

中国矽卡岩矿床

赵一鸣 林文蔚 等著

地质出版社

中国矽卡岩矿床

赵一鸣 林文蔚 毕承思

著

李大新 蒋崇俊

地质出版社

前 言

我国是世界上矽卡岩矿床最发育、分布最广和采冶历史最悠久的国家之一。我国的矽卡岩矿床成矿地质条件复杂，类型和矿种比较齐全。现已探明的该类矿产储量和矿石生产量在金属矿床中占有重要位置。一些矽卡岩矿床在世界上较罕见，其规模也名列前茅。

早在春秋战国时期，湖北大冶铜绿山铜矿和山东金岭镇铁矿等矽卡岩矿床就已开采过。有些重要矽卡岩矿床，如大冶铁矿、铜官山铜矿、个旧锡矿和杨家杖子钼矿床等在解放前均已驰名中外。自50年代初起，我国地质工作者开始重视对各类矽卡岩矿床的普查勘探和研究。通过广大地质工作者的长期努力，发现了大量新的矿产地，许多老矿山扩大了远景，并积累了丰富的地质资料和找矿经验。

有关矽卡岩矿床的研究，一些国家如苏联、美国和日本等均较重视，出版了有关专著，如苏联扎里柯夫（1968）的“矽卡岩”，沙贝宁（1974、1978）的“镁矽卡岩建造中的金属矿床”和“镁矽卡岩型铁矿床”，日本宫沢俊弥（1977）的“接触交代矿床的研究”以及美国爱诺迪等（1981）的“矽卡岩矿床”等。但是在他们的著作中基本未反映中国矽卡岩矿床的情况。

我们从1962年起就开始研究矽卡岩矿床，先后曾对湖北大冶（Fe、Cu）、四川泸沽（Fe、Sn）、东秦岭（Fe、Mo、Cu、Zn）、闽南（Fe、Mo、Pb、Zn）等地区进行过较系统和深入的研究工作，积累了不少第一手资料，为进一步研究总结该类矿床创造了条件。

为了更好地研究和总结中国矽卡岩矿床的成矿规律、成矿条件、地质特征、成岩成矿机制和找矿评价标志，促进该类型矿床的找矿和研究工作，中国地质科学院于1982年下达了“中国矽卡岩矿床”的研究任务。自1982年6月以来，我们重点研究解剖了云南个旧锡多金属矿床、辽宁杨家杖子钼矿床、湖南新田岭白钨矿床和辽宁八家子铅锌矿床，并对柿竹园、瑶岗仙、香花岭、翁泉沟、五道岭、弓棚子、香柞和沂南等矽卡岩矿床进行了野外调查和有关室内研究，对重点解剖矿床进行了岩石学、矿物地球化学、稳定同位素和流体包裹体等室内研究。

本书分总论和矿床实例两大部分，共22章。其中总论有15章，内容包括矽卡岩矿床的基本概念、研究简史、矿床分类、时空分布规律、控矿的地层围岩、岩浆岩和构造条件、各类矽卡岩、碱质交代岩和其他有关交代岩特征、矿化和矽卡岩的关系。矽卡岩和重要交代岩的矿物共生组合分析、流体包裹体、稳定同位素和挥发组分特征、成矿系列、交代系列和成矿模式以及找矿评价标志等。矿床实例有7章，主要描述了铁、铜、铅、锌、钨、锡、钼、金等矽卡岩矿床中有代表性的矿床共26个，由于其中有些重要矿床作者曾进行过较深入的研究，因此附有较多的第一手资料。

本书的论述重点和主要成果是：1. 对我国矽卡岩矿床进行了成因分类，阐明了矽卡岩矿床产出的地质构造背景，特别是大地构造和深部构造环境对不同岩浆岩组合和有关矽卡岩矿床的控制，矿床的时空分布规律；2. 讨论了各类成矿岩浆岩的地质地球化学特征，

引入岩石总基度的概念,深入研究了我国含矿岩浆岩的岩石化学特征、演化 and 成因,发展了对成矿专属性的认识;3.详细讨论了镁矽卡岩、钙矽卡岩、锰质矽卡岩和碱质矽卡岩的生成地质条件、特征、分带性、矿物成分及其形成的物理化学条件,研究了辉石、石榴石等重要矽卡岩矿物的成因矿物学特征及其对矿化类型的指示意义;4.划分出两个新的交代建造——锰质矽卡岩和碱质矽卡岩,特别是锰质矽卡岩的提出,对发展矽卡岩理论具有重要意义;5.在镁矽卡岩中发现了熔融包裹体,进一步论证了东秦岭地区岩浆期镁矽卡岩的存在及其与岩浆期后镁矽卡岩的鉴别特征;6.先后在我国首次发现了铝透辉石(深绿辉石)、含氟角闪石、含氟透闪石、含氟锰阳起石、钙锰辉石、硼符山石、硼角闪石、赛黄晶、灰枪晶石、氟镁钠闪石等十余个较罕见的矽卡岩和交代矿物,并进行了有关矿物学的研究;7.系统地研究了钠质交代岩和钾质交代岩的岩石学特征和成岩过程中元素的地球化学迁移规律,阐明了挥发组分和碱质交代作用的成矿专属性以及它们在矽卡岩成矿中的重要作用,金属物质的搬运形式和沉淀条件;8.提出并论述了矽卡岩矿床交代系列的概念,阐明了有代表性矽卡岩矿床成矿系列的理想模式;9.详细叙述了各类典型矽卡岩矿床的地质特征;10.最后,总结归纳出十四个评价矽卡岩矿床的重要找矿标志并指出了有关找矿前景。

