

浅变质碎屑岩韧性剪切变形 与金矿成矿动力学

——以江西大背坞金矿区为例

陈柏林 董法先 刘建民 沈庭远 王平安 著



原子能出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

浅变质碎屑岩韧性剪切变形与金矿成矿动力学/陈柏林等著.

—北京: 原子能出版社, 2005.10

ISBN 7-5022-3529-9

I. 浅... II. 陈... III. ①浅变质岩: 碎屑岩—变形—研究②金矿床—成矿作用—动力学 IV. P.618.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 124424 号

内 容 简 介

韧性剪切带是指呈带状展布的发育在地壳一定深度的高度塑性流变剪切应变带, 它包含韧性状态、剪切变形、带状展布三层含义。本书在前人工作基础上, 以丰富的第一手资料, 充分阐述了大背坞金矿区及其外围浅变质碎屑岩中韧性剪切带的鉴别标志、变形特征、变形机制、变形物化条件和变形变质作用特点, 并以大背坞金矿床为例, 分析韧性剪切带及其演化过程中形成的含脉挤压带的成矿控矿作用, 探讨了矿床成因, 指出金矿的形成受燕山期花岗岩质浆侵位活动、韧性剪切带构造生成演化及地层含金性三大因素控制, 成因类型属构造-中偏高温热液矿床, 成矿时代为燕山期, 最后对该区区域成矿规律和找矿远景进行了分析。

本书观点鲜明, 理论基础扎实, 论点有据, 实际资料丰富, 章节合理, 文笔通顺, 重点突出, 特别是对浅变质碎屑岩中韧性剪切带的鉴别标志、基本特征及其成矿控矿作用的论述, 开拓了构造地质学研究新领域, 代表了现代构造地质学及其成矿控矿作用研究前缘。本书可供广大构造地质学、矿床学、矿田构造学等方面的同行、大专院校老师、研究生和野外地质勘察人员阅读参考。

浅变质碎屑岩韧性剪切变形与金矿成矿动力学——以江西大背坞金矿区为例

出版发行 原子能出版社 (北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

责任编辑 王裕新

印 刷 永清县金鑫印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

字 数 256 千字

印 张 10.0 印张

版 次 2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月第一次印刷

书 号 ISBN 7-5022-3529-9

经 销 全国新华书店

印 数 1—600 定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究



作者简介

陈柏林, 博士, 1962年出生, 1983年毕业于北京大学地质学系, 1986年获硕士学位, 现为中国地质科学院地质力学研究所研究员, 多年来从事区域构造、矿田构造、显微构造和成矿预测研究, 已经在国内外重要刊物上发表“韧性剪切带型金矿床成矿模式”、阿尔金北缘地区韧性剪切带型金矿床构造控矿解析、《Mineralization and Ore—control ling of the Low Angle Fault》和《Analysis of Ore—controlling Structure in Qifengcha—Detiangou Gold Deposit, Huairou, Beijing》等科研论文50多篇, 出版《脉状铅锌矿床控矿构造解析》、《北山南带韧性剪切带与金矿成矿动力学》等专著八部

前 言

韧性剪切带和韧性剪切带型金矿床研究已有 20 多年历史,前人主要研究的是发育于长英质和花岗质岩石中的韧性剪切带,而对浅变质碎屑岩中的韧性剪切带所开展的研究比较少;同时,对韧性剪切带型金矿床的研究虽然在成矿大地构造背景、含矿流体运移机制、含矿流体的构造成因、金元素沉淀的构造部位及韧性剪切带型金矿床成矿模式等方面取得了重大进展,但除了空间上控制金矿床、金矿体分布的认识比较一致外,对韧性剪切带的构造变形在金矿床成矿作用贡献方面存在比较大的争议,而且也一直成为近年来地球科学研究的热点。

对浅变质碎屑岩中的韧性剪切带,建立其鉴别标志和判断标准,查明其不同于花岗质岩石中韧性剪切带的变形特征,探索这种细颗粒岩石中韧性剪切带的变形机制、变形物化条件和变形变质作用特点无疑是韧性剪切带研究领域的重要基础问题。对韧性剪切带型金矿床而言,韧性剪切带的控矿机理或控矿机制,包括韧性变形引发的物质组分的变化和这种物质组分变化与成矿流体形成的关系(即是否存在构造动力变质热液的问题)、金元素在韧性剪切带不同部位的变化(即金元素丰度变化与韧性变形强度的关系)、蚀变糜棱岩型金矿的矿化与变形时序关系、建立一个时空相统一的韧性剪切带型金矿成矿模式等都是最关键的理论问题。

大背坞地区所处大地构造部位属于扬子地台之东段,新华夏系第二巨型隆起带东支——武夷山带的北段西缘与秦岭纬向构造带南侧外缘次级构造的复合交汇部位,中-晚元古代,本区属于扬子海槽区。在中元古界双桥山群浅变质碎屑岩中发育韧性剪切带,总体呈北东东向延伸,西起打锤义,经大背坞、小背坞、施家集、猫儿颈、赖家、李家村,至金竹山(小源)一带,北东长 16km,北西宽 0.5~2.0 km。20 世纪 80 年代末以来,在大背坞地区金矿的找矿工作取得了突破,发现了大背坞金矿床和众多金矿点。所以,选择大背坞地区开展浅变质碎屑岩中韧性剪切带及其与金矿成矿关系为主题的研究工作,对查清该地区浅变质碎屑岩中韧性剪切带的变形特征及其对金矿床的成矿控矿作用,查明大背坞金矿床的成矿时代和矿床成因对于该区金矿的进一步勘察找矿具有重要的指导意义。

本书是原地质矿产部定向研究项目《江西省浮梁县大背坞地区控矿构造与找矿研究》(编号地科定 93-09)的研究成果,该项目由中国地质科学院地质力学研究所负责,江西地矿局 916 地质队合作完成,项目通过了原地质矿产部科学技术司组织的鉴定验收。同时,本书也融合了作者多年来在构造控矿、构造成岩成矿及韧性剪切带与金矿成矿关系方面的研究成果。

本书以大背坞金矿区为例,在前人工作基础上,通过详细野外实地调查与观测,有选择地进行重点解剖和室内测试,在对“斑点构造”进行详细研究和分类后,确定浅变质碎屑岩中韧性剪切带的鉴别标志和判断标准,厘定韧性剪切带的宏观展布,查明其变形特征,建立了细颗粒岩石中韧性剪切带的糜棱岩分类方案并进行糜棱岩分类,探索其变形机制、变形物化条件和变形变质作用特点。同时,以大背坞金矿床为例,对韧性剪切带宏观控矿作用、含脉挤压带形变相变对矿化影响以及成矿地球化学、流体包裹体和成矿物化条件、稳定同位素等进行研究,查明了矿床成因和成矿时代,探索了韧性剪切带形成演化与成矿物质活化、调整和重新分配的关系以及韧性剪切变形、岩浆活动和地层含金性三位一体控矿机制。

