

岩漿期后金属矿体 及其地質分析法

苏联 A. B. 科罗列夫 著
П. A. 舍赫特曼

地质出版社

密蒙期后全国矿体 及其地质分析法

（一）地质部地质研究所
（二）地质部地质研究所

地质部地质研究所

岩漿期后金属矿体及 其地質分析法

A. B. 科罗列夫
苏联 П. A. 舍赫特曼 著

周 延 坤 譯

А. В. Королев и П. А. Шехтман

ПОСЛЕМАГМАТИЧЕСКИЕ РУДНЫЕ ТЕЛА И МЕТОДЫ ИХ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ

МОСКВА 1954

本書由周延坤譯，其中第二篇經蔡炯校，全書由蔡冬生校。

岩漿期后金屬礦體及
其地質分析法

著者 А. В. 科羅列夫 П. А. 舍赫特曼

譯者 周 延 坤

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

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 印 刷 厂

北京廣安門內教子胡同甲32号

印數(京)1—1,800册

1957年12月北京第1版

開本33"×46¹/₃₂"

1957年12月第1次印刷

字數90,000

印張3¹¹/₁₆ 插頁1

定價(10)0.60元

目 錄

原序	5
第一篇 整合礦体的分佈系統	
第一章 整合礦体在区域地質構造中的位置和性質	7
第二章 含礦溶液的流动	13
1. 溶液流經岩層的方式	13
2. 整合礦体与有关的交錯断口和裂隙的含礦性	14
3. 上升溶液沿岩層的流动	15
第三章 作为礦化分布因素的岩層的物理性質及其变形	19
1. 不均一岩層的变形对岩層渗透性的影响	19
2. 發生渗透区的条件	27
3. 褶皺作用时岩層厚度对岩層性狀的影响	29
4. 岩層拗折的曲率对礦石分布的意义	29
5. 地質作用中岩石性質的变化	32
6. 岩石的化学成分与交代作用	32
第四章 金屬礦体的形态及礦化的分布	34
1. 决定金屬礦体形狀的因素	34
2. 岩層中礦物的分布及礦化的分布	42
3. 在某些岩層中及沉積層系中礦石的分布	44
4. 断層破坏使褶皺的复雜化	45
第五章 隱礦体的标志	49
結論	52

第二篇 礦石沉積条件的地質分析法

第一章 等層綫的繪制	54
1. 圈狀要素的測定	55
2. 标准層的選擇	57
3. 厚度的確定	58
4. 等層綫的繪製	68

5. 等厚綫的意义	63
第二章 剖面的地層 - 岩性研究	69
1. 地層剖面	69
2. 岩性剖面	70
3. 岩性相互关系的分析	73
第三章 含礦褶皺形式的研究	80
1. 关于地形資料編錄及構造平面圖繪制的方法問題	80
2. 地質剖面圖及構造平面圖的繪制	81
3. 剝落洞穴的編錄	82
4. 岩層細裂綫的研究	85
5. 褶皺形式及其大小的研究	85
第四章 断裂破坏作用的研究	90
1. 礦化断口研究的方法与描述	90
2. 礦化与礦液輸送通道的关系	92
3. 較大的層內裂綫对礦化分布的影响的研究	92
第五章 礦石分布因素及礦体形态 的研究的意义	94
1. 礦化分布的主要因素	95
2. 礦化分布因素对于 不同形态礦体的意义	96
第六章 礦区的地質分析法	100
1. 原始資料	100
2. 礦区構造要素的分析	106
3. 構造預測圖的編制	110
結論	116
参考文献	117

原 序

苏联的社会主义經濟要求越來越多的礦產，其中包括黑色金屬、有色金屬及稀有金屬。岩漿期后作用所形成的有色及稀有金屬礦床起着相當大的作用。正確地了解這些複雜的礦床的成因及其中礦石的分布條件，就會有利於礦床的找尋、勘探及開采。

在形態成因方面，岩漿期后金屬礦體可分為下列幾類：

- (1) 交錯礦體，橫穿岩石，與岩石內部的構造要素無關。
- (2) 整合礦體，沿沉積岩與變質岩中的層理分布。
- (3) 接觸礦體，受侵入岩與其圍岩的接觸面的控制。

