

矿石ICP、XPS、SEM/EDS结果

ICP

测试数据

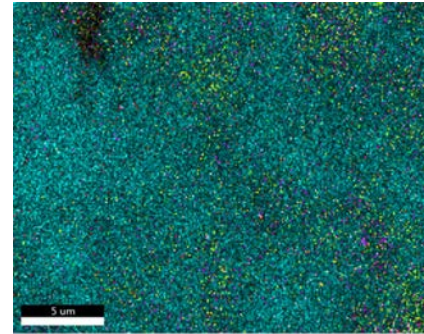
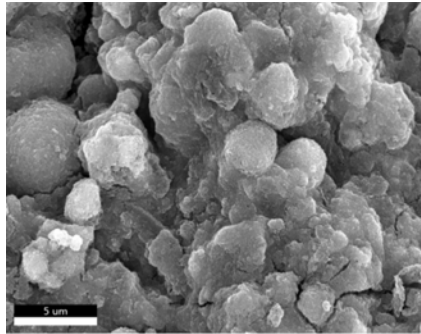
测试元素	样品元素含量Cx (mg/kg)	样品元素含量W
Mn	144228.42	14.4228%
Ni	23868.35	2.3868%
Cu	13707.59	1.3708%
Al	6339.59	0.6340%
Fe	3910.31	0.3910%
Co	4314.69	0.4315%
Sc	2372.57	0.2373%
Zn	1108.36	0.1108%
Pb	9.32	0.0009%
Na	65.57	0.0066%
Mg	147.78	0.0148%
Cr	179.50	0.0179%
Ca	37.95	0.0038%
Cd	3.14	0.0003%

每5 g矿石中Sc含量为11.862 mg。

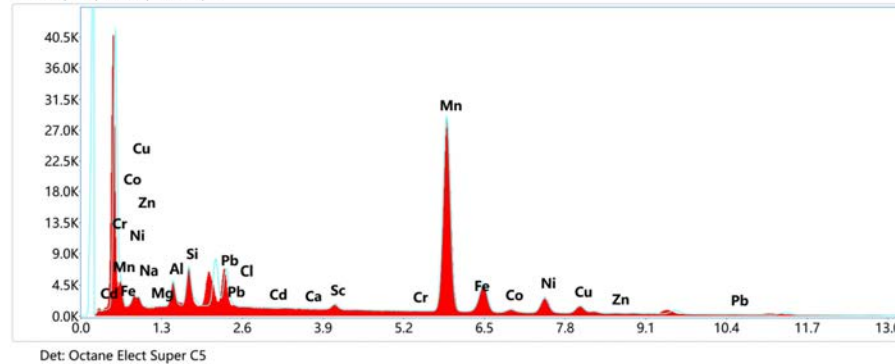
XPS

Peak Table :		
	Name	Atomic %
	Al2p	23.34
	C1s	39.14
	Cu2p	3.88
	Mn2p	23.04
	Ni2p	8.83
	Sc2p	1.76

SEM/EDS



260115 | XL | Area 1 | Live Map 1



Element ^{e-}	Weight % ^{e-}	MDL ^{e-}	Atomic % ^{e-}
Na K ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}
Mg K ^{e-}	0.01 ^{e-}	0.16 ^{e-}	0.03 ^{e-}
Al K ^{e-}	4.33 ^{e-}	0.13 ^{e-}	8.23 ^{e-}
Si K ^{e-}	5.13 ^{e-}	0.10 ^{e-}	9.37 ^{e-}
Cl K ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}
Ca K ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}
Sc K ^{e-}	0.80 ^{e-}	0.11 ^{e-}	0.91 ^{e-}
Cr K ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}
Mn K ^{e-}	69.78 ^{e-}	0.19 ^{e-}	65.17 ^{e-}
Fe K ^{e-}	1.46 ^{e-}	0.33 ^{e-}	1.35 ^{e-}
Co K ^{e-}	1.63 ^{e-}	0.27 ^{e-}	1.42 ^{e-}
Ni K ^{e-}	9.41 ^{e-}	0.32 ^{e-}	8.23 ^{e-}
Cu K ^{e-}	5.77 ^{e-}	0.34 ^{e-}	4.66 ^{e-}
Zn K ^{e-}	0.41 ^{e-}	0.39 ^{e-}	0.32 ^{e-}
Cd L ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}	0.00 ^{e-}
Pb L ^{e-}	1.26 ^{e-}	1.87 ^{e-}	0.31 ^{e-}

20260318收炼矿废液ICP-MS结果

No	Date / Time	S	Labe	Al 167.079 (Aq)	Zn 213.856 (Aq)	Co 238.892 (Aq)	Pb 220.353 (Aq)	Fe 259.940 (Aq)	Cd 228.802 (Aq)	Mg 279.553 (Aq)	Ni 231.604 (Aq)	Mn 257.610 (Aq)	Cr 283.563 (Aq)	Cu 324.754 (Aq)	Sc 361.384 (Aq)	Ca 393.366 (Aq)	
1	4/2/2026	2	BLK	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	4/2/2026	2	STD														
2	4/2/2026	2	STD	±1	-0.343 (5.000)	2.221 (5.000)	5.124 (5.000)	4.096 (5.000)	0.722 (5.000)	4.979 (5.000)	1.507 (5.000)	4.364 (5.000)	1.385 (5.000)	5.489 (5.000)	4.398 (5.000)	3.798 (5.000)	-28.931 (5.000)
3	4/2/2026	2	STD	±2	9.871 (10.000)	17.987 (10.000)	10.383 (10.000)	9.153 (10.000)	4.956 (10.000)	10.106 (10.000)	8.019 (10.000)	9.795 (10.000)	7.188 (10.000)	10.966 (10.000)	10.382 (10.000)	6.352 (10.000)	5.238 (10.000)
4	4/2/2026	2	STD	±3	19.703 (20.000)	192.017 (20.000)	20.800 (20.000)	20.433 (20.000)	29.338 (20.000)	20.338 (20.000)	33.449 (20.000)	20.153 (20.000)	17.708 (20.000)	22.120 (20.000)	21.516 (20.000)	18.179 (20.000)	334.883 (20.000)
5	4/2/2026	2	STD	±4	46.803 (50.000)	35.279 (50.000)	50.488 (50.000)	50.170 (50.000)	50.891 (50.000)	50.473 (50.000)	47.088 (50.000)	49.960 (50.000)	48.497 (50.000)	53.825 (50.000)	52.224 (50.000)	49.407 (50.000)	10.641 (50.000)
6	4/2/2026	2	STD	±5	101.938 (100.000)	72.297 (100.000)	99.552 (100.000)	99.958 (100.000)	98.405 (100.000)	99.686 (100.000)	99.139 (100.000)	100.042 (100.000)	101.672 (100.000)	97.543 (100.000)	98.577 (100.000)	101.085 (100.000)	68.776 (100.000)

No	Date / Time	S	Labe	Sc 361.384 (Aq)	Ca 393.366 (Aq)	Na 588.995 (Aq)
7	4/2/2026	2	UNKN 1	1,156.629	37.546	-110.931
8	4/2/2026	2	UNKN 2	135.915	29.743	-38.825

元素	稀释 1000 倍 /ppb	稀释 10000 倍/ppb	原液浓度 1/ppm	原液浓度 2/ppm	原液浓度 /ppm
Al	1156.6	135.9	1156.6	1359	1257.8
Zn	37.5	29.7	37.5	297	167.25
Co	-110.9	-38.8	-110.9	-388	-249.45
Pb	0.4	0.0	0.4	0	0.2
Fe	16483.8	1819.8	16483.8	18198	17340.9
Cd	-0.1	-0.0	-0.1	0	-0.05
Mg	1495.5	166.5	1495.5	1665	1580.25
Ni	8.3	1.2	8.3	12	10.15
Mn	2096.7	228.3	2096.7	2283	2189.85
Cr	49.8	5.3	49.8	53	51.4
Cu	1.3	0.8	1.3	8	4.65
Sc	16.2	1.7	16.2	17	16.6
Ca	19.1	60.1	19.1	601	310.05
Na	1210.8	81.1	1210.8	811	1010.9

注：黄色为较为可信的数据，灰色为测试不准确的数据，删除线为溶液中不含有该元素

原液浓度1为稀释1000倍浓度*1000

原液浓度2为稀释10000倍浓度*10000

原液浓度为（原液浓度1+原液浓度2）/2，取整数。

一般情况下，认为一次ICP-MS的误差范围为±10%以内。溶液中含有Zn, Cu, Ca, Na但测不准。

浓度为负数或接近0表示溶液中不含有该元素。故溶液中不含有Co, Pb, Cd。

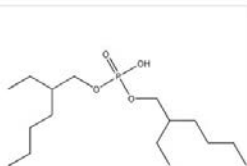
磷酸类（最常用）常用萃取剂-1

p204

化学成分

又名D2EHPA, HDEHP, HDEHPA

p204, 中文名称: 二(2-乙基己基)磷酸酯, 双(2-乙基己基)磷酸酯, 磷酸二异辛酯, 磷酸二辛酯, 国家CAS登录号: 298-07-7, 是一种无色透明较黏稠的液体。凝固点-60°C, 相对密度0.973 (25/25°C), 折光率1.4420 (25°C), 沸点209°C(1.33kPa)。[1] 产品应用: 用作有机溶剂, 是一种酸性萃取剂, 有机合成中间体。在煤油中以氢键二聚体结构以掩盖其极性磷酸基团存在, 与金属离子络合时通常也以二聚形式参与反应。



p204的概述图 (1张)

其他信息

1972年, 徐光宪接受了一项军工任务——分离稀土元素镨钕, 这两种元素比孪生兄弟还像, 分离难度极大。他发现了稀土溶剂萃取体系具有“恒定混合萃取比”基本规律, 建立了普遍性的自主创新的串级萃取理论, 推导出100多个公式, 并成功设计出了整套工艺流程, 实现了稀土的回流串级萃取, 使镨钕分离系数打破当时的世界纪录, 达到了相当高的4。工业上已用HDEHP成功地分离出La、Ce、Pr、Nd、Sm、Gd等钷组元素。HDEHP属于磷酸类萃取剂, 国内代号为P204。

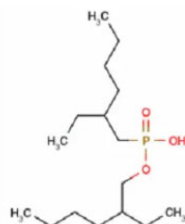
相关星图

P507

P-507, 化学名2-乙基己基磷酸单2-乙基己基酯, 英文名2-Ethylhexylphosphoric acid mono-2-ethylhexyl ester, 分子式(C₈H₁₇)₂PO₃H, 分子量306.4, CAS登录号14802-03-0。该物质为无色或微黄色透明油状液体, 密度0.930-0.960g/mL (20°C), 闪点工业品150°C、优级品170°C, 酸值175±5mgKOH/g, 折光率1.4480-1.4520。

作为酸性磷系萃取剂, P-507主要用于稀土元素(钕、钐等)及有色金属的萃取分离, 在冶金领域应用时溶于煤油、正庚烷等溶剂[1-2]。工业品纯度≥93.0%, 优级品≥95.0%, 相分速度≤150秒, 二元酸含量≤2.0%, 采用塑桶包装规格为195kg或200kg。存储需置于阴凉通风仓库, 运输过程需防火防雨。

中文名	2-乙基己基磷酸单2-乙基己基酯	闪点	195°C (克利夫兰开口)
EINECS登录号	238-865-3	应用	冶金
沸点	390.6°C (760mmHg)	危险性描述	本品可燃, 低毒, 有刺激性
水溶性	不溶于水, 易溶于乙醇、丙酮、煤油等有机溶剂	粘度	35 (25°C) /mPa.s
密度	0.930-0.960g/cm ³ (20°C)	自燃温度	312°C
外观	无色或淡黄色透明油状液体	酸度	175±3 (mgKOH/g)
		UN No.	3625



p-507的概述图 (25张)

词条统计

浏览次数: 64274次

P350

甲基磷酸二甲庚酯

有机化合物

甲基磷酸二甲庚酯, 是一种有机化合物, 化学式为C₁₇H₃₇O₃P。

中性

中文名	甲基磷酸二甲庚酯	分子量	320.25
外文名	di(1-methylheptyl) methyl phosphonate	外观	淡黄色油状液体
别名	P350萃取剂	特点	具有强萃取能力、高选择性和负载能力, 并具有良好的化学稳定性和辐射性能
化学式	C ₁₇ H ₃₇ O ₃ P		

用途

- 1、广泛应用于稀土金属镨、钕、钐、钆、铈、镱、铽、铈等金属的萃取分离和回收。
- 2、对塑料萃取槽无溶胀现象, 能从Th中分离U以及分离纯化高品位La、Pr、Nd。
- 3、在硝酸中对铀、钍、镭有很好的萃取分离能力

