

doi:10.11720/wtyht.2014.4.27

郭莹,曲赞,范志雄,等.关于磁测工作质量检查方式的实验及讨论[J].物探与化探,2014,38(4):781-786.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.4.27

Guo Y, Qu Z, Fan Z X, et al.The experiment and discussion on quality assessment of magnetic measurement[J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(4): 781-786.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.4.27

关于磁测工作质量检查方式的实验及讨论

郭莹¹, 曲赞², 范志雄³, 王传雷²

(1.河南省航空物探遥感中心,河南 郑州 450053;2.中国地质大学 地球物理与空间信息学院,湖北 武汉 430074;3.冶金地质勘查总局 中南地质勘查院物化探公司,湖北 武汉 430074)

摘要: 为了规范磁法工作业务,特别是在磁法仪器不断提升和更新的现实,制定合理和科学的磁法工作技术要求是十分必要的。修订技术规程或者工作规范亦应该契合实际,一是规定明确,二是在保证质量的前提下便于生产单位参照执行。笔者就《地面高精度磁测技术规程》中的关于野外磁测质量检测方式的规定进行探讨,结合相关的磁测技术规定和教科书的要求及专门的试验结果,通过数据进行分析讨论,并给出相应的认识和建议。

关键词: 磁法勘探;质量检查;观测方式;点位误差

中图分类号: P631.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)04-0781-06

随着 20 世纪 80 年代我国地面磁力仪的更新换代,相应的工作规范、技术要求及野外工作方法亦随之发生变化,地质矿产部先后在 1988 年 6 月 1 日实施了编号为(DZ 56-87)的《地面高精度磁测技术规程》^[1];1994 年 1 月 1 日实施了改进后的编号为(DZ/T 0071-93)的《地面高精度磁测技术规程》^[2];目前基本上是按照(DZ/T 0144-94)的《地面高精度磁测技术规程》^[3]实施。有关行业亦制定了相关的《地面磁法勘探技术规程》^[4](以下简称《规程》)。在实施过程中,作者认为《规程》中有两点技术要求值得商榷,即作磁力仪性能的噪声检测时,各个磁力仪探头间距要多大才能够满足测试要求;现在的电子式磁力仪在野外进行质量检测采用什么方式最合理,质量检查时重点应该关注什么。这些都是施工时普遍遇到的技术问题,应该给出明确的、合理的规定,以利于维护《地面高精度磁测技术规程》等规范、规程的权威性。

在本刊 2012 年第 6 期上,笔者曾对磁力仪探头之间的安全距离进行了讨论^[5],本次是对高精度磁测质量检查方式进行讨论。

1 高精度磁测质量检查方式的要求

在文献[1]中,磁测质量检查方式的要求是:“高精度磁测工作的质量检查工作应较一般磁测工作有更高的要求,如检查观测的点位与探头高度要与原始观测严格保持一致,……,其他要求参照《地面磁测规范》执行”。而在文献[6]中,关于野外观测的质量检查方式,要求尽可能按“一同三不同”(同点位,不同时间、不同仪器、不同人)方式进行。

在文献[2]中,磁测质量检查方式的规定为:“高精度磁测工作的质量检查率不应低于 3%~5%,……。关于微磁测量工作的野外观测质量检查与评价,按专项设计的要求执行”,没有提及检查观测方式,如果按照规程中“按专项设计的要求执行”进行判读,或许可以由相关单位自己决定,那么就会影响规范、规程的权威性了。

在文献[3]中,磁测质量检查方式的要求为:“野外观测的质量检查,应随工作进展有节奏、有重点地及时进行。检查工作要尽可能按‘一同三不同’方式进行”。

在其他行业规程中提及“检查观测应采用不同仪器,由不同操作员、在不同日期进行”^[7],即传统的

“一同三不同”检查方式。在有关的专业教科书上亦论述了检查观测方式,只是2000年以前的要求按照“一同三不同”方式进行^[8-9]。2000年以后的提出按照“不同时间,同点位,同探头高度”即“二同一不同”方式进行^[10-11]。还有的提出要注意探头(传感器)的方向和探杆倾斜度的一致,这就是“三同三不同”(同点位,同探头高度,同探杆倾斜度,不同日期,不同仪器,不同操作员)的质量检查方式了。这样在检查观测上就存在着不同的方式和要求,容易引起混乱。

