

# 谈钻井井喷失控事故的防范与处置

郝立军<sup>1\*</sup>, 张平<sup>1</sup>, 周璟<sup>2</sup>, 高思敏<sup>3</sup>, 樊明冲<sup>1</sup>, 黄学建<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国石油西部钻探员工培训中心, 新疆 阜康

<sup>2</sup>中国石油西南油气田分公司四川页岩气勘探开发有限公司, 四川 成都

<sup>3</sup>中国石油国际勘探开发公司(CNODC)乍得上游项目公司, 北京

收稿日期: 2023年8月30日; 录用日期: 2023年9月30日; 发布日期: 2023年10月7日

## 摘要

井喷失控是油气钻井过程中的灾难性事故, 因此杜绝井喷失控事故的发生是安全钻井的最高目标和最低要求。本文对中国石油天然气集团公司在2006年以前所发生的59井次典型钻井井喷失控案例进行分析统计, 发现在钻进与提下钻期间发生的就有53井次, 进一步找出与这53井次井喷失控事故关联频次最高的单一要素及其要素组合, 并结合当前对井喷失控事故的处置方法与经验提出了井喷失控事故的日常防范和应急处置的要点, 力求为安全钻井和科学钻井提供有效的防范方法及高效的处置措施。

## 关键词

钻井井喷失控, 事故案例, 风险因素, 要素组合, 日常防范, 应急处置

# On the Prevention and Treatment of Out-of-Control Blowout Accidents in Drilling

Lijun Hao<sup>1\*</sup>, Ping Zhang<sup>1</sup>, Jing Zhou<sup>2</sup>, Simin Gao<sup>3</sup>, Mingchong Fan<sup>1</sup>, Xuejian Huang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Staff Training Center, XiBu Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Fukang Xinjiang

<sup>2</sup>Sichuan Shale Gas Exploration and Development Co., Ltd., Southwest Oil and Gas Field Branch of PetroChina Co., Ltd., Chengdu Sichuan

<sup>3</sup>CNODC Chad Upstream Project Company, Beijing

Received: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 30<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 7<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Out-of-control blowout is a catastrophic accident in the process of oil and gas drilling, so no

\*通讯作者。

文章引用: 郝立军, 张平, 周璟, 高思敏, 樊明冲, 黄学建. 谈钻井井喷失控事故的防范与处置[J]. 矿山工程, 2023, 11(4): 466-474. DOI: 10.12677/me.2023.114057

out-of-control blowout accident is the highest goal and minimum requirement in the drilling. Based on the statistical analysis of 59 typical cases of blowout before 2006, in CNPC, it is found further that the single risk factor and its combination of factors with the highest frequency are associated with these 53 blowout accidents. Combined with the current treatment methods and experience of blowout accidents, the paper puts forward the essentials of routine prevention and emergency treatment of blowout accidents, and strives to provide effective prevention methods and efficient treatment measures for safe drilling and scientific drilling.

## Keywords

Blowout out of Control in Drilling, Accident Cases, Risk Factors, Combination of the Risk Factors, Daily Prevention, Emergency Treatment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 钻井井喷失控事故的研究背景

国内外各大油气田企业和专业化钻探技术服务企业，一直都把对钻井井喷失控事故的遏制与处置当作安全生产的最高目标和最低要求，并在生产实践中进行了积极探索和科学总结，其主要成果有三个方面：一是对钻井过程中的技术细节、操作环节、防范措施有了全面的总结和完善，各大油气田都出台和落实了一系列配套措施与制度，安全管理水平显著提升；二是对研究方法和研究思路有了积极的拓展和创新，从井筒设计与施工策划开始，加大源头管理力度，运用数理统计、数模分析，并结合实战经验对发生井喷失控事故的概率、规模等进行钻前预测和风险提示；三是不断强化应急管理，使应急救援的设备和准备有了进一步提升，特别是在1990年，针对由伊拉克与科威特战争所引发的油气井大火的灭火需求，研究和使用了一批前所未有的技术设备和抢险方法。本项目研究内容就是借鉴国内外研究方法与技术成果，对钻井井喷失控的风险要素和防范措施进行全面分析，特别是增加了一个风险要素——“管”，突出了甲乙双方在钻井项目实施过程中进行协同管理的有效性和重要性。通过《中国石油天然气集团公司井喷事故案例汇编》(下文简称：井喷事故案例汇编)中的发生在钻进及提下钻工况下的53井次案例分析[1]，找出了引发钻井井喷失控的主要风险要素和主体要素组合，提出了应急抢险中处置准备与处置安全的工作要点，为钻井井喷失控的防范与处置提供了系统思维与有效管控的方法与思路。

