

国内油藏型储气库的研究现状和未来发展趋势

曾欣雨 甘世鑫 殷 维 鲁子豪 郎 勇 (重庆科技学院石油与天然气工程学院, 重庆 401331)

摘 要: 储气库类型主要有油气藏、含水层、盐穴、废弃矿坑及岩洞储气等多种型式。其中油气藏型储气库是将枯竭或半枯竭的油气藏改建而成, 向油气层中注入天然气然后待使用时进行采出, 实现储气库天然气生产调峰和资源储备的功能。本文通过文献调研, 介绍了国内外油藏型储气库的研究现状, 并对油藏型储气库未来发展的趋势以及挑战进行了分析。

关键词: 油藏型储气库; 储气库; 枯竭油藏; 现状; 发展趋势

1 储气库研究现状

1.1 储气库发展历程

国外对建造储气库的技术研究已经有长达一个多世纪的时间, 因此国外的技术是要超前于我们国家的, 他们已经拥有较为成熟的建库技术, 加拿大在 1915 年就建成了世界上第一座地下储气库, 美国作为世界上最大的天然气生产国和消费国, 很早便开始了对地下储气库的研究。目前, 美国已经具备了所有类型的储气库, 并且根据自己的地质条件, 建立了非常完善的地下储气库系统, 目前处于一个稳定发展的阶段。欧盟国家的储气库种类主要就是盐穴型储气库。

中国直到 20 世纪 70 年代才开始进行使用气藏来建设储气库的试验, 虽然我国开始对储气库进行研究的时间较晚, 但是在已经有建设储气库成功的案例下, 我国的储气库建设发展是非常迅速的。21 世纪初我国面临着需要安全稳定地保证北京的供气, 国家开始大力发展储气库的研究开发。在没有实践经验的情况下, 只能模仿着其他地区建设储气库的成功案例来做。选什么地点建, 建什么类型的储气库, 建多大的储气库成了一大难题。耗费了大量的时间对全国不同区域考查, 总结了大量国外储气库工程的成功案例经验, 终于修建了中国第一个商业地下储气库大张坨储气库。此时我国对于储气库已经有了较为成熟的建库体系。

经历了多年的开发, 中国的地下储气库的技术也得到了长足的发展。丁国生博士曾谈论到了 21 世纪初期中国的地下储气库科技进展情况: 初步形成了气藏改建地下储气库技术。枯竭油藏改建地下储气库研究处于探索状态, 技术发展还有待完善; 盐穴储气库的科学研究获得了巨大的进展, 开创了我国采用深部溶洞进行资源储藏的先例; 含水层储气库的科学研究已正式启动, 科学研究有待开展^[1]。也有学者在对于我国地质条件复杂提出地下储气库的布局建议。由此

可以发现, 人们对于地下储气库的建成由刚开始的模仿借鉴已经成为了可以独立研究建设, 并开始了针对新领域的储气库类型而展开研究。

在中国经过长达二十多年对储气库建设的深入研究, 已经建立了适应当时我国的地理条件的建库理论与技术, 构建了储气地质体动态封闭模型, 并形成了储气库高速注采的不稳定渗流概念和模式, 配套建设了超低压储层钻井防漏堵漏工艺技术, 形成了适合井筒承受高低压不断交变载荷的储气库固井工艺等研究成果。

1.2 国外储气库研究现状

从全球范围来看, 北美、欧洲、亚洲、大洋洲和中东 (主要是伊朗) 等地区都在积极地开发和建设地下储气库。经数据统计, 全世界范围内共建设了 700 多座不同类型的地下储气库, 其中包括气藏型储气库 470 多座、油藏型储气库 45 座、岩穴型储气库 100 多座、含水层储气库 80 多座、废弃矿坑储气库 4 座。其中地下储气库主要分布在天然气市场较成熟的地区, 北美、欧洲、俄罗斯和乌克兰拥有全球 98% 的在运地下储气库, 其中有超过三分之二的储气库集中分布在北美地区, 占全球储气库工作气量的近 40%, 是全球天然气日产量的一半。欧洲储气库的分布呈现出“西欧多东欧少、北欧多南欧少”的特征, 主要集中于德国、意大利、荷兰、法国。美国近 50% 的地下储气库集中在美国东北部地区, 其中以枯竭油气藏储气库为主, 其余的储气库分布在德克萨斯州和路易斯安那州, 以盐穴储气库为主。

从储气库的建设现状来看, 国外地下储气库地面工程建设技术已经相对完善和成熟。国外早已形成以井工程、圈闭封闭性及气库运行动态监测为核心的完备监测体系, 并配置部署足够数量的监测井以及空间对地观测系统和全球定位系统 (GPS), 形成空地一