磁测资料质量是完成磁测工作的基础和保证,而评价磁测工作质量的基本指标就是重复检查观测的结果。现在通用的电子式磁力仪在野外进行质量检测采用什么方式合适,保证检查质量应该注重什么。这些都是施工时普遍遇到的基本技术要求,应该有一个合理的、科学的、可操作的统一标准。以利于维护地面高精度磁测技术规程/规范/技术要求的权威性。

磁测工作质量检查工作主要涉及到的是磁力仪、操作员、点位误差和检查时间等内容。无论使用一台仪器还是使用两台仪器在同一点位、同一时间进行检查是不可能的,只是两次观测间隔时间的长短差别。因此,作者认为“不同日期”这一规定是自然的和客观的。现在使用的磁力仪都是按键式操作,仪器自动测量。理论上是谁按都一样,如果出现较大误差,不是仪器故障就是某位操作员身上磁性物体或周边移动磁性物体或者是磁暴的影响。所以笔者认为在仪器正常工作的前提下,“不同操作员”

的要求可以不必硬性规定,应该硬性规定的是操作员施工前必须对身上的磁性物件进行检查清理和注意测量时周边移动磁性物体的影响。

探头高度的不同必定会影响同一点位重复检查测量的结果,但是出现这一情况的可能性很小,探头的一节杆子长0.45 m,易于识别和保证探头离地面的高度一致。

而重复检查观测点位误差、探杆倾斜度和传感器方位指向的误差对磁测工作质量的影响程度应该通过实验进行讨论。

在讨论质量检查方式时,不可避免地要涉及到磁测工作精度(以磁测总误差/异常总均方根误差/总均方误差表示)。不同的磁测工作精度对应着不同的评价标准。只是目前的磁测工作精度出现不同的标准,表1是文献[1]和文献[2]公布的标准。文献[3]是针对“总观测精度低于5 nT的地面磁勘查工作的基本要求和规则”,在文献[3]中要求“一般普查性磁测工作精度,应根据由探测对象引起的可以从干扰背景中辨认的、有意义的、最弱异常的1/5~1/3确定。异常详查和配合勘探的磁测工作精度,应根据异常特征和所需反映异常细节确定,一般应使总均方误差值不大于等值线间隔的1/5~1/3,并要满足解释推断时可能用到的某些数据处理技术对磁测精度的特殊要求。”但是文献[3]还是给出的三个等级的总观测均方误差(ε)为: $5 < \varepsilon \leq 10$; $10 < \varepsilon \leq 20$; $\varepsilon > 20$;而文献[4]规定的磁测工作精度(以异常总均方根误差表示)见表2,一共有五个级别。

表1 磁测误差分配

nT

磁测 总误差	野外观测均方误差					基点、高程及正常场改正误差			
	总计	操作及点位 误差	仪器一致性 误差	仪器噪声 误差	日变改正 误差	总计	正常场 改正误差	高程改正 误差	总基点 改正误差
5	4.36	2.65	2.0	2.0	2.0	2.45	1.0	1.0	2.0
2	1.56	1.1	0.7	0.5	0.7	1.212	0.7	0.7	0.7
1	0.87	0.7	0.3	0.3	0.3	0.497	0.28	0.28	0.3

注:操作及点位误差中,含点位不重合、探头高度不准、探杆倾斜等误差。据文献[1-2]。

表2 文献[4]规定的磁测均方根误差限值

nT

异常总均方根误差	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0
检查观测误差	0.9	1.5	2.0	4.0	6.0

注:据原表简化。

在磁法专业教材中一般都是将磁测精度分为三级,只是各级的标准不同,有的定为:高精度(ε)为 $< \pm 10$ nT;中精度(ε)为 $\pm 10 \sim \pm 20$ nT;低精度(ε)为 $\pm 20 \sim \pm 40$ nT^[7-8];有的定为:高精度(ε)为 ≤ 5 nT;中精度(ε)为 $\pm 6 \sim 15$ nT;低精度(ε)为 ≥ 15 nT^[9-11]。

笔者依据文献[1-2]公布的标准为准进行磁测工作质量检查方式的讨论。

2 高精度磁测质量检查方式的实验

2.1 实验仪器及实验安排

用于磁测质量检查方式实验使用的仪器是GEM-19T质子磁力仪,一共五台,编为1~5号。参与实验的人员为物探专业大四的学生。实验先后进行了三次,每次完成51~56个测点的重复观测,点距15~20 m,测点有明确标记,实验测线长约900 m,沿测线磁场平缓变化,幅值约200 nT。

