

中国天然气战略储备的需求和对策^{*}

康永尚^{1,2} 徐宝华³ 徐显生² 杨帆²

(1. 中国石油大学“石油天然气成藏机理”教育部重点实验室·北京 2. 中国石油大学资源与信息学院·北京
3. 中国石油天然气管道工程有限公司)

康永尚等. 中国天然气战略储备的需求和对策. 天然气工业, 2006, 26(10): 133-136.

摘 要 通过对世界上部分国家和地区天然气战略储备发展状况及天然气储备经验的分析, 得出: ①天然气地下储备优于地表储备; ②直接将天然气储存于地下的成本低于以液化天然气形式的储备; ③枯竭油气藏地下储气最优, 含水层地下储气次之。我国 2020 年前天然气战略储备的需求将达到 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的工作气量, 面对如此巨大需求, 选择合适的库址和库型是非常重要的, 结合我国油气资源远离天然气消费大城市和主要富集在非均质性较强的陆相地层中的特点, 提出我国未来天然气地下战略储备应以海相含水层作为主要储集空间, 并考虑其它多种库型的对策, 并就不同投资主体在不同类型地下储气库建设中应发挥的作用提出了建议。

主题词 中国 天然气 战略储备 含水层 枯竭油气藏 盐穴 地下储气库

一、世界天然气战略储备发展状况

1. 世界天然气地下储备现状及经验^[1-5]

(1) 截止到 2000 年, 全世界有 600 座地下储气库, 总工作气量为 $3080 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中, 日供气能力为 $44.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中, 枯竭油气藏天然气地下储气库有 460 座; 含水层天然气地下储气库有 80 座, 含水层天然气地下储气库主要分布于美国、前苏联和西欧; 盐穴地下储气库有 60 座。

(2) 油气地下储备优于地表储备。国外的经验充分证明, 地下油气储备与地面油气储备相比具有以下优点: ①更加安全, 地下油气储备可有效避免因战争或人为破坏而遭受巨大的损失; ②更加可靠, 不会因事故或泄漏造成爆炸, 保证正常的运行; ③费用低。

充分利用地下空间资源, 不占用地面的土地, 建设费用低, 对土地资源紧张的国家意义重大。

(3) 直接将天然气储存于地下的成本低于以液化天然气形式的储备。具体到天然气, 在国外有两种储备形式: ①将天然气液化, 再把液化天然气储存

到高压或低压地面储罐、岩洞、盐穴、含水层和枯竭油气藏中; ②天然气直接储存到枯竭油气藏、含水层和盐穴中。

国外经验表明, 直接将天然气储存到地下的成本远低于以液化天然气的形式储存。国外曾尝试将液化天然气储存在地下洞室中, 但成功的例子不多, 主要是由于液化天然气与周围岩体热交换所导致的热应变和岩体破裂问题没有得到很好的解决。

(4) 枯竭油气藏地下储气最优、含水层地下储气次之。天然气直接储存于地下在国外主要有 3 种形式: ①在枯竭油气藏中储备; ②在含水层中储备; ③在盐穴中储备。另外, 在废弃矿坑中储备天然气在国外也有实例, 但比较少见(表 1、表 2)。

根据国外经验, 在枯竭油气藏中储备天然气, 工作气量的范围为 $(3 \sim 50) \times 10^8 \text{ m}^3$, 单位工作气的投资和操作费用最低, 在含水层中储备天然气, 工作气量的范围为 $(2 \sim 30) \times 10^8 \text{ m}^3$, 单位工作气的投资和操作费用次之, 在盐穴中储备天然气, 工作气量的范围为 $(0.5 \sim 5) \times 10^8 \text{ m}^3$, 单位工作气的投资和操作费最高(表 3)。

* 本文为中国石油天然气集团公司中青年创新基金资助项目(编号:2002C)。

作者简介: 康永尚, 1964 年生; 1991 获法国洛林理工学院博士学位, 1994 从中国地质大学博士后流动站出站; 现任中国石油大学(北京)资源与信息学院教授, 主要研究方向为油气田开发地质工程、地下地质工程和海外油气工程项目评价。地址: (102249) 北京市昌平区府学路 18 号中国石油大学资源与信息学院。电话: (010) 89734608, 13501109860。E-mail: kangysl@sina.com

