

附件 3

《蓄热燃烧法工业有机废气治理
工程技术规范（征求意见稿）》
编 制 说 明

《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》编制组
2018 年 9 月

项目名称：蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范（项目编号：2015-50）

主编单位：中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、江苏中电联瑞玛节能技术有限公司、恩国环保科技（上海）有限公司、扬州市恒通环保科技有限公司、科迈科（杭州）环保设备有限公司

主编人员：刘媛、王海林、闫骏、刘昌明、谢永恒、陆誉文、尤万里、毛黎、代强、刘宝、邵霞、聂磊、李冬生、马小礼

标准所技术管理负责人：姚芝茂

生态环境部项目经办人：李磊

目 次

1 任务来源.....	22
2 标准制定的必要性.....	22
3 主要工作过程.....	22
4 国内外相关标准研究.....	23
5 主要技术内容及说明.....	25
6 标准实施的环境效益及经济技术分析.....	34
7 标准实施建议.....	34

1 任务来源

环境保护部办公厅《关于开展 2015 年度国家环境技术管理项目计划工作的通知》（环办函〔2015〕329 号）下达计划编制《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》，项目序号 30，统一编号 2015-50。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、江苏中联瑞玛节能技术有限公司、恩国环保科技（上海）有限公司、扬州市恒通环保科技有限公司、科迈科（杭州）环保设备有限公司。

2 标准制定的必要性

挥发性有机物（volatile organic compounds, 简称 VOCs）是城市大气中细颗粒物（PM_{2.5}）和臭氧（O₃）形成的关键前体物，对大气环境和人体健康造成一定的潜在危害。要想实现对 PM_{2.5} 和 O₃ 的有效控制，对 VOCs 的控制迫在眉睫。

目前，针对 VOCs 排放管理的相关标准有《恶臭污染物排放标准》《大气污染物综合排放标准》以及储油库、加油站、油罐车、合成革、橡胶、炼焦、石油炼制、石油化学等行业排放标准。另外，煤化工、干洗、电子、印织印染、农药、制药、涂料、油墨、人造板、涂装等一系列与 VOCs 排放相关的国家标准正在制定和修订中，我国将形成一套严格的技术标准体系，对有机污染物的排放要求会越来越严格。

我国的工业 VOCs 排放治理工作起步较早，自上世纪八十年代就已经有催化法和吸附法治理设备进入市场。近二十年来，我国的 VOCs 治理技术和设备已经有了较大的发展，一些新技术在治理工程中得到了应用并取得了一定的效果，但仍面临着不少问题：现有的 VOCs 治理技术众多，目前仅出台了《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）和《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027-2013），仅对活性炭吸附和催化燃烧法的治理工程做了相应的技术要求，而对于蓄热燃烧处理 VOCs 的治理技术尚缺乏工程技术规范指导。由于相应标准规范的缺失，行业内生产企业缺少计算和设计依据，原材料选择和工艺设计随意性较大，往往造成治理工程难以实现长期稳定达标运行。为了规范和指导蓄热燃烧法工业有机废气治理工程的设计、建设、施工和运行，亟需编制该工程技术规范。

3 主要工作过程

3.1 确立制定本标准的原则

（1）与目前我国蓄热燃烧法有机废气治理技术的发展水平相适应，以国内外现有工艺和最佳可行技术为基础，充分考虑技术成熟程度和可行性、各种技术的适应范围和适应对象。

(2) 充分反映蓄热燃烧法工业有机废气治理技术的特点和优势，体现行业特征，符合蓄热燃烧法处理挥发性有机物的技术发展趋势，在确保废气治理满足我国相关排放标准的要求的前提下，适当与国外先进标准衔接。

(3) 技术规范所界定的工艺设备和治理工程设施要兼顾技术可行性和先进性，便于工程实施，可操作性强，运行维护方便。

(4) 技术规范的制订考虑技术可行性和经济性的统一，充分考虑工程实施过程中相关各方的经济承受能力。

(5) 以国家环境保护和污染防治相关法律、法规、技术政策和规划为根据，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一，并有利于相关法律、法规和规范的实施。

