

贵州省“八五”攻关项目
黔科合计字(1992)1017号

水城断陷构造演化 及铅锌矿研究

毛健全 张启厚 著
毛德明 顾尚义

贵州科技出版社

贵州省“八五”攻关项目
黔科合计字(1992)1017 号

水城断陷构造演化及铅锌矿研究

毛健全 张启厚 著
毛德明 顾尚义

2
17-1

贵州科技出版社

水城断陷构造演化及铅锌矿研究
毛健全 张启厚 毛德明 顾尚义 著

贵州科技出版社出版发行
(贵阳市中华北路 289 号 邮政编码 550001)

贵州地质彩印厂印刷 贵州省新华书店经销
787×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 272 千字
1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷
印数 1—1000

ISBN7-80584-782-7/P·041 定价:20.00 元

内 容 简 介

本书应用当代大地构造的新观点对水城断陷的构造演化模式进行了详细的研究,划分了五个演化阶段,研究了垣都—蟒洞叠瓦扇及威水背冲构造特征,论证了该地区东燕山期三期构造应力场,揭示了该区似层状铅锌矿几乎均产于海侵体系域中的规律。研究表明,该区成矿物源复杂,属改造型中低温热液铅锌矿床,并建立了相应的成矿模式。根据地质与数学地质预测结果,在该地区划分了六个远景预测区及找矿靶区。

本书是将构造演化、矿床地质与数学地质结合起来对铅锌矿进行深入研究的一部新作,对从事构造地质学、层序地层学、矿床学、地球化学、数学地质等方面的教学、科研与生产部门的研究人员有参考价值,亦可作为高等院校有关地质专业师生的参考书。

前言

《水城断陷构造演化及铅锌矿研究》系贵州省“八五”攻关项目,黔科合计字(1992)1017号,该项目已于1997年5月23日由贵州省科委朱奕庆主任主持的专家评审委员会正式通过验收。

(一)

水城-赫章地区是贵州省重要的铅锌矿产区,该地区的铅锌矿产资源发现与利用历史悠久,其中锌的发现与冶炼在全国曾经占有重要地位,在清代一度居全国之冠。按文字记载,该地区铅锌矿的发现至少也有1000多年的历史。

1914年以后,通过近代地质勘查与研究,该地区铅锌矿有进一步的发现。1928年至1932年中央研究院地质调查所谢家荣等到此作过调查,写有调查报告。1938年起有零星的地质调查工作,但获资料甚少。先后有王竹泉、朱庭、乐森琚、彭其瑞、谢家荣、燕树檀、周德忠等到该地区进行过路线地质和矿产调查工作。1947年《贵州企业季刊》第2卷第2期载“本省铅银矿产地所知者凡二十余县,就中以威宁之妈姑(今属赫章县)、水城之万佛厂(即现在的杉树林)……查得铅锌矿分布甚广”。1947年编著的《十年来贵州经济建设》亦有记载。

新中国成立后,随着经济建设的展开,成立了西南地质局。在此基础上对该地区铅锌矿作过详细普查及一定地面工作并作出了评价。

1954年509地质队对杉树林铅锌矿进行勘探工作,1958年结束勘探工作,共获铅锌矿金属储量21万吨。1960年冶金地质二队对杉树林进行补充勘探工作,探明18个矿体,其中4号矿体占总储量的85%。

1954年至1958年509队、黔西北地质队对赫章蟒洞铅锌矿进行地质普查,初步计算了储量。1954年至1967年先后有509队、533队、553队、赫威水队、冶金地质二队对猫猫厂做过普查勘探,提交了一定储量。1978年至1981年贵州省地矿局113队对赫章天桥铅锌矿进行了评价,1985年有色二总队对天桥沙子地矿段作了详细地质评价。有色二总队对青山-横塘、113队对五里坪的普查均取得了积极的成果。

在对矿床成因、控矿地质条件的研究方面,1986年贵州省地质矿产局区调大队编写的《贵州省区域矿产志》第四章将本区杉树林、蟒洞铅锌矿划为层控矿床(与地下热水活动有关的矿床)。

1987年贵州省地质科研所陈士杰对杉树林做过专题研究,提交《贵州省水城杉树林铅锌矿盲矿体赋存性研究报告》,并提出“矿床离不开层位,有矿必有生物屑的认识”。

1990年,毛德明、何家骏编写《贵州省赫章天桥铅锌矿成矿条件与盲矿体预测研究》。

1989年至1992年桂林冶金地质学院郑传仑、王林江等对水城中部地区铅锌矿进行成矿预测工作,并写有研究报告。主要采用找矿矿物学方法、地电电导提取法和热释汞法,对水城中

部进行了预测,认为明福洞是水城中部成矿条件最好的地段。

此外,王华云、唐森宁、柳贺昌、吴铁铮、陈士杰等也就该地区铅锌矿的成因、控矿地质条件、矿床地球化学特征等发表过一些论文。

(二)

经多年的找矿勘探及铅锌矿的开采,在水城、赫章两县发现 63 处铅锌矿床(点),其中中型矿床 6 处,小型矿床 16 处,矿点 41 处,探明铅锌金属量 $\times \times \times$ 万吨。经 40 多年的开采,现该地区已探明的铅锌矿矿产资源已近枯竭,找矿工作也面临很大难度。为评价该地区铅锌矿产资源潜力,在前人工作的基础上,我们力求应用当代地质构造的新理论——板块构造、薄皮构造、逆冲推覆构造、滑脱构造等对本区区域大地构造进行再认识,以揭示区域构造演化对沉积相、岩浆活动与铅锌矿成矿作用的控制;建立符合该地区实际的成矿模式,力争从战略的高度来研究构造对本区铅锌矿的控制;建立起本区构造演化程式及构造控矿规律。探讨峨眉山玄武岩、辉绿岩与铅锌矿成矿作用的关系;应用沉积相和层序地层学的分析方法对主要赋矿层位的沉积相特征和沉积环境进行研究,以探讨岩性、岩相、层位对铅锌矿成矿作用的控制;充分利用已有的资料,进一步探讨本区铅锌矿的成矿规律和主要控矿条件,采用先进的成矿预测方法和数学地质方法进行成矿远景区的划分及找矿靶区的优化。

