

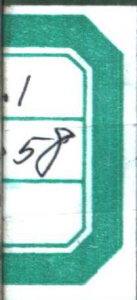
煤炭工业技术委员会地质分会
中国煤炭学会矿井地质专业委员会

2001 年学术年会论文集

煤矿安全高效开采 地质保障体系

彭苏萍 程 桦 主编

煤炭工业出版社



中国矿业大学北京地质工程与测绘学院
中国地质大学(北京)地质工程研究所

煤矿安全高效开采 地质保障体系

张洪波 王 强 张 强

地质工程与测绘学院



煤炭工业技术委员会地质分会
中国煤炭学会矿井地质专业委员会 2001 年学术年会论文集

煤矿安全高效开采地质保障体系

彭苏萍 程 桦 主编

煤炭工业出版社
2001 年 5 月

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿安全高效开采地质保障体系: 2001 年学术年会论文集 / 彭苏萍, 程桦主编. - 北京: 煤炭工业出版社, 2001

ISBN 7-5020-2019-5

I. 煤... II. ①彭...②程... III. 煤矿开采 - 安全技术 - 学术会议 - 文集 IV. TD7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 027804 号

煤炭工业技术委员会地质分会 2001 年学术年会论文集
中国煤炭学会矿井地质专业委员会

煤矿安全高效开采地质保障体系

彭苏萍 程桦 主编

责任编辑: 李振祥 辛广龙 王玉芬

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京宏伟胶印厂 印刷

*

开本 787 × 1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 16 $\frac{1}{4}$

字数 382 千字 印数 1 - 1,000

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 4790 定价 45.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

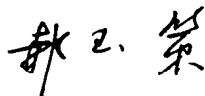
序

煤炭作为我国的主要能源，占一次性能源消费构成的 70% 以上。我国煤炭资源储量丰富，重点富煤省区主要位于“华北地台”等稳定的地块和我国西南六盘山地区（以石炭二叠纪煤系地层为主）、鄂尔多斯盆地、东北和西北地区（以中生代含煤地层为主）。很多地区的煤层厚度大，煤层倾角变化小，具有较好的开采地质条件，为我国煤炭工业的发展提供了先决的地质资源条件保证。改革开放以来，我国煤炭工业得到了前所未有的发展，为我国国民经济发展作出了重要贡献。

但是，长期以来，国内在煤矿建设以前缺乏系统的工程地质条件评价，仍以不能满足综采要求的精查地质勘探资料作为矿井和采区布置的依据，忽视采区地质条件分析研究。在选择开采盘区之前又未能准确探测其内部地质构造，掌握煤厚变化和顶、底板地质条件，以及在巷道开拓后未能及时预测和探测工作面内地质异常问题，使我国煤矿生产与世界先进煤炭生产国相比，更显煤炭生产效率较低。我国很多煤矿区还具有新生界覆盖层厚、煤层埋藏深、基底为奥陶系承压含水层的特点。煤炭开采引发的地质灾害日趋严重，造成了重大的经济损失，并严重地威胁矿工的生命安全。加强我国煤炭开发和安全高效生产中地质保障系统的研究，对稳定煤炭安全生产和煤炭工业的可持续发展具有战略意义。因此，煤炭工业技术委员会地质专业委员会和中国煤炭学会矿井地质专业委员会通过协商决定，联合召开学术讨论会，以“煤矿安全高效开采地质保障体系”为主题，重点总结煤炭系统科技工作者近年来在这方面的研究成果，交流经验，并就煤矿地质灾害评价技术与方法、煤矿复杂地质构造探测技术与方法（包括地面和井下）及煤矿地质灾害预测预报技术与防治对策进行深入讨论。这次学术讨论会共收到交流论文 60 篇，其中有一些是高校和科研单位近年来在这方面的最新研究成果，还有一些是生产单位在长期的工作中积累经验的总结，基本代表了我国近年来这方面的学术水平，具有较大的实用价值。我们希望，通过这样的活动，使广大科技人员为推动我国煤炭工业的科技进步发挥更大的作用。

最后，我代表煤炭工业技术委员会地质专业委员会、中国煤炭学会矿井地质专业委员会感谢中国矿业大学（北京校区）、淮南工业学院为筹备开好这次会议付出的辛勤劳动和在经费上给予的支持！感谢福建省煤炭厅为这次会议召开给予的大力支持和帮助！感谢福建易达电子科技有限公司对会议召开给予的赞助！感谢中国矿业大学（北京校区）和煤炭工业出版社为本论文集的出版付出的辛勤劳动！

