



中国工程建设标准化协会标准

饮用水除氟设计规程

DESIGN STANDARD FOR
REMOVAL OF FLUORIDES FROM
DRINDING WATER



1993 北 京

中国工程建设标准化协会标准

饮用水除氟设计规程

**DESIGN STANDARD FOR REMOVAL OF
FLUORIDES FROM DRINKING WATER**

CECS 46 : 93

主编单位：中国市政工程华北设计院

批准部门：中国工程建设标准化协会

批准日期：1993年2月3日

前 言

我国高氟水分布广泛，范围遍及全国各省、市和自治区。氟中毒严重地损害着广大群众的健康，是我国一种主要地方病。为了保障人民的身体健康，改善饮用水水质，我国已进行了大量的除氟试验，目前已掌握了活性氧化铝、电渗析、电凝聚、絮凝沉淀、骨炭等方法，并在一些典范工程中实施和形成系列处理方法。为满足饮用水除氟工程设计和管理的需要，特编制《饮用水除氟设计规程》。

现批准《饮用水除氟设计规程》为中国工程建设标准化协会标准，编号为 **CECS 46 : 93**。在使用过程中如发现有需要修改、补充之处，请将意见或有关资料寄交中国工程建设标准化协会城市给水排水委员会（上海市国康路 3 号，邮政编码 200092）。

中国工程建设标准化协会

1993 年 2 月 1 日

目 次

1	总则	1
2	活性氧化铝法	2
2.1	一般规定	2
2.2	滤料	2
2.3	吸附	2
2.4	再生	3
2.5	滤池	4
2.6	除氟站	5
3	电渗析法	7
3.1	一般规定	7
3.2	工艺设计	7
3.3	电渗析主机	10
4	电凝聚法	12
4.1	一般规定	12
4.2	工艺流程	12
4.3	电解槽	12
4.4	电器设备	13
5	絮凝沉淀法	14
	附录 A 本标准用词说明	15
	附加说明	16

1 总 则

- 1.0.1** 为指导我国饮用水除氟工程的设计,提高我国饮用水除氟设计技术水平、改善病区人民健康状况,特制定本标准。
- 1.0.2** 饮用水氟化物含量应符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)的规定,当氟化物含量大于 **1.0mg/L** 时应进行除氟处理。
- 1.0.3** 本规程包括活性氧化铝法、电渗析法、电凝聚法、絮凝沉淀法的有关技术规定。
- 1.0.4** 本规程适用于新建、扩建或改建的城镇、工业企业及农村的永久性饮用水除氟工程的设计。
- 1.0.5** 需饮用水除氟的给水工程,其供水方式宜实行分质供水。对扩建、改建工程应充分利用原有的设施。
- 1.0.6** 设计饮用水除氟工程时,除应符合本规程规定外,还应符合《室外给水设计规范》(GBJ 13—86)及国家现行有关标准的规定。
- 1.0.7** 除氟净化过程中产生的废水及泥渣排放应符合《污水综合排放标准》(GB 8978—86)和《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—84)的规定。

2 活性氧化铝法

2.1 一般规定

- 2.1.1 本规范适用于以活性氧化铝为滤料的除氟工艺。
- 2.1.2 除氟滤池的原水含氟量宜小于 10mg/L，悬浮物不宜超过 5mg/L。
- 2.1.3 当原水中含砷量超过 0.05mg/L 时，应通过试验确定除氟的工艺参数。

2.2 滤料

- 2.2.1 活性氧化铝的粒径不得大于 2.5mm，一般宜为 0.4~1.5mm。
- 2.2.2 活性氧化铝应有足够的机械强度。

2.3 吸附

- 2.3.1 在原水接触滤料之前，宜降低 pH 值，其降低值应通过技术经济比较确定，一般宜调整到 6.0~7.0 之间。
- 2.3.2 原水可采用投加硫酸、盐酸、醋酸等酸性溶液或投加二氧化碳气体降低 pH 值，投加量应根据原水碱度和 pH 值计算或通过试验来确定。
- 2.3.3 滤池的滤速可按下列两种方式采用：
 - (1) 当滤池进水 pH 值大于 7.0 时，应采用间断运行方式，其设计滤速为 2~3m/h，连续运行时间 4~6h，间断 4~6h。
 - (2) 当进水 pH 值小于 7.0 时，可采用连续运行方式，其滤速为 6~10m/h。
- 2.3.4 原水通过滤料层的流向可采用自下而上或自上而下方式。

