

页岩气开发面临的环保挑战及建议

余婷婷^{1,2} 邓广东³ 袁勇^{1,2} 李洪⁴ 夏炜⁴ 蒲嵩¹

(1. 中国石油西南油气田公司安全环保与技术监督研究院; 2. 四川天宇石油环保安全技术咨询有限公司;
3. 中国石油西南油气田公司川西北气矿; 4. 中国石油西南油气田公司川东北气矿)

摘 要 我国的页岩气勘探开发处于起步阶段, 还未建立完善的环保政策, 大规模开发将面临诸多环保挑战。我国页岩气主要分布在四川、重庆等南方地区, 结合该区域地少人多、地质灾害多发等特点, 文章从页岩气压裂作业所需水资源、大量压裂返排液和地层水无害化处理、勘探开发过程中噪声污染以及开发用地与耕地之间的矛盾等方面探讨了页岩气开发面临的主要环境风险, 并提出了页岩气开发的环保对策建议。

关键词 页岩气; 四川盆地; 环境保护; 对策建议

中图分类号: TE991.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)05-0056-03

0 引 言

《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究报告》中指出: 我国可持续发展的能源战略为“科学、绿色、低碳”, 提出我国必须确立“人均能耗应控制在显著低于美国等发达国家水平”的战略思想。为了发展国家能源战略, 保障能源安全供给, 页岩气的高效、环保开发势在必行。

美国是世界上最早对页岩气资源进行研究和勘探开发的国家, 随着水平钻井和水力压裂技术的逐步成熟, 美国迎来了一场“页岩气革命”。在美国成功开发页岩气的鼓励下, 加拿大、英国、中国等纷纷加入页岩气勘探开发的行列, 但一些国家如德国、法国对此持观望态度, 其主要原因是页岩气相关政策、法规不完善, 配套开发技术、环境安全管理机制不成熟。

我国的页岩气主要分布在四川、重庆等人口密集、地质灾害多发的南方地区, 这些地区地下水资源丰富, 农业较发达, 而人均耕地面积又非常有限, 因而页岩气勘探和开发在环境保护方面将面临诸多挑战。

1 我国页岩气发展现状

据美国能源情报署估计, 我国页岩气的储量世界第一, 为 36 万亿 m^3 , 远高于美国的 24 万亿 m^3 , 约占全球总储量的 20%。中国的页岩气储层分布广泛, 古生界页岩气资源量是中生界的 2 倍, 平面分布以南方和西北地区为主, 四川盆地、鄂尔多斯盆地的古生界等是页岩气勘探的主要层系^[1]。

自开发页岩气以来, 美国、加拿大等发达国家均出台了一系列经济和环保政策来规范管理页岩气行业, 但环境问题仍然是发达国家页岩气开发过程中的短板, 如美国在开发初期环保立法落后于技术创新, 近年来导致环境问题集中显现, 延缓了开发步伐。我国非常重视页岩气的勘探开发, 2009 年 11 月, 美国总统奥巴马访华期间, 中美双方签署了《中美关于在页岩气领域开展合作的谅解备忘录》, 给中美两国开启了一个双赢的局面。2012 年 12 月, 国务院批准页岩气为新的独立矿种, 从此中国油气资源“家族”增添了一个新的“成员”。但相对于发达国家, 我国正处于页岩气开发的初级阶段, 为了规避页岩气勘探开发带来的环境污染及各种风险, 势必需要出台配套产业政策, 制定相应技术标准和规范, 加强科技攻关, 慎重选择和引进国外技术, 探索建立行之有效的环境管理办法, 为“工厂化”、“标准化”开发页岩气积累经验、储备技术。

2 页岩气开发面临的环保挑战

2.1 水资源的依赖和考验

我国页岩气储层埋深较大, 一般在 1 500~4 000 m, 且储层条件复杂, 断裂发育、保存条件较差; 而美国页岩气储层埋深为 1 000~3 000 m, 其断裂较少, 页岩气保存条件较好。根据我国页岩气储层的特点, 在完井增产上普遍采用水力压裂、水平井分段压裂等措施, 水力压裂是为了打开储层实现增产, 将数千吨

压裂液(一般由水、压裂支撑剂及其他化学物质组成)在高压下泵入储层,在地层压力的作用下,部分水返排至地面,而压裂支撑剂留存在岩石缝隙中,使天然气从岩石中到达生产井的过程^[2]。

美国地质勘探局(USGS)2009年指出,马塞勒斯页岩(Marcellus Shale)在勘探钻井和水力压裂过程中将使用大量的水资源,每次压裂需要用水300万加仑(约11 355 m³),企业非常担心如此大量的耗水量是否会对局部地区水资源造成潜在影响^[3]。

