

深孔绳索取心钻杆质量控制措施

张丽君¹, 彭莉¹, 吕红军²

(1. 地质矿产部无锡钻探工具厂, 江苏 无锡 214174; 2. 宁夏地矿物资装备管理中心, 宁夏 银川 750021)

摘要:在优化深孔绳索取心钻杆结构设计、选用优质钢材基础上, 制定合理的加工工艺和检测规程, 配齐相应的检测器具。通过严格的工艺控制, 确保钻杆质量稳定, 满足深孔绳索取心钻进需要。

关键词:深孔钻探; 绳索取心钻杆; 质量控制

中图分类号: P634.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)11-0033-04

Quality Control Measures of Wire-line Coring Drill Pipe for Deep Hole/ ZHANG Li-jun¹, PENG Li¹, LV Hong-jun²
(1. Wuxi Drill Tools Factory, Wuxi Jiangsu 214174, China; 2. Ningxia Geology and Mineral Materials and Equipment Management Center, Yingchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: On the basis of the optimization of structure design for deep hole wire-line coring drill pipe and the selection of high quality steel, rational processing technology and detecting rules are established with relative detecting appliances. By the strict process control, the quality of drill pipe is ensured to satisfy the requirements of wire-line coring drilling.

Key words: deep hole drilling; wire-line coring drill pipe; quality control

0 引言

钻杆是向井底钻头传递破岩所需压力、转速、扭矩的工具, 是输送冲洗介质的通道。钻杆在钻进过程中的工作条件十分复杂, 往往是整个钻探设备与工具组合中比较薄弱的环节, 钻杆能否正常、可靠地工作, 是钻探施工能否正常进行的关键, 是深孔钻探必须解决的问题之一。目前钻杆之间的连接方式普遍采用螺纹连接, 作为一根细长壁薄的钢管杆体, 在正常钻进施工中, 钻杆承受着压、拉、扭、弯复杂的交变应力, 工况极其复杂。超过一定孔深之后, 钻杆柱会因为超过其承载极限而发生破坏, 当钻杆频繁折断, 无法正常钻进时, 通常以此孔深作为钻杆极限钻进深度。近年来深孔(深度 > 2000 m)钻探工作量不断增加, 部分钻孔深度 > 2500 m 甚至 3000 m。国产绳索取心钻杆因受原材料钢级、螺纹连接强度以及加工质量精度的限制, 钻进深度往往不能满足深孔施工的要求, 施工单位只能依靠进口国外绳索取心钻具, 这不仅消耗大量外汇, 增加施工成本, 有时会因为供货周期影响施工进度。

为发展国内钻探事业, 提高国产钻探装备水平, 相关科研单位、钻具生产厂家都已经积极开展超深孔绳索取心钻具的研究和试制, 目前已取得重大进展, 如安徽省地矿局 313 地质队 2010 年使用国产的 CNH(T) 钻杆创造 2706.68 m 小口径绳索取心钻探孔深纪录, 由山东省地矿局第三地质大队承担的小口径绳索取

心钻探施工项目的钻进深度已达到 3265 m(截止 2012 年 6 月 8 日), 截止到发稿该孔仍在施工中。

1 影响钻杆使用强度的因素

绳索取心施工中影响钻进深度的主要因素有钻孔级配、施工工艺的规划、钻杆钻具的使用寿命。其中, 钻杆使用强度是决定钻孔深度的关键因素之一。影响钻杆使用强度的因素主要包括: 钻杆结构、螺纹参数、钻杆体材料、热处理工艺的控制、机加工精度控制等。

1.1 深孔绳索取心钻杆结构、连接螺纹参数选择

1.1.1 绳索取心钻杆结构方式的选择

目前绳索取心钻杆结构有 3 种形式: 公母接头螺纹连接式、公母接头摩擦焊接式、整体直连式。考虑到提高钻杆使用寿命, 降低钻探成本, 同时可以选用优质钢材制作钻杆接头, 因此公母接头螺纹连接形式被广泛生产使用。

