

# 钻探施工中钻杆折断事故原因分析及预防建议

庞少青<sup>1</sup>, 李国东<sup>1</sup>, 姜彬霖<sup>2</sup>

(1. 华北地质勘查局第四地质大队, 河北 秦皇岛 066013; 2. 云南旅游职业学院, 云南 昆明 650221)

**摘要:**针对钻探施工中不断发生的钻杆折断事故,通过断钻实例分析了事故产生的原因,提出了预防或减少事故发生的措施及建议。

**关键词:**钻杆折断;丝锥;钻孔报废;预防措施

**中图分类号:**P634.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)06-0031-04

**Analysis on Causes of Drill Pipe Breaking-off Accident in Drilling Construction and the Prevention Suggestions/** PANG Shao-qing<sup>1</sup>, LI Guo-dong<sup>1</sup>, JIANG Bin-lin<sup>2</sup> (1. No. 4 Geological Brigade, North China Geological Exploration Bureau, Qinhuangdao Hebei 066013, China; 2. Yunnan College of Tourism Vocation, Kunming Yunnan 650221, China)

**Abstract:** According to the drill pipe breaking-off accident often occurring in drilling construction, analysis is made on the accident causes by the field cases, the suggestions to prevent or reduce the accident are put forward.

**Key words:** drill pipe breaking-off; tap; borehole abandonment; prevention measure

钻探施工中,经常会发生孔内钻杆、钻具折断事故,这将直接影响施工进度,如处理不当还会造成钻探进尺报废及管材的损失,由此造成大量人力物力的浪费,使生产成本增高,而不能顺利按计划完成生产任务。由此,分析钻杆折断的原因及预防处理钻杆折断事故就显得尤为重要。

## 1 华勘四队近几年断钻事故情况统计

在华勘四队近几年钻探施工中,因钻杆折断造成管材损失,钻孔报废现象每年都有发生,同时也造成了较大的经济损失。近年钻杆折断事故统计情况见表 1。

表 1 2008~2011 年钻杆折断情况统计

年份	损失钻杆规格 /mm	损失钻杆 数量/m	报废钻探 进尺/m
2008	Ø71 × 5 (普通)	683	450
2009	Ø71 × 5 (普通)	728	802
2010	Ø71 × 5.5 (NC)	1200	1200
2011	NQ 系列	823	458

因此,如何延长钻杆使用寿命,减少或避免钻杆折断事故,制定有效的预防措施,把事故消灭在萌芽状态是我们钻探工作者必须解决的问题。

## 2 断钻事故实例分析

造成钻杆折断的原因无外乎二大因素。一是钻进的主观主体即地层因素造成的,即钻进松散、超径地层,以及裂隙岩溶地层容易发生断钻事故。二是钻杆在加工、储藏、运输、使用及保管等过程中,给钻杆本身造成了性能伤害,而导致钻杆使用性能及寿命的降低,造成钻杆折断。但就某一具体断钻事故,可能是一种或多种因素造成的。因此,造成事故的原因往往是各种因素的叠加、相互关联的作用。下面就我们近年来各工地发生的断钻事故举例说明并加以分析。

### 2.1 实例一:内蒙古新巴尔虎右旗铅锌矿钻探工程 ZK21-2 钻孔

#### 2.1.1 施工概况

ZK21-2 钻孔设计孔深 550 m,设计倾角 85°,于 2008 年 9 月 1 日开始施工,2008 年 9 月 26 日钻至井深 450 m 时,在 206 m 处发生断钻事故,处理无效,钻孔报废。

地层情况:0~25 m 为第四系砂性粘土夹少量砂砾石;25~350 m 为泥质白云岩及角闪岩,350 m 以深为花岗岩斑岩及角闪岩。

设备及钻具配置:XY-4 型钻机,冶金部五一五队钻具厂生产的 Ø71 mm × 5 mm 普通绳索取心

收稿日期:2013-01-28; 修回日期:2013-05-07

**作者简介:**庞少青(1964-),男(汉族),天津人,华北地质勘查局第四地质大队工程师,钻探工程专业,从事钻探生产管理及技术工作,河北省秦皇岛市海港区北港镇崔庄南里 444 号, pangshaoqing2008@163.com;李国东(1987-),男(汉族),河北人,华北地质勘查局第四地质大队助理工程师,钻探工程专业,从事钻探生产管理及技术工作;姜彬霖(1964-),男(汉族),云南昆明人,云南旅游职业学院(原昆明地质学校)国土资源工程系副主任、高级讲师,探矿工程专业,从事钻探机械、岩土钻探、基础工程施工的教学工作,云南省昆明市龙泉路 268 号。

