

告在 1976 年 Callow 所發表之總論中已收集了 50 餘篇之此種論文。

用分極阻抗法適用於實際腐蝕現場或在現場作業上之主要問題在於如何簡化加速測定出其複雜又敏感之分極曲線，以及如何正確地分離出分極阻抗及其他滲雜之阻抗成份。

對於前者，1966年由 Marsh 用電位反轉分極阻抗法，及 1967 年由 Prazák 用矩形波交流分極阻抗法等方法解決，對於後者則於 1968 年由 Jones 用惠斯登電橋法液體阻抗補正來解決其有效性。目前在很多現場監視腐蝕作業均有採用。不過這種方法對測定土壤物理性質上從未有計劃性實際應用過。這可能因腐蝕之型態有各種各樣過於複雜所致。

東京瓦斯曾經對轄區內 40 餘種之土壤中實際埋下試樣一年後求試樣之重量減少量與分極阻抗值之相關關係，互相對比結果如圖 -2 所示分極阻抗 $R_p(\Omega\text{cm}^2)$ 與自然腐蝕速度 (mm/y) 之間大約有 $d = \frac{130}{R_p}$ 之回歸相關。獲知對土壤之腐蝕性亦可適用分極阻抗法，才下決心做現場就地測量自然腐蝕速度。土壤比電阻一般較水溶液甚高，在此則採用可以同時進行液體阻抗補正之雙重定電流脈波

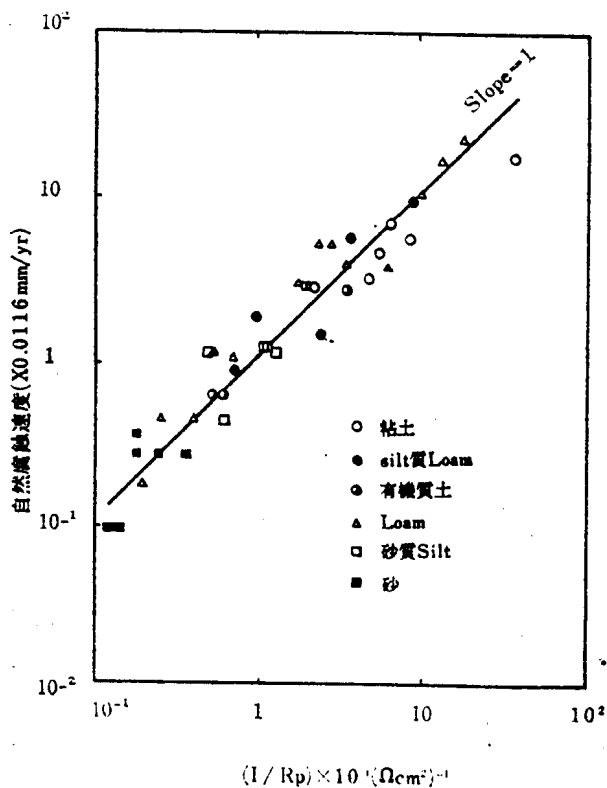


圖-2 土壤中之自然腐蝕速度和分極阻抗關係

式分極阻抗法，並考慮在現場之作業性，所需測定用探針則採用面積比較大之雙電極型探針。

(4)鋼管對大地電位

這是評估對埋設鋼管由外部引來電氣之影響度之指標，以設在地表面之對照電極和埋設鋼管兩者之間電位差來表示。處在自然腐蝕狀態下之埋設鋼管則與腐蝕電位差不多相同，在 $-400 \sim -800\text{mV}$ 左右。如果有外部直流電車軌道所漏逸進來電流，或者有受其他埋設物之影響時此電位可能在 -400mV 以上，相反地如果有施以陰極防蝕，或有防蝕電鍍具充份防蝕效果之鋼管則會呈 -850mV 以下。

(5)接地阻抗

這是評估由埋設鋼管向土壤中流進電流之難易之指標。包紮完整或與其他埋設物保持有良好絕緣之埋設鋼管，其阻抗值有 1000Ω 以上，包紮不良之鋼管則僅有數十 Ω 而已。像鑄鐵管等沒有包紮的管子或者與基礎鋼筋等低接地阻抗物有電氣上連接者普通都在 10Ω 以下。由接地阻抗值可以求出最適當之流電陽極之數量、容量，因此本接地阻抗值是做陰極防蝕設計不可或缺之情報資料