整体直连式绳索取心钻杆是在每根钻杆的两端分别加工公母螺纹, 与接头式钻杆相比, 一方面减少了杆体与公母接头之间的螺纹连接, 大大降低了因螺纹断裂发生事故的几率, 另一方面, 也提高了钻杆之间的同轴度。但由于钻进和提钻时, 频繁拧卸钻杆, 往往会由于螺纹损坏而致使整根钻杆不能使用, 使用成本相对于带接头的钻杆要高, 目前国产钻杆采用这种连接方式结构方式的不多。

收稿日期: 2012-07-05

作者简介: 张丽君(1964-), 女(汉族), 吉林梨树人, 地质矿产部无锡钻探工具厂高级工程师, 探矿工程专业, 从事地质钻具研究与检测工作, 江苏省无锡市畅园路 8 号。

公母接头摩擦焊接式钻杆,由于摩擦焊钻杆的同轴度不高,再加上绳索钻杆管壁比较薄,焊接面积较少,很难保证摩擦焊焊缝的整体强度,所以该种连接方式的绳索钻杆只在国内东北地区的少数 1000 m 以浅的钻进施工中使用。

由于绳索钻杆杆体壁厚比较薄,在钻杆体上直接加工螺纹,螺纹强度比较低,无法满足深孔施工的强度要求,因此,深孔绳索钻杆大都采用杆体端部加厚、接头外径增大方式来提高钻杆强度,设计时依据等强度理论及钻具结构来确定钻杆端部加厚尺寸。

1.1.2 螺纹参数的选择

钻杆连接螺纹参数也是影响钻杆强度的主要因素,为了在现有管材壁厚的基础上最大限度的提高螺纹承载强度,设计时通过计算机辅助计算、有限元分析,确定螺纹参数(螺纹锥度、牙高、牙形角、旋合长度、手拧紧密距)。同时,经过螺纹小样接头的试制,经拉伸、扭转和冲击等机械强度测试,进行对比分析后才确定了适合深孔钻进的螺纹参数。其中,螺纹牙深、螺纹长度较普通钻杆都有所加深,螺纹锥度充分考虑危险断面的承载强度、螺纹端面楔角密封还考虑了螺纹子口的台阶密封性,大大增强了钻杆的动态受力密封性能。

以 CNH(T) 钻杆螺纹为例,CNHT 钻杆采用加强型螺纹;CNH(T) 钻杆采用不对称负角度螺纹,可以有效防止钻杆螺纹之间脱扣。CNH(T) 钻杆螺纹参数:

- (1) 钻杆尺寸: 钻杆体 $\varnothing 71 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, 两端加厚尺寸 $\varnothing 74/58 \text{ mm}$;
- (2) 螺纹牙高: 1.2 mm;
- (3) 螺距: 8 mm;
- (4) 螺纹长度: 50 mm, 螺纹锥度 1: 22;
- (5) 密封楔角: 15° 。

1.2 钻杆体材料

国内绳索取心钻杆一般选用 45MnMoB、30CrMnSiA 等合金钢无缝钢管制造,45MnMoB 为非调质钢管作为钻杆体,一般与调质后的 30CrMnSiA 接头配套使用。该类钻杆适用于钻进 800 ~ 1200 m 的孔深。

近年来国内随着冶炼技术的不断进步,适合作为绳索钻杆的薄壁高强度无缝钢管相继开发,为生产深孔绳索钻杆迈出了关键的一步;另外钻杆体整体调质工艺日趋成熟,钻杆体经过调质后,提高了钻杆的综合机械性能,从而大大提高了钻杆抗扭强度和抗弯疲劳强度、抗拉强度和耐磨性。目前,国内已

经研制出综合性能更好的 ZT850 高强度精密无缝钢管材。表 1 列出了嘉兴新纪元钢管制造有限公司生产的 XJY850(相当于 42CrMoA)与 30CrMnSiA 部分机械性能的比较。

