

甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司
东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度
（高密度）三维地震勘探设计

靖远煤业工程勘察设计有限公司

二〇二六年四月

甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司
东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度
（高密度）三维地震勘探设计

项目编号：CK1002

法定代表人：尚文斌

经 理：张治璞

总 工 程 师：齐光辉

项目负责人：张效其

编制单位：靖远煤业工程勘察设计有限公司

编制日期：二〇二六年四月

目 录

第一章 概况	1
第一节 项目来源	1
第二节 地质任务及执行标准	1
第三节 勘探区范围、位置及交通	3
第四节 自然地理概况	5
第二章 地质及地震地质条件	7
第一节 地质概况	7
第二节 地震地质条件	14
第三节 以往地质勘查程度	16
第三章 施工方法及工程量	24
第一节 生产前的试验工作	26
第二节 三维地震施工方法、因素的选择及其依据	30
第三节 工程布置及工程量	39
第四节 测量工作及精度要求	40
第四章 资料处理、解释和报告提交	44
第一节 资料处理	44
第二节 三维地震勘探资料解释	56
第三节 报告提交	71
第五章 主要技术难点与技术措施	73
第一节 三维地震勘探技术难点与技术措施	73
第六章 经费预算	79
第一节 预算编制说明	79

第二节 项目预算表	81
第七章 施工组织、工期	83
第一节 组织机构	83
第二节 人员与设备	84
第三节 工期安排及保障措施	85
第八章 QHSE 管理体系	88
第一节 QHSE 管理方针和目标	88
第二节 QHSE 管理机构	88
第三节 QHSE 管理工作的重点和难点	88
第四节 QHSE 风险评估	89
第五节 QHSE 管理措施	93

附件：

1. 甘肃靖煤能源有限公司设计委托书；
2. 《甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度（高密度）三维地震勘探设计》评审参会人员名单；
3. 《甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度（高密度）三维地震勘探设计》评审专家名单；
4. 《甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度（高密度）三维地震勘探设计》评审意见书。

附 图 目 录

顺序号	图 号	图 名	比例尺
1	CK1002-054-1	工程布置图-1	1：5000
2	CK1002-054-2	工程布置图-2	1：5000

第一章 概况

第一节 项目来源

2026年2月受甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司委托,我公司承担甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度（高密度）三维地震勘探项目设计。按照委托要求,依据《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）结合勘探区地质构造及地震地质条件,编制《甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度（高密度）三维地震勘探设计》。

第二节 地质任务及执行标准

一、地质任务

依据《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）及设计委托书要求,结合勘探区地质及地震地质条件,本次三维地震勘探的主要任务是:

1. 控制主要煤层底板标高,解释误差不大于1.5%;
2. 查明区内可采煤层褶幅 $\geq 5\text{m}$ 的褶曲;
3. 查明主要煤层中落差大于3m的断层（复杂及以上地区落差5m,解释落差3~5m断层),其平面位置误差不大于20m;
4. 圈定区内可采煤层边界线,预测主要可采煤层厚度变化趋势;
5. 圈出区内煤层受古河床冲刷带、古隆起、岩浆岩侵入体、煤（岩）层风氧化带、火烧区、天窗、暗河、溶洞等影响的范围;
6. 查明区内可采煤层之间层间距;
7. 查明勘探区内各类构造的发育程度、分布范围作出评述。

二、技术要求

本次三维地震勘探严格按照《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）、《煤矿采区三维地震勘探规范》（T/CGS 012-2022）、《地震勘探爆炸安全规程》（GB 12950-1991）、《煤炭资源勘查工程测量规程》（NB/T 51025-2014）和《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）等标准执行,并达到如下技术要求:

（一）采集数据主要质量指标

1. CDP 网格为 $5\text{m} \times 5\text{m}$;
2. 覆盖次数不低于 60 次;
3. 横纵比不低于 0.8;
4. 本次勘探必须使用 5000 道以上的全数字地震采集系统（含数字检波器）;
5. 本次勘探必须具备现场处理设备, 且处理人员必须驻施工现场, 监控采集数据的质量, 现场处理人员不少于 2 人, 设备满足地震数据处理集群;
6. 试验阶段, 保证试验物理点调整至全部合格后方可进行下一阶段施工;
7. 测量合格率达到 100%, 优良率不低于 95%, 测点相对中误差不大于 0.5m, 高程中误差不大于 0.5m; 一级测点位置误差不大于 0.2m, 高程误差不大于 0.2m;
8. 生产物理点甲级率 $\geq 40\%$, 全区生产物理点合格率 $\geq 98\%$, 单条（束）测线物理点合格率 $\geq 95\%$;
9. 全区丢炮率 $\leq 2\%$;
10. 严格按照《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）规定, 上交采集阶段的各类原始资料。

（二）资料处理质量指标

1. 提供叠前和叠后偏移及水平叠加三套数据（或数据体）;
2. 做好关键处理环节的质量控制, 引入并应用已成熟的新技术, 实现“三高”处理（信噪比、分辨率和保真度）目的;
3. 现场处理剖面合格率达到 100%;
4. 地震时间剖面全区 I + II 类时间剖面 $\geq 80\%$;
5. 严格按照《煤田地震勘探规范》规定, 上交处理阶段的各类过程及成果资料。

（三）资料解释质量要求

1. 在详细掌握本区域地质资料基础上, 完成本项目地震资料综合解释工作;
2. 对区内已有测井资料进行标准化校正及岩心刻度解释, 准确标定各反射波的地质属性;

3. 充分利用处理形成的多套数据体，综合利用多种解释技术进行反射波组追踪对比及构造精细识别，提高褶皱、断层及特殊地质现象的识别能力，达到地质任务规定的精度要求；

4. 资料处理过程中，应用宽方位 OVT 处理技术，同时应用叠前时间偏移和叠前深度偏移技术进行资料处理；

5. 综合各种资料，利用地震地质综合研究方法，研究构造等地质体及异常区；

6. 严格按照《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）规定，上交解释阶段的各类过程及成果资料。

三、执行标准

本次三维地震勘探项目严格遵循以下国家规范、规程及相关标准：

1. 《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）；
2. 《煤矿采区三维地震勘探规范》（T/CGS 012-2022）；
3. 《煤炭煤层气地震勘探规范》（MT/T 897-2000）；
4. 《矿产地质勘查规范 煤》（DZ/T 0215-2020）；
5. 《煤炭资源勘查工程测量规程》（NB/T 51025-2014）；
6. 《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）；
7. 《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》（CH/T 2009-2010）；
8. 《物化探工程测量规范》（DZ/T 0153-2014）；
9. 《地质勘探安全规程》（AQ 2004-2005）。

第三节 勘探区范围、位置及交通

一、交通位置

魏家地煤矿分公司位于白银市平川区东部，位于靖远煤田宝积山矿区东部，西北与原宝积山煤矿相接，西南与大水头煤矿分公司毗邻。行政区划隶属白银市平川区宝积镇（图 1-3-1）。其地理坐标为东经 $104^{\circ} 52' 55'' \sim 104^{\circ} 58' 16''$ ，北纬 $36^{\circ} 40' 18'' \sim 36^{\circ} 43' 39''$ 。

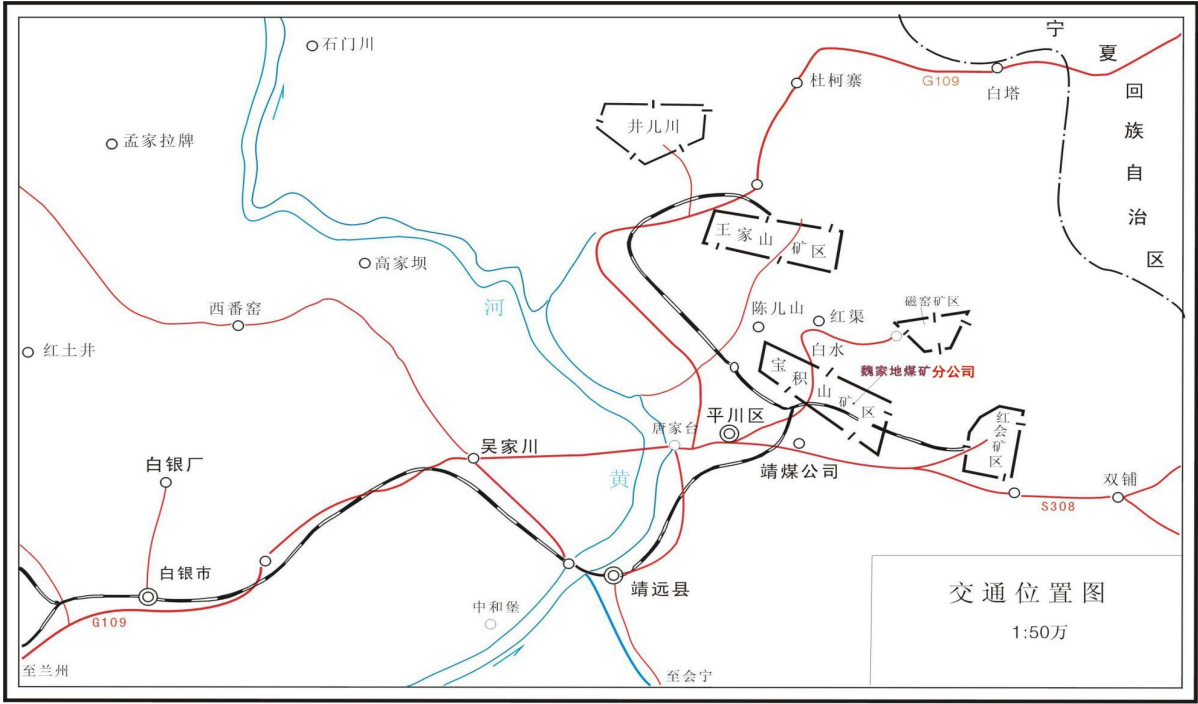


图 1-3-1 魏家地煤矿分公司交通位置图

二、勘探区范围

本次三维地震勘探项目位于魏家地煤矿分公司东二采区东翼，勘探范围由 4 个拐点圈定，控制面积为 1.10km²，勘探区范围见图 1-3-2，坐标见表 1-3-1。

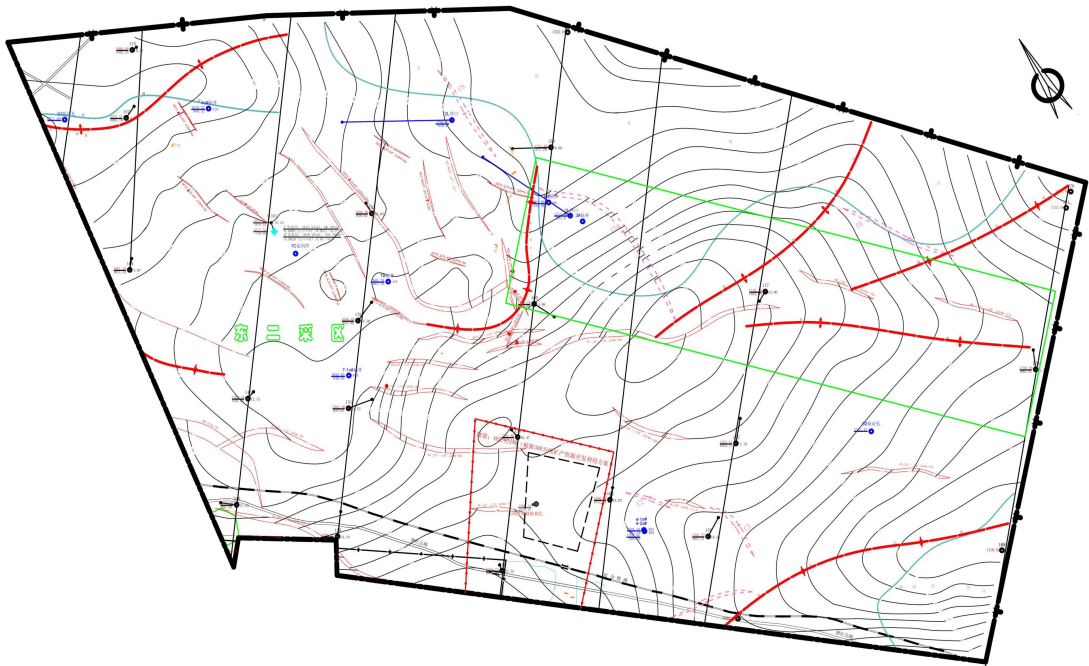


图 1-3-2 东二采区东翼三维地震勘探区范围

表 1-3-1 东二采区东翼三维地震勘探拐点坐标表（CGCS2000）

序 号	X	Y	控制面积
1	4062969. 719	35495817. 712	1.10km ²
2	4061484. 307	35497216. 933	
3	4061105. 876	35496832. 841	
4	4062591. 288	35495433. 620	

第四节 自然地理概况

一、地形地貌

魏家地煤矿分公司（井田）地处原宝积山矿区（宝积山盆地）的东南部。宝积山盆地为两端高中间低的狭长山间盆地。盆地以西为喀拉玛山，以东为老爷山，均系海拔+2000～+2200m 的中高山。盆地北面由西向东为宝积山～尖山～老爷山，南面为刀楞山和红山，均系海拔+1700～+1800m 的中低山。老爷山最高为+2023m，刀楞山最高为+1751.0m，红山最高为+1760.0m。盆地内部其西部、东北部和东南部多为低矮的丘陵，由罗家川至尖山、党家水一带较为开阔，东南端和西北端较高，向中间倾斜，西段宝积山煤矿～大水头煤矿一带最低，高程+1570.0～+1712.0m，比高 142m。两侧山系以构造剥蚀地貌为主，大部分基岩裸露，盆地内部多为剥蚀堆积地貌。丘陵区除盐锅台至党家水一带有少部分基岩出露外，大部分被黄土所覆盖。开阔平缓地带多为第四系洪冲积松散沉积层。

二、水系

本区属黄河水系，区内无常年地表径流。宝积山盆地两侧中低山小型冲沟比较发育，尖山和老爷山的冲沟自北而南，刀楞山和红山的冲沟自南而北，汇聚成较大的沙河。最大的有两条沙河，一条为由东北向西南的磁窑沙河，另一条为由东向西的党家水沙河，均源于盆地以北数千米以外的尖山和老爷山。这些沙河分别与魏家地以西的罗家川沙河、黑水沙河在大水头汇聚于贺家川沙河，至东湾附近汇入黄河。上述沟谷和沙河平时干涸无水，仅在雨季暴雨来临时才有短暂洪流。

三、气象

本区属大陆性半干旱气候，其特点是干旱少雨、多风，变化剧烈。根据气象台 1971

年至 2021 年的气象资料：矿区年平均最高气温 24.7℃（最高达 36.5℃），年平均最低气温 -9.2℃（最低为 -29.7℃），年平均气温 7.6℃。年降水量 65.8~537.3mm，平均为 268.7mm，且多集中在 7、8、9 三个月；年蒸发量高达 1449.1~1955.3mm，为降水量的 5.4~7.1 倍。年平均日照时数为 2430h。11 月至次年 2 月为结冻期，结冻深度为 60~100cm。春季为多风季节，风力一般为 5~6 级，风速多为 2~5m/s，风向夜间多东北风，白天多西南风。

四、地震

根据国家划分的地震分区，本区属北祁连褶皱系地震带。根据《建筑抗震设计标准》（2024 年版）（GB 50011-2010）和国家地震局 2015 年版《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），本区抗震设防烈度为 8 度，设计地震加速度值为 0.30g，设计地震分组第三组，特征周期值为 0.45s。

第二章 地质及地震地质条件

第一节 地质概况

一、井田地层

魏家地井田位于宝积山复式向斜的东部。向斜内部除党家水一带因 F_{1-2} 断层的推复作用有较多的中侏罗统新河组出露于地表外，其余大部分被第四系所掩盖。中侏罗统窑街组为区内主要含煤地层，上三叠统南营儿群则构成侏罗纪含煤地层的基底。现将地层由老至新分述如下：

（一）三叠系（T）

仅有三叠系上统南营儿群（ T_{3n} ）：岩性为灰绿色、黄绿色细、中、粗粒砂岩，局部含砾，具有清晰的斜波状层理及交错层理，厚度 1076m 左右。广泛出露于老爷山和宝积山矿区西端的大碱沟一带，在宝积山矿区西南侧的刀楞山和东南部的小水、铁匠沟一带亦有零星出露，是本区侏罗纪煤系地层的基底。

（二）侏罗系（J）

本区侏罗系包括下侏罗统大西沟群（ J_{1dx} ）、中侏罗统窑街组（ J_{2y} ）、中侏罗统新河组（ J_{2x} ）、上侏罗统苦水峡组（ J_{3k} ），其中窑街组为主要含煤地层，也是本次勘探的目的层。

1. 下侏罗统大西沟群（ J_{1dx} ）

岩性为灰色、灰绿色砾岩、灰白色砂岩，夹粉砂岩及泥岩，下部夹不稳定煤层，属山麓相沉积，不整合于 T_{3n} 之上，厚度 0~200m。

2. 中侏罗统窑街组（ J_{2y} ）

岩性主要为灰色、灰白色中、粗粒砂岩与深灰色粉砂岩及砂岩泥岩互层，局部夹炭质泥岩，底部为灰白色厚层砾岩及砂砾岩，旋迴结构清楚。共含煤 5 层（自上而下编号为未一、一、二、未二、三层煤），其中一层煤为全区普遍分布的主要可采煤层，二、三层煤仅分布于矿区东南部的魏家地井田范围内，为局部可采煤层，与下伏地层呈假整合接触，地层总厚度 77.50~279.32m。

3. 中侏罗统新河组 (J_{2x})

在矿区内广泛分布，主要出露于宝积山向斜两翼的刀楞山和宝积山一带，按岩性特征由下至上分为一、二、三段。

4. 上侏罗统苦水峡组 (J_{3k})

又称紫红色泥岩段。主要出露于黑水沟以西的近向斜轴部地区，黑水沟以东则只有零星露头点。岩性主要为紫色、紫红色厚层状砂质泥岩及粉砂岩，底部为灰绿—灰白色中、粗粒砂岩，呈西薄东厚的变化趋势。与下伏 J_{2x} 呈整合接触。厚度 237~554m。

（三）白垩系 (K)

仅有下白垩统河口群 (K_{1hk})：分布于宝积山向斜东南部红山一带，出露较好。岩性上部以砖红色中、粗粒砂岩为主，夹薄层细粒砂岩及粉砂岩；中、下部为紫红色、砖红色细、中粒砂岩与粉砂岩、砂质泥岩互层，与下伏地层呈整合接触，厚度 >500m。

（四）第四系 (Q)

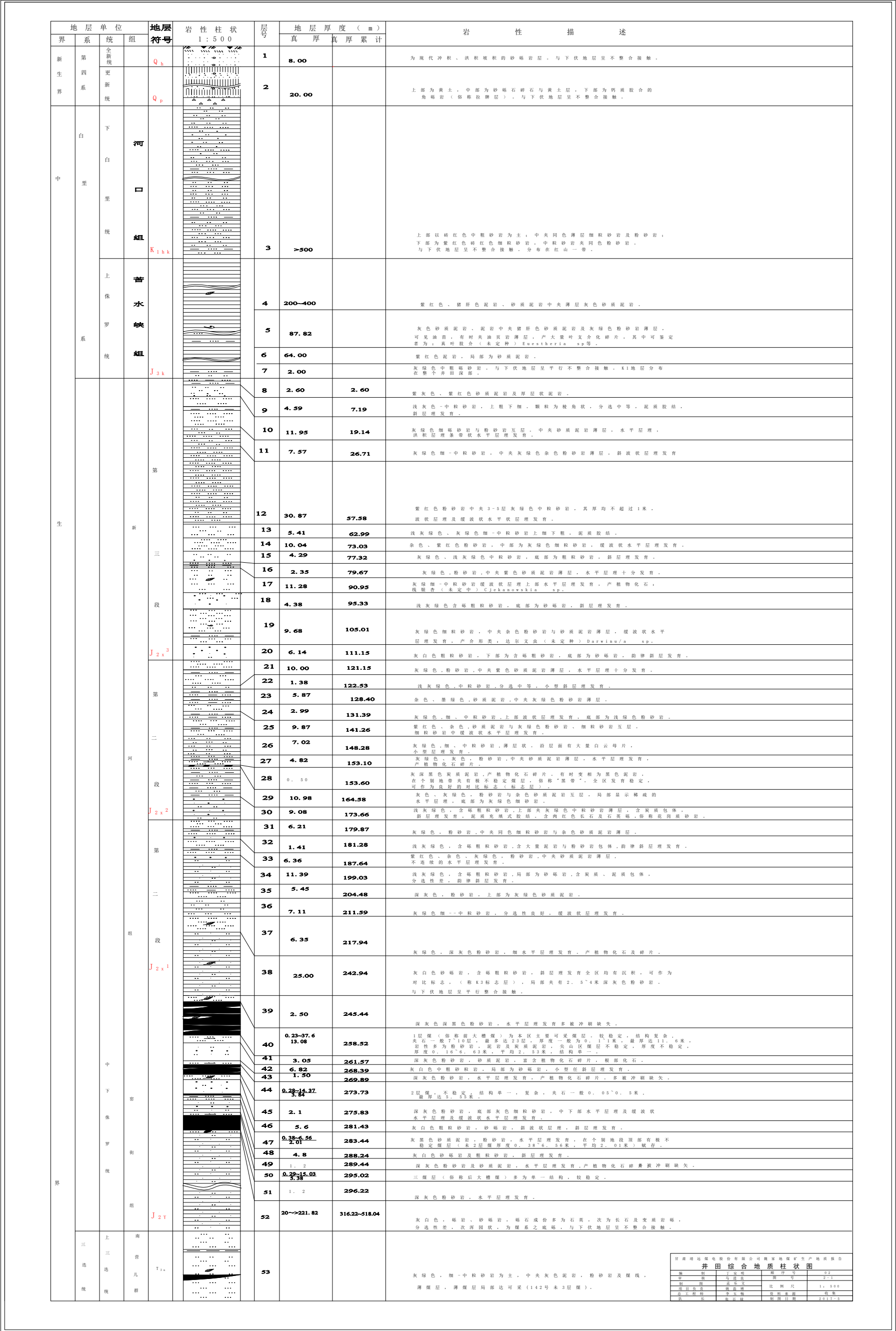
1. 更新统 (Q_p)

广泛分布于南、北中低山之间的丘陵地区。下部为一层成分复杂、分选性差、钙质胶结的砾石层（俗称拉牌层），坚硬，平均厚度 2.75m；上部为黄土，其下为砂砾石、碎石与黄土互层，平均厚度 6.53m，不整合于下伏地层之上。

2. 全新统 (Q_h)

主要分布于各条沙河及较大的冲沟中。为现代冲积、洪积和坡积砂砾石层。厚度 0.50~32.25m，平均 8.45m。

魏家地井田综合地质柱状图



二、含煤地层

（一）主要含煤地层

中侏罗统窑街组（J_{2y}）为区内主要含煤地层。岩性主要为灰色、灰白色中、粗粒砂岩与深灰色粉砂岩及砂岩泥岩互层，局部夹炭质泥岩，底部为灰白色厚层砾岩及砂砾岩，旋回结构清楚。魏家地井田含煤五层（从上到下编号为未一、一、二、未二、三层煤）。井田内可采煤层为一、二、三层煤，主采煤层为一、三层煤，分布面积广，厚度大且较稳定。地层总厚度 77.50~279.32m。

魏家地井田窑街组（J_{2y}）自上向下按岩性、岩相旋回划分如下：

1. 第V旋回

- （1）深灰色粉砂岩，水平层理发育，多被冲刷缺失。厚 2.50m；
- （2）一层煤，井田主要可采煤层，平均厚度 13.08m；
- （3）深灰色含砾粉砂岩，砂质泥岩，局部为炭质泥岩，厚 3.05m；
- （4）灰白色中~粗粒砂岩，局部为砂砾岩，小型斜层理发育。厚 6.82m。

2. 第IV旋回

- （1）深灰色粉砂岩，水平层理发育，多被冲刷缺失。厚 1.50m；
- （2）二层煤，平均厚度 3.84m；
- （3）深灰色粉砂岩，底部为灰色细粒砂岩，中、下部水平层理发育，厚 2.10m；
- （4）灰白色粗粒砂岩、砂砾岩，波状层理、斜层理发育，厚 5.60m。

3. 第III旋回

（1）灰黑色粉砂岩、砂质泥岩，底部为灰色细粒砂岩，缓波状层理及水平层理发育。局部地段赋存未二层煤。厚 2.73m。

4. 第II旋回（通常II、III旋回合并）

- （1）灰白色粗粒砂岩，厚 2.50m；
- （2）灰黑色粉砂岩，厚 1.00m；
- （3）灰白色粗粒砂岩、砂砾岩，斜层理发育。厚 4.80m。

5. 第I旋回

(1) 深灰色粉砂岩、砂质泥岩，水平层理发育，含植物化石碎片，多被冲刷缺失。
厚 1.20m；

(2) 3 层煤，平均厚度 5.58m；

(3) 深灰色粉砂岩，水平层理发育，厚 1.20m；

(4) 灰白色砾岩、砂砾岩，偶夹深灰色粉砂岩。砾石成分主要为石英，次为燧石及变质岩，次圆～浑圆状，分选性差，为煤系底砾岩，与下伏地层呈不整合接触。厚 20.10～221.82m。

(二) 主要可采煤层

魏家地煤矿分公司含煤五层（从上到下编号为未一、一、二、未二、三层煤）。未一层煤位于中侏罗统新河组第二段下部（ J_2x^2 ），大部分地段为黑色炭质泥岩及泥岩，局部含煤线或薄煤层，含煤性差。一、二、未二、三煤层赋存于中侏罗统窑街组（ J_2y ）。煤层总平均厚度 24.51m，含煤地层平均总厚度 88.28m，含煤系数 27.5%。井田内主要可采煤层为一层煤，分布面积广，厚度大且较稳定，二煤层和三煤层为局部分布局部可采的不稳定煤层，未二煤层为点状分布的不可采煤层。可采煤层特征见（表 2-1-1）。

表 2-1-1 可采煤层特征一览表

煤层	厚度 (m)	煤层间距 (m)	结构	顶板岩性 底板岩性	煤层稳定程度
	最小-最大 平均	最小-最大 平均			
一煤层	0.05-37.78 13.08	2.0-40.15 13.20	由东向西简单～中等，含夹矸 1～2 层，最多含夹矸 23 层。	粉砂岩、砂质泥岩 粉砂岩、细砂岩	较稳定
二煤层	0.28-14.37 3.84		由东向西简单～中等，含夹矸 1～2 层，最多含夹矸 8 层。	粉砂岩	不稳定
三煤层	0.29-15.03 5.58	6.80-40.10 19.98	简单～中等，普遍含夹矸 1～3 层，最多 8 层。	粉砂岩、粗砂岩 粉砂岩、细砂岩	不稳定

1. 煤层及赋存特征

(1) 一煤层

赋存于窑街组上部，全井田分布，绝大部分面积达到可采，属于较稳定煤层。走向上煤层总的变化趋势是西段 0.05～10.16m，中段 1.73～46.27m，东段 1.20～25.27m。

倾向上由南向北变薄， F_{46} 断层以北大部地段变薄尖灭。煤层分布有三个特厚区和两个薄煤区：XIII线以东有三个煤层特厚区，新24、新12及109号孔一带是其中之一，煤层厚度分别为39.78m、35.61m和49.08m；110钻孔为中心是一个，煤层厚度48.47m，另一个在177、150、153钻孔一带，煤层分别厚34.70m、37.78m和30.90m。加XI勘探线207、208号钻孔及两侧的 $W_{补12}$ 、 $W_{补13}$ 钻孔一带变薄不可采，厚度0.05~0.47m；位于向斜深部靠近 F_{46} 断层的新18、新19及175号钻孔一带，煤层厚度分别为0.61m、0.80m和0.23m。

煤层结构：在井田西部，煤层结构简单，一般含1~2层夹矸；中部夹矸层数增至3~5层，东部XVI~XVIII大部分钻孔含12~17层夹矸，最长达23层（177号钻孔）。煤层结构简单~中等，夹矸岩性多为泥岩及粉砂岩，少数为细砂岩。

（2）二煤层

赋存于窑街组下部，主要分布于井田中部，为局部分布、局部可采煤层，不稳定。X~XIII勘探线之间有两个互不相连的独立分布区，煤层厚度0.28~4.94m，厚度变化极大。加XIII₁~XVII线之间煤层连续性较之西部稍好，但有两个透镜状无煤带，煤层厚度0.28~17.71m。总之2煤层在纵向和横向上厚度变化大，无规律可循，属于不稳定的局部可采煤层。上距1煤层2.00~40.15m，平均13.20m。

煤层结构：由西向东较简单~中等煤层，一般含1~2层夹矸，最多8层（152、224号钻孔），夹矸的分布规律大致和1煤层一致。岩性为泥岩及粉砂岩。

（3）三煤层

井田范围内的分布情况基本和1煤层一致，分布范围比1煤层小，属于较稳定煤层。井田西部煤层厚度0.50~13.60m，XVI以东勘探线之间有两个互不相连的独立分布区，煤层厚度0.29~4.84m。上距2层煤6.80~40.10m，平均19.98m。加XIV~加XV线1号背斜和2号向斜之间有一个较大的无煤区，其南部另有一个较小的无煤区；形成无煤区原因是成煤物质来源不充分，与沉积基地起伏关系不大。

煤层结构：属于简单~中等煤层，一般含1~3层夹矸，最多8层（107号钻孔），夹矸的分布大致沿走向呈条带状分布。岩性为泥岩及粉砂岩。

2. 断层煤分布特征

（1） F_{1-2} 断层组概况

F_{1-2} 断层组位于井田中部，由 F_1 、 F_2 和其中间的 F_{28} 、 F_{29} 、 F_{30} 及 F_{31} 诸断层组成，从剖面上看为一以 F_1 为主干的“入”字型构造。它由西部刀楞山南侧从Ⅶ线一带进入井田后，一直保持与井田走向一致的方向往南东贯穿了整个井田，将井田原南西边地层以舒缓的角度，由南西向北东方向推覆到井田中深部 500~2000m 的距离（水平断距），覆盖了整个井田，形成了井田浮表构造。其中较普遍地分布着被破坏了的断层带煤，就是通常所说的断层煤。

（2）断层煤的位置及范围

位于矿井南部（地面位置：唐红公路以南），东以矿井 18 勘探线，西与大水头矿边界为界，南以该煤层钻孔见煤点连线为界，北以 F_{1-2} 断层组或钻孔见煤点连线为界。底板标高 1180~1660m，走向长 6895m，倾斜长 670~1800m，面积 7.86km²，地面标高 +1593~+1722m。地表有唐红公路、党家水沙河、部分未搬迁的党家水村民房，垂深 3.79~463.3m，平均垂深 286m。超出矿权范围面积：1.158km²。

（3）煤层赋存状况及煤质情况

该煤层属非正规煤层，其特点：一般不成层，厚度极不稳定。在 215 个钻孔中见断层煤钻孔共 77 个；煤层厚度 0.41~38.47m，平均煤厚 5.4m，整体东厚西薄。共有 5 个 1m 以下的薄煤区或无煤区，井田中部有三个，东西部各 1 个。煤层基本呈东西走向，北南倾向，西、中段呈单斜构造，东段呈背斜构造，底板起伏变化较大。

该煤层原生结构已破坏，呈粉末状、糜棱状或鳞片状，灰分偏高，发热量偏低。煤层顶底板无正常顶、底板界面，无规律可循，难于进行煤层对比。

三、构造

（一）褶皱

魏家地井田位于宝积山向斜的东南翼，实为一复式的单斜构造，地层走向 N45°~50° W，倾向 NE，倾角浅部较大，为 20~30°，深部变小，为 5~10°。深部因受 F3 断层的影响有一定起伏，向斜轴部不明显。向斜内次一级的褶皱由北西向南东为腰水短轴

背斜、花尖子短轴向斜、1 号背斜、2 号向斜、3 号背斜和 4 号向斜，东二采区东翼的主要构造有：2 号向斜、S1 背斜、S2 向斜， f_5 、 f_6 、 DF_{10} 、 DF_{11} 、 DF_{12} 、 DF_{19} 断层等，落差均大于 5m。

