

进展与评述

有机稀土金属含硫族化合物的研究进展

程延祥 全国新*

(中国科学院长春应用化学研究所, 长春 130022)

本文概述了有机稀土(Sc, Y, La-Lu)含硫族元素(S, Se, Te)配位化合物的化学进展, 从这类化合物的合成方法、结构特征进行了总结。

关键词: 综述 有机稀土金属 硫族元素配位化学 结构
分类号: O627.33

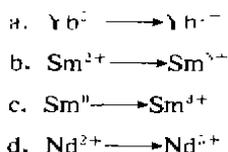
稀土 配合物

有机稀土

虽然早在 1954 年 Wilkinson 等合成出第一个有机稀土化合物^[1], 但有机稀土化学是近二十年来才得以迅速发展的。在这期间, 化学家们合成了大量的有机稀土化合物, 并采用多种结构测试手段对此类化合物进行了表征。由于含硫(硒、碲)有机过渡金属化合物的潜在生物、材料以及工业应用背景, 所以这类有机稀土化合物也日益受到了广泛的注意。部分结果已有文献^[2]进行了总结。本文从合成方法、结构特征和反应性能的角度, 全面评述这类化学的进展情况, 期望丰富有机稀土含硫(硒、碲)化合物的合成方法, 推动其结构及反应性能的研究。

1 利用氧化还原反应合成有机稀土含硫族化合物

稀土单质或低价稀土有机金属化合物与硫族元素 E(E=S, Se, Te)或含 E 化合物发生反应, 可以被氧化为三价含 E 有机稀土化合物。该方法较适合于易变价的稀土, 目前文献已报道的有下列反应形式:



但还没有关于 $\text{Eu}^{2+} \longrightarrow \text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+} \longrightarrow \text{Ce}^{4+}$ 的文献报道。该合成方法虽然可以较为方便地得到有机稀土含硫族化合物, 但由于稀土元素本身价态的限制, 研究范围较小, 因而需要摸索更加合适的方法来合成这类化合物。

1.1 有机铈含硫族化合物的合成

1987 年 Andersen 首先报道 $\text{Cp}_2\text{Yb}(\text{NH}_3)_2$ 可以与 RE-ER 发生氧化还原反应, 合成了化合

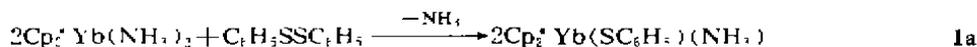
收稿日期: 1997-12-23。 收修改稿日期: 1998-06-15。

国家自然科学基金(No. 29671030)和中科院上海有机所金属有机化学开放室资助项目。

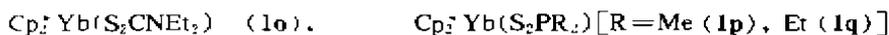
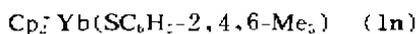
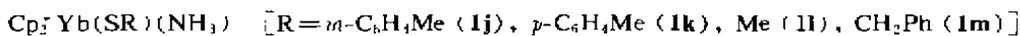
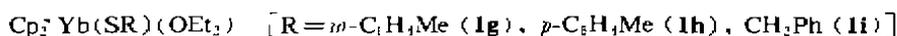
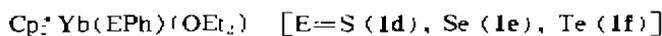
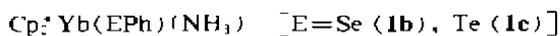
* 通讯联系人。

第一作者: 程延祥, 男, 33 岁, 讲师(研究方向: 金属有机化学)。

物 $\text{Cp}_2^+ \text{Yb}(\text{SC}_6\text{H}_5)(\text{NH}_3)(\text{Cp}^+ = \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)^{14}$;



采用类似的反应^[14]合成了下列不同取代基的硫族元素化合物:



二价镱化合物 $\text{Cp}_2^+ \text{Yb}(\text{OEt}_2)$ 也可与 $\text{Ph}_3\text{P}=\text{E}(\text{E}=\text{S}, \text{Se})$, $n\text{Bu}_3\text{P}=\text{Te}$ 或过量的 Te 粉反应发生氧化还原反应, 形成含 E 桥化合物 $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-E})(\text{E}=\text{S} \text{ (1t)}, \text{Se} \text{ (1u)}, \text{Te} \text{ (1v)})^{16}$, $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-Te}_2) \text{ (1w)}^{17}$ 。

上述化合物中, 1a、1c、1u 和 1w 得到了 X-射线单晶结构分析。其中 1u 和 1w 的分子结构如图 1 所示: 1u 分子中, Yb-Se-Yb 的键角为 171.09° , 即三个原子不在一直线上, 而 Yb-Te-Yb、Te-Yb-Te 的键角分别为 52.04° 、 127.96° , 即四个原子共平面。Te-Te 成键, 键长为 2.7686 \AA , 四个环戊二烯基中心形成四面体结构。

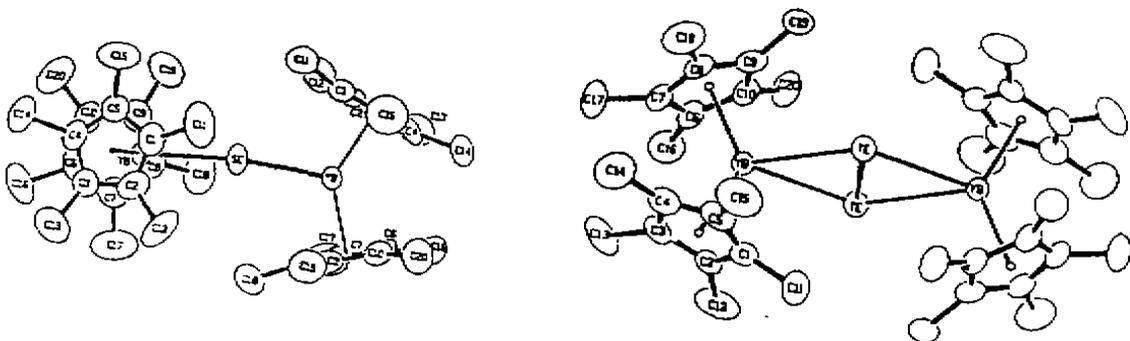
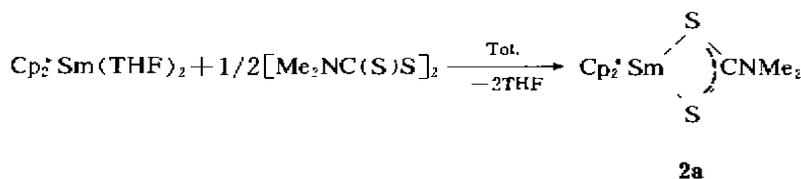