中国煤炭工业发展研究咨询中心顾问
煤炭工业技术委员会地质专业委员会主任



2001 年 4 月 22 日

目 录

序

上 篇

地震反演与三维可视化技术在煤田三维地震勘探中

- 的应用初探 彭苏萍 杨瑞召 林金垚 等(1)
- 震波 CT 的应用技术 刘盛东 程学丰 程桦 等(7)
- 淮南矿区三维地震勘探及其成果应用的新进展 赵 伟 程功林(11)
- 煤层陷落柱高分辨率地震探测与效果 赵育台 黄丹青(16)
- 利用综合物探技术确定煤矿老窑采空区、陷落柱及断层的富水性 张兴平(18)
- 三维地震勘探在东荣矿区的应用 姜剑虹 刘迪新 刘 革(23)
- 浅层地震勘探在滑坡勘查中的应用 杜兵建 曹若云 叶贵钧(27)
- 三维地震勘探技术在煤矿深部开采中的应用 孟宪德(31)
- 瞬变电磁成像技术在冒落带探测中的应用 官云章 席京德 刘光庆 等(34)
- 高分辨率三维地震探测太平煤矿的细微构造 张 宏 王松杰 陈清静(38)
- 三维特殊观测系统的设计及应用 王秀东 王怀洪 陈清静(41)
- 提高探放煤层底板灰岩水钻孔成功率的试验 陈鸿春(46)
- 应用 WKT-F3 无线电波透视仪探测工作面隐伏陷落柱 李志云(48)
- 综合利用地震、钻探资料解释岩浆岩发育规律及
分布范围 王红娟 宁凡顺 孙立新(50)
- 可视化技术在矿井地质工作中的应用 王占刚 曹代勇 朱小弟 等(54)
- 综合物探技术在地质保障系统的应用 王怀洪 王秀东 王松杰(59)
- 利用综合物探方法探查深部煤层底板岩溶富水性 程学丰 刘盛东 刘登宪 等(62)
- 旗山煤矿东翼构造复杂区地震勘探对比与效果分析 张福如 郝祥军 贺步同(66)
- 山东临沂褚墩煤矿六、七采区地震勘探和地质效果 许作庆 曹庆伦 刘守连 等(70)
- 便携式智能矿井资源探测仪的研制 刘盛东 胡业林 张平松 等(75)
- 二维偏移资料在地震解释中的应用 张宝水 陈清静(80)
- 三维地震数据资源的地质动态管理技术 程建远(84)
- 综合物探技术在矿井水文地质勘探中的应用 郝万彩(89)
- 利用槽波地震探测技术对煤矿复杂地质构造的预测 王 顺 聂秀英(92)
- 龙固地震资料时-深转换分析及应用 栗 洁(96)

中 篇

- 淮南矿区地质环境初步调查及治理策略 程功林 赵 伟(98)
- 集约化矿井生产安全地质保障信息系统开发的
若干问题 曹代勇 周云霞 戈连柱 等(103)
- 浅谈煤层地质条件开采工艺性的评价 于建泓(110)
- 用工业分析数据预测煤炭发热量 樊利华 刘广新(118)
- 济三煤矿安全高产高效开采地质保障系统 杨建华(121)
- 浅析采煤工作面回风瓦斯临界问题的防治 吕宣文(124)
- 煤矿高产高效区域选择地质综合评价在铜川矿区的研究与应用 孔令义(126)
- 综合灰分等值线图在煤矿生产中的应用 侯吉祥 崔小立(130)
- 大同煤矿煤炭资源现状及开采对策 聂秀英 侯吉祥 李兰亭(133)
- 开滦东欢坨井田软岩巷道破坏机理探讨 张 宏(137)
- 济宁二号煤矿小断层研究及其预测方法应用 胡东祥 张瑞俊 杨文钦(141)
- 煤与瓦斯突出的化学本质:从原理和证据到现场预报途径 梁汉东(147)
- 大同侏罗纪煤田地质构造探测技术与方法的应用 洪 雷 高宇平 刘 胜(158)
- 影响煤矿高效安全生产的地质因素分析 赵艳斌(163)
- 新庄孜煤矿地质构造与瓦斯分布关系初探 邱志诚(166)
- 浅析矿井的热害及防治 赵志根 甘结保(171)
- 淮北杨庄煤矿六煤层抗张强度原位测试研究 吴基文 潘洪萍 林 枫 等(174)
- 从地质角度分析综采工作面局部冒顶的原因 李国余 何升贵(178)

下 篇

- 华北岩溶充水煤矿区底板滞后突水机制及其评价方法 童有德 叶贵钧(181)
- 采矿引起的水环境问题 武 强 董东林 董云峰 等(182)
- 特大导水岩溶陷落柱的治理技术 李建民(187)
- 孤立隐伏导水构造的判识与探查 樊乃勤(193)
- 新生界松散层底部含水层水资源评价模型及地面沉降模型研究 严家平 许光泉(198)
- 煤层底板岩层阻水能力研究 李耀民 杨国勇 王玉芹 等(203)
- 谢一矿采煤工作面断层出水机理的分析 高 兵 蒋法文(207)
- 大同煤田四台井田 402 盘区矿井水害的综合治理 李智慧 许元录 洪 雷 等(210)
- 永定庄矿 11 号煤层下分层 5803 巷底板出水的形成机制 侯吉祥(214)
- 大同矿区井田采空区积水的预测与防治 王培盛 阎志义 聂秀英(217)
- 临沂煤田水害综合治理的途径 刘守连 尹焕军 戚洪来 刘风波(222)
- 承压含水层下厚煤层带压开采技术 徐 玲(227)
- 浅谈集贤煤矿辅助提升斜井涌水溃砂灾害处理
技术经验 孙 波 闫孝林 陈启文(230)

谢一矿井下涌漏水钻孔注浆封堵技术实践.....	高 兵 黄 晖	张永刚(232)
鲍店煤矿 5308 厚煤层大跨度综采放顶煤工作面涌水分析	刘瑞新	王宗胜(237)
杨村煤矿底板突水预测.....	尚衍锋 刘成林	田智岭(240)
霍林河一号露天矿水文地质条件及采动变化研究.....	庞有彪	刘保民(245)

