

重力方法勘查工作方法技术 及资料初步整理

重力勘探野外工作方法技术

- 地球物理野外工作方法技术是地球物理资料采集、资料整理和解释各个阶段应遵循的原则。涉及到**施工计划、工作方式、注意事项**等许多方面的问题。工作方法技术是否正确，直接决定了重力勘探的成效。正确的工作的方法技术是获得可靠的异常资料的基本保证。

内容纲要:

- 一、重力勘探的地质任务
- 二、重力勘探工作方法技术
- 三、野外施工
- 四、重力仪的使用及安全
- 五、重力观测资料的整理
- 六、重力资料的图示

一、重力勘探的地质任务

1、区域重力调查（小比例尺，大范围重力测量）

- ❖研究地壳深部构造

 - 如莫霍面起伏、深大断裂带等

- ❖研究区域地质构造

 - 划分地台、地槽等构造单元

 - 结晶基底面起伏

 - 圈定沉积盆地范围以及沉积层内部的构造

- ❖地质填图

- ❖划分成矿远景区

2、能源勘查

- ❖预测油田、煤田远景区
- ❖寻找与油气有关的古潜山和局部构造
- ❖研究非构造油气藏，如砂体、生物礁等

3、矿产资源勘查

4、水文与工程测量

内容纲要:

- 一、重力勘探的地质任务
- 二、重力勘探工作方法技术
- 三、野外施工
- 四、重力仪的使用及安全
- 五、重力观测资料的整理
- 六、重力资料的图示

二、重力勘探工作方法技术

(一)、比例尺、测区及测网的确定

1、比例尺的确定

- ❖ 比例尺反映了对观测对象研究的详细程度，比例尺越大，对勘探对象的研究就越详细
- ❖ 比例尺的大小根据地质任务、探测对象的规模及干扰信号的强度确定
- ❖ 常用重力勘探比例尺
 - 区域地质调查：**1:100万~1:50万**
 - 矿产能源普查：**1:20~1:10万**
 - 矿产能源详查：**1:5万~1:2.5万**

——水文、工程测量：

(1) 比例尺的确定以不漏掉最小有意义的研究对象产生的异常为原则

(2) 至少**2~3**条线穿过探测对象，每条线上应有**3~5**个点落在研究对象上

(3) 点距一般取 (**1/2~1/10**) 线距

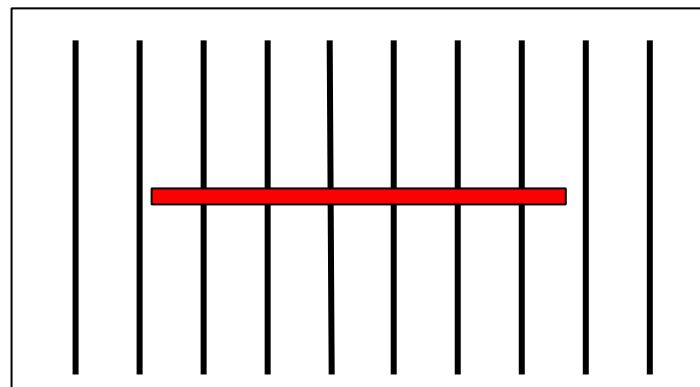
2、测区的确定

- ❖ 研究对象位于测区中央
- ❖ 测区周围有足够范围的正常场，以保证异常的完整性
- ❖ 测区尽量包含已知区，便于与前人资料 and 实际资料对比

3、测网布置

测网形状 { 长方形（线距>点距）——用于有明显走向的地质体
正方形（线距=点距）——用于无明显走向的地质体

- ❖ 测线垂直于研究对象的走向
- ❖ 线距和点距尽量保持不变



(二)、重力异常精度及误差的分配

- ❖ 精度反映测量值与真实值之间的接近程度
- ❖ 精度决定重力测量的工作方法、工作效率和测量成本
- ❖ 重力异常精度通常用异常的“均方误差”来衡量——它包括重力观测值的均方误差和对重力观测值进行校正时各项校正值的均方误差，即：

$$\varepsilon_{\text{总}}^2 = \varepsilon_{\text{观测值}}^2 + \varepsilon_{\text{布格校正}}^2 + \varepsilon_{\text{纬度校正}}^2 + \varepsilon_{\text{地改}}^2 + \varepsilon_{\text{基点联测}}^2$$

- ❖ 异常精度应根据地质任务、比例尺、异常强度、干扰水平、仪器精度来合理选择

重力异常精度通常取测区内最小有意义的勘探对象引起的异常极值的 $1/2 \sim 1/3$ ，即：

$$\varepsilon_{\text{总}} \approx (1/2 \sim 1/3) \cdot \Delta g_{\text{max}}$$

内容纲要:

