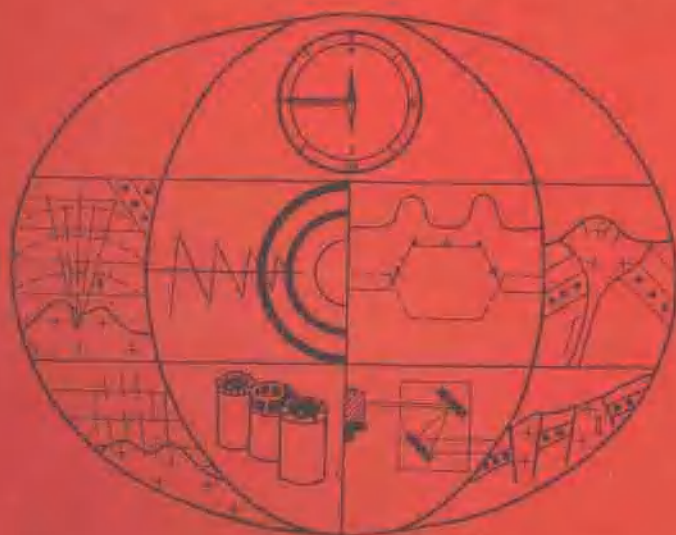




020

华南富钽花岗岩矿床

林德松 著



地质出版社

华南富钽花岗岩矿床

林 德 松 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书以实际材料为依据,对华南富钽花岗岩矿床进行了类型划分;通过典型矿床的详细研究,全面论述了该类矿床的地质特征,以及矿床中主要工业矿物的特征和形成条件。在此基础上,根据矿物中包裹体、稳定同位素(Sr、Pb、O、H、C、S)地球化学、稀土元素及微量元素地球化学、成岩成矿实验等研究成果,探讨了矿床成因和成岩成矿机理,提出了富钽花岗岩矿床是在含矿花岗岩浆从岩浆→岩浆-热液→热液演化过程中形成的认识。成矿既有岩浆作用,又有热液作用,但主要为岩浆-热液过渡性流体作用。此外,书中对隐伏型富钽花岗岩矿床的地表标志带作了较深入讨论,指出了我国钽矿床的找矿方向。

本书可供从事矿床地质,特别是稀有金属矿床地质的生产、科研和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

华南富钽花岗岩矿床/林德松著.-北京:地质出版社,1996.12

ISBN 7-116-02279-1

I. 华… II. 林… III. 花岗岩-钽矿床-概况-中国,华南地区 IV. P618.860.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 18896 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:谭惠静 沈文彬 叶 丹

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:9.75 字数:237000

1996 年 12 月北京第一版·1996 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:17.00 元

ISBN 7-116-02279-1

P·1710

前 言

华南地区是我国稀有金属花岗岩矿床集中的产区。自 50 年代末在广西姑婆山首先发现了褐钨铋矿花岗岩之后,在江苏、广东、广西、湖南、江西、福建等地相继找到了含 Nb、Ta、Li、Be、REE 花岗岩型矿床。为了查明华南稀有金属花岗岩矿床的地质特征、成矿条件、成因及分布规律,多年来,广大地质工作者在该地区开展了大量的研究工作,并取得了丰硕的成果。在 70 年代至 80 年代初,陆续出版了《全国稀有元素地质会议论文集》(1975)、《华南花岗岩类的地球化学》(中国科学院地球化学研究所,1979)、《华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系》(南京大学地质学系,1981)等有关著作。在这一期间,原桂林冶金地质研究所、湖南冶金地质研究所、广东 935 队、广西 271 队、江西二队及云南锡矿地质队等单位,共同对南岭及其邻区花岗岩型钨铋矿床的成矿规律、找矿标志及找矿方向进行了较系统的总结研究。这些研究成果进一步推动了我国稀有金属成矿理论的发展,促进了矿产资源的勘查和开发。

近 10 年来,很多学者对这类矿床开展了多学科、深层次的研究,使研究水平再上了一个新台阶。先后出版了《南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质》(陈毓川等,1989)、《南岭花岗岩型稀有金属矿床地质》(夏卫华等,1989)、《华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成因系列》(夏宏远等,1991)等专著。

笔者多年来曾对华南稀有金属花岗岩,特别是富钽花岗岩矿床进行过专题研究。富钽花岗岩是稀有金属花岗岩矿床中最有工业利用价值的一类。它是我国目前钽、锂的主要来源。笔者较详细研究了某些典型矿床的地质地球化学特征;从伴生组分工业利用角度进行了矿床类型的划分;对矿床成矿规律、矿床成因及形成机理作了进一步探讨;在找矿预测方面,侧重研究了地表标志带对预测隐伏矿床的作用;提出了钽矿床今后的找矿方向。

在研究工作过程中,多年来一直得到中国有色金属工业总公司的广西、广东、江西、湖南等省(自治区)的地质勘查局及所属的研究所、地质队,以及广西栗木锡矿、江西宜春钽铋矿等单位的大力支持和热情帮助。本专著利用了这些单位广大科技人员多年的生产、科研成果。此外,还引用了中国地质科学院矿床地质研究所、中国科学院地球化学研究所、南京大学地球科学系、中国地质大学等单位的有关科研成果。在此谨向他们致以深切的谢意。

衷心感谢中国有色金属工业总公司地质勘查总局对本专著在撰写、评审、出版方面所给予的大力支持和经费资助。

在本专著撰写过程中,得到了孙肇均、刘东升、孙延绵、边绍志、谢国勋、朱桂田等专家的指导和帮助。罗宗端参加了部分资料整理工作,简可清、王丽娟、李晖承担了照相、绘图工作。在此一并致谢!

