

贵州工业大学出版基金

本书受到 国家重点基础研究发展规划项目 联合资助出版

云南省教育厅科学研究基金项目

# 兰坪盆地铅锌铜大型矿集区的 流体成矿作用机制

——以白秧坪铜钴多金属地区为例

何明勤 刘家军 李朝阳 李志明 刘玉平 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书在对兰坪盆地铅锌铜大型矿集区区域成矿地质背景进行较系统概括和总结的基础上,以金顶超大型铅锌矿床、金满铜矿床和白秧坪铜钴多金属矿集区作为典型的成矿实例对大型矿集区的地质特征进行了介绍。此外,主要根据流体包裹体显微镜岩石学,测温学,流体包裹体成分,成矿热液石英的高精度 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 定年,流体包裹体 H、O 同位素和稀有气体 He、Ar 同位素以及岩矿石与矿物的 C、O、S、Pb 稳定同位素和微量元素,稀土元素等重点对白秧坪铜钴多金属矿集区矿床的成矿流体地球化学、矿床地球化学等方面的详细研究,建立了其流体成矿作用的演化模式,获得了成矿作用具多期多阶段性但均形成于喜马拉雅期(57~62 Ma 和 37~26 Ma)、成矿流体存在富  $\text{H}_2\text{O}$  和富  $\text{CO}_2$  端员以及流体的沸腾和混合是最基本的成矿作用机制等若干新认识。

本书可供从事地质学、矿床学、地球化学等研究的人员和大专院校地学专业师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

兰坪盆地铅锌铜大型矿集区的流体成矿作用机制——  
以白秧坪铜钴多金属地区为例 / 何明勤等著. —北京: 地质出版社, 2004. 8

ISBN 7 - 116 - 04168 - 0

. 兰... . 何... . 有色金属矿床 - 成矿  
作用 - 研究 - 兰坪白族普米族自治县 . P618. 401

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 069054 号

---

责任编辑: 李凯明

责任校对: 丁海云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324576 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京印刷学院实习工厂

开 本: 787 mm×1092 mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张: 8

字 数: 200 千字

版 次: 2004 年 8 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 25.00 元

ISBN 7 - 116 - 04168 - 0/P · 2497

---

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

# 序

兰坪中生代陆相盆地是我国著名的三江构造带的重要组成部分，其中产出的金顶超大型铅 - 锌矿床早已闻名遐迩。后来在盆地内又陆续发现金满富铜矿床、白洋厂铜多金属矿床、白秧坪铜 - 钴多金属矿床等，它们一起构成了我国西南重要的铅 - 锌 - 铜大型矿集区。数十年来，地质勘探人员与众多学者对区内的大型超大型矿床作了富有成效的勘查工作与大量的矿床地质地球化学研究，积累了丰富的资料。他们从不同角度、不同观点探讨了成矿条件与矿床成因，取得了可喜成就。然而或许是成矿理论的局限或者是研究手段的落后，究竟为什么在这一盆地的不同地区，汇集不同类型、不同规模的矿床？大型超大型矿床的找矿前景如何？靶区何在？这一神秘的面纱至今尚未揭开。因此，继续采用新理论、新方法、力求解答人们所关注而感兴趣的根本问题，同志仍需努力。

纵观本研究成果（专著）有四大特色，即四新：

选题新。作者充分注意到盆地演化对成矿的制约以及流体对成矿作用的重要性，着重对这两方面及其结合点，立题为《兰坪盆地铅锌铜大型矿集区的流体成矿作用机制——以白秧坪铜钴多金属地区为例》进行深入研究。显然，这一项目思路清晰、重点突出、选题新颖。

理论新。该研究采用了“碰撞造山成矿”等地学前沿学术思想于盆地演化与成矿关系分析中，同时又采用诸多现代地球化学理论于流体研究中，且将二者有机结合，以期查明不同演化时期的矿质来源及地幔或地壳流体对成矿的贡献，从而建立流体成矿演化模式。

方法新。作者不仅采用了系统的现代地球化学方法，含 O、C、H、S、Pb 同位素测定，ICP - MS 微量元素与稀土元素测定，流体包裹体显微镜岩石学与测温学研究，同时还采用了更先进更准确的单个流体包裹体成分的激光 Raman 探针，成矿流体的 He、Ar 稀有气体同位素测定，热液矿石中矿物流体包裹体高精度<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 定年。所有这些实验研究均在我国第一流的实验室进行，由此获得了大批质量可靠的宝贵数据，为专著中的立论提供了有力的微观论据。

结论新。通过多种地球化学论据并相互印证，不仅阐明了成矿金属物质来源及成矿流体的来源与性状，而且紧密与盆地演化过程相结合，建立起了流体成矿演化模式，指出挤压 - 拉张转换过程形成中新生代地层铅 - 锌 - 铜大型矿集区矿床的主体。其流体为深部上升流体和浅部地壳流体。

本成果是一朵小花，她将为繁荣我国的矿产事业而绽放在地学园中。

兹赋词一首，以为祝贺之意云耳。

渔歌子·咏矿著

盆地兰坪汇巨金，

百家诸子究生因。

博士后，苦耕耘，

寒梅一剪露新芬。

傅宗英

2004, 6, 8

# 前 言

兰坪中生代陆相盆地作为著名三江构造带的重要组成部分，产出有丰富的矿产资源，尤因产有金顶超大型铅锌矿床而闻名于世。盆地位于澜沧江断裂带和金沙江 - 哀牢山断裂带之间，东与扬子板块相接，西与藏滇板块毗邻，北为昌都盆地，南为思茅盆地。其内的矿产除主要的 Pb、Zn 外，尚有 Cu、Ag、Sr、Hg、Sb、As、Au 及石膏、石盐、黄铁矿等，并在以金顶超大型铅锌矿床为中心的 30 ~50 km 范围内发育众多金属矿床，如：北西 46 km 处新近发现的白秧坪 Cu - Co 多金属矿集区，具有大型甚至超大型规模的前景；南部约 31 km 处发育的白洋厂 Cu 多金属矿床；西约 28 km 处产出的金满 Cu 多金属矿床。它们一起构成了我国西南地区重要的铅锌铜大型矿集区。

