

# 鑫辉太阳能含氟废水处理工程设计

## 1 概述

### 1.1 公司简介

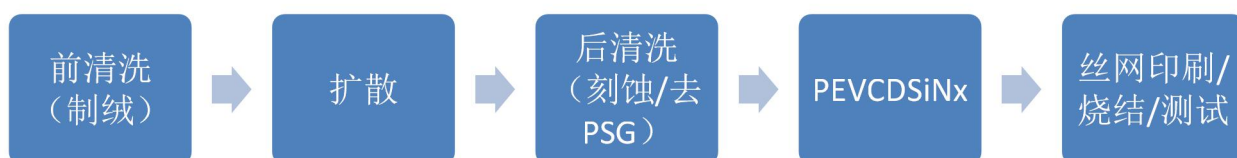
工业革命以来，世界能源消耗剧增，煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗迅速，生态环境不断恶化，特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化，人类社会的可持续发展受到严重威胁。能源资源的有限性和开发利用带来的环境问题，严重制约的经济和社会的可持续发展。

无论从世界还是从中国来看，常规能源都是很有限的，中国的一次能源储量远低于世界的平均水平，大约只有世界总储量的 10%。2008 年 3 月，世界石油期货价格已经达到每桶 110 美元，几乎是 3 年前的 2 倍。全球石化能源的使用将不会再超过 100 年，这就使人类不得不寻找可再生能源。

海润光伏科技股份有限公司是中国最早的光伏企业之一，也是发展最快的光伏企业。海润光伏旗下江阴海润太阳能电力有限公司、奥特斯维能源（太仓）有限公司和合肥海润光伏科技有限公司及控股子公司江阴鑫辉太阳能有限公司，专业从事太阳能电池和太阳能组件的生产，至此海润光伏具备了从硅棒（硅锭）、硅片、太阳能电池、太阳能组件生产的较完整的光伏产业链。

江阴鑫辉太阳能有限公司拟建地点位于江阴市新桥镇工业园区陶新路东、新杨路西、博园路北、苏市村村道。项目建设规模确定为年产 1125MW 太阳能电池组件，其中单晶硅太阳能电池组件 562.5MW/年，多晶硅太阳能电池组件 562.5MW/年，分两期实施，其中：一期建设规模 500MW，二期建设规模 625MW。

太阳能电池生产的基本工艺流程如图 1 所示：



图表 1 太阳能电池基本工艺流程

### 1.2 工程概况

江阴鑫辉太阳能有限公司主要生产晶体硅太阳能电池、组件等产品，在生产过程中产

生三类废水，主要为 NP（氮磷）含氟废水、氟系废水以及含氨氮废水。其中 NP 含氟废水包括 NP 含氟浓水和 NP 含氟清洗水两种；氟系废水包括氟系浓水及氟系清洗水 2 种；氨氮废水另成一类。

NP 含氟浓废水主要由前清洗、后清洗过程产生的挥发性的酸雾由排气系统离心风机抽出经酸雾洗涤塔净化（NaOH 和 S 一定比例混合碱洗处理）后排出的废水和和后清洗过程中的液氨清洗废水。

