

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIEGCPA XXX—20XX

工业废盐资源化综合利用技术标准

Technological standard on resource comprehensive utilization of
industrial waste salt

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工艺流程	3
4.1 一般规定	3
4.2 工艺流程选择	3
5 工业技术设计	7
5.1 设计原则	7
5.2 工艺设计参数	7
5.2.1 预处理系统	7
5.2.2 分盐浓缩系统	9
5.2.3 结晶系统	10
5.3 副产品技术要求	11
5.4 试验方法	13
5.4.1 感官测定	13
5.4.2 理化指标	13
5.5 检验规则	14
6 标准实施的效益分析	14
6.1 环境效益	14
6.2 投资、运行及经济效益分析	15
7 管理措施	15
8 本文件用词说明	15
图 1 工业废盐资源化利用的典型工艺流程	3
图 2 低有机物浓度单一成分工业废盐资源化利用工艺流程	3
图 3 低有机物浓度工业废盐资源化利用工艺流程	5
图 4 高有机物浓度工业废盐资源化利用工艺流程	6
图 5 工业废盐有机物热解碳化系统工艺流程	8
图 6 工业废盐熔融处理工艺流程	8
图 7 工业废盐饱和溶液洗涤法工艺流程	9
图 8 蒸发结晶工业废盐资源化分盐工艺流程	9
图 9 膜法与蒸发结晶结合的工业废盐资源化工艺流程	10
图 10 工业废盐膜法分离浓缩工艺流程	10
表 1 主要烟气净化装置及参数	8

表 2	再生硫酸钠盐《工业无水硫酸钠》理化性质指标	11
表 3	再生氯化钠盐《工业盐》理化性质指标	12
表 4	氯化钾盐《氯化钾》理化性质指标	12
表 5	硫酸钾盐《农业用硫酸钾》理化性质指标	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件主要起草单位：内蒙古久科康瑞环保科技有限公司、天津渤化工程有限公司、中冶南方工程技术有限公司、江苏安凯特科技股份有限公司、蓝星（北京）化工机械有限公司、航天长征化学工程股份有限公司、天津黄埔盐化工程技术有限公司、宝武水务科技有限公司、安徽浩悦环境科技有限责任公司、深圳星河环境股份有限公司、宝武环科鄂州资源有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司。

本文件主要起草人：张娜、李思序、王淑梅、曹建新、丁煜、毛敏、唐宏、朱俊、郭瑾、王贺生、姜从斌、郭进军、陈侠、赵淑芳、童敏、万玉辉、邓向辉、王守林、吴卫林、宋传京、陆严宏、肖宝、刘元胜、邓毅。

引 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《危险废物污染防治技术政策》和《中华人民共和国循环经济促进法》，促进工业废盐向资源化利用处置方向转变，引导工业废盐资源化、产业化和健康化发展，提高工业废盐资源化利用程度，填补国内工业废盐资源化综合利用技术领域标准空白，为工业废盐资源化处理提供技术与政策保障，特制定本文件。

为了推行本文件的实施，推进工业废盐资源化综合利用发展，需要国家和地方政府实施一系列工业废盐综合资源化利用的相关政策和污染治理设施运行管理的政策，采用鼓励措施，调动企业参与到相关技术的研发当中。

本文件为首次制定，随着工业技术及环保要求的发展，适应新状况的工业废盐资源化利用技术和设计参数也会不断被提出、论证和应用，本规范在实施过程中也要与时俱进，根据需要进行相应的调整和修订，使其不断满足技术进步和环境保护、管理的需要。

工业废盐资源化综合利用技术标准

1 范围

本文件规定了工业废盐资源化综合利用技术标准的适用范围、工业废盐资源化综合利用技术标准的工艺流程、工业技术设计、副产品技术要求、产品试验方法、检验规则、标准实施的环境效益和经济效益、标准实施建议等。

本文件适用于化工、电子、电力、焦化、印染、农药、医药等行业的工业废盐资源化综合利用”，采用预处理去除有机物+分盐浓缩+结晶提纯及其他可实现工业废盐的资源化利用技术等实现工业废盐的资源化利用。其他工业废盐资源化综合利用技术可参考本标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。仅所注日期的版本适用于本文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2589-2020 《综合能耗计算通则》

GB 5085-2019（所有部分）《危险废物鉴别标准》

GB/T 5462-2015 《工业盐》

GBT 6009-2014 《工业无水硫酸钠》

GB 6549-2011 《氯化钾》

GB 6678-2004 《化工产品采样总则》

GB/T 8170-2008 《数值修约规则与极限数值的表示和判定》 GB 18484-2020 《危险废物焚烧污染控制标准》

GB 14554-1993 《恶臭污染物排放标准》

GB/T 20103-2006 《膜分离技术·术语》

GB/T 20406-2017 《农业用硫酸钾》

HJ/T 176-2005 《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》

HJ 1091-2020 《固体废物再生利用污染防治技术导则》

HJ 2035-2013 《固体废物处理处置工程技术导则》

T/CCT 001-2019 《煤化工 副产工业硫酸钠》

T/CCT 002-2019 《煤化工 副产工业氯化钠》

DB32/T 4478-2023 《化工废盐处理过程污染控制技术规范》

3 术语和定义

3.1

工业废盐 Industrial waste salt

工业废盐是指产生于化工、电子、电力、焦化、印染、农药医药中间体等工业生产过程以及固液分离、溶液浓缩结晶及污水处理等过程含有工业盐的废渣、粉尘及其他废物。

3.2

热解碳化 Thermal decomposition and carbonation

热解碳化是在低于无机盐熔点温度和缺氧气氛条件下，对废盐中有机物进行分解碳化，使废盐中有机物一部分热解为挥发性气体，另一部分变为固态有机碳并形成灰分的工艺。

3.3

高温熔融 High temperature melting

高温熔融法是指利用高于废盐的熔融温度将废盐完全熔融为液态，同时彻底地将有机物焚烧去除，经冷却再凝结，得到不含有机物的副产盐。

3.4

盐洗 Salt solution washing

盐洗是指利用饱和盐水、有机溶剂等作为洗盐溶液，将有机物等杂质从工业废盐中脱除。

3.5

萃取 Extraction

萃取技术是基于工业废盐中的有机物杂质在有机溶剂中具有较大的溶解度，而无机盐成分溶解度较小或者不溶解的特点，利用二者在有机溶剂中溶解度的差异，实现工业废盐中有机物杂质脱除的技术。

