

江苏省大气污染物综合排放标准

(征求意见稿)

编制说明

江苏省环境科学研究院
江苏省环科院环境科技有限责任公司

二〇二〇年八月

目 录

1. 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	1
2. 行业概况	3
3. 标准编制必要性	5
3.1 打好打赢蓝天保卫战及改善大气环境质量的需 要	5
3.2 与国家标准相衔接及向国内先进省份看齐的需 要	5
3.3 对我省面广量大的企业依法实施大气环境管理 的需求	5
4. 行业产排污环节及污染防治情况分析	7
4.1 产排污环节及排污情况	7
4.2 污染控制技术调查	11
4.3 治理效果评估	20
5. 标准内容研究	24
5.1 适用范围的确定	24
5.2 执行日期	28
5.3 控制项目的选择	29
5.4 标准限值与排放速率确定	32
5.5 污染控制要求	57
5.6 监测要求	59
5.7 达标判定	62
5.8 实施与监督	62
6. 主要国家、地区及国际组织相关标准研究	63
6.1 国家标准	63
6.2 主要国家、地区及国际组织情况	64
7. 技术经济可达性分析	65
7.1 环境效益分析	65
7.2 技术可达性分析	68
7.3 经济可行性分析	73
8. 标准实施建议	77

1. 项目背景

1.1 任务来源

国家大气污染物综合排放标准（GB 16297-1996）发布于 1996 年，于 1997 年开始实施，标准较为老旧，标准限值均较松。迄今为止，国家已经发布了接近 50 项大气污染物相关的行业排放标准。随着国家行业标准以及地方综合与行业标准的不断更新，部分行业的排放限值已明显严于大气综合排放标准的污染物限值。但是面对目前严峻的环境形势与紧迫的环境压力，现有标准部分限值过于宽松，不适用于当前发展形势，有待加严。因此，迫切需要修订我省大气污染物综合排放标准，明确规定污染源生产工艺全过程的各种污染排放限值和 control 要求。故由江苏省生态环境厅下达标准制定研究课题，由江苏省环境科学研究院承担标准制定前期研究和制定工作。

1.2 工作过程

课题下达后，江苏省环境科学研究院成立了标准编制组，制定了标准编制实施方案并通过了专家论证。在此基础上，编制组结合我省大气污染源清单、第二次污染源普查数据等，结合我省近期大气污染物排放标准体系制定计划，对综合排放标准覆盖的行业进行了筛选确定，同时选择典型企业调研污染排放现状、防治技术和实际的防治水平，对国内外，特别是周边省份污染物排放标准和控制经验进行深入研究，组织专家对《江苏省大气污染物综合排放标准》框架及标准内容进行研讨，在此基础上形成标准草案及编制说明。

具体工作过程包括：

（1）实施方案编制。制定标准编制实施方案，确定了技术路线和主要工作任务。专家建议结合我省实际情况，突出重点，本次仅对 $PM_{2.5}$ 和臭氧贡献显著的污染物加严相关排放标准限值。

（2）资料调研——包括对国内外，尤其是近期发布的、周边省市的排放标准、污染防治技术、相关行业政策要求和环保要求等内容的资料调研。

（3）选取典型企业开展现场调研——照覆盖苏南、苏中和苏北地区、代表标准覆盖主要行业类型、代表主流生产工艺和治理水平等原则，取典型企业，针对企业生产工艺流程、原辅材料类型、产污环节、污染防治技术、排放水平、管理状况等情况开展现场调研。

（4）开展典型企业排放监测——为了解综合排放标准覆盖行业典型企业污染物排放现状，选择有代表性企业开展现场监测工作，监测项目涵盖了有组织排放和无组织

排放，包括颗粒物、SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物、重金属、非甲烷总烃、VOC 组分等。

(5) 实际排放情况摸排分析——基于2019年全省监督性监测结果，分析综合排放标准覆盖行业典型企业主要污染物排放实际情况。监测项目包括颗粒物、SO₂、NO_x、氯化氢、氟化物、铬酸雾、硫酸雾、重金属、氰化氢、非甲烷总烃、苯、甲苯、二甲苯等。

(6) 形成《标准》(草案)——编制组对调研资料进行了综合分析，并组织召开了多次研讨会，对《标准》框架及标准内容进行讨论，在此基础上形成了标准草案及其编制说明。

2. 行业概况

根据江苏省统计年鉴，江苏省工业企业数量的分布如表 1 所示。“十三五”以来，全省制造业企业数量占比稳定在 98.5%以上。2018 年，纺织业、通用设备制造业、电气机械和器材制造业、金属制品业、化学原料和化学制品制造业、专用设备制造业、非金属矿物制品业、计算机、通信和其他电子设备制造业等行业企业数量占比均在 5%-10%之间，橡胶和塑料制品业、纺织服装、服饰业、汽车制造业、农副食品加工业企业数量占比均在 3%-5%之间。

表 1 “十三五”以来江苏省规模以上工业企业数量占比

行业类型	2018 年	2017 年	2016 年	2015 年
煤炭开采和洗选业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
石油和天然气开采业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
黑色金属矿采选业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
有色金属矿采选业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
非金属矿采选业	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%
开采专业及辅助性活动	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
其他采矿业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
农副食品加工业	3.2%	3.2%	3.5%	3.4%
食品制造业	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
酒、饮料和精制茶制造业	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
烟草制品业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
纺织业	9.2%	9.2%	9.3%	9.6%
纺织服装、服饰业	4.6%	4.6%	5.0%	5.1%
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	1.2%	1.2%	1.3%	1.3%
木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	2.3%	2.3%	2.7%	2.7%
家具制造业	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%
造纸和纸制品业	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%
印刷和记录媒介复制业	1.3%	1.3%	1.4%	1.3%
文教、工美、体育和娱乐用品制造业	2.7%	2.7%	2.8%	2.7%
石油、煤炭及其他燃料加工业	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
化学原料和化学制品制造业	7.2%	7.2%	7.6%	7.7%
医药制造业	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
化学纤维制造业	1.5%	1.5%	1.5%	1.6%
橡胶和塑料制品业	4.7%	4.7%	4.4%	4.3%
非金属矿物制品业	5.7%	5.7%	5.8%	5.8%
黑色金属冶炼和压延加工业	1.7%	2.6%	2.6%	2.8%
有色金属冶炼和压延加工业	2.1%	2.2%	2.2%	2.2%
金属制品业	7.6%	6.5%	6.4%	6.5%
通用设备制造业	9.0%	8.9%	8.6%	8.7%
专用设备制造业	6.7%	6.8%	6.4%	6.4%
汽车制造业	4.2%	4.2%	3.6%	3.4%
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	1.8%	1.8%	1.8%	1.9%
电气机械和器材制造业	8.9%	8.9%	8.6%	8.4%

行业类型	2018年	2017年	2016年	2015年
计算机、通信和其他电子设备制造业	5.6%	5.5%	5.6%	5.4%
仪器仪表制造业	1.9%	2.0%	1.9%	1.8%
其他制造业	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
废弃资源综合利用业	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
金属制品、机械和设备修理业	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
电力、热力生产和供应业	0.8%	0.8%	0.7%	0.6%
燃气生产和供应	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
水的生产和供应业	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%

我省装备制造业主要集中在苏州、无锡、南京、南通、常州、扬州、泰州等沿江地区，其中，苏州装备制造业产值远远高于其他各市，占江苏省全部装备制造业产值的26.3%，南京和无锡也占到了10%以上。苏北五市装备制造业整体偏弱，仅占江苏省装备制造业产值的15%。在高端装备制造业方面，江苏已形成以徐工集团为龙头的工程机械产业链，以南车浦镇车辆、戚墅堰机车为龙头的轨道交通装备产业链，以天乾科技等为龙头的智能制造装备产业链等；已形成以南京、无锡、苏州、镇江为中心的航空装备产业集聚区，以南京、常州为中心的轨道交通装备产业集聚区，以南京、常州、苏州、扬州为中心的智能制造装备产业集聚区，以徐州、常州、无锡、南京、扬州、苏州等为中心的专用设备产业集聚区。

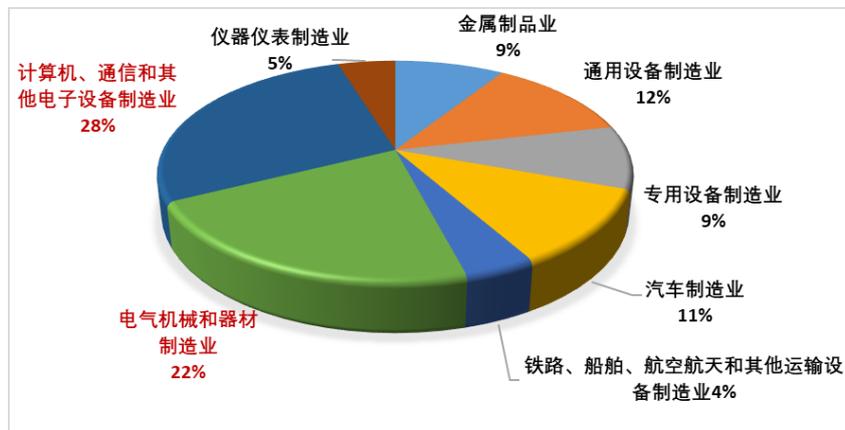


图1 2015年江苏省装备制造业细分行业结构

3. 标准编制必要性

3.1 打好打赢蓝天保卫战及改善大气环境质量的需要

我省空气质量改善面临较大压力和挑战。截止 2019 年，浙江省和上海市 $PM_{2.5}$ 浓度均已达标，而我省 $PM_{2.5}$ 浓度仅为 $43\mu g/m^3$ 。此外，2018 年江苏、浙江、安徽、上海臭氧日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度，江苏省臭氧浓度绝对值和上升幅度都为区域内最高。

制定实施我省大气污染物综合排放标准对降低大气污染物排放量、倒逼产业结构转型升级、应对 $PM_{2.5}$ 和臭氧污染、推动空气质量改善、保障公众健康和环境安全、推进我省生态文明建设具有重要意义，是保障我省打好打赢蓝天保卫战的重要举措。

3.2 与国家标准相衔接及向国内先进省份看齐的需要

国家大气污染物综合排放标准（GB 16297-1996）发布于 1996 年，于 1997 年开始实施，标准较老，标准限值均较松。迄今为止，国家已经发布了接近 50 项大气污染物相关的行业排放标准。随着国家行业标准以及地方综合与行业标准的不断更新，部分行业的排放限值已明显严于大气综合排放标准的污染物限值。

国内多个省市已制定地方综合排放标准，国内先进省份地方排放标准限值已非常严格。北京市出台了 1 项综合排放标准和 19 项行业标准。上海 1 项大气污染物综合排放标准和 15 项行业标准，基本实现了全覆盖。山东省于 2018~2019 年陆续发布了区域性大气污染物综合排放标准，建材、火电、钢铁、锅炉、工业炉窑等 5 项行业排放标准，以及汽车制造、家具制造、印刷业、表面涂装、有机化工、铝型材、有机化工污水处理厂（站）等 8 项 VOCs 地方排放标准，形成了“1+5+8”大气污染物排放标准体系。

国内先进省份地方排放标准限值远低于我省，以山东省为例，该省水泥、玻璃、陶瓷和砖瓦等建材行业排放限值比我省目前执行的相关行业排放标准低 50%~88%；10 万千瓦及以上机组（410t/h 及以上锅炉）颗粒物限值低至 5 毫克/立方米，比我省目前执行的超低排放标准还严 50%；重点行业之外的其他行业颗粒物、二氧化硫和氮氧化物排放浓度限值加严至不高于 10、50 和 100 毫克/立方米，远低于国家大气综合排放标准限值。

3.3 对我省面广量大的企业依法实施大气环境管理的需求

据初步统计，国家和江苏省发布的现行行业标准仅能覆盖我省约 59.4% 的企业，除已有行业标准的企业外，约 40.6% 的企业需要执行大气污染物综合排放标准。

为满足新时期大气环境管理需求，我省也出台了《关于开展全省非电行业氮氧化物深度减排的通知(苏环办〔2017〕128号)》《关于印发江苏省工业炉窑大气污染综合治理方案的通知(苏大气办〔2019〕6号)》等文件，对个别行业的排放限值进行加严。部分地市还要求企业部分城市参照执行天津市工业企业挥发性有机物排放控制标准、北京《印刷业挥发性有机物排放标准》等其他地方的排放标准。但上述政策文件仍然不能作为执法的法律依据。地方排放标准的制定可将排放限值、管理要求从法律层面上予以确立，对加大环境保护依法治理力度、推动治理能力现代化的实现具有重要意义。

4. 行业产排污环节及污染防治情况分析

4.1 产排污环节及排污情况

针对 2020 年底以前，我省综合排放标准拟覆盖行业范围，分析各行业主要产污环节及相应的大气污染物类型，如表 2 所示。

表 2 标准覆盖行业主要产污环节及相应的大气污染物类型

行业代码	行业类型	主要产污环节	主要大气污染物（监测项目）
6	煤炭开采和洗选业	矿山、选矿	二氧化硫、NO _x 、颗粒物、CO、硫化氢等
13	农副食品加工业	食品油加工、饲料加工	VOCs、恶臭、颗粒物
14	食品制造业	食品发酵、烘烤、废物消化	VOCs、恶臭、酸性气体
15	酒、饮料和精制茶制造业	包装印刷	VOCs、恶臭、酸性气体
16	烟草制品业	烟叶烤制、包装印刷等	VOCs、恶臭、颗粒物
18	纺织服装、服饰业	胶粘剂使用	VOCs、恶臭、颗粒物
19	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	皮革上光、眩皮、上胶、溶剂清洗等	VOCs、恶臭、氯化氢、颗粒物等
20	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	人造板制造	VOCs、甲醛、萜烯类、酯类等）、恶臭、颗粒物
21	家具制造业	家具表面喷涂	VOCs（苯系物、乙酸乙酯等酯类、酮类等）、恶臭、颗粒物
22	造纸和纸制品业	纸张涂层、纸张干燥	VOCs（苯系物、甲醛、酯类、卤代烃等）、酸性气体、恶臭、颗粒物
23	印刷和记录媒介复制业	喷漆、洗版、烘干、油墨稀释	VOCs（苯系物、醇类、酯类）、恶臭、颗粒物
24	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	墨水使用	VOCs（乙酸乙酯、丁酮、醇类等）、恶臭
25	石油、煤炭及其他燃料加工业	原料和产品的存储输送过程泄露、污水处理过程挥发、罐体检修或发生事故	VOCs、恶臭、氯化氢、氟化氢、溴化物以及金属化合物
26	化学原料和化学制品制造业	农药、染料等的制造、储罐呼吸气、管线泄漏、污水处理、罐体检修或发生事故	VOCs（苯系物、硝基苯类、卤代烃类、酮类、酯类、羧酸类等）、恶臭、氯化氢、氟化氢以及金属化合物、颗粒物
30	非金属矿物制品业	窑炉尾气	VOCs、恶臭、氟化物、颗粒物
32	有色金属冶炼和压延加工业	有色金属铸造	VOCs、恶臭、颗粒物
33	金属制品业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
34	通用设备制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
35	专用设备制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
36	汽车制造业	表面喷涂	VOCs、恶臭、颗粒物

行业代码	行业类型	主要产污环节	主要大气污染物（监测项目）
37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
38	电气机械和器材制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
39	计算机、通信和其他电子设备制造业	电路板制造、表面喷涂	VOCs、恶臭、氟化物、颗粒物
40	仪器仪表制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、醇类等）、恶臭、颗粒物
41	其他制造业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物
42	废弃资源综合利用业	堆肥尾气	VOCs、恶臭、颗粒物
43	金属制品、机械和设备修理业	表面喷涂	VOCs（苯系物、酮类、酯类、三氯乙烯等）、恶臭、颗粒物

根据第二次污染源普查数据，对本次拟执行综排标准的行业 2017 年污染物排放情况进行统计，如表 3 所示。排放量分析的过程中，根据行业分类统计了本编制覆盖的 27 个重点行业类别（行业覆盖范围的确定详见章节 5.1），且不含锅炉和炉窑部分的排放量。

