

枯竭气藏改建储气库需要关注的几个关键问题

丁国生 王皆明

中国石油勘探开发研究院廊坊分院

丁国生等. 枯竭气藏改建储气库需要关注的几个关键问题. 天然气工业, 2011, 31(5): 87-89.

摘要 到2020年, 中国地下储气库的工作气需求量将超过 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中60%~70%的工作气量将通过枯竭型气藏改建地下储气库而获得。为此, 分析指出枯竭气藏型地下储气库的建设与气藏开发本身具有较大的差异性, 两者在建库与开发条件、开采方式、设计准则、运行过程、工程要求、储层改造及监测7个方面都存在着较大差异。因此, 在地下储气库的建设和运行管理过程中, 不能照搬气藏开发的模式, 必须关注地下储气库建设的5个关键问题: 库容参数设计、井网部署、气库安全、气库监测和气库运行优化。做好以上5个方面的工作, 将会大大缩短建库周期, 提高枯竭气藏改建储气库的运行效率。

关键词 枯竭气藏 地下储气库建设 气藏开发 差异性 库容参数 井网部署 安全 监测 库群优化

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.05.023

地下储气库是天然气产业中上下游不可分割的重要组成部分, 随着中国天然气工业的快速发展, 对地下储气库的需求将越来越迫切。目前中国正在建设的地下储气库绝大部分是由枯竭气藏改建而成的, 根据预测, 到2020年, 全国地下储气库的工作气需求量将超过 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[1], 而其中60%~70%的工作气量将通过枯竭气藏改建而获得, 因此, 抓住枯竭气藏改建地下储气库建设的关键, 做好枯竭气藏改建地下储气库的建设和运行管理工作, 对我国地下储气库的建设具有重要意义。

1 气藏开发与储气库建设的差异性

气田开发与地下储气库建设存在较大的差异性, 这种差异性主要表现在以下7个方面:

1) 建库与开采条件的差异: 气藏开发需要把各种复杂条件下的天然气通过各种方式开采出来; 地下储气库则需要利用条件最好的气藏建设而成。

2) 开采方式的差异: 气藏开发需要最大限度地提高采收率, 开采周期长达(或超过)10年; 地下储气库则需要很短的时间(一般是1个注采周期, 即3~4月)内把气库中的有效工作气全部开采出来, 并且还需

要在1个注采周期内将地下储气库注满达到满库容。

3) 设计准则的差异: 气藏开采尽量保持稳产; 地下储气库产能设计则以满足地区月(日)最大调峰需求为原则。

4) 运行过程的差异: 气藏开发一般产量递减; 地下储气库的产量则逐年递增。

5) 工程要求的差异: 气藏开发采气井寿命为10~20年, 且开采过程单向从高压到低压; 地下储气库井寿命要求30~50年, 且井筒内压力频繁变化。

6) 对储层改造的差异: 气藏开发可通过大规模压力酸化来提高单井产能; 而地下储气库生产寿命长, 如果储层改造不具备相当长的有效期(8~10年或更长), 则一般不进行储层改造, 气库储层改造的目的主要是改善井底污染。

7) 监测差异: 气藏开发一般不单独钻监测井; 地下储气库建设运行过程中有时会大量部署监测井, 以控制监测库区及周边的各种异常情况。

2 枯竭气藏改建储气库应关注的重要问题

正是由于气藏开发与地下储气库建设存在着较大

作者简介: 丁国生, 1966年生, 高级工程师, 博士; 长期从事地下储气库的规划、研究与设计工作, 现为中国石油勘探开发研究院廊坊分院地下储气库研究中心副主任。地址: (065007) 河北省廊坊市万庄44号信箱储气库中心。电话: (010) 69213415。E-mail: dgs69@petrochina.com.cn

的差异,因此在地下储气库的建设和运行管理过程中,不能照搬气藏开发的模式,必须关注地下储气库建设的以下关键问题。

2.1 应注重库容参数和单井注采气能力设计的科学性

对于库容量来说,枯竭气藏型地下储气库的库容量不能等同于气藏的储量,需考虑多方面因素来确定。地质储量指气藏原始含气孔隙体积的含气量,动态储量是在气藏较低速开采条件下对应的可动用储量。库容量则是地下储气库在高速注采过程中压力波及的地层可动含气孔隙体积对应的气量。由于受气藏多年开采、压力下降和水侵等多种因素的影响,枯竭气藏改建地下储气库后的气体占据就的孔隙体积往往小于原始孔隙体积^[2]。