與周圍沉積岩與變質岩相整合的金屬礦體，分布得很廣泛，成分極不相同，是在岩漿期后作用的極不同的物理化學條件下產生的。因此關於這類礦床中金屬礦體的分布條件的問題，有着很大的國民經濟的意義。通曉控制礦化分布的條件及因素，便有可能合理地指導普查與勘探工作，在組織普查沒有地表露頭的深處礦石時，也有特別重大的意義。

對這一問題研究得很差。在已發表的文獻中，涉及這一問題的僅僅是一些個別的分散的著作，和在各論文及科學論著中的指示。其中 П. П. 布羅夫 (П. П. Буров) 及 Н. Н. 庫列克 (Н. Н. Купек) 兩人關於阿爾泰的著作是最有價值的。

作者多年來一直從事於中亞細亞屬於該形態成因類型的礦床的研究。這些研究是在中亞細亞工學院地質勘探系的人員與“中亞細亞有色金屬勘探”公司的人員密切合作下，在該公司的勘探對象上進行的。參加研究的有：研究生 Н. А. 尼基福羅夫、Ю. С. 什興，工程師 В. П. 費多爾丘克、Е. А. 巴弗雷柯維奇

等，以及該校的学生們。对積累起來的材料加以敘述，有助于对問題進一步的研究。

本書分为兩篇。第一篇闡明作为形态成因类型之一的整合礦体形成的地質条件的理論概念。在这种情况下，为了理解金屬礦体的分布条件及礦化在礦体中的分布，必須对成礦沉積的物理化学条件及地球化学条件加以估計。

第二篇研究整合礦体中成礦沉積的構造条件的分析原理及方法，这些原理和方法是作者拟定出來的，并实际运用在一系列的研究对象上。

这样，作者給自己規定出一个任务，即不僅闡明关于上述类型礦床的分布条件的理論概念，而且还要闡明这些条件的地質分析法。應該認為，从研究的經驗中產生的这个方法，对今后工作的重要性，并不次于那些在理論上不圓滿的結論。

作者意識到，他們解決問題的途徑还不够寬广，因为在这方面所利用的只是一个地区有限的礦床，而沒有包括一切可能有的礦床，所引用的已公布的苏联其他地区的資料和國外的資料少得可憐。除此之外，作者只从地質方面研究礦床的形成及其分布，而沒有能夠同时从与地質方面有緊密联系的物理化学及地球化学方面考慮到礦床的形成及分布。

但是，作者希望本書能对地質學者有所帮助，希望得到批評并交流經驗，以促進这方面知識的進一步發展。作者对“中亞細亞有色金屬勘探”公司的領導工作者 H. B. 涅契柳斯托夫、B. Э. 波雅尔柯夫及 A. B. 普尔金在本書編寫中所給予的經常帮助和提出的寶貴意見，致以深厚的謝意。作者对原稿的審閱人 B. И. 斯米尔諾夫教授也致以謝意，因为由于他的審閱，本書的質量得以提高。

第一篇 整合礦體的分布條件

第一章 整合礦體在區域地質構造中的位置和性質

岩漿期後生成的整合礦體分布在沉積-變質岩中，而且與層理面平行。整合礦體主要是由於含礦溶液滲透岩層而產生的典型接觸交代產物。

要了解整合礦體的分布條件，就必須查明含礦溶液在岩石中流動的道路，岩層的性質及其變形，金屬礦體的形狀以及深處隱礦體的標志的性質等。所列举出來的因素，因礦床在不同區域地質構造中的位置而不同。

地盾、陸台及活動帶是地殼的區域地質構造的主要類型。在這些類型中，每一類型的整合礦體有它自己的特點。

由各種沉積-變質岩和結晶片岩所形成的前寒武紀雜岩稱為地盾，這些岩石被不同的、主要是花崗侵入岩所穿截。在這些雜岩中，有很多前寒武紀的岩漿期後礦床。礦體在礦床中分布的性質表明，這些礦床是在其周圍的地質雜岩屬於活動帶的那一時期形成的。這樣，類似的礦床，嚴格地來說，應列入第三類型。但是由於下面所指出的一系列特點，必須對前寒武紀岩漿期後礦床和第一類礦床一起進行研究。