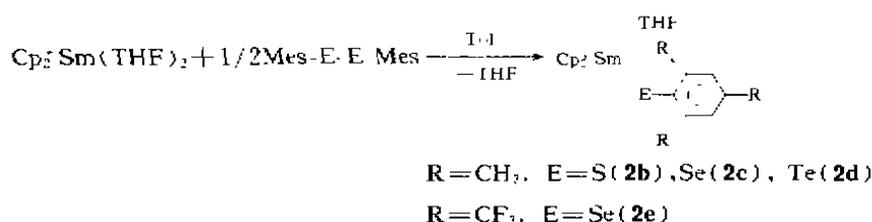
图 1 $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-Se}) \text{ (1u)}$ 和 $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-Te}_2) \text{ (1w)}$ 的晶体结构

Fig. 1 Crystal structure of $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-Se}) \text{ (1u)}$ and $[\text{Cp}_2^+ \text{Yb}]_2(\mu\text{-Te}_2) \text{ (1w)}$

1.2 有机钐含硫族化合物的合成

二价有机钐化合物与 RE-ER 化合物发生反应, 有机钐被氧化到三价态而 E 则从 -1 价态还原到 -II 价态, 得到与镱相似的产物^[8]:





两类化合物中 2a、2d 和 2e 得到 X-射线单晶结构分析。

Evans 系统研究了 Cp^{*}₂Sm(THF)₂ 与单质 S, Se, Te 的反应^[9], 发现反应物比例不同, 可以形成不同结构的含 E 化合物。图 2 列出了反应情况:

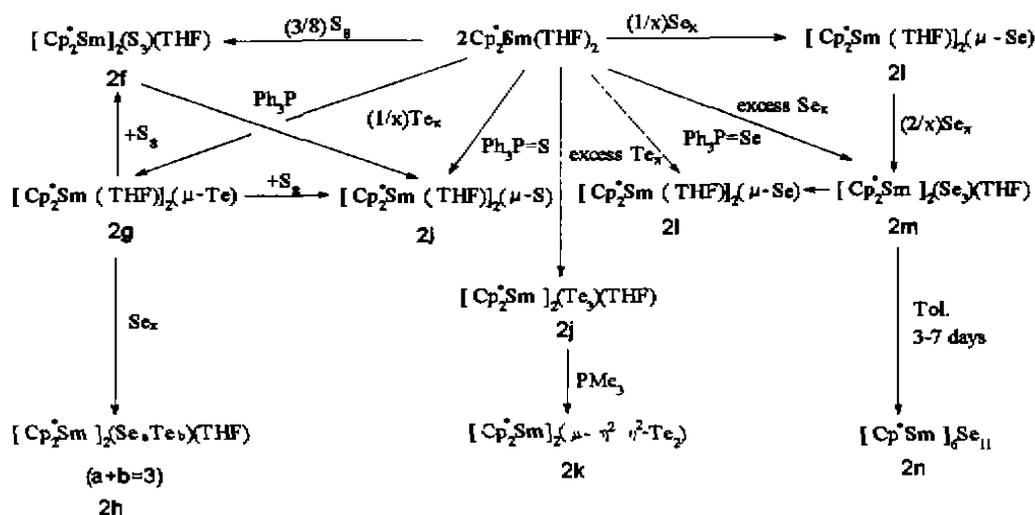


图 2 Cp^{*}₂Sm(THF)₂ 与 S, Se, Te 的反应

Fig 2. Reaction of Cp^{*}₂Sm(THF)₂ and S, Se, Te

有 Cp^{*}₂Sm(THF)₂ 参加的反应均需在 THF 中进行, 若在甲苯中进行, 不管反应比例如何, 则只能得到含 (μ-E) 桥类化合物。

若将产物 [Cp^{*}₂Sm]₂(μ-η¹: η²-Se₃)(THF) 在甲苯中放置一段时间 (3-7 天), 则形成多核有机希土化合物 [(Cp^{*}Sm)₆Se₁₁]^[10]。

测定了这些化合物中 2g、2i、2k、2l、2m 和 2n 的晶体结构。其中 [Cp^{*}₂Sm(THF)]₂(μ-Se) 的晶体结构显示 Sm-Se 键长较 [Cp^{*}₂Yb]₂(μ-Se) 中 Yb-Se 键长要长, 且有 THF 参与配位。这是由于镧系收缩, Sm³⁺ 离子半径较大造成的。同是这个原因, 造成 [Cp^{*}₂Sm]₂(μ-η²: η²-Te₂) 中四个环戊二烯基中心处于同一平面上, 而不是 [Cp^{*}₂Yb]₂(η²: η²-Te₂) 中的 Cp^{*} 中心的四面体结构。

[Cp^{*}₂Sm]₂(μ-η¹: η¹-Se₃)(THF) 结构 (图 3) 中, 两个 Sm 的配位环境不同, Sm(1) 为九配位, 而 Sm(2) 为八配位。Sm(1)-Se(1) 键长为 3.007 Å, Sm(2)-Se(1) 为 2.963 Å, 这说明九配位的 Sm(1) 较为拥挤, 使得 Sm(1)-Se(1) 的距离较长。

