

储气库可靠性一体化分析方法分析

王鑫

辽河油田(盘锦)储气库有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i7.5085

[摘要] 天然气是非常重要的清洁能源,提升油气储气库的运行安全性十分关键,在分析储气库运行技术发展现状,结合当前现有的多种问题提出解决措施,进行进一步的方案研究,建立新的可靠性一体化评价方案,建立岩体地层监控模型,建立储气库工作技术评价体系,有利于推动储气库可靠性一体化研究的进一步发展。

[关键词] 储气库; 可靠性; 一体化

中图分类号: TE972 **文献标识码:** A

Analysis of integrated reliability of gas storage

Xin Wang

Liaohu Oilfield (Panjin) Gas Storage Co., LTD

[Abstract] natural gas is very important clean energy, improve the operation safety of oil and gas storage is very key, in the analysis of gas storage operation technology development status, combined with the existing problems put forward solutions, further research, establish new reliability integration evaluation scheme, establish rock mass formation monitoring model, establish gas storage technology evaluation system, is beneficial to promote the further development of gas storage reliability integration research.

[Key words] gas storage; reliability; integration

地下储气库作为大型天然气管网系统的重要组成部分,确保其安全可靠运行对保障管网系统的供气能力尤为重要。随着天然气需求的增加,天然气管网系统作为天然气输送的主要方式之一,其在能源安全和经济发展中的地位日益提升。因此,如何提高管网系统的供气安全,保障用户供气已经成为当前的研究热点。本文就储气库可靠性一体化分析方法展开论述。

1 储气库可靠性一体化研究意义

天然气作为清洁的一次能源,其消费量逐年提高。2016国际能源展望报告(IEO2016)预测2040世界天然消费量将从2012年的 3.4×10^4 亿立方米增长到 5.7×10^4 亿立方米。随着天然气的消费量及天然气产量的增加,天然气管网设施的建设和发展,天然气的消费群体呈现多元化发展趋势,随之带来了供求关系不平衡问题。目前天然气主要的调峰手段有储气库、LNG接收站、气田等,相关研究表明储气库是解决天然气调峰问题最为经济的手段。为提高天然气供气的安全,加快储气库建设是我国天然气行业未来发展方向。但在目前低油价的背景下,利用现有的储气库资源,提高储气库注采可靠性是降低储气库运营成本的关键。本文旨在结合储气库运行工艺计算与可靠性相关计算方法对储气库单元及系统可靠性进行定量评价。评价结果对于储气库实际运行方案的优选、设备单元维检修方案的确定具有重要的意义。

2 当前储气库运行技术发展现状

2.1 储气库系统构成。储气库是一个非常复杂的运行系统。储气库的功能结构主要分为以下几个模块:地下储气模块、地面模块、注采井模块等,其中,地面模块又分为注气模块和采气模块,注气模块主要包括过滤器、压缩机、高压阀门等,采气模块则主要包括冷却机、压力管道、采气阀门等。

2.2 储气库工艺流程。整体概况根据储气库注、采工艺流程的特点确定储气库系统工艺计算过程中涉及的8个研究内容^[1]。注气过程包括:注气过程地层工艺计算、注气过程井筒工艺计算、注气地面管道系统工艺计算、注气压缩机工艺计算;采气过程包括:采气过程地层工艺计算、采气过程井筒工艺计算、采气井口节流工艺计算、采气地面管道系统工艺计算。在已知储气库相关工艺参数及设备设计参数的前提下,以地层压力作为工艺计算的起点对注、采气过程各设备单元的工艺参数进行计算。在地层压力计算过程中根据储气库实际情况,采用生产数据拟合法、物质平衡法或定容法对地层压力进行计算。井筒部分采用产能二项式及节点法对注、采气过程井底及井口的压力进行计算。储气库实际运行过程中包含多种运行方案,在满足储气库工艺安全的前提下对不同开井方案下工艺参数的变化情况进行计算。开井方案限制条件包括:地层与井底压力小于地层

出砂临界值、单井注采气量小于井筒临界冲蚀流量、采气过程单井流量大于井筒最小携液流量、采气井筒节流温度大于水合物生成温度、注气过程井底压力大于井口压力。根据地下部分工艺参数的计算结果,结合地面管网布置特点确定注、采气过程地面设备的工艺参数^[2]。

