

BH-114型套管钻进在福建马坑铁矿 复杂地层中的试验应用研究

傅丛群

(福建省第八地质大队,福建 龙岩 364000)

摘要:介绍了BH-114型套管钻进工艺在福建马坑铁矿ZK9501孔复杂地层中的试验应用情况。试验表明,采用 $\varnothing 114$ mm套管代替绳索取心钻杆传递钻压和扭矩驱动孔内套管取心钻具回转钻进,用绳索取心打捞原理,在不提钻情况下进行绳索取心钻进,检查或更换孔底主、副钻头,实现不提钻头取心钻进到预定孔深,有效穿越复杂地层,减少起钻次数,避免因起钻次数多而导致孔内孔壁不稳定及其引发的孔内事故,降低劳动强度,改善施工环境和促进安全生产。

关键词:套管钻进;复杂地层;钻探;护壁;绳索取心钻进;福建马坑铁矿

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)11-0023-05

Study on Experimental Application of BH-114 Casing Drilling in Complex Formation of Makeng Iron Ore of Fujian/FU Cong-qun (No. 8 Geology Team of Fujian, Longyan Fujian 364000, China)

Abstract: The paper introduces the experimental application of BH-114 casing drilling for hole ZK9501 in the complex formation of Makeng iron ore of Fujian. In the experiment, the WOB and torque were transferred by $\varnothing 114$ mm casing instead of wire-line drill rod to drive the casing coring tools and based on the wire-line coring catching principles, core drilling was carried out and the main and auxiliary bits were replaced without drill string lifting until drilling across the complex formation to the determined depth. The wall instability caused by drill string lifting and downhole trouble were avoided to reduce the labor intensity, improve the construction environment and promote safe production.

Key words: casing drilling; complex formation; drilling; wall protection; wire-line core drilling; Makeng ore of Fujian

1 概述

马坑铁矿矿区位于福建省龙岩市东南 120° 方向,距离市区13 km。隶属龙岩市曹溪镇管辖,交通便利。矿区开展地质工作分4个阶段,完成钻探工作147406.56 m,探明铁矿石储量4.79亿t,伴生钨矿8.29万t,是华东最大的铁矿床。该矿区在2010年被国土资源部列为首批找矿突破战略行动的47片重点整装勘查区之一(“龙岩马坑-大田汤泉地区铁矿整装勘查区”)。2010年起开展了新一轮的勘查钻探——马坑外围石岩坑的铁矿勘查深部钻探工作。几十年勘查钻探表明,该区地质构造复杂,断层多,地下水十分丰富,尤其灰岩溶洞多、大,并且充填现象较为严重。主要表现:褶皱两翼易斜,褶皱轴部岩性较为破碎,取心困难,断层岩心破碎。通过挤压剪切使有些严重孔段岩性呈软泥状、怕冲刷,造成孔壁极不稳定,穿过第四系地层后钻孔就严重漏失,垮塌现象时有发生。采用常规的堵漏方法和泥浆护壁都无特效,给钻探施工带来较大困难。我队于2012

年9月12日在石岩坑ZK9501孔率先进行了中国地质科学院探矿工艺研究所研发的BH-114型套管钻进试验,取得初步成功,达到了预期的效果。

2 BH-114型套管取心钻具

2.1 国内外套管钻进技术简况

套管钻进是20世纪50年代初提出的概念,60年代就出现与套管钻进相关的事例,90年代快速地发展。目前国外成熟的套管钻进有加拿大(Texco)(德士古)公司的套管钻进系统,威法福公司、斯克里斯坦森的套管靴等。这些工艺及系统在油气井钻进中得到广泛应用,完成钻井300多口,钻进井深超千米。在中硬地层成功获取最大钻井深度约2800 m。使用可钻式套管钻井钻具、特制钻头钻到预定井深,再采用小一径钻头钻穿特制钻头朝前钻进达到终孔目标,最终完成钻孔任务。

