

帶氧化床礦硫化

斯米爾諾夫著

陳子安

地質出版社

硫化礦床氧化帶

周文剛 羅大烈

1984

地质出版社

帶氧化床礦硫化

斯米爾諾夫 著

地質出版社

1956•北京

本書係根據蘇聯科學院出版社 (Издательство академии наук СССР) 1951 年於莫斯科出版的“硫化物礦床的氧化帶” (Зона окисления сульфидных месторождений) 一書譯出，爲了簡便起見，我們譯作“硫化礦床氧化帶”，作者是蘇聯斯米爾諾夫 (С. С. Смирнов) 院士，爲研究硫化物礦床所必讀的一部經典性的劃時代著作。

本書由地質部編譯出版室陳良、徐幼先、孔亮志、梁文運、王同善翻譯，夏文豹、張懷素、張培善校訂，高書平參加了部分工作。

內容敘述了硫化物礦床氧化帶的一般特徵和其中發生的作用、各種元素最重要的地球化學特性、以及用於評價、勘探和普查硫化礦床的氧化帶特徵。

硫化礦床氧化帶

280000字

著 者 斯 米 爾 諾 夫
出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街三號

北京市書刊出版營業許可證出字第零伍零號

發 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 建 委 印 刷 廠

印數(京)4101—3136册 一九五五年六月北京第一版
定價(10)1.70元 一九五五年十二月第二次印刷
78 一九五六年四月第三次印刷
開本31"×43" 1/32 印張12 1/2 插頁 2



科学院院士
謝尔蓋·謝尔蓋耶維奇·斯米尔諾夫
(1895—1947)

目 錄

原編者的話.....	8
作者第一版序言.....	9
緒 論.....	10

第 一 篇

氧化帶的一般特徵和其中發生的作用

一、地殼近地表部分的水的循環和這些水的若干特徵.....	14
二、決定氧化強度和其滲透深度的各種因素.....	17
區域因素.....	17
氣候因素.....	17
地形構造因素.....	19
礦床成因上的一般特徵.....	19
水的化學性質的一般特徵.....	20
地方因素或局部因素.....	20
礦體性質.....	20
圍岩性質.....	21
礦床產狀.....	22
三、氧化帶發生的化學作用.....	24
氧化帶循環水的化學性質.....	25
硫化物的溶解和氧化.....	31
硫酸鹽溶液中的沉澱作用.....	38
從硫酸鹽溶液中沉澱出的產物的變化過程.....	45
氧化帶的發展階段.....	47
氧化帶金屬的分離.....	49
四、關於氧化礦石的構造和結構的幾點說明.....	50
五、氧化帶的礦物.....	52
六、關於氧化帶的亞帶和表層.....	57

第 二 篇

硫化礦床氧化帶中某些元素最重要的地球化學特性

1. 鐵	61
內生礦物	61
鐵的各種內生礦物的變化過程的特徵	61
鐵在氧化帶中的轉移和沉澱	71
硫化礦床氧化帶中鐵的礦物	75
論褐鐵礦，或論所謂硫化礦床氧化帶中的鐵礦	87
2. 錳	98
內生礦物	98
在氧化帶條件下錳的內生礦物的變化過程	99
錳的轉移和沉澱	100
在硫化礦床氧化帶的條件下錳的礦物	102
在研究氧化帶時關於錳的作用的幾點說明	105
3. 銅	106
內生礦物	107
銅的內生（和表生）硫化物的氧化	107
銅在氧化帶中的轉移和沉澱	115
硫化礦床氧化帶條件下的銅礦物	119
關於次生硫化富集帶的幾點說明	134
關於銅礦床氧化帶中的淋濾亞帶	135
關於銅礦床氧化帶的褐鐵礦	138
4. 鉛	142
內生礦物	142
鉛的各種內生礦物在氧化帶中的變化特徵	144
鉛在氧化帶中的轉移和沉澱	148
硫化礦床氧化帶中的鉛礦物	150
關於氧化鉛礦石中的褐鐵礦	161
5. 鋅	165
內生礦物	165
閃鋅礦的氧化和溶解	166