3.2 主要过程

2015年初，环境保护部下达《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》的编制任务，中国环境保护产业协会组织相关单位及人员成立标准编制小组，确定参编单位及人员名单。

2015年初至11月，编写标准的开题报告和编制大纲，于2015年11月完成相关文件资料，并报送环境保护部科技标准司。此后，根据环境保护部科技标准司的审查要求进行修改完善。

2016年7月，环境保护部科技标准司在北京主持召开了本标准的开题论证会。在开题论证会上明确了标准的编制方向和原则，通过了编制大纲。

2016年9月，完成《蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》及编制说明的初稿。然后在初稿的基础上编制小组组织了多次讨论会，并征求专家和相关管理者意见，于2016年12月形成征求意见稿草稿。

此后，编制组陆续组织相关研讨会（包括征求意见稿审查会、关键参数研讨会等），进一步修改完善后形成征求意见稿，并报送生态环境部。

4 国内外相关标准研究

4.1 编制依据

本标准的编制以工业固定源有机废气的排放和污染现状、各行业的排放特点及其污染治理情况为基础，充分考虑蓄热燃烧治理技术的发展水平、成熟程度、应用范围和覆盖度，并结合国家现有的废气排放控制标准、各省市的地方排放标准和各行业相关标准，严格按照各种标准编制指导文件进行编制。涉及的部分法律法规、管理文件和标准有：

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》；
- (2) 《国家环境保护标准制修订工作管理办法》；

(3) 《挥发性有机物污染防治技术政策》;

(4) 废气排放标准, 如《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)、《恶臭污染物排放标准》(GB 14544-93) 等;

(5) 气态污染物采样与检测方法标准, 如《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157-1996)、《固定污染源废气挥发性有机物的采样 气袋法》(HJ 732-2014)、《固定污染源排气中非甲烷总烃的测定 气相色谱法》(HJ/T 38-1999)、《固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法》(HJ 734-2014) 等;

(6) 相关环保产品、工程建设标准, 如《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》(HJ/T176-2005)、《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026-2013)、《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2027-2013)、《工业有机废气催化净化装置》(HJ/T 389-2007) 等;

(7) 有关标准编制格式、内容的标准, 如《环境信息术语》(HJ/T 416-2007)、《标准化工作导则》系列标准和《环境工程技术规范制订技术导则》(HJ 526-2010) 等。

4.2 国内外相关技术标准、技术政策、指南制订情况分析

蓄热燃烧装置在日本、美国和西欧国家被广泛地应用于 VOCs 的治理, 工艺设备成熟, 相关的技术标准和规范比较完善, 一些大公司都有自己的企业标准, 对工艺设计、蓄热体的性能要求、燃烧器制造和工程控制措施等都有详细的规定。以美国为例, 美国 RTO 治理工程的相关设计和运行主要遵循和参考美国消防协会消防防火 NFPA86 标准, 该标准对包括热氧化装置在内的设备的安全设计、安装、操作、监管、检测和运维作了明确规定。

我国在 2007 年底发布了中华人民共和国环境保护行业标准《环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置》(HJ/T 386-2007)、《环境保护产品技术要求工业废气催化净化装置》(HJ/T 389-2007), 分别对工业废气吸附净化装置、催化燃烧装置的技术要求、检验方法和检验规则进行了规定, 在 2013 年初发布了《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026-2013)、《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2027-2013), 在原来的吸附净化、催化净化的行业标准基础上, 进一步提出了对工业有机废气吸附法和催化燃烧法治理工程的设计、施工、验收、运行等方面的技术要求。除了吸附法和催化燃烧法外, 其他的治理技术尚未形成相应的工程技术规范。