作 者

目 录

绪 论	(1)
第一章 区域地质背景	(4)
第二章 矿床地质	(7)
第一节 矿床分类	(7)
第二节 江西414 钽(铌)-锂型矿床	(9)
第三节 广西栗木钽(铌)-锡型矿床	(23)
第四节 江西大吉山钽(铌)-钨型矿床	(42)
第五节 江西牛岭坳钽(铌)-钇型矿床	(48)
第六节 广东仑山钽(铌)型矿床	(53)
第七节 矿床主要地质特征	(57)
第三章 矿床中主要工业矿物特征	(60)
第一节 铌锰矿-钽锰矿	(60)
第二节 细晶石	(64)
第三节 黄钇钽矿	(66)
第四节 锂云母	(67)
第五节 锡石	(69)
第六节 黑钨矿	(71)
第四章 微量元素及稀土元素地球化学	(74)
第一节 微量元素	(74)
第二节 稀土元素	(77)
第五章 矿物中包裹体地球化学	(88)
第一节 包裹体的类型及特征	(88)
第二节 矿床垂直分带中各带的包裹体特征	(90)
第三节 成矿物理化学条件	(94)
第六章 稳定同位素地球化学	(96)
第一节 锶同位素	(96)
第二节 铅同位素	(97)
第三节 氢、氧同位素	(98)
第四节 碳同位素	(103)
第五节 硫同位素	(103)
第七章 矿床成因及成岩成矿模式	(108)
第一节 矿床成因	(108)
第二节 成岩成矿模式	(113)
第八章 隐伏矿床地表标志带研究	(115)

第一节	线细脉带产出的地质背景.....	(115)
第二节	线细脉的类型及分布.....	(118)
第三节	线细脉的矿物地球化学特征.....	(119)
第四节	矿化细脉带是寻找隐伏矿床的标志.....	(122)
第九章	钽矿床的找矿方向.....	(124)
结论		(128)
参考文献		(132)
照片及其说明		(135)
英文摘要		(139)

CONTENTS

Introduction	(1)
Chapter 1 Regional Geological Setting	(4)
Chapter 2 Geological Features of the Ore Deposits	(7)
I. Classification of Ore Deposits	(7)
II. No.414 Tantalum (Niobium) - Lithium Deposit in Jiangxi	(9)
III. The Limu Tantalum (Niobium) - Tin Deposit in Guangxi	(23)
IV. The Dajishan Tantalum (Niobium) - Tungsten Deposit in Jiangxi	(42)
V. The Niulingao Tantalum (Niobium) - Yttrium Deposit in Jiangxi	(48)
VI. The Lunshan Tantalum (Niobium) Deposit in Guangdong	(53)
VII. Main Geological Features of Ore Deposits	(57)
Chapter 3 Major Industrial Minerals of Ore Deposits	(60)
I. Manganocolumbite-Manganotantalite	(60)
II. Microlite	(64)
III. Formanite	(66)
IV. Lepodolite	(67)
V. Cassiterite	(69)
VI. Wolframite	(71)
Chapter 4 Geochemistry of Trace Elements and Rare Earth Elements	(74)
I. Trace Elements	(74)
II. Rare Earth Elements	(77)
Chapter 5 Geochemistry of the Inclusions in the Minerals	(88)
I. Types and Features of Inclusions	(88)
II. Inclusion Features in Each Vertical Zone of the Ore Deposits	(90)
III. Physicochemical Conditions for Mineralization	(94)
Chapter 6 Stable Isotope Geochemistry	(96)
I. Strontium Isotope	(96)
II. Lead Isotope	(97)
III. Hydrogen and Oxygen Isotopes	(98)
IV. Carbon Isotope	(103)
V. Sulfur Isotope	(103)
Chapter 7 Genesis of the Ore Deposit and Rock-Forming and Metallogenic Model	(108)
I. Genesis of the Ore Deposit	(108)
II. Rock-Forming and Metallogenic Model	(113)
Chapter 8 Surface Indicator Zone of the Blind Deposits	(115)
I. Geological Setting of the Linear Veinlet Zone	(115)
II. The Linear Veinlet Types and Their Distribution	(118)

III . Mineralogical and Geochemical Characteristics of Linear Veinlets	(119)
IV . Mineralized Veinlet Zones——Indicators for Blind Deposits	(122)
Chapter 9 Prospecting Direction for Tantalum Deposits	(124)
Conclusions	(128)
References	(132)
Illustration for the Plates	(135)
Summary in English	(139)

