

“我国典型金属矿科学基地研究”项目系列丛书

大厂锡多金属矿田地质与成矿

蔡明海 梁 婷 彭振安 范森葵 罗先伟 等著



地质出版社

“我国典型金属矿科学基地研究”：

大厂锡多金属矿田 地质与成矿

蔡明海 梁 婷 彭振安 范森葵 罗先伟 著
莫荣世 郑 阳 许远清 张 清 甘文志

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

广西大厂锡多金属矿田是我国重要的有色金属基地之一,区内的地质勘查和科学研究程度较高。本书是在“广西大厂锡石硫化物型矿科学基地研究”课题成果的基础上,结合前人工作资料 and 认识编著而成。通过对成矿地质背景、主要矿床特征、成岩成矿年代学、矿田构造及其控矿作用、成矿流体特征以及矿床成因等方面的研究和总结,进一步探讨了矿床成因,归纳了构造控矿模式和成矿演化模式,反映了该矿田最新研究成果和资料。

本书可供从事矿床学、构造地质学、地球化学和地质矿产勘查等专业的勘查、科研和教学人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大厂锡多金属矿田地质与成矿 / 蔡明海等著. —北京:地质出版社, 2014. 10

ISBN 978 - 7 - 116 - 08553 - 4

I. ①大… II. ①蔡… III. ①锡矿床—多金属矿床—成矿地质—研究—南丹县②锡矿床—多金属矿床—成矿模式—研究—南丹县
IV. ①P618. 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 246348 号

Dachang Xiduojinshu Kuangtian Dizhi yu Chengkuang

责任编辑: 白 铁 罗军燕 于春林

责任校对: 王洪强

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324579 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 889mm × 1194mm ¹/₁₆

印 张: 9.75

字 数: 300 千字

版 次: 2014 年 10 月北京第 1 版

印 次: 2014 年 10 月北京第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 08553 - 4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

总 前 言

矿产资源是一种不可再生的自然资源，是人类社会赖以生存和发展的物质基础。中国是世界上地质演化历史悠久、成矿作用具有多样性的国家之一，自太古宙以来的各个地质历史时期的构造运动在中国都或多或少地留下了记录并伴随有不同规模的成矿作用。世界上最重要的三大成矿域（古亚洲成矿域、滨太平洋成矿域和特提斯-喜马拉雅成矿域）在空间上交汇于中国。多期复合造山铸就了中国独具特色的成矿体系。对于深化中国特色成矿规律的研究，亟须一套代表中国各类矿床的“字典”和科学研究基地作为矿产地质研究的示范区，并成为创新研究基地以及文化普及的园地。

我国已成为世界上最大矿产品进口国和生产国，而且随着国民经济的高速发展，矿产资源短缺的形势将更加严峻，迫切需要破解矿产资源不足之“瓶颈”。只有加大勘查力度，才能有效保障矿产资源供给。迄今，越来越多的老矿山面临资源枯竭或“硃老山空”的严峻局面。在过去 10 多年，我国部署了一系列国家计划项目，例如，“973”计划、科技支撑计划和地质调查专项等，开展区域成矿规律、勘查技术方法以及新区的矿产调查和勘查等。相比之下，对于典型大型矿床，尤其是正在开采的大型老矿山缺乏系统解剖研究，而这些大型矿山揭露出的地质现象极其丰富，往往是成矿新理论和新思维的发源地，对其进行立典性解剖研究，将会大大提升成矿理论。一个大型-超大型矿床从发现-勘查-开采以及开采过程中的多次补充勘查，都拥有一部史诗，包括运用不同勘查技术方法组合开展地质勘查，既有成功的经验，也有失败的教训，对其进行挖掘和总结，不仅能促进对该矿床深部及外围找矿，而且可以运用这些新认识和技术组合在相同景观下有效地开展找矿勘查。

目前，不少大型矿山经过多年的开采资源逐渐枯竭，甚至即将闭坑。一旦关闭和掩埋，许多丰富的地质现象，特别是独一无二的现象将荡然无存。因此，迫切需要在闭坑之前，把每一个重要矿床的地质特征客观地记录下来，以便后人参考。同时，将闭坑老矿山建成博物馆或科普旅游基地向社会开放，必将提高普通民众认识地球、了解资源及其形成过程的认知水平，有益于提升全民保护环境和节约资源的意识。因此，开展大型矿床的立典研究，既是科学技术创新研究和推动找矿勘查的需要，也是保护“历史科学资料”和提高全民科学素质之必须。

典型矿床科学基地有机地融合了创新、教学和科普，在推动全民科学文化素质和科技普及方面越来越发挥着重要作用。典型矿床基地既是科学研究的基地，也是专业教学和科学普及的园地。一些发达国家的矿山在开采阶段乃至闭坑后，都以矿石、岩石和开采历史及其相应的图集和图册为主体建立了一座座矿山博物馆或科技馆。这些博物馆和科技馆逐渐被开发为地球科学技术培训以及古矿业遗迹的参观基地，极大地促进了旅游业的发展和矿业科学技术的普及。

为此，国土资源部于 2009 年启动公益性行业科研专项经费项目“我国典型金属矿科学基地研究”，对我国重要矿种 29 个大型-超大型金属矿床开展立典研究，并建立科学基地。具体包括江西德兴斑岩型铜矿、西藏甲马斑岩-矽卡岩型铜钼矿、云南北衙斑岩-矽卡岩型金（铜）矿、安徽铜陵矽卡岩型铜多金属矿、新疆阿舍勒块状硫化物矿床（VMS 型）铜锌矿、云南东川砂岩型铜矿、甘肃金川岩浆型铜镍矿、河南南泥湖-三道庄斑岩-矽卡岩型钼钨矿、陕西金堆城斑岩型钼矿、新疆可可托海伟晶岩型锂铍铌钽矿、湖南柿竹园矽卡岩-云英岩钨锡钼铋矿、云南个旧矽卡岩型锡多金属矿、广西大厂锡石硫化物型锡矿、湖南锡矿山中低温热液型锑矿、辽宁弓长岭 BIF 型铁矿、甘肃镜铁山海底喷流沉积型铁矿、安徽凹山玢岩型铁矿、湖北大冶矽卡岩型铁矿、内蒙古白云鄂博铁稀土建造矿、云南会泽密西西比型（MVT）铅锌矿、甘肃厂坝-代家庄热液型铅锌矿、内蒙古东升庙 SEDEX 型铅锌矿、云南金顶热液型铅锌矿、海南石碌沉积变质型铁矿、四川攀枝花岩浆型钒钛磁铁矿、福建紫金山浅成低温热液型铜金矿、山东焦家-玲珑石英脉-蚀变岩型金矿、贵州烂泥沟卡林型金矿、江

