

大口径深井取心钻进活动套管技术方法的探讨

曾令强, 张武, 李海明, 秦沛

(北京市地质工程设计研究院, 北京 101500)

摘要:在大口径深井取心钻进施工中,为了提高钻进效率、改善钻柱受力条件、封隔不稳定地层等,经常会下入活动套管。由于深井地层复杂、应力较大,井斜和井壁稳定性不易控制,如何保证安全、顺利地起、下活动套管,防止活动套管事故便成为施工中的突出问题。着重介绍了在施工过程中下入活动套管的技术方法及相关措施,并就施工过程中可能出现的相关问题提出了解决办法和思路。

关键词:大口径深井;取心钻进;活动套管

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)02-0013-05

Discussion on Retrievable Casing Technology for Coring Drilling in Large Diameter Deep Well/ZENG Ling-qiang, ZHANG Wu, LI Hai-ming, QIN Pei (Beijing Geological Engineering Design Institute, Beijing 101500, China)

Abstract: The retrievable casing is often used for coring drilling in large diameter deep well construction to increase the drilling efficiency, improve the loading conditions of drill string and seal unstable strata. Because of the complex strata, the large stress and the difficulties in controlling the wall inclination and stability, the prevention of retrievable casing accident is important. The paper introduces the methods of retrievable casing lowering and the relative measures, puts forward the solutions to the related problems that may arise in the construction process.

Key words: large diameter deep well; coring drilling; retrievable casing

0 引言

在取心钻进(尤其是大口径深井取心钻进,如科学钻探等)施工过程中,下入活动套管主要为达到以下3方面的目的:

(1)减小环空间隙,提高环空中泥浆的上返流速,减少冲孔时间和岩粉沉淀,改善钻孔内的清洁环境;

(2)提高钻进过程中钻柱的稳定性,减轻钻柱受到复杂载荷的作用,以获取最佳的钻进效果和延长钻柱寿命;

(3)在遇到复杂地层条件时,可临时封隔不稳定孔段,减少不稳定因素对钻进施工的影响。

那么,如何保证套管安全、顺利地地下到设计位置 and 实现下坐上挂的施工要求,并在钻进施工完成后成功的起出等问题是施工中必须解决的。

1 套管柱设计及强度校核

根据地质条件、钻孔结构合理安排活动套管的规格尺寸、钢级、接箍及丝扣类型等参数,满足活动套管在孔内的强度要求。

进行套管设计时采用的设计方法很多,目前国内最常用的是等安全系数法。进行套管设计时的安

全系数规定:

抗挤压设计系数(DFC) = 1.0 ~ 1.125

抗内压设计系数(DFB) = 1.1

考虑接头极限强度的抗张力设计系数(DFTJ) = 1.8

考虑管体屈服强度的抗张力设计系数(DFT-PB) = 1.5

由于活动套管的受力状况与常规固井套管不同,抗拉是套管强度校核考虑的最主要和最重要的因素。因为使用一段时间后,磨损会使套管壁厚变薄,抗拉强度可能满足不了安全生产要求,故在进行套管柱设计时应尽可能的采用高抗拉强度的套管。

2 活动套管的固定

活动套管的固定包括3个部位的固定:上部固定、中间扶正、下部固定。一般采用悬挂活动套管重力的60%~80%来实现活动套管的上挂下坐,并通过上、中、下三个部位的固定使其在套管内或孔眼内居中,以防止套管的弯曲变形导致施工过程中出现受力不均的现象。

2.1 活动套管伸长量的计算

活动套管的悬挂一般通过合适尺寸的套管头来

收稿日期:2013-10-16; 修回日期:2014-01-14

作者简介:曾令强(1976-),男(汉族),重庆人,北京市地质工程设计研究院水资源公司项目组长、工程师,岩土工程专业,从事工程施工技术管理工作,北京市密云县园林东路1号,zlq101@126.com。