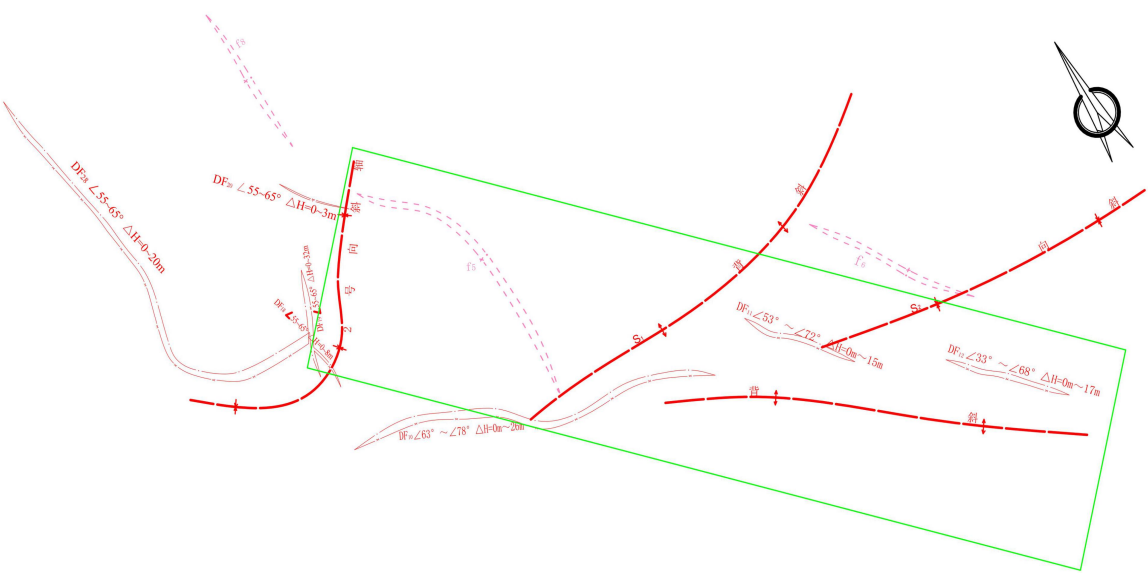


图 2-1-1 魏家地煤矿分公司东二采区东翼构造纲要图

四、岩浆岩

魏家地煤矿分公司矿区内无岩浆岩分布。

第二节 地震地质条件

一、表、浅层地震地质条件

勘探区内被第四系覆盖（图 2-2-1），属丘陵山区。第四系厚度不等，由黄土和砂砾石组成，不含水；东南部广泛分布第四系黄土山丘；西北部第四系河谷砂砾石区成孔困难。总体上，地势南高北低，浅表层地质复杂。此外，区内存在部分当地居民的枸杞林、村庄、沙河等障碍区，给施工带来诸多不便。

地表部分地段因上述浅层介质的不均匀性，对地震波的传播影响很大。第四系的黄土山丘弹性很差，对地震波有强烈的吸收作用，地震波传播速度低且不稳定，因而对经过低速带返回地表的反射信号的旅行时产生极大影响，易造成畸变。因此，本区浅层地震地质条件复杂。



图 2-2-1 勘探区典型地形地貌

二、中、深层地震地质条件

本次三维地震勘探区的主要目的层为一层煤、二层煤、三层煤，赋存于中侏罗统窑街组，其中一层煤为区内主要可采煤层，地层倾角为 $10\sim 18^\circ$ ，赋存稳定。一层煤埋深 $600\sim 800\text{m}$ ，平均埋深 700m ，煤层平均厚度 8m ；二层煤埋深 $613\sim 813\text{m}$ ，平均埋深 713m ，煤层平均厚度 2.5m ，距离一层煤的平均间距 13.20m ；三层煤埋深 $630\sim 840\text{m}$ ，煤层平均厚度 $2.2\sim 8.25\text{m}$ ，距离二层煤的平均间距 19.98m 。本次勘探区见有多条断层，均为以往勘探发现，构造发育。煤层纵波速度约为 2100m/s ，围岩以砂岩为主，其纵波速度在 3000m/s 以上，主要煤层与围岩密度、速度差异较大，煤层与围岩波阻抗差异明显，是较理想的地震弹性波反射界面（图 2-2-2）。因此，中、深层地震地质条件简单。

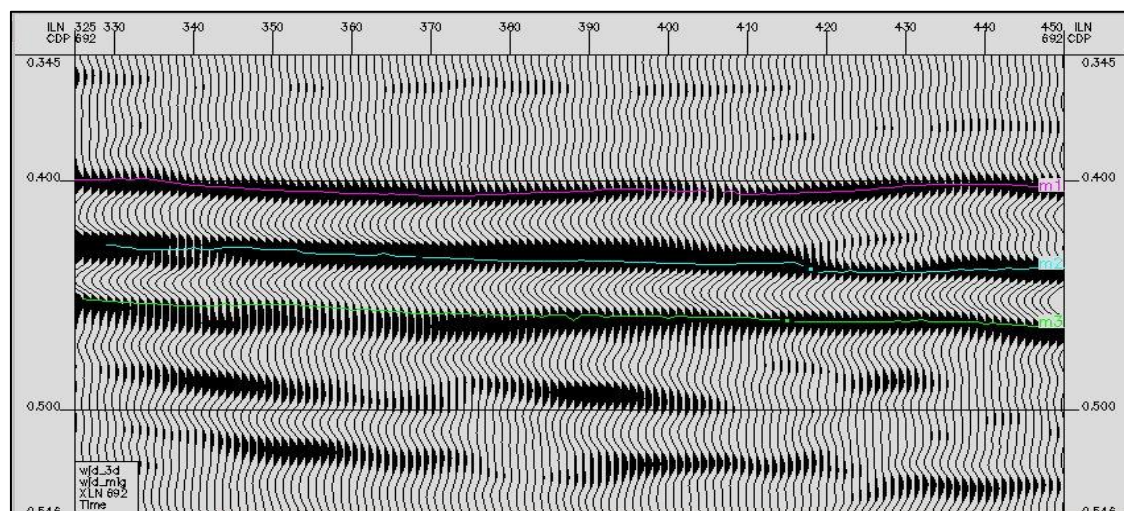


图 2-2-2 东二采区标准反射波在时间剖面的反映

三、综合地震地质条件

本次勘探区表浅层地震地质条件复杂，中深层地震地质条件简单，综合地震地质条件为复杂区，但具备完成本次地质任务的物性基础。

第三节 以往地质勘查程度

一、以往地质工作

1. 1978 年，甘肃煤田地质局一三三队提交了《甘肃靖远煤田宝积山矿区外围勘探区地质普查找煤报告》。

2. 2015 年 11 月，甘肃煤田地质研究所提交的《甘肃靖远煤电股份有限公司魏家地煤矿水文地质补充勘探报告（含瓦斯抽放孔）》，通过加 1501、1501 钻孔的抽水试验分析认为东二和北一采区一层煤顶板水即中侏罗统新河组底部砂岩裂隙含水层（II 含水层）为富水性极弱的含水层；东二和北一采区一层煤底板水即中侏罗统窑街组砂岩裂隙含水层（I 含水层）为富水性极弱的含水层。

3. 2017 年 3 月甘肃煤田地质局一三三队编制提交的《甘肃靖远煤电股份有限公司魏家地煤矿生产地质报告》，通过探采对比，对矿权范围内的地层层序、含煤地层、构造特征、煤层、煤质、开采技术条件及其变化规律等有了更进一步认识，煤层在倾向和走向上有明显的波状起伏变化。

本次勘探的西三采区以往做过大量工作，区内有钻孔 7 个（图 2-3-1），且大部分有测井曲线，这些钻孔对于本次三维地震勘探工作有很大的指导意义。

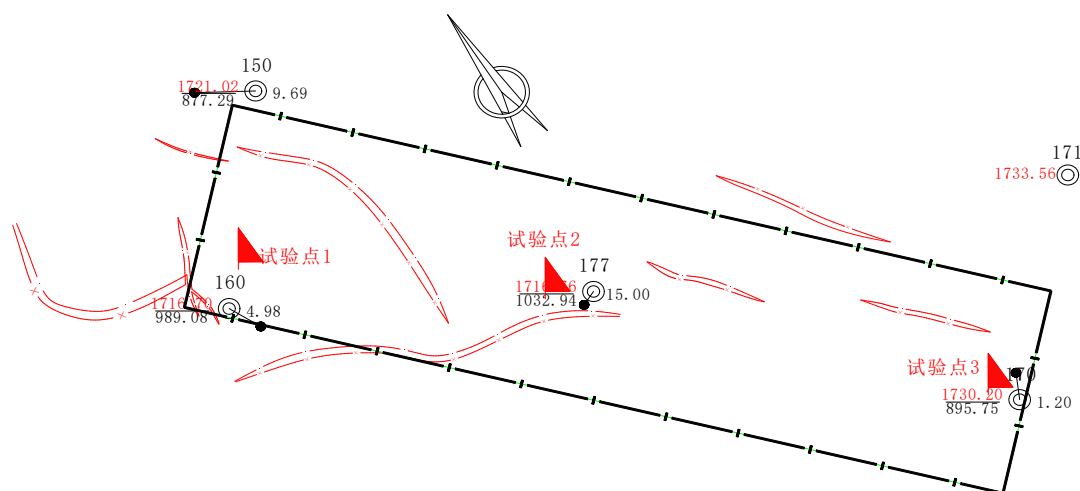


图 2-3-1 东二采区东翼钻孔分布图

二、以往物探工作

1. 2004 年 6 月甘肃煤田地质局综合普查队提交《甘肃省靖远煤业有限责任公司魏家地矿地震勘探报告》，该次工作共完成测线 8 条，新发现 DF_1 断层及 F_{15} 、 F_{16} 二个断点；控制了 F_{1-2} 断层组的三个断煤点的位置。

2. 2007 年 4 月甘肃煤田地质局综合普查队提交《靖远煤业有限责任公司魏家地矿东一采区三维地震勘探报告》，勘探面积 1.0km^2 ，共完成三维地震测线 6 束，全区一层煤共解释断点 81 个，其中 A 级断点 59 个，B 级断点 21 个，C 级断点 1 个。A+B 级断点占 99%。组合断层 17 条，其中可靠断层 13 条，较可靠断层 2 条，控制程度较差断层 2 条。

3. 2011 年甘肃煤田地质局综合普查队提交了《靖远煤业集团有限责任公司魏家地矿西二、西三采区三维地震勘探报告》，解释断层 11 条。以走向 NW 的断层为主， DF_6 、 DF_8 两条断层走向为近 SN。其中落差大于 50m 的断层 2 条，50~20m 的断层 4 条，20~10m 的断层 2 条，小于 10m 的断层 2 条；逆断层 10 条，正断层 1 条。

4. 2011 年 5 月山西省煤炭地质物探测绘院提交《靖远煤业有限责任公司魏家地矿北一采区三维地震勘探报告》，勘探面积 4.24km^2 ，施工布线 16 束，试验点 108 个，合格率 100%；炮点 2827 个，甲级 1326 个，甲级率 46.9%；乙级 1492 个，乙级率 52.8%；废炮 9 个，废炮率 0.3%；检波点 12436 个，共计测点 15132 个，满 20 次覆盖面积 5.03km^2 ，查明解释断层 9 条，一层煤变薄区 1 处，二层煤无煤区 4 处，三层煤无煤区 3 处。

5. 2025 年 1 月甘肃煤田地质局一四九队提交《甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区补充地质勘探首采工作面精细三维地震勘探报告》，勘探面积 1.0km^2 ，施工共完成线束 15 束，施工测线 34 条，施工面积 8.26km^2 ，满覆盖面积 1.19km^2 ，完成生产物理点 2430 个，试验物理点 41 个，总计物理点 2471 个。其中：试验物理点 41 个，全部合格。查明解释断层 35 条，查明了煤层间距变化趋势。

三、以往三维地震勘探工作简述

从 2010 年至今，魏家地煤矿分公司共实施了 2 次三维地震勘探工作，叙述如下：

（一）2011 年山西省煤炭地质物探测绘院对魏家地煤矿东三采区实施三维地震勘

探，提交了《靖远煤业集团有限责任公司魏家地煤矿东三采区三维地震勘探报告》，勘探面积 2.11km^2 。野外数据采集完成 24 次覆盖面积为 3.63km^2 ，试验点 52 个，生产物理点 2346 个，总物理点 2398 个。其中甲级 1179 个，占 50.3%，乙级 1167 个，占 49.7%。获得了信噪比较高的三维数据体。其中 I 类剖面 77.4km ，占 66.47%，II 类剖面 25.95km ，占 22.28%，III 类剖面 13.1km ，占 11.25%，I + II 类剖面占 88.75%。此次三维地震勘探查明落差大于 10m 断层 13 条，均为逆断层(可靠断层 7 条，较可靠断层 6 条)。由于浅表层、深层地震地质条件复杂解释 10m 以下断层较困难，此次三维地震勘探控制了一层煤的埋藏深度和起伏形态，并绘制了一层煤底板等高线图，解释了二、三层煤的厚度变化趋势，圈出了二、三层煤的可采范围，解释一层煤异常区 5 处。

(二) 2024~2025 年由甘肃省煤田地质局一四九队对魏家地煤矿分公司东二采区首采工作面进行全数字高精度三维地震勘探，勘探面积 1.0km^2 ，生产物理点 2430 个，甲级品 1401 个，甲级率 57.65%，乙级品 1029 个，乙级率 42.35%，物理点合格率 100%。获得地震剖面 1.0km^2 ，其中 I 类剖面 0.918km^2 ，占 91.81%；II 类剖面 0.082km^2 ，占 8.19%；无 III 类剖面。解释成果查明了勘探落差大于 3m 的断层，区内共解释断层 35 条，新发现断层 31 条，否定断层 2 条，修正断层 2 条。未发现煤层受古河床冲刷带、古隆起、岩浆岩侵入体、煤（岩）层风氧化带、火烧区、天窗、暗河、溶洞等影响的范围；查明了区内可采煤层之间层间距，一层煤与二层煤间距变化约在 3~20m 之间，二层煤与三层煤间距变化约在 5~65m 之间；查明了区内可采煤层厚度变化情况。一层煤厚度变化约 1~20m 之间，二层煤厚度变化约 2~16m 之间，三层煤厚度变化约 1~6m 之间。

四、以往三维地震勘探采集参数对比

以往三次三维地震勘探区别较大，主要表现在数据采集方面。2011 年实施的常规三维地震勘探，采用 $8\text{L} \times 8\text{S} \times 60\text{T} \times 4\text{R} \times 24$ 次或则 $8\text{L} \times 10\text{S} \times 48\text{T} \times 4\text{R} \times 24$ 次线束状观测系，面元网格 $10\text{m} \times 10\text{m}$ ，接收排列长度较小，单线 60 道或者 48 道接收，明显接收参数对有效信号接收不利，面波等干扰波影响严重，覆盖次数 24 次也比较低，获得的单张记录品质不高。而 2025 年实施的全数字高精度三维地震勘探，采用 $20\text{L} \times 6\text{S} \times 160\text{T} \times 1\text{R} \times 80$ 次线束状观测系，面元网格 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ，接收排列长度 160 道，可

以有效避开面波等干扰波的严重干扰，覆盖次数 80 次，获得的单张记录品质好，质量高。图 2-3-2、图 2-3-3 是以往两次三维地震勘探采集的单炮记录，显而易见排列长度严重制约着煤层反射波显现，而且宽方位、小面元、大排列、高覆盖次数等参数比 2011 年常规三维地震的施工参数在数据采集方面更有优势。

表 2-3-1 野外施工采集参数对比

年度 参数	2011 年东三采区常规三 维	2011 年西二、西三采 区常规三维	2025 年全数字高精 度三维
观测系统	8 线 8 炮	8 线 10 炮	20 线 6 炮
横纵比	0.45	0.68	0.80
道距 (m)	10m	20m	10
线距 (m)	40	40	60
炮排距 (m)	100	80	100
单线排列	60	48	160
面元网格	5×10	10×10	5×5
覆盖次数	24	24	80
激发方式	中点激发	中点激发	中点激发
仪器	408UL	ARIES 数字地震仪	Quantum 数字地震仪
检波器	60Hz 模拟检波器	60Hz 模拟检波器	Quantum 数字检波器

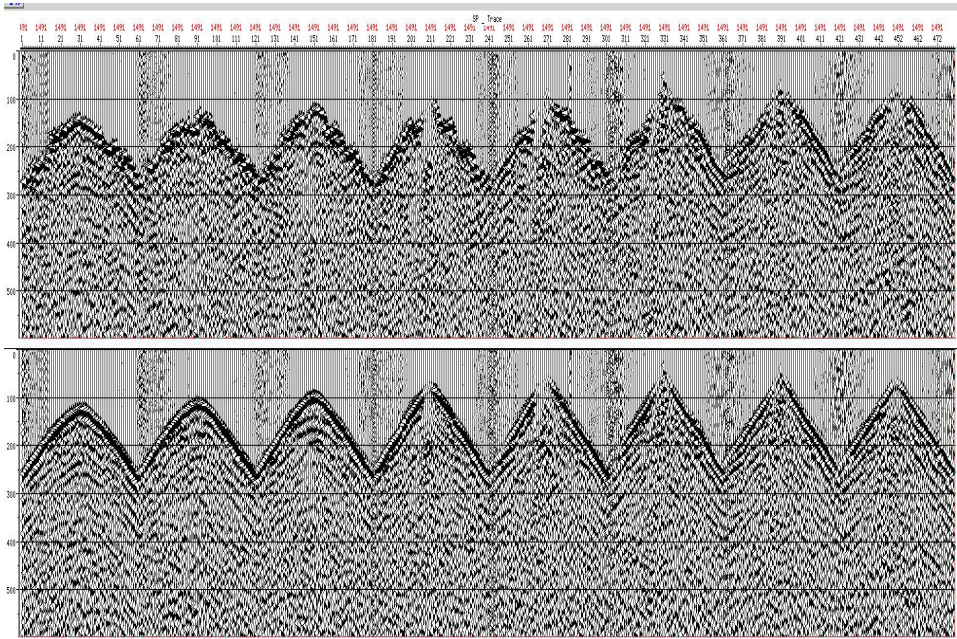


图 2-3-2 静校正前后单炮记录（2011 年）

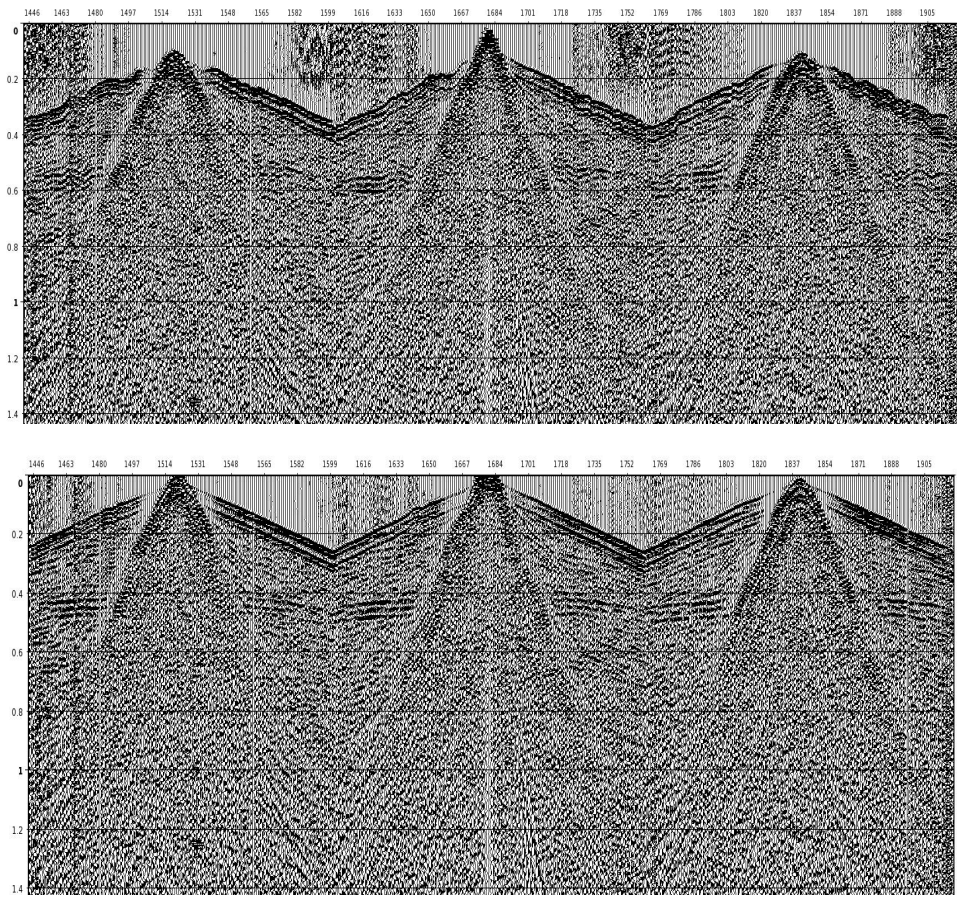


图 2-3-3 静校正前后单炮记录（2025 年）

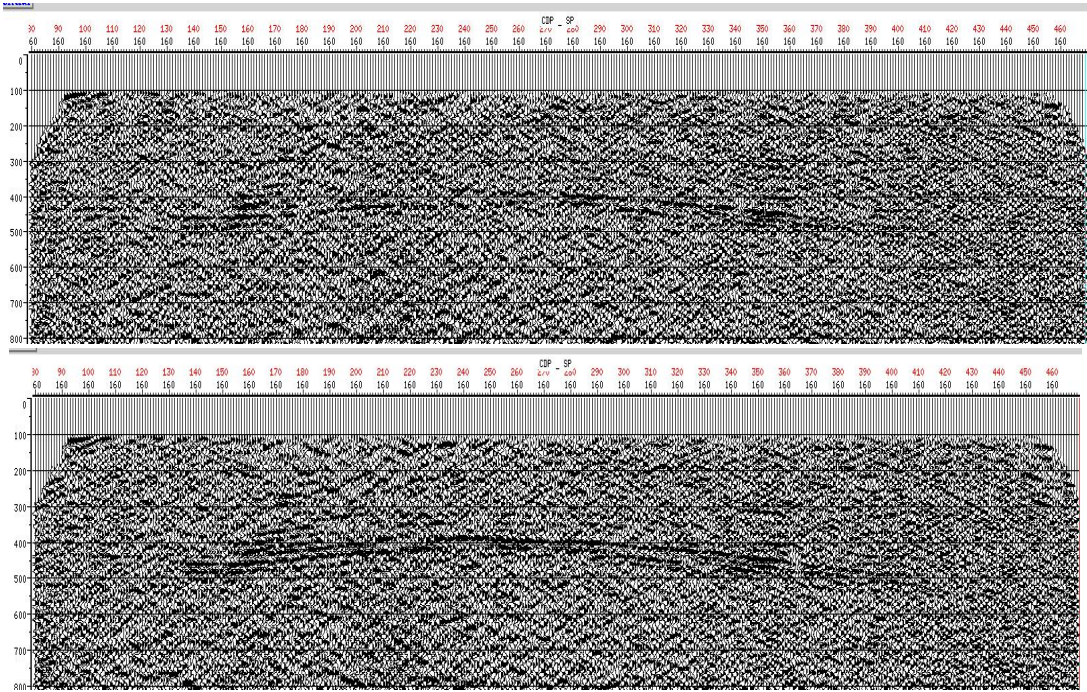


图 2-3-4 剩余静校正前后叠加剖面对比（2011 年）

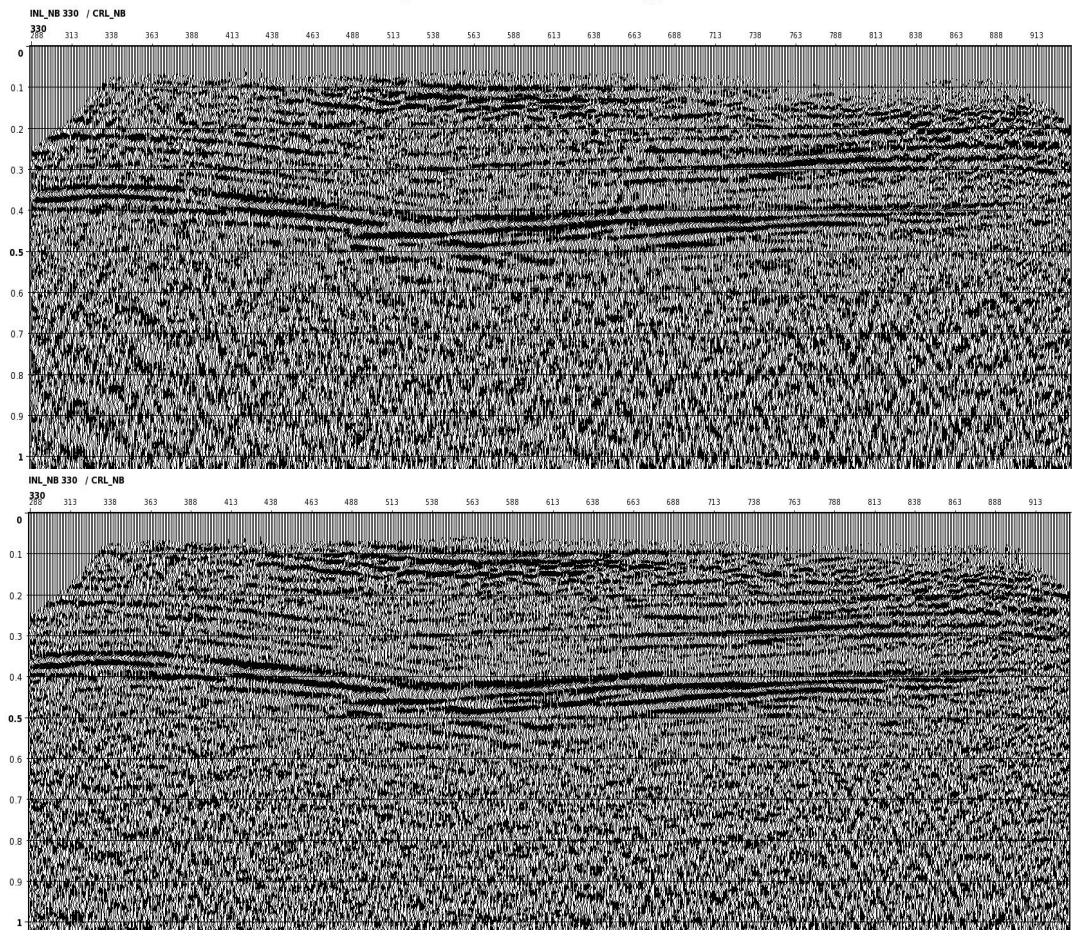


图 2-3-5 剩余静校正前后叠加剖面对比（2025）

五、以往三维地震勘探数据处理参数对比

对比数据处理的主要参数（表 2-3-2），2011 年常规三维地震勘探的数据处理只是使用了常规处理模块，诸如静校正、振幅补偿、反褶积、速度分析、干扰波去除、偏移归位等技术。为了提高小断层、小异常等地质构造的识别能力和发现水平，2025 年采用采用全数字高精度三维地震勘探，在数据处理过程中采用频谱分析与扫描、精细三维切除、自适应面波处理以及叠前时间偏移（构造导向滤波）等处理技术，以提高小微地质构造的识别能力和发现水平，提高煤层的成像水平。通过两次数据对比处理的结果，2025 年全数字高精度三维地震勘探数据处理效果更为理想，尤其在提高单炮记录的信噪比、保真度等方面尤为明显。本次三维地震数据处理拟采用叠前时间偏移和叠前深度偏移进行对比处理，通过处理效果选择处理模块，最后决定使用成像效果更为理想的模块。

表 2-3-2 数据处理主要参数对比

参数 \ 年度	2011 年东三采区常规三维	2025 年全数字高精度三维
频谱分析与扫描		√
静校正	√	√
振幅补偿	√	√
反褶积	√	√
精细三维切除		√
速度分析	√	√
干扰波去除	√	√
叠前时间偏移		√
叠前深度偏移		
叠加	√	√
偏移归位	√	√

六、以往三维地震勘探解释成果验证情况

从 2011 年常规三维地震解释成果验证情况统计表可以看出，整体验证效果不理想，煤层埋藏深度和断层位置的验证均存在较大偏差。部分三维地震解释的断层在井下未揭

露，而井下实际揭露的断层在三维地震解释成果中也未能显现。主要表现为：一层煤底板标高误差达 20m，地震解释的断层与实际揭露情况差距较大；三维地震解释的断层在井下实际揭露中不存在，而井下揭露的断层三维地震未能识别。其中，DF₂₅ 断层解释落差 40m，井下未揭露；DF₁₄ 断层解释落差 16m，井下亦未揭露。

2025 年全数字高精度三维地震勘探成果目前井下尚未揭露，仅通过地面钻探进行验证，验证情况如下：主要一层煤埋深误差较大，构造识别能力仍显不足。分析其原因，主要是勘探区内钻孔数量较少，时深转换速度的选取不够准确，导致煤层埋深误差较大；构造识别能力不足同样与速度模型精度不足以及数据处理参数和流程选择不当有关。

综上所述，本次三维地震勘探需吸取以往经验教训，从野外数据采集阶段开始，严密设计观测系统，严格把控数据采集质量，确保第一手资料的可靠性和准确性。特别应关注观测系统的选择、排列长度及激发层位等关键因素；在数据处理和解释过程中，需引入新技术、新方法，提高资料品质。在地震数据处理中，应结合实际地形地貌与地下地质构造，剔除假构造；在钻孔稀少的区段，通过增加虚拟钻孔、模拟速度场，提高速度分析的精度，进而提升煤层埋深解释的准确性和地震资料的分辨率，尤其要提高对巷道揭露的落差 5m 以下断层或断点的识别能力。

表 2-3-2 采掘揭露验证情况表

验证情况 \ 年度	2011 年常规三维地震勘探	2025 年全数字高精度三维地震勘探
	一层煤底板标高误差 20m，地震解释断层经实际揭露差距较大，三维地震解释断层井下实际揭露不存在，而井下揭露的断层三维地震则没有解释。尤其 DF ₂₅ 断层，解释落差 40m，井下未见；DF ₁₄ 断层，解释落差 16m，井下未见。	主要可采煤层底板标高误差较大，地震解释构造性质判别有误。

第三章 施工方法及工程量

三维地震勘探是一个系统工程，需要数据采集、资料处理和资料解释三个环节的密切配合。这三个环节之间的脱节，就会直接导致地震勘探成果质量的下降。由于野外采集处在地震勘探诸环节的首位，因此野外数据采集的第一手资料质量的好坏，就直接关系到能否很好地完成地质任务。为此，从设计施工阶段，就要根据预定的地质目标建立起采集、处理和解释等阶段可以达到验收的最低标准，利用计算机进行辅助设计、质量监控和量化评价，依靠先进的技术手段，通过优化设计使二者达到最佳效果。本次三维地震勘探总体流程见图 3-1-1。

