维普资讯 http://www.cqvip.com

93-100

(17)

第20卷 第2期
1992年5月

西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis

Vol.20 No.2
May 1992

锡烯化学的进展

傅建熙 周文明
(西北农业大学基础课部，陕西杨陵·712100)

摘 要 本文概述了十几年来锡烯化学的发展，总结了迄今所合成的稳定锡烯及其所属类型，锡烯的主要合成方法、锡烯的反应、以及锡烯可能存在的构型。

关键词 有机锡化合物、锡烷类、插入反应、加成反应、构型／锡烯
中图分类号 O627.42

自从 1852 年 Löwig 报道了$(C_2H_5)_2Sn$(即二乙基锡烯)的合成之后，关于二价锡有机化合物 R_2Sn 合成的许多报道[1]相继出现。但是，随着科学的发展，特别是分析手段的进步和分析方法的完善，人们发现，制备稳定的二价锡有机化合物是非常困难的。以前人们合成的所谓二苯锡[2]、二(9-菲基)锡[3]等都是一些含有类似下面结构的复杂混合物：

R_4Sn $R_3Sn-(R_2Sn)_m-SnR_3$ $m=0,1,2,3\cdots\cdots$

$(R_2Sn)_m$ $m=2,3,4,5$;

$R_3Sn-\underset{\underset{R_3Sn}{|}}{R}sn-(R_2Sn)_m-SnR_3$ $m=0,1,2,3\cdots\cdots$

$R_3Sn-\underset{\underset{R_3Sn}{|}}{\overset{\overset{R_3Sn}{|}}{Sn}}-(R_2Sn)_m-SnR_3$ $m=0,1,2,3\cdots\cdots$

到目前为止，对二(联苯基)锡、二(对甲苯基)锡、二(2，6-二甲苯基)锡等一些化合物仍然研究很少，它们的存在需要用现代分析手段进一步证实。例如，早在 1911 年 Pfeiffer 报道合成的二甲基锡，直到 1982 年才由 Bleckmann 等在液氦的温度(小于-269℃)下用光谱证明了它的短暂存在；而在通常情况下，不能得到稳定的二甲基锡。

二价锡的有机化合物 R_2Sn 从形式上看，类似于碳烯 H_2C(即卡宾 Carbene)，所以在化学上称之为锡烯(Stannylene)。其中 R 全是烃基，或者至少有一个 R 是烃基。在通常情况下，这类化合物都是极不稳定的，一经合成，它们便迅速聚合为低聚物或高聚物。当然，这并不是说，稳定的锡烯是不存在的。经过大量的研究和实验证明，在一定的条件下，稳定的锡烯是可以合成出来的，其存在的条件是：(1)借助于大 π 键中 π-电子给予体而使二价锡原子得以稳定；(2)由溶剂和适宜的过渡金属对二价锡原子进行配位而使锡烯达到稳定；(3)靠锡原子上连接的大体积基团产生的空间位阻使二价锡原子得以稳定；(4)二价锡原子借助于邻近取代基上的氮原子进行分子内的配位而得以稳定。

1 稳定存在的锡烯

随着卡宾化学的发展，化学家们对碳族的其他元素，如硅、锗、锡等二价有机合物的合成进行了大量研究。先后制得了稳定的硅烯(Silylene)、锗烯(germylene)和锡烯

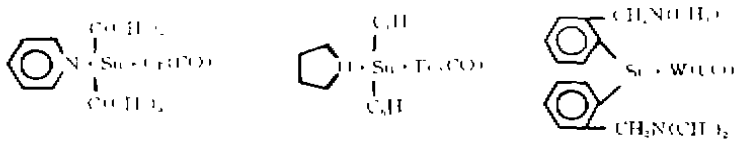
文稿收到日期：1991-06-21
* 国家自然科学基金资助项目

维普资讯 http://www.cqvip.com

(Stannylene)等重卡宾类似物，但是，直到目前为止，合成的稳定锡烯(R_2Sn)还是为数很少。第一个真正稳定的二价锡有机化合物是双(环戊二烯基)锡，它是由 Fischer 等[4] 在 1956 年合成的：

$$SnCl_2+2LiC_5H_5 \rightarrow Sn(C_5H_5)_2+2LiCl$$

通过元素分析、分子量和分子磁化率的测定，证明了双(环戊二烯基)锡的存在，并且对它的性质作了简单的描述。1971 年和 1973 年 Marks 等[5,6] 合成的第二类稳定锡烯是由吡啶和五羰基铬配位的二(叔丁基-)锡和由四氢呋喃及四羰基铁配位的二苯基锡：