钻杆,  $\varnothing 75.5$  mm 金刚石钻头, S75 绳索取心钻具。

钻进参数: 钻压 2 ~ 3 kN, 转速 574 和 819 r/min, 泵量 75 L/min(二速)。

冲洗液类型: 无固相冲洗液。

### 2.1.2 事故发生过程

钻进至井深 453 m 时, 班长操作发现无进尺, 泵压无明显变化(正常工作时泵压为 3.5 MPa), 工作电流由 50 A 降为 30 A, 随后停钻下打捞器打捞内管, 提拉内管时在井深 205 m 处有憋卡现象, 最后决定上钻, 上钻后发现在 206 m 处钻杆接手折断, 孔内残留 247 m 钻杆。

### 2.1.3 事故处理过程

(1) 钻杆连接  $\varnothing 75$  mm 事故公锥下入孔内, 至 204.8 m 处遇卡;

(2) 开泵循环冲洗液, 人工扭转钻杆, 轻微串动至井深 206 m 处接触到钻杆事故上头;

(3) 人工扭转钻杆上扣, 吃扣 20 mm 左右, 提拉钻杆;

(4) 提拉力达到 50 kN 时, 钻杆脱离弹起, 随后上钻;

(5) 上钻后丝锥与事故钻杆脱离, 分析为丝锥扣老化, 决定换新的丝锥下井继续处理;

(6) 钻杆接上新丝锥下入井内, 人工上扣;

(7) 提拉钻杆, 上提压力达到 50 kN 时仍无反应, 随后加大提升拉力, 液压表压力达到 80 kN 时, 钻杆弹起, 随后上钻;

(8) 上钻后发现钻杆在 150 m 处钻杆接手脱扣, 更换新的接手后继续下入井内处理;

(9) 对上扣后, 提拉钻杆, 钻杆分别在 89、160、178 m 等 3 处出现钻杆接手脱扣现象;

(10) 因现场无反丝钻杆, 事故处理宣告失败, 孔内钻杆最终残留 306 m 钻杆, 报废 450 m 钻探工作量。

### 2.1.4 认识和分析

(1) 因本矿区施工多为 400 ~ 500 m 钻孔, 在选用钻杆时我们采用的是旧钻杆。这批钻杆已累计施工了 8000 m 以上, 多数钻杆出现偏磨、弯曲等现象, 且在库房放置时间 2 年以上, 大部分钻杆露天存放, 锈蚀现象较多, 虽然部分配置了新的钻杆接手, 但多数钻杆仍存在偏磨及丝扣老化现象。因此, 施工中一旦井内出现异常, 断钻事故是不可避免的, 同时大大增加了事故处理的难度。

(2) 针对不同的矿区钻孔施工, 应有针对性的选择使用好钻杆, 决不能盲目使用。使用钻杆前应

对钻杆的规格、材质及现状进行检测, 对旧钻杆应进行分类保管, 对偏磨及丝扣老化的钻杆进行重新加工处理或报废处理。

(3) 造成本钻孔钻杆损失及钻孔报废的主要原因就是选用钻杆不合格。因此, 选用合格的钻杆、钻具及加强钻杆的用后管理是非常必要的。

## 2.2 实例二: 刚果(金)铜钴矿钻探工程 DK51-3 钻孔

### 2.2.1 施工概况

DK51-3 钻孔设计深度 450 m, 终孔口径  $\varnothing 75$  mm。该孔于 2009 年 11 月 5 日开钻施工, 至 2009 年 11 月 18 日因断钻事故终止钻进, 报废  $\varnothing 71$  mm 钻杆 194 m, 报废钻探工作量 283 m。

地层情况: 0 ~ 13 m 为杂填土; 13 ~ 75 m 为粉砂、中粒砂性土; 75 ~ 148 m 为灰岩、泥质白云岩; 148 ~ 283 m 为白云岩、角闪岩。

