

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

曼斯費爾德 (Mansfield) 的含銅“頁岩”

——一个复杂的同生的热液矿床——

A. 許 勒

(德意志民主共和国科学院院士)

自1300年左右以来,德国曼斯費爾德 (Mansfield) 銅矿是 中欧产銅最多的区域 (圖2)。为了使大家对其重要性有一个数量上的概念,我把1941年的产量列在下面: 每一百万吨手选的矿含有:

16,000 吨 Cu	200 吨 Mo	11 吨 Cd	≈0.5 吨 Re
1,300 吨 Pb	92 吨 Ag	39 吨 V	0.3 克/吨 Au
3,400 吨 Zn	91 吨 Ni	18 吨 Se	

这个产区佔有140平方公里的面积,但已有120平方公里已經採去了。由於民主德国地質委员会的研究,我們已經發現有新的矿区数处,面积有100平方公里左右,並且我們的研究还没有結束。这个矿床含有三种主要金屬,它們的大概比例是 Cu:Zn:Pb ≈ >3% (5%): <3%: <3%。就是說,这个矿床含銅量差不多等於鉛和鋅的含量总和。將这个数字和上列的出产比較,我們可以看出,多量的鉛和鋅由於技术不够好,是損失了的。

假如我們概略地計算一下,这些金屬的总儲量,我們可以得到很大的数字,即5,000万吨 Cu, 2,500万吨 Zn, 2,500万吨 Pb。

如果任何人想發現新矿区,我們必須要問:为什么会有矿? 它在哪里?

首先我們要知道一个矿床的成因。關於曼斯費爾德矿床的成因,差不多各种可以想得到的說法和理論都發表过了,但是沒有一个是建立在現代的、徹底的研究基础上。其次,我們如果想从技术上获得更多的金屬,我們必須知道矿的質量,那就是化学化合物的性質、矿石顆粒的大小、脈石的化学成分、矿石与脈石的互生情况,以及各种矿物的份量比例,等等。

在这一方面,對於我們的曼斯費爾德矿床的了解是很差的——如世界上許多老的矿床一样。因此我們政府要我和我的同事们来重新用矿相显微鏡、X光、化学分析等方法,来研究这个矿床,特別是許多的鑽探岩心。

我打算簡單地介紹一下我們工作的結果:

1. 地層(圖 1,3)

首先曼斯費爾德“銅頁岩”這個名詞就錯了,這個銅礦生在一種含有少量砂質或片狀黑色瀝青質的石灰岩中,如果石灰岩變成白云岩就沒有礦了。有時, PbS 可以生在上復的多孔隙的白云岩的小孔隙中,但這是次要的,在這裡根本就沒有頁岩存在。銅礦又常常在這種所謂“含銅頁岩”下 0.2 米的砂岩和礫質砂岩中就已開始。這種砂岩或屬於二疊紀紅色層,或代表海相鎂灰岩(Zechstein)的超復礫岩。

真正的黑色“含銅頁岩”,即片狀黑色層,其厚度為 0.2—0.4 米,它慢慢地變為一種灰色的厚層狀灰岩,其中常含有厚的銅礦結核,但多數沒有礦,所以全部礦產的岩系只有 0.4—0.8 米厚。在此之上就是白云質灰岩、白云岩和鎂灰岩的無水石膏層,在此層之上則為著名的德國厚鹽層。

