

航空电磁法应用的新领域 ——盐渍土及次生盐渍化调查

黄皓平^①

(应用地球物理系)

摘要 本文提出用航空电磁法、地面电磁法检查和农化样分析相结合的方法进行区域性土壤盐碱化调查。首先,提出用于土壤填图的理论模型,即水平层大地模型,讨论了航空电磁系统在这种模型上的理论电磁响应特征、解释方法。然后,分析了土壤视电阻率与土壤盐碱化指标的关系,最后给出实例,本文的结论是,现有航空电磁系统和解释理论都可直接用于土壤盐渍化填图,并能以较低的费用快速地获得土壤视电阻率图,根据土壤视电阻率与土壤可溶盐总量、阳离子浓度的关系,便可得到土壤盐碱化指标的定量估计。

关键词 航空电磁 盐渍土调查 视电阻率 盐碱化指标

中图分类号 P631.3

我国东北、内蒙古平原、黄淮海平原、沿海低地以及西部西南地区分布着大面积盐渍土、次生盐渍化土壤,严重地影响了我国粮食产量,例如,吉林西部地区共有盐渍土 1900 万亩,其中耕地占 320 万亩。可见开发、改良治理盐渍土是提高我国粮食产量的关键之一。建国以来,我国为改良、治理盐碱地投入了大量资金和人力,但总的收效不大。例如,从 1959~1983 年,吉林西部地区盐渍土、次生盐渍化土壤增加了 220 多万亩,其中耕地占 200 万亩。造成这种现象的原因很多,作者认为主要原因之一是没有及时查明区域性的盐碱分布和盐碱化程度,从宏观上搞清楚区域水盐动态规律,便盲目,不合理地投入农业和水利措施,造成了大面积的次生盐渍化,破坏了农业生态环境,以致于形成微观治理宏观失控,越治越多的局面。因此,迅速、准确地掌握盐碱迁移、聚积变化及其动态规律,为开发、改良治理盐渍化土壤提供必需的科学依据,是从全局角度出发,制定出合理治理措施的关键。然而,我国的调查手段比较落后,时间和资金消耗很大,不能满足需要。为此,本文提出用航空电磁法、地面电磁法检查和农化样分析相结合的方法进行区域性盐渍土、次生盐渍化调查和水盐动态监测^[1],这种方法的特点是快速、经济、可靠地提供土壤盐渍化指标的数字结果,给出区域盐碱化分布的等值线图,我国土壤界学者已认识到地球物理方法在大面积盐碱土调查方面有着广阔的应用前景^[2]。

^① 作者简介 黄皓平 男 40 岁 硕士 讲师 应用地球物理专业 已发表“Damped least-squares inversion of time-domain airborne EM data based on singular value decomposition”等论文

收稿日期 1991-03-02

1 理论和方法

土壤的电阻率一般在 $0.1 \sim 100 \Omega \cdot m$ ，其变化主要取决于含盐和含水量。在自然界中，不同土质在垂向上是成层状分布的，对于某一特定土质，在土壤的盐分和水分是相对稳定的条件下，其电性也是相对不变的。因此可以用水平 N 层模型来模拟土壤的电性断面。对于盐分很高的薄层土壤，可用无限大水平薄板模型模拟。当然，土壤沿水平和垂直方向电性并不一定是均匀的，各层界面也不一定是水平的，可是考虑到在盐碱调查中感兴趣的仅是 $1m$ 或数米厚的表层土壤以及航空电磁法在水平方向上的实际有效作用范围十分有限，故可将土壤的电性模型近似看做是水平均匀的。对于土壤盐分填图来讲，这种假设比任何地质上的应用都更附合真实情况。

国内已编制出各种航空电磁系统在 N 层地电断面上空的电磁响应的计算程序。图 1 是针对土壤填图所计算的直立共面系统在二层模型上空的电磁响应，这种理论曲线揭示了该航空电磁系统在厚度为 $1m$ 的良导土壤上空工作频率为 $8020Hz$ 时的电磁响应特性，对于实际测量和解释工作有重要的参考和实用价值。例如，若已知土壤模型参数，可查出在各种飞行高度上对应的电磁响应值，从而为航空电磁响应的估计提供了理论依据。反之，若假定第一层土壤的厚度和第二层的电阻率是已知的，则可由航空电磁响应值和测得的飞行高度 H 值在图中求出第一层的电阻率。从图中可见，当频率为 $8020Hz$ 时，系统对 $0.1 \sim 5 \Omega \cdot m$ 薄层的分辨率很高，而对于 $5 \Omega \cdot m$ 以上的分辨率较低。为对电阻率较高的薄层土壤获得高分辨率，则需用更高的测量频率。

