

無機化學裏考慮磁性與自旋、軌域角動量組態的 Term symbol 如何定義，有何用處？

已思考 2 秒鐘 >

在無機化學、配位化學與固態磁性裡，**term symbol (光譜項符號，或項符號)** 是一種把「一群電子的總軌域角動量、總自旋角動量、總角動量」濃縮標記起來的方法。它的核心目的，是幫我們判斷一個電子組態可能有哪些能階、哪一個是基態、磁矩大概多大、光譜躍遷是否允許，以及自旋-軌域耦合會如何分裂能階。

最常見的原子項符號寫成：

$$^{2S+1}L_J$$

其中：

S = 總自旋角動量量子數

L = 總軌域角動量量子數

J = 總角動量量子數

前面的 $2S + 1$ 稱為 spin multiplicity，自旋多重度。

1. S ：總自旋角動量

每個電子都有自旋 $s = 1/2$ 。如果有多個未成對電子，它們的自旋可以平行或反平行耦合，得到不同的總自旋 S 。

例如兩個電子：

- 自旋平行：

$$S = 1$$

自旋多重度：

$$2S + 1 = 3$$

稱為 triplet。

- 自旋反平行合成：

$$S = 0$$

自旋多重度：

$$2S + 1 = 1$$

稱為 singlet。

所以項符號左上角的數字告訴我們：「這個狀態的總自旋有多大」。

例如：

$3P$

代表 $S = 1$ ，因為 $2S + 1 = 3$ 。

2. L ：總軌域角動量

每個電子也有軌域角動量量子數 l 。例如：

軌域	l
s	0
p	1
d	2
f	3

多電子系統裡，單電子的 l 會耦合成總軌域角動量 L 。但項符號不是直接寫數字，而是用字母表示：

L	符號
0	S
1	P
2	D
3	F
4	G
5	H

注意這裡的 **大寫 S, P, D, F** 是總軌域角動量 L 的符號，不是單電子的 s, p, d, f 軌域。這一點初學者很容易混淆。

例如：

$3F$

表示 $S = 1$ ， $L = 3$ 。

3. J ：總角動量

當考慮自旋-軌域耦合時，總自旋角動量 S 與總軌域角動量 L 會再合成總角動量 J 。

允許的 J 值為：

$$J = L + S, L + S - 1, \dots, |L - S|$$

例如對於：

$3P$

有：

$$S = 1, \quad L = 1$$

所以：

$$J = 2, 1, 0$$

因此完整的項可以寫成：

$${}^3P_2, \quad {}^3P_1, \quad {}^3P_0$$

這三個狀態在沒有自旋-軌域耦合時可能簡併；有自旋-軌域耦合後，通常會分裂成不同能量。

4. 例子：碳原子的 p^2 組態

碳原子基態電子組態可寫成：

$$1s^2 2s^2 2p^2$$

真正影響 term symbol 的是未填滿的 $2p^2$ 。

兩個 p 電子可以形成多種項，例如：

$${}^3P, \quad {}^1D, \quad {}^1S$$

根據 Hund's rules，基態通常先選最大自旋多重度，所以選：

$3P$

因為這是 triplet， $S = 1$ 。

對於 p^2 這種少於半滿的組態，Hund 第三規則告訴我們最低能量是最小的 J ，因此碳原子的基態為：

$3P_0$

這就是為什麼原子光譜表裡常會看到類似 3P_0 、 ${}^2D_{5/2}$ 、 ${}^4F_{3/2}$ 這類記號。

5. Hund's rules 與 term symbol 的關係

term symbol 常搭配 Hund 規則使用，用來判斷哪個 term 是基態。

對自由原子或離子，常用三條 Hund 規則：

第一，最大化總自旋 S 。

也就是未成對電子越多、自旋越平行，通常交換能越有利，能量越低。

第二，在最大 S 的情況下，最大化總軌域角動量 L 。

這反映電子在空間分布上可以更有效降低排斥能。

第三，決定 J 。

若殼層少於半滿，最低能量通常是最小 J ；若超過半滿，最低能量通常是最大 J 。

這些規則對自由離子很有用，尤其是過渡金屬離子與稀土離子。

6. 在無機化學中的用途

term symbol 在無機化學裡非常有用，尤其在以下幾個主題中。

一、判斷磁性

自旋多重度 $2S + 1$ 直接告訴我們有沒有未成對電子、總自旋多大。這會影響順磁性、抗磁性與有效磁矩。

如果只考慮自旋磁矩，常用近似：

$$\mu_{\text{spin-only}} \approx \sqrt{n(n+2)} \mu_B$$

其中 n 是未成對電子數。

