

文章编号: 1003-7837(2003)01-0027-07

稀散元素碲配合物的研究进展

黄巍, 刘兴芝, 柏丽丽, 宋玉林

(辽宁大学化学科学与工程学院稀散元素化学研究所, 辽宁 沈阳 110036)

摘要: 多碲配合物以及碲的有机配合物具有独特的结构, 用途广泛. 近十几年来, 碲配合物的发展迅速, 是稀散元素研究领域的一发展方向.

关键词: 碲化合物; 有机碲配合物; 进展

中图分类号: O613.53 **文献标识码:** A

碲是稀散元素(Ga, In, Tl, Ge, Se, Te, Re)之一, 并且是仅有的高电负性元素和硬电子给予体. 它的物理和化学性质与S, Se相似, 但与S, Se相比, 已具有了明显的金属性质. 我们所熟知的碲的氧化态有-2, +2, +4, +6, 配位数从2到8. 它的许多配合物在成分和结构上都比较新颖独特. 随着简单、有效的合成方法以及合适前体物的出现, 已有许多配合物被制备出来, 并且在冶金、仪表、化工、电子电气、医药等方面得到广泛应用. 纵观近十年国内外的大量相关文献, 有关多碲配合物和有机碲配合物的合成及表征, 占有相当大比例. 本文主要针对这两种配合物近年来的研究进展作一概述.

1 多碲配合物

碲与硫、硒一样具有多聚性, 可以以环或链的形式存在, 也可以形成多碲阴离子. 与多硫和多硒离子比较, 多碲离子不再局限于 E_n^{2-} ($E=S, Se, n=2\sim6$)这个模式, 如最近的含过渡金属的阴离子 $[M(Te_4)_2]^{2-}$ ($M=Pd, Cd, Hg$), $[NiTe_{20}]^{2-}$, $[Pt_4Te_{22}]^{4-}$, $[MTe_7]^{2-}$ ($M=Zn, Hg$)^[1], 试验证明, 这些多碲阴离子比多硒和多硫离子具有更强且多样的螯合能力. 这些具有独特的外部特征和新颖结构的物质, 普遍是采用碲的碱金属化合物与含卤素金属化合物反应来制备的, 而与碲近似的硫和硒的这类配合物并不存在. 另外, 还有一些多碲配合物, 如含重 Te_3^{3+} 的 $Te_3[ReCl_6]^{2-}$ ^[2], $[(CH_3)_2(NH_2)(OH)](Te_3Cl_{10})$, 灵敏性高的 $(Ph_4P)_2\{[W(CO)_3]_6(Te_2)_4\}^{3-}$, 黑色带紫色光泽的 $Te_4[Bi_6Cl_{20}]^{2-}$ ^[4], 黑色针状的弱半导体 $[Te_{15}X_4]_n[MOX_4]_{2n}$ ^[5], 离子型的Te的Cl, N化合物 $[Te_3NCl_5(SbCl_5)]^+[SbCl_6]^{-}$ ^[6]等, 这些都是多碲配合物. 由过渡金属含C配合物的热解去C, 伴随凝聚和转换, 产生意料不到的几何和空间簇合物, 如80℃易分解的 $[Cr(Cp)(CO)_3(TePh)]$ ($Cp = \eta^5-C_5H_5$)^[7], $[Cr_4(Cp)_4Te_7]$, $[Cr_4(Cp)_4Te_{30}]$, $[Cr_4(Cp)_4Te_2O_2]$, $[Cr_4(Cp)_4TeO_3]$. 这些具有多配位和供体能力的碲配体的出现, 促进了较小的配合物的设计和组

收稿日期: 2002-12-19

作者简介: 黄巍 (1977-), 女, 辽宁鞍山人, 硕士研究生.

装,并且得到了具有不同结构特征的较高原子簇合物。

1.1 过渡金属的多碲配合物

过渡金属多碲化物 $[\text{Hg}_4\text{Te}_{12}]^{4-}$ 和 $[\text{Hg}_2\text{Te}_5]^{2-}$,是由合金 $\text{K}_2\text{Hg}_2\text{Te}_3$ 的乙撑二胺提取物中解离出来的,并且用来作为 $n\text{-Bu}_4\text{N}^+$ 和 Ph_4P^+ 的盐,K,Hg和Te与2,2,2穴状配体的类似反应得到线形的 $[\text{Hg}_2\text{Te}_5]^{2-}$ 和 $[\text{M}_4\text{Te}_{12}]^{4-}$ ($\text{M}=\text{Cd},\text{Hg}$),后者可写成 $[\text{M}_4(\text{Te})_2(\text{Te}_2)_2(\text{Te}_3)_2]^{4-}$,它由2个 Te^{2-} ,2个 Te_2^{2-} 和2个 Te_3^{2-} ,连接4个金属 M^{2+} 中心,外型像一个大篮子。最近又有人利用一个半单元的 Na_2Te_3 与过量的 Fe_2^{2-} 和被Ga还原的 NbTe_2 合成了 Na_2Te_3 ^[6],这是一个二元的准一维的金属导电性的物质。稳定性好且有强抗磁性的 $\text{Re}_4(\mu\text{-Te})_4(\text{TeBr}_3)_4\text{Br}_3$ 也有发展前景。

