

高瓦斯涌水超厚煤系复杂地层的钻进施工

孙孝刚, 王 聪, 代敏兵, 张 涛

(贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘要:在瓦斯含量极高的煤层(厚)和不同地层段涌水的超厚水敏性地层中钻进施工,合理设计钻孔结构、选择设备、钻进方法、钻进参数和正确操作,是顺利完成钻进施工的前提,正确使用泥浆是孔内事故预防措施的关键。正确使用“高密度”水基成膜泥浆,既能保持孔内液柱与孔壁之间的压力平衡,也能降失水抑制水敏性地层水化膨胀和分散脱落,从而达到防止孔壁坍塌,起到稳定孔壁的作用。介绍了这些技术措施在贵州扬寨煤矿高瓦斯涌水超厚煤系复杂地层中的应用及效果。

关键词:超厚煤系地层;钻探;高瓦斯;涌水;高密度泥浆

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1627-7428(2014)10-0045-05

Drilling Construction in Complex Formation of High Gas Ultra Thick Coal Measure with Water Gushing/SUN Xiao-gang, WANG Cong, DAI Min-bing, ZHANG Tao (Geological Team 102, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: In high gas coal measure and ultra thick water sensitive formation with water gushing in different formations, rational design of borehole structure, selection of equipments, drilling methods, drilling parameters and correct operation are the premise of successful completion of drilling operation. And the correct use of slurry is the key for prevention of hole accidents. By proper application of high density water-based film forming mud, the pressure balance between liquid column and the hole wall can be kept and hydration expansion and dispersion breaking off can also be inhibited by fluid loss control in water sensitive formation to prevent the collapse of hole wall and realize the stabilization. The paper introduces the application of these technical measures in complex formation of high gas ultra thick coal measure with water gushing of Yangzhai coal mine in Guizhou and the application effects.

Key words: ultra thick coal measure; drilling; high gas; water gushing; high density mud

0 引言

贵州省晴隆县扬寨煤矿勘探,前期钻探工作:2005年6~9月,岩心钻探进尺5262.50 m(9孔);2006年10月~2008年1月,岩心钻探进尺8395 m(16孔);2009年6月~2011年8月,补充施工了3410.48 m(7孔)。以上数次勘查,共计施钻32个钻孔。但所有钻孔施工都遇到了较大的困难,虽然提交了地质报告,可地质情况仍有待于认识和研究。近期我队接受了该矿区的勘探任务。

1 工程概述

该矿区位于贵州省晴隆县北部,矿区面积为10.77 km²。该矿区所有设计钻孔均为直孔,孔深在50.00~1612.00 m之间,总计钻探工作量为29548 m(28孔)。

2 地质情况、地质特征

矿区属高原多山地形,沟谷切割强烈,海拔783~1794.4 m,地形坡度大,冲沟发育,最大相对高差近800 m,一般多在300 m。

矿区褶皱及断层均较发育,矿区西部岩层倾角变化较大(25°~85°),普遍具上部倾角缓、下部倾角变大;矿区东部岩层正常产出,岩层倾角5°~45°。

矿区具有煤系地层厚(矿区含煤地层为二叠系上统龙潭组,厚度约560 m)、可采煤层多(全矿区可采和大部可采煤层有M4、M5、M7、M10、M13、M14、M15、M16、M24、M25、M28、M31等层)、瓦斯含量高、漏失、涌水等特点。

矿区由西向东地层由老至新依次出露地层为:

(1)二叠系中统茅口组,岩性主要为深灰~白色厚层块状隐晶至细晶石灰岩、含白云质灰岩和次生白云岩,岩石可钻性4~6级;

收稿日期:2014-03-19;修回日期:2014-05-26

作者简介:孙孝刚(1966-),男(苗族),贵州遵义人,贵州省地矿局102地质大队高级工程师,探矿工程专业,主要从事岩心钻探技术及管理工作,贵州省遵义市汇川区102地质队,sunxiaogang@163.com。

(2)二叠系上统峨眉山玄武岩组,岩性主要为褐灰色、紫色、灰绿色间隐结构玄武岩、拉班玄武岩、玄武质岩屑凝灰角砾岩、火山角砾质粘土岩等,岩石可钻性7~9级;