- 一、重力勘探的地质任务
- 二、重力勘探工作方法技术
- 三、野外施工
- 四、重力仪的使用及安全
- 五、重力观测资料的整理
- 六、重力资料的图示

三、野外施工

1、施工前的仪器准备

在进行野外施工前,为确保取得合格的测量数据,应按照有关技术规定的要求,对使用的重力仪检查和调节,对仪器的性能应进行试验。

(1) 仪器的性能检查及调节

仪器检查和调节项目包括:测程、水准器位置、亮线灵敏度等。

(2) 仪器的性能试验

仪器的性能试验包括:静态试验、动态试验和一致性试验。

① 仪器的静态试验

目的:了解仪器静态零点漂移是否呈线性变化。

做法:将仪器置于安静、通风的一层楼房的室内,每隔20~30分钟观测一次,同时记录读数、时间及室内温度,连续进行24小时以上的观测。

② 仪器的动态试验

目的：了解仪器动态混合零点漂移的速率；动态观测下达到的可能精度。

做法：在具有一定重力差的两个点（或多个点），以多次重复观测的方法进行。两点间单程观测时间间隔约 10～15 分钟，试验时间不少于 12 小时。

③ 仪器的一致性试验

当需用几台仪器在工区同时工作时，应作一致性试验。

做法：可以与动态试验结合进行。

④ 重力仪格值的标定

格值—仪器读数每变化一格所需的重力变化值。

方法：已知点法—在由国家建立的高精度的重力格值标定场的已知重力差的点上，用仪器在它们之间进行多次重复观测，按下式计算格值：

$$C = \Delta g / \overline{\Delta s}$$

式中 Δg 为校准点间已知重力差值， $\overline{\Delta s}$ 为多次重复观测增量的平均值。

2、重力基点的建立与观测

① 基点的作用

基点是测区内重力异常的起算点，同时用于校正重力仪零点漂移，控制野外观测质量。

❖ 工区面积较大时，需要在工区内建立多个基点，构成 **基点网**。通过“**三重小循环**”对基点进行联测，以建立各个基点间的联系。

❖ 如果工区范围较小，使用的重力仪零点漂移比较小，而且线性程度高，因此不必建立基点网，只需要建立一个基点即可。

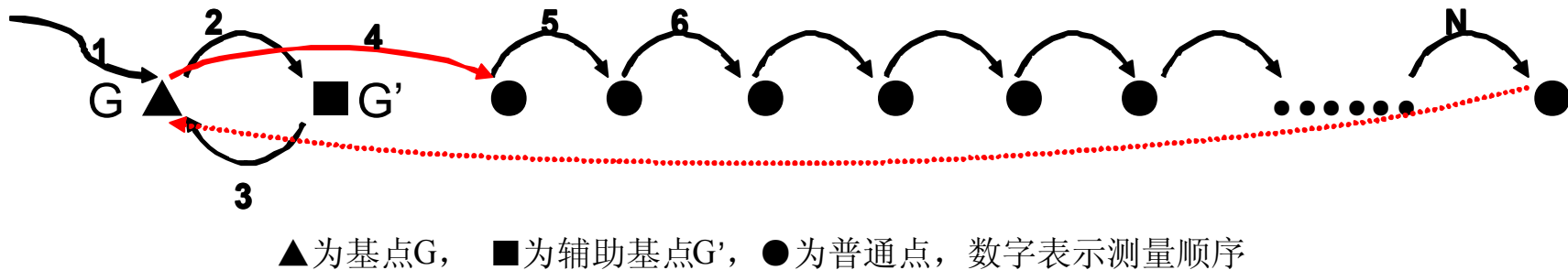
② 基点的建立

基点应建立在交通方便,地物地貌明显,周围无震源,地基稳固的地方,并建立标记。

3、普通点的布置与观测

普通点是测区内为获得被测对象产生的重力异常而布置的观测点，它们按点线距均匀布设在全区。

普通点的观测方式，如下图所示：



★ 每个工作单元必需 **起始于基点→测点→**每个工作结束后再 **终止于基点**

★ 基点观测需作辅助点测量，即采用 **基点→辅助基点→基点**的观测方法，每个点上读取 **三个读数**，其中任意两个读数之差不超过 **$10\ \mu\text{Gal}$** ，当两次基点的读数之差小于 **$15\ \mu\text{Gal}$** 时，认定重力仪已处于正常工作状态，方可进行测点观测。

★ 在测点上，一般采用单次观测，同样每个点上读取 **三个读数**，其中任意两个读数之差不超过 **$10\ \mu\text{Gal}$** ，否则不能进行下一点的观测。

4、检查点的布置与观测

为了检查测点上的观测质量，需要抽取一定数量的点作检查观测。检查点的布设与观测应做到：

★采用“一同三不同”原则，即检查与原始观测的 **点位相同**；检查与原始观测的 **时间不同、仪器不同、仪器操作员不同**；

★检测点的分布在时间和空间上大致均匀分布；

★检测点数应占总点数的 **（5～10%）**，且不少于30个。

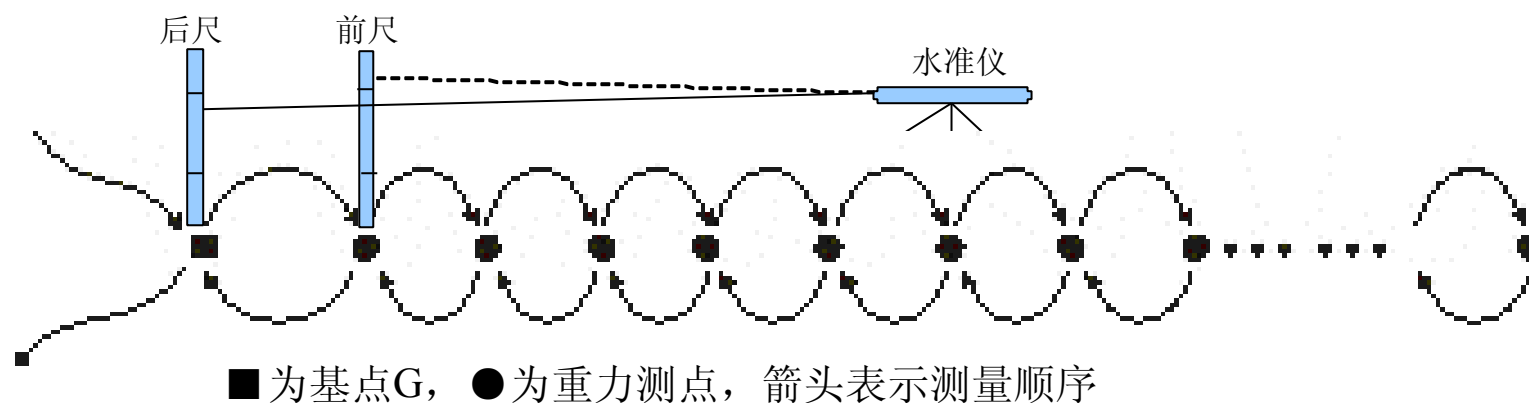
式中： δ_i ——检查与原始观测值之差， n ——检查点数，要求 $\varepsilon_{\text{检}} \leq \varepsilon_{\text{观}}$ ，
否则质量不符合要求，需要反工。 „.....

在测地工作中：

★ 用罗盘和测绳定出测点的水平位置。

★ 用水准仪测出测点与基点的高程差，即：

将一根标尺置于基点上，称为“**后尺**”；将另一根标尺置于测点上（在测点上逐点移动），称为“**前尺**”。如下图所示，测量步骤为：



① 先将水准仪对准“**后尺**”**正面**，得一读数 $S_{\text{后正}}$ ，再将水准仪转向“**前尺**”**正面**，得一读数 $S_{\text{前正}}$ ，求 $\Delta h_{\text{正}} = S_{\text{后正}} - S_{\text{前正}}$ ；

② 将水准仪对准“**后尺**”**反面**，得一读数 $S_{\text{后反}}$ ，再将水准仪转向“**前尺**”**反面**，得一读数 $S_{\text{前反}}$ ，求 $\Delta h_{\text{反}} = S_{\text{后反}} - S_{\text{前反}}$ ；

要求 $\Delta h_{\text{正}} - \Delta h_{\text{反}} \leq 2 \text{ mm}$ ，否则重新测量。

③ 重复上述步骤逐点进行测量。

④ 将后尺“变为”前尺，前尺“变为”后尺，重复上述①、②两步，由最后一点起，逐点测回到第一个点。

⑤ 求闭合差：原始和返回观测的各测点与基点的高程差求代数和，得到“闭合差”。

要求： 闭合差 $\leq 2\text{ cm}$ ，否则重新测量。

内容纲要:

