

苏联中等专业学校教学用书

磁力勘探教程

A. A. 罗加契夫著

地质出版社

磁 力 勘 探 教 程

A. A. 罗加契夫 著

苏联地质部教育局审定作为地质勘探学校教本

地 质 出 版 社

1958·北京

A. A. ЛОГАЧЕВ
КУРС
МАГНИТОРАЗВЕДКИ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1955

本書敘述的是磁力勘探中所应用的仪器的構造和原理，野外磁測的技術，測量結果的整理。磁場的数学理論僅以最簡單形狀的礦体作为例子來討論并用最簡單的实例來說明。

本書適于地質勘探學校學生，教員，以及欲了解磁力勘探的地質工作者學習和參考。

本書由陈培光同志翻譯，譯後后曾經中國科學院地球物理所研究員秦馨菱先生（第一篇及第二篇）和北京地質勘探學院地球物理探礦系地球物理探礦教研室主任譚承澤先生（第三篇及第四篇）校閱并給予修正。

磁 力 勘 探 教 程

著 者	A. A. 罗 加 契 夫
譯 者	陈 培 光
出版者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	北京市書刊出版業營業許可証出字第050号
發行所	新 華 書 店
印刷者	天 津 人 民 印 刷 厂

印数(京) 1—1,100册	1958年3月北京第1版
开本31"×43"1/25	1958年3月第1次印刷
字数240,000	印張11 ³ / ₅ 插頁
定价(10) 1.50元	

目 錄

原 序	8
序 論	9

第一篇 磁力勘探的理論基礎

第一章 地磁場	15
§ 1. 磁場的一般知識	15
§ 2. 磁場强度与重力場强度之間的关系	18
§ 3. 地磁性要素	21
§ 4. 地表上正常地磁場	22
§ 5. 地磁場强度随時間的变化	29
§ 6. 正常場圖的利用	36
第二章 磁異常的原因	37
§ 7. 物体磁性的一般知識	37
§ 8. 岩石的磁性	41
§ 9. 磁異常与地質構造的关系	45
§ 10. 已知岩石上異常的可能强度的近似估計	47
第三章 磁化礦体的磁場强度的数学表达式	51
§ 11. 关于磁異常的总的意見	51
§ 12. 垂直柱狀礦体的磁場	54
§ 13. 球狀礦体的磁場	57
§ 14. 延伸很深的垂直薄層的磁場	61
§ 15. 延伸不深的垂直薄層的磁場	63
§ 16. 厚度很大和延伸深的垂直層的磁場	66
§ 17. 侵磁性岩石的断層帶上的磁場	69
§ 18. 傾斜層的磁場	72
§ 19. 斜磁化时礦体的磁場	76
§ 20. 用作圖法來求水平埋藏的圓柱狀礦体所產生的場强	79
§ 21. 用比較观测場与理論場的方法确定磁化礦体的產狀要素	83

第四章 磁力勘探的經濟意义	85
§ 22. 磁力勘探的应用范围.....	85
§ 23. 磁力勘探的經濟意义.....	86

第二篇 野外磁力勘探仪器与輔助装备

第五章 磁力仪与輔助装备的一般知識	89
§ 24. 磁力仪的各种类型.....	89
§ 25. 永久磁鉄.....	90
§ 26. 磁鉄的磁場.....	92
§ 27. 磁鉄磁力矩的測量.....	95
§ 28. 电流的磁場.....	98
第六章 垂直磁秤	99
§ 29. 垂直磁秤的理論.....	99
§ 30. M-2型磁力仪的構造.....	106
§ 31. 光学系統的裝置.....	110
§ 32. 磁力仪的平台与三脚架.....	111
§ 33. 磁系的調整与調諧.....	112
§ 34. 光系的調整和調諧.....	116
§ 35. 磁力仪的檢查与調整.....	117
§ 36. 罗盤和三脚架端帽的檢查与調整.....	118
§ 37. 測量与計算 Z_a	120
§ 38. 測量誤差的主要來源.....	122
§ 39. M-2型磁力仪的証明書.....	124
第七章 水平磁秤	125
§ 40. 水平磁秤的理論和描述.....	125
§ 41. H- 磁秤的測量誤差的主要來源.....	129
第八章 M-1型万用磁力仪	130
§ 42. M-1型磁力仪的描述.....	130
§ 43. 異常磁場水平分量的測量法与計算法.....	135
§ 44. 正切法測量水平分量.....	137
§ 45. 正切法測量H的誤差來源与減少它們的方法.....	141
§ 46. 正弦法測量水平分量.....	145

