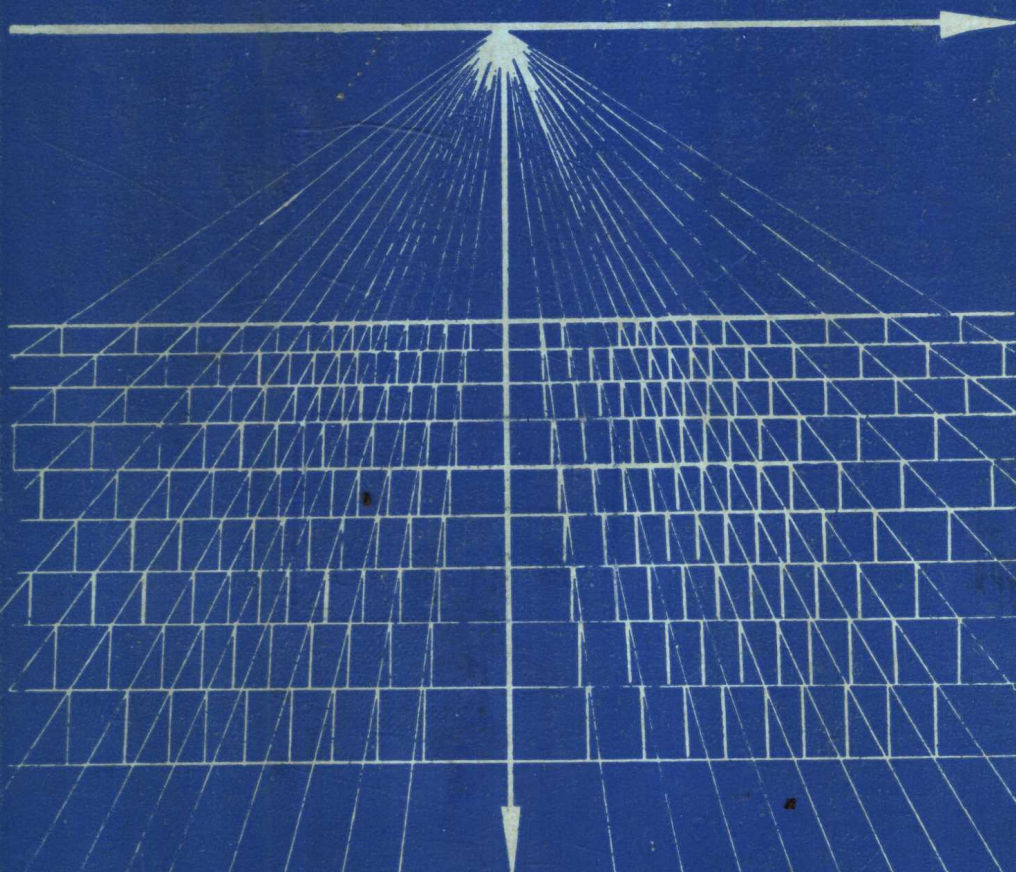


482682

# 重力勘探资料解释手册

《重力勘探资料解释手册》编写组编著

地质出版社



# 重力勘探资料解释手册

《重力勘探资料解释手册》编写组 编著

地 质 出 版 社

**重力勘探资料解释手册**

《重力勘探资料解释手册》编写组 编著

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：张怀素 殷德钧

地质出版社出版

(北京西四)

张家口地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张：15<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数：399,000  
1983年4月北京第一版·1983年4月北京第一次印刷  
印数1—2,689册·定价3.30元  
统一书号：15038·新847

## 前 言

《重力勘探资料解释手册》是在总结近三十年来我国重力勘探生产、教学和科研实践经验的基础上编写的，内容适合我国重力勘探工作的实际需要和资料解释人员的水平，对方法的有效性在应用实例中作了客观的介绍。希望能对提高重力勘探资料的解释水平有所帮助。

