地表复杂地区煤田地震勘探方法及效果

徐成明 ,王云
(安徽煤田地质局 物探测量队 ,安徽 宿州　234000)

摘要: 以宁夏、山东的煤矿地震勘探为例 ,介绍了复杂地表工区地震勘探的方法与地质效果。

关键词: 山区湖区地震勘探; 数据采集与接收; 资料处理
中图分类号: P631.4^{+}4　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-8918(2001)06-0437-06

进入 20 世纪 90 年代以来 ,高分辨煤田地震勘探技术得到了飞速的发展 ,其成果精度和可靠性有了大幅度的提高 ,在矿井采区勘探中发挥了巨大的作用 ,煤田地震勘探的适应范围也在不断地扩大 ,它不再局限于地震地质条件较好的平原地区或缓丘陵地区 ,而且在山区、沙漠、岩浆岩屏蔽区以及湖区和沼泽地等地表复杂地区也取得了良好的地质效果。

安徽煤田地质局物探测量队自 1990 年开始 ,已先后在淮南新集、宁夏石炭井、山东的湖西岱庄、泗河、高庄等矿区完成了多个地表复杂地区的煤田地震勘探项目 ,取得了丰富的地表复杂地区煤田地震工作经验 ,收到了很好的地质效果。

1　山区煤田地震勘探

1.1　概况

山区煤田地震勘探是在宁夏石炭井矿区二矿井田完成的①。测区 2/3 的面积为山地 ,山体呈南北向沿测区四周分布 ,两极海拔标高 1 420～1 520 m ,一般海拔标高 1 470 m。山间坡地为山前砾石沉积 ,气候干燥 ,少雨多风。本次勘探面积约 2.8 km^2 ,查明区内落差大于 10 m 的断层 ,控制主要目的层的赋存形态和底板标高 ,预测主采煤层的煤厚变化趋势是本次煤田地震勘探的主要地质任务。

1.2　地质概况及地球物理特征

据钻探揭露 ,本区地层有第四系、二叠系和石炭系(震旦系基底) ,地层总体构造为一宽缓的单斜形态 ,含煤地层为二叠系山西组和石炭系太原群 ,主要可采煤层 4 号、10 号厚度稳定(平均 8.6 m 左右) ,结构简单 ,是本次勘探的主要目的层。煤层埋深为 100～400 m ,顶底板为砂岩组成 ,与煤层间波阻抗差异明显 ,具备形成反射波的良好条件。

测区地表变化较大 ,最大相对高差达 100 m。山坡冲沟、陡坎发育 ,冲沟中多为砾石层和分选性较差的粗砂类堆积 ,钻机成孔十分困难 ,且对地震波有着强烈的吸收作用。地震勘探难以获得有效波地震记录 ,施工效率极低 ,长期以来成为困扰煤田地震勘探的一大难题。

1.3　数据采集方法

由于是山区地震勘探 ,对低速带调查、地形校正、震源激发及接收等工作就显得尤为重要。

① 安徽煤田物测队. 宁夏石炭井矿务局二矿三水平高分辨率地震勘探报告. 1996.

收稿日期:2000-08-01 ;**修回日期**:2000-09-11

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

检波器要求埋深 30 cm,对沙滩及乱石地带,挖坑后压实深埋;对基岩出露地带,检波器采取用石膏粘结办法固定,以减少环境噪音干扰。

1.3.1 试验工作

1.井中激发试验。常规陆上地震勘探采用炸药震源,井中潜水面以下激发方法。由于测区潜水面较深,浅层多为砾石层和分选性较差的粗砂类堆积,成孔困难,且孔壁容易坍塌,炸药无法沉放到潜水面以下激发,无法取得有效波地震记录。基于突破成孔困难考虑,对钻头进行了改进,并用泥浆护壁防止孔壁坍塌,井深可达 40 m,药量 2.0～3.0 kg。从单炮记录分析,反射波能量弱,干扰严重,信噪比低。而且成本高,效率低。

2.可控震源试验。由于井炮激发成本高,效率低,记录质量差。在此种情况下采用 MERTZ M18 可控震源进行试验,通过试验确定可控震源最佳采集参数为:震动台次 1 ×8 台次,2 ×4 台次,驱动电平 35 %,扫描长度 12 s,扫描频率 20～104 Hz,。观测系统与井中激发试验完全相同,试验获得突破性进展,可控震源激发获得了满意的地质效果。