自云南省地质矿产局 1957 年在兰坪盆地发现金顶铅锌矿床、1984 年提交勘探报告以来，又先后发现若干其他一些矿床（点）。近二十年来，众多学者对兰坪盆地铅锌铜大型矿集区内矿床的地质、地球化学、成因以及膏盐与成矿关系、有机质对成矿的意义等方面进行了大量研究工作。如对金顶铅锌矿床的研究（白嘉芬等，1985；高怀忠，1989a, 1989b；高广立，1989, 1991；吴淦国等，1989；赵兴元，1989a, 1989b, 1990；胡明安，1989a, 1989b；高建华，1989；潘忠华，1989；周建文等，1990；覃功炯等，1991, 1994；覃功炯，1994；杨友华等，1991；姚永等，1991；姚志健等，1991；王京彬等，1991, 1992；徐林生，1991；孙由政等，1991；张乾，1991, 1993；周维全等，1992；陈式房，1992；吴勇等，1992；万水文等，1994；燕守勋等，1994；温春齐等，1995；胡瑞忠等，1998；涂光炽等，2000；李小明等，2000；徐龙君等，2000；王国芝等，2001；薛春纪等，2002a, 2003；张金亮等，2003），对金满铜矿床的研究（王汝兴，1991；李峰等，1992, 1993；甫为民等，1992；肖荣阁等，1994；何明勤等，1998；季宏兵等，1998；李小明，2001；蒋少涌等，2001；刘家军等，2001, 2003a, 2003b；Liu et al., 2003a），以及对白秧坪铜钴多金属矿集区矿床的研究等（田洪亮，1997, 1998；龚文君等，2000；陈开旭等，2000；魏君奇，2001；邵兆刚等，2002, 2003；朱大岗等，2002；薛春纪等，2003；杨伟光等，2003；王峰等，2003）。另外，对盆地本身的形成、性质、演化和同成矿作用的关系以及在成矿规律的总结方面也做了较多的分析与研究工作（尹汉辉等，1990；李峰等，1991, 1993, 1995；李峰，1994；林舸等，1991；林舸，1992；肖荣阁等，1993；李光勋，1994；朱创业等，1997；颜文等，1997；刘家军，1998；刘家军等，2000a, 2000b, 2000c；Liu et al., 2002b；牟传龙等，1999, 2002；黄朋等，1999；李小明等，2000；薛春纪，2000；张泰身等，2000；张成江等，2000；余谦等，2000；滕彦国等，2000；帅开业，2000；薛春纪等，2002b, 2002c；陶晓风等，2002）。上述研究积累了有关盆地及其相关矿床大量而丰富的实际地质资料，获得了众多具独创性的认识。然而，有关矿床的成因、盆地的形成与演化、成矿动力学与成矿背景、成矿物质来源与流体成矿作用机制、有机成矿与无机成矿间的联系以及成矿作用的多期多阶段性与盆地大规模成矿作用的发生时间等问题仍未能取得一致认识。认识上的一些重要分歧与高精度关键性数据的缺乏有关，关键性数据的缺乏制约着对盆地内铅锌铜大型矿集区成矿作

用的深入理解。过去，多从固体金属物质和单个矿床的角度去进行研究，而对将固体物质与流体物质结合起来和从矿集区的整体高度上去进行研究重视不够，限制了对矿集区成矿作用的研究与认识深度。

流体作为化学物质和传输的载体积极地参与了各种地质地球化学过程（刘丛强，1998），对矿床的形成起着至关重要的作用，许多矿床都是由成矿流体经迁移、沉淀而形成的。因此，可以毫不夸张地说，没有流体就没有矿床（卢焕章，1997）。关于流体的研究由来已久，但第一次系统总结地壳中流体的当属 Fyfe 等（1978）出版的《地壳中的流体》一书。采纳 Fyfe（1979）的建议，用流变学的术语，并从地质情况来进行考虑，卢焕章（1997，1998）将流体定义为：在应力或外力作用下能发生流动或形变，并且与周围物质处于相对平衡的一个体系，可分为呈气体状态、液体状态和被固定在矿物晶格中或晶格之间的流体，并以前两者为主，特别是其中的水占有极其重要的地位。

虽然流体对矿床的形成十分重要，但并不是所有的流体都可以形成矿床。能够形成矿床的流体或含有成矿物质并具有沉淀成矿能力的流体称为成矿流体（卢焕章，1997；张德会，1998），也就是说，只有成为成矿流体的那一部分流体才能形成矿床。一般地，热液成矿流体水的来源是不同的（White，1974）。这些不同来源的流体水要演变成为成矿流体，须经过复杂的地质作用过程，其中最重要和最中心的问题就是流体和岩石矿物间的相互作用。只有通过流体和岩石矿物间的相互作用，才能使流体中的成矿物质含量逐步增高而最终成为成矿流体。成矿流体形成以后，可以原地成矿，但更多的是异地成矿，即成矿流体需要迁移，从一个地方迁移到另一个地方。而控制成矿流体迁移的因素很多，除主要的成矿流体自身的性质（温度、压力、盐度、密度、成分、不混溶作用等）、流体-环境相互作用（水-岩反应、流体的混合等）及环境条件（渗透性、地热结构、流体通道宽度等）的变化（滕彦国等，1998）之外，构造作用常是导致流体迁移的一个重要因素，流体迁移的通道常常与构造作用及岩石的性质和环境有关。当然，要使成矿流体形成矿床，除了来源和迁移两大因素外，合适的成矿条件和环境也是一个重要因素，包括矿质沉淀的物理化学条件（如温度、压力、 $E_h$ 、pH 等）、空间条件、时间条件以及构造条件等，并已在这方面的研究中取得若干重要研究进展，如流体沸腾作用、流体混合作用以及流体不混溶作用对矿质沉淀的意义等（张德会，1998）。很明显，在矿床的形成过程中，流体扮演着极其重要的角色。同时，构造活动及其作用空间因常作为流体迁移的驱动力、通道和矿质沉淀的场所，其意义自然也不容低估。

在关于兰坪盆地铅锌铜大型矿集区内矿床的众多研究中不难发现，虽然有关矿床成因、成矿物质来源、流体成矿作用机制等的认识并不一致，但这些矿床都主要与构造关系密切，产出于断裂、穹窿、层间破碎带或褶皱与断裂等构造的交汇部位，多呈脉状、角砾状等，后生特点明显，热液成矿特征显著。铅锌矿床不同于世界其他地区以沉积岩为主岩的密西西比河谷型（MVT）矿床和典型的砂岩型（SST）铅锌多金属矿床（覃功炯等，1991；涂光炽等，2000；薛春纪，2000；薛春纪等，2002a），可能代表了以沉积岩为主岩的铅锌矿床的一种新类型（薛春纪，2000；薛春纪等，2002a）；铜矿床以黝铜矿系列矿物为主，其矿体产状、矿石构造、元素以及脉石矿物的稀土元素等特征也与沉积砂岩型或沉积改造型铜矿床有显著差异，是一种新类型铜矿床（颜文等，1997）。而近年来的一些研究则显示，金满铜矿床为以幔源为主的幔壳混合热液成因铜矿床（阙梅英等，1998）；白秧坪铜钴多金属矿集区内矿床也属壳幔流体混合成矿形成（薛春纪，2000；薛春纪等，2003）；而金顶铅锌矿床的成矿流体则较复杂，既有壳幔混合成因机制（薛春纪，2000；