词条图册

更多图册>



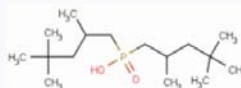
Cyanex272

双(2,4,4-三甲基戊基)磷酸 (disooctylphosphinic acid), CAS号: 83411-71-6, EINECS号: 280-445-7, 商品名为Cyanex272, 是一种酸性次磷酸类萃取剂, 原为镭、钍分离而研制, 但由于具有优良的萃取性能, 其应用范围不断扩大, 用于其金属体系的分。[1]

中文名	双(2,4,4-三甲基戊基)磷酸	别名	Cyanex272(商品名)
外文名	disooctylphosphinic acid	CAS登录号	83411-71-6
		EINECS登录号	280-445-7

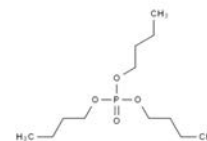
目录

- 1 信息简介
- 2 性质参数



双(2,4,4-三甲基戊基)磷酸的概述图 (1张)

TBP 中性

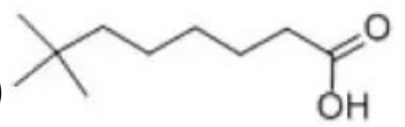


磷酸三丁酯是一种有机化合物, 化学式为C₁₂H₂₇O₄P或(C₄H₉)₃PO₄, 是一种无色、几乎是无臭的液体。主要用作溶剂, 还常作为硝基纤维素、醋酸纤维素、氯化橡胶和聚氯乙稀的增塑剂, 稀有金属的萃取剂等, 热交换介质。由于其低的表面张力, 微溶于水的物性, 可作为工业用消泡剂, 有效的使已形成的泡沫的膜处于不稳定的状态而迅速消泡。不能用于食品/化妆品。[1][3]

常用萃取剂-2

羧酸类

Versatic acid 10 (新癸酸)

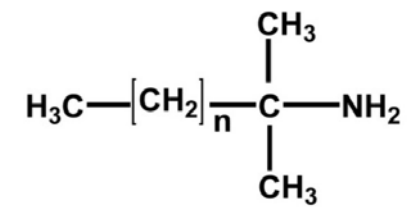


新癸酸是一类在α碳原子上具有支链结构的羧酸同分异构体，化学式为C₁₀H₂₀O₂，分子量172.26，CAS编号26896-20-8，常温下为无色液体，密度0.911-0.913g/cm³，沸点262.1°C (760mmHg)，闪点118.6°C，蒸汽压0.00329mmHg (25°C)。其具有高度支链化的叔碳烷烃基团，表现为优异的水解稳定性、热稳定性和化学试剂稳定性。^[2-3] ^[5]该物质主要用于子午线轮胎橡胶与镀锌铜、镀锌钢丝等金属材料的粘合增进剂，亦可用作金属萃取剂、润滑油添加剂及化妆品原料。其衍生物包括酯类、氯化物及钴、锌、铋等金属盐，广泛应用于橡胶硫化剂、PVC稳定剂、油漆催干剂、木材防腐剂及聚氨酯催化剂。需储存于阴凉干燥环境，危险品运输编号为3265，安全标识包含S26和S36/S37/S39。^[3-6]

上海有机所CA-12, CA-100文献无权限

伯胺类

Primene JMT



N1923 (仲碳伯胺)

该物质在硫酸体系中通过形成阳离子表面活性剂结构实现金属萃取^[2]，对铈(IV)、铈(II)等离子具有选择性萃取能力，其中铈萃取后剩余浓度可降至0.01g/L^[6]。萃淋树脂应用时通过优化吸附动力学及柱操作条件提升金属吸附性能^[4]。研究表明其在盐酸溶液中吸附行为符合三电层理论模型^[5]。该萃取剂需避免高温环境及直接接触，储存时应远离氧化剂^[3]。

中性磷萃取剂

Cextrant 230 (2-乙基己基) 胺基甲基磷酸二 (2-乙基己基) 酯

长春应化所自主研发的Cextrant230萃取剂实现规模化生产

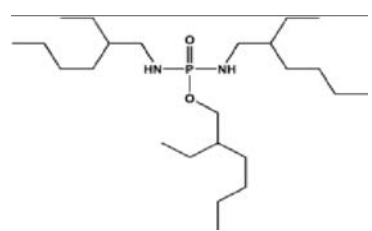
时间: 2019-01-02

近日，长春应化所廖伍平团队自主研发的Cextrant230萃取剂成功实现了4立方米反应釜规模的生产。在国家973项目、中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金等项目支持下，廖伍平团队历时八年时间成功研发出以Cextrant230为代表的系列萃取剂，并将其应用于高丰度稀土元素铈和镧土伴生放射性元素钍以及过渡金属铜、钴、镍等的提取与分离，相关技术与工艺已获发明专利授权8项、美国和澳大利亚专利授权各1项，并入选“2015年中国稀土十大科技新闻”。

铈是稀土资源中的高丰度元素，特别是在我国北方稀土资源中，其含量达到稀土总量一半。此外，我国包头稀土矿和四川稀土矿中还伴生有大量放射性元素钍。因而，实现高丰度铈和放射性钍的优先分离是实现稀土资源绿色冶炼的重要措施与方案。但一直以来，受萃取剂能与价格的制约，这一思路没有得以践行。Cextrant230正是为满足这一需要而研发出来的廉价高效萃取剂，具有优先萃取分离四价铈、铈氟络离子和钍的优良性能，是自1993年以来唯一具有工业化应用前景的国产稀土萃取剂。2015年，廖伍平团队在四川江油稀土有限公司完成了基于该萃取剂的氟碳铈矿清洁分离工艺扩大试验，并于2015年6月18日在西昌通过了由稀土行业协会王晓铁副秘书长任组长的专家验收会，专家一致认为该工艺达到国际先进水平。该工艺的产业化将率先在四川江油稀土有限公司进行。

Cextrant230萃取剂的规模化生产为基于该萃取剂的稀土分离新工艺的产业化提供了萃取剂保障，将极大地推动新工艺在我国北方稀土资源包括包头稀土矿和四川稀土矿中的应用，助力我国保持在稀土冶炼工艺方面的领先地位。同时，该萃取剂的规模化生产也将极大地推动其在其它金属矿产分离及工业废弃物回收方面的应用。

(稀土资源利用国家重点实验室、稀土及钍清洁分离工程技术中心)



三烷基氧化膦

冶金工业中的有机磷萃取剂

TRPO, Cyanex923

三烷基氧化膦是由不同烷基取代基构成的有机磷化合物，主要作为湿法冶金萃取剂用于稀土金属分离领域。该物质常温下呈无色至琥珀色粘稠液体，具有低水溶性和高萃取效率的特点。在冶金工艺流程中，其通过与稀土元素形成络合物实现金属离子的选择性分离，但存在试剂成本高、有机相残留等技术局限^[2] ^[4]。除冶金领域外，该化合物还被应用于中药有效成分提取等化学工程领域^[1]。

Selective extraction and recovery of scandium from sulfate medium by Cextrant 230 - ScienceDirect

萃取机制

有关萃取剂的综述文献中，比较新且全面的是 2025 年的文献 *Towards sustainable scandium production: Advances in extraction and solvent extraction technologies*¹，其中第 4 节中，关于磷酸萃取剂中最常用的 P204 的萃取机制介绍如下：P2O4 (HA) 通常形成二聚体 (H₂A₂) 加入非极性稀释剂（如煤油）后。该二聚化分子的阴离子是一个双代晶配体，促进内络物的形成，并构成铈萃取中的初级载荷有机相。因此，P2O4 对 Sc 的提

取表示为： $Sc_{(aq)}^{3+} + 3H_2A_{2(org)} = Sc(HA_2)_{3(org)} + 3H_{(aq)}^+$ 。对于酸性磷萃取

剂，一般基于阳离子交换机制（尽管低酸度时机制可能不同，但浸出条件一般为高酸度，故多考虑阳离子交换机制）。对于中性磷萃取剂的机制解释为：中性磷萃取剂的活性氧基团与金属阳离子直接作用，或通过氢键、金属键和中性配合物的形成间接相互作用，常用溶剂为 TBP。羧酸类萃取剂的萃取与磷酸类萃取剂相同，也是基于阳离子交换。胺类萃取剂，又称碱性萃取剂，萃取机制则为阴离子交换机制。近年来螯合萃取剂、协同萃取也有一些研究。螯合萃取剂的官能团包括：-COOH、-SO₃H、=POOH、=NOH、OH、-SH 等，都具有游离的氢原子以通过阳离子交换机制实现萃取。↵

在文献 *A critical review on separation and extraction of scandium from industrial wastes: Methods, difficulties, and mechanism*² 中，解释了为什么 TBP 作为中性磷萃取剂具有优异的萃取效果：**The function group P = O connected to three alkyl which serving as electron donor groups, resulted in a high density of electron cloud on P = O and strong coordination with Sc³⁺.** ↵

Sc³⁺离子的大小与水合↵

文献 *The scandium aqua ion revisited*⁶ 比较了固态的 Sc³⁺不同水合数的模型，并得出结论：证据平衡支持钪离子为七配位 [Sc(H₂O)₇]³⁺，对应的，[Sc(H₂O)₇]Cl₃ 的 Sc-O(H₂O) 键长为 2.159 Å。即整个 Sc³⁺水合离子的大小约为 4.3~4.4 Å 左右。在文献 *Structure and size of complete hydration shells of metal ions and inorganic anions in aqueous solution*⁷ 中可以得到 Mn²⁺与 Ni²⁺的水合离子半径分别为 2.174 Å 与 2.057 Å。因此，Sc³⁺与 Mn²⁺、Ni²⁺的水合离子半径较为相似，难以通过尺寸分离。↵

与金-硫的软酸软碱配对不同，Sc³⁺是非常硬的酸，因此需要非常硬的碱来配对，最强的配位即为 O，其次是 F、N。而 P=O 中的氧是硬碱，且磷酸在 pH 较低时仍能保持 H⁺的解离度，因此是合适的 Sc 萃取剂。此外，一些协同萃取的案例，比如 *Recovery of scandium from spent sulfuric acid solution in titanium dioxide production using synergistic solvent extraction with D2EHPA and primary amine N1923*³ 通过磷酸萃取剂与胺萃取剂协同以增强萃取效果，其机制解释为：N-H...O=P 氢键的形成使得 P2O4 的质子 H 更容易解离，有利于阳离子交换机制主导的萃取。↵

因此，考虑利用协同或者多官能团螯合萃取 Sc。依据徐老师的建议，考虑磷腈聚合物并查找文献。2023 年的文献 *羧基功能化共价磷腈聚合物用于酸性水体中钪的选择性分离*⁴，在共价磷腈聚合物的骨架上引入了 -COOH 官能团以增强基于阳离子交换的萃取效果，依据其报道，该聚合物 CPF-T-COOH 对 Sc 的吸附量可达 64.63 mg/g（*Selective scandium ion capture through coordination templating in a covalent organic framework*⁵ 中，最大吸附量为 52.7 mg/g）。考虑复现该文献，并在此基础上探索新结构。↵

