

建議調查腐蝕損失來 增長資源、能源之使用

柏林股份有限公司總經理
本學會第二屆理事長

陳文源

一、前言

金屬材料易於各種環境中反應，生成在熱力學上安定的氧化物或硫化物，這是一種腐蝕反應。鐵的大氣腐蝕為自然循環中還元鐵礦石變為鐵，再與大氣中水份反應成鐵礦石主成份之鐵氧化物。然而腐蝕現象中生成之腐蝕生成物其重量增加變化不大却易發生龜裂、破斷等災害。

各種金屬材料的腐蝕情形，隨使用環境的嚴酷而加重，都使金屬構造物之腐蝕損傷增大，這是從事防蝕工作技術者與研究者最關心之事，故防蝕對策是目前工業界重要工作之一。

若能調查我國總合的腐蝕損失，則由估計的莫大腐蝕損失額，將能喚起全體國民對腐蝕防蝕之強烈關心。若防蝕對策能澈底普及，防蝕技術的開發，將給工業社會的經濟莫大助益，包括省資源、省能源以及對環境保全與公共安全設施可靠性的增進等。

二、腐蝕損失

依設備材料腐蝕所浪費掉的腐蝕損失費用調查報告書（1977年日本防鏽技術協會與腐蝕防蝕協會對日本的腐蝕損失調查報告書與1971年英國Dr. T.P. Hoar之“Report of the Committee On Corrosion and prevention”以美國、英國、瑞典、日本為例，每年之腐蝕損失約佔GNP（全體國民生產毛額）之1—3%。

設備材料之腐蝕損失可分為直接損失（更換部份材料，修理作業費）與間接損失（裝置之停止運轉及連帶之減產，對地方社會之損傷或賠償等）。

一般之腐蝕事故，直接損失不比間接損失之比例大，要計算間接損失會遭遇許多困難。

若腐蝕對策費少，隨而腐蝕事故損失額相對會顯著增加。另一方面，增加腐蝕對策費，即可減少損失。故腐蝕損失之計算應是腐蝕事故之損失和腐蝕對策費（即防蝕費用）之總合。

三、各國之腐蝕損失情形

1922年英國的Hadfield發表了全世界鋼鐵生銹的年間損失額（含防止腐蝕費與因防蝕而更換材料的費用）合計為7億英鎊。1957年Vernon評估英國因腐蝕導致的直接損失為6億英鎊，又指出因腐蝕事故而導致操作運轉之中斷，效率降低，生產上之損失，製品之污染等難

以評估之間接損失若合併計算，則腐蝕損失金額是相當龐大的。

1950年美國Dr. Uhlig之報告書中指出美國之腐蝕直接損失為每年55億美金，若加間接損失即更龐大。由Dr. Uhlig之方式計算日本之年度腐蝕損失為美國之 $\frac{1}{50}$ ，約為一兆日幣。

1969年英國之工業部設置腐蝕防治委員會，由Dr. Hoar為委員長。由產業界、政府機關、學協會、大學等聯請20位委員進行調查年度腐蝕損失額。

1970年著名的Dr. Hoar報告書中指出英國於1969年之年度腐蝕損失額為13.65億英鎊，達英國GNP之3.5%，Dr. Hoar更指出13.65億英鎊中，若將已有的防蝕知識有效的應用，可節省3.1億英鎊。

同樣的調查結果，各國均相繼提出：

1973年美國的總統報告書中有關材料政策部份，預測年度腐蝕損失額為150億美金。

西德之Dechema（西德化學機械協會）報告，推測1968—1969年之年度腐蝕損失額為190億馬克，其中約23%可應用已有的防蝕技術來減少損失

1975年瑞典工業開發局材料部發表其年度腐蝕損失為10—20億瑞典幣。

Dr. Uhlig於1973年訪問澳洲，評估該國之年度腐蝕損失額為4億700萬澳幣，相當於該國GNP之1.5%。

荷蘭於第四屆國際金屬腐蝕會議（1968年在阿姆斯特丹召開）中由該國經濟部長證實其年度腐蝕損失額為GNP之0.7%。

日本於1974年之腐蝕損失調查結果，由Uhlig的方式計算為二兆5509億3000萬日幣，若由Hoar方式計算為一兆382億4000萬日幣，約佔日本GNP（約為136兆日幣）之1—2%。此二計算方式，將於下述詳加介紹。