[Cp^{*}Sm]₆Se₁₁ 结构显示, 六个 Sm³⁺ 形成扭曲的八面体, 以 Se(6) 为中心形成对称结构。Sm-C(Cp^{*}) 的平均键长为 2.679 Å。十一个 Se 原子可分为三类: Se(1)-Se(2), Se(4)-Se(5) 及相对应的 Se(1')-Se(2'), Se(4')-Se(5') 为一类, 它们存在 Se-Se 键; 另一类为 Se(6), 位于该分子的

中心,与六个 Sm^{II} 的距离为 3.123 Å 到 3.186 Å;第三类为 $\text{Se}(3), \text{Se}(3')$,与三个 Sm^{II} 同时配位。 $\text{Se}(6), \text{Se}(3), \text{Se}(3')$ 形成 $(\text{Se}_3)^{-}$ 离子以满足 Sm^{II} 价态的配位要求,该文献首次证实了 $(\text{Se}_3)^{-}$ 的存在。

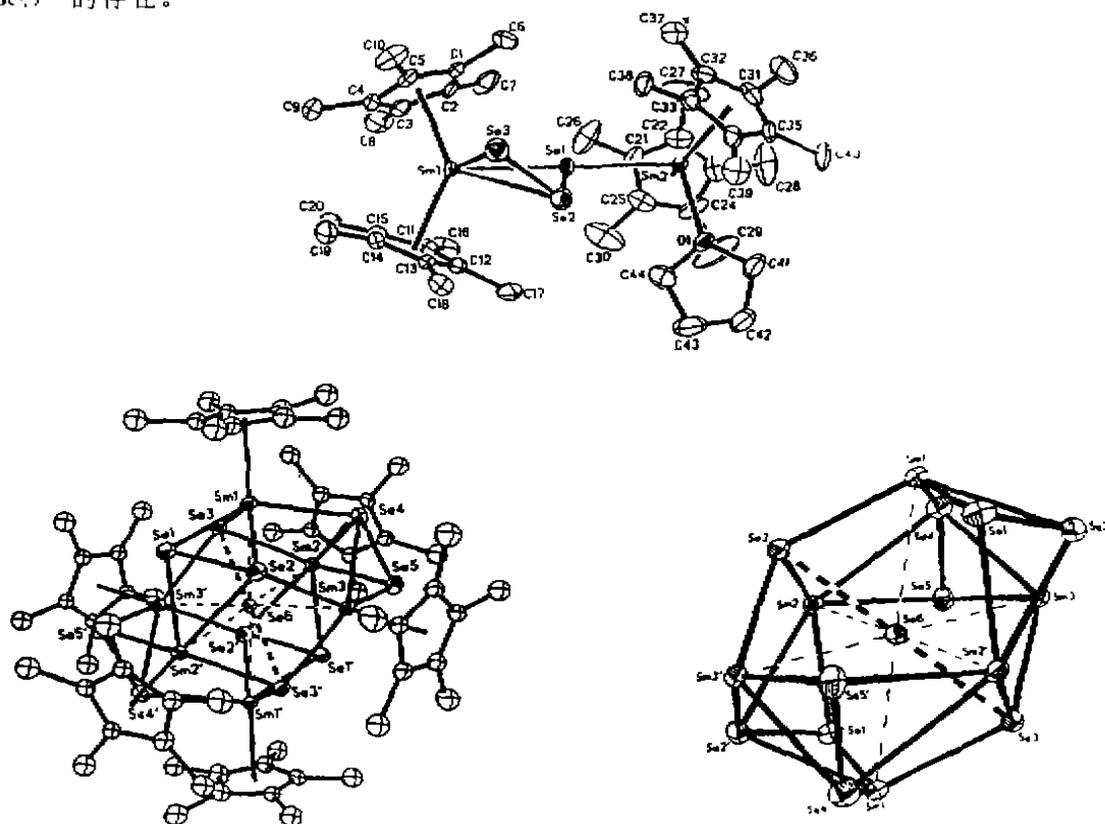


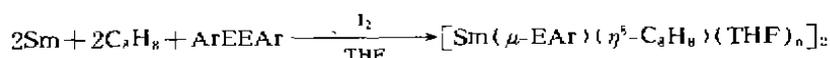
图 3 $[\text{Cp}_2^* \text{Sm}]_2(\text{Se}_3)(\text{THF})$ (**2m**) 和 $[\text{Cp}^* \text{Sm}]_6(\text{Se}_{11})$ (**2n**) 的晶体结构
Fig. 3 Crystal structure of $[\text{Cp}_2^* \text{Sm}]_2(\text{Se}_3)(\text{THF})$ (**2m**) and $[\text{Cp}^* \text{Sm}]_6(\text{Se}_{11})$ (**2n**)

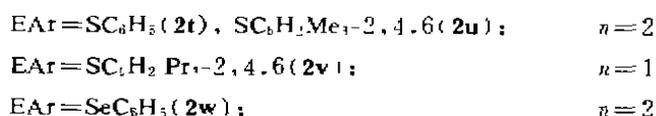
$\text{Cp}_2^* \text{Sm}(\text{THF})_2$ 与含多硫过渡金属单元的化合物 $(\text{PPh}_3)_2\text{MoS}_4$ 或 $(\text{PPh}_3)_2\text{WS}_4$ 发生氧化还原反应,可以方便地合成含希土和过渡金属多核化合物 $(\text{Ph}_3\text{P})[\text{Cp}_2^* \text{Sm}]_2\text{Mo}(\mu\text{-S})_4$ (**2o**)、 $(\text{Ph}_3\text{P})[\text{Cp}_2^* \text{Sm}(\mu\text{-S})_2\text{WS}_2]$ (**2p**)^[11],其阴离子部分的结构如图 4 所示。

这两个化合物的合成说明含硫过渡金属结构单元可以与希土较好地成键,从而合成结构多样的混合金属多核化合物,为研究有机希土化学提供实验依据。

文献^[5]亦报道了化合物 $[\text{Me}_4\text{C}_2(\text{C}_5\text{H}_4)_2]\text{Sm}(\text{SeC}_6\text{H}_2-2,4,6\text{-Me}_3)$ (**2q**), $[\text{Me}_4\text{C}_2(\text{C}_5\text{H}_4)_2]\text{SmS}_2\text{CNMe}_2$ (**2r**) 和 $[\text{Me}_4\text{C}_2(\text{C}_5\text{H}_4)_2]\text{SmS}_2\text{P}(\text{OMe})_2$ (**2s**) 的合成。