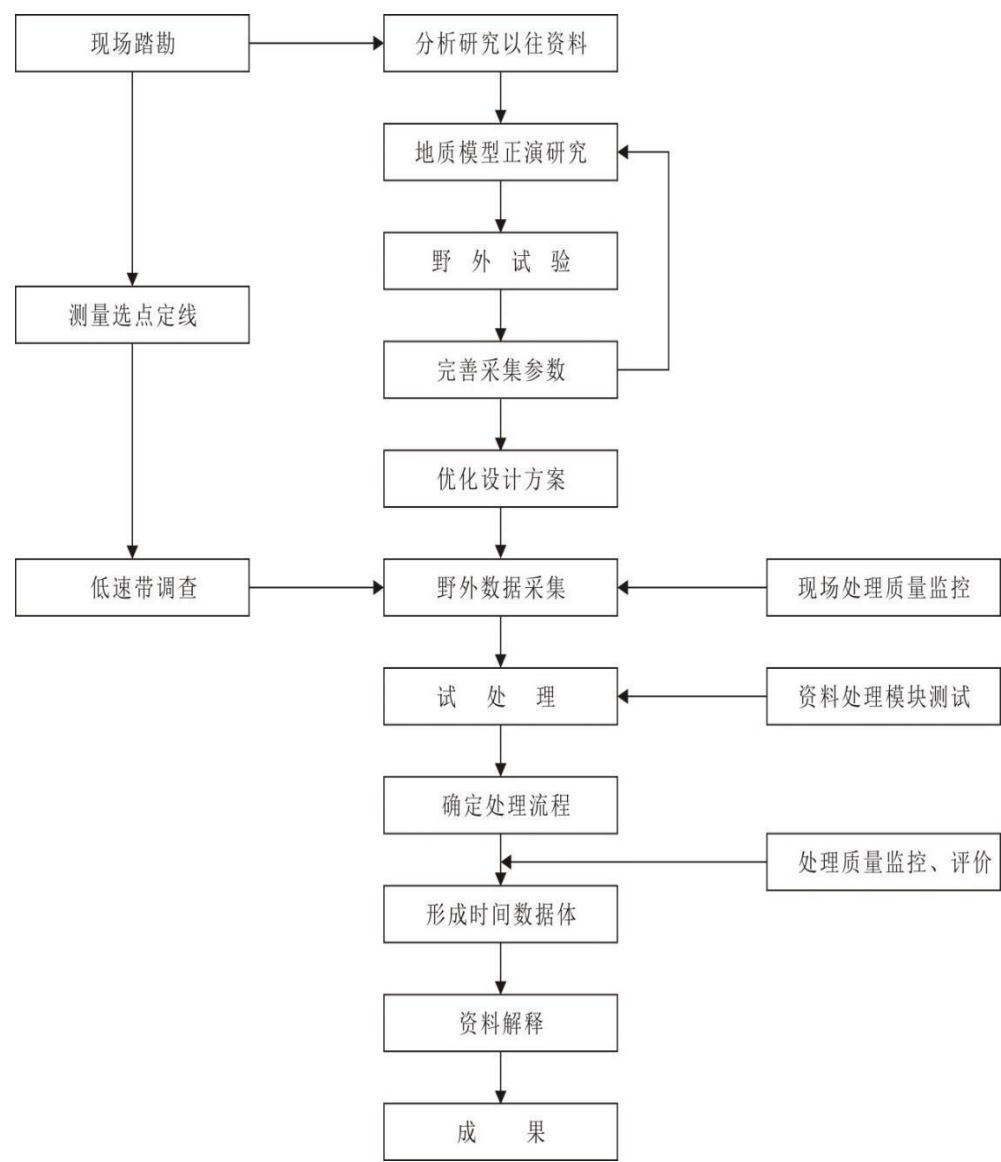


图 3-1-1 三维地震勘探总体流程图

全数字高精度三维地震数据采集技术，主要包括宽频带、宽方位和高覆盖次数。

1. 宽频带

指采集的原始数据倍频程增加，不仅是高频端的拓宽，也包括低频有效成分的拓展，一般在 5 个倍频程以上。常规检波器高频端在 350Hz 以内，而本项目采用单点全数字检波器，低频端在自然频率以下，以每倍频程 12dB 进行压制。数字检波器高频端可达到 500Hz 以上，频率从高到低，振幅响应几乎是一直线；数字检波器的低频端比常规检波器有更好的响应—低频反映岩层特性，在类似条件矿区的含煤地层中，一般从浅至深含多个煤层，宽频带有利于对多个目的层，频率由高到低，埋深由浅到深的偏移成像。

2. 宽方位

指地震勘探中横纵比大于 0.8。一般横纵比大于 0.9 可以认为是全方位采集。宽方位相对于传统窄方位地震勘探有很多优势，增加采集照明度，可以研究振幅随炮检距和方位的变化，获得较完整的地震波场。

3. 高密度

指小面元（煤田一般为 5m×5m），高覆盖次数（煤田一般大于等于 60 次）的地震采集密度。实践证明，小线距更易控制采集脚印，地下面元的均匀性更好。本项目面元为 5m×5m，满覆盖次数为 64 次。

对于野外数据采集而言，其采集技术目标应该主要集中于尽可能满足地质解释要求的地震资料“三高”采集方法和保障技术。

4. 信噪比

要取得高质量的地震解释资料，野外原始地震数据的信噪比必须大于 2.0，才有可能保证成果资料的信噪比大于 7。

5. 分辨率

地震资料分辨率的高低直接关系到地质解释的精度，目前基本上以 $\lambda/4$ 视波、长作为定量估算垂向分辨率的标准。对于水平分辨率，则以 Fresnel 半径作为衡量水平叠加剖面的标准，在高精度的三维偏移数据体中，最佳水平分辨率为：

$$\Delta r = v / (4 \cdot f_c)$$

式中， v 为反射波的平均速度； f_c 为零相位子波的中心频率。

由此可见，地震资料分辨率与地震波的频率成正比，频率越高，分辨率越高。从地震资料的分辨率上讲，因为水平叠加本身具有“低通效应”，所以尽量要求野外采集资料的主频高、频带宽、噪音小，以便为后续高分辨率处理奠定基础。

6. 保真度

为了提高保真度，要求野外数据采集尽可能保证激发与接收条件的一致性，减少各种信号畸变以及非地质因素造成的反射波动力学特征损失，同时按照“小道距、小炮距、小组合”的工作方法来进行，以便从采集阶段保持地震资料的动力学特征。

上述“三高”的量化标准和方法无疑将会对实现采集系统质量控制的系统化、量化监测与评价提供定量依据。

第一节 生产前的试验工作

本次全数字高精度三维地震勘探的生产前试验工作是在之前完成的魏家地煤矿分公司三维地震勘探的基础上，优化激发、接收等各项参数进行实施。

一、试验目的

- （一）了解勘探区内的地震地质条件，为数据采集奠定基础；
- （二）调查勘探区内有效波、干扰波的发育情况，选择最佳的激发、接收参数；
- （三）通过试验、分析、对比，确定完成地质任务采用的基本工作方法。

二、试验原则

- （一）严格按照单一因素变化的原则确定试验方案；
- （二）选择有代表性的地段进行试验；
- （三）试验从简单到复杂，从已知到未知，循序渐进的原则进行，这样有利于分析研究的不断深入。

三、试验要求

1. 施工单位需结合勘探区内地震地质条件和以往工作经验有针对性地编制试验方案。

2. 试验结束后应及时进行资料处理和分析,作出明确的结论,写出试验总结并经专家会审认可,未经试验或试验结论不明确时不得转入正式生产。

四、试验位置

根据主要目的层深度、地表条件以及靠近钻孔、避开构造等因素在勘探区中选取 3 个试验点（图 3-1-2），进行激发、接收参数试验，从而选择最佳的野外采集参数。

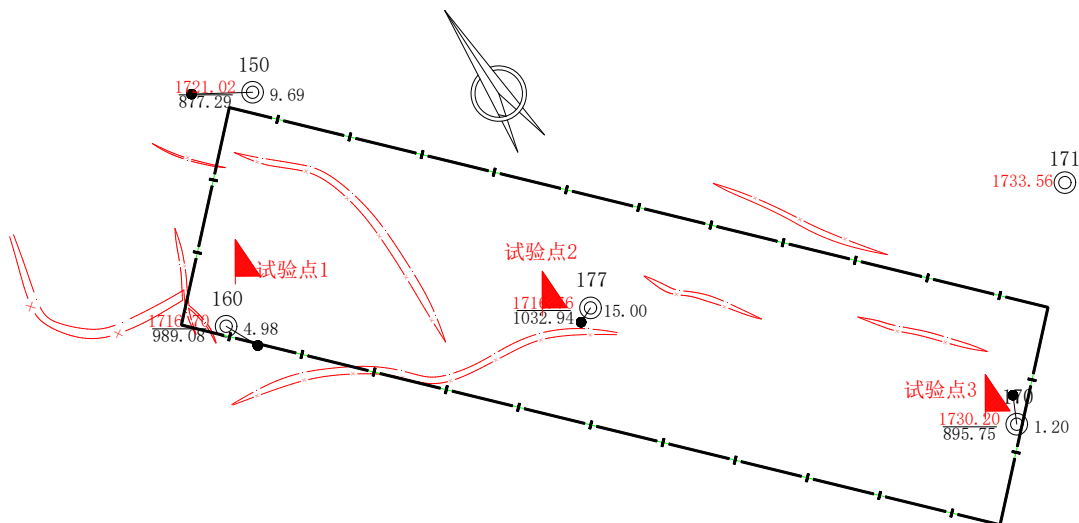


图 3-1-2 试验点位置图

试验点 1 主要针对东二采区东翼厚黄土区进行试验, 位于 160 钻孔附近, 一煤层埋深 727m, 煤层厚度 4.98m。

试验点 2 主要针对东二采区东翼基岩区进行试验, 位于 177 钻孔附近, 一煤层埋深 683.82m, 煤层厚度 15m。

试验点 3 主要针对东二采区东翼薄黄土区进行试验, 位于 170 钻孔附近, 一煤层埋深 834.45m, 煤层厚度 1.20m。

五、试验内容

(一) 激发、接收条件试验

1. 激发条件试验

(1) 井深对比试验

井深试验的目的是选择一个良好的激发层位,使在该层位激发能够获得高频率、单一稳定波形及高信噪比的目的层反射波。根据本区地质条件,本次对不同井深分别进行

激发试验。

采用洛阳铲成孔，单井药量 2.0kg，分别对不同激发层位进行试验，以确定最好的激发层位。井深至合适的激发层位，对比单井（6m、8m、10m、12m、14m、16m、18m）激发效果。

（2）药量对比试验

药量对比试验以提高目的层反射波频率和原始记录信噪比为原则，药量过大目的层反射波主频降低，分辨率下降，对高分辨地震勘探不利；药量过小，激发的有效波能量低，原始记录信噪比低，影响地震勘探质量。根据井深试验确定的激发层位和井深，药量 1.0kg、2.0kg、3.0kg、4.0kg 等，对比激发效果。

2. 接收条件试验

（1）仪器录制因素

结合试验单炮记录，采用全频带接收方式，保证接收到全部地下反射信息，采样间隔为 1ms，记录长度 2.0s 能保证记录到目的层反射波。

（2）偏移距和最大非纵距

本次采用的 24 线 10 炮三维观测系统，最大非纵距为 645m，根据井深及药量对比试验的结果，对偏移距和最大非纵距进行试验。400m、500m、600m、700m 和 800m 进行试验，确定施工中可以使用的最大非纵距，为施工中的特殊观测系统提供参数。

（3）仪器接收参数

前放增益：24dB；

采样间隔：1.0ms；

记录长度：2s；

滤波参数：全频带接收。

（二）波场调查

采用连续追踪的方式进行观测，宽频带接收，目的是了解各类干扰波和有效波在能量、频率、速度和出现的时间上的分布规律，从而选择最佳采集时窗。

(三) 低(降)速带调查

为野外施工激发条件的选择和资料的处理提供准确的参数,需进行低速带的小折射调查(图 3-1-3)。

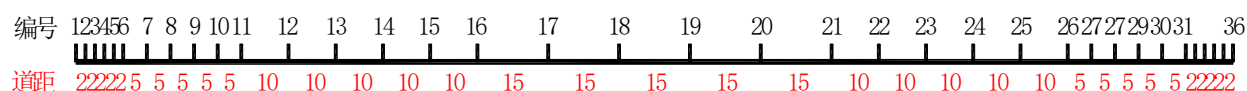


图 3-1-3 小折射调查排列示意图

(四) 最大偏移距试验

主要是对排列长度进行试验,确定本区有效的排列长度。根据确定的最佳采集参数,在测线端点进行激发。

六、工作量

全区设计点试验 3 处, 共计 25 个试验物理点 (表 3-1-1)。

表 3-1-1 试验工作量统计表

试验点位	试验因素	试验内容	工作量 (炮)	备注
试验点 1	井深	激发井深: 6m~18m	7	2.0kg 药量
	药量	1.0kg、2.0kg、3.0kg 和 4.0kg	4	井深由试验定
试验点 2	井深	激发井深: 1m~4m	4	
	药量	0.5kg、1.0kg、1.5kg 和 2.0kg	4	
试验点 3	井深	激发井深: 6m~18m	7	
	药量	1.0kg、2.0kg、3.0kg 和 4.0kg	4	
小折射	井深	低降速带调查	4	1.0kg 药量
非纵距		600m、700m、800m、900m、1000m、 1100m	6	
波长调查		干扰波调查	2	
最大偏移距试验			2	
合计			44	

第二节 三维地震施工方法、因素的选择及其依据

一、观测系统参数论证

（一）测线方向

结合勘探区内构造特征，首先，保证沿地层倾向，并且垂直于区内主构造走向方向布线；其次，兼顾施工效率与难易程度，最终选择 SEE 向布线。

（二）面元边长

面元大小要有利于提高资料的横向分辨率，落实构造及断裂细节特征；同时，面元的大小必须保证各面元叠加时的反射信息具有真实代表性。鉴于以上考虑，面元大小应满足以下两个方面：

1. 横向分辨率

根据经验法则，每个优势频率的波长至少保证取 3 个采样点，这样才能得到良好横向分辨率。面元边长经验公式为：

$$b = \frac{V_{\text{int}}}{2 \times F_{\text{dom}}}$$

式中：b 为面元尺寸； F_{dom} 为目的层的最高主频； V_{int} 为目的层的上一层层速度。

分析以往资料，选取各有关参数为： $F_{\text{dom}} \approx 50\text{Hz}$ ， $V_{\text{int}} \approx 3600\text{m/s}$ ，计算得出 $b=35\text{m}$ 。

2. 最高无混叠频率

保证最高无混叠频率经验公式为：

$$b \leq \frac{V_{\text{rms}}}{4 \times F_{\text{max}} \times \sin \theta}$$

式中：b 为面元边长； V_{rms} 为均方根速度； F_{max} 为最高无混叠频率（最高频率的 1.2 倍）； θ 地震射线入射到地面的角度。

分析以往资料，选取各有关参数为： $F_{\text{max}} \approx 70\text{Hz}$ ， $V_{\text{rms}} \approx 2800\text{m/s}$ ， $\theta \approx 20^\circ$ ，计算得出 $b \leq 29\text{m}$ 。

3. 考虑断点绕射收敛

根据勘探区地层倾角可知面元尺寸不大于 20m 可满足反射信息正确成像；考虑对断点绕射的充分收敛，则面元尺寸不大于 20m。按照高精度三维地震勘探技术要求，结合地下地质构造特点及观测系统类型，面元尺寸选择为 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 。

横向分辨率和空间采样公式确定面元理论上限为 29~35m。但本区勘探目标要求识别断距 $\geq 3\text{m}$ 的小断层，按经验法则面元应不大于目标断距的 $1/2 \sim 1/3$ ，因此选择 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 面元。经计算，在 24 线 10 炮观测系统下，5m 面元满覆盖区内覆盖次数为 64 次，满足处理和解释要求。

（三）覆盖次数

覆盖次数选择主要遵从以下原则：

1. 充分压制随机和规则干扰，提高有效反射能量，改善总体资料的信噪比；
2. 受上部煤层的屏蔽，下部煤层反射波能量较弱，适当提高覆盖次数，有利于提高下部煤层反射能量，改善弱信号信噪比；
3. 满足 Inline 方向速度分析精度和 Crossline 方向静校正耦合要求；
4. 覆盖次数的选择对技术和成本的影响较大，选择时要考虑经济技术合理性。

根据勘探区地震地质条件和任务要求，本次勘探选择叠加次数 64 次覆盖。

（四）偏移孔径

为了使倾斜层和断层正确归位，必须进行偏移。在部署勘探范围时，必须考虑到偏移孔径而扩大满覆盖面积。偏移孔径主要考虑收集 30° 范围内的绕射能量归位所需要的距离：

$$d = Z \tan \theta$$

式中：d 为绕射能量归位的距离；Z 为绕射点的深度； θ 为绕射能量归位的角度。

根据本勘探区主要煤层埋深 800m、地层倾角 10° ，计算出下倾方向最大镶边宽度。本次三维地震勘探镶边距离 102m。

二、观测系统确定

综合考虑地层倾向和构造走向，测线方向呈 SEE 向布置。根据以往施工经验，结合地质任务和地震地质条件，确定采用 24 线 10 炮观测系统（图 3-2-1、表 3-2-1）。

三、观测系统分析

（一）覆盖次数分析

为了兼顾不同埋深的目的层，在分析目的层的埋深情况后，制定了相应的观测系统。

利用三维论证软件对全区的设计方案进行模拟放炮，结果可以看出随着深度的增加，覆盖次数递增，全区稳定覆盖次数达到了 64 次（图 3-2-2）。

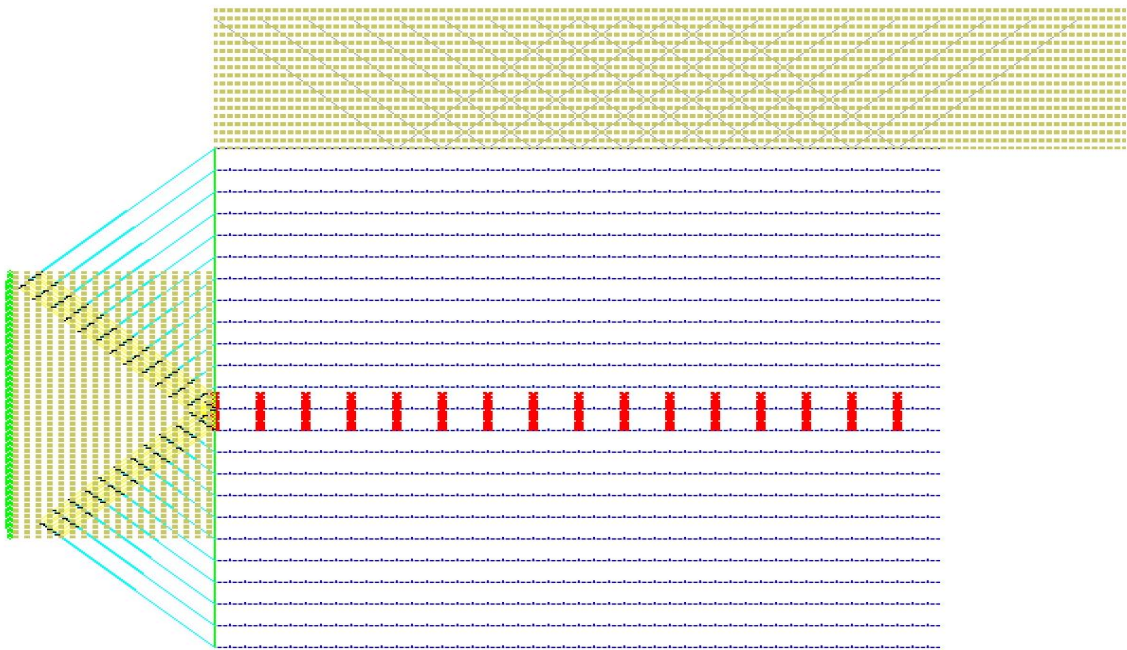
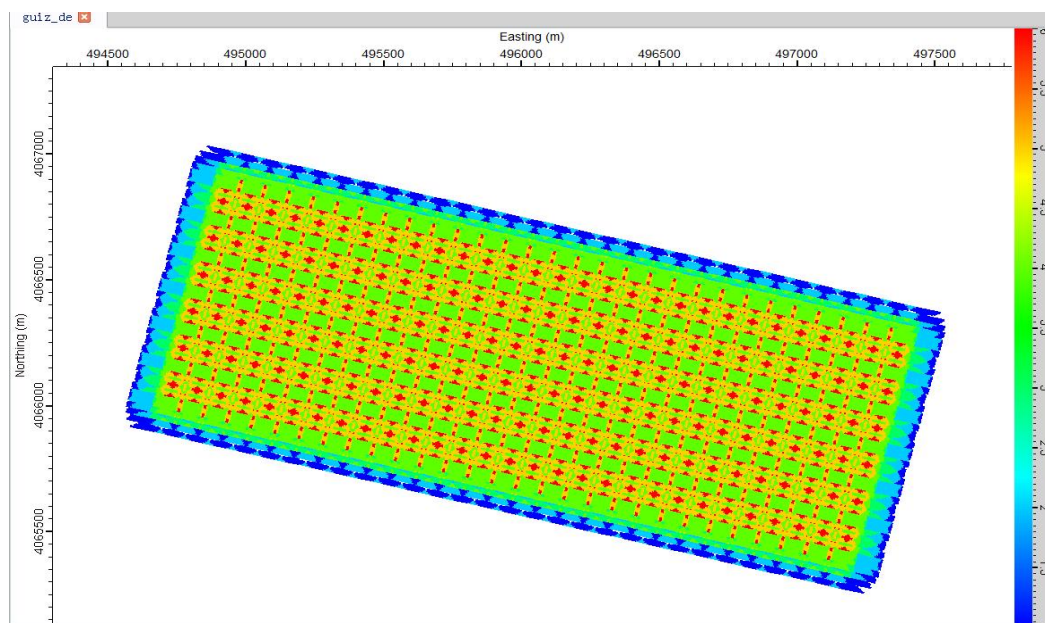


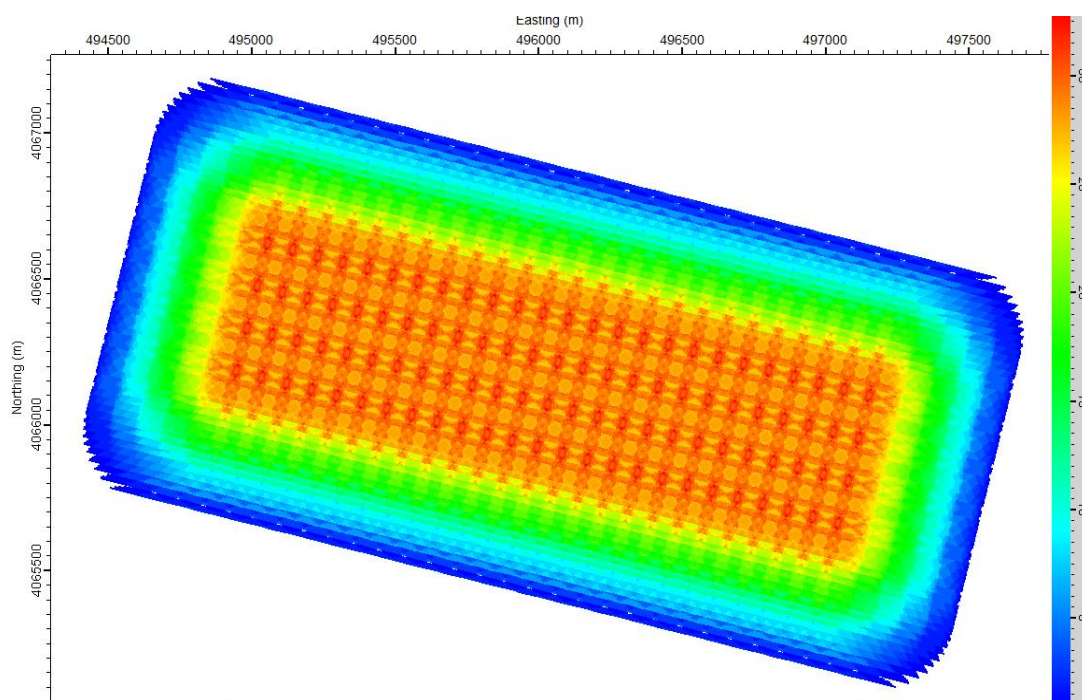
图 3-2-1 观测系统示意图

表 3-2-1 观测系统参数统计表

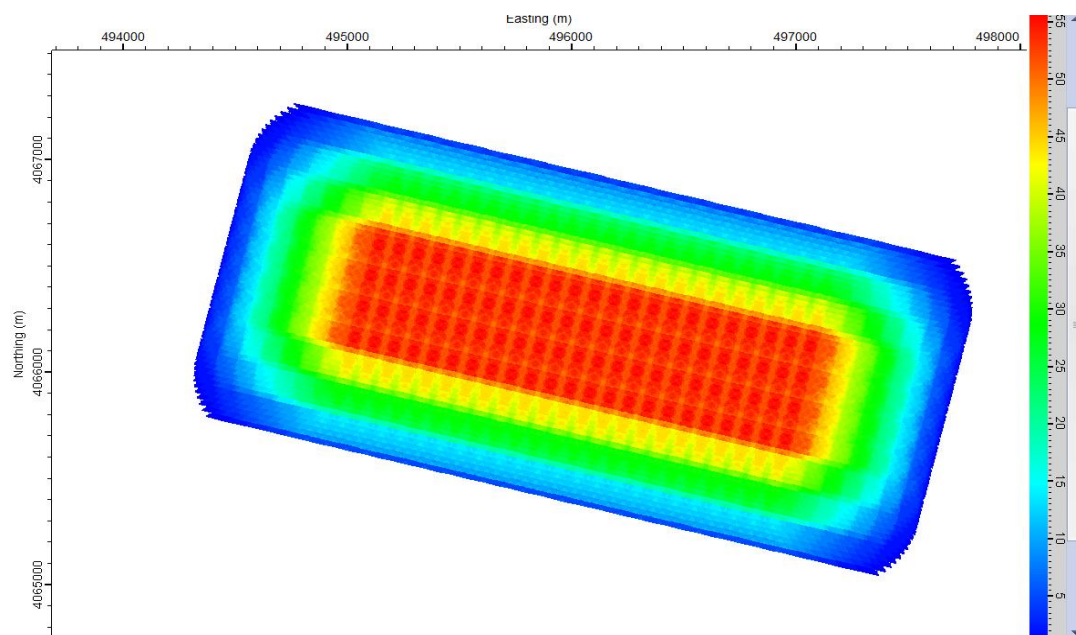
名 称	参 数
观测系统类型	24 线 10 炮束状
激发方式	中点激发
接收道数	3456 道（24 条×144 道/条）
接收线数	24 条
接收线间距	50m
接收道间距	10m
激发炮线距	10m
激发炮排距	90m
面元尺寸	5m（纵）×5m（横）
叠加次数	64 次（横 8×纵 8）
最大非纵距	645m
最小非纵距	5m
最大炮检距	966m
最小炮检距	5m



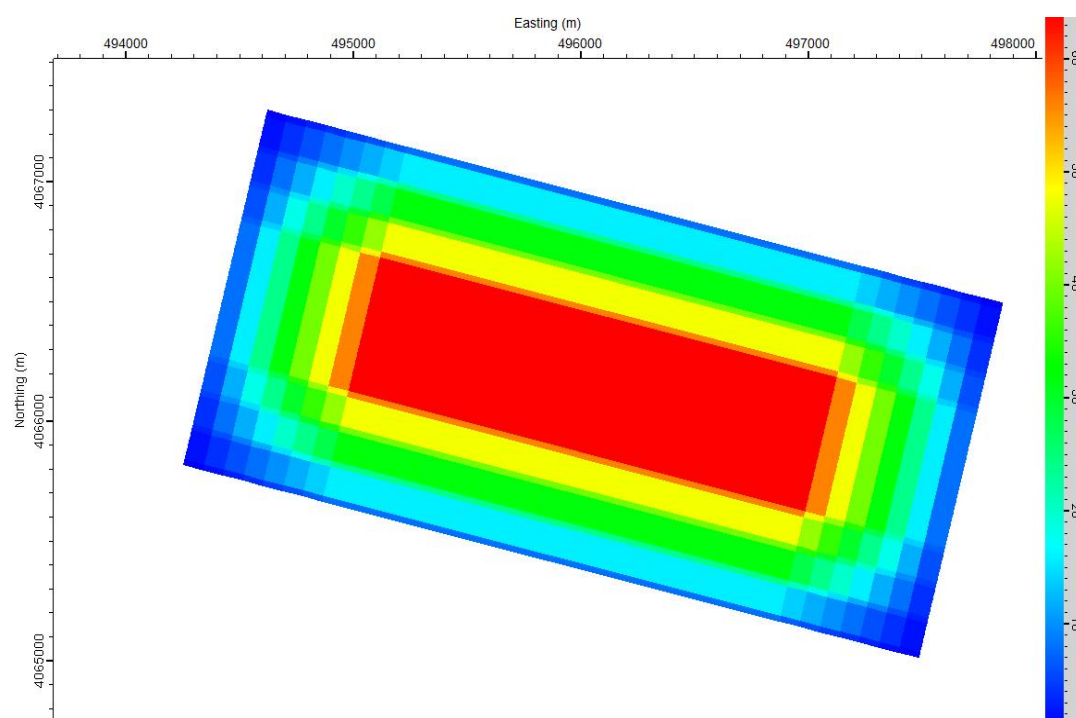
(a) 炮检距 0~200m



(b) 炮检距 0~500m



(c) 炮检距 0~700m



(c) 不限偏移距

图 3-2-2 不同炮检距覆盖次数示意图

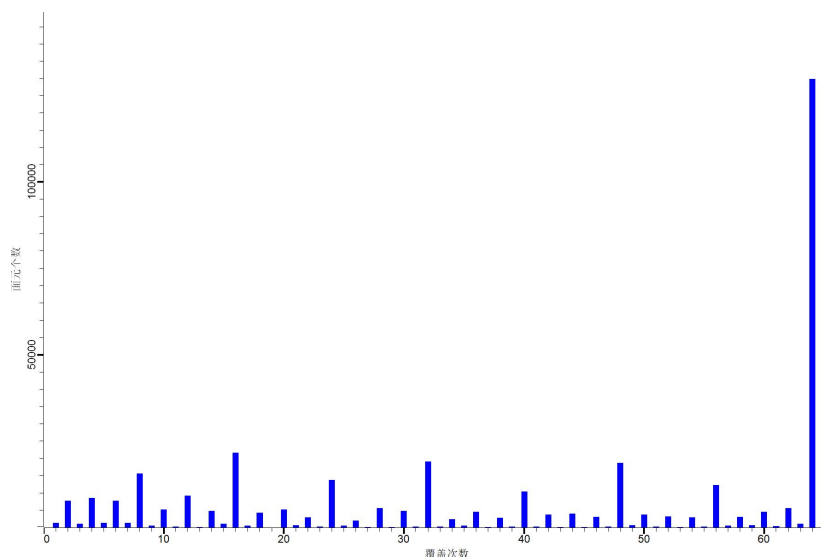
(二) 面元分析

三维地震勘探采集信息的收集与统计主要集中在以 CDP 网格为最小单元的面元之内。统计面元覆盖次数、炮检距、方位角等信息有助于全面了解观测系统设计的特点，

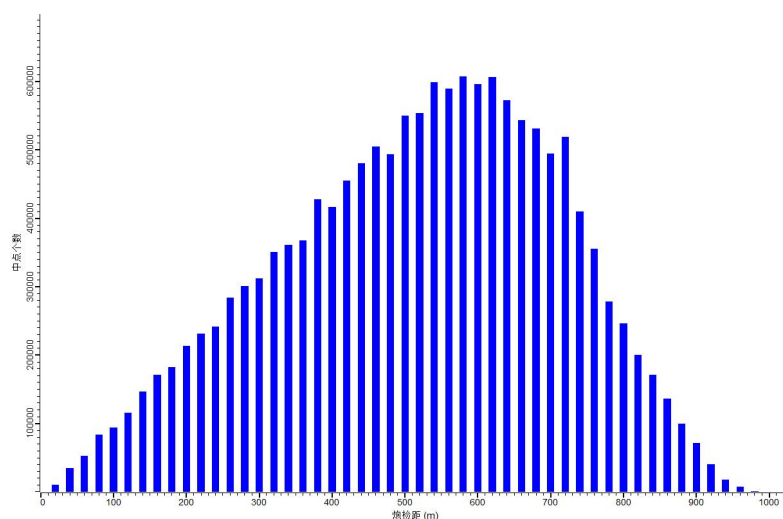
进而分析设计的合理性与实用性（图 3-2-3）。

图 3-2-3（a）显示了不同覆盖次数面元的分布情况，可看出主要面元的覆盖次数为 64 次，为本次施工区域设计覆盖次数，其它覆盖次数的面元所占比例较少。

图 3-2-3（b）显示了不同炮检距面元的分布情况，面元主要集中在 200~800m 炮检距范围内，该处的面元有效避开了近道和远道的干扰波，以及远道波形畸变的影响。