实现,既要保证不进入防喷器内,又在套管头内实现悬挂,就需要选择合适长度的短套管,这是需要通过计算来解决的。为了很好地实现活动套管的上挂下坐要求,除了要校核孔深和活动套管长度数据外,进行套管伸长量的计算也是必要的。

活动套管伸长量的计算主要涉及到2部分的计算:

(1) 活动套管在自重下的伸长

活动套管在自重下的伸长包括2部分:悬挂部分的伸长和下坐部分的回缩,均可采用套管在钻井液中伸长的经验公式进行计算:

$$\Delta L = [(7.854 - \rho_m)/4]L^2 \times 10^{-7}$$

式中: ρ_m ——钻井液密度, g/cm^3 ; ΔL ——自重下的伸长, m ; L ——套管原有长度, m 。

(2) 活动套管在温度变化的井眼中的伸长

$$\Delta L_m = \sum l_i \Delta T \xi$$

式中: ξ ——钢材的热膨胀系数, $\xi = 12.1 \times 10^{-6} m/(m \cdot ^\circ C)$; ΔT ——套管变形前后的温差, $^\circ C$; l_i ——套管段长度, m 。

2.2 活动套管的上下固定与中间扶正

2.2.1 活动套管的上部固定

活动套管的上部固定主要利用螺纹式套管头中的套管挂与活动套管进行丝扣连接,坐封在套管头上,并且使大部分活动套管重力也悬挂在套管头上。也有采用卡瓦固定活动套管的,这可能存在卡瓦对活动套管的挤毁问题,但在控制悬挂重力上却比使用丝扣连接的套管挂好控制(如图1所示)。由于套管挂与套管头本体(或卡瓦与套管头本体、活动套管本体)之间采用了密封,防止了由于钻井液在活动套管内和活动套管与固定套管间的窜动造成的活动套管被岩屑卡死问题。

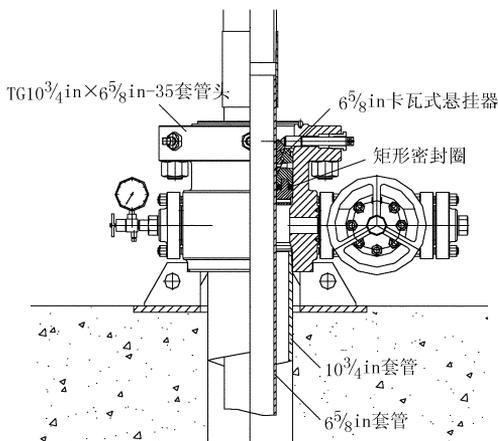


图1 活动套管上端固定示意图

2.2.2 活动套管的中间扶正

在活动套管上使用刚性扶正器或高强尼龙扶正器,以提高其居中扶正的效果,尤其是在裸眼段下入活动套管建议使用高强尼龙扶正器或弹性扶正器。在汶川地震科学钻探项目WFSD-2孔中就采用了高强尼龙扶正器在孔斜较大的 $\varnothing 245$ mm裸眼段下入 $\varnothing 168$ mm活动套管并成功实现了起拔。

2.2.3 活动套管的下部固定

活动套管的下部固定要解决2个问题:一是要解决套管底部的居中固定问题;二是要解决套管在取心钻进过程中的防倒扣问题。

在上层套管的套管鞋选择在稳定地层处的前提下,可使用特制的大接触面带水槽的双锥面套管鞋(其外径根据活动套管和上层套管的外径来定)以防止活动套管下移。即在下活动套管前,先在上层套管底部岩石上钻出长约0.5 m的小眼导正孔,大接触面的活动套管管鞋将坐于该小孔眼孔底,以避免活动套管端部的径向移动。也可采用在下入上一级套管时在其套管鞋(或套管鞋上的一短套管)的内侧做上承托结构的办法来解决活动套管下部居中和固定的问题。