当采用硫酸溶液调节 pH 值时,宜采用自上而下方式。当采用二氧化碳调节 pH 值时,宜采用自下而上方式。

2.3.5 单个滤池除氟周期终点出水的含氟量可稍高于 1mg/L,并应根据混合调节能力确定终点含氟量值,但混合后处理水含氟量应不大于 1.0mg/L。

2.3.6 滤料的周期吸附容量主要根据原水含氟量、pH 值、滤速、滤层厚度、终点含氟量及滤料性能等因素来选定。

(1) 当采用硫酸溶液调节 pH 值为 6.0~6.5 时,一般可为 4~5g (F) /kg (AL₂O₃)。

(2) 当采用二氧化碳调节 pH 值为 6.5~7.0 时,一般可为 3~4g (F) /kg (AL₂O₃)。

2.3.7 单个滤池滤料厚度按下列规定采用:

(1) 当原水含氟量小于 4mg/L 时,滤料厚度宜大于 1.5m;

(2) 当原水含氟量在 4~10mg/L 时,滤料厚度宜大于 1.8m。

注:当采用硫酸调 pH 值,规模较小、滤速转低时,滤层厚度可降为 0.8~1.2m。

2.4 再 生

2.4.1 当滤池出水含氟量达到终点含氟量值时,滤料应进行再生处理。再生液宜采用氢氧化钠溶液,也可采用硫酸铝溶液。

2.4.2 当采用氢氧化钠再生时,再生过程可分为首次反冲、再生、二次反冲(或淋洗)及中和四个阶段。当采用硫酸铝再生时,上述中和阶段可以省去。

2.4.3 首次反冲洗滤层膨胀率可采用 30%~50%,反冲时间可采用 10~15min,冲洗强度视滤料粒径大小,一般可采用 12~16L/m²·s。

2.4.4 再生溶液宜自上而下通过滤层;再生液流速、浓度和用量可按下列规定采用:

(1) 氢氧化钠再生:可采用浓度为 0.75%~1%NaOH 溶液,氢氧化钠的消耗量可按每去除 1g 氟化物需要 8~10g 固体氢氧化钠来计算。再生液用量容积为滤粒体积的 3~6 倍,再生时间为 1

~ 2h, 再生液流速为 3~10m/h。

(2) 硫酸铝再生: 浓度为 2%~3%, 硫酸铝的消耗量可按每去除 1g 氟化物需要 60~80g 固体硫酸铝 $\{AL_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O\}$ 来计算。再生时间可选用 2~3h, 流速可选用 1~2.5m/h。

再生后滤池内的再生溶液必须排空。

2.4.5 二次反冲强度可采用 3~5L/m²s, 流向自下而上通过滤层, 反冲时间可采用 1~3h。淋洗采用原水以 1/2 正常过滤流量, 从上部对滤粒进行淋洗, 淋洗时间 0.5h。

2.4.6 采用硫酸铝作再生剂, 二次反冲终点出水 pH 值应大于 6.5, 含氟量应小于 1mg/L。

2.4.7 采用氢氧化钠作再生剂, 二次反冲(或淋洗)后应进行中和。中和可采用 1%硫酸溶液调节进水 pH 值至 3 左右, 进水流速与正常除氟过程相同, 中和时间为 1~2h, 直至出水 pH 值降至 8~9 时为止。

2.4.8 首次反冲、二次反冲、淋洗以及配制再生溶液均可利用原水。

2.4.9 首次反冲、二次反冲、淋洗及中和的出水均严禁饮用, 必须废弃。

2.5 滤池

2.5.1 滤池可采用敞开式或压力式, 一般为圆型罐体。

2.5.2 浓酸应稀释后投加, 应注入原水管的中心。二氧化碳气体的投加应通过微孔扩散器来完成。

2.5.3 滤池的结构材料应满足下列条件:

- (1) 符合生活饮用水水质的卫生要求;
- (2) 适应环境温度;
- (3) 适应 pH2~13;
- (4) 易于维修和配件的更换。

2.5.4 当采用滤头布水方式时, 应在吸附层下面铺一层厚度 50~150mm, 粒径 2~4mm 的石英砂作为承托层。

2.5.5 计算滤池的高度时，滤层表面至池顶高度宜采用 1.5~2.0m。

2.5.6 反冲洗进水管必须按首次反冲洗强度来选择管径，敞式滤池反冲水管可不安装阀门。

2.5.7 滤池应设置下列配件：

- (1) 进、出水取样管；
- (2) 进水流量指示仪表；
- (3) 观察滤层的视镜。

2.6 除氟站

2.6.1 除氟处理前必要时可进行预处理，消毒工艺应放在除氟处理工艺的后面。除氟站应设置废液处理装置。再生活性氧化铝废液，二次反冲废水，淋洗废水及中和废水必须经处理后方可排放。