厚砾石层区地震勘探的关键问题是提高地震记录的信噪比,也就是提高有效波的能量。提高有效波的能量:一是增大振幅,二是增加信号的延续时间。可控震源是通过向地下发射一个延续时间很长的正弦扫描信号来增加反射波的能量。另一方面,厚层砾石区随机噪音、次生干扰较强,是造成地震记录信噪比低的主要原因。可控震源较长时间的扫描、垂直叠加,记录时的相关处理及资料处理时的多次叠加等综合叠加次数是难以计算的。这些处理使随机噪音等不规则干扰得到了有效压制,这是可控震源能提高信噪比的主要原因。

1.3.2 观测与接收

检波器为 100 Hz 四串四并组合,道距 10 m,组内距小于 1 m,炮点距 20 m,偏移距 80 m,端点激发,12 次覆盖观测系统。记录仪器为 DFS-Ⅴ,1 ms 采样,通频带宽为 27～256 Hz,陡度为 18～72 dB/倍频程,前放增益 2^8,记录长度 1 000 ms。由于合理地选择了施工参数,取得了高质量的原始记录,甲级记录占 64.18 %,时间剖面质量高,Ⅰ+Ⅱ类剖面占 100 %。主要目的层反射波波形稳定、连续,信噪比高,为完成地质任务打下了良好的基础。

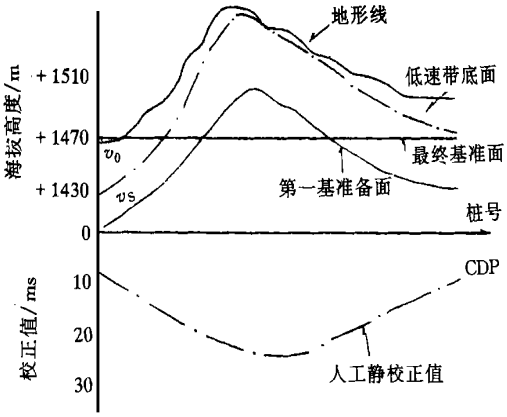


图 1 低速带结构剖面

1.3.3 低速带调查

针对本区复杂的地表条件,野外低速带的求取采用初至折射波法,数据采集使用相遇时距曲线观测系统,使用 ES-2401 地震仪,24 道接收,采样间隔 0.2 ms,AGC 为 200,记录长度 512 ms。对地震测线做低速带调查后,绘制低速带结构剖面图(图 1),供资料处理时使用。图中 v_0,v_s 分别为低速带及降速带速度曲线。

1.4 资料处理

基于煤田采区地震勘探的特点,在资料处理时始终要注意对高频信号的保护。各项处理参数的分析和使用要尽量精细,适当地采用小时窗、短因子和小步长。首先要注意基本叠加剖面的处理,细致分析低降速带的纵横向速度变化,合理地进行静校正。反褶积是提高剖面分辨率的关键,同时应重视频谱分析、振幅补偿等处理手段的应用,以充分显示高分辨率资料的丰富信息,为进行细小地质现象的解释提供依据。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由于本区地形起伏较大,低降速带横向变化较大,如何做好一次静校正问题是技术难点之一。另外由于主要煤层厚度大,断层解释精度要求高,如何提高分辨率也是资料处理中需要很好解决的问题。为此,在资料处理中重点采用了针对性的处理手段。

1. 低速带资料处理。用小折射的初至时间,由计算机绘制时距曲线,划分层位并做自动解释。根据各低速带调查点的结果,绘制低速带参数平面分布规律图,计算出表层地质结构物性参数静校正量。

2. 静校正。野外一次静校正包括地形校正和低速带校正,处理时特别注意做好静校正工作。通过精细的静校正处理,突出了 $T_{3\sim5}$煤层复合反射波和 T_{10}深煤层反射波,获得了较好的效果(图 2)。

