

液动潜孔锤钻进工艺在舞阳铁山矿区易斜地层的应用

张家军

(河南省地矿局第一地质工程院,河南 驻马店 463000)

摘要:在河南省舞阳铁山矿区的勘察钻进中,采用液动潜孔锤钻进工艺解决了在倾角较大、软硬不均、互层频繁的条带状混合花岗岩地层中的钻探技术难题,提高了钻进效率,有效地防止了钻孔的偏斜。结合该工程实例介绍了液动潜孔锤钻进工艺以及所取得的效果。

关键词:液动潜孔锤钻进;易斜地层;防斜

中图分类号:P634.5⁺6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)07-0005-03

Application of Hydro-hammer Drilling Technology in Easily Inclined Stratum/ZHANG Jia-jun (The First Geology Engineering Institute Under Henan Geology and Resources Survey Bureau, Zhumadian Henan 463000, China)

Abstract: Hydro-hammer drilling is an advanced technology, which can challenge hard and complex rock stratum and can improve drilling efficiency and extend bit service life; furthermore, it has better anti-inclining effect. In the exploration drilling of Tieshan mining area of Wuyang city Henan Province, percussion rotation drilling technology resolves the technical problem of drilling in the banded compound granite formation with big inclination, uneven hardness and frequent interbed.

Key words: hydro-hammer drilling; easily deviated stratum; anti-inclination

在我国,液动潜孔锤钻探经过几十年的开发和实践,证明是对付坚硬和复杂岩层的先进钻探技术,该项技术已在我国地勘行业进行了广泛的应用,取得了巨大的技术经济效益。液动潜孔锤钻进适用于钻进粗颗粒的不均质地岩层。在可钻性 VI ~ VIII 级,部分 IX 级的岩石中,钻进效果尤为突出。

在河南省舞阳铁山矿区的勘察钻进中,我们采用液动潜孔锤钻进工艺来钻进倾角较大、软硬不均、互层频繁的条带状混合花岗岩地层,提高了钻进效率,有效地防止了钻孔的偏斜。

1 工程概况

舞阳铁山矿区位于平顶山舞钢市,矿权属于安钢集团舞阳矿业有限公司。本次共钻进 3 个钻孔,钻孔编号为主井、西副井、东副井,设计孔深分别为 616、531、470 m,终孔孔深分别为 621、536、475 m,均为水文地质工程地质勘探孔,需在单钻孔内完成工程地质及水文地质两部分勘察与试验内容。3 个钻孔均为直孔,设计倾角为 90°。

1.1 地质特征

本次勘察钻进的 3 个钻孔,岩层以太古界条带状混合岩夹斜长角闪片麻岩为主,夹杂闪长岩,倾角较大,软硬不均,互层频繁。其可钻性在 VI ~ VIII 级之

间,部分层段可能达到 X 级左右。钻进时防斜难度大。另外,上部 100 m 地层较破碎,是主要含水层,下部地层有几层破裂带,钻进时易堵心。

1.2 工程质量要求

(1) 钻孔布置在井筒中心。

(2) 岩心采取:钻孔全段取心,在冲积层与岩层中岩心采取率 $\geq 80\%$;在破碎带及软弱夹层中连续 3 个回次的岩心采取率 $\leq 65\%$,否则要进行补救取心,补救取心仍不能达到要求者,按废孔处理。

(3) 钻孔测斜要求:每钻进 20 ~ 30 m 须测量一次孔斜,偏斜率控制在 1.5% 以内。

(4) 每钻进 50 m 进行一次孔深验证平差,对孔深误差超限者,应进行合理平差和孔深校正;每次孔深验证记录数据必须齐全。

(5) 简易水文观测:在以清水为钻井液的钻孔中,每班至少观测水位 1 ~ 2 回次。每观测回次中,提钻后、下钻前各测量一次水位,间隔时间应大于 5 min。钻进过程中遇到涌水、漏水、涌砂、掉块、坍塌、缩径、逸气、裂隙、溶洞及钻具掉落等异常现象时,应及时记录其深度;所有钻进钻孔均对各主要含水层分层(组)进行抽水试验,每次抽水最后一次水位降深时,采取水质分析样,同时测定水温。

(6) 封孔:钻进结束后,要用清水进行洗孔,然

收稿日期:2007-01-29

作者简介:张家军(1968-),男(汉族),河南信阳人,河南省地矿局第一地质工程院工程师,探矿工程专业,从事钻探技术及管理工作,河南省驻马店市乐山路 90 号,13839612550,catchercai@126.com。