研究工作历时 4 年(1992 年至 1996 年),工作范围在北纬 $26^{\circ}00'$ ~ $27^{\circ}20'$,东经 $104^{\circ}08'$ ~ $105^{\circ}12'$,面积约 7000km^2 ,包括六盘水市钟山区、水城县、赫章县。

整个研究工作采取点面结合的方法,重点解剖的矿床有杉树林、青山-横塘、天桥、五里坪、蟒洞、猫猫厂。面上在编制了全区 1/5 万航片地质图的基础上,进行了区域构造、沉积相、岩浆岩、矿床地质特征的调查,实测剖面 14 条,调查矿点 21 个,采集各种样品 5000 件。在整个工作中,始终贯彻与生产相结合,为生产服务的原则。鉴于该地区唯一国营矿山——杉树林铅锌矿资源枯竭,为解矿山燃眉之急,及时将研究成果用到生产上去。为杉树林铅锌矿提交了两份设计及一份研究报告,在该矿现采区范围内盲矿体找寻方面有所发现。

(三)

1. 利用板块构造,特别是薄皮构造、伸展构造等新观点对该区域大地构造演化、构造演化模式及构造变形进行了较为详细的研究,明确提出以垭都-蟒洞断裂和水城断裂带所构成的主体边界的水城断陷属于滇黔桂裂谷的次一级构造单元。水城断陷在伸展期是以垭都-蟒洞断裂为主拆离断层的单剪模式,并对水城断陷的构造演化划分为五个阶段,即早期裂陷阶段;中期强烈沉陷阶段;晚期基性岩浆喷溢及侵位阶段;封闭消亡阶段及燕山期构造反转阶段。

2. 应用逆冲推覆构造的观点,将水城断陷构造变形划分为垭都-蟒洞叠瓦扇和威水背冲构造带两个次一级构造单元,古生代伸展期古构造对燕山期的变形有重要控制作用,伸展期的阶梯状正断层控制了燕山期的逆冲推覆构造变形方式,威水地区伸展期的阶梯状地堑式断裂在燕山期构造反转时成为背冲型构造。

3. 通过对派生构造、缝合线构造、层面擦痕、共轭 X 节理、梳状方解石脉等的研究,论证了该地区在燕山期有三期构造应力场,估算了古应力场场强,并把古构造应力场期次、强度与矿化阶段的研究结合起来,其中第一、二期构造应力场与铅锌矿主成矿期的第一、二成矿阶段相

一致,第三期构造应力场与第三成矿阶段一致。

4. 通过对区域威水背斜、水杉背斜成矿元素构造地球化学特征的研究,得出构造应力梯度导致铁在水杉背斜相对富集,铅、锌在翼部富集。在背斜翼部构造变形越强烈,地层倾角越陡,铅锌矿出现的层位越高的规律。

5. 首次开展了研究区层序地层及其与成矿关系的研究,并从岩石地球化学角度讨论了矿区围岩的岩石化学特征,阐述了研究区层序地层特征与沉积相之间的关系,认为研究区自泥盆纪至石炭纪末,海平面的升降主要受区域性构造的控制。层序地层特征记录了水城断陷的发育及演化特征,明显有别于大区域性或全球海平面升降所控制的层序地层序列。

6. 揭示了研究区似层状铅锌矿几乎均产于海侵体系域中的规律,这一有意义的发现可以说明铅锌矿的成因与水城断陷演化的某个阶段之特定环境有内在联系,从而可以解释研究区内铅锌矿矿石具有相似的矿物组合、相似的化学成分、多层位产出、穿时性特征的原因。成矿物质是同源的,本区圈定铅锌矿靶区可据层序地层特征,联系有利的控矿构造作为地质依据。

7. 从研究区几个典型铅锌矿床的岩石化学特征,从岩石地球化学角度,讨论、分析了沉积相、构造环境、成岩成矿作用之间的关系,并对其特征进行了地质解释。

8. 根据各地区地质特征及地质发展史、各区成矿作用特征及各区地球化学特征将本区铅锌矿划分为猫猫厂-天桥矿田、蟒洞-垭都矿田、明福洞-青山矿田、响水河-杉树林矿田及格木底矿田,并分述了各矿田的地质特征。

9. 分析了本区及邻区从震旦系上部至三叠系沉积旋回和岩石地层单元成矿元素的平均含量,认为本区铅锌矿的赋矿层位并非矿源层。从元素含量多少角度出发,本区的矿源层(岩)应是每旋回海侵最大时在深海沉积的凝缩段。在浅水台地则对应有低速沉积层出现。另外,从深海带至浅水台地沉积的上翻洋流岩石组合也提供了金属物源。本区凝缩段以牛蹄塘组为典型,上翻洋流岩石组合以戈仲伍组为代表。水城杉树林在中石炭世的浊流沉积也属深海沉积范畴,延至深海也应有凝缩段出现。

10. 大地构造演化不但控制了本区沉积岩相与古地理,也控制了本区成矿作用过程。本次将成矿作用分为四期:

第一期:矿源层(岩)即凝缩段和上翻洋流岩石组合形成期;

第二期:泥盆纪至二叠纪,水城断陷下陷至向封闭转化期,成矿元素活化,含矿初始热卤水产生,沿同生断裂向上迁移,至氧化还原界面以下,断陷盆地向封闭转化,限制了含矿热卤水向上运动;

第三期:孕育在同生断裂及岩石孔隙中的热卤水在燕山运动的驱动下,至氧化还原界面附近同生断裂及其旁侧的碳酸盐岩中的有利构造部位就位、成矿;

第四期:表生氧化剥蚀期,形成残、坡积矿和砂矿。

11. 在分析矿床特征的基础上,运用铅同位素、碳氧同位素、硫同位素、铷锶同位素、稀土元素、包体成分分析等手段,对成矿物源、矿床成因作了深入的研究。矿石矿物、近矿围岩、远矿围岩、辉绿岩、玄武岩等稀土元素研究结果表明,成矿金属物质与玄武岩及辉绿岩关系不大,而与沉积岩类关系密切。方铅矿的铅同位素资料证明,本区铅锌矿床中的铅主要来自上地壳,混有少量幔源及造山带铅。矿石矿物硫同位素资料表明,硫主要来源于赋矿地层中的硫酸盐。成矿介质水主要源于岩石中的封存水,有大气降水参予,混有岩盐溶滤的热卤水。铷、锶同位素证明

青山铅锌矿床是由两种不同热液混合形成的。成矿的热源来自地热增温和构造驱动热。本区成矿物源复杂,属改造型中低温热液矿床。

12. 研究了本区成矿规律、找矿地质条件和找矿标志,并建立了本区铅锌矿的成矿模式。认为沿控制水城断陷的古断层、古断层交汇部位及古断层旁侧次级断层、褶曲、层间剥离带是找矿的重点地区,并应注重沉积旋回下部成矿的可能性。水城断陷的南西部分,则应以燕山期形成的背斜及断裂复合部位为找矿重点。

13. 应用数学地质方法对本区靶区进行了预测与优化。研究表明,本区铅锌矿符合负二项分布,即铅锌矿有丛集特征,这从另一方面说明了本区铅锌矿的构造控制特征。应用齐波夫法、蒙特卡洛法对本区潜在资源量进行了定量模拟、预测,结果表明本区铅锌矿还有较大远景,值得进一步工作。运用特征分析法、欧几里德距离法及BP神经网络法对找矿靶区进行了定量研究,三种方法对控制单元的判对率均高于90%,其中神经网络法达到100%。根据控制单位元特征分析法与欧几里德距离法的判别得分与矿床储量相关分析表明,它们之间没有线性关系,因而用这两种方法对预测单元进行资源量预测的误差较大,而神经网络法弥补了这一不足,对资源量的预测有最小的误差,显示了这一方法在本区铅锌矿预测中的良好前景。

14. 根据地质预测与数学地质预测结果综合分析,在本区圈定了A类找矿远景区两个,它们是天桥-猫猫厂A类远景区,预测资源量为 $\times\times.\times\times$ 万吨;垭都-蟒洞A类远景区,预测资源量为 $\times\times.\times\times$ 万吨。三个B类远景区,它们是:青山-明福洞B类远景区,预测资源量为 $\times.\times\times$ 万吨;上石桥-杉树林B类远景区,预测资源量为 $\times.\times$ 万吨;猴场B类远景区,预测资源量 $\times.\times\times$ 万吨。三个C类远景区,它们是:中坝C类远景区,预测资源量 $\times.\times\times$ 万吨;布坑底C类远景区,预测资源量 $\times.\times\times$ 万吨;格所C类远景区,预测资源量 $\times.\times\times$ 万吨。三类远景区预测资源量为 $\times\times\times.\times\times$ 万吨。以上资源量不含各矿床已探明储量。

15. 结合生产实际对杉树林铅锌矿本部3[#]~24[#]深部1540m标高以上及外围躲牛洞矿段进行了找矿设计,用相似类比法与杨氏复杂矿床评价法对矿床进行了储量预测,结果表明杉树林深部1540m标高以上铅锌预测金属量为 $\times.\times\times$ 万吨,矿区外围矿石量为 $\times.\times$ 万吨。

(四)

该课题研究工作得到贵州省科委、贵州省地矿局、贵州省有色地勘局、贵州省有色局的大力支持,收集了贵州113地质队、区调队、有色二总队、有色物化探总队、杉树林铅锌矿、桂林工学院等单位的资料。贵州工业大学地质系、(现资源工程系)地勘专业88、89及90级有34位学生在生产、毕业实习中参加了部分工作,朱立军教授、杜定全副教授参加了前期野外工作。分析测试工作得到了中科院地球化学研究所、地科院宜昌地质所的支持。贵州省地矿局何立贤研究员、韩至钧总工程师、地化所章振根研究员、吴学益研究员、贵州省有色地勘局彭扬奇高级工程师、唐殿琦高级工程师、何丰胜讲师对研究工作给予的关心和支持,借本书付梓之际,谨对以上单位、同行、前辈的帮助、支持、关心、指导表示诚挚的谢意。

本书各章分工如下:

前言、第一章由毛健全编写;第二章由毛德明编写;第三章、第四章由张启厚、顾尚义编写;第五章由顾尚义、张启厚编写。由毛健全负责全书的统一审核、定稿。

该书内容涉及诸多方面,由于学识水平的局限,还存在许多不足之处,致望批评指正。

目 录

第一章 赫章-水城大地构造特征及演化	(1)
第一节 构造概述	(1)
第二节 水城断陷	(5)
第三节 水城断陷构造变形特征	(31)
第四节 薄皮构造变形特征	(40)
第五节 水城断陷构造带的划分	(41)
第六节 水城构造带燕山期构造应力场	(45)
第七节 构造地球化学特征	(49)
第二章 主要铅锌矿化层位沉积环境、层序地层及岩石化学特征.....	(55)
第一节 威宁-赫章上泥盆统一石炭系旋回层序特征	(55)
第二节 赋矿围岩岩石化学特征	(71)
第三节 岩石的 $\delta^{18}\text{O}$ 特征	(76)
第三章 铅锌矿田地质特征	(78)
第一节 响水河-杉树林矿田	(78)
第二节 明福洞-青山矿田	(84)
第三节 格木底铅锌矿田	(88)
第四节 草子坪-蟒洞矿田	(90)
第五节 猫猫厂-天桥矿田	(96)
第四章 矿床成因讨论.....	(104)
第一节 成矿金属物源.....	(104)
第二节 稀土元素特征.....	(109)
第三节 铅同位素特征.....	(114)
第四节 硫同位素特征.....	(116)
第五节 铷锶同位素特征.....	(119)
第六节 碳氧同位素特征.....	(121)
第七节 流体包裹体地球化学特征.....	(123)
第八节 成矿的热源问题.....	(126)
第九节 含矿热液运移方式讨论.....	(127)
第十节 成矿物理化学条件.....	(128)

第十一节 矿床成因讨论.....	(129)
第五章 成矿规律与成矿预测.....	(130)
第一节 成矿规律.....	(130)
第二节 控矿地质条件与找矿标志.....	(131)
第三节 成矿模式.....	(135)
第四节 成矿远景区划分.....	(135)
第五节 数学地质预测.....	(137)
第六节 远景资源量预测.....	(152)
第七节 地质、数学地质方法的综合预测	(152)
第八节 杉树林矿区外围找矿设计及采区内盲矿体探寻.....	(159)
参考文献.....	(168)

第一章 水城断陷大地构造特征及演化

第一节 构造概述

一、前人对水城断陷的认识

位于威宁-水城-六枝-紫云-罗甸一带走向北西的构造带,无论在大地构造演化、岩相古地理分布还是在控制菱铁矿、铅锌成矿等方面均具有十分重要的意义。它自早古生代以来经历了长期构造演化和发展,至燕山期又形成一套复杂的断裂褶皱系统,以北西向的断裂褶皱为主体,同时其它方向的构造纵横交织,形成一种十分醒目特殊的构造格局,历来引起地质学家的重视,并从不同角度和不同大地构造观点,将其划分为不同的构造类型,归并到不同的大地构造单元或构造系统中去。

贵州省地矿局“贵州区域地质志”(1987)将其划为六盘水断陷“威宁北西向构造变形区”。李四光(1951)、刘迅(1964)将其划为“黔西山字型构造”的西翼。不少人将该构造带称为“贵州西部北西向构造带”威宁-水城断陷断褶皱束,垣都-紫云大断裂带(贵州省地矿局,1980;朱金陵,1979)。

王鸿桢将该区划入海西印支褶皱区右江印支褶皱带的北支与南丹海槽(1985,1986);骆耀南(1985)将该区称为“威宁-紫云拗拉槽”,六盘水裂谷(何洪仁,1987)作为独立的裂谷系。

近年来不少人认为该带是属于“滇黔桂裂谷”的一部分(夏邦栋,1989),郑荣才等(1989)也把该构造带北西段列为“滇东北-黔西陆内裂谷系”,将其南东段划为“滇东南-黔南被动陆缘裂谷系”,金鹤生(1993)将其划为“滇黔桂裂谷系中的滇黔断陷带”,刘文均等(1993)将其划为“滇、黔陆内断陷盆地”的一部分。

至于该构造带的归属问题,也有不同的认识。一种从断块构造的观点出发认为属于华南北西向和北东向交叉断裂中北西向的一条主要断裂,西起四川贡嘎山,向南东方向延伸经过贵州西部威宁、紫云至广西右江地区(王光,1979)。朱金陵(1979)认为垣都-紫云大断裂与北东向的革东断裂将贵州及其邻区切为黔中断块,滇东断块、雪峰断块和马关断块,该断裂是川黔断块的西南边界断层。马永昌(1991)认为该断裂带属于中国大陆扇形走滑构造中的巴颜喀拉山-炉霍-康定断裂向南东延伸的一部分。

从沉积和构造演化的角度来分析均认为属扬子板块内的裂谷,但具体提法又不尽相同。骆耀南(1985)将其称为拗拉槽(Aulacogen),王鸿桢(1986)称为“裂谷地槽”,郑荣才

(1989)称为“陆内裂谷系”,金鹤生(1993)称为“断陷带”。

燕山期本区发生强烈的构造变形,形成极为醒目的北西向褶皱断裂带。该构造带在体系归属上,李四光(1951)、刘迅(1964)定为“黔西山字型构造的西翼”,地质力学研究所(1978)将其划为“广西山字型西翼与黔西山字型相复合的部位”,刘巽锋(1978)称为“北西向构造体系”、“黔西系”,乐光禹(1991)称为“垭都-紫云北西向斜列式构造”,何丰胜(1993)称为“紫云-垭都褶皱冲断带”。

