

中等专业学校教学用书

# 物探基础

郑州煤炭工业学院编

学校内部用书



中国工业出版社

# 物 探 基 础

郑州煤炭工业学院編

中国工业出版社

本書是根據教學大綱編寫的煤礦中等專業學校的教材，  
供地質勘探專業用。

本書講述地球物理在煤田地質勘探中的應用，系統地闡  
述重力勘探、磁力勘探、地震勘探、電法勘探、放射性勘探、  
電測井的基礎理論知識，而對煤田地質勘探中應用較廣的電  
法勘探、電測井作了着重闡明。內容簡明，文字淺顯。

物 探 基 礎  
鄭州煤炭工業學院編

\*

中國工業出版社出版（北京東黃城根路10號）

（北京市書刊出版登記證出字第110號）

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行，各地新華書店經售

\*

開本 $727 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印張 $4 \frac{13}{16}$ ·插頁1·字數100,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印數0001—1,433·定價(9—4)0.48元

統一書號：15165·551 (煤探-03)

## 目 录

前 言 .....	5
<b>第一章 重力勘探</b> .....	7
§1. 重力勘探的理论基础 .....	7
§2. 重力异常的测定原理 .....	10
§3. 重力勘探结果的解释 .....	14
<b>第二章 磁力勘探</b> .....	21
§1 磁力勘探的理论基础 .....	21
§2. 磁异常的测定原理 .....	24
§3. 磁力勘探结果的解释 .....	26
<b>第三章 电法勘探</b> .....	29
§1. 岩石的电阻率 .....	29
§2. 视电阻率及其测定原理 .....	32
§3. 电位计的原理和应用 .....	36
§4. 电测深法的基础 .....	41
§5. 电测深法的理论曲线 .....	45
§6. 电测深的野外工作方法 .....	49
§7. 电测深曲线的解释 .....	55
§8. 电测深法的应用条件 .....	63
§9. 电剖面法 .....	65
§10. 自然电场法 .....	69
§11. 充电法 .....	72
<b>第四章 地震勘探</b> .....	79
§1. 地震勘探的理论基础 .....	79
§2. 地震勘探的仪器 .....	83
§3. 地震波的野外观测 .....	88

§4. 地震波的时间曲线	91
§5. 地震波时间曲线的解释	100
§6. 地震勘探的应用条件及范围	106
<b>第五章 放射性勘探与放射性测井</b>	<b>108</b>
§1. 放射性勘探的基本原理	108
§2. 放射性测量中所使用的电离室和计数器	112
§3. 放射性测量中的基本知识	115
§4. 放射性勘探	119
§5. 放射性测井	123
<b>第六章 电测井</b>	<b>128</b>
§1. 视电阻率的基本理论	128
§2. 电极系的类型及其表示符号	130
§3. 视电阻率的测量	136
§4. 视电阻率的理论曲线	141
§5. 记录电流法	143
§6. 自然电位法	145
§7. 人工电位法	149
§8. 煤田电测井实例	151

## 緒 言

地球物理勘探(簡稱物探)是找礦與地質勘探中的一種新技術。不論在煤田、油田或金屬礦床的普查與勘探中，以及研究水文地質和工程地質有關構造的工作中，都得到了越來越廣泛的應用。近二、三十年特別是近十幾年來，地球物理勘探技術有巨大的發展，並且具有廣闊的前途。

物探是利用各種岩石具有不同的物理性質(力學的、電學的、磁學的、熱學的以及放射性等)，利用各種不同的物理儀器測量這些物理性質的變化，並根據測量的結果，判斷地下各種岩石的差別，了解更多的深部情況，找出有用礦床，達到找礦與勘探的目的。

但是，僅應用一種物探方法是不能解決所有地質問題的。因為某些物理現象常可為不同的假設所解釋。例如，无烟煤電阻很低，但我們找到電阻低的某種礦物就不一定是无烟煤。因此，為了得到單一的肯定的判斷，還必須同時應用幾種不同的物探方法，即所謂綜合物探方法。

根據研究岩石及有用礦物的不同物理性質，物探方法可分為重力勘探、磁力勘探、電法勘探、地震勘探、放射性勘探及各種測井方法(電法測井、放射性測井、熱測井、磁測井等)。而在各種物探方法中，由於解決的地質任務不同，又有不同的變種方法。

地球物理勘探與地質勘探的區別在於作地質勘探時，首先從探坑或探井中取出岩石樣品，然後對這些岩樣進行化學的、礦物學的以及其他的科學分析，根據分析結果來判斷該區域的地質構造。而地球物理勘探不必採取岩樣，只根據所

