



# 浊积岩型金矿地质

卢焕章 王中刚 吴学益 朱笑青 著  
陈文一 罗猷林 胡瑞忠



科学出版社

# 浊积岩型金矿地质

卢焕章 王中刚 吴学益 朱笑青 著  
陈文一 罗献林 胡瑞忠



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

“浊积岩型金矿”是20世纪末期国际上新确立和命名的一种金矿类型,它产在造山带中,与浊积岩有成因关系并以其为赋矿围岩。作者在研究我国黔东南和湘西地区浊积岩型金矿的基础上,参照和对比了加拿大新斯科舍省和澳大利亚维多利亚州等著名的金矿,论述了赋矿浊积岩的沉积环境与地质、地球化学特征,金矿形成与造山运动、变形、变质作用以及岩浆作用的关系,构造与矿体分布和形态的关系等问题,建立了浊积岩型金矿的成矿模式。本书共分五章:第一章,绪论;第二章,黔东南浊积岩型金矿地质;第三章,湘西浊积岩型金矿地质;第四章,国外浊积岩型金矿地质;第五章,浊积岩型金矿的成矿与找矿。在第二、三、四章中还附有许多矿床实例。

本书可供地质、矿产领域科研人员、技术工作者以及高等院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

浊积岩型金矿地质/卢焕章等著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-035564-5

I. ①浊… II. ①卢… III. ①浊积岩-金矿床-成矿地质 IV. ①P618.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第217042号

责任编辑:胡晓春/责任校对:张怡君

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年10月第一次印刷 印张:13 1/4

字数:311 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

浊积岩型金矿是一种造山带型金矿，即赋存在浊积岩中的顺层的含金石英脉或蚀变岩，常见于背斜的轴部和与造山运动有关的构造中。在世界上这种类型的金矿与绿岩带金矿、产于铁建造中的金矿均属于造山带中的金矿。这类金矿的主要分布地区为加拿大的新斯科舍省的 Meguma 地块，澳大利亚维多利亚州的 Lachlan 造山带，新西兰的 Buller 地块等地区。我国主要见于黔东南的锦屏-榕江褶皱构造区和湘西的雪峰古隆等地区。

## （一）国外浊积岩型金矿研究的进展

浊积岩型金矿按其本意是指赋存于浊积岩中的顺层的含金石英脉，这种类型的金矿差不多同时在澳大利亚和加拿大被发现。1858 年，在澳大利亚先发现了砂金矿，然后追溯到原生矿。加拿大的浊积岩型金矿产在新斯科舍省。新斯科舍省的浊积岩中的含金石英脉的发现是在 1858 年，一个叫 C. L. Estrange 的上尉军官在 Tangier 河地区打猎时发现在白色的石英的露头上有一种黄色的物质，后来确定为黄金。两年之后（1860 年）当时陪同 Estrange 上尉打猎的印第安人 Joe Paul 在哈利法克斯注册了一个金矿公司，并且圈定了 Mooseland 矿区。1861 年新斯科舍省政府开始在那个地区进行勘探，在 1861 年的夏天采出了第一桶金，从此推动了该地区的黄金勘探和开采。随后更大的金矿如 Goldenville, Wine Harbour, Lawrence Town, Oldham 和 Waverly 也相继发现。

在金矿开采的同时，许多地质工作者对加拿大这类金矿进行了研究。1986 年由加拿大地质学会出版、Keppie 等编辑的“Turbidite-hosted Gold Deposits”（浊积岩型金矿）出版，包括了十余篇论文共 186 页，主要讨论了加拿大新斯科舍省的金矿，有三篇论文述及澳大利亚、美国和英国的浊积岩型金矿。这本书是对 1986 年以前浊积岩型金矿研究的总结，同时也推动了世界浊积岩型金矿的研究。随后的研究主要是在澳大利亚进行，在澳大利亚的维多利亚的 Bendigo-Ballarat 地区发现了世界级的浊积岩型金矿，不仅发现了砂金而且在深部发现许多矿脉，随后在新西兰和美国也发现了这类金矿。

## （二）黔东南浊积岩型金矿的地质研究与勘查

据史料记载，贵州产金历史可追溯到一千多年前的蜀汉时期，但近代地质调查研究工作则始于 20 世纪 30 年代。1935 年，王曰伦、熊永光、吴希曾首次对梵净山金矿进行了地质调查。在 1938~1941 年间，先后有程士范、陈廷维、罗绳武、乐森璋等对该区金矿继续进行了调查和探采工作。1941 年乐森璋、罗绳武编著的《贵州梵净山老金厂金矿地质》，推算金储量约 10 万两。

1939~1942 年，王晓青、靳凤桐、喻德渊、罗绳武、蒋溶等先后对黔东南地区金

矿进行了地质调查研究,编著了《湘西黔东金矿概论》、《湘西黔东金矿地质》和《贵州雷公山调查报告》。所有这些调查研究和探采工作,都为新中国建立后贵州金矿地质工作的部署提供了依据。

1956年,西南地质局505队在前人工作的基础上,对黔东南地区金矿开展普查,检查评价了17个金矿点,于1957年提交了“天柱锦屏黎平金矿普查报告”。1958~1966年间,贵州地质局黔东南队、铜仁专区地质队、区域地质调查队又先后在黔东南和梵净山地区开展金矿普查工作,但经审查批准的8处产地表内储量还不足1t。

1976年贵州地质局根据上级加强金矿工作的要求,成立了金矿地质专业队,重新在黔东南地区开展金矿普查勘探工作。经过两年多努力,完成了十多处金矿产地评价,增加了少量伴生储量。

