

# 含油废水处理厂家络合镍废水处理

产品名称	含油废水处理厂家络合镍废水处理
公司名称	常州天环净化设备有限公司
价格	49000.00/件
规格参数	品牌:天环净化设备
公司地址	常州市新北区薛集镇吕墅东路2号
联系电话	13961410015

## 产品详情

常的饮用水中的含氟量不得超过0.6mg/L，如果饮用水中的氟超过1.5mg/L，那么就属于高氟水，人们长期饮用高氟水会给身体造成很大的伤害，导致氟斑牙、氟骨病等，此外长期饮用高氟水还可能会引发某些肿瘤。高氟水主要是由工业生产产生的含氟废水违规排放造成的，因此妥善地对工业废水中的氟进行处理，对于保护环境，保证人体健康具有非常重要的意义。根据《污水综合排放标准》，一级标准要求氟化物排放浓度小于10mg/L。我国高浓度含氟废水乱排放的问题还没有完全解决，很多企业没有配备相应的设备来对含氟废水进行无害化处理，导致其排放的废水中氟化物浓度很高，对环境和人类身体健康造成了很大的威胁。基于此，本文对含氟废水的处理方法进行了探讨。从当前含氟废水的处理方法来看，应用为广泛的有沉淀法和吸附法两类，本文主要对二者进行探讨。

### 1、沉淀法

#### 1.1 化学沉淀法

化学沉淀法处理含氟废水的原理是，通过在含氟废水中加入一些能够和废水中氟离子产生化学反应，并且能够产生难溶于水的沉淀物质，将氟从水中分离。化学沉淀法常用的沉淀剂包括石灰、电石渣、氯化钙三种。

##### 1.1.1 石灰沉淀法

石灰沉淀法是处理高浓度含氟废水的重要方法，石灰石溶解后产生的钙离子可以和水中的氟离子反应，生成难溶于水的氟化钙，从而除去水中的氟。在实际应用过程中，由于反应所生成的氟化钙会阻碍反应的一步进行，因此需要加量投放石灰。在pH为6.5~7.0的条件下，沉淀反应时间约1h，投加量为理论值的2.5倍以上为佳除氟工况。

##### 1.1.2 电石渣沉淀法

通过电石法生产聚乙烯时会产生废渣，这些废渣是电石和水反应生成的，不仅价格低廉而且易得，正是由于这一特点，电石渣沉淀法在含氟水实际处理中有比较多的应用。电石渣的主要成分是Ca(OH)<sub>2</sub>，所以其除氟的原理和石灰沉淀法类似，但是具有更好的效果，所需投加的量也更少，沉渣更易于脱水和沉

淀。

### 1.1.3 氯化钙法

烧结脱硫装置 ~ 400 的富含SO<sub>2</sub>烟气在一级动力波洗涤器内，用 ~ 3%的稀硫酸对其进行降温增湿除尘后进入冷却塔再进一步降温冷却。冷却塔出来的SO<sub>2</sub>气体在二级动力波洗涤器内被进一步脱氟除尘。在此期间，SO<sub>2</sub>气体中微量SO<sub>3</sub>被吸收下来，

hide等研究发现，微藻无菌和有菌处理水产废水的生物量都可达0.35g/L，硝基氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)去除率也都大于95%，但是无菌条件下COD去除率只有25% ~ 30%，而有菌处理条件下可以达到75%以上。鱼菜共生是生态化的农业生产系统。在鱼菜共生系统中鱼会产生粪便等进入水体，Addy等加入小球藻和鱼形成一个动态平衡，稳定pH在7，氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)和亚硝酸盐都可以有效去除，结果也证明，微藻比蔬菜对氮去除效果好。Xu等在养鱼废水中加入微藻，COD、TN和TP去除率达50%以上。养猪废水中的TN1356mg/L，TP63.5mg/L，Ganeshkumar等用微藻直接处理养猪废水，TN去除率仅有40.88%，TP去除率3.1%。将养猪废水和酿酒厂废水按体积比20 : 80混合后，6 ~ 10d后TN去除率89.36%，TP去除率56.56%，微藻含油50%。微藻处理农业废水潜力巨大，需要结合各地实际情况，从生态农业和循环经济角度出发，做好藻种选育、工艺优化和产品开发工作。

