

中放废液处置场强自然造斜地层钻进的防斜纠斜

罗治奇

(核工业天津工程勘察院,天津 301800)

摘要:核废液的永久性处置是一个世界性难题,其技术和安全可靠性要求极高,因此,对处置场的勘察和钻探技术质量要求极严。我国某压裂场是强自然造斜地层,其场地勘察和监测井的钻探施工孔斜是关键难题。在处置场的勘察和 γ 监测井的钻探施工中,通过采取相应的防斜纠斜工艺和技术方法,取得了良好的防斜纠斜措施,达到了勘察和监测井设计要求的各项质量指标,保证了勘察和钻探施工质量。

关键词:核废液处置场;造斜地层;防斜;纠斜;螺杆钻

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)12-0009-04

Deviation Prevention and Correction for Intermediate Level Waste Liquid Disposal Field in Strong Natural Whipstocking Stratum Drilling/LUO Zhi-qi (Tianjin Engineering Surveying Institute of Nuclear Industry, Tianjin 301800, China)

Abstract: Because of very high requirements on the technique and safety, the permanent disposal of nuclear waste liquid is a worldwide difficulty, and investigation on disposal field and drilling technology is strictly demanded. The paper introduced a fracturing field in China, which is in strong natural whipstocking stratum; the field investigation and hole deviation in monitoring well drilling are important difficulties. Relative technologies of deviation prevention and correction were adopted for drilling construction in investigation of 2 disposal fields and γ monitoring well with good effect.

Key words: nuclear waste liquid proposal field; whipstocking stratum; deviation prevention; deviation correction; screw drill

0 前言

放射性废液的永久性处置对环境和安全要求极高,否则将对生态环境产生严重影响。我国某中放废液处置场采用水力压裂水泥固化法处置中放废液,即将中放废液压入一个稳定的、与周围水力隔绝的地质体中永久存放,使之与生物圈隔绝。因此,对处置场的选址要求极高,对勘察和钻探施工的技术、质量也要求极严。

1 场地勘察和监测井钻井对孔斜的要求

在处置场老井场地和新井场地 2 个压裂场地的水文地质勘察和 γ 监测井的钻探施工和水文地质实验、物探测井中,除要求查明场地的地质状况和水文地质条件外,对其它各项质量指标要求极高极严。在此强自然造斜地层中要求孔斜 $<1^\circ/100\text{ m}$,以使各勘察井和 γ 监测井所处的空间位置离注射井相对准确,能准确测定圈出浆液注射后中放废液浆片的分布范围和深度,起到准确的监测作用,从而保证压裂处置废液的安全。

2 场区地层与自然造斜情况

处置场场地地层主要为志留系马溪统(S_1)、泥盆中统(D_2)及第四系(Q)地层,岩层主要为泥质页岩、砂质页岩、粉沙质泥岩;场区地层走向为北东—南西向,岩层倾角 $40^\circ \sim 60^\circ$ 。

由于页岩和泥岩的各向异性差异极大,加之地层产状较陡,使得场地地层自然造斜十分严重,地层的走向、倾角直接影响钻孔的顶角和方位的变化,尤其以岩层倾角在 $40^\circ \sim 60^\circ$ 造斜最为严重,是勘察和钻探施工对质量指标影响最突出的技术难题。原在该老场区勘察施工的单位,施工钻孔的平均孔斜 $15.98\text{ m}/100\text{ m}$,最大孔斜达 $28.5\text{ m}/100\text{ m}$,孔斜严重程度由此可见一斑。因此,在该场地的勘察和钻探施工中,要突出解决的是孔斜问题。

3 预防孔斜的工艺技术措施

根据对前人在该场地初期钻探施工资料的分析,我们的初步钻探施工进行分析研究,发现场区钻孔均朝 $120^\circ \sim 150^\circ$ 方位偏斜,其偏斜方位有规律可寻。根据场地地层的自然造斜规律,采用相应的工

收稿日期:2010-06-07;修回日期:2010-10-13

作者简介:罗治奇(1951-),男(汉族),湖南人,核工业天津工程勘察院高级工程师,探矿工程专业,从事地质勘察与岩土钻掘工作,天津市宝坻区 36 号信箱,lzq1953@126.com。

