|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 点击此处添加ICS号 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png |   点击此处添加CCS号 |

     团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

油气藏型地下储气库灾害监测与预警通用要求

General requirements for disaster monitoring and early warning of oil and gas reservoir type underground gas storage

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国灾害防御协会       发布

目 次

[前言 IV](#_Toc8472)

[引言 V](#_Toc5326)

[1 范围 1](#_Toc25415)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc18024)

[3 术语和定义 1](#_Toc17290)

[3.1 工作气量 1](#_Toc24831)

[3.2 储气库运行压力 1](#_Toc28867)

[3.3 排水井 2](#_Toc21761)

[3.4 注采井 2](#_Toc18907)

[3.5 监测井 2](#_Toc12798)

[3.6 封堵井 2](#_Toc25386)

[3.7 集注站 2](#_Toc6616)

[3.8 安全预警 2](#_Toc17004)

[3.9 监控中心 2](#_Toc8520)

[3.10 盖层突破压力 2](#_Toc32665)

[3.11 断层临界压力 2](#_Toc9707)

[3.12 边界地层密封性压力 2](#_Toc6487)

[3.13 圈闭溢出点压力 2](#_Toc19804)

[3.14 数字孪生 2](#_Toc541)

[3.15 地面沉降监测仪 2](#_Toc15967)

[3.16 大数据分析 3](#_Toc21307)

[3.17 无线传感器网络 3](#_Toc27695)

[3.18 数据采集 3](#_Toc15722)

[3.19 风险评估 3](#_Toc19815)

[4 工作流程： 3](#_Toc19087)

[4.1 监测设备布置 3](#_Toc25296)

[4.2 日常资料获取 3](#_Toc23145)

[4.3 日常运行 3](#_Toc22326)

[4.4 检测与评价 3](#_Toc8311)

[4.5 预警 3](#_Toc1642)

[4.6 监测与预警相关技术 4](#_Toc5203)

[4.7 安全培训 4](#_Toc6521)

[5 监测设备布置 4](#_Toc13209)

[5.1 设备布置前评估 4](#_Toc373)

[5.2 传感器布置 5](#_Toc14430)

[5.3 地面沉降仪布置 5](#_Toc4761)

[5.4 气体检测传感器布置 6](#_Toc9648)

[5.5 风速和风向传感器布置 6](#_Toc27394)

[5.6 位移传感器布置 6](#_Toc13176)

[6 日常资料获取 7](#_Toc30961)

[6.1 井流量 7](#_Toc21654)

[6.2 井口压力及温度 7](#_Toc2043)

[6.3 注气压缩机运行参数 7](#_Toc12609)

[6.4 静压、静温及梯度 8](#_Toc26553)

[6.5 流压、流温及梯度 8](#_Toc30566)

[6.6 气液界面 8](#_Toc4438)

[6.7 数据采集 8](#_Toc527)

[6.8 气体溢失流速，流量采集仪器及数据 8](#_Toc26615)

[6.9 风向参数和水文参数 9](#_Toc29427)

[7 日常运行 9](#_Toc11544)

[7.1 注采井监测 9](#_Toc31184)

[7.2 监测井监测 9](#_Toc15586)

[7.3 封堵井监测 10](#_Toc26601)

[7.4 气藏监测 10](#_Toc31306)

[7.5 地面沉降监测 10](#_Toc30776)

[7.6 微地震监测 10](#_Toc20716)

[7.7 示踪剂监测 11](#_Toc14919)

[7.8 数据处理与分析 11](#_Toc8962)

[7.9 系统维护与管理 11](#_Toc15577)

[7.10 凝液处理工艺 11](#_Toc27633)

[7.11 安全截断及泄放 11](#_Toc16065)

[8 检测与评价 12](#_Toc25653)

[8.1 基本要求 12](#_Toc8097)

[8.2 井口装置检测与评价 12](#_Toc6581)

[8.3 井筒检测与评价 12](#_Toc22371)

[8.4 环空压力检测与评价 13](#_Toc18381)

[8.5 地质体密封性评价 13](#_Toc12964)

[8.6 检测数据异常处理措施 14](#_Toc21645)

[9 预警 15](#_Toc17270)

[9.1 一般要求 15](#_Toc17659)

[9.2 灾害等级评判因素 15](#_Toc12571)

[9.3 预警级别划分 15](#_Toc18524)

[9.4 应急响应措施 16](#_Toc9895)

[9.5 预警信息管理 17](#_Toc15055)

[9.6 预警位置的可视化监控 17](#_Toc24493)

[10 监测与预警相关技术 18](#_Toc16833)

[10.1 管道光纤预警技术 18](#_Toc2918)

[10.2 微地震监测技术 18](#_Toc30982)

[10.3 InSAR地面形变监测技术 18](#_Toc16878)

[10.4 激光光谱技术 18](#_Toc7567)

[10.5 电阻探针腐蚀监测技术 19](#_Toc25741)

[10.6 无人机低空遥感技术 19](#_Toc19235)

[10.7 钻孔斜测仪监测裂缝技术 19](#_Toc18726)

[10.8 储气库作业安全无人值守技术 20](#_Toc19582)

[10.9 ESD系统 20](#_Toc21058)

[10.10 数字孪生技术 20](#_Toc14785)

[10.11 云端检测与预警平台 21](#_Toc24659)

[10.12 信息化与数字化管理 21](#_Toc16160)

[10.13 网络安全技术 21](#_Toc11806)

[10.14 工业互联网技术 22](#_Toc30247)

[11 安全培训 22](#_Toc31089)

[11.1 人员培训 22](#_Toc19990)

[附录A 24](#_Toc8847)

[参考文献 26](#_Toc32760)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国灾害防御协会提出并归口

本文件起草单位：东北石油大学、黑龙江菏沣达能源科技有限公司、大庆油田自动化仪表有限公司、重庆科技学院、大庆油田第一采油厂、中国石油勘探开发研究院地下储库研究所、中国石油集团石油管工程技术研究院、大庆油田勘探开发研究院、大庆油田第六采油厂、中国石化青岛安全工程研究院、胜利油田分公司工程技术管理中心、中石化胜利油田孤岛采油厂、长庆油田分公司勘探开发研究院、华北油田勘探院天然气室、吉林油田储气库项目部、大庆油田设计院有限公司

本文件主要起草人：

1. 引言

随着全球能源消耗的不断增加，化石能源的储备量日益减少，储气库作为一种新型的能源储备形式，受到越来越多的关注和广泛应用。油气藏型地下储气库是一种利用地下油气储层储存天然气的方式，具有可储存量大、供需弹性大、环保优势明显等优点。但随着储气库建设量的不断增加和运营期的延长，储气库灾害监测与预警问题日益引起人们的关注。

为了确保储气库的安装、使用和维护都能够在高安全性和高可靠性的条件下进行，进行储气库灾害监测与预警已经成为储气库运营的必要环节。储气库灾害监测与预警标准的制定对于确保储气库运营安全、保障周边环境卫生、提高储气库的经济效益具有重要意义。