## 1.2 工业废水处理

采用成熟的液体培养基可以保障微藻快速生长，但是工业废水中的成分与传统培养基还有很大差别。Hyu等发现，如果不添加其他成分，混合微藻处理能完全清除动物粪便废液、沼渣废液和纺织废水中的磷，但是氮的去除率分别仅有72.3%、16.7%和70.1%。其中，混合微藻在纺织废水中的生长好，但是生物量仅有0.4g/L，这限制了微藻对氮的进一步利用。Gao等研究发现，海鲜加工废水中的TN为120mg/L，经微藻处理45d后可以较好去除，如果经过曝气或稀释，处理时间能缩短至19d。Memon等发现制糖废水中的COD可达16g/L，小球藻和恶臭假单胞菌能去除其中的55%。如果再加入0.08g/L的聚丙烯酸酯多元醇，COD去除率能达到80%。Solovchenko等发现酒精蒸馏废水的COD高达20g/L，经过预处理，将pH调控至6 ~ 7，对之后的废水处理至关重要。传统的厌氧硝化废水处理产生大量活性污泥，需要处理。Ge等在微藻培养体系中加入4种浓度的活性污泥浓缩液，处理50d后TN、TP和COD的去除率都大于90%。需要注意的是，Ren等发现，随着活性污泥浓缩液浓度的提高，微藻油脂含量下降到10.2%。如果在实际活性污泥浓缩液中再加入1g/L的废甘油，生物质产率能达到0.46g/(L · d)，油脂含量能达到27%，污染物的去除率均大于86%。但是加入甘油质量浓度大于1g/L，微藻生物量和污染物去除率均大幅下降。如果不加甘油，COD和TP的去除没有显著差异，但是TN去除率降低到77.2%。Daneshvar等发现藻种选择在废水处理中也很关键，同样处理乳业废水，栅藻能去除86.21%以上的TN和TP，海洋扁藻仅能去除44.92%的TN和42.18%的TP。除了COD、TN和TP等指标外，工业废水还包括重金属离子和有毒有害化学品等成分，需要多个步骤进行净化。微藻可以作为整体工艺的一个环节，可以提高工业废水效率。

## 1.3 城市废水处理

城市废水的组成与工农业废水有差异。一般来说，城市废水经过一级处理后，可以通过微藻进行深入处理。比如，Wang等进行城市废水一级处理后，TN和TP质量浓度分别从20 ~ 80mg/L和3 ~ 7mg/L降低到5 ~ 30mg/L和0.2 ~ 3mg/L，再用传统方法处理需要耗费能量，也难以继续去除废弃物，而利用微藻就可以达到净化目的。食品废弃物厌氧消化废水中COD和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>均较高，Cheng等发现通入15%CO<sub>2</sub>可以促进小球藻生长和污染物的去除，同时，用臭氧进行前处理比用曝气进行前处理对COD、TN和TP的去除更有效。Katam等直接从湖中采集的混藻也对餐厨废水中的TN、TP和总有机碳(TOC)有大于85%的去除效果。

## 1.4 含农药和抗生素等的有害废水处理

工农业废水以及城市废水中可能均含一些有害物质。这些物质含量不高，但是持续累积会对环境和人类健康造成危害，比如农药、抗生素等。微藻去除废水中有害化合物的机制包括降解或吸附。水培番茄废水中含有多种杀虫剂，包括甲霜灵、嘧霉胺、芬太尼、碘普利酮和三氯吡啶。虽然栅藻和小球藻均能快

速去除这些杀虫剂，但是嘧霉胺仅仅是吸附在微藻表面，而其他杀虫剂均是被藻完全分解。抗生素一般对藻类具有细胞毒性。在废水中抗生素也会发生光解和水解。比如，Guo等用小球藻、衣藻和麦可藻(*Mychonastes*)能在150h后去除废水中的头孢类抗生素7-氨基头孢菌素酸，除了光解和水解外，3种微藻的吸附发挥了重要作用。如果仅凭光解和水解，去除7-氨基头孢菌素酸需要300h。结合光降解和吸附，Norvill等用高速藻类塘处理含100  $\mu\text{g/L}$ 四环素的城市废水，其中四环素的去除率可达93%~99%。Hom-Diaz等用室外1200L的光生物反应器处理包含大量药物化合物的废水，对抗炎药物(布洛芬、对乙酰氨基酚、水杨酸和kedaiyin)的去除率可达98%，对利尿剂氢氯噻嗪的去除率84%，咪塞米则能够完全去除，抗生素类化合物(阿奇霉素、环丙沙星、氧氟沙星和红霉素)的去除率只有48%，精神药物氯拉西洋等的去除率在30%~57%。炔雌醇是一种激素，Cheng等补充15%CO<sub>2</sub>培养小球藻PYZU1处理含炔雌醇的废水220h后，5mg/L的炔雌醇去除率达到94%。在实验室规模的膜生物反应器中，小球藻能去除85.6%的羟氨苄青霉素。Shi等研究发现，如果小球藻处理后，再加来源于湿地沉积物或活性污泥的菌处理，羟氨苄青霉素的去除率能达到99%。废水中的抗生素、杀虫剂和化学杀菌剂如果含量高过微藻耐受极限，将抑制微藻生长，甚至造成微藻死亡。如果微藻能完全降解这些抗生素类物质，收获的微藻生物质还可以开发为生物燃料。如果只是吸附在藻体内，可以考虑将藻热解后利用。

