doi:10.3969/j.issn.1674-1803.2022.S2.06
文章编号:1674-1803(2022)S2-0026-03

矿山大口径钻孔钻探施工技术及工艺研究

王程林[1], 王明耀[1], 王 翠[2]
(1. 中煤一局集团有限公司山东分公司,山东枣庄 277000; 2. 中国煤炭地质总局一二九勘探队,河北邯郸 056004)

摘 要:近年来,矿山开采对大口径钻探的需求日益增加,然而关于大口径钻孔的套管安置、固井技术与工艺尚未成熟。通过对已成功完钻的 6 个大口径钻孔经验总结,重点对大口径钻孔套管连接、套管下放及固井工艺进行探讨。实践证明,钻孔大口径套管连接采用光管对焊的连接方式,具有成本低、连接可靠的优势。已成功实施的 6 个大口径项目均采用提吊附加浮力法,单管浮力大于重力时,要准确计算管内注水量,并且在重浮平衡之前及时补注水,同时要在保证安全提吊前提下尽量减少空管段长度,合理选择提吊设备。常用的大口径固井工艺主要为压入式固井和内插法固井,但压入式固井无法避免混浆问题;内插法可以有效避免混浆问题,并且减少水泥浆损耗和替浆工作,现场可操作性强。

关键词:大口径钻孔;套管连接;固井工艺;钻探技术
中图分类号:P634.5 **文献标识码**:A

Research on Construction Technology of Large Diameter Drilling in Mines

Wang Chenglin[1], Wang Mingyao[1] and Wang Cui[2]
(1. Shandong Branch, China Coal First Bureau Group Co., Ltd., Zaozhuang, Shandong 277000;
2. No. 129 Exploration Team, CNACG, Handan, Hebei 056004)

Abstract: In recent years, the demand of large-caliber drilling is increasing, but the casing placement and cementing technology for large diameter drilling are not developed yet. Based on the experience of six large diameter boreholes that have been successfully drilled, this paper mainly discusses the casing connection, casing lowering and cementing technology of large diameter boreholes. It has been found that the connection of large diameter casing in drilling hole adopts the connection mode of light pipe butt welding, which has the advantages of low cost and reliable connection. Six successful large diameter projects have adopted lifting additional buoyancy method. When the buoyancy of a single pipe is greater than the gravity, the water injection in the pipe should be calculated accurately, and the water injection should be timely replenished before the balance of gravity and buoyancy. At the same time, the length of empty pipe should be reduced as far as possible under the premise of ensuring safe lifting, and lifting equipment should be rationally selected. The commonly used large diameter cementing technology is mainly plug in cementing and interpolation cementing, but the plug in cementing can not avoid the mixing slurry problem. The interpolation method can effectively avoid the problem of mixing slurry, and reduce the loss of cement slurry and the replacement work, and has strong operability.

Keywords: large diameter borehole; casing connection; cementing technology; drilling technique

0 引言

区别于岩心钻探工艺学设计的小口径钻孔(直径 30~150mm),以及煤矿区大口径井筒及其他盾构工程孔(直径 3~10m),煤矿区地面大口径定向井完井口径在 500~1 200mm,施工设备以大功率钻盘式钻机和车载钻机为主,采用正向回转钻探工艺成井后下套管固井、完井,实现煤矿区地面与井下连通。井眼和套管尺寸大、套管质量大是该类工程的显著特点之一,施工工艺也具有鲜明特点[1-10]。近几年煤矿区瓦斯抽放孔、通风孔、电缆孔、送料孔、应急孔等大口径钻孔越来越受到重视[11],在地热井、深水井、煤层气生产井以及其他各类大口径水源孔等领域的大口径工程项目也逐渐增加。煤矿瓦斯排放孔或煤矿排水孔等都是为提高煤矿抗灾能力、减少煤矿灾害、保证煤矿安全生产而设计的[12]。大口径钻孔施工工序复杂、质量要求高、风险大。因此,需要钻探技术的不断改进以适应生产需要。然而大口径钻孔钻探技术与工艺并不成熟,为满足生产需要,迫切需要改进、完善钻探技术与工艺,提高钻探成功率。

