

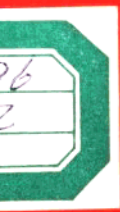
谨将此书献给第三十届国际地质大会



005

# 广东凡口铅锌矿

郑庆年 著



冶金工业出版社

# 广东凡口铅锌矿

郑庆年 著

冶金工业出版社

特邀编辑：王学明

## 内 容 提 要

本书是为了迎接 1996 年 8 月在北京召开的第 30 届国际地质大会,展示中国有色地质勘查和科研成就而专门编写的铅锌矿专著。

本书详细论述了凡口铅锌矿床的区域地质背景、矿床地质环境、矿体地质地球化学、稀土、同位素、古地磁、成矿物理化学条件等成矿控制条件因素,以及矿床的找矿标志、成矿模式,结合成矿作用的有关实验,着重从层位、沉积相环境、藻类等生成及有机地球化学、生长断裂等因素论述了层、相、位控矿规律及其矿产勘查意义。

本书可供野外、矿山、科研单位的地质工作者及广大地质院校师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

广东凡口铅锌矿/郑庆年著. —北京:冶金工业出版社, 1996.

ISBN 7-5024-1810-5

I. 广… I. 郑… III. 铅锌矿床-广东省-凡口 IV. P61 8. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21625 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

文物出版社印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1996 年 5 月第 1 版, 1996 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9.5 印张; 218 千字; 142 页; 1-650 册

15 元



谨将此书献给  
第三十届国际地质大会

郑大年

# 前 言

凡口超大型铅锌矿床，产于广东省北部（粤北），行政区划归韶关市仁化县董塘镇管辖，处于环太平洋成矿带西亚带，华南—东南亚板块的东南大陆边缘（李春昱，1982），北北东向的吴川—四会—北江壳断裂带北段西北侧，粤北海西坳陷区东北缘，位于我国著名的南岭东西向有色金属成矿带中段。故粤北地区有色金属资源十分丰富，尤其是中上泥盆统和下石炭统内，赋存有丰富的铁、铜、铅锌、锑、汞和硫等矿产资源，特别是产于中上泥盆统碳酸盐岩建造中，量大质优且有多种稀有和贵金属可综合利用。采、选、冶条件好的凡口这个层控型铅锌矿床，具有极高的工业和经济价值，近十余年我国多所高校和科研院所的许多地质学家，从不同角度，采用不同手段，对矿床做了大量研究并积累了许多宝贵资料，对矿床的成矿作用和控矿条件等，提出不少全新的精辟认识。如中国科学院地质研究所侯奎、陈志明等对矿区藻类及成矿意义的开拓性研究等，对重新认识矿床，具有深刻的影响。70年代末以来，中国有色金属工业总公司辖下的高等院校、科研院所及地质勘查队伍，投入大量人、财、物开展凡口矿床研究与勘查，获得大量成果和巨大经济效益。笔者有幸直接参与总公司组织的科研组和同事们共同致力于本矿床研究工作，研究结果表明：凡口超大型矿床的形成与矿床范围内同时（或适时）出现（存在）多种成矿有利条件的特殊而罕见的组合有关，全面了解和认识凡口矿床的地质特征与产出地质环境，对在我国南方及环太平洋成矿带西亚带，寻找和发现同类型矿床都具有现实意义。正值三十届国际地质大会在我国召开之际，作者撰写本书将凡口矿床地质特征、成矿条件、控矿因素详尽介绍给各国同行，意在交流。

本书以笔者主编的《粤北地区铅锌矿成矿条件及找矿方向研究报告》和笔者直接参与的国家“六·五”科技攻关项目《湘南粤北铅锌矿床成矿条件与找矿方向研究报告》等为基本素材，并引用国内同行某些数据和文字资料综合编写而成，在此仅对参与以上项目研究的同仁和提供资料数据的国内同行表示感谢。撰稿过程中得到中国有色金属工业总公司地质勘查总局、广东地质勘查局领导和技术主管部门的关心与支持，成文后承蒙广东地质勘查局孙长庆总工程师百忙之中审阅全文，图件由杨自沐清绘，英文翻译朱桂田，在此一并致谢！

作 者

# 目 录

<b>第一章 区域地质概述</b> .....	(1)
第一节 区域地层.....	(1)
第二节 中晚泥盆世、早石炭世区域古地理与沉积相.....	(2)
第三节 区域构造基本特征.....	(5)
第四节 区域岩浆岩.....	(7)
第五节 区域地球化学特性.....	(8)
第六节 区域地球物理特征 .....	(11)
<b>第二章 矿床地质环境</b> .....	(14)
第一节 矿区沉积环境与含矿岩系特征 .....	(14)
第二节 矿区地质构造特征 .....	(38)
第三节 岩浆岩 .....	(56)
第四节 浅部地质特征 .....	(57)
第五节 矿床地球化学特征 .....	(60)
<b>第三章 矿体地质特征</b> .....	(65)
第一节 矿体基本地质特征 .....	(65)
第二节 稀土元素特征 .....	(89)
第三节 同位素地球化学特征 .....	(91)
第四节 成矿的某些主要物理化学条件 .....	(99)
第五节 矿床成矿实验研究.....	(103)
第六节 主要找矿标志.....	(107)
第七节 成矿机制与成矿模式.....	(108)
<b>第四章 凡口超大型矿床罕见的成矿控制条件综析</b> .....	(116)
第一节 多种优越的沉积环境条件组合.....	(116)
第二节 罕见的杂岩碳酸盐岩及次碳酸盐岩建造.....	(118)
第三节 特定的构造条件.....	(119)
第四节 优越的改造富集条件.....	(119)
第五节 成矿后的良好保存条件.....	(120)
<b>第五章 层、相、位控矿规律及矿产勘查意义</b> .....	(121)
图版及其说明 .....	(123)
参考文献 .....	(130)
英文摘要 .....	(131)