鋅在氧化帶條件下的轉移和沉澱	167
含鋅硫化礦石在碳酸鹽環境中的氧化	170
含鋅硫化礦石在非碳酸鹽環境中的氧化	178
硫化礦床氧化帶中的鋅礦物	179
關於氧化的鋅礦石中的褐鐵礦	187
6. 金	188
內生礦物	188
金在氧化帶條件下的溶解	189
金的搬運和沉澱	193
關於金在氧化帶和硫化富集帶中的聚集	195
7. 銀	196
內生礦物	196
銀礦物的氧化和溶解	199
銀在氧化帶條件下的轉移和沉澱	201
銀的表生礦物	206
8. 砷	209
內生礦物	209
砷的內生礦物的氧化和溶解	210
砷在硫化礦床氧化帶中的轉移和沉澱	213
氧化帶中的砷礦物	217
9. 銻	223
內生礦物	223
銻的內生礦物的氧化和溶解	224
銻在氧化帶範圍內的轉移和沉澱	225
氧化帶中的銻礦物	227
10. 鉍	231
內生礦物	231
鉍的內生礦物的氧化和溶解	231
鉍在氧化帶中的轉移和沉澱	232
硫化礦床氧化帶中的鉍礦物	232
11. 釩	235
鉛和鉛鋅礦床氧化帶中的釩礦物	239
12. 鉬	239

內生礦物	239
輝鉬礦的氧化和溶解	241
鉬在輝鉬礦礦床氧化帶中的轉移和沉澱	244
關於鉬在鉛礦床氧化帶中的富集	245
硫化礦床氧化帶中的鉬礦物	247
13. 鎢	251
內生礦物	251
氧化帶中鎢礦物的變化	251
氧化帶中的鎢礦物	254
14. 錫	254
內生礦物	256
錫的內生礦物在氧化帶中的變化	258
15. 汞	261
內生礦物	261
辰砂在氧化帶中的變化	262
氧化帶中的汞礦物	263
16. 鎳	264
17. 鎳和鈷	266
內生礦物	266
鎳和鈷的內生礦物的氧化和溶解	267
在硫化礦床氧化帶條件下鎳和鈷的轉移和沉澱	268
硫化礦床氧化帶中鎳和鈷的礦物	272
18. 關於在氧化帶條件下矽、鋁、鹼金屬和鹼土金屬的地球化學的幾點說明	276
矽	277
鋁	279
鈣和鎂	282
鉀和鈉	285

第 三 篇

用於評價、勘探和普查硫化礦床的氧化帶特徵

1. 根據氧化帶的性質對硫化礦床某些特徵的評價	286
根據氧化礦石的性質確定硫化礦石的礦物成分	287

與研究氧化礦石的礦物有關的一些純技術問題	288
利用殘餘硫化物確定原生硫化礦石的成分	290
利用氧化帶中特異礦物確定原生礦石的成分	291
利用氧化帶褐鐵礦的構造和其他特徵確定原生硫化礦石的成分	293
利用各元素在氧化帶條件下的地球化學一般特徵和氧化帶發育的特徵確定 原生硫化礦石的成分	293
根據氧化帶的厚度評價未氧化地段的礦床厚度	295
2. 關於氧化礦石儲量的評價問題	297
礦體在氧化帶範圍內的形狀和大小的確定	298
氧化礦石深度的確定	298
氧化礦石中金屬平均含量的確定	298
氧化礦石比重的確定	299
3. 利用氧化帶的某些特徵進行找礦	301
利用氧化帶特徵的一些地球物理方法	301
利用在氧化的硫化礦體上面的下沉現象	302
參考文獻	304

原編者的話

斯米爾諾夫(С.С.Смирнов)院士的經典著作“硫化礦床氧化帶”初版於1936年，這是他多年來廣泛研究表生成因礦物學的成果。

尚在剛剛開始自己科學實踐時期，斯米爾諾夫就注意到了原生硫化礦石在風化帶中所發生的巨大變化。他特別注意地球化學問題，尤其是這些變化中的化學元素的轉移問題，並很快就看到了對在普查金屬礦床時，地質學者不得不首先着眼的氧化帶進行詳細的礦物學研究的重要性。

斯米爾諾夫有驚人的觀察力和頑強性來精確地判斷所研究的礦物，他搜集並研究了大批實際材料。此外又批判地利用了當時在外國所發表的關於這些問題的著作。在這些研究的基礎上，他以最大的精確性擬定了根據礦體的地表氧化露頭來判斷原生礦石的本性及其大致成分的一些標準，這對合理地進行普查勘探工作有非常重要的意義。

因此很自然，斯米爾諾夫發表的這部著作引起了地質界的極大注意。這部著作直到如今仍是那些要解決實際問題，特別是在查明硫化礦床氧化露頭時的地質學家們的必讀之書。雖然有許多蘇聯研究家（麥爾科夫 [В.Г.Мелков]、金茲堡 [И.И.Гинзбург]、丘赫羅夫 [Ф.В.Чухров]、沙德隆 [Т.Н.Шадлун]、格里察因科 [Г.С.Грицаенко]、雅羅什 [Н.А.Ярош] 等），在這部著作出版後已經對金屬礦床和岩石的風化殼進行了廣泛的研究，但斯米爾諾夫這部著作中的所有基本原理仍然具有其現實的意義。