3 活动套管的防倒扣设计

在活动套管内有高速回转的取心钻具抽打着活动套管内侧,极易导致活动套管的某些丝扣连接部位出现倒扣,为防止该现象的发生,须进行合理的防倒扣设计。这里提供2种方法以供参考:

(1) 在活动套管丝扣上涂抹丝扣锁固胶(一种厌氧胶),这种胶具有耐油、耐水、耐高温、高强度等特点,套管下入前丝扣油污可用柴油清洗干净,卸扣时可用喷灯烘烤后再行拧卸;

(2) 在技术套管底部采用承托结构时设计出防倒扣结构,并与活动套管的坐入结构相紧密吻合,使活动套管在卸扣方向上与技术套管成为一体而不易倒扣(如图2所示)。

4 活动套管的外环隙充填液设计

4.1 外环隙充填液的选择

(1) 在井口环状间隙封闭的情况下,环隙充填液的密度要不大于取心钻进的泥浆密度且能够保持活动套管内与活动套管外压力或者活动套管外与地层压力的平衡,防止套管底部串浆。

(2) 在保证压力平衡的前提条件下,尽量降低固相含量,尤其是有害固相含量要严格控制在

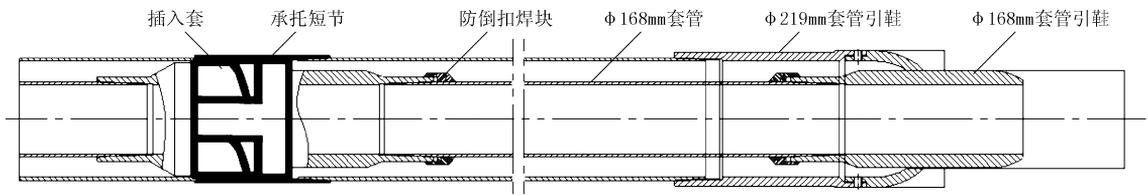


图2 活动套管防倒扣结构示意图

0.1%以下。

(3) 具有较高的粘度和较强的悬浮能力,在不流动状态下能够悬浮颗粒比较大的岩粉,防止岩粉等有害固相沉淀埋住活动套管下部。

(4) 具有较强的稳定性和抗水侵能力,防止地下水侵入或长时间静置造成性能变化。

(5) 具有较好的润滑性能,保证活动套管能够顺利拔出。

(6) 采用防腐性能好的充填液,防止腐蚀套管。

在WFSD-2孔中,在 $\varnothing 245$ mm孔径、孔深311 m裸眼段中使用聚丙烯酰胺无固相溶液作为活动套管与裸眼之间的充填液,施工1个月后可顺利起出活动套管。

4.2 充填液量的计算

充填液量包括活动套管外环隙充填液量和套管内预留充填液量,可按下式进行计算:

$$V = (\pi/4) [K(D^2 - d^2)H + d_1^2 h]$$

式中: V ——充填液量, m^3 ; K ——扩径系数,若为裸眼段,则取1.1~1.3,若为技术套管,则取1.0; D ——裸眼内径或技术套管内径, m ; d ——套管外径, m ; d_1 ——套管内径, m ; H ——套管外环隙总长, m ; h ——套管内预留充填液高度, m 。

5 活动套管的下入与起出

5.1 活动套管的下入

无论是在技术套管中下入活动套管还是在裸眼段下入活动套管,均要保证套管下到预定位置,满足“下坐上挂中扶正”的要求。要做好以下几点:

(1) 按设计的活动套管串下入,且能下放到位;

(2) 合理设计扶正器的安放位置,充分考虑活动套管的受压和受拉的问题,在受压部分适当增加扶正器数量,受拉部分则适量减少,满足活动套管居中扶正的要求;

(3) 根据设计预留的孔口悬重(套管重力的60%~80%),活动套管下入浅时用高限,活动套管下入深时用低限,接入最后一根合适长度的短套管,把套管挂接在最后一根套管上(或使用卡瓦在套管

