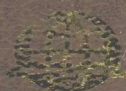


# 中国侵入型 块状硫化物矿床

孟良义 著

06.2



地质出版社

国家自然科学基金  
基金资助项目

# 中国侵入型块状硫化物矿床

孟良义 著



海洋出版社

1998年·北京

## 内 容 简 介

块状硫化物矿床是一种重要的矿床类型,在国内外均有广泛分布,而本书论述的侵入型块状硫化物矿床则为中国所特有。专著从地层与成矿,石炭系地层中是否存在火山岩,岩浆岩与成矿、构造控矿、多种类型矿床之间的关系,矿床的原生地球化学异常及小岩体何以能形成大矿等方面讨论侵入型块状硫化物矿床成因,并从深部矿源层的形成、深部矿源层的部分熔融及含矿花岗岩浆的浅部分异作用等全新角度建立矿床的成矿模式。本书可供有关教学、科研人员和地质工作者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国侵入型块状硫化物矿床/孟良义等. —北京:海洋出版社,  
1998.8

ISBN 7-5027-4594-7

I. 中… II. 孟… III. 硫化物矿床-侵入岩:块状结构-  
矿床成因论-中国 IV. P618.201

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 18211 号

责任编辑 白 燕

责任印制 严国晋

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京兰空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5

字数: 283 千字 印数: 1~300 册

定价: 20.00 元

ISBN 7-5027-4594-7/P·485

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 前 言

块状硫化物矿床是一种重要的矿床类型，在国内外的分布都很广泛，是铜、铅、锌、金和硫矿资源的重要来源。

在我国，尤其是长江中下游广泛分布着一类与中酸性侵入岩有关的块状硫化物矿床。作者对该类矿床研究的结果表明，它不仅与中酸性侵入岩空间上共生，且成因上也有关，是一种新的块状硫化物矿床类型，命名为侵入型块状硫化物矿床，以与国外广泛分布的火山型块状硫化物矿床相区别。在国外，对这类侵入型块状硫化物矿床仅在报道斑岩铜矿的同时略加涉及，未引起有关学者的注意和深入的研究。

本书从地层与成矿，石炭系地层中是否存在火山岩，岩浆岩与成矿、构造控矿、多种类型矿床之间的关系，矿床的原生地球化学异常及小岩体何以能形成大矿等方面讨论侵入型块状硫化物矿床的成因，认为它的形成与沉积作用无关，也与海底火山沉积作用、海底喷气沉积作用及海底热泉沉积作用无关，而主要与中酸性侵入岩有关。

侵入型块状硫化物矿床为中国所特有，在国外十分罕见。因此，深入研究此类矿床的成因和成矿模式具有十分重要的理论意义和实际意义。

本书系笔者多年来对侵入型块状硫化物矿床的研究成果，也参考了安徽省 321 地质队的铜官山铜矿勘探报告、安徽省 803 地质队的新桥铜矿勘探报告、江西省赣西北地质队的武山铜矿勘探报告、城门山铜矿勘探报告以及孟良义、张乃堂和李德银统编、定稿的城门山、武山铜矿地质典型矿床研究报告。

本项研究得到国家自然科学基金资助；研究工作得到新桥铜矿及叶元正高级工程师、铜官山铜矿、321 地质队及刘宗权高级工程师、赣西北地质队及黄恩邦、王福林、张乃堂、李德银、张文学及徐文权等高级工程师的多方支持和帮助，张梅生、藏维生、徐旭升、刘礼水、王全明、王力军及李师兰等参加了部分野外工作和室内工作。白燕编辑对文稿进行了编辑加工。值此本书出版之际，笔者向给予支持和帮助的单位和个人表示衷心感谢。

书中缺点和错误，敬请批评指正。

## 目 次

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第1章 侵入型块状硫化物矿床 .....         | (1)   |
| 1.1 侵入型和火山型块状硫化物矿床 .....     | (1)   |
| 1.2 侵入型块状硫化物矿床的成矿特征 .....    | (2)   |
| 1.3 侵入型块状硫化物矿床的分类 .....      | (3)   |
| 第2章 新桥型块状硫化物矿床 .....         | (5)   |
| 2.1 新桥块状硫化物铜矿床 .....         | (5)   |
| 2.2 丁家山块状硫化物铜矿床 .....        | (12)  |
| 2.3 洋鸡山块状硫化物金矿床 .....        | (17)  |
| 第3章 武山型块状硫化物矿床 .....         | (22)  |
| 3.1 成矿地质背景 .....             | (22)  |
| 3.2 花岗闪长斑岩 .....             | (34)  |
| 3.3 矽卡岩型铜矿床 .....            | (50)  |
| 3.4 块状硫化物型铜矿床 .....          | (67)  |
| 3.5 矿床的原生地球化学异常 .....        | (78)  |
| 第4章 城门山型块状硫化物矿床 .....        | (85)  |
| 4.1 成矿地质背景 .....             | (85)  |
| 4.2 斑岩型铜、钼矿床 .....           | (90)  |
| 4.3 矽卡岩型铜矿床 .....            | (108) |
| 4.4 块状硫化物型铜矿床 .....          | (117) |
| 4.5 矿床的原生地球化学异常 .....        | (125) |
| 第5章 铜官山型块状硫化物矿床 .....        | (132) |
| 5.1 成矿地质背景 .....             | (132) |
| 5.2 矿床 .....                 | (133) |
| 第6章 侵入型块状硫化物矿床的成因及成矿模式 ..... | (138) |
| 6.1 各种成因观点 .....             | (138) |
| 6.2 侵入型块状硫化物矿床的成因及成矿模式 ..... | (139) |
| 主要参考文献 .....                 | (174) |

