

15106 高等学校教学用书

水泥工业窑

下 册

Е. И. 郝道劳夫 著

重工业部建筑材料工业管理局編譯科 譯



建筑材料工业出版社

高等學校教學用書

水 泥 工 業 密

(下冊)

Е. И. 郝道勞夫 著

重工業部建築材料工業管理局編譯科 譯

建築材料工業出版社

本書係根據蘇聯國家建築材料出版社 (Государственное издательство литературы по строительным материалам) 一九五一年出版的 Е. И. 郝道勞夫 (Е. И. Холоров) 所著 [水泥工業窖] (Печи цементной промышленности) 一書下冊譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為建築材料工學院 [矽酸鹽工藝學] 系、[水泥工藝學] 系以及 [水泥生產熱工技術] 專業的教學參考書。

本書由重工業部建築材料工業管理局編譯科趙維彭同志翻譯，王進甲同志校訂。

Е. И. ХОДОРОВ: ПЕЧИ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПРОМСТРОЙИЗДАТ (МОСКВА-1951)

水泥工業窖 (下冊) 重工業部建築材料工業管理局編譯科譯

1955年5月第一版 1956年11月北京第二次印刷1,030冊 (累計4,215)

787×1092 · 1/25 · 130,000字 · 64¹/₂₅印張 · 插頁1 · 定價(10)0.80元

北京崇文印刷廠印 新華書店發行 書號0022

建築材料工業出版社出版 (北京市西單區什八半截中沈簞子胡同3號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第094號

目 錄 (下冊)

序 言.....	6
----------	---

第一章 窯的熱工計算

第一節 窯的物料平衡	7
------------------	---

一、燃料.....	7
二、原料.....	8
三、熟料.....	11
四、飛灰量.....	11
五、空氣與廢氣.....	13

第二節 窯的熱平衡	17
-----------------	----

一、燃料的化學能.....	17
二、燃料的熱含量.....	18
三、原料的熱含量.....	18
四、空氣的熱含量.....	19
五、熟料形成的熱效應.....	19
六、蒸發原料水分的耗熱量.....	19
七、廢氣帶走的熱損失.....	19
八、化學不完全燃燒的熱損失.....	20
九、機械不完全燃燒的熱損失.....	20
十、熟料帶走的熱損失.....	20
十一、飛灰帶走的熱損失.....	21
十二、散失到空氣中的熱損失.....	21
十三、窯的熱工效率.....	22

第三節 燃燒溫度	23
----------------	----

第四節 吹風與排風設備的選擇	24
----------------------	----

一、管道的流體阻力.....	25
二、窯的吹風機和排風機.....	25

三、窖的烟囱	29
第五節 迴轉窖的熱工計算	31
一、設計窖的計算	31
二、生產窖的計算	39
三、迴轉窖熱工計算實例	45
第六節 立窖的熱工計算	78
一、設計窖的計算	78
二、生產窖的計算	81
三、自動式立窖熱工計算實例	82

第二章 窖的操作原理

第一節 迴轉窖的操作原理	91
一、迴轉窖的點火	91
二、迴轉窖工作制度的制定和調整	93
三、迴轉窖潮料的保護	99
四、迴轉窖的結圈	101
第二節 立窖的操作原理	104

第三章 窖的熱工控制和操作的自動化

第一節 經常的熱工控制	106
一、原料消耗量的控制	106
二、燃料消耗量的控制	110
三、空氣消耗量的控制	111
四、熟料產量的控制	111
五、廢氣參量的控制	111
六、迴轉窖轉速的控制	113
第二節 廢氣成份與燃燒制度間的關係	114
一、燃燒中過剩空氣係數的計算	114
二、熟料燒成中單位耗熱量的計算	116

