

附件 3

《石油炼制工业水污染物排放标准 (征求意见稿)》编制说明

《石油炼制工业水污染物排放标准》编制组

2026 年 3 月

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	行业概况	2
2.1	行业基本情况	2
2.2	行业发展趋势	4
2.3	企业类型及主要生产工艺	4
3	标准修订的必要性分析	5
3.1	含盐废水的排放监管有待进一步加强	5
3.2	废水中重金属等污染物的监管需进一步细化完善	6
3.3	废水急性毒性的管控能力有待进一步提升	6
3.4	废水中全氟辛酸和全氟辛基磺酸监管空白亟需填补	6
3.5	企业废水间接排放管控要求有待细化完善	7
4	行业产排污情况及污染控制技术分析	7
4.1	含盐废水排放情况	7
4.2	重金属污染物排放现状	14
4.3	总硒排放情况	15
4.4	多环芳烃排放现状	16
4.5	废水急性毒性情况	18
4.6	PFOA 和 PFOS 排放情况	18
5	国内外相关标准情况	19
5.1	全盐量	19
5.2	重金属	22
5.3	总硒	23
5.4	废水急性毒性	24
5.5	PFOA 和 PFOS	24
6	修订主要技术内容	25
6.1	修订内容	25
6.2	全盐量排放控制要求	25
6.3	总硒排放控制要求	26
6.4	废水急性毒性控制要求	26
6.5	PFOA 和 PFOS 排放控制要求	27
6.6	总铅、总汞排放控制要求	27
6.7	第一类污染物排放监控位置	27
6.8	间接排放管控方式	28

6.9 污染物监测要求完善	29
7 标准实施环境效益及经济成本分析	29
7.1 环境效益	29
7.2 经济成本分析	30

《石油炼制工业水污染物排放标准（征求意见稿）》

编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

我国是世界上石油消费增长最快的国家之一，目前已成为全球石油消费第二大国，原油一次加工能力位居世界第一。针对石油炼制行业污染物排放管理，我国于 2015 年发布《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570—2015），对于控制石油炼制工业污染物排放发挥了重要作用。经过 10 年的发展，我国石油炼制工业的污染防治水平有了显著提升，在科学、精准治污环境管理要求下，石油炼制工业水污染物排放管理水平也有待进一步提升。一方面，高盐废水逐渐受到重视，在水环境有机污染得到有效控制的同时，以高盐废水为代表的无机污染越来越突出，石油炼制工业废水含盐量较高，企业外排废水的含盐量问题亟须管控。另一方面，对石油炼制工业废水中重金属、有机物等水污染物排放控制，需进一步根据企业实际排放控制水平，结合国内外最新相关标准发展情况，完善调整排放控制要求，从而进一步防范环境风险，保护人体健康和生态安全。

为满足新阶段生态环境保护工作要求，进一步完善水污染物排放标准体系，加强石油炼制工业水污染物排放管理，2019 年，生态环境部下达《关于征集 2020 年度国家生态环境标准计划项目承担单位的通知》（环办法规函〔2019〕89 号），通过竞争性评审，由山东省生态环境规划研究院、中国环境科学研究院共同承担《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570—2015）废水部分修改工作，项目统一编号为 2020-14。

1.2 工作过程

任务下达后，承担单位成立了标准编制组，系统开展了以下主要工作：

（1）行业调研

收集行业发展资料和数据，了解掌握行业发展现状和趋势，以及行业环境保护的基本情况。对国家生态环境管理需求和国内外相关环境标准或控制要求进行研究，广泛搜集查阅了国内外石油炼制工业水污染物治理相关文献资料，对典型石油炼制企业的污水处理工艺及进出口水质情况开展了实地调研监测，评估现有企业主要污染物排放水平。

（2）开题论证

在上述工作的基础上，标准编制组明确了标准修改单的定位及主要思路，编制完成了《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570—2015）废水部分修改单草案和开题报告。2019 年 12 月，生态环境部水司主持召开标准开题论证会，会议通过标准开题论证，同时提出完善调研企业的代表性、结合典型企业进行技术经济分析、分预处理和末端处理两方面梳理技

术、选择代表企业核算全厂盐平衡和基准排水量、搜集国外相关行业标准并增加最新取水标准分析等修改要求和工作建议。

（3）征求意见稿编制

标准编制组按照开题论证会专家意见，系统收集并统计分析 2021—2023 年全国石油炼制企业执法监测和自行监测数据，组织典型企业开展了废水中全盐量、重金属、多环芳烃、急性毒性等指标的监测分析，在此基础上对修改单文本进行了修改完善，经过多次专家研讨论证，形成《石油炼制工业污染物排放标准》（GB 31570—2015）废水部分修改单（征求意见稿）及编制说明。

（4）征求意见稿技术审查

2025 年 11 月 10 日，生态环境部水司主持召开标准征求意见稿技术审查会，会议通过标准征求意见稿审查。标准编制组按专家意见对修改单及编制说明进行了修改完善。

2026 年 1 月，将修改单调整为标准废水部分的修订。

2 行业概况

2.1 行业基本情况

石油炼制工业指的是以原油、重油等为原料，生产汽油馏分、柴油馏分、燃料油、润滑油、石油蜡、石油沥青，以及烯烃、芳烃等石油化工原料的工业，是国民经济支柱产业。

在国家政策的持续引导下，我国炼油及石油化工行业飞速发展，产业规模不断扩大，综合实力稳步提升，由石化大国向石化强国迈进。随着国内成品油消费量进入平台期或稳中有降，炼油供给侧结构面临调整，“减油增化做特”已成为炼油产品结构调整的重要方向。

2.1.1 石油炼制产能发展

近年来，随着我国石化产业高质量发展，尤其是不断有新的炼化一体化装置建成投产，我国石化产业的规模集中度、石化基地的集群化程度、行业整体技术水平和核心竞争力都实现了新的跨越。目前，我国千万吨及以上石油炼制企业已达到 37 家，原油一次加工能力超过 9 亿吨/年，跃居世界第一。2024 年，全国石油炼制企业平均开工率约 74%，全国非国有石油炼制企业（含一体化企业）开工负荷比 2023 年下降 3.4 个百分点。2024 年，国内原油一次加工能力已经达到 9.56 亿吨/年，预计将在 2028 年左右达峰，峰值为 9.8 亿吨/年。之后部分落后产能继续退出，预计到 2030 年，国内原油一次加工能力将降至 9.6 亿吨/年左右。目前，我国仍然面临原油一次加工能力结构性过剩趋重、化工产品不足、产品结构不合理等问题，2021 年 10 月，国务院发布《2030 年前碳达峰行动方案》要求，到 2025 年，国内原油一次加工能力控制在 10 亿吨以内。2015—2024 年我国原油一次加工能力与加工量变化趋势见图 1。



图 1 2015—2024 年我国原油一次加工能力与加工量变化趋势图

2.1.2 石油炼制产品结构

目前，我国石油炼制企业产品以成品油为主，化工原料较少。我国 2015—2024 年石油炼制主要产品生产情况如图 2 所示。从产量变化来看，液化石油气的产量稳定增长，汽油、柴油和煤油产量近 10 年来持续波动。从产量的绝对值来看，柴油产量最大，其次是汽油和煤油。



图 2 2015—2024 年我国石油炼制主要产品生产情况

2.1.3 生产布局与集中度

截至 2024 年底，从石油炼制企业规模看，全国千万吨级石油炼制企业 37 家，合计原油一次加工能力 5.42 亿吨/年，占国内原油一次加工能力的 56.8%；从地区布局看，华东、东北、华南是全国石油炼制企业主要集中地区，且集中度继续提升，三大地区合计原油一次加工能力突破 7 亿吨/年至 7.09 亿吨/年，约占全国原油一次加工能力的 74.2%。

2.2 行业发展趋势

2.2.1 炼化一体化向纵深发展

行业将从“原油-成品油-基础化工品”的传统模式，向“原油+生物质+循环原料-高端化工品-新材料”的多元化模式升级。重点布局乙烯、芳烃等基础化工原料产能，同时向高端聚烯烃、特种工程塑料、高性能纤维等新材料延伸，满足新能源、电子信息、航空航天等战略性新兴产业需求。此外，生物炼化和化学回收技术将逐步成熟，利用废弃塑料、生物质等可再生原料生产燃料和化学品，推动行业向循环经济转型，实现资源高效循环利用。

2.2.2 绿色低碳成为核心竞争力

在“双碳”目标驱动下，绿色低碳技术将成为石油炼制企业的核心竞争力。碳捕集、利用与封存技术将从示范项目走向规模化应用，通过捕集石油炼制企业碳排放并加以利用或封存，降低行业碳足迹；绿氢炼化技术通过可再生能源制氢替代传统化石能源制氢，减少生产过程碳排放；生物航煤、生物柴油等生物燃料产能将快速扩张，逐步替代传统航空煤油和柴油，适应交通领域清洁化需求。同时，石油炼制企业将通过能源梯级利用、余热回收等技术优化能耗结构，提升整体能效，推动行业向“零碳炼厂”目标迈进。

2.2.3 数字化与智能化深度融合

数字化转型将进入“全面渗透、深度融合”阶段，5G、工业互联网、数字孪生等技术在石油炼制企业广泛应用，实现生产、物流、销售全链条智能化管理。生产端，通过实时数据采集和 AI 优化，实现装置负荷动态调整、产品质量精准控制；物流端，以区块链技术保障原油和产品溯源，智能调度系统优化运输路径；销售端，大数据分析客户需求，实现产品定制化和服务个性化。此外，远程运维、虚拟工厂等模式将降低运营成本，提升企业应对市场波动的灵活性，推动行业从“制造”向“智造+服务”转型。

2.3 企业类型及主要生产工艺

2.3.1 企业类型

目前，石油炼制企业通常根据其产品分为燃料型、燃料-润滑油型、燃料-化工型以及燃料-润滑油-化工型 4 种类型。燃料型企业主要生产用作燃料的石油产品，除了生产部分重质原料油以外，减压馏分油和减压渣油还可通过各种轻质化途径转换为各种轻质原料。燃料-润滑油型企业除生产燃料外，部分或者大部分减压馏分油和减压渣油还被用于生产各种润滑油产品。燃料-化工型企业除生产各种燃料外，还利用催化裂化装置生产的液化气和催化重整装置生产的苯、甲苯、二甲苯等作为化工原料，生产各种化工产品如合成橡胶、合成纤维、塑料等。燃料-润滑油-化工型企业，既生产各种燃料油、化工原料或化工产品，又生产润滑油。主要生产特点见表 1。