5 主要技术内容及说明

5.1 适用范围

蓄热燃烧技术主要用于各种固定源 VOCs 的净化,是目前国内外 VOCs 治理的主要技术之一,应用范围广。据统计,目前我国所使用的 VOCs 治理工艺设备中,蓄热燃烧设备超过 300 套,并还在呈上升趋势。一般来说,RTO 适用于废气排放浓度较高的行业,如汽车制造、化工、工业涂装、制药等,但对于废气排放浓度较低的行业来说,废气经过适当浓缩后,亦可进入 RTO 进行处理。

5.2 规范性引用文件

现行的国家法律法规、大气环境治理类的环保类标准、相关的行业标准是制定本规范的依据,其中对于蓄热燃烧法治理工程中的各类设备和材料的制造(作)、加工、运输、安装、测试、维修等方面的规定,引用现行的国家标准及行业标准。

5.3 术语和定义

为了便于对规范条文的理解,对本规范中涉及的技术名词在此予以定义。

对在其他法律、法规和技术规范上已经定义的术语如果适用于本规范的,在本规范中不再重新进行定义。对于有关标准和规范上没有标准定义而本规范中需要解释的给予了命名和规范。

5.4 污染物与污染负荷

(1) 本章规定了蓄热燃烧法工业有机废气治理工程的风量设计原则、资料收集要求、进气浓度要求和限值。

(2) 由于有机废气的易燃性和存在爆炸的危险性,在有机废气的治理中安全性是首先需要考虑的因素。在《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026-2013)、《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2027-2013)等规范中对进入治理设备的有机物浓度一般规定为控制在其爆炸极限下限的 25%以下,在该浓度以下已经留出了较大的余量,一般认为是安全的。规范 4.4 给出了混合有机化合物的爆炸极限下限的计算方法。

(4) 当废气中以易自聚物质(苯乙烯)为主时,会发生自聚现象,产生高沸点交联物质,造成蓄热体堵塞、性能下降和 RTO 系统压降上升,故在此建议此类废气不宜利用蓄热燃烧法进行处理。

(3) 当废气浓度、流量和温度出现波动时,容易造成燃烧“熄火”,从而影响净化效率;如果温度过高或浓度过高,则会引起燃烧室过热,从而产生安全隐患。因此规定进入蓄热燃烧的废气应是连续而稳定的生产工艺所产生,废气浓度、流量和温度不应出现大的波动。

(4) 大量的工程实践表明，废气中粉尘的含量低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 时不会对蓄热体造成明显的影响，前期调研表明，经过过滤处理后，粉尘浓度一般低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此，本规范规定进入燃烧装置的废气中粉尘的含量应低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.5 总体要求

5.5.1 一般规定

在一般规定中，对治理工程处理后可达到的排放水平以及净化设备运行过程中的环境保护要求、监测要求等进行了原则性的规定。

关于净化系统产生的二次污染物的控制在规范 6.4 中进行了规定。在此，需要指出的是，RTO 处理为高温燃烧，在此过程中，有可能会生成 NO_x ，需要对其净化予以考虑，具体排放要求执行国家或地方的相关排放标准。

5.5.2 工程构成

在工程构成中，主要对治理工程的主体工程和辅助工程的组成进行了界定。

5.5.3 场址选择与总图布置

治理设备的布置应考虑主导风向的影响，以减少有害气体、噪声等对环境的影响。如果在下风向无居民区，应布置在主导风向的下风向。

对于有机废气的治理，在场址选择中主要考虑有机废气的易燃、易爆等特点，按照消防要求留出消防通道和安全保护距离。同时要考虑因地制宜地利用厂区空间，降低治理成本。

由于蓄热燃烧装置在高温下操作，存在爆炸的危险，在场址选择上应远离油库、储油槽、溶剂存放地以及其它危险化学品存放地。

5.6 工艺设计

5.6.1 一般规定

在通常的废气治理设备中都会考虑留出一定的设计余量。根据各个厂家的实际设计经验，结合专家意见，治理设备设计风量的余量宜 $\geq 5\%$ 。

在一般情况下，RTO 的净化效率非常高，多室和旋转式 RTO 可以达到 98% 以上。两室 RTO 由于系统本身的设计特点，在换向阀切换时，会产生一定的废气逃逸，虽然持续时间不长（一般只有几秒钟），但会造成排口浓度的瞬时升高，在一定程度上降低了平均净化效率。一般而言，两室 RTO 的处理效率在 95% 左右。在此规定，两室 RTO 的净化效率一般不宜低于 95%，多室和旋转式 RTO 的净化效率一般不宜低于 98%。

