

关于重力勘探的地形改正问题

前言

在这一点C的重力地形改正值 g_t 可由下面的体积分给出:

$$g_t = G\rho \iiint_V (r^2 + z^2)^{-3/2} z dv \quad (1)$$

G 为重力常数, ρ 为岩石密度, r 为由中心点C至体积元 dv 的水平距离, z 是由体积元到经过C点的水平基准面的垂直距离。 V 是岩石表面与基准面所包围的体积, 与岩石表面是在基准面之上或下并无关系(见图1)。所要进行改正的范围 R 取决于应用的场合和地

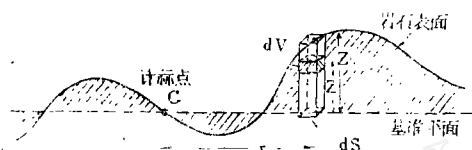


图1 体积分的计算(方程式1)

形的类型。在小山不太多的地区对找金属矿来讲, R 等于10公里可认为是足够的了。在这种情况下, 地球曲率的影响可忽略不计。

在方程1中先对变数 z 求积分, 得

$$g_t = G\rho \iint_S \{ r^{-1} - (r^2 + z_s^2)^{-1/2} \} dS \quad (2)$$

式中 S 是计算的面积, z_s 是面积元 dS 上岩石棱柱体的高度。

对坡度平缓的地形 $z_s \ll r$, g_t 可以近似地表示为

$$g_t = G\rho f \iint_S (h_s - h_c)^2 r^{-3} dS \quad (3)$$

h_c 和 h_s 分别是C点和面积元 dS 的海拔高度, 高于海拔的为正, f 的值为0.5。

求面积 S 内的积分时, 近区与远区相比, 需要较密的高程读数格网。所以在实际工作中将计算分成几个步骤。对找矿工作来讲, 详查用40米的测线距, 区测与小比例尺测

量时, 采用200米与1000米的测点间距。所以最好分别以400米、2000米和10000米的半径将面积分成近区、中区和远区三个部分(见图2)。在各方格中给出高程。对应于这三

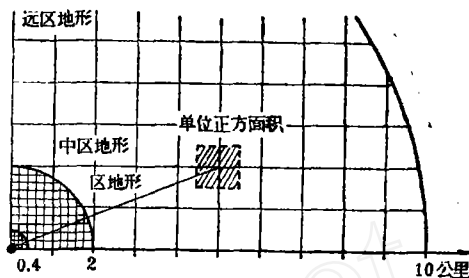


图2 计算面积的划分

个部分的点距分别为40米、200米和1000米。对所有的高程格网进行同样的计算(将在下面介绍), 计算的重力改正值贮存在磁带中。最后再把近区、中区和远区的改正值累计在一起, 并与布格异常相加。

误差与模型的讨论

计算得的 g_t 值的精度首先决定于用离散化的 h 读数来描述实际的地形是否足够充分。从统计学的观点来看, 每个离散的 h 值代表边长为 D 并以测点为中心的方块内的平均高度。 D 为点距。一般对于小范围内的地形特征(例如台阶、狭谷等)经常具有几米的高差, 我们希望在40米间距范围内, 高程的离散值与平均值间的标准离差为1~2米。如果坡度最大达到30°, 发现在最坏的情况下方格单元产生的 g_t 的误差约为0.05毫伽。然而, 由于离差具有统计分布特征, 当对大量读数的影响求和时, 那些单个的误差将彼此抵消。

观测值最简单的表示方法采用阶梯(或直方图)模型。假定每个方块面积内地形高度不变, 这样的模型, 在山坡上尤其会产生误差。在距离 r 大于 $2D$ 时, 最大误差将比上述

误差大1~2倍。如地形起伏的波长比积分面积的范围小很多,则可以料到甚至模型的误差也可在某种程度上抵消一部分。在中心附近,阶梯有向中心点倾斜的趋向。如果把这一事实也考虑在内,可以使地形模型符合于经常见到的地形坡度不变的情况(见图3)。

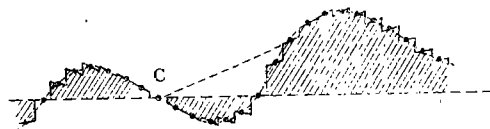


图3 用倾斜阶地代表的地形

方程(3)是方程(2)的一级近似表达式。给出的值总是过大。将常数 f 的值由0.5改为0.45,对于 $0\sim 25^\circ$ 之间的任何角度($R=400$ 米),所得误差绝不超过0.05毫伽。对于起伏平缓的地形,重力改正值 g_t 将低估了0.01~0.03毫伽。但是覆盖层厚度的局部变化往往也能有这样大的波动。由于覆盖层的密度比岩石的小,因此这种低估的值是切合实际的。

计算方法

采用阶梯模型,方程(3)可近似地表示成下面的求和公式:

$$g_t = \frac{G\rho f}{D} \sum_{i,j} C_{ij} (h_{ij} - h_c)^2 \quad (4)$$

式中 i, j 是中心点 C 周围格网点的指标; C_{ij} 为常数,与所假定的模型以及以间距 D 为单位表示的分区半径 N_1 和 N_2 有关。应该注意到,方程(4)包含了各种内插方法,其中

相对高度的平方 $(h - h_c)^2$ 表示成相对读数的平方 $(h_{i,j} - h_c)^2$ 的线性多项式。

由于方程(4)非常简单,特别适于用数字计算机计算。从经济节约的观点来看,该式比任何一种根据数据内插公式或者比应用含平方根计算的方程(2)要优越。因为用近似方法引入的统计误差可能与由于原始观测数据稀少所产生的误差具有同样的数量级。因此方程(4)是可以采用的,至少对坡度不超过 25° 的地区,可以用于一般重力测量结果的例行整理工作。

