

高等学校教材试用本

# 重力勘探

北京地质学院编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校教材試用本



# 重 力 勘 探

北京地质学院編

中国工业出版社

本书共十四章，大体上分为四部分，即：重力勘探的理论基础、重力和重力位二次微商异常的获得、重力和重力位二次微商异常的解释，以及重力勘探的应用。

本书可作为高等院校金属物探和构造物探两个专业的教材。

## 重 力 勘 探

北京地质学院编

\*

地质部地质书刊编辑部编辑(北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张16·插页1·字数377,000

1961年10月北京第一版·1962年4月北京第三次印刷

印数1,998—3,467·定价(10-5) 1.90元

\*

统一书号: K15165·1038(地质-69)



## 前 言

1959年，由于教学的需要，我們曾根据当时新修訂的教学大綱，将过去所写的重力勘探讲义进行了重編。1960年，地质出版社要求将重編的讲义出版，以便于开展物探人員的业余学习；为此，对讲义作了部分的修改。今年四月，又在这个基础上进行了修改和补充而写成本书。

在編写的过程中，曾参考了Л.В. 索洛金的“重力测量学与重力勘探”，O.A. 什万克等的“重力观测解释”，A.A. 荣可夫的“重力勘探”，B.A. 安德列耶夫等的“重力勘探教程”，П.Е. 卢卡夫琴科的“油气田的重力勘探”，M.E. 阿別尔斯基等的“重力勘探教程”，以及其他一些有关的书籍和文献（見书后所附的参考文献），力求在內容上能反映新的科学成就。本书中的許多插图和数据都直接取自这些书籍和文献。

本书共十四章，除了第一章緒論外，大体上可分为四部分，即：重力勘探的理論基础，重力和重力位二次微商異常的获得，重力和重力位二次微商異常的解释，以及重力勘探的应用。第二章和第三章属于第一部分，第四章到第九章属于第二部分，第十章到第十三章属于第三部分，最后一章属于第四部分。

本书可作为高等院校金属物探和构造物探两个专业的教材，也可供重力勘探工作者参考。

由于編写的時間仓促，来不及广泛地征求意见；加之編者的理論水平和工作經驗有限，不論在內容、次序的編排和問題的論述等方面，缺点甚至錯誤都在所难免，希望讀者随时提供意見和指正，以便再版时修改。