对于完全由过渡金属组成的物质如: $\text{Mo}_6\text{M}_x\text{Te}_8$ ($\text{M}=\text{Ru},\text{Rh},x=0.5$)^[9],它们都是在1150~1200℃真空条件下,采用高温加热元素的混合物,1~4昼夜得到的纯净化合物,其组成在很大程度上临界于热处理条件,在 $\text{Mo}_6\text{M}_x\text{Te}_8$ ($\text{M}=\text{Ru},\text{Rh}$)中的 x 约为1.5,晶格参数随碲化物中钨含量的改变而改变。含有镧系元素的 $\text{Ln}_2\text{Te}_4\text{O}_{11}$ ($\text{Ln}=\text{La},\text{Nd},\text{Sm},\text{Er},\text{Gd},\text{Ho}$)^[10],以及一些简单的多碲化物 Ln_2Te_3 ,对于提高材料热电偶性能很有帮助。

第一个混合的主族和过渡元素羰基化合物是20世纪50年代由Hieer等人制备的,广泛用于制备含铁的羰基配合物 $[\text{HFe}(\text{CO})_4]^-$ 。铁-碲配合物最为有用的框架为 $\text{Fe}_2\text{Te}_2(\text{CO})_6$,以此为模型,在-78℃该配合物和 LiEt_3BH 反应,生成高硅酸脂性的双阴离子 $[\text{Fe}_2\text{Te}_2(\text{CO})_6]^{2-}$,这个双阴离子和 R_2MCl_2 ($\text{R}=\text{Me},\text{H-Bu},\text{M}=\text{Sn},\text{R}=\text{Cp},\text{M}=\text{Ti}$)或 $\text{M}_2(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ ($\text{M}=\text{Ni},\text{Pd},\text{Pt}$)反应,分别得到混合型配合物 $[(\text{CO})_6\text{Fe}_2\text{Te}_2\text{MR}_2]$ 和 $[(\text{CO})_6\text{Fe}_2\text{Te}_2\text{M}(\text{PPh}_3)_2]$ ^[11]。

大的过渡金属和混合主族金属簇合物的合成、结构、表征是活跃领域,为化学、物理和材料学所关注。25年来,金属-硫族化合物簇合物化学一直被金属-含硫配合物占据。近年来,合成技术已深入到重Se,Te,普遍采用硅基化主族试剂 $[\text{SeR}(\text{SiMe}_3)_2]$ 与各种过渡金属盐在(可溶)膦基配体(L)下反应,反应产物为 SiMe_3X ($\text{X}=\text{卤素},\text{氧}$)和由金属-非金属键构成的簇合物,把 SiMe_3X 除去之后,便得到了所需要的簇合物,此反应式为: $\text{E}(\text{SiMe}_3)_2+\text{MXnLm}\rightarrow\text{SiMe}_3\text{X}+\text{簇合物}(\text{E}=\text{Se},\text{Te})$ 。为了扩展这种合成路线的运用,人们现在把注意力转移到烷基-芳基-三甲基碲配体的使用。现在已合成出四种:① $[\text{Co}_6(\mu\text{-Te})_8(\text{PPh}_2\text{Pr}^n)_6]_2$,② $[\text{Cu}_{11}(\mu_3\text{-TeBu}^n)_2(\mu_2\text{-Te})(\text{PPh}_3)_5]_2$,③ $[\text{Cu}_{58}\text{Te}_{32}(\text{PPh}_3)_{10}]_2$,④ $[\text{Cu}_{23}\text{Te}_{13}(\text{PEt}_3)_{12}]_2$ ^[12],但配合物的结构在很大程度上依赖于辅助膦基配体的使用。簇合物①由带有覆盖在开放的 Co_6 表面的八个碲配体的非键合Co原子的八面体结构组成;②③具有含碲原子的层状结构,与Cu占据球面和内层位置;④中的碲位于一个二十面体体心,这是一个几乎全部接近球型的簇据架构型。