薛春纪等, 2003), 也有纯地壳成因显示 (胡瑞忠等, 1998; 涂光炽等, 2000)。可见, 影响兰坪盆地铅锌铜大型矿集区内矿床形成机制认识的关键性问题之一就是流体的问题, 包括流体的来源、流体的沉淀机制、幔源或是壳源流体对成矿的贡献等。笔者正是在注意到盆地铅锌铜大型矿集区成矿作用的独特性以及流体对认识成矿作用的重要性的基础上, 通过对区域成矿地质背景和矿集区典型矿床地质特征的分析, 选取盆地内近年新发现的白秧坪铜钴多金属地区为对象, 着重应用流体包裹体显微镜岩石学与测温学, 单个流体包裹体成分的激光拉曼 (Raman) 探针, 成矿流体 He、Ar 稀有气体同位素, 热液矿石中矿物流体包裹体高精度<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 定年, 结合稳定同位素 O、C、H、S、Pb 和 ICP-MS 微量元素及稀土元素等矿床地球化学方法, 查明成矿金属物质的来源及地幔或地壳流体对成矿作用的贡献, 以揭示其流体成矿作用机制。

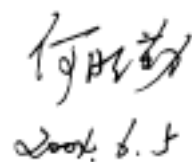
本书是第一作者在中国科学院地球化学研究所地质学博士后流动站工作期间的研究成果总结, 研究工作得到国家重点基础研究发展规划项目“兰坪盆地铅锌多金属大型矿集区”(编号: G1999043208) 和云南省教育厅科学研究基金项目“兰坪盆地铅锌铜等金属大型矿集区的形成机制研究”(编号: 0142104) 的联合资助。写作过程中, 得到博士后合作导师刘家军教授和李朝阳研究员的悉心指导与热情关心, 在此对两位尊敬的导师表示最衷心的感谢。

全书共分六章, 由何明勤执笔完成。第一章从区域大地构造位置与演化、区域地层、区域构造、区域岩浆活动、区域地球化学背景和区域矿产分带方面介绍了区域成矿的地质背景; 第二章通过选取白秧坪铜钴多金属矿集区、金满铜矿床和金顶超大型铅锌矿床三个比较典型的成矿实例对大型矿集区的地质特征进行了概括和总结; 第三章着重从流体包裹体类型及一般特征、流体包裹体显微测温学、单个流体包裹体成分的激光拉曼分析和群体包裹体成分的气液相分析、成矿流体的氢与氧同位素以及成矿流体的 He 和 Ar 同位素组成详细介绍了成矿流体的地球化学特征; 第四章主要从硫、碳、氧、铅稳定同位素以及微量元素和稀土元素的角度对流体成矿的矿床地球化学特征进行了探讨; 第五章总结了大型矿集区的流体成矿作用机制; 第六章是研究工作所得到的一些主要结论。

参加研究工作的还有中国科学院地球化学研究所张乾研究员、温汉捷研究员, 昆明理工大学李俊副教授和钟昆明副教授。在研究工作中, 得到云南省有色局严健高级工程师、云南省地质矿产局第三地质大队杨爱萍工程师、国家地质博物馆冯向阳研究员、中国科学院地球化学研究所黄智龙研究员、贵州工业大学宋建波教授、昆明理工大学冉崇英教授和冷革华助理研究员等的帮助与大力支持, 在此一并表示感谢!

本人到贵州工业大学工作后, 得到了朱立军校长等学校领导的热情关心。本书的出版也得到了贵州工业大学出版基金的资助。在此, 对校领导们的关怀与支持表示最衷心和最诚挚的谢意!

由于本书涉及的研究区地质情况复杂, 研究时间短, 成书较匆忙, 更受作者研究水平所限, 书中定有许多不足或不妥之处, 恳请同行专家和读者批评指正。



何明勤  
2004.6.5

# 目 录

序	
前 言	
第一章 区域成矿地质背景 .....	(1)
第一节 区域大地构造位置与盆地演化 .....	(1)
一、基底形成阶段 .....	(1)
二、陆内裂谷阶段 .....	(2)
三、陆内拗陷阶段 .....	(3)
四、走滑拉分与挤压对冲阶段 .....	(4)
第二节 区域地层 .....	(5)
一、前寒武纪地层 .....	(5)
二、古生界 .....	(5)
三、中生界 .....	(5)
四、新生界 .....	(6)
第三节 区域构造 .....	(6)
一、西部强烈褶断带 .....	(6)
二、中部复式向斜带 .....	(7)
三、东部复式背斜带 .....	(7)
第四节 区域岩浆活动 .....	(8)
第五节 区域地球化学背景 .....	(8)
第六节 区域矿产分带 .....	(10)
第二章 大型矿集区地质特征 .....	(12)
第一节 白秧坪铜钴多金属矿集区 .....	(12)
一、矿集区地质概况 .....	(14)
二、矿集区典型矿段矿床特征 .....	(17)
三、热液成矿的 <sup>40</sup> Ar - <sup>39</sup> Ar 年龄 .....	(28)
四、成矿期与矿物生成顺序 .....	(31)
第二节 金满铜矿床 .....	(32)
一、矿区地质概况 .....	(32)
二、矿体的产出及特征 .....	(33)
三、矿石物质成分与组构 .....	(34)
四、围岩蚀变 .....	(34)
五、成矿时代 .....	(34)
六、成矿期与矿物生成顺序 .....	(35)
第三节 金顶铅锌矿床 .....	(36)

一、矿区地层 .....	(37)
二、矿区构造 .....	(37)
三、矿床的产出特点 .....	(38)
四、矿石物质成分、组构与围岩蚀变 .....	(39)
五、成矿年龄的测定 .....	(40)
六、矿化分带与成矿阶段的划分 .....	(41)
第三章 成矿流体地球化学 .....	(43)
第一节 流体包裹体类型及一般特征 .....	(43)
第二节 流体包裹体显微测温学 .....	(45)
一、测试用仪器与准确度 .....	(46)
二、流体包裹体显微测温结果 .....	(47)
三、成矿流体密度、成矿压力与深度 .....	(52)
第三节 流体包裹体成分的激光拉曼分析 .....	(55)
一、分析仪器与方法 .....	(55)
二、分析结果 .....	(55)
第四节 流体包裹体群体化学成分 .....	(58)
一、实验方法与结果 .....	(58)
二、成矿流体的 pH 值和 $E_h$ 值 .....	(62)
三、成矿流体中的各种气体逸度 .....	(63)
第五节 成矿流体氢氧同位素组成与流体来源 .....	(64)
第六节 成矿流体的 He、Ar 同位素地球化学 .....	(70)
一、分析样品与方法 .....	(72)
二、分析结果与讨论 .....	(73)
第四章 流体成矿作用的矿床地球化学 .....	(78)
第一节 同位素地球化学 .....	(78)
一、碳氧同位素 .....	(78)
二、硫同位素 .....	(83)
三、铅同位素 .....	(85)
第二节 微量元素与稀土元素地球化学 .....	(89)
一、微量元素 .....	(89)
二、稀土元素 .....	(99)
第五章 大型矿集区的流体成矿作用机制 .....	(104)
第六章 结论 .....	(107)
参考文献 .....	(109)

