

2020.7

## 中国風険消息<中国関連リスクニュース> <2020 No.3>

### 中国における VOCs 処理設備の選定および安全管理

#### 【要旨】

- 改正「大気汚染防止法」が施行され 5 年目となり、中央・地方政府や各業界組織は、同法を踏まえた揮発性有機化合物 (VOCs) 対策に関連する行動計画、作業計画を発表している。これら関連文書を参考に、VOCs 対策の今後の動向について分析する。
- 中国生態環境部は 2019 年に「重点業界における揮発性有機化合物の総合対策方案」を発表し、今後の VOCs 処理設備の選定について明確な方向性を示している。方案が推奨する VOCs 処理設備とその運用についてまとめる。
- VOCs 処理設備の利用にあたっては環境のみならず安全にも配慮する必要がある。2020 年 4 月 1 日以降、一般的な燃烧型 VOCs 処理設備に関する関連基準が発表された。これをもとに燃烧型 VOCs 処理設備の安全管理のありかたについて検討する。

#### はじめに

VOCs は「揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds)」の略称である。微小粒子状物質 (PM 2.5) とオゾン (O<sub>3</sub>) を形成する重要な前駆体 (生成の前提となる物質) であり、大気環境や気候変動へ大きな影響を与える。2015 年 8 月 29 日に改正された「大気汚染防止法第 45 条」では「揮発性有機化合物を含む排出ガスが発生する生産・サービス活動は、密閉された空間または設備で実施し、かつ規定に従った汚染防止施設を設置・使用すること」とされている。全国の環境保護部門は関連部門と協力し、VOCs 対策状況について、特定項目を対象とした検査を複数回実施するなど管理を強化している。VOCs 対策は企業経営において、重要な管理項目の一つとなっている。

#### 1. VOCs 汚染防止に関する政策法規

近年、中国では VOCs 汚染防止を強化している。VOCs 汚染防止に関する方案では、石油精製・石油化学などの業界における排出基準を定めている。一部の地域では、現地の排出基準を策定し、VOCs のモニタリング、監視制御、報告、統計などの基本的な対応能力の向上を図っている。表 1 に VOCs 対策に関連する政策法規文書と技術標準の一覧を示す。

表 1. VOCs 対策に関連する政策法規文書と技術標準（出典：インターリスク上海作成／以下同様）

<p>中央政府の 政策法規文書</p>	<p>大気汚染防止法 大気汚染防止行動計画 揮発性有機物汚染防止技術政策 「十三五」揮発性有機物汚染防止作業計画 重点業界における揮発性有機化合物の総合対策方案</p>
<p>地方政府の 政策法規文書</p>	<p>上海市の重点業界における揮発性有機化合物の総合対策作業の展開に関する通知 上海市揮発性有機物深化防止作業方案（2018-2020年） 上海市清潔空気行動計画（2018-2022年） 「十三五」天津市における揮発性有機物汚染作業実施方案 広東省における揮発性有機化合物管理と排出削減作業計画（2018-2020年） 浙江省における揮発性有機化合物の深化管理と排出削減作業計画（2017-2020年）</p>
<p>技術標準</p>	<p>GB20101-2006「塗装作業の安全規程有機排出ガス浄化装置の安全技術規定」 HJ2027-2013「触媒燃焼法の工業用有機排出ガス処理工程の技術標準」 環办標征函[2018]49号「蓄熱燃焼法の工業用有機排出ガス処理工程の技術標準」 JB/T13733-2019「工業用有機排出ガスの蓄熱触媒燃焼装置」 JB/T13734-2019「工業用有機排出ガスの蓄熱式脱臭装置」</p>

2020年3月の上海市生態環境局の通知では、2022年までに石油化学、化学、工業用塗装、包装、印刷などに関係する上海企業 2,362社が、総合的な処理基準を充足させる必要があるとされている。前述の文書・標準を検討すると、塗料、インク、接着剤、洗浄剤を使用する4つの一般的なプロセスがVOCs制御のポイントとなる。今後の環境保護の動向において、企業はVOCsを含む材料の使用、廃棄物の収集および処理作業を行っているプロセスに十分注意する必要があることが分かる。

## 2. VOCs 処理設備の選択

中国では、VOCs 処理設備の市場形成が比較的遅れており、参入障壁が低く、対応能力も不十分である。また、環境汚染を防止する施設の建設に関する品質もばらつきがあり、効果的といえない処理設備も散見される。従来、活性炭吸着、低温プラズマ、光触媒、光酸化などの処理方法はコストが低く、かつ作業が容易であるため、VOCs 処理に広く応用されていた。しかし近年では、一部の処理方法は環境保護当局の承認を得ることが難しくなっている。

