

# Safe Operation and Management of Natural Gas Storage Tanks

Chengguo Jiang, Ying Ju

Nanchong Gas Co., Ltd. of Petrochina Southwest Oil & Gasfield Company, Nanchong Sichuan  
Email: 805433343@qq.com

Received: Nov. 9<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Nov. 30<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Natural gas storage tank is one of the important pressure vessels for natural gas storage and distribution station. It is a special equipment for storing natural gas. The main role of natural gas storage tank is to replenish natural gas in time when the amount of gas used in the city is huge. It can regulate the supply and demand of gas and stabilize the pressure of the system. This paper mainly explains the structural safety principle, operation rules, and maintenance, risk analysis of the gas storage tank. It further explores and summarizes the on-site safety operation requirements and management experience of gas storage tanks, which have certain reference significance for the safe operation and management of gas storage tanks. Due to the flexibility of gas storage facilities and gas storage methods, the use of various gas storage facilities is one of the most effective ways to solve the problem of gas supply and demand non-uniformity.

## Keywords

Gas Storage Tank, Safe Operation, Management

---

# 天然气储气罐安全运行与管理

蒋成果, 鞠英

中国石油西南油气田分公司南充有限责任公司, 四川 南充  
Email: 805433343@qq.com

收稿日期: 2018年11月9日; 录用日期: 2018年11月23日; 发布日期: 2018年11月30日

---

## 摘要

天然气储气罐是储配气站场重要的压力容器之一, 是专门用来储存天然气的设备, 主要作用是在城市燃

气用气高峰时为了解决用气紧张进行补充气, 起到稳定系统压力的作用。本文主要通过阐述储气罐的结构原理、操作规程及维护保养、检测过程的风险分析等, 摸索总结了储气罐的现场安全运行要求和管理经验, 对储气罐的安全运行和管理具有一定的借鉴意义。由于储气设施和储气方法的灵活性, 利用各种储气设施是解决用气不均匀性的最有效方法之一。

## 关键词

储气罐, 安全运行, 管理

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近些年城市化和工业化的快速发展, 使得我国对能源的需求快速增长。天然气作为一种清洁、高效的能源, 在我国的能源占比中逐年提高。天然气的广泛应用, 也给我国天然气工业中的储存环节提出了更高的要求。

天然气储气罐作为储配气站场的压力容器之一, 主要起着储存天然气和稳定系统压力的作用, 在生产运行和球罐检测过程中风险较大, 是天然气站场内的重大风险源。在运行及使用过程中若不加强管理, 因超压或检测等发生安全事故后果严重, 影响巨大, 因此, 做好储气罐的安全运行和管理具有非常重大的意义。

## 2. 天然气储气罐结构原理及功能简介

天然气储气罐是专门用来储存天然气的设备, 在用气低峰期时充气至储气罐, 高峰期则将储气罐内天然气补充至输供气流程, 起到稳定城市燃气管网系统压力的作用。根据储气罐的承受压力不同可以分为高压储气罐、中压储气罐, 低压储气罐。根据储气罐使用的金属材料不同可分为不锈钢储气罐, 碳钢储气罐, 合金材料储气罐, 本公司使用的是碳钢储气罐。储气罐的结构主要由筒体、封头、法兰、接管、密封元件、支座支柱、拉杆、安全泄压系统、排污系统等组成(如图 1)。

