

科學譯叢

——地質學：第3種——

金屬礦床學與礦床分類法

查哈羅夫等著

中國科學院出版

СССР

Рудное месторождение и классификация
месторождений полезных ископаемых

金屬礦床學與礦床分類法

原著者	Е. Е. Захаров и др.
翻譯者	張炳燿、夏文豹等
編輯者	中國科學院編譯局
出版者	中國科學院 北京(7) 文津街5號
印刷者	北京市印刷二廠 北京修 廣闊路
發行者	新 華 書 店

(譯) 54041	1954年8月第一版
(自然) 044	1954年8月第一次印刷
(京) 0001-4,200	開本: 787×1092 $\frac{1}{32}$
字數: 64千字	印張: 4 $\frac{23}{32}$
定價: 7,000元	

內 容 提 要

爲了配合國家的工業建設、開展地質科學研究，本譯叢選譯了有關金屬礦床各種規律研究的論文四篇，另外選譯了查哈羅夫的分類法。

本書不但介紹了蘇聯地質學家、礦床學家在找尋地下富源的先進經驗，也闡述了各種金屬礦床成因、發展及圍岩作用等規律，並提出了科學的理論論證，特別是查哈羅夫的分類法。他明確地闡述了新分類方法原則、標幟和特徵，也批判了過去分類法的形而上學的觀點。

查哈羅夫的分類法，根據成因、大地構造及其他地質和礦床各因素綜合起來的分類法，這對我們確定礦床類型會有很大的幫助。

本書在當前迫切而重大的找礦任務中，特別是對各種礦床類型的論證上，當會起着重大的協助作用。

目 錄

查瓦里茨基在礦床學方面的貢獻	A. Γ. 別捷赫琴	1
關於某些金屬礦床的垂直分帶	И. А. 赫魯曉夫	11
元素在風化過程中的分化與水成		
金屬礦床分佈的規律性	Б. П. 克魯托夫	21
論岩漿礦床生成時圍岩所起的作用	Я. Д. 郭特曼	48
礦床分類法問題	Е. Е. 查哈羅夫	65

查瓦里茨基在礦床學方面的貢獻

A. Γ. 別捷赫琴

蘇聯地質科學上失去了一位岩石學方面的偉大權威，同時也是卓越的礦床的理論家和礦床專家 A. H. 查瓦里茨基。在他自己卓越的成就、卓著的及多方面的科學活動中，很大一部分是花在金屬礦床的研究上。他的理論總結，特別是關於岩漿生成礦床方面的，對金屬礦床是一個巨大的貢獻，並且在引導蘇聯地質勘探工作及發展礦石原料基地的成就上起了巨大的作用。他的名字真不愧在地質學家和礦業工作者中獲得廣大的聲望。

在金屬礦床地質方面 A. H. 查瓦里茨基是我們著名的科學泰斗 A. И. 卡爾賓斯基和 E. C. 費多洛夫所創立的學派的代表人和繼承者。這一學派的特點是在整體中能緊緊地把礦床研究和岩石學研究聯繫起來，因為岩石及成因上與它聯繫的礦石是統一的地質作用的結果，並且沒有查明岩石成因就不可能解決礦石成因的問題。這個方向在蘇聯地質學上的大大的發展與深入，我們應當感謝 A. H. 查瓦里茨基。所有他貢獻在金屬礦床研究上的工作，是以他所提出問題研究的仔細、深入和全面而使人驚奇的。他以最緊密的方式把岩石學觀察及礦床研究與所研究地區的普通地質、地質構造及大地構造聯繫起來，這樣就有可能去建立岩石與礦石間的關係，它們在空間與時間上形成的規律，也就把礦床成因問題與被研究區域的地史聯繫起來。他對礦

床學研究看法的這些特點也被他的許多學生及後繼者所掌握，並且也被他們用來奠定了蘇聯金屬礦床研究學派的堅固基礎。

在他的研究工作中，他廣泛地應用了作為科學知識開始階段必不可免的、自然現象的分析方法。同時他把主要的注意放在自然界被確定的事實的比較研究及從事實中所得到的結論上。在理論綜合方面他教導我們要依據精確科學的規律（物理、化學、物理化學、數學等）。他經常責備企圖用宣言式的形式來表達沒有任何具體事實材料證明的意見和觀念。因此，他在一篇著作中寫道：“我認為科學的基本目的是求得關於實際事物的新事實的知識，及正確地表達它們，而不是用某種原理、觀念或意見的這種或那種假說去附會。正確的敘述事實，就如每一個人能觀察到的那樣；查明這些事實之間的聯繫和相互關係以及對這些事實的我們認識的界限與精確程度的清楚觀念

