



扬子地块西缘铜矿床地质

吴健民 刘肇昌 黎功举 黄永平 等著

中国地质大学出版社

扬子地块西缘铜矿床地质

吴健民 刘肇昌 黎功举
黄永平 李凡友 钟康惠 著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本专著首次较系统深入地论述了扬子地块地质构造特征与演化、铜多金属矿床类型及主要地质-地球化学特征,研究总结了区域铜多金属矿床的成矿条件与时空分布规律,提出了主要铜多金属矿床类型的矿床成因与成矿模式,建立了主要铜多金属矿床的成矿系列及成矿作用演化模式,探讨了扬子地块西缘大陆边缘构造成矿模式;最后,进行了成矿区带划分和找矿远景预测,并讨论了成矿单元的地质矿产基本特征。

全书资料丰富,内容新颖,是研究并运用成矿规律和成矿理论指导地质找矿实践的一部优秀著作,对地质勘查、教学和科研人员均具重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

扬子地块西缘铜矿床地质/吴健民等著. —武汉:中国地质大学出版社,1998.10

ISBN 7-5625-1337-6

I. 扬…

II. 吴…

III. 铜矿-地质-扬子地块

IV. P617

扬子地块西缘铜矿床地质

吴健民 刘肇昌 黎功举 黄永平等著

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 李继英 责任校对 冯汉英 版面设计 阮一飞

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 17.625 字数 450 千字

1998年10月第1版 1998年10月第1次印刷 印数 1—300册

定价:28.00元

ISBN 7-5625-1337-6/P·487

序

扬子地块西缘为我国重要的成矿区带之一。地质构造复杂，成矿条件特殊，矿床类型众多，组合分布错综，历来是我国地质界注意的焦点。前人对本区地质构造和成矿作用的研究、著论虽多，但对若干重大关键问题，却各执一端，莫衷其是。这种情况对于进入理论找矿新阶段的导向来说，实为一个难以逾越的严重障碍。

以吴健民高工（教授级）为首的研究组，承担了国家“八五”科技攻关专题“扬子地台西缘构造演化和铜多金属成矿作用及其时空分布规律研究”。针对上述问题，在前人研究的基础上，运用地体演化与多因复成成矿理论，使一些基础地质和成矿学上的重要问题得到了较圆满的解决。其所得出的大陆边缘裂陷形成演化规律及深源-同位-多期复合成矿理论与模式，尤为该项研究之精华，使人对扬子地块西缘的构造与成矿概貌感到耳目一新。

铜矿床的地质特征、铜多金属矿床的成矿条件与时空分布规律是本书的重点。鉴于本区铜矿床的形成时代范围较广，自元古宙起直至显生宙晚期，伴随着本区的两个巨大构造旋回，由其衍生的内源岩浆成矿作用、外源沉积成矿作用以及混源复合成矿作用，在不同构造区带各有侧重表现。因此本区铜矿，一方面表现出不同地区成矿作用的特殊性；另一方面在具有多次构造成矿作用的地区，表现出同位叠加、复合成矿作用的复合性；该书突出了这两方面的特性。采用含矿建造和容矿主岩为骨架的矿床分类方案，这既避免了卷入许多悬而未决，成因上的是非争论，同时也不妨碍在相同地质环境背景下进行类比分析，直接指导找矿，因此在实际应用上是非常有益的。

对已知铜矿床的深入剖析，是探寻同类地区未知矿床的钥匙；作者根据本区东川-元江矿带、滇西富碱斑岩-次火山岩矿带、滇中砂岩铜矿带等几十个中大型矿床的具体成矿特征和成矿地球化学的测试分析资料，总结了一批典型的矿床成矿作用成因概念模式，包括：海相火山的喷流沉积成矿；次火山斑岩热液成矿，沉积变质叠加富集成矿；沉积-卤水环流改造成矿等。特别是叠加裂谷背景下，由多期复合作用所形成的同位成矿，在本书中占有重要位置。同时，这种成矿方式对扬子地块西缘铜矿化富集，尤其是东川式超大型成矿系列的形成具有突出作用，已引起国内外同行的密切注意。

该书内容丰富，观点新颖，博采众长，汇融一体，是有色金属区域成矿研究中为数不多的佳作，深愿该书的问世能有助于我国铜多金属矿床的勘查、开发和深入研究，并在实践中，获得进一步的丰富与提高。

吴迪之

1998.2.6

前言

扬子地块西缘及邻区是我国极为重要的铜多金属成矿域,其地质构造十分复杂,铜多金属矿产资源丰富,铜矿类型齐全,成矿时代从元古宙到中生代均有发育。区内有一批在国内占重要地位的中、大型铜、锡、铅、锌等有色金属骨干矿山。

本书将涉及的重要成矿区带有:龙门山元古宙岛弧铜多金属成矿带,九龙—木里变质—推覆复合构造元古宙铜多金属成矿带,会理—会东元古宙坳拉槽铜多金属成矿带,东川—易门—元江元古宙昆阳裂谷铜多金属成矿带,川滇中生代红层砂岩铜矿带,滇西兰坪—思茅地区年轻陆壳裂陷带铜多金属成矿带和哀牢山元古宙与中生代铜金成矿带等。

本书自始至终以地质构造演化(板块—地体构造理论)和海底火山—喷流—热(卤)水环境及裂谷(陷)成矿作用理论为指导,以构造演化、铜多金属成矿系列和时空分布规律为主线,突出了以下研究思路:总结该区铜多金属矿床类型、成矿条件与时空分布规律,建立独具特色的扬子地块西缘铜多金属成矿系列;全面系统地研究了主要铜多金属矿床类型的地质—地球化学特征,建立了以“叠加裂谷—多源—热水成矿”和“深源—同位—多期复合成矿”为主导的矿床成因模式;总结扬子地块西缘大陆边缘铜多金属矿构造成矿模式。

