

# 电磁感应土地测量技术及其在农业领域的应用

刘广明<sup>1</sup> 杨劲松<sup>1</sup> 鞠茂森<sup>2</sup> 聂杰<sup>2</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008; 2 江苏省水利厅 南京 210024)

**摘 要** 本文系统地介绍了电磁感应土地测量技术。对其工作原理,基本架构,可能的农业领域应用以及该技术的特点进行了较为详尽的阐述。这对于提高我国农业领域的高新技术含量,促进我国农业的快速发展具有较为深远的意义。

**关键词** 电磁感应;新技术;应用

**中图分类号** S129

采集土壤样品后进行实验室分析并进行数据整理,是获得田间尺度上土壤信息的传统方法。这种方法不可避免地具有比较费时、需要较多人力、物力等局限性,这决定了人们不可能较大密度地采集分析土壤样品,从而人们通过这种方法仅能得到较为粗略的土壤信息。人们根据由传统方法获得的信息绘制出土壤图,并且推论出土壤的空间组成、土壤环境条件等外延信息。由于这些土壤图本身准确度等条件的限制,人们利用这些土壤图解释土壤状况或进行可能的土壤管理将可能产生明显的误差。此外,进行诸如土壤盐化程度评价、灌(排)水效率确定等较为特殊的调查,还需要具备更为详尽的定量化的土壤信息,以便人们能够获得开展土壤盐化管理及解决相关问题的必要信息。可见,农业领域已经迫切需要具有更高精度、可快速进行、适用于大田操作的实用土地质量测量技术。

电磁(EM)感应装置可以直接测定土壤电导率( $EC_a$ )。土壤电导率通常受土壤盐分、土壤水分、土壤孔隙性能、土壤颗粒组成以及土壤温度等因数的影响。在应用电磁感应技术进行土壤质量调查时,首先要选择典型土壤剖面进行分层采集土样,同时应用电磁感应仪进行土壤电导率测定;分析获得了所采集土样的各有关性质数据,并对土壤电导率的大小及其分布进行对比分析处理后,判定出特定土壤分布区域中电磁感应仪的实际有效测定深度,建立土壤电导率分别与该深度范围内各土壤性质之间的关系。此后,利用电磁感应土地测量技术可以快速地对所关心因数的空间分布状况进行测定。现在该技术已经被成功应用于测定多种土壤系数及土壤

性质,如土壤盐分<sup>[1,2]</sup>,土壤粘粒含量<sup>[3]</sup>,粘土层埋深<sup>[4]</sup>,土壤养分<sup>[5]</sup>,及土壤水分<sup>[6,7]</sup>。为了进一步提高数据采集的效率,人们利用由全球定位系统和EM装置组合而成的移动式电磁感应系统(MESS)进行土壤性质测定<sup>[8]</sup>。该项技术的引进及其推广应用,对于提高我国农业领域的科技含量,促进农业的快速发展将具有非常明显的现实意义。

## 1 电磁感应土地测量技术的基本原理

电磁感应设备具有信号发射及信号接收两个端子(见图1)。二者之间相隔一定距离 $S$ 。信号发射端子以具有特定频率的交流电为动力。工作时,首先信号发射端子产生磁场强度随大地深度的增加逐渐减弱的磁场-原生磁场<sup>[5]</sup>。原生磁场是随时间变化而动态变化的,因此该磁场使得大地中出现了非常微弱的交流感应电流。这种电流又导致大地中产生了次生磁场。信号接收端子既接收原生磁场信息又接收次生磁场信息。

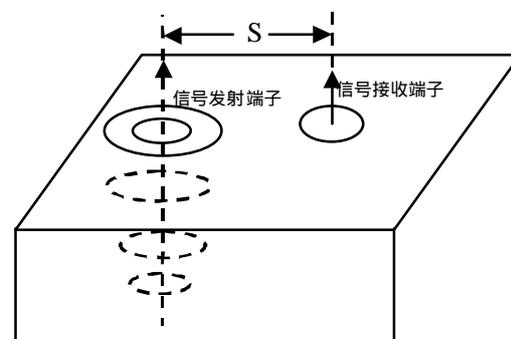


图1 电磁感应技术原理示意图

Fig. 1 Sketch map of electromagnetic sensors

通常，次生磁场是两端子间距  $S$ 、交流电频率及大地电导率的复杂函数；次生磁场也是这些变量的函数。大地电导率就是根据信号接收端子获得的原生、次生磁场强度的相对大小关系得到的。次生磁场强度、原生磁场强度的比值与大地电导率呈线性关系，可表示为：

