

# Wenlock Graptolites from Jenhochiao, Paoshan District, W Yunnan\*

S. H. Sung  
(National Tsinghua University)

The graptolites described in this paper were collected by C. Y. Wang<sup>①</sup> and H. M. Lee<sup>②</sup> in 1938 at Jenhochiao, Paoshan<sup>③</sup>. W Yunnan and all came from the pinkish shale corresponding to horizon k of the Jenhochiao section as given by Yin and Lu<sup>④</sup>. They are fairly well-preserved and are represented by a large number of specimens.

In writing this short paper, the author is indebted to his colleagues Messrs. Wang and Lee who have furnished him this collection, but special acknowledgment is due to Profs. Y. C. Sun and H. C. Chang under whose direction this study is made.

## 1 PREVIOUS WORK

The graptolite-bearing strata of Paoshan was first discovered by J. Coggin Brown in 1912<sup>⑤</sup>, later studied by T. H. Yin and C. H. Lu in 1935 and by Y. C. Sun, C. Y. Wang and H. M. Lee in 1938. But the Wenlock form of the graptolites is known in this region for the first time.

The graptolite assemblage of Brown's collection was studied by Elles<sup>⑥</sup> and two horizons were recognized: the higher horizon represents the base of the zone of *Monograptus sedgwicki*, while the lower, the zone of *Orthograptus vesiculosus*. Both are of Valentian age.

The graptolite assemblage collected and identified by Yin and Lu indicates the following horizons:

(k)	.....	zone 35	}	Ludlow age
(j)	.....	zone 33		
(i)	.....	zone 22b	}	Valentian age
(h)	.....	zone 22a		
(g)	.....	zone 17		

But by careful study of the section and assemblage, it seems to the author that the k horizon represents the Wenlock age only.

The Silurian graptolite zones of the Jenhochiao region will be discussed in a separate article.

\* Received for publication in June, 1940

① 王嘉荫; ② 李洪谟; ③ 保山县人和桥

④ Yin, T. H. & C. H. Lu: On the Ordovician and Silurian Beds of Shihtien. W Yunnan Bull. Geol. Soc. China, Vol. XVI, 1936~1937

⑤ Brown, J. Coggin: Notes on the Stratigraphy of the Ordovician and Silurian Beds W. Yunnan. Rec. Geol. Surv. India, Vol. XI, III, pt. 4, pp. 327~334, 1913

⑥ Elles, G. I. & E. M. R. Wood: A Monograph of the British Graptolites. Palaeontographical Society, London, pt. V. & pt. VIII

The present paper deals only with the forms collected from horizon k which contains the following species:

- (1) *Monograptus flexilis* Elles
- (2) *Retiolites (Gothograptus) spinosus* (Wood)
- (3) *Monograptus dubius* (Suess)
- (4) *Monograptus vomerinus* var. *basilicus* Laps.

All these species are preserved in the soft pinkish shale with a thickness of about 8 meters.

## 2 DESCRIPTION OF THE SPECIES

### 2.1 *Monograptus flexilis* Elles

1912. *Monograptus flexilis*, Elles & Wood, Monogr. British Graptolites, pt. VIII, p. 430, pl. XL III, figs. 4a-e.

The polyary as a whole is curved, and strongly reflexed proximally. It may reach very long but the length of 30~40 mm are of more common occurrence. It widens gradually from an initial breadth of about 0.8 mm to a maximum of about 2 mm at a distance of 15 mm from the proximal end.

The sicula is very distinct and measures nearly 1.5 mm in length. The apical portion reaches almost to the level of the aperture of the theca 2. There are 12~10 thecae in 10 mm and of the hook type which occupies a smaller fraction of the breadth of the polyary. The virgula is very long and measures even more than 10 mm.

### 2.2 *Retiolites (Gothograptus) spinosus* (Wood)

1908. *Retiolites spinosus* Elles & Wood, Monogr. British Graptolites, pt. VIII, pl. XXXIV, figs. 16a-c.

The polyary is small and never reaches 20 mm in length and widens rapidly to a maximum breadth of about 1.8 mm (exclusive of apertural spine) which is then maintained. The reticula are somewhat coarse and irregular while the clathria are fairly distinct. There are 10 thecae in 10 mm, the apertural margins are undulated and provided with several long, isolated spines bent downwards.

### 2.3 *Monograptus dubius* (Suess)

1910. *Monograptus dubius*, Elles & Wood, Monogr. British Graptolites, pt. VIII, p. 376, pl. XXXVII, figs. 7a-d.

The polyary is within 50 mm in length, straight distally, but with slight ventral curvature in the proximal portion. It widens gradually to a maximum breadth of more than 2 mm. There are 9~10 thecae in 10 with an overlap more than 1/2 of their length and at the inclination of 30~35 degrees.

The sicula has a length of 1.7 mm with its apex reaching approximately to the level of the 2nd thecal aperture.

### 2.4 *Monograptus vomerinus* var. *basilicus* Lapw

1910. *Monograptus vomerinus* var. *basilicus*, Elles & Wood, Monogr. British Graptolites, pt. VIII, p. 411, pl. XLI, fig. 2.

The polyary is very stout and long which measures nearly 10~80 mm in length. It is

straight distally of slightly curved at the proximal extremity and widens rather rapidly from an initial breadth of 0.4 mm to a maximum of at least 3 mm and occasionally even more.

All the thecae are short with 8~10 mm and total overlapping. They present various appearances according to the difference of conditions of preservation. Some seem to have abrupt sigmoid curvature and the apertural margins are situated within distinct excavations occupying about 1/2 of the breadth total of the polypary.

### 3 THE AGE OF HORIZON K

An analysis of the above-mentioned species shows the fact that the horizon k furnishes the Wenlock fauna and certainly belongs to the zone of *Cyrtograptus linnarssoni*, i. e. Zone 29 of Elles and Wood.

*Monograptus flexilis* is an index fossil belonging to the zone of *Cyrtograptus linnarssoni* and usually in association with *Monograptus vomerinus* var. *basilicus* and *Monograptus dubius*. *Monograptus dubius*, according to Elles is very abundant both in Wenlock and Lower-Ludlow; but it can be distinguished by the fact that in the Wenlock Shales it rarely exceeds 40 mm in length and seldom attains the maximum breadth of 2 mm, while in the Lower Ludlow it reaches 100 mm long, *Retiolites spinosus* is also one characteristic form in this horizon, while *Monograptus vomerinus* var. *basilicus* is the most abundant fossil of the same zone.

