

贺兰山煤田落石滩煤炭煤层气资源调查CSAMT调查实践探究

荆锐英 王立虎* 于洋 谭浩 胡文学 张广兵
宁夏回族自治区煤炭地质局 宁夏 银川 750001

摘要: 自贺兰山煤田煤炭煤层气资源勘探工作开展以来,已取得明显成效,但煤田北部落石滩以往地质工作有限,因受地质条件复杂等因素影响,传统勘探方法无法精准体现煤炭煤层气情况,对资源评估与开发形成了一定困扰。如何对煤田北部落石滩调查区地质构造形态及煤炭煤层气资源潜力进行有效评估与计算,已成为当务之急。

关键词: 贺兰山煤田; 落石滩; 煤炭煤层气; CSAMT调查

引言: 煤炭煤层气作为主要能源资源,对经济发展与社会进步起到推动作用,贺兰山煤田作为我国重要煤炭煤层气产区,其资源较为丰富,具有较强开发潜力,为深入了解该地区资源分布规律,将CSAMT技术应用其中,以便获取准确地质数据,为能源规划、资源开发等提供保障,从而推动该地区煤炭煤层气资源科学、合理、高效开发,为煤矿产业实现可持续发展奠定坚实基础^[1]。

1 项目与自然地理概况

1.1 项目概况

本项目旨在深入勘探该地区丰富的煤炭和煤层气资源,评估其潜力并推动合理开发。项目通过运用CSAMT技术,结合地质资料和数据处理分析,探寻调查区地质构造形态,初步了解地层情况。调查区地处宁夏回族自治区以北、黄河以西、西临包兰铁路、南临正义关断裂,东北临黄河、南北长度为10.3km,东为5.7km,面积为47.7km²。研究区域有国道G109、G6、G110,及包(头)-兰(州)铁路,交通十分便利。

1.2 自然地理概况

调查区位于贺兰山东麓的冲、洪积平原的尾端,与黄河接壤,是一个典型的黄土高原。该地区地形平缓,西部高、东部低、倾斜于黄河,地表高程为+1143.16—1089.95m,平均值为1116.50m,低矮山地,山坡前冲洪积平原,构成残丘地形,且区域内有若干条干渠,成为洪水排泄渠道。研究区为典型温带大陆性气候,具有日照充足、降水多、蒸发强烈,夏天炎热而短暂,春天温暖而多风,秋天寒冷而短暂,冬天寒冷而长久,年平均温度为8.4℃-9.9℃,年最低温度为-19.4℃--23.2℃,年降水在地域上分布比较均衡,年降雨量在167.5mm—

188.8mm之间。年降水量从160mm—190mm之间,年蒸发量约为1700—2500mm,相当于年平均降雨量的10-14倍,调查区位于黄河和贺兰山交界地带,是由第四系堆积物堆积而成的冲洪积平原,地表水以黄河水为主,季节性降雨形成沟渠(旱季没有水源),地震动最大加速度值为0.2g,地震动响应频谱特性周期为0.4s,与Ⅷ级地震强度相对应^[2]。

2 地质概况及地球物理特征

2.1 地质概况

调查区地处贺兰山煤田北缘,前期研究工作薄弱,对该区的地质认识不够深入,仅暴露出第四系、古近系、寒武纪等地层,研究区地层序列与贺兰山煤田基本相同,调查区总体上呈“箕”型向斜,北东向宽缓,北倾,北南倾,其东南翼与北翼方向大致平行。两翼岩层呈10°-30°倾向,且在近轴部位有减小趋势。调查区中部发育一条倾向30°左右北北东向垂向逆冲断裂,该断裂把向斜结构分成两部分,西部抬升,东部下沉,导致断裂西侧的煤层受到强烈剥蚀。研究区西缘贺兰山东麓断层、北黄河断层、南关大断层等构造运动的综合作用,导致研究区总体上向下凹陷,形成了一个相对独立的大断层,导致该区煤层埋藏深度增加^[3]。

