

# 地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类梳理分析

孙建华, 刘秀美, 王志刚, 尹浩

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000)

**摘要:**近年来地质钻探孔内事故数量呈下降态势,但由于技术经济条件变化、地质钻探应用领域和范围扩大,钻孔深度增加,孔内复杂情况增多,一旦发生孔内事故,处理难度变大。应尽快对地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类进行梳理,制定地质钻探孔内事故预防和处理技术规程,推动孔内事故预防处理技术发展和规范化管理。地质钻探孔内复杂情况种类主要有钻孔漏失/涌水、钻孔弯曲、孔内温度异常、钻孔缩径/扩径、钻孔坍塌/阻滞、孔内沉渣、孔内异物和其他孔内异常等;地质钻探孔内事故种类主要有钻具事故、卡钻事故、埋钻事故、烧钻事故、套管事故、测井事故、取心事故和其他事故等。地质钻探与石油天然气钻井有着较大的工艺差异,孔内复杂情况和孔内事故种类亦与石油天然气钻井有所不同,不能完全照搬其种类划分,但应借鉴学习石油天然气钻井行业的井下事故预防处理先进技术和理念。

**关键词:**孔内复杂情况;孔内事故;地质钻探

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)01-0004-06

**Classification and Analysis on Complex Cases and Accidents in Geological Drilling Holes/SUN Jian-hua, LIU Xiu-mei, WANG Zhi-gang, YIN hao** (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** In recent years, the number of geological drilling hole accidents has declined. However, due to the changes in technical and economic conditions, the geological drilling applications and scope have expanded with the increasing of drilling depth and the complicated downhole situation. Once downhole accident occurs, the construction becomes even harder. It is necessary to sort out the complex cases and the types of accident in drilling hole as soon as possible and establish the technical rules for the downhole accidents prevention and treatment to promote the development and standardization management of the downhole accident prevention and treatment. There are many kinds of complicated case in the geological drilling hole, such as drilling leakage/water gushing, borehole bending, borehole temperature anomaly, borehole diameter reduction/expansion, hole collapse/blockage, hole sedimentation, foreign matter in hole and other abnormal situations in hole. The types of accidents in geological drilling holes mainly include drilling tool accidents, stuck drilling pipe accidents, burial drilling accidents, bit burnt accidents, casing accidents, logging accidents, coring accidents and other accidents. There are great technological differences between geological drilling and oil and gas drilling, the complex cases in holes and accident types are also different, for geological drilling, the types of accident in oil and gas drilling can not be applied mechanically, but the advanced technology and management ideas of downhole accidents prevention and treatment in oil and gas drilling industry should be learned.

**Key words:** complex situation in hole; accidents in hole; geological drilling

## 0 引言

地质钻探是地质勘查(找矿)、地质科学探测工程关键性支撑技术,是获取地下实物资料的主要手段,具有不可替代的作用和地位。与其他地质勘探工程相比,钻探工程具有投资多、规模大、周期长、风险高、技术复杂等特点,钻探作业需要花费大量的人力、物力和财力。地质钻探工程是一种隐蔽于地下

的工程作业,复杂地层和孔内复杂情况的存在,导致一些不确定性、随机性和不可预见性因素出现,产生孔内/孔底情况识别不准、判断和决策失误等情况,致使孔内事故发生。

发生孔内事故,将会导致钻进作业中断,延长施工工期,同时会影响钻探质量,延误地质资料提交。处理不当,还可能报废钻探工作量和管材,钻探成本

收稿日期:2016-11-28

基金项目:“十二五”国家高技术研究发展计划(863计划)“4000米地质岩心钻探成套技术装备”(编号:2014AA06A607);中国地质调查局地质调查子项目“《钻探工程孔内事故处理技术规程》制定”(编号:121201108000150012-09)

作者简介:孙建华,男,汉族,1962年生,研究室副主任,教授级高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程科研与示范工作,河北省廊坊市金光道77号,sjhiet@qq.com。

