

勘探技术

一九七八年 第三辑

勘探技术研究所主编

地质出版社

勘 探 技 术

一九七八年 第三辑

勘探技术研究所主编

地 质 出 版 社

勘探技术

第三辑

勘探技术研究所主编

(限国内发行)

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1978年6月北京第一版·1978年6月北京第一次印刷

统一书号：15038·新307·定价0.35元

目 录

专题研究

- 165 孔底电钻研制概况 勘探技术研究所 (1)
磁性矿区测斜仪器的现状和展望 左汝强 (10)

小口径金刚石钻进

- 小口径金刚石钻探在复杂地层中的应用 青海省地质局第十地质队探矿科 (22)
使用好单盘压力轴承单管的体会 浙江省地质局第三地质队 甄殿华 (24)

※ ※ ※ ※

- 母锥碳氮硼气体三元共渗试验 西安交通大学金相教研室 二一〇厂热处理组 (26)

冲洗液与护孔堵漏

- 水泥护壁堵漏中的几个问题 中南矿冶学院地质系探工教研室 (33)
栲胶褐煤碱液(NaKC)泥浆试用情况 云南省地质局第六地质队 (40)

小改小革

- 玻璃钢泥浆循环槽、沉淀箱和水管 青海省地质科学研究所第四研究室 (44)
自制12.5米轻便钻塔试用情况 四川省地质局二〇二地质队 郑志专 (46)
X4105柴油机不充电故障的判断 华道生 (50)
X105 系列柴油机节约机油点滴经验 云南省地质局第十一地质队 彭福广 龚大明 (51)
复滑车打吊锤 甘肃省地质局第四地质队 吴文波 (52)

讲座与问答

液压技术基础知识讲座

- 第三讲 液压油的性质和正确选用 廖谟圣 (54)
小口径金刚石钻进问答(续二) 贾继炽 (61)

国外资料

- 孕镶金刚石钻头钻进时的岩石可钻性研究 耿瑞伦译 (75)
水底钻探设备 浩明译 (83)

•

5. 用在海上钻井, 对船的定位要求可以降低。在陆地钻深井时, 柔杆有大的长度, 因而笨重, 运输困难, 装在船上就不成问题, 因此特别适合海上钻井。

165孔底电钻是我们电钻研究中的一种规格, 首先准备在煤矿冻结孔钻井中应用。

165孔底电钻最初是为2000米石油深井设计的，后来任务又有变化，主要作为研究电钻关键技术攻关的样机。其主要性能参数如下：

I

频率	50赫芝
额定转矩	77公斤-米
起动转矩	1.5倍
最大转矩	1.66倍
钻头转速	200转/分
总长度	9170毫米
重量	1200公斤

为了加快研制速度，减少加工量，决定将1962年研制的外径165毫米，功率50千瓦的电钻进行改制，只保留了原电钻的定子外壳，定子铁芯，转子鼠笼，其余部分全部改变。

因此在参数的选择方面受到限制。如因受转子尺寸限制，引流管内径尺寸（28毫米）偏小。尽管这些参数有不合理的成分，在钻冻结孔，水文地质孔以及在工程钻、海洋勘探等方面还是可用的。

二、电钻结构设计方案

对总体结构的设计方案，我们分析比较了国内外各种结构的优缺点，设计了一种具有我们自己特点的结构型式，在各部分又吸收了国外某些结构的优点，特别是吸收了法国内引流管的经验，这种型式既有不增大外径尺寸的优点，又有较高的比功率，比较矩值，还能简化结构，减少密封环节，维修、拆装方便。油补偿器采用弹簧活塞方式简单可靠。电钻上部接头和减震器具有过渡性质，随应用条件的变化而改变。例如柔杆或钢杆、钻杆尺寸大小，都需要改变电钻上部接头，使其相互适应，减震器需要根据负载的范围来改变减震元件的参数、结构型式和材质，使之相互适应把减震器作为一个独立的部件，放在电站的下部，这是我们结构设计的一个特点，这样可以增加电钻可拆性，相对缩短了电钻的总长度，使密封工作条件有所改善，总长度9170毫米，比前次设计约短了两米，全部结构大大简化（详见附图）。

