

中华人民共和国国家标准

GB/T 22342—2022

代替 GB/T 22342—2008

石油天然气钻采设备 井下安全阀系统 设计、安装、操作、试验和维护

Petroleum drilling and production equipment—Design, installation,
operation, test and maintenance of subsurface safety valve systems

2022-12-30 发布

2023-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统设计	3
4.1 基础数据收集	3
4.2 井下安全阀系统	3
4.3 设计要求	5
5 安装	8
5.1 通用要求	8
5.2 地面控制井下安全阀	8
5.3 井下控制井下安全阀和注入型安全阀	10
6 使用	10
6.1 通则	10
6.2 控制系统	10
6.3 地面控制井下安全阀试验	10
6.4 井下控制井下安全阀和注入型安全阀试验	11
7 维护	11
7.1 通则	11
7.2 井下安全阀	12
7.3 锁紧心轴和辅助工具	12
7.4 检验和评价	12
7.5 重新试验	12
7.6 井下安全阀维护文件	12
8 其他	13
8.1 通则	13
8.2 包装、贮存和运输	13
8.3 系统质量控制	14
8.4 文件和资料控制	14
附录 A (资料性) 井下安全阀操作指南	15
附录 B (资料性) 井下控制井下安全阀和注入型安全阀的尺寸	17
附录 C (资料性) 井下安全阀试验	21
附录 D (规范性) 故障报告	23
参考文献	25

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。

本文件代替 GB/T 22342—2008《石油天然气工业 井下安全阀系统 设计、安装、操作和维护》，与 GB/T 22342—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了井下安全阀通则(见 4.3.1.1.1,2008 年版的 5.2.2.7)；
- b) 增加了插入式井下安全阀结构要求(见 4.3.1.1.3)；
- c) 更改了地面控制井下安全阀系统图(见图 1,2008 年版的图 1)；
- d) 增加了井下安全阀辅助工具设计、维护要求(见 4.3.3.2、7.3)；
- e) 更改了地面控制井下安全阀安装步骤(见第 5 章,2008 年版 5.2.2、附录 C)；
- f) 增加了地面控制井下安全阀安装前开关试验、入井时试验、生产过程中开关灵活试验步骤(见 5.2、6.3.3)；
- g) 增加了井下控制安全阀及注入型安全阀试验要求(见 6.4)；
- h) 删除了附录 A《SSSV 维修报告(基本资料要求)》(见 2008 年版的附录 A)。

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。

本文件由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会(SAC/TC 96)提出并归口。

本文件起草单位：石油工业井控装置质量监督检验中心、中国石油集团川庆钻探工程有限公司、中国石油集团油田技术服务有限公司、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司石油工程技术研究院、宝鸡石油机械有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司、中国石油集团西部钻探工程有限公司、中石油江汉机械研究所有限公司、中国石油大学(华东)。

本文件主要起草人：张志东、曾莲、陈章瑞、喻建胜、孙洪祥、刘雪梅、陈俊峰、段文广、贺启强、孙娟、刘鹏、吴云才、朱再思、彭远春、金雪梅、何天鹏、倪睿凯、李婧、曾裙、张福涛、孙宝全、严金林、蔡宝平、刘辉、曾钟。

本文件于 2008 年首次发布，本次为第一次修订。

石油天然气钻采设备 井下安全阀系统 设计、安装、操作、试验和维护

1 范围

本文件规定了井下安全阀系统的应用设计、安装、操作、试验、维护等要求。

本文件适用于井下安全阀系统的应用,不适用于井下安全阀的制造设计、评定及修理。

2 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。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 20972.2 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第2部分:抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁

GB/T 21410 石油天然气工业 井下设备 锁定心轴和定位接头

GB/T 28259 石油天然气工业 井下设备 井下安全阀

SY/T 6671 石油设施电气设备场所Ⅰ级0区、1区和2区的分类推荐作法

SY/T 7603 石油天然气钻采设备 井口安全控制系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

井下安全阀 **subsurface safety valve**

安装在油管上,关闭时用来切断井下油管流体通道的装置。

3.2

地面控制井下安全阀 **surface-controlled subsurface safety valve**

通过地面控制系统控制的井下安全阀。

3.3

井下控制井下安全阀 **subsurface-controlled subsurface safety valve**

通过井下流体速度或压力变化进行控制的井下安全阀。

3.4

管压型阀 **ambient-type valve**

安全阀所处位置的油管内压力低于预设压力时,将会自动关闭的井下安全阀。

3.5

流速型阀 **velocity-type valve**

安全阀所处位置油管内流体的流动速度超出预设值时,将会自动关闭的井下安全阀。

3.6

注入型安全阀 injection safety valve

通过注入流体开启,用于防止井内流体流出的井下安全阀。

3.7

井下安全阀系统 subsurface safety valve system

包括控制系统(3.10)、控制管线(3.9)、井下安全阀(3.1)、安全阀锁紧心轴(3.17)、安全阀坐落短节(3.13)、流动短节(3.12)、辅助工具及其他相关井下控制元件的组件。

3.8

水下安全阀 underwater safety valve

安装在水下井口装置上,失去动力源就会自动关闭的阀门总成。

注:水下安全阀包含水下安全阀阀组件和水下安全阀驱动器。

3.9

控制管线 control line

将控制动力传送到地面控制井下安全阀的管线。

3.10

控制系统 control system

在正常运行或失效保护工况下,用于操控或调节安全阀的装置或成套装置。

3.11

节流孔(嘴) orifice (bean)

流速型井下控制井下安全阀中为产生压降而设计的节流或锐孔装置。

3.12

流动短节 flow coupling

连接在井下安全阀两端用于避免井下安全阀内壁被湍流冲蚀的厚壁短节。

3.13

安全阀坐落短节 safety valve landing nipple

用于安装井下安全阀锁紧心轴的机构,可设有用于井下安全阀操作的控制管线接口。

3.14

平衡机构 equalizing feature

允许井压通过地面控制井下安全阀阀板旁通,平衡阀板上下压差,以重新打开井下安全阀的机械装置。

3.15

自平衡机构 self-equalizing feature

打开井下安全阀时,允许井压自动通过地面控制井下安全阀阀板旁通的机械装置。

3.16

失控安全装置 fail-safe device

当地面出现着火或井口出现渗漏等紧急情况,能引起井下安全阀失去控制动力,促使其自动关闭的装置。

3.17

安全阀锁紧心轴 safety valve lock mandrel

用于将井下安全阀相关井下工具固定在井下的装置。

3.18

失效下入深度 fail-safe setting depth

能够确保地面控制井下安全阀正常关闭的最大安装深度。

4 系统设计

4.1 基础数据收集

设计时应收集井的基础数据,包括但不限于下列参数:

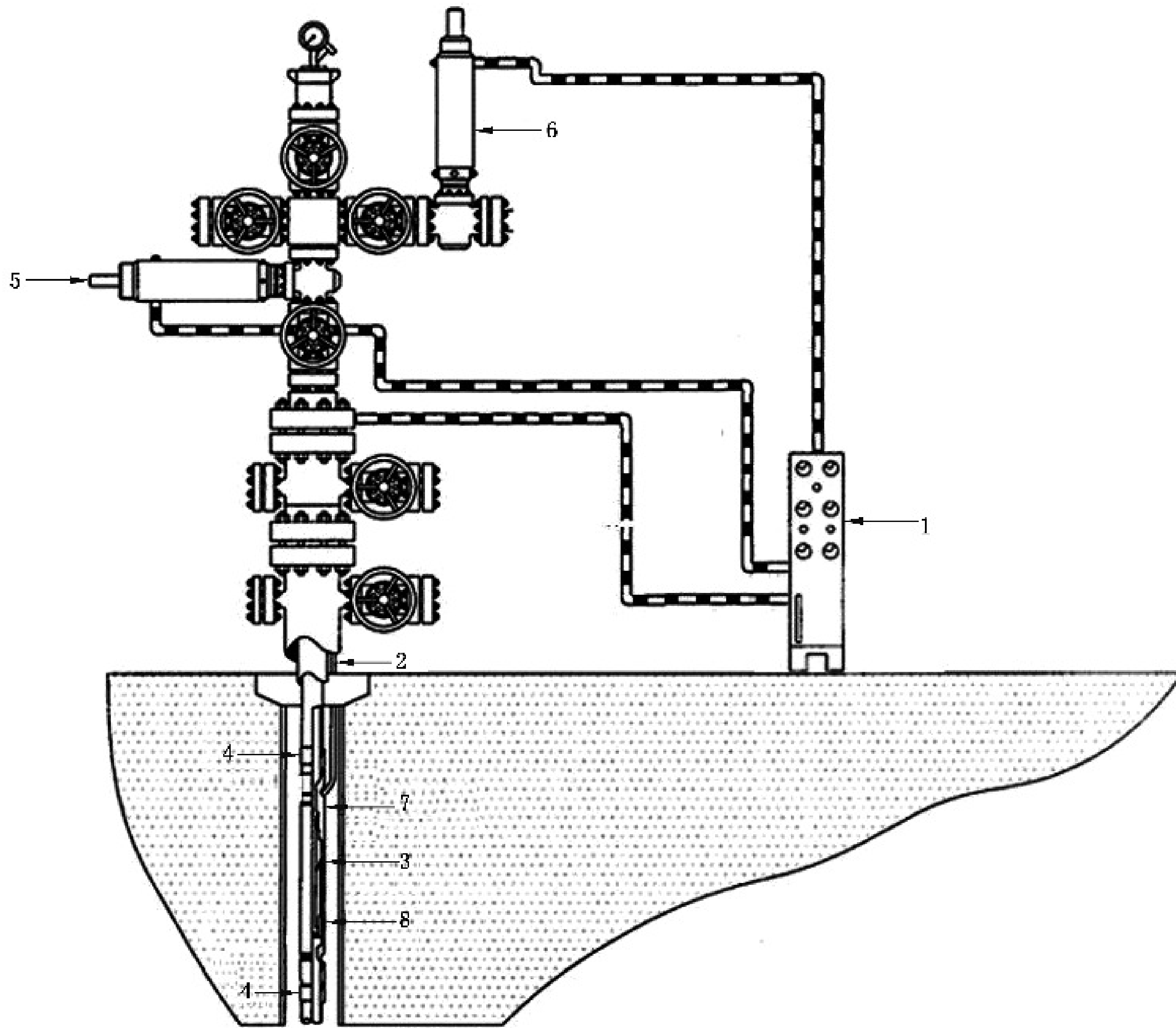
- a) 井位(陆上、平台、海底);
- b) 套管和油管的尺寸、壁厚、钢级和材质;
- c) 下入深度(应用中可以下入的最大深度)和控制系统参数(控制液类型和性质、液压源压力、输送管路和连接效率);
- d) 预计工作压力、温度、流量;
- e) 工作环境介质,如硫化氢分压、二氧化碳分压、氯离子含量等;
- f) 酸化压裂的泵压、流体温度、排量、规模、化学药剂;
- g) 加砂压裂的支撑剂类型、排量、砂比、化学药剂;
- h) 套管柱和油管柱的结构、轨迹、最大狗腿度;
- i) 需要通过井下安全阀的井下工具尺寸、类型和形状;
- j) 能够通过井下安全阀的极限尺寸及需要通过井下安全阀的井下工具的最大尺寸;
- k) 需要在井下安全阀与套管之间的环形空间布设管缆的要求;
- l) 采油树及井口装置的规格型号。

4.2 井下安全阀系统

4.2.1 系统组成

井下安全阀系统可分为以下三部分(见图 1):

- a) 井下设备工具,包括井下安全阀、流动短节、控制管线、控制管线保护器;
- b) 地面设备,包括控制系统、控制液、井口或油管悬挂器通道和连接装置;
- c) 配套工具设备,包括锁紧和密封装置、安全阀坐落短节、辅助工具等。



标引序号说明：

- 1——控制系统；
- 2——控制管线；
- 3——井下安全阀；
- 4——流动短节；
- 5——地面主安全阀；
- 6——侧翼安全阀；
- 7——安全阀坐落短节；
- 8——安全阀锁紧心轴。

图 1 地面控制井下安全阀系统

4.2.2 通则

4.2.2.1 材料

用于井下安全阀系统的材料应满足系统和应用工况的功能和技术要求。

注：功能和技术要求包括预期的使用环境。

4.2.2.2 连接方式

选择井下安全阀连接方式时应确认但不限于以下内容：

- a) 与油管 and 油管变扣接头、油管内径和套管通径、有关的永久性井内设备和修井工具尺寸和结构匹配；

- b) 与设备接触的控制液或其他流体相适应。

4.2.2.3 工作参数

井下安全阀的选择应确保满足或超过预期的压力范围、温度范围、最大安装深度、最小或最大流量及预期的载荷情况。

4.3 设计要求

4.3.1 井下设备工具

4.3.1.1 井下安全阀

4.3.1.1.1 通则

4.3.1.1.1.1 在井下安全阀的设计选择中,所选择的井下安全阀应与油管、油管变扣接头的尺寸、结构相匹配,与油管、套管的通径尺寸,与井内设备、完井工具等设备工具相适宜,应确认以下内容:

- a) 额定压力大于预计安装深度最大压力;
- b) 额定温度大于预计安装深度最高温度;
- c) 所处的环境预期是否出砂、是否会发生应力腐蚀开裂以及会引起重量损失腐蚀等;
- d) 在酸性环境下所有与井筒流体介质接触的金属材料符合 GB/T 20972.2 的要求,非金属密封件符合井内流体介质和工作温度要求;
- e) 预计承受载荷。

4.3.1.1.1.2 同时宜选择具有以下功能特性的井下安全阀:

- a) 自平衡式或非自平衡式;
- b) 选择性或非选择性安装机构;
- c) 二次连通;
- d) 临时或永久性锁闭或开启;
- e) 插阀互配性;
- f) 回流装置;
- g) 安装深度能力。

4.3.1.1.1.3 确定井下安全阀的工作深度、操作以及试验时,应确认以下内容:

- a) 井垢、石蜡和水合物沉积物等油井产物及特性;
- b) 闭式液压系统的温度变化;
- c) 环空压力及其在设备使用寿命内对阀门的影响。

4.3.1.1.2 安装深度

确定地面控制井下安全阀安装深度时,应确认但不限于以下内容:

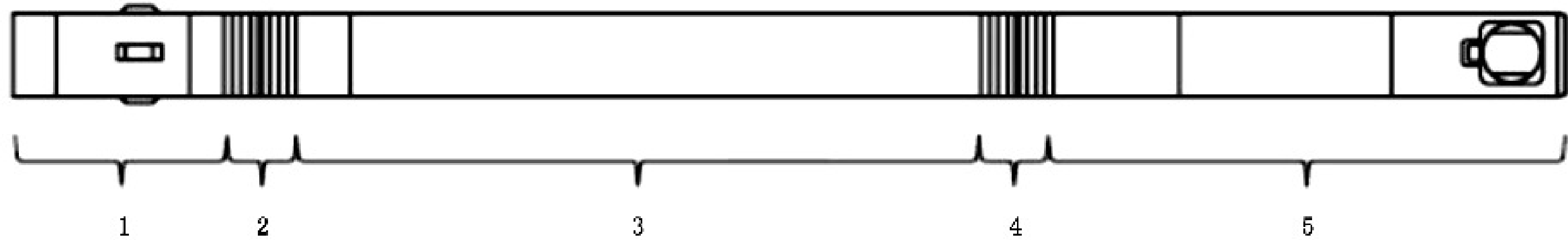
- a) 结蜡、水合物、沥青质、井筒流体的流动点等;
- b) 水下或水上采油树、冻土、邻井情况等;
- c) 阀安装深度的预期压力(绝对压力和压差)和温度范围;
- d) 失效下入深度、允许的最小深度;
- e) 环空及控制管线流体梯度和压力;
- f) 井下安全阀开启和关闭压力;
- g) 设计余量;

- h) 驱动方式；
- i) 控制系统能力和限制。

4.3.1.1.3 插入式井下安全阀

插入式井下安全阀总成通常包括锁紧心轴、密封装置、间隔管和钢丝回收式井下安全阀。为便于回收,可包括平衡装置。

插入式井下安全阀总成示例如图 2 所示,锁紧心轴和外部密封装置应符合 4.3.3.1 的规定。



标引序号说明:

- 1——锁紧心轴；
- 2——密封装置；
- 3——间隔管；
- 4——密封装置；
- 5——钢丝回收式井下安全阀阀体。

图 2 插入式井下安全阀总成示例

钢丝回收式井下安全阀应符合 GB/T 28259 的规定。

对于位于锁紧心轴和钢丝回收式井下安全阀之间每个间隔管,应记录并验证其与安装尺寸的兼容性,以及承受载荷的条件和环境。

将插入式地面控制井下安全阀总成安装到已有的油管回收式井下安全阀中,可能会改变油管回收式井下安全阀的性能等级和/或限制可用于操作液压控制插入式地面控制井下安全阀总成的最大控制管线压力。应对下列参数进行综合分析,以确定计划操作是否在设备和目标油井作业的能力范围内。

- a) 最大预期油管压力。
- b) 油管回收式安全阀的最大预期负载(拉伸和/或压缩)。
- c) 安装了插入式地面控制井下安全阀总成的情况下油管回收式安全阀外的环空压力。

注:假设零环空压力可能会限制可用于插入式地面控制井下安全阀总成的最大控制管线压力。

- d) 可用于操作插入式地面控制井下安全阀总成的最大控制管线系统压力。
- e) 最高预期工作温度和温度变化。
- f) 所需的设计余量。
- g) 包括油管回收式安全阀在内的每项受影响设备的能力评级。

4.3.1.2 流动短节

流动短节长度宜超过油管内径的 8 倍~10 倍,且选择流动短节时应确认以下内容:

- a) 连接在井下安全阀的上部和下部；
- b) 与井下安全阀内径相适应；
- c) 油管回收式井下安全阀流动短节的长度与所使用的井下辅助工具的尺寸和结构相适应。

4.3.1.3 控制管线

选择控制管线时应确认以下内容:

- a) 地面控制井下安全阀所在环境的温度；
- b) 环空完井液；
- c) 预期操作压力(最大、最小；内部、外部)；
- d) 地面井口的工作压力；
- e) 安全阀安装深度；
- f) 规格尺寸；
- g) 控制介质，如液压液、气动流体或电力；
- h) 控制管线接头的设计、材料和额定压力值；
- i) 控制管线的制造技术；
- j) 最小弯曲半径；
- k) 井内环境；
- l) 控制管线的封装或防护。

4.3.1.4 控制管线保护器

连接控制管线后，应安装控制管线保护器，防止控制管线在起、下管柱时发生损伤(如磨损，挤压等)。宜在每个油管接箍处安装一个接箍(跨接)式控制管线保护器，防止保护器在油管接箍上下移动。控制管线保护器尺寸应和油管及接箍尺寸、控制管线的类型和尺寸、套管内径相匹配。其他绕过井下安全阀的控制管线也应安装控制管线保护器。

4.3.2 地面设备

4.3.2.1 控制系统

4.3.2.1.1 通则

宜将地面控制井下安全阀控制系统与地面安全系统集成，以确保可按附录 A 中建议的顺序操作。集成系统的设计应允许地面控制井下安全阀提供独立的信号和控制。该功能设置便于井下安全阀的日常维护和故障检修。

对于多井组完井装置，单井的控制系统管汇应有独立的控制单元。

为避免地面控制井下安全阀在井内流体流动的情况下关闭，进行井下安全阀关闭操作时，应先关闭采油树阀，再关闭地面控制井下安全阀。生产设备恢复至正常操作状态时，开启顺序应相反。

4.3.2.1.2 传感器

宜选定合适的传感器，包括温度传感器、压力传感器、液位传感器和其他传感器。

应将一个高、低液位传感器安置在液压系统的控制油箱上，以便在异常工作状况(如井液从控制管线渗入或控制管线渗漏)下报警，也可以在泵出口处安装一个低压先导阀。

4.3.2.1.3 动力装置

系统应有足够液压动力，使所有设备都能在规定的应用条件下运行。

以下要求适用于各种类型的控制系统：

- a) 应包括监测和控制，以防超出系统限制；
- b) 控制管线应关注地面控制井下安全阀关闭后井下气液返回的异常情况。

4.3.2.2 控制液

选择控制液时应确认以下内容：

- a) 设备供应商/制造商的建议；
- b) 可燃性；
- c) 闪点；
- d) 润滑性；
- e) 物理/化学兼容性；
- f) 稳定性；
- g) 液体清洁度(固相含量)；
- h) 泡沫抑制性；
- i) 毒性(包括环境影响)；
- j) 低腐蚀性；
- k) 氧化稳定性；
- l) 作业温度下的黏度和密度。

4.3.2.3 井口装置

油管悬挂器穿越通道、连接接头的材质和压力应满足控制系统预期最高操作条件，并与控制介质和工作环境相适应。

4.3.3 配套工具设备

4.3.3.1 锁紧心轴、安全阀定位接头和密封装置

应确认锁紧心轴、安全阀定位接头、密封装置与相关永久性井内设备、修井工具的尺寸和结构相匹配，并符合 GB/T 21410 的规定。

4.3.3.2 辅助工具

应与开采井设备、修井工具的尺寸和配置相匹配。

5 安装

5.1 通用要求

应根据现场情况，结合供应商/制造商的操作手册安装井下安全阀系统。如适用，锁紧心轴、安全阀定位接头、密封装置以及辅助工具的安装和回收还应符合 GB/T 21410 的规定。

5.2 地面控制井下安全阀

5.2.1 安装前准备

施工现场应进行准备工作，包括如下内容：

- a) 依据施工设计，确认井下安全阀参数，包括工具连接扣型、外径、通径、压力等级、失效下入深度等。检查井下安全阀等下井工具外观完整无损伤，记录各工具序列号；
- b) 检查控制管线、缆线盘等有足够施工空间，且不影响其他作业施工；