大幅增高;严重时,还可能导致钻探设备事故和人身伤亡事故。因此,必须充分重视地质钻探孔内事故的预防处理工作。现阶段,地质钻探孔内事故预防和处理方面出现一些新的变化,加强相关方面的调研、分析,梳理孔内复杂情况和孔内事故种类,形成行业共识十分必要。这项工作对制定地质钻探孔内事故预防和处理技术规程,推动孔内事故预防处理技术发展和规范化管理,支撑地质调查和矿产资源勘探具有积极意义。

### 1 地质钻探孔内事故现状及趋势简析

由于地质钻探行业的专业统计工作取消多年,全国、各省市区和各地勘单位鲜有完整的地质钻探孔内事故率、时间和经济损失方面的数据。通过对重点地质钻探单位的函询(电子邮件)可知,伴随钻探技术进步,特别是地质钻探管材和钻具制造质量提高,针对性的泥浆冲洗液体系和护壁措施应用,钻孔结构优化完善,钻探技术工人技能培训,现场钻探施工管理工作强化等,虽然钻探深度逐步增加,近年来的地质钻探孔内事故数量、比例均呈未出现上升趋势,一些单位、部分矿区反而出现下降态势。但是由于技术经济条件变化、地质钻探应用领域和范围扩大,钻孔深度大幅增加,复杂地层和孔内复杂情况增多,一旦发生孔内事故,处理难度变大,时间浪费和经济损失十分严重。

从石油天然气钻井行业看,近年来国内外技术进步巨大。计算机自动化控制、顶驱装置、随钻测量、井下动力钻具、新型高效钻头以及钻井液技术等,不但可提高钻井速度,降低成本,亦可减少钻井风险。伴随钻井工程实现全过程的机械化、自动化,即实现闭环控制时,钻井事故与复杂情况将会明显减少;进一步,随着钻井信息技术的发展和利用,将有可能测定钻头位置的钻进参数、水力参数、地层特性、井眼走向,并可预测地层孔隙压力、漏失压力,如此钻井工程中的许多模糊性变得清晰,许多不确定性可以确定;由于钻孔测量和测井技术的发展,部分井下情况已经可以测知或预测,如利用井内测量装置实时探知井眼的轨迹,利用 $d_c$ 指数( $d_c$ 指数是一个反映地层可钻性的综合指标。该指数在消除钻压、钻头直径、转盘转速、钻井液密度等影响因素的情况下,实现在同等钻井条件下所有钻遇地层的可钻性比较)和页岩密度计算,可以预知下部地层中

有无高压层存在;通过泵压、钻井液进出口流量、悬重、扭矩等变化,可以显示井下发生的复杂情况。因而在复杂情况初期和井下事故发生前,可利用现有数据和经验加以分析判断,得出比较切合实际的认识,这将有助于避免钻井事故发生。

但是多数专家认为,深部地质钻探面临的多样性、复杂性,小口径钻孔结构的特殊性以及地质钻探技术装备发展水平的限制,孔内事故处理难度高于石油天然气钻井。近期和未来一段时间,地质钻探孔内复杂情况增多,孔内事故处置难度增加、经济损失严重的情况不会明显改善,技术性原因分析如下。

(1)地质钻孔越来越深,应用范围进一步扩大。随着浅部资源的日益枯竭,地质勘查深度逐渐加大,中深孔比例越来越多;同时高原、海上、极地等特殊景观地区地质钻探逐渐增多。深部地质情况复杂,地应力和地温影响显现;高原常钻遇低温冻土层,极地多为冰层,海上会钻遇珊瑚礁等特殊地层,可能出现更多的钻探隐患和孔内事故。

(2)钻孔深度加大或钻遇复杂地层增多,导致孔内下入套管级数增加,钻孔结构趋于复杂,钻探成本增高,日费逐年攀升。尤其是处理孔内事故期间的台时费用往往高于正常钻进时数倍。