- 一、重力勘探的地质任务
- 二、重力勘探工作方法技术
- 三、野外施工
- 四、重力仪的使用及安全
- 五、重力观测资料的整理
- 六、重力资料的图示

重力勘探



拉科斯特重力仪，
上方为G型，下方
为D型

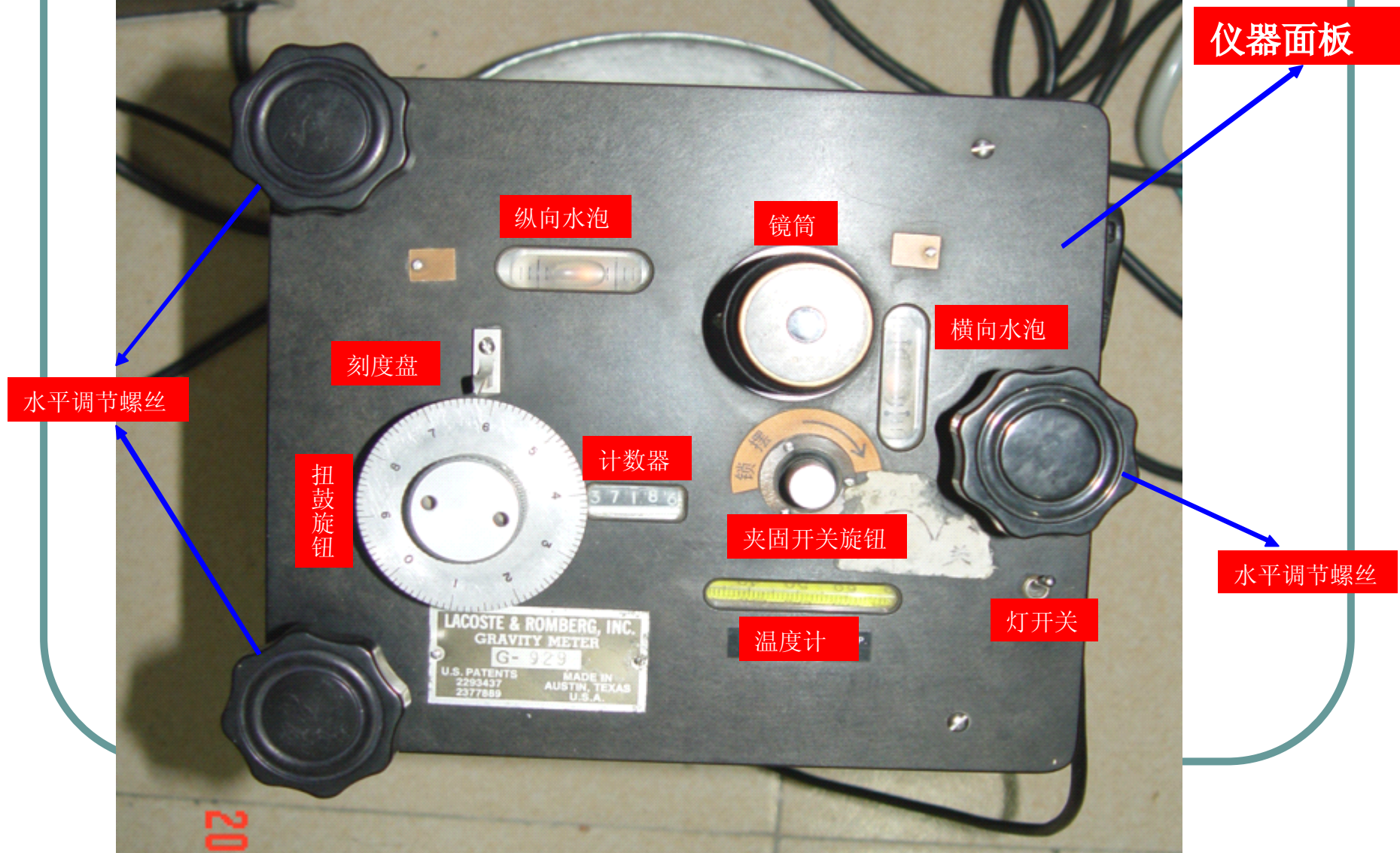


野外重力数据采集



野外地面高程测量

LACOSTE — G型重力勘探



LACOSTE — D型重力勘探



二、重力仪的性能指标

性能指标

G型

D型

直接测程

70000g.u.

2000g.u.