編 者

1961年5月，北京。

## 目 录

|                               |    |                            |     |
|-------------------------------|----|----------------------------|-----|
| 前言 .....                      | 5  | 第五章 重力仪的野外测量 .....         | 83  |
| 第一章 緒論 .....                  | 7  | § 5.1 重力仪测量的任务和采用重力仪测      |     |
| § 1.1 課程的內容 .....             | 7  | 量的一些有利条件 .....             | 83  |
| § 1.2 重力勘探法發展的簡史 .....        | 7  | § 5.2 基点網的建立 .....         | 89  |
| § 1.3 重力勘探在我国应用和發展            |    | § 5.3 測網的选择和测点的布置 .....    | 89  |
| 的概况 .....                     | 9  | § 5.4 对基点和普通点观测精度的要求 ..... | 90  |
| 第二章 重力勘探的理論基础 .....           | 11 | § 5.5 在基点上观测的方法 .....      | 91  |
| § 2.1 重力和重力異常 .....           | 11 | § 5.6 在普通点上观测的方法和观测質量      |     |
| § 2.2 重力位和重力等位面 .....         | 13 | 的检查 .....                  | 91  |
| § 2.3 正常重力公式 .....            | 16 | § 5.7 輔助点和連接点 .....        | 92  |
| § 2.4 重力等位面的形状和不平行性与重         |    | § 5.8 补充测点的布置 .....        | 93  |
| 力位二次微商的关系 .....               | 21 | § 5.9 重力仪测量工作的設計 .....     | 93  |
| § 2.5 重力位二次微商的正常值和            |    | 第六章 重力仪观测結果的整理 .....       | 96  |
| 異常值 .....                     | 26 | § 6.1 在基点上观测結果的初步整理 .....  | 96  |
| § 2.6 重力勘探的正問題和反問題 .....      | 28 | § 6.2 基点網的平差和基点網精确度        |     |
| § 2.7 位場空間分佈的計算 .....         | 32 | 的衡量 .....                  | 96  |
| 第三章 重力和重力位二次微商測量              |    | § 6.3 重力仪測量結果的高度校正 .....   | 102 |
| 方法的原理 .....                   | 34 | § 6.4 重力仪測量結果的中間層引力        |     |
| § 3.1 重力測量方法的分类 .....         | 34 | 校正 .....                   | 102 |
| § 3.2 重力測量的动力法 .....          | 34 | § 6.5 重力仪測量結果的地形校正 .....   | 103 |
| § 3.3 重力測量的靜力法 .....          | 36 | § 6.6 重力仪測量結果的正常場校正或緯      |     |
| § 3.4 重力位二次微商測量方法的原理 .....    | 37 | 度校正 .....                  | 106 |
| 第四章 重力仪 .....                 | 39 | § 6.7 重力異常的圖示法 .....       | 108 |
| § 4.1 重力仪的基本理論 .....          | 39 | 第七章 扭秤 .....               | 110 |
| § 4.2 影响重力仪測量精确度的各种因素和        |    | § 7.1 扭秤的平衡方程式 .....       | 110 |
| 消除这些影响的方法 .....               | 45 | § 7.2 悬挂系統的振動 .....        | 113 |
| § 4.3 ГКА-НИИГР 重力仪 .....     | 50 | § 7.3 对扭秤設計上的几点要求 .....    | 118 |
| § 4.4 ГКА 重力仪常数的測定 .....      | 55 | § 7.4 Z-40 型扭秤的秤臂最佳位置      |     |
| § 4.5 ГКА重力仪的观测和观测結果的初        |    | 的选定 .....                  | 121 |
| 步整理 .....                     | 59 | § 7.5 扭秤常数的測定 .....        | 122 |
| § 4.6 ГВ-52 型重力高度計 .....      | 60 | 第八章 扭秤的野外測量 .....          | 127 |
| § 4.7 GS-9 型重力仪 .....         | 63 | § 8.1 扭秤测量的任务和采用扭秤测量的      |     |
| § 4.8 諾伽 (Nörgaard) 重力仪 ..... | 65 | 一些有利条件 .....               | 127 |
| § 4.9 諾伽重力仪的观测和观测結果的          |    | § 8.2 測網的选择和测点的布置以及相应      |     |
| 初步整理 .....                    | 76 | 的地形測量工作 .....              | 128 |
| § 4.10 ГAK-3 M 重力仪 .....      | 78 | § 8.3 在测点上的观测和观测質量的        |     |
| § 4.11 渥尔登 (Worden) 重力仪 ..... | 86 | 检查 .....                   | 129 |

|   |     |  |     |
|---|-----|--|-----|
| § 8.4 扭秤測量工作的設計 .....                   | 130 | § 12.4 借重力儀在剖面上的觀測來確定地表<br>附近岩石平均密度的方法 .....       | 211 |
| 第九章 扭秤測量結果的整理 .....                     | 131 | § 12.5 借重力儀在鑽井或礦井中的觀測來<br>確定岩石平均密度的方法 .....        | 212 |
| § 9.1 扭秤記錄的換算 .....                     | 131 | § 12.6 密度資料的整理和表示方式 .....                          | 213 |
| § 9.2 努勉洛夫的地形校正法 .....                  | 135 | § 12.7 決定岩石和礦石密度的地質因素 .....                        | 214 |
| § 9.3 計算地形校正值的薩姆索諾夫<br>量板 .....         | 142 | 第十三章 局部異常和區域異常的<br>劃分 .....                        | 216 |
| § 9.4 地形影響的制圖校正 .....                   | 145 | § 13.1 總論 .....                                    | 216 |
| § 9.5 扭秤測量結果的正常場校正 .....                | 148 | § 13.2 重力局部異常和區域異常的劃分 .....                        | 216 |
| § 9.6 重力位二次微商異常的圖示法 .....               | 148 | § 13.3 重力位二次微商局部異常和區域異<br>常的劃分 .....               | 224 |
| § 9.7 重力梯度的積分及相應的量板 .....               | 150 | 第十四章 重力勘探的應用 .....                                 | 228 |
| 第十章 重力勘探正問題的解法 .....                    | 154 | § 14.1 決定重力異常特征的主要地質因<br>素及重力勘探所能解決的地質<br>問題 ..... | 228 |
| § 10.1 均勻球體的正問題的解法 .....                | 154 | § 14.2 重力勘探在區域地質研究中的<br>應用 .....                   | 230 |
| § 10.2 均勻水平圓柱體的正問題的解法 .....             | 155 | § 14.3 重力勘探在普查和勘探與石油及<br>天然氣有關的局部構造方面的<br>應用 ..... | 235 |
| § 10.3 垂直台階的正問題的解法 .....                | 159 | § 14.4 重力勘探在煤田普查和勘探方面的<br>應用 .....                 | 241 |
| § 10.4 垂直脈的正問題的解法 .....                 | 161 | § 14.5 鐵礦的找礦和勘探 .....                              | 243 |
| § 10.5 斜台階的正問題的解法 .....                 | 162 | § 14.6 鉻鐵礦的找礦和勘探 .....                             | 249 |
| § 10.6 傾斜脈的正問題的解法 .....                 | 166 | § 14.7 硫化礦床的找礦和勘探 .....                            | 252 |
| § 10.7 解二度物體和一度物體正問題的<br>某些公式的簡化 .....  | 169 | § 14.8 重力勘探在剛玉礦床和某些其他礦<br>床找礦方面的應用 .....           | 254 |
| § 10.8 用於解二度物體正問題的量板 .....              | 172 | 參考文獻 .....   | 255 |
| § 10.9 一個密度分界面和幾個密度分界面<br>的正問題的解法 ..... | 178 |  |     |
| 第十一章 重力勘探反問題的解法 .....                   | 183 |  |     |
| § 11.1 解反問題的反演法 .....                   | 183 |  |     |
| § 11.2 解反問題的選擇法 .....                   | 194 |  |     |
| § 11.3 解反問題的直接法 .....                   | 195 |  |     |
| 第十二章 岩石和礦石的密度 .....                     | 208 |  |     |
| § 12.1 總論 .....                         | 208 |  |     |
| § 12.2 用天平測密度的方法 .....                  | 208 |  |     |
| § 12.3 薩姆索諾夫密度儀 .....                   | 209 |  |     |