头内固定活动套管);

(4) 按正常施工程序接上送入工具进行送入和下放;

(5) 用配置好的外环隙充填液替换出活动套管与固定套管之间的钻井液。

5.2 活动套管的起出

活动套管起出时先接上送入工具,解除套管挂锁紧装置,提出套管,卸掉扶正器。重点是对提出的每柱套管进行探伤检查,尤其检查“狗腿”度较大处的套管串,甩掉磨损严重的套管。

6 活动套管的安全技术措施

活动套管长期处在高速旋转钻具的冲击、磨损状态,为防止被折断、磨穿,应采用切实合理的套管事故预防、处理及安全检查技术方案,并实施严格的套管安全管理措施。

活动套管事故预防主要以防卡、防断和防倒扣为主,应采取防卡、防断等相关措施和日常管理措施,防患于未然。

6.1 活动套管的防卡措施

活动套管下部固定处的短裸眼在套管引鞋的长时间冲击、晃动(由于高速旋转的钻具所至)下引起的掉块,以及套管间环空液体里的固相下沉都会造成卡活动套管事故。如果活动套管下部固定处的短裸眼上部在钻进过程中发生漏失,或外层固井套管引鞋处未固好并出现漏失,都会使岩粉在活动套管下部固定的短裸眼处沉积,造成卡活动套管事故。针对如上原因,可采用以下防卡措施。

(1) 经常定期上下活动套管并冲洗套管间环空。在停工期间,下钻之前,活动套管接转换短节脱离孔底,小排量洗孔,打通后再大排量冲洗活动套管与大直径套管之间的环空,以防岩粉、掉块沉积粘卡套管鞋。

(2) 钻具在孔内的情况下定期冲洗套管间环空。打开套管头闸门,关闭防喷器,小排量反循环洗井(洗井液从套管间环空进,从钻杆内返出地面,以免正循环洗井时由于岩粉在活动套管处的堆积造成

憋泵,进而压漏地层),钻井液从活动套管鞋水槽处流向井内,并从钻头水眼处流入钻杆,返回地面,洗出沉积物,以防粘卡套管。如果反循环洗井泵压很高(沉积物堵塞了引鞋水槽),应考虑提钻后使用方案(1)的处理方法;如果泵压较高,说明岩粉、掉块沉积严重,以后应增加套管间环空冲洗次数。

(3)套管间环空要使用不含固相的液体,以防止固相沉积。如使用盐水提高密度(严禁使用高饱和度盐水,以免结晶沉淀),应考虑盐水的防腐问题。

(4)要求套管间环空液体密度 \leq 钻井液密度,以防与含有固相(岩粉等)的钻井液发生置换。

(5)井漏(环空液面下降时)会使套管间环空液体流入井内,堵漏后钻井液会填充套管间环空空间,因此,堵漏后应用无固相液体冲洗套管间环空。

(6)提钻时要控制速度,以防抽吸作用在活动套管鞋处引起压力波动,使套管间环空与井眼内流体相互流动。

(7)起钻要及时灌浆,保持压力平衡。

(8)冲洗套管间环空时应尽量使用反循环洗井法,用清水或不含固相的液体冲洗,以免钻井液残留在套管间环空,造成后期岩粉沉淀。

6.2 活动套管的防断措施

由于钻具长时间在活动套管内高速旋转,为防止套管磨损后可能发生的断套管事故,采用以下技术措施。

(1)活动套管使用厚壁套管以提高强度。

(2)使用BC耐磨扣型。

(3)定期倒换活动套管之间的相对位置防止疲劳破坏。

(4)使用高润滑性的钻井液体系。

(5)起钻时使用超声波探伤仪在每个丝扣连接处进行探伤检查。

(6)使用40臂井径仪定期测量活动套管的内径,发现磨损严重及时起出更换。

(7)根据井底岩石的抗压强度和井温的变化合理地调整活动套管在井底的支撑重力,以防止活动套管的下滑。

6.3 日常安全管理措施

(1)建立活动套管管理台帐,记录每根套管孔深、该孔深处的“狗腿”度、钢级、原始壁厚、测量壁厚,该测量壁厚适应的下深、测量日期、丝扣探伤检查结果、套管间冲洗防卡情况等。

