

关于矿床氧化鉄帽的評價及研究問題

李文达

本文着重討論在硫化物矿床氧化的最后阶段，經過强烈淋滤而形成的所謂“褐鉄矿”鉄帽。这种鉄帽一般缺少肉眼能鑑别的有用金属氧化矿物，它們与沉积或渗滤成因的褐鉄矿（或所謂“假鉄帽”）很难区别。在1958年我国各地都发现了各种各样的“褐鉄矿”，例如我国南方各省，經過一定的勘探工程揭露后，有不少已証实是硫化物矿床的氧化鉄帽。这些鉄帽用肉眼判断，有时誤認是鉄矿，其原因之一就是它們受淋滤太深，缺少或完全没有残余硫化物或有用金属表生矿物和特殊的結構构造标志。

研究硫化物矿床經强烈淋滤氧化后形成的“褐鉄矿”与其他成因褐鉄矿的区别（即所謂真鉄帽与假鉄帽的区别）以及不同类型硫化物矿床形成的这类“褐鉄矿”本身間的区别，对矿床的普查和勘探具有实用意义。但由于氧化带及鉄帽的評價研究，特别是对这类經强烈淋滤的“褐鉄矿”的評價，我們还缺乏經驗，因而本文所引用的資料*和提出的意見仅供参考。

一、关于鉄帽的結構构造

把鉄帽的結構构造作为一种直接指示矿床类型的标志的研究，在国外开始得比較早。例如美国的华特、摩尔斯、洛克、伯兰查尔

德和包斯威尔等人，他們曾經研究了硫化物矿床鉄帽的成因和对指示原生硫化物的标志問題，得出了一套所謂硫化物形成的典型“褐鉄矿”結構构造，在評價氧化露头方面，据說是收到了成效的。

鉄帽中“褐鉄矿”的結構构造之所以能指示原生硫化物，是由于氧化作用初期，氢氧化鉄和二氧化硅凝胶在弱酸性溶液中达到飽和时，很容易沿着硫化物的解理、裂隙和粒間空隙沉淀下来，当硫化物全部氧化流走后，它們便留下成为蜂窝状构造的隔板**，这些隔板的图式反映了原来硫化物的解理、集合体顆粒的形状。 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 凝胶带正电荷，而 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 带負电荷，它們碰在一起很容易沉淀，形成了硅质“褐鉄矿”或“褐鉄矿”质碧玉。

其他国家的学者似乎很少进行过这类研究，除了后来苏联学者Г.И.克梁采夫(1958)研究了东外貝加尔各金属矿床氧化带，得出另一套鉄帽的結構构造图式外，我們很少

* 本文中提到的有关长江中、下游实际資料，系引用作者1963年与姚克耀同志，1964年与王文斌、孙南圭同志野外共同工作的成果。文中照片系由王福昌同志摄制，特此致謝。

** 这里暫且用“蜂窝状”一詞来表示細胞状、海綿状、盒状等微空洞构造。

看到过这方面的报导，以至今天很多著作中談到有关这問題时，轉輾引用的仍然是布兰查尔德、包斯威尔等人的資料。原因也許是影响鉄帽中“褐鉄矿”形成的因素太复杂，每个矿床条件不完全相同，而它們的最終氧化产物却趋向一致（都形成相似的“褐鉄矿”），很多研究工作可能得不到明显的結果。因而也有很多人認為这类結構构造对指示原生矿的类型只有輔助的意义，而没有普遍意义。

В.И.庫茲涅佐夫(1952)研究这类“褐鉄矿”結構构造以后，認為硫化物矿床鉄帽中这种結構构造形态，与氧化作用时氢氧化鉄和二氧化硅凝胶的收縮作用形成的裂隙有关。如果真如庫茲涅佐夫所說的那样，那么鉄帽中“褐鉄矿”的結構构造只說明氧化时凝胶的浓度与脫水条件，并不指示原生硫化物的类型。