## 2、微藻废水处理的关键问题

### 2.1 藻种选育

废水是一个复杂的体系，其中如果含有高浓度氨氮和其他有毒有害物质，都会形成环境压力，影响甚至抑制藻类生长。废水处理一般在室外进行，温度和光照等环境条件均会在不同时间尺度上产生波动，也需要微藻能适应这些环境条件的变化。一般来说，微藻处理有害物质要经历生物富集和生物转化两个步骤，前提条件是能耐受这些有害物质对藻类产生的影响。苯酚等浓度是工业废水排放中的重要检测指标。Cheng等研究发现，每克小型黄丝藻(*Tribonemaminus*)能去除449.46mg苯酚。初始苯酚质量浓度为700mg/L时，培养6d后，苯酚去除率80%。二嗪农(Diazinon)是典型的杀虫剂。Kurade等研究发现，如果水体中二嗪农的质量浓度只有20mg/L，12d后小球藻可以脱除94%的二嗪农。但是，当水体中二嗪农的质量浓度达到40mg/L，小球藻的生长就会受到明显抑制，脱除率也会降低。多溴二苯醚是阻燃剂，在使用中会被释放到水体。多个国家水体中都检测到多溴二苯醚。Wang等研究了9个藻株发现，有4个可以耐受600  $\mu\text{g/L}$ 的多溴二苯醚，其中1株小球藻的7d脱除率可以达到82%~90%。同时，他们发现500~700mg/L的苯酚会抑制小球藻生长，并且不会得到有效降解。

一般来说，废水处理的藻株是从环境中筛选得到。清华大学胡洪营教授团队的Zhang等利用Biolog方法高效筛选可以异养的微藻，筛选得到的小球藻和栅藻可以利用20余种有机底物。这些微藻可以利用废水中的有机底物生产生物燃料。

微藻的基因工程改造还有一定难度。适应性进化可以不通过基因工程手段定向提高微藻对环境的适应能力。适应性进化的常用方法是培养微生物到达一定的指标(细胞密度、生长速率或底物消耗等)后进行传代培养，不断重复这个过程直至代谢表型不再变化。目前已经有应用适应进化手段强化微藻代谢表型的研究。例如，Wang等研究发现，适应进化后的小球藻不但能够耐受500~700mg/L的苯酚，在第7天时，500mg/L的苯酚可以完全降解，700mg/L的苯酚也能降解到100mg/L左右。微藻适应性进化的机制可以通过组学数据等加以分析。如何提高进化效率是关键技术问题之一。

### 2.2 藻菌共培

养藻菌共培养进行废水处理是目前的研究热点。除了藻菌选择，合理安排工艺路线，设置工艺参数也是非常关键的，包括水力停留时间、光照循环、通气速率、稀释倍率和固定化等。Posadas等考察了藻菌生物膜反应器和普通细菌生物膜反应器处理城市废水的能力。藻菌生物膜反应器对碳、氮和磷的去除率分别达到91%、70%和85%。碳去除率比普通细菌生物膜反应器高1倍，而且普通细菌生物膜反应器不能去除磷。需要注意的是，藻菌生物膜反应器的水足迹有0.5~6.7L/(m<sup>2</sup>·d)，比普通细菌生物膜反应器要高。在厌氧发酵微藻废水处理的两段法工艺中，如果微藻废水处理后的生物质循环到段，可以显著提高藻絮体的含量，那么第二段废水的排除液体中总悬浮固体颗粒的含量降低，能满足欧盟的排放标准。如果

停留时间是2d，TOC、无机碳和TN的去除率分别可达86%~90%、57%~98%和68%~79%。

水力停留时间是比较关键的操作参数。Arcila等研究发现，水力停留时间短，废水处理量大，但是处理效果未必能达到要求。如果水力停留时间是2d，藻菌聚集体处理城市污水中的COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和TP的去除率都在9%~12%。如果水力停留时间达到6d，COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和TP的去除率分别为92%、96%和29%。如果继续增加水力停留时间到10d，TP的去除率能提高到49%。