——這兒我們需要自然史的研究。”他在另外一處寫道：“地質科學的任務——也像自然科學的其他分科一樣，在於可能完全而深刻的認識它所研究的對象。”爲了說明探尋新的事實對於理論研究具有怎樣的意義，他喜歡引用 Ф. 恩格斯“自然辯證法”中的引用¹⁾“自然科學，在它的思惟的限度內，它的發展形態就是假說。一個新的事實被觀察到了，以致歷來說明事實（屬於同一類的事實）的方法就不中用了。從這時候起，新的說明方法就需要起來了。這種新的方法，起初是建立在極有限的幾個事實和觀察上的。有了更進一步的由觀察得到的資料以後，這些假說才漸漸淘汰、取消的取消、修改的修改，最後才形成

1. 參看 А. Н. 查瓦里茨基的著作“巴卡爾鐵礦成因問題”（1939）。

純粹的法則（定律）。”（鄭易里譯“自然辯證法”1950年，三聯書店版，第272—273頁）

在所有這些思想中清楚地說明了我們國家進步的學者 A. H. 查瓦里茨基的形象。基於對自然現象的唯物主義的了解，他嚴格地辯證地對這些現象進行了研究。他的科學創作的巨大力量即在於此，這也說明地質學界為什麼對於他的科學著作給予那麼大的重視。

A. H. 查瓦里茨基的金屬礦床的研究還在他做礦業學院學生時期就已開始。他的畢業論文是貢獻給他所研究的下大吉爾的原生鉑礦床的，在大吉爾區域中（在烏拉爾）礦山地質學家們在那兒在有名的礦業學院的教授 Д. B. 尼基丁領導下進行過鐵及銅礦床的勘探。與這同時他也研究了含鉑的超基性岩岩體，這些岩體吸引了他強烈的對科學領域的興趣，這以後，十九世紀九十年代那兒發現了兩個原生的鉑礦床。他所進行的找礦工作，曾引起一系列的新的鉑礦床的發現，因而有可能進行它們的比較研究，而查明這些礦床的地質資料。這些工作的結果已在1909年發表。

礦業學院畢業後，A. H. 查瓦里茨基就被留下做當時金屬礦床有名專家 К. И. 包格達諾維奇教授所擔任的地質和金屬礦床學講座中的助教。同時他在偉大的俄國學者 E. C. 費多洛夫所領導的岩石學講座內進行實習作業。這兩種學科的結合極合宜地影響到年輕學者的才能的發展，並在他以後的科學及實際活動方向中起了決定性的作用。

除了教書以外，他每年在烏拉爾進行野外地質調查。1911

年開始，他從事於烏拉爾最大的鐵礦床磁鐵山（Магнитные горы）的研究。還在應用地質學的第二屆代表會議上，研究結果的初步總結中即曾提出了這一礦床研究的新的資料及結論，這些對於烏拉爾地質的一般研究是有着極大的意義的。這些工作，在地質界得到了很高評價以後，就成為 A. H. 查瓦里茨基還在 1913 年時就被選為地質委員會“助理地質學家”（адъюнкт-геолог）的基礎。從這時候起，他就大量地展開了他對南烏拉爾的地質研究，也未停止對於磁鐵山的研究工作。

但他的科學及實際活動真正的發展是在偉大的十月社會主義革命以後才開始的，他首先結束了在研究磁鐵山時搜集的廣博資料的整理，把它寫成兩大卷的專著“磁鐵山及其鐵礦床”（1922—1927）。