3. 频谱分析及滤波。通过频谱分析,划分了有效波和干扰波的频率范围,切除了声波干扰,滤除了面波。采用时变滤波方法,突出了下组煤层的有效波。

总之,在数据处理方法上,精心试验,优选模块,制定了适合本区特点的处理流程,实现了"高信噪比、高分辨率、高保真度"的资料处理目标。

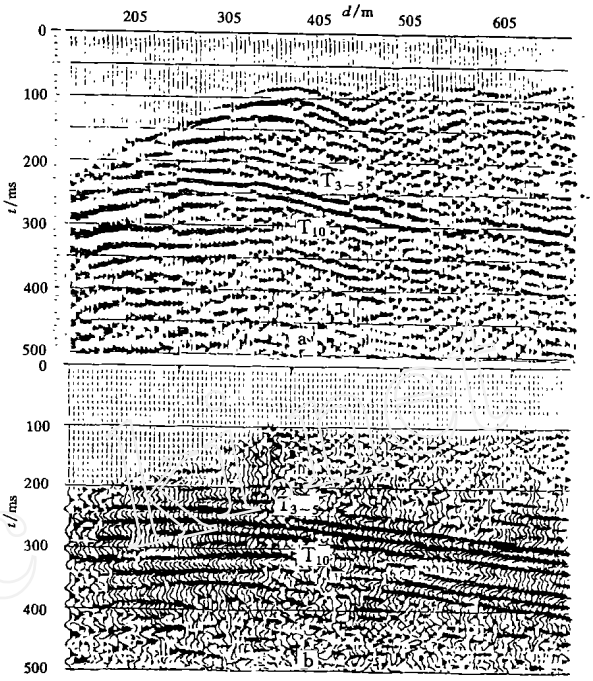


图 2　D_{13}线静校正前后时间剖面

a —静校正前;b —静校正后

1.5　地质效果

通过本次地震勘探,在勘探区 2.8 km^2 的范围内,对煤层的赋存、构造等问题,均得到严密控制;对主采煤层(4 煤、10 煤)的厚度变化趋势做了预测。

1.5.1　勘探区内的地质构造的探查

全区共发现断点 64 个,组合断层 10 条。其中原精查报告中确定的断层为 2 条,地震勘探新发现的断层有 8 条,并且将原报告的 2 条断层也做了修改。在新组合的 8 条断层中,正断层 3 条,逆断层 5 条,落差大于 30 m 的断层 1 条,10～30 m 的断层 5 条,小于 10 m 的断层 2 条。未组合的孤立断点 11 个,落差一般 5～10 m。结果表明,高分辨率地震勘探提高了构造控制程度和地质成果精度。

因受力关系,以代力开逆断层为界,北部构造相对复杂,南部构造相对简单,南北 2 部分所表现出来的构造特征也不尽相同,北部以一组走向北西、倾向南西的叠瓦状逆断层而构成北部的构造面貌。南部构造则相对简单,断层的断距和延展长度也较小。分析认为,代力开逆断层以北因处于地层和构造的转折端,应力相对集中,导致构造的相对复杂(图 3)。

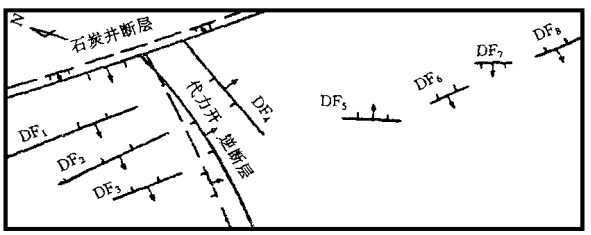


图 3　地震勘探前后构造对比

高分辨地震勘探成果,改变了原地质构造格局,新查出一批小于 20 m 的断层。这些构造的变化与存在,对矿井的生产建设影响很大,迫使矿井设计部门修改了采区设计,调整了工作

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

面布置,避开了断层构造复杂带。

1.5.2 4、10 煤层的厚度变化趋势预测

利用反射波的振幅预测煤厚变化趋势,在地震岩性勘探方面已是一种行之有效的方法。它的基本原理是煤层顶底板产生的反射波,由于反射系数一正一负,发生互相抵消或加强的作用,这种作用叫调谐效应。当煤层厚度 0～10 m 时,反射波的振幅随煤厚的增加而加大,如果煤层被完全冲刷掉,其反射波的振幅等于零。因此利用反射波的振幅值的变化预测煤厚的变化是可行的。但由于各种因素的影响,反射波的振幅值是相对值,所预测的煤厚值也是相对变化的,所以进行定量解释十分困难,尤其本区地处山地,地形影响不可能完全消除,为此仅进行煤厚变化趋势的分析。