2007年,我国中石油下属的吉林油田公司、钻井工程技术研究院、大庆油田有限责任公司、大港油

收稿日期:2013-11-10

作者简介:傅丛群(1956-),男(汉族),福建长汀人,福建省第八地质大队副队长,探矿工程专业,从事探矿工程技术工作,福建省龙岩市东肖镇,zuohai@126.com。

田分公司等5个单位联合开展国家“863”项目——“套管钻井技术”的研究,成功研究了“转盘钻井驱动方式的浅井开发套管钻井工具配套系统”,共完成8口表层井眼的试验,其中有1口井深超过1000 m,该项目在2010年1月22日通过项目验收。

我国在地质勘探套管钻进目前尚属空白。在20世纪90年初,内蒙古地勘局113地质队在白音诺矿区复杂地层施工中,提出并委托中国地质科学院探矿工艺研究所进行了套管钻进的探索。最近几年,随着深部和复杂地质条件找矿的推进,复杂地层钻探的现象在钻探领域普遍存在,并围绕着施工进度和效果。随着我国深部地质找矿战略的实施,深部钻孔越来越多,钻探界早就萌生和盼望套管钻进的技术进步越来越强烈。如云南锡业股份公司在个旧锡矿矿山接替资源地质勘探中、贵州有色公司在道真铝土矿勘探中、四川华锋钻探公司在云南铜矿勘探中、汶川科钻、福建省第八地质大队在马坑铁矿勘探中都常遇到复杂地层、地层不稳定提钻即垮、成孔困难等原因而造成施工周期长、钻效低、孔内事故多、成本高等多方面难题。为了解决这一难题,探矿工艺研究所在2012年研制了BH-114型套管取心钻具,可代替钻杆使用 $\varnothing 114$ mm套管及配套钻进的机具,制订了 $\varnothing 114$ mm地质勘探套管钻进工艺,为实现地质勘探套管钻进实质性突破和研究奠定了基础,并在2012年9月8日福建省第八地质大队马坑铁矿ZK9501孔进行试验,试验自25.58 m开始至186 m。然后将 $\varnothing 114$ mm套管留在孔内作为技术套管,该孔试验取得初步成功,实现了随钻下套管隔

离保护孔壁,为钻孔深部施工创造良好条件。

2.2 BH-114型套管取心钻具

2.2.1 钻具结构原理

BH-114型套管取心钻具是针对复杂地层,采用绳索打捞更换钻头和取心原理以套管钻进为目的,通过不提钻换钻头取心钻进技术途径,研制的一种地质勘探孔内套管取心钻进钻具。钻具采用两级破碎成孔原理,设置有主钻头和副钻头两级破碎工具,前者执行先导取心钻进,后者承担扩孔成孔任务。

钻具主要由主钻具和副钻具组成。主钻具相当于绳索取心钻具的内管总成,其中上部装有普通手动双管取心钻具。主钻头和组合张敛式副钻头属可打捞部分,可以用绳索从孔内将其打捞到地面进行取心和检查或更换钻头,又可通过套管(钻杆)投送到孔底进行取心钻进。副钻具相当于绳索取心钻具的外管总成,可直接与专用套管(或绳索钻杆)柱连接,属非打捞部分,随套管柱留在孔内。钻具采用楔顶张敛原理,当张敛轴总成在水(泵压)作用下,相对钻头架总成下移,使副钻头张开,副钻头将主、副钻具连接,钻具呈钻进状态,可进行取心钻进;在打捞开始瞬间,张敛轴总长相对钻头架总成上移,使副钻头收敛,解除主、副钻具的连接,钻具呈升降状态,可打捞到地面进行取心、检查或更换钻头,从而实现了提钻换钻头取心钻进具备套管钻进取心的基本功能。钻具设有瞄向机构、打捞机构、张敛机构、张开报信系统、悬挂机构、传扭传压机构、限位机构和取心机构、(钻具)等功能执行机构。钻具的结构组成参见图1。