针对坚硬基岩以及软硬不均等复杂地层,大口

第一作者简介:王程林(1984—),男,河北安国人,高级工程师,从事煤田地质勘查工作。

收稿日期:2022-07-16
责任编辑:樊小舟

径钻探面临着钻进效率低,成孔困难,钻进成本高等问题,且因大口径自身特点而在下管、固井等关键环节相对于小口径工艺要求明显偏高。研究适合大口径钻探的施工工艺,实现高效、低成本钻进,总结大口径下管、固井等关键环节的工艺和方法,积累大口径施工的技术力量和经验,是开展本次研究的最主要目的和意义。

在大口径钻探施工中,要按照一定的步骤顺序施工。根据不同孔径、孔深的钻进特点,优选合理的钻进工艺、钻具级配及钻进参数。以先导孔快速钻进、精确定向为主,在确保命中靶点的基础上优化轨迹控制,然后进行扩孔,扩孔则以铅垂保直钻进为主,优选钻具组合及钻进参数,实现扩孔保直钻进,为下套管提供条件,扩孔完毕进行套管下放。大口径套管自重大,且因当前钻机最大提升力大多无法满足直接提吊下放要求而存在巨大安全隐患,而大口径套管多采用焊接连接,必须确保套管一次性下放成功。套管下放后环空面积及环空体积大,井壁不光滑及套管侧片、吸壁等诸多因素都会影响固井质量,如何保证水泥充分、均匀填充环空,提高固井质量是完井的关键。厘清楚各个步骤之间的相互关系,制定最优方案。2017—2020年中国煤炭地质总局一二九勘探队先后施工了6个大口径钻孔,钻孔各项工程质量指标都达到了设计要求。为本次讨论研究大口径钻孔套管连接、套管下放及固井工艺奠定了良好的基础。

1　套管连接技术

常用的套管连接方式主要包括以下三种:丝扣连接,螺钉连接,电焊焊接[13-15]。

光管直接对焊肋骨条加强是在套管端部打坡口,直接对焊,然后用一定数量的加强筋加固增加连接强度。为保证套管对焊同心度,该方法需用专用套管扶正箍来导正套管。由于套管端口均加工有一定坡口(一般45°~60°),不同的套管壁厚焊接时均能焊透,焊接质量容易保证,同时焊缝一周再用加强筋加固,焊接的强度远远大于套管本身,对于深孔及套管自重大的工程优势更加明显。

本文涉及的6个钻孔均采用光管直接对焊肋骨条加强焊接的方式施工。

以往施工中焊接连接套管只是简单进行对中,对偏心和弯曲控制程度不够,焊接时只能保证不漏浆,砂眼等焊接瑕疵不能控制。大口径套管自重大、服务年限长、工作强度大,此次施工使用水平尺严格控制偏心度,对焊接口进行无损探伤,保证垂直度和焊接质量。

2　下管工艺

煤矿区地面大口径定向井以下套管固井方式完井。与石油固井用套管和小口径固井用套管不同,大口径钻井因其孔径大、配套套管管径大、自重大,为保证套管强度,通常使用无缝钢管、螺旋钢管和直缝钢管。固井后套管作为地面与井下连通通道。大口径套管下放及固井面临两个重要问题:

1)入井套管自重大,一般均超过钻机游车大钩的最大提升力,直接提吊下管方法不可取,需采用浮力下管。

2)套管内截面积、套管与井壁的环空间隙大,固井水泥浆注入和上返流动不稳定。大口径套管下放至设计深度后,固井质量成为完井的关键。固井时要求水泥浆的注入和上返保持均匀、稳定、顺畅,但在一定排量情况下,大口径井固井时水泥浆的流速降低,这往往成为影响固井质量的关键因素[16-19]。

为防止钻孔缩径和岩粉沉淀,除调整钻井液参数外,力求快速下管也是关键环节。下管过程简述如下:

