实际应用效果

我们用FORTRAN语言编制了一种物探数据处理系统GPDPS（Geophysical Prospecting Data Processing System）。并在日产ACOS—400计算机上实现。调用系统中的网格化处理程序，对湖北省及其邻区约50万km^2面积内测点的重力成果表进行网格化处理。其中座标转换，换带计算及排序共花了50分钟，然后按距离二次加权函数插值法网格成1/50万比例尺的18432个网格点（192×96点）花了12.5分钟。利用GPDPS系统把网格化处理结果打印出符号等值线图，结果与传统方法手工勾画的相应等值线图十分相似。若按目前该机中央处理机cpu收费标准为75元/小时计算，其经济指标也十分理想。

结　　论

1.在ACOS—400型机上，利用GPDPS系统的功能进行了上述网格化处理，实践结果表明，直接向计算机输入处理区域内重力成果表中测点的坐标（x，y）与其相应的观测值，借助于程序系统中的坐标转换、换带、排序、选点和插值等一些数据处理功能来获取网格节点上的场值。从而避免了人工取数各项冗长繁琐的环节。从根本上改变了目前作这类数据处理时环节多，工作量大，数据收录慢，精度受影响的被动局面。因而更适宜作大面积，大量数据的处理。（在GPDPS系统中，一次处理测区可横跨5个6度带，最大数据处理量可达50万个）。

2.文中提出的“自动搜索选点法”，在作网格化选点计算时，不必给出与测点分布状态有关的任何参数。其初始搜索半径自动形成，并随着网格点附近测点分布的疏密而变化。用对全部测点的一次性排序来代替分条、分块计算。因此选点计算既被限制在网格点附近尽可能小的范围内，又不必担心在初始搜索半径范围内，像固定搜索半径法那样，找不到足够数量的点。因此“自动搜索选点法”避免了其它选点方法的一些弊病，保留和发展了它们的长处，从而使选点更为合理，计算效率更高。

3.本文只是为了叙述方便，以重力成果表的形式，给出重力数据的处理方法。以此为例，该方法也适用于给出坐标值及场值的磁场的数据处理，甚至可以推广到电磁场以外的一些其它领域中去。例如，对于以水系沉积物测量为主的区域化探，由于采样点分布不均匀性比较明显，选点方式稍加改变即可。这时不仅要考虑到那些离网格点最近的那些点，同时也得考虑到这些数据点相对于网格点的方位。

参加本专题工作的还有冶金部自动化所王秀慧同志，中南冶金地质研究所刘代新、王绍晤同志。专题工作得到熊光楚同志的指导，以及邵梦林、肖树建、王玉梅、童永春、王延忠几位同志的热情帮助。程序调试过程中得到覃占球、潘振海、周方、张永芬等同志的大力支持和帮助，在此深致谢意。文中缺点与错误请读者批评指正。

开展金属矿的浅层地震勘探

冶金工业部地质局　杨尔煦

由于石油和工程地质物探的需要，地震勘探在仪器和方法上都有很快的发展，从而为其在金属矿区的应用创造了条件。

金属矿的地震勘探往往会遇到许多困难。

首先是以前没有适合于金属矿物探用的仪器。工程地震勘探用的是初至波折射法，勘探深度多在100米以内，而且要求上面速度低，下面速度高。这样的工作条件对勘探上层厚度和基岩的

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

风化程度来说是非常合适的。但在金属矿的物探工作中，除了要研究基岩的起伏情况外，更重要的是探测基岩下面的情况，这显然就不适合了。石油地震勘探用的是低频深部勘探，用于研究至少是500 米以下的构造，而对100～500米范围内的金属矿，实际上研究得很少。直到70年代末期法国密尼—索西的高分辨力地震反射系统出现以后，才打开了浅层反射波地震勘探工作的新局面。它在美国休斯敦附近所取得的计算机处理剖面，最浅的反射层只有80米。1980年，在美国勘探地球物理年会上发表了宁巴斯(Nimbus)公司4年来的研究成果，他们用宁巴斯ES—1210F 型12道增强型地震仪，通过电子计算机数字处理，取得了30～300米的浅层反射波。从此金属矿物探所需要的100～500米浅层反射波地震勘探，有了比较轻便的仪器，为金属矿地震勘探开辟了新的前景。