因此，在出本書第二版時，編者就有可能只作了極少的一些改動，基本上仍保持了這本書的原文。僅是參考文獻的目錄略有縮減。

別傑赫琴(А. Г. Бетехин)

作者第一版序言

本書是根據中央地質勘探科學研究所 (Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт)(ЦНИГРИ) 的指示寫成的。

本書目的是爲了彌補金屬礦床書籍方面的缺陷，因爲在這些書內至今還有一些與研究硫化礦床地表部分有關的許多問題沒有得到充分說明。

在編寫這本書時，卡辛 (Н.Г.Кассин) 和莫拉契夫斯基 (Ю.В. Морачевский) 給了作者很大的幫助，他們校閱了本書的前半部，並進行了許多修改。此外，作者在本書整個著作過程中曾採用了莫拉契夫斯基的許多寶貴意見。

作者謹向以上兩位同志，以及對本書的寫成提供了極有利條件的中央地質勘探科學研究所礦物原料組 (Сектор минерального сырья ЦНИГРИ) 的領導致以深切的謝忱。

1936年

緒 論

如所週知，在遭受地表水氧化作用和溶解作用的硫化礦床上部，常常發生一些決定性的變化。

這些變化有時竟是那麼顯著，以致在解決地表水作用以外的深處礦床的特徵問題時造成很大困難。

礦石的礦物成分和化學成分在變化着，而且有時變化得非常劇烈。有一些元素由氧化帶中帶走；有一些則殘留原處，並由於其他元素的帶走或其他方式而富集起來；另一些元素則由圍岩中引入，這些元素的本質與該礦床的原生未變礦石完全不同。

但是在氧化帶中，不僅礦石的礦物成分和化學成分發生變化，有時連礦床的形態、產狀及其他特徵亦發生變化。

例如，我們常常可以看到，礦床氧化部分的金屬礦體厚度和未變部分的金屬礦體厚度間有着很大的差別；其次，我們也經常看到金屬礦物質往往使圍岩染色（размазываться），掩蔽了礦床的真正形態及產狀，同時亦隱蔽了對了解礦床特點極有價值的圍岩內生變化的特徵。

所有這些變化以及其他變化在離地表幾米，有時為幾分米的礦床近地表部分特別強烈。同時，礦床的這一部分乃是最容易達到的，因此找礦者、勘探者及礦床評價者最先注意的就是這個部分。

用不着多說，若要對礦床深處特徵作出正確的推測，瞭解礦床地表露頭的特徵及其氧化帶的特徵是非常重要的。

然而我們常常忽視那些看上去對我們沒有多大價值的礦床露頭，以致漏掉了許多寶貴的礦床。有些問題只要研究一下地表露頭的特徵就可解決，我們却常常花費一大筆錢來進行昂貴的勘探工作。

當調查者遇到劇烈變化的硫化礦床露頭時，會發生一系列複雜問題。其中最重要的和必須首先解決的是未經氧化作用變化的硫化礦石物質的性質問題。換句話說，必須根據氧化帶的特徵來推測出硫化帶的

主要特徵，並對硫化帶進行“重建”（或稱再造[реконструкция]）。理想上的“重建”應當既是質量上的也是數量上的。我們不僅應當說明硫化礦石是由哪幾種礦物組成的，而且還要說明這些礦物在數量上的比例。只有進行了硫化帶的重建以後，才可以進而解決其他問題。這些問題亦是相當重要的，它們的解決一般與硫化帶的特性問題密切相關。

正確認識氧化帶的礦物乃是硫化帶重建過程中的首要方法。單就一張礦物名單就能提供出很多材料，它能大致地解決關於質量上重建的問題。根據殘餘的硫化物、氧化帶的指示礦物及“鐵礦”(железняк)的特徵等，就常常可以作出許多關於硫化帶的重要結論。當然，要想比較完整地重建，只有當我們將來在硫化物質變為氧化物質的作用範圍內研究這一礦物名單時才有可能。

在已知具體條件下研究了這些問題，以及查明了硫化物質演變的主要特徵以後，我們就可在大多數情況下進行質量上的重建和數量上的粗略的重建。後者歸結為瞭解氧化帶的礦物及氧化帶在已知條件下發生的主要特徵。換句話說，重建問題基本上是在已知具體條件下的氧化帶之地球化學問題。

可惜，硫化礦床氧化帶的地球化學在俄文書籍上至今還刊載得不够多。一些非常零碎的材料分散在各種專門著作中；此外，一些簡略的和並不是全部正確的關於氧化帶的論述亦被編入某些金屬礦床參考書內。