地震反演与三维可视化技术在煤田三维地震勘探中的应用初探

中国矿业大学(北京校区) 彭苏萍 杨瑞召
中国地质大学(北京) 林金垚 李 军

1 地震反演技术

地震反演技术就是综合运用地震、测井、地质等资料揭示地下目标层(储层、油气层、煤层等)的空间几何形态(包括目标层厚度、顶底构造形态、延伸方向、延伸范围、尖灭位置等)和储层微观储集性能参数(包括孔隙度、渗透率、含油气饱和度、泥质含量等)的展布特征,将大面积的连续分布的地震资料与具有高分辨率的井点测井资料进行匹配、转换和结合的过程,而地质理论及指导思想则贯穿于这个过程的始终。因此,地震反演技术是一项综合性应用技术,要求物探、测井和地质研究人员的互相配合或复合型人才来完成各种目标层预测的任务。目前,地震预测技术在国内外各油田均得到了广泛的应用,预测方法趋于成熟并向多样化和综合性方向发展,已成为油田提高钻井成功率和勘探效益的重要手段之一。

然而,到目前为止,地震反演技术在煤田三维地震勘探中还没有得到广泛地应用。原因有:①由于历史的原因,煤田采区的钻孔测井资料中普遍缺少声波时差资料,缺少了作为目标函数的初始波阻抗模型,以及地震资料与高频测井资料之间的“时深转换匹配桥梁”;②与石油勘探中的储层在横向分布上关于尺度及不连续性因素相比,煤层的地震反射特征明显,分布稳定,对煤层分布预测的必要性不如石油行业强烈;③煤田行业的三维地震目前主要用于解决构造问题,还处于“构造勘探”阶段,还没有真正达到“岩性勘探”阶段。因此,地震处理过程中对“保真度”普遍没有引起足够的重视,在“相对保幅”方面目前还重视不够。为此,作者撰写此文,意在推动这一成熟技术尽快在煤田三维地震勘探中得到应用,为解决煤田开采中所遇到的实际生产问题服务。

地震反演依据反演方法可划分为两大类,即递推反演和基于模型的约束反演。递推反演有 Seislog、V-Log、G-Log,以 Seislog 为代表;基于模型的约束反演有 Strata、Parm、Jason、ISIS、BCI 等,其中以 Strata 为代表。Strata 反演技术把地震与测井有机地结合起来,反演结果中既有测井信息亦有地震信息,突破了传统意义上的地震分辨率的限制,理论上可得到与测井资料相同的分辨率,是薄层储层/煤层预测的关键技术。笔者认为,地震反演技术在煤田三维地震勘探中的应用包括以下几个方面:

(1) 高地震解释精度:由于受地震资料分辨率的限制,目前解释的煤层底板实际上并非严格地为煤层底板,可能是煤层的中间甚至是顶板,而煤田开采对解释精度要求很高,如果不进行反演,很难达到其解释精度(图1);

(2) 煤田生产中对断层解释要求很高，一般要求解释出断距为 3~5m 的小断层，实际上，地震资料本身能够分辨出的断层其断距至少在 10m 左右。因此，要在构造图上反映出小断层，十分困难，而且要求解释人员有较丰富的经验。即便如此，漏掉断层的情况也时有发生。而在反演剖面上，小断层非常清楚，可以帮助解释人员精细解释断层（图 2）。甚至断距更小的断层（即煤田行业所称的裂缝发育带）在反演剖面、平面图上也有反映，有利于小断层的解释及裂缝发育带的预测。同时，反演结果可以帮助我们解释裂缝发育带。如图 3 所示，沿层提取反演波阻抗数据，对其进行倾角分析，可以识别出断层（图中黑色线形异常）、采空区（图中左侧中部）及小断层（裂缝）（图中黑色细条状异常）发育带，为预测瓦斯突出区提供依据。