关于该断裂带的变形方式问题,普遍认为在加里东、海西印支阶段是以基底的拉张断陷作用为主,形成同沉积正断层(金晓华,唐量,叶德胜等)。但夏文臣(1991)则认为:该地区早海西阶段为同沉积逆冲断裂作用为主,该断裂带可能是扬子陆块与加里东褶皱带的分界,是由于扬子陆块向加里东褶皱带推挤,致使上盘沉积厚度小,穿过逆冲断裂之后,沉积厚度剧增,由近及远依次出现陆缘碎屑、开阔海-次深海体系和碳酸盐陆架体系。朱金陵(1978)强调以走滑作用为主,金晓华(1979)更进一步指出,垭都、蟒洞古断裂在加里东末期可能具有张性兼扭性(左行)特点,到了燕山期活动方式与加里东期相反,具有明显的压性为主兼扭性(右行),在垭都一带断距可达1500m以上。

乐光禹(1991)认为,“垭都-紫云北西向构造带所反映的动力作用主要是北东-南西向侧压力”,金鹤生认为在加里东期是以拉张走滑作用为主。

关于该构造带影响深度问题,普遍认为它是切入基底甚至部分切入上地幔一种长期发展的古断裂,一般称为“垭都-紫云基底断裂”或称“垭(都)紫(云)罗(甸)深断裂”(乐光禹,1991)。具有深断裂性质的表征是,该断裂南东端于早泥盆世晚期断续喷发的小规模海相玄武岩浆,到早石炭世基性岩浆的侵位以及早二叠世到晚二叠世玄武岩浆的喷发。燕山期辉绿岩的侵入均与此断裂有关,具有深断裂性质(郑荣才,1989)。吴铁铮(1992)、曹鸿水(1982)认为,垭都-紫云断裂带控制二叠纪玄武岩和辉绿岩的分布。贵州省区调队(1992)指出:“海西期基性熔浆喷发与辉绿岩分布及印支期偏碱性超基性岩分布均与该断裂息息相关”。以上这些都说明该断裂具有深断裂性质。

关于该构造带活动时期问题,金晓华(1979)认为它开始于加里东中晚期,中奥陶世末期到中志留世之间的都匀运动,泥盆-石炭拉张,拗陷达到高潮,在晚海西-早印支为基性岩浆喷溢阶段,燕山期为强烈挤压、走滑、褶皱、裂构造变形期。

前人对该构造带的认识,可以作以下简要概括:

(1) 该构造带的变形特征非常醒目,斜跨贵州西部并向北西段伸到云南,向南东段延入广西,在省内位于威宁、赫章、水城、纳雍、六枝、镇宁、关岭、紫云、望谟、罗甸一带,在省内长400km,宽50~70km,总体走向 $300^{\circ}\sim 310^{\circ}$,燕山期构造变形非常强烈,表层褶皱、断裂卷入了古生界至三叠系、侏罗系,被白垩系不整合。组成的一系列平行、线状褶皱与之同向的走向断层组成其主体,具有雁列式和斜列式组合特征。

在省内整个构造带大致可以分为三段:北西段、中段和南东段。北西段位于威宁、赫章、水城一带。这是一个强烈挤压变形的构造带,褶皱紧密,局部倒转,叠瓦状逆冲断层发育,局部有北东向构造穿插其间;中段北起水城观音山附近,南东至关岭打邦一带,以紧密尖棱褶皱和走向逆断层为主;南段在紫云、望谟、罗甸之间,褶皱分布零散,但仍较强烈,断裂不甚发育。

(2) 该构造带在整个演化的不同阶段都受到北东向构造和东西向构造的叠加, 具有交接、横跨、限制等多种复合形式。

(3) 在加里东构造阶段, 该构造带开始拉张断陷, 在海西早期拉张断陷达到高潮, 属扬子古板块内部受拉伸裂陷形成滇黔桂裂谷的次一级断陷。

(4) 垭都-紫云断裂带是切入基底甚至局部切入上地幔的一条深断裂, 对海西期侵位和喷发的基性岩浆、燕山期侵入的偏碱性超基性岩有明显的控制作用。

(5) 垭都-紫云断裂带在加里东晚期-海西期具有同生断层的性质, 对断层两侧的志留、泥盆、石炭纪沉积相、沉积厚度有明显的控制作用。

(6) 垭都-紫云断裂带在拉伸阶段除具拉伸特征外, 还具有左行走滑特征。

(7) 该构造带北西段和南东段晚古生代沉积特征不尽相同, 燕山期构造变形特征亦不尽相同, 古构造对燕山期构造有重要的控制作用。

前人对该构造带也有一些不同的认识, 主要有:

(1) 关于该构造带形成的机制问题: 在加里东和海西印支构造阶段, 一种认为是由于交叉断裂的断陷活动南丹海槽向北西方向扩展所引起的; 另一种认为是扬子古板块向华南加里东褶皱带推挤、逆冲所致。

(2) 关于构造带的边界及归属问题: 多数都认为垭都-紫云断裂带构成裂谷构造的东部边界。关于西部边界或西南边界, 一种认为水城断裂带可以构成其西部边界, 小江断裂带是滇黔桂裂谷的西部边界; 我们认为由水城断裂和垭都断裂带所构成, 可称为水城断陷, 属滇黔桂裂谷的次一级构造单元。水城断陷不是一个完整的裂谷, 它只是滇黔桂裂谷内部的若干地堑断陷带中突出的一个, 作为裂谷的一个组成部分, 因此称为水城断陷比较合适。

二、水城断陷区域地质背景

1. 大地构造位置

水城断陷为滇黔桂裂谷最东边的次一级构造单元, 属于该带内地堑断陷带。滇黔桂裂谷位于扬子陆块西南缘, 它的西边是康滇褶皱带, 东边是黔中台拱, 南边以开远-平塘断裂为界, 是属于华南造山带次一级构造单元右江裂谷 (图 1-1)。