# 第1章 侵入型块状硫化物矿床

## 1.1 侵入型和火山型块状硫化物矿床

由60%~80%以上黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿及闪锌矿等金属硫化物组成块状矿石构造的矿床，称为块状硫化物矿床。块状硫化物矿床是一种重要的矿床类型，在国内外均有广泛分布，是铜矿、铅锌矿、金矿和硫矿资源的重要来源。在国内外文献中有关块状硫化物矿床的报道颇多，但仅指与海底火山作用关系密切的矿床，故R.W.Hutchinson (1979) 将其称为火山成因块状硫化物矿床 (图1.1)，笔者将其称为“火山型”块状硫化物矿床。与此相反，在我国，尤其是在长江中下游却广泛分布着一类特有的、与中酸性侵入岩 (石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩等) 有关的块状硫化物矿床 (孟良义, 1986, 1994, 图1.2)，主要有江西省武山、城门山、永平、丁家山及洋鸡山等，安徽省新桥、铜官山、冬瓜山及马山等，西藏自治区玉龙以及内蒙古自治区别鲁乌图。其中很多是大型铜矿床，品位很富。此外，该类矿床还可单独构成金矿床。所以，此类块状硫化物矿床的工业价值，在我国已远远超过火山型块状硫化物矿床，并且进一步寻找此类矿床的远景极佳。

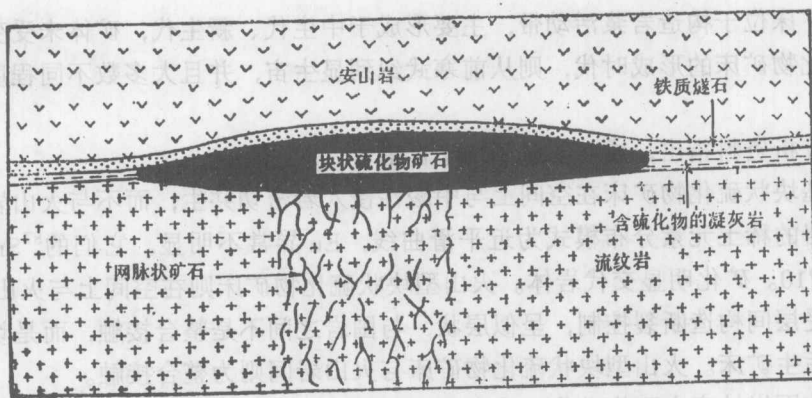


图1.1 火山型块状硫化物矿床 (据 A.M.Evans, 1980)

笔者对该类矿床研究的结果表明，此类矿床是我国特有的，它不仅与中酸性侵入岩空间上共生，且在成因上也有关，是一种新的块状硫化物矿床类型，称为“侵入型”块状硫化物矿床，以与国外广泛分布的“火山型”块状硫化物矿床相区别。在国外，对此类侵入型块状硫化物矿床仅在报道斑岩铜矿的同时略加涉及，未引起人们的注意和深入的研究。

