

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 海洋科學組 成果報告表單

**題目名稱： 腐蝕大海-海洋環境防腐蝕**

### 一、摘要：

台灣是一個四面環海的島嶼，不管是船舶還是橋墩等，公共工程構造物都會因為長期受到海洋因素而易腐蝕易損壞。關於抗腐蝕的方法有很多種，其中教科書裡提到的「犧牲陽極防腐蝕法」、「陰極防腐蝕法」，都是我們在生活中很常見到的應用，故欲探究二者的差別。以蘇澳港為例，查詢了其海洋環境資料並討論與腐蝕速率相關性，發現其相關性為：流速>鹽度>溫度>溶氧量>PH值，可知海水流速對於腐蝕的影響有很大的關係。藉由實驗我們也了解了犧牲陽極防腐蝕法是讓活性較大易失去電子的金屬當陽極，須被保護且活性較小的金屬當陰極，得以保護金屬；陰極防腐蝕法是透過外加直流電讓需要被保護的金屬可獲得所提供電子變得不易失去電子該金屬就較不易被腐蝕。

### 二、探究題目與動機

在新聞上很常看到大橋因為被腐蝕掉而倒塌，例如：南方澳大橋斷裂事故。在課本中也有提到有關金屬防腐的方法有二，分別是犧牲陽極防腐蝕法和陰極防腐蝕法。二者都可以減緩金屬腐蝕。但何謂犧牲陽極防腐蝕法與陰極防腐蝕法呢？再者，二者有甚麼區別？我們想要探究它們之間的是否有關聯性，亦或是有甚麼異同之處。所以我們以蘇澳鎮的南方澳大橋為例，首先收集會影響腐蝕速率的蘇澳港海洋環境因子的數據資料，並與我們所做的實驗做結合與討論，讓大家更進一步認識陰極防腐法與犧牲陽極防腐法。

### 三、探究目的與假設

1. 探討海洋環境因子(鹽度、水溫、PH值、溶氧、平均流速)對腐蝕速率的影響，並以蘇澳港為例，了解南方澳大橋腐蝕的可能性。
2. 探究犧牲陽極防腐蝕法和陰極防腐蝕法的防腐原理，並操作犧牲陽極防腐蝕法和陰極防腐蝕法，實驗抗腐蝕的效果。
3. 將實驗結果以恆電位儀(EC-301)所測得之腐蝕電位與交換電流測量做為結論之參考依據。

