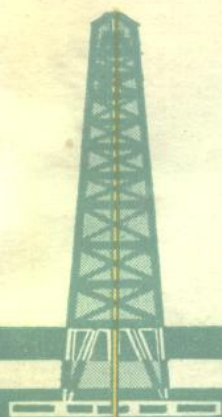


岩心钻探事故预防 与处理

刘广志



地质出版社

岩心钻探事故预防与处理

刘 广 志

地质出版社

岩心钻探事故预防与处理

刘 广 志

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：励美恒

地质出版社出版

(北京西四)

河北省沧州地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

*

开本：850×1168¹/₃₂印张：7¹/₁₆字数：181,000

1982年10月北京第一版·1982年10月北京第一次印刷

印数：1—5,437册·定价：1.20元

统一书号：15038·新880



前 言

建国以来在中国共产党的领导下,由于国民经济发展的需要,地质科学技术有了迅猛的发展,岩心钻探在全体钻探职工的辛勤努力下,科学理论研究、设备设计制造、钻探工艺技术、生产技术管理等方面,都取得了辉煌的成就。钻探工程已形成一门独立的技术科学,是取得第一手地下地质实物资料的主要手段。

粉碎“四人帮”以后,岩心钻探生产面貌又有了明显的进展,各项经济技术指标均在逐年增长。但目前困扰我们的重要问题之一,仍然是钻探事故率偏高,已成为进一步提高劳动生产率和机械设备利用率的最大障碍之一。

经验证明:时刻采取必要的预防措施,是防止事故发生的最有效的办法,有可能把事故杜绝在萌芽期间,才能将事故时间消减到最低限度。但预防措施来源于对大量事故案例的正确分析与判断,并上升到理论,对事故的发生发展和处理工艺的认识才能深化,然后再运用理论去指导实践选择适当的预防措施和处理办法。

本书是一本专门讲述岩心钻探事故的集子,包括作者先后编写的有关重要故障的十六篇文章,曾在北京、贵阳、西昌举办的钻探训练班以及长春地质学院钻探课程中试教过,一九五九年曾出版过。近年来,我国岩心钻探技术有了长足的进展。从地质部勘探技术研究所出版的《勘探技术》、《探矿工程》,石油部出版的《石油译丛》、冶金部出版的《地质与勘探》,以及各地质院校出版的专业书籍中,汲取了丰富的营养。根据这些最新资料,做了全面地增删修改与重写。

综上所述,说它是个人著作,倒不如说是广大钻探工作者工作成果的一次总结。因限于自己的业务水平,未能博取众家之长,

错误不当之处亦所难免，希提出批评指正。

张奎庆同志提供了部份章节译稿，耿瑞伦、冯国强、王龙骧同志提供了珍贵的照片资料，黄仁山同志清绘了部份图纸，刘晓端同志为全稿进行了清抄，在此一并表示深切感谢。

本书还经郝宝仁、张亮同志审阅，在此亦致意感谢。

作者

1981年6月1日

概 述

本书是一本专门讲述岩心钻探孔内事故的集子，包括作者历年编写和修订的十六篇有关重要孔内事故的文章。

鉴于它是一本岩心钻探孔内事故的《文集》，因此见之于一般常规钻探书籍和规程中的内容，如发生事故的一般原因综述、处理事故的基本原则和要求、一般事项等等，在本书中就不再赘述。

关于岩心钻探孔内事故的分类问题，作者愿阐明一些观点：作者将孔壁塌陷（坍塌）、崩落（掉块）、漏失等均列入孔内事故范畴，这不是新的概念，而是一种传统的作法。这一观点的出发点认为坍塌、掉块、漏失等事故的发生固然有其自然因素，但从近年来，特别是推广小口径金刚石钻探以来，许多钻探工作者的经历和积累的经验来看，造成这几种事故的人为因素仍占据主导地位。认识和理论水平提高了，这类事故是可以减少或避免的。做为一个钻探工作者，首先树立预防为主的思想，提高认识，采取适当对策是完全必要的。反之，单纯地归纳到“复杂岩层”中，不仅复杂岩层的含义广泛、笼统，而且会促使指导思想混淆不清，措施不力。此外，石油钻井工程是岩心钻探的“根基”，岩心钻探的许多理论与实践是从石油钻井工程中移植来的。坍塌（石油钻探称为“井塌”）、漏失（石油钻探称为“井漏”），也都是列在石油钻井的井内事故之内的，这是很值得仿效和学习的。