3.6

吸附法 Adsorption

吸附法是利用活性炭、硅藻土或大孔树脂等进行吸附，从而去除高盐废水中的有机物的工艺。

3.7

膜分离 Membrane separation

利用流体中各组分对膜的渗透率（物质在单位推动力梯度作用下，在单位时间内经过单位膜面积的透过量）的差别实现组分分离，是一种属于传质分离过程的单元操作。

3.8

结晶 Crystallization

结晶是指溶质从（过）饱和溶液中析出的过程以及产品。

3.9

总有机碳 Total organic carbon, 简称 TOC

总有机碳是指水体中溶解性和悬浮性有机物含碳的总量。

3.10

总溶解性固体物质 Total dissolved solids, 简称 TDS

总溶解性固体物质是指水中总溶解性物质的浓度，单位毫克/升(mg/L)，主要反映的是水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 等离子的浓度，与水的硬度、导电率有较好的对应关系，一般用于衡量水的纯净度。

3.11

机械式蒸汽再压缩技术 Mechanical vapor recompression, 简称 MVR

MVR 法是一种重新利用自身产生的二次蒸汽的能量，从而减少对外界能源的需求的一项节能技术。原料液通过蒸发器吸收来自蒸汽的热量后进入闪蒸设备中蒸发浓缩，达到要求的浓缩液直接进入下一道工序；而所蒸发出来的低压泛气则通过蒸汽压缩机压缩做功，以提高其温度和压力，增加热焓值，提高乏汽的品位，将压缩后的蒸汽送入蒸发器中，与物料进行换热，充分利用了蒸汽的潜热，达到节能效果，整个蒸发过程中除了开车所用的新鲜蒸汽，不再需要补充。

3.12

多效蒸发结晶技术 Total dissolved solids, 简称 MED

蒸发结晶是指加热蒸发溶剂，使溶液由不饱和变为饱和，继续蒸发，过剩的溶质呈晶体析出的过程。多效蒸发浓缩结晶技术是指由相互串联的多个蒸发器组成，加热蒸汽被引入第一效，加热其中的料液，使料液产生比蒸汽温度低的几乎等量蒸发。产生的蒸汽被引入第二效作为加热蒸汽，使第二效

的料液以比第一效更低的温度蒸发。这个过程一直重复到最后—效，实现料液浓缩和晶体析出的技术。

4 工艺流程

4.1 一般规定

4.1.1 工业废盐中常常滞留有机物杂质，且大多属于难降解有机物，部分有机物杂质甚至与重金属络合，严重影响工业废盐资源化综合利用，应设置预处理系统去除有机物；

4.1.2 工业废盐中有机物去除技术应满足药剂廉价易得、设备操作方便、能耗低且去除效率高、无二次污染。

4.1.3 从工业废盐中回收的产物盐符合相关产品质量标准，具体要求执行：再生氯化钠结晶盐满足《工业盐》(GB/T 5462)中精制工业盐二级标准，再生硫酸钠结晶盐满足《工业无水硫酸钠》(GBT6009-2014)中II类一等品，再生硫酸钾结晶盐满足《农业用硫酸钾》(GB/T 20406-2017)中粉末结晶状合格品。

4.2 工艺流程选择

4.2.1 工业废盐资源化通常是在去除废盐中的有机物和无机杂质后，再进行结晶分盐，从而得到副产结晶盐。工业废盐资源化工艺流程的选择应以连续稳定运行，低成本高回收率和产品盐优质达标为目标，对工业废盐的有机物含量、含盐种类及浓度进行全面调查和必要的分析试验，综合考虑技术的适用性、经济性、稳定性和项目现场条件等因素，最终确定适合的工艺流程。工业废盐资源化利用的典型工艺流程如图1所示。

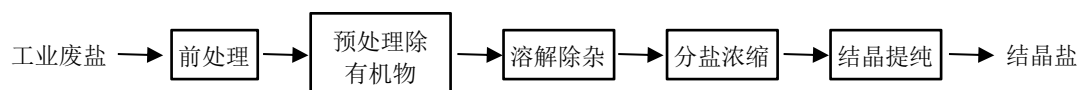


图1 工业废盐资源化利用的典型工艺流程

4.2.2 对于有机物含量少 ($\text{TOC} \leq 2000 \text{ ppm}$) 且成分单一的废盐，宜采用湿法预处理+分盐重结晶，工艺方案包括原料污盐与洗涤液通过逆流水洗再生，湿盐经离心、干燥后得产品盐，包含污盐的贮存、污盐再生单元、盐水蒸发单元、废水处理系统。如下图所示：

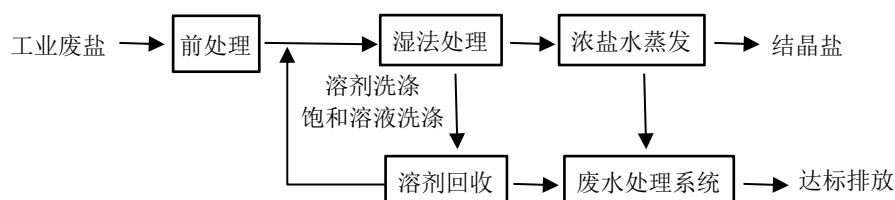


图2 低有机物浓度单一成分工业废盐资源化利用工艺流程

4.2.2.1 采用本工艺对应的场地设施要求

- 所有场地需硬化处理，平衡夯实，基础承载能力强，不低于 8t/m^2 ；
- 对溶剂回收系统的设备、储存容器等做好密闭工作，杜绝跑冒滴漏，减少可燃、有毒溶剂挥发气体散发造成的厂区火灾、中毒危险；
- 溶剂回收系统装置尽可能做好通风换气措施；对于易燃易爆气体，在车间内浓度控制不超过25%，对于有毒物质气体，不超过国家标准规定的工作场所允许最高浓度；