§ 47. 正弦法測量H的誤差來源與減少它們的路徑.....	147
§ 48. 普查勘探綫的磁方位角測量.....	149
§ 49. 矢量 H_a 的計算.....	151
§ 50. 垂直分量增量的測量.....	156
§ 51. 測量 Z_a 誤差的來源與減少它們影響的措施.....	159
§ 52. Z_a 的計算.....	161
第九章 Z-型感應航空磁力儀	163
§ 53. Z-型感應航空磁力儀的裝置原理.....	163
§ 54. Z-型感應航空磁力儀的理論.....	167
§ 55. Z-型航空磁力儀的調整.....	169
§ 56. Z-型航空磁力儀測量的進行, 測量誤差的主要來源.....	172
第十章 使用磁飽和式靈敏元件的航空磁力儀	174
§ 57. 軟磁性合金.....	174
§ 58. 磁敏元件.....	176
§ 59. T-型航空磁力儀的綫路系統.....	179
第十一章 岩石磁性的測量	184
§ 60. 在野外條件下測量岩石標本的磁性.....	184
§ 61. 在露頭上測定岩石和礦石的磁化強度.....	188
§ 62. 在實驗條件下測量岩石和礦物的磁性.....	188
第十二章 大地磁場變化的測量	193
§ 63. 野外測變站.....	193
§ 64. 沒有專門測變站時地磁日變的計算.....	196

第三篇 野外工作的方法和技術

第十三章 一般原則	199
§ 65. 磁測的比例尺.....	199
§ 66. 在地質普查工作不同階段上磁力勘探的應用.....	201
§ 67. 野外工作方法的主要問題.....	203
§ 68. 磁力儀型式的選擇.....	205
第十四章 觀測網的布置和聯系	207
§ 69. 空中測量時測網的布置和聯系.....	207
§ 70. 地面普查工作時目測綫的布置.....	209

§ 71. 測網的儀器布置.....	211
第十五章 儀器讀數的檢查	213
§ 72. 航空磁力儀的檢查測綫.....	213
§ 73. 地面儀器工作時的檢查點.....	214
§ 74. 基点.....	217
第十六章 野外測量的進行	219
§ 75. 用航空磁力儀進行野外測量.....	219
§ 76. 用磁秤進行野外測量.....	222
§ 77. 用M-1型磁力儀進行野外測量.....	224
§ 78. 計算磁化礦體埋藏深度和大小的專門測量.....	226

第四篇 野外資料的整理及其地質利用

第十七章 航空磁測野外結果的整理和利用	231
§ 79. 磁測圖的零點位移校正及其與作過的測綫的聯繫.....	231
§ 80. 異常的劃分.....	235
§ 81. 航空磁測結果的圖表整理.....	237
§ 82. 測量結果誤差的估計.....	241
§ 83. 應用Z-型航空磁力儀測量經驗的例子.....	245
§ 84. 用T-型航空磁力儀測量經驗的一個例子.....	247
第十八章 磁秤測量的整理及其地質應用	249
§ 85. 計算 Z_a 的一般公式.....	249
§ 86. 公式基本項的計算.....	251
§ 87. 溫度校正的計算和引入.....	253
§ 88. 地磁場變化校正的引入.....	255
§ 89. 其他原因的零點移動校正的引入.....	256
§ 90. 剩餘正常場的消除.....	258
§ 91. 記錄本的格式.....	259
§ 92. 測量誤差的估計及結果的圖形整理.....	260
§ 93. 應用M-2型磁力儀實驗的例子.....	261
第十九章 用M-1型磁力儀完成的測量的整理及地質利用	264
§ 94. 計算 Z_a 的公式及恒定係數 K 的測定.....	264
§ 95. 角 i_0 的測定及正常場的消除.....	267