表1 西欧地区地下储气库统计表

国家	枯竭油田 (座)	含水层 (座)	盐穴 (座)	废煤矿 (座)	总计 (座)	总储气 能力 (10^8m^3)	工作用气 (10^8m^3)	最大 日采气量 (10^8m^3)
奥地利	5	—	—	—	5	46.20	24.20	0.286
比利时	—	1	—	1	2	9.41	5.06	0.095
丹麦	—	—	1	—	1	5.50	3.00	0.108
法国	—	12	3	—	15	233.05	105.35	1.673
德国	10	8	13	1	32	186.78	103.17	2.7
意大利	8	—	—	—	8	269.54	129.00	2.33
西班牙	1	—	—	—	1	9.15	4.95	0.047
英国	1	—	1	—	2	102.50	31.82	0.575
总计	25	21	18	2	66	862.13	406.55	7.815

表2 北美地区地下储气库统计表

国家	枯竭油田 (座)	含水层 (座)	盐穴 (座)	废煤矿 (座)	总计 (座)	总储气 能力 (10^8m^3)	工作用气 (10^8m^3)	最大 日采气量 (10^8m^3)
加拿大	31	—	7	—	38	248.56	125.06	1.99
美国	320	47	18	1	386	2278.16	1020.39	18.94
总计	351	47	25	1	424	2526.72	1145.45	20.93

表3 国外地下储气库投资费用指标表

费用	枯竭油气藏 UGS	含水层 UGS	盐穴 UGS
工作气量可能的范围 (10^8m^3)	3~50	2~30	0.5~5
投资费用(美元/ M^3)	0.05~0.25	0.3~0.5	0.4~0.7
操作费用(美元/ M^3)	0.01~0.03	0.01~0.03	0.01~0.1

2. 天然气战略储备政策

(1) 美国。据海外新闻媒体报道,为保证天然气的稳定供给,美国政府内部正在酝酿建立天然气田储备的设想。作为有利于环保的清洁能源,预计天然气的的需求将会增长,美国政府打算与石油一样对天然气进行“国家储备”,以防海外的天然气生产停止。今后,有关部门将会研究具体的储备方法。天然气的 CO_2 排放量少,是仅次于核能的主要清洁能源,有望被扩大利用。有关能源机构拟定的能源供给预测也认为,2010年天然气的利用将约占初级能源的14%。

基于上述原因,美国政府内部正在酝酿天然气储备政策。有关部门在2001年4月举行的会议上提出:“为应付市场供给不稳定的状况,有必要研究确保供给安全和在地下储存设施方面开展合作等问题。”

(2) 欧盟。欧盟负责欧洲议会、运输和动力事务的委员洛·帕拉西奥于2003年年初透露,他们最近

推出一项计划,拟在欧盟内部建立类似于美国的共同战略石油天然气储备。

帕拉西奥就此解释说,建立共同的储备,将有助于欧盟从容应对诸如“9·11”事件和海湾战争那样的国际危机。她认为,欧盟国家严重依附于油气进口是一种经济“风险”。时下,欧盟国家所需石油的70%和天然气的40%依赖于进口。据预测,到2020年欧盟进口石油的比重将达到90%,而进口天然气的比重将达到70%。

(3) 印度。据印度报业托拉斯2004年的报道,印度政府正考虑建立天然气战略储备,并已经向一家法国公司咨询法国建立天然气战略储备的经验。“我们正在进口天然气,不得不建立储备,以防止货轮晚期到达。”印度石油部正在要求这家已经在法国修建天然气战略储备设施的法国公司在一个月内拿出印度修建天然气战略储备的可行性方案。

当地市场分析家指出,尽管印度可以从伊朗、孟加拉国或者缅甸的天然气管道进口天然气,但印度建立天然气储备仍非常必要。印度石油公司的负责人说,印度建立天然气储备也是为了应付境外的天然气管道遭到人为破坏。

(4) 法国。法国的天然气储备主要由国家控股的法国燃气公司(GDF)负责实施。其天然气储备相当于全法国110d的消费量,是世界上储备比例最高的国家。

在法国110d的天然气的储备中,大约50d的量对应于80d左右的高峰期调峰需求,20d的储备量应对60d左右国内供气中断的突发情况,40d的量作为战略储备对应60d以上的进口供气中断的突发情况,战略储备量在总储量中占有54.5%。

二、中国天然气战略储备对策分析

据有关专家估算,2005年天然气市场需求为 $626 \times 10^8\text{m}^3$,2010年市场需求为 $1000 \times 10^8\text{m}^3$,其中 $150 \times 10^8\text{m}^3$ 依赖进口,进口量占总消费量的15%。2020年市场需求为 $2000 \times 10^8\text{m}^3$,其中 $800 \times 10^8\text{m}^3$ 依赖进口,进口量占总消费量的40%。