但在較重元素、稀土離子、強自旋-軌域耦合系統中，軌域角動量不能忽略。這時 term symbol 中的 L 與 J 就很重要。

更完整的原子磁矩常寫成：

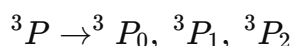
$$\mu_{\text{eff}} = g_J \sqrt{J(J+1)} \mu_B$$

其中 g_J 是 Landé g -factor。

二、理解自旋-軌域耦合

term symbol 明確標示 L 、 S 、 J ，所以很適合描述自旋-軌域耦合造成的能階分裂。

例如：



這代表原本同屬於 3P 的一組狀態，被自旋-軌域耦合分裂成三個 J 不同的能階。

在重元素化學、稀土磁性、單分子磁鐵、強 SOC 材料裡，這個概念尤其重要。

三、解釋 d 電子與配位場光譜

過渡金屬配合物中，d 軌域受到配位場分裂。例如八面體場中：

$$d \rightarrow t_{2g} + e_g$$

自由離子的 term symbol 會在晶場中進一步分裂成不同對稱性的項。例如：

$3F$

在八面體場中可能分裂成：

$${}^3A_{2g}, \quad {}^3T_{1g}, \quad {}^3T_{2g}$$

這就是 Tanabe–Sugano diagram 背後的重要語言。

所以在配位化學中，term symbol 幫助我們理解：

- d–d transition 的能量
- 哪些躍遷是 spin-allowed 或 spin-forbidden
- 高自旋與低自旋組態
- 光譜吸收峰的來源
- 配位場強弱對電子態的影響

四、判斷光譜選擇律

在原子光譜與配位化學光譜中，term symbol 可用來判斷躍遷是否允許。

常見選擇律包括：

$$\Delta S = 0$$

也就是自旋多重度不變的躍遷較強；自旋改變的躍遷通常是 spin-forbidden，強度較弱。

例如：

$${}^3T_{1g} \rightarrow {}^3T_{2g}$$

自旋多重度都是 3，較可能是 spin-allowed。

但：

$${}^3T_{1g} \rightarrow {}^1A_{1g}$$

自旋多重度改變，通常是 spin-forbidden。

7. 對固態物理的連結

從固態物理角度看，term symbol 是比較「原子或離子中心」的語言；能帶理論則是比較「晶體週期性與延展態」的語言。

不過在很多磁性材料中，term symbol 仍然很有價值，特別是：

- 3d 過渡金屬氧化物
- 4f 稀土磁性材料
- 強關聯電子系統
- Mott insulator

- crystal-field splitting 明顯的材料
- spin-orbit coupling 重要的材料

例如在稀土離子中，4f 電子相當局域， L 、 S 、 J 的量子數常常仍有很好意義。像 Nd^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Er^{3+} 等離子的磁性，很常直接從 Hund 規則與 $^{2S+1}L_J$ 開始討論。

但對於 itinerant electron magnetism，例如鐵、鈷、鎳金屬中的能帶磁性，單純 term symbol 就不夠了，因為電子不再只是局域在單一離子上。這時需要能帶、自旋極化、交換分裂、Stoner criterion 等語言。

8. 一句話總結

Term symbol 是把多電子系統的總自旋 S 、總軌域角動量 L 、總角動量 J 用 $^{2S+1}L_J$ 壓縮表示的記號。

它的用途是幫助我們理解：

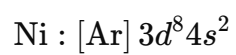
磁性、光譜、Hund 規則、自旋-軌域耦合、晶場分裂、配位化合物顏色，以及過渡金屬與稀土離子的電子態。

對學生可以這樣說：

term symbol 不是單純命名，而是「一個多電子量子態的身分證」。它告訴我們這個狀態有多少自旋、多少軌域角動量，以及在自旋-軌域耦合下會如何分裂。

已思考 2 秒鐘 >

先抓一個可能的筆誤： Ni^{3+} 不是 $3d^8$ ，而是通常為



所以：

$$\text{Ni}^{2+} : 3d^8$$

$$\text{Ni}^{3+} : 3d^7$$

因此你問的「 $3d^8$ 為什麼基態是 3F 」通常是在講 Ni^{2+} 的自由離子基態，不是 Ni^{3+} 。

1. 為什麼 d^8 可以改看成 d^2 ?