### （1）前清洗的目的和原理

#### ①前清洗工序的目的：

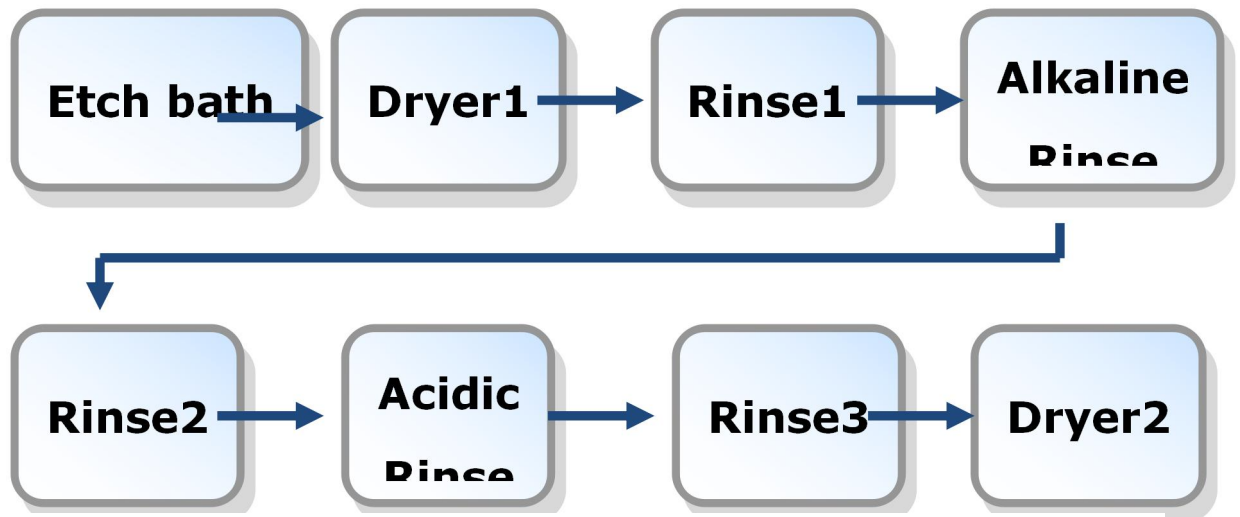
去除硅片表面的机械损伤层（来自硅棒切割的物理损伤）

清除表面油污（利用 HF）和金属杂质（利用 HCl）

形成起伏不平的绒面，增加对太阳光的吸收，增加 PN 结面积，提高短路电流（Isc），最终提高电池光电转换效率

#### ②前清洗工艺步骤： 制绒→碱洗 →酸洗→吹干

RENA Intex 前清洗设备的主体分为以下八个槽，此外还有滚轮、排风系统、自动及手动补液系统、循环系统和温度控制系统等。其流程如图 2 所示



图表 2 前清洗工艺流程

Etch bath: 刻蚀槽，用于制绒。所用溶液为 HF+HNO<sub>3</sub>，作用：

- a. 去除硅片表面的机械损伤层；
- b. 形成无规则绒面。

Alkaline Rinse: 碱洗槽。所用溶液为 KOH，作用：

- a. 对形成的多孔硅表面进行清洗；

b. 中和前道刻蚀后残留在硅片表面的酸液。

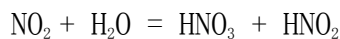
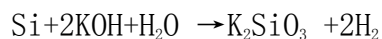
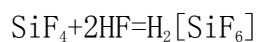
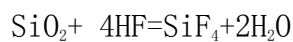
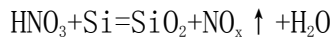
Acidic Rinse: 酸洗槽。所用溶液为 HCl+HF, 作用:

a. 中和前道碱洗后残留在硅片表面的碱液;

b. HF 可去除硅片表面氧化层 ( $\text{SiO}_2$ ), 形成疏水表面, 便于吹干;

c. HCl 中的  $\text{Cl}^-$  有携带金属离子的能力, 可以用于去除硅片表面金属离子。

③酸制绒工艺涉及的反应方程式:



(2) 后清洗目的和原理

扩散过程中, 虽然采用背靠背扩散, 硅片的边缘将不可避免地扩散上磷。PN 结的正面所收集到的光生电子会沿着边缘扩散有磷的区域流到 PN 结的背面, 而造成短路。此短路通道等效于降低并联电阻。

同时, 由于在扩散过程中氧的通入, 在硅片表面形成一层二氧化硅, 在高温下  $\text{POCl}_3$  与  $\text{O}_2$  形成的  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 部分 P 原子进入 Si 取代部分晶格上的 Si 原子形成 n 型半导体, 部分则留在了  $\text{SiO}_2$  中形成 PSG。

后清洗的目的就是进行湿法刻蚀和去除 PSG。

①湿法刻蚀

利用  $\text{HNO}_3$  和 HF 的混合液体对扩散后硅片下表面和边缘进行腐蚀, 去除边缘的 N 型硅, 使得硅片的上下表面相互绝缘。

边缘刻蚀原理反应方程式:



②去除 PSG

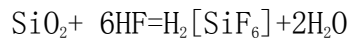
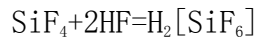
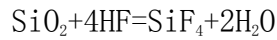
a. 磷硅玻璃的存在使得硅片在空气中表面容易受潮, 导致电流的降低和功率的衰减。