像大家所知道的，這專著是提供給第一個斯大林五年計劃中之一的最大的磁鐵山礦場及斯大林冶煉廠的詳細勘探佈置與設計的基礎。這一工作曾被列入經典的蘇聯地質的文獻中。在這著作中所敘述的不僅是區域地質的典型描述，也不僅是礦山工作的卓越的岩石學評述，並且同樣地極其詳盡清晰地證明了這一礦床的類型與成因。A. H. 查瓦里茨基十分清楚地確定了莫羅雪維奇關於磁鐵山礦石成因的假說的錯誤性。他證據確鑿地指出產生礦化作用的花崗岩侵入體的年代，比起從前所認為的時代更新。最後轉向關於一般接觸交替作用在深處的卓越的理論意見。

後來，在他總的領導下的詳細勘探及開採工作時，進行了磁鐵山補充的廣泛的研究。應該說明，所有這些工作完全證實

了他在專著中敘述的結論。礦床的地質構造，礦石組成及岩石的新的詳情都經他在許多論文中發表。

從 1922 年起，A. H. 查瓦里茨基帶着他的一羣學生，轉到了對鉑的原生礦床的詳細研究，對這些礦床在許多年的過程中按照烏拉爾白金公司的方針進行了詳細的找礦及勘探工作。應當提出，在他的領導下這種礦床類型在世界上是第一次被研究得非常詳細。得到了大量的有助於了解這些地質性質非常特別的礦床中礦石成因的、在理論上非常有趣的實際材料。和主要由伏格特 (Vogt) 發展了的老觀念相反，完全顯明地證明了鉑不屬於以因體狀態而堆積的方式發生的較早期的產物。還在 A. H. 查瓦里茨基這些研究最初期，就得出結論，即在超基性岩漿中分出鉑可能是由於化學反應發生的，而且它是原始溶液，“不是在矽酸鹽岩漿中金屬鉑的溶液，而是岩漿中某些鉑化合物的溶液（重點是我們加的——原作者註）。鉑及鉻鐵礦的共生使我們有可能推測進入到化合物中的有 Cr, Fe 以及可能地別的元素。金屬鉑的分離是這種化合物分解的產物。”雖然在開始時遇到某些懷疑，這些觀念後來完全與豐富的實際資料相符合，這些事實是在後來幾年中搜集並詳細地研究過的，並且不僅對含鉑的，而且也對不含鉑的在烏拉爾其他區域的鉻礦床的找尋與勘探有很大影響。對這些礦床的重要的研究結果，A. H. 查瓦里茨基發表在 1928 年的專著中，那是在科學上的一個巨大貢獻。

由於研究了含鉑岩石，他提出了用重力儀方法調查下大吉爾岩體礦層情況問題 (1924)。這一任務被天文研究所以及應用

地球物理研究所實現了，光輝地證實了 A. H. 查瓦里茨基關於橄欖岩體形狀及產狀的一般地質觀念的正確性。完全同樣地證實了蛇紋岩化程度隨深度減少的預見的正确，那是用達到完全未變化的橄欖岩的深鉆孔確定了的（1925），並且意外地在其中遇到了氣體聚積，主要為氫氣。

在這時期以前，A. H. 查瓦里茨基已進行了廣泛的中烏拉爾及北烏拉爾所有含鉑的金屬成礦區岩體的地質及岩石研究。與這個問題有關的，他又詳細地研究了在極地烏拉爾（Поллярный Урал）拉依—依滋（рай-Из）純橄欖岩體，貢獻出一大專著，是詳細地闡述這個在當時還很少被研究的烏拉爾區域地質問題的第一件工作。同時從這裏他詳細地研究了成因上與這些岩體有關的金屬礦露頭（鉻鐵礦，含鈦磁鐵礦礦床等）。

由於這些研究，在他的手中聚積了大量的實際資料，這些資料使得有可能批判地去修正在岩漿岩中的礦石生成的已有的觀念。關於這一問題的理論的綜合他敘述在論文“論岩漿金屬礦床的分類”，（1926）之中；在這篇論文中發表了許多基於物理—化學的非常有價值的原理，及關於發生礦床的岩漿作用的觀念。在岩石學的原理及岩漿分異作用概念的基礎上，他詳細地分析了岩漿礦床分類的一般基礎，然後再以具體例子來審查各種類型的成因。他所建議的岩漿礦床的分類曾以各種形式被應用到所有礦床學課程中去，並且在這方向上成為進一步研究的基礎。應當說明，蘇聯的研究者第一次證明在岩漿岩中的所有具有工業價值的鉑、鉻、鈦、銅及鎳礦石的堆積是晚期岩漿的（бозднематматический）產物的這一功績是屬於查瓦里茨