三、几项关键技术的设计方案

（一）绝缘结构及工艺方案

过去多次试验都暴露了电钻绝缘的弱点，电机容易击穿，以致试验工作难以继续进行。根据电钻的工作条件，我们拟定了绝缘性能要求达到的几项指标：（1）要有良好的防水性，能在250公斤/厘米²的水压下绝缘，有足够的密封性；（2）要有足够的防震性能，在电钻工作震动条件下不致破坏；（3）具有F级以上的耐温能力；（4）其它要求要符合电机设计规范。绝缘结构和工艺必须满足上述要求。电磁线选用FH薄膜绕包的铜扁线，可以提高槽满率，性能全部满足上述要求，每槽导体的外部用644玻璃丝带绕包、模压、烘干，作槽绝缘和机械保护，等于对电磁线进行了第二次封闭处理。后穿入定子槽内进行端部焊接，再用聚酰亚胺薄膜和644带作成特制套子，套在端部，用高温环氧树脂粘封，使与绕组棒的其它部分具有同等的绝缘性能。然后定子绕组真空浸漆，端部环氧浇注，这是第三次封闭处理。使电机的绝缘性能全面有所提高。原拟在最后的工艺中作两个

方案的试验,一是真空浇注,一是真空浸漆,真空浇注作过小样试验,基本成功,只是端部塞子尺寸稍大,安装时未能与内套封牢,环氧渗入内套,使电机端部浇注不够饱满,稍加改变,即可克服。

(二) 密封器方案

密封器是保证电钻正常工作的关键部件,密封原理采用油补偿器与机械密封相结合,在电钻腔内建立预加油压、在油的泄漏量未达到一定数量时,电钻腔内油压始终高于冲洗液的压力,从而达到密封,这和国外的方式基本一致。但在具体结构上我们有自己的特点,即采用双端面、双油道,两级防护方式对主轴外密封再加机械保护,以提高可靠性。将全部零件组装在密封盒内,成一体小部件,便于拆卸、安装和维修。端面付选用硬质合金,以提高寿命。在油补偿器内装有微型开关,当油量泄漏到一定数值时,开关闭合,控制台上信号灯亮、报警,这时就应当提钻加油,避免密封付在缺油的条件下工作,造成提早磨损或烧坏。

(三) 减速器方案

电钻电动机受外径限制直接作成低速电机有困难,目前大多数的钻井工作条件下,钻头的材质和结构不适应高速钻进,电调速方法还存在不同程度的问题,因此电钻应配有机械减速器。因径向尺寸受到限制,设计这种减速器也是比较困难的。我们参考了苏联减速器结构方式,采用加均衡器的行星轮减速器。充分利用轴向尺寸,提高传输功率,把行星轮、太阳轮分为两段,采用均衡器使其平均分担负载、太阳轮长、壁薄、可以浮动,根据空间尺寸的可能性来分配零件尺寸和齿轮模数,验算它的机械强度,尽量采用优质钢材,用最大努力提高其承载能力。

四、电钻的制造工艺

电钻电动机长度大,直径小,无论从电机制造或机械加工的角度来看,都存在一些难题,一般有以下几个方面的问题:(1)定子内径加工;(2)转子轴孔及外径加工;(3)电机定子及绕组的制作工艺;(4)硬质合金加工;(5)减速器托架和齿轴加工;(6)油补偿器引出线孔的加工等。

电机定子内径149毫米,长5.5米,精度、光洁度要求相对地讲也是很高的,由于缺乏大型的钻镗床,用自制土设备办法完成了加工任务。

转子轴长约6米,内径40毫米,没有适合的管材,是以改装设备用深孔钻工艺钻成。定子矽钢片用复式冲模冲成,以专用夹具压装矽钢片,然后焊接、车、磨内外园,装入定子外壳,再穿线焊接,真空浸漆,端部浇铸环氧树脂。全部工艺,工序烦多,需要通盘考虑,上下衔接,保证质量。