## CONTENTS

<b>Chapter 1</b>	<b>Brief Introduction about Regional Environment of Geology</b>	(1)
1	Description of the Regional Strata	(1)
2	Regional Paleogeography and Sedimentary Facies in the Middle-Late Devonian and the Early Carboniferous Epoch	(2)
3	Basic Characters of the Regional Structure	(5)
4	Regional Magma Rock	(7)
5	Regional Geochemistry	(8)
6	Regional Geophysics	(11)
<b>Chapter 2</b>	<b>Geological Environment of the Deposit</b>	(14)
1	Sedimentary Environment and Ore-bearing Rock Series in the Mining Area	(14)
2	Geological and Structural Characters in the Mining Area	(38)
3	Magmatic Rocks	(56)
4	Geological Characters in the Shallow Part	(57)
5	Geochemistry of the Deposit	(60)
<b>Chapter 3</b>	<b>Geological Characters of the Orebody</b>	(65)
1	Basic Geological Characters of the Orebody	(65)
2	Characters of REE	(89)
3	Characters of Isotope Geochemistry	(91)
4	Some Major Physical and Chemical Conditions for the Mineralization	(99)
5	Experimental Study of Mineralization of the Deposit	(103)
6	Major Criteria for Ore Prospecting	(107)
7	Ore-forming Mechanism and Model	(108)
<b>Chapter 4</b>	<b>Comprehensive Analysis to the Rare Ore-controlling Condition of the Fankou Super Large Scale Deposit</b>	(116)
1	Combination Condition of Several Advantageous Sedimentary Environments	(116)
2	Rare Formation of Unpure Carbonate Rock and Subcarbonate Rock	(119)
3	Special Structure Condition	(119)
4	Advantageous Condition of Reformation and Enrichment	(119)

5 Better Preserving Condition after Mineralization ..... (120)

**Chapter 5 Ore-controlling Regularities by Strata, Facies and Location, and Their  
Significance for Mineral Resources Exploration ..... (121)**

**Plates and their notes ..... (123)**

**References ..... (130)**

**Abstract ..... (131)**



# 第一章 区域地质概述

## 第一节 区域地层

### 一、区域地层发育概况

粤北地区从古生界至第四系地层发育较齐全,震旦—寒武系为一套巨厚的浅海类复理石沉积碎屑岩,构成本区变质褶皱基底,晚古生代地层以角度不整合上覆于变质褶皱基底之上,晚古生代—中生代地层发育尤其完善、分布广泛、沉积类型复杂,某些层位沉积厚度很大。中、上泥盆统和下石炭统碳酸盐岩是本区铅锌-多金属矿床最主要的赋矿层位。

### 二、主要赋矿层位的区域分布与发育特征简述

#### (一)泥盆系

在粤北广大地区,泥盆系广泛分布于曲仁盆地、英德盆地及其周边、连县盆地西北缘等地。全系由下部碎屑岩建造和上部碳酸盐岩建造组成,后者是粤北地区铅锌、银、锑汞、铁铜和硫铁矿等矿床最重要的赋矿层位,区内已知大型—超大型层控铅锌矿床和复控多金属矿床,皆赋存于泥盆系中统棋梓桥组( $D_2q$ )和上统余田桥组( $D_3s$ )内。

(1) 桂头组( $D_2q$ )为区内晚古生代第一个沉积旋回的底部层位,呈角度不整合上覆于早古生代地层之上,岩性和厚度变化都较大,主要由浅棕红色、灰绿色、灰白色等砂岩、粉砂岩夹页岩、含砾砂岩、底部底砾岩等组成,底部数十米内含丰富的鱼类化石和植物及瓣腮类化石。厚度 200~1250m,顶部有时含有不稳定的沉积赤铁矿层。

(2) 棋梓桥组( $D_2q$ )呈整合接触上覆于桂头组之上,由浅灰—灰黑色石灰岩、白云质灰岩、层纹状薄层藻叠层石石灰岩、白云岩夹泥灰岩、砂岩及页岩等组成。含珊瑚、层孔虫、双壳类及藻类等化石,区域东部东南部、砂页岩逐渐增多并与碳酸盐岩互层,甚至完全相变为砂页岩。全组沉积厚度由西部 600m 左右,到东部凡口一带变薄为 200m 左右。其下段可夹有沉积赤铁矿层,中上段常夹有沉积层状黄铁矿或贱金属硫化物矿层。厚度 140~850m。

(3) 余田桥组( $D_3s$ )与下伏棋梓桥组呈整合接触,由灰黑色、灰—浅灰色隐晶至泥晶条带状灰岩、鲕粒亮晶灰岩、各种生物(碎屑)灰岩、泥灰岩、藻灰结核灰岩、层孔虫珊瑚与藻类混合礁灰岩等组成,常有粉砂—细砂岩及页岩夹层,上部常出现云斑灰岩。含有丰富的珊瑚、层孔虫、腕足类、瓣腮类、三叶虫……和极丰富的藻类化石,其下中段常夹有沉积特征很明显的贱金属硫化物矿层或含锑硫化物矿层。厚度 140~600m,在区域上自西向东灰岩逐渐减少,碎屑岩增多。

(4) 锡矿山组( $D_3x$ )与下伏余田桥组呈整合接触,上部以碎屑岩为主,下部碳酸盐岩,区域东部相变为细碎屑岩夹泥灰岩。含腕足类、珊瑚及瓣腮等化石。厚度 200~500m,最厚达 1000 余米。

#### (二)石炭系

石炭系下统是本区另一个重要赋矿层位,其中大塘阶石磴子组( $C_1ds$ )是主要赋矿段,岩

关阶孟公坳组(C<sub>1</sub>ym)次之。

(1)岩关阶孟公坳组,下部为灰色、黄色、紫灰色页岩、钙质页岩、粉砂岩夹砂岩;上部为深灰色厚层状隐晶质灰岩、生物泥晶灰岩、薄层炭泥质灰岩。细碎屑岩由区域的西部向东增多,到韶关市附近,下部碎屑岩厚达100余米。呈整合上覆于锡矿山组之上。厚约400m。