# 第一章 区域成矿地质背景

兰坪盆地位于兰坪 - 思茅拗陷带之澜沧江断裂向东突出形成的“公郎弧”以北（张泰身等，2000），盆地北起维西，南达景东，与思茅盆地相连，长约 270 km；西抵兔峨、旧州，东至通甸、乔后一线（陶晓风等，2002），宽约 70 km，面积近 20000 km<sup>2</sup>。盆地主要由中、新生代地层组成，属中新世盆地，与主要由中生代以前火山岩系、变质岩系等组成的四周形成强烈的对比。受喜马拉雅造山作用影响，兰坪盆地现今已不具地貌上的盆地特征。盆地内的中、新生代地层叠置关系复杂，中生代地层常逆掩（或滑覆）于新生代地层之上，地层倾角往往较大，甚至近直立。同时，盆地东西两侧及中部局部地区出露的中生代地层均不同程度地遭受了动力热变质作用。兰坪盆地是云南西部较大的中新世构造沉积盆地。区内矿产资源丰富，矿种多样，除闻名中外的金顶超大型铅锌矿床外，还产出有羊拉大型铜矿，金满、水泄等中型铜矿，科登洞等小型铜矿以及其他如铜、铅、锌、银、汞、锑等矿点（矿化点）200 余处，其中一些矿点或矿化点经过多年的普查和研究已显示出很好的找矿潜力（张乾等，2002a），构成了我国西南地区重要的铅锌铜大型矿集区。

## 第一节 区域大地构造位置与盆地演化

兰坪中新世盆地在大地构造位置上属于环特提斯构造域的组成部分，位于阿尔卑斯 - 喜马拉雅巨型构造带东段弧形转弯处，青藏高原所有的东西向构造单元延伸至本区后急转折成近南北向（图 1 - 1），濒临特提斯构造域与太平洋构造域的交接部位。在滇西怒江、澜沧江和金沙江 - 哀牢山三条板块缝合线中，兰坪盆地处于澜沧江与金沙江 - 哀牢山缝合线之间，是一个次一级的微板块，即昌都 - 思茅微板块，其东侧与扬子板块相接，西侧与藏滇板块毗邻（图 1 - 2）（余谦等，2000；薛春纪等，2002c）。

由于盆地地质构造极为复杂，且其演化经历了多旋回发展的过程，再加上自然地理交通不便等客观条件的限制，虽然众多地质工作者对该区做了大量的研究工作，但对区域地质特征的认识仍颇有分歧。本文在实际地质工作的基础上，从盆地的沉积建造、岩浆活动和构造演化等方面通过概括归纳前人的研究成果，将盆地的形成和演化分为如下几个阶段。

### 一、基底形成阶段

兰坪盆地是在原特提斯洋的基础上发展演化而来的。盆地周缘尤其东西两侧的苍山和崇山一带广泛出露的元古宇苍山群与崇山群是滇西变质带的重要组成部分，原岩恢复表明其原岩主要为一套以碎屑岩为主夹中基性火山岩、碳酸盐岩的沉积建造，厚度可达 2500 m 以上（冉崇英等，1991），说明元古宙时期该区地壳活动强烈，沉降幅度大，火山活动频

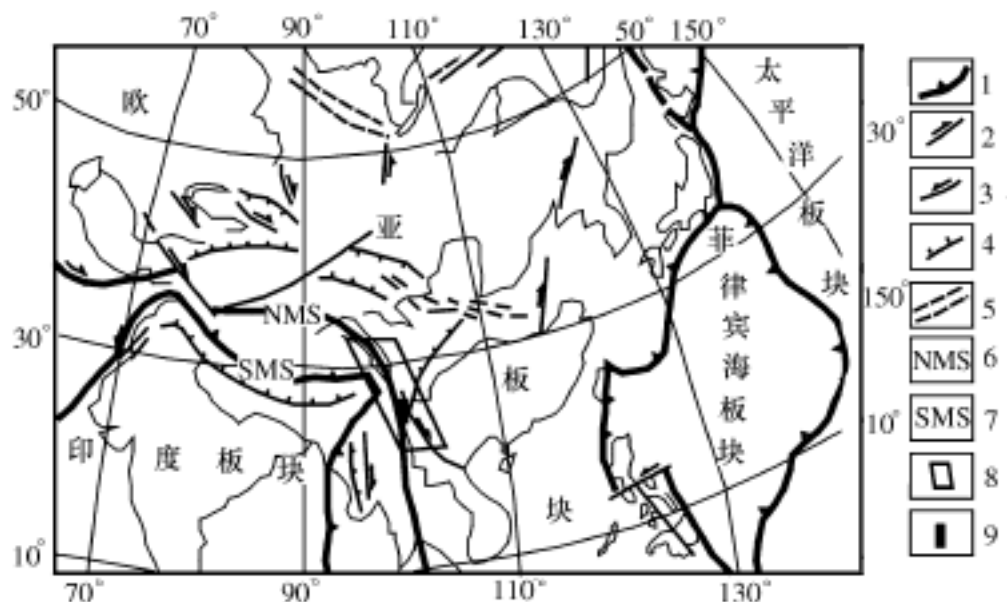


图 1 - 1 三江构造带大地构造位置图

(据陈炳蔚等, 1991 年资料改编)

1—板块边界；2—剪切带或转换断层；3—板内剪切带或走滑断层；4—逆掩断层或推覆带；5—板内挤压带；6—欧亚板块与印度板块之间的北主缝合带；7—欧亚板块与印度板块之间的南缝合带；8—三江地区的位置；9—兰坪盆地的位置

