

343-348
沉积盆地中同生断层及对层控
Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) 矿床的控制

程小久 翟裕生

(地矿系 北京 100083)

p618.420.2

摘要 本文综述了同生断层控矿研究的进展,并结合在粤北地区的研究,论述了伸展及走滑盆地中同生断层的形成机制、特征和在盆地流体迁移和聚集中的作用以及与层控 Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) 等矿床的时空关系,认为沉积盆地中不同成因类型的层控矿床是盆地不同演化阶段的产物,成矿时空分异受同生断层和盆地流体系统的控制。

关键词 沉积盆地, 同生断层, 层控矿床

分类号 P613; P618.42

铅锌矿床

同生断层作为沉积盆地最基本的结构要素和构造型式,不仅控制盆地空间展布、几何形态及内部沉积作用和火山作用的进行,亦与盆地中 Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) 等金属矿化作用关系密切。断层活动与沉积作用、火山作用、流体活动和成矿作用持续地同时进行,是一种重要且特殊的控矿构造类型。近年来,随着沉积盆地中层控矿床研究的深入,以及石油地质和水文地质学的原理和方法在矿床学研究中的运用,同生断层控矿研究亦有了长足的进展^[1~11]。本文以粤北地区为例,着重论述了沉积盆地中同生断层的形成机制、特征和盆地流体迁移和聚集中的作用及与层控 Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) 矿床的时空关系,认为沉积盆地中不同成因类型的层控矿床系盆地不同演化阶段的产物,成矿时空分异受同生断层和流体系统控制。

1 同生断层的形成机制及其特征

同生断层是沉积作用、埋藏作用和压实作用期间地壳运动的结果,受沉积物压实和渗透性以及其对地壳加载和基底构造的影响和控制^[1]。同生断层作用的驱动机制主要有3种,其一为岩石圈伸展作用和走滑作用,断层主要形成于盆地快速拉张断陷阶段。其二为重力作用,一些同生断层,尤其是成岩期同生断层作用,是快速碎屑沉积区砂质沉积物与泥质沉积物间的差异压实作用引起的。在成岩压实期间,砂质沉积物的孔隙度约由40%降至20%左右,而泥质沉积物的孔隙度同时由60%变至20%左右,沉积物的体积变化造成失稳而发生断层作用。此外,高孔隙压力也可引起同生断层作用,在快速沉积的厚层泥质岩系中,孔隙压力大于静水压力,甚至超过岩石或半固结沉积物的抗破强度,因而导致大规模

收稿日期:1994-01-18

第一作者简介:程小久,男,1963年出生,博士研究生,构造地质学及矿床学专业。

以泥质岩为核的背斜和伴生的同生断层的形成。

沉积盆地中同生断层一般为走向正断层，剖面上常呈铲状（或犁状）和坐椅状。正断层及被其切割的断块可组合成不同样式的伸展构造，如地堑、地垒、半地堑和半地垒等。聚矿盆地通常由陡倾的边界断层和内部掀斜的多米诺式断块及反向断层系构成的不对称地堑系统，如加拿大 Selwyn 盆地 MacMillan Pass 地堑系统（图 1）。粤北地区晚古生代盆地中 NE 和 NW--NWW 向同生断层由两组基底断裂发展而成，在平面上构成格子状同生断层系。这些同生断层控制了盆地内部沉积相和火山作用的分布，也控制着变形变质时期的收缩构造和新生构造的发展。同生断层识别标志主要是沉积相和地层厚度突变带，线状分布的低成熟度的杂砂岩类、山前冲积扇群、浊积岩和重力滑塌堆积等快速堆积的沉积物，以及海底火山岩带。同生断层往往为后期形成的断层所沿袭，因此，也可根据后者确立其产出位置。