在這些礦床之中發現有大面積的交錯裂隙脈（加拿大的波爾庫潘〔Поркупайн〕），但是整合礦體是主要的。

这一形态成因类型的礦床包括下列礦床：

(1) 克里沃罗格鉄礦床，在这个礦床上，在岩漿期后溶液侵入时，發生礦体在鉄礦建造各礦層內的再分布（謝苗年科 [Семёненко]，1946年）。

(2) 加拿大的苏利万（Сулливан）、謝里特戈尔頓（Шеррит-Гордон）、弗林弗郎（Флин-Флон）、美國的富蘭克林（Франклин）及斯帖尔林格（Стерлинг），瑞典的玻利登（Боллден）、法隆（Фалун）、奧姆梅別尔格（Оммеберг）、以及澳大利亞的布罗肯希尔（Брокен-Хилл）和蒙特艾扎（Маунт-Айза）等地的多金屬礦床（德赫姆 [Дэнхем] 1951年）。

(3) 加拿大的苏必利尔湖，美國的哲罗姆（Джером）等地的銅礦礦床。（貝特曼 [Бэтман]，1949年）。

(4) 巴西的庄捷尔勒依（Джон-Дель-Рэй）金礦床，印度的米查尔（Мизор）金礦床及南非洲的威特瓦特尔斯蘭德（Уитватерсранд）金礦床也包括在內（貝特曼，1949年）。

以上列举的礦床在地質構造、礦体分布条件、礦体成分上有着一系列的特点。这些特点就是：

(1) 不同成分的沉積-變質岩（泥質頁岩、砂岩、石灰岩、白云石、各种結晶片岩及有些地方的噴發岩）的厚層，通常是互相交疊而成的。在这些岩層中，有时有各种侵入岩及偉晶岩的整合礦体。

(2) 礦化局限在很陡的，挤压得很厉害的褶皺中，有时是等斜褶皺中（除了苏必利尔湖和苏利万兩地之外）。選擇性交代作用發生在不同岩石中：有的地方是砂页岩化的碳酸鹽类岩石（布罗肯希尔），常是頁岩，有时是淤泥岩及粘土質岩（苏利万、蒙特艾扎等地）。

(3) 在背斜和向斜褶皺的軸部，金屬礦体的厚度增大（克里沃罗格、布罗肯希尔、富蘭克林等）。

(4) 礦柱被延伸的褶皺所控制(米查爾、玻利登等等)。金屬礦體是單層分布(蘇利萬),或多層分布(布羅肯希爾和蘇必利爾湖)。

(5) 金屬礦體穩定性很大,而且其規模也相當大,沿走向達5—7公里,深度為2.5公里以上(米查爾、熱捷米勒依、哲羅姆、蘇必利爾湖等等)。

(6) 礦石有特殊的成分,內中含有能夠產生硫化物或處於自然狀態的元素(鉛、鋅、銀、銅、金等)。在這方面,克里沃羅格及其他一些地方變質的鐵礦礦床是特殊的一類。

達科塔的霍姆斯泰克(Хомстэк)金礦礦床的例子說明,有時甚至前寒武紀的岩石中較晚的礦床(在這種情況下是拉拉米依[Ларамийское]礦床),也會有上述的特性。但是在其他類似的條件下,甚至在相似的雜岩中(愛達荷的克爾特阿林[Кэрд'Ален]的多金屬礦床),交錯礦體與整合礦體比較起來是頗占優勢的。這個現象的原因將在下面研究。

在所研究的這類礦床中,克里沃羅格的鐵礦礦區,以及國外已知礦床最大的布羅肯希爾的多金屬礦床(產鋅及鉛超過二千萬噸),以及在其上有最深礦井的大銅礦與大金礦(可能包括威特瓦特爾斯蘭德)都表明該類礦床的工業意義。這一情況使我們有必要仔細地研究分布在蘇聯各地(科拉半島、卡累利阿、烏克蘭、哈薩克斯坦、西伯利亞東部和西部等)廣大面積內,前寒武紀岩石雜岩的岩漿期後的含礦性。