由于该区靠近特提斯-喜马拉雅与濒太平洋两大全球构造域接合部位的东侧, 从加里东运动到燕山运动以来构造演化较为复杂。

2. 区域地层概况

赫章、水城地区沉积地层发育, 尤其是上古生界地层分布范围广, 厚度巨大, 超达一万余米, 志留系韩家店组仅见于赫章草子坪、蟒洞一带, 沿断层分布面积不足 3km^2 , 主要为砂页岩, 含腕足类, 厚度 $>230\text{m}$ 。

泥盆系微角度不整合于志留系之上, 除泥盆系下统下部缺失外, 上中下统均较齐全, 从下到上有丹林组、舒家坪组、龙洞水组、大河口组、独山组、望城坡组和尧梭组, 为近岸台地相沉积, 下统和中统下部为陆源碎屑岩, 中统上部 and 上统全为碳酸盐岩, 最大厚度 1571m 。

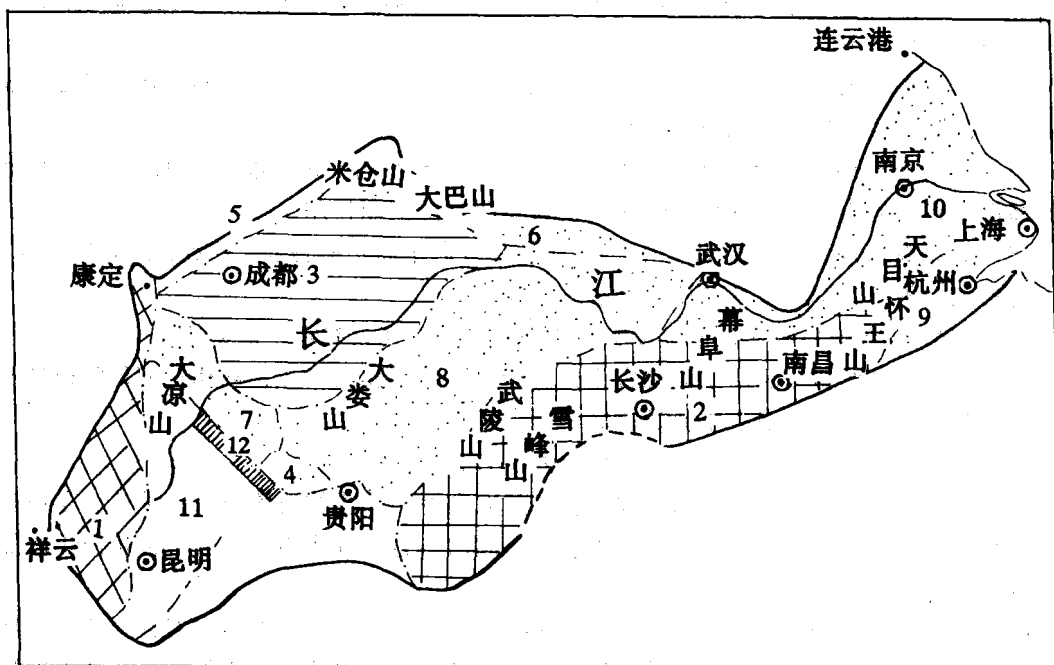


图 1-1 扬子地台大地构造分区图 (据傅森楠等, 1985)

1. 康滇地轴; 2. 江南台背斜; 3. 四川台向斜; 4. 黔中南台向斜; 5. 龙门山台褶带;
6. 南大巴山台褶带; 7. 滇东台褶带; 8. 鄂黔台褶带; 9. 浙西台褶带;
10. 下扬子台褶带; 11. 滇黔桂裂谷; 12. 水城断陷。

石炭系与泥盆系为假整合接触, 在威宁-水城一带俗称“白区”, 地层发育完整, 从下统到上统为连续沉积, 包括革老河组、汤耙沟组、旧司组、上司组、德坞组 (摆佐组)、滑石板组、达拉组、马平组, 以台地相浅色碳酸盐岩为主, 化石丰富, 以底栖生物为主, 最大厚度 3116m。

水城东南属郎岱-罗甸分区, 俗称“黑区”。主要为深灰、灰黑色泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩, 硅质岩及有机质泥岩, 生物化石稀少, 为深水陆棚相沉积, 最大厚度 1650m。

二叠系下统发育不全, 假整合于石炭系之上, 梁山组为碎屑岩, 栖霞组、茅口组为台地相不纯碳酸盐岩。

上统由大陆溢流拉斑玄武岩与陆相含煤岩组成, 化石丰富, 最大厚度 2477m。

三叠系与二叠系假整合, 飞仙关组、永宁镇组、关岭组、杨柳井组台地相连续沉积, 缺失中统法郎组、上统赖石科组、把南组和火把冲组, 上统顶部二桥组为河湖相沉积, 三叠系厚度 1511m。

侏罗系与三叠系假整合, 为陆相红色岩系, 下统自流井组, 中统沙溪庙组, 上统底部遂宁组, 最大厚度 1405m。

白垩系不整合于下伏岩层之上, 为零星分布的山间断陷盆地沉积, 称三道河群, 最大厚度 212m。

3. 火山岩与岩浆活动

该区火成岩较为发育,主要为二叠纪大陆溢流拉斑玄武岩(峨眉山玄武岩),分布面积广,厚度较大,海西期辉绿岩的岩床、岩墙的侵位,规模小、点多,在垭都-紫云断裂带与开远-平塘断裂带交叉部位的附近有偏碱性岩体侵位(表 1-1)。