4 煤层:区内 4 煤层较稳定,从 T_4 波分析振幅,相位变化不大,煤厚一般 5～6 m,但在测区的北部 D_{21}～D_{23},D_{13}～D_{19}线间,煤层有两小块变薄带,煤厚约 4.0～4.5 m。在南部的浅部 D_1～D_6 线间,也有一变薄带,煤厚约 3.5～4.0 m。其它地段煤层稳定,T_4 波振幅强,变面积宽度 2.0～2.5 cm,连续性好。

10 煤层:在 D_{12}～D_{27}线的中部偏浅地段,T_{10}波振幅明显变弱,一般正常波形变面积宽度 1.5～2.0 cm,而最弱处仅 0.5～1.0 cm,且波形变乱,相位连续性变差,因此预测 10 煤层变薄带煤厚约为 3.5～4.5 m,正常为 5.0～7.0 m。

2 湖上煤田地震勘探

湖上煤田地震勘探在国内尚无成功的经验。我们在查阅大量资料、调研海上石油地震勘探的基础上,结合煤田地震勘探特点,利用国内现有设备,对湖上煤田地震勘探做了一次有针对性的试验。

湖上煤田地震勘探,如果湖水深度不足 1 m,其工作方法应与陆上煤田地震勘探方法相似;如果湖水深度在 1.0～1.5 m 的浅水区,将采用空气枪插入到淤泥中或者用炸药激发;如果湖水深度大于 1.5 m,将采用空气枪双枪组合的方式激发。

我国许多内陆湖泊水深变化较大,湖区养殖业较发达,水生植物生长茂盛,这就给湖上煤田地震勘探带来许多意想不到的困难。自 1997 年以来,安徽煤田地质局物探测量队完成的山东的南四湖湖西岱庄、泗河及高庄等项目就是在这样的条件下进行的①。现以湖西岱庄矿项目为例,介绍在上述湖水条件下的湖上煤田地震勘探方法及其地质效果。

2.1 概况

山东的南阳湖、独山湖、昭阳湖、微山湖统称为微山湖,位于山东省鲁西南平原,湖水面积约 1 230 km^2。围绕湖区有济宁煤田、滕县煤田、韩台煤田、丰沛煤田,湖下煤炭资源十分丰富。湖西岱庄矿位于滕县煤田的微山、鱼台县境内,其西部边界为昭阳湖岸,属江苏沛县管辖。京杭大运河从湖区西南穿过。本次勘探区面积为 14.6 km^2。该区已用单一钻孔方法提交了精查勘探报告,进一步查清区内落差 10 m 以上断层及幅度 10 m 以上的次一级褶曲,查明各煤层赋存状态并预测主采煤层厚度变化趋势,是本次湖上煤田地震勘探的主要地质任务。

2.2 地质概况及地球物理特征

湖西岱庄矿区为全隐蔽华北型石炭二叠系煤田,地层结构由新到老依次为:第四系、第三系、侏罗系和石炭系(奥陶系基底)。地层总体呈一单斜构造,含煤地层为上石炭统太原组和下

① 安徽煤田物测队. 山东省滕县煤田(北部)湖西井田(岱庄生建煤矿)地震勘探(精查)报告. 1998.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

二叠统山西组。

本区地表极为复杂,在大运河的两侧,鱼塘众多,芦苇密布。区内陆地多为人工岛屿,水位北深南浅。勘查区水域由于多年未遇的干旱影响,水位急剧下降,除运河和航道外,区内北部水位平均 3 m 左右,南部水位小于 1.5 m。总之,本区地震地质条件十分复杂。

2.3　数据采集方法

湖上煤田地震勘探最大的难点是野外数据采集,由于湖区地形条件极为复杂,对设备的要求就很严格,湖底淤泥较深,检波器的埋置与接收均很困难。湖区养殖业发达,赔偿难度巨大。因而湖区一直成为地震勘探工作的"禁区"。针对这样的状况,我们在充分调研和试验的基础上,采取 3 种适合本区条件的施工设备和方法。

2.3.1　水深大于 1.5 m 的北部区域

1. 开拓航道,布设测线及标记。首先用 GPS 卫星定位系统逐条确定出设计的测线位置,通知渔民拆除沿测线布设的鱼网及网箱。然后用带有大拖头的专用清道船,沿测线反复行驶将水生植物全部打入水底,使之沿测线方向形成宽约 12 m,水面上无任何障碍物的航道。

