

国产绳索取心钻杆设计与制造技术的分析

满国祥, 杨宏伟

(石家庄探矿机械厂, 河北 石家庄 050081)

摘要:介绍了国内外绳索取心钻杆的生产现状, 论述了绳索取心钻杆的结构、各种管材的性能、钻杆和接头的选材、螺纹的优化设计和一些特殊工序, 最后以 $\text{Ø}89\text{ mm}$ 绳索取心钻杆为例, 根据不同的设计方案, 列出了相应的技术参数供大家参考。

关键词:绳索取心钻杆; 钻杆螺纹; 材料选择; 钻杆技术参数; 制造技术

中图分类号: P634.4 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)02-0049-04

Analysis on the Design and Manufacturing Technique of Domestic Wire-line Coring Pipe/MAN Guo-xiang, YANG Hong-wei (Shijiazhuang Exploration Machinery Factory, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: The paper introduced the production situation of wire-line coring pipe both in China and abroad; described the structure of wire-line coring pipe, pipe performance, material selection for drill pipe and joint, optimal design of thread and some special procedures. Taking the example of $\text{Ø}89\text{mm}$ wire-line coring pipe, relative technical parameters were listed based on different design schemes.

Key words: wire-line coring pipe; drill pipe thread; material selection; technical parameters; manufacturing technique

随着勘探事业的迅速发展和勘探开发力度的不断加大, 绳索取心钻探技术在深孔、超深孔和复杂地层的应用越来越多, 绳索取心钻杆失效引起的事故也越来越频繁。部分绳索取心钻杆的强度及工艺已不能满足现状的需求。

1 国内外绳索取心钻杆的生产现状

国外绳索取心钻杆有 3 个系列: 美国长年(宝长年)公司的 Q 系列英制钻具和瑞典的公制系列, 还有以原苏联等经互会国家为代表的系列。3 个系列互不通用, 其中影响最大的是 Q 系列钻具, 但是, 宝长年公司并不热衷于标准的国际化。瑞典公制系列已经证明不符合中国国情。原苏联系列在国际上应用不广, 影响不大。

相比国外而言, 国内绳索取心钻具生产较为混乱, 一个公司一个标准, 没有统一标准, 不仅技术含量相对较低而且价格战愈演愈烈, 形成了“高端失守, 低端混战”的局面。

2 绳索取心钻杆的结构

目前, 绳索取心钻杆从结构上看主要有: 直连式、摩擦焊接式和螺纹连接公母接头式 3 种。这 3 种形式的钻杆其加工成本有着各自的优缺点。

2.1 直连式绳索取心钻杆

其结构是每根钻杆都加工 2 个螺纹端。它与螺纹连接接头式结构相比大大减少了螺纹端的个数, 因为螺纹连接接头式结构每一根上要加工 6 个螺纹端(钻杆 2 个, 每个接头各 2 个), 而螺纹部分恰恰是绳索取心钻杆最为薄弱的部位, 因此该结构的绳索取心钻杆降低了失效的概率, 并且加工工作量也减少了。虽然如此, 由于国内钢材冶炼水平和热处理水平以及加工等问题, 直连式绳索取心钻杆螺纹部分寿命非常低, 因此直连式绳索取心钻杆在国内生产和使用并不普遍, 只是因为近 2 年与国外钻杆配套需要, 各个厂家才开发了基于管体整体热处理的直连式钻杆。

$\text{Ø}75\text{ mm}$ 规格直连式绳索取心钻杆主要应用在 1200~2000 m 深钻孔, 有报道 $\text{Ø}95\text{ mm}$ 规格(HQ 系列)钻深已达到了 1458 m。

2.2 摩擦焊接式绳索取心钻杆

它是由管体和两端的接头摩擦焊接而成, 由于是接头和管体焊接而成, 所以管体和接头可以采用不同的材质和不同的热处理工艺, 接头材质可优于管体材料, 也可以单独对接头进行调质和渗氮或其它更加先进的热处理方式, 不仅使热处理工艺简化, 而且大幅度加强了螺纹部分的强度, 与直连式绳