表 1 常用绳索取心钻杆管材性能

钢种	热处理状态	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	冲击功/($A_k \cdot J^{-1}$)
30CrMnSiA	调质	≥ 885	≥ 1080	≥ 10	≥ 39
XJY850	调质	≥ 950	≥ 1140	≥ 16	≥ 75

从表 1 可以看出,30CrMnSiA 与 XJY850 在强度方面相接近,但是 XJY850 延伸率及冲击功均优于 30CrMnSiA,该材料的韧性较好,更适用于深孔绳索取心钻杆施工工况。

2 深孔绳索取心钻杆质量控制

钻井施工深度的不断加深是通过钻杆不断连接而成的,因此要求每根钻杆都要达到设计使用要求,必须保证批量钻杆质量稳定,才能达到钻进深孔的目的。钻杆原材料成分组织、形位公差、热处理结果及机加工精度等任何一个环节都对最终的质量合格与否起到重要作用,要对钻杆质量加以控制,要求生产企业必须编制完善的加工工艺流程,确定有效的检测方法和检测手段,配置相应的测量器具,才能有效控制钻杆质量。

2.1 原材料控制

原材料质量是影响钻杆质量关键因素之一,对原材料的检测主要包括金属材料化学成分、组织级别、冶炼、轧制缺陷、尺寸偏差等。

2.1.1 金属材料化学成分及组织检测

即使同一牌号的钢材,不同冶炼厂、不同炉号所生产的钢材其化学成分及微观组织都有所差别。工艺控制比较严格的钢厂,产出的钢材质量比较稳定。为保证采购到质量稳定的原材料,必须通过对钢厂进行综合调研,对原材料和热处理后的机械性能进行对比,最终确定原材料的供应商。

对采购进厂的钢管每批次都进行抽样化学成份分析,要求其化学成分含量符合国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》(GB/T 222 - 2006),同时要求钢管每炉的化学成份分散性要小,这样有利于调质处理后产品质量的稳定性。抽样检验主要包括:钢管成品横截面在酸浸低倍试片上不得有白点、缩孔残余、分层、裂纹、翻皮、气泡、偏析及金属夹杂物。非金属夹杂物不得大于三级,铁素体带状在 100 倍下不得大于三级。

2.1.2 管材尺寸偏差及形位公差的检测

绳索取心钻杆用的钢管应满足《钻探用无缝钢管》(GB/T 9808-2008)的标准要求,其尺寸偏差值可以通过常规量具检测。对绳索取心钻杆质量影响比较大的是管材的形位公差,主要为管材的直线度、圆度、内外圆同轴度(壁厚均匀度)、通径要求等。

管材的直线度反映钻杆弯曲程度,直线度不好不仅造成钻杆偏磨,同时影响钻杆螺纹加工质量,一般要求优质绳索取心钻杆弯曲度 ≥ 0.7 mm/m。钢厂采用新型的多辊(11辊)高强度矫直机矫直,切除预留的头尾,可以达到出厂钢管的直线度要求。

为了保证深孔用高强度绳索取心钻杆体强度,钻杆体需要整体调质处理,无加厚钻杆直接采用在线中频调质工艺,调质后采用多辊矫直机矫直。对于端部加厚钻杆,常采用井式炉悬挂式整体热处理,热处理时要注意管体装炉方式,切忌平放。热处理后的管体用液压机矫直进行点校直,保证直线度满足设计要求。直线度一般采用V形块检测法测量,也可以用平直尺及塞规检测。