1)在井口水泥台架设高强度水平工字钢架,确保工字钢中心位于井筒中心,放置稳固,工字钢规格1 500mm×1 500mm。

2)在套管顶部穿入穿杠,钢丝绳挂于穿杠两端并采取防滑脱措施,由游车大钩钩住钢丝起吊套管至钻井平台,下入套管的穿杠确保位于孔口中心且水平架于工字钢架上之后,取出穿杠两端钢丝绳,配合另一根穿杠起吊第二根套管立根至钻井平台。

3)缓慢下入套管直至与已入井筒的下部套管口水平对接,经检测对接笔直、管口同心、合缝后快速围焊,并加焊加强筋。

4)利用游车大钩起吊套管约0.5m后,取出下部套管穿杠,牢固、密实焊接穿杠圆孔,冷却后缓慢下入套管,不能顺利下入则向套管内部注水,直至平台上部套管穿杠稳当架于井口工字钢架上。

3　固井工艺

大口径套管的固井方式主要采用压入式固井和内插法固井,常用实施路径主要包括以下4种:管内满水、孔口封闭憋压、底部注浆返排工艺;管内满水、孔口封闭憋压、孔口注浆返排工艺;管内满水、钻杆对接浮鞋、孔底注浆返排工艺;管内满水、孔口封闭憋压、杆底加焊钢板、孔底注浆返排工艺[20-22]。

以塔山项目为例,原制备的浮鞋不具备内插法施工条件,且套管已经焊接完毕,根据目前的工作基

础,采用上述压入式固井的方案为“管内满水、孔口封闭憋压、底部注浆返排”施工。

1)固井用主要设备与材料参数。泥浆泵 3NB-1300 型 1 台,最高工作压力 18MPa,最大排量 1 300L/min;30m^3 泥浆罐一个;商业混凝土水灰比为 0.5~0.6,泥浆密度为 1.8g/cm^3。

2)水泥浆用量预算。计算环空理论体积、替浆量(替出泥浆主要包括钻杆内部、套管底部、泥浆泵管内残留的水泥浆)。

3)钻杆下入。下管结束后,开始下入钻杆进行注浆前期的准备工作,钻杆下入深度距离套管底部浮鞋 13.99m。

钻杆下入完成以后封闭管口并开泵冲孔,向套管内注入稀泥浆加压以检查孔口钢板的封闭效果,是否有漏水现象。并通过加压打开浮鞋逆止浮球,用稀泥浆循环替出环空间隙稠浆。

此时,套管内部处于满水并承受一定压力状态,总质量达到最大。维持套管满水和一定压力,并使套管总重处于一个相对高值的作用。一是平衡固井注入水泥浆时,因水泥浆密度增大而造成的内外压差增大,防止套管挤毁变形,二是防止水泥浆密度增大而造成对于套管的浮力增大,防止套管上浮。

4)固井。①下部固井:如上所述,将钻杆下入距浮鞋 13.99m 深度,在检查孔口钢板密封性并替出环空间隙稠浆后,利用泥浆泵将首批水泥浆连续不断泵入套管内。注浆结束后,用稀泥浆替出泥浆泵管、钻杆和套管中的水泥浆,但因替浆过程中压力过大,管口封闭钢板在高压下已发生轻微鼓起,为保障注浆安全,未继续开展替浆工作,因此套管内仍残留部分水泥浆。泵浆工作结束后,将管口固定在护筒中心,保持管口、天轮、转盘中心在同一轴线上。待水泥养护 4~5h,管内外水泥初步凝固后启封管口密封板并提出钻具。再等待 10h,下入钻头至管内水泥顶面,经下钻探测套管内浮鞋以上水泥柱高度,利用钻头扫掉套管底部水泥柱。将套管底部水泥柱清扫完毕,随后起钻向管内注满清浆后再次密封管口准备开展上半段的固井工作。②上部固井。将焊接好的钢管通过环空间隙下入井筒后与泥浆泵对接,钢管下入水泥硬面上部。然后通过泥浆泵将第二批水泥浆连续不断泵入环空间隙内,直至井口返出水泥浆。

实际固井水泥浆用量与环空空间理论计算体积一致,固井质量良好。

4 结语

大口径套管连接主要包括丝扣连接、螺钉连接和电焊焊接方式。根据煤田大口径钻孔套管规格和已施工的大口径项目套管具体规格,为保证连接强度,主要采用了光管对焊的连接方式。工程证实该连接方式成本低、连接可靠。