§ 96. 計算 ΔD	270
§ 97. 計算 H_a	272
§ 98. 計算 H_a 和 A_a 時測定 A_0 和 k_0 的系統誤差的影响及其發現的方法	276
§ 99. 計算本的格式	279
§100. 誤差的估計及 Z_a 和 H_a 的圖形整理	280
§101. 用 M-型磁力儀探測異常的例子	286
文 獻	290

原 序

这一本“磁力勘探教程”是参照審定的地質保礦部地質勘探学校教学大綱編著的。它与本作者参照礦業学院地球物理專業教学大綱編著的“磁力勘探教程”（國立地質出版社，1951）的主要区别在于本教程是着重描寫磁力勘探所应用的仪器的構造和原理，野外磁測的技術，測量結果的整理。磁場数学理論是基于觀測到的異常磁場計算被磁化体埋藏深度、大小和形狀而得出的，对这一理論只以最簡單形狀的礦体作为例子來分析并以最簡單的实例來說明。地磁場地質解釋和数学分析法广泛利用問題是高等学校磁力勘探的主要內容，因此礦業学院地球物理專業的“磁力勘探教程”应修改。

Г. С. 斯米尔諾夫参加了本書的編著，他寫了关于T-型航空磁力仪的裝置原理一章（§58和59）。

手稿曾由全苏地質研究所的老科学工作者 Т. Н. 西莫年科，斯維尔德洛夫礦業学院地球物理系主任 Н. А. 伊万諾夫和斯維尔德洛夫礦業冶金学校教員 А. А. 謝列麥特耶娃審閱，所有他們的意見，除了少数一些意見外，作者在最后整理手稿时都已顧及到。

序 論

我國社会主义工業的發展是与所有各种礦物原料——鉄礦、煤、石油、有色金屬和稀有金屬、建筑材料和工程材料——的不断增長的开采密切相关的。革命前我國領土上礦物原料的巨大儲量是研究得非常不夠的，所以需要赶紧查明我國各个区域的礦物原料的儲量。

根据地質探測时直接确定的直接的或間接的地質标志來普查新礦床需要大量花費時間和資金，特別是当普查的目的物沒有露出地表而复盖它們的岩層达到相当厚时。

于是必須制定和应用这样的普查方法，即应用这种方法不需要預先進行山地工作和鑽探就能夠發現礦床或确定在其他岩石复盖下產生礦產的良好地質情况。这种方法就是用地球物理法來普查和勘探礦產。地球物理法是基于研究和利用地質体在其周圍空間所激起的自然物理場和人工激起的物理場的。根据工作条件和所应用的技術我們可以在地表、空中、水面和水下，以及坑道和鑽井中观察这些場。

現在所制定的和广泛应用的普查和勘探方法是以利用磁場（磁力勘探），重力場（重力法勘探），天然電場和人工建立的電場（電法勘探），爆炸和其他方法激起的岩石彈性振動（地震法勘探）為基礎的。

磁力勘探是解决地質問題的一种方法；这一方法是以有关礦床和礦石物理性質的地質的學說，有关物理体的磁場和磁化強度的學說，磁化体磁場的數學理論為理論基礎的。

“磁力勘探”这一名称沒有完全反映出这一方法的實質，因为磁法得到最多的应用是在地質填圖和普查礦產时；在勘探的这一階段

上它的作用是較小的。但是，这一名称已經通用了，而不再用流行在应用这一方法的最初几年的更不恰当的名称“磁力測量学”了。“磁力測量学”这一概念包含与進行磁測有关的一系列問題，这时作为地質填圖、普查和勘探礦產的磁法是包含作为一个工作階段進行磁性測量的一个更广泛的概念，但是野外測量方法却是屬於具体的地質任务。

測量的結果要加以專門的整理，以便分出各种不同的磁場特征，据以推断地質構造，分出普查礦產的远景地段，而在某些情况下确定金屬礦体的輪廓、埋藏厚度和深度。根据磁測的資料并同时利用其他所有的地質和地球物理的数据作出最終的地質結論。論証地質結論的必要条件是按照对不同条件拟定的要求所完成的磁場野外測量的高度精确性。