另外,元素钐可直接与环辛四烯,二硫芳基化合物发生氧化还原反应,合成环辛四烯基配位的含硫(硒)希土化合物^[12,13]:





其中 2t, 2v, 2w 得到了结构表征。当 Yb 进行类似反应时, 仅得到了化合物 $[\text{Yb}(\text{SPh})_2(\text{THF})_n]_n$, 说明稀土元素的不同, 它们的反应性能具有很大的差异。

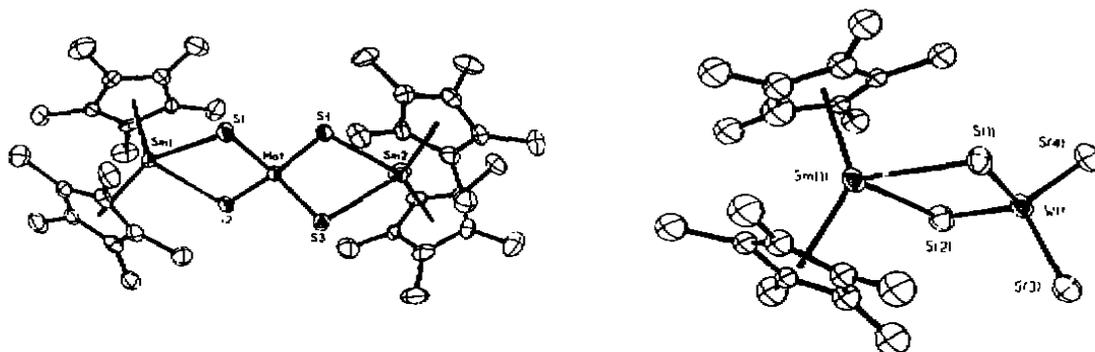
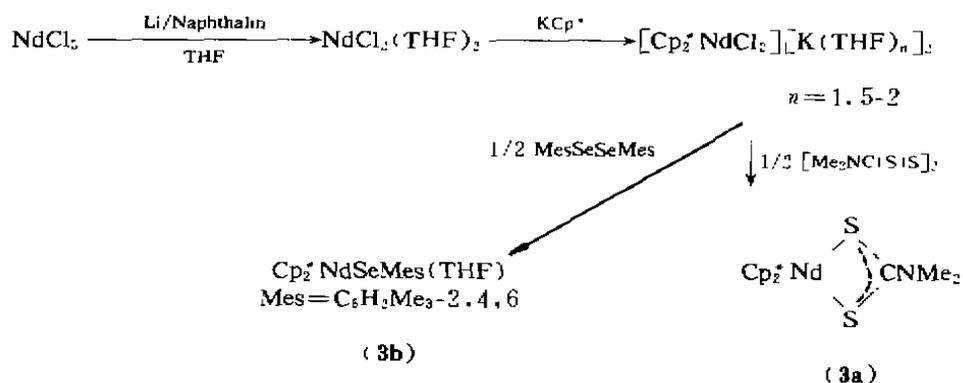


图 4 $[(\text{Cp}^*_2\text{Sm})_2\text{Mo}(\mu\text{-S})_4]^-$ (2o) 和 $[(\text{Cp}^*_2\text{Sm})(\mu\text{-S})_2\text{WS}_2]^-$ (2p) 的晶体结构
Fig. 4 Crystal structures of $[(\text{Cp}^*_2\text{Sm})_2\text{Mo}(\mu\text{-S})_4]^-$ (2o) and $[(\text{Cp}^*_2\text{Sm})(\mu\text{-S})_2\text{WS}_2]^-$ (2p)

1.3 有机钷含硫族化合物

二价有机钷化合物也可与含一价态的硫(硒)化合物 RE-ER 反应, 形成三价含硫(硒)有机钷化合物^[14]:

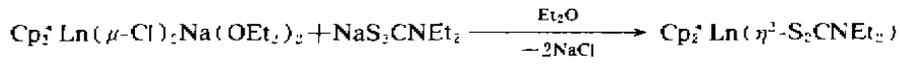


2 利用取代反应合成有机稀土含硫族化合物

含 Ln-Cl, Ln-C, Ln-H 键有机稀土化合物与含硫(硒、碲)化合物反应, 取代这些原子或基团, 可以得到含硫(硒、碲)有机稀土化合物。

2.1 含 Ln-Cl 键的取代反应

1982 年, Andersen 首次用 $\text{Cp}^*_2\text{Ln}(\mu\text{-Cl})_2\text{Na}(\text{OEt})_2$ 与 $\text{NaS}_2\text{CNEt}_2$ 反应, 合成了第一个含硫有机稀土化合物^[15]。



Ln = Nd (4a), Yb (4b)

$\text{Cp}_2^+ \text{Yb}(\eta^2\text{-S}_2\text{CNEt}_2)$ 为第一个结构鉴定的含硫有机希土化合物。结构如图 5 所示:

其结构与由氧化反应所获得的含 S_2CNR_2 基团有机希土化合物的结构相似。

最近, 我们首次采用无机硫族化合物 Na_2Se 为反应原料, 与半夹心希土二氯化物 $(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{LnCl}_2(\text{THF})_2$ 反应, 分离得到了多核含硒半夹心有机希土化合物 $[\text{Na}(\text{THF})_6][(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{Ln}]_6\text{Se}_{13}$ [16]。为有机希土含硫族化合物的合成找到了一条方便途径。钕化合物阴离子部分结构如图 6 所示。

$[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{Nd}]_6\text{Se}_{13}$ 结构以 Se(1) 为中心具有较高的对称性, Nd(2), Nd(3), Nd(2a),

Nd(3a), Se(1) 处于同一平面上。13 个硒原子分为三类: 同时与六个钕原子成键的 Se(1), 同时与三个钕原子成键的 Se(2), Se(3), Se(4), Se(2a), Se(3a), Se(4a) 和同时与两个钕原子成键的 Se(5), Se(6), Se(7), Se(5a), Se(6a), Se(7a)。Se(1) 与六个钕原子的键长为 3.024-3.035 Å。

