



30kt/a 电子级（G4 级）硫酸生产装置项目技术方案

南京德源环保科技有限公司

2023 年 06 月 26 日



目录

1 公司介绍.....	1
2 总论.....	1
2.1 编制依据	1
2.2 项目规模	1
2.3 质量指标	1
2.4 项目界区及任务分工	3
3 方案概述.....	3
3.1 工艺流程说明	3
3.2 本方案主要工艺特点简述	6
3.3 设备布置	8
3.4 自控&仪表	8
3.5 电气设计	9
3.6 分析化验	9
3.7 主要设备及管材	9
3.8 主要原辅材料及公用工程消耗定额	15
3.9 物料恒算	16
3.10 环保设施	16
某客户 20000t/a 电子级氢氟酸装置尾气处理系统实物图片	17
4 供货范围.....	17
4.1 设备	17
4.2 阀门、管线	18
4.3 仪表	18
4.4 钢构	18
4.5 备品备件	18
5 服务及服务承诺.....	18
5.1 调试和试车	18
5.2 售后服务	18
附件 1 工艺流程图.....	19

1 公司介绍

南京德源环保发展科技有限公司为南京正源集团全资子公司，注册资本 3000 万元，主要业务范围涉及化工、能源、电子等行业。在电子化学品领域拥有丰富的设计、开发及建造经验，可提供相关产品的交钥匙工程。通过吸收国内外先进技术并自主创新，陆续开发出多种超净高纯试剂纯化工艺，公司目前掌握有氢氟酸、硝酸、硫酸、盐酸、磷酸、氨水、氟化氨、双氧水及有机试剂等多种电子化学品生产、回收相关技术。

本案以 ASPEN 模拟分析为基础，结合南京德源专有技术，为贵司提供最佳、最优化的方案和工程，确保产品满足贵司产品指标要求。

2 总论

2.1 编制依据

- (1) 业主 30Kt/a 电子级（G4 级）硫酸生产装置项目设计委托书；
- (2) 《石油化工装置基础工程设计内容规定》SPMP-STD-EM2003-2016
- (3) 《石油化工装置详细工程设计内容规定》SPMP-STD-EM2005-2016；
- (4) 业主提供的其他会议纪要、传真及其他资料等；
- (5) 与业主的会议纪要、往来传真等。
- (6) 按照国家及有关部门发布的相关设计规范及标准。
- (7) 南京德源环保科技有限公司在历年来的试剂级/电子级硫酸成套装置的安
装、调试过程中所总结的技术经验。

2.2 项目规模

- 1) 装置能力：30Kt/a 电子级（G4 级）硫酸
- 2) 装置年开车时间：7200h/a；

2.3 质量指标

- 1) 硫酸符合美国的国际半导体设备与材料协会（SEMI）的超净高纯化学品制定了国际统一标准(SEMI 标准)，相当于国内的 UPSS 级
- 2) 发烟硫酸原料要求符合国标 GB/T534-2014《工业硫酸》标准中的优等品。

表 1 电子级硫酸技术指标

EL 级、UP 级、UP-S 级、UP-SS 级、UP-SSS 级技术要求

项目	指标				
	EL	UP	UP-S	UP-SS	UP-SSS
H ₂ SO ₄ , %	96. 0-97. 0	96. 0-97. 0	96. 0-97. 0	96. 0-97. 0	96. 0-97. 0
色度 / (APHA), ≤	10	10	5	5	5
Ig-Residue / (mg/L) ≤	1	1	1	1	1