绪 论

钽是电子工业和空间技术发展必不可少的战略原料。它的最大消费市场是电子工业部门。用钽制成的微型电容器,由于其体积小、电容大、稳定性高,被大量应用于雷达、导弹、超音飞机、电子计算机、通讯设备,以及电视机、收录机等电子线路中。自 60 年代后,电容器制造成为钽的主要应用领域。钽的第二大应用领域是硬质合金,由于碳化钽硬度大,被广泛用于金属切削刀具和钻探工具。此外,化学工业用钽可制造各种防腐蚀器械,冶金工业用钽可制成各种抗氧化热合金和难熔合金。钽与铬、钨、铝、钴、钛、镍的合金,是现代航空工业中不可缺少的原材料。

由于钽在现代工业中有着广泛的用途,历史上钽的产量增长很快。1950 年,西方国家钽精矿(其中含 50% Ta_2O_5)产量约 140t,到 80 年代初达 2380t,增长 17 倍之多。与此同时,钽的消费量也迅速增长,以至出现供不应求的局面。世界钽价随之暴涨,从而刺激了世界各国钽矿业的蓬勃发展。除了加强现有钽矿山的开发和扩大锡业冶炼规模(利用炼锡渣提取钽)之外,各国都增加了对钽矿的勘查计划投资,以期发现新的钽来源。在 70 年代末至 80 年代初,钽矿普查找矿工作取得了重大的进展,相继发现了一批大型、超大型的独立钽矿床和综合型钽矿床。其中主要有:(1)澳大利亚格林布希斯(Greenbushes)深部富钽花岗伟晶岩矿床;(2)法国埃沙西勒斯(Echassieres)富钽花岗岩矿床;(3)澳大利亚布罗克曼(Brockman)火山凝灰岩型铌钽铋铍矿床;(4)巴西皮廷加(Pitinga)冲积型及花岗岩风化壳型含钽铌锡矿床;(5)加拿大索尔湖(Thor Lake)正长岩杂岩体中铌钽铋稀土矿床;(6)格陵兰莫茨费尔特中心(Motzfeldt Centre)蚀变正长岩型铌钽矿床;(7)俄罗斯卡图金(Катугин)碱性交代岩型铌钽矿床。这些矿床的发现,使世界钽资源储量大幅上升。

然而,80 年代初的西方国家的经济危机,加上钽生产工艺技术的进步和代用品的利用,使钽的需求量大幅度下降,世界钽价随之暴跌,迫使许多矿山减产、停产,钽产量急剧下滑。1980 年,世界钽金属产量约 1220t,到了 1990 年至 1992 年,仅为 548—738t。据有关专家预测,未来世界钽的需求量虽然还会有所波动,但总的趋势是上升的。

目前,世界(不包括中国、原苏联)钽金属储量约 50 多万吨。主要集中在格陵兰,约占世界储量的 90%,其次为泰国、澳大利亚、尼日利亚、加拿大和扎伊尔等国家。格陵兰的莫茨费尔特中心矿床是目前世界上最大的富钽矿床,钽金属储量 45 万 t 左右,品位很高,含 Ta_2O_5 最低为 0.5%,局部高达 1%。

世界钽矿床类型以蚀变正长岩型为主,其次为花岗伟晶岩型、含锡石-黑钨矿的热液型矿床,还有花岗岩型(包括碱性花岗岩型)、霞石正长岩型和砂矿等。花岗伟晶岩型和含锡石-黑钨矿热液型是国外目前开采钽的主要工业类型。尽管近年来新类型矿床不断发现,但伟晶岩仍是当前钽、铌、锂、铍的重要来源。花岗伟晶岩型钽矿床主要分布在加拿大、巴西、美国、肯尼亚、津巴布韦、纳米比亚及原苏联等国家。其中,加拿大伯尼克湖坦科

(Tanco)花岗伟晶岩矿床是世界上罕见的品位特高、储量巨大,具有钽、铍、锂、铯等多种稀有金属矿化的综合性矿床。该矿床中的钽品位比一般花岗岩型和伟晶岩型矿床高出5倍至10倍以上。目前,资本主义国家所产的钽精矿有70%以上来自伟晶岩矿床。

含锡石-黑钨矿的热液型矿床在东南亚诸如泰国、马来西亚,以及澳大利亚、尼日利亚、扎伊尔等国家,已成为钽的主要来源。在一些富含钽的锡石-黑钨矿矿床及其外围的砂矿中,锡石的 Ta_2O_5 含量可达1%—30%,一般为1.8%—15%。在冶炼粗锡剩下的炉渣中含 Ta_2O_5 达1.5%—10%,是提取钽的重要原料。世界上钽产量近一半是从冶炼厂的锡石和黑钨矿炉渣及滤渣中提取的。泰国和马来西亚钽产量的90%来自这种矿渣(据李世文,1988)。

除了上述两种工业类型之外,其它类型矿床,目前工业意义不大。

因此,世界钽原料生产由两部分组成:一部分为钽精矿,主要采自花岗伟晶岩及其风化壳,以及砂矿和花岗岩型矿床;一部分为处理含钽的锡(钨)炉渣提取的钽。

我国钽资源比较丰富,在全国14个省、自治区已查明钽矿床有80多处,主要集中在江西、湖南、广东、广西、福建、新疆和内蒙古。矿床类型以花岗岩型为主,花岗伟晶岩型其次,还有含黑钨矿、锡石热液脉型矿床以及碱性花岗岩型矿床。