探得岩矿的不同物理参数(性質)来区分不同的岩石,找出矿体、或解决某些地質构造問題。这样,就大大的簡化了勘探手續达到同样目的,并且可以节省大量資金和勘探時間。大家知道,鑽探和槽探都是成本較大的勘探方法。打一口足够深的探井或鑽孔,投資很大,時間也长,而且取出岩心又是非常麻煩和不容易的事情。这样就直接影响了工作进度和取得必要的地質資料。而物探就可以在不同程度上克服上述缺陷,即省時間、成本又低。由此可見,在地質勘探工作中如能适当地应用物探方法,就可以做到降低成本、提高效率。物探方法現在虽然还比較年青,但却具有广闊的前途。目前我国正在积极地利用和推广这种技术,并在这方面培养了和正在培养着大批技术人材,以便更好地为社会主义建設服务。

## 第一章 重力勘探

### §1. 重力勘探的理论基础

#### 一、重 力

地面上任何一个物体都有一个重量，即都受到一个重力作用。如果这物体不再受其他力的作用时，就会产生一个加速度。按着牛顿第二定律，重力加速度与重力的关系为：

$$F = m \cdot g, \quad (1-1)$$

式中  $F$  是重力， $m$  是物体质量， $g$  是重力加速度。如果令 (1-1) 式中的  $m=1$ ，则  $F=g$ ，即重力加速度  $g$  在数值上，就等于单位质量物体所受到的重力。

在重力勘探中，我们研究的是重力加速度  $g$ ，因此，为了方便起见常简称为“重力”。

在物理学中我们知道，加速度的单位是厘米/秒<sup>2</sup>，这个单位在重力勘探中用“伽”字代表 1伽 = 1厘米/秒<sup>2</sup>。有时嫌伽太大，而取其千分之一作为单位，称毫伽，1毫伽 = 10<sup>-3</sup>伽。

地面上的物体之所以有重量——受到重力的作用，是因为任何两个物体之间都存在一种引力，即所谓万有引力，其大小为：

$$F = K \frac{m \cdot M}{r^2}, \quad (1-2)$$

式中  $m$  及  $M$  为两个物体的质量， $r$  是它们之间的距离， $K$  是万有引力常数，在 CGS 单位制中， $K = 6.67 \times 10^{-9}$ 。



如果令(1-2)式中的 $M=1$ ，則单位質量物体所受的重力、即重力加速度 $g$ 为

$$g = K \frac{M}{r^2} \quad (1-3)$$

式中 $M$ 为地球質量， $r$ 为物体到地球中心的距离。

地面上的重力值 $g$ ，近似地看作为 $980$ 伽 $=980000$ 毫伽。

## 二、重力异常

上面对重力值的研究，是把地球当做均匀的球体。即各处密度是相同的。实际上，地球特别是它的表层，由于复杂的地質构造，其密度是极不均匀的，即使在同一緯度，若进行精确的测量，各处的重力值也不相等。在地表那些較致密的、重的岩石的頂部，重力就較大，而在另一些較其周围疏松的岩石上重力就較小。重力值的这种局部性的差异就称为重力异常。重力异常的大小，往往和地下一定的地質情况有关。所以，研究了重力异常大小的变化規律就可以得到地下地質情况的資料，这就是重力勘探的实質。



图 1-1

为了对重力异常的性质获得較清晰的概念，我們举出如下一个简单例子。

假設在相当广闊的一块地面上，地下的岩石就密度来说是均匀的，而在其中包藏着一个密度显著大于围岩的矿体(图 1-1)。另外，为了研究方便起见，还假設地面是平坦的。如果矿体的密度为 $\sigma_0$ ，围岩密度为 $\sigma_1$ ，我們將 $\sigma_0 - \sigma_1$ 之差称为剩余密度。取它們同样的体积 $V$ ，則其質量分别为：

$$m_0 = V \cdot \sigma_0, \quad M_1 = V \cdot \sigma_1.$$

剩余质量  $m$

$$m = m_0 - m_1 = V(\sigma_0 - \sigma_1). \quad (1-4)$$

由于这个矿体对围岩来说有过剩的质量，因此在其上方地面上引起重力值的增加，而且这个重力的增加值随着远离矿体而减小。如果在这块地面上布置观测点，并用仪器来测量各测点对远处基点（此点的重力可认为不受矿体影响的正常值）的重力差。那么这个重力差值除去重力的正常变化外，就是由于矿体对围岩的剩余质量引起的，这就是我们所谓的矿体产生的重力异常。