主要参考文献

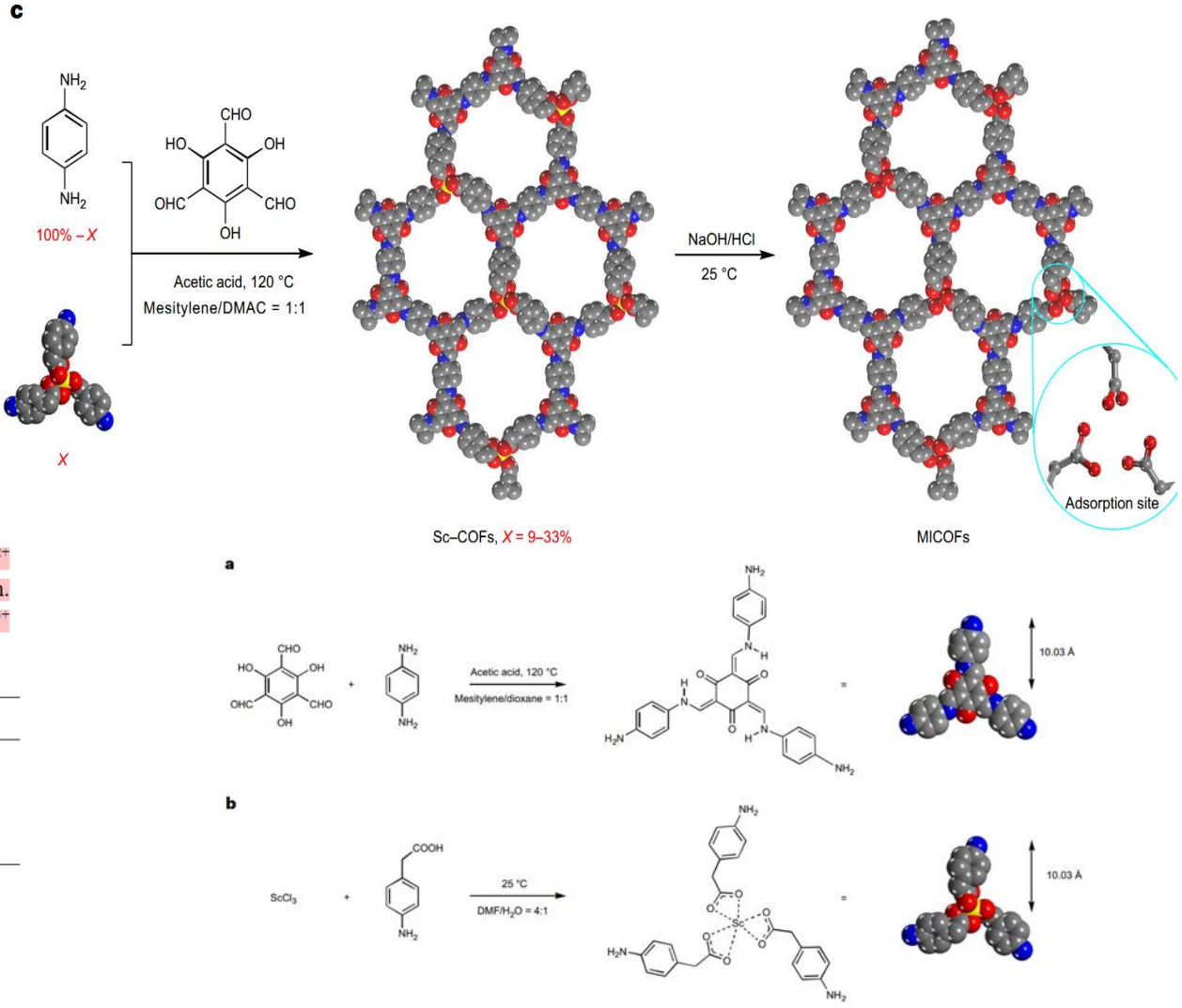
nature chemistry

Article <https://doi.org/10.1038/s41>

Selective scandium ion capture through coordination templating in a covalent organic framework

Supplementary Table 14. Uptake of Sc³⁺ and earth-abundant metal ions Ni²⁺, Mg²⁺, or Zn²⁺ (in mg/g) in MICOF-33 samples prepared starting from Ni²⁺, Mg²⁺, or Zn²⁺ as a template ion. Uptake values are reported after 180 min (298 K, pH ~ 3). Calculated selectivities for Sc³⁺ over each template ion are also given.

Sample	Template M ²⁺	Sc ³⁺ uptake	M ²⁺ uptake	Sc ³⁺ /M ²⁺ selectivity
MICOF-33	Ni ²⁺	33.9	0.01	3.39×10 ³
MICOF-33	Mg ²⁺	31.7	0.02	1.59×10 ³
MICOF-33	Zn ²⁺	37.8	0.04	9.50×10 ²



主要参考文献

羧基功能化共价磷腈聚合物用于酸性水体中钪的选择性分离

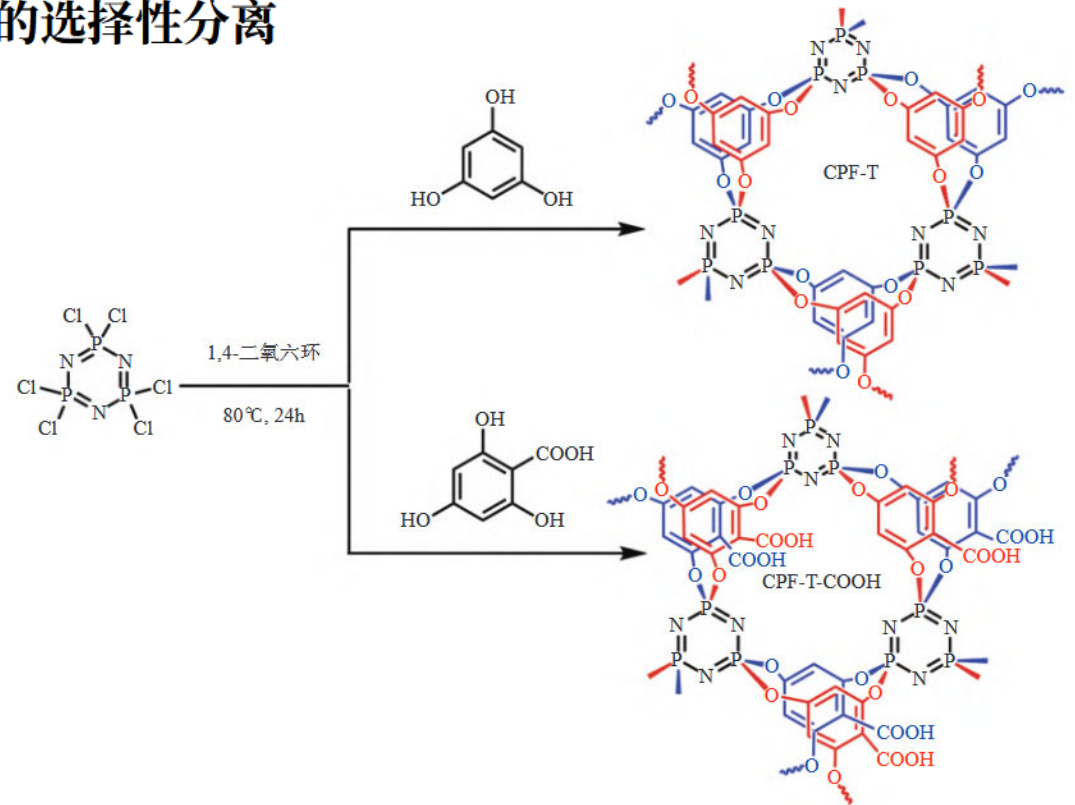
白宇^{1,2}, 阿依努尔·吾舒尔¹, 欧阳磊¹, 黄理金^{1,3*}, 帅琴^{1,3}

(1. 中国地质大学(武汉)材料与化学学院, 湖北 武汉 430074;

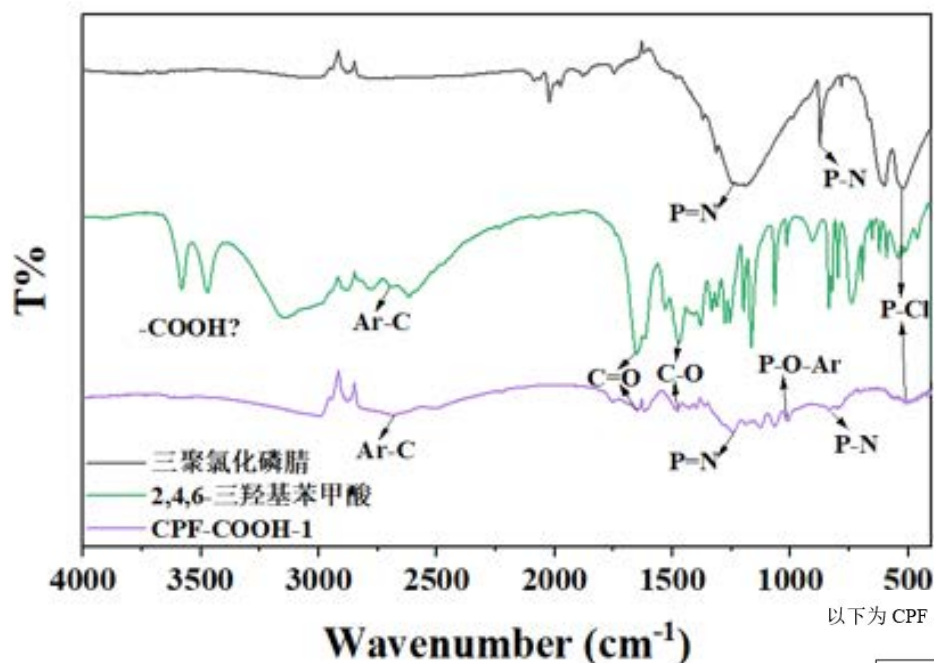
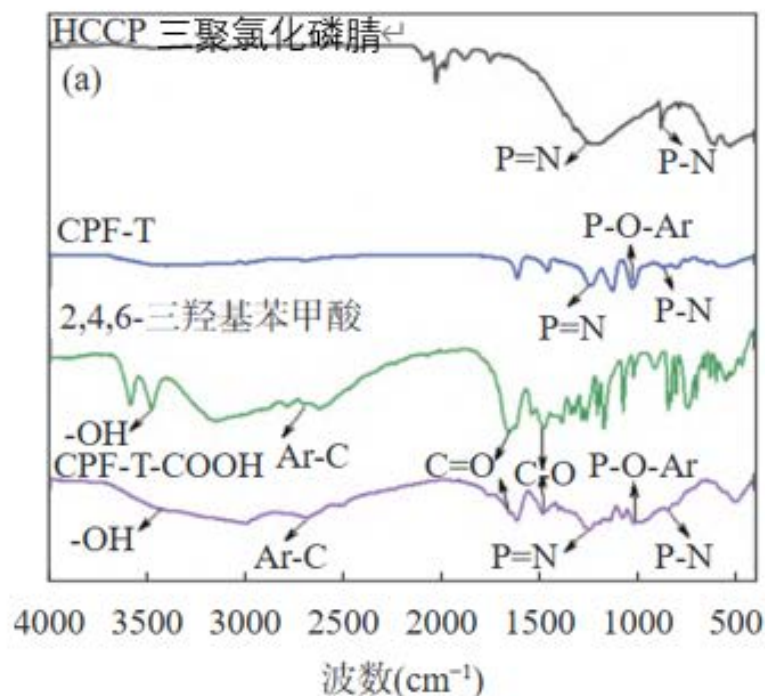
2. 浙江省地矿科技有限公司, 浙江 杭州 310007;

3. 自然资源部稀土稀有稀散矿产重点实验室, 湖北 武汉 430034)

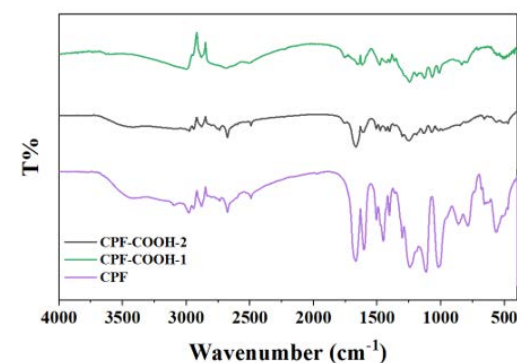
Zhang 等^[24]报道的共价磷腈聚合物(covalent phosphonitrile framework, CPF-T)的骨架中含有丰富的硬碱性含 N/O 的基团, 理论上是对硬酸性离子 Sc(III) 的有效吸附剂。本文在 CPF-T 基础之上进一步引入与稀土具有强相互作用的—COOH 功能基团, 制备羧基功能化材料 CPF-T-COOH, 以探究功能基团—COOH 引入后, 材料对 Sc(III) 吸附效果的影响。



以下为左图参考文献红外，右图为实测反应物与产物的红外： ←



以下为 CPF 与 CPF-COOH-1 及 CPF-COOH-2 的红外对比图：



参考文献红外说明：在 CPF-T 和 CPF-T-COOH 红外谱图(图 2a)中，1235cm⁻¹(1243cm⁻¹)和 862cm⁻¹(837cm⁻¹)处分别为 HCCP 中 P=N 和 P-N 的伸缩振动峰[24,34]。在 CPFT-COOH 的红外谱图中,1644cm⁻¹ 处为—COOH 中 C=O 双键的伸缩振动峰；1476cm⁻¹ 为—COOH 中 C-O 单键的特征吸收峰,约 3400cm⁻¹ 处为-OH 的伸缩振动峰;2681cm⁻¹ 为 Ar-C 的特征峰[14]。同时，在两种材料的 FT-IR 谱图中,都观测到 P-O-Ar 的伸缩振动峰,即 CPF-T: 1020cm⁻¹ 和 CPF-T-COOH: 1012cm⁻¹[24]。FT-IR 表征结果表明有机单体 HCCP 与间苯三酚、2,4,6-三羟基苯甲酸成功交联,得到了 CPF-T 和 CPF-T-COOH。