我国花岗岩型钽矿床,不仅矿床数量多、储量大(占全国钽储量的77.3%),而且也是当前钽精矿的主要来源。这是我国钽矿资源与国外不同的一个主要特点。自60年代以来,在广西、江西、广东、湖南等地相继发现和查明了近20处富钽花岗岩型矿床,其中一半为大中型矿床,江西414矿床为特大型钽矿床。到目前为止,我国发现的富钽花岗岩矿床全部集中在南岭地区。

所谓富钽花岗岩,系指成矿岩体顶部的矿体花岗岩中 Ta_2O_5/Nb_2O_5 比值接近或大于1,主要钽铌矿物除了铌铁矿-钽铁矿族矿物外,一般都有数量不等的高钽矿物——细晶石。富钽花岗岩是稀有金属花岗岩矿床中的一种最重要的成因类型和工业类型,因而成为稀有金属地质工作者多年来一直热衷研究的对象。

研究表明,富钽花岗岩体往往都是复式岩体晚期晚阶段的侵入产物,钽矿体位于岩体的顶凸部位,矿体的上部边界与花岗岩体边界一致。成矿岩体空间分带明显,在其顶部都不同程度地发育似伟晶岩壳。富钽花岗岩在岩石学、矿物学及成岩成矿条件等方面具有一系列特点。这类矿床,一般规模较大,品位均匀,可供综合利用的组分多,除钽之外,还有铌、锡、钨、锂、铷、铯等。矿床的开采条件良好,适宜露采的矿床居多,有的矿床风化壳比较发育,矿石质地疏松,利于采选。选矿后的尾砂,经除铁脱泥后,生产出的石英、长石,可作为玻璃、陶瓷工业的优质原料。有的矿床原生矿石还是一种稀罕的优质白花岗石建筑石材。风化矿中的高岭土也是优质陶瓷原料。因此,对富钽花岗岩矿床开展深入研究,无疑具有重要的理论意义和实际意义。

花岗伟晶岩型钽矿床,在我国分布较广,主要分布在新疆阿尔泰、东秦岭、川西北、闽西、赣东北及桂东北等地,其储量占全国钽储量的19.4%,大型矿床有新疆可可托海、福建南平西坑、江西横峰黄山、四川康定呷基卡和广西资源茅安塘等。伟晶岩型矿床是我国目前铍、锂、钽、铌、铯等稀有金属的重要来源。但钽的品位普遍较低。

含黑钨矿、锡石石英脉型矿床中的伴生钽(铌)矿,其品位一般较高,但储量不大。这种类型钽的储量仅占全国储量的3.3%,主要集中分布在赣南地区。

从总的看，我国钽矿资源比较丰富，按我国目前钽的总采选能力，现有储量可以保证需求。但主要问题是品位偏低。多年来生产的主要矿山， Ta_2O_5 品位一般在 0.01% 左右，如果作为单一钽矿生产，矿山是无法生存的，实际上也是没有开采价值的。在国外，如加拿大钽采矿公司的钽矿，是单一的钽矿，钽品位高达 0.1% 以上；澳大利亚格林布希斯锡钽矿山，含钽 0.04%、锡 0.25%。我国目前这些钽矿山之所以能维持下去，而且有的矿山经济效益较好，主要是靠综合开采、综合利用。

因此，根据我国钽资源现状，在稀有金属地质勘查工作中部署寻找高品位钽矿仍很有必要，为促进我国下世纪钽工业发展提供优质的矿山基地。

第一章 区域地质背景

华南地区在构造上跨越了江南地块、华夏地块和加里东褶皱带三个大地构造单元。在漫长的地质历史中, 该区经历过长期复杂的多阶段发展过程。自元古宙以来, 大致遭受过东安(四堡)、雪峰、加里东、海西—印支、燕山及喜马拉雅等多旋回的地壳运动, 形成了错综复杂的地质构造面貌。

本区在各个地质发展阶段中, 由于构造环境的改变, 形成了各种类型的沉积建造。中元古代四堡群为一套复理石泥砂质夹细碧角斑岩建造, 厚 1700—8500m。新元古代板溪群为一套复理石泥砂质夹火山碎屑岩建造, 厚 5000—10000m。震旦系—志留系以复理石建造为主, 还有碎屑岩建造、硅质和碳质页岩建造, 厚 15000m。泥盆系—二叠系以浅海相碎屑—碳酸盐建造为主, 厚 8000m。中生代三叠系为碳酸盐建造、复理石建造及含煤建造; 侏罗系建造类型复杂, 主要为陆相碎屑岩建造、中酸性火山岩夹碎屑岩建造; 白垩系为陆相红色碎屑岩建造和中酸性火山沉积建造。新生代的沉积建造主要为陆相红色含盐碎屑建造和滨海—浅海碎屑建造。