*Monograptus flexilis* is confined in the zone of *Cyrtograptus linnarssoni* while the other species-*Monograptus dubius*, *Monograptus vomerinus* var. *basilicus*, and *Retiolites spinosus* form the characteristic assemblage of that zone only.

Before the discovery of Wenlock *Cyrtograptus* fauna in Liantan, Kuangtung<sup>①</sup>, it is generally considered that there was on Middle Silurian transgression in China, although the transgression of Lower Silurian is wide-spread in S China. That the Wenlock sea also reached W Yunnan in the Middle Silurian time is definitely confirmed by the discovery of the Wenlock fauna in the Jenhochiao region<sup>②</sup>.

(1941 年刊于《地质会志》第 21 卷, 第 2~4 期, 第 257~260 页)

① Chang, H. C. & Y. C. Sun: New Graptolite Fauna from Liantan Kwangtung. National Peking University. Fourtieth Anniversary. Volume. Kunming, 1939

② The index fossil, *Cyrtograptus* was found by/ Y.C.Sun from Shihtian, but not from the horizon K of the Jenhochiao region

# 中国之制铁合金金属矿产资源

宋 叔 和

(中央地质调查所)

## 1 引言

中国矿产资源的测勘与采炼，以往大多偏滞于煤铁石油与可套致外汇的钨锡锑汞方面；对于比较不常见的制铁合金金属矿产，则很少努力，此种偏废发展，在钢铁未立，不能自行制造国防必需材料时尚无所谓，但在今后积极设国防性的钢铁工业时期，则应及早矫正，应就国内已知产有此种矿产之区域，及可能产有此种矿产之山地，普遍统查，藉知我国究竟有否此种矿产，有时其储量如何，无时应如何早自外购入，均应该尽先筹划，以免钢铁工业既立，而制铁合金原料则尚付阙，或仅知用时采购外品，不知预为储存及代替品之研究，如非常时期一莅临，步入窘境，则诚可悲也。

笔者对此类矿床所知虽甚浅薄，但基于兴趣及鉴于上述之重要性，故于野外调查矿产时，于此项矿产曾特别予以注意，并曾稍有所获。兹为引起国内对此等原料之重视计，除就自己观察所得并参考其他有关资料，草成此篇。分就此类金属矿产之种类、产状，在我国及世界上之产储情形，国内可能发现之区域，及应如何勘寻等方面，略加申述，以供关心斯类资源者之参考。

## 2 制铁合金金属矿产之种类与产状

顾名思义，所谓制铁合金金属矿产，乃指含有可资利用于制造铁合金即特种钢之金属而言。就目前所知，已利用于钢铁业上之金属矿产，重要者计有下列 10 种：即锰（用途在增加钢之硬度，以增强钢之抵抗磨擦力，故齿轮、球珠、铁道叉路等处，多用锰钢）、钒（微量之钒加于钢中，增加其扭力，加钒 3% 则成高速钢，钒钢多用于轴关节，针及其他坚硬用具上）、钨（钨钢在摩擦生热后，不减其硬度，为极佳之高速钢及工具钢），钼（钼加于钢中，亦可增加其硬度；耐腐蚀并耐高温，故含 2% 之钼钢现在于飞机之承轴部应用甚多），钽（含钽之特种金属合金钢，为著名之硬物，除可供制机械工具或机件外，尤多用于牙科及外科方面之器材制造上），铬（铬钢为最坚韧钢之一，其最大用途，为制造铁路车辆之轮圈及弹簧、钢甲板、穿甲弹以及摩擦最烈之机件），镍（含镍 0.5%~5% 之钢，其坚度与韧度甚大，用制汽车、火车、桥梁钢甲板等极为相宜；如镍钢含镍增加至 30%、炭增至 2% 时，膨胀系数减小，多用之制造测量卷尺与钟摆），钛（钢中加钛 0.5%~3% 可增强钢之引伸力）铌（铌与钨之合金钢中加铌常供作工具钢 甚至于高速钢之用）与铈（铈钢用处较少，近仅知其用作化学仪器上不锈钢之接合杆），制铁合金金属种类虽不为多，但此十种金属来

源所自之矿物则颇为繁多，当不下于数百种，为清晰计，仅择此类矿物之重者胪述于后：

## 2.1 锰矿

种类——可供采炼之锰矿有 6 种，多数为氧化物：计软锰矿（为二氧化锰，含锰可达 63%）、硬锰矿（为含水、钾及钡之二氧化锰，含锰在 45%~60% 之间）、褐锰矿（为氧化锰及少量硅酸锰之混合物，含锰高至 69%）、水锰矿（为含水三氧化二锰，含锰 62.4%）、菱锰矿（为碳酸锰含 47%）及锰土（氧化锰，不结晶，含锰在 50%~40% 之间）

性质——锰矿物除透明之菱锰矿，呈蔷薇红色外，余均作暗灰色至黑色，硬度 2~6.5，比重 3.5，结晶有属斜方晶系，有属正方晶系及六方晶系者，性质显著，极易认识，其详细情形普通矿物学记述均详，兹不赘。

产状——大体言之，锰矿物凡氧化锰矿，均生成于溶液，而碳酸与硅酸锰矿则生成于矿脉及接触矿床，世界上有经济价值之锰矿，大抵均为次生矿床，其次则为古代含锰水成岩变质，至成矿脉状之矿床则储量往往不丰。

## 2.2 钒矿

种类——自然界中之钒矿物，种类至繁，但为量则均甚微少，主要者有四种：① 硫化物如绿硫钒矿 Patronite  $V_2S_5$ ；② 氯化物如钒铅矿 Vanadinite  $Pb_5Cl(VO_4)_3$ ；③ 硅化物 Roscoelite（为白云母之一种，其中之  $Al_2O_3$  为  $V_2O_3$  所置换）；④ 水化物如钒酸钾铀矿 Carnotite  $K_2O \cdot 2U_2O_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$ 。