(3)龙潭组,主要由粘土岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、煤层及少量泥质灰岩薄层组成,岩石可钻性1~4级;

(4)长兴-大隆组,由深褐色、浅黄色、深灰色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主,岩石可钻性1~4级;

(5)三叠系下统飞仙关组,主要为黄绿色、灰绿色细砂岩、深灰色中厚层状微晶灰岩、粉砂质泥岩等,岩石可钻性1~4级;

(6)永宁镇组,主要为粉晶灰岩、云灰岩、紫红色、浅黄色泥岩、粉砂质泥岩、含泥质白云岩、白云岩及滑塌角砾岩,岩石可钻性1~6级;

(7)三叠系中统关岭组,主要为紫红色、灰绿色、灰色薄~中厚层状粉砂岩、泥灰岩夹泥岩,底层为绿豆岩,岩石可钻性1~4级;

(8)第四系残坡积碎石土层、黄褐色含砾砂土、亚粘土等。

3 钻孔结构设计及设备选择

3.1 钻孔结构设计原则

由于该矿区煤层、煤线较多,厚薄不一,0~6 m不等,且瓦斯含量较高,泥岩、炭质(泥质)泥岩、粘土岩、页岩、炭质(灰质)页岩等水敏性地层频繁,砂岩、灰岩破碎段较多,涌水现象严重,且无详细的钻孔柱状图地质情况供施工参考。鉴于以往施工钻孔失败的教训,其钻孔结构设计,原则上开孔至终孔至少预留2~3级口径。设计深度在1000 m以深的钻孔,选择 $\varnothing 172$ mm开孔($\ll \varnothing 150$ mm);在不超过钻机扭矩和提升力时,钻孔结构由大到小尽量做到:少变径和缓变径。即大口径变小口径前,钻孔深度尽力加深,如ZK1310验证孔(见图1)。根据设计的地质柱状图,其钻孔设计深度1250 m,较厚煤层主要集中在600~800 m,故选择 $\varnothing 150$ mm开孔,预计由 $\varnothing 130$ 、 $\varnothing 110$ mm两径钻穿上覆(第四系浮土、三叠系部分)地层,以 $\varnothing 96$ mm为主径尽力钻至最深,然后下套管护壁,用 $\varnothing 77$ mm作预留径快速钻至终孔。

3.2 设备选择

由于存在钻孔设计深度与实际满足地质要求施工深度误差较大的情况,孔内事故难以预防,为确保钻孔的顺利实施,要求进入该矿区施工钻探设备的

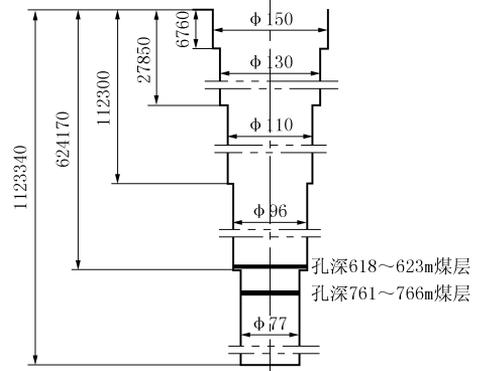


图1 ZK1310验证孔结构设计

性能必须满足:(1)钻机的最大钻进深度(终孔口径)大于钻孔设计深度;(2)钻机(或钻塔、桅杆)具有处理孔内事故的能力或具备配置处理孔内事故设备的条件;(3)具有配备或租借常用的孔内事故处理设备(工具)的能力。

据我们以往施工的记录,YDX-1800型全液压动力头钻机(另配四脚钻塔)所施工的钻孔,其孔径为96和77 mm的钻孔最大深度分别为990和1781 m,并具有处理孔内事故的能力,能满足ZK1310钻孔施工所需的条件,故ZK1310钻孔选用了该钻机施工。