后全孔采用 M100 水泥砂浆进行封孔。

1.3 设备选择

根据地层条件、钻孔深度以及甲方要求的终孔直径,我们共安排 3 台钻机进场钻进。钻机、泥浆泵、钻塔和钻杆的规格为:XY-44 型钻机 2 台、XY-42 型钻机 1 台,BW250/50 型泥浆泵 3 台,JT-24、GT-13、GT-18 型钻塔各一套,Ø50 mm 钻杆。

1.4 钻孔结构

本次钻进的 3 个钻孔,根据地层情况及甲方的要求,按照地质设计,均采用 Ø130 mm 硬质合金钻头开孔,待穿透第四系砂土、碎石层及钻进太古界强风化条带状混合岩地层至基岩后,下入 Ø127 mm 套管,在含水层部位使用花管。抽水试验后,换用 Ø110 mm 复合片钻头或金刚石钻头钻进,进入完整岩层后,下入 Ø108 mm 套管,套管底部 1.5~2.0 m 段缠上用机油浸泡过的麻絮辫或棉纱辫止水,然后用 Ø91 mm 钻具钻进 2~3 m,再用 Ø76 mm 金刚石双管钻具钻进至终孔,进行第二次抽水。

1.5 钻井液与护壁

由于该矿区第四系砂土、碎石层、太古界强风化条带状混合岩地层仅有 50 m 左右,以下为太古界中等风化条带状混合岩和太古界条带状混合岩夹斜长角闪片麻岩层,且钻进到约 50 m 后将下入套管抽水,所以使用钻井液时主要考虑其携带岩屑、冷却钻头的功能。鉴于这种情况,在钻进上部 50 m 左右时使用普通钻井液,即清水+优质膨润土+CMC+火碱。进入完整岩层后,用清水做钻井液,使用液动潜孔锤钻进。在钻孔下部遇见破碎带后,使用普通泥浆护壁。

1.6 钻孔测斜

本矿区所钻进的 3 个钻孔,均按每钻进 20~30 m 测量一次孔斜的要求进行测斜。钻探过程中根据设计要求采用了国产无线测量系统 CX-6d 测斜仪。

2 液动潜孔锤的应用

2.1 液动潜孔锤的类型及性能参数

在舞阳铁山矿区钻进中,我们使用的是 ZS-75 型液动潜孔锤。其主要参数为:外径 73 mm,总长 1270 mm,冲锤行程 11~12 mm,自由行程 2.5~3.5 mm,锤簧预压 3~5 mm,冲击频率 33~42 Hz,单次冲击功 10~18 J,工作泵量 50~80 L/min,工作泵压 2~3 MPa,适应孔径 75~91 mm,适应孔深 1000 m 以内,适应冲洗介质有清水、乳化液或泥浆。

2.2 钻进参数的选择

使用液动潜孔锤钻进时,转速一般在 600~1000 r/min 之间,遇花岗岩地段转速降低至 300~500 r/min,钻压选择在 70~100 kN,泵量为 80 L/min,泵压随孔深逐渐加深而递增,一般为 2.5~4.0 MPa。

3 液动潜孔锤钻进效果分析

在该勘察工程钻进中,3 个钻孔在前 65 m 均未使用潜孔锤,进入完整岩层后,由于东副井开孔的顶角比较大,使用液动潜孔锤后,顶角呈继续增大的趋势,因此主井、西副井在下部钻进中使用液动潜孔锤钻进,东副井在 115 m 后不再使用,而使用普通单动双管钻具钻进。

3.1 各钻孔实测顶角及偏斜率的比较与分析

各钻孔实测顶角及偏斜率如表 1 所示。

从表 1 中可以看出,使用液动潜孔锤的主井和西副井,终孔时(孔深分别为 621.10、536.32 m)钻孔的偏斜率均未达到 1.5%,分别为 1.39% 和 1.11%,满足施工设计要求;而未使用液动潜孔锤的东副井,施工到 160 m 处,钻孔的偏斜率已经超过了 1.5%,后来虽经采取其它防斜措施,终孔时(孔深 474 m)的偏斜率仍然达到 3.06%。由于东副井的顶角远远未达到《岩心钻探规程》中规定的 2°/100 m 允许偏差,经甲方最后验收,东副井为合格孔,主井和西副井为甲级孔。

3.2 钻进效率的比较与分析

各钻孔钻进效率如表 2 所示。

从表 2 看出,终孔孔深最浅的东副井台月时间为 1.55 个台月,台月效率仅为 306.84 m,而主井和西副井,由于使用了液动潜孔锤钻进工艺,台月效率均达到 410 m 以上,有效地提高了钻进效率。

3.3 岩心采取率的比较与分析

各钻孔岩心采取率如表 3 所示。

在表 3 中,“合格回次”及“回次合格率”是按照“在冲积层与岩层中岩心采取率 $\geq 80\%$;在破碎带及软弱夹层中连续 3 个回次的岩心采取率 $\leq 65\%$ ”的要求来衡量的。3 个钻孔采取率低的地段均属于第四系砂卵石层及强风化岩体地段。