全书共五章，大体上分为四部分，即有关重力勘探资料解释的一些基本知识、重力勘探资料的处理、重力异常的物理数学解释及重力异常的地质解释。本书读者对象主要是中专水平以上从事重力勘探室内工作的技术人员，也可作为高等院校物探专业的教学参考书。

本书由《重力勘探资料解释手册》编写组集体编著。由萧敬涌同志任主编，周国藩同志任副主编。参加编写的有：萧敬涌、周国藩、林振民、吕梓令、郑千里、郑光华、童纪裁、郭樟民等同志。参加部分工作的有赵文尧、林声涛、李东汉、马素琴等同志。原陕西第二物探队绘图组的同志清绘了部分图件。

在编写过程中，武汉、长春地质学院，物探研究所，新疆、黑龙江、西藏等省（区）物探队，地质部北京计算中心，原陕西第二物探队，地质部航空物探总队以及江苏冶金地质勘探公司814队等单位曾给予大力支持。陈云昇同志阅读了全稿并提出不少宝贵意见，在此一并致谢。

## 内 容 提 要

本书是在总结近三十年来我国重力勘探生产、教学和科研实践经验的基础上编写的，内容适合我国重力勘探工作的实际需要和资料解释人员的水平，书中对方法的有效性在应用实例中作了客观的介绍。全书共分五章，大体上分为四个部分，即有关重力勘探资料解释的一些基本知识、重力勘探资料的处理、重力异常的物理数学解释及重力异常的地质解释。

本书读者对象主要是中专水平以上从事重力勘探室内工作的技术人员，也可作为高等院校物探专业的教学参考书。

# 目 录

|  |    |
|--|----|
| <b>第一章 有关重力勘探资料解释的一些基本知识</b> .....     | 1  |
| § 1.1 重力和重力异常 .....                    | 1  |
| 1. 重力 .....                            | 1  |
| 2. 正常重力值和正常重力公式 .....                  | 2  |
| 3. 重力异常及其表示形式 .....                    | 4  |
| 4. 重力局部异常和区域异常 .....                   | 6  |
| § 1.2 重力位及其基本性质 .....                  | 7  |
| 1. 重力位及其一次导数和一次导数异常 .....              | 7  |
| 2. 重力位的二次导数和三次导数以及它们的异常 .....          | 10 |
| § 1.3 重力位各次导数异常之间的空间转换 .....           | 13 |
| 1. 无限平面(上半空间)的狄义赫利问题的解 .....           | 13 |
| 2. 无限平面的诺依曼问题的解 .....                  | 16 |
| 3. 拉普拉斯方程的级数解 .....                    | 18 |
| § 1.4 重力勘探的正问题和反问题<br>——重力异常的解释 .....  | 19 |
| § 1.5 解重力勘探正问题的方法原理和基本公式 .....         | 23 |
| 1. 解正问题所根据的基本公式 .....                  | 23 |
| 2. 对于复杂形状的地质体解正问题的方法原理 .....           | 25 |
| § 1.6 解重力勘探反问题的几种方法简介 .....            | 27 |
| 1. 解反问题的反演法 .....                      | 27 |
| 2. 解反问题的选择法 .....                      | 30 |
| 3. 解反问题的直接法 .....                      | 31 |
| <b>第二章 重力勘探资料的数据处理</b> .....           | 33 |
| § 2.1 由于高度校正和布格校正不准,<br>对布格异常的处理 ..... | 33 |