艺技术方法预防,收到了较好的防斜效果。

3.1 根据地层造斜规律,反方位安装钻机,预留提前量

根据场地钻孔均朝向 $120^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 方位跑斜的规律,在修建机场和安装钻机时尽可能将机场和钻机走向方位调到 $(120^{\circ} \sim 150^{\circ}) \pm 90^{\circ}$,钻机立轴朝向 $310^{\circ} \sim 330^{\circ}$ 之间,将钻机立轴钻杆顶角调到 $50' \sim 1^{\circ}$,使钻孔开孔向地层自然造斜反方位钻进,辅之以合理的钻进规程参数,使钻孔在一定深度内难以回到垂直和转向自然造斜方位跑斜,确保开孔阶段朝反向钻进。

3.2 把好开孔、换径关

开孔时采用轻压慢转,钻进5 m后测斜,保证顶角在 $50' \sim 1^{\circ}$ 、方位角在 $310^{\circ} \sim 330^{\circ}$ 之间,否则要修正钻孔。钻进孔深到2 m后换用较长粗径钻具,保证其较好的导向性。见完整基岩下好套管后,换径时带导正器,采用高转速、小钻压钻进,防止粗径孔段孔壁间隙大、钻杆弯曲而导致孔斜。小径基孔钻进10 m后方可取掉导正器,进行正常钻进。基孔钻至设计孔深后扩孔至设计孔径。

3.3 合理选用钻具和钻进方法

选用 $\varnothing 75$ mm小口径金刚石绳索取心钻具进行小径基孔钻进。因为 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻具刚性好,钻杆不易弯曲,钻杆与孔壁的环状间隙小,可减小钻孔孔斜。此外,使用绳索取心钻具还可提高钻进效率和岩心采取率,岩心的质量好,能准确反映出地层的真实情况。

3.4 选用适宜的钻进参数,控制钻进效率

观察发现,在此场地钻进时,只要钻进压力较大,进尺速度过快,其孔斜就明显增大很快,甚至难以控制孔斜。如ZK10-11孔40~90 m孔段,孔深40 m时顶角 $45'$,方位角 85° ,当时机台未控制钻压和进尺速度,每台班钻进8~10 m,到孔深95 m时,顶角增至 2.2° ,方位角转到 135° ,只好进行纠斜。因此,在小径基孔钻进中合理选用钻进规程参数,适当控制进尺速度十分重要。正常情况下应采用高转速、小钻压钻进,钻进参数为:转速 $600 \sim 1000$ r/min,钻压8~10 kN,水量 $60 \sim 70$ L/min,进尺速度控制在不超过1 m/h,当钻孔弯曲有明显增加趋势时,减小钻压并控制进尺时效在0.8 m以内,使孔斜逐渐减小直到符合要求,方可恢复正常参数钻进。

通过采用适宜的钻进工艺,收到了较好的防斜效果。

在老井场地ZK6-2孔,孔深260 m时,钻孔顶

角 0.9° ,280 m时顶角 1.2° ,当时未控制钻压和进尺速度,钻至孔深300 m时顶角增至 1.7° 、方位角 135° ,孔斜已超出设计要求。因280~300 m孔段孔斜增加趋势明显增大,方位角也转到 135° 自然造斜最强方位,开始采用控制钻压和进尺速度的技术措施,采用减压钻进,控制小时进尺速度在 $0.5 \sim 0.6$ m,转速 765 r/min,钻压5~6 kN,钻至孔深320 m,顶角减小到 1.4° ,用此钻进参数继续钻进到孔深340 m,顶角减小到 1.1° ,方位角未变,然后恢复用正常参数钻进,顺利钻到502.63 m设计孔深终孔,达到设计要求。ZK6-6孔亦通过采用此方法把孔斜控制在设计要求范围内。

