

保径导向扩孔钻头的设计及其工程应用

何玉云, 王发民

(宁夏回族自治区核工业地质勘查院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 岩心钻探中, 在砾石(漂砾)等破碎地层采用常规三翼扩孔钻头扩孔时, 常出现憋车和卡钻现象, 且扩孔效率低。为此, 设计了具有导向和保径功能的扩孔钻头。新设计的扩孔钻头在宁夏灵武一个综合地质孔进行了应用, 扩孔效果良好, 平均扩孔效率 3.5 m/h, 形成的新孔眼与原孔眼同轴度高, 孔径规则, 下套管顺利, 对第四系破碎地层进行了有效分隔, 保障了后续取心钻进和物探测井的顺利进行。

关键词: 岩心钻探; 破碎砾石层; 钻头保径; 导向扩孔; 扩孔钻头

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2019)11-0050-04

Design and field use of the gauge-protected pilot reaming bit

HE Yuyun, WANG Famin

(Ningxia Nuclear Industry Geological Exploration Institute, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: During core drilling, blockage and sticking often occurs when conventional three-wing reaming bits are used for reaming in broken strata such as gravel (boulder), which results in low reaming efficiency. For this purpose, a reaming bit with guiding and gauge protection functions was designed, and was applied in a comprehensive geological hole in Lingwu, Ningxia, with good reaming effect, and the average reaming footage up to 3.5m/h. The reamed hole was highly coaxial with the original hole, and had a regular gauge, leading to smooth casing running. The Quaternary broken formation was effectively separated to ensure smooth performance of subsequent core drilling and geophysical logging.

Key words: core drilling; broken gravel bed; gauge-protected bit; guiding reaming; reaming bit

1 岩心钻探扩孔工作面临的问题

在岩心钻探施工过程中, 为了保证孔内安全和施工顺利, 一般采用三级钻孔结构, 大部分钻孔是在钻穿第四系覆盖层进入基岩后下入表层套管^[1], 在钻进过程中如果钻遇上部破碎地层, 在钻穿破碎地层进入完整地层后再下入一层套管^[2], 大部分钻孔是在三开后根据地质设计终孔。为了节约成本, 不少施工单位将钻杆外径作为套管外径, 在完成上一级钻进施工后, 下入对应外径尺寸的套管, 继续钻进取心必须减小一级孔径, 如此一来, 就降低了一级孔径, 在出现复杂地层需要下套管时面临无法选择的境地, 为后续施工埋下了安全隐患。

近年来, 由于我国地勘行业向环境地质^[3]和城市地质^[4]转型, 在许多城市周边实施了一大批环境地质和城市地质方面的钻孔, 包括一些地热孔^[5], 这

些钻孔一般终孔口径较大, 设计深度一般为中深孔, 并且在实施全面钻进之前往往需要进行地质取心钻探, 为了满足取样研究工作, 终孔口径要求较大, 岩心采取率要求较高, 为了完成全部的岩心钻探工作, 以上一级钻杆外径作为套管外径存在一定的局限性, 基本上不能满足后续施工的需要。为了满足施工需要, 需要采用专门的扩孔钻头^[6]对原孔进行扩孔后下入较大口径套管, 继续采用同一级取心钻具继续施工, 而岩心钻具和钻头尺寸一般较小, 石油钻井用牙轮钻头等钻头可以满足岩心钻探施工扩孔需要, 但是成本较高, 并且不能保证扩出的新孔眼与原孔的同轴度, 容易扩偏, 不利于后续施工, 施工质量很难满足地质设计要求。因此有必要设计适合地质钻探用的扩孔钻头^[7], 实现扩孔后下入口径大一级的套管, 从而使用本级钻具继续钻进取心, 实现本级

收稿日期: 2018-12-28; 修回日期: 2019-03-07 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.11.009

基金项目: 宁夏回族自治区第八批地勘基金项目“灵武幅、磁窑堡幅 1:5 万综合地质调查项目”(编号: 2017NCZ001803W)

作者简介: 何玉云, 男, 回族, 1985 年生, 工程师, 硕士, 地质工程专业, 主要从事地质岩心钻探及冲洗液等方面的研究及管理工作, 宁夏银川市西夏区贺兰山西路 718 号, heyuyun2010@126.com。

引用格式: 何玉云, 王发民. 保径导向扩孔钻头的设计及其工程应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(11): 50-53.

