

228126

磁铁矿床上磁异常的 解释推断

熊光楚著

中国工业出版社

磁鉄矿床上磁异常的 解释推断

熊光 著

中国工业出版社

本书論述大比例尺地面磁測在磁鉄矿床上工作結果的解释推断問題。

全书共分五章，第一章中討論如何区分矿与非矿磁異常問題；第二章討論根据磁異常特点推定矿体的形状及产状問題；第三章介紹磁法定量計算方法的分类；第四章討論根据矿体形状及产状选择計算方法問題；第五章为举例說明。

本书供磁法勘探技术人員及大专学生参考。

磁鉄矿床上磁異常的解释推断

熊光楚 著

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯

(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京修麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本850×1168~~mm~~·印张83~~张~~·插頁5·字数192,000

1964年10月北京第一版·~~1964年10月~~北京第一次印刷

印数0001—2,240·定价(科六)1.50元

*

統一书号：15165·3011(冶金-499)

前 言

为了在地质找矿及勘探过程中有效地利用磁法勘探，就要不断地改进磁法勘探的野外工作方法，提高其质量及工作结果的解释推断水平。就提高磁探结果的解释水平来说，在找矿阶段，重要的问题是如何区分矿与非矿异常，在勘探阶段，重要的问题是如何推定矿体的形状及产状。通过生产实践及科学研究工作，我国物探工作者已积累了不少有关这方面的经验。及时总结及介绍这些经验，将有助于进一步提高磁法勘探的水平。为此目的，作者编写了这个小册子。

这本书中所谈的问题只限于大比例尺地面磁测在磁铁矿床上工作结果的解释推断问题。全书共分五章，第一章中讨论了如何区分矿与非矿磁异常问题；第二章中讨论了根据磁异常特点推定矿体的形状及产状问题；第三章中对现有磁法定量计算方法进行了分类，对每类方法作了概括的介绍；第四章中讨论了根据矿体形状及产状选择计算方法问题；第五章则是几个实例的描述。

这本小册子主要是为从事磁法勘探的实际工作者编写的，因此第二章及第四章是本书的重点。由于书中所讨论的问题都是实际工作中存在的问题，这个小册子也可供地质院、校物探专业师生教学时参考。书中第二章还可供从事铁矿地质勘探工作者的参考。

在编写本书过程中，除了引用国内外已发表的文献资料外，还引用了冶金部地质局物探队、河北省冶金局地质勘探公司物探队、518 勘探队、江苏省冶金局勘探队、河南省冶金厅地质矿山公司地质队及物探队等单位的工作报告。冶金部地质研究所物探室综合组（1960年）及冶金部北京矿山研究院物探室磁法组（1961—1962年）历年来的研究报告是本书的基本材料。

由于作者水平不高，有許多工作还在进行之中，书中所建議的一些工作方法及提出的一些看法都可能不正确，希望大家批評指正。

在編写本书过程中，得到冶金部北京矿山研究院院领导、物探室领导及物探室磁法組全体同志的指导和帮助，錢世和、李杏林、王振平等同志詳細校閱了手稿，指出了不少錯誤及应改正之处，李春香、陈正蓮同志描繪了本书全部附图，李素琴同志抄写了大部份手稿，特此致謝。

