

接地電池概述

陳幸男

一、前言

地下管線陰極防蝕系統中，經常會出見「接地電池」(Ground-Cell)一類的設施。究竟，什麼是「接地電池」？它是怎麼個構造？具有什麼功用？應該在什麼地點裝設？下文將就以上幾點予以概括簡單的說明。

二、接地電池的功用

埋設於地面下的金屬管線系統，在電的特性上，如果沒有形成一個完整的交連狀態，則一旦有雷電現象、或是鄰近的電力輸配系統發生故障，在地下產生了巨大的湧浪電流(Surge Current)時，該管線的不連續點將產生很高的電壓。

這時，所產生的高壓電，若不予適當節制，往往會形成對人員或財物的意外損傷——如產生於輸送可燃氣(如天然氣、石油氣、水煤氣之類)，或石油產品之類的管線，可能會產生爆炸或火災一類的意外災變。

通常，這種危險僅發生在電的交連特性上的不連續點：例如地下管線系統與鄰近的金屬結構物間，或管線上裝設有絕緣法蘭(Insulating-Flange)之處等是。如果管線與高壓輸配線路間，有很長的路段平行，且管線上具有前述的「不連續點」，那麼發生「危險情況」的頻率將較高。

依目前國外的作業標準(或法規)，對於地下埋設管線的保護，除了良好的塗裝、包覆適當防蝕材料以外，又施行陰極防蝕保護系統。在陰極防蝕系統中，為求管線電位分布特性均勻及避免不必要的保護電流消耗、以達到良好的保護性及經濟性，除了防蝕包覆材要具有較持久性的電絕緣性外，於管線上某些適當位置就利用絕緣法蘭或絕緣接頭(Insulating-Union)與其他設備隔離。

由上述的敘述可知，「不連續點」的存在不可避免；在那些不可避免的絕緣點，究應如何避免偶然可能的意外？——如果，能夠裝設一種「限壓」

裝置，具有較低的內電阻，具有良好的接地性、又具有極化特性，則在平時，可抑制防蝕電流的洩漏；在一旦地面下有湧浪電流產生，在絕緣良好的管線上產生感應高壓時，可以抑制高壓並以其良好接地性宣洩電流，則在「不連續點」上，就不會發生電弧、火花，藉以避免絕緣性遭受破壞而釀致財產損失、服務中斷的災害。這種具有特殊功用的裝置，就是已普遍採用於陰極防蝕系統中的「鋅接地電池」(Zinc Ground Cell)。