各篇事故文章首先着重对各种事故的性质、发生的原因以及处理方法进行理论分析，从而引述出其预防措施，以期对读者从理论到实践有个较全面整体的帮助。道理明确了，就会采用适当的措施加以处理，更重要的是从思想上注意采取预防对策，防止

事故重演，并不断提高理论水平。

作者有意识地对各篇事故文章的内容，保持了一定的独立性和完整性，因此，有少量相似之处，视其需要，在一两篇文章中做了必要的重述，以便于读者查阅或选读某一单篇文章时，有一个完整的概念。

文章中引用的一些名词，例如塌陷、崩落等等，与钻探工作者的俚语，如坍塌、掉块等通俗叫法是同义词，这是基于在书本中逐步以正规名词取代理语的想法。同时，适当地引用了一些石油事故术语，只要引用恰当，是可以开阔我们的知识领域的，并非出于标新立异。文章中移植了一些石油钻井工程中处理同类事故的先进方法和器具，其目的不是要生搬硬套，而是为了启发我们岩心钻探工作者仿效这些先进方法，逐步改变我们处理事故只靠打、顶、扫、反、扩的落后局面。

“石油构造钻井的喷发”一章，讲的是用岩心钻机打石油普查钻孔时可能遇到的井喷问题。虽然原理与石油大钻是一致的，但设备、安装、防喷器等等，则全然与大钻不同。这方面的知识又恰恰是我们岩心钻探工作者所缺乏了解的，此点作者是深有体会的，所以特意列了这一章。

目 录

第一章 钻孔孔壁的塌陷与崩落	1
一、钻孔孔壁塌陷、崩落的一般规律	1
二、造成孔壁塌陷、岩石崩落的原因	1
三、孔壁塌陷、崩落的预兆与象征	4
四、根据各种塌陷、崩落的象征对塌陷事故的分类	5
五、防止孔壁塌陷、崩落的技术措施	6
六、防止塌陷、崩落使用的特殊泥浆	7
七、合理选择钻孔结构	9
八、不稳定复杂岩层的保壁作业	9
九、四个类型塌陷事故的实例	12
第二章 钻孔冲洗液的漏失	16
一、漏失的分类	16
二、漏失的影响与损失	16
三、漏失主要原因的探讨	17
四、易于发生冲洗液漏失的地层	18
五、处理漏失事故之前，应做的鉴定与准备工作	21
六、测定漏失层部位的方法与仪器	22
七、预防漏失的技术措施	25
八、处理钻孔漏失冲洗液的方法	29
第三章 钻孔的超径	55
一、造成钻孔超径的原因	55
二、钻孔超径后的后果	57
三、钻孔超径的预防与处理	59
第四章 钻孔的缩径	63
一、钻孔缩径的原因	63
二、钻孔缩径的象征、判断与缩径造成的恶果	67
三、钻孔缩径的预防与处理	69

第五章 糊钻（泥包）73

- 一、糊钻原因的分析73
- 二、糊钻的预兆、象征和判断78
- 三、糊钻的影响与可能造成的后果79
- 四、预防糊钻的技术措施79
- 五、消除糊钻的技术措施86

第六章 卡钻87

- 一、根据发生卡钻的各种原因，对卡钻事故的分类87
- 二、孔壁不稳定造成的卡钻或埋钻87
- 三、循环不良、钻孔不清洁造成的卡钻88
- 四、“悬桥”现象的形成与悬桥卡钻89
- 五、“键槽”结构的形成与“键槽卡钻”90
- 六、糊钻（泥包）与钻孔缩径造成的卡钻93
- 七、泥皮（泥饼）粘附卡钻94
- 八、压力差卡钻（压差卡钻）.....97
- 九、钻井喷发后造成的卡钻99
- 十、泥浆漏失或恢复循环时造成的卡钻.....100
- 十一、其他原因造成的卡钻.....101
- 十二、钻具被卡后共同具有的预兆和特征.....101
- 十三、处理卡钻前后着重了解和掌握的情况.....101
- 十四、卡钻部位深度的计算.....102
- 十五、解除卡钻的各种方法.....102

第七章 石油构造钻井的井喷117

- 一、造成钻井喷发的基本原因与技术因素.....117
- 二、泥浆气侵的理论——天然气侵入泥浆的三种方式.....119
- 三、油气显示与井喷的征兆.....122
- 四、预防井喷的技术措施.....122
- 五、处理井喷时的注意事项.....134

