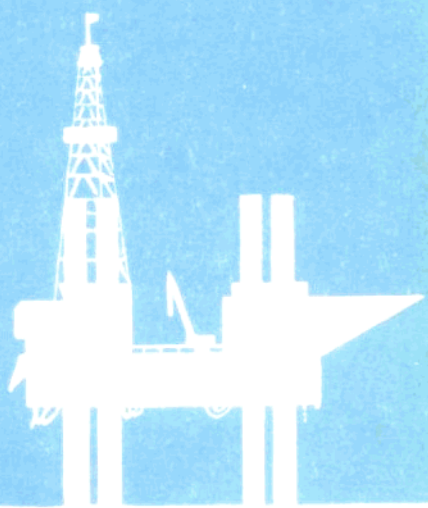


海洋石油



(海上平台安全与防火)



海洋石油研究所

前 言

遵照伟大领袖毛主席的指示：“自然科学方面，我们比较落后，特别要努力向外国学习”。为了加速我国海洋石油的勘探与开发，学习国外的先进工艺技术，全国石油钻采机械行业技术情报网组织一机部石油机械研究所、华东石油学院、大连工学院、天津大学和海洋石油勘探指挥部海洋石油研究所等五个单位，共同编译了“海洋油气集输系统参考资料”，供科研、设计、教学等有关部门参考。

“海洋油气集输系统参考资料”下分若干分册，“海上平台安全与防火”是其中之一，介绍了生产平台安全系统及其工艺设备安全分析等。

由于参与编译人员的政治、业务水平有限，时间仓促，缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

海洋石油勘探指挥部海洋石油研究所

1978.6

目 录

第一节 生产平台安全系统	(1)
1. 名词定义和安全器件代号	(1)
2. 安全分析和系统设计	(4)
3. 防护概念和安全分析	(7)
A. 防护概念	(7)
(1) 不应有情况	(7)
(2) 作为保护措施的停车操作	(11)
(3) 防止着火措施	(11)
(4) 紧急辅助系统 (E S S)	(12)
(5) 其他辅助系统	(13)
B. 安全分析	(13)
4. 工艺设备安全分析	(14)
A. 井口装置和出油管线	(14)
B. 注入管线	(16)
C. 管汇	(17)
D. 压力容器	(19)
E. 常压容器	(22)
F. 生火设备	(24)
G. 泵	(29)
H. 压缩机装置	(31)
I. 管线	(33)
5. 辅助安全系统	(35)
A. 各种紧急辅助系统 (E S S)	(36)
(1) 紧急停车 (E S D) 系统	(36)
(2) 火警回路系统	(36)
(3) 可燃气体探测系统	(37)
(4) 拦油集油系统	(37)
(5) 井下安全阀 (S S S V) 系统	(37)
B. 其他辅助系统	(37)
(1) 气源系统	(37)
(2) 天然气排入大气系统	(38)
6. 试验程序与报告制度	(39)
A. 安全系统的试验	(40)
B. 试验公差	(41)
C. 报告制度	(41)

7. 安全系统性能鉴定表	(45)
第二节 平台安全阀系统	(49)
1. 井上安全阀	(53)
A. 阀门执行机构 [18]	(54)
B. 出油 (气) 管压力监控器	(58)
(1) 气动式压力监控器	(59)
(2) 电气式压力监控器	(62)
2. 井下安全阀 [21]	(63)
A. 井下控制式井下安全阀	(65)
井下控制式井下安全阀的校准	(66)
校准工作的质量检查	(67)
安全阀的试验架试验	(67)
压差式井下安全阀的操作	(68)
环境压力式井下安全阀的操作	(70)
B. 井上控制式井下安全阀	(71)
工作原理	(72)
安装深度	(72)
控制介质	(74)
C. 井下安全阀的可靠性	(76)
第三节 平台火灾及其消防系统	(77)
1. 发生平台火灾的原因和燃烧过程原理	(77)
2. 从消防角度看生产平台的设计原则 [35]	(80)
3. 安全生产平台的典型例子 [42]	(81)
4. 生产平台的消防设施	(84)
5. 灭火剂的性质 [45]	(86)
二氧化碳	(87)
干粉灭火剂	(87)
泡沫灭火剂	(88)
卤化物灭火剂	(89)
6. 自动信号系统 [45]	(91)
A. 自动信号系统的功用	(92)
B. 火警探测器	(92)
定温式探测器	(93)
定温式探测电缆	(93)
易熔环节与石英玻璃管	(93)
升温率式探测器	(93)
混合式探测器	(95)
烟雾探测器	(95)
C. 可燃气体探测器	(96)

接触燃烧式气体探测器·····	(96)
半导体气体探测器·····	(98)
D. 易熔环节和自动脱扣器·····	(100)
第四节 其他油气集输场所的消防设施·····	(101)
1. 油码头区·····	(102)
2. 油罐区 [46] ·····	(102)
3. 天然气加工厂、炼厂等·····	(106)
4. 其他场所·····	(106)
第五节 消防船舶和救生设备·····	(107)
1. 消防船舶·····	(107)
2. 红一号消防平台·····	(111)
3. 平台救生设备·····	(117)
(1) 平台救生艇 [57] ·····	(117)
(2) 滑梯 [59] ·····	(121)
(3) 救生衣 [61] ·····	(121)

