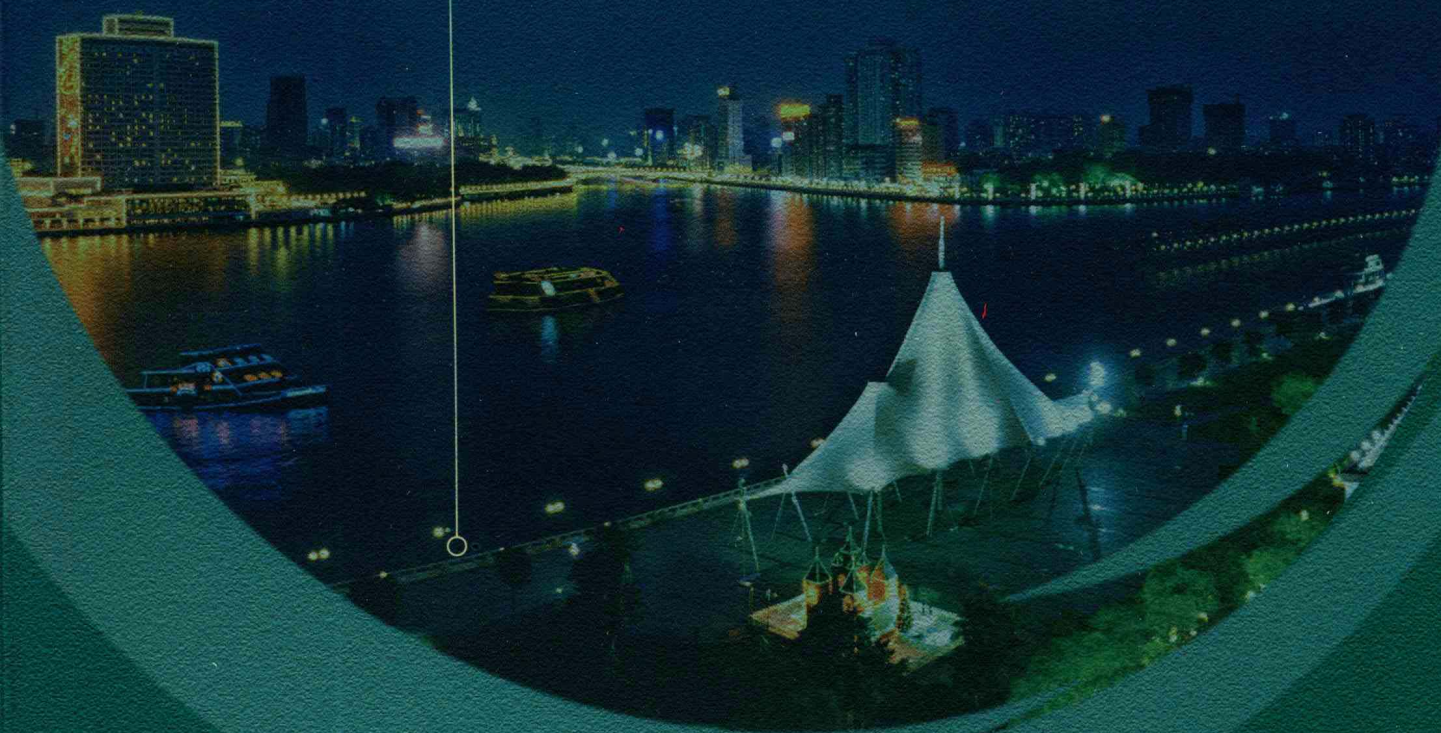


Guangdong Geology

广东地质

2008年第23卷（总第81期·上册）

《广东地质》编委会 编



广东省出版集团
广东人民出版社

Guangdong Geology

广东地质

2008年第23卷（总第81期·上册）

《广东地质》编委会 编



广东省出版集团
广东人民出版社
· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

广东地质 (2008 年第 23 卷, 总第 81 期) / 《广东地质》编委会编.
—广州: 广东人民出版社, 2008. 8
ISBN 978-7-218-05891-7
I. 广… II. 广… III. 区域地质—广东省—文集 IV. P562.65-53
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 121490 号

责任编辑	谢海宁
封面设计	林小玲
责任技编	周 杰
出版发行	广东人民出版社
印 刷	广东金冠科技发展有限公司
开 本	889 毫米×1194 毫米 1/16
印 张	27.5
字 数	700 千字
版 次	2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 ✓
书 号	ISBN 978-7-218-05891-7
定 价	120.00 元 (上下册)

如果发现印装质量问题,影响阅读,请与出版社(020-83795749)联系调换。

【出版社网址: <http://www.gdpsh.com> 电子邮箱: sales@gdpsh.com】

《广东地质》编辑委员会

编委会主任：彭少梅

编委会副主任：曾宪荣 余钦发

编委：（以姓氏笔画为序）

王 燕	邓业灿	卢少文	艾康洪
甘展孜	石丙飞	卢映新	李水林
李亚平	阮文波	汤志军	陈光明
余钦发	何俊美	陈龙清	张杏清
张方荣	林希强	范定和	范成瑜
饶其荣	敖文波	党 杰	梁池生
梁俊平	黄宇辉	黄树鹏	康洪星
彭少梅	曾宪荣	曾国光	曾环岳
蔡宗毅	蔡会生	潘正球	薛远标
魏国灵			

主 编：梁池生

副 主 编：林希强 党 杰

编辑部主任：党 杰

编 辑：党 杰 田晓阳

目次

矿产地质

韶关一六铌钽矿床特征及控矿因素分析	王建新 (1)
中国铁矿成矿规律	杨树庄 (9)
乌茶布石灰岩矿床勘探网度的探讨	谢长峰 (17)
遂溪洋青一界炮高岭土矿的地质特征及找矿远景	陈 宇 (22)
惠州市某矿区铅锌矿地质特征	杨乔红 (26)
中国铁矿成矿规律的运用与演绎	杨树庄 (29)
藏南桑日县冲木达矽卡岩型铜钼矿床成因	娄六红 刘延勇 (35)
大顶锡(铁)多金属矿床地质特征及控矿因素探讨	杨智荣 陈婉君 (39)
林湾钼铁多金属矿床控矿地质条件及矿床成因	钟安辉 (44)
吉隆岩体的就位机制分析	蔡会生 (47)
南海西樵山银矿地质特征及找矿意义	陈昌业 (51)
揭东县某铜多金属矿点地球化学特征及找矿远景	李少彬 (57)
粤北连州松树傍铋金矿床地质特征	王宇琳 何志坚 (61)
从化市某铜钼矿床围岩蚀变特征与矿化关系	张传荫 叶茂华 (65)
西藏当雄县拉屋铜铅锌多金属矿床成因探讨及找矿标志	娄六红 刘延勇 (69)
粤北乐昌砖头坳银铅矿区地质特征及外围找矿前景	叶茂华 张传荫 (74)
新丰来石风化壳离子吸附型稀土矿床的成矿地质条件浅析	黄金七 (77)
广宁塔岗金矿床地质特征及找矿前景	陈志杰 张兴奇 (83)
河源狮子嶂铁矿床地质特征及找矿方向	蓝恒春 (87)
连平县某钨锡多金属矿的成矿规律分析	蔡会生 (90)
辽宁大石桥—青城子地区多金属矿找矿方向探讨	李 凤 (95)
下庄矿田构造特征与矿化关系分析	冼 林 (99)
不同类型锡矿床的锡石标型特征及找矿意义	王会平 李忠宝 (103)
广东省西南部滨海砂矿床的矿石特征	黄金七 (108)
数学地质统计方法在大宝山外围成矿预测中的应用	李 敏 (114)