|   |    |
|---|----|
| § 2.2 把起伏地形上的实测重力异常值换算到<br>同一水平面上的方法——重力异常的“曲化平”<br>处理..... | 34 |
| 1. 有限项调和级数法.....  | 34 |
| 2. 空间变换法.....   | 37 |
| (1) 保角变换    (2) 迭代法    (3) 导电纸模拟法                           |    |
| 3. 差分法.....   | 41 |
| 4. 导电纸直接模拟法.....  | 44 |
| § 2.3 异常平滑的原理和方法 .....                                      | 46 |
| 1. 在剖面上进行平滑的方法和公式.....                                      | 47 |
| (1) 三点一维线性平滑    (2) 五点一维线性平滑                                |    |
| (3) 七点一维线性平滑    (4) 五点二次曲线平滑                                |    |
| (5) 七点二次曲线平滑    (6) 九点二次曲线平滑                                |    |
| (7) 七点四次曲线平滑  |    |
| 2. 在平面上进行平滑的方法和公式.....                                      | 50 |
| (1) 五点二维线性平滑    (2) 九点二维线性平滑                                |    |
| (3) 九点二次曲面平滑    (4) 二十五点二次曲面平滑                              |    |
| (5) 四十九点二次曲面平滑  |    |
| 3. 平滑的效果.....   | 55 |
| § 2.4 划分重力局部异常和区域异常的几个常用的方法 .....                           | 56 |
| 1. 平行直线法.....   | 56 |
| 2. 平滑曲线法.....   | 58 |
| 3. 圆周平均法和两点平均法.....   | 59 |
| 4. 多项式拟合法(或趋势分析法) .....                                     | 61 |
| 5. 几个常用方法的效果和实例.....  | 63 |
| § 2.5 重力异常的解析延拓 .....                                       | 70 |
| 1. 三度体情形下向上延拓的积分插值法.....                                    | 70 |
| 2. 三度体情形下向下延拓的积分插值法.....                                    | 78 |
| 3. 三度体情形下向上延拓的量板.....                                       | 81 |
| 4. 二度体情形下向上延拓的量板.....                                       | 84 |
| 5. 三度体情形下在等间隔的同心圆上取值向上延拓的公式.....                            | 85 |
| 6. 二度体情形下等间隔取值向上延拓的公式.....                                  | 87 |
| 7. 二度体情形下向下延拓的近似公式.....                                     | 88 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 8. 关于重力异常解析延拓的几个问题                 | 91  |
| § 2.6 重力异常铅垂二次导数的换算                | 92  |
| 1. 换算 $g_{zz}$ 的几个常用的近似公式          | 92  |
| 2. 换算 $g_{zz}$ 的各个公式之间的关系          | 95  |
| 3. $g_{zz}$ 换算公式的传递误差              | 96  |
| 4. $g_{zz}$ 的几个应用实例                | 97  |
| § 2.7 数字滤波理论在重力勘探资料数据处理中的应用        | 101 |
| 1. 电滤波器和数字滤波的基本原理                  | 102 |
| 2. 几种常用的数据处理方法的“滤波特性”              | 106 |
| (1) 异常的平滑    (2) 异常的向上延拓    (3) 异常 |     |
| 的向下延拓    (4) 重力异常铅垂二次导数的换算         |     |
| 3. 利用付氏变换进行重力异常的延拓和转换              | 113 |
| (1) 异常的延拓    (2) 异常的转换    (3) 实际应用 |     |
| 4. 利用拉普拉斯方程的级数解进行重力异常的延拓和转换        | 122 |
| (1) 异常的延拓    (2) 异常的转换             |     |
| <b>第三章 重力勘探正问题的解法</b>              | 131 |
| § 3.1 某些具有简单几何形状的物体解其正问题的公式        | 131 |
| 1. 均匀球体                            | 131 |
| 2. 无限长的均匀水平圆柱体                     | 133 |
| 3. 垂直台阶                            | 133 |
| 4. 横截面为矩形的水平柱体                     | 135 |
| 5. 底部无限深的铅垂脉                       | 138 |
| 6. 水平的物质带 (厚度可以忽略的水平长薄板)           | 142 |
| 7. 水平的物质半平面 (铅垂厚度可以忽略的垂直台阶)        | 142 |
| 8. 铅垂的物质带 (厚度可以忽略的铅垂长薄板)           | 145 |
| 9. 铅垂的物质半平面 (底部视为无限深、水平厚度可以忽略      |     |
| 的铅垂脉)                              | 148 |
| 10. 斜台阶                            | 148 |
| 11. 底部有限深的倾斜脉                      | 151 |
| 12. 底部无限深的倾斜脉                      | 154 |
| 13. 铅垂的物质线段 (横截面的面积可以忽略的有限长        |     |
| 铅垂柱体)                              | 155 |
| 14. 铅垂的物质半直线 (底部视为无限深、横截面的面积       |     |



