

国产 CNH(T) 绳索取心钻杆在中国岩金勘查 第一深钻工程中的应用分析

董海燕, 王鲁朝, 杨芳, 刘作达, 许有良
(山东省地质矿产勘查开发局第三地质大队, 山东烟台 264004)

摘要:针对国产绳索取心钻杆在中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔工程施工中的实际应用, 结合我国现有管材规格及材质、热处理能力和机加工精度等实际情况, 对目前在深部和复杂地层钻进中使用的 CNH(T) 规格($\varnothing 71$ mm 口径)绳索取心钻杆的结构、接手和螺纹的扣形及尺寸等方面的优缺点进行分析和总结。实践证明, 国产绳索取心钻杆具有较高的强度、较长的使用寿命和较高的可靠性, 能够较好地适应深部钻探, 在 ZK96-5 钻孔施工中最大使用深度 3310 余米, 有利于绳索取心深部钻探技术的推广和应用。

关键词:绳索取心钻杆; 深部钻探; 钻杆强度; 使用寿命

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)01-0049-05

Analysis on the Application of China-made CNH(T) Wire-line Drill Pipe in the First Deep Drilling Engineering Construction by China Rock Gold Exploration/DONG Hai-yan, WANG Lu-zhao, YANG Fang, LIU Zuo-da, XU You-li-ang (The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: According to the practical application of China-made wire-line coring drill pipe in ZK96-5 of the first deep drilling engineering construction by China Rock Gold Exploration and combined with the actual situation of existing drilling tubing specifications and materials, heat treatment and machining precision, the analysis and the summary are made on the advantages and disadvantages of CNH(T) wire-line drill pipe with 71 mm in diameter about the structure, joint, thread but-tom shape and size. The practice proves that this China-made wire-line core drilling tool is suitable to deep drilling with high strength, long service life and high reliability. In the construction of ZK96-5, the maximum depth has reached to more than 3310 meters.

Key words: wire-line drill pipe; deep drilling; drill pipe strength; service life

0 引言

我国对绳索取心钻探技术的研究应用有 40 余年的发展历史, 并且在现今地质找矿钻探施工中占有主导地位, 但其应用水平和研究与国外工业发达国家相比还有较大的差距。

随着“十二五”地质大调查工程和地质找矿“358”行动计划的快速实施和发展, 钻探工程已向更深部地层钻进、更复杂地层钻进、更高取心要求、未知或新发现地质区域钻进等方向发展。钻杆作为绳索取心钻进技术中重要的一环起着至关重要的作用, 绳索取心的最大钻孔深度主要受钻杆强度的限制。为保证“中国岩金勘查第一深钻”工程 ZK96-5 钻孔顺利完成 4000 m 孔深, 根据钻孔地质情况和施工孔深要求, 我队通过中国地质科学院勘探技术研究所(以下简称勘探所)相关专家的建议, 先后考

察多家钻杆管材生产单位, 在钻杆材质优选、螺纹结构改型设计、钻杆加工工艺和热处理工艺优化等方面综合考虑, 着重解决深孔绳索取心钻杆的强度低, 钻进中易发生钻杆折断、螺纹脱扣等问题, 保证钻杆的使用强度, 提高绳索取心钻杆的使用寿命, 确保 4000 m 深钻的顺利实施。我队最终选定无锡钻探工具厂使用 XJY850 新型材料生产的镢粗绳索取心钢钻杆。实践证明, 国产设计、加工制造的绳索取心钢钻杆最终使用到 3310 m 的最大孔深, 一举突破额定使用 2500~3000 m 深度的极限孔深。

1 工程概况

位于山东省莱州市三山岛矿区的中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔设计孔深 4000 m, 设计钻孔倾角 90° , 终孔口径 75 mm。2013 年 5 月 28 日已顺