第一个端基含碲配体的过渡金属配合物 $[\text{W}(\text{PMe}_3)_4\text{Te}_2]$ 和 $[\text{ZrTe}(\text{TeSi}(\text{SiMe}_3)_3)_2(\text{dmpe})_2]$, $\text{dmpe}=\text{Me}_2\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{Me}_2\text{P}$ ^[13],其结构的特别之处在于碲在周期表中占据一个中间的位置,位于右上方的强电负性元素和过渡金属之间。另外,它是足够重的元素,使以配体为自旋轨道的偶合效应显著。上述两种化合物在薄膜半导体中具有潜在的作用,末端连接片段是单聚合前体中间产物。随着较重的主族元素与两个或多个金属中心成桥趋势越来越大,为末端片段是 $\text{M-E}(\text{M}=\text{Se},\text{Te})$ 型物质的合成提供了一个重大挑战。 $[\text{Co}_6(\mu_3\text{-Te})_8(\text{PEt}_3)_6][\text{PF}_6]_n$ 的单体和二析阴离子簇合物通过无电荷的 $[\text{Co}_6(\mu_3\text{-Te})_8(\text{PEt}_3)_6]$ 氧化而得,为八面体结构,但显著扭曲。

1.2 主族元素的多碲配合物

主族元素的多碲配合物,对于完全由主族元素组成的 MSiTe_3 ($M = \text{Al}, \text{Sc}$)^[14]来说,它们均为有六边形碲层的层状化合物,而金属原子和一对硅都分布在每一个其它层八面体中。 ScSiTe_3 基层组织体积符合 LnSiTe 基层组织体积,这是它们离子半径非常相近所造成的结果。而 $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ 则是一个在大的温度范围内具有高的热电偶效应和机械性能改善的材料。

碱金属多碲化物如: $\text{K}_4\text{Cu}_8\text{Te}_{11}$ 和 $\text{M}_3\text{Cu}_8\text{Te}_{10}$ ($M = \text{Rb}, \text{Cs}$)^[15], 这些固体化合物都是建立在被配位的十二面体骨架簇上的。斜方晶的 CsTh_2Te_6 ^[16] 也越来越受到人们的关注。另外,碱金属除了与过渡金属组成多碲化物,还可以与放射性元素 U 组成多碲化物: ① CsUTe_6 ^[17], ② CsTiUTe_5 , ③ $\text{Cs}_3\text{Hf}_5\text{UTe}_{30.6}$, 其中①②为半导体材料,①③为斜方晶,②为单晶。

还有一类杂环多碲化物 $[\text{TeNSTeNSN}]^{2+} [\text{AsF}_6]^{2-}$ ^[19], 是以 $\text{Cl}_2\text{TeNSNTe}$ 为原材料,用 Cl, Br 氧化 $\text{Cl}_2\text{TeNSNTe}$, 得到 $\text{Cl}_6\text{Te}_2\text{N}_2\text{S}$ 和 $\text{Cl}_2\text{Br}_4\text{Te}_2\text{N}_2\text{S}$, 再用 $\text{Cl}_2\text{Br}_4\text{Te}_2\text{N}_2\text{SPh}_3\text{Sb}$ 还原得到 $\text{Br}_2\text{TeNSNTe}$, 最后,在液体 SO_2 存在下 $\text{Br}_2\text{TeNSNTe}$ 与 AgAsF_6 反应形成 $[\text{BrTeNSNTe}]^+ [\text{AsF}_6]^-$, 照上述方法继而形成双阴离子 $[\text{TeNSNTeNSN}]^{2+} [\text{AsF}_6]^{2-}$ 。另一类与金属相连的 $\text{Bu}_2\text{Ge}(\text{Bu})_2\text{Ge}(\text{Bu})_2\text{Te}$ 也以自己特有的结构吸引了更多人的关注。

2 有机碲配合物

2.1 以亚氨基二(二烷基膦)硫族 $\text{R}_2\text{P}(\text{E})\text{NHP}(\text{E})\text{R}_2$ ($\text{E} = \text{O}, \text{S}, \text{Se}$) 为配体

该配体可看作乙酰丙酮 $[\text{MeC}(\text{O})\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Me}]$ 的非碳同系物, 它们有相同的 π 电子, 所形成的配合物以环状形式存在, 而且此配体比乙酰丙酮更易制备, 改变供体原子和 R 的机会更大, 其中 S 和 O 的配合物丰富。 $\text{NH}(\text{PPh}_2)_2$ 与 S 在甲苯中回流首先得到 $\text{NH}(\text{SPPH}_2)_2$, 去质子再与碲配合物得到以亚氨基二(二烷基膦)硫族为配体的新型碲络合物 $\{\text{Te}_2(\mu\text{-Cl})_2(\text{SPPH}_2)_2\text{N}\}_2$ ^[19]。