本书是在“八五”国家科技攻关专题(85-901-04-07)《扬子地台西缘构造演化和铜多金属成矿作用及其时空分布规律研究》报告的基础上,进一步精炼、加工与提高,并结合近年来的最新研究成果予以修改、补充编写而成。编写分工是:前言,吴健民;第一章,刘肇昌;第二章,吴健民、黄永平、黎功举;第三章,吴健民、黄永平、刘肇昌;第四章,黄永平、吴健民;第五章,吴健民、刘肇昌;第六章,黎功举;结语,吴健民。全书由吴健民统编定稿。

“八五”攻关专题(85-901-04-07)由有色金属工业总公司矿产地质研究院负责,西南有色地勘局、成都有色地质干部学院和原地质矿产部成都地质矿产研究所参加共同完成。参加专题工作及专题研究报告编写的成员除本专著的编写成员外,还有周铭魁、李凡友、钟康惠、杨明德、李伟、张学友等同志。专题报告经原国家科委委托有色金属工业总公司组织的专家组评审鉴定,承蒙梅有松教授级高工、周长龄教授级高工、袁奎荣教授、施林道教授级高工、赵化琛教授级高工等的评审,认为:“整个研究报告内容丰富、资料翔实、思路正确、观点新颖,有开拓性、创造性,是一份优秀的科研报告,在川滇叠加裂谷构造与成矿关系上尤具特色;该成果整体达到同类国际先进水平”,并提出宝贵修改意见。该成果于1996年获有色金属工业总公司科技进步一等奖,并得到国家三部委联合召开的“国家八五重大科技成果表彰大会”的表彰与奖励。

该项目是在原国家科委攻关局直接领导下进行的,并得到了有色金属工业总公司科技开发局和地质勘查总局领导的具体指导和亲切关怀;在几年的专题研究中,自始至终得到各参加单位和有关地勘局、地质院校和矿山的大力支持和有效配合。在此深表谢意。

我国著名矿床地质学家、该攻关课题技术顾问、中南工业大学吴延之教授在百忙中对本书进行了认真的审阅，并为本书作序，我们表示深切的谢意。

由于水平和能力有限，面对扬子地块西缘这个规模宏大而又极其复杂，至今争论较大的研究对象，深感力不从心，书中所论难免出现不足或错误之处，敬请专家、读者指教。

著 者

一九九七年十二月

目 录

第一章 扬子地块西缘及邻区地质构造特征与演化	(1)
第一节 大地构造单元划分	(1)
第二节 中元古代扬子原地块西缘被动大陆边缘裂谷系的形成与发展	(3)
第三节 新元古代地体增生与扬子地块形成	(7)
第四节 震旦纪—三叠纪被动陆缘裂谷系及古特提斯洋扩展	(11)
第五节 中生代地体增生、陆内汇聚、沿边走滑—叠缩造山带及陆上裂陷构造发育	(14)
第六节 扬子地块西缘大陆边缘构造演化模式	(16)
第二章 铜矿床地质特征	(20)
第一节 铜矿床类型划分	(20)
第二节 典型铜矿床类型的描述性模式	(22)
第三节 重要铜矿床主要地质特征	(22)
第四节 主要铜矿床类型综合找矿评价标志与找矿模型	(46)
第三章 区域铜多金属矿床成矿条件与时空分布规律	(51)
第一节 扬子地块西缘地体构造、裂谷(陷)构造的控矿作用	(51)
第二节 海相火山岩建造特征及其控矿作用	(66)
第三节 富碱斑岩—次火山岩的控矿特征	(97)
第四节 元古代裂谷火山—沉积作用及其对铜(多金属)矿的控制	(102)
第五节 中、大型(富)铜矿床的控矿构造类型	(127)
第六节 区域铜矿床的时、空分布规律	(132)
第七节 大型铜矿区的深源—同位—多期复合成矿	(138)
第八节 川滇中元古宙裂谷型铜矿带与世界元古宙裂谷型铜矿带的对比	(144)
第四章 矿床地球化学特征及矿床成因分析	(146)
第一节 稳定同位素地球化学特征	(146)
第二节 矿物包裹体特征及成矿物理化学条件	(178)
第三节 稀土元素地球化学特征	(188)
第四节 黄铁矿单矿物微量元素特征	(207)
第五节 矿床成因与成矿模式	(210)
第五章 成矿系列与构造成矿模式	(222)
第一节 铜矿床成矿系列划分	(222)
第二节 主要铜多金属矿床成矿系列与成矿演化模式	(225)

第三节	扬子地块西缘大陆边缘构造成矿模式·····	(237)
第四节	扬子地块西缘内带铜矿床的“叠加裂谷-多源-热水”成矿·····	(245)
第六章	成矿区带及主要特征·····	(247)
第一节	成矿区带划分·····	(247)
第二节	成矿单元地质矿产基本特征·····	(247)
结 语	·····	(262)
主要参考文献	·····	(265)
英文摘要	·····	(268)