(3)钻探方法多样,孔内钻柱组合多变。双壁钻杆、铝合金钻杆和加强型高钢级钻杆等价格昂贵,同时发生钻具事故时,缺乏针对性事故处理工具,处理难度较大。

(4)小直径孔底动力钻具应用增多,如螺杆钻、涡轮钻、液动锤、旋冲钻具等等。同时,大位移孔和水平孔增加了孔内事故处理难度。一旦发生钻具事故,处理难度极大。

(5)冲洗液中化学处理剂的使用量增加,以及高钢级管材应用等因素,导致了钻杆腐蚀、疲劳加剧,增加了事故发生几率。

(6)新的井下事故处理器具的出现,如定向绕障工具、套管开窗工具、事故探查仪器等,丰富了事故处理手段,但是仍有较多局限性,在地质钻探特别是小口径岩心钻探中应用尚需时日。

(7)预算定额偏低和几乎没有门槛的恶性竞争,深孔钻探费用普遍偏低,导致钻探设计和施工中的安全理念弱化。石油钻井工程安全储备系数要求很高,钻探施工理念是“安全第一,以人为本”。地质钻探则不然,激烈的市场竞争导致甘愿冒着较高

风险,以小搏大,赌一把。一旦遇到较为严重的孔内复杂情况,就会事故连连。

(8)目前尚无专门的地质钻探孔内事故预防和处理相关技术标准,个别钻探单位管理工作薄弱,现场孔内事故处理多以经验为主。发生孔内事故时,一些机台不能当机立断、正确处理,而是优柔寡断,无所举措,丧失时机,甚至把本来相对简单的事故搞得复杂化。

针对现阶段地质钻探孔内事故预防和处理方面出现的新的技术变化,有必要制定地质钻探孔内事故预防和处理相关的技术标准。在此背景下,梳理孔内复杂情况和孔内事故种类十分必要。为此,中国地质科学院勘探技术研究所相关项目人员咨询了中国地质大学(北京)、中国地质大学(武汉)、中国地质科学院探矿工艺研究所、中地装(北京)科学技术研究院、山东省第三地质矿产勘查院、山东黄金地质矿产勘查有限公司等单位的专家意见,召开了座谈会,基本取得了共识。

## 2 地质钻探孔内复杂情况种类梳理

### 2.1 钻孔漏失/涌水

因地层压力异常、裂隙溶洞发育,发生冲洗液漏失;或承压地下水流入孔内、涌(喷)出孔口,导致钻进作业暂时不能正常实施的情况。

### 2.2 钻孔弯曲

由于地层和工艺因素,钻孔轨迹发生弯曲,未达到钻孔质量指标,无法满足地质要求,或可能导致钻进回转阻力增加,钻杆频繁折断,钻进作业不能正常实施的情况。

### 2.3 孔内温度异常

#### 2.3.1 孔内高温异常

因地温过高,不能使用普通冲洗液,或不能使用常规孔底(动力)钻具,并影响和干扰正常钻探作业的情况。在高温岩浆带和干热岩中的钻孔、深部地热井和超深井,常会遇到此情况。

#### 2.3.2 孔内低温异常

在永冻层、冻土层和极地等地温低于零摄氏度的地层钻进,常规钻进钻孔内可能发生回冻缩径、钻具冻结等影响正常钻进的复杂情况。

### 2.4 钻孔缩径/扩径

在遇水膨胀的水敏性地层,易发生钻孔缩径,可能导致冲洗液循环压力异常升高,孔内压力“激

动”、地层漏失,甚至导致卡钻等故障;在水敏、水化、水溶、松散和其他不稳定地层,常发生钻孔扩径,严重时会引起钻柱折断,同时影响冲洗液循环排渣,导致沉渣卡钻、埋钻,影响钻进作业正常进行。