第八章 钻孔涌水136

- 一、泥浆水侵后的两种影响.....136
- 二、涌水的处理.....137
- 三、涌水情况下继续钻进时应采取的特殊措施.....140

第九章 钻头事故与小物件落入钻孔内	141
一、牙轮钻头的牙轮脱落与刮刀钻头翼片折断	141
二、提引器落入孔内	143
三、钢丝绳落入孔内	144
四、小物件或专用工具落入孔内的原因与防止	144
五、几种特殊的打捞工具	144
六、用抓筒打捞小物件以及脱落的牙轮、折断的翼片等	146
七、用铰鞋式抓筒捞取小物件	146
八、磁力打捞器捞取小物件	147
九、用钢丝绳捞矛捞取落入孔内的钢丝绳	147
十、用收取器、捞冠、打捞脱落的金刚石	148
第十章 岩心堵塞	149
一、岩心堵塞造成的后果	149
二、岩心堵塞的原因	149
三、处理岩心堵塞的方法	150
第十一章 硬合金钻头切削具的崩刃与脱落	152
一、硬合金钻头切削具崩刃与脱落的恶果	152
二、崩刃、脱落的原因及其预防	153
三、打捞落入孔内的硬合金的工具和方法	155
第十二章 钻杆折断	158
一、钻杆柱的工作环境——在各种负荷所产生的复杂应力状态下进行繁重的工作	158
二、钻杆加工的缺陷常常促使钻杆折断	160
三、丝扣“滑丝”是钻杆折断的致命伤	161
四、操作方法不当造成的钻杆折断	161
五、钻杆与接头的早期磨损	161
六、钻杆折断的象征	162
七、防止钻杆折断的几项措施	163
八、打捞钻杆用的打捞工具与钻杆打捞方法	169
九、岩心管脱落和打捞	171
第十三章 套管故障	172
一、套管故障的分类	172

二、套管柱偏斜.....	172
三、套管折断、断裂、脱扣与中途坠落.....	174
四、钻进中套管阻留钻具的处理法.....	181
五、修整套管内壁及割断套管柱所用的铣刀和割刀.....	182
第十四章 金刚石钻头烧毁	184
一、烧钻的损失与后果.....	184
二、被烧钻头的表面现象.....	184
三、保持冲洗液循环畅通是消灭烧钻的根本措施.....	187
四、控制合理的给进速度，保持孔内净化，消灭烧钻， 预防孔斜.....	189
五、集中精力、精心操作.....	193
第十五章 金刚石钻头的非正常磨损与变形	195
一、孕镶金刚石钻头.....	198
二、表镶金刚石钻头.....	201
三、预防金刚石钻头非正常磨损与变形的技术措施.....	207
第十六章 金刚石钻头胎体脱落	211
一、胎体脱落的原因.....	211
二、预防胎体脱落的措施.....	212
三、胎体脱落的处理.....	213
参考文献	214

第一章 钻孔孔壁的塌陷与崩落

一、钻孔孔壁塌陷、崩落的一般规律

经验证明，由于岩层松散、松软、倾角陡、性脆、破碎等复杂情况所造成的事故，往往比机械设备情况不良造成的故障次数多，后果严重，其中尤以孔壁塌陷、崩落最为明显。因此，钻进复杂岩层时，须事先提高警惕，做好预防工作。

孔壁塌陷或孔壁岩石崩落（俗称掉块）一般多发生在钻孔上部接近孔口胶结不良的冲积覆盖层，又因在钻孔上部冲洗液柱静水压力不足，所以比深部松软岩层塌陷、崩落的倾向大。但由于钻进技术措施不当，保壁作业不良，往往也会招致深部岩层的塌陷。

二、造成孔壁塌陷、岩石崩落的原因

1. 钻穿以下几类复杂岩层时，可能发生塌陷和崩落。

（1）由于地球内部发生的各种应力，使地质构造遭到较严重的破坏，形成褶曲，断层，破裂带等，处于这些地带的岩层遭到破碎后，一旦钻头钻穿，孔壁失去原有平衡，即根据破碎程度，向孔内塌陷。

