

中国科学院地质研究所

硫化矿床氧化带研究

科学出版社

中国科学院地质研究所

硫化矿床氧化带研究

李錫林 賀灌之 刘秉光 著

科学出版社

1966

内 容 简 介

“硫化矿床氧化带研究”一书,是中国科学院地质研究所多年来的研究成果之一。全书搜集了四篇论文。内容包括对我国西北干旱地区硫化物矿床氧化带的矿物学研究,对干旱地区硫化物矿床氧化带评价问题的论述,并对我国几个超基性岩风化壳的地质特征及其矿物学进行了初步总结。

本书对研究硫化物矿床氧化带和超基性岩风化壳提供了较为丰富的资料 and 实验、分析数据,它对找矿、勘探和评价矿床方面将起一定的指导作用。本书可供从事矿床、矿物学研究、找矿勘探和教学工作者参考。

硫化矿床氧化带研究

李锡林 贺灌之 刘秉光 著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街117号

北京市书刊出版业营业登记证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1966年2月第一版 开本:787×1092 1/16

1966年2月第一次印刷 印张:10 1/2 插页:6

印数:0001—2,850 字数:256,000

统一书号:13031·2235

本社书号:3395·13—14

定价:[科七] 1.80 元

前 言

矿床氧化带是地质人员在野外最先接触的矿床部分,是重要的找矿标志,对它的产状、分布范围和发育特征的研究,直接关系到对矿床的正确评价与勘探。此外,氧化带本身也常常富集了具有工业价值的矿物和元素,可作为有用矿石开采,所以,对氧化带物质成分的研究,可以提供选矿、冶炼及矿石综合利用方面的资料。

我国对硫化物矿床氧化带及其物质成分的研究工作开展较晚,从1959年以后才陆续刊登了一些有关方面的文献,但仍然是很有限的。近几年来,参加硫化物矿床氧化带研究的地质工作者越来越多了,今后必然会取得更多的成果。

本论文集包括两方面的研究,即 1)西北地区硫化物矿床氧化带方面的研究;2)超基性岩风化壳方面的研究。整个工作是在中国科学院地质研究所党委领导下完成的,甘肃省地质局、青海省地质局等所属有关勘探队给予野外工作以大力协助。参加有关工作的人员在各篇文章中已经谈到,这里不再重复。

矿床氧化带论文集包括四篇文章,各篇的内容简要概括如下。

“西北干旱地区若干硫化物矿床氧化带的矿物学研究”一文,对五个硫化物矿床氧化带产出的59种表生矿物进行了较为系统的研究,其中包括自然元素3种,氧化物和氢氧化物7种,碳酸盐6种,钒酸盐3种,卤化物、磷酸盐、钼酸盐、铬酸盐、硅酸盐和次生硫化物各一种,硫酸盐34种。在研究过的矿物中,不少矿物是具有工业价值的或对推测原生矿石成分能起指导作用的。锌赤铁矾和锌叶绿矾是两种新的变种矿物,柱钾铁矾是世界上第二次报导的矿物,此外,有20种矿物在我国尚属首次报导。硫酸盐类矿物的大量堆集及其种类的复杂性是西北地区硫化物矿床氧化带矿物学的突出特点。

“西北某铅锌矿田氧化带彩钼铅矿的研究”一文,对彩钼铅矿进行了晶体测角、化学分析和X射线粉晶分析等方面的研究。晶体测量发现有二种罕见的特殊单形,即 $b\{501\}$ 和 $j\{409\}(?)$ 。对彩钼铅矿的形成条件作了扼要讨论。

“西北干旱地区硫化物矿床氧化带评价问题的探讨”一文,讨论了氧化矿石的经济意义;利用氧化带特征矿物推测原生矿石的成分;利用氧化带范围大小对原生矿进行评价;氧化带的某些特征与找矿关系等方面的问题。干旱与潮湿地区硫化物矿床氧化带的发育特征有显著区别,因此,对它们的评价与利用问题,应有所区别。两种气候条件下所形成的氧化带矿物组合亦异,当利用氧化带矿物组合去评价原生矿床时,正确地利用“特征矿物”往往起决定性作用。当利用氧化带的范围和大小去评价原生矿床时,除了考虑氧化带有可能增大的假象以及特殊原生矿体形状而引起氧化带变大或变小的可能性之外,亦必须考虑有无“特征矿物”存在及其种类、数量的多少,不能单纯地认为大的氧化带必有大的原生矿床存在。

