

原位连续测量土壤电导的若干技术问题^{*}

李成保 季国亮 孔晓玲

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

从原位连续正确测量土壤电导的要求出发,分析了目前原位连续测量技术的实际状况,对急待改进的若干技术问题,包括交流法电导测量电路必须设有电容补偿,建立直流电导法,采用双环电导电极和多点采样等,进行了较为详细的探讨。

关键词 原位连续测量;土壤电导;电容补偿;直流电导法

对于盐渍土,土壤电导率可以反映它的含盐量;对于非盐土,电导率可以作为评估土壤肥力的一个综合指标。所以,土壤电导的原位连续测量早被用来研究盐渍土的水盐动态,例如盐分传感器技术^[1];对于一般土壤,已被用来研究红壤耕层电导率的动态变化^[2]。在我们的试验研究中,经过多年探索,土壤电导原位连续测量方法基本建立,也获得不少应用测量结果。然而,根据对应用 ECA-1 型电化学参数采集系统^[3](下称 ECA 系统)原位连续测量的红壤耕层电导率的统计分析^①,由测量结果绘得的红壤耕层电导率-时间曲线呈现日而复始的升降变化^[3],并不是红壤耕层电导率变化的真实反映,而是由于 ECA 系统本身存在若干技术问题所致。毫无疑问,仅当这些技术问题解决之后,方能实现原位连续正确测量土壤电导率的变化。因此,提出这些技术问题,并予以探讨,将对土壤电导原位连续测量技术的改进与提高具有十分重要的意义。

1 交流法电导测量电路必须设有电容补偿

在交流电导测量中,根据对插入式电导电极分布电容和等效电路的分析,当测量电路没有补偿电容或补偿不完全时,由于导线间和导线与土壤间的分布电容的存在,可使导纳值,即电导测定值变大。

在 ECA 系统中,电导测量时采用交流线性电导测量法,测量电路中未设电容补偿部分。因此流过分布电容的电容电流会作为电信号与流过电极片间被测介质的电流迭加在一起加到测量电路的输入端。导线越长,容抗越小,电容电流越大,对电导测量值的影响就越大。原位连续测量中,信号传输线远比室内测量长得多,一般在数十米以上。ECA 系统的传输电缆线

^{*}国家自然科学基金资助项目,49070039

^① 李成保等,对用交流电导法原位连续测量的土壤电导率曲线的统计分析(资料),1977。

长达50米,用该系统测量标准KCl溶液(0.001molL^{-1})的电导率比理论值要大57%,可见分布电容的影响甚为严重。

根据平行板电容器的电容公式($C = \frac{\epsilon S}{d}$),分布电容C与介质的介电常数 ϵ 成正比,与导体间距d成反比。随着温度升高,由于 ϵ 变小、d增大,电容C就减少,导纳值变小;反之,温度下降,导纳值变大。据此可以推断,当有相当大的分布电容未被补偿时,交流法测量的电导值(确切说是导纳值)会与温度成反相关。

原位连续测量的土壤电导结果表明,土壤耕层电导率呈现日而复始的升降变化,刚好与温度变化呈现反相关。显然,这是由于电导电极和传输导线上存在着可观的分布电容及其随气温变化所引起的。

综上所述,如果采用交流电导法原位连续测量土壤电导的话,为了消除分布电容对测量值的严重影响,必须采用电容补偿装置把这种影响减到最小程度。

2 建立直流电导测量法

由上可知,采用交流电导法原位连续测量土壤电导时,由于电导电极及其传输导线上存在分布电容,会使测量结果产生误差,当采用电容补偿电路时可使误差减少。但在原位条件下,由于昼夜气温不同引起分布电容值的变化,致使分布电容很难完全补偿,未补偿的分布电容仍会影响测量结果。因此,设有电容补偿装置的交流法仍然不是理想的原位连续测量法。

根据电工学原理,交流电路中存在的分布电容干扰在直流电路中就不复存在。所以,直流电导测量法没有电容干扰问题。近年来,随着电子技术的发展,直流电导法在化学分析中已得到日益广泛的应用,在土壤研究中也是如此^[6]。

为了避免电极极化,现在普遍应用的直流电导法是四电极法^[3]。把一个直流电压加到二个外电极上,就有电流通过待测介质,根据二个内电极上的电压降,可求得待测介质的电阻,进而求得电导率。

四极直流电导法应用于原位连续测量,一方面要提供一个可调而稳定的直流电源,另一方面要解决内、外电极上电压、电流信号测量时的切换技术。前者已有成熟的技术可应用,后者还没有完全解决。但可以预期,适用于原位连续测量的直流电导技术会日趋成熟,在原位连续测量中,终将替代交流电导法。

3 采用双环电导电极

电导电极的构型不仅会影响电导池常数,而且会使流过被测介质的信号电流的影响范围不同,后者在土壤电导的原位测量中显得格外重要。

平板电导电极的电流线仅局限在两块平行电极片间的土体内,影响范围一般为 1cm^3 左右;平行电极片间的土体与周围土壤间的物质交换不同于溶液,呈半封闭状态,交换速度较慢。流经双环电导电极的电流线的影响范围可不小于 $10 \times 10 \times 10\text{cm}^3$,比平板电导电极约大1000倍以上。因此,用双环电极测量土壤电导率的空间代表性比用平板电极要大得多,因而能大大减小土层电导率的局部差异对测量值的影响。

由此可见,在田间条件下,采用双环电导电极原位连续测量的电导率能更好地反映土层电导率的实际变化。

