

지속가능한 사회를 위한 환경솔루션 전문기관

중국 환경산업 INSIGHT

- 중국 VOCs 처리 산업동향 -

2024년 8월호

(Vol.28)

CONTENTS

I. 중국 VOCs 처리 기본현황

- ① VOCs 기본구성 1
- ② 중국 VOCs 처리 정책동향 2
- ③ 중국 VOCs 처리 관련 주요 지방정부 정책동향 5

II. 중국 VOCs 처리 산업동향

- ① 중국 VOCs 처리 산업동향 8
- ② 중국 VOCs 처리 기술발전 현황 9
- ③ 중국 VOCs 처리 기술동향 11

III. 중국 VOCs 처리 위법사례

- ① 중국 VOCs 처리 주요 위법행위 16
- ② 중국 VOCs 처리 위법사례 19

IV. 시사점 및 결론

- ① 발전전망 21

발행일 : 2024.8.29

발행처 : KEITI 중국사무소

발행인 : 기획 및 책임총괄 / 박재현

주저자 / 차목승

공동저자 / 윤영근, 임승택, 성소묘

I 중국 VOCs 처리현황

1 VOCs 기본구성

○ VOCs 주요구성 및 발생원

- (기본개념) VOCs(Volatile Organic Compounds)는 휘발성 유기물질로, 상온·상압에서 높은 증기를 가진 화학물질을 통칭. 일반적으로 대기 중에서 광화학 반응으로 오존 등 광화학 산화물질을 생성하여, 광화학 스모그(NOx·VOCs가 강한 자외선을 받아 화학반응을 일으키는 과정을 통해 유해한 화합물이 만들어져 형성되는 스모그)를 유발하는 물질

※ 한·중 VOCs 정의 차이

- (한국정의) 탄화수소 화합물로 대기 중의 NOx 및 다른 화학물질과 광화학반응을 통해 광화학 스모그의 원인이 되는 오존(O3)을 발생시키는 물질. 지방족 탄화수소류, 방향족 탄화수소류, 비균질 탄화수소류(알데히드, 케톤, 알코올 등)가 혼합되어 있는 탄화수소 화합물중 레이드 증기압(Reid Vapor Pressure) 27.6kPa 이상인 물질
- (중국정의) 표준상태(온도 0°C, 압력 101.325kPa 상태)에서 포화증기압(13.33Pa 이상), 저비점, 저분자량, 상온에서 쉽게 휘발되는 유기화합물을 의미. VOCs는 특정 오염물질을 의미하는 것이 아닌 유사한 물리·화학적 특성을 가진 유기 화합물의 총칭을 의미

* 출처 : 환경부 수도권대기환경청 및 바이두 백과 등

- (주요구성) 알케인(烷烴, Alkane)·올레핀(烯烴, Olefin)·방향족 탄화수소(芳香烴, Aromatic Hydrocarbon)과 같은 비메탄 총탄화수소(NMHC)¹⁾, 할로젠(鹵代烴, Haloalkane), 산소유기화합물, NOx, 황화합물 등 성분 매우 복잡
- (VOCs 종류) 메틸벤젠(甲苯, Methyl Benzene), 자일렌(二甲苯, Xylene), 에틸렌벤젠(乙苯, Ethyl Benzene), 스티렌(苯乙烯, Styrene), 포름알데히드(甲醛, Formaldehyde), 아세트알데하이드(乙醛, Acetaldehyde) 등 다양한 형태로 존재
- (주요발생원) 자연발생 및 인위적 발생으로 분류되며, 대부분 인위적 발생. 특히 공업오염원으로 석유화학, 포장인쇄, 제약, 도료 등 산업에서 발생

1) 비메탄 탄화수소 (NMHC) : 메탄을 제외한 탄화수소성분을 총칭. 김미현 외, 'PS14(MA25)대도시 도로변 대기 중 휘발성 유기화합물의 농도측정', 개념 인용, p.383, 한국환경대기학회 '99 추계학술대회 논문집

② 중국 VOCs 처리 정책동향²⁾

○ 중국 더블탄소 목표실현을 위한 VOCs 등 온실가스 배출농도 규제 강화

- (통제강화) 중국은 대기오염방지를 위해 '12.5' 계획('11~'15년)부터 이미 PM2.5와 오존(O₃) 동시 처리를 위한 법률·법규 제정. 특히 중국정부는 '더블탄소('30년 탄소정점 및 '60년 탄소중립)' 목표실현을 위해 VOCs 및 온실가스 배출농도 통제 강화 추진 가속화
- (감축목표 발표) '21년 발표된 「현재 휘발성 유기물질 처리문제 해결 가속화에 관한 통지(关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知)」(생태 환경부)에 따르면, 대기질 지속적 개선 및 '25년까지 VOCs 감축 목표 언급

○ 2023년, 중국정부 대기오염 개선 관련 신규 규정 발표

- (신규규정) 「대기10조(大气十条)」, 「푸른하늘 보위전(蓝天保卫战)」에 이어, '23.12월, 「대기질 지속적 개선 행동계획(空气质量持续改善行动计划)」(국무원)(이하 '행동계획') 발표
- (주요목표) 「행동계획」에 따르면, '25년까지 현금 이상 도시 PM2.5 배출농도 '20년 대비 10% 이상 감소, 중오염(重度及以上, AQI 201~300) 날씨 일수 비율 1% 이내로 통제 강화
- (오염제어) NO_x 및 VOCs 배출농도 '20년 대비 각각 10% 이상 감소, 징진지 및 주변지역·분위평원 PM2.5 배출농도 각각 2020년 대비 20%, 15% 이상 감소 목표발표 * 북경시 PM2.5 32 μ m³ 이내로 통제
- (제품구조 최적화) VOCs 함량이 높은 도료, 잉크, 접착제, 세척제 및 기타 건설 프로젝트에서 사용을 엄격히 통제하고, VOCs 함량이 낮거나 거의 없는 제품·원료·보조재 사용을 적극 권장

2) 환보보산(环保宝山, '24.2.9.), '2023年VOCs管控治理行业发展评述及未来展望', (검색일 : '24.8.12.)
관지해내정보망(观知海内信息网, '23.11.29.), '2023年我国VOCs治理行业相关最新政策', (검색일 : '24.8.12.)

○ 중국 중앙정부 VOCs 관련 최신 정책동향

< 중국 중앙정부 VOCs 처리 정책동향 >

발표시기	발표기관	정책명칭	주요내용
'21.8	생태환경부	「현재 존재하는 VOCs 관리 문제해결 촉진 관련 통지」 (关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知)	<ul style="list-style-type: none"> • (요구사항 강화) 휘발성 유기 액체 저장 탱크, 적재 및 하역, 액체 표면 개방, 누출 감지 및 수리(LDAR), 폐기가스 수집, 처리 시설 등 10가지 중점업무에 대한 요구 사항 강화
'22.1	생태환경부	「'22~'25년 환경보호 설비 제조 고품질발전 행동계획」 (环保装备制造业高质量发展行动计划(2022-2025年))	<ul style="list-style-type: none"> • (홍보강화) '14.5' 계획 동안 탄소저감, PM2.5·O3 동시제거, VOCs 배출 관련 주요 산업의 미세기포 심층가스화법, 축열실 열력화 촉매연소, 생물정화 등 휘발성 유기물 처리 설비 적극 홍보 • (설비보급) 철강·시멘트 등 중점산업에서 세라믹 필터 기반 연기 다중오염물질 동시 처리 추진, 암모니아 산화물 및 VOCs 동시 처리 등 선진기술 장비 보급 촉진
'22.6	생태환경부	「오염 및 탄소저감 동시처리 시너지효과 증대 실시방법」 (减污降碳协同增效实施方)	<ul style="list-style-type: none"> • (오염방지 통제 촉진) 처리기술 최적화, 암모니아 기체 화합물, VOCs, 온실가스 공동 처리 강화. 중점산업의 대기오염 방지 및 에너지절약, 탄소저감 공동 처리 시범 프로젝트 적극 추진 • (설비 자동화) VOCs 등 대기오염물질 처리 원천 조치를 우선적으로 채택, 설비의 에너지 절약, 소비감소 촉진, 스마트화 수준 향상 추진
'22.11	생태환경부	「중오염 날씨, 오존 오염방지 및 디젤차 오염방지 공견전 행동방안」 (深入打好重污染天气消除臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案)	<ul style="list-style-type: none"> • (공정관리 강화) VOCs, NOx 등 다중오염물질 동시처리 및 배출감소 강화. 석유화학, 화학공업, 도장, 제약, 포장 인쇄 및 유류저장운반·판매 등 중점으로 VOCs 배출원, 전 공정단계의 배출통제 강화 추진

