

苏联高等学校教学用书

地 磁 学

下 册

Б. М. 扬诺夫斯基 著

陈志强等译

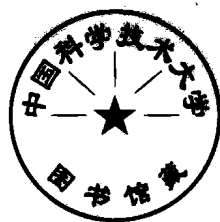
中国工业出版社

地 磁 学

下 册

Б.М. 扬諾夫斯基 著

陈志强等译



中国工业出版社

本书共分四篇。緒論中簡明而系統地介紹了地磁學的數理基礎，這是其他同類書籍中所沒有的優點。第一、二篇詳論地球基本磁場和變化磁場。第三篇從物理學的观点來敘述磁法探礦的方法和理論。第四篇詳細討論地磁研究工作中的種種儀器。中譯本將第一、二篇合為上冊，三、四篇合為下冊出版。

原書經蘇聯文化部高等教育局批准為國立大學教材。譯本系根據1953年修訂增補第二版譯出。

譯者為中國科學院地球物理研究所地磁組 陳志強、周瑋、劉傳薪、章公亮、杜岑、劉慶令、周壽銘。

Б. М. Яновский

ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ

издание второе, дополненное

государственное издательство

технико-теоретической литературы

Москва 1953

* * *

地 磁 学

下 册

陳志強等譯

*

地質部地質書刊編輯部編輯 (北京西四辛市大街地質部院內)

中國工業出版社出版 (北京佟麟閣路10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

中國工業出版社第三印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行 * 各地新華書店經售

*

開本 $787 \times 1092 \frac{1}{25}$ ·印張 $13\frac{9}{25}$ ·字數276,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印數0001—1,250·定價(10—7)1.85元

*

統一書號：15165·2143 (地質-215)

目 录

第三篇 地磁现象的实际应用

第八章 磁法探矿	1
§ 1. 磁法探矿及其发展	1
§ 2. 岩石与矿物的磁性	4
§ 3. 岩石的剩磁及其成因	18
§ 4. 地磁变化对于岩石磁化现象的影响	22
§ 5. 研究岩石磁性的方法	24
1. 冲击计方法 (27) ; 2. 磁力仪方法 (29) ; 3. B.M. 扬诺夫斯基与 E.T. 切尔内塞夫型的磁力仪 (38) ; 4. 在非均匀磁场中的推引作用法 (41) ; 5. 圆柱法 (47) ; 6. C. III. 多尔基诺夫型无定向磁力仪 (48) ; 7. T.H. 罗塞法 (51) ; 8. 测量岩石和小体积材料的磁性用的接触磁力仪 (53) 。	
§ 6. 磁法测量工作的布置	54
§ 7. 航空磁测	57
§ 8. 磁法探测的正演问题规则形状物体产生的磁场	61
1. 球体 (62) ; 2. 径长比值很小且是沿着几何轴磁化的圆柱 (66) ; 3. 椭球体 (71) ; 4. 垂直于轴磁化的无限长圆柱体 (74) ; 5. 沿椭圆长轴磁化的无限长圆柱体 (78) ; 6. 沿宽边磁化的无限长薄平板 (80) ; 7. 垂直磁化的无限长直角棱柱, 垂直矿层 (84) ; 8. 水平埋藏的无限长薄平板, 薄的水平板 (86) ; 9. 水平安置的半无限长岩层 (88) ; 10. 垂直磁化的无限长倾斜岩层 (89) ; 11. 解正演问题的量板法 (92) ; 12. 解正演问题的实验法 (97) 。	
§ 9. 利用平面问题的可能性	99

§ 10. 磁法探测的反演问题	103
1. 求岩石的形状 (103) ; 2. 磁法探测反演问题的多值性 (105) ; 3. 解反演问题的分析法 (106)。	
§ 11. 解释磁异常的方法	126
第九章 船舶上罗盘的自差	136
§ 1. 船舶上磁场的基本方程组	136
§ 2. 泊桑方程组的变换	138
§ 3. 自差的确定	140
§ 4. 消除自差	142
§ 5. 捷柯朗格偏转磁力仪	145