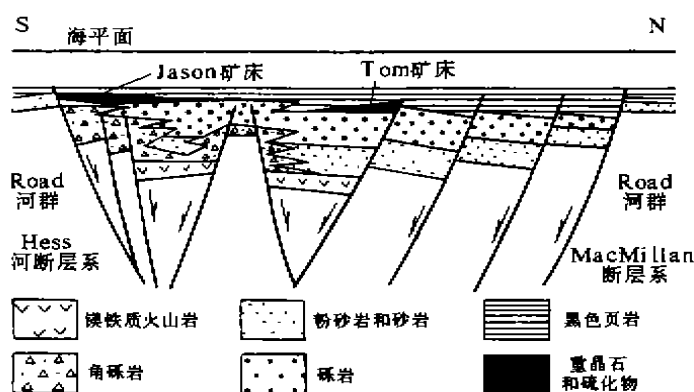


图 1 Selwyn 盆地 MacMillan Pass 地堑系统简化构造模型 (据 McClay, 1991)

Fig. 1 Simplified tectonic model for the MacMillan Pass graben system, Selwyn Basin

2 同生断层在盆地流体迁移和聚集过程中的作用

已有研究成果表明^[8,9]，同生断层既是流体迁移障，又是流体迁移通道。其作为流体迁移通道的证据有断层带的矿化作用、低流体势、热异常、盐度异常及同位素方面的证据；而断层带的孔隙度研究、所测量到的流体流动速率、并置的高流体势差、地下水引起的特殊沉淀物和烃类的聚集又表明同生断层是低渗透带。为了合理地解释这些相互矛盾的事实，Hooper 提出了周期流理论^[6]。该理论认为：断层在活动时期，其渗透率和流体潜在流量增加，流体沿同生断层上升流动是可能的；在断层不活动时期，其渗透率减小，阻滞流体流动。因此，同一断层在某一时期是流体流动通道，而在另一时期又可能是流体迁移障。周期性流动也能导致压实盆地中流体流动方向的改变，断层低渗透率时期，流体横穿断层并以侧向流动为主；高渗透率时期，流体沿断层带侧向和垂向迁移都很重要。

在同生断层相对活动时期，主要是通过扩容作用、再破裂作用和地震泵抽作用使其传导（流体、热等）能力增加。应力接近岩石抗破强度时，扩容作用使岩石产生一系列平行或近似平行断层面的微裂隙，如果流体势梯度平行于断层面，将导致流体优先沿各向异性

的渗透带流动。Sibson 认为扩容作用在高断层 100 多米的范围内最重要^[12], 但 Fyfe 等^[13]认为扩容带宽度取决于断层规模。Hooper 认为在断层带最大偏应力地段扩容作用最强烈, 如果扩容带超过一定宽度 ($>200\text{ m}$), 只要渗透率增加少许, 就能使断层带成为流体的良好通道。再破裂作用发生在成岩中晚期, 矿化带再破裂使被胶结物堵塞的裂隙再次连通而增加断层的传导能力。地震泵抽作用指断层运动使断层带应力释放, 岩石压紧恢复到膨胀前状态, 原先充满扩容孔隙的流体被挤出, 流体一般沿断层带向上流动^[14]。

一些学者^[8]已经证实同生断层活动直接或间接地与沉积速率有关, 在高沉积速率时期, 流体沿同生断层流动的流量和流速最大。另外, 据白金刚^[15]在云南白牛厂矿区的研究, 三层多金属硫化物矿层均产于滑积岩层之上, 构成了由滑积岩—硫化物 3 个沉积喷溢旋回, 反映了同生断层每一次的相对强烈活动, 都伴随有大量的含矿流体喷溢堆积成矿。也进一步证实流体沿同生断层周期性流动的可能性。