3測定原理。

(1)本裝置之操作原理

以往要在現場測定腐蝕電位，土壤比電阻，自然腐蝕速度 (分極阻抗)，管對大地電位，接地阻抗等作業時必需使用定電流電源，函數發生器，Oscilloscope 自記記錄器，交流電橋儀 (電阻計，接地阻抗計)，對照電極，探針，土壤杖等等很多機器。為要求測定值之正確性，對各項機器之操作必須具有相當之熟練及判斷能力，而對多數現場輾轉進行作業很難期待其完整結果。

筆者對上述五項之測定原理，測定回路深深考量結果發現在機能上有共同部份相當之多，乃將其整理重新編製其作業流程，可歸納如圖 -3 之系統圖。只要裝設一只功能切換開關，就能構成自動執行如表 -1 所示之對機能電之連接，接通定電流脈波、測量、計算、表示等所有功能之回路。同時本裝置另附有自動印字機，能打出經本裝置所測定而判斷其是否妥當後之數值以及能自動設定最佳測定條件之功能。就是說只要使用本裝置，雖然不是具有防蝕專門知識及經驗的人仍能測得如同專家所做同樣水準之數據。

(2)各項目之測定原理：

(1)腐蝕電位：如圖 -4 所示所探針打進土壤中，而在探針停邊將對照電極接地，測探針尖端之鋼製試樣(a)與對照電極間之電壓就是腐蝕電位。

(2)土壤比電阻：如圖 -5 所示探針上之試樣電極(a)與對極，對照並用電極(b)之間加上高頻率， f_h 定電流脈波 I_h 後測量(a)極與(b)極間之應對電壓 E_h ，由下列公式計算出土