|  |     |
|--|-----|
| 可以忽略的铅垂柱体) .....   | 156 |
| 15. 横截面为三角形的水平二度体 .....  | 156 |
| 16. 水平的物质圆面(厚度可以忽略的水平圆盘) .....   | 157 |
| 17. 铅垂圆柱体 .....  | 160 |
| § 3.2 横截面为多边形的二度体其重力异常 $V_z$ 的计算方法 .....   | 162 |
| § 3.3 长方体的重力异常 $V_z$ 的计算方法 .....   | 164 |
| 1. 直立的长方体 .....  | 164 |
| 2. 倾斜和侧伏的长方体 .....   | 165 |
| § 3.4 不规则的三度体 $V_z$ 的计算方法 .....  | 170 |
| 1. 直立质线元法 .....  | 170 |
| 2. 多边形截面法 .....  | 172 |
| § 3.5 几个具体简单几何形状的物体其异常<br>$V_z$ 、 $V_{xz}$ 、 $V_{\Delta}$ 、 $V_{yz}$ 、 $V_{zrz}$ 的断面图的绘制 ..... | 174 |
| 1. 均匀球体 .....  | 174 |
| 2. 无限长的均匀水平圆柱体 .....   | 183 |
| 3. 水平的物质半平面 .....  | 185 |
| § 3.6 用于计算二度体的 $V_z$ 的几种量板 .....   | 193 |
| 1. 梯形量板 .....  | 193 |
| 2. 扇形量板 .....  | 194 |
| 3. 矩形量板 .....  | 196 |
| 4. 线形量板 .....  | 199 |
| § 3.7 用于计算二度体的 $V_{xz}$ 和 $V_{yz}$ 的几种量板 .....   | 221 |
| 1. 扇形量板 .....  | 221 |
| 2. 矩形量板 .....  | 224 |
| § 3.8 用于计算二度体的 $V_{zrz}$ 的几种量板 .....   | 230 |
| 1. 扇形量板 .....  | 230 |
| 2. 线形量板 .....  | 233 |
| § 3.9 用于计算三度体的 $V_z$ 的几种量板 .....   | 236 |
| 1. 将三度体化为似二度体来计算其 $V_z$ 的扇形量板 .....  | 236 |
| 2. 将三度体分成楔形块来计算其 $V_z$ 的扇形量板 .....   | 241 |
| 3. 将三度体分成楔形块来计算其 $V_z$ 的梯形量板 .....   | 247 |
| § 3.10 用于计算三度体的 $V_{zrz}$ 的一种量板 .....  | 249 |

|  |            |
|--|------------|
| § 3.11 地层密度分界面正问题的解法 .....                             | 253        |
| 1. 计算地层密度分界面产生的重力异常 $V_z$ 的方法 .....                    | 253        |
| 2. 计算地层密度分界面产生的重力位二次导数异常 $V_{xz}$ 和 $V_{yz}$ 的方法 ..... | 260        |
| <b>第四章 重力勘探反问题的解法 .....</b>                            | <b>261</b> |
| § 4.1 利用 $V_z$ 对某些具有简单几何形状的物体<br>解反问题的反演法 .....        | 261        |
| 1. 均匀球体 .....  | 261        |
| 2. 无限长的水平圆柱体 .....                                     | 263        |
| 3. 铅垂的物质带 (厚度可以忽略的铅垂薄板) .....                          | 264        |
| 4. 铅垂的物质半直线 .....                                      | 265        |
| 5. 水平的物质半平面 .....                                      | 267        |
| § 4.2 利用 $V_{xz}$ 对某些具有简单几何形状的物体<br>解反问题的反演法 .....     | 269        |
| 1. 均匀球体 .....  | 269        |
| 2. 无限长的水平圆柱体 .....                                     | 270        |
| 3. 铅垂的物质半直线 .....                                      | 271        |
| 4. 垂直台阶 .....  | 272        |
| 5. 底部无限深的铅垂脉 .....                                     | 273        |
| 6. 底部无限深的倾斜脉 .....                                     | 274        |
| § 4.3 利用 $V_{yz}$ 对某些具有简单几何形状的物体<br>解反问题的反演法 .....     | 279        |
| 1. 均匀球体 .....  | 279        |
| 2. 无限长的水平圆柱体 .....                                     | 280        |
| 3. 铅垂的物质半直线 .....                                      | 281        |
| 4. 垂直台阶 .....  | 282        |
| 5. 底部无限深的铅垂脉 .....                                     | 283        |
| § 4.4 利用 $V_{xx}$ 对某些具有简单几何形状的物体<br>解反问题的反演法 .....     | 284        |
| 1. 均匀球体 .....  | 284        |
| 2. 无限长的水平圆柱体 .....                                     | 286        |
| 3. 铅垂的物质半直线 .....                                      | 287        |

