

盐穴储气库完井设计考虑因素及技术发展

李国韬¹ 郝国永² 朱广海¹ 张强¹ 宋桂华¹ 刘在同¹ 王育新¹

1. 中国石油大港油田公司钻采工艺研究院储气库项目部,天津 300280

2. 中国石油渤海钻探公司井下作业分公司市场与生产运行科,河北 任丘 062552

摘要:

盐穴储气库是我国重要的储气库类型,在我国南方地区具有广阔的建设空间,目前江苏省金坛市运行了国内第一座盐穴型储气库。上千万立方米天然气被高压储存在人工溶成的盐穴内,作为注(采)天然气唯一通道的注采井,其气密封性能是保证储气库安全运行的重要因素之一。为确保天然气的安全储存,根据国内盐穴储气库建设实际,吸收国外盐穴储气库的成熟设计理念,重点论述了在盐穴储气库完井阶段如何保证注采井的气密封性能,得出了盐穴注采井完井设计时需要考虑的重要因素,同时展望了盐穴储气库完井新技术,对今后国内盐穴储气库的完井设计具有指导作用。

关键词:

储气库;盐穴;完井

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2012)01-0052-03

0 前言

根据国内储气库技术发展水平,借鉴国外储气库建设经验^[1],对国内盐穴储气库寿命提出了至少要达到30年的目标。而盐穴储气库设备的安全使用寿命就应该超过这个界限。

盐穴储气库产气量大,并且井筒处于注与采交替变化状态,由此而产生的温度、压力变化导致了作用在完井管柱上的应力交变。在盐穴储气库运行年限里,完井的各个环节都必须考虑这个交变应力,以保证盐穴储气库能够达到甚至超过预期的30年运行寿命的目标。

为了最大程度地保证安全,完井设计必须考虑以下因素:生产套管、固井、注采油管、井下安全阀、采气井口。在盐穴储气库运行的各个阶段,这些设备都必须安全运行,否则需要复杂的维修作业和维修费用。

1 完井设计因素

1.1 生产套管

在进行生产套管设计时需考虑抗挤强度、本体和螺纹的连接强度、抗内压强度、连接方式等项目。这些项目与普通油气井设计是一样的,但具体设计指标和考虑因素要结合盐穴储气库的特点进行。

1.1.1 抗挤强度

对于盐穴储气库,作用在生产套管上的关键应力是挤毁应力。研究认为,盐穴顶部套管承受着最大的挤毁应力。因此,应以盐穴顶部为重点进行抗挤强度校核。

在进行抗挤强度校核时,应按照盐穴压力降为大气压时的工况进行设计。这样,一旦井口被剪断破坏,注采气井仍然能保持完整性。

1.1.2 连接强度

目前国内盐穴储气库注采气井基本采用直井井

收稿日期:

2011-09-18

作者简介:

李国韬(1975-),男,天津人,高级工程师,硕士,毕业于石油大学(北京)石油工程专业,主要从事储气库的科研、设计、现场服务等工作。

型, 因此对于套管的连接强度校核没有特殊的考虑。但从国外盐穴储气库技术的发展来看, 可能会出现一些斜井, 这时就要考虑弯曲所产生的弯曲应力对连接强度的影响。

1.1.3 抗内压强度

对盐穴储气库注采气井进行抗内压强度校核时, 需注意的是其生产套管承受的内压等于油套环空保护液的液柱压力加上一旦注采油管发生泄漏时的气压。而气压必须按照盐穴最大运行压力考虑, 以使得生产套管有足够余量来应对内压力。

1.1.4 连接方式

目前国内储气库生产套管全部是采用气密封螺纹连接。最新的技术规定要求在用气密封螺纹连接后要进行氦气检测^[2]。

对连接后的螺纹进行气密封检测并不能完全证明管柱的气密封性能, 因为泄漏总是发生在一定时间后, 而这个时间要远远大于测试时的 90~120 s。国外为降低泄漏风险应用了一种整体式连接螺纹。这种连接方式的潜在泄漏点只有 1 个, 而常用的气密封接箍连接方式存在 2 个潜在泄漏点。这两种连接方式见图 1。