本书取得的主要成果及认识如下:

1. 厘定出区域上 NE、近 EW、NEE、NNE 向四组构造的复合构成区内主体构造格局;用

平衡剖面法对褶皱构造变形缩短量进行估算,区内褶皱变形总体缩短率为71.62%。同时,在对区内不同层次构造厘定的基础上进行了构造运动学、动力学及应力场分析。

2. 对区内浅变质细碎屑岩中的“斑点构造”进行了详细研究,将“斑点”区分为“同生碎屑”和“同构造变斑晶”和“热变质变斑晶”。进而阐述了不同“斑点”在不同构造条件下变形特征和形变机制。

3. 建立了发育在浅变质细碎屑岩中韧性剪切带的识别标志和判断标准,确立了这种细颗粒岩石中韧性剪切带的糜棱岩分类方案并进行糜棱岩分类,从定性和定量两个方面对韧性剪切变形带进行重新厘定,认为韧性剪切变形主要为剖面上的剪切,平均剪应变为1.30,最大剪切位移0.6~0.8km,平均压缩率41.03%,变形带压缩量140~350m,岩石变形以粒间滑移为主,韧性剪切变形带成生于印支-燕山早期,历经左行逆冲、稳定挤压和右行正断三个演化阶段,是属于地壳较浅层次和较低温低压条件下的一种韧性剪切变形,变形深度5~8km,变形温度250~350℃,变形压力0.12~0.20GPa,变形过程伴有明显进变质作用。

4. 确认NE向主干断裂是主要控矿构造,其分支NEE向挤压破碎带则为主要含矿(或赋矿)构造,韧性剪切变形在主成矿期前,对成矿元素有一定的调整和重新分配作用;同时对区内不同期次石英脉以及它们与成矿的关系进行了划分与研究,认为第三、五期石英脉,特别是第三期石英脉与成矿关系最为密切。

5. 阐明了含矿构造形变相变特征对矿化富集、空间分布的控制规律,指出大背坞-洋乐桥含矿构造带对矿化的控制强于猫儿颈-李家村含矿构造带,其中的每条含矿构造带的SW段对金矿化的控制又好于NE段,矿体具有平面上右列式和剖面上后列式的组合规律。指出大背坞地区影响矿化富集定位的主要构造因素有:含矿构造形变差异、产状变化、构造叠加、构造的演化、石英脉发育与形变、构造连续性等。

6. 对在区内金矿的成因和成矿物化条件进行详细研究,提出本区金矿的形成受燕山期花岗质岩浆侵位活动、构造成生演化及地层含金性三大因素控制,成因类型属于构造-中偏高温热液矿床,成矿物质主要来自地层,成矿时代为燕山期,成矿年龄为118Ma;同时查明金的主要赋存状态为自然金,黄铁矿、毒砂和石英为主要载金矿物,裂隙金为主要嵌布形式。

7. 提出大背坞-湾里和猫儿颈-汪家二个找矿远景区,并认为大背坞金矿床纵向与深部有着良好的找矿前景。

本书是参加研究工作同志的集体成果。撰写本书的分工情况是第一、三、四章陈柏林,第二章刘建民、陈柏林,第五、六章及前言、结束语董法先,第七章刘建民、王平安,第八章沈廷远、董法先、刘建民;全书由董法先、陈柏林负责定稿;朱永余参加了部分野外工作;陈柏林完成全部图件的计算机清绘。

项目研究过程中,始终得到原地质矿产部直管局地矿处、科技处、江西省地矿局及科技处、916地质队总工办等有关领导的大力支持;特别是杨明桂总工、刘少昌总工、汤树清和余志庆处长在业务上的具体指导,使项目顺利完成,作者深表谢意。同时感谢原地质矿产部直管局、地质力学所等各级领导和老专家的关怀和指导。对于地质力学所X光实验室、地应力测试实验室、显微构造实验室、地大(北京)电子探针室、国家地质测试中心、中国地质科学院矿床地质研究所、核工业北京地质研究院等在样品的制备、测试分析上给予的支持,借此一并表示感谢。

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 研究历史与研究进展	1
第二节 选题日的意义和主要研究内容	3
第三节 研究思路与研究方法	5
第四节 研究区范围	6
第二章 区域成矿地质构造背景	7
第一节 大地构造及其成矿背景	7
第二节 区域地层及变质岩	10
第三节 岩浆岩	14
第四节 地层岩石含金性及区域物化场	15
第三章 大背坞-赖家地区构造特征	19
第一节 岩石斑点状构造	19
第二节 大背坞-赖家地区褶皱-变质变形构造	26
第三节 韧性剪切变形构造	33
第四节 脆性断裂构造	41
第五节 区域构造体系归属及其演化	45
第四章 大背坞金矿区构造特征	47
第一节 矿区地层岩石概述	47
第二节 韧性剪切带	49
第三节 脆性构造	65
第四节 矿区石英脉特征	71
第五节 构造应力场分析	76
第五章 控矿构造及其对金矿化的控制	81
第一节 大背坞-赖家地区控矿构造的厘定	81
第二节 矿区含金构造厘定	88
第三节 含金构造形变相变特征	90
第四节 含金构造对金矿的控制	95

第六章 大背坞金矿床矿化蚀变及矿石特征	101
第一节 矿化蚀变特征	101
第二节 矿石的矿物组合与矿物生成顺序	103
第三节 金的赋存状态与金矿物特征	106
第七章 大背坞金矿床成因探讨	108
第一节 矿床成矿时代的确定	108
第二节 成矿物质来源分析	109
第三节 流体包裹体特征及所反映的矿床成因意义	112
第四节 从构造地球化学特征看构造与成矿的关系	119
第五节 矿床成因及成矿模式	122
第八章 大背坞-赖家地区金矿找矿远景分析	124
第一节 成矿规律与找矿标志	124
第二节 大背坞矿区纵深找矿分析	127
第三节 大背坞-赖家地区找矿远景分析	133
结束语	136
参考文献	137
图版及其说明	141

