

地质钻探中孔内复杂情况的应对措施

秦如雷^{1,2}, 段隆臣¹

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)研究生院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 钻探是为地质工作取得一手资料所采取的直接有效的手段。钻探工作中经常遇到地层渗漏、孔壁坍塌、钻孔缩径等复杂地质情况, 由于孔壁的不稳定, 常会出现卡钻、埋钻事故。若不及时治理, 就可能造成孔内事故频繁发生, 处理时间过长, 或将导致钻孔报废。为了快速、安全、准确的钻探取心, 就要从最初钻探设计时便开始采取“预防为主, 防治结合”的原则。结合上宫金矿等实例, 总结出钻前预留一级孔径、钻中采用套管与钻井液堵漏等方法, 为后续钻进工作达到又快又好的效果, 提供一些技术参考。

关键词: 岩心钻探; 复杂地层; 防治措施; 护壁堵漏; 套管; 钻井液

中图分类号: P635.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)10-0006-04

Discussion of the Solutions to the Borehole Accident in Geological Drilling/QIN Ru-lei, DUAN Long-chen (China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Drilling is a direct and effective means for getting geological material. During the drilling period, the complex conditions are frequently encountered such as strata leakage, hole wall collapsing and diameter shrinking, etc. Due to the unstable borehole wall, drill sticking and burying often happen. If it is not timely and properly treated, borehole scrap would be inevitable. In order to get the core fast, safe and accurate, the rule “prevention first, prevention & treatment combination” should be obeyed from the initial design. With the case of Shangong gold mine, the principle of one level diameter reserved before drilling and drilling with casing & drilling fluid plugging were summarized, which could be the technical reference for the subsequent drilling work.

Key words: core drilling; complex stratum; prevention measures; slurry-supported plugging; casing; drilling fluid

0 引言

俗话说“工欲善其事, 必先利其器”, 为了快速安全的钻进, 首先便要搞清所钻地层的基本性质。有关资料统计, 复杂地层在地质钻探时发生的工程进尺只占30%左右, 而完成这些工程量所要花费的工程成本, 却占整个工程成本的60%以上, 而且95%以上因事故而报废的工程量又都发生在这些复杂地层的钻进中。所以钻遇复杂地层时, 应慎重的采取适合的钻进方法。但是, 万变不离其宗, 不论何种钻探方法, 其设计时都应本着“预防为主, 防治结合”的原则进行。

1 复杂地层的性质分析

在钻探过程中, 遇到的复杂地层通常可分为2类: 一是在构造运动作用下形成的复杂破碎地层, 即由地质构造运动所产生的挤压、张拉、剪切等作用, 使岩层产生节理、裂隙、裂缝、断层和片理, 其中坚硬的脆性岩石受构造力的剧烈作用最容易形成复杂破碎地层。二是由外力地质作用所形成的复杂破碎地层, 即风化层、河流冲积层、洪积层, 风积层。岩层经风化作用变为岩性较松散、胶结不良的风化层, 而冲

积、洪积、风积作用形成的各种沉积层一般含有粘土、流砂、卵石、砾石、漂石成为复杂的地层。由于在破碎地层中, 碎块状岩石的大小不均、胶结性差、结构松散、换层频繁、软硬悬殊、颗粒级配悬殊等特点, 所以在钻进过程中碎块不能稳定受力, 容易发生滚动, 产生多个切削面, 使得破岩效率降低, 岩心采取率低, 容易出现垮孔、掉块和卡钻等事故; 再者因为破碎地层渗透性强, 容易造成冲洗液漏失, 或者出现涌水等事故。钻探实践表明, 在复杂破碎地层钻进施工, 技术上主要存在“三难”——钻进难、护壁难、取心难。

2 预防措施

2.1 采用大于常规口径一级的口径开孔

采用大于要求口径一级的钻孔口径开孔, 目的是应对上部复杂地层。由于采用的口径级别大两级, 当钻遇复杂地层时, 即使下入套管, 换用小一级口径钻头继续钻进时, 仍能保证采取岩心的直径符合要求。

以河南洛宁的上宫金矿为例。其要求取心的钻具为 $\varnothing 75$ mm的绳索取心(或 $\varnothing 76$ mm普通双管), 开孔口径便选取了 $\varnothing 110$ mm, 钻头入岩时便下入

收稿日期: 2011-04-24; 修回日期: 2011-08-30

作者简介: 秦如雷(1987-), 男(汉族), 河北廊坊人, 中国地质大学(武汉)硕士在读, 地质工程专业, 主要研究方向为钻探机具, 湖北省武汉市洪山区鲁磨路388号中国地质大学研究生院, qinrulei@qq.com。