本书由赵一鸣、林文蔚、毕承思、李大新、蒋崇俊共同撰写而成。其中前言、第一、二、三、五、七、八、九、十、十三、二十一、二十二章由赵一鸣执笔,第六、十五、十九章由林文蔚执笔,第十二、十六章由毕承思执笔,第四章由林文蔚、赵一鸣执笔,第十一章由林文蔚、蒋崇俊执笔,第十四、二十章由赵一鸣、蒋崇俊执笔,第十七章由赵一鸣、毕承思执笔,第十八章由赵一鸣、李大新执笔。全书由赵一鸣最后审定。

在野外地质调查过程中,我们曾得到湖北、湖南、陕西、山东、福建、广东、辽宁、云南、甘肃、浙江、江西、河北、河南、黑龙江等省的地质队、区测队、物探队和矿山等单位有关同志的热情帮助。在本书编写过程中,曾参阅并引用了地矿部、冶金部、有色金属总公司、中国科学院系统生产、教育和研究单位、个人许多未公开出版的内部地质文献资料及书刊。在此,谨表示衷心的感谢。

中国地质科学院、矿床地质研究所对本书的编写给予很大的鼓励和帮助。本书成稿后蒙裴荣富、冯钟燕、沈保丰、芮宗瑶、沈文彬等同志审阅了全文并提出许多宝贵意见。作者对此深表谢意。

岩矿测试技术研究所承担了大部分岩石、矿物的化学分析和其他测试分析工作,矿床所黄家山、刘金定、王立本、郭立鹤、吴功保、王文瑛、周科子、黄进、吴静淑、白瑞梅等配合本专题进行了X射线、红外光谱、穆斯堡尔谱、电子探针、稳定同位素等方法的测试研究,沙俊生、赵建军协助进行标本和光薄片显微照相。书中插图由周国容、王晓红清绘,作者一并表示深切的感谢。

最后,作者还要感谢曾先后参加过矽卡岩专题工作的同志,包括陶惠亮、王立华、艾惠珍、伍家善、韩发、罗镇宽、付国民、冯益民、周德科、王俊连、王殿惠、谭惠静、许振南、袁润广、郑人来和孙静华等。本书也凝聚有他们的部分辛勤劳动的成果。

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、矽卡岩矿床某些基本概念	1
二、矽卡岩矿床在金属矿床中所占的重要位置	2
三、矽卡岩矿床研究简史	2
第二章 矽卡岩矿床分类	6
第三章 中国矽卡岩矿床分布规律——14个重要成矿带(区)概述	16
第四章 矽卡岩矿床及有关岩浆岩产出的地质构造背景	24
一、矽卡岩矿床及其有关岩浆岩的深部构造特征	24
二、大地构造单元对矽卡岩矿床的控制	32
三、大(深)断裂对矿床分布的控制	33
四、隆起和凹陷对矿种或矿床类型的控制	33
五、区域性构造复合的控岩控矿作用	34
六、控矿接触构造形式	34
第五章 围岩对矽卡岩矿床的控制	37
第六章 成矿岩浆岩特征	40
一、成矿岩浆岩的时、空分布	40
二、岩石学特征	42
三、岩石化学特征	47
四、黑云母成分特征及其与矿化关系	52
五、构造环境分析	56
第七章 矽卡岩	60
一、镁矽卡岩	60
二、钙矽卡岩	65
三、锰质矽卡岩	68
四、碱质矽卡岩	76
第八章 碱质交代岩	77
一、钠质交代岩	77
二、钾质交代岩	81
第九章 矽卡岩期后酸性淋滤阶段的交代岩	87
一、角闪石交代岩	87
二、云英岩	89
三、氟硼质交代岩	90
四、绢英岩和黄铁绢英岩	90