由此可見，关于鉄帽結構构造的研究，迄今尚未得到令人滿意的結果。但看来也还不能說鉄帽結構构造完全与原生硫化物的形态、解理、裂隙等特征无关。正如И.И.金茲堡在評論庫茲涅佐夫的文章时所說的，忽略了硫化物形态、解理和裂隙在形成鉄帽結構构造方面所起的作用是片面的，在今后工作中应当把这两方面的因素結合起来。С.С.斯米尔諾夫在其《硫化矿床氧化带》一书中曾多次強調了“褐鉄矿”結構构造研究的重要性。問題是我們必須了解：要利用“褐鉄矿”的結構构造来指示原来硫化物类型，涉及的因素很多。問題在于利用这种結構构造时，必須同其他有关資料結合起来。

首先应当了解利用这类所謂典型“褐鉄矿”結構构造图式的限度。目前不少文献和

教科书中的这种或那种“褐鉄矿”結構构造图式主要是浸染状矿石形成的“褐鉄矿”結構构造图式。伯兰查尔德与包斯威尔等人說得很清楚，对于块状硫化物矿石的淋濾露头很少形成这类“褐鉄矿”的結構构造。尤其当有大量黄鉄矿存在时，常形成了粉末状和葡萄状皮壳构造，破坏或模糊了硫化物較少时形成的“褐鉄矿”典型結構构造。根据伯兰查尔德与包斯威尔等人的研究，能够形成“褐鉄矿”典型結構构造的銅的原生矿石中，黄鉄矿与輝銅矿或黄銅矿的比多半在1:1以下。因此原生矿石中各种硫化物的数量比例是一个重要的因素。对于块状或半块状矿石，特别是在含黄鉄矿多的情况下，就很难找到这类指示原生硫化物类型的典型构造。

在我們研究长江中、下游的硫化物矿床氧化鉄帽时，曾經发现，甚至在块状黄鉄矿矿床中，也还可以找到局部存在的浸染状黄鉄矿矿石形成的“褐鉄矿”典型結構构造。照片1是含銅黄鉄矿形成的“褐鉄矿”海綿状构造的照片，标本中还保留着残余原生黄鉄矿，可以清楚看出海綿状“褐鉄矿”和原来黄鉄矿顆粒状态的关系。照片2是黄鉄矿已全部淋失的“褐鉄矿”多角蜂窝状构造。

但即使对于完全块状的含黄鉄矿多的矿石，也还可以探索一下是否有代表原生矿石結構构造的“褐鉄矿”。P.A.希尔(1962)在研究古巴的曼納斯·卡尔洛他的黄鉄矿矿床时，曾发现原生矿石的条带状构造、柔皺及流动构造完全保存在原积鉄帽的“褐鉄矿”結構构造中，他并且利用“褐鉄矿”露头中的这类构造来恢复矿体的連續性。在我們的工作中也曾发现此种代表原生矿石条带构造的“褐鉄矿”。原来块状、浸染状硫化物的条

帶氧化后变成了块状及海綿状的“褐鉄矿”条带(照片3)。在某些黃鉄矿矿区还可看到这样一种情况:原来黃鉄矿与夹石(很可能原来是黑色頁岩)的互层,經氧化淋滤后,前者变为块状“褐鉄矿”(有时有淋滤孔洞),后者变成了鮮桔黃色的泥质夹层。

在多雨地区,例如在长江中、下游,氧化露头遭受淋滤非常强烈,应当估計到“褐鉄矿”的典型結構构造很容易受破坏,或者蜂窝状构造的空胞很容易被堵塞。在多雨的条件下,氧化作用产生的胶体溶液可能很快流动,因而占绝对优势的“褐鉄矿”构造是乳滴状、葡萄状、钟乳状、臂状和皮壳状构造。我們曾在一个矿区观察到钟乳状“褐鉄矿”連續构成三到四个迭层,(图1、照片4),每一迭层显然代表每隔一定时期氢氧化鉄溶液的渗滤特別强烈,指示矿床在氧化过程中淋滤作用的多阶段性。在这类地区,“褐鉄矿”评价的一个难题是如何找出淋滤較浅的地段,以便于推断那些地段地下还可能保留原生矿。这样就必須研究这类迁积鉄帽,即經過淋滤、流动后形成的“褐鉄矿”結構构造的变化及其意义,并且找出它們的分布規律。

