

铜陵矿集区地壳结构的深地震反射成像*

Deep Seismic Reflection Image of Crustal Structure in Tongling Ore District

吕庆田¹ 黄东定² 侯增谦¹ 匡朝阳² 吴宣志¹ 赵金花¹ 史大年¹

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 华东石油局第六物探大队, 江苏 南京 210009)

Lü Qingtian¹, Huang Dongding², Hou Zengqian¹, Kuang Chaoyang², Wu Xuanzhi¹, Zhao Jinhua¹ and Shi Danian¹

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 No. 6 Geophysical

Exploration Brigade, Petroleum Bureau of East China, Nanjing 210009, Jiangsu, China)

摘 要 大陆成矿带的深部结构对理解陆内成矿过程, 建立大陆成矿理论十分重要。深地震反射技术是探测和研究大陆地壳结构的主要方法。文章系统介绍在铜陵矿集区进行的深地震反射的数据采集和处理流程及参数选择, 讨论了提高数据采集质量的关键问题, 为今后在复杂地区开展类似工作提供借鉴。

关键词 成矿带 矿集区 深地震反射成像 地壳结构

板块构造成矿理论的建立在很大程度上得益于对洋壳俯冲和沟、弧、盆体系深部构造的了解。同样, 研究和建立大陆成矿理论首先必须了解大陆成矿带的深部构造和动力学演化过程。欧亚大陆是由若干微陆块拼贴而成的, 主要微陆块的拼贴合并是伴随着华北板块 (North China Block, NCB) 与南华板块 (South China Block, SCB) 的碰撞而完成的 (Klimetz, 1983; McElhinny et al., 1981)。自三叠纪 NCB 和 SCB 碰撞以来 (Sengor, 1985; Hsu et al., 1987; Li et al., 1989), 中国大陆开始了广泛而强烈的陆内变形, 从而拉开了中生代大规模成矿的序幕。

长江中下游成矿带是中生代陆内成矿的典范。自晚印支期以来, 该地区经历了强烈的陆陆碰撞造山和陆内变形构造活动, 强烈的壳—幔作用导致了区域上断裂网络系统的形成和多重岩浆的侵位, 产生了丰富多彩的成矿系统 (翟裕生等, 1992), 并在相应的构造部位形成了大规模的铜、铁、硫、金矿石的堆积, 形成了鄂东、九瑞、安庆—贵池、庐枞、铜陵等多个大型矿集区。

长期的调查研究, 在认识深部构造对成矿的约束方面取得了很大进展。已注意到深部构造—岩浆作用对成矿带的形成具有很强的控制作用, 不同深度的构造—岩浆房组成中心式—网格式—环带式“三层结构”是控制区内不同岩浆岩系列及有关矿床集中分布的主要因素 (吴言昌等, 1999; 常印佛等, 1991)。然而要建立完善的陆内成矿理论, 还需要进一步对矿集区或成矿系统的深部精细结构进行探测和解剖, 以达到对矿集区或成矿系统特征 (即: 成矿源—运—储特征) 的深入理解。

由国土资源部资助, 选择长江中下游成矿带的铜陵矿集区, 开展了深部地壳结构与成矿作用过程的研究, 实施了一条穿过矿集区的深地震反射剖面 (图 1)。主要目标是: ①揭示铜陵矿集区的地壳细结构; ②探测深部岩体的形态及其与地表岩体的关系; ③探索地壳结构对岩浆—热液成矿系统的约束作用。本文重点介绍深地震反射剖面野外数据采集和数据处理方面的工作, 为今后开展类似工作提供借鉴经验, 最后介绍获得的初步结果。

1 深反射地震数据采集

*本研究由国土资源部科技专项研究计划项目资助

第一作者简介 吕庆田, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事深部地球物理和矿产勘查技术方法研究。

1.1 测地工作

测地工作是地震勘探工作的基础,其精度直接影响反射地震剖面成果精度和解释效果。本次测地工作根据地震剖面位置和GPS选点要求,布设了10个GPS控制点,按照复测边联结方式构成控制网。采用美国ASHTECH-XII型GPS接收机按静态模式进行同步观测, GPS控制网平差采用IGGG平差软件计算,基线解算采用GPPS软件。测量结果全网点位中误差最大为0.035 m,完全符合施工技术要求。测线采用红外测距仪和测绳进行,尽可能按直线施工,复杂地段采用折线或弯曲测线施工,但测线转折方位角一般小于 30° ,拐点处均设置跑点和检波点。地面测线共60.90 km。