2.6.2 除氟工艺可按连续运转设计，当站内有调节构筑物时，可按最高日平均时供水量设计；当无调节构筑物时，应按最高日最高时供水量设计。

2.6.3 滤池应建造在室内，其布置应留有足够的空间，以保证阀门和仪器操作方便。

2.6.4 多个滤池运行可根据实际情况确定串联或并联运行。

2.6.5 多个滤池的运行周期应互相错开，处理水可选择管道混合或储水池混合。

2.6.6 设置储水池时，其最小容积可按 50% 的最高日用水量计算。

2.6.7 在接触酸的区域附近必须为操作人员设置紧急淋浴和洗眼设备，操作人员工作时必须穿防护服。必须准备中和酸碱的化学品（如碳酸氢钠和硼酸溶液）处置溢漏，在可能出现溢漏的地区必须有盛装的容器。

2.6.8 除氟站应设置化验台，主要检测氟化物和 pH 值。

2.6.9 除氟站的管道一般可组成如下：

- (1) 原水进水管；
- (2) 处理水出水管；
- (3) 废水排放管；
- (4) 酸液管（或二氧化碳气体管）；
- (5) 再生液（碱液或硫酸铝液）管；
- (6) 取样管。

酸、碱溶液管道的材料应采用塑料(例如聚氯乙烯)或不锈钢。

2.6.10 可用化学沉淀或蒸发的方法处理废水，浓缩的废水或沉淀物可进行填埋或者回收氟化物。

3 电渗析法^①

3.1 一般规定

- 3.1.1 电渗析法适用于含盐量大于 500mg/L, 小于 10000mg/L, 氟化物含量大于 1.0mg/L 小于 12mg/L 的原水。
- 3.1.2 进入电渗析器的原水水质应符合下列条件:
- (1) 浊度 5 度以下。
 - (2) 耗氧量 < 3mg/L (COD_{Cr}法)。
 - (3) 铁 < 0.3mg/L。
 - (4) 锰 < 0.3mg/L。
 - (5) 游离余氯 < 1mg/L。
 - (6) 细菌总数不宜大于 1000 个/mL (符合饮用水源标准)。
 - (7) 水温 5°~40℃。
- 3.1.3 当原水水质指标超出 3.1.2 规定时, 应进行相应预处理。
- 3.1.4 系统中的储水池、阀门、管道、泵等元器件, 应采用无毒工程塑料、不锈钢或混凝土等材料。
- 3.1.5 经处理后出水含盐量不宜 < 200mg/L。
- 3.1.6 经处理后出水含碘量低于 10μg/L 时应采取加碘措施。

3.2 工艺设计

3.2.1 一般可采用下列工艺流程:



(2) 电渗析可与活性氧化铝或离子交换等方法串联使用。

3.2.2 电渗析除氟的主要设备应包括: 电渗析器、倒极器、精

① 本规程仅包括电渗析部分。

密过滤器、原水箱或原水加压泵、淡水箱、酸洗槽、酸液泵、浓水循环箱、供水泵、压力表、流量计、配电柜、硅整流器、变压器、操作控制台、大修洗膜池、化验检测仪器等。

3.2.3 原水水箱容积应按大于时供水量的 2 倍来计算。

3.2.4 电渗析器及主要辅助设备可按下列要求选择：

(1) 电渗析器：应根据原水及供水水质要求和氟离子的去除率选择主机型号、流量、级、段和膜对数。

(2) 倒极器：1) 倒极器操作可采用手动或气动、电动、机械等自动控制倒极方式。2) 自动倒极装置应同时具有切换电极极性和改变浓淡水方向的作用。3) 倒极周期应根据原水水质及工作电流密度确定，一般频繁倒极周期宜采用 0.5~1h，定期倒极周期不应超过 4h。