表 3 本标准涉及行业的污染物排放量分布

序号	行业	污染物占行业排放量占比								
		SO ₂	NO _x	颗粒物	VOCs	砷	铅	镉	铬	汞
1	非金属矿采选业	0.0%	0.3%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	其他采矿业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	农副食品加工业	0.1%	0.6%	0.9%	3.8%	1.9%	0.8%	0.0%	0.0%	10.1%
4	食品制造业	4.0%	2.3%	0.4%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5	酒、饮料和精制茶制造业	0.0%	0.1%	0.4%	0.8%	1.0%	0.4%	0.0%	0.0%	5.2%
6	烟草制品业	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7	纺织服装、服饰业	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	0.0%	0.1%	2.4%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9	家具制造业（除 VOCs 以外）	0.0%	0.7%	6.0%	/	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10	造纸和纸制品业	0.1%	0.7%	0.1%	12.4%	4.3%	1.0%	0.0%	0.0%	13.2%
11	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	0.0%	0.2%	7.9%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%
12	石油、煤炭及其他燃料加工业中的煤炭加工、核燃料加工、生物质燃料加工	2.5%	2.2%	0.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13	化学原料和化学制品制造业中的除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品	33.3%	6.1%	2.9%	1.1%	39.9%	16.4%	1.0%	3.4%	0.0%
14	化学纤维制造业中的纤维素纤维原料及纤维制、生物基材料制造	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

序号	行业	污染物占行业排放量占比								
		SO ₂	NO _x	颗粒物	VOCs	砷	铅	镉	铬	汞
15	非金属矿物制品业中的石灰石和石膏制造、石膏制品、耐火材料、石墨及碳素制品	28.1%	14.4%	10.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.6%
16	有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工	2.0%	1.7%	3.6%	0.5%	50.4%	9.4%	99.0%	0.6%	58.6%
17	金属制品业	8.1%	26.6%	26.8%	21.2%	0.1%	57.7%	0.0%	93.6%	0.9%
18	通用设备制造业	9.6%	7.9%	16.3%	13.2%	0.0%	5.1%	0.0%	0.2%	0.0%
19	专用设备制造业	5.1%	1.7%	6.8%	4.1%	2.4%	0.5%	0.0%	0.0%	7.3%
20	汽车制造业中的汽车用发动机制造、改装汽车制造、低速汽车制造、电车制造、汽车车身、挂车制造，以及汽车整车制汽车零部件（此2行业除VOCs以外）	0.6%	3.1%	4.1%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%
21	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	1.1%	1.1%	3.1%	8.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
22	电气机械和器材制造业中的电机制造、输配电及控制设备制造、电线、电缆、光缆及电工器材制造、家用电力器具制造、非电力家用器具制造、照明器具制造、其他电气机械及器材制造	1.4%	28.4%	3.0%	7.7%	0.0%	8.1%	0.0%	0.0%	0.0%
23	计算机、通信和其他电子设备制造业中除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺	1.5%	0.9%	1.2%	14.6%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
24	仪器仪表制造业	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	其他制造业中除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺	0.0%	0.1%	0.2%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
26	废弃资源综合利用业	2.0%	0.7%	0.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
27	金属制品、机械和设备修理业	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%

根据对各污染物主要行业进行分析汇总，分析二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物、氨、砷、铅、镉、铬、汞等主要污染物的主要排放行业，如表4所示。

表4 各污染物主要排放行业

污染物	排放主要行业	占行业排放占比	总占比
SO ₂	化学原料和化学制品制造业中的除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品、	33.3%	79.1%
	非金属矿物制品业中的石灰石和石膏制造、石膏制品、耐火材料、石墨及碳素制品	28.1%	
	金属制品业	8.1%	
	通用设备制造业	9.6%	
NO _x	非金属矿物制品业中的石灰石和石膏制造、石膏制品、耐火材料、石墨及碳素制品	14.4%	77.3%
	金属制品业	26.6%	

	电气机械和器材制造业中的电机制造、输配电及控制设备制造、电线、电缆、光缆及电工器材制造、家用电力器具制造、非电力家用器具制造、照明器具制造、其他电气机械及器材制造	28.4%	
	通用设备制造业	7.9%	
颗粒物	非金属矿物制品业中的石灰石和石膏制造、石膏制品、耐火材料、石墨及碳素制品	10.6%	53.7%
	金属制品业	26.8%	
	通用设备制造业	16.3%	
VOCs	金属制品业	21.2%	61.4%
	通用设备制造业	13.2%	
	计算机、通信和其他电子设备制造业中除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺	14.6%	
	造纸和纸制品业	12.4%	
砷	化学原料和化学制品制造业中的除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品	39.9%	90.3%
	有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工	50.4%	
铅	化学原料和化学制品制造业中的除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品	16.4%	83.5%
	有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工	9.4%	
	金属制品业	57.7%	
镉	有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工	99.0%	99.0%
铬	金属制品业	93.6%	93.6%
汞	造纸和纸制品业	13.2%	71.8%
	有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工	58.6%	

4.2 污染控制技术调查

4.2.1 颗粒物污染控制技术

(1) 机械力除尘

机械力除尘是借助质量力的作用达到除尘目的的方法，相应的除尘装置称为机械式除尘器，质量力包括重力、惯性力和离心力，主要除尘器形式为重力沉降室、惯性除尘器和旋风除尘器等。

(2) 湿式除尘

也称为洗涤除尘。该方法是用液体洗涤含尘气流，使尘粒与液膜、液滴或气泡碰撞而被吸附，凝聚变大，尘粒随液体排出，气体得到净化。由于洗涤液对多种气态污染物具有吸收作用，因此它能净化气体中的固体颗粒物，又能同时脱除气体中的气态有害物质，某些洗涤器也可以单独充当吸收器使用。湿式除尘器结构简单、造价低、除尘效率高，在处理高温、易燃、易爆气体时安全性好。不足是用水量大，易产生腐蚀性液体，产生的废液或泥浆进行处理，并可能造成二次污染。

(3) 过滤除尘

过滤除尘是需要有过滤器具，使空气通过此过滤装置来达到净化的作用。主要有袋式除尘及颗粒层过滤除尘两种方式。

①袋滤除尘

利用棉、毛或人造纤维等加工的滤布捕集颗粒污染物的方法，主要通过筛分、惯性碰撞、扩散、静电、重力沉降等作用机制，依靠滤料表面来捕集颗粒污染物，属于外部过滤。

②颗粒层过滤除尘

通过将松散多孔的滤料填充在框架内作为过滤层，颗粒物在滤层内部被捕集的一种除尘方法，属内部过滤方式。除尘过程中大颗粒污染物主要借助惯性力，小于 0.5 微米的颗粒物主要靠滤料及被过滤下来的颗粒表面的拦截和附着作用过滤下来，净化效率随颗粒层厚度增高而提高。

(4) 静电除尘

利用高压电场产生的静电力(库仑力)的作用从气流中分离悬浮粒子(尘粒或液滴)的一种方法。静电除尘主要通过粒子荷电、沉降和清除三个阶段实现颗粒污染物与气流的分离。电除尘器是一种高效除尘装置,对细微尘粒及雾状液滴捕集性能优异，除尘效率达 99%以上，对于 0.1 微米以下的尘粒，仍有较高的去除效率。

4.2.2 气态无机污染物控制技术

无机污染物的污染控制技术主要有吸收法、吸附法等。

(1) 吸收法

吸收是利用气体在液体中溶解度的不同来分离和净化气体混合物的一种操作过程。可分为物理吸收和化学吸收两大类：

物理吸收：吸收时所溶解的气体与吸收液不发生明显的化学反应，仅仅是被吸收的气体组分溶于液体的过程。

化学吸收：被吸收的气体组分与吸收液发生明显化学反应的吸收过程。如用碱液吸收烟气中的 SO_2 。有较高的选择性和吸收速率，它能较彻底地除去气相中很少量的有害气体。

吸收液的选择应从以下几个方面来考虑：对有害组分要有较大的溶解度；对混合气体中有害组分溶解度应尽可能大，而对其余组分则应尽可能小；挥发性低，以减少吸收液的损失；操作温度下粘度要低，以改善吸收塔内流动状况，提高吸收速率；无毒、难燃，化学稳定性好，不发泡、冰点低、价廉易得；对易溶于水的气体通常用水做吸收液；酸性气体可用碱性吸收液。

(2) 吸附法

吸附法净化气体污染物的设备与废水处理中的设备类似，也可分为固体床，移动床、流动床三类

①固定床吸附器：

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 $0.2\sim 0.55\text{m/s}$ ，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，还可能影响吸附层的气流分布，吸附效率也会下降。固定床的操作是间歇操作过程。对连续生产，常用双塔式装置。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；最常用的方法是通入水蒸汽将吸附质赶走。

②移动床吸附器

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。

③流化床吸附器

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 $3\sim 4$ 倍），装置较为复杂，吸附剂的损耗也较大。

(3) 冷凝法

冷凝法是采用降低系统温度或提高系统压力的方法使气态污染物冷凝并从废气中分离出来的过程。冷凝设备分为接触冷凝器和表面冷凝器两种。

①接触冷凝器：被冷凝的有机污染物和冷却水混在一起，不易分离，易造成二次污染。多用于不回收有机物的场合。它的优点是有益于传热，防腐问题易解决

②表面冷凝器：也称间接冷凝器，冷却壁面把废气和冷却介质隔开，因而被冷凝的液体很纯，可以直接回收利用，常用的表面冷凝器有列管冷凝器，翅管空冷冷凝器及螺旋板冷凝器。

(4) 催化转化

催化转化是使待处理气态污染物通过催化剂床层，在催化剂的作用下发生催化反应，使之转化为无害物质或易于处理和回收利用物质的方法。

催化转化工艺流程一般包括预处理、预热、反应、余热回收等几个步骤。预处理一是去除固体杂质或液体颗粒，防止它们覆盖在催化剂表面而使活性降低；二是去除所含的催化剂毒物。预热是体系加热至活性温度。反应是催化反应的主体，反应器多为固定床。

实际应用较多的是催化还原法去除 NO_x、催化氧化法脱除 SO₂ 等。

(5) 生物净化法

气态污染物的生物净化法主要有两种，即生物吸收法和生物过滤法。生物吸收法是把气态污染物用吸收剂吸收，使之从气相转移到液相，然后再对吸收液进行生物化学处理的办法。生物过滤法是利用附着在固体过滤材料表面的微生物的作用来处理污染物的方法。

4.2.3 VOCs 污染控制技术

大气环境的治理首先要源头控制，即实施低 VOCs 原料替代；其次为过程控制，即通过改进生产工艺，使得关键 VOCs 产生工序可密闭操作；最后需加强末端治理，采用成熟高效的 VOCs 处理装置，提高末端治理设施的去除效率。

1、源头控制措施

源头控制技术主要包括通过原辅料替代、生产工艺与装备改进等措施产生 VOCs 减排。源头控制措施主要在化工、涂装、印刷包装行业应用较多，本标准涉及行业不同技术的减排效果与优缺点具体如表 5。工艺装备改进措施随着各行业装备技术的不断进步，总体来说包括增加装备密闭性与减少泄露点等。

表 5 分工艺环节源头控制措施

工艺	治理措施
动静密封点	装备改进：法兰焊接，压缩机密封等减少密封点个数。
储罐	装备改进：根据物料的蒸气压和储存量合理选择罐型，尽量采用浮顶罐装置； 工艺改进：改进浮顶密封。
工艺废气	装备改进：优先采用无油立式泵、罗茨真空泵、液环泵等真空设备现有替代水真空泵，优先采用密闭式干燥设备或闪蒸干燥机、喷雾干燥机等先进干燥设备；采用一体式压滤机、高效板式密闭压滤机等设备替换现有抽滤槽、明流式板框压滤机；用全自动密闭离心机替换现有

工艺	治理措施
	敞口式离心机。 原料替代：使用低（无）VOCs 含量、低反应活性的原辅材料和产品。农药行业要替代轻芳烃等溶剂，使用水基化类制剂；制药行业使用低（无）VOCs 含量或低反应活性的溶剂；橡胶制品行业使用新型偶联剂、粘合剂等产品，使用石蜡油等全面替代普通芳烃油、煤焦油等助剂。 工艺改进：农药行业采用水相法合成、生物酶法拆分等技术；制药行业采用生物酶合成法等技术；橡胶制品行业采用串联法混炼、常压连续脱硫工艺。

2、过程管理措施

过程管理措施主要包括通过改进或规范生产操作方式，如泄露检测与修复、物料密闭转移运输、无组织废气收集等。具体如表 6 所示：

表 6 分环节 VOCs 过程管理技术

环节	控制措施
动静密封点	泄露检测与修复（LDAR）
储罐	固定顶罐安装排放气密闭处理装置或蒸气平衡系统；控制温差；设置呼吸挡板或氮封技术；制订合理的收发方案；增设回收系统。
装卸	改进装卸方式，禁止喷溅式装卸。
工艺废气	产生 VOCs 的生产操作应设置密封装置或设置密封区域，不能实现密闭的应采用负压排气并收集至尾气处理系统处理。 溶剂使用行业：改进有机溶剂供给装备和方式；改进操作方式；改进清洗作业；控制储存过程；改进喷枪流量、距离以及运行速度等。
物料转移	优先屏蔽泵、隔膜泵、磁力泵等物料泵替换现有水喷射/水环真空泵输送液态物料；确实需要采用真空抽吸等方式输送易燃及有毒、有害化工物料，应对真空尾气进行有效收集和处理；取消生产车间物料桶转料操作工艺，采用中间储槽+高位槽对物料进行周转。
废水	废水储运过程全密闭，必要时加装压力释放阀或呼吸阀调节压力波动；污水处理场尽可能采用密闭装置化处理技术；污水处理场使用的浮油罐、罐中罐和缓冲罐等各类贮罐可参考储罐 VOCs 排放控制技术。
固废	贮存设施应设置密闭区域，采用负压排气将贮存过程产生的无组织废气排入尾气净化系统。

3、VOCs 治理技术

VOCs 常见的末端处理工艺有三类，一类是破坏性方法，如燃烧法等主要用于处理无回收价值的气体；第二类是非破坏性的，即吸附法、催化氧化法、生物法、等离子分解法等；第三类是组合工艺，由于各种技术的投资成本、成熟程度、治理效果等因素，各类方法的特点如图 2 所示：

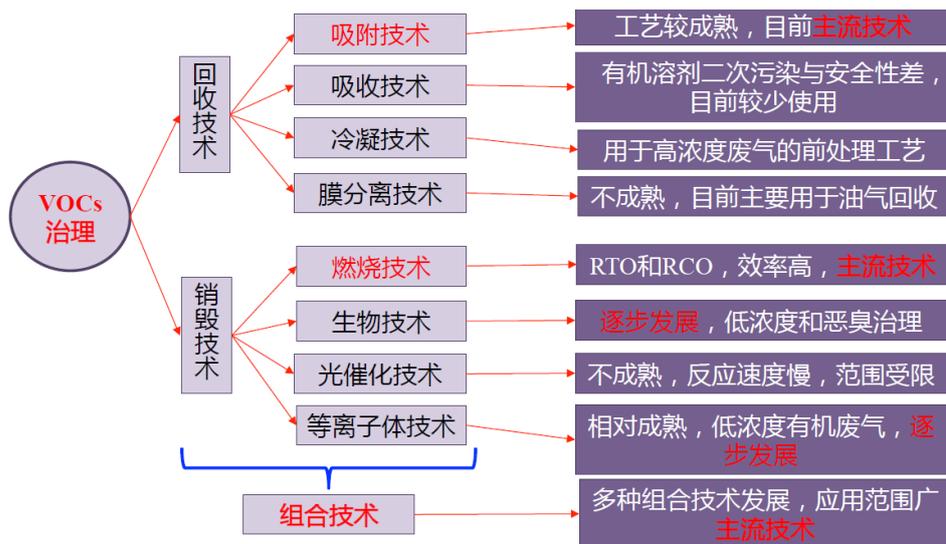


图 2 VOCs 常见的处理技术 (来源: 华南理工大学)

在很多情况下, 采用一种技术往往很难达到净化要求, 而且也不经济。如高浓度有机废气治理可以采用冷凝加吸附的组合工艺; 低浓度有机废气可以采用吸附浓缩加冷凝回收或焚烧的组合工艺等。近年来, 在有机废气治理中, 采用两种或多种净化技术的组合工艺受到了极大的重视并得到了迅速发展。