革命前俄罗斯的許多俄國学者就已經注意利用地表磁場強度分布的数据來發現各种厚度岩石复盖下的直接觀測不到的隱蔽的強磁鐵礦物的可能性。

著名磁学家 П. Т. 帕薩尔斯基在十九世紀末在俄罗斯南部作过磁場測量，他确定了克里沃罗格的含鐵礦床和局部磁異常之間的无可置疑的关系。

1888年 Н. Д. 皮尔奇科夫發表一篇論文“論磁異常”，在这一篇文中他从理論上討論了有关強磁異常与含鐵礦床的关系的問題。

从1894年起 Э. И. 列斯特詳細地研究了 П. Б. 伊諾霍德采夫于1783年首次發現和 И. Н. 斯米尔諾夫于1874年首次測量过的庫尔茨克磁異常。研究庫尔茨克磁異常的結果得出了一個結論，这里的磁異常是由深达 100 米以上的巨大的鐵礦礦脉引起的。这种推断为以后在苏維埃政权下所進行的地球物理探測和鑽探所証实。

偉大的俄國學者 Д. И. 門捷列夫 (1834—1903) 研究了烏拉爾鐵礦工業低落情况的原因，1899年在三个烏拉爾鐵礦区組織了应用磁測的實驗工作，以証明利用它們來普查新礦床的可能性。Д. И. 門捷列

夫的关于附有野外工作方法实际指示的应用磁力法的良好結論并未得到应有的注意。資本主义壟断集团由于盲目利用烏拉爾的巨大礦產財富，对露出地表的鉄礦濫加开采，而不去有計劃地研究礦床。

現在所有的資料只是这一世紀头几年个别礦山上应用磁法的一些个别情况的資料。

革命前最大的工作是 1914—1916 年彼得格勒礦業学院的教授 В. И. 巴烏曼 (1867—1923) 在維索卡雅山和 1916—1917 年在波克罗夫斯克、奧埃爾巴霍夫和北礦山 (烏拉爾) 所組織的。完成的工作量在測量面積和数量上都没超过現在一个小野外隊的工作量。但是从制定野外探測方法，整理野外資料及其地質推断的观点出發，В. И. 巴烏曼的工作是很有意义的。

В. И. 巴烏曼計算了最簡單形狀的礦体 (垂直的和傾斜的層，圓柱体，水平層) 的磁場，确定了这些形狀的磁場的特征，并指出計算实际礦体 (它們近似于所討論的最簡單形狀的礦体) 的產狀單位的方法。В. И. 巴烏曼所推荐的方法，到現在在磁法勘探隊的实际工作中还在应用。

根据野外工作的經驗和理論的見解巴烏曼作出了普查金屬礦床时計算測区上觀測網的方法，調諧儀器的实际規則，整理觀測結果的經濟方法，用圖表表示觀測結果的方法。

巴烏曼是培养磁力勘探干部的第一位教授，他培养的方法起初是吸收学生参加野外工作，后来便将磁力勘探教程定入礦業学院教学大纲中。

十月革命后地球物理勘探法在穩固的經濟基礎上發展得很快。

1919 年根据 В. И. 列宁的倡議建立了一个研究庫爾茨克磁異常的特別委员会 (ОКРМА)，委员会的任务是詳細研究異常和确定異常的地質原因。

И. М. 古布金院士被委任領導庫爾茨克磁異常特別委员会的工作。

庫爾茨克磁異常特別委員會所屬的地球物理局几乎把這個世界上最大磁異常區全部都進行過磁測。

在組織和進行磁測工作時委員會應解決一系列技術上、方法上的和理論上的問題。

技術上的困難在於當時沒有現成的完成巨大規模工作的國產儀器。委員會成功地解決了這個問題，應用了新型的磁力儀來工作，磁力儀是根據 И.П. 傑科郎的海上磁偏角測定儀製造的。這一工作是製造專門用來解決地質任務的國產磁力儀的第一次試驗。