性质与产状——此类矿物色泽极其隐晦，故矿床情形甚不易为人所明白认识，例如秘鲁 Mina Ragra 之绿硫钒矿与镍铜硫化物及地沥青等共生一处，其整个凸镜状之矿体，酷似片层硬煤，不易认识，但此黑绿色之绿硫钒矿，在该矿内含钒为 19.53%，竟为世界著名之钒矿。北美 Colorado 与 Utah 二地钒酸钾铀矿，分布于侏罗纪砂岩层内与硫磺颇无区别；并有与铁矿共生，结果混入褐铁矿与沼铁矿内辨别更难。澳洲南部与非洲刚果之钒酸钾铀矿，则与沥青铀矿共生于伟晶花岗岩脉内，稍不经心即误为钨华、钼华或碳酸铀矿。至橘红钒铅矿乃为钒矿中之较易认识者，但其晶体属六方晶系，每与磷酸氯铅矿 Pyromorphite 或砷酸铅矿 Mimetite 类质同象，成柱状晶群或壳状结晶，同生于铅锌矿脉之氧化带内，亦易被人忽视。此外还有一种钒铅锌矿 Descloizite 亦能与钒铅矿同时生存在铅锌矿脉之氧化带内；在非洲之刚果与北洛地西亚产之。北洛地西亚之次生铀矿乃与异极矿、碳酸铅矿、菱锌矿共生，该氧化带内深至 350 英尺，始见原生铅锌矿，足见含钒之多。上述之次生钒矿，一部分乃由古老侵入岩及伟晶花岗岩风化后，经次生富集之结果，更有一部分乃经生物作用，循环转运因而生成于水成岩煤层与粘土内。

## 2.3 钨矿

种类——钨矿物类种不多，主要有四种：一为钨锰铁矿 Wolframite  $(Fe, Mn)WO_4$ ；二为钨酸钙矿 Scheelite  $CaWO_4$ ；三为钨铁矿 Ferberite  $FeWO_4$ ；四为钨酸锰矿 Hubnerite  $MnWO_4$ ，前二者为成矿矿物中最为普遍者，后二者则较为罕见，存在时亦恒混而成钨锰铁矿。

性质及产状——钨锰铁矿属单斜晶系，色黑常成板状，硬度 5~5.5，比重 7.2~7.5，极易认识。至钨酸钙矿则属正方锥组结晶，色白，常成八面体，硬度 4.5~5，比重亦较钨锰铁矿为低，在 6 左右，二者识别甚易。单纯之钨锰铁矿，确可生成于比较低温之喷出岩或浅成岩脉内，而钨锰铁矿，则常生成于高温之伟晶岩脉或气化矿床中，且常近附于酸性之侵入岩，每与锡石伴生。至钨酸钙矿则生于伟晶岩脉或气化矿脉之石灰围岩中，或在锡石矿

脉中成伴生矿物。

## 2.4 钼矿

种类——钼矿计有辉钼矿 Molybdenite 彩钼矿 Wulfenite 与钼华 Molybdit 三种，而成矿者则仅前者最为常见。

性质及产状——辉钼矿属六方晶系，常成薄片状，硬度 1~1.5，比重则高至 4.7，成分为 - 硫化钼，含钼可至 60%。为高温矿物，常生于花岗岩附近之伟晶或气化矿脉内，或在花岗岩之本身内，或成浸染矿床，亦有时生于接触矿床中。至成针状或粉状末之钼华（成分为  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）及成片状正方系结晶之彩钼矿，则分生于辉钼矿之氧化处与铅矿之氧化带内。

## 2.5 钽矿

种类——自然界中所知之含钽矿物在三种以上，如钽铁矿 Tantalite  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$ ，钇钽矿 Yttrotantalite  $(\text{Fe}, \text{Ca})\text{Y}_2(\text{Ta}, \text{Nb})_4\text{O}_{15} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，钽铌酸钇矿 Samarskite 钙铌钽矿 Hielmite 等。但成矿之钽矿至今则仅知钽铁矿一种，而此矿之产出，又恒与铌铁矿混淆不清，大致钽质多时即称钽铁矿，铌质多时即铌铁矿，一般商业上所需要之钽铁矿则多以含氧化钽 60% 为标准。

性质及产状——钽铁矿属斜方晶系，多作板状或柱状之结晶，色灰黑与棕红，有时晶面能起虹晕之现象，条痕为深红色至黑色，面呈半金属及脂状之光泽，断口呈半介壳状或不平滑，硬度 6，比重 5.3~7.3，随成分而变，大致氧化钽愈高时，则比重越大。此矿物极似钨锰铁矿，分别之处则仅在后者之劈面稍微完整而已。

钽铁矿系生于某一种伟晶花岗岩脉内，能与钨锡矿密切共生，故在钨锡矿内及钨锡冲积砂内，往往兼获此物。至其他产状则所知甚鲜。

## 2.6 铬矿

种类——铬铁矿为惟一之铬矿 Chromite，成分为  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$  含铬 56%~59%。

性质及产状——铬铁矿乃为等轴晶系中，八面体之集合小晶体，颜色黝黑，与磁铁矿最相似，但铬铁矿作副金属光泽，晶面较为暗晦，而其条痕作深棕红色，磁铁矿则呈金属光泽，富磁性，条痕黑色，彼此甚易区别，惟二者时常混生一起，有时竟成为共溶体 (Solid Solution) 而使之略带磁性。铬铁矿之产状，据现在所知计有下列数型：产于蛇纹石中，乃由于橄榄岩或更基性之侵入岩，经过蛇纹石化作用时，其中含铬之橄榄石，便变为铬铁矿，如美国加利福尼亚之 Lkae County 铬铁矿即属此类；沿橄榄岩侵入体而存在之大块铬铁矿，据 Vogt 氏之研究，谓大块之铬铁矿乃完全自橄榄岩中分泌而出；Vogt 谓挪威之铬铁矿，每与橄榄石及钠钙长石共生一处，结晶程序，以铬铁矿为最早，其与蛇纹石共生者每夹有磁铁矿在内，但经 Sampson 之研究，则认为铬铁矿一部分为先期之岩浆分泌物，一部分则为后期岩浆分泌物，但仍有一部分为热水矿床；④Sampson 谓南非洲之铬铁矿，以生于辉石岩及富于古铜辉石与钙长石之侵入岩内之矿量，较之于橄榄岩内者为多，意即愈近碱性之侵入岩，愈有生成铬铁矿之希望；南非洲 Southern Rhodsoia 之铬铁矿，多生于滑石片岩、绿泥石片岩及蛇纹石片岩之中，乃由橄榄岩受动力变质而成，此外尚有风化堆积等矿床。

## 2.7 镍矿

种类——原生镍矿种类甚多 其著者为镍黄铁矿 Pentlandite  $(\text{Fe}, \text{Ni})\text{S}$  红砷镍矿 Miccolite

