

附件 3

# 工业有机废气治理用活性炭质量标准（征求意见稿）编制说明

《工业有机废气治理用活性炭质量标准》编制组

二零二一年八月

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1 项目背景.....                  | 1  |
| 1.1 任务来源.....                | 1  |
| 1.2 编制过程.....                | 1  |
| 2 行业概况.....                  | 2  |
| 2.1 国内外活性炭产业发展现状.....        | 2  |
| 2.2 活性炭作为吸附剂的挥发性有机物治理现状..... | 3  |
| 2.3 工业有机废气治理用活性炭调研分析.....    | 7  |
| 3 标准制订的必要性、原则及思路.....        | 19 |
| 3.1 标准制订的必要性.....            | 19 |
| 3.2 标准制订的原则.....             | 24 |
| 3.3 标准制订的思路.....             | 25 |
| 3.4 标准制订的技术路线.....           | 25 |
| 4 主要国家、地区和国际组织相关标准研究.....    | 27 |
| 4.1 国外标准.....                | 27 |
| 4.2 国内标准.....                | 30 |
| 4.3 与江苏省及地方相关法律法规和标准的关系..... | 31 |
| 5 标准主要技术内容.....              | 32 |
| 5.1 基本框架.....                | 32 |
| 5.2 适用范围.....                | 32 |
| 5.3 规范性引用文件.....             | 32 |
| 5.4 术语和定义.....               | 33 |
| 5.5 技术指标的选取.....             | 34 |
| 5.6 试验方法.....                | 48 |
| 5.7 检验规则.....                | 50 |
| 5.8 包装、标志、运输与贮存.....         | 51 |
| 6 标准实行的成本效益分析.....           | 51 |
| 6.1 环境效益分析.....              | 51 |
| 6.2 经济效益分析.....              | 52 |
| 7 实施推广建议.....                | 54 |

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

挥发性有机物排放不仅直接影响大气环境质量和人群健康，同时又是形成细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧（O<sub>3</sub>）的重要前体物，会对气候产生间接的负面影响。随着生态文明建设工作的逐步深入，挥发性有机物治理愈加深入和全面。活性炭作为一种经济高效、应用便捷、谱适性强的吸附材料，在工业企业挥发性有机物治理领域应用广泛。但在应用过程中，由于企业管理和市场的不规范，以及缺乏完备的挥发性有机物治理用活性炭准入标准，导致低效、低劣活性炭进入企业环境治理端，极大地影响了挥发性有机物治理效果。

2021 年 5 月，江苏省生态环境厅执法局在全省范围开展大气 2 号（活性炭专项）执法检查行动中，发现数百个活性炭更换频次不够、活性炭以次充好和以假冲真、填充不规范等环境问题。但由于现行的挥发性有机物治理用活性炭标准适用范围不够、指标体系不健全、技术要求不完善等，导致在环境执法过程中，存在该类环境违法事件执法依据不足的情况，制约了挥发性有机废气综合治理工作，为生态环境保护埋下隐患。

为了规范挥发性有机物治理用活性炭市场，为企业提供一个选择挥发性有机物治理用活性炭的技术依据，同时为管理部门开展该类环境管理提供科学的技术支撑甚至执法依据，研究制定江苏省《工业有机废气治理用活性炭质量标准》地方标准意义重大，是推动环境质量改善、保障人群健康，推进我省生态文明建设的重要举措。

受江苏省生态环境厅委托，\*\*\*承担了《工业有机废气治理用活性炭质量标准》制定工作，本标准的技术归口单位为江苏省市场监督管理局，负责起草单位是\*\*\*。

### 1.2 编制过程

#### 1.2.1 成立编制小组

2021 年 7 月上旬，由\*\*\*等共同成立标准编制组，同时明确编制组主要成员和分工，讨论并制定具体实施方案。

### 1.2.2 数据资料收集与分析

2021 年 7 月中旬，根据前期挥发性有机物主要排放行业分类调研情况，按照抽样调查的原则，标准编制组选取了省内 345 家有代表性的活性炭生产及使用企业，调研范围涉及江苏省全部十三个地级市，包括活性炭生产企业 33 家，活性炭使用企业 312 家。通过江苏省生态环境厅大气处发函，利用技术交流、文献调研、现场调研等方式，收集江苏省活性炭生产和使用企业的基础资料并进行研究分析，对各生产使用企业活性炭生产与使用过程中遇到的困难和问题进行调查评价。研究标准实施的实际需求、技术指标可达性及预期环境效益，确定科学合理的标准研制技术路线。

### 1.2.3 实地调研

2021 年 7 月底至 8 月初，标准编制组采用实地调研、会议调研和问卷调研相结合的方式，对江苏省代表性活性炭生产和使用企业管理现状情况进行调研。

针对活性炭治理设施用活性炭产品的主要问题、活性炭产品主要技术指标以及再生炭产品技术指标等问题，编制组赴苏州、常州、南通等地现场调研了多家典型企业的活性炭生产情况，在线上召开了十余次活性炭生产企业座谈会，听取企业对标准内容的意见和建议，基本掌握了省内活性炭生产情况。

### 1.2.4 编制征求意见稿

2021 年 8 月上旬，编制完成江苏省《工业有机废气治理用活性炭质量标准》征求意见稿和标准编制说明。

于 2021 年 8 月 13 日，江苏省生态环境厅组织召开了江苏省地方标准《工业有机废气治理用活性炭质量标准（征求意见稿）》技术审查会，经过热烈讨论，全体专家一致认为《工业有机废气治理用活性炭质量标准（征求意见稿）》紧密结合了江苏省实际情况，总体思路清晰，框架合理，技术路线可行，专家组一致同意通过征求意见稿技术审查。

## 2 行业概况

### 2.1 国内外活性炭产业发展现状

活性炭工业发展至今已经有一百多年的历史，近年来，全球活性炭需求量每年增长率均保持在 5% 以上，且有加速增长的趋势。在世界范围内，约有超过

五十个国家生产活性炭，美国、日本和欧洲等发达国家和地区的活性炭产业已具备连续化、无公害化、自动化和大型化等特点，美国卡博特( Cabot)、日本大阪燃气化学有限公司是世界上生产活性炭规模最大的两个企业。目前，世界上生产的活性炭主要应用于去污（大气治理、水处理等）、卫生防护、农业应用、催化剂、化工、医药等。

活性炭工业已被列入我国《战略性新兴产业分类( 2018) 》目录，预计到 2025 年活性炭产量接近 100 万吨，煤质活性炭和木质活性炭为主。我国生物质活性炭生产企业主要位于福建、江西、浙江、贵州等有丰富森林资源的省份，其中福建、江西和浙江三省的产量占全国木质活性炭总产量的 70% 以上。煤质活性炭生产企业主要位于山西、宁夏及新疆等煤炭资源丰富的省区，其中山西、宁夏、新疆三地的产量占全国煤质活性炭总产量的 80% 以上。我国活性炭广泛应用于食品饮料、水处理、大气环境治理、化工和医药等行业，其中大气环境治理是活性炭应用的主要领域之一，仅就江苏省而言，每年用于挥发性有机物治理用活性炭（煤质、生物质、活性碳纤维）超过一万五千吨。

## 2.2 活性炭作为吸附剂的挥发性有机物治理现状

### 2.2.1 活性炭作为吸附剂的特点

吸附法是利用某些具有吸附能力的物质如活性炭、硅胶、沸石分子筛、活性氧化铝等吸附有害成分而达到消除有害污染的目的。吸附法主要适用于低浓度气态污染物的净化，对于高浓度的有机气体，通常需要首先经过冷凝等工艺将浓度降低后再进行吸附净化。吸附技术是最为经典和常用的气体净化技术，也是目前工业 VOCs 治理的主流技术之一。吸附法的关键技术是吸附剂、吸附设备和工艺、再生介质、后处理工艺等。

目前最为常用的吸附剂为活性炭，由于活性炭具有较大的比表面积，吸性能较好，这就使活性炭具有较高的吸附容量，使 VOCs 得到较大的去除，同时由于能耗低、工艺成熟、产品经济、来源广泛，使用活性炭作为吸附剂进行挥发性有机物治理的方法被广泛应用。

活性碳纤维治理技术也是一种近年来不断被重视的新技术，这种技术与传统的碳吸附技术相比，吸附效果更好。由于活性碳纤维的加入，内表面和外表面分布了许多碳原子，在这些碳原子的作用下该材料具有高效吸附性，实验结

果证实，由于这种活性碳纤维的特殊结构，使它的吸附性能更具有优势，具有吸附速度快、吸附容量大、再生容易、表面积大、微孔丰富、含碳量高等众多优点，这些众多的优点，就可以使它们在治理 VOCs 的过程中充分发挥吸附 VOCs 的作用，因此，活性碳纤维治理技术已经具有很大的优势。

使用活性炭和活性碳纤维作为吸附剂，主要具备以下优点：（1）使用成本较低，且来源广泛，配套的工程技术成熟；（2）对于中低浓度的挥发性有机废气治理，具有较好的效果；（3）如果有回收溶剂的需求，可以通过脱附冷凝可回收溶剂有机物；（4）应用方便，只与同空气相接触就可以发挥作用；（5）活性炭具有良好的耐酸碱和耐热性，化学稳定性较高；（6）具有能耗低，工艺成熟，去除率高（可达 90%以上），净化彻底，易于自动化，易于推广的优点，有很好的环境和经济效益。

## 2.2.2 使用活性炭治理有机废气行业及用炭情况

根据前期数据收集与行业相关标准收集，标准编制组梳理了我省挥发性有机物的主要排放行业，并统计了行业分类信息，详见表 2.2-1。

表 2.2-1 我省挥发性有机物主要排放行业分类

| 序号 | 排放行业                     | 行业分类信息<br>(按 GB/T4754-2017《国民经济行业分类》)                                                                                                   |
|----|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 石化                       | C25 石油加工；C261 基础化学原料制造；C265 合成材料制造                                                                                                      |
|    | 炼化、<br>化工<br>精细化工<br>和制药 | C263 农药制造；C264 涂料、油墨、颜料及类似产品制造；C265 合成材料制造；C266 专用化学产品制造；C268 日用化学产品；C271 化学药品原料药制造                                                     |
| 2  | 涂装                       | C21 家具制造业；C33 金属制品业；C34 通用设备制造业；C35 专用设备制造；C36 汽车制造；C37 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业；C38 电气机械及器材制造；C40 仪器仪表制造业；C43 金属制品、机械和设备修理业；O8011 汽车修理与维护业 |
| 3  | 合成革                      | C2925 塑料人造革、合成革制造                                                                                                                       |
| 4  | 橡胶和塑料制品业                 | C291 橡胶制品业(重点 2911 轮胎制造、2915 日用及医用橡胶制品制造)；C292 塑料制品业(重点 2922，2925 人造革、合成革)                                                              |
| 5  | 印刷和包装                    | C231 印刷                                                                                                                                 |
| 6  | 纺织印染                     | C171 棉纺织及印染精加工；C175 化纤织造及印染精加工                                                                                                          |
| 7  | 木业                       | C20 木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业                                                                                                                   |
| 8  | 制鞋                       | C195 制鞋                                                                                                                                 |
| 9  | 化纤                       | C28 化学纤维制造业                                                                                                                             |
| 10 | 生活服务业                    | H62 餐饮业；O8030 洗染服务业(干洗)                                                                                                                 |
| 11 | 储存和运输业                   | G5435 危险道路运输                                                                                                                            |
| 12 | 建筑装饰                     | E501 建筑装饰、装修和其他建筑业                                                                                                                      |
| 13 | 电子信息                     | C39 计算机、通信和其他电子设备制造业                                                                                                                    |

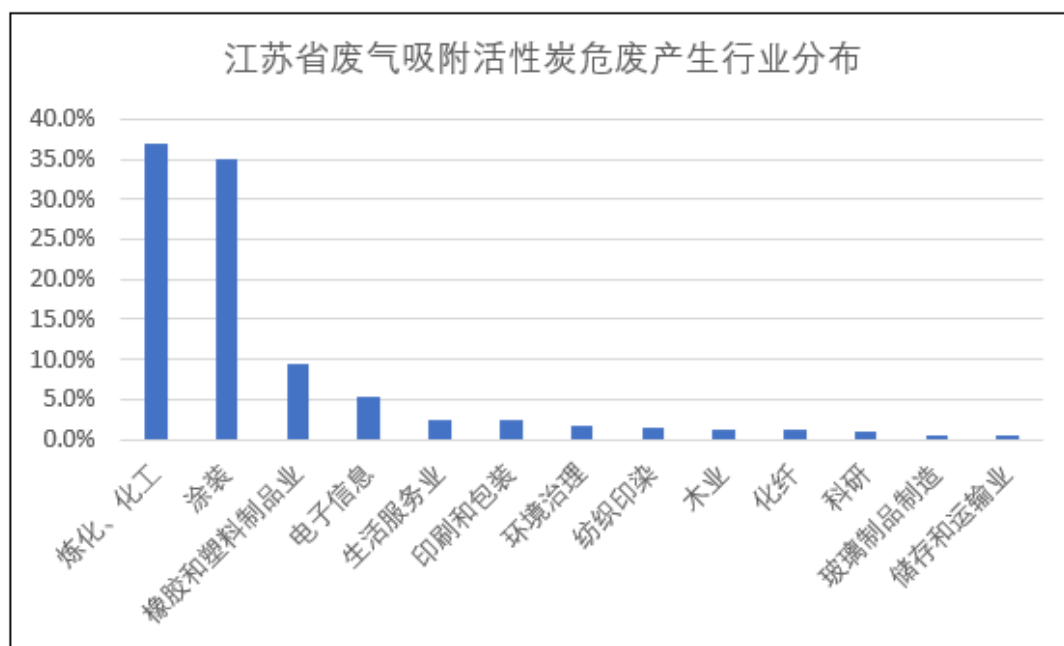


图 2.2-1 江苏省主要经济行业废弃活性炭产生情况

以上行业均涉及到使用活性炭或活性碳纤维作为吸附剂来治理挥发性有机物废气，企业数量超过一万一千家，根据最近的 2021 年 1 月份~8 月份统计情况，全省 13 个地级市活性炭用量约为 10258t，其中苏州、常州、无锡、南通、南京为使用量最大的五个地区，折合到全年后，江苏省全年活性炭使用量为 15387t/a。

### 2.2.3 吸附法主要工艺

根据本次调研结果，江苏省内吸附法净化气体污染物的装置可分为固体床、移动床、流动床、组合工艺等。

#### (1) 固定床吸附

固定床方式是省内使用最为普遍的一种，有立式、卧式两种形式，内设吸附层可以是单层、双层或四层。固定床床层厚度一般为 1m 左右，适于高浓度废气的净化；其他形式的固定床床层厚度为 0.5m 左右，适用于低浓度废气的净化。空塔气速一般可控制在 0.2~0.55m/s，空塔气速过小，则处理能力低，若气速过大，则阻力损失明显增大，还可能影响吸附层气流分布，吸附效率也会下降。

对于需要保持连续生产的企业，常常设置双塔式装置，一用一备，固定床的再生方式有多种，如用清洁气体或溶剂冲洗床层、加热床层；降低系统压力进行真空脱附等；最常用方法是通入水蒸汽将吸附质赶走。

## （2）移动床吸附

移动床吸附器是气固两相均以恒定速度通过的设备。气体与吸附剂保持连续接触，一般采用逆流操作，亦可采用错流操作。优点是操作连续进行，处理能力大。适用于稳定、连续、量大的气体净化。缺点是吸附剂磨损大，动力消耗也大。该种方式使用较少。

## （3）流化床吸附

该种方式在省内使用较少。流化床吸附器为塔式设备，内设若干层筛板，吸附剂在筛板上呈沸腾状态，故称流化床。特点是气固两相达到充分接触，因而吸附速度快，处理能力大，特别适于连续性，大气流量的污染源治理。和固定床相比，流化床所用的吸附剂粒度较小，空塔气速也比固定床大得多（一般为3~4倍），装置较为复杂，吸附剂的损耗也较大。

## （4）组合工艺

随着挥发性有机物治理要求的不断提高，组合工艺越来越普及。由于污染物性质、污染物浓度、生产的具体情况、安全性净化要求、经济性等条件，对各种控制技术进行工艺优化，采用新的组合或耦合技术，如冷凝-吸附、吸附-光催化氧化、变压吸附-深冷、吸附浓缩-燃烧技术、变压吸附-膜分离等组合工艺，进一步提高 VOCs 的去除率。在低浓度有机废气的吸附回收工艺中，通常使用固定床吸附-低压水蒸汽置换再生-冷凝回收工艺。采用两个或多个固定吸附床交替进行吸附和吸附剂的再生，实现废气的连续净化。

### 2.2.4 与吸附法相关的国家和省内政策

近年来，基于挥发性有机物治理，国家发布了一系列控制政策，《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号）、《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》（环保部公告2013年31号）、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）、《关于印发<2020年挥发性有机物治理攻坚方案>的通知》（环大气〔2020〕33号）等均对挥发性有机废气治理设施提出了相应要求，同时对于采取吸附工艺的治理设施也提出了管控和提升要求。

随着国家陆续颁布的各项挥发性有机物控制政策，江苏省也颁布了一系列相关具体实施方案、政策和标准规范。其中包括《关于印发江苏省重点行业挥

发性有机物污染控制指南的通知》（苏环办〔2014〕128 号）、《关于印发<江苏省化学工业挥发性有机物无组织排放控制技术指南>的通知》（苏环办〔2016〕95 号）、《江苏省挥发性有机物污染防治管理办法》、《关于印发江苏省 2020 年挥发性有机物专项治理工作方案的通知》、《江苏省打赢蓝天保卫战三年计划行动实施方案》等，同时对于一些重点行业，也有具体的对应标准要求。一系列政策和法规的出台为 VOCs 的治理提供了重要措施，有效减少了 VOCs 的排放，也为 VOCs 的治理提出了更高的要求。