高等学校教材试用本



# 重 力 勘 探

北京地质学院编

中国工业出版社



本书共十四章，大体上分为四部分，即：重力勘探的理论基础、重力和重力位二次微商异常的获得、重力和重力位二次微商异常的解释，以及重力勘探的应用。

本书可作为高等院校金属物探和构造物探两个专业的教材。

## 重 力 勘 探

北京地质学院编

\*

地质部地质书刊编辑部编辑(北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张16·插页1·字数377,000

1961年10月北京第一版·1962年4月北京第三次印刷

印数1,998—3,467·定价(10-5) 1.90元

\*

统一书号: K15165·1038(地质-69)



## 目 录

|                               |    |                            |     |
|-------------------------------|----|----------------------------|-----|
| 前言 .....                      | 5  | 第五章 重力仪的野外测量 .....         | 83  |
| 第一章 緒論 .....                  | 7  | § 5.1 重力仪测量的任务和采用重力仪测      |     |
| § 1.1 課程的內容 .....             | 7  | 量的一些有利条件 .....             | 83  |
| § 1.2 重力勘探法發展的簡史 .....        | 7  | § 5.2 基点網的建立 .....         | 89  |
| § 1.3 重力勘探在我国应用和發展            |    | § 5.3 測網的选择和测点的布置 .....    | 89  |
| 的概况 .....                     | 9  | § 5.4 对基点和普通点观测精度的要求 ..... | 90  |
| 第二章 重力勘探的理論基础 .....           | 11 | § 5.5 在基点上观测的方法 .....      | 91  |
| § 2.1 重力和重力異常 .....           | 11 | § 5.6 在普通点上观测的方法和观测質量      |     |
| § 2.2 重力位和重力等位面 .....         | 13 | 的检查 .....                  | 91  |
| § 2.3 正常重力公式 .....            | 16 | § 5.7 輔助点和連接点 .....        | 92  |
| § 2.4 重力等位面的形状和不平行性与重         |    | § 5.8 补充测点的布置 .....        | 93  |
| 力位二次微商的关系 .....               | 21 | § 5.9 重力仪測量工作的設計 .....     | 93  |
| § 2.5 重力位二次微商的正常值和            |    | 第六章 重力仪观测結果的整理 .....       | 96  |
| 異常值 .....                     | 26 | § 6.1 在基点上观测結果的初步整理 .....  | 96  |
| § 2.6 重力勘探的正問題和反問題 .....      | 28 | § 6.2 基点網的平差和基点網精確度        |     |
| § 2.7 位場空間分佈的計算 .....         | 32 | 的衡量 .....                  | 96  |
| 第三章 重力和重力位二次微商測量              |    | § 6.3 重力仪測量結果的高度校正 .....   | 102 |
| 方法的原理 .....                   | 34 | § 6.4 重力仪測量結果的中間層引力        |     |
| § 3.1 重力測量方法的分类 .....         | 34 | 校正 .....                   | 102 |
| § 3.2 重力測量的动力法 .....          | 34 | § 6.5 重力仪測量結果的地形校正 .....   | 103 |
| § 3.3 重力測量的靜力法 .....          | 36 | § 6.6 重力仪測量結果的正常場校正或緯      |     |
| § 3.4 重力位二次微商測量方法的原理 .....    | 37 | 度校正 .....                  | 106 |
| 第四章 重力仪 .....                 | 39 | § 6.7 重力異常的圖示法 .....       | 108 |
| § 4.1 重力仪的基本理論 .....          | 39 | 第七章 扭秤 .....               | 110 |
| § 4.2 影响重力仪測量精確度的各种因素和        |    | § 7.1 扭秤的平衡方程式 .....       | 110 |
| 消除这些影响的方法 .....               | 45 | § 7.2 悬掛系統的振動 .....        | 113 |
| § 4.3 ГКА-НИИГР 重力仪 .....     | 50 | § 7.3 对扭秤設計上的几点要求 .....    | 118 |
| § 4.4 ГКА 重力仪常数的測定 .....      | 55 | § 7.4 Z-40 型扭秤的秤臂最佳位置      |     |
| § 4.5 ГКА重力仪的观测和观测結果的初        |    | 的选定 .....                  | 121 |
| 步整理 .....                     | 59 | § 7.5 扭秤常数的測定 .....        | 122 |
| § 4.6 ГВ-52 型重力高度計 .....      | 60 | 第八章 扭秤的野外測量 .....          | 127 |
| § 4.7 GS-9 型重力仪 .....         | 63 | § 8.1 扭秤测量的任务和采用扭秤测量的      |     |