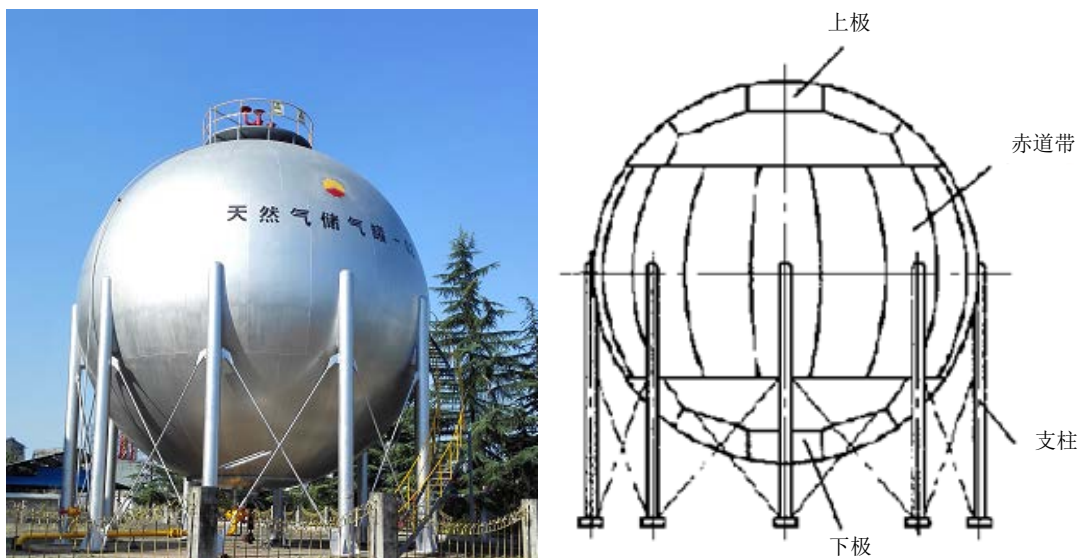
储气罐的工作原理为: 当民用用气低峰期时流程输压相对较高, 则向储气罐进行充罐操作, 将天然气存储在罐内; 当民用用气高峰期时燃气管网系统压力相对较低, 不能保证调峰时用气, 则通过放罐操作将罐内存储的天然气及时补充到输气管网内, 以确保用户平稳用气。

## 3. 储气罐安全运行要点

储气罐有四大安全运行系统: 调压系统、报警系统、切断装置系统、安全泄压系统, 这四大系统各司其职, 相辅相成, 确保储气罐的安全运行。因此, 清楚了解各大系统正常运行的参数, 定期开展维护保养工作, 能及时发现各部件出现的问题或故障并及时处置对保障储气罐的安全运行至关重要。

### 3.1. 调压系统

调压系统主要设备是调压器。根据储气罐的设计压力, 设定合理的工作压力, 通过调压器调压确保储气罐在规定压力范围内平稳运行。调压器的选型应符合要求, 避免阀后压力出现频繁波动现象。



**Figure 1.** Structure graph of natural gas storage tank  
**图 1.** 天然气储气罐结构图

日常管理中要注意以下几点：一是搞好调压阀的维护保养工作，定期对调压阀主阀、指挥器及导压管进行清洗、吹扫、检查，保证管路畅通，检查各部件齐全完好；二是对调压管路精细过滤器进行清洗检查，及时更换损坏的滤芯；三是定期测试调压阀工作可靠情况，必要时对指挥器调节精度进行适当调整，保证调压阀无卡、堵等现象，确保关断性能可靠。

### 3.2. 报警系统

报警装置的功能是当调压阀失效时能及时提醒当班员工进行合理的处置，因此报警系统的设置与维护保养极为重要。日常管理中应注意观察，现场压力表、变送器、中控室计算机所显示的示值一致，且符合量限要求。应每月对报警系统进行测试检查，要求中控室计算机不但有报警闪烁，还应发出蜂鸣声。当班人员发现计算机报警时，应立即进行处置，若判断出调压阀发生故障时，应马上关闭上游充罐阀门，从而保证充罐流程不超压。

### 3.3. 切断装置

安全切断阀应用于储配系统中起紧急切断保护作用。当系统压力高于工作压力时，切断阀可迅速切断，从而防止系统超压保证系统安全。它最大的特点就是无须外加能源，利用管网自身压力信号，即可完成自动切断动作，并且可人工复位，操作维护方便，响应速度快。安全切断阀的切断压力应设置为工作压力的 1.05 倍[1]。日常管理中应每半年对安全切断阀的导压管路进行清洗、吹扫、检查，人工动作测试等，确保脱扣机构、传感器反应灵敏，安全切断阀工作正常可靠。