基础地质

- 粤西罗定白垩纪岩石地层特征及沉积盆地演化 卓伟华 (121)
- 惠阳淡水—宝安坑梓一带“红层”的划分与对比 蔡会生 (127)
- 粤西高州表壳岩组合的地质特征研究 卓伟华 肖振奇 刘辉东 (130)
- 广州市广三断裂和流纹斑岩的地质特征与相互关系浅析 刘 胜 (136)

探矿工程

- 岩溶地区冲孔灌注桩施工技术要点 李 轶 陈 霞 (140)
- 浅谈现用提引器的改进方案 邱长春 (142)
- 气举抽水法在连续墙换浆清渣工作中的应用 林 毅 彭晓光 李海洋 (145)
- 浅谈钻孔灌注桩导管堵塞事故的处理方法 余玉文 (147)
- 水解聚丙烯酰胺泥浆在地热深井钻探中的应用 林良创 (149)

其 他

- 浅谈混凝土的耐久性 吕 铀 陈铁光 (153)
- 粉煤灰对混凝土耐久性的影响 陈铁光 吕 铀 (157)
- 运用采集对应控制点法校正矢量化图形 杨凤英 (159)
- 基于 GIS 矢量统计图生成方法的研究与实现 刘 敬 辛 煊 (163)
- 粤港澳地下水资源评价空间数据库建设的主要成果、存在问题及建议 杨凤英 (166)
- 广州城市地质数据库与信息管理服务系统的目标、功能与架构 刘 敬 (169)
- 广州城市地质数据库建设初探 黄铁兰 刘 敬 李文胜 (173)
- GPS 技术在现代化测量中的应用 高 明 (178)
- 边坡施工测量方法浅析 古 明 (182)
- 基于人工神经网络的边坡安全系数估算 谢 晟 (185)
- 载荷试验计算变形模量的数据处理 向伟锋 (189)
- Origin7.5 在软土地基增长曲线沉降计算模型中的拟合实现 戴真印 罗显德 曾宪斌 (192)
- 基于 GIS 的地面沉降信息服务系统研究 黄铁兰 (196)

矿产地质

韶关一六铌钽矿床特征及控矿因素分析

王 建 新

(广东省有色金属地质勘查局 932 队, 韶关 512026)

摘 要 广东韶关一六铌钽矿床类型属钠长石锂白云母花岗岩型钽、铌、稀土矿床和花岗伟晶岩型钽、铌、锂、铷、铯、铍矿床。矿体主要受岩浆岩和断裂控制。矿体呈脉状、透镜状, 产出于宝山花岗岩体外围, 赋存于泥盆世天子岭组 (D_3t) 和帽子峰组 (D_3m) 地层中。其中以花岗伟晶岩型钽、铌、锂、铷、铯、铍矿床为主, 矿脉成群成组出现, 具规模大、品位中等、钽高于铌等特点。

关键词 铌钽矿床 矿床特征 控矿因素

一六铌钽矿是粤北最大的稀有金属矿床, 自 20 世纪 60 年代起, 先后有地矿、有色、冶金系统的地质队伍曾在本区开展过区调、物化探及矿产普查评价与勘探工作。1968~1969 年, 广东省地质局 706 地质队普查发现铌钽矿。1971 年 1 月~1976 年 3 月, 广东省有色金属地质勘查局 932 队进行地质勘探, 对本区成矿条件、成矿规律、成矿系列、成矿模式等方面进行了探讨。研究认为, 本区的白云母花岗岩型铌钽—稀土矿床和花岗伟晶岩型铌钽—稀有金属矿床, 以花岗伟晶岩型矿床为主。矿床规模属中小型, 主要受宝山花岗岩体的控制 (成矿母岩)。

笔者认为, 本区矿床类型应属钠长石锂白云母花岗岩型钽、铌、稀土矿床和花岗伟晶岩型钽、铌、锂、铷、铯、铍矿床。矿床主要受构造、岩浆岩、地层岩性的联合控制。整个成矿区铌、钽成矿条件良好, 矿化分布范围广, 在矿区内或矿区外围都有扩大矿床规模的找矿前景。本文试图通过研究矿床的成矿特征, 分析控矿因素, 进一步探讨找矿方向, 以期今后的找矿工作提供有益的思路。

1 区域成矿地质背景

一六铌钽矿床位于曲江构造盆地南西缘, 大东山—贵东 EW 构造岩浆带的北侧。一六矿田出露主要地层有早古生代碎屑岩浅变质岩系, 晚古生代陆相碎屑沉积及滨海至浅海相碳酸盐岩建造, 中、新生代多为内陆湖盆沉积, 形成以碎屑岩为主的一套红层岩系。

矿区内岩浆活动强烈, 从加里东、海西、印支到燕山期均有岩浆活动, 尤以燕山期的花岗岩岩浆活动最为强烈, 形成宝山岩体和多处隐伏岩体。

区内构造类型为褶皱和断裂, NNE 向构造形成主体构造格架, NNE、NEE 向和 EW 向断裂褶皱带发育, 形成一系列复式向斜、背斜和冲断裂。NNE 向主断裂—重阳断裂贯穿全区, 为一冲断层, 该断裂使晚泥盆世天子岭组逆冲于早石炭世孟公坳组之上。断裂两侧有各类岩脉和各种矿体与