第四篇 测量地磁要素的方法和仪器

第十章 地磁要素的测量	151
§ 1. 测量方法和测量仪器的分类	151
§ 2. 磁偏角的测量	153
§ 3. 野外地磁测量中的天文观测	159
§ 4. 用磁倾仪测量磁倾角	168
§ 5. 用地磁感应仪测量磁倾角	174
§ 6. 用软铁感应法测量磁倾角	185
§ 7. 水平强度的测定——高斯绝对法	189
§ 8. 绝对法观测的步骤	203
§ 9. 仪器常数的测定	210
§ 10. 直接观测的偶然误差引起的测定 H 的误差	216
§ 11. 仪器不完善引起的系统误差	219
§ 12. 水平强度的绝对电测法	225
§ 13. ВНИИМ 绝对地磁经纬仪	227
§ 14. 测定水平强度的高斯相对法	231
§ 15. 用偏转法测量水平强度	232
§ 16. 测量 H 的相对电测法	234
§ 17. 联合地磁经纬仪 (“康拜因”)	236

§ 18. 用石英磁力仪测量水平强度	237
§ 19. 测量H用的双罗盘	242
§ 20. 用电测法测量垂直强度	245
第十一章 研究磁异常时的测量方法	248
§ 1. 概論	248
§ 2. 野外用的 M-1 磁力仪	249
§ 3. M-2 式磁秤	255
§ 4. A.A. 罗加契夫式航空磁力仪	263
§ 5. 磁饱和探头	266
第十二章 磁变仪	279
§ 1. 磁变仪的一般理論	279
§ 2. 水平强度及偏角的磁变仪 (单悬絲磁变仪)	282
§ 3. 溫度对单悬絲磁变仪記数的影响及其消除的方法	288
§ 4. 北向及东向强度的单悬絲磁变仪	293
§ 5. 垂直强度的秤式磁变仪	294
§ 6. 溫度对磁秤记录的影响	298
§ 7. 测定磁变仪标度值的方法	302
§ 8. B.M. 揚諾夫斯基的垂直磁变仪	304
§ 9. 磁变仪的装置	307
§ 10. B.E. 布留聶利的地磁記錄仪	314
§ 11. 拉苛式的地磁快速記錄仪	316
§ 12. A.I. 卡拉什尼可夫的記錄仪	320
附录 3 Z 值和 H 值表	324
参考文献	327

第三篇 地磁现象的实际应用

第八章 磁法探矿

§ 1. 磁法探矿及其发展

在組成地磁场的磁场总和中，对造成異常磁场的原因研究得最多。磁场異常現象不論是区域性的或是地方性的，都是由于在地壳表层中埋藏有磁性岩石而产生，这在前面已經提到过了。地壳表层有磁性岩石这个事实現時可以认为是已經确定的了，这样就有可能根据这个事实来研究地壳表层的地质构造和寻找某些矿产。既然地磁異常現象是由于地壳內存在着磁性物体而产生，那末观察这种現象，即測量異常磁场的磁场强度，并把它們从观测到的正常磁场中分析出来，就可以根据異常磁场分布的情况反过来解决矿体埋藏的深度与大小的反演問題，从而解决有关地壳构造的地质問題。这种方法称为磁力仪探測法或者簡称为磁法探矿，現在已經广泛地用来寻找許多矿物（如鉄、鎳、鉻、金、石油等等），并且用来編制地质图。

因此，为了探矿而对磁異常进行研究时就必須在磁異常区域内先进行地磁要素的測量，然后对这些測量結果加以解释，即是說根据測量的資料来确定磁性矿层的大小和埋藏的深度。

此外，要解释磁性異常往往还必须知道岩石的磁性，因此在实验室内測定从磁異常区采回来的岩石标本的磁性就成为磁法探矿的一项任务。

在磁異常区内測量地磁要素的办法与一般地磁測量的办法略有不同。在强烈的磁異常区應該用灵敏度低的仪器如M-1型磁力仪，而在微弱的磁乱区就应该用灵敏度高的仪器如磁秤之类。