## 2. 钻井井喷失控事故的技术现状[2]

钻井井喷是重大安全事故，钻井井喷失控是灾难性的安全事故。

### 2.1. 钻井井喷失控事故还时有发生

近年来发生了两起最具有代表性的井喷失控事故，一起是发生在国内陆上，2003年12月23日，重庆开县境内的“罗家16H井”，在提钻过程中发生了钻井井喷失控事故，造成井场周边大面积硫化氢中毒。另一起是发生在国外海上，2010年4月20日，美国墨西哥湾“深水地平线”钻井平台，在固井候凝、拆井口准备搬家的过程中发生了井喷失控着火事故，造成了严重的人员伤亡、原油泄漏及其作业海域的环境污染。

## 2.2. 钻井井喷失控事故还难以处置[3]

钻井井喷失控的处置方案，一是地面的处置方案，在地面有效重置井口，科学实施压井；二是地下的处置方案，钻救援井，通过救援井注入加重钻井液对原井眼实施压井，或通过救援井导喷泄压对原井眼实施压井。但井场环境复杂多变，时刻都充满着安全风险与技术挑战。井喷失控时常有 7 种状况：

- 1) 大量油气无节制地喷出。常常伴有啸叫声，震耳欲聋。
- 2) 大批设备会堆积在井口。需要切割并清理井口的障碍物。
- 3) 井口环境极其复杂多变。人员需要多重防护才能进场抢险。
- 4) 救援车辆出入极为困难。大型、特种车辆多，协调困难大。
- 5) 事故现场警戒极为困难。井场周围要道与路口需强化警戒。
- 6) 事故现场后勤保障困难。救援现场因人多、车多、时间长，食宿保障、物资供应都极为困难。
- 7) 现场急需专业技术设备。现场情况复杂多变，急需一批特种技术与装备。

## 2.3. 钻井井喷失控事故还损失惨重[4]

井喷失控极易导致井场发生油气泄露、着火爆炸和井毁人亡的巨大损失，主要危害有：

- 1) 人员伤亡。若发生有毒有害气体扩散、着火或爆炸等，会引发井场及其周围居民受伤或死亡。
- 2) 设备损毁。除地面设备外，还会因地层坍塌、井口塌陷而引发油气井报废。
- 3) 环境污染。除井场环境外，还会通过河流、空气引发周围环境的污染或破坏。
- 4) 资源破坏。除因井喷而引发油气资源浪费外，还会引发对地下油气藏弹性能量的巨大破坏。
- 5) 信誉受损。事发企业除了被打乱生产生活节奏和蒙受严重的经济损失外，还会在社会上背负巨大的舆论压力。

## 3. 钻井井喷失控的风险要素[2]

甲乙双方全过程协同管理的关键就是“管”，就是要管好人的行为，要管住事的发展。因此，需要将钻井井喷失控事故的风险要素扩充为“人、机、料、法、环、管”等六大要素。

### 3.1. 钻井井喷失控六大风险要素的涵义

“人、机、料、法、环、管”六大要素，彼此之间，既相对独立、相对明确，又相互关联、相互影响，对其涵义界定如下：

1) 人——人员(Man)：主要是指岗位人员防范安全风险的操作能力和团队精神等。

2) 机——机器(Machine)：主要指在用的井控设备或井控设施等。由井喷发展到井喷失控，常见的有 3 种情况：

① 井口防喷器系统未装好，无法应对突发状况。设计中对浅层油气分布不清楚，施工中对风险防范意识不强，往往是压力变化来势凶猛，井喷失控出乎预料。

② 井口防喷器系统未调试，无法满足防喷需求。一是防喷系统自身失效，；二是岗位人员维护保养不力、关井操作失误；三是因发生油气侵时处置措施不当导致井口压力超出了防喷器的额定压力。