最小分划

10uGal/格

1uGal/格

零漂速率

<1mGal/月

1mGal/月

读数重复性

10uGal

5uGal

零漂日平均值

20~50uGal

测量精度

5~10uGal

3~5uGal

亮线灵敏度

**9~11格/mGal
(1周)**

**9~11格/mGal
(10周)**

电池

12V 6.5A

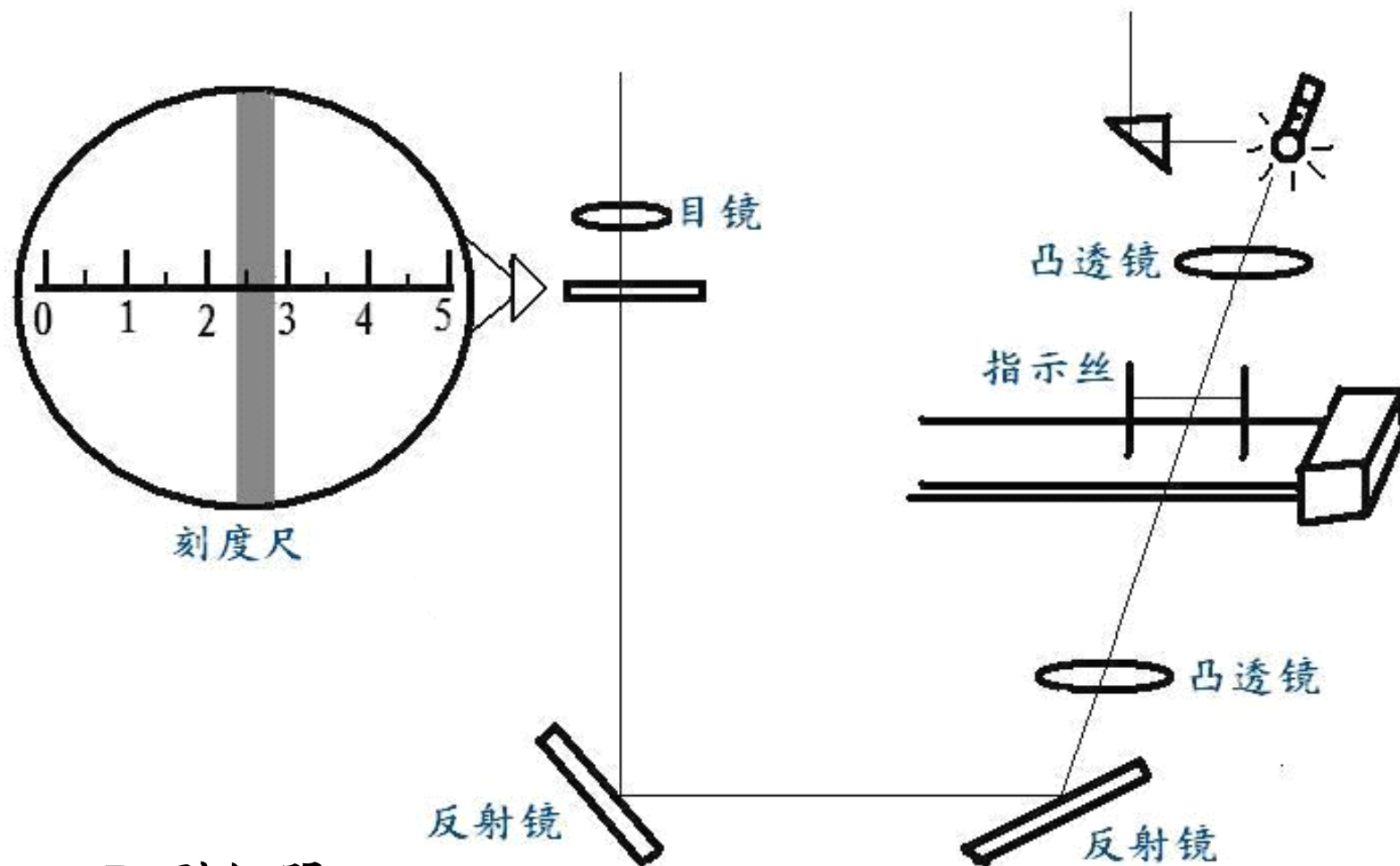
12V 6.5A

恒温温度

50℃

53℃

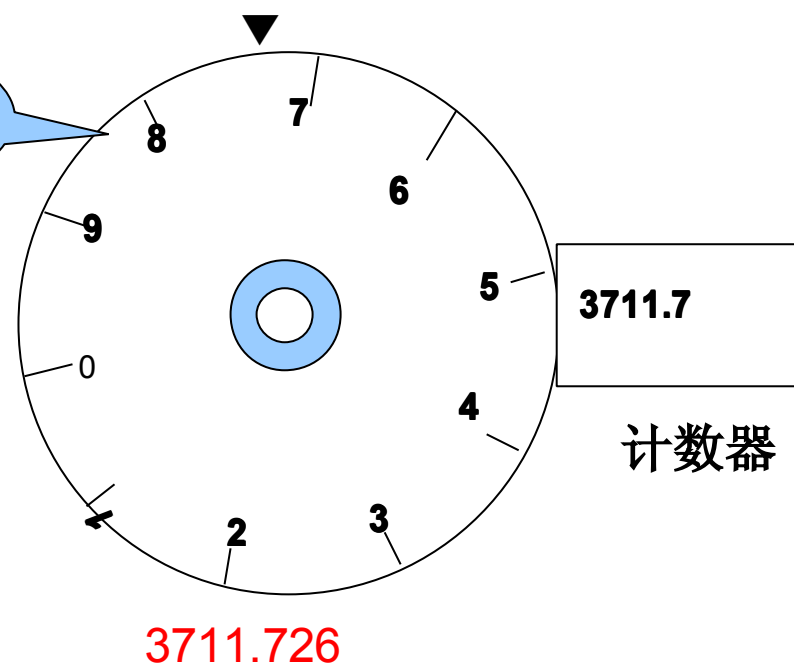
光学系统



D 型仪器

扭鼓旋鈕

读数（例如**3711.726**）：先读取计数器内的数，例如**3711.7**，最后一位**7**是近似数，精确值要从扭鼓旋鈕中读取，若为**726**，那么最终读数应为**3711.726**，此值的最后一位（**6**），它是估读出来的。



扭鼓旋鈕及计数器示意图

三、重力仪的操作及注意事项

(一)、重力仪的操作步骤

- 1、在观测点上架好仪器底盘；
- 2、打开仪器箱，取出仪器，轻轻的放到底盘上，并通过底盘的凹面使仪器的两个水泡大致居中；
- 3、调节面板上的水平调节螺丝，使两个水泡完全居中；
- 4、开灯，然后轻轻地逆时针旋转夹固开关旋钮到尽头，并从镜筒中观察“亮线”在刻度尺上的移动方向；
- 5、旋转扭鼓旋钮使“亮线”由左向右移动，精确地对准读数线（G-929仪器的读数线为“2.9”；D-159仪器的读数线为“2.6”）停稳；
- 6、读数（例如3711.726）：先读取计数器内的数，例如3711.7，最后一位7是近似数，精确值要从扭鼓旋钮读取，若为726，那么最终读数应为3711.726，此值的最后一位（6），它是估读出来的。记下读数及读数的时间。
- 7、逆时针旋转扭鼓旋钮1/2周，使“亮线”离开读数线向左移动，然后重复5、6两步，再读两个数。要求任意两个读数间的差小于 $10 \mu \text{Gal}$ ，满足条件后，顺时针旋转夹固开关旋钮（此项操作绝不允许有半点疏忽，否则损坏仪器，千万注意！！！！）。

8、将仪器装箱后，移到下一点，重复上述步骤进行测量。

(二)、**注意事项**

(1) **轻拿轻放，严禁碰撞**。重力仪属于高精密测量仪器，绝对不能磕碰。运输和使用过程中，随时检查仪器装箱的提把、背带、挂钩等是否牢固，以消除隐患。拿取和安放仪器时要动作轻缓；

(2) **防水、防晒**。要避免阳光直晒和雨淋，野外作业时要给重力仪打伞；

(3) **保持仪器水平放置**。严禁将仪器大角度倾斜、横置和倒置。时刻保持仪器近似地处于水平放置状态，倾斜角度不得超过45度；

(4) **仪器调稳以后开摆，关摆以后移动**。避免读数过程中仪器受到碰撞；

(5) **转动旋钮时动作要均匀，缓慢**。每次读数时，都应使亮线由左到右缓慢移动；

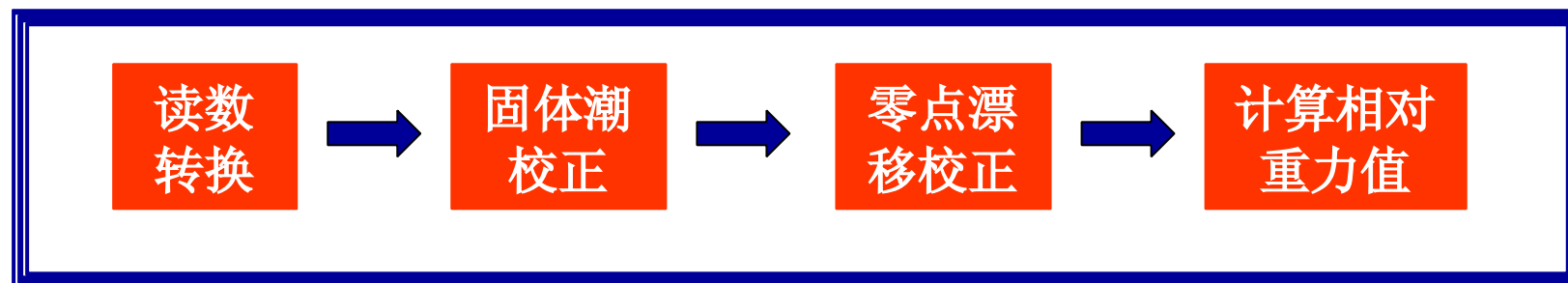
(6) **严禁在仪器旁边嬉戏打闹**。

五、重力观测资料的初步整理

1、普通点观测资料的初步整理

- ❖ 野外重力测量过程中，重力仪读数的变化既包含了测点间的 **重力变化**，又包含了仪器本身 **零点漂移** 的影响和 **固体潮** 的影响
- ❖ 初步整理的 **目的**：求得 **消除仪器零点漂移** 和 **固体潮** 影响后，各测点相对于 **基点** 的 **相对重力值**。

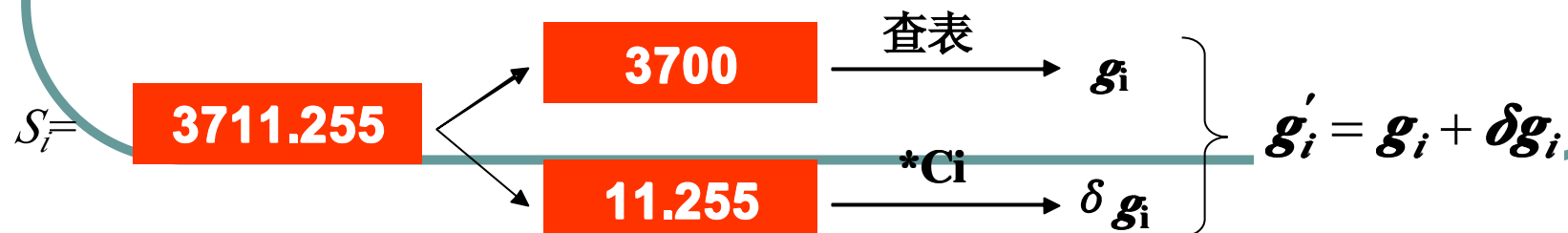
初步整理的步骤见下面框图：



G-929

counter	cumulative	factor
...
3700	3753.86	1.01425
3800	3855.29	1.01427
3900	3956.71	1.01428
4000	4058.14	1.01429
4100	4159.57	1.01430
4200	4261.00	1.01431
4300	4362.43	1.01431
4400	4463.86	1.01430
4500	4565.29	1.01429
4600	4666.72	1.01428

(1) 将读数换算为重力值



(2) 固体潮校正

$$g_i'' = g_i' + \delta g_{\text{固}}$$

(3) 零点漂移校正

$$g_i''' = g_i'' + \delta g_{\text{零}} \quad \delta g_{\text{零}} = - \frac{(g_{\text{晚基点}}'' - g_{\text{早基点}}'')}{(t_{\text{晚基点}} - t_{\text{早基点}})} (t_i - t_{\text{早基点}})$$