解釋磁異常現象可以是定量的，也可以是定性的。定量的解釋需要複雜的理論計算，基本上就是解決如下一個問題，即把地球表面視作一個平面，根據在它上面已知磁場分布的情況去找出該磁場來源。至於定性的解釋就需要至少知道該地區的地质概況，或者知道在地质情况相當清楚的鄰區確有磁異常存在。

現在磁法探礦已經成為很大的一門獨立學科，蘇聯地球物理學者正在研究着。

偉大的俄羅斯學者 Л.И. 門德列也夫首先指出了應用磁力計探測勘查鐵礦產地的可能性。1899年他在觀察烏拉爾鋼鐵工業的同時，曾組織在勃拉哥達特山、馬格尼特山、威索卡亞山以及巴卡爾山等礦山進行磁性觀測，這些地方在當時已經在開采鐵礦，而礦床的分布是已經知道的。在“1899年烏拉爾煉鐵工業”的論文集中，他發表了自己的論文“烏拉爾的磁力測量”。在文中他寫道：“如果我們所作的這種努力，即在烏拉爾儘可能地增加精確而又完整的磁性觀測的次數，很能夠使人注意到在烏拉爾邊疆，特別是在鐵礦比較少的烏拉爾山西麓有系統地組織進行精確而又完整的磁性觀測會給人們帶來實際利益，那麼我認為我和我的同事們在這件事上所作的努力就不是徒勞無益的。”事實上 Л.И. 門德列也夫在研究磁性探查方面的著作已經證明並不是徒勞無益的。按他親自指示所進行的觀測証實了磁法探測可能圈定鐵礦產地邊界的預見。在上述各個地區內部發現有明顯的磁異常現象，偏角異常達到 17° ，而水平強度異常亦達到 $15,000\gamma$ 。

根據 В.И. 列寧的指示而以 П.П. 拉則列夫院士及 И.М. 古布金院士為首的特別委員會在1919至1926年的期間進行了庫爾斯克的磁異常的研究，在探討磁異常方面，可認為最早的巨大的工作。這次工作實際上就是作為地磁科學一門專業的磁法探測的開始。

庫爾斯克的異常現象遠在1874年 И.Н. 斯米爾諾夫在進行俄羅斯歐洲部分的地磁測量時就已發現了。他在庫爾斯克省的別爾哥羅德山進行地磁要素的觀測時發現這些要素同鄰近的庫爾斯克及哈爾科夫兩

处的要素大不相同。例如他观察到庫爾斯克的偏角数值为 $-4^{\circ}26'$ ，在哈尔科夫为 $+0^{\circ}59'$ ，而在別尔哥罗德山則为 $+27^{\circ}51'$ 。这件事使他产生在別尔哥罗德这个地方存在磁異常的想法。以后別尔哥罗德的磁異常又由莫斯科大学教授Э.Х.列斯特进行过研究，他并发现了在庫爾斯克省很大範圍內都有磁異常的現象，因此就叫做庫爾斯克異常区。Э.Х.列斯特对于这些異常現象研究了20多年（从1894年到1916年）但是他收集的資料在任何地方都未发现过，倒是他死后才在德国发现了。苏联政府按照В.И.列宁的指示在1919年組織了研究磁異常的工作，并委任直属于苏联最高国民經济會議的特別委员会去办理。

自1919年至1926年这七年間，特別委员会不仅对磁異常进行了詳細的研究，而且把产生異常的原因也闡明清楚了。当时苏联磁学家А.И.查布罗夫斯基、Б.М.揚諾夫斯基、В.В.柯留巴金在П.П.拉查列夫院士的领导下研究了1921年观察的資料，得出結論說在180—200米深处有强磁性的岩石存在，而这种岩石很可能是磁鉄矿。1923年根据他們所指出的磁異常区的一处（希格雷鎮附近）进行钻探，发现了在180米处有很厚的一层鉄质石英岩，純鉄含量为40%到50%。这是苏維埃地球物理学者的輝煌的成就，因为在十九世紀末和二十世紀初大多数地质学家絕對不承认在庫爾斯克省几千米以內的地下会有結晶岩存在。