随后，Abicht 等[7] 也合成了类似的化合物五羰基钨配位的二[2-(N，N-二甲氨基甲基)苯-]锡。这类锡烯实际上是一种分子间配位络合物。其中二价锡原子是靠溶剂和某些金属配位而达到稳定的。试验结果说明，溶剂和配位金属是不可缺少的，溶剂在配位中起着 Lewis 碱的作用，而二价锡原子则起着 Lewis 酸和 Lewis 碱的双重作用。

1970 年 Rudolph 等[8] 合成了第三类稳定的锡烯

$$3\text{-}Sn\text{-}1,2\text{-}B_9C_2H_{11}$$

在这类二价锡有机化合物中，锡原子处于二十面体的角锥顶点，并且裸露在外。^{119}Sn Mössbauer 等光谱数据及其他分析证明了这种结构的存在。但是二价锡原子靠什么作用来稳定的，还鲜为人知。是不是由于分子内硼原子配位作用的原因，还需要进一步证明。

第四类稳定的锡烯是 1973 Davidson 等[9] 合成的二{二[(三甲基硅基-)甲基]}锡：

$$\begin{matrix}[(CH_3)_3Si]_2CH \\ [(CH_3)_3Si]_2CH\end{matrix}\!\!>Sn$$

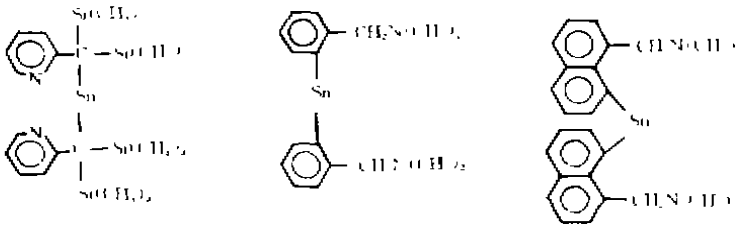
这是一个二价锡原子不靠与其他原子配位而稳定的锡烯。虽然这种锡烯分子中具有两个很大的基团$[(CH_3)_3Si]_2CH$-，但是它是稳定的，只在晶体或极浓的溶液中才生成二聚体。按照现代的解释，由于分子中两个很大基团的存在，产生了极大的空间位阻，妨碍了二价锡原子靠近聚合，从而导致了这个化合物的稳定性。

1981 年 Bigwood 等[10] 报道了某些稳定的取代苯的锡烯，如二[2,6-二(三氟甲基-]锡，二[2,4,6-三(叔丁基-)苯基]锡，氯化(2-甲氧基-)苯基锡、氯化[2,4,6-三(二甲氨基-)苯基]锡，2,6-二(三氟甲基-)苯基甲氧基锡和二(4-甲基苯硫基-)锡等。特别是二[2,6-二(三氟甲基-)苯基]锡和二[2,4,6-三(叔丁基)苯基]锡的存在，进一步证明了在苯的邻位具有大的空间基团时，有利于锡烯的稳定。但是，遗憾的是，这篇报道过于简单，仅利用^{119}Sn Mössbauer 光谱数据的差异来说明这些二价锡有机化合物的存在，所以很难使人相信这些锡烯存在的真实性。

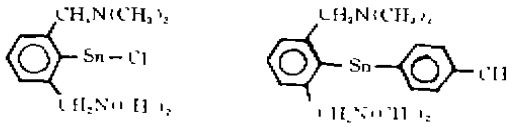
随着重卡宾化学的发展，稳定锡烯的存在和合成，在理论和实践上都具有一定价值。因而它激励着不少化学家在这个领域内进一步探索。自 1988 年以来，又合成了几