### 3.4. 安全泄压系统

安全阀是储气罐超压保护的最后一道保护装置，它能在介质压力异常升高时自动开启泄压排放，从而达到安全保护的目。安全阀的定压应小于或等于受压设备和容器的设计压力。安全阀校验定压( $P_0$ )设置应根据管道最大允许操作压力( $P$ )确定，并应符合下列要求：1) 当  $P \leq 1.8 \text{ MPa}$  时， $P_0 = P + 0.18 \text{ MPa}$ ；2) 当  $1.8 \text{ MPa} < P \leq 7.5 \text{ MPa}$  时， $P_0 = 1.1P$ ；3) 当  $P > 7.5 \text{ MPa}$  时， $P_0 = 1.05P$  [1]。

值班人员日常巡检时应通过听、摸等方法判断安全阀有无微启现象，对导压管连接部位应加强验漏

检查,并确保上游控制阀全开,对异常起跳的安全阀必须重新进行检定,保证安全阀灵敏、可靠工作正常。

### 3.5. 充放罐操作要求

- 1) 当达到充罐要求时,缓慢开启充罐流程控制阀,严禁迅速一次性将阀门开完。
- 2) 充罐过程中认真观察压力变化情况。
- 3) 球罐压力达到要求值时应及时关闭充罐控制阀。
- 4) 放罐时应缓慢操作防止切断阀截断。
- 5) 当压力放至规定值时应及时关闭放罐控制阀。

### 3.6. 维护保养规定

- 1) 日常巡检注意观察球罐压力表和压力变送器是否完好可靠。
- 2) 每周对储气罐各连接部位进行一次泄漏检查。
- 3) 每月对伸缩管、支柱、拉杆、地面基础进行一次目视检查。
- 4) 每季度排污操作一次。
- 5) 每半年对球罐压力表、变送器、固定式可燃气体检测仪进行校验。
- 6) 按规定进行年度检查,对储气罐使用安全状况进行分析,并对检查中发现的隐患及时消除。
- 7) 根据储气罐的安全状况等级,按规定对球罐进行一次全面检测。

## 4. 储气罐检测前的准备工作

### 4.1. 检测时间安排

检测时间尽可能安排在春秋两季进行,以保证民用气正常输供和球罐外防腐工程质量,避免施工人员中暑等安全事故发生。根据储气罐检测方案确定球罐的停运时间,为了减少放空造成的经济损失,尽量将球罐内的天然气输入民用气管道。

### 4.2. 放空置换

放空前必须对放空立管周围安全状况进行检查确认,储气罐内的天然气必须进行点火放空避免造成环境污染。当压力降至 5000 Pa 时,停止放空作业。注入氮气置换球罐内的天然气,注氮速度控制在 $<5$  m/s,温度控制在不低于 $5^{\circ}\text{C}$  [2]。置换采用恒压置换法,当罐内压力升至 0.2 MPa 时,停止注氮进行放空,如此反复,待取样口测得氮气含量大于 98%时,氮气置换天然气合格。

### 4.3. 开罐作业

按操作规程打开球罐上、下人孔,底部开罐时要进行湿式作业,将罐底沉积物进行收集处理。对球罐进行空气自然置换,球罐打开三天后,将 2 只鸽子用尼龙绳吊入罐内进行生物实验,观察两天是否存活,如无异样,方可进行下步作业。

### 4.4. 能量隔离及搭架施工作业

将充、放罐阀门上锁挂签进行能量隔离。施工人员进入罐内必须佩戴四合一气体检测仪,检测仪无报警,球罐内部气体含氧量在 19.5%至 23% (体积比)之间,方可施工作业;全过程要有人员监督,应配备通风、安全救护等设施。照明用电电压不得超过 24 V。球罐内搭满堂脚手架,球罐外搭双排脚手架,层间高度不超过 1.6 米,安装牢固并配置足够的脚手板和安全网,便于球罐检测和防腐施工。将被检焊

缝及两侧热影响区 300 mm 范围的球壳打磨至露出金属光泽。

## 5. 储气罐检测注意事项

储气罐检测是聘请有资质的质检单位通过技术手段检测储气罐本体有无缺陷, 是否安全可靠, 保证储气罐的本质安全。因此, 检测对储气罐安全运行具有重要意义, 同时, 检测过程中也存在较大风险。