光暗循环也是微藻废水处理中的重要参数。同样处理城市污水，Lee等比较了12h 12h光暗循环、12h 60h光暗循环以及12h 60h光暗循环12h 12h光暗循环两段法这3种工艺，两段法的微藻生物量产率和油脂产率均高，分别为282.6和71.4mg/(L·d)，COD、TN和TP的去除率分别为92.3%、95.8%和98.1%。

另外一个重要的参数是通气速率。Tang等研究发现，藻菌共培养系统在低通气速率(0.2L/min)时处理生活污水的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、TN和TP去除率高于活性污泥法。通气速率增加，水力剪切力提高，不利于藻类生长。

在藻菌共培养中，藻和菌的选择都是非常关键。为了去除NH<sub>4</sub><sup>+</sup>，加入硝化细菌后，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>去除速率从单纯的藻类培养的44mg/(L·d)提高到100mg/(L·d)。使用藻菌共培养处理焦化废水，其中的苯酚能够完全降解，而单纯藻类培养只能去除27.3%。同时，藻菌共培养的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>去除率和油脂产率也是单纯藻类培养的2.3倍和1.5倍。藻类的回收在操作成本中占有较大比例。同时固定化恶臭假单胞菌和小球藻比单菌、纯藻、固定化单菌和固定化纯藻处理废水NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、TP和COD去除率都要高，藻菌共培养18h后，城市废水中的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和TP均可完全去除，纯藻或固定化纯藻只能去除80%的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和73%的TP，而单菌和固定化单菌仅能去除30%~40%的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和15%的TP。为了处理加拿大某工业园区的废水，Belanger-Lepine等考察了营养胁迫(氮、磷、铁)、培养模式(自养、异养和兼养)、盐度、pH和废水来源对油脂合成的影响。在这些条件中，pH为7时，油脂含量能达到28%。Iasimone等在400L的跑道池反应器中共培养圆红冬孢酵母和小球藻(接种比例1:2)处理城市废水，TN去除速率2.9mg/(L·d)，TP的去除速率0.96mg/(L·d)，14d后，油脂含量15%。为了形成稳定的藻菌处理废水，环境条件需要优化。为了处理沼渣废液，Jiang等设置温度25℃，混合固体悬浮颗粒质量浓度7g/L，溶氧5mg/L，水力停留时间6h，微藻接种密度0.5mg/L，微藻生物量产率85.14mg/(L·d)，油脂产率20.19mg/(L·d)。Liu等将藻活性污泥共培养6h后，TN和TP的去除率分别为50.4%和35.7%，而好氧活性污泥法的TN和TP的去除率分别为32.8%和25.6%。雌二醇是典型环境污染物，Parlade等利用藻菌共培养室外光生物反应器处理含雌二醇废水，在合适季节去除率大于93.5%，在温度和光照都不利的条件下，24h的去除率也有50%。其中，小球藻发挥的作用大。藻菌共培养中，藻菌之间的相互作用对微藻生长和废水处理都有显著影响。Pastore等以小球藻和缺陷短波单胞菌共培养为研究体系，发现单胞菌更能去除废水中的有机质，并将氮转化成氨，而小球藻在去除氮和磷方面更有利。

合理构建藻菌的互利共生关系至关重要。受菌种、藻种和环境因素影响，藻菌之间可能存在互利共生或者竞争关系。微藻消耗一部分小分子有机物，固碳释放O<sub>2</sub>。释放的O<sub>2</sub>有利于好氧菌代谢，释放的小分子有机物和CO<sub>2</sub>可以被微藻利用。微藻排放的抑菌物质和对培养基pH的影响可能都会对细菌不利。微藻分泌的胞外多糖等可以促进细菌等生长。部分细菌也会产生能促进微