1987年贵州地质矿产局和成都地质矿产研究所联合组成了黔东南金矿研究小组,何立贤为项目负责人。1990年完成成果报告编写。1993年由地质出版社出版了专著《贵州金矿地质》(何立贤等,1993)。

此外,贵州工业大学余大龙、吴攀、陈佑德、张杰等,中国科学院地球化学研究所李红阳、高振敏等,贵州地质矿产局何立贤、陈文一、田文、黄培、王世杭、王尚彦、陶平和戴传固等对黔东南地区的金矿特征、控矿条件、形成时代和温度、成因和成矿模式等进行了研究。

卢焕章、王中刚、胡瑞忠、吴学益、朱笑青、陈文一等在2000~2005年间组成贵州东南部金矿研究队,在该区进行了比较系统的研究,于2005年编写了研究工作报告。

### (三) 湘西浊积岩型金矿的地质研究与勘查开采

沃溪金锑钨矿床(湘西金矿),隶属湖南省沅陵县沃溪镇管辖。大地构造上位于雪峰弧形构造隆起带的中段。该隆起带是湖南金矿的主要产地,湖南80%以上的原生金和90%以上的砂金均产于此。其东段以黄金洞金矿、汨罗砂金矿为代表,其西南段有著名的漠滨金矿与坳上砂金矿,而中段的沃溪金锑钨矿床是该隆起带中规模最大、最具代表性的金矿床,以类型独特、矿体倾斜延伸特大(>2280m)而驰名。

湖南产金历史悠久,砂金、脉金、伴生金先后是该省采金史上的开采对象。砂金开采始于春秋战国时期,首采地区为洞庭湖沿岸的常德、汉寿、益阳、湘阴等县。脉金(专指含金石英脉和含金硅化破碎带)开采始于唐末而盛于宋初,宋代在益阳南郊还出现砂金与脉金的兼采。

沃溪金锑钨矿床于1875年由民采首先发现溪流砂金,随后追溯到原生脉金矿并进行手工开采。由于该区原生脉金以“不可见金”为主,故当时采金规模甚小。1895年在该区田香湾和花岩山一带发现辉锑矿,1898年开始由私营公司组织开采。1903年由湖南巡抚报请成立湖南矿务总公司,分中、南、西三路,各派总理一人掌管其事。花岩山锑矿归属西路管理,至光绪三十年(1904)时已“颇著成效”,并获农工部颁发的矿字139号开采执照。民国初年遂开采花岩山北部的沃溪锑矿,矿石含锑约30%,含金10~20g/t,采选锑矿之后所剩矿渣用来淘金(金亦产在石英脉中),每年产锑矿砂约1500t,1908~1918年,该区锑矿开采甚盛。1946年又由开采单一的白钨矿,转为以

钨、锑为主，副产黄金，但其开采方式仍是简单的手工开采。

1933~1946年，王晓青、靳凤桐、喻德渊等地质学者来矿区进行地质调查，并提交多篇调查报告，认为矿区资源有远景。

1949年后开始有计划、有步骤的系统地质工作。从1949到1981年间湖南地质界对湘西的地质工作一直在进行，先后提交过不少地质报告。1981年提交的“沃溪矿区深部评价报告”为该区的钨锑开采指明了方向，但对金仍作为副产品来看待。

湘西金矿（1980年前为湘西钨矿）一直比较重视矿山地质工作。1962年矿山地质技术人员林庆熙在调查上部（10中段以上）残留矿柱时，发现矿床的主脉——层间脉的上下盘（特别是下盘）蚀变围岩中的含金和白钨矿的细脉带（或网脉带）。矿体厚度达3.5~7m。1973年完成10中段以上的细脉带矿体的黄金储量调查，提交了“沃溪矿区黄金调查储量报告”；1989年提交了“沃溪矿区上沃溪金（钨）矿段勘探报告”，1990年提交了“沃溪矿区3号脉西矿柱勘探报告”。调查表明，细脉带矿体以金为主，累计探明矿石量150万吨，Au金属量7t，Sb 6000t， $WO_3$  2000t。

通过地质队与矿山双方的共同努力，对沃溪矿区进行的大量系统的勘探工作取得了良好的地质效果。据统计，1951~1994年队、矿双方完成钻探220398m（其中矿山完成49842m），坑探142938m（其中地质勘探22350m，生产勘探120588m），累计探明（包括鱼儿山矿段）矿石量（B+C+D级）588万吨，金属量Au 42t，Sb 167万吨， $WO_3$  25万吨。其深部及边部或近围仍有良好的找矿前景，1980年湘西钨矿更名为湘西金矿。

国内外许多地质专家对湘西的沃溪金矿进行过研究，如20世纪50年代苏联专家，及徐克勤、刘英俊、涂光炽都在沃溪金矿进行过考察和研究。除此之外罗献林、钟东球、黎盛斯、张振儒、马东升、牛贺才等也先后做过研究并发表论文。刘英俊等（1991）认为赋矿地层为浊积岩。彭建堂、戴塔根（1998）、李华芹等（1993）和陈富文等（2008）进行了金矿年代的研究。中国人民武装警察部队黄金指挥部（1996）总结了前人和他们自己的研究成果，出版了《湖南省沃溪式层控金矿地质》一书，系统地总结了湘西金矿的地质特征。

