



# 磁法勘探的新应用

□ 单久库 孙中任

## 一、磁法勘探的现状

磁法勘探是通过分析岩、矿石的磁性差异和磁场特征,研究地质体构造和分布形态的一种方法。

磁法勘探按其工作场所可分为:航空磁法、地面磁法、地下一井中磁法。

在各种物探方法中,由于磁法设备简单、效率高、效果好,磁法投入的实际工作量最大,取得的效果也较好。上世纪八九十年代由于铁矿地质工作大幅度下降,磁法在其它固体矿产中普查的效果也远较在铁矿上的效果为差,故此磁法工作量锐减。近些年,微机质子磁力仪、光泵磁力仪的出现,以及微机的运用,又给磁法勘探这一较老的勘探方法带来了生机。特别是大规模矿调工作的开展,以及国际上铁矿价格的迅速升温,各地又争先运用这一方法在各种地质工作中发挥着它不可替代的作用。

这里的新型磁力仪多指第二代磁力仪:普通质子磁力仪、微机质子磁力仪、微机光泵磁力仪。因为第三代超导磁力仪目前多用于古地磁实验室,野外还极少应用。

新型磁力仪与以往的机械磁力仪相比有如下不同:

1. 测量参量的不同。以往的机械式磁力仪多只能测一种参数:或垂直分量  $Z$ 、或水平分量  $H$ ; 新型磁力仪为多参量测量仪器,比如磁场总强度  $T$ 、垂直梯度  $T_h$ 、水平梯度  $T_d$ 、垂直二次梯度  $T_{hh}$ ,可真正实现无时差梯度测量。

2. 操作简便。机械式磁力仪多为脚架式,手动调平。人工读数、人工记录,操作繁琐。微机磁力仪无须调平,自动测量、自动记录。

3. 效率更高。机械式磁力仪一个点次测量一般要一分钟,相当熟练者也要半分钟左右。微机磁力仪一个点自激发到自动记录仅需两秒,甚至更短。

4. 稳定性好。机械式磁力仪多为石英刃口式,或石英悬丝式,容易掉格或损坏。微机磁力仪多为集成电

路,插板式,坚固耐用,无掉格现象。

5. 分辨率高。机械式磁力仪格值多为  $10\sim 12\text{nT}$  格,按  $1/3$  读格可信度,它的分辨率也仅仅是  $3\sim 4\text{nT}$ 。微机磁力仪普通型分辨率也为  $\leq 1\text{nT}$ ,一般的分辨率为  $0.1\text{nT}$ ,分辨率为  $0.01\text{nT}$  的微机磁力仪也已广泛用于地质工作。

6. 精度高。机械式磁力仪的一般精度为  $\pm 10\sim 25\text{nT}$ 。而微机磁力仪的一般精度为  $\pm 0.2\sim 2\text{nT}$ 。

7. 重量轻。机械式磁力仪的脚架、罗盘、仪器等有  $5\sim 7\text{kg}$ 。微机磁力仪主机多不足  $1\text{kg}$ ,连同探头一般  $2\text{kg}$  左右。

表 1 磁力仪深度对比表

磁力仪	发现的异常极值	磁性体形状		
		垂直薄板	水平圆柱	圆球
		有效探测深度 (m)		
机械式 磁力仪	$\Delta T_{\dots} 100 (\text{nT})$	30	280	173
普通质子 磁力仪	$\Delta T_{\dots} 25 (\text{nT})$	120	560	275
微机磁 力仪	$\Delta T_{\dots} 5 (\text{nT})$	600	1275	471
	$\Delta T_{\dots} 4 (\text{nT})$	750	1401	508
	$\Delta T_{\dots} 3 (\text{nT})$	1000	1618	558
	$\Delta T_{\dots} 2 (\text{nT})$	1500	1981	639
	$\Delta T_{\dots} 1 (\text{nT})$	3000	2802	806

表 1 是理论上各种磁力仪有效探测深度的对比 (垂直磁化  $\kappa = 0.01 \times 4\pi \text{SI}$ 、 $T=50000\text{nT}$ 、圆球及水平圆柱的  $R=50\text{m}$ 、直立薄板的  $2b=6\text{m}$ )。

由表可见,用微机磁力仪带来的有效探测深度的增加值是很惊人的。

同样以  $T=50000\text{nT}$ 、圆球及水平圆柱的  $R=50\text{m}$ 、直立薄板的  $2b=6\text{m}$  为基础,球和圆柱中心埋深为  $60\text{m}$ ,薄板上顶埋深为  $10\text{m}$ 。表 2 列出各种磁力仪可探测的磁性变化范围:

表 2 可测磁性范围对比表

磁化率 $\Delta$	机械式磁力仪 ( $10\sim 25\text{nT}$ )	普通质子磁力仪 ( $2\sim 5\text{nT}$ )	微机磁力仪 ( $1\sim 2\text{nT}$ )	微机磁力仪 ( $0.1\sim 1\text{nT}$ )
$T_{\text{max}}$	$\Delta T_{\text{max}}=100$	$\Delta T_{\text{max}}=25$	$\Delta T_{\text{max}}=5 \text{ nT}$	$\Delta T_{\text{max}}=1 \text{ nT}$
$\times 4\pi \text{SI}$				
磁性体	nT	nT	nT	nT
圆球	$413 \times 10^6$	$103 \times 10^6$	$21 \times 10^6$	$4 \times 10^6$
水平圆柱	$458 \times 10^6$	$115 \times 10^6$	$23 \times 10^6$	$5 \times 10^6$
垂直薄板	$1667 \times 10^6$	$417 \times 10^6$	$83 \times 10^6$	$17 \times 10^6$

由上表可看出:机械磁力仪只能发现比微机磁力仪能发现的磁性强 100 倍的磁性体。同时也可看出用微机磁力仪能发现相当弱的磁性差异。微机磁力仪所分辨出的异常幅度是一般岩石的蚀变、矿化,甚至相变,都可能达到的数量级。因此,高精度磁测目标已广泛应用到了地质填图、矿产调查等各个地质工作环节当中。

## 二、磁法勘探的应用

1. 配合地质填图不仅可确定强磁性岩石的边界,而且还能确定某些沉积岩和其它极弱磁性 (磁化率  $\kappa = 10\sim 15 \times 4\pi \times 10^{-6}\text{SI}$ ) 岩石的边界,甚至还能把两种磁化率相同而它们之间的剩磁不同或剩磁的方向不同的岩石区分开来。

2. 断裂性断层填图。通过各种弱磁性地层 (岩体) 的错动或充填的磁性岩脉,研究追索断裂。

3. 普查沉积矿床当围岩磁性微弱时,用高精度磁测探测有微弱磁性的沉积矿床:铝土矿、锰矿、褐铁矿、菱铁矿、磷矿等。

4. 普查砂矿床当重砂中含有铁磁矿物时,寻找与之共生的砂矿:金、锡、铂等。

5. 控矿因素填图。如圈定基性、超基性母岩以寻找铬、镍、钒、钴、铜等;圈定火山颈以寻找金刚石;圈出热液蚀变带或其它被改造了的岩石,以寻找砂卡岩型矿床、热液矿床。

6. 在典型的成矿区直接普查弱磁性矿床。某些多金属矿或其它非磁性矿床 (如铅锌、铜锡等) 当其中含有铁磁性矿物 (磁黄铁矿、磁铁矿等) 时,随着磁测精度的提高,发现这类矿体的数目也在随着增加。

直接普查强磁性盲矿。现代高精度磁测可以普查深部矿,并有助于区分矿与非矿异常,使得其能更可靠地解释所发现的异常和详细查明矿体构造。

7. 在中、强磁异常区还可利用多参量磁测 (磁梯度测量) 去分解复杂的磁异常——即梯度测量的横向分辨



# 浅淡地下水位以下干钻孔灌注桩施工技术

□ 汪 勇 贾 宏

近年来,钻孔压浆桩、超流态混凝土灌注桩、夯扩桩、静压桩等几种新型桩基施工工艺相继被引进我省,并占领了大部分桩基市场。虽然干作业钻孔灌注桩因单位承载力不高且对地层要求较高,但凭其施工工艺简单、机械易操作、造价低、施工速度快、混凝土灌注质量好等优点仍然在多层建筑中被广泛采用。

## 一、干作业钻孔灌注桩

适用于地下水位以上的地层,对地下水位以下的地层,成孔有一定难度,遇到这种情况,可采用水泥护壁方法确保成孔,利用孔底下干混凝土夯实方法可以保证桩端土的承载力。

## 二、工程实例

2003年7月,黑龙江省物勘院寰宇桩基础工程公司承揽了阿城市亚沟农资专用合作社七层集资楼的基础施工任务。基础设计为干作业钻孔灌注桩,桩数289根,根径400mm,桩长9.5m~11m,桩端持力层为第5层粉质粘土层,单桩竖向极限承载力为700KN。根据2001年3日该场地的岩土工程勘察报告,场地地下水水位9.5m~10.0m,土层序见下表:

层序	土层名称	厚度(m)	土层状态	基地土承载力特征值(fak)
1	杂填土	1.0~1.5	松散	
2	粉质粘土	3.5~4.5	软可塑	120
3	粉质粘土	2.0~2.2	可塑	145
4	粉质粘土	1.0~1.3	软塑	105
5	粉质粘土	>3	硬塑	175

率高,垂向滤波作用强。磁梯度测量能进一步区分大小与形状不同的磁性体产生的异常;梯度测量能更准确地圈出隐伏磁性体的“矿头”的地表投影位置。

8.煤田、油气普查。高精度磁测较大地增加有关基底起伏和基底内破碎带的信息。油气田上方也有明显的磁异常显示。在研究煤田自燃范围(称为烧顶)也有成功的实例。

9.其它高精度磁测还可用于考古工作,寻找地下金属管道等工作。高精度磁梯度测量还能在医学(如职业病—铁尘肺的诊断)、工程地质(探测隐伏爆炸物、地下隐避物)、公安工作(检查危险品)等方面发挥作用。

## 三、地面高精度磁测工作方法要点

1.为了节省工作量,在测区范围内可设“控制区”和“调查区”。“控制区”可放稀测网,主要为了解一下该区的磁场宏观特征、大的构造格架、岩石边界的大概位置等。“调查

区”可以加密测网,个别区甚至可以做到微磁测,点距为5m、2m、1m。

2.在必要时可以作非正规测网的地面高精度磁测。高精度磁测可以测得弱磁,同样可以测得规模较小的磁性体。根据 Д.И. Сабраков 理论:

$$P = \frac{1}{4} \frac{B \cdot M}{L \cdot I}$$

式中:P 岩脉的分辨概率

B 岩脉的长度

M 岩脉的宽度

L 测网线距

I 测网点距

在实际工作中不一定非规则测网不可。可以用200m×20m、200m×10m、100m×10m、100m×5m,或类似网格开展工作。

3.矿产调查、详查阶段,可以采用GPS定点的散点测量工作方式。

4.重视校正点选择。如果只图方便,不在磁场相当平稳,而且又常有人文干扰的地方作校正点,极可能出现早、晚超差的现象,致使一天的

正式施工前,在场地内不同部位进行了试成孔,结果没成孔,原因是场地内地下水水位现在为7.5~8.0m,且第4层软弱土有塌孔现象。当时设计者的意见是改为沉管灌注桩或其它桩型,但变更需要时间,要延误工期,且工程造价要提高最少20%左右。作为施工方的代表,我的建议是采用水泥护壁方法再试,如成孔,则甲方只需多花费工程造价的5%左右,且不影响工期;如不成孔再改设计,建议被甲方采纳。

水泥护壁方法实际上是当钻孔至设计标高后,提出钻具,向孔内投放几袋水泥(具体数量根据试验结果),再次下钻具到孔底,然后边施钻边提钻具,使水泥与水及孔壁泥土搅拌到一起,在孔壁形成一个薄层,起到防水护壁作用。

实地试孔均获成功,每孔只需2袋水泥。为了使孔底虚土不影响桩端承载力,在水泥护壁成孔后,我们向每个孔底均投放5~10cm厚干混凝土(水泥和1~3cm碎石搅拌而成),然后夯实,接着吊放钢筋笼、灌注混凝土,边灌边振捣直至成桩。

该工程仅用了7天时间就完成了施工任务。动测试验表明:所测桩桩形平整,桩身混凝土质量良好,无断桩、缩径、夹泥现象;静载试验结果:3根试桩均达到了设计的极限承载力的要求。为甲方节约了资金,而且保证了工期,使下道工序得以顺利衔接。

(作者单位:黑龙江省地球物理勘察院)

工作量报废。

5.在做高精度磁测时,应先做探头一致性(一台仪器相对不同探头),在此基础上再做仪器整体一致性,如此可尽量避免出现仪器较大的系统误差,影响异常形态。

6.尽可能让日变站在工区内。

7.笔者认为基本磁场的确定以先假定基值T0的方式为好(《黑龙江地质》1996年, No2)。先假定一个T0值,用这个基值进行日变改正。然后再用这个基值和基点联测结果推出总基点场值,用此值进行总基点改正。

8.注意做室内的资料处理工作。精度的相对提高,干扰因素的影响变得也明显了,由此室内的资料整理工作也变得重要和关键。包括参数求取、位场变换、位场滤波、异常分离、异常增强、正演拟合、反演求解。

(作者单位:黑龙江省地球物理勘察院  
沈阳地质矿产研究所)