

doi:10.3969/j.issn.1672-9943.2021.05.045



三维地震勘探在盐矿地面塌陷成因分析中的应用

谭 静 喻兵良 熊强青 陈 杰 袁兴赋 张光跃

(安徽省勘查技术院,安徽 合肥 230031)

[摘 要] 为了预防水溶开采法诱发的地面塌陷等地质灾害的发生,湖北省云梦盐矿利用三维地震勘探技术对存在多个塌陷坑的老开采区进行了地质调查,通过对反射地震勘探成果资料的分析,得出云梦盐矿采空区地面塌陷的成因:一方面是浅部管道渗漏高压水侵蚀地层,导致第四系地层沉降所致;另一方面是深部地质因素,盐层顶板被破坏而塌陷。通过分析盐矿地面塌陷形成机制,为矿区布署采盐井和防治地质灾害提供了科学依据。

[关键词] 盐矿 地质灾害 三维地震勘探 塌陷 地层稳定性

[中图分类号] P631.4 [文献标识码] B [文章编号] 1672-9943(2021)05-0125-03

0 引 言

近年来,盐矿采空区地面塌陷事故频发,地面塌陷具有隐秘性、突发性和破坏性等特点。深入研究盐矿塌陷形成机制,将盐矿地表沉降控制在允许范围内,能够防止大范围地面塌陷,对于盐矿可持续发展、生态环境保护以及预防诱发灾害的发生具有重要意义^[1]。

目前,云梦盐矿已开采了 37 a,在隔蒲井田和庙头井田共施工了 54 口采卤井。自 2002 年至今,盐矿区已发生了 2 次地面塌陷,分别是以云 12 号采盐井和云 17 号采盐井为中心的地面塌陷,造成了重大的经济损失,给盐矿生产及人员财产安全带来了威胁。为了查明矿区内开采溶腔的立体空间形态和主要盐矿层顶板完整性,分析塌陷成因,在该盐矿老开采区开展了三维地震勘探工作。

1 地质概况

该研究区位于云梦县地势平坦的隔蒲镇境内,构造上位于云应盆地的北东部,为一个单斜构造,地层成北西向弧形展布。本区潜水位在 3~5 m,12 m 以上为低速层,以粘土、砂质粘土为主,12 m 以下为中速层,以砂质粘土、粘土质砂为主,具有良好的地震激发接收条件。

根据地质钻孔资料,该研究区第四系底与下伏地层文峰塔组成不整合接触,文峰塔组底与下伏膏盐组上硬膏层的硬膏质泥岩之间,膏盐组内上硬膏段底与上钙芒硝段之间,上钙芒硝段的泥质钙芒硝

岩与下伏岩盐段的盐岩之间,由于岩性的不同,均存在一定的波阻抗差异,可以形成良好的反射界面。岩盐段内部由盐岩、泥质钙芒硝岩、泥质硬石膏岩、赭色泥岩和粉砂质泥岩不等厚互层组成,盐岩与隔层之间也存在一定的波阻抗差异,也能够形成较好的反射界面。

本区盐岩密集分布组成盐群,盐岩和隔层厚度不一,最大厚度约 60 m,多数厚度在几米到十几米不等^[2]。薄互层介质的地震剖面反射波表现为复合波,受到地震勘探分辨率的限制,部分盐岩层难以得到独立反射波,给单一盐层溶腔地震资料解释带来一定难度。

2 地震数据采集

为了准确调查矿区内溶腔的立体空间形态和主要盐矿层顶板的完整性,对已开采的区域都布设了三维地震勘探线,共 11 束,满覆盖面积 2.5 km²。

为了获得高信噪比的地震资料,在数据采集之前,对激发参数和接收道距、最大炮检距、覆盖次数等采集参数进行了试验。经过论证,观测系统采用规则束状 8 线 8 炮中间激发(每一束的第 1 条接收线与上一束的第 5 接收线重合),384 道接收,检波线距 40 m,接收道距 10 m,满覆盖次数 24 次,CDP 网格 5 m×10 m,纵向炮检距 5~235 m,横向炮检距 10~210 m,激发井深 7 m,激发药量为 1 kg。仪器采用法国 SerCEL 428XL 地震数据采集系统、一串 4 个 60 Hz 检波器组合接收,0.5 ms 采样率,3 s 记录长

度,宽频带录制进行野外地震数据采集。

3 地震资料处理

本次三维地震使用 CGG 等地震资料处理系统对采集的原始地震数据进行精细处理。通过分析研究原始资料有效波和干扰波的特点,结合地质任务要求,精细对比分析每一步的处理模块和处理参数,采用合理的处理流程,进行严格的质量控制,取得了最佳的处理效果,达到了预期的目的。主要体现在以下几个方面: 处理流程和参数选取合理,最终成果剖面有较高的信噪比和分辨率。目的层地震波组特征明显,反射能量较强,稳定地层的反射波同相轴连续性较好。偏移成像剖面反射信息丰富,溶腔、塌陷和采空区等波相位特征清楚。