### 2.2.5 小结

通过江苏省使用活性炭或活性碳纤维作为吸附剂来治理挥发性有机物的经济行业分析、吸附剂特点分析、吸附工艺分析、活性炭使用数量统计分析可知，我省使用活性炭或活性碳纤维进行挥发性有机物治理的行业较多，涵盖了江苏省内重点的经济门类，化工行业应用广泛，另外在涂装、塑料制品、木业等主要中小型企业分布的行业应用也非常广泛。全省年用炭量超过 1.5 万吨，活性炭使用量较大，使用活性炭作为吸附剂的治理设施大多采取固定方式和组合方式。

## 2.3 工业有机废气治理用活性炭调研分析

### 2.3.1 整体调研情况

本次标准编制工作开展过程中，编制组对江苏省内活性炭生产、使用企业进行了一系列的调研，并对代表性的 345 家企业进行了问卷调查、检测数据搜集、回访、座谈，调研范围涉及江苏省全部十三个地级市，其中包括活性炭生产企业 33 家，活性炭使用企业 312 家。

调研企业地域分布如图 2.3-1 及表 2.3-1 所示。本次调研对 13 个地级市的企业抽取较为均匀，每个地级市至少调研了 18 家及以上企业。基于省内活性炭生产企业在各市的实际分布情况，对各地市活性炭生产企业的调研情况有所差异，其中常州市活性炭生产企业较多。调研对象涵盖了石化、精细化工和制药、涂装、材料合成、橡胶和塑料制品业、印刷包装、纺织印染、木业等会使用到活性炭作为吸附剂进行挥发性有机物治理的行业。

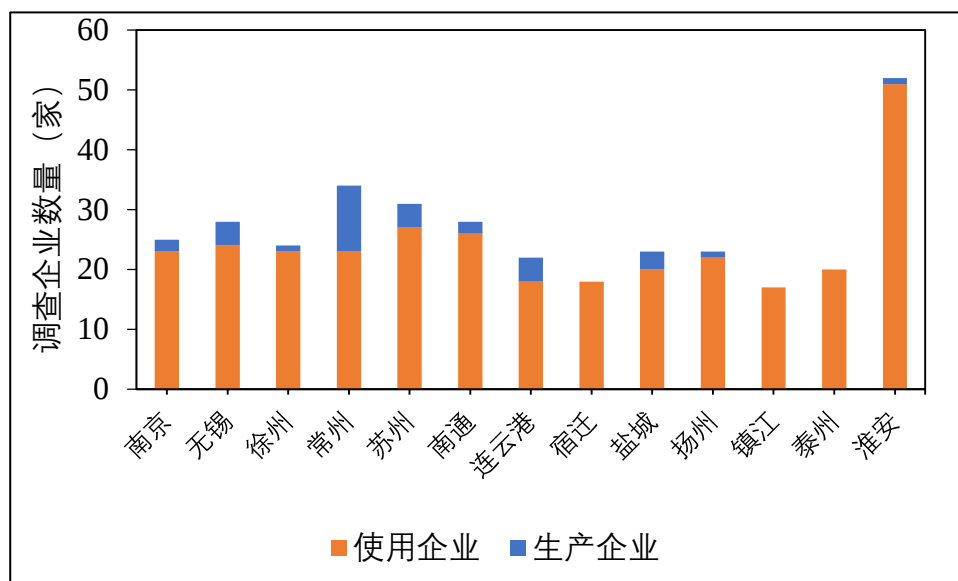


图 2.3-1 调研的活性炭生产及使用企业地域分布

表 2.3-1 各市调研企业数量表

| 序号 | 城市  | 活性炭生产 | 活性炭使用 |
|----|-----|-------|-------|
| 1  | 南京市 | 2     | 23    |
| 2  | 无锡市 | 4     | 24    |
| 3  | 徐州市 | 1     | 23    |
| 4  | 常州市 | 11    | 23    |
| 5  | 苏州市 | 4     | 27    |
| 6  | 南通市 | 2     | 26    |
| 7  | 连云港 | 4     | 18    |
| 8  | 宿迁市 | 0     | 18    |
| 9  | 盐城市 | 3     | 20    |
| 10 | 扬州市 | 1     | 22    |
| 11 | 镇江市 | 0     | 17    |
| 12 | 泰州市 | 0     | 20    |
| 13 | 淮安市 | 1     | 52    |

## 2.3.2 活性炭生产企业调研汇总及分析

活性炭生产企业调研主要包括销售行业、销售价格、年产量、活性炭类型及技术参数等数据，调研企业类别包括新炭、活性炭纤维生产企业和再生炭生产企业。

### 2.3.2.1 活性炭品种和价格分析

根据调研结果，相关生产企业的主要销售行业涉及环保、化工、制造等多个行业。从活性炭形式上，生产的活性炭类型包括蜂窝炭、柱状炭、活性炭纤

维，占比最多的柱状炭，其次为蜂窝炭，两者占比在 95%以上。活性炭制造材料包括煤质、生物质、合成材料（活性碳纤维）及再生炭，其中，利用煤质原料生产活性炭的企业占生产企业的 76%，利用生物质为原料生产活性炭的企业占据生产企业的 42%（部分企业产品包括煤质和木质）。由图 2.3-2 和图 2.3-3 可知，柱状炭、蜂窝炭为江苏省活性炭生产企业的主要产品类型，而活性炭的制作材料以煤质为最多，其次为生物质与再生炭。

从材质来看，江苏省省内生产的活性炭企业以柱状炭及蜂窝炭为主，活性炭碳纤维较少，销往行业以化工、水处理及环保治理单位为主。尤其是化工行业及环保治理单位的废气处理设施，与本次标准制定的活性炭技术规范息息相关。

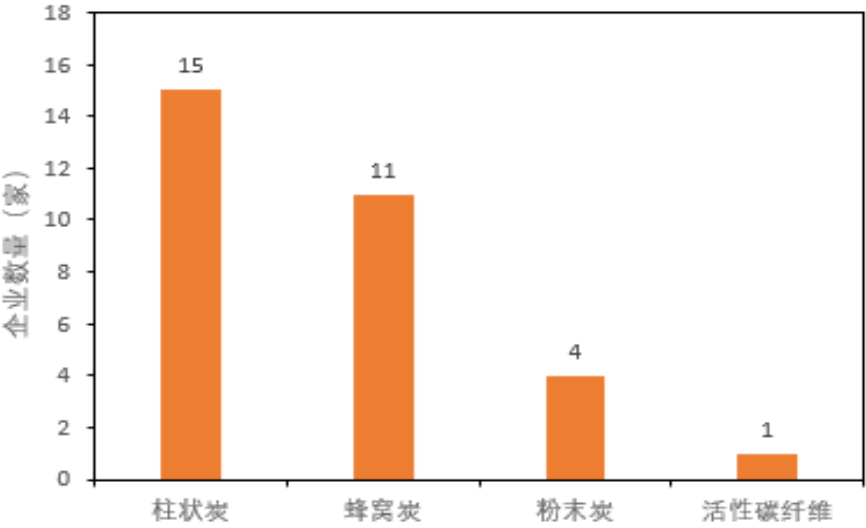


图 2.3-2 调研生产企业的主要活性炭产品类型

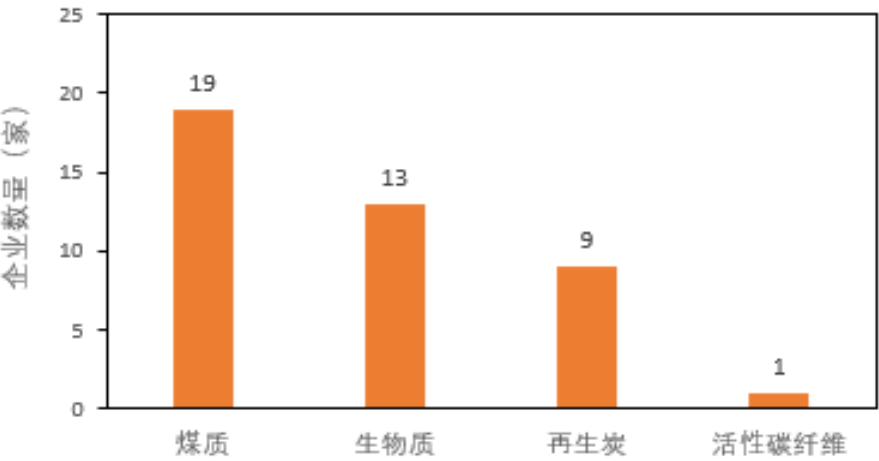


图 2.3-3 调研生产企业的活性炭产品制作材料

根据活性炭生产及再生企业调研，活性炭销售价格主要与产品的性能有关，用户主要关注碘值和四氯化碳吸附率，对于碘值、四氯化碳吸附率较高的活性

炭、活性碳纤维，销售价格较高，新鲜炭的销售价格一般在数千元到几万元之间，再生炭的价格基本低于一万元，活性碳纤维价格普遍高于活性炭。另外跟活性炭的用途也有关系，用于溶剂回收工艺的活性炭要求高，产品价格也高。

### 2.3.2.2 产品指标统计分析

本次通过搜集已有实测数据（28 份）和重新采样检测（35 份），共获得江苏省内产炭及再生炭企业有效样品数据 63 份，主要技术参数包括含水率、耐磨强度、抗压强度、碘吸附值、四氯化碳吸附率、苯吸附率、比表面积、灰分、着火点等，本次调研的主要技术指标如下表 2.3-2 所示。

表 2.3-2 调研生产企业的活性炭产品性能指标情况

| 性能指标    | 单位                 | 指标范围                     |
|---------|--------------------|--------------------------|
| 含水率     | %                  | 1（再生颗粒活性炭）-35.78（活性碳纤维）  |
| 耐磨强度    | %                  | 65（颗粒活性炭）-98（颗粒活性炭）      |
| 抗压强度    | MPa                | 0.8（蜂窝活性炭）-2（蜂窝活性炭）      |
| 碘吸附值    | mg/g               | 296（再生颗粒活性炭）-1417（颗粒活性炭） |
| 四氯化碳吸附率 | %                  | 12（再生颗粒活性炭）-84（颗粒活性炭）    |
| 着火点     | ℃                  | 170（颗粒活性炭）-700（活性碳纤维）    |
| 丁烷工作容量  | g/100mL            | 10（颗粒活性炭）-15（颗粒活性炭）      |
| 甲醛吸附率   | mg/g               | 60（颗粒活性炭）-210（蜂窝活性炭）     |
| 苯吸附率    | mg/g               | ~500（颗粒活性炭）              |
| 比表面积    | m <sup>2</sup> /g  | 600（颗粒活性炭）-1800（活性碳纤维）   |
| 总孔容     | cm <sup>3</sup> /g | 0.4（颗粒活性炭）-0.95（颗粒活性炭）   |
| 灰分      | %                  | 5（蜂窝活性炭）-18（颗粒活性炭）       |
| 装填密度    | g/cm <sup>3</sup>  | 0.31（颗粒活性炭）-0.66（颗粒活性炭）  |

水分含量指标的样品数为 49 份，其中蜂窝炭水分含量低于 10%的样品数占据蜂窝炭样品数的 80%，颗粒活性炭水分含量低于 10%的样品数占据颗粒活性炭样品数的 86%，活性碳纤维水分含量低于 25%的样品数占据活性碳纤维样品数的 50%。耐磨强度指标的样品数为 41 份，均为颗粒活性炭，耐磨强度大于 90%的样品数占据总样品数的 68%。抗压强度指标样品数为 9 份，均为蜂窝活性炭，抗压强度指标大于 0.9MPa 的占比为 78%。再生炭的水分含量基本低于 10%。

碘吸附值指标样品数为 59 个，包括蜂窝活性炭 16 个，颗粒活性炭 38 个，活性碳纤维 5 个，其中蜂窝活性炭碘吸附值大于 650mg/g 的样品数占据蜂窝活性炭碘吸附值有效样品数的 75%，颗粒活性炭碘吸附值大于 800 mg/g 的样品数占据颗粒活性炭碘吸附值有效样品数的 79%，活性碳纤维碘吸附值大于 1050 mg/g 的样品数为 2 个。其中，再生炭的碘吸附值在 155mg/g~1100 mg/g 之间，

超过 650mg/g 的比例超过 65%，蜂窝活性炭再生炭碘吸附值较低。

四氯化碳吸附率指标样品数为 56 个，包括蜂窝活性炭 14 个，颗粒活性炭 37 个，活性碳纤维 4 个，其中蜂窝活性炭四氯化碳吸附率均大于 25%，颗粒活性炭四氯化碳吸附率大于 45% 的样品数占据颗粒活性炭四氯化碳有效样品数的 59%，活性碳纤维四氯化碳吸附率大于 65% 的样品数为 2 个，占据 66.7%。其中，再生炭的四氯化碳吸附率在 9%~78% 之间，颗粒活性炭再生炭四氯化碳吸附率大于 45% 的比例为 53%，蜂窝活性炭再生炭四氯化碳吸附率大于 25% 的比例为 61%。

苯吸附率指标样品数为 14 个，包括蜂窝活性炭 7 个，颗粒活性炭 7 个，其中蜂窝活性炭苯吸附率大于 300mg/g 的样品数占据蜂窝活性炭有效苯吸附率指标样品数的 43%，颗粒活性炭苯吸附率指标大于 300mg/g 的样品数占据颗粒活性炭苯吸附率有效样品数的 57%。

着火点指标样品数为 21 个，包括蜂窝活性炭 9 个，颗粒活性炭 11 个，活性碳纤维 1 个，其中蜂窝活性炭着火点大于 350℃ 的样品数占据蜂窝活性炭有效苯吸附率指标样品数的 89%，颗粒活性炭着火点指标大于 400℃ 的样品数占据颗粒活性炭着火点有效样品数的 55%，活性碳纤维着火点大于 500℃。

丁烷工作容量指标样品数为 9 个，包括蜂窝活性炭 4 个，颗粒活性炭 5 个，其中颗粒活性炭丁烷工作容量指标均大于 7g/100ml。

比表面积指标样品数为 18 个，包括蜂窝活性炭 9 个，颗粒活性炭 8 个，活性碳纤维 1 个，其中颗粒活性炭和蜂窝活性炭比表面积均大于 600m<sup>2</sup>/g。

灰分指标样品数为 38 个，包括颗粒活性炭 35 个、活性碳纤维 5 个，其中颗粒活性炭灰分小于 15% 的比例为 89%。

装填密度样品数据 31 份，其中颗粒活性炭 26 份，蜂窝活性炭 5 份。其中，颗粒活性炭装填密度位于 0.31~0.66g/cm<sup>3</sup>，小于 0.55 g/cm<sup>3</sup> 有 18 份样品，占据颗粒活性炭有效装填密度样本数的 69%，位于 0.55~0.6g/cm<sup>3</sup> 范围的有 5 份样品，大于 0.6g/cm<sup>3</sup> 有 3 份样品；蜂窝活性炭装填密度均小于 0.55 g/cm<sup>3</sup>。可见对于颗粒活性炭而言，新生产的活性炭装填密度大多数可以达到 0.55 g/cm<sup>3</sup> 以下。

### 2.3.3 活性炭使用企业调研情况及分析

针对活性炭使用企业，主要调研了活性炭使用企业的供货单位、年使用量、

更换频次、活性炭类型、性能参数及处置情况。目前，所调研企业的活性炭供货单位以江苏省内为主，小部分为省外供货。省外供货地主要包括上海、山东、浙江、河南、宁夏、福建等周边地区或活性炭主要生产地区。

2.3.3.1 调研企业活性炭使用基本情况统计

相关调研企业反馈的活性炭年使用量由于企业性质、生产工艺的区别而呈现出较大差异，活性炭使用量小于 1 吨的企业有 98 家，小于 10 吨的企业有 181 家，可见用于挥发性有机废气治理的活性炭使用量主要低于 10 吨。还有一部分企业按照活性炭体积进行了统计，以体积计量的企业年使用量为 3-200m<sup>3</sup>。

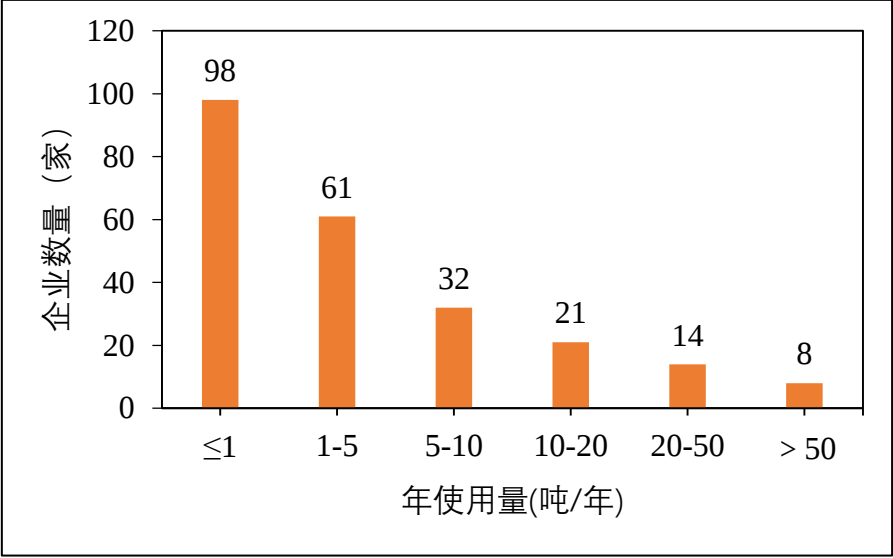


图 2.3-4 调研使用企业活性炭年使用量

企业活性炭更换频次统计情况如图 2.3-5 所示，大部分使用企业更换频次介于 1-5 次/年，少量企业无固定更换频次，视活性炭使用情况进行评估后更换。

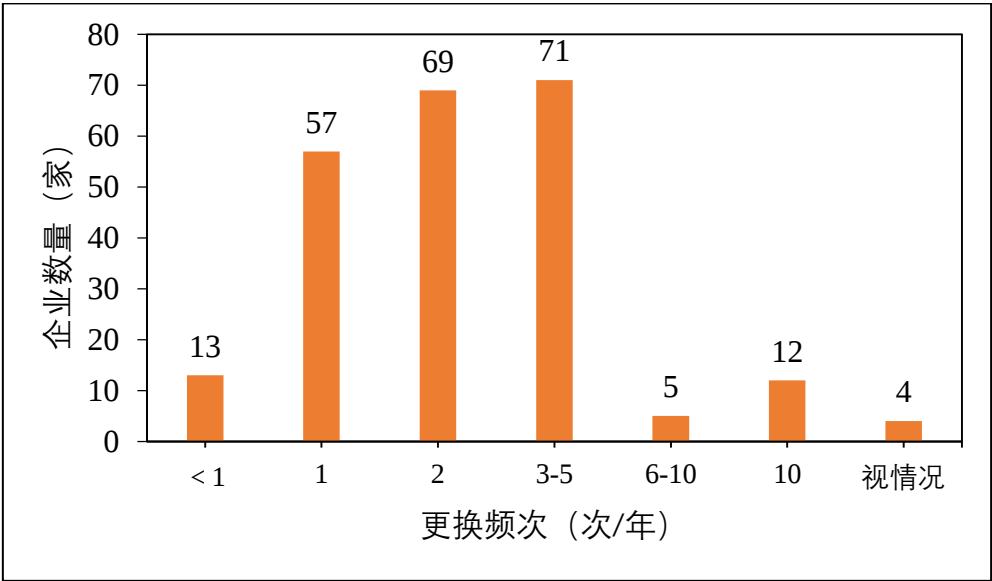


图 2.3-5 调研使用企业活性炭更换频次

相关企业的活性炭类型涉及各品类，具体使用类型情况如下图 2.3-6 所示。可知，其中主要以蜂窝炭与柱状炭为主，其占比远超过活性炭纤维。而从活性炭制作材料上也涉及各种类别活性炭，具体情况如下图 2.3-7 所示。可知，我省企业所使用的活性炭主要以煤质活性炭为主。