收稿日期: 2013-07-18; 修回日期: 2013-11-16

作者简介:董海燕(1982-), 男(汉族), 山东莱阳人, 山东省地质矿产勘查开发局第三地质大队科学钻探公司副经理、山东地矿局钻探技术研究中心项目室主任、工程师, 探矿工程专业, 硕士, 从事大陆科学钻探、深部钻探等探矿工程工作, 山东省烟台市芝罘区机场路 271 号, dhy0930@126.com。

利终孔,孔深达到4006.17 m。

莱州位于郯庐断裂以东的隆起区,是一个主要由前寒武系基底岩石为主、中生代构造与岩浆强烈发育的内生热液金矿成矿集中区,裂隙发育明显,含有多个较长破碎带,岩石较坚硬,对深部钻进尤其是超深孔钻进影响较大。因此,该孔的钻探施工对钻杆的强度提出了很高的要求。

2 钻杆的选择

2.1 钻杆管材材质选择

绳索取心钻进钻杆工作条件恶劣复杂,国内外一般采用屈服强度 $>65\text{ kg/mm}^2$ (637.5 MPa)和抗拉强度 $>80\text{ kg/mm}^2$ (784.6 MPa)的中低碳铬锰钼合金结构钢,钻杆的公、母接手则采用比钻杆更好的材质。目前国内深孔绳索取心钻杆两端多有公母螺纹接手,钻杆体普遍采用性能比较好的45MnMoB,公母螺纹接手则用经过特殊热处理的30CrMnSiA或45MnMoB。依据无锡钻探工具厂提供的钻杆管材性能参数表(表1)可以看出,调质后的30CrMnSiA与XJY850管材强度比较接近,均大于45MnMoB管材强度,但是XJY850和45MnMoB管材在伸长率和冲击功方面要强于30CrMnSiA,且XJY850管材具有更大的优势,比较适合中深部钻探施工。为配合ZK96-5钻孔4000 m深钻施工,我们要求生产厂家依据钻孔地质地层条件以及超深钻施工要求,钻杆体采用性能更好的,有较高的延伸率且利于钻杆塑性变形的经过整体热处理的XJY850材料,公母螺纹接手则用经过整体热处理的XJY850或30CrMnSiA管材。

表1 常用钻杆管材性能参数表

钢种	热处理状态	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	冲击功/(A _k ·J ⁻¹)	屈强比
30CrMnSiA	调质	≥885	≥1080	≥10	≥39	0.81
45MnMoB	调质	≥750	≥920	≥12	≥56	0.81
XJY850	调质	≥950	≥1140	≥16	≥75	0.93

2.2 钻杆的螺纹类型及选择

2.2.1 钻杆的螺纹类型

由于绳索取心钻杆管壁薄,在深孔钻进尤其是超深钻工程施工中,钻杆柱的强度以及承受的载荷都是非常大的,钻杆螺纹作为薄壁类绳索钻杆至关重要的技术参数,钻杆螺纹承载能力的大小直接影响钻杆的使用深度。因此,选择合适的螺纹类型以及合理的螺纹形式技术参数,对提高钻杆或接手螺纹连接强度起着至关重要的作用。

钻杆的螺纹类型有很多种,在本次钻井施工中,由于深部钻探的需要,钻杆螺纹采用不对称负角(倒勾扣)螺纹(如图1所示)。这种扣型于2006年首先由宝长年公司研制成功,但因加工成本较高,国外应用并不多。2008年,勘探所与无锡钻探工具厂联合开展绳索取心钻杆不对称螺纹副改进研究,引入了该扣型,因当时数控加工条件限制未能国产化。2009年,无锡钻探工具厂经过不断探索,终于攻克了仿形刀具和数控加工工艺技术难题,成功实现了国产化和优化设计。目前,不对称及负角螺纹绳索取心钻杆已经列入新的钻具国家标准(该标准正在报批)。与标准对称梯形螺纹相比,这种螺纹能够有效地改善螺纹承载面与非承载面之间的受力形式。钻杆螺纹牙型为负角度倒勾防脱扣牙型面,能够使螺纹具有更大的抗拉能力。