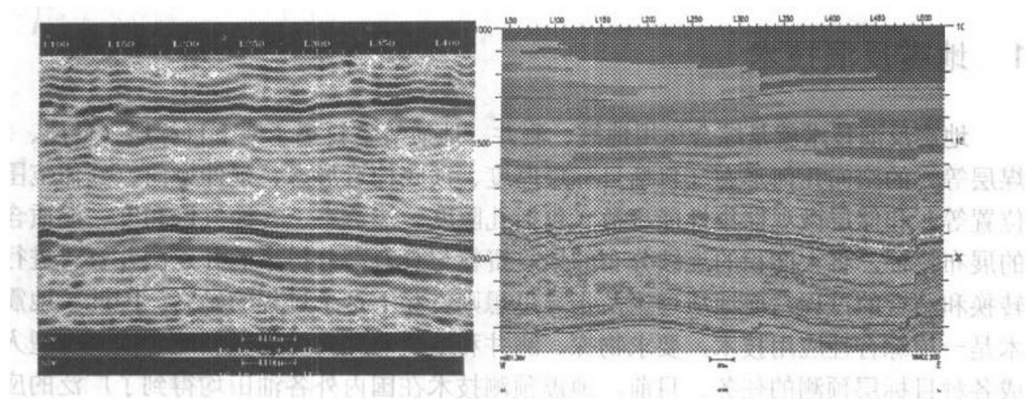


图 1 常规地震剖面与反演地震剖面对比

(a) 常规地震剖面；(b) 反演地震剖面

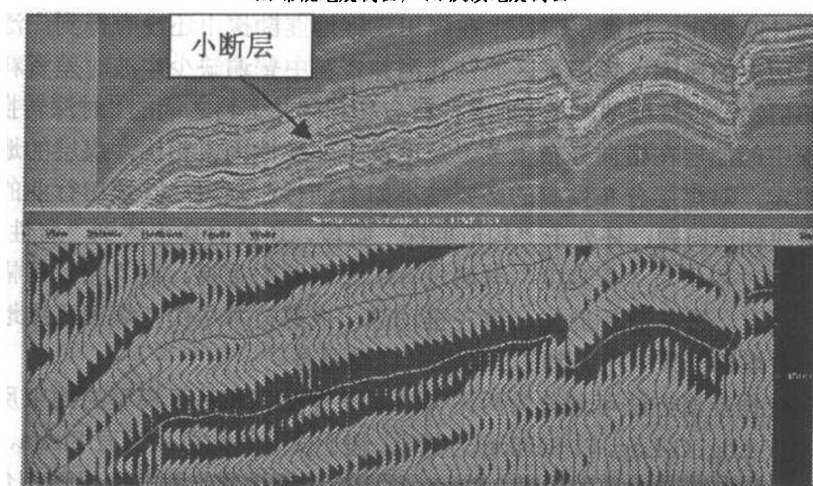


图 2 利用反演剖面识别常规地震剖面无法识别的小断层

(3) 反演结果可以帮助我们确定煤层的厚度。煤田行业目前一般使用人工伽玛来判断煤层的存在与厚度，利用人工伽玛曲线约束，反演的伽玛数据体可以很好的反映煤层的分布范围及其厚度（图 4）；