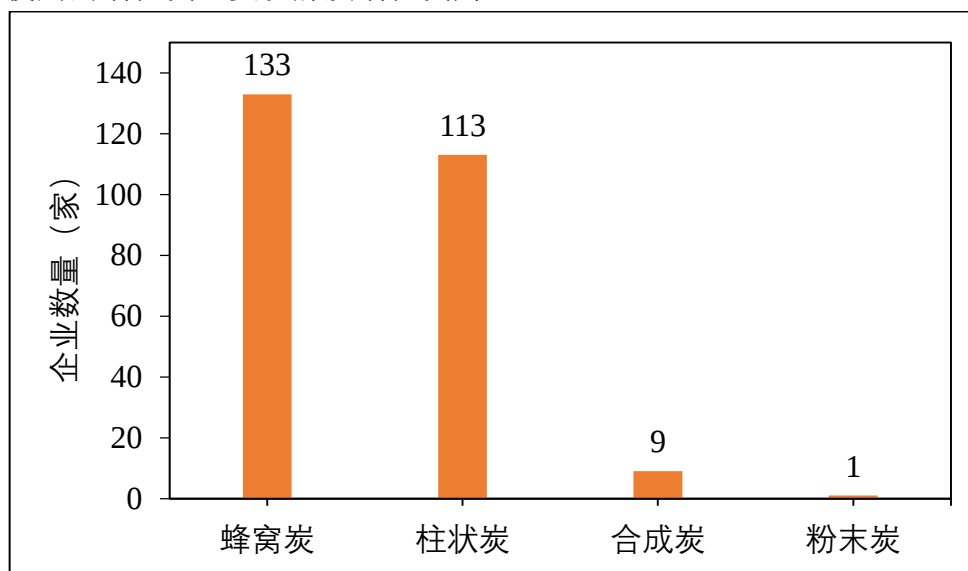


图 2.3-6 调研使用企业活性炭类型

(图中合成材料指活性炭纤维)

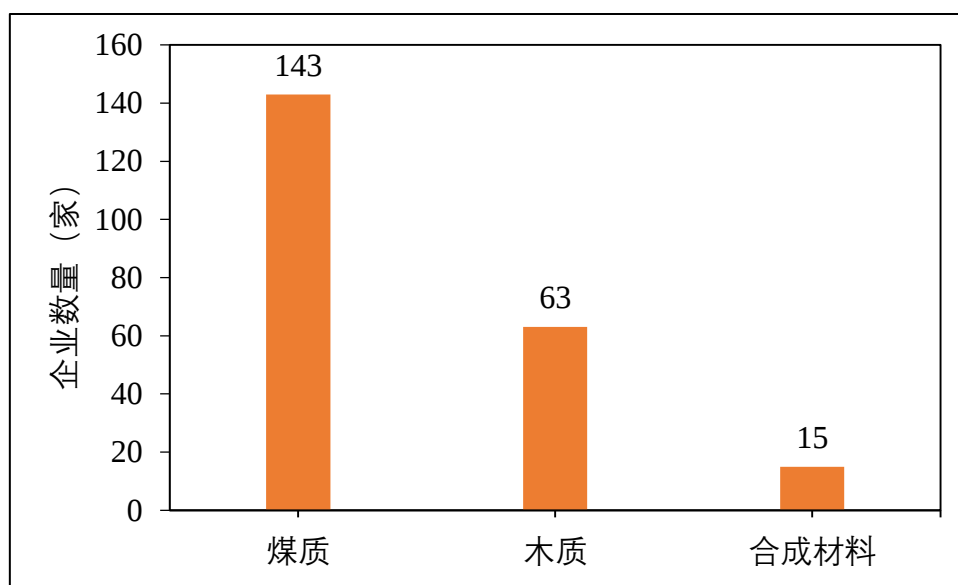


图 2.3-7 调研使用企业活性炭制作材料

### 2.3.3.2 用炭企业活性炭指标统计分析

本次对省内 312 家用炭企业使用的活性炭指标进行了统计分析，用炭企业控制的指标主要包括水分、耐磨强度、抗压强度、碘吸附值、四氯化碳吸附率、

着火点、丁烷工作容量、苯吸附率、灰分、比表面积，还有部分企业也将甲苯吸附率、甲醛吸附率、总孔容等作为控制指标。

(1) 含水率指标分析

本次有效统计到 181 份企业使用的活性炭水分含量指标，其中蜂窝炭有效指标 90 个，颗粒炭有效指标 86 个，活性炭纤维有效指标 5 个。含水率指标值统计如图 2.3-8 所示。颗粒活性炭水分含量均低于 25%，低于 10% 的样品份数为 85 个，占据所有颗粒活性炭有效水分含量样品份数的 94%。蜂窝活性炭水分含量均低于 25%，低于 10% 的样品份数为 85 个，占据所有蜂窝活性炭有效水分含量样品份数的 97%。活性炭纤维水分含量均低于 25%。

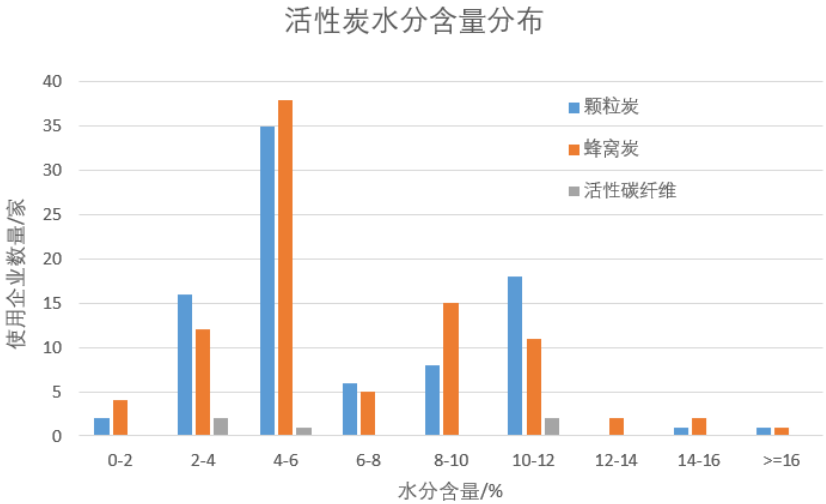


图 2.3-8 活性炭水分含量分布

(2) 耐磨强度指标分析

本次有效统计到 66 份颗粒活性炭耐磨强度指标数值，耐磨强度指标值统计如图 2.3-9 所示。颗粒活性炭耐磨强度指标均大于 65%，主要分布在 85% 以上的范围内，其中耐磨强度大于 90% 的样品份数为 61 份，占据所有颗粒活性炭有效耐磨强度样品份数的 92%。

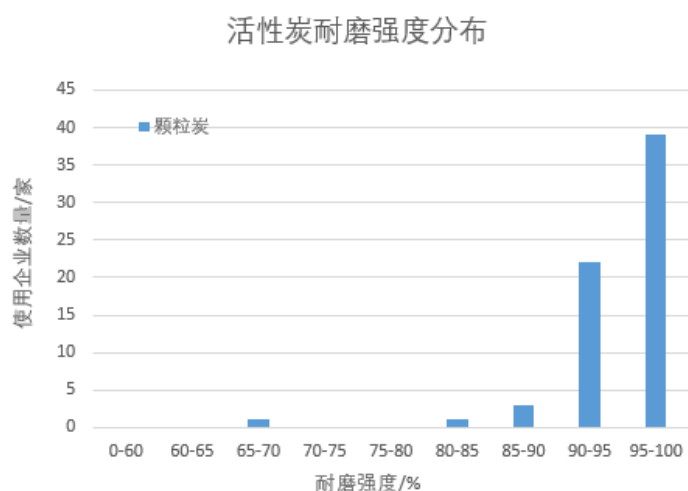


图 2.3-9 颗粒活性炭耐磨强度指标统计

### (3) 抗压强度指标分析

根据调研，用炭企业仅对蜂窝活性炭的抗压强度有要求，本次有效统计到 43 份蜂窝活性炭抗压强度指标，统计如图 2.3-10 所示。蜂窝活性炭抗压强度主要分布在 0.9MPa~1 MPa 之间。

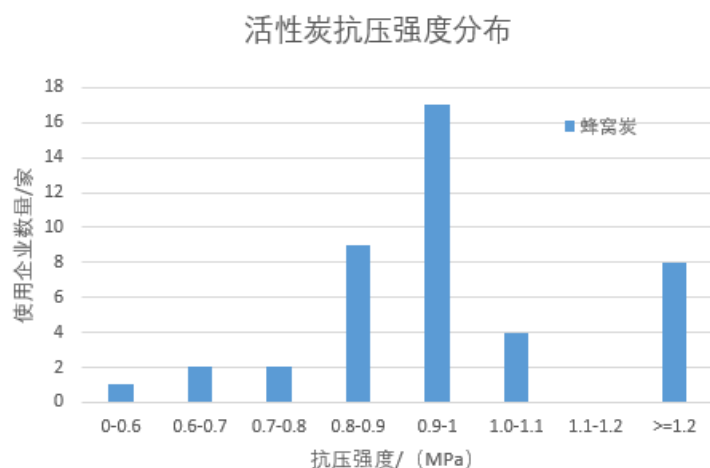


图 2.3-10 抗压强度统计

### (4) 碘吸附值指标分析

本次有效统计到 215 份活性炭碘吸附值指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 114 个，颗粒炭有效份样数 93 个，活性碳纤维有效份样数 8 个，指标值统计如图 2.3-11 所示。蜂窝活性炭碘吸附值大于等于 650mg/g 的份样数为 67 个，占据所有蜂窝活性炭有效碘吸附值样品份数的 59%。颗粒活性炭碘吸附值大于等于 800mg/g 的份样数为 71 个，占据所有颗粒活性炭有效碘吸附值样品份数的 76%。活性碳纤维碘吸附值大于等于 1050mg/g 的份样数为 2 个。

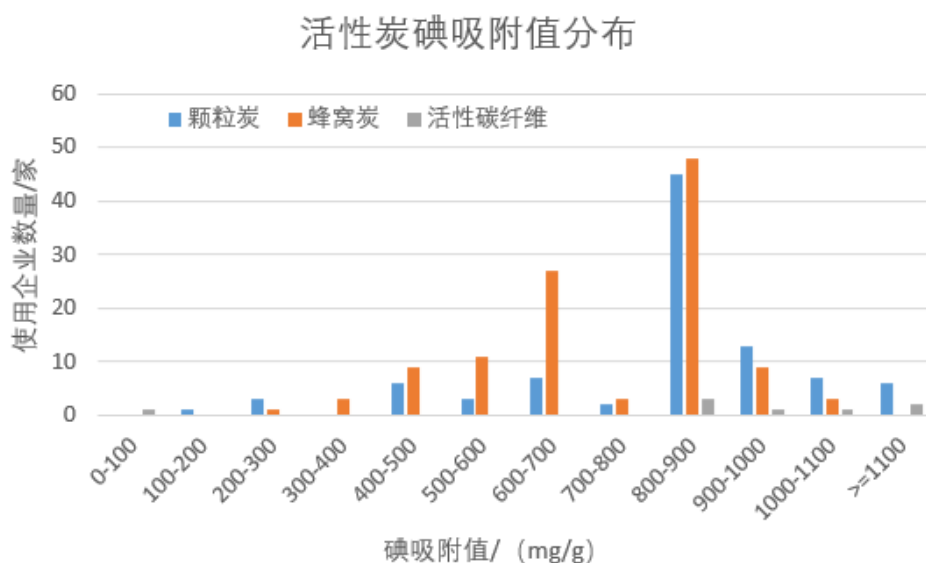


图 2.3-11 碘吸附值统计结果

#### (5) 四氯化碳吸附率指标分析

本次有效统计到 165 份活性炭四氯化碳吸附率指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 87 个，颗粒炭有效份样数 72 个，活性炭纤维有效份样数 6 个，指标值统计如图 2.3-12 所示。蜂窝活性炭四氯化碳吸附率大于等于 25%的份样数为 84 个，占据所有蜂窝活性炭有效样品份数的 97%。颗粒活性炭四氯化碳吸附率大于等于 45%的份样数为 47 个，占据所有颗粒活性炭有效四氯化碳吸附率样品份数的 69%。活性炭纤维碘吸附值大于等于 65%的份样数为 1 个。

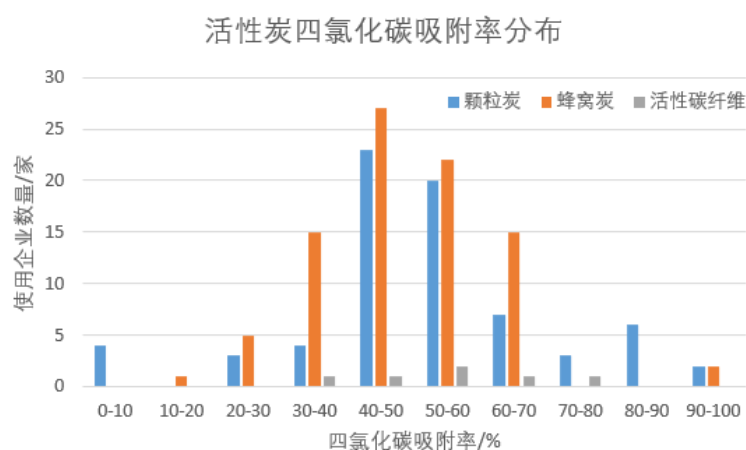


图 2.3-12 四氯化碳吸附率统计

#### (6) 着火点指标分析

本次有效统计到 129 份活性炭着火点指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 68 个，颗粒炭有效份样数 54 个，活性炭纤维有效份样数 7 个，指标值统计如图 2.3-13 所示。蜂窝活性炭着火点大于等于 350℃的份样数为 52 个，占据所有蜂

窝活性炭有效样品份数的 76%。颗粒活性炭着火点大于等于 400℃的份样数为 38 个，占据所有颗粒活性炭有效着火点样品份数的 72%。活性炭纤维着火点大于等于 500℃的份样数为 3 个。

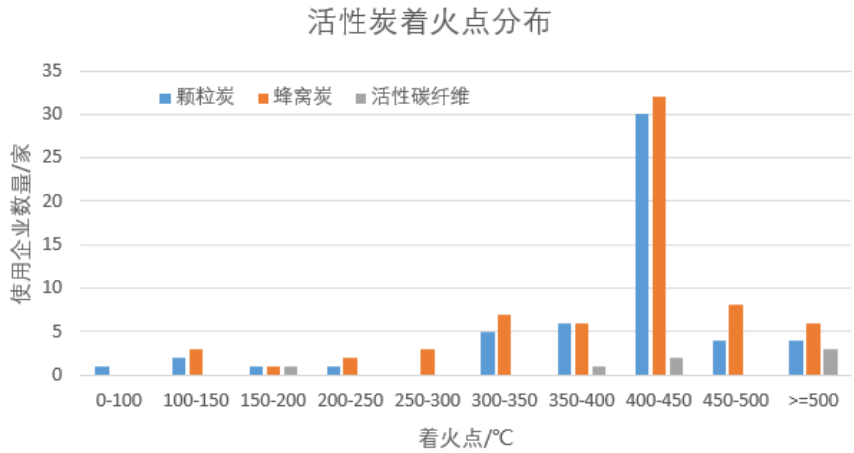


图 2.3-13 活性炭着火点统计

(7) 丁烷工作容量指标分析

本次有效统计到 42 份活性炭丁烷工作容量指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 21 个，颗粒炭有效份样数 18 个，活性炭纤维有效份样数 3 个。颗粒活性炭丁烷工作容量大于等于 7g/100ml 的份样数为 14 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 78%。活性炭纤维丁烷工作容量大于等于 9.5g/100ml 的份样数为 2 个，占比为 67%。

(8) 苯吸附率指标分析

本次有效统计到 124 份活性炭苯吸附率指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 73 个，颗粒炭有效份样数 45 个，活性炭纤维有效份样数 6 个。蜂窝活性炭苯吸附率大于等于 300mg/g 的份样数为 48 个，占据所有蜂窝活性炭有效样品份数的 66%。颗粒活性炭丁烷工作容量大于等于 300mg/g 的份样数为 29 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 64%。活性炭纤维苯吸附率在 200~500mg/g 之间。