华南地区大地构造的特点是地壳运动频繁、构造变动剧烈, 隆起和拗陷相间出现, 深、大断裂纵横交错。本区自西北到东南, 地壳由厚变薄(从40km递减至31km), 构造运动时代由老变新, 其强度由弱变强, 岩浆活动也愈加频繁。本区岩浆活动与多旋回的地壳运动有着密切关系, 每一旋回的地壳运动几乎都伴有岩浆活动, 其活动强度与构造活动的强烈程度基本上相适应。每一旋回的岩浆活动方式, 都是喷发和侵入活动交替进行, 形成以酸性为主、中酸性为次的岩浆岩类, 而基性、超基性岩类则少见。由于新的构造运动往往使老的构造复活, 各期次花岗岩体常沿同一断裂侵入, 它们在空间上常常重叠在一起, 形成复合岩体或复式岩体。而多期多阶段的复式岩体的形成使花岗岩陆壳加厚和成熟。

华南花岗岩类的分布, 明显受断裂构造控制。区内最主要的断裂方向为北东—北北东向和近东西向, 其次为北西和近南北向。控制花岗岩类成带状分布的主要是北东—北北东向和近东西向的区域性深大断裂或隐伏的基底断裂。时代较老的花岗岩带多呈近东西向展布, 加里东期花岗岩带尤为显著。海西期和印支期的花岗岩体受北东—北北东向断裂控制较明显, 但隐约可见岩体呈东西向排列。燕山期花岗岩带主要受北东—北北东向断裂控制, 其次是东西向构造控制。控制花岗岩体集中产出的是两组断裂交接地带, 花岗岩体常呈岩基或密集成群的小岩体出现。

华南不同时代花岗岩类主要地质特征见表 1-1。从四堡期到燕山期, 本区花岗岩类演化趋势是从原地或半原地花岗岩→侵入花岗岩→高侵位花岗岩。时代较老的花岗岩类, 如四堡期、雪峰期和加里东早期的花岗岩类往往具原地、半原地花岗岩类特征, 海西—印支期和燕山早期常为侵入花岗岩, 燕山晚期则多为花岗斑岩、石英斑岩等高侵位花岗岩类。

表 1-1 华南地区各期次花岗岩类地质特征

Tab. 1-1 Geological features of granitoids in various periods in South China

地质时期			地质年代 (Ma)	构造运动时期		岩体代号	主要岩性	产 状	主要分布区
中生代	白垩纪	晚世	100 ± 5	燕山期	晚期	二阶段 γ_3^{2-2}	黑云母花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩、钾长花岗岩等	岩株、岩墙、岩脉	东南部及沿海一带
		早世	137 ± 5		晚期	一阶段 γ_3^{3-1}			
	侏罗纪	晚世	160 ± 5	山 期	早期	三阶段 γ_3^{2-3}	黑云母花岗岩及花岗闪长岩	岩基, 部分为岩株或岩墙	东南部及沿海一带
		中世	175 ± 5			二阶段 γ_3^{2-2}			
		早世	195 ± 5			一阶段 γ_3^{3-1}			
	三叠纪		230 ± 10	印 支 期		γ_3^1	花岗岩及花岗闪长岩等	岩株, 部分为岩基	湘中、湘西、桂东南、十万大山、江西宁都、福建邵武等地
古生代	二叠纪	285 ± 10	海 西 期		γ_4	花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩等	岩基, 部分为岩株或岩瘤	大容山、十万大山、福建伟铺、江西高家田等地	
	石炭纪	350 ± 10							
	泥盆纪	380 ± 20							
	志留纪	440 ± 10	加里东期		γ_3^2	花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、石英闪长岩、斜长花岗岩、混合花岗岩	岩基, 部分为岩株	武夷山、云开大山及其两侧	
		奥陶纪							550 ± 15
		寒武纪							600 ± 15
新元古代		1100 ± 15	雪 峰 期		γ_3^3	花岗岩、花岗闪长岩	岩基, 部分为岩株	元宝山、三防、本洞	
中元古代			四堡(东安)期		γ_2^2	岩			

(据陈毓川等, 1989)

华南地区复杂的地质构造环境形成了各式各样的花岗岩。根据成岩构造环境、成岩方式和成岩物质来源, 本区花岗岩类可以划分为 4 种成因类型: 地壳交代型花岗岩、地壳重熔型花岗岩、壳幔同熔型花岗岩、幔源重熔分异型花岗岩。

地壳交代型花岗岩: 由混合岩化、花岗岩化作用形成的花岗岩类, 即在造山褶皱时期, 区域超变质作用条件下, 地壳各类早期岩石遭受粒间流体的扩散交代作用, 在原地、半原地未经过岩浆阶段形成的花岗岩类岩石。显然, 其成岩物质主要来源于地壳。岩石成分受原岩岩性影响很大, 常见有较多的原地原岩交代残留体, 岩石中出现堇青石、夕线石、铁铝榴石和红柱石等变质矿物残留体。地壳交代型花岗岩类随原岩成分和交代作用强度的不同, 可形成从石英闪长岩到花岗岩的一系列中酸性岩石。华南地区与地壳交代型花岗岩有关的稀有稀土矿化形式有以下三种: 一为稀有金属混合岩型矿床, 如广东广宁混合岩型稀土矿床, 广西北流含稀土、锆混合岩风化壳矿床; 另一种矿化类型为混合交代伟晶岩型稀有金属矿床, 如福建南平伟晶岩型钽铌矿床; 第三种为某些含稀有元素丰度较高的地壳交代型花岗岩形成的风化壳型稀土矿床。