三、按廢氣成份判斷燃燒制度的特徵.....	125
第三節 窑的標定	127
第四節 迴轉窑工作的自動調整	130
一、喂料量與迴轉速度的聯動化.....	130
二、給煤量與一次空氣量的聯動化.....	130
三、迴轉速度根據煅燒溫度的自動調整.....	131
四、給煤量根據煅燒溫度的自動調整.....	132
五、空氣入窑量的自動調整.....	133
六、迴轉窑的聯合自動調整.....	136
附錄	138
參考文獻	154

序 言

本書乃是大學教材一九五〇年版《水泥工業》的下冊。

水泥工業窖中所發生的各個反應過程和有關國產各種水泥窖結構方面的資料，以及可以說明這些窖的操作情況的一些詳細經驗數據，均載於本書的上冊中。

有關熟料的形成、物料和氣體在窖內的運動、燃料的燃燒以及熱的傳導等問題，在上冊中都已作過詳細的分析。而根據這些分析結果所推演出之窖的熱工計算方法，則載於下冊中。

熱工計算方法不但可以將製造水泥熟料的複雜的技術過程一般地表達出來，並且還能進一步地去豐富理論基礎。在本書內，作者也曾試圖將各個熱工計算方法推導出來，因為牠們能夠反映出控制煅燒過程的各個基本規律。因此，若能對這些規律給予全面地和周密地考慮，則就可能設計出結構更新的水泥窖，並能保證改進煅燒過程。

根據熱工計算不僅可以計算出設計窖的規格，而且還能夠對現有的生產窖制定出最合理的操作制度。

關於如何保證窖的工作制度能夠經常固定的一些操作方法問題，全包括在《窖的熱工控制和操作的自動化》一章內。

當談到一些窖的結構質量和合理的操作制度這方面的問題時，作者已將我國水泥工業在最近時期內所積累的一些經驗，都作了詳細的介紹。不容置疑，在生產革新者——斯達漢諾夫工作者和工程師們不繼地實踐中，必然會使理論得到更進一步的豐富和發展，而且對書中所敘述的一些結論，還會作出適當的修正。

第一章 窯的熱工計算

在本書的第一冊中，對於窯內所發生的各種反應過程，均已經作過研究。而在第二冊中，只準備對這些研究結果進行實際的計算，首先是窯的熱工計算。在計算當中已將各個有聯系的過程，如熟料的形成以及燃燒氣體和物料的運動等等都結合了起來，並使之互相吻合。

第一節 窯的物料平衡

在實際條件下，由於窯有物料飛損，所以燒成熟料的實際原料消耗量總是高於理論消耗量。物料飛損量的多寡，全決定於窯的形式和尺寸、原料的性狀、窯內氣體的流速以及其它等具體條件。

下面就是以窯的試驗資料為根據而組成的各項物料平衡（Материальный баланс）計算。在組列設計窯的物料平衡時，可適當地採用第一和第二兩表中[1]所提出的經驗數據。

一、燃 料

1. 固體或液體燃料的消耗量：

$$G^T = \frac{T_g}{K} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (1)$$

式中： T_g ——在試驗期中工作燃料的消耗量，公斤；

K ——在試驗期中熟料的產量，公斤；

2. 氣體燃料的消耗量：

$$G^T = \frac{T_v}{100 K} (\text{CO}_2^p \gamma_{\text{CO}_2} + \text{CO}^p \gamma_{\text{CO}} + \text{CH}_4^p \gamma_{\text{CH}_4} + \text{H}_2^p \gamma_{\text{H}_2} + \text{O}_2^p \gamma_{\text{O}_2} + \text{N}_2^p \gamma_{\text{N}_2} + \text{H}_2\text{O}^p \gamma_{\text{H}_2\text{O}}) \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (2)$$

式中： T_v ——在試驗期中工作燃料的消耗量，標準立方公尺；

$\text{CO}_2^p, \text{CO}^p, \text{CH}_4^p, \text{H}_2^p, \text{O}_2^p, \text{N}_2^p, \text{H}_2\text{O}^p$ ——工作燃料（氣體）