b. 死层的存在大大增加了发射区电子的复合, 会导致少子寿命的降低, 进而降低了

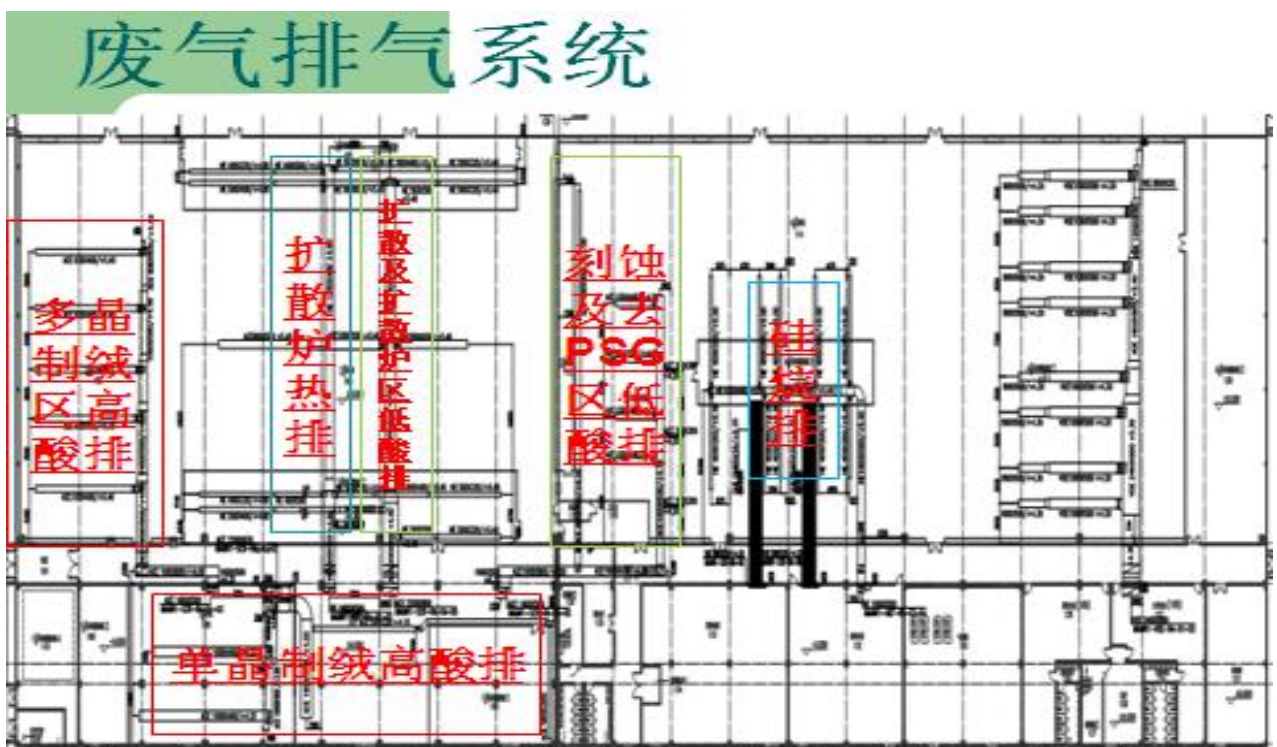
Voc 和 Isc。

c. 磷硅玻璃的存在使得 PECVD 后产生色差。

去 PSG 原理方程式：



由以上分析可知各区域废气排气系统（如图 3 所示）排出的废气为容易挥发 HCl、HF、HNO<sub>3</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、HNO<sub>2</sub> 等，由此可知 NP 含氟废水中含有 NaF、NaNO<sub>2</sub>、NaNO<sub>3</sub>、NaCl 等。

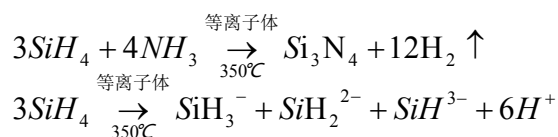


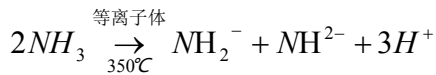
图表 3 各区域排气系统分布图

氟系废水主要是清洗过程中产生的残留液。

氨氮废水主要是 PECVD 镀膜过程中的剩余 N 气经硅烷排系统（如图 3 所示）硅烷净化塔（由水吸收）处理产生的废水，PECVD（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition）即“等离子增强化学气相沉积”。它是借助等离子体使含有薄膜组成原子的气态物质发生化学反应，而在基片上沉积薄膜的一种方法。

主要反应过程：





综上所述，本工程主要针对鑫辉太阳能有限公司氮磷含氟废水零排放系统设计，主要原理是通过对原水的单独收集，单独处理。收集的废水通过碳滤，砂滤，RO 等工艺去除废水中的硝酸根，磷酸根离子，然后产品水回用，而浓水通过蒸发器进行蒸发结晶，固化后外载处理。整个水处理系统没有外排，从而达到NP 的零排放。

## 1.3 设计依据、范围及原则

### 1.3.1 设计依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》；
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》；
- (3) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 253 号；
- (4) 江苏省环保局《江苏省环境工程设计管理规定和技术要求》；
- (5) 《污水排入城市下水道水质标准》(CJ3082-1999)；
- (6) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)；
- (7) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)；
- (8) 《城市污水处理厂污水污泥排放标准》(CJ3025-93)；
- (9) 《地表水环境质量标准》GB3838-2002；
- (10) 《恶臭污染物排放标准》GB14554-1993；
- (11) 《给水排水工程构筑物设计规范》(GB50069-2002)；
- (12) 《建筑给水排水设计规范》(GBJ50015-2003)；
- (13) 《室外排水设计规范》GB50014-2006；
- (14) 《城市生活垃圾及卫生填埋技术规范》(CJJ17-2001)；
- (15) 《给水排水制图标准》(GB/T 50106-2001)；
- (16) 《给水排水设计基本术语标准》(GBJ125-89)；
- (17) 《室外排水设计规范》(GB50014-2006)；
- (18) 《总图制图标准》(GB/T 50103-2001)；
- (19) 《城市污水处理工程项目建设标准》(2001-06-01)；
- (20) 《建筑给水排水设计规范》(GB50015-2003)；
- (21) 《城镇污水处理厂附属建筑物和附属设备设计标准》；

### 1.3.2 设计范围

设计范围包括 NP 含氟废水处理但不限于：废水的收集系统、废水的处理系统、中水回用系统、浓水蒸发系统及排污口整治、工程造价、平面图纸、设备构筑物图纸、工艺流程图、地面高程图等内容。

### 1.3.3 设计原则

(1) 本设计方案遵循国家对环境保护、城市、工业污水治理等有关的政策、法规、标准和规范；严格执行当地有关环境保护的各项规定，污水处理首先必须确保各项出水水质均达到当地环保部门规定的排放标准。

(2) 根据公司的各个车间废水的水质水量，排放规律进行清污分流，同类合并，统一规划，针对不同的水质情况，采取合理的处理工艺。

(3) 针对本工程的具体情况和特点，将成熟可靠的处理工艺和先进的水处理技术有效结合起来，实用性与先进性兼顾，以实用可靠为主，确保各项出水指标达到设计标准，并避免二次污染。