本文件主要是以油气藏型地下储气库为研究对象，结合国内外现有的相关监测预警标准和实际情况，系统地论述储气库灾害监测与预警的标准化体系，旨在为储气库的灾害监测与预警提供科学的、标准的依据，促进储气库的可持续发展。本文件的制定将有利于提高我国储气库的运营安全水平，防范储气库可能出现的灾害，减少安全事故发生的可能性，为人民生命财产安全和环境保护作出贡献。

本文件的发布机构请注意，声明符合本文件时，可能涉及相关专利的使用。

本文件的发布机构对于相关专利的真实性，有效性和范围无任何立场。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

油气藏型地下储气库灾害监测与预警通用要求

* 1. 范围

本文件规定了油气藏型地下储气库监测设备布置、日常资料获取、日常运行、检测与评价、预警、监测与预警相关技术以及安全培训的主要内容和要求。

本文件适用于油气藏型地下储气库的灾害监测和预警，其他类型储气库可参照执行。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件﹔不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单)适用于本文件。

GA 1166-2014 石油天然气管道系统治安风险等级和安全防范要求

SY/T 7642-2021 储气库术语

SY/T 6176-2012 气藏开发井资料录取技术规范

SY/T 6848-2012 地下储气库设计规范

SY/T 7645-2021 储气库井风险评价推荐做法

SY/T 7647-2021 气藏型储气库地面工程设计规范

SY/T 7648-2021 储气库井固井技术规范

SY/T 7649-2021 储气库气藏管理规范

SY/T 7651-2021 储气库井运行管理规范

SY/T 6805-2017 油气藏型地下储气库安全技术规程

SY/T 6756-2009 油气藏改建地下储气库注采井修井作业规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 工作气量

储气库从上限压力运行到下限压力时采出的天然气量在标准参比条件下的体积。

* + 1. 储气库运行压力

地下储气库保持安全高效运行的最小、最大地层压力区间。其中:

运行上限压力(maximum pressure)为根据地质/工艺条件和完整性要求，储气库方案设计的最大地层压力。

运行下限压力(minimum pressure）为根据地质/工艺条件和完整性要求，储气库方案设计的最小地层压力

* + 1. 排水井

设计用于排出地下储气库地层水的井。

* + 1. 注采井

具有注气和采气功能的井。

* + 1. 监测井

用于监测储气库注采动态、密封性、流体运移等不同功能的井。

* + 1. 封堵井

为确保储气库完整性而进行封堵作业的井。

* + 1. 集注站

用于对地下储气库采出的井流物进行集气、分离、净化、外输，以及对外部管道来气增压后注入地下储气库的地面场站。

* + 1. 安全预警

在油气管道遭到外部入侵或损坏之前进行报警和定位。

* + 1. 监控中心

接收处理安全预警系统信息、处置报警事件、管理控制系统设备的控制室。

* + 1. 盖层突破压力

对储层施加的压力达到使盖层破裂的临界值。

* + 1. 断层临界压力

对储层施加的压力达到使断层重新活动或产生新的断层的临界值。

* + 1. 边界地层密封性压力

对储层施加的压力达到使边界地层失去密封性的临界值。

* + 1. 圈闭溢出点压力

对储层施加的压力达到使圈闭中的油气溢出的临界值。

* + 1. 数字孪生

一种通过将物理对象、系统或流程的数字模型与其实际实体进行实时连接，从而实现对实体的实时监控、分析和优化的技术。

* + 1. 地面沉降监测仪

用于监测地面沉降和变形的仪器。

* + 1. 大数据分析

通过收集、处理和分析海量数据，为储气库运行提供智能预警和决策支持的技术。

* + 1. 无线传感器网络

利用无线传感器收集和传输储气库运行数据的技术。

* + 1. 数据采集

通过传感器等设备，将环境和事件数据进行收集、记录和存储。

* + 1. 风险评估

一种对可能出现的风险进行评估和分析的方法，帮助人们预测和预防潜在危险。

* 1. 工作流程
     1. 监测设备布置

根据储气库的结构和特点，确定监测设备的布置方案，包括数字孪生技术、管道光纤预警技术、微地震监测技术、INSAR地面形变监测技术、激光光谱技术、电阻探针腐蚀监测技术等。

根据监测要求，在储气库的关键位置安装传感器和监测设备，确保监测覆盖范围和准确性。

* + 1. 日常资料获取

设立日常数据采集计划，收集与储气库运行相关的数据，包括压力、温度、流量、液位、地面形变、管道腐蚀等参数。使用自动化系统或手动记录方式获取数据，并进行存档备查。

* + 1. 日常运行

制定运行规程，明确操作流程、参数控制要求、设备维护等内容。

定期巡检储气库，检查设备的工作状态、阀门和管道的密封性，确保安全设备的完整性。

进行日常运行操作，包括压力控制、泄漏检测、系统维护等，确保储气库的正常运行。

* + 1. 检测与评价

分析采集到的数据，检测储气库的运行状态是否正常。

运用数字孪生技术、管道光纤预警技术、微地震监测技术、INSAR地面形变监测技术、激光光谱技术、电阻探针腐蚀监测技术等进行系统性的监测与评价，识别潜在的问题和风险。

* + 1. 预警

根据预警标准和阈值，设置预警触发条件，实时监测数据。

利用ESD系统、云端检测与预警平台等工具，实现预警信息的及时传递和处理。当监测数据超过或接近预警阈值时，触发预警机制，发出警报或通知相关人员。

预警响应与应对：

当预警触发时，及时启动应急响应机制，通知相关人员并采取适当的措施，如降低压力、关闭进气口等，以保障储气库的安全。

实时跟踪和记录预警信息、处理措施和效果，进行事后分析和改进。

定期评估监测与预警系统的性能和准确性，进行必要的维护和升级。

* + 1. 监测与预警相关技术

利用无人机低空遥感技术，定期对储气库周边区域进行航拍和巡视，获取空中图像和数据，检测异常情况和潜在风险。

使用钻孔斜测仪监测裂缝技术，对储气库周围地下的裂缝进行监测和评估，以判断地质运动状况。

运用储气库作业安全无人值守技术，通过远程监控和控制系统实现对储气库的实时监测和操作，确保操作的安全性和准确性。

借助激光光谱技术和电阻探针腐蚀监测技术，监测储气库设备和管道的腐蚀情况，及时发现并采取措施进行防护和修复。

运用INSAR地面形变监测技术，监测储气库周边地面的形变情况，识别地质运动和沉降风险。

利用工业互联网技术，建立储气库监测与预警的信息化平台，实现数据集中管理、远程监控和分析。

集成云端检测与预警平台，对监测数据进行实时分析和预警处理，提供智能化的决策支持。

运用网络安全技术，确保数据传输和存储的安全性，防止数据泄露和恶意攻击。

* + 1. 安全培训

对储气库操作人员进行全面的安全培训，包括储气库的安全操作规程、监测设备的使用方法、应急处理措施等。

强调安全意识和风险防范，提高操作人员对储气库安全的认识和应对能力。

定期组织安全培训和演练，以保持操作人员的技能和应急响应能力。

* 1. 监测设备布置
     1. 设备布置前评估

在储气库的监测设备安装过程中，必须进行安装前评估。主要是根据储气库的类型、环境和地质条件等，制定针对性的安装方案，以保证监测设备的安装位置准确、监测数据可靠。

监测设备的选型需要根据储气库类型、监测指标和监测方式等，进行科学、合理的选择。同时，应对不同类型的储气库，选择适合的监测设备。

监测设备的安装方式应满足可靠、安全的要求。对于地表式储气库监测设备的安装，应考虑其灵活性和可靠性，同时根据储气库所在地质形态进行安装。对于井下式储气库，应根据井筒结构和井下地质情况，选择适合的设备安装位。