重复指出，产生重力异常的只是矿体对围岩的过剩（或不足）质量，并不是矿体质量的绝对值。如果围岩和矿体的

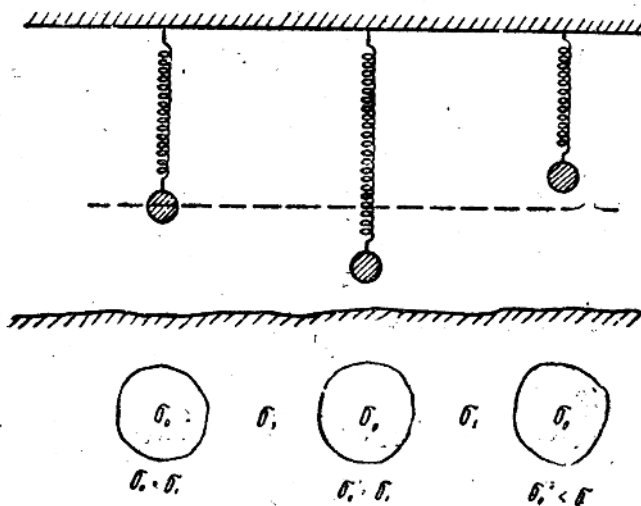


图 1-2

密度相等( $\sigma_1 = \sigma_0$ )那么不管矿体有多大重力异常,也是无法发现的。由此我们可以清楚地了解测定重力异常对重力勘探的重要意义。

重力异常可能为正,也可能为负。当矿体密度大于围岩密度时,为正值,反之,矿体密度小于围岩密度时,为负值。如果二者相同,则重力异常等于零。如图1-2所示。

### 三、重力梯度

在重力勘探中,除了测定重力异常外,还测量重力沿某一水平方向的变化率。这点正象我们既可以利用高差来研究地形的变化,又可以利用坡度(或倾角)来研究地形的起伏变化一样。

重力的变化率,在数值上等于沿水平方向移动单位距离重力的变化值,即  $\frac{\Delta g}{\Delta S}$ , 我们称其为重力梯度。

例如,从地面上一点到另一点的距离为100米=10000厘米,而此两点间的重力变化值为10毫伽,则重力梯度为

$$\frac{\Delta g}{\Delta S} = \frac{10 \text{ 毫伽}}{10000 \text{ 厘米}} = \frac{0.01 \text{ 厘米/秒}^2}{10000 \text{ 厘米}} = 10^{-6} \text{ 1/秒}^2$$

由此可见,重力梯度的单位是  $1/\text{秒}^2$ 。但是在重力勘探中嫌这个单位太大,常取  $10^{-9} 1/\text{秒}^2$  作为单位称“厄缶”

$$\text{即 } 1 \text{ 厄缶} = 10^{-9} \text{ 1/秒}^2.$$

### § 2. 重力异常的测定原理

从上节讨论可知,重力勘探有两种方法:一种是测定两点间的重力差值即重力异常  $\Delta g$ ; 另一种是测定某一点的重力变化率即重力梯度  $\frac{\Delta g}{\Delta S}$ 。方法不同,所使用的仪器也不同,

測定 $\Delta g$ 的儀器稱“重力儀”，測定 $\frac{\Delta g}{\Delta S}$ 的儀器稱“扭秤”。下面分別介紹一下它們的簡單原理。

### 一、重力儀

在重力勘探中所使用的重力儀的類型很多，但除了細節部份之外，基本原理都差不多。我們這裡只介紹一種蘇式 IKA 重力儀的基本構造原理。

IKA 重力儀，其核心由以下三部份組成（圖 1-3）。

（1）重荷  $M$ ；（2）被彎曲成環形的彈簧片  $C$ ；（3）安置重荷  $M$  的橫梁  $A$ 。橫梁  $A$  可繞水平軸  $O$  旋轉。彈簧片  $C$  本是直的，如圖中虛線所示，人為彎曲後與  $M$  相連，因而重荷  $M$  受兩個力矩的作用：一是彈簧片  $C$  向上旋轉的力矩；另一是杆  $A$  與重荷  $M$  的重力，使其向下旋轉的力矩。若該二力矩互相平衡時，杆  $A$  就靜止在一定位置。很顯然，如果重力增加，則杆  $A$  和重荷  $M$  就下垂些；反之，若重力減小由於  $C$  的