在新井场地ZK10-5孔,钻机安装方位为 30° (因机场受地形条件限制,钻塔底座已不能再调整方位了),立轴方位朝向 300° ,顶角提前量调到 1° 开孔,由于钻进参数合理,每小时进尺控制在0.8 m内,钻到孔深160 m时顶角仍为 1° ,方位角 298° ,孔深197 m时,顶角仍保持 1° ,方位角 280° ,230 m时顶角 0.8° ,方位角 280° ,直到孔深300 m时,顶角才回到 0.2° ,孔深338 m时,方位角已转到 110° ,顶角 0.5° ,此时采用进一步减小钻压和减慢进尺速度,到380 m孔深,顶角 0.7° ,方位角 135° ,到500 m孔深,顶角 1.8° ,方位角 137° ,控制进尺速度直到550 m孔深后,其孔斜已完全有把握不超过 $1^{\circ}/100$ m的设计要求,方适当增大钻压,提高进尺效率,钻到设计孔深600 m时,顶角 4.5° 。

上述几孔通过采用工艺和技术措施防斜,完全达到设计要求。

3.5 加强测斜工作,指导钻探施工

钻进过程中要加强指导性测斜工作,随时监测钻孔轨迹的变化,正常情况下每25 m测斜一次,当孔斜变化增大时,每10 m测斜一次,为指导钻进参数的选用提供依据,指导钻探施工。

通过采用适宜的工艺技术,选用适宜的钻进参数,使防斜取得了好的效果,使在此两场地施工的70%以上的钻孔孔斜均得到了有效控制,达到了设计要求,其孔斜情况见表1。

4 纠斜器具和工艺技术方法

当采用预防工艺技术措施未能控制钻孔的弯曲度,发生孔斜超过设计要求时,采用纠斜方法来保证钻孔孔斜达到设计要求。

4.1 水泵和纠斜器具的选用

纠斜选用LG75型螺杆钻纠斜器具,HSZ-54

表 1 孔斜控制情况

孔号	孔深 /m	孔底偏斜距离 /m	平均偏斜率 /‰	终孔直径 /mm
ZK6-1	482.84	13.91	2.88	110
ZK6-2	502.63	10.91	2.17	110
ZK6-3	458.15	13.66	2.99	110
ZK6-5	487.02	8.04	1.65	110
ZK6-6	532.85	19.28	3.62	110
ZK6-7	497.17	20.53	4.12	110
ZK5-2	230.65	1.3	0.62	110
ZK5-3	240.09	1.88	0.78	110
ZK7-1	115.12	2.03	1.76	219
ZK11-5	601.13	5.05	0.08	110
平均	414.77		2.33	

型孔内定向仪。水泵的选用既要满足正常钻进的需要,又能满足螺杆钻纠斜对其水量和压力的要求,以免机台多配用水泵,一般在 500 m 以内孔深段纠斜选用 BW250/50、BW200/80 型水泵可满足要求。

4.2 螺杆钻工作原理

用水泵提供高压水做动力,通过钻杆和弯外管接头(接头管内含定向装置),将高压水送至钻头上部的螺杆钻泵体内,高压水能驱动螺杆钻泵体内转子回转将高压水能转换成机械能带动螺杆钻转子转动,通过变径接头与钻头连接并回转,使钻头定向破碎和克取岩石,使钻孔朝预定方位弯曲钻进,从而达到纠斜(参见图 1)。

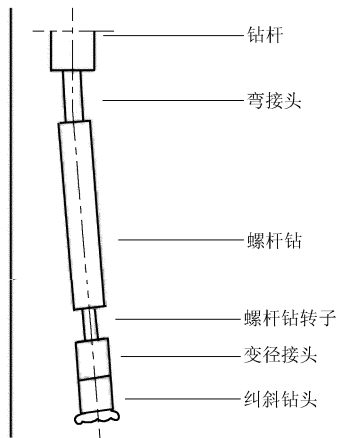


图 1 钻具纠斜工作示意图

4.3 纠斜步骤

纠斜时,在地表先实验好螺杆钻运转是否正常,定向仪是否准确,然后将螺杆钻与钻杆连接好(各丝扣部位要密封好)下到离孔底 10 cm 处,再把定向仪接头通过钻杆内下放到螺杆钻上部的定向接头管内进行定向,定好后将孔内钻杆与立轴钻杆连接好,连接时注意孔内钻杆不能转动,把立轴由导管专用卡夹固定,保证钻具在纠斜钻进过程中因螺杆钻