3 同生断层与层控矿床的时空关系

3.1 同生断层对盆地中层控矿床时空分异的控制

沉积盆地中形成的层控 Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) 矿床类型主要有 VMS 型、SEDEX 型和 MVT 型, 它们均是沉积盆地不同演化阶段的产物, 成矿作用时间上的演化和空间上的分异受同生断层和盆地流体系统控制。下面以粤北华力西—印支期沉积盆地中层控矿床为例说明 (图 2)。粤北地区自早泥盆世开始断陷接受沉积、早二叠世末期局部及周边隆升至中三叠世全面隆升消亡, 经历了拉张走滑断陷 (D_1-D_2)、稳定扩张热沉降 (D_3-P_1) 和局部及周边隆升消亡 (P_2-T_2) 3 个演化阶段。早阶段因地壳快速拉张走滑作用使由基底断裂发展而成的同生断层强烈活动, 在一些地段 (如大宝山) 切割较深引起海底基性—中酸性火山喷发。此阶段盆地流体以海底火山喷气系统占主导, 其活动范围局限于同生深断裂之上的火山活动地带, 形成了海底火山喷气成因的 Cu-Pb-Zn-Fe 多金属矿床 (大宝山式)^{[16]①}。在稳定扩张热沉降阶段, 构造岩浆活动减弱。随着沉积物逐渐增厚, 压实水水势和流动速率增大, 尤其在古陆或水下隆起边缘的同生断层等低压带, 压实水流大量汇聚, 形成了与压实水 (地层水) 有关的黄铁矿矿床 (红岩式)^[17], 成矿时代 $266\sim391\text{ Ma}$ ^②。早二叠世末期, 该区区域上受东吴运动和邻区钦廉运动的影响, 使得西南部云开大山一带强烈隆起, 向东经粤北盆地至梅县、惠州一带隆升逐渐减弱。造成自西南至北东大幅度地势差, 从而在盆地范围内发育区域地下水系统。盆地北部诸广山古岛南缘因地势低且发育高角度断层, 含矿地下热水大量排泄, 形成了地下水渗透成因^[18,19]的 Pb-Zn 矿床 (凡口式)。

3.2 同生断层与层控矿床的空间定位

沉积盆地中层控矿床的空间展布和矿体几何形态受聚矿洼地的几何形态、水文状态、沉积作用和含矿热液排泄途径、方式、喷流速率、流体交代作用以及同生断层等因素控制^[2]。这些因素中同生断层是控制矿床空间展布和定位的主导因素。McClay 1991 年据矿床与同生断层空间关系, 总结出加拿大 Cordillera 地区 Selwyn 盆地—Kechika 海槽碎屑岩中的 SEDEX 型 Zn-Pb (-Ba) 矿床产出部位是同生断层上部喷口系统、近喷口卤水池、远离喷口

① 赖应麟. 粤北泥盆系中主要金属矿床成矿地质条件研究 (科研报告), 1984.

② 刘月星等. 湘南粤北地区铅锌矿床气液包裹体特征及其找矿意义研究, 1984.

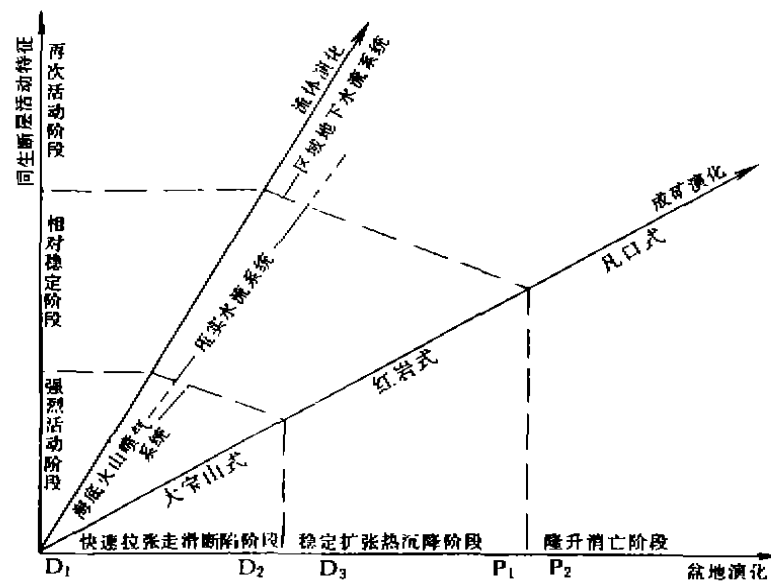


图 2 粤北华力西—印支期沉积盆地成矿演化简图

Fig. 2 The Varisan-Indosinian metallogenic evolution in the sedimentary basin of north Guangdong Province

卤水池和断层带及地层间扩容带。VMS 型矿床多受海底地堑—火山机构控制, 通常被认为形成于伸展裂谷盆地深水破火山口系统^[1]。有利成矿部位是同生断层带、火山机构及海底洼地。MVT 型矿床空间定位受控于同生断层、层间破碎带及与断层破碎带有关的喀斯特等(图 3)。