井身结构: 0 ~ 13.8 m 为  $\varnothing 127$  mm  $\times$  5 mm 套管; 0 ~ 78.6 m 为  $\varnothing 108$  mm  $\times$  5 mm 套管; 78.6 ~ 153 m 为  $\varnothing 91$  mm 裸眼孔段; 153 ~ 283 m 为  $\varnothing 75$  mm 裸眼。

钻具配置: S95 绳索取心钻具及 S75 绳索取心钻具两种,  $\varnothing 71$  mm  $\times$  5 mm 绳索取心钻杆为全新钻杆。

冲洗液: 低固相泥浆及无固相冲洗液, 保证了良好的护壁效果, 无坍塌、扩径现象。

### 2.2.2 事故发生过程

钻进孔深至 185 ~ 250 m 孔段过程中, 先后发生断钻事故 4 次, 断钻部位在 100 ~ 130 m 处, 下入  $\varnothing 75$  mm 事故丝锥都顺利将残留井内钻具取出。2009 年 11 月 15 日, 钻进至孔深 283 m 时, 操作人员发现不进尺, 且动力机负载变小, 判定为钻杆折断, 随即上钻, 经丈量钻具验证, 钻杆折断部位为 148 m 处。

### 2.2.3 事故处理经过

(1) 将钻杆连接  $\varnothing 75$  mm 事故公锥下入孔内, 但碰不到钻杆事故上头, 反复多次操作均无效, 继续下放钻具, 丝锥可超过计算事故头 2 m 至孔深 150 m 处;

(2) 提钻, 将下部连接丝锥的钻杆人工弯曲(凭经验弯曲  $1^\circ \sim 2^\circ$ ), 继续下钻处理, 人工扭转钻杆寻找对接钻杆事故头, 处理一天均无效;

(3) 下入  $\varnothing 89$  mm 事故母锥, 但下入至 147.5 m 处遇卡;

(4) 开泵循环冲洗液冲孔, 回转钻具, 仍不能下

至事故上头;

(5) 换接  $\varnothing 91$  mm 硬质合金钻头下孔内扫孔至 148 m 处,提钻;

(6) 再次下入  $\varnothing 89$  mm 事故母锥,至 148.5 m 处无法下放,随即机器及人工扭转钻具,均没有发现钻杆吃扣情况,上钻发现丝锥内部有泥质碎屑岩粉等;

(7) 事故处理至 11 月 20 日,该孔事故已处理 5 天,仍无效,最终请示地质人员报废重新开孔。

#### 2.2.4 认识与分析

(1) 本钻孔多次发生断钻事故,应引起机台人员高度重视,分析原因采取措施,以避免事故的重复发生,但现场人员未采取任何有效措施,这是造成钻孔报废的主要人为因素。

(2) 从事故处理过程分析来看,一方面是由于孔内坍塌扩径,造成孔内钻杆偏斜至孔内一侧,致使下入的事故丝锥无法与钻杆断头对接;另一方面是由于处理时间过长,孔内事故孔段出现掉块、沉淀等现象,沉淀物将事故上头掩埋,增大了处理难度,这也是造成钻孔损失的直接原因。

(3) 井身结构不合理,是造成断钻事故的根本原因。本孔 78.6 ~ 153 m 孔段为  $\varnothing 91$  mm 裸孔,未下入  $\varnothing 89$  mm 套管封隔,造成钻杆与孔壁环状间隙较大,正常钻进过程中,钻杆横向摆幅较大,使钻杆承受较大的交变应力,造成钻杆在接手处疲劳断裂;另一方面由于钻杆横向振动,不断敲打孔壁,致使孔

壁扩大,横向振幅增大,由此形成恶性循环,造成频繁的断钻事故。

(4) 设计选择合理井身结构,配置合理的钻进参数,将会大大降低断钻事故的发生。

### 2.3 实例三:青龙县狼杖子铁矿钻探工程

#### 2.3.1 施工概况

2011 年 9 月,我们承接了青龙县狼杖子铁矿钻探工程的勘探任务,该矿区设计 3 个钻孔,单孔设计深度均在 1000 m 以深,甲方要求年底完工,为此,我们投入了 2 台 XY-5 型钻机、一台 XY-6B 型钻机进行钻探施工。至 2011 年底,本矿区只完成一个钻孔 1283 m,其余 2 台钻机均因断钻事故而未完成钻探任务,造成钻杆损失 823 余米,钻探进尺报废 458 m,给单位造成了重大的经济损失。