作者特別感謝地质部物探局沈时全、侯重初及北京地质勘探学院物探系譚承泽等同志，他們审閱了原稿，提出了許多宝贵的意見。

熊光楚

一九六二年七月于北京

目 录

前 言	
緒 論	..... 1
第一章 区分矿与非矿的磁異常問題	..... 7
§ 1 概述	..... 7
§ 2 区分矿与非矿磁異常的方法要点	..... 8
§ 3 实例	..... 25
第二章 磁測結果的半定量解釋	..... 47
§ 1 概述	..... 47
§ 2 决定磁異常的特点的因素	..... 48
§ 3 等軸状 Z_a 異常	..... 56
§ 4 南北走向的长椭圆状的 Z_a 異常	..... 60
§ 5 东西走向的长椭圆状的 Z_a 異常	..... 65
§ 6 任意走向的长椭圆状的 Z_a 異常	..... 78
§ 7 圈定矿体边界問題	..... 81
§ 8 干扰問題	..... 89
第三章 磁法定量計算方法的分类及討論	..... 115
§ 1 概述	..... 115
§ 2 选择法	..... 119
§ 3 分析法	..... 128
§ 4 微分法	..... 140
§ 5 积分法	..... 143
§ 6 空間磁场分布法	..... 156
§ 7 对磁法反演計算方法的一些看法	..... 165
第四章 磁法定量計算方法的选择	..... 173
第一部分 磁異常曲綫的轉換	..... 173
§ 1 轉換曲綫的目的及其类型	..... 173
§ 2 轉換曲綫的方法	..... 175

§ 3	位函数的解析延拓	176
§ 4	不同方向磁化强度的 Z_a 或 H_a 之間的互算	181
§ 5	将三度体的異常轉換为二度体的異常	183
§ 6	将复杂的 Z_a 曲綫分解	187
§ 7	部分消除法	188
§ 8	积分轉換	191
第二部分 定量計算方法的選擇		193
§ 1	概述	193
§ 2	傾斜磁化球体的定量計算方法	198
§ 3	沿走向长度很大、向下延深很大的板状矿体的定量 計算方法	201
§ 4	沿走向长度很大，向下延深有限的板状及透鏡状矿体的 定量計算方法	214
§ 5	走向很长的水平圓柱状矿体的定量計算方法	230
§ 6	走向很长的水平板状矿体的定量計算方法	233
§ 7	求矿体沿走向长度的近似方法	237
§ 8	求矿体体积的方法及矿石儲量計算問題	244
§ 9	磁法定量計算的步驟	249
第五章 磁法定量計算的实例		251
§ 1	第一个例子——选择法的应用及估算矿体下端埋深 問題	251
§ 2	第二个例子——应用积分法时选坐标原点的問題	255
§ 3	第三个例子——估算远景儲量及远景評价問題	260
§ 4	第四个例子——各种方法計算結果的对比	263
参考文献		270

緒 論

在寻找及勘探磁铁矿时，物探方法在工作的每一阶段都有着极广泛的应用。磁铁矿床由于矿石具有很强的磁性，能引起明显的磁异常。在目前，磁法勘探又是物探方法中成本最低、效率最高的方法，因此，磁法勘探就成为寻找磁铁矿床时最主要的物探方法。根据国内外的工作经验，在寻找及勘探磁铁矿床时磁法能解决的问题有以下几方面：

1. 在小比例尺地质填图时，根据磁测结果可以划分沉积岩、喷出岩、基性及超基性岩分布范围；查明成矿控制构造，如构造断裂带、火成岩侵入体、火成岩与沉积岩的接触界线等。查明成矿控制构造，就可以很快地圈出找矿地区，进行直接找矿工作。

利用小比例尺磁测结果还可以圈定含铁石英岩的分布范围，研究含矿地层分布情况。

2. 在找矿阶段，利用大比例尺地面磁测结果，可以直接找出磁铁矿体。对于含铁石英岩，还可以根据磁测结果估计含矿建造向下延深情况，研究矿区的地质构造（利用矿体产状与含矿地层产状一致这一地质现象）。

3. 根据大比例尺磁测结果及垂直矿体走向布置的精测剖面，在条件有利时，可以推定矿体的形状及产状，估算矿体的体积。对于形状不十分复杂的矿体，根据少数控制钻的钻探结果（包括岩心测定的矿石及岩石的磁化强度数值），综合利用物探及地质成果，可以较准确的确定矿体形状及产状、计算矿体体积，因而可以放宽勘探网，减少一部分勘探工程。