本书作者们在2001年开始考察和研究黔东南地区的浊积岩型金矿，2002年卢焕章和胡瑞忠等获中国科学院海外杰出学者基金支持，2003年王中刚和卢焕章等获贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目支持，在这两项基金的支持下对贵州东南部的金矿进行了地质填图、遥感、构造地质、矿床地质和流体包裹体、金矿形成实验、金矿的年代学等方面的研究，获得了第一手的资料和成果。2009年卢焕章、朱笑青等又向矿床地球化学国家重点实验室申请基金，继续对贵州东南部的浊积岩型金矿，包括蚀变岩型金矿进行研究，还开展了湘西浊积岩型金矿的研究，将黔东南和湘西金矿进行对比，并且把中国的浊积岩型金矿与国外的浊积岩型金矿进行对比。在以上研究的基础上总结成本书。前后参加这次研究和撰写工作的有卢焕章、罗献林、王中刚、陈文一、吴学益、朱笑青、胡瑞忠、J. Guha、M. Keita、许志斌、卢焕荣、欧定培、王甘露、况顺达、姚智、郭迪江和李增胜等。

在撰写与研究过程中参阅了中国人民武装警察部队黄金指挥部（1996）《湖南省沃溪式层控金矿地质》一书，参阅了原贵州工学院余大龙教授及他的团队所做的工作，参阅了贵州省地质矿产局的一些资料以及国内外同行们的许多研究成果，谨致深切谢意。

本书的出版得到矿床地球化学国家重点实验室的资助。

# 目 录

## 前言

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一章 绪论               | 1   |
| 第二章 黔东南浊积岩型金矿地质      | 6   |
| 第一节 区域地质概况           | 6   |
| 一、黔东南金矿的大地构造位置       | 6   |
| 二、雪峰山陆内造山带构造层划分      | 7   |
| 三、区域地质构造演化历史及其与成矿的关系 | 9   |
| 四、下江群沉积盆地演化历史        | 16  |
| 五、地层岩石学              | 24  |
| 六、金的地球化学丰度           | 27  |
| 七、金矿床的分布             | 29  |
| 八、湘黔加里东金矿成矿带         | 31  |
| 第二节 矿区地质             | 33  |
| 一、矿区地质构造及其与成矿的关系     | 33  |
| 二、地层及其与成矿的关系         | 39  |
| 三、含金石英脉的地质特征         | 40  |
| 四、矿床形成过程的模拟实验        | 63  |
| 五、成矿模式的讨论            | 76  |
| 六、主要结论               | 78  |
| 第三节 矿床实例             | 79  |
| 一、铜鼓花桥金矿             | 79  |
| 二、平秋金矿               | 81  |
| 三、八克金矿               | 85  |
| 四、虎盘金矿               | 87  |
| 五、主山冲金矿              | 91  |
| 第三章 湘西浊积岩型金矿地质       | 95  |
| 第一节 区域地质概况           | 95  |
| 一、金矿区的主要地层           | 96  |
| 二、区域地质构造             | 99  |
| 三、岩浆岩                | 100 |
| 第二节 湘西金矿矿床地质概况       | 102 |
| 一、元古宇浊积岩中金矿的分带       | 102 |
| 二、赋矿层位的特征            | 106 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第三节 沃溪金矿地质·····                | 107 |
| 一、区域地质概况·····                  | 107 |
| 二、矿床地质·····                    | 113 |
| 第四节 矿床实例·····                  | 126 |
| 一、鱼儿山金矿·····                   | 126 |
| 二、海沙坪金矿·····                   | 132 |
| 三、合仁坪金矿·····                   | 139 |
| 四、漠滨金矿·····                    | 143 |
| 第四章 国外浊积岩型金矿地质·····            | 149 |
| 第一节 加拿大新斯科舍省的浊积岩型金矿·····       | 149 |
| 一、地质背景·····                    | 149 |
| 二、含矿层——Meguma 群·····           | 150 |
| 三、构造与成矿的关系·····                | 152 |
| 四、变质作用·····                    | 152 |
| 五、矿床地质·····                    | 153 |
| 第二节 澳大利亚维多利亚的浊积岩型金矿·····       | 165 |
| 一、地质背景·····                    | 167 |
| 二、成矿区地质演化历史·····               | 168 |
| 三、金矿化类型、矿化特征与矿床实例·····         | 169 |
| 第三节 新西兰南岛的浊积岩型金矿·····          | 178 |
| 第四节 其他浊积岩型金矿·····              | 180 |
| 第五章 浊积岩型金矿的成矿与找矿·····          | 181 |
| 第一节 浊积岩型金矿的主要地质特征·····         | 181 |
| 第二节 地球化学勘查方法在寻找浊积岩型金矿中的应用····· | 189 |
| 第三节 浊积岩型金矿形成模式的讨论·····         | 193 |
| 参考文献·····                      | 197 |

# 第一章 绪 论

赋存于浊积岩中的金矿床（turbidite-hosted gold deposits）或简称浊积岩型金矿是指那些以浊积岩为赋矿围岩的金矿床。

1984 年，加拿大地质调查局首次把赋存在浊积岩中的金矿床划分出来，并建立了相应的成矿模式和找矿标志。1985 年国际上以浊积岩为容矿岩石的金矿床学术讨论会在加拿大纽芬兰的圣约翰市举行，一些学者认为“以浊积岩为容矿岩石的金矿床”这一提法完全可以与“以碳酸盐岩为容矿岩石的铅锌矿床”或“火山成因块状硫化物矿床”等概念相提并论（Boyle, 1986），从而在国际上形成了一个研究和寻找浊积岩型金矿床的新热点。1986 年加拿大出版了一本有关浊积岩型金矿的论文集（Keppie *et al.*, 1986）。近年的研究还表明这种金矿是一种产在造山带浊积岩中的金矿，Groves 等（2003）、Goldfarb 等（2005）和 Poulsen 等（2000）把这类矿床归结于造山带金矿。因为他们发现这种浊积岩型金矿不仅产于浊积岩，而且产在由造山运动形成的背斜和断裂中。石英脉的产状也不限于层间脉，而且还有浸染状和细脉浸染状的矿化类型的出现。由于从成矿和找矿的角度来说浊积岩是一个很好的标志，所以我们把它叫做浊积岩型金矿。

