

石油钻杆接头水基淬火的研究

岳鹏¹, 田连社², 付源², 张国杰², 王青林², 王建民²

(1. 西南石油大学, 四川 成都 610500; 2. 渤海能克钻杆有限公司, 河北 青县 062650)

摘要:对石油钻杆接头水淬热处理技术进行了研究分析。介绍了水基淬火和油基淬火后石油钻杆接头的硬度、硬度均匀性的对比试验;不同条件下的淬火液对钻杆接头冷却速度的影响。研究表明,水基淬火方式能更好地提高钻杆接头马氏体化程度,从而提高淬火质量。

关键词:钻杆接头;水基淬火;油基淬火;硬度

中图分类号:TE921⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)04-0014-06

Research on Water-quench Technique for Drill Pipe Joint/YUE Peng¹, TIAN Lian-she², FU Yuan², ZHANG Guo-jie², WANG Qing-lin², WANG Jian-min² (1. Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan 610500, China; 2. Bohai Nkk Drill Pipe Co., Ltd., Qingxian Hebei 062650, China)

Abstract: Research analysis was made on the water-quench heat treatment for petroleum drill pipe joint. The paper introduced the comparative test of hardness and hardness uniformity by water-quench and oil-quench processes; and also introduced the effect of quenching liquid to the cooling rate of drill pipe joints under different conditions. The research result shows that the water-quench process can improve the degree of martensite of drill pipe joints with the quality of quench enhancing.

Key words: drill pipe joint; water-quench; oil-quench; hardness

石油钻杆的管体及其接头的质量和寿命对于钻探(钻井)的施工效率、质量、成本起着举足轻重的作用,对其结构加工及热处理工艺的研究有着重要的意义。石油钻杆接头的热处理生产线大多采用油淬调质热处理工艺,近些年来随着对石油钻杆整体质量要求的提高,同时考虑到减少环境污染,改善现场工作环境,消除火灾隐患,降低生产成本等各方面因素,水基淬火方式逐渐被国内外的钻杆制造商采用。国外的钻杆制造商在水基淬火方面的研究及应用进行的较早,日本的新井铁工、日本钢管的钻杆接头热处理生产线采用的都是水基淬火方式,通过多年的使用已经有了成熟的工艺方案及使用经验。本文介绍了水基淬火方式与油基淬火方式的试验对比。对淬火液参数、条件的选择及优化进行了分析。

1 油基淬火与水基淬火的对比

1.1 淬火油的特点

快速光亮淬火油的特点是:工件淬火后光亮性好,较易清洗。热氧化安定性好,使用寿命长。温度升高,流动性增加,冷却能力有所提高。油的沸点高,对流阶段开始温度也比水高,所以工件在低温区的冷却速度比较缓慢,避免产生过大的组织应力,防

止工件变形开裂。但是,淬火油的最大冷却速度比水基淬火液小得多,在中温区的冷却速度较慢,容易使工件组织发生珠光体转变,降低机械性能。

使用该淬火油存在以下局限性。

(1)对生产节拍有一定的限制。如生产节拍调整过快,淬火油温度不易保持在所要求范围内(55 ± 10 °C)。油温的升高将导致工件和淬火油的温度梯度变小,从而降低了冷却能力。另外,温度高也会引起淬火油的劣化加快。

(2)随着使用时间的增长,淬火油的粘度增大,与工件的对流作用减少,淬火油的冷却能力降低。经过分析,其原因是工件附带的炭黑和氧化皮吸附淬火油中的添加剂,加速淬火油性能的变坏。不及时清除淬火槽内的炭黑和氧化皮、补充新的淬火油造成了淬火能力下降。

(3)由于淬火油的粘度较水基淬火液高,在淬火过程中,淬火油产生的油雾以及洒落在地上的散油都对环保和人身构成危害。

1.2 PAG水基淬火液的特点

(1)安全方面的优点。水基淬火液没有引起火灾的隐患。

(2)环保方面的优点。大大改善了现场的工作

收稿日期:2009-12-24; 修回日期:2010-02-20

作者简介:岳鹏(1980-),男(汉族),山东聊城人,西南石油大学硕士在读,渤海能克钻杆有限公司工程师,机械工程专业,从事钻杆制造工艺研究工作,河北省青县东环路102号渤海能克钻杆有限公司(062650),hey_friend@eyou.com。