第一章 绪 论

第一节 研究历史与研究进展

1.1.1 韧性剪切带研究简史与进展

Sibson (1977) 最早提出断层岩的概念, 并将断层岩依据变形特征划分为韧性剪切变形为主的糜棱岩系列和脆性破碎为主的碎裂岩系列, 赋予糜棱岩新的涵义, 并建立了断层自地表至地壳深处的双层结构模式。随后, Ramsay (1980) 发表了韧性剪切带的经典论著, 对韧性剪切带的几何学进行了系统阐述, 由此开始, 对韧性剪切带的变形运动学、变形动力学和变形机制 (McCormick, 1977; Hohlstead et al, 1980; Lister et al, 1984a, 1984b; Knipe, 1989; Ramsay et al, 1987; Sibson, 1977; Twiss, 1977, 1986; Simpson et al, 1983; Dury et al, 1988)、岩石变形与矿物变化和化学成分变化 (Beach, 1980; Borges, 1980; Brodie, 1980; 王小凤, 1989; 董法先等, 1993b; 陈柏林等, 1999a) 等方面开展了比较深入的研究工作, 并取得重要进展, 同时也开展了相关的实验研究, 再现了构造变形过程中岩石和矿物结构构造和矿物成分的变化 (Mitra, 1986; 岳石等, 1990, 1991; 周济元等, 1991; 陈柏林等, 1998a, Dong Faxian et al, 1999)。另一方面, 自 20 世纪 80 年代后期以来, 对韧性剪切带的研究出现了两个趋势, 其一是从单纯研究韧性剪切带向运用韧性剪切带理论方法和运动学-动力学特点研究其它典型构造式样 (如推覆构造、变质核杂岩等) (Davis et al, 1988; Lister et al, 1989; 戴维斯, 1994; 傅昭仁等, 1992; 郑亚东等, 1994; Tikoof et al, 1997); 其二是从韧性剪切带的构造变形引起的化学变化的角度研究韧性剪切带与成矿作用的关系, 特别是与金矿成矿作用的关系, 并探讨了韧性剪切带型金矿床的成矿机制和控矿因素。

1.1.2 韧性剪切带型金矿床研究简史与进展

Boyle (1979) 最早提出的与韧性剪切带有关的金矿床, 是以赋矿围岩类型作为分类依据的一种金矿床类型。早期的研究一方面大多侧重于区域性大型韧性剪切带与金矿床分布的关系, 如 Boyle (1979) 描述的加拿大西北的耶洛奈夫 (Yellowknife) 地区, 在沿剪切带长数十公里的范围, 发育克里斯托拉姆、吉安特、包湖、科恩、斯托克湖、汉德尔湖、尼克斯-雷康、坎贝尔八个大中型金矿床。随后, 对与韧性剪切带有关的蚀变糜棱岩型和构造蚀变岩型金矿床开展了比较详细的研究, 之后的研究又发现一部分石英脉型金矿床也与韧性剪切带密切相关, 但是 20 世纪 80 年代末之前的研究所侧重的主要是韧性剪切带与金矿床金矿脉的空间关系, 其中最具有代表性的是 Roberts (1987) 依据里德尔 (Riedel) 剪破裂理论建立的含矿裂隙系统。R 型——低角度里德尔剪切裂隙 (与剪切带边界成 15° 夹角); R' 型——高角度里德尔剪切裂隙 (与剪切带边界成 75° 夹角); P 型——逆向剪切裂隙或压力剪切裂隙 (与剪切带边界成 $5^\circ \sim 10^\circ$ 夹角); D 型——主剪切裂隙 (与剪切带边界平行); T 型——沿应变椭圆 YZ 面形成的张裂隙 (与 S 轴垂直)。上世纪 80 年代后期至 90 年代初, 对韧性剪切带的控矿机制开展了比较深入的研究, 以 Bonnemaison (1990) 的三阶段成矿模式和 Sibson (1988, 1990) 和 Boullier (1992) 的断层阀模式为代表。

Bonnemaison (1990) 将韧性剪切带的变形划分为三个阶段, 且对应发育三个阶段金矿化:

早期 首先形成狭义的剪切带, 并由此形成一种以糜棱岩为特征的构造, 后来, 这种构造就起着一种热液流体通道的作用。在变形和热液循环的共同作用下, 该构造带中的岩石经历了由岩石初始成分所决定的矿物转换, 这种现象向构造的核部(即实际上的硅化和硫化物矿物发育场所)强度逐渐增强。金元素在磁黄铁矿的晶格中就位(最高可以达到 30ppm), 呈浸染状遍布于整个构造带中。之后核部的金失去稳定性向黄铁矿-白铁矿转移, 且游离的金被圈闭在局部富含铁的硫化物—黄铁矿、毒砂(金最高可达 1.6wt%)以及辉铁锑矿中。早期阶段的金为不可见金。

中期 剪切带可能产生开放空间, 使透镜状、脉状的乳白色石英脉就位。当这些石英脉又继续受到构造活动挤压时, 在碎裂作用下形成砂糖状石英, 并对金起着一种“贮集器”的作用。这就是通常所指的含金石英脉, 并出现由早期阶段含金硫化物失稳而形成的可见自然金, 这种金一般非常细小(几微米), 且相对贫银。

晚期 处在脆性域内, 可能在早期或中期阶段的构造带内发育, 它相当于开放阶段, 在此阶段形成石英网状脉或者石英-碳酸盐网状脉, 同时引起早期阶段所产生的金原地活化, 出现数毫米大小的块金并常常富含银(银金矿)。Bonnemaison 模式的基本思路是从时间演化角度探讨金矿化的演化, 最重要的是强调韧性变形形成的动态重结晶细粒状石英(也称砂糖状石英)对金元素的富集起到了储集器的作用。

Sibson (1988, 1990) 提出并经 Boullier (1992) 进一步补充完善的断层阀模式, 将构造变形过程与成矿作用过程有机地结合起来, 比较系统地阐述了韧脆性转换带中背景微地震的发生与成矿流体压力周期性变化规律、成矿流体的运移机制、成矿物质的析出结晶机制等, 并认为矿脉结晶与韧性变形是交替发生的, 脉状金矿床最大形成深度可以达到 10 km 左右。而 Kerrich (1988, 1989) 和杨敏之等 (1996) 更强调绿岩带或花岗-绿岩地体的形成演化过程中形成的韧性剪切带与金矿床的关系。