4 地震地质解释

根据收集到的钻孔和测井资料,地震资料解释从识别目的层反射波同相轴开始,进行层位追踪、构造解释以及塌陷区和溶腔解释。本次地震资料解释是在叠后偏移数据体上进行全三维立体空间的解释。全区解释网度为 20 m×20 m,解释剖面 208

条,解释剖面长度约 430 km。三维地震数据部分剖面立体显示如图 1 所示。

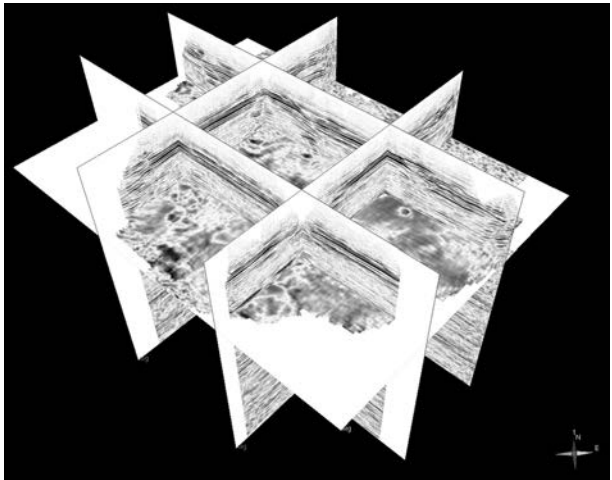


图 1 三维地震数据部分剖面立体显示

5 既有塌陷分析

云梦盐矿区在前期开采过程中发生 2 次地面塌陷,涉及到的开采井分别为 Y12、Y17 井。Y12、Y17 开采井地震成像剖面水平切片如图 2 所示。

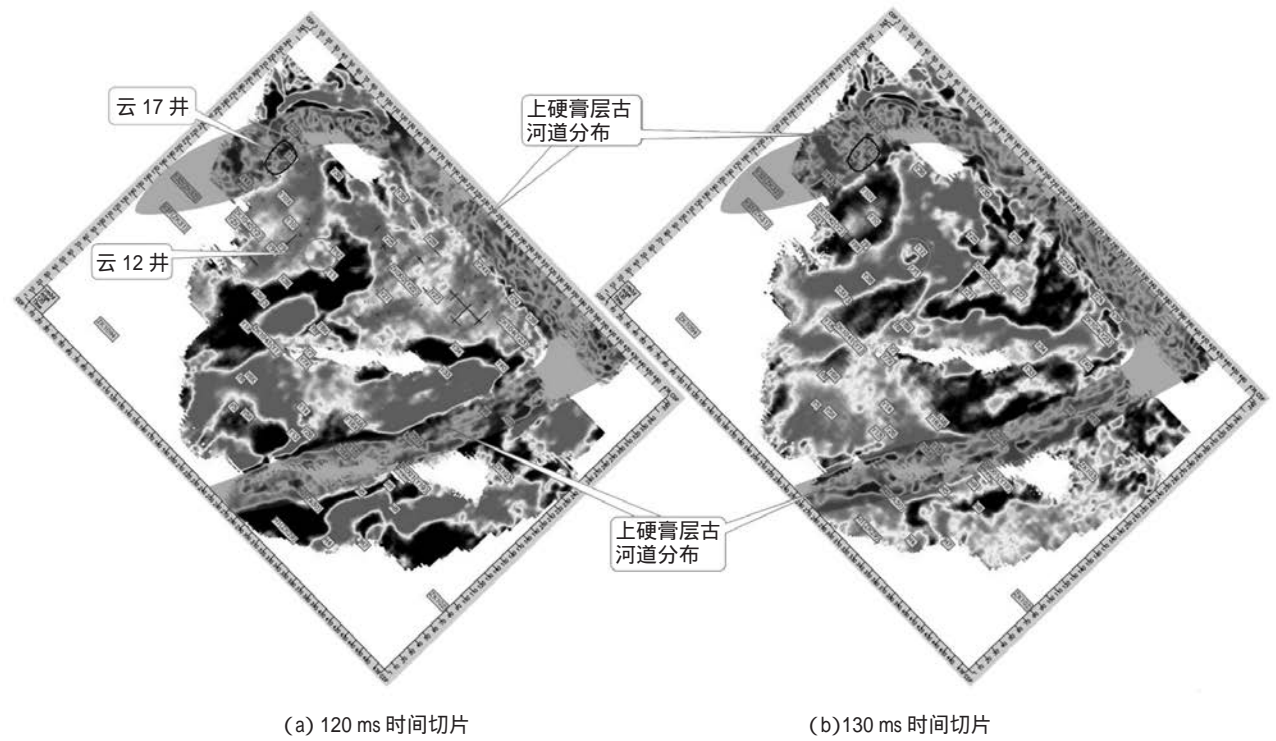


图 2 地震成像剖面水平切片

5.1 Y12 井塌陷分析

由图 2 分析可知,Y12 开采井周边位于 T1 和 Ew 界面之间反射波组上部连续稳定,下部有局部异常,表明顶板上部硬石膏层完整,下部有钙砷硝

层局部有冒落,冒落范围很小,仅仅分布在管壁周围。另外,井区开采层较浅,卤水容易浸入顶板,降低顶板承压强度。

据矿方反映,该塌陷区在塌陷过程中是缓慢沉

降,并非整体突然塌陷。从 130 ms 水平切片显示,该塌陷区深部只有局部塌陷,塌陷范围有限,远小于地面沉降范围。从 120 ms 水平切片显示顶板上部没有完全破坏可知,应该是浅地表地层沉降所致。