硝酸盐 (NO ₃) / (mg/L) ≤		0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
氯化物 (Cl) / (mg/L) ≤		0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
磷酸盐 (PO ₄) / (mg/L) ≤		0.5	0.5	0.5	0.1	0.1
NH ₄ / (mg/L) ≤		10	5	1	1	0.1
还原 KMnO ₄ 物质 / (mg/L) ≤		10	5	1	1	1
锂 (Li) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铍 (Be) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钠 (Na) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
镁 (Mg) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铝 (Al) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钾 (K) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钙 (Ca) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.02
钒 (V) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锰 (Mn) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铁 (Fe) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.02
钛 (Ti) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铬 (Cr) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钴 (Co) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
镍 (Ni) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铜 (Cu) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锌 (Zn) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.05	0.05
锗 (Ge) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
镓 (Ga) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
砷 (As) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锶 (Sr) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锆 (Zr) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铌 (Nb) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钼 (Mo) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
银 (Ag) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
镉 (Cd) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锡 (Sn) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
锑 (Sb) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钡 (Ba) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
钽 (Ta) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铂 (Pt) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
金 (Au) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铊 (Tl) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铅 (Pb) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
铋 (Bi) / (μg/L) ≤		100	10	1	0.1	0.01
颗 粒	≥0.1 μm, 个/mL ≤	/	700	500	300	100
	≥0.2 μm, 个/mL ≤	/	370	300	100	30
	≥0.3 μm, 个/mL ≤	/	/	50	20	10
	≥0.5 μm, 个/mL ≤	50	25	10	5	5



注：可根据客户需求定制特殊规格产品。

表 2 发烟硫酸 产品质量指标 GB/T534-2014

项目	指标，w%		
	优等品	一等品	合格品
游离三氧化硫 (SO ₃) w %	20.0 或 25.0	20.0 或 25.0	20.0 或 25.0 或 65.0
灰分 w %	0.02	0.03	0.1
铁(Fe) w %	0.005	0.010	0.030
砷(AS) w %	0.0001	0.010	——
铅(Pb) w %	0.005		
注：指标中——表示该类别产品的技术要求中没有此项目			

2.4 项目界区及任务分工

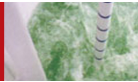
- 1) 项目界区：从转化器装置一转出口（不含转化器）至本装置烟酸吸收塔的送气管道，本装置区（含产品储槽）；其余辅助公用工程管线及工艺管道管线出本界区 1 米；
- 2) 项目所需公用工程 18.2MΩ·cm（25℃）超纯水、0.3MPa 低压饱和水蒸气、循环冷却水、冷媒水、氮气及仪表压缩空气由业主提供并接至本装置区界区 1 米左右处；
- 3) 本项目所需总电源由业主从工厂总变接至本装置总配电柜；
- 4) 土建及厂房设施、设备基础、雨污分流等由业主负责施工完成；
- 5) 设计由业主根据南京德源环保科技有限公司提供的初步工艺包由总承包单位负责设计；
- 6) 本装置区的工艺设备和尾气吸收装置的安装及工艺配管由总承包单位负责施工；
- 7) 本装置区的仪表、电气由总承包单位负责施工；
- 8) 本装置的调试和试生产由南京德源环保发展有限公司协助和指导总承包单位完成；
- 9) 本装置的组织验收和项目申报及向政府申报验收备案等由业主位完成。

3 方案概述

3.1 工艺流程说明

3.1.1 生产工艺流程简述，参见图 1

从硫磺制酸转化工序三段出口的一转气体，通过管道输送到装置的界区内，在进烟酸塔前设有气体过滤器进一步去除 SO₃ 炉气中夹带的粉尘杂质（



粉尘杂质质量极少)，一转气体中的 SO_3 在烟酸塔内被循环的 104.5% 烟酸喷淋吸收，未被吸收的气体经管道送回硫磺制酸生产装置中。

烟酸塔生产的 104.5% 烟酸通过泵输送至烟酸蒸发工段。 SO_3 蒸发器管程出口的经过蒸发之后的发烟硫酸，首先进入预热器，再进入冷却器冷却后至 65°C 后去烟酸塔循环吸收。蒸发器顶部出口三氧化硫温度 $110^\circ\text{C} \sim 130^\circ\text{C}$ 左右，进入冷却器进行冷却后，进入三氧化硫受槽，液态 SO_3 进入硫精馏工序。

进入一级精馏塔中部提馏段，在塔内提馏段填料层与自下而上的再沸器加热气化的 SO_3 气体传质传热。其中不易挥发的金属离子和部分未气化的液体回流至塔底，在再沸器中继续加热气化；气化后的 SO_3 气体继续上升至精馏段，与自上而下的回流液在填料表面继续进行热量交换和质量交换，进一步提纯，其中未被气化的液体和少量夹带的金属离子等杂质回流至提馏段；在精馏段被纯化的 SO_3 气体经塔顶冷凝器冷却后，被冷凝成液体 SO_3 作为回流液全部回流至精馏塔内，其中未被冷凝的气体 SO_2 和其它不凝性气体由管道输送至尾气吸收装置。