在生产实践中，磁法勘探的这些可能性远没有充分被运用，特别是在勘探阶段，磁法还没有获得广泛的应用。为了充分发挥

磁法的作用，提高磁法的地质效果，要不断的改进野外工作方法，提高野外观测的质量，并对观测结果作出尽可能接近实际情况的解释推断。

改进野外工作方法及提高观测工作的质量对扩大磁法应用范围、提高磁法的地质效果的影响，可以从磁法发展的历史中明显地看出来。

早在十七世纪人们就发现在强磁性铁矿体上方普通罗盘的磁针发生偏转，并企图利用这种现象进行找矿。由于罗盘的灵敏度很低，找矿效果不好。十九世纪末，人们制造出来了简单的磁力仪，磁法勘探才正式用于生产。以后，制造出来了高精度的石英刃口磁力仪。磁法勘探不仅可以用来找强磁性铁矿，而且可以用来找弱磁性矿床和埋藏深度较大的强磁性铁矿，并利用磁测结果进行定量计算，推定矿体的产状。由于地面磁测效率较低，磁法在地质填图及研究大地构造方面应用得还不广泛。航空磁测的发明，使人们能在短时期内进行大面积的磁力测量，因而大大扩大了磁法的应用范围及地质效果。现在随着磁法观测方法的改进（如磁力梯度仪的应用、微磁测量的研究等），磁法应用的范围还在不断扩大中。

在获得了全面的、可靠的资料以后，磁法勘探能否发挥作用就决定于资料的解释推断工作。磁法勘探的经济效果决定于根据其结果所作的关于工作地区的地质构造的结论的完整性与可靠性，勘探对象存在与否的结论、以及关于根据磁法勘探所发现的矿体的位置、形状与大小的结论。只有当这些结论完整与可靠时，才能及时对工作地区找矿远景作出评价，合理的布置勘探工程。如果做了磁法勘探工作，对资料不作解释推断工作，磁法的效果不能发挥出来；如果对资料作了错误的解释，将造成勘探工程的巨大浪费，而且由于人们对磁法失去了信心，妨碍了磁法往后的应用及发展，对工作更加不利。因此，我们应该对磁法勘探结果进行全面的、细致的分析研究，力求作出全面的、可靠的解释推断。

磁探結果解釋推斷的目的就在于根據工作地區地磁場的特點、已有的地質資料及岩石、礦石的物性（特別是磁化強度）資料，作出下述三方面的結論：

1. 關於工作地區地質構造方面的結論；
2. 關於要尋找的地質體是否存在的結論；
3. 關於礦體的位置、形狀及大小的結論。

為了達到上述目的，要對所獲得的磁測資料進行全面的分析，不能僅研究那些認為有意義的或是由礦體所引起的異常。研究所有的異常有助於我們對工作地區的地質構造作出全面而正確的推斷，有助於正確地區分礦與非礦異常。研究所有的異常，有時還有助於人們避免由於目前認識水平的限制而一時把有意義的異常誤認為沒有有意義的現象。

要正確地解釋異常，要求物探工作者有豐富的工作經驗及較高的工作水平，同時也要求工作地區有儘可能多的地質資料及物性資料。工作人員水平的提高，地質及物性資料的積累都要有一個過程。因此，磁法結果的推斷解釋也是一個逐步接近客觀實際的發展過程。也就是說磁測資料的解釋是個不斷反復的過程，不是一次推斷解釋就完事的。例如，找到了一個異常，我們可以根据磁異常的特點及已有地質及物性資料，推定磁異常是否由礦體所引起；如果是礦體所引起，根據磁測曲綫，推定礦體的形狀及產狀並估算其體積。這算是初步解釋。以後，這個異常驗證了，我們要及时收集驗證結果，測定岩石、礦石的磁化強度，以便確定這個異常是否由礦體所引起。如果是礦體所引起，可以根据新增加的資料再次進行推斷解釋，例如根據鑽探控制的礦體位置及新測定的磁化強度，用選擇法計算礦體截面形狀，進一步確定礦體的形狀及產狀。當礦體勘探完了時，還可以根据勘探的地質剖面及新測的磁化強度數據計算礦體磁異常理論曲綫，觀察它與實測的是否符合。如果實測的異常比計算的大，則應考慮可能有新的礦體存在。在不少礦區，利用這個方法發現了沒有勘探到的深部礦體及被遺漏的邊部礦體（關於這方面的具體例子，參看圖

