

## ChemTransChess: 一個用來增進有機合成學習效果的棋戲

蘇益民、吳嘉恩、陳柏諺、蕭文昌、黃柏智、廖尉岑\*

### 摘要

學習有機合成反應，除了強記以外，學生有沒有比較輕鬆的方式來學習呢？國外的專家學者提出了一些卡牌遊戲，在遊戲中增加學習的樂趣。我們則是改良自象棋暗棋遊戲，設計一種棋戲，ChemTransChess，在棋子衝殺間，讓學生輕鬆地熟悉多類反應，並且在不知不覺中，領悟到如何有系統地解決有機合成問題。這套棋戲有多種玩法，可適用於一人獨玩，兩人互鬥，或是三國鼎立。棋子模組目前有溴化物與烯類的轉換、烯類與醇類的轉換，未來將發展更多合成反應的棋子模組，甚至可應用到檸檬酸循環等生化代謝反應。

**關鍵字：**有機化學、棋戲、教具

---

蘇益民，國立臺東大學應用科學系碩士生。E-mail: swim188188@gmail.com

吳嘉恩，國立臺東大學應用科學系大四學生。E-mail: akon791027@gmail.com

陳柏諺，國立臺東大學應用科學系大四學生。E-mail: ru6ruej456@gmail.com

蕭文昌，國立臺東大學應用科學系大三學生。E-mail: s1010519@gmail.com

黃柏智，國立臺東大學應用科學系大三學生。E-mail: liner.99917@gmail.com

廖尉岑(通訊作者)，國立臺東大學應用科學系助理教授。E-mail: liaowc@nttu.edu.tw

投稿日期：2020年12月05日；修改日期：2020年12月15日；通過日期：2020年12月16日。

## ChemTransChess: A chess game developed for the organic synthesis learning

Yi-Min Su, Chia-En Wu, Po-Yen Chen, Wen-Chang Hsiao, Po-Chih Huang, Wei-Chen Liao\*

### Abstract

Apart from memorizing organic synthesis reactions, are there any easier ways for students to learn? Foreign experts have proposed some card games to increase the fun of learning. We develop a chess game “ChemTransChess” based on the Chinese hidden chess game. Students easily familiarize themselves with various organic reactions through the game, and unconsciously understand how to systematically solve organic synthesis problems. There are many ways to play this chess game, which can be suitable for one person playing alone, two people fighting each other, or three kingdoms playing together. Chess modules currently have the interconversion of bromides and alkenes and the interconversion of alkenes and alcohols. In the future, more chess modules of synthetic reactions will be designed, and they can even be applied to biochemical and metabolic reactions such as the citric acid cycle.

**Keyword :** Organic Chemistry 、 Chess Game 、 Teaching Aid

---

Yi-Min Su, Graduate student, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: swim188188@gmail.com

Chia-En Wu, Student, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: akon791027@gmail.com

Po-Yen Chen, Student, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: ru6ruej456@gmail.com

Wen-Chang Hsiao, Student, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: s1010519@gmail.com

Po-Chih Huang, Student, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: liner.99917@gmail.com

Wei-Chen Liao (corresponding author), Assistant Professor, Department of Applied Science, National Taitung University ◦ E-mail: liaowc@nttu.edu.tw

## 壹、前言

讓學習化學變得有趣，往往需要一些輔助教具。Russell(1999)在 *Journal of Chemical Education* 整理集合了輔助化學教學的遊戲，有牌卡遊戲，棋盤遊戲，和電腦遊戲等。在最近幾年也有幾種新的牌卡遊戲(Carney,2015;Gogal,et al.2017; Knudtson, 2015) 國內學者邱美虹(2018)，也提出以擴增實境和虛擬實境方式學習元素與有機分子結構，開發手機 app 來輔助中學化學教學。有機化學是化學領域中最繁複多樣的，在學習有機合成的過程中，除了理解其作用機轉外，反應的結果與進行合成的條件，往往需要記憶，也就是背誦的工夫。如何可以在快樂的氛圍中，反覆確認而不自覺地記下有機反應呢？

針對有機合成的特性，我們找到了象棋暗棋(維基自由的百科全書)，象棋暗棋是不需要思考太多的，沒有甚麼策略可言，就是吃吃吃，我們將暗棋的吃轉換成有機的合成反應，每個棋子代表一種化合物，如果起始物碰到合成目標棋子，例如烷基鹵進行脫去反應，我們便要喊出其作用機制，將棋子吃掉。這棋戲叫做 ChemTransChess(CTC)。棋子模組目前有溴化物與烯類的轉換 烯類與醇類的轉換，未來將發展更多合成反應的棋子模組，甚至可應用到醣解反應等連續進行或是如檸檬酸等循環進行的生化代謝反應。