HE Yuyun, WANG Famin. Design and field use of the gauge-protected pilot reaming bit[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(11): 50-53.

取心钻具的连续取心工作。

2 保径导向扩孔钻头的设计及加工

该保径导向扩孔钻头主要由变径接头、中心管、保径腰带、扩孔刀板、导向腰带、导正切削复合片及保径腰带肋骨支架和导向腰带肋骨支架组成,具体钻头结构示意图及三维效果见图 1。

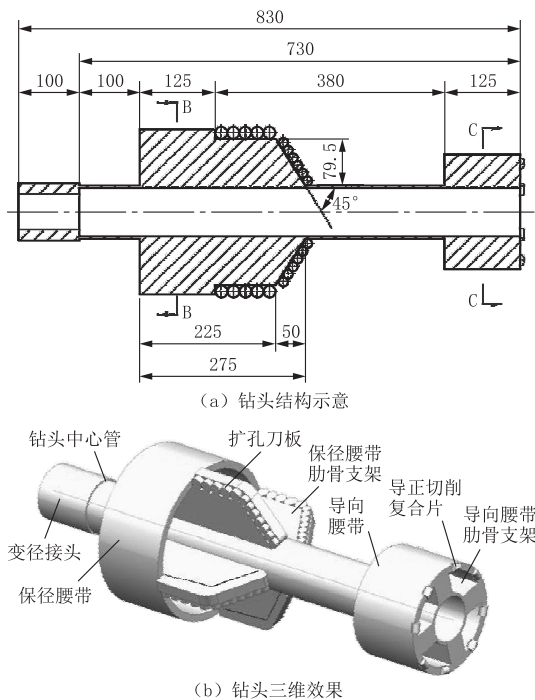


图 1 保径导向扩孔钻头

Fig.1 Gauge-protected pilot reaming bit

其中变径接头材质为 40Cr 钢材, 外径 95.00 mm, 上车床加工 60.00 mm 钻具内粗扣, 扩孔过程中可与上部钻具(钻铤)联接, 加工外粗口与扩孔钻头本体联接。

钻头中心管由钢级 R780 钻具管材加工而成, 外径 89 mm, 壁厚 10 mm, 加工内扣与变径接头联接后, 在丝扣部位开孔打眼(开孔 4 个)后进行堆焊, 起锚固作用, 如铆钉一样加固变径接头与扩孔钻头中心管联接部位。由于钻探扩孔过程中扭矩很大, 如不联接牢靠, 很容易发生脱扣现象, 故此做法能有效防止此类事故的发生。

保径腰带外径 273 mm, 壁厚 25 mm, 由 20 号钢板加工而成, 相当于整个扩孔钻头的扶正器, 主要作用是在钻探扩孔施工过程中与孔壁紧密贴合, 可以起到扶正器的作用, 能很好地保证钻孔弯曲度符合设计要求, 防止扩孔过程中发生掉块, 保证扩出的

孔眼孔径规则, 有利于下套管^[8]。

扩孔刀板由金刚石复合片与保径腰带肋骨支架(厚度 25 mm 的 20 号钢板)焊接构成, 主要作用是钻探扩孔过程中切削岩石。

导向腰带外径 190 mm, 壁厚 25 mm, 由 20 号钢板加工而成, 主要作用是在钻探扩孔过程中起导向作用, 扩孔过程中始终保持导向腰带在原孔中随扩孔钻头一起转动, 从而保证扩出的新孔眼与原孔眼在同一条中心轴线上。

导正切削复合片取自磨损程度不严重的旧复合片钻头, 在导向腰带底部每 1/4 圆周割槽后镶嵌 2 颗^[9], 共 8 颗, 主要作用是扩孔过程中切削原孔眼内的岩粉颗粒, 防止钻头水槽被堵死, 确保冲洗液能正常冲洗和携带钻头底部的岩粉。

保径腰带肋骨支架由厚度 25 mm 的 20 号钢板加工而成, 共 4 个, 互相夹角 90° 均匀焊接排列^[10], 主要作用是支撑保径腰带, 便于焊接, 保径腰带肋骨支架先与扩孔钻头焊接后, 上车床加工, 将保径腰带肋骨支架的外径车削成与保径腰带的内径尺寸一致^[11], 这样就可以保证扩孔钻头中心管与保径腰带的同轴度, 也能保证扩孔刀板与扩孔钻头本体的一致性, 保证扩孔刀板在钻进过程中能均匀受力^[12]。