监测设备的安装过程中，应进行现场质量控制，包括安装前评估、安装设备标准、设备标定以及设备防护等环节。质量控制的目的是保证监测设备的正确安装和数据的准确性，严格按照标准化的流程进行施工，保证设备运行的可靠性和数据的稳定性。

* + 1. 传感器布置

选择合适的传感器类型：根据监测目的，选择合适的气体检测传感器、风速传感器、风向传感器、水位传感器、压力传感器、温度传感器和位移传感器

考虑地形和气象条件：在布置传感器时，要充分考虑地形、气象条件（如风向、风速、温度、湿度等）以及可能的气体泄漏源。合理布置传感器有助于更准确地监测地表气体浓度和风速。

传感器高度：气体检测传感器应安装在离地面适当高度的位置。安装高度需要考虑气体的比重：对于比空气重的气体，传感器应安装在较低位置；对于比空气轻的气体，传感器应安装在较高位置。风速传感器通常安装在地面以上10米左右的高度，以获得准确的风速数据。

传感器间距：根据监测区域的大小和具体情况，合理设置传感器间距。间距过大可能导致监测盲区，间距过小可能造成测量数据冗余。

网格布局：传感器布置应尽量形成网格状分布，以覆盖整个监测区域。这有助于更全面、准确地监测地表气体浓度和风速。

* + 1. 地面沉降仪布置

选择在储气库周围的代表性地点进行布置，涵盖可能受到影响的区域。

布置位置应避免地质灾害风险区域、河流、水体附近等可能影响测量准确性的地点。

通常情况下，至少应布置3个地面沉降仪，形成一个能够反映地面沉降趋势的监测网。布置密度应根据储气库的尺度和敏感性进行调整，可以考虑增加监测点的数量以提高监测精度

安装时应保持地面沉降仪垂直，并确保与地面接触紧密。

地面沉降仪应配备数据记录系统，能够实时记录地面沉降数据。

数据记录系统应具备数据传输功能，可以通过有线或无线方式将数据传输到中央监测系统或数据中心。

* + 1. 气体检测传感器布置

选择在储气库内部和周围的关键位置进行传感器的安装，以确保能够及早发现气体泄漏或异常情况。

安装位置应考虑气体泄漏的可能性高的区域，如管道接口、阀门附近等。

对于较重的气体，传感器应安装在较低的位置，以便更早地检测到气体泄漏。对于较轻的气体，传感器应安装在较高的位置，以便更好地覆盖气体扩散范围。

传感器的数量应足够覆盖储气库内各个区域，并根据需要增加关键位置的监测点。

安装时要确保传感器与被检测气体的接触充分，并避免阻塞或干扰。

* + 1. 风速和风向传感器布置

选择在储气库周围的关键位置进行传感器的安装，以准确监测储气库周围的风速和风向情况。

安装位置应尽可能代表储气库周围的风速情况，并且避免受到建筑物、障碍物或其他设施的阻挡和干扰。

通常情况下，风速和风向传感器应安装在离地面约2-10米的位置，以避免地面影响和获得更准确的测量结果。

风速和风向传感器应配备数据记录系统，能够实时记录数据。

数据记录系统应具备数据传输功能，可以通过有线或无线方式将数据传输到中央监测系统或数据中心。

* + 1. 位移传感器布置

根据储气库的设计和布局要求，选择合适的安装位置。考虑位移传感器与储气库结构的接触方式，确保传感器能够准确测量储气库的位移变化。

确保传感器与储气库之间的接触面清洁和平整，以确保传感器的准确性和稳定性。

使用适当的固定装置和方法，确保传感器的安装稳固，防止其受到外力振动或移位。

根据传感器的接口类型和信号输出要求，正确连接传感器与数据采集系统或控制系统。

在安装完成后，对位移传感器进行校准和测试，确保其测量精度和稳定性。

记录校准和测试结果，包括传感器的输出值与实际位移值之间的差异。

建立定期检查和维护计划，确保位移传感器的正常工作和准确性。如有异常或故障，及时进行维修或更换，以确保储气库的安全运行。

* 1. 日常资料获取
     1. 井流量

注采井采用计量分离器计量时，改变井口开度5h内计量，每次连续计量时间不低于1h，带液采气井计量时间不低于4h。

注采井采用单井流量计实时计量时，每4h录取一次注采气量，改变井口开度后录取调整量，带液井液量计量按4.1.1条款所述流程。

排液井每天记录2次排液量。

回注井每天记录2次回注量。

* + 1. 井口压力及温度

安装自动采集系统的注采井实时监测井口压力和温度。

对定点测压井井口压力：采取井筒内下压力计的方式，每天至少实测2次井底流动压力。使用精度0.05%以上的压力计测量。对纯气井或井底无积液的井：采用精度0.05%以上的压力计测井口压力，计算井底流动压力。