四、腐蝕損失的計算方式

(一)Uhlig方式（以生產、製造方面設計之防蝕對策費用）

Dr. Uhlig之計算方法係以金屬之塗裝、電鍍等表面處理，耐蝕材料、防銹油、抑制劑、電氣防蝕及腐蝕研

究等七項目，所使用之金額，之合計為其腐蝕損失額。

(a)表面塗裝費：

依塗料用途別來分類，把塗料使用百分率與防銹用途比例，再加塗裝工資為其表面塗裝費，亦即使用於防蝕

對策的塗料塗裝金額，如表一所示。

1975 年日本用於表面塗裝所發生的防蝕對策費合計 1 兆 5954 億 8000 萬日元，可見其腐蝕對策費用之龐大。

表一 塗料塗裝防蝕費用

用 途	使用百分比	塗料費 (億 円)	防蝕比例 (%)	塗料工資 (×塗料費)	塗料塗裝防蝕 費合計 (億 円)
1.建 築	19.0	700.9	50	5	2,102.7
2.構 造 物	8.0	295.1	70	5	1,239.4
3.海運關係	12.5	461.1	100	10	5,072.1
4.鐵路車輛	1.4	51.6	70	5	216.7
5.公路車輛	18.1	667.7	70	5	2,804.3
6.電氣機械	6.9	254.5	70	5	1,068.9
7.機 械	5.0	184.5	70	5	774.9
8.金屬製品	9.5	350.4	70	5	1,471.9
9.木工製品	7.5	276.7	0	—	—
10.公營機械	1.0	36.9	70	5	155.0
11.家庭用品	3.7	136.5	70	5	573.3
12.道路標誌	1.6	59.0	0	—	—
13.其 它	5.8	213.9	50	5	475.8
合 計	100.0	3689.0			15,954.8

(b)金屬之表面處理費：

可分為鋼鐵材料與非鐵材料，鋼鐵材料之表面處理費用，由日本國內訂購重量與其經表面處理後，與普通鋼板之價格差為其表面處理費（耐候鋼亦當做表面處理後者計算），如表二所示。

非鐵材料即以鋁與鋁合金之陽極被膜處理為其腐蝕對策費，如表三所示。

表二 鋼鐵材料之表面處理費

品 名	訂購重量 (萬噸)	與普通鋼板之價格 差 (日圓/噸)	表面處理費 (德圓)
1.鍍錫鋼板	87.7	90,100.00	790.1
2.鍍鋅鋼板	111.9	30,000.00	335.7
3.其他表面 處理鋼板	184.3	30,500.00	562.1
4.耐候性鋼	35.0	20,000.00	70.0
	418.9		1,757.9

表三 鋁及鋁合金用途別分類與其表面處理費

用途分類	使用量	防蝕法	表面處理費
1.家庭用品	2970 噸(297 萬 m ²)	陽極處理	59.5 億日元
2.電氣用品	2000 噸(200 萬 m ²)	"	10.0 "
3.建築用品	4806 噸(220.3 萬 m ²)	"	658.5 "
計	507,776 噸		718.0 億日元

再加上日本全國中小電鍍處理會社 5100 社之總營業額 3999.9 億日元（當然要算 100%防蝕為目的）總共金屬表面處理的防蝕對策費為 6476 億 2000 萬日元。

(c)耐蝕材料費：

以高合金鋼如不銹鋼等，與鈦耐蝕材料等與普通鋼鐵之價格差當為腐蝕對策費來計算，即如表四所示。

表四 使用不銹鋼所發生之防蝕對策費

鋼種類	生產量(噸)	與普通鋼之差價	使用不銹鋼所花之費用
1. Ferrite 不銹鋼	150.063 噸	260.500 日圓/噸	390.8 億日圓
2. Austenite 不銹鋼	496.726 噸	390.500 日圓/噸	1937.4 億日圓
	646.825 噸		2328.2 億日圓

由上表可知使用不銹鋼之防蝕對策費用是 2328 億 2000 萬日圓。

又 1974 年鈦金屬之生產量為 2000 噸，每噸為 600 萬日圓，假定 50% 用於化學設備之耐蝕用途則其防蝕對策費為 60 億日圓，合計防蝕對策費為 2388 億 2000 萬日圓。

(d) 防銹油費：

表五為 1973 年度，防銹油生產量與使用防銹油之防蝕對策費。

表五 防銹油生產量與防蝕對策費

防銹油種類	生產量 (kl)	單價 日圓/l	防銹比率	防蝕對策費 (日圓)
1. 溶劑稀釋型防銹油	27300	250	100 %	68.3 億
2. 石油膏型防銹油	4850	"	80 %	9.7 億
3. 防銹潤滑油	55200	"	50 %	69.0 億
4. 防銹黃油	200	"	100 %	0.5 億
5. 去除指紋型防銹油	4500	"	80 %	9.0 億
	92050			156.5 億日圓

防銹油亦當潤滑油使用，故假定防銹油用目的之比率為 50 % 計算，又石油膏型與去除指紋型防銹油，防銹用途為 80 % 來計算，結果使用防銹油與防蝕對策之費用為 156.5 億日圓。

(e) 抑制劑：

如表六所示，使用抑制劑的防蝕費用為 161 億日圓。

表六 使用抑制劑所發生之防蝕對策費

抑制劑處理	抑制劑使用費 (日圓)
1. 鍋爐用水處理用	120.4 億
2. 冷却用水處理用	37.6 億
3. 製程上處理用	3.0 億
計	161.0 億日圓

(f) 電氣防蝕費：

1976 年度日本防蝕公司以電氣防蝕法之防蝕對策費為 157 億 5000 萬日圓。

(g) 腐蝕研究費：

腐蝕研究費在腐蝕對策費用中是重要項目之一，社團法人之腐蝕防蝕協會等約 1000 名之研究人員，1975 年每人之研究費為 2151 萬日圓，故合計為 215 億 1000 萬日圓。