维普资讯 http://www.cqvip.com

个二价锡原子通过与分子内取代基的配位而得到稳定的第五类锡烯。如 Engelhardt 等[11] 合成的二{二[二(三甲硅基-)-2-吡啶基-]甲基}锡(A)、Angermund 等[12] 合成的二[(2-N,N-二甲氨基甲基-)苯基]锡(B)、以及 1989 年 Jastrzebski 等[13] 合成的二[8-(二甲氨基甲基-)-1-萘基-C,N]锡(C)：



在这类锡烯分子中，锡原子是借助于邻近取代基上的氮原子形成分子内配位而稳定的。接着 Jastrzebski 等[14] 又合成了类似上面结构的混合二芳基锡烯化合物：氯化{2,6-双[(二甲氨基-)甲基-]苯基}锡(D)和{2,6-双[(二甲氨基-)甲基-]苯基-}-4-甲苯基锡(E)：



从以上稳定锡烯的合成和结构的证明报道中，我们得出结论：稳定锡烯是存在的。只要找出合适的烃基，就能合成稳定的锡烯。另外，这些文章中也存在一些潜在的矛盾，例如，双(环戊二烯基)锡的稳定性是由于两个环戊二烯基的大 π 键对二价锡原子作用的结果，那么，为什么其他具有相似电子结构的基团不能形成稳定的二价锡有机化合物呢？如果说二[2,6-二(三氟甲基-)苯基]锡的稳定性是由于两个较大的基团三氟甲基(CF_3-)的空间位阻作用阻碍了二[2,6-二(三氟甲基-)苯基]锡的聚合，从而使此种锡烯得以稳定，那么，为什么比三氟甲基大的基团，如异丙基、叔丁基等又不能产生必要的空间位阻而使二[2,6-二(异丙基)苯基]锡和二[2,6-(叔丁基)苯基]锡稳定呢？诸如此类的问题，在锡烯化学的发展中都必须得到解决。

2　锡烯的一般合成方法

对锡烯的合成研究已经有 100 多年的历史了，所以合成方法很多。这里仅列举一些主要的合成方法。

2.1　Grignard 试剂同氯化亚锡反应[15]

$$2RMgX+SnCl_2 \rightarrow R_2Sn+MgX_2+MgCl_2$$

反应所用的溶剂是乙醚、四氢呋喃和乙醚-苯的混合溶剂。此法是一个最常用的、较老的方法，得到的产品一般都是一个较复杂的混合物。它主要是由 R_2Sn 的各种低聚混合物和各种歧化产品组成。

2.2　有机锂试剂 RLi 同氯化亚锡反应[16]

$$2RLi+SnCl_2 \rightarrow R_2Sn+2LiCl$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

由于在 RLi 中 R 显示 Lewis 碱的性质，比在 Grignard 试剂中的要强，所以这个方法比第一种方法优越，是锡烯最主要的合成方法之一，但是用这种方法得到的仍然是一个聚合度不同的混合物。另外，过量的有机锂，还能够与 R_2Sn 发生进一步的反应，生成 R_3SnLi.

2.3 二烃基锡的二卤化物同活泼金属(如 Li、Na、Zn)反应 [4]

$$R_2SnX_2+2Li \rightarrow R_2Sn+2LiX.$$

有时也采用钠在液氨中的溶液代替其他金属。过量的 Li 或 Na 可以同 R_2Sn 进一步发生反应，生成有机锡-金属化合物。这个反应可以用来制备脂肪族锡烯和芳香族锡烯。迄今所制得的锡烯中，许多都是用此法合成的。在实验中发现，用此方法新制备出的锡烯，聚合比较慢亦较平稳。用金属钠进行脂肪族锡烯的合成中，除了得到具有不同聚合度的锡烯聚合物外，还有三烃基锡卤化物、四烃基锡和六烃基二锡烷等，其中，三烃基锡卤化物通常是主要产品，所以，用金属锂比用金属钠更适宜于此类合成。

