

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.16

高远,董旭,申建平.大地电磁测深法在慈页 1 井定位中的应用[J].物探与化探,2017,41(4):689-693.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.16
Gao Y, Dong X, Shen J P. The application of magnetotelluric sounding method to locating of Ciye No. 1 well in the limestone area[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(4): 689-693. http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.16

大地电磁测深法在慈页 1 井定位中的应用

高远,董旭,申建平

(湖南省煤炭地质勘查院,湖南长沙 410014)

摘 要:在灰岩发育地区进行钻探作业时经常会遇到溶洞,给钻探带来不小的风险。为了减小钻探风险,可以采用探测深度大、对溶洞识别能力强的大地电磁测深法进行溶洞探测,确定钻孔的有利位置。本文以慈页 1 井的钻孔定位研究为例,通过在井场开展大地电磁测深工作,查明井场下方可能有溶洞发育的区域,最终确定了孔位的有利位置,在实际钻进过程中并未遇到溶洞发育段,说明通过大地电磁测深法布置的孔位合理,保证了钻探的安全施工。

关键词:大地电磁测深法;钻孔定位;慈页 1 井;溶洞;灰岩

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2017)04-0689-05

0 引言

钻探是一种非常重要的探矿手段,在地质勘查中发挥着举足轻重的作用。钻探分为地质钻探、水文水井钻探、工程勘察钻探、油气钻探等,其主要目的都是要揭穿目的层位或目标体,完成相应的地质任务。当在上覆地层为灰岩的地区进行钻探时,往往要考虑该地区的溶洞发育情况,当目标体不是溶洞时,孔位的布置应尽量避免避开溶洞发育区段,以保证钻探施工的安全进行。从地球物理的角度考虑,溶洞一般表现为低阻特性,而大地电磁测深法具有探测深度大、对低阻体的识别能力较强的特点,且大地电磁法理论研究较成熟^[1-8],经常用于金属矿勘查、构造调查、采空区探测、岩溶及地下水勘查等^[9-15],是一种非常有效的物探手段。因此,可以考虑在钻孔定位时采用大地电磁测深法对井场进行探测,查明井场可疑溶洞发育区,为钻探孔位确定有利位置。

1 项目概况

慈页 1 井位于湖南省张家界市慈利县附近,钻

探的目的是确定湘西北下寒武统牛蹄塘组的含气性,研究其页岩气形成条件及富集规律。

工作区及周缘大地构造位置上属于中扬子地块的江南断隆带(江南构造活化带),古生代时属中扬子地块,中生代属洞庭坳陷的一部分,同时也处于中扬子地块的湘鄂西冲断褶皱带和江南雪峰推覆隆起带的结合部。湘鄂西褶皱带的一级构造单元为云贵构造活化区,该区北东以天阳坪—监利断裂为界与江汉平原分隔,西北以齐岳山断裂为界与四川盆地相接,东南以慈利—保靖断裂为界与江南雪峰推覆隆起区相接。根据野外地质调查与区域地质资料,勘查区块基地为元古界板溪群浅变质岩,上覆盖层自下而上依次为震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系中上统、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系,局部覆盖第四系。

前期在工作区开展了大量的地质调查工作,并做了 4 条地震勘探剖面(两横两纵 D1、D2、L1、L2 线),以查明工作区牛蹄塘组的埋深情况及厚度,并初步选定井位位于 D2 线与 L1 线的交叉位置 1 号点位或 2 号点位,根据地震处理得出的层速度(见表 1),计算得出 1 号点位牛蹄塘组底界埋深在 2 800 m 左右,满足设计要求。且经过现场踏勘,发

收稿日期: 2016-07-22

基金项目: 湖南省科技计划项目(2015SK2058-1);湖南省煤田地质局科学研究计划项目(2016A10)

作者简介: 高远(1982-),男,工程师,硕士,毕业于中南大学,主要从事电法、测井的理论与应用研究。Email:gyuan998@163.com

岩、灰岩、泥灰岩、泥质灰岩、白云岩)进行了采样,对每种岩性分别采集 10 块岩石标本,测试其电阻率,统计结果见表 3。通过对岩石标本电阻率的测量,为后面的解释工作提供依据。

表 3 工区岩石标本电阻率统计结果

岩性	$\rho/(\Omega \cdot \text{m})$	
	范围	几何平均值
泥岩、页岩	57~482	321
灰岩	625~4540	2235
泥灰岩	478~3215	1811
泥质灰岩	353~2879	1655
白云岩	524~3105	1710