对于储气库工作气量的设计来说,不应过高追求枯竭气藏型地下储气库的工作气比例,应综合考虑地质、地面和经济等各方面因素,合理加以确定。理论上储气库的工作气量是气库上下限压力范围内的最大采气量,在实际运行过程中是1个注采周期内储气库所有井在上下限压力范围内注(采)气量之和。工作气量的确定与储气库下限压力关系密切,但一定要考虑在1个注采周期内整个储气库的运行压力能否均匀有效控制,过低的下限压力可能导致气藏边底水侵入,反而降低储气库的达容速度和工作气规模。对于渗透性较差的地下储气库,过高的工作气比例需要有大量的注采井才能实现,这将带来较大的成本压力。因此,对地下储气库工作气量的设计而言,不仅要考虑地质条件的可行性,还应对地面设施和管道等各种条件加以综合考虑。

对于单井产能的设计来说,地下储气库气井单井注采气能力的确定一定要考虑调峰高峰期或短期应急大排量采气的需要。气藏开发气井产量主要是根据气井产能并结合方案设计的采气速度进行配产确定。地下储气库气井注采能力的设计主要由储层渗流能力和井筒性质决定,应最大限度地发挥气井的采气能力^[3],满足储气库大流量调峰和应急的需要,相同条件下,储气库气井配产量通常可达到气藏开发井配产量的2~3倍。

2.2 储气库的井网部署应以最大限度控制库容、满足工作气注采需要为目的,不应过分强调“稀井高产”

储气库注采井网部署与气藏开发井网部署存在较大的区别,这主要是由于储气库采用大流量双向循环注采所致。井网部署是否合理直接关系到储气库运行效率的高低。气藏开发井网部署一般是在构造高部位

或储层发育区集中布井,“稀井高产”以获取较长的稳产年限和较高的采收率。储气库井网部署则要满足强采强注的要求,需要一定的井网密度,且布井要兼顾储层发育区、不发育区及水淹区,以扩大气体波及效果和提高库容动用程度。

2.3 高度重视地下储气库的安全

作为调峰和保障安全供气的主要设施,地下储气库一般建设在天然气管道下游用户区附近,而储气库的服役年限又都较长(一般超过50年),因此储气库的安全要求相比气藏开发更加严格,气井及储气库本身的安全必须引起高度的重视。

一般来讲,储气库的安全风险主要来源于储气库注采井的安全与否。总结归纳储气库各类井存在的安全风险主要包括以下9项:①地震或地质灾害造成的套管变形、套管错断和固井质量下降;②注采交变应力造成的井下设备损坏和固井质量下降;③设计缺陷、设备缺陷及疲劳损伤;④油套管等井下设备的腐蚀;⑤井下作业事故;⑥第三方破坏或机械损坏;⑦洪水等自然灾害造成的井口破坏;⑧周边环境的影响;⑨违章指挥与违章作业。为保证储气库注采井的安全,应保证建井质量,加强注采井的监测和安全评估,根据安全评估及时制订风险井的处理方法。

除了井的安全外,储气库本身的地质风险也必须高度重视。地质风险主要表现在4个方面:①地震或地质灾害引起断层开启活动而导致天然气泄漏;②注采交变应力诱导断层开启而导致天然气泄漏;③超压注气导致盖层破裂或突破盖层封堵而导致天然气泄漏;④高速注气导致天然气沿着高渗透带从溢出点泄漏。为了应对储气库的地质风险,应加强储气库的地质评价和监测,对超原始地层条件注采进行充分试验和论证。

2.4 应高度关注储气库的动态监测,包括对储气库的全方位动态监测和气井的安全检测

由于储气库采取高速注采且注采频繁交替,不同的注采周期内注采速度和注采量会有差异,加上储层非均质性的影响,每个注采周期内,地下油气水分布都不可能完全相同,因此加强储气库监测是及时了解储气库动态与安全状况、做好储气库运行管理必不可少的环节。

储气库监测体系一般有6大项,主要包括储气库盖层密封性监测、储气库断裂系统密封性监测、上覆浅层水监测、储气库内部温度压力及流体组分监测、储气库气液界面及流体运移监测、储气库周边及溢出点监测。监测内容主要是常规压力、温度、地层水烃类含