(9) 灰分指标分析

本次有效统计到 155 份活性炭灰分指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 72 个，颗粒炭有效份样数 77 个，活性炭纤维有效份样数 6 个。颗粒活性炭灰分小于等于 15%的份样数为 73 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 95%。活性炭纤维灰分小于等于 5%的份样数为 4 个，占比为 67%。

(10) 比表面积指标分析

本次有效统计到 147 份活性炭比表面积指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 88 个，颗粒炭有效份样数 53 个，活性炭纤维有效份样数 6 个。蜂窝性炭比表面积大于等于  $750\text{m}^2/\text{g}$  的份样数为 38 个，占据所有蜂窝活性炭有效样品份数的 72%。颗粒活性炭比表面积大于等于  $750\text{m}^2/\text{g}$  的份样数为 39 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 74%。活性炭纤维比表面积大于等于  $1100\text{m}^2/\text{g}$  的份样数为 3 个，占比为 50%。

### 3 标准制订的必要性、原则及思路

#### 3.1 标准制订的必要性

##### 3.1.1 国家及省生态环境主管部门的相关要求

近年来，随着国家产业升级转型以及生态文明建设工作的开展，国家和江苏省对挥发性有机物治理的要求愈加深入和全面。

VOCs 排放对大气环境影响突出，VOCs 是形成细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧（O<sub>3</sub>）的重要前体物，对气候变化也有影响。近年来，我国 PM<sub>2.5</sub> 污染控制取得积极进展，尤其是京津冀及周边地区、长三角地区等改善明显，但 PM<sub>2.5</sub> 浓度仍处于高位，超标现象依然普遍，是打赢蓝天保卫战改善环境空气质量的重点因子。同时，我国 O<sub>3</sub> 污染问题日益显现，京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等区域 O<sub>3</sub> 浓度呈上升趋势，尤其是在夏秋季节已成为部分城市的首要污染物。研究表明，VOCs 是现阶段重点区域 O<sub>3</sub> 生成的主控因子。

相对于颗粒物、二氧化硫、氮氧化物污染控制，VOCs 管理基础薄弱，已成为大气环境管理短板。石化、化工、工业涂装、包装印刷、油品储运销等行业（以下简称重点行业）是我国 VOCs 重点排放源。为打赢蓝天保卫战、进一步改善环境空气质量，迫切需要全面加强各个行业 VOCs 综合治理。

根据《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22 号），“重点区域二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物（VOCS）全面执行大气污染物特别排放限值”，对于挥发性有机物的排放提出更加严格的排放要求。

2013 年，生态环境部发布了《挥发性有机物（VOCS）污染防治技术政策》（环保部公告 2013 年 31 号），技术政策提出了生产 VOCs 物料和含 VOCs 产品的生产、储存运输销售、使用、消费各环节的污染防治策略和方法。VOCs 来源广泛，主要污染源包括工业源、生活源。同时在末端治理和综合利用环节，建议：对于含高浓度 VOCs 的废气，宜优先采用冷凝回收、吸附回收技术进行回收利用，并辅助以其他治理技术实现达标排放；对于含中等浓度 VOCs 的废气，可采用吸附技术回收有机溶剂，或采用催化燃烧和热力焚烧技术净化后达标排放；对于含低浓度 VOCs 的废气，有回收价值时可采用吸附技术、吸收技

术对有机溶剂回收后达标排放；不宜回收时，可采用吸附浓缩燃烧技术、生物技术、吸收技术、等离子体技术或紫外光高级氧化技术等净化后达标排放；恶臭气体污染源可采用生物技术、等离子体技术、吸附技术、吸收技术、紫外光高级氧化技术或组合技术等进行净化。净化后的恶臭气体除满足达标排放的要求外，还应采取高空排放等措施，避免产生扰民问题。吸附技术属于《挥发性有机物（VOCS）污染防治技术政策》中鼓励使用的技术之一。

《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）中要求：“低浓度、大风量废气，宜采用沸石转轮吸附、活性炭吸附、减风增浓等浓缩技术，提高 VOCs 浓度后净化处理；高浓度废气，优先进行溶剂回收，难以回收的，宜采用高温焚烧、催化燃烧等技术。··· 采用一次性活性炭吸附技术的，应定期更换活性炭，废旧活性炭应再生或处理处置。”《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）对挥发性有机物治理提出了明确的治理思路和方法，活性炭吸附属于允许的治理措施之一，同时对更换频次提出了要求。

《关于印发<2020 年挥发性有机物治理攻坚方案>的通知》（环大气〔2020〕33号）中对于推进 VOCs 产生源头替代、无组织控制排放、提升污染防治措施效率、促进产业绿色发展等方面均做了具体要求，其中要求：“组织企业对现有 VOCS 废气收集率、治理设施同步运行率和去除率开展自查，重点关注单一采用光氧化、光催化、低温等离子、一次性活性炭吸附、喷淋吸收等工艺的治理设施，7月15日前完成。对达不到要求的 VOCS 收集、治理设施进行更换或升级改造，确保实现达标排放。”对于挥发性有机物治理设施去除效率提出了严格要求。

另外，随着国家陆续颁布的各项挥发性有机物控制政策，江苏省也颁布了一系列相关具体实施方案、政策和标准规范。其中包括《关于印发江苏省重点行业挥发性有机物污染控制指南的通知》（苏环办〔2014〕128号）、《关于印发<江苏省化学工业挥发性有机物无组织排放控制技术指南>的通知》（苏环办〔2016〕95号）、《江苏省挥发性有机物污染防治管理办法》、《关于印发江苏省2020年挥发性有机物专项治理工作方案的通知》、《江苏省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》等，同时对于一些重点行业，也有具体的对应标准要求。一系列政策和法规的出台为 VOCs 的治理提供了重要措施，有效减少了 VOCs

的排放，也为 VOCs 的治理提出了更高的要求。

国家和省内各项挥发性有机物控制政策中，一个重要的策略是提高污染治理设施的效率，而对于采取吸附法来治理挥发性有机废气的企业而言，就是提高整个吸附装置的吸附净化效率。净化效率与活性炭本身质量息息相关，直接受到活性炭吸附能力作用。

根据全省大气 2 号（活性炭专项）执法检查结果，目前采取活性炭吸附法治理有机废气的企业还存在一些较为普遍的问题，包括：活性炭更换不及时；活性炭使用存在以次充好，企业购买低碘值劣质活性炭、活性炭棉及蜂窝炭充当活性炭使用、炭箱未规范填充等；活性炭治理设施运行不正常等。以上问题的出现一方面是由于企业环境管理不规范，另一方面是由于活性炭市场层次不齐，导致低劣活性炭进入废气治理领域。

为了更好的解决使用活性炭治理有机废气过程存在的问题，制定用于挥发性有机物治理的活性炭标准势在必行。通过标准约束，可以建立用于有机废气治理用活性炭的准入体系，避免低效、低劣活性炭进入有机废气治理领域；同时，提高了活性炭吸附能力标准要求，可以一定程度降低企业活性炭更换频次，减少企业废气治理成本，间接提高企业规范化挥发性有机废气治理的积极性。

### 3.1.2 挥发性有机物治理环境问题

挥发性有机物是形成细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧（O<sub>3</sub>）的重要前体物，近五年来，我省 PM<sub>2.5</sub> 监测管控取得积极成效，但臭氧浓度总体呈现波动上升趋势，臭氧污染防治形势依然严峻。2017—2019 年，我省连续 3 年臭氧浓度年评价均超标，特别是 2019 年，全省共经历 11 次臭氧中度污染过程，同比增加 4 次，全省臭氧浓度达 173μg/m<sup>3</sup>，同比上升 6.8%，为近 5 年最高值；因臭氧导致的超标天数为 53 天，同比增加 17 天，占年度总超标天数的比例达 50.8%，同比上升 12.1 个百分点，臭氧已经超过 PM<sub>2.5</sub> 成为影响我省空气质量优良天数比率的主要污染物。2020 年以来江苏省臭氧污染防治形势更加严峻，部分月份 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub> 等污染物浓度同比大幅下降，但臭氧浓度“不降反升”。

近年来，我国不断加强 VOCs 污染防治工作，出台了一系列行业排放标准、挥发性有机物专项治理指南和政策，部分地方也出台了相应的地方排放标准，在 VOCs 治理上取得较大进展，但 VOCs 治理工作依然存在一些需要着力改善

的地方。低 VOCs 含量原辅材料源头替代措施明显不足，据统计，我国工业涂料中水性、粉末等低 VOCs 含量涂料的使用比例不足 20%，低于欧美等发达国家 40%-60%的水平。VOCs 无组织排放特征明显，中小企业管理水平差，收集效率低，逸散问题突出，研究表明，我国工业 VOCs 排放中无组织排放占比达 60%以上。我国 VOCs 治理市场准入门槛低，监管能力不足，治污设施建设质量良莠不齐，应付治理、无效治理等现象突出。企业普遍存在管理制度不健全、操作规程未建立、人员技术能力不足等问题，一些企业采用活性炭吸附工艺，但长期不更换吸附材料；一些企业采用燃烧、冷凝治理技术，但运行温度等达不到设计要求等。

2021 年 5 月，省厅执法局在全省范围开展了大气 2 号（活性炭专项）执法检查行动，重点聚焦了“单一活性炭”使用企业，共抽查企业 280 个，发现各类环境问题 525 个，生态环境问题主要聚焦在：企业废气处理设施活性炭长期不更换，个别企业建厂 3 年多，从未更换活性炭，“单一活性炭”废气运行设施近乎“摆设”；活性炭使用存在以次充好，企业购买使用低碘值劣质活性炭、活性炭棉和蜂窝炭充当活性炭使用、炭箱未规范填充、填充夹层过小。同时发现了 159 个环境违法行为，主要包括活性炭治理设施运行不正常、设施未填充活性炭、废弃活性炭未进行危废申报登记等。

根据以上总结分析可以看出，活性炭作为一种在挥发性有机废气治理领域应用广泛的吸附材料，在使用过程中，还存在一定的环境问题，一方面是由于企业环境管理不规范，另一方面是由于活性炭市场层次不齐，导致低劣活性炭进入废气治理领域。因此从规范活性炭行业和挥发性有机物排放企业的角度出发，制定工业有机废气治理用活性炭地方标准具有重要意义。

### 3.1.3 现行标准和企业调研主要问题

#### 1、现行标准存在的主要问题

为了控制挥发性有机物排放，在使用活性炭作为吸附材料进行挥发性有机废气治理领域，国家陆续出台了一系列相关标准规范，但是出台的标准规范在使用范围、指标体系、技术要求等方面还存在需要补充的方面。

在 2013 年，生态环境部颁布了《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ/T 2026-2013），本标准规定了工业有机废气吸附法治理工程的设计、施工、

验收和运行的技术要求，关于吸附剂的选择，从水分、装填密度、pH、丁烷工作容量、比表面积、强度等指标上进行了部分要求。该标准重点是对吸附装置进行要求，对于吸附剂质量和性能的要求技术指标尚不完整。

在 2007 年，国家环境保护总局颁布了《环境保护产品技术要求工业废气吸附净化装置》（HJ/T 386-2007），本标准规定了工业废气吸附净化装置的技术要求、检验方法和检验规则，并未对吸附剂质量和性能提出具体要求。

在 2018 年，国家林业和草原局颁布了《室内空气净化用活性炭》（LY/T 3012-2018），本标准规定了室内净化用活性炭的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和存储。本标准主要规定用于室内净化用活性炭的技术要求，无法满足工业有机废气治理用活性炭的技术要求需要。

《气相用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.1）规定了气相用煤质颗粒活性炭的要求、检验规则、检验方法、标志、包装、运输和贮存等内容，主要涉及脱硫用、溶剂回收用、空气净化用煤质颗粒活性炭，适用范围不包含木质活性炭、活性碳纤维，难以涵盖目前工业有机废气治理用活性炭的类型。

近期，生态环境部发布的《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号）中“挥发性有机物治理突出问题排查整治工作要求”对碘值进行了明确要求：“采用活性炭吸附工艺的企业，应根据废气排放特征，按照相关工程技术规范设计净化工艺和设备，使废气在吸附装置中有足够的停留时间，选择符合相关产品质量标准的活性炭，并足额充填、及时更换。采用颗粒活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 800mg/g；采用蜂窝活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 650mg/g；采用活性碳纤维作为吸附剂时，其比表面积不低于 1100m<sup>2</sup>/g（BET 法）。一次性活性炭吸附工艺宜采用颗粒活性炭作为吸附剂。活性炭、活性碳纤维产品销售时应提供产品质量证明材料。”该通知只对碘值以及活性碳纤维的比表面积进行了约束，尚未形成一个完整的指标体系，不足以进行工业有机废气治理用活性炭质量和技术要求的约束。根据以上分析，现有标准存在适用范围不够、技术指标体系不全、技术要求不够完善等情况，我国尚未制定技术要求完整的针对工业有机废气治理设施用活性炭的相关产品标准。

## 2、用炭企业调研存在的环境问题

2021 年 5 月，江苏省生态环境厅执法局在全省范围开展了大气 2 号（活性

炭专项）执法检查行动，重点聚焦了“单一活性炭”使用企业，发现数百个环境问题，主要聚焦在：企业废气处理设施活性炭长期不更换，个别企业运行多年，从未更换活性炭，“单一活性炭”废气运行设施近乎“摆设”；活性炭使用存在以次充好，企业购买使用低碘值劣质活性炭、活性炭棉和蜂窝炭充当活性炭使用、炭箱未规范填充、填充夹层过小。同时发现活性炭治理设施运行不正常、设施未填充活性炭、废弃活性炭未进行危废申报登记等环境违法事件。

根据三百余家用炭企业活性炭技术数据统计可知，部分企业使用的颗粒活性炭、蜂窝活性炭水分含量超过 25%，极大的限制了挥发性有机物吸附能力；碘吸附值小于 500mg/g 的企业占据了近 12%，最低的碘吸附值不足 100mg/g，属于挥发性有机物治理领域非常低劣的活性炭，其吸附作用基本无效；而从气相吸附能力关系较大的四氯化碳吸附率指标统计结果可知，尚有部分企业四氯化碳吸附率在 20%以下，吸附能力极低。

以上现状问题出现，主要有两个方面原因：第一，企业从经济成本出发，选用低劣廉价活性炭，以次充好，甚至选择活性棉、蜂窝炭作为活性炭使用，以假充真，加之活性炭市场的不规范性，产炭企业往往供应一些劣质活性炭给企业，企业缺乏甄别能力和标准，盲目使用；另一个原因是，没有活性炭产品准入标准，无法约束用于挥发性有机物治理用活性炭的使用企业和生产企业，同时，管理部门因为没有科学的技术依据，难以开展活性炭质量的管理工作。

基于以上原因，尽快制定挥发性有机物治理用活性炭标准就显得尤为迫切，不仅可以规范市场，同时作为管理部门监管依据，可以对企业进行约束，最终改善挥发性有机物环境影响问题。

## 3.2 标准制订的原则

本标准按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》（GB/T 1.1—2020）、《江苏省地方标准管理规定》（苏市监规〔2019〕7 号）等相关规定进行编写。

本标准制定工作的总原则是：保护生态环境，打好大气污染防治攻坚战，在技术、经济可行的基础上严格工业有机废气治理用活性炭技术质量要求，有效削减挥发性有机物（VOCs）排放总量，规范活性炭在工业有机废气净化中的行业秩序，为改善环境质量、防范环境风险提供保障，促进我省工业企业绿色

可持续发展。

1) 联动原则。坚持上下联动，以国家标准为基础，以我国现行的生态环境法律、法规和标准、规范为依据，在此基础上提出不低于同期国家法规标准的管理要求，对于同一层位标准，要协调一致。

2) 可操作性原则。结合国内活性炭厂家及我省行业内企业活性炭实际应用情况，更好地为工业企业挥发性有机物治理用活性炭日常运营、管理部门监察执法提供法律依据。

3) 促进产业发展原则。通过完善标准建设，规范活性炭技术质量要求，推动节约能源和环境治理技术优化，促进地区经济与生态环境协调发展。

### 3.3 标准制订的思路

搜集整理现行的与挥发性有机物治理有关的活性炭技术标准、规范、国家政策等，分析现行标准规范和政策的应用情况，重点分析与挥发性有机物治理用活性炭技术要求的适应性。

针对江苏省内各地区不同类型、不同规模的活性炭生产及应用企业，开展挥发性有机物治理用活性炭现状调查。对江苏省内工业企业挥发性有机物治理设施用活性炭存在的问题和原因进行分析，再结合行业协会、科研机构的调研，初步筛选可以作为挥发性有机物治理用活性炭的控制技术指标，同时确定应用范围要求。

结合现状调研分析及现行相关技术标准、规范及政策要求，提出工业企业挥发性有机物治理设施用活性炭的常规技术指标、推荐技术指标、指标试验方法、指标检验规则、包装、标志、运输与贮存等方面的规范化要求。