（2）松散、胶结弱的流砂层，某些矿层（如一些煤层），以及接近地表的风化带，氧化带等。

（3）节理、层理、片理、裂隙发育的岩层，这些岩层倾角大时，塌陷机会更多。有时虽用优质泥浆，也往往不能完全防止从斜孔的悬壁上脱落岩块。

(4) 砾石层、卵石层或吸水膨胀的岩层。

(5) 喀斯特溶洞中后期充填的充填物。

(6) 含天然气或石油的岩层。油气压力大于冲洗液柱的静压力时，岩层中的油气即向孔内迅速“扩散”，岩层失去平衡，便塌陷到钻孔中。

(7) 片理发达、倾角大的岩层，冲洗液渗入层理之间，降低片理间的摩擦系数，促使岩层滑入孔内或使钻孔变形。

2. 泥浆使用不当会直接造成塌陷与崩落。

(1) 使用失水量大的泥浆，会促使松软孔壁塌陷，这种泥浆中的游离水被岩层吸去，引起岩层体积膨胀，初期缩小孔径，在升降钻具，转动钻具时，膨胀部分受钻具的机械破坏作用，落入孔内。这种泥浆在孔壁上形成很厚的泥皮，如继续失水，继续增厚，泥皮因自重过大从孔壁脱落，即所谓“脱皮现象”，钻孔浅部比深部发生这种现象的机会多。在软硬夹层地段，软夹层吸水后软化，被硬夹层挤入孔内，硬夹层也变形破碎渐渐落入孔内。

(2) 在上述几种不稳定的复杂岩层中钻进，不使用较高比重的泥浆，便无法防止塌陷现象，因为泥浆对孔壁的“反压力”不足，在这种情况下，岩层由于其上部岩层的压力和地壳变动时构造力在岩石中所发生的应力影响，使岩层本身强度减小，极易塌陷。

冲洗液柱的静压力是对孔壁岩层造成“反压力”的主要来源，可按下式近似计算：

$$P = \frac{H}{10} \gamma \text{ (大气压)}$$

式中：P——冲洗液柱静压力；

H——孔深（米）；

γ ——泥浆或其他冲洗液的比重（克/厘米³）。

冲洗液比重越高，对岩层的反压力越大。

重泥浆还可以阻止岩块从孔壁上崩落，例如：

$$P' = \frac{P(\gamma_2 - \gamma_1)}{\gamma_2} \text{ (公斤)}$$

P' ——岩块在泥浆中的自重 (克);

P ——岩块在空气中的重量 (克/厘米³);

γ_2 ——岩石的比重 (克/厘米³);

γ_1 ——泥浆的比重 (克/厘米³)。

因此可得下列关系式:

即: 如泥浆比重 γ_1 越高, 则 $(\gamma_2 - \gamma_1)$ 之差越小, P' 也就越小, 当 $\gamma_1 = \gamma_2$ 时, P' 即等于零, 这就意味着泥浆比重提高到等于甚至接近于岩石比重时, 就能减少或抑制岩块的崩落倾向。岩石比重通常为2.3克/厘米³左右, 但因有孔隙, 其中充满水或气体, 一般低于2.3克/厘米³。

罗马尼亚德拉维兹氏认为, 岩石内部应力可用上部岩层发生的部分压力来表示:

$$P = KP = KH\gamma_2$$

式中: P ——岩层内部应力;

K ——系数〔上部岩层不稳定时 (如砾石层等) $K = 1$ 〕。

当钻进这些易塌陷岩层时, 应要求 $H\gamma_1 \geq KH\gamma_2$ 。但实际情况证明, 上述条件并不是完全可以抑制塌陷的, 可用以下原因说明。

(1) 岩石具有一定的弹性, 钻透后孔身部分压力降低, 引起岩层向孔内膨胀, 结果在强度最小的面上发生裂缝。

(2) 泥浆比重过大时, 会压裂孔壁, 因此可以断言, 为保持岩层稳定, 泥浆比重只能加大到某一数值, 使之稍高于地层压力, 进行“平衡钻进”。

(3) 具有一定塑性的岩层, 在内部应力的作用下, 呈半流体状 (或叫液相固体状) 具有向钻孔中滑动的倾向。

经验证明, 用比重大失水量小的泥浆, 比单纯用失水量小的轻泥浆, 对防止塌陷崩落更为有效。

3. 泥浆粘度过高产生糊钻时, 在起钻时粗径钻具形成活塞, 将孔内泥浆抽出孔外, 被吸汲孔段产生负压, 不稳定岩层失去冲洗液体的平衡而塌陷。

4. 钻具受压过重, 成弯曲状态, 转动后发生剧烈振动和“敲帮”现象, 加以泥浆比重不足, 砂质岩层或片状岩层成块地沿倾斜方向崩落下来。在使用弯曲钻杆, 在弯曲的钻孔中或钻斜孔时, 这种现象最为显著。

5. 泥浆上升流速在松散岩层中过高, 将孔壁冲毁。孔壁冲毁后, 钻孔“超径”, 上升的冲洗液在这一地区形成涡流, 对孔壁发生不正常的冲刷, 造成严重塌陷。

6. 钻石油天然气探井时, 泥浆液柱压力不足, 造成井喷事故时, 油气层由于突然失去反压力的平衡作用而发生塌陷。钻孔遇到高压涌水层发生涌水时, 往往塌陷事故也伴随而来。钻孔穿过枯竭的含油层, 松散油砂吸水后极易塌陷。