中各成份的含量，%；

γ_{CO_2} , γ_{CO} , γ_{CH_4} , γ_{H_2} , γ_{O_2} , $\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$ ——各成份的重度，公斤/標準立方公尺。

二、原 料

1. 原料的消耗量：

$$G^c = \frac{C}{K} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (3)$$

式中：C——在試驗期中原料的消耗量，公斤。

2. 乾燥原料的消耗量：

$$G_c^c = \frac{G^c(100 - W^c)}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (4)$$

式中：W^c——原料的濕度，%。

3. 灼燒原料的消耗量：

$$G_c^c = \frac{G_c^c [100 - (\Pi.\Pi.\Pi.)^c]}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (5)$$

式中：(Π.Π.Π.)^c——乾燥原料的燒失量，%。

4. 原料中二氧化碳的消耗量：

$$(G_{\text{CO}_2}^c) = \frac{G_c^c \cdot \text{CO}_2^c}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (6)$$

式中：CO₂^c——乾燥原料中CO₂的含量，%。

5. 原料中碳酸鈣的消耗量：

$$G_{\text{CaCO}_3}^c = \frac{G_c^c \cdot \text{CaO}^c}{56} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (7)$$

式中：CaO^c——乾燥原料中碳酸鈣形CaO的含量，%。

6. 原料中碳酸鎂的消耗量：

$$G_{\text{MgCO}_3}^c = \frac{G_c^c}{100} \times \left[\text{CO}_2^c - \frac{\text{CaO}^c \cdot 44}{56} \right] \frac{84.32}{44} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (8)$$

計算迴轉窯熱平衡用原始數據

I 設備後的空氣過剩係數:

1. 中空式窯、掛鏈條的長窯和附設噴漿裝置的窯:

甲、固體燃料..... 1.1

乙、重油..... 1.05

丙、煤氣..... 1.0

2. 附設餘熱鍋爐的窯..... 2.1—2.2

3. 附設蒸發機和輸送式煅燒機的窯..... 1.4—1.5

II 熟料形成的理論耗熱量, 千卡/公斤熟料:

1. 原料——石灰石(白堊)和粘土..... 400

2. 原料——石灰石(白堊)和礦渣..... 250

III 設備後的氣體溫度, °C:

1. 掛鏈條的濕法長窯..... 200—250

2. 濕法中空式窯..... 300—500

3. 乾法中空式窯:

甲、生料的水分為15%, 原料為石灰石加礦渣..... 650—750

乙、生料水分為15%的普通原料..... 700—800

丙、絕對乾燥的生料..... 800—900

4. 附設噴漿裝置的窯..... 250—300

5. 附設蒸發器, 餘熱鍋爐(乾法及濕法)和輸送式煅燒機的窯..... 150—200

IV 因化學和機械不完全燃燒所造成的熱損失與總耗熱量之比, %..... 3以內

V 熟料帶走的熱量, 千卡/公斤熟料:

1. 中空式窯、掛鏈條的長窯及其它形式的窯..... 50

2. 附設輸送式煅燒機的窯..... 75

VI 散失到周圍大氣中的熱損失與總耗熱量之比, %:

濕 法

1. 中空式窯..... 8—10

2. 掛鏈條的長窯..... 15—17

3. 附設噴漿裝置的窯..... 10—12

4. 附設蒸發機的窯..... 12—14

續第1表

5. 附設過濾機和餘熱鍋爐的窖.....	9—11
乾 法	
6. 中空式窖.....	15—17
7. 附設餘熱鍋爐的窖.....	10—12
8. 附設輸送式煅燒機的窖.....	22
Ⅳ 飛灰量與原料之比, %:	
濕 法	
1. 中空式窖.....	3.0—5.0
2. 掛鏈條的長窖.....	2.5—3.5
3. 附設噴漿裝置的窖.....	10—16
4. 附設蒸發機的窖.....	9—14
乾 法	
1. 中空式窖.....	4—8
2. 附設餘熱鍋爐的窖.....	8—10
3. 附設輸送式煅燒機的窖.....	1.5—3.0
4. 附設預熱機的窖.....	20—30