(4) 采用技术先进、高效节能、管理方便的污水处理工艺，处理系统运行有一定的灵活性和调节余地，以适应水质水量的变化。

(5) 设备选型采用通用产品，选购的产品应是技术先进、质量保证、性能稳定可靠、工作效率高、管理方便、维修维护工作量少、价格适中及售后服务好的产品。审慎采用先进的新材料、新设备；

(6) 为确保废水处理站的正常运行，运行设备考虑足够的备用率。设备运行采用现代化的控制模式，系统分散控制、集中管理，减少人员编制。

(7) 在保证处理效率的同时工程设计尽量利用原有设施的原则下，紧凑合理、节省工程费用、减少占地面积、减少运行费用。

(8) 设计美观、布局合理、降低噪声、消除异味及妥善处理固体废弃物，改善处理站及周围环境。妥善处置污水输送、处理过程中产生的栅渣、沉砂、污泥和臭气，避免二次污染。

(9) 结合同行业的处理工艺的先进经验，做到技术可行、经济可靠、确保污水处理效果；同时考虑目前的管理水平，方便操作。

## 2 含氟废水处理研究现状

传统上,含氟废水的处理方法有:电化学法、离子吸附交换法和化学混凝沉淀法等,近来,又出现了液膜分离法及絮凝法等新的处理手段。值得一提是絮凝法,它是在化学混凝沉

淀法的基础上,加入絮凝剂进一步加以处理,特别是近来天然改性高分子絮凝剂的推广应用,使得絮凝剂处理含氟废水不但效果好,速度快,而且成本低,操作简单,易于推广。

## 2.1 化学法

### 2.1.1 电凝聚法

电凝聚法是一种处理低氟含量废水的方法,将浓度为20 mg/L 的含氟废水降为含氟1~2 mg/L以下。其基本原理是将铝镁合金电极置于废水中,通直流电,使电极电离出铝镁离子生成活性絮状沉淀,来吸附除去氟离子。但由于合金电极易钝化而失去作用,有人采用新的电凝聚装置。该法处理后无污染,且设备简单,可连续生产,但只能处理含低氟废水。

### 2.1.2 电渗析法

电渗析法是在外加电场的作用下,用选择透过性膜,使氟离子及水中其它矿物离子都被迁移而除去。国内有人实验用苯乙烯磺酸型阳离子交换膜和乙季铵型阴离子交换膜,可将含氟49.7~18.4 mg/L 左右的水降至7 mg/L 以下。此法操作简单,在除去氟离子时,同时能除去矿物盐;但设备投资大,膜的种类和寿命尚待研究。

## 2.2 离子吸附交换法

离子交换法是利用离子交换剂将水溶液中的氟离子交换吸附除去,代表方法是活性氧化铝法。活性氧化铝对F<sup>-</sup> 有强的选择性和亲和性,而且其表面积大吸附性好,用于含氟废水的深度处理。活性氧化铝一般呈凝胶状,用·mO 表示,处理过程如下:

活化:·mO + (S· (S·mO

除氟:· (S·mO + 6·2Al·mO + 3 S

再生:·2 Al·mO + (S· (S·mO + 2 Al

活性氧化铝法处理含氟废水选择性和效果好,但成本高,交换剂再生频繁,适用于小型水处理工程。

其它方法有:邬文斌等提到用天然沸石处理含氟废水,吸附容量可达71 mg/kg ;也有用粉末活性炭和骨炭除氟;另外用风化煤、粉煤灰等处理含氟废水的研究也有一定进展,用粉煤灰处理含氟废水,可使含氟20~100 mg/L 的原水除氟率达50 %以上,而应用粉煤灰—生石灰体系除氟可使含氟量降至工业废水排放标准以下。

吸附功能纤维是一类具有吸附性能纤维状吸附剂,活性碳纤维是有机纤维经过高温炭化制得的。离子交换纤维是将具有或能转换为离子交换基团的单体或聚合物与能成纤的单体或聚合物共混或共聚,然后纺成纤维,或是通过天然或合成纤维的改性,制得高效的

氟离子吸附剂。国外20世纪50年代就有报道用稀土金属类代替活性氧化铝吸附氟离子,由于稀土金属类化合物吸附量大,现在已经成为研究重点:徐应明等用浸渍—共沉淀法,在SiMCM—41分子筛表面负载氧化铈,制备出对水体中氟离子具有特效选择吸附作用的新型除氟材料;马刚平等采用多次浸渍—干燥—高温焙烧法制备了表面包裹铈氧化膜的硅胶吸附剂,吸附容量达到2.650 mg/g,除氟效率可达90%以上;李永明等也对锆基氟离子吸附剂的使用性能进行了研究;但总的来说,离子吸附交换法设备投资大,交换剂再生困难,要在工业上应用,还需要进行深入研究。

### 2.3 液膜法

所谓液膜法就是由一种表面活性剂构成膜溶液,隔开两个不混溶相(料液相和反萃相),使得料液相中特定的离子通过液膜被萃取到反萃相中。本法对离子有高选择性,速度快,处理量大,而且能处理稀溶液。曾平等以—煤油为液膜体系,溶液为内相试剂处理含氟废水,氟含量由0.5 g/L降至0.01 g/L,经多次处理,可达国家排放标准。但是,虽然液膜法投资省、效率高,但是还需进一步研制新型表面活性剂并进行机理研究,以突破工业化难点。