자료 : 지연자문 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ 중국 VOCs 주요 오염물질별 배출표준

- (적용규정) 현재 적용되고 있는 VOCs 배출표준은 「대기오염물질 종합 배출표준(大气污染物综合排放标准)」에 명시

< VOCs 오염물질별 배출표준 >

구분	제한치(mg/m ³)	구분	제한치(mg/m ³)
벤젠	17	아크릴알데히드	20
메틸벤젠	60	메탄올	220
자일렌	90	아날린	25
페놀	115	클로로벤젠	85
포름알데히드	30	니트로벤젠	20
아세트알데히드	150	염화비닐	65
2-프로펜니트릴	26	벤조피렌	0.0005

자료 : 대기오염물질 종합 배출표준 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

※ 상위에 표기되지 않은 오염물질의 중문 및 영문명

2-프로펜니트릴(丙烯腈, 2-Propenenitrile), 아크릴알데히드(丙烯醛, Acrylaldehyde), 메틸알콜(甲醇, Methanol), 아날린(苯胺, Aniline), 클로로 벤젠(氯苯, Chlorobenzene), 니트로벤젠(硝基苯, Nitrobenzene), 염화비닐(氯乙烯, Vinyl Chloride), 벤조피렌(苯并a芘, Benzo(a)pyrene)

○ VOCs 관련 지속적 관리감독 강화

- (관리감독 강화) '21년 이후 「'21~'22년 추동계 대기오염 통합관리 공동 처리 방안('21-'22年秋季大气污染防治综合治理攻坚方案)」(생태환경부·발개위 등) 발표 후, 징진지 및 주변지역에 위치한 석유화학, 도장, 포장, 인쇄 등 유류저장, 운송·판매기업에 대한 VOCs 배출 모니터링 관리감독 강화
- (과세항목 포함) VOCs 제품 표준체계 재정비 및 저함량 VOCs 제품 표시 부착 제도 수립. 또한 VOCs 모니터링 기술과 배출량 산정방법을 보완하여, 환경보호세 과세기준에 포함하도록 지시

* 현재 적용중인 환경보호세 과세기준

- (적용법률) 「환경보호세법(环境保护税法)」 제2장 과세기준과 납세액 제10조('18년 개정)
- (해당내용) 대기·수질·고체폐기물오염물질 배출량과 소음의 데시벨(dB) 수치는 다음의 절차에 따라 환경 보호세를 계산한다. ① 국가규정과 모니터링 규범에 부합하는 오염물질 자동 모니터링 설비를 설치하고 사용해야 하며, 오염물질 자동 모니터링 데이터에 따라 계산한다. ② 오염물질 자동 모니터링 규범에 부합하는 모니터링 데이터를 계산한다. ③ 오염물질 종류가 많거나 기타 이유 등으로 인해 모니터링 조건을 갖추지 못하는 경우에는 국무원 환경보호 주관부서가 규정하는 오염물질 배출농도, 측정방법에 따라 계산된다. ④ 앞서 언급된 ①~③항 조건에 따라 계산할 수 없는 경우, 성·자치구·직할시 인민정부 환경보호 주무부서가 규정하는 샘플 측정방법에 따라 심사하여 결정한다.

③ 중국 VOCs 처리 관련 주요 지방정부 정책동향³⁾**○ 하남성, 「하남성 대기질 지속 개선 행동방안」('24.3) 발표**

- (저함량 원부자재 대체 촉진) VOCs 함량이 낮은 코팅, 잉크, 접착제, 세척제 생산 장려 및 저함량 VOCs 제품으로 대체 촉진으로 사용비율 확대 추진. 옥외 구조물 보호 및 도시 도로 교통 표지판 기본적 低VOCs 함량 제품 사용 권장
- (관리감독 강화) 코팅, 잉크, 접착제, 세척제의 VOCs 함량 제한 엄격히 통제 추진. 생산기업, 판매장소 및 사용에 대한 정기적인 관리감독 실시
- (별도수집) VOCs를 함유한 유기폐수 저장탱크 및 설치구역의 집수조에서 유기 폐기가스는 밀봉상태로 수집·처리 추진. 오수처리장에서 배출되는 고농도 유기 폐기가스 별도로 수집·처리 강조
- (플랫폼 구축) VOCs 누출감지 및 복구작업 표준화 추진. 저장탱크 부품의 밀봉상태 정기적 감찰, 석유화학·화학공업 산업 밀집 지역의 경우 '24년까지 누출감지 및 복구 관련 통합 정보관리 플랫폼 구축 추진

○ 내몽고자치구, 「내몽고자치구 대기질 지속 개선 행동방안」('24.5) 발표

- (원부자재 대체 촉진) VOCs 함량이 높은 도료, 잉크, 접착제, 세척제 등 기타 건설프로젝트에 사용을 엄격히 통제. 기존 사용기업은 VOCs 함량이 낮은 원부자재 대체 계획 수립 추진
- (저함량 VOCs 사용촉진) 주택 건설 및 도시 프로젝트 관련 저함량 VOCs 제품 사용확대 추진, 특수 기능 요구사항을 제외한 실내바닥 시공, 실외 구조물 보호, 도시 도로 교통 표지판 등에 대해 기본적으로 저함량 VOCs 제품 사용 촉진

* '25년까지 공업용 용제 코팅 및 잉크사용률 '20년 대비 각각 20%, 10% 감소 추진

3) 중길에너지절약환경보안연구원(中吉节能环保研究中心, '24.8.14.), '2024年, 盘点21省市的VOCs治理的纲领性政策', (검색일 : '24.8.16.)

- (통합처리 강화) VOCs 함량 물질의 생산, 저장, 운송, 사용 등 전체 과정에 대해 조사 실시하며, 요구사항에 부합하지 않는 경우 반드시 시정조치 추진. 기름저장, 운송, 판매 등 전 과정에서 VOCs 배출통제 강화 및 모든 지역에서 최소 1년에 1회 이상 석유·가스 시스템에 대한 특별 검사 실시

○ 절강성, 「절강성 대기질 지속 개선 행동방안」('24.5) 발표

- (원천 대체) 생산, 판매, 수입, 사용 등의 VOCs 함량 표준에 대한 관리 감독 강화. 철골구조, 주택건설, 시정공정, 교통공정 등 분야에서 비용대 VOCs 함량 제품 사용 촉진. 핵심 산업에서 VOCs의 원천 대체 전면 추진 및 용매 기반 원료 또는 보조재 대체 촉진
- (통합처리 강화) 비효율적 VOCs 처리시설에 대한 조사 지속적 수행하고 저온 플라즈마, 광산화, 광촉매 폐기가스 처리시설 전면 도태 추진. '24년 까지 석유화학 및 화학공업이 집중된 지역은 VOCs 누출 감지, 복구(LDAR) 통합 관리 플랫폼 구축 추진

○ 안휘성, 「안휘성 대기질 지속 개선 행동방안」('24.6) 발표

- (통합처리 강화) 누출 적은 밸브 사용 및 오수처리장 고농도 유기 폐기가스 별도 수집·처리, VOCs 함유한 유기 폐수 저장탱크 및 설치지역의 집수정(集水井)의 폐기가스는 폐쇄적으로 수집·처리 강화
- (플랫폼 구축) 석유화학, 화학공업 산업이 집중된 지역 및 주요 산업단지는 2024년 말까지 누출감지·복구 관련 통합 정보관리 플랫폼 구축 촉진
- (저함유 VOCs 원자재 대체 촉진) VOCs 함량이 높은 코팅, 잉크 접착제, 세척제 등 생산·사용 엄격히 통제. VOCs 함량이 높은 제품을 저함량 제품으로 전환을 촉진하고, 공업 도장·포장 등 산업은 VOCs 함량이 낮거나 또는 없는 원료 및 보조재로 대체를 촉진