研究庫爾斯克磁異常所得到的成就不仅很快地推动了磁法探矿向前发展，而且也很快地推动了其他地球物理勘探法的向前发展。1926年在列宁格勒开办了一个实用地球物理研究所，领导人为矿业大学的教授И.М.巴胡林。在解释磁異常理論方面，И.М.巴胡林創立了一个完整的磁法探矿学派。实用地球物理研究所用实验的方法利用磁秤在伊烈次尼站食盐矿产地进行地磁測量。实验的結果令人滿意，并且显示这种方法适用于找寻比围岩磁化率更低的岩石。

1930年列宁格勒石油研究所第一次提出了任务，要把磁法探矿应

用于西烏拉尔（第二巴庫）区的含石油地质构造方面。这次工作进行了几年，使得磁異常与地质构造两方面有可能联系起来，扩大了磁法探矿的使用范围，使它不仅可以用来找寻一定的矿产地，而且也可以用来編制地质构造图。

A.A. 罗卡契夫提出来的航空磁测方法的运用是苏維埃地球物理学者突出的成就。

在苏联测磁的理論工作是由列宁格勒矿业大学B.И. 包曼(1867—1923)教授奠定基础的，他对于具有簡單几何形状的物体，解决了一系列的正問題和逆問題。这些工作是巨大的理論工作的开始，有了理論工作方有可能使磁法探測得到精确的定量計算。

§ 2. 岩石与矿物的磁性

构成地壳的各种岩石或多或少都具有磁性，但是只有那些磁化率不小于一定数值的岩石方能引起磁異常。利用靜磁学上有名的原理便很容易定出这个数值来，这一原理就是：在两种介质的分界面上磁感应的向量法綫部分不变，即

$$B_{n1} = B_{n2},$$

式中脚碼 1 指第一介质，脚碼 2 指第二介质。

在磁化物体或磁化岩石内部，磁感应决定于下列方程式：

$$BJ_n = 4\pi J_n + H_n$$

对于磁化物体來說， H_n 是退磁磁场，等于 $-NJ_n$ ，而 J_n 为垂直于岩石表面上的岩石的磁化强度。 N 为物体或岩石的退磁系数。因此在岩石表面上所产生的磁场强度 H_n ，也就是 B_n ，即

$$H_n = (4\pi - N)J_n$$

这一数值是已知物体或岩石的最大磁场，如果岩石露头在地球表面上，那末这一数值就可观测出来。显然埋藏的岩石形状不同，这一最大磁场的数值也就不同，但是不会超过 $4\pi J_n$ 。

例如球状岩石表面的最大磁场为：

$$H_m = \left(4\pi - \frac{4}{3}\pi \right) J = \frac{8}{3}\pi J,$$

这是因为球体的退磁系数是 $N = \frac{4}{3}\pi$ 。

如果我们用体积与磁化强度的乘积来代替公式

$$H = \frac{2M}{R^3}$$

中的球体磁矩 M ，我们也可以得到同样的数值，即是：

$$H = 2 \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{J}{R^3} = \frac{8}{3}\pi J,$$

如果岩石成大面积地显露在地表面上，那末在这个面积中心上面，磁场强度为：

$$H_n = (4\pi - 2\pi)J_n = 2\pi J_n,$$

这是因为平面的退磁系数等于 2π 。

$4\pi J_n$ 是异常磁场的最大可能数值。由于现在的测量仪器可能测到垂直分量的变化不小于几十伽偶（10—20伽偶），所以能够引起磁异常的岩石所具有的最小磁化率 κ_m 决定于下一条件：

$$4\pi\kappa_m H = 20 \cdot 10^{-5} \text{Oe}$$

因为地磁场强度不超过 0.5Oe ，所以 κ_m 就不会小于 $3.2 \cdot 10^{-5}$ 。很多顺磁性物体都有这样大的磁化率，因此不仅铁磁性的岩石能够引起磁异常，而且反铁磁性和顺磁性的岩石也能够引起磁异常。就因为这个原因，在解释磁异常的现象时，岩石的磁化率大小就十分重要了。