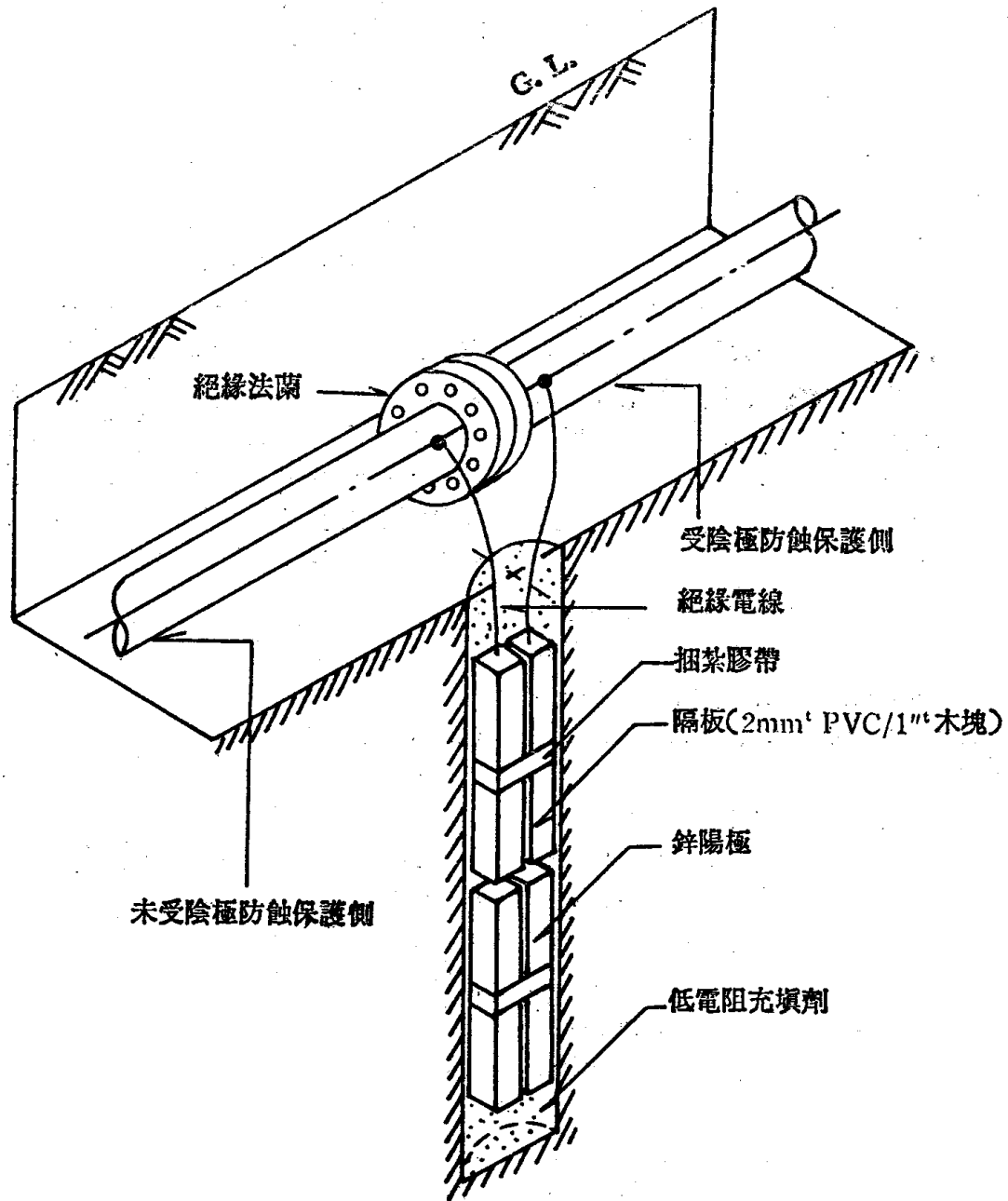
三、接地電池的構成與工作原理

(一)本體構成

將兩種不同的金屬同置於一電解液中，就形成最簡單的，開路狀態的「伏打電池」(Volt-Cell)。兩金屬電極間具有一定的電動勢(E.M.F)、(開路電位)，如在兩極際間跨接「電阻」(或稱負載)，而將外界的回路完成，則在整個回路就有電流導通。

現在，所謂的「接地電池」，顧名思義，當也是具有兩個金屬極，埋設於土壤中，視潮濕的土壤如電解質，則形成既是「電池」，又具有「接地」作用的一種特殊裝置，乃稱之為「接地電池」——唯此處構成兩個電極所用的金屬，都採用相同的「鋅金屬」，所以在兩極間並不具有「電動勢」，嚴格的說，這種構成並不是一組完全電池。僅是「半電池」(Half-Cell)。

在商業性應用上，鋅接地電池的構造，如附圖一所示：實際的安裝，係將該兩隔離的鋅陽極，分別以電線引接到管線絕緣法蘭的兩側——一邊是通有防蝕電流的保護管；另一邊則是未通電保護的管線。這兩個鋅陽極，係利用絕緣墊板(如木塊、電木或塑膠板等)予以隔離，並用膠帶捆紮固定。陽極周圍填滿低阻抗的填充料(硫酸鈉、石膏、膨土 Bentonite 之混合物)，再將之整個埋設到土壤中。當混合填充料吸收土壤中的水分充分潮濕後，就



圖一、鋅接地電池之構成與安裝

成爲具有保護功能的「鋅接地電池」。

(二)工作原理

管線/地的自然電位，如爲 -600mV (以硫酸銅電極 Cu/CuSO_4 ，爲參考電極測定值)，施加陰極防蝕保護電流的管線/地自然電位，於靠近絕緣法蘭附近，設爲 -900mV 。裝設於絕緣法蘭兩側的鋅地電池，未受外來電流極化影響前，鋅陽極/地電位約爲 $-1,100\text{mV}$ ，受到防蝕電流極化影響的鋅陽極/地電位約爲 $-1,390\text{mV}$ ，如附圖二所示。