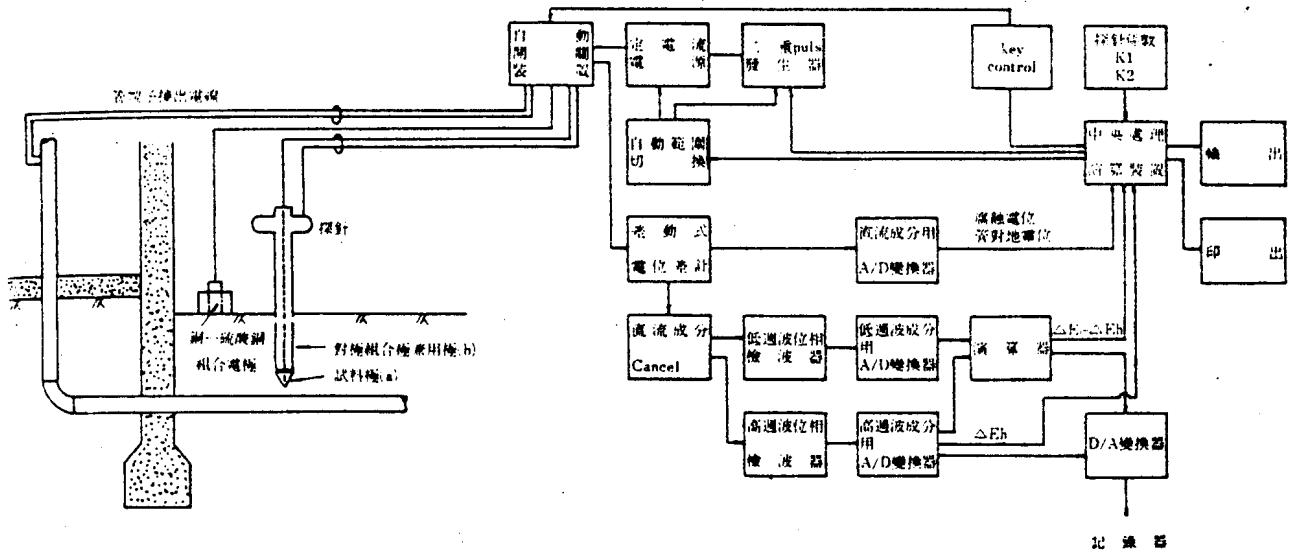


圖-3 裝置之構成系統圖

表-1 本裝置之操作原理

No.	測定項目	連接至各功能電極			測定條件之設定		測定	演算
		試樣電極	相對電極	對照電極	接通電流	接通頻率		
1	腐蝕電位 E.CORR	探針 試樣電極		銅-硫酸 銅對照電極			試樣電極與 對照電極間 之電位差 = E. CORR	
2	土壤 比電阻 ρ	探針試 樣電極	探針相對 對照兼用 電極	探針相對 對照兼用 電極	$\Delta I_h = 0.1 \mu A \sim 10 mA$ (要控制應答電 壓 ΔE_h 在 18~20mV)	$f_h = 0.2 \sim 3.4 KHz$ (ΔI_h 愈小時應 採用愈高頻率)	試樣電極與 對照電極間 之應答電壓 E_h	$\rho = \frac{\Delta E_h}{\Delta I_h \cdot K_1}$
3	自然 腐蝕速度 d	探針試 樣電極	探針相對 對照兼用 電極	探針相對 對照兼用 電極	$\Delta I_h = \Delta I_i = 0.1 \mu A \sim 10 mA$ (要控制應答電 壓 $\Delta E_i - \Delta E_h = 3.6 \sim 4.0 nV$)	$f_h = 0.2 \sim 3.4 KHz$ (ΔI_h 愈小時應 採用愈高頻率) $f_1 = 0.1 Hz$	試樣電極與 對照電極間 之應答電壓 $\Delta E_i - \Delta E_h$	$d = \frac{\Delta I_h \cdot K_2}{\Delta E_i - \Delta E_h}$
4	管子對火 地電位 P/S	調查對象 管子		銅-硫酸 銅對照電極			試樣電極與 對照電極間 之電位差 = P/S	
5	接地 電阻 R	調查對 象鋼管	探針相對 對照兼用 電極	銅-硫酸 銅對照電極	$\Delta I_h = 0.1 \mu A \sim 10 mA$ (要控制應答電 壓 ΔE_h 在 18~200mV)	$f_h = 0.2 \sim 3.4 KHz$ (ΔI_h 愈小時應 採用愈高頻率)	試樣電極與 對照電極間 之應答電壓 ΔE_h	$R = \frac{\Delta E_h}{\Delta I_h}$

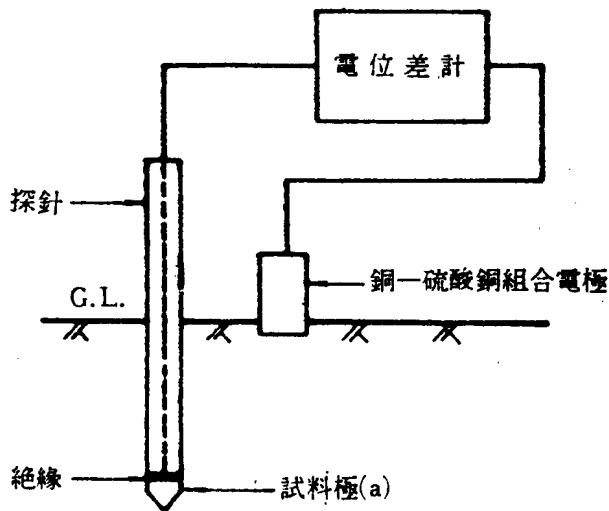


圖-4 腐蝕電位之測定原理圖

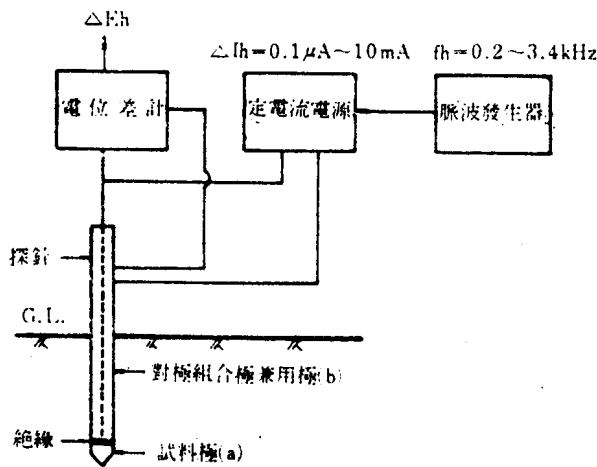


圖-5 土壤比抵抗之測定原理圖

壤電阻 $R_s(PR)$ 及土壤比電阻 ρ 。

$$R_s(PR) = \Delta E_h / \Delta I_h, \quad (1) \quad \rho = R_s(PR) / K_1 \dots (2)$$