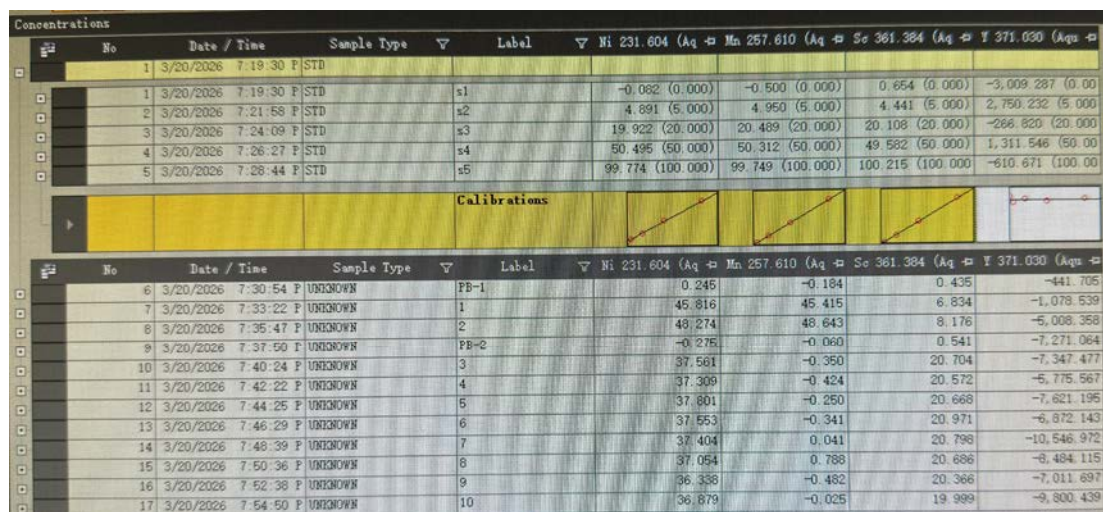
吸附实验结果 (ICP-MS)

LSH-COF-62, Sc, Ni, Mn 混合溶液。 (2026.01.14)	0 min (取配制的 Sc, Mn, Ni 混合液测试)	Sc 755.33 ppm, Ni 5063.85 ppm, Mn 5019.53 ppm	吸附量: Sc -1500.0 mg/g, Ni -2815.6 mg/g
	180 min (取 180 min 滤液)	Sc 905.33 ppm, Ni 5345.41 ppm, Mn 5368.27 ppm	
LSH-COF-62, Sc, Ni 混合溶液, 0.05 M 硫酸 (2026.01.30)	0 min (取配制的 Sc, Ni 混合液测试)	Sc 363.20 ppm, Ni 658.92 ppm	吸附量: Sc 29.54 mg/g, Ni 55.78 mg/g
	180 min (取 180 min 滤液)	Sc 360.25 ppm, Ni 653.34 ppm	
DB18C6-HCP, Sc, Ni 混合液, 0.05 M 硫酸 (2026.01.30)	0 min (取配制的 Sc, Ni 混合液测试)	Sc 361.68 ppm, Ni 661.49 ppm	吸附量: Sc -58.31 mg/g, Ni 33.93 mg/g
	180 min (取 180 min 滤液)	Sc 367.51 ppm, Ni 658.10 ppm	

CPF-COOH-Ampoule, Sc, Ni 混合液, 0.05 M 硫酸 (2026.03.09)	0 min (取 0 min 滤液)	Sc 363.67 ppm, Ni 654.04 ppm	吸附量: Sc 21.59 mg/g, Ni 64.79 mg/g
	180 min (取 180 min 滤液)	Sc 361.51 ppm, Ni 647.56 ppm	
CPF-COOH-1, Sc, Ni 混合液, 0.05 M 硫酸 (2026.03.14)	0 min (实际取约 1min 滤液)	Sc 354.68 ppm, Ni 632.84 ppm	吸附量: Sc 51.50 mg/g, Ni -117.10 mg/g
	180 min (取 180 min 滤液)	Sc 349.53 ppm, Ni 644.55 ppm	

注：自2026.03起，使用的离心管经酸洗烘干；
自2026.04起，使用酸洗烘干的塑料烧杯、过滤器进行实验。

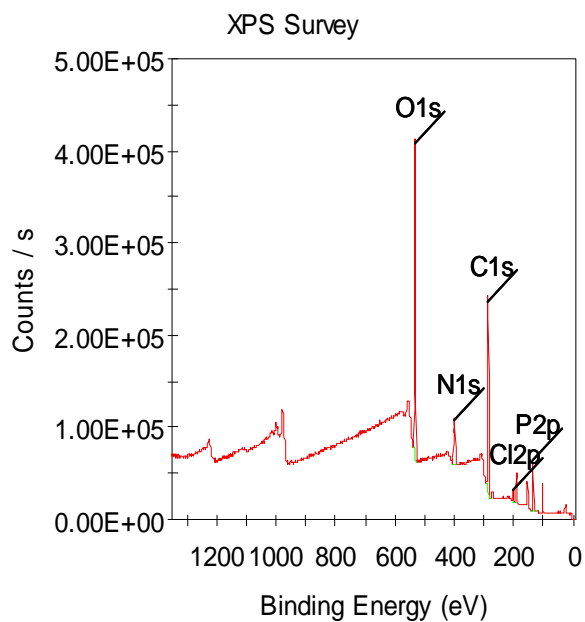
Started at	Label	Ni 231.604 (Aqueous-Axial-IFR)	Mn 257.610 (Aqueous-Axial-IFR)	Sc 361.384 (Aqueous-Axial-IFR)
3/20/2026 7:19:30 PM	s1	-0.082 ppb	-0.500 ppb	0.654 ppb
3/20/2026 7:21:58 PM	s2	4.891 ppb	4.950 ppb	4.441 ppb
3/20/2026 7:24:09 PM	s3	19.922 ppb	20.489 ppb	20.108 ppb
3/20/2026 7:26:27 PM	s4	50.495 ppb	50.312 ppb	49.582 ppb
3/20/2026 7:28:44 PM	s5	99.774 ppb	99.749 ppb	100.215 ppb
3/20/2026 7:30:54 PM	PB-1	0.245 ppb	-0.184 ppb	0.435 ppb
3/20/2026 7:33:22 PM	1	45.816 ppb	45.415 ppb	6.834 ppb
3/20/2026 7:35:47 PM	2	48.274 ppb	48.643 ppb	8.176 ppb
3/20/2026 7:37:50 PM	PB-2	-0.275 ppb	-0.060 ppb	0.541 ppb
3/20/2026 7:40:24 PM	3	37.561 ppb	-0.350 ppb	20.704 ppb
3/20/2026 7:42:22 PM	4	37.309 ppb	-0.424 ppb	20.572 ppb
3/20/2026 7:44:25 PM	5	37.801 ppb	-0.250 ppb	20.668 ppb
3/20/2026 7:46:29 PM	6	37.553 ppb	-0.341 ppb	20.971 ppb
3/20/2026 7:48:39 PM	7	37.404 ppb	0.041 ppb	20.798 ppb
3/20/2026 7:50:36 PM	8	37.054 ppb	0.788 ppb	20.686 ppb
3/20/2026 7:52:38 PM	9	36.338 ppb	-0.482 ppb	20.366 ppb
3/20/2026 7:54:50 PM	10	36.879 ppb	-0.025 ppb	19.999 ppb



CPF-COOH-3吸附前后材料XPS (CPF-COOH-1烧瓶扩大实验得CPF-COOH-3)

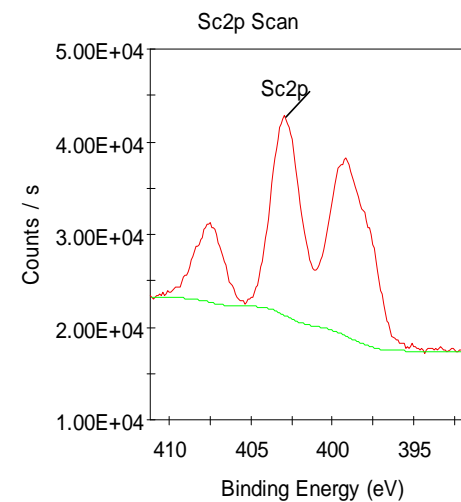
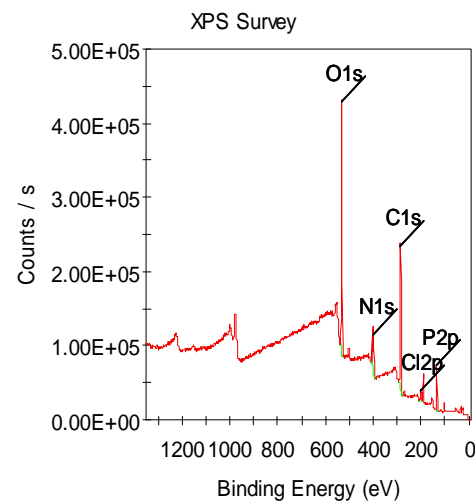
吸附前

Name	Atomic %
C1s	51.27
Cl2p	0.98
N1s	10.38
O1s	30.78
P2p	6.59



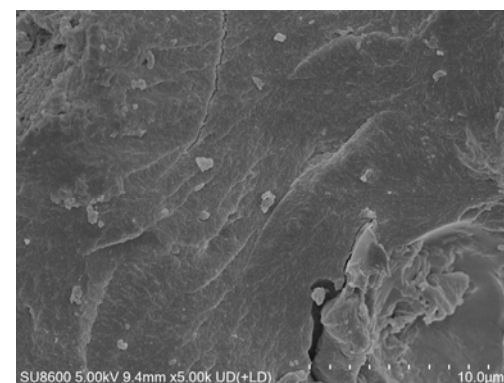
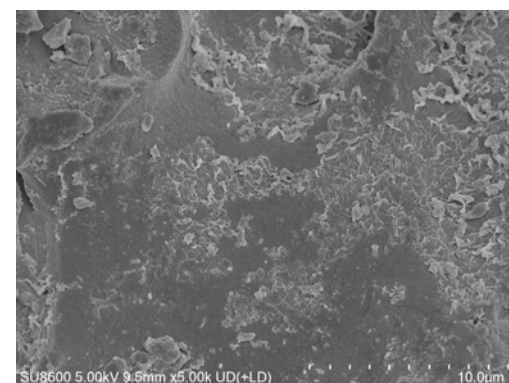
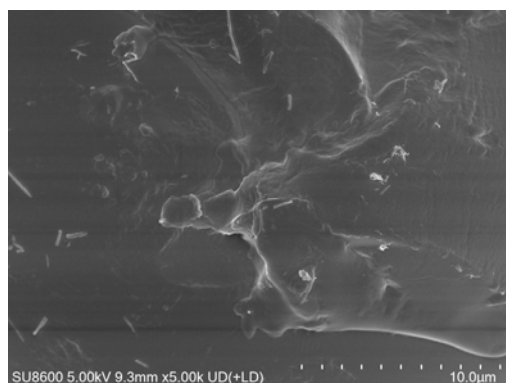
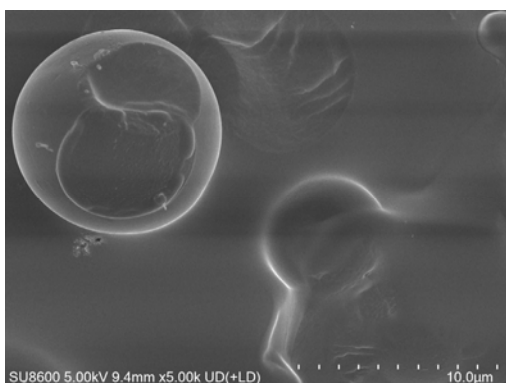
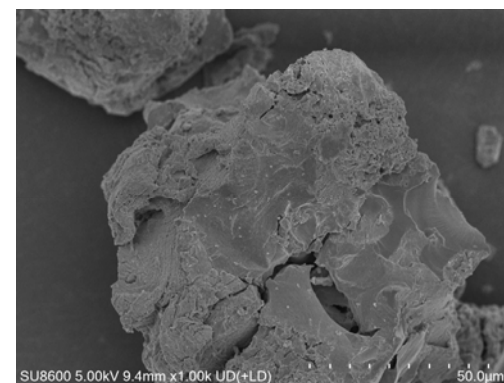
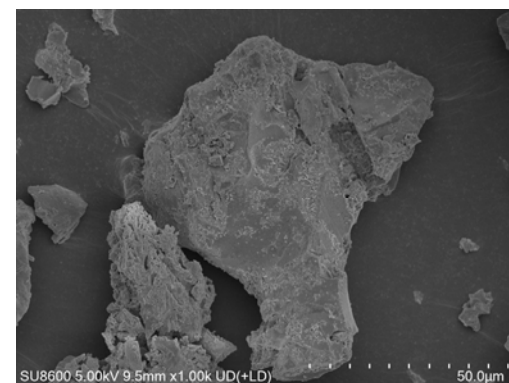
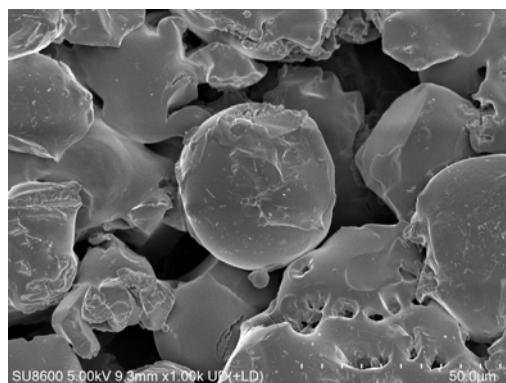
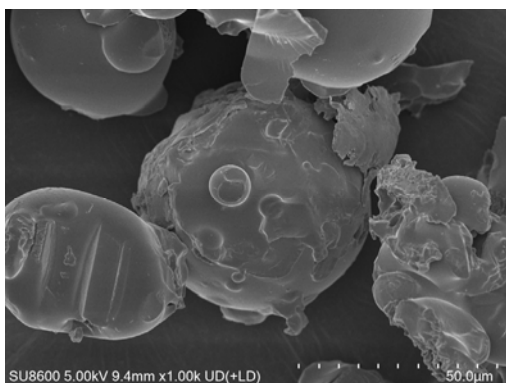
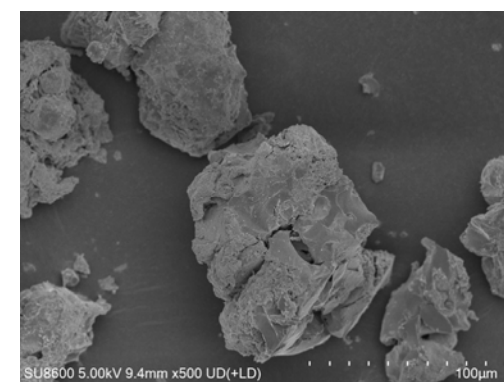
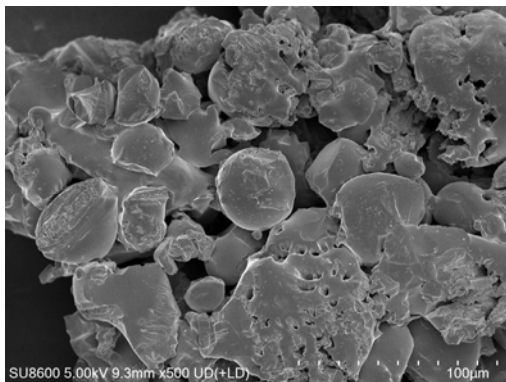
吸附后