Ø108 mm的孔口套管。

Ø108 mm的孔口套管下过后,换S95绳索取心钻进100~300 m(现在有深孔复杂地层系列绳索取心钻具S95-SF),此时便遇到钻井液漏失严重等复杂状况,钻至此段钻孔时,使用堵漏泥浆快速穿过,然后下入Ø89 mm套管,隔离上部复杂地层。这时,再换Ø75 mm(钻头Ø76.5~77.5 mm)绳索取心钻进。注意不可看到岩心稍完整便下入孔口套管,应该选择没有复杂情况的岩层时下入,如蚀化层与破碎地层等就不适宜下入孔口套管。

同样,如果要求使用取心钻具为Ø59 mm绳索取心或Ø66 mm普通双管,孔径大一级,便需要开孔直径是Ø91 mm,但现在一般要求常规钻进口径为Ø75 mm。

2.2 深孔不可小径“一径到底”

深孔,一般指设计孔深为1000~3000 m的钻孔。小径,目前即指Ø75、59 mm的绳索取心口径或Ø66 mm的普通双管口径。全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室技术管理处要求的钻孔口径 \leq 59 mm(原则上不允许采用Ø56 mm的口径)。

在深孔施工中,不可在下过孔口管后,没有过渡孔段而直接换成Ø75、59或66 mm的钻具转入常规口径钻进,并一径到底。

原因在于:在钻进中遇复杂地层孔段,由于采用“一径到底”的方式,不能下套管,因此无法发挥套管应对复杂地层的优势。特别在孔深200 m上下,甚至300 m以内,若扩孔下套管隔离,孔段太长,造成的经济损失太大;若不下套管隔离,复杂地层孔段难以治理,继续向深孔段钻进,上部孔段仍有隐患。

简单地讲,常规的护孔堵漏措施中,套管隔离是最有效且高效的方法,任何时候都不要放弃套管护孔这一可靠的技术手段。

2.3 钻井液选配

一般的钻探工作中,尤其在水资源丰富地区,均采用清水钻探。清水钻探经济易得,而且减少钻进阻力,提高机械钻速。但是,当遇到复杂地层时,清水就显得力不从心,往往会与选用清水的初衷背道而驰。因此,在钻进工作中,首先应查看此地以前的钻孔资料,如果曾经发生过复杂情况,为了全局的经济性,应该选用低固相泥浆。

如SM-KHm超低固相泥浆与普通泥浆及SM植物胶泥浆相比,性能稳定,悬浮力强,流变性好,可稳定井壁,保证岩心的采取率。适用于结构松散,钻进中孔壁稳定性差,水敏性强,自然造浆严重,孔壁

易出现缩径现象的地层。这种钻井液在云南岩土工程勘察设计研究院所承担的深孔勘查项目中取得了良好的效果。

3 治理措施

在某些地区,即使事先采取预防措施,孔下的复杂情况仍然难以对付。通过上面复杂地层性质分析可以知道,常见的地层复杂情况包括力学不稳定地层和漏通地层。这两种复杂情况成因不同,应该分而治之。

3.1 力学不稳定地层

力学不稳定地层也即指外力地质作用形成的地层,由于受地质成因或受构造运动产生多向挤压作用,地层内部受力不均匀,一旦被钻穿后,就破坏了原始的平衡状态,加之受重力作用使孔壁产生不稳定的坍塌、掉块现象。

此种复杂地层分布不均,一般占钻孔进尺的几十至几百米。针对这种地层不稳定的性质,其应对方法一般为采用“三高”钻井液,并应用高速钻进配合。根据安徽省地矿局313地质队汶川地震断裂带科学钻探1号孔的实践经验,可总结为以下施工顺序:高性能泥浆护壁→先止涌后堵漏快速穿过→惰性材料高分子交联冻胶泥浆封堵→建立水泥孔壁→套管隔离→延伸钻进。

以金川公司二矿区的钻探工作为例,二矿区56行中5个钻孔所钻遇的地层为:0~15 m杂填土,15~35 m为卵石层,35~55 m为砾砂层,55~80 m片麻闪长岩,从上不难看出55 m以前便是力学不稳地层。

对付这种地层,一开孔就采用传统的泥浆,调整稠度使其达到流塑状态,然后用擅长输送泥浆的螺杆泵给钻孔送浆循环,来保证钻孔施工,此护孔工艺基本上能完成该地层的护孔要求;在采心要求严格的卵砾层,采用SM植物胶钻井液,浓度4%,粘度在30 s以上,钻进时护孔效果较好,而且能取出胶结成柱状的岩心;对于地层深部的断裂破碎带,本着“少振动,快通过”的原则,用大分子性能优良的钻井液快速通过。