第十章 成矿阶段、矿物组成、矿化和矽卡岩的关系	91
一、矽卡岩矿床形成阶段和矿物组合	91
二、矽卡岩分带和矿化分带的关系	92
三、矽卡岩和金属矿化的地球化学联系	94
第十一章 矽卡岩矿床形成的物理化学条件	96
一、矽卡岩矿床流体包裹体特征	96
二、主要矽卡岩类型矿物共生分析	106
三、共生矿物对的研究——矽卡岩矿床的深度相、氧逸度及酸度计	112
第十二章 矽卡岩矿床稳定同位素特征	123
一、硫同位素组成	123
二、氢氧同位素组成	126
三、碳同位素组成	130
四、铅同位素组成	132
五、锶同位素组成	135
第十三章 挥发组分在矽卡岩矿床形成中的作用	137
一、挥发组分在矽卡岩矿床的矿石、交代岩、矿物和其他岩石中的分布	137
二、挥发组分和碱质交代作用的成矿地球化学专属性	139
三、关于矿质运移的形式	141
四、金属矿物沉淀富集的条件	142
第十四章 矽卡岩铁矿床	144
一、关于矽卡岩铁矿床的岩浆岩成矿专属性问题	144
二、新疆磁海铁矿床	146
三、河北武安关铁铁矿床	148
四、湖北大冶铁山铁(铜)矿床	152
五、福建龙岩马坑铁钼矿床	164
六、陕西木龙沟、黑山铁(钼、多金属)矿床	171
七、与火山气液作用有关的矽卡岩矿床	178
第十五章 矽卡岩铜矿床	182
一、湖北大冶铜绿山铜(铁)矿床	183
二、江西城门山铜矿床	190
三、河北寿王坟铜矿床	196
第十六章 矽卡岩铅锌矿床	201
一、辽宁八家子铅锌矿床	202
二、湖南水口山铅锌矿床	206
三、湖南黄沙坪铅锌矿床	209
第十七章 矽卡岩钨矿床	213
一、湖南新田岭钨矿床	213
二、湖南柿竹园钨(锡、铋、钼多金属)矿床	224
三、黑龙江羊鼻山钨矿床	229

第十八章 矽卡岩锡矿床	232
一、云南个旧锡多金属矿床.....	232
二、广西大厂锡多金属矿床.....	256
三、湖南香花岭锡多金属矿床.....	260
四、内蒙黄岗锡铁矿床.....	264
第十九章 矽卡岩钼矿床	267
一、辽宁杨家杖子钼矿床.....	268
二、河南三道庄钼钨矿床.....	293
第二十章 其他矽卡岩矿床	298
一、矽卡岩金矿床.....	298
二、辽宁赛马铀矿床.....	302
三、辽宁翁泉沟铁硼矿床.....	306
四、矽卡岩非金属矿床.....	310
第二十一章 成矿系列和交代系列	314
一、矽卡岩矿床的成矿系列.....	314
二、矽卡岩矿床的交代系列.....	317
第二十二章 矽卡岩矿床的评价标志和找矿前景	321
一、矽卡岩矿床的评价标志.....	321
二、矽卡岩矿床找矿前景和今后工作中应注意的几个问题.....	327
参考文献	329
英文摘要	339
图版及其说明	347

Contents

Preface

Chapter 1 Introduction	1
1. Some elementary concepts of skarn deposits	1
2. Position of skarn deposits in the ore deposits	2
3. Brief research history of skarn deposits	2
Chapter 2 Classification of skarn deposits	6
Chapter 3 Distribution of skarn deposits in China—A summary of 14 major metallogenic belts	16
Chapter 4 Geotectonic settings of skarn deposits and related ma- gnatites	24
1. Deep-seated tectonic characteristics	24
2. Geotectonic elements controlling skarn deposits	32
3. Great (deep) faults controlling distribution of skarn deposits	33
4. Upwarping and downwarping zones controlling skarn deposits	33
5. Regional compounding structure controlling skarn deposits	34
6. Patterns of contact structure controlling skarn deposits	34
Chapter 5 Wall-rocks and strata controlling skarn deposits	37
Chapter 6 Characteristics of minerogenetic intrusions	40
1. Space-time distribution of the minerogenetic intrusions	40
2. Petrological characteristics	42
3. Petrochemistry and its relationship to the mineralizations	47
4. Composition of biotite and its relationship to the mineraliza- tions	52
5. Analysis of tectonic settings	56
Chapter 7 Skarns	60
1. Magnesian skarns	60
2. Calcic skarns	65
3. Manganoan skarns	68
4. Alkaline skarns	76
Chapter 8 Alkaline metasomatites	77
1. Sodic metasomatites	77
2. Potash metasomatites	81
Chapter 9 Metasomatites of postskarn acidic leaching stage	87
1. Hornblende metasomatites	87

2. Greisen	89
3. Fluor-boro-metasomatites	90
4. Sericite-quartz-metasomatite and beresite	90
Chapter 10 Mineralization stage, mineral assemblage, and relationship between mineralization and skarnization.....	91
1. The formation stage and mineral assemblage of skarn deposits.....	91
2. Relationship between skarn zoning and mineralization zoning	92
3. Geochemical relationship between skarn and metallic mineralization	94
Chapter 11 Physicochemical conditions for the formation of skarn deposits.....	96
1. Characteristics of fluid inclusions	96
2. Paragenetic analysis of the main skarn types.....	106
3. Study of the paragenetic mineral pairs—depth facies, oxygen fugacity, and acidometer	112
Chapter 12 Stable isotopic characteristics of skarn deposits	123
1. Sulfur isotopes.....	123
2. Hydrogen and oxygen isotopes	126
3. Carbon isotopes	130
4. Lead isotopes	132
5. Strontium isotopes	135
Chapter 13 Role of the volatiles in the skarn ore formation	137
1. Distribution of volatiles in ores, metasomatites, minerals, and other rocks of skarn deposits.....	137
2. Minerogenetic geochemical speciality of volatiles and alkali-metasomatism	139
3. Transport forms of ore materials	141
4. Conditions for ore mineral precipitation and concentration	142
Chapter 14 Iron skarn deposits	144
1. Metallogenetic speciality of their related magmatic rocks of iron skarn deposits	144
2. Cihai iron deposit, Xinjiang	146
3. Zhongguan iron deposit, Hebei province	148
4. Tieshan iron (copper) deposit, Daye, Hubei province.....	152
5. Makeng iron (molybdenum) deposit, Fujian province.....	164
6. Mulonggou and Heishan iron (polymetal) deposit, Shanxi province	171
7. Iron deposit related to the volcano-pneumato-hydrothermalysis	178
Chapter 15 Copper skarn deposits.....	182