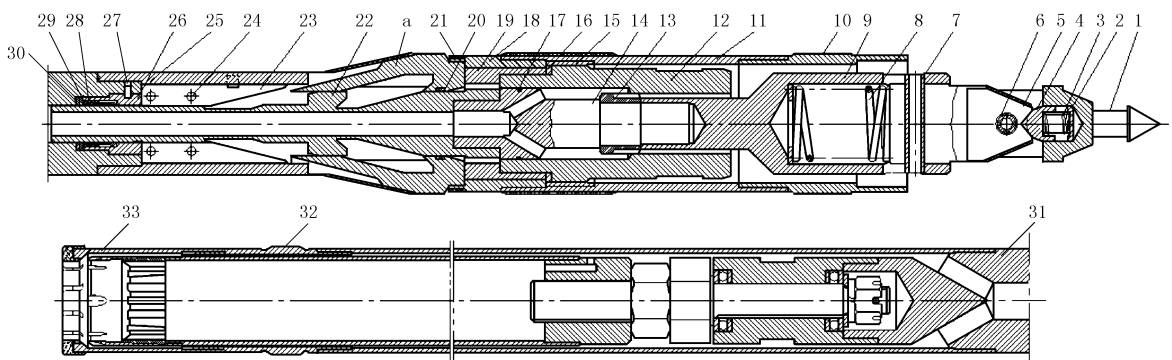


图1 BH-114型套管取心钻具结构示意图

1—矛头;2—垫圈;3、8—弹簧;4—球头套;5—滑座;6、7—弹簧销;9—缓冲管;10— $\varnothing 122$ mm扩孔器;11—上外管;12—悬挂接头;13—报信阀;14—引流杆;15—密封环;16—悬挂环;17—O形圈;18—定位端管;19—钻头架;20—副钻头;21—磁性销;22—张敛轴;23—收敛爪;24—圆柱销;25—分水接头;26—压盖;27—定位销;28—限位器;29—调节圈;30—垫圈;31— $\varnothing 89$ mm手动双管钻具;32—扩孔器;33—主钻头

2.2.2 钻具结构特点

(1)用于破碎岩石的钻头(主钻头、副钻头)和

取心装置安装在可打捞的主钻具上,每取心回次均可检查或更换钻头,从而实现不提钻换钻头取心钻

进,完全满足套管钻进的长孔段不提钻工艺要求。

(2)主钻头作为超前钻进,副钻头作为保径扩孔作用。虽然两级钻头都破碎岩石,任务较重,环状面积大,但两级钻头不在同一空间位置,视为阶梯破碎,破碎自由面较多,尤其在中硬地层钻进效果好,同一口径钻具机械钻速与绳索取心钻具大致相同。

(3)副钻头为 4 块组合张敛式钻头,借助冲洗液驱动副钻头张开,张开瞬间的泵压需要达到一定的峰值,所以容易根据地面泵压表变化规律判断孔内副钻头张开情况。主钻头取心钻具均按岩心钻探相关标准。

(4)钻具既可以适用于专用套管,又兼顾当前广泛使用的绳索取心钻杆。

(5)钻具投送到位要求孔底具有一定的裸孔空间,对复杂地层而言,这是钻具的不足之处。但可根据地层复杂程度等,调节岩心管长度及结合泥浆工艺弥补其不足。

2.2.3 钻具主要技术参数(见表 1)

表 1 套管取心钻具规格及主要技术参数

钻具型号		BH-114
钻孔直径/mm		122
岩心直径/mm		68
到位报信压力/MPa		1.5~3.0
主钻头		Ø94 mm 普通双管钻头
	类型	4 块组合张敛式
副钻头	规格/mm	Ø122/93.5
	张开直径/mm	122.5
	收敛直径/mm	93.5
外管	外径/内径/mm	89/80
	长度/mm	1380~3380
内管	外径/内径/mm	77/70
	长度/mm	1000~3000
主钻具长度/mm		1567~3567
副钻具长度/mm		480

3 试验条件

3.1 试验钻孔的选择及其地质条件

Ø114 mm 套管钻进技术,于 2012 年 9 月 12 ~ 28 日在福建马坑铁矿区石岩坑 ZK9501 孔进行套管钻进生产试验,试验孔深从 25.84 m 开始钻至孔深 183.18 m 结束,随钻下入 Ø114 mm 套管 181.70 m,完成了 ZK9501 孔上部的随钻下套管护壁任务,为下部钻孔施工奠定了良好的施工条件。钻孔及地层情况如下。