为了保证仪器性能稳定可靠,实验前进行了磁

力仪噪声检测(检测结果见表3)和仪器一致性检测(检测结果见表4)。由表3可知实验所用仪器的噪声水平完全满足表1中的三级精度的标准,大部分达到了表1中的一级精度的标准;仪器一致性的检测也亦如此。检测结果表明仪器性能是合格的。

表3 实验前各台磁力仪噪声均方差检测结果 $\pm nT$

仪器编号	1	2	3	4	5
第一轮	0.17	0.28	0.09	0.33	0.20
仪器噪声误差	0.19	0.09	0.12	0.12	0.25
第二轮	0.19	0.09	0.12	0.12	0.25
第三轮	0.94	0.48	0.25	0.41	0.83

表4 实验前各台磁力仪一致性检测误差检查结果 $\pm nT$

仪器编号	1	2	3	4
第一轮	0.69	0.75	0.56	0.55
一致性检测误差	0.90	0.51	0.53	1.20
第二轮	0.90	0.51	0.53	1.20
第三轮	0.49	0.94	0.53	0.32

表5 2013年7月29日不同检查方式及检查结果统计

检查方式	均方误差/($\pm nT$)	备注
同点位,同仪器,同操作员,不同时间	0.79	1—11
同点位,同仪器,不同操作员,不同时间	0.73	2—22
不同点位(误差10 cm),同仪器,同操作员,不同时间	0.39	3—33
不同点位(误差20 cm),同仪器,同操作员,不同时间	9.42	4—44
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	0.95	1—2
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	0.97	1—3
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	6.85	1—4
不同点位(误差10 cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	0.42	22—33
不同点位(误差20 cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	6.58	22—44
不同点位(误差10~30 cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	6.51	33—44

注:表中备注栏中1—11表示1号仪器在第一次和第二次闭合观测的重复观测检查结果,1—2表示1号仪器和2号仪器在第一次闭合观测的重复观测检查结果。22—33表示2号仪器和3号仪器在第二次闭合观测的重复观测检查结果,余类推,下同。

经过室内整理,各种检查方式的结果统计见表5。初步分析如下:

(1)只要仪器噪声及一致性合格,在同点位情况下,其他无论采用什么检查方式,结果基本接近,在同一级别,可以达到二级精度的要求(操作及点位误差 $\leq \pm 1.1 nT$);

(2)只要某台仪器测量出现失误,无论采取什么方式检查,都是难以达到要求,比如第四组的操作员在部分点位测量时没有注意避开路人,无论是与自己比较还是与其他组比较,都是误差最大的;

(3)点位误差是随机的,有时可能会满足要求,但是常常对质量检查造成相当大的影响。

第二次实验的仪器安排同第一次实验,对51个测点进行闭合观测;观测时各台仪器保证点位相同,由于下雨,只进行一个闭合观测。经过室内整理,各种检查方式的结果统计见表6。该实验表明只要仪器噪声及一致性合格,无论什么检查方式(该实验

2.2 不同重复观测质量检查方式的实验及讨论

不同重复观测质量检查方式的实验一共进行了三次,每次实验内容基本相同,主要目的是通过相同操作员和不同操作员、点位相同和点位不同、相同仪器和不同仪器、探头高度相同和探头高度不同的检查实验,通过对不同检查方式的检查结果的分析,以讨论和评价“一同三不同”、“二同一不同”和“三同三不同”质量检查方式的合理性。

第一次实验的实验方案为:五台仪器一台用于日变观测,四台实验仪器探头高度一致,对56个测点进行闭合观测。第一轮闭合观测时各台仪器保证点位相同,第二轮闭合观测时第一组依然保证点位相同,不换操作员;第二组保证点位相同,更换操作员;第三组点位误差10 cm,不换操作员;第四组点位误差20 cm,不换操作员。

方案采用的检查方式均为“一同三不同”),检查结果基本接近,在同一级别。但是若要达到一级磁测精度(磁测总误差 $\leq \pm 1.0 nT$),还是有一定的难度。

表6 2013年8月7日不同检查方式及检查结果统计

检查方式	均方误差 $\pm nT$	备注
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.54	1—2
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.28	1—3
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.07	1—4
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.27	2—3
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.24	2—4
同点位,不同仪器,不同操作员,不同时间	0.83	3—4