### 5.1. 储气罐检验周期

储气罐投用后 3 年内进行首次定期检验。以后检验周期根据 TSGR7001-2013《压力容器定期检验规则》进行检验[3]。

### 5.2. 储气罐检测内容

主要检测内容包括: 压力容器资料审查、宏观检验、壁厚测定、基础沉降检测、支柱垂直度检测、焊缝超声检测、焊缝磁粉检测等。每次检测后应根据检测报告结论分析储气罐的安全运行状况。

#### 5.2.1. 资料审查

检验前审查设计资料、制造资料、储气罐安装竣工资料、使用管理资料、上次定期检验问题记载资料等。

#### 5.2.2. 宏观检验

包括结构检验、几何尺寸检验和外观检验。检查铭牌和标志情况, 法兰、密封面及其紧固螺栓完好情况, 排污装置和泄漏信号指示孔的堵塞、腐蚀情况等。

#### 5.2.3. 壁厚测定

选择测定的位置应当具有代表性, 测点尽量选择上、下两极和赤道线的中心位置。测定点的数量应足够, 必须满足壁厚的测定要求, 根据测定的壁厚确定腐蚀速率。

#### 5.2.4. 基础沉降检测

使用自动安平水准仪, 根据安装球罐时确定的永久基础标高, 检测储气罐基础沉降情况。

#### 5.2.5. 支柱垂直度检测

使用铅锤仪(有条件的使用经纬仪)对球罐支柱进行 A、B 周向垂直度检测。

#### 5.2.6. 焊缝超声、磁粉检测

根据确定的检测部位, 用数字超声波探伤仪和多用磁粉探伤仪分别对球罐焊缝进行无损检测。对初次发现的缺陷(裂纹)必须进行打磨复探, 检查结果符合 NB/T47013(3、4)-2015 标准的评级要求[3]。

## 6. 封罐恢复生产

储气罐检测完成后, 按相关要求要对球罐进行内、外防腐作业。对仪器、仪表进行检定确认。搞好密封面、密封垫、螺栓以及阀门的维护保养, 确保一次密封到位。

按操作规程用氮气置换空气, 当压力达到 5000 Pa 时停止充氮气, 并对连接的各部件进行检漏, 合格后继续注氮置换, 置换采用稀释置换法, 当罐内压力升至 0.2 MPa 时, 停止注氮开启放空阀放空, 压力降到 5000 Pa 时关闭, 再打开注氮阀注氮至 0.2 MPa 放空。待取样口测得氧含量小于 2%时, 氮气置换空气合格[2]。

解除锁关, 缓慢开启充罐阀进行天然气置换氮气, 当罐内压力升至 0.2 MPa 时, 停止注入天然气开

启放空阀放空, 压力降到 5000 Pa 时关闭, 再打开充罐阀注入天然气至 0.2 MPa 放空。待取样口测得甲烷含量到达 80% 时, 且连续监测三次, 甲烷含量有增无减, 天然气置换氮气合格[2]。

进行球罐升压操作, 分三段升压, 每次稳压 1 小时, 检查无泄漏继续升压至正常工作储压, 稳压 24 小时无压降, 球罐即可正式进入运行。

## 7. 储气罐检罐过程中的风险辨识及对策

### 7.1. 人孔、连接管、法兰封闭不严

此因素可能导致带人外部火种, 引起火灾、爆炸等事故。为避免事故的发生, 应该在置换前对人孔、连接管进行认真细致检查, 保证其全部封闭。

### 7.2. 压力表和变送器失灵

此因素可能导致球罐超压, 为避免事故的发生, 应该在置换前应对球罐和管道上所有压力表和变送器进行认真检查维护, 保证压力指示正确。

### 7.3. 石块、铁屑等固体杂质

此因素可能与罐壁碰撞产生火花, 引起火灾、爆炸等事故。为避免事故的发生, 必须使用氮气进行气体置换, 置换前应对罐内进行认真打扫清理, 彻底清除其内部遗留的金属残渣, 在置换过程中严格控制天然气流速。

