

---

# 螯合纤维的发展及其前景概述

辽宁省纤维检验局

摘要：螯合纤维是继离子交换树脂、离子交换纤维发展起来的一种新型高性能吸附材料。由于其特殊的官能团结构，优越的物理、化学性能，其未来的发展前景极其可观。尤其是在吸附选择性方面，可研究的空间领域非常广大，具有可行性研究价值。众多学者对如何制备出优良性能的螯合纤维进行了大量的研究工作。本文综述了近年来螯合纤维的制备研究进展，性能和应用领域，国内外发展历程和现状，并展望了发展前景。

关键词：配合物；螯合物；螯合纤维

## 1 配合物与螯合物

配合化合物（简称配合物，即络合物）是由可以给出孤对电子或多个不定域电子的一定数目的离子或分子（称为配体）和具有接受孤对电子或多个不定域电子的空位的原子或离子（统称中心原子）按一定的组成和空间构型所形成的化合物。配体和金属离子间的配位键通常有两种类型：（1）配体上酸的基团离解去 $H^+$ ，然后与金属离子配位；（2）配体上含有孤电子对的中性基团与金属离子配位。

螯合物是配合物的一种，螯合物是（旧称内络盐）是由中心离子和多齿配体结合而成的具有环状结构的配合物，螯合物通常比一般配合物要稳定。在螯合物的结构中，一定有一个或多个多齿配体提供多对电子与中心体形成配位键。

“螯”指螃蟹的大钳，此名称比喻多齿配体像螃蟹一样用两只大钳紧紧夹住中心体[1]。

---

螯合物最显着的一种特性是其热力学稳定性和热稳定性. 螯合环的稳定性与芳香环相似。螯合物可为不带电荷的中性分子, 也可为带电的络离子, 前者易溶于有机溶液中, 后者可溶于水中, 此性质可用于分离和分析金属离子。金属离子与配体形成螯合物的一般原则是软硬酸碱理论, 就是: 硬亲硬, 软亲软。

金属离子与多齿配体生成的螯合物, 比它与单齿配体生成的类似配合物有较高的稳定性。这是由于要同时断开螯合剂配位于金属上的两个键是困难的。由螯合作用得到的某些金属螯合剂用途很广, 例如 EDTA 为六齿螯合剂, 可用于水软化, 食物保存等方面; 环状配体冠醚类对碱金属和碱土金属的分离和分析特别适用。

## 2 螯合纤维

早在 20 世纪 80 年代初, 日本的加藤正作等人曾做过以市售的腈纶为基体制备含偕胺肟基的螯合纤维报道。1993 年中山大学的曾汉民等又报道了以水为溶剂用湿法进行腈纶的非均相偕胺肟化反应, 含偕胺肟基的螯合纤维对包括铀在内的一些放射性金属、贵金属离子有很好的吸附作用, 在海洋提铀、贵金属的提取与回收等方面将有广阔的应用前景[2]。还有些报道在将偕胺肟纤维用于过渡金属和稀土金属离子的吸附以及用于电镀废水的处理等方面做了研究。

螯合纤维是近年发展起来的一种新型的高技术纤维, 一般可分为胺肟型、含磷、含硫及胺基螯合纤维, 具有很强的选择吸附性能, 主要应用于工业废水的处理、金属离子的回收与分离、痕量元素的富集与分析等、贵金属及稀土金属的回收与富集, 从海水中提取 U 也是它的一个重要用途。尤其是它对一些金属离子的吸附选择性, 更是可以运用在金属离子的分离上。

按合成方法螯合纤维可以分为两大类: 一是将天然或者合成纤维通过接

---

枝、官能团的化学转变等方法进行改性得到螯合纤维。二是将具有螯合功能或是转化为螯合基团的单体或聚合物进行共聚或是共混，再通过纺丝而得到螯合纤维。按所含螯合基团的不同，螯合纤维可分为胺肟型螯合纤维、含 P、含 S 螯合纤维以及胺基螯合纤维等。

螯合纤维中含有的功能基因主要有 N、O、S 和 P 等原子，这些原子具有未成键孤电子，能以一对孤电子的形式与金属离子形成配位键。因此，螯合纤维与金属离子的结合力较离子纤维更强，其选择性更高。螯合纤维的主要特点有：比表面大，约为球形树脂的 100 倍，甚至比大孔树脂的比表面积还要大 5-6 倍。螯合纤维的直径比球形树脂平均直径要小 1-2 个数量级[3]。其特殊的物理形态使其与吸附质有较大的接触面积，对流体的阻力很小，扩散通道短，交换基团能充分反应。因此，螯合纤维具有优越的动力学吸附特性，吸附快、容量大，脱附容易，对于痕量金属离子的吸附非常有效。另外，螯合纤维具有一定的力学强度，还可耐酸碱、耐热、耐溶剂，且可以多种结构形式在不同的工艺中运用，如：吸附柱、无纺布、纸、束、毡等，满足各种工艺对强度、充填密度、形态尺寸的技术要求。同时，螯合纤维对贵金属、稀土、过渡金属离子及铀具有很强的选择性及吸附性能，可以较好地应用于性质相近元素间的分离与提纯[4]。

