无水压裂技术[J].国土资源情报,2014(5):51-55.

[5] 蒋继辉,周立辉,黄彬,等.油田井场废水高效絮凝剂研究与应用[J].油气田环境保护,2012,22(5):37-40.

[6] 蒋继辉,冀忠伦,赵敏,等.油田井场废水中无机盐对配制压裂液的影响[J].石油与天然气化工,2013,42(2):188-191.

[7] 蒋继辉,赵攀,杨冬清,等.混凝处理酸化压裂废液的研究[J].石油化工应用,2012,31(12):74-77.

[8] 蒋继辉,冀忠伦,任小荣,等.长庆油田压裂废水回收再利用方式探讨[J].油气田环境保护,2014,24(5):35-36.

(收稿日期 2019-05-28)

(编辑 郎延红)

(上接第 3 页)

[5] 匡丽,孙晓雷,刘云兴,等.油田含油污泥综合利用污染控制标准:DB 23/T1413—2010[S/OL].哈尔滨:黑龙江省环境保护厅,黑龙江质量技术监督局,2010[2019-03-08].https://www.doc88.com/p-3758404237784.html.

[6] 杨志刚,宋东刚,魏彦林,等.含油污泥处置利用控制限值:DB 61/T1025—2016[S/OL].西安:陕西省环境保护厅,陕西省质量技术监督局,2016[2019-03-08].http://jz.docin.com/p-1797675631.html.

[7] 高庆国,贾尔恒·阿哈提,付尔登,等.油气田含油污泥综合利用污染控制要求:DB 65/T3998—2017[S/OL].乌鲁木齐:新疆环境保护厅,新疆维吾尔自治区质量技术监督局,2017[2019-03-08].https://wenku.baidu.com/view/9a96bed850e79b89680203d8ce2f0066f4336470.html.

[8] 中国环境科学研究院固体废物污染控制技术研究所,环境标准研究所.危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别:GB 5085.6—2007[S].北京:中国环境科学出版社,2007.

[9] 郑斌,雷鸣,王惠云,等.城市污水处理厂污泥检验方法:CJ/T 221—2005[S].北京:中国标准出版社,2005.

(收稿日期 2019-06-03)

(编辑 王 薇)