- c) 核对控制管线、缆线满足设计长度要求；
- d) 液压控制类井下安全阀，手动液压泵压力等级和井下安全阀压力等级匹配；
- e) 液压控制管线充满合格的控制液，控制液质量符合 4.3.2.2 的规定；
- f) 确保油气井处于完全控制状态，做好井控应急处置准备，准备剪切控制管线的工具。

5.2.2 地面开关功能试验

地面控制井下安全阀现场安装前开关试验步骤如下：

- a) 将井下安全阀放置于油管架上，并在试验区域外围设置警戒线，无关人员严禁入内；
- b) 连接手压泵和压力表到控制管线上，并将控制管线放到安全阀连接口位置，用手压泵注入液压油，排除活塞内空气，再将控制管线通过专用接头连接到安全阀接口上；
- c) 开始缓慢打压操作，观察阀板人员报告阀板初始开启和完全开启时间，打压人员报告初始开启和完全开启压力及平台期显示情况；
- d) 确认井下安全阀能够正常开启，然后泄压，观察阀板人员报告初始关闭和完全关闭时间；
- e) 泄压人员报告初始关闭和完全关闭压力，卸开控制管线和手压泵，现场恢复到试验前状态。

5.2.3 井下安全阀入井

井下安全阀入井应再次进行功能试验，步骤如下：

- a) 提前将安装井下安全阀的附件和手工具放置到钻台远离井口的位置；
- b) 用吊车将井下安全阀吊至钻台，吊运过程防止磕碰井下安全阀；
- c) 对井下安全阀、流动短节和提升短节进行上扣，上扣扭矩参照供应商/制造商提供的技术参数，已经连好流动短节和提升短节的无需进行此步骤，但应进行目测检查连接情况；
- d) 将井下安全阀连接至完井管柱，下放管柱直至便于连接控制管线的位置；
- e) 盖好井口，防止操作过程落物；
- f) 连接压力表到控制管线，将压力表固定在滚筒上，连接手压泵到压力表，手压泵内加上液压油，油量为手压泵容积的 3/4；
- g) 将控制管线放到井下安全阀连接口位置，用手压泵排油注入安全阀活塞内，排出活塞内空气，再将控制管线通过专用接头连接到安全阀接口上；
- h) 试压，根据井最大关井油压确定试验压力值，推荐试验压力值为最大关井油压、供应商/制造商推荐安全附加压力之和，但不应超过控制管线最高允许压力，稳压 15 min，压降小于 0.7 MPa 为合格；
- i) 试压合格后泄压到供应商/制造商推荐安全附加压力，保持井下安全阀开启状态下放井下安全阀。

5.2.4 控制管线穿越油管挂

控制管线穿越油管挂步骤如下：

- a) 油管挂连接到管柱后手压泵泄压至 0，截留足够长的管线后将控制管线割断；
- b) 在双公短节上缠绕管线 5 圈~6 圈，将控制管线切割口用锉刀打磨光滑、整齐；
- c) 油管挂下部穿越孔密封接头穿到管线上，保持管线不要弯曲，控制管线穿越油管挂，油管挂上部穿越孔密封接头穿到管线上，拧紧上下两个密封接头；
- d) 在油管挂中部缠绕管线 2 圈~3 圈，将控制管线切割口砸扁，防止其他液体进入管线。

5.2.5 控制管线穿越采油树

控制管线下井过程中应全程监控,确认控制管线没有发生机械损伤。控制管线穿越采油树步骤如下:

- a) 如果采油树与井下安全阀配套接头为专用接头,在井口对控制管线进行造扣,如果是其他接头,则无需造扣;
- b) 将控制管线从采油树穿越孔穿出,连接采油树与控制管线配套接头;
- c) 对连接接头进行试压,试验压力与安装前井口试验压力相同,稳压 15 min,压降不大于 0.7 MPa 为合格,泄压;
- d) 将配套接头和针阀安装到采油树上。

5.2.6 地面控制系统安装

5.2.6.1 应按照 SY/T 7603、SY/T 6671 等要求对地面控制系统进行安装。

5.2.6.2 控制系统的安装与正常生产应互不影响。在安装位置不影响操作的情况下,高低压导阀、紧急开关阀等控制单元的设置应便于现场操作和安全可靠。控制系统的外壳应满足防风雨、防腐蚀要求。

5.2.6.3 控制系统的所有功能,各液压、气动、电气控制、其他驱动方式的元件,都应按照供应商/制造商的试验及操作程序进行试验合格后,才能安装在井下安全阀控制系统中。

地面控制系统安装步骤如下:

- a) 试油测试期间用手压泵作为临时地面控制设备,连接地面控制管线到采油树针阀;
- b) 连接手压泵、压力表并放置于不易触碰的位置,距离井口 10 m 以上,地面控制管线和手压泵放置区域设置警戒线;
- c) 生产期间连接地面控制柜和地面控制管线。

5.3 井下控制井下安全阀和注入型安全阀

5.3.1 如带有定位接头和流动短节,应随管柱一起下入至井下安全阀设计的安全深度位置。

5.3.2 带有流动短节的安全阀定位接头宜安装在备用井下控制井下安全阀或注入型安全阀的位置。

5.3.3 应按照供应商/制造商的程序安装井下控制井下安全阀或注入型安全阀。

6 使用

6.1 通则

应根据供应商/制造商的程序文件操作井下安全阀系统。系统评价过程应包括试验程序、验收准则和文件编制的要求。附录 B 提供了井下控制安全阀和注入型安全阀的尺寸指南。

6.2 控制系统

应根据供应商/制造商的程序文件操作控制系统,操作指南见附录 A。控制系统应至少每 6 个月进行一次试验,试验应符合供应商/制造商的试验和操作程序,包括适用的验收标准。系统试验应包括在系统设定的延迟状态下验证地面控制井下安全阀关闭情况。

6.3 地面控制井下安全阀试验

6.3.1 安装在井内后,控制系统在流量最小或无流体的情况下关闭地面控制井下安全阀。可通过压力

恢复或流入试验确认地面控制井下安全阀关闭性能。

6.3.2 生产过程中每 6 个月按 6.3.3 进行一次开关试验和参照附录 C 进行泄漏检查,试验周期最长不超过 12 个月。

6.3.3 地面控制井下安全阀生产过程中开关灵活试验步骤如下。

- a) 正常关闭井下安全阀:先将地面采油树关井,待井口油压稳定后,地面控制系统泄压,关闭井下安全阀。
- b) 正常开启井下安全阀:确认井下安全阀阀板上下是否存在压差,如果不存在压差,可通过控制系统直接加压开启井下安全阀,如存在压差,应恢复阀板上下压力平衡后再开启井下安全阀。

注 1: 自平衡式安全阀恢复压力平衡方式,控制系统加压至供应商/制造商推荐安全附加压力,流动管下移开启自平衡机构,阀板上下压力通过自平衡机构缓慢实现压力平衡。

注 2: 非自平衡式安全阀恢复压力平衡方式,通过井口对油管内加压实现平衡,加压压力等于或略大于阀板以下压力。

注 3: 井下安全阀开启压力等于关井稳定油压、安全阀地面空载开启压力、供应商/制造商推荐安全附加压力之和。

6.4 井下控制井下安全阀和注入型安全阀试验

6.4.1 现场试验

使用供应商/制造商操作手册中规定的方法关闭井下安全阀。联系供应商/制造商确认井下控制井下安全阀是否适合进行现场试验。如果阀门不能进行现场试验,按 6.4.2 的规定进行。