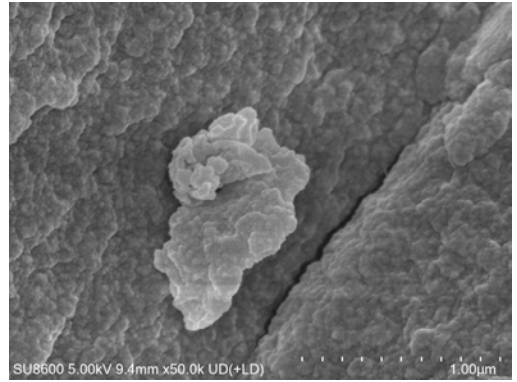
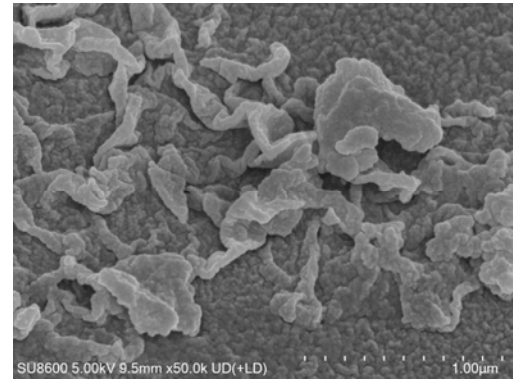
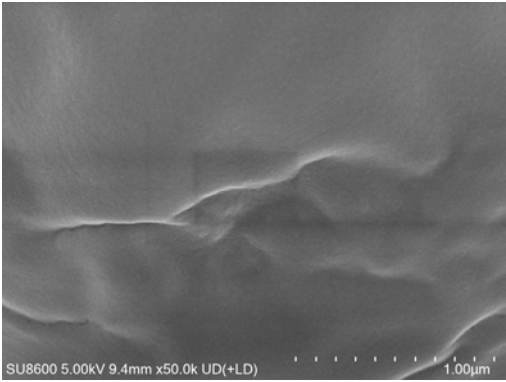
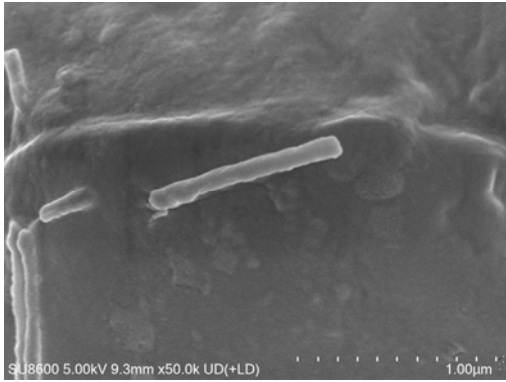
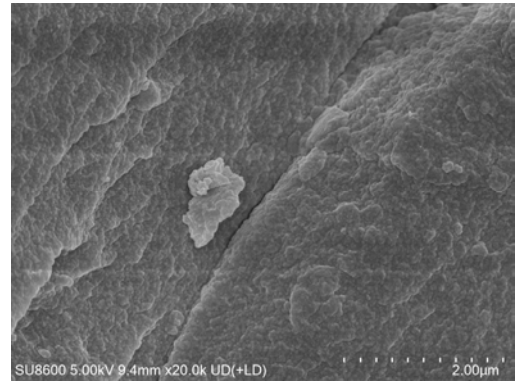
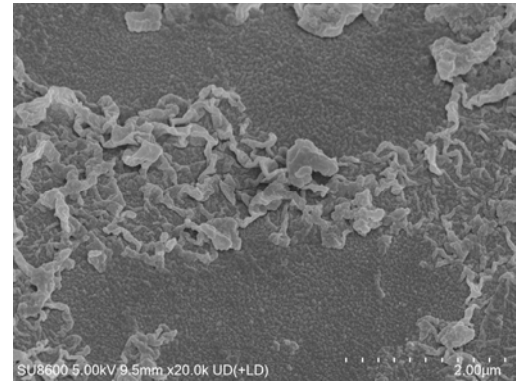
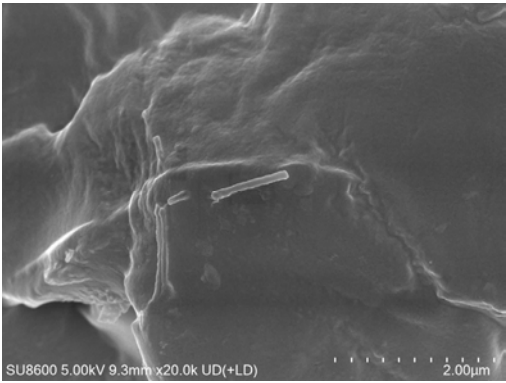
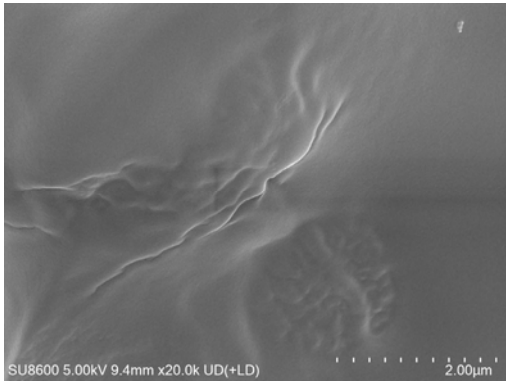
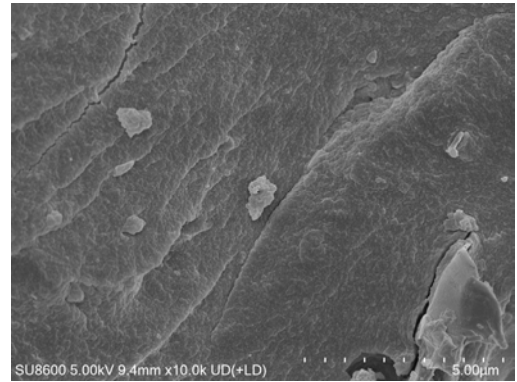
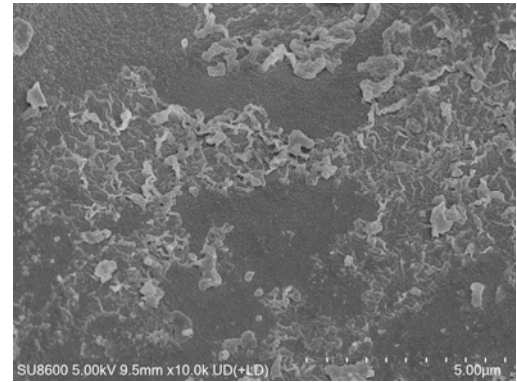
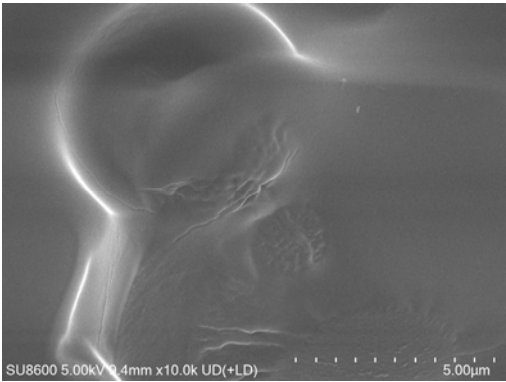
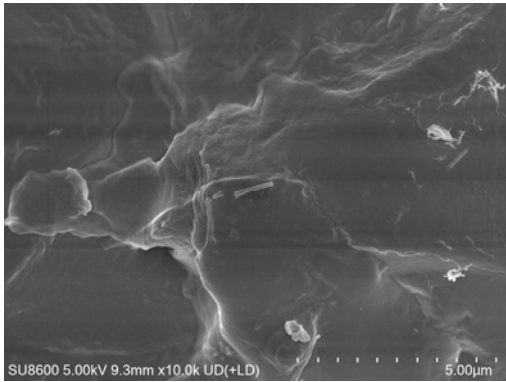
Name	Atomic %	相对原子质量	wt	wt% (归一化)
C1s	43.77	12.011	525.7215	31.76%
Cl2p	1.49	35.45	52.8205	3.19%
N1s	14.83	14.007	207.7238	45.57%
O1s	28.49	15.999	455.8115	27.54%
P2p	7.15	30.974	221.4641	13.38%
Sc2p	4.26	44.956	191.5126	11.57%
			1655.054	100.00%

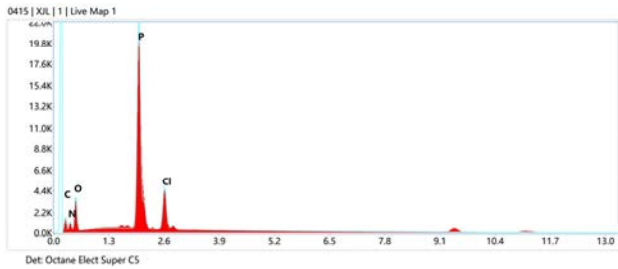
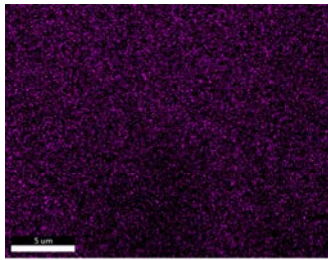
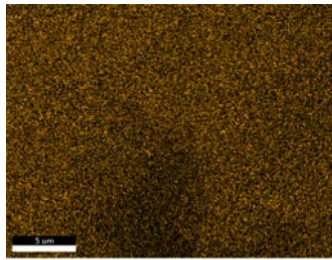
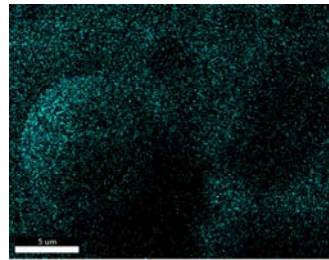
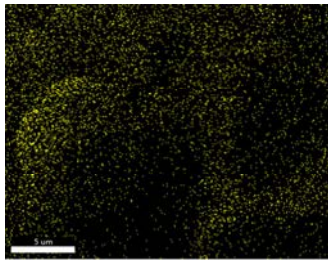
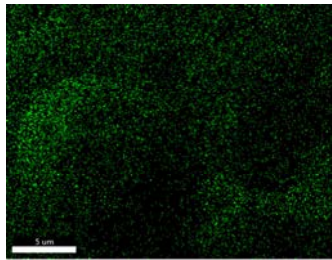
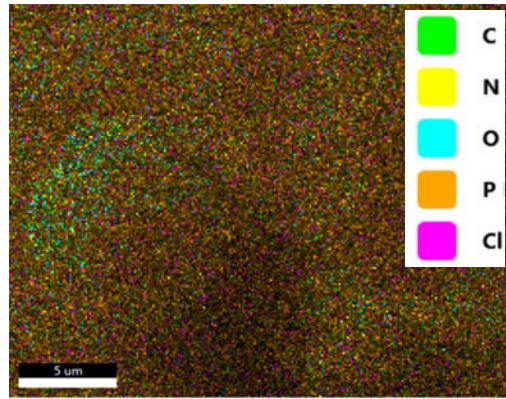
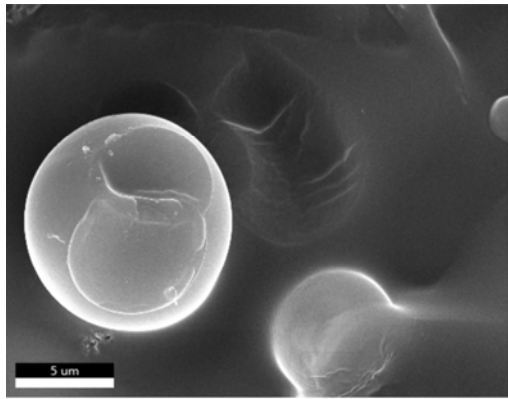