③ 井口防喷系统未达标，无法适应特殊需求。遇到设计外的地表气候、周边环境与储层状况等。

3) 料——材料(Material)：指电力保障、钻井液材料和井控备件的机械特性、物理参数、化学性能及其储备量不足等。

4) 法——方法(Method)：指该井的技术设计、工艺流程、操作规程、管理制度及安全文化建设水平等[5]。

5) 环——环境(Environment): 既包括井场地面气候、周边环境又包括地下储层特性等最新资料。

6) 管——协管(Co-operation Control): 钻井工程项目的甲乙双方对钻井安全负有同等的管理与监督责任, 重点是依据全过程管理要求对岗位人员的行为和各个重要节点的操作进行严格把控。

### 3.2. 钻井井喷失控的风险要素分析[2]

根据事故案例汇编中 59 井次的井喷失控事故案例剖析, 发生在提下钻、钻进、测井、固井完井及其他工况下的分别是 28、25、3、2 和 1 井次, 其中提下钻与钻进工况下发生井喷失控事故井次最多, 为 53 井次, 合计占比 89.8%, 处于绝对高位。测井、固井及其他工况也有可能发生井喷失控事故, 但整体占比只有 10.2%。按照“人、机、料、法、环、管”六大风险要素对提下钻和钻进工况下发生钻井井喷失控事故的 53 井次进行主体要素组合和主要风险要素统计, 见表 1 和表 2。即, 表 1 告诉我们, 每一次井喷失控事故的发生都不是某个单一要素的结果, 往往是多个要素同时发生失误。一次因 6 个要素同时发生失误而引发事故的占比最少, 仅为 5.7%; 由 3 个要素同时失误引发事故的占比也只有 16.9%; 但由 4 个要素同时发生失误引发的占比最高, 为 47.2%; 由 5 个要素同时发生失误引发的次之, 占比达到 30.2%, 后两者的合计占比达到 77.4%, 也就是说在多数情况下是由 4~5 个要素屏障都被无情地击穿才会导致钻井井喷失控事故的发生。表 2 进一步告诉我们, 每次钻井井喷失控事故的发生都有“人”的因素, 频次最高, 占比为 100%。“环”、“管”、“法”三大风险要素的频次次之, 占比分别为 86.8%、86.8%和 84.9%。频次占比更低些的是要素“机”, 为 52.8%。占比最低的是要素“料”, 仅为 13.2%。因此得出以下认识:

**Table 1.** Combinations of the risk factors causing blowout out of control in 53 wells during tripping and drilling

**表 1.** 在提下钻和钻进期间引发 53 井次井喷失控事故的要素组合

| 项目                  | 同时引发井喷失控的要素组合 |       |       |       |       |       | 合计  |
|---------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|                     | 1 个要素         | 2 个要素 | 3 个要素 | 4 个要素 | 5 个要素 | 6 个要素 |     |
| 53 井次中的井次统计<br>(井次) | 0             | 0     | 9     | 25    | 16    | 3     | 53  |
| 53 井次中的井次占比<br>(%)  | 0             | 0     | 16.9  | 47.2  | 30.2  | 5.7   | 100 |

**Table 2.** Single risk factor causing blowout out of control in 53 wells during tripping and drilling

**表 2.** 在提下钻和钻进期间引发 53 井次井喷失控事故的单一要素

| 项目              | 可能引发井喷失控的风险要素类别 |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|                 | 人               | 机    | 料    | 法    | 环    | 管    |
| 53 井次中的井次统计(井次) | 53              | 28   | 7    | 45   | 46   | 46   |
| 53 井次中的井次占比(%)  | 100             | 52.8 | 13.2 | 84.9 | 86.8 | 86.8 |