面向活性炭及活性碳纤维生产企业和使用企业、科研机构、行业协会等，通过广泛的征求意见，形成科学、实用并兼具经济性的标准。

### 3.4 标准制订的技术路线

本标准制订技术路线见图 3.4-1。

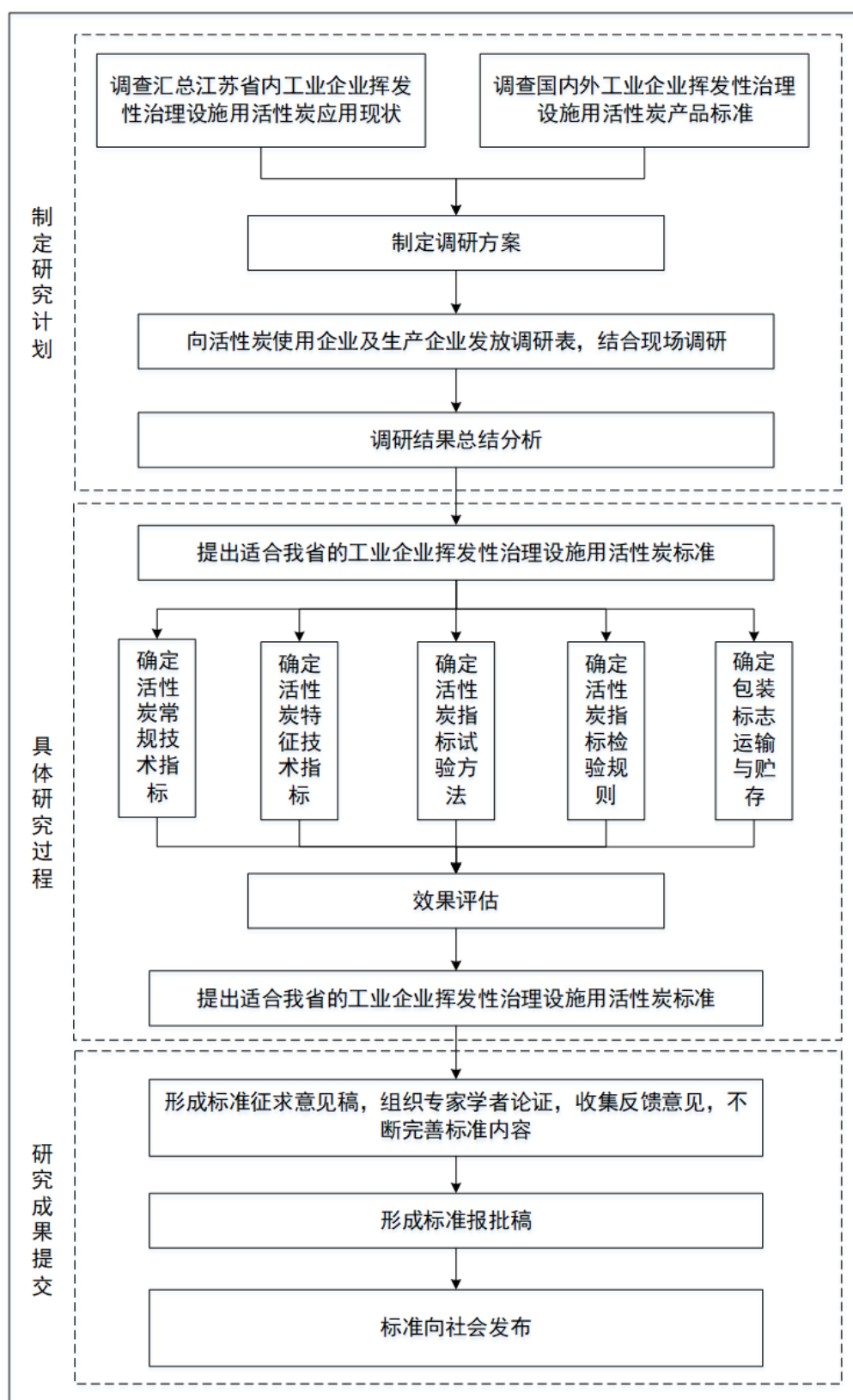


图 3.4-1 标准制订技术路线

## 4 主要国家、地区和国际组织相关标准研究

### 4.1 国外标准

我国是世界上活性炭生产和出口第一大国，在活性炭的生产、销售和使用中主要采用以下几种检测标准：GB(中国国家标准)，ASTM(美国材料试验学会)，JIS(日本工业标准)，AWWA(美国自来水工程协会)，EN（欧盟标准），以及一些相关的行业标准等。这些标准基本包含了对各种用途、性质活性炭的质量进行评价和检测的方法。国内大多数煤质活性炭生产厂家和用户基本采用我国国家标准进行活性炭的质量检测，采用相关行业标准对活性炭等级进行划分，国际上活性炭标准以检测方法为主，活性炭指标参照购销双方约定参数。

#### 4.1.1 美国

美国是当前全世界活性炭需求大国，虽然大量产能已向外转移，但仍然是全球主要的生产国。美国活性炭行业集中度较高，卡尔冈活性炭公司（Calgon Carbon Corporation）、诺芮特美洲公司（Norit Americas Inc）活性炭产能占美国活性炭总产量 30%以上。

美国材料试验学会标准（ASTM）活性炭试验方法可以作为世界性的活性炭试验标准，其所制定的试验项目及方法也很详细，包括活性炭的表观密度（ASTM D2854）、颗粒大小分布（ASTM D2862）、总灰分（ASTM D2866）、水分（ASTM D2867）、着火点（ASTM D3466）、四氯化碳活性（ASTM D3467）、球盘法强度（ASTM D3802）、核极活性炭试验（ASTM D3803）、pH 值（ASTM D3838）、吸附容量（ASTM D3860）、脱除水中可溶污染物（ASTM D3922）、脱除气态放射性碘（ASTM D4069）、碘值（ASTM D4607）、水溶物（ASTM D5029）、粉粒大小（ASTM D5158）、粉化磨损（ASTM D5159）、气相吸附试验（ASTM D5160）、丁烷工作容量（ASTM D5228）、丁烷活性（ASTM D5742）、样品挥发物含量（ASTM D5832）以及适用于活性炭材料的氮气吸附比表面积（ASTM D6556）、总孔容积（ASTM D6761）等。其中用液相等温线法测定活性炭吸附容量的标准方法是脱出水中污染物和表面活性剂等杂质的最基本方法。另外，ASTM 标准还包含对活性炭水溶物的测定方法和气相吸附中活性炭丁烷活性及工作容量的检测方法，这些方法都是其他标准中没

有的。国内活性炭实验室只在出口活性炭的检测中根据用户的要求来决定是否采用 ASTM 标准进行检测。此外，活性炭在液相吸附尤其是水处理中有重要应用，美国自来水工程协会标准（AWWA/ANSI）也有关于活性炭的指标检测，在 ASTM 标准基础上增加表面积、孔隙容积、丹宁酸吸附、酚吸附等特征值，其中对酚吸附值和单宁酸的测定是最重要的两项检测指标。酚吸附值表征活性炭对一些味和臭的脱出能力，单宁酸是以腐烂植物进入水中的有机化合物为代表，进行这两项指标的检测，对自来水厂是非常必要的。

#### 4.1.2 日本

日本的活性炭产业主要通过向发展中国家进口基础活性炭，然后进行加工以生产高价值的各种专用活性炭。日本的主要活性炭厂商有可乐丽株式会社（Kuraray Group，以下简称“可乐丽”）、大阪瓦斯株式会社（Osaka Gas Co.Ltd.）、三菱化学卡尔冈株式会社（Calgon Mitsubishi Chemical Corporation）及二村化学工业株式会社（Futamura Chemical Co.Ltd）等大型综合企业，行业集中度较高，仅可乐丽即占全日本产能的 30%。

日本工业标准（JIS）中活性炭试验方法（JIS K1474）也是较为齐全的检测方法，包括吸附性能、液相吸附等温线、溶剂蒸气吸附、焦糖脱色性能、粒度、粒度分布（有效粒径均一系数）、强度、着火点、充填密度、干燥减量、灼烧残分、pH 值、氯化物含量、铁含量、锌含量、镉含量、铅含量、砷含量等。日本水道协会标准（JWWA）对活性炭（K113）增加了酚值、ABS 值、亚甲基蓝脱色力、电导率、腐殖物吸着性能等。

#### 4.1.3 欧盟等国

欧盟对于活性炭的标准相对较少，主要有 EN 12901（人类消费用水处理产品无机材料和过滤材料-定义）、EN 12902（人类消费用水处理产品无机材料和过滤材料-测试方法）、EN 12909（用于人类生活用水处理的产品无烟煤）等中有关于活性炭的碘吸附值等指标检测。俄罗斯（ГОСТ）沿用前苏联的活性炭检测标准有：灰分（ГОСТ 12596）、水分（ГОСТ 12597）、吸着剂筛分（ГОСТ 16187）、吸着剂磨损强度（ГОСТ 16188）、吸着剂堆密度（ГОСТ 16190）、对苯防护时间（ГОСТ 17218）、按水总孔容积（ГОСТ 17219）、对氯乙烷防护时间（ГОСТ 18216）。

总体看来, 活性炭物理性能现行检测项目有水分(干燥减量)、装填密度(堆密度、表观密度)、粒度(粒度分布、有效粒径、均一系数)、强度(机械强度、耐磨强度)、灰分(总灰分、水溶性灰分、灼烧残分)、比表面积、孔容积(孔隙容积)、水容量(按水总孔容积)等。国内煤质、木质之间及国内同美、日、俄之间从检测原理到检测过程基本相同, 无大的差异。活性炭化学性能现行检测项目有: pH 值、着火点、氰化物、硫化物、氯化物、硫酸盐、铁含量、锌含量、钙镁含量、重金属含量、酸溶物等。在这些项目的试验方法中, pH 值、着火点是通用的方法, 无论国内外都进行这两个项目的检测, 而且方法原理、操作步骤、结果处理等也基本接近。对于其它氰化物等非金属含量和铁含量等金属含量的测定, 检测方法不同, 但在实际分析中均可使用。液相吸附检测, 国内木质和煤质均开展碘值、亚甲蓝值、苯酚吸附值、焦糖脱色的测定, 国外发达国家气相吸附除有四氯化碳吸附外, 美国有丁烷, 日本有丙酮、苯吸附等, 俄罗斯与我国煤质炭一样, 也有苯防护时间、氯乙烷防护时间检测项目; 在液相检测上, 国外发达国家除碘值、亚甲蓝值、焦糖脱色、酚值外, 美国有丹宁酸值、日本有腐殖酸、ABS 值等。

结合本标准的提出, 尤其是在气相吸附中, 在气相吸附检测中, 国内木质炭进行四氯化碳吸附率、丁烷工作容量、甲苯吸附率等检测, 煤质活性炭开展四氯化碳吸附、四氯化碳脱附、饱和硫容、穿透硫容、苯蒸气防护时间、氯乙烷防护时间等多项检测, 国外发达国家气相吸附除有四氯化碳吸附外, 美国有丁烷, 日本有丙酮、苯吸附等, 俄罗斯与我国煤质炭一样, 也有苯防护时间、氯乙烷防护时间检测项目。其中四氯化碳吸附率是评价活性炭气相吸附性能的主要试验方法, 是最典型的评价指标。该方法无论是国内煤质炭、木质炭之间, 还是中国、美国、日本之间试验的原理、条件以及结果处理都基本一致。由于此项试验是恒温饱和吸附试验, 尽管各国的吸附管尺寸不一致, 但不影响试验结果, 相互测定误差较小, 因此, 可以说四氯化碳吸附率试验方法各国无差异。值得一提的是, 四氯化碳被认为是造成同温层臭氧减少的潜在因素, 美国已规定四氯化碳不再用于试验室用途。因此, 美国经过大量的试验, 用正丁烷吸附试验取代四氯化碳吸附试验, 二者之间的关系呈良好的线性关系, 因此本标准可取其中一项作为质量指标。

## 4.2 国内标准

我国的工业 VOCs 排放治理工作虽然起步较早，但长期以来基本上处于自由发展状态。随着《中华人民共和国大气污染防治法》、《环境空气质量标准》、《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）、恶臭污染物排放标准（GB 14554-93）等法律法规和标准的实施，有机废气污染控制体系正在逐步完善。2021 年 8 月生态环境部正式印发《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号），落实相关法律法规标准等要求。2021 年 7 月江苏省生态环境厅下达关于将排污单位活性炭使用更换纳入排污许可管理的通知。

中华人民共和国国家标准（GB）按原料的不同又分为煤质颗粒活性炭试验方法（GB/T 7702. 1~ 7702. 22）和木质活性炭试验方法（GB/T 12496. 1~12496.22）两种检测标准。两种检测标准根据各自制备活性炭原料的不同，以及不同的用途、性质和特点制定了相应的检测项目。煤质活性炭基本为颗粒状，主要用于气相吸附和液相吸附领域，其检测项目也是围绕这些用途来制定的，包括对活性炭的物理性能、吸附性能和表面结构的相关检测方法。GB/T 7702.1-7702. 22 标准中一些方法如水分、强度、碘值、装填密度等，大部分检测方法接近于美国材料试验学会标准。木质活性炭有粉状、无定型颗粒状（椰壳活性炭、杏壳活性炭等）、成型活性炭（柱状、蜂窝状、纤维状等），主要用于液相脱色和气相吸附，所制定的检测项目也以此为侧重，除常规检测项目外，还有一些对活性炭纯度的检验方法，如对活性炭中的金属和化合物含量进行检测的方法。

目前，国家层面尚未出台针对工业有机废气治理设施用活性炭标准。2007 年我国发布了《环境保护产品技术要求》系列标准《工业有机废气催化净化装置》（HJ/T 389-2007）、《工业废气吸附净化装置》（HJ/T 386-2007）、《工业废气吸收净化装置》（HJ/T 387-2007）等，笼统地对工业废气吸附净化装置的技术要求、检验方法和检验规则进行了规定，而对于治理设施用活性炭的性能要求、环境要求等方面未予规定，未形成相应的规范。我国通过相关标准对治理设施用活性炭作出规定，包括《木质活性炭试验方法甲醛吸附率的测定》（GB/T 35565-2017）、《活性炭丁烷工作容量测试方法》（GB/T 20449-2006）、《活性炭

着火点测试方法》(GB/T 20450-2006)、《木质活性炭试验方法 甲苯吸附率的测定》(GB/T 35815-2018)、《活性炭纤维毡》(HG/T 3922-2006)、《活性炭苯吸附率的测定》(LY/T 3155-2019)、《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》(DB32/T 2770-2015)等。

我国通过相关政策文件对治理设施用活性炭作出规定,包括《推进大气污染联防联控控制工作改善区域空气质量指导意见的通知(国办发[2010]33号)》、《重点区域大气污染“十二五”规划(环发[2012]130号)》、《挥发性有机物(VOCs)污染防治技术政策(公告2013年第31号2013-05-24实施)》、《大气污染防治行动计划(国发[2013]37号)》、《大气挥发性有机物排放清单编制技术指南(试行)》(环保部公告2014年第55号)、《“十三五”生态环境保护规划》、《“十三五”挥发性有机物减排工作方案》等。《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》(环大气〔2021〕65号)中对采用活性炭吸附工艺的企业的治理设施用活性炭质量标准、碘值、比表面积等作出要求。

#### 4.3 与江苏省及地方相关法律法规和标准的关系

本标准是贯彻《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》、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》等法律法规,落实生态环境部《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》、落实江苏省生态环境厅《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》、《关于将排污单位活性炭使用更换纳入排污许可管理的通知》和《关于构建活性炭质量问题线索移交机制的通知》的重要手段,是对国家、行业和地方标准中未覆盖内容的补充,对于指导江苏省VOCs废气治理工作,规范工业企业活性炭吸附废气治理,以保证VOCs废气治理效果,保护大气环境具有重要作用。

国内有关工业企业挥发性有机物的标准偏向于工业废气吸附净化装置的技术要求、检验方法和检验规则等,治理设施用活性炭方面的标准较为空白。这些标准关于净化装置的规定对治理设施用活性炭标准制定具有参考价值,例如《环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置》(HJ/T 386-2007)、《工业有机废气净化装置性能测定方法》等标准。《食品添加剂 植物活性炭(木质活性炭)》(GB 29215-2012)、《活性炭分类和命名》(GB/T 32560-2016)、《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》(DB32/T 2770-2015)等标准关于活性炭的规定对工业

企业挥发性有机物治理设施用活性炭性能标准有非常大的参考价值。

## 5 标准主要技术内容

### 5.1 基本框架

本标准由前言和七个章节构成。七个章节分别为范围、规范性引用文件、术语和定义、技术指标、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。

### 5.2 适用范围

本标准规定了工业有机废气治理用活性炭的技术要求、试验方法、检验规则以及包装、标志、运输与贮存。

本标准适用于以生物质(木材、木屑、竹、果壳等)、煤为主要原材料制备的颗粒、蜂窝活性炭，及以黏胶基纤维、酚醛基纤维、聚丙烯腈纤维等高分子材料或沥青基纤维为主要原料制备的活性碳纤维。

### 5.3 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。

GB/T 3923.1 纺织品 织物拉伸性能

GB/T 7701.1 煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭

GB/T 7702.1 煤质颗粒活性炭试验方法 水分的测定

GB/T 7702.3 煤质颗粒活性炭试验方法 强度的测定

GB/T 7702.4 煤质颗粒活性炭试验方法 装填密度的测定

GB/T 7702.7 煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定

GB/T 7702.9 煤质颗粒活性炭试验方法 着火点的测定

GB/T 7702.13 煤质颗粒活性炭试验方法 四氯化碳吸附率的测定

GB/T 7702.15 煤质颗粒活性炭试验方法 灰分的测定

GB/T 7702.20 煤质颗粒活性炭试验方法 孔容积和比表面积的测定

GB/T 12496.3 木质活性炭试验方法 灰分的测定

GB/T 12496.4 木质活性炭试验方法 水分的测定

GB/T 12496.5 木质活性炭试验方法 四氯化碳吸附率（活性）的测定

GB/T 12496.6 木质活性炭试验方法 强度的测定  
GB/T 12496.8 木质活性炭试验方法 碘吸附值的测定  
GB/T 13465.3 不透性石墨材料试验方法 第3部分 抗压强度  
GB/T 20449 活性炭丁烷工作容量测试方法  
GB/T 20450 活性炭着火点测试方法  
GB/T 32560 活性炭分类和命名  
GB 34330 固体废物鉴别标准 通则  
HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则  
HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范  
LY/T 3155 活性炭苯吸附率的测定  
HG/T 3922 活性炭纤维毡  
DB32/T 2770 活性炭纤维通用技术要求与测试方法