表 1 企业类型及特点

类型名称	产品情况	特点	主要装置构成
燃料型	汽油、柴油、煤油、液化气、石油焦等燃料	装置及工艺选择以燃料加工为主，结构简单	常减压蒸馏装置、催化裂化装置、延迟焦化装置
燃料-润滑油型	汽油、柴油、煤油、沥青、石油焦、润滑油	上游装置以燃料加工为基础，下游配套润滑油加工生产装置	常减压蒸馏装置、催化裂化装置、延迟焦化装置、石油产品精制装置、溶剂脱蜡装置、溶剂精制装置、加氢精制装置
燃料-化工型	汽油、柴油、煤油、沥青、石油焦等燃料，苯、甲苯、丙烯、丙烷等化工产品	装置及工艺选择以燃料加工为基础，配备化工生产装置	常减压蒸馏装置、催化裂化装置、延迟焦化装置、催化重整装置、芳烃装置、气体分离装置、石油产品精制装置
燃料-润滑油-化工型	汽油、柴油、煤油、沥青、石油焦、润滑油、苯、甲苯、丙烯、丙烷等	油头化尾加工链条，上游装置及工艺选择以燃料加工为基础，配套润滑油加工和化工产品生产装置	常减压蒸馏装置、催化裂化装置、延迟焦化装置、催化重整装置、芳烃装置、气体分离装置、石油产品精制装置、溶剂脱蜡装置、溶剂精制装置

2.3.2 主要生产环节

石油炼制主要生产环节如下：

(1) 分离工艺：采用常压蒸馏、减压蒸馏、轻烃回收（气体加工）等石油分离工艺，把原油分割为沸点相近的馏分。

(2) 石油转化工艺：为了满足高辛烷值汽油、喷气燃料和柴油的需求，将渣油、燃料油和轻烃转化为汽油和其他轻馏分。采用裂化、焦化和减粘裂化工艺将大的石油分子裂化为较小的分子；采用聚合和烷基化工艺将小石油分子接合为较大的分子；采用异构化和重整工艺将石油分子的结构重排以生产相似分子大小的较高价值的分子。

(3) 石油精制工艺：采用加氢精制、化学脱硫和酸性气脱除等工艺分离不适当的组分和脱除不希望的元素，稳定和升级石油产品。精制工艺主要使用加氢、碱洗、溶剂脱沥青、吸附等分离石油产品；脱盐用于在炼制之前从原油进料中脱除盐、矿物质、泥沙和水；氧化沥青用于聚合和稳定沥青以改善沥青的抗老化性能。

(4) 原料和产品储运：原料和产品储运操作由卸载、储存、调和及装载活动组成。

(5) 辅助设施：如锅炉、废水处理设施、冷却水塔等。

3 标准修订的必要性分析

3.1 含盐废水的排放监管有待进一步加强

含盐废水具有一定的环境危害性。较高浓度的含盐废水排放到水体中，会对水中鱼类、藻类和浮游生物的生长产生影响；长期使用盐分较高的地表水进行灌溉，会破坏土壤的结构机能，出现土壤板结、盐渍化的现象，降低土壤生产力；含盐废水的电导率和矿化度较高，会腐蚀金属管道和设备，影响废水输送和处理设施寿命。此外，盐分过高会对废水的生化处理产生抑制作用，影响污水处理效果。

随着石油炼制工业原油品质的劣质化，含盐废水浓度不断升高，区域性水污染问题日趋明显。石油炼制工业较发达的辽河、海河、长江、珠江流域，以及环渤海、黄海、北部湾等沿海区域含盐量控制趋于紧迫。以山东省为例，根据全盐量专项监测结果，在监测的 89 个省控及以上河流断面中，58.4%的地表水断面中全盐量浓度超过 1000 mg/L，其中 4 个断面甚至高于 10000 mg/L，高于农田灌溉水质标准非盐碱地限值十几倍。因此，有必要对石油炼制工业废水的含盐量进行控制，促进企业生产工艺技术水平提升，助力水环境质量改善。

3.2 废水中重金属等污染物的监管需进一步细化完善

因原油中含重金属，以及使用含重金属催化剂等，石油炼制废水中含有一定浓度的重金属。根据对 GB 31570—2015 标准的实施评估，废水中重金属的实际排放浓度比标准限值低 1~3 个数量级，且与国外相关标准比较，重金属标准限值较为宽松，因此有必要在实际排放水平的基础上进一步优化重金属的排放控制要求。此外，硒对人体健康具有一定危害，国外对石油炼制工业废水中硒的排放情况较为关注并加以控制，我国尚未开展相关工作，有必要对其进一步加强排放管理。

GB 31570—2015 对 5 种重金属及苯并[a]芘等第一类污染物统一规定为车间或生产设施废水排放口监控。由于各工艺环节涉及的重金属类型不一，各类重金属的具体监控工艺环节有待进一步明确，《排污许可证申请与核发技术规范 石化工业》（HJ 853—2017）和《排污单位自行监测技术指南 石油炼制工业》（HJ 880—2017）中明确了废水中各类重金属污染物的具体监控位置，GB 31570-2015 中有必要对其进行调整。同时，有研究表明因石油成分复杂，除延迟焦化工序外，其他工序废水中也有苯并[a]芘等多环芳烃类物质检出，因此有必要对以苯并[a]芘为代表的多环芳烃类物质细化监控位置。

3.3 废水急性毒性的管控能力有待进一步提升

急性毒性作为表征废水毒性效应的重要指标，近年来在生态环境标准中不断进行了探索和实践。最早在 2008 年发布的制药工业系列水污染物排放标准中提出了采用发光细菌法测试废水急性毒性，以综合管控制药废水中的有毒有害污染物。新近发布的《电子工业水污染物排放标准》（GB 39731—2020）和《农药工业水污染物排放标准》（GB 21523—2024）中提出了采用斑马鱼卵测试废水急性毒性。石油炼制行业的废水成分较为复杂，含有石油烃、苯系物、多环芳烃等多种有毒有害污染物，但受客观条件限制，GB 31570—2015 中仅规定了 25 项水污染物项目。在精准治污、科学治污的总体要求下，探索在石油炼制工业水污染物排放管控要求中增加急性毒性指标，以进一步提升对废水中各类污染物的综合管控能力。

3.4 废水中全氟辛酸和全氟辛基磺酸监管空白亟需填补

全氟辛酸（PFOA）和全氟辛基磺酸（PFOS）是目前环境中检出最为广泛、浓度也相对

较高的两种全氟化合物，具有难降解、长距离迁移性和生物蓄积性，一旦被释放到水体环境中，会在水体和食物链中积累，对生态系统造成潜在的危害。PFOA、PFOS 会经呼吸道、消化道、食物富集作用等多种途径摄入人体内，对心血管系统、免疫系统以及生殖系统造成伤害。2023 年，国际癌症研究机构（IARC）将 PFOA 列为 1 类致癌物，PFOS 为 2B 类致癌物；2017 年，我国将 PFOS 列为《优先控制化学品名录（第一批）》；2020 年，PFOA 列为《优先控制化学品名录（第二批）》；2023 年，我国将 PFOA、PFOS 列入《重点管控新污染物清单（2023 年版）》。为满足国家对水体中 PFOA、PFOS 污染控制管理的需求，对石油炼制工业废水增加相应排放限值对于加强对持久性有机污染物监控与管理、保护环境和保障人民健康都具有重大意义。

3.5 企业废水间接排放管控要求有待细化完善

当前石油炼制企业废水排入不同类型污水处理厂的管控要求有待进一步细化。GB 31570—2015 区分城镇污水处理厂和各类园区污水集中处理厂分别提出了间接排放控制要求，但对于排向单一石油炼制工业污水集中处理厂的情况，仍要求上游企业对苯、甲苯、二甲苯等特征指标进行预处理达到间接排放标准要求后方可排放，这在一定程度上无法充分利用下游污水集中处理厂的处理能力，同时上游企业也需建设预处理设施，造成重复建设。另一方面，对于排向各类园区工业废水集中处理厂的废水，GB 31570—2015 虽然规定间接排放限值可协商，但对于协商结果的法律效力以及如何监管等方面，缺乏明确规定。因此，需根据石油炼制废水特点，提出差异化的间接排放管控要求，实现精准匹配、风险可控的目标，最大程度发挥污水处理厂的专业优势和规模效益，避免不必要的技术改造与经济成本投入。

4 行业产排污情况及污染控制技术分析

4.1 含盐废水排放情况

4.1.1 含盐废水来源

编制组对国内典型石油炼制企业进行了现场调研监测和资料调研，石油炼制企业的含盐废水主要来自石油化工产品加工设备，一般包括三部分：

（1）电脱盐废水

原油在进行常减压蒸馏时首先需经过电脱盐过程，在此过程产生的电脱盐废水是企业含盐废水的主要来源。从地底油层中开采出来的石油都伴有水和泥沙，水中溶解无机盐，如 NaCl、MgCl₂、CaCl₂ 等，这些物质的存在对加工过程危害很大，因此要通过电脱盐将其除去。由于无机盐大部分溶于水，故而脱盐与脱水同时进行。为脱除悬浮在原油中的盐粒，在原油中注入一定量的新鲜淡水（注入量一般为 5%），同时加入破乳剂，这样有助于乳化剂中乳化膜的破除和无机盐的脱除；充分混合后，在电场的作用下，使微小水滴聚结成大大水滴，在重力作用下使油水分离，即为电脱盐。根据相关资料，电脱盐产生的废水量一般在 3%~

5%/吨油。受原油品质影响，全盐量浓度水平一般高于 1000 mg/L，大部分在 2000 mg/L~5000 mg/L 之间，有时甚至可达到 10000 mg/L 以上。