常数 $C_{i,j}$ 作为二维二阶矩阵贮存在计算机里面,行和列的数目为 $2N_2 + 1$ 。在例行的计算中 N_2 的值为10,意味着常数的数目为441。落在环形区域以外的常数定为零。对于近区计算,最里面的半径 N_1 的值为0。对于中区和远区的计算必然不包括内半径里面的部分。因为各个半径之间的关系是这样选择的,使外内半径的比在两种情况下都是5:1,而且在远区的计算中,内半径 N_1 的值取为2。在离中心最近的位置上,矩阵(“圆孔”矩阵)的值为0。表1所给的常数矩阵是用倾斜阶梯模型计算的。对于中心部分,应用了一种内插多项式。坡度均匀的地形(山坡)是野外常见的。为了符合此条件,必须满足下面的关系:

$$\sum_{i,j} C_{i,j} (i^2 + j^2) = 2\pi(N_2 - N_1) \quad (5)$$

计算重力地形改正的常数矩阵
半径: $N_1 = 2$ 单位, $N_2 = 10$ 单位。只给出矩阵的一个象限。常数应乘以 10^5

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	i/j
0	0	4,696	3,847	1595	809	466	294	196	137	50	0
0	0	6,330	3,278	1454	761	447	284	192	135	44	1
4,696	6,330	4,770	2,198	1136	646	397	260	179	128	27	2
3,847	3,278	2,198	1,430	810	508	333	227	160	116	1	3
1,595	1,454	1,136	810	557	383	268	192	140	69	0	4
809	761	646	503	383	284	211	157	118	4	0	5
466	447	397	333	268	211	165	128	44	0	0	6
294	284	260	227	192	157	128	70	0	0	0	7
196	192	179	160	140	118	44	0	0	0	0	8
137	135	128	116	69	4	0	0	0	0	0	9
50	44	27	1	0	0	0	0	0	0	0	10

全部常数矩阵的总和
 “圆孔 (Hole)” 矩阵 2.51304
 全矩阵 10.67128
 将下列的量相加得到全矩阵 ($N_1 = 0$)

0	1	2		i/j
0	130,400	86,00		0
130,400	58,556	3,200		1
8,600	3,200	0		2
.....				,
.....				,

内 插

利用方程 4，只是对格网的点计算 g_i 。当把求得的中区和远区地形改正值加到近区地形改正值时，需要一种内插的方法。其中一定要考虑改正量的垂向梯度 (g'_i)。在河谷中，垂向梯度一定比水平梯度大得多。方程 (4) 对 h_c 求微商可得 g'_i ：

$$g'_i = -\frac{2G\rho f}{D} \sum_{i,j} C_{i,j} (h_{i,j} - h_c) \quad (6)$$

只要近似式 (4) 成立，则二次导数 g''_i 为一常数：

$$g''_i = +\frac{2G\rho f}{D} \sum_{i,j} C_{i,j} \quad (7)$$

在格网点 C 附近的一点 P 的改正值为

$$g_i(h_c + \Delta h) = g_i(h_c) + g'_i(h_c) \cdot \Delta h + \frac{1}{2} g''_i(h_c) \cdot (\Delta h)^2 \quad (8)$$

式中 Δh 是 P 点的高程与 C 点的高程的差。在这里，水平梯度忽略不计。

如果横向位移大，必须做相邻格网点之间的内插。由于这些点的高程可能不一样，而使情况变得复杂起来。为解决这一问题，研究了几种改变这种复杂情况的数学方法。所选定的方法其依据是，假设在给定区域内， h 呈线性变化，则 g_i 与 g'_i 也几乎可能是呈线性变化的。所有 h, g_i 与 g'_i 这样一些量，都用双曲抛物面函数内插：

$$g = a + b \cdot x + c \cdot y + d \cdot x \cdot y \quad (9)$$

为研究的量， a, b, c, d 是所给相邻四个格网点值的线性组合。将内插的值代入方程 (8) 中，并将式中的 h_c 换成内插高度 h_i ，而 Δh 是指实际高度 h_p 与 h_i 的差。

附 录

上述重力地改方法是对贮存在磁带上的数据用一组子程序进行运算。原始数据以及中间的和最终的结果按 10×10 个数据一组贮存，每组都有标号注明本性与座标。结果打印成图，每次一组，对于近区地形，面积为 400×400 米（间距 40 米）。这些子程序是地球物理观测成果例行计算与管理的数据处理系统的一个组成部分。

译自：《Geoexploration》，
1967, Vol.5, No.2,
p.65~70

作者：L. 格兰纳
华佳译，邵梦林校

地 质 过 程 中 铁 的 表 生 氧 化 物

下面介绍的，是根据实验研究结果所得出的表生带铁的氧化物产生和转化的几点结论，以及风化壳中铁的运移和沉淀的若干看法，摘译自 Ф.В. 楚霍洛夫等人所著《Гипергенные окислы железа в геологических процессах》一书 (1975)。

——译者

1. 水氧化铁矿（也有人译作铁氢石，Ферригидрит, Ferrihydrite 见本刊 1973 年第 8 期 47~52 页）在铁的地球化学发展史中起着重要的作用。这是一个现在和过去都分布极广的 Fe^{3+} 组的不稳定的表生矿物。水氧化铁矿可以看作是流出地表的地下水 Fe^{2+} 的典型氧化产