- d) 工业废盐储存场地需进行防腐防渗处理，排水畅通，不得有积水浸泡；
- e) 建筑物结构满足《建筑抗震设计规范》（GB50011）的规定；
- f) 场地需配备公共设施、交通运输设施，生产流程布置合理；
- g) 溶剂回收系统场地需配备空气净化系统，保证无毒害气体排放；
- h) 工业废盐、成品结晶盐等堆放应当不阻碍通行和装卸时候的便利和安全，尽量做到人货分流，功能分区明确，符合《建筑设计防火规范》；
- i) 工艺生产需配备完善的公用工程条件，变压器及供电系统。同时还需要有配套系统，如溶盐水系统、加药系统、溶剂储存及回收系统、浓盐水蒸发结晶系统、废水处理系统、保温系统、照明系统、采暖系统等；
- j) 生产匹配的池体应有围挡或盖板；空中管廊、管架，上方悬挂物体要牢固可靠；
- k) 人行道上上方有移动物体是，设置安全防护网；
- l) 可燃、易燃液体车间或者储存场所配备足够的灭火器材，对于溶剂车间采用干粉灭火器、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器等；
- m) 厂房内作业场所的常用照明有足够亮度，安全通道、过道、作业平台、道路、楼梯处照明正常；
- n) 易挥发性有机溶剂设专柜，设有对应浓度检测仪、探测器、报警器等；

4.2.2.2 设备要求

- a) 所有设备需经过实践证明是完全成熟可靠的成熟产品，安全、环保、且三废排放满足国家标准；
- b) 所有电气设备按照国家或行业标准和规定安装，使用按规定进行定期检查和维护；
- c) 高压用电设备和低压用电设备分开供电，电线电缆有防护措施；
- d) 设备传动装置安装有防护罩；
- e) 高温有压力设备部件做安全防护；
- f) 高温高压、酸碱腐蚀、易燃易爆等特殊设备采用对应耐高温、耐腐蚀，与易燃易爆品接触性能稳定的材质；
- g) 高温高压、酸碱腐蚀、易燃易爆等特殊设备需有安监部门的专业检测审批；
- h) 对于溶剂系统带压或减压设备，在投用前、检修后和运行中及时多次检查密封性和耐压程度；
- i) 避免使用高温导热油等易导致溶剂燃烧的加热设备；
- j) 移动电器具、潜水搅拌器、潜水泵、电机等进行每月一次电气性能检测；
- k) 所有设备具备自动和手动操控两种模式，设备的清洗、启动运行、停运等能自动控制；
- l) 所有池体、罐体设置有液位计；
- m) 大型设备设计相关的检修人孔及内部检修爬梯，人孔能够保证检修人员的进出和更换部件的进出。人孔配有人孔盖、垫圈、螺栓、螺母和起吊杆等全套部件；
- n) 易污堵、易结构部件设计冲洗装置；
- o) 所有电机设计适合安装环境，且能按照工艺要求连续或间歇运行，所有电机为高效节能型；
- p) 电机防护为 IP55，绝缘等级为 F 级；
- q) 电动机铭牌要求使用不锈钢材质，大于 90kW 的低压电动机设置有两个接线盒；
- r) 与工艺水等腐蚀性介质接触的裸露金属部件，需充分考虑防腐和防磨措施；
- s) 浓盐水管道的选材需考虑耐应力腐蚀和点腐蚀要求，同时考虑介质温度和 pH 的影响；
- t) 所有的不锈钢或合金表面需机械清洁或酸洗去除焊鳞和有机污染物。

4.2.3 对于有机物含量少（TOC \leq 2000 ppm）的混合盐，采用饱和盐溶液洗涤预处理+分盐重结晶，工艺方案包括原料污盐与洗涤液通过逆流水洗再生，湿盐膜分离、浓缩、结晶、干燥后得产品盐，包含污盐的贮存、污盐再生单元、分盐浓缩系统、结晶提纯系统。如图 3 所示：

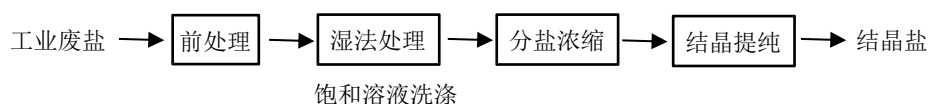


图 3 低有机物浓度工业废盐资源化利用工艺流程

4.2.3.1 采用本工艺对应的场地设施要求

- a) 所有场地需硬化处理，平衡夯实，基础承载能力强，不低于 8t/m^2 ；
- b) 工业废盐储存场地需进行防腐防渗处理，排水畅通，不得有积水浸泡；
- c) 建筑物结构满足《建筑抗震设计规范》（GB50011）的规定；
- d) 场地需配备公共设施、交通运输设施，生产流程布置合理；
- e) 工业废盐、成品结晶盐等堆放应当不阻碍通行和装卸时候的便利和安全，尽量做到人货分流，功能分区明确，符合《建筑设计防火规范》；
- f) 工艺生产需配备完善的公用工程条件，变压器及供电系统。同时还需要有配套系统，如溶盐水系统、加药系统、溶剂储存及回收系统、浓盐水蒸发结晶系统、废水处理系统、保温系统、照明系统、采暖系统等；
- g) 生产匹配的池体应有围挡或盖板；空中管廊、管架，上方悬挂物体要牢固可靠；
- h) 人行道上上方有移动物体是，设置安全防护网；

4.2.3.2 设备要求

- a) 所有设备需经过实践证明是完全成熟可靠的成熟产品，安全、环保、且三废排放满足国家标准；
- b) 所有电气设备按照国家或行业标准和规定安装，使用按规定进行定期检查和维修；
- c) 高压用电设备和低压用电设备分开供电，电线电缆有防护措施；
- d) 设备传动装置安装有防护罩；
- e) 高温有压力设备部件做安全防护；
- f) 高温高压、酸碱腐蚀等特殊设备采用对应耐高温、耐腐蚀性能稳定的材质；
- g) 高温高压、酸碱腐蚀等特殊设备需有安监部门的专业检测审批；
- h) 移动电器具、潜水搅拌机、潜水泵、电机等进行每月一次电气性能检测；
- i) 所有设备具备自动和手动操控两种模式，设备的清洗、启动运行、停运等能自动控制；
- j) 所有池体、罐体设置有液位计；
- k) 大型设备设计相关的检修人孔及内部检修爬梯，人孔能够保证检修人员的进出和更换部件的进出。人孔配有人孔盖、垫圈、螺栓、螺母和起吊杆等全套部件；
- l) 易污堵、易结构部件设计冲洗装置；
- m) 所有电机设计适合安装环境，且能按照工艺要求连续或间歇运行，所有电机为高效节能型；
- n) 电机防护为 IP55，绝缘等级为 F 级；
- o) 电动机铭牌要求使用不锈钢材质，大于 90kW 的低压电动机设置有两个接线盒；
- p) 与工艺水等腐蚀性介质接触的裸露金属部件，需充分考虑防腐和防磨措施；
- q) 浓盐水管道的选材需考虑耐应力腐蚀和点腐蚀要求，同时考虑介质温度和 pH 的影响；
- r) 所有的不锈钢或合金表面需机械清洁或酸洗去除焊鳞和有机污染物。

