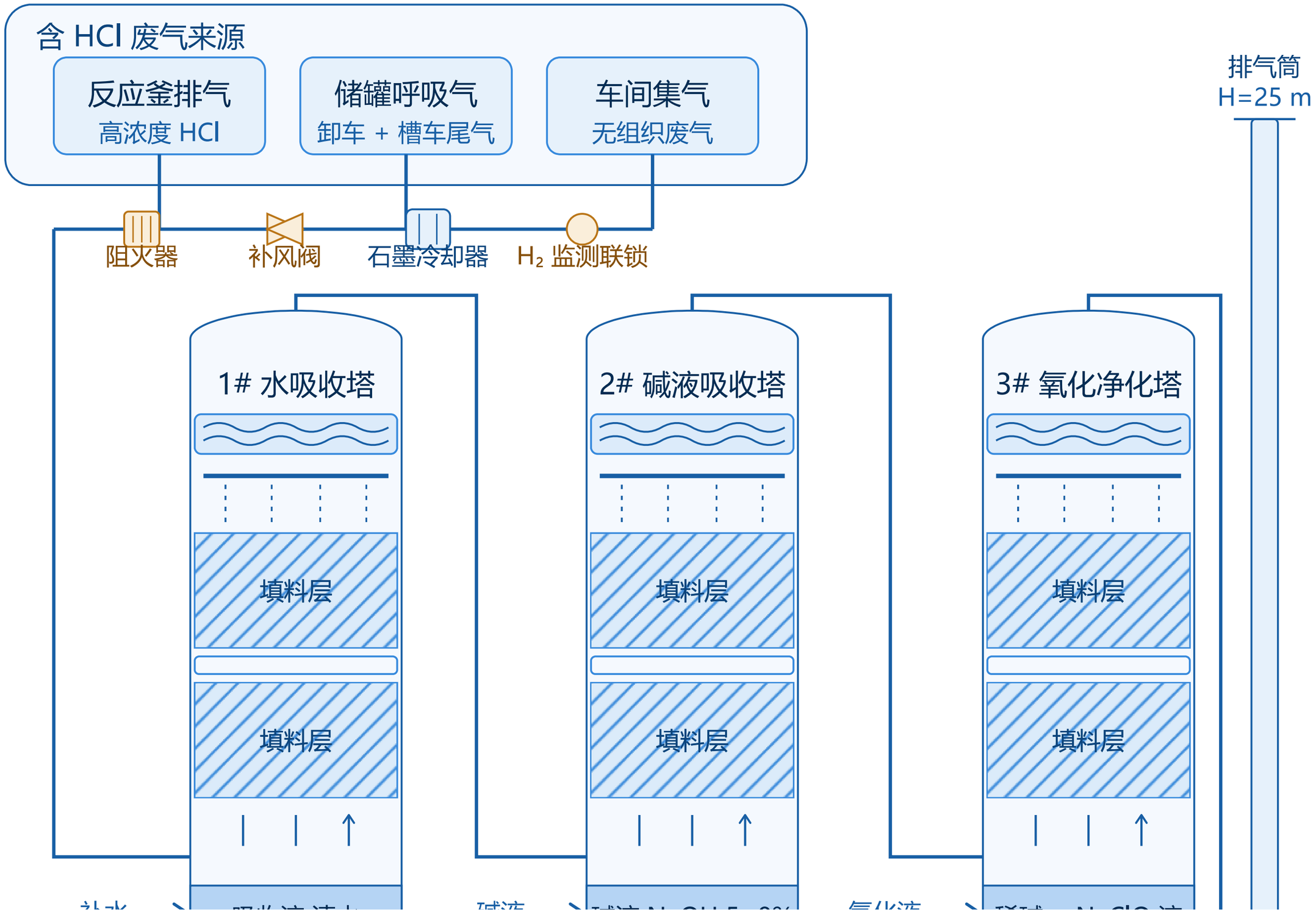
氯化氢（HCl）气体去除工艺　三级吸收塔 工艺设计图

适用范围：化工、精细化工、金属表面处理、原料药等工序产生的高浓度氯化氢废气；工艺思路：一级回收 + 二级中和 + 三级深度净化，兼顾资源回收与达标排放

氯化氢气体去除工艺 · 三级吸收塔尾气回收系统







一、设计条件（进气参数）

项目	数值	说明
处理风量	10 000 m³/h	已含补风稀释量；按排气峰值 + 20% 余量选取
废气温度	出口 85~95 ℃，进塔 ≤45 ℃	反应放热工况必须冷却后进塔，否则塔体变形、吸收效率骤降
HCl	3 000~8 000 mg/m³	主污染物，同时是可回收资源
H_2（氢气）	视工况而定	部分工艺（如活泼金属与酸反应）会伴生氢气，属 ⅡC 类爆炸性气体，需按爆炸危险环境设防
粉尘	≤200 mg/m³	填料堵塞主因，宜在塔前尽量除去
其他	微量恶臭组分	由三级塔氧化段协同去除

二、三塔工艺分工

项目	1# 水吸收塔	2# 碱液吸收塔	3# 氧化净化塔
吸收液	清水（或稀酸循环）	NaOH 5%~8%（亦可用石灰乳）	稀碱液 + NaClO 氧化液
去除对象	HCl 主体（兼除尘、降温）	残余 HCl	痕量 HCl 深度脱除 + 恶臭组分氧化
控制指标	回收液浓度 15%~20%（密度/酸度）	pH 8.5~9.5 自动加碱	pH 9.0~10.0，ORP 自控加氧化液
出口浓度	HCl ≤400 mg/m³	HCl ≤40 mg/m³	HCl ≤10 mg/m³
副产物去向	回收稀酸回用于生产配料（直接回用，有经济价值）	含盐废液 → 厂区污水站中和	含盐废液 → 厂区污水站

三、主要设计参数（三塔同规格，备件通用）

参数	取值
塔内径 DN	1 600 mm
空塔气速	1.38 m/s（宜 1.2~1.5）
塔体总高	约 7 500 mm

参数	取值
除雾器	PP 丝网，厚 150 mm，塔顶一级
塔釜有效容积	3.0 m³（停留约 7 min）