上世纪 90 年代中期以来, 对韧性剪切带型金矿床的研究则更注重综合时空演化特点和成矿机制。Goldfarb (1997) 则强调变质岩中的韧性剪切带与金矿床形成的关系; 王玉明 (1998) 提出石英压电性假说, 认为韧性剪切过程中石英普遍产生压电效应, 使石英颗粒一侧表面及其附近出现局部负电荷集中的强还原环境, 并在相邻石英颗粒之间诱生电子发射从而能有效地促使热液中金络合物的还原分解, 释放出的金将就近附着在石英颗粒间和颗粒表面上; 陈柏林 (1999b, 2000a) 从韧性剪切带时空演化角度建立的韧性剪切带金矿成矿模式; 近年来, 一些学者从全球构造演化与韧性剪切带形成演化条件及其与金矿床的关系出发, 将韧性剪切带型金矿床划归到造山带型金矿床的大类之中 (Kerrich et al, 2000)。

韧性剪切带形成演化与金成矿的关系的主要研究成果可以概括为以下几个方面 (陈柏林等, 2003): (1) 金元素沉淀的构造部位; (2) 含金成矿流体的构造成因问题; (3) 成矿流体的运移机制; (4) 形成的大地构造环境; (5) 时空相统一的韧性剪切带型金矿床成矿模式的主要思想。

1.1.3 大背坞及外围地区地质构造与成矿研究历史与进展

在基础地质研究方面, 系统地厘定了区域地层、岩石和地质构造格架。建立了中元古界双桥山群, 确定其变质程度、变质相系、原岩和变质时代; 划分了震旦系、下古生界寒武系和奥陶系、上古生界石炭系和二叠系及中生界; 确定岩浆岩的主要类型、岩性特点和侵位的构造环境 (安徽地质矿产局 332 地质队, 1971; 江西省地质矿产局, 1984; 吴国安

等, 1985; 索书田, 1988; 马长信等 1991; 江西 916 地质队, 1993a)。

运用板块构造、地质力学和多旋回理论进行大地构造单元划分和区域构造分区, 确定地壳结构类型和岩石组合, 建立了区域大地构造演化序列; 研究了大背坞及外围地区的基本构造格局, 同时对该区发育于浅变质碎屑岩中的区域韧性剪切带构造进行了初步研究, 认为本区韧性剪切带构造主要形成于晋宁期 (江西省地质矿产局, 1984; 吴国安等, 1985; 索书田, 1988; 李德威等, 1991; 江西 916 地质队, 1993b)。

重塑了大背坞及外围地区区域构造演化历史, 认为本区经历了中元古代的扬子地块基底沉积、中元古代末晋宁运动的扬子地块的基底固结褶皱、震旦纪至早三迭世的扬子地块盖层发育、印支运动的扬子地块向华北地块俯冲碰撞拼合和燕山期及其以来的挤压和整体抬升剥蚀的主要演化阶段, 最终形成目前的构造格局 (江西省地质矿产局, 1984)。

在区域矿产地质勘查与研究方面, 对区域上的各类矿床进行了比较系统的调查和研究, 可以将区内成矿作用及矿床可概括为三类: 一类是与中生代斑岩有关的斑岩型铜矿床, 以德兴特大型斑岩型铜矿为代表; 二是与中元古界浅变质碎屑岩中的韧性剪切带有关的金矿床, 以金山金矿床、大背坞金矿床为代表; 第三类是与上古生界有关沉积型矿床 (安徽地质矿产局 332 地质队, 1971; 江西省地质矿产局, 1984; 江西 916 地质队, 1993b; 华仁民等 1993; 孙承铨等, 1994; 张得会等, 1994)。

在大背坞及外围地区金矿勘查研究方面, 以找金为目的, 江西省地矿局 916 地质队 (1988, 1992, 1993a, 1993b) 先后在该地区做了大量的地质找矿与勘查工作, 其中在进行《彭山-鹅湖一带金汞重砂异常矿物学数学地质分析与金矿预测》课题研究中, 于 1987 年发现了大背坞金矿, 同年展开 1/5 万鹅湖幅和峙滩幅区域地质调查和《江西省景德镇大背坞-瑶里一带金成矿条件研究及靶区优选》专题研究, 对大背坞地区找矿远景及靶区优选作出了分析, 同时指出大背坞金矿属变质热液型成因, 主成矿期为晚元古代 (700Ma 左右); 在同一时期有色冶勘四队也在赖家一带进行了一定的地质工作。

上述前人的地质矿产调查与研究成果无疑是开展本项研究的重要基础。

第二节 选题目的意义和主要研究内容

1.2.1 选题目的和意义

尽管 20 多年来对韧性剪切带及韧性剪切带型金矿床的研究取得了重要进展, 但是还存在许多值得进一步研究和探讨的问题。目前研究比较多的是发育在深变质岩中或者花岗质岩石中的韧性剪切带研究和韧性剪切带型金矿床, 对于发育于浅变质岩中的韧性剪切带及韧性剪切带型金矿床所开展的研究甚少, 对于不同岩石类型在韧性剪切变形过程中的韧性表现、发生韧性变形难易程度以及岩石中矿物的粒度对变形物化条件影响等方面的研究和探讨也为数不多 (Ramsay et al, 1987; 刘援朝, 1999, 陈柏林等, 1998, 1999)。

在韧性剪切带型金矿床的成矿控矿机制方面也存在很大的争议。例如, 在蚀变糜棱岩型金矿床的研究中, 对糜棱岩的构造变形与 Au 元素丰度的关系最为重视, 研究也比较广泛和深入 (杨开渠, 1990; 许顺山等, 1997; 姜喜荣等, 1995; 周崇智等, 1988; 孙胜龙, 1990; 吕古贤等, 1993, 邵世才, 1994, 1996; 陈柏林等, 1998b), 但是对于构造变形与金矿成矿的关系的认识却有明显差异, 一些学者认为韧性剪切变形越强、构造差应力越大,

Au 元素丰度越高 (Colvine et al, 1988; 李培铮等, 1989; 王鹤年等, 1992; 刘劲鸿, 1991; 杨开渠, 1990; 许顺山等, 1997; 姜喜荣等, 1995; 周崇智等, 1988; 孙胜龙, 1990; 吕古贤等, 1993; 张连吕等, 1997); 而另一些学者则认为韧性剪切作用本身导致成矿的可能性不大, 在强烈韧性变形的条件下, Au 元素内能升高, 是不稳定的, 因而不会富集成矿, 并且是岩石变形越强, Au 元素含量越低, 甚至否定韧性变形期间发生工业矿化 (刘连登等, 1991; 邵世才, 1994, 1996)。对于与韧性剪切带型有关的脉状金矿床的成矿深度的估算, 传统方法是由成矿流体包裹体压力除以静岩压力梯度 (李荫清等, 1988), 得出的成矿深度通常为 3~6km; 而吕古贤 (1993, 1995) 提出构造变形过程中构造差应力产生附加静水压力, 认为压扭性构造带中实际成矿深度比由包裹体压力并按静岩压力梯度推算的成矿深度要小得多, 并计算出胶东玲珑-焦家一带金矿床成矿深度是 0.7~2.3 km (玲珑 0.7~1.9 km, 焦家 1.6~2.3 km)。