4.2.4 对于有机物含量高（ $\text{TOC} > 2000 \text{ ppm}$ ）的单盐、混合盐，均采用热处理除有机物+分盐浓缩+结晶提纯，工艺方案包括原料污盐经热解碳化去除有机物，后溶解、分盐浓缩、结晶、离心、干燥等处理得产品结晶盐，包含污盐的贮存、破碎处理、有机物热解碳化单元、溶解系统、分盐浓缩系统、结晶提纯系统、烟气净化系统。如图 4 所示：

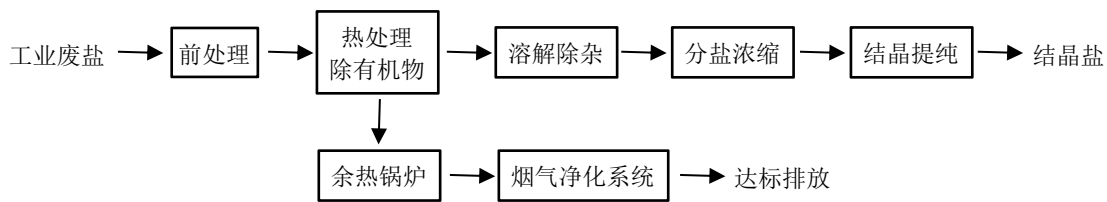


图4 高有机物浓度工业废盐资源化利用工艺流程

4.2.4.1 采用本工艺对应的场地设施要求

- a) 所有场地需硬化处理，平衡夯实，基础承载能力强，不低于 8t/m^2 ；
- b) 工业废盐储存场地需进行防腐防渗处理，排水畅通，不得有积水浸泡；
- c) 建筑物结构满足《建筑抗震设计规范》（GB50011）的规定；
- d) 场地需配备公共设施、交通运输设施，生产流程布置合理；
- e) 余热锅炉房设计必须采取有效措施，减轻废气、废水、废渣和噪声对环境的影响，排出的有害物质和噪声符合有关标准、规范的规定；
- f) 工业废盐、成品结晶盐等堆放应当不阻碍通行和装卸时候的便利和安全，尽量做到人货分流，功能分区明确，符合《建筑设计防火规范》；
- g) 工艺生产需配备完善的公用工程条件，变压器及供电系统。同时还需要有配套系统，如溶盐水系统、加药系统、溶剂储存及回收系统、浓盐水蒸发结晶系统、废水处理系统、保温系统、照明系统、采暖系统等；
- h) 生产匹配的池体应有围挡或盖板；空中管廊、管架，上方悬挂物体要牢固可靠；
- i) 人行道上上方有移动物体是，设置安全防护网；
- j) 所有高处作业均设有平台扶梯和操作台；
- k) 不具备自然排烟条件的房间、走道等，均应采用机械排烟方式。高层建筑主要受自然条件的影响比较大，一般采用机械排烟方式较多。一类高层建筑的无自然通风且 $>20\text{m}$ 内走道或有自然通风；
- l) 烟气净化系统应布置在人流少或少穿越的地段；
- m) 厂房保温用轻质保温隔热材料；

4.2.4.2 设备要求

- a) 所有设备需经过实践证明是完全成熟可靠的成熟产品，安全、环保、且三废排放满足国家标准；
- b) 主要部件应能方便拆卸、复原和修理，同时应提供吊装和搬运时用的起吊钩、拉手和螺栓孔等；
- c) 所有电气设备按照国家或行业标准和规定安装，使用按规定进行定期检查和维修；
- d) 高压用电设备和低压用电设备分开供电，电线电缆有防护措施；
- e) 设备传动装置安装有防护罩；
- f) 高温有压力设备部件做安全防护；
- g) 高温高压、酸碱腐蚀、易燃易爆等特殊设备需有安监部门的专业检测审批；
- h) 移动电器具、潜水搅拌机、潜水泵、电机等进行每月一次电气性能检测；
- i) 所有设备具备自动和手动操控两种模式，设备的清洗、启动运行、停运等能自动控制；
- j) 所有池体、罐体设置有液位计；
- k) 大型设备设计相关的检修人孔及内部检修爬梯，人孔能够保证检修人员的进出和更换部件的进出。人孔配有人孔盖、垫圈、螺栓、螺母和起吊杆等全套部件；
- l) 易污堵、易结构部件设计冲洗装置；

- m) 所有电机设计适合安装环境，且能按照工艺要求连续或间歇运行，所有电机为高效节能型；
- n) 电机防护为 IP55（室内可采用 IP54），绝缘等级为 F 级；
- o) 电动机铭牌要求使用不锈钢材质，大于 90kW 的低压电动机设置有两个接线盒；
- p) 与工艺水等腐蚀性介质接触的裸露金属部件，需充分考虑防腐和防磨措施；
- q) 浓盐水管道的选材需考虑耐应力腐蚀和点腐蚀要求，同时考虑介质温度和 pH 的影响；
- r) 所有的不锈钢或合金表面需机械清洁或酸洗去除焊鳞和有机污染物；
- s) 锅炉烟道上，装设防爆门。防爆门的位置有利于泄压，装设有导向管；
- t) 锅炉可实现快速启停及负荷变化的要求；
- u) 余热锅炉本体钢架和护板由 H 型钢和钢板焊接组成，两侧共 12 根立柱，中间由横梁支撑，组成整体架构，能承受锅炉正常运行时，各区段烟道均可城首开燃机正常运行时的排气压力及冲击；
- v) 为了使设备在受力允许的范围内与管道衔接，采用膨胀节进行补偿；膨胀节能在各种工况条件下吸收设备和管道的轴向和侧向位移；

