我国瞬变电磁法应用综述

陈载林[1]，黄临平[2]，陈玉梁[3]

(1. 云南国土资源职业学院，云南 昆明 650217；2. 东华理工大学核工程技术学院，
江西 抚州 344000；3. 核工业 280 研究所，四川 广汉 618300)

[摘要] 总结了瞬变电磁法勘探在各个行业的应用情况，为瞬变电磁法开辟新的应用领域提供参考。

[关键词] 瞬变电磁法；应用领域；新进展

[文章编号] 1000-0658(2010)01-0052-04 [中图分类号] P619.14；P631.3+.25 [文献标识码] C

瞬变电磁法（TEM）属于时间域电磁法，它利用不接地回线或接地线源向地下发送电磁脉冲，在一次电磁场的激励下，地下导体内部产生感应涡旋电流。在一次脉冲电磁场的间隙期间，涡流电流产生的二次磁场不会随一次场消失而立即消失，即有一个瞬变过程，利用线圈或接地电极观测二次磁场，研究其与时间的变化关系，从而确定地下导体的电性分布结构及空间形态[1,2]。随着仪器、理论方法及数据处理手段的进步，瞬变电磁法由于其探测深度大，施工效率高，能够在某些特殊条件下（水面、巷道等）施工，应用范围越来越广。

1 应用领域

瞬变电磁法被看作是一种很有前景的物探方法。通过对现有应用资料的分析，开辟其应用新领域很有必要。

1.1 地质矿产行业的应用

利用瞬变电磁法寻找矿产资源由来已久，瞬变电磁法一直都是寻找金属矿产的重要手段[1,2]。张林[3]用小回线瞬变电磁测深勘查铝土矿作了试验，张晓永[4]应用瞬变电磁法预测研究中深部铝土矿，陈贵生[5]探讨瞬变电磁法在金属矿产勘查中的应用效果及存在问题，叶敏生等[6]研究用瞬变电磁法勘查内蒙古元山子镍矿，金中国[7]用瞬变电磁法勘查黔西北猫猫厂铅锌矿等。

贺建国等[8]用瞬变电磁测深进行区调评价砂岩型铀矿区，认为通过瞬变电磁测深资料的研究，有利于判断地下水动力条件及铀矿化的成矿有利区，同时大范围的电磁测深工作有利于区调选区工作的进行，可达到缩小靶区、提供钻探设计依据的目的；方根显等[9]在古河道砂岩型铀矿探测一文中通过电性的横向变化判断古河道位置取得了一定的效果；赵希刚等[10]在红柳园地区铀矿勘查一文中查明了找矿目的层的地层结构、埋深、厚度及空间展布特征，解释了断裂构造。

1.2 石油行业中的应用

在石油行业中，地震勘探是其他物探方

[收稿日期] 2008-04-28 [改回日期] 2009-08-10

[作者简介] 陈载林（1983-），男，2009 年毕业于东华理工大学，获硕士学位。E-mail: czl2002haoa@yahoo.com.cn

法不可以取代的。但在地震勘探难以解决的地方，如在碳酸岩等覆盖地区，地震波向下传播困难，电磁法勘探可能达到意想不到的效果，然而目前大多停留在理论研究阶段。

张胜业等[11]通过设计水合物的模型，编写程序来计算瞬变响应，结果表明海洋勘探天然气水合物的方法是可行的。

吴克峰等[12]采用基于张量格林函数的体积分方程进行四维模型瞬变电磁响应的正演研究，首先论述了四维瞬变电磁法模拟的可行性及程序实现，然后分别设计了两个三维异常体模型（水藏、油藏），采用两种观测方式（激发与接收平行、激发与接收垂直）进行正演模拟计算，并对所得的二次总场的数据进行了分析。

