

地下储气库的地质条件要求和选型

先智伟, 谢 箴

(中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 论述了地下储气库的分类、特点、地质构造和类型选择。

关键词: 天然气; 地下储气库; 分类; 选型

中图分类号: TE972.2 文献标识码: A

1 地下储气库的分类^[1, 2]

天然气地下储存是在非常高的压力条件下将天然气储存于不同地质圈闭内。可从其用途和地质构造两个方面对地下储气库进行分类。

1.1 按用途分类

按用途, 地下储气库可分为以下几种类型:

1.1.1 基地型储气库

主要用来调节和缓解大型消费中心天然气需求量的季节性不均衡性, 因此又叫做季节性储气库。这种储气库的容量比较大, 按日最大抽气量计, 其有效气量可供抽气 50~100 天。

1.1.2 调峰型储气库

主要用作昼夜、小时等短期高峰耗气调峰和输气系统事故期间的短期应急供气。主要特点是采气效率高, 单井产量高于其他储气库 2~4 倍。这种储气库的容量相对较小, 按昼夜最大抽气量计, 其有效气量可供抽气 10~30 天。

1.1.3 储气型储气库

主要用作战略储备, 作机动的备用气源。这种储气库对主要依靠进口天然气的国家具有特殊意义。

1.2 按地质构造分类

按地质构造, 地下储气库可分为衰竭油气田型、地下含水层型、盐穴型和废弃矿穴型等几种类型。废弃矿穴型储气库是利用废弃煤矿等遗留的洞穴储

存天然气。由于这种储气库具有一些严重缺陷, 如原有井筒难以严格密封, 存在气体向地面泄漏危险; 储存气体抽出后, 其质量发生变化, 热值有所降低等, 所以这种储气设施非常稀少, 目前全世界只有 3 个这种储气库。本文主要研究的是前三种类型的地下储气库。

截止到 20 世纪 90 年代, 世界上共建成 425 座衰竭油气田型储气库, 占世界总储气库的 76%, 目前世界上最大衰竭油气田型储气库的有效气量为 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$; 共建地下含水层型储气库 82 座, 储气量约占所有储气库储气量的 20%, 多数在美国、独联体和法国, 世界上最大的含水层型储气库的有效气量为 $90 \times 10^8 \text{ m}^3$; 共建盐穴型储气库 44 座, 其中 50% 在美国。

除上述几种类型的储气库外, 国外专家又在致力于研究天然气地下储存的其他方式, 如在坚硬的岩石中挖掘洞穴储存、利用其他地质圈闭储存等。

2 储气库的地质条件要求^[1, 2]

对建造地下储气库用的地层条件在厚度、渗透率、孔隙度、地层的不均质性等方面是有特定要求的。

建造地下储气库地层的物理参数变化相当大。从平均数值考虑, 地层的渗透率应不小于 0.2~0.3 μm , 地层厚度应不小于 4~6 m, 地层的孔隙度应不低于 10%~15%, 储层上部盖层不应存在构造断层。

收稿日期: 2004-02-17

作者简介: 先智伟(1974), 男, 四川合江人, 翻译, 硕士研究生。1999 年毕业于四川外语学院。现从事翻译工作。电话: (028) 86014475。

2.1 衰竭油气田型地下储气库的地层条件要求

衰竭油气田型地下储气库的地层条件要求:气密性好,渗透率高,物性和连通性较好,储气层所在区域断层少,储气层深度适中,最好不含 H₂S。

2.2 含水层地下储气库的地层条件要求

含水层地下储气库的地层条件要求:有背斜褶皱且附近有水区的圈闭构造,盖层气密性好;水层的构造单一,连续长度大,均质性好,渗透率较高,孔隙度较大(一般应大于 15%),构造形状能使储存的气

体随时占有稳定的容积;水层应有一定深度,能承受规定的注气压力;水层与生活用水、工业用水等水源相互不连通,水层中的水不会流到地表。表 1 列出了前苏联含水层储气库的地质物理参数。