之平行或斜交分布。对本区多金属矿带、稀有金属矿带的形成及其空间的展布,起着严格的控制作用。

矿田内矿种繁多,计有钨、锡、铜、铅、锌、铋、银、汞、砷、铌、钽以及稀土等。

2 矿区地质概况

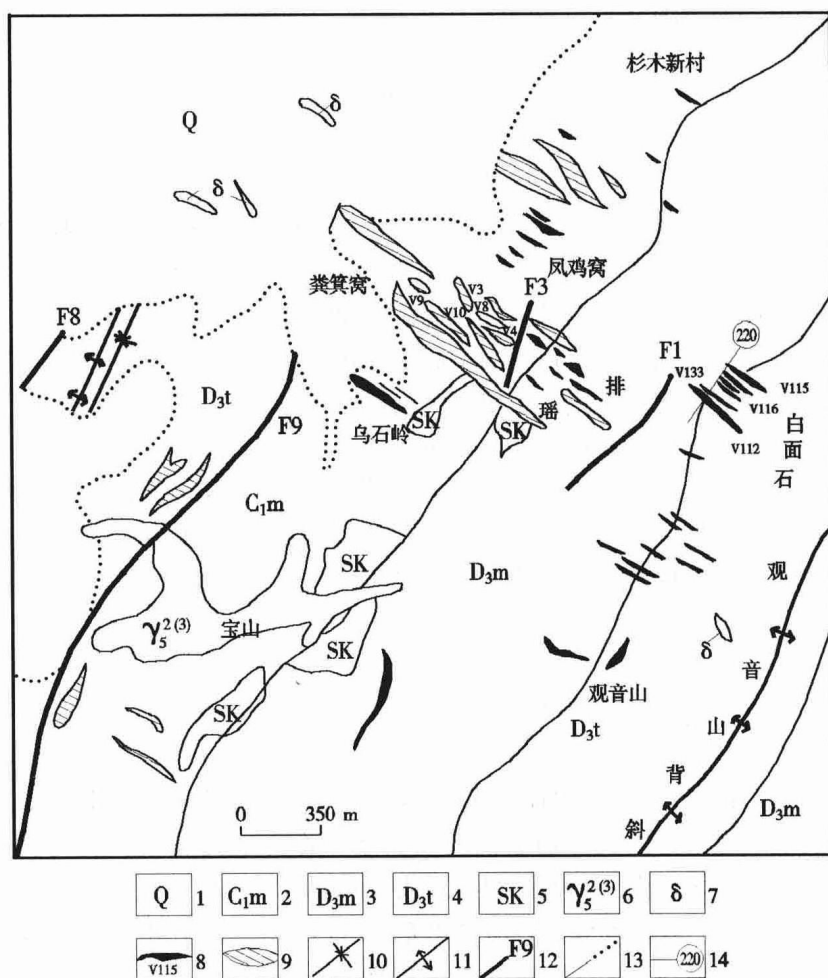
2.1 地层

区内出露地层自老至新有:晚泥盆世天子岭组 (D_3t) 和帽子峰组 (D_3m),早石炭世孟公坳组 (C_1m)。天子岭组 (D_3t) 岩性为中厚层状灰岩、薄层条带灰岩、大理岩化灰岩或大理岩。帽子峰组 (D_3m) 岩性为厚层状灰岩、大理岩化灰岩、夹泥砂质灰岩、少量砂页岩,具角岩化、矽卡岩化,为本区主要赋矿层位。孟公坳组 (C_1m) 岩性为中厚层夹薄层状、条带状大理岩化灰岩、大理岩。此外,分布第四纪 (Q) 冲积层泥质砂土。

2.2 构造

区内褶皱、断裂构造发育(图 1)。褶皱构造主要有观音山背斜,见于区东南的观音山、白面石一带,轴向 $20\sim 35^\circ$,延长 3 km,轴部地层为晚泥盆世天子岭组,两翼地层为晚泥盆世帽子峰组和早石炭世孟公坳组。两翼地层倾角平缓,一般 $20\sim 30^\circ$ 。

区内发育 NWW、NNE、NNW、NEE 和 EW 向 5 组断裂,以 NWW、NNE 组为主。NNE 组主断裂 F9 产出于矿区北西部,出露于重水河以南一带,延长大于 6 km,宽 1~5 m,充填不规则低温石英脉;性质为冲断层。该断裂使晚泥盆世天子岭组逆冲于早石炭世孟公坳组之上。区内的铅锌多金属矿带和稀有金属矿带均分布在其两侧附近,严格控制铅锌多金属矿和铌钽矿的产出。为本区主要控矿构造。NWW、NNW、NEE 和 EW 向断裂为 F9 派生的次级构



造断裂,同时还派生出一组与之同向的次级小断裂,控制了多金属矿带的展布,而 NWW 向断裂则控制了稀有金属矿带的展布,两者为本区的主要容矿构造。多为矿体充填。

2.3 岩浆岩

区内岩浆活动较强烈,矿区出露宝山花岗岩体,另有石英闪长岩、英安岩及白云母花岗岩、花岗伟晶岩脉分布。

宝山花岗岩体,岩性为中细粒斑状黑云母花岗岩,呈岩株状产出,面积 0.3 km^2 ,长轴方向近 EW 向,矿物成分主要为微斜长石、中更长石、石英,其次为黑云母、绢云母、白云母等。根据中国科学院北京地质力学研究所用铷锶法测定的岩体绝对年龄为 $161.1 \times 10^6 \text{ a}$,属燕山早中期花岗岩,据分析,岩体内富含稀有元素和稀碱金属,含 Nb_2O_5 0.004% , Ta_2O_5 0.002% , Li_2O 0.014% , Rb_2O 0.07% , Cs_2O 0.005% , BeO 0.011% , TR_2O_3 0.036% ,其中铌、钽分别为克拉克值的 4~1 倍多。

钠长石锂白云母花岗岩和花岗伟晶岩脉,分布于宝山岩体的外围,呈 NWW 走向,成群成组产出(图 1)。两者均含稀有金属矿,构成铌钽工业矿体,其中花岗伟晶岩规模大,矿化好,是构成本区稀有金属矿床的主要矿化类型。

白云母花岗岩:多呈脉状,少数透镜状,主要造岩矿物微斜长石,条纹长石 $60\% \sim 65\%$,中更长石 $5\% \sim 15\%$,石英 $25\% \sim 30\%$,白云母 5% ,绢云母少量。细粒结构,局部见细晶—微晶文象结构。主要化学成分 SiO_2 75.71% , Al_2O_3 13.52% , TiO_2 0.015% , Fe_2O_3 0.11% , FeO 0.20% , MnO 0.01% , MgO 0.16% , CaO 0.28% , K_2O 5.23% , Na_2O^+ 2.15% 。另含 Nb_2O_5 0.0133% , Ta_2O_5 0.0067% , Li_2O 0.064% , Rb_2O 0.087% , Cs_2O 0.005% , TR_2O_3 0.023% , BeO 0.024% 。个别脉体局部可形成铌钽矿体。

