

应用重力学野外教学实习指导书

(试 用)

孟小红 郭良辉

中国地质大学（北京）
地球物理与信息技术学院

目 录

前言	1
一、重力实习工区概况	2
二、重力测量野外施工技术设计	2
三、施工前的准备	3
(一) 重力仪的准备	3
(二) 其它准备工作	7
四、重力测量工作方法	7
(一) 重力仪的使用	7
(二) 基点网联测	8
(三) 测点观测及检查点观测	8
(四) 测地工作	8
五、重力异常的计算和施工报告的编写	8
(一) 重力异常计算	8
(二) 绘制各种图件和图表	9
(三) 施工报告的编写	10

前言

野外教学实习是应用重力学课程的一个不可缺少的重要教学环节，可以巩固和加深对课堂理论教学内容的认识和理解，进行重力勘探方法和技术的基本训练，培养学生实际操作和资料处理、解释能力以及综合分析问题、解决问题的能力。

教学实习基地及工区的选择是非常重要的，既要考虑教学效果，又要服从客观条件，这需要下一番工夫。由于各方面条件的限制，本次教学实习分两个阶段进行，第一阶段为野外部分，在北戴河塔山教学基地进行重力仪实际操作和野外数据采集实习，第二阶段为资料处理、解释和编写报告阶段，利用在北戴河塔山重力实习工区测得的实际重力资料进行资料处理、解释和编写报告。

教学实习的内容和方式应该是“真刀真枪”的，但又区别于生产性重力测量工作，由于时间短，任务重，因此，我们选择了野外生产中最重要、最常用的环节让每一位同学亲手操作，这对于培养学生的动手能力，更好的与野外实际生产相结合具有积极的促进作用。

让我们共同努力，顺利完成这次教学实习。

2008年5月18日

一、重力实习工区概况

本次教学实习实际资料采自北戴河塔山重力实习工区。塔山实习工区属于河北省秦皇岛市，位于中国地质大学实习基地所在的山东堡西北约 1.5 公里。交通方便，乘北戴河——秦皇岛市之间的公共汽车可达。

工区以塔山为中心（塔山重力工区图），北界偏坡村（P）村，南抵大庆石油学院（Y 校），面积约 1.5 平方公里，工区内地形起伏不大，最高点（塔山）海拔高 54.3 米，最低处约 20.0 米，相对高差约 34.0 米，除 A-B，B-C 土路可通小型拖拉机及自行车外，其余地方只能步行。

本区处于华北地台东步边缘，属于山海关隆起的东部。基底地层是太古代的混合花岗岩。在吕梁运动时期，地壳开始上升，地层受到剥蚀，致使元古代以后的地层大量缺失，仅在某些局部地区见到侏罗系地层，组成近南北向的向斜。在燕山运动时期，工区发育了南北—东西向两组共轭断裂及 NEE—SWW 向断裂。由于岩浆上涌，沿早期断裂形成了各种岩性的岩脉，主要是：辉绿岩脉、花岗斑岩岩脉以及伟晶岩脉等。

塔山山体由一个沿 NE 向断裂发育形成的中生代辉绿岩脉组成，东西延伸 800 米，山体高约 20 米。辉绿岩脉密度 $2.8-3.0\text{g/cm}^3$ ，其围岩（太古代混合花岗岩）密度为 $2.4-2.5\text{g/cm}^3$ ，密度差约为 0.5g/cm^3 。重力实习的目的是圈定岩脉的大致位置并估计其产状。

根据前人介绍，工区内重力异常变化约有 10g.u. ，由岩脉引起的重力异常约有 3g.u. 。

二、重力测量野外施工技术设计

1. 测区范围（塔山重力工区图）

测区以塔山为中心，Y 校以北，P 村以南地区。

2. 工作比例尺及测网

工作比例尺：1:5000

测网由三条测线构成：I 线沿 A-B 路；III 线沿 C-E 路；II 线在 I、III 线之间。

点距：一般在 50 米，在异常区加密至 25 米。

3. 异常精度的确定及误差分配

辉绿岩脉引起的异常约有 3g.u.，于是异常总精度 $\varepsilon_{\text{异}} = 1\text{g.u.}$ ，由下式：

$$\varepsilon_{\text{异}} = \sqrt{\varepsilon_s^2 + \varepsilon_b^2 + \varepsilon_d^2 + \varepsilon_\varphi^2}$$