### 2.5 钻孔坍塌/阻滞

在松散、破碎和其他不稳定地层,孔壁极易发生坍塌、掉块,提下钻时发生阻滞,产生孔内事故隐患,影响钻进作业正常进行。

### 2.6 孔内沉渣

孔内岩粉、钻屑过多,或地层中的流砂、涌砂沉淀孔底,影响钻进作业正常进行。

### 2.7 孔内异物

钻遇非岩土地层的异物(历史文物、地下人工构筑物构件等),或钻孔内有孔口落物,导致不能正常钻进的情况。

### 2.8 其他孔内异常

可导致钻探作业不能正常进行的其他孔内复杂情况,如地层蠕变、高地应力、溶洞等。另外,部分非常规复杂地层,如高压油气层、含 $H_2S$ 地层、放射性地层、海洋珊瑚礁等导致的孔内复杂情况亦可归为本类。

## 3 地质钻探孔内事故种类梳理

### 3.1 钻具事故

#### 3.1.1 钻具折断

钻杆、岩心管和各種接头等钻具在孔内发生折断、脱落的孔内事故。

#### 3.1.2 钻具刺裂

高压循环冲洗液将孔内钻杆、岩心管和各種接头等刺裂、刺漏的孔内事故。

#### 3.1.3 跑钻

在提下钻过程中,由于机械失灵、操作不当、钢丝绳断裂、钻杆脱扣等,钻具掉入孔内的事故。

#### 3.1.4 钻头事故

钻进中,钻头发生连接螺纹断裂、掉落或部件脱落的孔内事故。

### 3.2 卡钻事故

因孔壁掉块、键槽或缩径,冲洗液粘滞等使孔内钻具回转和提降受阻的孔内事故。

#### 3.2.1 坍塌掉块卡钻

主要由于地层松散、破碎、胶结性差,或因冲洗液性能不佳、提下钻时压力“激动”与抽吸作用导致

孔壁坍塌、掉块,进而造成的卡钻事故。在提下钻压力“激动”和抽吸的作用下发生的卡钻事故。

### 3.2.2 吸附卡钻

在冲洗液柱压力与地层孔隙压力的共同作用下,以孔壁泥皮为媒介,钻具与孔壁局部发生吸附导致的卡钻事故。

### 3.2.3 缩径卡钻

钻遇遇水膨胀地层、蠕变地层;或钻遇地层渗透性强、冲洗液滤失性能差(滤失量大),孔壁泥饼皮过厚,可能导致缩径卡钻事故。

### 3.2.4 键槽卡钻

在地层可钻性级别低、钻孔顶角和“狗腿”度较大的情况下,非外平钻杆柱在提下钻过程中反复摩擦孔壁下帮,可能在“狗腿”度大的孔段拉出键槽,引起的卡钻。

### 3.2.5 砂桥卡钻

在松软地层钻进中,钻速较快时,由于冲洗液切力低,携岩性能差,孔内岩屑含量高,停止循环后,钻屑可能迅速沉积在小井眼处,造成卡钻。

### 3.2.6 泥包卡钻

由于地层松软水化成泥团附在钻头、扩孔器、扶正器等粗径处,加之冲洗液性能差,滤饼泥皮松软,导致泥包卡钻。

### 3.2.7 落物卡钻

孔口工具及杂物掉入孔内,或原已附在井壁上的牙轮、刮刀片、铁块等物再次掉入环空井眼,导致的卡钻。

### 3.2.8 楔形卡钻

钻头外径磨损,使钻出的孔眼直径逐渐缩小。当更换新钻头后下钻接近小孔眼段时,由于下钻速度过快,使钻头冲入小孔眼段,形成卡钻。

## 3.3 埋钻事故

粗径钻具在孔底被岩粉、钻屑或孔壁坍塌物、流砂等埋住,正常钻进规程参数下不能转动、提升,冲洗液亦无法循环的故障。通常包括坍塌埋钻、沉渣埋钻。

## 3.4 烧钻事故

在钻进过程中,因孔底冲洗液循环不畅,钻头冷却不良,岩粉未能及时排出,钻头与孔底、岩心与岩粉摩擦产生高温,使钻头与孔底岩层烧结为一体,冲洗液无法循环,钻具不能提动和回转的故障。