(4) 求各测点相对于基点的相对重力值

$$\Delta g_i = g_i''' - g_{\text{早基点}}'''$$

2、普通点的质量评价

$$\varepsilon_{\text{检}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{2n}}$$

δ_i 为第 i 各检查点原始观测值与检查值之差
 n 为检查点个数

要求 $\varepsilon_{\text{检}} \leq \varepsilon_{\text{观}}$ ，否则质量不符合要求，需要反工

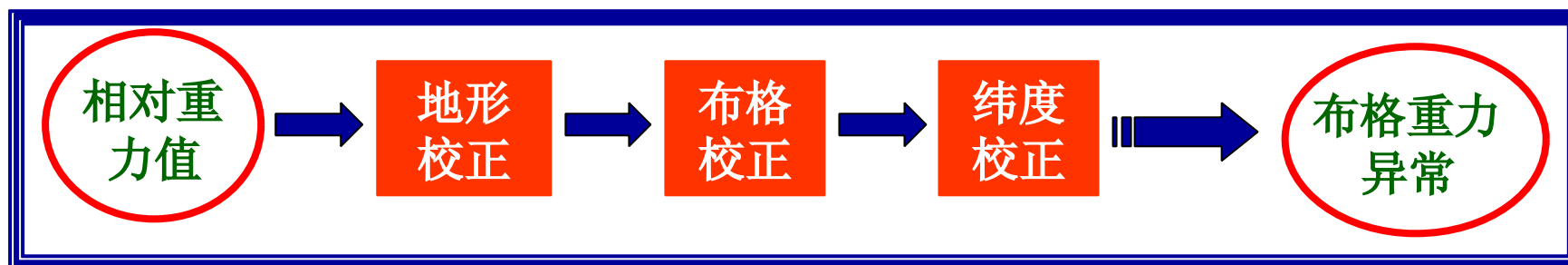
3、普通点的重力异常计算

重力仪观测资料经过上述的初步整理后,所得到的各测点**相对重力值**,但它们**还不能称为重力异常**,因为它包括了许多因素的影响(见下表)。

影响因素	大小	解决办法
地形起伏	达1,000g.u.	地形校正、中间层校正和高度校正
测点纬度	达50,000g.u.	正常场校正
固体潮	影响较小	可忽略
岩矿石密度变化	10~1,000g.u.	重力异常

- 为了获得单纯由地下密度不均匀体引起的重力异常,则必须**消除各种干扰因素的影响**,通常要进行如下校正:

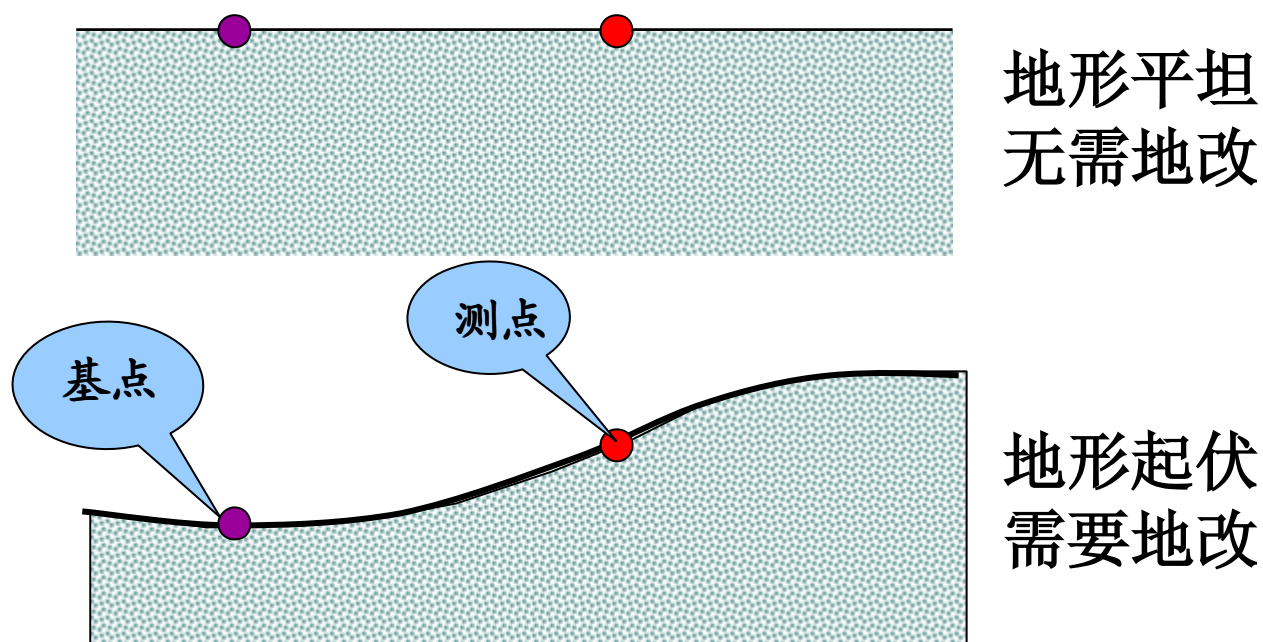
- (1) 地形校正
(2) 中间层校正
(3) 高度校正
- } 布格校正 } 消除自然地形起伏干扰
- (4) 正常场校正 —— 消除地球正常重力场影响
- 即：



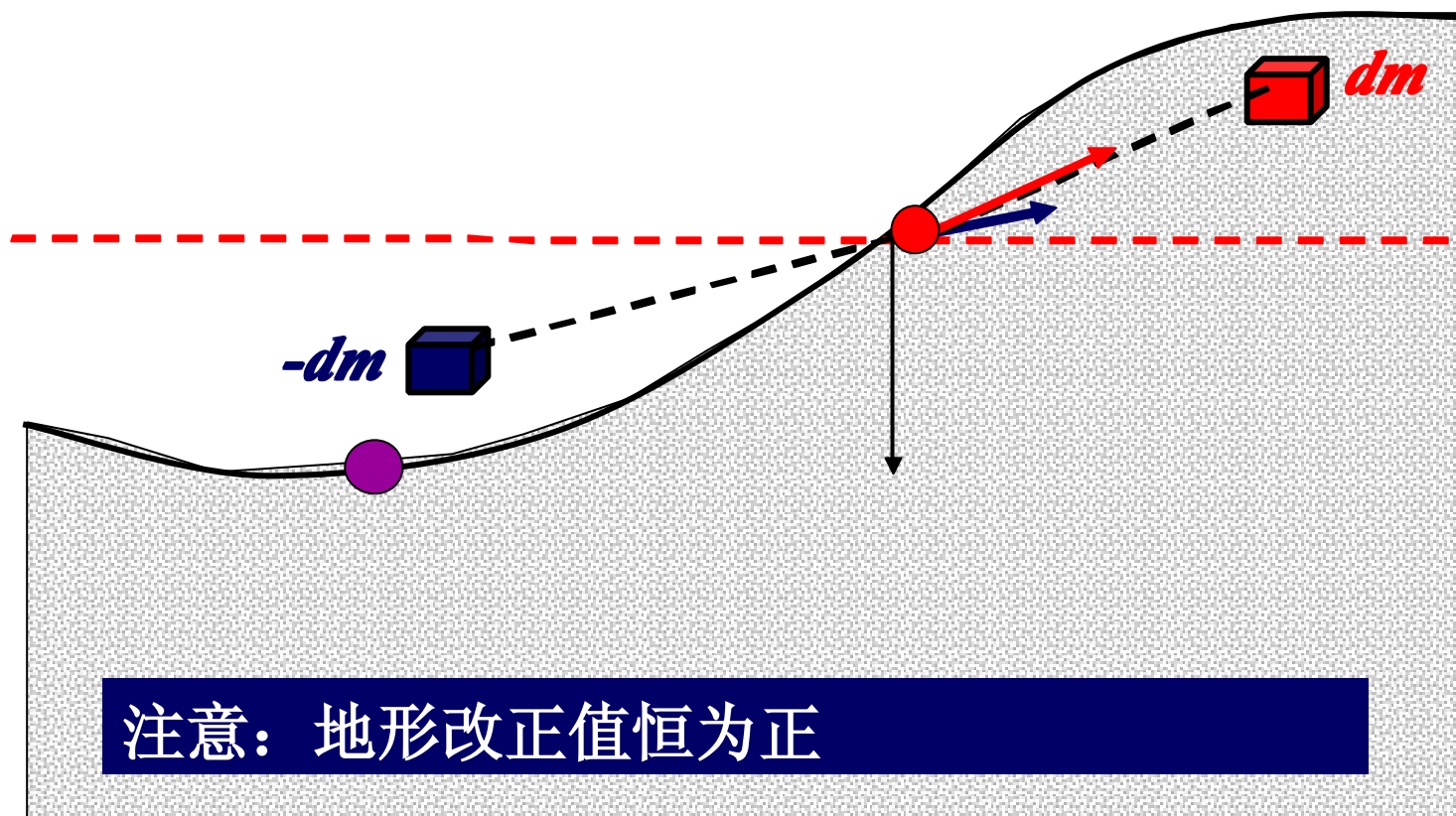
$$\Delta g_{\text{布}} = \Delta g + \delta g_{\text{地}} + \delta g_{\text{高}} + \delta g_{\text{中}} - g_0$$