基的（雖然實質上出了關於礦石早期分泌的魯森堡希的原則（Правило Розенбуша）的觀念界綫之外）。外國學者認識這一原理要曉得多了。

從其他有關金屬礦石發生的一般理論的工作中，可以想到他有關噴出岩漿礦床的專門論文，（1937）以及以後關於偉晶岩的論文（1944, 1947），在其中他詳細地闡述了偉晶花崗岩形成過程的物理化學的特徵。他特別注意到岩漿殘餘氣體在岩石重結晶中形成粗粒結晶集合體的可能作用，這樣也就成為偉晶岩礦床的特徵。在他的結論中他完全否認了特殊的偉晶岩岩漿或特殊的偉晶岩溶液。然而，他設想有偉晶岩形成的溶液——“在同樣的溶液中，從岩漿中帶出來金屬礦床的元素。”他認為礦石物質，特別是硫化礦物質是“較早期中由偉晶岩中帶出來的，同時只有在特殊情況下可能停留在浸透岩石的溶液中。”這樣，A. H. 查瓦里茨基的假說在頗大的程度內在偉晶岩和脈狀金屬礦床中劃出了一個界綫：實際上二者都是岩漿期後的產物。

同樣，他也特別注意含銅黃鐵礦礦床，幾乎在他自己全部的科學工作時間中都從事含銅黃鐵礦的研究。還在 1916 年，按照地質委員會的任務，在那個時期正如大家都知道的，他進行了烏拉爾不同成因的銅礦床的廣泛研究。廣泛收集的材料的研究結果是有兩大卷專著“烏拉爾銅礦床地質概論”（1927, 1929）。這些礦床的比較評述使得有可能引出關於烏拉爾銅礦區礦化類型和成因特點的一般性質的結論。這本專著，在斯大林五年計劃開始時是一本唯一的關於該問題研究充分的科學著作，它帶給我們有關這些礦床地質學上的許多新知識，並且，由於烏拉爾

銅礦工業的發展，這本專著在找礦和勘探工作中被廣泛的利用。

後來他繼續研究包含着許多黃鐵礦礦床並且沿着烏拉爾山脈成寬帶狀伸延的綠色岩系的成因問題。黃鐵礦礦層的成因問題曾引起了熱烈的討論。當時會有許多不同的。僅僅只說明這些礦床地質個別特點的假說。大多數作者認為按照形成的條件黃鐵礦層及礦脈與一般水熱礦床是沒有什麼本質上的區別的，並且在成因上它們與某一些侵入岩體有關。

30 年代中在南烏拉爾曾發現布拉瓦 (Блява) 礦床，按照地質情況，產狀條件及其他一系列特徵，它是大大地有別於中烏拉爾黃鐵礦礦層的。研究了這些顯著的特徵，根據成分及構造特點 A. H. 查瓦里茨基得出了這些原生礦床生成的新的非常重要的結論。在他許多著作中 (1936, 1941, 1943, 等) 他令人信服地證明了烏拉爾黃鐵礦礦層在成因上是與火山生成的地層及這些火山岩層的古生代時變了質的變種有關的。

對於南烏拉爾、中烏拉爾及北烏拉爾礦床的比較研究得出結論：在區域變質作用條件下，除了把圍岩變成片岩外，黃鐵礦礦層也遭受到完全的再生作用。同時，不僅發生了礦物成份及礦石原來組織——構造特性的改變，並且同樣也改變了礦層的形狀和構造。由於硫化物質遭受柔性變形而同時重新改變物質組成的能力要比矽酸鹽岩石容易得多，變了質的礦石看樣子就像新鮮的，而與周圍片岩的關係就造成了像是後生成因的虛假印象。這種情況在很長時間內防礙了對於 A. H. 查瓦里茨基所提出假說的正確性的承認。表現在礦床中物質的再分佈與再沉積，並形成富集地段的所謂變質分異作用，是與變質過程相