5 工业技术设计

5.1 设计原则

- 5.1.1 工艺成熟、性能稳定、成本低、效率高、副产盐回收率高、品质好；
- 5.1.2 流程简短、管道布置合理、降低工艺投资费用；
- 5.1.3 布局合理、美观，符合国家有关绿化、环保及消防规定；
- 5.1.4 采用先进技术、先进设备、节能降耗；
- 5.1.5 运行、管理、维修方便，减少操作劳动强度；
- 5.1.6 结合具体的场地条件，设计时考虑设备和构筑物的平面布置及高程分布的合理性，同时采用处理效率高的设备，减少占地面积。
- 5.1.7 保证产品满足要求，考虑系统操作的稳定性，即系统的抗冲击能力。

5.2 工艺设计参数

5.2.1 预处理系统

5.2.1.1 热处理装置

- a) 热处理工艺应包括破碎、干燥、高温热解碳化等流程。热处理时应对尾气进行燃烧处理，回收热量；
- b) 热解碳化装置：控制热解碳化装置内物料的停留时间为 1~2 小时，热解碳化温度不超过盐的熔点，不发生无机盐的熔融。尾气焚烧温度为 800~1200℃；热解碳化后物料中有机物含量（TOC≤80 ppm）；

热解碳化装置的基本要求是能够将废盐中的有毒、有害物质进行有效分解，实现工业废盐无害化，其结构装置应包括：输送装置、驱动装置、加热装置、热解碳化装置、溶解装置、分盐结晶装置、有机废气收集装置、烟气余热回收装置、尾气吸收净化装置等，如图 5 所示：

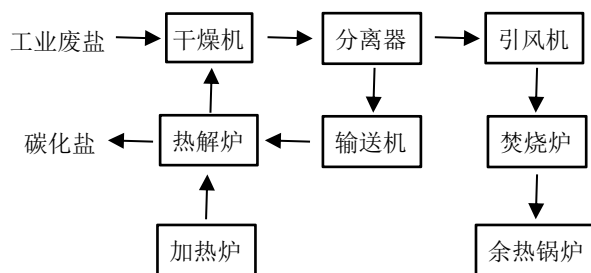


图5 工业废盐有机物热解碳化系统工艺流程

- c) 在高温热解碳化前要把结块的工业废盐粉碎成细小颗粒，粒径不超过 5cm；
- d) 含水率较高的工业废盐，高温热解碳化前先进行烘干脱水，保证废盐中含水率不超过 8%，降低热解碳化能耗和减少有机废气；
- e) 处理有机物含量较高且功能团复杂的废盐，宜采用高温熔融法。如图 6 所示，煅烧温度在 800~1200℃；高温熔融采用固定床或旋转床，煅烧过程中物料的停留时间为 2~4 小时，煅烧温度为 300~800℃，不能超过盐的熔点，产物 TOC 含量≤80 ppm。尾气焚烧温度为 800~1000℃；

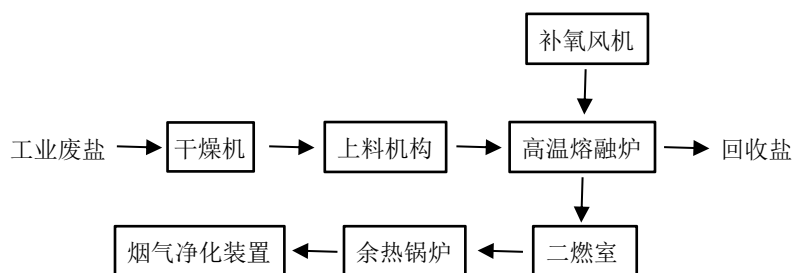


图6 工业废盐熔融处理工艺流程

5.2.1.2 烟气净化装置

- a) 烟气净化系统：应包括脱硫、脱硝、除尘等装置。具体如下表，净化后的烟气通过烟囱排入大气，满足《危险废物焚烧污染控制标准》。

表1 主要烟气净化装置及参数

净化装置	工艺参数
SNCR 脱硝	在 1000℃ 下，烟气与尿素发生还原反应；
半干式急冷吸收塔	烟气温度在 1.0s 内降到 200℃以下
干式脱酸装置	主要设备包括氧化钙储槽、活性炭粉储槽、罗茨高压风机和文丘里反应器
布袋除尘系统	进口烟气温度 180℃，去除粉尘粒径在 0.05μm 以上，除尘效率>99%
活性炭吸附塔	进口烟气温度 160℃
引风机	净化后烟气引至碱液喷淋吸收塔内进行进一步净化
碱液喷淋洗涤系统	进口烟气温度 150℃，出口烟气温度 80℃

- b) 蓄热式热力焚烧炉：二燃室燃烧炉温度控制在 1100℃ 以上，烟气停留时间为 2s 以上，能够充分分解有害的臭气和多氯化合物，抑制二噁英的生成。尾气排放满足《GB18484-2020 危险废物焚烧污染控制标准》；

- c) 蓄热式热力焚烧炉助燃系统：热解可以是天然气供热也可以是电供热。通过控制天然气喷入量实现系统缓慢升温至正常工况，维持系统正常运行；或通过电直接加热热解炉至运行温度；

5.2.1.3 湿法处理装置

- a) 湿法处理单元：

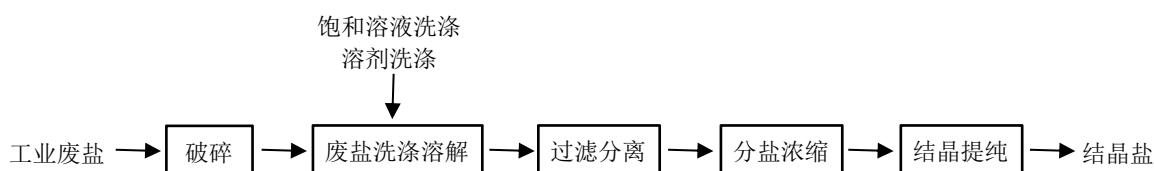


图7 工业废盐饱和溶液洗涤法工艺流程

湿法除有机物宜采用溶剂洗涤、饱和盐溶液洗涤、活性炭或大孔树脂吸附等方法分离去除废盐中的焦油、偶氮、对硝基苯酚等有机物。含盐废液中悬浮物含量须满足吸附控制条件；

- b) 无机盐的分离，根据物料分离及析晶原理实现结晶盐的分离提纯；
- c) 盐洗处理时，洗涤溶剂的类型、含量、洗涤温度、洗涤水量，应根据废盐自身理化特性，洗涤方式等通过实验确定。盐洗后无机盐中有机物浓度 $\leq 80\text{ppm}$ ；
- d) 采用溶剂洗涤法时应采用稳定、安全、无毒、不和无机盐产生反应的溶剂；采用饱和盐溶液洗涤时应采用废盐中质量百分比高的无机盐饱和溶液进行洗涤；如废盐中主要成分为硫酸钠，有机物含量少时，宜采用饱和硫酸钠溶液洗涤，洗涤温度 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；
- e) 洗盐后的溶剂进行循环利用，溶剂中有机物浓度超过 2000ppm 时不再循环使用；