钻具及管材配置情况:3 台钻机统一配置了共计 3500 m  $\varnothing 71$  mm 绳索取心钻杆,其中无锡产的  $\varnothing 71$  mm  $\times$  5 mm(材质 45MnMoB)钻杆 2000 m,我们自制  $\varnothing 71$  mm  $\times$  5.5 mm(材质 30CrMnSiA)整体调质钻杆 1500 m。因工地管理问题,各机台实际使用过程中未严格区分,造成两种管材混合使用。

地层情况:本矿区构造发育,0 ~ 300 m 为灰岩、泥质白云岩夹角闪岩;300 m 以深为硅质白云岩、泥页岩及角闪岩、闪长岩。钻进过程中出现漏失、掉块等现象,岩石呈硬、脆、碎特性。

#### 2.3.2 断钻发生情况及处理结果(表 2)

表 2 断钻发生情况及处理结果

钻孔号	施工孔段/m	断钻次数	处理过程及结果
ZK4-2	300 ~ 653	8	(1) 第 1 ~ 7 次断钻,使用公锥下入孔内较顺利将断落钻杆捞出;(2) 第 8 次断钻,下公锥不能对上事故断头,而后决定下偏心楔子偏斜钻进,但偏斜钻进失败,无法继续施工;(3) 井内残留钻杆 305 m,报废钻探工作量 458 m
ZK11-1	270 ~ 750	9	(1) 第 1 ~ 7 次断钻,下入公锥较顺利捞出断落钻杆;(2) 第 8 次断钻,下入公锥后拉不动,就将钻杆反出钻孔,然后下 $\varnothing 91$ mm 钻具扩孔至井深 615 m,将钻杆从孔内取出;(3) 第 9 次断钻,因孔内坍塌掉块,下丝锥人工轻扭上拉未见上行,放弃处理;(4) 孔内残留钻杆 105 m,该孔经申请为可利用孔
ZK11-2	265 ~ 1200	10	下入事故公锥均较顺利取上孔内断落钻杆

#### 2.3.3 认识与分析

(1) 本矿区施工断钻发生次数之多是我们在以往钻探施工中从未有过的,断钻部位多数发生在两种不同规格钻杆的连接处。因此,造成多次断钻事故的发生与两种不同规格钻杆的混合使用是有直接关系的。

(2) 不同材质、不同规格的钻杆其机械性能、抗疲劳强度等肯定有差异。我们在该矿区使用的钻杆又是两个厂家加工生产的,钻杆丝扣的加工精度、公母扣的配合公差也存在较大的差异。即使是同一厂家而不同批次的钻杆,也有性能及配合的差异。当

两种钻杆与孔内承受载荷时,整个钻杆柱就呈现出受力不均匀,具体体现在两种钻杆的连接处,长时间的工作会造成连接接手丝扣的折断。

(3) 加强钻杆的分类保管及使用是十分必要的,严禁将不同类型、不同规格的钻杆混合使用。

#### 2.4 小结

综上实例分析来看,钻探施工中钻杆折断原因是多方面的,有地层因素也有人为因素,如搬运及使用过程中的人为损害,操作者的规程参数、复杂地层的坍塌扩径等。要想最大限度的减少钻杆折断的发生次数,必须加强对所使用管材的系统管理。只有