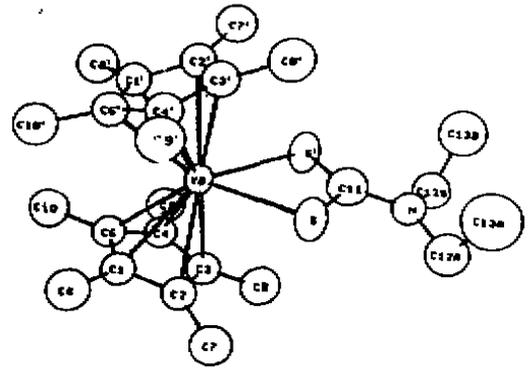


图 5 $\text{Cp}_2^+ \text{Yb}(\eta\text{-S}_2\text{CNEt}_2)$ (4b) 的晶体结构
Fig. 5 Crystal structure of $\text{Cp}_2^+ \text{Yb}(\eta\text{-S}_2\text{CNEt}_2)$ (4b)

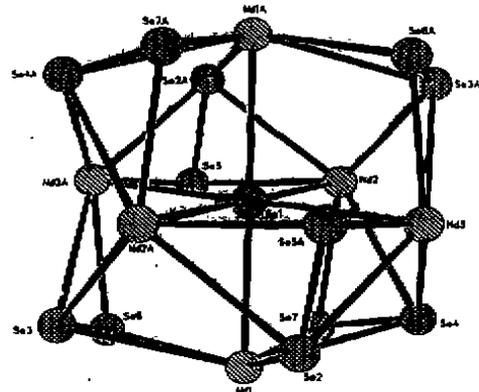
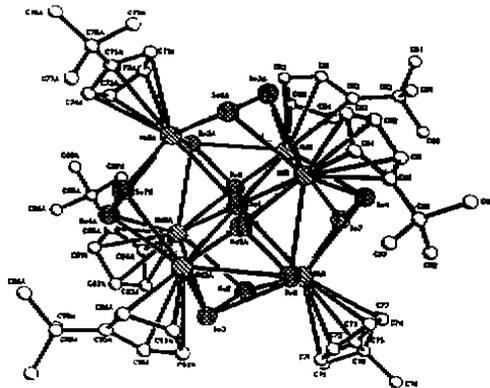
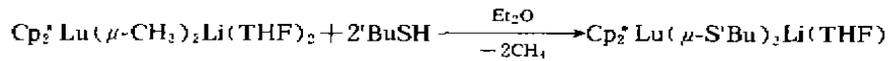


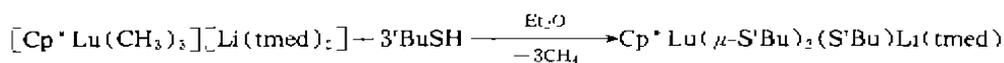
图 6 $[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{Nd}]_6\text{Se}_{13}$ (4c) 的晶体结构
Fig. 6 Crystal structure of $[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{Nd}]_6\text{Se}_{13}$ (4c)

2.2 含 Ln-C 键希土化合物的取代反应

含 Ln-C σ 键化合物与含 H-S 键化合物发生取代反应, 可得到含硫有机希土化合物 [17, 18]:



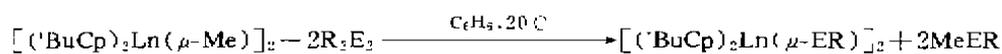
(5a)



5b

相似的取代反应得到了 $\text{Cp}_2\text{Lu}(\mu\text{-ER})\text{Li}(\text{THF})_2$ [$\text{E}=\text{S}$, $\text{R}=\text{Bu}$ (5c); $\text{E}=\text{Se}$, $\text{R}=\text{Ph}$ (5d)].

与含 E-E 键化合物也可发生取代反应^[15]:



$\text{Ln}=\text{Y}$, $\text{E}=\text{S}$, $\text{R}=\text{Ph}$ (5e), ^tBu (5f), ^iBu (5g), CH_2Ph (5h)

$\text{Ln}=\text{Y}$, $\text{E}=\text{Se}$, $\text{R}=\text{Ph}$ (5i)

$\text{Ln}=\text{Lu}$, $\text{E}=\text{S}$, $\text{R}=\text{Ph}$ (5j), CH_2Ph (5k)

$\text{Ln}=\text{Lu}$, $\text{E}=\text{Se}$, $\text{R}=\text{Ph}$ (5l)

图 7 给出了化合物 5a、5d 和 5i 的晶体结构, 由于 Cp^* 的空间位阻作用, 两个 ^tBu 处于异侧的直立位置。两个 Ph 环则处于同侧的直立位置。5i 分子结构中, 同样由于 $^t\text{BuCp}$ 的位阻作用, 两个苯环均处于平伏位置。