2.4 二烃基锡二氢化物脱氢反应 [17]

$$R_2SnH_2 \rightarrow R_2Sn+H_2$$

这种脱氢反应既可通过提高温度来实现，也可因醇或有机碱(如吡啶)的存在而实现。用此法制得的锡烯，虽然也慢慢发生聚合，但聚合物的组成简单得多。

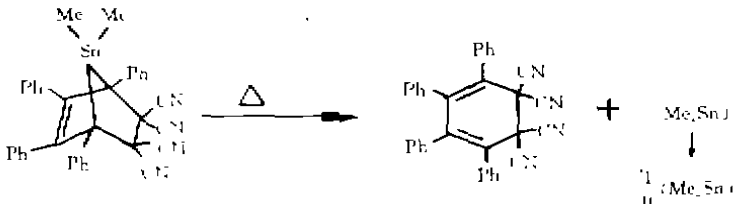
2.5 卤代锡烷的热分解 [18]

$$R_3Sn-SnR_2Br \xrightarrow{\Delta} R_3SnBr+R_2Sn$$

$$R_2Sn(Cl)-Sn(Cl)R_2 \xrightarrow{\Delta} R_2SnCl+R_2Sn$$

热分解作用的难易和需要的温度，随卤素原子和烃基的不同而异。一般地说，在卤原子相同的情况下，烃基越小，热分解越容易。

2.6 锡烷的热分解 [19]



此法是近几年来在德国多特蒙德大学化学系 Neumann 的实验室里发展起来的，目前除了用以制备 Me_2Sn 外，还未发现用这个反应来制备其他锡烯。除此而外，锡烷的热分解还有

$$R_3Sn-SnR_3 \xrightarrow{\Delta} R_4Sn+R_2Sn$$

$$R_3Sn-SnR_2-SnR_3 \xrightarrow{\Delta} R_6Sn_2+R_2Sn$$

等。这类反应现在只是用作锡烯产生源，没有制备上的价值。

2.7 环锡烷的光分解 [18]

$$(R_2Sn)_n \underset{20℃}{\overset{h\nu}{\rightleftharpoons}} nR_2Sn$$

环锡烷的光分解反应是一个可逆反应，现在常用作锡烯的产生源。由于反应生成的

维普资讯 http://www.cqvip.com

锡烯都极不稳定，故都直接用于下步反应，不能用来制备稳定的锡烯。

3 锡烯的反应

锡烯化学是近十几年里在有机锡化学中发展起来的一个新领域，目前对它们的存在、合成和反应性能的研究仅仅是开始。从现有的研究结果来看，由于锡烯分子中烃基的不同，反应性能存在着极大的差别，所以某一类锡烯能发生的反应，其他类的锡烯就不一定能发生，而有些反应，如氧化反应、插入反应等是大部分锡烯所共有的。从已公开发表的文献来看，锡烯所发生的主要反应类型有七大类。

3.1 聚合反应[2,3]

大多数锡烯都是极不稳定的，它们一旦生成，很快就发生聚合反应，生成聚合度不同的环锡烷化合物：

$$nR_2Sn \rightarrow (R_2Sn)_n \qquad n=3,4,5,6\cdots\cdots$$

在这类反应中，最常见的是锡烯聚合成环锡烷的同时，又发生歧化反应和插入反应，所以得到的产物往往是一些较复杂的混合物：

$$2R_2Sn \rightarrow Sn + R_4Sn$$

$$3R_2Sn \rightarrow Sn + R_3Sn-SnR_3$$

$$m(R_2Sn) + R_4Sn \rightarrow R_3Sn-(R_2Sn)_{m-1}-SnR_3 \qquad m=1,2,3,4\cdots\cdots$$

$$R_2Sn + R_3Sn-SnR_3 \rightarrow R_3Sn-R_2Sn-SnR_3$$

3.2 氧化反应[1]

锡烯类化合物很容易被空气中的氧所氧化，生成二烃基锡氧化物

$$2R_2Sn + O_2 \rightarrow 2R_2SnO$$

氧化作用比较迅速，在制备锡烯的过程中，反应混合液中只要有少量氧气存在，立刻就能发生此类反应。光线可以加速锡烯的氧化。除此而外，过氧化氢也可迅速的氧化锡烯。有些锡烯在用发烟硝酸处理时，甚至可以燃烧。