Contents

Chapter 1 The tectonic characteristics and evolution of the western margin and adjacent area of Yangtze platform	(1)
1. The classification of geotectonic units	(1)
2. The formation and development of passive continental margin rift system of Mesoproterozoic era in the western margin of Yangtze platform	(3)
3. The accretion of terranes and formation of Yangtze platform in Neoproterozoic era	(7)
4. Passive continental margin rift system and extending of paleotethys ocean domain from Sinian to Triassic period	(11)
5. Accretion of terranes, intracontinental convergence, strike-slip-teles coping orogeny along the boundary of terranes and development of continental taphrogeny structure in Mesocenozoic era	(14)
6. Tectonic evolution models in the western margin of Yangtze platform	(16)
Chapter 2 Geological characteristics of copper deposits	(20)
1. The classification of copper deposit types	(20)
2. Descriptive models of typical copper deposits	(22)
3. Major geological characteristics of important copper deposits	(22)
4. Comprehensive prospecting criteria and model of typical copper deposits	(46)
Chapter 3 Metallogenic conditions and time-space distribution of regional copper-poly-metallic deposits	(51)
1. Ore-controlling effect of terrane and taphrogens (rifts) tectonics in the western margin of Yangtze platform	(51)
2. Formations of marine volcanic rocks and their ore-controlling effects	(66)
3. Ore controlling effects of alkaline-rich parphyry-subvolcanic rocks	(97)
4. The rift volcanism-sedimentation of Proterozoic era and its control over copper (pIoymetallic) deposits	(102)
5. Structural types controlling large-medium scale (rich) copper deposits	(127)
6. Time-space distribution of regional copper deposits	(132)
7. Deep source-cospatial-multiperiodical metallogenesis of large scale copper deposits	(138)
8. Comparison between rift type copper zones of Mesoproterozoic eon in Chuan	

Dian region and those of similar types in the world	(144)
Chapter 4 Geochemical characteristics and ore genesis analysis of copper deposits ...	(146)
1. Geochemical characteristics of stable isotopes	(146)
2. Mineral inclusion characteristics and analysis of metallogenic physical-chemical conditions	(178)
3. Geochemical characteristics of rare earth elements	(188)
4. Trace element characteristics of pyrite	(207)
5. Ore genesis and metallogenic models of important copper deposit types	(210)
Chapter 5 Metallogenic series and tectonic-metallogenic models	(222)
1. The classification of the metallogenic series of copper	(222)
2. Metallogenic series and evolution models of metallogenesis of important copper deposits	(225)
3. Tectonic-metallogenic models of the western margin of Yangtze platform	(237)
4. Stacked rift-multisource-hotwater metallogenesis of inner belt of the western margin of Yangtze platform	(245)
Chapter 6 Metallogenic zones, districts and their major characteristics	(247)
1. The classification of metallogenic zones and districts	(247)
2. Basic features of geology and mineral resources of metallogenic units	(247)
Postscript	(262)
References	(265)
Abstract	(268)

第一章 扬子地块西缘及邻区地质构造特征与演化

第一节 大地构造单元划分

一、指导思想

处于扬子和青藏两个岩石圈之间的扬子地块西缘及邻区的构造演化,一直为国内外地质学家所关注,本世纪早期尤其是80年代以来我国学者进行了广泛深入的研究。80年代以前的研究是以地槽-地块学说为指导进行的,将本区划分为扬子地块及其以西的滇藏地槽系,并划分为若干次级构造单元。80年代以来,以板块构造理论为指导,在地块的前震旦纪基底构造和高原地区的特提斯构造等方面研究取得了很大进展。扬子地块视为前震旦纪末形成的扬子大陆岩石圈板块的主体部分,高原地区则为介于扬子板块、冈瓦纳板块之间的特提斯构造域的一部分(黄汲清等,1984;王鸿祯等,1985)。对于地台上基底岩系广泛出露的康滇地区的前震旦纪构造,先后提出了沟弧盆体系(骆耀南,1983)、先东西向后南北向多期裂谷发育(潘杏南等,1987)、南北向裂谷带(卢民杰,1986;冯本智,1989)或坳拉槽(华仁民,1990)等不同认识,那里的中生代构造则被视为攀枝花—西昌陆内裂谷构造(骆耀南,1988)。特提斯构造复杂,由一系列不同时期形成的造山带及其夹持的地块组成,经历了大陆岩石圈和大洋岩石圈两种构造体制不断演化和转换的多旋回发展过程(刘增乾等,1993)。特提斯构造域内毗邻扬子地块的部分,同样存在有强调地壳伸展的裂谷作用或被动大陆边缘和强调地壳缩短的沟弧盆体系等不同认识。

笔者在80年代末期以来,先后在龙门山地区(刘肇昌等,1990)、康滇地区(刘肇昌等,1990,1992)和川西高原地区(刘肇昌,1991)的研究中,发现无论是前震旦纪或是显生宙的扬子大陆西部边缘均广泛存在有地体构造。蔡学林等(1989)在研究川西北地壳大断面时,也得到类似的结论。这些地体,以断层为边界,地质构造特征与相邻地区明显不同,地体的增生是扬子大陆生长的主要方式。在两次大陆增生期之间漫长的地质时期中,则主要为与地壳伸展有关的裂谷作用期,这些裂谷构造主要发生在被动大陆边缘裂谷系的环境中。在进行本专题的研究中,进一步证实扬子地块西部大陆边缘的演化历史,是被动大陆边缘裂谷系与地体增生型大陆边缘交替发育的历史。地壳伸展、大陆分裂时期形成不同类型的地体,地壳缩短作用又使这些地体增生于大陆边缘。

基于上述,进行大陆构造单元划分时,从地体分析入手。首先,分析各个地区的地质构造特征,鉴别出以断层为边界、地质构造特征与相邻地区不同的若干地体,规模较大的地体称为地块或微板块。其次,依据组成地体的岩石组合形成的构造环境,将地体划分为若干构造类型,探索其来源地。其中有相当部分的地体是在不同时代、不同类型的裂谷(陷)中形成的裂陷型地体。有的地体是外来的,有的则是准原地的。第三,将空间分布相近、类型不