2.3 数据采集

在设计 的测点上开展天然场的 MT 电磁测深测量,采用张量测量,即同时测量 E_x 、 E_y 、 H_x 、 H_y 4 个相互正交的电磁场分量。

电极的布置技术:共用 4 个电极,每 2 个电极组成一个电偶极子,为了便于对比监视电场信号,其长度都为 20 m。为保证 Y-Dipole 电偶极子的方向与 X-Dipole 相互垂直,用罗盘仪确定方向,误差不超过 $\pm 1^\circ$;电偶极子的长度用测绳测量,误差在 ± 0.5 m 内。

磁棒布置技术:磁棒离仪器大于 10 m,用地质罗盘定方向使其相互垂直,误差控制在 $\pm 2^\circ$ 以内且保持水平。所有的工作人员离开磁棒至少 10 m,在远离房屋、电缆、大树的地方布置磁棒。

为了获得低频数据,增加采样时间,单点采样时间大于 30 min。考虑到该井的设计深度为 2 800 m,工作频率选择 0.1 Hz~56 kHz。

2.4 数据反演

大地电磁数据反演本身是一个非线性问题,非线性反演方法较多,如遗传算法、蒙特卡洛法、人工神经网络法、模拟退火法等,但是由于计算能力的制约,目前在大地电磁高维反演中还没有得到实际应用,而线性或拟线性反演技术在大地电磁高维反演中依然占据着统治地位^[12]。当前主流的二维反演算法有快速松弛反演(RRI)、奥克姆反演(OC-CAM)、共轭梯度反演(NLCG)等。RRI 法反演速度很快,但效果一般;OCCAM 反演过程稳定,结果可信度高,但速度很慢;NLCG 既有较快的反演速度,又有较好的稳定性和可靠性,是当前应用最多的反演算法。2013 年,叶涛、陈小斌等^[5]通过模型对比 NLCG 和 OCCAM 的反演结果,证明 NLCG 反演结果优于 OCCAM 数据

本次资料处理中采用博斯蒂克(Bostick)反演进行一维反演,Bostick 反演结果作为二维反演的初始模型,然后采用 NLCG 算法进行二维反演解释。

3 探测结果

4 条大地电磁测深剖面的反演解释结果见图 2。经过岩石样本测试(见表 3)可知,完整灰岩电阻率大于 $1\,800\,\Omega \cdot \text{m}$,白云岩、泥灰岩、泥质灰岩相对较低,泥岩、页岩电阻率更低,因此推测图 2 中相对低阻的灰岩层为岩溶发育区或低阻体夹层,累计解释出 4 处异常区域。

1 号异常位于 25 线与 27 线,标高-130~-185 m 处,地形较为平缓,地表多为挖掘平台,浅部岩石强烈风化。结合区域地质资料,本段基岩以页岩为主。反演电阻率断面显示浅层电阻率普遍较低,表明岩石强烈风化、破碎;中部以高阻为背景(灰岩电性反映),局部呈低阻凹陷、低阻团块,表明围岩破碎、岩溶发育。如图 2 中黑色线圈所示,为低阻凹陷区、低阻团块区,推测为节理裂隙、岩溶发育区,围岩破碎、含水。由于是在浅部发育,对深孔施工影响不大,但不排除施工过程中发生次级灾害。

2 号异常位于 23 线、25 线、27 线、29 线,标高-400~-450 m 处,呈低阻凹陷,在 25 线贯穿整条测线,向东西两侧规模减小;电阻率偏低,与上下侧电性存在明显差异,推测是顺层发育岩溶,可能增加钻井施工难度,需在施工过程中引起注意。

3 号异常区位于 23 线、25 线及 27 线,标高-750~-780 m;4 号异常区位于 25 线 100~380 号点,标高-550~-610 m。这 2 个异常区均呈层状特征,电阻率偏低,与上下侧电性存在差异,推测可能是顺层发育的岩溶,也可能是泥岩、页岩等低阻地层的反映。需在施工过程中引起注意。

通过推断解释,最后划分出一个建议区作为慈页 1 井的最终孔位区域(图 3)。建议区域内电阻率较高,低阻异常规模和幅度较小,推测岩溶不发育,岩体完整,为井场及附近风险较低的区域。