3·15)。

應該指出，对異常进行多次推断，是在勘探阶段物探紧密配合地质工作的主要工作方法之一，也是解释物探異常时应遵守的重要原則之一。但是，这方面的工作还没有引起人們足够的重視。一般只对物探結果作一次初步的解释，而没有对物探結果作多次解释。

現在已有的工作經驗表明，即使在寻找强磁性鉄矿时，应用单一的磁法勘探并不能完善地解决各方面的問題，而应用綜合物探方法則有可能在較复杂的条件下解决許多問題。在找矿时，利用重力勘探及电法勘探能有效地区分矿与非矿的磁異常；在勘探阶段，当矿体形状复杂、磁化强度不均匀或有其他干扰存在时，根据磁測曲綫不能得出关于矿体产状的正确概念，使用重力法及钻孔充电法有时能完滿地解决这个問題。應該指出，钻孔充电法确定矿体产状一般比磁法更直接和可靠。图2·9—1可作为用重力法确定矿体产状的例子。因此，当有其他物探方法的材料时，一定要依据綜合資料作綜合解释，而不能仅仅利用磁法資料进行孤立的解释。

在这里我們特別提出山地驗證工程在解释磁異常时的作用。大家知道，进行物探工作的地区，总是地质情况知道得不多的地区，这时如果缺乏必要的有关工作地区岩石、矿石的物性資料，要正确地及全面地解释物探異常是很困难的。例如，沒有可靠的岩石、矿石的磁化强度資料，有时很难对磁異常的来源作出正确的解释；根据磁測曲綫，只能計算矿体的上端埋深。正确地計算矿体形状、产状及大小，需要知道矿体及其围岩的磁化强度。因此，获得物性資料是物探野外工作中的重要工作之一。在基岩出露不好的地区，用通常的物探方法不能获得解释異常所需的物性参数。为此目的，要挑选一定数量具有典型意义的異常，在其上进行山地工程，以便获得必要的地质及物性資料。这就是說，驗證物探異常應該看作是整個綜合物探工作中的一个步驟，而对物探異常作正确的及全面的解释工作應該在驗證工作之后，

而不是在驗證之前。在驗證工作之前所作的解釋只能算是初步的解釋。

但是，上述觀點並沒有廣泛地被人們所接受。有些人還不甚理解必要的地質資料及物性資料在解釋物探異常時的重要作用，把對物探異常進行全面的及詳細的解釋看作是純粹的數學物理問題。有人甚至把解釋異常和驗證異常看作是兩個對立的过程。認為驗證異常是考驗物探解釋是否正確，異常已經驗證了，再解釋物探異常就沒有意義和必要。在這裡，有些人把物探和地質分割開來，而不是綜合地考察和應用它們。