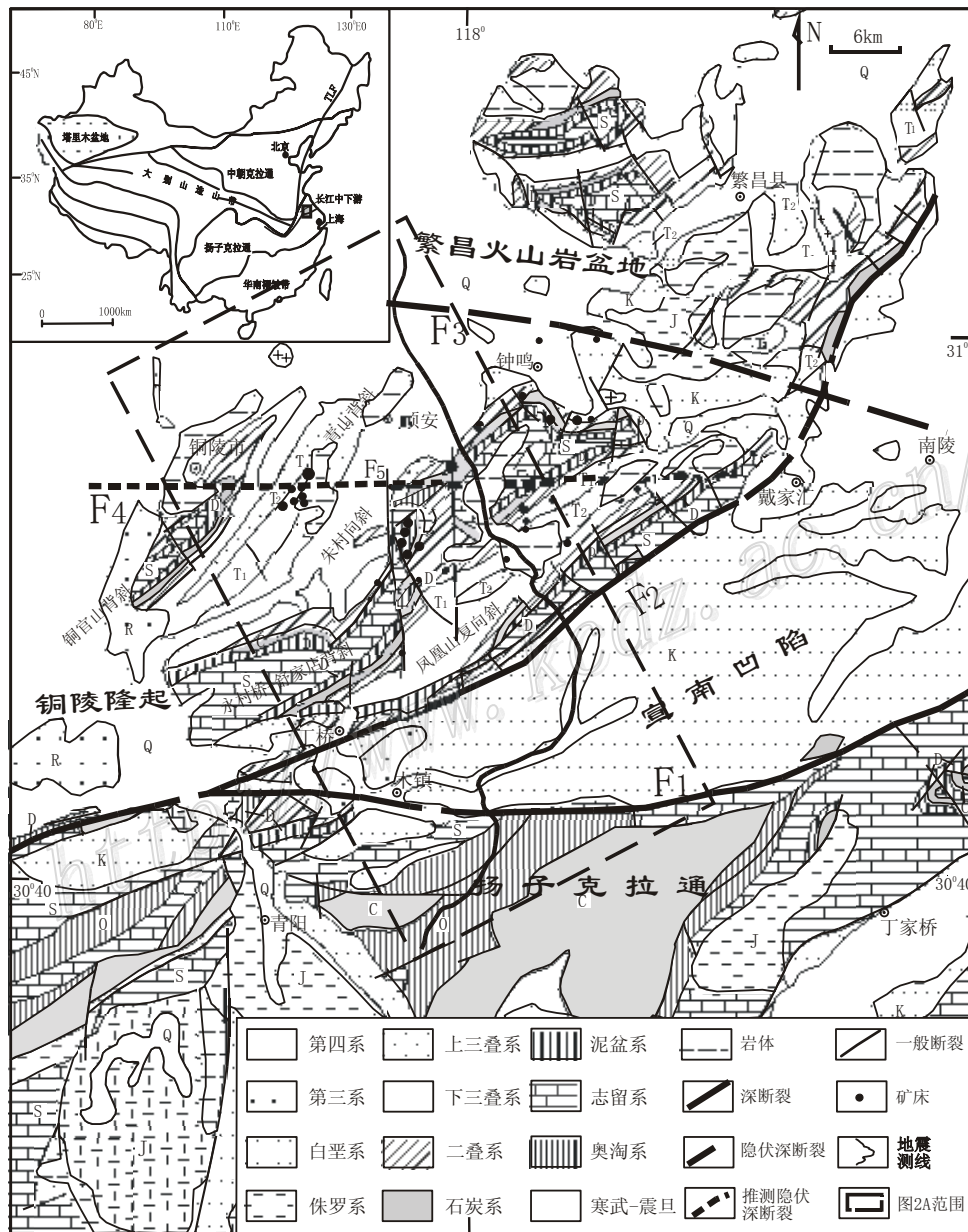


图1 铜陵矿集区地质简图及地震测线位置

1.2 数据采集参数

野外深地震反射数据采集由华东石油局南京第六物探大队于2001年3、4月完成,地震仪是法国生产

的 SN388 24 位数字地震仪。由于矿集区表层地震地质条件复杂, 为保证数据采集的质量, 在正式施工前选择具有不同地震地质条件的地段分别进行一系列采集试验, 包括: 仪器因素、井深、药量、钻井方式、偏移距、干扰波调查和低速带调查等。最后确定的采集参数如下:

(1) 观测系统: 检波点距: 40 m; 接收道数: 360~478 (端点或中间激发); 最小炮检距 0~200 m; 最大炮检距 19080 m; 叠加次数: 15~42 次。