是則絕緣法蘭兩端的驅動電位，

$$E_1 = -600 - (-900) = 300\text{mV}$$

鋅接地電池兩極間的驅動電位，

$$E_2 = -1,100 - (-1,390) = 290\text{mV}$$

形成回路後的有效驅動電位

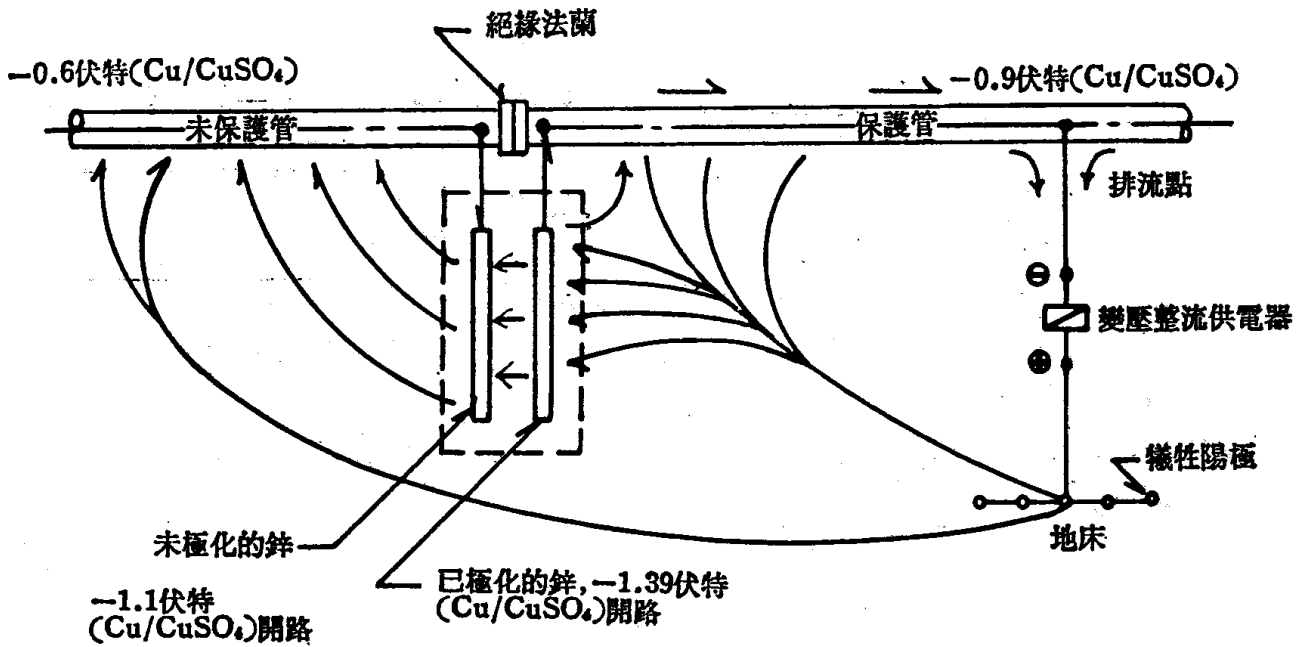
$$\Delta E = E_1 - E_2 = 10\text{mV}$$

鋅接地電池組的內電阻

$$r \approx 0.15\Omega$$

則在電池組內部流通的電流量

$$i = 10/0.15 = 67\text{mA}$$



圖二、鋅地電池的作用

以上所估計的電流量，也就是陰極防蝕系統於該絕緣法蘭附近的電流損失量。如果沒有裝設鋅接地電池，則上述估算中的 $E_2=0, \Delta E=E_1$ ，法蘭兩側管線間的內電阻，依管線包覆層的情況，土壤電阻係數，管線和土壤接觸的表面積等而有變化，以估計方式頗難以決定確值。設若為 $0.2 \sim 20 \Omega$ ，是則損耗防蝕電流量約為 $15 \sim 1,500 \text{mA}$ 。由此簡化的計算，可知鋅接地電池具有抑制保護電流耗損的功能。此功能之形成主要係由於鋅陽極的極化傾向。

當有雷電或高壓輸配電力線路斷落等意外發生時，管線感應到的湧浪電流，可能自數百以至數千安培，持續時間可能在 $0.001 \sim 1$ 秒間，端視雷電發生時的天候條件，管線在地下形成的耦合阻抗而定。

根據 J. H. Hagenguth 及 J. G. Anderson 氏之研究，一般雷電傳播的速度可達到 50 公尺/微秒。發生電壓介於 $100 \sim 1000$ 百萬伏特。發生電流量，約有 50% 在 10 千安培，約有 10% 左右的案例為 32 千安培或更大。雷電持續時間通常為 0.25 秒，最長達 1.5 秒，其峯值電流的持續時間約為 60 微秒。因此，雷電對地下管線誘導產生的電流，略計為 $5 \sim 10\%$ ，即 $500 \sim 1000$ 安培。是則在絕緣法蘭兩端，瞬間所產生的感應電壓，未裝設鋅接地電池可能為 $10 \text{KV} \sim 20 \text{KV}$ 。會超過法蘭絕緣物的介電強度 (6KV