## 3.5 套管事故

在钻进或起下套管、固井等作业中,发生套管脱扣、断裂、卡夹、挤毁等,需专门进行处置的故障。

## 3.6 测井事故

### 3.6.1 探管卡埋事故

地球物理测井、钻探测斜作业中,发生探管遇卡、遇阻,或断落孔内,需专门处置的故障。

### 3.6.2 电缆断落事故

测井作业中,因地面操作失误,导致电缆断裂掉入孔口,或者测井时发生井涌、井喷,已经来不及提出测井探管,需要紧急将电缆剁断,扔入井中的情况。

## 3.7 取心事故

### 3.7.1 岩心脱落

在打捞岩心或提钻取心过程中,由于卡簧或岩心爪对岩心的卡紧力不足,致使岩心在中途脱落,取不到岩心的情况。岩心脱落事故将导致正常的钻探作业中止,甚至会大幅降低取心质量,处理不当还会严重影响钻孔的后续施工。

### 3.7.2 绳索取心打捞失败

绳索取心钻进中,发生打捞器无法捕捞内管总成,内管总成提拉不动、损坏或打捞途中内管总成遇阻等,导致正常钻进作业中止,被迫提大钻的情况。

### 3.7.3 岩心堵卡和灭失

取心钻进时,由于岩心与钻头或岩心管内壁卡死,使岩心不能继续进入钻具;或者反循环连续取心钻进时,岩心在输送过程中与钻头、卡断器或输岩管内壁卡死,造成输岩中断而不能继续钻进。发生岩心堵卡,如现场操作和处置不当,甚至可能发生岩心磨耗灭失,无法保证岩心采取质量,需进行补心作业。

## 3.8 其他事故

由钻探设备、施工工艺、现场操作和其他因素导致的钻孔封闭(封孔)、堵漏等作业发生较大故障或失败的情况。例如封孔作业,灌注水泥浆过程中发生卡钻、停电、机械故障等情况,可能导致封孔失败。

## 4 与梳理工作相关的几点认识

(1)应从技术角度对地质钻探孔内事故进行分类。

20世纪80年代以前,地质钻探孔内事故首先分为2类,即人为事故和自然事故。人为事故是指事故发生的主要原因是违章操作或技术措施不当造

成的;自然事故主要是地质客观(孔内复杂)条件等客观因素造成的。这些客观因素事先无法掌握或者采取措施难以奏效。实际上,事故是可以预防的,自然事故是比较罕见的。随着地质钻探安全理念和管理制度变化,这种划分和说法逐渐被人淡忘。另外,还有人根据孔内事故的复杂情况和处理难易程度将地质钻探事故分为一般事故、复杂事故和重大事故。这种划分,往往事前无法准确确认,事后方能定性,主要是出于考核和管理需要,在技术方面的价值有限,且这种分类无法对细分种类统一认识。因此,应综合考虑孔内事故发生的性质、原因和现象,从技术角度对其进行分类。

(2)岩石(地层)特性是钻探工程中复杂地层概念的主要构成要素。

地质钻探的对象是岩石(地层)。复杂地层是指因孔壁坍塌、缩径、溶蚀、涌水或漏失等易导致钻进或取心(取样)困难的地层。地层主要由岩石构成,因此常说岩石是由各种矿物以不同集合形式组成的,矿物的成分、性质和结构构造决定了岩石的钻进特性(可钻性、研磨性、水敏性、硬度、破碎程度等)。另外,岩层在形成过程中或形成以后,在内、外动力地质作用下,发生挤压、扭转、沉积、搬运、风化、溶蚀等,形成松散层、破碎带、孔隙、裂隙以及溶隙性环境,以上特性构成了钻探工程的复杂地层概念。