硬质合金加工,要加工模具、烧结、磨内外园、磨平面、电火花加工,再研磨,全部工序也是相当困难的。

减速器齿轮托架轴孔精度高,是用座标镗床加工镗模再进行加工的。齿轮加工,工序多,行星轮尺寸薄,热处理不当容易碎裂。

油补偿器上引出线孔长度与孔径比值大,需要采取一些措施才能完成加工。

以上加工制造任务主要是在上海跃进电机厂的领导、工人和技术人员的共同努力下,

在兄弟单位的社会主义大协作下解决的。

五、电 钻 的 现 场 试 验

(一) 试验的目的要求,

这次电钻试验的主要目的,是考察电钻的工作能力,关键技术是否过关,结构是否能可靠的工作,易损件的寿命有多长等等,在钻第二个孔时,对试验的目的性有所扩大,要求考查电钻能否钻垂直度要求很高的孔,也就是能否满足煤矿建设中钻冻结孔的要求,偏斜度不大于3—5%。此外,根据现有功率还要试验能否钻500—600毫米直径的水井。

(二) 试验方法和钻井技术参数的确定:

由于柔杆和地面专用设备未能配套研究,考虑到承担试验单位的设备条件,决定选用B-3钻机的配套设备,17米钻塔,200/50型泥浆泵及相应的动力设备作为电钻试验配套设备。在B-3钻机迴转器上加套盘,用来克服反力矩。电缆用特制的卡子固定在钻杆上,并配制了一台电缆绞车,480米电缆,一台调压器和操作控制台。在钻第二个孔时又增添了640米电缆,600/30型泥浆泵一台。电缆绞车由手动改为电动操作。

第一钻孔,原确定钻孔深度为450米,实际钻深是427米(因孔内掉块严重和大锤掉入孔内,所以未钻到预定深度)。

钻孔结构:钻第四纪地层的孔径为240毫米,钻深193米;钻岩石层孔径为193毫米,钻到终孔427米。

第二钻孔,孔深定为600米,它是根据B-3钻机提升能力来定的,实际钻深602.45米,钻孔直径193毫米,一径到底。

表 1 165孔底电钻工作时间及零部件寿命

钻机号	电钻号	孔 深 (米)	电钻工作时间 (小时)	密封器工作时间(小时)		电机绝缘工作 时间(小时)	减速器工作 时间(小时)	备 注
				主轴密封	引流管密封			
1	1*	427	79	>60.10	>90.05	>79	>60.10	
				18.50				加油压力过大螺钉断,堵死油路,烧坏密封
	2*		32.19	>32.19	>21.14	>32.19	>32.19	
2	1*	602.45	122.51	>122.5	>122.51	>122.51	>122.51	
				148				弹簧卡圈坏,提前换下
	2*		80.15	>80.15	>80.15	>80.15	>80.15	
				57.46				减震器弹簧坏,一个摩擦环裂纹
总 工 作 时 间	1*	累计进尺 1029.45	201.51	>183.01	>212.56	>201.51	>183.01	
	2*		112.34	>80.15	>80.15	>112.34	>112.34	

钻杆：选用63.5毫米钻杆和68毫米的钻铤。

钻头：第四纪地层用四翼刮刀、三翼矛式、锥体元肋骨钻头；岩石层用7⁶/₈”三牙轮钻头。

地层情况：第四纪地层主要是粘土、砾石层，岩石层主要是安山质角砾岩、安山岩。

对大口径水井曾用400毫米钻头作过试验，基本上能够钻进，但因钻杆太细(φ63.5)而钻头阻力很大，钻进时幌动严重。

电钻钻井工艺：在没有正式技术配套情况下，加上地层复杂，如掉块卡钻等，在钻井过程中遇到了许多困难和问题，经过大屯煤矿地质队领导、工人和技术人员的共同努力，克服了重重困难，终于胜利终孔。