“几个超基性岩风化壳及其矿物学”一文,虽非硫化矿床,但列入本文集还有一定参考价值。本文根据已有资料对我国超基性岩风化壳的类型作了划分:(1)现代面型露天风

化壳；(2)古老面型封闭风化壳；(3)现代接触裂隙型风化壳。对各类型风化壳的地质特征、垂直分层和物质成分分别进行了描述和讨论。对风化壳中的主要元素 Fe、Mn、Al、Si、Ca、Mg 和 Ni 等的地球化学行为及其活动规律进行了扼要探讨。根据元素的分解、迁移和聚集规律，可将超基性岩风化壳的发育过程分为三个阶段：第一阶段形成淋滤蛇纹岩层；第二阶段形成囊脱石层；第三阶段形成赭石层。对超基性岩中的矿物，特别是粘土矿物的分布及其矿物学进行了初步研究。

整个工作开展较早，但由于工作的变动和中断，延迟了出版的时间。再则，我们的业务能力有限，时间匆促，疏忽或错误在所难免，敬希读者批评指正。

作 者

1965年7月

目 录

前言	iii
西北干旱地区若干硫化物矿床氧化带的矿物学研究	李錫林 1
一、绪言	1
二、各矿床氧化带矿物的分类与分布特征	2
三、氧化带矿物学研究	6
(一) 自然元素	7
(二) 卤化物	8
(三) 氧化物和氢氧化物	11
(四) 碳酸盐	17
(五) 磷酸盐	24
(六) 钼酸盐	25
(七) 铬酸盐	27
(八) 钒酸盐	27
(九) 硅酸盐	32
(十) 次生硫化物	33
(十一) 硫酸盐	35
四、结束语	124
西北某鉛鋅矿田氧化带彩鉛鉛矿的研究	賀灌之 133
一、引言	133
二、彩鉛鉛矿的结晶形态及其物理性质	133
三、彩鉛鉛矿 X 射线粉晶分析	136
四、彩鉛鉛矿的化学成分	136
五、彩鉛鉛矿形成条件之探讨	138
六、小结	139
西北干旱地区硫化物矿床氧化带评价問題的探討	李錫林 147
一、氧化矿石的经济意义	147
二、利用氧化带特征矿物推测原生矿石的成分	148
三、利用氧化带范围大小对原生矿进行评价问题	149
四、氧化带的某些特征与找矿关系	150
五、结束语	150
附录	
几个超基性岩风化壳及其矿物学	刘秉光 152
一、超基性岩风化壳实例	152
(一) 现代面型风化壳之一	152

(二) 现代面型风化壳之二	156
(三) 古老面型封闭风化壳	158
(四) 接触裂隙型风化壳	159
二、超基性岩风化壳矿物学	160
(一) 矿物在风化壳中的分布	160
(二) 矿物各论	163
三、超基性岩风化壳的地球化学	169
(一) 几个主元素的地球化学	169
(二) 元素在表生作用中的活动规律	170
(三) Ni 的地球化学及其存在状态	171
四、几个超基性岩风化壳的特点	173

西北干旱地区若干硫化物矿床 氧化带的矿物学研究

李 錫 林

一、緒 言

西北干旱地区,硫化物矿床氧化带特别发育。氧化带的表生矿物复杂,种类繁多,表生矿物远远超过了原生矿物的种数。由于干旱气候的特殊自然条件,造成了氧化带硫酸盐矿物的大量堆集,这也是西北硫化物矿床氧化带矿物学的突出特征。这里发育着各种颜色美丽和结晶形态多样的硫酸盐矿物,它对祖国的矿物学增添了新的而又丰富的内容。

从氧化带表生矿物发育的数量上看,硫酸盐占第一位,其次是氧化物和氢氧化物,再次是自然元素(特别是自然硫有广泛发育)和碳酸盐,此外,硅酸盐、卤化物、钼酸盐、铬酸盐、钒酸盐和磷酸盐等相对而言其量均很少,只在个别矿床氧化带中较发育。

本文对五个硫化物矿床氧化带产出的 59 种矿物进行了研究。其中锌赤铁矾(zincobotryogen)和锌叶绿矾(zincocopiapite)是两种硫酸盐的新变种,柱钾铁矾(goldichite)是世界上第二次报导的矿物,而且,许多矿物在国内还是首次报导,如纤钠铁矾(sideronatrite)、针钠铁矾(ferrinatrite)、绿钾铁矾(voltaite)、赤铁矾(botryogen)、黄铁矾(metavoltine)、菱镁铁矾(slavikite)、铁明矾(halotrichite)、镁明矾(pickeringite)、粒铁矾(roemerite)、铁矾(siderotil)、紫铁矾(quenstedite)、纤铁矾(fibroferrite)、针绿矾(coquimbite)、单斜钠铁矾(amarillite)、毛矾石(alunogen)、水亚铁矾(szomolnokite)、氯铜矿(atacamite)、基性水铁矾(hohmannite)、砷钒铅矿(endlichite)和红铁矾(amarantite)等 20 种。此外,其他不少氧化带矿物在以往文献或报告中虽描述过或提到过名称,但缺乏分析和鉴定数据,或者数据零星,或者定名错了,或者定名有张冠李戴之误。