(2)大塘阶石磴子组,下部中厚层状深灰色隐晶质灰岩夹黑色泥灰岩、页岩,上部为深灰色细砂岩、钙质砂岩、钙质页岩、夹薄层泥灰岩。区域上由西向东同样有碎屑岩增多的变化规律。厚度275~465m。与孟公坳组呈整合接触。

## 第二节 中晚泥盆世、早石炭世区域古地理与沉积相

### 一、古地理概貌

#### (一)中晚泥盆世古地理

加里东运动之后中泥盆世桂头期(艾斐尔期)粤北地区才再次沉降接受沉积,直至晚泥盆世期间,粤北地区的古地理概貌大体是区域的西面、西南面分别屹立着连山陆岛(晚泥盆世沉降为水下隆起)和广宁陆岛,东面为粤东山地所挡,形成北面敞开与湘南海盆沟通,接受来自湘南的西北方向海侵,向南向东海盆逐渐变浅止于粤东山地,这样一个半封闭陆表海环境。

中泥盆世棋梓桥期(吉维特期)粤北海盆呈北西—南东向箕状(见图1-1),沉降中心大体位于乳源县境内。晚泥盆世余田桥期(弗拉斯期)海侵继续向东扩展,海盆仍沿袭原箕状面貌发展,但沉降中心则随着海侵的扩展而向东迁移到乐昌—韶关一线(见图1-2)。棋梓桥期和余田桥期粤北海盆内近盆心,形成众多的层控型硫、锑矿床(点)和矿化点,盆地边缘尤其是盆边生长断裂附近Ⅲ级沉降盆地内的局部凹陷中,形成凡口式超大型层控铅锌矿床或大宝山式大型多金属矿床。

#### (二)早石炭世古地理

粤北地区早石炭世是继晚泥盆世末期相对海退所形成的东西向隆起和拗陷地貌背景上的又一次大海侵旋回。

岩关期(杜内期)粤北地区古地理面貌是北、东、南三面分别受九峰、罗坝—龙南(江西省)和佛岗—河源三个东西向隆起(半岛或山地)所围限,西面有连山陆岛凸出海面。形成一个西面有障壁、西北面和西南面敞开与湘南海盆和桂东北海盆相通,接受来自西南方向桂东北海侵,向东呈指状分岔、盆底较平坦、受限制半封闭的陆表海海湾环境。

大塘期(维宪期)随着海侵的扩展和北东向基底断裂同沉积期再次活动,区内古地理形势明显较岩关期复杂。此时,南面的佛岗—河源和东面的罗坝—龙南两个隆起的东段皆沉入水下消失,仅其西段仍凸出水面分别形成郁南—佛岗陆岛和罗坝陆岛。粤北岩关期完整的半封闭海湾彻底解体,大塘期粤北海盆南与肇庆—阳春海槽相通,东与惠阳—兴宁海槽相连,形成一个四面有障壁又未封闭的浅海海盆环境,在这个海盆的北部和南部边缘,尤其是北部邻古陆岛边缘形成层控型铅锌矿床点和矿化点。

### 二、区域沉积相特征

本节仅就区内泥盆世棋梓桥期、余田桥期和石炭世孟公坳期、石磴子期沉积相特征予以简述。

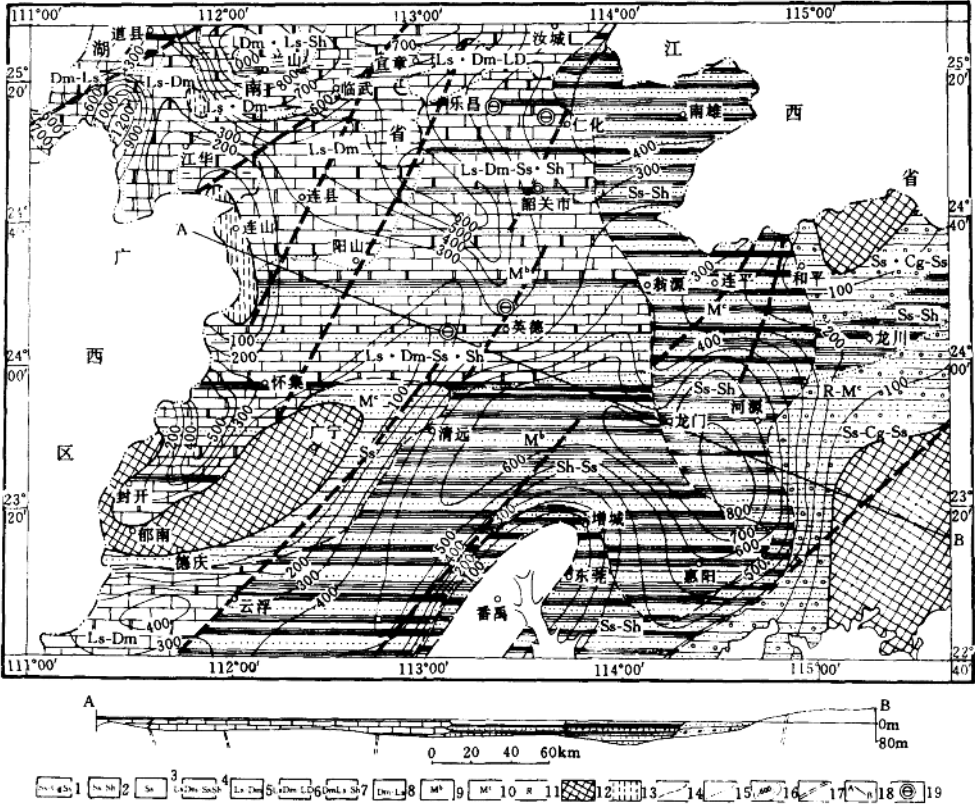


图 1-1 广东中北部地区中泥盆世棋梓桥期岩相古地理略图

(据省区测队及冶金部地研所(湘南部分)资料修编)