实验证明，许多岩石都具有铁磁性，虽然它的磁化率的数量级和顺磁性的一样。铁磁性的岩石大多是矿物里面存在有铁的化合物。

属于这一类的矿物有磁铁矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$)、黄铁矿 ($\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$)、钛铁矿 ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)、褐铁矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 及赤铁矿 (Fe_2O_3)。

磁铁矿是在自然界中磁性最强，而且分布得最广的，它甚至于决定大多数岩石的铁磁性质。

铁磁性的特点是磁化率大、剩磁 J_r 大以及矫顽力大。

鉄磁性岩石的剩磁是由于它有一个时期曾受到恒定磁场作用的结果。这样说来，这些岩石似乎不可能有这样的剩磁，因为地球在过去任何时期未必曾有过比现在更大的磁场。不过远在古代的中国就已经知道某些岩石，例如磁铁矿，具有很大的剩磁（这个性质奥斯特在1820年发现），并且利用这些岩石来磁化钢针和制成他种永磁体。

现在实验证明，所有鉄磁质岩石多少总具有剩磁，而大多数磁异常的观测也说明了在岩石内有剩磁的存在。

下面把地磁场所引起的岩石磁化称为感应磁化，用 J_s 来表示，而恒定的磁化称为剩磁，用 J_r 来表示。于是总磁化 J 就是 J_s 与 J_r 的向量和，即：

$$J = J_s + J_r \quad \text{或} \quad J = \kappa H + J_r.$$

对于单晶体，磁化率与结晶轴有关，岩石是多晶体，这种关系就不能存在了，因此可以把岩石和矿物看作是均质体。然而在此情况下， κ 是方向的函数，因为物体的磁化与物体本身的形状有关，除了球体以外，任何物体的磁化率，将视其方向之不同而有差异，而球体则为例外，这是由于它对称于通过中心的任何一根轴的原故。我们在绪论 § 15 中看到任何物体的磁化率由下一关系决定：

$$\kappa' = \frac{\kappa}{1 + \kappa N},$$

式中 κ 为 $N = 0$ 时的最大磁化率，我们称为真磁化率， κ' 为物体在任何方向的磁化率， N 为在那个方向的退磁系数， κ' 称为视磁化率。

由此得出，岩石中的磁化向量 J 一般不与 H 向量方向一致，而是有一个角度的差异，角度的大小决定于埋藏在地中的岩石所具有的形状。

如果岩石的真磁化率不太大，数量级不超过 10^{-3} ，那么 κN 的乘积就不超过0.01，因为退磁系数的最大值 $N = 4\pi$ ，这样 κN 就可以忽略，而得到：

$$\kappa' = \kappa,$$

即是說，視磁化率等于眞磁化率，而与磁化的方向无关。

这类岩石是依磁场方向而磁化的，在它体内任何一点 $J = \chi H$ 的数值都是一样，即是說岩石的磁化是均一的。

对于眞磁化率大于 10^{-2} 的岩石，磁化就不是均一的，因为退磁系数 N 不仅与方向有关，而且还与物体内部质点的位置有关。退磁系数的数值在中心点上最小，而在靠近表面之处最大。然而在测量由于岩石磁化而生的磁场时，不論岩石的磁性是弱或强，所有岩石都可以认为是均一磁化的，这在实用上已是足够精确的了。

可以把岩石和矿物依照其磁性分为三类，即：鉄磁性矿物、火成岩与沉积岩。变质岩可以归入沉积岩类。

鉄磁性矿物〔60〕，属于鉄磁性矿物的，前面已經提到过，有磁鉄矿、磁黄鉄矿、鈦鉄矿、褐鉄矿和赤鉄矿等。它們磁性的特点是磁化率相当高，而且有磁滞迴綫。然而同一种矿物，由于产地不同，無論是磁化率或者磁矫頑力都可以有各种不同的数值。因此用完全肯定的一种磁化率数值或者肯定的一条磁滞曲綫来表征上述每一种矿物的特点是不可能的，只能指出这些数值可能变化的范围。