关于西北硫化物矿床氧化带的矿物学,前人所作的工作甚少,至今没有刊载过系统研究氧化带矿物学的专门文献,有关氧化带矿物学的零星文献也是少见的。

1946 年“地质论评”上发表了研究白银厂的矾类矿物的文章^[1],文中描述的矿物计有胆矾、水绿矾(原文名绿矾——作者注)、叶绿矾(按原文描述应为纤钠铁矾——作者注)、铁明矾(按原文描述应为纤铁矾——作者注)、毛矾石(原文名水硫酸铝石——作者注)、纤水绿矾(?) (原文名水绿矾——作者注)、锰明矾(?) (此矿物经作者研究,定名柱钾铁矾)^[2]。刘迺隆对以上矿物仅作了肉眼和显微镜观察,局限于矿物的外表形态描述,无光性常数和数据分析,故定名难以令人信服,而且有的定名错了。

1951 年,641 地质勘探队对 C 矿床次生辉铜矿的发现,从而肯定和扩大了矿床的远景。

1956年,宋云华对A矿床氧化带矿物作了初步研究,但未总结成文。

1956—1958年,贺灌之对D矿床氧化带及其矿物也作了初步研究,写有“某矿田氧化带”¹⁾。

1957—1958年,叶韵琴对A矿床氧化带及其矿物作了较详细的研究,写有“某矿床氧化带描述”²⁾。

1958年任英忱对E矿化点氧化带及其矿物作了初步研究,但未总结成文。

1958年以后,作者在1956—1958年对C矿床、1957年对B矿床氧化带及其矿物研究的基础上,在以上同志工作的基础上,对西北硫化物矿床氧化带矿物学进行了较为系统的研究。1963年又出差到A和C矿床进行了补充收集资料和研究。本文是综合历年积累的资料写成的。

从1963年起,对西北硫化物矿床氧化带的某些硫酸盐矿物开展了X射线单晶研究和结构分析,参加这项工作的有尹树森、应育哺、丁奎首和雷番立等。

对氧化带矿物所采用的研究方法,包括野外观察和素描,手标本和显微照象,双目镜下观察,不透明矿物作了反光镜鉴定和显微硬度测定,比重和折光率测定,X射线粉晶分析,差热和加热失重分析,光谱和化学分析,少数硫酸盐矿物进行了晶体测角和X射线单晶研究。总之,对大多数矿物采用了多种多样的方法进行综合研究,获得了大量分析和实验数据。

这一项研究工作一直是在涂光炽教授亲自指导下完成的,又蒙他多次审阅初稿,不少矿物他亲自鉴定过,锌赤铁矾和锌叶绿矾等是以他为首进行研究的。对西北硫化物矿床氧化带矿物学的研究,作者有选择地利用了叶韵琴、贺灌之和任英忱的部分结果。大量实验数据是由许多同志历年提供的,部分X射线粉晶分析由任培祐、张月明、王冠鑫、周景良、孔祐华等同志完成,差热分析和加热失重分析由黄伯龄、陈国玺、李夷同志完成,光谱半定量分析由巩积文、吉全法等同志完成,化学分析由中国科学院地质研究所六室完成,张之瑞同志协助作者提供了C矿床若干矿物的部分常数,在这里,作者向参加有关工作的同志们谨致谢忱。

二、各矿床氧化带矿物的分类与分布特征

本文研究了以下几个硫化物矿床氧化带的矿物学,它们是:

- 1) A铅锌矿床;
- 2) B铜矿床;
- 3) C黄铁矿型铜矿床;
- 4) D铅锌矿床;
- 5) E矿化点。

以上五个矿床或矿化点均发育有良好的氧化带,氧化带的表生矿物种类复杂,据不完全统计,氧化带产出的表生矿物在59种以上,所有这些矿物一般都详细研究过,其分类见表1。

从上表中可以看出,以硫酸盐矿物的种类最多,占有氧化矿物的半数以上。硫酸盐

1)、2) 均为手稿。

表1 西北五个硫化物矿床氧化带矿物成分及其分类

自 然 元 素		硫 酸 盐	
1	自然硫 S	26	铅矾 $\text{PbO} \cdot \text{SO}_3$
2	自然金 Au	27	硬石膏 $\text{CaO} \cdot \text{SO}_3$
3	自然银 Ag	28	绿钾铁矾 (voltaite) $3(\text{K}, \text{Fe}^{2+})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}^*$
卤 化 物		29	钾明矾 (potash alum) $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
4	氯铜矿 (atacamite) $3\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	30	桂钾铁矾 (goldichite) $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
氧化物和氢氧化物		31	一水亚铁矾 (szomolnokite) $\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
5	石英 SiO_2	32	石膏 $\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
6	蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	33	六方半水石膏 (bassanite) $\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
7	针铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	34	胆矾 (chalcantite) $\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
8	水赤铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35	水绿矾 (melanterite) $\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
9	偏锰酸矿 (vernadite) $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (n 为 0.4—1)	36	铜绿矾 (pisanite) $(\text{Fe}, \text{Cu})\text{O} \cdot \text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
10	硬锰矿 $m\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	37	铁矾 (siderotil) $\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
11	软锰矿 MnO_2	38	泻利盐 (epsomite) $\text{MgO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
碳 酸 盐		39	粒铁矾 (roemerite) $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
12	方解石 CaCO_3	40	铁明矾 (halotrichite) $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
13	霏 石 CaCO_3	41	镁明矾 (pickeringite) $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
14	孔雀石 $2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	42	毛矾石 (alunogen) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
15	蓝铜矿 $3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	43	针绿矾 (coquimbite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
16	菱锌矿 ZnCO_3	44	紫铁矾 (quenstedite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
17	白铅矿 PbCO_3	45	黄钾铁矾 (jarosite) $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
磷 酸 盐		46	钠黄钾铁矾 (natrojarosite) $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
18	磷氯铅矿 (pyromorphite) $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	47	矾石 (aluminite) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
钼 酸 盐		48	纤钠铁矾 (sideronatrite) $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
19	彩钼铅矿 (wulfenite) PbMoO_4	49	针钠铁矾 (ferrinatrite) $3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
铬 酸 盐		50	基性水铁矾 (hohmannite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
20	铬铅矿 (crocoite) PbCrO_4	51	红铁矾 (amarantite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
钒 酸 盐		52	纤铁矾 (fibroferrite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
21	钒铅矿 (vanadinite) $\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$	53	叶绿矾 (copiapite) $\text{FeO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SO}_3 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
22	砷钒铅矿 (endlichite) $\text{Pb}_3(\text{VO}_4, \text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	54	铈叶绿矾 (zincocopiapite) $\text{ZnO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SO}_3 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$
23	铜钒铅矿 (cuprodesclouite) $2(\text{Zn}, \text{Cu})\text{O} \cdot 2\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$	55	赤铁矾 (botryogen) $2\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
硅 酸 盐		56	铈赤铁矾 (zincobotryogen) $2\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
24	多水高岭土 (halloysite) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	57	黄铁矾 (metavoltine) $0.56(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Cu}, \text{Zn})$ $\text{O} \cdot 1.50(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4.01\text{SO}_3 \cdot 5.67\text{H}_2\text{O}^{**}$
次 生 硫 化 物		58	菱镁铁矾 (slavikite) $0.65(\text{Fe}^{2+}, \text{Ca}, \text{Mg})$ $\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3.03\text{SO}_3 \cdot 14.21\text{H}_2\text{O}^{**}$
25	铜蓝 CuS	59	单斜钠铁矾 (amarillite) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

