

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。

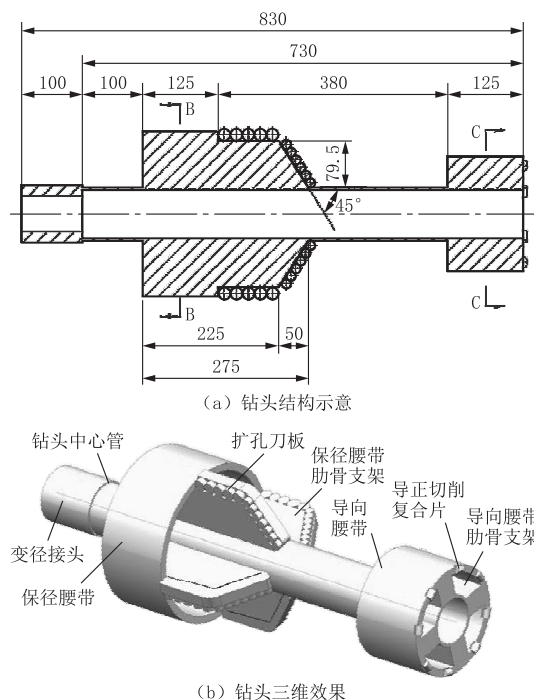


图 1 保径导向扩孔钻头

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, 很容易发生脱口现象, 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 $\Phi 365$ mm三翼扩孔钻头扩孔至25.6 m下入 $\Phi 325$ mm表层套管,继续用 $\Phi 124$ mm取心钻具+45 m钻铤(外径68 mm,壁厚12 mm)+ $\Phi 60$ 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 $\Phi 219$ mm三翼扩孔钻头+45 m钻铤+ $\Phi 60$ 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 $\Phi 275$ mm导向扩孔钻头+45 m钻铤+ $\Phi 60$ 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,没有出现下套管遇阻等困难。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

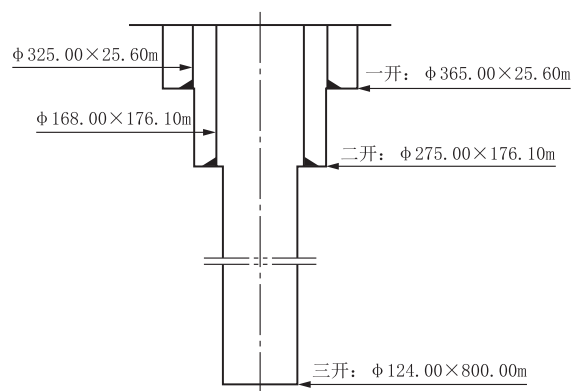


图3 钻孔结构

Fig.3 Borehole structure

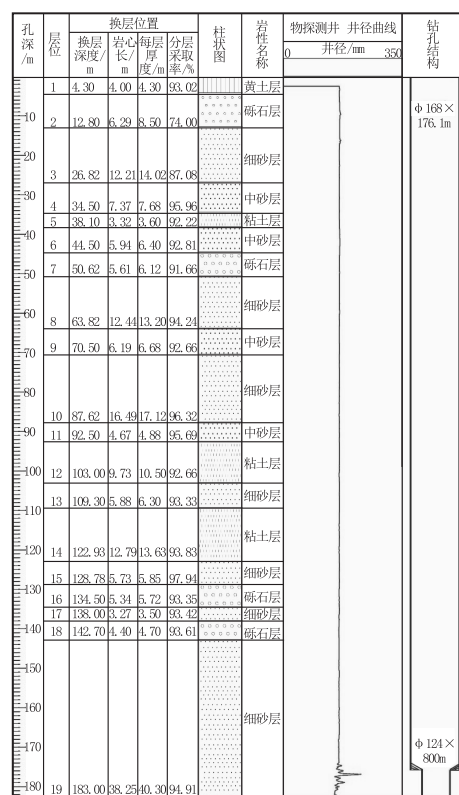


图4 孔径测井曲线

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,钻头的外保径已严重磨损。

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,保证冲洗液正常循环,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施工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,刘荣鸿.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 Ronghong. 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.

(编辑 韩丽丽)