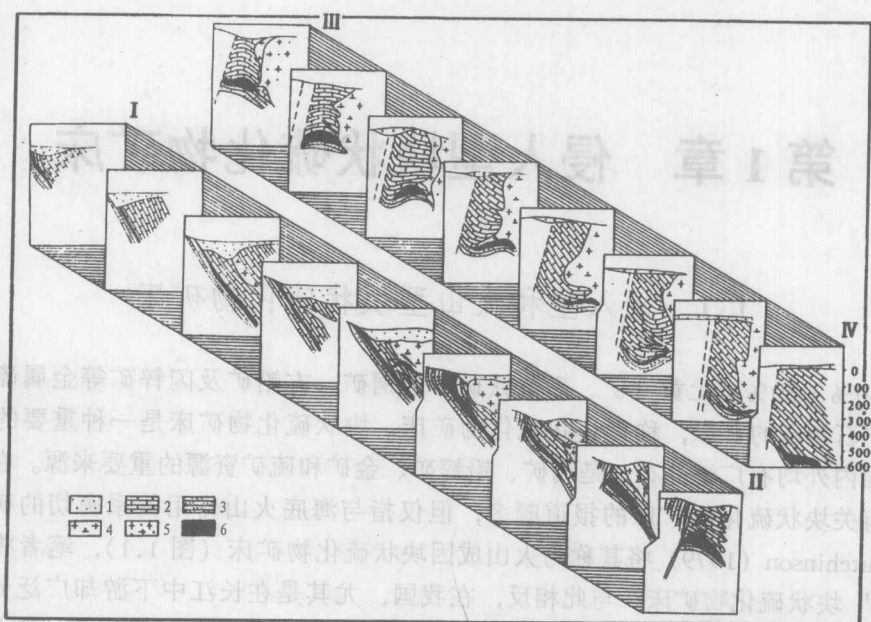


图 1.2 江西城门山侵入型块状硫化物矿床

1. 第四系；2. 灰岩；3. 砂岩；4. 花岗闪长斑岩；5. 石英斑岩；6. 块状硫化物矿体

## 1.2 侵入型块状硫化物矿床的成矿特征

此类矿床位于构造岩浆活动带，主要形成于中生代、新生代，矿体未受变质。火山型块状硫化物矿床的形成时代，则从前寒武纪到显生宙，并且大多数不同程度地受到变质作用。

大量分析资料指出，成矿物质不是来自围岩。

侵入型块状硫化物矿床在空间上与中酸性侵入岩密切共生，而不与火山岩共生。该类中酸性岩的稀土元素分布模式为近平滑曲线，Eu 异常不明显。它们的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值小于 0.710。矿化明显交代岩体。火山型块状硫化物矿床则在空间上与火山岩共生。

矿体受层间构造断裂控制，呈似层状，与围岩之间不是整合接触，而是切穿、交代关系，属后生矿床。火山型块状硫化物矿床与火山岩间则为整合接触。

矿床的围岩蚀变主要为硅化、粘土化及碳酸盐化，在近矿体部分蚀变强烈，远离矿体则明显减弱。

矿床中有益元素以铜为主，一些大中型矿床往往皆为铜矿床。此外，尚含有铅、锌、镍、钴含量较低。伴生金的含量较高，甚至可单独构成金矿床。例如，安徽马山金矿床和江西鸡山金矿床，矿体内有益元素分布呈现一定规律性。

矿床在较高温度范围内形成，温度区间为 290~330℃。该温度远高于火山型块状硫化物矿床。

侵入型块状硫化物矿床铅同位素组成的变化范围小,较均一。该类矿床的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值较低。上述组成特征表明,矿床的形成与岩浆活动有关,物质来源较深,来自下地壳。

硫同位素组成的特征表现为 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围窄,接近于陨石硫的同位素组成,与火山型块状硫化物矿床的硫同位素组成( $\delta^{34}\text{S}$ 值为+20‰)完全不同。

氢、氧同位素组成与岩浆水组成相似,而与火山型块状硫化物矿床的氢、氧同位素组成( $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 值为0‰、 $\delta\text{D}$ 值为0‰)截然不同。

矿石以晶粒结构、交代残余结构及网状结构为主。矿石主要是块状构造。金属硫化物含量在60%~80%以上,矿石矿物以黄铁矿、磁黄铁矿为主,其次为黄铜矿,此外尚有少量方铅矿、闪锌矿;脉石矿物以石英为主,其次为方解石。侵入型块状硫化物矿床的成矿作用包括矽卡岩阶段、氧化物阶段、石英-硫化物阶段以及碳酸盐阶段,其中矽卡岩阶段、氧化物阶段很弱,而以石英-硫化物阶段最为发育,也是最重要的成矿阶段。该阶段并可进一步分为黄铁矿亚阶段、黄铜矿亚阶段以及方铅矿、闪锌矿亚阶段。铜矿化与黄铜矿亚阶段有关,黄铜矿的形成与硅化有关。

### 1.3 侵入型块状硫化物矿床的分类

侵入型块状硫化物矿床,按其 与斑岩矿床、矽卡岩矿床共生与否以及它们之间的相互关系,可进一步分为:

#### 1.3.1 新桥型

块状硫化物矿床单独出现,它是单一矿床类型,例如安徽省新桥、马山、江西省永平、丁家山、洋鸡山及内蒙古自治区别鲁乌图矿床。该类型矿床按有用元素还可分为铜型及金型。前述新桥、永平、丁家山及别鲁乌图矿床属铜型,马山和洋鸡山矿床属金型。

#### 1.3.2 武山型

块状硫化物型矿床与矽卡岩型矿床共生,它们是两型一床矿床,即一个矿床内包括块状硫化物型和矽卡岩型两种类型矿床,例如江西省武山矿床。该类型矿床按有用元素属铜型。

#### 1.3.3 城门山型

块状硫化物型矿床与矽卡岩型矿床、斑岩型矿床共生,它们是三型一床矿床,即一个矿床内包括块状硫化物型、矽卡岩型和斑岩型三种类型矿床,例如江西省城门山和西藏自治区玉龙矿床。该类型矿床按有用元素属铜型。

#### 1.3.4 铜官山型

块状硫化物型矿床与矽卡岩型矿床共同组成一个矿体,它是两型一体矿床,即块状

硫化物型和矽卡岩型两种类型矿床共同组成一个矿体的矿床,例如安徽省铜官山及冬瓜山矿床。

形成何种类型的块状硫化物矿床取决于：(1) 岩体内部蚀变作用发育的程度，如蚀变作用发育，利于形成斑岩型矿床；(2) 围岩的岩性，如为灰岩，则易形成矽卡岩型矿床；(3) 岩浆冷凝固晶形成岩体时分出含矿热液的数量；(4) 有利于成矿的层间构造断裂发育与否。当只具备第四个条件时，形成新桥型块状硫化物矿床；当具备(2)~(4)条件时，形成武山型块状硫化物矿床；以上四个条件都具备时，可形成城门山型块状硫化物矿床；而当具备(2)和(4)条件时，则可形成铜官山型块状硫化物矿床。