可以把各项误差分配为：

$$\varepsilon_s \leq \pm 0.5, \quad \varepsilon_b \leq \pm 0.5, \quad \varepsilon_d \leq \pm 0.5, \quad \varepsilon_\varphi \leq \pm 0.2, \quad \varepsilon_{\text{异}} \approx 0.89$$

4. 基点网设计

(1) 基点网布置

工区布置 4 个基点：G1、G2、G3、G5，基点位置见图。

(2) 基点精度

$$\varepsilon_{\text{基}} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\text{异}} = 0.25\text{g.u.}$$

三、施工前的准备

(一) 重力仪的准备

本次实习使用两台重力仪：LaCoste & Romberg 型，No: 1131 和 No: 1139。重力仪的准备工作包括以下内容：

- (1) 横水准器检查、调节，在实习基地进行。
- (2) 灵敏度检查调节，在实习基地进行。
- (3) 读数线检查调节，在实习基地进行。
- (4) 静态及动态实验，在实习基地进行。
- (5) 一致性试验。

1、重力仪的基本操作步骤

- (1) 将仪器小心从箱中取出，轻轻放在铝盘上。
- (2) 将电池与仪器接上，打开温度显示，对仪器内部进行电恒温处理，直到达到仪器指定的恒温温度（大约需要 2-5 小时）。
- (3) 将仪器纵、横水泡调节居中。

- (4) 打开读数灯泡，从目镜中观察摆丝位置，这时摆丝停靠在左侧终止线上。
- (5) 打开摆丝锁定开关，调节刻度盘，使摆丝可以自由摆动。
- (6) 进一步调节刻度盘，使摆丝与仪器指定的读数线重合。
- (7) 记录计数器上的读数。

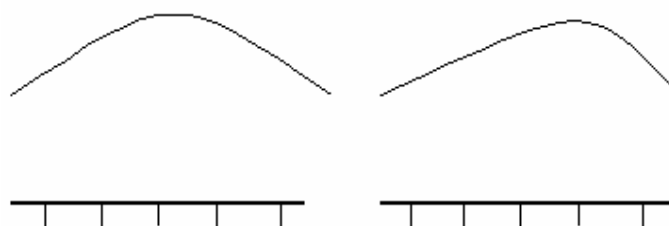
2、重力仪读数器位置初步估计

G 型重力仪是全球型重力仪，读数器范围 0-7000，为了使仪器在新的工作区尽快进入工作状态，可根据下表估计计数器的大致位置。

纬度	近似重力值	近似读数值
0	978.046	1430
10	978.203	1600
20	978.652	2050
30	979.337	2750
40	980.178	3600
50	981.078	4530
60	981.930	5400
70	982.623	6100
80	983.073	6560
90	983.223	6700

3、横水准器检查与调节方法

- (1) 利用纵、横水泡调节装置，将纵、横水泡调节居中。
- (2) 利用刻度盘，将摆丝与仪器的读数线对齐，读出计数器上的读数。
- (3) 保持纵水泡居中，调节横水泡位置，使其向某一方向偏离中心位置 1-2 格。
- (4) 利用刻度盘，将摆丝与仪器的读数线对齐，读出计数器上的读数。
- (5) 保持纵水泡居中，调节横水泡位置，使其继续沿某一方向再偏离 1-2 格。
- (6) 利用刻度盘，将摆丝与仪器的读数线对齐，读出计数器上的读数。
- (7) 向另一方向重复 3-5 步过程。
- (8) 以水泡位置为横坐标，以计数器上的读数为纵坐标，画水泡曲线。



(9) 如果横水泡居中时读数最大（左图），则横水泡位于正确的位置。否则（右图），将仪器调到读数最大的位置（这时水泡不居中），保持仪器不动，利用横水泡调节螺丝将横水泡调节居中。