地壳重熔型花岗岩: 是指地壳岩石受到重熔(选择熔融或部分熔融)产生的岩浆侵入形成的花岗岩类。它们与围岩具有明显的侵入接触关系。岩石组合主要为二长花岗岩、钾长花岗岩和碱长花岗岩。这类花岗岩在华南地区分布最广, 广泛分布于江南地块东南侧、政和大埔深断裂以西地区。与之有关的金属矿床有钨、锡、铀、铌钽、铍、锂、稀土等。矿床类型有稀有金属花岗岩型、伟晶岩型、云英岩型、热液脉型、夕卡岩型以及花岗岩风

化壳型。有不少大型、超大型矿床产出，如江西宜春 414 钽铌矿、江西西华山钨矿、广西大厂锡多金属矿、广西栗木钨锡钽铌矿、江西大吉山钨铌钽矿等。从而使华南地区构成举世瞩目的钨锡稀有金属成矿区。

壳幔同熔型花岗岩：是指受到壳源物质一定程度混染的幔源岩浆侵入形成的花岗岩类。其岩石类型多为中酸性花岗岩，呈线性带状分布，如政和-大埔断裂带以东的浙闽粤沿海一带，钱塘江-信江、四会-吴川等断裂拗陷带和邵武-瑞金断裂带等。同熔型花岗岩与铜、铅、锌、金、银、钼等有色金属矿化关系密切，其矿化形式主要为斑岩型，如著名的江西德兴斑岩铜矿等。

幔源重熔分异型花岗岩：是由地幔原始岩浆形成的重熔岩石，经过充分的分异作用形成的花岗岩类，主要岩石类型为碱性花岗岩，以出现钠质闪石和辉石为特征。主要分布于东南沿海中生代活动大陆边缘。目前尚未发现与碱性花岗岩有关的稀有金属工业矿化。

近年来不少学者根据岩石的 Sm、Nd 同位素特征来探讨华南一些地区花岗岩类岩石的成因和成岩物质来源。袁忠信等（1992）根据花岗岩类的 t_{DM} 、Sm/Nd、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值，以及区域大地构造特征，将南岭地区划分出 5 个花岗岩分布区：即桂北—桂中区、赣北区、闽北区、闽东南沿海区、南岭中部广大地区。研究表明，不同地区花岗岩类具有不同的 Sm-Nd 同位素值。同一地区花岗岩类岩石及其基底构造层岩石具有相近的 Sm-Nd 同位素值。因此认为不同地区花岗岩类的源岩主要就是该区的基底构造层岩石，后者对花岗岩的分布、成因类型，甚至有关的成矿作用具有重要的控制作用。

华南稀有金属（钽、铌、稀土）、锡、钨矿床主要分布于赣、湘、粤、桂加里东褶皱带内部，这与该区前寒武系岩石上述元素丰度较高且存在相应的矿源层有关。

第二章 矿床地质

第一节 矿床分类

华南地区稀有金属矿床分布广泛,矿床类型多种多样,有花岗岩型、花岗伟晶岩型、云英岩型、气成热液型、火山-次火山热液型以及各种砂矿等,是我国最重要的稀有金属矿产基地。其中花岗岩型稀有金属矿床最为重要,已发现近 60 个矿床,其数量之多居全国之冠,在稀有金属特别是钽铌矿床中占据着主导地位。多年来,许多学者对这类矿床从各个不同角度作过大量研究,初步总结了稀有金属花岗岩成矿地质背景、成岩成矿特点、成矿机理和矿床成因以及找矿标志等。

在稀有金属花岗岩矿床分类方面,许多学者从各个角度提出了不同的分类方案,目前尚未有统一的意见。A·И·金兹堡(1972)根据主要有用组分含量,将这类含矿花岗岩划分为三类矿床,即钽矿床($\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Nb}_2\text{O}_5$ 平均为 1:1)、钽铌矿床($\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Nb}_2\text{O}_5$ 约为 1:10)和钨铍矿床。地质科学院稀有金属组(1975)根据花岗岩浆演化阶段和交代作用特征,将稀有金属花岗岩划分为九类,并归纳为富钇、富铌、富钽(锂)、富铍等四类花岗岩。刘义茂和笔者等(1975)采用云母类系列、斜长石族系列、富碱度($\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Li}^+$) / ($\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Ti}^{4+}$)和富钠度(Na/K)作为主要指标,将南岭地区稀有金属花岗岩划分为六个类型:Ⅰ.角闪石黑云母-更中长石花岗岩;Ⅱ.黑云母-钠更长石花岗岩;Ⅲ.黑鳞云母(二云母)-更钠长石花岗岩;Ⅳ.锂白云母-钠长石花岗岩;Ⅴ.锂白云母-富钠长石花岗岩;Ⅵ.锂云母-富钠长石花岗岩。其中Ⅴ、Ⅵ两类为富钽花岗岩类型。桂林矿产地质研究院等(1977)以钽铌(稀土)的主要工业矿物为主要依据,将南岭地区花岗岩型钽铌矿床划分为:Ⅰ.褐钇铌矿花岗岩;Ⅱ.铌铁矿花岗岩;Ⅲ.铌铁矿-钽铌铁矿花岗岩;Ⅳ.钽铌铁矿-铌钽锰矿花岗岩;Ⅴ.铌钽锰矿-细晶石花岗岩;Ⅵ.黄钇钽矿花岗岩等六类矿床。其中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三类属以铌为主的矿床;Ⅴ、Ⅵ两类为以钽为主的矿床,第Ⅳ类属过渡型矿床,其成矿作用处于由富铌向富钽演变的过渡阶段,但在矿体花岗岩中,钽铌比值接近于 1。因此,Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ三类均应属于富钽花岗岩型矿床。