大量測量時重要的是制定合理的觀測網，確定必需的和足夠的測量精確度，解決關於與地形圖聯系的精確度的問題。這些野外方法的問題可以查閱發表在庫爾茨克磁異常特別委員會論文集中的 П.П. 拉查列夫的文章。

對磁異常的地質推斷特別注意。因此庫爾茨克磁異常特別委員會的工作人員，特別是 А.И. 查博羅夫斯基計算了比以前 В.И. 巴烏曼所研究的更複雜的礦體的磁場。А. И. 查博羅夫斯基和其他作者的論文也發表在庫爾茨克磁異常特別委員會的論文集中。

不同地球物理法的聯合應用對於庫爾茨克磁異常委員會的任務的順利完成有很大幫助，這可以比較和相互補充按每一個別方法做出的地質結論。此外，配合進行鑽探工作可以檢查以前作出的地質結論和確定以後根據地球物理資料做出的地質結論。

與庫爾茨克磁異常特別委員會的工作的同時，列寧格勒礦業學院的工作在 В.И. 巴烏曼領導下也在進行。他組織的地球物理工作者小組在1923年發起建立第一所應用地球物理科學研究所（ИПГ）。

二十年代末，應用地球物理研究所的科學工作者蘇聯科學院通訊院士 И.М. 巴胡林（1880—1940）完成了一部巨著——橢圓柱和旋轉橢圓體在地磁場中正磁化和傾斜磁化時的磁場理論。根據這一理論作出了對實踐重要的關於磁化場的矢量方向與金屬礦體的傾斜方向不一致時強磁金屬礦體上磁場強度和形狀的結論。

烏拉爾庫茲涅茨礦冶工廠的建立就必須加速和增大烏拉爾和西西北利亞的普查勘探工作，因此在斯維爾德洛夫斯克在П.К. 索博列夫斯基教授的領導下在礦業學院曾建立了地球物理實驗室，在實驗室的基礎上於1930年建立了科學研究所，在這一研究所的任務中包括制定普查礦產的地球物理方法。

研究所在普查鋁土礦床、鉻礦床、鎳礦床、含金礦床及其他礦床時應用磁力法配合了其他地球物理法或不用其他地球物理法順利地完成了生產實驗工作。在一系列工作中曾表明，磁力勘探在有各種不同厚度的復蓋層時作為普查礦產的一種大比例尺地質填圖法有着極其重要的意義。

與野外工作同時進行了相當於各種磁性岩石接觸帶的磁性岩石邊緣部分上磁場的理論研究，以及計算被磁化岩石埋藏深度的方法的制定。這些工作對於地質填圖時觀測到的異常的正確地質解釋有很大幫助。

在30年代初期，無論是在普查磁性礦物礦床，以及普查弱磁性礦床過程中配合其他地球物理法作地質填圖時，磁力勘探的工作量都不斷地增大。在普查石油和天然氣研究地質構造時要用各種地球物理法來配合磁力勘探。

對野外地球物理探測的不斷增長的需要驅使科學研究所從事創造高生產率的新儀器。1936年世界上第一次進行了連續航空磁測，所用的磁力儀是A.A. 羅加契夫製造的。現在航空磁測與地質普查工作配合得十分緊密，在普查磁鐵礦床和為了普查其他礦產而進行大面積的一般地質勘查時成為一種有效的方法。近年來在為普查石油天然氣和其他礦產所作地質探測時，以及建築巨大建築物時都應用高靈敏度的磁力儀；我國工廠出產的磁力儀是Г.С. 斯米爾諾夫領導的科學工作者和設計者小組研究設計的。

普查金屬礦床和石油時應用航空磁測會擴大這方面的理論研究，即擬定對待測磁場作地質解釋時的更完善的數學分析方法方面的理論

研究。这些問題很多研究所：全苏地質研究所，全苏勘探地球物理研究所，科学院地球物理研究所，地磁研究所，列宁格勒和斯維尔德洛夫斯克礦業学院等，以及地球物理生產机构都在研究。

在联合应用各种地球物理法和同时利用磁測数据、重力勘探数据、地震勘探数据、电法勘探数据以及地質数据（特别是控制鑽進和勘探鑽進的結果）时，在地質上利用航空磁測数据达到巨大的成功。