地殼的穩定部分稱之為陸台,也就是由下古生代至第三紀的較薄的沉積層復蓋着的地盾。對在典型的陸台條件下的岩漿期後礦床現在還研究得很少,這可能是因為這些礦床周圍的幾乎水平的沉積岩,經常被較年輕的沉積物所復蓋,並處在穩定的平坦地勢中。蘇聯西伯利亞中部暗色岩分布區域,很多鐵礦礦床、多金屬礦床以及其他礦床都屬於這一類型。美國密西西比河及密蘇里河

等河谷的广大面積內，研究得很好的多金屬礦床是陸台型區域地質構造中整合礦體的典型例子。這一地區已開采了三千萬噸鋅和鉛，亦即比其他任何一個多金屬礦石分布地區都多。

這裡古生代不同系和統的海沉積水平地產在受冲刷的前寒武紀岩面上，這些前寒武紀岩石有石灰岩、白云石、砂岩及頁岩（德赫姆1951年）。礦化出現在各時代的碳酸鹽類岩石，但是在每一個別的情況下，礦化分布在石灰岩或白云石的一定水平上。在密蘇里河東南部，礦體分布在上寒武紀波捷爾岩系的白云石中，而密西西比河上流，則分布在志留紀加林的白云石中，而在“三州”地區則分布在石炭紀的石灰岩中。整合礦體比交錯礦體占絕對優勢。

整個地區的礦化分布條件、性質及其成分有下列幾個特點：

（1）各種形態成因類型的金屬礦體，總起來說是沿着沉積岩中的粗裂隙作綫形延伸的，顯然，此裂隙與前寒武紀基岩的斷口相關。

（2）整合礦體平緩地產在石炭紀岩石的一定層位，其厚度變化不定，外形不規則，有時顯得很奇異。礦體在水平方向分布得很廣，但在垂直的剖面中卻分布得很有限。

（3）礦化的分布與白云石及石灰岩的含礦層的產狀有關；礦化表現在裂隙及滲透性增高的地區；礦石分布在被封閉的前寒武紀的山丘周圍，分布在平緩的穹窿狀隆起之中，或分布在具有平緩翼的短軸褶皺中，不同的分布依含礦層的地形來決定。

與緩傾褶皺若斷若續的性質相適應，礦田的外形，從總的方面看，延伸性很小，或者是等軸的，而不是以狹窄的綫狀帶延伸的。

（4）除了整合礦體之外，礦田中還有交錯礦體，交錯礦體主要產生於岩層內的裂隙及斷口。在某些情況下，礦化出現在成礦前的喀斯特過程的各種生成物上。

(5) 几乎在整个地区中，礦石原生的礦物成分及化学成分都很簡單。鋅与鉛为礦石的造礦元素，在其他多金屬礦床中組成常見混合物的銀、銻、砷及銅，而在这里实际是沒有的。关于某些金礦床的特点，將在下面补充叙述。

活动帶，曾存在于古生代、中生代、或是第三紀，包括有大量已知的岩漿期后礦床。其中，整合礦体也占着相当大的地位。这些地区中，發育着沉積岩、沉積-变質岩及火山岩的厚層，这些岩層是撓曲的，常有中等大小的翼傾角，并常被侵入体及岩脉所截断。

包括有礦田的地質雜岩，按其在活动帶的位置可以分为兩类，这两类在这些雜岩的性質及礦化的分布上是不同的。

活动帶邊緣部分，或活动帶及陸台之間的过渡帶，沉積物的成分各不相同而且互相交替，其厚度是中等的，有时是很厚的。沿隆起地及陷落地的边界發育着逆断層型的巨大断裂破坏，就是这一类的特征。

卡拉套山脉及費尔干納窪地邊緣的多金屬礦床，以及哲茲卡干的銅礦床和阿尔泰山的多金屬礦床都屬於这一类。

活动帶內部，沉積物厚度很大的，成分單一。对这些礦床來說，在含礦層的岩系中整合礦体的多層分布是很特殊的。

这一类包括：澳大利亞宾捷哥（Бендиго）的金礦床，屬於志留紀的砂質頁岩的厚岩層；中亞細亞恰特卡尔区的某些不同成分的硫化物礦床，產在泥盆紀及石炭紀的石灰岩厚層中；高加索頁岩岩層中一系列有色金屬礦床；墨西哥的多金屬礦床，分布在白堊紀石灰岩岩層中以及其他等。