从生产过程来看，海洋油、气集输的安全问题有三个方面：（1）开采和加工处理时的安全问题，即生产平台安全问题；（2）运输和装卸时的安全问题，即油轮、液化气轮、输油输气管线和装卸码头的安全问题；以及（3）储存中的安全问题，即油罐或气罐区的安全问题。

从造成事故的原因来看，有由工作疏忽造成的，有由漏油、漏气造成的，有由安全设备发生故障造成的，有由气候恶劣造成的。

从事故造成的后果来看，有因井喷使井身坍塌，生产井报废；有因失火或爆炸使设备破坏；有因流油造成环境污染；有因硫化氢中毒或其他事故引起人员伤亡。

上述问题的每一方面都有一套理论和实践问题以及安全设备的设计、安装和试验等问题。如对每一个方面的安全问题都加以详细叙述，势必篇幅浩繁，超出本书范围。因此，这里只对近海生产平台的安全措施与设备作一比较详细的介绍，作为对海洋油、气集输其他方面的安全要求的一个例子。这套分析、设计、安装和试验的方法以及所采用的安全设备也同样适用于诸如油码头、油罐区、天然气加工厂等其他油、气集输场所。故在谈到这几个方面的安全措施和设备时只叙述它们对安全提出的特殊要求和所用的特殊设备。

此外，本章还将介绍生产平台安全设备中的一个重要部件——井口安全阀，包括井上安全阀和井下安全阀，特别是井上控制的井下安全阀的工作原理和优缺点；在设计生产平台时，从安全角度考虑，目前采用的设计原则；各种灭火剂的特性和用途；自动信号系统和各种探测器的的工作原理和简单构造；以及各种油、气集输所用的消防设施。

第一节 生产平台安全系统

生产平台孤立海上，离岸较远，交通不便，地方狭窄，设备高度集中，而处理和输送的介质都是易燃品，一旦发生事故，往往引起火灾，造成巨大损失，故平台的安全问题一开始就是个重要问题，必须全面考虑，周密设计。根据石油工业多年来积累的经验 and 知识，对平台的安全问题进行全面的、系统的分析，然后进行设计、安装并定期检查、试验，是一种行之有效的、保障安全的方法。采用这个方法，再加上对全部生产设备进行完善的设计，良好的保养和维修，以及正确的操作使用，生产平台的安全问题基本上可以得到保证。

美国石油学会提出一种“近海生产平台基本的井上安全系统的分析、设计、安装和试验”方法，可供我们参考，故详细介绍于后〔1〕。

1、名词定义和安全器件代号

为了讨论和分析的方便，对于安全方面的各种名词应有明确定义，各种安全器件和工艺设备也应有标准代号。

安全器件的代号用三个到四个字母组成。第一个字母表示被测量或对执行机构起促动作用的变量，如压力、温度、流量、液位等。第二个字母永远是“S”，表示它们是在紧急情况下起保护作用的器件。第三个字母“V”表示“阀”，“E”表示“元件”，或起促动作用的变量极限（“H”表示变量达到上限时发生作用，“L”表示变量达到下限时发生作用）。如果同一工艺设备用两个或两个以上的相同安全器件来保护，则在该安全器件的字母代号下加一数字，表明它是第几个这样的安全器件，如果只有一个，则代号下不加数字。

表 9—1

探测元件和自动执行机构				
变 量	安全 器件名称		符 号 *	
	普通用途	紧急用途	单作用元件	双作用元件
制 流	止回阀	反向安全阀		
	减压阀	减压安全阀		
	可燃气体的探测	分析安全阀		
流 量	流量探测	流量安全阀		
	低流量探测	流量安全阀		
液 位	液位探测	液位安全阀		
	液位探测	液位安全阀		
压 力	高压探测	压力安全阀		
	低压探测	压力安全阀		
	卸压阀或压力安全阀	压力安全阀		
	保险片或安全帽	压力安全元件		
压力或真空	进排气阀	压力安全阀		
	进排气孔盖	压力安全阀		
真 空	真空安全阀	压力安全阀		
	保险片或安全帽	压力安全元件		
温 度	易燃材料	温度安全元件		
	高温探测	温度安全阀		
	低温探测	温度安全阀		

关 断 阀				
用 途	各种 控制 探测 符号			
	普通用途	紧急用途	单行断	复行断
井口装置上的井上安全阀 (3SV)				
所有的其他关断阀 (3DV)				

安全器件的代号和符号如表 9—1 所示。代号上加一圆圈，并用一直线引向安全器件。

用安全器件保护的工艺设备的代号有一套标准的编制方法，如表 9—2 所示。设备代号包括两个字母和一个四位数。第一个字母表示工艺设备的类型，不属于 A 到 L 的设备用字母“Z”表示。第二个字母表示工艺设备的用途，用来修饰第一个字母所代表的设备，或者表示该设备的一种变型，或者对该设备作进一步的说明。对于没有修饰语的设备，则在第二个字母的位置上填“φ”。代号中的最后四位数为采油单位的设备编号。同一场所的同一种设备，编号不能重复。图 9—1 示出用来表示保护某种工艺设备的某种安全器件的两个完整的代号例子。