○ 강소성, 「강소성 대기질 지속 개선 행동계획 실시방안」('24.7) 발표

- (제품구조 최적화) VOCs 함량이 높은 코팅, 잉크, 접착제, 세척제 및 기타 건설 프로젝트에 사용되는 제품의 생산·사용 엄격히 통제. 공업용 도장, 포장, 인쇄, 전자산업 청정원료로 대체 촉진
- (통합처리 강화) 저장탱크는 누출이 적은 밸브 및 비상압력 해제 밸브를 사용하도록 적극 권장하고, 정기적 밀봉 테스트 추진. 주요 공업단지는 단계·종류별 통제 목록 설정 및 배출량이 많은 지역 스마트화 모니터링 구축 추진. '25년까지 주요 공업단지 VOCs 배출농도 2021년 대비 20% 이상 감축 추진

○ 산둥성, 「산둥성 대기질 지속 개선 및 제3차 '4감4증' 행동 실시방안」('24.7) 발표

- (제품구조 최적화) VOCs 함량이 높은 코팅, 잉크, 접착제, 세척제 및 기타 건설 프로젝트에 사용되는 제품의 생산·사용 엄격히 통제하고 VOCs 함량이 낮은 제품 비율 향상
- (통합처리 강화) 석유정제, 석유화학, 유기화학 및 기타산업 등을 석유 저장고, 항구부두를 중심으로 VOCs 액체 저장탱크에 대한 특별관리 시행. 특히 석유화학 및 화학공업 산업이 집중된 지역은 누출감지 및 복구 (LDAR) 정보 관리 플랫폼 구축으로 관리감독 강화

○ 중경시, 「중경시 대기질 지속 개선 행동 실시방안」('24.7) 발표

- (제품구조 최적화) 옥외 구조물 보호 및 도시 도로 교통 표지판에 VOCs 함량이 낮거나 또는 없는 도료 사용 촉진. '25년까지 20개 이상의 기존 생산라인을 청정 도료 생산라인으로 대체 추진 * 기타 내용 타 지역과 동일
- (전 과정 통제강화) 석유 저장탱크 밀폐 및 변형 프로젝트 추진, 주요 지역의 석유 저장고 및 연간 판매 5,000t 이상의 주유소에 석유 및 가스회수 처리 장치 설치 적극 추진. '25년까지 100개 이상 기업의 VOCs 처리시설 업그레이드 완료 추진

II 중국 VOCs 처리 산업동향

1 중국 VOCs 처리 산업동향4)

○ 중국 VOCs 처리 시장현황

- (총배출량) '14.5' 계획동안 중국 정부의 지속적인 정책 강화로 VOCs 총배출량 지속적인 감소추세. 향후 더블탄소 목표실현을 위해 배출량 더욱 억제할 것으로 전망

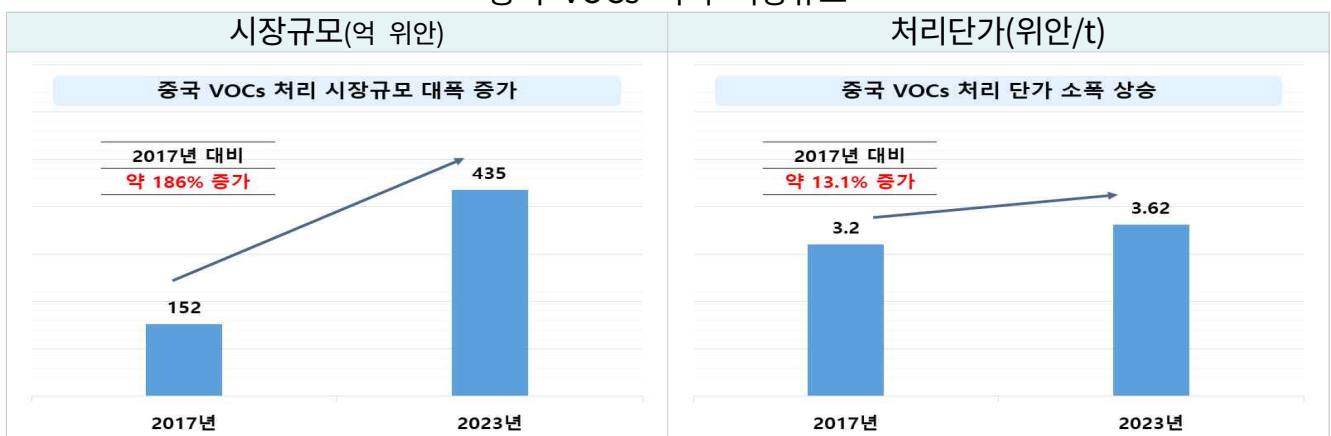
* '20년 610만t → '23년 540만t으로 약 11.5% 감소

- (시장규모) 중국 VOCs 처리 시장규모는 '17년 152억 위안(약 2.8조 원)에서 '23년 435억 위안(약 8.1조 원)까지 대폭 상승. 그중 활성탄 처리(活性炭治理) 165억 위안(약 3.1조 원), 분자체 회전 처리(分子筛转轮治理) 75억 위안(약 1.4조 원), 기타 방식 195억 위안(약 3.6조 원)으로 구분

* 중국 VOCs 처리시설 수량 역시 대폭 증가

- (처리단가) 공연산업자문 자료에 따르면, 중국 VOCs 처리 단가는 '17년 3.2만 위안(약 597만 원)/t에서 '23년 3.62만 위안(약 676만 원)/t까지 상승

< 중국 VOCs 처리 시장규모 >



자료 : 생태환경부 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

4) 공연산업조사연구소(共研行业调研所, '24.2.9.), '2023年中国VOCs治理行业产业链、市场均价、市场规模及细分产品市场规模分析', (검색일 : '24.8.20.)

② 중국 VOCs 처리 기술발전 현황⁵⁾

○ 중국 VOCs 처리 심층단계 진입

- (기본적 완료) 현재 중국은 대규모 오염원 관리가 기본적으로 완료되었으며, VOCs는 오염원 정밀관리 및 심층 처리 단계에 진입한 것으로 파악
- (시설개조) '23년 비효율적 처리시설 개선 및 업그레이드 추진
 - (설비교체) 기존의 저온 플라즈마(低温等离子)·광촉매(光催化)·광산화(光氧化) 등 비효율적 처리시설을 제올라이트 러너 흡착농축(沸石转轮吸附浓缩), RTO, RCO, 활성탄흡착 등 고효율 처리설비로 교체 추진
 - (심층처리) 일부 활성탄 또는 활성탄 섬유 흡착 회수 설비와 같이 배출 표준에 부합하지 않는 처리시설은 제올라이트 로터 흡착 농축 설비를 추가하여 오염원의 심층 처리 촉구

○ 중국 VOCs 처리 기술수준

- (성숙단계) 최근 몇 년 동안 중국 VOCs 처리기술 수준은 크게 향상되었으며, 그중 일부 설비는 국제 선진수준까지 도달한 것으로 파악. 특히 활성탄 및 활성탄 섬유, 산화촉매 등 정화재료의 생산수준이 크게 향상
- (기술개발) VOCs 처리에 사용되는 제올라이트 분자체, 흡착수지의 성능과 제조능력에 대한 지속적인 기술개발 추진

○ 순환이용 저탄소 처리방식 빠르게 발전

- (저탄소 처리) 「오존오염방지 공견전 행동방안(臭氧污染防治攻坚行动方案)」('22년, 생태환경부 등 15개 부처), 「대기질 지속적 개선 행동방안」(2023년, 국무원에서

5) 환보보산(环保宝山, '24.2.9.), '2023年VOCs管控治理行业发展评述及未来展望', (검색일 : '24.8.13.)
화경정보망(华经情报网, '23.11.15.), '2023年全球及中国废气恶臭治理设备行业现状及发展趋势分析, 新技术的应用将为行业发展提供新动力', (검색일 : '24.8.14.)