（a）勘探区不同覆盖次数的面元统计图

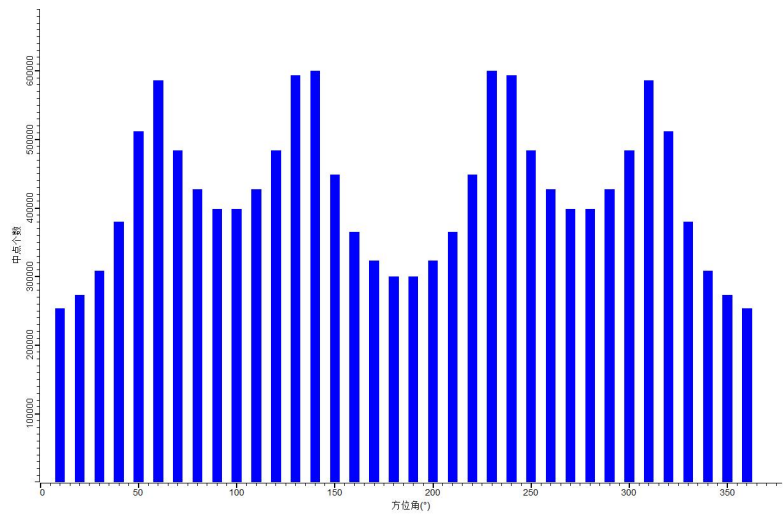


（b）勘探区不同炮检距的面元统计图

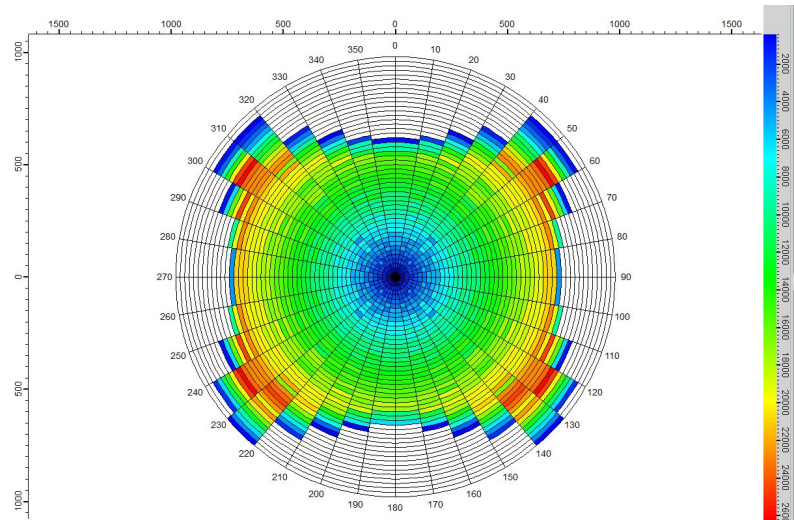
图 3-2-3（c）显示了不同方位角面元的分布情况，在 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 和 $200^{\circ} \sim 350^{\circ}$ 方向上的面元比较集中。

图 3-2-3（d）为炮检距与方位角综合条件下的面元分布，可看出有效面元主要集

中在沿测线方向的炮检距 200~800m 范围内。



(c) 勘探区不同方位角的面元统计图



(d) 全区面元玫瑰图

图 3-2-3 不同覆盖次数、炮检距、方位角条件下面元统计图

四、特殊观测系统

(一) 特殊观测系统

勘探区内障碍物主要零星房屋，房屋周围区域地震测线、炮点不能正常布置，如果不采取合理的技术手段，障碍物区域附近的覆盖次数会产生不均匀，最终影响地震资料的品质。为了保证覆盖次数的基本均匀，在这些区域需要采用变观设计进行数据采集。

在变观设计中，为保证地下 CDP 网格点的重叠，根据期望输出炮点和接收点的分布

形式，求解炮点的分布形式，从而可以求出变观后的炮点地面分布形式。

我们把炮点（s）、检波点（g）和共中心点（x）的关系写成褶积形式，其 Z 变换为：

$$S(Z) \cdot G(Z) = X(Z)$$

式中：S(Z) — 炮点(线)的 Z 变换多项式；

G(Z) — 检波点(线)的 Z 变换多项式；

X(Z) — 地下共中心点(CDP)的 Z 变换多项式。

则：

$$S(Z) = \frac{X(Z)}{G(Z)}$$

从而可以求出变观后的炮点的地面分布形式。

依托上述公式，在施工中对障碍物区采用以下施工方式：

勘探区内范围内障碍物主要零星房屋，房屋周围区域地震测线、炮点不能正常布置，对于房屋周围的炮点进行移动，移动到安全距离（50m）范围内进行作业，使得炮点分布相对均匀，同时障碍物中间能布设炮点或者检波点的区域尽量布设炮点或者检波点。

（二）障碍物区变观原则

1. 变观原则：

（1）沿测线方向优先：先沿炮线（纵向）方向偏移，最大偏移距离不超过炮排距的 1/2；

（2）沿垂直测线方向：纵向无法移出时，再沿垂直炮线（横向）方向偏移，最大偏移距离不超过炮点距的 1/2；

（3）两个方向都无法偏移：则禁止该炮点。

2. 横偏炮设计原则（跨大障碍）：

（1）以最小偏移距的接收点为圆心，炮点呈同心圆分布；

（2）加密炮点横向上偏移距离不大于面元横向大小；

（3）对“缺炮不缺道”（村庄内可布检波器）和“缺炮缺道”（河流内无法布设）分别设计。

3. 补炮原则

(1) 采用恢复性放炮、重复性放炮、横向加密炮点等补炮原则；

(2) 变观炮点不多或不集中时，只要变观炮记录中有 80% 的炮检距（或不低于 80% 的道）满足最大炮检距要求，就可认为变观成功，不必苛求所有炮检距均满足最大炮检距限定条件。

(三) 障碍物区变观后面元分析

变观直接影响面元（CMP）内以下属性，必须定量评价：

1. 覆盖次数

变观后满覆盖区域覆盖次数是否达到设计要求，相邻面元覆盖次数差值（均匀性），覆盖次数最低值不低于设计值的 80%。

2. 炮检距分布

面元内炮检距是否从最小偏移距到最大偏移距均匀分布，近、中、远偏移距各段是否都有采样，避免缺失某段偏移距导致 AVO 分析失真。

3. 方位角分布

面元内方位角是否 360° 均匀分布（宽方位采集），方位角扇区缺失导致各向异性分析困难，方位角均匀性影响偏移噪声和成像质量。

4. 面元属性定量评价方法

非均匀性系数用于定量评价炮检距属性均匀性，CMP 面元离散度用于衡量炮检点对面元的贡献离散程度，加权覆盖次数综合考虑激发药量、炮检距能量的有效覆盖次数，采集脚印分析用于评估观测系统属性不均引起的振幅异常。

5. 面元属性评价标准

覆盖次数方差/均值比 $\leq 0.2 \sim 0.3$ ，炮检距各段分布比例偏差 $\leq 15\% \sim 20\%$ ，方位角分布各扇区偏差 $\leq 25\%$ ，相邻面元属性差异无明显条带状异常。

(四) 障碍物区施工要求

1. 施工单位应在施工前全面收集工区障碍物分布资料，如农田、村庄等，经实地踏勘核实障碍物的精确位置、范围、安全距离等；

2. 对设计炮点、检波点进行障碍预排查，在图中标记受影响点位，建立障碍物区偏移原则、安全避让距离，并在测量成果中明确标注；

3. 根据障碍物分布，完成变观设计，炮点/检波点偏移、补炮、补道、线束调整、滚动方式优化，保证覆盖次数、面元属性、炮检距、方位角基本均匀，不出现大面积空白；

4. 根据实测结果，编制《障碍物区专项施工措施》，对复杂障碍区进行专项观测系统论证，确保成像质量不受明显影响。

第三节 工程布置及工程量

一、工程布置及工作量

本次三维地震野外施工采用规则的束状三维观测系统，根据线束方向尽量垂直地层走向和主要构造走向的原则，结合区内地形、障碍物分布等具体情况，选择线束呈 SEE 向布置。本次东二采区东翼三维地震共设计线束 7 束（内自西向东依次编号为第 1 束、第 2 束…第 7 束），纵向每放 1 排炮向前移 9 道，横向上每一束线与前一束线重复观测 21 条接收线。每束内有测线 24 条，线距 50m，道距 10m，每条线 144 道接收，纵向炮点距 90m，中点激发，三维地震的地下 CDP 面元为 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ，满覆盖次数为 64 次。此次三维地震勘探野外数据采集共布设测线 42 条，线号编号依次由西往东变大，桩号依次由南往北变大。测线编号起始为 R100，依次向东为 R106、R112…，桩号编号起始为 101，依次向北为 102、103…，详见工程布置图。

二、工作量

魏家地煤矿分公司东二采区东翼共布置三维地震线束 7 束，测线 42 条，控制面积 1.10km^2 ，生产物理点 2100 个；试验物理点 44 个，全区物理点合计 2144 个（表 3-3-1）。

表 3-3-1

工作量统计表

参数	东二采区东翼三维地震勘探
勘探面积	1.10km ²
线束	7 束
测线	42 条
生产物理点	2100
试验物理点	44 个
总物理点	2144 个

第四节 测量工作及精度要求

本次三维地震勘探测量工作严格按照《煤田地震勘探规范》（DZ/T 0300-2017）、《煤矿采区三维地震勘探规范》（T/CGS 012-2022）、《煤炭资源勘查工程测量规程》（NB/T 51025-2014）和《全球导航卫星系统（GNSS）测量规范》（GB/T 18314-2024）等标准执行。

一、采用坐标系统

本次平面系统采用 2000 坐标系, 3 度带第 35 度带, 中央子午线为 105 度; 高程系统为 1985 年国家高程系。

二、作业方法

由于三维地震勘探为面积勘探，勘探线多而密，为了防止测量误差的累计，测量采用 GNSS（RTK）直接测量，按照设计理论坐标逐点进行放样，在 RTK 无法施测的地方采用全站仪放样。

（一）控制点测量

以魏家地煤矿分公司提供的已知控制点为基础控制点，进行野外控制测量工作。若测区内控制点稀少，不能满足施工要求，可采用全球定位系统（GNSS）静态测量方法布设一定数量的勘探点，以满足三维地震勘探工程需要。

（二）测线布设测量

以区内所有控制点为基础, 采用 GNSS (RTK) 方法, 以设计测线理论值为基础, 进

行实地放样，RTK 校正精度应小于 0.04m，放样精度设置为 0.1m。以检波线为基础，逐条放样，检波线两侧炮点在放检波点的同时一同放出。每点放样结束后精确测出各点坐标，存入手簿，并打一木桩；在地形比较复杂，无卫星信号的情况下，可采用全站仪进行测量，测量时利用所作控制点设站，将理论坐标输入仪器中，逐个进行放样，放样结束后精确测出放样点坐标，存入仪器中。所有测点均应设木桩为固定标志，并标明相应的线号、点号，以免造成混乱。

内业数据处理将仪器记录的数据传入计算机，经整理，以每条线为单一文件，在 excel 表中列出三维坐标（X，Y，H），经两人检查无误后提交项目组资料解释使用。

（三）钻孔定测

在已有 GNSS 控制测量网的基础上，使用 RTK 接收机，采用动态定位测量 GNSS（RTK）方法进行测量。

三、测量工作要求

（一）首级 GNSS 网布网

根据有关测量规范、规程要求，并结合本勘探区实际地形情况，拟布设一定量的首级 GNSS 点组成的 GNSS 网，作为勘探区的首级控制。首级 GNSS 网的基本精度指标如下：

固定误差 $a=10\text{mm}$ ；

比例误差因子 $b=20$ ；

平均边长 $d\leq 2\text{km}$ ；

最弱边相对中误差 $\leq 1/20000$ 。

（二）首级 GNSS 网选点和观测

GNSS 点应选在满足 GNSS 观测条件的地方；点位应落在土质坚实，便于长期保存之处；为便于以后使用，应保证有两个方向与邻点通视。

GNSS 观测要满足规范规定的各项条件，重复设站率 ≥ 1.6 ，天线对中误差 $\leq 3\text{mm}$ ，天线高测前测后两次量取较差不超过 3mm 时取中数采用。GNSS 观测采用边传递、静态定位方法进行。观测仪器应符合下列标称精度：

水平方向 $\leq 5\text{mm}+1\text{ppm}$ ；

垂直方向 $\leq 12\text{mm}+1\text{ppm}$ 。

作业前 GNSS 接收机应由国家法定计量鉴定单位进行检核鉴定，作业时间应在检定的有效时间内。

（三）首级 GNSS 网数据处理

数据处理采用 GNSS 接收机随机软件进行。基线解算应保证各项观测数据合格有效，同步环、独立环、复测基线各项较差应达到规范要求。无约束平差和约束平差应准确无误地剔除各项粗差，高程拟合应达到要求，最后成果应达到首级 GNSS 点精度指标。

（四）放样测量

1. 设站点基本要求

地震点放样测量在首级控制（首级 GNSS 点）的基础上进行，对于少部分首级控制点较稀的地方采用 GNSS（RTK）方法加密部分图根级点作为设站之用。当布设全站仪支导线时不得超过 3 站。

当采用 GNSS（RTK）布设图根点时要认真求解转换参数。在测量图根控制点前，需在测区周边选取 3 个以上的控制点，实时地进行点校正工作。点校正的基本要求是：水平校正残差 $\Delta S \leq \pm 0.03\text{m}$ ，垂直校正残差 $\Delta Z \leq \pm 0.02\text{m}$ 。

所有布设的 GNSS（RTK）图根点均应落在校正点数的有效控制范围内。GNSS（RTK）基准站应尽量布设在首级控制点上。

2. 测点放样测量

测点放样测量在首级控制点或 GNSS RTK 图根点上设站进行。测点（炮点、检波点）放样测量精度要求为：平面放样值和理论值之差 $\leq \pm 0.5\text{m}$ 。点位测量中误差对于邻近控制点平面和高程 $m_s(m_h) \leq \pm 0.5\text{m}$ 。放样测量坐标和高程取位至 0.01m 。

测点放样测量依据设计方案逐点进行。所放测的点必须插木桩，并在木桩上用油性笔写上点号，分别系上红色和蓝色塑料条以区别检波点和炮点（检波点～红色，炮点～蓝色）。所放之点应在点位上撒上白灰或在附近的固定地物上（石头、树脚等）用红漆作上第二标志。对于每条大线经过的村庄、高压线等障碍物应绘制简图及时提供项目组。

（五）精度评定

精度评定是以点位中误差和高程中误差来衡量。

1. 基本控制点点位中误差和高程中误差指标如下：

$$m_x \leq 0.1\text{m}; m_y \leq 0.1\text{m}; m_h \leq 0.1\text{m}。$$

2. 测点点位中误差和高程中误差指标如下：

$$m_x \leq 0.2\text{m}; m_y \leq 0.2\text{m}; m_h \leq 0.2\text{m}。$$

其计算公式如下：

$$m_x = \text{SQRT} \left(\sum (\Delta x_i)^2 / 2n \right); m_y = \text{SQRT} \left(\sum (\Delta y_i)^2 / 2n \right);$$

$$m_h = \text{SQRT} \left(\sum (\Delta h_i)^2 / 2n \right); m_p = \text{SQRT} (m_x^2 + m_y^2);$$

$$\Delta x_i = x_i - x_i'; \quad \Delta y_i = y_i - y_i'; \quad \Delta h_i = h_i - h_i'。$$

式中： m_x ——测点纵向中误差； m_y ——测点横向中误差；

m_h ——测点高程中误差； m_p ——测点点位中误差；

x_i ——测点纵坐标； x_i' ——测点复测纵坐标；

y_i ——测点横坐标； y_i' ——测点复测横坐标；

h_i ——测点高程； h_i' ——测点复测高程；

n ——检测点总数。

四、测量成果

（一）测量技术报告；

（二）工程测量成果表；

（三）勘探区联测展点图；

（四）内业计算资料；

（五）精度统计表；

（六）仪器检验资料；

（七）野外观测记录。

第四章 资料处理、解释和报告提交

第一节 资料处理

一、处理思路

三维地震数据处理工作通过总结近几年煤田系统在“三高”（高分辨率、高信噪比、高保真度）处理研究中的经验和成果，拟在处理集群上进行处理。在资料处理过程中采取以下主要技术措施：

1. 针对地质目标和资料解释需求，在处理前制定保证“三高”（高分辨率、高信噪比、高保真度）的措施及合理流程；
2. 加强资料处理过程中的质量监控；
3. 做好基础工作，包括准确进行三维数据体的初始化及编辑等预处理；
4. 进行精细的静校正和速度分析，建立正确的近地表模型；
5. 做好叠前反褶积、吸收补偿等，以提高分辨率；
6. 选择合适的去噪方法以提高资料的信噪比；
7. 利用叠后偏移保证成像质量，提高信噪比，尽可能拓宽地震信号的有效带宽，确保小构造及煤层分层的良好成像；
8. 在处理中加强地质解释，以提高信噪比和分辨率。重点是将提高分辨率放在首位，并贯穿于处理的各个环节；
9. 多次分析并选取合理的偏移速度场，保证成像准确归位，以确保解释精度。

二、拟采用处理流程

魏家地煤矿分公司以往进行过多次三维地震勘探工作，以往三维地震勘探资料处理的流程和参数为本次三维地震资料处理提供了一定的参考价值。本次三维地震勘探的地质任务要求精度较高，因此在精细野外采集基础上，须在资料的整个处理过程中认真分析、全面考虑，精选参数，才能获得良好的处理结果。本次处理主要围绕静校正、振幅处理、反褶积、剩余静校正和偏移等关键环节进行，拟采用如图 4-1-1 所示的处理流程，需在以下几个处理关键流程中加以特别分析应用。

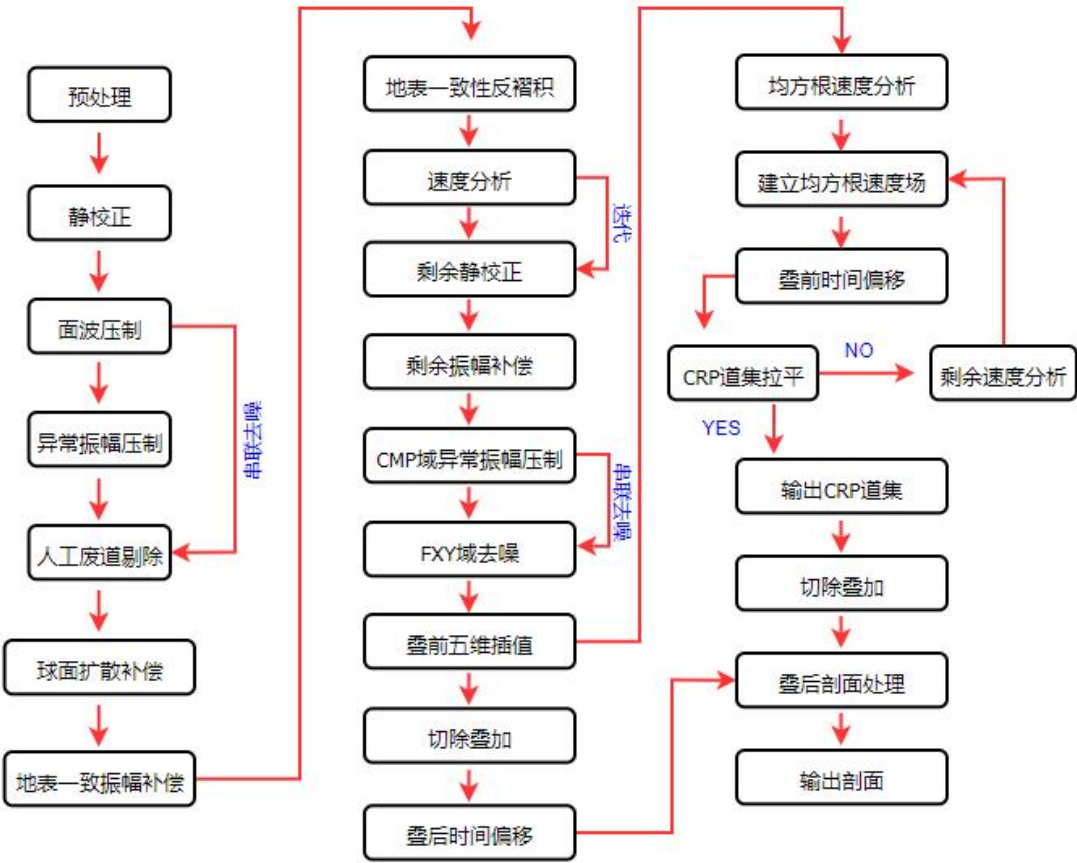


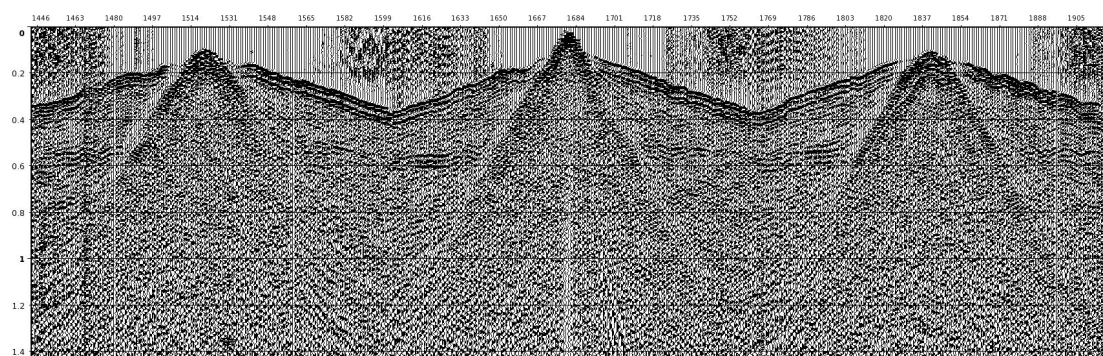
图 4-1-1 资料处理流程图

（一）观测系统定义

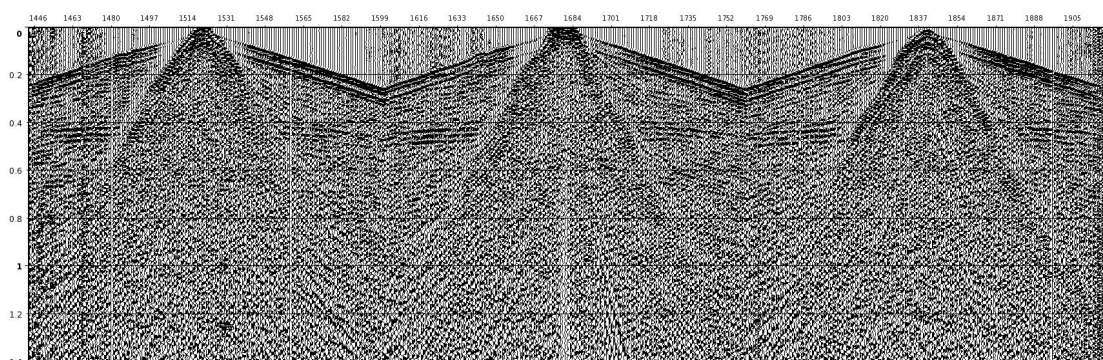
空间属性定义是处理的准备阶段，主要是对 3D 测网进行定义。空间属性定义完成之后，还须通过初至波的线性动校正和各种属性的质量监控剖面来认真检查，判断空间属性是否定义正确，保证后续处理的顺利完成。在空间属性定义之前，利用原始数据记录信息，检查并校正接收排列。空间属性定义好以后，对定义位置偏离实际位置的炮点进行校正。

（二）静校正

静校正的目的是消除低降速带厚度、速度、地形变化引起的波场畸变，使单炮记录信噪比提高，是资料处理的基础。对于高分辨数据处理，减小静校正误差，实现同相叠加至关重要，不仅能增强有效反射能量，提高信噪比，而且能有效保护高频成份。从以往三维地震勘探资料处理对比结果可以看出：经过层析静校正之后，资料的信噪比取得了明显的提高，单炮处理效果有了很大的改善（图 4-1-2）。



(a) 静校正前单炮



(b) 静校正后单炮

图 4-1-2 静校正前后单炮对比图（本矿 2025 年资料）

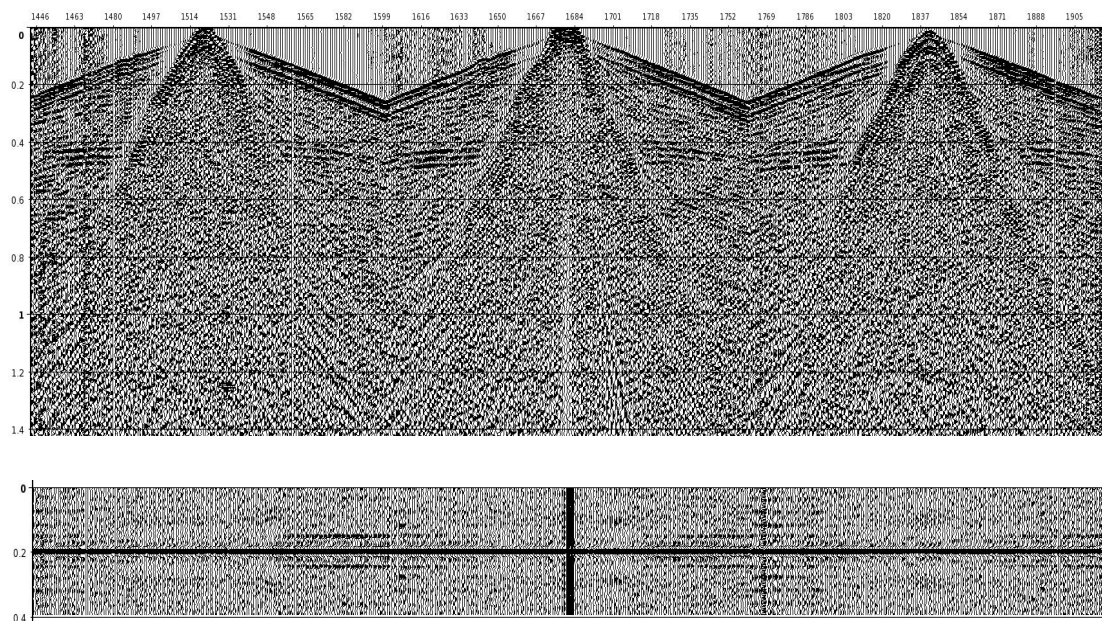
（三）反褶积

为了消除大地的滤波作用，拓宽频带，压缩地震子波，提高地震资料的纵向分辨率，需进行反褶积。地表一致性预测反褶积方法是基于地震子波可以被分解为共激发点、共接收点、共偏移距、共反射点等多种成份的思想，它不仅能压缩地震子波，而且能进一步消除地表条件的变化对地震波的振幅特性和相位特性的影响，同时对多次波也有压制作用。由于反褶积在提高分辨率的同时将会降低资料信噪比，所以处理时在保证资料信噪比的情况下再提高分辨率。以往三维地震勘探资料处理中将地表一致性反褶积与预测反褶积组合应用。经过地表一致性预测反褶积后，单炮主频和频率范围相应向高频方向移动，并且反褶积后波组特征更加明显（图 4-1-3）。

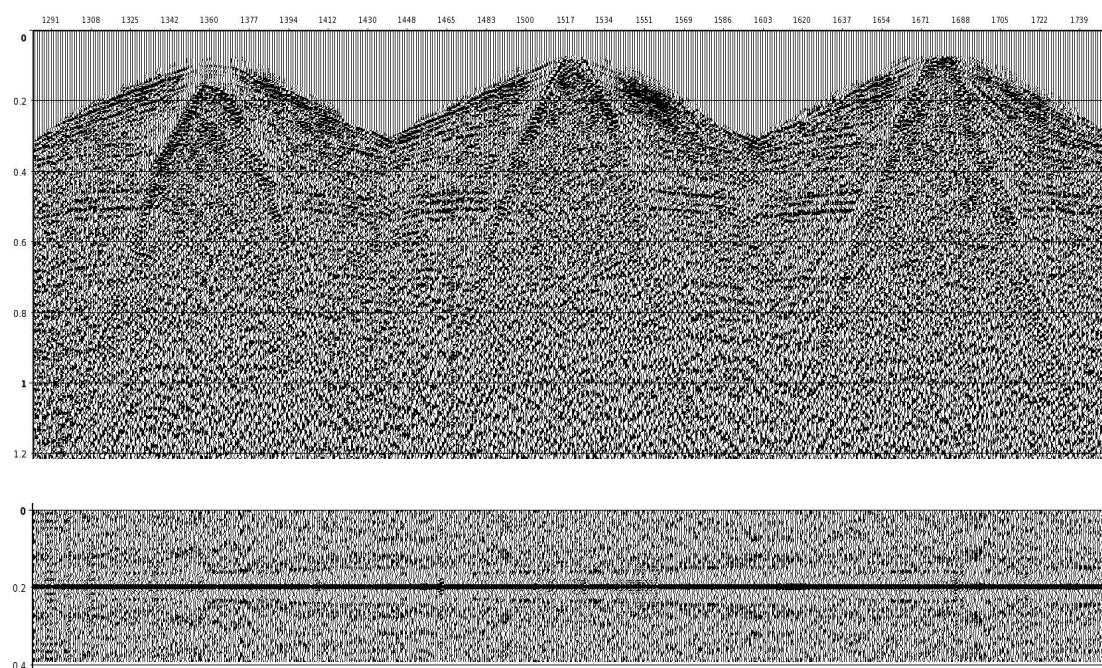
（四）噪声压制

提高信噪比是地震数据处理中最主要的环节之一，要获得优质的地震剖面，必须对各种干扰波进行有效地压制，增强有效信号的能量。根据以往三维地震资料处理经验，本区干扰波主要噪声为线性干扰波、面波干扰波，随机干扰波。

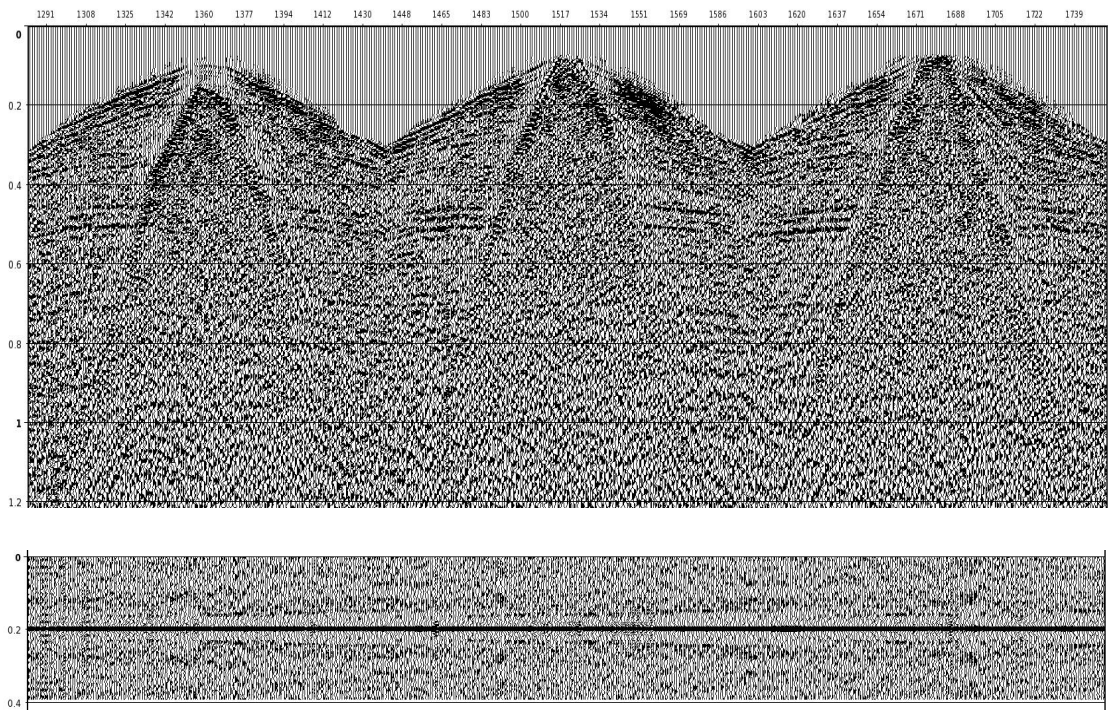
从以往三维地震勘探资料处理对比结果可以看出：采用面波压制模块及线性干扰波压制模块处理后，资料的信噪比取得了明显的提高，单炮处理效果有了很大的改善（图4-1-4）。