二、鉄帽化学成份特征的研究

在表生条件下,尽管象銅这样一种化学活动性十分大的元素,經過强烈淋滤,地表也仍然留有銅的痕跡。因此,对鉄帽进行系統采样(例如按照一定网格采样),将是取得评价資料的重要手段。对于长江中、下游某些淋滤特別强烈的氧化带发育深度特別大的一些地区(就目前所知,在B矿区鉄帽发育最深,离地表达170米,一般在50米以上),我們最初曾設想:鉄帽的化学分析可能提供不了多少有用的评价資料;鉄帽中几乎完全

找不到孔雀石、藍銅矿等类表生銅矿物。但后来經過了解,情况完全不是如此。这种几乎完全缺乏表生銅矿物的“褐鉄矿”不仅含銅,而且含銅量相当高。例如在我們工作过的B矿区,“褐鉄矿”样品的平均含銅品位是0.518%,在我們跑过的十多个鉄帽分布区,凡做过鉄帽化学分析的,都說明鉄帽“褐鉄矿”中含有銅、鉛、鋅,足以表明它們是銅矿或多金属矿的氧化露头。表1是五个矿区的鉄帽“褐鉄矿”的含Cu、Pb、Zn分析資料。

表1 鉄帽中Cu、Pb、Zn含量統計*

矿 区	含 量 (%)			分析样品数量
	Cu	Pb	Zn	
A	0.31	0.007	0.30	較少
B	0.519	0.30	0.16	較少
C	0.233	0.12	1.265	
D ₁	0.059	0.505	0.210	較多
D ₂	0.11	0.055	—	
D ₃	0.079	0.045	—	
K	0.258	0.368	0.178	少

* 根据有关省地质队的資料

这就給了我們一个启示:即使在长江中、下游雨量十分充沛和淋滤十分强烈的条件下,鉄帽的化学采样也仍然是一种主要的评价手段。表1中列举的五个矿区基本上可以肯定:它們的“褐鉄矿”是硫化物氧化形成的“褐鉄矿”,而不会是沉积或岩石风化成因的褐鉄矿(其中A、B两个矿区經打钻已发现含銅黃鉄矿,其他也已发现地表有硫化物残余)。因此,化学采样看来是最簡便的区分真假鉄帽的方法之一。当然,鉄帽中的銅以什么状态存在,我們目前还不十分清楚。根据

我們工作的几个矿区推断，在含多量黃鉄矿的銅矿床內，在氧化过程中，由于二硫化物产生的多量的硫酸，使得氧化过程的碳酸盐阶段不存在，或者不明显；即使是在石灰岩分布区，碳酸盐也不可能使酸性溶液中和，因而一般在硷性介质中沉淀的銅的碳酸盐，在这些地区就显得十分稀罕。这些銅很可能以吸附形式存在，对此我們今后准备通过电渗析方法来验证。

从化学成分的特点看，光谱分析资料也应当是鉄帽评价的一种依据。根据国外资料，黃鉄矿形成的鉄帽具有多金属性质，除了含Cu以外，根据光谱分析得知一般均含Se、Te、Au和Ag，而沉积成因的褐鉄矿就不是如此。須要提出的是我們有些野外地质队常常忽略“褐鉄矿”的光谱分析资料。

三、鉄帽矿物成分的研究

鉄帽矿物成分的研究，是可能解决它們由何种硫化矿氧化而成的重要途径。原生硫化物矿床的物质成分不同，经过氧化淋滤后形成的鉄帽在物质成分上就可能有所区别。鉄帽中有可能残余着原生矿石中某些金属元素，这些元素既可能仍然以原生硫化物残余碎屑存在（例如方鉛矿），也可能轉化成表生矿物存在，也还有可能成为“褐鉄矿”的吸附络离子存在。鉄帽物质成分研究的第一步是通过双目鏡的細致观察，尽一切可能找出残余硫化物或表生金属矿物；其次是通过光谱分析来确定那些找不到独立矿物的金属元素。