為此，要特別強調綜合解釋物探異常的重要性，把它作為解釋物探異常時應遵守的原則之一。

磁法結果的解釋推斷，像其他物探方法一樣，在習慣上把它分成定性解釋及定量解釋。定性解釋一般包括：引起磁異常的地質原因，磁性體的大致形狀、產狀及空間位置等。定量解釋則是根據反演公式進行定量計算。我們認為將解釋推斷分為“定性”及“定量”兩類不能反映磁異常解釋推斷的过程及其實質。就我們的體驗，磁異常的解釋推斷过程大體是這樣：首先是根據工作地區的地質岩石、礦石的物理特性及磁異常的特點，初步推定引起磁異常的地質原因；第二是根據磁異常的特點及必要的定量計算，推定引起磁異常的地質體的大致形狀、產狀及其空間分布位置；第三是根據磁性體的形狀及產狀，選擇合適的方法進行定量計算，計算磁性體的埋深及大小等；最後是根據上述解釋推斷的結果、工程驗證結果及已知的地質材料，對工作地區的地質構造、有用礦產賦存情況、礦體的大小及其產狀等做出全面的推論及結論。根據這個过程，可以把磁異常的解釋推斷分為磁異常的初步地質解釋、磁異常的半定量解釋、磁異常的定量計算及磁異常的詳細地質解釋等四類。在本書中，我們採用了上述分類方法來代替“定性解釋”及“定量解釋”的分類方法。

為了提高磁法勘探結果的解釋推斷水平，要研究磁探結果解釋推斷的理論基礎，並在此基礎上提出切實可行的工作方法。大

家知道，磁探結果解釋推斷的理論基礎有三方面，即：

1. 磁法勘探的地质基础：这方面包括磁性矿物在各种地层、岩石中的分布情况；矿床中磁性矿物共生組合关系；矿床特点及成矿控制因素、找矿标志等。

2. 磁性地质体在地磁场中的磁化及其磁化强度的研究：这方面包括不同形状、产状矿体在地磁场中的磁化情况；岩石及矿石的剩余磁性产生的原因、影响岩石、矿石磁化率的因素、矿体磁化强度的測定及計算等。

3. 磁性地质体磁场的数学物理方面：即磁场的特征与矿体形状、产状的关系；磁场正演公式的推导，反演計算方法的研究等。

具体說来，需要进一步研究的問題是：

1. 总结地区性的工作經驗，找出每个地区地质构造、矿床成因及矿体产状等方面特点与磁法異常特点之間的关系，以便制定在相同条件下磁探野外工作的方法及解釋異常的方法。

2. 研究岩石、矿石的磁化强度，研究影响磁化强度的各种地质、地球物理及地球化学因素，制定出有效的确定矿体磁化强度的方法。

3. 引用新的技术成就，改进磁法观测方法，如进行磁力梯度的測量，磁化率測井及钻孔中三分量磁场的測量等。

4. 进行模型試驗，研究不同产状的矿体及磁化不均匀的矿体附近磁场空間的分布情况。

5. 利用自动电子计算机，使磁法定量計算自动化。

为了完成上述工作，除了从事生产工作和科学研究工作的物探人員密切协作外，还需要地质、物理、数学、电子工程等方面人員的帮助。

第一章 區分矿与非矿的磁異常問題

§ 1 概 述

磁探資料解釋推斷的第一步是確定磁異常是什麼地質體所引起的。在找磁鐵礦時，就是區分哪些異常是有工業意義的礦體所引起的，哪些是沒有工業意義的磁性地質體所引起的。

一般說來，磁鐵礦體是磁鐵礦集中的地方，磁性甚強，能引起數值較大的磁異常。其他磁性地質體，由於含磁鐵礦較少，磁性較弱，所引起的磁異常強度較弱。因此，有人企圖根據磁異常強度大小來區分礦与非礦異常。這種區分異常的方法很簡單，在特定的條件下還是有效果的。例如在河北武安、涉縣一帶，只有磁鐵礦及閃長岩（個別地段還有玄武岩）有磁性，由於閃長岩磁性不強，其上磁異常之值不超過 $2000r$ ，而礦體磁性較強，當埋藏不太深時，能引起 $2000r$ 或更大的異常。因此，根據磁異常值的大小完全可以有把握地區分近地表處礦与非礦的磁異常。