西冷水坑次火山岩热液型银铅锌矿。这些矿床都是储量巨大、成矿类型具有代表性、成矿方式具有特殊性，而且在我国国民经济建设中曾经或正在发挥重要作用。

此次工作对矿床的矿石组合、结构构造、成矿期次和阶段、围岩蚀变、找矿标志、形成时代、成矿物质来源、成矿物理化学条件、同位素地球化学特征、成矿环境等开展了系统研究，同时，针对各种不同类型矿床研究中存在的关键科学问题开展攻关研究：斑岩型铜矿形成期间从岩浆凝固晚期到成矿流体析出转变过程中组分演变特征与相应的物理化学条件；斑岩铜矿和斑岩钼矿形成环境和物质来源的异同性；古盆地流体来源和运移的驱动力，流体汇聚的规律性；与 A 型或高分异性 I 型花岗岩有关的稀有和钨锡矿床的物质来源，地幔对成矿的贡献及含矿岩体的主要辨别要素；变质古海底喷流型矿床的环境恢复等方面，取得了一系列重要创新成果，在综合研究的基础上，建立了矿床模型。通过收集和整理典型矿床勘查、开采过程中所采用的勘查技术和方法，梳理出不同类型矿床勘查的有效方法组合，提供了矿床成功勘查的范例。

在国土资源部公益性行业科研专项经费的支持下，基于前人找矿勘查和研究成果，结合此次补充研究，编著了“我国典型金属矿科学基地研究”项目系列丛书，既客观地反映这些大型 - 超大型矿床的基本特点和勘查开发与研究的历史，也充分展示了最新的研究水平。

历时 5 年，项目的顺利执行以及丛书的及时出版，得到了各级主管部门、承担单位和有关矿山企业的大力支持，得益于陈毓川、李廷栋、裴荣富、叶天竺、吴淦国等专家的殷切指导和同行们的热情帮助，值此谨代表项目执行团队 200 余位同仁深表谢忱。

矿床学的研究是一个不断探索、不断深化的过程，尽管编著者付诸很大努力，仍然存在一些不足或错误之处，请读者批评指正。

毛景文 张作衡 吕志成
“我国典型金属矿科学基地研究”项目首席科学家
2014 年 11 月

前 言

大厂锡多金属矿田（简称“大厂矿田”）位于广西壮族自治区河池市南丹县境内。矿田范围地理坐标：东经 $107^{\circ}29'43'' \sim 107^{\circ}42'11''$ 、北纬 $24^{\circ}44'45'' \sim 24^{\circ}56'35''$ ，面积约 168 km^2 。区内蕴藏有 Sn、Pb、Zn、Cu、Sb、Ag、In 等丰富的有色、贵重和稀散金属矿产资源，被誉为“有色金属之乡”和“锡都”。据黄伟洪等（2012）统计资料，矿田内已探明锡 147 万吨、锌 680 万吨、铅 176 万吨、锑 138 万吨、铜 37 万吨。区内有亚洲最大的锡多金属选矿厂——车河选场，有以有色金属冶炼为主的车河工业园，是我国重要的有色金属基地之一。

大厂矿田成矿地质条件优越、成矿作用复杂，其规模之大、矿种之多、品位之高、元素组合之复杂、矿化分带之清楚、产出特征之多样化，在目前正在开采的同类矿床中都是独一无二的。

大厂地区有着悠久的采矿历史，唐末开始开采银，南宋（公元 1130 年）开始采锡。明朝时期区内产锡达到鼎盛时期，当时有南丹州的“新洲厂”、河池州的“高峰厂”和那地州的“中坑厂”，三厂集于一地，形似一厂，皆产银锡，故名“大厂”（胡德超等，2001）。

大厂矿田地质勘查最早始于 1928 年两广地质调查所乐森璈等的调查，其调查报告刊印于当年出版的《两广地质调查所年报》第一卷，主要描述了矿区地层、岩性和古生物特征。之后，张兆瑾、丁文江、李捷、杨志成、张更、吴磊伯、张文佑、赵金科、徐克勤等老一辈地质学家到此做过考察研究。区内系统的地质勘查工作始于 20 世纪 50 年代，广西 215 地质队于 1954 年开始至今，对该区进行了不间断的地质勘查，为探明区内矿产资源储量做出了巨大贡献。与此同时，铜坑矿、高峰矿、拉么矿等矿山下属的地测科也都在各自矿山开展了大量探边摸底的找矿工作。

区内地质研究程度较高。广西地勘局、广西地勘局地质七队、大厂矿务局、中国科学院地球化学研究所、中国地质科学院矿床所等单位自 1958 年起先后对大厂矿田进行了科学研究。以陈毓川院士为首的科研集体先后在 20 世纪 60 年代（陈毓川等，1964；1965）、80 年代（陈毓川等，1985，1987）、90 年代（陈毓川等，1993；王登红等，1996）对大厂矿田的矿化特征、矿床成因、成矿规律等进行了卓有成效的研究，建立了矿床成矿系列和成矿模式。同时，李锡林等（1960，1981）、叶绪孙（1985，1999）、尹国栋（1985）、刘元镇等（1987）、杨翼民（1989）、郜兆典（2002）等从不同角度讨论了原生锡矿床的成矿地质背景、矿化特征和成矿规律，论证了花岗岩及其演化是锡多金属矿床形成的主要控制因素。蔡宏渊等（1983，1985）、叶俊等（1985，1989）、雷良奇（1986）、周怀阳等（1987）、张国林等（1987）、陈骏等（1988）、李孝全等（1988）、韩发等（1989，1990，1997）、徐新煌（1991）、罗德宣等（1993）、廖宗廷等（1994）、秦德先等（2002，2004）通过对矿区容矿围岩特征以及矿床地球化学等方面研究，先后提出了大厂矿床形成属泥盆纪海底火山喷气同沉积成矿和后期岩浆热液叠加成矿的认识。涂光炽（1984，1987）在分析了大厂矿田诸多成矿因素后，提出了大厂矿床具有多成因、多来源、多阶段成矿特征的认识。张起钻（1999a，1999b）研究提出，龙头山生物礁具备优越的油气生、储、盖条件，为一古油藏，100 号矿体成因与生物有机成矿作用有关，属有机成矿成因。矿田构造方面，前人从不同侧面进行过研究。李孝全等（1988）和陈洪德等（1989）从沉积作用入手，将沉积作用、岩浆作用与大地构造、成矿作用相结合，提出了以构造为主，地层、岩相、构造、岩浆岩四位一体的控矿认识；徐珏（1988）强调了燕山期构造的控岩、控