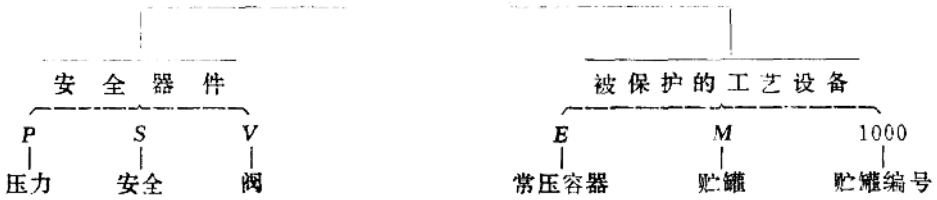
工 艺 设 备 代 号

表 9—2

		第一个字母	第二个字母	其余字符	
		x	x	x x x x	
		工艺设备类型		工艺设备用途	
字母	工艺设备	表示用途的可 用 修 饰 语		修 饰 语	工 艺 设 备
A	井口装置	Q, R, S		A	分离器
B	出油(气)管线	Q, R, S, 1—9		B	洗涤器
C	管汇	无(φ)		C	分洗器
D	压力容器	A到K		D	分液器
E	常压容器	D, F, H, K, L, M		E	接触器
F	泵	无(φ)		F	生火容器
G	压缩机	无(φ)		G	间接加热器
H	管线	T, U, W		H	重热器
K	平台	N, P, Q, R, S		K	沉淀器
L	封闭区域	无(φ)		L	撇油器、污水坑 或废油坑
Z	其他	无(φ)		M	贮罐
				N	生活设施
				P	加工设备
				Q	多层生产井
				R	潜水装置
				S	多井集油系统中的 卫星井口装置
				T	流入的
				U	流出的
				W	双向流动的
				1—9	出油(气)管段
				注	如不用用途修饰语, 则用“φ”。

例 子 A

P S V E M 1000



例 子 B

P S H 2 G φ 1000

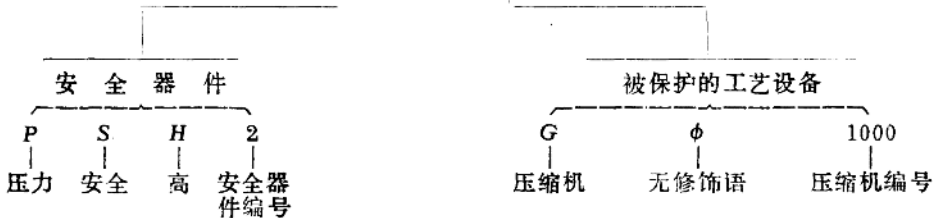


图 9—1 安全器件代号举例

2、安全分析和系统设计

生产平台安全系统所要达到的目标是保护人员生命和设备投资，保护环境不受污染。安全分析是要弄清哪些不应有情况对安全具有威胁 并确定哪些安全措施可以防止不应有情况的发生以及万一发生的话可以尽量减少其危害性。利用油气开采实践中行之有效的系统分析法，可以确定对安全的各种潜在威胁。这里提出来的各种安全措施都是通过长期实践证明有效的工业中常用的安全措施。生产平台的系统分析再加上安全措施就构成生产平台的安全分析。

为了确定安全器件的安装位置，必须绘制安全流程图，用来说明生产过程中发生不正常操作情况时，这些不正常情况如何引起事故，如何造成人员伤亡、设备破坏和环境污染，用线条和方框指出它们的因果关系，用代号指出什么地方应当放置什么安全器件。从安全流程图可以看到，跑油跑气差不多是造成所有事故的总根子。因此，安全系统要达到的最大目标是防止油气从各种生产设备和管线中跑出来，并在万一跑出来时尽量减少其危害性。

图 9—2 为一生产平台的安全流程图。从此图可以看出，安全系统所要达到的主要目的有以下几点：

- (1) 防止发生可能使油气跑出来的不正常或不应有情况。
- (2) 关闭整个生产线，或关闭其一部分，使油气不要继续跑出来。
- (3) 拦住和收集跑出来的油；跑出来天然气则要使它扩散。
- (4) 防止跑出来的油气着火。
- (5) 如果失火，关闭整个生产平台。
- (6) 防止不应有情况使未发生不应有情况的设备跑油跑气。

如在平台上遇到生产过程以外的原因造成的事故，除非它能影响过程或引起火灾，否则不会自行扩散蔓延。如果影响生产过程，应把整个生产线或其一部分关闭。如已失火，安全系统应把平台上除消防设备以外的所有其他设备统统关闭。造成这类事故的原因可能是由于自然灾害、船舶或直升飞机与平台碰撞、工具或机械破坏，也可能由于工作人员疏忽。图9-2示出外来故障（由生产过程以外的原因引起的故障）是如何影响生产过程的。

安全系统对于生产过程的保护作用是通过下列方式实现的：（1）如发生故障的不应有情况是可以探测的，则由探测器自动探测，并把信号传给执行机构，自动采取相应的安全保护措施。（2）如果工作人员发现某种不安全情况，或者自动警报发出后提醒他，看到这种不安全情况，则由工作人员开动自动保护系统。（3）依靠辅助系统的一天24小时的连续监视和保护，可使跑油跑气造成的影响减少到最低限度。上述第（2）种设备是一种人工操纵的紧急停车（ESD）系统。这个系统不但有人平台上需要，即使不是经常有人的平台上也需要，因为很多不幸事件和设备事故是工作人员在使用该设备时造成的。所以，除了自动安全系统之外，还要有利用人来开动的紧急停车系统。