4 钻进工艺

4.1 钻进方法确定

根据《煤炭地质勘查钻孔质量标准》(MT/T1042-2007)要求,为确保岩心采取率及钻孔质量能满足设计需求,全矿区所有钻孔,除开孔孔段用硬质合金钻头外,插定向管之后,全孔施工均采用金刚石钻进,最后三径($\varnothing 110$ 、 $\varnothing 96$ 、 $\varnothing 77$ mm)均采用金刚石绳索取心钻进。钻进工艺参数如表1所示,同时应遵循以下原则。

表1 钻进参数选择

钻进方法	钻压 /kN	转速 /(r·min ⁻¹)	泵量 /(L·min ⁻¹)
$\varnothing 150$ mm 金刚石单管	6~14	400~700	45~80
$\varnothing 130$ mm 金刚石单管	7~14	400~700	45~80
$\varnothing 110$ mm 金刚石绳索取心	10~17	250~500	60~100
$\varnothing 96$ mm 金刚石绳索取心	8~15	300~700	50~90
$\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心	6~11	350~800	40~65

注:在同径情况下,选用表镶金刚石钻头,其钻压、转速都应比选用孕镶金刚石钻头施钻要低。

4.1.1 钻压

(1)钻进节理发育、岩层陡立、松软破碎、软硬互层、强研磨性地层时,以及钻孔弯曲和超径的情况

下,应适当减小钻压。

(2)新钻头初磨应减小钻压,初磨后的新钻头,采用正常钻压。随着金刚石磨钝、钻速下降,应逐步加大钻压,但不宜过大,更不得剧增。

(3)在钻进过程中,注意保持钻压平稳,以保持钻速均匀。

4.1.2 转速

(1)钻进极硬弱研磨性地层、裂隙破碎地层、孔壁不稳、软硬交层地层、陡立易斜地层,应适当降低转速;软岩层中钻进效率很高时,为保持冷却钻头和排粉,也应限制转速。

(2)使用泥浆作为冲洗液时,为减小冲洗液在钻孔环状间隙的循环阻力,降低冲洗液的泵压,同时防止钻杆柱内壁结泥皮,要适当降低转速。

(3)钻孔结构简单合理,环状间隙小,孔深不大,应尽量选用较高转速;反之需降低转速;随孔深增加应不断降低转速。

选用孕镶钻头时,钻头的线速度一般为1.5~3.0 m/s;选用表镶钻头时则为1.0~2.0 m/s。

4.1.3 泵量

冲洗液量应足以保证清除岩粉,冷却钻头和保护孔壁。

4.2 护壁措施

4.2.1 套管护壁

鉴于该矿区煤层、煤线较多,瓦斯含量较高,且砂岩、灰岩破碎段多,孔内漏失和涌水现象都比较严重,泥浆护壁难,易垮塌、掉块的特点。加之部分钻孔施工缺水,一般要求在进入煤系地层换径后,尽量采用套管护壁。

4.2.2 泥浆护壁

在进入煤系地层后,由于该矿区煤系地层厚度较大,煤层较多,易垮塌孔段多的特点,根据孔内情况,应配制与之相适应的泥浆护壁。

4.2.3 水泥护壁

在施工中遇孔壁严重垮塌,且无预留换径下套管的情况下,一般采用水泥封闭易垮塌层段,待其凝固后再继续施钻,从而达到护壁的效果。

4.3 冲洗液性能要求、配制和维护

配制(或换)泥浆时,尽量选用优质(造浆率达 16 m^3)粘土粉,使用时必须预水化(即加碱后发酵24 h),然后再根据护壁的要求加入适量的处理剂,随后检测其密度、粘度、pH值、失水量、泥皮厚度、含砂量等,严禁将“生泥浆”加入孔内。勤观察、勤测量,及时掌握泥浆的性能变化。

4.3.1 泥浆的性能要求

(1)粘度。钻进完整地层粘度控制在35 s左右;水敏性地层控制在35~40 s;特别不稳定地层粘度可视情况调高。若粘度过高,可以加入稀释剂处理,严禁加入清水降粘;过低则可以加入高粘纤维素增加粘度。

(2)滤失量和泥饼厚度。完整地层滤失量应控制在15 mL/30 min以内,泥饼厚度应 $<2\text{ mm}$;泥页岩地层及其他吸水膨胀易垮塌地层滤失量应控制在10 mL/30 min以内,泥饼厚度应 $<1\text{ mm}$ 。