(1)石岩坑矿区属于“福建龙岩马坑-大田汤泉铁矿整装勘查区之一”。ZK9501 孔设计孔深 1000 m,倾角 90°(直孔)。地层自上而下为第四系

堆积层,岩石主要是粘土夹碎石块,厚为 5~10 m;石炭系上统船山组,岩石为灰岩、遂碳岩,地层裂隙严重,岩溶发育,可钻性 7~8 级,钻孔严重漏失,层厚 100~200 m;石炭系黄龙组,为铁矿主矿体,岩石为硅质、铁质层,厚几米至数十米;志留系、奥陶系岩石主要有砂岩、硅化砂岩,地层裂隙发育,可钻性 6~9 级,中等研磨性,钻孔全泵漏水,层厚几十米至百米。

(2)钻孔结构:开孔 Ø150 mm,钻进 20~50 m,下入 Ø146 mm 套管。换 Ø130 mm 钻穿上部灰岩,孔深 200 m 左右,下入 Ø127 mm 套管。换 Ø95 mm 绳索取心钻进,下 Ø89 mm 套管,再换 Ø75 mm 绳索取心钻进,或直接采用 Ø75 mm 钻至终孔。

(3)Ø114 mm 套管钻进(钻孔 Ø122 mm,套管 Ø114 mm)安排在 Ø130 mm 孔段进行,即采用 Ø122 mm 套管钻进替代 Ø130 mm 钻孔下 Ø127 mm 套管的部分。

3.2 设备、工艺条件

采用 XY-5 型立轴钻机,23 m 四角铁塔,BW-50 型泥浆泵,Ø7.6 mm 钢丝绳绳索绞车。

泥浆材料主要为:801 堵漏剂、聚丙烯酰胺、超强润滑剂。

Ø122 mm 套管取心钻具(见图 2):其实质是 Ø122 mm 不提钻换钻头取心钻具,钻具采用扩孔张敛式结构。设计有 Ø94 mm 取心钻头(主钻头)和 Ø122/93 mm 张敛式扩孔(副钻头)钻头。钻具由内管(主)外管(副)钻具组成。主钻具上有主、副钻头,为可打捞部分,副钻具属非提升部分。当主钻具投入孔内后,靠泵压驱动副钻头张开,从而副钻头主要承担扩孔,成孔任务,当打捞瞬间,停泵后副钻头自动收敛,与主钻具将被打捞到地面进行取心或更换钻头。

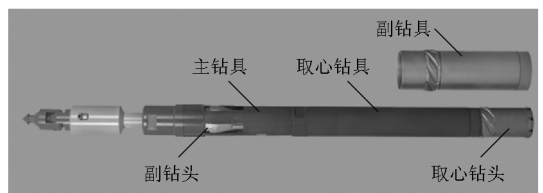


图 2 Ø122 mm 套管取心钻具

4 现场试验情况

4.1 试验工作开展情况

套管钻进工艺与常规绳索取心钻进基本相同,区别在于,完成一回次钻进打捞取心时,可实现不提钻更换或检查主钻具钻头和副钻头,这时钻杆柱则

留在孔内作技术套管,确保孔内安全。

套管钻进工序流程:钻具投送前先配好超前主钻具和扩孔副钻具,然后投送孔内,送水水泵压力升高后突降表示副钻头将张开—钻进—打捞孔内钻具—取岩心—检查或更换主、副钻头—完成一个回次钻进—直至预定孔深。

ZK9501孔套管钻进是2012年9月12日上午,在孔深25.28 m进行的,当配好钻具后采用地表泵压调试副钻头是否张敛时,就发现4块副钻头与收敛爪由于制作间隙较小,当张敛轴总成在水力(泵压)作用下,相对钻头架总成下移时,副钻头不张开。经过现场调试和将副钻头先采取打磨调整间隙,加油润滑等措施,使之灵活度和配合度都能符合要求。孔深在25.84~30.90 m共施工了4个回次。由于主钻头钻具配置3 m,在钻进中超前的主钻头工作,副钻头未工作,钻进进尺较快,技术参数选用钻压在8~20 kN之间,转速为355 r/min,泵量为90 L/min。