2.2 碲烷基化合物

R_3Te^+ ^[20] 是一个稳定的非经典鎢类, 先让 Ph_5TeCl 和 AgSO_3CF_3 反应, 然后加入 LiBAR_4 ($\text{Ar} = \text{C}_6\text{F}_5$), 在 CH_2Cl_2 中于 -78°C 合成 $(\text{Ph}_5\text{Te})(\text{BAR}_4)$, 在 150°C 它分解成 $(\text{Ph}_3\text{Te})(\text{BAR}_4)$ 和 Ph-Ph , $(\text{Ph}_3\text{Te})(\text{BAR}_4)$ 在 $\text{RLi}/\text{Et}_2\text{O}$ 存在的条件下生成 Ph_5TeR ($\text{R} = \text{Ph}, \text{Me}$)。而真空条件下得到碲的二异丙基卤化物 $(\text{Me}_2\text{CH})_2\text{TeI}$ ^[21], 其脱卤作用随卤素原子量的提高而加强。最近合成的不稳定 $[(\text{MeCp})_2\text{Ta}(\text{TeHCO})]^{[22]}$ 为我们研究碲化合物开拓了广阔思路。

2.3 以 Et_3NCS_2 为配体

TeRI_3 是由 $\text{TeR}_2[\text{R} = (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]$ ^[23] 配体与 TeI_4 配体交换反应合成, 也可以把 I_2 加入 TeR 中进行氧化制得。分子中 $\text{Te}(4+)$ 位于变形五角双锥中心, 每个离子中心都和末端 3 个 I^- 与 2 个被 R^- 配位的 S 相连。 $[\text{PhTe}(\text{Et}_3\text{NCS}_2)_2\text{I}]^{[24]}$ 是 $[\text{PhTe}(\text{Et}_3\text{NCS}_2)_3]$ 与 I_2 在 CH_2Cl_2 中反应得到, 它有 2 个相互独立的分子, 分子连成一对。相对于苯来说, Te 与 S 是处于反式位置, 这个分子结构符合带有苯族和位于轴向位置的 S 和配体 I 的分子特点。

2.4 以 BuN 为配体

碲的偶氮二聚物 $[\text{BuNTe}(\text{N-Bu})_2]$ 可作为螯合和成桥配位体^[25]。通过 TeCl_4 与 BuNHLi 反

应合成 $[\text{BuNH}(\text{BuN})_3\text{Te}_2]\text{Cl}$, 这样一个 $\text{Te}=\text{N}$ 双键络合物, 含有 $\text{BuN}=\text{Te}=\text{NBu}$ 的结构. 而对于 $\{\text{Te}_2(\text{NBu})_4[\text{LiTe}(\text{NBu})_2(\text{NHBu})]\text{LiCl}\}^{[26]}$ 这样一个二聚物, 二聚物中每一半是由碲的二亚胺二聚物组成, 通过 N 原子与 $\text{LiTe}(\text{NBu})_2(\text{NHBu})$ 相连. $[\text{Li}_2\text{Te}(\text{NBu})_3]_2$ 是一个扭曲的六角形络合物, 包括 2 个 $[\text{Te}(\text{NBu})_3]^{2-}$, 对于这样一个单晶, 它的分子为立体非刚性.

2.5 含 S 的配体

最近 10 年, 对于不同氧化态碲的 S 配体研究比较多^[27], 如变形八面体构型的 TeS_2X_3 , 是由碲的四卤化物与单齿配位体的四甲基硫脲结合而成, 两个 S 处于反式或顺式, $\text{Te}-\text{S}$ 键比预期的共价键长一些, 因此, 可能为三中心四电子型成键. 由于孤对电子的活泼性, 反位原子较双齿配位体配合物更接近于同线性, 张开的 $\text{S}-\text{Te}-\text{Cl}$ 成为八面体变形的主要原因. 平面正方形 TeS_4 除了来源于硫脲, 还有 TeS_3 二聚作用形成的化合物, S 可被两个平面正方形共享. 对于十二面体构型的 TeS_6 , 各个 S 则占据十二面体各个角. 而对 $(\text{Ph}_3\text{TeSCN})_4$ 和 $(\text{Ph}_3\text{TeSCN})_2$ 这 2 个有机碲化合物中 Te 和 S 的结合方式、二者空间位置研究之后, 人们对于有机物中不同氧化态碲的 S 配体的情况有了一些初步认识.