(2) 仪器因素: 使用仪器: SN388 数字地震仪; 采样间隔: 1 ms; 记录格式: SEG-D; 记录长度: 16s; 记录密度: 37871bpi; 低截频率: 宽挡; 高截频率: 128; 前放增益: 24db。

(3) 激发接收因素: 炮点间距: 400 m (矿化集中区加密 200 m); 药量 3~42 kg (加密小炮 3~9 kg); 检波器主频: 12 Hz; 检波器组合: 12 个检波器线性组合。

1.3 现场质量监控及分析

为确保野外数据采集的质量, 数据采集过程中实施现场质量监控, 采用 MicroMAX 质量监控系统对当天资料进行处理, 以指导次日的施工。监控处理流程如下: 数据解编—单炮显示—定义观测系统—剔道—去噪—切除—滤波—真振幅恢复—速度分析—动较—叠加—显示。图 2 为一现场质量监控剖面。

相对于石油地震来说, 在结晶岩地区进行深地震反射从理论上存在一定的难度: ①信号能量弱 (反射传播距离长, 结晶岩内部反射系数小); ②静校正幅度大 (排列长, 地表速度变化大); ③CMP 叠加效果差 (缺乏深部速度和横向变化信息); ④数据信噪比低 (工业和人文干扰大)。因此野外数据质量监控显得十分必要。通过野外数据采集过程, 我们体会到影响数据采集质量的主要因素是井深, 一般药柱顶离地面至少要大于 4 m, 这样激发的地震波能量才往下有效传播。在钻井困难的地方, 一般要使用 3~4 个组合井才能得到较好的信噪比。

2 深反射地震数据处理

由于受客观条件影响, 原始数据存在以下不足: ①部分炮点、检波点由于地表障碍物 (工厂、铁路、输水管道、煤气管道) 影响, 位置变化较大; ②由于地表地质条件变化较大, 激发、接收因素多变, 造成原始记录的能量、频率差异较大; ③个别地段原始数据噪声背景较大, 信噪比低, 主要表现为: 不正常道多、能量不均和外部干扰严重; ④深部地质条件复杂, 折射波、绕射波发育。上述不足要求数据处理一定要精细, 处理的重点应放在提高信噪比上。为此, 处理中采用了 LMO 技术检查和修正炮点、检波点坐标; 严格剔除不正常炮、道; 精细分析速度, 强化去噪处理。在此基础上做真振幅恢复处理, 采用地表一致性处理和近地表模型校正, 解决表层岩性差异问题, 消除与反射系数无关因素引起的反射波振幅变化。

数据处理主要使用 PROMAX 交互处理系统, 在 SUN 工作站上完成。处理流程包括: 真振幅恢复、初至切除、地表一致性、仿阵列滤波、F-K 去噪、速度分析、动校 (NMO)、静校、叠加、叠后秒去噪 (F-K 去噪等) 和偏移。