聯繫的，而浸染狀的礦石有時也在圍岩之中。有了這些新概念，許多不能從舊假設觀點來解釋的事實就變得很清楚了。

A. H. 查瓦里茨基所推行的假說是佈置確定廣泛的新研究及重新審查舊事實的一個刺激，而實際上，這假說又重新處理了黃鐵礦礦層的問題。在 A. H. 查瓦里茨基主編下，許多作者集體綜合的工作，1951 年出版的“烏拉爾黃鐵礦礦床”是這些研究的結果。沒有任何懷疑的，這些理論的成就也在後來這些礦床的尋找及勘探工作的方向中見到了自己的應驗。

黃鐵礦礦石變質作用現象的研究使得 A. H. 查瓦里茨基對礦石變質作用，特別是硫化物礦床的，一般問題作更廣泛的綜合。像已查清的，許多屬於同一成因類型但產生在不同地質年代（老的與新的）地層中的礦床，本身構造特點本質上是互相有區別的。在許多場合下古老礦床礦石是以物質的改組和再結晶為其明顯的特徵。由此可以得出一系列重要的推論。例如，這些礦石在顯微鏡下，礦物的關係祇證明再結晶作用時礦物形成的先後次序，而不能證明到現在還錯誤地認為是從溶液中凝結出來的礦物生成次序，就足夠說明這點。可惜 A. H. 查瓦里茨基的早死使得這個金屬礦床的重要理論問題的探討不能進行到底。

A. H. 查瓦里茨基在金屬礦床的其他類型的研究中也有不少新的貢獻。還在他科學工作的初期就從事過金礦地區的研究。1926 年在印行的專刊中登載了這些研究結果，其中不僅說明了這些地區地質構造的特點，同時還說明了他所建立起的新的礦床類型。

他曾經在過去的支拉托烏絲特夫採礦區進行了金屬礦床地

質的多年研究工作。在依里門國家森林的礦坑上他化費了許多的力量和時間，詳細地研究了巴加爾、科美洛沃—西岡盛鐵礦床，沙特金的菱鎂礦床，以及鎢、鉬、鉻和其他金屬礦床等。

除了烏拉爾，A. H. 查瓦里茨基也對其他地區的金屬礦床發生廣泛的興趣，他曾經完成職務的地區有：北高加索、外高加索、中亞細亞及其他的地區。在第 14 屆國際地質會議的旅程中，他最感興趣地參觀了古艾里夫、比里巴奧及阿里馬登的礦床。

對 A. H. 查瓦里茨基有關金屬礦床研究工作就簡短評述到此，我們必須指出他的科學研究和實際工作的主要部分都是貢獻在烏拉爾及其礦物資源的研究上。的確，他是蘇聯這地區地質學上的最好的專家。他在研究金屬礦床方面的全部理論成就都是與烏拉爾礦床的研究聯繫着的，就像與岩石學和普通地質不可分地與自然歷史科學聯繫着一樣，而從另一方面他的研究工作是與採礦事業的實踐相聯繫的。他所堅固地奠定的、並被他的學生和繼承者發展着的這個方向，不論是現在和將來都將成為開拓我們親愛祖國的自然富源的事業更進一步的發展的基礎。

[李文達、貢素珍譯自“全蘇礦物協會會報”，1953 年，第 2 期]

關於某些金屬礦床的垂直分帶

H. A. 赫魯曉夫

作者長時間研究各種礦床的結果得到的結論是：許多此文所提出的礦床，從工業的觀點上看來與一般概念中的情況相反的成礦作用垂直分帶現象是最有價值的，也就是：礦化帶的較高部分代表先生成的最高溫度下的產物，而趨向下方則高溫產物漸少。

1949 年作者得能重新參觀某些礦床並搜集了充分的關於此問題的資料，這將在下面所提出的評論中加以敘述。

東方的金屬礦床 是能够表明上面指出的逆向分帶性的主要研究對象，因為坑道工作在這個礦床中發展得程度最高，並且達到了相當大的深度。作者在此礦床探勘的第一階段曾將其加以研究，當時係在礦體的表面露頭上及第一層坑道中作詳細的了解。在礦山進入工業開採的階段，當時該礦床在中間深度部分的工程業已準備妥當，作者又得能在當時的坑道水平面上作詳細的紀錄。最後，在 1949 年曾參觀地表露頭下 250—300 米最深水平上的礦化現象。