矿作用,并详细研究了岩体侵入接触带构造体系,建立了侵入接触带构造-矿化模式,尔后徐珏等(1994)又强调了泥盆纪同生断裂、喷流口的控矿作用;高计元(1998)从区域构造研究角度提出了大厂矿床的生成和定位是盆-山系发生、发展和演化到一定阶段的产物;蔡明海等(2004a)系统厘定了大厂矿田印支期和燕山期的构造组合样式,并探讨了构造演化过程及其对矿田、矿床、矿体的控制作用;李春平等(2006)对大厂断裂F1及其下盘F1-1、F3、F5组成的叠瓦状构造及其控矿作用进行了研究;黄宏伟等(2009)研究提出,盆地内部次级NW向断陷槽是形成大型-超大型锡多金属矿床的重要场所,由次级基底断裂控制的海底火山喷气或喷流作用是盆地内部重要的成矿作用;蔡明海等(2012)进一步总结了丹池成矿带的控矿构造样式,认为丹池成矿带上不同矿田中矿体的分布形态受主背斜构造控制。成岩成矿年代学研究方面,前人也进行了大量研究。关于大厂侵入岩的形成时代,早期,李璞等(1963)、章振根等(1984)、徐文炘等(1986)陈毓川等(1987,1993)和Fu等(1991)曾采用K-Ar法和Rb-Sr法进行了测年。由于早期我国同位素实验室仪器设备、实验条件和技术方法等的局限性,不同实验室和不同方法所获得的年龄数据差别较大。近年来,蔡明海等(2006a)、李华芹等(2008)和梁婷等(2011a)分别采用SHRIMP锆石U-Pb法和LA-ICP-MS锆石U-Pb法对龙箱盖岩体及晚期岩脉进行了精细的定年研究,所获得的年龄值集中在(91~96)Ma之间。关于大厂矿田的成矿时代,陈毓川等(1985)曾采用K-Ar法获得铜坑-长坡矿区最早期矿化阶段钾长石蚀变岩的年龄为117.89 Ma,矿石晶洞中最后形成的伊利石年龄为90.92 Ma。近年来,王登红等(2004)采用Ar-Ar法、蔡明海等(2005a、2006b)和李华芹等(2008)采用Rb-Sr法、梁婷等(2008、2011b)等采用Re-Os和Sm-Nd法进行了成矿年龄测定,不同方法得到的年龄数据在误差范围内基本一致,表明大厂矿田的成矿作用主要发生在晚白垩世,即燕山晚期。关于大厂矿田成矿流体前人做了大量工作,蔡宏渊等(1983a)、张国林等(1987)、李荫清等(1988,1989)、陈毓川等(1993)、Fu等(1993)、李明琴(1995)、赵劲松(1996)、聂爱国(1996)、蔡明海等(2005a、2005b)、成永生(2011)等分别对铜坑-长坡锡多金属矿、拉么锌铜矿、亢马锡多金属矿、茶山钨锡矿床、大福楼锡多金属矿等典型矿床流体包裹体的物理相态,以及流体组份、均一温度、盐度、密度、压力等进行了研究;黄民智等(1988)根据闪锌矿、锡石、毒砂、硫盐矿物等特征矿物及其组合特征研究,讨论了成矿物理化学条件,并结合C、H、O同位素组成探讨了成矿流体性质和来源;赵葵东等(2002)、蔡明海等(2004b)、Cai等(2007)应用惰性气体示踪进一步探讨了流体来源。在矿石矿物学研究上,黄民智等(1988)从金属矿物学、应用矿石学、成因矿石学3个部分对大厂矿床金属矿物及矿石学特征进行了系统总结。李达明等(1987)、傅金宝等(1987)、周卫宁等(1987,1988,1989)分别对矿区磁黄铁矿、黄铁矿、闪锌矿、锡石的标型特征及指示意义进行研究,说明了矿床形成与岩浆热液有关。

近年来,陈毓川院士、毛景文研究员和王登红研究员等领导的科研集体又相继实施了“广西南丹县铜坑锡矿成矿机制与预测模型”(2006~2008)、“广西南丹铜坑锡矿床总结研究”(2008~2012)和“广西大厂锡石硫化物型锡矿科学基地研究”(2009~2013)科研项目(课题),进一步丰富了区内科研资料,提升了科研水平。

大厂锡多金属矿凝聚了一代又一代矿业人的心血和智慧,不仅创造了巨大的经济效益,同时也取得了大量高水平的地质、采矿、选矿等领域的科研成果,培养和造就了一大批杰出的地矿人才。本书依托国土资源部公益性行业科研专项经费项目“我国典型金属矿科学基地研究”(项目编号:200911007)下设课题“广西大厂锡石硫化物型锡矿科学基地研究”(课题编号:200911007-13)的研究成果,系统收集和整理了前人科研资料,较全面的总结了大厂矿田成矿地质背景、主要矿床特

征、矿田构造特征和成岩成矿年代学、成矿流体特征等方面的研究成果,进一步阐述了区内矿床成因,归纳了区内构造控矿模式和成矿演化模式。全书共分前言、成矿地质背景、矿床地质特征、成岩成矿年代学研究、矿田构造及其控矿作用、成矿流体特征、矿床成因及成矿模型和结语八章,由蔡明海、梁婷、彭振安、范森葵、罗先伟、莫荣世、郑阳、许远清、张清、甘文志等执笔完成。

陈毓川院士、毛景文研究员、王登红研究员在项目实施和本书的编写过程中给予了悉心指导,徐明、陈艳、王显彬、郭腾飞、刘虎、谭泽模、唐龙飞、赵京、常江等硕士研究生完成了部分图件的编绘和文字校对,对他们的辛勤劳动致以诚挚的谢意!项目实施过程中得到了广西华锡集团股份有限公司、广西 215 地质队、华锡集团铜坑矿、高峰矿业有限公司、拉么矿、茶山矿、五一矿等单位领导和同行们的热心帮助和指导,在此一并表示衷心感谢!