收稿日期: 2011-08-18; 修回日期: 2011-09-01

作者简介: 满国祥(1979-), 男(汉族), 河北沧州人, 石家庄探矿机械厂工程师, 机电工程专业, 从事钻井设备及石油、地质钻具的设计研究工作, 河北省石家庄市中山西路 788 号; 杨宏伟(1981-), 男(汉族), 河北唐山人, 石家庄探矿机械厂工程师, 机械设计专业, 从事钻井设备及石油、地质钻具的设计研究工作, yanghongw888@163.com。

索取心钻杆相比,在降低成本的前提下不降低使用性能(甚至螺纹部分使用性能更高)。但由于绳索索取心钻杆与石油钻杆相比对同轴度的要求非常严格,所以该结构绳索索取心钻杆的接头与管杆的焊接是一大难点。

2.3 螺纹连接公母接头式绳索索取心钻杆

接头与管体采用螺纹连接,更换接头方便快捷,另外可通过接头材质选用更优质管材调质处理,并对螺纹部分进行优化设计提高其强度和耐磨性,因此螺纹连接公母接头式绳索索取心钻杆应用较为普遍。目前该结构的绳索索取心钻杆主要有2种:一种是普通型的,即在管体上直接加工螺纹;一种是加厚型的,钻杆管体两端镦粗后再加工公螺纹。

绳索索取心钻杆的管壁比较薄,一般只有4~6 mm,因此普通型的绳索索取心钻杆加工完螺纹后强度非常薄弱,特别是最后2扣处容易发生折断。而镦粗型的钻杆可以使其端部加厚横截面积增大,螺纹部位的连接强度增大,钻杆使用寿命可以延长,因此相比之下镦粗型绳索索取心钻杆有着强度高、失效概率小的优势,但是工序偏复杂,投入较多,需要专用镦粗设备、模具和相应热处理设备。

3 各种材质性能对比

绳索索取心钻杆材质选择的原则是:管体材质可以不选最好的而只选最合适的,但是接头的材质按照国外水平应该说要选择最好的,因为接头螺纹

的连接与拆卸频率比较高,通过收集国内外钻杆生产厂家使用材质以及对管材性能的比较分析,绳索索取心钻杆一般采用45MnMoB、30CrMnSiA制造,接头一般采用调质后的30CrMnSiA。对于性能要求更高的绳索索取心钻杆可采用高强度地质管材XJY850。浙江嘉兴新纪元钢管有限公司与中国地质科学院勘探技术研究所合作课题“‘863’计划重点项目课题——2000 m地质岩心钻探关键技术与装备”于2008年8月试制了高强度地质管材XJY850。地质管材性能对比见表1。

表1 地质管材的性能对比

钢种	测试材料的热处理状态	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	断面收缩率/%	冲击功	屈服比
30CrMoA	调质	≥735	≥930	≥12	≥50	≥71	0.79
30CrMnSiA	调质	≥885	≥1080	≥10	≥45	≥39	0.81
45MnMoB	调质	≥750	≥920	≥12	≥48	≥56	0.81
XJY850	调质	≥950	≥1020	≥16	≥52	≥75	0.93
NRQHP(最深3000 m)		≥1034	≥1241				
Q NQ(最深1500 m)		≥825	≥985				
系 BRQHP(3000 m)/ 列 BRQLW(1500 m)		≥1070	≥1241				
BQ(1220 m)		≥825	≥985				

4 绳索索取心钻杆的选材方案

通过对管材性能的比较分析和收集国内钻杆生产厂家使用的材质,提出下列几种方案(杆体材质)供大家选择(见表2)。

表2 绳索索取心钻杆选材方案

结构形式	材质	热处理状态	特点	
普通钻杆	螺纹连接公母接头式	45MnMoB	正火	无论是韧性还是强度都比国外管材低,浅孔钻进有价格优势
加厚钻杆	螺纹连接公母接头式	45MnMoB	正火	是解决普通钻杆易从公螺纹大端断裂的改进型钻杆,无论从加厚上还是螺纹本身的设计改进比普通型都有了较大的进步,目前是市场上的主流产品
调质钻杆	螺纹连接公母接头式	30CrMnSiA	调质	如果不考虑成本因素XJY850肯定是第一选择,两种材料强度上相当,韧性上30CrMnSiA要逊色很多。如果考虑到钻杆杆体性能要求比接头低很多的方面,30CrMnSiA低硬度调质采用摩擦焊接的结构也是比较理想的选择,如果采用螺纹连接公母接头式结构,因为要考虑钻杆螺纹部分的强度30CrMnSiA韧性不足就要逊色于XJY850
	摩擦焊接	30CrMnSiA	调质	
				XJY850