2.6 含碲的希夫碱

如图 1 所示, 含碲的希夫碱^[28]是由(2-甲酰苯基)碲化物 1 与 1,2-二氨基乙烷缩合(通过金

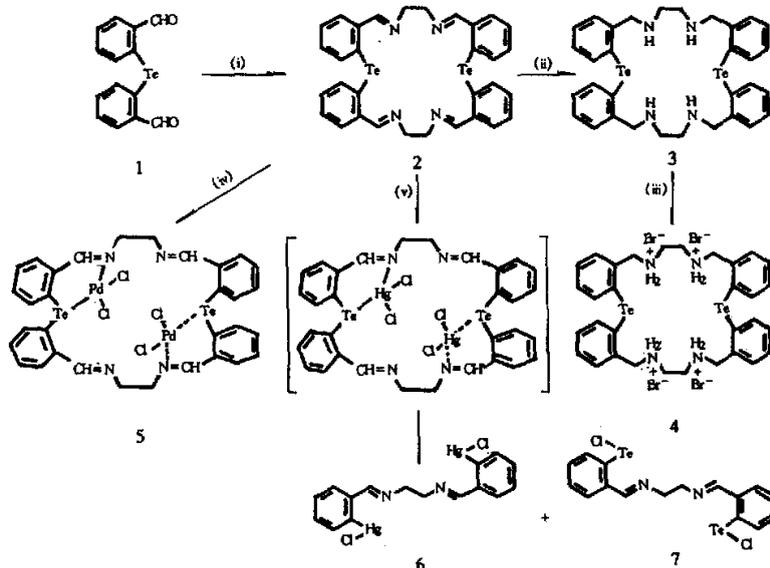


图 1 第一个含碲大环希夫碱的合成及它同金属离子 $\text{Pd}(2+)$, $\text{Hg}(2+)$ 作用形成的配合物

Fig. 1 Synthesis of first tellurium-containing macrocyclic schiff base and its complex produced by reaction with $\text{Pd}(\text{II})$ and $\text{Hg}(\text{II})$

属二聚作用)生成新型大环碲配体 2; 2 为三斜晶体, 大环 2 与 H 作用, 生成相应的饱和四氮杂环 3; 3 与 HBr 质子作用得到 4. 2 的配位化学作用, 可用“软”金属如 $\text{Pd}(2+)$, $\text{Hg}(2+)$ 研究, 对于超分子范围内物质的研究是当前最有希望的领域, 此方面工作中对“硬”金属离子有选择的受体进行合成和设计. 最近, 合成出对软硬金属离子都有选择的聚氮杂环受体. 可见, 这方面的研究是很有前景的.

2.7 杂环配体的有机碲化物

$(\text{N}_2\text{L}_4)[\text{TeCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)]^{[29]}$ 中 Te(IV) 周围的配位是由带有 Te 对面的两个 O 原子中的一个的这样扭曲的 ψ 八面体组成. 通过对称中心的两个相同阴离子来自于一个二聚体单元. 在氨基中二聚单元内的主要相互作用是从 O 原子的电子对到邻位阴离子 Te-Cl 之间的反键分子轨道引起的 Te 和 3 个 Cl 中的一个键合, 并且对聚合非常敏感.

2.8 含碲的大环化合物

过去 20 年来, 有机高价硫族化合物受到广泛关注, 由于与 S, Se 相比, Te 具有较低的电负性和较大的电子供电性, 故在大环排列中, 作为供体的碲可使配体具有高度的配位性. 高价碲化合物 1,1,5,5,9,9-六氯-1,5,9-三碲环十二烷 $[\text{Cl}_6(12)\text{Te}_3]^{[30]}$ 不仅本身具有极高的配位性, 而且它可以有效地解决高价硫、硒化合物由于缺少活性原子探测其在溶液中的结构和形状的不足. 1,1,5,5,9,9-六氯-1,5,9-三碲环十二烷 $[\text{Cl}_6(12)\text{Te}_3]$ 是二碲化合物在二甲基酰胺 160 °C 热碱性条件下得到的环扩张产物. 每个碲原子参与 4 个键合, 带孤对电子的中心原子表现出三角双四面体的结构, 电负性强的 Cl 原子位于直立位置, 一个孤对电子和 2 个烷基 C 在平面位置.