大厂矿田研究资料繁多,论文和专著数以千计,在参考和引用时难免出现错漏,加之作者水平有限,对书中表述不当的地方敬请同行们批评指正。

目 录

总前言

前 言

第一章 成矿地质背景	(1)
第一节 区域地质	(1)
一、区域地层	(1)
二、区域构造	(2)
三、岩浆岩	(7)
四、区域重磁场	(8)
五、区域矿产	(8)
第二节 大厂矿田地质特征	(9)
一、矿田地层	(9)
二、矿田构造	(10)
三、岩浆岩	(15)
第二章 矿床地质特征	(22)
第一节 铜坑-长坡锡多金属矿床	(22)
一、矿床地质特征	(22)
二、矿体特征	(23)
三、矿石特征	(27)
四、围岩蚀变	(34)
五、成矿阶段划分	(35)
第二节 龙头山锡多金属矿床	(36)
一、矿床地质特征	(36)
二、矿体特征	(36)
三、矿石特征	(37)
四、围岩蚀变	(39)
五、成矿阶段划分	(39)
第三节 拉么锌铜矿	(39)
一、矿床地质特征	(39)
二、矿化特征	(40)
三、成矿阶段划分	(41)
第四节 茶山钨铋矿床	(41)
一、矿床地质特征	(41)
二、矿化特征	(42)
三、成矿阶段划分	(43)

第五节 亢马锡多金属矿床	(43)
一、矿床地质特征	(43)
二、矿化特征	(43)
三、成矿阶段划分	(45)
第六节 大福楼锡多金属矿	(46)
第三章 成岩成矿时代研究	(48)
第一节 岩体形成时代和侵入期次划分	(48)
一、龙箱盖岩体的成岩时代	(49)
二、脉岩形成时代	(60)
三、岩浆岩侵入期次划分	(62)
第二节 成矿时代和成矿期厘定	(63)
一、铜坑-长坡矿床锡多金属矿床成矿时代	(63)
二、龙头山锡多金属矿床成矿时代	(68)
三、亢马锡多金属矿成矿时代	(69)
四、矽卡岩型锌铜矿成矿时代	(70)
五、大厂矿田成矿期划分	(73)
第三节 成岩与成矿耦合关系	(73)
一、成岩与成矿时间关系	(73)
二、成岩与成矿空间关系	(74)
第四章 矿田构造及其控矿作用	(75)
第一节 大厂矿田构造组合及垂向分带特征	(75)
一、构造变形组合特征	(75)
二、构造应力作用特征	(75)
三、构造的垂向分带特征	(77)
第二节 构造演化过程及其作用特征	(77)
一、丹池褶断带构造演化	(77)
二、大厂矿田构造演化	(78)
第三节 构造作用下成矿元素迁移	(79)
一、构造作用下地层中成矿元素迁移	(79)
二、NW 向断裂中成矿元素迁移	(81)
三、SN 向断裂与成矿元素迁移	(81)
第四节 构造对成矿的控制	(83)
一、矿田定位的构造控制	(83)
二、矿床定位的构造控制	(84)
三、矿体产出的构造控制	(86)
四、构造垂向分带对矿体空间形态的控制	(89)
五、矿液运移方向	(89)
第五节 构造控矿模式	(91)
一、成矿构造条件	(91)

二、构造控矿的主要特点	(91)
三、构造控矿模式	(92)
第五章 成矿流体特征	(93)
第一节 流体包裹体特征	(93)
一、锡多金属矿流体包裹体特征	(93)
二、矽卡岩型锌铜矿流体包裹体特征	(102)
三、钨铋矿流体包裹体特征	(102)
四、不同成矿之间流体包裹体特征对比	(103)
五、成矿压力和深度估算	(104)
第二节 同位素特征	(105)
一、S 同位素	(105)
二、C、O 同位素	(109)
三、H、O 同位素组成	(111)
四、He、Ar 同位素	(113)
第三节 成矿流体来源、运移和沉淀	(115)
一、成矿流体来源	(115)
二、成矿流体的成分	(116)
三、成矿流体物理化学条件	(116)
四、含矿热液的运移和沉淀方式	(117)
第六章 矿床成因及成矿模型	(119)
第一节 地质现象对矿床成因的指示	(120)
一、似层状矿体产出特征及其控制因素	(120)
二、沉积硫化物的含矿性	(121)
三、交代现象	(121)
四、成矿分带	(122)
第二节 锌铜矿与锡多金属矿的对比研究	(122)
一、空间关系	(123)
二、矿石地球化学特征	(123)
三、流体特征对比	(127)
四、同位素特征对比	(128)
五、成矿时代对比	(128)
第三节 矿床成因研究	(129)
一、成矿热液来源	(129)
二、有利成矿条件	(133)
三、矿床形成过程	(134)
第四节 成矿模型	(134)
第七章 结语	(136)
参考文献	(138)
Abstract	(142)

第一章 成矿地质背景

大厂矿田位于江南古陆西南缘、右江盆地北东侧，NW 向丹池（南丹-河池）褶断带中段(图 1-1)。

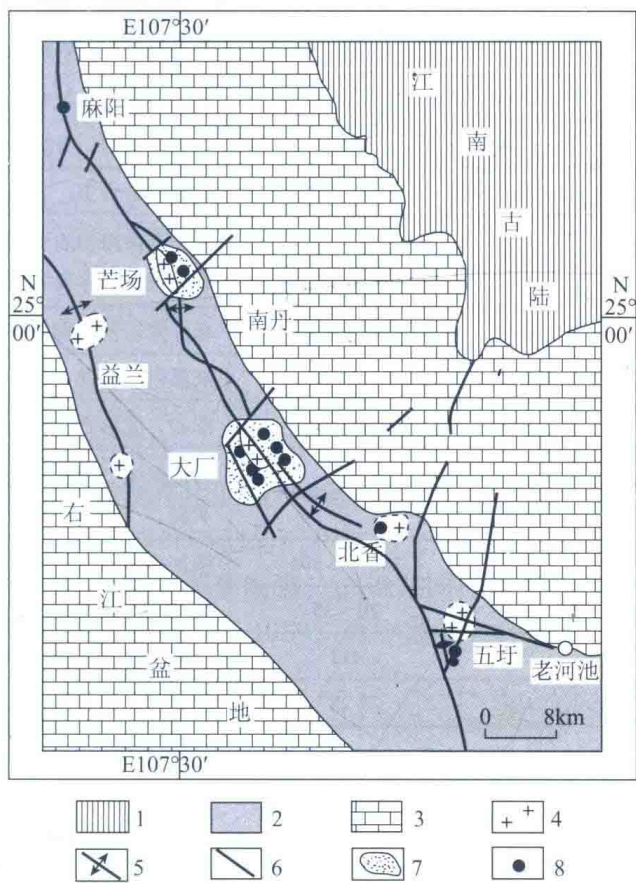


图 1-1 丹池地区构造及矿产分布示意图

1—江南古陆（中—新元古界浅变质岩系）；2—丹池褶断带；3—右江盆地（古生界—中生界碳酸盐岩-碎屑岩系）；
4—白垩纪花岗岩；5—背斜轴；6—断裂；7—矿田范围；8—矿床

