

鋼鐵製程 CO₂ 排放量的計算 - 溫室氣體盤查議定計畫

計算作業表的指導 (資料來源：<http://www.ghgprotocol.org/standard/iron.doc>)

I. 概要

I.A. 本節的目的與範圍

本節是提供給工廠管理者與現場環安衛人員，以便於計算與報告該公司與鋼鐵製程直接關聯的溫室氣體排放量；一套逐步說明的方式涵括由數據收集到完成報告各階段的計算程序。本節指導應該應用於含鋼鐵製程作業的製造業。

I.B. 程序說明

本節涵括初級與二次鋼鐵製程，廣義而言，初級煉鋼製程有兩種設施型態。大型的鋼鐵聯合工廠具備煉焦、煉鐵、煉鋼與精煉的能力，能自原料煤與鐵礦石生產鋼鐵；其他較小的初級鋼鐵廠要從外面的煉焦廠輸入焦碳，以煉製鋼鐵。鋼鐵聯合工廠使用的焦碳，和外面的煉焦廠使用的料是一樣的。

粗鐵是在高爐內還原氧化鐵礦石而產生，利用焦碳中的碳(有時代是煤炭或天然氣)當作燃料與還原劑，然後在另外一座爐將鐵與廢鋼同煉產生鋼。在大多數的煉鐵爐內，製程中會使用碳酸鹽造渣劑；除了少量的碳會殘留在粗鐵內，焦碳中與造渣劑中大部份的碳會以燃燒廢氣的形式排放。

因為碳在製程中扮演燃料與還原劑的雙重角色，如果焦碳燃燒釋出的碳已經算在別的項目中，要注意不要把這些碳重複計算；焦碳與其他燃料用做鋼鐵製程的還原劑時，應該算做鋼鐵製程的程序排放，而不是像用在固定式燃燒部門的燃料燃燒排放。

在煉製鋼的時候也會有排放，那是把粗鐵內大部分的碳加入氧化(去除)的程序；煉鋼可利用轉爐(BOF)、電弧爐(EAF)、感應爐、平爐等方式，平爐製程是最古老的科技。

低碳鋼可利用轉爐煉製，將生鐵與廢鐵置入爐內，在純氧的環境中重新熔煉，而使鐵中的碳成份氧化成一氧化碳與二氧化碳。

碳鋼與合金鋼可利用電弧爐煉製，在一具耐火材襯裡的坩鍋中，應用石墨電極通電加熱，因而在製程中耗用電能；這種型式的煉鋼是以 100%的廢鐵做原料。

I.C. 本工具應用的計算方法

本節描述由鋼鐵製程部門估算 CO₂ 排放量的方法，方法 A 與方法 B 分別為還原劑是否已知為前提的排放量估算方法說明。

> 方法 A：依據還原劑使用量計算 CO₂ 排放量(較佳的方法)

還原劑使用量佔製程相關 CO₂ 排放總量的 90%，其餘的排放量發生在碳酸鹽造渣劑的燃燒與粗鋼製程中；理論上，如果廠方具備還原劑使用量、碳酸鹽造渣劑與添加劑使用量的數據，以及金屬與副產品的產量資料，所有相關部門的計算應該會是完整的。

當應用這種方法時，如果其他原料的數據有限，至少還原劑燃燒時的 CO₂ 排放量應該要確認；如果還原劑消耗量不知道，就要用到方法 B 了。

> 方法 B：依據產量計算 CO₂ 排放量(替代的方法)

只有在還原劑消耗量不知道的情況下應用此方法，並且最好是不要把數據報出去。在此方法中，由鋼鐵製程產量的 CO₂ 排放量，來自廠內包括煉焦爐、燒結爐、高爐、轉爐或電弧爐都算在一起。

理論上，如果碳酸鹽造渣劑與添加劑使用量的數據都具備了，相關部門的計算應該會是完整的；然而，如果數據有限，那麼至少鋼鐵製程的 CO₂ 排放量要算出來。

> 藉由計算含碳產品或副產品的輸出來調整 CO₂ 排放量

由方法 A 及方法 B 計算的排放量，應該要依據任何含碳產品或副產品越過申報公司界線之外的輸出量來調整；這種調整就是在確保 CO₂ 排放量不會被高估。含碳副產品可能包括焦爐煤氣、高爐煤氣、殘餘燃油、焦油等；只有在證實這些產品已經出售時，才要做這種調整。

