

燕山地区物、化探区测资料的整理和研究

夏国治 吳承烈 朱文泉

区域地质测量是地质工作的一项基础工作。在1:20万或更小比例尺的区测中如何充分利用物、化探资料是一个很重要的问题。过去几年来,在广大的掩盖地区,利用综合性的物探资料,对研究区域地质构造寻找含油远景地区曾经起了很大作用,取得了不少的經驗。但在岩石出露較好的山区,物、化探在区测中的作用还没有充分发挥,获得經驗也較少,有必要加强这一方面試驗研究。本文企图着重就物、化探区测资料的整理研究問題简要总结近年在燕山地区进行試驗的初步結果,希望讀者指正。

一、正确选择物、化探方法,加强綜合方法的应用

采用合理的綜合方法,是提高物、化探地质效果的重要途径。物、化探工作能否发挥作用,首先取决于有无进行物、化探工作的前提条件。由于区测一般是在大面积上进行,方法应用不当将会导致很大的浪费,因此,在区测工作中,同在普查勘探工作中一样,需要根据具体条件,正确地选用物、化探方法,特别是要选择那些效率高、成本低、收效大的方法。

我們考虑本区具有以下几个特点:

第一、全区約十万平方公里,除南部边缘包括很少部分平原地带外,均为切割剧烈

的山区,水系发育。

第二、在大地构造上,处于地台和褶皱带的接触处,构造运动复杂,前震旦紀、震旦紀等时代的岩层和多种火成岩体广泛出露,有些区域地质现象可以直接观察,但也有些地质問題,主要是某些深部問題尚有爭論,未能解决。

第三、全区已經进行1:100万区域地质测量和1:20万航空物探,区内多处曾进行过地质普查勘探,目前仍在进行普查,寻找勘探后备基地。

根据这种情况,本区物、化探区测试任务的重点,在于总结研究深部地质問題和提供找矿綫索的經驗。进行試驗工作的途径是:一方面深入研究利用已有的航空物探资料和其他資料,另一方面选用合适的方法,适当补作工作,以收到綜合化的效果。补充的工作有1:100万重力测量和1:20万化探(水系金属量测量)。重力测量的任务是研究区内重力場的变化情况及其与大地构造之間的关系,校正已有的小比例尺大地构造略图。化探的任务是研究若干矿化元素的分布特征,并对区域含矿程度作出远景评价,指出进一步找矿地区。电法和地震法由于地形条件所限和其他原因未予采用。

从已得的重力测量工作結果中显示出以下有意义的現象:

(1) 全区重力場在三个不同的Ⅰ級构造单元燕山准地槽、内蒙地軸、华北断坳上的平均背景值是不同的(+20—+10毫伽、-50—-100毫伽、-85—-135毫伽), 这可能反映了它們在基底构造上的差別;

(2) 上述三种不同重力場是由北东东向的两个大的重力阶梯所分开, 阶梯状异常的幅度达40—80毫伽, 寬度从四五十公里到七八十公里, 阶梯的位置与目前較多学者所确定的上述三单元的界綫不完全一致。这一現象的合理地质解释, 将可提供确定构造界綫和深大断裂带位置的新資料;

(3) 在已知的某些Ⅰ級构造单元的四陷上表现出重力低, 有些隆起上表现出重力高。根据这种現象有可能进一步研究Ⅰ級构造单元的划分問題;

(4) 在Ⅰ級构造单元内部发现局部的重力阶梯异常, 其特点是寬度較小, 但梯度較大, 达3毫伽/公里, 有些与已知的大断裂位置相应, 深入研究这一現象可以提供确定大断裂的新資料。

根据化探样品分析結果編制成各种元素异常分布图, 在本区出現較多的有意义的异常是: 鉻、鎳、鈷、釩、銅、鉛、鋅、銀、鉬、錳、錫、銻等元素。这些异常有的反映了近地表的矿化地段, 有的反映了与成矿有密切关系的岩体(如超基性岩), 有些也反映了某些地层的特点。

二、物、化探資料进一步整理研究的途径

本区已經完成的航空物探工作包括航空磁测和航空放射性測量(以航磁为主)。工作虽有結果, 但对它利用不够, 資料的研究也

有待于深入。航空物探結果是非常重要的区域性物探資料。由于逐步获得了重力測量和水系金属量測量的資料, 就有可能在綜合研究中使航空物探与地面物、化探結合起来, 充分發揮各种方法的作用。

研究是通过以下三种途径进行的:

1. 編制重磁推断大地构造綱要图。它的作法是, 以原有的小比例尺大地构造略图为基础, 結合岩石物性資料, 研究磁場和重力場的特征, 找出重磁异常与深部地质构造的关系, 对异常作出解释推断。例如, 对比航磁和重力結果, 发现在航磁平面图上, 前面所說的重力阶梯异常带兩側的磁場特征也表现出明显的差异。一側的异常具有明显的北东或东西走向, 呈正負相間的条带状分布, 异常强度达数千伽瑪。这种磁場反映了褶皱强烈、岩浆活动頻繁的褶皱区的特征。另一側的异常多呈等軸状, 无明显走向, 为大片平稳的正异常或負异常。这种磁場反映了地台区的特征。由于重、磁現象的一致, 加深了对重力阶梯异常的重視程度。把重磁資料和地质資料对比, 并且借助于数学物理的分析, 認識到区域重力場和磁場确实反映了深部地质构造因素, 从而得以更有依据地探討重磁資料所反映的与原地质构造图不同的新的物探現象, 并进而提出新的看法。

2. 編制推断地质图。主要是編制1:20万綜合性地质推断图和某一岩类(如基性岩超基性岩)推断图。

(1) 編制推断1:20万地质图。

本区尚未正式进行1:20万区域地质測量, 但已有由各种資料汇编的地质图。这项工作的目的就是研究物探資料在区測填图中的作用, 研究如何把物探資料变成“地质語

言”以便于地质人員的使用。

現以某一图幅为例來說明編制推断的1:20万地质图的方法和步驟。物、化探的解释推断采用了“比較法”和“分析法”相結合的方法。首先对比了航磁平面剖面图和地质图。該幅北半部大部分为新生代玄武岩复盖,磁場上反映为負背景值上的跳动的正磁場。中南部为中生代酸性火山岩和沉积岩发育区,磁場上反映为大片平稳的負值。西南部为前震旦紀深变质岩系出露区,表现为微跳动的正磁場。东北角有前震旦紀花崗岩出露,表现为200 γ 左右的局部正异常,西北部有燕山期花崗岩和花崗閃长岩零星出露,表现为500 γ 左右的局部正异常。結合岩石磁性数据的分析,可以認為磁場特征基本上与地表地质現象符合。利用这一关系,修改了原地质图上某些地质界綫,并填出了某些未完全出露的侵入岩体。同时,也发现了难以用地表地质現象解释的磁异常。例如图幅最北部,玄武岩复盖区出現近东西走向的200 γ 左右的条带状正异常,往东又有500 γ 左右的正异常。图幅中部玄武岩的負磁場背景上出現数个断續分布的300 γ 左右的小型正异常。这些异常分別推断为不同时期的花崗岩和串珠状超基性岩体(上述推断虽无全面的驗證資料,但部分已获直接的或間接的証实)。此外,还推断了中部玄武岩下隐伏有沉积岩和浅变质岩以及断裂带的存在,并根据以上的地质解释对該区的地质发展史及可能的矿产远景作出推测。

由此可見,利用物探資料填图,可以达到:

1) 对地表已有出露但部分仍被掩盖的地质体或地质現象,进行較全面的追踪;

2) 推测地表完全未出露的地质体或地质現象。

达到前一个目的比較容易,而后一个目的比較困难。无论达到那一种目的,都必須以所推断的地质对象有物理条件和地质条件为前提。例如,对上述超基性岩体的推断,首先分析了在玄武岩复盖下能引起300 γ 航磁异常的地质体的磁化率是較强的。根据复盖厚度和假定的岩体产状和邻近的超基性岩磁性数据进行了正演計算,并且考虑到,异常距深大断裂带很近,且有片麻岩的出露,而本区的超基性岩大都侵入在片麻岩系中。对花崗岩的推断,有时还参照了航空放射性測量結果,花崗岩上一般有升高的放射性場。本区某地带,有些花崗岩体磁性非常微弱,放射性測量結果甚至成为推断的主要資料。利用放射性測量結果,在一定条件下,还能圈定埋藏較浅的其他中酸性岩、碱性岩体和某些噴出岩、片麻岩、沉积岩的分布范围或大致的边界綫;若与航磁相配合使用,效果将更为显著。因此,在配合地质填图时,最好利用綜合物探方法的成果。化探結果所显示出的化学元素在不同地质建造中的分布情况,也有可能作为填图的一种輔助資料。