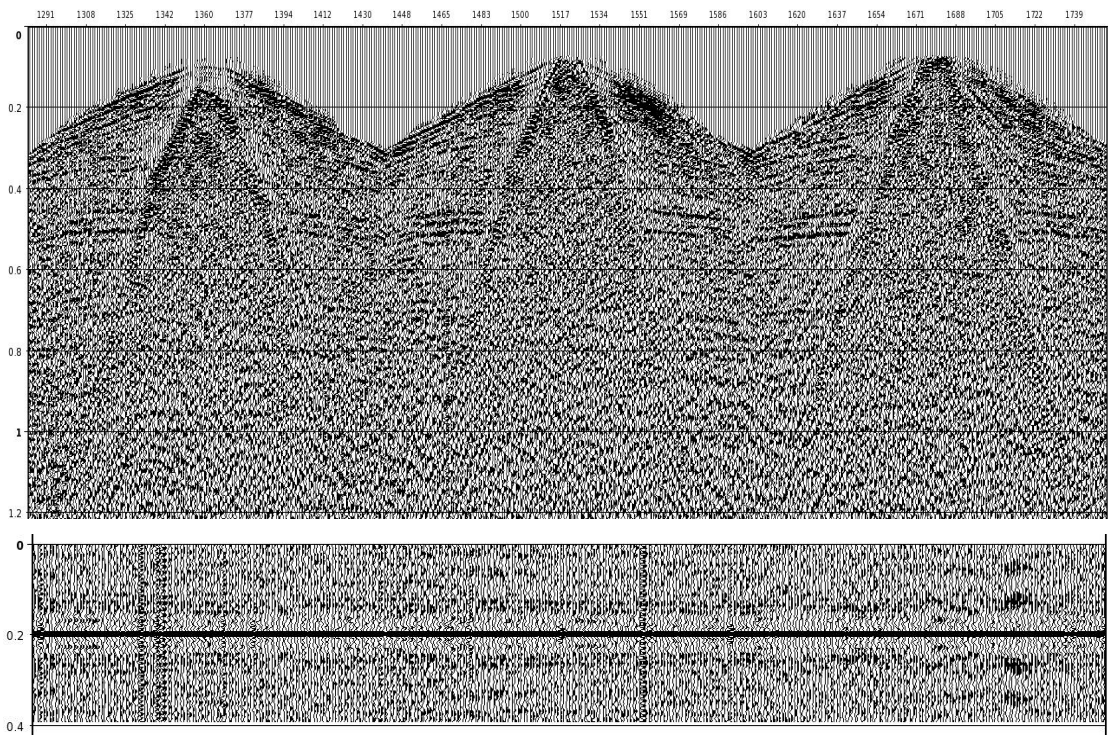
(a) 反褶积前及自相关



(b) 步长 1ms 预测反褶积叠加剖面及自相关

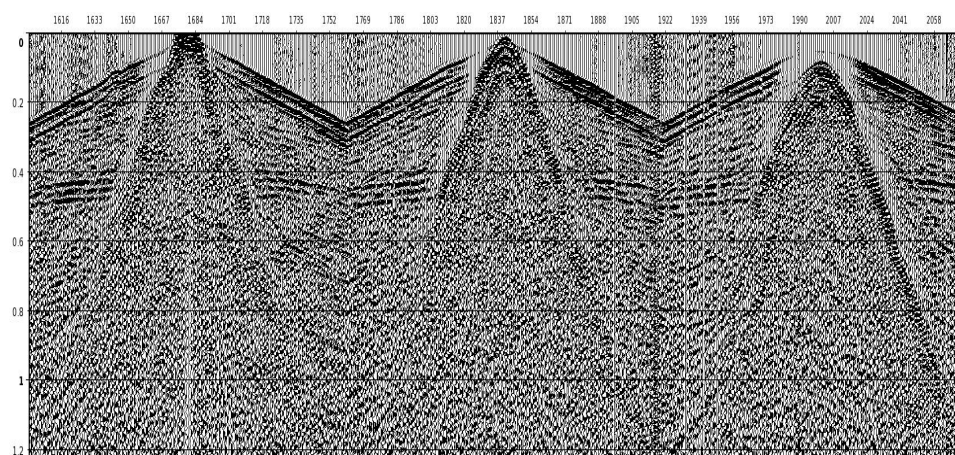


(c) 步长 8ms 预测反褶积叠加剖面及自相关

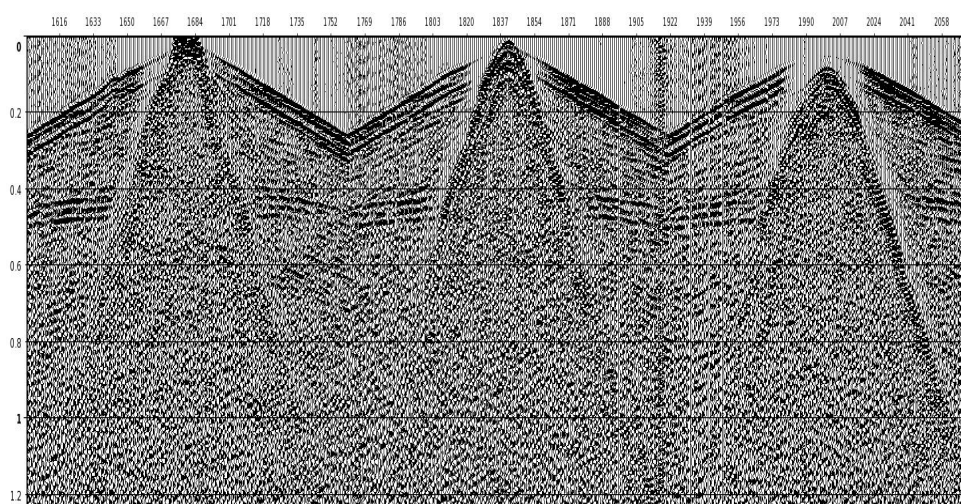


(d) 步长 12ms 预测反褶积叠加剖面及自相关

图 4-1-3 不同反褶积效果对比



(a) 面波去除前



(b) 面波去除后

图 4-1-4 面波去除前后单炮对比（本矿 2025 年资料）

（五）速度分析

速度分析工作是地震资料处理中的一个重要环节，速度计算精准，处理和解释的质量才有可靠的保证。叠加速度与剩余静校正的求取是相辅相成的，精确的速度有利于正确地求解剩余静校正量。因此在完成一次剩余静校正后，进一步做速度分析，反复迭代直至得到最准确的速度信息和满意的叠加剖面。通过对目的层的频率分析，在优势频带进行速度分析与剩余静校正的迭代处理，通过迭代并获得准确的速度。每一次迭代，剩余静校正量逐步减小，速度谱能量逐步聚焦。

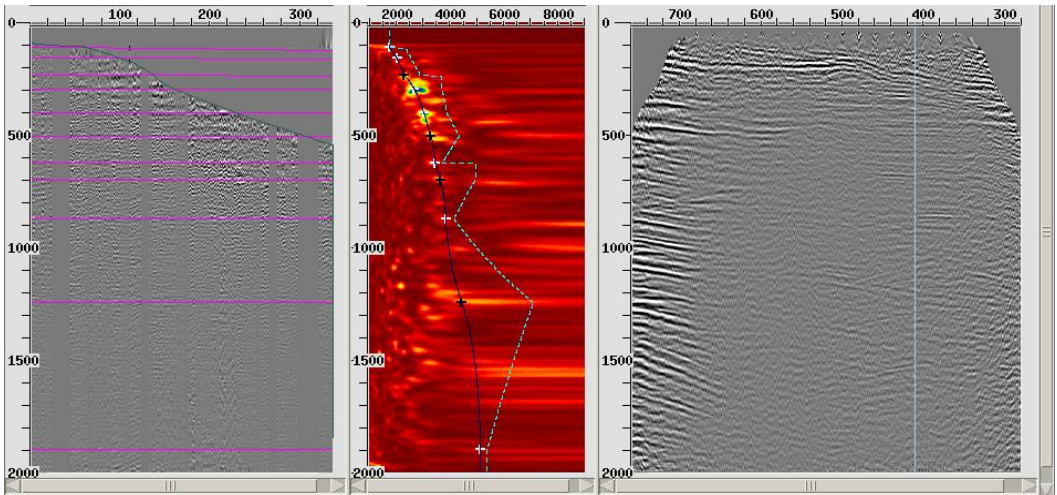
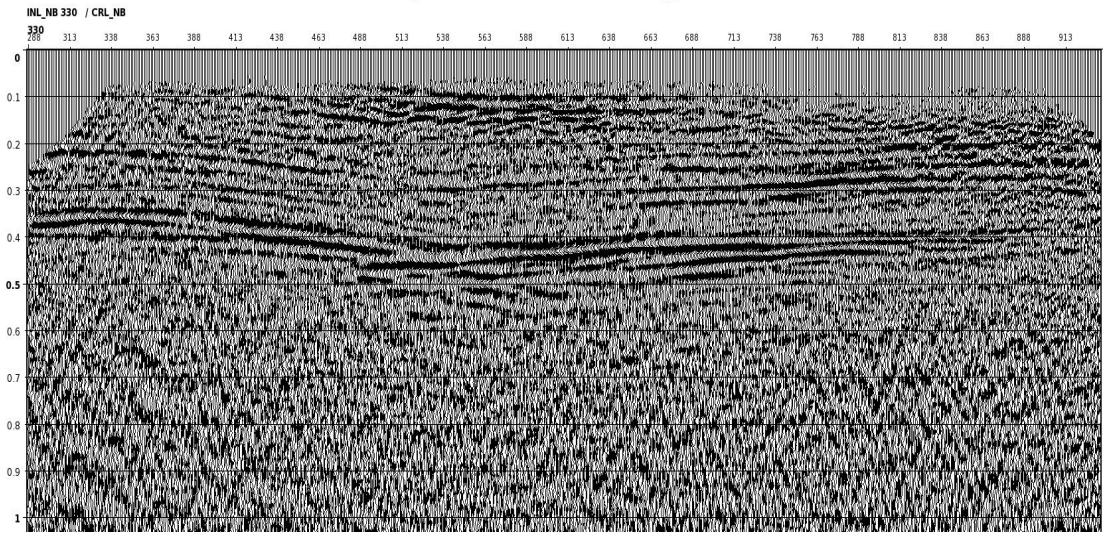


图 4-1-5 叠加速度分析

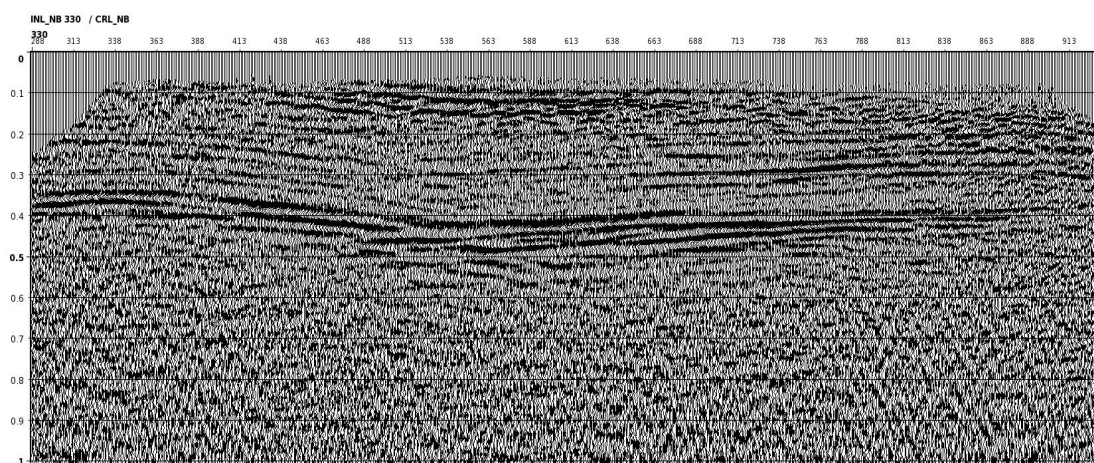
（六）剩余静校正

剩余静校正可以消除记录中存在的高频剩余静校正量，是保证有效波达到最佳叠加效果的重要手段之一，在此基础上进行叠加速度分析，就可以为后面的叠加处理提供更为准确的叠加速度信息。速度分析的精度和剩余静校正的准确程度是相互影响的，为求取更准确的叠加速度场，必须求取准确的剩余静校正量。采用速度分析、剩余静校正相互迭代的处理，使最终的剩余静校正量趋于零，并在此基础上求取更为准确的叠加速度场。

需要指出的是，剩余静校正和速度分析是一个反复迭代的过程，迭代的次数在一定程度上影响着处理的精度。图 4-1-6 为以往三维地震勘探剩余静校正前后叠加剖面对比图，剩余静校正后剖面目的层同相轴连续性明显提高，剖面质量得到了明显改善。



(a) 剩余静校正前叠加剖面



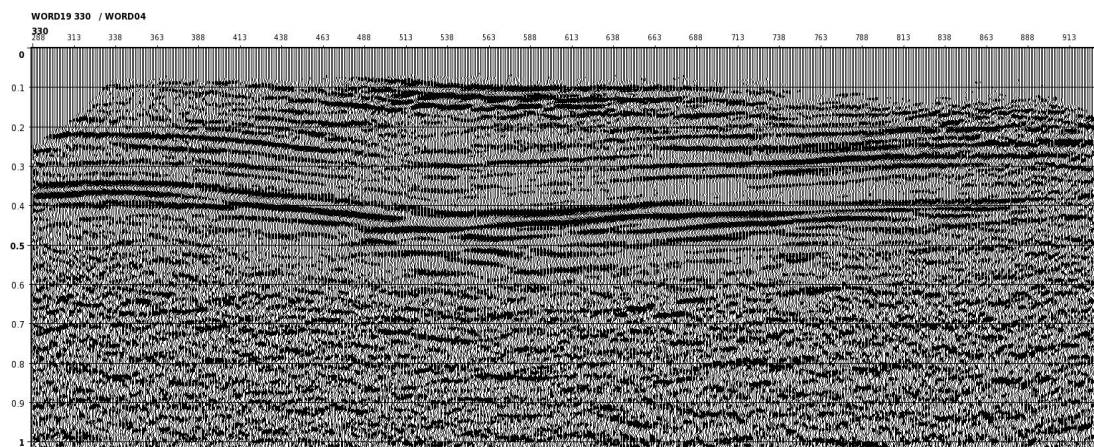
(b) 剩余静校正后叠加剖面

图 4-1-6 剩余静校正前后叠加剖面对比图

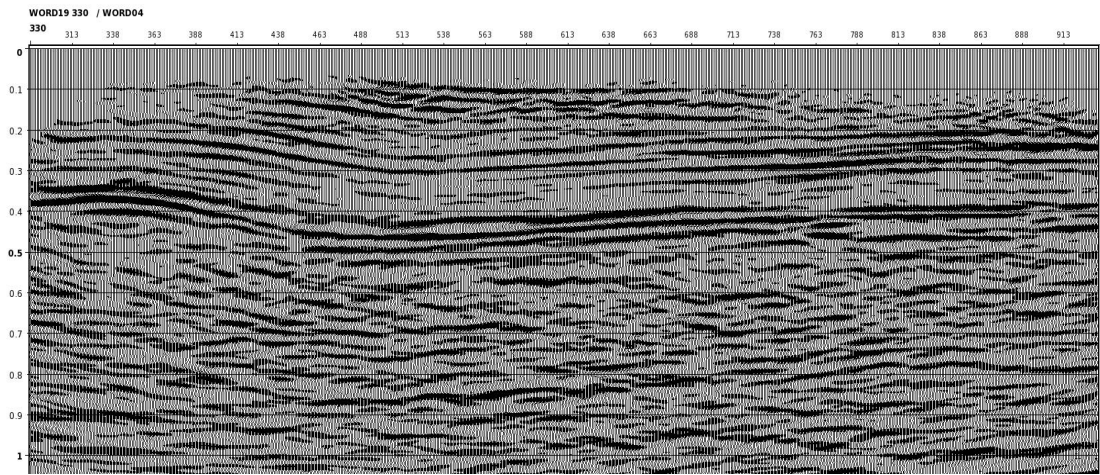
（七）偏移技术

地震偏移就是采用特定的方法实现反射界面正确的空间归位，即成像，是实现地震成像的主要手段。地震成像包含两部分内容：确定反射（绕射）点的空间位置；恢复其波形和振幅特征。

地震偏移方法有很多，不同的偏移处理方法具有不同的理论假设条件。按空间维数分类，有二维和三维地震偏移；按数值计算分类，有逆时偏移法、相移法、F-K 域 Stolt 法、克希霍夫积分法、有限差分法等；按数据域分类，有频率-波数域、时间-空间域和各种双域等；按叠加先后分类有叠前偏移与叠后偏移通过叠前时间偏移和叠前深度偏移试验，确保成像质量，最终选择效果理想的技术手段进行数据偏移归位。三维偏移的主要目的是消除地下倾斜界面对反射波的影响，使之成像归位到真实的反射界面位置上，从而正确地反应地下形态和构造变化情况（图 4-1-7）。



(a) 叠加剖面



(b) 偏移后剖面

图 4-1-7 偏移前后剖面对比图

三、处理流程参数试验

依据处理技术思路，在处理中的关键技术和关键参数要进行充分的试验，详细内容见表 4-1-1。

四、关键处理技术

(一) 预处理与废道剔除工作

由于勘探区内仅零星房屋等障碍物会导致一定数量的变观和炮点偏移，为此数据处理前要进行全面、精细地核对，为确保预处理结果的正确无误，采用多种质量监控手段（线性动校正、观测系统图、最大炮检距图、最小炮检距图、高程平面图和单炮显示）等。通过对这些图件的分析，逐炮、逐点判断炮点、检波点位置的正确性，准确确定所有变观炮点的位置。

原始单炮记录中可能会存在随机野值，它们对后续处理效果影响很大，特别是影响求取准确的反褶积因子，因此要投入一定的时间与精力，细致地进行废炮、废道的剔除工作。

(二) 叠前去噪

提高信噪比是地震数据处理中最主要环节之一，要获得高品质地震剖面，必须对干扰波进行有效地压制，增强有效信号的能量，根据以往数据资料，本区的主要干扰波是野值和低频面波。

表 4-1-1 处理参数试验一览表

试验项目	试验内容	试验参数
静校正	高程校正	替换速度
	折射波静校正	V0、分解的炮检距范围
	野外静校正	
叠前去噪	异常振幅压制	异常门槛值、时窗
	区域滤波	干扰波区域、频率范围
	自适应噪音衰减	干扰波速度、压制系数
振幅补偿	几何扩散补偿	区域速度
	地表一致性振幅补偿	时窗
	剩余振幅补偿	时窗、道数
反褶积	地表一致性反褶积	预测距离：1~10ms、间隔 1ms
		时窗个数：1 个
		白噪系数：0.01
	预测反褶积	预测距离：1~12ms、间隔 1 或 2ms
		时窗个数：1~2 个
		白噪系数：0.01
剩余静校正	地表一致性剩余静校正	模型道
		最大时差：8~24ms、间隔 4ms
		时窗
叠后时间偏移方法	STOLT 加两步法有限差分剩余偏移	偏移速度场
叠前时间偏移方法		偏移速度场、偏移孔径、反假频参数
提高分辨率	反 Q 滤波	Q 值
		增益值
	零相位反褶积	滤波范围
		滤波门个数

针对以往野外施工过程中可能受到外界环境影响，接收到记录上可以看到随机野值，虽然野值在记录中占很少部分，但为保证在反褶积处理中求取可靠反褶积因子，所以使用人工交互剔除坏道后，再运用地表一致性原理进行异常振幅压制方法进行叠前去噪处理。地表一致性异常振幅压制方法是在地表一致性假设条件下进行野值压制，有效信号不会被破坏。

针对存在的低频面波干扰，处理中分别试验区域滤波与自适应叠前相干噪声压制方法，综合对比处理效果，选择合适的面波压制方法对面波进行压制。

（三）高精度动、静校正处理技术

对于高分辨率数据处理，减小动、静校正误差，实现“同相叠加”至关重要，不仅能增强有效反射能量，提高信噪比，而且能有效地保护高频成份。本项目要求查明落差3m的断层，对静校正精度要求非常高。

通过以往地震勘探资料野外静校正应用效果分析，发现剖面中还存在一定的静校正问题。处理中将进行三维折射波静校正试验，通过初至波拾取，重新分解计算静校正量。

（四）振幅处理技术

从以往原始资料分析可以看出，由于地表因素的影响使得道与道、炮与炮之间存在能量差异，单靠某种方法对振幅的处理是不够的。需要采用多种振幅处理技术联合使用。处理中对振幅补偿处理主要采用如下技术：

1. 球面扩散补偿：主要目的是补偿由于球面扩散所带来的能量衰减。具体方法是利用合理的区域速度，通过时间和速度确定每道的振幅补偿曲线进行振幅补偿，最终使远近道、中深层能量得到一定的均衡。

2. 地表一致性振幅补偿：主要目的是消除由于表层结构的变化带来的振幅横向的不一致性。具体方法是首先在确定的时窗内统计出各道平均振幅或均方根振幅或某一振幅标准的分贝值或比例因子，再利用地表一致性假设，分别计算出共炮点、共检波点、共炮检距等各项的振幅补偿因子，最后分别应用在各地震道上，最终使得能量在横向更加均衡。

3. 剩余振幅补偿：主要是进一步补偿局部能量不均衡。

通过以上系列振幅补偿技术的应用，使得全区地震资料的能量相对均衡，为后续处理和偏移成像打好基础。

（五）提高分辨率的处理技术

在提高分辨率上经过充分的技术方法试验，采用叠前与叠后相结合逐步提高分辨率的技术路线。

反褶积是地震数据处理中压缩子波、叠前提高分辨率的主要技术手段。本项目叠前

主要采用地表一致性反褶积技术。该技术是对地震子波进行校正，消除地表不一致因素对地震子波的影响，从而增强地震子波的横向稳定性。经地表一致性反褶积处理后，由于地表因素变化而造成的子波振幅、相位的不一致性得到了较好的调整，剖面波组特征明显改善，分辨率得到了一定程度的提高，信噪比也得到进一步改善。经过地表一致性反褶积多个参数测试最终选定参数。

叠后提高分辨率工作主要试验不同处理系统的零相位反褶积处理方法，在保证信噪比的前提下，最终选择一种反褶积技术进一步提高纵向分辨率。

（六）叠前时间偏移技术

高密度空间采样地震数据面元小，在偏移处理过程中不易产生空间假频，更有利于提高偏移成像精度。叠前时间偏移方法取消了输入数据为零炮检距的假设，避免了 NMO 校正叠加所产生的畸变，会得到比叠后时间偏移成像质量更为理想的效果。

为更加精细准确刻画断裂特征，提高横向分辨率，本次处理拟采用 Geocluster4100 或 GEODEPTH 系统叠前时间偏移方法（叠前克希霍夫绕射积分法）。处理中通过对目标线共反射点道集、偏移剖面及均方根速度场的综合检查来判断偏移速度场的正确性。采用横向上沿层和纵向上拾取速度误差的方式，通过叠前时间偏移与速度分析迭代的方法来优化均方根速度场，本次处理中拟进行 3 次叠前偏移与速度分析的反复迭代处理，最终使 CRP 道集全部拉平，保证偏移成果的质量。叠前时间偏移结果反映断点更加清楚，断面特征刻画的更加细致。

五、处理质量控制

严格的质量控制是保证处理质量的根本前提，为了确保本项目的处理质量，在处理过程中，处理站将依据 ISO9001 质量管理体系要求以及工程项目管理措施，严格对该处理项目的处理设计、生产过程和服务进行控制，确保处理质量。

（一）在项目启动前作好前期处理工作的调研与资料收集准备工作；

（二）项目启动后首先编写详细的处理设计，制定合理的试验方案，并在处理过程中不断修改、补充与完善；

（三）组织专家在项目运行过程中对试验资料进行细致检查与分析，保证该项目有序而科学地进行；

（四）处理站质量监控小组对攻关处理全过程实行技术质量全程监控，保证处理项目的产品质量；

（五）项目处理过程中严格执行处理中心质量控制及技术保障体系，作处理好过程质量监控，严格工序质量控制，确保流程和参数准确实施。

第二节 三维地震勘探资料解释

一、解释思路 and 流程

资料解释是在解释工作站上人机联合对目的层反射波进行对比解释，将数据信息转换成地质信息。三维地震资料解释的基础是三维地震立体数据体，解释过程在工作站或微机上实现。根据由已知到未知，由简单到复杂，由点到面，由大到小的原则，充分利用解释工作站的灵活、高效、直观的特性，综合已知地质测井资料进行综合解释，在分析勘探区地质、地震资料特点的基础上制定适合勘探区的三维资料解释流程（图 4-2-1）。

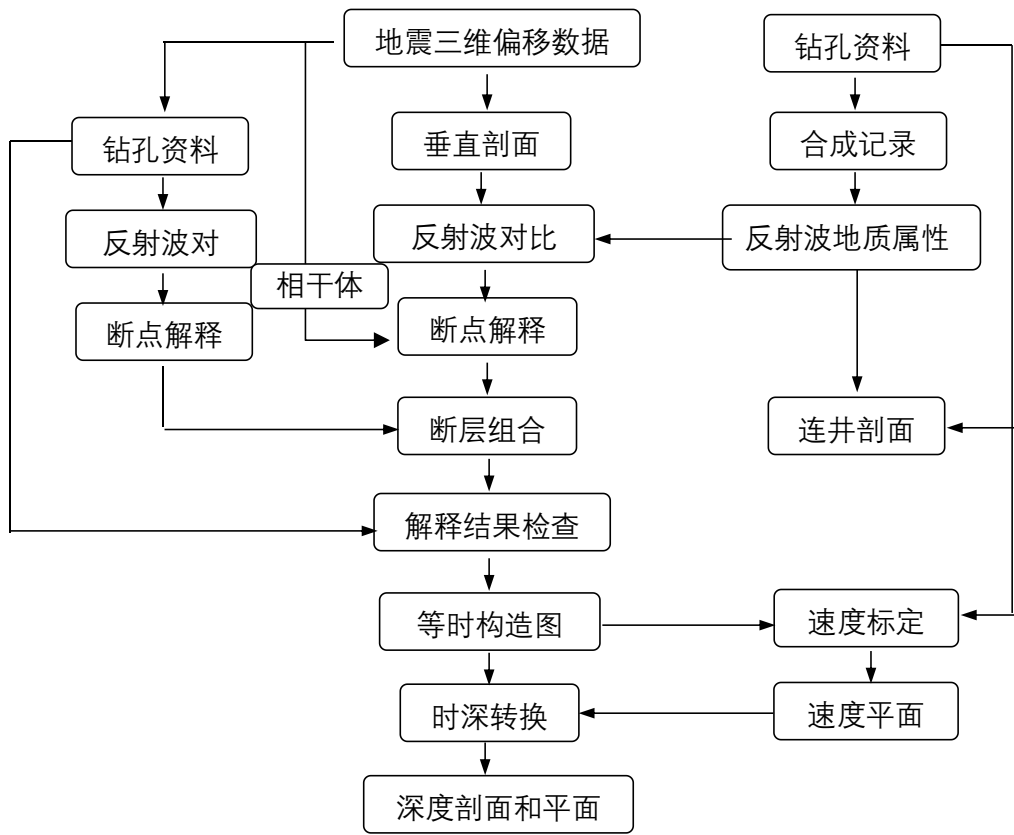


图 4-2-1 资料解释流程图

二、地震资料解释原则

（一）人工解释与工作站解释相结合

以人工对比解释为基础，利用工作站的自动追踪拾取功能，由粗网格到细网格逐步加密解释。首先用人工解释的粗网格建立区内主体构造框架，确定较大断层，再利用人机联作方式进行细网格追踪对比，进一步核查构造方案解释的合理性，解释局部小断层和细微构造，最后确定构造方案。人机交互辅助解释系统可以灵活使用三维数据体，随意显示三维立体图、垂直剖面 and 水平切片，并通过不同位置三维立体透视图的显示，掌握构造在空间上的变化规律；还可以通过逐步放大图来了解构造变化的细节，从而建立起最终构造解释方案的空间概念。

（二）垂直剖面与属性切片解释相结合

解释以垂直剖面为主，水平切片为辅，再配合其它方法，使资料解释更为精细、更为准确。在三维解释时，可以根据构造的复杂程度，有目的地选择一部分主干剖面进行重点解释，即按照由粗到细（由大网格到小网格）、由纵向到横向、由剖面到平面、由平面到空间的步骤反复进行解释。另外，通过属性切片解释，可以发现检验断层组合的合理性、发现褶曲，并对一些小断层的展布规律做出符合实际的解释。

（三）地震解释与地质资料综合分析相结合

由于受目前技术手段和技术水平的限制，所获得的各种原始地质信息数据及经过处理的探测成果数据资料等，均存在一定的局限性或片面性，特别是地震勘探成果还存在一定的多解性。但从地质规律而言，这些资料信息均存在着一定的内在联系。在地震资料解释的基础上，对煤矿勘探和生产中所获取的钻探、巷探及采掘揭露的各种地质资料信息，采用多种方法（如数理统计、地质统计等）进行综合、集成分析和处理，结合地震解释成果，运用地质理论进行综合地质分析，去粗取精，去伪存真，从中提取有用的地质信息，总结和研究勘探区范围内的构造发育等地质规律，反过来对地震勘探成果进行分析对比，进一步细化地震资料解释，得出符合地质规律的地震勘探结果，以提高地震解释成果的精度和可靠性。

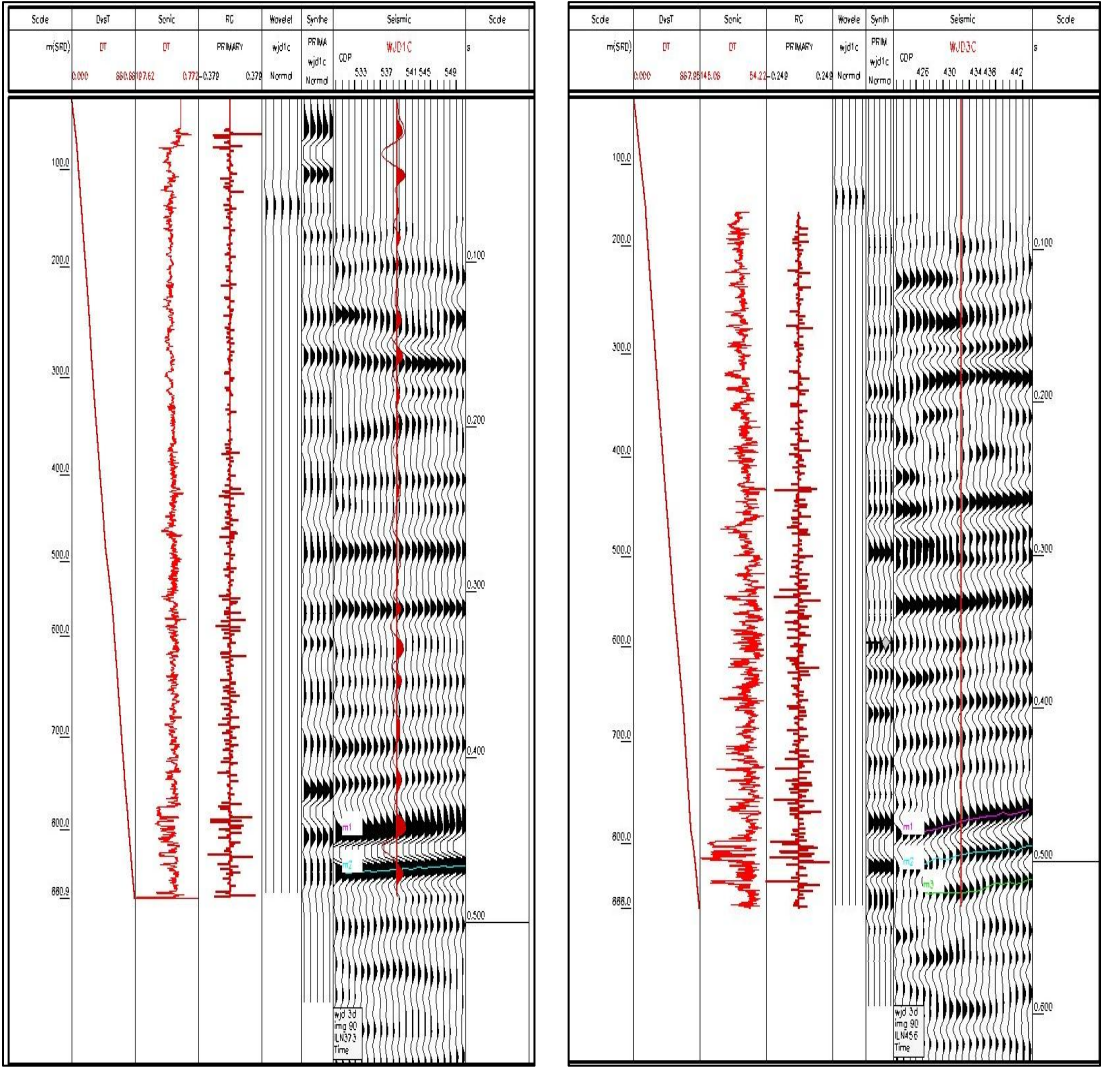
地震资料的解释是将钻孔资料、人工合成地震记录与井旁地震时间剖面进行对比，

标定层位，然后在勘探线剖面及相邻的各条 CDP 线上采用强相位对比和波组对比的方法对煤层反射波进行对比解释，再利用解释软件的其他功能诸如相干分析、属性分析等进行构造解释，最后绘制构造图。