一個 d 殼層最多可容納 10 個電子。

所以：

$$d^8$$

等價於：

$$d^{10} \text{ 裡面有兩個洞}$$

而「兩個洞」的 term 結構和「兩個 d 電子」很類似。因此 d^8 的自由離子項可以類比 d^2 來理解。

所以問題可先變成：

$$d^2 \text{ 的基態為什麼是 } ^3F?$$

2. 兩個 d 電子的可能總自旋 S

每個 d 電子的自旋都是：

$$s = \frac{1}{2}$$

兩個電子可以組合成：

$$S = 1$$

或

$$S = 0$$

也就是 triplet 或 singlet。

根據 Hund 第一規則，基態要最大化總自旋 S 。所以優先選：

$$S = 1$$

因此基態項符號左上角應該是：

$$2S + 1 = 3$$

所以會是某個：

$$^3(\dots)$$

而不是 $^1(\dots)$ 。

3. 兩個 d 電子的可能總軌域角動量 L

單一 d 電子的軌域角動量量子數是：

$$l = 2$$

兩個 $l = 2$ 可以耦合成：

$$L = 4, 3, 2, 1, 0$$

對應符號為：

$$G, F, D, P, S$$

乍看最大 L 是 4，也就是 G 。那為什麼不是 3G ，而是 3F 呢？

關鍵在於：電子是費米子，總波函數必須對兩個電子交換反對稱。

對兩個等價 d 電子，允許的項不是所有 (S, L) 組合都可以。對 d^2 ，允許的自由離子項包括：

$${}^3F, {}^3P, {}^1G, {}^1D, {}^1S$$

注意裡面有：

$1G$

但沒有：

$3G$

也就是說，雖然 $L = 4$ 最大，但它只能和 singlet 自旋 $S = 0$ 搭配，不能和 triplet 自旋 $S = 1$ 搭配。

在所有 triplet 項裡，最大 L 是：

$$L = 3$$

也就是：

$$F$$

所以 Hund 第一規則先選 triplet，Hund 第二規則再在 triplet 裡選最大 L ，得到：

$3F$

4. 更直觀的 microstate 圖像

d 軌域有五個可能的 m_l ：

$$m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

若要最大自旋，兩個電子自旋平行，例如都向上：

$$\uparrow \uparrow$$

因為 Pauli exclusion principle，兩個電子不能佔同一個 m_l 狀態。

為了讓總 M_L 盡可能大，可以放在：

$$m_l = +2, \quad m_l = +1$$

因此：

$$M_L = 2 + 1 = 3$$

最大 $M_L = 3$ 表示這個 triplet multiplet 的最大 L 至少是 3。

對應到：

$$L = 3 \Rightarrow F$$

所以最高自旋條件下得到的最大軌域角動量是：

$3F$

這個圖像很適合教學：

兩個 d 電子若自旋平行，不能都放在 $m_l = +2$ 。

因此不能得到 triplet 的 $M_L = 4$ 。

要得到 $M_L = 4$ ，兩個電子都要在某種意義上貢獻 $m_l = +2$ ，但等價電子不能用同一組空間態加同一自旋態；結果 3G 被 Pauli 原理排除，留下 1G 。