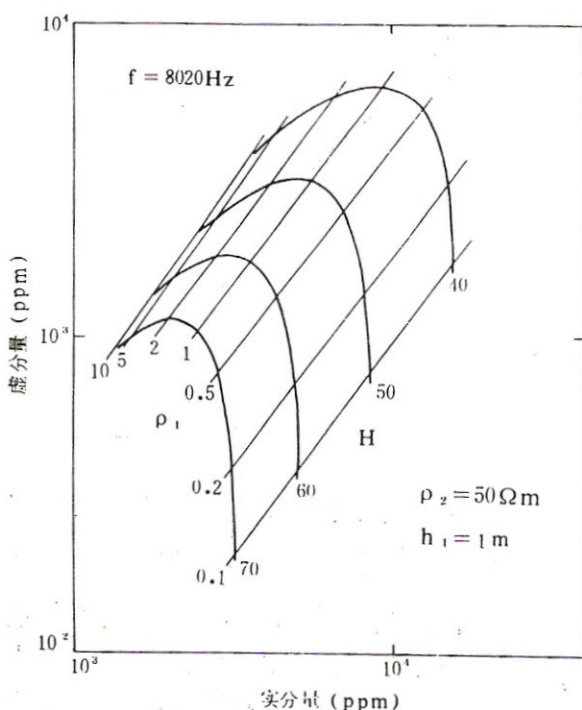


图 1 直立共面航电系统在二层模型上的电磁响应

Fig. 1 The nomogram for a two layer model

在航空电磁数据的解释中主要是用量板法来求取假定模型的参数，然而，对于一个具有多个参数的模型来讲，必须有很多张量板才能包括所有可能的参数值，例如，图 1 便是该系统许多量板中的一张。在实际中将这许多量板储存在计算机里，解释时将实测值输入计算机与理论值拟合，选出最佳拟合的模型参数做为解释值。为提高解释的速度，通常忽略影响较小的参数。例如，良导表层下的高阻层的电阻率是一个无关紧要参数，因而对盐渍土填图来讲，在解释中可以用二层模型，第一层为良导表层土壤，下伏的高阻层认为是一个均匀半空间，其电阻率为无穷大或某一固定值，则待求的参数只有表层土壤的电阻率和厚度。或者用均匀半空间模型解释，则仅有视电阻率一个参数待求。或者

用水平薄板模型解释,求出电导。这样,解释的速度将大大地加快,可以实行实时处理,量板法解释的特点是速度快,但精度较低,有一定的局限性。在要求较高的情况下,可用广义逆反演方法求解航空电磁数据的反问题。