#### 3.2.1. 引发钻井井喷失控的关键要素在“人”

钻井过程中, 从井内发生油气侵, 一直到发生井喷失控是一个动态的、不断变化的发展过程, 每一个发展阶段的安全屏障及其相应的风险预防及应急处置的措施都因人的不作为或乱作为而变得形同虚设。综合分析这 53 井次钻井井喷失控事故, 其主要问题是: 1) 区域资料的收集与分析不到位, 对地层能量的认识与准备不足(如油气层的位置、物性、产能、压力、有毒有害气体等); 2) 井控设备的安装与维护不到位, 对操作失误的认识与准备不足, 如, 车古 53 井, 人员缺乏岗前培训, 忙中出错、动作变形

等；3) 井控措施的设计与执行不到位，对技术风险认识不足(如，钻遇缝洞发育层段因重浆置换效应引发的液位下降、漏喷转换、油基钻井液的溶解效应等[3])；4) 坐岗制度的落实与处置不到位，对油气侵认识与准备不足(如，坐岗人员对地层回吐现象、提下钻钻井液正常损耗量、地面罐所补充的液量、开泵与停泵引发的液面波动量等判断失误等)；5) 积极井控的理念不牢与执行不到位，对关井时机的把握与准备不足(如，井控演习的操作与讲评不到位、发现油气侵不及时或有误判等)，可以看出，所有这些都是岗位人员履职不到位的结果，表 2 中，在引发钻井井喷失控的六大要素中，“人”出现的频率最高，为 100%，所以“人”是发生井喷失控事故的关键要素。

### 3.2.2. 决定钻井井喷失控的强度要素在“环”

井场的地下环境与地面环境都制约着钻井井喷失控的强度。地下环境是井喷的动力源泉，综合分析提下钻与钻进工况下发生钻井井喷失控事故的 53 井次，环境要素主要表现为：1) 对地下环境的认识与准备不足。低估了地下产能与流体性质(如，对油气层的厚度、物性、压力、产能、气油比与有毒有害气体，特别是硫化氢的含量等认识不足；对由邻井或邻区的压裂施工、长年注水、注汽、注气所引发的局部异常高压或异常低压的认识不足等)。2) 对地面环境的认识与准备不足。低估了地面环境受井喷破坏后对井喷所形成的叠加效应(如，井场周围的极热或极寒等异常气候条件、池塘鱼虾、农田庄稼、原始森林等脆弱的植被与水系等生态系统、井场周边 5 km 范围内的居民、学校、工厂、矿山、道路等)。总之，地下有充足的油气层资源和地层能量才能引发井喷失控；地面环境因受污染、人员中毒等就会放大井喷失控的规模与负面效应，如，1) 罗家 16-H 井因发生了硫化氢中毒而升级了事故性质；2) 墨西哥湾深水钻井平台井喷着火事故，因为大面积海域受到严重污染而备受世界关注。表 2 中，由要素“环”引发井喷失控的占比达 86.8%，由此可见，环境要素对井喷失控事故的发生起着推波助澜的作用。

### 3.2.3. 钻井井喷失控的根本要素在“法”

规章制度和该井设计是预防井喷失控的前提，但有意无意地不执行设计和规章制度时常会诱发井喷失控事故的发生。实践中，还有因带班领导的误判与错误指令而痛失最佳关井时机的现象。综合提下钻和钻进工况下的 53 井次典型案例，体现在“法”上的主要错误有：1) 设计源头考虑不到位。淡化了井控防范意识，如，大宛 1 井的浅层气等钻井风险提示不到位等；2) 对井控管理的法律法规学习不到位，表现为“积极井控”的理念落实不到位；3) 对井喷失控的事故危害认识不到位。没有法治思维和底线思维。在司钻眼里，“疑似溢流关井检查”的积极井控法条却不如领导一句话，从而使带班司钻和全班人员又从容地错失一次关井良机，如轮南 22 井、塔 8 井发现井口外溢和霸 33 井下钻发现溢流都拒不关井而是循环排气，而迪那 2 井关井后没有按要求判断和处置，而是错误泄压等。表 2 中，要素“法”出现问题的占比达 84.9%。