NiAs, 含镍磁黄铁矿, 砷镍矿 Chloanthite  $\text{NiAs}_2$ , 针硫镍矿 Millerite  $\text{NiS}$  与辉砷镍矿 Gersdorffite  $\text{NiAsS}$  等, 暗镍蛇纹石 Garnierite  $\text{H}_2(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_4$  则为次生镍矿。

性质与产状——上述各镍矿, 性质互异: 镍黄铁矿属等轴系结晶, 常成块状包含于磁黄铁矿内, 硬度为 4, 比重 5, 含镍约 20% 左右。红砷镍矿属六方晶系, 但常为块状, 硬度为 5.5, 比重 7.5, 含镍达 44%。针硫镍矿属菱形晶系, 常成细针状晶体, 色黄铜色, 硬度在 3~3.5 之间, 比重则为 5.65, 含镍高至 64% 以上。至次生之暗绿镍蛇纹石, 则为一苹果绿土状之物, 与绿泥石蛇纹石极相类似, 肉眼甚难鉴别, 含镍数量可由 10% 高至 35%。镍矿物与碱性火成岩关系为密切, 其产出情况, 据所知, 主要者计有下列各种: ① 加拿大有紫苏辉长岩(Norite)之岩盘侵入体, 其上部为微晶花岗岩, 在此侵入体之下, 有另一花岗岩侵入体, 紫苏辉长岩之底部, 有层状脉状矿体, 为含镍黄铁矿之磁铁矿及黄铜矿, 此外尚有针镍矿、红砷镍矿等, 其平均成分, 含镍在 3% 左右; ② 次生暗绿镍蛇纹石, 成结核状产于绿橄榄岩变成之蛇纹石内, 成为甚有价值之镍矿; ③ 苏联乌拉山镍矿为碳质体, 生于黄铁矿内, 含镍及钴 1.69%, 含碳 14% 以上; ④ 云南牟定玄武岩中, 有次生氧化镍矿, 含镍率在 2%~3% 左右。

## 2.8 钛矿

种类——自然界中含钛矿物至少在 60 种以上, 但商业上钛之主要来源则来自金红石 Rutile  $\text{TiO}_2$  (含钛 60%), 钛铁矿 Ilmenite  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$  (含钛 31% 强) 及含钛磁铁矿 Titanomagnetite。

性质及产状——金红石属正方晶系, 常成柱状体产出, 色暗红, 硬度 6~6.5, 比重 4.18~4.25, 产状以生于火成岩内伟晶花岗岩墙及接触变质岩中者为最常见。钛铁矿属菱形晶系, 成块状及粒状产出, 色深黑, 比重在 4.5 与 5 之间, 硬度则高至 5.6, 以产于变质岩及分异于火成岩边者为最有经济上之价值。

## 2.9 钴矿

种类——原生钴矿中最为常见者为辉砷钴矿 Cobaltite  $\text{CoAsS}$ , 砷钴矿 Smaltite  $\text{CoAs}_2$ , 与硫钴矿 Linnaeite  $\text{Co}_3\text{S}_4$ , 至斜方砷钴矿 Safflarite  $\text{CoAs}_2$  与次生之钴土 Asbolite (含  $\text{CoO}$  能达 32%) 则不多见。

性质及产状——辉砷钴矿属等轴晶系, 成正方体类似硫铁矿之形状, 硬度 5.5, 比重则高至 6.3, 颜色银灰略带红晕; 砷钴矿亦属等轴晶系, 常作块状体, 硬度 5.5~6, 比重 6.4~6.6, 颜色近乎锡白; 硫钴矿乃属等轴晶系, 常作八面体晶形, 硬度 5, 比重 4.8~5, 颜色近钢灰, 易锈色 (tarnish)。钴矿物之产出, 与镍矿物之联合性至为密切, 并与碱性之火成岩有关, 世界上有名之加拿大 Ontario 钴矿 (包含辉砷钴矿等) 即源自辉绿岩浆, 成脉状产出, 斜方砷钴矿则与若干铜矿共生, 在中国会理通安标本内, 谢家荣氏已早发现, 至钴土则自玄武岩风化而来, 在中国川滇康一带分布极为广泛。

## 2.10 铌矿

种类——铌矿与钽矿共生极为密切, 铌元素与钽元素尤其如此, 几凡钽矿物均含若干之铌质, 钽矿物前已述及, 不赘。主要成矿矿物为铌铁矿 Columbite  $\text{FeNb}_2\text{O}_6$ 。

性质与产状——铌铁矿为一黑色矿物, 属斜方晶系, 比重随钽质之多少而变, 可由 5.4~7, 硬度在 6 左右。呈半金属光泽, 常成短柱状结晶, 或块状生于花岗岩及伟晶花岗岩内。

### 3 中国及世界制铁合金金属矿产之储产近况

上节述及之十种制铁合金金属矿产，在世界上之分布储量至不均等，有些国家很幸运，独富于某种矿床，如中国之于钨矿，有些国家则或许某种矿产独奇缺或尚尽未一为勘及，情形复杂，兹一并略述之如后：

#### 3.1 锰矿

世界锰矿之储产量当首推苏联，苏联之锰矿为水成矿床，产于乔治亚恰投瑞 Tchiatouri 之白垩纪、第三纪地层之间（分布甚广，厚度为 1.5~2 m）及乌克兰尼口朴渐新统之粘土与垆垆中（分布亦广，厚 1.5~2 m）。二处均以鲕状软锰矿为主，含锰在 45% 以上，其次为印度，印度之锰矿系变质矿床，以褐锰矿及硬锰矿形成镜体状体为主，生于该国中部数省之寒武纪变质岩层内，含锰达 50%。再其次则为非洲、德国、巴西、美、日等国，依据国际联盟统计，1936 年世界产锰国家之锰产量，如表 1。

中国锰产量在世界上所占地位虽不为高（1936 年为世界第 8 位）但锰之产地则为数甚多，因之储量亦颇可观，今依次将我国锰之产地储量及产量简述如后：

(1) 产地：中国之主要锰产地为江西乐平众埠街、湖南湘潭上五都、广东钦县、广西武宣及甘肃皋兰西湾等地，其他则分布于福建、云南、江苏、河北、山西、山东、吉林、四川、新疆等 20 省内。产锰地点在 50 以上，矿床以残余（江西乐平）水成（湖南湘潭）变质（甘肃皋兰）为主。