根据 Robert 等（2007）的研究，世界上储量超过 1000 万盎司<sup>①</sup>的金矿一共有 12 类，103 个矿床，总储量为 36.92 亿盎司金（表 1.1）。在造山带金矿中又可再分出三种类型：绿岩带金矿、浊积岩型金矿和赋存于条带状铁建造中的金矿。绿岩带金矿大于 1000 万盎司

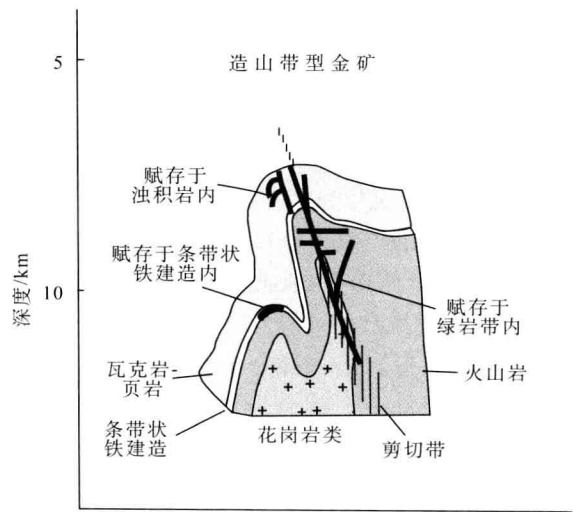


图 1.1 造山带型金矿的赋矿岩性、构造与空间的关系（Robert *et al.*, 2007）

① 1 盎司（oz）= 28.349523g。

司的金矿为 14 个，而浊积岩型和铁建造型的金矿大于 1000 万盎司的金矿有 6 个，储量为 1.4 亿盎司，占 103 个矿床总储量的 3.79%，是一种很重要的矿床。图 1.1 示绿岩带金矿、条带状铁建造中的金矿和浊积岩型金矿在岩性、构造和空间上的关系。

表 1.1 世界超大型金矿类型和储量（据 Robert *et al.*，2007）

| 金矿床类型             | 大于 1000 万盎司金的金矿数 | 储量/10 <sup>6</sup> 盎司 |
|-------------------|------------------|-----------------------|
| 造山带金矿             | 20               | 425                   |
| 绿岩带金矿             | 14               | 285                   |
| 浊积岩型和铁建造型金矿       | 6                | 140                   |
| 与还原型侵入岩有关的金矿（RIR） | 12               | 434                   |
| 赋存于侵入岩中的金矿        | 4                | 75                    |
| 赋存于沉积岩中的金矿        | 8                | 359                   |
| 与氧化型侵入岩有关的金矿（OIR） | 39               | 1104                  |
| 斑岩和夕卡岩型金矿         | 27               | 739                   |
| HS-IS 浅成金矿        | 9                | 253                   |
| LS 碱性岩金矿          | 3                | 112                   |
| 其他类型金矿            | 32               | 1729                  |
| LS 浅成热液金矿         | 7                | 91                    |
| 卡林型金矿             | 10               | 245                   |
| 块状硫化物中的金矿         | 2                | 20                    |
| Wifwatersrand 金矿  | 8                | 1260                  |
| 非典型的绿岩带金矿         | 5                | 113                   |
| 合计                | 103              | 3692                  |

注：LS. 低硫化作用；HS. 高硫化作用；IS. 中等硫化作用。

浊积岩型金矿的规模巨大、采选容易，分布广泛而规则，向我们显示了诱人的找矿前景。这也是它能够被单独列出作为一种成矿类型并能引起矿床学界注意的原因。

就其产量规模来看，本书第四章介绍的澳大利亚维多利亚中部的浊积岩型金矿已产出黄金 2460t，是一个世界级的金矿区。加拿大新斯科舍的金矿规模也十分可观，并有 300 多个金矿床和金矿点。本书第三章介绍的湘西金矿含有大、中型金矿 6 个，小型金矿 20 个，已产出黄金 55t，并有钨、铋金属作为副产品，另外有近 200 个金矿点尚待探查。黔东南金矿的成矿地质条件、成矿特征与湘西金矿极为相似，空间上也能连成一片，应属同一个成矿区带。被称作卡林型的黔西南金矿，连同邻接的滇东和桂北，俗称“金三角”，已探明储量在几百吨以上，属于超大型的规模，实际上也是产在浊积岩中的金矿。

就其找矿地质背景来看，浊积岩是一种分布比较广泛的岩石，从元古宇到第三系都有，在造山带中适宜的构造条件下，就有形成金矿的可能。除上述著名的金矿外，在世界上许多地方都有发现。这类矿床的形成与背斜构造及断层的关系密切，成矿有一定的规律性，而且矿体（含金石英脉）的形态比较规则，这些情况都是有利于找矿和勘探的。

就其采选条件来看，一则含金石英脉形态规则，与围岩界限清晰，易于探寻与开采；二则矿体中的金多为明金，颗粒较为粗大，易于辨认，而且共生矿物种类比较简单，易于选别和综合利用（例如钨、铋）。