图1 钻杆螺纹牙型结构

2.2.2 钻杆螺纹的选择

通常钻杆体的刚性和强度远大于钻杆接手螺纹,钻杆失效破坏主要发生在接手螺纹部位上。依据我队近年在钻探施工尤其是深孔和超深孔钻探施工的调查统计,由钻杆接手断裂或脱扣导致的孔内事故占孔内钻具事故的95%以上。

在ZK96-5钻孔4000 m超深钻施工中,我队依据近年施工中深孔经验,经与无锡钻探工具厂协商,钻杆螺纹选择采用以下原则:(1)钻杆接手螺纹长度为常用的50 mm,这样可适当增加螺纹根部的有效壁厚,也有助于降低关键牙的承载额度,且较大提高了螺纹连接处密封可靠性;同时,母螺纹稍长于公螺纹(0~0.3 mm),在正常钻进时使公母螺纹形成双止动连接,增强传扭能力;(2)钻杆螺纹齿高为1.2 mm;(3)钻杆两端公扣及经常拧卸的接手螺纹均采用1:22的锥度,扣高为1.2 mm,极大地降低了钻杆脱扣的可能性。

2.2.3 钻杆螺纹接手

为了提高公母接手螺纹连接处的强度和耐磨性,在ZK96-5钻孔施工中,采用目前绳索取心钻进常用的钻杆体两端粘结公母接手的钻杆结构。螺纹粘接公母接手的钻杆体两端加工成公扣,在其一端粘接两端母螺纹的接手,另一端粘接一端母螺纹一端公螺纹的接手。钻杆结构如图2所示。

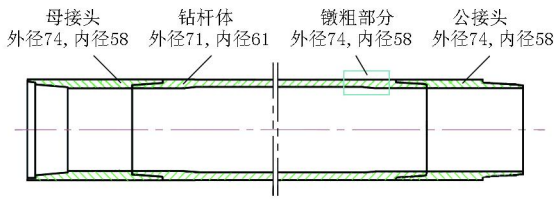


图 2 绳索取心钻杆结构

将调和好的粘接剂均匀的涂抹在钻杆体公螺纹的上半部,采用机械方法将公母螺纹拧紧,拧紧力矩要超过钻杆工作扭矩。螺纹粘接钻杆具有下列特点:(1)钻杆体管壁较薄,两端加工公螺纹,既保证了螺纹齿底壁厚,又便于加工。(2)加大了公母接手螺纹壁厚(一般比钻杆壁厚 1.5 mm,公母接手在外加大 1.5 mm 的同时内缩小 1.5 mm),同时提高了机加工精度,且选用优质高强度 XJY850 管材,有较高的耐磨性。(3)采用粘接和螺纹连接相结合,增加了配合表面间的摩擦力,减小螺纹连接的滑移量,大大提高了钻杆的抗扭矩和疲劳强度,同时也增加了密闭性能。(4)公母螺纹接手损坏后便于更换。

2.3 钻杆体两端镢粗

目前国内在中深部钻探施工中,为增加钻杆体两端螺纹强度,普遍采用钻杆体两端进行内镢粗的钻杆,钻杆尺寸为钻杆体 $\varnothing 71 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ (外径 \times 壁厚),两端镢粗内加厚(镢粗后的内径 $\varnothing 58 \text{ mm}$)。