2.3 盐穴储气库对盐层地质的要求

盐穴储气库对盐层地质的要求:盐层应有足够的厚度和良好的均质性,少含粘土、石膏、石灰岩等不溶成分,盐层中不溶解物质必须低于 25%,附近还要有充足的淡水资源供建库施工用。

表 1 前苏联含水层储气库地质物理参数

储气库	容量/10 ⁸ m ³			圈闭 (长×宽) /km	地层地质物理参数							粘土盖层厚度 /m
	合计	有效气	垫层气		长 /m	断距 /m	厚度 /m	岩性	孔隙度/ %	渗透率/ μm ² /kg·cm ⁻²	压力	
卢卡加	4	2	2	6.0×1.5	780~900	112	12~18	砂岩	20	1.0	86.5	51~109
晓尔科夫	30	13	17	6.5×3.5	890~940	31	6~15	胶结性差的砂岩	20~29	1.2	89.0	14~29
加特契纳	4	2	2	7×3	400	7	8~10	砂岩	24	3.8	34.8	3~6
科尔皮诺	4	2	2	8×3	280	13	5	砂岩	20	2.0	32.0	6
奥尔舍夫	4	2	2	5.5×3.5	550	14	14~22	胶结性差的砂岩	25	1.2	56.0	20
因丘卡尔	30	15	15	10×4	700	70	50	砂岩	20	2.0	70.0	20
波尔托拉茨克	11	5	6	7×2	530	130	15	砂岩	3~23	0.7	63.6	60~80
新农业	9	5	4	16×4	220	24	4~24	胶结性差的砂岩	17	0.5	20.0	80~100
克拉斯诺巴基扎	10	4	6	5×2.5	400	210	30	砂岩,粉砂岩	30	1.3	37.5	105~119

2.4 其他还需考虑的地质因素

除基本的地质构造要求外,地层中还可能存在一些其他地质因素会不同程度地影响地下储气库的建设周期和操作制度,在设计中是需要加以考虑的。

2.4.1 地层水的流动性

在储气库运行过程中,地层水的流动性可用参数 λ 表示。 λ 为地层水流动条件下储气库中有效气容量与储气库恒定几何容量条件下储气库中有效气容量之比,其变化范围为 1~1.5。根据参数 λ 所表示的地层水流动性的大小,设计时可可将地下储气库分成以下三类加以考虑: a) $1.0 \leq \lambda \leq 1.1$ 者,为地层水流动性小的储气库; b) $1.1 < \lambda \leq 1.2$ 者,为地层水流动性居中的储气库; c) $\lambda \geq 1.2$ 者,为地层水流动性大的储气库。

2.4.2 隆起高度

地层隆起高度是地层最高点标高与研究区域范围内最深处等高线标高之差。对地层隆起高度可采用下式进行评价:

$$h^* = \frac{h}{r_{\max} - 1}$$

式中, h^* ——相对隆起高度, $h^* = H/H_0$;

H ——隆起高度;

H_0 ——储气库最高点处的储层深度;

r_{\max} ——恢复压力系数, $r_{\max} = P_{\max}/P_0$;

P_{\max} ——储气库最大工作压力;

P_0 ——储气库中初始流体静压力。

根据隆高大小,可将所有储气库分为这样三类:

a) $h/h_0 \leq 0.15$ 者,为小断距储气库; b) $0.15 \leq h/h_0 \leq 0.3$ 者,为中等断距储气库; c) $h/h_0 \geq 0.3$ 者,为大断距储气库。

3 地下储气库的选型^[2~5]

衰竭油气田型、地下含水层型和盐穴型三种类型的地下储气库,各有各的优点。

3.1 衰竭油气田型储气库

衰竭油气田储气库的地质对象是已开发过的油田气。这种类型的储气库具有许多优点:人们对其地质情况,如油(气)藏面积、储层厚度、盖层气密封、原始地层压力和温度、储气层孔隙度、渗透率、均质性以及气井运行制度等已准确掌握,不用进行地质勘探,因而可节省投资。油气田开发用的部分气井