根据调研，国内现有的 RTO 设计热回收效率一般为 95%，但根据实地调研、测试和相关技术人员沟通交流，一般很难达到，在 90% 左右，故在此规定热回收效率一般不低于 90%。

5.6.2 工艺路线的选择

废气组成、温度、压力、污染物的性质、污染物的含量和废气流量等参数是进行蓄热燃烧法治理工艺路线选择的基本因素，蓄热燃烧法治理工艺路线应通过对废气的组成、温度、压力、污染等情况的分析而选择。

RTO可分为固定式和旋转式，而前者又可根据蓄热体床层的数量分为两室或多室。旋转式RTO的蓄热体是固定的，利用旋转式气体分配器来改变进入蓄热体气流的方向，其外形大多呈圆筒状。下面分别对其工艺原理进行介绍。

两室RTO系统工作原理为含VOCs的有机废气进入RTO系统后，首先进入蓄热室一（该蓄热室已被前一个循环的净化气加热），废气从蓄热室一吸收热量使温度升高，然后进入燃烧室，VOCs在燃烧室内被氧化为二氧化碳和水，废气从而得到净化。燃烧后的高温净化气离开燃烧室，进入另一个冷的蓄热室二，该蓄热室从净化的烟气中吸收热量，并储存起来（用来预热下一个阶段进入系统的有机废气），并使净化烟气的温度降低。经过一段设定的时间，进入该周期的第二阶段，气体流动方向逆转，有机废气从蓄热室二进入系统，净化气体从蓄热室一排出。气流流向在周期内改变两次，蓄热室也不断地吸收和放出热量，实现了高效热能回收，热回收率可达90%以上。

多室RTO（以三室为例）与两床式RTO的最大区别是增加一个蓄热室用于吹扫系统。在一个蓄热室进气、一个蓄热室排气的同时，一个蓄热室处于吹扫状态，吹扫系统可以采用“吹出”方式，也可以采用“吸入”方式。使蓄热室在用于进气以后、用于排气之前得到吹扫，从而解决了双蓄热室RTO换向时的VOCs直接排放问题。

旋转式RTO一般只有一个换向阀和多个蓄热室（6个、8个或更多），多个蓄热室环形布置。旋转式RTO一般采用旋转换向装置，控制各个蓄热室分别依次处于进气状态、吹扫状态和排气状态；各个蓄热室的换向是逐步完成。这种结构的RTO系统较紧凑，占地小，但气流切换装置复杂。旋转式RTO已经开始部分应用于工业废气处理。

RTO相对其他处理技术来说效率较高。在大多数情况下，经RTO处理后的废气，其排放基本可满足国家或当地的排放标准。一般情况下，可选择两室RTO；如果对治理效率有较高要求（大于98%）或部分行业的特征物排放限值较严（如石化行业的丙烯腈，其排放限值为 0.5 mg/m^3 ），可选择更高效率的多室RTO；当占地空间要求小时，可选择旋转式RTO。

针对两床式蓄热燃烧装置在换向阀切换过程中产生的有机废气瞬间排放，宜增设切换阀及吹扫装置或其它控制措施对此类废气进行收集后再引入蓄热燃烧装置进行处理。其处理流

程为：系统正常运行时，处理后的气体通过第三切换阀直接进入烟囱；而在第一和第二切换阀（三通切换阀）切换瞬间，会有少量未经处理的工艺废气泄漏至下游管道，通过第三切换阀将泄漏出的废气导入吹扫槽或类似收集罐收集后，再引入到 RTO 入口。这样可以有效地避免切换阀在切换时，VOCs 浓度出现波动较大的情况，从而提高 VOCs 的去除效率。