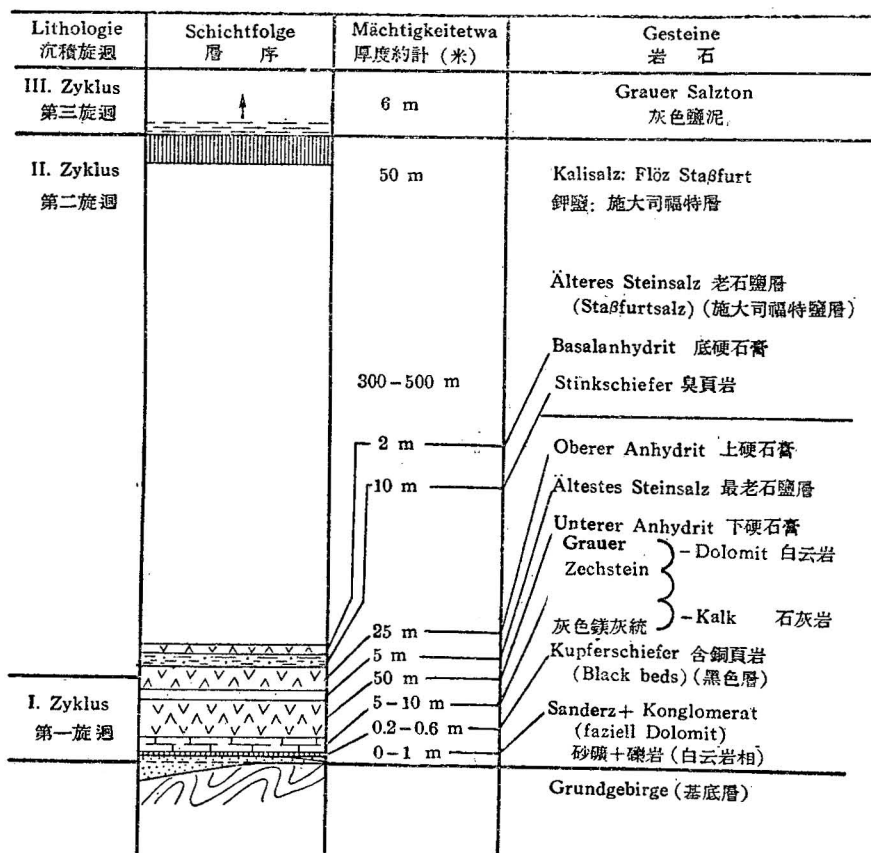


圖 1 下鎂灰統(上二疊紀)層序簡要表(依據 Richter 等)

2. 古地理(圖 3,4)

這個海相沉積岩的岩系,是沉積在一個位於薩克遜尼(Saxony)的華力西准平原和萊茵山脈(Rhenian)之間的瀉湖中,這個古海岸線的大部分是知道得很清楚的,但我

們最近把它的东部一段作了重要的修正。黑色片狀石灰岩(“含銅頁岩”)的露头,是由於中生代日耳曼式断裂褶皱所掀起来的,因此形成包圍华力西的岩石和地壘的环帶。

含矿岩層一般都只位於这个瀉湖的中部。我們可以推断,这个部分也許代表鎂灰岩白堊層沉积时繼續下陷的区域,因为灰岩層在此处达到很大的厚度,計有 10 米。我們推測,紧接着沉积以后,沿着古海岸線的产矿層已大部被破坏,但只有一小部分被破坏的物質又再行沉积在靠近陆地的較新岩層上(Muttenflos)。