| § 4.8 諾伽 (Nörgaard) 重力仪 ..... | 65 | 一些有利条件 .....               | 127 |
| § 4.9 諾伽重力仪的观测和观测結果的          |    | § 8.2 測網的选择和测点的布置以及相应      |     |
| 初步整理 .....                    | 76 | 的地形測量工作 .....              | 128 |
| § 4.10 ГAK-3 M 重力仪 .....      | 78 | § 8.3 在测点上的观测和观测質量的        |     |
| § 4.11 渥尔登 (Worden) 重力仪 ..... | 86 | 检查 .....                   | 129 |

|   |     |  |     |
|---|-----|--|-----|
| § 8.4 扭秤測量工作的設計 .....                   | 130 | § 12.4 借重力儀在剖面上的觀測來確定地表<br>附近岩石平均密度的方法 .....       | 211 |
| 第九章 扭秤測量結果的整理 .....                     | 131 | § 12.5 借重力儀在鑽井或礦井中的觀測來<br>確定岩石平均密度的方法 .....        | 212 |
| § 9.1 扭秤記錄的換算 .....                     | 131 | § 12.6 密度資料的整理和表示方式 .....                          | 213 |
| § 9.2 努勉洛夫的地形校正法 .....                  | 135 | § 12.7 決定岩石和礦石密度的地質因素 .....                        | 214 |
| § 9.3 計算地形校正值的薩姆索諾夫<br>量板 .....         | 142 | 第十三章 局部異常和區域異常的<br>劃分 .....                        | 216 |
| § 9.4 地形影響的制圖校正 .....                   | 145 | § 13.1 總論 .....                                    | 216 |
| § 9.5 扭秤測量結果的正常場校正 .....                | 148 | § 13.2 重力局部異常和區域異常的劃分 .....                        | 216 |
| § 9.6 重力位二次微商異常的圖示法 .....               | 148 | § 13.3 重力位二次微商局部異常和區域異<br>常的劃分 .....               | 224 |
| § 9.7 重力梯度的積分及相應的量板 .....               | 150 | 第十四章 重力勘探的應用 .....                                 | 228 |
| 第十章 重力勘探正問題的解法 .....                    | 154 | § 14.1 決定重力異常特征的主要地質因<br>素及重力勘探所能解決的地質<br>問題 ..... | 228 |
| § 10.1 均勻球體的正問題的解法 .....                | 154 | § 14.2 重力勘探在區域地質研究中的<br>應用 .....                   | 230 |
| § 10.2 均勻水平圓柱體的正問題的解法 .....             | 155 | § 14.3 重力勘探在普查和勘探與石油及<br>天然氣有關的局部構造方面的<br>應用 ..... | 235 |
| § 10.3 垂直台階的正問題的解法 .....                | 159 | § 14.4 重力勘探在煤田普查和勘探方面的<br>應用 .....                 | 241 |
| § 10.4 垂直脈的正問題的解法 .....                 | 161 | § 14.5 鐵礦的找礦和勘探 .....                              | 243 |
| § 10.5 斜台階的正問題的解法 .....                 | 162 | § 14.6 鉻鐵礦的找礦和勘探 .....                             | 249 |
| § 10.6 傾斜脈的正問題的解法 .....                 | 166 | § 14.7 硫化礦床的找礦和勘探 .....                            | 252 |
| § 10.7 解二度物體和一度物體正問題的<br>某些公式的簡化 .....  | 169 | § 14.8 重力勘探在剛玉礦床和某些其他礦<br>床找礦方面的應用 .....           | 254 |
| § 10.8 用於解二度物體正問題的量板 .....              | 172 | 參考文獻 .....   | 255 |
| § 10.9 一個密度分界面和幾個密度分界面<br>的正問題的解法 ..... | 178 |  |     |
| 第十一章 重力勘探反問題的解法 .....                   | 183 |  |     |
| § 11.1 解反問題的反演法 .....                   | 183 |  |     |
| § 11.2 解反問題的選擇法 .....                   | 194 |  |     |
| § 11.3 解反問題的直接法 .....                   | 195 |  |     |
| 第十二章 岩石和礦石的密度 .....                     | 208 |  |     |
| § 12.1 總論 .....                         | 208 |  |     |
| § 12.2 用天平測密度的方法 .....                  | 208 |  |     |
| § 12.3 薩姆索諾夫密度儀 .....                   | 209 |  |     |