第二，金属矿区地形起伏都比较大，浮土厚度不均匀，不仅低速带要改正，甚至高速带也要改正。这就使金属矿区的静态校正工作变得很复杂。所以，石油地震勘探的经验不能套用。

第三，金属矿区地下物性体形态复杂，其特点是探测深度小而要找变化大的扰动。不能完全采用石油勘探的数字处理程序。因为找石油的目标是大而平滑的构造，应用它的程序会把这种扰动圆滑掉了。后面的问题是金属矿地震勘探本身的特殊问题，需要在今后的实践中加以解决。金属矿地震勘探已经到了不能再等的时候了，必须加快发展。

新 仪 器

目前，国外适用于浅层反射波地震勘探的新仪器有以下几种：

1.ES—1210F型12道增强型地震仪　美国乔曼克斯公司和宁巴斯公司生产的12道增强型地震仪是较新的产品。它的特点是：(1)讯号得到增强。用16磅大锤打固定在地面上的铁板，每打一次，地震讯号就储存在储存器里，同时在一个白天可见的示波器上显示出来。锤击地震讯号不断累积，而干扰讯号是随机的，就会正负相抵，直到累积的地震记录满意为止。这时可以用电敏纸印出硬考贝。(2)讯号数字化储存。当看到满意的地震记录以后，还可以将数字化的讯号通过数字磁带记录仪转录到磁带上，以便长期保存。磁带记录仪有G—721S型和DMT—911型两种。前者用盒式磁带记录，每盘可储存4个记录。后者用7英寸盘磁带记录，每盘储存140个记录。这两种记录仪都采用9轨SEG—D编码记录。可以输入到大多数计算机中处理。美国采用内存48 K的APPLE—II型微计算机进行数据处理。这种微计算机很轻便，可以带到工地，现场处理。(3)地震记录时间和取样时间均可调整。根据物性体的深度，即勘探深度来选取时间。地震记录时间为50，100，200，500，1000，2000毫秒，取样时间为50，100，200，500，1000，2000微秒，这样就可以保证获得高分辨率的记录。还有一个可控延时，在0～9.999 秒中任意选择，延时的准确性是1毫秒。通过延时可以把地震记录的早期部分取消。这样可以对后面部分的记录加大取样率和延长整个记录时间。(4)可控放大。每道的放大器都按6个分贝一级在0～66分贝之间调整。离震源近的检波道可用低放大增益。另外还有一个装置可以停止某几道检波器的储存。操作员可以通过示波器监视，哪几道记录已经满意，就可以立即"冻结"，这样可以保证获得较好的地震记录。(5)可控滤波。因为不同深度有效反射波频率不同，大体上30～200米以内的反射波需要高频200～300赫；200～1000米左右的反射波需要50～200赫，而石油上用的深层反射波则用低频30～50赫。这个仪器带有从30～300赫的可控滤波器。宁巴斯公司为了取得30～100米的浅层反射波，采用100～300赫的滤波档，大大地压制了低频的面波干扰，取得了良好的反射效果。他们预测，为了取得小于30米的反射波，可能要用量程为1000赫的滤波器。因此，ES—1210F 型12道增强型地震仪，是一种较理想的浅层反射波地震仪。用6次锤击就可以取得30～200米的反射波。仪器重17公斤。当然，要做折射波地震勘探也是可以的。

2.ES—2145F型24道增强型地震仪　与前述ES—1210F 型仪器相仿，具有相似的特点。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

但震源可以用锤击，也可以用打夯机。乔曼克斯公司还设计了一种非爆炸震源(Dyna Source)。它用5马力汽油机带动一个压缩机，然后用压缩空气推动活塞向地面打击。原理和打夯机一样，但能量较大。因为仪器道数较多，用打夯机可以进行1000米左右的高分辨率反射波地震勘探，也可以做200米左右浅层多层折射波地震勘探。另外，还采用了可控的高通和低通滤波。高频截止频率10～990赫，低频截止频率10～290赫。可见，该仪器工作频率的范围很宽，适合各种深度的地震勘探。其取样时间为1/8，1/4，1/2，1，2，4毫秒。记录时间从1/8到4秒，可根据不同勘探深度选取。除了0～66分贝的可控放大以外，每一通道都有102分贝的前置放大器。从以上几点来看，ES—2415F型地震仪适合于用长检波器排列进行较深的多层折射波勘探，也适合于金属矿区大面积的浅层反射波勘探，是金属矿地震勘探较理想的仪器。