(三) 电钻试验结果和数据分析对比：

电钻试验工作是1977年在大屯煤矿进行的，钻第一个孔是3月10日至5月25日，历时两个半月，孔深427米，电钻总工作时间111.19小时。第二个孔是9月22日至11月18日共56天，电钻总工作时间203.06小时，孔深602.45米。有关电钻的试验情况及与国外电钻的对比数据见表1、2、3、4、5、6。

表 2 法 国 电 钻 寿 命 数 据

密 封 器 (小时)	绝 缘 (小时)	减 速 器 (小时)
>120	>500	>500

表 3 苏联有水保护系统的 ②240—8电钻工作情况 (1971年)

电 钻 号	钻井号	钻 程 数	总工作时间 (小时)	平均检修期 (小时)	泥 浆 浸 入 次 数					
					经 过 外 端 面 密 封 进 入 腔 内					
					电钻电动机上密封	主轴密封	电动机	经电钻上密封内部	主 轴	经主轴密封内部
096	75	6	235.35	39.2	—	2	1	—	1	—
097	59	3	167.75	35.9	—	1	2	—	2	—
090	55	5	195.00	39.0	1	3	—	—	—	—
100	51	2	126.90	63.4	—	—	—	—	—	—
3444	57	2	174.29	87.12	—	1	—	—	—	—
095	15	1	40.00	40.00	1	1	—	—	1	1
099	34	1	69.25	69.25	—	—	—	—	—	—
3439	19	2	51.25	25.65	—	—	—	—	—	—
126	33	4	142.35	35.6	—	2	—	—	1	1
129	63	3	200.35	66.9	1	3	—	—	—	—
3438	20	3	59.65	19.9	—	2	1	—	2	2
130	29	2	58.4	29.2	1	—	—	—	1	—
37	18	1	29.52	29.25	—	—	—	—	—	—
36	23	2	63.2	31.6	—	—	—	—	—	—
106	4	1	6.4	6.4	—	—	—	—	—	—
142	77	3	181.75	60.6	—	1	1	—	1	—
141	40	3	240.15	80.0	1	1	1	1	1	1
123	33	2	80.75	40.4	1	1	—	—	1	1

表 4 165孔底1号电钻工作情况

钻孔号	连续工作时间 (小时)		故 障	原 因	
1	1.15		O形圈漏油	起吊时保护套未上紧, O形圈受强压残留变形	
	19.39		引出线坏	安装时克坏	
	10.06		逆止阀松扣	位置设计不当	
	3.55		电线烧断	掉块卡伤	
2	44.21	60.01			
	15.40		外壳退扣	应改左扣	
	65.83		主轴密封漏油	减震弹簧断, 强烈震动, 弹簧卡圈断, 摩擦付中的一块裂纹。	
	39.39		电钻不能正转	轴承坏, 密封环, 泥浆进入	

表 5 苏联096号 240—8电钻工作情况

钻井号	钻井段 (米)	开钻数	连续工作时间 (小时)	送修原因	检 查 结 果
61	2378—2411	7	35.0	错误送出	泥浆没有浸入电钻 (在以前工作15小时未检查)
18	565—766	9	37.3	预防检查	泥浆只是浸入外端面密封
18	1532—1753	8	21.0	定子绕组绝缘电阻下降	泥浆没有浸入电钻
18	2310—2325	1	2.25	定子绕组绝缘电阻降低	泥浆经过主轴橡胶圈之间的密封浸入
65	1994—2225	16	49.75		
133	526—1364	24	73.8	主轴外密封漏油	泥浆经过主轴外端向密封部分浸入
18	2786—2790	1	2.75		
18	3237—3250	2	13.5	绝缘电阻等于零	泥浆浸入到电钻电动机腔, 定子绕组绝缘击穿, 原因是主轴和电机安装不正常。