第一节 区域地质

丹池地区主要出露上古生界和部分中生界地层，岩性为一套浅海相富含有机质的碎屑岩-硅质岩-碳酸盐岩组合。其中，泥盆系地层出露最广，也是区域上最主要的赋矿层位。区域构造以 NW 向为主，NW 向丹池断裂和丹池大背斜为主干构造，NE 向断裂叠加其上。白垩纪中酸性岩浆岩以岩墙、岩脉、岩床、岩枝出露于地表，在芒场、大厂等地区深部探矿工程揭露有隐伏花岗岩体，五圩、北香等地据物探重磁资料推测有隐伏花岗岩（图 1-1）。

一、区域地层

区域上主要出露泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系和第四系地层，地层总厚度约 7000 m。区域地层划分及主要岩性特征见表 1-1。

表 1-1 丹池地区地层简表

系	统	组	代号	厚度（m）	主要岩性
第四系			Q	0 ~ 50	残坡积物及洞穴堆积物
三叠系	中统	百逢组	T ₂ b	2023	碎屑岩夹火山岩及碳酸盐岩，属陆源碎屑浊积岩
	下统	罗楼群	T ₁ ll		
二叠系	上统	合山组	P ₂ h	378 ~ 458	粉砂岩、页岩、泥岩夹火山角砾岩
	下统	茅口组	P ₁ m		浅灰色灰岩、燧石灰岩
		栖霞组	P ₁ q		下部为砂岩、泥岩、碳质页岩，中上部为中薄层状灰黑色燧石灰岩、泥灰岩等
石炭系	上统	马平组	C ₃ m	1391	灰岩夹白云质灰岩
	中统	黄龙组	C ₂ h		白云质灰岩、含燧石结核
	下统	寺门组	C ₁ s		以碎屑岩为主，为滨海沉积环境
泥盆系	上统	同车江组	D ₃ t	340 ~ 370	为一套浅海相陆源细碎屑沉积，部分地区在其底部见有海底火山碎屑沉积
		五指山组	D ₃ w	66 ~ 127	扁豆灰岩及条带灰岩
		榴江组	D ₃ l	5 ~ 174	灰黑色硅质岩
	中统	罗富组	D ₂ l	206 ~ 519	泥岩、泥灰岩、粉砂岩，顶部为硅质泥岩
		纳标组	D ₂ n	198 ~ > 894	黑色泥岩、页岩、泥灰岩、粉砂岩，局部发育有礁灰岩
	下统	塘丁组	D ₁ t	240 ~ > 894	深灰-黑色泥岩、泥灰岩
		益兰组	D ₁ y	20 ~ 35	灰-灰黑色泥质灰岩、泥岩、粉砂质泥岩
		那高岭组	D ₁ n	412	浅灰-深灰色石英砂岩、泥质粉砂岩
		莲花山组	D ₁ l	> 287	浅灰色夹紫灰色石英砂岩、杂砂岩及砾岩

（据李孝全等，1988）

二、区域构造

NW 向丹池褶断带是在加里东地台基础上，经海西—印支期（D—T₂）拗陷沉积、印支期（T₂）挤压褶皱和燕山晚期（K₂）伸展剪切并伴随岩浆侵位和成矿作用发展起来的。带内可划分为地台盖层（D—T₂），早古生代褶皱基底（加里东基底）和前震旦系结晶基底 3 个岩性-构造层。

（一）基底构造

根据南丹地区 1：20 万区域重力及航磁资料综合推断，丹池褶断带及邻区基底构造表现为呈 NW 向展布的“两隆夹一拗”，即东侧的“木伦-皮老街-河池隆起”、西侧的“拉顿-罗富-龙河隆起”，中间为“南丹-大厂-保平拗陷”。基底断裂主要有 NW 向、NE 向、SN 向和 EW 向等 4 组，且以 NW 向断裂最为醒目（孙德梅等，1994）。结合广西地区 1：100 万区域重力及地震测深资料（广西壮族自治区地球物理探矿队，1993）综合分析，在加里东构造面深度推断图上，可以判读出 NW 向、NE 向、SN 向和 EW 向等多组方向构造的影响，在结晶基底面深度推断图上基本上只能看出 NW 向构造的影响，而在莫霍面深度推断图上仅有 NW 向构造的反映（图 1-2），由此推断 NW 向基底断裂的影响深度达到了上地幔，属深大断裂，而 NE 向、SN 向和 EW 向 3 组基底断裂仅在加里东基底构造面有所反映，其影响深度有限（蔡明海等，2004a）。

（二）盖层构造

1. 盖层沉积阶段的构造作用及其对沉积相控制

志留纪末的广西运动使丹池及邻近的广大地区抬升为陆地。中泥盆世初期开始，伴随古特提斯洋

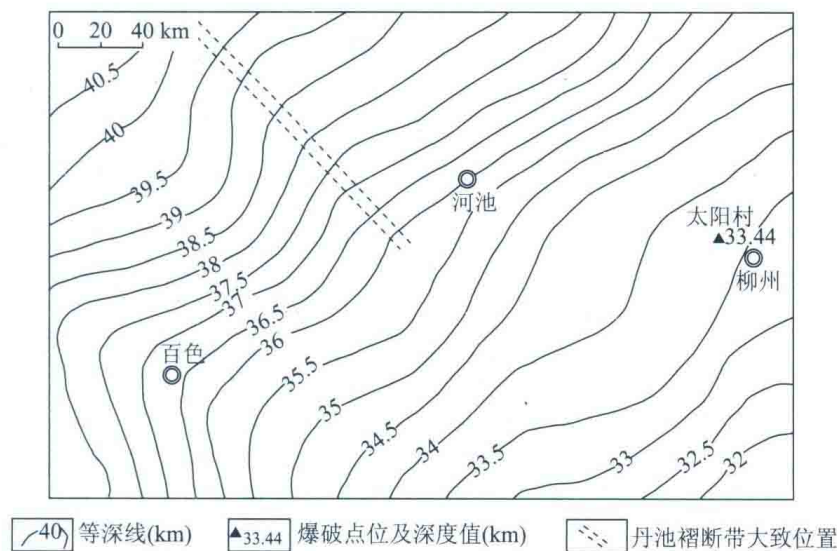


图 1-2 丹池地区莫霍面等深线推断图
(据广西壮族自治区地球物理探矿队, 1993)