## 貳、設備與材料

### 一、自製棋盤與棋子

棋子可用 3D 列印機印製，或是用離心管的蓋子。

共 32 枚，分兩色。棋盤 4x8 共 32 格。

棋子貼紙圖案為化合物結構，有助於學習立體化學。

棋子數目

HX: 鹵化氫 8 (HX1 : 4、HX2 : 2、HX3 : 2)

EN: 烯類 16 (EN1 : 8、EN2 : 8)

OH: 醇類 8 (OH1 : 4、OH2 : 2、OH3 : 2)

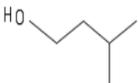


圖 1. 棋盤與 32 枚棋子

表 1

遊戲中棋子所代表的化合物名稱、結構及可進行反應

編號	化合物名稱	結構	可進行反應及製備反應
HX1	2-bromo-3-methyl butane 2 溴 3 甲基 丁烷		<u>HX1 to EN1 (脫去)</u> <u>HX1 to EN2(脫去)</u>
HX2	2-bromo-2-methyl butane 2 溴 2 甲基 丁烷		EN1 to HX2
HX3	1-bromo-2-methyl-butane 1 溴 2 甲基 丁烷		EN2 to HX3
EN1	2-methyl-2-butene 2 甲基 2 丁烯		HX1 to EN1 <u>EN1 to HX1(加成)</u> <u>EN1 to HX2(加成)</u> OH1 to EN1 <u>EN1 to OH1(氫硼化)</u> <u>EN1 to OH2(水合)</u>
EN2	3-methyl-1-butene 3 甲基 1 丁烯		HX1 to EN2 OH1 to EN2 <u>EN2 to OH1(氧汞化去汞化)</u> <u>EN2 to OH3 氫硼化)</u>
OH1	1,2-dimethylpropanol 1,2 二甲基丙醇		<u>OH1 to EN1(脫水)</u> EN1 to OH1 <u>OH1 to EN2(脫水)</u> EN2 to OH1
OH2	1,1-dimethylpropanol 1,1 二甲基丙醇		EN1 to OH2

OH3	3-methyl-1-butanol 異戊醇		EN2 to OH3
-----	---------------------------	---	------------

HX: 鹵化氫 EN: 烯類 OH: 醇類

有機反應採自教科書(Klein,2006)

粗體代表可進行反應

## 參、玩法

### 一、參與玩家

通常是兩人爭勝，一人則是照兩人規則下兩邊，挑戰最短時間內完成比賽。三人玩法，可依暗棋三國志，HX: 鹵化氫 EN: 烯類 OH: 醇類，分為三國。

### 二、開局

棋子有圖案為正面，朝上的棋子稱為明棋，朝下為暗棋。將棋子朝下隨機置於棋格中，猜拳決定先後，先下者將一枚暗棋翻正。翻出棋子的顏色(例如紅色)，紅色棋子共 16 枚，為他的棋子；另外黑色棋子則為對手棋子。

### 三、叫吃

連續叫吃，吃光對方的棋子是玩暗棋的最大樂趣，也是 CTC 棋的特色。第一步翻棋後，便要叫吃，可暗吃，可明吃，要到沒有棋子能夠移動時，才能繼續翻棋。依照表 1 來判斷能否叫吃，可朝縱或橫向移動(斜向不可以，如果雙方同意，則修改規則)一格，不能移至空格。不管對方是明棋或暗棋，都可以發動攻擊。例如第一步翻到我方的 EN1，他有 ABCD 四步棋可下，不管選哪個方向，結果只有 4 種可能：

	A		
D	EN1	B	
	C		

- 敵方可攻擊，例如翻到敵方 HX1，可以經由加成反應得到，便要叫吃，口中要喊出加成反應”Addition”，或是何種結構將敵方棋子取走，自己棋子站在敵方格中，繼續下波攻擊。(在化學上來說，a 可攻擊 b，表示 a 可以經由反應得 b)
- 敵方不可攻擊，例如翻到敵方 EN2，則攻擊失敗，雙方棋子都取走。換對手

下

3.我方可攻擊，例如翻到我方 HX1，則攻擊權交棒，由 HX1 動攻擊。(像是連續反應)

4.我方不可攻擊，例如翻到我方 EN2，則兩子停在原位。

#### 四、跳吃

象棋暗棋中，炮的跳吃令人印象深刻。在 CTC 中，也設計如此，只有 HX2.HX3.OH2.OH3 旁邊有 HX2.HX3.OH2.OH3，不管棋子是何種顏色，就可像炮一樣跳過，直接吃去第三個棋子，甚至可來回跳吃，如果吃到我方的就停止攻擊。