### 2.4 化学混凝沉淀法

传统上,其分为化学沉淀法和混凝沉淀法:化学沉淀法是向含氟废水中加入某种阳离子与氟离子产生难溶物而与水分离除去,一般用于处理高氟水(10 000 mg/L以下)。混凝沉淀法是向废水中加入混凝剂,混凝剂中的金属离子水解生成细微的胶核与絮体,吸附氟离子产生共沉淀除氟,该法主要进行含氟废水深度处理。如今,两种方法已基本结合起来使用:一般先加阳离子化学沉淀,然后再加混凝剂吸附沉降,以达到处理要求。

化学沉淀法是采用钙盐沉淀法处理,向废水中投加石灰和硫酸钙和氯化钙等可溶性钙盐使和生成沉淀而除去。Money. G. A指出氟浓度10 000 mg/L以下的废水,可用CaO化学沉淀法处理,在pH值等于6时,残氟浓度降至最低50 mg/L;赵薇等采用了二级沉降一级吸附的三级除氟新工艺;武丽敏等在钙盐沉降法的基础上进一步提出加酸返调pH值法;马宝明从经济角度分析了一级、二级中和沉淀法及一级碱过量回调法;也有人具体进行稀土酸性废水处理和普钙高氟废水处理。

但由于钙盐溶解度小,而且生成的沉淀会包裹在氢氧化钙或氯化钙颗粒表面,用量很大。投加石灰乳时,即使废水pH值达到12,也只能使水中氟的质量浓度下降到15 mg/L左右。就算用水溶性较好的除氟,用量一般也需维持在理论用量的2~5倍。因为和生成的

反应速度较慢,而且形成的CaF<sub>2</sub>微细晶粒本身具有一定的溶解度(18℃时为16.3 mg/L),所以达到平衡需较长的时间。为使反应加快,需加入过量的,使投加的钙盐与水中F<sup>-</sup>的物质的量比达2倍以上,的投加量常高达500~1200 mg/L,而且出水口的氟离子浓度很难低于国家排放标准(10 mg/L)。

除了钙盐沉降法以外,提出用铁盐、铝盐、镁盐来沉降或复配处理含氟废水。闫光绪、杨小梅等用电石渣和硫酸亚铁作为除氟剂,通过化学沉淀、配合、絮凝反应处理热电厂含氟废水,硫酸亚铁的投加量为20 mg/L时,去除率达到90%。Bilinski H等将天然白云石在1273 K高温下焚烧1~1.5 h,得到一种CaO、MgO质量分数60%和40%的除氟剂,用于处理含氟为100 mg/L的废水,静置1.5h之后,上层清液氟质量浓度降为5~8 mg/L(投加量为150~200 mg/L)。

### 3 含氟废水处理站设计工艺确定

#### 3.1 设计水质水量

目前产生的NP含氟废水主要来自酸雾洗涤塔, NP含氟废水包括NP含氟浓水和NP含氟清洗水两种; NP含氟废水水量水质如下:

NP含氟废水: 一期水量共计: 900/d 单位时间产生量: 37.5/hr, 设计水质:

项目名称	pH	CODcr (mg/L)	氟化物 (mg/L)	SS (mg/L)
设计水质	1~2	100	1000	100

要求出水水质:

项目名称	pH	CODcr (mg/L)	氟化物 (mg/L)	SS (mg/L)
设计水质	6~8	0	0	0

参考对太仓奥特斯维同类工程水质的处理经验,目前拟对上述采用先分类处理,后对含N的NP含氟废水和氨氮废水合并处理实现零排放。

#### 3.2 废水处理工艺

##### 3.2.1 废水处理工艺选择原则

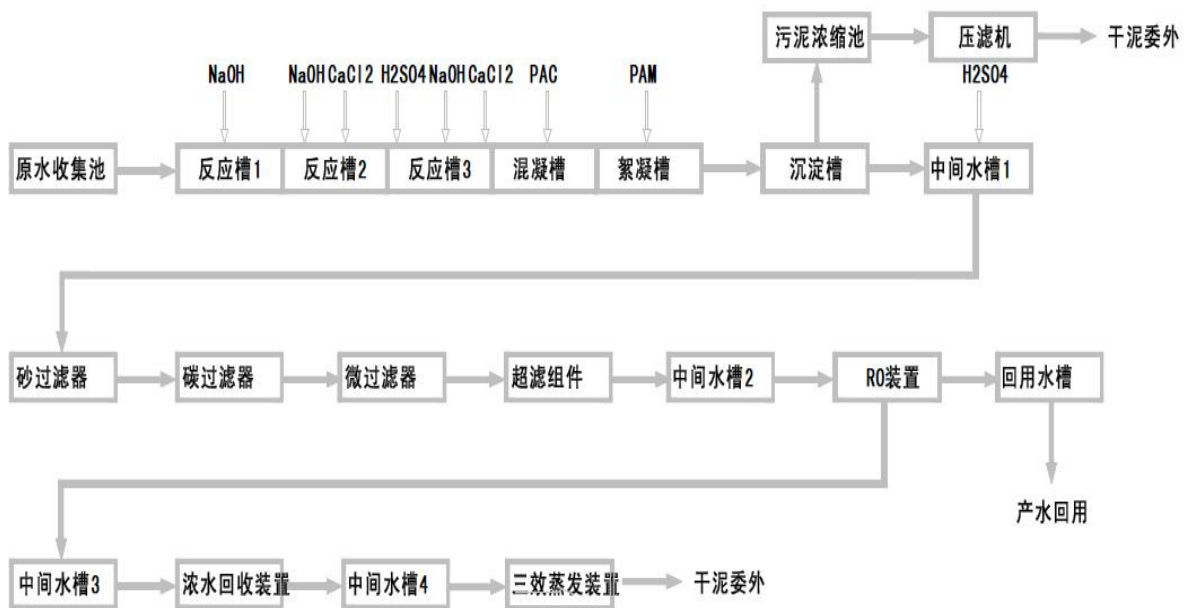
- (1) 选用的废水处理工艺首先应符合国家相应的管理要求和技术规范;
- (2) 采取国内成功并且便于操作的废水处理工艺,在确保废水处理稳定达标的前提下,尽可能降低工程投资及处理运行成本;
- (3) 在传统的处理工艺基础上,辅助先进、可靠的监测和控制方法,提高工程的技术和管理水平。