表 6 苏联电钻检修期 (1973) 单位: 小时

全 刚 石 钻 头		牙 轮 钻 头	
平 均	个 别	平 均	个 别
100	250—300	35—45	90—100

列出取得数据与国外情况作对比是为了找出差距, 首先对可比性作一点分析: 我们的钻孔最深是602.45米, 苏联表上所列数据是在 565—3237 米井段取得。因此电钻的工作环境有两项条件是不同的。一是泥浆压力, 一是环境温度, 对比之下泥浆压力约高250公斤/平方厘米, 温度在泥浆循环情况下约高30℃。泥浆压力与密封器有密切关系, 根据电钻密封器原理, 电钻内外介质是压差关系, 泥浆压力通过活塞相互平衡, 剩下的只是弹簧产生

的压力，这个数字变化范围很小。环境温度对绝缘影响大，因我们选用的绝缘材料耐温等级高，电机额定负载条件下的温升和环境温度加在一起还没有达到它的额定温度。

因此我们可以得出结论，我们和苏联电钻取得的数据，是有一定程度的可比性的。

通过对比密封寿命似乎比苏联高，苏联电机绝缘在进泥浆后有击穿现象，我们不能就此得出结论在密封和绝缘方面我们已达到和超过了苏联的结论。苏联的资料是1971—1973年取得的我们是1977年取得的，加上工作环境毕竟有所不同，只有在以上条件基本一致时，才能得出客观的结论来。

表 7 165 孔 底 电 钻 钻 进 效 率

钻孔号	地 层	钻头尺寸 (毫米)	效 率 (米/小时)				钻 压 (吨)	泵 量 升/分	泵 压 公斤/厘米 ²	功 率 (千瓦)
			最 高	最 低	平 均	总平均				
1	粘土砾石	240	20	不进尺	4.8	4.1	0.5	200	15—20	34—50
	安山质角砾岩，安山岩	193	10.1	1.8	3.3		2—2.4	200	15—20	25—30
2	粘土砾石	195	13.8	2.4	4.7	3	0.5	200	15—20	20—25
	安山质角砾岩，安山岩	193	7.5	0.9	2.5		2—3	200	15—20	20—25

表 7 中所列电钻效率，不能准确反映电钻应有的效率，主要有以下几点原因：

钻 1 号孔时，泵量低，钻压低，钻头几何形状不适应粘土层钻进，经常发生泥包，钻头不进尺。钻第二号孔时，虽然换了大排量的泵，但因泥浆循环的通道上阻力大，最小尺寸只有26毫米。仍不能解决泵量问题。

钻第 2 号孔最后100米左右，没有新钻头，用旧钻头，牙轮滚珠掉入孔底，孔内有金属残留物，这些都影响了电钻的钻进效率。

用直径193毫米牙轮钻头钻安山质角砾岩、安山岩，小时效率约 3 米。同类地层用直径108毫米取芯钻头，用 B-3 钻机小时效率约0.8米。另一次是用 $\phi 170$ 毫米岩芯管取心，1 小时30分钻进0.45米。换 193 牙轮钻头，小时效率3.27米。虽然取心和不取心不好对比，但也能说明一定问题。

表 8、表 9 是对 2 号钻孔斜横向偏差的两次测量结果。

表 8、表 9 是用陀螺测斜仪对 2 号孔的两次重复测量，第一次只测了 160 米，第二次测了 300 米，孔斜方位基本一致，偏斜率不一致，表 9 作为参考。就偏斜率最大的第二次

表 8 第二次电钻孔斜测量结果（用陀螺仪测定）

孔深 (米)	偏 率 %	孔深 (米)	偏 率 %	孔深 (米)	偏 率 %	孔深 (米)	偏 率 %
10	3	90	5.6	170	4.6	240	3.9
20	3.3	100	5.5	180	4.3	250	4.1
30	4.7	110	5.5	190	4.1	260	4.2
40	4.9	120	5.3	200	3.9	270	4.7
50	4.9	130	5.2	210	3.8	280	4.8
60	4.9	140	5.2	220	3.8	290	4.8
70	5.4	150	5.2	230	3.8	300	4.9
80	5.3	160	4.9				