Fig. 1-1 Paleogeography of rock facies of the middle-north Guangdong at the Qiziqiao stage of the middle Devonian epoch

1—砂砾岩-砂岩组合; 2—砂岩-页岩组合; 3—砂岩组合; 4—灰岩白云岩-砂岩页岩组合; 5—灰岩白云岩组合; 6—灰岩白云岩-泥灰岩组合; 7—白云岩灰岩-页岩组合; 8—白云岩-灰岩组合; 9—浅海相; 10—滨海相; 11—冲积相; 12—古陆隆起区; 13—水下隆起区; 14—沉积相界线; 15—岩性组合界线; 16—沉积等厚线; 17—基底断层; 18—相剖面线; 19—层控铅锌矿床矿点及编号

### (一)中、晚泥盆世沉积相特征

沉积相的变化主要受沉积盆地地貌、古蚀源区位置、沉积物搬运方向、海侵方向等古地理因素条件制约。受棋子桥期粤北海盆古地理概貌控制,中泥盆世棋子桥期沉积相特征大体是,东部仁化—翁源一线以东、濒粤东山地的海盆边缘为滨海—浅海相碎屑岩沉积;向西及西南过渡为局限—半局限台地相碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积,大致北起乐昌西岗寨,往东南经仁化凡口、过曲江大宝山到英德红岩一带潮坪—潮下浅水沉积特征极其显著,海生生物繁盛,尤其是棋子桥晚期,层孔虫、珊瑚、苔藓虫、藻类等造礁生物和腕足类、瓣鳃等充礁生物皆十分繁茂旺盛,常见层孔虫有 *Stromatopora* sp. *Amphipora ramosa* 等,珊瑚类 *Temnophyllum* sp. *Thamnopora* sp. *Cyathophyllum aff expensum* *Disphyllum goldfussi*……等,藻类

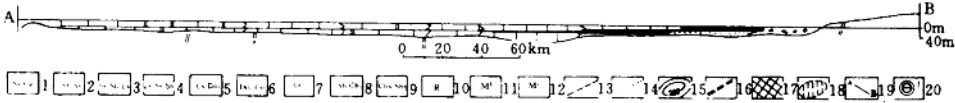
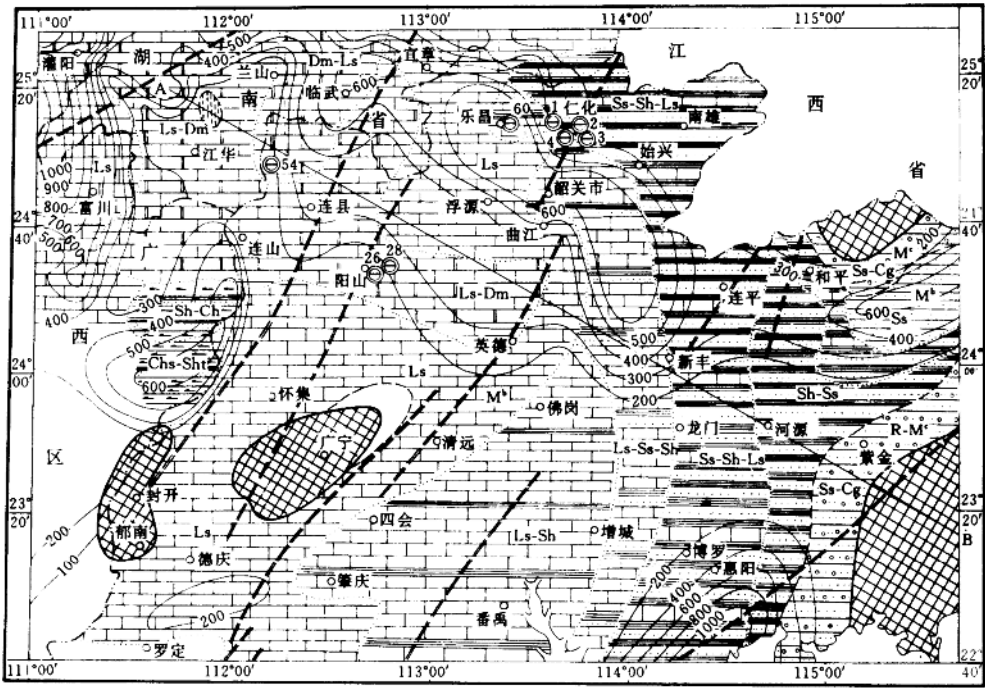


图 1-2 广东中北部地区晚泥盆世余田桥期岩相古地理略图

(据省区测队及冶金部地研所(湘南部分)和广西冶金地研所(桂东北部分)资料修编)

Fig. 1-2 Paleogeography of rock facies of the middle-north Guangdong at the Shetianqiao stage of the late Devonian epoch

- 1—砂岩-砾岩组合;2—页岩-砂岩组合;3—砂页岩夹灰岩组合;4—灰岩-砂岩-页岩组合;5—灰岩-白云岩组合;6—白云岩-灰岩组合;7—灰岩组合;8—粉砂质页岩-硅质岩组合;9—硅质页岩-粉砂质页岩组合;10—冲积相;11—浅海相;12—滨海相;13—沉积相界线;14—岩性组合界线;15—沉积等厚线;16—基底断裂;17—古陆隆起区;18—水下隆起区;19—相剖面线;20—层控铅锌矿床、矿点及编号

Nuia(李菊英、侯奎 1981),腕足类 *Ambococelio simensis*, *Atrypa desquamata*……等。在西岗寨、凡口、英德、红岩、西牛、马哉石等地皆见有层孔虫、珊瑚、藻类等共同营造生物礁,在棋子桥晚期,围绕粤北箕状海盆的东—东南盆地翘起变浅地带、碳酸盐岩半局限台地边缘数百千米长的广大范围内发育呈裙边状半环形的礁滩相。本相带的西部乳源—英德以西的广大地区直至粤桂、粤湘交界处,已是粤北海盆中央部位,以开阔台地相碳酸盐岩沉积为主。