主要处理方法及参数选择: 真振幅恢复采用

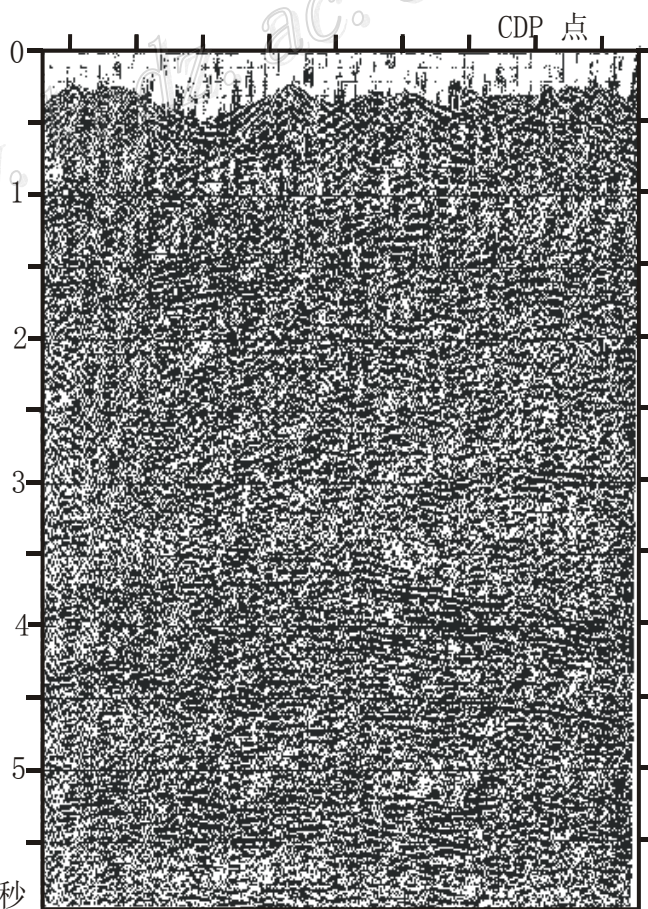


图2 201-650 点号现场质量监控剖面

叠加均方根速度球面扩散补偿进行;高程校正基准面选择海拔 200 m 平面,替换速度由低降速带调查资料提取;采样率 4 ms,处理长度 0~16 s;带通滤波:3、8、60、64 (Hz);F-K 去噪:F=5、NY=10;剩余静校正:-20~+20 ms;叠加方法:反功率叠加。

3 初步结果

分析处理得到的叠加剖面,对铜陵矿集区的深部结构获得以下初步认识:

(1) 叠加剖面北部下地壳呈现近水平的“层状”强反射特征,这种反射特征可能是地壳强剪切作用的结果,推测与长江中下游裂谷形成时的强烈伸展作用有关。南部下地壳呈现中强度反射,代表稳定扬子克拉通下地壳,克拉通与前陆的深部分界线在丁桥-戴家汇断裂之下。铜陵隆起处于两类具有不同反射特征地壳的过渡带,下地壳缺失反射,可能由于混合岩化作用使物质趋于均匀所致;

(2) 铜陵隆起上地壳出现复杂的弧形反射,推测为褶皱、冲断和侵入构造,表明上地壳发生了强烈挤压变形。上地壳弧形反射下面为反射透明区,指示存在巨型岩基。上、下地壳之间(5 s, TWT)倾向相反的反射说明上、下地壳之间存在拆离。拆离面为岩浆侵入和聚集创造了空间条件,使矿集区下形成巨型岩基和岩浆-热液流体库,为成矿创造了物质条件;

(3) 扬子克拉通具有清晰的 Moho 反射,具有典型的克拉通地壳反射特征。铜陵隆起下无 Moho 反射,可能是岩浆侵入所致。而剖面北部 Moho 反射之下还有反射出现,可以解释为新近岩浆活动的痕迹。Moho 在短距离(60 km)内的巨大变化表明构造岩浆活动的复杂性。

(4) 宣南拗陷、繁昌火山岩盆地出现的非对称、半地堑反射几何特征,表明自晚三叠纪以来,区域变形以单边拉伸(扬子板块 SE 方向的拉伸)的伸展作用为主。

致 谢 本项目参加人员还有常印佛,裴荣富,曾普胜,杨竹森,邓军、赵海玲、蒙义峰等。本文为国土资源部科技专项研究计划“大型矿集区深部精细结构与含矿信息”的部分研究内容。项目执行期间得到了部科技司黄宗理司长、崔岩副司长、高平处长等领导的支持和关心,刘士毅、肖庆辉、刘福田、姜枚、吴宣志、高锐参与了多次研究方案讨论并具体指导。华东石油局第六物探大队 4 分队完成了野外数据采集工作。高锐研究员、李秋生研究员、曾普胜博士指导并参与了野外数据采集工作。在此,向以上提到的所有人员表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 常印佛,刘湘培,吴言昌. 1991. 长江中下游铁铜成矿带. 北京:地质出版社. 1~379.
- 吴言昌,曹奋扬,常印佛. 1999. 初论安徽沿江地区成矿系统的深部构造-岩浆控制. 地学前缘, 6(2): 285~296.
- 翟裕生,姚书振,林新多,等. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京:地质出版社. 1~235.
- Hsü K J, Q Wang J L, Zhou D, et al. 1987. Tectonic evolution of Qinling Mountains, China. *Eclogae. Geol. Helvet.*, 80: 735~752.
- Klimetz MP. 1983. Speculations on the Mesozoic plate tectonic evolution of eastern China. *Tectonics*, 2: 139~166.
- Li S G, Hart S R, Zheng S G, et al. 1989. Timing of collision between the north and south China blocks- The Sm-Nd isotopic age evidence. *Science in China*, 32: 1393~1400.
- McElhinny M W, Embleton B J J, Ma X H, et al. 1981. Fragmentation of Asia in the Permian. *Nature*, 293: 212~216.
- Sengör A M C. 1985. East Asia tectonic collage. *Nature*, 318: 16~17.