表 9 第一次电钻孔斜测量结果 (用陀螺仪测定)

孔深 (米)	偏 率 %	偏 向 (α)	孔深 (米)	偏 率 %	偏 向 (α)
10	1.9	83°	90	1.9	72°
20	1.7	84°30′	100	1.9	
30	1.9	82°15′	110	1.9	
40	2	80°	120	1.8	80°15′
50	2	79°	130	1.8	
60	2		140	1.7	84°45′
70	2	73°15′	150	1.7	
80	2		160	1.5	95°30′

表 10 165孔底电钻试验故障记录表

钻孔号	电机号	故 障	产 生 原 因	消 除 方 法
1	1	主轴外密封螺钉磨损	设计不当	加保护套
	2	逆止阀退扣泥浆浸入	位置选择不当	重新安排位置
	2	加油不畅	放气孔位置不当	改变位置
	1 2	丝扣咬死 (共四处)	加工不好	重新加工
	1 2	丝扣渗油	加工不当	重新加工
	2	减速器焊缝裂纹	焊缝倒角过大	重新加工重焊
	1	引出线坏	装配不当	换 线
	1	主轴密封橡胶圈处渗油	保护套未上紧, O形圈残留变形	换O形圈注意上紧
	1	主轴密封端面付烧坏	加油压力过大, 螺钉断, 零件位移, 堵死油路	注意操作, 增加螺钉数量
	2	逆止阀退扣, 泥浆浸入引流管外密封	修理后零件尺寸变化碰撞	改短尺寸
	1	电缆引线烧断	掉块卡坏	加保护套
	2	外壳退扣 (二次)	设计不当, 应改反扣	未 改
2	2	主轴密封漏油	弹簧卡圈断	换卡圈
	2	电缆断, 电机上端环氧裂开, 退扣进泥浆	卡 钻	修复损坏, 预防卡钻
	2	电缆坏 (8次)	掉块保护不良	改变保护方法
	2	减震器弹簧断主轴密封器漏油	超载工作, 弹簧热处理不良卡圈断	换弹簧, 换卡圈
	1	减震器弹簧断	超载工作	换弹簧
	1	电钻主轴不能正转进泥浆	轴承内圈坏, 密封坏	换轴承, 换密封

测量结果 (表 8) 分析, 钻孔的实际偏斜最大是 2.6%。因开孔 10 米已斜了千分之三, 因而偏斜率不大于千分之三至五, 完全符合冻结孔的要求。

从表 10 可以看出, 在整个试验过程中, 电钻多次发生故障, 但大部分都是比较小的问题, 容易解决的问题, 解决之后未再发生, 有些问题发现了没有改, 如外壳退扣问题, 所以后面重复发生。有的改了但不彻底, 如逆止阀的固定, 以后又继续发生。这次试验暴露

了问题，为进一步改进提高电钻的可靠性创造了条件。

六、对165孔底电钻的初步鉴定

1977年12月19日至20日，在江苏省沛县大屯煤矿召开了165孔底电钻初步鉴定会议，参加会议的有中央有关部、局，16个省市自治区，有关科研、生产、使用、大专院校等68个单位96名代表。鉴定意见如下：

（一）电钻结构基本合理，密封、绝缘、减速三大关键技术性能良好，能可靠工作，钻进效率高、无噪音、能节约钢材；

（二）电机绝缘防水性能好，一般能保持300—500兆欧电阻，即使进入泥浆，绝缘不致击穿，功率裕度大；

（三）能在较复杂地层中工作，对粘土、砾石、安山质角砾岩、安山岩等地层、均能钻进；

（四）成孔垂直度高，功率、外径、长度等参数，适合钻冻结孔的要求；

（五）如改变外径、功率，合理配套，运用范围可以扩大。

与会代表还对孔底电钻提出了如下的改进意见：

1. 引流管断面尺寸小，需要扩大；
2. 电钻内孔断开处应联接起来，以满足电钻取芯投卡料的要求；
3. 电钻引出线应提高耐油和机械强度；
4. 对试验中暴露的其它技术问题，也需要加以改进提高。