环境,且无毒性。

(3)生产上的优点。由于聚合物水基淬火剂的逆溶性(逆熔点为 74 ℃),工件在冷却至 74 ℃ 以下后取出,淬火剂析出大量减少,工件表面几乎没有附着淬火剂,淬火后工件带出量较少,投资和运行成本低。

(4)比热大,导热系数较油高,这样在淬火前后,水基淬火液的温度上升更小,可吸收更大的热量,加快钢的冷却速度,增大工件硬化层的厚度。

(5)操作灵活性。可通过调节浓度、浴液温度和搅拌速度达到最佳冷却速度。

1.3 水基、油基淬火方式的试验对比

为了获得准确的数据,需要通过工业试验分析来比较油基淬火与水基淬火方式对钻杆接头热处理性能的影响。

1.3.1 试验方法及内容

试验样块:钻杆接头(公母接头各 1 个)。

接头材质:AISI 4137H(相当于 37CrMnMo)。

试样尺寸:内径 88.9 mm × 外径 168.3 mm × 壁厚 50 mm。

试样形状:图 1 所示为被切割的试验工件,图中 1-A、1-B、2-A、2-B 为硬度的测试区域。

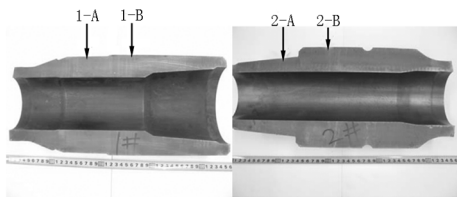


图 1 试样形状

热处理试验条件:工件淬火工艺曲线如图 2 所示。

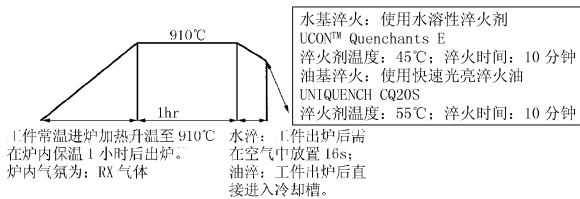


图 2 热处理试验条件

热处理条件说明:

(1)根据现有设备的能力及工艺参数的要求,试样常温进炉后加热到 910 ℃,根据试样的材质与外形尺寸设定了保温时间为 1 h,从而使试样的奥氏体均匀化。

(2)为了保证试样表面不氧化、不脱碳,淬火炉内的加热气氛为 RX 气体,以获得适合的 CP 值。

(3)试样使用油淬方式时,试样出淬火炉后可直接进入淬火油槽。而试样使用水淬方式时,因为试样在淬火过程中会产生大量的水蒸汽,为避免水蒸汽进入淬火炉并因此破坏炉内的 RX 保护气氛,冷却槽需要与淬火炉分开设置。因此在实际生产中钻杆接头在出淬火炉后进入冷却槽前会存在一定的置空时间,为了使实验数据更接近将来的生产实际,试样硬度的测试以试样出淬火炉内后置空 16 s,再放入淬火冷却槽的条件下测得。

(4)本试验中油基淬火介质采用的是 UNIQUENCH CQ20S。UNIQUENCH CQ20S 是由精制低粘度矿物油加入性能改善剂调质而成的快速光亮淬火油,相当于 JIS K2242。水基淬火介质采用的为 UCON™ Quenchants E 属于 PAG 淬火液,是由聚烷撑二醇(Polyaleneglycol)聚合物加添加剂中的水溶剂的水溶性淬火介质。

1.3.2 表面硬度比较

试样完成图 2 的淬火过程后,按照图 1 中 1-A、1-B、2-A、2-B 区域选取圆周方向不同的 5 点实施了硬度测试,其测试结果列于表 1 及表 2,由表 1、表 2 可见,钻杆接头水基淬火与油基淬火的表面硬度及均匀性基本一致。

表 1 油基淬火后的表面硬度

调查位置	洛氏硬度(HRC)					最小	最大	平均
	42.7	44.0	43.3	42.6	44.0			
1-A	42.7	44.0	43.3	42.6	44.0	42.6	44.0	43.3
1-B	45.2	44.7	44.0	44.2	44.2	44.0	45.2	44.6
2-A	48.0	40.0	47.6	47.2	47.1	40.0	48.0	46.0
2-B	43.7	43.3	42.7	43.1	42.2	42.2	43.7	43.0