因此,Y12 井的塌陷原因可能是浅部注水管破裂,高压水冲刷浅部(主要是第四系)砂砾层,砂砾石随流水沿管壁周围局部塌陷处进入深部溶腔,致使浅部地层不断被掏空而缓慢沉降。

5.2 Y17 井塌陷分析

上硫酸盐段硬膏岩和钙芒硝层为本区盐岩地层的主要盖层和支撑层,盖层纵向分布时间深度在 100~200 ms,盖层的稳定性对防止溶腔塌陷起着决定性作用^[3]。由图 2 分析可知,古河道在本区呈 U 型分布,表现为弱振幅特征,周边分布有石膏岩和钙芒硝岩等沉积物的区域表现为强振幅特征。古河道在这些区域的分布,对上硬膏层的稳定性产生了破坏作用。地震资料显示,Y17 井位于古河道分布区,原本在 Ew 和 T1 界面之间发育硬膏层和钙芒硝层的局部地方受古河道的影响而被砂质沉积物充填,导致盐岩段顶板支撑强度变弱,随着 Y17 井盐层不断地开采导致顶板塌陷。

分析以上 2 处塌陷区的塌陷原因可知,本区塌陷原因一方面是浅部地质因素,开采致使浅地层沉降;另一方面是深部地质因素,开采产生溶腔致使顶板破坏而塌陷。

6 测区地质灾害分析及治理对策

综合分析三维地震资料,影响测区地层稳定性的主要因素有 4 个。

6.1 浅部地层稳定性分析

浅部地层主要是指第四系地层。本区开采历史较长,多数注水管和采卤管锈蚀破裂,产生跑冒滴漏现象,带走浅部地层物质而引起地层沉降。由于本次工作主要是针对深部地层勘探,没有得到浅部地层勘测资料,需在重点采区开展浅部勘测工作,以查明浅部地层的稳定性,也可采用沉降监测方法监测地层异动情况,得到及时预警。

6.2 顶板支撑层稳定性分析

本区上硫酸盐段硬膏岩和钙芒硝层是盐岩地层的主要盖层和支撑层,盖层纵向分布时间深度在 100~200 ms,该层的稳定性对防止溶腔塌陷相当重要。就本区而言,对盖层产生影响的主要因素有 2

种:一种是该时期古河道冲刷上膏区和钙芒硝层,使盖层变薄或消失而失去支撑;另一种是该层存在的断层使断层附近区域盖层强度变弱,影响盖层支撑力。因此要谨慎考虑在盖层古河道和断层附近区域布井开采盐矿。

6.3 浅开采层溶腔影响范围

浅开采层溶腔最接近盖层,溶腔空间范围、跨度以及卤水都直接影响盖层的强度,溶腔空间范围和跨度较大的地区也是盖层稳定性较差的地区。本区最接近盖层的开采层主要有 K6、K7 层,根据 T1 界面水平切片特征可知,测区内 Y12、Y25、Y28 浅开采井已经影响到盖层。

6.4 深开采大跨度溶腔影响范围

对各个开采盐层溶腔的平均投影面积统计可知,深部开采盐层溶腔平均面积较大,测区内有几个溶腔的面积达到 20 000 m² 以上。

通过对深层开采盐层溶腔的特征参数统计可知,深层开采盐层跨度大,影响面积广,测区有几个溶腔东西跨度可达 300 m 以上,南北跨度可达 200 m 以上。如果在这些深大跨度的溶腔处继续开采,可能会弱化顶板的承受能力,最终导致溶腔的塌陷。因此,要慎重考虑在这些区域布设开采井。

7 结 论

三维地震勘探可以准确查明开采溶腔的立体空间形态、主要盐矿层的顶、底板埋深及完整性。通过研究,重点查明了塌陷区的地层结构及溶腔特征,分析了塌陷原因,并针对影响测区地层稳定的危险因素提出了相应的治理对策。同时,通过分析盐矿地面塌陷形成机制,为矿区布署采盐井和防治地质灾害提供了科学依据。

[参考文献]

[1]杨长来,孔君凤,刘伟.盐矿水溶开采地表塌陷发生机理及防治措施[J].土工基础,2014,28(3):128-131.
[2]肖尚德,胡亚波.云-应盆地薄层复层岩盐矿水采区地面沉陷机理研究[J].地质科技情报,2003,22(2):91-94.
[3]虞永征,熊强清,周海娟.三维地震勘探在东兴盐矿溶腔探测中的应用[J].安徽地质,2017,27(2):118-120.

[作者简介]

谭静(1987-),女,工程师,硕士,毕业于中国地质大学(北京)地球物理专业,长期从事综合地球物理勘探工作。

[收稿日期 2021-03-09]