2. 铺设水下检波电缆。由于勘探区水深条件决定(1.5～4.5 m),而清道船、震源船和仪器船的吃水深度都在 1.0～1.5 m 范围内,因而在这样的水深条件下检波电缆只能放到水底。将所有检波电缆都分装到 2 只放线船上,放线船是采用轻便、快捷的摩托艇,以利于加快铺线和倒线的速度。检波电缆采用高频水上拖缆,道距 12.5 m,炮间距 6.25 m,检波频率 30～100 Hz,8 个检波器组合,偏移距 105 m,24 次叠加。

3. 激发与接收。激发设备为国产 US-1.5-230 型空气压缩机,气枪控制器为 AIR-CONTROL Ⅲ型,试验表明湖中激发,双枪组合,水深在 1.5～3.0 m 范围内,激发能量和信噪比均较好(图 4)。为保证激发的一致性,所有水深定为 1.5 m。接收仪器为 ES-2401,24 道接收。

4. 测绘工作。采用 DELNORTE 无线导航定位系统,设 3 个岸台和 1 只船台,将实时算出的炮点位置记录到磁盘上,同时发出放炮指令。

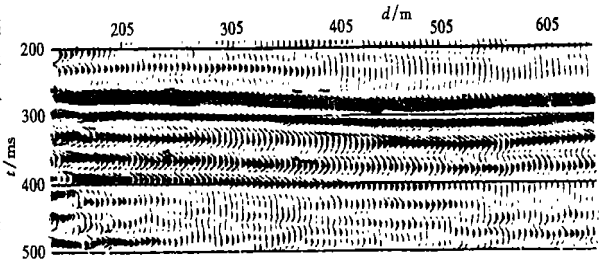


图 4　　L_{11}线汽枪时间剖面

2.3.2　水深小于 1.5 m 的中部区域

1. 激发与接收。采用人工打井、炸药激发的方法,井深 6 m,炮间距 10 m,依然采用高频水上拖缆接收。

2. 测绘工作。与陆上测绘方法相同,在测出的点位上插上竹竿做好标记,竹竿上傅有红、白布条,以标明是检波点、炮点位置。

2.3.2　在沼泽地、庄台和沟渠的南部区域

采用陆地施工方法,人工打井,炸药激发,井深 8 m,药量 1.0 kg,检波器为二串二并纵组合。试验表明,在沼泽地区域,检波器尾锥加 0.5～1.0 m 长的钢钎效果较理想。道间距 10 m,炮间距 10 m。测绘工作与陆上施工方法相同。

2.4　资料处理

与常规处理流程相比,本次处理流程(图 5)更加强调以下环节的处理。

1. 认真细致的静校正。利用低速带调查资料,绘制低速带结构剖面图,确定校正基准面。利用初至折射静校正软件,人工加自动反复多次校正,基本消除了地表影响。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2. 精细的速度分析,加密速度点。

3. 为了克服倾角变化对叠加效果的影响,处理中采用了 DMO 算法。

2.5 地质效果

本次地震勘探圆满完成了采区赋予的地质任务。

1. 全区共解释断点 117 个,组合断层 19 条,其中新发现断层 13 条,未组合的孤立断点 14 个。除 F_8 和 F_{23} 断层变动较小外,对补勘前原各条断层都做了修改,尤其是对主要断层大刘庄断层和 F_{21} 断层作了较大修正。在组合的 19 条断层中,落差大于 100 m 的 1 条,50～100 m 的 5 条,20～50 m 的 10 条,10～20 m 的 1 条,小于 10 m 的 2 条。并查明幅度 10 m 以上的次一级褶曲。