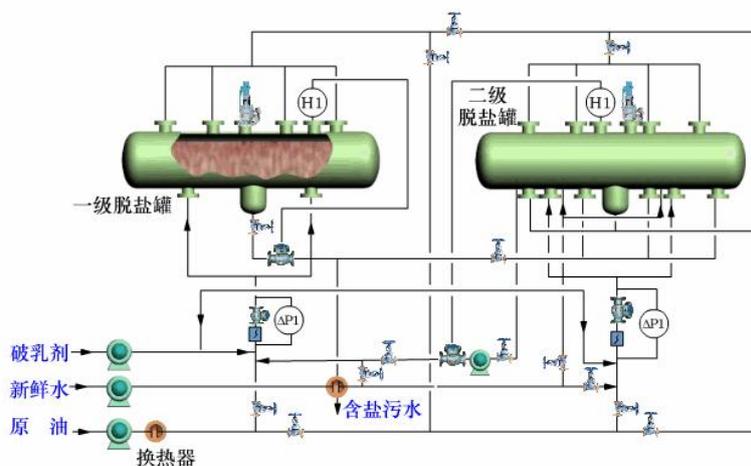


图 3 电脱盐工艺示意图

（2）脱硫废水

脱硫废水主要产生在重油催化裂化阶段和企业自备电厂的烟气脱硫。催化裂化是石油二次加工的主要方法，指在高温和催化剂的作用下使重质油发生裂化反应，转变为裂化气、汽油和柴油等的过程。催化剂表面附着的焦油在高温下燃烧会分解为烟气，对该部分烟气进行湿法脱硫产生的含盐废水全盐量浓度高达数万甚至 10 万 mg/L 以上。该部分废水排放量一般不超过 100 m³/h，主要成分为亚硫酸盐和硫酸盐。大部分企业的脱硫废水经初步氧化除去亚硫酸盐后排向污水处理厂进行处理，个别企业经浓缩提出硫酸盐外售，或者将废水作为硫酸铵制备的浆液，不外排。

另外，部分石油炼制企业设有自备电厂，电厂的脱硫废水也是含盐废水的来源之一，该部分废水含盐量约在 2%~5%之间，循环使用，排放量较催化裂化阶段稍大。

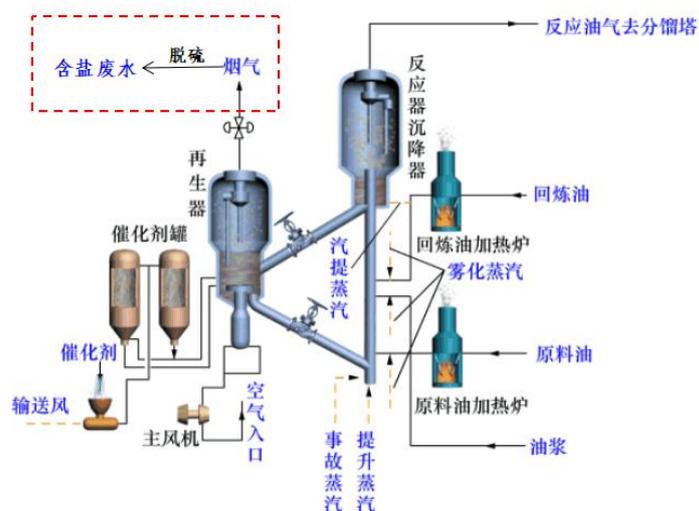


图 4 催化裂化烟气脱硫示意图

(3) 生产装置和辅助设施排放的含盐废水

该部分含盐废水是部分炼油装置、化工装置和一些辅助设施等排出的含盐废水。例如，催化裂化装置蒸汽发生系统蒸汽与塔顶抽出物一起抽出，经过冷凝处理后，再实现油水分离产生的含盐废水；制氢和连续重整等设备的锅炉单元排出的污水、聚丙烯设备的冷凝液收集单元排放的污水、烷基化装置的排水等；公用工程及辅助设施产生的含盐废水主要有循环水场排污水、化学水处理站含盐废水及动力中心锅炉排污水等。

另外，含盐废水的水质和水量也会受到原油品质的影响。原油按比重指数主要分为轻质原油、中质原油、重质原油以及特重质原油。轻质原油品质较好，易于加工，产生的含盐废水成分相对简单，浓度也较低。而重质原油质量较差，单位质量的重质原油若要产出更多的轻质产品就需要深加工处理，因此会产生更多成分复杂、浓度较高的含盐废水。近年来，我国采用高硫重油越来越多，导致石油炼制企业产生的含盐废水成分更加复杂、浓度不断升高。有研究表明，含硫量 0.68% 的原油炼制废水中含硫量、含酚量比含硫量 0.11% 的原油炼制废水高 10 倍。

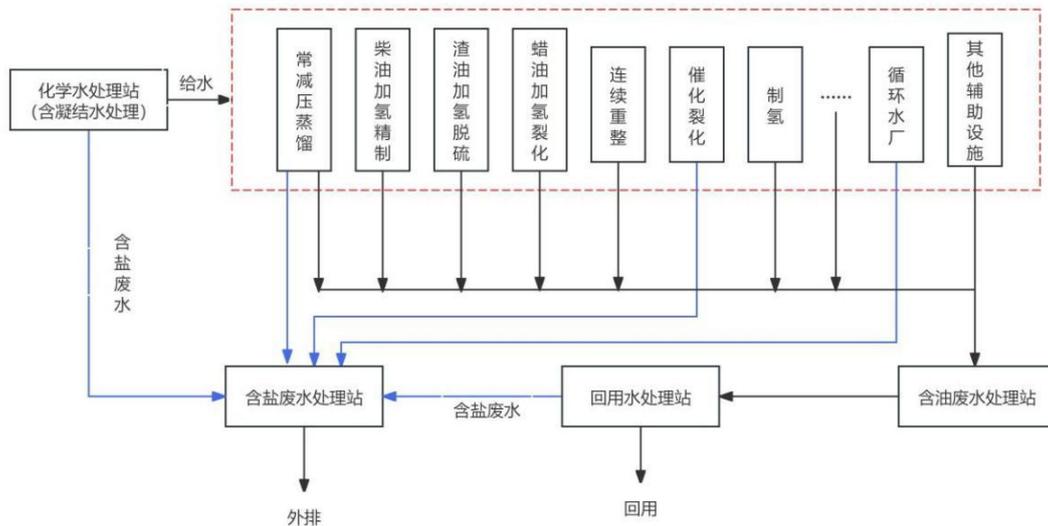


图 5 典型石油炼制企业含盐废水产生节点示意图

4.1.2 排放水平

(1) 调研监测情况

为了解石油炼制企业目前的全盐量排放水平，编制组选取了山东省 20 家石油炼制企业进行现场调研和监测，企业原油一次加工能力从 220 万吨/年~1500 万吨/年不等，覆盖山东省的沿海和内陆地区，具有较好的代表性。

企业调查监测结果如表 2 和表 3 所示，其中全盐量浓度 < 6000 mg/L 的企业占比约 90%。

表 2 山东省企业监测结果

企业编号	全盐量排放浓度 (mg/L)	企业规模 (万吨/年, 原油加工量)
1	1153	500
2	815	580
3	2332	1300
4	1932	200
5	548	320
6	5334	350
7	954	1500
8	4600	350
9	1525	350
10	1052	250
11	8290	500
12	6736	1000
13	714	310
14	1133	590
15	1920	550
16	685	600
17	655	650
18	458	220
19	902	1000
20	1302	320

表 3 山东省企业全盐量排放水平统计结果

全盐量浓度范围 (mg/L)	<1000	1000-3000	3000-5000	5000-6000	≥6000
数量 (家)	8	8	1	1	2
占比 (%)	40.0	40.0	5.0	5.0	10.0

全盐量排放浓度较低的企业, 原因主要是含盐废水产生量少或废水本身含盐量低, 与其他废水混合后进一步被稀释。全盐量排放浓度较高的企业则正好相反, 一是废水本身全盐量浓度高且含盐废水排放量大; 二是由于企业未对含盐废水进行针对性处理; 三是部分企业在节水减排、污水回用方面力度较大, 客观上也造成了外排废水含盐量增高。

根据调研, 2号企业专门设置了含盐废水处理系统。含盐废水主要来自原油电脱盐脱水罐排水和硫磺回收装置的净化水, 主要成分是氯化钠和硫酸钠, 吨油排水约 0.6 m³。企业建有高盐废水处理及回用工程。首先, 采用反渗透膜将预处理后的废水进行浓缩处理, 废水分成一部分浓水和一部分淡水。其中, 淡水经过厂区内建设的人工湿地水质净化工程进行净化后, 进入生产工艺循环使用; 浓水再进一步分为两部分进行盐提纯: 一部分浓水经过电渗析进一步浓缩 15%~20%后再进入 MVR 蒸发结晶装置, 最终结晶形成氯化钠盐, 纯度可达

92%；另一部分浓水经过反渗透海水淡化进一步浓缩 10%~12%后，进入冷冻结晶装置，结晶形成硫酸钠盐，纯度可达 95%。目前，该公司废水排放量为 70 m³/h~80 m³/h，70%以上废水实现回用，剩余排入污水处理厂，排放废水中全盐量浓度在 1000 mg/L 以下，废水处理成本约 13.5 元/吨。

此外，编制组收集了北京、天津、陕西、河北、上海、江苏、浙江、广东、黑龙江、吉林、新疆、内蒙古、福建、江西、辽宁等省（区、市）36 家石油炼制企业执法和自行监测的废水中全盐量排放数据。根据数据统计分析（表 4），其他省份企业外排废水全盐量浓度小于 6000 mg/L 的占比约 83.4%。

表 4 其他省份全盐量排放水平统计结果

全盐量浓度范围 (mg/L)	<1000	1000-3000	3000-5000	5000-6000	6000-8000	≥8000
数量（家）	12	11	5	2	4	2
占比（%）	33.3%	30.6%	13.9%	5.6%	11.1%	5.6%

4.1.3 含盐废水处理技术

根据文献资料和实地调研，企业生产过程中产生的含盐废水，主要通过源头控制、优化生产工艺、预处理和末端治理几个方面进行控制。源头控制主要从降低水源含盐量、置换水源和使用低盐原料几个方面进行；优化生产工艺主要从改进生产工艺、加大对原料和盐分的回收利用、优化投加化学药品比例，减少盐分排放进行；预处理一般是先除去高盐废水中的有毒有害物质，然后采用膜浓缩处理工艺进行预处理，便于高盐废水再进一步进行加热蒸发等末端处理；末端治理主要采用焚烧法、加热蒸发和机械压缩再蒸发浓缩（MVR）等方法。

（1）预处理技术

针对高盐废水的预处理技术主要有：物理吸附法、精密过滤法、混凝絮凝法、气浮法、催化湿式氧化法、电化学氧化法、超临界水氧化法以及膜浓缩处理等。

为方便高盐废水的末端处理，一般对高盐废水采用膜浓缩处理工艺进行预处理。膜浓缩处理的主要目的是通过膜技术处理将绝大部分污染物质截留在浓水一侧，进行下一步处理；获得的淡水占总水量的 90%以上，全盐量≤ 1000 mg/L，可以作为生活用水和要求较高的工业用水；浓缩后的浓盐水水量占总水量的 10%以下，全盐量在 100000 mg/L 以上，满足蒸发结晶的经济性要求。