对于碲的化合物如红黑的 $(\text{PhCH}_2)_2\text{TeMn}(\text{CO})_3\text{L}_2$ ($\text{L} = \text{PEt}_3$)^[31], 一般用作导电材料的添加物. 还有第一次把 Kr-O 联系起来的 $\text{Kr}(\text{OTeF}_5)_2^{-[32]}$, $(\text{OTeF}_5)^-$, 作为一个高电负性大体积的氟化物, 通过它高氧化态过渡金属和主族元素复合物配体已很好建立起来, 特别是现在已建立起来的 $(\text{OTeF}_5)^-$ 碳化物, 烃基的磷配体与低价金属中心键合的兼容性, 从最初的 $[\text{Fe}(\text{Cp})(\text{CO})_2(\text{OTeF}_5)]$ 到今天的 $[\text{M}(\text{Cp})_2(\text{OTeF}_5)_2]$ ($\text{M} = \text{Ti}, \text{Zr}, \text{Hf}, \text{Mo}; \text{Cp} = \eta\text{-C}_5\text{H}_5$) 这个领域已有了很大发展. 五角双锥的 $\text{TeF}_7^{-[33]}$ 和 TeOF_6^- , 反方棱晶的 TeF_6^- 比歪曲的八面体构型的 BrF_6^- 和 IF_6^- , 有更大的研究发展空间. 对于超化合价的碲化合物 $\text{Te}(\text{C}_6\text{H}_4\text{-4-CF}_3)_6$ ^[34], 这种六价碲化物非常稳定, 区别于四价碲化物对外界的敏感, 对此, 我们可用 $\text{Te}(\text{CH}_3)_n$ ($n = 2, 4, 6$) 化合物的分解能来解释.

3 结 语

以碲为主体或配体的络合物, 已经用许多方法合成出来了, 并被广泛用于电子、冶金等领域. 大量新型碲配合物的出现, 标志着碲的配位化学是一个充满希望和活力的研究领域. 随着更多新试剂的问世, 合成方法和合成条件的改善与发展, 晶体结构及各种谱学研究方法的方便使用, 此领域的研究必将迅速发展, 多碲配合物势必成为稀散元素研究的一大趋势与方向.

参考文献:

- [1] Kang-woo Kim, Mercouri G Kanatzidis. Synthesis structure and properties of the polychalcogenides $[\text{M}_4\text{Te}_{12}]^{4-}$ ($\text{M} = \text{Cd}, \text{Hg}$) [J]. Inorg Chim, 1994, 224 (1-2): 163-169.
- [2] Beck J Muller-Buschbaum K. Synthesis and crystal structure of $\text{Te}_6[\text{ReCl}_6]$ containing the heavy homologue Te_6^{3+} of the chalcogen polycation S_6^{3+} and Se_6^{3+} [J]. Z Anorg AC, 1997, 623(3): 409-411.
- [3] Lisa C Roof, William T Pennington, Joseph W Kolis. Preparation and Structure of $[(\text{W}(\text{CO})_6)_6(\text{Te}_2)_4]^{2-}$: A 14-Membered cluster with a Novel shape [J]. J Am Chem S, 1990, 112(22): 8172-8174.
- [4] Phannes Beck, Martin Kasper, Alexander Stankowski. Tellurium Polycations Stabilized by Halogen Bismutates-Syntheses and Crystal Structures of $\text{Te}_4[\text{Bi}_2\text{Cl}_{20}]$ and $\text{Te}_4[\text{Bi}_2\text{Br}_8]$ [J]. Chem Ber, 1997, 130(7): 1189-1192.
- [5] Johannes Beck, Michael A Pell, Jurgen Richter, et al. Modified Tellurium Subhalides in the New Structure Type $[\text{Te}_5\text{X}_4][\text{MOX}_4]_n$ ($\text{M} = \text{Mo}, \text{W}; \text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) [J]. Z Anorg AC, 1996, 622: 473-478.
- [6] Carsten Lau, Harald Krautscheid, Bernhard Neumuller, et al. Synthese und Kristallstruktur des