#### 五、勝負

最後剩下棋子多者勝。

#### 六、CTC 兩人遊戲規則細項：

	C						
D	HX1	A					
	B						

HX1 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 EN1.EN2 因為可以進行脫去反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 HX1 移動到 A(B.C.D)的位置。
2. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX1.HX2.HX3.OH1.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
3. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 EN1.EN2 因為可以進行脫去反應，則可以進行交棒，由 EN1.EN2 來進行攻擊。
4. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX1.HX2.HX3.OH1.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C						
D	OH1	A					
	B						

OH1 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 EN1.EN2 因為可以進行脫去反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 OH1 移動到 A(B.C.D)的位置。
2. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX1.HX2.HX3.OH1.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
3. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 EN1.EN2 因為可以進行脫去反應，則可以進行交棒，由 EN1.EN2 來進行攻擊。
4. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX1.HX2.HX3.OH1.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C							
D	HX2	A						
	B							

#### HX2 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是敵方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
2. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是我方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C							
D	HX3	A						
	B							

#### HX3 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是敵方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
2. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是我方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C						
D	OH2	A					
	B						

OH2 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是敵方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
2. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是我方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C						
D	OH3	A					
	B						

OH3 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是敵方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
2. A(B.C.D) 如果翻出來的結果是我方的 HX1.OH1.EN1.EN2.HX2.HX3.OH2.OH3 因為無法進行反應，則攻擊失敗，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C						
D	EN1	A					
	B						

EN1 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX1.HX2 因為可以進行加成反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。
2. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 OH1 因為可以進行氫硼化反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。

3. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 OH2 因為可以進行水和反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。
4. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX3.OH3.EN1.EN2 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
5. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX1.HX2 因為可以進行加成反應，則可以進行交棒，由 HX1.HX2 來進行攻擊。
6. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 OH1 因為可以進行氫硼化反應，則可以進行交棒，由 OH1 來進行攻擊。
7. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 OH2 因為可以進行水和反應，則可以進行交棒，由 OH2 來進行攻擊。
8. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX3.OH3.EN1.EN2 因為無法進行反應，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

	C						
D	EN2	A					
	B						

#### EN2 攻擊 A(B.C.D)

1. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX3 因為可以進行加成反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。
2. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 OH1 因為可以進行氧汞化去汞化反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。
3. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 OH3 因為可以進行氫硼化反應，則可以叫吃，取走 A(B.C.D)然後 EN1 移動到 A(B.C.D)的位置。
4. A(B.C.D)如果翻出來的結果是敵方的 HX1.HX2.OH2.EN1.EN2 因為無法進行反應，則攻擊失敗，雙方棋子都取走，換對手的回合。
5. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX3 因為可以進行加成反應，則可以進行交棒，由 HX1.HX2 來進行攻擊。
6. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 OH1 因為可以進行氧汞化去汞化反應，則可以進行交棒，由 OH1 來進行攻擊。
7. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 OH3 因為可以進行氫硼化反應，則可以

進行交棒，由 OH2 來進行攻擊。

8. A(B.C.D)如果翻出來的結果是我方的 HX1.HX2.OH2.EN1.EN2 因為無法進行反應，則攻擊失敗，兩顆棋子都留在原地，換對手的回合。

B	砲兵 2	砲兵 1	砲兵 3	C	D	E	F
		砲兵 4					
		A					

砲兵：HX2.HX3.OH2.OH3

砲兵 1 攻擊 A(B.C.D.E.F)

1. A(B.C.D.E.F)如果翻出來的結果是敵方的棋子，則可直接叫吃。
2. A(B.C.D.E.F)如果翻出來的結果是我方的棋子，則攻擊失敗，兩顆棋子留在原地，換對手的回合。

A	砲兵 2	x	砲兵 1	x	x	砲兵 4	C
			x				
			砲兵 3				
			B				

(x 為沒有棋子的空格)

砲兵：HX2.HX3.OH2.OH3

砲兵 1 攻擊 A(B.C.)

1. A(B.C)如果翻出來的結果是敵方的棋子，則可直接叫吃。
2. A(B.C)如果翻出來的結果是我方的棋子，則攻擊失敗，兩顆棋子留在原地，換對手的回合。

### 七、實戰棋譜

1.所有棋子圖案朝下，雙方猜拳後，開始翻棋。方格位置用字母數字表示。

■(A1)	■(A2)	■(A3)	■(A4)	■(A5)	■(A6)	■(A7)	■(A8)
■(B1)	■(B2)	■(B3)	■(B4)	■(B5)	■(B6)	■(B7)	■(B8)
■(C1)	■(C2)	■(C3)	■(C4)	■(C5)	■(C6)	■(C7)	■(C8)
■(D1)	■(D2)	■(D3)	■(D4)	■(D5)	■(D6)	■(D7)	■(D8)

## 2.我方翻到 EN1

■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	EN1	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■

## 3.敵方翻到[en2]—因為期刊沒有彩色頁，所以用小寫及[]來代表另一方。

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	EN1	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■