但是，大家知道，磁異常的大小，不僅與磁性地質體的磁化強度有關，而且與其產狀及埋藏深度有關。一般說來，礦體愈大，埋深愈淺，其上磁異常強度愈大。因此，磁性很強的礦體，當其埋藏深度較大時（相對礦體大小而言），其上磁異常也很弱。有的地區深部礦體異常值在 $1000r$ 左右，有的地區則只有 $200r$ 左右，與閃長岩的磁異常相當或較弱。在這種情況下，就不能僅僅根據磁異常的強弱來區分礦与非礦的異常了。

用什麼方法，根據什麼標志來區分礦与非礦異常，要根據各個地區具體的地質、物性及礦床特點來確定。由於各地的地質情況、物性情況及礦床特點不盡相同，無法制訂一個統一的、到處均可應用的工作方法。下面根據磁鐵礦床的某些共同特點，提出

一些关于区分矿与非矿异常工作方法的要点。至于哪个矿区应用什么方法，要根据工作地区的具体情况决定，不能随便套用别处的经验。

§2 区分矿与非矿磁异常的方法要点

区分矿与非矿磁异常的方法的要点，就我们的体验有三方面，即对比物探异常、分析物探异常及应用综合物探方法。

对比物探异常就是将物探图和地质图对比，即将磁法剖面图和地质剖面图对比，磁法平面剖面图及等值线图 and 地质平面图对比。根据这样的对比，常常能发现并找出磁异常的特点和地质特点之间的关系。例如在有的岩层上有普通高起而变化剧烈（即异常在剖面图上呈锯齿状）的异常，有的岩层上则有高而稳定的异常，有的岩层上则没有异常，磁场平静而接近于零。根据磁异常分布范围和岩层分布范围，并考虑到岩石的矿物成份，就有可能确定磁异常是否由某一岩层所引起。如果肯定磁异常不是由某一岩层所引起，而这个异常又恰好位于成矿有利地段，它可能是矿体所引起的。

大家知道，在自然界中有各种各样的矿石，但是其中磁性较强的则不多，就其磁性大小排列有：磁铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿、褐铁矿（三水褐铁矿）及赤铁矿（ γ 型结晶）等。根据各种岩石中含这些矿物的情况，可以估计各种岩层上磁异常的特点。例如沉积岩（如石灰岩）中不含这些矿物，在其上将得到平静而近于零的磁异常（但在某些含氧化铁的铝土矿及含磁铁矿的砂岩上能出现较弱的异常）。在火成岩中（特别是基性及超基性岩石）含有较多的磁铁矿，而且这些磁铁矿分布不均匀，因而在火成岩上一般出现普通高起而变化剧烈的磁异常。有时候，火成岩中不含这些矿物，因而并不是所有火成岩上都有磁异常。

在将物探图和地质图对比时，要注意以下几点：

1. 地质图上地层的分布有些是在地表看到了的，有的则是地表没有看到而推想的。当物探图和地质图不符合时，除了认真

检查物探图件及工作质量之外，对待地质图应采取“相信事实、尊重推想、但不迷信推想”的态度。其次，还要考虑到物探异常不但反映地表地质特点，而且能反映深部地质特点，而一般的地质平面图主要反映地表地质特点，对深部地质特点则不能或很少反映。因为这个缘故，用磁法圈定的火成岩分布范围往往比地表所见的大，用磁法能圈定沉积岩下面潜伏的侵入体等。