(3)钻进过程中出现的各种孔内复杂情况主要与地层相关,亦与工艺和人为因素密切相关。

孔内复杂情况与复杂地层是有着相互联系的不同概念。地层岩性、地质构造(褶皱、断层)、地层压力是构成或者导致各种孔内复杂情况的主要因素。造成孔内复杂情况还有工艺和人为因素,如钻孔结构设计、冲洗液使用、钻柱组合、钻头选择、操作技术和措施等也能引起孔内复杂情况。

(4)孔内复杂情况往往是孔内事故的先导,孔内事故往往是孔内复杂情况恶化的必然结果。

孔内复杂情况有时是单一现象,有时是复合现象,且相互关联。在地质钻孔作业初期,孔内复杂情况可能是单一的,若处置不当,会发生转化,产生连锁反应。如钻孔漏失就可能引起孔壁坍塌;孔壁坍塌还可能引起卡钻、埋钻事故,钻柱刺漏可能导致钻头泥包、烧钻、埋钻以及钻具折断等。孔内事故与孔内复杂情况一样,有时是单一的,有时是复合的。如

钻具折断与卡钻、烧钻与埋钻等可能同时存在。

(5)地质钻探与石油天然气钻井有较大的工艺技术差异,孔内复杂情况和孔内事故种类划分不能完全照搬。

石油天然气钻井行业的井下复杂情况主要分为井涌、井漏、轻度井塌、砂桥、泥包、缩径、键槽、地层蠕变、地应力引起的井眼变形、钻井液污染及有害气体溢出等;文献[11]将钻井事故分为卡钻事故、钻具断落事故、井下落物事故、测井事故、井喷事故、井漏、防斜打直井、固井复杂问题与事故等;文献[12]将井下故障分为井下落物故障、钻具故障、卡钻故障和其他井下故障(测井故障、固井故障);还有的文献将钻井事故主要分为卡钻、井喷、严重井塌、钻具或套管断落、固井失效、井下落物及划出新井眼、丢失老井眼等。以深孔小直径绳索取心钻探为主体的地质钻探,其他(水工环)地质钻探等均与石油天然气钻井有着较大的工艺技术差异。如孔眼直径较小,以金刚石钻头为主,转速高;有的是“满眼钻进”,杆体与地层岩石直接接触;钻遇地层以火山岩和变质岩为主,岩石硬、研磨性强;在某些地层中,易发生严重孔斜;套管使用少,坍塌掉块复杂地层多,孔内情况复杂等。因此,地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类亦与石油天然气钻井有所不同,不能完全照搬其种类划分。

(6)地质钻探技术与石油天然气钻井技术快速融合,以适应越来越复杂的深部地质钻探需求。

地质钻探和石油天然气钻井行业的事故种类划分有较大不同。同时,钻探方面和孔内事故预防处理方面的术语和称谓亦有较大差别,但这种差别有减少的趋势。如石油天然气钻井行业的“落鱼”、“鱼头”、“划眼”、“套铣”等等,地热、页岩气钻探亦开始接受;另一方面,石油天然气钻井行业多将孔内事故称为“井下故障”,但是现在“钻井事故”的说法开始流行。“岩心”和“岩芯”可以共用,似乎是向地质钻探靠拢。总的来说,石油天然气钻井行业是钻探技术领域先进生产力的代表,是钻探科学技术发展的主要引领者。深部科学钻探、地热钻探、深水井等地质钻探施工,大量采用了石油天然气钻井技术和标准。未来,地质钻探行业应结合自身工艺特点和装备水平,继续积极跟踪、努力超越。在孔内事故预防处理方面,应学习石油天然气钻井行业的先进管理理念及HSE管理方法,逐步规范事故处置管理