通过在井口或其附件进行关井操作隔离油井和生产管线。

将井口剩余压力泄放至最低实际压力,然后在翼阀或生产管线阀处关井。如有可能,泄放管汇压力至井口压力或以下压力,观察生产管线和井口的压力变化,以判断地面阀是否存在故障。在继续试验之前,应修复通过翼阀或生产管线阀的任何可测量泄漏。

参照附录 C 对井下控制井下安全阀和注入型安全阀进行现场试验,最长每 6 个月进行一次试验,除非法规、设备状况和/或形成文件的历史证据表明其他不超过 12 个月的试验周期也适用。泄漏率超过附录 C 的规定值视为试验不合格。

6.4.2 不能进行现场试验的检查

不能进行现场试验的井下控制井下安全阀和注入型安全阀应按照供应商/制造商的建议,以不超过 12 个月的时间间隔进行回收、检查、试验并设为当前井况。为及早检测运行磨损或结垢,可能需根据现场经验增加检查频次。闭合机构压力试验的试验压力应为 $1.38 \text{ MPa} \pm 0.07 \text{ MPa}$ 。液压试验的渗漏率超过 C.3.6 的规定值视为试验不合格。

重新安装的井下控制井下安全阀和注入型安全阀应符合第 7 章的要求。

6.4.3 非流动试验

对于安装在注入井中的注入型安全阀,当井不生产时,应在不超过 12 个月的时间间隔内对井的非流动状态进行开关验证和记录。

7 维护

7.1 通则

维护后的设备应符合现行适用的或最初制造时有效版本的国家标准或国际标准。

设备维护应：

- a) 按照供应商/制造商的要求和说明进行,包括使用专用装配设备和工具;
- b) 由具有资质的人员使用合格零件进行;
- c) 按照供应商/制造商规定的,包括验收准则和文件在内的程序进行试验。

7.2 井下安全阀

7.2.1 油管回收式安全阀

油管回收式地面井下安全阀的维护应仅限于密封件的更换,如油管螺纹密封圈、端部接头和控制管线配件等,不涉及拆卸阀体本体内部连接。拆卸任何阀体本体的内部连接,属于修理范畴,应按照 GB/T 28259 要求进行。

经验证的端部接头更换应符合装配要求、操作手册试验程序、验收标准以及文件要求(见 8.4)。

7.2.2 钢丝回收式安全阀

钢丝回收式井下控制井下安全阀系统和注入型安全阀系统的维护仅限于对制造商操作手册中规定的、在维护要求范围内的合成橡胶密封和非合成橡胶密封件、支撑密封件、刮垢环和通用配件(如销钉或螺钉)等的更换。

包括液压或操作零件的承压连接件损坏时应根据供应商/制造商的要求进行试验,若进行其他活动,属于修理范畴,应按照 GB/T 28259 要求进行。

7.3 锁紧心轴和辅助工具

井下安全阀锁紧心轴和辅助工具的维护应仅限于对供应商/制造商操作手册规定范围内的合格零件和通用配件的更换。辅助工具的维修应按照 GB/T 28259 进行。锁紧心轴与定位接头的维修应按照 GB/T 21410 进行。

7.4 检验和评价

应由有资质的人员对维护后的井下安全阀系统所有组件进行检验并评价其状况和功能是否受损。在上述限制条件范围内,需要进一步维护的设备应按照现行的或设备制造时有效的国际标准、国家标准或行业标准的要求进行修理。

7.5 重新试验

应按照设备供应商/制造商的要求和说明对维护后的井下安全阀系统组件进行重新组装,包括使用任何专用的组装设备和工具。安装前,所有维护过的井下安全阀系统组件应按照供应商/制造商的操作手册进行试验,以试验其机械和(或)液压功能。

7.6 井下安全阀维护文件

7.6.1 为了保持维护后井下安全阀系统的可追溯性,维修文件应包括井下安全阀系统序列号、更换的零件、维护零件的可追溯性,维护人员姓名及维护的日期。

7.6.2 对于井下安全阀的维护,应记录以下附加信息(如适用):

- a) 开启压力(最大值/最小值);
- b) 关闭压力(最大值/最小值);
- c) 100%额定压力下的泄漏率;

d) 低气压 1.4 MPa 或以下压力下的泄漏率。

7.6.3 对于井下控制井下安全阀和注入型安全阀的维护,应记录以下附加信息(如适用):

- a) 关闭流量/压差/油管压力/开启流量范围;
- b) 节流孔尺寸;
- c) 间隔管数量和长度;
- d) 弹簧刚度。

试验结果、压力和时长应按照 8.4.1 的规定予以记录。

8 其他

8.1 通则

第 8 章提供了满足本文件要求的最低质量控制要求。质量控制功能应依据说明文件进行控制,包括验收标准和结果。

用户或买方应建立并保持文件化程序,以控制所有与本文件要求相关的井下安全阀系统的文件和资料。应保存这些文件和资料以证明与所规定的要求相一致。所有文件和资料应清晰、分类保存、易于检索。应有良好的保存环境,防止文件资料损坏、变质或丢失。文件和资料可以是任何形式的介质,如复印件或电子文档。

设备应按照供应商/制造商的书面程序搬运、运输和储存,以防在预期环境中损坏或毁坏。所有设备的运输和储存方式应确保在安装于井中之前,设备完好无损、运行正常。

8.2 包装、贮存和运输

8.2.1 包装

井下安全阀设备的包装应能防止在运输过程中损坏及贮存期间的变质老化。井下安全阀设备中暴露的合成橡胶密封件应进行保护,以避免日光或其他 UV (紫外线)直射,应避免与污染物接触,如油、蒸汽、溶剂等。仅为设备储存或运输提供的材料,应在使用设备之前,明确标识,以便移除。

8.2.2 运输

设备应按照设备供应商/制造商的书面规范进行包装运输,以防止正常搬运负载和污染损害设备。应保护所有接入端口,防止流体和/或碎屑污染。

井下安全阀设备运输时的尺寸、质量、有害材料等的控制管理应遵守国家或地方管理机构的规定,符合供应商或制造商推荐的规程以及用户/买方的要求。

如需对井下安全阀设备进行评估和/或分析,应遵循用户/买方对包装和运输准备的书面要求。

8.2.3 贮存

井下安全阀设备的贮存条件(温度等)应满足供应商/制造商设备操作手册中的规定,典型的是在竖直不受力状态下存放。应对设备进行防护以避免可能导致产品损伤的磨损和化学作用的影响腐蚀。

含有合成橡胶材料的井下安全阀设备不应储存在可产生臭氧的电气装置周围,或有辐射的设备附近。合成橡胶材料的储存应确认材料的保存期限和压缩变形的影响。对于运输后的储存要求和限制,见设备操作手册或数据表。

8.3 系统质量控制

8.3.1 人员资质

所有进行安装、维护、试验和验收检验的人员都应按照书面的要求取得资质。按照 GB/T 9445 的规定,进行目视检验的人员应每年进行一次视力检查。

无损检测人员应按照 GB/T 9445 的要求取得资质,至少应取得 II 级资质或等效级别。

8.3.2 校准系统

应对用于验收测量和试验的设备进行识别、检验,在规定的周期内进行校准和调整。

在制造商建立校准的历史记载前,压力测量装置的校准周期应按照相关计量器具规定执行。校准周期应根据使用的重复性、使用程度和形成文件的校准历史记录来确定。校准间隔不应超过一年。

最终验收用测量装置应:

- a) 至少在满量程范围 $\pm 0.5\%$ 内可读;
- b) 进行校准以确保准确度至少为满量程的 $\pm 2\%$ 以内;
- c) 应仅在经校准的刻度范围使用;
- d) 通过主压力测量装置或压力测量装置的静重试验器进行校准。

8.4 文件和资料控制

8.4.1 保留文件

用户或买方(操作者)应保留相关文件,以提供与本文件规定的系统结构要求相一致的客观证据。文件至少应包括操作手册、产品数据清单、维护记录、试验报告(安装前、后及系统)和所有特定产品的质量记录。

在设备停用后至少一年内,所有文件应保存完好并可获得。

所有记录应由有资质的人员签字,至少应包括以下信息:

- a) 日期;
- b) 井的标志;
- c) 累计时间记录和执行的作业,包括深度、压力和相关设备;
- d) 所有安装、移动、更换和(或)维护的系统;
- e) 所有丢失或留在井内的设备,与没有预先报告的任何限制条件;
- f) 故障分析报告所需的其他信息。

8.4.2 故障报告文件

故障报告应符合附录 D 的规定。

附 录 A

(资料性)

井下安全阀操作指南

A.1 通则

地面控制阀上使用的元件通常都是关闭的。这种状态是安全模式,只有施加动力才能打开,失去动力源后阀体将关闭,阀的动力源来自控制系统,它是整个安全阀系统中的一部分,由安全装置紧急关闭系统控制。

如发生紧急情况,井下安全阀才可关闭。应避免井下安全阀在井内流体流动的情况下关闭。因此应在紧急关闭系统上安装一个延迟机构,这样就可以使地面安全阀或水下安全阀系统在地面控制井下安全阀前关闭。当采油(气)设备恢复正常工作时,阀门开启的顺序应相反。应仔细分析这个延迟机构,以确保不会因为它的存在使得系统更容易失效。

A.2 操作和试验

在安全防护系统启动之前,其失效可能不会被发现,所以在规定周期内检查仪表和地面控制系统是非常重要的。控制系统的作用是使所有可动部件活动自如和功能正常,并且能及早发现故障。此外,应经常对所有测量仪器和其他显示控制器进行检查。推荐所有安全防护系统每6个月试验一次,除非地方法规和(或)形成文件的历史资料显示有不同的试验周期。

以下作业期间,应进行检查和试验:

- a) 通过操作旁路控制开关,正常作业期间。隔断阀在正常操作中不应动作;
- b) 预定的关闭期间。通过启动一个单独的隔断阀将系统关闭,对整个系统进行试验;
- c) 由于其他原因引起的非预期关闭期间。

重新打开井下安全阀时,无论井下安全阀是否具有自平衡机构,都建议使阀体上下方压力保持平衡。

注:安全防护系统包括井下安全阀控制系统、地面安全系统等。

A.3 推荐和要求的文件

可获得以下文件:

- a) 所有系统文件,包括报警和关闭图、回路图表等;
- b) 全面的、最新的试验程序;
- c) 所有设备正确或清楚地进行标识(贴标签或标志);
- d) 试验人员具有资质,并熟悉试验程序。

应保留所有跳闸和试验结果(如果要求,应包括错误跳闸和跳闸故障)。上述所有的检查应涉及整个紧急停车系统,包括启动设备、逻辑单位和隔离阀。

注:紧急停车系统是指启动时,使设备停止运转的工作站系统。

A.4 试验评审和职责

应对安全防护系统的试验程序进行评审,以评估试验结果和系统的稳定性。

应由与工程、操作、维护和安全有关的人员进行评审。

负责安全防护系统组件试验的人员应在试验记录上签字,以表明所有关闭传感器和设备是符合检

查要求的,试验后恢复工作,取消超控。

A.5 关闭系统的重要信息

得到防护的系统或设备在作业时,安全防护系统的关闭传感器或设备不应处于封堵位置或旁路位置,除非对关闭传感器或设备所在装置的每个单元都进行全工作日防护。

附录 B

(资料性)

井下控制井下安全阀和注入型安全阀的尺寸

B.1 总则

本附录描述了井下控制井下安全阀和注入型安全阀的尺寸推荐作法。

通常有两种井下控制井下安全阀设计(流速型阀或管压型阀):

- a) 流速型阀的设计原理是井内高速流出的流体流经节流孔两端后产生的压差大于用户/买方选择的设计压差时,井下控制井下安全阀关闭;
- b) 管压型阀的设计原理是当油管压力降到预设压力以下时安全阀关闭。

流速型阀的另一种形式为注入型安全阀(常闭型)。注入井中使用的注入型安全阀与流速型阀类似,但其设计为注入流体时打开,不注入流体时,通常处于关闭状态。

就井下控制井下安全阀和注入型安全阀设备的具体设计和设置,建议咨询供应商/制造商。

由于流量时刻在变化,生产流量不稳定的井通常不适合采用井下控制井下安全阀。

B.2 流速型阀

以下是推荐的确定流速型阀尺寸一般程序。

- a) 取一个有代表性的试油产量,见表 B.1。
- b) 在步骤 a) 确定的生产情况下,计算或测量井底液体压力。计算时,选取适当的垂直流相关因子;若井下控制井下安全阀在试验期间已安装好,计算时将节流孔两端的压力降考虑进去以确定井底液体压力。
- c) 由步骤 a) 和步骤 b) 获得的数据计算井的流入动态。两次或多次的速率试验可以更准确地计算出井流入动态。确定井流入动态后,就可以计算出其他产量的井底流体压力。
- d) 对于特定类型、型号和尺寸的井下控制井下安全阀,选择节流孔(嘴)尺寸或要求的压差。节流孔内径宜足够小以产生足够大的压力差来关闭井下控制井下安全阀。此外,宜选择能够最大程度减少对油管的冲蚀/侵蚀的节流孔内径和材料。制造商推荐的压差范围宜与流速型阀的每一种尺寸和型式相对应。孔口通常连接到流量管,以控制井下控制井下安全阀位置(打开或关闭)。注意当节流孔直径超过流体管线直径 80% 时,计算出的压降值也不可靠。对于气井来说,计算出的通过节流孔的流量不超过临界流量。为了使节流孔计算值可靠,节流孔两端的压降一般不超过井下控制井下安全阀本身的压力值的 15%。对于井下控制井下安全阀的孔板流量系数和压降关联式以及节流孔从供应商/制造商处获得。
- e) 选择一个关闭率。闭合率不大于试井产量的 150%,同时不小于 110%。对于产量小于 $63.6 \text{ m}^3/\text{d}$ [400 桶/天(BFPD)] 的油井,可以将井下控制井下安全阀设计成闭合率不大于 $31.8 \text{ m}^3/\text{d}$ [200 桶/天(BFPD)] 以上的试井率。为了避免妨碍阀关闭和节流,闭合率宜大于试井产量。
- f) 计算下列值:
 - 1) 井底流体压力由步骤 c) 中获得的井流入动态来计算该值;
 - 2) 井下控制井下安全阀下的压力(取适当的垂直流相关系数);
 - 3) 压力降或节流孔尺寸(取适当的孔板流量系数);

- 4) 流体管道井口压力。在该关闭率流体条件下,地面管道压力应大于 345 kPa。如果计算出的地面管道压力小于 345 kPa,选取一个较小的关闭率,重新计算。
- g) 计算井下控制井下安全阀关闭力。适当时,制造商提供资料,以获得所需的弹簧压紧效果。通常通过使用弹簧垫片。选择具有特定弹簧刚度系数的弹簧。对其施加压力后,它将使阀在该井试井产量下保持开启状态,而在计算出的关闭率下关闭井。确保步骤 d)、步骤 e)、步骤 f) 的要求都得到满足。若不满足,重复步骤 d),并选择一个不同的节流孔尺寸或压降。