K_1 : 探針係數。

(3) 自然腐蝕速度：如圖 -6 所示探針(a)極與(b)極之間接通高頻率 (f_h) 及低頻率 (f_l) 二種定電流脈波重疊通電 ($\Delta I_h = \Delta I_l$) 時將(a)極與(b)極間之應對電壓 ΔE_h 和 ΔE_l 個別分離測量，由下列公式求出分極阻抗 $R_p(PR)$ 及自然腐蝕速度 d ，

$$R_p(PR) = \frac{\Delta E_l}{\Delta I_l} - \frac{\Delta E_h}{\Delta I_h} \dots (3)$$

$$d = \frac{K_2}{R_p(PR)} \dots (4), \quad K_2: \text{探針係數}$$

(4) 鋼管對大地電位：如圖 -7 所示將對照用飽和硫酸銅對照電極放在測定點接地就能測出地下埋設管和對照電極間之鋼管對大地電位。

(5) 接地阻抗。如圖 -8 所示將飽和硫酸銅對照電極接地後在距離此對照電極約 4 公尺位置打進探針，對埋設管與探針之(b)極間接通高頻率 (f_h) 之定電流脈波 ΔI_h 電流時測定埋設管與對照電極之間之應對電壓 ΔE_h ，然後由下列公式算出接地電阻 R 。 $R = \Delta E_h / \Delta I_h \dots (5)$