方法,借鉴和发展适合小井眼应用的套管开窗工具、事故探查仪器。

## 5 结语

(1)伴随钻探技术进步,尤其是地质钻探管材和钻具制造质量提高,针对性的泥浆冲洗液体系和护壁措施应用,钻孔结构优化完善,钻探技术工人技能培训,现场钻探施工管理工作强化等,在钻探深度逐步增加的情况下,近年来的地质钻探孔内事故数量、比例均呈下降态势。

(2)由于技术经济条件变化、地质钻探应用领域和范围扩大,钻孔深度大幅增加,复杂地层和孔内复杂情况增多,一旦发生孔内事故,处理难度变大,时间浪费和经济损失十分严重。未来一段时间,地质钻探孔内复杂情况增多,孔内事故处置难度增加、经济损失严重的情况不会明显改善。应加强相关调研、分析,制定地质钻探孔内事故预防和处理技术规程,推动孔内事故预防处理技术发展和规范化管理。

(3)地质钻探孔内复杂情况种类主要有:钻孔漏失/涌水、钻孔弯曲、孔内温度异常(高温异常、低温异常)、钻孔缩径/扩径、钻孔坍塌/阻滞、孔内沉渣、孔内异物、其他孔内异常(地层蠕变、高地应力、溶洞)等。

(4)地质钻探孔内事故种类主要有:钻具事故(钻具折断、钻具刺裂、跑钻、钻头事故)、卡钻事故(坍塌掉块卡钻、吸附卡钻、缩径卡钻、键槽卡钻、砂桥卡钻、泥包卡钻、落物卡钻、楔形卡钻)、埋钻事故、烧钻事故、套管事故、测井事故(探管卡埋事故、电缆断落事故)、取心事故(岩心脱落、绳索取心打捞失败、岩心堵卡和灭失)、其他事故(封孔、堵漏事故)等。

(5)地质钻探与石油天然气钻井有着较大的工艺技术差异。地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类亦与石油天然气钻井有所不同,不能完全照搬其种类划分,但应借鉴学习石油天然气钻井行业的井下事故预防处理先进技术和管理理念,逐步规范事故处置管理方法,研发适合小井眼应用的套管开窗工具、事故探查仪器。

## 参考文献:

- [1] 朱江龙. 深孔地质钻探孔内事故专用处理工具之探讨[J]. 地质装备, 2012, (2): 17-20.
- [2] 孙建华, 王林钢, 梁健, 等. 深孔小直径绳索取心钻进施工调研分析和技术建议[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(2): 12-17.
- [3] 桂暖银, 刘宝林, 郑黎明. 安全钻探新途径——交流变频调速动力系统应用前景展望[J]. 探矿工程, 1999, (4): 3-5.
- [4] 李前贵, 樊腊生, 吴金生, 等. 套管开窗侧钻技术在汶川地震断裂带科学钻探项目中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9): 133-138.
- [5] 吴金生, 贾军, 段玉刚, 等. 汶川地震断裂带科学钻探项目钻探事故预防与处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(9): 49-52, 65.
- [6] 李雪峰, 白玉鹏. 空气反循环连续取样施工中卡钻事故的预防与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(8): 40-45.
- [7] 孙建华, 梁健, 张永勤, 等. 地质钻探高强度铝合金钻杆研制及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(7): 5-8, 62.
- [8] 张珏, 孙德学, 秦殿才, 等. HSE管理体系在地质钻探施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(10): 78-80.
- [9] 徐进, 胡大梁, 任茂, 等. 川西深井井下复杂情况及故障预防与处理[J]. 石油钻探技术, 2010, (4): 22-25.
- [10] 谢春强, 史辉, 高尧, 等. 气体钻井井下复杂情况分析及其预防[J]. 天然气技术与经济, 2014, (1): 42-45, 79.
- [11] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [12] SY/T 5247—2008, 钻井井下故障处理推荐做法[S].

## 更正:

本刊2016年第12期第49页,“简易偏心楔在

钻探施工中的应用”一文的第二作者“王智峰”应为“王智锋”,特此更正。