第三次实验的仪器安排同第一次实验,对52个测点进行闭合观测。第一轮闭合观测时各台仪器保证点位相同,仪器探头高度一致;第二轮闭合观测时第一组依然保证点位相同,不换操作员;第二组点位误差10 cm,更换操作员;第三组点位误差20 cm,不换操作员;第四组点位误差20 cm,更换操作员,仪器探头高度降低0.45 cm(少一节杆)。

表 7 2013 年 8 月 14 日不同检查方式及检查结果统计

检查方式	均方误差/($\pm nT$)	备注
同点位,同高度,同仪器,同操作员,不同时间	0.6533	1—11
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.4158	1—2
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.3766	1—3
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	2.2967	1—4
同仪器,同高度,不同点位(误差 10cm),不同操作员,不同时间	1.3396	2—11
同仪器,同高度,不同点位(误差 10cm),不同操作员,不同时间	0.5278	2—22
同高度,不同点位(误差 10cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	22.866	2—33
不同高度(高差 0.45 cm),不同点位(误差 10 cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	7.4757	2—44
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	0.3997	2—3
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.8421	2—4
同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间	1.8775	3—4
同高度,不同点位(误差 20cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	0.5887	3—22
同高度,不同点位(误差 20cm),不同仪器,同操作员,不同时间	22.754	3—33
不同高度(高差 0.45 cm),不同点位(误差 20 cm),不同仪器,不同操作员,不同时间	7.6473	3—44
同高度,不同仪器,不同点位(误差 10cm),不同操作员,不同时间	1.9138	4—22
同高度,不同仪器,不同点位(误差 20cm),不同操作员,不同时间	23.217	4—33
同仪器,同点位,不同高度(高差 0.45cm),不同操作员,不同时间	7.8178	4—44

经过室内整理,各种检查方式的结果统计见表 7。初步分析如下:

(1)“同点位,同仪器,同操作员,同高度,不同时间”的检查方式的检查结果表明检查观测值与原观测值最接近;

(2)“同点位,同高度,不同仪器,不同操作员,不同时间”的检查方式的结果可以满足三级精度的要求;

(3)点位误差对检测结果的影响宏观上是随机的,但是,常常是造成质量检查不合要求的主要因素之一;

(4)探头高度不一致对检测结果的影响是比较大的,是造成质量检查不合要求的主要因素之一。

因此,测点定位是否准确和仪器探头高度是否相同是影响野外数据采集质量的主要因素。

按照《物化探工程测量规范》,物化探测网(点)的布设可以采用不同方式定位^[12]。在普查工作中,通常采用手持 GPS 进行测点定位,有人认为:“使用手持式 GPS 进行物化探测点布设,其准确度一般小于 ± 2 m,完全满足测点质量要求”^[13],如果不是两台磁力仪相伴通行,一台用于测量,一台用于检查,那么点位误差将是影响高精度磁测工作质量的决定因素。而两台仪器在同一测线工作,不仅降低工作效率,而且一般情况下不能满足“质量检查点的分布要均匀”的规范。如果采用不同日期检查,除非

测点做好明确标记(木桩),否则,两次测量的点位误差将对磁测精度造成致命的影响。

2.3 关于探头高度、方位和倾斜度的实验及讨论

2.3.1 关于探头高度

《规程》中规定:磁测的质量检查与评价以平稳场检查为主,以均方误差来评价,对于异常磁场应用平均相对误差来衡量;磁测总误差分别为 $\leq \pm 5.0$ nT、 $\leq \pm 2.0$ nT、 $\leq \pm 1.0$ nT 精度时,对应的允许的高程测量误差为 ≤ 41.6 m、 ≤ 29.2 m、 ≤ 11.6 m^[2]。在允许的高程测量误差数值对照下,以平稳场检查为主的质量检查重复观测时,0.5 m 的探头高度误差是否可以容忍?