同但同期增生的若干地体组合成地体构造带(系),有证据证明它们在增生前已合并在一起且共同发展者称为联合地体。地体构造带、联合地体、地块之间为结合带分开,结合带是原先有过洋盆存在尔后消失的地带。同期增生于扬子大陆的若干地体构造带、联合地体、地块及其间的结合带组成增生地体构造域。

此外,裂谷(陷)构造在扬子大陆演化中广泛存在,不仅发生在两次地体增生期之间的伸展裂陷时期,而且发生在增生碰撞同期。因此,以裂谷(陷)构造发育的构造背景进行分类,包括发生于岩石圈伸展裂陷阶段的大洋裂谷、陆间裂谷及由坳拉槽、陆架裂陷、陆隆裂陷组成的被动大陆边缘裂谷系,与洋壳俯冲有关的弧内、弧间、弧后等岛弧裂谷,发生于岩石圈收缩、地体增生、陆内汇聚阶段的陆内裂谷、撞击槽、后造山陆内裂陷及拉分裂陷。这些裂谷(陷)层系经褶皱后形成裂谷(陷)褶皱带(系)。

扬子大陆是以川中陆核为中心,经中条期、晋宁-澄江期和印支期增生事件而生长的。中条期增生使陆核扩大为原地台,晋宁-澄江期增生导致扬子地块形成,印支期增生使扬子地块

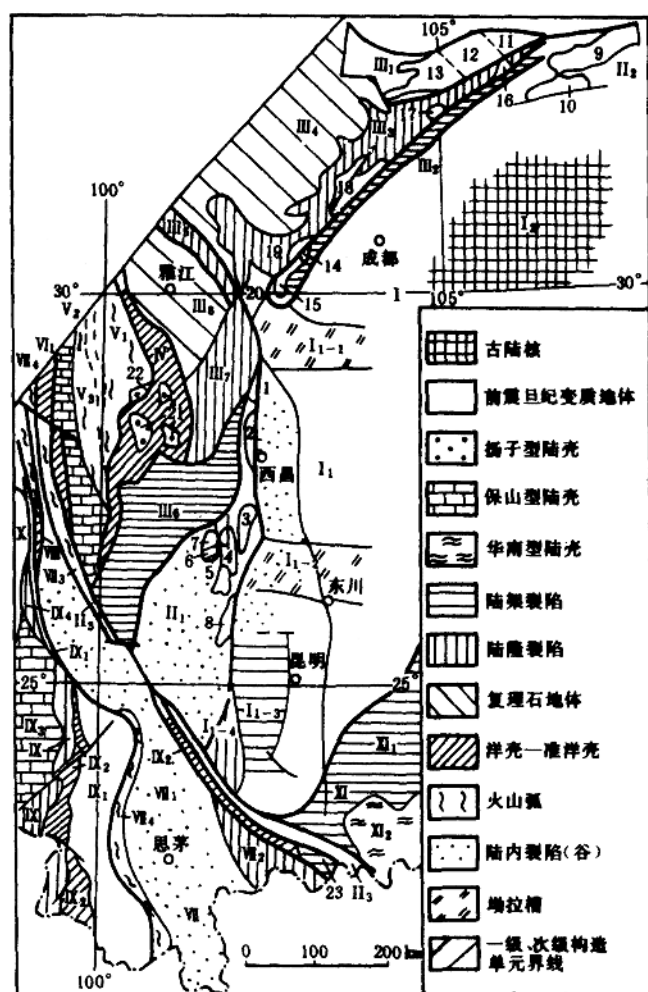


图 1-1-1 扬子地块西缘及邻区大地构造分区图

大地构造单元名称:

I. 扬子原地块; I₁. 川滇中元古代被动陆缘裂谷褶皱系; I₁₋₁. 石棉—峨边地槽褶皱带, I₁₋₂. 会理—东川地槽褶皱带, I₁₋₃. 昆阳陆架裂陷褶皱带; I₁₋₄. 大红山陆隆裂陷褶皱带; I₂. 川中夷埋的古陆核; I₃. 凉山—昆明台槽带; I. 扬子西缘晚元古代增生地体构造带; II. 西康滇古陆壳联合地体; II₁. 米仓山古陆壳联合地体; II₂. 点苍山—哀牢山古陆壳地体推覆构造带; II₃. 龙马山—锦屏山印支期增生地体构造带; II₄. 摩天岭陆壳古联合地体; II₅. 前龙门山陆架地体推覆构造带; II₆. 后龙门山陆隆地体推覆构造带; II₇. 阿坝复理石地体褶皱带; II₈. 鲜水河陆隆裂陷带; II₉. 盐源—丽江陆架地体推覆构造带; II₁₀. 锦屏山陆隆地体推覆构造带; II₁₁. 雅江复理石地体褶皱带; IV. 甘孜—理塘印支期结合带; V. 德格—中甸印支期张裂弧地体增生褶皱系; V₁. 沙鲁里山成熟弧褶皱带; V₂. 昌台—乡城弧内(间)裂谷褶皱带; V₃. 义敦弧后裂谷褶皱带; V₄. 中咱—石鼓壳地体; VI. 金沙江—滕条江海西—早印支期结合带; VI₁. 金沙江结合带; VI₂. 滕条江结合带; VI₃. 兰坪—思茅年青陆壳地体; VI₄. 兰坪—思茅中生代后碰撞陆内裂陷; VI₅. 绿春中晚古生代陆隆裂陷褶皱带; VI₆. 维西海西—早印支期陆隆裂陷褶皱带; VI₇. 燕门—景洪海西期陆隆裂陷褶皱带; VII. 澜沧江海西期结合带; VII₁. 保山—临沧联合地体; VII₂. 临沧古陆壳地体; VII₃. 昌宁—孟连海西期陆间裂谷褶皱带; VII₄. 保山陆壳地体; VII₅. 耿马—街街古生代陆隆裂陷褶皱带; X. 腾冲燕山—喜马拉雅期岩浆弧; XI. 滇黔桂海西—印支期被动陆缘裂谷褶皱系; XI₁. 南盘江海西—印支期裂谷褶皱带; XI₂. 文山年青陆壳地体