5 绳索索取心钻杆接头的选材方案

绳索索取心钻杆接头的选材方案见表3。

表3 绳索索取心钻杆接头选材方案

结构形式	绳索钻杆接头材质	热处理状态	
普通钻杆	螺纹连接公母接头式	45MnMoB/30CrMnSiA	调质
		XJY850	
加厚钻杆	螺纹连接公母接头式	30CrMnSiA/XJY850	调质
调质钻杆	螺纹连接公母接头式	XJY850	调质
	摩擦焊接	XJY850	调质

6 绳索索取心钻杆螺纹

绳索索取心钻杆螺纹结构,曾有1984年地矿部标准(DZ1.2-84),后有1997年的国家标准(GB/T 16951-1997)。近几年随着钻探孔深的加大,国外钻杆螺纹也在不断的变化——比如德国MICON公司的变锥度钻杆螺纹、美国Boart-Longyear公司的“负角度面”防脱扣钻杆螺纹不断出现,同时国内一些研究机构和生产厂家也根据使用条件的变化不断改进优化钻杆螺纹,普通钻杆和加厚钻杆接头螺纹

由0.75 mm加大到1~1.2 mm,这样可以大大降低螺纹脱扣的风险。因为绳索取心钻杆最为薄弱的环节为接头螺纹距公扣大端2扣处,接头锥度的加大有利于应力分散更加均匀(国内外绳索取心钻杆接头螺

纹锥度在1:16到1:30之间变化,由于增加了螺纹长度,经计算选用1:22较为适宜),增加了大端直径,提高了连接强度。

绳索取心钻杆螺纹参数对比见表4。

表4 绳索取心钻杆螺纹参数(以 $\varnothing 71$ mm钻杆为例)对比

钻杆	螺距/mm	牙高/mm	牙形角/(°)	螺纹长度/mm	接头内外螺纹锥度	密封面角度/(°)
DZ1.2-84标准	8	0.75	30	42	1:30	15
GB/T16951-1997标准	8	内:0.75,外:0.80	30	42	1:30	15
长年公司HQ钻杆	3扣/英寸(8.466)	1.2	29	44.5	1:30	15
德国MICON公司钻杆	10.15/10.16变螺距	3.1	1.8/45	90	1:16	5
勘探所 $\varnothing 71$ mm加厚钻杆	8	1.25		50	1:16	15
“863”项目钻杆	8	(1.25)	3/45	(50)	1:22	15
现行工厂	8	1	30	55	1:28/1:30	15
		1.2	10	50	1:29/1:31	
		1.5	45	45	1:30/1:30	
					1:24/1:22	

7 特殊工序

特殊工序在研制生产高强度、优质的绳索取心钻杆过程中是不可缺少的,根据绳索取心钻杆结构的不同,选用的特殊工序也会有差异。

(1)钻杆镦粗:其中包括模具设计,镦粗、正火后的力学性能试验、金相分析,试车削。

(2)钻杆整体调质:包括中频设备调整、淬火、回火、硬度、金相、力学性能及同轴度检测。

(3)摩擦焊接及焊后热处理:摩擦焊接设备的选择、焊接参数确定、焊接、同轴度检测、去内外飞边、焊后热处理、焊缝硬度、弯曲试验、内孔外圆磨削、探伤、通径、力学性能试验、金相及做螺纹剖面。

(4)接头螺纹表面强化:非晶态镍磷合金化学镀层和精确渗氮+硫化工艺。

8 绳索取心钻杆技术参数

下面以 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆为例,根据选用的方案不同,分别列出了相应的技术参数,供大家参考。

8.1 普通型绳索取心钻杆技术参数

(1)材质:钻杆体选用45MnMoB(正火状态),接头选用XJY850(调质);

(2)钻杆结构:两端加工公螺纹分别连接公母接头;

(3)钻杆尺寸:钻杆体 $\varnothing 89$ mm \times 5 mm,接头外径 \times 内径为 $\varnothing 92$ mm \times $\varnothing 78$ mm,钻杆定尺长度为加接头3或4.5 m(不包含公螺纹);