在30.90~40.85 m孔段,主钻头与副钻头同时工作时,孔内又出现了几次问题:

(1)钻具投送不到位;(2)副钻头未张敛;(3)内管提不动;(4)打捞器不配套;(5)主副钻具同心度问题而造成钻头架偏磨和因扭力大造成裂纹。

项目组与机台班组针对钻具设计及组合和孔内遇到的问题,采取应急措施:(1)在孔浅钻进时钻具由打捞器投送到底,投送前先检查,调整张敛轴总成间隙,加油润滑调试,做到地表张敛运动自如;(2)调整钻进有关参数,转速调低,钻压增大,钻具超前主钻具调短,可适当解决主、副钻具同心度等问题,避免造成孔内阻力大,使副钻头架减少偏磨现象。

4.2 主要钻进技术参数与注意事项

4.2.1 $\varnothing 114$ mm 套管钻进参数(见表2)

表2 $\varnothing 114$ mm 套管钻进参数

主钻头 类型	副钻头 工作状态	孔段 /m	钻压 /kN	转速/(r· min ⁻¹)	泵量/(L· min ⁻¹)
$\varnothing 94$ 热压	副钻头 未工作	25.84~30.9	8~20	355	90
		30.9~43.25	15~20	355	90
		43.25~48.75	10~15	261	90
电镀 钻头	正常 钻进	48.75~164.12	10~20	165	90
		164.12~181.83	15~20	165~261	90
		181.83~183.18	20	85	90

当孔深在65 m处,全孔漏失不进水,采用顶漏钻进方法。孔内水位深度40~60 m。

4.2.2 套管钻进注意事项

(1)第一回次钻进中,因副钻头未工作,只有主钻头钻进时应控制钻速、钻压,避免造成孔斜。

(2)当主、副钻头同时钻入工作面扫孔时应时刻注意孔内发生情况,轻压、慢转,让主、副钻头同时进入工作面。

(3)主、副钻具一次性投送不到底时,应研判孔内情况并分析其原因,不能强行提拉内管,避免打捞器钢丝绳拉断,造成提大钻。

(4)投送钻具时应注意钻杆柱是否提离钻具有效安全距离,避免投送到底时因地质原因或孔内掉块、地层破碎,造成主、副钻头损伤。

(5)当钻进中因地层改变,主、副钻头胎体硬度不适应时,应立即提钻检查、分析,并作调整,不能打懒钻。

(6)可视地层条件调节主钻具超前长度,若地层较完整可适当加长主钻具,因复杂、破碎、软硬不均等地层原因应适度减短主钻具长度。

(7)套管钻进取心与绳索钻进取心基本相同,在完成一回次钻进后采取岩心时,应注意采心提拉有效高度,因岩心较粗,操作判断时可进行试钻,完全到底时方可提钻进行打捞内管,避免孔内岩心未采断,而造成下回次进行扫孔。

4.2.3 技术经济指标及分析

试验台时:386.5 h(其中:钻进215.75 h,辅助114.92 h,停工55.67 h)

台月数:1.537个

试验台月效率:293 m

试验进尺:157.34 m

岩心长度:155.59 m

岩心采取率:98.88%

平均时效:0.73 m(最高时效1.54 m)

试验回次:138个回次

平均回次进尺:1.14 m(最长回次2.8 m)

投送次数:138次,其中一次性投送到底张开成功为134次,成功率97.10%;失败4次,占3%。

打捞次数:138次,其中打捞成功131次,成功率94.93%;失败7次,占5.7%。主要原因是在孔深25.40~50.05 m施工中打捞20次中7次不到位,属于钻具调试配合所致,孔深50.65 m以后打捞118回次,成功118次,成功率100%。