第2表

計算自動式立窖熱平衡用原始數據

1. 碳素燃燒(燃燒成 CO_2)的程度:	
甲、大生料塊.....	0.58—0.62
乙、圓柱形生料塊、生料球.....	0.56—0.60
2. 在下列各種水分下, 料層上的廢氣溫度:	
$W^{\circ} = 10\%$	350—400
$W^{\circ} = 15\%$	250—300
$W^{\circ} = 18\%$	200—250
3. 飛灰量與乾燥原料之比, %.....	0.5—1.0
4. 因機械的不完全燃燒所造成的熱損失與總耗熱量之比, %.....	2.0—4.0
5. 因化學的不完全燃燒所造成的熱損失與總耗熱量之比, %.....	20—40*
6. 通過窖體散失到周圍大氣中的熱損失與總耗熱量之比, %.....	1.0—2.5

* 此最高極限值乃指窖工作最緊張的情況而言。

7. 原料中物理水的消耗量:

$$(G_w^c) = \frac{G_c^c \cdot W^c}{100 - W^c} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (9)$$

8. 原料中化合水的消耗量^w:

$$(G_{H_2O}^c) = \frac{G_c^c [(\text{П.П.П.})^c - \text{CO}_2^c]}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (10)$$

三、熟 料

物料平衡是按一公斤熟料組成的。

四、飛 灰 量

一般是根據物料平衡計算飛灰量, 先從計算經過煅燒的飛灰開始。

1. 經過煅燒的飛灰的逸出量:

$$G_n^y = G_n^c + \frac{G^m \cdot A_n^p}{100} - \left[1 - \frac{(\text{П.П.П.})^k}{100} \right] \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (11)$$

式中: G^m ——工作燃料的消耗量, 公斤/公斤熟料;

A_n^p ——工作燃料中灼燒灰分的含量, %

$(\text{П.П.П.})^k$ ——熟料的燒失量, %。

2. 乾燥飛灰的逸出量:

$$G_c^y = \frac{G_n^y \cdot 100}{100 - (\text{П.П.П.})^y} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (12)$$

式中: $(\text{П.П.П.})^y$ ——飛灰的燒失量, %。

3. 飛灰的逸出量:

$$G^y = \frac{G_c^y \cdot 100}{100 - W^y} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (13)$$

* 假設燒失量與 CO_2^c 含量之差為高嶺土的化合水。

式中: W^y ——飛灰的水分, %。

4. 飛灰中二氧化碳的逸出量:

$$G_{\text{CO}_2}^y = \frac{G_c^y \cdot \text{CO}_2^y}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (14)$$

式中: CO_2^y ——乾燥飛灰中 CO_2 的含量, %。

5. 飛灰中碳酸鈣的逸出量:

$$G_{\text{CaCO}_3}^y = \frac{G_c^y \cdot \text{CaO}^y}{56} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (15)$$

式中: CaO^y ——乾燥飛灰中碳酸鈣形 CaO 的含量, %。

6. 飛灰中碳酸鎂的逸出量:

$$G_{\text{MgCO}_3}^y = \frac{G_c^y}{100} \cdot \frac{\left[\text{CO}_2^y - \frac{\text{CaO}^y \cdot 44}{56} \right] 84.32}{44} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (16)$$

7. 飛灰中物理水的逸出量:

$$G_w^y = \frac{G_c^y \cdot W^y}{100 - W^y} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (17)$$

8. 飛灰中化合水的逸出量:

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^y = \frac{G_c^y [(\text{П.П.П.})^y - \text{CO}_2^y]}{100} \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (18)$$

直接求飛灰量時, 則等於:

$$G^y = G_y^y + G_n^y = \frac{Y^y}{K} + V_{oi} Y_n \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (19)$$