### 3.2.2 处理工艺的确定

针对上述三种废水的水质，拟定采用如下处理方法：

(一) NP 含氟废水：一期水量共计 900/d，NP 含氟废水中主要目标污染物质为： $F^-$ 和  $PO_4^{3-}$  ( $PO_4^{3-}$ 为微量)，其中  $F^-$ 和  $PO_4^{3-}$ 可通过向废水中加入石灰调节 pH 值至 8~9 之间，并和废水中的  $F^-$ 和  $PO_4^{3-}$ 分别反应形成沉淀和  $Ca_3(PO_4)_2$ 沉淀，依靠重力作用下沉与废水分离，从而使  $F^-$ 和  $PO_4^{3-}$ 从废水中去除； $NO_3^-$ 由于无法与其他离子结合生成沉淀和气体的性质从而从废水中分离，因此本案采用先加药将  $F^-$ 和  $PO_4^{3-}$ 去除后采用“预处理+UF+RO”的全膜法，最终将废水中分离，产水还可回用于生产线上对水质要求不高的地方，离子进入膜的浓缩水部分，采用三效蒸发装置对其蒸发浓缩，变成硝酸钠晶体从而使其分离。本系统的最终产物是三效蒸发装置的残渣，建议业主委外处理。若考虑两期全部水量，土建部分设计处理量需做到 1800/d，按照单位时间进行计算，75/hr。其处理工艺如下：

依据上述分析，考虑最大利用土地资源，依据上述分析设计：



拟建 NP 含氟废水处理规模 2000 /d (已考虑-N 废水处理后的出水 200/d 汇入中间水池)，废水主要来源为洗涤酸雾所产生的废水，废水变化系数  $K_z=1.30$ ；

### 3.2.3 处理工艺简要说明

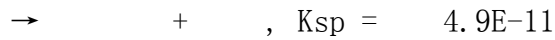
#### (1) 各部分装置原理

◆含氟废水物化处理原理 (本处理原理适用于 NP 含氟废水除氟和氟系废水除氟)

a) 含氢氟废水处理：首先利用原有废水收集池收集浓氢氟废水、稀氢氟废水，在

手提升完成均化水质稳定水量。

- b) 氢氟酸废水处理：在含离子之废水中加入足够之[或]， [或]中之离子会在废中解出来与废水中之离子形成。如下列化学反应方程式所示：



本案采用钙离子和废水中的氟离子反应，产生沉淀，氟离子固化，从而去除废水中的氟，理论上 PH 控制在 8~9，去除氟离子效果最好。为达到良好的处理效果，废水经过两级反应池+初沉池以及混凝池/絮凝槽+二沉池反应沉淀，产生的污泥主要是氟化钙污泥经过压滤机压干后交与有资质的单位处理。

#### ◆NP 零排处理原理

NP 零排放采用“预处理+UF+RO”的全膜法，即中水回用系统，首先用泵将沉淀池产水提升依次经过石英砂过滤器、袋式过滤器，去除废水中的 SS、颗粒杂质及 COD、余氯等等，出水进入超滤膜组件，超滤膜组件可对前级废水进一步净化，去除分子较小的胶体、颗粒物并对后级的反渗透装置起到保护作用。UF 出水经过活性炭过滤器吸收水中的余氯、部分 COD 等，后经过保安过滤器截留前级泄漏的小颗粒物质后进入反渗透系统。

反渗透装置是精脱盐装置，对废水中的硝酸盐、 $\text{NH}_4^-$ 等以离子态存在的盐类、小分子物质等具有极强的去除作用，去除率可到 95%以上，对废水的回收率可达到 70%以上，产水水质较好，可直接回用于生产线对水质要求不高的地方。其余 30%的浓缩水进入三效蒸发装置进行蒸发浓缩。根据硝酸钠在水中溶解度很大，并且随着温度的升高而升高；而氟化钠则在水中溶解度很小，且随着温度的升高其溶解度变化不大的性质，采用蒸发溶液方式，使得氟化钠得以结晶，并且在较高温度下进行分离；而硝酸钠溶解度因对温度较为敏感，因此采用冷却降温的方式，使得其结晶并进行分离。从而将这两种物质进行分开结晶并分离出来。残留物为晶体和乳浊液的混合液，可考虑委外处理。