(4) 预测结果可以有利于确定煤层顶底板岩性。众所周知，煤层顶板、底板岩性对于煤层开采极为重要。长期以来，由于缺乏适当的技术，无法预测煤层顶底板岩性。反演技

术的应用，可以用于预测顶底板岩性，判断隔水层及导水层，为预测地下水涌出提供依据（图 5）。

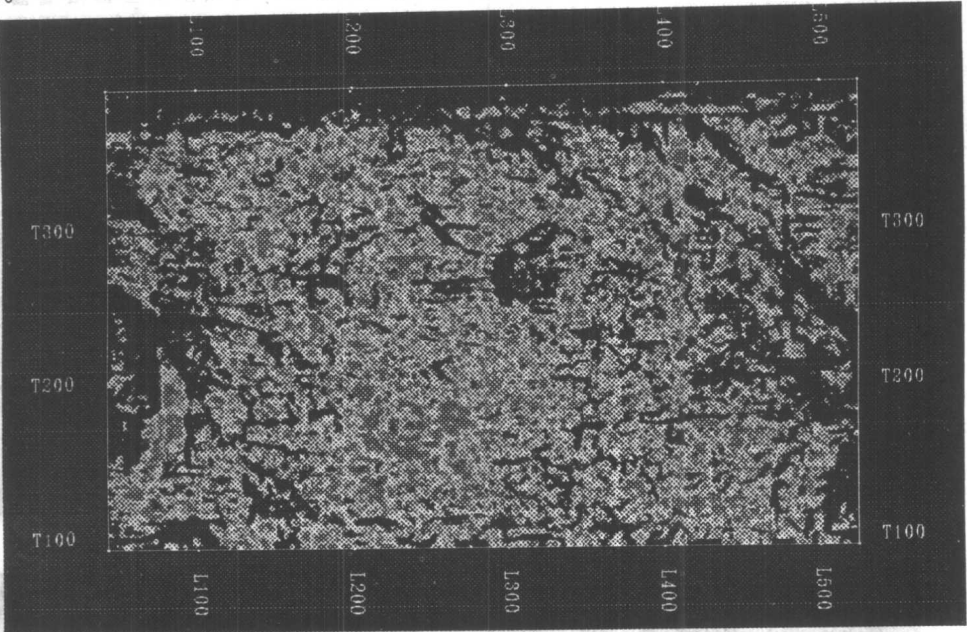


图 3 展示反演速度倾角分析平面图

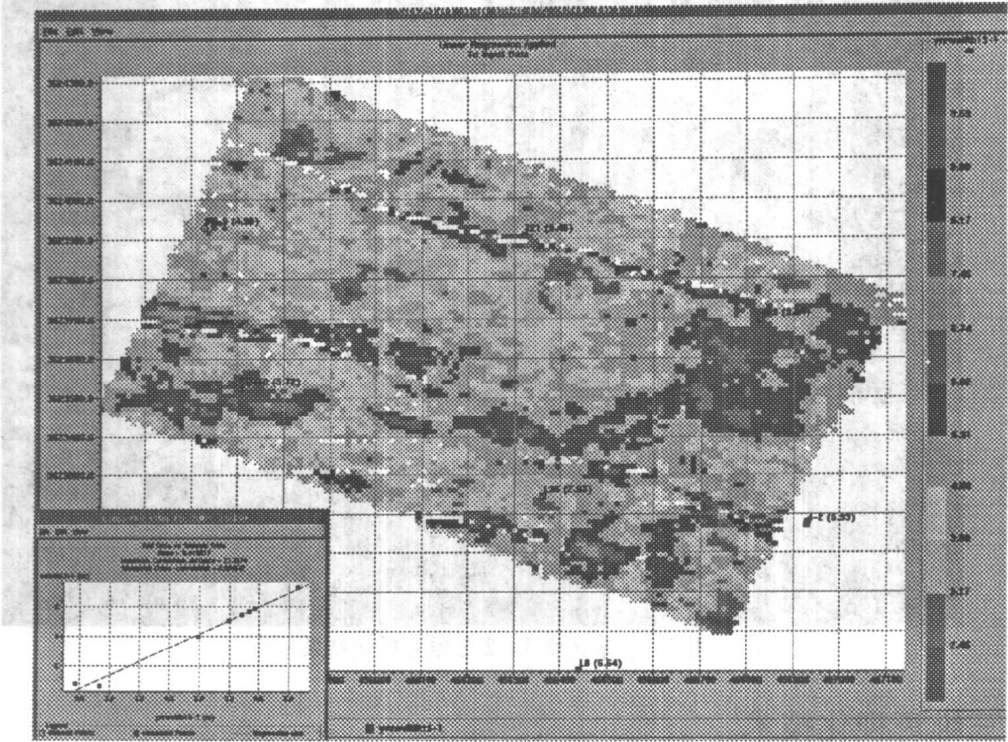


图 4 根据人工伽玛反演结果预测的某煤田煤层等厚图

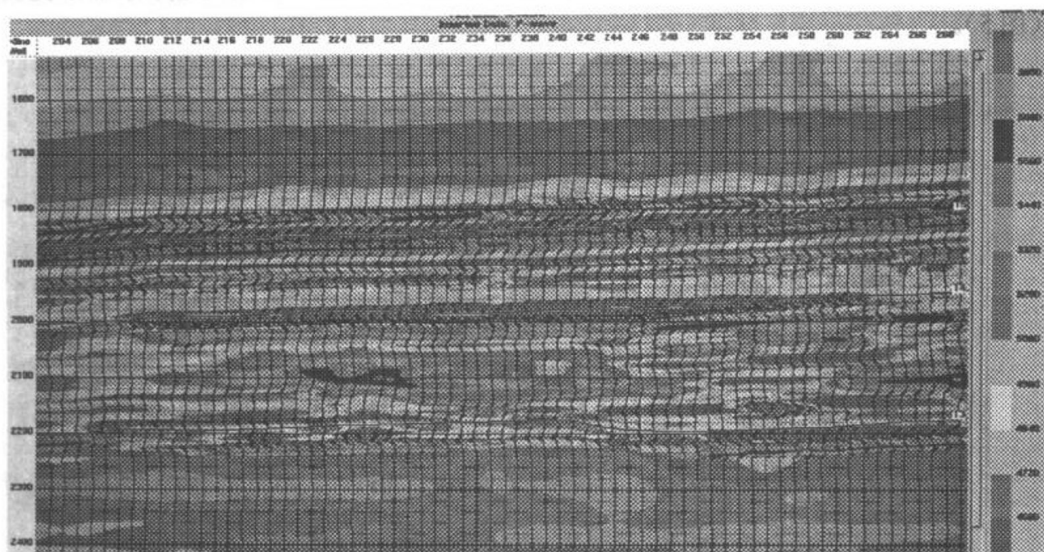


图 5 反映主要煤层顶底板岩性的反演地震剖面

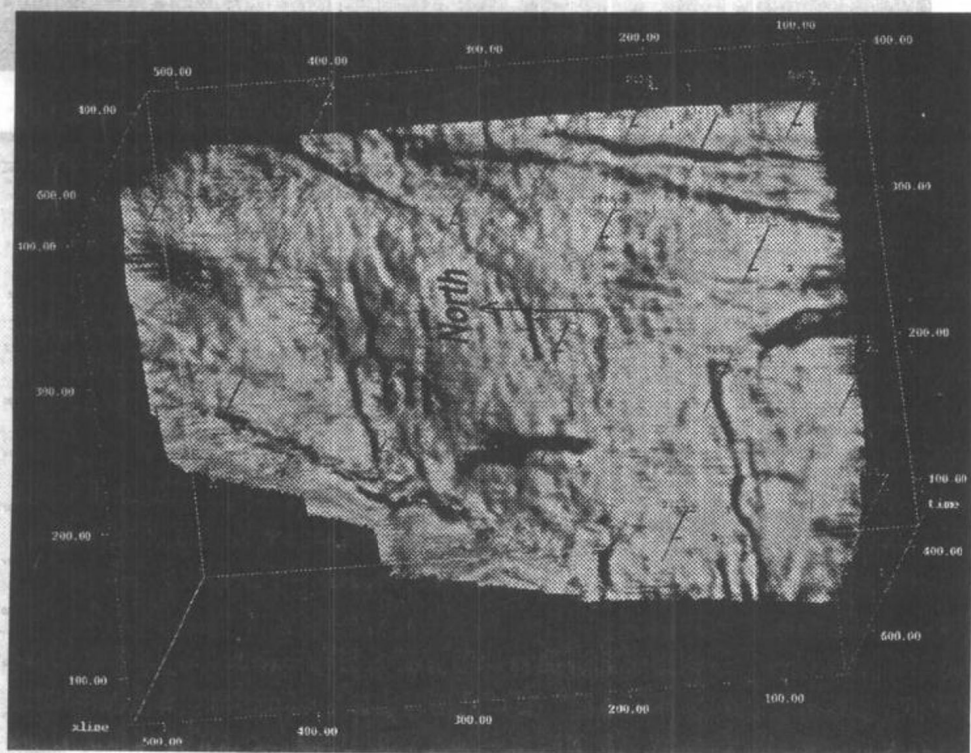


图 6 某采区煤 11-2 三维可视化结果

2 三维可视化技术

可视化是用于显示描述和理解地下及地面诸多现象特征的一种工具。它被广泛地应用到地质和地球物理学及其工程的所有领域，无论是大型构造还是孔隙网络中流动的流体，

都被显示到视觉工具上，它是描绘和了解模型的一种手段，是数据体的一种表征形式，并非模拟技术。可视化技术的应用，能够利用大量数据，检查资料的连续性，辨认资料的真假，提出有用异常信息，为快速分析、理解及重复提供的有用工具。同时，它也是一种质量控制的手段，为资料发挥更大效用和多学科交流、协作起到桥梁作用。由于它的应用，发现了新的储量，节省了地震解释人员的大量时间，提高了勘探开发效益。