式中: G_y^y ——收回的飛灰量, 公斤/公斤熟料;

G_n^y ——未收回的飛灰量, 公斤/公斤熟料;

Y^y ——試驗期中收回的飛灰量, 公斤;

V_{oi} ——廢氣逸出量, 標準立方公尺/公斤熟料;

Y_n ——廢氣中未收回的飛灰濃度，公斤/標準立方公尺。

以後，可以根據公式(11)–(18)，對收回的飛灰和未收回的飛灰量分別地進行計算。

五、空氣與廢氣

設計室的計算

空氣的消耗量和廢氣的逸出量，要根據原料和燃料的成份以及對燃燒所規定的空氣過剩係數來計算。

1. 空氣的消耗量和燃料中廢氣的逸出量：

空氣的消耗量和燃料中廢氣的逸出量，可利用第3表中的公式計算。為換算成一公斤熟料的空氣消耗量，計算結果應乘以工作燃料的消耗量 G^m ($V^m = G^m \gamma^m$ 標準立方公尺/公斤熟料)。可利用氣體的重度，將體積值換算成重量值。(G 公斤/公斤熟料)。

2. 原料中二氧化碳的逸出量：

$$G_{\text{CO}_2}^c = (G_{\text{CO}_2}^c) - G_{\text{CO}_2}^y \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (20)$$

$$V_{\text{CO}_2}^c = \frac{G_{\text{CO}_2}^c}{\gamma_{\text{CO}_2}} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (21)$$

3. 原料中物理水的逸出量：

$$G_w^c = (G_w^c) - G_w^y \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (22)$$

$$V_w^c = \frac{G_w^c}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (23)$$

4. 原料中化合水的逸出量：

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^c = (G_{\text{H}_2\text{O}}^c) - G_{\text{H}_2\text{O}}^y \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (24)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^c = \frac{G_{\text{H}_2\text{O}}^c}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (25)$$

5. 廢氣的逸出量：

$$G_{O_2} = G_{O_2}^{m*} + G_{CO_2}^c + G_w^c + G_{H_2O}^c = (G_{CO}^{m*} + G_{CO}^c) + G_{CO}^{m*} + G_{SO_2}^{m*} + G_{N_2}^{m*} + G_{O_2}^{m*} + (G_{H_2O}^{m*} + G_w^c + G_{H_2O}^c) \text{ 公斤/公斤熟料} \quad (26)$$

$$V_{O_2} = V_{O_2}^{m*} + V_{CO_2}^c + V_w^c + V_{H_2O}^c = (V_{CO_2}^{m*} + V_{CO_2}^c) + V_{CO}^{m*} + V_{SO_2}^{m*} + V_{N_2}^{m*} + V_{O_2}^{m*} + (V_{H_2O}^{m*} + V_w^c + V_{H_2O}^c)$$

$$\text{標準立方公尺/公斤熟料} \quad (27)$$

生產量的計算

空氣的消耗量和廢氣的逸出量，要根據原料、燃料和廢氣的成份計算。

乾燥氣體的逸出量：

$$V_{c.i} = \frac{[G^m(v_{CO_2}^{m*} + v_{SO_2}^{m*}) + V_{CO_2}^c] \cdot 100}{RO_2 + CO + CH_4} \text{ 標準立方公尺/公尺熟料} \quad (28)$$

1. CO_2 和 SO_2 的逸出量：

$$V_{RO_2} = \frac{V_{c.i} \cdot RO_2}{100} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (29)$$

2. CO 的逸出量：

$$V_{CO} = \frac{V_{c.i} \cdot CO}{100} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (30)$$

3. CH_4 的逸出量：

$$V_{CH_4} = \frac{V_{c.i} \cdot CH_4}{100} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (31)$$