表 2 水基淬火后的表面硬度

调查位置	洛氏硬度(HRC)					最小	最大	平均
	43.4	45.0	44.2	43.6	42.7			
1-A	43.4	45.0	44.2	43.6	42.7	42.7	45.0	43.8
1-B	46.6	44.5	43.8	47.1	45.2	43.8	47.1	45.4
2-A	46.6	47.6	47.2	47.8	45.1	45.1	47.8	46.9
2-B	44.2	45.0	43.7	42.9	43.2	42.9	45.0	43.8

1.3.3 内部硬度值比较

在离试样表面 10、20 mm 内部位置上进行硬度测试,测试结果见表 3。

表 3 油基淬火及水基淬火后的内部硬度

调查位置	洛氏硬度(HRC)			
	10 mm 距离处		20 mm 距离处	
	油淬	水淬	油淬	水淬
1-A	47.8	50	50.3	52
1-B	47.0	51	48.3	53
2-A	47.1	50.2	44.3	52
2-B	49.2	51.9	51	52

由试验可知, PAG 水基淬火后的内部硬度略高于油基淬火的内部硬度。由此可得出在水基淬火的方式下, 工件的硬化层更深, 马氏体化更充分, 工件在淬火后拥有更高的硬度和耐磨性, 为后续的回火后工件获得更好的韧性和塑性提供基础。

2 水基淬火工艺参数及条件的试验分析

2.1 试样置空时间对水基淬火的影响

由于实际生产时钻杆接头出淬火炉后进入冷却槽前会有一定的置空时间, 为了获得最优化的钻杆接头水基淬火工艺参数, 进行了一组试样在不同置空时间后进入冷却槽淬火的工艺实验。本实验将同批次同炉号的钻杆环切为 4 组圆片, 按照图 2 的热处理条件, 将试样的置空时间分别调整为 16、30、60、120 s, 淬火后的实验结果如下。

2.1.1 淬火后试验品表面情况

3 组试样的平均硬度为 HRC50 左右, 硬度值最大最小差值为 HRC15 ~ 20。置空 120 s 的试验品的平均硬度为 HRC36, 硬度最大最小差值为 HRC44, 相对于前 3 组试验样块硬度值明显偏低, 硬度的差值较大。

2.1.3 金属组织

材料表面附近的金属组织见图 4。用数字显微镜 VHX-900 (KEYENCE) 进行观察, 主要对表面脱碳进行观察分析。

如图 4 表示, 置空 60 s 及 120 s 的试样, 表面发现 15 μm 左右的铁素体脱碳。置空 16 s、30 s 的试样的表面的小瘤组织发生鳞氧化。脱碳组织以外的组织是马氏体组织。

2.1.4 试验结论

这次试验结果见表 5。

表 5 脱碳试验结果

置空时间 /s	表面状态	表面硬度 (HRC)	心部硬度 (HRC)	金属组织
16	着色黑色	48.4	50.1	无明显脱碳
30	着色黑色	52.8	56	无明显脱碳
60	着色黑色	51.5	54	有脱碳
120	着色黑色	36.3	52	脱碳明显

处理后试验品表面的照片见图 3。所有材料表面上被氧化为黑色。另外 60、120 s 的试验品还存在氧化鳞片的剥落现象。

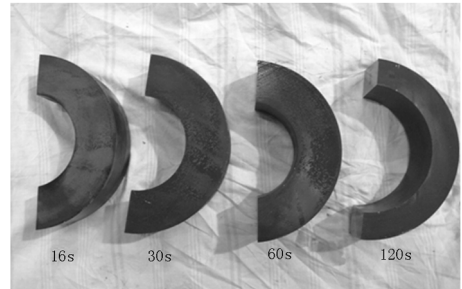


图 3 不同置空条件淬火后试样

2.1.2 表面硬度

被切成圆片的试样平面处理后的洛氏硬度列于表 4。

经过硬度测试, 除了置空 120 s 的试样, 其他的

表 4 表面洛氏硬度

试验条件	洛氏硬度 (HRC)								最小	最大	平均		
16 s 置空	56.4	49.8	38.1	52.5	43.3	38.6	48.5	55.0	44.3	57.6	38.1	57.6	48.4
30 s 置空	40.8	52.3	55.8	56.0	54.7	55.6	54.8	47.2	52.7	57.7	40.8	57.7	52.8
60 s 置空	53.8	55.8	53.9	52.0	54.5	56.9	50.5	41.2	42.3	54.1	41.2	56.9	51.5
120 s 置空	18.0	46.5	12.4	14.5	44.8	25.5	52.4	49.5	56.5	42.8	12.4	56.5	36.3