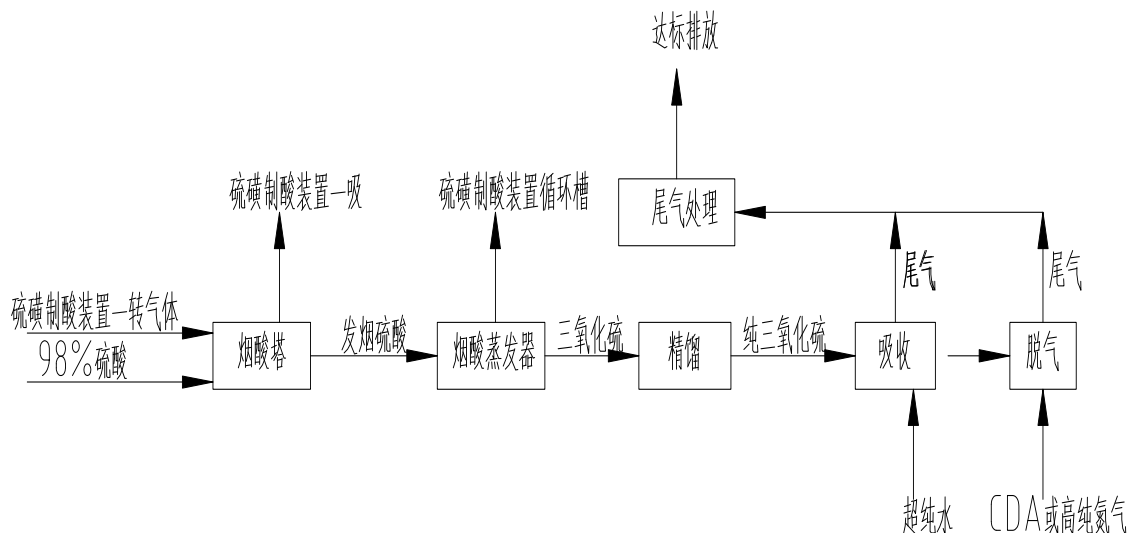
一级精馏塔塔底采出的液体 SO_3 进入二级精馏塔釜，通过精馏塔除去 SO_3 中的不易挥发的金属离子等重组分杂质，塔顶采出的液体 SO_3 通过管道输送至三氧化硫水浴汽化设备中。经水浴汽化的高纯度气体 SO_3 进入吸收工段。

其中热水流量（热水流量控制阀的开度）和塔底部气相温度、液体 SO_3 进入量（液体 SO_3 流量控制阀开度）、塔底液位高低连锁报警自动控制。

气体 SO_3 进入吸收塔的底部，自下向上流动，与从吸收塔上部顺流而下的 98.0% 浓硫酸在填料层逆流接触，吸收过程中产生的大量酸雾粒由塔顶纤维除雾器除去。吸收酸循环过程中通过酸冷却器被循环冷却水冷却。在硫酸循环槽内不断加入高纯水，使槽内循环酸的浓度控制在 98% 左右。98% 酸由循环槽底部流入 98% 硫酸循环槽泵，泵出口的 98% 电子级硫酸分为二路，一路入吸收塔作周而复始循环，另一路通过流量计控制一定流量流入 SO_2 脱吸塔。

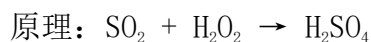
送入 SO_2 脱吸塔以吹脱溶于 98% 硫酸中的 SO_2 气体，经脱吸后的电子级硫酸流入 98% 成品酸冷却器冷却后流入 98% 成品酸循环槽再由泵送至 98% 电子级 (G4) 硫酸成品槽储存。

生产工艺流程



3.1.2 尾气处理系统流程方案简述，参见图 2

本项目设计主要是在硫酸装置吸收塔出口尾气采用双氧水法-高效洗涤工艺系统。利用双氧水作为脱硫剂吸收烟气的二氧化硫，反应产物为稀硫酸可以回到硫酸装置吸收循环槽，没有副产物产生。