当物探图和地质图不符合时，还要考虑到地质图的比例尺问题。由于比例尺的不同，地质图的详细程度不一样，比例尺越小，图越不详细。因此，不仅要在室内对

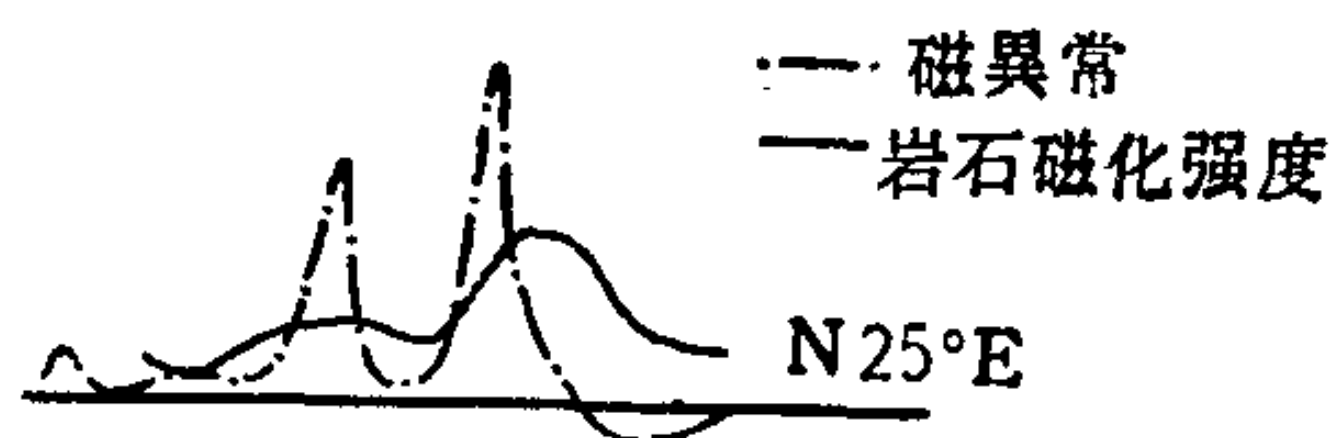


图1.1 磁力异常及沿剖面岩石磁化强度对比曲线图

比，而且还要到野外去对比，即将物探异常和野外实际的地质情况对比。这点在解释中等比例尺物探异常时特别重要。因此，有人把它叫做“异常地区的踏勘”或“现场检查异常”。

2. 为了确定岩石为什么能引起磁异常，要测定岩石的磁性，研究岩石磁性与其中所含矿物成份的关系、与磁性矿物分布情况的关系等。对火成岩而言，还要研究岩石的磁性与岩相的关系。

为了比较具体地说明岩石能产生磁异常的原因，可以选择几个有典型意义的剖面，沿着这些剖面测定岩石的磁性。例如图1.1 [11] 是一个镍矿区蚀变辉岩上的磁异常剖面图。现场观察表明，这种岩石中含有磁铁矿，沿一条剖面测定了岩石的磁性，其剩余磁化强度 (I_r) 在0.04CGSM左右，比感应磁化强度 (I_i) 大10—20倍。对比磁力异常曲线和岩石的磁化强度曲线（参看图1.1）可以清楚地看出，岩石磁性强的地方磁异常就高，岩石磁性低的地方磁异常就弱，因此，可以推定这个磁异常是由蚀变辉岩所引起。

3. 在对比物探图和地质图时，应先从已知区做起。即根据已知的地质情况、矿石及岩石的磁性参数，确定哪些岩石引起磁

異常，其特点怎样，并找出区分矿与非矿異常的規律。然后用在已知区找出的規律去指导未知区的工作，并根据新的成果充实和修正这些規律，使它具有更普遍的意义。

用已知区的規律去指导未知区的工作是基于这样一个假定：已知区和未知区的地质及地球物理特点一样。因此，当情况发生变化，这些規律就不能应用。在工作中一定不要把已知区的規律絕對化，要根据情况灵活运用。