‘VOCs 처리 그린 아일랜드 프로젝트(VOCs绿岛项目)*’ 제안, 활성탄 중앙 집중식 처리센터, 용매회수 센터, 중앙 집중식 도장센터 등 건설을 조정하여, VOCs의 중앙 집중식 고효율 및 저탄소 처리 실현

※ VOCs 처리 그린 아일랜드 프로젝트(VOCs绿岛项目)

- (개념설명) 그린 아일랜드는 오염물질의 통합수집, 중앙 집중식 처리, 안정적 배출을 달성하기 위한 여러 시장주체가 공유할 수 있는 친환경적 공공기반 시설을 지원하는 정부투자 또는 다중 투자를 조직하는 중앙 집중식 구역 의미
- (주요목표) 중소 시장주체가 오염관리 비용 절감, 생태 및 환경보호 기반시설 건설 촉진으로 기업의 고품질발전 지원 목표
- (투자목적) VOCs 그린 아일랜드 프로젝트 시행방식은 공동도장분산센터(共享喷涂中心), 활성탄 재생센터(活性炭再生中心) 등 건설과 오염물질의 중앙 집중식 처리, 효율적 수집·처리로 기업의 무조직 VOCs 배출을 줄여 2차 오염문제 방지

* 출처 : 바이두 백과 등

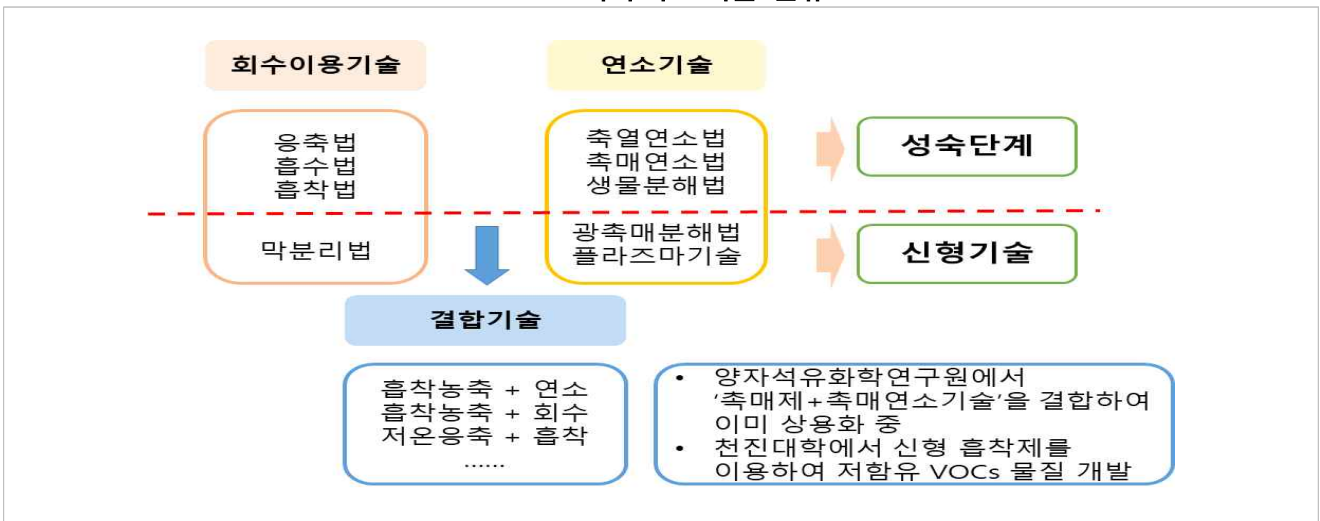
- (그린 아일랜드 프로젝트 응용사례) 그린 아일랜드 처리모델을 통해 최근 몇 년간 오염원의 배출표준 충족 및 시설의 경제적 운영 보장 확보. 특히 그린 아일랜드 프로젝트는 다음의 특징이 있음
 - (활성탄 재활용) 흡착제 사용량이 많은 지역(도시, 산업단지, 산업클러스터)에 ‘활성탄 분산 흡착(活性炭分散吸附) + 중앙 집중식 재생·처리센터(集中再生处置中心)’를 설립하여, 표준화된 흡착제 조달, 통합 수집 및 중앙 집중식 재생 관리 시스템 개선 등으로 활성탄 자원 순환이용 실현
 - (유기용매 재활용) 동일한 유형의 유기용매 사용량이 많은 산업단지 및 클러스터에 ‘용매 분산 회수(溶剂分散回收) + 중앙 집중식 정제·처리센터(集中提纯/处置中心)’를 설립하여, 유기용매 순환이용 실현
 - (균일처리) 동일한 유형의 도장기업이 밀집된 산업단지 및 클러스터에 중앙 집중식 도장센터(集中涂装中心)를 설립하여 폐기가스에 균일하게 분사하여 처리의 효율성 향상

③ 중국 VOCs 처리 기술동향

○ 회수이용 및 연소기술 등으로 분류

- (기술종류) ▲회수이용(응축법·흡수법·흡착법 등), ▲연소기술(축열연소법·축매연소법·생물분해법 등)로 구분. 현재 기술수준은 대부분 이미 성숙단계로 평가
- (최신현황) 막분리법(회수이용), 광촉매분해·플라즈마 기술(이상 연소기술) 및 이를 결합한 기술도 연구되고 있는 추세. 결합 기술은 곧 상용화 될 것으로 전망

< VOCs 처리 주요기술 분류 >



자료 : 북극성환보망 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ 주요 핵심기술 분류

구분	주요내용
1. 용매회수기술(溶剂回收技术)	
기술소개	· 용매회수는 자원의 순환이용 및 탄소배출 저감을 실현하며, 동 기술은 현재 VOCs 처리 분야에서 중점 기술 중 하나
기술특징	· 질소냉각기술(氮气深度冷凝技术), 막분리기술(膜分离技术), 활성탄 이동층 VOCs 연속 흡착·탈착·응축회수기술(活性炭移动床VOCs连续吸附+脱附+冷凝回收技术), 수지 흡착 회수기술(树脂吸附回收技术) 등으로 분류
2. 소각·산화기술(焚烧/氧化技术)	
기술소개	· 고온 소각기술(TO/RTO)의 개발은 고효율 에너지절약 구조 설계 및 열에너지 (여열보일러 등)의 포괄적인 활용에 중점

구분	주요내용
기술특징	· 다양한 산업에서 오염물질 배출 특성에 따라 공정 설계 및 열효율 관리를 진행할 수 있으며, 효율적인 열에너지 사용 가능
적용분야	· 화학, 제약, 스프레이, 코팅, 포장 및 인쇄 등 산업에서 주로 사용
3. 촉매연소기술(催化燃烧技术)	
기술소개	· 기술 및 경제성 등 포괄적인 분석을 통해 촉매 산화기술(CO/RCO)은 고온 소각 기술을 부분적으로 대체
기술특징	· 고온 소각기술 대비 촉매 산화과정의 에너지 소비가 낮고 안전성이 좋음
적용분야	· 화학공업, 정밀화학공업의 공정과정에서 발생하는 폐기가스 촉매 산화 정화처리
4. 그린 아일랜드 처리기술(“绿岛”治理技术)	
기술특징	· 최근 몇 년 동안 자동차 수리, 화학공업, 제조업, 식당 등 중소형 VOCs 오염원 및 악취에 대한 심층처리 요구 충족을 위한 활성탄 분산 흡착(집중식 재생기술 등) 기술개발로 산업발전 부흥
5. 생물기술(生物技术在)	
기술특징	· 생물균제(生物菌剂, 화학품 중 일부), 충전제 및 생물반응기에서 빠른 발전성과를 확보
적용분야	· 악취 및 저농도 VOCs 처리에 적용가능. 플라즈마, 광촉매, 광산화 등 기술은 모두 악취처리에 사용
6. 결합기술	
기술특징	· 흡착·농축+촉매연소·고온 소각·응축+막분리+흡착용매회수·흡수+활성 탄소 섬유+로터 다단계 흡착 용매회수 등 VOCs 심층처리 요구사항에 충족하기 위한 다양한 기술개발 추진 중