繁 (刘家军, 1998)。至元古宙后期, 一方面, 晋宁运动使早期形成的中古元古界强烈褶皱与变质, 并伴随有广泛的岩浆侵入作用。褶皱与变质所形成的滇西变质带在区域和空间关系上均向南呈扇形撒开, 向北逐渐收拢, 尤其在碧江一带崇山群的北延部分与高黎贡山变质带的贡山群有逐步归并之势, 显示这些变质带本应为统一的结晶基底, 只是由于纵贯全区的各深大断裂在古生代发生强烈活动, 才使之分割成不同的条带 (冉崇英等, 1991)。另一方面, 伴随晋宁运动的进行, 西部洋壳向东部陆壳俯冲消减, 导致扬子陆块逐渐向西扩展加大, 并使其进一步硬结固化, 最后形成相对稳固的扬子地台, 完成由活动的火山岛弧环境到稳定地台环境的转变, 形成结晶基底。因此, 兰坪盆地基底实为扬子地台基底西缘的一部分 (陶晓风等, 2002)。

随着元古宙晚期晋宁运动和加里东末期原特提斯洋的消失, 本区逐步转为稳定地块的发展阶段, 因而部分缺失志留纪地层。到了晚古生代 (D—C), 海西期构造运动使得本区古特提斯洋得以打开和形成, 从而使本区被分解为扬子板块与滇藏板块之间的一个微板块, 它将古特提斯洋分隔形成东部的金沙江洋盆和西部的澜沧江洋盆, 并在洋盆中发育大量泥盆纪和石炭纪复理石建造, 分布于兰坪盆地的两侧。

晚二叠世开始的澜沧运动使东部的金沙江洋壳由东向西往兰坪陆块下俯冲, 西部的澜沧江洋壳则由西向东往兰坪地块下俯冲, 滇藏板块和扬子板块逐渐靠近, 二叠纪末以后, 两大板块及其所夹的兰坪地块碰撞在一起, 相互拼接构成北部劳亚大陆的一部分 (朱创业等, 1997), 并开始了兰坪盆地的演化。

## 二、陆内裂谷阶段

二叠纪末开始的澜沧运动不仅使金沙江和澜沧江古特提斯洋消亡, 同时强烈的碰撞挤压使本区在  $T_1$  时全面隆起, 从而缺失沉积作用。中三叠世末的印支运动主幕碰撞结束后

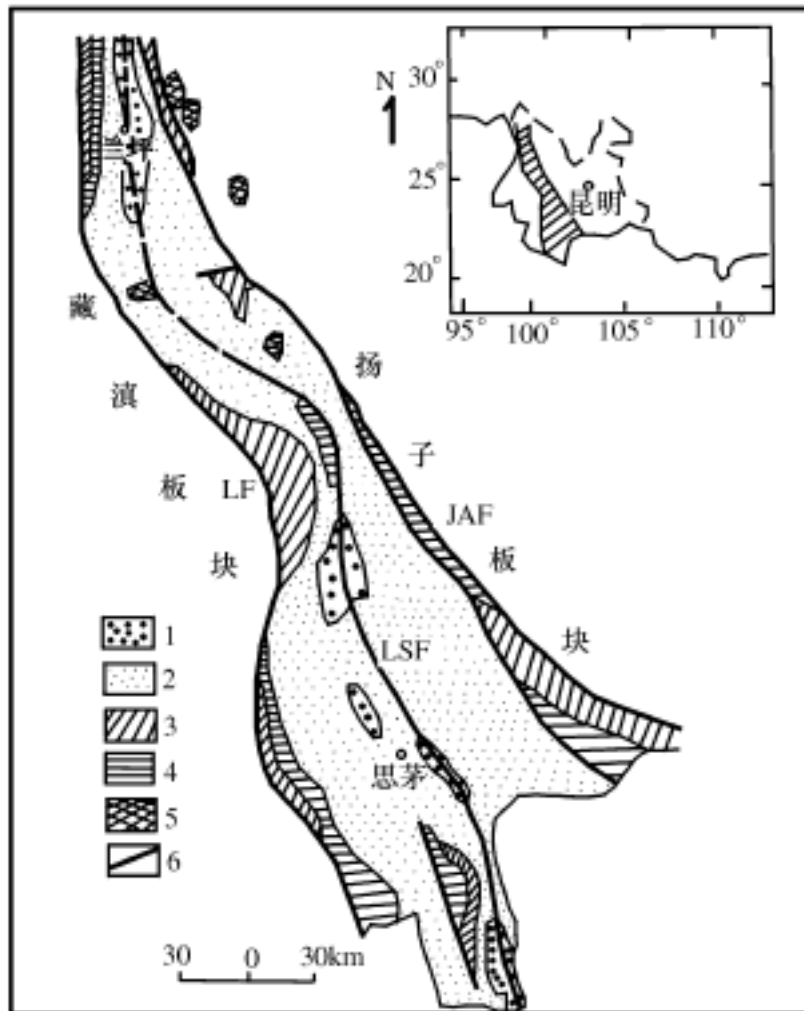


图 1 - 2 滇西兰坪中新代盆地构造位置与地质简图

(据薛春纪, 2000 年资料改编)

1—第三系; 2—侏罗 - 白垩系; 3—三叠系; 4—古生界; 5—喜马拉雅期碱性岩; 6—主要断裂

JAF—金沙江 - 哀牢山断裂; LF—澜沧江断裂; LSF—兰坪 - 思茅断裂

的晚三叠世, 兰坪盆地及周缘地区处于拉张应力状态, 从边缘向中心发生阶梯状裂陷, 开始了陆内裂谷的发展过程。盆地两侧的澜沧江结合带和金沙江 - 红河结合带发生张裂, 形成新的裂陷海槽, 堆积了巨厚的、半深海复理石建造、陆内裂谷火山沉积建造及酸性、基性双峰式拉斑玄武岩 - 碱性玄武岩系列的火山岩巨厚堆积。由于盆地的中部为浅海环境, 因而发育开阔台地型碳酸盐岩和砂页岩建造, 到晚三叠世晚期则演变为滨海成煤沼泽环境 (帅开业等, 2000)。至早侏罗世 ( $J_1$ ) 末本区由于受挤压而隆起, 海水退出全区, 已无海相沉积, 仅局部发育漾江组的残留湖相杂色泥质沉积。

### 三、陆内拗陷阶段

由于印支运动末期, 盆地西侧的怒江洋开始打开, 所产生的向东推挤力使本区逐渐抬升, 进入陆内拗陷阶段。从中侏罗世开始, 由于受燕山期雅鲁藏布江洋快速扩张的影响, 怒江中特提斯洋闭合, 本区在隆起的背景下产生相对拗陷, 发育了一套以陆相为主, 兼具海相与海陆交互相 (廖崇高等, 2001) 的杂色、红色含铜砂页岩建造及盐湖相蒸发岩沉积建造。至坝注路组时期, 盆地基本结束海相发展历史, 进入了陆相发展阶段, 反映的是陆内湖泊沉积 (陶晓风等, 2002)。白垩纪本区仍主要为陆相碎屑岩沉积, 岩性岩相变化