7. 随钻孔严重漏失冲洗液现象的发生, 大量冲洗液渗入岩层裂隙、孔隙中, 促使岩层膨胀、位移、塌落, 因此, 有些塌陷现象在先处理了漏失事故后就可以克服了。

8. 钻到高压油气层之前替换重泥浆时, 如重泥浆压入过猛, 孔内轻泥浆迅速被顶出, 对孔壁造成波动极其剧烈的压力变动, 使孔壁塌陷。

三、孔壁塌陷、崩落的预兆与象征

1. 在不稳定岩层钻进, 岩石破碎, 难于采取岩心, 岩心采取率特别低。

2. 从取粉管中可以取出带棱角的、不规则的碎岩石块。

3. 从钻孔返回的泥浆中含大量岩粉岩屑, 泥浆粘度剧烈增高。卸开钻杆时, 泥浆有回压现象, 从钻杆中喷出。

4. 塌陷下来的岩石碎屑聚积在环状间隙内, 阻塞泥浆循环通路, 使泵压增高, 时常造成岩心堵塞现象。

5. 塌陷使钻孔局部堵塞, 或钻具“搁浅”下不到底, 起钻时负荷增加, 有“滞涩”的感觉, 严重时发生卡钻。

6. 钻进过程中钻具旋转不灵, 提动吃力, 指重表负荷上升。

塌陷的严重恶果是酿成恶性卡钻; 钻具折断后, 不易摸到断头; 在塌陷地层继续钻进很容易使钻孔偏离设计轴线, 发生弯曲。

四、根据各种塌陷、崩落的象征 对塌陷事故的分类(见表1—1)

表 1—1

各种客观情况	崩 落	轻 微 塌 陷	严 重 塌 陷
岩心的完整性	较破碎成块状	破碎成小块状	极破碎成粉碎状小块
岩心采取率	比平常降低	显著降低	不用特殊采取方法如干钻, 无泵钻进法, 双层岩心管等则取不上来
取粉管中岩粉情况	岩粉中混有棱角状, 半圆状岩石块	取粉管中充满棱角状岩屑、岩块	下钻不久即充满大量岩粉、岩块
塌陷范围	局部或个别岩层	一部分裸露的不稳定岩层	全部裸露的不稳定岩层
下钻时	中途可能“搁浅”, 转动钻具后即顺利通过	下不到底, 冲孔后即到底, 可继续钻进	下不到底, 冲孔捞砂时, 冲捞不净, 不能继续钻进, 岩粉堆逐渐增高
钻进时	只有轻微滞涩现象, 泵压略增	滞涩吃力, 泵压增高, 钻速降低	钻速剧降, 甚至不能继续钻进、憋泵严重

续表

各种客观情况	崩 落	轻 微 塌 陷	严 重 塌 陷
起钻时,	有被卡现象, 但易处理, 指重表悬重约增20%±	须开泵起上几根后才能顺利起钻, 有时须用升降机强力起拔, 指重表悬重约50—100%左右	起钻困难, 被卡, 指重表悬重增加数倍
泥浆粘度增高	平常	大	很大、很快
降低粘度化学剂效果	良好	良好	无效
钻进功率变化	正常	较大	极大
塌陷引起的钻具折断事故	无, 极少	有时发生折断后不易摸到断头	经常发生, 摸不到断头
易于引起塌陷的作业	起钻	起钻, 钻进	起钻, 钻进, 接单根钻杆。倒杆, 测井以及其他暂时停工

五、防止孔壁塌陷、崩落的技术措施

防止孔壁塌陷、崩落的一般原则: 预防塌陷的重要措施是做好准备工作, 备足优质泥浆, 以尽快速度, 连续的一气钻穿不稳定岩层, 以保证钻孔的“年青”。换句话说就是在孔壁从吸水、膨胀发展到滑动、塌落之前, 我们已把它顺利钻过了, 而且已经采取了保壁措施。

钻进之前必须做好以下准备工作, 例如班与班之间的分工; 一班之内的几名工人的分工; 采取防止停电停水, 临时故障的办法, 与有关单位的配合联系; 准备足够的专用钻头, 充足的泥浆, 必要的双套粗径钻具, 合用的手用工具等, 以消除一切停工误工的可能; 钻进过程中的起下钻工序应按各工人的特点、熟练程度进行分工, 尽量缩短配属时间, 争取每一分钟的纯钻时间。中间不间断的工作, 甚至节假日都应适当调换。这样才能保持钻孔的