花岗伟晶岩脉:多呈脉状,少数透镜状,空间排列成组成群,呈左行斜列展布,沿纵向,则呈扇形往下收敛。造岩矿物在早期的结晶阶段主要有微斜长石(包括纹长石、微纹长石)、更长石、石英和少量云母,构成伟晶岩的基本部分。晚期的气化—热液交代阶段,增加了云母类矿物、钠长石、黄玉、萤石和矽卡岩矿物,热液阶段形成大量硫化物、氧化物和碳酸盐类矿物。主要化学成分 SiO_2 71.22% , Al_2O_3 14.90% , TiO_2 0.02% , Fe_2O_3 0.65% , FeO 0.77% , MnO 0.013% , MgO 0.134% , CaO 0.83% , K_2O 5.96% , Na_2O^+ 2.33% , H_2O^+ 1.49% , F 0.89% , P_2O_5 0.092% 。岩石的交代作用广泛而强烈,计有锂云母化、白云母化、钠长石化、微斜长石化、黄玉化、萤石化、电气石化等。含 Nb_2O_5 0.011% , Ta_2O_5 0.0233% , Li_2O 0.0238% , Rb_2O 6.192% , Cs_2O $< 0.005\%$, BeO 0.048% , TR_2O_3 0.16% ,形成本区铌钽矿床。

3 矿床特征

矿床类型有钠长石锂白云母花岗岩型钽、铌、稀土矿床和花岗伟晶岩型钽、铌、锂、铷、铯、铍矿床。花岗伟晶岩型矿床为本区主要工业矿床类型。矿脉成群成组出现,分布在白面石、乌石岭、粪箕窝、瑶排、瑶坪、观音山、凤鸡窝等 7 个区段,矿化面积 3 km^2 ,其中以白面石矿段为主。

3.1 矿体形态、规模产状

矿体多呈脉状,少数透镜状,沿走向有分支复合、尖灭再现、膨大缩小等现象。矿体规模大小不一,长度 $50 \sim 250 \text{ m}$,一般 $100 \sim 150 \text{ m}$,厚度 $1 \sim 22 \text{ m}$,一般 $1 \sim 5 \text{ m}$,矿化深度沿倾斜 $30 \sim 100 \text{ m}$,最深达 190 m 。矿体产状走向 $295 \sim 310^\circ$,少数呈 NNE 向,倾向 SW,倾角 $60 \sim 85^\circ$,主矿体的

规模、产状见表1^①。

(1) 花岗伟晶岩脉型铌钽矿体 已编号花岗伟晶岩矿体43个,其中白面石矿段13个,瑶排16个,瑶坪7个,观音山2个,其他矿段5个。主矿脉18个,白面石12个,瑶排4个,观音山2个,矿化主要集中分布于白面石矿段(占全区已探明铌钽资源储量的80%以上)。矿体规模大小不一,长50~280 m,一般100~150 m,厚1~22 m,一般1~5 m,沿倾斜矿化深30~100 m,最长达190 m。矿体走向295~310°,少数呈NNE,倾向SW,倾角60~85°,往深部变陡,局部反倾。矿体沿走向有分支复合、尖灭再现、膨大缩小等现象,往深部有呈扇形收敛趋势(图2)。主矿体的规模、产状见表1^①。

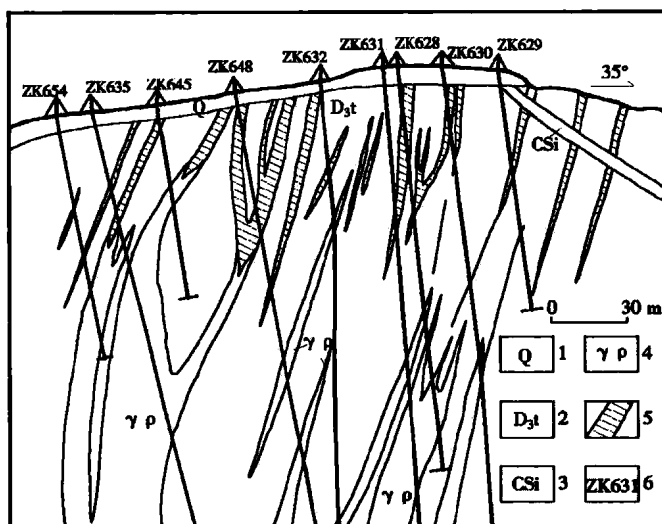


图2 一六铌钽矿床220线剖面图

1. 第四系; 2. 早石炭世孟公坳组; 3. 低温石英脉;
4. 花岗伟晶岩; 5. 含铌钽花岗伟晶岩矿脉; 6. 钻孔编号

(2) 白云母花岗岩体型铌钽矿体 已编号的白云母花岗岩矿体12个,目前查明有一定工业意义的矿体5个,主要分布于区北西部位的粪箕窝、凤鸡窝区段一带(图1)。矿体长50~250 m,最长达500 m,厚度2~5 m,最厚达50 m,沿倾斜矿化深度30~50 m,走向300~310°,倾向SW或NE,倾角60~80°,大部分为风化岩脉。

表1 矿体特征一览

区段	矿体号	规模 (m)				产状 (°)		平均品位 (%)				
		长	宽	深	最深	走向	倾角	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Li ₂ O	Rb ₂ O	CS ₂ O
白面石	115-Ⅱ	135	3.70	20	30	308	64	0.0258	0.0270	0.169	0.261	0.0082
	115-Ⅲ	200	4.56	65	85	309	67	0.0119	0.0251	0.351	0.254	0.0112
	116-Ⅰ	155	2.49	40	50	313	67	0.0131	0.0348	0.259	0.0217	0.0081
	116-Ⅱ	150	1.82	65	95	320	70	0.0092	0.0261	0.250	0.232	0.0882
	116-Ⅲ	150	4.22	77	110	310	72	0.0098	0.0257	0.454	0.256	0.0103
	116-Ⅳ	150	1.25	75	105	320	70	0.0096	0.0182	0.348	0.208	0.0157
	116-Ⅴ	100	2.17	40	50	290	63	0.0109	0.021	0.065	0.107	0.0042
	116-Ⅵ	110	1.53	40	45	300	62	0.0095	0.015	0.130	0.252	0.0064
	113-Ⅰ	200	4.14	70	80	318	75	0.0086	0.0130	0.0338	0.171	0.0058
	113-Ⅱ	180	3.48	37	40	310	73	0.0096	0.0153	0.219	0.144	0.006
	112-Ⅰ	130	4.02	70	95	303	68	0.0096	0.0155	0.0474	0.154	0.0056
	112-Ⅱ	50	1.80	30	40	320	74	0.0116	0.0312	0.0170	0.126	0.0046
瑶排	101-Ⅰ	140	6.70	35	50	310	67	0.0130	0.0198	0.121	0.243	0.0136
观音山	109-Ⅰ	190	4.29	15	20	300	70	0.0072	0.0130	0.190	0.169	0.0107