(2)起出活动套管时,用超声波仪器检查每根

套管的丝扣,并将结果记入台帐,如达到报废标准,及时甩掉;记录套管的壁厚与下深。

(3)由于活动套管的受力状况与常规固井套管不同,抗拉是套管强度校核最主要考虑的因素。使用一段时间后,磨损会使套管壁厚变薄,抗拉强度可能满足不了安全生产要求,这时需起出活动套管,更换掉不符合要求的套管,或调整该套管的位置,下一个较深的能满足强度要求的位置,以节约费用。

(4)再次下入活动套管时倒换受压、受拉状态的套管位置。

(5)完成套管直径测量后,如果某根套管测量壁厚 \leq 壁厚极限,应停止其它作业,提出活动套管,把该套管及时换掉。

(6)根据测量的套管壁厚,重新计算对应套管应该的下深,如果计算下深小于实际下深,应停止其它作业,提出活动套管,根据套管应下深度及时调整。

(7)活动套管管理台帐要及时更新,准确反应每根套管的实际情况。

(8)根据套管管径测量结果,分析套管磨损速度,确定下次管径测井时间。

(9)记录非定期上下活动套管并冲洗套管间环空的情况,包括卡套管吨位、处理方案、洗孔时间、洗孔排量及泵压等。

(10)记录钻具在井内的情况下定期冲洗套管间环空的情况,包括洗井时间、洗井排量、泵压、是否憋泵、憋泵泵压、振动筛处返砂量等。

7 活动套管的打捞

不但要有预防活动套管事故的措施,还须要有一旦出现活动套管事故时能够及时进行打捞作业的相关工具及配套措施。如根据活动套管的规格尺寸购买或定做专用的卡瓦打捞工具(如打捞矛)和磨鞋、井下震击器等辅助打捞工具,以满足现场施工要求和具有解决复杂施工问题的详细措施。

(1)使用专用的内卡瓦打捞工具打捞折断的套管;

(2)使用磨鞋处理断口的不规则面以配合打捞工具的有效使用;

(3)使用井下震击器处理打捞时的粘卡问题;

(4)通过套管间的环空洗井处理打捞时的粘卡问题;

(5)在裸眼段内下入活动套管且套管被卡死,则可计算出卡点后,采用内割刀进行切割,而后分段打捞。

8 结语

实践证明,在大口径深井的取心钻进施工过程中,采用下入活动套管技术能够提高钻进效率、减少取心钻进过程中钻井事故的发生。活动套管技术在大口径深井取心钻进施工中的应用,需做好以下几个方面的工作。

(1) 依据钻孔结构合理进行活动套管的套管柱设计,包括套管规格、钢级、接箍及丝扣类型等要素,满足套管强度设计要求;

(2) 满足活动套管的“下坐上挂中扶正”的技术要求,保证活动套管在钻进过程中居中稳固,改善钻柱受力条件;

(3) 做好活动套管的防倒扣设计,避免活动套管从丝扣连接处出现倒扣、脱扣现象;

(4) 根据裸眼段下入活动套管或者技术套管内下入活动套管以及钻井液的性能等情况,结合地质地层因素,合理进行活动套管外环隙填充液的设计;

(5) 合理设计活动套管的下入、起出以及日常维护等安全技术方案,以避免在施工过程中活动套管事故的发生,延长活动套管的使用时间。

在社会经济日益发展的今天,大口径深井取心

施工中的活动套管技术,在深部找矿、科学钻探等领域将得到更多的利用和发展。

参考文献:

- [1] 王达,张伟,张晓西,等. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 李克向. 钻井手册(甲方)[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [3] 李世忠,等. 钻探工艺学(上册)[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [4] 陈礼仪,李之军,郑小体,等. 汶川地震断裂带科学钻探Ⅱ号孔活动套管环隙充填液的研究与应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2011,(6).
- [5] 樊腊生,贾军,吴金生,等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)钻探施工概况[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12).
- [6] 樊腊生,王达. 科钻一井钻探施工技术路线和钻探施工概述[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7).
- [7] 朱文鉴,王达. 大陆科学钻探工程科钻一井钻探现场施工决策特点分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1).
- [8] 贾军,樊腊生,胡时友,等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)小间隙固井工艺的研究与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12).
- [9] 秦沛. 对深孔大口径取心钻探工艺的一些认识——以WFSD-2号孔0~897.66 m段施工为例[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11).

务正道铝土矿整装勘查完美收官

《中国矿业报》消息(2014-02-17) 由贵州省矿权储备交易局提交、贵州省地矿局106地质大队编制的《贵州省务正道地区铝土矿整装勘查成果报告》日前顺利通过贵州省国土资源厅专家组评审。经过3年的整装勘查工作,技术人员在3251 km²的勘查区内共完成钻探工作量27万多米,求获铝土矿资源总量7亿t,新增资源量5.8亿t,提交超大型矿床2个、大型矿床9个、中型矿床14个。

务正道地区铝土矿整装勘查是全国第一批47个整装勘查项目之一,是全国特别找矿行动计划项目,也是贵州省唯一的国家级整装勘查项目,投入经费4.3亿元。该项目按照成矿构造单元划分为8个向斜勘查区块,贵州省国土资源厅组织贵州省地矿局106地质大队实施栗园-鹿池、新模、张家院3个向斜区块,117地质大队实施大塘向斜区块,贵州省有色和核工业局地勘院实施道真向斜区块,一总队实施桃园向斜区块,二总队实施浣溪向斜区块的地质勘查工作。

国土资源部、贵州省政府及组织单位、实施单位、勘查区地方政府高度重视务正道地区铝土矿整装勘查工作。2010年6月25日,时任贵州省副省长辛维光出席启动仪式并宣布项目启动,国土资源部、中国地调局、成都地调中心的领导和专家多次亲临勘查区指导、调研;贵州省国土资源厅、省地

矿局、有色和核工业局分别成立了整装勘查指挥部、专家组、督导组,多次组织召开推进会、协调会、促进会,多次安排专家深入一线进行质量检查和技术指导工作,确保了整装勘查工作的顺利开展;国土资源厅给整装勘查实施单位配置了优质矿权,充分调动实施单位的找矿积极性,同时委托中国地质大学、贵州省地矿局、有色和核工业局开展了《黔北务正道地区铝土矿基础地质与成矿规律研究》,为实现找矿突破打下了坚实的理论基础;遵义市和务川、正安、道真三县的政府部门成立了整装勘查协调领导小组,协调整装勘查工作;整装勘查实施单位抽调长期在务正道、黔北地区从事铝土矿勘查的地质、水文、测量、钻探等专业技术骨干2000多人奔赴勘查区,先后开动钻机200多台。经过3年的艰苦努力,参加整装勘查的人员克服了交通不便、严寒酷暑、地层复杂等诸多困难,施工钻孔754个,完成钻探工作量27.5万m,求获铝土矿资源总量7亿t,为原计划的260%,新增资源量5.8亿t,为原计划的387%,各向斜区块矿层平均厚度1.92m,三氧化二铝平均品位60.38%,提交超大型矿床2个、大型矿床9个、中型矿床14个。

随着《贵州省务正道地区铝土矿整装勘查成果报告》评审通过,务正道地区铝土矿整装勘查完美收官。