可视化的主要作用是以直观的方式使人们加深对数据的理解和从中得到新的见解。把三维地震数据体用可视化表现，目的是以一种直观的方式把数据及其对数据的理解和解释表示出来。客观世界和物体是三维的，通过可视的手段，包括透视、亮度聚集深度、透明、运动视差、深度信号、空间观察和外部整体浏览等来了解三维客体，能更真实地逼近三度空间体。

作为解释手段的可视化技术在煤田三维地震资料解释上主要包括以下内容：

(1) 立体显示增强了对三维数据的理解，有利于解决复杂断层区的断块模式、类型、断距和可能的断层圈闭。在煤田三维采区，可以帮助解释者识别手工解释很难或不可能解释的小断层（图6）；

(2) 地震层序可视化使解释和研究集中在感兴趣的单独或多个地层及构造区上。例如某区块的振幅总体较弱，可能是由于采集或处理原因造成的，也可能由于地质因素（如煤层厚度变薄、小断层发育）所至，采用可视化技术，可以帮助我们揭示特定区域的细节，使解释更接近地下实际情况；

(3) 振幅很容易从三维空间立即突出出来，预期的研究重点区能被快速选择、提出、进行可视化评估，这一功能可进行有利区块的查明及其地层信息，揭示复杂地层系统，结合不透明显示功能，使重点区分解成几个独立分析系统；相反，这也能够把各个独立系统进行合成或对整个沉积体系进行可视化，以便进行综合研究，视觉体元的叠加能帮助寻找可能的流体接触关系；

(4) 信息的综合可视化可以把其他的地震数据叠合，发现异常并推断其可靠性。也可以把其他地震数据（如声阻抗、相干体等）加载可视化，进行综合研究。

3 初步认识及建议

从笔者在淮南、河南等地区三维地震资料的初步研究结果看，地震资料反演技术及三维可视化技术在煤田三维地震勘探中具有广泛的应用前景。表现在：①煤田三维采区钻孔资料丰富，分布均匀，如果有声波或 VSP 资料，可以得到满意的反演效果；②由于反演结果提高了地震资料的对于地层物性的分辨率，有利于断层及小断层（裂缝发育带）的预测，有利于确定煤层顶底板的岩性；③结合三维可视化技术，可以帮助生产单位解决诸如瓦斯突出等问题。

值得一提的是，无论反演还是三维可视化软件，对数据的原始动态范围要求较高。因此，相对保幅处理是保证三维可视化效果的关键。为此，笔者建议：

(1) 有关管理部门尽快制定规范，要求今后的钻孔测井资料中必须包括声波时差资料，有条件的地区尽可能地作一些 VSP 测井工作；

(2) 在地震资料处理过程中，应尽可能地注意地震资料的“相对保幅”，为后续的研究

工作提供“保真度”较高的原始资料；

(3) 毫无疑问，地震反演技术作为一种间接的方法，也存在多解性。但是，与石油勘探相比，煤田开采有其无法比拟的优势，反演结果可以得到准确验证，这对于改进预测方法极为有利，研究单位应与生产单位密切结合，以减少多解性、提高预测精度和改进预测方法，预测结果也可直接指导生产，使科研成果迅速转化为生产力；

(4) 三维可视化是三维地震资料解释的辅助手段，它也有明显的缺陷，即它目前无法按比例形成工业图件。因此，应将三维可视化软件与常规解释软件结合起来使用，以解决煤田实际生产中遇到的问题。

参 考 文 献

- [1] Anderson, J.K., Limitations of seismic inversion for porosity and pore fluid:
Lessons from chalk reservoir characterization exploration: 66 th Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys.,
Expanded Abstracts, 1996
- [2] Chen, Q. and Sidney, S., Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring: The Leading
Edge, 1997, Vol. 16, No. 5, May
- [3] Lindseth, Roy O., Synthetic sonic logs – A process for stratigraphic interpretation: Geophysics, 1979, Vol. 44,
No. 01
- [4] Liu, Z., and Liu, J., Seismic-controlled nonlinear extrapolation of well parameters using neural networks:
Geophysics, 1998, Vol. 63, No. 6
- [5] Argiro, V. J., “Seeing in Volume,” Pixel, July/ August 1990, Vol. 1, No. 3
- [6] Kaufman, A., “Introduction to Volume Visualization,” Volume Visualization, A. Kaufman (ed.), IEEE
Computer Society Press, 1991

震波 CT 的应用技术

淮南工业学院资环系 刘盛东 程学丰 程桦 张平松

震波是指采用锤击、爆炸等激震方式产生的弹性波，震波实际上包括了地震波和声波^[1]。由于地层对波的吸收具有选择性，波的衰减与其频率成正比，因此，在进行小范围、高精度工程性质检测时，要采用震波中的高频部分（声波、超声波）来进行；对于工程地质体等区域性勘探时，采用震波中的低频部分（地震波），以达到穿透能力满足勘探要求。震波 CT 技术是在建立的人工弹性波场中，测量震波的到时与幅频等波场信息，依据一定的物理和数学关系反演介质的工程特性物理量进行工程检测与勘探。震波 CT 结果具有直观、精确和可靠的特点。震波 CT 反演首先使用 BPT 法计算出叠代初值，并进一步采用 ART 和 SIRT 方法进行终值叠代，由于 SIRT 方法收敛速度快，而且对投影数据误差的敏感度小，结果大多选取 SIRT 反演结果为震波 CT 的图像^[2]。CT 成像有以到时为计算依据的速度（或慢度）成像和以幅值能量为计算依据的衰减成像，由于震波幅值能量受激发方式、激发能量、传感器参数、耦合方式等诸多因素的影响，在实际应用中速度成像要比衰减成像容易处理和解释，在速度成像图上可以清晰反映速度的高低变化，从而方便地解释地质构造、应力集中、裂隙发育等影响因素。