为了探索物探現象与地质現象之間的关系,在研究資料过程中有必要作补充性的典型剖面,这种剖面应布置在研究异常有关鍵意义的地段,最好是綜合性的。我們曾經采用过磁测、重力測量、物性測定和地表地质观察等方法,有时視需要也采用放射性測量或化探。典型剖面有以下几种作用:①确定航空异常的位置;②提供岩石物性数据;③提供航空与地面观测到的物理場不同特征的資料;④提供地表地质資料;⑤提供可作定

量計算的剖面；等等。

綜合地质图的表示方法是一个需要研究的問題。我們試用过两种方式：一种是地表和复盖层下都画在一张图上，复盖层下使用不同的符号；另一种是地表和复盖层下分别画在两张图上。看来，在地质現象比較简单时采用第一种方式較好；第二种方式适用于比較复杂的地质情况。

我們認為編制正式的綜合地质图，物探队应当和区测地质队协作，采用綜合地质普查勘探方法。在进行地质区测以前，物探队利用航空物探資料和其他資料編制“推断地质图”是有重要意义的，它是把物探資料用地质語言表示的恰当的方式。

（2）編制“推断为基性岩超基性岩引起的航磁异常分布图”。

編制图件的目的是利用物探資料在大范围内圈出某一类型隐伏岩体的可能分布情况，为普查專門的矿产提供綫索。由于基性岩超基性岩一般具有强磁性，而且許多矿产同它有关，所以編制推断为基性岩超基性岩引起的航磁异常分布图，是整理研究航空物探資料的一个很有实际意义的課題。它的工作方法基本上同于第（1）类工作，只是需要对可能为基性岩超基性岩引起的磁异常作專門深入的研究，主要内容是：

1）在全区范围内，对已知基性岩超基性岩分布地区的磁場特征进行研究。发现本区的基性岩超基性岩体由于規模較小、且受断裂构造控制影响显著，其磁异常一般有下特点：①异常形状多呈有一定走向的綫型延伸；②异常强度自二百五十到数千伽偶；③异常曲綫多有尖銳峰值，水平梯度大；④单个异常的长度自几百到几千米。

由于这些“岩体”所处的地质条件不同，航磁异常更加复杂化。如产在磁性片麻岩中的“岩体”异常曲綫常呈鋸齿状，特别是在含鉄石英岩发育地区，鉄矿异常往往成为很大的干扰，因此还必须研究各种干扰因素。

2）研究全区可能产生磁异常的地质原因，識別各种干扰因素。由岩石磁性数据可知，除了基性岩超基性岩外，本区的鞍山式鉄矿、钒鈦磁鉄矿、角閃斜长片麻岩、中生代花崗岩和某些噴出岩等都可能产生磁异常。通过分析研究磁测資料，大体上可以了解各种异常的特征，找出区分基性岩超基性岩磁异常的标志；但是，实际工作表明，单纯用磁异常特征划分有意义和无意义异常确实存在困难，必須結合地质条件和其他資料（如化探資料）具体地分析每个异常，才能获得較好結果。

3）最后把可能因基性岩超基性岩引起的异常，按照符合已知特征的程度和地质条件有利与否，分成三类，用不同符号在图上表示出来。

3. 編制矿产預測图。物、化探区测工作的主要目的之一，就是提供区域矿产远景評价的資料，指出找矿方向。編制矿产預測图，是充分利用物、化探資料达到这个目的的有效途径。試以編制鉻矿远景預測图为例，說明編图的大致过程。

1）收集資料

編图工作需要建立在掌握丰富資料的基础上，故应随时注意收集最新資料。对待資料要采取分析的态度，不应絕對化。必須注意物、化探資料的工作条件和工作方法，以便判断原始資料的质量，如只简单地依賴檢

查觀測均方誤差的數字，將會產生錯誤。同時還需了解原工作的任務和指導思想，以便判斷解釋推斷結果的可靠性，如原工作目的是利用磁法尋找鐵礦，往往就忽略研究可能反映超基性岩體的異常。總之，認真評價資料是使用資料之前的必經步驟，為了取得評價的依據，有時還要重作某些圖件，甚至布置野外檢查工作。