单塔阻力	≤1 200 Pa

填料	PP 鲍尔环 DN50，比表面积 110 m²/m³
填料层	2 段 × 2 500 mm，段间设液体再分布器
喷淋层	每层 4 个 PP 螺旋喷嘴，120° 覆盖
液气比 L/G	2.5 L/m³
循环量	25 m³/h
喷淋密度	12.4 m³/(m²·h)

系统总阻力	≤3 800 Pa（含管路、除雾）
循环泵	Q=25 m³/h，H=25 m，3 kW，氟塑料合金，3 用 1 备
操作压力	全系统负压 −1 500 ~ −2 500 Pa
排气筒	DN600，H=25 m，含采样平台与取样口
引风机	12 000 m³/h，全压 4 200 Pa，22 kW，Ex d IIC T4

四、设备一览表

序	名称	规格	材质	数量	备注
1	石墨冷却器（或急冷洗涤器）	90 ℃ → 45 ℃，F=30 m²	石墨 / PP	1	高温工况必设，冷凝液回流反应釜
2	吸收塔	DN1600 × H7500	PP 缠绕 / 钢衬 PO	3	含塔釜、喷淋、填料、除雾
3	循环泵	25 m³/h，H=25 m，3 kW	氟塑料合金（F46）	4	3 用 1 备，机封外接冲洗水
4	加药装置	PE 药箱 1 m³ + 计量泵 40 L/h	PE / PVDF 泵头	2	碱、氧化液各一套，配 pH/ORP 自控
5	管道阻火器	DN500，阻爆燃型	碳钢衬 PO / 不锈钢芯	1	装在进塔总管末端
6	补风电控调节阀	DN300，电动	PP + 电动执行器	1	由 LEL 检测仪联锁
7	H_2 在线检测仪	0~100% LEL	—	2	总管 1 台 + 风机房 1 台
8	防爆引风机	12 000 m³/h，4 200 Pa，22 kW	FRP 叶轮，Ex d IIC T4	1	变频，配隔音罩
9	排气筒	DN600，H=25 m	PP/FRP，自带采样平台	1	避雷接地，高出周边 3 m 以上
10	在线仪表	pH 计 ×2、ORP ×1、液位 ×3、密度 ×1、压差 ×3	PVDF / 四氟电极	1 套	压差用于判断填料堵塞