## 5.4 术语和定义

### 5.1.1 活性炭 Activated carbon

含碳物质经过炭化、活化等预处理工序制得的具有发达孔隙结构和巨大比表面积的多孔吸附材料。

### 5.1.2 煤质活性炭 Coal-based activated carbon

以煤为主要原材料，经炭化、活化制成的多孔性吸附剂。

### 5.1.3 生物质活性炭 lignin-based activated carbon

以木材、木屑、果壳等为主要原材料，经炭化、活化制成的多孔性吸附剂。

### 5.1.4 活性碳纤维 Activated carbon fiber

活性碳纤维，亦称纤维状活性碳，是指经过活化的含碳纤维。将某种含碳纤维（如粘胶基、沥青基、聚丙烯腈基（PAN）等）经过炭化、活化制成的多孔性纤维材料吸附剂。

### 5.1.5 蜂窝活性炭 Honeycomb activated carbon

以尺寸小于 178 $\mu$ m(80 目)的粉末状活性炭、水溶性粘合剂和润滑剂等为主要原料，经过配料、模压挤出成型，再经过干燥后制成的蜂窝状吸附材料。

### 5.1.6 颗粒活性炭 Granular activated carbon

以生物质(木材、木屑、竹、果壳等)、煤为主要原材料,经过炭化、活化制得的尺寸大于 178um(80 目)的颗粒状吸附材料。

### 5.1.7 再生活性炭 Regenerated activated carbon

将吸附饱和的活性炭经过物理、化学或生物等方法脱除吸附在活性炭上的物质后制得的多孔吸附剂。

## 5.5 技术指标的选取

### 5.5.1 技术指标的选取

本次技术指标选取,一方面遵循联动性和客观性原则,参照现行的与活性炭有关的技术指标及应用领域常用控制指标;另一方面遵循适用性和实用性原则,重点考虑表征挥发性有机物吸附能力的指标,对于测试方法不成熟、成本高昂、检测技术能力不足的指标,则选择具有同类表征功能的替代指标或者作为推荐性技术指标;同时,也遵循促进产业发展的原则,技术指标的选择也能一定程度推动解约能源和环境治理技术优化。

活性炭性能指标分为物理性能、化学性能、吸附性能三大类。根据用途不同,现行的技术标准和应用过程常规关注的物理性能指标主要包括外观、形状、表观密度、粒度、比表面积、孔容积、耐磨强度、抗压强度等,化学性能指标包括灰分、pH、着火点及部分物质含量等,吸附性能又分为气相吸附性能和液相吸附性能。

本着为工业有机废气治理用活性炭制定技术标准的工作范围考虑,本次选取水分含量、耐磨强度、抗压强度、断裂强力、着火点、碘吸附值、四氯化碳吸附率作为常规技术指标,选取丁烷工作容量、苯吸附率、灰分、比表面积(适用于活性碳纤维)、装填密度作为推荐技术指标。这些指标的选取和限值确定是工作组调研了目前国内外产品的技术要求、采样分析以及发展趋势进行设定的。具体指标的选择依据如下所述:

#### 5.5.1.1 水分

水分指标是活性炭和活性碳纤维的基础物理性质指标之一,是指试样经烘干后失去的质量所占原试样质量的百分数。活性炭和活性碳纤维是多孔性吸附材料,其孔隙中水分含量的高低会影响其吸附效果,水分含量越高,单位质量

内干基越低，吸附其他物质的能力就越弱。由于水分是吸附能力的影响因素之一，同时参考 GB/T 7701.1 的指标要求，选择水分含量作为工业有机废气治理用活性炭技术指标之一。

### 5.5.1.2 耐磨强度

耐磨强度即耐磨损或抗磨擦的性能，在吸附材料应用过程中，主要表征吸附材料因为相对运动造成的磨损。一旦发生磨损将会导致比表面积、干基损失，甚至掉落的细颗粒材料堵塞空隙影响气相的通透性，最终降低吸附能力，是关系吸附性能的一个重要指标，因此本次选择耐磨强度作为技术指标之一。

颗粒状活性炭采取散装进入吸附装置之中，颗粒之间不可避免的会发生相对运动，尤其受到风机通风的作用之后，而蜂窝状活性炭、活性碳纤维均是预制成型材料，相对运动现象不明显，再参考 GB/T 7701.1 的指标要求，因此本标准将耐磨强度作为颗粒活性炭的技术指标之一，蜂窝活性炭、活性碳纤维不做重点关注。

### 5.5.1.3 抗压强度

抗压强度是表征吸附材料受压时是否会产生破裂现象的一个指标，一旦受到压力作用发生变形、破损等现象，会导致堵塞空隙、比表面积和干基损失等结果，尤其在风机大风量作用条件下，将会一定程度影响吸附材料的吸附性能。

蜂窝活性炭采用优质煤质活性炭为原料，经模具压制，高温活化烧制而成，具有比表面积适中，通孔阻力小，微孔发达，高吸附容量，使用寿命较长等特点，在气体污染治理中普遍应用，其参数炭规格有 100×100×100mm 和 50×100×100mm 两种，孔距一般为 1.55mm，壁厚约为 1mm，在安装过程中，需要将蜂窝炭层层叠加，因此对蜂窝炭的抗压强度有相应要求。而活性碳纤维塑性条件较好，受压变形也不会对吸附能力产生较大影响，常规有机废气吸附过程中受压破损的概率也极低，因此不作为活性碳纤维的常规技术指标。对于颗粒活性炭而言，采取的是散装的方式，一般散料不会选择抗压强度作为指标。抗压强度指标适用于蜂窝活性炭，这与蜂窝炭的常规生产尺寸有关。

### 5.5.1.4 断裂强力

断裂强力是塑性材料常用的一个质量性能指标，指按所规定的条件进行测试，拉伸活性碳纤维至断裂，取其至断裂时最低值的力，以牛顿表示。断裂强

力指标适用于活性炭纤维，这与活性炭纤维的制备工艺密切相关。粘胶纤维、PAN 基纤维、沥青纤维和酚醛纤维是生产活性炭纤维的主要原料，但是总的来说分为纤维丝预处理、炭化和活化三个阶段。在挥发性有机物治理应用方面，活性炭纤维主要用于甲苯、苯等苯系化合物、二氯甲烷、三氯乙烯、甲烷等有机物的处理，活性炭纤维是否破损直接影响到吸附装置的吸附效果，因此断裂强力就成为了衡量活性炭纤维质量的重要指标。本标准选择断裂强力作为一项技术指标。

#### 5.5.1.5 着火点

活性炭中的炭层或部分杂质在吸附过程会产生热量，如果这种热量过大，活性炭在使用中可能着火。因此，活性炭的着火特性是活性炭质量的重要指标之一，也是安全考虑因素之一，而活性炭着火特性通过其着火点的温度表现出来的。活性炭在使用过程中着火的影响因素众多，本标准无意说明与活性炭使用有关的、可能存在的所有安全问题。但是作为一项关系安全的进而决定吸附装置有效性的指标，本次也作为一项常规指标。同时，国家也已经出台了关于着火点的相关要求，例如《气相用煤质颗粒活性炭》GB/T 7701.1，以及《活性炭着火点测试方法》（GB/T 20450）等测试方法。

#### 5.5.1.6 碘吸附值

碘吸附值是衡量活性炭活化程度高低、微孔多少和产品质量优劣的一个重要的技术指标之一，是指活性炭在水溶液中吸附的碘的量，活性炭的碘值一般在 400~1300mg/g 之间，碘分子大小为 0.6nm 左右，碘吸附值是活性炭微孔对小分子杂质吸附能力的表现，是活性炭行业重点考虑的一项与吸附性能息息相关的技术指标。现行的相关技术标准中，已经出现了多项用于碘吸附值测试的试验方法，同时，《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号）中也对挥发性有机物治理过程突出问题提出了整治要求，对采取活性炭吸附工艺的企业，对碘值进行了明确要求，详见“挥发性有机物治理突出问题排查整治工作要求”，因此，本次也将碘吸附值选为一项常规技术指标。

#### 5.5.1.7 四氯化碳吸附率

在规定的条件下，载有四氯化碳的空气通过置 U 形管一定厚度的活性炭层，

当达到吸附饱和时活性炭试样所吸附的四氯化碳的质量与试样质量的比值即为活性炭的四氯化碳吸附率，单位为%。四氯化碳吸附率代表活性炭对中等浓度挥发性有机化合物的饱和吸附量，主要作为活性炭样品的孔隙容积的量度，也是测定活性炭活化程度的一种手段，是气相活性炭一种很重要的质量检验方法。

《GB/T 7701.1 气相用煤质颗粒活性炭》、《LY/T 3012 室内空气净化用活性炭》等标准中均对四氯化碳吸附率提出了要求，因此，本次标准制定也将四氯化碳作为一项常规技术指标。

#### 5.5.1.8 丁烷工作容量

对挥发性有机气体的吸附能力的评价，国内传统的方法是以活性炭对四氯化碳、苯的吸附来进行表征的，但是欧美等发达国家从环保的角度考虑早已淘汰了国内沿袭的方法，而采用丁烷工作容量来表征活性炭气相吸附性能。国内也已经出台了《活性炭丁烷工作容量测试方法》（GB/T 20449），另外，2019年3月，住建部印发了《油气回收处理设施技术标准（征求意见稿）》，可见丁烷工作容量越来越受到行业内的重视。综上所述，本次标准制定过程，也将丁烷工作容量作为一项技术指标，但是考虑与碘吸附值、四氯化碳吸附率在判断吸附能力功能上存在一定重合，因此作为推荐性指标。

#### 5.5.1.9 苯吸附率

一般来说，苯吸附、碘值、四氯化碳吸附率都可以作为活性炭对挥发性有机物吸附性能的表征指标，但由于近十年来，苯一直是活性炭纤维行业市场及客户认可的气相吸附指标，行业也一直以苯吸附作为与客户对接的指标标准；同时，苯吸附指标所需检测时间周期短、反馈快，可以及时指导生产，因此活性炭纤维生产企业一般采用苯吸附值来衡量活性炭纤维对有机气体的吸附能力。

苯吸附率是表征吸附材料对于有机废气吸附能力的一项重要指标，是与碘吸附值、四氯化碳吸附率等一起，作为活性炭行业重点考虑的一项与吸附性能息息相关的技术指标，《室内空气净化用活性炭》（LY/T 3012-2018）已经对苯吸附率进行了明确要求，同时《活性炭苯吸附率的测定》（LY/T 3155）、《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》（DB32/T 2770）均已经提出了相应的测试方法。鉴于以上背景，本次标准制定时将苯吸附率作为一项指标，但是考虑与碘吸附值、四氯化碳吸附率在判断吸附能力功能上存在一定重合，因此作为推荐

性指标。

#### 5.5.1.10 灰分

活性炭中的灰分几乎全部来自于原料，经活化处理后，主要以氧化物的形式存在，另外还会有一些 Fe、Al、Mg、K 等的金属化合物。目前活性炭脱灰主要是酸洗脱灰和碱洗脱灰 2 种工艺。常用的试剂主要有 HCl、HF、HNO<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaOH 等。研究表明，以水蒸气为活化剂时，若原料灰分含量高，所得活性炭孔隙会较大，中、大孔较多，比表面积略低。活性炭制备过程一般被分为 3 个阶段：（1）开孔阶段，产生大量微孔；（2）扩孔阶段，产生大量中孔；（3）创造新孔阶段，生成大孔和新微孔。部分学者认为，以水蒸气为活化剂时，活化过程中没有开孔过程，而是直接将炭材料本身的微孔进行扩大，且灰分会阻碍活化剂与碳原子接触，抑制活化作用，影响孔隙的发展和变化。灰分也是反应吸附能力的技术指标之一，国家已经出台了部分测试方法，例如《煤质颗粒活性炭试验方法 灰分的测定》（GB/T 7702.15）、《木质活性炭试验方法 灰分的测定》（GB/T 12496.3）等，同时在《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》（DB32/T 2770）、《活性炭纤维毡》（HG/T 3922）中也对灰分提出了具体要求。但是相比较于碘吸附值、四氯化碳吸附率等，灰分并不是更加直接的反应吸附性能的技术指标，因此，本次将灰分作为一个推荐技术指标。

#### 5.5.1.11 比表面积

比表面积是颗粒所有能够接触空气的表面积之和，是外部表面积和内部孔的表面积之和，单位是 m<sup>2</sup>/g。由于活性炭纤维具有发达的孔隙结构，行业常常将比表面积作为其质量指标，也是反应活性炭吸附能力的重要指标之一，由于比表面积测试条件要求较高，实际应用过程存在测试检验困难的现象，因此，本次作为推荐技术指标。

#### 5.5.1.12 装填密度

装填密度一定程度可以反应吸附材料吸附能力的大小，同时也是可以与挥发性有机物吸附装置联系起来的一项指标，因此，本次标准制定过程中，将装填密度选为一项技术指标。装填密度指标主要用于表征按照重量销售的活性炭，如颗粒活性炭，对于预制成型的蜂窝活性炭、活性炭纤维则不适用。

### 5.5.1.13 其它技术指标的考虑

本次调研过程中，部分活性炭生产厂家也将孔容、甲苯吸附率、甲醛吸附率等物理性指标作为活性炭的技术指标。

孔容是表征活性炭微孔结构发育程度的一个指标，间接反应比表面积的大小，孔容和比表面积检测难度较大，具备检测能力的实验室较少，本次已经将比表面积选为技术指标，因此不再将孔容设为技术指标。

甲苯吸附率和甲醛吸附率也是气相活性炭常用的一个技术性能指标，也可以直观的反应活性炭吸附能力，与四氯化碳吸附率、碘吸附值等功能重合，且由于甲苯受到公安系统管理，具备甲苯吸附率实验的实验室较少，因此，本次只选择了四氯化碳吸附率、碘吸附值作为技术指标，不再重复选择表征吸附能力的甲苯吸附率和甲醛吸附率。

## 5.5.2 技术指标限值的确定

本次技术指标限值的确定时，优先参照现行的与活性炭有关的技术指标限值，同时保障技术指标限值的选择应能符合现有技术能达到的国内先进水平。

### 5.5.2.1 水分

活性炭和活性碳纤维生产中有干燥或烘干工序，因此新鲜产品水分含量可以控制在较低水平，一般小于<5%，绝大多数企业能够保证出厂产品满足要求，但是活性炭产品在包装、贮存、运输等环节不可避免的会与空气保持直接接触，在到达终端用户使用前，存在自然吸水的现象。根据我国活性炭行业内调研咨询结果，对于位于江西、福建、云南、广西、浙江等南方的活性炭生产企业，地方空气相对湿度较大，产品中含水率也较高，在我国南方生产并使用的活性炭及活性碳纤维水分含量大多数在 5%左右，甚至更高。

为了确定江苏省内活性炭和活性碳纤维水分含量规律，本次调研针对江苏省内主要活性炭、活性碳纤维生产、再生厂家进行了采样分析，并搜集了已有的检测数据，水分含量指标的样品数为 49 份，其中蜂窝炭水分含量低于 10%的样品数占据蜂窝炭样品数的 80%，颗粒活性炭水分含量低于 10%的样品数占据颗粒活性炭样品数的 86%，活性碳纤维水分含量低于 25%的样品数占据活性碳纤维样品数的 50%。可见对于颗粒活性炭、蜂窝活性炭，实际水分含量大多数低于 10%，而因为活性碳纤维巨大的比表面积导致吸收的水分更多，有一半在

25%以上。通过省内典型用炭企业的调研结果可知，颗粒活性炭和蜂窝活性炭实际的水分含量大多数可以低于 10%，活性碳纤维水分均低于 25%，与本次实测规律相符。

在相近的标准中，《气相用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.1）中脱硫用、溶剂回收用、空气净化用、防护用煤质颗粒活性炭，要求水分指标小于等于 5%，《室内空气净化用活性炭》（LY/T 3012）中要求水分小于等于 15%，两个相近标准中水分指标限值平均为 10%。另外，本次产炭企业取样实测和用炭企业调研也显示，水分含量大多数低于 10%，5%~10%之间样本占比较大。综合以上因素，本标准除了兼顾吸附材料质量之外，也应该考虑吸附效果、客观条件、经济性的平衡关系，因此本标准中颗粒活性炭、蜂窝活性炭要求水分小于等于 10%。

现行的活性碳纤维标准中，《活性炭纤维毡》（HG/T 3922）中要求水分（干燥减量）小于等于 13%，主要针对应用于生产环节的产品质量控制。根据本次取样测试和用炭企业调研结果，活性碳纤维水分含量一般在 25%左右，主要因为其巨大的比表面积对空气中水分的吸收，本标准除了兼顾吸附材料质量之外，也应该考虑吸附效果、客观条件、经济性的平衡关系，因此，活性碳纤维要求水分小于等于 25%。

根据制备材料的不同，煤质活性炭水分检测执行 GB/T 7702.1 中的规定，木质活性炭水分检测执行 GB/T 12496.4 中的规定，活性碳纤维水分检测执行 DB32/T 2770 中的规定。

### 5.5.2.2 耐磨强度

为了确定江苏省内颗粒活性炭耐磨强度规律，本次调研针对江苏省内主要活性炭生产、再生厂家进行了采样分析，并搜集了已有的检测数据，耐磨强度指标的样品数为 41 份，均为颗粒活性炭，耐磨强度大于 90%的样品数占据总样品数的 68%。根据省内代表性用炭企业调研结果可知，颗粒活性炭实际的耐磨强度大多数大于 90%，这与本次取样检测结果显示的规律是一致的。

现行的颗粒活性炭标准中，《GB/T 7701.1 气相用煤质颗粒活性炭》要求脱硫用、溶剂回收用、空气净化用煤质颗粒活性炭强度大于等于 90%，防护用煤质颗粒活性炭强度大于等于 85%，《LY/T 3012 室内空气净化用活性炭》未对强

度做出要求。脱硫、容积回收、空气净化均是主要基于活性炭的吸附性能，与本标准重点考虑吸附能力的初衷是一致的，因此基于不低于现行标准、考虑可操作性的一般原则，本标准耐磨强度指标限值要求大于等于 90%。