目前常用的膜浓缩处理技术主要有微滤、超滤、纳滤、反渗透等，其中超滤、微滤用于高盐废水的处理时，不能有效去除污水中的盐分，但可以有效截留悬浮固体及胶体。根据水质不同，通常采用 1-3 级膜浓缩。一级膜浓缩适合原水全盐量小于 10000 mg/L，浓水全盐量在 10000 mg/L~30000 mg/L 之间，一级膜浓缩处理技术相对成熟，以超滤反渗透工艺和传统多介质+活性炭过滤的反渗透工艺最为广泛；二级膜浓缩在此基础上将浓水全盐量进一步提高至 30000 mg/L~60000 mg/L 之间；三级膜浓缩再进一步将最终浓盐水的全盐量提高到

80000 mg/L~100000 mg/L，根据水质情况最高可以达到 100000 mg/L 左右。采用不同浓缩处理工艺处理后排放的出水全盐量差别较大，根据实地调研，部分石油炼制企业预处理技术的实际运行情况见表 5。

表 5 不同浓缩处理工艺运行情况一览表

企业名称	处理技术	进水全盐量浓度 (mg/L)	出水全盐量浓度 (mg/L)
企业 1	电渗析	950	330
企业 2	反渗透	3006	500
企业 3	超滤+反渗透	3600	100

(2) 末端处理技术

① 焚烧法

焚烧法是一种对高含盐废水常用的处理方法，将高含盐废水通过喷枪喷入焚烧炉中，利用辅助燃料的热量将废水中的有毒有害物质焚毁处理，盐分通过水分的蒸发而析出。该工艺主要包括焚烧炉、余热回收设备、烟气处理设备和烟气排放设备等，典型的处理过程是：利用压缩空气或蒸汽，将废水通过喷枪雾化后喷入焚烧炉。在焚烧炉内，通过增加辅助燃料和供风措施，维持炉内的焚烧温度在 900 ℃~1200 ℃，从焚烧炉出来的高温烟气通过余热回收设备（多采用余热锅炉或换热器），将烟气中的热量加以回收利用，同时降低烟气的温度，从余热回收设备出来的烟气进入除尘设备和脱酸设备，进行烟气处理。处理的烟气通过引风机，经烟囱达标排放，高含盐废水中的盐分通过水分的蒸发析出。

② 加热蒸发

加热蒸发工艺即用加热的方法，使溶液中的部分溶剂气化并得以去除，以提高溶液的浓度，为溶质析出创造条件。日晒蒸发是一种低成本的技术，通过浓缩含盐废水中的盐分和有机物来达到减小废水体积的目的，但是这种方法最终得到的固体盐纯度不高，无法重复利用，且需要场地面积较大。多效蒸发是应用广泛的一种蒸发技术，它将多个蒸发器串联，前一蒸发器的二次蒸汽作为下一蒸发器的热源并冷凝成淡水，每 1 个蒸发器称为一效。在浓盐水浓缩处理中普遍采用 3~4 效的连接形式。由于各企业含盐废水的水质差异较大，蒸发处理效果和费用亦有所不同。

③ 机械压缩再蒸发浓缩 (MVR)

机械压缩再蒸发浓缩 (MVR) 主要原理是将原水蒸发产生的二次蒸汽通过机械再压缩方式提高蒸汽的温度、压力和热焓，然后进入蒸发器与原水进行冷凝换热，加热后原水得以蒸发浓缩，同时又产生二次蒸汽再次压缩，充分利用系统内蒸汽潜热，最终使盐分结晶析出。整体来看，对于高盐废水 MVR 工艺，传热温差是影响蒸发面积和压缩机功耗的主要因素，降低温差可以降低功耗，提升温差则可以节省面积，降低整体成本。

根据实地调研，采用 MVR 工艺的石油炼制企业，出水全盐量浓度可由 10 万 mg/L 降至 1000 mg/L 以下。

(3) 典型企业案例分析

某石化公司是以原油加工为主，生产各类石油化工产品的炼化企业。原油一次加工能力为 350 万吨/年。生产装置主要包括 350 万吨/年常减压蒸馏、140 万吨/年重油催化裂化、160 万吨/年延迟焦化、100 万吨/年汽柴油加氢精制、60 万吨/年柴油加氢精制、60 万吨/年催化汽油选择性加氢脱硫、25 万吨/年催化重整、8 万吨/年苯抽提、7 万吨/年聚丙烯及汽油脱硫醇等。生产的产品主要有：无铅汽油、柴油、煤油、石脑油、石油焦、船用燃料油、燃料油浆、溶剂油、石油液化气、车用液化气、丙烯、聚丙烯、硫磺、环烷酸、纯苯等。

污水处理场初始建设采用隔油、浮选、曝气处理工艺，设计能力为 200 m³/h；第 1 次改造，在表面曝气工艺前增加均质罐和生物接触氧化池；第 2 次改造，把表面曝气工艺改为 Orbal 氧化沟工艺，同时污水处理能力扩至 500 m³/h；第 3 次改造，增加生物膜流化床处理单元、高级氧化单元和双膜单元，设计能力为 200 m³/h；第 4 次改造，在排放监控池后新增了深度处理设施，以达到污水 100%达标排放。进水包括厂区内的所有含油污水、含硫污水、含盐污水和部分生活污水等。该企业吨油排水约 0.35 m³。企业产生的全部污水均进入厂区进行处理，污水处理工艺见图 6。

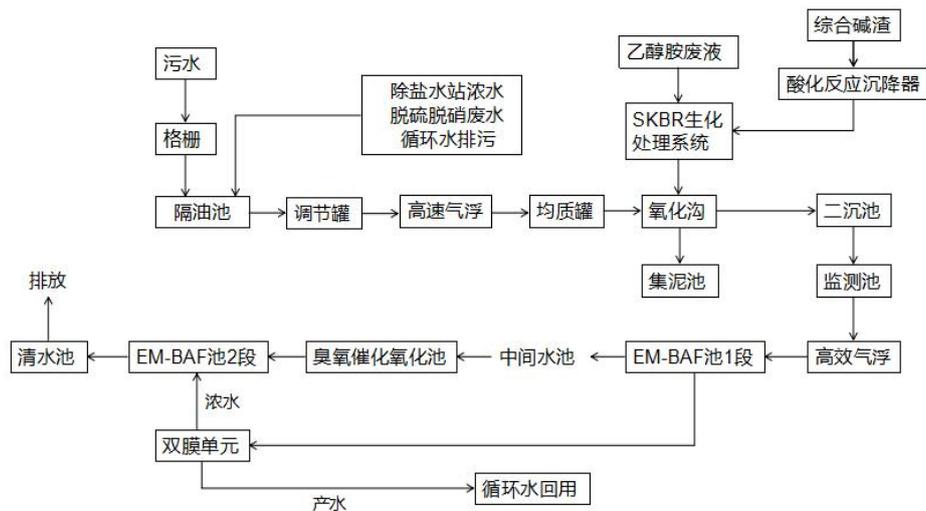


图 6 某企业污水处理工艺流程图

该企业产生含盐废水的主要环节有：电脱盐系统、循环水系统、烟气脱硫脱硝系统、碱渣废水系统和罐区切水系统，具体水质水量情况见表 6。含盐废水与其他生产、生活废水一并进入厂区污水处理厂处理，出水全盐量浓度约为 3100 mg/L，最后排入市政污水管网。

表 6 某企业含盐废水水质水量一览表

序号	工艺环节	含盐废水产生量 (t/h)	全盐量 (mg/L)
1	电脱盐系统	26	2000
2	循环水系统	30	2500
3	烟气脱硫脱硝系统	7	50000

序号	工艺环节	含盐废水产生量 (t/h)	全盐量 (mg/L)
4	碱渣废水系统	1	10000
5	罐区切水系统	2	2000

4.2 重金属污染物排放现状

GB 31570—2015 中涉及的重金属污染物有 5 项，包括总铅、总砷、总镍、总汞、烷基汞。通过对 2017 年—2023 年执法监测数据的统计分析：重金属中总镍存在超标情况，其他重金属均未出现超标；从检出浓度来看，重金属的实际排放浓度比标准限值低 1~3 个数量级，总铅、总砷、总汞检出的排放浓度 85%分位数分别为排放限值的 10%、7.4%和 3.4%。5 项重金属污染物的执法监测数据统计见表 7。

表 7 废水中重金属排放情况

污染物项目		总铅	总砷	总镍	总汞	烷基汞
排放限值 (mg/L)		1	0.5	1	0.05	不得检出
2017 年	监测数量	4	5	5	4	2
	达标率	100%	100%	100%	100%	100%
	浓度范围 (mg/L)	ND	0.0016~0.0109	ND~0.894	ND~0.00028	ND
2018 年	监测数量	39	41	35	29	20
	达标率	100%	100%	100%	100%	100%
	浓度范围 (mg/L)	ND	ND~0.0618	ND~0.394	ND~0.00993	ND
2019 年	监测数量	22	32	22	21	8
	达标率	100%	100%	100%	100%	100%
	浓度范围 (mg/L)	ND	ND~0.061	ND~0.74	ND	ND
2020 年	监测数量	36	40	36	39	14
	达标率	100%	100%	97.14%	100%	100%
	浓度范围 (mg/L)	ND~0.243	ND~0.0296	ND~11.74	0~0.00075	ND
2021—2023 年 (执法监测)	监测数量	55	123	75	112	—
	检出率	93%	85%	37%	60%	—
	达标率	100%	100%	100%	100%	—
	检出浓度范围 (mg/L)	0.00014~0.377	0.0005~0.369	0.0214~0.77	0.00005~0.018	—
	85%分位数	0.0043	0.027	0.499	0.0024	—
2021—2023 年 (自行监测)	监测数量	146	1319	687	979	237
	检出率	81%	76%	76%	67%	4.2%
	达标率	100%	100%	100%	100%	4.2%
	检出浓度范围 (mg/L)	0.0007~0.7	0.00042~0.5	0.022~1	0.000043~0.05	0.00003~0.00065
	85%分位数	0.1	0.037	0.56	0.0017	0.00003

2015 年欧盟对石油炼制工业 BAT 进行了新一轮评估, 2019 年美国对石油炼制标准进行了评估, 欧盟和美国评估报告均列明了石油炼制工业废水中各重金属的排放浓度水平 (见表 8)。与欧盟和美国排放水平比较, 我国石油炼制工业废水中重金属排放浓度范围与其总体相当。