### 四、探究方法與驗證步驟

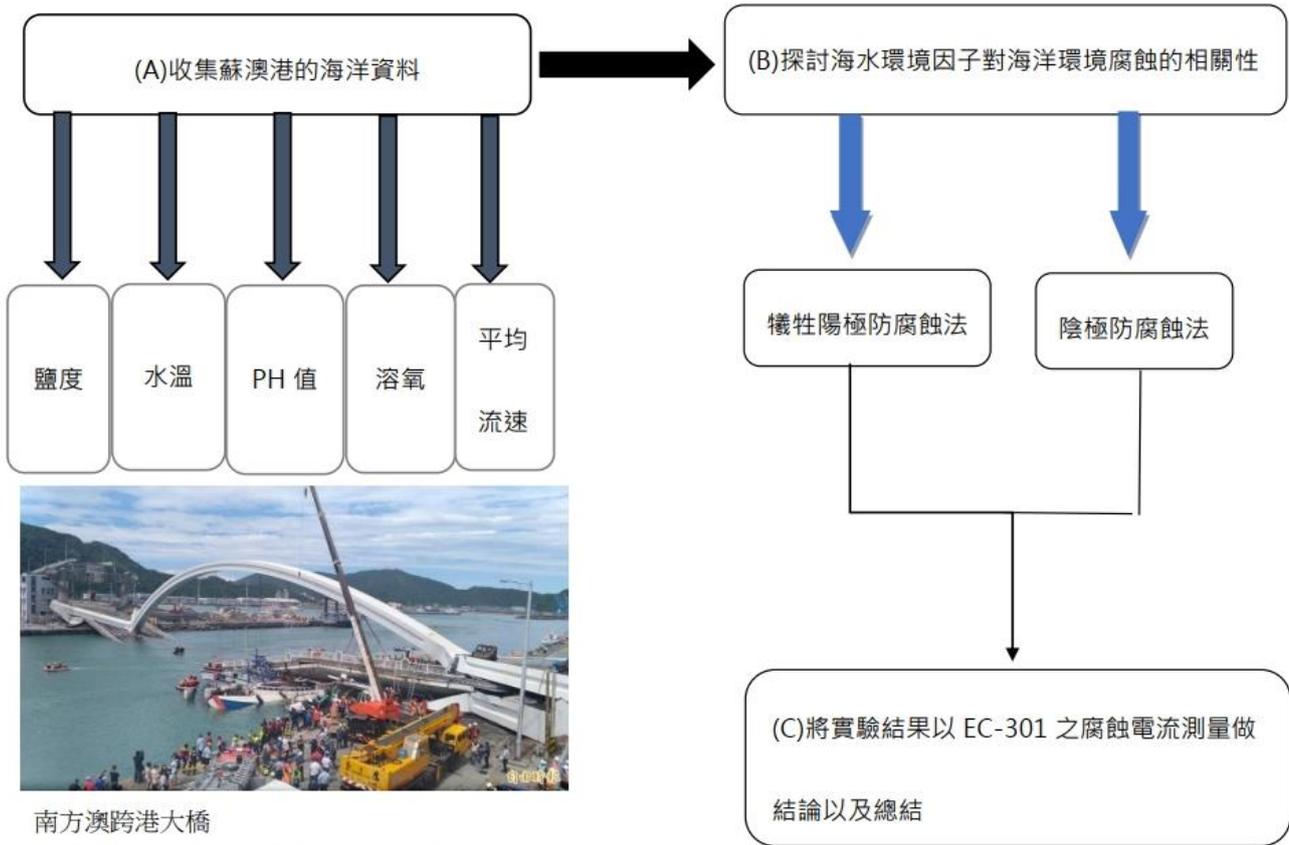


圖 1、探究方法與驗證步驟流程圖。

**(一) 海洋環境因子(鹽度、水溫、PH 值、溶氧、平均流速)對腐蝕速率的影響。**

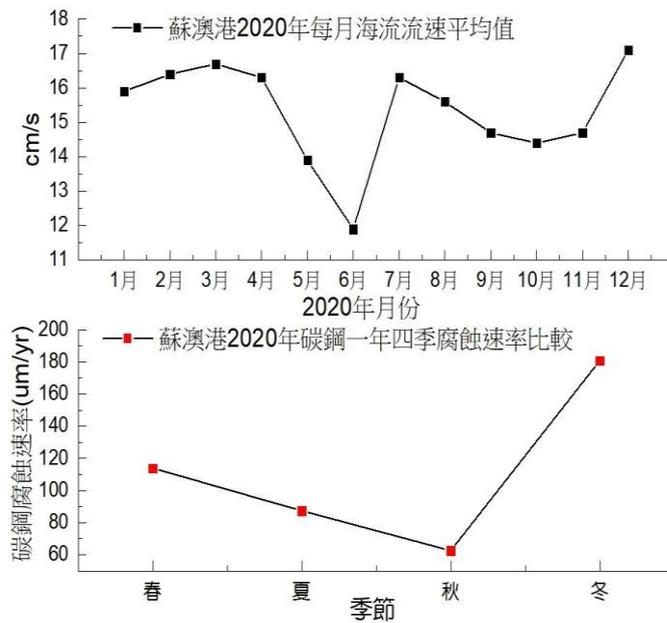


圖 2、蘇澳港於冬天(12月)海流流速高且腐蝕速度較快

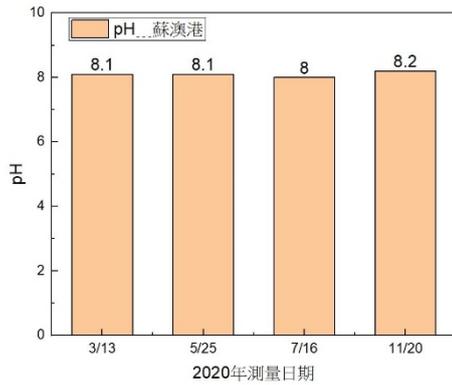


圖 3、蘇澳港海流 PH 值統計。

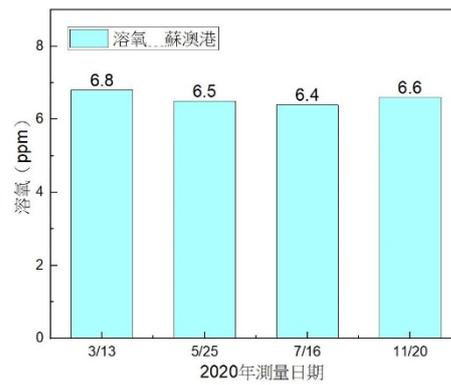


圖 4、蘇澳港海流溶氧量統計。

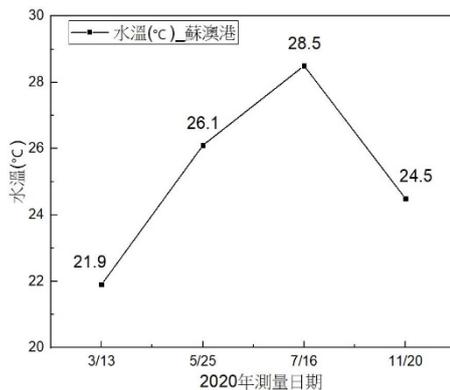


圖 5、蘇澳港海流水溫統計。

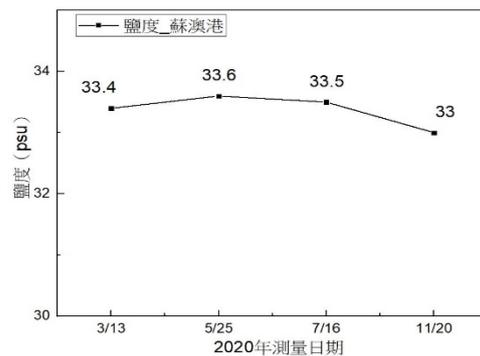


圖 6、蘇澳港海流鹽度統計。