5.2.2 分盐浓缩系统

- a) 去除有机物得到的无机盐仍是多种成分的混合盐，需要进一步处理得到单一盐。根据实际情况宜选择冻结结晶法、蒸发结晶法、膜分离法或几者相结合的方法。
- b) 采用蒸发分盐工艺时，要对废盐溶液的成分进行分析，根据水中无机盐的质量百分比、溶解度计算控制分盐温度、盐硝比，操作过程中对每一次蒸发的终点浓度进行精准控制。
- c) 经预处理脱除有机物后的废盐溶液中，若其中某一种无机盐含量占比具有较大优势时，考虑采用直接蒸发结晶的方式分离回收该优势盐组分。工艺流程宜如图8所示：通过蒸发器进一步浓缩减量，使优势盐组分接近饱和，之后进入结晶器1，其浓缩倍率控制在次优势盐组分接近饱和，结晶器1排出的母液进入结晶器2，依次分离最后排出杂盐；

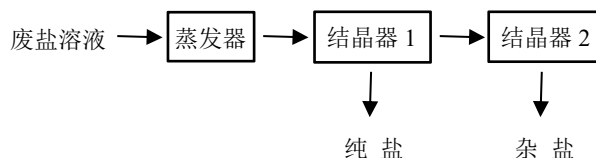


图8 蒸发结晶工业废盐资源化分盐工艺流程

- d) 废盐溶液中无优势无机盐组分时，组分溶解度随温度变化大时宜采用膜分离结合结晶技术分离，工艺流程如图9所示。对于膜系统的选择，宜采用反渗透和纳滤膜，将无机盐进行分盐浓缩，分盐后每种浓盐溶液中主要成分占比不低于 90% 。浓缩后盐溶液浓度不低于 10% ；对于蒸发器的选择，含盐质量分数 $10\%\sim 25\%$ 盐溶液宜选择多效蒸发（MED），机械式蒸汽再压缩蒸发技术（MVR），MED宜设置为 $2\sim 3$ 效。MVR压缩比 $1.7\sim 15$ ，按 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的常规温度范围考虑，绝对压力范围应该为 $45\sim 200\text{kPa}$ 。

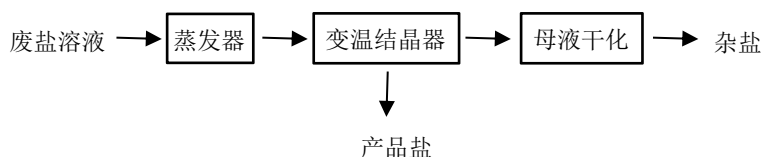


图9 膜法与蒸发结晶结合的工业废盐资源化工艺流程

- e) 膜分离：膜分离主要是将废水中的盐分浓缩，适当回收水资源，一般配合浓缩，结晶等系统联用，流程如图 10 所示：

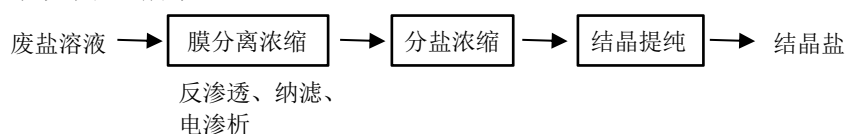


图 10 工业废盐膜法分离浓缩工艺流程

- f) 浓盐溶液中的 Cl^- 浓度较高， $[\text{Cl}^-] / [\text{SO}_4^{2-}]$ 值大于 3.0 时，宜采用纳滤分盐后在蒸发结晶； $[\text{Cl}^-] / [\text{SO}_4^{2-}]$ 值小于 1.0 时，宜采用直接蒸发结晶分盐；
- g) 精密过滤宜采用外压式超滤或浸没式超滤，使用浸没式超滤需考虑自吸泵的吸程和设备运行的稳定性，也可使用微滤膜技术；
- h) TDS 小于 30000mg/L 时宜采用低压和中压卷式反渗透，低压反渗透设计压力 23~41 bar，中压反渗透设计压力 65~83 bar；30000mg/L < TDS < 60000mg/L 时宜采用高压卷式反渗透，高压反渗透设计压力 100~120 bar；
- i) 深度浓缩可采用高压卷式反渗透、碟片式高压平板膜、超高压反渗透和电渗析；
- j) 进入蒸发结晶装置的原料盐水宜浓缩至盐浓度 100000-200000 mg/L；
- k) 对脱盐率要求不高的分盐浓缩技术可选用电渗析和电吸附技术；
- l) 对二价盐含量高的废盐溶液宜采用纳滤进行浓缩分离；
- m) 硫酸钠结晶盐含量纯度要求大于 98% 时，宜采用纳滤分盐或冷冻+熔融结晶技术进行分盐；
- n) 纳滤系统可采用一级纳滤、两级纳滤或多级多段纳滤系统，宜采用多级多段纳滤系统提高纳滤系统的 SO_4^{2-} 截留率；
- o) 主要含氯化钠的纳滤透过液一般先通过膜过程或蒸发工艺进行浓缩，之后进入蒸发结晶器；
- p) 纳滤进水 TDS 宜为 20000~30000mg/L， SO_4^{2-} 浓度宜为 8000~12000mg/L；

5.2.3 结晶系统

5.2.3.1 蒸发结晶

- a) 蒸发结晶系统：蒸发结晶宜选用机械蒸汽再压缩结晶技术(MVR)，多效蒸发结晶技术(MED)；
- b) 氯化钠、硫酸钠蒸发浓缩、蒸发结晶单元的操作弹性宜为 50%~110%，杂盐蒸发结晶单元的操作弹性宜为 100%~300%。
- c) 蒸发浓缩系统出料母液 TDS 不应超过 24%；
- d) 在每种盐结晶的时候，为避免结晶器内的其它杂质影响结晶盐的品质，可在结晶器出口设置淘洗装置；
- e) 进水中 NH_4^+ 浓度较高时，需考虑产品水脱氨精制及进一步吸收蒸发结晶乏汽中的 NH_3 ；可将 pH 调整在酸性避免 NH_4^+ 逸出到大气中；
- f) 应尽量提高进蒸发结晶系统高盐废水的 TDS 质量浓度，浓缩到 100000 mg/L 以上；