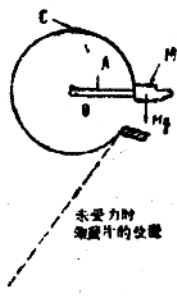


圖 1-3

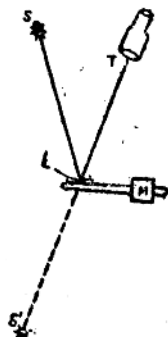


圖 1-4

作用，A和M就会上升些。因此，根据它们的上升或下垂便可以判断出重力值的变化。这就是TKA重力仪能够测定重力变化的基本原理。

重力的变化一般是很小的，由几毫伽到几十毫伽。所以，杆A的平衡位置变化也极小，直接用肉眼是观察不到的。因此，我们用特殊的光学设备来观察杆A的转动。这个设备基本上如图1-4所示。

光线从光源S射到小镜L上，反射后进入望远镜筒T被观察者看到。观察者在镜筒中所看到的是光源S在L上所成的象S'。S'与S以L作为对称面而对称。因此，当杆A转动小镜L也随之转动时，象S'就会移动，移动的情况由望远镜中可观察到。我们就是利用这种方法来观察杆A的微小移动。

由上述可知，要想清楚地观察到杆A的位移，必须当 $\Delta g$ 变化很小时象S'移到很大距离。但是这样又会使当 $\Delta g$ 变化很大时象S'跑的太远，而从望远镜中观察不到。为了克服这个矛盾，就在横梁A上多安一个弹簧D(1-5)，其上端和一个

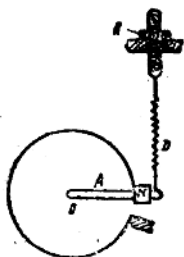


图 1-5

螺旋测微器R相联。旋转螺旋测微器可把弹簧上提或下放。当 $\Delta g$ 变化太大而看不到象S'时，我们就旋转螺旋测微器R把弹簧D向上拉( $\Delta g$ 增加时)或向下放( $\Delta g$ 减小时)，直到从望远镜中能看清象S'为止。

通常在每个测点上都用螺旋测微器R把象S'调节到一定位置。这样，哪里重力大就把测微螺丝多转几圈，把D向上拉；哪里重力小就把测微螺丝反转，使弹簧D向下松。测微器在两个不同测点的读数差，和每格相当的重力值

(常称格值)，两者的乘积即是該两点的重力差值  $\Delta g$ 。

## 二、扭 秤

扭秤是直接测定重力梯度的仪器，种类很多，其原理也大致相同，故我們只简单介绍一种所谓Z-40型扭秤。

Z-40型扭秤主要部份是：一根很輕的，非磁性的鋁制水平秤杆A，将其弯成Z字型，两端装有相同的两个重錘 $m_1$ 和 $m_2$ 。秤杆A的中点鉛直的装有一細杆D，杆上有一反光鏡L。細杆D挂在一根非常細的金屬絲C上(图1-6)。上述D杆上的小鏡L是用来测定秤杆A围绕垂直軸(該垂直軸与扭絲C重合)旋轉的角度。

由于重錘 $m_1$ 和 $m_2$ 位于空間不同位置，因而假如扭秤所处空間的各点重力值不同，則 $m_1$ 和 $m_2$ 就会受到不同的作用力，小鏡L便发生偏轉。

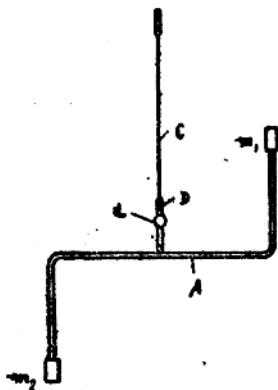


图 1-6

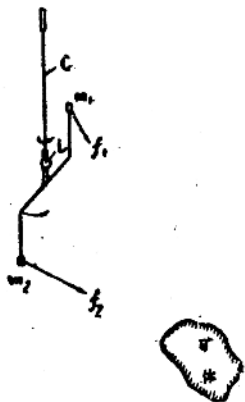


图 1-7

例如，当扭秤接近与围岩有不同密度的矿体时(图1-7)，由于矿体到两个重荷  $m_1$  及  $m_2$  的距离不同，因此对它们的引力  $f_1$  及  $f_2$  也不同。这样就会产生一力矩，围绕细丝  $C$  轴旋转。显然， $m_1$  及  $m_2$  所受力的差别愈大，杆  $A$  所受的力矩也愈大。即扭秤偏转的大小与  $m_1$ 、 $m_2$  两重荷所在处的重力差成比例。但是，重力差值又和重力变化率成比例，两处重力差值愈大重力变化率也愈大。故知扭秤偏转的大小是重力变化率即重力梯度大小的量度。这就是扭秤的基本原理。