(10) 重新检查水泡位置。

4、灵敏度的检查与调节方法

仪器的纵水泡与摆丝平行，用来确定仪器的灵敏度。

- (1) 在仪器恒温状态下，将纵、横水泡调平，打开摆丝开关。
- (2) 利用刻度盘将摆丝调到左侧终止线，然后再向右调，距离左侧终止线 1-2 个光线格。
- (3) 记下刻度盘位置，再顺时针旋转一圈（1 毫伽）。
- (4) 从目镜中观察摆丝的移动。
- (5) 如果摆丝的移动在 9-11 个光线格之间，灵敏度合适，不需要调节。
- (6) 如果摆丝移动小于 9 个光线格，灵敏度低，需用如下方法将灵敏度调高：将纵水泡向远离目镜方向移动一点（向左移动），使仪器右侧降低，检查灵敏度，如果在允许的范围内，则小心保持仪器不动，调节纵水泡螺丝使纵水泡居中。
- (7) 如果摆丝移动大于 11 个光线格，灵敏度过高，这时要抬高仪器的右侧（纵水泡向右移动一点），方法同上。

5、读数线的检查与调节

- (1) 在仪器恒温状态下，将纵、横水泡调平，打开摆丝开关。
- (2) 调节刻度盘，使摆丝与读数线重合，如果读数线不知到的话，将读数线选在两端终止线的中间。
- (3) 保持横水泡水平，使纵水泡向某一方向倾斜 1 个光线格，记录目镜中摆丝的位置。
- (4) 将纵水泡向另一方向倾斜 1 个光线格，记录目镜中摆丝的位置。
- (5) 如果摆丝向大刻度方向移动，而且纵水泡向两边倾斜时，移动量近似相等，则读数线位置正确。
- (6) 如果仪器右侧低时（纵水泡向左偏），摆丝向小刻度移动，则读数线位置偏低。
- (7) 如果仪器右侧低时（纵水泡向左偏），摆丝向大刻度移动的量大于仪器

右侧高时（纵水泡向右偏）摆丝向大刻度移动的量，则读数线位置偏高。

- (8) 如果通过上述检验发现读数线位置不正确，重新调平仪器，设置新的读数线。重复上述检验过程。

6、将记数器读数转换成毫伽

每一台重力仪都有一个标定表，重力仪在零点时记数器上的读数通过标定表转换成毫伽，具体作法如下：

设 G-1131 号重力仪记数器上的读数为 3654.32，看如下标定表

G-1131 号重力仪标定表

记数器读数	毫伽值	间隔因子
3000	3071.87	1.02465
3100	3174.33	1.02473
3200	3276.80	1.02481
3300	3379.29	1.02489
3400	3481.77	1.02496
3500	3584.27	1.02503
3600	3686.77	1.02510
3700	3789.28	1.02516
3800	3891.80	1.02522
3900	3994.32	1.02528
4000	4096.85	1.02533

G-1139 重力仪标定表

记数器读数	毫伽值	间隔因子
3000	3092.48	1.03148
3100	3195.63	1.03156
3200	3298.78	1.03165
3300	3401.95	1.03174
3400	3505.12	1.03182
3500	3608.31	1.03191
3600	3711.50	1.03200
3700	3814.70	1.03208
3800	3917.90	1.03217
3900	4021.12	1.03225
4000	4124.35	1.03233

则重力值读数为：

$$3686.77 + 54.32 \times 1.02510 = 3742.45 \text{mGal}$$

（二）其它准备工作

包括：收集资料、测量仪器及器材、记录本、计算表、计算与绘图用品等。

特别强调，重力仪是精密、贵重仪器，必须引起高度重视，在使用中严格遵守下列规定：

1. 实习小组长和操作员要对仪器安全负责，除操作员外，其余人员不得随意动用仪器。
2. 操作员在观测时，不得与他人说笑、打闹和擅自离开仪器。
3. 仪器要轻拿、轻放，在测点间最好装箱搬运。
4. 不得日晒、雨淋。
5. 发现故障不得私自处理，及时报告指导老师。

四、重力测量工作方法

（一）重力仪的使用

1. 横水准器位置的检查

每天早上出工以前，要对横水准器位置进行检查，检查方法同上。为了避免延误出工时间，这项工作也可以在头一天晚上进行，不过在检查后移动仪器要小心。

2. 灵敏度检查

每日早上出工前及收工后，均检查一下灵敏度并记录下来。

3. 重力仪进入工作状态判断

重力仪是否进入工作状态，可以在每日开工的第一个基点处，采用基点—辅助点—基点的观测方式进行检查，即首先在基点读数 S_1 ，然后选择一个与基点有一定重力差的辅助点观测，再回到原来基点读数 S_2 ， $|S_2 - S_1| < \varepsilon$ ，认为仪器已经进入工作状态，否则重复基点—辅助点—基点观测，直到满足要求为止。