5.6.3 工艺设计要求

5.6.3.1 废气收集

本规范主要对集气罩设计和安装的通用原则提出了技术要求，对集气罩的具体设计在本规范中不做具体规定。强调的是在保证集气和排风效果的基础上，集气罩的配置应与生产工艺协调一致，尽量不影响工艺操作。同时尽量减少排风量，以减轻燃烧装置的负担。当废气产生点多或废气输送管道较长时，建议考虑多套收集或增加中继风机，目的是保证收集到的废气绝大部分送至净化处理系统。

5.6.3.2 废气预处理

(1) 由于各个行业中废气产生情况不一样，蓄热燃烧法对废气中的粉尘和一些易腐蚀的物质要求严格，在规范 6.3.2 中对废气的预处理系统进行了进一步的说明。

(2) 为避免酸碱类废气对 RTO 装置的腐蚀，要求对含酸碱的废气进行预处理。

(3) RTO 能够对气态或气溶胶态的污染物进行净化。在工业生产过程所产生的有机废气中，通常含有一定量的粉尘，进入蓄热体床层后会堵塞蓄热体孔隙，并包覆在蓄热体表面上，严重影响蓄热体剂的传热和寿命。因此，在废气进入蓄热燃烧装置之前必须将颗粒物等处理干净。

(4) 一般预处理装置的压力损失不会超过 1kPa，但当采用布袋过滤器时，压力损失有可能会超过 1kPa，需要在系统风机的选择上留出足够的余量。过滤装置两端应装设压差计，当过滤器的阻力超过规定值时应及时清理或更换过滤材料。

5.6.3.3 燃烧室

(1) 燃烧室是 RTO 的重要组成部分，其设计优劣直接决定了 RTO 的去除效率和达标情况，燃烧室的结构和尺寸大小受制于燃烧温度、停留时间及废气流量等因素。

(2) 燃烧室的内衬材料一般为陶瓷纤维等耐火绝热材料，可以承受短时 1200℃ 的高温。

(3) 燃烧温度主要指燃烧室可能达到的温度，除了和废气的成分、性质及其含量相关外，还与废气进出燃烧室所带的热焓、废气污染物的燃烧热值以及燃烧室内外的传热过程等有关，燃烧温度一般在 760℃~980℃ 之间。

(4) 为保证有机废气达到高的净化率，通常要求气体在燃烧室内保持一定的停留时间，

原则上，若燃烧室温度越高、停留时间越长，则 VOCs 的转化效率也随之增高。根据经验，一般停留时间在 0.5s 左右，即可保证 VOCs 基本处理殆尽。延长可提高净化率，但燃烧室容积也随之增加。从净化效果方面考虑结合专家意见，建议有机废气的滞留时间不小于 0.75 s。

5.6.3.4 蓄热室

蓄热室中最为重要的组成单元为蓄热体。一般来说，蓄热体的材料主要有陶瓷和金属两种，金属类蓄热体如钢、铝等材料只能用于低温或中温场合。而 RTO 装置的操作温度较高，因此不能用金属材料。而陶瓷材料具有优良的耐高温、抗氧化、耐腐蚀等特点以及机械强度高、价廉等优点，性能基本满足 RTO 的要求，所以目前 RTO 普遍采用陶瓷材料作为蓄热体。

目前常用的蓄热体包括散堆材料（颗粒填料，如矩鞍环）和规整填料（如蜂窝填料和板波纹填料）。为了降低床层阻力，目前在 RTO 装置中大多采用规整填料，特别是蜂窝状陶瓷蓄热体，蜂窝陶瓷蓄热体与其它蓄热体（如陶瓷球等）相比具有比表面积大、阻力损失小、热胀冷缩系数小、抗热性能好等特点。蜂窝陶瓷蓄热体的材质可以根据使用温度的需求选用陶土、莫来石、堇青石、石英陶瓷等材质。陶瓷蜂窝填料一般做成尺寸为 150mm×150mm×150mm 或 150mm×150mm×300mm 的柱状蓄热体，并整砌于 RTO 的蓄热室中。最近我国蓄热体市场上出现了新型的多层板片组合式陶瓷蜂窝填料（multi layer-media, MLM），该材料的特点在于每个薄片上开有沟槽，两片组合后构成内部相通的通道，使气流可以横向和纵向的通过填料，在达到相同的热效率条件下，所需的容积比传统的陶瓷蜂窝体少，并且堆体密度、比表面积、孔隙率等与传统的陶瓷蜂窝体性能接近。