II. 活動數據與排放因子的選擇

本節要確認的特定議題包括如何選擇活動數據(II.A)，以及排放因子(II.B)，這些都是計算排放量時會用到的資料。

II.A. 活動數據

需要的數據可由直接量測鋼鐵製程產量、還原劑/碳酸鹽造渣劑消耗量、含碳副產品產出量或查閱相關財務報表而獲得，而在鋼鐵製程中，最大的 CO₂ 排放量來自還原劑(煤碳或焦碳)在製鐵時的耗用；所以，在決定鋼鐵部門溫室氣體排放量所需資訊時，最重要的是還原劑消耗量。

II.B. 排放因子

在計算作業表中，附件 A、B 與 C 列出每個排放源的內設 CO₂ 排放因子；公司和工廠若是有更適用的專用排放因子，可選擇替換這些內設排放因子。大部分的內設排放因子數值引用自「IPCC 好方法指導」，各個數值的參考資料也列表顯示。

II.C. 溫室氣體產生源與活動數據的完整性

碳在製鐵程序中是燃料，也是還原劑，因此要避免重複計算；例如說，如果像焦碳的燃料在鋼鐵製程是當作還原劑使用，就應該將其排放量納入鋼鐵部門的排放清單，並且應當由固定式燃燒部門的排放清單中刪除。同樣的，如果殘餘煤氣(像是煉焦爐煤氣與高爐煤氣)當做燃料來燒，產生的排放量就應該被納入固定式燃燒部門的排放清單。

假如煉焦作業是鋼鐵聯合工廠製程的一部份，要特別注意，只有煉焦用的煤碳量才可以用來決定消耗還原劑的排放量；至於煉焦的產生量，如果用在高爐內，就不應該納入計算中。然而，如果有一批焦碳是由廠外採購來當作還原劑使用，那麼，生產這批焦碳的排放量就應該納入計算中，這樣才能確保不會重複計算還原劑的排放量。如果沒有煉焦作業，只有用來還原鐵礦石的焦碳量才要納入溫室氣體排放量的計算中。

依據含碳產品與副產品的輸出量進行 CO₂ 排放量的調整，要在確定這些產品已售出之後才可進行；確認的方式包括查證售貨單據或合約。

III. 計算步驟的說明

III.A. 應用較佳的方法：依據還原劑使用量計算 CO₂ 排放量(作業表 1)

► 作業表 1/步驟 1.1 至 1.4 – CO₂ 排放量歸因於還原劑耗用量

利用下列的公式，由還原劑耗用量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{還原劑質量}_{(\text{公噸})} \times \text{排放因子}_{(\text{公噸 CO}_2/\text{公噸})}$$

讀者必須要確認的資料有：

- > 還原劑質量(由燃料燃燒部門減除)
- > 還原劑的碳排放因子

內設排放因子可由計算作業表內附件 A 的附表查取，這些數值應該只有在廠方無法提供相關數據時才選用，並且最好不要報告這些估算值。

要計算從還原劑釋出的排放量，遵行步驟 1.1 至 1.4

欄 A – 填寫申報期間還原劑的使用量(以公噸表示)，將各個還原劑使用量分別填寫在作業表不同的列中；估計值也可以。

欄 B – 填寫相關的排放因子，而各種還原劑的內設值可由附件 A 的表 1 查取。

欄 C – 將還原劑的使用量(欄 A)乘以相關的排放因子(欄 B) – 乘積會自動計算。

格 D – 把 C 欄內所有數值加起來，就得到還原劑的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

► 作業表 1/步驟 1.5 至 1.9 – CO₂ 排放量歸因於碳酸鹽造渣劑的使用

許多煉鐵爐會在製程中應用碳酸鹽造渣劑，而鍛燒造渣劑(石灰石或白雲石)所釋放的碳應該納入還原劑的 CO₂ 排放量。

利用下列的公式，由碳酸鹽造渣劑耗用量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{造渣劑質量}_{(\text{公噸})} \times \text{排放因子}_{(\text{公噸 CO}_2/\text{公噸})}$$

讀者必須要確認的資料有：

- > 碳酸鹽造渣劑質量(白雲石/石灰石)