(4)螺纹长度:50 mm;

(5)螺纹扣高:钻杆螺纹为1 mm,接头螺纹为1.2 mm;

(6)螺纹锥度:钻杆螺纹锥度1:30,接头螺纹锥度1:22。

8.2 加厚型绳索取心钻杆技术参数

(1)材质:钻杆体选用45MnMoB(正火状态),接头选用XJY850(调质);

(2)钻杆结构:两端加工公螺纹分别连接公母接头,两端加厚;

(3)钻杆尺寸:钻杆体 $\varnothing 89$ mm \times 5 mm,两端加厚到 $\varnothing 92$ mm \times 7 mm,接头外径 \times 内径为 $\varnothing 92$ mm \times $\varnothing 78$ mm,钻杆定尺长度为加接头3或4.5 m(不包含公螺纹);

(4)螺纹长度:55 mm;

(5)螺纹扣高:钻杆、接头螺纹扣高1.2 mm;

(6)螺纹锥度:钻杆螺纹锥度1:30,接头螺纹锥度1:22。

8.3 调质型绳索取心钻杆技术参数

8.3.1 方案一:螺纹连接公母接头式

(1)材质:钻杆体选用30CrMnSiA(调质),接头选用XJY850(调质);

(2)钻杆结构:两端加工公螺纹分别连接公母接头,两端加厚;

(3)钻杆尺寸:钻杆体 $\varnothing 89$ mm \times 5 mm,两端加厚到 $\varnothing 92$ mm \times 7 mm,接头外径 \times 内径为 $\varnothing 92$ mm \times $\varnothing 78$ mm,钻杆定尺长度为加接头4.5 m(不包含公螺纹);

(4)螺纹长度:55 mm;

(5)螺纹扣高:钻杆螺纹为1.2 mm,接头螺纹公1.25 mm、母1.2 mm;

(6)螺纹锥度:钻杆螺纹锥度1:30,接头螺纹锥度1:22;

(7) 钻头直径(外/内):94/64 mm;

(8) 钻杆拉断能力:950 kN。

8.3.2 方案二:摩擦焊接式

(1) 材质:钻杆体选用30CrMnSiA(调质),接头选用XJY850(调质);

(2) 钻杆结构:两端加工公螺纹分别连接公母接头,两端加厚;

(3) 钻杆尺寸:钻杆体 $\varnothing 89\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,两端加厚到 $\varnothing 92\text{ mm} \times 7\text{ mm}$,接头外径 \times 内径为 $\varnothing 92\text{ mm} \times \varnothing 78\text{ mm}$,钻杆定尺长度为加接头4.5 m(不包含公螺纹);

(4) 螺纹长度:55 mm;

(5) 螺纹扣高:接头螺纹公1.25 mm、母1.2 mm;

(6) 接头螺纹锥度:1:22;

(7) 钻头直径(外/内):94/64 mm;

(8) 钻杆拉断能力:950 kN。

9 结语

在绳索取心钻杆的设计和生产过程中,应该把握每一个关键的环节,从材质、结构、尺寸、工艺等多方面做合理的选择和设计,质量控制上要严格到位,以确保为用户提供优质的绳索取心钻杆,推动我国绳索取心钻杆设计和制造技术迈上新台阶。

参考文献:

- [1] 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).
- [2] 孙建华. 大深度复杂地层绳索取芯钻探技术[J]. 地质装备,2008,(4).
- [3] 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,2006,33(5).
- [4] 张逢春. 绳索取心钻杆螺纹的加工方法[J]. 探矿工程,1992,(4).
- [5] GB/T 16951-1997, 金刚石绳索取芯钻探钻具设备[S].
- [6] DZ 1.1~1.2-84, 金刚石岩心钻探管材螺纹[S].