## (二)利用腐蝕的電化學原理說明犧牲陽極腐蝕法和陰極防腐蝕法

1. 金屬材料在水溶液中或含水分的大氣環境下的腐蝕程序，本質是電化學反應，腐蝕反應涉及帶電離子通過金屬-電解質溶液之間界面的電子轉移反應。從基本說，金屬是電子導體，而水溶液則是離子導體。在腐蝕過程中，金屬先被氧化成為帶正電的離子，然後或進入水溶液，或成為金屬鹽而留在金屬表面，此即陽極反應過程；至於被氧化的金屬所失去的電子，則通過金屬而流向金屬表面的另一位置，在那裡由水溶液中的被還原物種所吸收，此即陰極反應過程，由此可知金屬的腐蝕乃是金屬的陽極氧化，及環境中氧化劑在陰極還原的偶合電化學反應的結果。因為電化學腐蝕中，金屬本身起著陽極和陰極的短路作用，所以不會產出可用的電能，但陽極反應則會造成金屬被破壞，又其中氧化及還原反應的化學能乃全部以熱能的形式散失。又在自然腐蝕的情況下，金屬上的陽極反應和陰極反應的速率乃是相等的，所以金屬保持電中性狀態，而不同金屬具有不同的電化學電位。

2. **犧牲陽極防腐蝕法**：直接採用活性較高之金屬做為陽極。例如我們的實驗是透過活性較大的鋁當陽極(氧化反應)而活性較小的鐵當陰極(還原反應)。犧牲掉活性大的鋁保護活性小的鐵片。