> 造渣劑的碳排放因子

內設排放因子可由計算作業表內附件 A 的附表查取，這些數值應該只有在廠方無法提供相關數據時才選用，並且最好不要報告這些估算值。

要計算從造渣劑釋出的排放量，遵行步驟 1.5 至 1.9

欄 E – 填寫申報期間造渣劑的使用量(以公噸表示)，將各個造渣劑使用量分別填寫在作業表不同的列中。

欄 F – 填寫相關的排放因子，而各種造渣劑的內設值可由附件 A 的表 2 查取。

欄 G – 填寫相關的造渣劑純度值，否則各種造渣劑純度內設值是 1。

欄 H – 將造渣劑的使用量(欄 E)乘以相關的排放因子(欄 F)，並乘以相關的造渣劑純度值(欄 G) – 乘積會自動計算。

格 I – 把 H 欄內所有數值加起來，就得到造渣劑的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

▶ 作業表 1/步驟 1.10 至 1.13 – CO₂ 排放量歸因於高爐添加物耗用量

回收的塑膠化合物有時候被用來當作鐵礦石的還原劑，以減少對於焦碳的依賴；成團的混合塑膠打入煉鐵爐中，當塑膠分解成合成氣時能將鐵礦石還原成生鐵。

利用下列的公式，由高爐添加物耗用量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{添加物質量}_{(\text{公噸})} \times \text{排放因子}_{(\text{公噸 CO}_2/\text{公噸})}$$

要計算從添加物釋出的排放量，遵行步驟 1.10 至 1.13

欄 J – 填寫申報期間添加物的使用量(以公噸表示)，將各個添加物使用量分別填寫在作業表不同的列中。

欄 K – 填寫相關的排放因子，而各種添加物的內設值可由附件 A 的表 1 查取。

欄 L – 將添加物的使用量(欄 J)乘以相關的排放因子(欄 K) – 乘積會自動計算。

格 M – 把 L 欄內所有數值加起來，就得到添加物的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

▶ 作業表 1/步驟 1.14 至 1.18 – CO₂ 排放量歸因於鋼鐵產製量(這部分與前述步驟比較通常是可忽略的。)

如果廢鋼、或是粗鐵供給、或是由其他廠生產的鐵合金被應用於鋼鐵製程，依據粗鐵/鐵合金(3 至 5%)與粗鋼(0.5 至 2%)之間碳含量差異的排放量需要納入考量；此外，對於電弧爐煉鋼製程，最好是把電極消耗所釋出的碳納入總排放量。

利用下列的公式，由鋼鐵產製量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{外部供應粗鐵與廢鋼質量}_{(\text{公噸})} \times \text{金屬碳含量}\% \times 44/12$$

讀者必須要確認的資料有：

> 外部供應的鋼鐵質量

> 金屬碳含量%

要計算從鋼鐵產製釋出的排放量，遵行步驟 1.14 至 1.18

欄 N – 填寫申報期間金屬產製量(以公噸表示)。

欄 O – 填寫金屬中的碳含量 E；最好採用廠方專用因子，否則內設值可由附件 A 的表 3 查取。

欄 P – 將金屬產製量(欄 N)乘以金屬碳含量%(欄 O)，並且除以 100，以獲得金屬中所含的碳量 – 結果會自動計算。

欄 Q – 將 P 欄乘以 44/12 以轉化每項金屬碳排放量為 CO₂ 排放量 – 結果會自動計算。

格 R – 把 M 欄內所有數值加起來，就得到金屬產製的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

▶ 作業表 1/步驟 1.19 – 方法 A 的 CO₂ 總排放量

格 S – 將 D 格、I 格、N 格內的數值加起來，就得到鋼鐵製程的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

III.B.應用替代的方法：還原劑消耗量不知道的情況下計算 CO₂ 排放量(作業表 2)

▶ 作業表 2/步驟 2.1 至 2.3 – CO₂ 排放量歸因於產量數據

鋼鐵製程工廠的碳消耗量已被探討，CO₂ 排放因子列在附件 B 的表 1。

利用下列的公式，由鋼鐵製程產量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{鋼鐵製程產量}_{(\text{公噸})} \times \text{排放因子}_{(\text{公噸 CO}_2/\text{公噸})}$$