余田桥期随着海侵向东扩展,主要在乐昌西岗寨至仁化凡口百余千米长的带内余田桥组下段,出现厚度不等的柱状藻叠层石与球状、块状层孔虫及六方珊瑚共同组成的礁灰岩段和鲕粒—球粒亮晶灰岩、生物碎屑灰岩,表明粤北区的东北及东部的乐昌、仁化和曲江部分地区仍以半局限碳酸盐岩台地相、生物礁、滩相沉积外,广大范围皆沦为开阔台地碳酸盐岩

沉积。此时盆内生物仍十分繁盛,主要有层孔虫 *Amphipora stromatopora*, *Amphipora ramosa* 等,珊瑚类 *Hexagonaria Orientatis phillipsastraea* sp. 藻类 *Girvanella sphaerocodium*、*Quasiumbella Chara*、*Cluasiumbella*、*phylloid*、*algae*,腕足类 *Tenticospirifer*……等。

总体自中泥盆世棋子桥晚期始到余田桥早期,粤北海盆东北部、东南部碳酸盐岩台地边缘生物礁普遍发育,形成一个地貌上相对凸起,断续延伸的有生物礁滩的障壁带,在其向陆一侧,明显构成本区绵延数百千米的层控型(或复控型)铅锌多金属矿床及硫锑汞矿床的成矿带,尤其是生物礁障壁后,台地碳酸盐岩与碎屑岩相变过渡带上,出现受生长断裂制约形成面积小于  $1\text{km}^2$  的局部拗陷(如凡口),是沉积期间铅锌多金属等矿质聚集的最佳场所。

#### (二)早石炭世沉积相变化特点

早石炭世孟公坳期和石碇子期沉积相变化,由于受典型半封闭陆表海海湾环境向四周有障壁的浅海海盆环境演变的影响,受周围隆起区的控制更加显著,孟公坳早期,在粤北区的西部连县一带,以浅海相碳酸盐岩沉积为主,向东至韶关市渐变为浅海—滨海相细碎屑岩与不纯碳酸盐岩沉积为主。孟公坳晚期及石碇子早期,随着海侵向东扩展,浅海—滨海相碎屑岩沉积带向东移出本区,粤北海盆全境为浅海相碳酸盐岩沉积。到石碇子晚期区内发生海水由东向西退出,粤北的韶关、曲江一带复为浅海—滨海相碳酸盐岩和细碎屑岩沉积,翁源及其以东地区完全过渡为滨海—海陆交互相碎屑岩沉积。

粤北地区下石炭统中层控铅锌—多金属矿床,绝大多数产于大塘阶石碇子组内,且主要分布于大塘期海盆边缘隆起区向海一侧的碳酸盐岩与浅海—滨海碎屑岩过渡相带中。

### 第三节 区域构造基本特征

#### 一、区域构造基本特征

粤北位于华南—东南亚板块的东南大陆边缘,属华南加里东褶皱系,赣湘粤桂褶皱带中段。西部连(连县、连山、连南)阳(山)为北东—北北东向郴(州)怀(集)褶断带的一部分,东部为北北东—北东向的雪山嶂褶断带,北部为瑶山复背斜褶皱群,共同构成粤北地区褶皱的主要概貌,全区皆在加里东褶皱基础上,印支运动使上古生界泥盆—中三叠系地台型盖层广泛发生褶皱而被称为加里东—印支穿插褶皱系。在西部的郴—怀和东部的雪山嶂两个褶皱带的南段,印支褶皱表现以继承基底加里东褶皱为主,沿袭北东—北北东向;其北段及瑶山复背斜,即连(县)阳(山)北部、乳源、乐昌、仁化等广大范围内,盖层的印支褶皱与基底加里东褶皱极不协调,基底褶皱线呈近东西、北西西至北西向,盖层则呈北东、近南北向和近东西向,基底和盖层的褶皱呈明显的角度相交,各自成系统。在主要褶皱带、褶皱群之间分布的主要构造盆地,由西到东有晚古生代连阳构造盆地、英德构造盆地、晚古生代—后印支乐昌构造盆地、曲仁构造盆地和中生代的南雄断陷盆地等。

中国东部一条北东走向,规模巨大的郟城—庐江深大断裂带的南西延伸段落两条分支断裂带,分别从粤北的西部和东部穿过,西部分支称郴—怀断裂带,它所通过之处,破坏断切地层自元古界板溪群至中生界上白垩统、既断切燕山期花岗岩体,又被燕山期中酸性小岩株、岩脉侵入充填,沿断裂带及旁侧常有金属矿床点分布。在粤桂交界处的桂东北一侧的鹰扬关等地的断裂带通过处,元古宙板溪群内见有火山质角砾岩及细碧角斑岩类出现,且有离开断裂带厚度逐渐变薄至尖灭的特点,表明此断裂是一条形成时代较早,长期继承活动的断

裂带,在元古宙开始活动时,明显具有扩张性质,直至中生代仍在活动,现代断裂带上尚有重力异常反映,断裂面往往从正负布格重力异常之间通过,重力异常等值线延伸方向与断裂带走向基本一致。另一支从本区东部通过的吴川—四会—北江断裂带(区内属其北段称四会—北江断裂),呈北东走向经英德、曲江、韶关、仁化延入赣南,沿途断切地层自震旦系至中侏罗统,也穿切晚侏罗世花岗岩侵入体,断裂对两侧泥盆世古地理面貌、沉积相、沉积建造起着重要的控制作用,其东侧中上泥盆系以河流—滨海相或滨海—浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩建造为主,碎屑岩沉积占优势,甚至完全过渡为碎屑岩沉积,而西侧以浅海相碳酸盐岩建造为主,断裂带附近中上泥盆统中可以有火山岩夹层存在或含火山物质岩层。断裂两侧尤其是向盆心的西北侧,已知有超大型层控贱金属矿床和复控型多金属矿床以及喷流沉积型多金属矿点分布,表明该断裂带上古生代中晚泥盆世演化为同沉积期生长断裂,对此时层控矿床的形成起重要的控制作用。北部临武—信丰、中部连山—全南、南部佛岗—河源分别为被九峰诸广山、大东—贵东和佛岗—河源三大花岗岩基所占据的三条东西向基底断裂。