## 前 言

1959年，由于教学的需要，我們曾根据当时新修訂的教学大綱，将过去所写的重力勘探讲义进行了重編。1960年，地质出版社要求将重編的讲义出版，以便于开展物探人員的业余学习；为此，对讲义作了部分的修改。今年四月，又在这个基础上进行了修改和补充而写成本书。

在編写的过程中，曾参考了Л.В. 索洛金的“重力测量学与重力勘探”，O.A. 什万克等的“重力观测解释”，A.A. 柴可夫的“重力勘探”，B.A. 安德列耶夫等的“重力勘探教程”，П.Е. 卢卡夫琴科的“油气田的重力勘探”，M.E. 阿別尔斯基等的“重力勘探教程”，以及其他一些有关的书籍和文献（見书后所附的参考文献），力求在內容上能反映新的科学成就。本书中的許多插图和数据都直接取自这些书籍和文献。

本书共十四章，除了第一章緒論外，大体上可分为四部分，即：重力勘探的理論基础，重力和重力位二次微商異常的获得，重力和重力位二次微商異常的解释，以及重力勘探的应用。第二章和第三章属于第一部分，第四章到第九章属于第二部分，第十章到第十三章属于第三部分，最后一章属于第四部分。

本书可作为高等院校金属物探和构造物探两个专业的教材，也可供重力勘探工作者参考。

由于編写的時間仓促，来不及广泛地征求意见；加之編者的理論水平和工作經驗有限，不論在內容、次序的編排和問題的論述等方面，缺点甚至錯誤都在所难免，希望讀者随时提供意見和指正，以便再版时修改。

編 者

1961年5月，北京。





# 第一章 緒 論

## § 1.1 課程的內容

我們知道，地面上的任何物体都有重量。物体之所以有重量，是因为它受到重力的作用。物体受重力的作用而产生的加速度称为重力加速度。在地面上，重力加速度的大小随着地点的不同而有微小的变化。这种变化与地球的运轉、地球的形状以及不同密度的物质在地壳內（特別是在地表附近）的分布有关。因此，如果我們測出了重力加速度随着地点而变化的情形，并且把这些变化加以研究，就有可能得到有关地球形状和构成地壳的物质分佈的資料。前者对于解决大地测量的基本問題有很大的帮助；后者对于研究地质构造和有用矿产的分佈有着重要的意义。重力勘探法就是根据重力加速度在地面上变化的情形来解决有关地质构造和找矿等問題的一种勘查方法。因此，在重力勘探这門課程中将着重研究精确测定重力变化的仪器和方法，并且研究如何根据所得到的重力变化的資料来解决有关地质构造和找矿方面的問題。