导向腰带肋骨支架厚度与材质与保径腰带肋骨支架一致, 共 4 个, 互相夹角 90° 均匀焊接排列, 为了保证钻头使用过程中受力均匀, 将导向腰带肋骨支架与扩孔钻头本体焊接后, 上车床加工, 将导向腰带肋骨支架的外径车削成与导向腰带的内径尺寸一致^[13], 这样就可以保证扩孔钻头中心管与保径腰带的同轴度。

3 保径导向扩孔钻头的现场应用

3.1 扩孔施工中遇到的问题

2018 年在宁夏灵武市实施的一个综合地质孔, 使用 XY-6B 型立轴钻机, 配备 260/7 型泥浆泵, 钻孔设计深度 800.00 m, 钻遇第四系破碎地层, 含有大量砾径 1~50 cm 的砾石(漂砾), 为了确保施工质量满足地质设计要求和后续施工顺利, 需要扩孔后下入 $\varnothing 168$ mm 技术套管, 由于地层条件复杂, 扩孔难度大, 设计并使用了 3 种规格扩孔钻头^[14], 即 $\varnothing 365$ 、219、275 mm。

该钻孔采用三开钻孔结构, 一开采用 $\varnothing 124$ mm 钻具 + $\varnothing 60$ mm 钻杆开钻, 钻进至 25.6 m, 穿过松散

砂层,采用 $\text{O}365\text{ mm}$ 三翼扩孔钻头扩孔至 25.6 m 下入 $\text{O}325\text{ mm}$ 表层套管,继续用 $\text{O}124\text{ mm}$ 取心钻具+ 45 m 钻铤(外径 68 mm ,壁厚 12 mm)+ $\text{O}60\text{ mm}$ 钻杆钻具组合,钻进至 176.1 m ,由于地层条件复杂,坍塌掉块,需要扩孔下技术套管对复杂孔段进行封隔,为了确保扩孔质量,采用 $\text{O}219\text{ mm}$ 三翼扩孔钻头+ 45 m 钻铤+ $\text{O}60\text{ mm}$ 钻杆扩孔至 176.1 m ,扩孔过程中由于地层复杂,钻机回转阻力大,多次出现憋车现象,为了防止扩出的新孔眼偏离原孔眼的中轴线,钻进参数选择余地小(转速 100 r/min ,钻压 2 kN),施工效率低,平均扩孔进尺 1.5 m/h ,扩孔工期 8 d ,扩出的新孔眼孔径不规则,技术套管(外径 168 mm ,壁厚 4 mm)下至 58 m 处遇阻,由于技术套管材质所限,不能旋转通径,最终提出套管重新扩孔。

3.2 扩孔钻头的改进

为了能顺利的下技术套管,增大了扩孔钻头的直径,即由原来的扩孔直径 219 mm 增大到 275 mm ,对扩孔钻头进行了重新的设计,特别是钻头增加了前后导向和扶正功能(见图2),使得钻头在进行第二次扩孔时钻具稳定性好^[15],钻机回转平稳。二次扩孔时采用的钻具组合为 $\text{O}275\text{ mm}$ 导向扩孔钻头+ 45 m 钻铤+ $\text{O}60\text{ mm}$ 钻杆,扩孔至 176.1 m ,施工过程顺利。



图2 改进后的扩孔钻头
Fig.2 Improved reaming bit

3.3 导向扩孔钻头应用效果

采用改进设计的导向扩孔钻头扩孔,由于该扩孔钻头具有一定的导向作用,扩孔过程中可以选择合理的转速和钻压(转速 200 r/min ,钻压 10 kN),扩孔效率明显提升,平均扩孔效率由原来的 1.5 m/h 提高到 3.5 m/h ,扩孔工期 2.5 d 。有效节约了钻探成本;扩孔后的孔径规则,下技术套管(外径 168 mm ,壁厚 4 mm)顺利,没有出现下套管受阻等困难。具体钻孔结构见图3,孔径测井曲线见图4。