1. Tongliushan copper (iron, gold) deposit, Hubei province	183
2. Chengmenshan copper deposit, Jiangxi province	190
3. Shouwangfen copper deposit, Hebei province	196
Chapter 16 Lead-zinc skarn deposits	201
1. Bajiazi lead-zinc (silver) deposits, Liaoning province	202
2. Shuikoushan lead-zinc deposit, Hunan province	206
3. Hangshaping lead-zinc, Hunan province.....	209
Chapter 17 Tungsten skarn deposits	213
1. Xintianling tungsten deposit, Hunan province.....	213
2. Shizhuyuan W, Sn, Mo, Bi, (Pb, Zn) deposit, Hunan province.....	224
3. Yangbishan Tungsten deposit, Heilongjiang province	229
Chapter 18 Tin skarn deposits.....	232
1. Gejiu tin-polymetallic deposit, Yunnan province.....	232
2. Dachang tin-polymetallic deposit, Guangxi	256
3. Xianghualing tin-beryllium-polymetallic deposit, Hunan pro- vince	260
4. Huanggang tin-iron deposit, Inner Mongolia	264
Chapter 19 Molybdenum skarn deposits	267
1. Yangjiazhangzi molybdenum deposit, Liaoning province	268
2. Sandaozhuang tungsten-molybdenum deposit, Henan province	293
Chapter 20 Other skarn deposits	298
1. Gold skarn deposits	298
2. Saima uranium (thorium) deposit, Liaoning province	302
3. Wengquangou boro-iron deposit, Liaoning province.....	306
4. Nonmetallic skarn deposits	310
Chapter 21 Minerogenetic series and metasomatic series of skarn deposits	314
1. Minerogenetic series of skarn deposits.....	314
2. Metasomatic series of skarn deposits	317
Chapter 22 Ore-searching prospects for skarn deposits in China and some suggestions for future research	321
1. Evaluation criteria of skarn ore deposits.....	321
2. Ore-searching prospect of skarn ore deposits and some problems needing attention hereafter in the work.....	327
References	329
English abstract	339
Plates	347

第一章 绪 论

一、矽卡岩矿床某些基本概念

矽卡岩这个名词最早是瑞典中部的矿工用来称呼那些与铁矿石伴生的深色钙质硅酸盐岩石的,以后经焦涅邦(1875)正式提出并为林格仑(1902)、戈尔德施密特(1911)等所采用。从那时起,矽卡岩矿床便成为一种独立的矿床类型。矽卡岩矿床也称接触矿床(柯塔,1864)、接触变质矿床(林格仑,1902;赫斯,1919)、接触气成矿床(史奈德洪,1941)、高温交代矿床(林格仑,1922)、接触交代矿床(别捷赫琴,1951)和火成变质矿床(帕克等,1972)。

目前,我们对矽卡岩矿床的认识是:矿体一般产于铝硅酸盐岩(包括侵入岩、火山岩、混合岩或其它碎屑岩)和碳酸盐岩或其它钙(镁)质围岩接触带的矽卡岩及其附近的交代岩中,在岩浆期后高温气液或火山气液或与混合岩化有关的高温气液作用下,主要是通过接触反应交代的方式生成的。矿石中常有矽卡岩矿物或变矽卡岩矿物存在。矽卡岩矿床经常伴生某些产于接触带附近围岩中,而不伴有矽卡岩矿物的各类交代矿床,如云英岩矿床、细脉浸染型交代矿床(斑岩型矿床)和其他热液交代矿床等,但这些矿床和矽卡岩矿床之间是互有成因联系的。也就是说,我们是把矽卡岩矿床当作一个成矿系列或含矿交代系列来考虑的。矽卡岩成矿作用是从矽卡岩阶段开始,到高中(低)温热液交代(酸性淋滤)阶段连续演化的复杂过程。在此过程中,金属矿化一部分形成于矽卡岩期,但相当部分则形成于高中温热液交代阶段。矿化作用是矽卡岩成矿作用演化到一定阶段的必然产物。

在文献上,矽卡岩按成分曾分为两大类,即钙矽卡岩和镁矽卡岩。钙矽卡岩是由透辉石-钙铁辉石系列、钙铝榴石-钙铁榴石系列、硅灰石、符山石等钙镁铁(铝)硅酸盐矿物组成的接触反应交代岩,它是在各种高温气液作用下,主要形成于侵入体或其它铝硅酸盐和灰岩或其他钙质岩石的接触带。镁矽卡岩是由高温富镁矿物——镁橄榄石、透辉石、尖晶石、金云母、硅镁石族等组成的交代岩石,它是白云岩或其它镁质碳酸盐岩石和岩浆(岩)或铝硅酸盐岩石接触带,在岩浆溶液参与下相互接触反应的产物。