通过上述试验表明, 为了将工件试样在出淬火炉后进入冷却槽前的氧化脱碳的程度降到最低, 应严格控制工件的置空时间, 置空时间应小于 30 s。

2.2 淬火液冷却速度试验

PAG 水基淬火液可通过控制其浓度、温度及搅拌速度来控制其冷却能力, 得到介于水跟油之间的冷却范围。一般认为:

(1) 浓度与冷却速度成反比, 浓度提高冷却速度降低, 反之浓度降低冷却速度提高。所以如果想提高冷却速度, 则加水使浓度降低, 反之则添加淬火液浓度提高, 冷速下降。

(2) 温度越高, 冷却速度越低; 温度越低冷却速度越高。所以要提高冷却速度, 可以在生产中对淬火剂冷却, 降低温度; 反之加热或停止冷却循环, 提高淬火剂温度, 便可降低淬火冷却速度。

(3) 搅动淬火液 (包括摆动工件) 可以提高其淬火冷却速度; 反之降低淬火冷却速度。

为了验证钻杆接头的水基淬火方式是否也适用于上述观点, 更准确地把握钻杆接头水基淬火的实际情况, 采取了不同的淬火液条件、测定冷却曲线的试验。

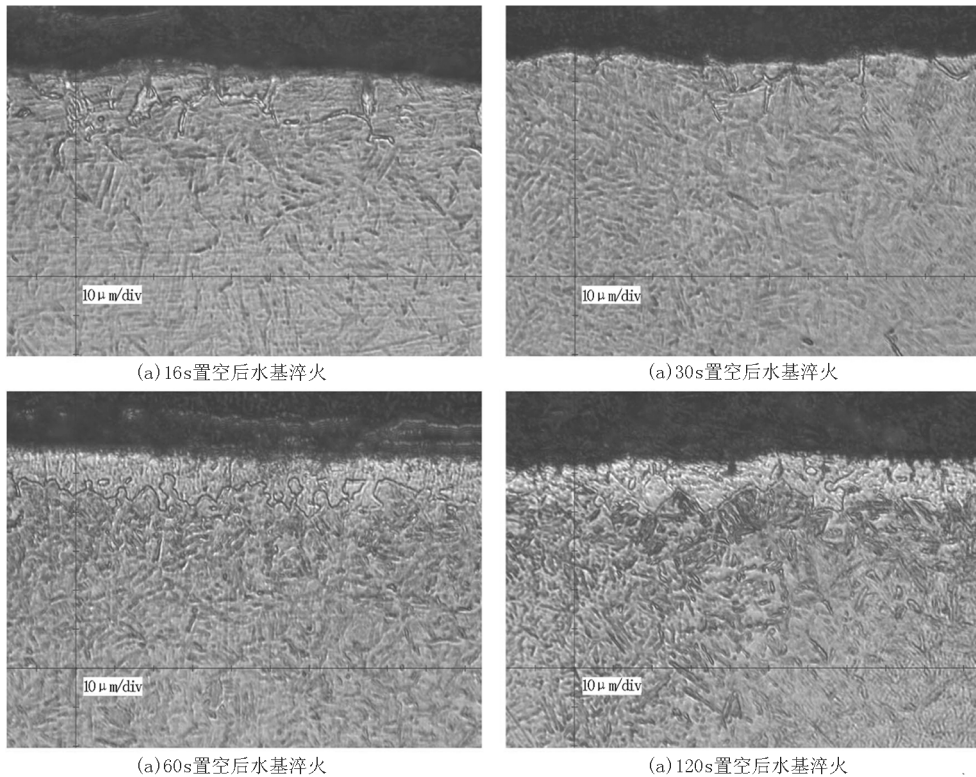


图 4 不同条件水淬后金相组织
腐蚀液:硝酸乙醇

2.2.1 实验方法及内容

样块形状:内径 88.9 mm,外径 168.3 mm,壁厚 50 mm;