4 使用过程中出现的问题及解决方法

问题1:第一次试验时导向腰带底部没有镶嵌

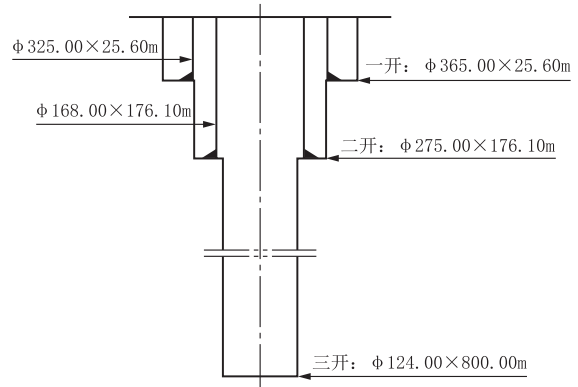


图3 钻孔结构
Fig.3 Borehole structure

孔深/m	层位	换层位置				柱状图	岩性名称	物探测井 井径曲线 井径/mm 350	钻孔结构
		换层深度/m	岩心长度/m	层厚/m	分层采取率/%				
1		4.30	4.00	4.30	93.02		黄土层		
2		12.80	6.29	8.50	74.00		砾石层		
3		26.82	12.21	14.02	87.08		细砂层		
4		34.50	7.37	7.68	95.96		中砂层		
5		38.10	3.32	3.60	92.22		粘土层		
6		44.50	5.94	6.40	92.81		中砂层		
7		50.62	5.61	6.12	91.66		砾石层		
8		63.82	12.44	13.20	94.24		细砂层		
9		70.50	6.19	6.68	92.66		中砂层		
10		87.62	16.49	17.12	96.32		细砂层		
11		92.50	4.67	4.88	95.69		中砂层		
12		103.00	9.73	10.50	92.66		粘土层		
13		109.30	5.88	6.30	93.33		细砂层		
14		122.93	12.79	13.63	93.83		粘土层		
15		128.78	5.73	5.85	97.94		细砂层		
16		134.50	5.34	5.72	93.35		砾石层		
17		138.00	3.27	3.50	93.42		细砂层		
18		142.70	4.40	4.70	93.61		砾石层		
19		183.00	38.25	40.30	94.91		细砂层		

图4 孔径测井曲线
Fig.4 Caliper logging curve

复合片,扩孔过程中导向腰带底部与孔内岩粉摩擦阻力大,泥浆泵泵压高,岩粉清理不及时,扩孔效果不太理想。

解决方法:在导向腰带底部割槽,将旧复合片钻头的复合片部分切块,镶到导向腰带底端槽中用氧焊焊接,使得导向腰带的作用增加为两个,一方面可以起导正作用,另一方面可以起切削岩粉作用。改进后导致效果良好,泵压正常,扩孔顺利。

问题2:第一次试验时扩孔刀板的外保径采用

硬质合金焊接,由于扩孔钻进过程中钻具外径承受的摩擦阻力最大,故钻具外径(硬质合金部分)磨损严重,加之钻遇地层坚硬、破碎不完整,大部分砾石(漂砾)的岩石硬度在 6 级以上,在扩到孔深 100 m 时,钻头的外径已严重磨损。

解决方法:将原硬质合金保径割除,重新补焊钢板,并氧焊焊接金刚石复合片做外保径,改进后的外保径使用效果良好,完成剩余扩孔施工后外保径依然完好(见图 2)。

5 结语

(1)为了适应岩心钻探大孔径扩孔的扩孔需要和孔内安全,设计并应用了具有导向保径作用的扩孔钻头,扩孔后下入大一级套管,用原口径取心钻具继续施工,避免了每下一层套管就降低一级孔径的问题,施工质量优良,满足了地质设计要求。

(2)导向腰带底部需排列镶嵌复合片,既可以降低原孔眼对导向腰带的磨损,又可以切削孔底岩粉,保证冲液正常循环,携带岩粉,保持孔底干净,提高扩孔效率。

(3)导向腰带底部镶嵌的复合片可以从工况良好的旧复合片钻头上割取,一方面镶嵌带有部分胎体的旧复合片采用氧焊焊接后比较牢靠,另一方面可以降低加工扩孔钻头的成本。

(4)采用该扩孔钻头用于岩心钻探扩孔,施工效率高,扩出的孔眼规则,下套管顺利,可以提高生产效率,有效节约钻探成本,增加社会效益。

参考文献(References):