赵峰等[13]在准噶尔盆地南缘采用瞬变电磁法通过连续观测，获得地震勘探区地表及近地表结构的电性剖面，利用岩性与电性的关系，建立地表及近地表的地质模型。在此基础上，有目的地部署地震微测井或小折射控制点以获取相应的深度、速度数据，从而建立地表及近地表速度- 深度模型，可以求取准确的静校正量。这种以表层地质模型为基础建立的地球物理速度- 深度模型，其静校正量的求取具有唯一性。

唐新功等[14]采用基于张量格林函数的体积分方程对层状地层中一个油藏的动态变化过程进行瞬变电磁响应的正演模拟。首先在频率域内计算电磁分量的频率域响应，然后利用快速数字滤波技术将计算结果转换到时间域。模型计算结果表明，当油藏厚度逐渐变薄时，在电场和磁场二次场分量图形上可以得到清晰的反映，这表明用瞬变电磁法对油藏进行动态检测是可行的。

黄力军等[15]以在江苏油田的应用为例，介绍了电性源瞬变电磁法在油气田上的应用效果。

1l 3　煤矿行业中的应用

瞬变电磁法在煤矿行业中应用相对较多，较之其他行业，无论是理论研究还是实际应用都走在最前面。应用于寻找煤矿采空区、煤矿巷道掘进头的连续跟踪超前探测、探测煤层水、防治煤层水等。可以说瞬变电磁法是保障煤矿安全的一种手段，对减少煤矿安全事故有积极作用。在这个方面，中国矿业大学一直走在前面，并形成了完整的理论体系。

在采空区探测的应用方面，李金花[16]通过采用地震和瞬变电磁法（美国的GDP32-Ò型电法工作站）探测煤矿采空区，为煤矿集团厂房提供选址依据；成剑文等[17]采用ATEM - II瞬变电磁仪成功探测出位于怀仁县西北部中低山区的王卞庄的煤矿采空区；张开元等[18]等采用加拿大PROTEM 67D瞬变电磁勘探系统探测山东新汶某煤矿西边界老窑采空区和河北某镇采空区，都取得了很好的效果。

煤田水防治与勘探是瞬变电磁法的重要应用方面。例如：山东省七五煤矿的傅佩河，新光集团有限公司昭阳煤矿的倪良高，皖北煤电集团有限公司祁东煤矿地测科的易德礼，安徽煤田地质局物探测量队的吴有信，河南省煤田地质局物探测量队的张运霞、周韬、周建雄，中国矿业大学的刘树才，中国地质大学的刘金涛，中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所的黄力军等，都抓住了瞬变电磁法对低阻目标体敏感的特征开展工作，在煤层水、顶板水防治，煤矿采区水文勘探方面取得了较好的效果。

在超前探测方面，即解决构造破碎带、裂隙发育区、岩溶、陷落柱等富水区（体）的水问题。郭纯等[19]在掘进巷道50 m以后进行一次跟踪探测，表明采用该技术可有效地预测煤矿巷道掘进头前方30~ 50 m范围的富水异常；长安大学地质工程与测绘工程学院的李貅[20]，河北省煤田地质局第二水文地质队的张纪勋、范志平，平煤集团天安香山矿的麻新堂等也从事了这方面的工作。

王惠亮[21]应用瞬变电磁法探测煤层风氧化带有创新性。由于煤层被风氧化后，煤层的含水性、胶结性等变化很大，总体导电能

力下降，煤层变为高阻体，因此在多测道电压剖面曲线图上，风氧化带相对于正常煤层表现为低电压。

1.4　工程物探中的应用

瞬变电磁法在工程物探的应用方面较多，涉及面广，包括公路、铁路、水利、码头、城市建设。主要探测工程地质中的不良地质体(溶洞、空洞、地裂隙、地下采空区、断层、地质灾害调查)，在隧道建设中用于探测顶板水或者对隧道掘进方向进行超前地质预报，并根据瞬变电磁法对低阻敏感的特性进行工程质量检测。