- ionischen Tellurnitridchlorids $[\text{Te}_3\text{N}_2\text{Cl}_5(\text{SbCl}_2)] + \text{SbCl}^-$ [J]. *Z Anorg AC*, 1997, 623: 1375-1379.
- [7] Lai Yoong Goh, Wei Chen. Carbon-Tellurium Bond Cleavage in Telluroatochromium Complexes. Synthesis and Single-crystal Structures of $[\text{Cr}_4(\text{Cp})_4\text{Te}_n\text{O}_{4-n}]$ $[\text{Cp} = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta = 1-3]$ [J]. *J Chem S Da*, 1994, (18): 2697-2703.
- [8] Kleinke Holger, Tremel Wolfgang. Nb_2Te_3 , a niobium sesquitelluride. *Chem Commun*, 1999, (13): 1175-1176.
- [9] Berry Fran J, Gibbs christopher D. Synthesis of metal molybdenum tellurides of composition $\text{Mo}_{6-n}\text{M}_n\text{Te}_8$ ($\text{M} = \text{Ru}$ or Rh) [J]. *J Chem S Da*, 1991, (1): 57-59.
- [10] Lopez M L, Veiga M L, Ferrardez F. Synthesis, characterization and magnetic properties of $\text{Ln}_2\text{Te}_4\text{O}_{11}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}, \text{Gd}$ and Ho) [J]. *J Less C Met*, 1990, 166(2): 367-375.
- [11] Матур И, Чакрабартти Я, Мавункал И Я, *et al.* Роль теллура в химии кластеров [J]. *Металлоорганическая химия*, 1990, 3(4): 768-772.
- [12] John F Corrigan, Silke Balter, Dieter Fenske. Synthesis and structural characterization of new copper-tellurium clusters: $\text{TeBu}^n(\text{SiMe}_3)$ as a source of RTe^- and Te^{2-} ligands [J]. *J Chem S Da*, 1996, (5): 729-738.
- [13] Nikolas Kaltsoyannis. A Theoretical Investigation of the Bonding of Early Transition Metals to Tellurium [J]. *J Chem S Da*, 1994(9): 1391-1399.
- [14] sandre E, Carteaux U, Marie A, *et al.* Structural determination of a new lamellar tellurosilicate, AlSiTe_3 [J]. *J alloys and Compounds*, 1994, 203(1-2): 145-149.
- [15] Xiang Zhang, Younbong Park, Tim Hogan. Reactivity of Copper in Molten Polytelluride Salts $\text{K}_4\text{Cu}_8\text{Te}_{11}$, $\text{A}_3\text{Cu}_8\text{Te}_{10}$ ($\text{A} = \text{Rb}, \text{Cs}$), $\text{AA}'_2\text{Cu}_8\text{Te}_{10}$ ($\text{A}, \text{A}' = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$), and $\text{A}_2\text{BaCu}_8\text{Te}_{10}$ ($\text{A} = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$); Novel solids Based on Endohedrally Occupied $[\text{Cu}_8\text{Te}_{12}]$ Dodecahedral Caye Clusters [J]. *J Amer Chem Soc*, 1995, 117(41): 10300-10310.
- [16] Jason A Cody, James A Ibers. Synthesis and Structure of the Layered Thorium Telluride CsTh_2Te_4 [J]. *Inorg Chem*, 1996, 35(13): 3836-3838.
- [17] Jason A Cody, James A Ibers. Uranium Tellurides: New One- and Two -Dimensional Compound CsUTe_8 , CsTiOTe_5 , $\text{CsHf}_5\text{UTe}_{30.6}$ and CsCuUTe_3 [J]. *Inorg Chem*, 1995, 34(12): 3165-3172.
- [18] Hans Alois, Pryka Michael. Synthesis and characterization of tellurium-containing chalcogen-nitrogen heterocycles [J]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1994, (4): 391-392.
- [19] Novosad Josef, Tornroos Karl W, Necas Marek, *et al.* Reaction of large-bite ligands with various tellurium compounds, Synthesis and structural characterization of $[\text{Te}_2(\mu\text{-Cl}_2)\{(\text{SPPPh}_2)_2\text{N}\}_2]$, $[(4\text{-MeOC}_6\text{H}_4\text{TeCl}_3)_2(\mu\text{-Ph}_2\text{P}(\text{S})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{P}(\text{S})\text{Ph}_2)]$ and $[\text{Te}_2(\mu\text{-Ph}_2\text{PS}_2)_2]$ representing novel types of tellurium complexes [J]. *Polyhedron*, 1999, 18(22): 2861-2867.
- [20] Minoura Mao, Mukuda takahiro, sagami Takao. Synthesis and characterization of a hyper valent tellurium cation, Ph_5Te^+ : a stable nonclassical onium compound [J]. *J Amer Chem Soc*, 1999, 121(46): 10852-10853.
- [21] Tulokhonova I S, Voronkov M G. A new way to Si-Si, Ge-Ge bonds and diisopropylidihalotellurides [J]. *Inorg Chem Commun*, 1998, 1(10): 379-381.
- [22] Winkler Uwe, Knan Masood A, Nicholas Kenneth M. Atom addition and insertion reactions of $(\text{MeCp})_2\text{Ta}(\text{HCO})$ with sulfur, tellurium, carbonyl sulfide and carbon disulfide [J]. *Inorg Chem Commun*, 1998, 1(8): 317-319.
- [23] Kumar R Krishna, Aravamudan G, Udupa M R, *et al.* A novel mixed ligand Te(N) complex comprising three halides and a dithiocarbamate. Synthesis and crystal structure of triiododithyldithiocarbamatotellurium(N) $\text{Te}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_3$ [J]. *Polyhedron*, 1996, 15(9): 1453-1458.
- [24] Husebye Steinar, Maartmann-Moe Knut. Synthesis and crystal structure of bis (dithyldithiocarbamato)indopheyltellurium(N) $[\text{PhTe}(\text{Et}_2\text{NCS}_2)_2]_2$ [J]. *Acta Chem Scand*, 1995,