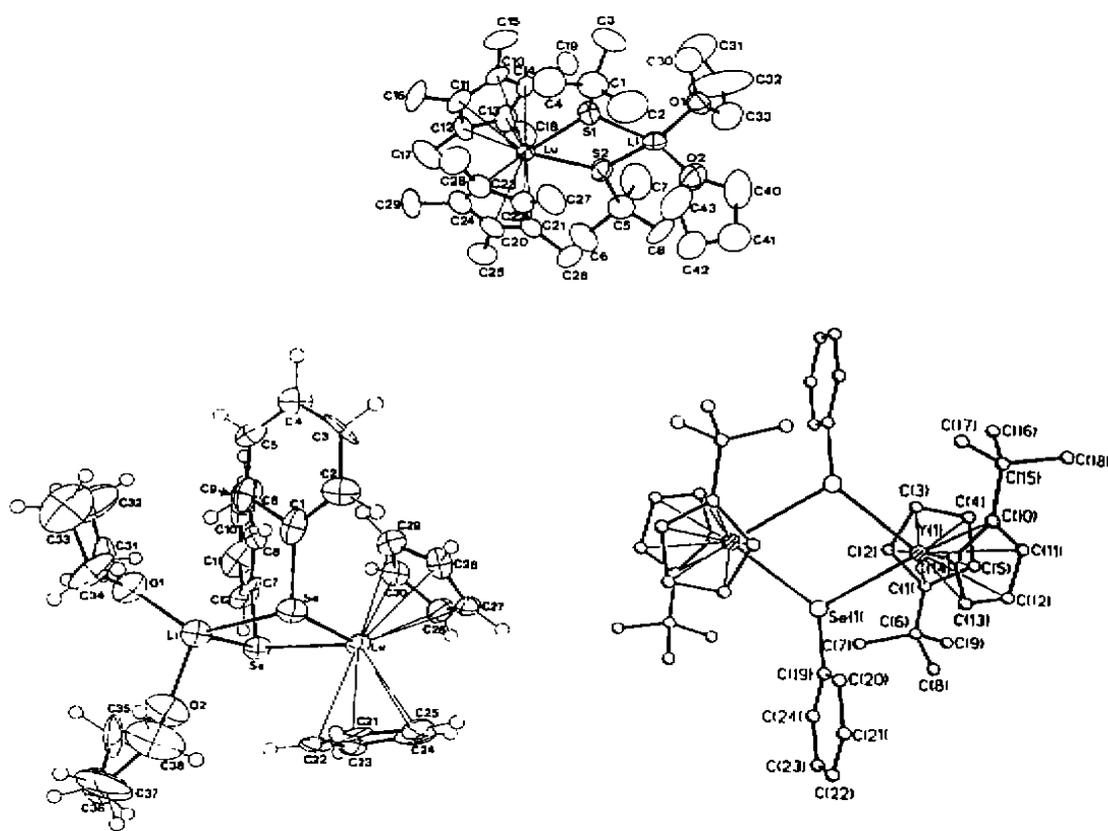


图 7 $\text{Cp}_2^* \text{Lu}(\mu\text{-S}^t\text{Bu})_2\text{Li}(\text{THF})_2$ (5a), $\text{Cp}_2\text{Lu}(\mu\text{-SePh})_2\text{Li}(\text{THF})_2$ (5d) 和 $[\text{Cp}^*_2\text{Y}(\mu\text{-SePh})]_2$ (5i) 的晶体结构

Fig. 7 Crystal structures of $\text{Cp}_2^* \text{Lu}(\mu\text{-S}^t\text{Bu})_2\text{Li}(\text{THF})_2$ (5a), $\text{Cp}_2\text{Lu}(\mu\text{-SePh})_2\text{Li}(\text{THF})_2$ (5d) and $[\text{Cp}^*_2\text{Y}(\mu\text{-SePh})]_2$ (5i)

$\text{Ln-C} \pi$ 键化合物 $(^t\text{BuCp})_2\text{Ce}$ 与 HSR 化合物能否发生取代反应^[20], 由 R 基团决定。R 为位

阻较小的 CHMe_2 或 Ph 时, 则生成二聚产物 $(^t\text{BuCp})_4\text{Ce}_2(\mu\text{-SCHMe}_2)_2$ (**5m**), $(^t\text{BuCp})_4\text{Ce}_2(\mu\text{-SPh})_2$ (**5n**)。而 R 为 ^tBu 时, 则不能发生反应。溶剂化的位阻较小的 $(\text{MeCp})_3\text{Ce}(\text{THF})$ 则可与 HS^tBu 反应, 形成 $(\text{MeCp})_4\text{Ce}_2(\mu\text{-S}^t\text{Bu})_2$ (**5o**)。 $[(^t\text{BuCp})_2\text{Ce}(\mu\text{-SCHMe}_2)]_2$ 的晶体结构(图 8) 显示出 Ce_2S_2 处于一平面上, 而 $\text{C}(19)$, $\text{C}(19')$ 不在这个平面上。

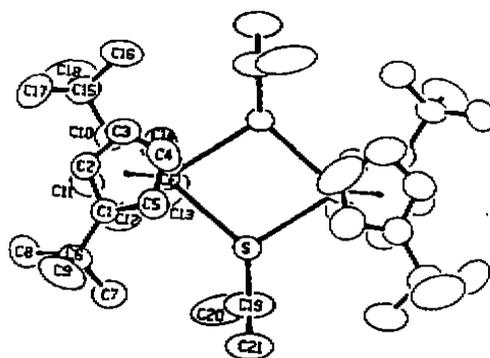
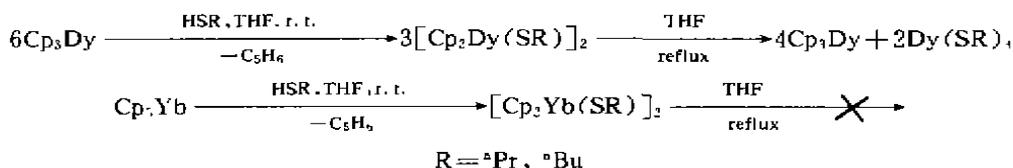


图 8 $[(^t\text{BuCp})_2\text{Ce}(\mu\text{-SCHMe}_2)]_2$ (**5m**) 的晶体结构
Fig. 8 Crystal structure of $[(^t\text{BuCp})_2\text{Ce}(\mu\text{-SCHMe}_2)]_2$ (**5m**)

位阻更小的 $\text{Cp}_2\text{Ln}(\text{Ln}=\text{Dy}, \text{Yb})$ 化合物与 HSR ($\text{R} = ^i\text{Pr}, ^t\text{Bu}$) 在室温下反应^[21, 22]即生成 $[\text{Cp}_2\text{Dy}(\text{S}^i\text{Pr})]_2$ (**5p**), $[\text{Cp}_2\text{Dy}(\text{S}^t\text{Bu})]_2$ (**5q**), $[\text{Cp}_2\text{Yb}(\text{S}^i\text{Pr})]_2$ (**5r**), $[\text{Cp}_2\text{Yb}(\text{S}^t\text{Bu})]_2$ (**5s**), 但它们的热稳定性则由于离子半径的不同而变化。