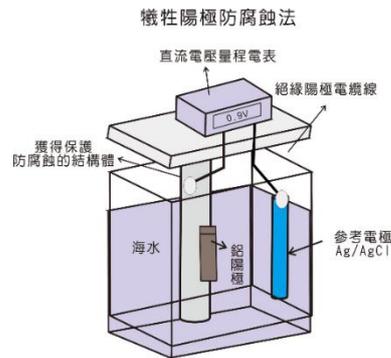


圖 7、犧牲陽極防腐法的實驗照片與示意圖。

### 3. 陰極防腐蝕法：

依據電化學電池理論，陽極(氧化反應)會失去電子造成腐蝕，而陰極(還原反應)則會獲得電子受到保護，因此需要外加直流電流將需要被保護的且易失去電子的金屬變成陰極，該金屬就較不易被腐蝕。

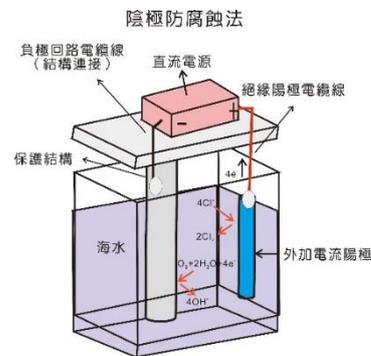


圖 8、陰極防腐法的實驗照片與示意圖。

### (三)利用腐蝕電流來判定腐蝕速率---恆電位法

1. 恆電位法(potentiostatic)或動電位(potentiodynamic)極化法是目前最常被使用的電化學分析技術。設備包括恆電位儀(potentiostat)、工作電極(working electrode · WE)、參考電極(reference electrode · RE)、輔助電極(counter electrode · CE)。工作原理為工作電極為欲測量的試片，參考電極的功用是量測試片在目前環境下的電位，我們是使用銀/氯化銀電極(Ag/AgCl, E0Rd=0.197V)，而輔助電極功用為與試片形成迴路供電流導通，通常是鈍態的材料，我們使用白金電極 ( Pt )。實驗過程中，輸出的電流、電壓大小，由恆電位儀(EC-301)來控制 ( 如圖 9 )。

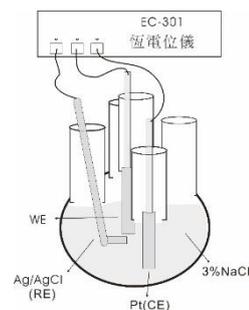
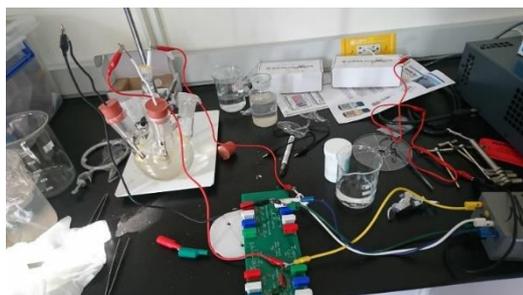


圖 9、本實驗之實際恆電位儀裝置圖示。

2. 由恆電位法或動電位極化法紀錄實驗過程中，電位值或電流值之變化情形，可得一典型的極化曲線 (Tafel 曲線)，如圖 10，圖中曲線可分為陰極極化曲線(cathodic polarization)與陽極極化曲線(Anodic polarization)，陰極極化曲線代表整個實驗過程中，氫氣的還原： $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ ，而陽極極化曲線為金屬的氧化(金屬試片) $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ 。

3. (圖 10)中  $E_{corr}$  即為金屬開始發生腐蝕的電位；腐蝕電流的求得有兩種方法：塔弗外插法(Tafel extrapolation)和線性極化法又稱為極化電阻法，塔弗外插法在腐蝕電位 $\pm 50\text{mv}$  區域附近，可得一線性區域，稱為塔弗直線區(Tafel region)，陰極與陽極極化曲線的塔弗直線區切線( $\beta_a$ 、 $\beta_c$ )外插交於橫軸，即為腐蝕電流( $i_{corr}$ )，可代表腐蝕速率。