### 3.2.4. 钻井井喷失控的保障要素在“机”

“工欲善其事，必先利其器”，一系列井控设备得到应用与改进，从源头设计到实时跟踪、从安装使用到维护保养、从技术研发到应用推广，防喷设备、设施、管路、套管等都是预防井喷失控的硬件保障；一系列液面监控、关井与压井措施的完善与演练都是预防井喷失控的技术保障。严格管理是使软件与硬件协调运行的保障。在这 53 井次典型案例中，出现在“机”上的问题主要有：1) 表层没有设计防喷器，如港 75 井；2) 防喷器系统或管汇系统的设计技术级别偏低，无法承担超高的压力负荷；3) 维护保养不到位，特别是没有按标准进行有效试压等。表 2 中，引发井喷失控的要素“机”占比达 52.8%。

### 3.2.5. 钻井井喷失控的基础要素在“料”

材料是预防钻井井喷失控的基础。一些井喷失控事故就是材料自身质量问题所致，如，防喷器剪切

闸板、橡胶阀件质量不达标或因加重料和处理剂的物理指标或化学性能不达标等。也有因为这些材料在采购、运输、仓储、井场管理等环节出现了质量问题导致操作使用中出现问题。综合这 53 井次的典型案例，体现在“料”上的主要问题有：1) 储备量不足，不能满足压井需求，如，玛 4 井加重料储备不足，SH1025 井放喷管线出口对着驻地，且只接出 30 m；2) 材料性能不达标，特别是钻井液材料，因性能不达标致使用量增加，钻井液综合性能却仍然不能达到预期；3) 配件不合格，有大小不合适的，也有主要技术指标不达标的，如，大宛 105 井在钻台上没有备防喷单根。表 2 中，要素“料”的占比仅为 13.2%，但“料”却是防范钻井井喷失控的重要基础。

### 3.2.6. 钻井井喷失控的结果要素在“管”

一个好的井控结果肯定是因为有一个有效的管控过程。井场是一个联合作战、协同作战的平台，钻井队是井控的主体单位，第三方技术服务队伍是井控的配合单位，甲方和乙方的项目管理机构是协调管理单位，强化过程管控，细化每一个环节，使岗位人员的行为规范和执行过程都能在甲乙双方项目部的监管检查与技术指导下受控。但现场上施工队伍“低(水平)、老(毛病)、坏(习惯)”现象却依然盛行，这就是“管”得不到位。主要有：1) 执行不到位。如，井控设计、井控条例和岗位规范执行不到位，如文 9 井未按设计密度施工，新板 43 井井口无人坐岗；2) 履职不到位。如，井控设备维护与保养、液位监控及坐岗制度落实不到位，如，赵 1 井，岗位人员无培训、无经验，依然能上岗，表明甲乙双方的管理严重缺失；3) 操作不到位。如，忙中出乱或岗位操作不熟练，容易发生误操作或动作变形；4) 执法不严。如，事故处理“四不放过”原则执行不到位；5) 技术交底不到位。对采取新技术、新工艺的井或不常见的特种作业等，技术与安全部门要联合组织技术细节交底，必要时也可以增加岗位技术培训，甚至有必要实施升级管理。如，台 7 井干钻割芯，提钻前循环不充分；京 706 井为加密调整井，打开注水层相邻注水井竟然未停注、未泄压。表 2 中，要素“管”的占比达 86.8%。