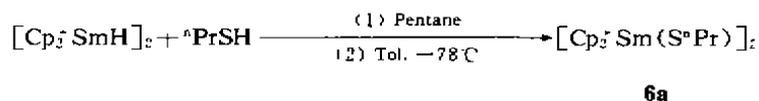


$[\text{Cp}_2\text{Yb}(\mu\text{-S}^t\text{Bu})]_2$ 的分子结构显示出 Yb_2S_2 四元环处于同一平面上。

Cp_2Yb 也可与位阻较大的 $\text{HSC}_6\text{H}_3\text{-2,4,6-(CF}_3)_3$ 发生取代反应^[23], 形成单核有机希土含硫化合物 $\text{Cp}_2\text{Yb}(\text{THF})[\text{SC}_6\text{H}_3\text{-2,4,6-(CF}_3)_3]$ 。

2.3 含 Ln-H 的取代反应

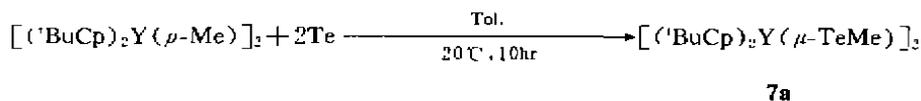
目前仅有一篇文章^[24]报道这类反应。



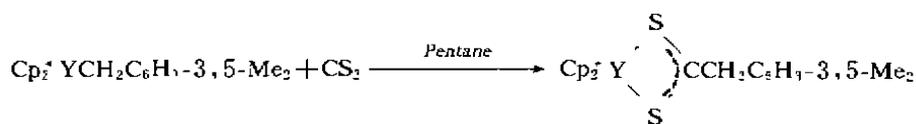
3 利用插入反应合成有机希土含硫族化合物

含硫(硒, 碲)化合物可以插入 Ln-C σ 键, 形成有机希土含硫族化合物。

化合物 $[(^t\text{BuCp})_2\text{Y}(\mu\text{-Me})]_2$ 与单质 Te 反应, Te 插入 Y-C σ 键, 得到高收率的产物^[25]:



CS_2 也可作为硫化试剂进行反应, 得到插入 Y-C 键的产物^[26]:



W. E. Piers 详细研究了硒, 碲插入 Sc-C 的反应^[27-30], 可由图 9 表示。

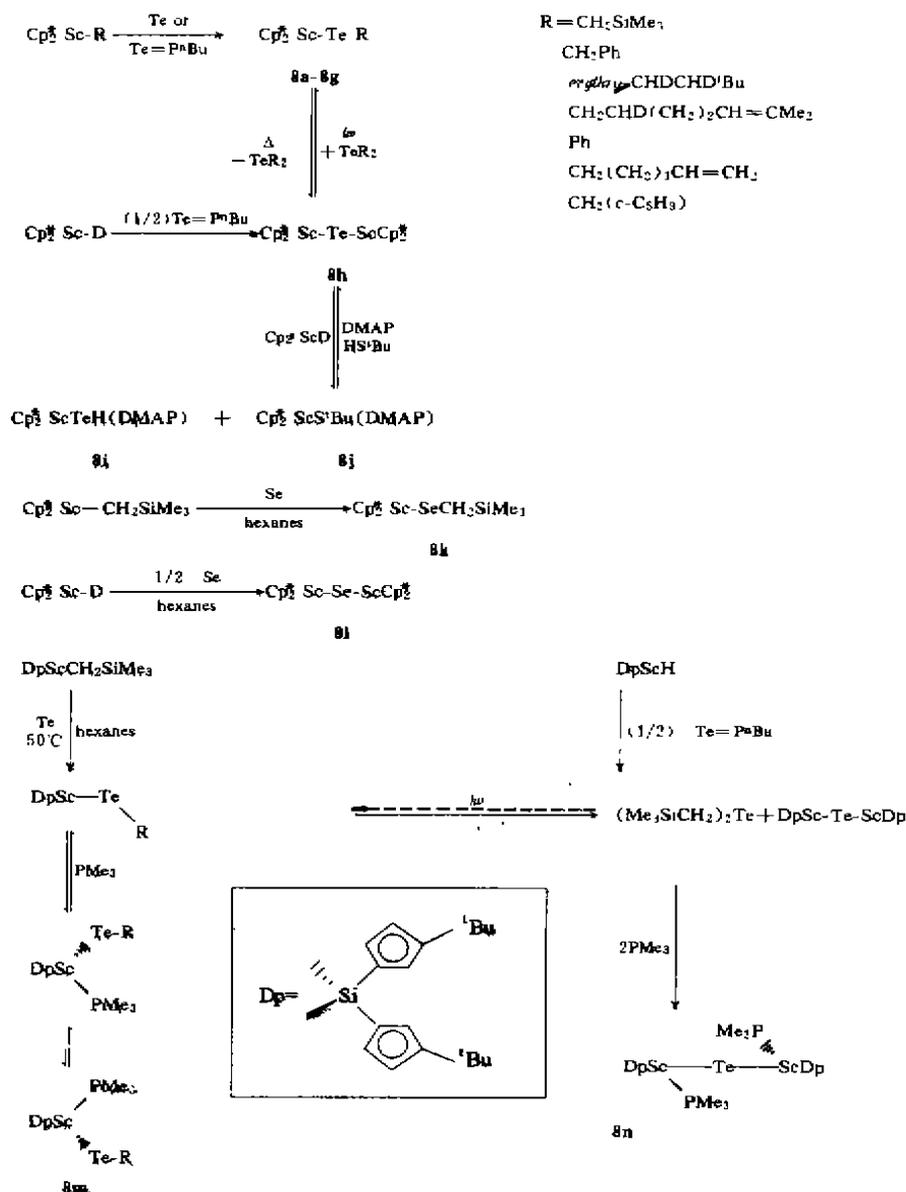


图 9 Se, Te 插入 Sc-R 键的反应

Fig. 9 Reaction of inserting Se, Te in Sc-R bond

化合物 **8h**、**8k**、**8l** 和 **8m** 得到了晶体结构表征。化合物 **8h** 和 **8l** 中 Se-Te-Sc, Sc-Se-Sc 的键角分别为 172.17°, 173.74°。而化合物 **8m** 中由于配体的限制及 PMe₃ 参与配位, 使得 Sc-Te-Sc 处在一直线上。