## 4.我方依照上述規則進行攻擊，開始進攻(C4>D4>D3>D2>D1>C1>C2>C3)

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
[hx1]	[oh1]	[en1]	EN1	■	■	■	■
[oh2]	[hx2]	[oh1]	[hx1]	■	■	■	■

↓

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■
				■	■	■	■
				■	■	■	■

## 5.敵方進攻(A4>B4)

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
■	■	■	[hx3]	■	■	■	■
				■	■	■	■
				■	■	■	■

## 6.我方翻棋(B5)翻到 HX2

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
■	■	■	[hx3]	HX2	■	■	■
				■	■	■	■
				■	■	■	■

## 7.敵方進攻(B4>B6>B3>B7>B2>B8>B1)

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
---	---	---	-------	---	---	---	---

EN1	HX3	EN2	[hx3]	HX2	HX1	EN2	EN1
				■	■	■	■
				■	■	■	■

↓

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
[hx3]				HX2			
				■	■	■	■
				■	■	■	■

**8.我方進攻(B5>C5>D5>D6>C6)**

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
[hx3]				HX2			
				[en1]	[oh3]	■	■
				[en1]	[en1]	■	■

↓

■	■	■	[en2]	■	■	■	■
[hx3]							
						■	■
						■	■

**9.敵方進攻(A4>A3>A2>A1)**

EN2	OH3	OH1	[en2]	■	■	■	■
[hx3]							
						■	■
						■	■

↓

				■	■	■	■
[hx3]							
						■	■
						■	■

**10.我方翻棋(A5)**

				OH1	■	■	■
[hx3]							
						■	■
						■	■

蘇益民、吳嘉恩、陳柏諺、蕭文昌、黃柏智、廖尉岑\* ChemTransChess: 一個用來增進有機合成學習效果的棋戲

### 11. 敵方翻棋(A6)

				OH1	[en2]	■	■
[hx3]							
						■	■
						■	■

### 12. 我方進攻(A5>A6>A7>A8)

				OH1	[en2]	[en2]	[en2]
[hx3]							
						■	■
						■	■

↓

							OH1
[hx3]							
						■	■
						■	■

### 13. 敵方翻棋(C7)

							OH1
[hx3]							
						EN1	■
						■	■

### 14. 我方進攻(C7>C8>D8>D7)

							OH1
[hx3]							
						EN1	HX1
						OH2	EN2

15. 棋局結束，我方剩餘 5 棋，敵方剩餘 1 棋，我方勝。

## 肆、討論與展望

當我提到棋戲的構想及拿出用 50cc 離心管蓋子做的棋子，給實驗室專題生試玩時，大家的反應是「哇！我有機不好」，「這些反應都忘了」，等到說明可以看著反應圖來下棋時，大家的注意力又轉移到 CTC 與象棋暗棋不同之處，因為象棋暗棋的棋子有階級之分(帥將最大，但是怕最小的兵卒)，象棋暗棋好玩的地方在於勝負決定於棋子翻開時的機率，沒有所謂的棋力問題，初學者都可以一直連吃而大勝，同學們試玩後提出許多增加趣味性的玩法，其實這個構想主要目的，不是要創造一個新的好玩遊戲，只是要發展一個增進有機合成的學習效果的教具。不過如果學生可以設計自己的棋戲，藉由玩遊戲發展出解決有機問題所需的策略，也是一種好的結果。CTC 的棋子圖案是化合物的結構式，可讓玩家熟悉立體化學與官能基在化學反應間的位置轉換。棋子模組目前有溴化物與烯類的轉換 烯類與醇類的轉換，未來將發展更多合成反應的棋子模組，因為象棋暗棋和有機合成有共通的節奏感，也就是適當的順序，所以有意義的順序都可以應用的這個棋戲上，例如檸檬酸循環等生化代謝反應。



圖 2. 同學對戰。

## 引用文獻

### 一、中文部分

邱美虹, 周金城, 洪達民, 陳怡宏, & 許晉維。(2018)。中學化學 App 教材與教學: 以擴增實境和虛擬實境方式學習元素與有機分子結構。

暗棋, 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9A%97%E6%A3%8B>

### 二、外文部分

Carney, J. M. (2015). Retrosynthetic Rummy: A synthetic organic chemistry card game. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 328-331.

Gogal, K., Heuett, W., & Jaber, D. (2017). CHEMCompete: An organic chemistry card game to differentiate between substitution and elimination reactions of alkyl halides. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1276-1279.

Klein, D. R. (2006). *Organic chemistry II as a second language*. Wiley.

Knudtson, C. A. (2015). ChemKarta: A card game for teaching functional groups in undergraduate organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92(9), 1514-1517.

Russell, J. V. (1999). Using games to teach chemistry: an annotated bibliography. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 481.