2) 整理資料

通過編制以下幾種基礎圖件，達到整理資料的目的。

①地質資料經過整理後，編成“簡化地質圖”，成為預測圖的底圖。作法是在區域地質圖上，去掉與鉻礦成礦無關的地質因素而成為一種圖面比較簡單的地質圖，以便在此圖上畫上物、化探異常，而不使圖面過於繁雜。按照本區具體情況，前震旦紀地層同與鉻礦成因有關的超基性岩體關係較大，故基本上保留了原來的分層，而對震旦紀以後的各岩系則劃分成若干構造層和亞層；由於超基性岩體多受斷裂構造控制，故保留了各級斷裂構造，並補充了物探推斷的構造資料；在岩漿岩方面，突出地重視基性岩超基性岩，至於中性和酸性岩體則未詳細劃分；由於鉻礦點資料很少，未單獨作礦點分布圖，而一併投繪在簡化地質圖上。

②航磁資料編制成推斷為基性岩超基性岩引起的航磁異常分布圖，已如上述。

③化探資料編制成與尋找鉻礦有關的化探（鉻、鎳、鈷、鈾）元素異常分布圖。它的作法是，從整理原始數據確定指標元素開始，通過含量分級和異常分類，最後編成異常分布圖。由於本區化學元素分析項目和分析精度所限，主要指標採用鉻、鎳、鈷三元

素，在進行元素含量分級時，注意到了已知鉻礦點和基性岩超基性岩體上的化探結果、元素的克拉克值和分析誤差三個因素。在進行異常分類時，特別注意了所處的地質條件、各元素的組合關係等。最後，將各類異常用不同符號和顏色畫在圖上。

3) 研究已知“岩體”和異常的分布特征。把已知的基性岩超基性岩體和經過整理後認為有意義的航磁和化探異常投繪在簡化地質圖上，全面研究它們與區域地質構造之間的關係，作為礦產預測的依據。

4) 編制鉻礦遠景預測圖。參照上述特征，根據“岩體”和異常的分布情況，按照遠景大小，圈出了不同等級的預測區。在劃分等級和圈定範圍時，要仔細分析具體地質條件，對物、化探異常要考慮方法本身的特点。例如，本區化探（鉻、鎳、鈷）異常反映接近地表的基性和超基性岩體，一般是較準確的；但在部分地區，地形較平坦，水系不發育，因而測網過稀，較小岩體就有漏掉的可能，所以需要考慮其他資料。航磁異常產生的原因較多，在推斷為基性岩超基性岩時應更多地從地質條件出發。航磁結合化探資料對圈定埋藏較淺的岩體很有效。對於沒有化探異常的航磁異常地帶也決不能忽視，因為它有可能是深部岩體的反映。

為了便於根據預測區布置工作，預測圖上不僅畫出預測區範圍，而且还保留了物、化探異常的位置，工作可以從異常區開始。

* * *

以上敘述了研究物、化探資料的三個途徑。這三方面工作不是孤立的。較好的工作程序應是：先進行地質填圖，在此基礎上研究地質構造，最後進行礦產預測。

三、綜合研究物、化探資料應遵循的主要原則

在區域地質測量中，物、化探結果能否得到充分利用首先決定於是否對物、化探資料進行深入的綜合研究。綜合研究工作作得愈認真、愈充分、愈細致，所能提供的資料就愈多愈好。我們在綜合研究中，主要遵守了以下一些原則：

1. 物、化探與地質相結合。地質的觀察和研究是地質勘探工作的基本方法。“在綜合使用各種手段和方法時，必須以地質的觀察和研究為基礎，按照地質的依據和目的，合理地布置使用。”* 山區的地質研究程度一般較高，在綜合研究物、化探區測資料時，我們感到必須：（1）明確地質任務和要求，各項研究課題從地質任務出發；（2）在具體工作中，仔細考慮地質條件，研究地質資料，並結合地質理論；（3）通過反復的解釋推斷，把物、化探結果變成準確的地質語言。作到這三點，才能收到好的地質效果。物探和化探是從地球物理和地球化學兩個方面反映地質情況，這將大大地豐富可供研究的資料。正確地利用這些資料，通常能夠証實或補充地質觀察和研究的結果；但是在有些情況下，也能够提出與地質方法所得結論部分不相同或基本不相同的結果。只要所引用的資料是可靠的，推理的方法是合乎邏輯的，這種結果便是有意義的。它並不違反“以地質的觀察和研究為基礎”的原則，而正是收到了綜合方法的效果。善於辨識和掌握物、化探資料和地質資料的矛盾和統一，是解釋推斷者必備的技能。區測所涉及的問題很廣，有些問題難於一時定