## 第2章 新桥型块状硫化物矿床

块状硫化物矿床单独出现，它是单一矿床类型。该类型矿床按有用元素大部分属铜矿床，只有一小部分属金矿床。

### 2.1 新桥块状硫化物铜矿床

新桥块状硫化物铜矿床位于安徽省铜陵地区，为滨太平洋成矿域华南成矿省长江中下游燕山期铁、铜、铅、锌、钼、金断裂成矿带的组成部分（郭文魁，1987）。其大地构造环境，按槽台观点为扬子准地台扬子台褶带（任纪舜等，1980），如按板块观点应为华北板块和扬子板块之间的拼合带。

#### 2.1.1 成矿地质背景

##### 2.1.1.1 地层

新桥矿区位于扬子准地台扬子台褶带铜陵—戴家汇东西向基底断裂带中部（图2.1）。

矿区出露地层由老而新为：志留系下统高家边组石英砂岩，泥盆系上统五通组石英砂岩，石炭系下统高骊山组砂岩，石炭系中统、上统黄龙组、船山组灰岩，二叠系下统栖霞组含燧石结核灰岩、孤峰组页岩、茅口组灰岩，二叠系上统龙潭组炭质页岩、大隆组泥质灰岩、硅质灰岩及三叠系下统青龙群灰岩等（图2.2）。地层主要由碳酸盐岩和碎屑岩组成。矿区内无火山岩。

##### 2.1.1.2 构造

铜陵—戴家汇东西向基底断裂带控制了铜陵地区岩浆岩及矿床的分布，也包括控制了新桥矿区的岩浆岩和矿床。

矿区褶皱构造由舒家店背斜、盛冲向斜及大成山背斜组成。褶皱特点是背斜紧闭，两翼产状较陡；向斜开阔，两翼产状较缓。

矿区有两组断裂，一组为斜交褶皱轴的北北西向横断层，另一组是与褶皱轴向一致的北东东向纵断层，即层间断裂。

高骊山组与黄龙组之间的层间断裂，为主要的控矿构造。

与成矿有关的石英闪长岩受上述两组断裂控制。

##### 2.1.1.3 岩浆岩

矿区出露的岩浆岩，主要为矶头岩体和牛山岩枝。

矶头岩体分布于矿区中部，出露面积约0.3km<sup>2</sup>，呈椭圆状小岩株，并向四周分出许多枝杈，其中包括矿区西部的牛山岩枝。

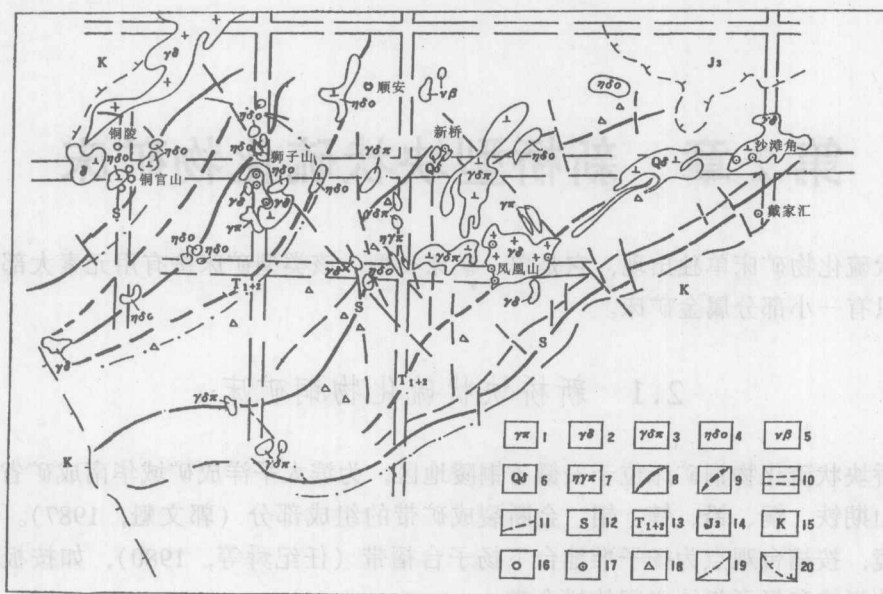


图 2.1 区域地质构造简图 (据常印佛等, 1991)

1. 花岗斑岩; 2. 花岗闪长岩; 3. 花岗闪长斑岩; 4. 石英二长闪长岩; 5. 辉长辉绿岩; 6. 石英闪长岩;
7. 二长花岗斑岩; 8. 背斜轴; 9. 向斜轴; 10. 基底断裂; 11. 断裂; 12. 志留系; 13. 三叠系中下统;
14. 上侏罗统火山岩; 15. 白垩系红层; 16. 铜铁产地; 17. 铜矿产地; 18. 铅锌产地 (网格空白处);
19. 矿产分带线; 20. 中新世盆地界线