|       |   |         |
|-------|---|---------|
| 4.    | 铅垂的物质半平面 .....  | 287     |
| 5.    | 水平的物质半平面 .....  | 288     |
| § 4.5 | 利用对 $V_{..}$ 空间分布的计算与 $V_{..}$ 的结合<br>解斜台阶反问题的反演法 ..... | 290     |
| § 4.6 | 用于近似地确定某些具有简单几何形状的<br>物体顶部或中心深度的切线法 .....               | 293     |
| 1.    | 均匀球体 .....  | 294     |
| 2.    | 无限长的水平圆柱体 .....   | 295     |
| 3.    | 水平的物质半平面 .....  | 296     |
| 4.    | 铅垂的物质带 .....  | 296     |
| 5.    | 水平的物质带 .....  | 297     |
| 6.    | 铅垂的物质半直线 .....  | 299     |
| § 4.7 | 最优化选择法 .....  | 300     |
| 1.    | 最优化选择法的主要步骤 .....                                       | 300     |
| 2.    | 求单参量非线性函数的极小值问题 .....                                   | 301     |
| (1)   | 中点法 (即对分法)  | (2) 线性法 |
| (3)   | 二次法   | (4) 三次法 |
| (5)   | 试探法   |         |
| 3.    | 广义最小二乘法 (高斯法) .....                                     | 306     |
| 4.    | 最速下降法 .....   | 309     |
| 5.    | 阻尼最小二乘法 (马尔奎特法) .....                                   | 310     |
| 6.    | 最优化选择法的优点、存在的问题、以及在<br>使用中应注意的事项 .....                  | 312     |
| 7.    | 实例 .....  | 313     |
| § 4.8 | 确定三度体的剩余质量和重心位置的方法 .....                                | 315     |
| 1.    | 确定三度体剩余质量的方法 .....                                      | 315     |
| 2.    | 确定三度体的重心在地面上的投影位置的方法 .....                              | 318     |
| 3.    | 确定三度体重心深度的方法 .....                                      | 319     |
| § 4.9 | 确定二度体的剩余线密度、横截面的面积<br>以及重心位置的方法 .....                   | 320     |
| 1.    | 确定二度体剩余线密度的方法 .....                                     | 320     |
| 2.    | 确定二度体横截面面积的方法 .....                                     | 322     |
| 3.    | 确定二度体重心位置的方法 .....                                      | 323     |