当然鉄帽中更多的是鉄的矿物，即鉄的氧化物和氢氧化物，有針鉄矿、赤鉄矿、纖鉄矿、水針鉄矿和水赤鉄矿等；碳酸盐有菱鉄矿、鉄菱鋅矿；硅酸盐有綠高岭石和微晶

高岭石；硫酸盐有黃鉀鉄矾等。如果在干燥气候下，鉄的硫酸盐类矿物将更多。对我国南方各省的氧化露头来說，除了鉛鋅矿的露头可能出现更多的氧化矿物外，其他如銅矿、黃鉄矿等的露头中更多的是所謂“褐鉄矿”。根据前人研究的結果，所謂“褐鉄矿”，实质是由針鉄矿、赤鉄矿、黃鉀鉄矾組成的混合物，有时有纖鉄矿。在淋濾較深露头中的鉄帽实际已只有“褐鉄矿”，其他指示原生矿成分的矿物很少或根本没有。因此有必要研究“褐鉄矿”的矿物成分，看看它們和原生硫化物矿床的物质成分間有没有可能的联系。

伯兰查尔德等人曾在这方面进行过不少工作。他們認為“褐鉄矿”中氢氧化鉄的类型和数量与原来硫化物的成分是有联系的。例如黃鉄矿多的原生矿石所形成的“褐鉄矿”中就常常含有黃鉀鉄矾。鉛鋅矿形成的“褐鉄矿”中多半是針鉄矿。銅矿石形成的“褐鉄矿”中一般是針鉄矿、赤鉄矿和黃鉀鉄矾的組合。但这一問題到目前为止，还远不是非常清楚的。原因是这些不同类型的氧化鉄及氢氧化鉄的矿物鑑定很少有精确的定量概念。它們紧密混杂，很难提純，差热分析与伦琴射綫分析結果都經常出現不一致的情况。另外，有人（如盖克荷尔，1961）根据試驗得知从針鉄矿到赤鉄矿，有着一系列随溫度而改变的中間产物，如水針鉄矿、水赤鉄矿、水磁鉄矿等。根据楚赫罗夫（1950）的研究，黃鉀鉄矾也可变成水赤鉄矿和水針鉄矿。这一問題看来似乎还和鉄帽形成的时间与气候条件有关。过去認為鉛鋅矿形成的“褐鉄矿”是由針鉄矿和纖鉄矿組成的，但根据基萊（1957）的研究，認為纖鉄矿实在很少。

在嘗試根据“褐鉄矿”矿物成分来区别它們成因的問題上，困难之一是矿物鑑定的精确性，其次是矿物的定量。因此，有必要采取多方面的方法来探索，这些方法包括矿相鑑定、差热分析、伦琴射綫分析、染色分析和化学分析等。根据尤什科(1956)、朗姆多(1960)等人的研究，鉄的不同氢氧化物类型在反射力与內反射顏色上是有区别的，如果經矿相鑑定后，从光片中挑出試样再进行差热分析和伦琴射綫分析，情况就可能简单些。盖尔伯累斯(1937)曾报导过針鉄矿可以染色，如果真能如此(我們还未試驗过)，就有可能根据染色結果来估計“褐鉄矿”中針鉄矿的含量，另一方面进行“褐鉄矿”的化学分析，可以結合双目鏡及矿相鑑定結果等进行專門的理論矿物計算，以便从各方面来确定矿物的种类和数量，然后根据这些資料来区别它們的成因。我們試算长江中、下游黄鉄矿形成的“褐鉄矿”与銅矿形成“褐鉄矿”的四个样品的結果，說明两者間是有区别的。当然这种計算不可能区分出針鉄矿和纖鉄矿，但可以区分赤鉄矿和一水高鉄氧化物。

看来根据已知銅矿、黄鉄矿、鉛鋅矿及其他成因“褐鉄矿”的矿物成分的区别来評價孤立露头的鉄帽是一条可能的途径。但要进一步根据“褐鉄矿”的矿物成分来推断同一种矿床的不同类型就有困难了。基萊(1957)曾企图通过鉛鋅矿石形成的鉄帽中的針鉄矿与纖鉄矿的比率找出与矿石类型或品位之間的关系，但没有获得成功。