吸附前

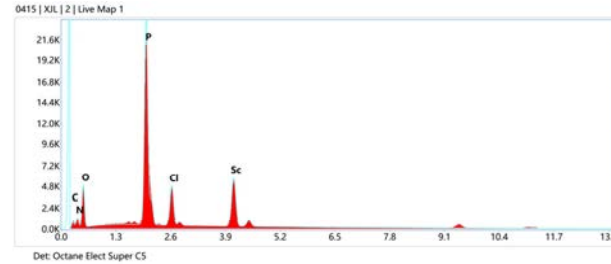
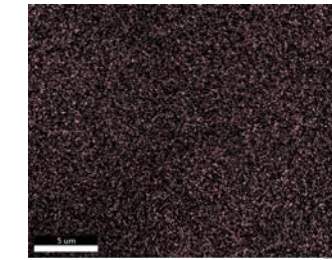
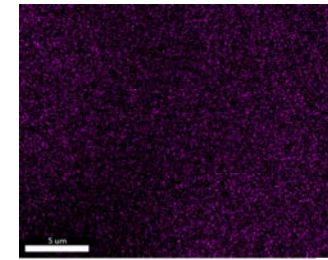
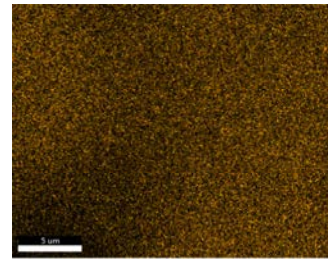
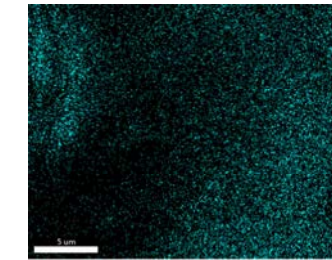
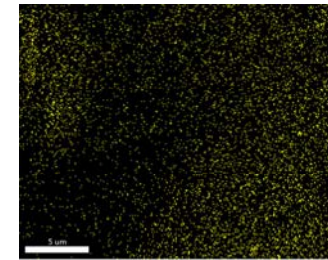
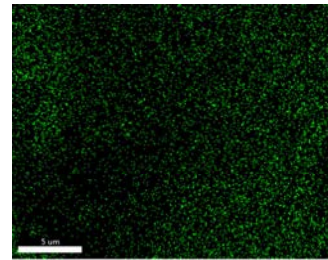
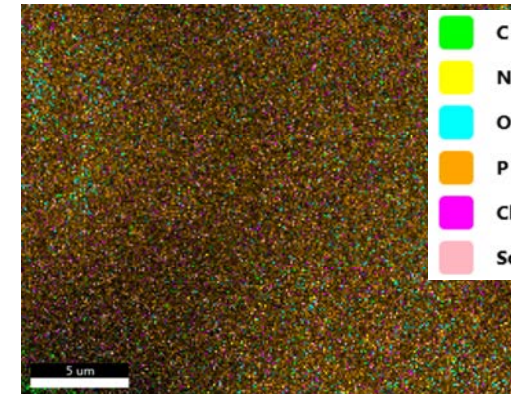
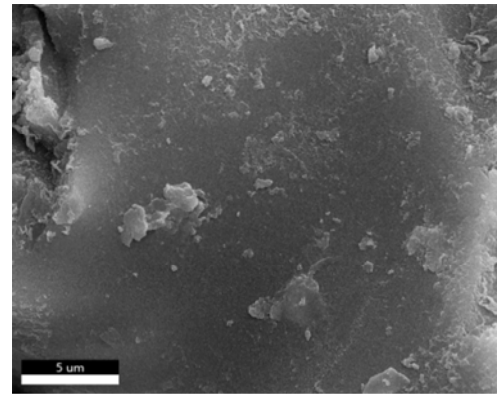
吸附后



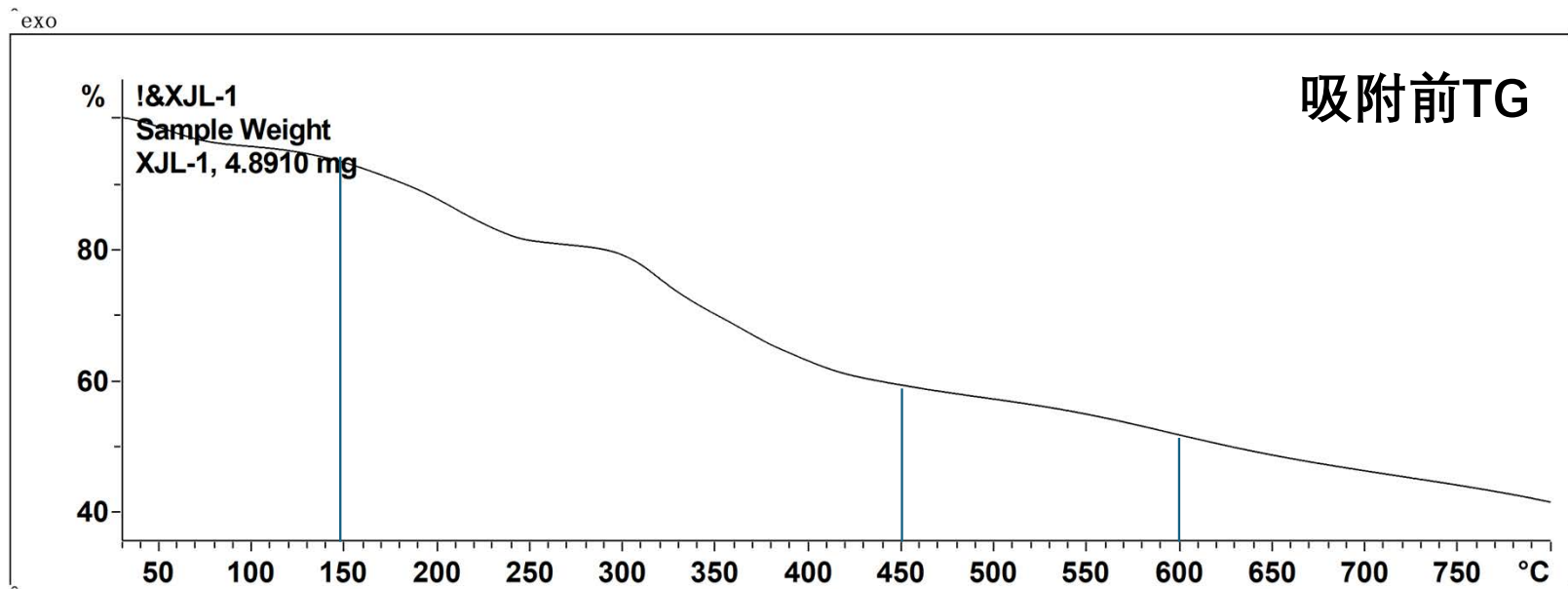




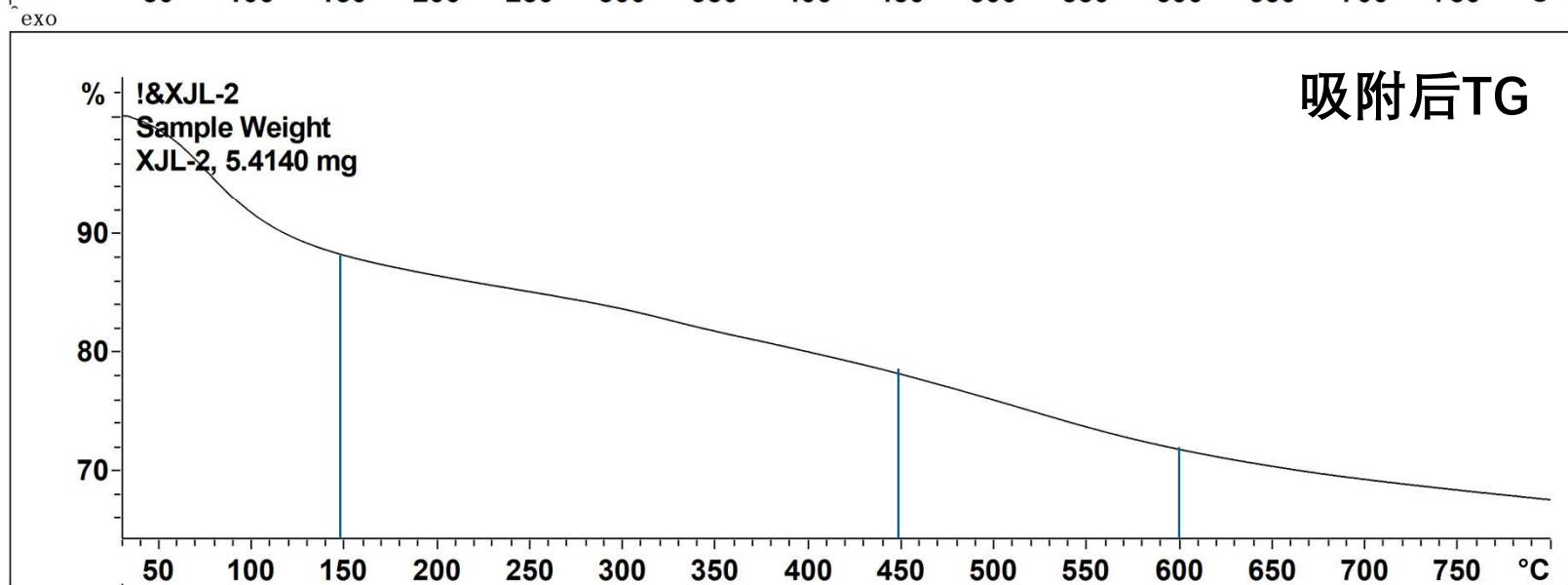
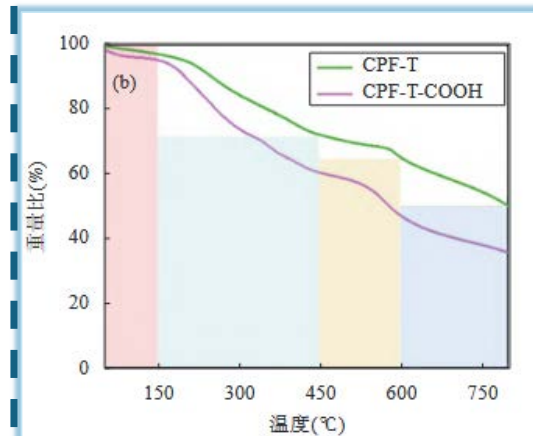
Element	Weight %	MDL	Atomic %
C K	40.62	1.96	51.19
N K	14.78	0.61	15.96
O K	24.72	0.33	23.38
P K	15.73	0.04	7.68
Cl K	4.15	0.05	1.77



Element	Weight %	MDL	Atomic %
C K	24.14	2.39	34.85
N K	10.38	0.56	12.85
O K	33.47	0.32	36.28
P K	18.42	0.05	10.32
Cl K	4.59	0.06	2.24
Sc K	9.00	0.08	3.47