|   |            |
|---|------------|
| § 4.10 利用 $V_z$ 对单一密度分界面解反问题的几种方法 ..... | 324        |
| 1. 解单一密度分界面反问题的线性公式 .....               | 324        |
| 2. 解单一密度分界面反问题的逐次渐近法 .....              | 326        |
| 3. 解单一的二度密度分界面反问题的压缩质面法 .....           | 332        |
| 4. 解单一密度分界面反问题的压缩质线法 .....              | 337        |
| <b>第五章 重力勘探资料的地质解释和应用实例 .....</b>       | <b>341</b> |
| § 5.1 决定重力异常特征的主要地质因素 .....             | 341        |
| 1. 地壳的深部因素 .....                        | 341        |
| 2. 结晶基岩的成分变化和内部构造 .....                 | 343        |
| 3. 结晶基底顶面的起伏 .....                      | 343        |
| 4. 沉积岩的构造和成分的变化 .....                   | 345        |
| 5. 其它情形下的密度不均匀 .....                    | 348        |
| § 5.2 对重力异常进行地质解释时应注意的问题 .....          | 351        |
| § 5.3 重力资料在地壳深部构造研究中的应用实例 .....         | 353        |
| 1. 关于地壳均衡状态的研究 .....                    | 354        |
| 2. 关于地壳厚度或莫霍面深度的确定 .....                | 358        |
| 3. 我国布格重力异常的分布特征与地壳深部构造之间的关系 .....      | 363        |
| 4. 关于成矿远景区的预测 .....                     | 365        |
| § 5.4 重力资料在区域地质构造研究方面的应用实例 .....        | 367        |
| 1. 重力资料在划分大地构造单元中的作用 .....              | 367        |
| 2. 重力资料用于解决区域地质构造研究中的某些问题的实例 .....      | 370        |
| § 5.5 重力资料在油、气藏勘查中的应用实例 .....           | 377        |
| 1. 利用区域重力资料划分构造单元,指明含油气远景区的实例 .....     | 378        |
| 2. 在沉积拗陷区利用重力勘探寻找储油构造的实例 .....          | 382        |
| 3. 利用重力勘探寻找和研究古潜山的实例 .....              | 385        |
| 4. 利用微重力测量寻找地层圈闭的实例 .....               | 388        |
| § 5.6 重力资料在地质填图中的应用实例 .....             | 395        |
| 1. 圈定隐伏花岗岩体的实例 .....                    | 398        |
| 2. 在超基性岩体内进行岩性填图的实例 .....               | 402        |
| 3. 详查断层的实例 .....                        | 407        |
| § 5.7 重力资料在铁矿勘查中的应用实例 .....             | 411        |
| 1. 重力资料用于铁矿成矿远景区预测方面的实例 .....           | 412        |

|   |            |
|---|------------|
| 2. 重力资料用于铁矿普查和勘探阶段的实例 .....                           | 413        |
| § 5.8 重力勘探在寻找铬铁矿工作中的应用实例 .....                        | 422        |
| 1. 作为寻找对象的铬铁矿对其规模和深度的规定 .....                         | 422        |
| 2. 几种主要的干扰因素 .....                                    | 423        |
| 3. 区分矿和非矿的重力异常以及消除干扰所采用的方法 .....                      | 423        |
| 4. 对重力异常进行地质解释的几个实例 .....                             | 430        |
| § 5.9 重力资料在盐矿勘查中的应用实例 .....                           | 441        |
| 1. 在滇南利用1:10万—1:20万的重力测量勘查<br>大型盐矿的例子 .....           | 442        |
| 2. 在湘南某盆地用1:5万的重力详查寻找大型盐矿的例子 .....                    | 446        |
| <b>附录一 常用符号的说明 .....</b>                              | <b>449</b> |
| <b>附录二 常见的岩石和矿石密度的若干资料及研究<br/>        方法简介 .....</b>  | <b>451</b> |
| <b>附录三 根据几个不同年代的正常重力公式算得的<br/>        正常重力值 .....</b> | <b>466</b> |
| <b>主要参考文献 .....</b>                                   | <b>474</b> |