4. 读数及记录

在基点读三个数，在测点读两个数，记录一律用铅笔，字迹工整，不准涂改，记录出错时，用铅笔画斜杠，在其上半部记下正确数据。

当操作员报数时，记录员需回报以核对。

（二）基点网联测

采用三重小循环方法进行基点联测，观测路线为：

G1→G2→G1→G2→G3→G2→G3→G5→G3→G5→G1→G5→G1

几台仪器同时观测，一个边取得多个独立重力增量。

（三）测点观测及检查点观测

测点观测用单次观测法。取测点数的 5% 作检查观测，检查观测与测点观测要求不同仪器，不同操作员，不同时间。

一个测点上的记录包括：重力仪读数，读数时间，仪器底盘与木桩顶部的高差(cm)，以测点为圆心，半径 50 米圆周上八方位上高程与测点高程的高差(m)。

（四）测地工作

定点位：根据设计用测绳，每 50 米定一个点，打下木桩，用红漆在木桩上写上点线号。

水准测量：测出每一测点的高程，以 G1 为总基点，计算出每一测点相对于总基点的高差。

五、重力异常的计算和施工报告的编写

（一）重力异常计算

1、布格改正及精度计算

平缓地区采用下式改正： $\Delta g_b = (0.3086 - 0.0419\sigma)h$

式中： Δg_b —布格改正值， 10^{-5}m/s^2 ；

h —测点海拔高程或测点与基准点的高差，m；

σ —中间层平均密度， g/cm^3 。

当测区面积较大、地形高度变化也较大且 $R \gg h$ 时，用下式改正：

$$\Delta g_b = [0.3086(1+0.0007\cos 2\psi) - 0.72 \cdot 10^{-7}h - 0.0419\sigma + 0.02095\sigma h/R]h$$

式中：R—圆域地形改正最大半径，m。

一个地区必须采用统一的中间层密度和布格改正系数，以海平面为基准面计算布格改正。布格改正精度计算要求高于设计要求。

2、地形改正及精度计算

根据地形变化的特点，可采用圆域改正和方域改正。地形改正又分为近区、中区和远区地形改正。具体改正及精度计算方法参阅有关规程。

3、正常场改正用精度计算

正常场改正及精度计算统一采用 1901~1909 年赫尔默特公式：

$$r_0 = 978030(1+0.005302\sin^2\varphi - 0.000007\sin^2 2\varphi)$$

式中： r_0 —正常场改正值， 10^{-5}m/s^2 ；

正常场改正误差由下列衡量：

$$\varepsilon_r = \pm 0.814 \sin^2 \varphi \cdot \varepsilon_x$$

式中： ε_r —正常场改正误差， 10^{-5}m/s^2 ；

ε_x —测点纵坐标均方误差，km。

注意各参数是否设置正确。

4、重力异常计算

重力异常值由下式计算： $\Delta g = g + \Delta g_b + \Delta g_t - r_0$

其中： Δg —布格重力异常值， 10^{-5}m/s^2 ；

g —测点重力绝对值， 10^{-5}m/s^2 ；

Δg_t —地形改正值， 10^{-5}m/s^2 。

（二）绘制各种图件和图表

重力工作结束后，应编制下列图件：

1、仪器性能试验的记录用分析曲线；

2、带数据点位的重力布格异常图；

（三）施工报告的编写

施工报告必须包含以下内容：

1、序言

简要说明担负的地质任务，队伍组织，任务完成情况及所获得的主要成果。

2、地质及地球物理概况

简要说明工区及周围的地理情况，地质特征及油气显示情况；地球物理特征及引起异常因素分析。

3、野外工作方法与技术

说明野外施工采用的主要工作方法与技术；坐标高程的起算系统；野外工作质量及仪器性能。

4、资料整理方法

资料整理的具体方法用采用公式和参数，误差衡量及结果，异常数据处理方法及结果分析。

5、异常的解释推断

根据地质任务要求，对异常进行初步分析和解释。

6、结论和建议

扼要总结野外工作成果，对今后工作提出建议。

所使用的计量单位一律采用国家法定计量单位。