內設排放因子可由計算作業表內附件 B 的附表查取，這些數值應該只有在廠方無法提供相關數據時才選用，並且最好不要報告這些估算值。

要計算 CO₂ 排放量的初步估計，遵行步驟 2.1 至 2.3

格 A – 填寫申報期間鐵與/或鋼產製量(以公噸表示)。

格 B – 填寫相關的排放因子，內設值可由附件 B 的表 1 查取。

格 C – 將鐵與/或鋼產製量(格 A)乘以排放因子(格 B) – 乘積會自動計算。

► 作業表 2/步驟 2.4 至 2.8 – CO₂ 排放量歸因於碳酸鹽造渣劑的使用

利用下列的公式，由碳酸鹽造渣劑耗用量來計算 CO₂ 排放量；

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量}_{(\text{公噸})} = \text{造渣劑質量}_{(\text{公噸})} \times \text{排放因子}_{(\text{公噸 CO}_2/\text{公噸})}$$

讀者必須要確認的資料有：

> 碳酸鹽造渣劑質量(白雲石/石灰石)

> 造渣劑的碳排放因子

內設排放因子可由計算作業表內附件 A 的附表查取，這些數值應該只有在廠方無法提供相關數據時才選用，並且最好不要報告這些估算值。

要計算從造渣劑釋出的排放量，遵行步驟 2.4 至 2.8

欄 D – 填寫申報期間造渣劑的使用量(以公噸表示)，將各個造渣劑使用量分別填寫在作業表不同的列中；估計值也可以。

欄 E – 填寫相關的排放因子，而各種造渣劑的內設值可由附件 A 的表 2 查取。

欄 F – 填寫相關的造渣劑純度值，否則各種造渣劑純度內設值是 1。

欄 G – 將造渣劑的使用量(欄 D)乘以相關的排放因子(欄 E)，並且乘以相關的造渣劑純度值(欄 F) – 乘積會自動計算。

格 H – 把 G 欄內所有數值加起來，就得到造渣劑的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

► 作業表 2/步驟 2.9 – 方法 B 的 CO₂ 總排放量

格 I – 將 C 格、H 格內的數值加起來，就得到鋼鐵製程的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

III.C.藉由計算含碳產品或副產品的輸出來調整 CO₂ 排放量(作業表 3)

只要是合宜的，含碳產品或副產品越過申報公司界線之外的輸出量可納入計算；讀者必須要確認的資料有：

> 含碳產品的質量

> 副產品的碳排放因子

> 產品的質量(粗鐵、鋼)

> 金屬碳含量%

內設排放因子可由計算作業表內附件 C 的附表查取，這些數值應該只有在廠方無法提供相關數據時才選用，並且最好不要報告這些估算值。

► 作業表 3/步驟 3.1 至 3.5 – 計算含碳副產品輸出量

遵行步驟 3.1 至 3.5

欄 A – 填寫申報期間含碳副產品的質量(以公噸表示)，將各個副產品質量分別填寫在作業表不同的列中。

欄 B – 填寫相關的淨卡路里值(NCV)。

欄 C – 填寫相關的排放因子，而各種內設值可由附件 C 的表 1 查取。

欄 D – 將副產品的質量(欄 A)乘以相關的淨卡路里值(欄 B)，並且乘以排放因子(欄 C) – 乘積會自動計算。

格 E – 把 D 欄內所有數值加起來，就得到副產品輸出的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

注意！所得到的數值為負值，因為代表輸出的排放量！

► 作業表 3/步驟 3.6 至 3.10 – 計算金屬產品輸出量

遵行步驟 3.6 至 3.10

欄 F – 填寫申報期間金屬產品的銷售量(以公噸表示)。

欄 G – 填寫金屬的碳含量；最好採用廠方專用因子，否則內設值可由附件 C 的表 3 查取。

欄 H – 將金屬產品的銷售量(欄 F)乘以金屬的碳含量%(欄 G)，並且除以 100，以獲得金屬中所含的碳量 – 結果會自動計算。

欄 I – 將 H 欄乘以 44/12 以轉化每項金屬碳排放量為 CO₂ 排放量 – 結果會自動計算。

格 J – 把 I 欄內所有數值加起來，就得到輸出金屬的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