* 分子式根据 Dana 矿物学^[9], 可能有错。绿钾铁矾的分子式至今尚未肯定, 还有争论。

** 分子式根据我们的分析资料计算的。在矿物学上黄铁矾和菱镁铁矾的分子式都不肯定, 还有争论。

如果以各矿床中的原生矿物和氧化矿物相比,显而易见,氧化矿物要复杂得多,氧化矿物的种数远远超过了原生矿物。

表2 西北五个硫化物矿床氧化带与原生带矿物的分布及其含量对比表*

带 别	矿物分类	矿物名称	A	B	C	D	E
氧	自然元素	自然硫	●	⊖	●	○	●
		自然金			⊖		
		自然银			○		
	卤化物	氯铜矿			○		
	氧化物和氢氧化物	石英	⊖	⊖	○	⊖	⊖
		蛋白石			○		○
		针铁矿	⊖	⊖	●	●	●
		水赤铁矿	⊖	⊖	○	○	○
		偏锰酸矿	○		⊖	○	
		硬锰矿	⊖		⊖	○	
		软锰矿	⊖		⊖	○	
	碳酸盐	方解石	⊖	⊖	⊖	○	⊖
		霏石	○	○			
		孔雀石	○	○	○	○	
		蓝铜矿	○	○	⊖		
		菱锌矿	○				
		白铅矿	○		⊖	⊖	
	磷酸盐	磷氯铅矿				○	
	钨酸盐	彩钨铅矿			⊖	○	
	铬酸盐	铬铅矿			⊖		
	钒酸盐	钒铅矿			⊖		
		砷钒铅矿			⊖		
		铜钒铅锌矿			⊖		
	硅酸盐	多水高岭土	○				
化	次生硫化物	铜蓝			○		
	硫	铅矾	●		○		
		硬石膏	○				
		绿钾铁矾	⊖		⊖		
		钾明矾			⊖		○
		柱钾铁矾			⊖		
		一水亚铁矾			○		
		石膏	●	⊖	●	○	●
		六方半水石膏	○				
		胆矾	○	○	○		

(續 表)

帶 別	矿物分类	矿物名称	A	B	C	D	E
帶	酸	水綠矾	●	⊖	●		○
		銅綠矾			⊖		
		鉄矾	⊖	○	⊖		○
		泻利盐		⊖			
		粒鉄矾	●		●		○
		鉄明矾	●	●	●		⊖
		鎂明矾	⊖	●	⊖		
		毛矾石		⊖			
		針綠矾	●		⊖		
		紫鉄矾	⊖				○
		黄钾鉄矾	●	●	●	●	●
		鉀黄钾鉄矾	⊖	⊖	⊖		
		矾石		⊖			
		纤鉀鉄矾	●	○	●		
		針鉀鉄矾			○		
	盐	基性水鉄矾		○			
		紅鉄矾	○	○			
		纤鉄矾	●	●	●		●
		叶綠矾	●	●	●		⊖
		鉍叶綠矾	●				
		赤鉄矾		○			
		鉍赤鉄矾	⊖				
		黄鉄矾			⊖		
		菱鉄鉄矾		⊖			
		单斜鉀鉄矾	⊖				
原生帶	硫化物	黄鉄矿	●	●	●	●	●
		方鉛矿	●	○	⊖	●	
		閃鋅矿	●	○	⊖	●	
		黄銅矿	○	○	●	○	
		磁黄鉄矿	○		○	●	
		毒砂**	○		○	○	
		白鉄矿	○		○	○	
		胶黄鉄矿	⊖		○		
		磁鉄矿			○		
		黝銅矿		⊖	○		
		黝錫矿**	○				
		錫鉛矿**	○				
		碲錫鉛矿**				⊖	
		车轮矿**				○	
		淡紅銀矿**	○				

* 表例 ● 很多 ○ 多 ⊖ 少 ○ 很少;

** 据任英忱资料。

从上表可以看出, 各矿床氧化带矿物的分布有相同和相异之处。相同之处表现在诸矿床氧化带中的硫酸盐矿物都很发育 (D 矿床发育较差), 而且均以鉄硫酸盐为主。相异之处在于氧化带组成物质有较大差别, 例如 A 和 B 两矿床氧化带主要以硫酸盐类矿物所

组成; C矿床和E矿化点氧化带的硫酸盐、铁锰氧化物和氢氧化物都重要; 而D矿床以铁锰氧化物和氢氧化物最发育, 硫酸盐类的种类少。此外, 各矿床氧化带的标型矿物有很大差别, 如A矿床氧化带的铅矾很多, C矿床氯铜矿和孔雀石多, D矿床彩钼铅矿较发育, 这主要决定于原生矿石的物质成分和氧化带发育阶段。

各矿床氧化带中的硫酸盐类的发育也有较明显差别, 例如A矿床含铅硫酸盐(铅矾)和含锌硫酸盐(锌赤铁矾、锌叶绿矾、含锌的粒铁矾)发育; B矿床含铝、镁硫酸盐(铁明矾、镁明矾、毛矾石、矾石、泻利盐等)发育; C矿床则含钾、钠的硫酸盐矿物(纤钠铁矾、黄铁矾、柱钾铁矾、针钠铁矾等)较多。这些硫酸盐矿物在各矿床氧化带分布的差异决定于围岩性质以及原生矿石成分。

为什么氧化带物质组成有相同或相异之处呢? 首先, 上述五个矿床氧化带均位于西北极端干旱或干旱的气候条件下, 年降雨量均小。在气候干燥、少雨的条件下, 当硫化物氧化成硫酸盐后很难进一步起水解作用变成氢氧化物, 如下式所示:



由于水份少, 硫酸的浓度相对增大, 故反应式不易向右侧进行。换言之, 氧化作用易停留在硫酸盐阶段, 这就说明了上述各矿床氧化带的硫酸盐矿物发育的主要原因。

至于各矿床氧化带的组成矿物有很大差别, 其标型矿物亦异, 则决定于多种多样的因素, 如矿床围岩、原生矿石物质成分、地形、构造、氧化带发育阶段、元素的表生地球化学作用等等, 在此不作详细讨论。