根据四川盆地的页岩气开发情况,目前开展的水平井压裂作业其压裂段数为5~12段,据统计,平均每段压裂作业的新鲜水用量约800~1 000 m³,因而一口井的用水量可达到上万m³。在美国,其水平井分段压裂可达到数十段,如果按照这样的做法,即使四川地区地表水和地下水资源较为丰富,但随着压裂段数的增加,“工厂化”开发模式下,其总用水量将是当地的水资源供给的一个严峻考验。

2.2 生产及压裂废水的去向

页岩气压裂作业后,部分废水会返排至地面,其中也包括因为开采作业从井底带出的生产废水。美国地质勘探局(USGS)2009年指出,由马塞勒斯页岩水力压裂后废液返排情况可知,几乎所有的压裂液在井底压力条件下全部返排至地面,为了处理这些压裂废水,需要加入5%即15 000加仑(约56 m³)化学试剂才能有效处理^[3]。

目前技术条件下,南方页岩气井的废水返排率约为60%,其中少量废水经处理后可回用于配置压裂液,但剩余约60%以上的废水需要进行最终处理。

根据四川页岩气井压裂返排液的情况,假设一口井进行10段压裂作业,其返排废水可达6 000 m³,需要最终处理的废水约3 600 m³,其废水排放量是常规钻井项目的10倍左右。若每个井场按4个丛式井设计,则单个井场每年排放的废水量约14 400 m³;若每年开发20个井场,则废水年排放总量将超过28.8×10⁴ m³。假设压裂废水能100%返排,则页岩气井的废水产量将在原有基础上翻一番,这将对开发区域所在地工业废水的处理能力和企业环保成本带来极大的挑战。

根据调研,返排废水的处理方式有四种:通过回注井回注地层、企业达标处理后外排、蒸发、废水同步处理,目前国内页岩气开发常用的废水处理方式是前两种。

2.3 地下水污染

水力压裂不但消耗大量水资源,还可能造成地下

水污染。世界观察研究所(World Watch Institute)指出,美国在页岩气开发过程中,水力压裂若偏离目的层位或由于地层裂缝,压裂液进入到地下饮用水层,会导致地下水污染,此外固井质量也对地下水造成一定程度的影响^[4]。循环后的返排废水含有水力压裂用的化学试剂和地层产生的浓盐水,有时候还存在少量的放射物质,若得不到妥善处理,很可能对公众健康和环境造成危害^[5]。

根据四川统计局统计数据,四川有河流1 400多条,流域面积在500 km²以上的有343条,蕴藏了丰富地表水和地下水资源,因而对页岩气的环保安全开发将提出更高的要求。从近几年的开发情况可知,在钻井过程中井壁稳定性较差,垮塌严重,给水平钻井及压裂施工带来一定影响,相应的也将增加地下水污染的潜在风险。

2.4 噪声影响

页岩气勘探开发的噪声主要来自于钻前施工噪声、钻井噪声、压裂测试噪声等。由于一口井的钻井周期一般约4~5个月,如果需要建丛式井(按每个井场钻4~5口井),那么噪声的持续影响将达到一年至一年半之久。

与美国、加拿大不同的是,我国页岩气主要分布在人口非常稠密、农业发达的四川盆地,建设项目一般位于声环境质量整体情况较好的农村地区,大规模开发页岩气将一定程度打乱原有的平衡,使井场周围的居民长期处于噪声环境之中,一定程度上增加当地的社会稳定风险,并可能影响人群健康。

2.5 用地矛盾

页岩气的勘探和开发建设还会占用大量的土地,中国是一个人口大国,人多地少,人均耕地面积约900 m²,远低于世界平均水平。根据国家统计局四川调查总队数据^[6],1978—2006年,四川非农业人口增加了2 100多万人,但同期耕地面积减少了992 000 m²,人均耕地面积由693 m²下降到446 m²,低于联合国粮农组织提出的人均533 m²的警戒线,仅为世界人均耕地面积的23%。

此外四川城镇化进程加快,特别是大中城市的扩张,必然伴随着各类建设用地的增加。有研究表明,每增加一个非农业人口将增加居民及工矿用地293 m²^[6],这意味着每增加40个非农业人口,将减少一个井场(按平均占地面积12 000 m²计)修建的机会。因此,在大规模开发页岩气之前,应采取积极的应对措施,解决工业用地困难、保护耕地等问题。

