

時間區域反射法 (Time Domain Reflectometry, TDR)

報告人: 陳彥甫



TDR原理

- 時間區域反射法（Time Domain Reflectometry, TDR）進行量測，其基本原理與雷達相同
- 利用傳輸通路上之阻抗不連續所造成之反射脈衝電壓改變，來量測傳輸通路上介質之電學性質或用以判斷通路上之斷面幾何形變的技術，稱為時域反射法（林，2004）。

TDR原理(續)

- 時域反射儀（Time Domain Reflectometer，TDR）包含步階脈衝電壓產生器（Step generator）、訊號採樣器（Sampler）與示波器（Oscilloscope）。
- Topp等(1980)首先使用纜線測試器應用於土壤。利用反射訊號研究材料之介電度，即可用以推估土壤之含水量與土壤之鹽分濃度。

TDR原理(續)

$$K = \left(\frac{ct}{2L} \right)^2 \quad (2-2)$$

- K 是介質的介電常數， c 是在真空中的光速（ $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ ）， L 為探針長度， t 為訊號來回時間。

WET Sensor原理

- 由Delta-T公司生產的WET-1/d 感測元件（WET Sensor）以及HH2水分計（Moisture Meter）組合。
- 自HH2產生一20MHz的信號經由電纜傳到最前端的不鏽鋼電極時，三叉式電極的中間電極在介質內部產生一微小的電磁場，由於磁場所處的環境水分含量及鹽份的不同，造成阻抗不連續而得到相關的電介質參數性質（dielectric properties）。

WET Sensor原理(續)

- 由WET Sensor可以得到WET:體積水分含量 (Water Content)、ECp:孔隙間的電導度 (pore electrical conductivity)、Temp:溫度 (temperature)、ECb:整體的電導度 (bulk electrical conductivity)、 ϵb :整體的介電常數 (bulk permittivity)

WET Sensor原理(續)

- WET Sensor內部的計算是採用Whalley (1993)、White等(1994)及Topp等(1980)所提出Complex refractive index (相當於 $\sqrt{\varepsilon}$) 和Volumetric water content (體積水分含量, θ) 之關係式, 兩者為線性關係。以下列式子表示:

$$\sqrt{\varepsilon} = a_0 + a_1 \cdot \theta \quad (2-3)$$

- 其中 a_0, a_1 為常數。

WET Sensor原理(續)

- 此公式在1MHz~10GHz情況下，使用在大多數非磁性土壤及人造培養介質中運作表現良好（Delta-T Devices Ltd., 2002）。
- WET Sensor的校正是使用一個簡單的水分含量（ θ ）及量測到的土壤介電常數（ ϵ' ）關係式

$$\theta = (\sqrt{\epsilon'} - b_0) / b_1 \quad (2-4)$$

- b_0, b_1 視土壤的性質而定（Delta-T Devices Ltd., 2002）。

Soil Moisture Sensor SM200原理

- SM200之作用原理及量測過程大致與WET Sensor相似，主要差異在於SM200僅能進行水分量測，產生的波頻是100MHz，並直接量測介電常數（permittivity）
- 真空中的介電常數為 8.854×10^{-12} (F/m)，空氣介電常數約為1，土壤相對為4，而25°C時水的相對介電常數約為81。
- SM200量測值以電壓訊號輸出

Soil Moisture Sensor SM200原理

(續)

Conversion to $\sqrt{\epsilon}$

Polynomial (use for SM200 readings from 0 to 1.1 Volts)

$$\sqrt{\epsilon} = 1.0 + 16.103V - 38.725V^2 + 60.881V^3 - 46.032V^4 + 13.536V^5$$

where V is the SM200 output in volts

Linearisation table (use for SM200 readings from 0 to 1.2 Volts)

V	$\sqrt{\epsilon}$	V	$\sqrt{\epsilon}$	V	$\sqrt{\epsilon}$	V	$\sqrt{\epsilon}$	V	$\sqrt{\epsilon}$
0.000	1.011	0.120	2.461	0.260	3.442	0.820	5.936	1.150	7.661
0.030	1.447	0.150	2.718	0.310	3.700	0.960	6.586	1.200	8.039
0.060	1.832	0.180	2.946	0.400	4.105	1.040	6.991	1.220	8.264
0.090	2.168	0.220	3.211	0.600	4.953	1.100	7.333	1.800	9.000

二叉式與三叉式之比較

- Ferré 等人(1998)曾經針對二叉式 (two-rod) 與三叉式 (three-rod) 在相同條件之下的研究發現，假如以同樣的圓心增加叉子的半徑，則在取樣區域內靈敏度分布的一致性只會有些許的變化。
- 比較之下，三叉式的電極的取樣區域會減小，並且在中央叉子的部份會擁有較多的能量。因此Robinson等建議，二叉式的電極比較適合田間作業。

HH2使用注意事項

- 溫度補償:電導度的讀值可以被溫度補償，在某些應用，對於要在量測溫度下知道真正的電導度，是有用的
- 電池:換電池時請在30秒內更換完畢,否則資料會遺失,需要重新設定一些設定值

HH2使用注意事項(續)

- 獲得讀值前,確認下列
 1. 使用HH2Read安裝WET Sensor校正表在HH2裡
 2. 設定Device type 於WET
 3. 選擇Plot ID,Device ID,Root Depth和Sensor Depth
 4. 設定Field Capacity(如果想要顯示土壤乾度)
 5. 設定Sample號碼
 6. 設定顯示和單位
 7. 設定溫度補償(如果需要的話)
 8. 如果好幾週都沒用了要設定日期跟時間
 9. 連接sensor到HH2

HH2使用注意事項(續)

- 獲得讀值
 1. 按HH2上的Read鍵
 2. 拉動捲軸讀其他讀值
 3. 按Store儲存讀值或按Esc
 4. 按Read讀下一個值

參考文獻

- 丁于真。2007。時間區域反射法應用於水苔及樹皮水分量測之研究。國立中興大學生物產業機電工程學系碩士論文。台灣省台中市。