(3) 浓水箱：其有效容积除满足全系统用水外，还应留有 1~2m³ 储存量。

(4) 水质化验检测仪表：氟离子测定仪、温度计、电导仪、浊度计、pH 计等。

3.2.5 电渗析主机酸洗周期可根据原水硬度、含盐量确定，当除盐率下降 5% 时，应停机按下列规定进行酸洗。

(1) 周期：采用频繁倒换电极方式时，可为 1~4 周。

(2) 方式：动态循环。

(3) 时间：一般可为 2h，以出水 pH 值不变为终点。

(4) 酸洗液：宜采用工业盐酸，浓度可为 1.0%~1.5%，但不得大于 2%。

3.2.6 电渗析器大修每年不应少于 1 次。

3.2.7 配电设备或动力设备应按下列要求设计：

(1) 与电渗析主机间距应能满足检修空间，并应采取防潮，防火措施。主要通道净宽应大于 1.5m。

(2) 变压器容量应根据原水含盐量、含氟量及倒换电极时最高冲击电流等因素确定，一般应为正常工作电流的 2 倍。

(3) 电渗析器必须采用可调的直流电源。

(4) 电渗析控制台应满足整流、调压、倒极操作及电极指示等要求。

3.2.8 处理站内可采用明渠或地漏排水。

3.2.9 电渗析淡水、浓水、极水流量可按下列要求设计：

(1) 淡水流量可根据处理水量确定。

(2) 浓水流量可略低于淡水流量，但不得低于 2/3 的淡水流量。

(3) 极水流量一般可为 1/3~1/4 的淡水流量。

3.2.10 进入电渗析器的水压不应大于 0.3MPa。

3.2.11 电渗析器工作电压可根据原水含盐量、含氟量及相应去除率，或通过极限电流试验确定。

膜对电压可按表 3.2.11 选用。

电渗析器膜对电压 表 3.2.11

用途	原水含盐量 (溶解性总固体) (mg/L)	原水含氟量 (mg/L)	不同厚度隔板的膜对电压 (V/对)	
			0.5~1mm	1~2mm
除氟除盐	500~1000	1.0~12	0.3~1.0	0.6~2.0

3.2.12 电渗析器工作电流可根据原水含盐量、含氟量及相应去除率，或通过极限电流试验确定。

电渗析器的电流密度可按表 3.2.12 选用。

电渗析器电流密度 表 3.2.12

原水含盐量 (mg/L)	<500	500~2000	2000~10000
电流密度 (mA/cm)	0.5~1.0	1~5	5~20

3.2.13 浓、淡水进出连通孔流速一般可采用 0.5~1m/s。

3.2.14 电渗析除氟站位置应尽量靠近用水设备，输水应选择最短撻离。电渗析主机应设置在底层。

3.2.15 电渗析流程长度、级、段数应按脱盐率确定，脱盐率可

按公式 3.2.15 计算：

$$Z = \frac{100Y - C}{100 - C} \dots\dots\dots (3.2.15)$$

式中 Z ——脱盐率（%）；

Y ——脱氟率（%）；

C ——系数。重碳酸盐水型 C 为-45；氯化物水型 C 为-65；硫酸盐水类 C 为 0。

3.3 电渗析主机

3.3.1 离子交换膜应符合下列要求：

(1) 离子交换膜应采用选择透过率大于 90% 的硬质聚乙烯异相膜，其厚度宜采用 0.5~0.8mm。

(2) 离子交换阳膜的阳离子迁移数应大于 0.9。离子交换阴膜的阴离子迁移数应大于 0.9。

(3) 离子交换膜必须无毒性。

(4) 离子交换膜应有较好的化学稳定性；一般在正常工作条件下，应连续工作一年以上性能不变。

(5) 离子交换膜应有良好的机械强度和尺寸稳定性。膜应平整，无孔洞，无裂缝。膜的爆破强度应大于 0.3MPa。在使用中不因溶液浓度、湿度变化而变形。

3.3.2 隔板及隔网应符合下列要求：

(1) 隔板厚度一般可采用 0.5~2.0mm。

(2) 隔板材质应耐酸碱，不受温度变化，必须无毒性，一般可采用聚丙烯或硬质聚氯乙烯。

(3) 隔板尺寸一般为：400mm×800mm、400mm×1200mm、400mm×1600mm、800×1600mm。

(4) 隔网厚度和孔眼分布应均匀，材质必须无毒性。隔网可采用编织网、冲模网、鱼鳞网等。

3.3.3 电极应具有良好导电性能、电阻小、机械强度高、化学及电化学稳定性好。一般可采用高纯石墨电极、钛涂钉电极；当采用

不锈钢电极时水中氯离子含量应小于 **100mg/L**；若采用其它材质时，则应符合《生活饮用水卫生标准》，严禁采用铅电极。

3.3.4 在处理高浓度含氟苦咸水时，为不使淡水受污染，应设置保护室。

3.3.5 夹紧装置应在压紧时均匀受力，可用镀锌螺杆，夹紧装置可分别采用钢板、槽钢组合或铸铁压板。锁紧压力以不内渗外漏为度，一般不宜超过 **0.35MPa**。