区域深部构造基本特点是,粤北全境为重力低值区,布格重力异常最低值达 $-50 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,莫氏面所反映的壳下构造本区西部至北部的连阳—乐昌为一慢拗区、慢拗轴向由西部的连阳间呈北东东向延至北部的乐昌渐转为北东向、慢拗轴部地壳厚度达35.75km。东部韶关—始兴—南雄间为一北东东向宽缓而平坦的慢台区,深部构造对区内表层构造变动起重要的控制作用,壳下地幔拗陷产生的强烈挤压,控制地壳褶皱上升,尤其是地壳的强烈褶皱隆起,形成西部连阳褶皱带和瑶山复背斜等褶皱隆起,并导致地壳重熔,产生重熔岩浆,形成巨大的连阳花岗岩基等,慢拗带及壳下隆起与拗陷过渡转折带产生的强大剪切挤压控制地壳发生不同规模的断裂,并导致深熔同熔岩浆的产生,本区西部的郴—怀断裂带和东部的北江断裂带,恰处于这类深部构造位置上,深部构造对区域矿产分布控制具有如下特点,与重熔型酸性岩浆成矿作用有关的石英脉型钨锡矿床和矽卡岩型锡铁矿床广泛分布于慢拗区上部,层控型多金属、贱金属矿床则沿地幔隆起与拗陷过渡带上分布;大型复控型多金属矿床则受地幔隆起区倾伏端与基底断裂交汇部位控制。

## 二、区域构造演化与控矿意义

粤北区域地壳结构,表明它经历三个大地构造发展阶段,震旦纪—志留纪边缘海地槽发展阶段,粤北的韶关—粤西的怀集一线为地槽内一个北东东向地向斜拗陷带,其西北侧的连山和东南侧的佛岗连平分别为两个水下隆起。全区形成巨厚的类复理石碎屑岩建造、含海相基性火山岩碎屑岩建造、海相碳硅质建造、碳酸盐岩建造。晚期出现笔石页岩建造,此时在水下隆起带的边缘有海底火山沉积铁矿及含铁建造分布。志留纪末加里东运动,华南边缘海关闭、地槽褶皱回返,区内加里东构造层形成紧密线状,同斜甚至倒转型褶皱,同时产生逆冲断裂或斜冲断裂,如四会—北江断裂,并伴有中酸性岩浆侵入,西部连阳境内的郴怀褶断带和东南部的雪山峰褶断带,南缘北纬 $24^\circ$ 附近的佛岗东西向隆起已初步形成,地槽沉积层广泛遭受区域中—浅变质或混合岩化作用,形成本区的褶皱变质基底进入泥盆纪—中三叠世地台发展阶段。必须指出区内基底加里东构造层、褶皱与断裂构造的性质与展布,对地台盖层的沉积建造、古地理面貌、岩浆活动与成矿作用等都具有重要直接或间接的控制意义,地台发展时期区内形成数千米至近万米厚的陆相—滨海相碎屑岩建造、浅海碳酸盐岩—碎屑岩建造(局部见含火山物质或火山岩夹层)和海陆交互相含煤建造等,中晚泥盆世沉降盆地基本继承基底加里东构造格局,连阳至英德间为一北西延向的沉降拗陷盆地接受沉积,西部的

郴怀和东部的北江两断裂带复活并演变为生长断裂,在沉积盆地的东北边缘的乐昌、曲江、仁化一带、西南面佛岗隆起北缘的英德和西部连山陆岛东缘的清水一带,于生长断裂旁侧,浅海碳酸盐岩与浅海—滨海碎屑岩相变过渡带上,分布层控型铅锌矿床和硫铁矿床。中三叠世末印支运动对本区构造面貌起了重大的改造作用,地台盖层形成构造线十分复杂的过渡型褶皱,复杂的印支褶皱表现既有继承基底构造发育的褶皱或复活断裂,又产生新的褶皱和断裂系统,伴随少量岩浆侵入活动。进入晚三叠世—白垩纪大陆活动边缘阶段,发生以块断为主要形式的构造变动,在断陷盆地内沉积了陆相及沼泽相含煤建造、河流—湖泊相杂色碎屑岩建造、红色磨拉石建造,伴随大量酸性岩浆沿隆起带与边缘断裂带侵入,沿这类构造环境侵入的壳源重熔型岩浆,是粤北地区有色金属钨锡等矿床成矿的重要条件。

#### 第四节 区域岩浆岩

粤北区岩浆岩以燕山期为主,侵入岩的规模和数量皆占绝对优势。在区域的西部连山县的永和、大宁、太保等地有加里东期中酸性岩类花岗闪长岩,东北部始兴县的司前有加里东期基性岩类斜辉橄辉岩体分布。海西—印支期岩浆岩仅见于东北部的仁化、南雄、始兴等县境内。燕山期岩浆岩广泛分布于隆起区上,几个巨大的酸性花岗岩基,为粤北区域地质环境的重要成分。

加里东期岩浆岩出露于区西部褶皱隆起区、郴怀断裂带旁侧连山县永和等地,呈岩株状侵入于早古生代地层中,主体为花岗闪长岩,边缘相往往为石英闪长岩,属钙性和钙碱性系列岩石,岩体中Cr、Ni、Pb、Sn、Ga、Ag相对浓集。本期火山岩亦仅在连山县境内,震旦纪鹰扬关群内见有凝灰岩(已变质为变粒岩)、细碧质熔岩、石英角斑岩等夹层。