表 1-1

水城断陷岩浆活动

组 合	大地构造位置	构造环境	时 代	岩浆来源	活动方式
大陆溢流拉斑玄武岩 辉绿岩岩床、岩墙 偏碱性超基性岩	扬子陆块西南部 扬子陆块西南部 扬子陆块与右江 造山带边缘	陆内裂谷 陆内裂谷 造山期后 伸展	二叠纪 二叠纪 晚白垩世	幔 源 幔 源 幔 源	爆发-溢出 侵 位 爆发-侵位

4. 区域地球物理背景

中国南方大陆莫霍面起伏是由东南沿海向北西龙门山康滇以西逐渐增厚,从 29~30km 增至 50~60km,在由东向西倾斜的莫霍面上有三条布格重力梯度带,与之相对应是三条莫霍面深度陡变带,其间为隆拗相间的莫霍面深度缓变区(图 1-2)。

该区位于龙门山重力梯度带东缘,毗邻滇黔慢拗西北,即两个不同重力分区的交合部位,地壳厚度在 40~45km 之间,滇黔慢拗呈东西向箕状,叠加在向西倾斜的莫霍面斜坡上,龙门山莫霍面深度变异呈弯曲状,在云贵边境一带为一向东突出的弧形,弧的北支走向与垭都-紫云深断裂的位置一致(图 1-3)。

5. 区域地球化学背景

该区是以 Pb, Zn 高背景值为特征, Pb 大于 10×10^{-4} , Zn 大于 80×10^{-4} , Pb、Zn 异常带呈北西向分布(图 1-4, 1-5),与垭都-紫云断裂带方向一致,可以分为两个异常带,一个带在南边与水城断裂带一致,一个带与垭都-蟒洞断裂带一致,在该带上单个异常的走向也是北西向,同时又会出现单个异常走向北西,数个异常呈北东向排列的现象,这显然是北东方向的异常叠加,从而反映了区域地球化学场主要是受本区北西向区域地质背景控制为主,同时有北东向的叠加(图 1-6)。

第二节 水城断陷

一、水城断陷是滇黔桂裂谷的一部分

王鸿楨(1986)指出大陆上张性构造很早就受到注意,Krenkel(1922)提出地裂运动(taphrogeny)一名,沙特斯基(1945)最早研究古老张裂构造,提出裂陷槽或拗拉谷

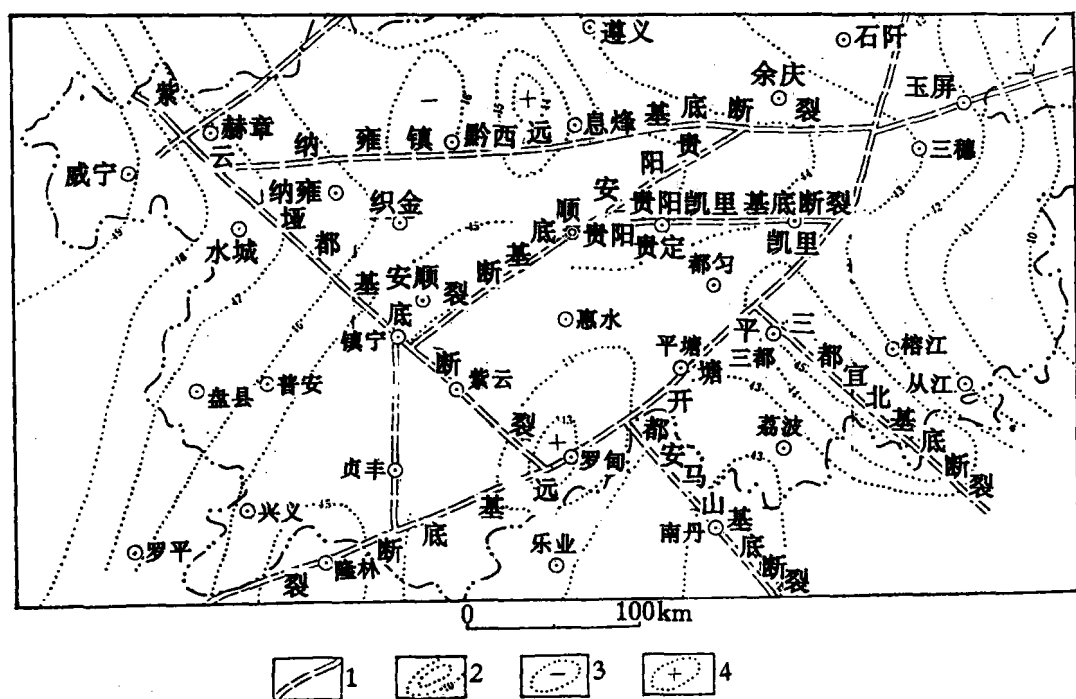


图 1-2 贵州省基底断裂示意图

1. 基底断裂；2. 莫霍面等深线 (km)；3. 莫霍面凹陷；4. 莫霍面隆起。

(注：莫霍面资料据贵州省地矿局 109 地质队)

(Aulacogen) 一名, Milanovsky (1978) 对裂谷作了系统分类, Burke (1977) 探讨了古裂谷与板块构造运行的关系, 罗志立 (1981)、马杏垣 (1985) 对中国元古代、晚古生代和新生代裂陷构造都作了论述, 地裂运动应指限于大陆壳内部受拉伸裂陷形成的构造, 而不包括大规模的大陆漂移和海底扩张作用。按照威尔逊的板块开合模式, 陆内裂谷是板块分裂最早阶段的产物, 对于具有陆壳性质因而刚性很强的较大规模的板块来说, 在其边缘发生裂谷作用便是一种普遍现象, 在刚性板块上的裂谷现象实质上是切割很深的断裂所控制的。裂谷断裂控制着裂谷的发生、发展和演化过程, 最常见的张裂构造就是在稳定地壳区形成的切穿地壳的裂陷槽。