4.2.4 试验效果评述

试验应用表明,套管钻进用一道钻进工序,完成常规绳索取心的方法要求“裸孔取心钻进—下套管”两道工序才能完成的成孔任务,成孔工序简便、

效率高、可靠性好、孔斜有保证,特别在复杂地层中深、深部地质勘查中都体现出了优势。能有效降低成本、减轻劳动强度,提升钻探工艺水平,具有广泛的应用前景。

5 存在的问题及建议

在生产试验的过程中也发现了一些问题和不足,主要有以下几个方面。

(1)套管钻进钻具主、副钻具同心度较差,稳定性不高,造成钻具和岩心较严重的偏磨(见图3)。建议在副钻具内加长扶正器及引向,增强主钻具悬挂系统的稳定性。



图3 钻具和岩心偏磨情况

(2)地质勘查套管钻进是一种全新的钻探技术,同时也是我队首次实现套管钻进技术的钻探实践,在实践中采用的所有口径、规格都是新标准,未设计和生产有处理事故的专用打捞工具,若孔内或钻具发生事故时都无法处理。

(3)单一的 $\varnothing 114$ mm 套管钻进尚不能满足钻探要求,需要尽快对 $\varnothing 91/75$ mm 的套管钻进进行研究和生产试验。

(4)钻具的到位副钻头张开报警系统时间中泵压报信不明显,有待提高系统精密度,以供操作人员判断。

(5)为了更好地提高套管钻进的钻效,建议应在主钻具增加液动冲击锤系统,更好提高钻效,避免破碎地层遇堵现象。

(6)副钻头胎体模式及硬度可进行调整,可供不同地层的选择使用。

6 结语

套管钻进技术是地质勘查钻探的一项最新钻探技术,具有广泛的应用推广前景。采用套管代替绳索钻杆,实现不提钻取心或换钻头钻进的方法,钻至预定孔深,穿越复杂地层,将钻杆留在孔内作为套管功能,解决了复杂地层的护壁、堵漏等问题。科学地配制和使用好低固相泥浆,根据不同地层选择相应的钻头,不仅能提高钻进效率,保障孔内安全,而且能取得更好的经济效益。

参考文献:

- [1] 钱锋,房勇,胡立,等.地质勘探套管钻进技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(7):69-72.
- [2] 孔伟.套管钻进技术在煤矿复杂地层中的应用探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):21-23.
- [3] 张伟.套管钻进及其在地质勘探中的应用前景[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):1-3.
- [4] 王绪华.套管钻井技术发展与应用[J].焊管,2009,32(10):33-36.
- [5] 郑锋辉,韩来聚,杨利,等.国内外新兴钻井技术发展现状[J].石油钻探技术,2008,36(4):18-21.
- [6] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动潜孔锤钻进技术研究与运用[J].勘察科学技术,2011,(6):59-64.

内蒙古3年发现32处大中型矿产地

《中国国土资源报》消息(2013-11-19)“358”找矿突破战略行动实施3年来,内蒙古地质找矿取得重大进展:2011~2013年10月,全区新增储量铁矿石5.46亿t、铜220.03万t、铅锌904.24万t、钼364.29万t、金159.44t、煤炭450亿t,有6种矿产资源新增储量超过3年预期目标;新发现大、中型以上矿产地32处。

内蒙古先后完成1:5万区调9.15万 km^2 、1:5万矿调16.7万 km^2 、1:5万化探扫面7.02万 km^2 、航空物探综合站测量70多万平方千米;完成基础水文地质调查约8803 km^2 ,发现中型以上水源地5处,发现可供开发利用地热井12眼。

创新地质勘查工作机制。内蒙古自治区专项地勘资金

发挥了重要拉动作用,实现了公益性地质工作与商业性矿产勘查的有机衔接;引入竞争机制,优选勘查队伍;通过加强基础地质工作,进一步降低商业性矿产勘查风险。

突出重点,科学部署。重点安排国家和自治区紧缺矿种,并经过专家组深入研究筛选出的“集中勘查”项目;利用地质和物化探等勘查技术手段,开展综合方法地质找矿工作;对重点项目进行跟踪管理。

强化监管,严格质量管理。建立项目质量管理专家库,实行质量监管负责制;实行“质量、进度、资金”一票否决制,奖优罚劣。