以上三个方面可以说明浊积岩型金矿是一种有经济价值和找矿前景的矿床类型。

这种类型的矿床首先分别在加拿大的新斯科舍 (Mawer, 1986) 和澳大利亚的维多利亚 (Ramsay *et al.*, 1998) 发现, 称作赋存在浊积岩中的层状石英脉金矿。嗣后, 在美国、新西兰、津巴布韦 (毛德宝、沈保丰, 1991), 在纳米比亚 (Pirajino and Jacob, 1991), 在秘鲁和阿根廷 (Haeberlin *et al.*, 2003), 在南非 (Killick and Scheepers, 2005) 等都有发现。我国在湖南 (刘英俊等, 1991)、四川 (梁斌、陈明, 2000)、河北 (吴如灼、胡伦积, 1992)、辽宁 (陈江, 2000) 及贵州 (卢焕章等, 2005) 等地也有发现。其实, 已经单独划分出来的著名的“穆龙套型”和“卡林型”金矿也是产在浊积岩中 (Nelson, 1990; Drew *et al.*, 1996)。我国滇黔桂三省区接壤处找到的属于卡林型的金矿 (何立贤等, 1993; 肖建新等, 2001; 普传杰、高振敏, 2003) 以及在新疆发现的与穆龙套型金矿相似的萨瓦亚尔顿金矿也都产在浊积岩中 (帕拉提·阿布都尔迪尔, 1999)。

以上这些已发现的浊积岩型金矿床的地质特征可简单归纳如下:

1) 赋矿的浊积岩地层可以从新太古界到第三系, 但元古宇者居多。如我国湖南西部为中元古界冷家溪群和新元古界板溪群浊积岩, 河北青龙河浊积岩为古元古界双山子群, 辽宁青城子浊积岩也属元古宇, 贵州锦屏浊积岩属新元古界下江群, 江西瑞金金矿赋存在震旦系浊积岩中 (饶明辉, 1996)。

2) 赋矿浊积岩除了其特有的韵律性层理结构或鲍马序列外, 普遍含有火山碎屑物质或凝灰岩层 (何立贤等, 1993; 饶明辉, 1996; 吴攀、余大龙, 1998; 帕拉提·阿布都尔迪尔, 1999)。此外多数遭受浅变质作用 (绿片岩相) 也是一个重要的特征; 与一般沉积岩相比较, 浊积岩中金的丰度较高, 变化在  $n \cdot \text{ppb}$  与  $n \cdot 10\text{ppb}^{\text{①}}$  间 (毛德宝、沈保丰, 1991)。

3) 浊积岩型金矿中不乏有许多大型甚至超大型者, 而且矿化点成群成带地分布, 因此具有重要的研究与开发价值。上述加拿大新斯科舍省的浊积岩金矿带长 500km, 宽 100km, 其中分布有 120 个含金石英脉矿床; 澳大利亚维多利亚省的 150km $\times$ 150km 的金矿带中分布有 12 个大于 30t 储量的金矿床; 乌兹别克斯坦穆龙套金矿也由许多矿点组成, 其金的储量在 1100t 以上 (Drew *et al.*, 1996)。滇黔桂卡林型金矿区面积约 100km $\times$ 100km, 矿点不下 30 处, 总储量接近千吨; 贵州锦屏、天柱与湖南会同、溆浦、沃溪、益阳浊积岩金矿相连, 组成的加里东金矿带长度约 250km, 分布有 100 多个金矿点。目前, 国际上已把浊积岩地层发育区视为一个有巨大金矿成矿潜力的远景区。

4) 构造作用与金的成矿有密切的关系。发生在造山运动期间的褶皱构造、剪切带、断裂破碎带是成矿的必要条件之一; 金的矿化多沿断裂带、浊积岩层理面、不整合面、韧性剪切带、拖曳褶皱和背斜轴部发育。

尤其重要的是背斜构造, 许多含金石英脉都产在背斜构造中并且顺着地层的层理产出而呈马鞍形的叠置, 这种产状几乎是赋存在浊积岩中金矿的标志性产状。在加拿大新斯科舍的 Goldenville 金矿和澳大利亚维多利亚的 Bendigo 金矿, 这种鞍状脉尤为典型。从目前掌握的资料来看, 褶皱比较强烈、紧密的区域才会有多层的马鞍形金矿脉的出现, 而褶皱比较平缓、舒展的区域, 金矿脉也比较稀疏, 马鞍形不显著。

<sup>①</sup>  $1\text{ppb}=10^{-9}$ 。

除此之外,伴随着构造运动,同时也发生区域变质作用,一般这种变质作用是低于角闪岩相(绿片岩相)的浅变质作用,它与金矿的形成有什么样的关系,目前还说不清楚。从已知几个重要的金矿来看,区内都有浅变质作用伴随,可见它与金矿的形成无关系。

是否需要岩浆作用的发生,或由它起到一个推波助澜的作用,倒是一个值得探讨的问题,依笔者来看,可以这样说,无它虽可,有它则佳。湘西沃溪金矿为什么有大量钨、铋的伴生,那是因为有花岗岩浆的侵入,同处一个区带的靖县、会同及锦屏、天柱金矿则没有钨、铋伴生,因为那里没有花岗岩浆的侵入。加拿大金矿中也有钨、铋,那个矿区也有花岗岩体分布,对这个问题是个很好的说明。无论如何,有岩浆作用的伴随,成矿作用会得到加强。

这一类矿床的围岩蚀变作用类型大致相同,主要有褪色化、硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿(毒砂)化、碳酸盐化、黏土化等。蚀变作用发生在石英脉的两旁,多数情况下蚀变带的厚度不大,亦不甚明显,易捕捉到的是褪色化、黄铁矿化及黏土化。

金主要以自然金的形式(明金或显微金)出现,还有一部分会呈超显微微粒( $n \sim n \times 100\text{nm}$ ),共生矿物除主要为石英外,经常含有黄铁矿和毒砂,有时含有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铋矿、黑钨矿、白钨矿及长石、绿泥石、绢云母、方解石、白云石、菱铁矿、黏土矿物等。在多数情况下,矿物组合比较简单。