氧化带矿物的共生组合及垂直分布, 往往有规律的变化。一般来说, 氧化的晚期产物如铁锰氧化物和氢氧化物、碳酸盐、磷酸盐、钼酸盐、铬酸盐和钒酸盐等矿物往往分布于氧化带的顶部。自然硫和石膏往往组成独立亚层。硫酸盐矿物则从铁帽下部至次生硫化物富集带均有分布, 而黄钾铁矾和钠黄钾铁矾可以出现在铁帽上部或其风化表面。硫酸盐矿物的分布规律综合于下:

1. 氧化带的最下部和次生硫化物富集带的中上部多低铁(水绿矾、铁明矾、粒铁矾、一水亚铁矾等)硫酸盐矿物; 往上多高铁(纤钠铁矾、叶绿矾、纤铁矾等)硫酸盐矿物; 氧化带的上部主要为黄钾铁矾。

2. 共生矿物的中心部分为低铁硫酸盐矿物, 向外出现高铁硫酸盐矿物, 再向外被黄钾铁矾所包围, 最外圈往往形成针铁矿薄壳。

从以上现象说明, 硫酸盐矿物的共生关系或分布, 不论从下向上或从内向外其化学性质渐趋稳定, 矿物从氧化不充分变到氧化充分。换言之, 深部的氧相对减少, 形成不充分的氧化环境, 因此常出现未充分氧化的低铁或高、低铁共存的硫酸盐矿物。往上则氧逐渐增加, 在靠近地表部位由于氧与水的作用比较剧烈, 因而产生高铁硫酸盐, 高铁硫酸盐可以进而氧化成铁的氧化物或氢氧化物。

三、氧化带矿物学研究

西北干旱—极端干旱地区硫化物矿床氧化带的矿物学具有十分丰富的内容。可以断言, 它是发展我国矿物学不可分割的一部分。而且, 也只有西北地区的干旱气候条件才可能形成大量的、种类复杂的硫酸盐类矿物。

但遗憾的是, 前人对西北硫化物矿床氧化带具有如此内容丰富的矿物未曾进行过专

门研究。我们的工作也很局限,仅对五个矿床氧化带的矿物学进行了研究工作,更深入和广泛的矿物学研究还待今后继续进行,而且须待更多的研究者参加这一行列。

在本文里,对各种矿物的描述按表 1 所列顺序。

(一) 自然元素

自然硫 S

产状和共生矿物

自然硫是氧化带分布最广泛的矿物之一,含量甚多。它在 A、C、D 矿床和 E 矿化点氧化带中与石膏组成独立亚层。B 矿床氧化带的自然硫较少,呈细粒分散状态产出,不易察见。共生矿物与石膏最密切,二者常互相参杂或互成条带状出现。伴生矿物有铅矾、水绿矾、黄铁矿和石英等。

物理性质

矿物呈块状、粒状、条带状、疏松状及分散状,少见有结晶完整的自然硫。鲜黄色至浅

表 3 自然硫 X 射线粉晶分析

自然硫* (A 矿床)				自然硫 (B. И. Михеев, 1957) ^[4]			
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
3	5.52	7	1.86	6	5.57	7	1.861
—	—	—	—	5	4.38	5	1.814
5	4.12	5	1.75	6	4.14	7	1.764
—	—	3	1.72	7	3.94	6	1.707
10	3.74	5	1.695	10	3.74	5	1.677
—	—	4	1.662	5	3.54	5	1.638
2	3.34	2	1.620	6	3.38	—	—
3	3.23	5	1.596	2	3.26	6**	1.595
6	3.12	2	1.540	9	3.15	—	—
6	3.06	2	1.510	7	3.04	2	1.509
6	2.80	3	1.416	6	2.79	5	1.429
—	—	3	1.400	2	2.67	6	1.410
3	2.55	1	1.375	5	2.59	2	1.384
3	2.45	3	1.330	2	2.46	7	1.349
2	2.37	1	1.286	2	2.40	2	1.294
2	2.32	1	1.261	2	2.34	—	—
2	2.24	1	1.094	2	2.26	—	—
—	—	1	1.007	2	2.19	—	—
7	2.06	1	0.984	7	2.06	—	—

实验条件:

电 流 13mA

电 压 35kV

相机直径 57.3mm

曝光时间 2小时

Fe 靶

未滤光

实验条件:

Cu 靶

Al 滤光

其他条件未说明

* 分析者: 任培祐; ** 双线。

黄色。油脂光泽。微透明至半透明。条痕淡黄白色。性脆。断口贝壳状。硬度约为2。比重1.99 (A矿床), 2.00 (C矿床)。

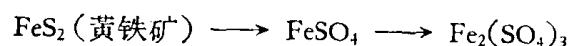
X射线分析

如表3所示。

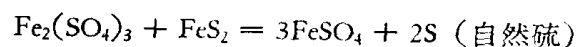
讨论

自然硫是硫化物矿床氧化带常见的表生自然元素矿物。干旱地区硫化物矿床氧化带中的自然硫比潮湿地区硫化物矿床氧化带中的自然硫要发育得多。

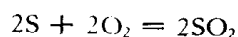
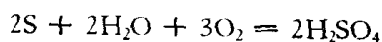
西北地区硫化物矿床中的自然硫有多量堆集,它常与石膏共生,形成氧化带的独立亚带——石膏-自然硫亚带。自然硫的形成,主要由黄铁矿氧化而来,如果简化一下黄铁矿的变化过程,是:



黄铁矿经氧化形成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之后,这种硫酸盐又作用于黄铁矿而形成自然硫,反应式如下:



自然硫只有在水和氧气不足的环境下才能稳定,在水和氧气充足的条件下,即使形成了大量的自然硫也不可能稳定下来,其变化如下:



以上所谈与野外地质条件是符合的。自然硫主要产于石膏-自然硫亚带,此亚带存在于氧化带的下部,显然下部是水和氧气不足的部位,对自然硫的形成和稳定有利。在潮湿地区,由于水和氧充沛,不利于自然硫的稳定,这就是为什么潮湿地区硫化物矿床氧化带中的自然硫远不及干旱地区硫化物矿床氧化带中自然硫发育的原因。

自然金和自然银 Au 和 Ag

自然金和自然银在C黄铁矿型铜矿床中有所产出。古人曾在该矿床氧化带中开采金与银。根据分析在氧化带、次生硫化物富集带和原生带均有金与银存在,它们可能是原来呈细粒或微粒状存在于黄铁矿中,经风化作用游离而出呈自然元素状态存在于氧化带中。

(二) 卤化物

氯铜矿 $3\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

产状和共生矿物

氯铜矿是干旱地区硫化物矿床氧化带产出的一种特有表生矿物。见于C矿床中,常产于铁帽的洞穴或裂缝中。在该矿床中氯铜矿的分布普遍,其含量多于孔雀石。伴生矿物有孔雀石、蓝铜矿、石英、石膏和针铁矿等。

物理性质

氯铜矿的结晶完美,形态亦多种多样,包括短柱状(见照片1)、绒球状、叶片状、脉状和块状等,常形成晶簇。深绿色或墨绿色。玻璃光泽。条痕浅绿色。微透明至半透明。硬度约3。比重3.78。

表4 氯铜矿 X射线粉晶分析

氯铜矿 (D072)* (C 矿床)		氯铜矿 [W31(2)]** (C 矿床)		氯铜矿 (B. И. Минеев, 1957) ^[4]	
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
3	6.05	3	6.09	—	—
10	5.55	10	5.49	10	5.40
9	5.05	8	5.05	10	5.00
2	4.07	1	4.04	—	—
1	3.42	—	—	—	—
4	3.04	3	3.02	—	—
5	2.86	8	2.84	10	2.82
9	2.76	9	2.76	10	2.75
2	2.64	2	2.63	2	2.62
6	2.51	6	2.50	4	2.52
1	2.34	—	—	—	—
9	2.27	10	2.26	10	2.26
1	2.20	3	2.20	4	2.19
3	2.13	4	2.12	6	2.13
2	2.05	2	2.04	2	2.03
1	2.01	2	2.01	—	—
3	1.96	3	1.958	4	1.945
6	1.822	7	1.815	8	1.815
1	1.785	2	1.785	4	1.780
3	1.749	2	1.747	6	1.741
—	—	3	1.711	4	1.706
3	1.675	—	—	4	1.665
6	1.605	6	1.603	8	1.603
5	1.557	5	1.558	8	1.556
2	1.504	1	1.499	2	1.500
1	1.487	—	—	—	—
3	1.470	3	1.468	2	1.465
1	1.452	1	1.444	2	1.440
4	1.418	3	1.416	6	1.414
3	1.386	1	1.384	2	1.387
2	1.369	1	1.368	2	1.368
3	1.349	2	1.352	2	1.374
1	1.333	—	—	—	—
3	1.319	3	1.319	2	1.315
2	1.292	1	1.290	2	1.285
1	1.275	—	—	—	—
5	1.256	4	1.252	4	1.246
1	1.236	1	1.234	—	—
1	1.222	—	—	—	—
3	1.194	2	1.195	2	1.193
3	1.178	3	1.178	—	—
3	1.131	3	1.128	2	1.125
1	1.109	—	—	—	—
2	1.103	—	—	—	—
1	1.071	1	1.069	2	1.098
4	1.063	5	1.063	2	1.056
5	1.041	5	1.041	2	1.047
4	1.029	4	1.021	—	—
3	1.017	2	1.018	—	—
3	1.015	4	1.014	2	1.015
2	0.999	—	—	—	—
4	0.981	—	—	2	0.960
实验条件: 电 流 15mA 电 压 35kV 相机直径 57.3mm 曝光时间 2小时 Fe 靶 未滤光		实验条件: 同左		实验条件: Cu 靶 其他条件未说明	