$$EC_a = 4(H_s/H_p) / (\mu_0 S^2)$$

其中： $H_s$ ，信号接收端子处次生磁场强度；

$H_p$ ，信号接收端子处原生磁场强度；

$\mu_0$ ，空间磁场传导系数；

$f$ ，交流电频率(Hz)；

$\mu$ ， $2\delta f$ ；

$EC_a$ ，大地电导率 (mS/m)；

$S$ ，信号发射端子与接收端子的间距 (m)；

特殊的工作原理决定了电磁感应设备不需要与大地接触就可以测量大地电导率，这就使得这些设备不需要配备任何探针，并且仅需要很少的电缆线。于是，利用这类设备进行大地电导率调查，可以大大缩短所需时间，工作效率明显提高。用传统电极法进行大地电导率测定，其测量结果对电极附近的不规则物质的反应将非常敏感；而用电磁感应设备进行大地电导率测定时，设备自动对其测量范围内的大地电导率进行平均。因此，电磁感应设备可以显著提高测定结果的精度(如 EM38 的测量精度可达  $\pm 5\%$ )，这也使得电磁感应技术替代传统的测定方法成为可能。

## 2 移动式电磁感应土地测量技术系统的基本架构

移动式电磁感应土地测量技术系统是从澳大利亚引入我国的，价格较为昂贵。该技术系统操作方便，可以节省大量人力物力，效率比较高，并且结构不是非常复杂。本技术系统的基本架构包括：

电磁感应仪 包括 EM31，EM38 两种，分别有水平及垂直两种操作模式(见表 1)。用于直接测读大地电导率。

表 1 电磁感应仪特征参数

Table 1 Characteristic parameters of electromagnetic sensors

电磁感应仪	设备总长(m)	有效测量深度 (m)	
		水平模式	垂直模式
EM38	1.0	0.75	1.5
EM31	3.7	3.0	6.0

**DGPS** 差分 GPS，可处理差分信号从而达到更高测量精度，用于实时收集地理位置信息进行精确定位，并可以暂时存储测得的电导率资料。一

般情况下测量精度达 1~2m，最佳状态下可达 0.5m。

GIS 数据分析及规划软件 用于测量数据的管理、信息解译和分析处理，以及土地利用规划分析等。

机械牵引、传动及连接装置 包括 25 马力牵引机 1 台，用作外部牵引动力；液压传动装置，用于调整电磁感应仪的位置；PVC 支架及其余一些附属部件，用于联接、固定和调整各种设备。

## 3 电磁感应土地测量技术在农业领域的主要应用

电磁感应土地测量技术适用深度范围为 0~6m，可用于测定土壤盐分状况及其剖面分布，以及土壤水分、土壤质地、孔隙性能、地下水位及其矿化度等多种土壤性质参数。目前，该技术在农业领域得到了较为广泛的应用，主要可应用于以下几个方面：

(1) 通过调查盐渍土壤盐分空间分布状况及确认盐分来源，进行土壤盐渍程度判定及趋势评估，合理选择耐盐物种及其耕作制度，土地灌溉适宜性评估及灌溉井布局的确定，以及进行盐渍土地总体利用规划及管理。

(2) 进行基于土壤盐渍性能的地力及相应土地税收等级评定，为决策部门提供决策依据；对于层状土壤地区，能够确定达到预定产量所需的某种养分增量。

(3) 通过评价洪水过后泥沙的淤积量对洪水灾害进行评估，并且可以对坝体的安全性能进行鉴定。

(4) 确定土壤水分、孔隙度、机械组成、阳离子交换量、地下水位及其矿化度等土壤性质参数，为土壤修复及土地利用管理提供可靠的理论依据。

## 4 电磁感应土地测量技术的特点

### 4.1 快速

应用移动式电磁感应土地测量技术对土壤质量进行调查，可以非常迅速地获得所需信息。以田间调查行距 30m、间距 5m 为例，每天可以调查数百公顷，这较用常规调查方法、采用相同的调查密度对土壤质量进行调查的速度快 100 倍以上。