(1) 回收法

a) 吸附法

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的。

适用范围: 吸附法适用于几乎所有的气相污染物, 主要用于中低浓度、高通量的 VOCs 处理, 特别是成分比较单一、风量在 10000-150000m³/h, 有机物含量在 1000mg/m³-66250mg/m³ 的废气处理。吸附效果取决于吸附剂性质、气相污染物种类和吸附系统的操作温度、湿度、压力等因素。难以从活性炭中去除的物质如下。

表 7 用吸附法可去除的污染物质

丙烯酸	丙烯酸乙酯	谷胱醛	皮考琳
丙烯酸丁酯	2-乙基己醇	异佛尔酮	丙酸
丁酸	丙烯酸二乙基酯	甲基乙基吡啶	二异氰酸甲苯酯
丁二胺	丙烯酸异丁酯	甲基丙烯酸甲酯	三亚乙基四胺
二乙酸三胺	丙烯酸丁酯	苯酚	戊酸

优点: 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。

缺点: 设备庞大, 流程复杂, 投资后运行费用较高且有二次污染产生, 当废气中有胶粒物

质或其他杂质时，吸附剂易中毒。该方法不适用于高浓度、高温的有机废气，且吸附材料需定期更换。

b) 吸收法

吸收法是用低挥发或不挥发溶剂对气相污染物进行吸收，再用化学药剂将 VOCs 中和、氧化或其它化学反应破坏。含 VOCs 气体在吸收塔内的上升过程中，与吸收剂逆流接触而被吸收，净化后的气体从塔顶排出。含有 VOCs 的吸收剂通过热交换器，进入汽提塔，在高于吸收温度或低于压力的条件解吸，然后循环使用。解吸的 VOCs 气体经冷凝和气液分离后回收利用。

表 8 常用吸收剂

吸收剂	水	柴油、机油	氢氧化钾	盐酸、硫酸	次氯酸钠
吸收质	苯酚	苯环化合物	有机酸	胺类	甲醛、乙醛、甲醇

适用范围：吸收技术是一种成熟的化工单元操作过程，适用于大气量、中等浓度的高水溶性含 VOCs 废气处理。

优点：高效、设备简单、一次性投入费用低的优点，广泛应用于气态污染控制中。

缺点：有后续废水处理问题，吸收剂经常需要再生、循环使用，维护费用高、设备易受腐蚀，颗粒物浓度高会导致塔堵塞。

c) 冷凝法

冷凝技术的原理是通过将温度控制在 VOCs 的沸点以下，使之凝结为液态后加以回收的方法。

适用范围：多用于高浓度、单一组分有回收价值的 VOCs 的处理。冷凝法对高浓度和高沸点 VOCs 的回收效果好，主要应用于气体风量 10-16000 m³/h 有机物含量大于 5000mg/m³ 的废气的处理。处理成本较高，故通常 VOCs 浓度≥5000ppm，适用冷凝处理，其效率介于 50~85% 之间；浓度≥1% 以上时，则回收效率可达 90% 以上。冷凝法也经常搭配其它控制技术，例如：焚化、吸附、洗涤等作为前处理步骤。

优点：能使废气得到很高程度的净化。

缺点：由于需要低温和高压，所以对设备的要求比较高，运行成本大，但是通过和其他方法，如吸附技术、催化燃烧技术等联合使用，能明显增强处理效果、降低运行成本。

d) 膜分离技术

膜分离技术是用人工合成的膜分离 VOCs 物质的技术。研究试验表明，采用此方法对含有甲基酮、乙醇等的挥发性有机废气的去除效率较高。

适用范围：高浓度 VOCs，回收效率高于 97%。

优点：可回收组分；高效；可集成其余技术。

缺点：成本较高；会造成膜污染；膜的稳定性差；通量小。

(2) 销毁技术

a) 燃烧法

燃烧法是氧化有机物最为剧烈的方法，它可以用于净化可燃的或在高温下有害组分可以分解的气体污染物，适用于净化可燃组分浓度较高的废气，或组分燃烧时热值较高的废气。化工、喷漆、绝缘材料等行业所排出的有机废气广泛采用燃烧法净化。该方法不能回收到有用的物质，但由于燃烧时放出大量的热，使排气的温度很高，所以可以回收热量。目前，在实际中使用的燃烧净化方法有直接燃烧、热力燃烧和催化燃烧。

①直接燃烧

直接燃烧法是利用有机气相污染物易燃烧的性质把可燃的有机气相污染物当作燃料来燃烧的进行处理的一种方法，又称火焰燃烧法，适合处理高浓度有机气相污染物，燃烧温度控制1100℃以上，去除效率达95%以上。炼油厂和石油化工厂含烃废气可采用该法处理，在喷漆或烘漆作业中的溶剂，如苯、甲苯、二甲苯等，蒸气浓度较高时，可采用该方法处理。

②热力燃烧

热力燃烧法是在废气中VOCs浓度低时添加燃料以帮助其燃烧的方法，在热力燃烧中，被净化的废气不是作为燃料，而是作为提供氧气的辅燃气体；当废气中氧的含量较低时，需要加入空气来辅料。常见的热力燃烧装置由焚烧炉和脱臭炉。普通锅炉、生活用锅炉及一般加热炉，由于炉内条件可以满足热力燃烧的要求，可以用于热力燃烧，这样可以节省设备投资和辅助燃料。

适用范围：废气中所要净化的组分应当几乎全部可燃；要净化的废气流量不宜太大；

优点：热力燃烧所需的温度较直接燃烧低，大约为540-820℃。

缺点：燃烧不完全所形成的焦油将污染炉内传热面。

③催化燃烧

催化燃烧法是一种类似热氧化的方式来处理有机气相污染物的，利用铂、钯等贵金属催化剂及过渡金属氧化物催化剂来代替火焰，发生一系列的分解、聚合及自由基反应，通过氧化和热裂解、热分解，使苯、二甲苯等有机废气在低于着火点温度下焚烧完全，分解为CO₂与H₂O而消除污染。催化燃烧系统示意图如下。

适用范围：催化燃烧法可应用于高浓度和低浓度的有机废气的处理。废气流量宜在1000-100000m³/h，有机物含量宜在2000mg/m³-8000mg/m³，如喷涂、化工等行业中高浓度有机废气或不含催化剂中毒物质的废气的处理。由于绝大部分有机物具有可燃性，因此催化燃烧法已成为净化含碳氢化合物废气的有效手段之一。催化燃烧法适用于净化油漆、化工厂废气以及恶臭气体。

优点：应用广泛、设备简单、投资少、操作方便、净化彻底、无二次污染物。

缺点：催化剂容易中毒，因此对进气成分要求极为严格，不得含有重金属、尘粒等易引起催化剂中毒的物质，进入催化燃烧炉的气体首先要经过预处理，除去粉尘、液滴及有害成分；催化剂成本高；对低于起燃温度的气体必须进行预热；不能用于处理含有机氯和有机硫的；不能处理沸点高，相对分子质量大的有机物。

b) 生物降解技术

生物法是利用微生物的新陈代谢过程对多种有机物和某些无机物进行生物降解，将污染物转化为无害的水、二氧化碳及其它无机盐类，进而有效去除工业废气中的污染物质的方法。

适用范围：以微生物可分解物质为主，污染物为微生物的食物来源，可以生物处理的污染物包括：碳氢氧组成的各类有机物、简单有机硫化物、有机氮化物、硫化氢及氨气等无机类。适用于处理气体流量为 50-1000m³/h、浓度小于 10-200mg/m³ 的有机废气，可应用在化工、制药等行业中含可生物降解的有机废气的治理中。

生物技术与常规治理技术相比，具有设备简单，投资运行费用低，操作稳定、无二次污染、能耗少、运行费用低、氧化完全等优点，尤其是在处理低浓度、大气量、易生物降解的有机气相污染物时更显其经济性。

缺点：能量利用率；光催化剂失活；不可见光。

c) 等离子体技术

等离子体是含有大量离子、电子、分子、中性原子、激发态原子、光子和自由基组成的物质的第四种形态。等离子体场富集大量活性物种，如离子、电子、激发态的原子、分子及自由基等；等离子体技术利用活性物种将污染物分子离解小分子物质。

适用范围：低浓度 VOCs，室内空气净化。近年来兴起的低温等离子催化技术是将等离子技术与催化相协同的技术，在等离子气体中加入具有催化活性的金属或金属氧化物（Fe、Mn、TiO₂ 和 MnO₂ 等），取得了不错的效果，主要适用于如油漆漆雾等，风量在 1000-60000m³/h，有机物含量小于 500mg/m³ 的有机废气处理。Futamura 等对有害的大气污染物（HAP）在低温等离子体化学处理中金属氧化物的催化活性进行了研究，在没有 MnO₂ 催化剂时，苯的物质的量的转化率为 30%，而在用 MnO₂ 催化剂时，苯的转化率可高达 94%。

优点：实现 VOCs 低温去除；适用于低浓度、大风量的 VOCs；处理效率高，能耗低；净化并清新空气。

缺点：一次性投资较高；存在安全隐患。

d) 光催化技术

光催化技术就是在一定波长的光照射下，光催化剂（比如二氧化钛、二氧化锰等）使 H₂O₂ 生成 -OH，然后 -OH 将有机物氧化成 CO₂、H₂O 和其他无机物。在多相光催化反应所应用的半导体催化剂中，国外通常采用 TiO₂ 粉末作为光催化剂降解苯系物，各国学者围绕高活性纳米

TiO₂的制备、多相光催化机理及提高 TiO₂的光催化效率等方面作了大量的探索工作。

适用范围：适用于消除半封闭或封闭空间微量有害气体的除臭或杀菌。优点：条件温和，常温常压；设备简单、维护方便；减少甚至无二次污染。缺点：占地面积大；气候影响大；工况变化影响大。

(3) 组合技术

由于 VOCs 的种类繁多，组分复杂、物化性质各不相同，往往一种控制技术不可能完全处理所有 VOCs，如燃烧法和冷凝法仅对高浓度 VOCs 的去除在经济上是比较划算的；而吸附法和吸收法仅仅是对 VOCs 进行了转移，没有从根本上去除 VOCs，因此应根据污染物性质、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、吸收-冷凝、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，降低成本和减少二次污染。

a) 冷凝+吸附技术

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。

在该工艺中，通常使用活性炭纤维毡和颗粒活性炭作为吸附剂，主要用于较低浓度有机废气中的溶剂回收。当废气中的有机物浓度较高或者沸点较高时，可以先采用冷凝技术对有机物进行部分回收，然后对冷凝后的低浓度废气再采用吸附回收工艺进行净化。

b) 吸附浓缩-燃烧技术

吸附技术主要适用于低浓度 VOCs 的净化，而燃烧技术则适用于高浓度 VOCs 的净化。目前在工业上经常碰到的是低浓度、大风量的 VOCs 的排放，当不需要进行回收时，直接催化燃烧和高温焚烧需要消耗大量的能量，设备的运行成本非常高，为此发展了吸附浓缩-催化燃烧或高温焚烧技术，当废气中不含催化剂中毒的物质时，通常采用催化燃烧进行后处理，反之则采用高温焚烧。

沸石转轮+蓄热式燃烧技术是常见的吸附浓缩-燃烧技术。该技术采用高浓缩倍率沸石转轮浓缩设备将废气浓缩 10~15 倍，浓缩后的废气进入蓄热式燃烧炉进行燃烧处理，被彻底分解成为 CO₂ 和 H₂O，反应后的高温烟气进入特殊结构的陶瓷蓄热体，95%的废气热量被蓄热体吸收，温度降到接近进口温度。不同蓄热体通过切换阀或者旋转装置随时间进行转换，分别进行吸热和放热，对系统热量进行有效回收和利用，热回收效率可达 95%以上。出口浓度优于国家相关标准。

适用范围：吸附浓缩-催化燃烧技术是将吸附技术和催化燃烧技术有机结合起来的一种方

法，适合于适用于风量为 1000-60000m³/h、有机物质浓度范围为 100-2000mg/m³ 的废气处理。常用于石化、涂装等行业高风量、低浓度的 VOCs 废气。沸点高于 120℃的有机物，如三甲苯等不能利用该工艺进行净化。在处理高湿度的废气时床层的净化能力降低。

优点：该工艺的特点是将大风量、低浓度的 VOCs 转化为小风量、高浓度的 VOCs，然后在进行催化燃烧净化。如此可以充分利用废气中有机物的热值，大大降低处理设备运行的费用。

缺点：采用活性炭材料作为吸附时安全性较差。当再生热气流的温度达到 100℃以上时，吸附床容易着火。

(4) 小结

不同 VOCs 治理技术的优缺点比较如下所示。

表 9 各种 VOCs 末端控制技术比较

控制技术	适用范围	优点	缺点
冷凝法	高浓度、高沸点、小气量、单组分	对高浓度单组分废气的处理费用低，回收率高	工艺复杂，复杂组分及中高挥发性组分回收率低，低浓度废气处理费用高
吸收法	大气量、高浓度、低温度、高压力 VOCs	VOCs 处理效率高，处理气量大，工艺成熟	高温废气需降温，压力低时净化效率低，吸收剂需回收，易形成二次污染
吸附法	大气量，低浓度，净化要求高	可处理复杂组分废气，应用范围广，净化率高	运行费用高，吸附剂需再生
燃烧法	成分复杂、高浓度、小气量	能有效去除各种可燃 VOCs，工艺简单，效率高	设备易腐蚀，投资运行成本高，操作安全性差，产生二次污染
臭氧分解法	高浓度、小气量	对 VOCs 废气可氧化分解彻底、净化效率高	能耗高，处理费用高，对人体和周围环境可造成危害，处于实验研究阶段
膜分离法	高浓度、小气量、有较高回收价值	流程简单，回收率高，能耗高，无二次污染	设备投资费用高
电晕法	低浓度	处理效率高，运行费用低，特别是对芳烃的去除效率高	对高浓度 VOCs 处理效率一般
生物法	中低浓度，大气量，可生物降解	适用范围广，处理效率高，工艺简单，费用低，无二次污染	对高浓度、生物降解性差及难生物降解的 VOCs 去除率低

4.3 治理效果评估

在我省本标准适用范围内的颗粒物排放企业中，75.4%的企业未采取污染防治措施，或污染防治措施去除效率为 0。其余企业中颗粒物去除率大多在 60%-80%，占比达到 75%，其中去除效率在 60%以上的企业数量达到 80%。随着颗粒物产生量的增加，去除效率总体呈现升高的趋势，排放量 10 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 85.6%；排放量 50 吨/

年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 89.0%；排放量 500 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 94.1%。

表 10 本标准适用范围企业颗粒物去除效率分布情况

去除效率范围	企业数量占比
0-20%	5%
20%-40%	5%
40%-60%	14%
60%-80%	75%
80%-100%	5%

在我省本标准适用范围内的二氧化硫排放企业中，39.8%的企业未采取污染防治措施，或污染防治措施去除效率为 0。其余企业中二氧化硫去除率大多在 60%以上，占比达到 83%，其中去除效率在 60%-80%的企业数量达到 37%，去除效率在 80%-100%的企业数量达到 46%。不同规模的企业均能达到 73%以上的平均去除效率，排放量 10 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 73%；排放量 100 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 75%；排放量 1000 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率基本达到 86%。

表 11 本标准适用范围企业二氧化硫去除效率分布情况

去除效率范围	企业数量占比
0-20%	4%
20%-40%	4%
40%-60%	10%
60%-80%	37%
80%-100%	46%

在我省本标准适用范围内的氮氧化物排放企业中，97.8%的企业未采取氮氧化物污染防治措施，或污染防治措施去除效率为 0。其余 400 余家企业中，氮氧化物去除率分布较为分散，去除效率在 0-20%、20%-40%、40%-60%、60%-80%、80%-100%的企业数量分别为 17%、22%、25%、18%、18%。排放量 10 吨/年以下采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 43%；排放量 10 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 64%；排放量 100 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 72%。

表 12 本标准适用范围企业氮氧化物去除效率分布情况

去除效率范围	企业数量占比
0-20%	17%
20%-40%	22%
40%-60%	25%
60%-80%	18%
80%-100%	18%

在我省本标准适用范围内的 VOCs 排放企业中，76.6%的企业未采取污染防治措施，或污染防治措施去除效率为 0。其余近 17000 家企业中，VOCs 去除率普遍较低，去除效率在 0-20%、20%-40%、40%-60%、60%-80%、80%-100%的企业数量分别为 64%、18%、7%、7%、4%。排放量 1 吨/年以下采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 25%；排放量 10 吨/年以下采