开裂, NW 向基底断裂产生张裂活动, 在江南古陆西南缘、右江盆地北东侧形成了 NW 向丹池拗陷带, 接受了厚度大于 2000 m 的海相沉积 (陈洪德等, 1989; 曾允孚等, 1992)。在海西期断陷沉积过程中, NW 向丹池断裂对沉积相控制作用明显。断裂带东侧主要为台地型碳酸盐沉积, 而丹池拗陷带内则以台沟型泥岩、泥灰岩、硅质岩和碎屑岩沉积作用为主。在 NW 向断裂持续张裂作用下, 由于块体伸展量的不均匀, 产生了 NE 向横向调整断裂, 二者共同控制了丹池成矿带内泥盆纪、石炭纪沉积, 形成了台沟相间的沉积特色 (陈洪德等, 1989; 燕守勋等, 1997) (图 1-3)。

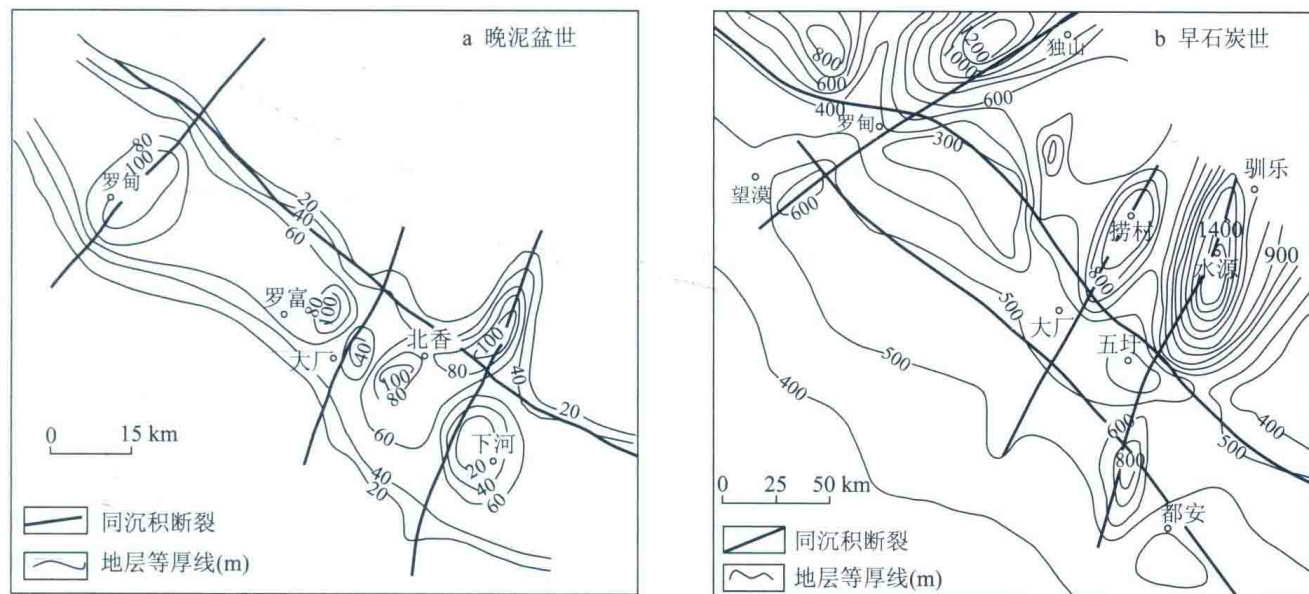


图 1-3 丹池盆地沉积厚度与同沉积断裂关系图
(据陈洪德等, 1989)

2. 构造变形特征

丹池褶断带盖层构造早期以中浅构造层次的变形为主, 晚期进入向浅表构造层次, 并以 NW 向线形褶断构造为特色, 明显有别于西侧天峨一带的 SN 向箱状褶断区和东侧捞村一带的 NE 向宽缓褶断区。根据详细野外观察及构造要素统计测量, 在丹池褶断带内可区分出两套显著不同的变形样式和变形组合, 即早期挤压构造和晚期伸展剪切构造。

(1) 早期挤压构造

早期挤压形成的构造以 NW 向褶皱和断裂为主，奠定了丹池褶断带的构造格局。NW 向褶皱主要有芒场背斜、龙箱盖背斜、大厂背斜、五圩背斜、拉索背斜、罗富背斜和火基向斜等。其中芒场背斜、龙箱盖背斜、五圩背斜共同组成了习称的“丹池大背斜”。

丹池褶断带早期主要褶皱特征见表 1-2。

表 1-2 丹池褶断带主要褶皱构造特征

褶皱名称	规 模	枢纽特征及轴向	核部地层
芒场背斜	长约 16 km、宽 4 ~ 6 km	枢纽总体近水平，略呈波状起伏，轴向 NW325° ~ 350°，在大山一带，背斜枢纽强烈隆起，形成穹隆构造	D ₂ —D ₃
龙箱盖背斜	长约 42 km、宽 4 km	枢纽呈波状起伏，轴向 NW303° ~ NE10°，在龙箱盖一带，背斜枢纽隆起，形成穹隆构造	D ₂ —D ₃
大厂背斜	长约 25 km、宽 2 ~ 4 km	枢纽分别向 NW 和 SE 倾伏，轴向 NW300° ~ 345°	D ₂ —D ₃
五圩背斜	长约 20 km、宽 9 km	轴向 NNW353°	D ₂ —D ₃
拉索背斜	长约 30 km、宽 3 ~ 5 km	枢纽呈波状起伏，向 NW 倾伏，轴向 NW310° ~ 330°	D ₂ —D ₃
罗富背斜	长约 74 km、宽 12 ~ 16 km	枢纽呈波状起伏，向 NW 倾伏，轴向 NW340° ~ 350°	D ₁ —D ₃
火基向斜	长约 25 km、宽约 6 km	枢纽呈波状起伏，轴向 NW320°	P—T ₂