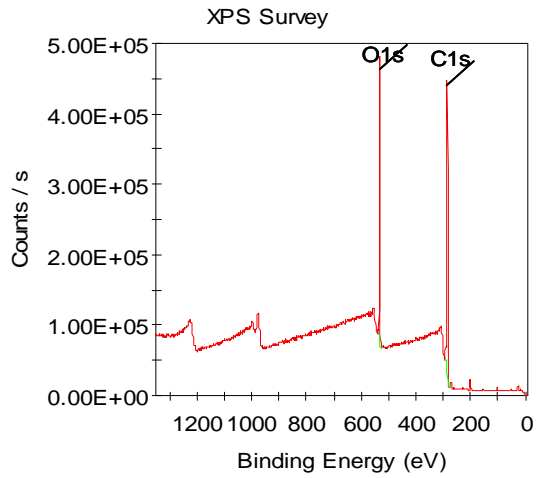
文献TG



DB18C6-HCP吸附0.1 M Sc或Ni前后XPS

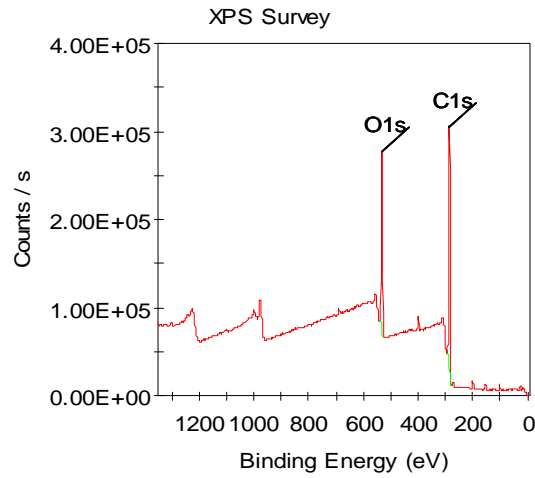
注：100 mg DB18C6-HCP吸附Sc或Ni后分别剩余86.6 mg与86.1 mg。

吸附前



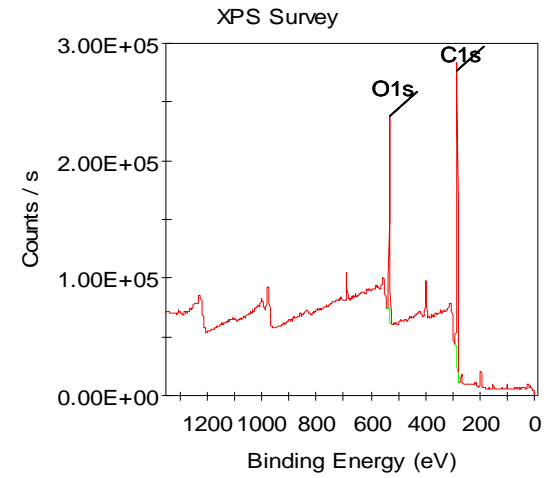
Name	Atomic %
C1s	77.82
Fe2p	0.26
O1s	21.92

吸附Sc后



Name	Atomic %
C1s	76.69
Fe2p	0.2
O1s	22.04
Sc2p	1.07

吸附Ni后

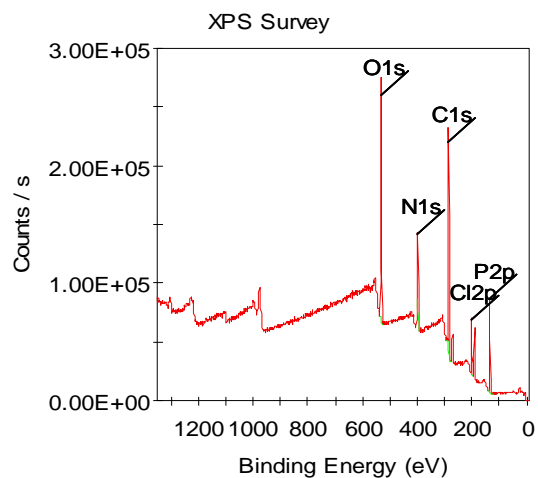


Name	Atomic %
C1s	79.45
Fe2p	0.32
Ni2p	0.29
O1s	19.94

CPF-1吸附0.1 M Sc或Ni前后XPS

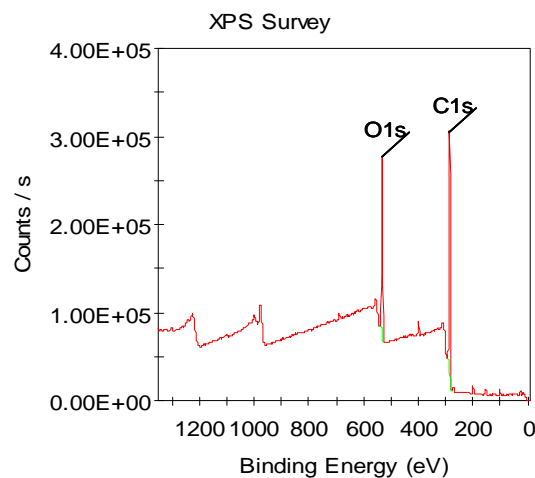
注：100 mg CPF-1吸附Sc或Ni后分别剩余43.9 mg与46.4 mg。

吸附前



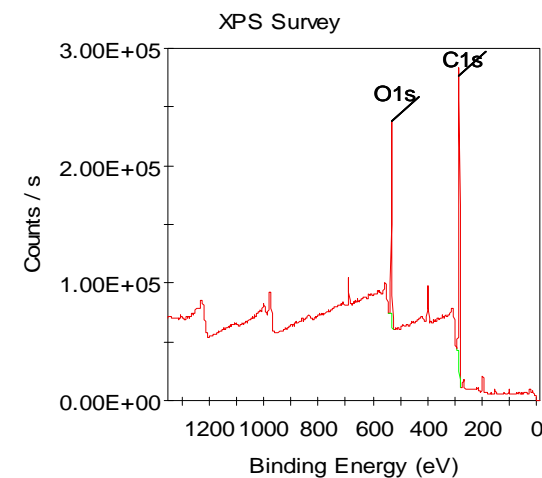
Name	Atomic %
C1s	49.61
Cl2p	4.7
N1s	14.14
O1s	21.25
P2p	10.3

吸附Sc后



Name	Atomic %
C1s	48.5
Cl2p	4.95
N1s	15.19
O1s	19.44
P2p	7.62
Sc2p	4.3

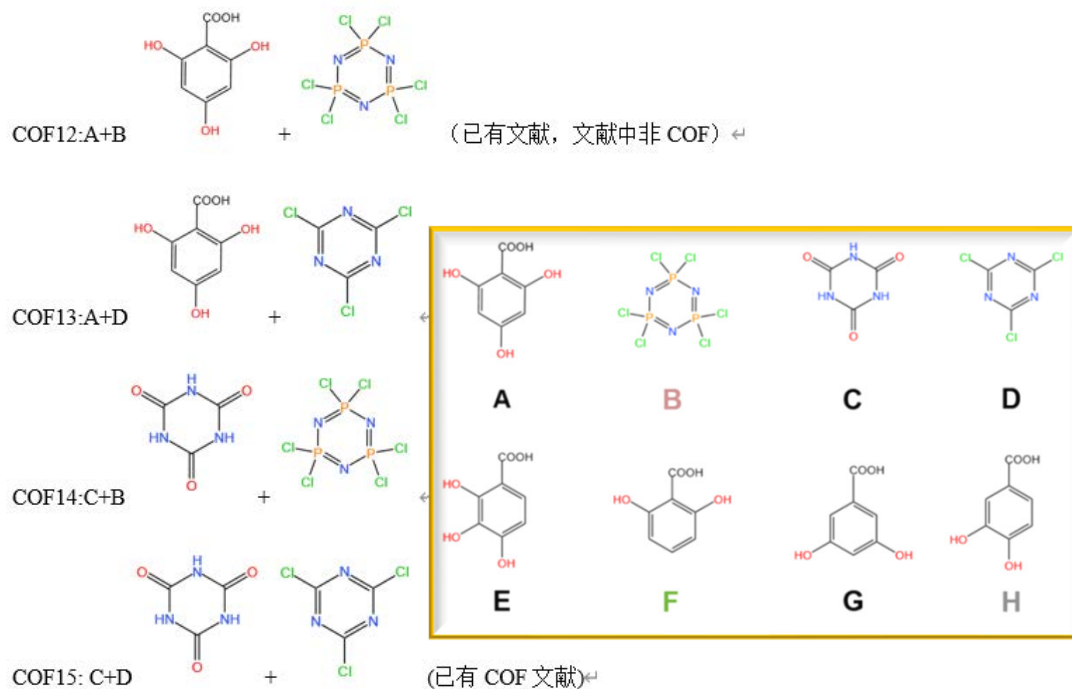
吸附Ni后



Name	Atomic %
C1s	46.92
Cl2p	4.47
N1s	13.99
Ni2p	0.97
O1s	22.82
P2p	10.83

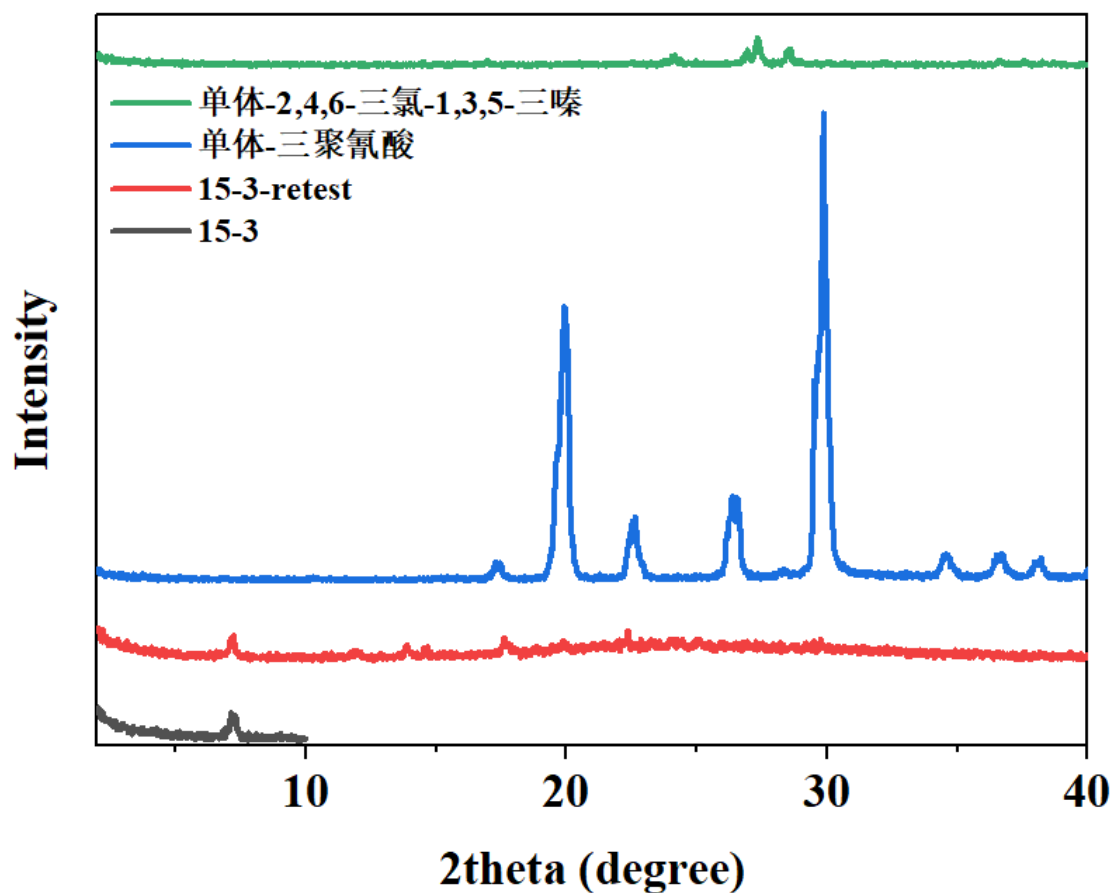
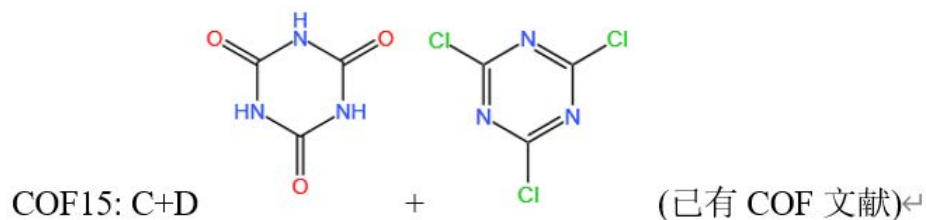
芳氧基COF (ArO-COF) 合成

实验方案 1 (质量) \leftarrow



COF12-5 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF12-6 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF13-1 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF13-2 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF13-3 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF13-4 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF13-5 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF13-6 \leftarrow	A 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF14-1 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF14-2 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF14-3 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF-14-4 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF14-5 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF14-6 \leftarrow	C 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF15-1 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF15-2 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF15-3 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF15-4 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF15-5 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF15-6 \leftarrow	C 0.08mmol, D 0.08mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow

编号 \leftarrow	投料 \leftarrow	温度、时间 \leftarrow
COF12-1 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow
COF12-2 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	200°C, 三天 \leftarrow
COF12-3 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow 三乙胺 0.84 mL \leftarrow	120°C, 一天+200°C, 两天 \leftarrow
COF12-4 \leftarrow	A 0.08mmol, B 0.04mmol, \leftarrow Diox 1mL, \leftarrow K ₂ CO ₃ 41.5mg \leftarrow	120°C, 三天 \leftarrow