不大，但盆地开始萎缩，范围明显缩小。到晚白垩纪末期，雅鲁藏布江洋开始闭合，印度板块向欧亚板块的持续俯冲碰撞挤压（牟传龙等，1999），导致本区再次抬升，形成了  $K_2$  与  $E_1$  之间的不整合面及短暂的沉积间断。

#### 四、走滑拉分与挤压对冲阶段

新生代古新世开始，早期印度板块向欧亚板块俯冲碰撞，强烈的近南北向挤压在板块东缘产生剪切，使本区 NNW 向断裂带发生走滑（薛春纪等，2002c），盆地的构造活动性质发生转换，控盆断裂由原来单一的拉张变为拉张加水平走滑，形成兰坪等走滑拉分盆地，沉积了多个膏盐层的红色碎屑岩建造。始新世中期以后，喜马拉雅运动开始活跃，印度板块与欧亚板块对接和碰撞，盆地所在区域由拉张走滑构造环境转变为东西向挤压构造环境，强烈的挤压作用使盆地巨厚的中、新生代地层强烈褶皱，并将两侧古老岩石推覆到

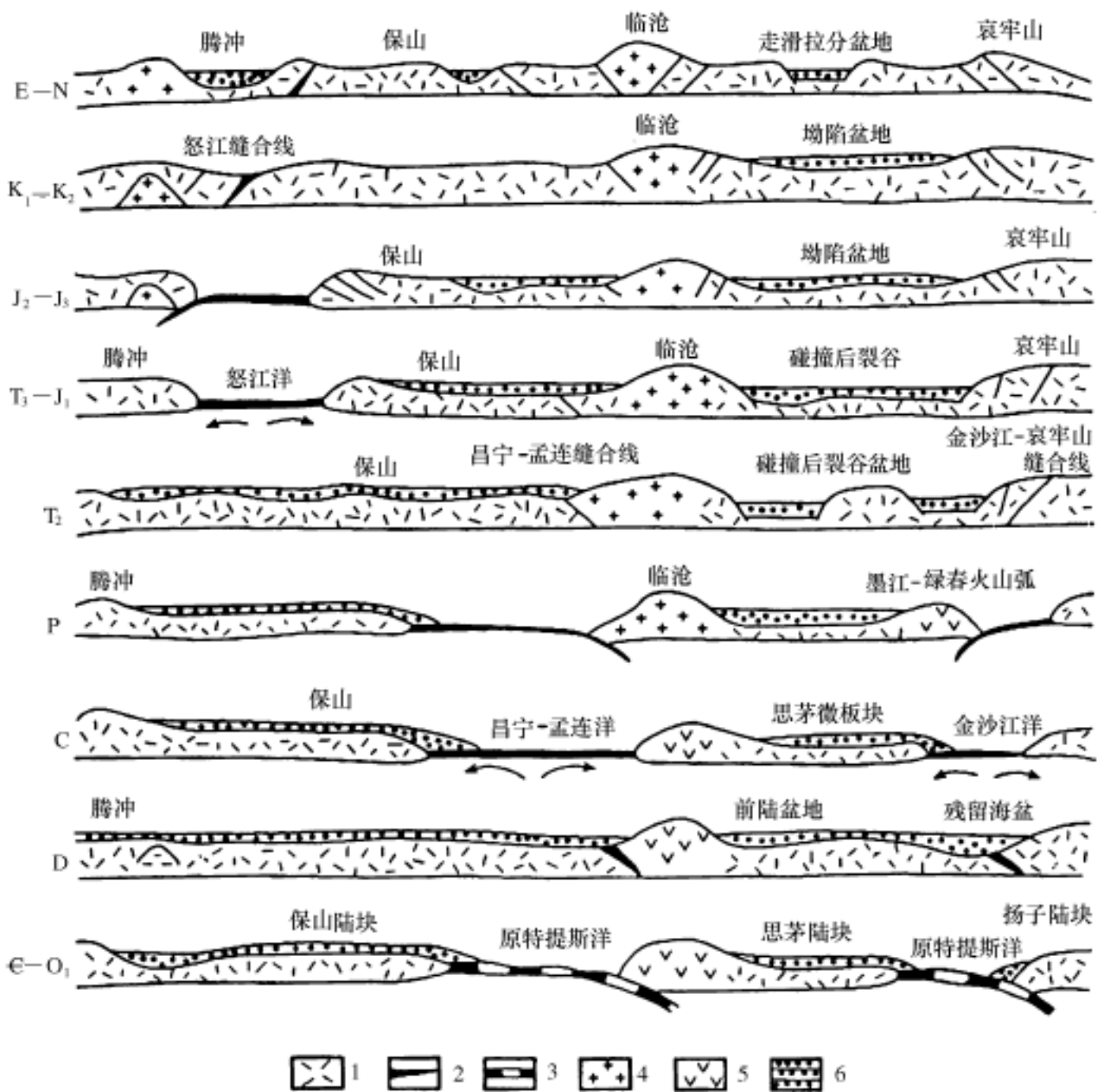


图 1-3 滇西地区构造演化示意图

（据薛春纪，2000）

1—陆壳；2—洋壳；3—推测洋壳；4—花岗岩；5—火山弧；6—盆地沉积物

较新的地层岩石之上，形成对冲推覆等构造格局，盆地范围进一步缩小，原兰坪盆地之大部分反转成山并分化为许多小型盆地。中新世之后，盆地及其周缘多次整体或差异快速隆升，经过长期的夷平作用形成高原面，且基本定型，造成现代兰坪盆地地貌的轮廓。

第四纪以来本区仍表现为快速隆升，总的隆升幅度达 600 ~ 800 m (陶晓风等, 2002)。可见，兰坪盆地的形成经历了极其复杂的地质演化历史 (图 1 - 3)，多期次的拉张 挤压和挤压 拉张构造性质转化以及水平走滑、快速隆升和夷平侵蚀等地质作用最终造就了盆地总体山高谷深、次级盆岭相间排列的现今地貌格局，并伴随多期次、多矿种的成矿作用和丰富的矿产资源产出。