1 围岩松动探测

硐室围岩松动圈的形态、大小，直接与支护选型有关。震波 CT 法探测围岩松动圈，在需探测的断面上，按照松动圈发育的一般规律，用井下 $\phi 42\text{mm}$ 的电煤钻打出 2 个浅孔，孔深与岩性、硐室断面大小、掘进方式有关，要求孔深以穿过松动厚度 0.5 m 为宜。在一个孔中使用贴壁式声波检波器，另一孔中使用贴壁式机械震波，逐点进行激发、接收，当声波在松动层中传播时，表现为到时大、速度低、频率低的特征，数据处理解析时将孔中的震波测试波形按由浅到深的顺序排列起来，合并成一个大的波形文件，在该文件中判读首波到时（有条件时，可同时判读纵、横波到

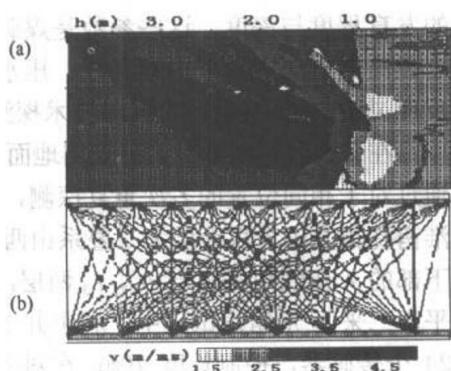


图 1 震波 CT 检测围岩松动范围

(a) 震波 CT 图像; (b) 检测布置

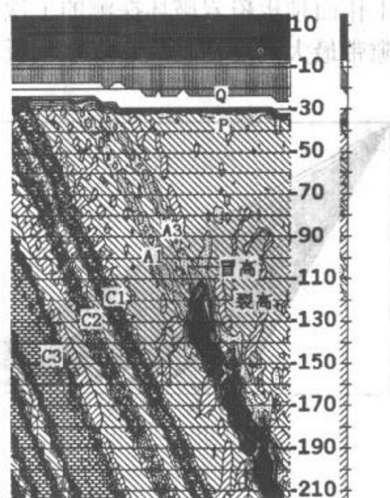


图 2 孔集矿震波 CT 探测围岩破坏

时), 求出各道波形的震波到时, 按照二维坐标关系输入孔中震源点和接受点的坐标, 采用 BPT 法进行初值计算。从 SIRT 法叠代 50 次的图像。如图 1 所示, 从图 1 中可以明显看出在 1.5~2.3m 为松动圈的分布范围。

2 覆岩破坏探测

矿层开采后, 必将引起围岩的破坏。在煤矿中表现为煤层开采后在煤层顶、底中裂隙的发育程度与深度, 这些参数是煤矿合理留设防水煤岩柱的关键指标。长期以来, 测定围岩裂高的方法主要采用钻孔注、压水法。该法成本高, 数据少。由于震波波速对于裂隙的反应灵敏, 采用震波 CT 探测技术探测覆岩破坏有明显的针对性。

在条件允许的矿井, 可采用地面、井下震波 CT 技术进行煤层采后的顶、底板破坏探测, 通过对于相同位置的多次重复探测, 可以直接对整个裂隙的发生、发展过程进行动态研究。淮南孔集井田含煤地层为二叠系山西组和石盒子组, 含可采煤层 15 层, 分 A、B、C 三组, 下部的 A 组煤可采煤层 A_1 、 A_3 两层, 地层倾角 65° , 为急倾斜煤层。在孔集煤矿-250m 水平西二采区 A 组煤试采中, 利用井下水平疏水降压钻孔作为接收测线, 在钻孔内放置 2 组 24 个传感器, 控制长度 70m; 在对应的地上取 240m 作为激发测线, 激发点间距 5m。依次在地面上的每一个激发点放炮, 井下 24 道传感器同步接收。图 2 为孔集井田西二采区 A_3 煤采后顶、底板岩层破坏震波 CT 切面图像, 依据 CT 切面图像能够确定最大导水裂隙带高度、底板破坏深度以及移动盆地最大下沉位置等围岩破坏岩层移动的相关参数, 同时图像上还能清晰地显现用钻孔无法探测了解到的急倾斜煤层各阶段工作面回采后各自产生的导水裂隙界面形态。

矿井井下采用震波 CT 技术探测覆岩破坏规律, 对于煤矿安全生产具有广泛的实际应用。在探测部位的巷道中施工一穿过破坏带的钻孔, 在孔中按不同深度预埋震波传感器, 在巷道中固定震波激发点, 分别于不同时期进行震波数据采集, 通过 CT 反演, 动态检测覆岩裂隙发育范围和裂高动态发育规律。图 3 为淮南矿业集团潘一矿井下 13-1 煤 140₃2 (3) 工作面顶板覆岩破坏探测的 1 次震波 CT 布置及 SIRT 叠代结果 CT 图。从图中, 发现导水裂隙带最大高度在上风巷煤层顶板上 30m 附近出现顶部离层现象, 裂隙发育段高度为 20m。