在华南稀有金属花岗岩矿床中,目前能得到开发利用的主要是富钽花岗岩矿床。经统计,该区有近 20 个规模不等的富钽花岗岩矿床,其数量约占华南稀有金属花岗岩矿床的三分之一。在这些富钽花岗岩矿床中,真正具有工业利用价值的却为数甚少。尽管这类矿床大多具有一定规模,矿化均匀,也适宜于露采,但毕竟稀有金属品位不高, Ta_2O_5 品位通常在 0.01% 左右,不超过 0.02%,而且有用矿物粒度细,回收率偏低,在国外很少开采这类矿床。但在华南地区有些富钽花岗岩矿床为何多年来能长期维持生产、而且有一定的经济效益呢?这主要是它们均属于高度综合性矿床,有用组分多,矿山综合利用程度也高。江西 414 矿是个典型矿例,除主产钽、铌外,锂云母和尾砂都可综合利用;矿体上部风化矿中的高岭土亦是优质陶瓷原料,可回收利用。矿山若能全部回收锂云母和尾砂,不

仅做到矿山无废物，而且其经济价值将超过主产品钽、铌的经济价值。此外，钽铌原生矿石又是一种优质的白花岗石建筑石材，其经济价值也十分可观。相反，组分比较单一的富钽花岗岩矿床如江西海罗岭矿，尽管钽铌品位较高，矿体中 Ta_2O_5 平均品位达 0.0174%， Nb_2O_5 为 0.0180%，明显高于 414 矿（ Ta_2O_5 0.0104%， Nb_2O_5 0.0085%），但海罗岭矿可供综合利用的组分贫乏，矿山产品只有单一的钽铌精矿，因而近年来经济效益不理想，以致难以维持而不得不停产。

根据以上情况，本著作将华南富钽花岗岩矿床从有用伴生组分角度分为综合型和单一型两类。实际上，富钽花岗岩矿床一般都是综合性矿床，除了钽铌外，均有多种组分伴生。划分综合型和单一型只是相对而言。单一型矿床除了主矿种钽（铌）外，其它伴生组分相对比较贫乏或其品位偏低。综合型矿床除主矿种钽（铌）外，伴生多种重要的有用组分，如 Li、Rb、Cs、Y、Sn、W 及非金属矿产资源。这里需指出的是，综合型矿床也并非都是优质矿床。所谓优质矿床，就是能保证获得较高利润和长期生产的矿床，其特点是矿床品位高、规模大、形态合适、矿石易加工处理、含有价值高的副产品等（当然，不