该岩体大体上可划分为 3 个岩相: 中心相为石英闪长岩, 过渡相为闪长岩, 边缘相为闪长玢岩。

岩石呈深灰色, 粒状结构和块状构造。主要组成矿物为斜长石, 其次为角闪石和石英。含有榍石、磷灰石等副矿物。

岩石具有矽卡岩化、绢云母化、硅化、绿泥石化及碳酸盐化现象。

石英闪长岩的同位素年龄值为  $168 \times 10^6 \text{a}$ , 属燕山期产物。

此外, 还有成矿后的煌斑岩岩脉和闪长玢岩岩脉, 该闪长玢岩为超浅成脉岩; 具有气孔构造。

铁、铜、铅、锌及硫等微量元素围绕石英闪长岩体呈现带状分布 (图 2.3), 说明矿床形成与石英闪长岩有关。

## 2.1.2 块状硫化物型铜矿床

### 2.1.2.1 矿体的形态、产状及围岩蚀变

块状硫化物矿体主要赋存于下石炭统高骊山组石英砂岩假整合面上中、上石炭统黄龙组、船山组灰岩层位内 (图 2.2), 以充填、交代作用为主, 矿体产状与围岩基本一致, 呈似层状产出, 但与围岩地层之间不是成层整合关系, 而是切穿、交代关系 (图 2.4、图 2.5)。黄龙组、船山组灰岩的化学性质活泼, 层间破碎强烈, 加之黄龙组底板

为化学性质不活泼的高骊山组石英砂岩，从而有利于含矿热液的充填和交代，但也未完全充填、交代整个层位，而表现为分枝复合（表 2.1），部分矿体明显斜切灰岩层理（图 2.6）。矿体不仅交代黄龙组灰岩和船山组灰岩，而且也交代高骊山组石英砂岩（图 2.4），但因石英砂岩的化学性质不活泼，不利于交代，其成矿条件不如黄龙组、船山组灰岩。此外，矿体还交代栖霞组灰岩（图 2.2），从赋矿层位的角度，矿体交代了四个组的地层。矿体与石英闪长岩、闪长玢岩（边缘相）之间同样是交代关系，矿体交代石

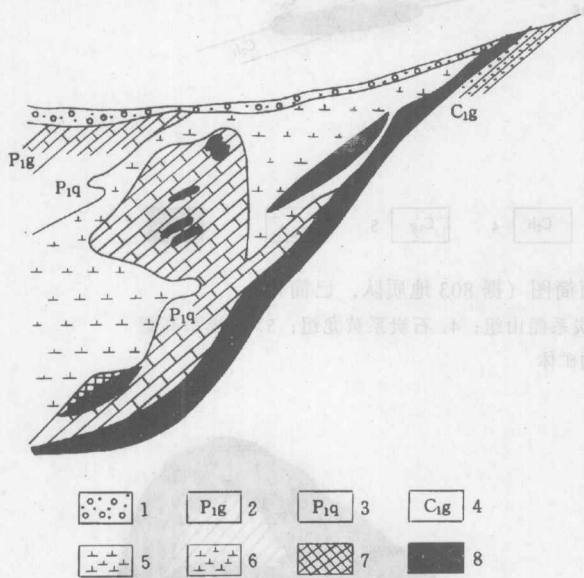


图2.2 17勘探线剖面简图(据803地质队,已简化)  
1. 第四系;2. 二叠系孤峰组;3. 二叠系栖霞组;4. 石炭系高骊山组;5. 石英闪长岩;6. 闪长玢岩;7. 砂卡岩;8. 块状硫化物矿体

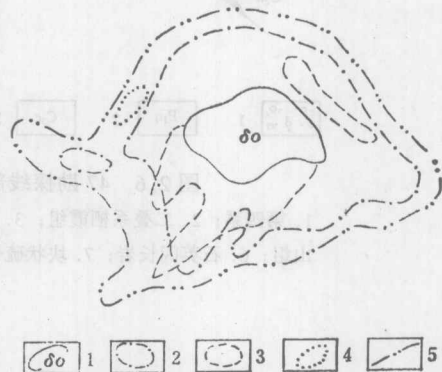


图 2.3 岩体中微量元素分布  
(据郭文魁等, 1978)  
1. 石英闪长岩;2. 黄铜矿界线;3. 磁铁矿界线;4. 铅、锌矿界线;5. 黄铁矿界线

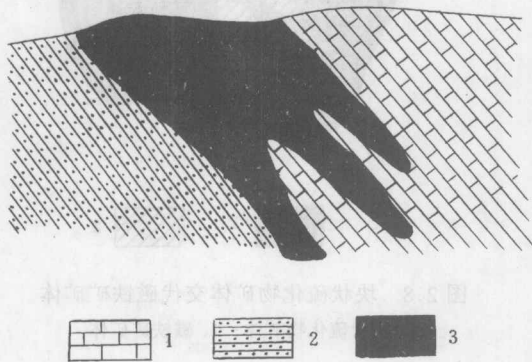


图 2.4 块状硫化物矿体交代围岩  
1. 黄龙组、船山组灰岩;2. 高骊山组石英砂岩;3. 块状硫化物矿体

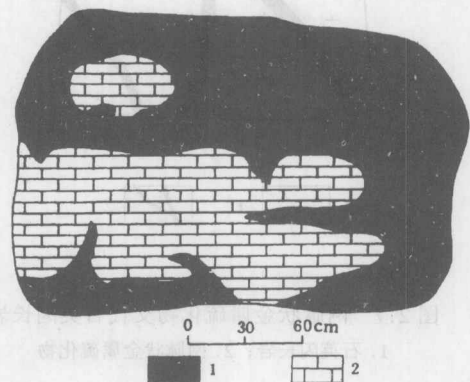


图 2.5 块状硫化物矿体交代黄龙组灰岩  
1. 块状硫化物矿体;2. 黄龙组灰岩

英闪长岩、闪长玢岩（边缘相），而且矿体周围的岩浆岩同样受到了矿化（表 2.2，图 2.2、图 2.7）。块状硫化物矿体也交代矽卡岩，以及与之有关的磁铁矿矿体（表 2.2、图 2.8），由图 2.2 可以看出，石英闪长岩与矽卡岩、块状硫化物矿体呈渐变过渡关系。