2.6 甲烷的不规则排放

与常规天然气井一样,钻井设备,天然气处理过程以及运输、储存、管输等过程均会排放一定量的甲烷气体。

但值得重视的是,页岩气在水力压裂及完井过程中排放的甲烷是常规天然气完井作业的数百倍。美国环保署 2010 年报告(EPA 2010)指出^[7],水力压裂后,大量的返排废液会在数天或几周内缓慢返排到地面,并伴随有大量的甲烷气体。此甲烷气体很难再返排液中消减,其表现为甲烷气体和返排液的混合物。与常规天然气完井排放的甲烷相比,页岩气完井过程中甲烷含量为 1.9%,远远大于常规天然气完井排放的甲烷含量 0.01%。

据统计,在美国 37% 的甲烷排放总量来自油气行业,该行业每年释放的甲烷量高达 1 200 万 t,其中 80% 为不必要的排放,造成的后果相当于 2 亿 t 以上的二氧化碳排放^[8]。为此,美国国会通过《清洁空气法》(CAA)对页岩气开采中因使用水力压裂技术所造成的空气污染加以控制,并要求页岩气生产商必须控制压裂施工过程返排液中挥发性有机化合物(VOCs)的含量。

2.7 水力压裂与地震的关系

大面积规模化开采页岩气引起断层活化,进而可能诱发地震和滑坡等地质灾害。2012 年 4 月,美国地质调查局公布的一份报告称,从阿拉巴马州到北方落基山脉的美国中西部地区近十年来地震频发“几乎可以肯定是人为的”,其中石油和天然气钻探活动,尤其是页岩气开发使用的水力压裂法以及该方法涉及的废水处理井都同地震次数增加有关^[8]。

德克萨斯大学和南卫理工会大学的地震学家所做的研究表明^[4],美国德克萨斯州克利本小镇 2008—2009 年间的地震与巴奈特页岩(Barnett shale)开发过程中的水力压裂没有决定性关系,但将气井生产产生的大量含盐地层水注入回注井可能会诱发附近的地震活动。

3 页岩气开发的环保对策建议

综上所述,我国在大规模“工厂化”开采页岩气之前,应吸取国际经验教训,对该领域潜在的环境问题及风险进行基础研究,尽快出台配套产业政策,制定相应技术标准和规范,加强科技攻关,探索建立环保监管示范区,为大规模开发页岩气积累经验、储备技术。主要建议如下:

◆ 根据我国页岩气储层较复杂的实际情况,慎重选

择和引进国外技术,积极开展页岩气勘探开发的基础课题研究,建立一系列适用于我国页岩气开发的先进钻井、固井、完井及增产、集输技术;根据国内实际情况,从环境准入,过程管理等方面建立环境监控体系,制定页岩气行业的环保标准,环境信息披露渠道等。

◆ 在页岩气开发取水方面,建议进入大规模开发阶段之前尽早考虑水资源论证工作,预防大量取水给局部地区造成水资源短缺及匮乏的风险。开展压裂液与地下水污染的机理研究,放射性物质跟踪实验,研发水力压裂所含有毒有害化学外加剂的替代品,在现有处理方法的基础上,探索更为行之有效的生产及压裂废水处理办法。

◆ 重视页岩气开发的累积环境影响,如噪声。页岩气开发应做好防噪措施,并在高噪声作业如压裂作业之前与周围社区及居民进行良好的沟通和告知,进一步降低社会稳定风险。

◆ 在项目设计时,应尽可能考虑少占良田,在已征地的井场上,充分利用丛式井、分支井、多底井等工艺,发挥定向钻井的优势。或者考虑国际的环保做法,其井场采用可移动式枕木铺设,仅对井口部分进行工程处理和硬化,施工完成后有利于土地复垦及地面环境的恢复。

◆ 做好页岩气开发过程中的环境管理工作,在水力压裂作业过程中安装相关设备以减少可挥发性有机化合物及其他有害空气污染物的排放,例如甲烷、苯、正己烷等。做好页岩气开发钻井、完井、压裂到生产和集输的全过程管理,尽量减少甲烷等温室气体的逃逸性排放,做到节能减排,降低温室效应。

此外,页岩气开发水力压裂是否诱发地震,由于缺乏能源开发地区的岩石系统信息和有效的预测模型,目前国内外还没有决定性的结论。四川盆地属地震多发区,因此建议开展水力压裂诱发地震可能性的课题研究。

4 结束语

作为中国能源新宠,页岩气开发应以美国、加拿大等国家的经验和教训为鉴,在追求快速、大规模勘探开发的同时,应做到科学管理,环保优先,打一场“科学、绿色、低碳”的中国式页岩气胜仗。

参考文献

- [1] 潘仁芳,黄晓松.页岩气及国内勘探前景展望[J].天然气技术,2010,4(2):11-14.