形

些氮磷是细菌、真菌和微藻可以利用的营养物质。微藻废水处理是环境可持续的绿色工艺，探索藻菌共培养降解废水污染物的协同代谢调控机制具有科学意义。传统的废水处理通过硝化和反硝化作用，把废水中的污染物转化成无害的化合物。虽然处理废水中的碳、氮和磷效率很高，但是需要补充能量，营养物质也会损失。传统的废水处理过程非常复杂，过程控制难度大，还会造成温室气体排放。利用微藻进行废水处理，既能降低能耗，又能促进氮磷等营养物质的循环利用。微藻废水处理包括藻类塘、活性藻和固定化藻等形式。藻菌共生污水处理技术在20世纪50年代由Oswald等率先提出，逐步发展为高效藻类塘技术，该技术通过增加搅拌等使得塘中藻类的生长得以强化，在藻类和细菌的协同作用下，有机物、氮、磷和其他污染物的去除效率得到大幅提高。相比于传统污水处理中以细菌和原生动物为主体的活性污泥来说，藻类的蛋白质含量高，收获后可用作动物饲料或饵料。

近年来，微藻废水处理在农业、工业和城市废水的处理中有了新的探索。本文中，笔者综述微藻废水处

理中的藻种选育、藻菌共培养、藻菌絮体、过程集成、可持续开发和技术经济评估等问题。

成稀硫酸。稀硫酸从一、二级动力波洗涤器、冷却塔底部流出经循环泵增压循环使用。二级动力波洗涤器、冷却塔多余的稀硫酸由循环泵出口引出串至动力波洗涤器循环酸系统，再经脱气塔用空气脱除SO<sub>2</sub>后，由脱气塔稀酸泵送往废水系统进行处理。

二级动力波出来的SO<sub>2</sub>气体在电除雾器内除去酸雾后进入干燥塔。干燥塔内用95%硫酸喷淋脱除SO<sub>2</sub>气体中的水份。干燥的SO<sub>2</sub>气体由此吸入二氧化硫风机。二氧化硫风机将干燥的SO<sub>2</sub>气体送入换热器进行升温至转化所需温度后进入转化器在触媒(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)的作用下，大部分SO<sub>2</sub>转化为SO<sub>3</sub>。反应后的气体通过换热器管程降温进入吸收塔，被98%的硫酸吸收，生成98.5%成品硫酸。同时残余的SO<sub>2</sub>气体再经换热器升温至转化所需温度后进入转化器，剩余SO<sub>2</sub>转化为SO<sub>3</sub>。SO<sub>3</sub>气体经换热器降温后进入第二吸收塔，被98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>吸

氯化钙法原理和石灰沉淀法类似，不过氯化钙溶解度高，可以以溶液状态投加到废水中，能够和水中的氟离子更充分地反应。其具有固体渣量少、加药粉尘少、操作简单方便等优点。其缺点在于价格较氢氧化钙贵，在处理高浓度含氟废水时成本较高。另外，由于大多数含氟废水为酸性，在使用氯化钙处理后，需要加碱中和，增加了废水处理的成本。

## 1.2 混凝沉淀法

混凝沉淀法是一种通过在含氟废水中加入具有凝聚能力或者是能够和氟化物产生沉淀的物质，使废水中的氟与其生成大量的胶体和难溶物质，然后通过沉淀、泥水分离的方式来去除水体中氟化物的方法。混凝沉淀法相较于化学沉淀法，不仅所需要投入的药剂量比较少，而且处理量更大，经过一次处理后，氟化物浓度就可以低于10mg/L。而缺点在于，在处理高浓度的含氟废水时，由于需要应用大量的混凝剂，成本比较高，因此通常将化学沉淀法和混凝沉淀法两种方法混合使用，先通过化学沉淀的方式降低废水中氟的浓度，然后加入混凝剂沉降吸附，使废水达到排放标准。

### 1.2.1 无机混凝剂

无机混凝剂主要包括铝盐和铁盐两种，这两种盐水解后产生的氢氧化物矾化能够起到吸附氟离子的作用。另外，Al<sup>3+</sup>、Fe<sup>3+</sup>越能够和氟离子发生络合反应，从而达到去除氟离子的作用。

铝盐混凝沉淀法主要采用硫酸铝、聚合硫酸铝和聚合氯化铝等铝盐，将其加入含氟废水中能够有效去除其中的氟化物，该方法具有良好的除氟效果，需要投入的药剂量比较少，成本比较低，处理过的废水氟化物浓度低于10mg/L。

铁盐混凝沉淀法主要应用硫酸亚铁、聚合硫酸铁和氯化铁等药剂。尤其是聚合硫酸铁，具有很好的除氟效果，相关试验表明，其可以去除废水中96%以上的氟离子，并且对其进行改性处理还能够进一步提高其除氟效率，缩短反应时间。另外，铁盐混凝剂通常是和Ca(OH)<sub>2</sub>一起应用的，这样能够有效提高除氟效率，但是处理过的水需要调节pH，使其达到中性后才可