就蓄热体材质的比热容来说，铝瓷、莫来石、致密堇青石、堇青石、陶土等材料的比热容分别在 800-900J/（kg·K）、850-1050J/（kg·K）、800-1200J/（kg·K）、750-800J/（kg·K）、840-920J/（kg·K）。在此，参考《催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2027-2013）中对蓄热体的比热容要求，结合上述材质比热容参数，规定本规范中蓄热体的比热容不应低于 750J/（kg·K）。

蓄热体材质铝瓷、莫来石、致密堇青石、堇青石、陶土等材料的最高使用温度分别为 1300℃、1600℃、1300℃、1300℃、1200℃。故在此规定蓄热体短时间可承受 1200℃ 的高温冲击。

一般而言陶瓷蜂窝填料的寿命可达 10 年，故在此规定其使用寿命不小于 40000h。

为确保蓄热体和流经蓄热体的气体能够进行充分的热交换，同时兼顾蓄热室体积和系统

压降等因素平衡，在此结合企业调研和专家意见，规定蓄热室的截面风速不宜大于 2m/s。

影响蓄热室设计的主要因素包括热回收效率、蓄热体性能和系统压降等。一般而言，为保证较高的热回收效率，要求蓄热室进出口温差不能太高，结合企业调研和专家意见，进出口温差规定不大于 60℃。

5.6.3.5 燃烧器

燃烧器作为燃烧室的一个重要组成部分，在此进行了性能方面的规定。此外，结合我国当前大气污染形势，也对辅助燃烧的燃料类型进行了优先选择建议。

5.6.3.6 工艺系统整体要求

(1) 当气流通过 RTO 装置时，在管道、弯头、阀门和蓄热体床层等部件会产生一定的压降，在 RTO 装置的总压降中，蓄热体床层的压降占主要部分。在一定流速下，蓄热体床层的压降主要与蓄热体的结构类型，特别是几何特性和床层高度有关。目前蓄热体广泛应用规整填料，其装置系统的总压降一般低于 3000Pa。

(2) 换向时间和热效率相关。对于设计参数和蓄热体类型已定的情况下，热效率主要取决于换向时间的长短。切换时间短，可以获得较高的热效率，切换时间长，热效率降低。但切换时间短也有缺点，首先是由于换向阀和相应机构的频繁动作容易造成磨损而影响使用寿命。此外，阀门频繁、快速切换会引起气流压力波动而造成装置的不稳定操作。因此从操作、维护来讲，可选择较长但比较合理的切换时间，一般为 90s~180s。

(3) 在 RTO 装置中，废气是通过蓄热室床层的各个温度区，所以在一定的区域内，当废气含分子量较大的 VOCs 物质时，会出现裂解产物的沉积，从而引起床层通道结垢导致压降上升。若不加控制，则会造成局部过热、堵塞，甚至引起安全隐患。为避免此现象，部分 RTO 制造商在 RTO 装置中增加了高温烘烤和吹扫模块，目的是控制整个床层的加热，使其达到沉积物的燃烧温度，并周期性的去除这些沉积物，保证系统正常运行。此外，当废气中含有有机硅时，在燃烧室燃烧后产生二氧化硅，堵塞蓄热体，并不易去除，从而造成蓄热体的损坏和压降增加，故针对这类比较特殊的有机废气，也进行了规定，要求其不得影响 RTO 正常运行。