자료 : 중국환경보호산업협회 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

※ 용매회수 기술설명

(질소응축기술) 대부분 용매 저장탱크와 같은 고농도의 용매회수에 사용, 일반적으로 최종 활성탄 흡착설비와 함께 오염원의 배출표준에 부합

(활성탄 이동층 연속 흡착+탈착+응축회수기술) 고무 생산, 제약, PVC 장갑 생산 및 기타 산업에 주로 적용

(수지 흡착 회수기술) 화학, 제약, 살충제 및 기타산업에서 염소 함유 용매의 회수에 주로 사용

(활성 탄소섬유 흡착·회수+제올라이트 로터 흡착·농축기술) 2단계 정제기술로, 포장 및 인쇄, 리튬 배터리 생산 및 기타 산업에서 용매 회수에 사용

(응축(흡수)+막분리+활성탄흡착기술) 초고농도 오일 및 가스회수 산업에 적합하며, 동 기술발전은 단계는 비교적 성숙단계

참고1 중국 VOCs 처리 기술소개

○ 중국 VOCs 처리기술

주요기술	기술특징	적용범위
응축법 (冷凝法)	· 서로 다른 온도에서 매개물질의 포화증기압 상이. 이때, 온도를 낮추거나 개입하여, 폐기가스 중 유기성분을 응축시켜 기체 상태로 분리하여 액체로 변화	· 고농도 배기가스 처리 · 유해성분이 단일하고 회수 가치가 높은 VOCs 처리 · 다량의 수증기를 함유한 고온 배기가스 처리
흡수법 (吸收法)	· 배기가스와 세척액을 접촉시켜 폐기가스 중 VOCs를 분리 후, 화학약품을 통해 중화·산화 또는 기타 화학 반응으로 분해	· 고수용성 VOCs 처리
흡착법 (吸附法)	· 흡착제로 VOCs 오염물질과 물리적 결합 또는 화학반응을 통해 VOCs 성분제거	· 중·저농도의 VOCs 처리
막분리법 (膜分离法)	· 인위적인 합성 막을 이용하여, VOCs 오염물질 분리	· 고농도 VOCs 처리
직접연소법 (直接燃烧法)	· 연료를 이용하여 혼합가스 가열, 고온 환경에서 폐기가스의 성분을 산화 분해	· 고농도 VOCs 처리
촉매연소법 (催化燃烧法)	· 촉매로 기체의 활성화 에너지 감소, 반응분자 표면에 대량에 축적하여, 기체의 연소점을 낮춰 저온에서 연소 가능	· 광범위한 농도의 VOCs 처리 · 저농도 VOCs 처리
축열식 연소산화법 (蓄热式热力燃烧法, RTO)	· 첨단 열교환 기술 및 신형 세라믹 축열재로 연소열을 효율적으로 회수하고, 안정된 공기유입을 보장. 특히 오염물질의 정화효과 탁월 및 운영원가 절감 가능	· 저농도 VOCs 처리
축열식 촉매연소법 (蓄热式催化燃烧法, RCO)	· 축열식 열 연소를 기본으로, 촉매제는 축열재 상단에 배치하여 VOCs 배기가스 정화에 최적화	· 고·중농도 VOCs 처리
생물분해법 (生物降解法)	· 미생물을 이용하여 폐기가스 중 VOCs를 소화·대사시켜 오염물질을 물, 이산화탄소 또는 기타 무기염류로 전환	· 저농도 VOCs 처리 · 미생물 분해가 가능한 VOCs 처리
광촉매분해법 (光催化降解法)	· 광촉매제 나노입자는 강한 자유기(自由基, 홀수전자를 가지는 원자나 원자군)를 활성화시켜, 폐기가스 중 일부 반응하기 어려운 물질을 온화(温和)한 조건에서 반응시켜 유기 폐기가스를 정화	· 고농도 VOCs 처리
플라즈마기술 (等离子体技术)	· 플라즈마를 이용하여 대량의 활성물질 생산. 예로 이온, 전자, 여기상태 ⁶⁾ 의 원자, 분자 및 자유기 등을 소분자로 분해	· 저농도 VOCs 처리

자료 : 전국에너지정보플랫폼 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

6) 여기상태(激发态, excited state) : 양자역학적 상태 중 에너지가 가장 안정된 상태인 바닥상태를 제외하고 이 보다 에너지가 높은 상태를 모두 가리킴 / 출처 : 두산백과 발췌(검색일 : '24.8.13.)

○ 중국 VOCs 처리 각 기술별 장단점 비교

주요기술	장점	단점
응축법 (冷凝法)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 공정, 조작 용이, 운영원가 低 · 가치가 있는 VOCs 회수 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 저비점 기체 처리효과 低 · 에너지소모 및 운영·처리비용 高
흡수법 (吸收法)	<ul style="list-style-type: none"> · 설비면적 少, 기체상태·입자상물질의 VOCs 처리 가능 · 투자원가 低 및 전해질 효율 高, 산성기체 제거에 효율적 	<ul style="list-style-type: none"> · 처리효율 低, 빠른 흡수액 정화효율 감소 · 후속 폐수처리 문제 발생 · 입자상물질 농도가 높아, 흡수제가 막히는 형상 발생 가능, 유지보수 비용 高
흡착법 (吸附法)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 설비 및 기술 성숙단계 · 자동화제어 용이, 투자규모·에너지소모 低, 처리효율 高 	<ul style="list-style-type: none"> · 고농도·고온 유기 배기가스 적용 불가 · 일반적으로 설비의 면적 大 · 흡착제 용량제한, 운영비용 高
막분리법 (膜分离法)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 기술공정 · 투자비용·에너지소모 低, 분리효과 高 	<ul style="list-style-type: none"> · 막재료 제한 존재(막오염, 막의 안전성 등) · 운영비용 高
직접연소법 (直接燃烧法)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 공정 및 설비투자 低 	<ul style="list-style-type: none"> · 좁은 범위의 기술응용분야 · 에너지소모 大, 운영원가 비교적 高 · 공정 중 안전제어가 힘들고, 2차오염이 발생 가능
촉매연소법 (催化燃烧法)	<ul style="list-style-type: none"> · 연소온도·에너지소모 低, 처리효율 高 	<ul style="list-style-type: none"> · 어려운 설비조작, 촉매제 부식 등으로 처리 효율 감소 문제 존재 · 촉매제 교체비용 高
축열식 연소산화법 (蓄热式热力燃烧, RTO)	<ul style="list-style-type: none"> · 양호한 시스템 호환성, 넓은 풍량조작 범위 · 열회수율 高, 고정식 축열 세라믹 이용 가능 · 분리온도 低, 처리효율 高 	<ul style="list-style-type: none"> · 투자원가 高, 설비부피 및 무게 大
축열식 촉매연소법 (蓄热式催化燃烧, RCO)	<ul style="list-style-type: none"> · 다양한 유기 폐기가스 동시 처리 · 간단한 공정, 운영비용 低 · 안전성(安全性)·열회수·처리효율 高 	<ul style="list-style-type: none"> · 촉매제가 막히면 성능저하로 처리효율 감소 문제 발생 · 촉매제 교체비용 비교적 高
생물분해법 (生物降解法)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 설비 및 운영원가 低 · 악취기체 처리효과 탁월 	<ul style="list-style-type: none"> · 투자비용 高, 오염물질 분해속도가 느려 처리 효율 低 · 부지면적이 넓어 사용 제한적, 생물균 배양 조건 엄격 및 제어 難
광촉매분해법 (光催化降解法)	<ul style="list-style-type: none"> · 상온·상압 등 다양한 조건에서 적용 가능 · 간단한 설비조작, 유지보수 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 자외선 광원(光源, 빛을 내는 물체 또는 도구)이 필요, 촉매제에 대한 요구 高 · 처리효율 低, 설비수명 低
플라즈마기술 (等离子体技术)	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 설비조작, 유지보수 용이 · 예열이 필요 없고, 에너지소모 低 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발이 아직 초기단계 · 처리량 少, 전원에 대한 요구 高 · 부산물이 발생 가능