通过制定相应的技术措施并认真执行,才能有效地减少或杜绝钻杆折断事故的发生概率。

### 3 预防或减少钻杆折断事故措施及建议

为了不发生或少发生折断事故,必须做好对钻杆的日常维护保养及管理工作,同时制定并实施有效的钻进工艺方案及技术措施。

#### 3.1 钻杆贮存

(1) 建议将钻杆贮存在架台上,架台木制或铁制均可,离地面高度应大于 0.3 m,以防止水、潮气、泥土等对钻杆的锈蚀。

(2) 钻杆存放以少于或 3 层为宜,且层与层之间均匀垫以厚度均等的木板 3 根,以防止钻杆存放过久产生自然弯曲。

(3) 应将钻杆按不同规格,钢质,丝扣标准,用途等分别存放,并记录编号,按具体工程需要分别使用。

(4) 对仓库内长期存放的钻杆,应进行涂抹防锈漆或采用其它方法进行防腐处理工作。

(5) 钻杆入库后,丝扣及台肩部分要清洗干净,涂上防锈油并戴好钻杆护丝。

#### 3.2 钻杆的使用及维护

(1) 在上下钻加钻杆或卸钻杆过程中,应注意严禁碰撞钻杆接头,应由专人把持。

(2) 钻杆在连接前,应严格检查钻杆丝扣,确认没有问题后,涂好丝扣油方可下入孔内。

(3) 在拧卸小口径绳索取心钻杆时,必须使用与钻杆规格相同的自由钳子,严禁使用管钳子拧卸绳索取心钻杆。

(4) 当施工较深钻孔时(>500 m),最好使用长体钻杆卡瓦,尽量避免使用短体卡瓦,以免挤伤钻杆。

(5) 在使用液压夹持器夹持钻杆时,操作手应以中小油压操作夹持器液压手柄,严禁将手柄反复加压而造成夹扁钻杆情况的发生。

(6) 拧卸钻杆丝扣时,如有摇摆及遇阻现象,应停下来仔细检查,发现咬扣或滑丝现象应重新更换接头,严禁用大型钳子硬上。

(7) 上扣时必须将公母接头台肩靠紧,不能留有间隙。

(8) 杜绝用立轴回转来拧卸钻杆。

(9) 严禁使用弯钻杆下井钻进施工。

(10) 应根据所使用钻杆的屈服强度来提拉或扭转,严禁超负荷操作。

(11) 使用较高矿化度的冲洗液时,应考虑加入少量防腐剂,如  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  或  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,可抑制或延缓钻井液对钻杆的腐蚀,这点在煤及油气勘探施工中效果较好。

(12) 控制冲洗液 pH 值在 9 ~ 10.5,可减少钻井冲洗液对钻具的腐蚀。

(13) 用细钻杆施工较大口径钻孔或斜孔施工时,可在钻杆中间加放胶皮扶正箍。

#### 3.3 对钻杆(钻具)的综合管理

钻杆的成本费用在钻探工程施工中占有相当大的比重,因此合理使用钻杆及延长钻杆使用寿命,需制定一套钻杆及钻具的管理制度,才能使施工成本下降,经济效益提高。

(1) 钻杆钻具实行分类统计管理,依钻杆的规格、新旧及所需施工的具体工程要求,进行分别出库配置管理,并制定相应合理的经济管理制度。

(2) 制定并建立管材采购入库的自检制度,检查其规格、材质、扣型等是否满足我们的施工要求,不合格者不予入库使用。

(3) 统一钻杆钻具的丝扣标准,制定统一的地勘管材标准规范。

(4) 建议实行上下钻杆倒换制度,上边倒下边,下边倒上边,改变钻杆的受力状态,使全套钻具受力均衡。

(5) 实行错扣检查制度,即在提拉立根时,这趟钻卸第二根钻杆,下趟钻可卸第三根钻杆,这样,可及时发现每个单根钻杆的连接情况,发现问题及时处理,减少钻杆折断的几率。

(6) 对长期连接的钻杆钻具应制定定期拧卸检查制度。

(7) 地勘单位可根据自身的实际情况,统一对使用的管材进行超声波探伤,可宏观上掌握钻具的使用损坏情况。

(8) 制定机台现场的检查制度,定期对钻具进行肉眼观察,清洗及现场的存放。

#### 3.4 钻进工艺技术防范措施

(1) 合理的钻孔结构及套管配置,是预防钻杆折断事故的主要措施。如  $\text{Ø}75\text{ mm}$  绳索取心钻进时,上部应下  $\text{Ø}89\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  的套管, $\text{Ø}60\text{ mm}$  绳索取心钻进时,上部配套应为  $\text{Ø}73\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  的套管,这样,可最大限度减小钻杆与井壁的环状间隙,减少钻杆回转时横应振动力。

(2) 应根据地层情况及钻孔结构及时调整钻进

(下转第 42 页)

表5 前期10口井应用气体钻井技术的情况

井号	井径/mm	钻进井段/m	进尺/m	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	施工时间/d	钻头/只	复杂事故
P2-2	311.1	601~2907	2306	12.6	19	4+4	无
P4-2	314.1	602~3032	2430	13.9	16	2	无
P5-2	314.1	701~2291	1590	12.0	11	2	泡沫转化塌卡
PD-3	314.1	701~2980	2279	12.9	12	2	无
PB-2	314.1	500~3156	2656	11.9	21	4+2	无
PD-1	314.1	564~3002	2438	8.5	20	5	断钻具2次
PA-2	314.1	649~3036	2387	4.5	35	10	断钻具3次
P6-3	314.1	703~3350	2647	6.4	24	5	断钻具1次
P10	314.1	880~3003	2123	7.9	20	2	
P101	314.1	638~3554	2916	4.8	58	12	多次钻具损伤
平均			2543	9.1	25.2	5.7	