注意！所得到的數值為負值，因為代表輸出的排放量！

► 作業表 3/步驟 3.11 – CO₂ 排放總輸出量

格 K – 將 E 格、J 格內的數值加起來，就得到輸出的 CO₂ 排放量 – 加總會自動計算。

III.D.總 CO₂ 排放量(作業表 4)

為了計算整個工廠的 CO₂ 排放量，使用作業表 4。

IV.清冊的品質保證/品質控制

為了確保清冊的可信度，就必須遵守嚴格的品質保證/品質控制作業程序，以確保各種估計是精確的、透明的與可查證的；下列的議題應該要注意。

> 查核應確認使用的排放因子是最好的與最精確的數據，如果有專屬選用的排放因子，可與相關的內設排放因子比較兩者的差異，查明公司或工廠計算專屬排放因子所採用的方法，以瞭解是否符合 IPCC 的指導原則。

> 如果工廠已經確知焦碳當作還原劑的使用量，就要用這個資料來計算；然而，若是不知的話，廠方的焦碳與石油消耗量可以用來估計還原劑的質量。

> 廠方與公司方面的活動數據應該要加以查核，以確保不會有數量被重複計算的情形，特別是在鋼鐵製程與固定式燃燒部門之間的關聯，有可能焦碳與副產品被廠方或公司方面當作燃料使用；果真如此，焦碳與副產品就要納入固定式燃燒排放源，而不是鋼鐵製程排放源。

> 如果焦碳是別處設施生產的，並且運送到現場使用，要查核以確保別處設施與現場之間不會有數量被重複計算的情形；換句話說，該批焦碳並沒有被納入於別處設施的排放清冊中。

> 在本節中，最重要的是要去充分瞭解所有的排放來源與清冊[IPCC - NGGIP, 1999 - p.21]。

► 不確定性評估

在評估鋼鐵製程溫室氣體排放的不確定性時，有下列因素：

> 還原劑消耗的質量是最重要的資訊，因為佔約 90%的總製程排放量；如果沒有把碳儲存項目納入分析內，排放量會有高估的現象，因為假設所有消耗還原劑的碳會被製程排放；一般而言，粗鐵含碳率約 4%，粗鋼含碳率約 0.5 - 2%。

> 如果計算時沒有指明工廠應用的製程技術，例如電弧爐煉鋼每生產一噸鋼會排放 1.5 公斤的碳，溫室氣體排放量是有可能會稍微低估。

V.內部報告與文件化作業

雖然就溫室氣體盤查議定的報告而言，並未提出文件化的要求，但對於公司方面或其他機構從事估算結果的稽核與認證而言，文件化是必要的。為了確保估算結果是可查證的，用來進行排放量估算的數量化輸入數據應該要有明確的說明，包括資料的日期；文件化作業要儘可能的以書面方式進行，然而電子檔案有時候就足夠了，鋼鐵製程適用的文件列舉於表 1 中。

表 1、鋼鐵製程排放源相關的內部文件

數據資料	文件來源
還原劑/碳酸鹽造渣劑	採購單據、送貨單據、合約或公司採購紀錄、物料清冊文件
粗鐵/廢鋼	物料清冊文件、送貨與採購單據、作業員每日/週/月產量報表
粗鋼/粗鐵/副產品輸出	採購單據、送貨單據、合約
在廠內使用的副產品燃料	量測文件

參考資料

IPCC (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual.

IPCC (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Workbook.

IPCC (2000), Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Available on-line at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/gp/report.htm>

計算作業表 (資料來源：http://www.ghgprotocol.org/standard/ironsteeldraft_6.10.02.xls)

► 作業表 1

方法 A：依據還原劑使用量計算 CO₂ 排放量

作業表 1/步驟 1.1 至 1.4 – 依據還原劑使用量計算 CO₂ 排放量

步驟 1.1 至 1.4. – 由還原劑計算 CO₂ 排放量

	步驟 1.1	步驟 1.2			步驟 1.3
	A			B	C
	工廠使用物料 的數量(Q1)	內設排放因子	專用排放因子	淨排放因子	來自還原劑的 CO ₂ 排放量
		附件 A；表 1			C = A x B
物料種類	(公噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸 CO ₂)
例如：煤碳	100.0	2.5		2.5	250.0
煤碳外部供應	0.69	2.80		2.8	1.9
焦碳外部供應		3.10		3.1	0.0
石油焦外部供應		3.60		3.6	0.0
其他物料 1				0.0	0.0
其他物料 2				0.0	0.0