(3)密度。冲洗液的密度是平衡孔内压力的参数。密度过小可能引起孔内垮塌;密度过大则可能压漏地层,同时钻具磨损也严重,也容易发生粘吸卡钻。①在稳定的孔段:优质冲洗液一般密度应控制在 $1.06\sim 1.10\text{ g/cm}^3$ 之间。②在不稳定的孔段:冲洗液密度应控制在 $1.10\sim 1.20\text{ g/cm}^3$ 之间。③在涌水、高瓦斯突出孔段:冲洗液的密度应根据涌水的情况,控制在 $1.20\sim 1.50\text{ g/cm}^3$ 之间。

(4)含砂量。含砂量要求控制在4%以内。含砂量太大,可以采用清水稀释的办法,或用聚丙烯酰胺泥浆使细小岩屑絮凝,再通过固相控制设备除去。

(5)pH值。pH值是冲洗液酸碱度的指标,一般控制在8~10之间。可以通过加入烧碱、纯碱及碱性处理剂来调节。

4.3.2 冲洗液性能调节应注意的问题

(1)冲洗液性能调节必须在泥浆循环的条件下进行。

(2)添加剂必须少量、缓慢的加入,不得猛加处理剂造成新加入泥浆与孔内泥浆发生不良反映。

(3)原则上孔内需什么就补什么,保留有效固相去除无效固相。

4.4 孔内事故预防及处理

4.4.1 孔内事故预防

预防孔内事故的关键是保证冲洗液的质量及循环畅通,保持孔内清洁。预防卡、埋、烧钻事故必须做到以下几点。

(1)根据岩层性质,正确掌握清水、泥浆、套管的配合使用。

(2)做好硬质合金与金刚石钻进的互换,当合金钻进换金刚石钻进时,应捞净孔内残留合金碎块并进行磨孔,新金刚石钻头下孔前应有一定时间的初磨阶段。

(3)钻孔深度 $>800\text{ m}$ 后,尽量避免起大钻,必须起大钻时,应采用低速起钻,减小对孔壁的抽吸作

用力。

(4)金刚石钻进时,应保证钻杆丝扣连接密封,水泵要保证良好的工作状态,在易坍塌岩层提钻时要进行钻孔回灌。预防孔内事故的发生,要正确操作,随时注意孔内情况,发现异常应及时判断和处理。

4.4.2 孔内事故处理(以 ZK1310 孔为例)

4.4.2.1 钻孔概况

该孔所钻地层从上至下依次为:第四系浮土(0~21.43 m);三叠系下统飞仙关组(21.43~387.17 m);二叠系长兴组(387.17~498.02 m)、龙潭组(498.02~1118.34 m)、峨眉山玄武岩组(1118.34~1123.34 m)。自 388.17 m 钻穿第一层煤后,到 1084.67 m 钻穿最后一层煤,共穿越煤层、煤线近 50 层,其中厚度在 5 m 以上 2 层,1~5 m 共 8 层,0.5~1 m 共 12 层,多呈半块状、粉状。

选用 YDX-1800 型全液压力头钻机(另配四脚钻塔)。

钻孔结构、套管程序及钻进方法见表 2。

表 2 钻孔结构、套管尺寸和钻进方法

孔深 /m	钻进方法	孔径 /mm	套管直径 /mm	套管长度 /m
0~6.76	硬质合金单管	150	146	6.96
6.76~27.85	金刚石单管	130	127	28.10
27.85~112.30	金刚石绳索取心	110	108	112.60
112.30~624.17	金刚石绳索取心	96	89	624.67
624.17~1123.34	金刚石绳索取心	77		

备注:孔深 112.30~624.17 m 时,由 $\varnothing 96$ mm 钻具和 $\varnothing 89$ mm 钻杆作套管。

4.4.2.2 第一次事故

(1)事故经过。在下好 $\varnothing 108$ mm 套管后,选用 $\varnothing 96$ mm 绳索取心钻具施工,孔深在 672 m 时,钻孔 619~623 m 的煤层段严重垮塌、埋钻。