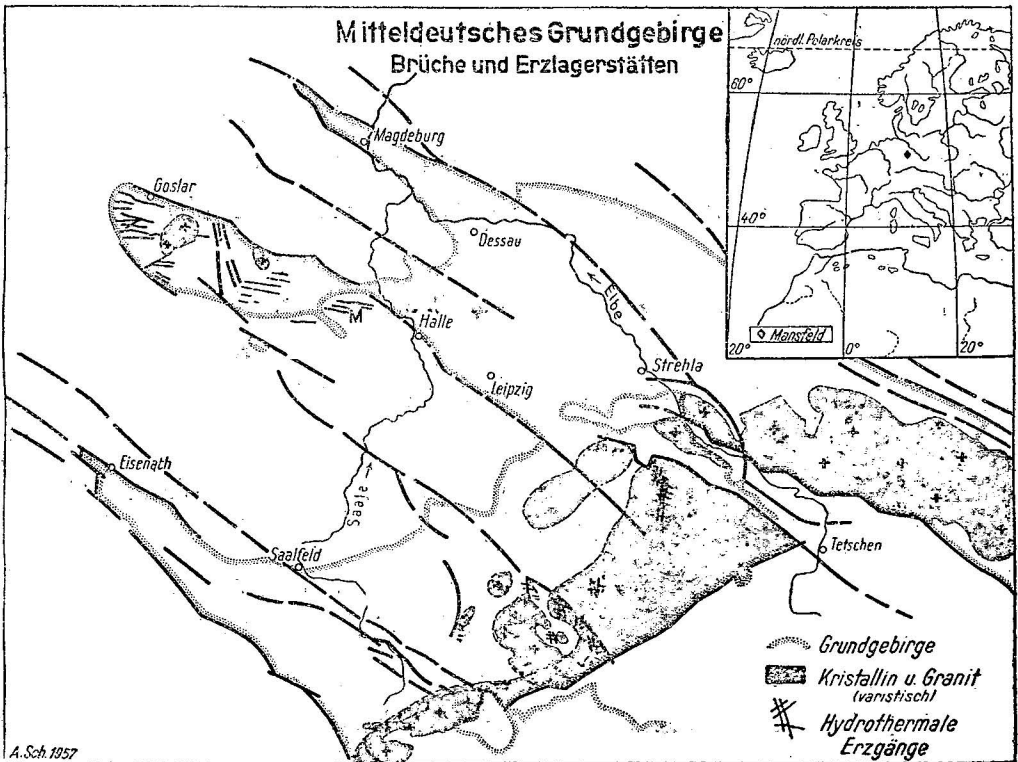


圖 2 (Fig. 2) 德国中部基底層圖並表示裂縫与矿床的关系(右小角圖表示曼斯費爾德在欧洲的位置)

1. 基底岩層(Grundgebirge), 2. 华力西結晶岩及花崗岩(Kristallin u. Granit),
3. 热液矿脈(Hydrothermale Erzgänge)

3. 構造形势(圖 2):

除了上述古地理的关系以外,这区域还明显地存在着对矿床生成有重大关系的構造特点,那就是后期华力西破裂作用的大構造線的直線排列。假如我們把著名的“矿山”(Erzgebirge)区热液矿脈的断裂帶由东南到西北延長起来,我們可以达到曼斯費爾德的銅矿区:

(1) 依尔米劳(Ilmenau)区,詩人及魏瑪时代的地質部長,哥德,即曾在此开採;及一直开採到 1953 年的西德矿区;

(2) 从史尼伯格(Schneeberg)到沙格尔蒙遜(Saugerhausen);

(3) 从弗来伯格(Freiberg)到曼斯费尔德(Mansfield);

(4) 新近調查的尔德日茲(Edderitz)区;

(5) 新發現的史巴門伯格(Spaemberg)区。

一个显著的事实是,在銅矿区内当华力西山脈与这些断裂帶在由云母片岩造成的“中德隆起”(Middle German Swell)兩翼相交时忽然弯曲起来。这个隆起構造是鎂灰岩系下伏的主要構造。就在这些構造線相交的地方,我們發現可开采的金屬矿床。

現在我們又要問为什么会有矿床?它們在哪里?

4. 矿物和矿物共生次序

(1) 砂岩矿(Sanderz)——讓我們先說含矿層的最底部,即砂岩。我們在矿相显微鏡下可以看到粗大和細小的砂岩顆粒,主要是被黃色的黃銅矿所包裹,細致的粘結物質的孔隙,也充填有黃銅矿、閃鋅矿和方鉛矿,有时也有銅藍,常常整个顆粒被矿所交代。黃鉄矿則各处都有。

奇怪的是,我还找到部分矽化的斑岩和帶矿脈的脈石殘余碎塊,其中含有散佈的Cu, Pb, Zn 互生矿物。常常在矽化的斑岩中,可以看到小的晶洞,边上排列有晶形完整的石英,晶洞中心則有各种金屬矿物,表示矽化發生在矿化之前。因此,我們的結論是,这些碎塊是原生热液矿脈的風化岩屑,屬於华力西(石炭紀和二疊紀)成脈时期。这种風化岩屑被搬运到超复的鎂灰岩的海中而沉积,但离开产地並不远,因為它們仍保持稜角形狀,且其中的硫化矿物仍很新鮮。

(2) “含銅頁岩”——第二类銅矿是含在片狀黑色灰岩中的所謂“銅頁岩”,大多厚15—20厘米,我們所發現的矿物主要是斑銅矿、黃銅矿、方鉛矿及閃鋅矿。極少有銅藍和輝銅矿,黃鉄矿及白鉄矿在产矿層中則更少。这类矿物顆粒很小,成散嵌狀。在富矿部分这些顆粒联合起来造成線帶(lineals),長在20厘米以上,厚約 $\frac{1}{10}$ 到5毫米,含銅量在15—20%之間。

在显微鏡下,我們看到这些金屬矿物經常地和方解石小球体在一起,我們从光片研究認為这种方解石球体似乎代表球狀海藻类植物(algae)。有时球体不仅为銅,鉛,鋅矿物所包裹,而且全部被它們所交代。其間則有含矿細脈。在含瀝青質很高的矿層中,这些球体变成長形而且挤压变了形,以致在显微鏡下呈現十分混乱的情况。