步驟 1.4.總二氧化碳排放量

D	1.93	公噸 CO ₂
---	------	-----------------------

作業表 1/步驟 1.5 至 1.9 – 依據碳酸鹽造渣劑使用量計算 CO₂ 排放量

步驟 1.5 至 1.9 – 來自造渣劑 CO₂ 排放量

	步驟 1.5	步驟 1.6			步驟 1.7		步驟 1.8
	E			F		G	H
	爐內使用 造渣劑的 數量(Q2)	內設排放 因子	專用排放 因子	淨排放因 子	專用造渣 劑純度值	淨造渣劑 純度值	造渣劑 CO ₂ 排放量
		附件 A； 表 2				內設 = 1	H = G x F x E
造渣劑種 類	(公噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸 CO ₂ /公 噸)	(公噸/公 噸)	(公噸/公 噸)	(公噸 CO ₂)
例如：石 灰石	100.0	0.440		0.440	0.9	0.9	39.6
石灰石	0.200	0.440		0.440	1.0	1.0	0.1
白雲石	0.010	0.477		0.477		1.0	0.0
其他 1				0.0		1.0	0.0
其他 2				0.0		1.0	0.0

步驟 1.9.總二氧化碳排放量

I	0.09	公噸 CO ₂
---	------	-----------------------

作業表 1/步驟 1.10 至 1.13 – 依據高爐添加物計算 CO₂ 排放量

步驟 1.10 To 1.13 – 來自添加劑的 CO₂ 排放量

步驟 1.10	步驟 1.11			步驟 1.12
J			K	L
高爐內使用添	內設排放因子	專用排放因子	淨排放因子	添加劑 CO ₂ 排

	加劑的量(Q3)				放量
		附件 A ; 表 1			$L = J \times K$
物料種類	(公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂)
例如：PVC	100.0	1.62		1.6	162.0
粒狀燃料外部供應		0.44		0.4	0.0
預焙陽極炭塊與煤碳電極		3.60		3.6	0.0
PVC		1.62		1.6	0.0
PET		2.24		2.2	0.0
PE		2.85		2.9	0.0
其他物料 1				0.0	0.0
其他物料 2				0.0	0.0

步驟 1.13.總二氧化碳排放量

M	0.00	公噸 CO ₂
---	------	--------------------

作業表 1/步驟 1.14 至 1.18 – 依據鋼鐵產量計算 CO₂ 排放量

精調原有的估算：步驟 1.14 至 1.18 – 來自鋼鐵產製的排放量

	步驟 1.14	步驟 1.15			步驟 1.16	步驟 1.17
	N			O	P	Q
金屬進料量(Q4)	內設金屬含碳率%	專用金屬含碳率%	淨金屬含碳率%	金屬含碳量	金屬 CO ₂ 排放量	
				$P = N \times O / 100$	$Q = P \times 44/12$	
金屬進料量	(公噸)	(%C/公噸金屬)	(%C/公噸金屬)	(%C/公噸金屬)	(公噸 C)	(公噸 CO ₂)
例如：鐵	80.0			4.0	3.2	11.7
鐵外部供應		4.0	1.0	1.0	0.0	0.0
廢鋼外部供應		0.4		0.4	0.0	0.0
其他金屬					0.0	0.0

步驟 1.18.總二氧化碳排放量

R	0.00	公噸 CO ₂
---	------	--------------------

作業表 1/步驟 1.19 – 應用方法 A 所得總 CO₂ 排放量

步驟 1.19.作業表 1 方法 A 之總二氧化碳排放量

S	2.02	公噸 CO ₂
---	------	--------------------

►作業表 2

方法 B：依據產量計算 CO₂ 排放量

作業表 2/步驟 2.1 至 2.3 – 依據生產數量計算 CO₂ 排放量

步驟 2.1 至 2.3

步驟 2.1	步驟 2.2			步驟 2.3
A			B	C
鐵與/或鋼的產量(Q1)	內設排放因子	專用排放因子	淨排放因子	CO ₂ 排放量
	附件 B；表 1			$C = A \times B$
(公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂)
例如：100	1.75		1.75	160.0
				0.00