各构造带中的小型地体名称:

1. 冶勒地体; 2. 冕宁地体; 3. 普威地体; 4. 大器地体; 5. 同德地体; 6. 冷水箐地体; 7. 盐边地体; 8. 元谋地体; 9. 双南地体; 10. 南米仓山地体; 11. 勉略地体; 12. 磨嘴山地体; 13. 青川—平武地体; 14. 芦山地体; 15. 宝兴地体; 16. 大滩地体; 17. 轿子顶地体; 18. 彭灌地体; 19. 盐井地体; 20. 康定地体; 21. 水洛地体; 22. 稻城地体; 23. 金平地体

快速生长、全面隆起。为反映这种演化特点,以扬子原地块、晋宁-澄江期增生地体构造带和特提斯印支期增生地体构造域为一级单元,后者又进一步按地体构造带、联合地体、地块和结合带划分为若干亚一级单元。

二、大地构造分区

根据上述,本区大地构造单元分区及名称见图1-1-1。

第二节 中元古代扬子原地块西缘被动大陆边缘 裂谷系的形成与发展

一、裂谷系的范围及发育的构造背景

裂谷系位于川中陆核之西及西南,西界在龙门山—安宁河—绿汁江断裂带附近,北段(川西平原)走向东北,中段(西昌)和南段(滇中)南北向延伸,全长1200 km,宽150~250 km以上。

裂谷系是在中条运动形成的扬子原地块基础上发育的。此原地块以强磁性的川中陆核为核心,由环绕它的凉山、昆明、贵阳等地体增生形成。这些增生地体的磁场强度明显低于古陆核,呈块状镶嵌状分布,具拼贴增生结构(图1-2-1)。凉山、昆明地体是据其地球化学特征识别的,表现在地体之上的中元古界含矿性有明显差异,昆明地体富铜,凉山地体富铅锌,菜子园—麻塘断裂带为两地体间的结合带。

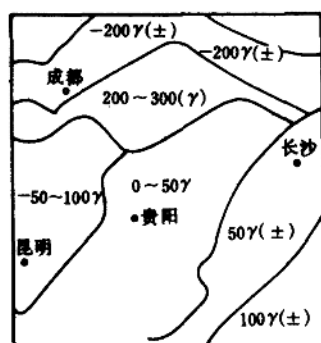


图1-2-1 上扬子地块 ΔT 磁场背景强度图

(郭正吾, 1989, 据地矿部航空物探大队)

图中 $\gamma \geq 10^{-9} T$

裂谷系西界的龙门山—安宁河—绿汁江断裂带,是扬子型与青藏型岩石圈之间的分划性断裂带,沿此带是中、新元古代基性超基性岩带和中—低级变质海相火山—沉积岩带。已发现有代表洋壳残块的石棉、红岩、芦山等变质橄榄岩,形成于大洋环境的洋脊拉斑玄武岩(阿拉驿组)、大洋岛拉斑系列和碱性系列玄武岩(米易群)及深海硅质岩、浊积碎屑岩(泸定桥西)。因此,沿此带应有中、新元古代的龙门—安宁洋存在,并构成扬子原地块的西部边界。河口群、昆阳群、东川群、会理群等裂谷沉积,是在安宁洋东侧的扬子原地块西部被动大陆边缘环境中发育的,构成被动陆系裂谷系。

二、裂谷系内部结构

在西昌—滇中地区,裂谷系内部结构复杂(图1-2-2),包括石棉—峨边、会理—东川两条自安宁洋向东横切大陆边缘伸入陆内的东西向拗拉槽,及走向南北、平行大陆边缘延伸的昆阳、喜德两个陆架裂陷,及绿汁江断裂与楚雄断裂之间的新平陆隆裂陷和上述裂陷之间的地垒隆起所组成。从而构成一个内部结构复杂、裂陷(谷)类型不同、演化历史差异的裂谷系。东西向拗拉槽的形成受原地块基底的地体结合带控制,陆架裂陷则与被动大陆边缘地壳向洋伸展变薄引起的纵向断裂活动有关。这种东西向、南北向裂陷并存的格局,与中—新

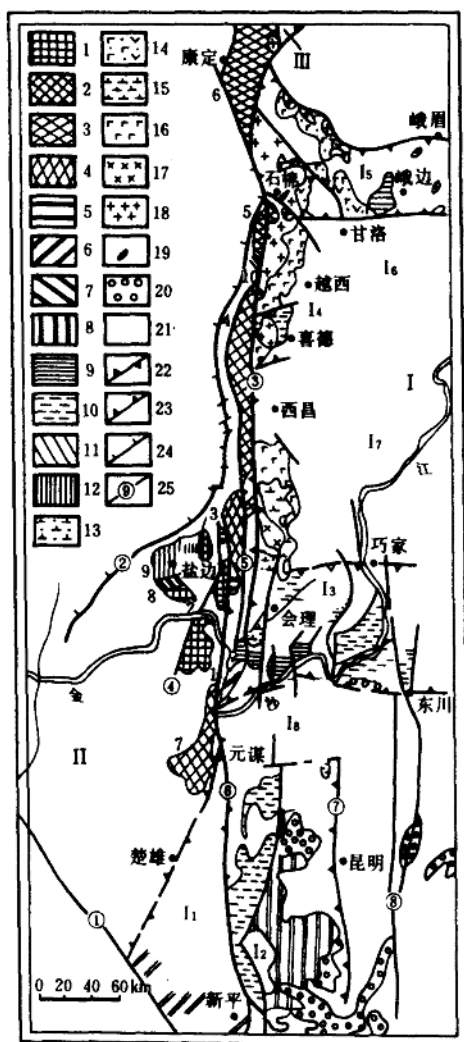


图 1-2-2 康滇构造带元古宙大地构造略图

构造单元:

1. 扬子原地块西缘川滇被动陆缘裂谷系;
I₁. 新平陆隆裂陷, I₂. 昆阳陆架裂陷,
I₃. 会理—东川坳拉槽, I₄. 喜德陆架裂
陷, I₅. 石棉—峨边坳拉槽, I₆. 甘洛地
垒, I₇. 西昌地垒, I₈. 禄劝地垒; II. 西
康滇联合地体; 1. 大田地体; 2. 同德地体;
3. 普威地体; 4. 冕宁地体; 5. 冶勒地体; 7.
元谋地体; 8. 冷水箐地体; 9. 盐边地体;
10. 尤黑木地体; 11. 米易地体; 12. 阿拉益
地体; III. 龙门山地体构造带, 6. 康定地体
图例:

1—3. 高级变质古陆壳; 1. 渡口型, 2. 冕宁
型, 3. 康定型; 4. 元谋型似双层结构陆壳;
5—8. 中元古代早期: 5. 洋壳、洋岛, 6. 准
洋壳, 7. 未成熟弧, 8. 准陆壳; 9—11. 中
元古代中、晚期: 9. 准洋壳, 10. 准陆壳,
11. 岛弧壳; 12. 中—新元古代准洋壳;
13—18. 新元古代: 13—14. 撞击槽; 13. 主
褶皱幕前晋宁期双峰火山—复理石, 14. 主
褶皱幕前澄江期双峰火山—磨拉石; 15—
16. 碰撞火山岩; 15. 晋宁期, 16. 澄江期;
17—18. 碰撞花岗岩; 17. 晋宁期, 18. 澄江
期; 19. 元古代超基性岩; 20. 后碰撞澄江
期磨拉石裂陷; 21. 显生宙盖层; 22. 碰撞
焊合带; 23. 裂陷(谷)边界断裂; 24. 中
—新生代推覆断裂; 25. 断裂: ①红河断裂;
②金河断裂; ③普格达—绿汁江断裂; ④攀
枝花断裂; ⑤磨盘山断裂; ⑥安宁河断裂;
⑦普渡河断裂; ⑧小江断裂

元古代北美克拉通西部被动大陆边缘裂谷系的内部结构相似(图 1-2-3)。

三、裂谷系内裂陷构造的主要特征

(一) 会理—东川坳拉槽

会理—东川坳拉槽位于天宝山—巧家和宝台厂—九龙两条东西断裂之间, 自安宁洋向东沿会理、通安、会东、东川向陆内延伸, 越过小江断裂掩埋在显生宙盖层之下, 重磁异常显示可能止于六盘水断裂带。东西长 250 km 以上, 南北宽约 80 km。南北向断裂将其分割为西段(会理、拉拉)、中段(通安、鲁南山)和东段(东川、小街)。沿坳拉槽为 NEE—EW 向重、磁低正异常带和向东倾没的 EW 向鼻状地幔隆起带。现代地壳厚度, 南北两侧 54~58 km, 轴部减薄为 52~56 km, 并有分布广泛的壳内低速带及上涌的软流圈物质存在。

坳拉槽发育于 1950~850 Ma 间, 经历了河口期(1950~1700 Ma)火山地堑阶段、东

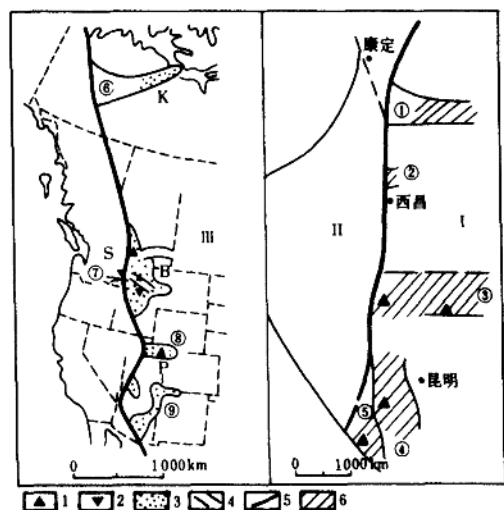


图 1-2-3 扬子克拉通西缘(右)—北美克拉通西缘(左)元古代构造格局的比较

(左图据 Rahould, 1979)

1. 中晚元古代层控有色金属矿床; 2. 时代较新的层控有色金属矿床; 3. 贝尔特超群期的沉积盆地; 4. 推断的裂谷; 5. 昆阳群、会理群期的沉积盆地; 6. 克拉通边界断裂。I. 扬子西缘被动陆缘裂谷系: ①石棉—峨边坳拉槽, ②喜德裂陷, ③会理—东川坳拉槽, ④昆阳裂陷, ⑤新平裂陷; II. 西康滇联合地体; III. 北美西缘被动陆缘裂谷系: ⑥科帕曼坳拉槽, ⑦贝尔特坳拉槽, ⑧文达坳拉槽, ⑨大峡谷坳拉槽; K. 科帕曼矿床, S. 沙利文矿床, B. 贝尔特矿床, P. 宾厄姆矿床