表 1 1936 年世界锰产量统计表

国 家	锰/1000 t	国 家	锰 /1000 t
苏 联	1350	日 本	34
印 度	414	意 大 利	9
非洲金岸	219	奥 国	23
南非联邦	121	匈 牙 利	11
德 国	191	罗马尼亚	12
巴 西	74	马来半岛	9
美 国	15	荷属东印	5
中 国	21	安 南	2

(2) 储量：我国锰矿储量之已经详测计算者，仅 10 余处，若就此已测数区而论，其储量在 2900 万吨左右，并不为多，但知而未测之区与可能发现之区尚多，将来如能统为勘估，中国锰矿储量数字，绝不止上数之百倍也。

(3) 产量：战前开采者仅有江西乐平，湖南湘潭，广东钦县，广西武宣数处，年产约 20000 余吨，大多数外销；战后外销无路，内销微少（战后虽有新式钢铁厂之创设，但规模甚小，需锰不多，计自 1938~1942 年止，锰之用于钢铁事业者，尚不足 4000 t，停采者亦多，故实际所产远不如战前，不过数千吨而已。

### 3.2 钒矿

世界产钒之国以秘鲁为最多，就中 Mina Ragra 1 处，于 1930 年即曾产钒矿 6000 t，其次为美国之 Colorado 与 Utah，Colorado 1 处，在 1915 年曾采得 47000 t 矿砂，提得钒 627 t，兼获铀 30 t。更其次为南非之刚果与北洛地西亚，此外澳洲南部，亦略产之。兹录国际联盟年鉴所载一九三七年各国钒产量于表 2，以见产量之微。

表 2 1937 年一些国家钒产量统计表

国 家	钒 / t	国 家	钒 / t
秘 鲁	588	美 国	493
西南非洲	585	墨 西 哥	38
罗得西亚	236		

中国钒矿之发现无多，据现今所知者，仅东北各省内之滦平及锦州女儿河 2 处，此二处系由日人所发现，已开采冶炼，内地各处，则尚无所闻。

### 3.3 钨矿

世界钨矿之分布极不均匀，要皆集中于太平洋西岸，中国第一，储量既丰，成分亦佳；继我国之后，而居世界第二位者，则为缅甸；中缅两国，已可霸占世界市场。其次则为马来、朝鲜、安南、葡萄牙等国，各国 1937 年之产量如表 3 所示。

表 3 1937 年世界钨产量统计表

国 家	钨 / t	国 家	钨 / t
中 国	9794	日 本	—
緬 甸	3301	玻利维亚	1081
马 来	791	美 国	1905
安 南	389	英 国	84
泰 国	223	葡 萄 牙	2069
朝 鲜	—		

中国为世界产钨最多国家，中国钨矿之发现则为时未久，约在第一次世界大战期间，主要产地位于江西、广东、湖南三省之交，江西虔南、龙南、大庾、安远其著称者也。其他大小矿区，则不下百四五十区，其次广西、云南、新疆、辽宁、河北等省及安东，均有钨矿藏，并已先后开采或勘测。中国钨矿虽多，但因矿床不易估计，通体储量，尚无所知，惟据已测之江西、广东、湖南、新疆四区而言，其储量已在 200 万吨以上，储量之富可知。关于产量，江西为首，约占全国总产量 50% 以上，以 1942 年计算其产量达 9803 t，其次为广东、湖南、广西，为 537、956 及 444 吨。

### 3.4 钼矿

世界钼矿之最大来源为美国 Colorado, Climax 钼矿，其产量占全世界产额 3/4 以上，其次为墨西哥与挪威，兹将 1937 年，国联统计世界钼产数字列后（表 4）藉知世界钼产概况。

中国钼矿产地甚多，就中以恒与钨矿伴生之江西、广东、湖南、广西等地点及单独产出之新疆精河那拉谷、巴图谷为主，福建永泰—宁德、浙江青田、辽宁锦西、河北、山东等小矿为次；储量尚无详确估计，产量则以 1940年最多，为 15.14 t。

表 4 1937 年世界钼产量统计表

国 家	钼 / t	国 家	钼 / t
美 国	13 344	中 国	6
墨 西 哥	629	其他 (瑞典、法属、 摩洛哥)	283
挪 威	344		

### 3.5 钽矿

世界上之钽铁矿储产均不为丰，全世界最重要之此种少数交易，多集中于澳洲西南部，南非洲之 Rhodesia 与 Nigera 南美洲之阿根廷 北美之 South Dakota, Canyon City, Colorado, Spruce Pine, N. Carolina 以及印度等处，至于中国则除抗战期间，日人在辽宁之海城、辽阳等地发现铬铁矿内含钽质及张定钊氏于江西钨矿内发现其有钽质外，真正之钽矿则迄未发现。

### 3.6 铬矿

世界上之铬铁矿以南非之 South Rhodesia 者为最著名，其次为印度之 Madrasra, Rihar 与 Mysore 等处，1930 年美国铬矿进口，为 326、617 t，而 Rhodesia 已占 205、631 t；印度则于 1937 年产额已增至 62307 t，再其次则为苏联、希腊、古巴、南非联邦、菲律宾、土耳其、加拿大、阿拉斯加及北美 North Carolina, Oregon Maryland, Pennsylvania 及 Wyoming 等处，世界铬矿之产量（以  $Cr_2O_3$  为准）在 1937 年如表 5 所示。

表 5 1937 年世界铬矿统计

国 家	铬 / t	国 家	铬 / t
罗得西亚	135000	新喀里多尼亚	24000
南非联邦	75500	印 度	31000
土 耳 其	96000	古 巴	30700
苏 联	90000	日 本	15411

中国铬矿，至今发现者凡二处：一为吉林之开村、彩秀洞，为日本人所发现，满洲特殊铁矿株式会社所采；一为宁夏小松山，为地质调查所黄劭显、杜恒俭二君所发现，尚未开采仍有待于进一步之测勘。

### 3.7 镍矿

主要镍矿系位于加拿大 Ontario 之色卜瑞，Cobalt 与 Matheson，其年产量常占世界总产量 80% 以上，其次为新喀里多尼亚、苏联、缅甸等国，这些国家 1937 年之产量如表 6。

中国镍矿产地不多，计有西康会理之力马河及白矿山，矿石为镍铁矿，储量约 70000 t；西康天全之大川场，矿石为镍铁矿及镍磁黄铁矿；山东济南之桃科，成分尚佳，日人曾予以开采，以及云南牟定等县（产于风化之玄武岩中，与钴共生）。就中以西康者最有希望。