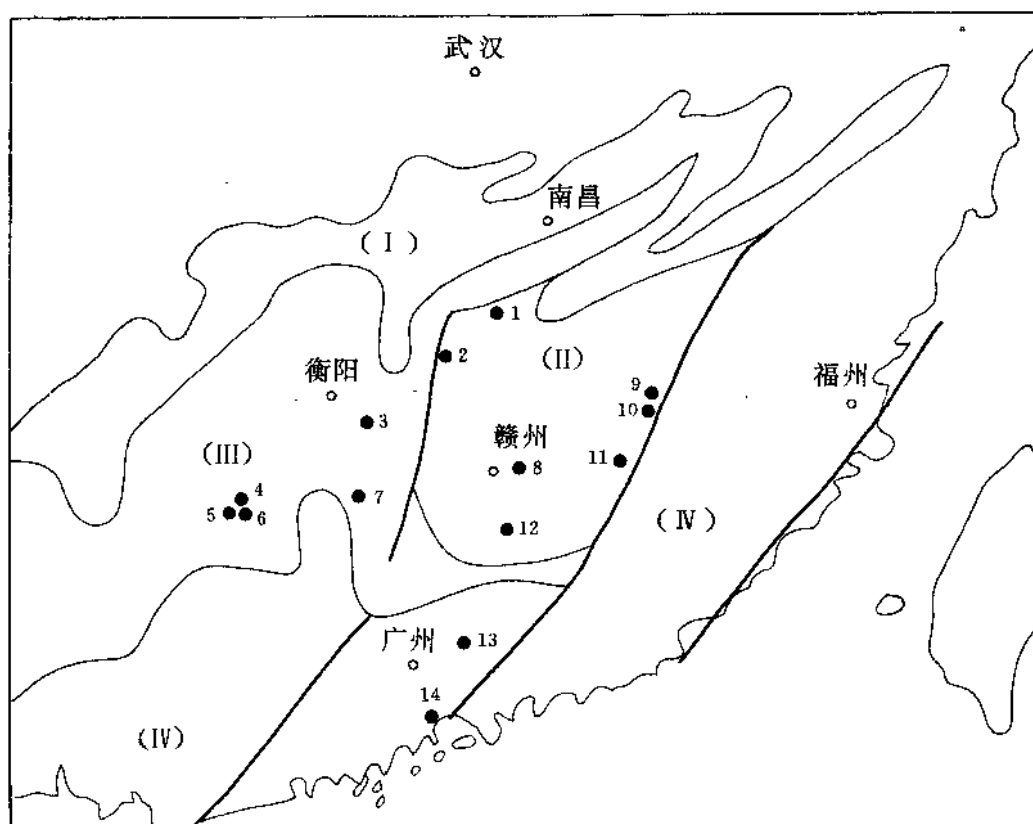


图 2-1 华南富钽花岗岩矿床分布示意图
(构造单元划分据徐克勤等, 1991)

Fig. 2-1 Schematic map showing distribution of Ta-rich granite type deposits in South China

(I) — 江南地块; (II) — 后加里东隆起区; (III) — 湘桂粤北坳陷区; (IV) — 华夏地块
1—414; 2—邓阜仙; 3—上堡; 4—老虎头; 5—金竹源; 6—水溪庙; 7—430; 8—牛岭坳; 9—姜坑里;
10—海螺岭; 11—旱叫山; 12—大吉山; 13—525; 14—仓山

可能指望一个矿床具备所有这些特征)。对富钽花岗岩矿床来说,作为优质矿床其中最重要的一条是,必须伴生丰富的、具工业利用价值的组分。使副产品的价值要与钽(铌)主产品的价值大抵相当甚至更高,否则,在当前技术经济条件下,开采这类矿床将是缺乏效益的、不经济的。从华南地区已发现的综合型富钽花岗岩矿床中,构成优质矿床的为数不多,如江西 414 矿、广西栗木老虎头矿等。

综合型富钽花岗岩矿床根据有用元素组合特征,可分为 Ta(Nb)-Li 型、Ta(Nb)-Sn 型、Ta(Nb)-W 型和 Ta(Nb)-Y 型四种类型。根据现有资料,其中属 Ta(Nb)-Li 型矿床的有江西 414、湖南上堡;Ta(Nb)-Sn 型矿床有广西老虎头、水溪庙、金竹源、江西姜坑里;Ta(Nb)-W 型有江西大吉山;Ta(Nb)-Y 型有江西牛岭坳矿床。

属于单一型富钽花岗岩矿床较多,如广东仑山、江西海罗岭、湖南 430、湖南金竹垭(邓阜仙)、广东博罗 525 等。

以上各个矿床的分布位置见图 2-1。下面将以典型矿床实例分别叙述各个类型矿床的地质特征。

第二节 江西 414 钽(铌)-锂型矿床

414 矿床位于江西宜春市东南。目前该矿已成为我国钽锂原料生产的重要基地。矿床规模巨大、矿石品位均匀,可露天开采,有用金属多,综合利用程度高,已为国内外同行所瞩目。矿床发现于 1969 年,次年始建矿山,1986 年正式竣工投产。目前主要产品有钽铌精矿、锂云母精矿以及作为瓷陶工业理想原料的低品位锂云母精矿和长石粉。此外,还有近年新开发的产品高岭土精矿和白花岗石材。

一、地质背景

414 矿床所处的大地构造位置,属华南加里东褶皱系桂湘赣褶皱带北缘的武功山隆起区。区内元古代变质岩系组成的褶皱基底广泛出露,并有多期(加里东期至燕山期)花岗岩侵入,主要构造线为北东向。矿区位于武功山复背斜的北东端东南翼,并有北东向断裂通过矿区。

1. 地层

区内出露的主要地层有元古界前震旦系和震旦系(图 2-2)。前震旦系(Pt)主要由一套经变质的含碳质、泥砂质及砂质岩石组成,厚度约 5000 余米。根据其岩性划分为下部神山组和上部上施组,二者呈连续过渡关系。

震旦系(Z)主要由经受不同程度变质的泥质、泥砂质、砂质及硅铁质等岩石组成,厚 5700m。根据岩性不同分为下部的下坊组和老虎塘组以及上部的里坑组。其中老虎塘组系矿区出露的主要地层,下部为厚层状变质砂岩夹绢云母千枚岩,局部夹少量透镜状灰岩,上部为绢云母千枚岩。在矿区雅山花岗岩体周围出露的为老虎塘组中上部,其主要岩性为厚层状变质砂岩、千枚状粉砂岩,夹透镜状结晶灰岩、薄层状碳质板岩。由于接触变质作用,有角岩化、硅化、电气石化等蚀变。区内老虎塘组变质岩中成矿微量元素含量较高(据扬子江,1988;曹晓云,1982): W, $10 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$; Sn, $10 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$; Mo, $2 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$; Ta_2O_5 , $8 \times 10^{-6} \sim 12 \times 10^{-6}$; Nb_2O_5 , $36 \times 10^{-6} \sim 76 \times 10^{-6}$ 。