在解决工程地质问题方面，西安交通大学的薛国强[22]从事瞬变电磁法研究多年，瞬变电磁法探测公路隧道工程中的不良地质构造的测量结果给公路设计提供重要的参考，也为应用瞬变电磁法在不良地质体及在地形复杂地区进行工程地质勘察积累了经验[23]；在公路地质勘察中采用了有效的观测装置，结合二维地电模型正演计算结果，对资料做出解释，查明了地下溶洞的赋存状态，探测成果得到了钻孔资料的验证[24]；对灰岩溶洞采用大回线源瞬变电磁法在指定场地进行了探测，并采用线性数字滤波技术进行正演模拟，用改进的阻尼最小二乘可行方向法对资料进行反演计算，查出地下灰岩溶洞的赋存位置[25]。其他学者也从事了这方面的工作，像郭文波、朱正国、陈清礼、嵇艳鞠、龚惠民等。

工程物探超前预测的基本原理与煤矿相同，王亚琼[26]、李貅[20]等做了实际工作，也取得了良好的应用效果。

工程质量检测是一个比较新的应用领域，黄桂柏[27]通过试验表明在没有杂散电流干扰的较理想情况下，瞬变电磁法对埋地钢质管道腐蚀检测结果与管体腐蚀的实际情况基本一致，对科学地指导油田埋地管道大修具有重要意义。高永才[28]对瞬变电磁法金属管道腐蚀检测模型进行了理论分析，董延朋[29]采用瞬变电磁法对地下隐蔽工程质量检测取得了良好的效果，徐善杰[30]利用瞬变电磁法检测桩基础钢筋笼长度等开辟了应用新领域。

2　结　论

对大量有关文献的调研、整理和归类表明，瞬变电磁法的应用范围越来越广。它因轻便和相对直流电法能够穿透高阻屏蔽层等优点而被大力推广。

如今，随着全球能源的紧张与我国发展核电事业的需要，如何利用瞬变电磁法勘探铀矿值得研究，就目前现有的资料看，寻找与铀矿密切相关的构造和电性层是关键。

[参考文献]

[1] 蒋邦远. 实用近区磁源瞬变电磁法勘探 [M]. 北京：地质出版社，1998. 1~ 10.

[2] 牛之琏. 时间域电磁法原理 [M]. 长沙：中南工业大学出版社，1992. 1~ 10.

[3] 张　林. 小回线瞬变电磁测深勘查铝土矿试验 [J]. 物探与化探，2007，31(2)：124~ 128.

[4] 张晓永. 瞬变电磁法的中深部铝土矿预测研究 [J]. 工程地球物理学报，2005，2(2)：145~ 148.

[5] 陈贵生. 瞬变电磁法在金属矿产勘查上的应用效果及存在问题探讨 [J]. 矿产与地质，2006，20(4- 5)：543~ 547.

[6] 叶敏生，张　云. 瞬变电磁法在内蒙古元山子镍矿勘查中的应用研究 [J]. 宁夏工程技术，2007，6(1)：54~ 56.

[7] 金中国，邹　林，赵俭文. 瞬变电磁法在黔西北猫猫厂铅锌矿区找矿中的应用 [J]. 地质与勘探，2002，38(6)：48~ 50.

[8] 贺建国，邓小卫. 瞬变电磁测深在砂岩型铀矿区调评价中的应用 [J]. 地质与勘探，2003，39(10)：14~ 20.

[9] 方根显，杨建春，杨亚新. 瞬变电磁法在古河道型砂岩铀矿找矿中的应用 [J]. 华东地质学院学报，2003，26(4)：361~ 363.

[10] 赵希刚，贺建国，赵翠萍. 瞬变电磁法在红柳园地区铀矿勘查中的应用效果 [J]. 铀矿地质，2009，25(4)：228~ 252.