純粹的磁鉄矿是等軸晶系的晶体，与鉄磁性的金属的結晶一样，它具有非均质的磁性质，即是說不同的軸有不同的磁性。

例如，沿正立方体的对角綫（三重对称軸）在較弱的磁场内磁化就可以达到饱和，而沿立方体的稜边（四重軸）达到饱和的磁化磁场的强度就需要达到上述磁场的几十倍，而沿立方体晶面的对角綫（二重軸）方向，达到饱和所需要的磁场，就介乎上述两种磁场强度之間。可見三重軸是比較容易磁化的軸，四重軸是比較难于磁化的軸，但是純粹的鉄的晶体，四重軸却是比較容易磁化的軸，而三重軸則是难于磁化的軸。

图 118 是磁鉄矿晶体在室溫下对于各种对称軸的磁化曲綫。很明显，沿着容易磁化的軸，达到饱和和所需的磁场約为 300 Oe，而达到饱和时磁化强度等于 430 C.G.S. 电磁单位，即是說，差不多比鉄达到飽

和时的磁化强度小四倍。对于难于磁化的轴达到饱和所需的磁场是相当大的。純粹磁鉄矿的原始磁化率为8C.G.S.电磁单位,而对三重轴的剩磁为 $J_r=80$,对二重轴为 $J_r=70$,而对四重轴为 $J_r=90$ C.G.S.电磁单位。

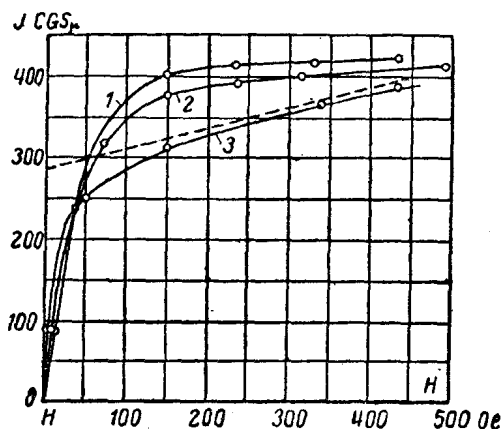


图 118 磁鉄矿晶体的磁化曲线

1—沿容易磁化的轴; 2—沿着既不容易也不太难于磁化的轴; 3—沿难于磁化的轴

含有大部分磁鉄矿的磁性矿物具有多晶体构造,所以它的磁性与磁化方向无关。由于这一类矿物采自不同的矿床,所含的杂质性质也不相同,因而磁性的特点也就各不相同。

图119a、б、B和r是四种不同产地的磁鉄矿磁化曲线,其中119a是取自科拉半島的試样,119б是威索卡亚山(烏拉尔威索卡亚山)

的試样,119B是吉米塔山(烏拉尔)的試样,119r的試样也是属于烏拉尔的,但是詳細的产地不清楚。磁鉄矿在第一种試样內含量为45%,在第二种試样內为40%,在第三种試样內大約为50%,而在第四种試样內为50%。其余的成份为无磁性的結晶包体。

将这些曲线与純粹磁鉄矿比較后,就知道矿物的磁性随着矿物成份的不同而改变到什么程度。現在把以上四种磁鉄矿样品的基本特性列在表25內。

磁黄鉄矿,一般公式为 $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$ 正如C.B.李平^[61]指出,是一种固溶体,由带三硫化二鉄(Fe_2S_3)或四硫化三鉄(Fe_3S_4)的硫化鉄(FeS)組成。