(1) 地形校正 ($\delta g_{\text{地}}$)

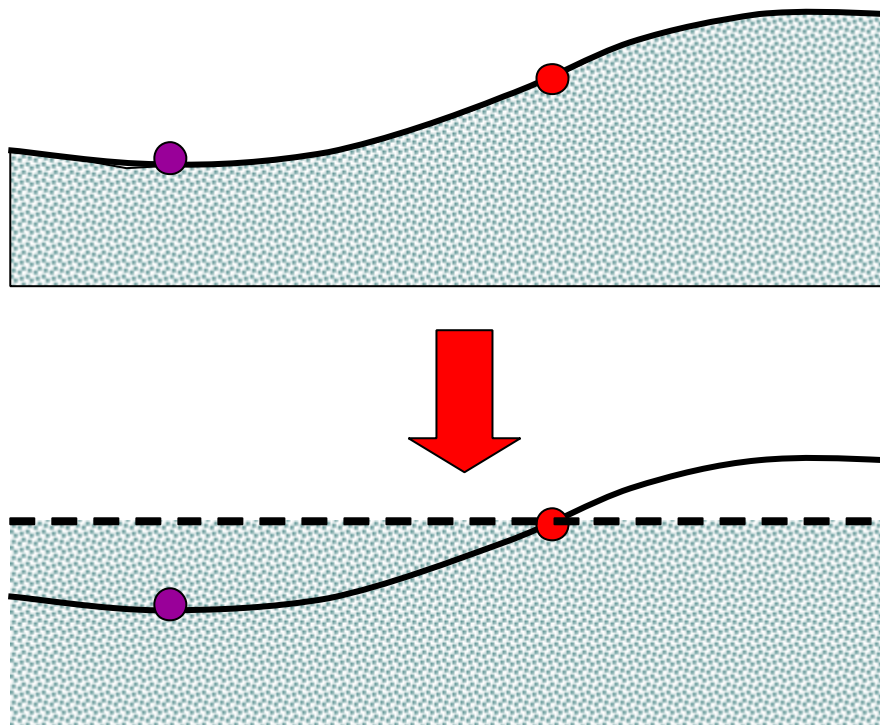
校正原因：地形起伏往往使得测点周围的物质不能处于同一水准面内，对实测重力异常造成干扰，必须通过地形校正予以消除，又称为地改。



重力异常的计算



(1) 地形校正 ($\delta g_{\text{地}}$)