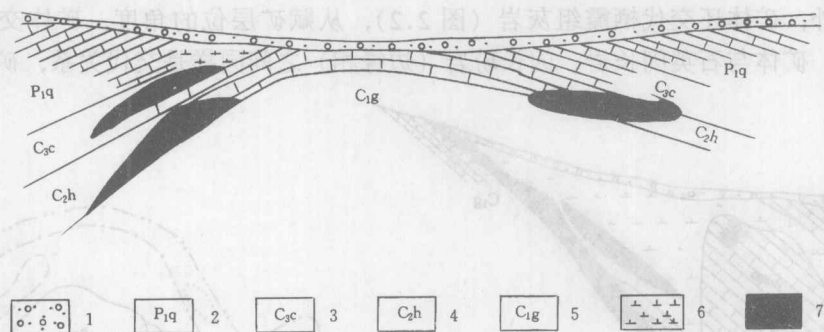


图 2.6 47 勘探线剖面简图（据 803 地质队，已简化）

1. 第四系；2. 二叠系栖霞组；3. 石炭系船山组；4. 石炭系黄龙组；5. 石炭系高骊山组；6. 石英闪长岩；7. 块状硫化物矿体

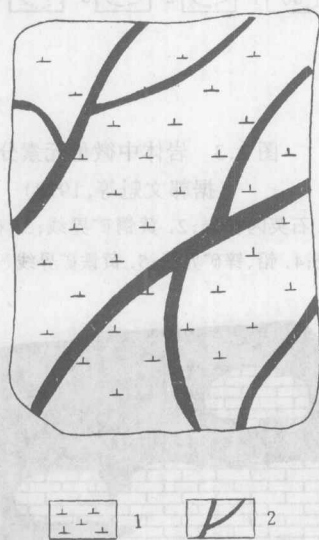


图 2.7 网脉状金属硫化物交代石英闪长岩  
1. 石英闪长岩；2. 网脉状金属硫化物

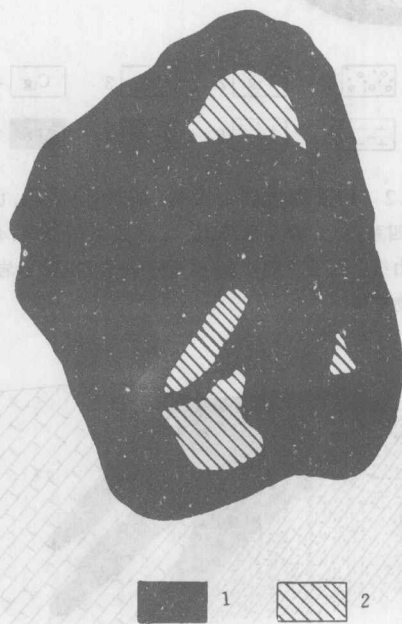


图 2.8 块状硫化物矿体交代磁铁矿矿体  
1. 块状硫化物矿体；2. 磁铁矿矿体

表 2.1 新桥块状硫化物型矿床与其他地质体之间关系 (据 803 地质队)

| 勘探线 | 块状硫化物矿床与其他地质体之间关系                                                      |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| 17  | 块状硫化物矿体交代栖霞组 (P <sub>1</sub> q) 灰岩, 闪长玢岩 (边缘相), 石英闪长岩、矽卡岩与块状硫化物矿体呈逐渐过渡 |
| 20  | 块状硫化物矿体交代闪长玢岩 (边缘相), 块状硫化物矿体斜切灰岩层理, 矿体呈分叉现象                            |
| 25  | 块状硫化物矿体交代栖霞组 (P <sub>1</sub> q) 灰岩                                     |
| 32  | 块状硫化物矿体呈分枝复合现象                                                         |
| 47  | 块状硫化物矿体明显斜切灰岩层理                                                        |
| 77  | 块状硫化物矿体斜切灰岩层理, 矿体呈分叉现象                                                 |

表 2.2 块状硫化物型矿床与地层、岩浆岩及矽卡岩之间关系

| 钻孔  | 深度 (m)  | 说 明               |
|-----|---------|-------------------|
| 183 | 334~350 | 块状硫化物矿体           |
|     | 350~373 | 磁铁矿矿体, 部分被块状硫化物交代 |
|     | 373~377 | 块状硫化物矿体           |
| 330 | 252~269 | 矿化灰岩              |
|     | 269~274 | 矽卡岩               |
|     | 247~281 | 石英闪长岩             |
|     | 281~295 | 矿化石英闪长岩           |
|     | 295~309 | 块状硫化物矿体中存在磁铁矿残留体  |
|     | 309~314 | 块状硫化物矿体           |
|     | 378~380 | 块状硫化物矿体           |
|     | 380~383 | 磁铁矿矿体, 部分被块状硫化物交代 |
|     | 383~398 | 块状硫化物矿体           |
|     | 398~409 | 矿化石英闪长岩           |