取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 29%；排放量 100 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 40%；排放量 1000 吨/年以上采取污染防治措施的企业，平均去除效率达到 47%。

表 13 本标准适用范围企业 VOCs 去除效率分布情况

去除效率范围	企业数量占比
0-20%	64%
20%-40%	18%
40%-60%	7%
60%-80%	7%
80%-100%	4%

江苏省 VOCs 末端治理技术仍以单一活性炭、光催化氧化、等离子体等技术为主，治理效率较差，近年来，RTO、吸附-焚烧等高效治理技术在大中型企业得到应用，但仍难以推广。对 VOCs 处理工艺进行统计分析发现，江苏省涉 VOCs 企业主要采用吸附法、吸收法以及其组合工艺处理 VOCs 废气，三者占比达 63%，部分企业采用冷凝法和燃烧法处理工艺。

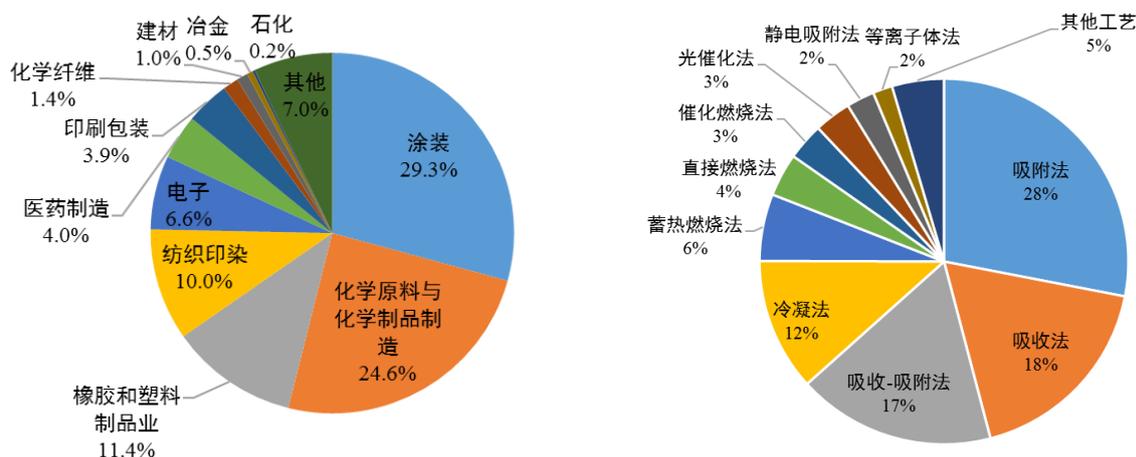


图 3 VOCs 企业行业分类（左）和治理技术（右）

从主要行业的治理技术使用情况来看，除广泛使用地吸收、吸附及其组合工艺外，医药制造行业较多地采用蓄热燃烧法处理 VOCs 废气，印刷包装行业中光催化法也占据一定的比例，纺织印染行业主要采用静电吸附法处理 VOCs 废气。而其他非重点行业中，吸附法的使用占比达到 33%，吸收法占比达到 12%，冷凝法占比 11%。

活性炭吸附作为应用最广泛的主流治理技术，监管情况堪忧。根据企业现场调查情况，采用活性炭吸附的企业大部分根据环评或自行测算结果确定填充量与更换周期，活性炭更换周期基本在 3~6 个月，年用量仅为 VOCs 产生量的 1/5，而 1 吨活性炭仅能吸附 0.3 吨左右的有机废气，远远无法满足实际废气处理需求，大部分企业都未对废气中的粉尘和水进行预处理，极易堵塞吸附装置导致治理设施失效。实际运行中存在治理设施不运行、活性炭长期不更换或根本未填充活性炭等问题，监管困难。

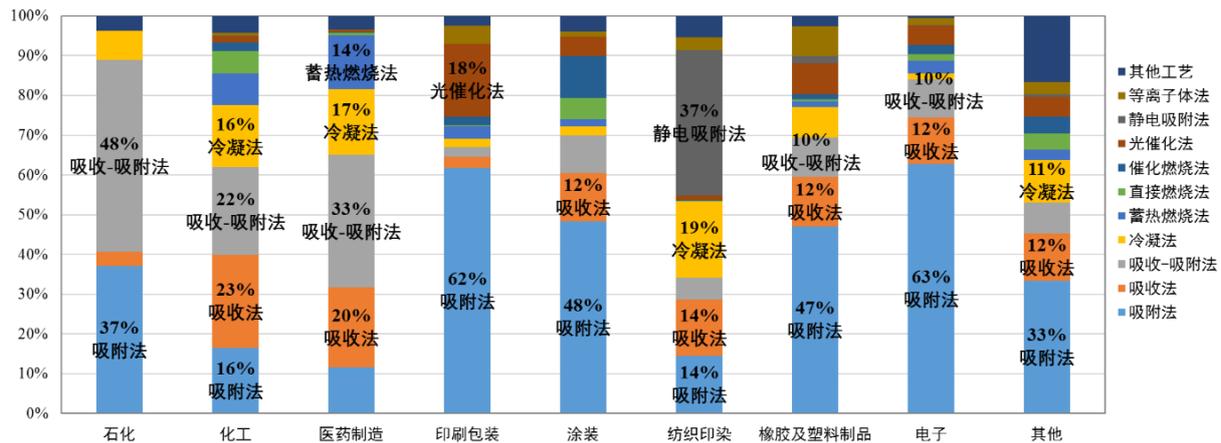


图4 分行业 VOCs 治理技术

5. 标准内容研究

5.1 适用范围的确定

本标准规定了江苏省固定污染源大气污染物的排放控制、监测与监督管理要求。

本标准适用于江苏省现有固定污染源的大气污染物排放管理，以及建设项目的环境影响评价、环境保护工程设计、排污许可证核发及其投产后的大气污染物排放控制。

国家或地方已发布针对行业、通用工艺或设备大气污染物排放标准的，或者恶臭污染物排放标准的，执行相应国家或地方排放标准的规定。

本标准实施后，本省另行发布的大气污染物排放标准按其适用范围执行，不再执行本标准。

需要说明的是，我省纺织印染、木材加工、农药、玻璃钢船艇、半导体、涂装工序，以及畜禽养殖、施工场地、汽车维修、餐饮油烟等行业近期拟出台地方排放标准，在过渡期也将执行本排放标准。

5.1.1 不同行业执行排放标准情况

根据国家 2017 年国民经济行业分类，对我省当前不同行业执行排放标准情况进行汇总分析，如表 14 所示。

表 14 国民经济行业分类标准下主要行业当前排放标准执行情况

行业大类	行业类别名称	排放标准
6	煤炭开采和洗选业	执行国家煤层气（煤矿瓦斯）排放标准，煤炭工业排放标准
7	石油和天然气开采业	石油开采执行国家锅炉大气污染物排放标准
8	黑色金属矿采选业	锰矿、铬矿及其他黑色金属矿采选执行国家综合排放标准
9	有色金属矿采选业	硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工等执行国家综合排放标准
10	非金属矿采选业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
11	开采专业及辅助性活动	-
12	其他采矿业	执行国家综合排放标准
13	农副食品加工业	执行国家综合排放标准、恶臭排放标准、锅炉排放标准
14	食品制造业	执行国家综合排放标准、恶臭排放标准、锅炉排放标准
15	酒、饮料和精制茶制造业	执行国家综合排放标准、恶臭排放标准、锅炉排放标准
16	烟草制品业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准、恶臭排放标
17	纺织业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准、恶臭排放标
18	纺织服装、服饰业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准、恶臭排放标
19	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准、恶臭排放标准
20	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
21	家具制造业	VOCs 执行地方排放标准，其他执行国家综合排放标准
22	造纸和纸制品业	执行国家锅炉排放标准、综合排放标准
23	印刷和记录媒介复制业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准

行业大类	行业类别名称	排放标准
24	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
25	石油、煤炭及其他燃料加工业	煤炭加工、核燃料加工、生物质燃料加工执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
26	化学原料和化学制品制造业	硝酸、硫酸、无机化工、合成树脂（含合成纤维）、烧碱聚乙烯工业执行国家行业标准；有机化学原料制造、有机肥料及微生物肥料制造、专用化学产品制造、日用化学产品制造执行地方化工排放标准；涂料/油墨/颜料及类似产品制造执行国家行业标准和地方化工排放标准；除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品等执行国家综合排放标准。
27	医药制造业	化学原药制造、化学药品制剂制造、兽用药品、生物药品执行地方化工排放标准和国家标准，其余（中药饮片加工、中成药生产、卫生材料及医药用品制造、药用辅料及包装材料）执行国家标准
28	化学纤维制造业	合成纤维制造执行国家合成树脂排放标准、国家综合排放标准，纤维素纤维原料及纤维制造和生物基材料制造执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
29	橡胶和塑料制品业	合成橡胶执行国家石油化工排放标准，橡胶制品执行国家橡胶制品行业标准，塑料制品执行国家合成树脂排放标准
30	非金属矿物制品业	水泥执行国家行业排放标准及恶臭排放标准，部分协同处置固废的除国家标准外，还执行水泥窑协同处置固体废物污染控制标准；砖瓦、平板玻璃、陶瓷、电子玻璃执行国家行业排放标准，其余（石灰石和石膏制造、石膏制品、特种和其他玻璃制造、玻璃制品、耐火材料、石墨及碳素制品等）执行国家综合排放标准及国家炉窑排放标准
31	黑色金属冶炼和压延加工业	铁矿采选、铁合金、轧钢、炼钢、炼铁、烧结球团执行国家行业排放标准，其余执行国家综合排放标准
32	有色金属冶炼和压延加工业	炉窑、镁钛、再生铜铝铅锌、铜镍钴、铅锌、铝、钒、稀土、锡铋汞执行国家行业排放标准，其余（硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工等）执行国家综合排放标准
33	金属制品业	执行国家炉窑排放标准、锅炉排放标准、综合排放标准和恶臭排放标准
34	通用设备制造业	执行国家炉窑排放标准、锅炉排放标准、综合排放标准和恶臭排放标准
35	专用设备制造业	执行国家炉窑排放标准、锅炉排放标准、综合排放标准和恶臭排放标准
36	汽车制造业	汽车整车制造 VOCs 执行地方排放标准，汽车零部件 VOCs 将执行地方排放标准，其他执行国家综合排放标准
37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	执行国家炉窑排放标准、锅炉排放标准、综合排放标准和恶臭排放标准
38	电气机械和器材制造业	电池制造执行电池排放标准，其他执行国家综合排放标准、挥发性无组织排放标准、恶臭排放标准
39	计算机、通信和其他电子设备制造业	执行国家综合排放标准、恶臭排放标准，部分含电镀设施和阳极氧化表面处理工艺的执行国家电镀标准
40	仪器仪表制造业	执行国家综合排放标准、锅炉排放标准
41	其他制造业	执行国家综合排放标准、恶臭排放标准，部分含电镀设施和阳极氧化表面处理工艺的执行国家电镀标准
42	废弃资源综合利用业	执行国家合成树脂、综合排放标准、恶臭污染物排放标准
43	金属制品、机械和设备修理业	执行国家综合排放标准
44	电力、热力、燃气及水生产和供应业	火电（单台 65t/h 以上的燃煤、燃油、燃气等，各种容量的燃气轮机，执行国家行业标准，生活垃圾和危废焚烧执行国家行业标准，其余执行国家锅炉大气标准

基于 2018 年全省规模以上企业行业分布情况，约 40.6%以上数量的企业需要执行本标准。

基于 2018 年全省规模以上行业主营业务收入情况，主营业务收入占比约 35.5%以上的企业需要执行本标准。

表 15 2022 年后预计执行本标准的企业数量及收入占比

行业代码	行业类型	部分执行综合排放标准的行业	国家和江苏省标准制定计划	企业数量占比	主营业务收入占比
35	专用设备制造业			6.7%	4.6%
34	通用设备制造业		将制定表面涂装（工程机械和钢结构行业）挥发性有机物地方排放标准	6.3%	4.3%
18	纺织服装、服饰业			4.6%	2.1%
13	农副食品加工业			3.2%	2.4%
24	文教、工美、体育和娱乐用品制造业			2.7%	1.4%
38	电气机械和器材制造业	除电池制造外	铅蓄电池将制定地方标准	2.7%	3.2%
33	金属制品业		国家将制定铸造工业污染物排放标准、集装箱制造业大气污染物排放标准	2.3%	1.3%
40	仪器仪表制造业			1.9%	2.3%
39	计算机、通信和其他电子设备制造业	除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺外	将制定半导体行业污染物地方排放标准	1.7%	4.1%
26	化学原料和化学制品制造业	除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品、纤维素纤维原料及纤维制、生物基材料制造等	农药将制定地方排放标准，国家将制定染料工业污染物排放标准	1.4%	1.9%
36	汽车制造业	除汽车整车涂装和零部件涂装的 VOCs 外		1.2%	1.6%
22	造纸和纸制品业			1.2%	1.1%
30	非金属矿物制品业	其中石灰石和石膏制造、石膏水泥制品、耐火材料、石墨及碳素制品等	石灰、电石、玻璃、日用玻璃将制定国家标准	1.1%	0.6%
14	食品制造业			0.9%	0.7%
37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业		将制定玻璃钢船艇制造行业挥发性有机物地方排放标准，国家将制定船舶工业污染物排放标准	0.6%	0.6%
28	化学纤维制造业	其中纤维素纤维原料及纤维制造、生物基材料制造等	国家纺织标准征求意见稿中拟包括包括粘胶纤维生产企业	0.5%	0.6%
32	有色金属冶炼和压延加工业	其中硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属		0.4%	0.6%

行业代码	行业类型	部分执行综合排放标准的行业	国家和江苏省标准制定计划	企业数量占比	主营业务收入占比
		合金制造、有色金属压延加工等			
15	酒、饮料和精制茶制造业			0.4%	0.9%
19	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业		国家将制定皮革制品工业污染物排放标准	0.3%	0.1%
41	其他制造业	除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺外		0.2%	0.1%
25	石油、煤炭及其他燃料加工业		国家将制定煤化学工业污染物排放标准、活性炭工业污染物排放标准	0.1%	0.5%
42	废弃资源综合利用业			0.1%	0.0%
10	非金属矿采选业			0.1%	0.0%
43	金属制品、机械和设备修理业			0.0%	0.0%
16	烟草制品业			0.0%	0.5%
21	家具制造业	除 VOCs 外	国家将制定家具制造业大气污染物排放标准	0.0%	0.0%
17	纺织业		将制定地方排放标准，国家将制定纺织印染工业大气污染物排放标准	0.0%	0.0%
20	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业		将制定木材加工地方排放标准，国家将制定人造板工业污染物排放标准	0.0%	0.0%
23	印刷和记录媒介复制业		将制定印刷地方排放标准，国家将制定行业排放标准	0.0%	0.0%
6	煤炭开采和洗选业			0.0%	0.0%
7	石油和天然气开采业		国家将制定陆上石油天然气开发工业污染物排放标准	0.0%	0.0%
12	其他采矿业				
合计				40.6%	35.5%

5.1.2 最终确定的适用范围

对照国民经济行业分类，本次标准制定针对的污染源具体包括如下行业：

- (1) 非金属矿采选业
- (2) 其他采矿业
- (3) 农副食品加工业
- (4) 食品制造业
- (5) 酒、饮料和精制茶制造业
- (6) 烟草制品业