## 第二节 区域地层

兰坪盆地区域上地层出露广泛，从元古宇、古生界、中生界到新生界，包括岩浆岩、沉积岩及变质岩的众多类别。

### 一、前寒武纪地层

兰坪盆地内无前寒武纪地层出露，区域内的前寒武纪地层主要分布在盆地东西两侧的苍山和崇山一带，广泛出露的是一套以中深变质为主、部分浅变质的基底岩系，是滇西变质带的重要组成部分，称为元古宇苍山群与崇山群。苍山群分布于苍山主体，南起下关天生桥，北达洱源乔后，主要由片麻岩、混合岩、大理岩、片岩和板岩等组成，厚度大于 2500 m，其原岩为一套以碎屑岩为主夹中基性火山岩、碳酸盐岩的沉积；崇山群沿澜沧江断裂带分布，北起碧江之东，经崇山、凤庆，南延至勐洪，主要由片麻岩、混合岩、片岩、大理岩等组成，原岩类似于苍山群的原岩。

### 二、古生界

盆地内未见古生界出露。上古生界仅沿盆地西缘的石登—恩棋、东缘的乔后和维西一带有一定的分布，但盆地东西两侧的上古生界特征明显不同。东侧的上古生界泥盆系、石炭系是一套相对稳定的砂页岩 - 碳酸盐岩建造，厚度较大。二叠系以基性火山岩、火山碎屑岩夹碳酸盐岩为主；西侧上古生界则以火山岩较发育为特征。此外，见于盆地东北侧巴珠一带的泥盆系主要为碳酸盐岩和碎屑岩，厚度可达 2000 m；盆地西缘北段的石炭系石登群为一套灰绿色中酸性 - 中基性熔岩、安山岩夹浅海碳酸盐岩，总厚度大于 1000 m，属浅海环境裂隙喷发产物；维西一带的二叠系以火山碎屑岩和火山熔岩为主，夹浅海碎屑岩和碳酸盐岩，厚度大于 4000 m，也系浅海环境产物；而产于澜沧江南段的昌宁 - 澜沧 - 孟连一带的泥盆纪至早石炭世沉积的一套碎屑岩 - 火山岩 - 碳酸盐岩建造，厚度可达万米，属裂谷构造火山作用产物 (冉崇英等, 1991)。

### 三、中生界

盆地中的中生界较发育，但下三叠统除个别地方有碎屑岩产出外，几乎全区缺失，反映的是一次区域性隆起。中三叠统在西侧澜沧江断裂带沿线为流纹斑岩建造，东侧的通

甸一乔后及剑川一带出现碎屑岩及泥质岩建造，厚度可达 2000 m。上三叠统广泛出露于盆地南部，主要由杂色碎屑岩、泥质岩和灰岩、黑色页岩等组成，厚约 3000 m；侏罗系在盆地内的分布较广，其中下侏罗统为一套以陆相为主的紫红色泥质岩夹细粒长石石英砂岩，厚约 500 m。中侏罗统主要由杂色细碎屑岩、泥质岩夹泥灰岩组成，顶部含石膏，厚度可达 1000 m。上侏罗统则为一套陆相紫红色粉砂岩，厚度从数百米至数千米；白垩系主要分布于盆地中部。下白垩统是一套紫红色粉砂岩、中 - 粗粒砂岩夹灰绿色 - 灰白色砂岩、砾岩和泥岩，厚度可达 1500 m。上白垩统为灰色长石石英砂岩，厚数十至百余米。

#### 四、新生界

新生界成带状或零星分布于盆地之中。下第三系主要见于盆地中部，南北向长条状分布，为棕红色、紫红色、灰色粉砂岩、钙质泥岩、砾岩与砂岩夹灰色泥灰岩和含盐泥砾岩，厚度达 1000 多米。上第三系零星分布于盆地内，主要为一套砾岩、砂岩、粘土岩及褐煤组成，地层间见多个角度不整合。第四系分散分布于盆地内，主要为冲积和洪积相的砂砾质与泥质堆积。

在上述各不同时代的地层中，前寒武纪地层构成盆地的基底，古生界分布局限，中新生界是盆地地层的主体，记录了盆地演化的全过程。从地层岩性的组合特征上看，作为盆地地层主体的中新生界可以分为如下三种沉积建造类型，它们控制着不同类型矿产的产出。

1) 红色碎屑岩建造：由紫红色、棕红色、部分杂色砂岩、砾岩、粉砂岩和泥岩组成，是盆地内最重要的沉积建造类型，各层位中均有发育。其中的砂岩是重要的容矿岩石，泥岩是重要的遮挡岩石，两者的恰当组合利于成矿，是铜（钴）等矿床的重要赋矿位置。

2) 碳酸盐岩建造：主要以夹层的形式产于中侏罗统和中、上三叠统等红色碎屑岩建造中，其发育不如红色碎屑岩建造，多由泥灰岩、微晶灰岩、介壳灰岩等组成，是汞、锑、砷、铅、锌等矿化的主要岩石。

3) 蒸发岩建造：包括上三叠统、中侏罗统和上白垩统一古新统三个主要层位，反映的是不同沉积演化旋回的最晚期，主要由泥灰岩、白云岩、石膏 - 硬石膏岩、石盐岩夹钾盐岩组成，是成矿流体中盐类物质的重要来源。

### 第三节 区域构造

兰坪盆地的构造经历了长期复杂的演化历史，不同时代、不同性质的构造多次叠加复合、改造，形成十分复杂的构造格局。依据变形强度、构造形态、地层组成的不同，将盆地的构造分为三个不同的构造带（冉崇英等，1991）。

#### 一、西部强烈褶断带

该构造带大致沿澜沧江两岸延伸，其西以澜沧江断裂为界，东以大青山 - 北莽山断裂为界，宽 10 ~ 20 km。带内褶皱以紧闭、线状型为主，断裂纵横交错，尤以近南北向的逆

断层最为发育，如澜沧江深大断裂带及与之同方向分布的次级断裂等，多破坏褶皱形态。

1) 澜沧江断裂带：是盆地西侧也是西部强烈褶断带的边界断裂，由大致沿澜沧江两岸延伸的数条近于平行的主断裂及其间的破碎带组成。以北纬 26° 为界，南段走向 320°~340°；北段走向南北，总体为一向西南凸出的弧形断裂带，并构成中生代各地层与崇山群的分界。断裂面向西陡倾，倾角 50°~70°；挤压破碎和动力变质现象明显。断裂东侧堆积了中晚三叠世近 5000 m 的火山岩，火山岩由西向东逐渐减少，断裂西侧出露的是一套元古宙变质岩系，断裂具长期活动特征。

2) 石登 - 中排复式背斜：背斜核部大致沿澜沧江河谷呈南北向延伸，核部地层为上古生界或中生界中侏罗统，两翼地层为侏罗系或白垩系。背斜两翼极不对称，西翼次级褶皱紧密倒转，东翼次级褶皱宽缓开阔。背斜枢纽往往呈波状起伏，轴迹凸起处常是有利成矿部位。