块状硫化物矿体的围岩蚀变发育。矿体底板高骊山组石英砂岩中的围岩蚀变主要为硅化, 其次为绢云母化、粘土化及碳酸盐化。硅化表现为含黄铜矿、黄铁矿的石英细脉和网脉穿切、交代石英砂岩; 绢云母化、粘土化表现为绢云母、粘土矿物呈分散状交代石英砂岩; 碳酸盐化表现为方解石呈细脉状、浸染状交代石英砂岩以及前述蚀变的产物。矿体顶板黄龙组、船山组灰岩在受热重结晶形成大理岩的基础上, 围岩蚀变主要为硅化, 石英呈细脉、网脉穿切、交代大理岩。矿体内黄铜矿与细粒黄铁矿、石英共生,

铜矿的形成与硅化有关。

#### 2.1.2.2 矿石的矿物成分和结构、构造

##### (1) 矿石的矿物成分

矿石的矿物成分有 20 余种, 其中矿石矿物以黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿为主, 脉石的矿物以石英、方解石为主。现简述如下:

1) 黄铁矿: 黄铁矿是块状硫化物矿床中分布最广、含量最多的金属矿物, 其含量一般大于 50%, 呈致密块状产出, 组成块状构造的矿石。黄铁矿的 Co/Ni 值大于 1, 为 1.47 (常印佛等, 1991)。黄铁矿大部分呈立方体的自形、半自形粒状晶体, 少量呈胶体。按粒径可将黄铁矿分中粗粒 (粒径  $>0.15\text{mm}$ )、细粒 (粒径  $0.03\sim0.15\text{mm}$ ) 以及胶状黄铁矿。细粒黄铁矿形成晚于中粗粒黄铁矿, 胶状黄铁矿交代中粗粒黄铁矿和细粒黄铁矿。

2) 磁黄铁矿: 磁黄铁矿在块状硫化物矿床中分布较广、含量较多的金属矿物, 其含量一般为 20% 左右。磁黄铁矿大部分呈它形粒状晶体, 其形成较早, 常被黄铁矿、黄铜矿交代。

3) 黄铜矿: 黄铜矿是块状硫化物矿床中主要的含铜矿物。黄铜矿呈它形粒状, 粒径一般为  $0.05\sim0.2\text{mm}$ , 主要与石英、细粒黄铁矿共生, 以浸染状、细脉状、网脉状及团块状交代磁黄铁矿、中粗粒黄铁矿。

4) 磁铁矿: 磁铁矿分布窄、含量少, 其形成时间早, 被磁黄铁矿、黄铁矿及黄铜矿等金属硫化物交代。

5) 石英: 石英是块状硫化物矿床中主要的脉石矿物。在矿石中呈粒状、浸染状、脉状及网脉状分布, 含量较多。石英的晶出时间较长, 与磁黄铁矿、中粗粒黄铁矿、细粒黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿及方铅矿等共生, 构成石英-硫化物阶段。

6) 方解石: 方解石在脉石矿物中的含量仅次于石英, 呈浸染状、细脉状交代黄铁矿、黄铜矿及石英, 与白铁矿、胶状黄铁矿共生, 为晚期阶段的蚀变产物。

除了上述矿物以外, 还有石榴石、绿帘石、赤铁矿、绿泥石、绢云母、粘土矿物、辉铜矿、斑铜矿等矿物。

##### (2) 矿石的结构和构造

矿石的结构主要有:

1) 晶粒结构: 矿石主要由粒状晶体的黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及石英等组成晶粒结构。

2) 交代残余结构: 中粗粒黄铁矿中有磁黄铁矿残留体及磁黄铁矿中有磁铁矿残留体都属交代残余结构。

3) 网状结构: 黄铜矿、细粒黄铁矿交代碎裂的磁铁矿和中粗粒黄铁矿, 形成网状结构。

矿石的构造主要有:

1) 块状构造: 矿床中最主要的矿石构造, 其金属矿物含量在 60%~80% 以上, 主要是黄铁矿、磁黄铁矿及黄铜矿, 尚有少量脉石矿物, 为石英和方解石。

2) 稠密浸染状构造: 金属硫化物含量低于 60%~80%, 主要由黄铁矿、磁黄铁矿

及黄铜矿组成。

### 2.1.3 矿体中的成矿元素及微量元素组成

矿体中的成矿元素及微量元素组成如表 2.3 所示。由表 2.3 中的元素浓集克拉克值, 可得到如下的元素浓集序列:

Bi-As-Ag-Cu-Sn-Mo-W-Pb-Zn-Mn-Co-V-Ni-Ti

矿体以 Cu、Bi、As 及 Ag 等的元素浓集克拉克值高为特征。

矿体中的成矿元素在轴向上存在分带现象, Pb、Zn 在上部富集, Cu 在中部富集, 而 S 在下部富集。

表 2.3 矿体中的成矿元素及微量元素 ( $\times 10^{-6}$ )

|           | Cu    | Pb    | Zn    | Ag    | Mo  | As  | W   | Sn  | Bi    | Ni   | Co  | V    | Mn    | Ti    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|------|-----|------|-------|-------|
| 矿体        | 4 695 | 127.3 | 455.3 | 15.57 | 60  | 639 | 42  | 132 | 100   | 10   | 20  | 29   | 3 250 | 484   |
| 地壳岩石克拉克值* | 55    | 12.5  | 70    | 0.07  | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 2   | 0.17  | 75   | 25  | 135  | 950   | 5 700 |
| 浓集克拉克值    | 85.3  | 10.1  | 6.5   | 222.4 | 40  | 355 | 28  | 66  | 588.2 | 0.13 | 0.8 | 0.21 | 3.42  | 0.08  |