当然,在磁异常区内,特别是浅地表强磁性场源区探测时,在 0.5 m 的高度内磁场变化相当大,但是,目前常用的电子磁力仪探杆都是由 4 节固定长度的铝管组成,只要每台仪器的探杆使用同节数的铝管(既容易实现也很好控制),对于那些熟练的、敬业的操作员而言,缺失探杆的情况是不可能发生的事。

2.3.2 关于探头方位及探杆倾斜度的认识及讨论

根据质子磁力仪的测量原理及内部线路设计,一般情况下要求测量时仪器探头(传感器)的长轴(或者某一方位)指向北,同时亦要求探杆直立。实际工作中,仪器探头的某一方位严格指向北是难以做到的,常常会出现一些误差。多年的实践证明,在

平稳场测量时仪器探头的某一方位大致指北基本上不会引起太大的误差,其误差与仪器噪声在同一级别。

探杆倾斜不仅涉及到磁力仪的测量原理及内部线路设计,或许还要涉及到高度问题(传感器到场源的距离),在平稳场测量时对磁测结果影响不大,但是在磁异常区,其影响是应该引起注意的。

探头方位和探杆倾斜度都是与质子磁力仪的测量原理有关的测量技术,我国的经纬度变化大,要严格满足质子磁力仪的测量原理和仪器,可能会有一定的难度。出现一定的误差是必然的,实验证明相对与定位误差对质量检查的影响,这些可以说是微小的,特别是《规程》中规定:磁测的质量检查与评价以平稳场检查为主^[1-4,6]。

在上述实验过程中,部分认真的学生在按下测量键之前,会自然地看一下探头,如果探头倾斜或者指向不好,他会要求扶探头的同学纠正后再按下测量键。因此,对具备了一定专业知识的物探人员而言,探头高度和明显的方位误差及倾斜度的影响是可以避免的。

3 对高精度磁测质量检查方式的认识

通过实验和讨论,认为在施工所用仪器性能符合《规范》对仪器性能要求的前提下,在平稳场区而不是在磁场水平梯度和垂直梯度很大的磁异常区域,可以采用“三同一不同”的方式进行,即建议采用同一点位、同一台仪器、同探头高度、不同观测时间(即重复观测)的方式进行。其中,同点位是保证质量检查满足规范要求的重点,其次务必注意清理操作员身上的磁性物件,同时注意避开移动磁性场源。而重复观测的时间间隔建议大于 1 min。

为此,建议在磁测工作中注重仪器性能的检测和每个工作日校正点的观测。以每个工作日前后校正点数据的合格来保证全天磁测数据资料的可靠;以仪器检测性能的合格来保证整个测区磁测数据资料的可靠。因此,仪器性能的检测应该在测区开工前和结束后都要进行。如果工期较长,最好在中间再进行一两次仪器性能的检测。

对于职业素质和业务水平好的团队,熟练的、敬业的操作员而言,探头高度、探头方位和探杆的倾斜度的影响是容易避免的。

磁测精度是衡量异常磁场观测质量的主要标志,是确定磁测工作方法技术的依据,同时又是决定工作效率和成本的重要因素,因此根据工作任务及工作条件正确选定合适的磁测精度,并依此确定磁

测工作的方法和技术,是磁测工作设计的一个十分重要的环节。

保证及评价磁测工作质量,应该依次从重复观测数值、磁异常形态和实际勘察效果三个层次上进行。从数值上评价是基础,包括仪器噪声、一致性检测和平稳场及异常场的质量检查。但是,评价磁测工作质量不仅仅是通过重复观测来检查评价,还要从所获得的磁异常形态和最终的勘查效果进行评价。重复观测检查评价是重要的,但是通过磁异常的形态和勘查效果进行评价才是更高层次上的评价。

磁测精度和工作效率是矛盾的,强调磁测精度必然会影响工作效率,目前的过度地提出高精度磁测精度要达到 2 nT 或者 1 nT 以内,一是必要性不大,二是为了达到这些标准,会出现一些违背职业素质和规范的现象。因此合理地科学地制定磁测精度是工作设计的重要任务之一。笔者赞同“一般普查性磁测工作的精度,应根据由目标物引起的可以从干扰背景中辨认的,有意义的最弱异常极大值的 1/5~1/6 来确定。异常详查和配合矿区详查评价的磁测工作。其精度应根据异常特征和所需等值线间隔确定,并满足解释推断时可能用到的某些数据处理技术对磁测精度的特殊要求”^[1-4,6,14]。如果需要给出具体的规定,建议定为三个级别,一级精度: $\varepsilon \leq \pm 5 \text{ nT}$;二级精度: $\pm 5 \text{ nT} < \varepsilon \leq \pm 10 \text{ nT}$;三级精度: $\pm 10 \text{ nT} < \varepsilon \leq \pm 20 \text{ nT}$ 。