三、解释方法和步骤

（一）地震地质层位的确定

在充分分析勘探区内钻孔资料及邻区地震资料的基础上，利用钻孔测井资料制作人工合成地震记录图（图 4-2-2），确定反射波组的地质层位，辅以区内的联井剖面，从而将地震反射波与地下地质目的层联系起来，便于在整个三维数据体中进行追踪解释（图 4-2-3）。



(a) WJD-1C 钻孔合成记录

(b) WJD-3C 钻孔合成记录

图 4-2-2 钻孔合成记录标定地质层位（本矿 2025 年资料）

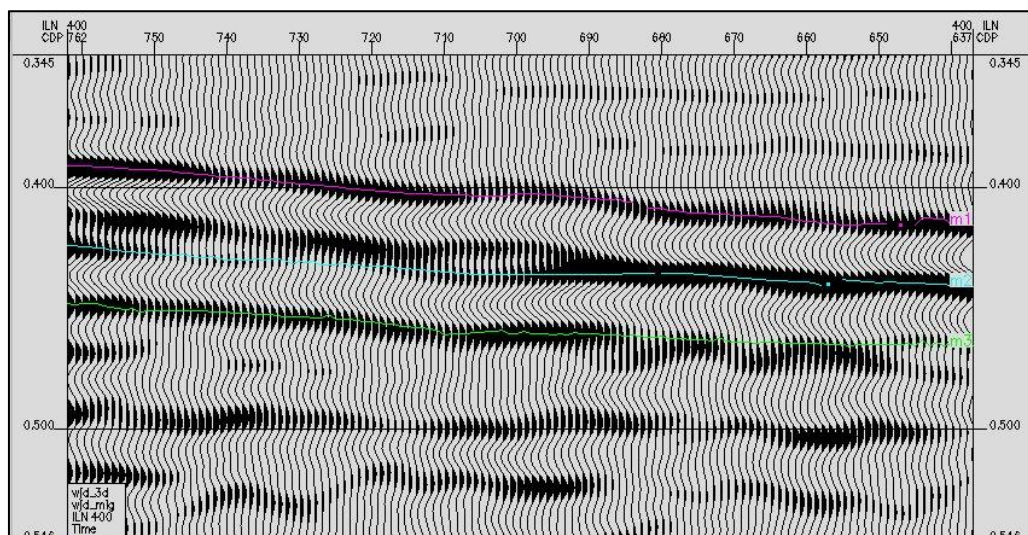


图 4-2-3 主要煤层标准反射波

（二）标准反射波的对比

地震反射波的对比，是以地震时间剖面为基础，根据相邻地震道反射波的波形相似性、同相性、连续性、振幅和频率特征及多波组之间的相互关系等多种参数进行对比和追踪，从而提高波组对比的可靠性。同时，对不能在全区连续追踪的反射波进行局部对比。

（三）速度研究

时深转换是以地震波的平均速度为依据，所以要建立准确的平均速度场。地层的埋深及岩性的横向变化会引起地震层速度、平均速度的变化，为确保反射层构造形态及埋深的准确性，必须建立准确的空间平均速度场。速度场的建立是以钻孔、巷道掘进资料为主，辅以高精度速度谱资料。

平均速度场建立的前提是在全区范围内正确地认定及解释相应地质层位。

（四）褶曲解释

地震时间剖面上同相轴的起伏形态基本上反映了含煤地层构造形态。同相轴拱起反映

背斜构造，下凹则反映向斜构造。三维数据体可切出任意时间的等时切片，切片上背、向斜特征与底板等高线反映的构造形态基本一致，不同时间切片可以反映地层的形态变化。

（五）断层解释

断层解释是本次三维地震勘探的主要地质任务之一，断层解释的精度取决于断点解释和断点组合的正确与否。

1. 断点的解释

（1）根据反射波或波组、波系的错段、终止、扭曲、产状突变、分叉合并、相位转换、断面波、绕射波等标志识别断点（图 4-2-4）；

（2）时间剖面上的断面线要符合地质规律，且在相交时间剖面上应有良好的闭合关系；

（3）时间剖面上断层上、下两盘的断点位置应有明确的标记，并注明断层名称；

（4）利用偏移时间剖面解释断层，相交测线上的同一条断层的断点应进行射线闭合。

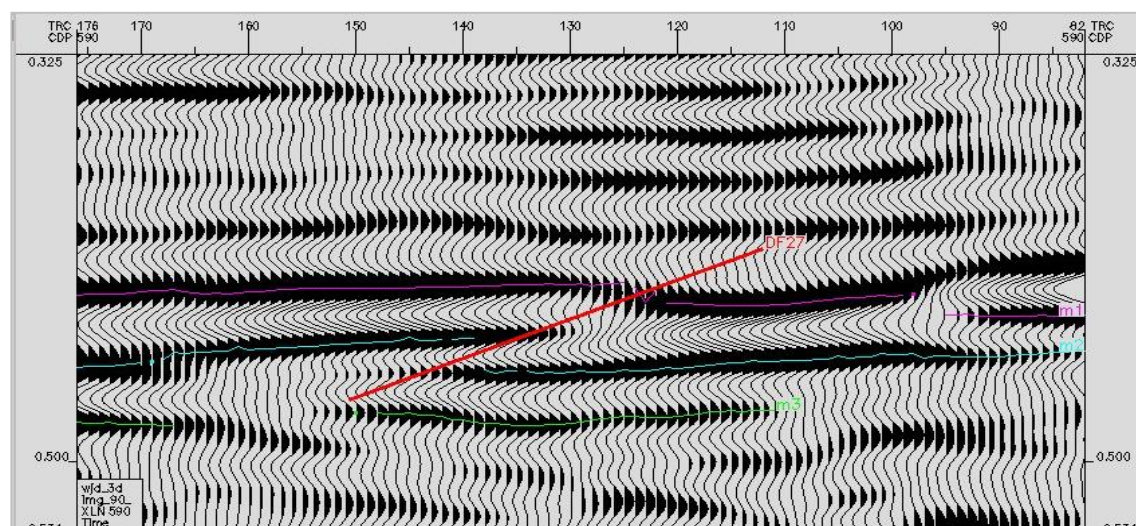


图 4-2-4 断层在时间剖面上的显示

2. 断点组合

将断点组合为断层的依据是：相邻地震时间剖面上的断点显示特征和性质一致；相邻断点落差接近或有规律变化，追踪和组合的断层符合区内的构造规律。断点组合的原则是：

（1）同一条断层在相邻剖面上的断点显示特征和性质应一致；

（2）同一条断层相邻断点落差接近或有规律变化；

(3) 断层走向或相互切割关系应符合区域地质构造规律；

(4) 断面在相交时间剖面上应闭合；

(5) 不能组合的断点为孤立断点。

(六) 薄煤区及无煤带解释

煤层的变薄区在地震时间剖面上很难清楚显示，只有通过钻孔对比圈定煤层变薄范围，再利用波阻抗反演的方法预测煤层变薄范围，最后将钻孔拟合成果与波阻抗反演成果结合来圈定其范围。

无煤带内由于煤层缺失，地层之间波阻抗差异往往较小，难以形成良好的反射界面，在地震时间剖面上，表现为煤层反射波同相轴的缺失、变弱（图 4-2-5）。

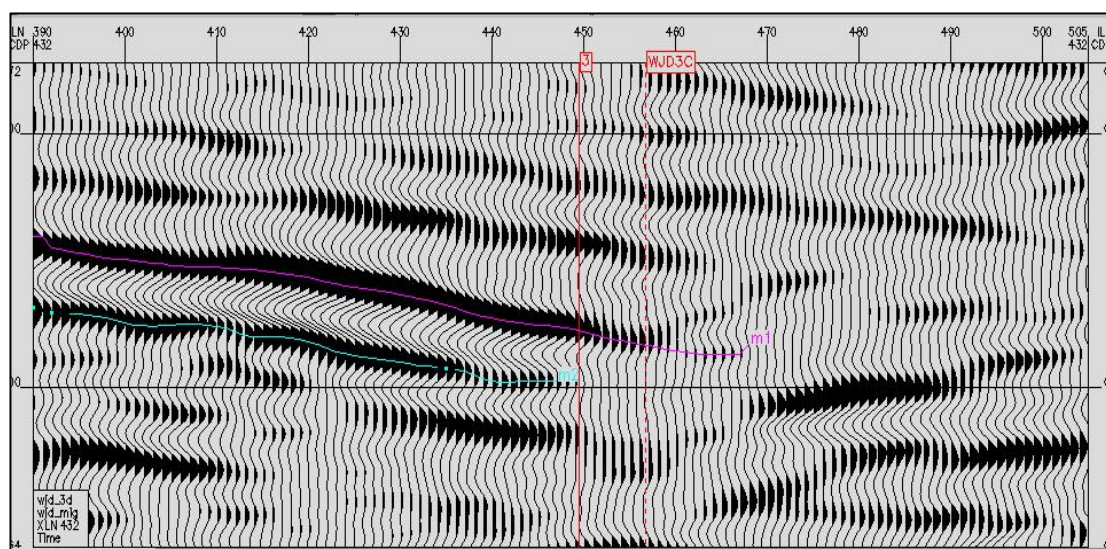


图 4-2-5 无煤带在地震时间剖面上的反映

(七) 煤层厚度变化趋势分析

在地震勘探中煤层属于“薄层”范畴，其反射波是一种复合波，不可能根据时差来确定上下围岩界面。国内外计算薄层厚度的方法很多，各种方法有各自的假设前提及适用范围，它们要求煤层厚度在一定范围内变化，对于特薄或特厚煤层显得无能为力，另外地震波的一些动力学参数如振幅、频率、带宽等都与煤厚一定关系，但是这些动力学参数与煤层厚度都不是简单的线性关系，而是呈现复杂的非线性关系特点。通过模式识别方法建立属性与煤层间的对应关系，目前使用的方法主要有神经网络分析方法、多元回归分析方法、协-克里金方法和支持向量机方法。

选用 10ms 时窗提取包括振幅类属性、频率类属性、相位类属性、谱统计类属性在内的 6 类地震属性, 所提取的属性具体包括振幅包络、振幅加强相位余弦、平均频率、视极性、主频、滤波切片、瞬时频率、瞬时相位、积分、导数、二阶导数等。

利用勘探区内钻孔资料, 依据多元回归原理建立预测煤厚与钻探煤厚在满足误差最小前提下的预测函数关系式。

多项式拟合法建立两类物理测量之间的函数关系, 用以实现由测量值到希望估计的物理量的转换。最一般的情况是寻求一个函数 F , 它将 m 个不同属性 $A_i(x, y, z)$ 转换为希望的储层岩石物性参数 $P(x, y, z)$, 数学上可写作:

$$P(x, y, z) = F[A_1(x, y, z) \cdots A_m(x, y, z)]$$

式中, $P(x, y, z)$ 是空间坐标 (x, y, z) 的函数, F 是关系函数, $A_i, i=1, 2, \cdots, m$ 为 m 个地震属性。

最简单的函数形式为线性加权和:

$$P = w_0 + w_1 A_1(x, y, z) + w_2 A_2(x, y, z) + \cdots + w_m A_m(x, y, z)$$

式中, $w_i, i=0, 1, 2, \cdots, m$ 为 $m+1$ 个权系数。

属性的数目和类型必须从地球物理角度确定, 而属性的质量由地震属性与储层参数之间的交会图和相应的相关系数确定。所有点预测误差为:

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L_i - W_0 - W_1 A_{1i} - W_2 A_{2i} - W_3 A_{3i})^2$$

权值 W 可以通过最小二乘法求得

$$\begin{bmatrix} w \\ w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum A_{1i} & \sum A_{2i} & \sum A_{3i} \\ \sum A_{1i} & \sum A_{1i}^2 & \sum A_{1i} A_{2i} & \sum A_{1i} A_{3i} \\ \sum A_{2i} & \sum A_{1i} A_{2i} & \sum A_{2i}^2 & \sum A_{2i} A_{3i} \\ \sum A_{3i} & \sum A_{1i} A_{3i} & \sum A_{2i} A_{3i} & \sum A_{3i}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum L_i \\ \sum A_{1i} L_i \\ \sum A_{2i} L_i \\ \sum A_{3i} L_i \end{bmatrix}$$

利用钻孔煤层厚度及其所对应的地震属性, 通过自相关及互相关技术实现了优选相对独立的地震属性, 经过多元回归计算, 计算出勘探区内煤层厚度变化(图 4-2-6)。

通过多元回归计算, 预测的煤层厚度变化趋势可能与井下揭露的实际煤层厚度有误差, 本设计中拟利用钻孔结合多元回归分析将以定性-半定量的预测方法预测煤层厚度。

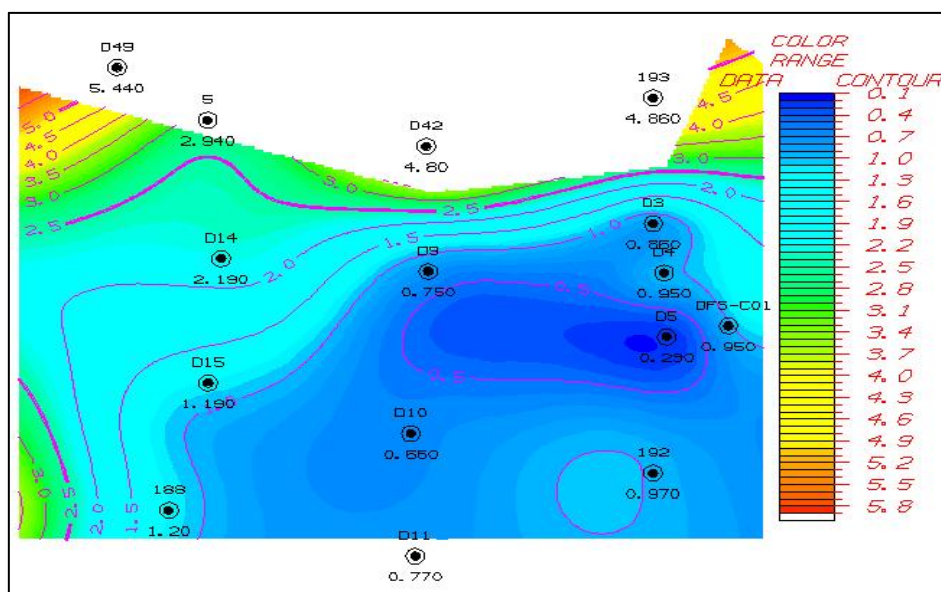


图 4-2-6 煤层厚度变化趋势图（邻区资料）

（八）其他地质异常体解释

古隆起在时间剖面深部存在产状不同的反射波，存在角度不整合界面，在浅部反射波组特征不同于正常煤层反射波的波组特征（图 4-2-7）。

古河床冲刷带在地质表现为沉积稳定的煤层受到古河流的不断侵蚀，煤层变薄甚至消灭，在地震时间剖面上表现为煤层反射波同相轴变弱，甚至消失。

岩浆岩侵入体在地震时间剖面上表现为沉积稳定的煤层受到岩浆侵蚀而呈现弱反射特征，甚至剖面波组特征紊乱，与周围煤层形成鲜明对比。

煤（岩）层风氧化带的存在，导致地震波速度发生变化，在正常煤层与风氧化带的分界处常出现波速突变，反射波的频率、相位等发生变化，与周围正常煤层形成明显的反射界面。

火烧区在地震时间剖面上表现为煤层反射波杂乱无章或者消失，结合钻孔进行解释。

天窗在地震时间剖面上表现为煤层反射波突然消失，结合钻孔进行解释。

暗河在地震时间剖面上表现为煤层反射波突然消失或者变为弱反射，结合钻孔进行解释。

溶洞在地震时间剖面上表现为煤层反射波突然消失，类似采空区的反射特征，结合

钻孔进行解释。

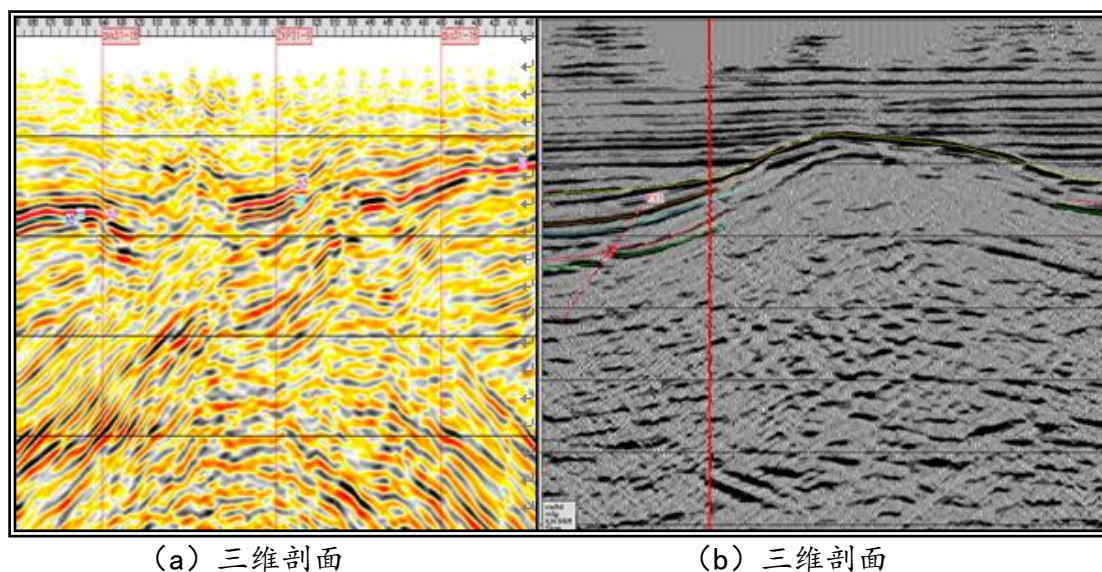


图 4-2-7 某区古隆起在地震时间剖面上的反映

（九）构造图的绘制

在完成层位追踪、构造解释、煤厚解释和解释成果检查之后，就要把解释成果以图件的形式绘制出来，绘制的图件主要为平面图和剖面图。其中平面图包括各目的层的反射波等时线平面图及深度图；剖面图主要是地震地质图。其具体的制作流程是先进进行等时线平面图的制作，再进行钻孔速度标定并绘制速度分布图，利用时深转换，绘制等高线平面图，最后切出地震地质剖面图。

1. 等时线平面图

根据 5m×5m 网格剖面的层位对比追踪及地质解释，相应各层位反射时间值已经确定，然后网格化就可得到等时线平面图。

2. 钻孔速度标定与速度分布平面图

由于三维数据体已完成了三维空间归位，因此每个钻孔处的时间值就相当于在井口激发，地震波沿铅垂方向下传至目的层而后又反射至井口的时间。利用钻孔处的目的层铅垂深度除以钻孔处目的层的反射时间值的一半，就可以计算出各个钻孔处目的层的平均速度。

$$V = \frac{(a - h) \times 2}{time}$$

式中：V 为煤层平均速度（m/s）；

a 为基准面标高（m）；

h 为煤层底板标高（m）；

time 为钻孔处的时间（s）。

根据已知钻孔平均速度，采用插值法确定速度分布平面图。

3. 时深转换与深度平面图

时深转换是把等时线平面图转换成等深线平面图的过程，是速度标定的逆运算，它是把平面上各点的速度乘以平面图上反射时间的一半，得出深度平面图。

$$H = a - \frac{v \times time}{2}$$

式中：H 煤层底板标高（m）；

a 基准面标高（m）；

v 钻孔处的速度（m/s）；

time 时间（s）。

4. 地震地质剖面图

地震地质剖面图通常也称深度剖面图，它是根据深度平面图切出的，反映了各类地质体在垂直剖面上的变化特征。深度平面图完成之后，实际上获得了一个三维深度数据体，从中可以作出任意方向的深度剖面，能够为煤矿巷道布置提供直接的地质依据。

四、地震资料属性分析

地震数据蕴涵大量的地质信息，由于各种新的数学方法、信息处理技术等引入到地震勘探领域，直接从地震数据中提取的地震属性也越来越丰富。地震属性就是根据地震记录测量或计算出来的一些参数，它是表征和研究地震数据内部所包含的时间、振幅、频率、相位以及衰减特性的参数指标。由于地质体的不均匀性，使地震波场发生变化，因此通过研究地震波场的属性参数变化以及与地质异常体的关系，可以达到直接或间接地检测地质异常体的目的。

地震属性多种多样，选择合适的属性能够完成肉眼不能分辨和识别的地震波变化情

况，突出地下构造、裂隙、岩性及流体的变化。能够较好反映构造及裂隙有关的地震属性包括以下几类：反射系数、局部变化率、二阶导数、曲率、倾角、落差、相干等。对于岩性研究，下面的层位属性作为最初的方法是最有效的：Lambertian 反射系数、局部变化率、二阶导数、倾角曲率。

下面从单一属性与属性融合两个方面进行属性分析的简要介绍。

（一）单一属性分析方面

1. 反射系数

它的模型假设表面点的亮度独立于观察者的视线方向。粗糙的表面在所有方向反射光线的强度相等，所以在各个方向的光强都一样（如：漫反射）。对于一个给定表面，其亮度只取决于光源和表面法线的方向间的夹角。观察者看到的光度与观察者所处的方向无关，只与光入射的角度成正比（图 4-2-8）。

2. 局部变化率

局部变化率定义为在属性窗口内对变化的测量。线性变换可用于计算其大小（离中心点越近，其加权常数越大）。局部变化率被广泛用于描述断层，类比倾角属性（图 4-2-9）。

3. 二阶导数

包络面的二阶导数是对包络峰值的度量，峰值可作为主要的属性显示。在黑白显示中，二阶导数显示了所有包络峰值，对应于在地震波带宽内所有可见的反射界面。二阶导数可以：突出显示地震波带宽中可见的反射界面、显示同相轴的尖度、显示岩石中的尖度变化、描述沉积环境的总体变化（图 4-2-10）。

4. 曲率

曲率属性量化了曲线偏移直线的角度（Hart，2002）。层面的曲率分析有助于删除局部的倾角作用，强调与主要的沉积特征或小尺度断层相关的小尺度特征（图 4-2-11）。

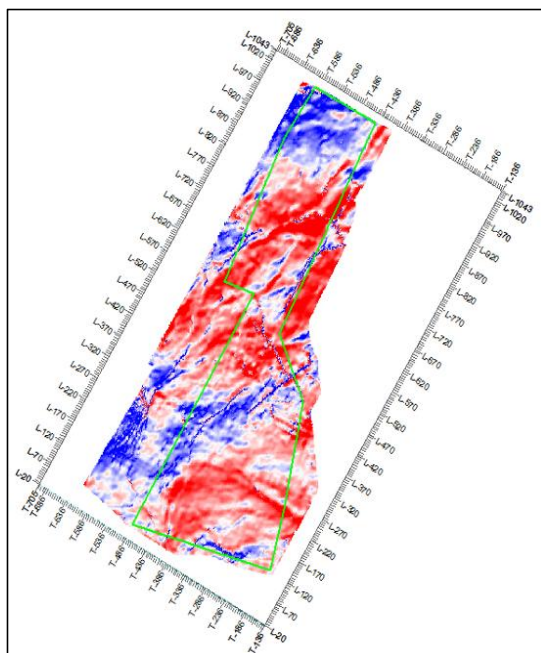


图 4-2-8 某矿煤层反射系数属性图

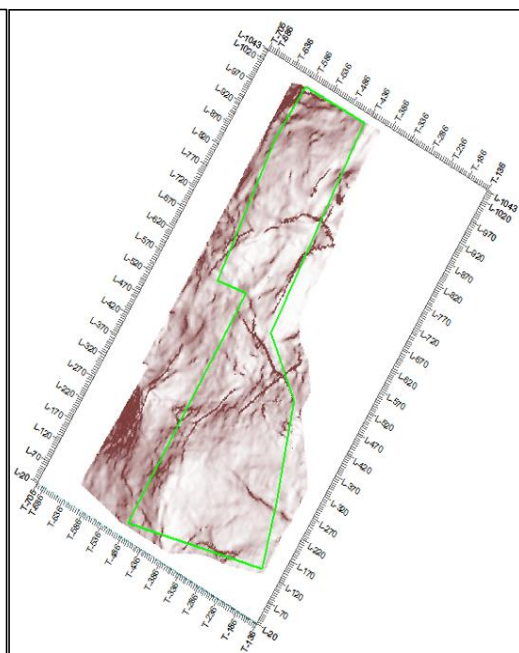


图 4-2-9 某矿局部变化率属性图

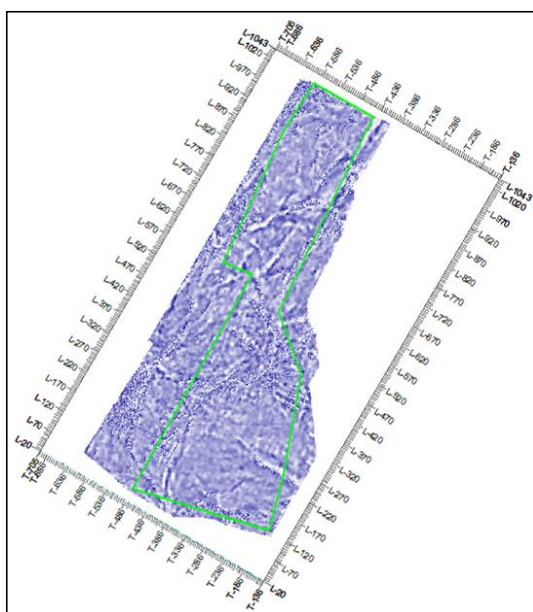


图 4-2-10 某矿煤层二阶导数属性

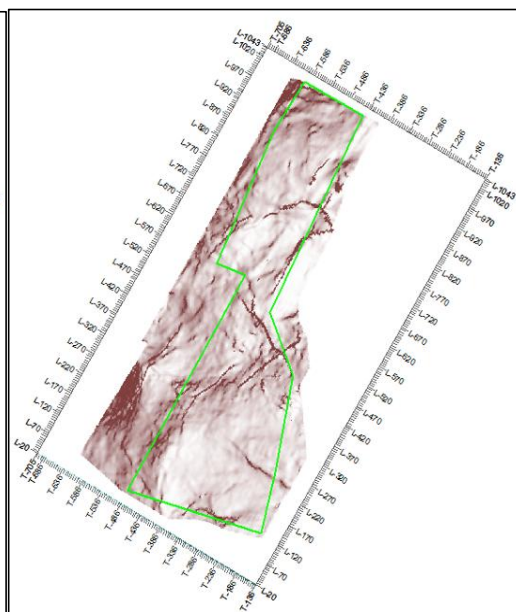


图 4-2-11 某矿曲率属性图

5. 倾角

它是时间曲线的导数，地震解释人员可以用倾角属性来识别构造特征。倾角属性也可作为层位自动追踪性能的质量控制标准（图 4-2-12）。

倾角计算的精度与滑动分析窗口的大小成正比。窗口越大，倾角的计算就越精确。同时尺寸大的窗口计算的倾角代表了数据的主要走向而非局部倾角。因此，计算倾角时误差是不能避免的。

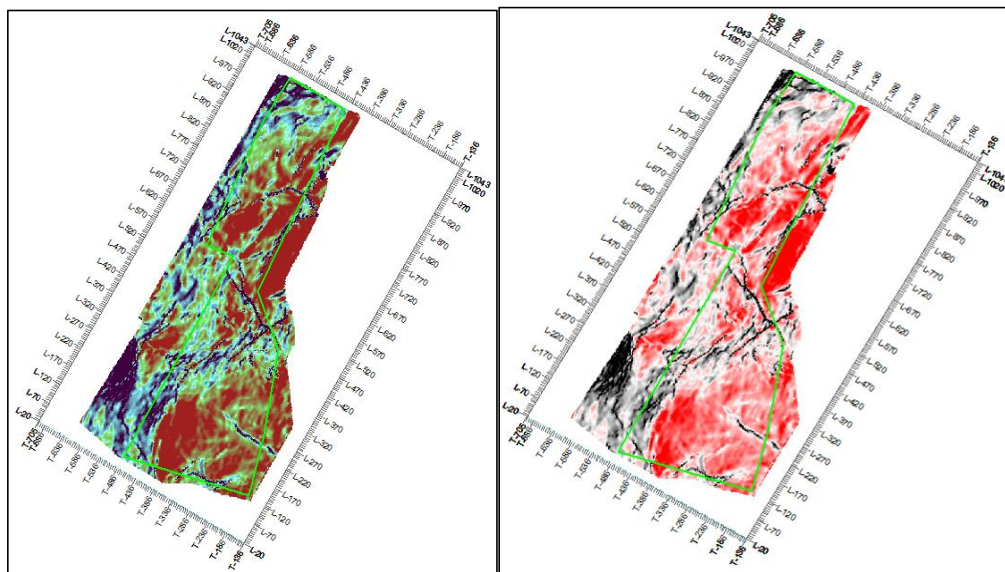


图 4-2-12 某矿煤层倾角属性图

图 4-2-13 某矿落差属性图

6. 落差值

落差定义为断层将河床分割的垂直分量。最大垂直差异是计算在窗口范围内有效层面的每个像素得出的（图 4-2-13）。

7. 三瞬属性

瞬时振幅是在任意给定时间对道能量的测量，再用彩色显示相道突出显示亮点。这些亮点都是薄地层调谐、主要岩性变化和反射率变化的直接反映（图 4-2-14）。

瞬时频率属性的定义是通过对主频的估计，每个样点地求取的瞬时相位对时间的导数。此属性有助于识别异常的波形衰减和突出的瞬时相位的类似特征（图 4-2-15）。

瞬时相位是沿相道的即时相位与道振幅无关。通过突出显示不整合、断层、横向地层变化，以及绘制子波变化和薄地层干涉图，瞬时相位可用于追踪反射体的连续性（图 4-2-16）。

8. 相干体

相干体技术利用三维地震数据体中相邻道之间地震信号的相似性，来描述地层和岩性的横向非均匀性。另外，相干体技术充分利用了计算机运算速度快的特点，从宏观上认识整个勘探区的断层空间展布以及地层岩性的空间变化规律，因此，有助于解释人员快速了解沉积构造演化等方面的地质特征，提高了解释速度，缩短了勘探周期。同时这一技术还改变了常规构造解释只能从断点、断距来描述断层的缺陷，对断层及其附近的

细节特征，比如断距的变化、断层的扭曲程度、岩层的破碎程度等来反映都能反映，提高了解释精度。相干性属性中有明显的相干性较低区域反映了本区断层和裂隙的发育特征，是识别断层和裂隙的有效参数之一（图 4-2-17）。

（二）属性融合

1. 裂隙分析

属性融合方法是为解决单一属性预测储层的多解性问题而提出来的，即将多种对裂隙、断裂等地质异常敏感的属性进行一定的数学运算，得到一个综合属性，综合属性比单一属性具有更明显的构造识别效果（图 4-2-18）。