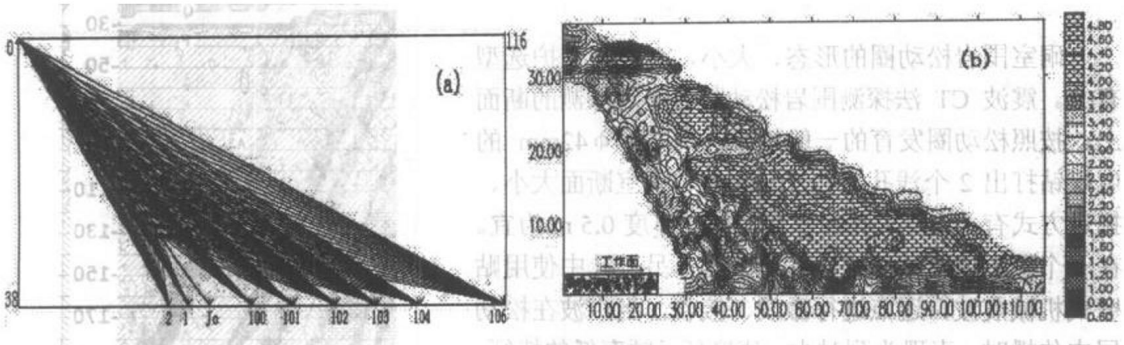


图 3 潘一矿震波 CT 探测煤层顶板覆岩破坏

(a) 为震波 CT 现场布置图; (b) 为震波 CT 探测解析成果图

3 工作面内构造探测

回采采面形成后,在采面圈闭巷道中,可采用双巷观测系统的震波 CT 技术对采面内影响开采的地质因素进行详细探测与评价解析,以保证采面的安全、高效回采。在高产高效煤矿综采工作面中,面内隐伏断层、应力变化带、瓦斯富集区、顶板变异区等是高产高效的主要威胁因素,在这些因素的探测中应用震波 CT 技术已取得明显效果。由于采用工作面双巷系统进行 CT 数据采集,布点密集,数据获得量大,因此解析精度高。在国投新集能源股份有限公司已被列为日常探测工作。图 4 为新集二矿 18012 工作面震波 CT 现场布置及解析成果图,通过采掘验证,该解析成果对生产有实际的指导意义并产生了明显的经济效益。

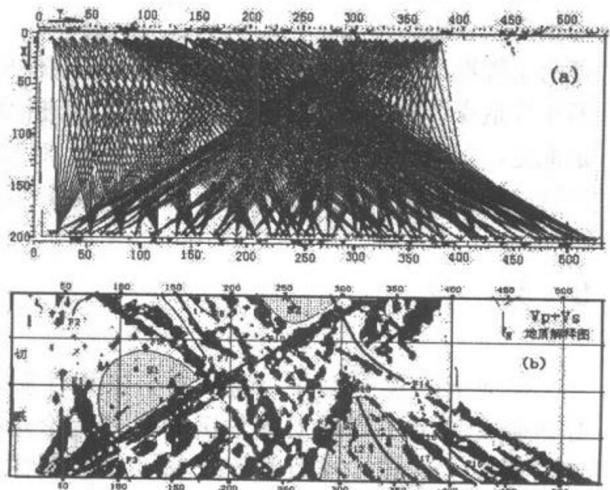


图 4 新集二矿 1810 采面震波 CT 探测

(a) 为震波 CT 布置图; (b) 为震波 CT 解析构造图

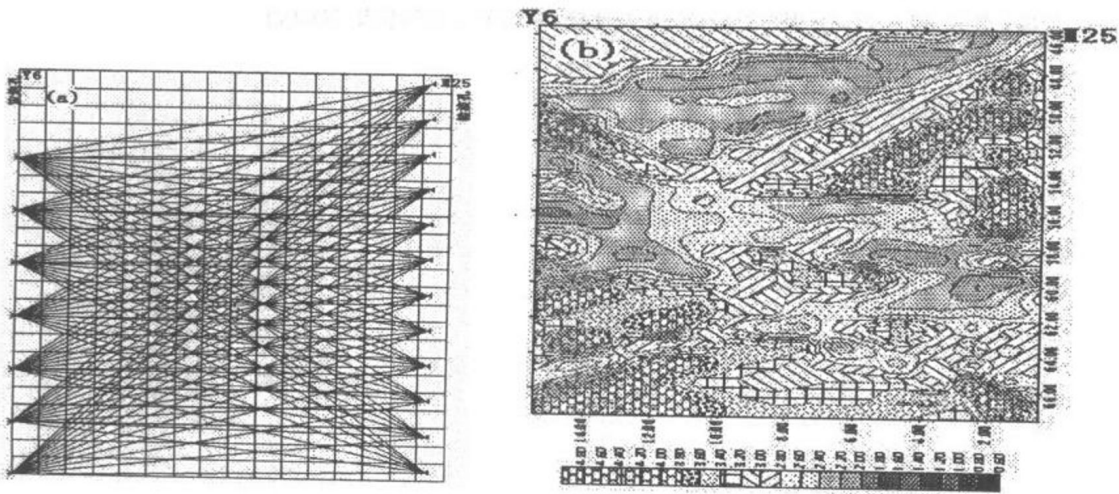


图 5 润杨大桥北锚区基岩构造震波 CT 探查

(a) 为震波 CT 跨孔布置图; (b) 为震波 CT 解析成果图

4 跨孔检测

根据震波 CT 探测的方法原理,同样可将其应用于地面等各种岩土工程检测中。利用钻孔进行跨孔布置,即在一孔中进行震波激发,另一孔中布置不同深度检波器接收信号,通