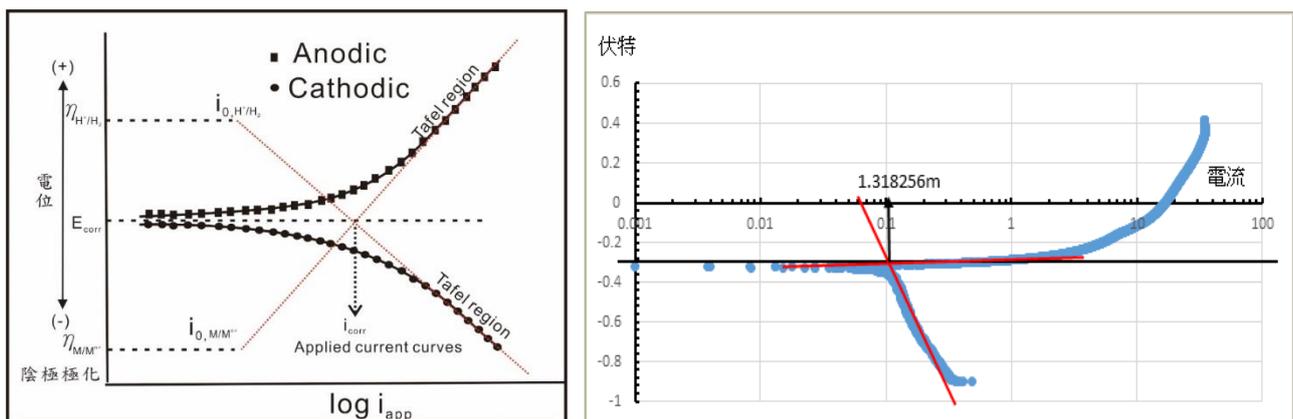


圖 10、本實驗所使用之利用 Tafel 曲線求腐蝕速率說明圖與實驗數據實際作圖結果。

4. 比較陰極防腐法、犧牲陽及防腐法、以及空白組三者的防腐速率。實驗結果如下圖 11。

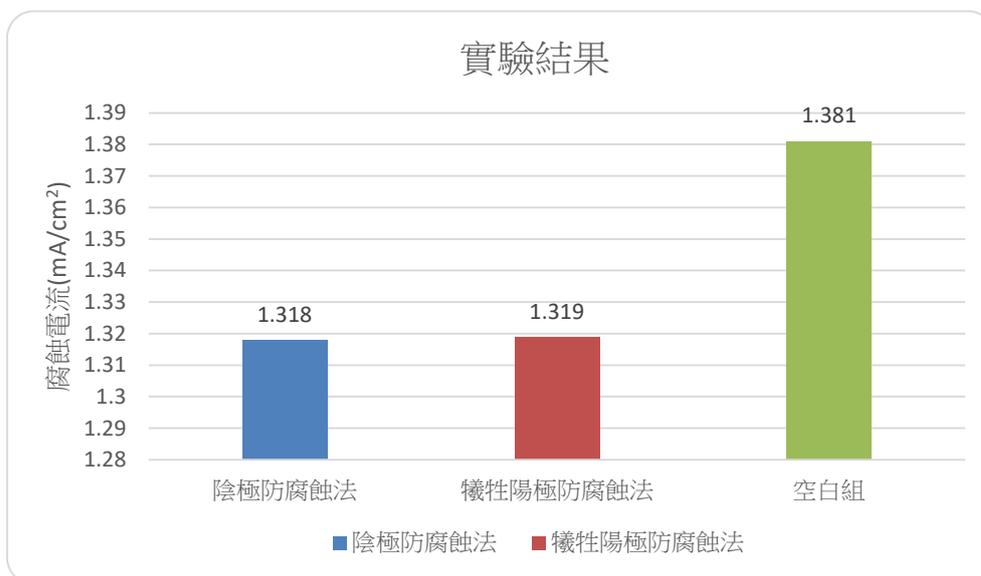


圖 11、陰極防腐法、犧牲陽及防腐法、以及空白組三者的防腐速率實驗數據結果，

## 五、 結論與生活應用

## (一) 結論

1. 從 2020 年整理出來的海洋鹽度、水溫、PH 值、溶氧、平均流速之圖表(圖 2 至圖 6)·發現：
  - (1) 鹽度、PH 值、溶氧變化不大·因此對於腐蝕速率的影響並不大。
  - (2) 水溫雖然有在一月與七月有明顯差距·但連結圖二的腐蝕速率做比較·沒有相對的關係。
  - (3) 從(圖 2)可看出海流流速高且腐蝕速度高·因此判斷海流的平均流速是影響腐蝕速度的主因。
2. 犧牲陽極腐蝕法和陰極防腐蝕法的防腐都有其效果·但在實驗上需要注意其限制。
  - (1) 犧牲陽極腐蝕法是利用活性較大的鋁當陽極(氧化反應)而活性較小的鐵當陰極(還原反應)·亦即犧牲掉活性大的鋁保護活性小的鐵片·故需要被保護的材質需要活性小的金屬才行。
  - (2) 陰極防腐蝕法需要外加直流電流將需要易失去電子的金屬放在陰極·該金屬就較不易被腐蝕·因此電壓、電流值的大小與來源就很變的很重要了。
3. 以恆電位移之腐蝕電流測量數值·實驗金屬採用陰極防腐蝕法、犧牲陽極腐蝕法或無防腐措施的結果數據中·證明陰極防腐蝕法、犧牲陽極腐蝕法對於海洋環境防腐蝕有其效果(圖 11)·由圖 10 與圖 11 亦可證明以恆電位之氧化還原電流法來測定金屬之腐蝕速率比起重量損失法是快又有效。

## (二) 生活應用

1. 橋墩長期受海風吹拂·導致金屬被腐蝕·就易斷裂·造成危險·因此透過海水提高鋼鐵其電位·並且保持在腐蝕平衡電位之上使其不受海水腐蝕的作用·延長其壽命。