5. 那 d^8 為什麼也用 3F ？

因為 d^8 等價於 d^2 的「洞」版本。

兩個 d 洞也會依 Hund 規則形成高自旋：

$$S = 1$$

並且在允許的 triplet 項中最大化 L ，得到：

$$L = 3$$

所以自由離子母項也是：

$3F$

這就是為什麼 Ni^{2+} , $3d^8$ ，自由離子基態常寫成：

$3F$

若再考慮自旋-軌域耦合， 3F 會分成不同 J ：

$$J = L + S, L + S - 1, \dots, |L - S|$$

$$J = 4, 3, 2$$

對於 d^8 這種超過半滿的組態，Hund 第三規則選最大 J ，所以自由離子基態更完整可寫為：

$3F_4$

6. 和八面體配位場的關係

在配位化學裡， Ni^{2+} 常是八面體 d^8 。自由離子的：

$3F$

進入八面體場後會分裂成：

$${}^3A_{2g}, \quad {}^3T_{2g}, \quad {}^3T_{1g}$$

其中八面體 d^8 的基態通常是：

$${}^3A_{2g}$$

所以兩種說法其實是不同的層次：

$$\text{自由離子： } d^8 \rightarrow {}^3F$$

$$\text{八面體配位場： } {}^3F \rightarrow {}^3A_{2g} + {}^3T_{2g} + {}^3T_{1g}$$

因此若你看到：

$$\text{Ni}^{2+}(d^8) \text{ ground term} = {}^3F$$

那是在講自由離子母項；若看到：

$$\text{Ni}^{2+} \text{ octahedral ground state} = {}^3A_{2g}$$

那是在講配位場分裂後的基態。

最短的邏輯是：

$$d^8 \sim d^2 \text{ holes}$$

$$\text{Hund 第一規則：最大 } S \Rightarrow S = 1 \Rightarrow {}^3$$

Pauli 原理限制下，triplet 可有的最大 $L = 3$

$$L = 3 \Rightarrow F$$

所以：

$$\boxed{d^8 \text{ 的自由離子基態母項是 } {}^3F}$$

更完整地說，對 Ni^{2+} 自由離子是：

$$\boxed{{}^3F_4}$$

你前面說 Hund's rule 基於 S, L, J 分為三條，那高中簡單版直接說 d^8 5向上3向下 是怎麼來的？

已思考 2 秒鐘 >

高中簡單版的「 d^8 ：5 個向上、3 個向下」其實主要來自 **Hund 第一規則**，再加上 **Pauli 不相容原理**。它還沒有真正用到完整的 L, J 那兩條 Hund rules。

1. d 殼層為什麼最多有 5 個「先向上」？

d 殼層有五個 d 軌域：

$$d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, d_{x^2-y^2}, d_{z^2}$$

或者用原子角動量語言說，有五個 m_l ：

$$m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

每個軌域最多放兩個電子，一個自旋向上、一個自旋向下。這是 Pauli 原理：

同一軌域最多容納 $\uparrow\downarrow$

所以 d 殼層總共最多放：

$$5 \times 2 = 10$$

個電子。

2. Hund 第一規則：先單佔、且自旋平行

Hund 第一規則的簡單版本是：

在能量相同或接近相同的軌域中，電子會先分別佔據不同軌域，而且自旋盡量平行。

所以填 d 電子時，不會一開始就這樣配對：

$$\uparrow\downarrow, \uparrow\downarrow, 0, 0, 0$$

而是先這樣：

$$\uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow$$

原因是自旋平行、分散在不同軌域時，交換能較有利，電子之間的排斥也較小。

3. 所以 d^8 怎麼填？

前 5 個電子先各佔一個 d 軌域，且自旋平行：

$$d^5: \uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow$$

第 6、7、8 個電子已經沒有空的 d 軌域可單佔，只能開始配對：

$$d^8: \uparrow\downarrow, \uparrow\downarrow, \uparrow\downarrow, \uparrow, \uparrow$$

所以總共是：

5 個向上 + 3 個向下

因此未成對電子數為：

$$5 - 3 = 2$$

總自旋為：

$$S = \frac{5 - 3}{2} = 1$$

所以自旋多重度是：

$$2S + 1 = 3$$

這就是為什麼 d^8 的自由離子基態會是某個 triplet term，也就是：

$$^3(\dots)$$

4. 這和 3F 的關係是什麼？

高中簡單版只告訴你：

$$d^8 \Rightarrow S = 1 \Rightarrow \text{triplet}$$

所以它只能解釋 3F 前面的那個 3。

也就是：

$3F$

中的

$$3 = 2S + 1$$

來自「5 向上、3 向下」這個圖像。

但是它還不能解釋為什麼後面是 F ，而不是 P 、 D 、 G 。

要得到 F ，就要進一步考慮總軌域角動量 L 。對 d^8 而言，可類比成兩個 d 洞，或等價地參考 d^2 。在 triplet 條件下，由 Pauli 原理限制，允許的最大總軌域角動量是：