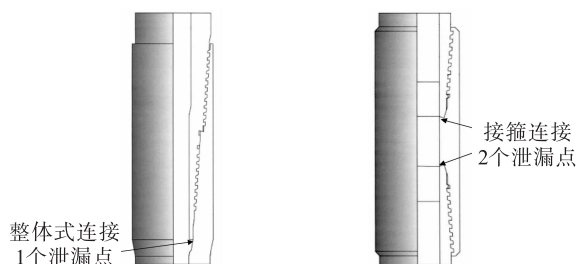


图 1 螺纹连接示意图

1.2 固井

储气库注采气井存在注入天然气和采出天然气两种工况, 由于温度、压力的变化会产生交变应力。目前已经应用的有膨胀水泥浆、弹性水泥浆、防气窜水泥浆等技术, 以降低交变应力造成固井水泥和套管发生分离形成微环空缝隙等风险^[3]。

1.3 注采油管

根据目前国内储气库技术水平, 注采油管是必须要用的, 这样通过充满了保护液的油套环空能够观察到气体的泄漏。同时, 也能延缓甚至阻止压力和温度变化对生产套管的影响。

和生产套管类似, 注采管柱也需要考虑抗挤强度、抗内压强度、连接强度和连接方式。对于注采油管的抗外挤强度校核, 应考虑在封隔器处; 注采油管的应力受到环空保护液的影响, 并应按照发生意外事故

盐穴压力降为大气压时的极端工况进行设计。

1.4 井下安全阀

作为紧急情况应对措施之一, 注采管柱上是必须要配套井下安全阀的。井下安全阀有钢丝起下地面控制型、油管起下地面控制型和速度控制型三种。油管起下的井下安全阀起下、维修时需起下管柱, 作业费用高、风险大。但这种井下安全阀的内径大, 与注采油管内径接近, 缩颈不明显, 造成的压力损失小。因此, 对于盐穴储气库井下安全阀建议采用油管起下地面控制型安全阀。

这种安全阀还有一个优点, 即使一旦出现损坏, 可以用钢丝下入一个小型安全阀坐落在已损坏的安全阀剖面上, 仍可起到紧急关断的作用。当然, 安全阀的内径会变小, 如 $\Phi 213$ mm 的安全阀损坏后下入小安全阀, 内径就变为了 149 mm。

1.5 采气井口

对于采气井口除了对规格、压力、温度、防腐等性能进行要求外, 设计时需要注意, 在油管挂和油管帽上应该有一个通孔, 使得井下安全阀的控制管线能够整体穿越采气树, 不得切割控制管线以尽可能降低泄漏的风险。

2 金坛储气库注采完井工艺

通过研究, 金坛储气库基本形成了较为成熟的注采完井工艺, 工艺管柱见图 2。将 $\Phi 177.8$ mm 注采管柱和 $\Phi 114.3$ mm 排卤管柱按照设计要求下入井内, 安