3.数据处理型地震仪 法国密尼—索西12道数据处理型地震仪，是一项划时代的产品，它开辟了1000米以内浅层反射波地震勘探的途径。该仪器是用打夯机做震源，发生拟随机脉冲串的能源，可进行讯号叠加处理。所不同的是将震源的参考讯号输入微处理机，和检波器接收到的并经过放大了的地震信息进行相关处理，从而大大提高了浅层反射波的信噪比。

仪器所用打夯机可以不断改变发动机转速，形成拟随机脉冲。打夯机每秒振动约10次，一个1000米左右的反射波地震记录需要1500次，约150秒钟。它产生的频率在50～150赫之间，因此也适合浅层反射波地震勘探的需要。

取样时间为1/4，1/2，1.2，4毫秒。数字化的地震记录可以转录在DHR—1632MS磁带记录仪中。

该仪器需两台汽车，一台装仪器和记录器，一台装电源，电缆和检波器。这种仪器的勘探深度也适合于金属矿地震勘探。

类似的仪器还有美国拜森(BISON)公司最近研制的Geo-Prob 8012型12道数据处理型地震仪。它有两个Z-80微处理机，可对地震波信息的输入、放大、滤波及数据处理过程进行程序控制。这种仪器是手提式的。

日本OYO公司正在研制的McSeis 1500型12道地震仪，也是这一类仪器。它由讯号增强装置（用一个Z—80微处理机控制）、显示装置和磁盘记录仪组成。

工作方法的进展

浅层反射波地震勘探要想取得良好结果，除了有好的仪器外，还需要研究地震的工作方法，如最佳反射窗口的选择，克服干扰波的措施和多次覆盖技术等[1,2]。

1.频谱分析和频率滤波 信号增强型地震仪只能解决随机的噪音，但不能压制有规律的地震干扰波，如面波、空气波和直达波等。为了了解野外记录中各种波的成分，现在有一种适合于野外使用的SA—1型频谱分析仪，可迅速分析反射波和干扰波的频谱范围。频率滤波的目的在于压制强大的面波，因为面波是低频的，用频率滤波把低频部分切掉。

浅层反射波勘探中最重要的是提高震源的高频部分。美国学者认为[1]，用重锤比用小炸药量的爆炸具有更多的高频成分，也有利于切掉低频的面波，高频成分增多仪器中的高通滤波器和数字滤波软件才能起作用。

2.最佳反射波窗口的选择 图1所示为100米以内反射波最佳窗口的选择。最佳窗口的最近接收点主要决定于面波和空气波。面波振幅大，频率低，可用频率滤波切掉。但尽可能要离震源稍远些，使面波有所衰减。空气波频率较高，需要用多个检波器组合接收来消除。一般最近接收点选在震源以外30～40米。最远接收点要避免广角反射，因反射角大，反射波会产生相位错动，影响同一界面反射波的追踪。因此，最远接收点的距离最大不能大于勘探物性体埋深的1.5倍。

同理，500米以内的反射波地震勘探的最佳窗口，应该选择在面波和直达波之间的时空范围内。

3.多次覆盖技术 这项技术已在石油和煤田中广泛应用。主要是改进野外工作方法，对同一段地下物性体进行多次重复追踪。然后在室内

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对地震记录作静态和动态改正，并将同一个反射点用不同震源的地震记录相互叠加(图 2)。同时还可以压制各种干扰波，突出反射波。工作中多采用 4 ， 6 或12次叠加。当然这样做大大地增加了野外工作量。

共深点叠加的另一个重要作用是使真正的一次反射波得到加强，而多次反射波受到压制。

这个方法一般在详查阶段使用，可以详细追踪分界面，并确定落差较小的横断层。

4.数据处理 有了数字化磁带记录以后，大量数据处理工作已由计算机完成。计算机的软件可进行自动速度分析、静态校正、动态校正、共深点叠加和滤波等工作。最后给出时间剖面、深度剖面和速度分析资料。