1. 2010年天然气战略储备需求

到2010年,单考虑进口天然气3个月的中断风险,则需要 $37.5 \times 10^8\text{m}^3$ 的战略储备工作气量保证,若再考虑国内同时发生半个月的气中断风险,则另需加上 $33.3 \times 10^8\text{m}^3$ 的战略储备工作气量保证,累计需要约 $71 \times 10^8\text{m}^3$ 的战略储备工作气量保证,相当于2010年当年26d的消费量,也相当于要建

12 个大张坨储气库的工作气能力,也就是说,在今后 5 年内,平均每年要建成 2~3 个大张坨规模的战略储备库。

2. 2020 年天然气战略储备需求

到 2020 年,单考虑进口天然气 3 个月的中断风险,则需要 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的战略储备工作气量保证,若再考虑国内同时发生半个月的供气中断风险,则另需加上 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的战略储备工作气量保证,累计需要约 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的战略储备工作气量保证,相当于 2020 年当年 46 d 的消费量,也相当于要建 42 个大张坨储气库的工作气能力。若 2010 年前能够建立起 $71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的战略储备工作气量,则 2011 年到 2020 年的 10 年间,还需要建立 30 个大张坨储气库的工作气能力,即每年需要建设 3 个大张坨储气库的工作气能力。

以上分析表明,若为满足我国到 2020 年天然气的战略储备需求,从现在起每年要建 3 个大张坨储气库,累计需要建 42 个大张坨储气库。若再考虑调峰需求,在我国需要建立的储备能力要更大,至少需要建 50 个大张坨储气库才能满足要求。

3. 积极开展各类储气库的建设

(1) 含水层地下储气库

含水层地下储气库实际上就是建造在自然条件下含水地层中的人造气藏,建造储气库的地层,应该能够不困难地吸收所需数量的气体,长时间保存,并且在需要的时候释放这些气体。这就需要地层是一个良好的、有足够延伸的被不渗透岩石覆盖的储集层,并且有一定的形状,使含于其上的气体在上浮时能够占据稳定的体积^[7]。

在含水层中建造天然气地下储气库,受地理条件的限制较小,选择的空间比较大,在我国有较大的潜力。很重要的一点是,我国油气藏主要富集在陆相地层中,油气藏的规模比较小,在古生界海相沉积地层中寻找含水层圈闭进行天然气储气库建设,有望建立起规模巨大的含水层地下天然气储气库。与国外的经验相比,从满足战略储备的角度看,在我国含水层中建设地下储气库与枯竭油气藏地下天然气储气库相比,是更为有利的选项^①。

含水层天然气地下储气库可选择在主要输气管线附近和重要消费城市周边建设,在地层层位上优先选择古生界海相沉积地层,在大型管线附近和重要消费城市周边,在古生界埋藏浅(1000 m 以上)的地区开展勘探,寻找有利的含水层圈闭。

在含水层中建造地下储气库,应以国家为投资

主体,成立专门机构或委托油公司进行经营管理,主要目的是满足天然气的战略储备需求,同时兼顾一定的调峰储备需求和商业需求。

(2) 枯竭油气藏地下储气库^[8-9]

在各油气区内,充分利用枯竭油气藏,建设地下天然气储气库,同时在一定程度上形成对战略储备的有利补充。如在新疆塔里木、克拉玛依和鄯善修建枯竭油气藏地下储气库,以满足乌鲁木齐及其周边城市的消费需求和化工企业的商业需求;在鄂尔多斯盆地修建枯竭油气藏地下储气库,以满足西安及其周边城市的需求和化工企业的商业需求;在松辽盆地修建枯竭油气藏地下储气库,以满足东北地区的需求和化工企业的商业需求;在渤海湾盆地修建枯竭油气藏地下储气库,以满足京、津、唐等城市及周边城市的消费需求和化工企业的商业需求。