常用的大口径下管方式包括:提吊法、提吊+浮力法以及其他方法。已施工的大口径项目均采用提吊+浮力法。其中:单管浮力大于重力时,要准确计算管内注水量,并且在重浮平衡之前及时补注水量,同时要在保证安全提吊前提下尽量减少空管段长度;单管浮力小于重力时,套管的抗挤压性能要充分保证。如果全段空管,要根据(n-1)根套管的重浮差+第 n 根套管单重的总质量,并且乘以设计的安全系数来合理选择提吊设备。

常用的大口径固井工艺主要为压入式固井和内插法固井,压入式固井无法避免混浆问题,也因此无法避免因混浆而导致的固井质量问题;内插法有效避免了混浆问题,并且减少了水泥浆损耗和替浆工作,推荐使用内插法固井工艺。

参考文献:

[1]蔚伟. 大口径瓦斯抽放孔快速钻井施工技术[J]. 西部探矿工程,2017,29(9):103-104.

[2]景战峰,种雨刚. 大口径钻孔漏水封堵技术在告成矿的应用[J]. 科学技术创新,2018(11):162-163.

[3]杨世杰. 大口径垂直钻孔防斜工艺技术探讨[J]. 山东工业技术,2018(15):103.

[4]杨世杰. 大口径深孔钻探技术探索[J]. 产业与科技论坛,2018,17(17):57-58.

[5]赵玉启. 超化煤矿地面大口径排放钻孔施工技术[J]. 江西煤炭科技,2019(1):8-10.

[6]杨红军,贺文,李光洪,等. 大口径瓦斯抽放钻孔在朱仙庄煤矿的应用[J]. 建井技术,2018,39(6):18-21.

[7]马少华,胡上峰,段立强. 大口径矸石投料钻孔施工技术[J]. 陕西煤炭,2019,38(1):155-157,129.

[8]王杰,张昭,李立湘,等. 大口径绳索取心工艺在水文地质钻探中的应用[J]. 资源信息与工程,2021,36(4):82-85,88.

[9]邱彦军. 大口径工程井井身结构和成孔方法探讨[C]. //中国地质学会:中国地质学会探矿工程专业委员会. 第二十一届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集,2021.

[10]徐波. 复杂地质条件下大口径钻孔施工技术研究[J]. 中国金属通报,2020(8):232-233.

[11]杨富春. 超大口径钻孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):25-30.

[12]袁红献,乔国军,李勇. 煤矿大口径钻孔施工工艺研究与实践[J]. 中州煤炭,2006(5):61-62.

[13]彭桂湘. 大口径工程井套管事故及预防技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):47-50,53.

[14]燕勇鹏,王淮,赵惠中. 大口径长输供热热水管道安装方式的探讨[J]. 区域供热,2020(5):87-93.

[15]王晓民. 超深、超重井管大口径特殊钻孔施工工艺研究与应用[J]. 煤炭与化工,2020,43(8):24-26,120.

(下转第 107 页)

径大于需要扶正的的测井探管直径。

灯笼体导向装置还包括两个弹性装置 201,两个弹性装置 201 对称设置在两个固定板 101 的上下两侧。弹性装置 201 为弹簧,两个固定板 101 上均设有能够与弹性装置 201 配合的环形凹槽 1011,每一环形凹槽 1011 内均对应卡放一个弹性装置 201。

使用时,将弹性装置 201 套在测井探管上,再将测井探棒穿过两个固定板 101 的通孔,把另一个弹性装置 201 装在测井探管的端部,最后将固定装置装在测井探管端部的弹性装置 201 两侧;测井探管上下井孔时,灯笼体导向装置可以收缩和张开保持探管远离井壁从而能够通过井壁上的台阶[4]。