4. 本裝置之規格

(1) 機件：本裝置由儀錶本體，儀錶接線用電線，接上鋼管端子用電線，對照電極用電線，探針以及對照電極等機件所組成。

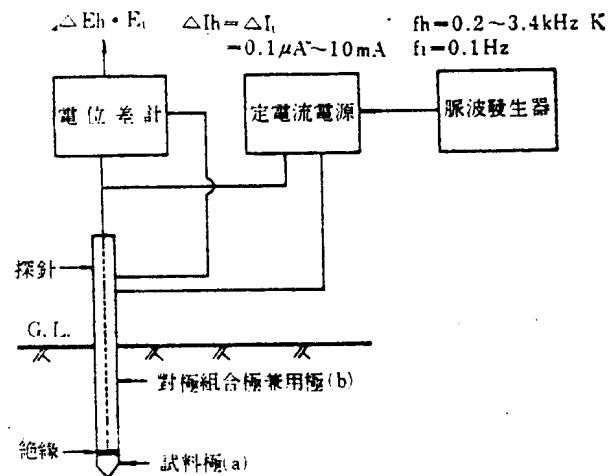


圖-6 自然腐蝕速度測定之原理圖

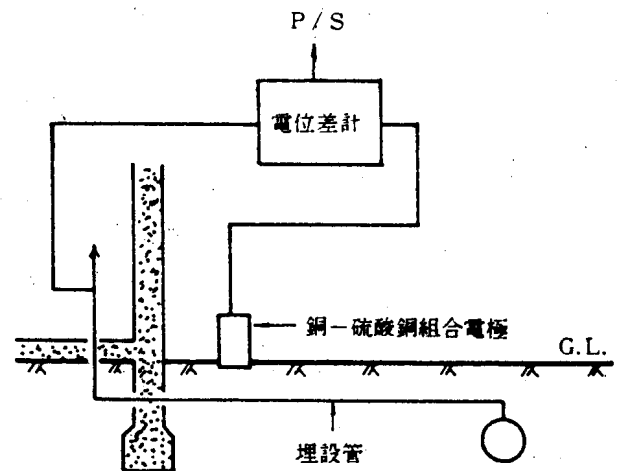


圖-7 管對地電位之測定原理圖

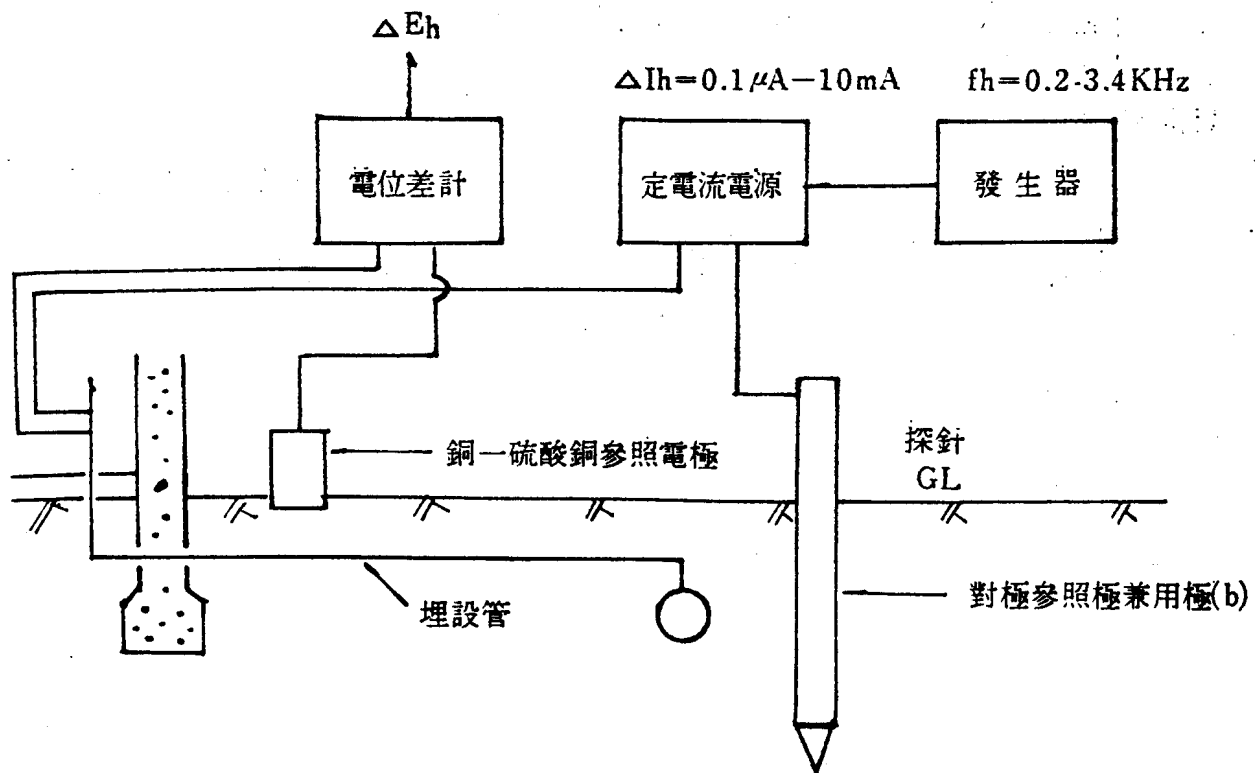


圖-8 接地抵抗之測定原理圖

(2)測定項目及範圍：如表-2 所示能測定項目有現場測定用腐蝕電位，土壤比電阻，自然腐蝕速度，鋼管對大地電位及接地電位等五項，除此之外另加上實驗室試驗用項目三項。

(4)電源：AC 100V 及 DC (單一號乾電池四只) 之雙電源方式。

(5)尺寸及重量：儀器外殼尺寸為 300×100×250mm，其重量包含乾電池約 4.6kg，可手提攜帶至現場作業。

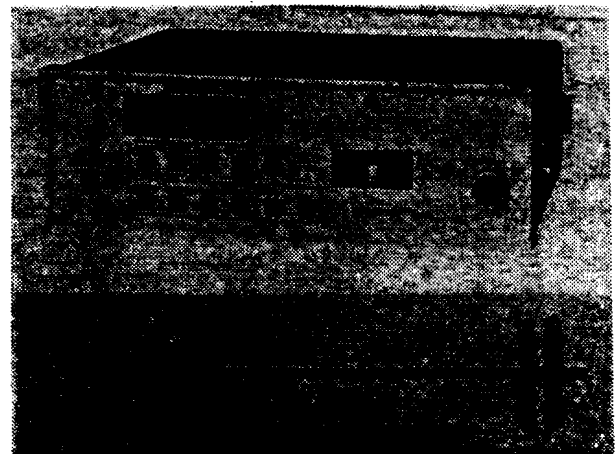
5.現場使用方法。

在現場要測定腐蝕電位，土壤比電阻，自然腐蝕速度

表-2 測定項目及範圍

No.	測定項目	測定範圍
1	腐蝕電位 E. CORR	±1~±1,999mV
2	土壤比抵抗 ρ	0.1Ωcm~99.9Ωcm
3	自然腐蝕速度 d	0.001~9.99mm/yr
4	管對地電位 P/S	±1~5,000mV
5	接地抵抗 R	0.01Ω~1.99MΩ
6	土壤阻抗(探針) $R_s(PR)$	0.01Ω~1.99MΩ
7	分極阻抗(探針) $R_p(PR)$	0.01Ω~1.99MΩ
8	分極阻抗(探針) $R_p(PI)$	0.01Ω 9.99MΩ