体化监测网。国外储气库其建设周期较长,普遍采用丛式布井具有少井高产的特点,并且注采系统较为简单,采用大半径弯头防冲蚀,对于采出气后的工艺处理较为简单,目前国外正在深度研究智能储气库,使自动化程度提高。

1.3 国内油藏型储气库研究现状

目前,我国储气库建设已有 30 多座地下储气库投入使用,其中以气藏型为主,并且对于气藏型储气库的建设我国已经形成了较为成熟的技术和方法,形成了适合我国国情的气藏型建库核心技术,主要包括地质方案设计技术,钻完井技术,废弃井封井工艺,钻井液技术,储层保护技术以及地面工程配套技术等,促进了我国地下储气库工艺技术的标准化^[2]。但随着储气库建设的不断推进,气藏型储气库的选址已经受到了极大制约,采用枯竭油藏改建储气库是推进我国储气库建设的一个重要途径。目前我国对于油藏型储气库的建设还处于研究阶段,针对油藏建库技术的研究仍在逐步深入。从 2001 年以来对于油藏改建地下储气库的建库方式、注排机理、渗流机理等理论研究方面获得了一定的研究成果,但目前仍然需要继续深度研究。

2 油藏型储气库的未来发展

2.1 未来发展的挑战

在未来一段时间内,中国建设储气库的任务是艰巨的。这主要表现在建库技术的缺陷、建库目标资源稀缺性和市场需求之间的矛盾。根据我国的相关要求,2025 年形成不低于销售量 16% 的储气能力。在短期内快速提升储气能力的任务是艰巨的,在“十四五”期间,建立油藏型储气库面临着以下几个方面的挑战:

2.1.1 油藏型储气库的选址方面的困难

中国东部地区陆相河流沉积复杂多变,地质条件相当复杂,而且气藏又相对较少,因此寻找合适的油气藏改建地下储气库难度很大。而且国内大多数枯竭油气藏的开采程度已经达到极限,随着埋深的增加,地层温度不断升高,储层物性变差,甚至有些储层已经水淹,加大了储气库的建造难度。

2.1.2 中国南方中小型盆地储盖组合非常复杂,使得含水层储气库建设有很大困难

低幅度小构造的含水层建库技术将会面临挑战。这主要体现在南方中小型盆地的不完整的含水层构造,由于非含油气构造储盖组合不完整,储层条件差,所以很不适合建库。而且由于油气勘探中对含水层的

构造研究不够深入,对于含水层构造这部分研究带来了许多的困难,不仅增加了勘探的难度,而且延长了建库周期。

2.1.3 固井工艺方面也是一大难题

储气库中最重要的环节就是固井,因为储气库井长期注气采气会承受高压和低压的交替变化,固井的好坏将严重影响储气库的寿命。对于我国的枯竭油气藏储气库,它有着地层压力低,安全密度窗口小,容易发生井漏的特点,所以它一般采用固井工艺,然而这样的固井工艺不仅会造成液柱压力过高,而且还会造成储层渗透率的降低,对储气库正常生产影响很大,所以我们对储气库必须采用特殊的固井工艺,需要进一步研究这方面的工艺。

2.1.4 储气库地面工艺技术体系还不完善

目前我国已经初步形成气藏和岩穴型储气库技术和管理体系,但整体水平仍然落后于国外。对于油藏型储气库目前我国缺乏这方面的建库经验,且处于研究阶段,目前许多仪器设备需要向国外引进,所以现阶段应该继续钻研成功建立油藏型储气库的条件,并向国外学习成功建立油藏型储气库的经验。

2.1.5 建设成本较高

由于我国地质条件复杂,工程建设难度大,以钻完井为代表的工程质量问题屡有发生,投资成本大幅升高。如北方 BQ 库群完钻 8 的口水平井中有 6 口出现了漏失、固井质量差、套管破损等严重复杂事故,地下储气库单井钻井成本约 6000 万元,部分井钻井成本超过 1 亿元。

2.1.6 未实行单独核算,难以体现经济效益

我国目前没有实现冬夏气价峰谷差和调峰气价,价格形式单一,未能真实反映不同用户的用气特征和用气需求,无差别价格不能调节天然气需求量的峰谷差。地下储气库作为长输管网配套基础设施,现有政策将地下储气库天然气纳入管道气气价管理,没有单独进行地下储气库核算,投资通过管输费进行回收,其效益主要体现在管道整体运行效益上,不利于地下储气库持续建设和运营。

2.2 未来发展趋势

随着中国天然气工业的发展和对能源需求的日益增长,油气消费的安全将直接影响中国经济的发展。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,这无疑是一种双赢。储气库发展已经步入黄金期,地