### 3 螯合纤维的研究进展

众多学者对如何制备出具有优良性能的螯合纤维进行了大量的研究工作。

#### 3.1 偕胺肟基 Cu(II)、Hg(II)配合物纤维的抗菌性能研究

各种抗菌纤维在人们生活中得到广泛的应用。但由于载体材料本身的特点，使得应用受到了限制，且以金属作载体的抗菌纤维种类还比较少。开发以金属为载体、抗菌时间持久、能够大规模生产的抗菌纤维，一定会有巨大的经济效益。

---

偕胺肟基聚丙烯腈纤维 (AOCF) 分别与 Cu(II) 和 Hg(II) 通过配位反应, 得到 AOCF—Cu ( II )、Aocv~Hg ( II ) 配合物纤维, 研究完了这两种纤维对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和白色念珠菌等 4 种微生物的抗菌性能。实验表明: 配合物纤维中金属离子含量越高, 作用时间越长, 灭苗效果越好: 金属配合物纤维对 4 种菌的杀灭有选择性; AOCF—Hg ( II ) 的抗菌能力强于 AOCF—Cu ( II ) [5]。这种直接把含有抗菌活性的金属离子配位到纤维表面形成抗菌纤维的方法, 简捷、有效、且抗菌效果持久, 可用于日常生活、医疗卫生等各个方面, 是一种较为理想的抗菌纤维新形式。

3.2 用偕胺肟螯合纤维 (AOCF) 作吸附材料, 对镀镍废液中的 Ni (II) 离子进行吸附去除

研究静态下吸附条件参数: pH、时间、再生条件等, 确定单位质量 AOCF 对废液的一次处理量和总处理量。并用 AOCF 对 Ni (II) 离子进行动态吸附, 研究废液的体积流量与 Ni (II) 离子去除效果的关系, 并进行多次循环吸附实验, 吸附处理后的溶液镍总量低于国家排放标准。实验结果还表明, 在废液的浓度范围内, AOCF 对 Ni (II) 离子的吸附满足弗罗因德利希的等温吸附经验式。

### 3.3 以纤维为载体的金属 Pt 配合物的制备

金属 Pt 具有很高的催化活性, 在催化工业上有着广泛的用途, 尤其在石油化工方面是一种重要的催化剂。传统的 Pt 催化剂基本都是以炭、空心 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等粉体颗粒或固体物质为载体, 通过模板法、液相合成法、电化学法、辐射法、溶胶-凝胶法以及溅射法等将金属 Pt 负载上去。以纤维为载体的金属 Pt 配合物的制备则是一个崭新的想法。

---

#### 4 结束语

螯合纤维最重要的应用是在含重金属离子的工业废水的处理方面。螯合纤维对  $\text{Au}^{3+}$ 、 $\text{Ag}^{+}$ 、 $\text{Pd}^{2+}$  等贵金属离子具有良好的吸附性, 对  $\text{Ag}^{+}$  的吸附容量可达  $1510\text{mg/g}$ (干纤维), 对  $\text{Au}^{3+}$ 、 $\text{Pd}^{2+}$  的吸附容量分别为  $800\text{mg/g}$ (干纤维) 和  $21.2\text{mg/g}$ (干纤维)[6]。螯合纤维被公认为是从海水中提取 U 的理想材料, 而其中以胺脒螯合纤维的效果为最佳。日本海洋涡流处 U 含量大、浓度相对高, 日本已将胺脒螯合纤维成功应用于海水中提取 U, 并取得了理想的效果。我国海洋面积广阔, 从海水中提取 U 市场前景十分可观, 成功地从海水中提取 U 对我国的军事工业、电力工业将会产生积极的推进作用, 其贡献将十分巨大。其次, 螯合纤维对稀土元素也具有吸附能力, 用盐酸羟胺溶液改性的聚丙烯腈, 对稀土元素  $\text{Sm}^{3+}$ 、 $\text{Nd}^{3+}$ 、 $\text{Pr}^{3+}$  有较强的螯合能力, 其吸附量最大分别为  $2.99$ 、 $2.86$ 、 $4.11\text{mg/g}$ , 这是以用于对稀土元素的富集和分离[7]。8-羟基喹啉-5-磺酸螯合元素纤维, 可用于痕量元素的分离富集。该纤维吸附速率快、易洗脱, 与原子吸收光谱联用可测定分析天然水中痕量的 Cu、Pb、Ni、Cd、Mn 等元素。聚丙烯胺基硫脲螯合纤维对  $\text{Au}^{3+}$ 、 $\text{Pt}^{4+}$ 、 $\text{Pd}^{4+}$  及  $\text{Ir}^{4+}$  具有良好的吸附性, 其吸附容量高、吸附速率快, 也可应用于痕量元素的分析。

随着我国经济的迅速发展, 环境及可再生循环利用问题越来越受到全社会的关注, 螯合纤维在这方面的应用十分重要, 其市场发展前景将十分广阔, 经济效益和社会效益将十分可观。