从表 3 中可以看出,虽然 3 个钻孔的回次合格率都很高,但主井和西副井回次总数相对较少,每个回次的进尺相对较多,这主要是液动潜孔锤钻进解决了下部破碎地层的堵心问题,提高了岩心采取率,从而提高了施工效率。

表 1 钻孔顶角及偏斜率的实测情况

钻孔名称	测量孔深	实测顶角	钻孔偏斜率	测量孔深	实测顶角	钻孔偏斜率	测量孔深	实测顶角	钻孔偏斜率
	/m	/(°)	/%		/m	/(°)		/%	/m
主井	25	0.3	0.26	225	0.6	0.80	430	1.0	1.17
	54	0.3	0.40	255	0.7	0.84	460	1.0	1.20
	80	0.4	0.47	284	0.8	0.88	490	1.0	1.24
	108	0.5	0.55	312	1.0	0.95	520	1.1	1.27
	138	0.6	0.64	342	1.0	1.02	550	1.1	1.30
	167	0.6	0.71	371	1.0	1.07	580	1.2	1.34
	197	0.6	0.76	400	1.0	1.12	620	1.3	1.39
东副井	30	0.3	0.26	185	1.8	1.72	360	2.3	2.60
	60	0.5	0.46	215	1.8	1.91	385	2.5	2.70
	85	1.0	0.71	245	2.0	2.08	413	2.6	2.82
	110	1.3	1.00	275	2.0	2.23	443	2.6	2.94
	135	1.5	1.27	305	2.0	2.36	474	3.0	3.06
	160	1.7	1.50	330	2.3	2.47			
西副井	29	0	0	230	0.6	0.51	433	1.0	0.89
	58	0.3	0.26	260	0.6	0.57	460	1.0	0.94
	88	0.3	0.25	289	0.6	0.62	490	1.2	1.00
	118	0.3	0.32	316	0.6	0.66	518	1.3	1.07
	145	0.4	0.38	345	0.7	0.70	536	1.3	1.11
	175	0.4	0.43	375	1.0	0.76			
	203	0.4	0.47	404	1.0	0.83			

表 2 各钻孔的钻进效率分析

钻孔名称	开工时间	终孔时间	施工天数/d	终孔孔深/m	台月效率/m	台月数/个
主井	2006.8.14	2006.10.10	58	621.10	411.32	1.51
东副井	2006.8.16	2006.10.11	57	475.60	306.84	1.55
西副井	2006.8.28	2006.10.09	43	536.32	412.54	1.3

3.4 钻探成本的比较

由于东副井不能使用液动潜孔锤钻进工艺,而本矿区的钻孔垂直度又要求很高,为了满足设计要求,在该钻孔施工到 115 m 后,重新制定了防斜措施:(1)经常检查钻机的水平情况,经常校直钻具;

表 3 各钻孔的岩心采取率分析

钻孔名称	总进尺/m	采取岩心总长/m	全孔平均采取率/%	回次总数/个	合格回次/个	合格回次率/%	最高岩心采取率/%	最低岩心采取率/%	平均长度/m
主井	621.10	552.78	89.0	258	254	98.4	100	60.3	2.41
东副井	475.60	372.39	78.3	228	216	94.74	99.8	58.92	2.09
西副井	536.32	459.10	85.6	201	201	100	100	65.5	2.67

(2)使用加长岩心管;(3)在钻具上部的钻杆上分段加扶正器,每隔 3~4 m 加一组 0.5 m × Ø75 mm 扶正器,共 10 组,以达到刚性满眼钻具的效果;(4)换径、扩孔、钻至软硬地层或容易使钻孔歪斜的地层,适当降低压力和转速;(5)在 Ø75 mm 口径的钻孔内施工时,使用 Ø60 mm 钻杆;(6)回水引出钻场,不准

随地漫流,以免引起地层沉陷。采取上述措施后,达到了一定的防斜效果。但是东副井的直接钻探成本也有所增加。

3 个钻孔使用的钻具、钻头等形成的直接成本见表 4。

表 4 各钻孔部分直接钻探成本比较

钻孔名称	总进尺/m	液动潜孔锤		扶正器		双管钻具		Ø75 mm 钻头		加工费用/元	合计/元
		数量/套	按 30% 计算成本价/元	数量/组	成本价/元	数量/套	成本价/元	数量/个	成本价/元		
主井	621.10	2	2450	-	-	3	8400	10	4500	3600	18950
东副井	475.60	-	-	10	2000	4	11200	11	4950	3200	21350
西副井	536.32	2	2450	-	-	3	8400	7	3150	2600	16600