和地面设施可重复用于地下储气库,需要补充注入的垫层气量不多,节约投资。建库周期短,投资和运行费用低,其单位有效库容量的投资约为含水层储气库的 $1/2 \sim 3/4$,为盐穴储气库的 $1/3$;其运行费用约为含水层储气库的 $3/5 \sim 3/4$,约为盐穴储气库的 $1/5$ 。从经济观点看,衰竭油气田型地下储气库是最好的。

衰竭油气田地下储气库的最大问题是储层中的孔隙容积过大,会残留大量气体,沉积大量“死资金”,从而增大储气成本。人们正在研究解决这一问题的办法,如:用惰性气体或空气或燃气压缩机的废气代替天然气作垫气;对地层部分注水,缩小储气面积,使孔隙容积缩小到经济上和工艺上都合理的程度。专家们认为,部分注水法技术经济可靠,地层衰竭不会导致注水费用显著增加;相反,由于地层压力降低,还会使注水费用降低,与一般技术相比,可降低成本 $4/5$;由注水而增加的部分采气量可补偿注水费用。

作地下储气库用的衰竭油气田目前规模都不大,其原始储量一般为 $10 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。年注气抽气循环为 $1 \sim 2$ 次。

3.2 含水层型储气库

这种储气库的储气原理是用注气压缩机加压、通过气井将天然气注入到地下含水岩层中,高压气体会将含水岩层中的水驱开而达到储存的目的。在大型工业中心和大城市附近,并非都有适于建设地下储气库的衰竭油气田,但总可以找到含水地层构造。在这种情况下,建造含水层型地下储气库便成为首选方案。从天然气输配系统的整体协调出发,有时建造含水层型地下储气库也是经济合理的。目前,世界上建造在大工业中心和大城市附近的地下储气库,基本上都为含水层型储气库,年注采循环次数为 $0.95 \sim 1$ 次。

但是,利用地下含水层建造储气库也有一些不利因素:勘察、研究、选库工作难度大,工作量大,建库周期较长,需钻一定数量的注采井、观察井,需建设完整的配套设施,因而投资和运行费用较高;储气量和调峰能力比衰竭油气田型储气库小。

3.3 盐穴型地下储气库

这种储气库有许多优点是其他类型的储气库不可比拟的。在建造方面,可以按照调峰或储备的实

际需要量进行建造,一个盐穴储气库可按不同时期用气需求量的增加分几期扩建。在操作性能方面,机动性强,储气无泄漏,调峰能力强,生产效率高,能快速完成抽气—注气循环,一年中注气—抽气循环可达 $4 \sim 6$ 次;注气时间短,垫层气用量少,最适合日调峰用。对于周围缺乏多孔地下岩层的城市,特别是在具有巨大岩盐矿床地质构造的地区,建造盐穴型地下储气库已是目前各国普遍采用的方法。由于它的特点和优势,这类储气库具有很好的市场发展前景。如果把“洗盐造穴”与工业采盐结合起来,盐穴型地下储气库的经济效益会更加显著。

这种储气库的缺点在于:建库投资费用和操作费用较高,一个储气库的总库容量相对较小。

据美国 AGA 资料统计,在美国采气区,96%的储气量储于衰竭油气田储气库,4%的储气量储于盐穴型储气库;在西部消费区,96%的储气量储于衰竭油气田储气库,4%的储气量储于盐穴型储气库;在东部消费区,81%的储气量储于衰竭油气田储气库,19%的储气量储于盐穴型储气库。

4 结束语

以上我们对地下储气库进行了分类,对其地质条件进行了分析。但是,地下储气库类型的选择,没有一定之规。在规划建设地下储气库时,选择何种类型的储气库,必须结合本国国情,因地制宜,考虑储气规模、用途、储气库特点、压力等级、距消费中心的距离等因素,通过综合技术经济评价后确定。

参考文献:

- [1] Фурман И Я. Подземное хранение газа И единой системе воснабжения [М]. Москва; Нед Ра, 1992.
- [2] Сборник транспорт и хранение природных углеводородных газов [М]. Москва; Нед Ра, 1978.
- [3] 陈家新,谭羽非,余其铮.天然气地下储气库规划设计要点 [J].油气储运, 2001, 20(7): 13-16.
- [4] Строительство подземных хранилищ и планы создания новых хранилищ в США [А]. Научно-технический сборник транспорт и подземное хранение газ [С], Москва; Нед Ра, 1996.
- [5] 中国石油天然气总公司规划设计总院.世界地下储气库 [Z].北京:中国石油天然气总公司规划设计总院, 1997. 1.