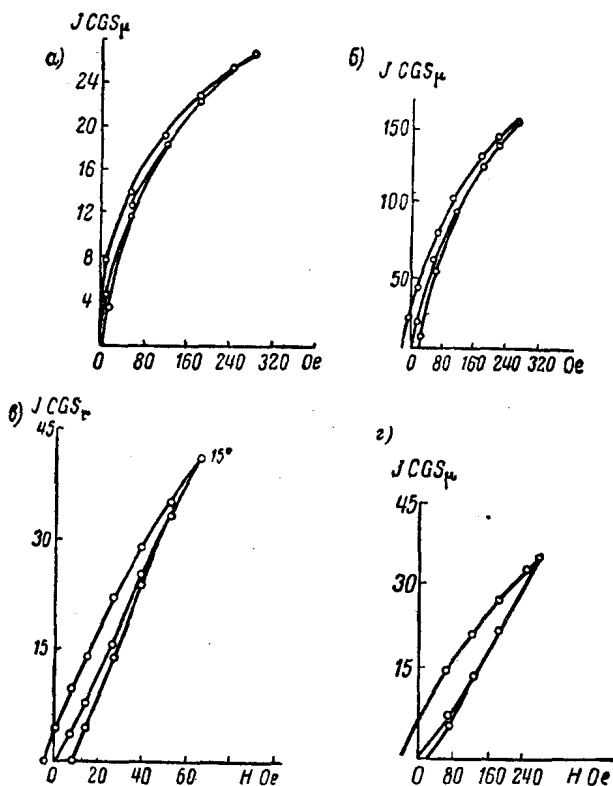


图 119 磁铁矿的磁滞廻线与磁化曲线

a—产地为科拉半岛；b—产地为威索卡亚山（烏拉尔）；c—产地为吉米塔山（烏拉尔）；d—产地为烏拉尔

表 25

磁 特 性	样 品			
	№1	№2	№3	№4
原始磁化率	0.2	0.9	1.9	0.25
剩磁 J (CGS电磁单位)	12	20	4.1	7.0
矫顽力 (以Oe計)	30	20	7.2	40
饱和磁化 (CGS电磁单位)	100	150	—	—

分析表明，硫原子与铁原子的比例S:Fe可以是1.20到1.00 中间任何一个数值，例如约相当于 Fe_5S_6 到 $\text{Fe}_{2.1}\text{S}_{2.2}$ 的任何一个公式。

純粹的磁黄铁矿的晶体属于斜方晶系，是直角棱柱体，但是它磁化时却与磁化磁场的方向无关，而磁化只能在垂直于棱柱轴的一个晶面内发生，这个晶面称为磁晶面。在这个磁晶面内有一个方向(OX)磁化很容易。垂直于这个方向的另一个方向(OY)磁化却很难进行。这些方向称为結晶体的主軸。垂直于結晶面的方向，磁化也許只有在很强的磁场内才可能发生。

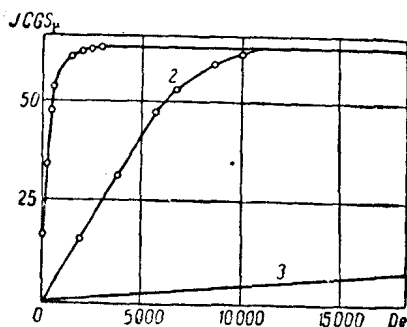


图 120 磁黄铁矿晶体的磁化曲线
1—沿 OX 軸；2—沿 OY 軸；3—沿 OZ 軸

图 120 是一种磁黄铁矿在上述那些方向的磁化曲线。当沿 OX 軸达到饱和时 $H=1,000\text{Oe}$ ，沿 OY 軸达到饱和时 $H=7,300\text{Oe}$ ，而沿 OZ 軸达到饱和时， H 的数值达到 $176,000\text{Oe}$ 。达到饱和时磁化强度的大小与样品有关，变化的范围是自 17 至 70 CGS 电磁单位内，而矫顽力的