然而, 与韧性剪切带有关的脉状金矿床研究显示, 含金石英脉中的石英往往具有明显的韧性变形 (Sibson, 1988, 1990; Boullier, 1992; 董法先等, 1993a, 1995; 李中坚等, 1997), 这种韧性变形一般应发育在超过 10~15 km 的深度, 尽管在高热流值地区和有流体的参与可以使发生韧性变形的深度浅许多 (宋鸿林等, 1998), 但也至少在 8~10km 左右, 而矿物包裹体压力测定结果并用静岩压力梯度推算石英形成深度较浅, 一般相当于 3~6km 或更浅, 这是非常矛盾的。在区域性成矿环境研究中, 为什么大型韧性剪切带不含矿, 含矿的人多是大型韧性剪切带中的很小一部分 (邵世才, 1994, 1996)。

从上述可以看出, 对韧性剪切带和韧性剪切带型金矿床的研究虽然进展非常大, 但是也存在不少问题和局限, 而且有些问题往往涉及到不同岩石类型中韧性剪切变形的鉴别标准、判断标志以及韧性剪切带成矿控矿作用的机制等关键问题, 所以选择以大背坞地区为例, 对浅变质韧性剪切带构造变形特征及其与金矿成矿的关系进行研究, 探索上述关键问题, 具有重要的理论意义。

大背坞地区区域上韧性剪切带比较发育 (李德威等, 1991; 索书田, 1988; 江西 916 地质队, 1988, 1993b), 且都发育于浅变质碎屑岩中。在大背坞南东 70km 发育花亭—金山—寺前带, 该带有著名的与韧性剪切带有关的大型金山金矿床及众多小型金矿床; 其次是大背坞地区韧性剪切带, 目前已经发现有人背坞金矿床; 同时区域上还发育其他多条规模比较小的发育于浅变质碎屑岩中的韧性剪切带。上世纪 80 年代末以来, 该区区域上金矿床的找矿工作也取得了突破, 在发现并勘查了与韧性剪切带有关的金山大型金矿床的基础上, 在相距 70km 的另一条韧性剪切带内发现了大背坞金矿床。

但是, 前人的工作一方面基于地质矿产普查, 科研相对薄弱; 另一方面所开展的研究工作侧重于矿床的物质组分, 对于大背坞金矿床与浅变质碎屑岩中的韧性剪切带的关系、金矿床的成因与成矿时代都未开展系统的研究。

所以在江西大背坞地区, 开展以研究浅变质碎屑岩中韧性剪切带构造及其与金矿成矿关系为主题的研究工作, 查清该地区韧性剪切带的变形特征及其对金矿床的成矿控矿作用, 对于金矿床的进一步勘察找矿也具有重要的指导意义。

1.2.2 拟解决的科学问题和研究内容

依据韧性剪切带及韧性剪切带型金矿床国内外研究现状、存在的问题、不足与争议之处, 结合大背坞地区构造与成矿作用关系的研究程度, 确定本研究拟解决的关键科学问题

是：在前人工作基础上，通过详细的野外地质调查和室内研究，建立浅变质碎屑岩韧性剪切带的鉴别标志和判断标准，查明从区域到矿区不同尺度韧性剪切带的变形特征，结合典型金矿床的系统研究，探索韧性剪切带的成矿控矿机制，建立韧性剪切带金矿成矿模式，并对人背坞地区与韧性剪切带有关的金矿床的找矿远景进行分析，提出找矿远景区。

在前人地质工作的基础上，拟定的主要研究内容如下。

1. 区域韧性剪切带研究方面

- (1) 建立浅变质碎屑岩韧性剪切带的鉴别标志和判断标准；
- (2) 查明区域浅变质碎屑岩韧性剪切带的展布与延伸；
- (3) 研究区域浅变质碎屑岩韧性剪切带的变形特征；
- (4) 建立浅变质碎屑岩韧性变形糜棱岩系列岩石的划分标准和基本特征；
- (5) 探讨与花岗质岩石中韧性剪切带的异同特点和变形物化条件。

2. 在韧性剪切带对金矿化的构造控矿解析方面

- (1) 区域和矿区含金韧性剪切构造带划分；
- (2) 主要含金构造带发育特征及其演化对金矿的控制作用；
- (3) 主要含金构造带岩石、矿物形变相变与矿化富集关系；
- (4) 不同含金构造带和含金石英脉的对比研究以及金矿富集规律研究；
- (5) 含金构造形成机理的动力学和运动学分析；
- (6) 主要含金构造带的构造地球化学研究。

3. 在金矿床成因和找矿前景分析方面

- (1) 金矿床成矿时代与矿床成因研究；
- (2) 找矿前景分析和靶区优选。

第三节 研究思路与研究方法

根据本研究拟解决的科学问题和主要研究内容，主要研究思路有下述几点。

在前人对韧性剪切带型金矿床和本区研究工作的基础上，突出前人在浅变质碎屑岩中的韧性剪切带研究非常薄弱的客观事实，重点建立浅变质碎屑岩韧性剪切带的鉴别标志和判断标准，查明从区域到矿区不同尺度韧性剪切带的变形特征，剖析本区韧性剪切带构造控矿作用、韧性剪切带构造演化与金矿化类型演化的关系，结合金矿床地质特征研究，查明矿床成因和成矿时代，建立金矿床成矿模式，并对本区金矿床找矿远景进行科学分析，提出找矿远景区。

研究工作始终遵循解放思想，实事求是，充分利用先期成果，又不拘泥于固有认识的指导思想，以当代先进构造地质学理论为指导，结合矿床学、矿田构造学、矿床地球化学、同位素地质学等学科专业知识开展综合研究，并在研究过程中贯彻以下准则。

(1) 注重野外地质调查，采取主要构造带的剖面穿插研究和重点地区研究相结合；浅变质碎屑岩中的韧性剪切带调查鉴定与典型金矿床解剖相结合；

(2) 研究工作中运用构造地球化学理论方法，始终将构造变形与成矿物质调整变化的关系作为研究重点，坚持建造与改造、形变与相变相结合的研究方法；

(3) 传统技术方法与当代先进测试技术相结合，测试技术的选择又以拟解决的科学问

题为依据:

(4) 考虑到研究经费有限,一般的岩石矿物地球化学测试比较少,解决韧性剪切带成矿机制、构造变形与金元素变化关系以及与金矿床成因与成矿时代有关的测试工作比较多。使样品的测试分析更具有针对性。

具体研究方法是 在收集前人研究成果的基础上,开展野外实地观测研究,有选择地进行重点解剖和室内测试分析,研究韧性剪切带形成及其演化与成矿物质的聚散的关系,加强金矿床成因与成矿时代的研究与测试,在研究中还注重引进新理论、新技术、新方法,拓宽思路,使各项研究更具有针对性,取得尽可能贴近地质实际的资料、数据和认识。

第四节 研究区范围

研究区位于江西省东北的景德镇市浮梁县,北邻皖南地区,处大地构造部位属于扬子地台之东段,新华夏系第二巨型隆起带的东支—武夷山带的北段西缘与秦岭纬向构造带南侧外缘次级构造的复合交汇部位。研究区呈北东向延伸,北东长 15km,北西向宽 6km,研究区范围为东经 $117^{\circ}19.5' \sim 117^{\circ}28.5'$,北纬 $29^{\circ}24.5' \sim 29^{\circ}36'$,面积约 90 km^2 (图 1-1)。

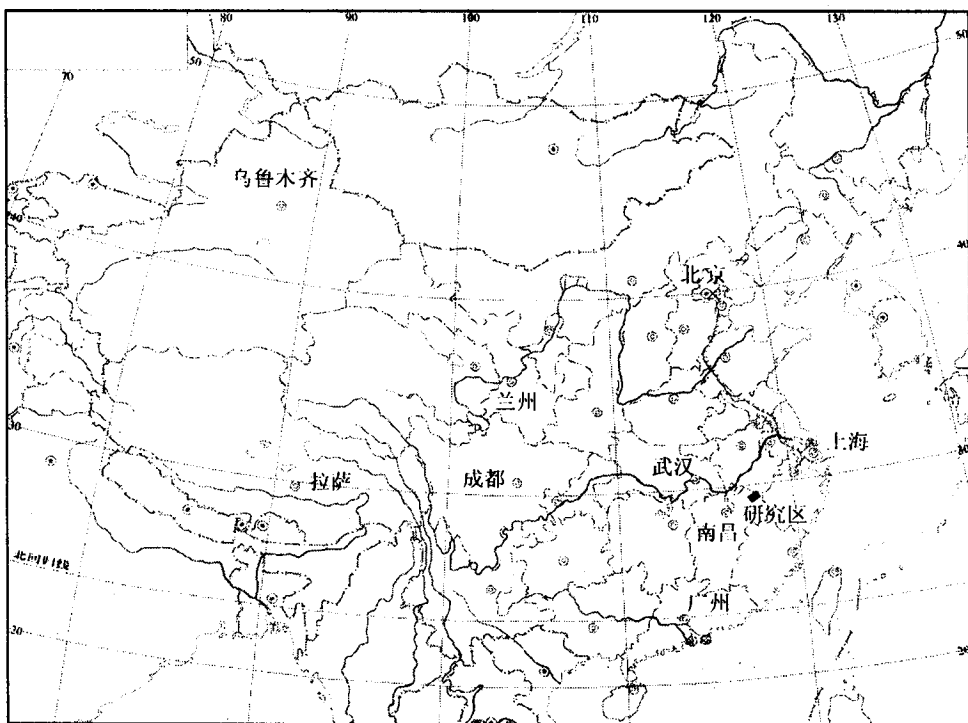


图 1-1 研究区位置图 (据 1989 年中国地图出版社出版的中国地理底图编制)

第二章 区域成矿地质构造背景

第一节 大地构造及其成矿背景

2.1.1 大地构造背景

大背坞金矿位于赣东北景德镇市浮梁县境内，明清年间曾有过采金历史，留下了许多古采洞。

该区所处大地构造部位属于扬子地台之东段，新华夏系第二巨型隆起带的东支——武夷山带的北段西缘与秦岭纬向构造带南侧外缘次级构造的复合交汇部位。在中、晚元古代，本区属于扬子海槽区(江西地矿局，1984)。

在区域构造分区上，本区属于二级构造分区戈阳-玉山台陷区(II₂)内的九岭-高台山台拱(III₄)与萍乡-乐平台陷区(III₅)两个三级构造分区东段的交界部位(图2-1)。

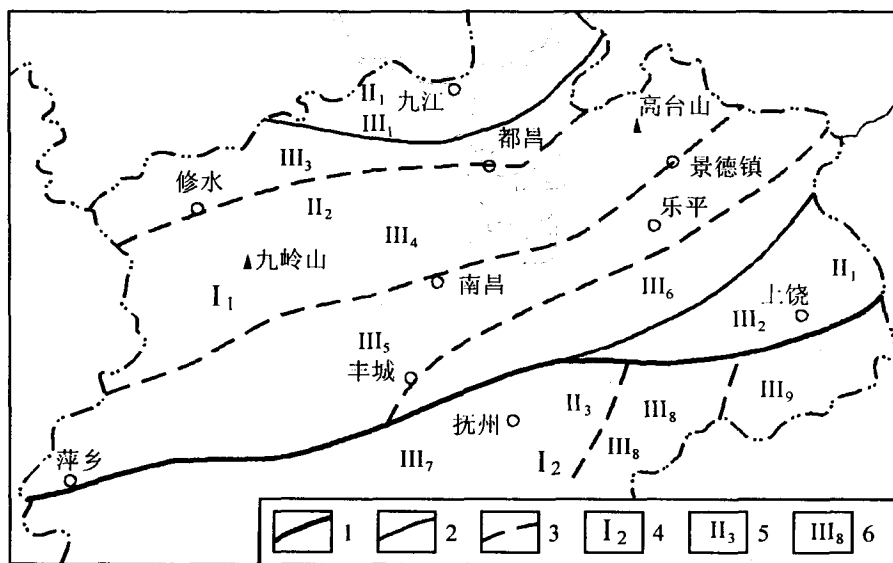


图 2-1 赣北地区构造分区略图

1—一级构造分区界线；2—二级构造分区界线；3—三级构造分区界线；4—一级构造区及编号；
5—二级构造区及编号；6—三级构造区及编号

区内褶皱、断裂构造均很发育。褶皱构造表现为近东西向复背斜。障公山复背斜最为典型，它代表了形成较早的纬向构造。断裂构造则表现为平行密集成带的特征，本区属于宜丰-景德镇-屯溪深断裂带的中偏东段地区，断裂均呈北东至北东东向(40°~60°为主)展布。主要断裂构造自北西向南东依次为：①潘村-经公桥断裂带；②蛟潭-贵溪断裂带；③景德镇-瑶里-江村断裂带；④塔前-赋春-平坦断裂带；⑤乐平-思口断裂带，其中③、④为区内主干断裂(图2-2)。