### 4.2 良好的实时性及重现性

应用该项技术可以在进行调查土壤质量时实时地收集地理位置信息、土壤质量信息，并且两者是完全一一对应的。这就充分保证了调查资料的重现

性。此外,该项技术在国外已经经历了大量实际应用实例的检验,目前已经比较成熟。

#### 4.3 可获得更多的信息

与传统土壤质量调查方法相比,应用电磁感应土地测量技术可以获得更多的土壤质量信息。比如采用取样调查的方法进行土壤调查,很难保证较大量取样的原位质量信息,这无疑影响了调查结果的实用性能;而应用电磁感应土地测量技术进行时,由于不需要大量采集土壤样品,就可以充分反映原位土壤质量信息,因此可以获得更多更好的土壤质量信息。与应用航片、卫片信息解译的方法相比较,电磁感应土地测量技术也具有明显的优点。航片、卫片可以较好地反映表层土壤的质量信息,但是却无法表达出特定深度土壤的质量信息,或者剖面上土壤质量分布规律。应用电磁感应土地测量技术则可以很容易地获取这些信息。

#### 4.4 投资少

运用电磁感应土地测量技术进行土壤质量调查,也许前期用于购买设备的支出较多,但是对于具备了这些设备后可以长期、多次利用而言,投资是很低的。在进行土壤质量调查时,只需要很少的人员,一般2人即可进行较大规模的土壤质量调查。这与传统的土壤质量调查方法相比,无疑节省了大量的人力、物力。

#### 4.5 可进行三维立体分析

应用专业分析软件 OASIS 及其它 GIS 软件,可以对所获得信息进行三维立体分析,更好地表达出土壤质量的空间分布信息。如对一定区域的数次跟踪调查结果进行综合分析,则可以获得土壤质量时空变化信息。

#### 参考文献

- 1 Triantafilis, J., et al. Calibrating an electromagnetic induction instrument to measure salinity in soil under irrigated cotton. *The soil science society of America journal*, 2000,64(3): 1009~1017
- 2 Donald K. Bennett, et al. the use of ground EM system to accurately assess salt store and help define land management options for salinity management. *Exploration Geophysics*, 2000, 31(1): 249~254
- 3 Williams, B. G. and D. Hoey. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay contents of soils. *Aus. J. Soil Res*, 1987,25: 21~27
- 4 Doolittle, J. A., et al. Estimating depths to claypans using electromagnetic induction methods. *J. Soil Water Cons.*, 1994, 49(6): 572~575
- 5 Glenn Davis, J., et al. Using electromagnetic induction to characterize soils. *Better Crops with Plant Food*, 1997, No. 4: 108~113
- 6 Keith R. Sheets and Jan M. H. Hendrickx. Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. *Water Resources Research*, 1995, 31(10): 2401~2409.
- 7 Hendrickx, J. M. H., et al. Soil salinity assessment by electromagnetic induction of irrigated land. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1992,56: 1933~1941.
- 8 Triantafilis, J. Application of a mobile electromagnetic sensing system (MESS) to describe the spatial distribution of soil properties relevant to sustainable irrigated cotton farming systems. In: *international union of soil sciences. Sustained management of irrigated land for salinity and toxic element control. California USA*, 2001, 21.

## TECHNOLOGY OF CHOROMETRY USING ELECTROMAGNETIC INDUCTION AND ITS APPLICATION IN AGRICULTURE

Liu Guangming<sup>1</sup> Yang Jingsong<sup>1</sup> Ju Maosen<sup>2</sup> Nie Jie<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Soil Science, Chinese Academy of sciences, Nanjing 210008; <sup>2</sup> Water Department of Jiangsu Province, Nanjing 210024)

**Abstract** This article introduces by the numbers an advanced technology of chorometry using electromagnetic induction, with emphasis on its characters, operating principle, basic components and potential application in agriculture. The application of the technology will be of great significance to increasing hi-tech contents and accelerating development of the agriculture of China.

**Key words** Chorometry, Electromagnetic induction, Hi-tech, Application