平台安全系统是根据下列要求来分析和设计的：

a. 设计生产过程的一切设备时，要把生产上的安全问题放在首位。要采用工程技术上认为是优良的设计保证安全操作。

b. 为了防止和减轻生产过程中任何一台设备出故障时造成的影响，一套安全系统应能提供两级保护。安全设备的控制系统须与生产过程的控制系统分开，自成一独立系统。两级保护系统所用的安全器件应与一般生产过程中所用的器件在功能上有所差别，保护的也比较大，因为两个器件如果一样，它们的固有缺点可能也是相同。

c. 两级保护系统应由最高级保护（一次保护）和次高级保护（二次保护）装置所组成。采用何种一次或二次保护装置比较合适，应该根据具体情况，具体分析。例如，为了防止容器因压力过高而破坏，可用一个高压（PSH）和一个低压（PSL）探测器保护。PSH的作用是在容器压力变得太高以前，把它关闭。PSL的作用是在该容器破坏后，把它关断。但经过考虑后发现，如用一安全阀（PSV）来代替PSL效果更好，因为安全阀能把过多的气体引导到一个安全地点去放掉，而且，在PSH可能还来不及采取足够及时的纠正措施的紧急情况下，安全阀都能作出迅速反应，防止容器破裂。

d. 利用系统分析方法来分析生产过程，可以确定设备的安全要求。把某台设备作为一个独立单元进行分析，并假定进口和出口情况都处于最不利的条件下，这样得出的安全要求，适用于该设备在任何生产过程中所遇到的情况。

e. 生产平台上的全部工艺设备是指从井口到最下游的、即最后一个排出管为止的整个生产过程的一切设备，故全部工艺设备及其功能都包括在一个安全系统内。

f. 由各种得到全面保护的工艺设备组成的一套完整的工艺装置不会再受到其他安全威

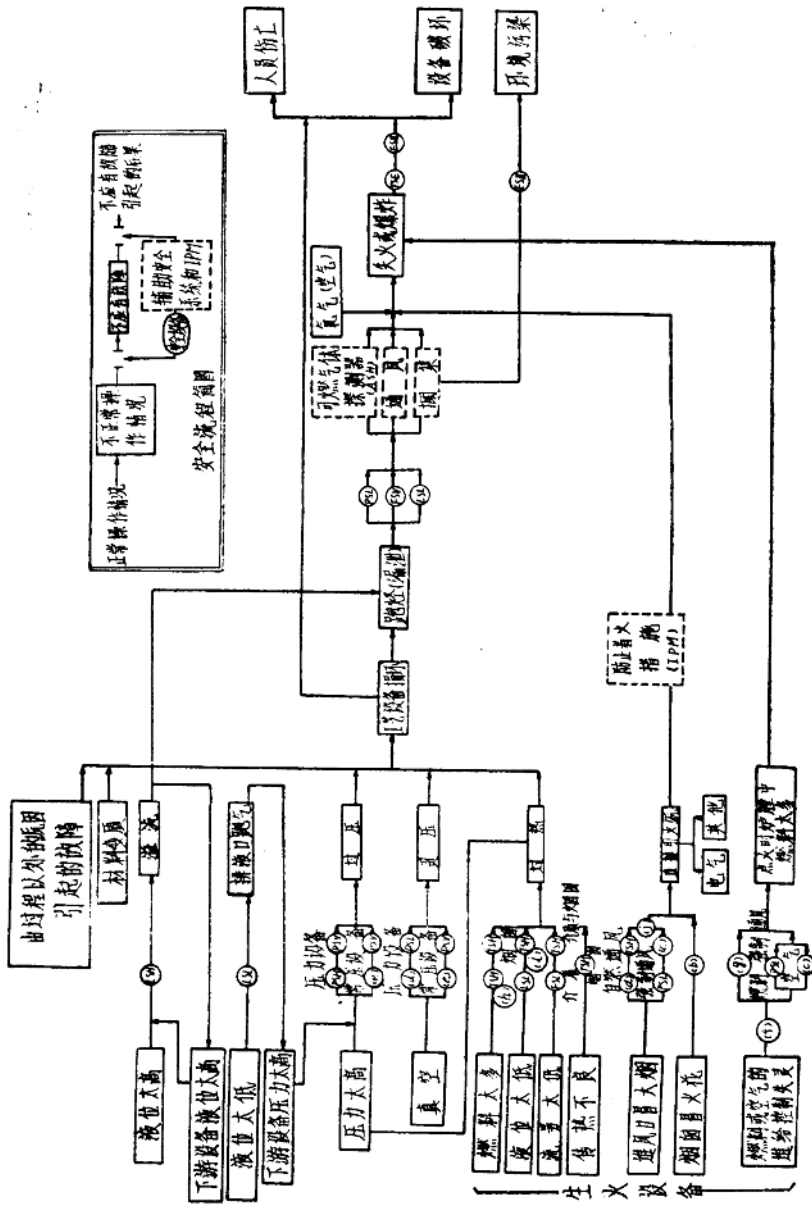


图 9-2 近海生产平台的安全流程图

- (a) 进风口火焰灭火器
- (b) 烟囱火花灭火器
- (c) 电动机启动器联锁装置
- (d) 充(天然)气阀
- (e) BSL或TSL
- (f) 通气瓶
- (g) PSH和PSL(燃料)
- (h) 传热介质或过程流体
- (i) 传热介质或过程流体和烟囱
- (j) 进风口