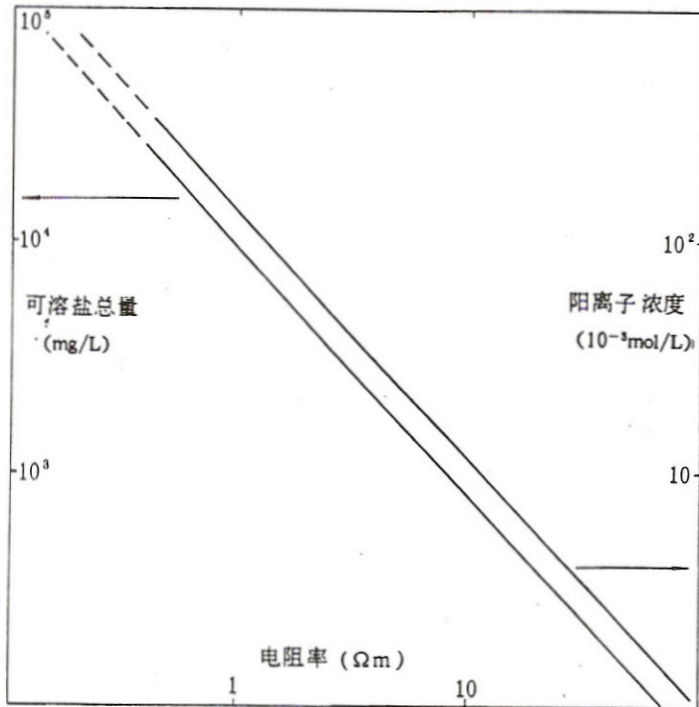


图2 土壤视电阻率与可溶盐总量和阳离子浓度的关系曲线

Fig. 2 The relations between soil apparent resistivity and salinity properties

用航空电磁法获得大地表层的视电阻率后,还须将视电阻率转换为表示土壤含盐和含碱量的参数。有些研究者已在特定条件下通过土壤电阻率测量、农化样分析和数理统计方法求出土壤视电阻率与土壤可溶盐总量和阳离子浓度的关系。图2是Chang等根据900个富含硫酸盐的土壤样品的试验结果^[2]。从图中可看出,在双对数坐标中,土壤视电阻率与可溶盐总量和阳离子浓度的关系为一条直线,只要知道视电阻率,便可求出可溶盐总量和阳离子浓度。然而,在实际中这些指标与视电阻率的关系受许多因素的影响,会

因地而异。为得到正确的结果,还必须在航测的同时进行一定的地面检查,即在测区内几种具有代表性的地段上测量土壤视电阻率和取样化验,总结出视电阻率与可溶盐总量和阳离子浓度的关系,然后将这些关系推广到全测区。于是,便可在大面积上得到土壤盐碱化指标的分布图。

2 应用实例

图3是西部澳大利亚农业部在该区做的土壤调查结果。表层土壤主要由砂壤土和粘土组成,沿东北方向,越接近盐田,土壤中的含盐量越高。在一次小比例尺航空电磁测量中恰好包括该区,测线方向为东西向,测线间隔为1.5km,平均飞行高度为120m。图4是根据航空电磁数据用均匀半空间模型算出的航空视电阻率图。从图中可看出,视电阻率图与土壤类型图之间具有很好的相关性,20Ω·m的等值线基本圈出了砂壤土的分布范围,视电阻率的大小指出土壤的含盐量。在盐土上,视电阻率小于5Ω·m,离开盐土向西南方向,谷底砂壤土的视电阻率逐渐增高,表明土壤中盐分减少。另外,从谷底向两侧坡地,土壤的视电阻率增高,表明越靠近谷底土壤中含盐量越大。这样的信息

在图3中都没能给出。在航空视电阻率图的基础上，利用该区土壤视电阻率与土壤可溶盐总量和阳离子浓度的关系，便可得到全区的土壤可溶盐总量和阳离子浓度图。

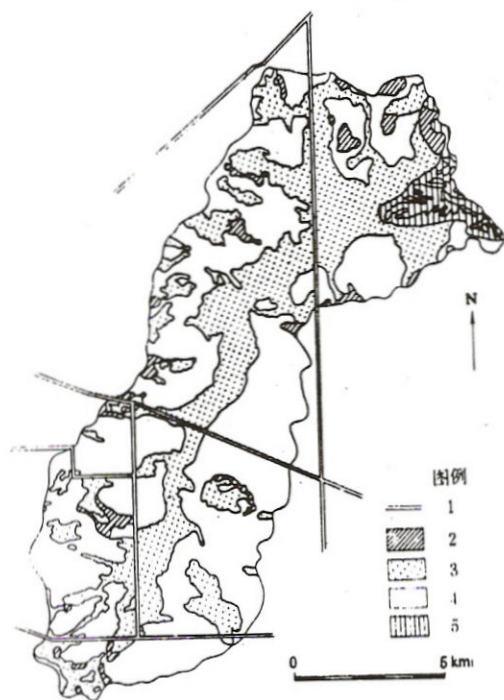


图3 澳大利亚东帕伦乔利地区的土壤类型图 (根据文献3)

Fig. 3 Soil map of the East Perenjori catchment area, W. A. (after O'Connell M D)