致谢 经过多年的思考、调查和实验完成本文,在此感谢野外队的同行,感谢参与完成实验的中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院 2010 届地球物理专业的同学。他们的认真态度和获取的可靠数据再次支持了笔者关于磁测工作质量检查方式的讨论和认识、建议。

参考文献:

- [1] DZ 56-87 地面高精度磁测技术规定[S].中华人民共和国地质矿产部,1987.
- [2] DZ/T 0071-93 地面高精度磁测技术规程[S].中华人民共和国地质矿产部,1993.
- [3] DZ/T 0144-94 地面磁勘查技术规程[S].中华人民共和国地质矿产部,1995.
- [4] SY/T 5771-2004 地面磁法勘探技术规程[S].国家发展和改革委员会,2004.
- [5] 郭莹,王远清,王传雷.磁力仪探头之间安全距离的实验与认识[J].物探与化探,2012,36(6):966-969.
- [6] 国家地质总局.地面磁测工作规范[M].北京:地质出版社,1978.
- [7] 长春地质学院磁法教研室.磁法勘探[M].北京:地质出版社,

1979.

[8] 谭承泽,郭绍雍.磁法勘探教程[M].北京:地质出版社,1984.

[9] 刘天佑.应用地球物理数据采集与处理[M].武汉:中国地质大学出版社,2004.

[10] 管志宁.地磁场与磁力勘探[M].北京:地质出版社,2005.

[11] 刘天佑.地球物理勘探概论[M].北京:地质出版社,2007.

[12] DZ/T 0153-95 物化探工程测量规范[S].中华人民共和国地质矿产部,1995.

[13] 刘述敏,丁志江,常和平,等.手持 GPS 定位精度及其在物化探测网布设中的应用[J].物探与化探,2006,29(6):545-547.

[14] 成都地质学院,武汉地质学院,河北地质学院,合肥工业大学.应用地球物理学:磁法教程[M].北京:地质出版社,1980.

The experiment and discussion on quality assessment of magnetic measurement

GUO Ying¹, QU Zan², FAN Zhi-Xiong³, WANG Chuan-Lei²

(1. Henan Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Zhengzhou 450053, China; 2. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. Wuhan Geophysical and Geochemical Exploration Company of State Bureau of Metallurgical Industry, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the enhancement and innovation of magnetometers, the formulation of a reasonable and scientific magnetic measurement regulation becomes extremely necessary in today's magnetic work,. The revision of magnetic regulation or magnetic work regulation should meet two requirements: one is that the code regulated is clear and definite, and the other is that the code is easily executed by production units under the prerequisite of high working quality. This paper deeply probes into the regulation item of checking method for magnetic survey quality in "Code of Ground High Precision Magnetic Measurement Technique", and puts forward the related understanding and suggestions on the basis of data analysis and referring to textbooks' requirement, in combination with the special experimental results obtained by the authors.

Key words: magnetic prospecting; quality checking; observation mode; positioning error

作者简介: 郭莹(1966-),男,河南辉县人,高级工程师。1988年毕业于中国地质大学(武汉),主要从事地球物理勘查及技术质量管理工作。E-mail: guoying9839@163.com。

通讯作者简介: 王传雷(1953-),男,1978年大学毕业留校从教,现为中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院应用地球物理学专业教授,主要从事地质资源、工程地质及考古物探勘察的教学及科研工作。E-mail: chlwang@cug.edu.cn,电话: 027-67883261。



上接 757 页

The application of marine seismic double-sensor data merging processing methods

SU Yan

(Shengli Branch Company, Sinopec Petroleum Engineering Geophysical Co., Ltd., Dongying 257100, China)

Abstract: According to the characteristics of double-sensor data, the authors obtained the sea bottom reflection coefficient and calibration operator through hydrophone and geophone seized near offset common geophone stack profiles, and merged the hydrophone and geophone data, thus effectively suppressing the reverberation and at the same time compensated the lost frequency in hydrophone data. The real data of a shallow sea area was processed using this method, with good application effect achieved.

Key words: sea bottom cable; reverberation; hydrophone; geophone; multiple waves; bottom reflection coefficient

作者简介: 苏燕(1981-),女,工程师,现从事地震资料处理方法和技术研究工作。