胁。所以，只要把所有工艺设备的安全器件都合理地安排在一个安全系统内，这套工艺装置将获得最充分的安全保护。

g. 这个分析方法将为我们提供一种设计安全系统的标准方法以及必要的检查格式。

3、防护概念和安全分析

上面已经提到，对安全威胁最大的，是生产过程中跑出来的油和气。故生产平台的安全系统的分析和设计应集中全力解决跑油跑气问题，即在出现跑油跑气情况时使它停止，以及在已经有油气跑出来时把它的影响减少到最低限度。

下文将解释本分析中采用的防护概念。

A. 防护概念

(1) 不应有情况

不应有情况或情事是一种出现在一台工艺设备中的、对安全构成威胁的反常情况。这种不应有情况可以发生在一台工艺设备的进料和出料情况都处于最不利的条件下。一台处于反常情况的工艺设备，有时可能只有一个工艺参数超出其许可范围，但也有时有几个工艺参数同时过高或过低。这种反常的操作情况可用探测器探测，并发动一个相应的关阀（停车）动作以保护该设备。

1) 过压——一台工艺设备中的压力超过其额定工作压力时的情况。

(a) 原因——造成过压的原因可能是由于输入超过输出。出现这种情况的原因，或者是由于设备的出料通道堵塞，或者是由于上游的工艺设备发生溢流或油中带气等。

(b) 后果及可测情况——过压的后果可以造成设备破裂或漏油漏气。可测情况是压力升高。

(c) 一次保护——压力容器过压的一次保护是用一个高压(P S H)探测器来关闭进料通道。如果是一台被加热的容器，探测器应同时把燃料或热源关掉。常压容器过压的一次保护是一个通气装置。

(d) 二次保护——压力容器过压的二次保护是一个安全阀(P S V)，常容器的是第二个、独立的通气装置，也可以是另一个安全阀。

(e) 安装位置——如设备分成气、液两部份，应把高压(P S H)探测器、安全阀(P S V)或通气装置安装在气相部份。探头的线路接头应布置在设备的最高位置上，减少过程流体对它们的污染。

2) 漏泄——漏泄是指油、气从工艺设备中漏到大气中来。

(a) 原因——造成漏泄的原因可能是由于设备因腐蚀、侵蚀、机械损伤、过压或过热而破坏，也可能是由于外因而破坏。

(b) 后果及可测情况——漏泄的后果是跑油跑气，可测的情况是压力降低、油气倒流和液面下降。

(c) 一次保护——为了防止压力设备以足够大的流量跑油跑气致使该设备的操作情况不正常，应当装一低压(P S L)探测器作为一次保护，以便关断进料，和一止回阀(F S V)，用以避免倒流。防止液相部份漏泄的一次保护还可有一低液位(L S L)探测器，以便关断进料。防止常压设备液体漏泄的一次保护应有一可以切断进料的低液位(L S L)探测器。为

了解决安全器件探测不出来的小量漏油问题，应有一拦集（油）系统作为一次保护。对于在通风情况不良的场所发生的、漏泄量很小、以致探测不出来的漏气情况，应当用一（可燃）气体探测系统作为一次保护。

(d) 二次保护——一切可以探测的漏泄以及通风不良场所的小量漏气，应由紧急辅助系统（E S S）提供二次保护。小量漏油的二次保护是一装在废油罐上的高液位（L S H）探测器，用来关闭有油漏出来、流到该废油罐中去的一切设备。

(e) 安装位置——如果一台设备有气相液相两个部份，高压（P S H）探测器应装在气相部份，位于设备的最高点，以减少过程流体对它的污染，避免结垢。止回阀（F S V）应装在每台设备的、其工作液体有倒流可能的出料管线上，使整条管线得到保护。但低液位（L S L）探测器应装在最低工作液面以下有足够距离的地方，免得经常停工，但与排液口须有足够的距离，防止在设备的停车动作尚未完成之前气体从排液口跑出来。

3) 溢流——溢流是指液体从工艺设备的排气口中跑出来。

(a) 原因——造成溢流的原因是输入设备的液体超过输出。出现这种情况时可能是由于上游的流量控制器失效，也可能是由于液位控制系统失效，或者出料管线堵塞。

(b) 后果及可测情况——溢流可能使下游设备压力过高，或液体太多，或让液体跑到大气中来。可测情况是液位太高。

(c) 一次保护——溢流的一次保护是用一高液位（L S H）探测器保护，关闭设备进料口。

(d) 二次保护——对于跑到大气中来的流油应当用紧急辅助系统（E S S）作为二次保护。对于流入下游设备的流油应当依靠装在下游设备上的安全器件作为二次保护。

(e) 安装位置——高液位（L S H）探测器应安装在最高工作液面以上有足够距离的位置上，以免经常停工的麻烦，但 L S H 探测器与溢流口之间要有足够的距离，防止设备的停车动作尚未完成之前液体从排气口溢出来。

4) 溢气——溢气是指气体从工艺设备的排液口中跑出来。

(a) 原因——溢气的原因可能是液位控制系统失效，也可能是有人在无意中把液位控制阀的旁通阀打开。

(b) 后果及可测情况——溢气可能使下游设备压力过高。可测情况是液位太低。

(c) 一次保护——溢气由一低液位（L S L）探测器提供一次保护，用以关断进料或液体出料。

(d) 二次保护——流入下游设备的溢气应由装在下游设备上的安全器件提供二次保护。

(e) 安装位置——低液位（L S L）探测器应装在最低工作液面以下有足够距离的地方，以免经常停工，但与排液口要有足够的距离，防止在设备停车动作尚未完成之前气体从排液口跑出来。