B.3 管压型阀

B.3.1 通则

由于管道压力减少而启动的井下控制井下安全阀可以应用于自喷油气井以及连续气举油井。管压型阀不适用于非连续气举油井。和流速型阀相同,为确定管压型阀的尺寸,应先了解试井产量和闭合率等情况。一些井可能需要测量压力以确定井下控制井下安全阀更精确的流体压力。可通过下面推荐的程序来确定管压型阀的尺寸。

B.3.2 自喷油气井

建议按照以下步骤来确定管压型阀的尺寸。

- a) 获得试井产量。
- b) 计算或测量井下控制井下安全阀处的流体压力和井底流体压力。在计算时,取适当的垂直流相关因子。
- c) 确定井的流入动态。具体计算方法按照 B.2 c)。
- d) 确定井下控制井下安全阀的流体温度。为了准确地确定气体增压型井下控制井下安全阀的尺寸,需要先知道温度。通常,假设从流体表面温度到井底静态温度是线性增加的。
- e) 选取一个关闭率。闭合率不大于试井产量的 150%,同时不小于 110%。对于产量小于 $63.6 \text{ m}^3/\text{d}$ [400 桶/天(BFPD)] 的油井,可以将井下控制井下安全阀设计成闭合率不大于 $31.8 \text{ m}^3/\text{d}$ [200 桶/天(BFPD)] 以上的试井率。闭合率大于试井产量以避免妨碍阀的关闭和节流。
- f) 计算以下闭合率条件:
 - 1) 井底流体压力由步骤 c)中获得的井流入动态来计算该值;
 - 2) 井下控制井下安全阀下的压力(取适当的垂直流相关因子);
 - 3) 流体管道井口压力。在该关闭率流体条件下,地面管道压力应大于 345 kPa。如果计算出的地面管道压力小于 345 kPa,选取一个较小的关闭率,重新计算。
- g) 设定管压型阀在该关闭率情况下关闭。为避免阀非预期的关闭,关闭压力应不小于 345 kPa,小于阀所处位置的流体压力。

B.3.3 气举油井

建议按照以下步骤来确定管压型阀的尺寸。

- a) 得到一个气举采油工况下的试井产量。确定注气量和注气深度。也获得一个没有注气的试井产量。表 B.1 显示了所需要的数据。
- b) 根据 B.3.2 a) 得到的两个试井产量,确定井下控制井下安全阀的压力。在计算压力时,取适当的垂直流相关因子。如果在没有注气工况下井下控制井下安全阀的压力在 345 kPa 以内或大于气举工况下的压力,那么井下控制井下安全阀安装的位置太深或不适合使用。通常建议井

下控制井下安全阀置于小于 305 m 的较浅位置。

- c) 确定管压型阀的尺寸,使其在井底流体压力低于试井产量下的压力,和井下控制井下安全阀的压力高于未注气(自喷)采油产量下的压力下即关闭。关闭压力不小于 345 kPa,小于阀正常的操作压力,以避免妨碍阀关闭。对于气体增压型阀,也需要如自喷油气井 B.3.2 d) 中所述,对温度值进行调整。

B.4 注入型安全阀

建议按照以下步骤来确定注入型安全阀的尺寸。

- a) 获得代表性的注入流速。见表 B.1。
- b) 计算或测量步骤 a) 注入条件的上游压力。在计算中使用合适的垂直流相关性。如果在试验期间安装了注入型安全阀,则计算孔口的压降以确定合适的上游压力。
- c) 对于特定类型、型号和尺寸的注入型安全阀,选择节流孔尺寸或要求的压差。节流孔内径足够小才能产生足够大的压力差来打开注入型安全阀。此外,选择能够最大程度减少对油管的冲蚀/侵蚀的节流孔内径和材料。对于每一种尺寸和型号的注入型安全阀,遵循供应商/制造商推荐的压差范围。孔口通常连接到流量管,以控制注入型安全阀位置(打开或关闭)。当节流孔直径超过流体管线直径 80%时,计算出的压降值不可靠。对于注入型安全阀孔板流量系数和压降关联式以及节流孔从制造商处获得。

表 B.1 井下控制井下安全阀尺寸数据表示例

公司 _____ 日期 _____
位置 _____ 矿区和井 _____

B.1 井数据 油井

油产量(气举/自喷)	_____	m ³ OPD(BOPD)
出水量	_____	m ³ WPD(BWPD)
气油比	_____	m ³ /m ³ (cf/bbl)
分离器压力	_____	MPag
自喷井井口压力	_____	MPag
原油密度	_____	g/cm ³
饱和压力	_____	MPag
注气量(仅气举)	_____	Mm ³ /d(MMCF/D)
注气深度(仅气举)	_____	m(ft)

B.2 井数据 气井

气产量	_____	Mm ³ /d(Bcf/d)
气体凝析率	_____	m ³ /Mm ³ (bbl/Bcf)
水/气比	_____	m ³ /Mm ³ (bbl/Bcf)
自喷井井口压力	_____	MPag
凝析液密度	_____	g/cm ³
“n”背压平衡系数		

B.3 完井和储层资料

产区深度(TVD) _____ m(ft)
 井下安全阀深度(TVD) _____ m(ft)
 油管直径 _____ cm(in)
 井底静态压力 _____ MPa
 井底流动压力 _____ MPa
 井下安全阀处/下方的压力 _____ MPa
 井底静态温度 _____ °C(°F)
 流体井口温度 _____ °C(°F)

B.4 标准假设(油/气)

分离器气体密度(0.7/0.6w/Air=1.0)
 水密度(1.07/1.05)
 管柱的绝对光洁度(0.0018/0.0006)
 节流孔排出口系数(0.85/0.90)
 标准压力 0.101325/0.101325(14.696/14.696) _____ MPa
 标准温度 15.6/15.6(60/60) _____ °C(°F)

B.5 定向井数据

MD _____, _____, _____, _____, _____, _____, _____, _____ m(ft)
 TVD _____, _____, _____, _____, _____, _____, _____, _____ m(ft)

B.6 现有的井下安全阀数据(如适用)

节流孔尺寸 _____ mm(in)
 阀代码或流管内径

B.7 尺寸数据

阀代码或阀类型(mfr.& 规格)
 节流孔尺寸(1) _____ cm(in), (2) _____ cm(in), (3) _____ cm(in)
 或
 压力差(1) _____ MPa, (2) _____ MPa, (3) _____ MPa
 计算出的关闭率与测出的产量之比:
 (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____ (5) _____

附 录 C
(资料性)
井下安全阀试验

C.1 总则

本附录提供了井下安全阀现场泄漏试验的程序。用户/买方应按照 8.4.1 的规定记录和保存每次试验的结果。

当直接测量不可行时,本附录提供了运用压力恢复法来推算封闭腔体内泄漏率的方法。只有试验结果可验证和可重复,试验结果符合规定要求和书面程序时,才可使用此类替代方法间接进行泄漏率测算。