#### (2) 流程简介

##### ◆氟系废水处理过程（即现有装置处理流程）

- a) 含氟化物废水通过排水管汇集到 HF 集水池，集水池设置提升泵和安装液位控制器，通过液位控制提升泵的启动，将废水打入反应池 1，向其中加入石灰，调节 PH 在 8~9，在碱性条件下，与里面的 F 离子充分反应然后进入反应池 2。
- b) 反应池 2 为精调 ph 至  $8.5 \pm 0.1$ ，通过 PH 表控制 NaOH 或 HCl 的加入，达到调节效果。在碱性条件下，加入  $\text{CaCl}_2$  与里面的微量 F 离子充分反应，使氟离子

最大程度与钙离子结合成  $\text{CaF}_2$  沉淀，达到 F 离子固化。

- c) 出水进入初沉池，在重力作用下 Ca 逐渐沉于沉淀池底部，底部的污泥通过污泥泵输送至污泥沉淀池。
- c) 混凝池通过加入 PAC，使里面的 Ca 胶体凝聚，通过无机混凝作用使小颗粒沉淀变成大颗粒沉淀。
- d) 絮凝槽通过加入有机絮凝剂 PAM，使经过凝聚的沉淀再通过絮凝作用，沉淀再变大，加速下沉效果。出水进入二沉池。
- e) 二沉池沉淀池的作用是固液分离。出水进入中和池经过 pH 微调使之保持在 6~8 之间后排放。

◆中水系统处理过程：

- f) NP 含氟系统物化处理的产水由于含有（以及氨氮废水经过吹脱后的废水），不能排放，统一收集进入中间水池，通过加入酸使 PH 调节至 6~8 后，后进入中水回用系统。
- g) 中间水池设置在线 pH 表、氟表等，废水达标则进入后续中水设备，不达标的通过回流水泵或阀门回流至收集池再处理。
- h) 中间水池的废水首先经过泵提升至石英砂过滤器，去除原水中较大颗粒的悬浮杂质。为提高过滤效果，本设计滤料选用精加工的滤料级石英砂、无烟煤，使用周期长，运行效果好。
- i) 出水经过精度较高的袋式过滤器，截留前级颗粒磨损泄露的颗粒物质以及小颗粒物质，保护后续的设备不受损伤。
- j) 袋式过滤器出水进入超滤装置，利用压力活性膜，在外界推动力(压力)作用下截留水中胶体、颗粒和分子量相对较高的物质，而水和小的溶质颗粒透过膜的分离过程。通过膜表面的微孔筛选可截留分子量为 2000-50 万道尔顿德大分子物质。当被处理水借助于外界压力的作用以一定的流速通过膜表面时，水分子和分子量小于 300—500 的溶质透过膜，而大于膜孔的微粒、大分子等由于筛分作用被截留，从而使水得到净化。超滤可以最大限度地为下游反渗透提供保护，经超滤后，产水的浊度可以小于 0.1NTU，SDI<sub>15</sub><3，可大大降低反渗透膜的受污染程度。
- k) 超滤出水经过活性炭过滤器，主要目的去除原水中的有机物，降低 COD 含量，

以防止污染 RO 膜，本设计选用优质果壳活性炭。为防止滤器运行时产生的酸性水腐蚀不锈钢筒体，活性炭内衬耐高温防腐橡胶。

- l) 为保证出水水量在温度较低的冬季不受影响，进入超滤之前加装换热器，温度低于 10 度时开启。
- m) RO 系统：在压力作用下，使水由较高浓度的一方渗透至较低浓度的一方，从而截留金属离子和有机添加剂，而让水分子透过膜，达到分离浓缩目的。在较高浓度的所有细菌及不纯杂物、可溶性固体物、一些有机物及无机物均不能渗入反渗透膜，确保处理后的废水达到回用要求。RO 系统产生的浓水进入浓水处理系统处理。本系统中，采用 RO 膜系统对废水进行回收，回收率可达 70% 以上，对废水中的各种盐分的去除率可达 90% 以上，产水进入回用水箱可直接回用，浓水进入三效蒸发装置进行浓缩。
- n) 三效蒸发装置，可对浓水回收系统的浓水进行蒸发，最终产生硝酸钠晶体、氟化钠晶体以及其他混合溶液，委外处理。

三效蒸发机组由分离器、蒸发器、预热器、冷凝器及热压泵等组成。在三效蒸发中，把第一效的蒸汽称为生蒸汽，蒸发后产生的蒸汽称为二次蒸汽，把二次蒸汽引入下一效作为加热蒸汽，这就要求下一效蒸发器的压强和沸点都低于前一效，即二次蒸汽起到加热作用，这样一个个串联起来，只用一次蒸汽既可进行多效蒸发，提高了生蒸汽的利用率。

工作原理是用加热的方法，使溶液中部分溶剂气化并除去，从而提高溶液的浓度，促进溶质析出的工艺操作。蒸发过程进行的必要条件是不断地向溶液供给热能和不断地去除所产生的溶剂蒸气，连续的蒸发操作可视为恒温传热。在蒸发过程中溶液的沸点，随着其浓度的增加而逐渐升高。