钻杆柱在孔内以一定的转速作回转运动,由于钻杆柱自身的偏心和自重失稳而产生的某些弯曲,造成钻杆柱有一定的质量偏离回转中心。这些偏心质量在回转运动中则产生离心力,更促使钻杆弯曲。与此同时,钻杆柱还有自重产生的纵向压力。在回转运动离心力中和向下给进纵向力的共同作用下产生摩擦阻力,影响钻进工作。在钻杆体两端加工连接螺纹,必然削薄管壁,也降低了该部位的强度。在 4000 m 深钻绳索取心钻杆的选择中,我队坚持使用高强度地质管材内镢粗钻杆。镢粗钻杆技术参数如下:(1)钻杆体选用 XJY850 管材,接手选用 XJY850 或 30CrMnSiA 管材;(2)钻杆体 $\varnothing 71 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$,两端镢粗内加厚(内径 58 mm);(3)接手外径 74 mm;(4)钻杆定尺长度为常规的 3 m;(5)钻杆最小内径 58 mm;(6)螺纹长度 50 mm;(7)接手端和钻杆螺纹锥度均为 1: 22;(8)接手螺纹和钻杆螺纹扣深度均为 1.2 mm;(9)钻头直径(外/内)为 76.5 ~ 77/49 mm;(10)钻杆最低抗拉强度为 660 kN,钻杆最低抗扭强度 $> 6000 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

3 特深孔绳索取心钻杆的应用

3.1 ZK96-5 孔钻杆结构及套管程序(见图 3)

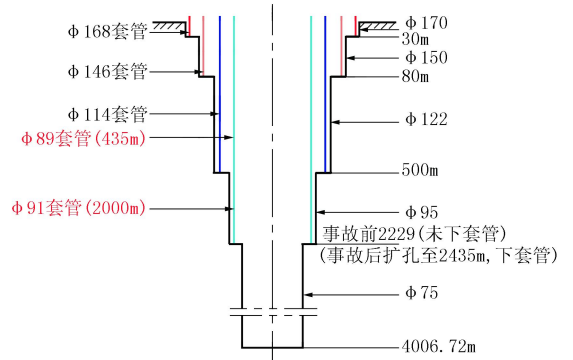


图 3 ZK96-5 孔钻杆结构及套管程序柱状图

3.2 绳索取心钻杆在 ZK96-5 钻孔的应用

理论分析证明,钻杆柱在孔内钻进过程中呈正弦曲线形状,曲线的波长和钻杆弯曲的挠度取决于钻杆的刚性和孔壁间隙,波长和挠度使得钻杆在钻进过程中产生疲劳破坏。钻杆的刚性对波长和挠度起主要作用。根据欧拉公式计算可知,使用高强度管材采用不对称倒勾梯形扣螺纹且镢粗后的 $\varnothing 71 \text{ mm} \times 58 \text{ mm}$ (钻杆体外径 \times 内径)钻杆的刚性、钻杆体抗拉强度、钻杆最低抗拉强度、钻杆最低抗扭强度和最弱螺纹刚性都比原先使用的普通钻杆提高 20% ~ 30% 以上。

该型钻杆在施工中出现脱扣或断钻杆的次数有 10 次,明显比其他 1500 ~ 2500 m 钻孔使用普通钻杆出现的事故次数要少。钻杆和接手螺纹壁厚的提高以及 1.2 mm 的接手螺纹扣高使得钻杆的强度增加,螺纹的寿命提高将近一倍,使得钻杆接手螺纹在磨损后脱扣或跑钻而使得母扣胀开挤在孔壁上的几率有所降低,保证了钻杆体在孔内的低事故率,缩短了钻探辅助时间,且有利于深部钻探施工。此外,由于钻杆各连接处强度和可靠性大大增强,所以在深部钻探施工中转速也得到了进一步的提高。由于转速提高、断钻杆事故少,所以钻探时效和综合效率得到了较大的提高。

在 ZK96-5 钻孔施工过程中,使用 XJY850 高强度管材加工镢粗后的 $\varnothing 71 \text{ mm}$ 口径钻杆最大使用深度达到 3310 m,突破 $\varnothing 71 \text{ mm}$ 钻杆额定最大使用深度 2500 ~ 3000 m 深度限制,是对国产新型绳索取心钻杆应用于中深部钻孔以及特深钻孔的最好验证。