3.3 与卤素的作用[1]

锡烯或其聚合物可以和碘作用生成相应的二碘代物

$$R_2Sn + I_2 \rightarrow R_2SnI_2$$

$$(R_2Sn)_n + nI_2 \rightarrow nR_2SnI_2$$

溴或氯同锡烯及其聚合物反应，往往也使 C—Sn 键断裂，生成较复杂的混合物。

3.4 插入反应[18,19]

在锡烯的各种反应中，插入反应是研究得较多的一种。一般说来，热分解产生的锡烯，仅表现出插入反应。锡烯所发生的插入反应有：

(1)与卤代烃反应。一般反应式为

$$R_2Sn + R'-X \rightarrow R'-R_2Sn-X$$

常见的 R 是甲基和乙基，R′可以是甲基、乙基或异丙基等。X 通常为 Br 和 I. 实验表明，甲基衍生物比其他烷基衍生物反应快得多。而 RI 的反应速度又大于 RBr.

(2)与过氧化物的插入反应。一般反应式为

$$R_2Sn + R'OOR' \rightarrow R'O-R_2Sn-OR'$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

最常见的是[Me_2Sn]同过氧苯甲酰的反应

$$Me_2Sn+(PhCOO)_2 \rightarrow ME_2Sn(OCOPh)$$

(3)与连二硫化物的插入反应。一般反应式为

$$R_2Sn+R'SSR' \rightarrow R'S-R_2Sn-SR'$$

最常见的是[Me_2Sn]同二苯基连二硫化物的反应

$$Me_2Sn+PhSSPh \rightarrow PhS-Me_2Sn-SPh$$

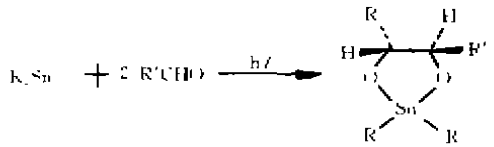
(4)插入Sn—X键(其中X=Cl、Br、SPh)和Sn—Sn键的反应

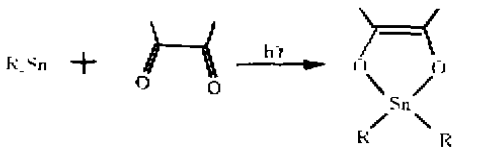
$$R_2Sn+R_3'SnX \rightarrow R_3'Sn-SR_2-X$$

$$R_2Sn+R_3Sn-SnR_3' \rightarrow R_3'Sn-R_2Sn-SnR_3'$$

3.5 加成反应[20,22]

锡烯能和醛、1,2—二碳基化合物、许多共轭双键体系、甚至于乙炔发生加成反应，生成有锡原子参加的环状化物





3.6 置换反应[1]

锡烯在同二氯化汞或二苯基汞反应时，能将这些汞化合物的汞置换出来，生成相应的有机锡的二氯化物或混合的四烃基锡的化合物

$$(C_2H_5)_2Sn+HgCl_2 \rightarrow (C_2H_5)_2SnCl_2+Hg$$

$$(C_2H_5)_2Sn+(C_6H_5)_2Hg \rightarrow (C_2H_5)_2Sn(C_6H_5)_2+Hg$$

有人曾建议把这类反应用作制备混合四烃基锡的方法。

3.7 同金属钠和有机锂的反应[1]

锡烯可以和金属钠的液氨溶液反应，生成钠配位的有机锡化物

$$2(CH_3)_2Sn+2Na \xrightarrow{液氨} (CH_3)_2\underset{Na}{Sn}-\underset{Na}{Sn}(CH_3)_2$$

$$(CH_3)_2\underset{Na}{Sn}-\underset{Na}{Sn}(CH_3)_2+2Na \xrightarrow{液氨} 2(CH_3)_2SnNa_2$$