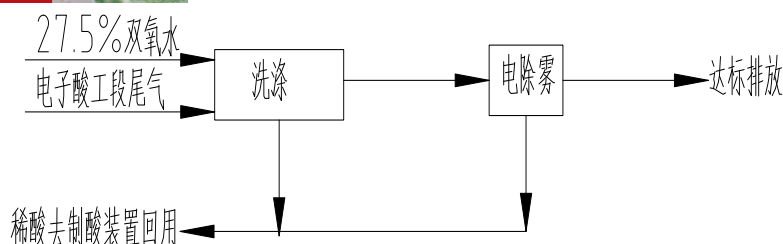


高效洗涤技术采用 27.5% 的双氧水作为脱硫剂脱除硫酸尾气中的二氧化硫。含有二氧化硫的硫酸尾气进入急冷反应段，与喷淋循环泵提升的喷淋洗涤液逆向接触，冷却降温，然后进入高效洗涤塔填料层，利用双氧水与二氧化硫的反应，将其以稀硫酸的形式除去。再通过稀硫酸排液泵将稀硫酸排出进入稀硫酸贮槽，然后通过稀硫酸输送泵返回业主制酸系统中进行回用。双氧水脱硫工艺作为一种全新的脱硫方法，非常适合在硫酸行业进行推广。

通过高效洗涤塔系统后的出口烟气性能指标：

二氧化硫含量 $< 50 \text{ mg/Nm}^3$

酸雾含量 $< 20 \text{ mg/Nm}^3$



3.2 本方案主要工艺特点简述

3.2.1 烟酸吸收工序

经一次转化后气体进入烟酸吸收塔塔底部，自下向上流动，与从烟酸吸收塔上部顺流而下的 25%烟酸在填料层逆流接触，一次转化后气体中 SO_3 被浓酸吸收，烟酸塔对 SO_3 的吸收率达 65%，经烟酸冷却器冷却由烟酸成品泵泵入烟酸成品槽中，即为 25%烟酸。其余一次转化后气体进入一吸塔。该岗位没有气体排放。

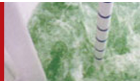
- 1) 正常生产时循环泵，通过控制出料阀出料量，实现连续稳定的向烟酸蒸发器供料。
- 2) 有烟酸地槽，可作为备用和事故应急时倒料用，安全性高；
- 3) 整个吸收系统密闭，有效减少正常操作过程中的 SO_3 挥发损失，减少后续环保装置-尾气吸收系统的压力；
- 4) 正常操作在微正压状态下操作，无泄漏风险，安全可靠。
- 5) 烟酸泵的出料控制阀、循环控制阀通过 DCS 与反应罐的液位连锁控制自动切换，无需频繁操作，工艺参数平稳，可实现无人值守，工人操作强度低。
- 6) 98%酸的加入量有酸浓仪连锁。保持 104.5%发烟酸浓度稳定。待加入量达到设定值时自动微调操作控制方式，工艺参数平稳，可实现无人值守，工人操作强度低。

3.2.2 烟酸蒸发工序

本工艺的三氧化硫的生产方法为加热发烟硫酸，将溶解的 SO_3 蒸发解析，制得气体 SO_3 ，经冷凝得液体 SO_3 。

- 1) 该装置液体三氧化硫等装置生产工艺均采用 DCS 控制。

生产过程中使用的循环泵应设置备用泵，循环泵停止应自动报警，停车换泵。



2) 对分离器中的冷凝酸应经常性排除。在蒸发、脱吸等过程中涉及换热, 设置多点温度测试点, 一旦换热器中的循环冷却水压力不足、中断或测试温度超温, 具有报警装置。蒸发器工段还应设置超压报警。

3) 生产过程中应根据温度等情况设置流量自动调节装置。

3.2.3 纯化工序

液体连续从一级精馏塔中部进料, 一级精馏塔脱去轻组分, 二级精馏塔脱去重组分, 二级精馏塔底定期排出精馏残液, 塔顶连续输出纯化后的 SO_3 液体至气化工序, 其优点是:

1) 精馏残液定期从塔底排出至残液罐, 没有独立的精馏釜, 减少了设备数量与泄漏风险;