表 8 美国和欧盟石油炼制废水中重金属排放情况

国家和地区		浓度水平 (mg/L)			
		总铅	总砷	总镍	总汞
欧盟	排放浓度范围	<0.0001~0.01	<0.001~0.02	0.002~0.1	<0.0001~0.003
	排放浓度中位数	0.001	0.003	0.01	0.0002
	BAT 排放水平	0.005~0.03	—	0.005~0.1	0.0001~0.001
美国	处理前浓度范围	ND~0.022	ND~0.0250	ND~0.0600	ND~0.0071
	处理前平均浓度	0.00412	0.00823	0.0106	0.000472
	排放平均浓度	0.000982	0.0179	0.00547	0.000086

4.3 总硒排放情况

硒对人体健康具有影响。美国饮用水标准中指出, 硒会导致脱发或指甲脱落, 手指或脚趾麻木, 以及人体循环系统问题; 饮用水中硒主要来源于石油炼制、矿井排放, 以及自然沉积物的侵蚀。

2019 年美国石油炼制标准评估报告专门就石油炼制企业废水中总硒排放情况进行了评估。目前, 美国已有 39 家炼油厂的排污许可证中纳入了对硒的控制, 炼油厂废水处理前硒的浓度范围为 0.0485 mg/L~0.186 mg/L, 总硒平均排放浓度为 0.0536 mg/L。2015 年, 欧盟最新石油炼制工业 BAT 技术文件中报告废水中硒的排放浓度范围为 0.003 mg/L~0.08 mg/L。

本次修订, 编制组组织部分石油炼制企业对废水中的总硒排放情况进行了监测 (见表 9)。监测结果显示, 总硒排放浓度范围 0.002 mg/L~0.11 mg/L, 与美国、欧盟炼油厂废水总硒排放水平相当。

表 9 石油炼制企业废水总排口总硒排放情况

企业编号	企业地理位置	总硒排放浓度 (mg/L)
1	黑龙江	0.002
2	辽宁	0.053
3	山东 1	0.110
4	山东 2	0.026
5	广东 1	0.020
6	广东 2	0.036

企业编号	企业地理位置	总硒排放浓度 (mg/L)
7	广东 3	0.031
8	天津	0.039
9	江苏	0.054

实际工程证实吸附技术可有效对废水中的总硒进行去除，去除效率达到 80%。

4.4 多环芳烃排放现状

石油炼制各工艺环节废水中多环芳烃类物质不容忽视。根据相关研究，各装置的多环芳烃质量浓度由高到低依次为：催化裂化、延迟焦化、常减压、催化重整、苯抽提、加氢裂化。监测数据表明，催化裂化、加氢裂化以四~六环芳烃为主，苯并[a]芘浓度相对较高；常减压、延迟焦化、催化重整、苯抽提等装置以二环芳烃为主。

欧盟 2015 年对石油炼制工业 BAT 的评估报告显示石油炼制工业废水中多环芳烃（16 种）的排放浓度范围为 0.0001 mg/L~0.01 mg/L，中位数为 0.0007 mg/L。

本次修订，编制组收集了各地典型石油炼制企业废水中多环芳烃执法和自行监测数据。根据分析，企业废水总排口排放浓度范围为 ND~0.004 mg/L（见表 10），整体排放浓度较低，此次暂不考虑增设该指标。

同时，编制组对典型石油炼制企业各工艺环节产生废水的多环芳烃进行了监测（见表 11~12），监测结果显示常减压、延迟焦化和催化裂化工序废水中多环芳烃均有检出，且催化裂化工序废水中多环芳烃浓度略高于其他工序，常减压废水比延迟焦化废水中苯并[a]芘浓度略高。

废水中多环芳烃的处理技术主要有吸附、催化氧化，以及微生物降解等。

表 10 部分石油炼制企业废水总排口多环芳烃排放情况

企业编号	地理位置	多环芳烃排放浓度 (mg/L)
1	黑龙江	1.7×10^{-3}
2	天津	3×10^{-3}
3	河北	0.098×10^{-3}
4	山东	0.076×10^{-3}
5	辽宁	ND
6	四川	ND
7	江苏	0.224×10^{-3}
8	广东 1	ND
9	广东 2	2.76×10^{-3}
10	广东 3	3.96×10^{-3}

表 11 某石油炼制企业 1 各工艺环节废水中多环芳烃排放情况

污染物项目	各监测位置排放浓度 (µg/L)						
	常减压	蜡油加氢裂化	催化重整	延迟焦化	催化裂化	芳烃抽提	总排口
萘	9.16×10 ⁻³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
蒽	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
二氢蒽	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
芴	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
菲	5.18×10 ⁻³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
蒽	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
荧蒽	2.02×10 ⁻³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
芘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
苯并[a]蒽	2.64×10 ⁻³	ND	ND	ND	3.2×10 ⁻³	ND	ND
蒽	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
苯并[b]荧蒽	1.88×10 ⁻³	ND	ND	ND	8.65×10 ⁻⁴	ND	ND
苯并[k]荧蒽	1.5×10 ⁻³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
苯并[a]芘	5.56×10 ⁻³	ND	ND	6.55×10 ⁻⁴	9.7×10 ⁻⁴	ND	ND
茚并[1,2,3-cd]芘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
二苯并[a,h]蒽	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
苯并[g,h,i]芘	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
合计	2.79×10 ⁻²	ND	ND	6.55×10 ⁻⁴	5.04×10 ⁻³	ND	ND

表 12 某石油炼制企业 2 各工艺环节废水中多环芳烃排放情况

污染物项目	各监测位置排放浓度 (µg/L)				总排口
	常减压蒸馏一总排	常减压蒸馏三含油	蜡油催化裂化装置	催化重整装置	
萘	0.061	0.025	0.192	ND	0.054
蒽	ND	ND	0.071	ND	ND
二氢蒽	ND	ND	ND	ND	ND
芴	0.08	ND	0.212	ND	ND
菲	0.036	ND	0.157	ND	0.084
蒽	0.108	0.016	0.096	0.022	0.024
荧蒽	0.018	ND	0.141	ND	ND
芘	0.06	ND	0.24	ND	ND
苯并[a]蒽	ND	ND	0.066	ND	ND
蒽	0.132	ND	0.09	ND	0.034
苯并[b]荧蒽	ND	ND	0.234	ND	ND
苯并[k]荧蒽	ND	0.04	0.186	ND	ND
苯并[a]芘	ND	ND	ND	ND	ND
茚并[1,2,3-cd]芘	ND	ND	0.031	ND	1.466

污染物项目	各监测位置排放浓度 (µg/L)				
	常减压蒸馏 一总排	常减压蒸 馏三含油	蜡油催化 裂化装置	催化重整 装置	总排口
二苯并[a,h]蒽	0.017	0.384	0.042	0.586	0.945
苯并[g,h,i]芘	ND	ND	0.116	ND	0.158
合计	0.512	0.465	1.874	0.608	2.765

4.5 废水急性毒性情况

本次修订，编制组组织部分典型石油炼制企业分别采用斑马鱼卵、发光细菌、大型溞、淡水藻类对废水进行了急性毒性测试（见表 13）。测试结果表明，大多数石油炼制废水在无稀释情况下对斑马鱼卵、大型溞无急性毒性效应，但该类废水对发光细菌和淡水藻类影响较为敏感。在 15 min 测试条件下，石油炼制废水对发光细菌急性毒性处于低毒-中毒水平（中毒级别：0.07 mg/L~0.09 mg/L HgCl₂ 毒性当量）；在稀释 16 倍的情况下，石油炼制废水对藻类生长无抑制作用。

表 13 石油炼制企业废水总排口急性毒性情况

企业编号	地理位置	斑马鱼卵急性毒性 (48 h, 90%存活 LID)	发光细菌急性毒性 (15 min, HgCl ₂ 毒性当量(mg/L), 20%发光抑制率 LID)	大型溞急性毒性 (48 h, 10%活动抑制 LID)	淡水藻类急性毒性 (72 h, 5%生长抑制 LID)
1	江苏(扬子)	1	0.083	—	—
2	江苏(金陵)	1	0.090	1	16
3	广东	1	—	—	—
4	广东(广州)	1	0.071, 4	1	8
5	山东(济南)	1	0.063, 2		
6	山东(青岛)	2	0.054, 1		
7	江西(九江)	1	0.050, 1		
8	湖北(荆门)	1	0.059	1	16
9	河南(洛阳)	—	0.078, 12	1	16

4.6 PFOA 和 PFOS 排放情况

本次修订，编制组收集了部分典型石油炼制企业废水中 PFOA 和 PFOS 的监测数据。根据监测结果，企业废水中 PFOA 和 PFOS 均为未检出。

废水中 PFOA 和 PFOS 的处理技术主要有吸附法、膜分离法等。吸附法具备成本和能耗低、效率高且操作简便的优点，缺点是使用过的吸附材料需要作为危废处理，处理费用较高，常用吸附剂为离子交换树脂、活性炭，吸附效率可达 80%以上。膜分离法主要包含纳滤法和反渗透法，此方法设备简单、处理效果好、易于实现自动化，处理效率接近 100%，但膜组件的寿命短、成本高且容易受到污染。

5 国内外相关标准情况

5.1 全盐量

5.1.1 水质标准

国内涉及盐分指标的相关水质标准有《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2022）、《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）、《地下水质量标准》（GB/T 14848—2017）等 5 项标准。其中，除《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2022）中明确提出全盐量指标限值外，其他水质标准均设置全盐量的相关指标，如溶解性总固体（TDS）、硫酸盐、氯化物、硝酸盐等。国外涉及盐分指标的相关水质标准有美国水质基准和世界卫生组织《饮用水水质准则》等。

溶解性总固体不仅包括水中的溶解盐类，还包括有机物质，数值理论上比全盐量大。水环境接纳的废水来源不同，全盐量中的主要成分也不同，主要成分可以对照各质量标准中限值作为参考指标评价水环境中盐分含量。国内外相关水质标准中主要盐分控制指标限值情况见表 14。

