

中国地下储气库现状与发展展望

丁国生 谢 萍

(中国石油勘探开发科学研究院廊坊分院)

丁国生等.中国地下储气库现状与发展展望.天然气工业,2006,26(6):111-113.

摘 要 地下储气库包括枯竭油气藏、含水层、盐穴和矿坑等四种类型,经过 50 多年的发展已经成为一种成熟的应用技术,目前地下储气库技术正朝着以下趋势发展:①加强气库的上下游协调优化,提高储气库的协调能力;②加强地下储气库优化管理,提高储气库的利用效率;③在油藏和含水层储气库领域进行实验和摸索;④盐穴储气库建库技术将得到进一步发展。中国地下储气库技术发展已有近 10 年的历史,在气藏改建储气库方面技术基本成熟,但在油藏改建储气库、含水层建设储气库和盐穴建库方面还存在着技术不完善等方面的不足。由于中国主要天然气消费区建库目标资源缺乏,因而储气库的建设在技术和建库目标资源两个方面还存在一定的挑战。未来 15 年内,中国的天然气需求激增将促进储气库需求量的不断加大,预计将有 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 工作气的储气库建库需求量,应在满足调峰和应急供气的基础上向战略储备延伸,并在中国中东部形成区域协调的地下储气库群。

主题词 中国 地下 储气库 技术 现状 发展 展望

一、国际发展现状

地下储气库是将从天然气田采出的天然气重新注入地下可以保存气体的空间而形成的一种人工气田或气藏。地下储气库主要建设在靠近下游天然气用户城市的附近,用途是保障下游用户的调峰需要。目前世界上的主要天然气地下储气库类型包括四种:枯竭油气藏储气库、含水层储气库、盐穴储气库和废弃矿坑储气库^[1]。

利用地下储气库进行调峰比建设地面球罐等方式进行调峰具有以下优点:一是储存量大,机动性强,调峰范围广;二是经济合理,虽然一次性投资大,但经久耐用,使用年限长;第三是安全系数大,其安全性要远远高于地面设施。

地下储气库的历史可以上溯到上个世纪初,到目前为止,全世界有地下储气库 634 座左右,可以进行调峰的气量约 $3100 \times 10^8 \text{ m}^3$,分属不同国家的 110 多个公司。其中既有储气量超千亿立方米的天然气上下游一体化的大型跨国公司,也有仅经营单纯 1~2 个地下储气库的小公司。

由于地下储气库在调峰和保障供气安全上具有不可替代的作用,因而地下储气库的建设受到许多

国家的重视,天然气生产和消费大国都把地下储气库的建设作为整个天然气上下游一体化利用的一个重要组成部分进行总体规划。欧美国家都在不断加大储气库的建设力度,增大储气量,除了常规的调峰应急外,已经开始研究建立天然气的战略储备。美国已经就长输管网地下储气库建立相关的法律加以约束,欧洲国家也有立法的趋势。

在储气库的建设和运行管理上一般采用 4 种方式:第一种方式是由天然气供应商承建和管理地下储气库;第二种方式是由城市燃气分销商建设和管理地下储气库;第三种方式是由独立的第三方以盈利为目的建设和管理地下储气库;第四种方式是由多方合资建设地下储气库。其中主要的方式是前两种,第三种是作为对前两种的补充^[2]。

二、国际技术发展趋势

(1)储气库技术经过 50 多年的发展,已经形成了比较完善的建库技术体系。包括利用废弃油气藏改建地下储气库建库评价设计与运行技术体系,含水层建库评价、设计技术体系和盐穴储气库建库评价设计技术体系。

(2)储气库技术随着油气田开采技术的发展而

作者简介:丁国生,1966 年生,高级工程师;1990 年原石油大学石油地质专业毕业,2004 年获中国地质大学博士学位;现为中国石油勘探开发研究院廊坊分院地下储库中心主任工程师,长期从事油气地下储备库技术研究。地址:(065007)河北省廊坊市万庄 44 号信箱。电话:(010)69213415,13803162543。E-mail:dgs69@petrochina.com.cn

发展,并将油气开发的最前沿技术应用于储气库的建设、包括将地震、测井等多种勘探评价技术用于气库的勘探,将地质建模等精细地质描述技术用于储气库的地质评价,将实验分析与数值模拟等油藏工程分析技术用于储气库的设计,水平井、分枝井开采技术等钻完井工程技术用于储气库的开采,将声纳技术用于盐穴溶腔形成预测等。