扭秤原理虽然如此简单，但实际的扭秤却很复杂。因为我们所测的重力梯度一般只有几百个厄缶，所以作用在杆上的力矩是很小的。若想利用这样小的力矩使杆  $A$  产生一个足够的偏转，悬丝  $C$  必须很细，一般只有 0.03 毫米。否则，即使是一个较大的力矩，也不会使杆  $A$  扭转。虽然如此，通常重力梯度也只能使秤杆偏转一个很小的角度。因此，还必须通过光学系统加以放大才能观察到。由于扭秤有极高的灵敏度（一般可准确到 5 厄缶，秤杆容易摆动不定，因此读一个数要静候半小时以上。此外，由于重力值沿不同的水平方向有不同的变化率，所以，应在同一测点上按不同的方位测定几次（一般为 3~5 次）。这样，测定一个点需要两小时左右。

### § 3. 重力勘探结果的解释

进行重力勘探的最终目的是要找出所探区域地质构造的特性及矿藏的存在。因此，单是得到重力异常还不够，还必须对已得到的这些观测资料作进一步的地质解释和推断。在解释之前，首先得把测定的结果加以整理并用图表示出来。然后才能根据所做的这些图作地质推断。因此，我们先来介绍一下各种重力异常图及其绘制方法。

## 一、重力異常的图示法

1. 平面图 重力异常平面图和地形平面图很相似，只是地形平面图所表示的是地面高度的变化，而重力异常平面图表示的则是重力大小的变化。繪制重力异常平面图和繪制地形等高綫图的方法一样。按一定比例尺标出测点的位置，并在其旁边注上相应的重力异常值，然后用内插方法把重力异常值相等的各点連成平滑曲綫——等重力异常曲綫。如图1-8所示。有时在图上还要标出三角点水准点(基点)以及重要的地物地貌，以便进行检查性測量用之。

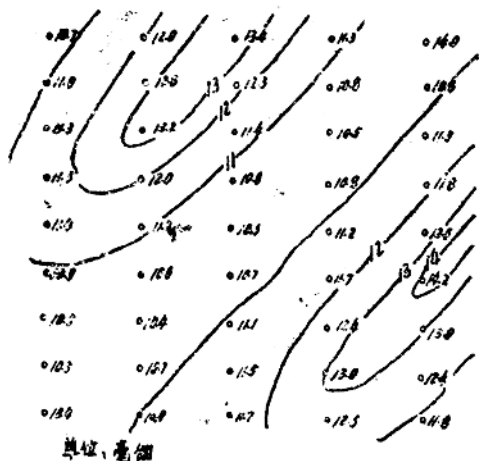


图 1-8

須注意、按以上方法所描繪出来的等重力异常綫，只是近似的表示重力异常的平均值，因为只有 在测点上才有准确



的測定的異常值，但為了提高工作效率這種方法是普遍採用的。所得的重力異常值一般也不會超出允許誤差的範圍。

2. 剖面圖 平面圖只能表示出重力異常在測區面上的分布，如果要詳細地知道重力異常沿某一方向的变化情況，則須繪制剖面圖，即在重力異常平面圖上按預定方向作一剖面，以橫坐標表示水平距離而縱坐標表示重力異常值或重力梯度，然後將剖面線上各測點所對應的數值（水平距離異常值或梯度值）按比例點到坐標紙上連成平滑曲線（圖1-9）。

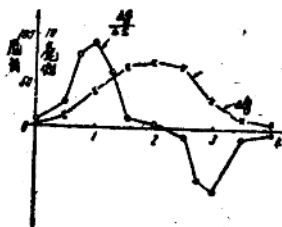


圖 1-9

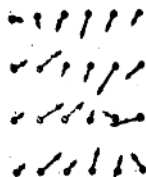


圖 1-10

3. 平面向量圖 平面向量圖的繪制也是非常簡單的，它是根據扭稱的測量結果繪制的。作圖時，先按一定的比例尺繪出測點的位置，再在測點上划一箭頭（圖1-10），其方向和重力增加的方向一致，其大小和重力梯度的大小成比例，此種圖便稱作平面向量圖。

## 二、重力異常圖的地質解釋

繪制出重力異常圖之後，進一步是根據異常的形狀及性質來決定相應地質體的產狀，即叫做地質解釋。重力異常的地質解釋和重力推斷是重力勘探工作中最困難也是最重要的階段。為了成功的解決這一任務，必須有許多區域地質知識