- g) 氯化钠、硫酸钠蒸发结晶应设有外排母液出口，且所有母液排放管设置电磁流量计；
- h) 充分考虑温度、氯离子、氟离子等对设备、管道等的腐蚀性，综合考虑选材。氯离子浓度高的换热管、分离器等核心设备和富含氯化钙的杂盐蒸发结晶优先选用钛材；
- i) 对于进水中有机物含量较高、硝酸根含量高的废水，宜采用多效蒸发。单效蒸发单元宜为常压操作，一效加热生蒸汽为 120℃ 饱和蒸汽压（0.2MPa），后续各效采用前一效二次蒸汽作为热源；
- j) 进入蒸发结晶系统的盐溶液 COD 质量浓度宜控制在不大于 500 mg/L。

5.2.3.2 冷冻结晶

- a) 冷冻结晶设计运行温度应为-2~5℃；
- b) 冷冻结晶母液 SO_4^{2-} 残留量设计值宜为 25000~35000mg/L，根据相图及实际情况优选；
- c) 冷冻结晶外冷器运行周期一般为 4~7d，堵塞后宜采用升温热熔消堵；
- d) 宜设置冷冻母液结晶盐回收装置，回收冷冻母液中的氯化钠和硫酸钠，降低系统杂盐率；
- e) 冷冻母液纳滤装置设计通量宜为 8~12LMH，纳滤前宜设置超滤系统，可采用自清洗过滤器+保安过滤器组合；
- f) 冷冻结晶单元的操作弹性宜为 50%~110%。
- g) 硫酸钠浓水宜先提浓然后降温后再进入冷冻结晶，浓缩系统出料硫酸钠母液 TDS 建议不应超过 24%；
- h) 在每种盐结晶的时候，为避免结晶器内的其它杂质影响结晶盐的品质，可在结晶器出口设置淘洗装置。

5.3 副产品技术要求

从工业废盐中回收的产物盐符合相关产品质量标准，具体要求执行最新标准要求：再生氯化钠结晶盐满足《工业盐》（GB/T 5462）中精制工业盐二级标准，再生硫酸钠结晶盐满足《工业无水硫酸钠》（GB/T6009）中Ⅱ类一等品标准，再生硫酸钾结晶盐满足《农业用硫酸钾》（GB/T 20406）中粉末结晶状合格品标准。

表 2 再生硫酸钠盐《工业无水硫酸钠》理化性质指标

项 目	指标								
	精制工业盐						日晒工业盐		
	工业干盐			工业湿盐					
	优级	一级	二级	优级	一级	二级	优级	一级	二级
氧化钠/(g/100 g) ≥	99.1	98.5	97.5	96.0	95.0	93.3	96.2	94.8	92.0
水分/(g/100 g) ≤	0.30	0.50	0.80	3.00	3.50	4.00	2.80	3.80	6.00
水不溶物/(g/100 g) ≤	0.05	0.10	0.20	0.05	0.10	0.20	0.20	0.30	0.40
钙镁离子总量 (g/100g) ≤	0.25	0.40	0.60	0.30	0.50	0.70	0.30	0.40	0.60
硫酸根离子/(g/100g) ≤	0.30	0.50	0.90	0.50	0.70	1.00	0.50	0.70	1.00

表 3 再生氯化钠盐《工业盐》理化性质指标

项 目	指 标					
	I类		II类		III类	
	优等品	一等品	一等品	合格品	一等品	合格品
硫酸钠(Na ₂ SO ₄)w/%	99.6	99.0	98.0	97.0	95.0	92.0
水不溶物 w/% ≤	0.005	0.05	0.10	0.20	—	—
钙和镁(以 Mg 计)w/% ≤	—	0.15	0.30	0.40	0.6	—
钙(Ca)w/% ≤	0.01	—	—	—	—	—
镁(Mg)w/% ≤	0.01	—	—	—	—	—
氯化物(以 Cl 计)w/% ≤	0.05	0.35	0.70	0.90	2.0	—
铁(Fe)w/% ≤	0.0005	0.002	0.010	0.040	—	—
水分 w/% ≤	0.05	0.20	0.5	1.0	1.5	—
白度(R457)/% ≥	88	82	82	—	—	—
pH(50g/L 水溶液, 25°C)	6~8	—	—	—	—	—

表 4 氯化钾盐《氯化钾》理化性质指标

项 目	指 标					
	I类			II类		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氧化钾(K ₂ O)的质量分数/% ≥	62.0	60.0	58.0	60.0	57.0	55.0
水分(H ₂ O)的质量分数/% ≤	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	6.0
钙镁含量(Ca+Mg)的质量分数/%≤	0.3	0.5	1.2	—	—	—
氯化钠(NaCl)的质量分数/% ≤	1.2	2.0	4.0	—	—	—
水不溶物的质量分数/% ≤	0.1	0.3	0.5	—	—	—
注 1:除水分外, 各组分质量分数均以干基计。						
注 2:I 类中钙镁含量、氯化钠及水不溶物的质量分数作为工业用氯化钾推荐性指标, 农业用不限量。						

表 5 硫酸钾盐《农业用硫酸钾》理化性质指标

项 目	粉末结晶状			颗粒状	
	优等品	一等品	合格品	优等品	合格品
水溶性氧化钾(K ₂ O)的质量分数/% ≥	52	50	45	50	45
硫(S)的质量分数/% ≥	17.0	16.0	15.0	16.0	15.0
氯离子(Cl ⁻)的质量分数/% ≤	1.5	2.0	2.0	1.5	2.0
水分 ^a (H ₂ O)的质量分数/% ≤	1.0	1.5	2.0	1.5	2.5
游离酸(以 H ₂ SO ₄ 计)的质量分数/% ≤	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0
粒度 ^b (粒径 1.00 mm~4.75 mm 或 3.35 mm~5.60 mm)/% ≥	—	—	—	90	90
^a 水分以生产企业出厂检验数据为准。 ^b 对粒径有特殊要求的，按供需双方协议确定。					