表 6 1937 年世界镍矿产量统计表

国 家	镍 /t	国 家	镍 /t
加 拿 大	102000	挪 威	9000
新喀里多尼亚	4900	希 腊	1000
苏 联	2000		

### 3.8 钛矿

钛矿在世界上储产情形 较之他矿 可谓极不起色 主要产地为美国之 Virginia 与 Florida 二州，矿石为金红石与钛铁矿，1923 年计共产金红石 270 t，含  $TiO_2$  95%，钛铁矿 6270 t，含  $TiO_2$  52%，其次为加拿大之 St. Urbain，挪威之 Kragero 与南澳洲之 Mount Crawford。

金红石与钛铁矿物在中国境内虽已早有所发现，但有经济价值之钛矿则尚无所闻，有待于积极勘寻。

### 3.9 钴矿

世界上之钴矿主要产于美之 Ontario 州，为一含银、含镍钴矿，系于 1903 年所发现，至今开采未衰。其次则为德国 Joachimsthal 及捷克之 Annaberg，后二矿床除含镍钴银之外，并兼含铀矿物，此种铀矿物则未发现于美国之 Ontario 钴矿区。

中国钴矿产地仅发现于云南东部，尤其在昆明附近，玄武岩风化后之红土中，常有成结核之氧化钴矿，昔曾开采以供绘制陶器之用，现则已大部停采矣。其次福建福安县之瓮瓮山等地，亦产钴，惟产量甚微，至类似美、德、捷克所产之原生钴矿矿床，则我国尚迄未发现。

### 3.10 铌矿

世界上现所知之铌矿，主要系产于美国 S. Dakota 及 Black Hills，于 1926 年该处之 Etta 矿已产逾铌矿 1 t，其次于 Connecticut 及 Virginia 二州亦有铌矿之产出。

至我国之铌产地，近年所知仅辽宁岫岩、海城二县境内，有铌矿物之发现，至于有经济价值之铌矿，则尚迄无所知也。

## 4 制铁合金金属矿产在我国可能发现之区域

锰、钴、钨、镍、钼、铬、钽、铌、钛与钒十种元素在化学领域中关系极为密切，此可自该十元素在周期表中所处之位置一览无遗，在周期表中，除钛与锰单独分占第四与第七组外；钒、铌与钽组成第五组之一分组；铬、钼与钨组成第六组之一分组；而所余之钴、镍则与此项金属成合金之铁元素，组成第八组之第二列。此种化学性质相近之关系，很能帮助吾人说明，为何此十种金属均可利用之冶制性质相近之特种钢，但可惜不能全部预为指明其在自然界中产出之相关性。例如钴与镍、钨与钼、钽与铌虽密切共生，但其余之锰、钛、铬与钒，则生成产状各异其趣，即前三组虽每组本身关系至极密切，但各组间则无任何关系，可见大自然界中之互相关系，实远较得自人为之试验室者为复杂万分。但自地质学上推求此类金属在自然界中之产出，亦相当的有其规章，本身关系虽不尽清晰，但与其他

自然界事实，诸如侵入岩、地质构造等则甚为密切相关，此之吾人可按图索骥，能预为推论此十种金属矿产可能发现之区域也。

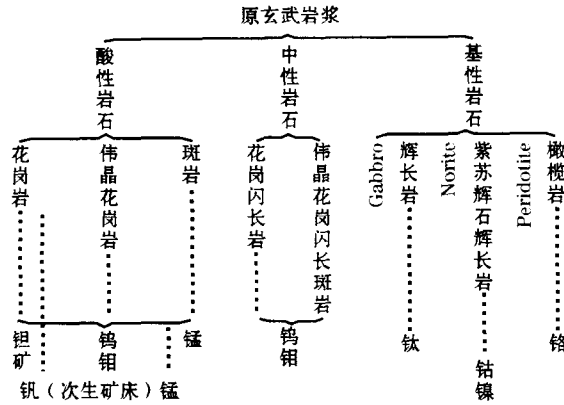
根据第二节（即制铁合金金属矿产之种类及产状）中所论及之世界上此项金属矿产产出情形，吾人知此 10 种金属矿产与其来源所自之火成岩之关系，大致如后表 7 所示。

以表 7 所列之生因关系观之，凡火成岩侵入体本身，或其围岩区域内，如果有矿床存在，即有此 10 种矿产寻获之可能性，如系酸性侵入体区域，则可能寻及铌、钽、钨、钼与锰，以及次生之钽、钼矿；如系中性侵入岩，钨、钼仍可能寻及；至基性侵入岩则钛、钴、镍、铬有寻及之可能矣。但此类火成岩在中国如此辽阔之区域中，又自何处找寻，此则不能不求诸于中国各区之造山运动地带，之与此造山运动息息相关之火成岩活动区域中。按火成岩活动与造山运动相关研究之结果，证明火成岩之活动在任何一区，全不是连续的，活动期与静止期相间存在，并且活动期火成岩之喷出及侵入均多少与造山运动极猛烈时期与地点相吻合，一般说来火成岩之活动多发生于造陆运动及造山运动进行之时期（petrographic periods）及其进行之地带（petrographic provinces），不但火成岩活动之时间及其活动之中心，与地壳变动相应，即其种属（kindreds）亦莫不与地壳变动之种类及地质环境之不同而相应不同。譬如高原玄武岩（plateau basalt）如 Thidean Basalt; Deecan Basalt 则生成于造陆运动进行之区域。花岗岩及碱钙性（calc alkali）侵入体则生成于造山运动进行之区域。例如花岗闪长岩-安山岩组，为一标准与褶皱山脉伴生之火成岩体，而且似乎即与此褶皱成生因上之关系，如阿尔卑斯山之中部常显露花岗闪长岩体，而于山之边缘则为喷发之安山岩流。石英辉长岩组多出现于地壳变动张力最大之处，而斜长岩（anorthosite）及紫苏辉石花岗岩组（charnockite）则见于深经侵蚀之古老山脉中。