總之，以生產、製造方面來統計之腐蝕對策費用，根據 Dr. Uhlig 方式來統計，即如表七，為 2 兆 5509 億 3000 萬日圓。

表七 由生產、製造方面來統計之腐蝕對策費用

腐蝕對策	防蝕對策費	防蝕對策之比例
1. 表面塗裝	15,954.8 億日圓	62.55 %
2. 金屬表面處理費	6,476.2 億日圓	25.39 %
3. 耐蝕材料	2,388.2 億日圓	9.36 %
4. 防銹油	156.5 億日圓	0.61 %
5. 抑制劑	161.0 億日圓	0.63 %
6. 電氣防蝕	157.5 億日圓	0.62 %
7. 腐蝕研究	215.1 億日圓	0.84 %
計	25,509.3 億日圓	100.00 %

(二) Hoar 方式 (由各使用產業部門來統計之防蝕對策費用)

Dr. Hoar 就下列各產業部門來調查其腐蝕損失所用之防蝕對策費。

- (a) 能源部門。
- (b) 交通運輸部門。
- (c) 建設部門。
- (d) 化學工業部門。
- (e) 金屬精鍊部門。
- (f) 機械部門。

其調查方式分為建設中之腐蝕對策費與維護管理費。就不同產業調查其腐蝕及腐蝕對策，再統計其防蝕對策費用。

腐蝕對策項目即如：

- I) 使用耐蝕材料而增加之費用。
- II) 防蝕塗裝費用。
- III) 內襯費用。
- IV) 包覆費用。
- V) 金屬表面處理費用。
- VI) 防銹油費用。
- VII) 抑制劑費用。
- VIII) 電氣防蝕費用。
- IX) 其他。

針對上述各項之材料、工資，整個工程費用與針對腐蝕對策而增設之設備等費用都包括在內。

(a)能源部門分爲：

- I) 瓦斯。
- II) 電力。
- III) 石油。
- IV) 自來水。

(b)交通運輸部門分爲：

- I) 鐵路車輛。
- II) 公路車輛。
- III) 航空。
- IV) 船舶。

就其製造與修護時之腐蝕對策費用計算。

(c)建設部門分爲：

- I) 建築。
- II) 橋樑。
- III) 港灣。

調查各用途之鋼鐵與非鐵材料之使用量與其腐蝕對策費用，包括補修維護、管理調查等費用。

(d)化學工業部門分爲：

石油煉製、石油化學、有機合成、酸鹼工業、合成樹脂、橡膠、肥料、無機藥品、其他等。調查其腐蝕損失與腐蝕對策，來統計防蝕對策費用。

(e)金屬精鍊部門分爲：

鋼鐵、不銹鋼、特殊鋼（工具鋼、耐熱鋼、軸承鋼等）、鋁、鋅、鈦等。建設時之腐蝕對策費、維護費、部品換新費等來統計其防蝕對策費。

(f)機械部門分爲：

產業機械、電氣工業、通信設施、照明器具工業、電子機械工業、工作機械工業、冷暖氣工業、縫紉機工業、印刷與製紙工業、瓦斯石油機器工業、農業機械工業、木工機

械、事務用器具、武器、其他等。

就其製品生產所需之腐蝕對策費、設備之防蝕維護費用等來統計防蝕對策費用。

總之，其腐蝕損失，與腐蝕對策所用之防蝕對策費與 Dr. Uhlig 方式相差 4000 萬日圓而已！機械部門之損失額最大佔 40%，交通運輸部門佔 19%，建設部門佔 17%，化學工業部門佔 15%，其他爲能源部門與金屬精鍊部門，其損失額亦即其防蝕對策費用。

由上述二種方式調查結果可知，腐蝕損失之龐大。若能調查腐蝕損失與腐蝕對策費，我們可待對下面效果有所期待：

- ①爲使金屬製品、金屬構造物，免除生銹腐蝕，以維持健全狀態，需要投入巨額資金，故日常生活或於工廠，或各項產業都必須提高對腐蝕防蝕之關心，找出最經濟、最有效之防蝕方法。
- ②提高對防蝕之關心，不僅與單一企業之利益有關，同時對安定成長之工業社會之資源、能源之節省與有效使用，都有密切關係。

這種腐蝕損失之調查，給予我們加深認識防蝕之重要性，希望民間與政府共同協力來減輕腐蝕損失，並且來保全現有設施、產業等。

所以，建議應早建立對策：

①設立腐蝕防蝕中心：

對腐蝕防蝕事項之技術協助與服務，整理國內外有關腐蝕防蝕之資料雜誌，與腐蝕防蝕關係學會互相連繫，啓發防蝕觀念，辦理活動，訓練防蝕技術者。

②於各大專相關科系實施腐蝕防蝕技術教育。

③開發研究新防蝕材料與技術。

④防蝕對策上所需各種測試、評估、機械之開發。