表 4 中所列的仅为钻头、钻具、潜孔锤、扶正器、钻杆、钻具加工费等的直接成本,因施工效率低而形成的其它间接成本并未包含在此表中。由此可以看

出,使用液动潜孔锤后,钻探成本大大降低。

(下转第 13 页)

要要点是:

(1) 遇严重坍、漏地层,宜钻一段、护堵一段,不要盲目追求进尺,以防坍、垮造成井内事故;

(2) 每通过一坍、漏孔段,起钻后(最好是白班下班前)迅速将事先准备、搓好的快干水泥球投入孔内,然后将底部连接有小一径倒锥形岩心管接头的钻具下入孔内来回踱捣,以促使较干的快干水泥强行而密实地挤入孔壁裂缝和空穴中,最后再用与上述结构相同的同径钻具下去捣挤至孔底即可;

(3) 使用时,注意用硬木塞将下入孔内踱捣的钻具底部塞死,勿让水泥进入钻具内,以免影响踱、挤效果和堵塞钻具;

(4) 水泥最好使用42.5普通硅酸盐水泥,快干剂通常采用三乙醇胺和食盐,其加量分别为水泥质量的0.5‰和5‰,亦可加入2%的CaCl₂作快干剂。实践表明,采用上述技术措施,一般只需待停4~6h便可开始扫孔,恢复正常钻进,既赢得了时间,护壁、堵漏效果又好。

4 结论与建议

(1) 钻进坚硬致密的崩塌或人工堆积碎(块)石层,要同时兼顾复杂地层的护壁、堵漏和致密坚硬岩石难钻两大难题。必须因地制宜地采取相应可靠的综合性技术措施方能奏效,否则会前功尽弃,造成反复扫孔、重复进尺甚至全孔报废,延误施工工期和钻探成本剧增。

(2) 欲顺利通过复杂难钻地层,除须采取行之

有效的护壁堵漏措施、合理选择适合该地层钻进的金刚石钻头及其辅助磨(溶)蚀金钢石胎体,以促使金钢石出刃,提高钻进效率外,在施工前和施工过程中,正确设计孔身结构,合理掌握钻进规程,提高施工人员的操作技术水平和对孔内情况的分析、判断以及应变能力显得至关重要。

(3) 可根据施工场地地层坚硬、致密、研磨性及坍、掉、漏程度设计各种适合该类地层的特制高强齿矢形或复合式金钢石钻头;推广应用新技术、新工艺,如潜孔锤偏心跟管钻进,冲击回转钻进,高性能超硬材料,新型护壁防坍减阻冲洗液和空气泡沫钻进液等;研究和开发应用新的岩石破碎方法,如爆炸钻进法,热力破碎岩石法(如火焰喷射器、氧气枪、电弧、等离子区射流、铝热剂等),电物理破碎岩石法等。

(4) 建议根据各部(委)、省(直辖市、自治区)具体情况,尽量将原来已关、停的部分地质中专和技校恢复招生,有计划地培养一代代能直接服务基层、懂技术的熟练技工,以适应日益发展的地质勘探和岩土工程施工需求。面对当前施工技术现状,各地勘单位宜尽量相对地固定一批临时合同工,除在生活上善待他们,使其安心工作、能较长期地密切合作外,还可利用工闲期间对他们有针对性地进行技术培训和职业教育,提高他们的操作技术水平及遇各种复杂技术问题的应变能力。这样,无论是对打造企业的品牌还是提升企业的竞争能力和经济效益都将取得事半功倍之效。

(上接第7页)

4 结论

(1) 该工程由于是矿区竖井地质勘察,钻孔垂直度要求极高,偏斜率要求控制在1.5%以内。使用液动潜孔锤后,有效地预防了钻孔的偏斜,达到了设计要求。

(2) 舞阳铁山矿区地层以条带状混合花岗岩为主,夹斜长角闪片麻岩及闪长岩,岩层顶角较大,软硬不均,互层频繁。通过使用液动潜孔锤钻进,有效地提高了钻进效率。

(3) 液动潜孔锤适用于钻进软硬互层、“打滑”

地层、破碎地层,可解决钻进过程中的堵心问题,提高岩心采取率,降低钻探成本。

(4) 河南省舞阳铁山矿区东副井的钻探实践证明,液动潜孔锤只能在开孔顶角比较小的钻孔中使用,如果顶角已经较大,使用液动潜孔锤只能使顶角继续增加,起不到防止孔斜的作用。

参考文献:

- [1] 吴璋,周新莉.螺旋冲击回转钻进技术及其在边坡治理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(3).
- [2] 王人杰,苏长寿.我国液动冲击回转钻探的回顾与展望[J].探矿工程,1999,(增刊).