需要补充的是,金的独立矿物除自然金以外,在钨、铋、金共生的矿床(沃溪)中还有方铋金矿( $\text{AuSb}_2$ )及铋金矿( $\text{AuSb}$ )的发现,并且认为,在高温情况下( $>350^\circ\text{C}$ ),成矿溶液中金、铋共溶,随着温度的降低而逐渐析出(彭渤等,2007)。此外,李增胜(2011)在复旦大学的协助下,用核微探针检测出黄铁矿中含有以类质同象形式存在的金。

归纳以上特征,成矿的基本条件似可总结为两个:一是含金浊积岩的存在;二是后期造山构造运动(剪切带、褶皱与断裂)的发生。

关于矿床的成因问题,即使研究比较多的澳大利亚的维多利亚金矿也在变质说与火成说之间模棱两可(Boyle, 1986; Ramsay *et al.*, 1998),加拿大麦戈玛金矿(?)曾被看做是层控的(Mawer, 1986; Ryan and Smith, 1998)。不过,目前有两种观点被较多的研究者认同:一为“侧分泌”说,认为浊积岩在沉积过程接受金等的沉淀(有火山物质加入)或变质过程中有进一步的富集,形成矿源层,后期的热水溶液(天水、孔隙水、层间水和变质水、岩浆水等)对矿源层的淋滤作用而构成含金热液,然后在断裂带和层间面及其他低化学势带富集成矿(Boyle, 1986; 毛德宝、沈保丰, 1991; 方国庆等, 1992)。王秀璋等(1995)、张杰等(1998)提出了成矿的三阶段模式,即:①沉积阶段(形成矿源层);②区域变质阶段(使金成为易释放、迁移的金,并达到预富集的程度);③成矿阶段(后期构造热事件使金淋滤出、迁移、汇集沉淀、形成矿床)。这种成矿模式类似于层控矿床的形成模式。二为热水喷流沉积说,浊积岩中含金石英脉形成于海底热泉喷流,与在太平洋中脊观察到的“白烟囱”相似。一些研究者认为,含金石英脉形成于海底热液喷流或由初期扩张中心的沉积盆地卤水沉淀的二氧化硅形成(聂风军, 1990; Ramsay *et al.*, 1998; Ryan and Smith, 1998)。除此之外,也有持深部岩浆热液来源的观点(Boyle, 1986; Ryan and Smith, 1998; Killick and Scheepers, 2005)。

综合目前对浊积岩中金矿的研究现状，以下五个基本问题是值得进一步探讨的：

1) 在浊积岩中为什么能够形成许多大型，尤其是超大型的金矿，它们之间有什么本质联系？浊积岩是成矿物质的主要供给者还是只是良好的容矿场所？浊积岩沉积过程能够富集金，是否与富含有机质有关？是否总是有火山物质的参与或有凝灰岩的夹层？

2) 同样在浊积岩中，为什么出现“麦戈玛型（石英脉型）”、“穆龙套型（细脉浸染型）”和“卡林型（蚀变岩型）”三种不同类型的金矿，主要由什么因素决定的？

3) 浊积岩金矿的组分都比较一致，即除主要的金、硫、砷、硅外，还有锑、汞、铅、锌、银、钨、铀等，为什么会存在这种共生关系，并且除金以外其他元素一般都不富集成大矿？

4) 构造与成矿是一种什么样的关系？

5) 岩浆活动应有还是可无？

本书第二章至第四章分别详细介绍了世界著名的加拿大新斯科舍及澳大利亚维多利亚的浊积岩型金矿，介绍了我国研究得比较多的湘西及黔东南浊积岩型金矿。这些金矿均具有典型性及代表性，并且还代表了不同规模的、不同元素组合的浊积岩型金矿。此外，这些金矿都具有悠久的历史、勘探和开采的历史，探、采揭露良好，地质资料翔实，可供进一步研究时参考。

我们注意到浊积岩系在我国极其发育，它们分布范围广、厚度大，从前寒武纪到第三纪都有，其中已发现众多的金矿化和金矿床。除此之外，也还有银、铜、钨、锑、汞等的矿化，显示出在我国寻找浊积岩型金矿的良好前景。我们理应重视在浊积岩分布区的金矿调查，并对典型浊积岩型金矿进行剖析，建立符合我国实际地质情况的成矿模式，以指导浊积岩分布区的找矿工作。

## 第二章 黔东南浊积岩型金矿地质

黔东南金矿区位于贵州省东南部，属于黔东南苗族、侗族自治州的锦屏、天柱、黎平、从江、剑河等县境内，地理坐标为东经  $108^{\circ}53' \sim 109^{\circ}30'$ ，北纬  $26^{\circ}20' \sim 27^{\circ}00'$ ，面积约  $2000\text{km}^2$ （图 2.1）。黔东南金矿区与湘西金矿区相比邻，它们的成矿地质特征极其相似，合在一起我们称其为湘黔加里东金矿带。