所谓之岩石区域（petrographic province）约如上述，只要地壳变动造山造陆运动与地质环境相同，则岩石种属必大致相似，但所谓之火成岩石活动时期（petrographic periods）则世界各处并不相同，就中国本身而论，与地壳变动相应之火成岩活动时期，已因之不同而多至 5 期：即寒武纪前、加里东宁、华力西、燕山与喜马拉雅期。寒武纪前为中国火成岩活动最早时期，由太古至震旦纪时间甚长，变动亦多，故火成岩活动亦极复杂。惜关于此项之地质调查尚不详尽，吾人仅知大约在北纬  $31^{\circ}$  以北， $44^{\circ}$  以南，及东经  $130^{\circ}$  以西， $105^{\circ}$  以东，为寒武纪前地层常见区域，岩层多变质极深，如泰山杂岩，五台等系，侵入岩如花岗岩辉长岩等亦多，并为一成矿时期，金矿其早负盛名者。其变质稍轻之震旦纪，则有火山岩活动，此已部分的证实于新疆及西康。加里东宁运动在中国并不重要，与之相关之火山岩活动遂所知甚鲜，现仅知南山天山昆仑有加里东宁期花岗岩侵入体，其它如见于加里东宁褶皱华夏古陆区之变质花岗岩侵入体，是否为加里东宁产物，则尚有待证实。中国最主要之火成岩活动为第三、第四期，前二期无论就火成岩分布种属与成矿时代论，均不重要，后二期则与前二期大不照同，极属重要，不但火成岩活动甚为复杂，并为中国主要成矿时期，华力西期中火成岩活动有三点可注意者：一为天山南山及昆仑山中之不列颠期之火山喷发作用；一为华力西山脉（天山、大兴安岭、昆仑山、秦岭、南山、西康及云南一带）普遍之花岗岩侵入（其时多在石炭纪后期）；三为西南各省三叠纪之基性岩喷发，此项喷发活动，在滇西似为大向斜喷发，但在康滇地轴以东（除滇东一部外），则多为高原式喷发，即所谓之峨嵋山玄武岩。与华力西期火成岩活动相拮抗者为燕山期，在燕山造山运动中，火成岩之活动，以东南沿海花岗岩侵入体为主，其次为与花岗岩约略同时之广泛流纹

岩喷发，此期花岗岩在华北分布亦广。至最后一期即喜马拉雅运动中之火成岩活动与前期相较已大有逊色，其范围亦狭，仅限于太平洋海岸区域，岩石以玄武岩为主。

表 7 十种金属元素来源关系表



总结上述事实，吾人可知制铁合金金属矿产，除本身有若干通性外，其生因则与某种火成岩有关，而此种火成岩则与某类地壳变动有关，进一步某类地壳变动则又有一定期，但此地壳变动时期，则因地而异，故如知某一地区之地壳变动时期、种类，即可寻求某类岩石，进而寻求某类矿产。就中国讲，合乎制铁合金金属矿产产生聚区域，以现所知之地质情形及已发现之区域推论，计有下列三区：第一为华力西期火成岩分布所在地之古亚洲区（包括天山、阿尔泰山、大兴安岭、昆仑山、秦岭、南山、云南及西康之一部），于此区中已发现钨、钼、锰、钴、镍，除可继续勘探此数种矿产外，其他五种亦有希望，就中尤以寻求来源于基性岩石之铬、钴、镍、钛于云南西康一带为最有希望；第二为华南区与华北区（系燕山火成岩分布地），于此区域内钨、钼、锰早经发现于华南区，而且发现之地点极多，证明其酸性火成岩侵入之广泛，因之钽、铌、钒等酸性矿产发现之可能性极大，但因基性岩较少，与基性岩石成生因上之关系之钴、镍、铬、钛遂不易寻及，但去岁铬则于贺兰山寻及，如此基性岩系燕山期之产物，则或许华北区其他地点仍有寻获之可能也；第三区为华北之寒武纪前火成岩分布区，此区虽不如前二区重要，但因其亦为成矿期之一，且有基性岩之存在，言其可有此十种金属矿产之存在总不为过也。

## 5 勘探之方法

以专题研究的方式，作有系统的勘探，为中国今后勘探任何矿产资源必须走的途径，已昭然若揭，无可置辩，勘探制铁合金金属矿产，无疑为今后工业建国中专题之一，执行已迫不及待，然则将如何作有系统之勘探呢？第一步当然是组织勘探队及经费问题：经费之筹划及队员之组成，当看工作对象，及执行此项工作之机关性质不同而略异，但有三种基本原则须共具，即第一勘探队工作必须系统化、机动化，而不受政治经济之影响，勘探结果或许是反面的一无所获，但工作必须全部完成。第二步是工作区域之选定，根据前节

之推论，除已知产制铁合金金属矿产地点外，如进行勘探新矿区，则应以前述之三区为主，即古亚洲、华北、华南区及华北寒武纪前地质区，此三区以前二者为最有希望，但如注重与酸性岩相关之矿产，则应先就第二区勘探，基性者则以第一区较有希望。第三步是勘探工程完成之步骤，以现在技术谓，一个矿产勘探工程之正式完成，须包括下列四个步骤，即地质调查、物理探矿、钻探及分析。地质调查，在明了矿床情形，物理探矿可以协助进一步明了地下矿床情形，决定是否值得钻探结果，矿样经过分析，矿量即可估计，于矿量、矿质有了把握，就可决定开发与否矣！

## 6 结论

以现所发现之制铁合金金属矿产论，与酸性火成岩相关之钨钼锰矿资源，在中国所知者已极丰富，前途亦极乐观，可发现之区域亦正多。惟钽、铌、钒与夫基性岩相关极密切之铬、钴、镍、钛，在中国发现则尚极少，此值得积极予以寻求。寻求之道则在于可能发现之古亚洲华北、华南及寒武纪前三区域内作专一而有系统之勘探。就地质理论，决不致使吾人失望，可拭目而待也。

### 参 考 文 献

- 1 白家驹编——第七次中国矿业纪要。
- 2 李春昱——国防与矿产。
- 3 黄汲清——中国主要地质构造单位。
- 4 南延宗——几件新矿产之探寻。测勘近讯第五十七期至六月十二期。
- 5 宋叔和，关士聪——新疆温泉钨矿及精河钼矿，新疆地质简报第六号。
- 6 黄劲显，杜恒俭——宁夏小松山铬铁矿初报，中央地质调查所西北分所，第二十九号简报。
- 7 韩春暄——东北工矿业之复员计划纲要。

(1943 年刊于《地学集刊》，第 20~39 页)

# Notes on the Occurrence of Wulfenite in the Chaopishan Lead-Zinc Deposit, Karashar, Sinkiang\*

S. H. Sung  
(Geological Survey of China)

## 1 INTRODUCTION

During the short time spent at Chaopishan<sup>①</sup>, Karashar<sup>②</sup>, southern Sinkiang, for the purpose of investigating the lead-zinc deposits\*\*, the writer, accompanied by his colleague, S. C. Kwan, found in the oxidized zone of the lead-zinc deposits abundant small yellowish red tabular crystals associated with limonite, calcite, and malachite. Through blowpipe tests in the field and microscopic study in the laboratory, the writer identifies this mineral to be wulfenite. He wishes to express his gratitude to Dr. H. S. Wang, Director of the Geological Survey of Sinkiang, for his valuable suggestion regarding the preliminary identification of this mineral.