整个粤北地区,海西—印支期处于相对稳定的地台发展阶段,故岩浆火山活动比较平静微弱,所形成的岩浆岩规模和数量都有限,且以中性—中酸性岩类为主,分布于粤北的东北部仁化、南雄、始兴等县境内如始兴县白水寨等地的花岗闪长岩体、仁化漂塘坳和狐狸坳的云辉二长岩体、南雄棉土窝、上龙和仁化灵溪等地的二长花岗岩体等,它们皆以面积零点几至几十平方公里的小岩株状,沿区域断裂或主干断裂旁侧侵入于早古生代地层中,自身又被燕山早期岩体侵入(如扶溪岩体),扶溪花岗闪长岩体侵入于泥盆纪地层中,主体岩石呈中粒斑状结构,基质半自形粒状结构,边缘相发育、岩性为细粒角闪黑云母花岗闪长岩及二长花岗岩,岩石属钙碱系列, $\text{SiO}_2$ 平均 $64.17 \times 10^{-2} \sim 66.7 \times 10^{-2}$ ,全碱平均 $6.67 \times 10^{-2} \sim 7.3 \times 10^{-2}$ ,与维氏(1962)同类岩石微量元素丰度对比Be、B、Pb、Sn、Ga、Nb、Mo、V、Ag、Y等趋于浓集。本期火山岩仅在区域西部的连县九陂石塘二叠纪乐平阶煤系和早三叠世大冶群地层中见有几十厘米至数米的玻屑凝灰岩夹层。

中生代是我国东部地区岩浆火山活动最广泛、最强烈时期,形成中国东部濒太平洋绵延数千千米的燕山期火山—岩浆岩带,广东属其南西端段,粤北位于其靠陆侧,区内中生代岩浆岩从巨大岩基到小于 $1\text{km}^2$ 的小岩株状侵入体广泛分布。燕山期五次主要岩浆活动,粤北区已见有早侏罗世、晚侏罗世和早白垩世三次侵入体和侏罗世及晚白垩世二次火山活动产物。主要侵入体分布于深部地幔坳陷区之顶部地壳隆起区内。早侏罗世侵入体有北部粤湘交界处的诸广山花岗岩基、中部的大东山和贵东花岗岩基等,它们是组成南岭山脉粤北段主体成分之一。晚侏罗世酸性侵入体主要有南部的佛岗花岗岩基和西部连阳花岗岩基。到

白垩纪随着岩浆-火山活动逐渐向东迁移,粤北地区岩浆-火山活动显著减弱,早白垩世侵入岩仅见某些小于  $1\text{km}^2$  至  $3\sim 4\text{km}^2$  面积的小岩株产出,如曲江大宝山花岗闪长斑岩株和连南坪头岭及黄牛山黑云母花岗岩株。早、晚侏罗世以酸性岩为主,巨大规模的侵入岩基,多呈复式岩体产出,岩性为黑云母花岗岩,岩相分带明显,内部相为粗粒或中粒状,边缘相细粒至细粒斑状,斑晶往往定向排列而显示流动构造。岩石化学成分  $\text{SiO}_2$  平均  $73.40 \times 10^{-2} \sim 74.16 \times 10^{-2}$ ,总碱平均  $7.7 \times 10^{-2} \sim 8.3 \times 10^{-2}$ ,里特曼岩石化学分类属钙碱系列,岩石稀土总量  $\sum \text{REE}$   $190 \times 10^{-6} \sim 484.54 \times 10^{-6}$ , $\delta_{\text{Eu}}$   $0.06 \sim 0.285$ ,稀土元素标准化曲线呈铈负异常明显,近对称略右倾型式。标准矿物出现刚玉,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = 0.7143$ (诸广山花岗岩体)  $\sim 0.71518$ (大东山花岗岩体)具壳源特征,岩浆属地壳重熔型,岩体内 Sn、Pb、W、Nb、Bi、Li 等元素相对浓集,岩体接触带常见角岩化、硅化、矽卡岩化、局部见云英岩化、黄铁矿化、某些岩体周边接触带,如连阳岩体周边形成众多接触交代型多金属矿床点及含锡磁铁矿点,晚侏罗世酸性侵入岩往往与区内钨锡成矿有关。早白垩世侵入体大宝山花岗闪长斑岩,  $\text{SiO}_2$  平均为  $68.28 \times 10^{-2}$ ,总碱平均  $6.6 \times 10^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ,  $\delta = 1.38 \sim 1.5$ ,里特曼岩石化学分类属钙性系列,  $\sum \text{Ce}/\sum \text{y} = 10.47$ ,稀土元素标准化曲线,呈铈负异常不明显的右倾型式,具有同熔型岩浆特征,岩体内 Cu、Pb、Mo、W、Sn、Bi 相对浓集,本期岩浆活动与多金属成矿有关。本区所见最早的燕山期火山岩为中侏罗世马梓坪群内陆火山-湖泊相沉积岩中厚几至十几米,具韵律层流的纹质凝灰熔岩、中性角砾凝灰熔岩、安山岩、凝灰质安山岩、安山质含角砾凝灰岩、安山质凝灰岩等。晚侏罗世火山岩仅见于本区东部始兴司前一带高基坪群一套安山质至英安质凝灰岩、角砾凝灰岩与安山岩等。晚白垩世微弱的火山活动仅在南雄群中形成凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩。

## 第五节 区域地球化学特征

### 一、区域地层含矿性

#### (一)区域地层地球化学背景

区域地层地球化学背景是研究区域地层含矿性划分地球化学区带,也是认识成矿作用,探讨成矿物质来源等问题的基本依据之一。对研究成矿规律建立矿床模式,指导区域找矿等都具有重要的意义。粤北地区各时代地层某些主要成矿元素的丰度,引用於崇文教授等(1987)消除了成岩后各种地质作用对元素含量的叠加部分后,获得较接近地层自身沉积成岩过程中所形成的元素初始含量的平均值(表 I-1),由表可看出区内地层中高于泰勒(1964)地壳克拉克值的成矿元素有 Sn、Bi、Pb、Ag、As、Sb 等。

