

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

探 鑛

馮景蘭著

商務印書館發行



探 鑛

馮景蘭 著

工 學 小 叢 書

編主五雲王

庫文有萬

種千一集一第

鑛探

著蘭景馮

路山寶海上  
館書印務商

者刷印兼行發

埠各及海上  
館書印務商

所行發

版初月十年

號中

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

PROSPECTINGS

By

FENG CHING LAN

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1929

All Rights Reserved

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

# 探 鑛

## 目錄

|               |    |
|---------------|----|
| 第一章 導言·····   | 一  |
| 第二章 鑛藏周情····· | 三  |
| 第一節 鑛物種類····· | 三  |
| 第二節 鑛物共生····· | 七  |
| 第三節 岩石共生····· | 一二 |
| 第四節 構造關係····· | 二六 |
| 第五節 地文關係····· | 三七 |
| 第六節 鑛體形狀····· | 四三 |

|           |    |
|-----------|----|
| 第七節 鑛結之成因 | 五一 |
|-----------|----|

|            |    |
|------------|----|
| 第八節 鑛藏周情結論 | 五四 |
|------------|----|

|        |    |
|--------|----|
| 第三章 面示 | 五五 |
|--------|----|

|        |    |
|--------|----|
| 第一節 露頭 | 五五 |
|--------|----|

|        |    |
|--------|----|
| 第二節 鑛苗 | 七二 |
|--------|----|

|         |    |
|---------|----|
| 第三節 舊鑛廠 | 七三 |
|---------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 第四節 植物指示 | 七五 |
|----------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 第五節 動物指示 | 七六 |
|----------|----|

|        |    |
|--------|----|
| 第六節 泉流 | 七六 |
|--------|----|

|        |    |
|--------|----|
| 第七節 雜示 | 七七 |
|--------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 第八節 面示結論 | 七八 |
|----------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 第四章 探鑛方法 | 八一 |
|----------|----|

|      |          |     |
|------|----------|-----|
| 第一節  | 露頭之追尋    | 八二  |
| 第二節  | 鑛苗之追尋    | 八三  |
| 第三節  | 盤金       | 八五  |
| 第四節  | 試井       | 八六  |
| 第五節  | 開掘試溝     | 八八  |
| 第六節  | 探管與探針    | 九〇  |
| 第七節  | 音探       | 九一  |
| 第八節  | 水力探鑛     | 九一  |
| 第九節  | 磁力探鑛     | 九二  |
| 第十節  | 電力探鑛     | 一〇〇 |
| 第十一節 | 打鑽       | 一〇六 |
| 第十二節 | 探鑛與試驗室工作 | 一一〇 |

探 鑽 目 錄

第五章 結 論



# 探鑛

## 第一章 導言

探鑛術 (prospecting) 者，應用地質學之智識與科學方法，以尋出有用之鑛藏者也。

探鑛之目的爲發現。鑛藏之發見，不外兩途：無意發現，由於機遇；有意發現，由於探求。北美合衆國鑛業之盛，甲於天下；而其金銀各鑛百分之九十，（一百三十五處鑛中，有一百二十一處）乃由探求發見者。（參閱 W. R. Crane: Treatise on Gold and Silver, 1908, p. 18.）

國之初闢，地曠人稀，無意發見鑛藏之機會較多。及其後地利漸闢，未知之鑛藏漸缺，無意發見，日少一日，粗法探鑛收效必鮮。則爲鑛業前途計，不可不研究探鑛之學理及方法，以解答關於探鑛之種種問題。

探礦之基本問題有三：（一）向何處尋？（二）找尋何物？（三）尋法如何？因答第一問題，故研究鑛藏周情。因答第二問題，故研究面示。因答第三問題，故研究探礦方法。以下各章分論之。

## 第二章 鑛藏周情

鑛藏形狀，鑛石種類，地層構造，地面狀況等，各處不同。研究此種種不同之情形，以發現其共同關係，實足爲探鑛之助。故言探鑛者，必先言鑛藏周情 (mode of occurrence of ore deposit)。以下各節分論之。

### 第一節 鑛物種類

欲探鑛必先熟識鑛物。鑛物之種類雖多，而重要者少。茲將各種金屬鑛物之較爲重要者，略述如下：

(一) 鐵鑛 鐵鑛之重要者有四：(甲) 赤鐵鑛 (hematite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 含鐵量 70.0%)；(乙) 褐鐵鑛 (limonite,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , 含鐵量 59.8%)；(丙) 菱鐵鑛 (siderite,  $\text{FeCO}_3$ , 含鐵量