在活动帶的礦床上，整合礦体的分布及其成分有下列一些特点：

(1) 礦田与大交錯断口及逆掩断層的关係，对于隆起地和陷落地的过渡帶是很特殊的。

(2) 礦体选择分布在不同成分的沉積岩(碳酸鹽类和矽酸鹽类)的一定層位中。

(3) 礦化的分布由褶皺的形式來決定, 同时礦化傾向于含礦層變形最大的地区及滲透性增高的地区。

(4) 礦体主要分布在水平方向, 在垂直剖面中較少發育。礦田常延伸很長, 从总的來看, 形成很長的綫狀帶, 这种礦田对活动帶邊緣部分是很特殊的。

(5) 礦石不僅含鉛、鋅、銀、銅、金, 而且也含砷、銻、汞、鎢、錫及其他化学元素, 其礦物成分和化学成分極不相同。

如果把整合礦体在主要大地構造帶的区域構造中的分布特征作一比較, 可以确定以下几点:

(1) 与不同区域構造有关的礦床有許多共同的規律性: 整合礦体与断裂破坏的关系, 这些礦体和一定的沉積岩層的共生性, 礦石的分布对褶皺形式的依賴性。

(2) 同时, 地壳上每一个区域構造的礦床也有它本身的特点, 也就是: 沿活动帶邊緣有綫式礦帶, 而在陸台上却没有綫式礦帶, 在地盾的垂直方向上礦化的長度很大, 而在陸台上却極小, 在活动帶中礦石的成分很复雜, 而在陸台中礦石成分却極簡單等。

(3) 一般來說, 有下列几种不同的区域構造: 1. 陸台, 2. 活动帶的邊緣部分, 3. 活动帶的内部和 4. 地盾或前寒武紀时代的活动帶。在这些区域構造中, 从陸台到地盾的方向, 一般來說, 礦石周圍沉積層的厚度及其可塑性有增大的現象。与这种情况相应, 在这个方向会看到礦石周圍的構造形式越來越复雜, 也会看到褶皺翼的傾角的增大和礦化垂直延伸的增長。

(4) 礦石在礦物成分和化学成分上所表現的差異, 对陸台礦床及活动帶礦床是很大的, 这是由不同区域構造的地质構造和

構造變形的特點決定的。

在陸台所產生的礦床中，岩漿期後溶液從很深处上升，沿簡單的斷口通過前寒武紀的雜岩，但並不與此雜岩發生強烈的交互作用。其原因是岩漿期後溶液所形成的礦石的成分最簡單。在活動帶中，溶液沿極複雜的變形而上升，變形在不同程度上影響着不同成分的岩石。因此溶液與構成深处通道的不同岩石發生交互作用的可能性與上述情況完全不同。這些條件能夠形成礦物成分及化學成分相當複雜的礦石。

第二章 含礦溶液的流動

上升的岩漿期後溶液，從溫度很高壓力很大的深处岩漿源跑出來，沿岩石的裂隙及滲透性最大的地區往上向壓力小的地方移動。很明顯，壓力差就是促使溶液上升的動力，有時溶液竟上升到地表，並且在溶液流動的道路上形成不同成分的礦床。

引導溶液上升的滲透性岩石地區，最常出現在周期地遭受斷的脈衝構造作用所固有的運動的那些岩石中。（波波夫〔Попов〕，1938年；哈英〔Хайн〕，1950年）。

與構造作用的性質相適應，上升溶液的流動也是有斷續的性質。沉積的礦物暫時地塞住溶液流動的孔道，但是下一個構造運動重新打開了孔道，恢復了溶液流動的連續性。

上升溶液所經過的岩石的滲透條件的變化，決定於溶液流橫斷面的變化，這就使溶液的流動有些地方緩慢，有些地方快。

1. 溶液流經岩層的方式

原來水平的岩層，在褶皺破壞之後，基本上仍保持水平的產狀。岩層豎立的可能性是受褶皺及褶皺群幅度的限制的。因此，上升溶液沿岩層的流動，只是溶液上升總道路中的一部分。

任何成分的溶液，只有在長时期內在一定的物理化学条件下通过的那些地方形成礦石。很清楚，在溶液通过的全部道路上，礦化不可能是連續不断的，尽管在某些礦床中，如第一章中所指出的，在同一構造的条件下，有长达2—2.5公里的連續礦体。一般沿導礦孔道流动的溶液，將在有利于沉積下來的礦物分布的地区造成礦化；沉積岩的个别岩層常常就是存積礦物的有利場所。