井口温度资料录取（含井口温度、大气温度)使用分度值1℃的温度计测量，实时记录。

回注井开井期实时监测井口油压、套压、注水泵压和井口温度，关井期每天录取一次井口油压和套压。

* + 1. 注气压缩机运行参数

注气压缩机的监测项目主要包括：1.进口压力2.出口压力3.流量4.运行温度5.润滑油温度、压力和流量6.振动数据7.电机电流和电压8.紧急停机（ESD）系统状态

监测方法与周期监测方法包括在线监测和定期检查。在线监测应实时进行，而定期检查应至少每周进行一次。

数据记录与报告数据记录应包括监测项目、监测值、监测时间、判断依据和监测人员等信息。在完成每次监测后，应整理监测数据并生成报告。内容应包括以下几个方面：

a.监测概述：包括监测目的、时间、地点和负责人等信息。

b.监测数据：详细记录各监测项目的监测值、正常范围和判断依据。

c.异常情况及处理：记录监测过程中发现的异常情况，以及采取的处理措施和结果。

* + 1. 静压、静温及梯度

选择30%以上有代表性的注采井为定点测试井，注采平衡期进行一次静压、静温及梯度测试。

注采平衡期非定点测试井在储气库达容前至少每天测试一次，达容后至少每周测试3次。

注采周期内，未生产的注采井至少进行一次静压、静温及梯度测试。

对纯气井或井底无积液的井，在经过井下测压校正后，可采用精度0.05%以上的压力计和温度计，测量关井时井口油压和温度，折算静压、静温及梯度。

* + 1. 流压、流温及梯度

选择注采气量差异大的注采井为代表井，每注采周期至少各进行2次流压、流温及梯度测试。

有代表性的产水井或井底积液井每采气周期至少测试3次流压、流温及梯度。

对纯气井或井底无积液的井，在经过井下测压校正后，可采用精度0.05%以上的压力计和温度计，测量稳定生产时井口油压和温度，折算流压，流温及梯度。

* + 1. 气液界面

边底水或带油环气藏改建的储气库，达容前每天注采平衡期选择气液界面监测井进行一次气液界面测试，达容后每周测试一次。

气液界面监测井实时录取地层压力、井筒液面深度，并记录测试时井口油压和套压。

* + 1. 数据采集

传感器和监控设备应分布在储气库的关键部位，包括井口、管道、压缩机、阀门和储气容器等。

数据采集应涵盖储气库的主要运行参数，包括温度、压力、流量、气体成分和设备状态等。

通讯设备应具备实时、可靠和安全的数据传输能力，确保数据采集的准确性和时效性。

* + 1. 气体溢失流速，流量采集仪器及数据

气体溢失流速和流量的监测需要使用专门的气体检测仪器。常见的气体检测仪器包括：

1. 气体流量计：气体流量计是一种用于测量气体流速和流量的仪器，
2. 气体检测仪：气体检测仪可以检测气体浓度和种类，如可燃气体检测仪、有毒气体检测仪等。可用于监测泄漏气体的种类和浓度，帮助评估泄漏的严重程度。
3. 气体分析仪：气体分析仪可用于实时分析气体成分和浓度，如气相色谱仪、红外分析仪等。可以提供更详细的气体成分信息，有助于了解气体泄漏的来源和性质。

需要采集的数据包括：

1. 流速：气体在管道或开放空间中的运动速度，通常以米/秒（m/s）为单位。
2. 流量：单位时间内通过某一截面的气体体积或质量，通常以立方米/小时（m³/h）为单位。
3. 气体种类：泄漏气体的类型，如天然气、氢气、甲烷、一氧化碳等。
4. 气体浓度：泄漏气体在空气中的浓度，通常以百分比（%）或部分每百万（ppm）为单位。
5. 泄漏位置：泄漏气体的具体位置，有助于确定泄漏来源和采取相应措施。
   * 1. 风向参数和水文参数

风向参数主要包括：

1. 风速：风在单位时间内通过某一截面的平均速度，通常以米/秒（m/s）为单位。
2. 风向：风的来向，表示风从哪个方向吹来，通常以度（°）或者方位角来表示。

水文参数主要包括：

1. 水位：水体的高度或深度，通常以米（m）为单位。
2. 流速：水在河道或管道内的平均流动速度，通常以米/秒（m/s）为单位。
3. 流量：单位时间内通过某一截面的水体体积，通常以立方米/秒（m³/s）为单位。
4. 水温：水体的温度，通常以摄氏度（℃）为单位。
5. 水质：水体中溶解和悬浮物质的种类和浓度，如pH值、溶解氧、化学需氧量（COD）、氨氮等。
   1. 日常运行
      1. 注采井监测

录取井口温度、压力、各环空压力以及注采气量等数据;应实时录取，实现数据远程传输。生产异常或调整井口开度时，应加密录取。

采气期选择有代表性的井，至少每天进行一次油、气、水取样及分析。注气期至少每天对注入气进行一次取样及分析。

当油管壁厚小于油管最小强度要求厚度，或井下封隔器、井下安全阀等失效时应进行油管柱更换作业。

注采井需要采取封堵措施时，封堵应保证储气目的层与其他层段、井筒间的有效封隔。

* + 1. 监测井监测

储气库内部监测井每天录取一次井口压力。

配备井下压力和温度监测仪器的监测井，实时录取井底压力和温度。

对配备微地震监测设备的监测井，应实时录取监测数据，数据采集频率应不低于1/4毫秒，并定期对监测数据进行处理分析。

* + 1. 封堵井监测

应建立定期巡检制度及维护保养制度。

应安装井口装置和压力表。

井口带压井应加密监测，记录井口压力数据，并做好防护，定期检测流体组分和井筒液面。

* + 1. 气藏监测

实时对注采井和监测井压力和温度进行监测，对控制气藏压力分布的定点测压井，实时监测静止地层压力，非定点测压井，可每天监测一次静止地层压力。使用精度0.2%以上的压力计测量。对纯气井或井底无积液的井，采用精度在0.1%以上的压力计测井口压力。

定期分析储气库库容及工作气量变化规律，以及油气、油水界面变化。

地下储气库运行上限压力不宜超过气藏原始压力。对于构造较为完整、盖层密封性好且内部断裂不发育的背斜或断背斜构造，以及盖层及边界地层侧向密封性好且内部断裂不发育的岩性油气藏，经过评估后可提高储气库运行的上限压力，但不能高于气藏静水柱压力的1.2倍。