表 14 国内外相关水质标准中主要盐分控制指标

序号	标准	主要控制指标	TDS 限值 (mg/L)
1	《生活饮用水卫生标准》 (GB5749—2022)	溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、总硬度、硝酸盐、溴酸盐、亚氯酸盐、氯酸盐	1000
2	《地表水环境质量标准》 (GB3838—2002)	集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值：硫酸盐、氯化物、硝酸盐	/
3	《地下水质量标准》 (GB/T 14848—2017)	溶解性总固体、总硬度、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、亚硝酸盐	500~2000
4	《农田灌溉水质标准》 (GB 5084—2021)	全盐量、氯化物	全盐量：1000（非盐碱地）/2000（盐碱地）
5	《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923—2005）	溶解性总固体、氯离子、总硬度、总碱度、硫酸盐	1000
6	美国水质基准	硝酸盐、氯化物	硝酸盐：保护人体健康水质基准 10 氯化物：保护水生生物长期慢性/急性水质基准 230/860
7	美国《饮用水水质标准》	溴酸盐、亚氯酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、（二级标准控制项目：溶解性总固体）	二级标准：500
8	WHO《饮用水水质准则》	氯酸盐、亚氯酸盐、氯化物、溴酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、溶解性总固体	参考值：1000

5.1.2 其他国家相关排放标准

许多发达国家和地区针对含盐废水制定了相关标准（见表 15）。美国部分州针对含盐废水制定了相关标准，如宾夕法尼亚州自 2008 年起关注到溶解性总固体污染状况和本州的水体对盐分的有限承载力，在州法规第 95 章第 10 条中加入了溶解性总固体限值：开采、压裂型行业月平均排放限值 500 mg/L，其他行业执行 2000 mg/L 的限值。2019 年美国石油炼

制标准评估报告显示，行业废水处理前 TDS 的排放范围为 2080 mg/L~7820 mg/L，平均为 3320 mg/L，行业废水排放平均浓度为 1440 mg/L。

新加坡水污染物排放标准（污水及排水条例）中规定了溶解性总固体的排放限值：排入下水道限值 3000 mg/L，排入普通水体 2000 mg/L，排入控制水体 1000 mg/L。

沙特由于其特殊的地理位置和缺水问题突出等原因，对污水处理后排放标准中的盐度作出了规定。沙特对沿海地区和港口城市的污水排放标准规定了盐度指标。例如：在排入污水处理厂的预处理标准中，规定了溶解性固体总量最大限值为 2000 mg/L。

世界银行对各行业的环境、健康安全指南中，对液化天然气加工业、制革工业、陆上石油天然气开采业 3 个行业提出了氯化物控制要求，日最大值的限值范围 1000 mg/L~1200 mg/L。

表 15 其他国家和地区含盐废水排放标准要求

国家（地区）		控制项目	排放限值（mg/L）	
			间接排放	直接排放
美国	爱荷华州	TDS	1000~3000	
	宾夕法尼亚州	TDS	500（矿山开采、压裂）	2000（其他行业）
	石油炼制工业排放评估（2019）	TDS	/	1440（平均排放水平）
新加坡		TDS	3000	2000（控制性水体：1000）
		氯化物	1000	600（控制性水体：400）
沙特		TDS	2000	/
世界银行 EHS	液化天然气加工业	氯化物	/	600（均值）/1200（峰值）
	制革工业	氯化物	/	1000
	陆上石油天然气开采业	氯化物	/	600（均值）/1200（峰值）

5.1.3 我国相关排放标准

目前，现行排放标准中涉及盐分指标的国家标准和行业标准有《钒工业污染物排放标准》（GB 26452—2011）、《制革及毛皮加工工业水污染物排放标准》（GB 30486—2013）、《皂素工业水污染物排放标准》（GB 20425—2006）、《农药工业水污染物排放标准》（GB 21523—2024）、《食品加工制造业水污染物排放标准》（GB 46817—2025）以及《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962—2015）。以上标准相关的盐分指标主要有全盐量、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物（氯离子）等指标（见表 16）。排放废水中的有机物质含量比较少时，溶解性总固体可近似表示水中全盐量。

表 16 国家污染物排放相关标准中含盐废水排放要求

标准名称	排放限值（mg/L）			
	TDS	氯化物（氯离子）	硫酸盐	全盐量
《钒工业污染物排放标准》（GB 26452—2011）	/	新建企业 300 特别排放限值 200	/	/

《制革及毛皮加工工业水污染物排放标准》（GB 30486—2013）	/	直接排放：3000（制革） 4000（毛皮加工） 间接排放：4000 特别排放：1000	/	/
《皂素工业水污染物排放标准》（GB 20425—2006）	/	现有企业 600 新建企业 300	/	/
《农药工业水污染物排放标准》（GB 21523—2024）	/	/	/	直接排放：10000 间接排放：3000/6000
《食品加工制造业水污染物排放标准》（GB 46817-2025）	/	/	/	直接排放：10000（排入河湖等地表水） 间接排放：3000（排入城镇污水处理厂）/6000（排向除城镇污水处理厂以外的其他污水集中处理设施）
《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962—2015）	A 级：1500 B 级：2000 C 级：2000	A 级：500 B 级：800 C 级：800	A 级：400 B 级：600 C 级：600	/

在地方污染物排放标准方面，目前全国共有 13 个省级行政区的水污染物排放标准提出了对含盐废水的控制要求，指标包括：全盐量、氯化物、溶解性总固体（TDS）、硫酸盐等，具体限值要求见表 17。

表 17 地方污染物排放相关标准中含盐废水排放要求

地区	标准名称	排放限值（mg/L）	
		TDS/全盐量	其他
北京	《水污染物综合排放标准》（DB11/307—2013）	TDS: A 排放限值 1000, B 排放限值 1600, 间接排放 1600	氯化物间排：500 硫酸盐间排：400
上海	《污水综合排放标准》（DB31/199—2018）	TDS: 2000	氯化物：一级 200, 二级 250, 三级 800
山东	《流域水污染物综合排放标准 第 1 部分：南四湖东平湖流域》（DB37 3416.1—2023）	全盐量：其他排污单位 3000, 工业废水集中处理厂 2500	硫酸盐：650
	《流域水污染物综合排放标准 第 2 部分：沂沭河流域》（DB37/3416.2—2025）	全盐量：其他排污单位 3000, 工业废水集中处理厂 2500	硫酸盐：650
	《流域水污染物综合排放标准 第 3 部分：小清河流域》（DB37/3416.3—2025）等 3 项标准	全盐量：工业废水集中处理厂：2500（非盐碱地区区域），3000（盐碱地区区域） 其他排污单位：3000（非盐碱地区区域），3500（盐碱地区区域）	/
辽宁	《污水综合排放标准》（DB21/1627—2008）	/	氯化物：直排 400, 间排 1000
河南	《化工行业水污染物间接排放标准》（DB41/1135—2016）	TDS: 2000	/
	《洪河流域水污染物排放标准》（DB41/ 1257—2016）	/	氯化物：3000
四川	《四川省水污染物排放标准》（DB51/190—1993）	/	氯化物：最高 1000
	《四川省泡菜工业水污染物排放标准》（DB51/2833—2021）	/	氯化物：直排 2000~6000, 间排 8000
	《四川省化工园区水污染物排放标准》（DB51/ 3202—2024）	钛化工企业、石油炼制企业、天然气化工企业间排：10000, 其他企业间排：7000 钛化工及钛冶炼企业、石油炼	/

地区	标准名称	排放限值 (mg/L)	
		TDS/全盐量	其他
		制企业、天然气化工生产企业、铅锌冶炼企业年废水排放量占化工园区集中式污水处理厂年废水排放量≥70%的化工园区集中式污水处理厂直排：10000 其他化工园区集中式污水处理厂直排：7000	
贵州	《贵州省环境污染物排放标准》(DB52/864—2013)	/	氯化物：一级 250，二级 450
湖北	《湖北省府河流域氯化物排放标准》(DB42/T 168—2024)	/	氯化物：现有企业直排 350，间排 450；新、扩、改建企业直排 300，间排 400
宁夏	《农村生活污水排放标准》(DB64/T 700—2011)	全盐量：1000	氯化物：350
江苏	《南四湖流域（江苏区域）水污染物综合排放标准》(DB32/4576—2023)	全盐量：2500	硫酸盐：650
	《化学工业水污染物排放标准》(DB32/939—2020)	全盐量：10000（直接排放） 5000（特别限值）	/
安徽	《南四湖流域水污染物综合排放标准》(DB34/4542—2023)	全盐量：2500	硫酸盐：650
湖南	《工业废水高氯酸盐污染物排放标准》(DB43/3001—2024)	/	高氯酸盐：烟花、爆竹、引火线制造及其他高氯酸盐使用企业：0.7，高氯酸盐生产企业：1.0，特别排放限值：0.35
重庆	《榨菜行业水污染物排放标准》(DB50/1050—2020)	/	氯化物：①2024年12月31日前：榨菜型产品企业 8000 mg/L，混合型产品企业 5000 mg/L，其他腌制蔬菜产品企业 2000 mg/L。 ②2025年1月1日起：榨菜型产品企业 5000 mg/L，混合型产品企业 3000 mg/L，其他腌制蔬菜产品企业 1000 mg/L。
	《页岩气开采水污染物排放标准》(DB50/1806—2025)	TDS：2000（直接排放） 4000（间接排放）	氯化物：直接排放 1000 间接排放 3000

5.2 重金属

在水质标准方面，对于总铅，我国《饮用水水源地水环境质量标准》（征求意见稿，2025年3月）根据国内外最新饮用水对人体健康影响评估结论，将总铅的水质标准由GB 3838—2002中Ⅲ类水质标准的0.05 mg/L收严至0.01 mg/L，可见，依据最新研究成果，铅的水质标准有进一步收严趋势。对于总汞，水生生物对其较为敏感，具有生物累积性，《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）I~Ⅲ类水体标准主要基于保护水生生物规定的限值为0.05 μg/L~0.1 μg/L，GB 31570—2015中对总汞的排放限值为0.05 mg/L，是水质标准的500倍~1000倍，较为宽松。

德国最新的石油炼制工业水污染物排放标准中提出工艺废水在混合前，汞的年均值应低

于 0.001 mg/L，镍应低于 0.1 mg/L；此外，世界银行主要根据欧盟 2015 年的 BAT 评估报告更新了其石油炼制行业 EHS 中重金属的排放限值。日本最新的国家统一水污染物排放标准中总汞的排放限值为 0.005 mg/L。与国外相关排放限值比较，GB 31570—2015 中总铅、总汞的排放限值宽松 1 个数量级，总砷、总镍略宽松于国外标准。具体限值要求见表 18。