# 第一章 有关重力勘探资料解释的一些基本知识

## § 1.1 重力和重力异常

### 1. 重力

地面上任何一个物体都受到重力的作用。有重力作用的空间称为重力场。某一物体所受到的重力就是整个地球对它的引力和由地球自转作用于它的惯性离心力的合力，引力的大小根据牛顿万有引力定律来计算，离心力 $C$ 的大小根据下式来确定，即

$$C = m\omega^2 r \quad (1.1-1)$$

式中的 $m$ 是物体的质量， $\omega$ 是地球自转的角速度， $r$ 是物体与地球自转轴间的距离。力的方向沿着 $r$ 向外。

根据牛顿万有引力定律，相距为 $\rho$ ，质量分别为 $m_1$ 和 $m_2$ 的两个质点，相互间作用力 $F$ 的大小可以用下式来表示，力的方向沿着两个质点的连线。

$$F = G \frac{m_1 m_2}{\rho^2} \quad (1.1-2)$$

式中的 $G$ 是一个比例常数，称为万有引力常数，它的数值与所采用的单位有关。这就是说，它是一个有量纲的量。在“厘米、克、秒”单位制中，由实验得到

$$G = 6.67 \times 10^{-8} \text{厘米}^3/\text{克} \cdot \text{秒}^2$$

力学证明，在计算密度均匀的球体或由密度均匀的同心层组成的球体相互间的引力时，可以把它们看成具有同质量的质点，质点的位置在球体的中心。

当物体除重力外不受其它力作用时，就会产生加速度，这个加速度叫做重力加速度，它与重力之间的关系为

$$F_1 = mg \quad (1.1-3)$$

式中的 $F_1$ 是重力， $m$ 是物体的质量， $g$ 是重力加速度。若令式

(1.1-3)中的 $m$ 等于1，则 $F_1 = g$ ；或者以 $m$ 除该式的两端，则得

$$\frac{F_1}{m} = g$$

。由此可知，重力加速度 $g$ 在数值上等于单位质量所受的

重力，也就是等于重力场的场强。因而，在重力勘探中，常常把重力加速度或重力场的场强简称为“重力”。以后，如果不特别注明，凡提到重力，都是指重力加速度或重力场作用在单位实验质量上的力而言。

为了纪念第一个测定重力加速度的伽里略，把重力加速度的绝对单位（厘米、克、秒单位，或CGS单位）称为“伽”，把它的千分之一称为“毫伽”，百万分之一称为“微伽”。也就是，

$$1 \text{ 厘米/秒}^2 = 1 \text{ 伽} = 10^3 \text{ 毫伽} = 10^6 \text{ 微伽}$$

$$\text{或 } 1 \text{ 毫伽} = 10^{-3} \text{ 伽} = 10^3 \text{ 微伽}, \quad 1 \text{ 微伽} = 10^{-6} \text{ 伽} = 10^{-3} \text{ 毫伽}$$

为了书写方便起见，常常把伽、毫伽、微伽分别用符号 $g$ 、 $mg$ 、 $\mu g$ （或 $gal$ 、 $mgal$ 、 $\mu gal$ ）来表示。

## 2. 正常重力值和正常重力公式

我们已经知道，地面上的重力加速度并不到处相同，而是随着地点的不同有所变化。根据地面上的重力变化情况来看地质构造和进行找矿勘探工作，是重力勘探的主要内容。要了解为什么根据地面上重力变化的情况可以研究地质构造和达到找矿勘探的目的，首先应知道重力在地面上变化的原因。这个原因主要有以下几点：

(1) 地球不是一个正球体，而是一个接近于两极压缩的扁球体，并且地面是起伏不平的；

(2) 地球绕一定的轴自转；

(3) 地壳及其附近的物质密度分布不均匀，这种不均匀是复杂的地质作用造成的，因而它与地质构造和矿产分布有着密切的关系。

从重力在地面上变化的上述原因不难看出，要根据地面上的

重力变化来推测地壳的密度分布，从而达到研究地质构造和找矿的目的，则必须知道单纯由于地壳密度分布不均匀所引起的重力变化。显然，要得到单纯由于地壳密度不均匀所引起的重力变化，就需知道地壳密度均匀情形下重力在地面上的分布。

假如地球是一个密度均匀而且光滑的扁球体，或者是一个密度成层分布的光滑扁球体，在同一层内密度是均匀的，而各层的界面都是共焦旋转椭圆面，则地面上各点的重力值便可以根据地球的大小、质量、扁度、自转的角速度以及各点所在的位置等计算出来。这种计算出来的重力值叫做**正常重力值**。这种情形下的重力场叫做**正常重力场**。正常重力值通常用符号 $\gamma_0$ 来表示。