① 广东省冶金地质932队. 广东省曲江县一六矿区铌钽矿初步勘探地质报告. 1977

3.2 矿石特征

(1) 矿石类型 花岗伟晶岩脉型铌钽矿体和白云母花岗岩体型铌钽矿体的主要矿石类型有风化矿石和原生矿石两类。

(2) 矿石矿物成分 矿物组分复杂、种类繁多, 矿石矿物、脉石矿物、副矿物和蚀变矿物在花岗伟晶岩矿脉中计有 42 种, 目前已发现有用矿物 13 种, 其中 10 多种铌钽矿物 (细晶石、铀钽矿、富锰钽铌铁矿、锰钽铌铁矿、富锰钽铌铁矿、钽铌锰矿、黑稀金矿、钛铁金红石、含铌钽锡矿等), 1 种锂矿物 (锂云母), 2 种稀土矿物 (表 2)。

表 2 花岗伟晶岩造岩矿物、副矿物、蚀变矿物

造岩矿物	副矿物及蚀变矿物
钠长石、微斜长石、更长石、透长石 (?) 石英、白云母、锂云母、黑云母	绢云母、萤石、锡石、绿帘石、锆石、变种锆石、锐钛矿、电气石、符山石、磷灰石、硅灰石、硬铬尖晶石、高岭石、方解石、磁铁矿、褐铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黑钨矿、白钨矿、黄铜矿、辉铜矿、辉铋矿、泡铋矿、斑铜矿、铜蓝、孔雀石、毒砂、黄玉、石榴子石、赤铁矿、黄铁矿、钛铁矿

细晶石: 产出较多, 晶形完好的八面体, 以黄色居多, 部分呈浅黄、棕黄、棕褐、乳白、橄榄绿、暗绿黑色。粒径一般为 0.074 mm, 最大粒径为 0.25 mm。常见钽铌铁矿被包裹于细晶石晶体中。

钽铌铁矿: 矿物呈黄绿色至黑色, 金属至半金属光泽, 断口不平坦, 半透明至不透明, 硬度大, 性脆, 实测比重 6.2 (显微比重法)。最大粒径 0.19~0.35 mm。

钛铁金红石: 黑色, 条痕褐色, 断口不平坦, 硬度大, 晶形呈短柱状、粒状, 产出较少。

锂云母: 玫瑰红、粉红色, 呈片状或细小鳞片状集合体, 直径 0.3 到几厘米。

白云母花岗岩矿体中有 30 多种矿石矿物和脉石矿物, 已查明铌钽独立矿物有: 钛铁金红石、锰钽铁矿、钽铌铀矿、细晶石、钽易解石等 6 种; 稀土矿物有磷钇矿、独居石, 锆钨矿物有变种锆石、钨石, 锂、铷、铯、铍均未见独立矿物, 主要分散在长石、云母中。除上述有用矿物外, 造岩矿物、副矿物、蚀变矿物 30 多种 (表 3)。

表 3 白云母花岗岩造岩矿物、副矿物、蚀变矿物

造岩矿物	副矿物及蚀变矿物
钾长石、钠 (臭) 长石、石英、白云母、黑云母	石榴子石、硬铬尖晶石、电气石、磷灰岩、绿帘石、黄玉、黑钨矿、白钨矿、锐钛矿、绿针矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、褐铁矿、赤铁矿、黄铜矿、辉钼矿、辉铋矿、绢云母、方解石、高岭土、斑铜矿、尖晶石

(3) 矿石化学成分 各类花岗伟晶岩和白云母花岗岩均为铝过饱和酸性碱质岩石, 其化学成分以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O^+ 为主, 高含 H_2O^+ 、F 等挥发分, 含少量 TiO_2 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO , 普遍含有 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 Li_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 BeO 等稀有金属元素 (表 4), 矿化富集部位形成矿体。在花岗伟晶岩矿石中主要有益成分为铌、钽, 伴生有益组分为锂、铷、铯 (可综合回收), 白云母花岗岩矿石中主要有益成分和伴生组分除上述元素外, 伴生组分还有稀土钇、铈等元素。

表4 花岗伟晶岩、白云母花岗岩化学成分含量(%)

岩体类型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁺	F	P ₂ O ₅
花岗伟晶岩	71.22	14.90	0.02	0.65	0.77	0.13	0.34	0.83	5.96	2.33	1.49	0.89	0.09
白云母花岗岩	75.71	13.52	0.015	0.11	0.20	0.01	0.16	0.28	5.23	2.15	1.52	0.18	0.011

花岗伟晶岩型铌钽矿全山矿石平均品位 Nb₂O₅ 0.0110%, Ta₂O₅ 0.0245%, Li₂O₅ 0.1953%, Rb₂O 0.1822%, Cs₂O 0.145%, 各主矿脉平均品位详见表^①, 钽普遍高于铌, 铌钽比值为 2.23, 伴生元素铷、铯已达到单独矿床的工业品位要求。

白云母花岗岩体型铌钽矿体总的矿化不强, 以铌为主, 平均品位: Nb₂O₅ 0.0133%, Ta₂O₅ 0.0067%, Li₂O₅ 0.064%, Rb₂O 0.087%, Cs₂O 0.005%, TR₂O₃ 0.023%, BeO 0.024%。

(4) 矿化富集规律及稀有元素赋存状态 花岗伟晶岩矿体中有益元素和伴生元素品位变化特征如下:

A. 与交代作用密切相关, 即随着交代作用由绿色白云母化(早期)→钠长石化→白云母化(晚期)→锂云母化的演化和加强, 铌、钽、锂、铷、铯、铍等矿化明显加强。其中又以钠长石化、锂云母化矿化最好。

B. 在垂直方向矿脉的中上部, 铌、钽、锂矿化富集, 往下变贫, 随着交代作用强度减弱, 过度为非矿体。

C. 在水平方向上, 铌钽含量有从北西往南东方向增高趋势。

D. 稀有元素的赋存状态: 铌、钽矿主要富集在细晶石、富锰钽铌铁矿中, 锂主要富集在锂云母中, 铷主要富集在长石、云母中, 铯则主要富集在长石中(表5)。

白云母花岗岩体型铌钽矿体的矿化富集与交代作用密切相关, 云英岩化(主)、锂云母化、绢云母化强烈地段铌钽矿化富集。稀有元素的赋存状态见表6。

表5 花岗伟晶岩脉型铌钽矿稀有元素的赋存状态(元素含量%)