4.2　灯笼体导向装置适用条件分析

在有些变径严重或者相邻套管直径差距较大形成了台阶的情况下,如果孔内直径较小或者个别地方有缩径的地方无法使用上述的椭球配重体来使探管原来井壁。这时可以使用该灯笼体导向装置,该装置的直径可以根据井径的大小进行调整以适应需要测量的钻孔。对于个别缩井地方该装置可随着井径变化而有一定范围的变化。由于该装置重量较轻,所以该装置仅仅为扶正导向装置。如果探管经过扶正通过台阶后能够顺利入井则不需要再加其他配重装置。如果仍需要配重装置可以再探管下部增加链球配重体或者多节配重棒装置。

5　结论

经过对比、研究和实验发现几种不同配重和导向装置适用的情况不同,主要和以下因素有关:井壁的规则程度、全角变化率的大小、测井探棒的重量、长度和形状、测井探棒是否需要携带扶正器等方面有关。结合不同参数及井眼情况研究各种配重和导向装置能够极大的提高测井效率,提高仪器顺利下入孔底的成功率。以上几种配重导向装置可以根据情况进行组合使用能够解决更多的入井困难情况。

参考文献:

[1]彭伟斌,曹志福,原波. 一种用于测井的配重体:201720695102. 9[P]. 2018-02-23.

[2]王希吉,李辉,张崇彬,等. 一种测井探管配重导向装置:202122325243. 0[P]. 2022-02-01.

[3]邓小勃,李涛,高笑琳,等. 一种探管配重装置:202122178438. 7[P]. 2022-02-01.

[4]王希吉,蒋泽金,王涛. 一种用于电磁流量仪的扶正减震装置:202020811481. 5[P]. 2021-09-09.

[5]张杰,李晓刚,郑述权,等. CS-X25 井测井仪器打捞实践[J]. 钻采工艺,2020,43(5):113-115.

[6]冯硕. P1 井水平井生产测井仪器打捞技术研究及应用[J]. 钻采工艺,2017,40(5):121-123.

[7]高杰,谢然红. 大斜度井测井三维正演数值模拟机曲线快速校正方法研究[J]. 石油勘探与开发,2000,47(2):60-71.

[8]石明贤. 0°-60°定向井测井工艺[J]. 测井技术,1994,18(1):26-29.

[9]王秀明. 应用地球物理方法原理[M]. 北京:石油工业出版社,2000:215.

[10]塞拉. 测井解释基础与数据采集[M]. 北京:石油工业出版社,1992:125-142.

[11]周奇,霍海鑫. 大斜度测井中井径缩径问题分析[J]. 石化技术,2015,21(5):179.

[12]程庆昭,魏修平,宿伟,等. 水平井测井解释评价技术综述[J]. 非常规油气,2016, 3(2):93-98.

[13]桂彩云,白彦,孙永,等. 大斜度井中倾斜校正方法[J]. 电子测试,2010,16(10):47-51.

[14]黄召,张锋,叶俊放,等. 东海水平井大斜度段电测固井质量方法探索[J]. 海洋石油,2017,37(2):56-60.

[15]林科,高岩,汪佳荣,等. 水平井、大斜度测井评价技术在河南油田的应用[J]. 内蒙古石油化工,2012,21(15):122-124.

[16]巨福权. Φ29mm 五参数测井仪器与可拆卸加重杆研制及其应用[J]. 内蒙古石油化工,2019,29(2):21-24.

(上接第 28 页)

[16]欧阳龙. 大口径、超深桩孔成孔施工实践[J]. 矿产与地质,2001(S1):579-581.

[17]陈然. 新近系地层大口径供水井施工实践[J]. 中国煤炭地质,2009,21(S2):68-69,117.

[18]莫海涛. 煤矿区地面大口径定向井成井工艺研究[D]. 北京:煤炭科学研究总院,2014.

[19]刘波,马黎明. 大口径钻孔下管固管工艺探讨[J]. 中国煤炭地质,2014,26(6):69-70,73.

[20]刘浩. 提高长垣地区水平井水泥浆稳定性研究[D]. 黑龙江大庆:东北石油大学,2016.

[21]贺宏伟. 矿山大口径排水钻孔的施工工艺探讨[J]. 世界有色金属,2019(16):278,280.

[22]陈江红,孙家应. 大口径瓦斯抽排井注浆固管过程套管稳定性分析[J]. 中国煤炭地质,2012,24(10):57-60.