作業表 2/步驟 2.4 至 2.8 – 依據碳酸鹽造渣劑使用量計算 CO₂ 排放量

步驟 2.4 至 2.8 – 造渣劑 CO₂ 排放量

	步驟 2.4	步驟 2.5			步驟 2.6	步驟 2.7	
	D			E	F	G	
	造渣劑使用量(Q2)	內設排放因子	專用排放因子	淨排放因子	專用造渣劑純度值	淨造渣劑純度值	
		表 2				內設 = 1	$G = D \times E \times F$
造渣劑種類	(公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸 CO ₂ /公噸)	(公噸/公噸)	(公噸/公噸)	(公噸 CO ₂)
例：石灰石	100.0	0.440		0.440	0.9	0.9	39.6
石灰石		0.440		0.440		1.0	0.0
白雲石		0.477		0.477		1.0	0.0
其他 1				0.0		1.0	0.0
其他 2				0.0		1.0	0.0

步驟 2.8.總二氧化碳排放量

H	0.00	公噸 CO ₂
---	------	-----------------------

作業表 2/步驟 2.9 – 應用方法 B 所得總二氧化碳排放量

步驟 2.9：作業表 2 方法 B 之總二氧化碳排放量

I	0.00	公噸 CO ₂
---	------	-----------------------

►作業表 3

藉計算含碳產品與副產品輸出量調整 CO₂ 排放量

作業表 3/步驟 3.1 至 3.5. – 含碳副產品輸出量

步驟 3.1 至 3.4 – 含碳副產品輸出量

		步驟 3.1	步驟 3.2			步驟 3.3		步驟 3.4	
		A			B		C	D	
		含碳副 產品輸 出量	內設淨 卡路里 值 (NCV)	專用淨 卡路里 值 NCV	淨 NCV	內設排 放因子	專用排 放因子	淨排放 因子	CO ₂ 排放 輸出量
			附件 C 表 1			附件 C 表 2			$D = C \times A \times B$
副產品種 類	單位		(GJ/單 位)	(GJ/單 位)	(GJ/單 位)	(公噸 CO ₂ /GJ)	(公噸 CO ₂ /GJ)	(公噸 CO ₂ /GJ)	(公噸 CO ₂)
例如：高 爐煤氣		50.0	25.0		25.0	0.3		0.3	350.0
焦爐煤氣	m ³ n		0.019389		0.0	0.044		0.044	0.0
高爐煤氣	m ³ n		0.002979		0.0	0.281		0.281	0.0
轉爐煤氣	m ³ n		0.008742		0.0	0.187		0.187	0.0
殘餘燃料 油	公噸		40.19		40.19	0.077		0.077	0.0
焦油	公噸		37.67		37.67	0.090		0.09	0.0
其他含碳 產品 1					0.0			0.0	0.0
其他含碳 產品 2					0.0			0.0	0.0

步驟 3.5. 歸因於輸出副產品的 CO₂ 排放輸出量

E	0.00	公噸 CO ₂
---	------	-----------------------

作業表 3/步驟 3.6 至 3.11 – 金屬輸出量

步驟 3.6 至 3.10 – 金屬輸出量

		步驟 3.6	步驟 3.7			步驟 3.8	步驟 3.9
		F			G	H	I
		金屬售出 量(Q4)	內設金屬含 碳率%	專用金屬含 碳率%	淨金屬含碳 率%	金屬含碳量	金屬 CO ₂ 排 放量
						$H = F \times G / 100$	$I = H \times 44/12$
產品出售量	(公噸)	(%C/公噸 金屬)	(%C/公噸金 屬)	(%C/公噸金 屬)	(公噸 C)	(公噸 CO ₂)	
例如：鋼	40.0				0.4	0.2	-0.6
鋼	1.02				0.00	0.00	0.000
粗鐵	1.0				0.00	0.00	0.000

步驟 3.10：歸因於金屬輸出的 CO₂ 排放量

J	0.000	公噸 CO ₂
---	-------	-----------------------

步驟 3.11：CO₂ 排放輸出量

K	0.00	公噸
---	------	----

		CO ₂
--	--	-----------------

►作業表 4

製程相關排放的整廠總 CO₂ 排放量

		總 CO ₂ 排放量 得自作業表 1 與作業表 3 或，作業表 2 與作業表 3
作業表號碼	作業表內所得結果之說明	公噸 CO ₂
作業表 1	製程相關的 CO ₂ 排放量(當還原劑 消耗量已知的情況)	2.02
作業表 2	製程相關的 CO ₂ 排放量(當還原劑 消耗量不知的情況)	0.00
作業表 3 (注意！所得到的數值為負值， 因為代表輸出的排放量！)	因輸出含碳產品與副產品的 CO ₂ 排放量	0.00