矿物	细晶石	钽铌铁矿	钛铁金红石	锂云母
Nb ₂ O ₅	63.2	22.32~59.79	5.72	
Ta ₂ O ₅	11.6	21.11~58.97	5.18	
TiO ₂			79.9	
Li ₂ O				2.1~4.58
Rb ₂ O				1.4
Cs ₂ O				0.047~0.35

表6 白云母花岗岩体型铌钽矿稀有元素的赋存状态(元素含量%)

矿物	钛铁金红石	锰铌铁矿	锰钽铌铁矿	钽铌铀矿	细晶石	钽易解石
Nb ₂ O ₅	16.00	63.13	36.00	28.88	9.41	24.40
Ta ₂ O ₅	13.56	16.58	43.95	20.88	61.06	19.40

① 广东省冶金地质 932 队, 广东省曲江县一六矿区铌钽矿初步勘探地质报告, 1977

(5) 矿石结构构造 花岗伟晶岩矿体矿石的结构有似文象结构、花岗伟晶结构、中粗粒花岗结构、鳞片花岗变晶结构、交代中细粒结构、交代细粒结构、交代残余中细粒结构等。矿石的构造有块状构造、条带状构造。白云母花岗岩体型铌钽矿体的结构主要为细粒结构, 次为细晶—显微伟晶文象结构。矿石的构造为块状构造。

(6) 围岩蚀变 围岩蚀变主要有绢云母化、云英岩化、高岭石化、碳酸盐化、黄玉化、电气石化、萤石化、大理岩化等。

4 矿床控矿因素分析

4.1 岩浆岩活动对铌钽等稀有金属矿化的控制

铌钽等稀有金属矿化直接发生在花岗伟晶岩和白云母花岗岩中, 矿化集中富集在岩脉上部形成铌钽矿体。含矿岩脉均属铝过饱和酸性碱质岩石, 富含 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 Li_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 BeO 等稀有金属元素、 TR_2O_3 稀土元素和 H_2O^+ 、 F 等挥发分。属燕山早中期花岗岩系列, 矿脉为花岗岩岩浆分异后期阶段, 岩浆携带稀有金属元素和大量挥发分上侵生成。花岗伟晶岩脉侵入空间为一相对封闭环境, 使岩浆在早期分异阶段有较完全的演化过程, 晶出晶体粗大的大部分硅酸盐造岩矿物, 如微斜长石 (包括纹长石、微纹长石)、更长石、石英和少量白云母, 构成伟晶岩主体。岩浆中晚期演化分异作用是重要成矿期, 当岩浆分异演化到自变质交代阶段, 交代的强弱和不同类型对稀有金属元素富集有明显影响。花岗伟晶岩的交代作用, 由白云母化 (早期) → 钠长石化 → 白云母化 (晚期) → 锂云母化 → 绢云母化, 铌钽等稀有金属矿化以钠长石化和锂云母化最好, 铍的矿化以白云母化含量最高, 钇族元素又以微斜长石化含量较高。未交代或微交代类型矿化微弱, 甚至转为正常岩脉。而白云母花岗岩的交代作用则以云英岩化为主, 次为铁锂云母化、绢云母化; 铌钽矿化强弱与云英岩化的强弱呈正相关。

区内出露较大的宝山黑云母花岗岩体, 岩体绝对年龄 161.1Ma 年, 为燕山第三期花岗岩, 形成时间较花岗伟晶岩脉和白云母花岗岩脉要早。据分析数据, 岩体内含 Nb_2O_5 0.004%, Ta_2O_5 0.002%, Li_2O 0.014%, Rb_2O 0.07%, Cs_2O 0.005%, BeO 0.011%, TR_2O_3 0.036%, 其中铌、钽分别为铌、钽浓度克拉克值的 4 倍、1 倍多。主要副矿物和伟晶岩相似。尽管如此, 在空间上没有发现直接的阶段分异现象, 与岩脉群时空关系也不密切, 因此, 初步分析认为, 该岩体与本区稀有金属矿床成矿关系不明显, 岩脉群很可能与深部隐伏岩体有关。但它表明了本区的岩浆岩富含稀有元素和稀碱金属, 同类岩浆岩是本区矿床形成的矿源岩。

4.2 构造对铌钽等稀有金属矿化的控制

铌钽矿床主要受 EW 向、NWW 向和 NNE 向这 3 组断裂构造的严格控制, NNE 向 F9 冲断层控制了铌钽稀有金属矿床的产出部位, 铌钽矿体主要分布在其上下盘附近, 为主要导矿构造。其旁侧次一级 NWW 组断裂直接控制了含铌钽花岗伟晶岩脉和含铌钽白云母花岗岩脉的产出, 为主要容矿构造。EW 向构造控制了花岗岩体的分布, 为铌钽矿床的形成起到了重要作用。

此外, 轴向 NNE 的观音山背斜等一系列褶皱构造对矿床形成亦起到了重要的控矿作用。主矿段白面石花岗伟晶岩矿脉群均产于观音山背斜 NW 翼靠轴部附近, 褶皱构造产生的次一级裂隙为岩浆岩和含矿热液上侵充填成岩成矿的重要场所。

5 结 论

稀有金属矿化主要受断裂构造、岩浆岩的控制, 在花岗伟晶岩脉和白云母花岗岩脉两种不同矿

化类型中,前者稀有金属矿化集中富集在岩脉上部,经深部矿化减弱过渡为不含矿岩脉;而后者地表浅部普遍矿化弱,稀土元素往深部有增强趋势。已知矿体大部分为风化岩脉,以往对深部矿化研究程度低,深部找矿潜力较大。

过去一直认为本区成矿与宝山花岗岩体关系密切,宝山黑花岗岩是稀有金属白云母细粒花岗岩、花岗伟晶岩的成矿母岩^①。经研究认为,岩脉群在空间上不是处于岩体的突出部位,两者无明显的联系现象,根据白面石花岗伟晶岩脉往深部呈扇形合并变大,预测深部有隐伏岩体的存在。铌钽稀有金属矿化和岩脉群分布与隐伏花岗岩体有关的可能性较大。因此,沿 NNE 向 F9 断裂两侧采用物化探和钻探等手段发现隐伏岩体,注意隐伏岩体顶盖及接触带附近的钨、锡、铋、钼、铜、铅、锌多金属找矿和岩体顶面岩脉群中上部的铌钽稀有金属找矿是今后在本区及外围找矿的重要方向。

① 广东省冶金地质 932 队,广东省曲江县一六矿区铌钽矿初步勘探地质报告,1977

中国铁矿成矿规律

杨 树 庄

(广东省地质勘查局, 广州 510080)