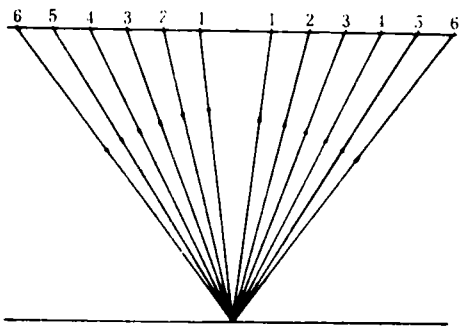

图 2 共深点叠加

通过以上介绍可以看出，要把这些技术用于金属矿地震勘探是完全可能的，只是要根据金属矿的特点加以改进就可以了。

为找矿和找构造服务

金属矿床勘探的课题很多，苏联在这方面已做了不少工作[3]。我国开展金属矿浅层地震勘探，应从易到难，逐步深入。

首先，应用于找层状矿床，如铝土（包括耐火粘土）矿、碳酸锰矿、沉积型铀矿、铁矿，乃至层控锑矿。在详细勘探之前，可用地震勘探查明矿层埋深，确定横断层位置。这类矿床多是缓倾斜的，勘探阶段要圈定有一定落差的横断层。

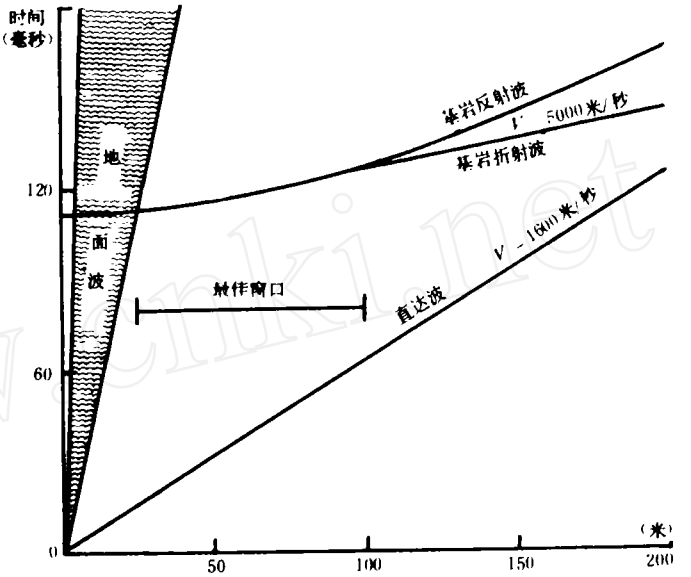

图 1 最佳反射波窗口的选择

这种断层虽小，但对采矿影响很大。用钻探圈定此类断层比较困难，在断层两侧打的钻，按倾斜把层位联起来，往往会漏掉断层。用地震勘探预先把层位和断层推断出来，然后用钻探证实，可以提高勘探的准确性。有的矿床被较厚的第四纪或其他盖层所覆盖，由于断层错断后往往找不到矿层的位置。用钻探去找，既太费钱也太费时，如果能用地震剖面去追踪，肯定效果会更好一些。

第二，可以用地震勘探研究与古河道有关的砂矿床。当一条河发现有砂金以后，目前的做法是根据地貌判断，布置几条横剖面进行普查。如用折射波地震勘探先普查一下古河床的形态，然后再来布置钻探剖面，效果一定会更好。

第三，是研究和构造有关的矿床。当然这受一定条件的限制，最好是地层比较平缓，地震勘探可以利用地层条件来研究断层和其他构造，然后根据构造来找矿。

第四，是能否用地震勘探方法来研究不整合面和隐伏火成岩的起伏。这是一个困难的课题，只要上下有速度差别，是可能把不整合面测出来的，在这方面已有成功的实例。研究隐伏火成岩起伏更难一些，因为火成岩的界面变化大，在界面上