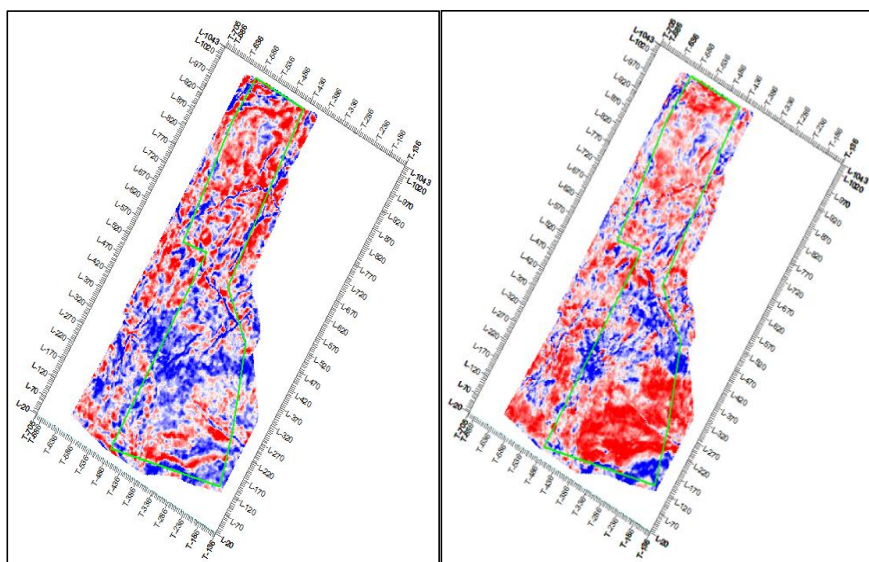


图 4-2-14 某矿瞬时振幅属性图

图 4-2-15 某矿瞬时频率属性图

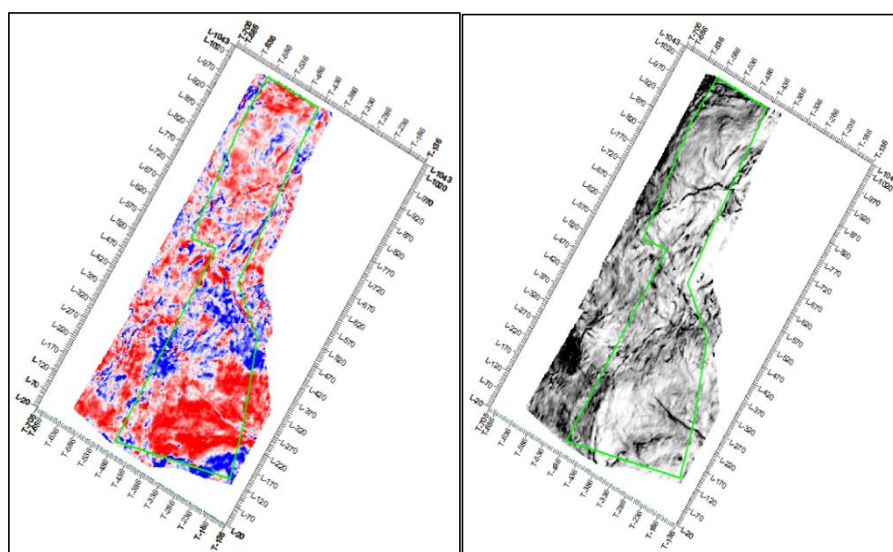
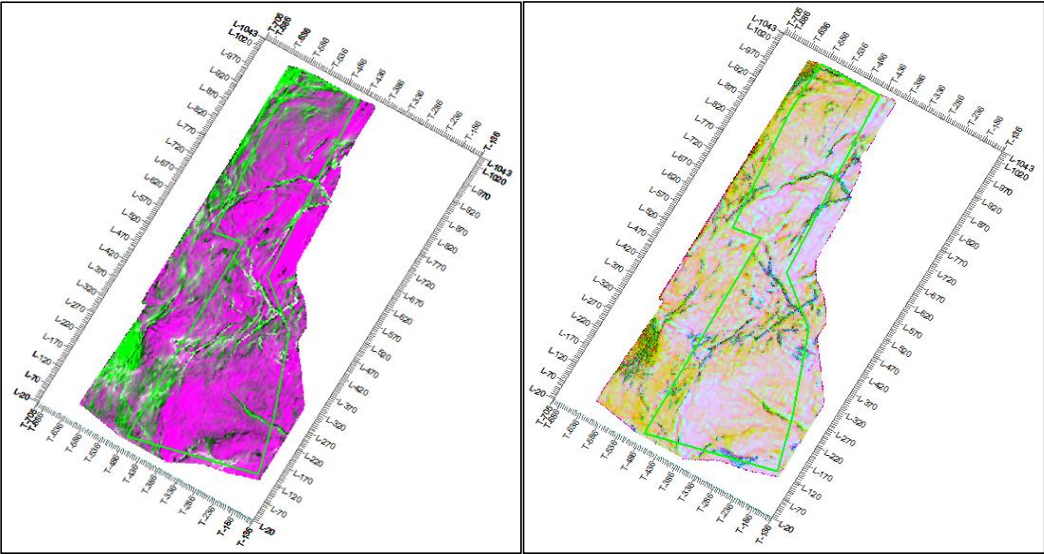


图 4-2-16 某矿瞬时相位属性图

图 4-2-17 某矿相干体属性图



（2）蚂蚁体

主要原理是通过对相干体/方差体进行二次增强处理，断层边界像被蚂蚁爬过一样清晰，可实现断层自动追踪。适合断层系统的自动提取和密度分析。

（3）边缘检测

主要使用类似图像处理中的边缘检测，对振幅梯度变化敏感因素进行识别，增加断层识别的敏感因子。

除了多属性融合方法外，还应结合智能识别系统，主要利用 PCA 主成分分析，对多种地震属性降维，消除冗余；利用 LLE 局部线性嵌入，对非线性降维，保留拓扑关系，比 PCA 更适合地震数据；利用 SVM 支持向量机对小样本分类性能好，融合多属性训练识别断层；利用 CNN 卷积神经网络对端到端断层自动检测。

第三节 报告提交

本次三维地震勘探工作报告成果提交的内容主要包含：

1. 三维地震勘探报告；
2. 三维地震勘探实际材料图（1：2000）；
3. 工程联测图（1：5000）；
4. 一煤层底板等高线图（1：2000）；
5. 二煤层底板等高线图（1：2000）；
6. 三煤层底板等高线图（1：2000）；
7. 一煤层厚度变化趋势图（1：2000）；
8. 二煤层厚度变化趋势图（1：2000）；
9. 三煤层厚度变化趋势图（1：2000）；
10. 一煤层勘探前后构造对比图（1：2000）；
11. 二煤层勘探前后构造对比图（1：2000）；
12. 三煤层勘探前后构造对比图（1：2000）；
13. 一煤层与二煤层间距变化趋势图（1：2000）；

14. 二煤层与三煤层间距变化趋势图（1：2000）；
15. 地震地质剖面图（1：2000）；
16. 三维地震勘探时间剖面图册；
17. 原始数据（SGY 或 SGD 数据、仪器班报、测量数据）；
18. 处理数据（叠加数据、偏移数据）；
19. 解释数据体（包含解释断层等其他地质构造）；
20. 成果报告审批文件、相关资质、仪器检定资质。

以上资料纸质版 6 份，电子光盘 2 份。

第五章 主要技术难点与技术措施

第一节 三维地震勘探技术难点与技术措施

在对勘探区地质条件和地质任务分析的基础上，结合魏家地煤矿分公司东二采区东翼的实际情况，总结了本次勘探的几个主要技术难点，并提出有针对性的技术措施。

一、地表条件复杂，激发接受条件差

（一）激发条件差

本区表层结构复杂，突出表现在：区内浅层松散层横向变化较大，并且厚度不均，不但给炮井成孔带来较大不利，地震波在其内传播时衰减严重，特别是高频信息，远道接收到的地震波能量也更弱，达不到设计观测系统的目的。

技术对策：

1. 精细表层结构调查，根据野外现场踏勘、成孔时揭露和地震单炮记录初至波判断表层结构变化。
2. 强化激发因素试验，进行充分试验，选取最佳激发参数。
3. 对不同的激发层位，采用不同成孔设备。

（二）接收条件差

勘探区表层结构松散，检波器与大地耦合条件差。

技术对策：

检波器挖坑埋置，使之埋置在相对致密的土层中，并保证插直、插紧，位置准确，使之和大地充分耦合。

二、地震地质条件复杂，提高时间剖面信噪比和分辨率难度大

勘探区浅、表层地层结构松散，激发、接收条件均较差，对有效波，特别是高频信息的衰减作用强，原始资料信噪比及分辨率较低；煤层埋深变化大，断层发育。总体来看，勘探区内浅、表地震地质条件均复杂且横向变化大，为了高质量完成本次三维地震承担的地质任务，需有高质量的处理成果。

技术对策：

（一）提高原始资料信噪比

采用 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的 CDP 网格，采用 64 次覆盖叠加，压制干扰，提高信噪比。

（二）提高原始资料分辨率

可采用高灵敏度检波器接收，挖坑埋置，增强目的层一次波的透过能量；采用最佳激发层位激发、高爆速成型炸药激发；在资料处理中采用提高分辨率的模块。

（三）充分的试验工作

把好野外质量关，野外生产前要进行充分的试验工作，施工中严格控制每个环节，确保原资料的质量。

三、精度要求高

地质任务里的目的层多、目的层间距小，解释精度高，要求解释落差 $3 \sim 5\text{m}$ 以上的断层。

技术对策：

首先在野外采集中采用宽方位角，排列大的观测系统，有利于小微构造的解释。

其次在最大限度的提高原始资料信噪比的基础上，合理选择反褶积模块，提高目的层反射波的分辨率、并拓宽频带；最后，充分应用地震资料信息，精细解释地质层位，在常规时间剖面、时间切片解释的基础上再进行属性解释。

目的层中构造的存在，势必造成目的层与围岩的物性差异，这种差异可能体现在地震波至时间、地震波的频率、振幅、相位差异。故计算、研究包含目的层在内的一定厚度（时间剖面上显示为时间）“层”的各种层地震属性，有助于发现小的构造与地质异常体。

（一）蚂蚁追踪技术

蚁群算法又称蚂蚁算法，是意大利学者 Dorigo 等受蚂蚁觅食过程中路径选择的方法的启发的提出的一种仿生进化算法，Dorigo 等学者指出，蚂蚁通常是在巢穴附近做无规则行走，一旦发现食物则独自搬回蚁穴并在路上留下外激素吸引更多的蚂蚁来搬运食物。也可以这样来理解，每只蚂蚁都在检查某个范围内有无食物，并逐渐向外激素浓的方向运动。蚂蚁追踪法就是将这一过程引入断层自动识别、解释中，它通过在地震数

据体中播撒大量电子蚂蚁，对断层异常值进行追踪，同时释放断层信息素，以信息素作为通讯介质传递信息，召集一定范围内的其它蚂蚁集中过来，共同协作进行断层的识别、追踪，最后生成一个低噪声、具有清晰断层轨迹的数据体。

1. 后振幅数据预处理。

主要了解本区资料适不适应做断层自动追踪。其方法是用单道频谱分析和混波频谱分析来判断两者主频是否一致，如果主频基本一致则适合使用此法识别断层。

2. 蚂蚁追踪算法中的几个主要参数和选择：

（1）初始边界范围

该参数为每只蚂蚁的控制半径，即每只蚂蚁在一次搜索中所能涉及的范围，用初始半径 R 定义，它决定了采样点数，因此对计算时间有很大的影响。对于追踪大断层来讲， R 参数应大一些，而对小断层和裂缝解释来讲， R 参数小一些，因此我们试验了二种参数 5×7 和 3×4 。

（2）蚂蚁追踪轨迹偏离变

以角度表示最大只能偏离初始方位 15° 。该参数控制追踪时局部极大值的最大允许偏差。算法只许蚂蚁接受预测方位节点两侧的局部极大值点，如果距极大值点距离超出了追踪步长，追踪偏差参数将被考虑。如果偏差太大，该蚂蚁将不继续追踪，中断对它的搜索。如果允许值范围内找到了断层边界加强值，则该点作为合法步被记录下来。

（3）蚂蚁步长

该参数用样点数定义蚂蚁搜索步长，决定了每只蚂蚁在搜索局部极大值时的单步长度。增加该值将使每只蚂蚁搜索得更远些，但会降低精度。

（4）允许非法步数

非法步数指蚂蚁在捕捉到断层信息前允许走的没有捕捉到断层信息的无效步数。

该参数为允许多少个蚂蚁步长内搜索不到极大值。如果一只蚂蚁处在有效位置上，而且前进一步能搜索到极大值，就称为一个非法步。使用初始估计方位，该蚂蚁可以继续前进一步，如果仍然没有搜索到极大值，就是第二个非法步。此时，如果参数设为 1，蚂蚁将中断在该方向搜索。如果第二步中搜集到有效样点，将记录下有效位置和非法位

置，判断合法步数量是否满足条件。该参数允许连续多少个非法步。

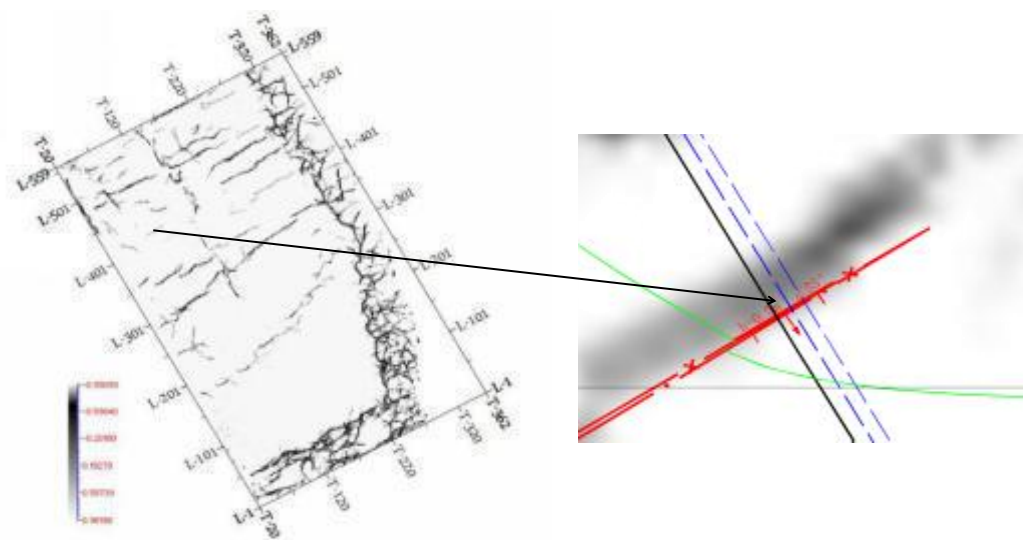
（5）必须合法步数

该参数与上述允许非法步数量结合使用。该参数意义为每只蚂蚁搜索路径中必须包含的合法步数。研究大断层时宜用较大的非法步数和较小的合法步数。

（6）终止条件

该参数为每只蚂蚁在追踪过程中允许的总非法步数百分比。当非法步数达到该参数限制时，该蚂蚁的追踪停止。这个值太大时就对正在追踪的断层失去信心，从而结束追踪。研究大断层选用较大终止门槛值，小断层宜用较小门槛值。

（7）效果分析



（a）蚂蚁追踪沿层切片

（b）0.5m 断距小断层在蚂蚁追踪沿层切片上的反映

图 5-1-1 蚂蚁追踪效果图（类似地区）

（二）谱分解技术

近年来，各个勘探单位对属性技术进行了大量试验，发现连续小波变换的谱分解数据对落差小于 5m 的断层解释有明显的优势。图 6-1-2、图 6-1-3 为某勘探区落差小于 5m 的断层在连续小波变换的谱分解谱剖面中的反映。从图中可以看出落差小于 5m 的断层在时间剖面上同向轴变细，但是变化很细微，很难分辨，断层在连续小波变换的谱分解剖面中有明显的反映，振幅变弱。

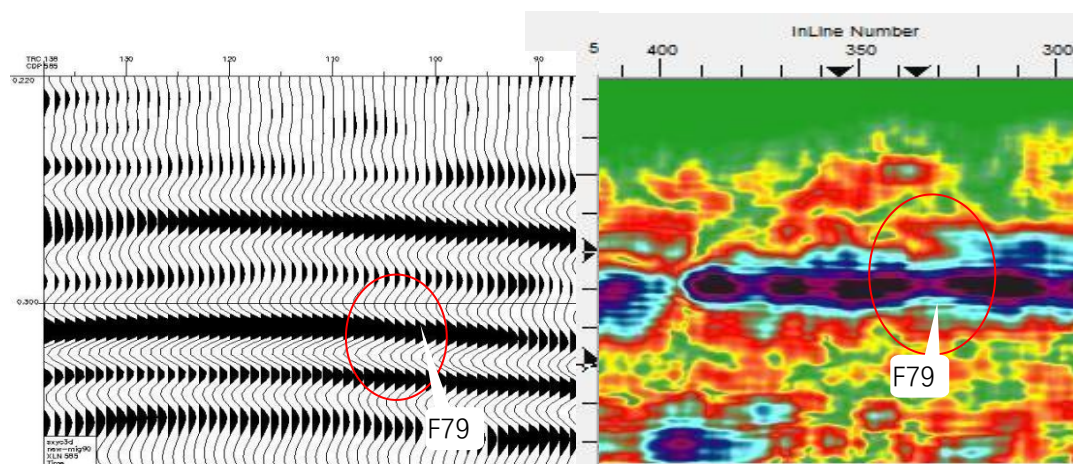


图 5-1-2 断层在时间剖面 and 谱分解剖面中的反映（类似地区）

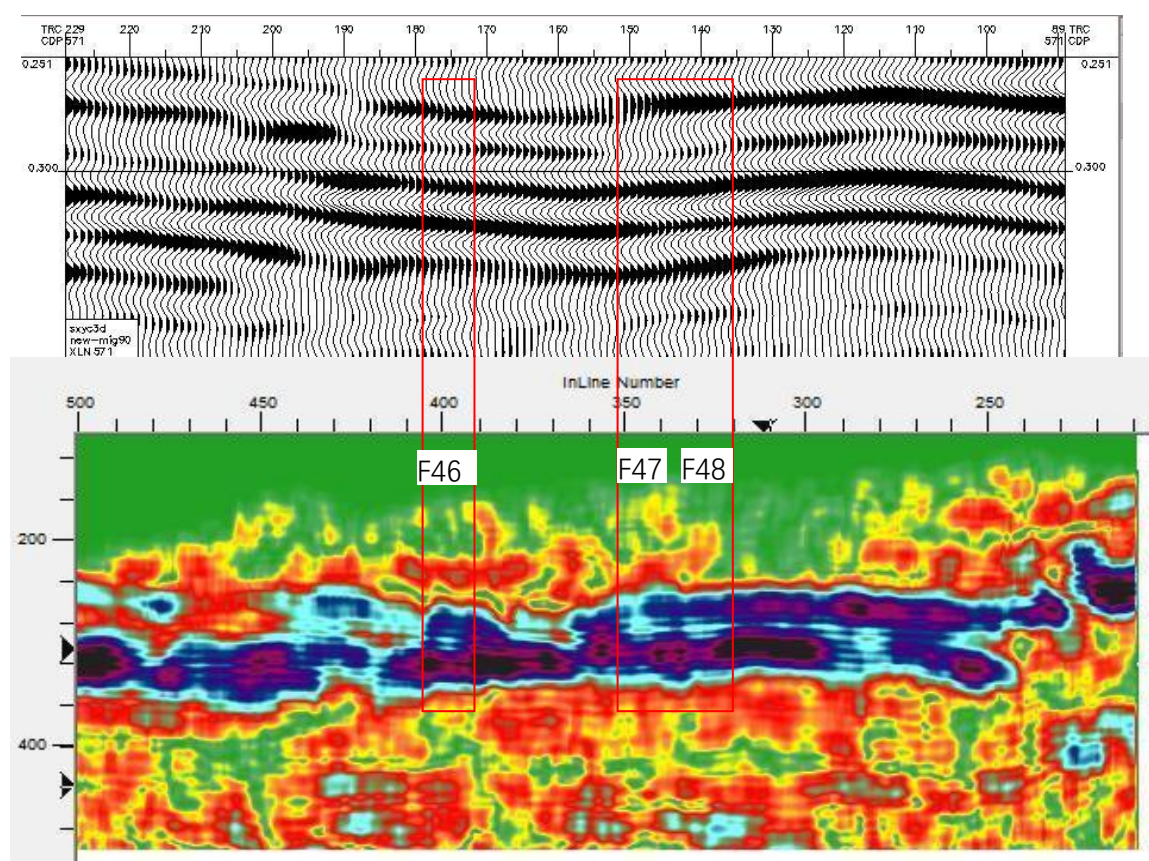


图 5-1-3 断层在时间剖面 and 谱分解剖面中的反映

（三）边缘检测与模式识别技术检测小断层

断层导致波阻抗差异，使地震波动力学特征受到影响，主要表现为：反射波能量减弱，甚至缺失；反射波波形与频率发生明显变化。采用边缘检测与模式识别等技术，充分利用小构造的空间相关信息，进行多种地震属性参数提取，再通过空间叠加增强、空

间滤波和断层检测等手段，有效地提高三维地震成果数据体的空间分辨率，以解决小断层检测这一难题。

（四）优势频带相干数据体处理技术解释小断层

应用地震相干数据体主要是对地震数据体进行去异求同，突出那些不相干的地震数据，然后利用不相干地震数据的空间分布来解释断层、岩性异常体等地质现象。在本项目三维数据相干体计算中除了针对本区地质情况，严格选择相关道数和相关时窗外，我们拟采用一种煤层反射波小断层成像优势频带数据体技术，在此基础上，对生成相干数据体做解释，以提高小断层解释精度

（五）利用三维可视化技术精细识别小断层

平面可视化技术就是在三维地震数据立体可视化预览的基础上，结合了切片的全面性和可视化的可视性，来反映并解释复杂的地质构造和地层特征。是在常规切片上利用可视化反映数据体中的特殊体平面特征技术，利用透明度和颜色两个重要参数，更精细识别断层、小断层。

第六章 经费预算

第一节 预算编制说明

一、项目概况

（一）项目名称：甘肃靖煤能源有限公司魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字高精度(高密度)三维地震勘探。

（二）资金来源：企业自筹。

（三）工作周期：总工期 120 天。

二、预算编制依据

（一）取费依据

- 1. 预算标准：执行《煤矿采区三维地震勘探规范》（T/CGS 012-2022）；
- 2. 工程建设其他费：工程设计费依据中国煤炭建设协会《煤炭行业建设项目工程技术咨询服务类取费定额（2015 年版）》（中煤建协字〔2015〕48 号）规定计取；工程监理费依据《国家发展改革委关于进一步放开建设项目专业服务价格的通知》（发改价格〔2015〕299 号）按市场调节价计取；
- 3. 税金：执行《中华人民共和国增值税法》，费率按 6%计取。

（二）主要实物工作量

东二采区东翼共布置三维地震线束 7 束，测线 42 条，控制面积 1.10km²，生产物理点 2100 个；试验物理点 44 个，全区物理点合计 2144 个（表 6-1-1）。

表 6-1-1 工作量统计表

参数	东二采区东翼
勘探面积	1.10km ²
线束	7 束
测线	42 条
生产物理点	2100
试验物理点	44 个
总物理点	2144 个

三、采用的费用标准和计算方法

（一）计价面积

三维地震勘探 CDP 基本网格是 5m×5m，标准叠加次数 12 次，当 CDP 网格加密或叠加次数增加时，折合为计价面积，计算公式为：

叠加次数增加或减少时： $S1=S \times [1+ (N-12) /12 \times 40\%]$

式中：S1：计价面积（km²）；

S：控制面积；

N：叠加次数。

本次三维勘探控制面积为 1.10km²，CDP 网格是 5m×5m，叠加次数 64 次，高于三维地震勘探标准叠加次数 12 次的要求，依据上式本次计价面积 $S1=1.10 \times [1+ (64-12) /12 \times 40\%]=3.00\text{km}^2$ 。

（二）三维地震各项目预算标准

1. 三维地震勘探基础数据

表 6-1-2 三维地震勘探基础数据表

基础参设类别	数值	备注
观测系统类型	24 线 10 炮	
地区类别	IV	
地区条件	丘陵山区	
地震地质条件	复杂地区	
CDP 网格	5m×5m	
叠加次数	64 次	
设计控制面积	1.10km ²	
计价面积	3.00km ²	

2. 三维地震费用预算标准

表 6-1-3 三维地震费用预算标准表（含税，税率 6%）

项目名称	工程量		取费标准	备注
	物理点（个）	面积（km ² ）		
三维地震施工	2144	3.00	73.00 万元/km ²	
资料处理		1.10	8.50 万元/km ²	
资料解释		1.10	4.50 万元/km ²	
地上附着物补偿	2144		75.00 元/炮	

四、预算编制结果

项目总预算费用为 265.47 万元（含工程费税金 14.12 万元），其中：物探 219.00 万元、技术资料费 14.30 万元、绿色勘查 16.08 万元、工程建设其他费 16.09 万元。

第二节 项目预算表

表 6-2-1 三维地震项目预算汇总表（含税，税率 6%）

序号	费用项目	总预算（万元）	备 注
一	物探	219.00	
二	技术资料费	14.30	
三	绿色勘查	16.08	
	小 计	249.38	
四	工程建设其他费	16.09	
1	监理费	4.38	
2	设计费	11.71	
	合 计	265.47	含税

表 6-2-2

三维地震项目预算明细表（含税，税率 6%）

序号	工作手段	技术条件			单位预算标准	费用预算 (万元)	备注
		技术 条件	计量 单位	工作量			
一	物探					219.00	
1	三维地震						
2	三维地震施工费	IV	km ²	3.00	73.00 万元/km ²	219.00	
二	技术资料					14.30	
1	资料处理	IV	km ²	1.10	8.50 万元/km ²	9.35	
2	资料解释	IV	km ²	1.10	4.50 万元/km ²	4.95	
三	绿色勘查					16.08	
1	地上附着物补偿费		物理点	2144	75 元/炮	16.08	
四	工程建设其他费					16.09	
1	监理费					4.38	
2	设计费					11.71	
	合 计					265.47	

第七章 施工组织、工期

第一节 组织机构

一、机构设置

在本次三维地震勘探工作中，建议设立项目领导小组，由项目经理全面协调各项工作，由现场执行经理全权负责组织实施。下设生产部和技术工作部。其中生产部负责本项目野外数据采集工作的总体运营，项目技术部负责设计、资料监控处理、野外资料及采集成果报告的编制提交。采取有效措施，做好现场施工组织，安排好人员和设备的调运，保证工期和工程质量，确保勘探工程的顺利进行（图 7-1-1）。

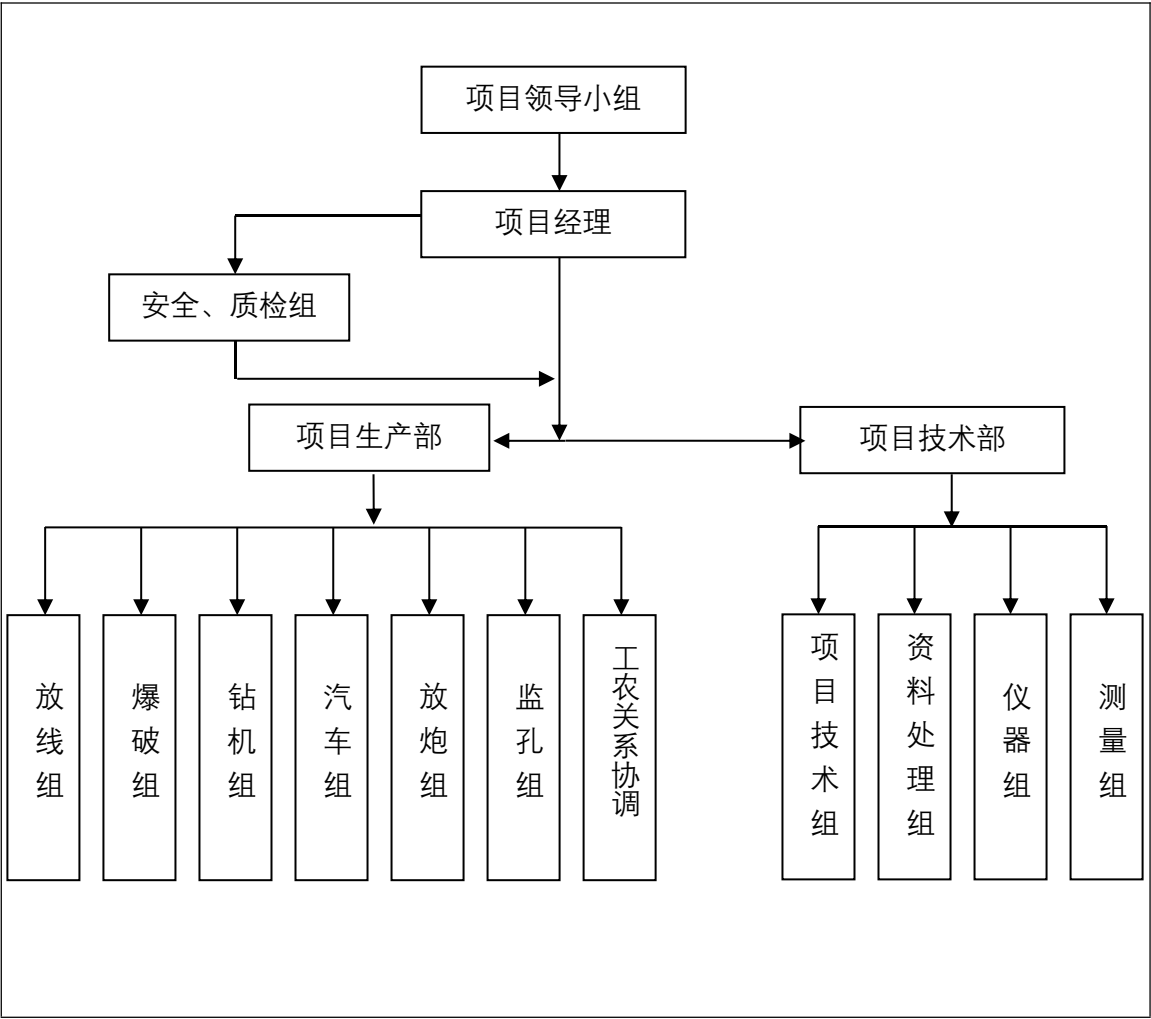


图 7-1-1 组织机构图

第二节 人员与设备

为了做好本次勘探工作，施工单位组件勘探项目部，在各个工作程序和环节均配备专业的人员。本项目施工中人员配置包括三维地震项目经理、技术负责、技术人员（表 7-2-1），拟投入的设备见表 7-2-2。

表 7-2-1 拟需投入人员计划表

工作年限 专业人员数量	从事地震勘探时间			
	合计	8 年以上	5 年以上~8 年以下	5 年以下
项目经理	2	1	1	
技术负责人	2	2		
技术专家	2	2		
资料处理人员	2	1	1	
测量人员	10	2	4	4
工程技术人员	5	2	2	1
技术工人	8	2	4	2
爆炸班	4	2	2	
司机	10	10		
管理及后勤人员	2	1	1	

表 7-2-2 拟需投入设备计划一览表

序号	设备名称	单位	数量	备注
1	数字地震仪	套	1	
2	集群处理器	套	1	
3	采集站	个	700	
4	检波器	个	6000	
5	交叉站	个	20	
6	爆炸机	台	5	
7	电瓶	个	600	
8	稳压电源	个	100	
9	对讲机	部	50	
10	洛阳铲	副	30	
11	免维护电瓶	个	20	
12	测量设备	套	8	
13	解释工作站	套	4	
14	资料处理系统	套	2	
15	笔记本电脑	台	5	

16	大型绘图仪	台	2	
17	打印机	台	3	
18	施工用车辆	辆	5	

第三节 工期安排及保障措施

一、工期计划

本次项目在 120 日历天完成。根据现场踏勘情况，综合邻近工区的施工情况，特制订本次项目的工期计划表（表 7-3-1 和图 7-3-1）。

表 7-3-1 工期计划表

时间	工 作 内 容
20 天	设计审查、施工准备，包括试验工作、测量放线等
40 天	野外施工
20 天	资料处理
30 天	资料解释
10 天	细化解释、编制报告及成果图、最终成果验收修改并提交终审报告