165孔底电钻，初步的达到了实际钻孔能力，需要进一步改进臻于完善，才能更好的为钻井生产服务。有关部门已作出规划安排小批试制，扩大试验，然后正式投产。

磁性矿区测斜仪器的现状和展望

左汝强

一八七三年，历史上第一个测斜仪——氢氟酸玻璃管测斜装置在德国多特蒙特问世。自那时以来，世界上先后出现的测斜仪品种数以百计。虽然这些仪器型号繁杂、结构不同、性能各异，但我们仍可以按其工作原理、测量功能、应用区域和数据记录方式等进行分类。

具有全测功能（能同时测量钻孔顶角和方位角）的仪器按其应用区域可以分为非磁性矿区测斜仪和磁性矿区测斜仪。

非磁性矿区测斜仪的主要仪器是磁针式测斜仪。这类仪器具有用途广泛、结构简单、操作容易以及价格低廉等优点。但是，在磁性矿区或是下了套管的钻孔中，以及不提钻在钻杆中测斜时，磁针式测斜仪由于受了磁性干扰而产生很大误差。因此，就需要一种不受外界磁性干扰的测斜仪来用于上述场合，这类测斜仪就称为磁性矿区测斜仪。

制作磁针式测斜仪比较容易，而制造有效的磁性矿区测斜仪在历史上遇到过极大的困难。二十世纪初，德国和美国便开始了陀螺测斜仪的研制工作。早期，由于技术条件的限制（缺少高速微型电机和精密轴承等），陀螺测斜仪在较长的时间内不能有效地用于地质勘探钻孔测量（因其口径大，较复杂，不稳定等）。此后便产生了间接测量仪器（钻杆柱定向和连环测量）。它们和陀螺测斜仪竞相发展达数十年之久。五十年代，陀螺测斜仪获得较大进展，而间接测量仪器经过长期的使用，暴露了本质性的缺点（误差大，效率低，操作麻烦）等。从而，近十几年来，在世界范围内，陀螺测斜仪逐步取代间接测量仪器，成为磁性矿区的主要测斜仪器。

一、磁性矿区测斜仪器的现状——陀螺测斜仪的广泛应用

由于宇宙航行技术的发展，推动了航空陀螺仪表的进步，也使陀螺测斜仪日趋成熟。现在，在世界范围内，不但制成了有效地用于生产实践的陀螺测斜仪，而且在一些国家（我国、美国、西德等）已经或正在形成小型、多品种、系列化的陀螺测斜仪产品。

（一）我国陀螺测斜仪的迅速发展

六十年代以来，我国已先后研制成功四种型号的陀螺测斜仪（见表1）。六十年代后期，首先制成冻结孔陀螺测斜仪，用于矿山竖井开凿冻结孔的测量。此后不久，又制成用于地质勘探钻孔的第一台陀螺测斜仪——JDL-1型测斜仪。随着我国小口径金刚石钻进的迅速发展，1976年初，北京地质仪器厂和勘探技术研究所共同研制成功JXT-1型陀螺测斜仪（见本刊76年第四辑）。仪器外径50毫米，可用于56毫米金刚石钻孔测量。钻孔的顶角和方位角测量结果采用数字显示方式，具有较高的测量精度和效率，操作十分简便。1977年，上海地质仪器厂又研制成JTL-1型陀螺测斜仪（外径50毫米），为我国小口径陀螺测