## § 1.2 重力勘探法发展的簡史

重力勘探法是由重力测量学发展而来的。重力测量学是研究重力加速度在地面上的分布和重力場的其他要素的科学。根据历史的記載，第一个研究和测定重力加速度的人員伽里略(G. Galilei, 1564~1642)。他根据他所发现的自由落体定律，测定了起初靜止的物体在开始的一个單位時間內自由降落的路程。这个路程，在数值上等于重力加速度的一半。因为当时的测定技术不高，又沒有精确测定時間的钟表，而他所采用的方法却要求测定很短的時間間隔。所以，他所测定的結果必然是很不精确的。

在此以后，比較精确地测定重力加速度的方法，主要是根据摆的原理。从所見到的历史資料看来，第一个知道摆具有一定周期的人也是伽里略。后来由于天文学上的需要，惠更斯(Ch. Huygens, 1629~1695)仔細地研究了摆，并在1655年左右制造了钟。这就为以后的重力加速度的精确测定奠定了基础。

最初由于重力加速度的测定不精确，人們都认为，在地球上重力加速度到处都相同，后来法国的天文学家里歇(J. Richer)在1672年发现，他原来在巴黎对得很准的有摆的天文钟，帶到南美后，每晝夜慢了两分多。等到把钟又帶回巴黎时，它又不慢了。如果根据重力加速度是常数的看法来解释这个現象，那就只能是摆的长度在搬运的过程中发生了变化，这显然是不可能的。同样的現象也被其他許多旅行家所觉察。但是，直到牛頓(I. Newton, 1643~1727)对这一問題注意之前，这些現象一直都沒得到应有的重視和正确的解释。牛頓在他发表于1687年的“自然哲学的数学原理”一书中根据力学理論的推論指出：由于离心力从赤道到两极逐渐减小，在地面上的重力加速度便应随緯度而变，而且地球在赤道处应向外扩大，也就是地球的形状应是扁的。从这时起，研究地球形状的問題便和研究重力加速度在地面上的变化联系起来。

大約在和牛頓发表上述著作的同一时期，当卡辛尼斯(Cassins)在巴黎以南和以北測量

緯度一度相当于子午綫的长度时，发现在北緯 $45^{\circ}41'$ 附近緯度一度所相当的子午綫长度較北緯 $49^{\circ}56'$ 附近的大一些。从这些測量結果看来，地球的形状应该是长的。这和牛頓的推論恰好相反。因此，关于地球形状的問題在当时引起了很大的爭論。

为了解决上述爭論，法国的科学院在1735年前后派出了两个測量队，一个向北去瑞典，另一个向南去秘魯。去瑞典的一队工作了約十六个月，測量的結果是，在北緯 $66^{\circ}20'$ 附近，緯度一度的子午綫长度，相当于57,437托斯（1托斯等于1,949米）。去秘魯的一队，因为当地的地形很坏，工作困难，所以工作了将近十年之久。得到的結果是：在南緯 $1^{\circ}30'$ 附近，緯度一度的子午綫长度相当于56,746~56,768托斯。綜合两队的測量結果可以看出，地球的形状应该是扁的。卡辛尼斯之所以得到了不正确的結果，是由于他所測量的两段子午綫，其緯度相差很小，而測量的誤差又比較大。

自此以后，許多科学家根据牛頓的理論，在对地球的形状、地面上重力的变化以及地壳內物质密度的分布等方面的研究都作出了很大的貢獻。如克雷若(M. Clairaut)在1743年所发表的关于利用重力測量来确定地球扁度的論文。他在論文中，从牛頓的引力理論出发，得到了一个称为克雷若定理的公式。根据这个公式就可以利用在地面上測得的重力加速度把地球的扁度計算出来。在同一时期，俄国的科学家罗蒙諾索夫(M. B. Ломоносов)对重力随時間的变化进行了研究。在克雷若发表了上述論文以后約一百年，即在1849年左右，斯托克斯(G. Stokes)在理論上証明了：如果在地球表面上的重力場为已知，就可以确定出大地水准面（平靜的海面）的形状，并且导出了相应的公式。根据这个公式，可以利用地面上重力加速度的变化值来确定地面上各点大地水准面和理論橢球面的高度差。在1854~1855年普莱特(F. Pratt)和爱里(G. Airy)所提出的地壳均衡学說也是值得注意的。地壳均衡学說的出現，第一个指出了重力加速度的測定对研究地壳构造的意义。但是，这个假說在二十世紀才得到了应用。