- 49(1):834-838.
- [25] Chivers Tristram, Masood Parvez, Gabriele schatte. Reactions of cis-[^tBuN(μ -N'^tBu)], with CF₃SO₃Me and M[O₂SCF₃][M=Ag,Cu]; chelation, Cis-trans Isomerization, and the spirocyclic Ligand [^tBuNTc(μ -N'^tBu)₂Tc(μ -O)]₂[J]. *Inorg Chem*, 1999,38(22): 5171-5177.
- [26] Chivers Tristram, Gao Xiaoliang, Parvez Masood. Investigations of the TeCl₄-^tBuNHLi reaction; synthesis, X-ray structures, and fluxional behavior of the tellurium-nitrogen compounds [Li₂Te(N'^tBu)₂]₂, {[LiTe(N'^tBu)₂(NH^tBu)]LiCl]₂[J]. *Inorg Chem*, 1996,35(15):4336-4341.
- [27] King R B, Newton M G. Stereochemical Aspects of Tellurium. Complexes with Sulfur Ligands; Molecular Compounds and Supramolecular Associations[J]. *Chem Rev*, 1994, 94(2): 301-326.
- [28] Saija C Menon, Harkesh B Singh, Rajan P Patel, *et al.* Synthesis, Structure and reactions of the first tellurium-containing macrocyclic Schiff base[J]. *J Chem S Da*, 1996,1203-1207.
- [29] Markku R Sundberg, Rolf Ugglä, Taria Laitalaicn, *et al.* Influence of Secondary Bonding on the Intradimer Distance of Trichloro(ethane-1,2-diolato-*o,o'*)tellurate(N)⁻[J]. *J Chem S Da*, 1994, (22): 3279-3283.
- [30] Yutaka Takaguchi, Ernst Horm, Naomichi Furukawa. Preparation and X-ray Structure Analysis of 1,1,5,5,9,9-Hexachloro-1,5,9-tritelluracyclododecane (Cl₁₈[12]aneTe₃) and Its Redox Behavior[J]. *Organometallics*, 1996,(15):5112-5115.
- [31] Katherine McGregor, Glen B Deacon, Ron S Dickson. Insertion of Tellurium into an alkylpentacarbonylmanganese complex and a convenient New Route to Manganese Telluride[J]. *J Chem S Da*, 1990, (19):1293-1295.
- [32] Jeremy C P Sanders, Gary J Schrobilgen. Krypton Bis[pentafluoro-oxotellurate(N)]Kr(OTeF₅)₂, the First Example of a Kr-O Bond[J]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1989,(20):1576-1578.
- [33] Seppie Konrad. High coordination among Se and Te fluorides Pap 7th Int Con fchem. Selenium and Tellurium Vaalsbroek Castle near Aachen, July 20-25,1997[J]. *Phosph, Sulfur and Silicon and Relat Elem*,1998,(136-138):107-112.
- [34] Akiba Kin-ya. New aspects of hypervalent tellurium compounds: Pap 7th Int Con fchem. Selenium and Tellurium Vaalsbroek Castle near Aachen, July 20-25,1997[J]. *Phosph, Sulfur and Silicon and Relat Elem*, 1998,(136):239-254.

Research progress on the complex of tellurium of scattered elements

HUANG Wei, LIU Xing-zhi, BAI Li-li, SONG Yu-lin

(The Rare and Scattering Elements Institute, the Chemical Science and Technology Institute of Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: The polytellurium and organotellurium complex are characterized by their unique structure and used widely. In recent decades the complex of tellurium, a trend in the field of scattered elements, has been developed rapidly.

Key words: tellurium compounds; organotellurium complex; advancement