자료 : 전국에너지정보플랫폼 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

○ 중국 VOCs 처리 결합기술

구분	주요내용
저농도 및 대용량 배기가스	· 활성탄 흡착(活性炭吸附), 제올라이트 ⁷⁾ 회전 흡착(沸石转轮吸附) 등 농축기술 사용하여 VOCs 농도를 높인 후 정화 처리
고농도 배기가스	· 용제회수 방식 우선적 선택. 만약 회수가 어려운 경우, 고온소각, 촉매연소 등 기술적용
석유가스회수 배기가스	· 응축+흡착(冷凝+吸附), 흡착+흡수(吸附+吸收), 막분리+흡착(膜分离+吸附) 등 기술이 주로 적용
수용성 및 산·알칼리성 배기가스	· 일반적으로 여러 단계의 화학적 흡수법 등 적용하여 처리, 특히 악취제거를 위해 탈취처리기술(除臭处理) 등을 추가로 설치하여 처리 강화
악취를 포함 배기가스	· 저온 플라즈마, 광촉매, 광산화, 생물분해법 등 적용

자료 : 전국에너지정보플랫폼 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

* 1회용 활성탄 흡착기술을 적용할 경우, 정기적으로 활성탄을 교체해야 하며, 폐활성탄은 재활용할 수 있도록 처리해야 함

○ 각 오염물질별 적용 가능한 기술

표12. 각 오염물질별 적용 가능한 기술

VOCs 종류	VOCs 처리기술						
	응축법	흡수법	흡착법	직접연소	촉매연소	생물분리	플라즈마
벤젠류 / 苯系物 (벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠 등)	○	○	○	○	○	○	○
파라핀류 / 烷烃类 (메탄, 프로판, 노멀부탄 등)	X	X	○	○	○	X	○
올레핀류 / 烯烃类 (프로필렌, 부타디엔 등)	X	X	○	○	○	○	X
할로겐화 탄화수소류 / 卤代烃类 (염화메틸, 다이클로로메테인 등)	○	○	○	X	○	X	○
알코올류 / 醇类 (메탄올, 에틸알코올 등)	○	○	○	○	○	○	○
알데히드류 / 醛类 (포름알데히드, 아세트알데이드 등)	X	○	○	○	○	○	○
케톤류 / 酮类 (부탄온, 아세톤, 시클로헥산 등)	○	○	○	○	○	○	X
페놀류 / 酚类 (페놀, 티오펜 등)	X	○	○	○	○	X	○

자료 : 전국에너지정보플랫폼 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

7) 제올라이트(沸石, zeolite) : 알칼리 금속 및 알칼리토금속이 알루미늄 산화물과 규산 산화물의 결합으로 생성된 음이온과 결합되어 있는 광물을 의미함. 좀 더 넓은 의미로는 결정질의 알루미늄 규산염광물이 포함함 / 출처 : 두산백과 발췌(검색일 : '24.8.16.)

III 중국 VOCs 처리 위법사례

1 중국 VOCs 처리 주요 위법행위⁸⁾

○ '20.7월부터 시행된 규정에 따라 벌금 부과 실시

- (적용규정) '20.7월부터 시행된 「VOCs 무조직배출 통제표준(挥发性有机物无组织排放控制标准)」에 따라, 기업은 VOCs 물질 축적, 운송, 공정과정, 설비·생산라인 등 모든 과정에서 배출되는 VOCs 전면 통제 및 관리 강화 추진
- (벌금부과) 「대기오염방지법」 등 법률에 따라, VOCs 무조직배출한 기업에 대해 2만~100만 위안(약 372만~1.8억 원)의 벌금 부과 명시
- (위법행위) 현재 중국에 빈번히 발생하는 VOCs 무조직배출 위법행위는 다음과 같음

1. 처리시설 미설치 또는 생산시설을 밀폐하지 않은 행위

- 기체상태의 VOCs 물자를 운송 또는 이동하는 과정에서 용기의 밸브가 제대로 닫혀 있지 않아 오염물질을 대기로 배출되는 경우
- 배기가스를 수집 또는 흡착, 응축 등 정화설비를 거치지 않고 대기 중으로 직접 배출하는 경우
- VOCs를 배출하는 공간을 밀폐하지 않거나 기타 제어설비가 정상운행을 하지 않는 경우

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제108조제1항
- ▶ (대기오염방지법 제108조제1항) 밀폐된 공간 또는 장비에서 휘발성 유기화합물을 함유한 폐기가스를 발생시키는 생산 및 서비스 활동을 수행하지 않거나 규정에 따라 오염방지 시설을 설치·사용하지 않거나, 폐기가스 배출을 줄이기 위한 조치를 취하지 않은 경우
- ▶ (처벌내용) 본 규정을 위반할 경우, 현급 이상 인민정부 생태환경 주관부서는 시정명령 및 2만~20만 위안(약 373만~3,732만 원)의 벌금을 부과하고, 시정명령을 거부하는 경우, 생산 중지를 명령함

2. VOCs를 외부에서 수집할 때, 수집되는 장소의 풍속이 0.3m/s에 도달하지 않은 행위

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제108조제1항 * 세부내용(조항, 처벌내용) 1번 항목 동일

8) 중길절능환보연구센터(中吉节能环保研究中心, '24.8.15.), '关于VOCs废气的8个常见环境违法行为', (검색일 : '24.8.20.)

3. 배기가스 수집시스템의 운송배관이 음압상태(负压状态)가 아니거나 양압상태(正压状态)일 때, 누출되는 수치가 500μmol/mol을 초과하는 행위

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제108조제1항 * 세부내용(조항, 처벌내용) 1번 항목 동일

4. 설비 및 배관세트 중 VOCs 누출 제어에 대해 다음 중 하나라도 발견되는 행위

- 기업의 밀폐지점이 2,000개 이상일 때, 누설검측 및 복원(LDAR)을 제대로 하지 않은 경우
- 규정된 횟수, 검측시간에 따라 누설검측 및 복원을 하지 않은 경우
- 현장에서 무작위로 추출하여 100개 이상의 밀폐지점을 검출한 경과, 누출지역 2건 이상 누출된 지역이 적발되는 경우

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제108조제1항 * 세부내용(조항, 처벌내용) 1번 항목 동일

5. 규정에 따라 VOCs 처리시설을 설치하지 않은 행위

- 수집된 배기가스 중 비메탄 총탄화수소(NMGC)의 초기 배출속도가 3kg/h 이상이거나 VOCs 처리시설의 처리효율이 80% 미만인 경우
- 중점지역은 수집된 배기가스 중 비메탄 총탄화수소의 초기 배출속도가 2kg/h 처리효율 80% 미만인 경우
- 사용하고 있는 원부자재가 국가의 VOCs 함량 제품규정에 부합되지 않는 경우

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제108조제1항 * 세부내용(조항, 처벌내용) 1번 항목 동일

6. 배기통의 높이가 15m 이하 또는 경영향평가 서류에 따라 배기통을 설치하지 않은 행위

- ▶ (위반규정) 「대기오염방지법」 제100조제5항
- ▶ (대기오염방지법 제100조제5항) 규정에 따라 대기오염물질 배출구를 설치하지 않은 경우
- ▶ (처벌내용) 본 규정을 위반하는 경우, 현금 이상 인민정부 생태환경 주관부서에서 시정명령 및 2만~20만 위안(약 373만~3,732만 원)의 벌금 부과. 시정을 거부하는 경우, 생산중지를 명령함

7. VOCs 배기가스 수집·처리시스템이 생산 공정설비와 함께 운행되지 않은 경우

- VOCs 배기가스 수집·처리시스템 고장이나 복구 중일 때 생산 공정설비가 중지되지 않고 지속적으로 운행되는 경우

- ▶ **(위반규정)** 「대기오염방지법」 제108조제1항 및 「환경보호법」 제63조제3항에 따라 공안기관에 이송하여 처리
- ▶ **(환경보호법 제63조제3항)** 「환경보호법」 제63조제3항, 지하관, 우물, 구덩이, 주입 또는 모니터링 데이터 변조, 위조 및 오염방지시설의 비정상적인 운영 등 관리감독을 회피하여 오염물질을 불법적으로 배출하는 경우
- ▶ **(처벌내용)** 기업·기관 및 기타 생산자 또는 운영자는 다음 행위에 대한 범죄를 저지른 경우, 관련 법률 및 규정에 따라 처벌하는 것 외, 현급 이상 인민정부 생태환경 주관부서 또는 기타 관련 부서는 사건을 공안기관에 이송하고, 직접 책임자와 기타 책임자는 10~15일의 구류, 상황이 경미할 경우, 5~10일의 구류에 처함