## 4. 钻井井喷失控的防范措施[2][3][4][5]

墨菲定律告诉我们，事故的发生有其必然性，但一切事故都是可防可控的。预防钻井井喷失控的主要措施是：1) 人员素质到位是基础；2) 预防措施到位是保障；3) “三早”动作到位是关键；4) 冷静处置到位是核心。“班自为战、积极应对、及时汇报、有序处置”是第一要务。5) 杜绝井喷失控是目标。严防死守，万无一失，坚决奉行“立足一级井控，做好二级井控，杜绝三级井控”井控管理原则。

### 4.1. 防范钻井井喷失控的首要措施

“隐患险于明火，防范胜于救灾，责任重于泰山”。井喷失控，之所以能顺利突破层层关卡，就是隐患排查不彻底，防范工作不到位的结果。防范井喷失控所缺的不是措施本身，而是执行好这些防范措施的行为原则，即，必须要从头、从严、从细开始，即：1) 从头开始，要求从设计的源头开始，坚持过程控制。坚持“早发现(油气侵)、早关井、早处置”的“三早”原则。只有牢记心底并坚决做到“发现溢流立即关井，疑似溢流关井检查”的理念，才有可能做到及时关井、抢占压井先机、赢得井控主动。2) 从严开始，要求从制度和设计开始，坚持严把节点。要求按照安全管理的“四全”原则(全员、全过程、全天候、全生命周期)严格管理，并按照 PDCA 循环持续改进，不断完善井控管理的方式方法。3) 从细开始，要求从施工策划的细处着手，坚持严把细节。在严格执行“风险识别、隐患排查、有序应对”的过程中，明确目标，细化责任，强化落实，一丝不苟。

### 4.2. 防范钻井井喷失控的配套措施

坚持全过程严格监督检查、严细抓好落实是实现有效管理和高效管理的配套措施。一是要完善“井

控明白人”制度，确保现场实现及时决策、科学决策。二是要加强监督、严格执法，坚持事故处理“四不放过”原则不动摇，严考核，硬兑现，竖起井控标杆。三是要完善案例分享与警示日教育活动，让事故教训变成培训资源，达到举一反三、触类旁通和警钟长鸣的培训目标。

### 4.3. 防范钻井井喷失控的基础措施

各大油田都在井控管理实践中总结和推广了一系列基础措施，包括井控管理的技术规范、操作规程、规章制度与考核办法。例如，《西部钻探井控十大禁令》简洁明了，聚焦“积极井控”的理念、强化“四条红线”的意识，瞄准“低老坏”的顽疾，大张旗鼓地实施纠错管理，做到多措并举、全员行动、及时主动、态度坚决。当前还配合工程作业智能支持系统(EISS)及其运行机构(EISC)有效实施远程决策和技术支撑，使“井控明白人”队伍、在线支撑的专家队伍在实践中快速成长；使岗位人员的法治思维与责任意识在行动中不断加强；使企业安全文化在建设中更加充实[6] [7]。

## 5. 钻井井喷失控的应急处置[8] [9] [10] [11] [12]

### 5.1. 钻井井喷失控的处理流程

一旦发生井喷失控事故，需要按应急预案组织抢险，以便把由井喷失控事故所造成的损失降到最低。

1) 立即启动井控应急预案。现场要保持信息沟通顺畅。

2) 联合成立抢险指挥部。由油气田企业和钻探企业、地方政府机构组成，联合成立三方现场抢险指挥部；并下设抢险专业小组，指定负责人与机构成员，明确联络方式(必要的话，可以使用提示板)，细化具体抢险方案。

3) 科学划分安全区(图 1)。分区依据是所检测到的  $H_2S$  浓度和井场风向与风力，需要专人连续检测有毒有害气体含量，不断验证隔离区域，由专人指挥交通与保障出入，预防发生意外爆炸，严控事故波及的区域范围。明确责任人，加强安全警戒与进出井场的车辆及人员的指挥，特别是通讯设备的管理与要求，有序发布救援进展的信息，杜绝猜测与舆情。

4) 严密关注风险点。对没有着火且不含有毒有害气体的井，应格外小心，尽力避免因着火甚至是意外爆炸所引发的伤害。对着火的井应组织消防车辆喷水降温，积极主动保护井口及其井口设施。