根据大地电磁测深法给出的钻孔建议区域,结合实际地面及地质情况,钻孔位置最终确定在 27 线 300 号测点位置附近,比原计划孔位往北偏东方向偏移了 20 多米。由于钻探目的层为深部的牛蹄塘组,牛蹄塘组产状平缓,钻孔挪动这一距离对钻探目的及结果几乎无影响。

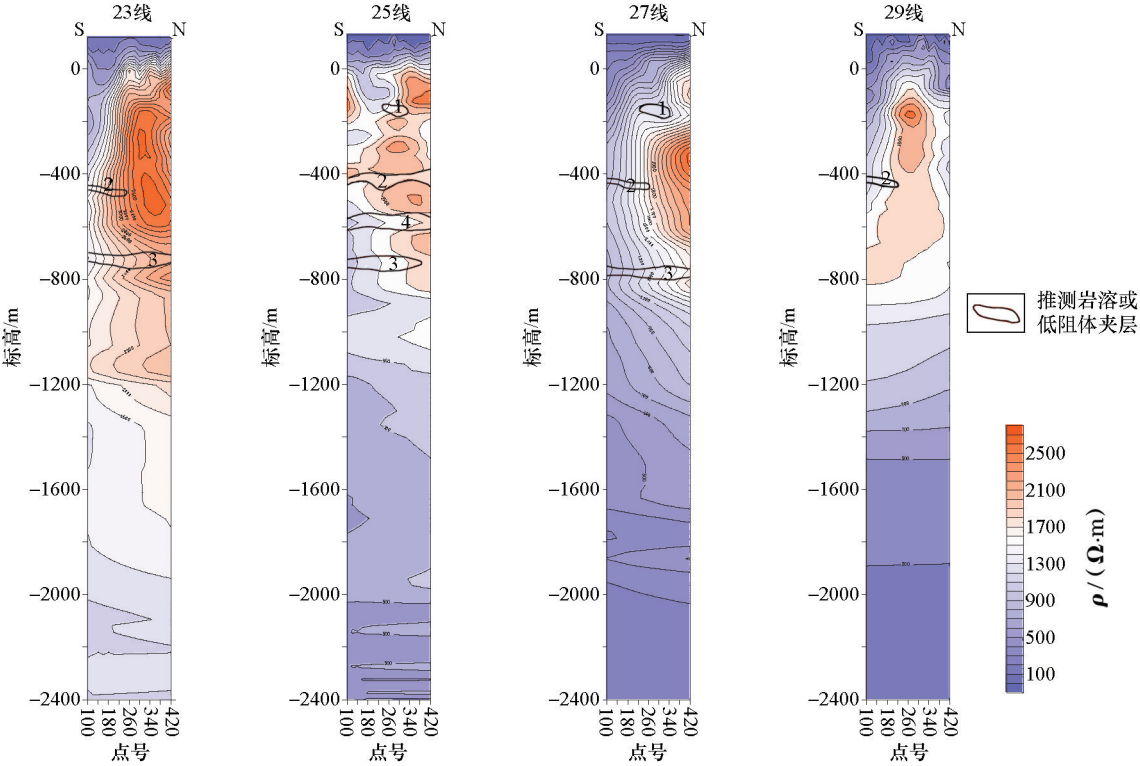


图 2 大地电磁测深法探测结果

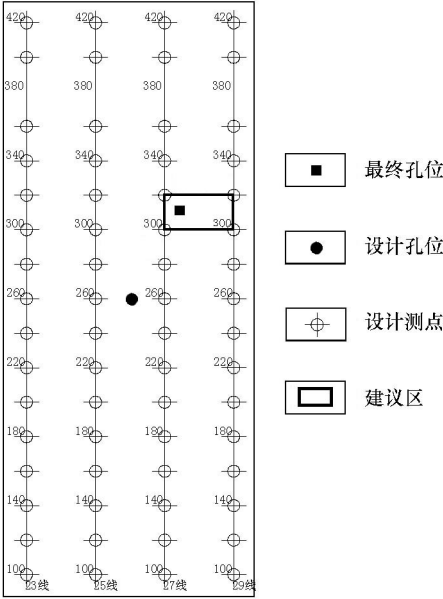


图 3 慈页 1 井最终孔位示意

实际钻进过程中并未遇到溶洞或溶蚀孔洞发育区,揭露的牛蹄塘组底部埋深为 2 747 m,与设计地层 2 780 m 较接近,钻遇牛蹄塘组黑色页岩层 8 层/81 m,解析含气量最高达 0.95 m³/t,可见牛蹄塘组黑色页岩较发育,含气量可观。