摘 要 震旦纪大冰期后,“气成式”铁矿(包括富铁沉积岩)的基本成矿(富集)规律是沿不整合面或者假整合剥蚀面之上一定部位分布——一般在碳酸盐岩层之下,或者海退层序中的相应部位,即“沉积旋回相序控”;沉积铁矿与基底铁矿相依存;各种热液型、“岩浆型”等改造型铁矿沿富铁层位分布;富铁基底或富铁盖层地区的多金属矿床铁矿具工业意义,否则仅有磁铁矿化;假整合面之上形成铁铝建造,煤系因此必定夹铁铝建造,不整合面之上的铁矿单独产出;与岩浆作用有关的铁矿,包括所谓“岩浆矿床”都受该基本成矿规律的控制,有碱交代构造岩浆作用藉此成就富铁矿床。以铁的强烈亲氧性,由硅酸盐析出最终演化成氧化铁。随大气圈氧含量迅速增加,陆壳硅酸盐中铁更充分转化为氧化铁,铁矿储量比因此随地层变新显著增加。

关键词 铁矿 成矿规律 剥蚀面 相序控 碱交代

成矿规律研究切忌缺乏成因研究基础和从单个矿种入手。铁矿既有沉积矿床也有热液矿床,研究铁矿的成因,有助于阐明热液矿床成因;铁是丰度仅次于氧、硅、铝的地壳第4大元素,且是第2大金属元素。论述铁矿的成因,可以和应当与地壳(主要是陆壳)的形成、演化相联系,多一个研究思路;铁作为普遍存在的普通元素,铁矿作为大宗矿产,有更多的可供观察的现象和可供研究的素材,比较容易寻找规律和解释矿床成因;铁矿有所谓“岩浆矿床”(如中国有著名的“岩浆结晶分异型”攀枝花钒钛磁铁矿),并有相当高的矿产勘查程度,可供分析和作为铁矿成因研究的突破口。在“火山作用现象和产物的地壳环境决定论”基础上,探索该矿床成因,有利于认识“岩浆矿床”,并从根本上认识岩浆岩的“成矿作用”,真正理解热液矿产是一种陆壳现象的道理。

1 铁矿的空间分布规律

按照《中国矿床》^[1]基本的归纳总结,中国铁矿的区域分布总储量的90%以上主要集中产于7个成矿区、带(图1)。本文仅将以海南石碌铁矿为代表的“其他类型”及与马坑铁矿相同类型的铁矿纳入闽南、粤东铁矿带,并改称为闽南、粤东、琼西铁矿带。

(1) 辽、吉、冀、内蒙铁矿带(L带):中国最重要的铁矿带,主要分布前寒武纪古老基底(鞍山式铁矿)及晚前寒武纪盖层(宣龙式铁矿)出露区。铁矿储量约占全国一半,但富矿仅占极小部分。在世界铁矿储量中,基底磁铁矿石岩建造型铁矿占比例同样最大。

(2) 西昌、滇中铁矿带(D带):主要为以攀枝花矿床为代表的钒钛磁铁矿带,储量占全国储量的1/5。

(3) 华南沉积型铁矿区(N带):以泥盆纪宁乡式铁矿及盖层中各层位的沉积矿床和以基底震旦系磁铁矿石岩的“新余式”铁矿为代表的(受)变质沉积矿床,储量占1/12。

(4) 冀、鲁、晋、豫、皖铁矿区(J带):主要为奥陶(寒武)系邯邢式铁矿,储量少,但富矿

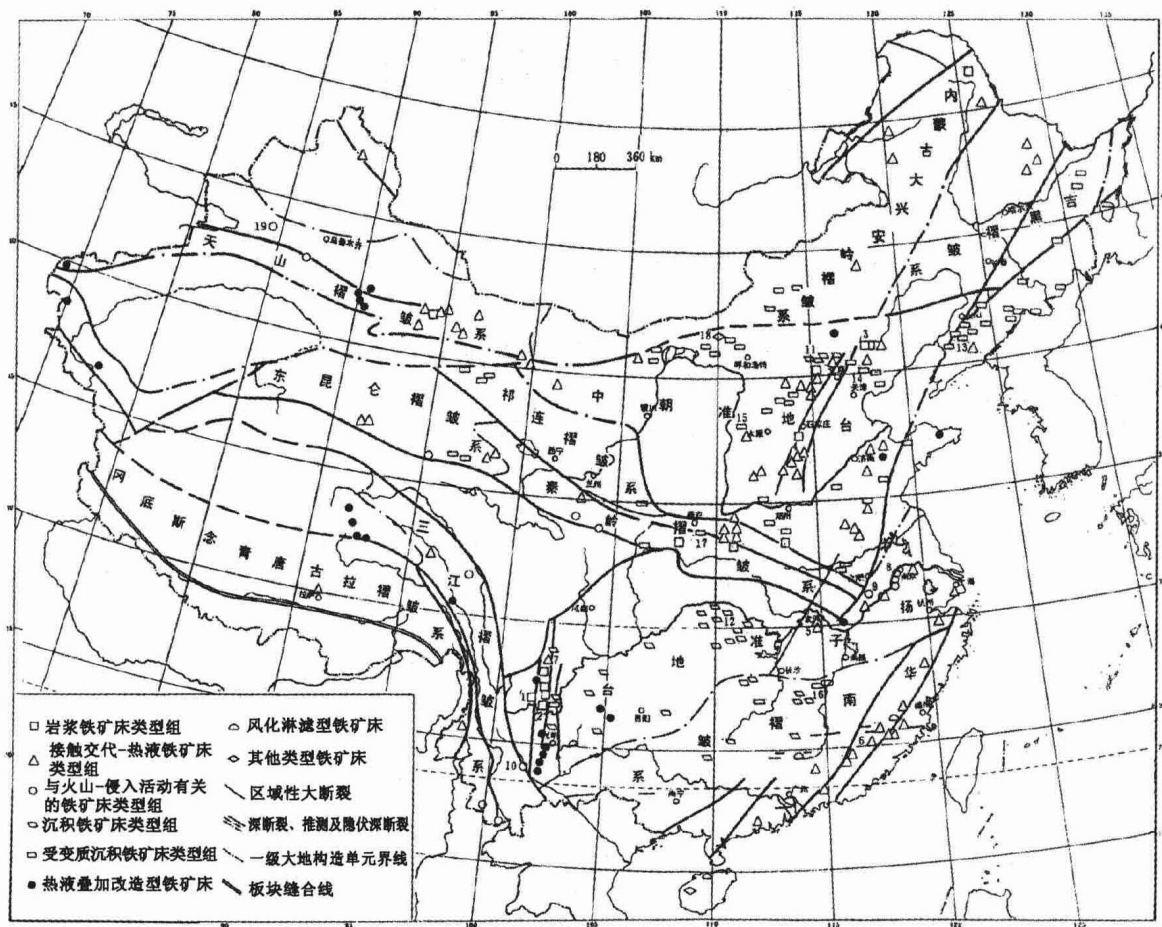


图1 中国铁矿床分布略图

典型铁矿床编号: 1. 四川攀枝花; 2. 四川红格; 3. 河北大庙—黑山; 4. 河北中关; 5. 湖北铁山; 6. 福建马坑; 7. 四川大顶山; 8. 江苏梅山; 9. 安徽罗河; 10. 云南大红山; 11. 河北庞家堡; 12. 湖北火烧坪; 13. 辽宁弓长岭和樱桃园; 14. 河北迁安; 15. 山西袁家村; 16. 江西新余; 17. 陕西大西沟; 18. 内蒙古白云鄂博; 19. 新疆式可布台