样块材质:AISI 4137H(相当于 37CrMnMo);

热电偶的安装位置:见图 5;

切片上面打孔(一点,Ø1.6 mm、深度 25 mm),安装 Ø1.5 mm 的热电偶。

热处理条件:工件淬火前加热曲线参照图 2。

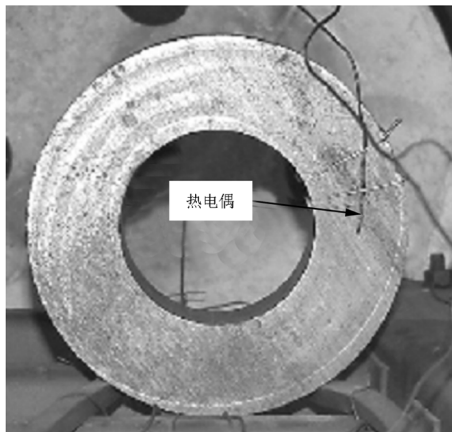


图 5 热电偶安装位置及方式

炉内气氛为 RX 气体 + 丙烷气的情况下升温到 910 °C 以后取出(通过试验品安装的热电偶测温

度),然后转移到淬火槽进行淬火。淬火条件:试样从炉内拿出来 25 s 后开始淬火,淬火时间为 10 min。针对表 6 中不同的淬火液条件,共进行了 9 组试验。

表 6 淬火液条件

序号	淬火介质	浓度/%	温度/°C
1			30
2		22	40
3	水基淬火液		50
4	(Dow Chemical	15	
5	UCON Quenchant E)	20	40
6		25	
7		30	
8	油基淬火液		40
9	(UNIQUENCH CQ20S)		60

2.2.2 试验结果

全部的 9 组水基和油基淬火液的冷却曲线,如图 6 所示。水基淬火液在浓度 22% 情况下的温度变化与冷却速度变化的关系如图 7 所示,40 °C 情况下的不同淬火液浓度与冷却速度的关系如图 8 所示。两种不同淬火介质从 800 ~ 300 °C 的平均冷却速度如表 7 所示。

2.2.3 试验结果分析

通过上述试验数据可得到如下结论:

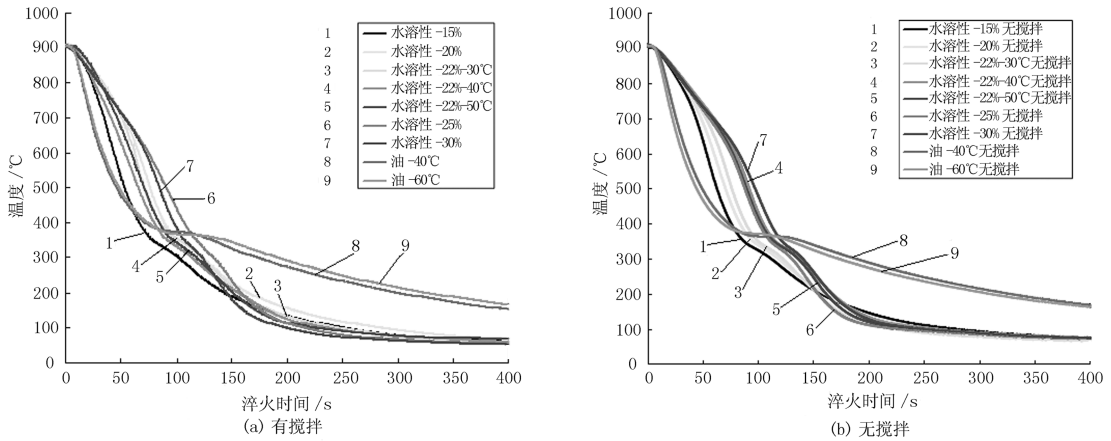


图6 所有数据

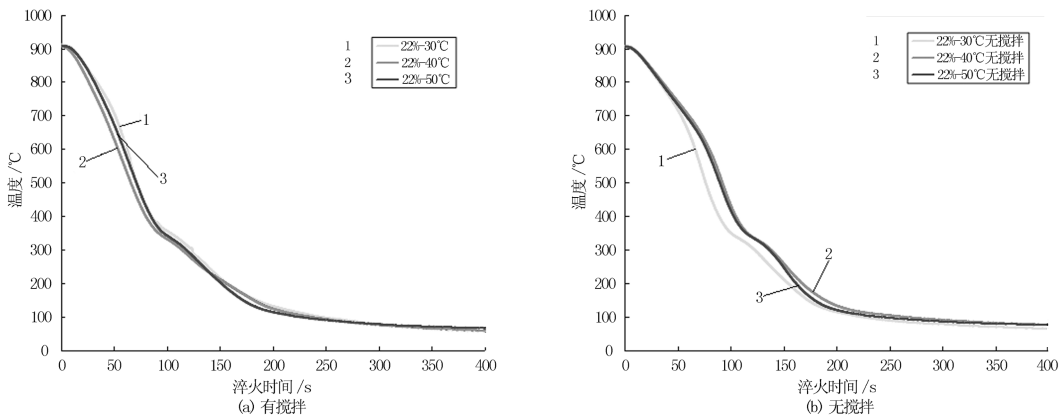


图7 温度关系数据

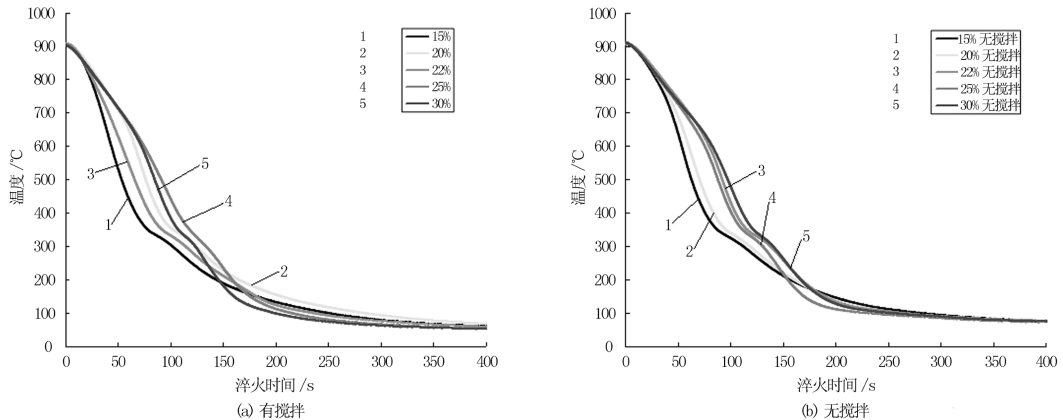


图8 浓度关系数据

表7 800~300℃平均冷却速度

淬火介质	浓度 /%	温度 /°C	平均冷却速度/(°C·s ⁻¹)	
			无搅拌	有搅拌
水基淬火液	15	40	6.10	6.47
	20	40	5.43	5.80
	22	30	5.51	5.57
		40	4.88	5.69
	25	40	4.89	5.77
		40	4.85	5.12
油基淬火液	40	2.94	3.17	
	60	2.57	2.86	

(1)从910~400℃附近,油基淬火比水基淬火冷却速度快,400℃以下,水基淬火比油基淬火冷却速度快。

(2)水基淬火液冷却能力最好的条件是:有搅拌的条件下,浓度15%,温度40℃。

(3)水基淬火液淬火时,其浓度对冷却速度影响最大,而温度对冷却速度的影响很小。

(4)在同样的温度和浓度的条件下,搅拌可以使水基淬火液的冷却速度更快。在没有搅拌的情况

下,工件的冷却会因为蒸汽膜阶段时间较长而导致冷速降低,除此之外,工件组织还可能会衍生出珠光体等组织。

(5)油基淬火液的冷却速度受到温度的影响很小,有无搅拌对其冷却速度影响不大。

(6)浓度为15%~30%,温度为40℃水基淬火比温度为40℃的油基淬火液冷却速度快。

3 结论与建议

钻杆接头加热后的淬火冷却是热处理工艺中的一道重要工序,其淬火质量的好坏直接关系到钻杆的整体性能。通过试验对比分析,水基淬火方式相对于油基淬火方式冷却速度快,钻杆接头心部的马氏体化更充分,提高了钻杆接头的强度、耐磨性及硬度均匀性,为后续的回火后获得更好的韧性和塑性提供了基础。

综合分析各项试验数据,对钻杆接头调质处理

的水基淬火工艺有如下建议:

(1)钻杆接头出淬火炉后进入冷却槽前的时间应控制在30s以内,以避免工件表面出现氧化脱碳的现象;