- (7) 纺织服装、服饰业
- (8) 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业
- (9) 家具制造业（除 VOCs 以外）
- (10) 造纸和纸制品业
- (11) 文教、工美、体育和娱乐用品制造业
- (12) 石油、煤炭及其他燃料加工业中的煤炭加工、核燃料加工、生物质燃料加工
- (13) 化学原料和化学制品制造业中的除有机肥料及微生物肥料外的其他肥料、炸药、火工及焰火产品
- (14) 化学纤维制造业中的纤维素纤维原料及纤维制、生物基材料制造
- (15) 非金属矿物制品业中的石灰石和石膏制造、石膏制品、耐火材料、石墨及碳素制品
- (16) 有色金属冶炼和压延加工业中的硅、金、银、钨钼及其他有色金属冶炼、有色金属合金制造、有色金属压延加工
- (17) 金属制品业
- (18) 通用设备制造业
- (19) 专用设备制造业
- (20) 汽车制造业中的汽车用发动机制造、改装汽车制造、低速汽车制造、电车制造、汽车车身、挂车制造，以及汽车整车制汽车零部件（此 2 行业除 VOCs 以外）
- (21) 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
- (22) 电气机械和器材制造业中的电机制造、输配电及控制设备制造、电线、电缆、光缆及电工器材制造、家用电力器具制造、非电力家用器具制造、照明器具制造、其他电气机械及器材制造
- (23) 计算机、通信和其他电子设备制造业中除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺
- (24) 仪器仪表制造业
- (25) 其他制造业中除电镀设施和阳极氧化表面处理工艺
- (26) 废弃资源综合利用业
- (27) 金属制品、机械和设备修理业

除上述标准外，我省纺织印染、木材加工、农药、玻璃钢船艇、半导体、涂装工序，以及畜禽养殖、施工场地、汽车维修、餐饮油烟等行业近期拟出台地方排放标准，在过渡期也将执行本排放标准。

5.2 执行日期

本标准企业分为现有污染源和新建污染源。现有污染源是指本标准实施之日前，已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的工业企业或生产设施；新建污染源是指本标准实施之日起

环境影响评价文件通过审批的新、改、扩建的建设项目。

我省当前的 $PM_{2.5}$ 和臭氧污染形势严峻，但涉及本标准需要提标改造的多为小微企业，现有污染源预留一年半左右时间进行升级改造，要求现有污染源自 2022 年 7 月 1 日起，执行本标准中的排放浓度限值，新建源自标准实施之日起 3 个月后，执行本标准中的排放浓度限值。

5.3 控制项目的选择

5.3.1 基于臭氧生成潜势的污染因子筛选

江苏省当前控制臭氧需要大力减排 VOCs。利用哨兵五号卫星产品，以 2019 年 8 月臭氧污染时段为例进行分析。将江苏省甲醛与二氧化氮柱浓度比值作为臭氧敏感性指示剂分析我省不同区域臭氧生成主控因子，一般情况下，当 $HCHO/NO_2$ 比值小于 1 时处于 VOCs 控制区，比值大于 2 时处于 NO_x 控制区，介于 1~2 之间的为过渡区。分析结果表明，在该时段臭氧超标情况下，苏南等沿江区域城市主要处于 VOCs 控制区，其他地区基本都属于 VOCs- NO_x 过渡区，主要以减排 VOCs 为主。

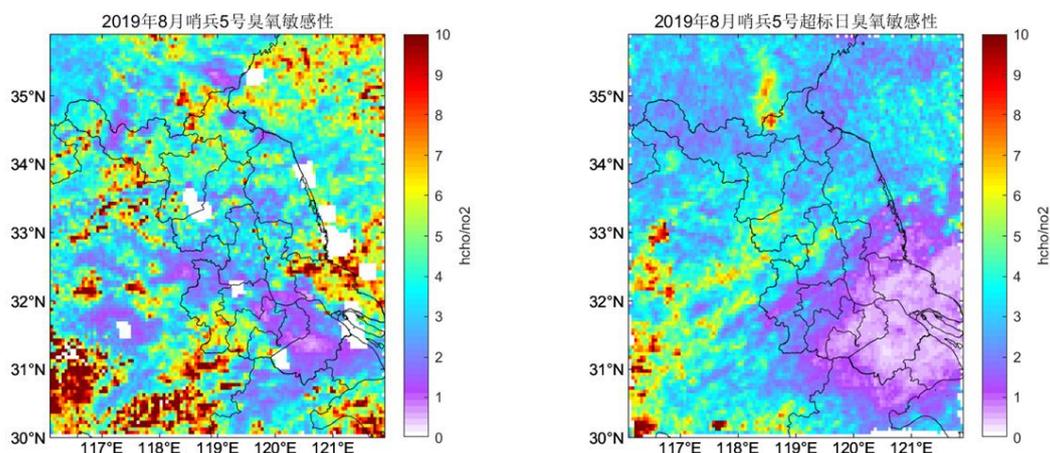


图 5 2019 年 8 月平均和臭氧超标日 $HCHO/NO_2$ 分布

涂装、化工、橡塑制品等行业为 VOC 排放重点管控行业。涂装排放的臭氧生成潜势最大，占 36%；其次为化工、橡胶塑料制品与电子。芳香烃和烯烃是关键活性 VOCs 物种。基于环境空气 VOCs 监测结果，臭氧污染季节芳香烃、烯烃对典型城市如南京、徐州、苏州城区的臭氧生成贡献最大。全省大气污染源排放清单分析结果也表明，VOCs 排放中的芳香烃、烯烃臭氧生成潜势最大。

从 2018~2019 年臭氧污染季节典型城市南京、徐州、苏州等环境空气中 VOCs 来源解析结果来看，工业排放、溶剂使用和机动车是城区 VOCs 的主要来源，其中溶剂使用对臭氧生成贡献最大。总体来说，应对工业涂装等行业的溶剂使用源加强管控，特别需加强对其中甲苯、乙苯、间/对二甲苯和邻二甲苯等芳香烃类 VOCs 物种的无组织排放收集。

2019 年省内 21 个典型化工园区走航监测结果显示，高浓度检出物种主要为甲苯、二甲苯、戊烯、异戊二烯、氯苯、二氯苯、三氯苯等。其中甲苯和二甲苯对臭氧生成贡献较大。根据苏南、苏中、苏北典型城市空气中 VOCs 组分手工采样分析的臭氧生成潜势结果进行综合分析，（顺/反）2-丁烯、1,3,5-三甲基苯、丙烯、异戊二烯、1-丁烯、乙烯、间/对二甲苯、邻二甲苯、丙烯醛、甲苯为排名前十位的物质，如表 16 所示。

乙烯、丙烯、异戊二烯、丁烯虽然排名较高，但主要行业来源非本标准覆盖范围。工业源的乙烯和丙烯主要来源为医药造、化纤等行业，本标准覆盖行业的排放占比较低，这与乙烯和丙烯主要来自于机动车污染、石化行业裂解装置和焦化行业排放有关。异戊二烯主要来自于天然源植物排放，工业源异戊二烯主要来源为石化行业，本标准覆盖行业的排放占比较低。反-2-丁烯是石化裂解装置最标志性的排放成分。1-丁烯是电厂燃煤过程、炼焦无组织排放的主要 VOCs 特征物种，及电泳和面涂烘干工序排放比例最大的烯烃类组分，是液化石油气的主要组分。

表 16 苏南、苏中、苏北典型城市空气中臭氧生成潜势排名前十物种

VOCs 物种	MIR	臭氧生成潜势 (OFP)		
		苏南某城市	苏中某城市	苏北某城市
2-丁烯	29.4	21.78	-	3.10
1,3,5-三甲基苯	11.76	10.6	-	-
丙烯	11.66	12.82	5.3	10.97
异戊二烯	10.61	18.01	-	6.59
1-丁烯	9.73	-	-	2.55
乙烯	9	13.24	14.72	22.73
间/对二甲苯	7.8	25.0	11.74	12.11
邻二甲苯	7.64	6.84	6.03	2.98
丙烯醛	7.45	-	6.84	-
甲苯	4	10.40	24.61	5.80

5.3.2 基于二次气溶胶生成潜势的污染因子筛选

二次有机气溶胶(SOA)是细颗粒物的重要组成部分,是人类活动或天然源直接排放的挥发性有机前体物(VOCs)在大气中经过一系列的光化学氧化、成核、凝结和气/粒分配以及非均相反应等过程后的产物，对城市灰霾等复合型大气污染的形成至关重要。二次有机气溶胶与前体物之间关系对控制复合型大气污染有重要意义。

根据苏南、苏中、苏北典型城市空气中 VOCs 组分手工采样分析的二次气溶胶生成潜势 (SOAFP) 结果进行综合分析，苯、甲苯、二甲苯等芳香烃物质对二次气溶胶生成潜势贡献较高，其中甲苯、间/对二甲苯、乙苯、邻二甲苯、正十一烷、苯、1,2,4-三甲基苯、对-二乙基苯、苯乙烯、间乙基甲苯等 VOCs 物种为我省二次气溶胶生成潜势 (SOAFP) 排名前十位的物质，1, 3, 5-三甲基苯、1,2,3-三甲苯、间-二乙基苯、对乙基甲苯、乙基苯的二次气溶胶生成

潜势（SOAFP）也相对较高。

表 17 苏南、苏中、苏北典型城市空气中二次气溶胶生成潜势排名前十物种

VOCs 物种	二次气溶胶生成潜势 (SOAFP)		
	苏北某城市	苏北某城市	苏中某城市
甲苯	27.90	33.30	1.85
间/对二甲苯	29.40	23.71	0.54
乙苯	8.68	12.20	-
邻二甲苯	8.51	8.73	0.28
正十一烷	4.69	-	-
苯	6.23	-	0.55
1,2,4-三甲苯	2.72	4.44	0.12
对-二乙基苯	1.99	2.04	-
苯乙烯	-	3.63	0.35
间乙基甲苯	3.10	-	0.06
1, 3, 5-三甲基苯	1.43	-	-
1,2,3-三甲苯	-	0.98	-
间-二乙基苯	-	0.98	-
对乙基甲苯	-	1.66	0.05
乙基苯	-	-	0.36

5.3.3 有毒有害污染物筛选

根据大气污染物对公众健康和生态环境的危害和影响程度，国家生态环境部和卫生健康委员会于 2019 年 1 月联合发布了有毒有害大气污染物名录（公告 2019 年第 4 号），对 11 种（类）污染物实施风险管控。

表 18 国家有毒有害大气污染物名录（2018 年）

序号	污染物
1	二氯甲烷
2	甲醛
3	三氯甲烷
4	三氯乙烯
5	四氯乙烯
6	乙醛
7	镉及其化合物
8	铬及其化合物
9	汞及其化合物
10	铅及其化合物
11	砷及其化合物

本标准在毒性物质方面，在国家有毒有害大气污染物名录（2018 年）的基础上增加苯并(a)芘。主要考虑苯并（a）芘对人类和动物来说是强致癌物质。

5.3.4 最终确定的污染因子

污染因子的选择结合国内其他地市相关标准评估，重点选择对 PM_{2.5} 和臭氧贡献显著、本地毒性高的特征污染物。基于臭氧生成潜势、二次气溶胶生成潜势的分析，结合国家有毒有害大气污染物名录的要求和国际癌症研究机构致癌物清单，初步筛选颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、非甲烷总烃、苯、甲苯、二甲苯、苯系物、丙烯醛、甲醛、乙醛、氯乙烯、氯苯类、氯化氢、氯气、光气、氟化物、氰化氢、一氧化碳、硫酸雾、铬酸雾、汞及其化合物、铅及其化合物、镉及其化合物、铍及其化合物、镍及其化合物、锡及其化合物、砷及其化合物、铬及其化合物、丙烯腈、硝基苯类、苯胺类、酚类、甲醇、二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、苯并(a)芘、二噁英类等为主要控制因子。

5.4 标准限值与排放速率确定

5.4.1 标准限值确定方法

基于各污染物主要排放行业情况，考虑地域和企业规模差别，针对本标准涉及行业及其主要污染物排放情况制定调研及监测计划。根据调研数据和省内典型企业排放实测结果，借鉴国内外的已有相关标准，兼顾当前先进企业排放水平、经济技术可行性进行筛选和确定标准限值。

(1) 基于技术经济可行性的标准限值确定方法

对监督性监测和补充性监测获得的监测数据开展标准限值现状达标情况分析，在基础上综合考虑颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和 VOCs 治理的技术可行性。对 2019 年江苏省监督性监测数据进行筛选，分析其中本标准涉及的行业及企业；结合课题组对包装印刷、电子、化工等行业典型企业开展的补充性监测，共获得 688 余家企业约 11396 条监测数据，无组织排放共获得 424 家企业 8334 条监测数据。

(2) 多介质环境目标值（MEG 方法）

对污染因子中的有毒有害污染物，基于多介质环境目标值方法确定其标准限值，并参考北京、上海的标准限值限值优化调整。

5.4.2 排放速率确定方法

根据国家《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB3840-91）中的方法，单一排气筒的排放速率可以按照下式计算：

$$Q = c_m \times R \times K_e \quad (1)$$

其中：

Q：排气筒的允许排放速率，单位 kg/h；

c_m : 环境质量标准浓度限值（小时值），单位 mg/m^3 。首先取 GB3095-2012 中所覆盖污染物的 24 小时平均浓度，其中不涵盖的污染物再参考 TJ36-79 或前苏联标准 CH245-71 标准中的居住区大气中有害物质的最大允许浓度，若以上标准中均不涵盖的污染物则直接参考北京或上海现行大气综排中的较严格的排放速率。

R : 排放系数，查标准江苏地区 15m 和 20m 排气筒分别取值为 6 和 12；

K_e : 地区性经济技术系数，标准推荐取值为 0.5~1.5，考虑江苏非重点管控企业当前控制技术相对薄弱，因此地区经济系数选为 1.0。

通过上述方法计算出的各污染物的排放速率与国家现行大气综排（GB16297-1996）以及北京（DB11/501-2017）、上海（DB31/933-2015）等地区中的现行大气综排排放速率进行比较分析，若理论计算结果过于宽松或过于严格，则参考北京、上海等地区的折算排放速率优化调整。

5.4.3 标准限值确定

1、有组织排放

（1）颗粒物

国家和其他省份综合排放标准颗粒物排放浓度在 $10\sim 120\text{mg}/\text{m}^3$ 范围。

表 19 本标准颗粒物排放限值与国家及重点省市对比

污染物			本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	山东区域性大气污染物综合排放标准 2019
颗粒物	石棉纤维及粉尘	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	1.0 或者 1 根纤维/ cm^3	1 根(纤维)/ cm^3 或 $10\text{mg}/\text{m}^3$	1.0 或者 1 根纤维/ cm^3	1.0 或者 1 根纤维/ cm^3	\
		最高允许排放速率 (kg/h)	0.36	0.55	0.38	0.36	\
	沥青烟	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	20	140、40、75	20	20	\
		最高允许排放速率 (kg/h)	0.11	0.18	0.11	0.11	\
	其他颗粒物	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	20	18~120	10	30	20（一般控制区）
		最高允许排放速率 (kg/h)	1.0	2.6	0.78	1.5	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，95% 以上的企业颗粒物排放浓度能达到 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。颗粒物的处理技术较为成熟，随着袋式除尘器的推行，现行排放浓度较

高的企业基本能达到 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。且我省环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 距达标尚有一定差距，因此应当收紧颗粒物限值。

综合以上，结合国家和其他省份控制标准及我省空气质量状况和控制目标，设定本标准颗粒物排放限值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。按照公式（1）计算出的颗粒物排放速率为 $0.9\text{kg}/\text{h}$ 。而按照北京和上海综排排放要求的折算排放速率分别为 $1.56\text{kg}/\text{h}$ 和 $1.0\text{kg}/\text{h}$ ，基于颗粒物应当从严考虑，因此本标准的其他颗粒物最高允许排放速率设为 $1.0\text{kg}/\text{h}$ 。

石棉纤维及粉尘的浓度限值参考北京和上海现行大气污染物综合排放标准中的要求，取 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 或者 1 根纤维/ cm^3 ，最高允许排放速率从严，参考上海综排设为 $0.36\text{kg}/\text{h}$ 。

沥青烟的浓度限值和最高允许排放速率参考北京和上海现行大气污染物综合排放标准中的要求分别取 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $0.11\text{kg}/\text{h}$ 。

（2）二氧化硫

国家和其他省份大气综合排放标准限值在 $20\sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ 范围。