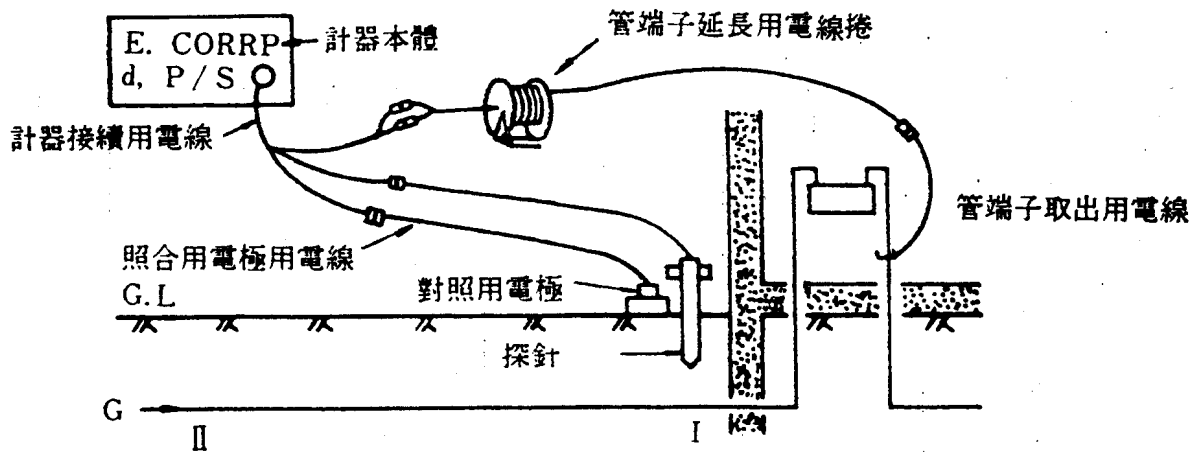
(3)本裝置外觀：如照片-1 及 -2，表示儀錶本體外型及二極探針之形狀。



照片 1：裝置本體之外觀

照片 2：二電極型探針之外觀

(a)



(b)

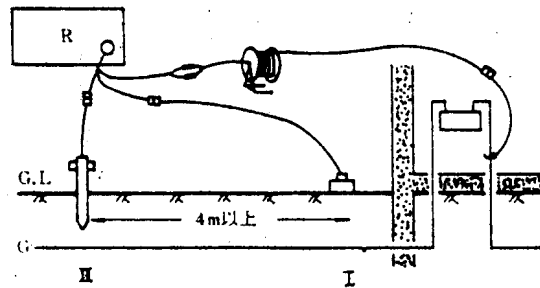


圖-9-(a)-(b) 用本裝置進行調查法

，鋼管對大地電位等時儀器之配置方法如圖 9-(a)，要測量接地電阻時之配線方式如圖 9-(b)。由圖上可看出配線方法極為簡單，使用本儀器包括裝設對照電極，探針之時間僅需 15 分鐘就能完成一處之測量工作。

6. 結言：本裝置之優點列舉數項如下。

(1) 用本裝置一部就能測定腐蝕電位，土壤比電阻，自然腐蝕速度，鋼管對大地電位，以及接地電阻等五項目。對埋設在地下之管線是否有保持其完整性具有重要影響因素之上述五項數值採用本裝置就能定量地評估，且測定操作所需時間包括設置探針及對照電極之時間僅需 15 分鐘。

以往要做這五項測量時必須開動一部小型貨車載滿各種測量儀器駛往目的地而做一次工作需花費半天時間。(2) 運用微電腦技術能自動操作切換配線，設定最佳測定條件，製行測量、計算、顯示等作業。此外尚有自動打字機構，先判斷所得數據是否合理然後才打出數值。所以任何生手人都能操作自如。(3) 除供作診斷埋設管之健全性外亦可應用於評估土壤物理性質，收集陰極防蝕設計所需數據，陰極防蝕效果之良否以及在實驗室做試驗之儀器等用途甚廣。

本文譯者現職：1. 本會理事長。

2. 臺北瓦斯協理兼總工程師。