地下储气库运行下限压力应考虑采气末期最低调峰能力、单井最低生产能力和配套的长输管道外输压力的要求，应避免采气末期边、底水对气井产能的影响。

* + 1. 地面沉降监测

对库区内监测点的水平位移和垂直位移进行监测。

每月监测一次库区内监测点的水平位移和垂直位移，已经发生沉降的区域宜10天监测一次。

采用国家二等水准点测量数据作为基准数据，每千米水准测量的偶然误差不应超过0.1mm。

* + 1. 微地震监测

具备微地震事件监测条件的库区宜开展微地震事件监测。

有监测井的库区宜采用井下永久监测的方式布置检波器。

校验信号的位置应尽量接近压裂位置，记录校验信号的类型、激发能量、空间位置和触发时间。校验信号源一般为射孔或导爆索。

微地震信号采集应满足以下要求：

a）压裂施工设备与地震仪的时钟时间应保持同步，若不同步应记录两者时差。

b)压裂施工前不少于0.5h开始监测。

c）压裂施工结束后继续监测不少于lh。

* + 1. 示踪剂监测

对库区内监测点的示踪剂浓度进行监测，实时进行库区内示踪剂监测。

监测点的布置密度应满足监测的需要。

每次取样前应确定大气中示踪剂浓度的背景值。

取样时间应满足吸附材料对示踪剂的吸附时间要求，确保吸附效果。

检测设备精度应具备准确检测示踪剂浓度的能力。

* + 1. 数据处理与分析

数据处理包括数据清洗、数据校验和数据整合，以确保数据的质量和完整性。

数据分析采用统计分析、机器学习和人工智能等方法，对历史数据进行深度挖掘，发现安全隐患和风险趋势。

数据分析结果应能反映储气库的安全状况，为预警信息发布和应急响应提供依据。

* + 1. 系统维护与管理

储气库安全预警系统应建立完善的维护和管理制度，确保系统的正常运行和高效性能。

系统维护应定期进行硬件检查、软件更新和数据备份等操作，确保系统的稳定性和可靠性。

系统管理应建立责任制度，明确各职责部门和人员的工作内容和权限范围。

设备维护与保养应遵循设备制造商的建议和行业标准，结合实际运行情况制定合理的维护周期。

建立设备维护记录，包括维修日期、维修内容、维修人员等信息，以便跟踪设备状况和制定后续维护计划。

* + 1. 凝液处理工艺

凝液处理宜依托周边已建处理设施，当周边无依托或者凝液外输管道可靠性差时，经技术经济论证，可独立设置凝液处理装置。

凝析气中分离出的凝析油应进行稳定处理，凝析油进稳定装置前的集输和处理工艺应密闭进行。

稳定凝析油在最高储存温度下的饱和蒸气压的设计值不宜超过当地大气压的0.7倍。

* + 1. 安全截断及泄放

安全放空系统应按照先关断后放空、保护储气量的原则进行设计。

井口及进出集注站的集输管道应设置安全截断阀。

压缩机进出口管道宜采用“8”字盲板或双截断阀、中间加放空管的方式进行隔离。

放空管道必须保持畅通，并应符合下列要求：

a.高压、低压放空管宜分别设置，并应直接与火炬或放空总管连接。

b.不同排放压力的可燃气体放空管接入同一排放系统时，应确保不同压力的放空点能同时安全排放。

* 1. 检测与评价
     1. 基本要求

应定期对注采井的井口装置、井筒状况进行检测。

每年组织一次油套环空液面检测，油套环空压力异常和油套环空液面下降的井可增加检测次数。

为避免灾害发生，储气库应当建立数据采集与监视控制系统，对库区进行实时数据采集和监视控制。井场和集气站要有独立的自动控制系统，对自身做到及时有效控制，预判危险，自动控制，避免灾害发生，同时又与数据采集与监视控制系统连接，做到库区整体协调统一运行。

* + 1. 井口装置检测与评价

注采井投产后，一个月内应对井口装置进行首次检测。根据上次（或首次）检测结果和生产工况决定下次检测时间，两次检测周期间隔不应超过一个月。

检测项目包括外观检查、壁厚检测、缺陷检测、密封性检测等，有需要时宜进行表面硬度检测。

气体流动方向发生改变的部位、采气通道过流截面发生改变的部位及外部存在腐蚀环境的部位，应进行重点检测。

* + 1. 井筒检测与评价

注采井投产后，一周内应对井筒进行首次检测。根据上次（或首次）检测结果和生产工况决定下次检测时间，两次检测周期间隔不应超过一周。

检测项目包括油套管腐蚀检测、固井质量检测及密封性检测，套管和固井质量检测宜在修井作业时进行。

应每周行一次油套环空保护液液面检测，根据液面变化情况及时采取措施。

对储气库井套管柱应进行密封检测，评判出套管柱是否存在漏失点，宜选用温度测井仪、噪声测井仪、并筒泄漏检测定位工具、超声波成像测井仪等适当的地球物理测井设备。

对作为采气井使用的原有老井套管柱应采用清水介质试压至井口处最大运行压力值的1.1倍，但不可超出套管任一点最小屈服压力值的85%，且30min压降不大于0.5MPa，评判为管柱密封合格。

* + 1. 环空压力检测与评价

当环空压力出现异常变化时，应结合井简温度环境变化、环空液面测试结果、环空压力变化及泄放测试等资料，综合分析判断变化原因。

井作业方应将各环空的运行范围确定在规定的上限值和下限值之间。所设定的上限值要低于套管环隙最大容许压力，以确保能有足够的时间来启动纠正措施。

对于每次环空泄压或充注作业，都要将从环空中放泄或添加入环空的流体总量，及泄压所用的时间记录在案。同时记录进行泄压的频率，及泄压时从环空中放泄的流体总量。然后将此类数据与井作业方在运行范围中确定的极限值进行对比，如此类数据超出其极限值，则应对其进行调查。

* + 1. 地质体密封性评价
       1. 盖层及底托层

利用地质综合分析和室内实验方法，对盖层的宏观封闭能力和微观有效性进行评价。

当储气库运行压力超过盖层最小突破压力时，盖层垂向密封性失效。储气库运行压力不能高于盖层垂向临界压力，通过测定交变工况下盖层最小的动态突破压力来确定。当发现压力超过设定值时，应立即发出预警信号。

利用矿场水力压裂试验获取盖层的破裂压力。

* + - 1. 断层

根据断裂充填物性质、是否存在孔隙流体超压、断层两盘岩性配置、两侧井的含油气性及压力系统等定性分析断层封闭性。

利用泥岩涂抹系数、断移地层砂泥比值、断面正压力、断层横向封闭系数、断层面物质涂抹等分析方法定量评价断层封闭性。

储气库运行压力超过断层面开启压力时，断层密封性失效。储气库运行压力不能高于断层面开启的临界压力。当发现压力超过设定值时，应立即发出预警信号。

* + - 1. 边界地层

对于岩性气藏建库，利用地质综合分析方法和室内实验评价边界地层的致密性。

当储气库运行压力超过边界地层的最小突破压力时，边界地层密封性失效。储气库运行压力不能高于边界地层密封临界压力。当发现压力超过设定值时，应立即发出预警信号。

* + - 1. 溢出点

利用地质综合研究方法，确定储气圈闭溢出点构造位置、埋深、幅度等。

当储气库运行压力超过圈闭溢出点压力后，天然气逸出。储气库运行压力不能高于溢出点气体逸散临界压力。当发现压力超过设定值时，应立即发出预警信号。

* + 1. 检测数据异常处理措施

在对储气库进行检测时，如果发现数据异常，可以采取以下措施：

1. 数据核查：对异常数据进行核查，以确认数据是否准确。这可能包括重新采集数据、检查数据采集设备和监测系统等。
2. 诊断问题：根据异常数据的类型和特点，尝试诊断可能存在的问题，例如泄漏、地层压力异常、储层物性变化等。
3. 详细分析：对异常数据进行深入分析，包括与历史数据对比、与相邻区域对比等，以确定问题的严重程度和可能的原因。

根据诊断结果和分析取相应的应对措施。这可能包括：

1. 修复设备：如果问题源于设备故障，应尽快进行维修或更换。
2. 调整操作参数：如果问题源于操作不当，可以调整注气、生产或压裂等参数以解决问题。
3. 泄漏应急：如果发现泄漏，应立即启动应急预案，封堵泄漏点并清除泄漏的气体。
4. 地层压力管理：如果问题源于地层压力异常，可以调整注气或生产参数以恢复正常压力。

检测到数据接近预警值应对措施：

1. 一级预警：当监测数据接近预警值时，但未达到预警值，且与历史数据相比较小，发出一级预警信号，提醒对工作人员加强监测，监测周期缩短为原来监测周期的1/2。
2. 二级预警：当监测数据接近预警值时，但未达到预警值，与历史数据相比较大，具有较强的趋势性，发出二级预警信号，提醒储气库管理人员注意储气库的运行状态。同时将监测周期缩短为原来监测周期的1/3。
3. 三级预警：当监测数据接近预警值时，但未达到预警值，并且当前监测数据比预测值偏离较大或趋势不稳定，发出三级预警信号，要求进行深入分析，并加强监测，动态跟踪储气库运行状态。将监测周期缩短为原来监测周期的1/4。
4. 在缩短监测周期的同时，还应该加强监测指标的覆盖范围和数量，增加监测点，提高监测精度，以便更加全面、深入、准确地监测油气库的运行状况，并及时发现和处置潜在的安全隐患。
   1. 预警
      1. 一般要求