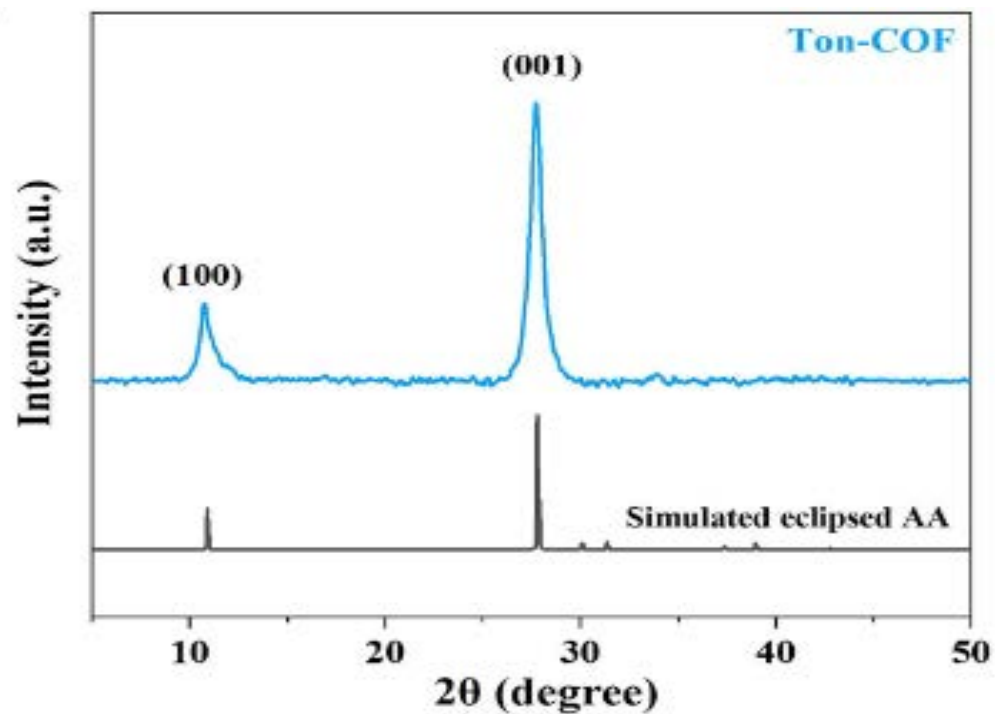


Matter

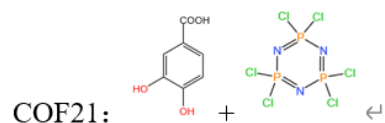
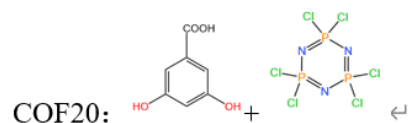
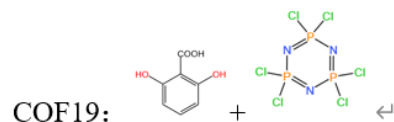
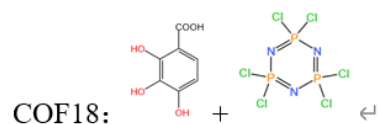
Article

Molecular tautomerism-enabled isomerization of COFs for aqueous supercapacitors

文献XRD ↓



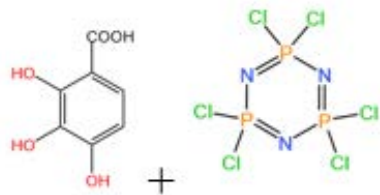
实验方案 2 (质量) ◀



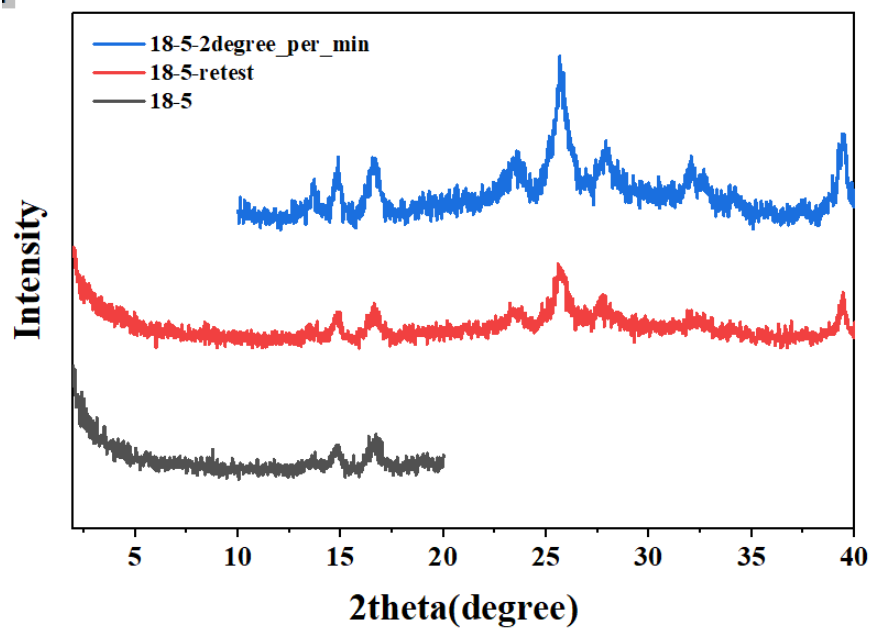
编号◀	投料◀	温度、时间◀
COF18-1◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 三天◀
COF18-2◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	180°C, 三天◀
COF18-3◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF18-4◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 三天◀
COF18-5◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	180°C, 三天◀
COF18-6◀	E 40.83 mg, B 41.72 mg, Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF19-1◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 三天◀
COF19-2◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	180°C, 三天◀
COF19-3◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀

COF19-4◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 三天◀
COF19-5◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	180°C, 三天◀
COF19-6◀	F 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF20-1◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 三天◀
COF20-2◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	180°C, 三天◀
COF20-3◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF20-4◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 三天◀
COF20-5◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	180°C, 三天◀
COF20-6◀	G 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF21-1◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 三天◀
COF21-2◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, 三乙胺 1.68 mL◀	180°C, 三天◀
COF21-3◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, 三乙胺 1.68 mL◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀
COF21-4◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 三天◀
COF21-5◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	180°C, 三天◀
COF21-6◀	H 36.99 mg, B 27.81 mg,◀ Diox 2mL, K ₂ CO ₃ 83 mg◀	120°C, 一天+180°C, 两天◀

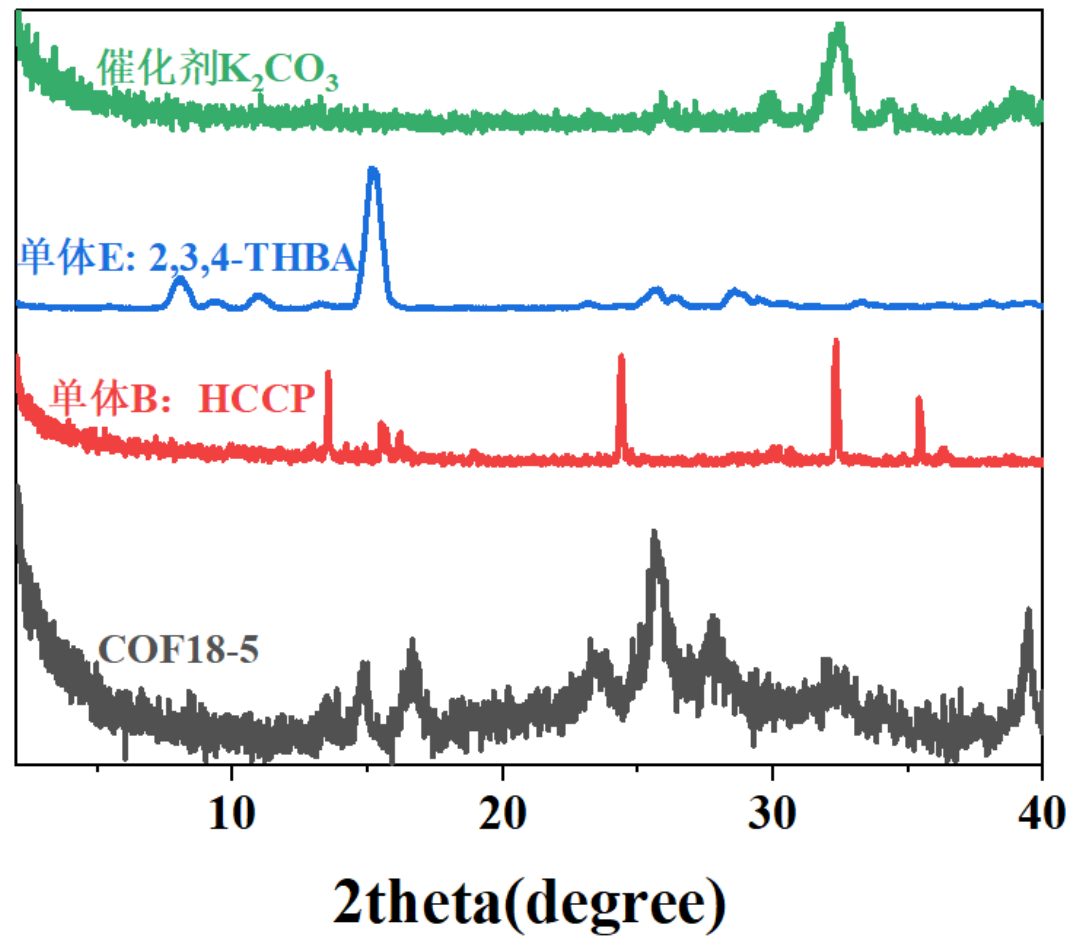
COF18: E+B:



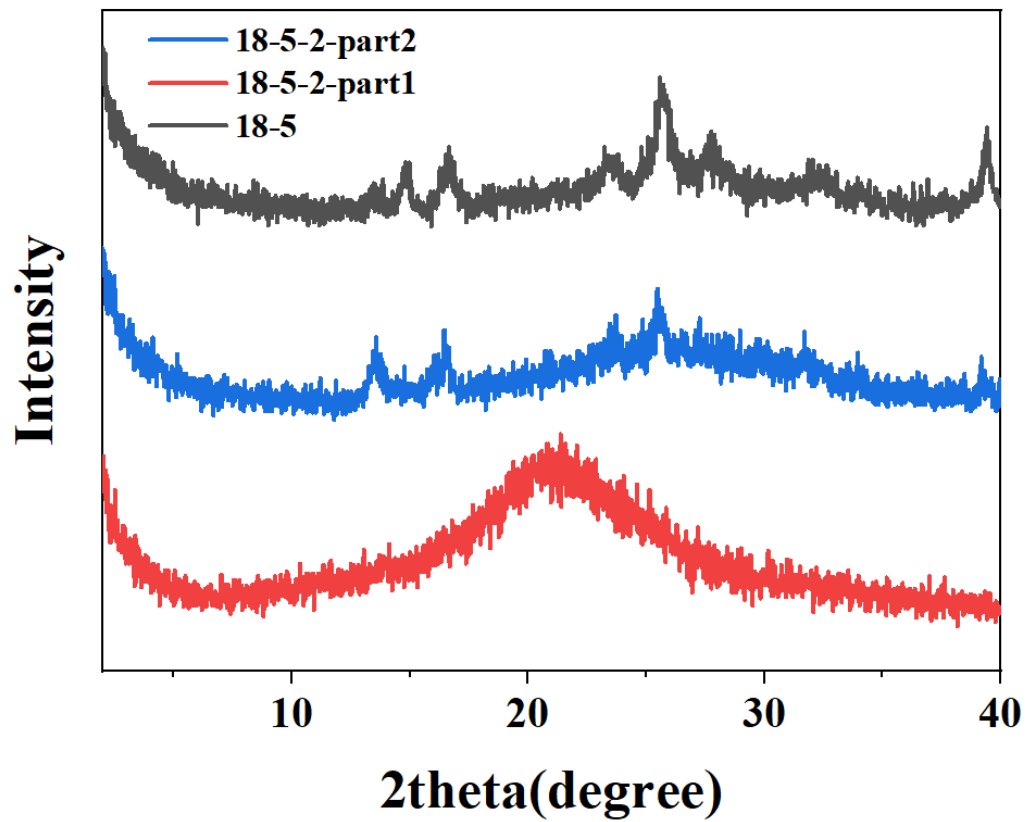
COF18-5	E 0.24 mmol, B 0.12 mmol, Diox 2 mL, K ₂ CO ₃ 83 mg	180°C, 三天
---------	--	-----------



Intensity



2theta(degree)



COF18-5-2: COF18-5的烧瓶扩大实验
反应物投料量扩大至约100倍, Diox投料量扩大至约20倍, 催化剂K₂CO₃投料量扩大至10倍。

分步抽滤, 得18-5-2-part1与18-5-2-part2。