2.2 地球物理特征

在贺兰山与黄河之间的狭长平原地带,地层沉积较为复杂,地质经历过多次构造变动。据区内测井资料分析,区内泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、细粒砂岩、中粒砂岩、粗粒砂岩、灰岩、煤层其视电阻率值和双侧向电阻率值依次增高,不同岩层具有不同的导电性,具有明显的电阻率差异。煤系地层有层状分布特点,煤层的密度、电阻率、声速都与围岩有着明显的差异,在横向上导电性相对均一,纵向上视电阻率的变化规律基本一致。

通讯作者: 王立虎(1975-),男,高级工程师,从事煤田地球物理工作。E-mail: 787173264@qq.com

3 CSAMT 调查实践过程

3.1 现场踏勘与布设

CSAMT作为一种高效地球物理勘探技术，可在地表布置电极并发送不同频率电磁波，结合电磁波的响应特征，对地下岩层电性分布进行探测。CSAMT具有探测深度大、分辨率高、工作效率高等特点，在地下资源调查中广泛应用。在正式开展调查之前，对该地区进行现场踏勘，明确地形地貌、地层结构以及潜在地质风险。基于踏勘结果，制定详细布设方案及参数选择，确定测线测点布置方式、发射频率选择等。在布设阶段，应结合现场踏勘实际情况，对电极阵列进行准确布置。选用电极材料，并对其进行固定处理，以便在测量过程中电极稳定性不受影响，不仅如此，还应对测量设备进行反复检查与校准，以保证保数据真实性与准确性。布置多条测线，保证间距合理且能够覆盖整个调查区域，对发射及接收参数合理控制，以确保电磁波可穿透到目标深度并获取到有用地质信息。在布设过程中，注重数据实时监控与质量控制，以保证所采集到数据信息的真实性与有效性。通过现场踏勘与布设工作的紧密结合，为CSAMT调查实践工作顺利开展提供了保障^[4]。

3.2 试验工作

本次进行了仪器性能、环境噪音、接收极距对比试验、低频发射电流对比试验等试验，主要目的是：通过对地电、地质、干扰等综合情况的综合分析，对不同的参数进行观测试验，并获取合适的施工参数，以确保后

期采集高质量的野外数据。

结合实际施工条件和以往工作经验，采用1号发射源收发 $r = 12.5\text{km}$ ；2号发射源最小收发距 $r = 7.08\text{km}$ ，最大收发距 $r = 12.90\text{km}$ ；通过接收极距 $MN = 50\text{m}$ 、 100m 的对比观测试验结果分析，采用接收极距 $MN = 100\text{m}$ 作为本次接收极距的施工参数；在保证仪器安全运行的条件下，通过对不同发射电流的试验，确定采用 15A 的发射电流作为本次发射电流的施工参数；结合理论和以往工作经验，采用 $F = 0.25 \sim 9600\text{Hz}$ （48个频点）作为本次发射频率（段）的施工参数；结合实际施工条件和以往工作经验，采用发射极距 $AB = 1.63$ 和 1.78km 作为本次 AB 极距的施工参数；

3.3 数据处理与反演

本次收集的物性资料只是岩性电阻率，地层电阻率数据没有统计，因为地层电阻率受到岩石组合、含水性、地层压力、岩石孔隙度等参数的综合影响，故而收集到的物性资料参考价值受到一定的局限。地质地球物理综合解释主要遵从地表到深部的基本解释原则，地表解译以地质调查成果为基础，深部电性结构的解译参考区内地层柱状图（确定地层层序）及毗邻地区钻井资料（确定地层厚度），地层空间展布形态主要参考电阻率等值线空间分布特征确定的线性边界空间展布特征。