形成适合应用地层地质特点的气体钻井综合配套技术,使之发挥出最大的提速潜力。

### 3.3 没有专业化打捞公司,故障复杂处理时间长损失大

中国石化在川东北还没有一家专业化打捞公司。一旦出现井下复杂事故,都是各钻井承包商自行处理,不但处理时间长,而且损失巨大。P105井2007年5月28日空气锤锤头断落,“落鱼”长0.70m,5月29日开始打捞,至6月17日恢复正常钻进,共打捞处理19天。先后进行各种方式打捞、磨铣23次,使用公锥3只,强磁2个,打捞筒2个,磨鞋6只。在普光气田有5口井因为发生故障复杂而未能采取及时有效的处理措施,不得不填井侧钻,造成了巨大的损失。

因此建议中国石化选择一家实力强的钻井公司或管具公司为依托,由中国石化出一部分资金进行重点扶持,用于购买专用打捞工具,并从中国石化内部调派3~5名具有丰富打捞经验的复杂事故处理

人才,成立一家中国石化自己的专业化打捞公司,为中国石化超深井钻井技术的进步保驾护航。

## 4 结语

(1)普光气田钻井技术的发展经历了探索、发展和气体钻井3个阶段,虽然只有8年,但取得了巨大的技术进步,有力地保障了普光气田的开发建设。

(2)气体钻井技术是提高普光气田上部陆相地层钻井速度的最经济实用的钻井新技术,对普光气田超深井钻井技术的进步起到了革命性的促进作用。

(3)建议成立气体钻井技术服务中心,集中人力、物力,加大新技术应用过程中出现问题的研究与处理力度,使之发挥出最大的提速潜力。

(4)建议成立一家专业化打捞公司,为中国石化超深井钻井技术的进步保驾护航。

(5)普光气田超深井钻井综合配套技术对川东北地区的其它气田,乃至对中国石化超深井的钻井都具有重要的指导意义。

## 参考文献:

- [1] 沈忠厚. 现代钻井技术发展趋势[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(1): 89-91.
- [2] 曾义金, 刘建立. 深井超深井钻井技术现状和发展趋势[J]. 石油钻探技术, 2005, 33(5): 1-5.
- [3] 孙继明, 侯树刚, 李铁成. 空气钻井技术在普光D-1井的应用[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 24-26.
- [4] 张金成, 位华, 于文红. 空气钻井技术在普光气田的应用[J]. 石油钻采工艺, 2006, 28(6): 8-10.
- [5] 张金成. 普光气田钻井技术发展展望[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(3): 5-9.

(上接第34页)

参数,切勿机械性、盲目性地加压或升高转速。

(3)根据所钻岩石的性质,选择使用与地层相适用、时效较高的钻头。建议选择底唇面为阶梯、锯齿等形状的异型钻头,这种钻头钻进时所需的钻压相比普通的钻头要小,钻杆所受得轴向力相对要小。

(4)配制使用润滑性能好的冲洗液,减少钻杆在钻进时的回转阻力。

## 4 结语

钻探施工中钻杆折断原因往往是多种因素造成,包括从钻杆加工出厂直到现场的使用维护及管理,但只要从源头把关,每一环节都认真负责,严

格按规程、制度去执行工作,根据施工情况合理制定钻进参数,杜绝违章操作,就能够减少或防止此类事故的发生,降低施工成本,提高施工经济效率。

## 参考文献:

- [1] 刘广志. 岩心钻探事故预防与处理[M]. 北京:地质出版社, 1982.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [3] 蒋希文. 钻井事故与效率问题[M]. 北京:石油工业出版社, 2006.
- [4] 张蛮庆. S75 绳索取芯钻杆折断事故的某些施工因素及其措施[J]. 探矿工程, 1986, (2).
- [5] 姜光忍, 李忠, 王献斌. 绳索取芯钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(3): 15-17.