生態環境部が発表した「重点業界における揮発性有機化合物の総合対策方案」（以下、「対策方案」）によると、一部の地域では低温プラズマ、光触媒、光酸化など効率が低い技術の適用率が80%以上に達しており、環境汚染防止の効果が低い状況にあることが分かった。対策方案では、重度の環境汚染への対応として、有機溶剤等の原材料および補助材料を使用する場合には「最終処理として低温プラズマ、光触媒、光酸化、使い捨て活性炭吸着等の技術だけを採用している企業」、または「開放的な空間で作業を行っている企業」に対して、生産停止等のペナルティを強化することが明確化された。この

ような状況を踏まえると、これまで当然のように使用していた技術が今後は使用が認められなくなる可能性も考えられる。上記のような古い処理技術を有した設備を利用している企業は、自社の持続的な発展のために、処理設備の交換を検討する必要がある。

対策方案の内容に基づき、導入が推奨される VOCs 処理プロセスの技術仕様を下表に示す。

表 2. 推奨される VOCs 処理プロセスの技術仕様

プロセス名称	処理原理	排出ガス濃度	適用範囲	浄化効率*	高温処理
蓄熱触媒燃焼 (RCO)	化学酸化	500 mg/m <sup>3</sup> 以上	中高濃度有機排出ガス、特に各種乾燥排出ガス	97%以上	有
蓄熱式脱臭 (RTO)	化学酸化	100-20000 mg/m <sup>3</sup>	石油、化学、農薬などの業界	95%以上	有
凝縮回収	物理分離	0.5-1.2% (体積分率)	石油化学、有機化学、石油とガスの貯蔵と輸送	50~90%	無

\*浄化効率は理論値である。具体的な数値については、排出ガス成分と排出ガス処理施設の運行状況を確認する必要がある。

**蓄熱触媒燃焼プロセス (RCO)** とは、VOCs の酸化触媒の作用を利用するものである。有機排出ガス中の VOCs を触媒酸化すると同時に蓄熱体の蓄熱能力を利用し、VOCs の酸化反応により生じる熱と加熱装置で生じる熱を循環させる工業用有機排出ガス浄化プロセスである。

**蓄熱式脱臭プロセス (RTO)** とは、現在では最も成熟し、安定した効果的な有機排出ガス処理装置であり、先進的な熱交換技術と新型ハニカムセラミック蓄熱材を用いるものである。蓄熱体を介して、処理する排出ガスの熱交換昇温、浄化後には排出ガスの熱交換降温を行う。蓄熱システムの熱量貯蔵と放熱の交換機能を利用して、工業用有機排出ガスを高温酸化処理するプロセスである。

**凝縮回収プロセス** とは、VOCs を回収する効果的な方法である。その基本的な原理は VOCs が異なる温度・圧力下で異なる飽和蒸気圧を持つことを利用するものである。温度を下げることにより、圧力を上昇させ、気相 VOCs を液相に分離し、VOCs を浄化して回収することが可能となる。

VOCs の排出ガス成分は複雑であり処理技術也多岐にわたる。また、設備ごとの適性の差が大きく、どの技術を選択するかといった判断は難しい。前述の RCO および RTO、凝縮回収の投資コストは高く、作業が複雑である。VOCs 処理設備の選択の際には、企業は度重なる投資を回避するために、排出ガスに応じて、適切な VOCs 処理設備を選択する必要がある。

### 3. 一般的ナリスクと過去に発生した事故

前述の VOCs 処理プロセスでは、RCO と RTO の両方に燃焼酸化プロセスがある。機械設備として、従業員の保護、電気安全などの日常的ナリスクにも注意する必要がある。また、処理プロセスの一連の化学反応について、以下の点に注意する必要がある。

表 3. 処理プロセスにおける一般的なリスク

① RCO の運転温度は 250～500℃、RTO の運転温度は 760～900℃であり、両プロセスとも高温設備に属する。温度の制御不能は設備の安全運転に影響を及ぼす。
② VOCs は可燃性ガスであり、温度が上昇すると、有機性排出ガスの爆発下限界が通常より低くなる。有機排出ガス成分の混合が不均一であると、局所的に高温条件下の排出ガス濃度が爆発下限界を超える可能性があり、爆発するおそれがある。
③ VOCs の排出ガス回収配管は作業場内部につながっているため、処理設備が爆発した場合、作業場まで延焼して被害が拡大するおそれがある。