\* 据泰勒, 1964。

### 2.1.4 矿床的硫同位素组成

矿床中金属硫化物的  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $+0.20\text{‰}$  (表 2.4), 矿化石英闪长岩中金属硫化物的  $\delta^{34}\text{S}$  值为 0, 两者接近于或等于陨石硫的同位素组成, 表明两者成因上的一致, 来源于岩浆, 而与围岩中沉积形成黄铁矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值  $-15.1\text{‰}$  完全不同, 进一步说明矿床不是沉积形成, 也排除了矿床的形成与海底火山沉积作用有关, 因后者  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $+20\text{‰}$ 。

表 2.4 新桥铜矿床的硫同位素组成\*

|                                 | 矿体            | 矿化石英闪长岩  | 围岩中沉积形成黄铁矿    |
|---------------------------------|---------------|----------|---------------|
| $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ | $+0.2$ (60 件) | 0 (13 件) | $-15.1$ (4 件) |

\* 新桥矿工程指挥部地质队。新桥矿床地质。1974。

### 2.1.5 成矿作用和成矿阶段

块状硫化物矿床的形成与石英闪长岩有关。随着温度和压力的下降, 含矿热液由冷凝结晶的石英闪长岩浆中分出, 主要进入黄龙组、船山组灰岩的层间断裂带中, 进行充填和交代, 从而形成块状硫化物铜矿床。矿床的成矿作用划分成 4 个阶段, 即矽卡岩阶

段、氧化物阶段、石英-硫化物阶段及碳酸盐阶段。

(1) 矽卡岩阶段：含矿热液交代灰岩，形成石榴石和透辉石组成的简单矽卡岩。该阶段发育较弱，且部分已被块状硫化物矿体充填、交代。

当含矿热液充填、交代黄龙组底部白云岩或白云质灰岩时，可局部形成镁质矽卡岩，其矿物共生组合为蛇纹石、滑石、透闪石和石英，金属矿物为磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿和黄铁矿。矿石构造中常出现层纹状构造、韵律构造，以及在此基础上形成的揉皱构造。类似的矿石构造在安徽铜陵地区冬瓜山矿床和铜官山矿床中都存在。

(2) 氧化物阶段：含矿热液的进一步交代，形成由透闪石、绿帘石组成的矿物共生组合，构成氧化物阶段。该阶段也不发育，与其有关的金属矿物为磁铁矿、赤铁矿。

(3) 石英-硫化物阶段：在上述两个阶段基础上，含矿热液继续作用，形成石英及金属硫化物组成的矿物共生组合。此阶段特别发育，金属硫化物大量晶出，从而构成由60%~80%以上金属硫化物组成的块状矿石构造。本阶段可进一步分为4个亚阶段。

1) 磁黄铁矿亚阶段：主要由磁黄铁矿和石英组成。

2) 黄铁矿亚阶段：主要由中粗粒黄铁矿和石英组成。

3) 黄铜矿亚阶段：由黄铜矿、细粒黄铁矿和石英组成。铜矿化与该亚阶段有关。

4) 方铅矿、闪锌矿亚阶段：由方铅矿、闪锌矿和石英组成。铅锌矿化与该亚阶段有关。

(4) 碳酸盐阶段：含矿热液进一步交代上述几个阶段的产物，形成方解石、菱铁矿、石髓、胶状黄铁矿等组成的矿物共生组合。

## 2.2 丁家山块状硫化物铜矿床

丁家山侵入型块状硫化物矿床与江西九瑞地区的武山、城门山侵入型块状硫化物矿床及安徽铜陵地区新桥、冬瓜山、马山等侵入型块状硫化物矿床一样，它们具有相似的金属硫化物矿物组成，都具有块状矿石构造和一致的成矿作用，但丁家山侵入型块状硫化物矿床主要赋存于中生代花岗闪长斑岩体内，即与中生代花岗闪长斑岩有关的含矿热液直接交代花岗闪长斑岩基础上形成。丁家山块状硫化物铜矿床是表明侵入型块状硫化物矿床形成与石炭纪海底火山沉积、海底喷气沉积或海底热泉沉积作用无关的典型实例，也是表明侵入型块状硫化物矿床形成未经过沉积作用阶段的典型实例，更是表明侵入型块状硫化物矿床形成主要与岩浆热液有关的典型实例。

### 2.2.1 成矿地质背景

#### 2.2.1.1 地层

丁家山铜矿床位于江西省北部九瑞地区。其构造环境处于扬子准地台瑞昌—九江凹褶断东端大冲—丁家山背斜东段南翼。

矿区出露地层主要为中上志留统：

(1) 中志留统桥头组

本组地层主要分布于矿区北部，为浅黄、灰白色泥灰岩及页岩，该泥灰岩具蠕虫状