5) 研判井场新情况。按预案推进，按现场指令执行。

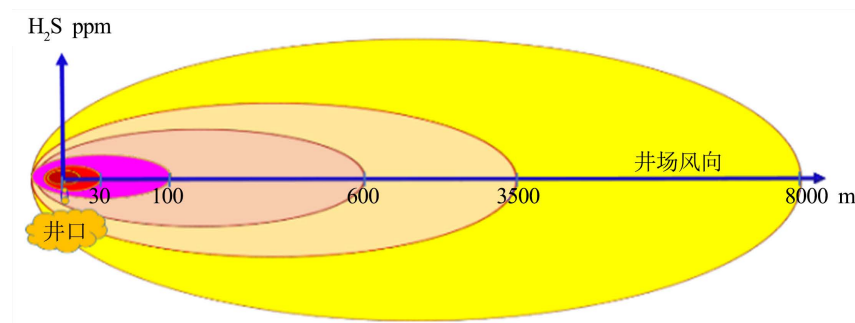


Figure 1. The sketch diagram on the range of evacuation vs. the changes of  $H_2S$  concentration, wind direction and wind force

图 1. 井场  $H_2S$  浓度、风向及风力变化与人员疏散范围的示意图

### 5.2. 当前主要的灭火方法及灭火工具[13][14][15][16][17]

注重灭火条件，观察风向、 $H_2S$  含量、易燃易爆等风险及其变化，把握动向，科学灭火。

- 1) **引开火苗**: 使用引火筒把井口火苗引到高处, 消除在井口四处喷射的火苗, 避免井场其他出气出油点着火。
- 2) **压制灭火**: 通过消防喷水降温或井口推土掩埋等实现灭火。
- 3) **隔离灭火**: 使用二氧化碳或其他灭火剂使着火物与助燃物隔离实现灭火。
- 4) **空中灭火**: 从空中向火苗投送爆炸物实现远距离高空灭火。
- 5) **压井灭火**: 钻救援井组织压井, 通过阻断油气来源实现灭火。

### 5.3. 处置钻井井喷失控的保障条件[2] [5]

- 1) “人”是关键: 鉴于井喷失控处置的危险性和特殊性, 应实现应急处置队伍专业化, 应急岗位人员职业化, 应急处置培训实战化的目标, 在一定区域迅速建立一支 3~5 人的应急处置小分队, 配合集团公司应急处置中心做好辖区内井喷失控的事故防范与应急处置工作。
- 2) “财”是先导: 根据井喷失控事故的性质和风险, 准备一笔应急资金, 用于设备购置、人员培训和现场处置。费用要纳入企业的年度经营预算管理, 列入财务专项资金, 做到专款专用, 防患于未然。
- 3) “物”是基础: 按照靠近一线、快速响应的原则, 做好片区重浆储备, 并不断完善应急分中心的布局与服务范围, 使应急战备物资的仓储、管理、保养等实现制度化、信息化检索、便捷式转运及在线式服务。组织研究急需的应急救援设备及其专项应急工具、材料等, 做好必要的物资储备。

## 6. 结论

- 1) 钻井井喷失控突发紧急、偶发少见。首先发挥片区应急储备的积极性, 就近支援, 就地处理。其次是发挥应急处置中心的仓储、运输、协调与技术支持等专业化功能, 把由事故所造成的损失降到最低水平。再者就是要发挥当地政府的协调优势, 使社会资源共享, 为应急抢险赢得社会支持。
- 2) 钻井井喷失控可防可控、重在管控。严格执行三早原则、全过程管控、纠错管理、升级管理及积极井控的理念, 发挥甲乙双方协同管理的组织优势与技术优势, 牢牢管控住人的行为和发展细节。
- 3) 钻井井喷失控事关全局、责任重大。按照有感领导、直线责任和属地管理的安全管理原则, 强化一级对一级负责的责任意识, 担负起企业的经济责任、政治责任和社会责任。