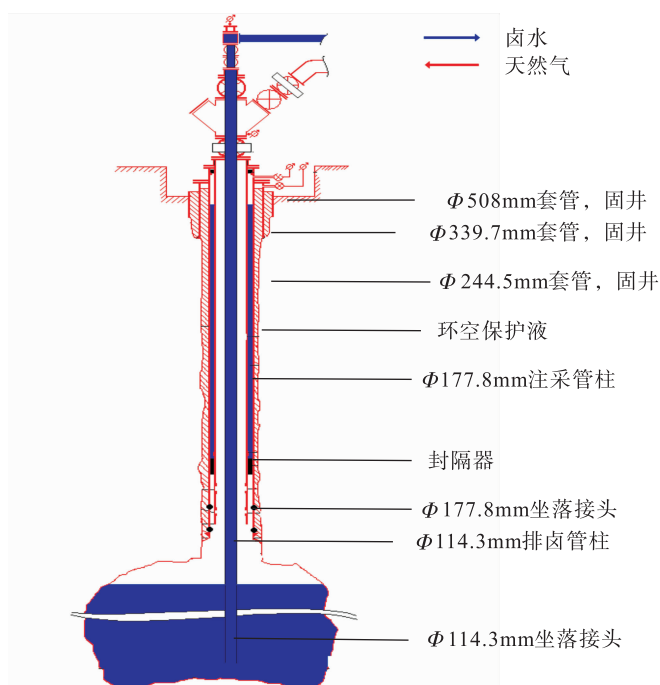


图 2 注气排卤工艺示意图

装井口和地面排卤管线、注气管线。打开注采闸门,将经过压缩机加压后的高压天然气源源不断地注入注采管柱和排卤管柱的环形空间。受到气体压力的作用,卤水便源源不断地通过排卤管柱排出地面。排卤结束后,通过不压井作业将排卤管柱起出。此时,井底压力还没有达到储气库的最高运行压力,通过注采闸门继续注气到储气最高压力,即可正常注采气^[4]。

3 注采完井新工艺

3.1 无油管注采完井

国外盐穴储气库发展较早,有的注采井属于斜井,专门有一种没有注采油管的完井结构用于斜度较大的井。其完井形式是在生产套管内有两个封隔器,封隔器之间没有生产油管。在套管鞋处安装一个底部封隔器带尾管,能够下入堵塞器;顶部封隔器安装在距井口约 50 m 处,用于配合地面控制的井下安全阀。采用这种完井方式,生产套管必须采用焊接套管。完井管柱示意图见图 3。

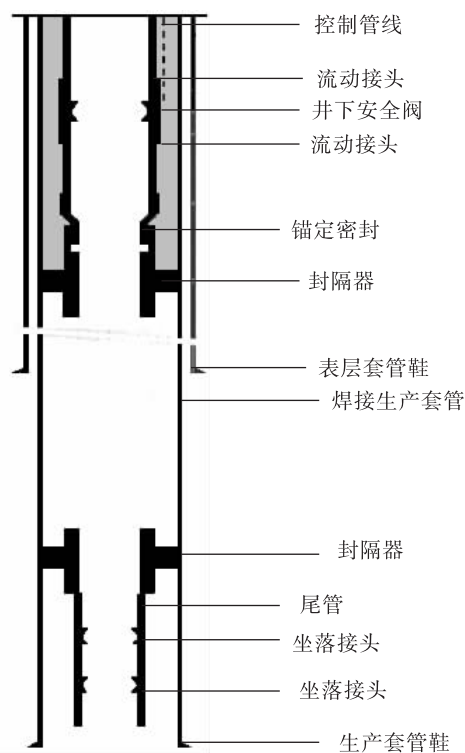


图 3 无注采管柱完井示意图

3.2 大排量注采完井

不同于油气藏型储气库受到储层性质的限制,盐穴储气库在紧急情况下可以大排量注采。国外提出了日产气量 $600 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的技术要求。我国随着盐穴储气库技术的逐步发展,也必将对日采气量提出较高的要求,因此设计生产管柱直径要尽可能大,以减少压力损失。

进行大排量完井设计的前提条件是盐穴本身允许大排量生产。这取决于盐层本身的机械性能,同时要考虑水合物的形成条件。

可以考虑采用 $\Phi 339.7 \text{ mm}$ 生产套管, $\Phi 244.5 \text{ mm}$ 注采油管的完井层序。井下安全阀只能选用油管起下式安全阀,以提供足够大的内径。尽管如此,如果使用壁厚小于 13.84 mm 的 $\Phi 244.5 \text{ mm}$ 注采油管,井下安全阀处仍然有一个缩径,如:选用壁厚 11.99 mm 的 $\Phi 244.5 \text{ mm}$ 注采油管,通径为 216.5 mm ,而安全阀的通径只有 212.9 mm 。