在枯竭油气藏中建设地下储气库,以国家的统一部署为指导,应以石油公司为投资主体,以满足天然气消费的调峰需求和化工企业的商业需求为主,同时,满足一定的战略储备需求。

(3) 盐穴地下储气库

在盐穴中建造地下储气库,其优点是可快速注采,垫底气量占总储存气量的比例低,且在气库废弃时,可全部抽出垫底气。其缺点是储气量有限,国外的盐穴储气库一般盐腔的体积在几十万 m^3 的规模上,欧洲的经验表明,基于安全和有效性考虑,最大可能的盐腔体积在 $(40 \sim 60) \times 10^4 \text{ m}^3$,能注入的总气量与枯竭油气藏和含水层地下储库相比是很小的,在国外枯竭油气藏和含水层地下储库构成了地下储库的主体,盐穴储气库构成了重要的补充,对于峰期天然气需求可以起到有效的调节。根据法国的经验,在 150~400 m 甚至 400 m 以上的厚盐层中,单孔注水溶蚀造腔技术已经很成熟,在 60~100 m 厚的盐层中,该技术也还可以用。但对厚度小于 60 m 盐层,法国燃气公司正在研究其可用来进行天然气地下储备的技术和经济条件,初步研究成果表明,对厚度小的层状盐层,在地下溶蚀造成横截面 1000~3000 m^2 、长度几百米和腔体体积为几十万立方米的平洞是可以保证稳定的,虽然造洞技术问题目前还没有很好地解决,但据预测,在层状盐层中建造地下储气库在 21 世纪还是非常具有发展潜力的。我国盐岩分布范围广,但以层状为主,今后,应注意在天然气主要消费城市周围建造这类储气库,主要用来满足峰期的调峰需求,应以油公司和燃气运营商为投资主体,其运作模式宜采用市场机制,实行谁投资、谁经营、谁

受益的管理,国家只制定相应的管理政策。

另外,建立盐穴地下储气库,最好能与盐资源的开发结合起来,可由盐业公司与油公司和城市燃气运营商共同参与。

(4) 废弃矿坑、衬砌岩洞地下储气库

将废弃矿坑改造成储气库,在国外有成功的经验,但与枯竭油气藏、含水层和盐穴储气库相比,属于特殊的、少见的一种类型,今后,在我国应开展这方面的研究。在合适的地下条件下,将废弃矿坑改建成战略储气库将成为战略储备的一类库型选择,应由国家作为投资主体开展工作。衬砌岩洞地下储气库作为一种新的形式,还处于试验阶段,这类储气库一般建在地下100~200 m的深度,容量在 $2000 \times 10^4 \sim 2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的范围,其建设费用比常规地下储气库高2~4倍,但与液化天然气储存形式相比还是非常便宜的,这类库型适宜调峰需求,以燃气运营商作为投资主体为宜。

三、结论和建议

(1) 参照国外的经验,我国的天然气战略储备今后应以地下储备为主,国家要尽快在天然气地下储备方面立法管理,从战略储备和调峰与商业储备两个层次统筹考虑天然气地下储备问题。

(2) 天然气战略储备国家作为投资主体,可成立专门机构或委托油公司进行经营管理;同时制定相应法律,培育天然气调峰与商业储备的市场,按照谁投资、谁经营、谁受益的原则进行市场化规范管理。

(3) 建议我国发展天然气地下储备采用以下策略:①以国家为投资主体,积极开展含水层地下储气库的建设,形成战略储备的基本格局;②由国家统筹规划,以油公司作为投资主体,在油气区附近大力建

设枯竭油气藏地下储气库,以调峰和商业储备需求为主,同时兼顾战略储备需求;③以油公司和燃气运营商为投资主体,发展盐穴地下储气库,形成城市消费调峰需求的保障;④以国家和燃气运营商为投资主体,建设废弃矿坑、衬砌岩洞地下储气库作为战略储备和调峰储备的重要的补充。

本文参考的内部文献:①康永尚、杨帆、赵群等,含水层地下储气库筛选方法和设计参数优化研究及软件研制,中国石油大学(北京),2004年。

参 考 文 献

- [1] D L KATZ, M R TEK. Overview on underground storage of Natural Gas[J]. SPE 9390, 1981; 265-288.
- [2] D A MCVA, J P SPIVE. Optimizing gas storage reservoir performance[J]. SPE 28639, 1994; 338-339.
- [3] A H JILOQANOBA, 等. 复杂地质构造中地下储气库的形成和生产特点[J]. 天然气与石油, 1999, 17(4): 6-8.
- [4] 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, 10(8): 23-26.
- [5] F FAVRET. Review of state-of-art pertaining to storage of natural gas including research and development results [M]. Sofregaz, France, 2003; 1-30.
- [6] 舒萍, 樊晓东, 刘启. 大庆油区地下储气库建设设计研究[J]. 天然气工业, 2001, 21(4): 84-87.
- [7] 杨树合, 田金海, 李保荣, 等. 凝析气藏改建地下储气库的研究与实践[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(2): 206-208.
- [8] 展长虹, 焦文玲, 廉乐明, 等. 利用含水层建造地下储气库[J]. 天然气工业, 2001, 21(4): 88-90.

(收稿日期 2006-06-25 编辑 黄君权)