此外，也对蓄热燃烧装置的保温性能从热量损失和安全角度进行了规定。

5.6.3.7 后处理

当废气中含 S、N、Cl 等元素有机化合物时，经过高温焚烧后会产生 SO₂、HCl、NO_x 等二次污染物，因此对燃烧尾气需要进一步处理，达标后方可排放。

5.6.4 二次污染控制措施

(1) 在蓄热燃烧工艺中，一般情况下不会产生废水，只有当使用湿法废气预处理装置时，才会产生一定量的含有有机物的废水，需要进行处理达标后排放。但是对于废气处理装置而言，单独设计一套废水处理系统往往是不经济的，如果企业本身具有污水集中处理系统，在设计负荷允许的情况下可以排入污水集中处理系统进行处理。

(2) 治理装置所产生的固体废物主要是干法和湿法预处理装置中所产生的粉尘和废渣、更换下来的过滤材料和蓄热体，都需要收集后进行妥善处理。

(3) 蓄热燃烧装置运行时产生的噪声控制应满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348) 和《工业企业噪声控制设计规范》(GB/T 50087) 的规定。

5.6.5 安全措施

(1) 当 RTO 进气浓度较高时，通常是在排风机前安装一个旁路阀门直接吸取部分冷空气对高浓度废气进行稀释，以调整废气中有机物浓度至其爆炸极限下限 25% 以下，以确保 RTO 运行安全。

(2) 由于有机废气易燃、易爆，在进行有机废气治理装置的工艺设计时，安全措施是首先要进行考虑的因素。必须在治理工程与主体生产装置之间安装阻火器或防火阀。其中，阻火器可参考《石油气体管道阻火器》(GB/T 13347) 的相关规定、防火阀则需满足《建筑通风和排烟系统用防火阀门》(GB 15930) 要求。

(3) 对于蓄热燃烧装置，必须设置过载、温度过热保护、防爆泄压装置等安全措施。防爆泄压装置的设计应符合《石油化工企业设计防火规范》(GB50160) 的规定。为了防止发生爆炸后对人员造成伤害，泄压口应该安装在燃烧装置的顶部或背部能够避开操作人员的位置。

(4) 对于有机废气的治理必须选用具有防爆功能的风机、电机，置于现场的电气、仪表等也应具有防爆功能。

(5) 规定了其他如短路保护、接地保护、避雷、管道防静电、燃料供给系统的高低电压保护和压缩空气的低压保护等内容。

5.7 主要工艺设备和材料

(1) 在《一般用途离心通风机技术条件》(GB/T 13275) 中，对风机性能进行了明确要求，在此等效引用。

(2) 换向阀是 RTO 的重要组成部分，常用的有提升阀（推拉阀）、旋转阀、蝶阀等。对于常规燃烧装置，对阀门的泄漏率要求不高，根据工程实践规定控制在 0.5% 以下即可。

由于蓄热式燃烧装置的多向切换非常频繁，对换向阀的要求非常高，换向阀漏风会影响换热效率和净化效率。近年来换向阀的制造水平有了较大的提高，根据工程实践，换向阀的漏风率可以满足低于 0.2% 的要求。

(3) 不同的生产工艺所产生的有机废气的成分比较复杂，如苯类、酮类、醛类等气体基本没有腐蚀性或腐蚀性较小，有机酸类气体则具有较强的腐蚀性。在有些情况下还会含有一些无机气体，如硫化氢等，腐蚀性非常强。当废气中含有腐蚀性气体时，所有集气罩、管道、阀门和颗粒过滤器均应采用耐腐蚀材料制造，或按 HGJ 229 进行防腐蚀处理和验收。