除了钙矽卡岩和镁矽卡岩外,我们建议进一步划分出锰质矽卡岩和碱质矽卡岩两个较为特殊的类型。锰质矽卡岩是由锰质单斜辉石(锰钙辉石、锰钙铁辉石等)、锰质似辉石(钙蔷薇辉石、蔷薇辉石等)、锰黑柱石、锰铝榴石等矿物组成的交代岩,产于侵入体外接触带的碳酸岩围岩中,主要以渗滤交代的方式生成,常伴生铅锌(银)矿化。碱质矽卡岩是产于碱性侵入岩和碳酸盐岩石接触带[●]的接触反应交代岩石,由霓石、霓辉石、霞石、镁钠(铁)闪石、钠透闪石、金云母、钾长石等高温富碱矿物组成,常伴生铀、钍、稀土等矿化。

● 目前仅发现与镁质碳酸盐岩的接触带。

上述四类矽卡岩的生成地质条件、矿物共生组合、矿物成分以及分带性、伴生矿化等特征，将在第七章中作详细介绍。

类矽卡岩（Скарноиды）：是由不纯碳酸盐岩（如泥灰岩、钙质页岩、钙质凝灰岩等）变质而成的，在成分上与矽卡岩相类似的岩石。它们同矽卡岩的区别在于它们的多矿物性，可能有三种或三种以上矿物同时存在，并不具有规律的交代分带（柯尔仁斯基，1955）。这些岩石也可称为钙-硅酸盐角岩。

自反应钙矽卡岩（Автораекционный известковый скарн）：是由扎里柯夫（1968）提出来的，指的是超基性岩、碱性超基性岩和辉长岩类，在溶液中钙活度增高的情况下，以钙交代的方式形成的矽卡岩，而不是与碳酸盐岩石发生接触反应作用生成的。

矽卡岩按岩石类型及其所反映的被交代围岩成分的不同，还可分为内矽卡岩和外矽卡岩。内矽卡岩系交代侵入岩或其它铝硅酸盐岩石而成。外矽卡岩则系交代碳酸盐岩石而成。

旁矽卡岩（Околоскарновые породы）：这是柯尔仁斯基（1948）在研究乌拉尔杜尔因矽卡岩铜矿床时提出的一种长石质交代岩，一般紧挨矽卡岩产于内接触带，由交代侵入岩和火山岩而成，组成矿物主要为辉石和斜长石，含少量榍石和磷灰石。辉石按成分通常为透辉石或透辉石和普通辉石的过渡种属。斜长石的成分从酸性到基性均有，多数偏基性，越接近外带越基性，甚至可以出现培长石、钙长石。旁矽卡岩岩石是矽卡岩交代柱的一个重要交代带（交代相）。

二、矽卡岩矿床在金属矿床中所占的重要位置

矽卡岩矿床是一种具重要工业意义的矿床类型。我国是世界上矽卡岩矿床最发育的国家之一，已知的矽卡岩矿床有铁、铜、铅、锌、钨、锡、钼、铋、铍、金、铀、钍、稀土、硼、硫、金云母、透辉石、石榴石、透闪石（软玉）和水晶等。矽卡岩矿床是我国富铁、富铜矿和钨、锡矿的主要矿床类型，是钼、铍、铋、铅锌等有色稀有矿床的重要类型以及硼、金云母、透辉石、硅灰石、透闪石等非金属矿产的主要来源。在有些矽卡岩矿床中还伴生有 Au、Ag、Co、Li、La、Ce、Ga、In、Cd、Ge 等贵金属和稀有、稀土元素。根据1984年底矿床储量数字统计，我国主要矽卡岩矿床在全国矿产储量总数中所占比重大体如下：矽卡岩铁矿床11.2%；矽卡岩铜矿床31%；矽卡岩铅锌矿床18.3%；矽卡岩钨矿床60.6%；矽卡岩锡矿床69.6%；矽卡岩钼矿床22.7%；矽卡岩铋矿床87.6%；矽卡岩金矿床（包括伴生金）20%。

另据西尼亚科夫等（В. И. Сняков，1983）对世界矽卡岩矿床的统计，在矽卡岩矿床中集中了大约25%的世界富铁矿储量，50%的钨矿，30%左右的铅锌矿和100%的金云母、蛭石和青金石矿。在矽卡岩矿床中可以富集绝大多数金属矿产和相当数量的非金属矿产。

三、矽卡岩矿床研究简史

柯塔（Kotta）在1864年研究匈牙利巴纳特铁-多金属矽卡岩矿床时，首先提出接触

矿床的定义。格罗德克 (Groddeck, 1879) 进一步肯定了接触变质矿床这个类型, 认为接触变质作用既有岩浆岩侵入体灼热的影响, 也有被加热的水的作用。

焦涅邦 (Törnebohm, 1875) 对瑞典Norborg铁矿床的研究论文中, 引出瑞典矿工们主要用于深色辉石-石榴石岩的名词“矽卡岩”。以后, 这名词被林格仑 (1902) 所采用, 并认为接触变质矿床完全属于交代矿床。