的反扭矩力作用不能转动而只能上下移动,使之不偏离定好的纠斜方位。

4.4 纠斜工艺技术

纠斜定位时,将纠斜方位定在钻孔偏斜的反方位上,如钻孔偏斜方位 135° ,纠斜则定位为 $135^\circ + 180^\circ = 315^\circ$ 。

为避免纠斜弯曲过大过急,形成“狗腿”,造成以后钻进该处断钻杆,一般选用 $2^\circ \sim 2.5^\circ$ 的弯接头,控制其造斜强度在 $0.35^\circ/\text{m}$ 以内。

各项准备工作做好后,即可进行纠斜钻进,开泵送水待螺杆钻运转正常后,将钻具缓慢落到孔底,进行纠斜钻进。纠斜钻进参数一般选用:钻压 $8 \sim 10$ kN,泵量 $180 \sim 220$ L/min,泵压 $4 \sim 5$ MPa。

一个纠斜段的纠斜工作完成后,采用低转速、小钻压钻进 $1 \sim 2$ 个台班,使纠斜段、尤其是拐点磨得平滑一些,并使钻孔朝纠斜后的方位延伸一段距离,然后恢复正常钻进。

ZK10-11 孔因机场受地形条件限制,钻机安装方位角 75° ,顶角 1° ,钻进到孔深 110 m 时,方位角已转到 150° ,顶角 2.4° ,开始进行纠斜,使钻孔顶角回落变小,该孔共进行了 6 段次纠斜,终孔 600 m 处顶角 4.4° ,使孔斜达到设计要求,保证了钻孔质量。两场地钻孔纠斜效果见表 2。

5 孔斜质量效果

通过采取上述防斜、纠斜工艺技术方法,在老、新压裂场地强自然造斜地层的勘察和 γ 监测井的钻探施工中,取得了良好的防斜纠斜效果,全部钻孔孔斜均达到和小于设计要求,远小于其它单位在此场地施工的孔斜,也远小于美国同类地层处置场的钻探孔斜率(见表 3),保证了钻孔空间位置的精度和对浆片分布区间测定的需要,满足了设计要求,达到国际先进水平。

6 结语

在强自然造斜地层钻进,采用适宜的钻探工艺和防斜、纠斜技术方法,可减小和防止钻孔发生较大偏斜,使孔斜达到设计要求,保证钻探质量,特别是通过采取预防措施,防止孔斜超差,减少了纠斜时间,提高了施工效率,也降低了施工费用,提高了经济效益。但不同地区地层产状、岩性不同,其孔斜规律也不一样,应根据不同地层条件和偏斜规律,采用相适宜的预防措施和工艺技术方法,才能取得好的效果。

表2 纠斜成果表

孔号	起始纠斜点			终止纠斜点			纠斜段长度 /m	纠斜时间 /(h: min)	造斜强度 /[(°)·m ⁻¹]
	孔深/m	方位/(°)	顶角/(°)	孔深/m	方位/(°)	顶角/(°)			
ZK10-11	111.89	150	2.4	136.51	150	0.5	24.62	35: 00	0.054
	190.31	160	2.0	200.88	160	0.4	10.57	28: 50	0.151
	297.20	144	2.6	309.07	160	1.5	11.87	18: 00	0.093
	317.18	140	2.1	327.37	150	0.5	9.59	18: 00	0.167
	391.44	160	3.2	404.65	160	1.5	13.21	38: 00	0.129
	457.18	160	3.3	469.70	170	1.7	12.52	45: 25	0.128
ZK6-1	73.40	98	2.85	78.32	92	0.9	4.92	8: 50	0.396
	263.67	145	3.0	269.02	132	1.0	5.35	11: 25	0.374
	315.36	126	3.1	320.55	130	1.5	5.19	8: 40	0.327
ZK6-5	398.72	140	3.5	402.75	182	2.5	4.03	6: 30	0.25
ZK6-3	123.77	145	1.7	129.29	150	0.3	5.52	9: 20	0.254
	140.91	185	0.8	144.84	290	0.5	3.93	4: 00	纠方位
	290.60	162	4.0	296.07	160	3.2	6.07	12: 10	0.126
	298.94	160	3.3	304.58	172	2.1	5.64	5: 20	0.213
	332.25	180	3.5	338.23	180	2.7	5.98	10: 10	0.134