4 问题与讨论

同生断层是重要的控矿构造类型之一, 尤其是沉积盆地中块状硫化物矿床成矿的重要控制因素。虽然这一领域的研究有一定的进展, 但与其他控矿构造类型相比, 其研究程度还很低。

(1) 沉积物、沉积相和矿床是同生断层活动历史的记录者。地史时期裂谷或地堑盆地中同生断层组合样式和活动历史的重建是开展同生断层控矿研究的前提。在很多强烈变形区, 因同生断层被改造或以新的形式活动而被忽视或作为褶皱造山期构造作用的产物。一些研究表明, 变形强烈的古沉积盆地结构的重建可通过特征岩相的分布和发育于单个断块内的楔形沉积物以及后成收缩构造和变质期新生构造的分析来确立^[2]。也可通过大比例尺地质测量, 据同时代地层厚度的变化和火山作用的位置来推断^①。在矿区, 应充分利用钻孔剖面资料, 通过观察岩心, 对比断层上下盘岩相、地层厚度差异, 确定是否存在同生断层。

(2) 据两盘相对运动特征, 同生断层可分为正断层型、逆断层型、走滑型及其组合型。目前研究的侧重点是前者, 而逆断层型、走滑型同生断层控矿作用的研究还很薄弱, 前者

① 赖应敏, 粤北泥盆系中主要金属矿床成矿地质条件研究 (科研报告), 1984。

可能发育于前陆盆地或伸展盆地的收缩期, 后者见于拉分盆地, 它们与金属矿化的关系研究应引起足够的重视。另外, 同生断层与贱金属块状硫化物矿床关系研究较多, 涉及其他矿种较少, 从一些资料分析, 沉积盆地中形成的绝大多数矿床都与同生断层有关。

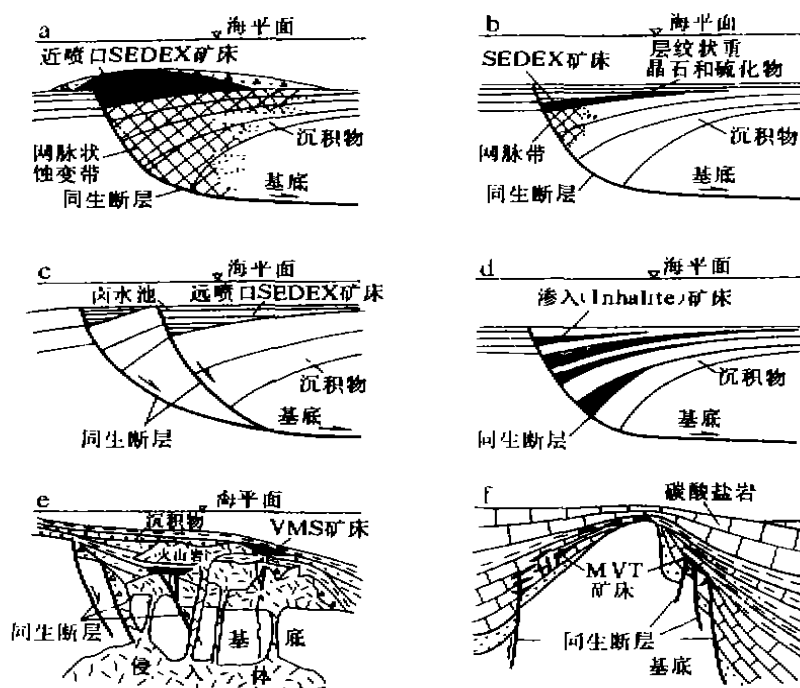


图3 沉积盆地中同生断层与层控矿床的空间定位

(据文献 [2]、[7]、[11] 简化)

Fig. 3 Simplified sections showing the space relationship between the synsedimentary faults and strata-bound ore deposits in sedimentary basin

- a. 近喷口 SEDEX 型矿床; b. 典型 SEDEX 型矿床; c. 远喷口 SEDEX 型矿床;
d. 渗入充填矿床; e. VMS 型矿床; f. MVT 型矿床