下储气库将在推进我国能源生产和消费革命、保障能源安全方面发挥重大作用, 储气库未来将向着集约、高效、智能、科技等方面发展^[3]。

2.2.1 加强地下储气库管理, 提高储气库的使用效率

强化气库运行压力范围, 提高气罐运行效率; 优化注采量, 减少对气库运行的影响; 加快储气库的循环, 广泛采用新兴技术进行脱水。在储气库建设运用期间特别强调储气库的协调运行, 包括地上地下一体化管理、储气库与管理网络一体化管理、储气库与市场用户一体化管理等, 提高储气库的使用效率。

2.2.2 油藏型储气库进行更深层次的探索

对于油气藏型储气库, 需针对复杂断块油气藏的地质条件在注排机理、渗流机理、建库方式、建库周期、方案设计和施工技术, 多周期注采后导致的地层压力/应力交替、流动方向交替、气水运移交替对储层岩石微观结构和物性以及出砂的影响机制, 以及提高采收率的建库技术、如何更大幅度地提高单井产量的钻井技术、低幅度水平层建库技术等方面的研究。

2.2.3 地下储气库技术将会更多地应用于领域

天然气储气库将从调峰型储气库向战略储备型储气库扩张发展, 天然气储备技术的开发将会引领石油和液体碳氢化合物类能源地下储藏库的建设, 在未来发展中会应用到更多领域。如压气蓄能、氢气储存等不同类型的气体储存范围, 还有天然气水合物存储、储气库与 LNG 的配合运行等方面。

2.2.4 建立数字化储气库, 实现储层-井筒-地面全生命周期一体化运行管理

中国储气库建设受地质条件复杂性等因素影响, 在储气库设计、建设、运行管理等方面与发达国家存在差距。因此, 在学习和借鉴国外储气库先进技术和经验的同时, 加强中国地质特点储气库核心技术攻关, 建立以储层渗流为核心、井筒-地面为约束条件等, 集地下地面于一体的三维仿真数值模拟技术, 建立数字化储气库, 实现储气库地下一井筒-地面一体化设计、运行管理, 提高储气库运行效率, 科学指导储气库扩容达产, 防范并预警地下储气库建设运行过程中面临的安全风险。

2.2.5 加强对外交流与合作, 为建设储气库输送人才队伍

加强与高校人才培养与科研骨干交流并建立长期稳定的合作交流, 搭建储气库人才工作站; 通过选聘学术带头人、培养青年学术骨干、选聘专家及引进专

业管理人员等方式给储气库高科技人才队伍提供平台。深化地下储气库钻完井及注采关键技术攻关研究, 形成完整、适用的方法技术系列和标准体系, 助推储气库建库运行的新技术和新产品, 为地下储气库建设提供高端技术支撑。

3 结论

①从全球范围角度来看, 储气库建设集中于北美、欧洲、俄罗斯和乌克兰, 并且以气藏型储气库为主。从储气库建设角度来看, 国外早已形成较为成熟监测体系, 目前国外正通过研究智能储气库, 使自动化程度提高;

②我国对气藏型储气库已经形成了较为成熟的技术和方法, 形成了适合我国国情的气藏型建库核心技术, 然而对于油藏型储气库, 我国仍处于研究阶段。对于油藏型储气库的研究, 较多数通过理论方面进行: 建库方式、注排机理、渗流机理等;

③中国地下储气库目前已取得一定的成绩, 在未来随着天然气调峰需求的增大以及油气管网体质改革的推进, 地下储气库将出现新机遇, 但同时也面临着建设滞后、地质条件复杂、优质建库资源去缺乏、储气库地面工艺技术与管理体系不够完善和缺乏经验等方面的挑战;

④油藏型储气库的开发与完善, 将为中国能源地下储存带来革命性的变化。随着中国天然气工业的发展和对能源需求的日益增长, 根据中国天然气资源与市场的一致性和未来积极利用海外天然气的战略展开, 建立油藏型储气库将为我国能源地下储存带来革命性的变化;

⑤国内油藏型储气库建设还处于早期发展阶段, 应遵循客观发展规律, 面对当前地下储气库建设运营、政策管理和经济效益方面的挑战, 应当积极面对, 强化战略布局, 建立专业团队, 引进多远化建设主体。

参考文献:

- [1] 李国永, 徐波, 王瑞华, 冯晗, 王英彪. 我国天然气地下储气库布局建议 [J]. 中国矿业, 2021, 30(11): 7-12.
- [2] 付玉, 郭肖, 杜志敏, 刘成林. 分子扩散对枯竭油藏型地下储气库动态的影响 [J]. 西南石油大学学报, 2007(03): 154-156+2.
- [3] 刘贤明, 王铁军, 贾雪松等. 油藏型储气库高效除黑油技术研究与实践 [J]. 天然气与石油, 2021, 39(03): 10-17.