实践证明,在不憋泵的情况下,采用这种治理方法是行之有效的,不会再发生掉快、卡钻的现象。

在施工时应该注意,换用“三高”钻井液时,由于绳索取心钻具的环状空隙小,不利于“三高”钻井液的循环,应该及时换成普通钻具,等到成功穿过复杂地层时,再换成绳索取心钻具。

套管下入孔内,可能因技术措施不妥,终孔后难以起拔,这是钻进现场普遍存在的一个问题,也是一

个提高钻探成本的重要因素。假若200 m套管全拔不上来,目前 $\text{Ø}73\text{ mm} \times 4.5\text{ mm}$ 的套管每米市价约80元,200 m $\times 80\text{元/m} = 16000\text{元}$ 。套管下孔前应采取相应的技术措施。比如山东地矿局某地质队使用黄油包裹的套管(见图1),就缓解了此种弊端,使得套管提取率大大增加。

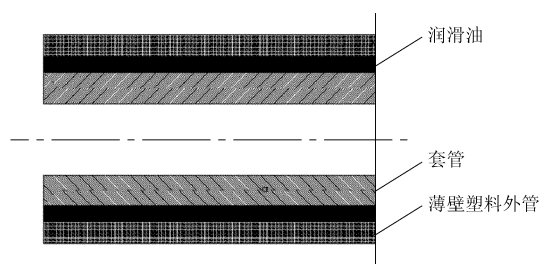


图1 黄油套管模型

3.2 漏通地层

漏通地层是指构造运动作用下形成的复杂破碎地层。其中地层中裂隙空洞连通的漏失模式是对钻探工作影响较大的类型。未连通的空洞只会引起少量漏失,不会对钻探工作产生较大影响。漏失地层又分为孔段漏失与孔底漏失。

常用的判断漏失类型的方法有:

(1)从钻进过程中判断。如果在钻进过程中突然漏失,并伴有钻速突然加快或钻具坠落,则应考虑是否遇到了破碎带大裂隙或大溶洞。

(2)从孔内水位判断。当在不含水地层中发生孔底漏失时,则孔内没有稳定水位,即所谓全孔漏失;当在含水的层中发生孔底漏失,稳定水位与地下水水位一致;孔壁产生漏失时,若漏失层为非含水层,则稳定水位将在漏失层之下;若漏失层为含水层,则稳定水位可能在漏失层之上,也可能在漏失层中,根据动水位与稳定水位可以大致判断漏失量。

3.2.1 孔段漏失

孔段漏失有地层连通漏失与未连通地层漏失2种形式。

在河南洛宁上宫金矿钻探过程中,遇到安山岩碎裂带和蚀化岩带。碎裂带岩层破碎严重,所取岩心均为2~3 cm的青色安山岩砾石;蚀化岩带岩心为白色、灰白色,用手可捏碎成粉状,极为松软。两个岩层相邻。在两个岩层出现漏失,少量返浆或完全不返浆。提钻后,发生塌孔缩径,再下钻下不去或找不到原孔。停钻后,有涌水现象,钻井液被稀释。

针对这种漏失现象,现场制定了2种方案:(1)使用高粘、高密度、高分子“三高”钻井液。考虑到

泥浆泵的承受能力,确定泥浆密度为 1.15 g/cm^3 ,粘度为40 s,采用“三高”泥浆后,漏失得到一定的抑制,塌孔缩径稍微改善,钻井作业得以继续。(2)换用无固相泥浆,泥浆配方选用聚丙烯酰胺0.15%,纤维素0.3%。使用无固相泥浆后,泥浆携带岩屑能力明显提升,上返泥浆中岩屑含量明显增加,包钻现象消失;钻进时钻速不变,钻压为10~15 kN,转速577 r/min,电流表读数降为70~80 A,最低降至60 A,钻探效率明显提高。

2010年7月27日,297.5 m处漏失,不返水,到298.8 m处重新开始返水。说明无固相泥浆对轻微漏失有堵漏作用。

由上面的例子可以看出,遇到连通的漏失地层的治理步骤与力学不稳定地层的基本相同,但连通漏失地层应该及时选用堵漏剂进行封堵,以免造成后面的钻探事故。而力学不稳定地层只需要先期护壁,之后下套管隔离即可。