3.3 绳索取心钻杆在使用中出现的问题分析

使用 XJY850 高强度管材加工锻造后的钻杆在强度增加的同时,钻杆的脆性增大,表现在当孔内正常钻进时,如遇小掉块或其他原因引起憋车进而引起某一深度处钻杆扭断,如不能及时停车,在事故头上方的某一位置处,钻杆会在惯性扭矩的作用下,瞬间出现脆性断裂。在该孔施工过程中,先后发生 4 次钻杆柱断裂为 2~3 截的情况。在下公锥打捞断钻杆事故头时,由于钻杆或接手经过整体热处理,强度非常的大,公锥无法在事故钻杆内壁造扣,引起公锥“打滑”等,需要大钻压强力回转,多次造扣才能打捞成功。大钻压吃公锥很容易引起事故钻杆头劈裂开叉,挤在孔壁上造成事故叠事故的现象出现。

针对此种情况,我队根据实际孔内情况要求生产厂家在增加钻杆或接手螺纹强度的同时,保留钻杆的韧性,但是这个问题一直未能得到更好的解决。在后续的施工中,我队大胆引进绳索取心液动冲击回转钻进技术,由于液动锤钻进较常规钻进钻压和转速都相对降低,且液动锤钻进技术能有效防斜、克服岩心管堵塞、增加回次进尺等优势,一定程度上减缓了钻孔弯曲或不进尺盲目加压引起的钻杆或螺纹变形,有利于钻杆的保护。

4 提高深部钻探绳索取心钻杆使用寿命的技术措施

在 ZK96-5 钻孔 4000 m 深钻施工中,为最大程度的提高该新型钻杆的使用寿命,针对孔内不同工况制定了相应的钻进技术参数,与中国地质大学(武汉)合作试验应用新型小口径钻进参数采集与控制仪器、科学合理的配置深部钻探冲洗液、大胆试验应用绳索取心液动锤和高胎体长寿命钻头等新工艺以及增加钻具和内管长度等新方法。

(1)在 ZK96-5 钻孔施工中,由于 $\varnothing 89$ mm 口径钻杆使用深度的限制, $\varnothing 95$ mm 口径在事故前最大施工孔深为 2229 m,事故后最大施工孔深 2435 m。由于国内 $\varnothing 91$ mm 与 $\varnothing 89$ mm 套管未在超过 2000 m 深的钻孔使用过,鉴于该孔 500~2200 m 孔段地层相对比较完整,经我队相关技术人员研究决定不下套管,直接进行 $\varnothing 75$ mm 口径裸孔钻进,裸孔钻进对钻进技术参数的控制和冲洗液润滑、减阻以及护壁携粉的性能都提出了很高的要求。

自 2229~2400 m 孔段由于刚开始换径, $\varnothing 71$ mm 钻杆与 $\varnothing 95$ mm 孔径之间环空间隙较大,同时为防止大的环空带来的钻孔弯曲等问题,此时钻压应

适当偏小(10~25 kN),转速尽可能要慢(150~250 r/min),靠低钻压低转速等弱规程钻进技术参数来切屑破碎岩心。此时的弱规程钻进技术参数可以使钻杆围绕钻孔轴心公转的离心力降到最小,减缓钻杆对孔壁的冲击破坏,同时可以减轻孔壁对钻杆的磨损。此时的钻具组合: $\varnothing 75$ mm 钻头 + $\varnothing 75$ mm 扩孔器 + 钻具 + $\varnothing 75$ mm 扩孔器 + 弹卡室 + CNH(T) $\varnothing 71$ mm 钻杆(150~500 m) + 变丝接手 + $\varnothing 89$ mm 钻杆。此时的冲洗液以“淡水 + PHP + PAC141 + 低荧光防塌润滑剂”为主,遇到破碎带时,每回次取心后向钻杆内灌入熬制的 PAV 泥浆材料维护孔壁,保证冲洗液具有较好的润滑、减阻、防塌、携粉和护壁性能。