表 I-1 粤北地区各时代地层某些化学元素丰度 ( $10^{-6}$ )

Table I-1 Abundance of some elements in strata of the northern Guangdong at various ages

元素	第三系	白垩系	侏罗系	三叠系	二叠系	石炭系	泥盆系	奥陶系	寒武系	震旦系	全区
Th	7.59	7.19	15.08	15.93	14.70	2.71	3.67	11.95	18.96	15.42	12.44
W	1.16	2.22	1.11	0.96	0.90	0.84	0.99	1.78	0.44	1.08	0.93
Sn	1.54	4.86	1.91	1.82	2.81	4.32	3.84	1.91	2.01	0.99	2.48
Mo	0.22	0.91	0.25	0.64	0.75	0.23	0.25	4.27	0.68	0.60	0.62
Bi	0.36	0.10	0.16	0.17	0.17	0.16	0.36	0.62	0.21	0.51	0.27



元素	第三系	白垩系	侏罗系	三叠系	二叠系	石炭系	泥盆系	奥陶系	寒武系	震旦系	全区
Cu	6.70	8.81	18.56	20.77	19.90	6.62	5.06	23.17	31.09	34.04	19.98
Pb	34.82	17.80	32.31	25.23	22.20	5.05	6.94	21.16	25.01	16.29	19.43
Zn	26.07	50.29	64.46	39.14	43.80	13.51	12.94	64.00	79.18	86.66	51.84
Ag	0.04	0.08	0.20	0.17	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	0.03	0.08
As	1.03	4.49	0.94	3.17	1.05	0.65	1.41	16.58	4.31	1.70	2.69
Sb	0.20	0.91	0.25	0.30	0.10	0.24	0.60	0.51	0.96	0.25	0.48
Sr	45.91	194.0	47.93	44.23	156.9	249.5	243.8	10.34	34.54	20.09	103.9
Ba	458.6	279.4	368.4	252.1	228.3	40.36	111.2	228.9	581.6	521.3	335.2
Ga	10.15	6.30	22.04	17.47	16.16	4.10	4.57	12.77	21.80	21.78	15.41
P	128.6	207.7	277.5	272.9	234.6	93.59	132.6	258.9	585.2	517.7	327
F	369.8	462.1	504.8	515.6	481.0	137.1	226.7	391.0	550.1	491.5	421.2

据於崇文等 1987 年资料。

### (二) 地层含矿性

应用元素浓集系数(层位或岩石元素丰度/元素地壳克拉克值[泰勒 1964])表 1-2, 考察和讨论本区地层的原始含矿性, 由表可看出粤北全区地层中, 原始沉积成岩浓集的成矿元素有 Th、Sn、Bi、Pb、Sb、As 等。基底加里东构造层的震旦系、寒武系、奥陶系相对浓集的元素有 W、Sn、Mo、Bi、Pb、Zn、As、Sb 等。海西—印支构造层的泥盆系、石炭系是本区最重要的含矿层位, 尤其是泥盆系, 不仅是粤北地区最重要的含矿层位, 也是中国南方一个最重要的含矿层位。本区泥盆系中仅有 Sn、Sb 两个成矿元素的丰度高于地壳克拉克值(表 1-3) 趋于浓集。然而泥盆系砂质岩、泥质岩和碳酸盐岩三类岩石的主要成矿元素, 平均丰度与 k·图和 k·魏(1961)同类岩石元素含量平均值比较, 高于图氏值趋于浓集者分别为砂质岩中的 Sn、Mo、Cu、As、Sb, 泥质岩中的 Sb 和碳酸盐岩中的 W、Sn、As、Sb 等。

表 1-2 粤北地区各系地层中化学元素的浓集系数

Table 1-2 Concentration coefficient of some elements in various strata of the northern Guangdong

元素	第三系	白垩系	侏罗系	三叠系	二叠系	石炭系	泥盆系	奥陶系	寒武系	震旦系	全区
Th	0.79	0.75	1.57	1.66	1.53	0.28	0.38	1.24	1.98	1.61	1.30
W	0.77	1.48	0.74	0.64	0.60	0.56	0.66	1.19	0.29	0.72	0.62
Sn	0.77	2.43	0.96	0.91	1.41	2.16	1.92	0.96	1.01	0.50	1.24
Mo	0.15	0.61	0.17	0.43	0.50	0.15	0.17	2.85	0.45	0.40	0.41
Bi	2.12	0.59	0.94	1.00	1.00	0.94	2.12	3.65	1.24	3.00	1.59
Cu	0.12	0.16	0.34	0.38	0.36	0.12	0.09	0.42	0.57	0.62	0.36
Pb	2.79	1.42	2.58	2.02	1.78	0.40	0.52	1.69	2.00	1.30	1.55
Zn	0.37	0.72	0.92	0.56	0.63	0.19	0.18	0.91	1.13	1.24	0.74
Ag	0.57	1.14	2.86	2.43	0.71	1.00	1.00	0.71	0.71	0.43	1.14
As	0.57	2.49	0.52	1.76	0.58	0.36	0.78	9.21	2.39	0.94	1.49
Sb	1.00	4.50	1.25	1.50	0.50	1.20	3.00	2.55	4.80	1.25	2.40
Sr	0.12	0.52	0.13	0.12	0.42	0.67	0.65	0.03	0.09	0.08	0.28
Ba	1.08	0.66	0.87	0.59	0.54	0.09	0.26	0.54	1.37	1.23	0.79
Ga	0.68	0.42	1.47	1.16	1.08	0.27	0.30	0.85	1.45	1.45	1.03
P	1.12	0.20	0.26	0.26	0.22	0.09	0.13	0.25	0.56	0.49	0.31
F	0.59	0.74	0.81	0.82	0.77	0.22	0.36	0.63	0.88	0.79	0.67

据於崇文等 1987 年资料。