可能的，僅從作者個人得能觀察的這個礦床在探勘及開採的各階段的情況、礦化類型的比較評述可以看出它隨着深度明顯而特殊的變化。

在礦床上部水平面上，礦化帶位於絹雲母化的黑雲母花崗岩內的厚的石英脈中。粗粒乳白色脈石英含有大的金屬礦物的浸染，分佈在礦體厚度的全部，並無在脈邊的富集或條帶狀構造。

顯微鏡下的研究指出，除了主要的粗粒石英及金屬礦物的浸染以外，此處尚有間或遇到的、在較晚時期的細脈中的第二期的石英，細脈被顆粒直徑小於 1 毫米的石英顆粒集體所充填，並且有直徑由 $\frac{1}{100}$ 至 $\frac{1}{10}$ 毫米的金屬礦物顆粒散佈其中。但是在此水平面上含礦的第二期的石英為量甚微，只在各別的部分及脈中有之，而且鮮有在量的方面能及含有粗粒金屬礦物浸染的粗粒石英。

第一次勘探工作 6 年之後，再到這個礦床觀察，作者在已發展到地面下 100—150 米深的坑道中，進行了詳細的記錄，確定了在此水平面上含有金屬礦物浸染的第二期的石英有相當的重要性。脈中一般的充填物還是以含有金屬礦物浸染的粗粒石英為主，但是幾乎各處都可以看到條狀的石英及礦石的條帶狀構造，係由第二期含有金屬礦物的石英後來穿入所成，後者中的金屬礦物使石英帶有特殊的藍灰色。

主要礦脈的各別部分上有礦石的標準角礫狀構造，含有金屬礦物晶體的粗粒石英的碎屑被含有最細的金屬礦物浸染的第二期的細粒石英所膠結。在 100 米深度上某些次要的礦脈幾乎開始成為細粒的石英脈，而第一期的礦化現象在其中僅只顯露為碎塊，礦床的中等深度部分產量最大，因為在此範圍內第一期的礦化作用上又疊有第二期者，並且二者皆以帶入並沉積大量的金屬礦物為特徵。

有些地方可以看到有相當多的更晚一些的第三期的石英沉積，與之伴生者尚有玉髓及方解石。

1949 年觀察此礦床得能熟悉作者 21 年以前所研究之露頭

以下 200—250 米深度之礦化情形。在此深度上，含有金屬礦物晶體之粗粒石英僅為罕見之物，並且不成脈中之充填物，而僅為在含有金屬礦物滲染之第二期的石英間的碎塊，脈中物質亦顯然地以後者為主。如果細粒的石英在較高的水平面上只形成少量的在粗粒石英間的條帶，而其下的礦化現象則以標準的條帶狀構造為特徵，更往下則為角礫狀構造，那末在最低的水平面上，第二期的石英則在貫穿在圍岩中很厚的高度絹雲母化帶內成為細脈。

最後的礦化世代—石英—玉髓—碳酸鹽—在下層有相當大的發展，有些地方甚至超過富產金屬的世代，後者在較深的水平面上的礦石中金屬礦物之量驟然降低。

外貝加爾的金屬礦床 具有與遠東的礦床相似的許多特徵，但其研究尚不多，因為坑道工作所及的深度尚不大。礦床中的礦物較複雜並且具有這樣的特點，這些特點是有富厚電氣石礦石發育的原生金屬成礦區的大多數礦床所共有的。

礦床中較高的水平面上的礦石及其中央部分，由含有粗粒金屬礦物晶體的粗粒石英組成。就在第一期的礦化部分中已有肉眼能見的第二期的沉積，為有電氣石及金屬礦物浸染的細粒石英，有些地方代替第一期的石英，完全地交替它（或部分地重結晶部分）且形成條帶狀或角礫岩狀構造。第二期的礦化作用形成相當大量的金屬，而兩次礦化作用的重疊，造成礦石的工業價值。

較低的水平上以及在鑽孔及部分地在礦床水平面上的邊緣部分有第三期的石英，顆粒極細（субмикрозернистые），含有玉髓及較多量的方解石。膠結第一及第二期的石英質礦石角礫而使礦質很快的變貧。