自 2400~2700 m 孔段,进入 $\varnothing 75$ mm 口径 150~500 m 后,此时可以逐步增加钻压(15~35 kN),采用较高转速(250~400 r/min)。钻具组合与 2229~2400 m 孔段钻具组合相同,冲洗液除保持与之前相同的性能外,还应大幅增加冲洗液的润滑和减阻性能,防止因孔内阻力增加而将钻杆扭断。

(2)由于在 2425~2432 m 是一段较为严重破碎带,在后续 $\varnothing 75$ mm 口径钻进施工中,该孔段受冲洗液性能不稳定以及冲刷,钻杆与孔壁的摩擦阻力等影响,形成一个“大肚子”孔段,先后封孔 3 次都不是很理想,且在后续钻进过程中,发生在该孔段的断钻杆次数多达 7 次。钻进至 2676 m 时,该孔段发生坍塌将钻杆抱住,泵压急剧升高后在 2320 m 处钻杆公扣扭断,采用 $\varnothing 60$ mm 口径反丝钻杆反出 2425~2432 m 破碎带上部 $\varnothing 71$ mm 钻杆,先后提下钻反钻杆 4 次,成功反到 2430 m 处坍塌破碎的位置。之后经队技术组研究决定从 2229 m 开始用 $\varnothing 95$ mm 口径绳索取心钻具组合扩孔钻进,当扩孔至 2430 m 位置时,由于破碎带及事故头(相当于偏心楔)影响,在 2431 m 取出较为完整地层岩心,之后钻进至 2435 m 取出 4 m 左右完整岩心,经与甲方沟通,专家组讨论决定,下入 $\varnothing 91$ mm 与 $\varnothing 89$ mm 口径套管,换为 $\varnothing 75$ mm 口径绳索取心钻进。套管组合: $\varnothing 95$ mm 单管钻头 + $\varnothing 91$ mm 口径套管 2000 m(内径 79 mm) + $\varnothing 89$ mm 口径套管 435 m(内径 79 mm)。

(3)下入套管后,为降低孔内环空泵压,同时为减少提下钻次数,采用较大外径和较高胎体的特质钻头,在 2435~3310 m 孔段换为 S76 绳索取心钻具组合: $\varnothing 77.7$ mm 高胎体钻头 + $\varnothing 77.7$ mm 扩孔器 + 钻具 + $\varnothing 77.7$ mm 扩孔器 + 弹卡室 + CNH(T) $\varnothing 71$ mm 钻杆。钻进技术参数为:2435~2500 m,钻压 10

~25 kN,转速 150~250 r/min,泵量 52 L/min;2500~3310 m,钻压 20~35 kN,转速 200~300 r/min,泵量 52 L/min。冲洗液性能维持不变。在施工过程中,CNH(T) Ø71 mm 钻杆的最大使用深度 3310 余米,大大突破了国产高强度 XJY850 地质管材加工制造的设计使用 2500~3000 m 深度的使用限制,且在施工过程中,仅发生 2 次断钻杆事故,保障了钻孔的顺利施工。

(4) 自 3310~4006.72 m 终孔孔段施工中,鉴于绳索取心钻杆使用深度的限制,为预防后续施工出现钻杆折断、扭断事故,我队引进无锡钻探工具厂研制的 Ø60 mm(内径 45 mm)石油钻杆配置在绳索取心钻杆上部;同时为加快施工进度,提高钻探施工效率,开始使用 SYZX75 绳索取心液动冲击回转钻进新工艺,钻具组合:Ø77.7 mm 高胎体钻头 + Ø77.7 mm 扩孔器 + 钻具 + SYZX75 液动锤 + Ø77.7 mm 扩孔器 + 弹卡室 + CNH(T) Ø71 mm 钻杆(3000 m) + Ø60 mm 石油钻杆(内径 45 mm)。在 3310~3500 m 孔段使用冲击回转钻进采用较小钻压和较低转速,钻压 20~30 kN,转速 150~250 r/min,就能获得比常规回转钻进更高的效率。使用冲击回转钻进,能够较好的克服硬脆碎地层,提高钻进效率;能够较好的克服岩心堵塞,增加回次进尺,同时可以提高钻头寿命和防止钻孔孔斜。使用液动锤钻进较大的提高了钻探施工效率,缩短了辅助时间,减少了由于岩心堵塞而回来回提下钻取心的次数;钻进技术参数较常规绳索取心钻进技术参数低,钻杆受力相对较小,使钻杆具有较高的使用寿命。