假如我們把这些含矿圓球体用油在高倍显微鏡下观察,可以看到它們的外壳是細致穿插共生的Cu—Zn—Pb 硫化物所組成,不过ZnS常常是唯一的矿物。它們常常形成網狀,或者可以解釋为因裹了变形的海藻或其他有机物構造所致。这些硫化矿物常常生成良好的晶体,伸向方解石圓球的中心。在矿区的有些部分,多孔虫化石也常常被矿石所浸染。它們还常和只在上复的厚層石灰岩中找到的高級植物(如羊齿类)的孢子在一起,二者也常被黃鉄矿和白鉄矿所包圍。我們常常又找到魚化石被黃銅矿及其

Ausstreichen der Zechstein-Formation

A. Sch. 1956

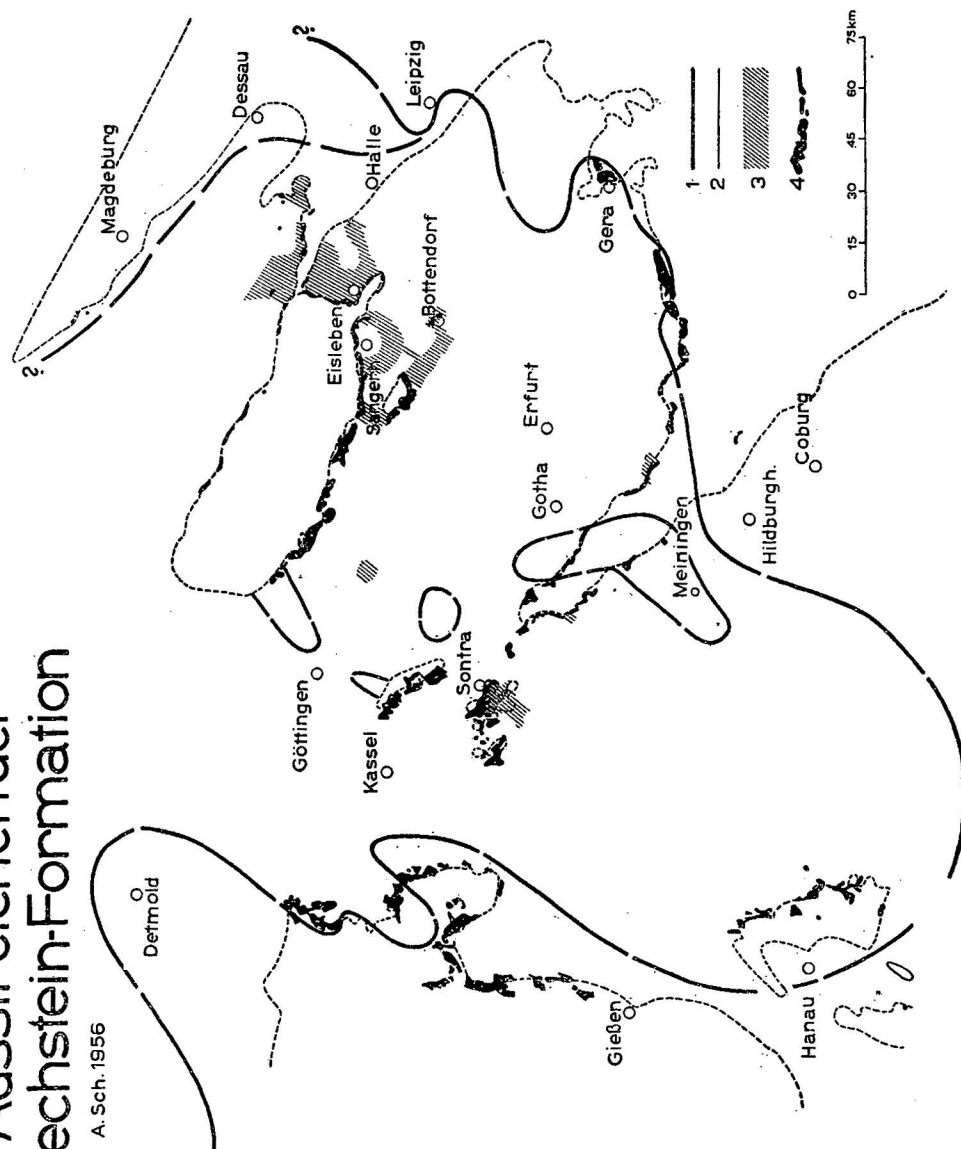


圖 3 (Fig. 3) 鐵灰岩層露頭分布(粗黑線)