由于绳索取心钻杆内孔要通过内管总成,因此要对钻杆全长进行通径检验。通棒直径为钻杆最小公称内径减1.0 mm,长度300 mm,通棒应能自由通过钢管内径。

2.2 热处理要求及检测

管材经过热处理可以提高综合性能,满足钻杆特殊性能要求。深孔用高强度钻杆体和接头都必须进行调质处理。

理论研究中,将管材在不同温度下进行正火处理,得到不同晶粒尺寸的显微组织,然后进行调质处理后,晶粒细化,再取样进行室温冲击试验,利用扫描电镜对冲击试样断口形貌进行观察,研究夹杂物和晶粒尺寸对管材冲击韧性的影响,结果发现小部分试样以夹杂物起裂,大多数冲击试样断口起裂源处未发现有夹杂物,其主要原因是室温下试样冲击断裂的临界事件是微裂纹穿过晶界扩展引发解理断裂,因此晶粒尺寸是决定调质钻杆冲击韧性的主要因素。冲击韧性反映了材料在高速冲击载荷作用下抵抗断裂的能力,是材料重要的力学性能之一,因此冲击韧性也是评价钻杆性能的重要指标之一。影响材料冲击韧性的因素很多,主要有晶粒尺寸,夹杂物以及热处理状态等。调质钻杆通过对金相组织及有害物质(杂质)的控制来保证钻杆的冲击韧性。调质过后的钻杆,对于其金相组织检验要求回火索氏体含量 $\geq 85\%$,晶粒度 ≥ 7 级,以此确保获得较高的综合机械性能。

硬度是衡量材料软硬的一个指标,硬度值是金属材料局部体积内抵抗塑性变形的能力。一般来说,硬度高的材料耐磨性好,强度也比较高,但过高的硬度也会影响到材料的韧性。实践证明钻杆及钻杆接头调质后的硬度控制在HRC28~32比较合适。

管材调质处理(淬火+高温回火)过程中,回火工艺确定取决于淬火件硬度及设计要求,因此淬火及回火后的材料都要取样检测硬度,以便保证调质后的产品合格率。为保证调质处理质量,淬火时装炉量要保证工件整体受热均匀,不能装得太多,回火时温度要恒定,装炉件数较淬火时可以多装一些。

管材调质处理后理想的金相组织是回火索氏体含量 $\geq 95\%$,晶粒度8~9级。

30CrMnSiA检测结果如图1、图2所示。

XJY850检测结果如图3、图4所示。

2.3 螺纹加工与检测

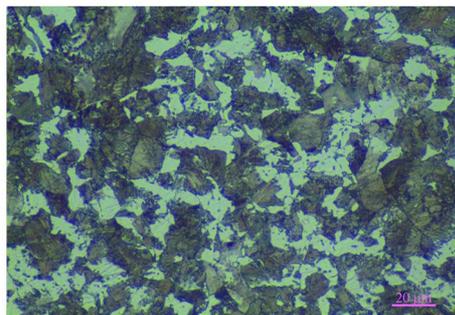


图1 30CrMnSiA 热处理前

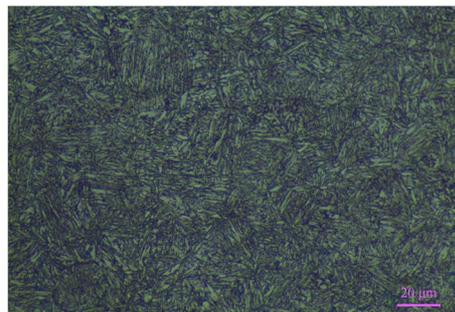


图2 30CrMnSiA 热处理后

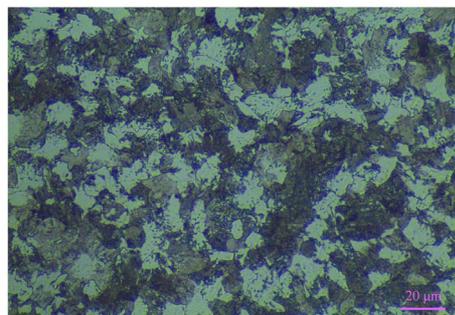


图3 XJY850 材料热处理前