[11] 张胜业，杨海霞，罗延钟. 天然气水合物瞬变

电磁响应研究[J]1 石油地球物理勘探, 2004, 39(增刊): 62~65.
[12] 吴克峰, 樊建华1 四维瞬变电磁法油藏监测正演模拟[J]1 内蒙古石油化工, 2006, (5): 179~181.
[13] 赵　峰, 李献民, 宋　阳, 等1 瞬变电磁法在准噶尔盆地南缘静校正中的应用[J]1 新疆石油地质, 2007, 28(2): 222~225.
[14] 唐新功, 胡文宝, 严良俊, 等1 瞬变电磁法油藏动态检测模拟[J]1 石油物探, 2004, 43(2): 192~195.
[15] 黄力军, 陆桂福, 刘瑞德1 电性源瞬变电磁法在油田上的应用研究[J]1 物探与化探, 2005, 28(8): 316~318.
[16] 李金花1 地震和瞬变电磁勘探法在煤矿采空区的应用[J]1 山西建筑, 2006, 32(9): 82~83.
[17] 成剑文, 刘鸿福, 刘艳华, 等1 瞬变电磁法在划定煤矿采空区中的应用[J]1 科技情报开发与经济, 2007, 17(9): 140~141.
[18] 张开元, 韩自豪, 周　韬1 瞬变电磁法在探测煤矿采空区中的应用[J]1 工程地球物理学报, 2007, 4(4): 341~344.
[19] 郭　纯, 刘白宙, 白登海1 地下全空间瞬变电磁技术在煤矿巷道掘进头的连续跟踪超前探测[J]1 地震地质, 2006, 28(3): 456~462.
[20] 李　貅, 武军杰, 曹大明, 等1 一种隧道水体不良地质体超前地质预报方法)))瞬变电磁法[J]1 工程勘察, 2006, (3): 70~75.
[21] 王惠亮1 应用瞬变电磁法探测煤层风氧化带[J]1 采矿技术, 2004, 4(2): 61~62.
[22] 薛国强1 论瞬变电磁测深法的探测深度[J]1 石油地球物理勘探, 2004, 39(5): 576.
[23] 薛国强, 宋建平, 武军杰, 等1 瞬变电磁法探测公路隧道工程中的不良地质构造[J]1 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(4): 73~79.
[24] 薛国强, 李　勇, 杨静东1 瞬变电磁法在公路地质勘察中的应用[J]1 石油仪器, 2006, 20(2): 41~43.
[25] 薛国强, 宋建平, 马　宇, 等1 用瞬变电磁法探测灰岩溶洞[J]1 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(2): 50~53.
[26] 王亚琼, 卢正伟, 王　军1 瞬变电磁法在隧道地质超前预报中的应用研究[J]1 公路交通科技, 2007, (8): 160~163.
[27] 黄桂柏1 瞬变电磁法在埋地钢质管道腐蚀检测中的应用[J]1 石油化工腐蚀与防护, 2001, 18(4): 39~42.
[28] 高永才, 李永年, 王绪本, 等1 瞬变电磁法金属管道腐蚀检测理论初探[J]1 物探化探计算技术, 2005, 27(1): 29~33.
[29] 董延朋, 万　海1 瞬变电磁法在地下隐蔽工程质量检测中的应用[J]1 质量论坛, 2006, (1): 39~67.
[30] 徐善杰1 利用瞬变电磁法检测桩基础钢筋笼长度[J]1 治淮, 2006, (5): 33.

A review on TEM application in China

CHEN Zai2lin[1], HUANG Lin2ping[2], CHEN Yu2liang[3]

(1l Yunnan State Land Resource Vocational College, Kunming, Yunnan 650217, China; 2l School of Nuclear Engineering and Technology, East China Institute of Technology, Fuzhou, Jiangxi 344000, China; 3l Research Institute No1 280, CNNC, Guanghan, Sichuan 618300, China)

Abstract: Working principle and steps are elaborated at first, and then its application in coal bed detection is illustrated with a case1 Through comparing the detected location to that of weatherring belt by air in the excavation roadway, the detecting result by TEM is proved be able to instruct the coal production under stable and full coal bed conditon1

Key words: TEM; application field; progress