孔段中未连通地层的漏失,这种漏失通常发生在复杂的地质环境中。如安徽省地矿局313地质队在金寨沙坪沟钨矿勘探项目中钻遇的花岗岩层中形成的复杂裂隙。这种地层漏失特点明显,如同一个气球吸水放水的过程,当钻遇此种地层时,钻井液漏失严重,钻井液进入孔内引起钻孔一定程度的缩径,对钻孔质量有较大影响,同时由于钻井液的漏失很大,容易形成对地层情况的误判。当起钻时,由于抽吸压力的影响,孔中钻井液会大量涌出,形成小规模井喷。刚开始处理这种地层时,按照经验,应用对付连通漏失地层的方法,向钻井液中掺入堵漏剂并循环,当提钻时,井喷现象依然明显。后经现场分析诊断,认为应该减小抽吸压力的影响,必须采取对钻井液降粘降密度这种方法钻进。通过现场试验,降低参数之后的钻井液漏失得到明显改善。在钻井液密度降到 1.02 g/cm^3 ,粘度降到30 s的时候,钻井液漏失量由原来的 $2\text{ m}^3/\text{h}$ 降至 $0.5\text{ m}^3/\text{h}$,效果改善明显。待钻穿此种地层之后,便采用灌注器灌注法注入水泥浆,彻底封堵这种地层,从而钻探工作顺利进行。

3.2.2 孔底漏失

孔底漏失常见于天然裂缝和溶洞或者原有采空地层的地区,其诱发因素是因为地下的复杂压力环境被钻通。当钻透漏失层上盘时,出现泥浆瞬间大量在孔底漏失,泥浆中的岩粉及井壁上的泥皮等,在泥浆的抽吸作用下迅速下落,造成埋钻事故。

在河南上宫金矿和新疆油田的钻探工作中,曾遇到这种孔底漏失复杂情况,由于发生孔底漏失地层的

深度都远远超出 50 m, 不适合再下入技术套管封堵, 因此便采用水泥封堵的方法。起初, 采用向孔内泵入水泥的措施, 试图封堵漏失地层。但当注完水泥提钻后, 待水泥候凝时间达到, 再次下钻扫孔时, 钻具依然有坠落的趋势, 钻压突然降低。这一现象说明一开始的水泥封堵没有效果, 注入漏失层中的水泥在钻具提升过程中, 由于抽吸压力的作用, 随钻具一起上升, 没有起到封堵效果。在后来的会诊中, 中国地质大学(武汉)的胡郁乐副教授提出, 先用清水替换钻井液以降低抽吸压力, 然后应用容器装载水泥, 由钻杆中投入孔底, 用钻头边搅拌, 边缓缓提钻。通过实际应用, 证明此种方法是行之有效的, 孔底漏失被成功封堵。

3.3 孔内造斜绕开复杂地层

如果孔内漏失十分严重, 如存在大溶洞等复杂地质情况, 采用钻井液堵漏与水泥浆均不现实。这时就可以采用定向钻探的技术, 在原孔壁上确定造斜点, 之后采用单弯螺杆等造斜钻具造斜。

当然定向钻进也不是万能的, 应用起来要考虑

它的经济性。这就需要根据现场情况来综合考虑是否选用。

4 结论

(1) 设计钻孔时, 对于孔内复杂情况应预防为主, 套管封堵是简单有效的方式。

(2) 遇到复杂情况, 要辨清漏失类别, 采取相应对策。

(3) 钻井液的性能决定钻探工作的效率, 根据地层状况, 选择适当性能的钻井液。

参考文献:

- [1] 张敬荣, 邓明杰, 谢永斌, 等. 川东北地区河坝 1-1D 井综合治漏工艺技术[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(2): 62-63.
- [2] 姚晓, 李华, 步云鹏, 等. 防漏水泥浆体系在吉林油田严重漏失地层中的应用[J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(1): 35-37.
- [3] 杨振杰. 国外礁灰岩漏失地层钻井技术[J]. 钻井液与完井液, 2004, 21(1): 45-49.
- [4] 刘灿铭. 国内破碎复杂地层钻进技术的研究现状与展望[J]. 甘肃科技, 2010, 14: 634-635.