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

很可能产生许多散射波，而无法测定反射波。

总之，地震勘探找金属矿是能起一定作用的。我们一定要把波速这个参数用上，使物探工作更好地为找矿和找构造服务。

参考文献

[1] J. A 亨特等，1980，52届美国物探学会年会论文

[2] 王立群，1981，赴美工程物探技术考察报告

[3] Ю. А. 卡拉耶夫，物探化探译丛，1983，№3

层控条件下钻孔岩矿芯标本磁参数的矢量测量

内蒙冶金地质三队　　乔占海

本方法在实践中经常遇到岩矿芯需及时劈开取样分析，钻孔测斜资料不能及时获得，使计算与实测工作无法进行的情况，因此有必要加以改进。我们通过改变岩矿芯实测坐标的选取位置，采用无钻孔测斜资料情况下的直接测量法，然后进行空间坐标转换，既满足了物探对磁参数的需要，又保证了化验工作的及时性。现介绍如下，作为对笔者前一篇文章[1]的补充。

岩层与钻孔倾向形式多样，有必要归类研究。以岩层走向线为界，钻孔倾向方位与岩层倾向方位在此界线同一侧者，为同向钻进；反之为反向钻进。

由文献[1]的图2可见，同向钻进时，$\vec{A'b}$和$\vec{A'C'}$在一条直线上，方向相反，γ角恒等于π。

反向钻进时，$\vec{oB}$位于ox轴右侧（v角取正值），$\vec{A'b}$的位置应从$\vec{A'C'}$顺时针旋转γ角。$\vec{oB}$位于ox轴左侧（v角取负值），$\vec{A'b}$的位置应从$\vec{A'C'}$逆时针旋转γ角。各类钻进时$\vec{A'C'}$与$\vec{A'b}$的关系见本文图1。

岩芯从岩芯管内倒出后，多数上下端保持其原始状态，而个别岩芯由于在地面上的滚动，出现了上下端颠倒的情况。在上下端颠倒了的岩芯上端定向，进行本方法的实测，所得$\vec{J_r}$的方向是错误的，使其分布规律人为地发生混乱。

结合实地磁异常的特征，分析$\vec{J_r}$与$\vec{J_i}$的关系可知，磁性体引起的磁异常规律性好，$\vec{J_r} > \vec{J_i}$，$\vec{J_r}$将是控制磁异常特征的主要因素。如果以正异常为主，$\vec{J_r}$的方向不可能向上。符合此种情况的，岩芯标本实测后，θ_r计算结果出现负值时，通常是因为岩芯上下端颠倒造成的。

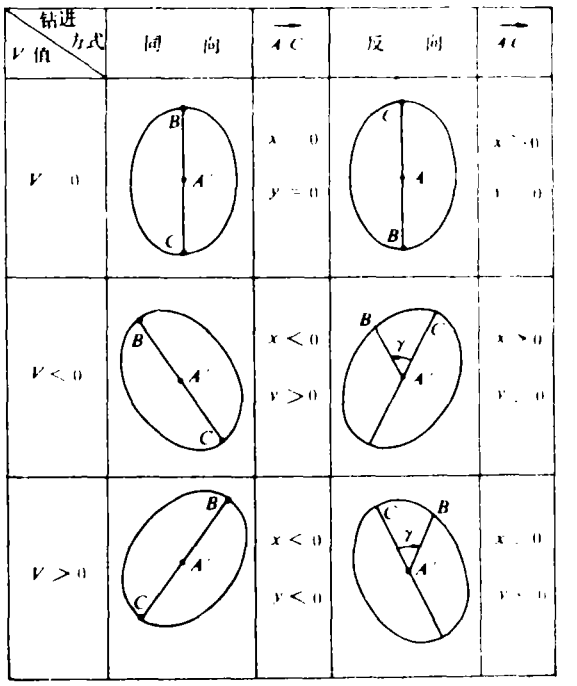

图　1

将岩芯上端位置正确地（实测坐标用$x_{上}$，$y_{上}$，$z_{上}$表示）与上下端颠倒时（实测坐标用$x_{下}$，$y_{下}$，$z_{下}$表示）的实测坐标位置都投影到岩芯正断面上（图2）。根据两坐标之间的关系，求出变换公式（5）。

$$\begin{cases} x_{上} = -x_{下} \cdot \cos 2\gamma + y_{下} \sin 2\gamma \\ y_{上} = x_{下} \cdot \sin 2\gamma + y_{下} \cos 2\gamma \\ z_{上} = -z_{下} \end{cases} \qquad (5)$$

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net