2. 制作了 $3_上$、16 煤层的底板等高线图,新生界等厚线图及侏罗系底界等高线图。

3. 勾绘了 $3_上$ 煤层厚度趋势图,圈出了含煤层冲刷带和岩浆岩侵蚀范围。

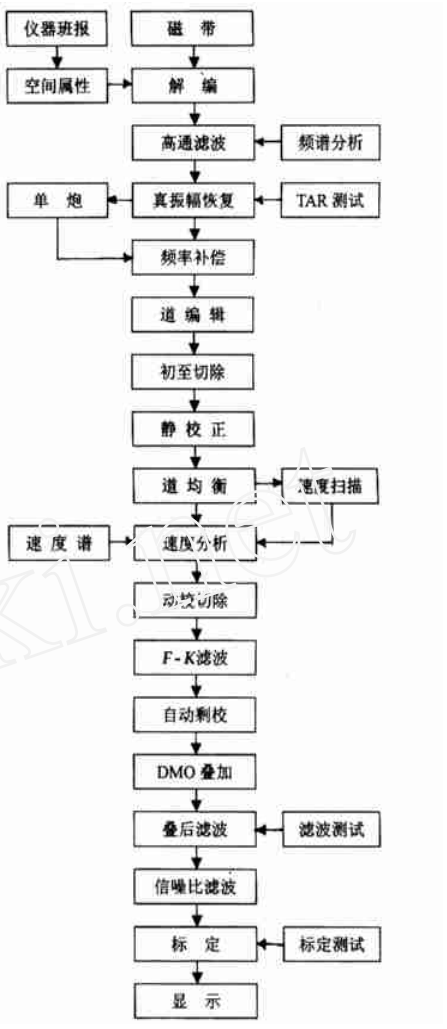


图 5 资料处理流程

3 结论

1. 随着时间的推移,采区地震勘探逐步向地表复杂地区延伸。不同的勘探区的野外数据采集方法和对设备的要求将有很大的差别,在经过充分调研、认真分析和试验的基础上,是能够完成数据采集任务的。

2. 针对复杂地区的地形特点所采取的地形校正和低速带校正等具有针对性的处理模块和手段,可以消除地表影响,极大地提高地震资料的信噪比和分辨率。

在写作过程中得到关仁祥、曹利民 2 位高级工程师的多次指导,我队总工、高级工程师高远同志审阅了全文,资料室姜文英、张勤也提供了许多帮助,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 冯义德,李建设. 可控震源在古汉山厚层砾石区的地震勘探效果[J]. 中国煤田地质,1997,(3).

[2] 丁长欣. 水上煤田地震勘探方法及效果[J]. 中国煤田地质,1999,(增刊).

[3] 陆基孟. 地震勘探原理[M]. 北京:石油工业出版社,1982.

COAL FIELD SEISMIC EXPLORATION METHOD IN SURFACE COMPLEX AREAS AND ITS EFFECTS

XU Cheng-ming, WANG Yun

(Geophysical Exploration Party, Anhui Bureau of Coalfield Geology, Suzhou 234000, China)

(下转 456 页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2. 石英脉中出现方铅矿和黄铁矿,即为含金石英脉。

3. 金矿石英脉与围岩间有绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化和硅化等围岩蚀变特征。

4.2 地球化学找矿标志

1. 石英脉两侧具有 Au、Ag、As、Pb、Hg、Cu、Zn 等多元素组合异常特征。

2. 断裂构造部位具有 Au、Sb、Ag、Hg、As、Pb 等多元素组合异常特征。

3. 石英脉中方铅矿和黄铁矿中单矿物中金含量分别大于 800×10^{-6} 和 600×10^{-6} 时,即为含金石英脉。

参考文献:

[1] 南京大学地质系地球化学教研室. 地球化学[M]. 北京:科学出版社,1979.

[2] 朱有光,蒋敬业. 金矿地球化学找矿[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.

[3] 邵洁莲. 金矿找矿矿物学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1988.

GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORE-PROSPECTING CRITERIA OF THE NANSHAN GOLD DEPOSIT, HOXUD COUNTY, XINJIANG

HAN Chun-ming, LIU Xian-bin

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: In the light of geological and geochemical characteristics of the Nanshan gold deposit in Hoxud County, Xinjiang, this paper has analyzed its unique ore-control factors, and put forward the geological and geochemical ore-prospecting criteria of the ore deposit.

Key words: element association; ore-control factor; ore-prospecting criteria

作者简介:韩春明(1968-),男,辽宁省岫岩县人。1996 年毕业于新疆工学院地质系,获硕士学位,现正在中国地质大学(北京)攻读矿床学专业博士学位,已发表论文多篇。

(上接 442 页)

Abstract: Based on summing up the experience of coalfields seismic explorationin mountain areas and lake districts, the authors describe in this paper the geophysical method employed in complex areas and its effects.

Key words: seismic explorationin mountain areas and lake districts; data collecting and receiving; data - processing.

作者简介:徐成明,男,安徽桐城人,1989 年毕业于合肥工业大学资源与环境科学系,获学士学位。现任安徽物测队工程师,主要从事地震资料的解释工作。参与过多项大型复杂地区的项目设计、野外数据采集、资料处理和报告编制工作。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net