在 3500~4006.72 m 孔段在使用冲击回转钻进的同时,为进一步提高钻探效率,缩短施工时间,将钻具和内管同时加长,内管长度增加到 4.2 m。钻进技术参数要求:钻压 15~25 kN,转速 240 r/min。在冲击回转钻进工艺中内管长度的加长使回次进尺大大增加,同时钻探效率也有较大的提高,大幅缩短提下钻取心的次数和辅助工作时间,使钻杆承受上下提拉的次数和拉力减少,降低了钻杆磨损;同时钻进参数较低,钻杆回转钻进时受力和扭矩较小,钻杆发生扭断的频率降低,较好的延长了钻杆的使用寿命。

(5) 与中国地质大学(武汉)合作试验应用的新型小口径钻进技术参数采集与控制仪器,能够将孔内出现的各种钻进技术参数的变化及时的反映在显示屏上,便于当班班长和机长及时准确的对孔内发生的情况进行预判和分析。通过该仪器的试验和应

用,我队对深部和复杂地层钻进技术参数进行了较好的收集和总结,便于在后续深部和特深部钻探施工中,对钻进技术参数的较好制定和控制。

(6) 在提下钻拧卸绳索取心钻杆时,使用 SQ114/8 型钻杆液压钳或多触点自由钳。严禁机台工人用大锤敲击钻杆,防止钻杆和接手螺纹变形。每次下钻时,要求当班工人在接手螺纹部分涂抹丝扣油润滑螺纹。

(7) 绳索取心钻杆在搬迁运输过程中在螺纹部分套上护帽。装卸时严禁摔扔钻杆,使用后的钻杆用清水洗净,水平堆放在专用货架上。

5 结论

国产 XJY850 高强度地质管材 CNH(T) 规格绳索取心钻杆在中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔 4000 m 深钻工程的成功实践应用,证明我国国产绳索取心钻杆在钻杆材质、螺纹结构以及钻杆的使用强度和寿命等方面都取得了较大的进步。在 4000 m 深钻施工中,该型钻杆较其他中深部钻探施工用常规钻杆大大减少了钻探孔内事故发生次数,降低了事故率,提高了钻探施工效率,基本能够满足国内中深部钻孔绳索取心钻探要求。在目前特深钻孔绳索取心钻探施工中,如能与绳索取心液动冲击回转新工艺、高效长寿命钻头等新技术进行合理搭配使用,在施工现场辅以钻进技术参数数据收集与控制仪器等对深部钻探施工技术参数进行合理的优化,国产 CNH(T) 规格绳索取心钻杆可能将突破 3310 余米使用孔深,达到一个更深的深度。

参考文献:

- [1] 孙建华,张永勤,赵海涛,等.复杂地层中深孔绳索取心钻探技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(5).
- [2] 况雪军,孙建华.XJY850 高强度精密地质管材的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6).
- [3] 张丽君,彭莉,吕红军.深孔绳索取心钻杆质量控制措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11).
- [4] 孙建华,梁健,张永勤,等.地质钻探高强度铝合金钻杆研制及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7).
- [5] 黄贡生,唐进军,綦龙.中深斜孔绳索取心高强耐磨钻杆的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(5).
- [6] 苏继军,殷琨,郭彤彤.金刚石绳索取心钻杆接头螺纹的优化研究[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,(5).
- [7] 宋金亭,姜光忍,王献斌,等.深部岩心钻探用高强度绳索取心钻杆的研制[J].地质装备,2008,(2).
- [8] 姜光忍,李忠,王献斌.绳索取心钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3).
- [9] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J].勘察科学技术,2011,(6).