* D072 为绒球状氯铜矿,分析者: 孔祐华;

** W31(2) 为叶片状氯铜矿,分析者: 张月明。

用油浸法鉴定,矿物呈绿色。长条状,不具完整晶体外形。多色性显著: N_g = 绿色, N_p = 浅绿色。二轴晶负光性。 $r < v$ 。 $2V \approx 70^\circ$ 。折光率 $N > 1.78$ 。

X射线分析

如表4所示。

热分析

差热分析曲线如图1所示。据 B. П. 依万诺娃资料^[5], 氯铜矿在 390° 、 500° 和 1100°C 附近分别出现三个显著的吸热谷。而本区所产氯铜矿在 400°C 和 502°C 分别出现了两个显著吸热谷, 由于差热仪的温度达不到 1100°C , 故不可能出现第三个显著的吸热谷。

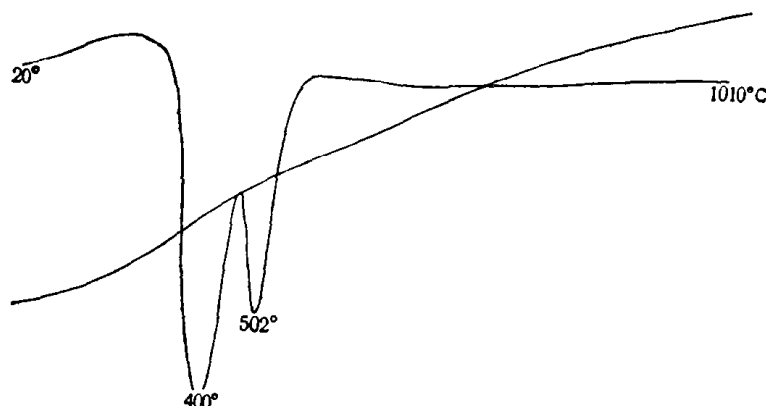


图1 氯铜矿差热分析曲线(D031)

(分析者: 陈国玺)

化学性质

氯铜矿能溶于酸类中,将碎片置冷硝酸中约三分钟内能溶解,加入硝酸银则生氯化银之白色沉淀,再加氢氧化铵其溶液变成蓝色。

光谱半定量分析结果(%)为: $\text{Cu} \geq 10$, $\text{Al } 0.07-0.1$, $\text{Fe } 0.03$, $\text{Mg} < 0.001$, $\text{Ca} < 0.001$, $\text{Pb } 0.005-0.007$, $\text{Ti} > 0.001$, $\text{Cr } 0.001$, Mn 痕迹,未出现 K 、 Na 、 Zn 、 Co 、 Ni 、 V 、 Zr 、 Ba 、 Sr 、 Sn 、 Ag 、 Au 、 Sb 、 Mo 、 As 、 Be 、 Hg 、 In 、 Cd 、 Ga 、 Ge 等元素(分析者: 巩积文)。

讨论

氯铜矿是干旱或半干旱地区铜矿床和铜铅锌矿床氧化带所特有的表生矿物,它在潮湿地区铜矿床氧化带缺失或很少。氯铜矿常为含铜的表生工业矿物,又是指示原生带含铜的特征矿物,所以它对评价原生矿床有所帮助。

氯铜矿的颜色和外观上与孔雀石相似,肉眼不易区别,它又常与孔雀石密切共生,故二者更易混淆,难以辨认。西北C黄铁矿型铜矿床氧化带有多量氯铜矿产出,而过去人们都误认为孔雀石。区别氯铜矿和孔雀石最简便的方法是,取矿物碎粒加盐酸时,孔雀石起泡沸作用,而氯铜矿则没有。用X射线区别氯铜矿和孔雀石是最有效的方法,差热分析亦能有效地将这两种矿物区分开来。