四、“褐鉄矿”对离子选择吸附性能的研究

鉄帽中“褐鉄矿”多半是一种胶状沉积，当氢氧化鉄凝胶从溶液中沉淀下来时，由于

凝胶沉淀物的比表面的扩展和表面自由能的存在，就引起某些离子的选择吸附作用。吸附离子的种类当然和溶液中存在的离子有关。这样，如果我們能找出“褐鉄矿”所吸附的离子特点，我們就有可能找出“褐鉄矿”形成时介质的特点。硫化矿床氧化时，溶液中可以推想会存在 Cu、Pb、Zn、As、Bi和Ag等离子，一般岩石风化时溶液中这类离子就比較少，但会出现經常存在于岩石中的元素的离子。“褐鉄矿”能吸附离子，其中主要是阳离子的种类、数量和特性，有可能帮助我們区别真鉄帽和假鉄帽，也还有可能区别不同类型的硫化矿石形成的真鉄帽。

电渗析方法已被广泛应用到表生作用地球化学研究方面，并且也有人应用到鉄帽的評價研究方面。苏联 A.A.伊凡諾夫和 З.Г.謝依納(1956)曾經用电渗析方法研究了黄鉄矿矿床形成的鉄帽中的“褐鉄矿”与沉积或渗滤成因的“褐鉄矿”在离子选择吸附方面的区别，根据他們的研究結果，黄鉄矿形成的“褐鉄矿”吸附的离子主要是 Mn、Cu、Ag、As、Pb、Zn 和 Bi (以前四种为主)，而其他成因的“褐鉄矿”主要吸附的是 Be、Ni、Co 和 Cr。

伊凡諾夫等人的研究，是直接为了評價矿床氧化露头中“褐鉄矿”对指示原生矿床可能性而进行的，因而对解决我們要研究的課題有直接的参考意义。伊凡諾夫等只报导过应用电渗析方法区别黄鉄矿形成的“褐鉄矿”和其他成因“褐鉄矿”的区别，看来还可在这一方向上进一步来解决不同类型硫化物矿床所形成的“褐鉄矿”的区别。对长江中、下游及南方各省淋滤特別强烈的“褐鉄矿”以及某些“錳帽”，當我們用其他途径(如結構

构造研究、矿物成分研究等)有可能找不到明显特征的时候,电渗析法可能是解决我们研究任务的有利途径。

五、氧化带剖面的研究

如果我们能够先弄清一个地区硫化矿床氧化带剖面的发育特点,我们就有可能比较具体的来评价一个单独的氧化带露头的意义。

矿床氧化带剖面的发育当然和地区的气候条件、地貌发展历史及地下水位的变迁等等因素有关。但就同一气候特点的地区例如对长江中、下游来说,剖面的发育特征应当是有共同性的。为了解决氧化带露头或铁帽的评价问题,有必要采取“从已知到未知”的原则,先选择开采或勘探的矿区,找出剖面发育的特征,作为对仅仅只有地表铁帽而地下情况完全不了解的露头评价时的参考。

研究矿床氧化带剖面,最理想的是选择露天开采的采矿场,从上到下进行系统的观察。样品按照一定的网格采取。记录应当包括颜色、结构构造、物质成分及其他各种现象。地表铁帽也许是块状的,往下可能出现较多空洞,甚至变得疏松,物质成分也变得复杂。应当注意这样一些的结构构造:块状的、结核状的、有似层状或条带状构造的、具同心圆或放射状构造的、松散或粉末状的、疏松易碎的、含围岩角砾的、有次生细脉穿插的、含淋滤空洞的、有收缩裂隙或塌陷现象的等等。在物质成分上,铁帽带也不完全都是“褐铁矿”,例如很多地区铁帽中出现碧玉质物质,有些矿区还出现白色粘土层或团块(可能与硅铝质岩石被硫酸淋滤有关)。脉石矿物中有较多含锰矿物,以及在围岩是碳酸盐类岩石的地区往往还出现“锰帽”。当然