第十六届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会在南宁隆重召开

本刊讯 由中国地质学会探矿工程专业委员会主办、中国冶金地质总局承办、中国地质科学院勘探技术研究所等数十家单位协办的“第十六届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会”于 2011 年 10 月 9~12 日在广西南宁市成功举办。开幕式由专业委员会常务副主任、勘探技术研究所所长张金昌主持, 专业委员会主任委员王达教授致开幕词, 原广西壮族自治区副主席李振潜、中国地质调查局科技外事部主任叶建良、中国冶金地质总局副局长琚宜太、广西国土资源厅副厅长田凤鸣、广西地勘局副局长段建宝到会祝贺并讲了话, 参加会议的还有新疆地矿局吴华副局长、安徽省地勘局方达副局长及各研究单位、各大院校的领导和。参加会议的代表来自全国 24 个省市、132 多个单位共计 300 多人。涉及原地矿、冶金、有色、核工业、煤炭、建材、武警等系统的直属队伍和属地化的单位。还有 10 多个国内外有关公司的代表。

与会代表进行 2 天的大会交流, 会议特别邀请了 13 位知名专家做大会主题报告, 乌克兰国立矿业大学杜特利亚 M. A. 院士在大会上做了专题发言, 大会还交流了 23 篇论文, 代表们认真听取了各位发言人的报告, 互相进行了充分的交流, 大会圆满完成了预期的目标。

本次会议收到论文 101 篇, 论文集(地质出版社出版发行)收录了其中 90 篇, 共 88 万字。涉及切削具、钻头、钻具、钻探设备、泥浆、工艺方法各个环节和金属矿、铀矿、煤田、地热、矿山救援、水井、石油、工程施工等各个领域。经过全体代表投票推荐, 共评选出优秀论文 10 篇, 分别是(第一作者): 石智军、朱恒银、张永勤、王稳石、赵大军、陶士先、杜特利亚 M. A.、谭志敏、李炳平、黄玉文。在闭幕式上, 为优秀论文作者颁发了荣誉证书。

本次交流的成果有以下几方面特点:

(1) 本次会议全面总结了已取得的新成果, 对钻探技术新的应用领域和新的前沿技术进行了介绍, 主题报告多。内容涉及基础材料、设备器具、钻探工艺、钻探工程实践应用; 从浅钻到深钻, 从陆地到海洋; 从传统岩心钻探到地质灾害防治、基础施工, 从地表到坑道; 从大陆到极地; 从技术到管理, 从软件到硬件。

(2) 规程、规范、标准的制定、修订取得重大进步。进入“十一五”以来, 我国钻探技术标准制修订工作取得了进步, 《煤炭地质钻探

规程》、《地质岩心钻探规程》相继颁布实施, 《水文水井地质钻探规程》即将颁布实施。随着新的钻探技术规程、规范陆续颁布实施。必将促进钻探技术的发展和钻探工程的规范化管理水平的提高。

(3) 钻掘装备发展取得重大进步。经过“十一五”的研发, 2000 m 以内全液压力头地质岩心钻机已形成系列, 立轴式钻机钻进深度达到 3000 m。固控系统的使用, 大大提高了泥浆性能维护水平, 改善了孔内钻具工作条件; 动力头钻机配四角高钻塔, 将动力头钻机和立轴钻机各自的优点结合在了一起, 大大节省了钻进倒杆和提下钻辅助时间; 钻探装备的发展加深了地质钻探深度。“十一五”以来, 岩心钻探工作量也屡创新高, 从 2006 年的 865.01 万 m 提高到 2010 年的 1800 万 m; 预计 2011 年将达到 2400 万 m。

(4) 钻探器具质量和寿命极大提高。金刚石钻头寿命由几十米提高到 100 多米; 液动潜孔锤寿命也大大提高; 特别是 XJY-850 高强度合金管材的研制成功使得新研制的绳索取心钻杆创下了 2706.68 m 的孔深记录; 山东黄金计划施工的 4000 m 钻孔, 目前孔深已超 2700 m; 改变了国产绳索取心钻杆不能施工超千米深孔的落后面貌。

(5) 科学钻探工程的实施促进了复杂地层取心技术的进步。浅海科学钻探专项、汶川科学钻探正在实施; 松科 2 井重大科学钻探工程留下成套装备; 新型水井钻机、汶川科学钻探 3000 m 钻机问世等等。

(6) 新能源勘探开发取得重大突破。天然气水合物、页岩气、煤层气、铀矿勘探技术在原有基础上, 继 2010 年有所突破后, 2010 年又获重大进展。

(7) 其它钻掘技术也有所进展。浅海滩涂钻探装备取样, 浅层取样钻机装备及取样技术, 灾害防治钻探技术均有进展。

(8) 冲洗液、人造金刚石超硬材料方面也获得发展。

本次会议充分体现了探矿工程技术在地质找矿、资源勘探、科学钻探、重大资源环境保护方面的广泛应用前景, 充分体现出探矿工程技术与社会经济可持续发展的紧密关系, 也充分证明了钻探是基础, 是解决一系列重大资源环境问题的基础支撑。本次学术交流年会, 对推动地勘行业发展、促进找矿突破, 意义非常重大。

(中国地质学会探矿工程专业委员会秘书处 张林霞 供稿)