裂谷的边界断裂是决定裂谷位置与基本轮廓的断裂, 同时它又在很大程度上控制了裂谷的沉积作用、岩浆活动、成矿作用及构造变形, 裂谷地质体的分布范围尽管可以超过边界断裂以外, 但裂谷盆地的主体始终是受边界断裂围限的, 边界断裂的确定对于认识裂谷、讨论裂谷的演化具有最重要的意义, 就陆内裂谷或拗拉谷来说, 边界断裂不是一条, 而是两条边界断裂才能构成一个完整的空间。

滇黔桂裂谷的边界是由西侧的小江断裂与东侧的坛都-紫云-都安断裂所控制的。

小江断裂: 走向南北, 其西是走向南北的“康滇古陆”, 东边为裂谷本体。小江断裂的活动始于晋宁期, 随后长期继承发展。古生代沉积作用, 尤其是晚古生代以来的沉积作用在该

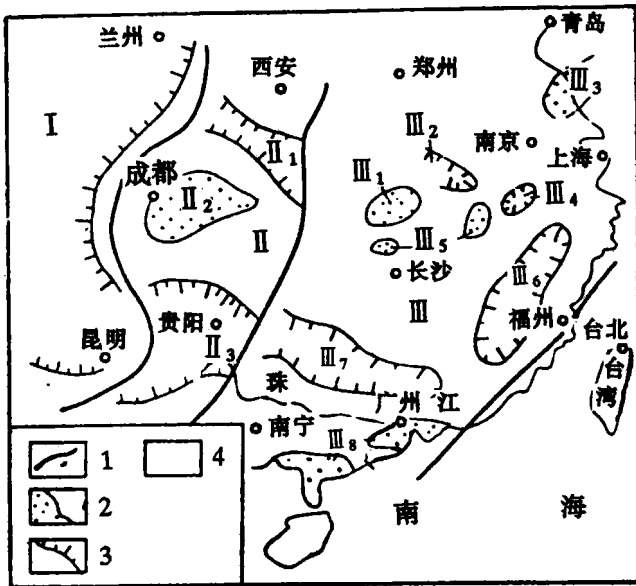


图 1-3 中国南部带莫霍面分布图

(引自“扬子地区区域地球物理场的综合地质解释和深部地质组成”)

1. 莫霍面深度变异带; 2. 莫霍面隆起区; 3. 莫霍面拗陷区; 4. 莫霍面拗陷变化区

I 康滇拗陷区; II 中部拗陷、拗陷变化区; I₁ 大巴拗陷; I₂ 川中拗陷; I₃ 滇黔拗陷; II 东部拗陷、拗陷平缓变化区。

厚度大, 在断裂以东仅零星见及, 断裂带本身还是岩浆活动的重要通道。

断裂东西两侧地质体的构造变形特征截然不同, 东侧以北东向的舒缓褶皱系统为主, 西侧是走向北西的线状褶皱断裂系统。

紧靠垭都-紫云边界断裂西侧有一个与该断裂走向平行的深拗陷带, 其中泥盆系到二叠系的厚度特别大, 构造岩浆活动及成矿作用均有其自身特点, 有人将这一深拗陷带的北段称为“六盘水裂谷”。我们认为, 位于垭都-蟒洞断裂带南西侧, 被垭都断裂和水城断裂所围限的部分, 主要分布在水城、威宁、赫章县境内, 称为水城断陷, 更能准确地反映其自身大地构造演化特点。

关于滇黔桂裂谷已多有论述(夏邦栋, 1989; 郑荣才, 1989; 金鹤生, 1993; 刘文均, 1993), 我们不再赘述。

二、水城断陷的边界断裂

雪峰运动(田奇璠, 1948)是扬子地台的一次奠基性的构造运动, 结束了地台基底地槽型活动、沉积的历史, 转入了地台盖层稳定性沉积阶段, 经过早古生代加里东运动阶段地壳的稳定发展, 地壳相对固化, 从加里东运动中后期(从中奥陶世末期开始)扬子地台西南部处于沿断裂带的断陷, 局部的走滑和隆起基性岩浆的喷出和侵位的拉伸构造环境。

断裂带两侧发生突变, 断裂带西侧的康滇古陆在晚古生代内许多时间里向裂谷供应陆源碎屑物质, 是裂谷的西部蚀源区。沿该断裂带有晚古生代的玄武岩浆大量喷发, 该断裂以东裂谷本体的构造变形以梳状褶皱为特点, 断裂西侧的构造变形具有块断性质, 该断裂作为裂谷边界的另一个重要证据是, 地壳等厚线走向与该断裂走向平行, 断裂西侧地壳最大厚度48km, 超过断裂向东地壳厚度迅速减薄, 最小部位为36km。

垭都-紫云-都安断裂: 走向北西, 其北东侧为黔中隆起江南古陆, 南西侧为裂谷本体。该断裂始于晚奥陶世末都匀运动, 并在随后的历史中一直活动, 沿断裂两侧从泥盆纪到二叠纪期间的沉积作用差异明显, 断裂东侧的古陆在泥盆-石炭纪是向西供应陆源碎屑物质的蚀源区, 二叠纪末期的玄武岩在断裂以西普遍分布, 且