5) 负压——一台工艺设备的压力低于其设计挤扁压力时的情况。

(a) 原因——流体的输出超过输入会造成负压。出现这种情况的原因可能是因为进出料控制阀失灵，或者是因为在继续出料的情况下进料管线堵塞，或者是因为在进出料同时关断的情况下蒸气冷凝。

(b) 后果及可测情况——负压可以引起设备破坏或漏泄。可测情况是压力太低。

(c) 一次保护——常压设备的负压应由一足够大的通气瓶提供一次保护。压力设备的负压由一气体补充设备提供一次保护。

(d) 二次保护——常压设备的二次保护是一个与第一个通气瓶无关的第二个通气瓶或一个安全阀。压力设备的二次保护是一低压 (PSL) 探测器, 用来关断进料和出料。

(e) 安装位置——低压 (PSL) 探测器应安装在设备的最高位置上, 减少被过程流体的污垢弄脏的机会。通气瓶和安全阀的安装要求可参考API规范 2000 [2]。

6) 过热 (生火设备) ——一台工艺设备的实际工作温度超过其额定工作温度时, 叫做“过热”。生火设备中出现这种情况的原因是由于传热介质或过程流体的温度太高以及烟道气温度太高。不生火设备的过热问题将在本节第4段中的有关设备的分析中讨论。

(a) 原因——传热介质或过程流体的温度太高可能是由于燃料进给控制设备损坏或短路 (旁路), 或者是由于外来燃料从进空气口跑入炉膛, 或者是由于火管上有漏泄的地方, 或者是由于闭路循环传热系统中的传热介质 (传热介质在通过炉膛的管子中循环) 的流量太小, 或者是由于火管锅炉中的液位太低。上述原因中的任何一种都可使烟道气温度升高, 超过规定。如果传热面上有固体物质集结, 如砂子、锅垢等, 因而传热不良, 也能使烟道气的温度升高。

(b) 后果及可测情况——传热介质或过程流体温度太高可使设备的工作压力太高, 造成设备破坏或漏泄。烟道气温太高时可以变成火源, 点燃与之接触的可燃气体或液体。高温、低流量和低液位都是造成过热的预兆, 可以探测出来。

(c) 一次保护——防止由于燃料进给量太大或有外来燃料进入炉膛的一次保护是一高温 (TSH) 探测器。如果过热是由液位太低所造成, 则用一低液位 (LSL) 探测器保护。两者的作用都是为了在过热时关闭燃料和可燃介质的进给管线, 如果是直接火加热的, 则须同时关闭过程流体的进给管线。闭式循环传热系统中的传热介质温度过高如果是由于流量太小, 而且这种介质又可因为温度升高而变质, 则须用一低流量 (FSL) 探测器作为一次保护, 在过热时关断燃料。烟道气温太高的一次保护是一高温 (TSH) (烟囱) 探测器, 以便过热时关断燃料和可燃传热介质, 如果是直接火加热的, 则须同时关闭过程流体的进给管线。

(d) 二次保护——对于因燃料进给量太大致使传热介质或过程流体温度太高的二次保护, 是在烟囱内装一高温 (TSH) 探测器; 对于因流量太小所造成的, 则在传热介质和烟囱中各装一TSH探测器; 对于因液位太低所造成的, 则在传热介质或过程流体及烟囱中各装一TSH探测器。这些探测器所起的作用与在一次保护中所起的相同。烟囱温度过高的二次保护应由紧急辅助系统提供。

(e) 安装位置——除了易熔金属式或表皮接触式温度探测器以外, 其他型式温度探测器都应放在温度探测器套中, 以便容易取出或作试验。在有气液两相的设备中, 高温 (TSH) 探测器应放在液相中。在管式加热器中, 如果传热介质是在管子中用火焰加热的, 则TSH探测器应装在紧靠加热器的管子排出口处。

7) 火源 (生火设备) ——一个具有足够高的温度和足够大的热容量、可以点燃易燃物质的高温表面、火焰或火花。这里提到的火源专指与生火设备有关的火源而言。至于与电气设备等有关的其他火源, 将在本节第3 (3) 段“防止着火措施”中讨论。

(a) 原因——产生火源的途径有: (1) 进风口冒火焰 (由于使用了不适当的燃料,

如气体燃料中夹带液体燃料；或者由于自然通风燃烧器的风向倒了过来；或者因为有燃料侵入进空气通道）；（2）烟囱冒火花；或（3）因温度太高而出现高温表面。

（b）后果及可测情况——火源与可燃物质接触时可能引起火灾或爆炸。可测情况是高温或风量不足（后一点仅指强制送风的燃烧器而言）。

（c）一次保护——防止进风口冒火焰的一次保护，如系自然通风燃烧器，应在进风口内装一灭火器，把火焰限制在燃烧室内；如系强制通风燃烧器，应在送风管内装一低流量（FSL）探测器（进风口），以便在送风量太小时把燃料和火源都关断。防止烟囱冒火花的一次保护是在烟囱内装一灭火器。高温表面的一次保护是在传热介质（或过程流体）和烟囱中各装一高温（TSH）探测器。TSH探测器的作用是在介质或流体和烟道气的温度太高时关断燃料和可燃介质的进给管线。如果是直接火加热的，须同时关断过程流体的进给管线。