$\sim 12 \text{KV}$)。適足以破壞絕緣法蘭，產生電弧跳火而發生危險。如裝設鋅接地電池，因其內阻低 (0.15Ω 左右)，是則所產生的電壓，限於 $75 \sim 150 \text{V}$ 左右，不致於產生任何危險。

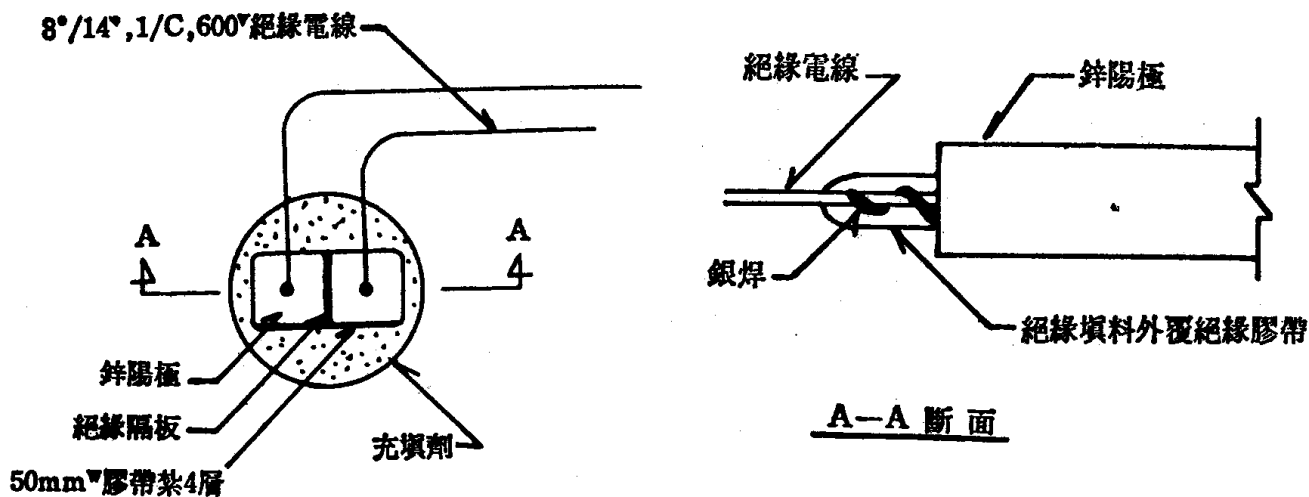
四、詳細構造與裝設時注意要項

由前述的說明，可知鋅接地電池主要功能的完成，係利用兩極間的「低內阻」來緩和絕緣法蘭兩端因雷電或高壓輸配線路斷路的瞬間，因地下管線感應地下湧浪電流所產生的高壓。

圖三示一典型的鋅接地雷池。其間結線接點處理應特為注意。電線與鋅陽極突出的鐵心間，以及電線與管線間的連接，應儘可能使用銀焊、熱熔焊或銅熔接的方式處理，以達到良好、穩固的結合，避免徒增內部電阻。如此，一則可不影響接地電池的功能，再則，一旦瞬間有大電流通過時，不會在接合點產生大量的熱，熔化該接合點而失去效用。

埋設時，應將整個電池組 (含周圍的填充料) 置入一直徑約 20 公分的圓泥洞內。所開挖泥洞的深度，以能夠保持土壤濕度的位置為宜。因為鋅陽極周圍填充料的混合物，需經常保持潮濕狀態，才能維持電池組的低內阻效果。