4. H_2 的逸出量：

$$V_{H_2} = \frac{V_{c.i} \cdot H_2}{100} \text{ 標準立方公尺/公斤熟料} \quad (32)$$

5. O_2 的逸出量：

第3表

燃料燃燒時的空氣消耗量和廢氣逸出量

編號	項目	計量單位	固體和液體燃料		氣體燃料	
			完全燃燒	不完全燃燒	完全燃燒	燒
1	燃料燃燒時所必要的理論氧氣量	標準立方公尺/公斤	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 0.0187C^p \\ &+ 0.056H^p + 0.007(S^p - O^p) \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 0.187C^p E \\ &+ 0.0093C^p \times (1 - E) \\ &\times 0.056H^p + 0.007 \times (S^p - O^p) \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 0.005(CO^p \\ &+ 4CH_4^p + 6C_2H_6^p + H_2^p - 2O_2^p) \end{aligned}$	完全燃燒
2	燃料燃燒時所必要的空氣量： 理論量..... 實際量..... 過剩量.....	標準立方公尺/公斤	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 4.76 v_{O_2}^0 \\ &= 0.089C^p + 0.267H^p \\ &+ 0.033(S^p - O^p) \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 4.76 v_{O_2}^0 \\ &= 0.089C^p E + 0.045C^p (1 - E) + 0.267H^p \\ &+ 0.033(S^p - O^p) \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{O_2}^0 &= 4.76 v_{O_2}^0 \\ &= 0.0238(CO^p + 4CH_4^p \\ &+ 6C_2H_6^p + H_2^p - 2O_2^p) \end{aligned}$	完全燃燒
3	由燃料中逸出的廢氣量： CO_2	標準立方公尺/公斤	$\begin{aligned} v_{CO_2}^m &= 0.0187C^p \\ &+ 0.00514^p CO_2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{CO_2}^m &= 0.0187C^p E \\ &+ 0.00514^p CO_2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} v_{CO_2}^m &= 0.01(CO^p \\ &+ CO^p + CH_4^p + 2C_2H_6^p) \end{aligned}$	完全燃燒

續第3表

編 號	項 目	計 量 單 位	固體和液體燃料		氣體燃料
			完 全 燃 燒	不 完 全 燃 燒	
	SO ₂	標準立方公 尺/公斤	$v_{SO_2}^m = 0.007 S^p$	$v_{SO_2}^m = 0.007 S^p$	—
	CO.....	標準立方公 尺/公斤	0	$v_{CO}^m = 0.0187 C^p (1 - E)$	—
	N ₂	標準立方公 尺/公斤	$v_{N_2}^m = 0.79 v^g + 0.008 N^p$	$v_{N_2}^m = 0.79 v^g + 0.008 N^p$	$v_{N_2}^m = 0.79 v^g + 0.01 N_2^p$
	O ₂	標準立方公 尺/公斤	$v_{O_2}^m = 0.21 (\alpha - 1) v_o^g$	0	$v_{O_2}^m = 0.21 (\alpha - 1) v_o^g$
	H ₂ O.....	標準立方公 尺/公斤	$v_W^m = 0.112 H^p$ + 0.0124 W ^p	$v_W^m = 0.112 H^p$ + 0.0124 W ^p	$v_W^m = 0.01 (2 CH_4^p$ + 2 C ₂ H ₄ ^p + H ₂ ^p + H ₂ O ^p)
	乾燥氣體.....	標準立方公 尺/公斤	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{SO_2}^m$ + $v_{N_2}^m + v_{O_2}^m$	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{SO_2}^m$ + $v_{CO}^m + v_{N_2}^m$	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{N_2}^m + v_{O_2}^m$
	濕潤氣體.....	標準立方公 尺/公斤	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{SO_2}^m$ + $v_{N_2}^m + v_{O_2}^m$	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{SO_2}^m$ + $v_{CO}^m + v_{N_2}^m$	$v_{c,2}^m = v_{CO_2}^m + v_{N_2}^m + v_{O_2}^m$