沒有強大的技術基礎，地球物理勘探法的順利發展是不可能的，因为地球物理方法的应用与复雜仪器的利用有关。因此于1930年在列宁格勒就建立了制造地球物理仪器的“地質勘探”工厂。祖國的工業供給无数的地球物理勘探隊以十分精确的复雜仪器，并不断地在改進以增大灵敏度和减少測量時間。

現在地球物理勘探工作者的重要任务是不断地增高地球物理工作的經濟效率，換句話說，也就是在普查和勘探过程中尽可能少進行繁重山地工作和鑽探工作而用地球物理法來發現新礦床。發展地球物理探測的理論、技術和方法以及合理配合利用地球物理方法是提高用于普查和勘探礦產的社會勞動的生產率的重要途徑之一。

第一篇

磁力勘探的理論基礎

第一章 地 磁 場

§ 1. 磁場的一般知識

在地球任何一个可以觀察的点上（地表和深礦坑道里，水上和水中，山頂和地球表面上）到处都可以發現磁力，特別是在水平面上自由旋轉的磁針总是停止在近于該点地理子午綫的一定方向上，地磁力所作用的空間称为地磁場。

如果用一塊鐵的物体或一条載流導綫靠近一个罗盤的指針，則指針离开原來的位置。發生这現象是由于我們所拿的鐵的物体和沿導綫流过的电流各自產生一个一定方向和一定強度的磁場。

磁場是电荷运动的結果，而近代物理学的理論正是从这一观点出發來討論磁場。头一次發現兩個永久磁铁相互作用產生磁力是在發現电力以前。永久磁铁產生的磁力的存在是由于在每一个磁化体中都有相等的正的和負的磁性物質，它們在該磁化体中的数量和分布就决定了該磁化体的磁場強度的量值和方向。積聚假定的磁性物質的地方称为兩極，給它們的符号相当于磁性物質的符号：北極是正而南極是負。

庫倫以實驗的方法确定了，兩個磁極相互作用的力 F 与兩個作用

的磁性物質 m 和 m_1 的量值的乘積成正比，而與其間距離 r 的平方成反比，並且同名磁性互相排斥，異名磁性互相吸引。這一定律用下一公式來表示

$$F' = \frac{m m_1}{\mu r^2}, \quad (1,1)$$

式中 μ ——介質的導磁率。對於空氣 μ 接近於 1。因此在今後利用這一公式計算在地表測得的磁化體的磁場時取 $\mu = 1$ 。

磁極名稱的產生是由于在水平面上自由旋轉的磁針總以一定的極停留在地理北方；磁針的這一極稱為北極，而相反的極是南極。從這一定義及排斥和吸引的定律可以得出結論，在地理北極應該給予虛構磁質量以負號（南面的磁物質），而在南極則相反。但有例外情況時，地球磁極的名稱與磁性物質的符號不一致，在地理北方的磁極稱為北極，而在南方是南極。

實驗證明，磁極作為磁性物質集中的地方是不存在的。實際上，把永久磁鐵分成任意數量的部分而每一部分仍是一個有兩個極的磁鐵。根據這一現象每一磁鐵都可以看成是由許多元磁鐵組成的，每一個都具有兩個相等而符號相反的極。這些元磁鐵的總作用我們看成是有兩個極的單一磁鐵的作用。

永久磁鐵的磁場是分子內電荷運動的結果，而不是由於所假設的磁性物質之存在。但是直到現在，討論磁化體磁場理論時都利用存在有虛構磁性物質的概念和從這一概念推出的概念（兩極，磁性密度等），建築在磁性物質這一概念上的磁場強度的數學式要比作為電荷運動函數之場的數學式簡單；而得出的關於磁化物體場強分布的問題的實際結論是相同的。地質體磁場的數學理論就是建立在有磁性物質存在這一假設上，因此今後我們將應用由磁性物質概念推出來的一些定義。

應用這樣的質量作為磁性物質的單位。這質量是集中於一點，而作用於一個相距它為 1 厘米而與它相等的另一個質量，其作用力等於 1 達因（假定介質導磁率 $\mu = 1$ ）。