- [1] 王吉现,余中岳.DF2 水平分支井二开 $\varnothing 244.5$ mm 套管下入技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):46-48.
WANG Jixian, YU Zhongyue. Technology of second startup 244.5 mm diameter casing running in DF2 multilateral horizontal well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(6):46-48.
- [2] 周高明.反循环多级套管跟管钻进技术在松散层钻进中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(7):46-47.
ZHOU Gaoming. Application of casing while drilling Tech. with reverse circulation and multiple layer casing in loose formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004,31(7):46-47.
- [3] 程光华,杨洋,赵牧华,等.新时代城市地质工作战略思考[J].地质论评,2018,64(6):1438-1446.
CHENG Guanghua, YANG Yang, ZHAO Muhua, et al. Strategic thinking of urban geological work in the New Era[J]. Geological Review, 2018,64(6):1438-1446.
- [4] 张茂省,王化齐,王尧,等.中国城市地质调查进展与展望[J].西北地质,2018,51(4):1-9.
ZHANG Maosheng, WANG Huaqi, WANG Yao, et al. Progress and prospect of urban geological survey in China[J]. Northwestern Geology, 2018,51(4):1-9.
- [5] 宋继伟,蒋国盛,苏宁,等.贵州省复杂地层地热深井钻探工艺[J].地质与勘探,2018,54(5):1024-1037.
SONG Jiwei, JIANG Guosheng, SU Ning, et al. Drilling technology of deep geothermal wells for complex strata in Guizhou Province[J]. Geology and Exploration, 2018,54(5):1024-1037.
- [6] 王三牛,牛庆磊,史兵言,等.深孔 PDC 扩孔钻头研究及计算机辅助设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):1-8.
WANG Sanniu, NIU Qinglei, SHI Bingyan, et al. PDC reaming drill bit research and computer aided design for deep hole[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(8):1-8.
- [7] 王三牛,王聪,刘玮,等.科学深钻扩孔钻头及钻进技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):8-13.
WANG Sanniu, WANG Cong, LIU Wei, et al. Study on reaming bit for scientific drilling and the drilling technique[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(3):8-13.
- [8] 佟功喜.KZ 型 CCSD 专用扩孔钻头的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):54-56.
TONG Gongxi. Development of KZ hole opening bits specially made for CCSD[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004,31(2):54-56.
- [9] 刘建风,胥建华.PDC 钻头布齿的计算机辅助设计[J].煤田地质与勘探,2003,31(3):62-64.
LIU Jianfeng, XU Jianhua. Computer-aided design of PDC bit placing cutting[J]. Coal Geology & Exploration, 2003,31(3):62-64.
- [10] 史晓亮,段隆臣,王蕾.导向钻进法用三翼回拉扩孔钻头最优切削角计算[J].探矿工程,2001(3):49-52.
SHI Xiaoliang, DUAN Longchen, WANG Lei. Calculation of the optimum cutting angle of three-wing back reamer in guided boring[J]. Exploration Engineering, 2001(3):49-52.
- [11] 谢春庆,刘荣涛.偏心刮刀扩孔钻头的试验研究[J].探矿工程,2000(4):33-34.
XIE Chunqing, LIU Rongtao. Test & research on underreaming eccentric drag bits[J]. Exploration Engineering, 2000(4):33-34.
- [12] 高晓亮,王传留,田宏杰.大直径定向长钻孔用 PDC 钻头设计与应用[J].煤炭工程,2018,50(5):150-152,155.
GAO Xiaoliang, WANG Chuanliu, TIAN Hongjie. Design and application of PDC bit for major diameter directional long drilling hole[J]. Coal Engineering, 2018,50(5):150-152,155.
- [13] 熊虎林,李谦.基于地层成分和钻进参数的钻速预测模型[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):195-201.
XIONG Hulin, LI Qian. ROP prediction model based on formation composition and drilling parameters[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(10):195-201.
- [14] 毛军,王德龙,张丽君.土层扩大头锚杆扩孔钻具的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):54-56,65.
MAO Jun, WANG Delong, ZHANG Lijun. Development of reaming drill with enlarge head anchor in soil[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(3):54-56,65.
- [15] 杨庆理.复杂地层 PDC 钻头个性化设计及应用研究[D].东营:中国石油大学(华东),2007.
YANG Qingli. Application study and personalized design of PDC bits under complex geological condition[D]. Dongying: China Petroleum University (East China), 2007.