安全预警技术的选择应满足国家法律法规及强制性标准规定的要求，安全预警技术应满足特殊时期安全防范的要求。

安全预警系统的时间应定期校准。

系统应具备事件定位、故障报警、专家远程协同会诊、报警统计、登录管理、日志管理等功能。

* + 1. 灾害等级评判因素

涉及到大规模的设备故障、泄漏（储气库井泄漏、地质体泄露、井筒泄露、管道泄露、站场泄露）、火灾或爆炸等。导致大量的人员伤亡（20人以上）、财产损失（造成直接经济损失1000万元以上）和严重的环境污染。评价为Ⅰ级预警。

涉及到中等规模的泄漏（储气库井泄漏、地质体泄露、井筒泄露、管道泄露、站场泄露）、火灾或设备故障等。可能造成较大的人员伤亡（10—20人）、财产损失（造成直接经济损失500—1000万元）和环境影响。评价为Ⅱ级预警。

涉及到较小规模的泄漏（储气库井泄漏、地质体泄露、井筒泄露、管道泄露、站场泄露）、火灾或设备故障等。可能导致一定程度的人员伤亡（2—10人）、财产损失（造成直接经济损失100—500万元）和环境影响。评价为Ⅲ级预警。

涉及到非常小规模的泄漏（储气库井泄漏、地质体泄露、井筒泄露、管道泄露、站场泄露）、火灾或设备故障等。可能导致轻微的人员伤亡（2人以下）、财产损失（造成直接经济损失100万元以下）和环境影响。评价为Ⅳ级预警。

* + 1. 预警级别划分

可以将预警信息划分为以下4级:

Ⅰ级预警：为极度严重事件报警，极其严重的异常，对人员安全和环境产生重大影响。此时需要紧急疏散、启动最高级别应急预案、上报相关部门、限制区域进入、实施抢险救援、评估环境影响和进行事后处理。标记为红色。

Ⅱ级预警：为严重事件报警，严重异常，对人员安全和环境产生较大影响。此时需要组织紧急会议、疏散人员、实施紧急措施和启动应急预案。标记为黄色。

Ⅲ级预警：为较重事件报警，局部异常，对人员安全和环境产生较小影响。此时需要诊断问题、限制作业、采取初步措施和加强部门合作。标记为橙色。

Ⅳ级预警：为轻微事件报警，潜在安全隐患，对人员安全和环境暂无实质性影响。此时需要加强监测、安全检查和提高人员警惕。标记为蓝色。

对于不同级别的预警信号，应实施相应的应对措施，确保储气库的安全运行。

* + 1. 应急响应措施

灾害发生时，系统进行研判同时发出预警级别并上报有关部门，启动该预警级别的应急预案，成立临时指挥部进行应急指挥。临时指挥部应包括：后援保障组、抢险抢救组，现场治安组、总指挥部。

Ⅰ级预警应急措施：1.立即启动应急响应计划，组织应急指挥部并通知相关部门。 2.对现场进行紧急疏散，确保人员安全。3.启动抢险救援队伍，开展灾害现场的抢救、扑救火灾、防止泄漏扩散等工作。4.封锁事故现场，设置警戒区域，禁止无关人员进入。5.向相关政府部门报告事故情况，请求支援。6.监测事故对环境和周边社区的影响，采取相应的环境治理措施。

Ⅱ级预警应急措施：1.启动应急预案，通知相关部门。2.加强现场监测，评估事故可能造成的影响。3.进行紧急处理和抢修，以减轻事故损失。4.如有必要，进行局部疏散和警戒。5.向相关政府部门报告事故情况。6.对事故进行调查，分析原因，制定防范措施。6.恢复受损设施，确保正常运行。

Ⅲ级预警应急措施：1.加强现场监测，评估事故可能造成的影响。2.进行现场处理和抢修，以降低损失。3.向相关政府部门报告事故情况。4.分析事故原因，制定防范措施。 5.恢复受损设施，确保正常运行。

Ⅳ级预警应急措施：1.加强现场监测，评估事故可能造成的影响。2.进行现场处理和抢修，以减少损失。3.向相关政府部门报告事故情况。4.分析事故原因，制定防范措施。5.恢复受损设施，确保正常运行。

通过结合储气库气体溢失流速、流量，地表气体浓度、分布范围和地表风速、风向参数，水文参数等采取应对措施。对气体覆盖区、预计流向区域和蒸气云爆炸致灾范围内的人员进行全面疏散至安全区域。

气体泄漏应急处理

根据气体浓度和波及范围，将气体泄漏事故划分为四个等级，分别为低、中、高和极高。

低浓度等级（0%-20%）：气体浓度在允许范围内，波及范围较小，风向风速稳定，在此情况下可继续进行正常操作和工作。

中浓度等级（20%-50%）：气体浓度达到预警值，波及范围可能会扩大，风向风速可能会有所变化，在此情况下需要采取紧急措施，包括对储气库及周边区域进行紧急通知并制定疏散计划等。

高浓度等级（50%-80%）：气体浓度超出预警值，波及范围进一步扩大，风力风向可能会有明显变化，此时应迅速启动应急预案，并对危险区域进行封锁和警戒等。

极高浓度等级（80%-100%）：气体浓度达到极高值，波及范围进一步扩大，风速明显增大，甚至可能产生爆炸等严重后果。此时应立即启动应急预案，迅速疏散人员，并向上级领导和当地有关部门请求支援。

* + - * 1. 疏散和撤离：在确定安全区域后，需要根据风向和风速决定疏散方向。如果风向与疏散方向相反，应避免沿着风向前进，而选择垂直于风向的方向。同时，还要注意根据风速确定疏散速度，以确保人员安全撤离。在撤离人员时，需要通过疏散警报系统、扩音器、喇叭等设备及时向人员发出疏散指令，在撤离途中，需提醒人员快速有序地撤离，避免出现拥堵，特别是防止人员向事故源方向逃窜。同时，应配备疏散队伍，对人员进行有序引导和组织，确保每个人能够尽快安全撤离。在疏散结束后，需进行现场清理和安全检查，确保没有人员滞留和隐患存在。
        2. 疏散区域确定：需要根据波及范围划定疏散区域，一般以气体浓度达到预警值附近为半径划定圆形疏散区域，进一步确定疏散方向和安全区域。在划定疏散区域时，需根据气体浓度和波及范围同时考虑，避免将人员疏散到依然存在危险的区域。
        3. 清理和处置：根据气体类型和浓度，确定清理和处置方案。在确认安全后，使用专业设备和工具，对泄漏源进行封堵和止漏处理。对泄漏的气体进行控制和收集，避免对周围环境和人员造成影响。按照相关规定和标准，妥善处置和处理泄漏后的废弃物和残余气体。对清理和处理工作进行记录和报告。