（d）二次保护——防止进风口冒火焰的二次保护，如系自然通风燃烧器，应在进风口内装一高温（TSH）探测器，以便必要时可以关闭燃料和可燃介质进给管线；如果是直接火加热的，则须同时关掉过程流体。如系强制通风燃烧器，应在鼓风机的电动机启动器上安装一联锁装置，当电动机发生故障时，发出信号，把燃料和进风管线都关掉。防止排气通道（烟囱）冒火花的二次保护应依靠紧急辅助系统。

（e）安装位置——进风口的火焰灭火器和烟囱的火花灭火器都是固定的，安装位置应便于检查和清理。自然通风燃烧器的进风口TSH探测器应安装在灭火器下游。烟囱、传热介质、过程流体中的TSH探测器应按照第3.2 a（b）段的规定安装。燃烧予混合气体燃料的燃烧器的TSH探测器应装在喷嘴上游。强制通风燃烧器的低流量（FSL）探测器应装在进风口内的风扇下游，而且要在风扇电动机的启动器上安装一联锁开关。

8）燃烧室可燃蒸气过量（生火设备）——燃烧室内的可燃蒸气超过引火燃烧器或主燃烧器在点火时所需的可燃蒸气量时，就叫做可燃蒸气过量。

（a）原因——在燃烧室内累积过量的可燃蒸气，可能是由于燃料或进风控制系统失效，也可能由于操作规程订得不合适。

（b）后果及可测情况——燃烧室内的可燃蒸气过量时可能引起爆炸，破坏设备。可以探测的不正常情况是熄火、燃料进给压力过高或过低、或进风压力过低、或鼓风机停车。后两种可测情况仅发生在采用强制送风的燃烧器时。

（c）一次保护——发生可燃蒸气过量的原因如果是由于燃料进给控制设备发生机械故障，应采用熄火探测器作为一次保护，当火焰的情况不能达到把进入燃烧室的可燃蒸气点燃时，熄火探测器应能把它探测出来，并把燃料关掉。这种熄火（BSL）探测器可以是光敏式（如紫外线探测器）或热敏式TSL探测器。

（d）二次保护——如果造成可燃蒸气过量的原因是由于燃料控制系统失效，应采用高压和低压（PSH和PSL）探测器作为二次保护，以便必要时把燃料源关断。如系强制通风燃烧器，还应在进风口感装一低压（PSL）探测器，并在电动机启动器上装一联锁装置，以便在进风量不足时发出信号，关掉燃料和进风管线。但也可用一低流量（FSL）探测器代替进风口的低压（PSL）探测器，用以防止进风量太小。此外，还须遵守锅炉的安全操作规程，以免在点燃引火燃烧器或主燃烧器时炉膛发生爆炸。

（e）安装位置——燃烧室内应安装一个熄火（BSL）探测器或低温（TSL）探测器，用以监视引火燃烧器或主燃烧器是否熄火或两者都熄火。在燃料管线上的每个燃料压力

调节器下游都应安装高压 (PSH) 和低压 (PSL) 探测器各一, 以便监视燃料压力。强制送风的鼓风机下游应装一监视进风压力的低压 (PSL) 探测器 (进风口)。

(2) 作为保护措施的停车操作

当安全器件或工作人员发现某一工艺设备的操作情况不正常时, 所有输入该设备的过程流体、燃料和热源都应关断, 或把它们引导到另一台能够安全地容纳或处理它们的设备中去。如果采用前一种措施 (关断或停车措施), 应当把输送过程流体的最初能源关断, 如井口装置、输送泵、压缩机等。关闭一台设备的进料通道, 并不是一个好办法, 这样做有可能使处于上游的那台设备也产生不正常操作情况。因为此时上游设备的安全器件沿着与工艺过程流向相反的方向, 一台接一台关掉, 直到最后把流体的源头关掉。故每台设备都可能出现不正常情况, 遇到下游设备关断时, 必须依靠它自己的安全器件来保护。对于某一台设备来说, 这种连锁反应是由于另外几个安全器件发生了作用, 其结果可能使该设备处于应力过大状态。

(1) 为了增加保护作用, 提高安全程度, 或为了在源头关掉以后防止上游设备的压力与液位与相邻的下游设备拉平, 必须关闭下游设备的进料阀。在此情况下, 应在关闭下游设备进料阀的同时或之前, 把源头关掉。

(2) 可能有些特殊情况, 在此情况下, 连锁反应关断操作可以允许。例如, 接通试井分离器的管线往往要从一口生产井转向另一口生产井。为在探测到不正常情况时直接把正在试井的那口生产井关闭, 则每次从一口生产井把分离器接通到另一口生产井时必须改变安全系统的逻辑程序。有时可能忘了改变。在此情况下, 较好的办法是关掉分离器, 让出油管压力升高, 利用出油管上的高压 (PSH) 探测器发出的信号关闭生产井。试井管汇和出油管线应以由此产生的最大压力作为额定压力。