2. 船舶經常處於海洋環境中·使船殼常受到環境腐蝕的侵害·我們就可以透過陰極防腐法·為船殼提供了保護電流·使船體成為陰極而免受腐蝕之損害。
3. 水流經水管到達家戶·長久時間下來·造成管壁腐蝕·腐蝕所產生的有毒物質·對於人體的健康有很大的影響·藉由陽極丟出電子·陰極獲得電子受到保護·增加水管耐腐蝕程度。
4. 為解決用水需求·需在山區或是河流上游處建造水壩·長期受水流沖刷腐蝕·造成結構損害喪失其功能·藉海水提高其電位·且保持在腐蝕平衡電位之上使其不受海水腐蝕的作用·減緩其腐蝕速率。

## 參考資料

- (一) 蔡文達(1988)·陰極防蝕電化學應用基本原理·防蝕工程·2(1)·1-11。
- (二) 府資料開放平臺(2021 年 2 月 26 日)·蘇澳商港歷年海氣象觀測月統計資料。  
<https://data.gov.tw/dataset/137651>
- (三) 海洋保育網(2019 年 9 月 4 日)·臨海縣市海域水質資訊。  
[https://iocean.oca.gov.tw/OCA\\_OceanConservation/PUBLIC/Marine\\_WaterQuality.aspx](https://iocean.oca.gov.tw/OCA_OceanConservation/PUBLIC/Marine_WaterQuality.aspx)
- (四) 羅建明、陳桂清、柯正龍·金屬材料腐蝕環境調查研究(1/2)·交通部運輸研究所。
- (五) 林維明(1989)·海洋環境下金屬材料腐蝕行為之檢討·防蝕工程·2(3)·21-47。
- (六) 工作熊(2020 年 9 月 16 日)·介紹 4 種可以用來防止金屬腐蝕的方法·談金屬腐蝕(7)。  
<https://www.researchmfg.com/2020/09/corrosion-07/>