表 1 现代磁性矿区测斜仪简表

编 号	仪 器 型 号	产 地		外 径 (毫米)	测 量 范 围		测量敏感元件		数据记录方法	下孔方式	备 注			
		国名	公司或工厂		顶角(度)	方位角(度)	顶 角	方位角						
1	冻结孔陀螺测斜仪	中 国	上海地	115	0—5	0—360	陀	螺	地面控制面板度盘	三 芯 电 缆	连环测量仪器			
2	JDL—1		质仪器厂	89	0—30		重	陀	读数					
3	JXT—1		北京地 质仪器厂	50	0—45				数码管显示					
4	JTL—1		上海地	50	0—50				地面控制面板度盘					
5	JXC—1		质仪器厂	63.5	0—50		锤	重	读数					
6	JXK—1			40	0—50									
7	GP14—0101—1	美 国	汉 弗 莱 公 司	33.02	0—60	0—360	重	陀	地面控制箱数字显示并打字。孔下仪器磁带记录和贮存, 地面回放	电 缆 (四芯、五芯或十二芯)	Humphrey公司制造			
8	GP07—0301—1			44.4	0—60									
9	GP07—0601—1			44.4	0—45									
10	GP07—0701—1			44.4	0—15									
11	GP07—0801—1			44.4	0—90									
12	GP07—0901—1			89	0—30		锤	螺						
13	GP07—0902—1			76.2	0—60									

续表 1

编 号	仪 器 型 号	产 地		外 径 (毫米)	测 量 范 围		测量敏感元件		数据记录方法	下孔方式	备 注			
		国名	公司或工厂		顶角(度)	方位角(度)	顶 角	方位角						
14	GP07-1001-1	美 国	汉 弗 莱 公 司	63.5	0-60	0-360	重 陀	陀	同 上	电 缆 (四芯、五芯或十二芯)				
15	GP04-0101-1			54.1	0-60									
16	GP06-0608-1			44.4	0-60									
17	GP09-0101-1			35	60-90									
18	GP09-0201-1			44.4	45-135									
19	GP11-0201-1			76.2	0-60		锤 螺	螺						
20	GP12-0101-1			73.8	0-60									
21	GS01			44.4	0-60									
22	GS01						陀 螺	螺						
23	FG6-571				0-85									
24	FG7-571				0-85									
25	FG8-571	国					悬 摆	陀 螺	孔下磁带自动记录	钢 丝 绳				
26	DS08-0101-1								照 相					
27	DS09-0101-1			50.8	0-90									

续表 1

编 号	仪 器 型 号	产 地		外 径 (毫米)	测 量 范 围		测量敏感元件		数据记录方法	下孔方式	备 注
		国名	公司或工厂		顶角(度)	方位角(度)	顶 角	方位角			
28	塞维尔(Surwel)	美	斯帕瑞 桑公司	44.4	0—90		悬	陀	照	钢 丝 绳	Sperry Sun 公司制造
29				76.2		0—360					
30	伊斯特曼	国	伊斯特 曼公司	50.8	0—70		摆	螺	相		Eastman公司制造
31	(Eastman)			76.2							
32	KL ₃	西	伊斯特曼	76.2		0—360	悬	陀	照	钢 丝 绳	Eastman International 公司制造
33	KL ₄			63.5	0—70		摆	螺			
34	KL ₅	德	国际公司	50.8							
35	ИГ-70	捷	精密技	70			重	陀	地面控制面硬度盘	三芯电缆	MIKROTECHNA工厂 制造
36	ИГ-50			50	0—60	0—360			读数		
37	ИГ-36	克	木工厂	36			锤	螺			
38	克芮留斯(Craclius)	瑞典	克芮留斯公司	33.5	1—85	0—360	摆	锤	地面控制箱记录电	钻 杆	钻杆柱定向仪器
39	МИА-II								流值, 绘曲线查表	钢丝绳或钻杆	连环测量仪器
40	МИА-III	苏		33	1—85						
41	АФИ-1		全苏勘探所				玻璃半球及小钢球	相	照	钻 杆	钻杆柱定向仪器
42	ИМА-ИУ-1			73	2—85	0—360	重	锤	在记录纸上穿孔		
43	ИМА-ИУ-2		乌克兰科				水 平 面		在金属棒上镀铜	钢丝绳或钻杆	连环测量仪器
44	МИР	联		75	0—60						
45	ГП-К1		学院研制	66	0—75		重	锤	照	钻 杆	钻杆柱定向仪器