2.3 储气库的设计原则。储气库在设计的过程中,应该根据以下原则进行设计规划。首先,储气库在设计过程中,需要在注气之后可以保证其原有的密封水平,在注气的过程中,储气库对地层产生的压力指数不应该超过其原有的压力指数。而且,在注气采气流程进行的过程中,还应当确保油气压力的稳定,以及油气界限的明确。其次,天然气储气库应该达到至少1/3的储存率,并且,储存百分比应当随着时间的推移而逐步提高,如果天然气储存库的储存率过低,则容易造成资金浪费,影响项目收益。最后,应当在天然气储气库中加入充足的垫底气,充足的垫底气有助于保证气井的收益,解决储气库井口数量过多的问题,同时还可以降低储气库底部被水侵入的风险。

2.4 储气库系统运行时所遇到的常见问题。根据相关统计调查,我们可以看到,当前天然气储气库失效主要是由于以下几大方面问题所导致的:天然气储气库的密闭功能存在问题、注采井功能损坏、管道泄漏、地面设备存在问题。这几大问题对于天然气储气库的可靠性研究带来了很大麻烦。首先,在这些导致事故发生的问题之中,储气库密闭功能失效是最需要着重注意的。可以说,大部分储气库失效事故都与储气库的密闭功能出现问题有着直接关系。影响储气库密闭功能的诸多因素中,孔隙压力指数的影响最明显,当孔隙压力过大,进而使设备零件出现损坏时,非常容易导致储气库密闭功能的失效。其次,储气库气体输送管道的运行状态,同样是影响储气库运行功能的重要因素。储气库运输管道系统出现套管损坏时,非常容易导致天然气储气库功能失效。套管作为储气库管道系统的核心,一旦发生损坏,极易引发安全事故。而传统的套管安全检验系统对套管工作时出现的不稳定因素的排查能力是比较差的,各种不稳定因素在套管出现超负荷工作状态时,极易引发各方面问题,从而导致事故的发生。最后,在对地面工作模块进行相关调查研究后,我们可以发现,地面工作模块出现的问题主要是由压缩机失效所导致的^[3]。

2.5 当前可操作的问题解决措施。(1) 储气库密闭性问题的解决方案经过对已发生事故的统计,以及对相关风险进行分析,我们可以得到相应的解决问题的方案。首先,需要对影响储气库密闭性能的相关数据建立监控机制。监控机制应当将储气库的断层移动概率纳入到计算范围中去,并建立相关函数模型,方便进行数据计算。其次,监控机制还应当把储气库岩体断层的封闭性纳入到监控范围之内,建立相关函数模型,对岩体的压力可承受度进行计算,从而方便将压力指数控制在岩体可承受的合理范围之内。(2) 储气库管道运行问题的解决方案对储气库管道运输系统建立相关监控机制是非常重要的举措。新的管道监控机制要一改传统机制对套管工作时出现不稳定因素的忽略,而是

应当建立对相关风险进行排查的机制。可以根据储气库整体结构的稳定程度,建立量化评估体系,利用函数建立数据模型,将套管所承受的内部压力、用料材质、口径尺寸等方面都纳入到数据计算范围之内,并定期对天然气储气库管道系统的各项原件进行检修维护,延长设备工作寿命,降低风险系数。(3) 储气库地面模块运行问题的解决方案针对储气库地面模块所出现的常见问题,应当建立相关检测机制,对压缩机失效问题进行模拟和检测。应当利用函数建立好数据模型,对压缩机发生爆炸所造成的危害进行模拟计算,并对导致压缩机爆炸的可能性因素进行风险排查。在排查过程中,应该着重检查影响压缩机工作状态的零件(安全阀、储气罐、运输管线等)的运行状态,如果发现零件出现老化的现象,要及时进行更换。同时,也要将这些重要零件纳入到数据模型的模拟计算分析当中,对这些零件的工作环境进行分析,计算零件的工作寿命,从而方便对压缩机内部元件进行更换和维修处理^[4]。