3.4 综合解释结果

(1) D1线勘探成果地质地球物理综合解释

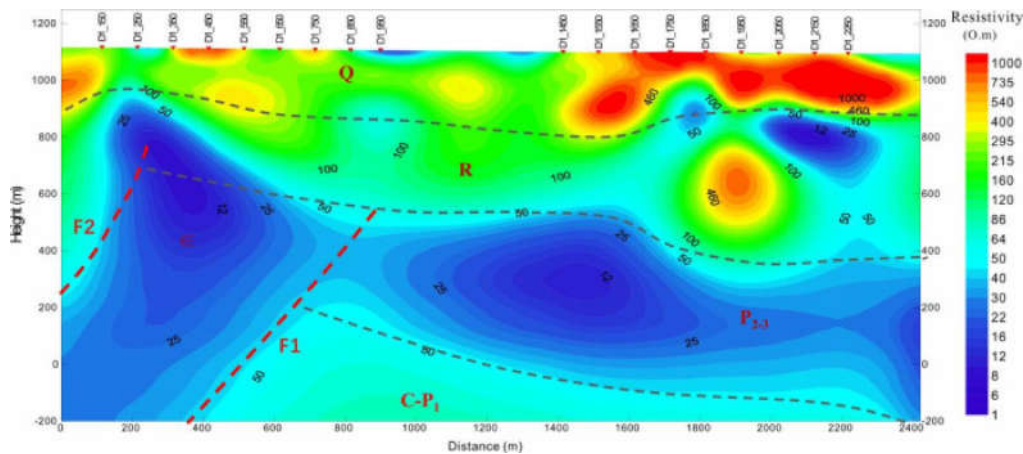


图1 D1线二维反演电阻率解释成果图

图1是调查区最南端D1线的二维反演电阻率解释结果，由图可知，电性结构在中间位置呈现为明显的层状结构特征，中间发育明显的低阻异常带。在横向里程800米左侧低阻异常带两侧，发育明显的电阻率梯度带，推测是断裂带的反映（分别定义为F1和F2）。F1断层左侧

呈现隆起状态，推测F1断层左侧的低阻异常带极有可能是寒武纪地层，隆起区可能由于剥蚀作用缺失石炭纪至二叠纪地层。F1断层右侧呈现为凹陷状态，地层层序比较齐全，电性结构总体呈现为高阻-中阻-低阻-中高阻异常的层状结构特征，推测第三低阻层可能是二叠纪中上

统地层，第三低阻层之下的中高阻地层可能是石炭纪至二叠纪下统地层，根据前期的地质调查成果，推测在石炭纪—二叠纪下统地层（C-P₁）与二叠纪中上统地层（P₂₋₃）的过渡带极有可能发育煤系地层，也有可能受到剥蚀作用而缺乏煤系地层，需要结合地质资料进一步落实^[5]。

(2) D2线勘探成果地质地球物理综合解释

如图2所示，D2剖面过已知钻孔参2。钻孔资料显示，在P_{2x}至C₂P_{1t}之间的过渡带上见到了煤层，二维反演结果很好地揭示了这一现象。从其反演结果可以看出，电性结构总体呈现为分层性特征，呈现为低阻-高阻—低阻—高阻的变化特征，第三系与第四系地层电阻率相对较低；低阻之下发育P_{2sj}地层，其反演电阻率相对较高，呈现为中高阻电阻率特征；中高阻层之下发育低阻地层，低阻地层之下发育高阻地层。该勘探成果为调查区的地质物理综合解释提供了一定依据。