論，這種不同的地質假說或地質推斷的存在，往往可以成為探討重要地質問題的綫索，從而有助於透過現象深入研究事物的本質。

2. 全面掌握物、化探方法的有效性和局限性。物、化探方法受着客觀條件的制約，進行綜合研究時，要清醒地認識每種方法所起作用的範圍和限度。物、化探工作人員，既應在可能的範圍和限度內最大地發揮方法的效能，也應防止超越可能的範圍和限度，不適當地夸大它們的作用。因此，必須全面地認識方法的有效性和局限性。

本區着重注意了以下幾個問題：

- 1) 重力、磁法結果的非單一解；
- 2) 飛行條件和測綫布置的方式對航空磁測和航空放射性測量的限制；
- 3) 地形對重力測量的影響；
- 4) 區域性岩石物性資料、特別是深部資料之難以取得；
- 5) 化探結果在反映深度上的限制；
- 6) 化探分析技術水平對化探結果的限制等。

這些局限性，有些是由於技術水平和當時的工作條件所造成的，有些是方法所固有的。在綜合研究時，要善於分析各種原因，發現是否存在着在某種程度上使局限性轉化為有效性的辦法。例如，磁法異常經常可以有多种解釋方案，把磁法和重力（或化探）等方法的結果結合起來，就有可能減少多解性，如果再緊密地和具體的地質條件結合起來，就有很大的可能使多解變為單一解。因此，採用綜合方法，充分研究地質資料，對物、化探異常進行驗證，是提高物、化探效

* 宋應：《談地質勘探工作中的若干客觀規律和業務政策問題》，中國地質1962年第1期。

果的重要措施。

3. 点面結合。物、化探区测資料的研究应当以面为主，但是必須正确处理点面关系。我們感到往往需要經歷“由点到面”和“面中求点”两个过程，达到点面結合。

1) 由点到面（这里的“点”和“面”可以理解为特殊和一般或局部和全面）。它的目的是：①取得解释推断的經驗，例如对已知地段异常的对比研究、典型剖面的布置、未知地段典型异常的检查驗證等；②异常經過个别分析研究后，按某一标志加以分类統計，求得全面的結果，找出主导的因素，发现普遍性的現象和規律。

2) 面中求点（这里的“面”和“点”可以理解为工作的全区和对研究目的有意义的局部地带）。如在矿产預測工作中，按照成矿規律和对全面資料研究的結果，圈划出含矿远景地带，指出普查找矿綫索。

4. 正确运用对比、統計、理論計算、“补充工作”等各种綜合研究的方法，根据不同情况，灵活使用。把定性推断和定量推断結合起来，以定性推断为主；把充分收集已有資料和布置适当补充工作結合起来，补充工作特别应当安排得灵活巧妙，以最小代价取得必要的补充資料。

四、結語

1. 通过实际工作，我們对山区进行中小比例尺物、化探区测的必要性有了进一步的認識。利用物探資料可以研究深部地质构造特征，如追索深大断裂带、了解基底性质、划分大地构造单元；利用物、化探資料可以配合进行地质填图，发现隐伏的与矿产

有关的岩体和与成矿有关的地质現象等，并为找矿提供大量的实际材料。

2. 在工作中所应用的方法应当是效率高，成本低的。我們認為，除了航空物探外，进行1:100万重力测量和1:20万化探是合适的；作为上述方法的驗證或补充，还有必要选择适当地段以单个剖面或小面积方式，布置少量的电法和地震的試驗工作。物探区测工作应列入区域地质测量工作之中，統一规划，最好是在地质区测稍前一点进行，以便地质区测时能够使用該項資料。

3. 通过編制推断区域构造图、推断区域地质图和矿产远景預測图，可以达到綜合整理研究物、化探区测資料的目的。凡是已有航空物探資料的地区，无论是否进行了其他方法的补充工作，都有必要和可能通过上述途径进一步整理研究資料。綜合研究是理論与实际、室内与野外、物、化探与地质相結合的过程，不断推断的过程。綜合研究作得愈好，就愈能使物、化探資料发挥更大的作用。

4. 区域性物、化探結果的异常检查驗證是一項复杂細致的工作。它要求效率高，又能达到預期目的。目前开展得还很不够，需要加强。

5. 若干值得深入研究的技术方法課題：

1. 适合本区的斜磁化条件下航磁解释推断方法；2. 区域性岩石物性（如密度、磁化率、剩余磁性等）測定方法和資料整理使用方法；3. 快速的重力地形校正方法；4. 提高化探分析的灵敏度、精确度和研究快速分析方法等。这些問題的进一步研究和解决将有助于提高物、化探区测工作的水平。