表3 防斜纠斜成果

施工单位	平均孔深/m	平均偏斜率/%	备注
我单位	468.75	2.46	
国内其他单位	471.86	15.29	与我单位同一场地
美国	350.16	19.05	与我国同类地层场地

参考文献:

[1] 王扶志,张志强,宋小军.地质工程钻探工艺与技术[M].湖南

长沙:中南大学出版社,2008.

- [2] 高德利.易斜地层防斜打快钻井理论[J].石油钻探技术,2005,(5).
- [3] 李锁成,谷玉堂,奚广春,等.新120-侧平80井侧钻钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2).
- [4] 胡茂中,鄢泰宁.FN-1井复杂条件下深井侧钻技术分析[J].探矿工程,2002,(1).
- [5] 韩来聚,孙路新.大倾角地层防斜打直技术[J].石油钻探技术,2001,(4).

我国万米超深钻探装备第一代样机将在吉林大学问世

——深部大陆科学钻探装备研制课题设计书在京通过审查

本刊讯 2010年11月8~9日,由国土资源部国际合作与科技司主持、国家深部探测技术与实验研究专项办公室组织的“深部探测关键仪器装备研制与实验”课题设计审查会在北京召开,会议对吉林大学承担的“深部大陆科学钻探装备研制”课题设计书进行了审查,吉林大学建设工程学院院长孙友宏教授代表“深部大陆科学钻探装备研制”课题组向与会的院士、专家、评委们详细地汇报了关于该课题的设计方案和思路。创新的方法、科学的依据、翔实的叙述,充分得到了评委们的肯定,并一致通过该设计审查。

科学钻探是获取地球深部物质,了解地球内部信息最直接、最有效和最可靠的方法,是地球科学发展不可缺少的重要支撑,也是解决人类社会面临资源、能源、环境等重大问题不可缺少的重要技术手段,被誉为人类的“入地望远镜”。至今,世界上科学钻探超过8000m的超深孔科学钻探只有前苏联的科拉超深孔和德国的KTB孔,我国的最深科学钻探孔为CCSD-1孔,深度仅为5100多米。

目前,国内深部石油钻机由于其转速低,钻进工艺简单,取心钻探效率低,钻探成本高,不适合深部大陆科学钻探复杂地层的多工艺钻进方法。而液压顶驱钻机由于钻深能力

小又不能满足深部大陆科学钻探的需要。因此,急需研制适合我国万米超深孔取心钻探的专用钻机。该课题组主要对于深部大陆科学钻探装备的专用装置、专用钻具和特殊材料进行攻关研究。包括钻机液压桅杆、液压泵站、液压顶驱回转机构、液压升降机构、液压拧卸机构、监控仪表和随钻测量仪表等装置,硬岩仿生金刚石钻头、复合钻具和铝合金钻杆等工具以及耐高温的泥浆材料和固井材料等。本项目的关键技术主要包括:高转速液压顶驱装置,高精度自动送钻装置,机械化自动化拧、摆管装置,高温泥浆体系和铝合金钻杆材料等,以达到万米超深井科学钻探需求,全面提升我国深部钻探技术水平。

“深部大陆科学钻探装备研制”课题设计通过审查,标志着我国深部科学钻探装备研制进入一个以高新技术为引领的新的可持续发展阶段,不但为我国将要开展的超万米大陆科学钻探工程提供了重大科研装备和技术支撑,也为人类探求地球深部奥秘提供了高科技技术手段,还将推动我国深部油气资源和地热资源的开发利用以及CO₂地下储存技术的快速发展。

(吉林大学建设工程学院 王秀茹 供稿)