丹池褶断带内的背斜构造具有相同特征，表现为两翼不对称，北东翼平缓，岩层产状 50° ~ 80° ∠ 10° ~ 45°，南西翼陡立，岩层产状 230° ~ 260° ∠ 50° ~ 85°，轴向总体 NW，但沿走向有“S”型拐弯。向斜构造则相对开阔。背斜两翼尤其是北东翼普遍发育次级褶皱和层面擦痕。次级褶皱形态复杂，枢纽方向与主褶皱一致，轴面产状 40° ~ 70° ∠ 20° ~ 85°。层面擦痕垂直于褶皱枢纽，指示上层相对于下层向背斜转折端滑动，在褶皱转折端部位平行轴面的挤压劈理发育，上述特征表明 NW 向褶皱形成机制以纵弯褶皱作用为主。NW 向褶皱枢纽具有波状起伏特点，在 NW 向同沉积断层与 NE 向横向调整构造的交汇部位往往是沉积厚度增大部位，如芒场、大厂、五圩等地，这些地段在后期褶皱作用中形成了背斜构造的高点，即所谓的隆起区。

在 NE-SW 方向构造应力的持续作用下，伴随 NW 向褶皱过程的发展，在背斜轴部偏西翼部位发育了轴向逆冲断层，造成了地层缺失。NW 向逆冲断层是在同沉积断裂基础上发展起来的。由于地层的挤压隆升，应力易于释放，因此 NW 向断裂带往往由诸多平行侧列的小断层组成，地表难以观察到清晰的主断面，大多地段在地表主要表现为地层挠曲、产状变陡、发育挤压劈理化带等，但两侧地层缺失明显，老地层常逆掩于新地层之上。主要逆冲断裂有丹池断裂、大厂断裂、拉索断裂等。

①丹池断裂

位于丹池大背斜轴部偏西翼，属区域性 NW 向紫云-南丹-昆仑关断裂带的组成部分。该断裂带自北而南贯穿整个丹池地区，走向 NW310° ~ 355°、倾向 NE，倾角 28° ~ 75°。丹池断裂地表行迹表现为劈理化带、地层局部挠曲和两侧地层的不连续，断裂破碎带宽数米至百余米，沿断裂带可见到不同时代的老地层逆掩于新地层之上。在拉么一带，中泥盆统纳标组（D_{2n}）逆掩于上泥盆统榴江组（D_{3l}）之上；在旧河池一带，榴江组（D_{3l}）逆掩于中石炭统（C₂）灰岩之上。根据断裂两侧地层缺失情况判断，丹池断裂逆冲断距 > 200 ~ 1500 m。

丹池断裂为 NW 向基底断裂进一步活动产物。根据区域上沿断裂带分布有奥陶纪海相基性火山岩及加里东期花岗斑岩（郜兆典，2002）等特征判断，该断裂在加里东期就已经存在，于晚古生代早期伴随古特提斯洋打开时进一步活动，控制了晚古生代断陷盆地的生成和发展，是泥盆纪时期的同沉积断裂（陈洪德等，1989；徐珏等，1994；郜兆典，2002），后期挤压褶皱过程中产生了逆冲作用。

②大厂断裂

位于大厂背斜轴部偏西南翼，与丹池断裂平行产出。断裂带长约 10 km，宽 0.2 ~ 200 m，走向

NW325°、倾向 NE，倾角变化大，地表断面倾角一般为 40°~80°，向深部明显变缓，一般 20°~40°，具“犁式”断裂特征。该断裂早期表现为逆断层，逆冲断距 100~600 m。

③拉索断裂

位于拉索背斜轴部偏南西翼，该断裂地表形迹并不十分明显，在塘浪一带见纳标组（D_{2n}）逆掩在罗富组（D_{2l}）地层之上。断裂带长约 7 km，宽 0.2~100 m，走向 NW325°、倾向 NE，倾角变化较大，在地表断面倾角一般为 40~80°。该断裂早期表现为逆断层，逆冲断距 20~50 m。

早期挤压劈理分为两类：其一是褶皱轴面劈理；其二是断裂附近与断面相平行的劈理。它们共同的特征是劈理面呈波状起伏，产状陡立，是在压剪性作用下形成的。

早期挤压构造作用主要形成了 NW 向线形褶皱及 NW 向逆冲断层，与之配套的构造有 NE 向次级滑褶皱及 NE 向裂隙构造。NE 向次级滑褶皱主要发育在同方向断裂构造附近，是局部派生应力作用的产物，其规模一般都非常有限，露头尺度上往往就可观察到其整个形态，向两侧很快消失。

在早期挤压作用过程中，NE 向断裂构造仍然起着应力调整作用。由于挤压褶皱过程中块体收缩的不均匀，早期 NE 向横向调整构造继续产生作用，调整两侧不均匀的位移量，同时由于地层的隆升，应力易于释放，导致 NE 向构造继承了早期构造的方向和位置，但主要表现为一组断续延伸的裂隙构造，其地表形迹也不十分清晰。

（2）晚期伸展剪切构造

丹池褶断带内晚期拉张伸展构造体制下形成的构造变形表现为一套张及张剪性构造组合。主要构造变形样式有层内伸展剪切褶皱；早期 NW 向逆冲断裂和 NE 向压扭性断裂构造发生张扭性改造，在早期断裂的局部地段叠加有后期张性角砾岩；形成了近 SN 向以张为主兼具扭性的断裂构造，以及石香肠构造、肠状构造、剪切劈理、层间滑脱破碎带和配套的近 EW 向褶皱构造。

层内伸展剪切褶皱是后期拉张伸展作用的特征构造，其褶皱样式与早期褶皱构造完全不同。层内伸展剪切褶皱仅发育在中泥盆统纳标组（D_{2n}）泥灰岩、罗富组（D_{2l}）泥灰岩夹泥质粉砂岩层和上泥盆统榴江组（D_{3l}）硅质岩层以及同车江组（D_{3t}）硅质岩夹层之中，主要褶皱类型有尖棱褶皱和相似褶皱两类，前者褶皱轴面近于水平，后者轴面倾向 SW，倾角 15°~45°，与早期褶皱构造轴面产状刚好相反，小构造指向为上层向下、下层向上运动。由于受到早期主褶皱形态的限制，在芒场、五圩等似穹状背斜翼部地层内剪切褶皱一般不发育，应力的调整主要靠 SN 向张性断裂来完成，因此在芒场和五圩背斜的两翼常发育有规模较大的 SN 向断裂，但在大厂背斜、龙箱盖背斜、拉索背斜等性型褶皱的北东平缓翼及北香背斜的东翼层内剪切褶皱发育。