SPECIAL SUBJECT: UNDERGROUND NATURAL GAS STORAGE

Function and Effect of Underground Natural Gas Storage

Wu Zhonghe, He Yu (China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO** 2004, 22(2): 1~4

ABSTRACT: Introduced are function and effect of underground natural gas storage, expounded are current situation and development of underground natural gas storage in the world and stated is the necessity of underground natural gas storage construction in our country.

KEY WORDS: Natural gas; Underground natural gas storage; Function; Necessity

Geological Condition Requirement and Selection of Underground Natural Gas Storage

Xian Zhiwei, Xie Zhen (China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO** 2004, 22(2): 5~7

ABSTRACT: Expounded are types, features, geological configurations and selection of underground natural gas storage.

KEY WORDS: Natural gas; Underground natural gas storage; Type; Selection

Construction Technique of Underground Natural Gas Storage

Yan Guangcan, Wang Xiaoxia (China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO** 2004, 22(2): 8~14

ABSTRACT: Expounded are construction technologies of underground natural gas storage, such as storage design, site selection, determination of main parameters and usage of station processes and equipments.

KEY WORDS: Natural gas; Underground natural gas storage; Design; Process; Construction

Operation Management and Technical and Economical Estimate

Xiong Guangde, ZhuXiao (China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO** 2004, 22(2): 15~18

ABSTRACT: Expounded are optimization techniques for operation management of underground natural gas storage in the world and economical estimates are made to underground natural gas storage in investment cost, operation expenditures, investment recovery period and economical benefits.

KEY WORDS: Natural gas; Underground natural gas storage; Optimization; Economical benefit; Estimate

OIL & GAS TRANSPORTATION AND STORAGE

Decision Analysis on Integrity Maintenance of Oil and Gas Pipelines

Chen Liqiong, Liu Kun, Lu Xiaogang (Southwest Oil College, Chengdu, Sichuan, 610500, China)

Li Dayong (Sichuan Huacheng Oil Gas Engineering Construction Supervisory Co., Ltd. Chengdu, Sichuan, 610051, China)

Li Wei (Sichuan Oil and Gas Construction Engineering Co., Ltd. No. 2 Branch, Chengdu, Sichuan, 610215, China) **NGO** 2004, 22(2): 19~22

ABSTRACT: The integrity maintenance of the aged pipeline net is a main task of pipeline companies. However, the maintenance budget is restricted by economy, so the manager must decide how to distribute maintenance resources. Decision analysis is put forward to optimize measures of pipeline integrity maintenance. Based on decision tree analysis, established is a mathematic model of decision analysis of the pipeline integrity. Pilot studies are also made on some variables such as character variable, decision variables, probability of consequence occurring and utility function. Some suggestions are made on pipeline risk assessment and integrity maintenance.

KEY WORDS: Integrity maintenance; Oil and gas pipeline; Decision analysis; Mathematic model

Calculation Example of Optimization Analysis on Oil Pipeline Operation

Meng Zhenhu (Jiangsu Industry College, Changzhou, Jiangsu, 213016, China) **NGO** 2004, 22(2): 23~28

ABSTRACT: Analysis is made on the calculation example of a crude oil pipeline of 902.8km with 19 heated pump stations. The results show that the described method has excellent accuracy and can meet engineering requirements. Many useful viewpoints are put forward through analyzing these data.

KEY WORDS: Oil pipeline; Operation optimization; Global optimal solution; Pump viscosity behavior; Wax deposition; Influence caused by constraint values

Discussion on Baoying LNG Supply Station Construction

Liu Jiang (Jiangsu Oil Field Project Supervisory Department, Yangzhou, Jiangsu, 225009, China)

Zhang Changwei (Jiangsu Oil Field Oil Construction Office, Jiangdu, Jiangsu, 225261, China) **NGO** 2004, 22(2): 29~31