通常被称为“褐铁矿”的部分,本身也还有各种不同颜色的变化,颜色变化显然也反映了物质成分变化的一面,只是我们肉眼甚至显微镜也不能区别就是了。为了便于室内分析研究,在野外就应当注意这些变化的部位和分布规律。

淋滤带下部,物质成分就可能变得更复杂,在次生富集带(或硫化物带)与淋滤带之间,文献中记载很多地区有一层结构构造比较疏松和多孔隙的过渡带,这在长江中、下游也有相同的现象发现。但一般来说,硫化矿床氧化带除了最表层的铁帽带可以较为清楚地分出外,其他部分肉眼常常不是那样容易辨别清楚的。铜矿床所表现的氧化带剖面是硫化物矿床中氧化带剖面表现最清楚的,但也远不是象教科书中所画的那样明显。就以长江下游某铜矿来说,在铁帽带以下除了可以明显分出可能代表次生富集带再度遭受氧化的亚带以外,下部就是原生矿石带了。但这只是指野外肉眼观察,如果经过室内研究,情况可就复杂得多。因此,按照一定网格在剖面上采集样品和标本,会给我们提供更多的材料来分析氧化带剖面的发育特征和分带现象。在一个剖面上系统采集标本进行室内矿物成分的鉴定和化学分析,除了有可能发现肉眼难辨的垂直分带现象外,也还可能发现由边缘向中心的变化,由于氧化作用往往是从边缘即矿体与围岩的接触带开始的,因而也可能表现出水平的分带现象。

在野外工作时,应当特别注意空洞中的矿物,这些次生空洞中的矿物常常有较完整的晶形,鉴定也较容易。为了将来找出表生矿物的共生组合,采集矿物标本时最好是采取它他的集合体,也即说标本中能包括所能

看到的各种矿物平常我們易于疏忽的地表常見的氧化薄膜、皮壳，以及类似泉华的表生矿物，不仅应当采集标本，而且应当按照它們的产状完整地采下，并且包括它們附生的围岩或矿物，因为从这样的标本中往往可以发现它們的交代或重迭的生长次序。某些顆粒很細的矿物常常是呈粉末状附着在空洞或其他矿物的表面，极易散失；因此标本最好以棉花或柔质紙張包裹。

如果是經過勘探的矿区，氧化带剖面可以結合勘探剖面图来研究；勘探剖面图包括有氧化矿石在內的采样化驗以及矿石类型資料，可以帮助我們解释剖面发育的某些特点。

通过对这些資料細致地分析、鑑定和綜合，摸清氧化带剖面发育的特点和規律性等之后，就有可能利用这些特性和規律来評价那些仅有“褐鉄矿”的地表露头。只有对那些已知矿床的各种“褐鉄矿”的特征作过实际研究之后，才可以在同一地区遇到其他困难的情况时，有更大的把握来解释“褐鉄矿”。从已知到未知，应当是一个有用的工作原則。

六、从整个矿床的地质特征着眼

氧化露头是原生矿体在地表地质作用下的产物，氧化带发育特点必然与原生矿床的地质特征有联系。氧化露头的物质成分以及鉄帽的結構构造多少总会反映出原生矿体的某些特点。即使是淋滤很深的氧化最后阶段的产物——“褐鉄矿”，也总归可以找到某些与原生矿有联系的痕跡，这里特别是化学成分方面，例如銅矿，很多研究者都指出过，淋滤鉄帽中完全不残留銅的痕跡的情况是很少的。至于氧化带表生矿物的化学成分只能从原生矿石及围岩中繼承下来。要解释氧化

带表生矿物的成因及共生組合，就不能不注意原生矿石和围岩的矿物及化学成分。在很多矿床上可以看到从原生矿到氧化矿中間的一系列过渡产物。注意这些微氧化、半氧化、深度氧化和完全氧化的产物可以提供我們很多有关氧化带发育过程的資料。在野外工作时不仅应当注意原生矿石的类型、金属矿物和脉石矿物的数量变化，而且还应当注意围岩的矿物种类和数量变化。某些表生矿物中的元素从原生矿石中找不到来源时，围岩成分可能提供我們解答。某些围岩例如石灰岩，作为一种中和剂，可以阻碍氧化带进一步往下发展。在氧化作用过程中，由于有中和剂出現，氧化作用的酸性阶段很快轉为中性及硷性阶段，阻滯了氧化作用向下进展。