在国内标准方面，对于总铅，《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）排放限值为 1.0 mg/L，我国近年来发布的水污染物排放标准排放限值大多为 1.0 mg/L，油墨工业为 0.1 mg/L，煤炭工业、铅锌工业、铜镍钴工业、硫酸工业限值为 0.5 mg/L，陶瓷工业为 0.3 mg/L，稀土、电子工业为 0.2 mg/L。对于总汞，《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）中的排放限值为 0.05 mg/L，有色金属工业限值为 0.03~0.05 mg/L，再生有色金属工业限值为 0.01 mg/L，锡铋汞工业、电池工业、无机化工限值为 0.005 mg/L，油墨工业为 0.002 mg/L。

表 18 其他国家和地区石油炼制行业重金属排放限值

国家或地区	排放限值 (mg/L)				
	总铅	总砷	总镍	总汞	烷基汞
德国（废水混合前）	/	/	0.1	0.001	/
世界银行 EHS（2016 年）	0.1	0.1	0.5	0.003	/
日本（最新）	0.1	0.1	/	0.005	不得检出
GB 31570—2015	1	0.5	1	0.05	不得检出

5.3 总硒

WHO 饮用水指南中硒的标准为 0.04 mg/L，美国饮用水标准中硒的标准为 0.05 mg/L，欧盟饮用水指令中硒的标准为 0.01 mg/L，我国、加拿大、新西兰等国硒的饮用水标准均为 0.01 mg/L。美国保护人体健康水质基准中硒的基准值（吃鱼+喝水）为 0.17 mg/L；日本水环境质量标准中硒的标准限值为 0.01 mg/L。我国《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）中，I 类、II 类、III 类水体硒的限值为 0.01 mg/L，IV、V 类水体限值为 0.02 mg/L。

在排放标准方面，日本国家统一水污染物排放标准中，各工业行业总硒的排放均执行 0.1 mg/L 的限值。我国现行水污染物排放标准中，涉及硒的水污染物排放标准有 4 个。《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）规定硒的排放限值为 0.1 mg/L（一级标准）、0.2 mg/L（二级标准）和 0.5 mg/L（三级标准）；《污水海洋处置工程污染控制标准》（GB 18486—2001）中硒的排放限值为 1.0 mg/L；《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002）中硒的排放限值为 0.1 mg/L；《铁矿采选工业污染物排放标准》（GB 28661—2012）规定硒的直接排放限值为 0.2 mg/L。《铁矿采选工业污染物排放标准》（GB 28661—2012）中硒的间接排放限值为 0.4 mg/L。

5.4 废水急性毒性

目前国外相关标准中尚无针对石油炼制行业的废水急性毒性控制要求。德国对化学工业废水的急性毒性，以及世界银行 EHS 指南对农药工业的急性毒性控制要求见表 19。

表 19 国外废水急性毒性控制要求

受试生物	测试时间	测试终点	德国化学工业排放限值（稀释倍数）	EHS 农药工业排放限值（稀释倍数）
斑马鱼卵	48 h	90%存活率	2	2
发光细菌	30 min	抑制率 20%	32	8
大型溞	24 h	均具有游动能力	8	8
栅列藻	72 h	5%生物减少量	16	16
基因突变	/	诱发比率	1.5	/

目前，我国制药工业系列水污染物排放标准，以及《电子工业水污染物排放标准》（GB 39731—2020）和《农药工业水污染物排放标准》（GB 21523—2024）中设置了急性毒性指标。地方标准中，《四川省化工园区水污染物排放标准》（DB51/ 3202—2024）设置急性毒性指标作为指导性指标。具体排放限值见表 20。

表 20 我国现有废水急性毒性控制要求

行业	指标	排放限值
发酵类/化学合成类/提取类/中药类/生物工程类制药工业水污染物排放标准	发光细菌急性毒性	0.07 mg/L (HgCl ₂ 毒性当量)
电子工业水污染物排放标准	斑马鱼卵急性毒性	6 (LID)
农药工业水污染物排放标准	斑马鱼卵急性毒性	6 (LID)
四川省化工园区水污染物排放标准	斑马鱼卵急性毒性	6 (LID)

5.5 PFOA 和 PFOS

我国及美国、欧盟、日本、澳大利亚等国家或组织发布了 PFOA 和 PFOS 水质相关标准，具体见表 21。

表 21 国内外相关水质标准控制要求

国家或组织	分类	限值 (ng/L)	
		PFOA	PFOS
我国	《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2022）	80	40
我国	《饮用水水源地水环境质量标准》（征求意见稿）	80	40
美国	饮用水标准	4	4
欧盟	饮用水标准	20 种 PFAS 加和：100 PFAS 总和：500	
澳大利亚	饮用水标准	200	8

美国	水质基准（草案）	保护人体健康	0.0009	0.06
		保护水生生物（慢性）	100000	250
欧盟	内陆地表水	年均值	/	0.65
		最大值	/	36000
	跨国地表水、沿海、领海	年均值	/	0.13
		最大值	/	7200
日本	公共水域和地下水		PFOS+PFOA: 50	

在废水排放标准方面，2024年欧盟修订的《城市污水指令》提出污水处理厂排放废水需进行全氟和多氟烷基物质（PFAS）物质监测；美国正在研究制订有机化工、金属表面处理和垃圾填埋场废水中PFAS排放限值。我国目前仅四川省于2024年出台了《四川省化工园区水污染物排放标准》（DB51 3202—2024），将PFOA和PFOS设为选择控制项目，限值较为宽松（见表22）。

表22 《四川省化工园区水污染物排放标准》控制要求

指标	排放限值（ng/L）	
	企业间接排放	园区集中污水处理厂直接排放
PFOA	50000	15000
PFOS	不得检出	不得检出

6 修订主要技术内容

6.1 修订内容

依据调研及排放数据分析结果，结合产业结构调整及生产工艺优化升级等要求，基于行业污染防治可行技术，对GB 31570—2015废水部分主要修订以下内容：

- 1) 增加全盐量、总硒、急性毒性、PFOA、PFOS共5项污染物项目控制要求；
- 2) 收严总铅、总汞排放限值；
- 3) 细化明确第一类污染物排放监控位置；
- 4) 完善水污染物间接排放管控方式；
- 5) 完善水污染物监测要求，补充更新环境监测分析方法；
- 6) 增加“污水排放口规范化要求”要求。

6.2 全盐量排放控制要求

全盐量是指水中溶解无机物的总量，包括溶解于水中的各种离子、分子和无机化合物的总量；溶解性总固体（TDS）是指水中溶解组分的总量，包括无机物和有机物两者的含量。部分石油炼制企业污水总排口的监测数据显示，废水的TDS在数值上约是全盐量的1.16倍。考虑到GB 31570—2015中已包含部分有机物的排放限值要求，为避免造成重复，同时加强

对废水中无机盐的管控，本次修订选取全盐量指标。

根据 4.1 节的分析，结合山东及全国其他省份排放数据，目前约 85.7%的石油炼制企业外排废水中全盐量浓度 <6000 mg/L。国内外涉及盐分综合性指标的限值基本在 1000 mg/L~4000 mg/L 之间，国内地方标准中的限值在 1000 mg/L~5000 mg/L 之间。

全盐量浓度与废水处理及循环利用率相关，收集企业废水中全盐量浓度和废水排放量数据并进行线性拟合（见图 7），在企业循环利用率提高、排水量不断减少的情况下，全盐量浓度逐渐升高。根据当前企业排水量平均水平 $0.2\text{ m}^3/\text{t}$ 原油时，全盐量约为 5597 mg/L。

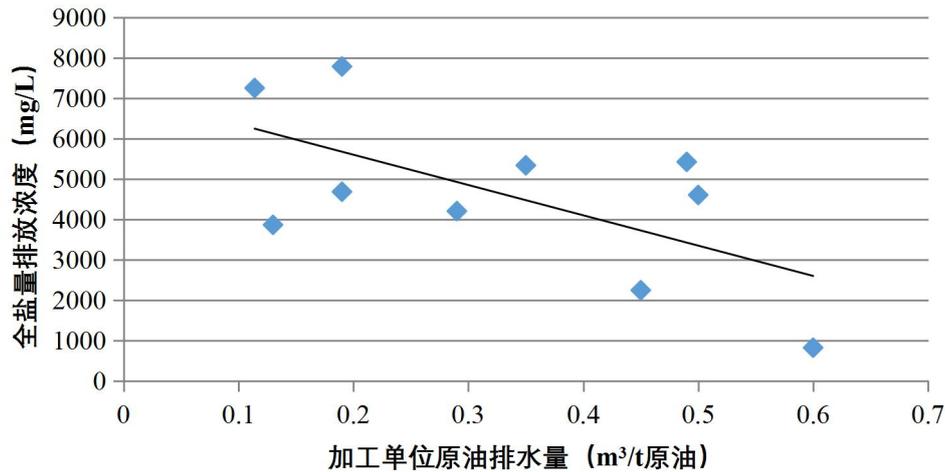


图 7 加工单位原油排水量与全盐量浓度线性关系

综上，本次修订规定全盐量直接排放限值为 6000 mg/L。同时，由于海水的含盐量较高，平均盐度为 3.5%，本次修订不对废水排入海洋中的全盐量进行控制，表 1 中对全盐量指标增加注“b.不适用于排入海洋及入海河口的情形”，全盐量特别排放限值优先执行地方标准，无地方标准的执行表 1 要求。

6.3 总硒排放控制要求

石油炼制排放废水是地表水中总硒的主要来源之一。国内外水污染物排放标准中对总硒的直接排放限值大多为 0.1 mg/L，为水质标准的 10 倍；国内相关污染物排放标准对总硒的间接排放限值为 0.4 mg/L~0.5 mg/L。根据我国石油炼制废水实测数据，总硒的排放浓度范围为 0.002 mg/L~0.11 mg/L，与美国、欧盟炼油厂废水总硒排放水平相当。吸附、混凝等方式均可有效去除废水中的总硒。本次修订将总硒的直接排放限值确定为 0.1 mg/L，间接排放限值为 0.5 mg/L，与国内外相关标准排放控制水平相当。

6.4 废水急性毒性控制要求

从国外控制废水急性毒性的经验来看，德国和世界银行均同时提出了斑马鱼卵、发光细菌、大型溞、淡水藻类等多项急性毒性指标，全面表征废水排放对水生态的综合影响。

根据对石油炼制废水急性毒性实际测试情况，经处理后的废水对斑马鱼卵、大型溞不具明显急性毒性效应，但对发光细菌、藻类具有一定影响。结合国内外相关排放标准中对急性毒性指标的控制要求、国内监测能力现状，同时考虑急性毒性指标为新增控制项目，相关监测数据积累较少，本次修订暂先增加斑马鱼卵、发光细菌 2 项急性毒性限值控制要求，排放限值分别为 6（LID）、16（LID）。比较来看，斑马鱼卵急性毒性限值与我国电子、农药行业排放标准限值一致，略宽松于德国和世界银行 EHS 指南；发光细菌急性毒性限值介于德国和世界银行 EHS 指南之间。