3 储气罐可靠性一体化评价措施建设方案

3.1 建立相关评价体系储气库可靠性一体化评价体系应当进行详细的分层规划,比如,将储气库运行系统分成3个主要层次,包括下层的注气采气模块,中层的由电子元件所构成的计算和分析系统,高层的系统可靠性结论评价。在明确相关评价体系的基本结构之后,再来进行进一步的评价体系的探究。

3.2 储气库工作技术评价体系应当针对储气库的各种工作状态建立好工作技术评价体系。储气库工作技术以注气和采气为主,注气技术主要由以下工作流程构成:天然气经过过滤口进行过滤之后,由压缩机进行反复地加压来增加压力,再进入出口过滤口进行第二步过滤,之后经过相关安全阀门来进行调控,最后注入储存库。采气工艺主要由以下工作流程构成:天然气储气库储存的天然气的由采气井进行采集,被采集的气体经过相关安全阀门进调控之后,经过地面工作模块进行对外的运送^[5]。因此,在明确这两种技术的具体应用流程之后,可以据此建立相关公式,将注气采气流程中天然气在管道中运行的动态数据进行计算分析,并将采气井工作过程中产生的压力指数进行监控,再结合工作温度、工作效率等指标进行综合性的评价,从而提高储气库工作技术的评价可靠性。

3.3 建立岩体地层监控模型应当建立岩体地层监控模型,来检测地层在储气库工作过程中的所受压力指数。相关压力指数对于确保储气库工作安全具有重要意义。因此,应当根据相关公式建立函数模型,计算储气库工作运行的过程中,地层压力与储气库内部天然气储量之间的关系。

4 基于储层状态空间模型的储气库运行可靠性一体化评价方法

4.1 储气库可靠性一体化评价方法框架储气库可靠性一体化评价方法包括三个层级,如图1所示:较低层级的系统注采气工艺计算;中间层级的基于工艺计算结果的设备单元可靠度评价;最高层级的基于系统可靠性理论,给定工况下储气库系统的运行可靠性评价。

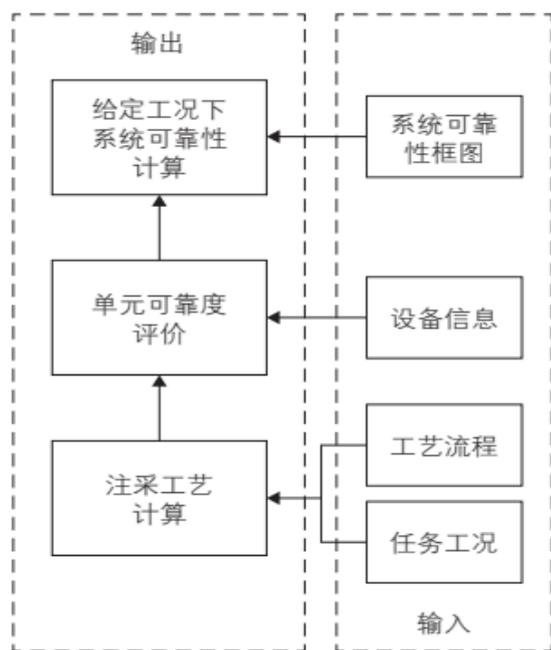


图1 储气库可靠性一体化评价方法框图

4.2储气库系统工艺计算。储气库系统包括注入、采出天然气两类工艺。具体为,注气工艺流程:干线天然气来气经进站过滤器处理,由往复式压缩机组增压和出口油过滤器气净化通过注采气阀组调节处理,经注气井注入地下储层;采气工艺流程:地下储层天然气经采气井采出,由注采气阀组调节处理,进入地面系统气体处理设施处理后外输。具体工艺流程如图2和图3所示。根据工艺特点,储气库工艺计算分为注气工艺计算和采气工艺计算两种。采用地层产能公式、注采过程中油管流动动态分

析和井口压力与井底压力计算模型、地面系统水力-热力计算模型(包括管道水力-热力计算模型、地面设备水力-热力计算模型)可以确定在给定工况和不同开井方案下,设备单元压力、流量、温度等参数,从而为设备可靠度计算提供数据支持^[6]。