储量比例较邻近的L带大。

(5) 长江中下游铁(铜)矿带(C带): 典型矿床为大冶式铁矿、矽岩式铁矿, 储量较J带大, 富矿也占一定比重。

(6) 闽南、粤东、琼西铁矿带(M带): 主要是马坑—尖山—石碌式铁矿, 储量少, 但富矿占一定比例。

(7) 东疆甘肃西北铁矿带(G带): 主要为上古生界接触交代型—热液矿床, 储量最少。

以上是计划经济时期大规模地质调查、矿产勘查的成果, 是研究铁矿成矿规律的基本素材。

按照《中国矿床》划分的矿床类型有沉积矿床、受变质沉积矿床、热液叠加改造矿床、接触交代—热液矿床、与火山—侵入活动有关矿床、岩浆矿床及风化淋滤矿床。中国铁矿类型的划分及分布与世界铁矿的分布规律一致, 世界铁矿资源中各类铁矿所占的比例(%): 变质型 60; 沉积型 19; 岩浆型 7.6; 接触交代型 2.4; 热液型 0.5; 风化壳型 3; 其他 7.5^[2]。

在这些材料面前, 再没有理由仅将注意力倾注在岩浆作用和“岩浆期后热液”作用上, 去看待和研究铁矿成矿规律和矿床成因, 也不能因为“富铁会战”是着重研究构造岩浆的富集作用而偏离大方向。相反, 必须采取抓主要矛盾的方法, 以审慎和怀疑的眼光看待占储量数量比例甚少的岩浆作用在成矿过程中的独立地位。

2 铁矿的时间分布规律

已有研究查明的两个普遍和基本事实：外生作用使硅镁层铁质在陆壳形成早期集中析出；随地层时代变新铁矿量比增加。

(1) 已有研究表明，铁矿集中析出的时期为距今约 18 亿~26 亿年前，如苏必利尔湖地区、拉布拉多地槽、苏联的克里沃罗格、澳大利亚的哈默斯利，以及其他一些大的含铁建造都是在这个期间形成^[3]。中国的下、中前寒武系中的鞍山式磁铁矿石岩建造，可以认为是属于这个时期的产物，即属于太古代晚期—元古代早期这个阶段。

(2) 世界铁矿储量，前寒武纪（持续时间占 87.61%）占 75%，古生代（持续时间占 7.39%）占 5%，中生代（持续时间占 3.54%）占 15%，新生代（持续时间占 1.46%）占 5%^[2]。铁矿的矿化规模演化按单位时间计，震旦纪大冰期之前为 0.86，古生代为 0.68，中生代为 4.35，新时代为 3.43。地球地质各时期铁矿储量的统计并不十分精确、可靠，重要铁矿物硫铁矿还被划分为非金属矿另行统计，没有必要细究细微的规律。但是，大的规律，随地层时代变新，更多硅酸盐中的铁变成氧化铁矿物的趋势相当清楚。这就是铁的最重要地球化学演化特征，也可视为 6 亿多年来，大气圈氧含量由缺乏急剧增长到现今的 20.95%，氧化作用显著增强的一种有普遍意义的结果。

但是，根据铁矿矿化规模演化的相同素材，教科书表述前人的结论是“地质历史后期阶段与早期阶段比较，铁矿沉积作用显著减弱^[4]”，专业研究所编纂的专著^[2]也表达了类似的概念，仅仅是采用“矿化规模”，比“沉积作用”看起来似乎准确些而已。不论持续时间长与短，等同看待各“代”并比较其铁矿储量分布，是产生错误观念的根源。这属于地质学界思想僵化产生的低级错误，不更正此观念，就不能正确总结铁矿成矿规律。

3 铁矿的地质分布规律

震旦纪大冰期后，铁矿最重要和基本成矿规律是与不整合或者假整合剥蚀面密切相关。各式沉积铁矿，无一例外地出于不整合面或者假整合面之上一定部位。

(1) 宣龙式铁矿：矿体出于太古代迁西群不整合面之上的长城纪串岭沟页岩中。

(2) 宁乡式铁矿：矿体出于泥盆系与下古生界、元古界之间的超覆不整合面之上的泥盆纪上统。加里东运动在赣湘桂褶皱带造山运动之后，随着海水由南西向北东的海侵过程，由桂东南向江南古陆，铁矿含矿层位也相应由泥盆系下中统逐渐上抬至泥盆系上统。该区域不整合面之上的泥盆系不同层位的铁矿、硫铁矿的成因相当类似，仅仅是已有研究将它们各别处理而已。

(3) 山西式铁矿：矿体出于石炭系与寒武—奥陶系假整合面之上的中石炭世本溪组铁—铝沉积建造中，在一定条件下褐铁矿、赤铁矿可相变为菱铁矿或黄铁矿。

(4) 涪陵式铁矿（道真式铁矿）：矿体产出二叠系与前二叠系（黔北、四川盆地、大巴山、鄂西和黔西为志留、奥陶甚至寒武系；黔南、黔西、滇东、桂西和桂北为晚石炭世马平灰岩；桂中、江南区、东南区为马平灰岩与船山灰岩^[5]）假整合面之上的早二叠世梁山组中，为鲕状、豆状或块状赤铁矿层状矿体，属于铁—铝沉积建造中的铁矿床，在一定条件下相变为黄铁矿或菱铁矿。

(5) 易县式铁矿：在华北地区，震旦系与寒武系之间普遍存在假整合或不整合，位于假整合或者不整合面之上的早寒武世麻君山组底部有赤铁矿层^[6]。

(6) 镜铁山式铁矿：出于长城系龙珠关群与蓟县系假整合面之上的蓟县纪镜铁山群下岩组中的桦树沟式铁矿层；出于前震旦纪北大河群与长城系假整合面之上的长城纪龙珠关群下岩组中的