## 7. 建议

- 1) 完善推进案例分享与警示教育机制。事故就是带血的教案和昂贵的教材, 要通过事故通报打破行业庇护、单位庇护, 用真情实景还原事故真相, 按事故处理“四不放过”原则使岗位人员结合自身岗位的特点汲取教训、提高认识。
- 2) 完善推进分区分级与领导负责机制。井控管理是安全钻井的核心工作, 按照井型分地区、分级别对井控风险进行分级, 并在设计中予以安全警示和风险提示, 做到全员重视, 把井控安全的责任明确到人、落实到岗, 努力做到横向到边、竖向到底、不留安全死角, 不留管理空白, 让企业把“安全事故可防可控”变成自己享誉社会的坚定承诺。
- 3) 完善推进安全文化与社会监督机制。安全文化建设是企业实现自主安全的内在动力, 社会监督是企业自觉安全的外在动力, 合力推进企业提升自身安全能力, 用傲人的安全业绩提升企业、回馈社会。

## 参考文献

- [1] 中国石油与天然气集团公司工程技术与市场部编. 中国石油天然气集团公司井喷事故案例汇编[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.



- 
- [2] 高思敏, 吴广勤, 郝立军, 樊明冲, 杜庆福. 钻井井控安全的风险因素与技术对策[J]. 矿山工程, 2022, 10(1): 10-20.
- [3] Grace, R.D. (2003) *Blowout and Well Control Handbook*. Gulf Professional Publisher, Cambridge.
- [4] 《石油天然气钻井井控》编写组. 石油天然气钻井井控[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.
- [5] 高思敏, 张向前, 王立新, 范永均. 谈钻井井控的安全文化与现场实践[J]. 矿山工程, 2021, 9(3): 283-291.
- [6] 杜纲, 于洋飞, 熊朝东, 等. 钻井井喷失控因素分析及预防对策[J]. 中国安全生产科学技术, 2014(2): 120-125.
- [7] 高思敏, 罗煜恒, 郝立军, 樊泽鑫, 杜庆福, 黄学建, 张志伟, 樊明冲. 地质工程一体化的应用与发展[J]. 矿山工程, 2022, 10(4): 405-411.
- [8] 高成军, 王军平, 王立新, 周玉东, 张茂林, 段江. 准噶尔盆地南缘探井钻井技术现场决策与实践[J]. 西部探矿工程, 2022, 34(3): 94-98.
- [9] 王伟. 井喷失控抢险工艺优化研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆科技学院, 2015.
- [10] 王瑞娥, 张秋菊, 宋怀玉. 天然气井井喷着火的三次井控作业程序[J]. 西部探矿工程, 2004, 16(2): 42-43.
- [11] 孟会行, 陈国明, 朱渊, 等. 基于 IAHP 的南海深水井喷快速应急技术优选[J]. 安全与环境学报, 2015, 15(2): 120-123.
- [12] 李修峰, 陈国明, 孟会行, 等. 南海深水半潜式钻井平台井喷时可燃气体扩散规律[J]. 中国海上油气, 2015, 27(1): 111-115, 120.
- [13] 刘墨山, 黄平, 刘振翼. 天然气井喷点火空间范围和热辐射对井场周边设施的影响[J]. 科技导报, 2010, 28(9): 59-62.
- [14] 孟会行. 深水井喷快速应急技术与救援风险分析研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2014.
- [15] 肖润德, 杨令瑞. 水力喷砂带火切割装置研制及应用[J]. 钻采工艺, 2000, 23(3): 55-57.
- [16] Ren, M., Li, X. and Shi, F. (2012) The Research of Seabed Rescue Equipment and Method of Uncontrolled Blowout in Offshore Drilling. *Advanced Materials Research*, **616-618**, 837-843.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.616-618.837>
- [17] 马宗金. 我国陆上油气井灭火抢险技术及装备现状[J]. 天然气工业, 1997(6): 74-75.