(3) 同生断层的发展往往受到基底构造的制约和影响。此外, 同生断层发育过程中, 盆地中还有同沉积褶皱和由热沉降引起的平面状正断层的发育, 作为统一构造系统中不同结构要素各自的控矿意义不同, 又相互作用, 应在重视同生断层控矿的同时, 考虑其他构造的影响。

参 考 文 献

- 1 Werner W; 李维海译. 构造对热液矿化控制作用的实例: 陆缘沉积盆地中的断层带评述. 世界地质, 1992, 12 (1): 124~137
- 2 McClay K R. Deformation of Stratiform Zn-Pb (-barite) deposits in the north Canadian Cordillera. Ore Geology Reviews, 1991, 6: 435~462
- 3 赖应麟. 凡口铅锌矿床的成因. 地质论评, 1988, 34 (3): 220~230
- 4 曾允孚, 沈德麒, 张锦泉等. 华南泥盆系层控矿床. 北京: 地质出版社, 1987
- 5 刘文均, 张锦泉, 陈洪德. 华南泥盆纪的沉积盆地特征, 沉积作用和成矿作用. 地质学报, 1993, 67 (3): 244~253

- 6 Ridley J. The relations between mean rock stress and fluid flow in the crust; with reference to vein-and lode-style gold deposits. *Ore Geology Reviews*, 1993, 8: 23~37
- 7 Cas R A F. Submarine volcanism; eruption styles, products, and relevance to understanding the host-rock successions to volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Economic Geology*, 1992, 87: 511~541
- 8 Hooper E C D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments. *Journal of Petroleum Geology*, 1991, 14 (2): 161~180
- 9 Knipe R J. Faulting processes, fluid flow and the evolution of reservoir compartments. *Geofluid'93 Extended Abstracts*, 1993, 134~136
- 10 Rowe J. Palaeo fluid flow in the East Irish Sea basin and its margins. *Geofluid'93 Extended Abstracts*, 1993, 358~362
- 11 Sinclair A J, Macquar J C, Rouvier H. Reevaluation of lead isotope data, southern Massif Central, France. *Mineral Deposita*, 1993, 28: 122~128
- 12 Sibson R H. Controls on low stress hydrofracture dilatancy in thrust, wrench and normal fault terrains. *Nature*, 1981, 289: 665~667
- 13 Fyfe W S, Price N J, Thompson A B. Fluid flow in the Earth's Crust. *Developments in Geochemistry 1*. Elsevier, Amsterdam, 1978
- 14 Sibson R H, McMoore J, Rankin A H. Seismic pumping a hydrothermal fluid transport mechanism. *Jour Geol Soc Lond*, 1975, 131: 653~659
- 15 白金刚. 云南白牛厂超大型银多金属矿床含矿地层的沉积相沉积喷流成矿作用的证据. [硕士论文] 北京: 中国地质大学(北京), 1993
- 16 葛朝华, 韩发. 广东大宝山矿床喷气—沉积成因地质地球化学特征. 北京: 北京科学技术出版社, 1987
- 17 陈学明. 粤北地区层控矿床的构造演化成矿模式和找矿预测. 北京: 地质出版社, 1992
- 18 李佩兰. 凡口铅锌矿床成矿作用演化规律. *地质与勘探*, 1989, 25 (8): 9~16
- 19 尹汉辉, 喻茂玖, 张国新等. 中国沉积—改造铅锌矿床. *中国科学(B辑)*, 1983, (11): 1029~1038

SYNSEDIMENTARY FAULT AND ITS CONTROL OF STRATABOUND Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) DEPOSITS IN SEDIMENTARY BASIN

Cheng Xiaojia Zhai Yusheng

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Abstract

On the basis of the former study and by taking YueBei district as an example, the formation and characteristics of synsedimentary faults in extensional and strike-slip basin, the affection of the faults on the movement, the collection of basinal fluids (ore fluids) and the time and space relations between the synsedimentary faults and stratabound Pb-Zn (-Ba-Cu-Ag) deposits are expounded in this paper. Authors consider that the different genetic types of stratabound ore deposits formed in different evolutionary stages of basin and the metallogenic differentiations in time and space are controlled by the synsedimentary faults and basinal fluid systems. Finally, some questions are discussed.

Key words: sedimentary basin, synsedimentary fault, stratabound ore deposit