从上述在理論方面所得到的結果看来，必需发明精确的仪器和方法来測定地面上各处的重力加速度。很多科学家在这方面尽了很大的努力，作出了很大的成績。1818年卡特尔(H. Kater)設計出了可倒摆；1826年左右貝塞尔(F. W. Bessel)充实了可倒摆的理論，并对許多影响所产生的誤差作了校正，如空气的阻力和刃口的运动等。可倒摆的发明为以后精确地測定重力加速度創造了条件。在1881年斯台尔涅克(R. V. Sterneck)发明了輕便而又精确的測定重力加速度相对值的振摆仪。这一仪器很快地就得到了广泛的使用。大約在1896年，厄缶(V. Eötvös)发明了測定重力位二次微商的仪器，称为扭秤；等到1908年他又指出了应用扭秤在研究地壳上层地质构造方面的可能性，并且根据物质分布的某些理論情况的計算証实了扭秤在这方面应用的可能性。以后到1923年，曼茨(F. A. Vening Meinesz)又发明了在海面上測定重力加速度的方法。

随着新仪器的发明和新的測定方法的出現，重力加速度的測定也就越来越精确。这就使得有可能測出由于地表附近不同密度的物质分布所引起重力加速度的微小变化。加之在第一次世界大战期間和以后近代工业对地下资源的需要，于是便开始利用对重力加速度微小变化的測定来探寻有用矿产和研究地质构造。

等到重力勘探得到了較为广泛的应用之后，原有的仪器就显得不能滿足需要了。当时用于重力勘探的主要仪器是振摆仪和扭秤。用这两种仪器来进行一次觀測就需要几个小时，这显然是很不經濟的。于是便又有适时的新型仪器制造出来了，这就是目前在重力勘

探中使用得极其广泛的重力仪。重力仪是根据静力平衡的原理来测定重力加速度变化的仪器。重力仪的出现大大地提高了重力勘探的生产效率，这就为重力勘探的迅速发展开辟了道路。利用现代的重力仪不但使测定的时间大为缩短，而且测定的精确度也远远超过了振摆仪。目前最好的重力仪测定的精确度可以达到重力加速度绝对单位 (C, G, S 单位) 的十万分之一，而测定一个点的时间只需几分钟。重力仪虽然具有很多优点；但也还有它的缺点，所以在某些方面，仍还使用振摆仪来测定重力加速度。

随着仪器和测定方法的改进，测量结果的整理方法和解释方法也在不断地充实起来。例如，为了去掉非研究对象所引起的重力变化，对测量结果进行各种校正的方法；为了根据测量结果来推断地质情况而对各种形状物体的引力场场强沿铅垂方向的分量进行计算的方法；以及直接利用测得的重力加速度变化的资料来计算矿体的深度和产状的方法等等。直到目前为止，不论在仪器的改进方面和解释的方法方面都还在继续不断地发展。

### § 1.3 重力勘探在我国应用和发展的概况

重力勘探在我国应用于油田的勘查方面开始于 1945 年，当时全国只有一个重力勘探队，使用的仪器是重力仪。到 1949 年，全国解放的前夕，虽然相隔已有五年之久，但重力勘探队的数目只增加到两个，工作地区的范围也仅限于我国西北和台湾的个别地区。在金属矿方面，只在湖南的一个地方作过扭秤测量。以上所述就是全国解放以前重力勘探在我国应用的情况。由于所有这些工作都是在反动政权的统治下进行的，工作得不到支持，所以在当时，重力勘探也就没能得到应有的发展。

全国解放以后，由于党和人民政府的重视，重力勘探的队伍不断地壮大起来，仪器设备也在不断地增加。现在，除了山区外，全国各地都已进行了重力勘探的普查或预查工作。解放以来，在我国不论对区域地质的研究和构造的分区，以及估计沉积岩的厚度，圈定凹陷带和确定断裂带等方面，重力勘探的应用都获得了很大的成功。此外，重力勘探用于寻找和研究石油构造方面也得到了良好的效果，在一些盆地所进行的重力勘探工作，就是一个十分明显的例子。在这些地区，根据重力勘探结果所发现的很多构造都被以后的地震勘探和钻探工作所证实。在研究煤田构造方面，重力勘探在我国也得到了越来越广泛的应用。由于过去我们已有的重力仪的精确度还不够高，而扭秤的工作效率又比较低，且对地面条件的要求较为严格，重力勘探在我国金属矿的普查找矿方面的应用，虽然不象在上述其他方面用得那样广泛，但是，与解放以前相比，却有很大的发展。在全国闻名的钢铁基地鞍山等地都曾进行过重力勘探工作。由于金属矿和它的围岩间一般都有着明显的密度差，所以，重力勘探在金属矿的普查找矿方面的应用必然有着远大的发展前景。