$$L = 3$$

而

$$L = 3 \Rightarrow F$$

所以完整邏輯是：

$$d^8 \Rightarrow 5 \uparrow + 3 \downarrow$$

$$S = \frac{5 - 3}{2} = 1$$

$$2S + 1 = 3$$

所以先得到：

$$^3(\dots)$$

再由 Hund 第二規則與 Pauli 限制得到：

$$L = 3$$

因此：

$$d^8 \Rightarrow ^3 F$$

5. 高中版與完整 Hund rules 的差別

可以這樣分層理解：

層次	主要問題	得到什麼
高中填軌域版	電子先怎麼排？有幾個未成對？	$5 \uparrow + 3 \downarrow \cdot S = 1$
Hund 第一規則	最大化總自旋 S	triplet $\cdot ^3$
Hund 第二規則	在最大 S 下最大化 L	F
Hund 第三規則	在給定 S, L 下決定 J	對 $d^8 \cdot ^3 F_4$

所以你可以跟學生說：

「5 向上 3 向下」是 Hund 第一規則的軌域填入圖像版；而 $^3 F_4$ 是 Hund 三條規則的完整角動量版。

對 Ni^{2+} 的 d^8 自由離子而言：

$$5 \uparrow + 3 \downarrow \Rightarrow S = 1 \Rightarrow ^3$$

$$\text{再加上 } L = 3 \Rightarrow ^3 F$$

因為 d^8 超過半滿，取最大 $J = 4 \Rightarrow ^3 F_4$

能使用 Hund's rule 的前提是什麼，不比雙原子分子複雜？

已思考 2 秒鐘 >

可以。Hund's rules 能用的前提，其實比高中版「先單佔、同向自旋」嚴格得多。它最乾淨、最標準的適用對象是：

自由原子或自由離子中的同一開殼層電子

例如：

$$p^2, d^2, d^5, d^8, f^n$$

而不是任意分子或任意固體。

1. Hund's rules 的真正前提

完整 Hund 三規則大致假設以下條件。

第一，電子主要局域在同一原子或離子殼層中

例如 Ni^{2+} 的 $3d^8$ 、 Fe^{3+} 的 $3d^5$ 、 Gd^{3+} 的 $4f^7$ 。

這時我們可以談：

$$L, S, J$$

也就是總軌域角動量、總自旋角動量、總角動量。

若電子已經很 delocalized，形成寬能帶，那用單一離子的 $^{2S+1}L_J$ 就不太合適。

第二，原子近似有球對稱性

自由原子/離子具有近似球對稱，所以 L 是好量子數。

這是原子 term symbol：

$$^{2S+1}L_J$$

能成立的重要原因。

但在分子或晶體裡，環境會破壞球對稱。例如八面體場會把 d 軌域分成：

$$t_{2g} + e_g$$

此時完整的 L 往往不再是好量子數，而要改用點群表示，例如：

$$^3A_{2g}, \quad ^3T_{1g}, \quad ^3T_{2g}$$

第三，電子-電子排斥主導能階排序

Hund 第一、第二規則主要來自電子-電子庫倫排斥與交換作用。簡單說：

電子-電子排斥與交換

先決定哪個 S, L term 較低能。

然後自旋-軌域耦合再把同一個 term 分裂成不同 J ：

$$^3F \rightarrow ^3F_2, ^3F_3, ^3F_4$$

因此典型能量尺度假設是：

$$\text{電子排斥} > \text{自旋-軌域耦合}$$

這種情況稱為 **LS coupling** 或 **Russell–Saunders coupling**，對輕原子與 3d 過渡金屬離子常是合理近似。

第四 · 外部場或配位場不能強到完全改寫排序

在配位化合物中，晶場分裂可能和 Hund pairing energy 競爭。

例如八面體 d^6 ：

弱場時：

$$t_{2g}^4 e_g^2, \quad S = 2$$

高自旋，常對應：

$${}^5T_{2g}$$

強場時：

$$t_{2g}^6 e_g^0, \quad S = 0$$

低自旋，對應：

$${}^1A_{1g}$$

所以同樣是 $\text{Fe}^{2+} d^6$ ，不能只靠「Hund 最大自旋」就一定說是高自旋。因為配位場分裂 Δ_o 可能大於電子配對能。

2. 所以高中版 Hund 規則其實是哪一部分？

高中版：

同能量軌域先單佔，且自旋平行。

這主要是 **Hund 第一規則**的簡化版。

例如自由離子 d^8 ：

$$\uparrow\downarrow, \quad \uparrow\downarrow, \quad \uparrow\downarrow, \quad \uparrow, \quad \uparrow$$