(4) 规定了蓄热体、保温材料以及钢制设备的技术要求。

5.8 检测与过程控制

5.8.1 一般规定

对检测仪表、控制装置等做原则性规定与描述。

5.8.2 检测要求

为便于样品的采集，规定必须设置固定采样口和采样平台，相关设置与安装、采样条件、采样频次和检测项目应满足相关标准规定和要求。

蓄热室和燃烧室内部装设具有自动报警功能的多点温度检测装置，用于温度的监控，包括预热温度和反应器进出口气流温度等。

燃料供给系统需在相关压力阀前后设置压力检测装置，确保燃料稳定供给燃烧器。

5.8.3 过程控制

在一般情况下，废气治理设备与生产工艺相比应该先开后停，前后要有约 10~30min 的时间间隔，但需要与生产车间进行协调。

整套治理系统应采用总线分布控制模式，提出了较先进的自控系统要求。在集中控制室或就地控制柜均能实现过程控制及温度、压力和废气浓度的远程集中控制及就地控制。

5.9 主要辅助工程

5.9.1 燃料供给系统

燃料供给主要包括（轻质）柴油、燃气等供给形式，在此规定了燃料供给系统的构成，其中的安全阀应具备基本的高低压保护功能，确保供给管路安全。

5.9.2 压缩空气系统

压缩空气系统主要为 RTO 装置相关气动元件等提供驱动动力，其中为保障有足够的气压来驱动气动元件正常工作，规定必须配备低压报警功能。

5.9.3 电气系统

在规范 9.3 中提出了对电气系统的一般要求，即电气系统中性点接地方式应与该装置系统主体工程一致；电源可直接由使用装置配电系统接引，并符合《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058）要求。

5.9.4 给排水与消防系统

当使用湿法过滤装置时，治理系统给水排水设计应符合《建筑给水排水设计规范》（GB 50015）和相关工业行业给水排水设计规范的有关规定。

由于存在爆炸和着火的危险，治理系统的消防设计应纳入工厂的消防系统总体设计。消防通道、防火间距、安全疏散的设计和消防栓的布置应符合《建筑设计防火规范》（GB 50016）的规定，应保证有两支水枪的水柱同时到达治理系统的任何部位，治理系统范围内应按照《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）的规定配置一定数量的移动式灭火器。

5.10 劳动安全与职业卫生

本章节主要考虑蓄热燃烧装置运维时，为保障相关操作人员的安全和健康防护而进行了相关规定。

5.11 施工、调试与验收

5.11.1 施工

规范 11.1 是对治理工程施工的通用和基本的要求。

在废气治理工程的施工中出现局部变更的情况时，规范 11.1.2 特别强调工程的变更应取得工程设计单位的设计变更文件后再进行施工。

规范 11.1.3 特别强调工程施工中使用的设备、材料和部件应符合相应的国家标准，并取得供应商的产品合格证后方可使用。

5.11.2 调试

规范 12.2 对工程验收的原则、调试前的启动验收条件、试运行需达到的条件、组织验收程序依据等提出了具体的要求。

5.11.3 验收

环境保护部于 2017 年出台了《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，对环保类工程验收条件、验收流程等进行了详细规定，本章节在此进行等效引用。

5.12 运行与维护

本章节除了对一般要求进行规定外，特别强调要建立健全与治理设备相关的各项规章制度，以及运行、维护和操作规程，建立主要设备运行状况的台账制度，满足各级环保部门对

治理工程的检查要求。

6 标准实施的环境效益及经济技术分析

目前，蓄热燃烧法在我国有机废气治理应用领域逐年增多，特别是近年来，随着环保形势的不断加严和 VOCs 治理越来越受重视，该技术得到了迅猛发展。本标准是针对工业固定源有机废气的蓄热燃烧法治理工程而制定，可以规范我国有机废气治理中占比越来越大的蓄热燃烧类工程的建设及相关设备制造，在工艺设计、设备制造、工程建设、检测、运行维护与管理等方面可为我国 VOCs 治理提供技术指导，对推进我国工业固定源有机废气的减排工作具有重要作用。

根据行业内的初步估算，目前我国工业固定源有机废气的排放量在 2×10^7 t/a 以上。以此计算，假设其中 20% 采用蓄热燃烧净化技术，对我国的工业固定源有机废气进行治理的话，则至少可形成 3.8×10^6 t 的减排量。

7 标准实施建议

本标准为首次制定，在实施过程中应及时总结问题和经验，进行进一步的修订完善，以满足工业固定源有机废气蓄热燃烧法治理工程建设的需要。