表 20 本标准二氧化硫排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家 大气污染 物综合排 放标准 1996	北京大气污 染物综合排 放标准 2017	上海大气污 染物综合排 放标准 2015	山东区域 性大气污 染物综合 排放标准 2019	GBZ2.1- 2019 PC-TWA	
二氧化 硫	废气燃烧 (焚烧、 氧化)装 置、发动 机制造、 固定式内 燃机	最高允许排 放浓度 (mg/m^3)	200	960 (生 产) 550 (使 用)	100	200	100 (一 般控制 区)	5
		最高允许排 放速率 (kg/h)	\	2.6	1.4	\	\	\
	其他行业	最高允许排 放浓度 (mg/m^3)	100	960 (生 产) 550 (使 用)	100	/	100 (一 般控制 区)	5
		最高允许排 放速率 (kg/h)	1.4	2.6	1.4	1.6	\	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，94% 以上的企业二氧化硫排放浓度小于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，98% 以上的企业二氧化硫排放浓度小于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。随着近几年国内外脱硫技术的逐渐发展，应用于电力、钢铁等重点管控行业之外的脱硫技术日趋成熟，应用比较广泛。二氧化硫的排放限值设定为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，大部分企业目前均可达标，仅少部分企业需要通过脱硫实现达标。

按照公式（1）计算出的二氧化硫排放速率为 $0.9\text{kg}/\text{h}$ 。基于目前二氧化硫的控制成效显著，环境空气中二氧化硫浓度逐年下降幅度较大，因此本标准的二氧化硫最高允许排放速率较计算值稍做放宽，参照北京设为 $1.4\text{kg}/\text{h}$ 。

此外，考虑到发动机制造、固定式内燃机瞬时排放浓度较高，难以稳定达到 100mg/m³ 的浓度标准限值和 1.4 kg/h 排放速率要求；废气燃烧（焚烧、氧化）装置在国家 2019 年新发布的制药工业大气污染物排放标准、涂料油墨及胶粘剂工业大气污染物排放标准等都规定了 200mg/m³ 的浓度标准限值，未设置排放速率要求，上海市综合排放标准也对其排放速率予以了豁免。综上，设置排放限值和排放速率要求如上表所示。

(3) 氮氧化物

氮氧化物对 PM_{2.5} 和臭氧均有显著贡献，是形成 PM_{2.5} 中二次组分硝酸盐及臭氧生成的重要前体物。目前国家和其他省份大气综排中氮氧化物排放限值在 100~1400mg/m³ 范围。

表 21 本标准氮氧化物排放限值与国家及重点省市对比

污染物			本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	山东区域性大气污染物综合排放标准 2019	GBZ2.1-2019 (PC-TWA)
氮氧化物 (以 NO ₂ 计)	炸药、火工及焰火产品制造	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	300	1400	100	300	200 (一般控制区)	5
		最高允许排放速率 (kg/h)	0.77	0.77	0.43	0.47	\	\
	发动机制造、固定式内燃机	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	200	1400	100	150	200 (一般控制区)	5
		最高允许排放速率 (kg/h)	/	0.77	0.43	/	\	\
	其他行业	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	100	240	100	300 (氮肥和氨制造) 150 (废气热氧化处理装置) 200 (其他源)	200 (一般控制区)	5
		最高允许排放速率 (kg/h)	0.47	0.77	0.43	0.47	\	\

上海市综合排放标准执行经验表明，炸药、火工及焰火产品制造行业的氮氧化物排放浓度偏高，不易于控制，排放速率较难稳定达标，发动机制造、固定式内燃机瞬时排放浓度较高，难以稳定达到 200mg/m³ 的浓度标准限值和 0.47 kg/h 排放速率要求，因此我省适当予以放宽；废气燃烧（焚烧、氧化）装置在国家 2019 年新发布的制药工业大气污染物排放标准、涂料油墨及胶粘剂工业大气污染物排放标准等都规定了 200mg/m³ 的浓度标准限值，未设置排放速率要求，上海市综合排放标准也对其排放速率予以了豁免。综上，本标准将炸药、火工及焰火产品制造、废气燃烧（焚烧、氧化）装置、发动机制造、固定式内燃机单独列出，其他源的氮

氧化物统一归为其他行业。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，94%以上的企业氮氧化物排放浓度小于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，约 98.8%的企业氮氧化物排放浓度小于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。氮氧化物的排放限值设定为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，大部分企业目前均可达标，仅少部分企业需要通过脱硝实现达标。

按照公式（1）计算出的排放速率为 $0.6\text{kg}/\text{h}$ 。鉴于目前非重点行业的氮氧化物控制工作有所滞后，因此本标准中其他行业的氮氧化物最高允许排放速率从严，参照上海综排设为 $0.47\text{kg}/\text{h}$ 。

（4）非甲烷总烃

国家现行大气综排、行业排放标准以及其他省份大气综排中的 NMHC 排放浓度限值在 $10\sim 120\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内。

表 22 本标准 NMHC 排放限值与国家及重点省市对比

标准	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	最高允许排放速率 (kg/h)	备注
国家《大气污染物综合排放标准》	120	10	
北京《大气污染物综合排放标准》	50	3.6	
上海《大气污染物综合排放标准》	70	3	
广东《大气污染物排放限值》	120	8.4	使用溶剂汽油或其它混合物烃类物质
重庆《大气污染物综合排放标准》	120	10	使用溶剂汽油或其它混合物烃类物质
河北《工业企业挥发性有机物排放控制标准》	30~100	\	医药制造、石油炼制、石油化学、有机化工、炼焦、钢铁冶炼和压延加工、木材加工、家具制造、交通运输设备制造、表面涂装、印刷等工业
《制药工业大气污染物排放标准》	60	\	车间或生产设施排气中 NMHC 初始排放速率 $\geq 2\text{kg}/\text{h}$ 时，应配置 VOCs 处理设施，处理效率不应低于 80%。
《涂料、油墨及胶黏剂工业大气污染物排放标准》	60	\	
《轧钢工业大气污染物排放标准》	50（涂层机组）	\	
《石油化学工业污染物排放标准》	120	\	去除效率 $\geq 97\%$
《合成树脂工业污染物排放标准》	60	\	
《橡胶制品工业污染物排放标准》	10	\	轮胎企业及其他制品企业炼胶、硫化装置
	100	\	轮胎企业及其他制品企业胶浆制备、浸浆、胶浆喷涂和涂胶装置
江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》	80	7.2	
江苏《汽车维修行业大气污染物排放标准》	30（I时段） 20（II时段）	\	现有污染源 2022 年 2 月 1 日前执行第 I 时段限值，2022 年 2 月 1 日开始执行第 II 时段限值，新建污染源执行第 II 时段限值

本标准	60	3	
-----	----	---	--

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，96%以上的企业 NMHC 排放浓度小于 40mg/m³，约 98%的企业 NMHC 排放浓度小于 60mg/m³。

综合以上，设定本标准 NMHC 排放浓度限值为 60mg/m³，则大部分企业均能达标，仅少部分企业需进行进一步处理方能达标，鉴于目前 VOCs 处理技术日趋多样化、成熟化，企业实现达标排放问题不大。各标准中对 NMHC 的排放速率要求位于 3~10kg/h 范围内，本标准从严考虑，参照上海综排的控制要求设为 3kg/h，对应的风量约 50000m³/h。

(5) 苯

苯是一种石油化工基本原料，属于 1 类致癌物，对人体健康和环境危害大，已经列为禁止人为加入的原料，需要从严控制。

基于公式（1）计算出的苯排放速率为 4.8kg/h。本标准基于人体健康和环境因素从严考虑，参照北京和上海标准，苯的排放浓度限值设为 1mg/m³，排放速率限值设为 0.1kg/h。

表 23 本标准苯的排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
苯	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	1	12	1	1	6
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.1	0.5	0.36	0.1	\

根据调研数据统计，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 98.8%的企业苯排放浓度能达到 1mg/m³以下，仅极少数企业需进行进一步处理方能达标排放。

(6) 甲苯

甲苯是常用的有机溶剂之一，应用广泛，排放源较多，对人体健康和环境均有危害，需进行严格控制。基于公式（1）采用前苏联标准 CH245-71 中的居住区最高允许浓度计算出的甲苯排放速率为 3.6kg/h。本标准基于人体健康和环境因素从严考虑，参照北京和上海标准，甲苯的排放浓度限值设为 10mg/m³，排放速率限值设为 0.2kg/h。

表 24 本标准甲苯的排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
甲苯	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	10	40	10	10	50

	最高允许 排放速率 (kg/h)	0.2	3.1	0.72	0.2	\
--	------------------------	-----	-----	------	-----	---

根据调研数据统计，执行大气污染物综合排放标准的各行业，99%以上的企业甲苯排放浓度能达到 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，仅极少数企业尚不能达标，需进行进一步处理。

(7) 二甲苯

二甲苯同样作为常用的有机溶剂之一，广泛应用于涂料、油墨、农药、医药等行业，排放源较多，对人体健康和环境均有危害，需进行严格控制。基于公式（1）采用 TJ36-79 中的日均最高允许浓度计算出的二甲苯排放速率为 $1.8\text{kg}/\text{h}$ 。本标准基于人体健康和环境因素从严考虑，参照北京标准，二甲苯的排放浓度限值设为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率限值设为 $0.72\text{kg}/\text{h}$ 。

表 25 本标准二甲苯的排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气 污染物综合排 放标准 1996	北京大气污 染物综合排 放标准 2017	上海大气污 染物综合排 放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
二甲苯	最高允许 排放浓度 (mg/m^3)	10	70	10	20	50
	最高允许 排放速率 (kg/h)	0.72	3.1	0.72	0.2	\

根据调研数据统计，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 98%的企业二甲苯排放浓度能达到 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，仅少数企业尚不能达标，需进行进一步处理。

(8) 苯系物

苯系物是一个综合性指标，指苯、甲苯、二甲苯（邻、间和对二甲苯）、三甲苯（1,2,3-三甲苯、1,2,4-三甲苯和 1,3,5-三甲苯）、乙苯和苯乙烯浓度的数学加和，各类物质在工业领域均有广泛应用，对人体健康和环境均有不同程度的危害，其中苯为 1 类致癌物，乙苯和苯乙烯为 2B 类致癌物，甲苯和二甲苯被列为 3 类致癌物，需进行严格控制。目前仅上海大气综排中有对苯系物提出要求，排放浓度限值为 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率限值为 $1.6\text{kg}/\text{h}$ ，我省已发布的《表面涂装（汽车制造业）挥发性有机物排放标准》和《汽车维修行业大气污染物排放标准》中对苯系物的排放浓度限值均要求为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据调研数据统计，执行大气污染物综合排放标准的各行业，99%以上的企业苯系物排放浓度能达到 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。考虑苯和甲苯具有较强的生物毒性，1,3,5-三甲基苯、间/对二甲苯、邻二甲苯、甲苯等苯系物为我省环境空气臭氧生成潜势排名前十位物质，甲苯、间/对二甲苯、乙苯、邻二甲苯、苯、1,2,4-三甲基苯、间乙基甲苯等芳香烃为我省二次气溶胶生成潜势（SOAFP）排名前十位物质，本标准对苯系物的排放限值在上海综排的基础上进一步加严，设为 $25\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率参照上海设为 $1.6\text{kg}/\text{h}$ 。

(9) 丙烯醛

丙烯醛是最简单的不饱和醛，广泛用于树脂生产和有机合成中，在化工行业中是一种重要的合成中间体，对人体健康具有一定危害性。

目前现行国家综排和其他省份的大气综排中丙烯醛排放浓度限值均设定为 $16\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率限值为 $0.36\sim 0.52\text{kg}/\text{h}$ ，本标准参考国内现行大气综排，排放浓度限值设为 $16\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率限值参照北京和上海设为 $0.36\text{kg}/\text{h}$ 。

表 26 本标准丙烯醛排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016	GBZ2.1-2019 MAC
丙烯醛	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	16	16	16	16	16	0.3
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.36	0.52	0.36	0.36	0.52	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业中丙烯醛排放浓度检测值均小于 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(10) 甲醛

甲醛是一种重要的化工原料，是生产胶黏剂的主要原料，家具、涂料、纺织等生产或产品使用过程中均会不同程度地释放甲醛。甲醛对人体健康和环境的危害较大，2019年1月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018年）》，被世界卫生组织国际癌症研究机构列为1类致癌物，需要严格控制。

基于公式（1）计算得到甲醛排放速率限值为 $0.3\text{kg}/\text{h}$ ，较各地现行综排中的限值略宽松，本标准从严考虑，参照上海综排设为 $0.1\text{kg}/\text{h}$ 。

表 27 本标准甲醛排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准 1993	GBZ2.1-2019 MAC
甲醛	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	5	25	5	5	5	0.5
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.1	0.26	0.18	0.1	0.2	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 99.4%的企业甲醛排放浓度可达到 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，仅极少数企业需进行进一步处理方可实现达标排放。

(11) 乙醛

乙醛是一种重要的化工原料，对人体健康和环境有一定的危害性，2019年1月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018年）》，被世界卫生组织国际癌症研究机构列为2B类致癌物，需要严格控制。

本标准从严考虑，参考北京和上海综排将乙醛排放浓度限值设为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。排放速率基于公式（1）计算结果为 $0.06\text{kg}/\text{h}$ ，较现行综排中的限值略显宽松，因此本标准从严考虑，参照北京和上海综排设为 $0.036\text{kg}/\text{h}$ 。

表 28 本标准乙醛排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 MAC
乙醛	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	20	125	20	20	45
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.036	0.05	0.036	0.036	\

（12）氯化氢

氯化氢是一种对人体有害的气体，水溶液称为盐酸，在工业中应用普遍。

表 29 本标准氯化氢排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 (MAC)
氯化氢	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	10	100	10	10	7.5
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.18	0.26	0.036	0.18	\

本标准参照北京和上海地区，氯化氢排放浓度限值设为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，89%以上企业的氯化氢浓度可达到 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

按照公式（1）计算出的氯化氢排放速率限值为 $0.3\text{kg}/\text{h}$ ，与北京、上海相比，均较宽松，鉴于氯化氢的净化处理技术相对比较成熟，因此从严考虑，参照上海排放速率限值设为 $0.18\text{kg}/\text{h}$ 。

（13）氯气

国家现行大气综排以及北京、上海和重庆等省份大气综排中氯气的排放浓度限值在 $3\sim 65\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内，本标准从严考虑，参照北京和上海大气综排设为 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 。排放速率基于TJ36-79中一次最高允许排放浓度 $c_m=0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，按照公式（1）计算出的排放速率为 $0.6\text{kg}/\text{h}$ ，而国家现行大气综排以及北京、上海和重庆等省份大气综排中氯气的排放速率限值为 $0.072\sim 0.87\text{kg}/\text{h}$ ，本标准则从严考虑，参考北京大气综排设定氯气的排放速率限值为 $0.072\text{kg}/\text{h}$ 。

表 30 本标准氯气排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016	GBZ2.1-2019 MAC
氯气	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	3	65	3	3	65	1
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.072	0.52	0.072	0.36	0.87	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，所有测试企业的氯气排放浓度均能满足要求。

(14) 光气

国家现行大气综排以及北京、上海和重庆等省份大气综排中光气的排放浓度限值在 0.5~3mg/m³ 范围内，本标准从严考虑，参照北京大气综排设为 0.5mg/m³。各大气综排中的排放速率限值为 0.072~0.17kg/h，考虑到光气的剧毒性，本标准从严考虑，参考北京大气综排设定光气的排放速率限值为 0.072kg/h。

表 31 本标准光气排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016	GBZ2.1-2019 MAC
光气	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	0.5	3	0.5	1	3	0.5
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.072	0.1	0.072	0.1	0.17	\

(15) 氟化物

氟化物被世界卫生组织国际癌症研究机构列为 3 类致癌物。

国家现行大气综排以及北京、上海和重庆等省份大气综排中氟化物的排放浓度限值在 3~9mg/m³ 范围内，本标准从严考虑，排放浓度限值参照北京大气综排设为 3mg/m³。排放速率基于 GB3095-2012 中氟化物的 24 小时平均浓度 $c_m=0.007\text{mg/m}^3$ ，按照公式 (1) 计算出的排放速率为 0.042kg/h，本标准参考北京大气综排设定氟化物的排放速率限值为 0.072kg/h。

表 32 本标准氟化物排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016	GBZ2.1-2019 MAC
氟化物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	3	9	3	5	9	2

	最高允许排放速率 (kg/h)	0.072	0.1	0.072	0.073	0.1	\
--	-----------------	-------	-----	-------	-------	-----	---