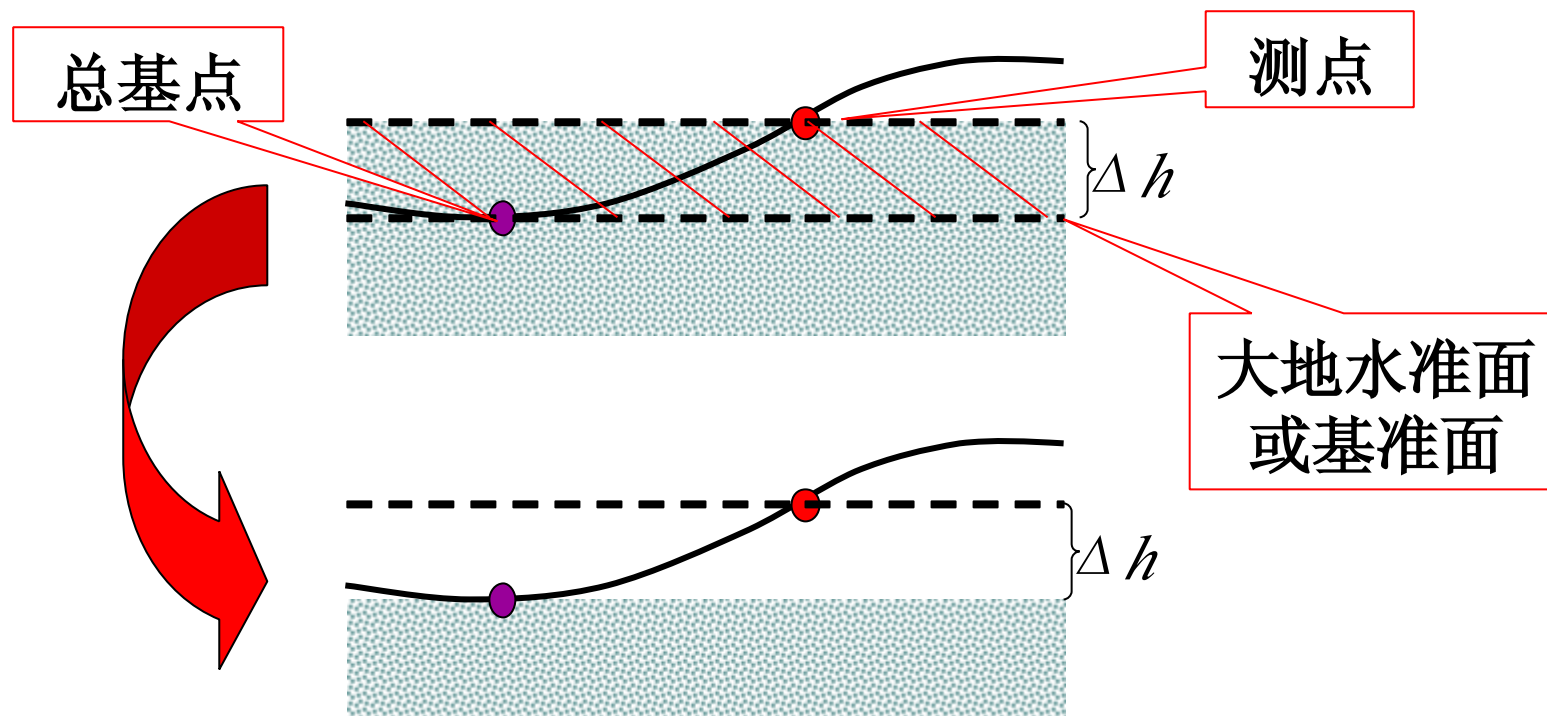


校正办法：除去测点所在水准面以上的多余物质，并将水准面以下空缺的部分用物质填补起来

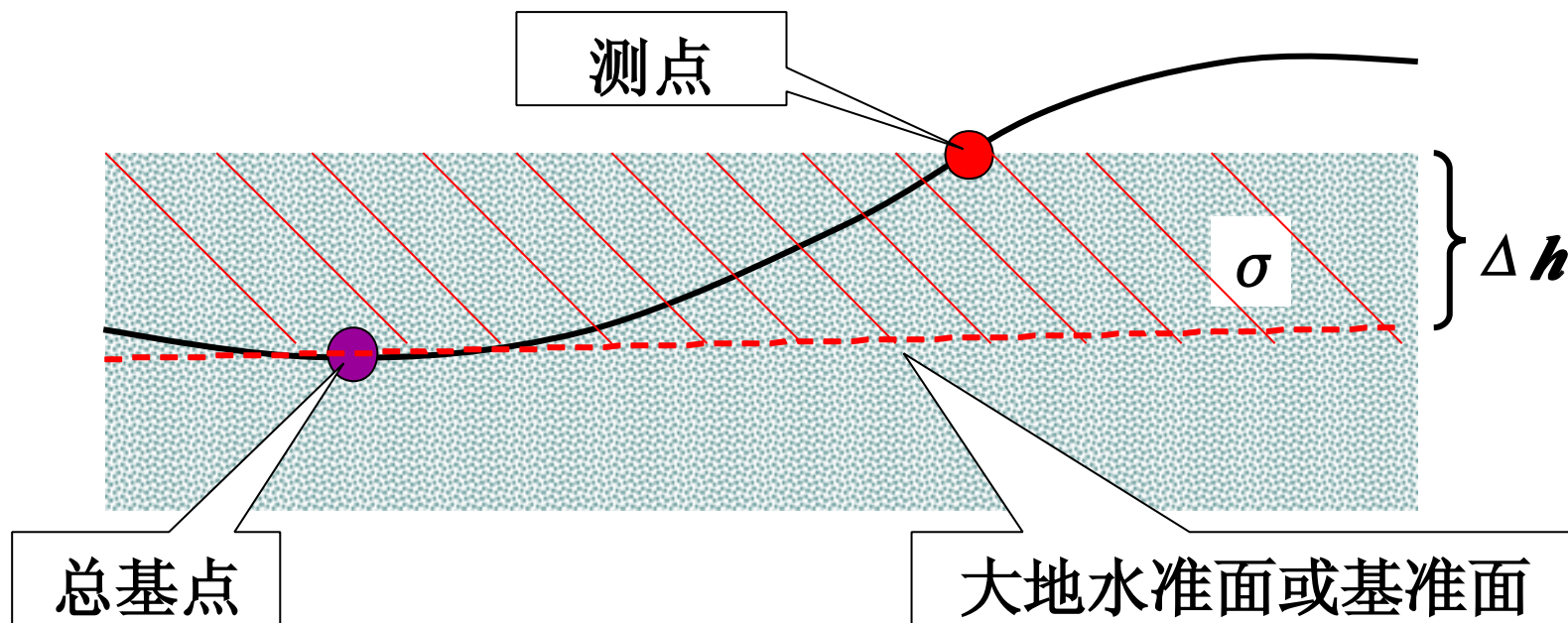
按测网划分扇形小块分别计算校正值。根据距测点的距离，分为近区地改，中区地改和远区地改，

(2) 中间层改正 ($\delta g_{\text{中}}$)

校正原因：经地形校正后，测点周围的地形变成水准面，但测点所在水准面与大地水准面或基准面（总基点所在水准面）间还存在着一个水平物质层，消除这一物质层的影响就是中间层校正。



中间层改正 ($\delta g_{\text{中}}$) 的方法:



中间层可当作一个厚度为 Δh , 密度为 σ 的无限大水平均匀物质面, 其校正公式为:

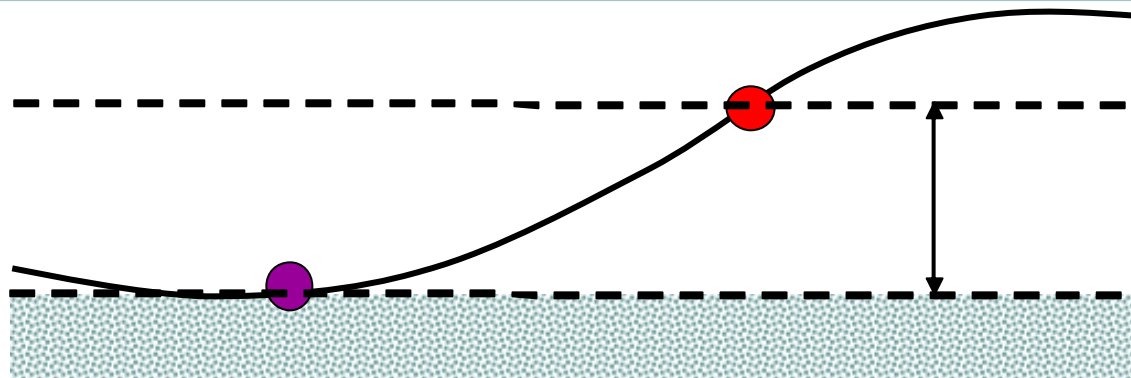
$$\Delta g_{\text{中}} = -0.0419 \cdot \sigma \cdot \Delta h \quad (mGal)$$

测点高于大地水准面或基准面时, Δh 取正, 反之取负。
中间层密度通常取为 2.67 g/cm^3 。

(3) 高度改正 ($\delta g_{\text{高}}$)

校正原因：经地形、中间层校正后，测点与大地水准面或基准面间还存在一个高度差 Δh ，要消除这一高度差对实测重力值的影响，就要进行高度校正。

若把地球当作密度均匀同心层分布的旋转椭球体时，地面每升高1m重力减小约3.086g. u.。



校正办法：
$$\delta g_{\text{高}} = 0.3086 \cdot \Delta h \quad (mGal)$$

测点高于大地水准面或基准面时， Δh 取正，反之取负

布格校正：高度校正和中间层校正都与测点高程 Δh 有关，将这两项合并起来，统称为布格校正（ $\delta g_{\text{布}}$ ）

$$\delta g_{\text{布}} = (0.3086 - 0.0419 \sigma) \Delta h \quad (mGal)$$

注意：地表实测重力值是地下密度均匀体和密度不均匀地质体（如地质构造、岩矿体等）的综合影响。

上述校正消除了起伏地形上各测点与大地水准面或基准面密度均匀体对实测重力值的影响，并没有消除密度不均匀体的影响。

因此，对于校正后仅由密度不均匀体引起的异常而言，上述各项校正后，各测点仍在起伏的自然表面上。

(4) 正常场校正 ($\delta g_{\text{正}}$)

校正原因：当测点与总基点不在同一纬度时，测点重力值包含了总基点与测点间的正常重力场的差值，这一差值需要消除。

校正办法：

(1) 在大面积测量时，按1909赫尔默特公式计算正常重力值，再从观测值中减掉它；

(2) 在小面积重力测量中按下式计算：

$$\Delta g_{\text{正}} = -0.814 \cdot \sin 2\varphi \cdot D \quad (mGal)$$

φ 为总基点纬度或测区的平均纬度； D 为测点到总基点的纬向（南北向）距离，在北半球，当测点位于总基点以北时 D 取正号，反之取负号，单位 km。

一、重力仪观测数据初步整理的计算步骤

1、建立观测数据文件（如：ll.dat）,其格式为：

年 月 日	(观测日期)
经度 纬度	(十进制)
观测仪器型号	(D-159或G-929)
观测数据数目	
首基点重力值	(mGal)
尾基点重力值	(mGal)
首基点号	
读数 时间	
点线号(1)	
读数 时间	
点线号(2)	
读数 时间	
...	...
点线号j	(带 j 号为检查点)
读数 时间	
...	...
尾基点号	
读数 时间	
输出文件名首字符	(只需一个)