所以：

$$\begin{aligned} & 5 \uparrow + 3 \downarrow \\ S &= \frac{5 - 3}{2} = 1 \\ 2S + 1 &= 3 \end{aligned}$$

因此得到 triplet：

$${}^3(\dots)$$

但這只能決定 3F 的左上角 **3**，還不能決定 F ，更不能決定 $J = 4$ 。

完整 Hund 三規則才是：

最大 S

在最大 S 下最大 L

少於半滿取最小 J ，多於半滿取最大 J

3. 那雙原子分子會不會更複雜？

會。雙原子分子通常比自由原子更複雜，因為球對稱性降成軸對稱性。

自由原子有：

L, S, J

雙原子分子則常用：

$^{2S+1}\Lambda_{\Omega}^{+/-}$

其中 Λ 不是總軌域角動量 L ，而是軌域角動量在分子軸上的投影：

$\Lambda = 0, 1, 2, 3, \dots$

對應：

$\Sigma, \Pi, \Delta, \Phi, \dots$

所以原子的：

S, P, D, F

和分子的：

$\Sigma, \Pi, \Delta, \Phi$

雖然長得有點類似，但物理意義不同。

4. Hund's rules 在雙原子分子中還能用嗎？

可以，但要小心。分子裡也有所謂 **Hund's rules for molecules**，尤其對雙原子分子有用，但形式不是簡單照搬原子三規則。

例如氧氣：

O_2

分子軌域填電子後，最高佔據的兩個 π^* 軌域是簡併的。兩個電子會先分別佔據不同的 π^* 軌域且自旋平行：

$\pi_x^* : \uparrow, \quad \pi_y^* : \uparrow$

所以：

$S = 1$

氧氣基態為：



這裡用到的就是「簡併軌域中自旋最大化」的 Hund 第一規則精神。

但是分子裡還要另外考慮：

σ, π, δ 分子軌域

g/u 對稱性

+ / - 鏡射對稱性

Λ, Σ, Ω

振動、轉動、自旋-軌域耦合

所以比自由原子複雜很多。

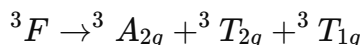
5. 配位化合物又是另一層複雜

對無機化學常見的過渡金屬錯合物，情況介於原子與分子之間。

例如 $\text{Ni}^{2+} d^8$ 自由離子：



放入八面體場後：

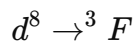


八面體 d^8 基態通常是：

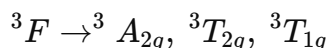


這時候你可以說：

原子 Hund 規則先幫我們找自由離子的母項：



然後配位場理論再告訴我們這個母項在 O_h 對稱性下如何分裂：



所以在配位化學中，Hund 規則不是不能用，而是要和晶場分裂、配位場強度一起用。

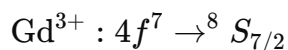
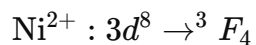
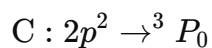
6. 最重要的判斷原則

你可以這樣抓：

最適合直接用 Hund 三規則的情況

自由原子、自由離子、局域性強、近似球對稱、LS coupling 成立

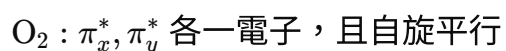
例如：



只能用 Hund 第一規則精神的情況

分子軌域或晶場軌域中有簡併軌域，電子先平行單佔

例如：



所以：



又如八面體弱場 d^4, d^5, d^6, d^7 高自旋組態。

不能盲目用 Hund 規則的情況

強配位場、強共價性、強自旋-軌域耦合、能帶很寬、電子高度離域

例如低自旋 $\text{Fe}^{2+} d^6$ ：



雖然 Hund 第一規則傾向最大自旋，但強配位場使低自旋更穩定。

一句話總結：

Hund 三規則最原始、最乾淨的適用對象是自由原子/離子；在雙原子分子或配位化合物中，最多是保留「簡併軌域先平行單佔」這個精神，但完整的 S, L, J 規則不能不加修改地直接套用。