其實，研究地表露頭和氧化帶的特徵對我們來說是非常必要的。然而在我國即使在久已進行開採的區域中，對於有關硫化礦床近地表部分的問題，也未曾予以及時而詳細的研究，更不消說尚待調查的其他廣大地區了，那裏我們一開始便會遇到一些露頭。本來應該援引一下在研究和勘探礦床近地表部分時所發生的許多“事故”。然而就是不援引這些事故，顯然也必須有一本能夠闡明氧化帶全部主要特徵的著作。

艾孟斯(В Эммонс)所著“金屬礦床的次生富集”(1)①一書主要是

① 在書名或作者名字後面的括號內的第一個數字（斜體字）表示書末參考文獻目錄的號數；第二個數字（正體字）表示在該參考文獻中的頁數。

闡明次生硫化富集帶的形成問題。在這本書中，對氧化帶的形成問題雖然也有廣泛的說明，但總的說來，仍然不佔首要位置。此外，在艾孟斯的這本著作中亦極少留意過氧化帶的礦物和特徵。

另一本說明氧化帶一般問題的著作是史奈德洪（Г. Шнейдерхен）的“硫化礦床的氧化帶和膠結帶”（2），該書對氧化帶一般特徵的敘述極為簡要，有些地方則非常明確，但是其中包括的有關氧化帶中各個元素的地球化學材料非常少。

最後是洛克（А. Локк）的著作——“作為銅礦標誌的溶蝕露頭”（3），該書主要是論述根據露頭來評價斑狀銅礦床（месторождение медных порфириновых руд）的專門問題。誠然，這本書對氧化帶的一般問題也提供了很多寶貴材料，但究竟還是太偏於一些特殊問題。

實際上，上述三種著作已完全包羅了那些值得我們注意的關於氧化帶的外國文獻。此外還有很多著作，這些著作有時是非常寶貴的，但都是敘述氧化帶的個別的和專門性的問題。

由於上述情況，就使作者產生了想以硫化礦床氧化帶為題編寫一本書的念頭，這本書要通俗，既適用於高等礦山技術學校高年級學生，也適用於年輕專家們。

從這本書的書名和目錄就可看出，它主要是敘述礦床的露頭和氧化帶，次生硫化富集則沒有予以充分的討論。然而氧化帶和硫化帶是有機地聯系着的，所以不得不自然而然地涉及次生硫化富集帶的某些問題，有時甚而還得相當詳細地來討論。

本書共分三篇。

第一篇包括氧化帶和其中所發生的作用之一般的和簡略的評述。

第二篇是本書的主要部分，在這一篇中敘述了氧化帶中最重要元素的礦物學和地球化學，特別注意到氧化帶的礦物學，尤其是所謂指示礦物。在這一篇內亦列出在氧化帶中各個金屬的礦物的詳細名單。

第三篇的篇幅最小，在這一篇中敘述了找礦者、勘探者和礦床評價者在實際工作中應如何利用氧化帶的特徵。這一篇可以說是前兩篇的“實用結論”。

第 一 篇

氧化帶的一般特徵和其中發生的作用

大家都知道，硫化物在含有游離氧的溶液中是不穩定的，在這種條件下它遲早要變成含氧化合物——氧化物、氫氧化物、硫酸鹽、碳酸鹽等。

轉變的速度決定於很多情況，而且一般是極不相同的。由於這種原因，以及由於各硫化礦床所處的一般地質條件各個不同，所以我們也可以看到各種不同狀態的硫化礦床露頭：從由氧化矽、鐵的氧化物和氫氧化物所組成的，甚或只由一種氧化矽所組成的完全氧化和劇烈溶蝕的露頭，一直到由幾乎完全沒有氧化痕跡的硫化物組成的露頭。

各硫化物露頭變化速度的差別經常是很大的，這可由下面的兩例子中清楚地看出。瑞典法隆(falun)^①的一個黃鐵礦露頭，在冰川期後的8,000年中只氧化了0.5毫米深。

另一方面，如洛克(3,101)所報導的，在伊里(Или)(美國內華達[Невада]州)的一個近一年未經開採的露天採礦段上，輝銅礦就已氧化了10—15米深，礦石中15%左右的銅都轉為溶解狀態。但在同一時間內黃銅礦地段却未發生變化。

不僅在不同地區我們能看到硫化物露頭氧化程度有極大差別，而且在同一地區，有時甚至在同一礦床中，我們也經常可以看到極其不同的氧化程度和氧化特點。這些氧化程度及氧化特點方面的不同是由於區域性和地方性的因素很多而且多種多樣，因為這些因素決定着氧化作用的速度和特性。

礦體的特徵、礦物成分和構造-結構上的特點、圍岩的一般特徵、氣候、地形、地質構造及一系列其他特點——所有這些因素均能

① 史奈德洪和拉姆多爾(П.Рамдор)(4,168)。