1—公路；2—岩石露头；3—谷底砂壤土；
4—坡地土壤；5—隔水粘土层、盐田和盐土

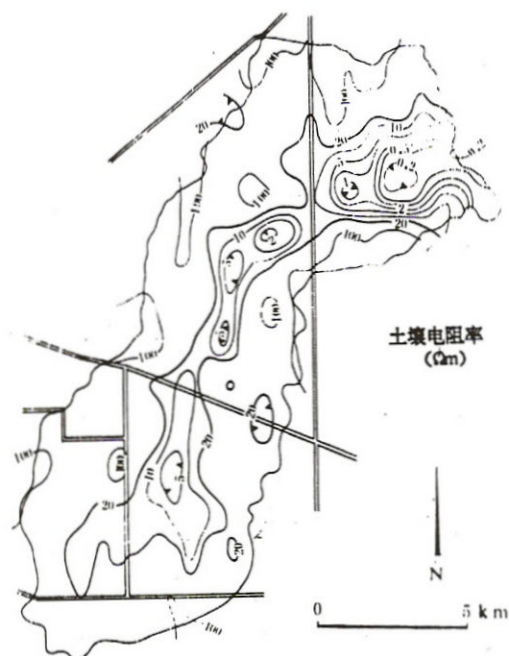


图4 航空视电阻率图 (根据文献3)

Fig. 4 Airborne resistivity map derived from AEM data

3 结语

航空电磁法作为一种常规的找矿和地质填图方法，可以用于土壤盐渍化、次生盐渍化调查，现有航空电磁系统和航电填图的理论及解释方法，都可直接移植到航空电磁土壤调查中。当然，在航空土壤填图中，有其特殊的问题有待进一步研究，现有航空电磁系统也有待进一步改进以适合更高精度的航空土壤填图。例如，为提高解释的精度和速度，有必要针对土壤填图中的特殊问题专门进行数据处理、校正和解释方法的研究，为提高仪器灵敏度和分辨率，有必要提高频率域方法的工作频率，增加时间域方法的早期取样道等。可以预见，在进一步的研究和改进的基础上，用航空电磁法能以较低的费用快速地获得更精确的土壤视电阻率图。根据土壤视电阻率与土壤可溶盐总量、阳离子浓度的关系，便可得到一些土壤盐碱化指标的定量估计。这些资料对于国土治理、土壤改

良、工农业发展和生态环境保护都有重要的参考和实用价值。

作者曾与王延良教授、吉林省土壤肥料总站的赵永吉农艺师进行过有益的讨论，在此特表感谢。

参 考 文 献

- 1 黄皓平, 王延良, 赵永吉. 电(电磁)法在盐渍土及次生盐渍化调查中应用的方法研究, 中国地球物理学会年刊, 1990
- 2 李成保. 土壤电导研究及其应用. 土壤学进展, 1989, (1): 1~8
- 3 O' Connell M D, Nader G L. Conductive layer mapping by computer processing of airborne electromagnetic measurements, in Airborne Resistivity Mapping, ed. G. J. Palacky, Geological Survey of Canada, Paper 86-22, 1986, p. 111~124

A NEW APPLICATION OF AIRBORNE ELECTROMAGNETIC METHODSTO SOIL SALINITY MAPPING

Huang Haoping

(Department of Applied Geophysics)

Abstract This paper shows a new application of airborne electromagnetic (AEM) methods, which have traditionally been used for mineral prospecting, to mapping salinity soil. The nomogram and data interpretation are discussed for a 1 m thick layer model which is suitable for soil salinization mapping. An example from a survey carried out in East Perenjori, Western Australia with a time-domain AEM system is shown. The commercial AEM systems are capable of soil mapping and the data interpretation techniques used for geological interpretation can be readily adapted for the purposes of airborne salinity mapping. The new airborne salinity mapping method can provide an order-of-magnitude faster survey speed at a reduced cost and thus yield a synoptic knowledge of salinization according to the relationship between soil resistivity and salinity properties of soil. With additional research and development efforts, the airborne electromagnetic method will be able to a powerful tool of salinity mapping.

Key words airborne electromagnetics soil salinization mapping apparent resistivity salinity proper