范围则是自 15 至 30Oe 。磁黄铁矿的晶体具有很明显的非均质的性质，从铁磁性的理论观点看来是极其有意义的。

自然界的磁黄铁矿，和磁铁矿一样，由于是多晶体的构造，丧失了非均质体的性质，所以在磁的方面说来它是一种均质体。它的磁性须视磁黄铁矿采自何处的包体而定。图 121 a 与图 121 b 为两种磁黄铁矿的磁化曲线。一种(图 121 a)由 H. И. 斯别里德维奇 [62] 采得，样品中含 7.5% 的 Fe_2O_3 ，第二种曲线为 T. H. 罗塞 [63] 所采，样品中含约 20% 的磁铁矿及约 10% 的黄铜矿。第一种样品剩磁 $J_1=1.12\text{CGS}$ 电磁单位，而矫顽力 $H_c=1,110\text{Oe}$ ；第二种样品的 $J_2=8\text{CGS}$ 电磁单位，而 $H_c=46\text{Oe}$ ，正如 T. H. 罗塞的实验所表明，自然界的黄铁矿所具有的

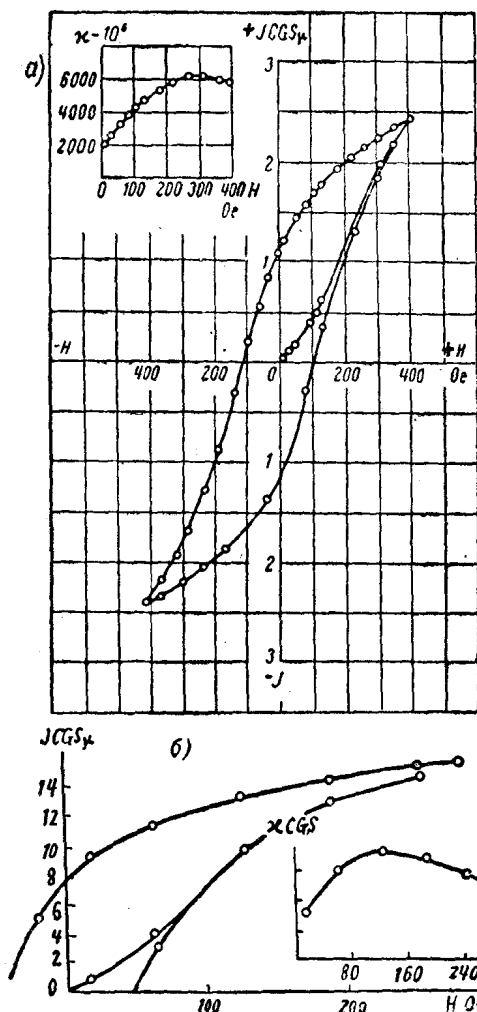


图 121 磁黄铁矿的磁滞曲线与磁化曲线
a— $\text{Fe}_2\text{O}_3-7.5\%$; b— $\text{Fe}_3\text{O}_4 \sim 20\%$

磁性当加热至温度高于 270°C 时变化很大, 因此图 122 是加热高于 270°C 以前及高于 270°C 以后的磁滞曲线。样品取自科拉半岛的磁黄铁矿, 内含 75% 的磁黄铁矿与 20% 的磁铁矿。实验证明, 在 270°C 磁黄铁矿不可逆地过渡到另外的相, 而这种相在以后加热时就保持下来。

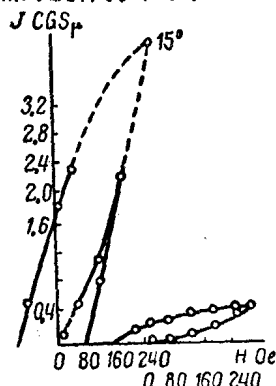


图 122 磁黄铁矿在加热达到 270°C 之前及在加热达到 270°C 之后的磁滞曲线
右面的曲线为加热达到 270°C 之前;
左面的曲线为加热达到 270°C 之后

曲线表明, 加热使磁化率与剩磁大大地提高了, 而矫顽力几乎没有变化。把自然界中磁黄铁矿岩石的磁化曲线与磁黄铁矿晶体的磁化