与相关政府部门、救援机构以及周边企业建立应急协作机制，共同应对重大突发事件。有关人员和有关单位的联系方式保证能够随时取得联系，有关单位的调度值班电话保证24小时有人值守。

政府建立应急响应通讯网络、信息传递网络及维护管理网络系统，以保证应急响应期间通讯联络、信息沟通的需要。

应急响应措施应包括设备检修、设备调整、生产过程调整和人员疏散等。 措施的执行应遵循先报告、后行动的原则，确保信息的准确性和响应的及时性。

* + 1. 预警信息管理

所有报警信息应按照报警时间顺序存储到报警历史记录中。所有报警信息应分类归档，方便查询。

系统工作日志、报警日志保存时间应满足法律法规要求，没有其他要求的应保存30d 以上。

报警信息应定期进行统计和分析。

* + 1. 预警位置的可视化监控

在系统中应实时可视化显示所有报警位置，并通过图标颜色显示报警级别，实时统计各级报警的数量。

系统应根据不同级别的报警进行分类展示和自动统计分析，挖掘隐藏的警情信息。

在监控地图上应能够查看具体的每个报警信息，并进行处理。

* 1. 监测与预警相关技术
     1. 管道光纤预警技术

管道设计阶段考虑安装光纤安全预警系统时，光纤芯数应达到1用2备。

光纤安全预警系统使用专用光缆的宜直埋敷设，特殊管段可以采用卡箍固定在管道上。

采用多根光纤感知的安全预警技术，宜使用不同光纤束管中的光纤进行传感。

* + 1. 微地震监测技术

对系统进行永久性监测，要求监测井稳定，监测周期较长。

包括野外现场数据采集、微地震波的数据处理、微地震事件分析和微地震成果数据显示四项工序。

定位精度即实际微地震事件发生点与反演微地震事件发生点位置间的距离在30 m之间。

采用每天24 h不停息、采样间隔为0.125 ms的方法连续采集。

确定储气库地层内部应力变化的位置和性质，灵敏度高，监测反馈速度快，能够识别生产活动可能引起的地震活动现象，实现对储气库盖层、断层和井筒动态密封性的实时监测。

* + 1. InSAR地面形变监测技术

监测内容可分为地面沉降变形特征监测和地裂缝的识别。

变形特征监测获取监测周期内的沉降范围、平均沉降速率、累计沉降量，分析变形发展过程、发展趋势及沉降变形机制。

根据地表沉降量突变和InSAR干涉失相干识别地裂缝空间展布，分析地裂缝发育的相关因素。

SAR数据在时间和空间范围应大于实际监测范围的10%以上。

地裂缝InSAR监测宜采用优于10m分辨率的SAR数据。

* + 1. 激光光谱技术

通过分析甲烷吸收该波长光线的激光光谱以达到检测甲烷及其浓度。

当激光逛过甲烷气团，测量的甲烷浓度实时显示并保存用于事后分析。

系统全天候运行，每天24小时/每周7天/一年365天运行。

全景扫描能力，没有盲区，可以集成到现有监控系统中。

* + 1. 电阻探针腐蚀监测技术

设备应能适应储气库内不同位置和不同环境下的使用，如高温、高压、高湿等环境，以确保监测精度和可靠性。

通过数据采集器，对电阻探针进行恒流通电，监测其阻值变化。

利用通讯转换器进行简单的数据处理，将数据传输给终端的服务器。实时监测腐蚀情况，并及时报警或预警，以便采取相应的措施。

工作站将进行数据的接收、存储、备份以及分析工作，最终将数据呈现给监测人员。

应易于维护和保养，以确保设备的长期稳定运行。同时应尽可能减少对环境的影响，并符合环境保护法律法规的要求。

* + 1. 无人机低空遥感技术

通过无人机获取高分辨率和高精度的影像以及地形数据，并对数据进行分析。

迅速完成对监测区域的测绘工作，实时传输影像和视频，掌握监测区域最新情况。

利用无人机机载高光谱相机、高精度合成孔径雷达(InSAR)、激光雷达(LiDAR)、偏振高光谱、高分辨率相机生产高精度的地形、影像产品。

通过多时相的无人机监测，分析出监测区域位移、变形、沉降、纹理特征、运动过程等，为灾害早期预警提供技术支持。

* + 1. 钻孔斜测仪监测裂缝技术

在断层，盖层周围布置多个倾斜仪记录压裂造成的地面倾斜量，可以通过数值分析来确定裂缝方位、裂缝倾角以及精度稍低的裂缝体积，裂缝中心深度。

裂缝观测应测定断层和盖层上的裂缝分布位置和裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况。

对需要观测的裂缝应统一进行编号。每条裂缝应至少布设两组观测标志，其中一组应在裂缝的最宽处，另一组应在裂缝的末端。每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧。

裂缝观测的周期应根据其裂缝变化速度而定。开始时可半月测一次，以后一月测一次。当发现裂缝加大时，应及时增加观测次数。

裂缝观测中，裂缝宽度数据应量至0.1mm，每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并拍摄裂缝照片。

* + 1. 储气库作业安全无人值守技术

利用计算机视觉、图像处理、模式识别等技术，自动检测站场重点防区入侵目标，识别工作人员身份、精确定位非法闯入者。

通过视频大数据分析、机器学习等技术，自动识别场站工作人员的安全着装、作业标准化等规范。

利用物联网、云计算、边缘计算等技术，对站场进行自动辅助巡检，实时监测站场作业风险隐患，联动智能预警与风险管控。

* + 1. ESD系统

当集气站、井场或者天然气管线等工艺设备发生严重泄漏或者危及安全生产等情况，ESD系统应该能够自动或者手动关闭生产设备，以保证生产安全。

在集气站和井场（包括井口）要安装配套ESD阀门等设备，保证ESD系统的完善和运行，从而有效避免灾害的发生。

* + 1. 数字孪生技术

对生产过程建模与参数优化、工艺参数设计与仿真、设备健康监测与设备故障多方协同会诊。

将地质气藏、井筒和地面管网、场站等物理对象映射到数字实体，通过连接层实现物理实体和数字实体的双向数据流动。

对油气管道孪生数据的构建以及管理实现"虚实交互，以虚控实”。通过增强现实中的人机交互技术以及虚实交互技术提升实体油气管道与虚拟管道之间的交互。

利用传感检测网络获得实体管道的实时数据融入到虚拟管道中进行显示、通过虚拟管道端建立的人工智能预测技术、计算机大数据分析技术，实现对实体管道腐蚀、管道防护、管道周围环境维护提示，管道维护预警。

建立数字孪生体模型，以虚拟管道将油气管道相关数据展示出来，通过数据采集、数据整合、物理性能模拟、实时感知、分析、虚实融合，提升油气管道的安全系数。

将实体管道、虚拟管道以及管道服务系统三者相结合，实现管道安全运行、故障预警、管道巡检巡视提示等。

结合油气藏工程的生产动态分析和油气藏数值模拟进行历史拟合;量化剩余油空间分布;构建起可与生产动态数据相互印证并不断完善的油气藏地质模型。

数字模型校准与验证：通过与现实世界中的数据进行对比和校准，确保数字孪生模型的准确性和可靠性。对模型进行定期验证和更新，以保持与实际储气库运行状态的同步。

站场关键装置，增加工艺管道腐蚀、机泵类设备振动等各类传感器，经物联网数据融合之后全方位模拟现场的运行状态，根据验证的结果对数字孪生体进行更新，完成数据的匹配，提高运行状态数据的整体性。