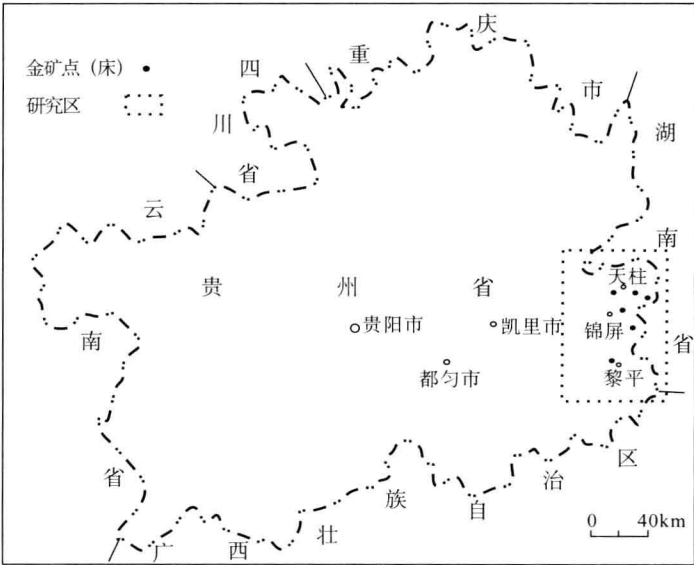


图 2.1 黔东南金矿的地理位置

### 第一节 区域地质概况

#### 一、黔东南金矿的大地构造位置

黔东南金矿在大地构造上处在雪峰古陆的西南段，整个雪峰古陆呈大致向西北突出的弧形，亦称雪峰弧形构造带，分布在扬子陆块的中南部边缘（图 2.2）。任纪舜等（1980，1990）认为它是华南加里东地槽与扬子准地台之间的过渡带；丘元禧等（1999）认为雪峰地区在历次造山运动中形成了重峦叠嶂的以层滑构造为主要特征的多期次、多层次陆缘和陆内造山带，形成了以现今雪峰山为主峰的雪峰山弧形山脉带，称为陆内造山带。黔东南锦屏-天柱金矿区，位于雪峰古陆的西南部分。

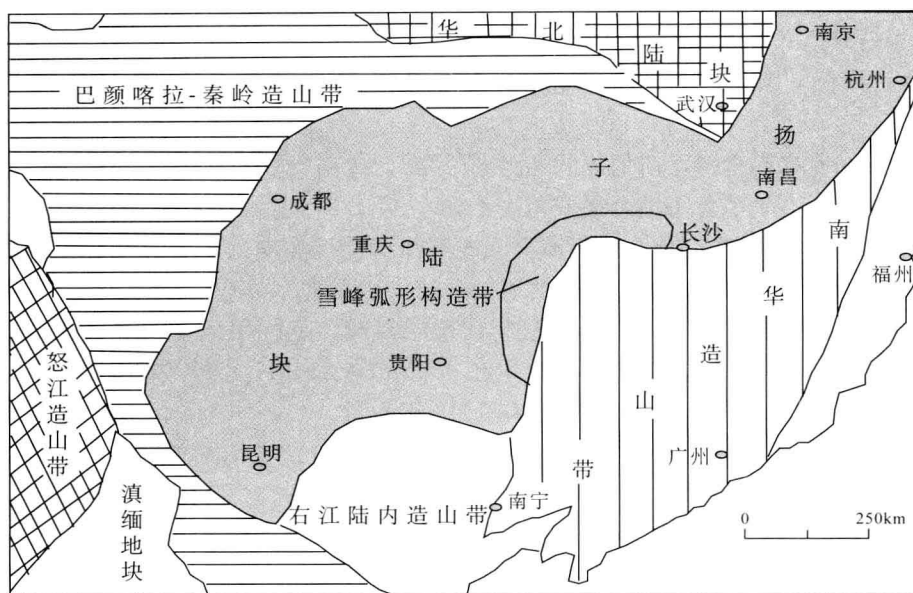


图 2.2 雪峰古陆的大地构造位置

## 二、雪峰山陆内造山带构造层划分

### (一) 前基底构造层

冷家溪群（湘西）、梵净山群（黔东北）和四堡群（桂北），作为前基底构造层，是已知区内出露最古老的地层。但这些古老岩系可能尚非区内最古老的基底岩系，地质与地球物理证据表明存在古元古代或更老的原始地壳。分布在更老的陆壳基底之上的冷家溪群、梵净山群及四堡群（丘元禧等，1999），为一套以浅灰、灰绿色为主的细碎屑岩夹基性、中酸性火山熔岩和火山碎屑岩，后变质为千枚状板岩、千枚岩、片岩、砂质板岩、变质砂岩组成的韵律层，属于岛弧-浊流沉积物和弧后盆地浊流沉积（复理石沉积）。泥砂混积的浊积岩夹有大量的中基性-基性喷出岩、熔岩。梵净山及益阳石咀塘均有顺层的细碧角斑岩、细碧玄武岩。岩层多呈紧密褶皱的构造形态，与上覆的地层呈高角度不整合接触。

### (二) 基底构造层

基底构造层分布十分广泛。依次排列着三个同时异相，即板溪群、下江群和丹洲群的沉积，它们都是浊流沉积，但其所处位置不同：板溪群呈大面积展布于湘西北及湘西南，分为马底驿组 and 五强溪组；下江群为一套变质杂砂岩、岩屑砂岩、凝灰质砂岩夹火山熔岩、集块岩、火山角砾岩以及泥砂混积的浊积岩，属于岛弧浊流和湖后盆地浊流沉

积物，在贵州部分进一步划分为番召组、平略组、清水江组和隆里组。

### （三）加里东构造层（Z—S）

主要分布在基底构造层所形成的湘黔断隆带（“江南古陆”）两侧，展布方向与其一致，与下伏岩层多呈平行不整合或低角度不整合。

1) 震旦系——是指假整合于板溪群（或下江群、丹洲群）之上，整合于下寒武统梅树村阶之下的未变质地层，由一套含砾泥质岩、砂质岩、杂砾岩、碳硅质岩和白云岩组成。震旦系与前震旦系之间的界面是年代地层界线，是沉积记录中的层序不整合界线，也是晋宁运动界面，该运动界面发生在 800Ma 与 850Ma 之间（刘宝珺等，1993）。晋宁运动在区内称雪峰运动，由田奇瑛在 1948 年命名。