川期 (1700~1400 Ma) 过渡阶段、会理期 (1400~1000 Ma) 挠曲拗陷阶段和新元古代天宝山期 (1000~850 Ma) 撞击回返阶段, 组成完整的坳拉槽演化旋回, 每一阶段均早期沉降、晚期上升, 表现出多旋回性。各种裂谷型沉积建造发育, 并有细碧角斑岩建造、双峰火山岩建造。在纵向上, 由河口群→东川群→会理群组成的非补偿性沉积序列与会理群凤山营组→天宝山组组成的补偿性沉积序列, 构成常见于裂谷带的纵向沉积序列的双层结构。沿坳拉槽走向, 中元古代期间盆地西深东浅, 由优地槽型→冒地槽型→准地块型演变, 碎屑自东向西搬运; 在新元古代封闭阶段, 沉积特点相反, 体现了坳拉槽演化与毗邻的安宁洋演化息息相关。上述时间上的坳拉槽旋回和走向上的有规律变化是坳拉槽特有的。

相应岩浆活动具有多旋回性和空间分布不均一性。总特点是以裂谷型基性火山-侵入岩为主, 其中又以碱性系列和拉斑玄武岩系列为主。从早期到晚期, 火山组合由细碧角斑岩组合→玄武岩组合→双峰玄武岩-流纹岩组合, 侵入岩由橄榄岩、辉长辉绿岩为主向晚期壳型花岗岩演化, 岩浆活动强度变化为强→弱→强, 与坳拉槽之下的地幔隆升→冷却沉降→撞击壳熔的深部构造演化过程一致。在空间上, 从早期到晚期, 由南向北、自西而东迁移, 反映了裂陷作用从南向北、由西向东迁移。

盆地内同生断裂活动强烈, 东西向断裂控制了地层分布、岩相分带、拗陷中心位置及岩浆活动中心, 南北向断裂将盆地切割为若干次级盆地, 两组断裂交会处常常是成矿有利位置。随坳拉槽演化, 同生断裂活动强度为强→弱→较强。

利用火山岩 K_2O 和 Rb、Sr 含量获得的古地壳厚度, 在中元古代, 沿走向从西向东由 11.4~18.4 km (拉拉、黎溪)→13.5~23.6 km (通安、鲁南山)→19~36.9 km (东川、小街) 变化, 即由洋壳-准洋壳→准洋壳-准陆壳→准陆壳-陆壳变化, 与沉积组合由优地槽型→冒地槽型→准地块型变化相一致。新元古代回返阶段则相反, 地壳西厚东薄, 东段变薄与撞击诱发伸展作用有关; 喜德坳拉槽从河口期到淌塘期, 地壳厚度由厚变薄, 西段由 18.4 km 减为 11.4 km, 通安地区由 23.6 km 减为 16.8 km。东段东川地区由昆阳期 30~35 km 左右, 因民期减为 25.9 km, 黑山期变薄至 19 km。反映了坳拉槽从火山地堑阶段到拗陷阶段地壳伸展变薄作用的不断进行。天宝山期回返阶段, 地壳增厚, 大面积陆壳出现, 仅局部 (小街) 拉

伸变薄。

坳拉槽构造变动, 早期伸展变形(同沉积正断层和水平分层剪切机制下的顺层掩卧褶皱、褶皱层、片内无根褶皱、面理横向置换、韧性剥离断层等), 晚期收缩挤压变形(大、中型纵弯褶皱、逆冲断层及面理纵向置换)。东川运动和满银沟运动均以南北向挤压作用下的东西向褶皱为主, 晋宁运动则以自西向东推挤作用下形成的南北向褶皱为主。两者叠加干涉使变形复杂化。最终使整个坳拉槽层系组成走向东西的大复向斜, 核部在会理—会东小街一带。核部和两翼的次级同斜、倒转褶皱发育, 轴面向核部倾斜, 构成扇形大复向斜。原有的东西向正断层转变为逆冲断层, 使坳拉槽层系自内向外挤出。

南北向褶皱叠加于东西向褶皱之上, 以宽缓的正常褶皱为主。南北向褶皱的向东增强和南北向断裂自西向东逆冲, 证明晚晋宁运动使坳拉槽层系自西向东推挤。这种自西向东运动与坳拉槽南侧古陆壳基底相对自东向西运动, 导致右旋走滑发生, 形成东川面山—落因—汤丹“Z”形构造带。

伴随坳拉槽封闭, 坳拉槽层系普遍发生低压型绿片岩相变质作用, 变质时代为 1 000~800 Ma 的晋宁期, 变质程度随地层时代变新而降低。受西侧安宁河碰撞带热轴影响, 沿坳拉槽走向自西向东变质程度降低。

(二) 石棉—峨边坳拉槽

该坳拉槽沿石棉—峨边断裂自西向东呈楔形插入陆内, 长 120 km, 宽 50~90 km。西端出露有代表洋壳残块的石棉变质橄榄岩, 东端出露中元古代峨边群裂谷型碱性系列及洋脊拉斑系列玄武岩、硅质碳酸盐岩、深水炭泥质岩及陆屑复理石等建造, 自西而东由洋壳向准洋壳变化。中元古代末褶皱运动, 形成相当于天宝山组的三合组、烂包坪组陆—海相双峰火山岩, 晋宁运动褶皱封闭, 伴有花岗岩侵入。

(三) 昆阳陆架裂陷

昆阳陆架裂陷位于云南境内绿汁江断裂与滇池断裂间, 南北向延伸, 北界在迤纳厂东西构造带, 南抵红河, 长 250 km, 宽 80 km。其演化如图 1-2-4, 中元古代昆阳期为裂陷较弱的陆架阶段, 形成陆架相碳酸盐—碎屑岩, 夹陆屑复理石及少量火山岩, 受安宁洋转换断层影响有东西向隆起、拗陷存在。东川运动整体抬升, 伴有东西向褶皱。东川期在陆架外缘绿汁江断裂与易门断裂之间, 强烈裂陷形成宽 30 km 平行陆架延伸的裂陷带, 堆积了与东川地区岩性、层序相似的东川群沉积。但火山活动较弱, 盆地西深东浅, 并为东西向断裂切割成禄武、易门、元江三个次级盆地。东川期整体抬升, 于易门断裂东侧的拗陷中形成柳坝塘组砂砾岩、硅泥岩沉积, 晋宁褶皱使其封闭。构造变形以南北向为主, 早期同生断层、褶皱层、剥离断层等伸展构造发育, 晚期褶皱西强东弱, 逆冲、叠加褶皱发育, 伴有大规模角砾岩底辟构造及花岗岩侵入。