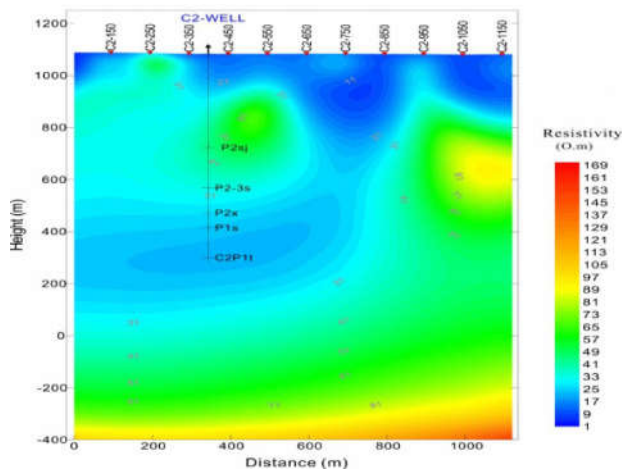


图2 D2线反演电阻率解释成果图

(3) 拟三维结果地质地球物理综合解释

从拟三维结果来看，贺兰山煤田落石滩地区的地下岩层电性分布呈现出明显的规律性。可对电磁响应异常区域与已知煤层和煤层气富集区对应关系进行明确，也表明CSAMT技术具有较强探测精度。不仅如此，电磁响应异常强度与煤层的厚度和赋存状态之间也存在的本质关联，为评估煤炭和煤层气资源潜力提供了评定依据。煤层和煤层气富集区的电性异常在模型中得到了准确反映，这对资源潜力评估提供了便利。且地下构造还存在断层、褶皱等特征，这对煤炭煤层气的赋存和运移具有重要影响。为了从空间上更好的分析调查区地层的展布特征，加强剖面之间的对比分析，绘制了由南至北四条可控源音频大地电磁剖面（D1、D2、D3、D4）的拟三维

显示图，如图3所示。

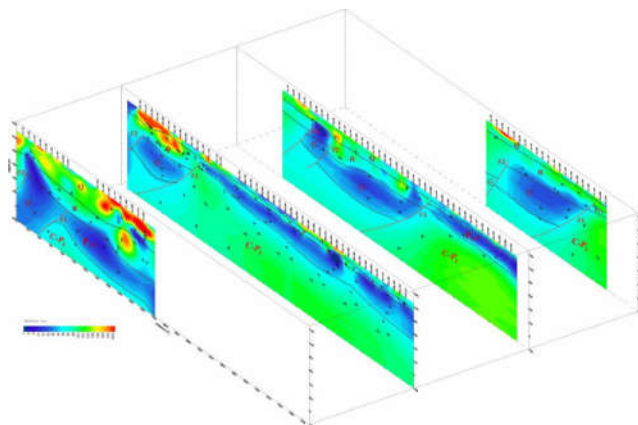


图3 反演成果拟三维显示图

由图3可以看出，四条剖面所揭示的深部电性结构基本一致，总体呈现为高阻-低阻-高阻的电性结构特征，以F1逆冲断裂带为界限，中间低阻层出现明显的错断。综合来看，F1逆冲断裂带左侧由于F1与F2、F3断层的作用，整体呈现隆起状态，可能发生过剥蚀，所以我们推测左侧石炭纪-三叠纪地层的缺失可能是由于隆起剥蚀所致。

4 结论

(1) CSAMT技术在该地区煤炭和煤层气资源调查中具有高精度、高效率等特征，可快速准确地获取地下岩层电性特征。

(2) 调查区地质构造整体呈现为复式向斜构造特征。初步推断调查区发育多条断层，构造较为复杂；

(3) 通过数据处理与电阻率反演剖面结果，基于地层电性和构造特征，推测调查区东北角大概率发育煤系地层。

参考文献

[1]李彬, 邱峰, 张晓洲等.二连盆地巴彦宝力格煤田伊敏组低煤阶煤层气成藏条件及有利区预测[J].大庆石油地质与开发, 2023, 42(04):20-29.
 [2]王瑶.浅析煤田地质勘查新旧规范的合理使用[J].内蒙古煤炭经济, 2023, (08):148-150.
 [3]王子源.煤炭与煤层气资源勘查技术体系对比研究[J].内蒙古煤炭经济, 2023, (07):175-177.
 [4]刘春, 孙贵, 陈伯年等.安徽省煤层气勘查开发进展与发展方向[J].安徽地质, 2022, 32(02):188-192.
 [5]杨明明, 杨亿, 张娜等.基于层次分析法的新疆煤层气田资源潜力评价[J].中国煤层气, 2022, 19(02):24-29.