氧化带发育的速度和深度，显然与原来硫化物矿体的构造、产状、裂隙性、矿体与围岩的接触特征及地下水水位的稳定性和近期地貌的发展历史等有关。对于同一个矿床或同一矿体來說，各部位的氧化带的深度可能不一样，原因就在于各部位的构造、产状、裂隙性等有所差异。特别是裂隙构造，氧化作用总是从裂隙或遭受过构造破坏的地方开始，这些地方自由氧和地下水的环流比較容易，因而氧化淋滤的速度也較大。但如果矿体构造或形态有使得地下水发生滯留的地方，这些地方虽然处在地下水面之上也可以不发生氧化。

稳定的地下水位促使原生矿石带或次生硫化物带与氧化带之間的界綫分明，中間缺乏过渡带的存在。地下水位的变迁造成了矿物成分的复杂化，地下水位的下降使得次生富集带的硫化物再度氧化。长江下游某銅矿47米开采台阶上所見的矿物組合为自然銅、

赤銅矿、黑銅矿、黑銅矿(?)，可能是指示原来次生富集带再度氧化后的特殊矿物组合。而另一矿区的潜水面高出鉄帽下界最深达100米。

地形的割切与剝蝕，一方面影响地下水位的变迁，另一方面也影响氧化产物的保存和分布。当侵蝕割切速度大于往下氧化的速度时，通常任何氧化带都不可能形成。

在野外工作时，应当一开始便从矿床的整个地质特征着眼来研究氧化带的许多现象。由于鉄帽亚带是整个氧化带剖面的最表面部分，就有必要弄清它和其他部分的内在联系，找出它们之間联系的标志，才有可能利用它来作评价。在评价尚未经过工程揭露的孤立的鉄帽时，还应当注意当地的地质环境是否有利于成矿，例如附近围岩有否蝕变现象，有无可能对成矿有利的构造和岩浆活动；围岩有否受硫酸淋滤、鉄染或褪色等现象；某些“褐鉄矿”可能由矽卡岩、含浸染状黄鉄矿的中酸性岩石形成，对评价硫化矿床氧化鉄帽也有間接的指示性意义。

对鉄帽本身，应当注意它的分布范围，在分布范围内的微地貌特征，有无陷落洞穴及塌陷现象，周围岩石有无因氧化露头陷落和崩塌而产生的裂缝和产状改变等等，这些可以帮助我们研究鉄帽的分布范围，判别它是否与原生矿体露头相一致。

主要参考文献

1. Anderson, C. A., 1955. Oxidation of copper sulfides and secondary sulfide enrichment. *Econ. Geol.* 50 th anniv. volume.
2. Gakhle, K. V. G. K., 1961. Studies on the oxidation of goethite. *Econ. Geol.*, vol. 56, № 6.
3. Galbraith, F. W., 1937. A microscopic study of goethite and hematite in the brown iron ores of East Texas. *Am Mineralogist.* vol. 22, № 10.
4. Hill, P. A., 1962. The gossan of Minas Carlota, Cuba. *Econ. Geol.* vol. 57, № 2.
5. Kelly, W. C., 1957. Mineralogy of limonite in lead-zinc gossans. *Econ. Geol.* vol. 52, № 5.
6. McKinstry, H. E., 1948. *Mining Geology.*
7. Ramdohr, P., 1960. *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.*
8. Schwarts, M., 1949. Oxidation and enrichment in the San Manuel copper deposits, Arizona. *Econ. Geol.* vol. 44, № 2.
9. Иванов, А. А. и Шейна З. Т., 1956. О применения электролиза к излучению бурных железняков, *Зап. Всесюз, Минер. Об-ва. Ч. 85. Вып. 3.*
10. Князев, Г. З., 1958. Поисково-оценочные признаки выходов полиметаллических месторождений Восточного Забайкалья.
11. Чухров, Ф. В., 1950. Зона окисления сульфидных месторождений Центрального Казахстана.