48.3%) (丁) 磁鐵礦 (magnetite,  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , 含鐵量 72.4%) 是與褐鐵礦共生者, 有加水赤鐵礦 (urgite,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 及針鐵礦 (goethite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )。與磁鐵礦共生者, 有鎔鐵礦 (ilmenite,  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) 及磁黃鐵礦 (pyrrhotite,  $\text{Fe}_7\text{S}_8$ )。黃鐵礦 (pyrite,  $\text{FeS}_2$ ) 可與各種鐵礦共生。黃鐵礦及磁黃鐵礦含硫過多, 非真正之鐵礦。鎔鐵礦不適於鍊鐵。含水赤鐵礦及針鐵礦, 產量不多, 皆非重要之鐵礦。

(二) 銅礦 銅礦之種類甚繁, 其較著者有自然銅 (Cu) 有硫化物之黃銅礦 (chalcopyrite,  $\text{CuFeS}_2$ , 含銅量 34.6%) 斑銅礦 (bornite,  $\text{Cu}_5\text{FeS}_3$ , 含銅量 55.5%) 藍銅礦 (covellite,  $\text{CuS}$ , 含銅量 66.48%) 及輝銅礦 (chalcocite,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , 含銅量 79.8%)。硫砷化物之斜方硫砷銅礦 (enargite,  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ , 含銅量 48.4%) 硫銻化物之黝銅礦 (tetrahedrite,  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ , 含銅量 52.06%) 氮化物之赤銅礦 (cuprite,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 含銅量 88.80%) 及黑銅礦 (tenorite,  $\text{CuO}$ , 含銅量 78.86%) 硫酸鹽類之膽礬 (chalcantinite,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 含銅量 25.35%) 及水膽礬 (brochantite,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_6\text{SO}_4$ , 含銅量 56.1%) 碳酸鹽類之石綠石

(malacite,  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ , 含銅量 57.27%) 石青石 (azurite,  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ , 含銅量 55.10%) 矽酸鹽類之矽孔雀石 (chrysocolla,  $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 含銅量 36%) 氫氟氫化物之氫銅礦 (atacamite,  $\text{Cu}_2\text{Cl} \cdot (\text{OH})_2$ , 含銅量 59.29%) 銅礦原生次生之分較為重要。通常以黃銅礦、斑銅礦、輝銅礦、黝銅礦為原生銅礦；自然銅、赤銅礦、藍銅礦、石綠石、石青石及矽孔雀石為次生銅礦。(參閱 J. F. Kemp: Mining Engineer's Hand Book, 1918, p. 100.)

(三) 鉛礦 鉛礦以方鉛礦 (galenite,  $\text{PbS}$ , 含鉛量 86.6%) 為最重要，係原生礦。其餘若白鉛礦 (cerussite,  $\text{PbCO}_3$ , 含鉛量 77.5%)、硫酸鉛礦 (anglesite,  $\text{PbSO}_4$ , 含鉛量 68.3%) 及較少之氫鉛礦 (pyromorphite,  $3(\text{PbO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5) \cdot \text{PbCl}_2$ , 含鉛量 76.2%) 則為方鉛礦之氯化產物 (oxidation product)。鉬鉛礦 (wulfenite,  $\text{PbMoO}_4$ )、鉻鉛礦 (crocoite,  $\text{PbCrO}_4$ ) 及鈎鉛礦 (vanadinite,  $\text{Pb}_5(\text{PbCl})(\text{VO}_4)_3$ ) 則為稀少之鉛礦。

(四) 鋅礦 鋅礦有閃鋅礦 (sphalerite,  $\text{ZnS}$ , 含鋅量 67%)、異極礦 (calamine,  $2\text{ZnO} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ , 含鋅量 54.2%)、菱鋅礦 (smithsonite,  $\text{ZnCO}_3$ , 含鋅量 52.1%)、矽鋅礦

(willenite,  $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$ , 含鋅量 58.6%)、紅鋅礦 (zincite,  $\text{ZnO}$ , 含鋅量 80.3%) 及鋅鐵礦 (franklinite,  $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zn})\text{O} (\text{Fe}, \text{Mn}_2\text{O}_3)$ , 含鋅量 6.0%) 等。中以閃鋅礦為最重要之原生礦物。

(五) 銀礦 銀礦之最重要者，為輝銀礦 (argentite,  $\text{Ag}_2\text{S}$ , 含銀量 87.1%)、碲銀礦 (hessite,  $\text{Ag}_2\text{Te}$ , 含銀量 62.8%)、深紅銀礦 (proustite,  $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ , 含銀量 65.5%)、深紅銀礦 (pyrarargyrite,  $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ , 含銀量 59.8%)、斜方硫銀礦 (stephanite,  $5\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ , 含銀量 68.5%)、角銀礦 (cerargyrite,  $\text{AgCl}$ , 含銀量 75.3%)、自然銀礦 (native silver, 含銀量 100%)、含銀方鉛礦 (argentiferous galena) 及含銀黝銅礦 (argentiferous tetrahedrite)。

(六) 金礦 金礦有碲金礦 (calaverite,  $\text{AuTe}_2$ , 含金量 44.5%)、碲銀金礦 (sylvanite,  $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$ ) 及自然金。其中以自然金為最重要。