实例

2007 8 2
119.30 39.55
D-159
5
0
0
G
3015.294 8.33
94-86
3015.342 9.02
94-88
3015.372 9.15
94-100j
3015.322 10.55
G
3014.296 15.33
D

2、运行计算程序： 应用程序名为 **数据整理.exe** 运行该程序后，生成 xxx.rgd——存放重力值， xxx.pno——存放点线号， xxx.tab ——为打印表格等三个文件。

内容纲要:

- 一、重力勘探的地质任务
- 二、重力勘探工作方法技术
- 三、野外施工
- 四、重力仪的使用及安全
- 五、重力观测资料的整理
- 六、重力资料的图示

六、重力资料的图示

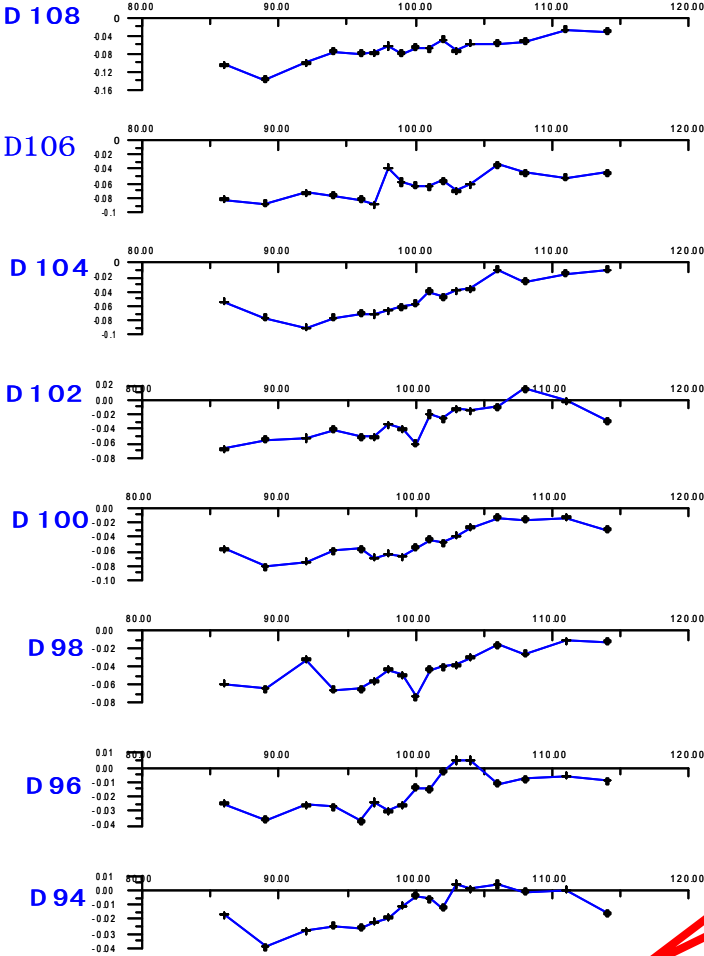
❖剖面图

❖平面剖面图

❖平面等值线图

塔山工区布格重力异常平面剖面图

比例尺：横向1:200 纵向1:40uGal



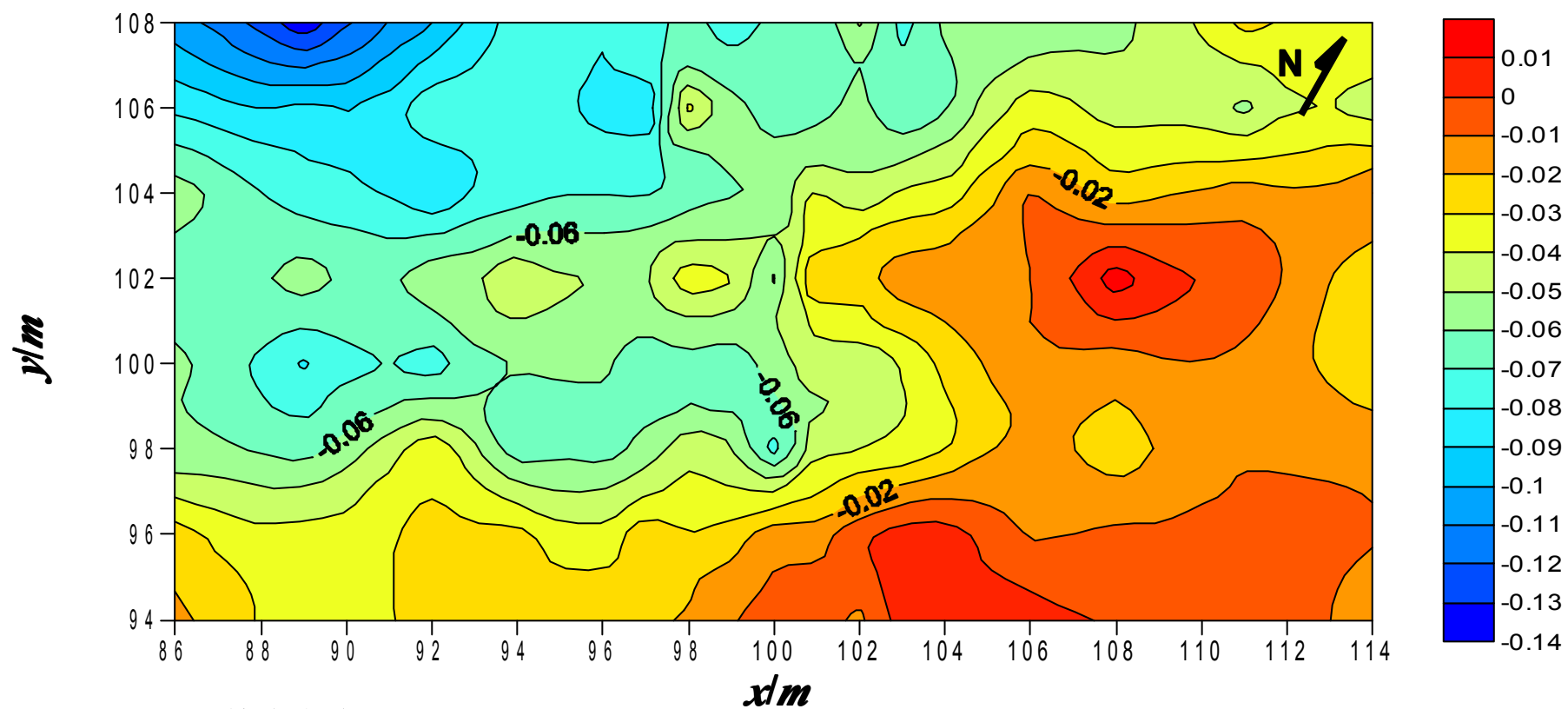
责任表

责任表格式

塔山工区布格重力异常平面剖面图			
制图单位	中国地质大学（武汉）		
拟 编		图 号	
制图人		顺序号	
审 核		比例尺	
资料来源		日 期	

塔山工区布格重力异常平面剖面图

比例尺: 1:200



注: 等值线单位: mGal

责任表