戈尔德施密特 (1911) 研究挪威的克里斯尼亚区域后, 把接触变质作用分成正常热变质作用和气成变质作用两类, 前者促使岩石的重结晶和重组, 后者增加了从岩浆以气态转移来的物质。戈氏指出, 气成变质稍晚于正常热变质作用。

凯姆、林格仑和戈尔德施密特等于1913—1914年在“经济地质”上撰文, 论证矽卡岩矿床生成的交代假说, 认为矽卡岩和矽卡岩矿石是在岩浆结晶过程中通过液态岩浆的喷气作用, 交代碳酸盐岩石而成的。

林格仑 (1922) 建议用高温交代矿床 (Pyrometasomatic deposits) 一词来代替接触矿床, 主要考虑到有时矿体可以产于远离侵入体接触带的围岩中。

皮利宾科 (1938) 提出了矽卡岩溶液的理论, 其要点是:

1. 矽卡岩和矽卡岩矿石是在岩浆期后阶段生成的, 它可以交代碳酸盐岩石, 而且也可以交代铝硅酸盐岩石 (包括侵入岩);
2. 矽卡岩矿体生成是多期的, 金属矿物的生成经常晚于主要矽卡岩矿物;
3. 不同矽卡岩在空间上有分带性, 矿化在矽卡岩带的分布有某些规律性。

柯尔仁斯基于1945、1947、1948、1955年提出了矽卡岩化作用的接触反应交代新理论。根据这一理论, 矽卡岩的生成是由于两种化学性质不平衡的介质——碳酸盐岩石和铝硅酸盐岩石在高温岩浆期后溶液作用下, 通过接触反应交代而生成。在这里扩散作用 (双交代作用) 起主导作用, 当溶液沿着碳酸盐岩石和铝硅酸盐岩石接触带运移时, 发生了钙向铝硅酸盐岩石方向扩散, 而 SiO_2 和 Al_2O_3 向碳酸盐岩石方向扩散, 于是这两种岩石就发生交代, 形成某些反应矽卡岩带。另一种类型是接触渗滤矽卡岩。它也发生在碳酸盐岩石和铝硅酸盐岩石的接触带, 是由于组分被溶液单方向搬运 (渗滤) 的结果。在矿物共生组合分析研究方面, 由于柯尔仁斯基 (1936, 1957) 提出了具完全活动组分系统的理论, 将吉布斯相律和施林纳玛克斯法则成功地引入开放体系矽卡岩和有关交代岩的研究, 并在复合体系相图的拓扑学构筑方法上有所创新, 从而使以温度压力为座标轴的相图扩大到以完全活动组分化学势为座标的图解。

扎里柯夫 (1968) 较详细地论述了钙矽卡岩和镁矽卡岩生成的地质环境和物理化学条件、矿物成分、共生组合、分带性等。根据矿化和矽卡岩的关系, 把矽卡岩矿石分成三类: 即1. 同时型: 金属矿物的沉淀和矽卡岩的形成几乎是同时进行的; 2. 伴生型: 金属矿物紧跟矽卡岩形成之后而生成; 3. 叠加型: 金属矿物形成于酸性淋滤作用阶段, 由于酸性含矿溶液与基性矽卡岩介质相互作用的结果, 促使金属矿物沉淀。他还指出, 矽卡岩中共存的辉石和石榴石间含铁率的比值和伴生矿化类型有关, 并反映了矽卡岩化溶液酸度的差异。

为了了解一些重要矽卡岩矿物生成的物理化学条件, 加里宁 (1969) 曾在不同温度、压力、酸度和完全活动组分浓度下, 对钙铁榴石、钙铝榴石、透辉石、钙铁辉石、闪石等进行过广泛的合成试验研究。格林伍德 (1967) 和正路彻也等 (1974、1975、1977) 对硅

灰石、钙铝榴石和钙铁榴石等矽卡岩矿物在 H_2O-CO_2 混合流体中的稳定性进行了有关试验研究和热力学计算。查拉茨基等(1974、1978)曾对双交代矽卡岩交代柱进行了大量模拟试验。

沙贝宁(1973, 1974, 1978, 1984)对镁矽卡岩建造及其伴生矿化进行了深入的研究,指出有相当一部分钙矽卡岩是由镁矽卡岩改造而成的。他还较系统地介绍了苏联和世界上主要镁矽卡岩矿床的地质特征。

爱诺迪(Einaudi, 1981)综合分析了400多篇有关矽卡岩矿床的文献资料,讨论了矽卡岩矿床生成的板块构造背景和各类矽卡岩金属矿床的地质特征。文中提出氧化型矽卡岩和还原型矽卡岩矿床的概念。

我国地质工作者对矽卡岩矿床的研究,主要是从新中国成立后的五十年代初开始的。

孟宪民(1955)在“矽卡岩的找矿意义”一文中,结合我国某些矽卡岩矿床的地质情况,概括地介绍了含矿矽卡岩的产出地质环境、岩相和主要矿物特征以及矿化分布规律,讨论了某些矽卡岩的含矿性。