(3)随着储气库技术的不断发展完善。储气库建库技术发展出现了以下趋势^[3]。

1)趋势之一是加强气库的上下游协调优化,提高储气库的协调能力。在储气库建库运行期间特别强调储气库的协调运行,包括地面地下一体化管理、气库与管网的一体化管理、气库与市场用户一体化管理等。

2)趋势之二是加强地下储气库优化管理,提高储气库的利用效率。主要包括加大气库运行压力范围,提高储气库运行效率;优化注采井网与注采量,减少水侵对气库运行的影响;利用焊接注采管柱,提高储气库安全性;提高最大注采速度,加快气库周转;广泛采用新型压缩机、脱水方式;实现储气库的在线监控及远程遥控等。

3)趋势之三是在油藏和含水层储气库领域进行实验和摸索。包括将储气库建设与提高原油采收率相结合的建库技术、大幅度提高单井产能的钻完井技术、减少垫气量的垫气混相技术、低幅度水平层建库技术、储气库泄漏监测与泡沫堵漏技术和盐穴储气库气囊应用技术等。

4)趋势之四是盐穴储气库建库技术将得到进一步发展。由于利用盐丘建设储气库技术已经成熟,盐丘建腔将向百万立方米以上大型化溶腔方向发展;盐层储气库技术已经得到快速发展,但还有很大的发展空间。从厚盐层(500 m 以上)建库将逐步向200 m 甚至其以下的薄盐层方向发展;适应薄盐层建库的系列造腔技术、稳定评价技术、泄漏控制与监测技术将会继续得到发展。

三、中国地下储气库建设

中国的地下储气库起步较晚,20 世纪 70 年代在大庆油田曾经进行过利用气藏建设气库的尝试,而真正开始研究地下储气库是在 20 世纪 90 年代初,随着陕甘宁大气田的发现和陕京天然气输气管线的建设,才开始研究建设地下储气库以确保北京、天津两大城市的安全供气。

到目前为止,为保证北京和天津两大城市的调

峰供气,在天津市附近的大港油田利用枯竭凝析气藏建成了 3 个地下储气库,即大张坨地下储气库^[3]、板 876 地下储气库和板中北储气库。这 3 个储气库总的调峰气量为 $20.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右。

为保证“西气东输”管线沿线和下游长江三角洲地区用户的正常用气,现正着手在长江三角洲地区内的江苏金坛盐矿和江苏刘庄气田建设地下储气库,2 个储气库设计总工作气量将达到 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。此外,为保证忠县—武汉天然气输气管线的安全平稳供气,正准备建设忠武线配套地下储气库。

在华北地区,为确保京津地区的安全稳定供气,相继将在大港板桥凝析气田中德板中南构造、华北油田的京 58 气顶油藏和文 23 凝析气藏等开展储气库建设。

四、中国地下储气库技术发展水平

中国天然气地下储气库技术经过几年的发展,已取得了很大的进步,可概括如下。

(1)气藏改建地下储气库技术基本成熟。在选址评价方面,中国石油勘探开发研究院廊坊分院牵头与华北油田、大港油田等单位联合,自 1992 年开始进行储气库库址评价,完成了目前主要 3 座储气库评价,实践证明现有储气库库址选择的合理性。在设计与实施方面,国内 3 座储气库的设计基本达到预期的设计指标。在工程建设方面,目前有 3 座地下储气库建设顺利完成,建库过程中各种工程技术得到了应用,并形成了部分特色技术。因此,我国气藏改建地下储气库技术已基本成熟,但在储气库监测、气库安全管理等方面还存在不足。

(2)枯竭油藏改建地下储气库技术正在摸索之中,技术发展亟待完善。国内于 2001 年首先开始系统研究油藏改建地下储气库建库技术,取得了部分成果认识。针对陕京输气管线、忠武线的油藏目标改建地下储气库进行了一系列基础研究,在注排机理、渗流机理、建库方式、建库周期、井网部署、方案设计等方面取得了突破。

(3)盐穴储气库的研究取得了长足的进步,开启了中国利用深部洞穴实施能源储存的先河。利用盐穴建设地下储气库的研究始于 1998 年,经过 5 年多的努力,完成了在金坛、定远建设盐穴地下储气库的可行性研究。在地址选区、区块评价、溶腔设计、造腔控制、稳定性分析、注采方案设计、钻完井工艺等多方面获得了一批研究成果和技术手段。金坛储气库老腔利用工程已经开工实施。金坛储气库的实