4 电 凝 聚 法

4.1 一 般 规 定

- 4.1.1 本法适用原水含氟量小于 20mg/L。
- 4.1.2 原水进电凝聚器前应加酸降低 pH 值，并应通过试验确定经济技术上最佳的 pH 值，一般可调到 5.5~7.0。

4.2 工 艺 流 程

4.2.1 一般工艺流程如下（见图 4.2.1）：

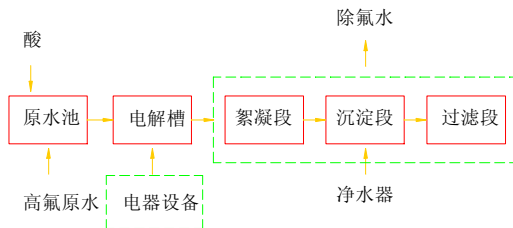


图 4.2.1 电凝聚除氟工艺流程图

4.2.2 原水池的容积可按 1h 设计水量确定。

4.3 电 解 槽

- 4.3.1 电解槽的电路选择按照电极的极性可分为单极性电极串联电路和双极性电极串联电路两种。
- 4.3.2 电解槽的设计参数可按下列规定采用：
- (1) 铝的消耗量可按每去除 1g 氟需要 6~10g 金属铝来计算。
 - (2) 电解槽电极板的电流密度可采用 10~15A/m²。

(3) 电解铝极间距可采用 3~10mm。

4.3.3 电解槽可采用下部进水,上部出水,并应保证配水及集水均匀。

4.3.4 电解槽应采用自动倒极装置,倒极周期可采用 5~10min。

4.3.5 电解槽运行到电流效率急剧降低时,必须更换电极,并对极板进行机械净化。

4.3.6 电解槽的工作电流根据水中必须加进的每小时耗铝量及铝的电流效率确定。电解槽中的电压可根据电极联结系统和电极电阻抗的电压进行计算。电解槽上的工作电压不应超过 36V。

4.4 电 器 设 备

4.4.1 电解槽工作必须采用直流电源,一般可采用可控硅整流器。

4.4.2 电器设备控制台应设置直流电压表、电流表及电源开关。直流电压表的额定值应为工作电压的 2 倍,直流电流表的额定值应为正常工作电流的 2 倍。

4.4.3 变压器容量可根据原水含盐量、含氟量及最高冲击电压确定,一般应为正常工作容量的 2 倍。

4.4.4 电器设备应设置过流保护、断相保护和报警等装置。

4.4.5 电器设备应设置倒极装置,一般可采用自动倒极。

4.4.6 电器设备与电解槽及净水装置的安装应留有维修及操作的间距,并应采取防潮,防火措施。

5 絮凝沉淀法

5.0.1 本法适用于处理水量 $\leq 30\text{m}^3/\text{d}$ ；含氟量 $\leq 4\text{mg/L}$ 的原水。

5.0.2 原水水温适宜范围 $7^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{C}$ 。

5.0.3 本法所使用药剂宜采用铝盐。

5.0.4 药剂（按 Al^{3+} 计）投加量应通过实验确定，一般宜为原水含氟量的10~15倍。

5.0.5 投加药剂后应控制水中碱度，使pH值保持在6.5~7.5。

5.0.6 本法可采用下述两种流程，宜优先选用流程（1）。



5.0.7 运行方式与设计参数：

(1) 药剂应与原水充分混合，混合方式可采用泵前加药或管道混合器混合。

(1) 絮凝可采用底部切线进水的旋流絮凝型式。

(3) 沉淀宜采用静止沉淀方式。

(4) 沉淀时间应通过实验确定。一般情况采用流程（1）时，宜采用4h；采用流程（2）时，宜采用8h。

5.0.8 滤池的滤速、滤料、级配、反洗周期、反洗强度等应符合《室外给水设计范规》（GBJ 13—86）的规定。

附录 A 本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

附加说明

主编单位：中国市政工程华北设计院

参编单位：同济大学

上海市政工程设计院

主编人：刘晓园

主要起草人：徐国勋、朱列平、郑义滔