锡烯也可以和有机锂化合物反应，类似插入反应，生成锂配位的有机锡化合物

$$(C_6H_5)_2Sn+C_6H_5Li \rightarrow (C_6H_5)_3SnLi$$

4 关于锡烯的构型

我们知道，碳烯可以以两种不同的构型存在，即单重态(singlet)碳烯和三重态(trip-

维普资讯 http://www.cqvip.com

let)碳烯[23]。在单重态的碳烯里，两个未共用电子以反平行自旋成对地处于同一个轨道里；在三重态中，两个未共用电子分别处于不同的轨道里，而且它们的自旋是平行的。实验证明，碳烯的三重态比相应的单重态具有较低的能量，其差值为 17.7 kcal／mol，所以碳烯通常以三重态的形式存在。对于硅烯 H_2Si[24]，单重态是它的基态，单重态的能量要比三重态低 10 kcal／mol. 对于硅烯 Me_2Si，根据实验结果，有人建议，单重态也应是它的基态[25]。而锡烯 H_2Sn 至今未被合成出，所以无从研究。对于稳定的锡烯，双环戊二烯基锡 Cpd_2Sn 和二{二[(三甲基硅基-)甲基]}锡[$(Me_3Si)_2CH]_2Sn$，证明是以单重态存在的。对于一些由热分解而产生的短寿命的锡烯，有人[21]认为，根据现有事实，有理由说明它们也是以单重态而存在的。对于 R_2Sn，R＝Me，Et，Bu 的锡烯，德国 Neumann 研究组用电子自旋共振(ESR, electron spin resonance)和化学诱导动态核极化(CIDNP, Chemically induced dynamic nuclear polaritation)等技术企图测定它们的存在状态，但都失败了。寻找更多的锡烯存在构型的例证，还有待进一步的研究。

5 结束语

锡烯化学是近十几年里发展起来的有机锡化学中的一个新领域，虽然它的发展还处于初级阶段，还有许多实践和理论问题亟待解决，但是，可以说它的发展还是很迅速的。对于锡烯的研究，不但可以阐明有机锡化合物形成的机理，指导有机锡化合物新的合成，而且可以开辟锡烯和有机锡化合物在有机合成中作为中间体的应用范围，寻找新的有机合成方法。无疑，对锡烯化学的深入研究，必将推动有机合成化学的新发展。

参 考 文 献

1 Ingham R K, Rosenberg S D, Gilman H. Organotin compounds *Chem Reviews*, 1960; 60; 516～519

2 Neumann W P, König K. Über Diphenylzinn *Liebigs Ann Chem*, 1964; 677; 1～11

3 Neumann W P, Jianxi Fu Über das "Di-(9-phenanthryl)-zinn". Eine Neuuntersuchung *J Organometal Chem*, 1984; 273; 295～302

4 Fischer E O, Grubert H. "Dicyclopentadienyl-Zinn" *Z Naturforsch* 1956; 116; 423～424

5 Marks T J. Dialkylgermylene-and-stanny-lenepentacarbonylchromium Complexes *J Am Chem Soc*, 1971, 93; 7090～7091

6 Marks T J, Newman A R. Facile and reversible homolysis of iron-germanium,-tin, and-lead bonds by lewis bases. *J Am Chem Soc*, 1973; 95; 769～773

7 Abicht H P, Jurkschat K, Tzschach A *et al* Synthese und Strukturuntersuchungen Von Zwei Stannylwolframpentacarbonylen $R_2SnW(CO)_5$ (R＝(O-Dimethylaminometyl)phenyl bzw (O-Diphenylphosphinomethyl)phenyl *J Organometal Chem*, 1987; 326; 357～368

8 Rudolph R W, Voorheer R L, Cochoy R E The Preparation and Characterization of 1-germa-, 1-stanna- and 1-plumba-2, 3-dicarbacloso-dode caborane (11). *J Am Chem Soc*, 1970; 92(11); 3351～3354

9 Davidson P J, Lappert M F. Stabilisation of metals in a low co-ordimative environment using the bis(trimethylsilyl)methyl ligand; Coloured Sn^{II} and pb^{I} alkyls $M[CH(SiMe_3)_2]_2$ *J Chem Soc Chem Commun*, 1973; 317

10 Bigwood M P, Corvan P J, Zuckerman J J. Synthesis of stabilized phenyltin(Ⅱ) compounds; Inhibition of the conversion to tin(Ⅳ) by ortho substitution *J Am Chem Soc*, 1981; 103; 7643～7646