ここ数年、RTO メーカーや企業の安全面での設計不足により、操業開始後に様々な原因で事故が発生している。

表 4. 処理プロセスで過去に発生した事故

例 1	内容	化学工場（江蘇省）の RTO 浄化システムで、2015 年 3 月 8 日と 3 月 27 日の二度にわたり爆発が発生した。事故による死傷者はなかった一方で、ポリマーポリオール作業場の送風機が破損する、現場の計器が焼失するなど、一部の RTO 装置に深刻な被害が生じた。当該事故による直接の経済損失は 100 万元（約 1,500 万円）以上であった。
	原因	報告によると、爆発の原因は焼却炉の排出ガスが爆発限界に達した環境において、高温の排出ガスと高濃度の有機排出ガスが直接混合されたことにより、排出ガス管で爆発したものであった。また、排出ガスの吸気管ラインには防火弁が設置されていなかったため、爆発および逆火により吸気管ラインでも火災が発生した。
例 2	内容	2017 年 12 月 10 日、化学工場（天津）の RTO 環境保護施設で爆発事故が発生した。事故による死傷者はなかった。
	原因	報告によると、RTO が正圧の状態で作動されていたため、排出ガスを処理設備へ排気する時に燃焼室内の高温ガスが逆流し、PVC 管ライン（難燃性、着火温度は約 256° C）の燃焼を引き起こしたものとされている。また、吸気管ラインには防火弁が設置されていなかったため、火が上流側に広がっていった。

#### 4. RCO および RTO の安全面での要求

「揮発性有機物汚染防止技術政策」の文書中に、吸着処理（濃縮）、触媒燃焼、熱焼却、プラズマなどの方法を採用して最終処理を行う際には、事故火災、爆発の際における緊急時計画を作成のうえ、応急救援要員と器材を配備し、かつ応急訓練を展開する必要があると明確に記載された。

生態環境部および工信部（工業情報化部）が発表した関連技術基準により、消防安全、電気安全、構造安全、可燃性ガスの安全、温度制御、運動保護および作業員保護など、多岐にわたる安全管理の要求を確認することができる。下表は、処理設備導入前の設計、検査および今後の日常定期点検における処理設備の各安全技術要求をまとめたものである。

表 5. RCO&RTO 処理設備の安全技術標準自己検査表

類別	安全技術要件	点検確認
消防 安全	浄化装置は可燃性・爆発性を有する危険な薬品の保管場所から離れた場所に設置され、安全距離は国家または関連業界の標準に適合しているか。 (参照 GB 50016)	
	浄化装置は風通しが良好な場所に設置され、かつ安全な避難通路または空間が確保されているか。	
	濾過器の後と浄化装置の前に火災防止器または防火弁が設置されているか。	
	RTO 燃焼器には燃料輸送管緊急遮断弁、燃焼監視装置などの燃焼安全装置が設置されているか。(RTO のみ明確な要求あり*)	
	配管システムと燃焼装置は防爆・減圧設計となっているか。	
	火気厳禁で、規定に従った移動式消火器が配置されているか。	
電気 安全	処理設備は短絡保護と接地保護機能を有しており、接地抵抗は 4Ω 未満となっているか。	
	規定に適合する避雷装置を設置しているか。	
	電気部品の筐体の保護レベルは IP54 以上となっているか。	
	RCO 電気回路の絶縁抵抗は 500MΩ 以上となっているか。 (RCO のみ明確な要求あり)	
	処理工程の吸排出管ラインが金属製の場合、静電気の発生と蓄積を防止するためにフランジ連結、接地などの措置を講じているか。 (RTO のみ明確な要求あり)	
	制御盤と各々の制御対象設備間の接続線は金属ホースで保護されているか。	
構造 安全	浄化装置の前に送風機を設置して操作する場合、送風機やモーターは防爆型のものが選択されているか。	
	溶接継ぎ目と管路の接続部などはいずれも密封性が確保できているか。	
	予熱・燃焼時の躯体強度を確保するために、予熱室と燃焼室の躯体は耐熱、耐食材料が選択されているか。	
	浄化装置の前に設置された有機排出ガスの直接排出装置は、有機ガスの蓄積を防止するため、浄化装置の故障発生または作業終了の際に排出ガスを有効に排出できる機構になっているか。(RTO のみ明確な要求あり)	
可燃ガス 安全	RTO 装置の燃料としてガスを供給する場合、空にする施設が設置されているか。(RTO のみ明確な要求あり)	
	浄化装置の設置場所に可燃ガス警報器が設置され、かつ定期的に点検が行われているか。	
	燃料供給システムに圧力検出装置が設置されているか。	