根据制备材料的不同，煤质颗粒活性炭耐磨强度检测执行 GB/T 7702.3 中的规定，木质颗粒活性炭耐磨强度检测执行 GB/T 12496.6 中的规定。

### 5.5.2.3 抗压强度

现行的相关技术指标中，《HJ2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范》要求蜂窝活性炭横向强度不低于 0.3MPa，纵向强度不低于 0.8 MPa。本次调研采样检测和搜集得到 9 份蜂窝活性炭抗压强度数据，横向强度/纵向强度高于 0.9/0.4 MPa 的比例较高，同时对省内蜂窝活性炭使用企业调研结果也显示，大多数横向强度/纵向强度高于 0.9/0.4 MPa。

本次抗压强度指标限值的确定除了不低于现行标准之外，也考虑吸附效果、客观条件、经济性的平衡关系，因此蜂窝活性炭抗压强度指标要求为：横向强度/纵向强度高于 0.9/0.4 MPa。

蜂窝活性炭抗压强度检测执行 GB/T 13465.3 中的规定。

### 5.5.2.4 断裂强力

根据省内典型活性炭纤维生产厂家采样检测结果，断裂强力均大于 5N，最高达到 10N 左右。现行相关的技术规范中，《HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范》要求用于工业有机废气治理用的活性炭纤维毡的断裂强度应不小于 5N，本次也对活性炭行业部分专家进行了调研咨询，一般大于 5N 就可以满足用于有机物治理用活性炭纤维强度要求，因此，本次活性炭纤维断裂强度指标要求为大于等于 5N，不低于现行标准，其检测方法执行 GB/T 3923.1 中的规定。

### 5.5.2.5 着火点

现行的相关技术标准中，《GB/T 7701.1 气相用煤质颗粒活性炭》要求溶剂回收用煤质颗粒活性炭着火点大于等于 350℃，本次从安全角度提高着火点的要求，同时参考本次调研过程采集的 63 项产炭企业样品数据、代表性用炭企业样品数据，要求煤质颗粒活性炭大于等于 400℃，木质颗粒活性炭大于等于 350℃，蜂窝活性炭大于等于 400℃，活性炭纤维大于等于 500℃。

### 5.5.2.6 碘吸附值

为了揭示江苏省内活性炭碘吸附值实际情况，本次调研针对江苏省内典型活性炭生产、再生厂家进行了采样分析，共采集颗粒活性炭 26 个样品、蜂窝活性炭 5 个样品、活性碳纤维 4 个样品，根据有样品测试结果，颗粒活性炭 26 个样品中有 8 个样品碘吸附值低于 800mg/g，占比约为 31%，最低的煤质柱状 BZY-1 为 155mg/g，有 18 个样品碘吸附值高于 800mg/g，占比约为 69%，最高的椰壳颗粒 ZH-4 达到 1417mg/g；采样蜂窝活性炭 5 个，有 2 个高于 650 mg/g，占比 40%，3 个低于 650 mg/g，占比 60%；采样活性碳纤维 4 个，均大于 1050 mg/g。

除了产炭企业之外，本次对省内在挥发性有机物治理过程使用活性炭单位进行了调研，对于颗粒活性炭而言，大多数可以达到 800 mg/g 以上，对于蜂窝活性炭大多数也可以达到 650 mg/g 以上，一半的活性碳纤维碘吸附值大于 1050 mg/g，可以反映出活性炭和活性碳纤维碘吸附值的一般性规律。

近期生态环境部发布的《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号）中“挥发性有机物治理突出问题排查整治工作要求”对碘值进行了明确要求：“采用活性炭吸附工艺的企业，应根据废气排放特征，按照相关工程技术规范设计净化工艺和设备，使废气在吸附装置中有足够的停留时间，选择符合相关产品质量标准的活性炭，并足额充填、及时更换。采用颗粒活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 800mg/g；采用蜂窝活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 650mg/g；采用活性碳纤维作为吸附剂时，其比表面积不低于 1100m<sup>2</sup>/g（BET 法）。一次性活性炭吸附工艺宜采用颗粒活性炭作为吸附剂。活性炭、活性碳纤维产品销售时应提供产品质量证明材料。”

鉴于省内活性炭生产企业、使用企业活性炭碘值实际情况，同时考虑不低于《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号）中“挥发性有机物治理突出问题排查整治工作要求”对碘值的要求，本次地标制定范围根据产品形状的不同，覆盖颗粒活性炭、蜂窝活性炭及活性碳纤维，要求颗粒活性炭大于等于 800mg/g，蜂窝活性炭大于 650mg/g，活性碳纤维大于 1050mg/g。

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.7 中的规定，木质活性

炭执行 GB/T 12496.8 中的规定，活性炭纤维执行 DB32/T 2770 中的规定。

### 5.5.2.7 四氯化碳吸附率

为了揭示江苏省内活性炭四氯化碳吸附值实际情况，本次调研针对江苏省内主要活性炭生产、再生厂家进行了采样分析，共采集 35 个样品，颗粒活性炭 26 个样品中有 13 个样品四氯化碳吸附率低于 45%，占比约为 50%，最低的煤质柱状 BZY-1 为 9%，有 13 个样品四氯化碳吸附率高于 45%，最高的木质颗粒 ZH-3 达到 118%；采样蜂窝活性炭 5 个，四氯化碳吸附率均高于 25%，最高为 55%，最低为 26%；采样活性炭纤维 4 个，2 个高于 65%，2 个低于 65%，最高为 84%，最低为 62%。

同时，根据省内用炭企业活性炭四氯化碳检测结果分析，颗粒活性炭四氯化碳吸附率大多数大于 45%，蜂窝活性炭四氯化碳吸附率大多数大于 25%。通过行业内专家调研咨询，基本符合挥发性有机废气治理用活性炭的指标规律。

现行的相关标准中，《GB/T 7701.1 气相用煤质颗粒活性炭》要求，溶剂回收用煤质颗粒活性炭四氯化碳吸附率大于 54%，空气净化用煤质颗粒四氯化碳吸附率大于等于 50%，《LY/T 3012 室内空气净化用活性炭》要求四氯化碳吸附率大于等于 35%，适用于常规煤质、木质活性炭。

综合以上因素，本标准除了兼顾吸附效果之外，也考虑客观条件、环境治理技术经济可行性的平衡关系，本标准中要求颗粒活性炭四氯化碳吸附率大于等于 45%，蜂窝活性炭四氯化碳吸附率大于等于 25%，活性炭纤维四氯化碳吸附率大于等于 65%。

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.13 中的规定，木质活性炭执行 GB/T 12496.5 中的规定，活性炭纤维参考执行 GB/T 12496.5 中规定执行。

### 5.5.2.8 丁烷工作容量

丁烷吸附的理想孔径为微孔上限和中孔下限，有学者在制备丁烷吸附用颗粒炭时认为：孔径在 1.8~5.0nm 高孔容积的活性炭，其丁烷工作容量高。微孔对活性炭的吸附起着至关重要的作用。活性炭的比表面积 90% 以上是由微孔提供的，所以对气体的吸附主要靠微孔，而微孔主要集中在 1.2~2.0 nm 范围内，也有数据表明 1.2~2.0 nm 内的孔显著影响活性炭丁烷工作容量。

丁烷工作容量提供了活性炭孔结构表征和变化的基本信息。在活性炭的微

孔中，被吸附的丁烷会造成相邻孔壁的势能场过度重叠，尤其是当孔径稍大于丁烷分子直径时，导致吸附在微孔中的丁烷不易于解吸；但当孔径稍大于两倍丁烷分子直径时，即 1.0nm 时，这种势能场的影响就消失了。所以，0.5~1.0 nm 内的孔吸附的丁烷分子难以被解吸，导致该范围的孔影响丁烷持附性，从而影响丁烷工作容量。活性炭中孔，相对于丁烷分子直径能够充分地吸附，并且很容易地脱附丁烷分子，从而提高了活性炭的丁烷工作容量。所以，对于丁烷吸附来说，孔径在 1.2~6 nm 范围、高孔容积的活性炭，其丁烷工作容量会比较高。

现行的相关标准中，《GB/T 7701.1 气相用煤质颗粒活性炭》、《LY/T 3012 室内空气净化用活性炭》等未对活性炭丁烷工作容量提出要求，2019 年 3 月，住建部印发了《油气回收处理设施技术标准（征求意见稿）》，其中要求活性炭的性能应满足下列规定：活性炭的比表面积不应低于 1000m<sup>2</sup>/g，活性炭的表观密度不应低于 40g/100mL，活性炭的含水量不应高于 5%，活性炭对丁烷的吸附容量不应小于 30g/100mL，活性炭宜为煤基活性炭；活性碳纤维的性能应满足下列规定：活性碳纤维的比表面积不应低于 1400m<sup>2</sup>/g，活性碳纤维宜采用组件形式，活性碳纤维的苯吸附值不应低于 40wt%。

本标准送审稿中丁烷工作容量限值是结合目前该产品国内外贸易的技术指标要求、采样分析以及发展趋势进行设定的，颗粒活性炭丁烷工作容量要求大于等于 7g/100mL，活性碳纤维丁烷工作容量要求大于等于 9.5 g/100mL。测试方法执行《活性炭丁烷工作容量测试方法》（GB/T 20449）中的规定。

#### 5.5.2.9 苯吸附率

现行相关技术标准中，《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》（DB32/T 2770）提供了活性碳纤维静态苯吸附率、动态苯吸附率的试验方法，根据活性碳纤维比表面积不同，分为七个档次，要求静态苯吸附量最低限值分别为 30%、35%、40%、45%、50%、65%、75%，对应的比表面积最低限值分别为 700 m<sup>2</sup>/g、900m<sup>2</sup>/g、1100m<sup>2</sup>/g、1300m<sup>2</sup>/g、1500m<sup>2</sup>/g、1700m<sup>2</sup>/g、1900m<sup>2</sup>/g。本次对于活性碳纤维设定的比表面积最低限值为 1100 m<sup>2</sup>/g，对应的苯吸附率最低为 40%，既 400mg/g。

本次标准编制过程中，采集了省内主要活性碳纤维生产企业的 4 个样品，2 个高于 45%，2 个低于 45%，最高为 56.6%，最低为 42.2%。综合考虑不低于

现行技术标准要求并能兼顾实际的活性炭纤维生产条件，要求活性炭纤维苯吸附率不低于 420 mg/g。本次也有效统计到 124 份活性炭使用企业的苯吸附率指标数据，其中蜂窝炭有效份样数 73 个，颗粒炭有效份样数 45 个，活性炭纤维有效份样数 6 个。蜂窝活性炭苯吸附率大于等于 300mg/g 的份样数为 48 个，占据所有蜂窝活性炭有效样品份数的 66%。颗粒活性炭丁烷工作容量大于等于 300mg/g 的份样数为 29 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 64%。活性炭纤维苯吸附率在 200~500mg/g 之间。

《室内空气净化用活性炭》(LY/T 3012) 中要求活性炭苯吸附率最低限值为 300 mg/g，主要适用于常规煤质、木质活性炭，因此，本次参考该标准，要求颗粒活性炭和蜂窝活性炭苯吸附率不低于 300 mg/g。

根据制备材料的不同，煤质及木质活性炭执行《活性炭苯吸附率的测定》(LY/T 3155) 中的规定，活性炭纤维执行《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》(DB32/T 2770) 中的规定。

#### 5.5.2.10 灰分

现行的相关标准中，《活性炭纤维通用技术要求与测试方法》(DB32/T 2770) 要求灰分含量小于等于 5%，《活性炭纤维毡》(HG/T 3922) 要求灰分含量小于等于 4%，本着不低于现行标准要求的原则，本标准要求活性炭纤维灰分小于等于 5%。本次标准编制过程中，采集了省内代表性的活性炭纤维生产企业的 4 个样品，测试结果显示，灰分均低于 5%，因此本次将灰分指标设为 5%符合实际情况。

本次标准编制过程中，采集了省内代表性颗粒活性炭生产企业的 24 个样品，其中 13 个煤质颗粒活性炭中有 2 个样品灰分高于 15%，占比约为 15%，最高的煤质柱状 BZY-2 为 36.4%，有 11 个样品灰分低于 15%，最低的煤质柱状 JSW-2 为 8.4%；采样的 13 个木质颗粒活性炭，有 2 个样品灰分高于 8%，占比约为 15%，最高的椰壳颗粒 NF-2 为 13.1%，有 11 个样品灰分低于 15%，最低的核桃壳颗粒 PSD-4 为 0.2%。同时，本次有效统计到 77 份活性炭使用企业的灰分指标数据，颗粒活性炭灰分小于等于 15%的份样数为 73 个，占据所有颗粒性炭有效样品份数的 95%。因此从实际情况出发，将颗粒活性炭灰分指标按照原料不同，要求煤质活性炭灰分小于等于 15%，要求木质活性炭灰分小于等于 8%。

灰分指标的测试方法根据活性炭制备原料的不同，分别执行《煤质颗粒活性炭试验方法 灰分的测定》（GB/T 7702.15）、《木质活性炭试验方法 灰分的测定》（GB/T 12496.3）的规定。

### 5.5.2.11 比表面积

活性炭纤维行业发展初期，由于技术的局限性，生产出的活性炭纤维不仅数量少，比表面积也相对较低，范围约为为  $700\sim1300\text{m}^2/\text{g}$ （BET）。后期随着技术水平的成熟，活性炭纤维的比表面积逐步提高，目前国内企业最高可生产达到  $1900\text{m}^2/\text{g}$  活性炭纤维。此外，市场需求也在不断进化，早期环保治理要求不高，用户更关注购置成本，所以很多用户在废气治理上使用低比表面积的活性炭纤维，比表面积约为  $700\sim800\text{m}^2/\text{g}$ 。但随着近年来环保要求的提高，用炭企业为了更好的吸附治理效果，开始选用更高比表面积的活性炭纤维，挥发性有机物治理市场上逐步淘汰低比表活性炭纤维产品或被其他价格更低的蜂窝活性炭、柱状活性炭所替代，目前国内企业在售产品中比表面积最低为  $900\sim1000\text{m}^2/\text{g}$ 。

根据调研的活性炭纤维生产企业销售数据统计，在销售至废气吸附治理行业的产品中，约 20% 废气吸附工程选用  $1200\text{m}^2/\text{g}$  的有机溶剂专用活性炭纤维，主要集中于苯、甲苯、重芳烃溶剂吸附装置中使用；约 60% 的废气吸附工程选用 BET 为 1300 或  $1500\text{m}^2/\text{g}$  的产品，约 20% 的工程选用  $1600\text{m}^2/\text{g}$  以上的产品。而在在家用净水领域，客户大多使用  $1400\sim1600\text{m}^2/\text{g}$  的产品。在空气净化、家居民用领域，客户大多使用 BET 为  $1000\text{m}^2/\text{g}$  左右活性炭纤维产品。

在对江苏活性炭生产企业调研过程中发现，生产颗粒碳、蜂窝碳的企业极少配备比表面积测试仪，该指标的测试基本都以送样委托第三方机构测试为主。生产企业反馈原因主要有如下两点：一方面仪器购置费用较高，操作难度大，操作人员要求高，另外一方面，比表面积测试误差较大，企业内部测试数据缺乏公信力。

近期生态环境部发布的《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号）中“挥发性有机物治理突出问题排查整治工作要求”对碘值进行了明确要求：“采用活性炭吸附工艺的企业，应根据废气排放特征，按照相关工程技术规范设计净化工艺和设备，使废气在吸附装置中有足

够的停留时间，选择符合相关产品质量标准的活性炭，并足额充填、及时更换。采用颗粒活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 800mg/g；采用蜂窝活性炭作为吸附剂时，其碘值不宜低于 650mg/g；采用活性碳纤维作为吸附剂时，其比表面积不低于 1100m<sup>2</sup>/g（BET 法）。一次性活性炭吸附工艺宜采用颗粒活性炭作为吸附剂。活性炭、活性碳纤维产品销售时应提供产品质量证明材料。”本次针对活性碳纤维的比表面积要求，参考《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65 号），设置最低限值为 1100 m<sup>2</sup>/g（BET 法）。本次采样测试过程中，采集了 4 个活性碳纤维样品，比表面积均高于 1100 m<sup>2</sup>/g。本次标准设定符合活性碳纤维指标规律。

现行的相关标准中，《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026）要求蜂窝活性炭的 BET 比表面积不低于 750m<sup>2</sup>/g，因此本次将蜂窝活性炭比表面积指标限制设定为大于等于 750m<sup>2</sup>/g，颗粒活性炭则提高至 850m<sup>2</sup>/g。

根据制备材料的不同，样品测试时，颗粒活性炭和蜂窝活性炭执行 GB/T 7702.20 中的规定，活性碳纤维执行 HG/T 3922 中的规定。

#### 5.5.2.12 装填密度

为了揭示省内活性炭装填密度指标规律，本次标准编制过程中，对省内代表性活性炭生产企业进行了采样分析，装填密度样品数据 31 份，其中颗粒活性炭 26 份，蜂窝活性炭 5 份。其中，颗粒活性炭装填密度位于 0.31~0.66g/cm<sup>3</sup>，小于 0.55 g/cm<sup>3</sup> 有 18 份样品，占据颗粒活性炭有效装填密度样本数的 69%，位于 0.55~0.6g/cm<sup>3</sup> 范围的有 5 份样品，大于 0.6g/cm<sup>3</sup> 有 3 份样品；蜂窝活性炭装填密度均小于 0.55 g/cm<sup>3</sup>。可见对于颗粒活性炭而言，新生产的活性炭装填密度大多数可以达到 0.55 g/cm<sup>3</sup> 以下。

现行的相关标准中，《气相用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.1）要求脱硫用煤质颗粒活性炭装填密度 0.4~0.55g/cm<sup>3</sup>，溶剂回收用煤质颗粒活性炭装填密度大于等于 0.35g/cm<sup>3</sup>，空气净化用煤质颗粒活性炭装填密度 0.45~0.6g/cm<sup>3</sup>，防护用煤质颗粒活性炭装填密度 0.43~0.53g/cm<sup>3</sup>。《油气回收装置通用技术条件》（GB/T 35579-2017）要求活性炭装填密度不低于 0.4g/cm<sup>3</sup>。