(3) 防止着火措施

从安全流程图 (图 9-2) 中可以看到, 对于一个生产平台来说, 主要危险是跑油跑气。但如没有引火的火种或火源, 跑油跑气并不可怕。因此, 防止油气被点燃的方法和设施是安全器件和紧急辅助系统之外须要考虑的另一种安全措施。能够成为火种的有: 电弧、火苗 (焰)、火花和高温表面。设计安全系统要考虑不让油气接触这些火种, 不让天然气达到极限 (可燃) 浓度。具体地说, 防止着火措施有下列几种: (1) 通风; (2) 贯彻执行电气安全法规; (3) 不让油气接触火种和 (4) 高温表面用绝热材料包住。

(A) 通风——要使可燃气体能在空气中点燃, 它与空气的比例必须达到“极限浓度下限” [或“爆炸浓度下限” (LEL)*]。安全系统应这样设计: 在探测器探得一种不正常情况时马上就发出信号把油源 (或气源) 关掉, 减少跑油 (或跑气) 的量, 使可燃蒸气在空气中的浓度不致达到 LEL; 另一种办法是增加空气的流量, 使这个浓度低于 LEL。为了防止可燃气体聚集, 工作场地应当尽量敞开, 保持空气流通。装有处理或燃烧油气的设备的房间须安装通风设备, 保证可燃气体浓度不致达到 LEL。如果不能保证, 须在室内装一可燃气体探测器 (ASH), 在可燃气体浓度达到 LEL 以下某个浓度时, 发出信号, 切断油 (气) 源。

(B) 电气安全法规和有关规程——为了防止电气设备引起火灾, 一切电气设备必须按照电气安全法规 [3] 和有关规程进行设计和保养, 并须按照有关分区标准划分危险区 [4]。

* 关于某些可燃气体或蒸气的极限 (或爆炸) 浓度范围, 参见本章第三节第一段。

(a) 根据美国全国电气法规第 500 条, 危险区的划分是由可能存在天然气的可燃浓度的概率来决定的。

一级一分区是这样一个区域, 在那里, 在正常情况下就持续或间断地存在着可燃气体或蒸气; 或者, 那里存放可燃物质的机会很多; 或者, 那里存在着各种不利因素凑在一起引起火灾的可能性, 因此, 对于电气设备的安装必须特别注意。

一级二分区是这样一个区域, 在那里, 不存在气体的可燃浓度, 但如设备操作不正常或发生事故, 也有可能出现可燃浓度; 或者, 那里虽然存在可燃气体或蒸气, 但同时又碰到电气设备出毛病的机会并不多。美国全国电气法规和美国电机和电子工程师学会法规第 45 号的条文规定了一套电气设备和接线方法的准则, 依照这套准则可以安全地应用于一级一分区和二分区。用于重型工业设备的电气系统只能安装在不属于一、二分区的地方。

(b) *API RP 500B* [4] 提供了为保证电气安装的安全而规定的陆地和海洋固定式和移动式钻井和开采平台的分区办法。

(c) 隔离——如生火设备和某些旋转机械那样的具有潜在火灾威胁的火源区四周通常都要安装防火墙和防火门, 借以减少跑油跑气时失火的可能性。生火设备应如何防火, 见本节第 4 段。内燃机驱动的旋转机械应当按照下面讨论“绝热”时提出的要求加以保护。更好的办法是把这类设备安装在不接触跑油跑气的地方。按照 *API RP 2G* 的要求来安装的设备具有这样的安全保证 [5]。平台上其他具有潜在威胁的火源如生活用锅炉、热水器、炉灶、衣服干燥器等, 这些设备应与工艺设备分开设置。安装生活设备的区域, 从电气安全角度考虑, 不属于危险区。这些设备如以油或天然气为燃料, 而且又安装在通风不良的室内, 则应安装一可燃气体探测器 (ASH), 以便探测到极限浓度时自动关闭装在室外的燃料管线阀门。

(D) 绝热——温度超过 400°F (约 204°C) 的任何物体表面应不让它与跑出来的原油接触。温度超过 900°F (约 482°C) 的任何物体表面应不让它有可燃气体积聚在上面。如正常操作温度超过 160°F (约 71°C), 而且人们很容易与之接触, 这种物体表面应有绝热保护。解决这个问题的最好办法是象上面谈到的那样把有高温表面的设备安装在另一区域内。其他办法有安装绝热材料、蒸发挡板、喷淋挡板、水冷却等。由火花式发动机带动的旋转机械应采用低 (电) 压点火系统。这种点火系统的设计和维修方面的要求是, 尽量不让电能跑到外面来, 以免点燃大气中的可燃气体。

(4) 紧急辅助系统 (ESS)

紧急辅助系统将在第 5 段中详细讨论。这种系统的作用是要尽量减少海上生产平台上跑油跑气所造成的影响。下列系统都属于紧急辅助系统:

(a) 可燃气体探测系统, 在发现有跑油跑气情况时, 在气体浓度达到 *LEL* 之前, 发出警报并把平台关掉。

(b) 拦油集油系统, 用来拦集跑出来的油, 并把平台关掉。

(c) 火警回路系统, 在热量达到可以引起火灾的程度时, 把平台关掉。

(d) 紧急停车 (ESD) 系统, 人们观察到某种不正常或不应有情况时, 用它来把平台关掉。

(e) 井下安全阀。这种井下安全阀可以是井下控制的井下安全阀, 由阀瓣两端的压降或阀门附近的环境压力所操纵; 也可以是井上控制的井下安全阀, 由紧急停车系统及 (或) 火警回路系统所操纵。