(2)处理过程。①不停车、不停泵,上下串动,连顶(液压油缸)带拉(升降机),迅速将钻具提至安全孔段;②重新调配泥浆,扫孔,失败(始终不能通过 619~623 m 孔段);③用 $\varnothing 96$ mm 金刚石单管钻具扫孔至最大深度后作套管用,随后用 $\varnothing 77$ mm 绳索取心钻具掏心接近 $\varnothing 96$ mm 钻具底部时, $\varnothing 96$ mm 钻具跑管;④ $\varnothing 96$ mm 钻具跑管后, $\varnothing 89$ mm 钻杆在 619~623 m 孔段严重弯曲,用丝锥打捞,将上部钻杆在孔深 619.70 m 提断后提出孔外,余 49 m 钻具于孔底无法提出;⑤采用水泥将 619~623 m 孔段封堵,用 $\varnothing 96$ mm 金刚石单管钻具扫孔至 624.17 m,自然侧钻(已超过事故头),并作套管之用护壁,换径,

选用 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻具钻进。

(3)事故原因。本孔自孔深 387 m 钻穿第一层煤后,至 672 m 时,已穿过多煤层、煤线。①由于瓦斯突出(含量极高),致泥浆密度降低,严重破坏了孔内液柱与孔壁间的压力平衡;②在孔深 600 m 后局部地层涌水,泥浆的失水量增大,使煤层吸水坍塌。

4.4.2.3 第二次事故

(1)事故经过。经第一次侧钻后钻至孔深 1062 m 时,孔内涌水较大,且瓦斯更为突出,致上部孔壁多段严重垮塌、埋钻。

(2)处理过程。①用反丝公锥将上部钻杆从孔深 765 m 处反脱,提出孔内后下部事故头被埋,无法打捞。②用水泥封固 624.17~765 m 孔段。③配制高密度水基成膜泥浆,压制瓦斯突出、涌水和稳定孔壁。泥浆配方及性能:3%~5% 粘土粉+1%~2% Na_2CO_3 +2%~3% CMC+3%~5% X-1 成膜剂+适量 BaSO_4 ;粘度 35~40 s,滤失量 < 10 mL/30 min,泥饼厚度 1~2 mm,密度 1.25~1.35 g/cm³ 之间,含砂量 < 4%,pH 值 8~10。④用 $\varnothing 77$ mm 金刚石绳索取心钻具扫孔→自然侧钻→至钻进终孔。

(3)事故原因。

①瓦斯突出:由于该孔所钻煤层较多且厚,瓦斯含量极高,致泥浆充气,使泥浆密度在孔内循环中严重降低,破坏了孔内液柱与孔壁之间的压力平衡。

②涌水:由于煤层底部部分地层涌水,致使泥浆被逐渐稀释,性能发生改变,水敏性地层(粉)煤层、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及少量泥质灰岩及破碎岩石脱落、坍塌,粘土岩缩径。

③人为因素:事故发生前,现场未对泥浆性能进行及时检测和调配处理。

5 经验体会

(1)在上述复杂地层矿区钻探施工,不仅在施工前要有全面的事故预防措施,而且在施工过程中要把握好钻进参数、正确操作、勤观测泥浆性能的变化,并根据护壁需求进行及时调整。

(2)在调制高密度水基成膜泥浆时,应根据进、出孔口泥浆性质的变化、钻孔深度(液柱压强)、涌水量和水头高度,以及瓦斯突出时产生的水头高度,来判断孔内瓦斯突出量(压力)和涌水水头高度(压力),然后加入适量的 BaSO_4 进行调整。其调整后的泥浆密度 ρ 理论上应满足下式:

$$\rho = \rho_0 + (h/l)\rho_0$$

式中: ρ_0 ——调整前泥浆的密度; h ——调整前泥浆涌(喷)出孔口的高度; l ——涌水(瓦斯突出)孔段深度。

实际值应稍大于计算值,才能确保瓦斯气体(或水)渗透到孔内。

BaSO_4 添加原则:适量逐渐添加,使泥浆的密度逐渐增大,同时,检测返出孔口泥浆性能的参数,其性能趋于稳定时则停止添加,从而可避免因加量过多使泥浆密度过高,致孔内泥浆被压而漏失,以及泵压过高而增加设备负荷,损坏设备。反之,因泥浆密度过小,达不到压制瓦斯突出和涌水的功能。