C.2 地面控制井下安全阀试验程序

C.2.1 记录控制压力。

C.2.2 将控制系统与井隔离以便试验。

C.2.3 关闭井口。

C.2.4 稳压至少 5 min 或地面控制井下安全阀闭合机构中建立稳定的液体压力所需的时间。记录关闭的油管内压力。

C.2.5 将控制管线压力源与地面控制井下安全阀控制管线隔离。观察控制管线压力的升高或降低。如观察到控制管线压力发生变化,则查找原因、记录并采取必要的纠正措施。

C.2.6 试验期间,采油树生产阀门、采油树阀或管汇上阀门的任何泄漏都应进行泄漏位置确定、试验和标识。释放施加的控制管线压力,关闭地面控制井下安全阀。关闭控制管线系统,观察压力是否上升,检查地面控制井下安全阀系统是否存在故障。如观察到控制管线压力发生变化,应查找原因并记录压力变化情况,采取必要的处理措施。

C.2.7 将井下安全阀上方油管内压力泄至最低,然后通过关闭采油树生产阀门、采油树阀或管汇上的阀关井。记录由此产生的油管压力和阀腔下游压力。如有可能,泄去生产管线压力至油管压力或低于油管压力,观察生产管线和油管的压力变化。

C.2.8 进行泄漏试验,记录试验结果。如未关闭地面控制井下安全阀,或气体泄漏率超过 $0.43 \text{ m}^3/\text{min}$,或液体泄漏率超过 $400 \text{ cm}^3/\text{min}$,应保持关井状态,直到采取以下纠正措施之一:

- a) 修复、维修或更换井下安全阀,以符合验收标准;
- b) 形成书面的后续作业风险评估,并得到批准。

注:继续作业可能需要管理部门再次批准。

对于气井,不能直接测量井下安全阀下部压力,可运用公式(C.1),通过压力恢复法来计算泄漏率。

$$q = 2.84 \times 10^3 \left(\frac{P}{Z} - \frac{P_i}{Z_i} \right) \left(\frac{1}{t} \right) \left(\frac{V}{T} \right) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- q —— 泄漏率,单位为立方米每分(m^3/min);
- P_i —— 试验开始时的初始压力,单位为兆帕(MPa);
- P —— 试验开始后规定时间测得的压力,单位为兆帕(MPa);
- Z_i —— 初始压缩系数;
- Z —— 规定时间的压缩系数;

- t ——达到目标压力后稳压时间,单位为分钟(min);
- V ——井下安全阀上方油管柱中的气体体积,单位为立方米(m^3);
- T ——井下安全阀的绝对温度,单位为开尔文(K)。

对油井,压力增量取决于静态液位和含气量。如果液位高于井下安全阀,且油管管柱至主阀内没有游离气体,应采用公式(C.2)、公式(C.3),通过单相液体方法计算泄漏率。

$$V = V_i \left(\frac{P - P_i}{M_B} \right) + V_i \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

$$q = \left(\frac{V - V_i}{t} \right) \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- q ——泄漏率,单位为立方厘米每分(cm^3/min);
- V_i ——开始试验前,井下安全阀上方油管柱中的液体体积,单位为立方厘米(cm^3);
- V ——在规定时间内,地面控制井下安全阀上方油管柱内的液体体积,单位为立方厘米(cm^3);
- P_i ——试验开始时的初始压力,单位为兆帕(MPa);
- P ——试验开始后规定时间测得的压力,单位为兆帕(MPa);
- M_B ——地面控制井下安全阀上方油管柱内的液体体积模量,单位为兆帕(MPa);
- t ——试验时长,单位为分钟(min)。

注 1: 上述单相液体法公式代表了一种基于井口压力变化估算泄漏率的简化方法。相关误差取决于多个因素,包括压力表/传感器精度以及其他输入参数。

注 2: 如果油管管柱内有游离气体(即如果油管柱任一点的油压均低于泡点压力),则宜考虑其他因素,比如油管柱内的气体膨胀以及潜在的气体冷却效应,这些因素会引起压力急速下降。

C.3 井下控制井下安全阀和注入型安全阀试验程序

- C.3.1 按操作手册规定的方法关闭井下安全阀。如果阀门不能进行现场试验,见 6.3.2。
- C.3.2 在井口或附近关井,将井和生产管线隔离。
- C.3.3 将井下安全阀上方油管内压力泄放至最低,然后通过关闭采油树生产阀门、采油树阀或管汇上的阀门关井。如可能,泄去生产管线压力至油管压力或低于油管压力,观察生产管线和油管的压力变化,以确定地面阀是否发生故障。任何采油树阀或管汇上的阀门有泄漏都应先维修,再进行试验。
- C.3.4 进行泄漏试验,记录试验结果。对于气井,应运用公式(C.1),通过压差来计算泄漏率。
- C.3.5 对油井,压力增量取决于静态液位和含气量。如果液位低于井下安全阀,可运用气井公式来计算泄漏率。如果液位高于井下安全阀,则应采用单相液体方法计算泄漏率。
- C.3.6 如未关闭地面控制井下安全阀,或气体泄漏率超过 $0.43 m^3/min$,或液体泄漏率超过 $400 cm^3/min$,应保持关井状态,直到采取以下纠正措施之一:
 - a) 修复、维修或更换井下安全阀,以符合验收标准;
 - b) 形成书面的后续作业风险评估,并得到批准。

注: 继续作业可能需要管理部门再次批准。

附录 D

(规范性)

故障报告

D.1 故障报告

按照 GB/T 28259 要求制造的井下安全阀系统的操作者应向供应商/制造商提供一份设备故障报告。故障报告应在发现和确定故障的 30 d 内提交给设备供应商/制造商。故障报告应确定故障原因,调查结果应形成文件。

操作人员可选择以下方式对故障设备进行故障分析:

- a) 操作者将故障设备撤离工作现场,送至供应商/制造商处,由设备供应商/制造商和操作者一起进行故障分析;
- b) 操作者不立即从工作现场撤走故障设备,但是如在运输/验收报告确定的日期起五年内撤走设备,操作者应将设备送至制造商,由供应商/制造商进行故障分析;
- c) 操作者选择独立地进行故障分析。

操作者应将故障分析报告所选用的故障分析方法告知设备供应商/制造商。若选择方式 c),操作者应在完成故障分析 45 d 内,将失效报告发给设备制造商。制造商应按照 GB/T 28259 故障报告要求对报告做出答复。

D.2 故障报告基本内容

故障报告至少应包括以下信息:

I. 基本信息

操作人员 _____

安装日期 _____

区域和/或地区 _____

矿区名称和井号 _____

II. 井下安全阀系统信息

井下安全阀

零件号 _____

设备制造商 _____

型号 _____

油管回收式

锁紧型面 _____

密封筒 _____

钢丝回收式 _____ (地面控制井下安全阀型) _____ (井下控制井下安全阀型) _____ (注入型安全阀型)

井下安全阀锁紧心轴 _____

井下安全阀定位接头 _____

序列号 _____

工作压力 _____

公称尺寸_____

确认等级或服务级别_____

维护历史记录

Ⅲ.井资料

试井产量_____

环境条件

含砂率_____

H₂S_____

CO₂_____

其他_____

压力和温度

地面_____

井底_____

井下安全阀安装深度_____

井下安全阀安装日期_____

设备工作时间_____

异常操作情况_____

Ⅳ.试验结果

由操作者完成和/或供应商/制造商执行

故障类型_____

泄漏率_____

控制液_____

操作资料(开启和关闭压力等)

Ⅴ.故障描述

故障性质_____

观察到的可能导致故障的情况_____

上次试验成功的日期_____

故障日期_____

参 考 文 献

- [1] API Spec 14A Specification for subsurface safety valve equipment
 - [2] API Spec 14B Design, installation, operation, test, and redress of subsurface safety valve systems
-