5.4 试验方法

5.4.1 感官测定

- 副产氯化钠盐按《工业盐》（GB/T 5462-2015）中 6.1 规定执行；
- 再生硫酸钠盐按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.2 规定执行；
- 氯化钾盐按《氯化钾》（GB6549-2011）中 4 规定执行；
- 硫酸钾盐按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 3 规定执行。

5.4.2 理化指标

5.4.2.1 氯化钠

氯离子、水分、水不溶物、钙镁离子总量、硫酸根离子等均按《工业盐》（GB/T 5462-2015）规定执行；

- 氯离子：按 GB/T 5462 中 6.2.3.1 规定执行；
- 水分：按 GB/T 5462 中 6.2.4 规定执行；
- 水不溶物：按 GB/T 5462 中 6.2.5 规定执行；
- 钙镁离子总量：按 GB/T 5462 中 6.2.1 规定执行；
- 硫酸根离子：按 GB/T 5462 中 6.2.2 规定执行；

5.4.2.2 硫酸钠

硫酸钠、水不溶物、钙和镁、氯化物、铁含量、水分、白度、pH 等均按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）规定执行；

- 硫酸钠：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.3 规定执行；
- 水不溶物：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.4 规定执行；
- 钙和镁：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.5 规定执行；
- 氯化物：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.6 规定执行；
- 铁含量：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.7 规定执行；

- f) 水分：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.8 规定执行；
- g) 白度：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.9 规定执行；
- h) pH 值：按《工业无水硫酸钠》（GBT6009-2014）中 6.10 规定执行；

5.4.2.3 氯化钾

氯化钾、水分、钙和镁、氯化钠、水不溶物等均按《氯化钾》（GB6549-2011）规定执行；

- a) 氯化钾：按《氯化钾》（GB6549-2011）中 5.1 规定执行；
- b) 水分：按《氯化钾》（GB6549-2011）中 5.2 规定执行；
- c) 钙和镁：按《氯化钾》（GB6549-2011）中 5.3 规定执行；
- d) 氯化钠：按《氯化钾》（GB6549-2011）中 5.4 规定执行；
- e) 水不溶物：按《氯化钾》（GB6549-2011）中 5.5 规定执行；

5.4.2.4 硫酸钾盐

水溶性氧化钾、硫含量、氯离子、水分、游离酸含量、粒度等均按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）规定执行；

- a) 水溶性氧化钾：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.2 规定执行；
- b) 硫含量：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.3 规定执行；
- c) 氯离子：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.4 规定执行；
- d) 水分：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.5 规定执行；
- e) 游离酸含量：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.6 规定执行；
- f) 粒度：按《农业用硫酸钾》（GB/T 20406-2017）中 4.7 规定执行；

5.5 检验规则

5.5.1 检验采用型式检验和出厂检验：

每批产品出厂前，都应进行出厂检验，交出厂检验内容包括本文件中规定的产品技术要求，检验合格并附检验合格证方可交出厂。

当产品存在下列情况之一时，进行型式检验：

- a) 关键工艺发生变化；
- b) 废盐原料变化；
- c) 长期停产后恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- e) 合同及相关部门要求。型式检验采样按（GB/T 6678）中规定要求采样送检。检验结果如有指标不符合本文件技术要求时，应重新采样进行复验，复验结果即使有一项指标不符合本文件的要求时，则整批产品为不合格。

5.5.2 采用 GB/T 8170 规定的修约值比较法判定检验结果是否符合标准。

6 标准实施的效益分析

6.1 环境效益

标准内容依照工业废盐的减量化和无害化原则，严格按照危险废物的相关技术政策规定的要求对工业废盐进行收集、运输、贮存，处理和处置，保证达标排放，最终产品符合相关国家标准。以工业废盐的资源化综合利用缓解盐类危废的处置压力，减少环境风险和处置成本，提高经济效益，促进循环经济发展。

6.2 投资、运行及经济效益分析

采用本文件预处理脱除有机物+分盐浓缩+结晶提纯技术路线，每吨工业废盐的固定资产投资为2000~3500元，每吨工业废盐资源化回收的运行成本为1800~2500元。总成本综合考虑应包括有有机物回收成本、无机物回收成本、电费、水费原辅材料、设备的折旧、人工费、财务费用等。计算公式如下：

总运行成本=有机物回收成本+无机物回收成本+原辅料及其他成本-副产品销售价格

a) 有机物回收成本

蒸发能耗：根据有机物的比热容、汽化热、原煤的热值和有机物实时价格，计算回收每吨废盐中有机物的蒸发能耗；

蒸发损失：按照损失率5%，计算处理每吨废盐损失的有机物费用；

相关设备运行电费：根据实际用电量和实时电费计算；

根据上述预算可算得回收每吨有机物的运行成本。

b) 无机物回收成本

蒸发能耗：计算处理每吨废盐所需的蒸发水量，根据原煤的热值 and 水的比热容、汽化热计算回收每吨废盐中无机组份的蒸发能耗成本；

相关设备运行费用：根据实际用电量和实时电费计算；

水费：根据实际用水量和实时水费计算；

根据上述预算可算得回收每吨无机盐的运行成本。

c) 原辅料和其他成本

原辅料：每吨工业废盐直接成本在1800~2500元，包括能耗、药剂；

其他成本：包括人工费、设备折旧等。

7 管理措施

7.1 本技术规范属于环境污染治理工程技术规范中的治理工艺技术规范，是国家环境标准体系之环境工程技术规范的一个组成部分，应与《重点污染源治理工程技术规范》和《污染治理设施运行规范》配套使用。

7.2 应具备完善的保障工业废盐资源化综合利用生产活动的规章制度和劳动保护措施，建立规范的管理和技术人员的培训制度，定期对管理和技术人员进行培训。

7.3 工业废盐资源化综合利用活动中，建立健全工业废盐资源化综合利用情况台账制度，如实记载废盐的种类、数量、性质、资源化处理等信息，并案相关要求如实申报备案。

7.4 应制定环境应急预案，定期进行安全演练。

7.5 资源化综合利用产物盐应符合国家、地方制定或行业通行的产品质量标准，与国家相关污染控制标准或技术规范要求。

7.6 工业废盐资源化综合利用产物可采用“点对点”定向利用的方式，直接销售给工业生产企业作为替代原辅料。

8 本文件用词说明

为便于在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

a) 表示很严格，非这样做不可的：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

b) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

c) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

- d) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”；
 - e) 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。
-