4 结论

通过在灰岩地区开展大地电磁测深工作,查明了地下岩溶、破碎带、富水区域等的空间分布,查明了井场范围内不利于开井的存在因素,为后续的钻井工作提供了可靠依据,保障了后续钻探工作的顺利进行。在大地电磁测深法的辅助下,慈页 1 井的钻探工作顺利完成。因此,在灰岩地区开展钻探工作前,布置一定的大地电磁测深法工作来查明地下岩溶发育情况是有必要的,能够为钻探孔位的确定提供更有利的区域。

参考文献:

[1] 陈乐寿,刘任,王天生,等. 大地电磁测深资料处理与解释[M].北京:石油工业出版社,1982.

[2] 汤井田,刘子杰,刘峰屹,等. 音频大地电磁测深法强干扰压制实验研究[J].地球物理学报,2015,58(12):4634-4647.

[3] 仇根根,张小博,裴发根,等. 大地电磁测深反演技术有效性对比试验[J].物探与化探,2015,39(1):118-124.

[4] 肖调杰,王赞,宋滔,等.大地电磁测深法的理论探测深度[J].地球物理学进展,2015,30(5):2100-2106.

[5] 叶涛,陈小斌,严良俊,等.大地电磁资料精细处理和二维反演解释技术研究[J].地球物理学报,2013,55(10):3596-3606.

[6] 熊斌,罗天涯,蔡红柱,等. 起伏地下大地电磁二维反演[J].物探与化探,2016,40(3):587-593.

[7] 席振铎,冯万杰,李瑞雪,等. 低阻覆盖层对高频大地电磁测深的影响[J].物探与化探,2011,47(4):673-678.

[8] 蔡剑华,李晋.基于频率域小波去噪的大地电磁信号工频干扰处理[J].地质与勘探,2015,51(2):353-359.

[9] 陈玉玲,甘伏平,卢呈杰,等.裸露岩溶区地下河管道综合地球物理方法探测研究[J].地球物理学进展,2013,28(3):1608-1616.

[10] 闫永利,马晓冰,袁国平,等.大地电磁测深法在阿苏卫填埋场地下水污染检测的应用研究[J].地球物理学报,2007,50(6):1863-1868.

[11] 陈玉玲,韩凯,陈贻详,等.可控源音频大地电磁测深法在岩溶塌陷勘察中的应用[J].地球物理学进展,2015,30(6):2616-2622.

[12] 赵虎,王玲辉,李瑞.大地电磁测深法在高原特长隧道勘查中应用研究[J].地球物理学进展,2014,29(5):2472-2478.

[13] 姜国庆,贾春梅,谭强,等.频率域电磁法在煤矿采空区调查中的应用[J].物探与化探,2015,39(3):646-650.

[14] 谭红艳,吕俊超,刘桂香,等.EH4 音频大地电磁测深方法在鄂东南地区寻找隐伏矿体的应用[J].地质与勘探,2011,47(6):1133-1141.

[15] 田占峰,毛星,罗旭,等.音频大地电磁测深法在电性结构研究中的应用——以庐庐断裂带宿迁段为例[J].物探与化探,2016,40(4):732-736.

The application of magnetotelluric sounding method to locating of Ciye No. 1 well in the limestone area

GAO Yuan,DONG Xu, SHEN Jian-Ping

(Coal Geological Exploration Institute of Hunan Province, Changsha 410014, China)

Abstract: Drilling in limestone areas often meets karst caves, which may be a big risk. For the purpose of reducing the risk, the magnetotelluric sounding method can be used to detect the karst cave so as to determine the right drilling location. This paper describes the selection of right location of Ciye No. 1 well. By conducting magnetotelluric sounding in the well site, the area containing karst cave under the well site can be detected. Ciye No. 1 well was placed in the area without karst cave, and hence it doesn't meet karst cave during drilling. So, the place of Ciye No. 1 well selected by magnetotelluric sounding is right. The right place ensures the safety of the drilling.

Key words: magnetotelluric sounding; drilling location; Ciye No. 1 well;karst cave; limestone

(本文编辑:沈效群)