### 3.2.4 废水处理效果

NH<sub>3</sub>-N 废水经过吹脱装置后 NH<sub>3</sub>-N 浓度可降低至 50ppm，与 NP 含氟废水一起经过中水系统级蒸发装置后可达到零排放。

### 3.3 污泥处理工艺

污泥处理工艺一般采用“重力浓缩+机械脱水+卫生填埋”的处理方式，具体的处理工艺流程如下：

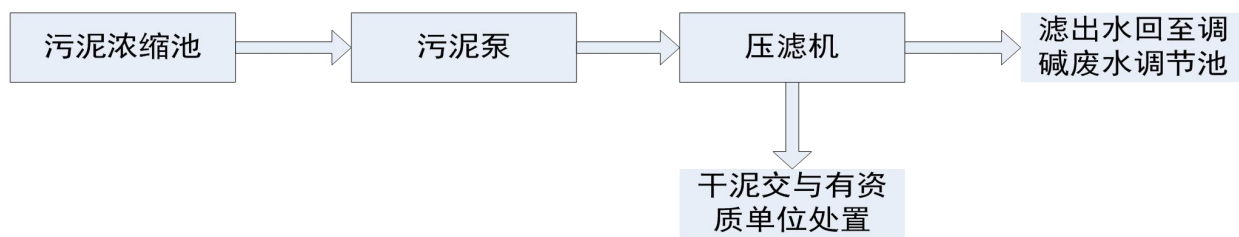


图 2-2 污泥处理流程图

### 3.4 主要工程参数

各构筑物的工艺设计参数如下：

#### 3.4.1 NP含氟废水处理系统

##### (1) 水泵设计计算

废水泵站应考虑下列因素：

(a) 选泵机组泵站的总抽生能力，应按进水管的最大时废水量计，并应满足最大充满度时的流量要求；

(b) 尽量选择类型相同（最多不超过两种型号）和口径的水泵，以便维修，但还须满足低流量时的需求；

(c) 由于工业废水，对水泵有腐蚀作用，故废水泵站尽量采用废水泵，在大的废水泵站中，无大型废水泵时才选用清水泵。

设计计算：

$Q_{\max} = 109m^3/h$ ，本设计采用3台潜水泵（两用一备），

$$Q = 109/2 = 55m^3/h$$

$$H = H_{\text{静}} + 2.0 + (0.5 \sim 1.0) = 5.0 + 2.0 + 1.0 = 8.0m \text{ 取} 10m$$

根据水泵  $Q=55/h$ ， $H=10m$  在《给水排水设计手册》第 11 册上查得采用

##### (2) 浓 HF 废水收集池

设计功能：收集稀 HF 废水，并收集浓 HF 废水，均化水质水量。

构筑物数量：两座。

设计参数：

停留时间  $t \leq 5min$ ，取  $t=5min$ ，

$$V_e = Q_{\max} t / 2 = 1.82 \times 5 = 4.5m^3$$

取 $h_e=3\text{m}$ ， $l:b=2$ ，则 $l=1\text{m}$ ， $b=0.5\text{m}$ ，前区：后区=1：2，管道中心线到池底 $0.5\text{m}$ ，出水口距池壁底 $2.5\text{m}$ 。

则：集水池有效容积尺寸为 $3\times 1.5\times 1\text{m}$ 。

配套设备：

液位计：1套

三叶罗茨鼓风机：2台，风量：3/min，风压：5000mm0， $n=4\text{kW}$

曝气装置：1套

## (2) 反应池 1/反应池 2/反应池 3

设计功能：完成粗调 pH、精调 pH、氟离子与石灰生成氟化钙沉淀的反应。

构筑物数量：2座，地上式，CS/FRP。

设计参数：

设计进水流量 109/h，停留时间  $t\leq 70\text{min}$ ，取  $t=65\text{min}$ ，

$$V_e = Q_{\max} t / 2 = 1.82 \times 65 / 2 = 59.9 \text{m}^3 \approx 60 \text{m}^3$$

尺寸： $4\times 4\times 4.0\text{m}$ （有效水深以 3.8 米计）

有效容积：60.8

停留时间：65min

配套设备：

搅拌机：2台， $r=80\text{rpm}$ ， $n=1.5\text{Kw}$ （不锈钢轴）

液碱加药泵：2台，1"，气动加药阀：4座

硫酸加药泵：2台，1/2"，气动加药阀：2座

石灰加药泵：2台， $Q=10/\text{h}$ ， $P=5\text{Kg}/$ ， $n=4\text{Kw}$

氯化钙加药泵：2台， $Q=90\text{L}/\text{h}$ ， $P=5\text{Kg}/$ ， $n=0.4\text{Kw}$

PH 在线监测仪：PC3100，2套

F 在线检测仪：1套

## (5) 混凝槽/絮凝槽

设计功能：完成氟离子与 PAC、PAM 的混凝、絮凝反应。

构筑物数量：2座，地上式，CS/FRP。

尺寸： $4\times 4\times 4.0\text{m}$ （有效水深以 3.8 米计）

有效容积：60.8

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/906024220141010205>