郭文魁(1957)对安徽铜官山铜矿的接触变质作用、矿化和热液蚀变现象进行了较全面的研究,划分出内外接触变质带,把铜官山矿区矿物的形成分为三期:即(1)硅酸盐矽卡岩期;(2)磁铁矿期;(3)石英-硫化物期。

郭宗山(1957)曾对铜官山矽卡岩铜矿的矽卡岩和矿化分带,主要矽卡岩矿物和金属矿物的特征及其相互关系作了较详细的描述。

徐克勤(1957)通过对湘南瑶岗仙钨矿床的详细研究,发现了“矽卡岩型钨矿床”,指出这类矿床和“高温热液型钨铁锰石英脉矿床”同在一地产出,对两类矿床成矿控制因素、地质特征、围岩蚀变、矿物共生关系和形成机理的对比结果,认为在成矿作用上两类矿床本质上几乎完全相同,只是由于围岩性质的不同,才导致一系列的差别。

黄懿、裴荣富等(1957)对湖北大冶式铁矿进行了研究,认为大冶式铁矿属接触变质期至热液期的交代矿床,着重讨论了控制铁矿体的几种重要接触构造类型:凹入带、转折接触面和围岩捕虏体;此外,认为褶皱轴部、层理和断层破碎带等,也起着明显的控矿作用。

欧阳自远(1958)对我国矽卡岩矿床的分布和某些特征作过概括讨论。中国科学院贵阳地球化学研究所和地质研究所(1974)对辽南镁矽卡岩硼铁矿床的矿物学和矿床成因进行过较系统的研究。

桂林冶金地质研究所(1974)收集整理了国内外许多矽卡岩矿床的地质情况,编写了“矽卡岩矿床八十例”,与此同时,还对我国矽卡岩铁铜矿床和华北地台部分地区矽卡岩铁矿床的地质特征和某些规律进行初步总结。沈保丰等(1977, 1981)对冀南地区矽卡岩铁矿床的成矿地质条件和矿化蚀变特征等进行了较详细的研究。黄蕴慧等(1979)对香花岭钨铋矿床的矿物学进行过深入细致的研究。杨超群等(1980)对湖南东坡云英岩-矽卡岩复合型钨铋矿床进行了研究。叶庆同等(1980)对广东尖山铁矿床的成因作了深入讨论。翟裕生等(1983)对长江中下游地区矽卡岩铁铜矿床进行了综合研究。王书凤(1983)曾对广东大顶锡铁矿床进行了较深入的解剖。冯仲燕等(1984)对太行山北段矽卡岩铜矿床进行了较系统的研究。陈毓川等(1985)对广西大厂锡多金属成矿带的地质特征及成矿系列进行了较全面深入的研究。董振信(1987)对鲁中地区与矽卡岩铁矿床有关侵入岩的岩

石学特征做了不少细致的工作。作者等也曾对湖北大冶（1964，1981）、东秦岭（1974，1982）、闽西南（1980、1983）、辽宁杨家杖子（1986）和云南个旧（1987）等地区的矽卡岩矿床进行过较系统深入的研究工作，并对我国矽卡岩矿床的分类、交代系列、基本地质特征等作过有关讨论（1980，1985，1986）。

关于矽卡岩形成和金属元素迁移富集等的实验研究，赵斌等（1983）、王玉荣等（1978—1986）和梁祥济等（1986）也曾进行过较多的工作。

所有上述工作都大大提高了我国矽卡岩矿床的研究程度，对该类矿床的找矿和研究工作都起到有益的促进作用。

第二章 矽卡岩矿床分类

关于矽卡岩矿床的分类,国内外文献曾报道有以下几种主要方案:

(一) 根据与成矿作用有关的主要近矿交代岩矿物组合进行分类。索科洛夫(1957, 1967)曾把苏联的接触交代铁矿床分成三类,即方柱石型、矽卡岩型和含水硅酸盐型,并指出这三类矿床中以方柱石型形成温度最高,其次是矽卡岩型,而含水硅酸盐型矿床形成温度相对较低。这种按矿物原则的分类,在一定程度上反映了矿床的化学成分、形成温度和某些交代作用特征。

(二) 按主要金属矿化类型进行分类。扎里柯夫(1968)根据各类金属矿化和矽卡岩类型的结合,划分出镁矽卡岩型磁铁矿矿床、钙矽卡岩型磁铁矿矿床、镁矽卡岩型磁铁矿-闪锌矿矿床、钙矽卡岩型方铅矿-闪锌矿矿床、钙矽卡岩型辉钼矿-白钨矿矿床、钙矽卡岩型稀有金属-多金属矿床、镁矽卡岩型硼矿床……等等。Einaudi, M. T. 等(1981)曾划分出矽卡岩Fe、W、Cu、Pb、Zn、Mo和Sn矿床。但这种主要按金属元素或金属矿物进行的矿床分类,只反映矿床的工业类型,未反映或较少考虑其成因意义。