(2)钻杆接头淬火时浓度为15%,温度为40℃,有搅拌的条件淬火液可更好地保证淬火性能;

(3)要严格控制淬火温度、保温时间、淬火液冷却时间,过热或不足也会影响接头的强度及硬度均匀性。

参考文献:

- [1] API Spec 7-2001(含2004a),旋转钻柱构件规范(第40版及增补1)[S].
- [2] JB/T 6955-2008,热处理常用淬火介质技术要求[S].
- [3] 陈春怀,等.聚合物水基淬火介质的应用[J].中国有色金属学报,2001,(S2).
- [4] 中国机械工程学会热理学会.热处理手册(第3卷)[M].北京:机械工业出版社,2008.

汶川地震断裂带科钻成果令人振奋

《中国国土资源报》2010-03-30消息 汶川地震断裂带科学钻探项目实施不到2年,在极其困难的条件下取得了超出预期的成果。记者从2010年3月29日国土资源部、科技部和地震局联合召开的汶川地震断裂带科学钻探项目进展成果汇报会上获悉,目前,1号孔、3号孔先导孔的钻进任务已经完成,获得了探索地震机制极为珍贵的、高质量的岩心。

高山峡谷,余震不断,地质科学家在极其艰苦的条件下,团结拼搏,在不到2年的时间,取得了5项重大成果:一是确定了汶川地震断裂带主断层;二是确定了汶川地震造成的最新断层泥;三是发现和厘定了汶川地震发生前的20余条古地震带;四是探讨了地下流体异常与余震的相互关系;五是根据新的钻探成果,对龙门山的结构提出新的模式。

地层的破碎让钻探施工步履维艰,余震和泥石流曾经冲垮施工场地和钻机。为确保施工顺利进行,钻探工程技术人员采用半合管取心、高密度泥浆压力平衡钻进等技术,解决了破碎岩层取心、钻孔缩径卡钻和复杂地层钻孔护壁等前所

未有的难题,以高采心率获取了原状性好的岩心,摸索出了一套适合地震断裂带复杂地层的钻进技术和工艺方法。经过艰苦努力,汶川地震断裂带科学钻探1号孔于2009年7月以孔深1201.15m完孔;3号孔先导孔以551.54m于2009年12月完成。2号孔、3号孔正在施工中。

有关人士称,通过项目实施,形成了一个崭新的由地质构造、地震地质、流变学等多学科组成的实验平台,形成了一支由优秀地学人才组成的创新团队。汶川地震科学钻探工程中心在项目组织管理、后勤服务等方面发挥了积极作用,为探索建立大项目管理模式提供了成功范例。

汶川地震断裂带科学钻探项目在汶川特大地震后不久由国家汶川地震专家委员会提出,2008年项目得到国务院领导的高度重视和国内外地学界的高度关注,被列为2008~2012年科技部专项,由国土资源部和中国地震局作为实施单位。2008年11月6日,汶川科钻一号正式开钻,使得这项科学钻探成为世界上大地震后反应最快的科学钻探。

新疆加快推进深部找矿

国土资源网2010-04-12消息 新疆国土资源厅透露,新疆自2009年深部找矿工作启动以来,示范阶段的3个项目取得找矿新成果,2010年新疆将加大深部勘查力度,除继续做好彩霞山铅锌矿、喜迎金矿和查岗诺尔铁矿的勘查外,还启动了蒙库铁矿、白山钼矿、哈图金矿的深部找矿工作。

据介绍,2009年,新疆投入2亿元进行深部找矿,并选择蒙库铁矿、查岗诺尔铁矿、赞坎铁矿、哈腊苏铜矿、土屋-延东铜矿、坡北铜镍矿、彩霞山铅锌矿、白山钼矿、喜迎金矿、哈

图金矿10个矿区作为首期工程。

据悉,2009年启动的3个矿区深部找矿项目取得很好的找矿效果,为矿业公司开展深部找矿起到了示范和引导作用。其中,东天山彩霞山铅锌矿矿床规模迅速扩大,新增铅锌资源量154万吨,远景规模可达300万吨以上。通过2009~2012年深部找矿工作的实施,新疆力争找到大型超大型矿床10个,提交一批金属矿产资源量,形成一套深部找矿的理论和勘查技术方法研究成果。