但是上升溶液不能只沿岩層流动，上升溶液應該流到岩層中來，而且沿交錯裂隙或其他道路从岩層流出。

在某些时候，特别是在只有几公里深的地方，溶液向岩層流去有以下几个方式：（1）延伸很長的深断口（主要的引礦断口）；（2）与上述断口有关的較小的引礦断口；（3）能把溶液从上述構造轉入岩層去，并把它分配在岩層中的小裂隙（科罗列夫，1947年）。这些方式并不是普遍的；大家都知道，由于被交切的層系的深度及性質不同，断口的物理性質將是不同的。

溶液可以沿有局限性的交錯構造——断口及裂隙从岩層出去，也可以透過上复的多裂隙岩石流出。必須指出，溶液沿岩層的流动直到与总的上升趋势有抵触时方才停止。因此，溶液迟早都要从岩層中出來，繼續向上流动。

2. 与整合礦体有关的交錯断口和 裂隙的含礦性

溶液進入岩層經過的断口及裂隙本身常常是无礦的，尽管也有上升原成礦化現象。这是由于溶液在这种裂隙中暢流无阻地通过（波雅尔柯夫〔В. Э. Поярков〕及科罗列夫，1953年），因而也由于在裂隙中压力及流动速度都是与形成礦体时条件完全不同的緣故。

同时，大家都清楚地知道，在巴尔克—西奇（Парк-Сити）

礦床的層狀礦體中以及與其相連的裂隙脈中，同時開采富的銀—鉛礦的事例（科羅列夫，1953年）。可以看出，裂隙脈和與其相連的含礦層的地段從上面被“堵塞”，這使在層狀礦體及裂隙脈中形成相似的压力條件，使溶液緩慢地滲透並有造礦作用的發生。在這些情況下，整合礦體應當作為較深處的交錯脈的指示標誌來看待，反之，亦然。

有些人常認為，假若斷口礦化了，那末斷口在其整個延長範圍內都能把含礦溶液引出或引向岩層。這是完全不對的，因為溶液能夠沿着上升的那些地區，也受到裂隙脈中礦柱所受規律的支配（按科羅列夫及舍赫特曼）。這些地區主要趨近於斷口的撓曲處、斷口的結合處或與其他斷口及裂隙的交錯處等。在斷口面上所有其餘地方可能是封閉的，有時是磨過後而密閉的，甚至完全沒有被礦化。指出在這種斷口中張開的地段是十分重要的，因為沿這些地段，向上升的溶液流升起，並且在這些地段附近的有利岩層中，可能找到有工業價值的礦體。

3. 上升溶液沿岩層的流動

為了簡便起見，讓我們先來研究一下溶液沿滲透性均勻的岩石的流動。在這種條件下，應注意兩個主要因素：（1）上升的趨勢和（2）層理面的屏蔽影響。第一個因素的意義已經指出；下面研究在溶液沿岩層流動時，這一因素所起的作用。第二個因素，即層理面對溶液的屏蔽，這是在任何岩層中都有意義的，在包圍礦體的可滲透的岩層頂板中，不透水岩石（常常是粘土質岩）的存在，意義更大。在一般的情況下，屏蔽面使上升溶液沿岩層的仰側流動。在溶液流動的上升趨勢與屏蔽的相互作用下，岩層的產狀條件有着很大的意義。在水平狀態下，這兩個趨勢的抵觸是很大的，同時溶液沿它所遇到的岩層流動時，竭力掙脫該岩層向上去。當岩層為垂直狀態時，屏蔽面與溶液上升方向相一致，但