量、地层流体组成和气液界面,有时根据需要采用示踪剂或气体同位素等进行监测。

对于气井的检测,一般包括固井质量检测、井下设备腐蚀与损坏监测和套管外气体聚集检测。固井质量检测主要通过测井方法实现,井下设备的腐蚀与损坏情况主要通过磁脉冲探伤测井仪检测,管外气体聚集情况主要通过高灵敏温度测井仪检测。

2.5 应注重单个储气库及整个库群的注采优化,在最大限度发挥调峰作用的同时,提高整个储气库群运行效率

库群整体优化是将多座储气库作为既相互独立又相互联系的统一体,以采气计划、气库产能、管网压力节点、压缩机功率等为约束条件,协调好各储气库之间的注采气运行,实现整个储气库群的优化配产配注。总体优化基本模式为:首先进行单一气库注采气能力分析,然后确立库群优化配置的基本原则及约束条件,在此基础上建立库群整体优化数学模型,最后利用建立的模型进行储气库群的配产方案优化。

国内已经开始进行储气库群优化配产的尝试,中国石油勘探开发研究院廊坊分院根据中国石油大港油田板桥储气库群的不同特点和北京地区天然气调峰需求变化,制订了6座储气库最佳的调峰保供方案。

欧洲一些储气库运营公司已经在储气库智能运行优化方面进行了大量研究,目前已经开发出可以同时模拟12座储气库、400口注采井的储气库智能管理系统,将SCADA系统、油藏数值模拟和专家系统等有机结合起来,优化储气库调峰注采方案。

3 建议

中国正在加快地下储气库的建设步伐,2011—2012年,不少枯竭气藏将会建设为地下储气库,对这些即将投入建设的储气库进行分析,认为主要有以下4个共同点:①埋深大,基本上都超过了2 500 m;②都是水侵或水淹的气藏;③储层非均质性或裂缝系统比较复杂;④储层的孔渗条件均不太理想,属于中低渗储层。对此,提出如下建议:

1)针对水淹或水侵的枯竭气藏:①主要进行细致的储气库建库前期地质研究,分析水侵范围和侵入量,研究高速注采条件下气水互驱效率,进而确定合理的库容和工作气量;②同时研究注采扩容过程中驱水或

排水的可行性,从而布置合理的注采井网。

2)针对非均质性较强和裂缝系统较复杂的气藏:①加强储气库非均质性和裂缝系统分布规律的研究,分析高速注采气条件下不同孔渗带的气驱效率;②分析研究不同注采井网对库容和工作气量的控制效果;③注气过程中应及时有效地监测和控制不同相带、不同储气层位或裂缝系统以及断层附近的气水运移状况,及时调整注采井位和注采速度;④应尽量避免高渗透带或高产井超负荷调峰采气而引起水锥或水侵,进而导致已经建立起来的库容和工作气量损失。

3)针对中低渗气藏:①应适当提高储气库的下限压力,降低储气库工作气比例,避免为提高工作气比例而增加过多的井数,导致钻井投资的增加;②应严格控制注采井带水生产,避免因气井出水导致注采能力大幅度降低;③应慎重评价和分析储层改造的持久性和有效性。

4)针对储气库气井的安全设计:①充分论证并尽可能提高单井产能,以应对极端条件下的注采气要求;②严格控制建井质量,在井身结构、管柱材质和固井质量等方面严格把关;③做好深井交变注采应力条件下井筒安全性的相关研究;④提前做好气井检测的技术储备,制订注采气井检测计划。

5)针对储气库的注采运行管理:①应及时制订注采调峰计划,尤其是在建库扩容阶段,应分析各种可能条件下的注采调峰方式和应对措施;②在多个储气库同时建设时,应根据储气库规模、注采能力和气藏类型等优化制订注采气运行计划;③应加强储气库的库存管理,研究储气库库存管理的有效分析评价方法;④加强储气库的监测。

参 考 文 献

- [1] 丁国生,梁婧,任永胜,等.建设中国天然气调峰储备与应急系统的建议[J].天然气工业,2009,29(5):98-100.
- [2] 胥红成,王皆明,李春.水淹枯竭气藏型地下储气库盘库方法[J].天然气工业,2010,30(8):79-82.
- [3] 马小明,余贝贝,马东博,等.砂岩枯竭型气藏改建地下储气库方案设计配套技术[J].天然气工业,2010,30(8):67-71.

(修改回稿日期 2011-03-07 编辑 何明)