执行大气污染物综合排放标准的各行业，98%以上的企业氟化物浓度能够达到 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，仅少数企业氟化物浓度需稍加控制即可满足要求。

(16) 氰化氢

氰化氢标准状态下为液体，易挥发，具有苦杏仁气味。能与乙醇、乙醚、甘油、氨、苯、氯仿和水等混溶。氰化氢的水溶液称为氢氰酸，属于剧毒类，需要严加管控。

国家现行大气综排以及北京和上海等省份大气综排中氰化氢的排放浓度限值在 $0.5\sim 1.9\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内，基于调研数据，所有测试企业的氰化氢排放浓度均小于 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准氰化氢排放浓度设为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 33 本标准氰化氢排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 MAC
氰化氢	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	0.5	1.9	0.5	1.9	1
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.05	0.15	0.0086	0.11	\

国家现行大气综排以及北京和上海等省份大气综排中氰化氢的排放速率限值为 $0.0086\sim 0.15\text{kg}/\text{h}$ ，折算排放速率限值为 $0.017\sim 0.058\text{kg}/\text{h}$ ，本标准取折算排放速率限值的平均值，设定氰化氢的排放速率限值为 $0.05\text{kg}/\text{h}$ 。

(17) 一氧化碳

表 34 本标准排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	山东区域性大气污染物综合排放标准 2019
一氧化碳	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	1000	\	200	1000	\
	最高允许排放速率 (kg/h)	24	\	11	\	\

北京和上海综排对一氧化碳的排放限值要求分别为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ ，且上海综排不设置一氧化碳的排放速率限值。基于调研数据，各行业一氧化碳排放浓度检测值有 85.7% 以上的企业小于 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ 。综合以上，参照上海综排本标准一氧化碳排放限值设为 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ ，按照公式 (1) 计算出的排放速率为 $24\text{kg}/\text{h}$ 。

(18) 硫酸雾

本标准从严考虑，参照北京和上海大气综排设排放浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。基于 TJ36-79 中一次最高允许排放浓度 $c_m=0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，按照公式（1）计算出的排放速率为 $1.8\text{kg}/\text{h}$ ，本标准则从严考虑，参考北京和上海大气综排设定硫酸雾的排放速率限值为 $1.1\text{kg}/\text{h}$ 。

表 35 本标准硫酸雾排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016
硫酸雾	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	5	45	5	5	45
	最高允许排放速率 (kg/h)	1.1	1.5	1.1	1.1	1.5

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，91%以上企业的硫酸雾浓度能够满足要求，约 10%的企业需要通过进一步控制方能达标排放。

（19）铬酸雾

国家现行大气综排以及北京、上海和重庆等省份大气综排中铬酸雾的排放浓度限值在 $0.05\sim 0.07\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内，排放速率限值为 $0.005\sim 0.008\text{kg}/\text{h}$ 范围内。本标准从严考虑，参照上海大气综排设定铬酸雾排放浓度限值为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率限值为 $0.005\text{kg}/\text{h}$ 。

表 36 本标准铬酸雾排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	重庆大气污染物综合排放标准 2016
铬酸雾	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	0.05	0.07	0.05	0.05	0.07
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.005	0.008	0.0054	0.005	0.008

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业铬酸雾排放浓度均小于 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（20）重金属及其化合物

国家现行大气综排及北京、上海等省份大气综排的各类重金属的排放标准如下表所示，其中上海大气综排中重金属类除了铬及其化合物外，其他 7 类物种均参照了北京市上一版大气综排（DB11/501-2007）中的排放浓度和排放速率限值，而北京市现行大气综排（DB11/501-2017）较上一版中的排放标准限值有所加严。考虑到排放、倾倒、处置含铅、汞、镉、铬、砷、铊、锑的污染物，超过国家或者地方污染物排放标准三倍以上的，或者排放、倾倒、处置含镍、铜、锌、银、钒、锰、钴的污染物，超过国家或者地方污染物排放标准十倍以上的均被认定为“严重污染环境”的违法行为，因此排放限值的设定应当慎重，不宜过严，本标准中 8

类重金属的排放限值参照上海市现行大气综排设置排放浓度和排放速率设置，详见下表。

表 37 本标准各类重金属及其化合物排放限值与国家及重点省市对比

污染物	国家大气污染物综合排放标准 1996		北京大气污染物综合排放标准 2017		上海大气污染物综合排放标准 2015		GBZ2.1-2019	本标准	
	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)	8h 工作时间加权平均容许浓度(PC-TWA) (mg/m ³)	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)
汞及其化合物	0.012	0.0015	0.008	0.00013	0.01	0.001	0.02 (金属汞) 0.01 (有机汞化合物)	0.01	0.001
铅及其化合物	0.7	0.004	0.1	0.0018	0.5	0.0025	0.05 (铅尘) 0.03 (铅烟)	0.5	0.0025
镉及其化合物	0.85	0.05	0.1	0.000013	0.5	0.036	0.01	0.5	0.036
铍及其化合物	0.012	0.0011	0.005	0.00052	0.01	0.00073	0.0005	0.01	0.00073
镍及其化合物	4.3	0.15	0.2	0.052	1	0.11	1 (金属镍与难溶性镍化合物) 0.5 (可溶性镍化合物)	1	0.11
锡及其化合物	8.5	0.31	1	0.16	5	0.22	2 (二氧化锡)	5	0.22
砷及其化合物	\	\	0.5	0.0026	0.5	0.011	0.01	0.5	0.011
铬及其化合物	\	\	\	\	1	0.025	0.05	1	0.025

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的不同行业的重金属排放水平有所差异，汞及其化合物排放浓度检测值均低于 0.003mg/m³，铅及其化合物浓度小于 0.3mg/m³，镉及其化合物的排放浓度检测值均明显低于 0.1mg/m³，砷及其化合物浓度均小于 0.008mg/m³，铬及其化合物的排放浓度检测值均低于 0.1mg/m³，99.5%的企业锡及其化合物的排放浓度检测值低于 5mg/m³，92.3%的企业镍及其化合物的排放浓度检测值低于 1mg/m³。

(21) 丙烯腈

国家现行大气综排以及北京和上海等省份大气综排中丙烯腈的排放浓度限值在 0.5~22mg/m³ 范围内，GBZ2.1-2019 中的最高允许排放浓度为 1mg/m³，考虑到丙烯腈的检测较少，本标准参照 GBZ2.1-2019 取其范围中间值，参考上海综排设为 5mg/m³。国家现行大气综排以及北京和上海等省份大气综排中丙烯腈的排放速率限值为 0.18~0.77kg/h，按照公式 (1) 计算出的丙烯腈排放速率为 0.3kg/h，与上海综排一致，因此本标准设定丙烯腈的排放速率限值为 0.3kg/h。

表 38 本标准丙烯腈排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
丙烯腈	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	5	22	0.5	5	1
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.3	0.77	0.18	0.3	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业丙烯腈排放浓度均小于 5 mg/m³。

(22) 氯苯类

国家现行大气综排氯苯类排放标准为 60mg/m³，排放速率限值为 0.52kg/h，北京和上海大气综排中的排放浓度限值均为 20mg/m³，排放速率限值为 0.36kg/h，本标准从严考虑，参照北京和上海综排，氯苯类排放浓度限值设为 20mg/m³，排放速率限值设为 0.36kg/h。

表 39 本标准氯苯类排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015
氯苯类	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	20	60	20	20
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.36	0.52	0.36	0.36

(23) 硝基苯类

硝基苯类是一类物质，主要包括硝基苯、二硝基苯、三硝基苯、硝基甲苯等，大部分对人体健康和环境具有较大危害性，其中硝基苯被国际癌症研究机构列为 2B 类致癌物。

按照公式（1）计算出的硝基苯类排放速率为 0.06kg/h，本标准从严考虑，参照北京和上海综排，硝基苯类排放浓度限值设为 10mg/m³，排放速率限值设为 0.036kg/h。

表 40 本标准硝基苯类排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
硝基苯类	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	10	16	10	10	2 (硝基苯) 1 (二硝基苯)
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.036	0.05	0.036	0.036	\

(24) 苯胺类

苯胺类是一类物质，主要包括苯胺、甲苯胺、邻苯胺等，大部分对人体健康和环境具有较大危害性，其中联苯胺和邻甲苯胺被国际癌症研究机构列为 1 类致癌物，苯胺被列为 3 类致癌物。

本标准与北京和上海综排保持一致，苯胺类排放浓度限值设为 20mg/m³，排放速率限值设

为 0.36kg/h。

表 41 本标准苯胺类排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
苯胺类	最高允许排放浓度(mg/m ³)	20	20	20	20	3 (苯胺) 10 (二苯胺)
	最高允许排放速率(kg/h)	0.36	0.52	0.36	0.36	\

(25) 酚类

酚类同样是一类物质，包括苯酚、甲基苯酚、苯二酚、萘酚等，大部分对人体健康和环境具有较大危害性，其中苯酚被国际癌症研究机构列为 3 类致癌物。

国家现行大气综中酚类排放浓度限值为 100mg/m³，北京和上海大气综排中酚类的排放标准均为 20mg/m³，本标准酚类排放浓度限值参照北京和上海大气综排，从严考虑，设为 20mg/m³。按照公式（1）计算出的酚类排放速率为 0.12kg/h，本标准从严考虑，参照北京大气综排，酚类排放速率限值设为 0.072kg/h。

表 42 本标准酚类排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
酚类	最高允许排放浓度(mg/m ³)	20	100	20	20	10 (苯酚) 10 (甲酚) 20 (间苯二酚)
	最高允许排放速率(kg/h)	0.072	0.1	0.072	0.073	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业酚类排放浓度均小于 20 mg/m³。

(26) 甲醇

国家现行大气综中甲醇的排放浓度限值为 190mg/m³，北京和上海大气综排中的排放标准均为 50mg/m³，GBZ2.1-2019 中规定的甲醇短间接接触容许浓度为 50mg/m³，本标准从严考虑，排放浓度限值设为 50mg/m³。按照公式（1）计算出的甲醇排放速率限值为 18kg/h，本标准从严考虑，参照北京大气综排，甲醇的排放速率限值设为 1.8kg/h。

表 43 本标准甲醇排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	上海大气污染物综合排放标准 2015	GBZ2.1-2019 PC-TWA
甲醇	最高允许排放浓度(mg/m ³)	50	190	50	50	25
	最高允许排放速率(kg/h)	1.8	5.1	1.8	3	\

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 96.2%的企业甲醇排放浓度均小于 50 mg/m³。

(27) 二氯甲烷

二氯甲烷被国际癌症研究机构列为 2A 类致癌物，2019 年 1 月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018 年）》。

本标准从严考虑，参考上海和四川二氯甲烷排放浓度限值设为 20mg/m³，排放速率限值与上海综排保持一致，设为 0.45kg/h。

表 44 本标准二氯甲烷排放限值与国家及重点省市对比-2

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准	上海大气污染物综合排放标准	四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准	《石油化学工业污染物排放标准》	GBZ2.1-2019 PC-TWA
二氯甲烷	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	20	\	20	20	100	200
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.45	\	0.45	1.0	\	\

(28) 三氯甲烷

三氯甲烷有麻醉性，被国际癌症研究机构列为 2B 类致癌物，2019 年 1 月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018 年）》。

本标准从严考虑，参考上海和四川三氯甲烷排放浓度标准设为 20mg/m³，排放速率限值与上海综排保持一致，从严考虑，设为 0.45kg/h。

表 45 本标准三氯甲烷排放限值与国家及重点省市对比-2

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准 1996	北京大气污染物综合排放标准 2017	四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准 1993	石油化学工业污染物排放标准	GBZ2.1-2019 PC-TWA
三氯甲烷	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	20	\	20	20	50	20
	最高允许排放速率 (kg/h)	0.45	\	0.45	0.7	\	\

(29) 氯乙烯

氯乙烯被世界卫生组织国际癌症研究机构列为 1 类致癌物，需要严格控制。

本标准从严考虑，参考北京和上海综排乙烯排放浓度限值设为 5mg/m³。目前国家大气综排以及北京和上海综排中氯乙烯排放速率限值为 0.54~0.77kg/h，本标准从严考虑，设为 0.54kg/h。

表 46 本标准氯乙烯排放限值与国家及重点省市对比-2

污染物		本标准	现行国家大气 污染物综合排 放标准 1996	北京大气污 染物综合排 放标准 2017	上海大气污 染物综合排 放标准 2015	《烧碱、聚氯 乙烯工业污 染物排放标 准》	《石油化学 工业污染物 排放标准》	GBZ2.1-2019 PC-TWA
氯乙烯	最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	5	36	5	5	10	1	10
	最高允许 排放速率 (kg/h)	0.54	0.77	0.54	0.55	\	\	\

基于调研数据，执行大气综排的企业氯乙烯排放浓度均小于 5mg/m³。

(30) 三氯乙烯

三氯乙烯被国际癌症研究机构列为 1 类致癌物，2019 年 1 月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018 年）》。

本标准与上海大气综排保持一致，三氯乙烯排放浓度限值设为 20mg/m³，排放速率限值设为 0.5kg/h。

表 47 本标准三氯乙烯排放限值与国家及重点省市对比-2

污染物		本标准	现行国家大气 污染物综合排 放标准	上海大气污 染物综合排 放标准	四川省固定污 染源大气挥发 性有机物排放 标准	《石油化学 工业污染物 排放标准》	GBZ2.1-2019 PC-TWA
三氯乙烯	最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	20	\	20	20	1	30
	最高允许 排放速率 (kg/h)	0.5	\	0.5	0.7	\	\

(31) 四氯乙烯

四氯乙烯被国际癌症研究机构列为 2A 类致癌物，2019 年 1 月被我国列入《有毒有害大气污染物名录（2018 年）》。

国家现行大气综排未设定四氯乙烯排放标准，上海市大气综排中的四氯乙烯排放浓度限值均为 80mg/m³，国家行业排放标准《石油化学工业污染物排放标准》中四氯乙烯排放浓度限值为 100mg/m³，GBZ2.1-2019 中 8h 工作时间加权平均容许浓度为 200mg/m³。本标准从严考虑，参考上海大气综排设为 80mg/m³，排放速率限值设为 2kg/h。

表 48 本标准四氯乙烯排放限值与国家及重点省市对比-2

污染物		本标准	现行国家大气 污染物综合排 放标准	上海大气污 染物综合排 放标准	《石油化学工 业污染物排 放标准》	GBZ2.1-2019 PC-TWA
四氯乙烯	最高允许 排放浓度 (mg/m ³)	80	\	80	100	200

	最高允许排放速率 (kg/h)	2	\	2	\	\
--	-----------------	---	---	---	---	---

(32) 苯并(a)芘

苯并(a)芘属于 1 类致癌物质。

现行国家大气综排、国家《石油化学工业污染物排放标准》以及北京和上海的大气综排中，苯并(a)芘的排放浓度限值均为 0.0003mg/m³，本标准与其保持一致，设为 0.0003mg/m³。按照公式（1）计算出的苯并(a)芘排放速率为 1.5×10⁻⁵kg/h，考虑到苯并(a)芘属于极毒性物质，必须严格控制，本标准从严考虑，参照北京大气综排设定排放速率限值为 9×10⁻⁶kg/h。基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业苯并(a)芘排放浓度均小于 0.0003 mg/m³。

表 49 本标准苯并(a)芘排放限值与国家及重点省市对比

污染物		本标准	现行国家大气污染物综合排放标准	北京大气污染物综合排放标准	上海大气污染物综合排放标准	《石油化学工业污染物排放标准》	GB3095-2012
苯并(a)芘	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	0.0003	0.0003 (沥青及碳素制品生产和加工)	0.0003	0.0003	0.0003	2.5×10 ⁻⁶ (24h 平均)
	最高允许排放速率 (kg/h)	9×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁵	9×10 ⁻⁶	3.6×10 ⁻⁵	\	\

(33) 二噁英类

二噁英通常指具有相似结构和理化特性的一组多氯取代的平面芳烃类化合物，属氯代含氧三环芳烃类化合物，包括 75 种多氯代二苯并-对-二噁英和 135 种多氯代二苯并呋喃，缩写为 PCDD/Fs，属于 1 类致癌物质。

考虑到二噁英类的极大危害性，本标准设定二噁英类排放标准，与北京和上海大气综排中的要求保持一致，排放浓度限值设为 0.1ng-TEQ/m³，不设定排气筒的排放速率限值。