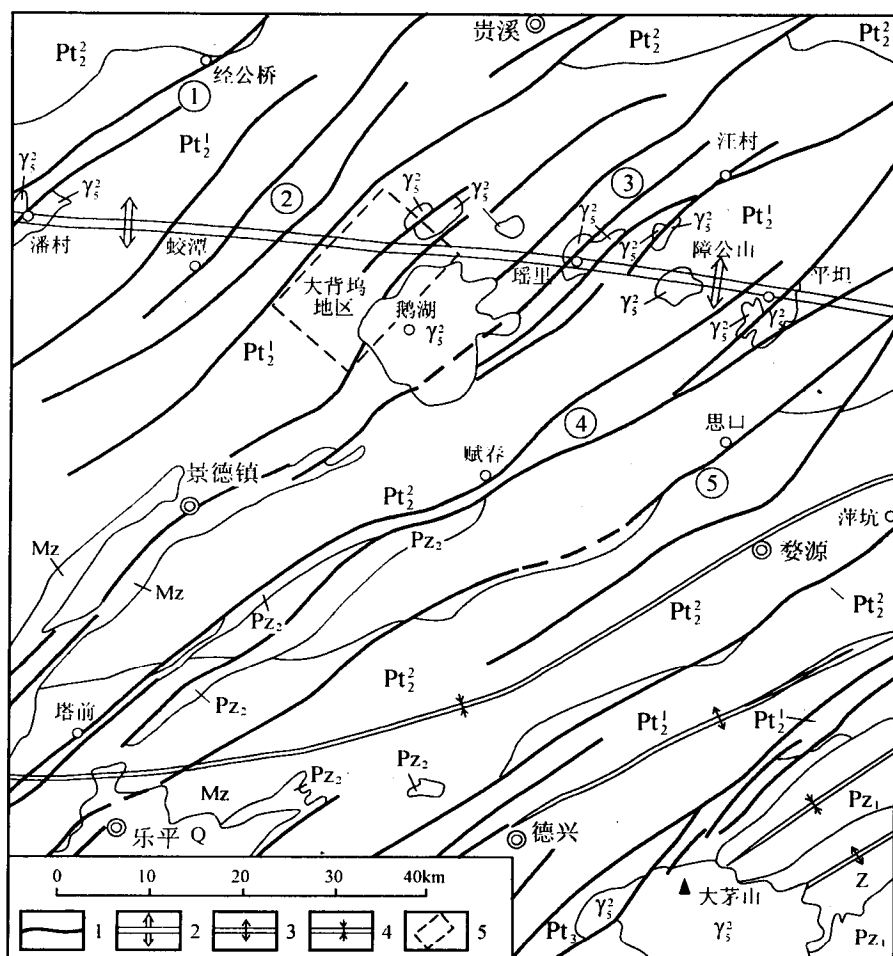


图 2-2 赣东北地区构造纲要图

Q—第四系；Mz—中生界；Pz₂—上古生界；Pz₁—下古生界；Z—震旦系；Pt₃—新元古界；Pt₂²—中元古界上部；Pt₂¹—中元古界下部；γ₂²—燕山早期花岗岩；1—断裂；2—复背斜；3—背斜；4—向斜；5—研究区范围

2.1.2 大地构造发育简史

本区中元古代属于扬子地块基底发育阶段，为深海槽沉积环境，沉积了巨厚的深海浊流-复理石建造（双桥山群）；中元古代末的晋宁运动，结束了扬子地块的基底发育，并发生强烈褶皱和隆起；震旦系至早三叠世，为扬子地块盖层发育阶段，主要为浅海碳酸盐为主夹碎屑岩的地台型沉积，其间的加里东运动使之缺失了志留系和下泥盆统。印支运动，扬子地块向华北地块俯冲拼合，在扬子地块东部地区，其盖层发生走向 NE 或 NEE，倒向南的褶皱构造，这种褶皱自扬子与华北两地块拼接带向南东，其紧密程度逐渐变低。白燕山期开始，本区受太平洋板块与欧亚板块相对运动的动力学机制的控制，在南东-北西向主压应力作用下，形成了一系列北东向压扭性脆性断裂构造及一系列逆冲断裂，并整体抬升剥蚀，直至现在，逐渐形成目前的地质构造图像。

2.1.3 成矿地质背景

从赣东北地区地质构造及金矿分布图(图2-3)中可以看出,该区是一个金矿集中区,区内大小矿床,矿点数十个,可谓满天星。从区域成矿背景条件来看,首先,金矿床、金矿点的围岩大多是中元古界双桥山群变质岩,只有少数为其它时代的地层,这说明双桥山群变质岩是重要的赋矿围岩,也可能是重要的矿源层;其次,绝大多数金矿床、金矿点沿北东向断裂构造或其相邻部位发育,往往构成北东向金矿床金矿点分布密集带;第三,金矿床或金矿点大多发育于区内燕山期花岗岩体北西侧外接触带一定的范围内,如金山-银山金矿密集区位于大茅山花岗岩体的北西侧,大背坞-赖家一带金矿密集区位于鹅湖花岗岩体的北西侧,从这一分布规律也可以看出,区内金矿的成矿作用以及金矿床的产出分布与燕山期花岗岩体关系密切,因此,从整个赣东北地区来看,金矿成矿作用的控制因素或控矿条件可概括为:双桥山群地层提供成矿的物质来源;构造活动及构造裂隙为成矿作用