使用為電池填充料的混合物，通常係將硫酸鈉



圖三、鋅接地電池構成

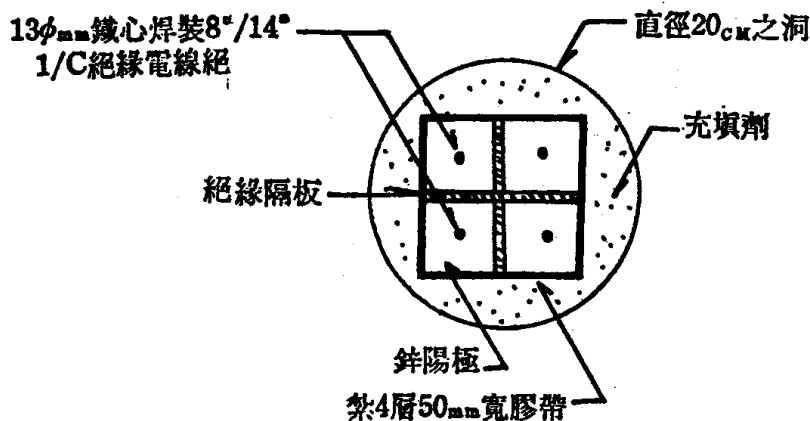
，膨土及石膏三者依1:3:6，或1:4:15 比例調配後應用。此混合物潮濕後的電阻係數很低，約為 50Ω -CM。其中所含的硫酸鈉，具有促進鋅陽極負極化的作用。一般情況，電池組埋設後，在自然狀況下，需經數週，待填充料充分吸水潮濕後才能發揮效用。如欲較快作用，可於安裝後回填時注入少量的水。——但切不可將填充料與水預拌後再安裝。因為這種施工方式，將因填充料日久縮水，和陽極表面接觸不良而使內阻升高至 0.6Ω 左右。

在土壤層較淺，下層又屬岩層的地方，實無法鑽孔到能夠使電池組直立埋設的深度時，只要挖掘

到土壤溫度不變的深度，再將電池組以水平方式埋設亦可。

如圖三所示，兩陽極間墊有絕緣間隔板，其外部再以膠帶纏繞固定。其目的係在於確證填充料緊密充填後，兩陽極間的距離不發生變異——則不因兩極相互接觸而失效，二則於感應高壓通過強電流時，因兩陽極間產生的相互斥力使間隔發生變化。正常情形下，這類電池組，可導通1000A電流亦不致發生嚴重變形。