本次标准适用于气相用活性炭，参照现行《气相用煤质颗粒活性炭》（GB/T 7701.1）技术标准要求，同时结合本次实测样品情况，要求装填密度

0.35g/cm<sup>3</sup>~0.55g/cm<sup>3</sup>。测试要求执行《煤质颗粒活性炭试验方法 装填密度的测定》（GB/T 7702.4）中的规定。

5.5.3 技术指标汇总

根据前面章节的分析，确定了工业有机废气治理用活性炭的相关质量指标和指标限值，如表 5.5-1 和表 5.5-2 所示。

表 5.5-1 工业有机废气治理用活性炭常规技术指标

| 编号                                                          | 项 目          |   | 指 标                |        |       |
|-------------------------------------------------------------|--------------|---|--------------------|--------|-------|
|                                                             |              |   | 颗粒活性炭              | 蜂窝活性炭  | 活性碳纤维 |
| 1                                                           | 水分含量 /（%）    | ≤ | 10                 | 10     | 25    |
| 2                                                           | 耐磨强度/（%）     | ≥ | 90                 | -      | -     |
| 3                                                           | 抗压强度 /（MPa）  | ≥ | -                  | 横向：0.9 | -     |
|                                                             |              |   |                    | 纵向：0.4 | -     |
| 4                                                           | 断裂强力/（N）     | ≥ | -                  | -      | 5     |
| 5                                                           | 着火点 /（℃）     | ≥ | 400 <sup>[1]</sup> | 400    | 500   |
|                                                             |              |   | 350 <sup>[2]</sup> |        |       |
| 6                                                           | 碘吸附值 /（mg/g） | ≥ | 800                | 650    | 1050  |
| 7                                                           | 四氯化碳吸附率 /（%） | ≥ | 45                 | 25     | 65    |
| 注： <sup>[1]</sup> 煤质活性炭执行该要求。<br><sup>[2]</sup> 木质活性炭执行该要求。 |              |   |                    |        |       |

表 5.5-2 工业有机废气治理用活性炭质量标准推荐技术指标

| 编号                                                          | 项 目                       |   | 指 标               |       |       |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|---|-------------------|-------|-------|
|                                                             |                           |   | 颗粒活性炭             | 蜂窝活性炭 | 活性碳纤维 |
| 1                                                           | 丁烷工作容量/（g/100ml）          | ≥ | 7                 | -     | 9.5   |
| 2                                                           | 苯吸附率/（mg/g）               | ≥ | 300               | 300   | 420   |
| 3                                                           | 灰分/（%）                    | ≤ | 15 <sup>[1]</sup> | -     | 5     |
|                                                             |                           |   | 8 <sup>[2]</sup>  |       |       |
| 4                                                           | 比表面积/（m <sup>2</sup> /g）  | ≥ | 850               | 750   | 1100  |
| 5                                                           | 装填密度/（g/cm <sup>3</sup> ） | / | 0.35~0.55         | -     | -     |
| 注： <sup>[1]</sup> 煤质活性炭执行该要求。<br><sup>[2]</sup> 木质活性炭执行该要求。 |                           |   |                   |       |       |

5.6 试验方法

5.6.1 水分

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.1 中的规定，生物质活性炭执行 GB/T 12496.4 中的规定，活性碳纤维执行 DB32/T 2770 中的规定。

5.6.2 耐磨强度

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行执行 GB/T 7702.3，生物质活性炭执

行 GB/T 12496.6 中的规定。

### 5.6.3 抗压强度

执行 GB/T 13465.3 中的规定。

### 5.6.4 断裂强力

执行 GB/T3923.1 中的规定。

### 5.6.5 碘吸附值

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.7 中的规定，生物质活性炭执行 GB/T 12496.8 中的规定，活性碳纤维执行 DB32/T 2770 中的规定。

### 5.6.6 四氯化碳吸附率

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.13 中的规定，生物质活性炭执行 GB/T 12496.5 中的规定，活性碳纤维参考执行 GB/T 12496.5 中规定执行。

### 5.6.7 苯吸附率

根据制备材料的不同，煤质及生物质活性炭执行 LY/T 3155 中的规定，活性碳纤维执行 DB32/T 2770 中的规定。

### 5.6.8 着火点

执行 GB/T 20450 中的规定。

### 5.6.9 灰分

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行 GB/T 7702.15 中的规定，生物质活性炭执行 GB/T 12496.3 中的规定，活性碳纤维执行 DB32/T 2770 中的规定。

### 5.6.10 比表面积

颗粒活性炭和蜂窝活性炭执行 GB/T 7702.20 中的规定，活性碳纤维执行 HG/T 3922 中的规定。

### 5.6.11 装填密度

执行 GB/T 7702.4 中的规定。

### 5.6.12 丁烷工作容量

执行 GB/T 20449 中的规定。

## 5.7 检验规则

### 5.7.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。参考现行标准 GB/T 7701.1—2008、DB32/T 2770-2015 中出厂检验分类。

### 5.7.2 出厂检验项目的确定依据

产品出厂检验应逐批进行检验，检验合格并附有质量合格证明后方可出厂。合格证明上应注明产品名称、型号、批次、生产日期、执行标准编号、档次。出厂检验的必检项目为外观、密度、水分含量、碘吸附值、四氯化碳吸附率、着火点。活性炭纤维还需检查断裂强力；颗粒活性炭还需检验耐磨强度，蜂窝活性炭还需检查抗压强度。

在现行标准 GB/T 7701.1—2008、DB32/T 2770-2015 中已有的出厂检验项目的基础上，结合本次针对多家江苏省内活性炭生产企业的调研情况进行确定，根据相关产品特性、生产厂家的操作可行性等因素，统筹制定了颗粒炭、蜂窝炭及活性炭纤维的出厂检验项目。

### 5.7.3 型式检验的确定依据

型式检验项目参考现行标准 GB/T 7701.1—2008，为第 4 章所规定的全部技术要求。开展形式检验的情况，沿用现行标准 GB/T 7701.1—2008 中所规定的 7 种情况。

### 5.7.4 组批与取样的确定依据

出厂检验组批在本次调研的实际情况，参考现行标准 GB/T 7701.1—2008 中 4.2.2 及 4.2.3 的相关规定。

样品采集由于涉及多种类型活性炭，其中颗粒活性炭与活性炭纤维分别沿用现行标准 GB/T 7701.1—2008、DB32/T 2770-2015 中的相关规定。颗粒活性炭的中抽样方案及样品要求可满足蜂窝活性炭的取样，因此沿用。但由于蜂窝活性炭与颗粒活性炭形式差异，其抽样方法无法使用现有颗粒活性炭的相关规定，根据本次调研的相关生产厂家的实际情况，为确保蜂窝活性炭出厂检验的可靠度，规定抽样方法为在每件检验样品中随机选取不少于 5 块蜂窝活性炭。

判断规则同样统筹考虑不同活性炭类型，颗粒活性炭及蜂窝活性炭执行 GB/T7701.1-2008 中 4.2.4 条的规定，活性炭纤维执行 DB32/T 2770-2015 中 8.4

的规定。

## 5.8 包装、标志、运输与贮存

活性炭包装、标志、运输与贮存的方法均参考 GB/T 7701.1—2008、DB32/T 2770-2015 中的相关规定，结合本次调研情况进行编制。

## 6 标准实行的成本效益分析

### 6.1 环境效益分析

本标准实施能有效推动工业企业挥发性有机物治理设施高品质活性炭的使用，提高 VOCs 处理设施的处理效率，提高活性炭的再生利用率，减少活性炭的固体废物产生量。活性炭价格昂贵且大多数废活性炭属于危险废物，每次更换新炭不仅会提升企业的运行成本，还会造成资源的浪费，对环境造成二次污染。根据国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（修正）中鼓励类中“三十八、环境保护与资源节约综合利用”、“20、城镇垃圾及其他固体废弃物减量化、资源化、无害化处理和综合利用工程”，活性炭再生属于鼓励类项目，符合国家产业政策。因此，大力推动发展循环经济，推进活性炭再生利用，既有利于节约活性炭资源，又可以减少二次污染。

本标准实施后，与《省生态环境厅关于将排污单位活性炭使用更换纳入排污许可管理的通知》（苏环办〔2021〕218 号）相衔接，规范废气治理设施活性炭更换情况、废活性炭处置情况等，并为周边企业提供更加高效和低成本活性炭使用方案，切实缓解企业治污压力，减少管理部门的管理压力和风险，降低危险废物污染环境的风险。

现以优质活性炭和劣质活性炭的四氯化碳吸附挥发性有机物为例，假设某企业采用四氯化碳吸附率分别为 45%（碘值 800mg/g）和 25%（碘值 600mg/g）活性炭，在同样体积的炭箱、风量、气体浓度、更换频次等情况下，对四氯化碳吸附率增加 20%。根据调研全省 200 家活性炭使用单位数据，使用活性炭碘值 600mg/g（四氯化碳吸附率约 25%）以下的占比 22%，约 200 吨。若全部使用活性炭碘值 800mg/g（四氯化碳吸附率约 45%）可减少排放四氯化碳 40 吨，同时可最多减少废活性炭 200 吨。

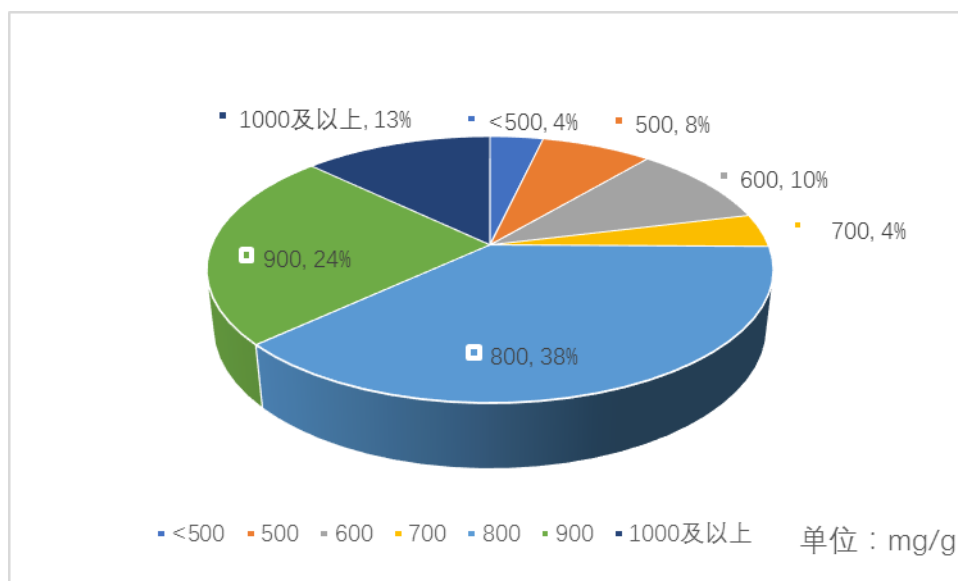


图 6.1-1 调研企业活性炭使用情况统计

## 6.2 经济效益分析

本标准实施后，严格按标准规范使用活性炭后，可有效提高有机废气的处理效率，显著降低企业的治污成本。

现以煤质柱状碳为吸附剂的挥发性有机物治理设施为例，假设某企业的活性炭现有吸附箱体积是 10 立方，每年更换活性炭次数 4 次。以第一年成本为例，通过三种模式对活性炭运行费用进行对比分析，详细数据见表 6.2-1。

表 6.2-1 三种模式下的活性炭运行成分分析

| 费用                        | 模式 1:现有企业运行模式 <sup>[1]</sup> | 模式 2:满足国家活性炭使用要求企业自行采购运行模式 <sup>[2]</sup> | 模式 3: 统一供应、处置活性炭循环利用模式 <sup>[3]</sup>  |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| 购置活性炭品质                   | 普通活性炭(500mg/g)               | 优质活性炭, 碘值 800mg/g                         | 新碳碘值 1000mg/g<br>再生碳碘值 800mg/g         |
| 活性炭堆重 吨/立方                | 约 0.65                       | 约 0.5                                     | 约 0.5                                  |
| 10 立方活性炭重量 (吨)            | 6.5                          | 5                                         | 5                                      |
| 10 立方废活性炭重量 吨 (按增重 20%测算) | 7.8                          | 6                                         | 6                                      |
| 第一次购买费用 含税                | $6.5 \times 6000 = 39000$    | $5.0 \times 11000 = 55000$                | $5.0 \times 13000 = 65000$ (1000 碘值新炭) |
| 第一次处置费用                   | $7.8 \times 3500 = 27300$    | 0                                         | 0                                      |
| 第二次购买费用                   | 39000                        | 55000                                     | 65000 (1000 碘值新炭)                      |
| 第二次处置费用                   | 27300                        | 0                                         | 0                                      |
| 第三次购买费用                   | 39000                        | 55000                                     | $5.0 \times 7475 = 37375$ (800 碘值再生炭)  |
| 第三次处置费用                   | 27300                        | 0                                         | 0                                      |

| 费用      | 模式 1:现有企业运行模式 <sup>[1]</sup> | 模式 2:满足国家活性炭使用要求企业自行采购运行模式 <sup>[2]</sup> | 模式 3: 统一供应、处置活性炭循环利用模式 <sup>[3]</sup> |
|---------|------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| 第四次购买费用 | 39000                        | 55000                                     | 37375（800 碘值再生炭）                      |
| 第四次处置费用 | 27300                        | 0                                         | 0                                     |
| 运行费用总计  | 265,200                      | 220,000                                   | 204,750                               |
| 与模式一节约% | -                            | -17.04%                                   | -22.79%                               |
| 与模式二节约% | -                            | -                                         | -6.93%                                |

[1]企业自购活性炭，目前企业大多采用的是碘值在 500mg/g 以下的活性炭、自行委托有资质单位处置废活性炭；

[2]企业采购碘值 800mg/g 的活性炭，自行委托有资质单位处置废活性炭；

[3]统一提供碘值在 800mg/g~1000mg/g 的活性炭或再生炭，统一活性炭收集处置，第一年需企业采购一半量的高碘值 1000mg/g 的活性炭，后续运行均统一工艺符合国家要求碘值在 800mg/g 再生炭，活性炭再生及处置过程中的处置费用以及活性炭损耗的费用均由统一供应活性炭的单位承担。

根据以上估算，采用活性炭循环利用模式（模式 3），比模式 1（现有企业运行模式）运行费用节约 20%左右（并且处理效果更好，排放超标的风险更低），比模式 2（符合国家要求的活性炭运行模式）节省 7%的运行费用，目前在企业治污成本不增加的前提下，可提高有机废气的处理效率。

对吸附剂不 t 进行再生的吸附器，吸附剂的连续工作时间按下式计算：

$$t = \frac{s \times w \times E 10^6}{\eta \times L \times y_1}$$

式中：W——吸附层内吸附剂的质量，kg；S——平衡保持量，见表。 $\eta$ =吸附效率，通常取 $\eta = 1.0$ ；L=通风量，m<sup>3</sup>/h；y<sub>1</sub>=z 吸附器进口处有害气体浓度，mg/m<sup>3</sup>；E=动活性与静活性之比，近似取 E=0.8~0.9。

活性炭对某些气体的平衡保持量 S

| 污染气体    | 分子式                                           | 分子量   | 20℃、101.3kpa 时的 S 值 (%) |
|---------|-----------------------------------------------|-------|-------------------------|
| 乙醛      | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O               | 44.1  | 7                       |
| 丙烯酸     | C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O               | 56    | 15                      |
| 醋酸戊脂    | C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 130.2 | 34                      |
| 丁酸（香蕉水） | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>  | 88.1  | 35                      |
| 四氯化碳    | CCl <sub>4</sub>                              | 153.8 | 45                      |
| 乙基醋酸    | C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>  | 88.1  | 19                      |
| 乙硫醇     | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S               | 35    | 28                      |
| 桉树脑     | C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O             | 154.2 | 20                      |

|      |              |       |     |
|------|--------------|-------|-----|
| 三氯乙烯 | $C_2H_3Cl_3$ | 60.5  | 5   |
| 己烷   | $C_6H_{14}$  | 86    | 16  |
| 甲苯   | $C_7H_8$     | 92    | 29  |
| 二氧化硫 | $SO_2$       | 64    | 10  |
| 氨    | $NH_3$       | 17    | 1.3 |
| 氯    | $Cl_2$       | 71    | 2.2 |
| 硫化氢  | $H_2S$       | 34    | 1.4 |
| 苯    | $C_6H_6$     | 78.11 | 23  |

从能源消耗来看，活性碳碘值 800mg/g 以上的煤质活性碳耗煤量约为碘值 600mg/g 的 1.8 倍。碘值 800mg/g 以上的活性碳再生消耗天然气 500m<sup>3</sup>/t，消耗电能约为 700 度/t，折合再生碳处置费用约为 4700 元/t。假设某企业采用碘值 800mg/g 活性炭，可节约经济成本约 5000-7000 元/t。

## 7 实施推广建议

（1）制定政策鼓励企业源头替代，采用先进生产工艺过程管理和清洁生产技术，从源头减少污染物产生，以减轻后端污染物控制与治理压力，节约社会成本。

（2）本标准规定了许多污染控制技术管理要求，单靠环保部门难以全面检测，可引入第三方环境服务机构为企业提供末端治理设施运行维护与排放监测服务，环保部门抽查为辅，加强对第三方服务机构的监督管理，确保排放监测过程与数据真实有效。

（3）为挥发性有机物治理提供技术支撑，应配套挥发性有机物防治治理技术规范等技术指导文件，指导企业的生产管理、废气收集和污染物治理工作。

（4）制定相应的技术经济政策，尤其是针对中小企业的废气治理问题，鼓励企业和科研单位开发更高效、经济的污染物处理技术和装备。