2) 寒武系——下部为碳质板岩夹石煤和石灰岩、白云岩、泥灰岩，向上渐变为泥质灰岩，为滨海—浅海的沉积。

3) 奥陶系——早奥陶世时继承了上寒武统向上变浅的层序，下奥陶统与上寒武统之间为连续沉积；上奥陶统在扬子地块为五峰组黑色页岩。

4) 志留系——晚奥陶世末、早志留世初，在扬子地块内部发生了都匀运动，黔中地区普遍缺失上奥陶统，使下志留统与中奥陶统呈平行不整合接触；中上志留统在雪峰地区缺失。

### （四）海西-印支构造层（D—T）

泥盆系在雪峰古陆本部缺失，中上泥盆统见于其周边地区，围绕古陆区的东侧和南侧分布，与前泥盆系呈角度不整合。

石炭系在古陆区零星分布，在黔东南黎平、靖州一带以碳酸盐岩直接超覆于板溪群之上。

二叠系在古陆区亦呈零星的条带状分布，在黔东南天柱一带呈超覆状不整合于板溪群之上。

整个早三叠世—中三叠世江南古陆处于海平面相对上升期，印支运动使扬子碳酸盐台地隆升，海平面相对快速下降，形成了以构造隆升为主要控制作用的海退型层序。晚三叠世海水退出雪峰地区，其地层逐步为陆相沉积所代替。

### （五）燕山构造层

早侏罗世早期由于海侵范围扩大，湘粤海湾扩大到湘西南洞口一带，而雪峰山区则为陆地。中侏罗世时，区内地势经长期剥蚀夷平，全区近于准平原化；中侏罗世末期燕山运动主幕形成一系列北北东向断隆和断陷带。早白垩世时，古陆上分布的多为受北北东向断裂控制的小型盆地，在平面上，其沉积中心向西推移，具磨拉石建造特征，反映了其东南侧雪峰山地区的不断隆起。

第四纪以来雪峰古陆作为分水岭控制了现代水系和第四纪沉积物分布。

### 三、区域地质构造演化历史及其与成矿的关系

#### (一) 区域构造单元的划分

雪峰山陆内造山带及其邻区地质构造形迹，总体表现为向北西突出的弧形褶皱构造带，丘元禧等（1999）将其划分为六个亚带（图 2.3）：

I. 川东南-湘西北燕山期弧形梳状褶冲带；

II. 湘西北-黔东南慈利-大庸-保靖-铜仁弧形断褶带；

III. 沅麻中生代弧形沉积盆地；

IV. 雪峰山基底褶皱冲断带（包括 IV<sub>1</sub>，黔东南断隆构造区；及 IV<sub>2</sub>，冷家溪断隆构造区两个次级构造单元，黔东南与湘西的金矿就分布在这一地质单元里）；

V. 雪峰断隆构造区；

VI. 湘中印支期弧形褶皱带。

黔东南金矿带区属于雪峰山基底褶皱冲断带的次级构造单元——黔东南断隆构造区（IV<sub>1</sub>）。在地理上，该区包括黔东南及湘西南部分地区。区内古老基底岩系地层广泛分布，盖层仅在边缘地带呈条带状分布，其余地区分布较少。断隆区的构造形态组合比较特殊，表现为两条走向北东和北北向深大断裂围限的“帚”状块体。西界、西北界是湘黔深大断裂，东界为三江-黔阳-溆浦-安化深大断裂带南段。两者以锐角相交于辰溪附近，断裂带围限区内，断裂呈北东向、北北东向，彼此大致平行展布。区内亦发育有东西向及南北向的断裂。北东向的断裂与北北东向断裂发育程度略同，它们相互切割、相互交叉，

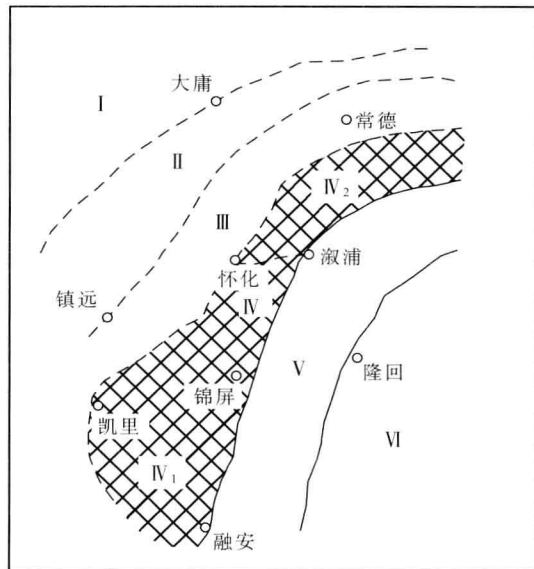


图 2.3 雪峰古陆构造单元简图

将该区分割成菱块状或多边形的块体，构成了研究区构造变形组合的显著特点。在构造发展演化过程中，强烈活动发生于加里东期和燕山期，构造区的西南部，以北北东向断裂和褶皱发育为特点，中部和东北部地区，则以北东向和北西向断裂和褶皱较为发育。褶皱构造的形成以加里东期为主。这些断裂和褶皱组合给矿床的形成创造了良好的构造环境。较大的断裂自西向东有：①湘黔大断裂；②雷山-三穗断裂；③岑松-高酿断裂；④平阳-南哨断裂；⑤榕江断裂；⑥榕江-靖县断裂；⑦洞头-会洞断裂；⑧三江-黔阳-溆浦深大断裂。褶皱构造主要发育在中部，形成较平缓开阔的背斜和向斜。较大的褶皱有：①雷公山背斜；②台江-三穗向斜；③锦屏背斜；④黎平背斜；⑤寨坝向斜。其轴向为北东至北北东，多为复式褶皱，常被断裂破坏其完整性。