圖四係另一種電池組，使用4支較短的鋅陽極構成，目的為降低內電阻與施工上的方便。

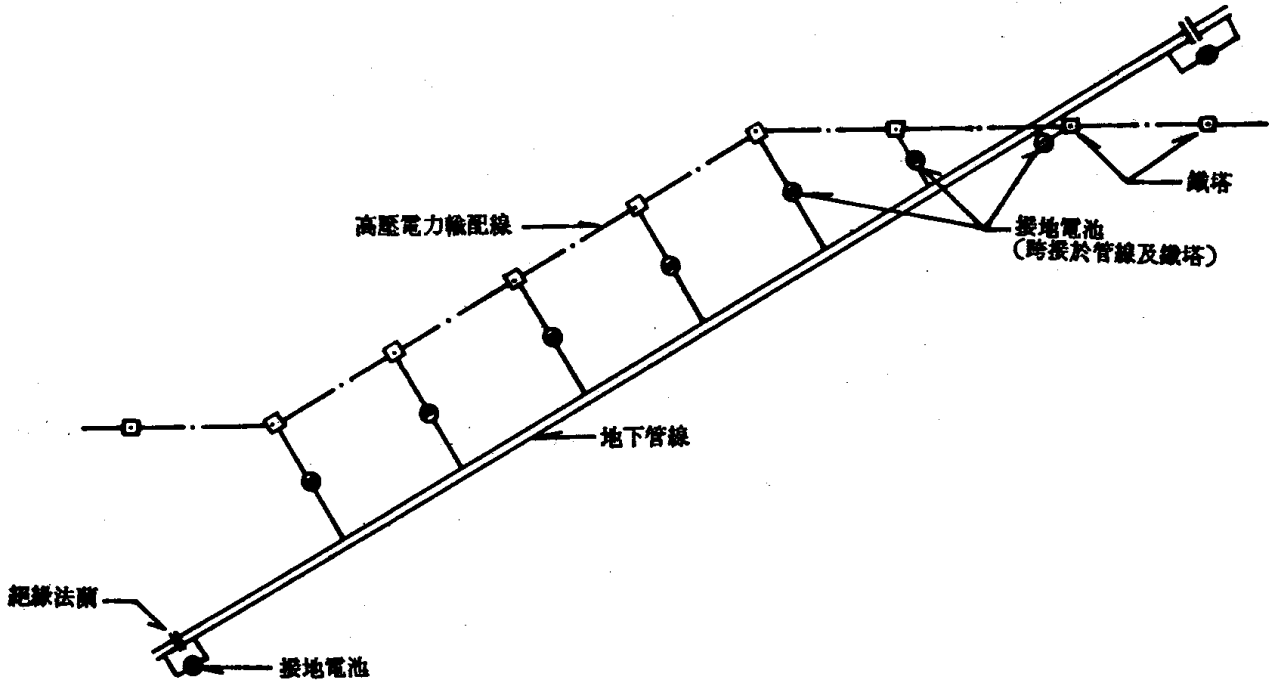


圖四、四個鋅陽極電池組

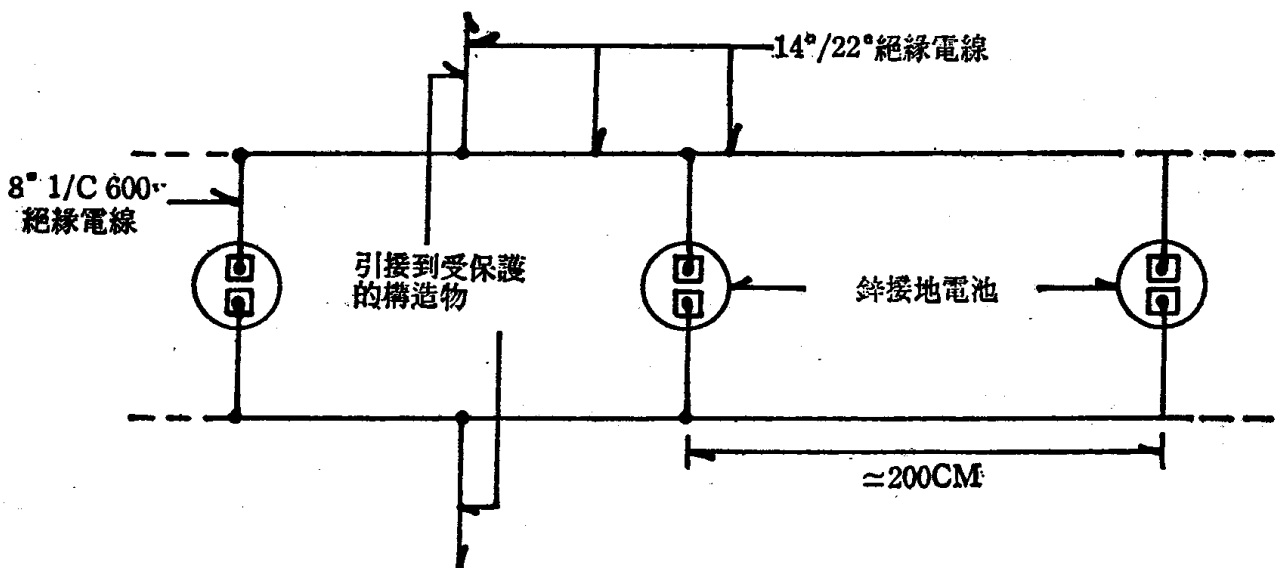
五、其他應用

在高壓輸配電力線路與地下埋設管線的路徑，形成了長/失段 (Long/Lossy Section) (詳防蝕工程 Vol. 1, No. 1, P29)，則此一包覆良好且施行陰極防蝕系統保護的地下埋設管，除了偶有故

障電流的威脅外，經常亦忍受感應電壓的干涉。此時可利用鋅接地電池組，跨接於高壓輸配線接地點及管線上，如此，不只可將管線上感應交流電壓，經由電池組的良好接地予以消除，即如有雷擊高壓電輸配線路的支撐鐵塔，或線路斷落的故障時，亦能有效的保護地下管線。



圖五、鋅接地電池的應用



圖六、並聯使用的鋅接地電池組

這種鋅接地電池，亦可應用於地下電力／電信電纜的絕緣連接處，用以流通正常的極鞘電流以及故障電流，保護該接頭。

具有金屬外覆、或外套金屬管的高壓地下電纜，其外套管為求耐用，通常亦施用陰極防蝕保護之。則在靠近電力中繼站或端點站時，常會受到站內接地網路洩漏電流的影響。此時可在接地網路及高壓電纜外套管間，以鋅地電池跨接消除干涉。

六、結 論

在鋼鐵的地下結構物，地下埋設管線（輸油、

氣、水、管等），地下電力／電信電纜，日見風行陰極防蝕的保護系統之際，結構簡單，效用確實的鋅陽極接地電池，可免除有關交流感應、故障洩漏電流之影響，抑制額外消耗的防蝕電流，並可避免雷電時大地瞬間產生的湧浪電流在不連續點產生破壞性的意外事件。

電池組的構成雖簡單，但在配置與內部結線的作業，務需確實，才能發揮應有的功能。

作者：任職工量企業公司。