### 7.4. 气体含量检验不准确

此因素非常重要, 若气体含量检验不准确可能引发火灾、爆炸等事故。为避免事故的发生, 在置换过程中应充分考虑压力、温度对天然气爆炸极限的影响, 以及天然气在球罐内与空气混合时的不均匀性等因素, 及时连续监测气体含量, 保证气体含量检测准确, 确保置换工作进行顺利[4]。

## 8. 储气罐在运行过程中的风险识别及控制措施

### 8.1. 压力超高

可能引发爆炸事故。为避免事故的发生, 应该定期测试调压阀及限压安全切断阀, 按时校检安全阀, 确保控压设备准确可靠。

### 8.2. 气体泄漏

可能引起中毒、火灾、爆炸事故。为避免事故的发生, 应加强巡回检查, 对发现泄漏的部位及时进行整改, 消除事故隐患, 同时, 应每年对固定式可燃气体检测仪进行校检。

### 8.3. 操作不规范

可能引起球罐超压, 设备损坏。为避免事故的发生, 充、放罐操作时应缓慢进行, 不允许使用冲击力, 以免产生静电或损坏设备。

## 9. 储气罐安全管理

### 9.1. 储气罐使用安全管理

储气罐应当按照《特种设备使用管理规则》的要求, 办理《使用登记证》。设置安全管理机构, 配备安全管理负责人、安全管理人员和操作人员, 建立健全安全管理制度和操作规程, 定期进行自检自查,

确保球罐本体及接口部位无裂纹、泄漏、机械接触损伤。使用过程中无异常振动及响声, 无超温、超压现象。

## 9.2. 储气罐日常管理

储气罐安全阀、变送器、防雷接地装置、静电释放器、固定式可燃气体报警器应定期进行检定, 保证设备、仪表灵敏可靠, 并存放好检定报告。对球罐的日常巡检与维护保养应认真负责, 注意观察罐底伸缩管的变形情况, 若发现变形弯曲过大时应及时处理, 对球罐的外观检查是确定球罐地脚螺栓稳固, 支柱无损坏, 罐体不变形, 基础不沉降。同时, 要加强储气罐的附属系统——消防系统的管理工作, 定期运行消防水泵, 确保消防水泵给排水正常, 若遇火灾能及时对储气罐进行喷淋降温, 避免事故扩大。

## 9.3. 以人为本, 提升员工技能

人是安全管理的最根本的要素, 员工操作技能水平是安全管理工作的基础, 技能水平差也是安全管理中最大的隐患。因此须加强员工操作技能和应急处置能力的培训, 使其熟练掌握储气罐的操作规程、工艺参数, 清楚危害因素及控制措施, 对异常情况及突发事件能正确处置, 确保安全生产。

## 10. 结论及建议

天然气储气罐是储配气站场的重大风险源, 因此, 搞好储气罐安全运行与管理对储配气站场安全生产至关重要。本文针对现场实际, 通过阐述储气罐的结构原理、操作规程、维护保养及检测过程的风险分析等, 摸索总结了储气罐的现场安全运行要求和管理经验, 剖析了现场可能发生的异常情况以及如何分析和处置等, 明确了如何采取有效控制措施控制运行及管理过程中的各类风险, 及时发现并处置安全隐患。特别对管理过程中的高风险作业——球罐定期检测作了较全面的风险提示及要求, 对控制和消减作业过程中的高风险有着重要的参考意义。同时, 对确保现场安全生产来说也有很强的实用价值, 对员工规范现场操作有一定的借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 天然气采输班组工作质量标准[S]. 成都: 西南油气田分公司, 2014.
- [2] TSG21-2016. 固定式压力容器安全技术监察规程[S]. 北京: 新华出版社, 2016.
- [3] SY/T 5922-2012. 天然气管道运行规范[S]. 北京: 石油工业出版社, 2013.
- [4] 刘娟, 彭世庄, 黄小美. 天然气球罐直接置换的风险分析[J]. 煤气与热力, 2013, 33(10): 74-77.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)