全国解放以后，我国在重力勘探仪器的制造方面，也取得了很大的成就。

从全国解放以后重力勘探在我国应用和发展的情况中可以看出，在我们优越的社会制度下，重力勘探在我国有着光明的发展前途，它在今后的社会主义工业建设中，必将起着越来越重要的作用。加之在现代电子技术高度发展的情形下，重力勘探数据的整理和解释自动化的问题已不是遥远的事情了。这一问题的解决，不仅将大大地提高重力勘探的数据整理和解释效率，而更重要的是，过去看来繁杂得不能计算的问题可以得到解决，这必将显著地扩大重力勘探的应用范围和提高其效果，使重力勘探不仅像过去那样多用于普查找矿阶段，而可以越来越多地用于勘探阶段，大大地减少钻探和山地工作量。目前，国外已

有不同类型的用于重力勘探资料解释的电子模拟计算机出现；在我国，在社会主义建设总路线的光辉照耀下，这类计算机的制成不会是很远的事。所有这一切，都要依靠重力勘探工作者在党的领导下来实现。

我国是一个海岸线很长的国家，而且有不少的含油远景区都在沿海一带，因此，海洋重力勘探在我国也有着广阔的发展远景。

关于航空重力测量，已有不少国家在研究这方面的仪器，并且取得了一定的成就。这一问题的解决，将给重力勘探带来很大的好处，特别在多山的我国，航空重力测量的仪器将为在山区进行重力勘探创造极为有利的条件。



## 第二章 重力勘探的理論基礎

### § 2.1 重力和重力異常

地面上任何一个物体都受到重力的作用。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轉所产生的离心力的合力。引力的大小根据牛頓的万有引力定律来确定。离心力的大小根据下式来确定。

$$c = m\omega^2 r \quad (2.1)$$

式中的  $c$  是离心力， $m$  是物体的质量， $\omega$  是地球自轉的角速度， $r$  是物体与地球自轉軸間的距離。力的方向沿着  $r$  向外

根据牛頓的万有引力定律，相距为  $\rho$ ，质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的两个质点，其相互間的引力  $F$  可以用  $F$  式来表示，力的方向沿着两个质点的联綫。

$$F = f \frac{m_1 m_2}{\rho^2} \quad (2.2)$$

式中的  $f$  是一个比例常数，称为万有引力常数，它的数值与所采用的測量單位有关。在“克、厘米、秒”單位制中，由实验得到：

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

力学証明，在計算密度均匀的球体或由密度均匀的同心层組成的球体其相互間的引力时，可以把它們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他力作用时，就会有一个加速度，这个加速度叫做重力加速度，它与重力之間的关系如下式所示：

$$F_1 = mg \quad (2.3)$$

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(2.3)中的  $m$  为 1，則  $F_1 = g$ ；或者以  $m$  除該式的两端，則得  $\frac{F_1}{m} = g$ 。由此可知，重力加速度  $g$  在数值上等于單位质量所受的重力，也就是等于重力場的場强。因而，在重力勘探中，常常把重力加速度或重力場的場强簡称为“重力”。以后，如果不特別註明，凡提到重力，都是指重力加速度或重力場作用在單位实验质量上的力而言。为了紀念第一个測定重力加速度的伽里略，把重力加速度的絕對單位（克、厘米、秒單位，或 G, G, S 單位）称为“伽”，把它的千分之一称为“毫伽”。也就是，

$$1 \text{ 伽} = 1 \text{ 厘米/秒}^2, \quad 1 \text{ 毫伽} = \frac{1}{1000} \text{ 伽}。$$

我們已經知道，在地面上，重力加速度并不到处都相同，而是随着地点的不同有所变化。根据地面上重力变化的情况，来研究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，首先要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. 地球不是一个圆球体，而是一个两极压縮的扁球体，并且地面是起伏不平的；
2. 地球繞一定的軸自轉；
3. 地面附近（即地壳）物质的密度分佈不均匀；这种不均匀是复杂的地质作用造成