	(RTOのみ明確な要求あり)	
温度 制御	浄化設備の予熱温度は通常 250～350℃、400℃以下となっているか。 触媒燃焼装置に入る排出ガスの温度は 400℃以下となっているか。 (RTOのみ明確な要求あり)	
	加熱室と反応室に、自動警報機能を有する多点温度検出装置が設置されているか。(RTOのみ明確な要求あり)	
	高温領域が発生することを避けるため、燃焼室内に 2 つ以上の温度測定装置が設置されているか(RTOのみ明確な要求あり)	
	燃焼装置が全体的な保温に使用され、一部のホットスポットを除いて、外面温度が 60℃以下に管理されているか。	
	装置の出入口に温度と圧力の監視施設が設置されているか。	
	蓄熱室の出入口の温度差が 60℃以下に設定されているか。 (RTOのみ明確な要求あり)	
	加熱システムに過熱警報装置が設置されているか。	
連動 保護	燃焼装置には過熱保護機能があるか。	
	燃焼器の点火が正常でない場合、安全保護装置が自動的に燃料供給を切断する機構となっているか。(RTOのみ明確な要求あり)	
	予熱室に設置されている温度警報器は換気システムと連動しているか。 (RTOのみ明確な要求あり)	
	燃焼室入口に有機排出ガス濃度測定と警報連動装置が設置され、濃度が危険値を超えると、直ちに警報信号を発報し、直接排出装置を起動する機構となっているか。(RTOのみ明確な要求あり)	
作業 防護	予熱室に温度測定および点火警報連動装置が設置され、予熱温度が設定値に達しない場合、有機排出ガスを入れない機構となっているか。また、予熱温度が低すぎる、または火が消えると、直ちに警報信号を発報したうえで、有機排出ガスの吸気バルブを閉鎖し、直接排出装置を起動する機構となっているか。 (RTOのみ明確な要求あり)	
	浄化装置設置場所に安全標識が設置されているか。 浄化装置の固定式鋼製梯子、防護手すりとプラットフォームは安全要求に適合しているか。(参考 GB4053.1、GB4053.2、GB4053.3)	

\*技術標準では RTO 設備に関する要求がある。RCO 設備に関しては明確ではないが、RTO 設備と同様の理由で参考とすることができる。

## 5. まとめ

人々の環境保護への意識が高まるにつれて、政府の環境汚染管理に対する要求もますます大きくなっており、それに伴う企業の環境対策に対する負荷も増加傾向にある。企業は、環境保護に関する基準を充足しつつ、持続的な成長に向けた経営活動も継続していく必要がある。適切な汚染物処理設備の導入と日常的な管理を行うことによって、環境対策と同時に、安全管理面でも充実した対策を実施することが望まれる。

以上

### 参考文献：

- 1、JB/T13733-2019「工業有機排出ガス蓄熱触媒燃焼装置」
- 2、JB/T13734-2019「工業有機排出ガス蓄熱熱力燃焼装置」
- 3、北極星環保網
- 4、重点業界揮発有機物綜合管理方案

執筆：インターリスク上海 コンサルティング部 主管 鄭天罡

MS & ADインターリスク総研株式会社は、MS & ADインシュアランス グループのリスク関連サービス事業会社として、リスクマネジメントに関するコンサルティングおよび広範な分野での調査研究を行っています。  
中国進出企業さま向けのコンサルティング・セミナー等についてのお問い合わせ・お申込み等は、下記の弊社お問合せ先、またはあいおいニッセイ同和損保、三井住友海上の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先 MS & ADインターリスク総研 総合企画部 国際業務グループ  
TEL. 03-5296-8920 <https://www.irric.co.jp/>

インターリスク上海は、中国 上海に設立されたMS & ADインシュアランスグループに属するリスクマネジメント会社であり、お客様の工場・倉庫等へのリスク調査や、BCP策定等の各種リスクコンサルティングサービスをご提供しております。  
お問い合わせ・お申込み等は、下記の弊社お問合せ先までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先 瑛得管理諮詢（上海）有限公司（日本語表記：インターリスク上海）  
上海市浦東新区陸家嘴環路 1000 号 恒生銀行大廈 14 楼 23 室  
TEL:+86-(0)21-6841-0611（代表）

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。  
また、本誌は、読者の方々に対して企業のRM活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製／Copyright MS & ADインターリスク総研 2020