► 附件 A

表 1、內設排放因子 – 還原劑與高爐添加物

物料	
	(公噸 CO ₂ /公噸物料)
煤碳外部供應	2.80
焦炭外部供應	3.10
高爐煤氣	3.60
轉爐煤氣	0.44
預焙陽極炭塊與煤碳電極	3.60
PVC	1.62
PET	2.24
PE	2.85

備註：這些數值大多可由固定式燃燒指導中查獲(表 2-12 - 1996 IPCC 指導，Volume II - p 2.26)。

表 2、內設排放因子 – 造渣劑

高爐煤氣	
	(公噸 CO ₂ /公噸造渣劑)
轉爐煤氣	0.44
石灰石排放因子	0.44
白雲石排放因子	0.477

備註：1996 IPCC 指導，Volume II - p 2.10.

表 3、內設碳含量

金屬		
	含碳率%	
礦石	約 0%	p.21
國際交易的粗鐵(或生鐵)	約 4%	p.22
鑄鐵產品	約 4%	p.22
鋼鐵生產	0.40%	

備註：IPCC - NGGIP，1999 - p.21/22；Bethlehem Steel Corporation 與 US Steel Group

► 附件 B

表 1、CO₂ 排放因子 – 鋼鐵產量

公噸 CO ₂ /公噸鋼鐵產量			
國家	說明	排放因子	參考資料
加拿大 ^a	聯合工廠 ^b (煉焦、煉鐵與/或煉鋼)	1.6	加拿大環保署(1996)
^a 包括煉焦與高爐煤氣耗用所產生的 CO ₂ ，不包括任何形式的傳統能源耗用；排放因子適用於煉鐵，或煉鐵加上煉鋼製程，因為估算的不確定性掩蓋了 CO ₂ 排放量增的差額。 ^b 加拿大環保署曾經提供一個非聯合工廠的排放因子，約為 1.5 公噸 CO ₂ /公噸鋼鐵；但不是很確定的數值。			
美國	聯合工廠(煉焦、煉鐵與/或煉鋼)	1.75	Bethlehem 鋼鐵公司與 US 鋼鐵集團

備註：數值不包括造渣劑(CaCO₃)耗用產生的 CO₂；1996 IPCC 指導，Volume III – 表 2-13 - p 2.28.

表 2、內設排放因子

造渣劑	
	(公噸 CO ₂ /公噸造渣劑)
高爐煤氣	0.44

轉爐煤氣	0.477
------	-------

備註：1996 IPCC 指導，Volume II - p 2.10.

含碳副產品

表 1、內設淨卡路里值

	淨卡路里值	單位
焦爐煤氣	0.019389	GJ/m ³ n
高爐煤氣	0.002979	GJ/m ³ n
轉爐煤氣	0.008742	GJ/m ³ n
殘餘燃料油	40.19	GJ/公噸
焦油	37.67	GJ/公噸

備註：Revised 1996 IPCC 指導 – 表 1-3, Volume II ;

能源標準特性 – 私人公司現場量測 21/12/94 (Marie Marache , PwC , 法國) ;

GJ = 十億焦耳 = 10⁹ 焦耳

表 2、內設排放因子

	排放因子
	公噸 CO ₂ /GJ
焦爐煤氣	0.0436
高爐煤氣	0.2807
轉爐煤氣	0.1866
殘餘燃料油	0.077
焦油	0.09

備註：IPCC - NGGIP , 1999 - p.21/22 ;

能源標準特性 – 私人公司現場量測 21/12/94 (Marie Marache , PwC , 法國)

金屬

表 3、內設碳含量

	含碳率%	
礦石	約 0%	p.21
國際交易的粗鐵(或生鐵)	約 4%	p.22
鑄鐵產品	約 4%	p.22
鋼鐵生產	0.40%	

備註：IPCC - NGGIP , 1999 - p.21/22 ; Bethlehem Steel Corporation 與 US Steel Group