The mineral, wulfenite, was first found in the Chaopishan lead-zinc deposit of Kuruk tagh<sup>③</sup>, about 20 km. South of Pochengtze<sup>④</sup>, 40 km. west of Singer<sup>⑤</sup>, and 30 km. North of Sindi<sup>⑥</sup>, and later also found in Kanchaohu<sup>⑦</sup> lead mine in Igerchi tagh<sup>⑧</sup>, some 25 km. north of Pochengtze. Both the Chaopishan and the Kanchaohu mines are located in the Karashar district. These mines have long been abandoned and are rather remote from the well-communicated human settlements, such as Hoson<sup>⑨</sup>, Karashar, and Toksun<sup>⑩</sup> near the South Sinkiang Highway. According to the writer's experience, there are two ways to reach these mines: one from Hoson southeastward and the other from Kumush<sup>⑪</sup> southward. It takes about 3 or 4 days to reach there by riding on horses or camels.

The surveyed area of Chaopishan as well as Kanchaohu is characterized by mature landform with rather gentle slopes and open valleys. The lead-zinc-bearing quartz veins containing wulfenite occur commonly on the low-lying rolling hills not more than 20 meters above the adjacent dry valleys. The elevation of the lead-zinc mine, according to barometer reading, is 1930 meters above the sea level.

\* Received for publication in January, 1946

\*\* Thanks are due to Dr. K. C. Hsu for his critical reading of the manuscript and labor in preparing it for publication. Sung, S. H. & S. C. Kwan, 1945. Lead-zinc deposits of Chaopishan, Karashar, Sinkiang (MS)

① 照壁山; ② 焉耆县; ③ 库鲁克塔格; ④ 破城子; ⑤ 辛格尔; ⑥ 兴地; ⑦ 乾草湖; ⑧ 依格齐塔格; ⑨ 和硕; ⑩ 托克逊; ⑪ 库木什

## 2 GEOLOGY

The rocks found in the vicinity of the lead-zinc mine are slightly metamorphosed. They belong to the Sinian Kuruktagh Series which may be correlated with the Yukkengol Formation<sup>①</sup>. They consist chiefly of graygreen slaty shales intercalated with some yellowish shales, calcareous sandstone, and crystalline limestone in the lower part, and gray-green calcareous slate interbedded with some quartzitic sandstone in the upper part. Three diabase sills are found in the upper part of this series. The strata are strongly folded with a northeast strike, and, in the vicinity of the mine, they dip 70° north. Faults and thrusts are common in the immediate vicinity of the mine.

In the Qizil tagh north of Pochengtze, a granite batholith about 50 km, long and 20 km. wide, is found to have intruded into the Carboniferous shales and limestones, which are intensely metamorphosed near the contact. At four places in the Qizil tagh area, lead-zinc deposits occur in the Carboniferous strata around the granite batholith, which is supposed to be genetically related with the deposits.

**Occurrence:** In the Chaopishan lead-zinc mine, one of the four quartz veins is found to contain wulfenite. As seen from the abandoned open-cut, this vein has a width of 3 meters and a lateral extension of about 50 meters, and cross-cuts the diabase sills and the metamorphosed sandstones and calcareous shales. Formerly this vein was mined for galena, but forty meters downward from its outcrop, galena gradually gives way to sphalerite. Sphalerite was not known to be utilized at that time, which was at least one of the reasons for the abandonment of the mine. Wulfenite is restricted to the uppermost part of the lead-zinc-bearing quartz vein, i. e. the oxidized zone. Wulfenite crystals scatter mostly in the cavities of the honeycombed or cellular masses of limonite which borders residual remnants of galena. Malachite, manganese oxides, and covellite are the common associated minerals. The oxidized zone with wulfenite is about 2 to 3 meters thick and is about 20 meters above the present water table.

**Minerals:** Wulfenite occurs in tetragonal tabular crystals with a width of a little more than 2 mm. and a thickness less than 1 mm. Many of the tabular crystals are as thin as a knife edge. The crystals are all perfect and clear, translucent with a bright reddish yellow color and an admantine luster. Optically it is uniaxial negative. Under the blowpipe on charcoal it gives a lead coating and is decomposed in HCl. Galena is one of the chief ore minerals in the upper part of the main quartz vein, forming veinlets and pockets. Sphalerite becomes predominant in the lower part of the vein, occurring in large masses. Pyrite is disseminated in the wall rock but is not abundant in the vein filling. The vein quartz is white and massive, intimately intergrown with the galena and sphalerite. Calcite is present in the form of wide veins and is widely distributed in all the lead-zinc veins. It was probably later than the quartz as it commonly cross-cuts the latter and is not in close association with the ore minerals. Limonite occurs in the cavities or vugs as yellow ocher

① Norin, Erik, 1937, *Geology of Western Quruq tagh, Eastern Tien-Shan, Reports from the Scientific Expedition to the North-Western Provinces of China under the Leadership of Dr. Seven Hedin*

and botryoidal coatings, often in close association with wulfenite. Malachite occurs as deep emerald green coatings in the cavities and fissures. Covellite is present only in small amount. Gypsum commonly occurs in the upper part of the ore vein, forming granular and earthy masses intermixed with limonite and manganese oxides. In places it forms masses up to a half foot across.

Of the minerals mentioned above, galena, sphalerite, pyrite, quartz, and calcite are the primary minerals, while limonite, wulfenite, manganese oxides, malachite and covellite are evidently supergene. That the wulfenite crystals are found only in the cavities or vugs of the oxidized vein material clearly indicates its supergene origin. Its association with limonite, manganese oxides, malachite, and covellite further supports this view. Its intimate contact with the partially altered galena suggests a genetic relationship between these two minerals.

(1945 年刊于《地质会志》第 25 卷 第 279~282 页)