2) 精馏塔再沸器采碳钢换热器, 传热效率高, 用蒸汽直接加热换热面积小, 温差大, 有利于延长换热器及与其直联的设备寿命。

3) 精馏塔顶为液相 SO_3 采出, 不凝性气体外排至尾气处理系统。

4) 连续精馏工艺与间歇式操作工艺相比较, 工艺参数简单稳定, 易于控制品质稳定。

3.2.3 吸收工序

SO_3 气体进入吸收塔的底部, 自下向上流动, 与从一吸塔上部顺流而下的 98.0% 浓硫酸在填料层逆流接触, SO_3 被浓酸吸收, 吸收过程中产生的大量酸雾粒由塔顶纤维除雾器除去, 吸收塔对三氧化硫的吸收率为 99.99%, 吸收后的尾气用双氧水法-高效洗涤脱硫。

其优点是:

1) 吸收液 (电子级硫酸) 浓度始终维持在规定的浓度范围内, 由酸度仪自动在线检测并连锁纯水流量控制调节阀控制吸收塔纯水的加入量, 来实现电子级硫酸浓度的恒定。

2) 吸收循环罐内的液位通过液位计双重控制, 并连锁出料调节阀, 来实现吸收循环罐内液位的稳定, 吸收循环泵不会产生缺液的情况。相较于间歇法有利于延长循环泵的使用寿命。

3) 本工艺采用连续吸收法, 与吸收液在填料表面接触吸收, 填料比表面积大, 传质吸收效率高, 尾气酸雾的含量低。

3.2.4 其它特点

1) 本装置生产过程为连续过程, 操作简单, 工艺指标稳定, 设备运行条件稳定, 故障率低。而传统的间歇法生产工艺, 设备液位、温度、压力均有周期性的反复变化, 不利于氟塑料衬里设备的长期安全使用。



2) 本装置所需的生产设备台套数量少, 工艺流程简洁, 故障率低, 能耗小, 稳定性更好。

3) 采用先进的生产工艺, 各工序基本为常压或微正压操作, 生产稳定, 便于控制, 使产品质量得到提高, 减少高压操作时可能出现的物料泄漏、泄压造成的环境污染情况, 且大大降低了生产消耗。

4) 吸收过程中的生成热的移除, 采用循环冷却水冷却, 节约冰水使用量。

3.3 设备布置

本装置布置在 1000m² 区域范围内 (不包含包装充填设备、公用工程、物流设备)

3.4 自控&仪表

3.4.1 DCS 系统

本装置自控系统采用现场仪表就地检测, DCS 系统集中监控相结合的设计原则, 由 DCS 系统完成主要运行参数的检测、控制、报警、记录等功能。

本装置所采用的 DCS 系统, 具备 ETHERNET 或 MODIBUS 通讯接口, 可与区域内 DCS 控制系统通讯。该自动控制系统达到国内同行业先进水平, 控制方式具备自动-手动无扰动切换功能。

配置原则:

控制系统要求冗余配置, 冗余设备能在线自诊断、出错报警、无差错切换功能; 系统的各种插卡能在线插拔更换。

3.4.2 SIS 系统

本装置涉及重大危险源, 需要进行 HAZOP 分析、LOPA 分析, 按相应规则配套 SIS 系统, 确保系统安全。

3.4.3 现场仪表

压力仪表选用隔膜压力表和弹簧管压力表; 有腐蚀性介质时, 采用防腐隔膜压力表或防腐隔膜耐震压力表。

远传温度计选用铂热电阻或热电偶。现场温度表选用双金属温度计。对于检测元件, 根据工艺介质的特性、温度和安装场所, 均配有相应的保护套管; 对不同的介质和项目的洁净度要求, 在保护套管材质的选择上均作相应考虑和选择。

流量检测采用质量流量计、电磁流量计、旋涡流量计、金属管浮子流量计及标准法兰取压孔板差压变送器形式。

液位计采用电浮筒液位变送器及差压变送器, 包括法兰式液位变送器、远传差压变送器等。

设备称重系统采用三点称重传感器布置。

氢氟酸浓度仪表采用衬氟电导率传感器。



3.5 电气设计

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/025232113134011143>