* + 1. 云端检测与预警平台

云端检测与预警平台应与储气库的现有监测和预警系统紧密集成，实现数据实时上传和共享。

该平台应包括以下功能：

1. 实时数据监测：收集并分析储气库生产过程中的关键参数，包括压力、温度、流量等。
2. 预警功能：基于实时数据和预先设定的阈值，生成预警信息，以便及时发现异常情况。
3. 数据存储与管理：将历史数据存储于云端，方便随时查询和分析。
4. 数据可视化：提供图表、曲线等形式，直观展示储气库生产过程中的关键参数变化。
5. 移动端访问：支持移动设备访问，便于现场人员实时查看数据和接收预警信息。

云端检测与预警平台满足相关数据安全和网络安全标准，保障储气库数据的安全和隐私。

在平台的开发和维护过程中，定期对平台进行技术更新，以确保其功能与性能满足储气库的实际需求。

储气库人员应接受云端检测与预警平台的相关培训，确保能熟练操作平台并充分利用其功能。

* + 1. 信息化与数字化管理

储气库应充分利用信息技术手段，实现生产和运营管理的数字化和智能化。

应开展数字化技术在储气库运营中的应用研究，提高储气库的运行效率和安全性。

应加强信息安全管理，防范网络攻击和数据泄露等信息安全风险。

储气库应建立完善的信息化管理系统，实现生产数据、设备状态、安全监测等信息的集中管理和分析。

信息化管理系统应具备数据采集、存储、分析和报警功能，实现对储气库运行状态的实时监控。

应建立数据备份和恢复机制，确保数据安全性和可靠性。

应定期对信息化管理系统进行升级和维护，以适应技术发展和运营需求的变化。

* + 1. 网络安全技术

所有生产活动过程中的数据存储在企业内网，内网和公网物理隔离。

特定数据包在公网上的传输时，必须满足国家信息数据安全，实现加密、公网不可存储、可回收的要求。

为了防止浏览漏洞带来的危害，所有业务不能支持第三方浏览器直接访问方式，须采用私有加密后的客户端实现。

* + 1. 工业互联网技术

生产过程监视与预警基于数据采集技术、边缘计算技术、实时数据库技术实现，实时数据存储精度支持到毫秒级。

生产现场网络同工作管理区网络采用数据安全装置实现网络物理隔离，工作管理区网络同公网采用数据安全装置实现网络物理隔离。

所有业务系统采用基于微服务的低代码或零代码平台实现，确保业务系统灵活、可扩展、易维护。

所有业务系统和人员之间信息，采用即时通讯平台实现业务集成和人员之间的消息协同。平台部署在内网的工作管理区，支持内网侧和公网侧进行信息的安全通讯。

* 1. 安全培训
     1. 人员培训

培训方法：采用现场操作演示、理论授课、实战演练等多种方式，确保员工全面掌握相关技能和知识。

培训效果评价：通过考试、现场操作考核、实战演练等方式，评估员工在培训后的技能掌握程度，以及对突发事件处理能力的提升。

参与安全预警系统的人员定期接受培训，培训内容包括：储气库工艺设备介绍、自控仪表基础认识、地质方面基础认识、通信方面基础认识。

培训阶段员工应认知储气库生产过程中用到的各种生产设备及设施，掌握设备的操作规程及使用方法，熟知现场各种工艺流程。

附录A

（资料性）

储气库部分录取资料整体表格式参见表A.1至表A.5。

表A.1 \_\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_\_日\_\_\_\_\_\_\_储气库注采井注气日报表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 井号 | 生产时间  h | 开度  % | 油压  MPa | 套压  MPa | 井口温度  ℃ | 日注气量104m3 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.2 \_\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_\_日\_\_\_\_\_\_\_储气库注采井采气日报表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 井号 | 生产时间  h | 开度  % | 油压  MPa | 套压MPa | 井口温度  ℃ | 日产气量104m3 | 日产油量104m3 | 日产水量104m3 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.3 \_\_\_\_\_\_井运行参数监测记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| \_\_\_\_\_井 | | | | | | | \_年\_月\_日 |
| 时间 | 生产状态 | 油压  MPa | 套压  Mpa | 日注气量  104m3 | 日采气量  104m3 | 温度  ℃ | 备注 |
| （开/关） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.4 \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日\_\_\_\_\_储气库注采井静压、静温及梯度测试表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 井号 | 测试  日期 | 油压  MPa | 套压  MPa | 中部  深度  m | 测点深度  m | 测点  井斜  ° | 测点压力  MPa/m | 测点温度  ℃ | 垂直压力梯度MPa/m | 垂直温度梯度  ℃/m | 中部  压力  MPa | 中部温度  ℃ | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.5 \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日\_\_\_\_\_储气库注采井流压、流温及梯度测试表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 井号 | 测试  日期 | 油压  MPa | 套压  MPa | 注采气量  104m3 | 中部  深度  m | 测点深度  m | 测点井斜  ° | 测点压力  MPa/m | 测点温度  ℃ | 垂直压力梯度MPa/m | 垂直温度梯度  ℃/m | 中部压力  MPa | 中部温度  ℃ | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.6 预警可接受准则及对应措施

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 预警级别 | 可接受性 | 对应措施 | 管理原则 |
| 1 | Ⅰ级预警 | 不可接受 | 立即启动应急响应计划，对现场进行紧急疏散，保证人员安全，封锁事故现场 | 立即上报上级单位 |
| 2 | Ⅱ级预警 | 不可接受 | 启动应急预案，进行紧急处理和抢修，进行局部疏散和警戒 | 上级单位备案，并采取相应的措施，一旦恶化立即上报上级单位 |
| 3 | Ⅲ级预警 | 最低合理可行分析 | 加强对作业的监测，评估事故可能造成的影响，进行现场处理和抢修 | 自行监控，向相关部门报告事故情况。分析事故原因，制定防范措施 |
| 4 | Ⅳ预警 | 最低合理可行分析 | 加强对作业的监测，进行现场处理和抢修 | 自行监控，向相关部门报告事故情况 |

参考文献

1. Q/SY 1636—2013 气藏型储气库建库地质及气藏工程设计技术规范
2. SY/T 6848—2012地下储气库设计规范
3. SY/T 6805—2017 油气藏型地下储气库安全技术规程
4. SY∕T 6827-2020 油气管道安全预警系统技术规范
5. SY/T 7645-2021 储气库井风险评价推荐做法
6. SY/T 7651—2021储气库井运行管理规范
7. SY/T 6827-2020 石油天然气管道安全预警系统技术规范
8. SY/T 6825 油气储层评价方法
9. SY/T 7372-2017 微地震地面监测技术规程
10. SY/T 7633-2021 储气库井套管柱安全评价方法