由于X-1成膜剂与水在粘土表面发生竞争吸附,X-1成膜剂优先在粘土表面取代部分水分子,形成一个疏水的膜,破坏和阻止了粘土表面结构水的形成,以及CMC具有较好的降滤失作用和碱性溶液中有较好的流变性能。因此,高密度水基成膜泥浆,在CMC、X-1成膜剂中的高分子与粘土颗粒之间的物理和化学作用下,同时具有2种作用,一是保持孔内液柱与孔壁之间的压力平衡,二是降失水,抑制水敏性地层水化膨胀和分散脱落,从而达到防止孔壁坍塌,稳定孔壁的作用。

6 钻探技术效果

通过以上措施,该矿区自ZK1310孔施工结束后,总结经验,并在各机台进行交流、推广,又相继施工完ZK301、ZK302、ZK1202等钻孔,现13台钻机正在该矿区进行着有效的施工,累计完成工作量近10000 m。不仅解决了该矿区高瓦斯涌水超厚煤系复杂地层钻进施工的难题,为我队创造了一定的经济效益,为探明该矿区的矿产资源储量和查明地质构造,提供了可靠的技术支撑,而且为同类地层的钻进施工积累了宝贵的经验。

7 结语

在超厚煤系地层、高瓦斯、涌水等复杂地层钻进

施工中,应遵循以下几点。

(1)确保泥浆性能是关键。高密度水基成膜泥浆,不仅能有效地抑制瓦斯突出,避免因瓦斯侵,导致泥浆充气,密度变小,破坏液柱与孔壁之间的压力平衡,而致孔壁垮塌。而且能压住岩层一定量的涌水,避免因水侵,导致泥浆被稀释变质,致水敏性地层缩径、脱落垮塌。

(2)合理的钻孔结构。钻孔结构设计,不仅要根据钻孔深度、地质要求(终孔口径)、经济成本作考虑,而且要根据地层的复杂程度,合理预留事故变径口径。

(3)正确操作、选择合理的钻进参数是预防钻探事故的先决条件。钻压过高,易使钻具弯曲、折断和钻孔弯曲;钻速过高,易使钻具折断,造成孔壁垮塌和钻杆内壁积垢;泵量过大易冲刷孔壁,反之,泵量过小,不能及时排出孔底岩屑,则导致重复破碎,影响钻速或造成埋钻。

(4)正确选用钻探设备。由于地层复杂导致钻孔深度的不确定性事故发生率较高,因此,在设备选型上,不仅要考虑是否经济,还要考虑具有处理事故和钻孔适当加深的能力。

参考文献:

- [1] 李浩,陈礼仪,陈尔志,等.新型水基钻井液成膜处理剂的研制与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):20-22.
- [2] 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.
- [3] 孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32-35.
- [4] 郑思光,刘继东.内蒙古曹四夭钨矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):17-22.
- [5] 张东兴.河南新蔡焦庄铁矿区预查ZK001孔超厚覆盖层钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):47-49.
- [6] 罗永贵,王红阳,刘建华.小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻探技术难点及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):27-29.

安徽312地质队定向钻探显身手

《中国矿业报》消息(2014-10-21) 安徽312地质队施工的江西省九江市金鸡窝矿区详查项目ZD5-1、ZK3-8定向钻孔日前取得成功,并获得业主的高度称赞。

随着深孔和超深孔钻探技术的发展和市场需求,定向钻探技术已凸显其重要性。为了更好地开拓地质市场,安徽312地质队斥资引进了定向钻探设备,并组织相关人员学习

定向钻探技术和理论知识,同时在实践中大胆探索创新,通过努力,该队在有线随钻与小直径螺杆马达斜,以及定向孔施工方面取得了可喜的成绩。据了解,定向钻探技术不仅能提高钻探施工效率,降低生产成本,确保钻孔施工质量,而且在保护生态环境等方面发挥着重要的作用。