维普资讯 http://www.cqvip.com

11 Engelhardt L M, Jolly B S, Lappert M F *et al* The first monomeric crystalline tin(Ⅱ) alkyls: X-ray structures of the β-N-func-tionalised alkyls Sn(R)X [$\overline{R}=\overline{C}(SiMe_3)_2C_6H_4N-2$ and $\overline{X}=\overline{R},\overline{Cl}$, or $\overline{N}(Sime_3)_2$]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1988: 336～338

12 Angermund K, Jonas K Kruger C *et al*. The Synthesis and crystal Structure of $Sn(C_6H_4CH_2NMe_2-O)_2$and its reaction with $CO(\eta^5-C_5H_5)(\eta^2-C_2H_4)$. *J Organometal Chem*, 1988: 353: 17～25

13 Jastrzebski J T B H, Van der Schaaf P A, Van Koten J B G *et al*. Synthesis and Characterization of a stable bis-naphthyltin(Ⅱ) compound. Bis [8-(dimethylamino)-1-naphthyl-C,N] tin(Ⅱ) and its $W(CO)_5$ adduct. *J Organometal Chem*, 1989: 367: 55～68

14 Jastrzebski J T B H, Van der Schaaf P A, Van Koten J B G *et al* Synthesis and Characterization of 2, 6-bis[(dimethylamino)methyl]phenyl tin(Ⅱ) chloride and{2,6-bis [(dimethylamino)methyl] phenyl} 4-tolyltin (Ⅱ), the first example of a mixed diaryltin(Ⅱ) compound. *Organometallics* 1989: 8(5): 1373～1375

15 Bahr G, Gelius R Di-phenanthryl-(9)-zinn. *Chem Ber*, 1958: 91: 829～833

16 Jianxi Fu, Neumann W P Uber das Hexa-9-phenanthryl-Cyclotristannan. *J Organometal Chem*, 1984: 272: C_5-C_8

17 Kuivila H G, Sawyer A K, Armour A G. Preparation of some new modifications of diphenyltin. *J Org Chem*, 1961, 26: 1426～1429

18 Gross L W, Moser R Neumann W P *et al* Insertion reactions of thermally generated stannylenes R_2Sn into Sn-X(X = Cl, Br, sph) and Sn-Sn bonds *Tetrahedron Lett*, 1982: 23(6): 635～638

19 Neumann W P. Neue zinnorganische Chemie diesseits und jenseits des Atlantik. *Metall*, 1984: 38(9): 830～831

20 Marx R, Neumann W P, Hillner K. (2+4) Cheletropic cycloadditions of Stannylenes R_2Sn(R = alkyl, amino, halogen). *Tetrahedron Lett*, 1984: 25(6): 625～628

21 Neumann W P Cycloaddition and insertion reactions of heavy carbene analogues. In: *31st International Congress of Pure and Applied Chemistry*. Sofia: Bulgaria, 1987: 148～162

22 Sita L R, Bickerstaff R D. Synthesis and Crystal structure of the first stannocyclopropene derivative. *J Am Chem Soc*, 1988: 110(15): 5208～5209

23 陈魁玄 有机化学选论. 第一辑 北京: 高等教育出版社, 1985: 115～122

24 Meadows J A, Schaefer Ⅲ H F. One-and two-configuration Hartree-Fock limit predictions for the singlet-triplet separation in methylene and silylene. *J Am Chem Soc*, 1976: 98: 4383～4386

25 Skell P S, Goldstein E J. Dimethylsilene: CH_2SiCH_3 *J Am Chem Soc*, 1964: 86: 1442～1443

Progress in Stannylene Chemistry

Fu Jianxi Zhou Wenming

(*Department of Basic Course, Northwest Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100*)

Abstract This paper generalizes recent progress in stannylene chemistry in recent decades. Also, it has summarized the synthesized stable stannylenes and their types, main synthetical methods and reactivities and possible existence of configuration of stannylenes hitherto.

Key words organo-tin compounds, stannanes, insertion reactions, addition reactions, configuration / stannylene