快速高寿命大直径滚刀钻头瓦斯排放孔施工创纪录

本刊讯 由国土资源部勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心研制的快速、高寿命型瓦斯排放孔用反井系列钻头,经过对所用滚刀的切削齿、轴承、密封机构及加工工艺的改进及对钻头整体结构的独特设计,在技术上有了突破性进展,最近在为宁夏工程勘察院等单位研制成功 $\varnothing 1500$ 、1200、1000 mm 系列反井钻头的基础上,又为江苏天明机械集团自主研发的我国第一台 TMC 型全路面大口径救援钻机配套研制了 $\varnothing 850\text{ mm}$ 镶齿滚刀反井扩孔钻头,成功地应用于中国神华神东煤炭集团山西保德煤矿,在较短的时间内顺利完成了2个瓦斯排放孔施工任务,这是保德煤矿首次完成的瓦斯排放孔施工。该工程无论是施工效率还是钻头寿命均创造了同类工法的纪录。

该瓦斯排放孔位于保德煤矿刘家堰风井处,设计钻孔2个,单孔孔深304 m,下管直径630 mm,要求与井下巷道贯通。施工钻孔上部地层破碎并有少量渗水和含有大量的中小砾石,下部地层钙质胶结坚硬,属于典型的复杂地层钻进,因而对钻孔的护壁及施工效率都提出了新的挑战,施工中采用了“泥浆钻进与潜孔锤空气钻进相结合,潜孔锤正钻与镶齿滚刀钻头反提相结合”的施工工艺,在松散层段采用 $\varnothing 450\text{ mm}$ 钻头泥浆钻进工艺施工至基岩,下 $\varnothing 377\text{ mm}$ 钢管护壁后,采用 $\varnothing 314\text{ mm}$ 潜孔锤空气钻进工艺施工与井下贯通;拔出 $\varnothing 377\text{ mm}$ 护壁管后采用 $\varnothing 780$ 、1200 mm 钻头泥浆钻进逐级扩孔,扩孔后下 $\varnothing 1020\text{ mm}$ 钢管护壁;然后采用 $\varnothing 660\text{ mm}$ 潜孔锤空气钻进工艺扩孔再次与井下贯通;最后采用 $\varnothing 850\text{ mm}$ 反井镶齿滚刀钻头反提至 $\varnothing 1020\text{ mm}$ 护壁管处,完成全孔施工任务。

施工瓦斯排放孔、煤矿救援孔等工程最基本的要求就是可实现快速成孔并要保证准确无误地打入巷道内预定的位

置,因此不仅对所用设备提出了高的要求,对所采用的施工工艺及钻具、钻头提出了更高的要求,勘探所钻头中心在钻头设计中本着长寿命高效率的目标,对钻头进行了优化设计,首先对齿形、齿的布局、轴承的密封及锁紧形式进行了全面的改进,并对边刀座的结构及耐磨性进行了全新的设计。改进后的破岩滚刀其寿命及施工效率均比改进前有了成倍的提高。TMC 型全路面大口径救援钻机属于大扭矩高效多功能设备,施工过程采取的是强力钻进,所配套的钻头必须满足该设备的要求, $\varnothing 850\text{ mm}$ 型反井钻头设计为反拉式结构,钻头体设计为箱式结构,在不过度增加钻头质量的同时增强了钻头的整体强度,同时合理设计了漏渣通道使得岩渣排除更容易。扩孔钻头与全断面钻头相比处于孔底不稳定状态,对其导正性及钻头的耐磨性提出了更高的要求, $\varnothing 850\text{ mm}$ 镶齿反井扩孔钻头设计了独特的扶正防斜装置,既保证了钻具的平稳钻进,又保证了导正部分的耐磨性。钻头及配套钻具取得了十分满意的使用效果,在坚硬地层中扩孔钻进,效率达到了近3 m/h,连续扩孔两个钻孔,扩孔长度达到了近400 m,钻头及切削具仍完好无损,这样的使用效果得到了天明集团及神华神东煤矿领导及专家的一致好评,大家一致认为 TMC 型神明一号”钻机的成功使用,保德煤矿利用新设备、新工艺使得瓦斯排放孔的顺利提前贯通, $\varnothing 850\text{ mm}$ 反井钻头立下了汗马功劳。

勘探所钻头中心将根据目前煤矿安全生产的需求,继续与天明机械集团密切合作,不仅在传统的滚刀、牙轮钻头上下功夫,还将在较短的时间内研究出高效潜孔锤、大口径集束式潜孔锤及反循环钻具,以替代同类产品的进口,为国家节省外汇,为企业创造效益。

(中国地质科学院勘探技术研究所 杨引娥 供稿)