(1)储气库在不同的开井方案即开井数目下,系统运行可靠性不同,需要选择最优的开井数,以确保系统可靠性最高;(2)储气库系统注气时,系统可靠度主要受压缩机组和地层可靠度影响;采气时,地面系统采用井口节流、中压集输的工艺,当采气量不高于最大允许采气量时,地面系统可靠度趋近于1,系统可靠度主要受地层可靠度影响;(3)本文提出的一体化方法可以对储气库完成给定注采任务的能力进行评价或预测。

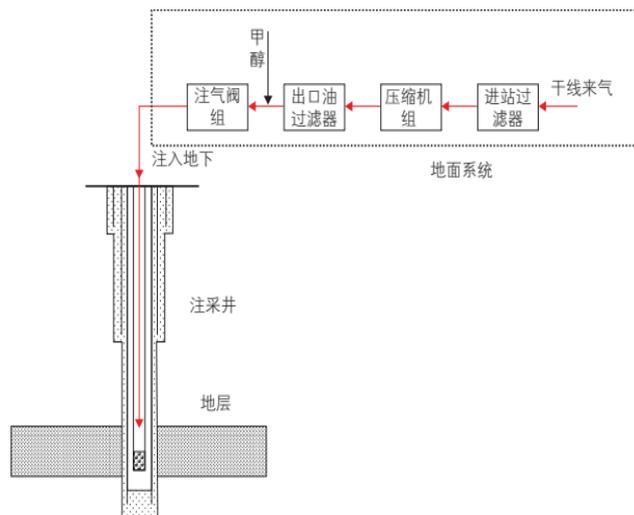


图2 注气工艺流程图

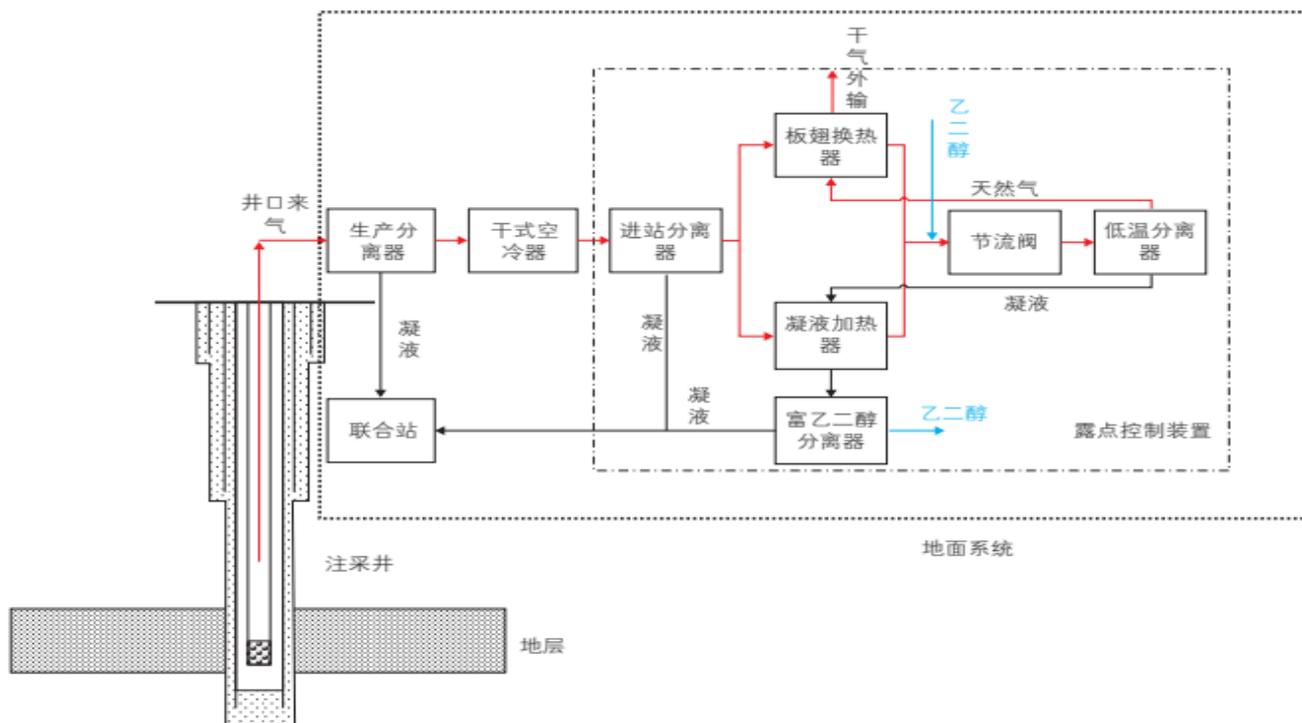


图3 采气工艺流程图

5 结语

储气库可靠性一体化分析是储气库可靠性评价的关键。以往的研究只是对储气库各子单元的可靠度进行分析,对整体可靠性的研究较少。本文提出的储气库运行可靠性一体化分析方法,将储气库按工艺流程分为注气工艺流程和采气工艺流程;按功能分区分为地下储层、注采井系统和地面系统。根据储气库的工艺特点将储气库各个功能分区联系起来,采用文中提出的可靠性一体化评价方法,计算给定任务下储气库系统的运行可靠性,计算结果能够反映系统完成给定注采气任务的能力。通过本文研究得到以下结论:

(1)储气库系统设备单元可靠度的评价中,地下储层、注采井和管道侧重的是结构安全,采用结构可靠度计算方法进行分析;地面系统大部分设备单元,例如压缩机、分离器、过滤器等,采用的是基于设备运行状态的可靠度计算方法进行分析。(2)储气库运行工况和系统可靠性与开井方案即开井数目 k 直接相关,实际运行时,需要选择最优的开井数,以确保系统运行可靠性最高。(3)通过一体化的可靠性分析方法,可以计算在给定任

务情况下,储气库系统的运行可靠性,为储气库系统运行管理、事故维修提供技术支持。

[参考文献]

- [1]刘斌.地下储气库建设项目经济评价方法与实例[J].天然气技术与经济,2020,14(5):8.
- [2]王金江,王舒辉,张兴,等.基于RBI技术的储气库分离器风险分析[J].中国安全科学学报,2020,30(2):7.