Paläogeographie des Kupferschiefers

A. Sch. 1956

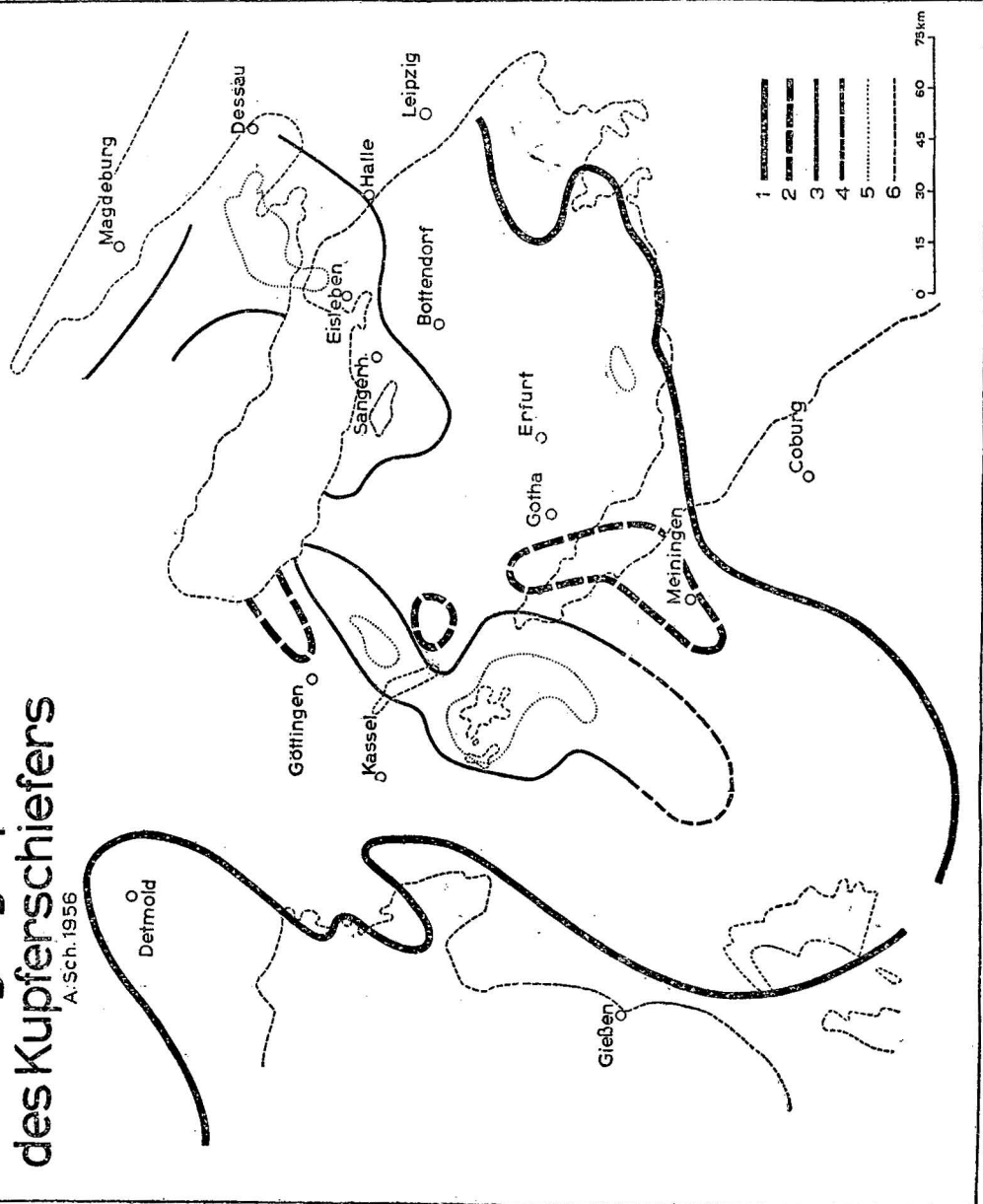


圖 4 (Fig. 4) 含銅頁岩(粗線)的古地理圖

他金屬礦物所交代;它們似乎是死亡在活的和腐敗的海藻泥土中的。我們從這些鏡下觀察,得到以下的結論:這種銅-鉛-鋅硫化物,是由有機物,主要是微植物及其遺體,沉澱下來的。我們相信,這些金屬是從華力西和下二疊紀的原生和養化礦床而來,後來被地表水和地下水搬運到鎂灰岩的海中,最後經生物作用而沉澱。所以它們和上面說過的岩屑式礦是同一來源的。