SN 向断裂也是晚期伸展剪切的主要变形构造，是追踪早期褶皱轴部纵张节理发展起来的，具左列特征。断裂带长 0.2~10 km，宽 0.2~0.6 km，总体走向近 SN、倾向 E，倾角 70°~85°。断裂性质以张性为主兼具扭性，断裂沿走向及倾向方向的位移均不明显。断裂带内常充填有花岗斑岩和石英闪长玢岩脉，岩脉两侧局部地段发育有厚 0.2~1.0 m 的张性角砾岩带和 0.1 m± 的断层泥。SN 向断裂是区内的主要张性构造，代表了晚期区域拉张方向。在前人的研究中，认为 SN 向断裂形成时间较早，并且在早期挤压褶皱构造活动中产生了 SN 向断块运动或右行剪切活动（徐珏，1988；陈毓川等，1995；裴荣富等，1998）。本次调查结果表明，SN 向断裂基本上没有引起沿走向和倾向方向的位移，断裂两侧的地层能很好对应，断裂带内仅见有以拉张为主的构造活动特征，无多期活动现象，表明它是晚期形成的张性构造。

在晚期拉张伸展作用下，NE 向断裂又产生了以张为主兼具扭性的再活动，多期构造活动使之成为了丹池褶断带内仅次于 NW 向断裂的一组断裂构造，它们横切 NW 向褶皱和断裂，断面倾向陡立，倾角 65°~85°。NE 向断裂宽 0.6~30 m，地表形迹并不十分清晰，仅局部地区见有明显断面，在断裂带内发育有张性构造角砾，断面上常留下以平移为主的擦痕，总体表现为北西盘向北东方向错动，具右旋剪切特征，但两侧位移量相当有限。

EW 向褶皱构造是该期构造作用的配套产物，其规模相对较小，形态也不清晰，在丹池成矿带南段相对发育。规模相对较大的有五圩矿田的红砂-肯研背斜、红砂屯-大屯向斜，北香背斜，大厂矿田

的长坡背斜、拉么背斜、亢马背斜，在北段有益兰、罗富、芒场、大山-马鞍山褶曲等，主要 EW 向褶皱特征见表 1-3。

表 1-3 丹池成矿带主要东西向褶皱特征

褶皱名称	轴面产状	核部地层	转折端形态	规模	两翼倾角	翼间角
北香背斜	172°∠86°	D2	圆弧状-尖棱状	长 9 km、宽 7 km	北翼 35°、南翼 30°	110°
红砂屯-大屯向斜	0°∠76°	C	圆弧状	长 6 km、宽 3 km	北翼 20°、南翼 60°	125°
红砂-肯研背斜	185°∠80°	D ₂ —D ₃	尖棱状-箱状	长 14 km、宽 2.5 km	北翼 60°、南翼 40°	90°
亢马背斜	近直立	D ₁	圆弧状-箱状	长 0.5 km、宽 0.3 km	北翼 40°、南翼 45°	100°
长坡背斜	185°∠85°	D ₃ l	圆弧状	长 0.5 km、宽 0.3 km	北翼 35°、南翼 25°	130°
大山-马鞍山背斜	182°∠80°	D ₂	圆弧状	长 2 km、宽 1 km	北翼 40°、南翼 20°	125°
拉么背斜	185°∠70°	D ₃ l	圆弧状	长 0.5 km、宽 0.3 km	北翼 70°、南翼 60°	110°

(据徐珏, 1988)

(3) 构造作用时限界定

万天丰(1993)研究指出,我国东部印支构造事件,除中朝板块与扬子板块中部表现微弱外,其他地区几乎都普遍发育大中型纵弯褶皱及其伴生的断裂系,华南地区印支构造事件的演化特征具有明显的差异性,扬子板块东南部、南华与湘桂地块构造作用时间主要发生在中三叠世末期(T₂)。Carter等(2001)提出亚洲东南部的“印支运动”Sibumasu地块向印支-华南地块斜向汇聚的主碰撞期为(243~258)Ma。邓希光等(2004)获得桂东南大容山岩体、旧州岩体和台马岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 233±5 Ma、230±4 Ma 和 236±4 Ma。上述资料表明,印支运动在华南地区是存在的,其作用方式以挤压为主,高峰期作用时间为中三叠世(T₂)。

丹池地区早期 NW 向褶皱使带内泥盆系至中三叠统地层卷入其中,褶皱机制为纵弯褶皱作用,褶皱样式以紧闭线形的等厚褶皱为主,与区域上下白垩统(K₁)地层中发育的开阔-平缓型的褶皱样式明显不同,褶皱变形特征及变形地层时代的限制表明,区内早期挤压褶皱构造发生在中三叠世,属印支期构造事件的产物,构造作用的时间与中国东部华南地区印支构造事件(T₂)相对应,也与桂东南大容山岩套的成岩时代相吻合。

晚期的拉张伸展作用发生在挤压作用之后,控制了区内的成岩、成矿作用。成岩、成矿年代学研究表明(陈毓川等,1993;王登红等,2004;蔡明海等,2005a,2006a,2006b;李华芹等,2008;梁婷等,2011a,2011b),晚期构造作用时间为晚白垩世(K₂),属燕山晚期构造作用产物。

(三) 丹池成矿带构造演化

丹池褶皱带构造演化主要经历了早泥盆世(D₁)—中三叠世(T₂)的拗陷沉积、中三叠世(T₂)晚期的挤压褶皱和晚白垩世(K₂)的伸展剪切三大发展阶段。

1. 盆地沉积阶段的构造演化

丹池褶皱带内可追索的沉积记录最早为下泥盆统莲花山组(D₁l)。广西运动之后,丹池地区及邻区一度升起成为陆地,经夷平之后又缓慢下降接受沉积。早泥盆世初期地壳比较稳定,在地台之上形成了莲花山组一套滨岸相砂岩建造和陆屑建造。从早泥盆世塘丁期(D₁t)开始,地壳活动性增强,且进入拉张的构造环境,地台逐渐趋向活化。构造拉张活动主要表现为地壳发生张裂,在 NW 向基底断裂的基础上,形成 NW 向同沉积期断裂,并发育演化为丹池裂陷盆地。随着拉张、裂陷进一步诱发产生了 NE 向断裂的走滑活动。以 NW 向断裂为主,辅之于 NE 向断裂的复合作用,造成了区内独特的构造和古地理面貌。

丹池盆地作为右江裂谷盆地靠近古陆的次级裂陷盆地,除具有与右江盆地某些共同性外,还有着本身独特的发展演化特点。根据丹池沉积盆地的沉积、构造特点,可进一步划分为陆内裂陷阶段、被动陆缘裂陷阶段、走滑裂陷阶段、弧后拗陷阶段与萎缩衰亡阶段(李孝全等,1988;陈洪德等,