置便携式水泵,便于及时处理清管通球作业产生的废水。开球放空时做好开启闸阀的控制,尽可能避免猛开快放造成冲浅;做好更换或添加“六剂”(脱硫剂、缓蚀剂、三甘醇、化排剂、防冻剂、消泡剂)管理,合理处置其废弃物;提气排液作业中,做好风向的环境因素的观察,避免在大风时候废水被吹到附近农田及农作物上。加强有组织的点燃放喷。

◆ 增压站噪声污染的预防和处理 根据增压站实际情况采取成熟的技术措施消减固定噪声源,如吸声、屏蔽、隔离、扩容、变频、减震、阻尼等降噪原理和治理技术,对设备采用复合式降噪方式,给员工配备隔声耳塞等。

3.2 组织管理措施

◆ 建立健全环境保护制度,层层落实环保责任

做好天然气生产过程中的环境保护工作,需要企业全员参与,齐抓共管,不断提高全员环境保护意识。生产井站的工艺作业、施工作业、设备维修作业等在施工作业方案中应有环境保护篇章,明确可能造成的环境污染隐患和相应的环境保护措施,并在施工作业前落实环境保护措施。进一步完善环境保护责任,环境保护责任制按照“一岗一责”、“一职一责”的原则,逐级向下传递,落实到个人,明确各岗位应承担的环保工作责任、权利、义务和具体工作内容。根据国家法律法规、政策、以及当地政府主管部门管理规定,做到有法必依、执法必严、违法必究。同时开展月检、季检、年检和不定时的抽查,发现问题,及时处理。

◆ 认真贯彻执行“三同时”,加强源头控制

工程项目立项设计时严格按照“三同时”要求做好环境保护工作,充分做好现场勘查和设计工作,设计、施工、竣工后应当符合国家相关环境保护标准及规范。加强源头控制,排除实际生产中因源头控制力度不够而产生的环境污染隐患。

◆ 加强现场环境监督管理工作

加强生产现场(包括观察看守井)和井站施工作业现场的环境保护检查监督工作,完善施工作业现场环境保护监督体系。监督人员定时到施工现场进行监督检查,及时发现和治理环境污染隐患,有效预防环境污染事故发生。

◆ 加强学习,提高管理人员技术水平

加强环境保护队伍员工的工作能力,不断提高员工环境保护技术水平,多组织一些有关环境保护技术、环境保护知识、环境保护法规、污染事故防治技术的培训班,不断提高基层领导、环保岗位员工的环保意识。

4 结束语

识别天然气采输过程中的环境风险,研究更有效的环境治理技术,制定更合理的管理制度,是天然气采输过程中环境保护工作的重点。通过识别天然气采输过程中各个环节不同类别的环境风险,分别从治理技术和组织管理方面提出了环境保护建议,为今后的天然气采输过程中的环境保护工作提供依据。

参考文献

- [1] 张哲玮.川西气田水分析项目合理选择的探讨[J].中国井矿盐,2002,33(6):25-27.
- [2] 刘方槐,颜婉荪.油气田水文地质学原理[M].北京:石油工业出版社,1991.
- [3] 刘颖,雷彬,张帆.卧龙河增压站的噪声综合治理[J].环境科学与管理,2007,32(5):56-60.
- [4] 刘济民.油田水文地质勘探中水化学及其特性指标的综合应用[J].石油勘探与开发,1982,9(6):49-55.

(收稿日期 2013-08-03)

(编辑 李煜)

(上接第 58 页)

- [2] William J. Brady, James P. Crannell. Hydraulic Fracturing Regulation in the United States: The Laissez-Faire Approach of the Federal Government and Varying State Regulations[J]. Vermont Journal of Environmental Law, 2012, 14(1): 40-70.
- [3] Daniel J. Soeder, William M. Kappel. Water Resources and Natural Gas Production from the Marcellus Shale[R]. USGS Science for a Changing World, 2009.
- [4] Mark Zoback. Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development[R]. World Watch Institute, 2010.
- [5] 钱伯章,李武广.页岩气井水力压裂技术及环境问题探讨[J].天然气与石油,2013,31(1):48-53.

- [6] 中华人民共和国国家统计局网.加快城镇化进程对四川资源和环境影响研究[EB/OL]. 2007-12-18. http://www.stats.gov.cn/tjfx/dfxx/t20071217_402452734.htm.
- [7] Robert W. Howarth, Renee Santoro, Anthony Ingraffea. Methane and the Greenhouse-gas Footprint of Natural Gas from Shale Formations[J]. Climatic Change, 2011, 106(4): 679-690.
- [8] 冯相昭.页岩气大开发莫以环境为代价——以美国页岩气开发为鉴[J].环境保护,2012(24):64-66.

(收稿日期 2013-08-03)

(编辑 李煜)