(3) 含銅層有時被許多微小裂隙所切割。這些裂縫一部分被厚層狀輝銅礦所充填,它們的含銅量常達 60—100 公斤/噸。此外,它們還浸染有輝銅礦和斑銅礦。

只有在這類礦床中,我們發現輝銅礦總是和塊狀自然銀共生。值得注意的是,這種輝銅礦具有很白的顏色及明亮反光,以致可以誤會為方鉛礦。用光譜分析,我們已經證明它是一個 $(\text{Ag,Cu})_2\text{S}$ 的混合品,或者是一個新礦物。這些礦物的共生關係是由自然銻,含銻砷化物如紅銻礦 (NiAs) 、鮮紅銻礦 $(\text{maucherite } \text{Ni}_4\text{As}_3)$ 、淺紅銻礦 $(\text{rammelsbergite } \text{NiAs}_2)$ 等開始的。研究這樣美麗的礦物組合,確是一件很快樂的事。

除上述金屬礦物以外,最有興趣的礦物是瀝青鈾礦 (pitchblende) 和含鈾的瀝青 (tucholith) 。二者都和輝鉬礦共生,其產狀非常特別。此外共生的還有一個含硫化銻的礦物 $(\text{ReS}_2?)$,也是一個新的而尚未很好研究過的礦物。

有些礦物的光片放大照相,放在本文之後(圖版 I—II)。

此熱液礦脈中最晚的金屬礦物是方鉛礦及閃鋅礦。最後一個礦物是屬於一個新的含 Pb—Cu 的硫化物,很不容易和硫銻銅礦 (Emplektite) 或 (Wittichenite) 分別,我叫它做別捷赫丁礦 (betechtinite) , $\text{Cu}_{10}(\text{Pb,Fe})\text{S}_6$,以向蘇聯科學院別捷赫丁 (Betechtin) 院士表示敬意。

5. 成因

假如要問此礦的成因,現在很不易給一個簡單的答復。因為它系一個非常複雜的礦床,而所有在它的地質史上發生過的事實,並沒有完全在這裡敘述。

我想假如我們要知道一個礦床的成因,必須分別其發展史上的三個步驟:

- (1) 金屬的分異;
- (2) 金屬的富集;
- (3) 有準備好了的儲礦場所 (“Speichenung”) 。這個次序必須嚴緊地依從;假如一個步驟不存在,就不能有礦床產生。

在曼斯費爾德,至少有五件事情在它的地質上發生過,並且和成礦有關:

- (1) 華力西熱液礦脈及含銅斑岩的生成;
- (2) 甲、它們先在“德國中部背斜區”被侵蝕,後來保存在砂岩礦中 (Sanderz) ,
乙、同時,一部分溶解,含礦溶液被超復的鎂灰岩海所奪取;
- (3) 這種含銅溶液碰到產瀝青的藻類植物,於是沉澱在片狀黑色灰岩中;

(4) 热液矿脉穿切砂岩和黑色石灰岩,造成 Cu, Ag, Bi, Ni, Mo, U 等矿物的矿脉;

(5) 由於鎂灰岩瀉湖中部繼續下降,所以含矿的沉积物得以保存。

(1)和(2)是金屬元素分異作用;(1),(3)和(4)是有用矿物的富集作用;而(4)和(5)就是儲藏金屬的倉庫。

6. 結論

很明显,曼斯費尔德矿床是由一系列的地質作用造成的,它既是同生沉积,又是热液矿床的复杂成因。这一直到我們最近工作之后才明了,主要原因是以前对矿物知道得不够多的緣故。

这篇論文思想的構成及由德文譯为英文再譯为中文,得到彭琪瑞博士的协助。我非常感謝他的帮助,並且將时常銘記我們愉快而有成果的合作的时光。

(彭琪瑞譯)