五、材质与防腐

- **塔体**：进塔气温 ≤45 ℃ 时优先 PP 整体缠绕塔（性价比最好）；若冷却失效风险高，选钢衬 PO/PE 或钢衬胶，耐温可达 80 ℃。
- **填料、喷淋管、除雾器**：均用 PP；不可使用 304/316 不锈钢，Cl^- 环境下点蚀与应力腐蚀开裂很快。
- **管道**：PP-FRP 复合管或钢衬 PO；FRP 段需做导静电处理。
- **泵**：氟塑料合金离心泵（F46 衬里），禁止用普通铸铁泵。
- **密封**：垫片用三元乙丙橡胶或四氟包覆垫。

氢气防爆专项（伴生氢气工况的强制要求）

- H_2 属 IIC 类、T1 组，爆炸极限 4.0%~75.6%，最小点火能仅 0.019 mJ——静电火花即可引燃。
- ① 稀释：总管连续补风，控制 H_2 体积浓度 < 1.0%（即爆炸下限的 25%）为设计基准。
- ② 检测联锁：LEL 达 25% 报警并自动开大补风阀；达 50% 联锁停止投料、加大稀释风并声光报警。
- ③ 隔爆：管道阻火器 + 防爆引风机（Ex d IIC T4）+ 防爆电气，风机设在末端抽负压，不在正压段设风机。
- ④ 静电：全系统（含 FRP/PP 管道）跨接接地，接地电阻 < 100 Ω，法兰间铜片跨接。
- ⑤ 动火：检修前必须氮气置换至 H_2 < 0.4% 方可动火，禁止带料焊接。

六、运行与维护要点

- **一级塔**：回收液浓度控制在 15%~20%。浓度过高吸收推动力下降且加剧腐蚀，过低则回用水量大、水平衡失衡。
- **二级塔**：用 NaOH 时 pH 不宜长期 >10，会大量吸收 CO_2 生成碳酸钠结晶堵塞填料与喷嘴；改用石灰乳更经济但需加强排泥与清洗。建议配置喷淋管路反冲洗口。
- **三级塔**：pH 降到 8.5 以下即需补碱；氧化性按 ORP 或残余有效氯 200~500 mg/L 控制，兼顾除臭与设备安全。
- **堵塞防控**：工艺粉尘 + 盐类结晶是主要堵源。单塔压差超过 1 500 Pa 即应检查；一级塔前设预洗涤/除沫可显著延长填料寿命。

- **冬季**：PP 塔体及室外管道需保温防冻，停车时排净塔釜与泵体存液。
- **采样**：排气筒设规范化采样孔与采样平台，孔径 DN80，配套电源与护栏。

执行标准（限值以环评批复为准）：GB 31573《无机化学工业污染物排放标准》（HCl 一般取 10~20 mg/m³）；GB 14554《恶臭污染物排放标准》（臭气浓度）；GB 50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》；GB 12158《防止静电事故通用导则》。
说明：本图为方案阶段工艺设计图，风量、塔径与浓度按 10 000 m³/h 工况估算。实际施工图需根据排气峰值曲线与实测组分复核后确定，并应由具备资质的环保工程单位完成详细设计与安全设施设计诊断。