施,将会为中国利用盐穴进行油气储备奠定技术基础。

(4)含水层储气库的研究刚开始起步,研究亟待深入。含水层建设储气库近几年有不少专家进行了理论探讨^[5],目前正在开展基础性研究,具体含水层目标也在筛选之中。

(5)专业队伍正在形成。在不同类型储气库研究的同时,逐步形成了一批专业研究队伍,并与国外开展了不同层次的技术合作,加速了中国地下储气库技术的发展。

五、中国地下储气库建设面临的挑战

中国今后一个时期地下储气库建设任务艰巨,主要表现在建库技术的不完善、建库目标资源的缺乏与市场需求之间的矛盾。这种矛盾给中国地下储气库建设带来以下挑战。

(1)中国东部地质条件复杂,利用油气田改建地下储气库的难度大,如何针对中国东部复杂断块油藏改建地下储气库是面临的技术挑战之一。这一挑战主要表现在中国东部南部地区建库地质目标资源的匮乏。中国东部地区是天然气主要消费区,但中国东部断陷盆地形成复杂破碎的断块构造加上储层复杂多变的陆相河流相沉积,使浅层难以寻找到合适的构造,加上中国东部气藏少,没有足够的气田用于建库,而利用复杂储层油藏改建储气库的经验尚不成熟。因此建库存在较大的难度。

(2)中国南方中小型盆地储盖组合的复杂,使含水层储气库建设面临很大的困难,低幅度小构造的含水层建库技术面临挑战。主要体现在南方中小型盆地缺乏完整的含水层构造,非含油气构造储盖组合不完整,储层条件差,不适合建库;油气勘探中对含水层构造研究不深入,给含水层构造的研究带来许多的困难,增加了勘探的难度,延长了建库周期。

(3)中国盐层资源丰富但建库条件不理想,盐层总厚度大,但单层厚度小,可共集中开采的厚度一般不到300 m,而在可集中开采的层段却含有大量的夹层,盐层品位50%~80%^[6]。这类盐层建库中腔体在密封性、稳定性方面存在着一定风险。

六、中国地下储气库发展展望

(1)中国的天然气正处在大发展阶段,巨大的国

内天然气市场需求将大大推动天然气管道及配套储气库的发展。预测2015年中国天然气的需求量将超过 $1200 \times 10^8 \text{ m}^3$,2020年天然气消费量将达到 $1600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。按目前天然气储气库工作气量约占世界总天然消费量20%计算,到2015年,按中国天然气消费量达到 $1200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 计算,中国在未来的10年内,将需要建设工作气量 $240 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的地下储气库,根据中国的具体地质条件,预计将需要建设地下储气15~20座。到2020年,储气库的工作气量将达到 $320 \times 10^8 \text{ m}^3$,需要建设的地下储气库将达到30座以上。

(2)根据中国天然气资源与市场的匹配及未来积极利用海外天然气的战略部署,中国将可能形成四大区域性联网协调的储气库群:东北储气库群、长江中下游储气库群、华北储气库群、珠江三角洲LNG—地下储气库群。

(3)中国储气库发展和完善,将会给中国能源地下储存带来革命性的变化,天然气储气库将从调峰型向战略储备型延伸及发展,天然气储备技术的发展将带动石油及液态烃类能源地下储备库的建设。

(4)随着中国天然气工业的发展和对能源需求的日益增长,油气消费安全将直接影响中国经济的发展,油气地下储备将在中国的油气消费领域发挥重要的作用。储备需求将会极大推动建库技术的发展,而建库技术的发展反过来又会促进中国油气地下储备库的建设。

参考文献

- [1] 华爱刚,等.天然气地下储气库[M].北京:石油工业出版社,1999.
- [2] 丁国生,李文阳.国内外地下储气库现状与发展趋势[J].国际石油经济,2002(6):23-26.
- [3] FRANK HEINZE. Report of working Committee 2 "UNDERGROUND STORAGE" [C]. 22nd World Gas Conference, 2003:21-26.
- [4] 马小明,等.为解决北京市季节调峰的大张坨地下储气库[J].天然气工业,2001,21(1):105-107.
- [5] 展长虹,等.利用含水层建造地下储气库[J].天然气工业,2001,21(4):88-91.
- [6] 朱训.中国矿情(第三卷)[M].北京:科学出版社,1999.

(修改回稿日期 2006-04-10 编辑 居维清)