(三) 根据与成矿有关的岩浆岩建造类型进行分类。瓦赫鲁雪夫(1965)通过对苏联阿尔泰萨彦地区矽卡岩磁铁矿床的研究,划分出与辉长岩类和辉长岩-闪长岩-花岗闪长岩建造有关的矿床、主要与次碱性花岗正长岩类建造有关的矿床和与岩基状花岗岩类建造有关的矿床三类。作者(1980)从岩浆岩成矿专属性的角度,对我国接触交代铁矿床进行了成因分类,共划分出四个类型,即1. 与基性侵入岩类有关的; 2. 与中性侵入岩类有关的; 3. 与中酸性侵入岩类有关的和4. 与酸性侵入岩类有关的铁矿床; 指出与不同酸度侵入岩类有关的铁矿床,其伴生金属矿化组合、主要金属矿物的微量元素特征、碱质交代岩类型以及矿石、交代岩中的挥发组分等均有较明显的差别。

(四) 成因分类: 奥伏琴尼柯夫(1980)对苏联乌拉尔矽卡岩铁矿床进行全面研究的基础上,提出矽卡岩铁矿床具多成因性的看法。他按地质作用的不同,把该区矽卡岩铁矿床划分为深成岩浆作用的、火山作用的和与地内溶液(Интрателлурический раствор)作用有关的三类,再按成因划分为岩浆型、气成型、热液交代型、火山-沉积型等五类,认为矽卡岩铁矿床可以形成于全部岩浆作用过程之中,这特别表现在火山作用中。翟裕生(1985)把我国矽卡岩矿床划分出四种复合类型,即层控-矽卡岩矿床、云英岩-矽卡岩矿床、矿浆-矽卡岩矿床和斑岩-矽卡岩复合型矿床。

我们认为,对矽卡岩矿床的分类,应主要考虑以下诸因素: 1. 产出的大地构造环境; 2. 有关岩浆岩组合; 3. 围岩岩性; 4. 交代系列,包括矽卡岩在内的各类交代建造; 5. 矿化组合; 6. 成因特征和成岩成矿物理化学条件。上述各因素之间是互有联系和相互制约的,但前三个因素往往起决定性作用。

根据上述分类要素,特别是与岩浆作用的关系,可把我国矽卡岩矿床大体分为六个系列: I. 与中、基性岩浆岩有关的; II. 与中酸性岩浆岩有关的; III. 与酸性岩浆岩有关的; IV. 与碱性岩浆岩有关的; V. 与混合岩化作用有关的; VI. 与火山作用有关的。在

每个系列中, 又根据主要的矽卡岩类型、交代建造、岩体侵位深度、矿化组合等因素及其所处的大地构造位置、围岩条件等因素, 划分出26个矿床成因类型。

表 2—1 列出了上述6个系列26种矽卡岩矿床类型的主要地质特征。从中可以看出以下一些规律性:

1. 各类矽卡岩矿床往往包含了两个或两个以上含矿交代建造, 并伴有其它矿床类型, 组成一个矽卡岩矿床的交代系列或成矿系列。

2. 在与岩浆岩有关的矽卡岩矿床中, 存在着明显的岩浆岩和交代建造的成矿专属性, 即随着与成矿有关的岩浆岩酸度的增长, 碱质交代作用由中、基性岩浆岩的钠交代转变为中酸性和酸性岩类的钾钠交代和钾交代为主, 矽卡岩期后的酸性淋滤作用逐渐增强。矿化组合和矿床类型也相应变得复杂化, 由较单一的Fe(Co)、Fe、Cu(Co)矿化过渡为以Cu、Pb、Zn、Mo、W、Sn、Bi、Be等多金属矿化为主。磁铁矿化的分布范围较广泛, 但主要与中性和中偏酸性侵入岩有关(详见本书第二十一章)。

碱性侵入岩和镁质大理岩接触带有特殊的碱质矽卡岩和有关交代矿物组合产出, 并伴生U、Th、Nb、TR等矿化。

3. 镁矽卡岩或钙矽卡岩的出现, 主要决定于碳酸盐围岩中MgO的含量多少(见后), 但在大多数矿床中, 这两类矽卡岩是共存的, 当然有一个主次问题。实际上像福建马坑、湖南柿竹园和辽宁杨家杖子等较典型的钙矽卡岩矿床中也常有少量镁矽卡岩产出。同样, 在一些典型的镁矽卡岩矿床中也有一定数量的钙矽卡岩出现。然尔, 锰质矽卡岩则仅见于某些铅锌矿床, 因此, 我们把它划为一个独立的含矿交代建造(详见第七章第三节)。

4. 与混合岩化作用有关的交代系列, 多产于古老地盾区, 以镁矽卡岩铁硼矿和金云母矿床为主, 也有钙矽卡岩钨(铁)矿床, 成矿物质可能有相当部分是就地取材的, 即大多来自围岩本身, 通过与混合岩化有关的高温气液的作用, 在有利的围岩和构造条件下使矿质发生活化、迁移和富集。

5. 与火山气液作用有关的交代系列多产于天山、阿尔泰和内蒙一大兴安岭等地的华力西期或加里东期火山-侵入岩地区。已知矿床类型以钙矽卡岩磁铁矿床为主, 有的矿区伴生锌或铜矿化。它们是在有利的构造环境下高温火山气液作用于火山岩或次火山岩和大理岩的接触反应交代产物。