3) 大青山 - 北莽山断裂组：是西部强烈褶断带东侧的边界断裂。断裂断续连接，线性特征清晰，裂面向西陡倾，局部可形成矿化。

## 二、中部复式向斜带

夹持于大青山 - 北莽山断裂和泚江断裂之间，属兰坪盆地的中带。沿兰坪—云龙一线延伸，总体为北北西向。向斜带核部为下第三系，两翼主要为侏罗系，轴迹与盆地构造展布方向一致。次级褶皱以对称型为主，两翼倾角较缓，多为 30°~50°；一般靠近大青山 - 北莽山断裂、泚江断裂处的褶皱较紧密，而远离断裂的中心地带较开阔。

复式向斜带内的纵向断裂较发育。其中，构造带东缘的泚江断裂是一条重要的同生断裂，它控制了早第三纪盆地的东界，该断裂以西的第三系发育，且无明显变质，反映本构造带是盆地内变形强度较小的一个构造带。另外，中轴断裂带在兰坪盆地内的地表特征不明显，断续显示，断面西倾；但在思茅盆地地表特征显著，断面东倾，倾角为 60°~80°。自晚华力西期发育，至晚近期仍有活动，其具有同生断裂性质，对古生代基底，特别是中生代以来盆地性质、演化、沉积相、岩浆和变质作用以及热液活动均有控制作用。沿中轴断裂带，中生代盆地深度裂隙，沉积厚度巨大，并有热水沉积岩生成；第三纪拉伸盆地极其发育，在持续的构造 - 热作用下，在缺乏岩浆和变质作用的盆地内部，沿中轴断裂带仍有零星的喜马拉雅期酸性小侵入体、碱性斑岩，并有断续的变质带分布。直至近代，其仍是温泉、地震活动的集中地带，为一幔热与水热异常区。因此，中轴断裂带为一长期发展的构造 - 岩浆 - 热活动带（张泰身等，2000）。

## 三、东部复式背斜带

位于盆地的东部，是夹持于泚江断裂与维西 - 乔后断裂及至金沙江 - 哀牢山断裂带之间的广阔地区。核部地层主要为上三叠统，两翼地层主要为侏罗系，背斜轴迹则由北部的南北向转为南部的北西向。两翼产状较平缓，靠近盆地的边缘产状常变陡，倾角为 30°~40°。

维西 - 乔后断裂带是该构造带一条十分重要的断裂带，由一系列相互平行或分叉复合的断裂组成，其北起维西，经马登乔后，至巍山以南，总体走向北北西（330°~340°），

倾向南西，倾角较陡（ $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ）。据断裂带两侧的地层来看，该断裂带从中三叠世开始，长期的活动，一直控制着盆地的发展。

金沙江 - 哀牢山断裂带常被作为盆地的东侧边界断裂，北段大致沿金沙江延伸，南段沿哀牢山向南延出国境。沿断裂带挤压破碎和糜棱岩化发育。断裂带对古生代、三叠纪沉积有明显控制，东侧为台地沉积，而西侧为槽型沉积；东西两侧分别发育有深、浅变质带。石炭纪—早二叠世沿断裂带发育有准洋脊火山岩，表明当时为洋盆环境。至晚二叠世火山岩性质转为火山岛弧型，反映了板块俯冲作用。中生代以来再次活动，西侧发育印支期裂陷火山岩带，燕山期继续沉降，并对侏罗纪和早白垩世沉积有明显的控制作用。到喜马拉雅期，由逆冲 - 推覆转化为平移剪切或走滑运动，使其构造形迹更加复杂化。

## 第四节 区域岩浆活动

兰坪盆地的岩浆活动受控制盆地形成、发展和演化的深大断裂长期活动的影响，具有多期次、多类型、强度大等特点，自古生代至中生代都比较强烈。古生代的岩浆活动主要沿盆地边缘的澜沧江断裂带分布，出露有石炭—二叠纪的中性火山岩为主夹少量酸性、基性火山岩的石炭纪火山岩，厚度大于 800 m；中生代的岩浆活动以中酸性为主，可分为两种类型：一类是印支期火山活动；另一类是燕山期火山活动。三叠纪是本区中生代以来规模最大的火山活动期，主要表现是沿盆地边缘深大断裂分布的火山喷发活动，在西缘碧罗雪山东坡一带发育中酸性喷出岩，沿澜沧江断裂带分布，岩石类型以英安斑岩、流纹斑岩、霏细岩及相应的火山碎屑岩为主，厚度大于 1400 m。盆地东缘的上三叠统歪古村组下部也含有中酸性火山岩，沿盆地边界断裂分布，在剑川石钟山一带出露比较完整，厚达 1900 m，岩石性质与盆地西侧的火山岩是极相似的。中生代中酸性侵入岩以花岗闪长岩和花岗斑岩为主，次为二长花岗岩等，沿盆地西侧的碧罗雪山 - 崇山一带零星出露；新生代喜马拉雅期岩浆活动以碱性为主，出露于永平、剑川和巍山一带，是滇西碱性岩带的组成部分，主要有正长斑岩、角闪辉石正长岩、正长辉石岩、碱性正长岩、霞石正长岩等，均属钾质碱性岩。另在普洱县北尚有喜马拉雅期的玄武岩，卫星数字图像还解译出一些环形构造，很可能反映有其他隐伏岩体的存在。

从已有资料看，中生代区域岩浆活动与兰坪盆地内的铜多金属等矿床似乎没有直接的成因联系。

## 第五节 区域地球化学背景

兰坪盆地中、新生界成矿元素背景含量 Cu 为  $14 \times 10^{-6}$ 、Pb  $31 \times 10^{-6}$ 、Zn  $56 \times 10^{-6}$ ，Ag  $0.1 \times 10^{-6}$ 、Co  $7 \times 10^{-6}$ ，滇西地壳丰度是 Cu  $24 \times 10^{-6}$ 、Pb  $33 \times 10^{-6}$ 、Zn  $72 \times 10^{-6}$ 、Ag  $0.01 \times 10^{-6}$ 、Co  $8 \times 10^{-6}$ ，除银表现为富集外，铜、铅、锌、钴均属贫化元素（薛春纪，2000）。我们对兰坪盆地中生代不同地层剖面共 96 件样品进行了系统的 ICP - MS 分析，主要成矿元素的平均含量是 Cu  $25.48 \times 10^{-6}$ ，接近或稍高于滇西地壳丰度；Co  $9.92 \times 10^{-6}$ ，高于上述滇西地壳值；而 Pb  $23.86 \times 10^{-6}$ 、Zn  $59.89 \times 10^{-6}$ ，分别都低于滇西地