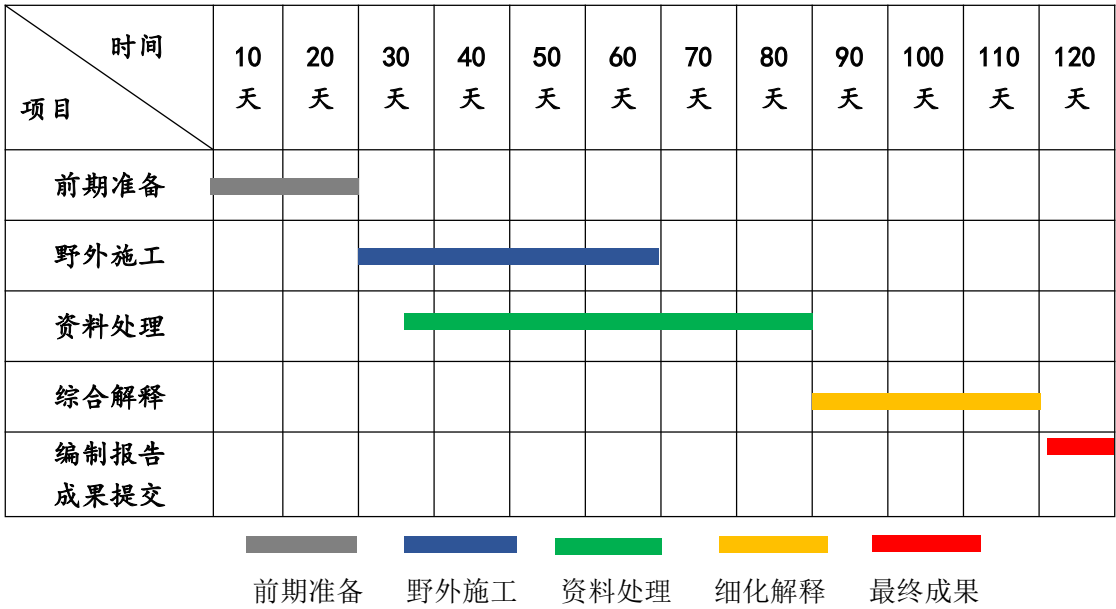


图 7-3-1 勘探进度网络计划图

二、工期保障措施

为保证按期完成勘探任务，本次勘探工作采取以下几个方面保障措施。

（一）做好工程进度规划，落实工程进度

施工前制定详细的工程进度计划，层层分解计划到各个环节。从保证工程安全、工程质量、工程协调、工程组织部署、资源优化配置等多个方面采取有效措施，全面规划、统筹兼顾，合理地安排好各项工程任务进度。按计划开竣工，确保工期目标的实现。

（二）健全工期保证体系

1. 成立以项目经理为组长的工期保证领导小组，健全工期保证组织机构，加强对工程进度控制管理的领导。明确工期保证责任制，实行工期奖罚制度。建立以项目部为中心的工程调度指挥系统，全面系统地进行工程进度的统筹安排、协调和控制。

2. 针对本工程特点，搞好对内对外的协调非常重要。因此项目部设立生产调度指挥系统，从组织、工作和制度上使工程调度工作得到有效保证，确保关键环节的工作得到顺利进展。

3. 激发工程人员的劳动热情，有针对性的做好深入细致的思想工作，充分调动一切积极因素，使全体工程人员树立强烈的工期意识和合同意识，激发劳动热情，增强按期完成施工任务的紧迫感和责任感。

（三）做好施工进场组织准备，确保工程尽早开工

1. 组织精干、高效的项目组织机构及各专职机构，保证以最快的速度使施工现场的管理机构正常、高效的运转，各项管理职能正常发挥。

2. 确保施工力量在规定期限内进驻施工现场，做好与地方政府及相关部门的联系和协调，尽快完成前期准备工作，确保按期达到开工条件。

（四）充分调查研究，周密布署

1. 充分了解施工现场环境、施工条件，为施工创造良好的施工环境。
2. 制定突发事件应急处理预案，缩短事件处理时间。
3. 及时召开班组协调会，加强各部门之间的密切协作。
4. 采集、处理与解释一体化，采取“边施工、边处理、边解释”的方法，缩短室内技术工作周期。
5. 各种成果图件底图提前做好，缩短成果图件绘图时间。

（五）技术措施

在确保安全和质量的前提下对三维地震设计方案进行优化，尤其在村庄等障碍物周围进行详细踏勘，对需要变观的地段进行优化设计模拟，提前报批施工方案；利用设备数量多，设备新等条件提高工作效率，实现优质高效的工作目标。

（六）组织措施

建立针对该工程的项目部，设立相关的职能部门和工作岗位，确定人员、职责和权限，根据项目工种进行目标分解，建立施工技术、安全、计划、材料采购、设备管理和劳动纪律等方面的规章制度，保证各项工作有章可循，严格按照项目管理法组织实施。组织好施工的各个环节和各个岗位，不让任何一个环节丢链子，拖后腿，力争完美施工。

（七）经济措施

深入落实项目各工种奖罚制度，把工作内容、数量和具体要求落实到项目组的每一位成员，把工作的好坏与个人的工资、奖金挂钩，充分体现各尽所能、按劳分配，多劳多得的分配原则，激发施工人员及数据处理和解释人员的积极性，实行小指标奖励和处罚，确保工期。

（八）做好天气和青赔影响的准备

本次三维地震勘探工作的工期除了收到技术和组织的影响，还应该重视天气和青赔的影响。针对雨天应该提前做好规划，关注天气预报，尽量根据施工设计和天气预报去执行施工任务，同时也要做好应急预案，诸如增加设备数量、增加施工技术人员等措施；针对青赔影响，要配备经验丰富的人员，做好县、乡、村的对接，确保提前做好沟通和赔偿洽谈，确保青赔工作不能影响施工进度和质量。

第八章 QHSE 管理体系

第一节 QHSE 管理方针和目标

一、管理方针

安全第一，预防为主；全员动手，综合治理；改善环境，保护健康；科学管理，持续发展。

二、管理目标

1. 施工人员健康率 $\geq 99\%$ ；
2. 万元经济损失为零；
3. 无重特大安全及工程事故，无人员伤亡；
4. 无违反国家及地方环保政策及法规事件发生；
5. 创造和营建绿色施工、生活营地。

第二节 QHSE 管理机构

一、管理组织

成立魏家地煤矿分公司东二采区东翼地质补充勘探全数字（高精度）三维地震勘探项目 QHSE 管理组织。

二、职责

项目经理全面负责本项目的 QHSE 管理工作。加强 HSE 教育和培训，严格执行 HSE 的有关规章制度和奖罚办法，提高全体施工人员的 QHSE 意识，制定各工种 HSE 管理标准，组织各班组认真开展 HSE 活动，检查各工序 QHSE 执行情况，及时发现并排除 QHSE 隐患，确保 QHSE 工作在项目实施全过程中有序的进行，实现 QHSE 管理目标。

第三节 QHSE 管理工作的重点和难点

工区地表条件复杂，通过对勘探区的详细踏勘，该工区施工中的 QHSE 风险控制的重点是村庄、大棚、设备及车辆。

第四节 QHSE 风险评估

通过勘探区详细踏勘，广泛收集勘探区气候、地貌等资料，在实地调查情况与以往施工经验相结合的基础上，QHSE 管理部对勘探区主要风险进行了综合评估。在风险评估过程中，充分考虑了队伍在当地施工受外部环境因素和生产工艺的影响，可能存在的对员工和设备的潜在危害。风险按照质量、健康、安全、环保四个方面来分类评估。

一、质量

（一）风险识别

在对勘探区地质条件和地质任务认真分析的基础上，结合各个队伍在类似地区三维地震勘探项目的实践经验，总结了本次勘探可能会影响工程质量的几个主要因素：一是勘探区地表干燥、松散，高频信息吸收衰减作用强烈，地震波能量减弱；二是静校正问题突出，勘探区地形高差较大，地表条件复杂，形成了表层结构厚度多变和速度多变的特征

（二）控制措施

1. 采用宽方位角观测系统、宽频带接收

最大限度地保留地震反射信号中的高频成分。

2. 选择最佳的激发层位

勘探区地形较平坦，为了确保资料激发效果，在潜水位以下进行成孔。孔深根据试验结果确定。

（三）确保良好的接收条件

采用数字检波器组合接收，挖坑埋置，确保有良好的耦合效果。增强目的层一次波的透过能量；采用最佳激发层位激发、高爆速成型炸药激发；在资料处理中采用提高分辨率的模块。

（四）针对性的处理流程

在数据处理中加强地表一致性振幅补偿、地表一致性反褶积、速度分析等步骤的模块、参数试验，充分压制面波等低频成分，保证有效信息的叠加效果，提高地震资料的分辨率，提高成像精度。

二、健康

（一）风险识别

在勘探区施工影响员工健康的主要因素有：生活水质、食品原料或成品质量及储存、疫情、气候、生活垃圾和有害废弃物处理方式、卫生管理等。

健康方面存在的风险有：食物中毒、传染病侵袭、职业病等。其中食物中毒、传染病侵袭为急性发作类疾病，一旦发生可能造成群体伤害，而职业病和慢性伤害对人体是慢性影响，短期内可能不会出现症状。通过评估论证健康类风险级别如下：

一般分险：食物中毒；

低风险：传染病。

（二）控制措施

1. 食物中毒的起因主要是食品原料变质或受到有毒化学物质污染。采取如下控制措施：

- （1）建立可靠采购渠道；加工前进行清洗和消毒处理；
- （2）搞好食堂卫生管理，如“四隔离制度”；
- （3）炊管人员必须体检合格后，持证上岗，并进行卫生知识教育；
- （4）野外送饭做好用具卫生，防止二次污染；
- （5）注意收集当地防疫部门通报，防止传染病；
- （6）购买储备一定量的药品，以便急用，并制定应对程序；
- （7）每天检查储存食品的质量，及时清理储存时间较长的食品。

2. 传染病侵袭，采取如下控制措施：

（1）开工前对项目人员进行体检，检查员工身体状况是否适应施工环境，避免有病人员病情加重。

（2）炊管人员必须持健康证上岗，并进行传染病检查。

（3）合理布置厨房、厕所的位置，每天进行消毒处理，消除传染病源。

三、安全

（一）风险识别

安全类风险主要考虑员工、相关方和设备财产安全，其中人的安全是第一位的。施工存在的安全风险有交通事故、民爆器材事故、机械伤人、触电、火灾。

较大风险：民爆器材事故；

一般风险：机械伤害；

低风险：触电、交通事故。

（二）控制措施

1. 民爆器材事故

民爆器材事故是指民爆器材在运输、储存、使用过程中意外发生的起火、爆炸、丢失被盗和井下炸药包遗留等事故。主要控制措施如下：

- （1）涉爆人员都已经专业部门培训，并考核合格持证上岗；
- （2）民爆器材统一从地方民爆公司购买，质量有保证；
- （3）配备标准装备的炸药车。员工配发防爆、防静电用品；
- （4）通过器材编码，把工地运输、储存、使用各环节中的责任落实到人；
- （5）单深井使用双雷管、双爆线，将哑炮的可能性降到最低，基本可以排除井下遗留炸药包的可能性。完井下药后，炮线用泥土掩埋在井口附近，并将井口埋实，防止药包被人提出井口；
- （6）运用监督轮换制，监督与管理并行，减少人为因素的影响；
- （7）按标准要求建立和管理民爆器材库房，库房设计的具体参数通过实地情况和当地公安部门要求实施并最终通过验收；
- （8）配备足够的消防、防雷、防静电设施。

2. 机械伤害

机械伤人主要易发部位是钻机组和修理组。

- （1）钻机安装安全防护罩，钻工佩戴安全帽；
- （2）按操作规程安全操作，按时完成必要的安全检查工作；

(3) 按时检修和检查设备的安全性能;

(4) 开工前对有关人员进行安全培训;

3. 触电

触电事故的发生主要由非专业人员操作、线路过载、无安全防护装置等因素造成的,控制方法主要有隔离、纪律、保护等。主要控制措施如下:

(1) 所有电气设施的铺设、检查、故障排除等工作由专职电工完成;

(2) 安装必要的防过载、防漏电保护装置;

(3) 制定用电制度,对员工进行纪律约束;

(4) 用电设备、线路铺设、负载按标准进行规划布置,并进行安全性检测;

(5) 运用标识警示;

4. 交通事故

交通事故的引发原因有人为因素、机械因素和道路因素。人为因素主要是疲劳度、精神状况;机械因素包括安全设施的配备、配件质量和车辆安全状况;道路因素主要是车辆在施工工地行驶,无正规路面易引发交通事故的安全隐患。主要控制措施如下:

(1) 所有司机均持双证上岗,按技能水平分配驾驶车辆;

(2) 淘汰所有报废车辆,全部使用合格的车辆;

(3) 配件统一定点采购,保证质量;

(4) 按标准给所有载人车辆配备必要的安全设施;

(5) 合理安排任务,保证司机休息时间;

(6) 制定制度,对车辆起步、行驶、停放、安全维护和车速等进行约束和规范。

四、环保

(一) 风险分析

在本工区进行地震勘探施工,存在的环境问题有两种,一是施工产生的固体或液体废弃物遗留污染环境、人为有意破坏农田和树木的影响;二是生活垃圾包括人体排泄物中的有害成分使营地受到污染,威胁员工健康。

（二）控制措施

1. 通过纪律约束，控制人为对树林和植被的破坏；
2. 禁止在野外使用植被生火取暖和做饭；
3. 合理设置厕所，每天由专人消毒处理；
4. 设置垃圾坑，并按时处理；
5. 固体废弃物集中收集，运用深埋或者运走进行分类处理；
6. 在农、林区施工采取人工方式，不使用车辆。

第五节 QHSE 管理措施

一、质量管理

（一）主要质量指标及要求

严格按照规范、合同、技术设计，精心组织、精心施工，优质、安全、按期完成项目任务，并达到如下质量指标：

1. 测量精度

- （1）测量合格率要求达 100%，优良级率不低于 95%；
- （2）测点相对误差不大于 0.5m，高程误差不大于 0.5m。

2. 三维地震勘探

- （1）覆盖次数不低于 60 次，面元网格不大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ；
- （2）试验物理点全部合格；
- （3）测量合格率达到 100%，优良率不低于 95%，测点相对中误差不大于 0.5m，高程误差不大于 0.5m；
- （4）生产物理点甲级率 $\geq 40\%$ ，全区合格率 $\geq 98\%$ ，单束测线合格率 $\geq 95\%$ ；
- （5）全区丢炮率 $\leq 2\%$ ；
- （6）现场处理剖面合格率达到 100%；
- （7）地震时间剖面全区 I + II 类时间剖面 $\geq 80\%$ 。

（二）质量保证体系

严格按照质量管理体系（图 8-5-1）的程序要求，在各个环节严把质量关，确保按

照有关国家或行业规范规程中的质量标准及招标文件要求的质量标准完成整个勘探工作。

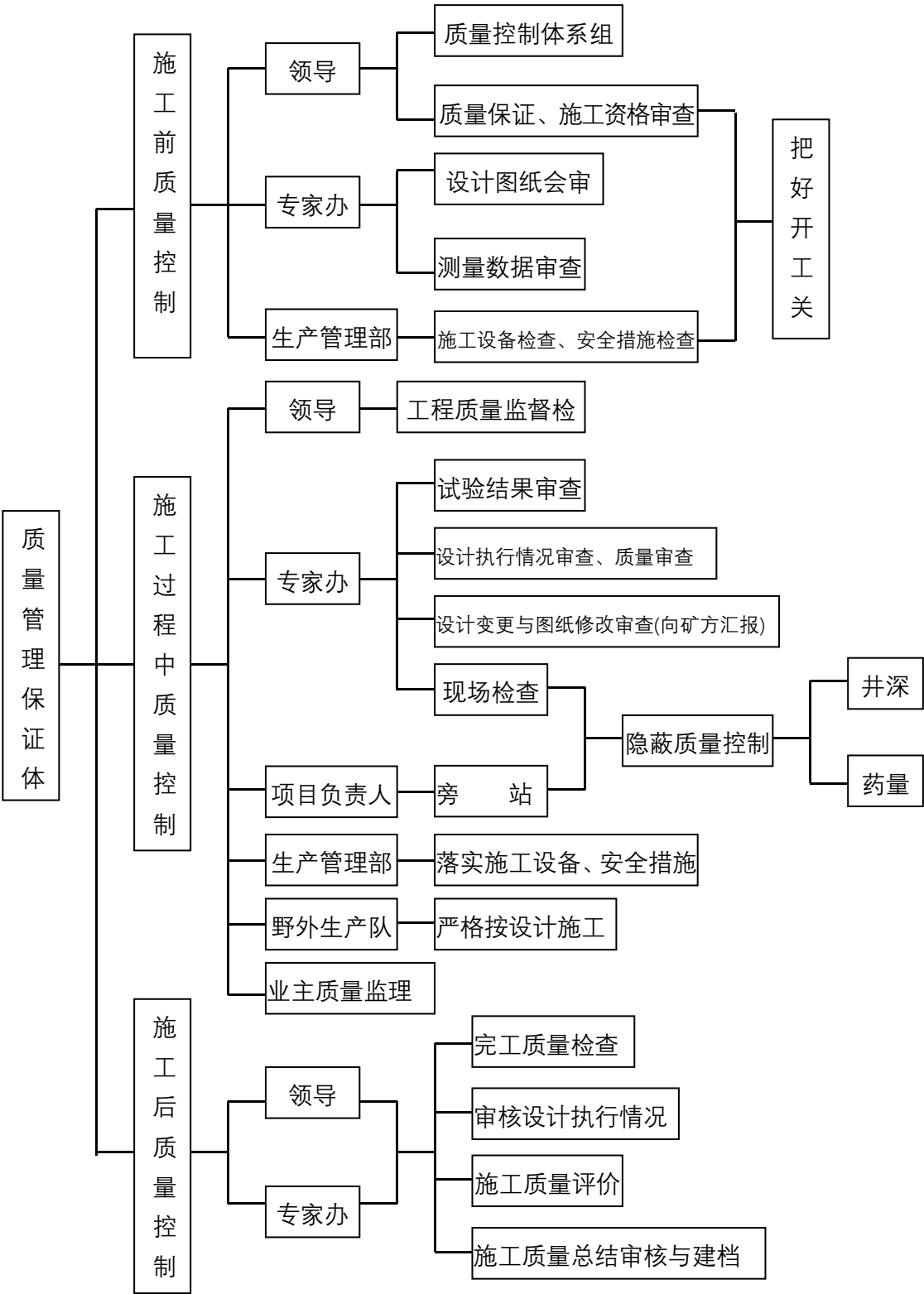


图 8-5-1 质量保证体系图

（三）质量保障措施

1. 测量

（1）测量工作必须达到规程的精度要求。按照设计的三维观测系统图，要求每个炮点和检波点都有自己唯一的编号和位置。以利于野外施工及资料处理；

（2）测线进入村庄时，不能到位的检波点要进行实际测量，对于房屋非常密集的村庄应用特殊三维观测系统进行补炮。对于较稀疏的村庄，适度地在村庄内进行补炮；

（3）实测前必须进行测量仪器检测，确保仪器状态正常的情况下实施测量；

（4）每日对实测的数据进行整理、检查，确保数据的正确性和完整性，尤其是利用已知资料（钻孔位置、控制点坐标、测线交点、复测点等资料）进行审核与检查。

2. 仪器

（1）开工前，必须做好仪器的年检、月检工作；每日生产前录制合格的日检记录，日检不合格，不得投入生产；

（2）确保仪器记录极性为监视记录初至下跳，初至样点值为负数；

（3）采用全波记录监视，操作员要认真分析，及时发现和排除人为缺陷，记录变差时采取有效措施保证记录质量达到设计和标准要求；

（4）仪器班报内容准确、齐全，遇到变观或障碍物必须做好记录并画示意图标注，当日收工后输出电子班报，详细检查核对电子班报和纸质班报；

（5）监视记录按照测线装订，要求美观；

（6）对每日采集的地震数据必须刻盘保存，采取双备份措施。

3. 布线

（1）施工前必须对所有大线、检波器、爆炸机进行检查并测试合格。

（2）检波器确保插直、插实、插准，与地面耦合良好。

（3）当遇到障碍物无法布置炮点或检波点时，可垂直测线方向做少许偏移，但偏移最大距离不得超过 3m，并应将偏移位置在野外班报上注明，且要标在施工图上。

4. 激发

（1）确保爆炸机工作性能良好，爆炸信号最大时差不大于一个采样间隔；

(2) 爆炸井深和药量严格按照设计和试验结果执行。

5. 钻井

(1) 实测所有的激发点位置坐标、高程及井深；

(2) 遇到特殊情况时，井位沿测线方向偏移距离应不大于 3m；

(3) 井位偏移后应复测其坐标、高程及井深；

(4) 井深严格按照设计和试验结果执行，准确填写钻井班报。

6. 下药

(1) 按照下药任务书核对炮点桩号，核查钻井位置、钻井深度；

(2) 对不符合任务书要求的钻井点不下药，及时上报；

(3) 按照任务书要求的炸药数量、雷管数量制作药包，雷管应置于药包的顶部。

包药前检查炮线是否有破皮、断路和短路现象。下药后对下药深度、下井药包的通断情况进行检查，确认合格后填写井口信息卡。

7. 处理

(1) 力争获得能够进行对比追踪的浅、中、深层反射；

(2) 主要目的层地震反射特征较清楚，能够客观反映该区的构造形态、断层和沉积结构等地质、构造特征；

(3) 资料处理前，要认真总结和分析工区以往地震资料处理成果和经验，针对本工程二维野外采集方法及资料特点，采用针对性强的处理技术和手段，对提高信噪比的各项技术进行认真试验，由技术主管人员对测试结果加以认真分析，结合地质任务要求确定批量处理的最佳流程和参数，具体处理流程及内容由试验后待有关部门审查批准；

(4) 结合工区表层特点，选择合适的静校正方法；

(5) 处理目标力求“三高一准”（高保真、高信噪比、较高分辨率、成像准确）；

(6) 加强处理过程中的质量监控，与项目组内解释人员密切配合，对处理成果进行分析和对比，根据分析存在的问题，提出和确定下一步解决问题的针对性处理技术方案。

8. 资料解释

（1）正式解释之前应根据地质任务要求对处理成果资料品质及分辨率进行分析评价，进行地震资料品质分析，编制主要目的层段的地震资料品质图。制定合理的解释思路和技术措施；

（2）充分利用该区井资料、地层露头资料、速度资料等精确标定地震地质层位，对主要目的层进行追踪解释；

（3）构造解释之前应做好层位标定和本地区构造样式建立。构造样式建立应符合本地区及区域构造特征。层位对比解释既要尊重地震波组反射特征，又要符合本地区构造演化、沉积等地质规律；

（4）解释过程中应加强与处理人员紧密结合，把处理好成果质量进口关。

二、安全管理

（一）安全管理体系

本次勘探要严格执行施工单位安全管理体系（图 8-5-2）。成立以项目经理为第一责任人的安全生产管理机构全面管理施工中的安全工作。

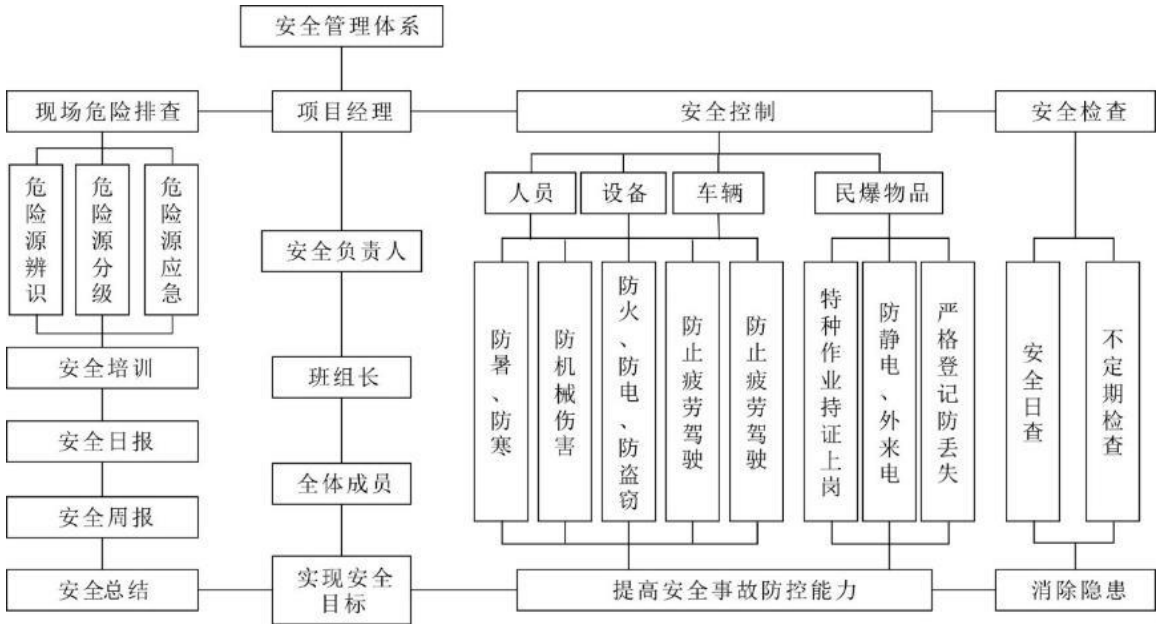


图 8-5-2 安全管理体系图

（二）安全保障措施

1. 安全生产组织与管理

（1）认真贯彻执行《地质勘探安全规程》（AQ2004-2005）和国家其它有关安全规

定，认真执行施工单位的《安全管理制度》、《安全生产责任制》、《安全生产管理奖惩实施细则》、《驾驶员车辆管理制度》、《仪器、设备管理制度》、《爆炸物品管理制度》，杜绝各类重大事故和人身伤亡事故的发生；

（2）在项目领导小组的统一领导下，设立项目安全组织机构，各生产部门设安全员一名，各班组设兼职安全员一名，树立全员安全意识，把安全工作落到实处；

（3）认真执行安全检查制度，施工期间，安全监督组成员要经常深入生产一线检查指导工作，发现问题，及时解决，把一切安全隐患消灭在萌芽状态；

（4）实行安全例会制度。项目部应建立安全活动日志，实行安全例会制度，及时处置安全隐患，发现不安全因素，各级安检人员都有权停止施工作业；

（5）所有技术人员须熟悉勘探方案制定的勘探方法、程序及技术要求；

（6）特殊工种如：钻机、爆炸等必须掌握设备操作方法，了解设备性能，持有相应的上岗证；

（7）地震爆炸现场须设立施工警示牌，非工作人员远离施工场地 100m；

（8）所有地震爆炸人员须佩戴安全帽、穿劳保服、劳保鞋和手套，戴防护眼镜；

（9）区内有高压线，为确保安全，施工前要进行实地踏勘，在野外专门设置标志，且在观测系统设计时予以考虑；

（10）雷雨期间地震禁止打孔放炮。雨季期间，在河沟中施工时，要注意防洪；

（11）加强职工安全教育，搞好安全培训，项目部要进行经常性的安全宣传教育工作，教育职工牢固树立“安全第一”的思想。定期组织职工学习有关安全工作的法律法规和操作规程，强化安全意识，确保安全生产；

（12）做好炸药、雷管等易燃易爆危险品的购、储、运和使用安全工作。炸药、雷管必须专人押运，炸药、雷管库房必须按规定选址，专人保管，严格进出库登记制度，使用中严格管理。确保易燃易爆危险品的管理及使用安全。地震激发时必须做好安全半径内的警戒工作，爆破施工人员必须严格按照要求穿戴有关防护用品。按“三不伤害”原则，确保自身及他人安全。认真做好哑炮、废炮的及时处置工作，严防爆炸物品流失。

2. 安全检查和汇报制度

(1) 所有车辆驾驶员必须在每天出工前检查本人所驾驶的车辆的制动性能、方向性能、灯光等，确保车辆的安全运行，发现问题，及时维修；

(2) 各类仪器必须每天进行技术安全检查；

(3) 安全领导小组每周对整个生产安全情况检查一次。检查内容包括：仪器车的性能、运输车状况、原始采集资料及重要资料的保管使用条件、危险品（如汽油、炸药、雷管等）的保管使用情况，贵重物品、关键设备的保管和使用情况等；

(4) 建立安全汇报制度，安全监督员每天将各工序安全预案实施情况向分管安全领导汇报，并汇总报项目安全领导小组，项目安全领导小组每周向甲方负责人汇报整个施工过程中的安全生产状况。

3. 安全与通讯

(1) 建立施工现场、项目组、公司本部三级通讯系统，所有现场施工车辆配备对讲机，主要施工人员配备对讲机，与仪器车和生产指挥车直接联系，发生自然灾害、人员伤亡必须及时救助；

(2) 进入勘探区的全体施工人员和工作检查人员必须按要求穿戴劳动防护用品；

(3) 对参加施工人员进行勘探区周边地理和环境知识、救护知识的教育，使之对突发事件或意外事件能做出快速正确地反应。

三、健康管理措施

1. 建立健全全体员工健康登记卡，对全体职工定期健康体检；

2. 进行医疗和急救知识培训，配备专职医务人员，备齐常用药品；

3. 野外生产班组配备劳动保护用品及常用药品，特别要配齐外伤包扎药品；

4. 依据钻井施工地域、季节特点，配备相应的急救器材和药品；

5. 做好食堂卫生、营地卫生、个人卫生和防病、防疫工作。

6. 每天检查食品情况，防止“病从口入”；

7. 职工配备齐备的劳动保护用品；

8. 合理安排生产、生活，使职工劳逸结合。

四、环保管理措施

1. 严格执行国家及地方的有关环境保护法律、法规、政策，搞好施勘探区域的环境保护工作；
2. 尽最大努力防止对大气、河流、湖泊、陆地和生态的污染，并迅速清除污染；
3. 注意保护农林资源、矿产资源、土地资源和水资源、文物古迹；
4. 遵守国家和当地政府部门关于文物保护的有关规定；
5. 回收处理废柴机油，禁止其对环境的污染；
6. 整理作业现场、平整或还原恢复土地。生活垃圾和施工垃圾必须现场清理，防止污染扩散；
7. 搞好营地环境卫生工作；
8. 保护生态环境，保护植被，保护野生动、植物。

五、后勤保证措施

1. 成立后勤保障供给领导工作小组，配备专用的生产、生活物资供应车辆，保证采集施工作业的生产、生活物资按需按时配送；
2. 在施工现场就近建立营地，确保职工休息环境良好；
3. 建立畅通的通讯网络，并配以车载台，对讲机，保证施工现场全天候 24 小时通讯畅通；
4. 生产用料，由专人负责采购、运输，确保生产材料的及时供应，保证生产顺利进行；
5. 特种设备服务中心抽派技术水平高的维修人员，随队进行设备的维护和检修工作，保证设备完好出勤率大于 95%；
6. 仪器部委派专职维修人员驻工地，负责仪器的保养维修和野外生产工作，保证仪器出勤率 100%；
7. 储备急救药品，配备救护值班车，确保安全生产；
8. 保证所有设备及时到位，避免因设备原因对生产造成影响。

六、文明施工

（一）文明施工目标

要充分认识到文明施工在项目管理中的重要作用。一是文明施工改变施工现场面貌，改善职工劳动条件，提高工作效率，使施工队伍始终保持良好的精神状态；二是文明施工不仅可以促质量、保安全，而且能够提高经济效益；文明施工注重规范，各项目施工管理工作严谨，减少了工、料、机无效投入的浪费；文明施工讲究工艺，减少了大量原材料的消耗；三是文明施工可以提高工程项目管理水平，促进企业施工水平提高，增强企业竞争力。

（二）文明施工措施

1. 加强宣传教育，提高全体施工人员对文明施工重要性的认识，不断增强文明施工意识，使文明施工逐步成为全体施工人员的自觉行为，讲职业道德，扬行业新风；

2. 在制定安全、质量管理文件时，一并考虑文明施工的要求，将文明施工的精神融汇于安全、质量的管理工作中去；

3. 注重施工现场的整体形象，科学组织施工。对现场的各种生产要素进行及时整理、清理和保养，保证现场施工的规范化、秩序化；

4. 加强对施工人员的全面管理，严禁接受三无盲流人员。落实防范措施，做好防盗工作，及进制止各类违法行为和暴力行为，并报告公安部门，确保施工区域内无违法乱纪现象发生。尊重当地行政管理部门的意见和建议，积极主动争取当地政府支持，自觉遵守各项行政管理制度和规定，搞好文明共建工作；

5. 值班人员遇到业主、监理检查工作时，主动介绍情况；

6. 项目经理部对自检和甲方组织的检查中查出文明施工中存在的问题，不但要立即纠正，而且要针对文明施工中的薄弱环节，进行改进和完善，使文明施工不断优化提高；

7. 工程完工后，按要求及时恢复场地，将工地及周围环境清理整洁，做到工完、料清、场地净；

8. 遵守当地政府的各种规定，尊重当地居民的习俗，与当地政府和居民友好相处，建立良好的社会关系。