- [3]乔智国,刘鹏林,李军,等.枯竭油气藏型储气库老井再利用可行性分析[J].石油管材与仪器,2022,8(2):8.
- [4]刘国良,廖伟,徐长峰,等.多平台大数据一体化智能储气库运行管理系统——以H储气库为例[J].科技创新导报,2020,17(8):2.
- [5]郑雅丽,孙军昌,邱小松,等.油气藏型储气库地质体完整性内涵与评价技术[J].天然气工业,2020,40(5):10.
- [6]袁光杰,张弘,金根泰,等.我国地下储气库钻井完井技术现状与发展建议[J].石油钻探技术,2020,48(3):7.

中国万方数据库简介:

万方数据成立于1993年。2000年,在原万方数据(集团)公司的基础上,由中国科学技术信息研究所联合中国文化产业投资基金、中国科技出版传媒有限公司、北京知金科技投资有限公司、四川省科技信息研究所和科技文献出版社等五家单位共同发起成立——“北京万方数据股份有限公司”。

万方数据是国内较早以信息服务为核心的股份制高新技术企业,经过20年来快速稳定的发展,万方数据目前拥有在职员工近千人,其中硕士以上学历约占25%,专业技术人员占70%,已经发展成为一家以提供信息资源产品为基础,同时集信息内容管理解决方案与知识服务为一体的综合信息内容服务提供商,形成了以“资源+软件+硬件+服务”为核心的业务模式。

万方数据以客户需求为导向,依托强大的数据采集能力,应用先进的信息处理技术和检索技术,为决策主体、科研主体、创新主体提供高质量的信息资源产品。在精心打造万方数据知识服务平台的基础上,万方数据还基于“数据+工具+专业智慧”的情报工程思路,为用户提供专业化的数据定制、分析管理工具和情报方法,并陆续推出万方医学网、万方数据企业知识服务平台、中小学数字图书馆等一系列信息增值产品,以满足用户对深层次信息和分析的需求,为用户确定技术创新和投资方向提供决策支持。

在为用户提供信息内容服务的同时,作为国内较早开展互联网服务的企业之一,万方数据坚持以信息资源建设为核心,努力发展成为中国优质的信息内容服务提供商,开发独具特色的信息处理方案和信息增值产品,为用户提供从数据、信息到知识的全面解决方案,服务于国民经济信息化建设,推动全民信息素质的提升。