重要金屬之重要礦物，如上所述，誠不為多。設使在地面可尋得多量，則鑑別不難，探驗亦易。認

識鑛物，即可探鑛。無如各種金屬鑛富生於地面者少。貴重金屬，產量更少。真正鑛物，極不多見。則惟有研究共生鑛物，共生岩石，構造關係，地文關係等，以爲探鑛之資。是以探鑛難而學理重。茲分論此種種情形如下。

## 第二節 鑛物共生

鑛中鑛物可大別爲二類。從其中可取所得之金屬者，曰鑛石 (ore)。與鑛石共生而不含所欲得之金屬者曰脈石 (gangue)。鑛石與鑛石，鑛石與脈石，常有自然共生之關係。例如普通鐵鑛與各種不常見之鐵鑛共生；原生銅鑛與原生銅鑛及次生富化銅鑛共生；閃鋅鑛方鉛鑛，與其變產物 (alteration product) 共生；金銀與他種硫化物共生；皆鑛石與鑛石共生之較著者也。鑛石與脈石共生之關係，可就鑛之種類或鑛床之成因討論之。爲實用計，就鑛石之種類，分論如下：

(一) 鐵鑛 鐵之用多而價廉，鑛藏須大，成分須高，始有開採之價值。雜質必少，始爲真鑛。鑛之發見，不在脈石，而在鑛石。鐵鑛脈石如石英，長石，輝石，角閃石，方解石，雲母石，石榴子石，透輝石，

(diopside) 綠簾石 (epidote), 橄欖石 (olivine), 尖晶石 (spinel), 及磷灰石 (apatite) 等皆常見。鑛石可用爲探鑛引導者絕少。惟石榴子石, 綠簾石, 及透輝石, 或足引爲接觸鐵鑛之特徵。

(二) 銅鑛 銅鑛中常見之脈石爲石英, 方解石, 菱鐵鑛, 重晶石, 菱錳鑛, 螢石, 絹雲母, 電氣石, 方鉛鑛, 菱鋅鑛, 硫鐵鑛, 磁硫鐵鑛, 鏡鐵鑛 (specularite), 石榴子石, 透角閃石 (tremolite), 陽起石 (actinolite), 透輝石 (diopside), 綠簾石 (epidote), 及其他矽酸鹽類鑛物。除後數種指明其爲接觸鑛藏外, 無足引爲銅鑛之特徵者。

(三) 鉛鋅鑛 鉛鋅鑛常共生, 脈石多相同。鉛鋅鑛脈石之最常見者爲方解石, 白雲石, 黃鐵鑛, 白鐵鑛 (mascelite), 重晶石, 螢石, 薔薇輝石 (rhodonite), 菱錳鑛 (rhodochrosite) 等。除石榴子石, 透角閃石, 陽起石, 綠簾石, 指明其爲接觸鑛床外, 無可引爲鉛鋅鑛之特徵者。

(四) 金銀鑛 金銀等貴重金屬鑛, 質貴量微, 在鑛脈中多不易見。故研究鑛物共生最詳, 以爲發見金鑛之資。金鑛脈中脈石之種類甚多。洛克斯 (A. G. Locks) 曾表列五十種金鑛脈石及其產地。(參閱其所著 Gold: its Occurrence and Extraction, 1882, pp. 838-841.) 林肯



(F. C. Lincoln) 在所著金礦共生礦物之研究 (Study of Natural Association of Gold, Economic Geology, Vol. 6, 1911, pp. 302-347.) 中曾指出一百七十三種與金礦共生之礦物。卡倫在所著金銀論書中曾表列二百處金銀礦之脈石。試觀此二百處礦中之脈石，礦與礦異，莫可究詰。而其最普通者，則為黃鐵礦，石英，方鉛礦，黃銅礦，菱錳礦，黝銅礦，磁黃鐵礦，重晶石等，尤以石英為最普遍，最重要。在此二百礦中，有一百七十六礦，即約十分之九，均以石英為最重要之脈石。

林肯考定金礦脈中之金屬共生脈石，依其重要之次第，為黃鐵礦，方鉛礦，黃銅礦，菱錳礦，砒硫鐵礦，輝銻礦，黝銅礦，硫銀礦，磁黃鐵礦，及自然銀礦；非金屬脈石，依其重要之次第，為石英，方解石，重晶石等。在此一百七十三種共生脈石之中，與金成連晶 (intergrown) 者，祇有石英，蛋白石 (opal)，鈳雲母 (roscoelite)，菱鎂礦 (magnesite)，黃鐵礦，方鉛礦，碲銀礦 (hessite)，碲鉛礦 (aitaite)，碲金礦 (calaverite)，黝銅礦 (tetrahedrite)，砒硫鐵礦 (lollingite 及 arsenopyrite)，輝鉍礦 (bismuthinite)，針砒砒礦 (aikinite)，及自然鉍礦等十餘種。除非金屬脈石及黃鐵方