8. 규정에 따라 관리명부를 작성하지 않거나 배기가스 수집시스템, VOCs 처리시설의 주요 운영 정보를 기록하지 않은 행위

- 처리설비에 대한 운행시간, 배기가스 처리량, 조작온도, 체류시간, 흡착제 재생 교체주기, 교체량, 촉매제 교체주기, 교체량, 흡수액 pH값 등 핵심정보를 반드시 정확하게 기록하지 않은 경우

- ▶ **(위법규정)** 「오염물질 배출허가 관리조례」 제37조
- ▶ **(오염물질 배출허가 관리조례 제37조)** 환경관리대장 기록시스템을 구축하지 아니하거나, 오염물질 배출허가서 규정에 따라 기록하지 아니한 경우
- ▶ **(처벌내용)** 본 규정을 위반하는 경우, 현급 이상 인민정부 생태환경 주관부서는 오염물질 배출단위에 시정명령 및 매회 5,000~2만 위안(약 93만~373만 원)의 벌금을 부과함

9. 대기오염물질 배출표준을 초과하여 배출하는 행위

- 오염물질이 공장건물 창문이나 통풍구, 기타 구멍 등에서 배출되는 경우
- 배출구가 지상으로 1.5m 이상 위치하지 않은 곳으로 검측할 경우
- 모니터링 규범에 따라 설치지점에 임의로 측정한 1h 평균농도가 6mg/m³ 또는 1회 평균농도가 20mg/m³을 초과하는 경우

- ▶ **(위법규정)** 「대기오염방지법」 제99조제2항
- ▶ **(대기오염방지법 제99조제2항)** 대기오염물질 배출표준을 초과하거나 주요 대기오염물질 배출 총량 관리지표를 초과하여, 대기오염물질을 배출하는 경우
- ▶ **(처벌내용)** 시정·생산제한·생산중단 등 명령하고, 10만~100만 위안(약 1,867만~18,677만 원)의 벌금을 부과하고, 상황이 심각할 경우, 영업정지 또는 폐쇄를 명령함

② 중국 VOCs 처리 위법사례⁹⁾

○ 최근 적발된 위법사례

1. 조장시, VOCs 오염물질 방지시설 사용하지 않은 사례('23.12.)

- **(위반행위)** 산둥성 조장시 생태환경국 등주분국(枣庄市生态环境局滕州分局)이 플라스틱 제품생산 기업의 현장 검사 결과에 따르면, 생산과정에서 발생하는 오염물질은 주로 VOCs이며, 오염물질처리 시설 정상적으로 작동하고 있는 않은 위법행위 적발
- **(처리결과)** 「대기오염방지법」 제45조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항 및 「산둥성 생태환경 행정처벌 재량표준」에 따라 2.6만 위안(약 488만 원)의 벌금을 부과하고, 기업이 즉시 시정하도록 시정통지서 발행

2. 우루무치, 오염물질 방지시설 설치 규정 위반 사례('23.12.)

- **(위반행위)** 내몽고자치구 생태환경청은 우루무치 지역의 오염물질 배출단위의 현장검사에서 강화유리, 중공유리 생산기업의 생산과정에서 유기성 폐기가스가 발생했지만, 환경영향평가 따라 해당 폐기가스 오염물질 방지시설 未설치에 대한 위법행위 적발. 우루무치 생태환경국은 오염물질 배출이 심각한 동 기업에 대해 추가 조사를 통해 소송을 제기한 상태
- **(처리결과)** 「대기오염방지법」 제45조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 12만 위안(약 2,248만 원)의 벌금부과 및 즉시 생산중단 명령 조치

3. 심양시, 오염물질 방지시설 설치 규정 위반 사례('23.8.)

- **(위반행위)** 요녕성 심양시 생태환경국에 따르면, 도료포장 기업의 현장검사에서, VOCs 정화처리시설 未설치로 생산과정에서 발생하는 VOCs를 별도의 수집과정 없이 바로 실외로 배출하는 위법행위 적발
- **(처리결과)** 「대기오염방지법」 제45조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 5만 위안(약 936만 원)의 벌금부과 및 VOCs 처리 설비 설치 전까지 시정명령 조치(활성탄 정화처리 설비 2대 및 15m 높이 배기통 추가로 설치 진행)

4. 숙천시, 작업장 밀폐 및 오수처리 시설 설치 관련 규정 위반 사례('23.8.)

- **(위반행위)** 강소성 숙천시 생태환경종합행정집법국은 주류 포장 공자에 대한 현장조사를 실시한 결과, 동 기업의 유기화합물은 밀폐된 ‘음압수집+2차 활성탄’ 등을 통해 처리 후 배출해야 하지만, 작업장의 문과 창문을 밀폐하지 않은 상태로 작업한 위법행위 적발. 또한 처리 후 유기물 폐수를 별도로 수집하여 하지만, 규정에 따라 오수처리 시설 미건설 적발
- **(처리결과)** 「대기오염방지법」 제46조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 2만 위안(약 3,188만 원)의 벌금부과 및 시정명령 조치

9) 심양생태환경(沈阳生态环境, '24.6.12), ‘警示案例 | 涉挥发性有机物企业违法警示案例选编 (一)’, (검색일 : '24.8.27)

5. 숙천시, 작업장 밀폐 관련 규정 위반 사례('23.8.)

- (위반행위) 강소성 숙천시 생태환경종합집행국은 어느 기계생산 공장의 생산라인이 있는 작업장의 문이 열려 있어, 청색 연기가 직접 배출되는 현장을 발견. 해당 작업장의 오염물질 농도는 배출표준을 초과한 상태로, 건물 양쪽에 있는 송풍기가 제대로 작동하지 않은 위법행위 적발
- (처리결과) 「강소성 대기오염방지 및 통제 관련 규정」 제87조제1항 규정위반으로, 해당 기업에 2만 위안(약 374만 원)의 벌금 부과 및 시정명령을 조치

6. 포산시, VOCs 함량이 낮은 도료를 사용하지 않은 사례('23.4.)

- (위반행위) 광둥성 포산시 생태환경국은 가구공장에 대한 현장검사를 통해, 공장 표면 페인트 도장 공정 작업 중 사용된 페인트 통 未밀봉 및 품질검사 실시. 시료샘플 결과 VOCs 주요 성분은 에틸벤젠, 자일렌, 2차 부틸 아세테이트 등이며, 수분검사 결과 0.05% 용제형 도료, VOCs 함량 671g으로 저휘발성 유기물질 함량 도료 미사용으로 적발
- (처리결과) 「대기오염방지법」 제46조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 17만 위안(약 3,188만 원)의 벌금부과 및 시정명령 조치

7. 광주시, VOCs 배출지역 밀폐 관련 규정 위반 사례('22.12.)

- (위반행위) 광주시 생태환경국은 가구 페인트 공장의 생산 공정에서 VOCs가 발생했지만, 작업장이 밀폐되지 않고 실외로 직접 배출되는 위법행위 적발
- (처리결과) 「대기오염방지법」 제46조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 2만 위안(약 374만 원)의 벌금부과 및 10일 이내 위법행위 시정명령 조치

8. 심양시, 오염물질 방지시설 설치 규정 위반 사례('22.10.)