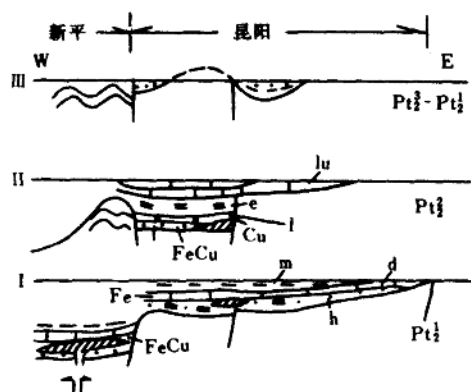


图 1-2-4 川滇裂谷系南段构造发展示意图

I. 中元古代早期被动陆缘大陆架和新平隆裂陷发育阶段; h. 黄草岭—黑山头组, d. 大允口组, m. 美党组; II. 中元古代中期昆阳陆架裂陷发育阶段; y. 因民组, l. 落雪组, e. 峨边头组, Lu. 绿汁江组; III. 中元古代晚期—新元古代回返上升阶段; 斜线部分为海相火山岩, 并表示了有关铁、铜矿床的含矿层位

(四) 喜德陆架裂陷

喜德陆架裂陷位于安宁河断裂东侧泸沽、喜德一带，南北向延伸，中元古代登相营群陆架相冒地槽型碎屑岩、复理石、碳酸盐沉积发育，局部有酸性火山岩，晋宁褶皱形成走向南北的S形复背斜，澄江期同碰撞花岗岩侵入。

(五) 新平陆隆裂陷

新平陆隆裂陷主体位于绿汁江断裂与楚雄—攀枝花断裂之间。裂陷发育于中元古代早期(图1-2-4)，大红山群陆隆优地槽沉积与其东的昆阳陆架沉积共同组成扬子原地块西缘南段被动大陆边缘。大红山群底部为陆架碎屑岩，随后强烈沉降形成砂泥质、炭泥质、碳酸盐岩互层系；中部为准洋壳型碱-拉斑系列细碧角斑岩，喷发时古地壳厚度8~13 km (K_2O 法)和17.3 km (Rb-Sr法)，火山活动受安宁洋中东西向的转换断层控制；上部为夹火山碎屑岩的碳酸盐建造，具复理石特征的炭泥质-碳酸盐建造。

大红山群的变形，以东西向褶皱、断裂为主体。早期伸展变形主要是沿层剪切形成的平卧、同斜褶皱、褶皱层和强烈的面理横向置换；中期东川运动为主褶皱期，形成一系列轴向东西的开阔背斜、向斜及逆冲断裂；晚期晋宁运动变形以南北向挤压带、断裂带、叠加褶皱为特征。

综上所述可见，不同类型的裂陷构造，不仅延伸方向和发育的构造背景不同，而且火山-沉积、构造变形特征也有不同。陆隆裂陷以海相中基性火山喷发强烈，形成优地槽型沉积为特征；陆架裂陷火山活动微弱，以冒地槽型沉积为主；坳拉槽则兼具两者特征，沿走向由优地槽向冒地槽、准地台型沉积过渡。陆架裂陷的变形也较坳拉槽陆端强烈。

四、裂谷系的演化

裂谷系的演化经历了初始裂陷、全面裂陷、挠曲拗陷和返回封闭等阶段。河口期初始裂陷阶段主要为南部的会理—东川坳拉槽进入火山地堑阶段，昆阳陆架发育期末的东川运动使新平裂陷褶皱封闭，东川地区局部褶皱；东川期全面裂陷阶段，会理—东川坳拉槽进入火山地堑向岩石圈挠曲拗陷过渡阶段，昆阳陆架西部武定—易门强烈裂陷，石棉—峨边坳拉槽及喜德陆架裂陷形成和发展。期末的满银沟运动，昆阳陆架西部裂陷和会理—东川坳拉槽东段地区局部褶皱隆起；会理期挠曲拗陷阶段，会理—东川坳拉槽、石棉—峨边坳拉槽均进入岩石圈挠曲拗陷沉降阶段，喜德裂陷继续发展，昆阳裂陷上升仅在其东部有局部拗陷。期末的中晋宁运动使石棉—峨边坳拉槽褶皱；新元古代，安宁洋之西的西康滇联合地体形成并逐渐向扬子原地块增生，安宁洋由南而北逐渐封闭，裂谷系进入全面上升返回时期。南部的昆阳裂陷和会理—东川坳拉槽于天宝山期末的晚晋宁运动褶皱封闭，北部的石棉—峨边坳拉槽经过晚晋宁褶皱和澄江期同碰撞双峰火山—磨拉石盆地演化后，最终于澄江运动期封闭。

第三节 新元古代地体增生与扬子地块形成

新元古代(1000~700 Ma)地体增生，扬子原地块西缘由被动大陆边缘转变为增生型大陆边缘，增生作用导致扬子地块的形成。

一、元古代的地体、地体构造带和联合地体

龙门山、安宁河断裂带西侧广泛分布的前震旦纪变质岩带，实际是由时代不同、岩石组