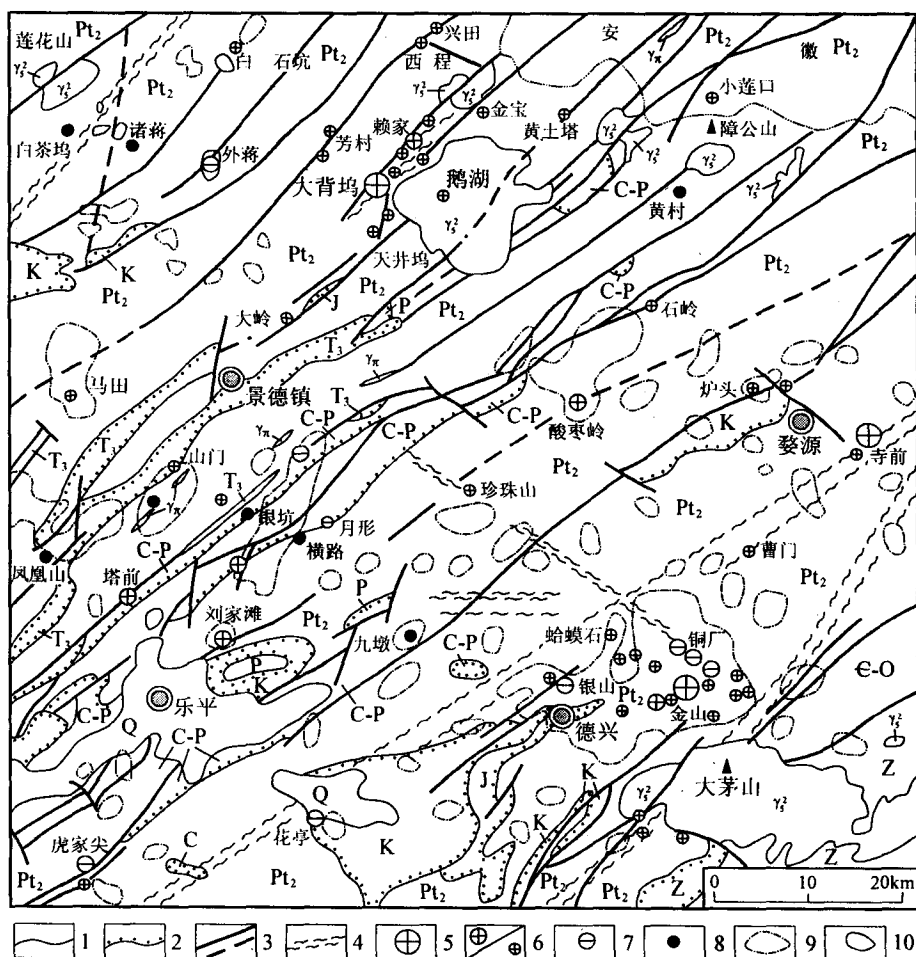


图2-3 赣东北地区地质构造与金矿床(点)分布图(据沈庭远, 略作修改)

Q—第四系; K—白垩系; J—侏罗系; T₃—上三叠统; C-P—石炭-二迭系; E-O—寒武-奥陶系; Z—震旦系; Pt₂—中元古界; Y₃²—燕山期花岗岩; γ_π—中酸性-酸性脉岩; 1—地质界线; 2—不整合界线; 3—断裂; 4—片理化及韧性剪切带; 5—金矿床; 6—金矿点/金矿化点; 7—共生、伴生金银矿床; 8—多金属矿点; 9—水系沉积物金异常; 10—土壤金异常

提供空间和场所,而最直接的影响因素是燕山期的岩浆活动,它不仅仅提供了成矿的热动力条件,而且是促使金矿成矿作用发生并最终形成工业矿床的决定性因素。

因此,从区域成矿条件来看,在赣东北以及相邻的皖南及浙皖赣交界地区,找金工作的战略考虑应该放在元古宇变质岩区,北东向构造发育,特别是燕山期花岗岩体的外接触带。

第二节 区域地层及变质岩

大背坞-赖家地区属于障公山近东西向复背斜的南翼,区域上出露的地层、岩石比较简单,地层仅有中元古界双桥山群,岩浆岩有燕山期花岗岩及脉岩(江西地矿局916地质队,1993)。区内中元古界双桥山群占据80%的面积,为浅变质碎屑岩,分布于研究区的中部、西部和北部,总体呈北东向展布,岩浆岩为燕山期花岗岩,主要出露于东部(图2-4)。对于地层、岩石主要参考前人资料,本研究补充了部分岩石化学分析。

2.2.1 地层岩性及展布特征

双桥山群可划分为6个岩性组11个岩性段,在区内均有出露。由老到新分述如下:

1. 第一岩组 (Pt_2sh_1)

第一岩组沿大背坞、小背坞、大舟山一带分布,它构成石鼓复背斜(区内为大背坞-大舟山复背斜)的核部。岩性主要为黄绿色、灰绿色粉砂质板岩、板岩,夹同色薄层至中厚层变含凝灰质粉砂岩,中下部夹少量变凝灰质细砂岩,下部变含凝灰质粉砂岩增多,局部板岩与变含凝灰质粉砂岩互层。岩石片理、劈理化比较强,产微古植物化石,出露厚度193.9~262.69m。

2. 第二岩组 (Pt_2sh_2)

第二岩组分布于第一岩组的两侧,沿大背坞-大舟山复式背斜近核部产出,是区内金矿重要的赋矿围岩。依据岩性组合可分为2个岩性段。

下段($Pt_2sh_2^1$):底部为黄绿、灰绿色中厚层(偶见巨厚层)变凝灰质细砂岩、变细砂岩夹同色板岩、变粉砂岩;中部为黄绿、灰绿色薄层粉砂质板岩、板岩夹同色变含凝灰质粉砂岩,偶夹变含凝灰质细砂岩;上部为黄绿、灰绿色薄层变含凝灰质粉砂岩、粉砂质板岩、板岩互层,顶部偶见青灰色(风化呈灰白色)薄至中厚层钙质变粉砂岩夹同色含钙板岩。含微古植物化石。

上段($Pt_2sh_2^2$):岩性主要为黄绿色、灰绿色板岩、绢云母板岩、绿泥石板岩、粉砂质板岩夹同色薄层至中厚层变凝灰质粉砂岩、少量变凝灰质细砂岩,下部偶尔见青灰色变凝灰质钙质细砂岩,岩石风化强烈,呈紫红色,局部为紫色。

本组地层除组成主背斜近核部外,也构成次级背斜核部,岩石片理、劈理也相对较发育。

3. 第三岩组 (Pt_2sh_3)

第三岩组分布广泛,依据岩性组合可划分为上下两段,其接触分界面附近具有一套微薄层变粉砂岩与板岩组成的条带构造,产状稳定,可作为标志层。

下段($Pt_2sh_3^2$):岩性为灰绿色、青灰色薄至巨厚层变凝灰质细砂岩、变凝灰质粉砂岩夹同色薄层粉砂质板岩、板岩,局部为两者互层,顶部微薄层岩石组成的条带状构造发育。底部变质砂岩多为厚层状。