- (위반행위) 요녕성 심양시 생태환경국이 실시한 현장검사에서 법 집행관은 드론을 활용해 승흥(심양)포장유한공사(昇兴(沈阳)包装有限公司)의 지붕 건조 공정 배출구에서 폐기가스가 직접 배출되는 것을 확인 및 규정에 따라 활성탄 흡착 설비 未설치에 대한 위법행위 적발
- (처리결과) 「대기오염방지법」 제45조 규정위반으로, 「동법」 제108조제1항에 따라, 5만 위안(약 936만 원)의 벌금부과(시정명령 기간 내 RTO 설비 추가로 설치하여, 최소한의 벌금으로 부과)

9. 심천시, VOCs 배출지역 밀폐 관련 규정 위반 사례('22.10.)

- (위반행위) 심천시 생태환경국은 어느 제지기업의 폐기가스 발생에서 밀폐된 공간에서 작업하지 않은 위법행위 적발. 동 기업은 ‘건설 프로젝트 환경영향 검토 및 승인’에 따라, 유기성 폐기가스가 발생하는 작업장의 밀폐하지 않고 외부로 직접 배출
- (처리결과) 「대기오 2만 위안(약 374만 원)의 벌금부과 및 시정명령 조치

IV 시사점 및 결론

1 발전전망¹⁰⁾

○ ‘14.5’ 대기질 개선을 위해 PM2.5 및 오존 동시처리 지속적 강화 전망

- (오염물질 제어강화) VOCs 저감 목표는 ‘더블탄소’(30년 탄소정점 및 ‘60년 탄소중립)’ 목표와 밀접한 연관이 있어, 이를 처리하기 위해 오염물질의 원천 제어, 생산과정 중 처리, 최종처리로 분류하여 오염물질 배출제어 강화 전망

< VOCs 처리 오염물질 배출제어 강화 >

구분	도태이유
원천제어	· 산업의 녹색화 전환 및 청정생산으로 공정개조로 중점적 추진 전망. 이로 인해 VOCs 함량이 적은 도료, 잉크, 접착제, 세척제, 수성, 휘발성 유기물질이 없는 제품을 사용하도록 권장
생산과정 중 제어	· VOCs 무조직배출 등 누출현상이 없도록 관리감독 강화 전망. 특히 석유화학 등 산업에서는 VOCs 유출검측 및 복구작업(LDAR)을 최적화 실시
최종처리	· 최종처리 측면에서 기술발전 방향은 오염물질 감소 및 탄소저감, 재활용으로, 흡착·응축·막 분리와 같은 용매회수 기술이 주요 개발방향 전망 · 다양한 흡착재료 개발·적용, 멤브레인 재료 연구개발, 활성탄 중앙 집중식 재생시설 등이 핵심 전망

자료 : 중국환경보 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (개조촉진) 비효율적인 대기오염물질 처리시설 조사 강화로 다수의 시설 개조가 추진될 예정

○ 중점지역의 이동오염원 등 VOCs 제어 강화 전망

- (VOCs 제어강화) 징진지(京津冀) 및 주변지역, 장강삼각주(长三角)·주강삼각주(珠三角) 등 중점지역의 이동오염원, 석유화학, 석유제품 등 운송에 대한 관리감독 강화 추진. 이로 인해 향후 VOCs 배출 산업에 대한 정책은 지속적으로 강화될 전망

10) 항천개천환보(航天凯天环保, '24.1.29), '2023年有机废气治理行业评述及2024年发展展望', (검색일 : '24.8.29)

VOCs전연(VOCs前沿, '24.8.19), '这些曾占据较大市场份额的VOCs治理技术将被淘汰! 官媒披露了几个关键信息', (검색일 : '24.8.28)

○ 기존 「국가선진오염방지기술목록」 수정으로 처리효율이 높은 기술개발 필요

- (목록수정) 생태환경부는 기존 「국가선진오염방지기술목록(国家先进污染防治技术目录)」에서 기술도태 관련 수정된 내용을 '24.9월에 구체적 내용 발표 예정
- (도태이유) 목록에 포함된 기존 기술 중 불분명한 메커니즘, 낮은 처리 효율성, 열악한 운영 안정성, 2차 오염 유발, 高에너지소비, 안전문제 발생 기술 등은 기술목록에서 제외
- (VOCs 도태기술) 저온 플라즈마 및 복합 폐기가스 정화기술(低温等离子体及其组合废气净化技术) 광분해(光解)·광분해(光氧化) 및 복합 폐기가스 정화 기술 등 제외 전망

< VOCs 처리 분야 도태기술 >

구분	도태이유
VOC 광촉매 및 복합정화기술	· 느린 광촉매 반응속도 및 불분명한 생성물로 인해 VOCs 처리에 적용할 경우, 처리효율이 낮으며, 처리 요구사항 未충족 문제
저온 플라즈마 및 복합 폐기가스 정화기술	· 대부분의 VOCs 분자가 저온 플라즈마에서 불완전한 광물화 형태 문제 · 현재 저온 플라즈마 정화시설은 일반적으로 설비의 출력이 부족하고, 반응시간이 충분하지 않아 매우 낮은 처리효율 문제 · 분해 산물이 불분명하고 부산물이 오존 및 질소산화물과 같은 2차 오염 유발 가능
광분해·광물화 및 복합 폐기가스 정화기술	· 주로 낮은 광산화(光氧化) 및 광전기(photoelectricity) 전환 효율이 낮아 반응기의 유효 광복사(光辐射, 전자기파 또는 입자형태로 전파되는 에너지) 에너지가 일반적으로 부족한 문제
재생시스템이 없는 VOCs 벌집형 활성탄 흡착 정화기술	· 주로 벌집형 활성탄의 낮은 흡착능력으로 사용시간 짧은 단점으로, 빈번한 교체로 안정적인 운영을 보장하지 못하는 문제 · 벌집형 활성탄은 강도가 낮아 손상되기 쉽고, 1회용 제품으로 재활용 불가능한 문제

자료 : 중국환경보 등 자료를 바탕으로 KEITI 중국사무소 정리

- (기술개발) VOCs 처리 기술개발을 위해 처리효율은 물론, 향후 재활용 여부도 중요한 쟁점이 될 것으로 전망. 따라서, 중국정부의 기술도태 등 추진내용에 대한 지속적인 관찰 필요

※ 참고자료

- 1) 航天凯天环保('24.1.29), 2023年有机废气治理行业评述及2024年发展展望
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1789395183665564031&wfr=spider&for=pc>
- 3) 观知海内信息网('23.11.29), 2023年我国VOCs治理行业相关最新政策
<https://dongfangqb.com/article/7140>
- 4) 中吉节能环保研究中心('24.8.14), 2024年, 盘点21省市的VOCs治理的纲领性政策!
https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzlyNjQxMzc2MQ==&mid=2247514249&idx=2&sn=3d679d7761814504952f7ba1e97fcbf4&chksm=e920af4a8fcd5b418654eb7562ebf9b000d5a3301b5399709b8fb8309acbc3e73754fbd092a7&scene=27
- 5) 共研行业调研所('24.5.29.), 2023年中国VOCs治理行业产业链、市场均价、市场规模及细分产品市场规模分析
<https://www.bilibili.com/read/cv23996216/>
- 6) 西安航天基地('24.8.13.), 关于废气的8个常见环境违法行为
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1807233595119380706&wfr=spider&for=pc>
- 7) 生态环境学习('24.8.23.), 最新 | 12个大气污染典型案例
https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=Mzg3MzQ0OTI4NQ==&mid=2247550276&idx=1&sn=e1313427fa9502f47e62ce49a6f75c8c&chksm=cf6dc7e85f0f505d5f92b56131a6045a71a0bfa182de9a3ab6054f27a88b09b78d55ac5b37c5&scene=27
- 8) 沈阳生态环境('24.6.12), 警示案例 | 涉挥发性有机物企业违法警示案例选编 (一)
https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzU0MzU2MTk0NA==&mid=2247542528&idx=1&sn=7533ae69ff4d66bda42b46110a11bee7&chksm=fb0be6b7cc7c6fa14b196da6dca75b1e2c7505562a13e468f2a47444f7a266ea8affa3cb84ed&scene=27
- 9) 华经情报网('23.11.15.), 2023年全球及中国废气恶臭治理设备行业现状及发展趋势分析, 新技术的应用将为行业发展提供新动力
<https://www.huaon.com/channel/trend/941274.html>