应该指出，在重力勘探的实际工作中，并不是直接根据上述关于地球的参数来计算正常重力值，而是利用正常重力公式来计算。正常重力公式是根据地球的某些参数由理论和重力观测得到的，其二级近似的一般形式为

$$g = g_e(1 + \beta \sin^2 \varphi - \beta' \sin^2 2\varphi) \quad (1.1-4)$$

式中  $\beta = \frac{g_p - g_e}{g_e}$ ， $\beta' = \frac{1}{8} \alpha^2 + \frac{1}{4} \alpha \beta$ ， $\alpha = \frac{a-c}{a}$ ， $a$  是

地球的赤道半径， $c$  是地球的极半径， $g_p$  是两极上的重力值， $g_e$  是赤道上的重力值， $\varphi$  是拟计算正常重力值那一点的纬度。

现在介绍几个常用的具有数字系数的正常重力公式

#### 赫尔默 (R. Helmert) 公式

$$\gamma_0 = 978.030(1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi) \text{ 伽} \quad (1.1-5)$$

式中的 $\gamma_0$ 是纬度为 $\varphi$ 处海拔为零时的正常重力值，采用的地球参数是 $a = 6,378,200$ 米， $c = 6,356,818$ 米， $\alpha = 1/298.2$ ；赤道上的重力值 $g_e = 978.030$ 伽，是以波茨坦为起算点 ( $g = 981.274$ 伽)，利用了一千多个相对重力测定值 (1901—1909年) 求得的。

#### 卡辛尼 (Cassinis) 公式

$$\gamma_0 = 978.049(1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ 伽} \quad (1.1-6)$$

1930年在斯德哥尔摩国际大地测量协会的会议上，这个公式



被通过作为国际正常重力公式，采用的地球参数为 $a = 6,378,388$ 米， $c = 6,356,909$ 米， $\alpha = 1/297.0$ 。

### 新的国际正常重力公式

1930年所确定的国际正常重力公式，即式(1.1-6)，沿用了几十年。人们逐渐发现这个公式有系统的偏差。人造地球卫星出现以后，对地球扁度测定的精度得到了很大的提高。于是，1971年国际大地测量和地球物理协会决议采用如下的新重力公式作为国际正常重力公式，即

$$\gamma_0 = 978.0318(1 + 0.0053024\sin^2\varphi - 0.0000059\sin^2 2\varphi) \text{ 伽} \quad (1.1-7)$$

此式采用的地球参数为 $a = 6,378,160$ 米， $c = 6,356,755$ 米， $\alpha = 1/298.25$ ；赤道上的重力值 $g_e = 978.0318$ 伽是根据一千八百多个地区的重力测定值求得的。

### 3. 重力异常及其表示形式

我们已经知道，地面起伏不平是地面上的重力值随着地点的不同而变化的原因之一，根据正常重力公式求得的正常重力值是海拔为零时（即海平面上）的正常重力值。所以，要得到单纯由于地壳密度不均匀引起的重力变化，必须把地面上的重力观测值（称为**绝对重力值**）换算成海平面上的相应值，并消除观测点和海平面之间的物质产生的影响。这就是说，必须对重力观测值进行高度校正和布格校正。从进行了这两种校正的重力观测值中减去正常重力值所得到的差，叫做**重力异常**。为了把这样得到的重力异常与仅对观测值进行高度校正所得到的重力异常加以区别，则称前者为**布格重力异常**，后者为**自由空间重力异常**，或者将两者分别简称为布格异常和自由空间异常。显然，布格异常是单纯由于地壳密度分布不均匀引起的。通常用 $\Delta g$ 来表示重力异常。有时也用 $\Delta g$ 来表示两点间的重力差，或相对重力值。

在大比例尺小范围的重力勘探工作中，特别是为金属矿找矿等所进行的重力仪测量，常常不求出绝对重力值，而只测出各个测点与某一基准点间的重力差，即相对重力值。对相对重力值进