这种完井工艺最大可以用到 $\Phi 177.8 \text{ mm}$ 排卤管柱,来替代常规使用的 $\Phi 114.3 \text{ mm}$ 排卤管柱,从而加快盐穴第一次投入运行时的注气排卤速度。

如果生产套管采用焊接连接方式,在这种大直径井眼中也能采用无油管注采完井方式。

3.3 双井筒完井

国外提出了一种完井概念设计,能够在一定条件下提供更大的产气量,减少所需盐穴的数量而满足运行上所需要的产气量。完井示意图见图 4。

对于一个容积较大的盐穴需要提供较高的产气量,而目前的设备不能满足产气量的设计指标。这时在溶腔末期,在盐穴顶部再钻一个井眼的完井设计就显现出优势了。

这种设计对于顶板保护、溶腔设计都有影响。对于第二个井眼设计,尤其要重视钻井方位、泥浆体系、固井和气密封检测的设计,并且应在盐穴中充满水时施工^[5]。该设想用于现场实施还需假以时日。

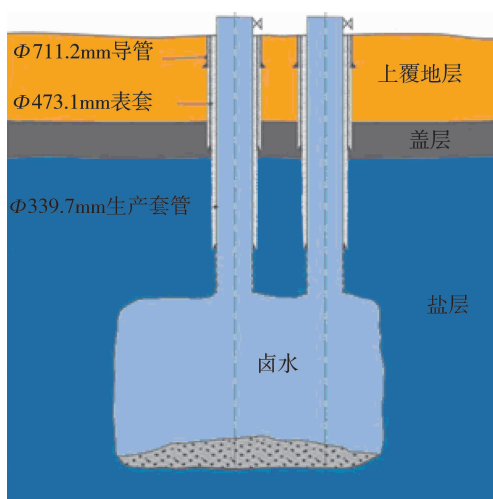


图 4 双井筒完井方式示意图

3.4 焊接油套管

在过去的 20 年,用焊接油套管来降低气体泄漏的
(下转第 63 页)

(上接第 54 页)

风险,在国外尤其在德国是一个常规的做法。焊接油管的完全气密性意味着,如果油套环空压力增加,只能是封隔器或天然气井口的泄漏。

采用焊接油套管选用合适的管材是很重要的,碳含量需小于 0.2%,钢级要低于 55 钢级。这就意味着必须采用较厚的壁厚来保证较强的抗挤能力。

采用焊接油套管不用进行气密封检测,但对于焊缝要全部进行超声波检测,大约 20%要进行 X-射线检测。

4 结论

a)我国盐穴型储气库刚刚处于起步阶段,通过金坛储气库的现场实践初步形成了配套技术,基本能够满足现场需要。

b)在进行完井工艺设计时,要结合盐穴储气库的特点,重点考虑生产套管、固井、注采油管、井下安全

阀、采气井口等因素,以保证盐穴的密封性。

c)应该进一步加强完井新技术研究,以满足我国日益增长的储气库技术需求。

参考文献:

- [1] 苏欣,张琳,李岳.国内外地下储气库现状及发展趋势[J].天然气与石油,2007,25(4):1-4.
- [2] 中国石油天然气股份公司.油气藏型储气库钻完井技术要求(试行)[Z].北京:中国石油天然气股份公司,2011.
- [3] 阎光灿,王晓霞.地下储气库建设技术[J].天然气与石油,2004,22(2):8-14.
- [4] 袁进平,李根生,庄晓谦.地下储气库工程技术与实践[M].北京:石油工业出版社,2009.
- [5] Roman Roski. Completion Alternatives for Gas Storage in Salt Caverns[A].USA:Solution Mining Research Institute Meeting, 2002.