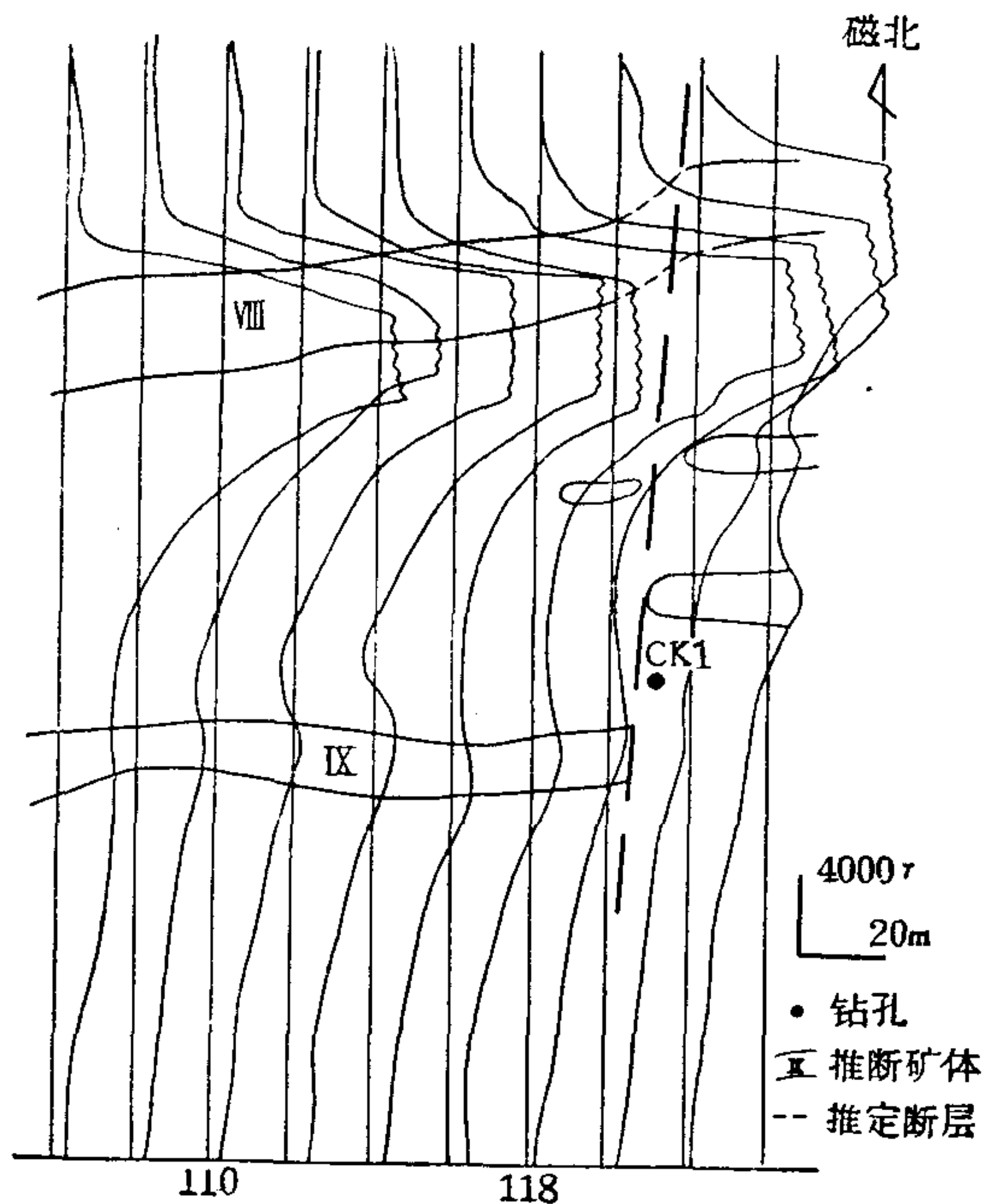


图 1.2—1 平行矿体上的 Z_a 剖面图

4. 在将物探結果和地质图对比时，不仅要用磁力異常等值綫平面图，而且要用磁力異常剖面图。一般說来，平面等值綫图适宜于表示大的和简单的異常，根据平面等值綫图可以很清楚地看出地质体的走向、分布范围等。平面图給人一个平面的印象。平面图上異常的形状在一定程度上反映了制图者的主观認識和意