从监测能力上看，斑马鱼卵的监测分析方法标准已经发布 6 年，监测能力逐步提升。对于发光细菌，相关监测分析方法标准已经公开征求意见，目前全国已有 137 家单位具有监测能力。从各单位性质上看，监测系统单位 32 家，其他事业单位 4 家，其余 101 家均为第三方检测公司；从地域上看，江苏、广东、河北、陕西、湖北等地区具备能力的单位较多，可见增加该控制项目具有实施基础。

本次修订是首次同时提出 2 种急性毒性指标限值，以期逐步建立较为完善的废水急性毒性控制指标体系，使排污企业对废水的水生态影响进行全面关注。此外，考虑到直接排放废水会对水体生态产生直接影响，而间接排放废水后续还有进一步处理，因此本次修订只对直接排放废水的急性毒性做规定，不对间接排放废水作要求。

6.5 PFOA 和 PFOS 排放控制要求

编制组对国内主要国有石油炼制企业及典型民营企业进行调研，其生产原辅料及产品等均不涉及 PFOA 和 PFOS 物质；根据实测数据，废水中 PFOA 和 PFOS 均未检出。本次修订，将 PFOA 和 PFOS 的排放限值均确定为不得检出。

6.6 总铅、总汞排放控制要求

根据我国石油炼制废水中重金属的实测数据，总铅检出率约 85%，检出浓度数据中 85% 以上低于 0.1 mg/L，较 GB 31570—2015 中排放限值（1 mg/L）低 1 个数量级；总汞检出率约 65%，检出浓度数据中 85% 以上低于 0.0024 mg/L，较 GB 31570—2015 中排放限值（0.05 mg/L）低 1 个数量级。同时，GB 31570—2015 中总铅、总汞的排放限值较国外石油炼制行业废水排放限值显著宽松。本次修订，将总铅的排放限值收严为 0.5 mg/L，总汞的排放限值收严为 0.005 mg/L。

根据调研数据分析，石油炼制企业排放废水总镍仍存在超标情况，总镍、总砷的现行限值仅略宽松于国外标准，因此，本次不对总镍、总砷限值进行修改。

6.7 第一类污染物排放监控位置

为进一步推动标准实施，根据行业工艺产排污特点，结合《排污许可证申请与核发技术

规范《石化工业》（HJ 853—2017）中已规范的相关内容，同时参考《排污单位自行监测技术规范 石油炼制工业》（HJ 880—2017）的规定，细化明确第一类污染物的排放监控位置，并对苯并[a]芘增加了在常减压装置、延迟焦化装置、催化裂化装置废水排放口的监控要求，对总铅、总砷增加了常减压蒸馏装置废水排放口的监控要求，见表 23。

表 23 第一类污染物排放监控位置

污染物项目	排放监控位置
苯并[a]芘	常减压蒸馏装置、延迟焦化装置、催化裂化装置废水排放口
总铅	常减压蒸馏装置、航空汽油调和车间、四乙基铅生产装置废水排放口
总砷	常减压蒸馏装置、酸性水汽提装置废水排放口
总镍	催化裂化装置烟气脱硫装置、催化汽油吸附脱硫装置废水排放口
总汞	常减压蒸馏装置废水排放口
烷基汞	

6.8 间接排放管控方式

针对不同类型的污水处理厂，进一步完善间接排放管控方式。将表 1 中注“a”的规定完善为：①废水进入城镇污水处理厂或经由城镇污水管线排放，应达到直接排放限值（全盐量除外），全盐量由企业与企业与城镇污水处理厂根据其污水处理能力协商约定排放浓度限值。②废水进入石油炼制工业污水集中处理设施的，企业与企业与污水集中处理设施运营单位根据其污水处理能力协商约定除第 25—30 项以外的其他污染物项目的排放浓度限值。③废水进入其他类园区（包括各类工业园区、开发区、工业聚集地等）污水集中处理设施执行间接排放限值，标记为“一”的污染物项目由企业与企业与园区污水集中处理设施运营单位根据其污水处理能力协商约定排放浓度限值。④协商约定的水污染物排放浓度限值经核定后依法被载入排污许可证或全国排污许可证管理信息平台填报的排污登记表的，以该限值作为间接排放限值。⑤标记为“/”的污染物项目，间接排放限值不作要求。

城镇污水处理厂以处理生活污水为主，对高毒性、高盐废水耐受能力弱，因此对废水排入城镇污水处理厂的情况，本次修订提出全盐量由企业与企业与城镇污水处理厂根据其污水处理能力协商约定排放浓度限值；对废水排入园区（包括各类工业园区、开发区、工业聚集地等）污水处理厂的情况，本次修订未再提出全盐量的间接排放限值，也由企业与企业与园区污水处理厂根据其污水处理能力协商约定排放浓度限值。

对于间接排放限值协商结果如何执行问题，修订标准提出：协商约定的水污染物排放浓度限值经核定后依法被载入排污许可证或全国排污许可证管理信息平台填报的排污登记表的，以该限值作为间接排放限值。

6.9 污染物监测要求完善

1) 增加全盐量监测分析方法：《水质 全盐量的测定 重量法》（HJ 51）。

2) 增加总硒监测分析方法：

①《水质 硒的测定 2,3-二氨基萘荧光法》（GB/T 11902）；

②《水质 硒的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》（GB/T 15505）；

③《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》（HJ 694）；

④《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》（HJ 700）；

⑤《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》（HJ 776）；

⑥《水质 总硒的测定 3,3'-二氨基联苯胺分光光度法》（HJ 811）。

3) 增加急性毒性监测分析方法：《水质 急性毒性的测定 斑马鱼卵法》（HJ 1069）、《水质 急性毒性的测定 发光细菌法》（待发布）。

4) 增加 PFOA 和 PFOS 监测分析方法：《水质 全氟辛基磺酸和全氟辛酸及其盐类的测定 同位素稀释/液相色谱-三重四极杆质谱法》（HJ 1333）。

5) 更新其他监测分析方法标准。

6) 修改现行标准 6.2.1 条（修订标准 5.3 条）：企业应按照 HJ 1405 等监测标准的要求，设计、建设和维护污水排放口及监测点位。水污染物的监测采样方法按 HJ 91.1、HJ 493、HJ 494、HJ 495 等规定执行。总硒、全盐量自行监测至少为每季度一次，急性毒性、PFOA 和 PFOS 自行监测至少为每半年一次，其他水污染物自行监测频次按照 HJ 880 的规定执行。

7) 按照对污水排放口最新环境管理要求，在标准中增加第 6 章，内容为：企业应按照 GB 15562.1、HJ 1297 和《关于印发排放口标志牌技术规格的通知》的有关规定，在污水排放口或采样点附近醒目处设置污水排放口标志牌。

7 标准实施环境效益及经济成本分析

7.1 环境效益

7.1.1 全盐量减排分析

本次修订标准实施后，石油炼制行业废水中全盐量排放量将进一步得到控制，有效防范环境风险，保护生态环境，有助于推动我国石油炼制行业的技术进步和可持续发展。

根据调研结果，达到 6000 mg/L 排放标准的情况下，需进行治理的含盐废水量约 15%，按处理前废水全盐量平均浓度 9600 mg/L 计，全盐量将每年减排至少 2.29 万吨。

7.1.2 环境风险防范分析

重金属、苯并[a]芘等第一类污染物易在环境或动植物体内蓄积，对环境容易造成很大的破坏，对人体健康产生长远不良影响，应在车间或车间处理设施排放口取样。本次修订将

第一类污染物的排放监控位置进一步明确优化，可以更加精准地掌握污染物产生和排放情况，对废水进行针对性处理，防止污染物因与其他废水混合被稀释达标，不经处理直接外排进入环境。此外，过量的硒会造成四肢麻木、胃肠功能紊乱等，本次修订增加总硒指标，能够使石油炼制工业废水中的总硒排放得到控制。

石油炼制废水成分复杂，含有较多的有毒有害物质，对环境和动植物有较大危害，现有技术水平无法实现对全部污染物的有效管控。本次修订新增急性毒性、PFOA 以及 PFOS 指标，通过这 3 项指标总体控制废水的生物毒性，减少对环境的危害。

综上，修订标准可进一步强化控制废水可能造成的人体健康影响，具有较好的环境效益。

7.2 经济成本分析

按照全盐量排放限值设为 6000 mg/L 进行经济成本分析，高盐废水治理投资约 3 万元~8 万元/d·m³ 废水，废水处理运行费用约 20 元~60 元/m³。对于全行业来说，需要进行治理的企业数量约 15%，需要治理的含盐废水量约为 950 万吨/年，新增污水处理设施成本（含基建、设备购买等）约 7.9 亿元~21.1 亿元，新增运维成本约 1.9 亿元~5.7 亿元。对于企业来说，按处理规模为 750 m³/d 计，新增污水处理设施成本（含基建、设备购买等）约 2250 万元~6000 万元，运维成本约 540 万元~1620 万元/年，新增设施成本占企业营业收入的 0.113%~0.3%，新增运维成本占企业营业收入的 0.027%~0.082%，总体来说，不会对企业造成较大负担。

以某石油炼制企业为例，其原油综合加工能力为 1800 万吨/年。企业对催化裂化烟气脱硫废水等高盐废水实施近零排放处理工程，处理规模为 70 m³/h，进水全盐量均值大于 50000 mg/L，处理工艺包括超滤、活性炭吸附、反渗透以及 MVR 蒸发浓缩等。该工程总投资约 1.9 亿元，运行费用约 3680 万元/年。

全氟辛酸、全氟辛基磺酸的吨水处理成本在 5 元-26 元之间。以某企业采用 2 套离子交换树脂+2 套活性炭组合吸附装置，对废水进行处理的吸附法为例，吨水处理成本约 26 元。

对新增指标监测成本进行分析，主要包括总硒、全盐量和急性毒性。总硒检测费用约 80 元/样，全盐量检测费用约 100 元/样，按每季度检测一次计算，每年新增检测费用约 0.072 万元；急性毒性指标检测费用约 5000 元/样，全氟辛酸和全氟辛基磺酸检测费用 2000 元/样，按半年检测一次计算，每年新增检测费用约 2.4 万元。前述共计增加监测成本 2.472 万元，不会对企业经营造成较大负担。