4 结束语

有机希土含硫(硒、碲)化合物的合成为有机希土化学增加了新的内容。但直到目前, 仅局

限于少数几个稀土元素,与有机过渡金属含硫(硒,碲)化学^[31]相比,研究仍不够深入。硫(硒,碲)较强的配位能力和多变的配位形式,稀土的配位不饱和性,都为合成结构新颖、反应性能良好的有机硫(硒,碲)稀土化合物提供了条件,而这些新化合物的合成,也将为有机稀土化学展现美好的发展前景。

参 考 文 献

- [1] Wilkinson G., Birmingham J. M. *J. Am. Chem. Soc.*, **1954**, **76**, 6210.
- [2] Schumann H., Meese-Marktscheffel J. A., Esser L. *Chem. Rev.*, **1995**, **85**, 865.
- [3] Zalkin A., Henry T. J., Andersen R. A. *Acta. Cryst.* **1987**, **C49**, 233.
- [4] Berg D. J., Andersen R. A., Zalkin A. *Organometallics*, **1988**, **7**, 1858.
- [5] Edelmann F. T., Rieckhoff M., Haiduc I., Silaghi-Dumitrescu I. *J. Organomet. Chem.*, **1993**, **447**, 203.
- [6] Berg D. J., Burns C. J., Andersen R. A., Zalkin A. *Organometallics*, **1989**, **8**, 1865.
- [7] Zalkin A., Berg D. J. *Acta. Cryst.*, **1988**, **C44**, 1488.
- [8] Rechnagel A., Noltemeyer M., Stalke D., Pieper U., Schmidt H. G., Edelmann F. T. *J. Organomet. Chem.*, **1991**, **411**, 347.
- [9] Evans W. J., Rabe G. W., Ziller J. W., Doedens R. J. *Inorg. Chem.*, **1994**, **33**, 2719.
- [10] Evans W. J., Rabe G. W., Ansam M. A., Ziller J. W. *Angew. Chem.*, **1994**, **106**, 2200; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1994**, **33**, 2110.
- [11] Evans W. J., Ansari M. A., WoZiller J., Khan S. I. *Organometallics*, **1999**, **14**, 3.
- [12] Mashima K., Nakayama Y., Kanehisa N., Kai Y., Nakamura A. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, **1993**, 1847.
- [13] Mashima K., Nakayama Y., Nakamura A., Kanehisa N., Kai Y., Takaya H. *J. Organomet. Chem.*, **1994**, **473**, 85.
- [14] Wedler M., Recknagel A., Edelmann F. T. *J. Organomet. Chem.*, **1998**, **395**, C26.
- [15] Tilley T. D., Andersen R. A., Zalkin A., Templeton D. H. *Inorg. Chem.*, **1992**, **21**, 2644.
- [16] CHENG Yan-Xiang(程延祥), JIN Guo-Xing(金国新), LIN Yong-Hua(林永华), XIN Yan(邢彦), JIA Heng-Qing(贾恒庆) *The 10th National Symposium on Organometallic Chemistry*(10# 全国金属有机化学讨论会), 长沙, **1998**, p112.
- [17] Schumann H., Albrecht I., Hahn E. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1985**, **24**, 98; *Angew. Chem.*, **1985**, **97**, 991.
- [18] Schumann H., Albrecht I., Gallagher M., Hahn E., Muchmore C., Pickardt J. *J. Organomet. Chem.*, **1988**, **348**, 103.
- [19] Beletskaya I. P., Voskoboynikov A. Z., Shestakova A. K., Yanovsky A. L., Fakir G. K., Zaeharov L. N., Struchkov Y. T., Schumann H. *J. Organomet. Chem.* **1994**, **468**, 121.
- [20] Stults S. D., Andersen R. A., Zalkin A. *Organometallics*, **1990**, **9**, 1623.
- [21] Wu Z., Xu Z., You X., Zhou X., Huang X. *Chin. J. Polyhedron*, **1994**, **13**, 397.
- [22] Wu Z., Huang Z., Cai R., Zhou X., Xu Z., You X., Huang X. *J. Organomet. Chem.*, **1996**, **508**, 25.
- [23] Poremba P., Noltemeyer M., Schmidt H., Edelmann F. T. *J. Organomet. Chem.*, **1998**, **501**, 315.
- [24] Nolan S. P., Stern D., Marks T. J. *J. Am. Chem. Soc.*, **1989**, **111**, 7844.
- [25] Beletskaya I. P., Voskoboynikov A. Z., Shestakova A. K., Schumann H. *J. Organomet. Chem.*, **1993**, **463**, C1.
- [26] Den Hann K. H., Luinstra G. A., Meetsma A., Teuben J. H. *Organometallics*, **1997**, **6**, 1509.
- [27] Piers W. E., MacGillivray L. R., Zaworotko M. *Organometallics*, **1993**, **12**, 4723.

- [28] Piers W. E. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, **1994**, 309.
[29] Piers W. E., Parks D. J., MacGillivray L. R., Zaworotko M. J. *Organometallics*, **1994**, **13**, 4577.
[30] Piers W. E., Ferguson G., Gallagher J. F. *Inorg. Chem.*, **1994**, **33**, 3784.
[31] JIN Guo-Xin(金国新), KONG Qing-An(孔庆安) *Hua Xue Jin Zhan(Pogress in Chemistry)*, **1998**, **10**, 16.

NEW DEVELOPMENT OF ORGANOLANTHANIDE COMPLEXES CONTAINING CHALCOGENIDE LIGANDS

CHENG Yan-Xiang JIN Guo-Xin

(*Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

This article is to present and outline new approaches to chalcogen coordination chemistry from the organolanthanides point of view.

Keywords: review organolanthanides coordination chemistry of chalcogen structures