表 50 本标准二噁英类排放限值与国家及重点省市对比

标准名称	排放浓度限值
现行国家《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）	\
北京《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）	0.1ng-TEQ/m ³
上海《大气污染物综合排放标准》（DB31/933-2015）	0.1ng-TEQ/m ³
《石油化学工业污染物排放标准》（GB 31571-2015）	0.1ng-TEQ/m ³
《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）	0.1ng-TEQ/m ³
《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484-2001）	0.5ng-TEQ/m ³
《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）（PC-TWA）	30pg-TEQ/m ³
本标准	0.1ng-TEQ/m ³

2、无组织排放

为了监控企业对生产过程中无组织废气排放环节的收集效果，本标准参考国家大气污染物综合排放标准及主要行业排放标准和主要省市大气综排，对厂界污染物设定了监控浓度点浓度限值，具体见下表所示。

表 51 本标准及国家和主要省、市相关排放标准中的厂界监控点污染物浓度限值（单位：mg/m³）

污染物	本标准	国家《大气污染物综合排放标准》	北京《大气污染物综合排放标准》	上海《大气污染物综合排放标准》	《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》	山东《挥发性有机物排放标准第 7 部分：其他行业》	江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》	国家《石油化学工业污染物排放标准》	国家《挥发性有机物无组织排放控制标准》	国家《无机化学工业污染物排放标准》	国家《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》	国家《铁合金工业污染物排放标准》	国家《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》
颗粒物	石棉纤维及粉尘	0.5	不得有明显排放	0.3	不得有明显排放								
	碳黑尘、染料尘、颜料尘、医药尘、农药尘、木粉尘	0.5	肉眼不可见	0.3	不得有明显排放								
	二氧化硅粉尘、玻璃棉、矿渣棉、岩棉粉尘、树脂尘（漆雾）、橡胶尘、有机纤维粉尘、焊接烟尘	0.5	1	0.3									
	沥青烟	0.5	不得有明显排放	0.3	不得有明显排放								
	其他颗粒物	0.5	1	0.3	0.5			1				1	

污染物	本标准	国家《大气污染物综合排放标准》	北京《大气污染物综合排放标准》	上海《大气污染物综合排放标准》	《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》	山东《挥发性有机物排放标准第7部分：其他行业》	江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》	国家《石油化学工业污染物排放标准》	国家《挥发性有机物无组织排放控制标准》	国家《无机化学工业污染物排放标准》	国家《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》	国家《铁合金工业污染物排放标准》	国家《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》
非甲烷总烃	2	4	1	4	2 (VOCs)	2 (VOCs)	4	4	6				
苯	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	0.4					
甲苯	0.2	2.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.8					
二甲苯	0.2	1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8					
苯系物	0.4	\		0.4	\								
丙烯醛	0.1	0.4	0.1	0.1			0.1						
甲醛	0.05	0.2	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05						
乙醛	0.01	0.04	0.01	0.01			0.01						
氯化氢	0.05	0.2	0.01	0.15				0.2		0.05	0.2		0.2
氯气	0.1	0.4	0.02	0.1						0.1			0.1
光气	0.02	0.08	0.02	0.02									
氟化物	0.02	0.02	0.02	0.02						0.02	0.02		
氰化氢	0.0024	0.024	0.0024	0.024						0.0024			
硫酸雾	0.3	1.2	0.3	0.3						0.3	0.3		
铬酸雾	0.002	0.006	0.0015	0.002						0.006			
汞及其化合物	0.0003	0.0012	0.00005	0.0003						0.0003			0.0003
铅及其化合物	0.006	0.006	0.0007	0.006						0.006	0.006		
镉及其化合物	0.001	0.04	0.000005	0.01						0.001	0.0002		

污染物	本标准	国家《大气污染物综合排放标准》	北京《大气污染物综合排放标准》	上海《大气污染物综合排放标准》	《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》	山东《挥发性有机物排放标准第7部分：其他行业》	江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》	国家《石油化学工业污染物排放标准》	国家《挥发性有机物无组织排放控制标准》	国家《无机化学工业污染物排放标准》	国家《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》	国家《铁合金工业污染物排放标准》	国家《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》
铍及其化合物	0.0002	0.0008	0.0002	0.0002									
镍及其化合物	0.02	0.04	0.02	0.03						0.02			
锡及其化合物	0.06	0.24	0.06	0.06							0.24		
砷及其化合物	0.001	\	0.001	\						0.001	0.01		
铬及其化合物	0.006	\	\	\							0.006	0.006	
丙烯腈	0.15	0.6	0.05	0.2			0.15						
氯苯类	0.1	0.4	0.1	0.1			0.2						
硝基苯类	0.01	0.04	0.01	0.01			0.01						
苯胺类	0.1	0.4	0.1	0.1			0.2						
酚类	0.02	0.08	0.02	0.02			0.02						
甲醇	1	12	0.5	1			1						
二氯甲烷	0.6	\	\	4	0.6	0.6	4						
三氯甲烷	0.4	\	\	0.4	0.4		0.4						
氯乙烯	0.15	0.6	0.15	0.3		0.2	0.3						0.15
三氯乙烯	0.6	\	\	0.6	0.4	0.6	0.6						
四氯乙烯	1	\	\	\		1							
苯并(a)芘	0.000008	0.000008	0.0000025	0.000008				0.000008					

基于调研数据，按照本标准厂界浓度限值的达标情况分析如下：

（1）颗粒物

北京大气综排中对各类颗粒物的厂界浓度限值未做区分，统一设为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，并提出“在实际监测该污染物的单位周界无组织排放监控点浓度时，监测颗粒物”。本标准参考北京大气综排，不对颗粒物类别进行区分，考虑到我省实际排放情况，将厂界浓度限值统一设为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业厂界颗粒物浓度不超过 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 的企业约占 98.7%，仅个别企业不能满足本标准要求，需要进一步控制。

（2）非甲烷总烃

鉴于目前我省臭氧污染严重，其前体物 VOCs 的排放源分布广、排放量大，需要严加控制，因此相比于其他相关标准，本标准对非甲烷总烃厂界浓度限值进行加严。

综合国家及其他地区非甲烷总烃（或 VOCs）的厂界控制标准，本标准中非甲烷总烃的厂界浓度限值设为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

执行大气污染物综合排放标准的各行业，90% 以上企业非甲烷总烃满足不超过 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准要求，约 10% 的企业暂时不能满足本标准要求。

（3）苯

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，98% 以上的企业苯排放浓度满足本标准 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，仅少部分企业需要进一步加强控制能够达标。

（4）甲苯

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 97.5% 的企业甲苯排放浓度满足本标准 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，仅少部分企业需要进一步加强控制能够达标。

（5）二甲苯

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 97.5% 的企业二甲苯排放浓度满足本标准 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

（6）苯系物

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 99% 的企业苯系物浓度满足本标准 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。

（7）甲醛

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，约 29% 的企业甲醛排放浓度满足本标准 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，大部分企业尚不能满足本标准要求。由于甲醛属于 1 类致癌物，对人体健康和环境危害较大，需要从严控制，因此本标准设定甲醛的厂界浓度限值为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，与江苏省《化学工业挥发性有机物排放标准》、北京《大气污

染物综合排放标准》、上海《大气污染物综合排放标准》和山东《挥发性有机物排放标准第7部分：其他行业》中的要求保持一致。

（8）乙醛

执行大气污染物综合排放标准的各行业，26.7%企业乙醛无组织排放浓度小于 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，80%企业排放浓度小于 $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ 。国家现行大气综排中乙醛的厂界浓度限值为 $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ ，北京和上海综排以及江苏省《化学工业挥发性有机物排放标准》中的厂界浓度限值均为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，鉴于乙醛的危害性，本标准从严考虑，设定乙醛的厂界浓度限值未 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（9）氯化氢

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及国家行业排放标准中的氯化氢的厂界浓度限值为 $0.01\sim 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，考虑到氯化氢的危害性但易于控制，本标准取其中间值，参照《无机化学工业污染物排放标准》设为 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 。

执行大气污染物综合排放标准的各行业，约64%的企业氯化氢无组织排放浓度能够满足本标准要求，约36%的企业需要加强控制方能满足要求。

（10）氯气

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，所有企业氯气无组织排放浓度均能满足本标准要求不超过 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 的厂界浓度限值要求。

（11）氟化物

国家现行大气综排、行业排放标准及各省市大气综排中氟化物的无组织排放均为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ，本标准与其保持一致。基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业氟化物无组织排放浓度均低于 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（12）硫酸雾

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业，所有企业硫酸雾无组织排放浓度均能满足本标准要求不超过 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的厂界浓度限值。

（13）氯乙烯

考虑到氯乙烯为1类致癌物，需要严加控制，本标准参照北京大气综排和国家《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》，氯乙烯的厂界浓度限值设为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业氯乙烯无组织排放浓度均小于 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ ，所有企业均能满足本标准要求不超过 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 的厂界浓度限值。

（14）氰化氢

氰化氢毒性极强，需要严加管控。本标准参照北京大气综排，氰化氢的厂界浓度限值设为 $0.0024\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 86%以上企业氰化氢无组织排放浓度均小于 $0.0024\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(15) 铬酸雾

本标准参照上海《大气污染物综合排放标准》，铬酸雾厂界浓度限值设为 $0.002\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 85.9%企业铬酸雾无组织排放浓度均小于 $0.002\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(16) 镍及其化合物

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及国家《无机化学工业污染物排放标准》中的镍及其化合物的厂界浓度限值为 $0.02\sim 0.04\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照最严格限值，镍及其化合物厂界浓度限值设为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业镍及其化合物无组织排放浓度均小于 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(17) 锡及其化合物

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及国家《无机化学工业污染物排放标准》中的锡及其化合物的厂界浓度限值为 $0.06\sim 0.24\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照最严格限值，锡及其化合物厂界浓度限值设为 $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 96%以上企业锡及其化合物无组织排放浓度小于 $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(18) 酚类

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》中的酚类的厂界浓度限值为 $0.02\sim 0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照北京和上海大气综排，酚类厂界浓度限值设为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 50%以上企业酚类无组织排放浓度小于 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(19) 甲醇

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及江苏《化学工业挥发性有机物排放标准》中的甲醇的厂界浓度限值为 $0.5\sim 12\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照上海大气综排，甲醇厂界浓度限值设为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业 61%以上企业甲醇无组织排放浓度小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(20) 二氯甲烷

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》、山东《挥发性有机物排放标准第7部分：其他行业》以及国家《无机化学工业污染物排放标准》中的二氯甲烷的厂界浓度限值为 $0.6\sim 4\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准取最严格得排放标准，二氯甲烷厂界浓度限值设为 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业二氯甲烷无组织排放浓度均小于 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(21) 苯并(a)芘

国家现行大气综排、北京和上海大气综排、以及国家《石油化学工业污染物排放标准》中的苯并(a)芘的厂界浓度限值为 $0.0000025\sim 0.000008\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照上海大气综排等标准，苯并(a)芘厂界浓度限值设为 $0.000008\text{mg}/\text{m}^3$ 。

基于调研数据，执行大气污染物综合排放标准的各行业苯并(a)芘无组织排放浓度均小于 $0.000008\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.5 污染控制要求

(1) 产生大气污染物的生产工艺和装置需设立局部或整体气体收集系统和净化处理装置实现达标排放。

(2) 生产设施应采用合理的通风措施，不得人为故意稀释排放。

(3) 当执行不同排放控制要求的废气合并排气筒排放时，应在废气混合前进行监测，并执行相应的排放控制要求；若可选择的监控位置只能对混合后的废气进行监测，则应按各排放控制要求中最严格的规定执行。

(4) 生产工艺设备、废气收集系统及废气处理设施应同步运行。废气收集系统或废气处理设施发生故障或检修时，应停止运转对应的生产工艺设备，待检修完毕后共同投入使用。因安全等因素生产工艺设备不能停止或不能及时停止的，应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施。

(5) VOCs物料储存无组织排放控制要求、VOCs物料转移和输送无组织排放控制要求、工艺过程VOCs无组织排放控制要求、设备与管线组件VOCs泄露控制要求、敞开液面VOCs无组织排放控制要求，以及VOCs无组织排放废气收集处理系统要求、企业厂区内VOCs无组织污染监控要求执行GB 37822 的规定。

物料运输颗粒物无组织排放要求

(6) 运输易散发粉尘的物料应符合以下要求：

a) 运输散装粉状物料应采用密闭车厢或罐车；

b) 运输袋装粉状物料，以及粒状、块状等易散发粉尘的物料应采用密闭车厢，或使用防尘布、防尘网覆盖物料，捆扎紧密，不得有物料遗撒；

c) 厂区道路应硬化，并定期清扫、洒水保持清洁。车辆在驶离煤场、料场、储库、堆棚前应清洗车轮、清洁车身。

(7) 物料装卸颗粒物无组织排放要求

装卸易散发粉尘的物料应采取以下方式之一：

- a) 密闭操作；
- b) 在封闭式建筑物内进行物料装卸；
- c) 在装卸位置采取局部气体收集处理、洒水增湿等控制措施。

(8) 物料储存颗粒物无组织排放要求

储存易散发粉尘的物料应符合以下要求：

- a) 粉状物料应储存于密闭料仓或封闭式建筑物内；
- b) 粒状、块状等易散发粉尘的物料储存于储库、堆棚中，或储存于密闭料仓中。储库、堆棚应至少三面有围墙（或围挡）及屋顶，敞开侧应避开常年主导风向的上风方位；

c) 露天储存粒状、块状等易散发粉尘的物料，堆置区四周应以挡风墙、防风抑尘网等方式围挡（出入口除外），围挡高度应不低于堆存物料高度的1.1倍，同时采取洒水、覆盖防尘布（网）或喷洒化学稳定剂等控制措施；

d) 临时露天堆存粒状、块状等易散发粉尘的物料，应使用防尘布、防尘网覆盖严密。

(9) 物料转移和输送颗粒物无组织排放要求

厂内转移和输送易散发粉尘的物料应采取以下方式之一：

- a) 采用密闭输送系统；
- b) 在封闭式建筑物内进行物料转移和输送；
- c) 在上料点、落料点、接驳点及其他易散发粉尘位置采取局部气体收集处理、洒水增湿等控制措施。

(10) 物料加工与处理颗粒物无组织排放要求

物料加工与处理应满足以下要求：

a) 物料加工与处理过程中易散发粉尘的工艺环节（如破碎、粉磨、筛分、混合、打磨、切割、投料、出料（渣）、包装等）应采用密闭设备，或在密闭空间内进行。不能密闭的，应采取局部气体收集处理、洒水增湿等控制措施；

b) 密闭式生产工艺设备、废气收集系统、除尘设施等应密封良好，无粉尘外逸；

(11) 封闭式建筑物内进行物料装卸、储存、输送、加工等作业，除人员、车辆、

设备进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口(孔)部分应随时保持关闭状态。

(12) 安装废气收集系统、废气处理设施，以及采取其他无组织排放控制措施，应对主要的运行信息进行记录。

5.6 监测要求

企业应按照有关法律、环境监测管理办法及排污许可证等规定，建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及其周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。企业自行监测方案制定、监测质量保证和质量控制等应符合 HJ 819 和 HJ 836 的要求。

新建污染源和现有污染源安装污染物排放自动监控设备的要求，按 HJ 75、HJ 76 等相关要求及有关法律和规定执行。

排气筒应设置采样孔和永久监测平台，采样孔和平台建设按 GB/T 16157、HJ 75、HJ 76 和 HJ 836 等相关要求执行，同时设置规范的永久性排污口标志。

实施监督性监测期间的采样频次和污染源采样方法应符合 GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 836 和相关分析方法标准的要求。

大气无组织排放监控点设置方法、监测气象条件的判定和选择、检测结果的计算等，按 HJ/T 55 要求执行。

对大气污染物排放浓度的测定采用表 52 所列的方法标准。本标准发布实施后，有新发布的国家环境监测分析方法标准，其方法适用范围相同的，也适用于本标准对应污染物的测定。

表 52 大气污染物浓度测定方法标准

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号
1	颗粒物	环境空气 总悬浮颗粒物的测定重量法	GB/T 15432
		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
		固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测技术规范	HJ 75
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 76
2	二氧化硫	固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法	HJ/T 56
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法	HJ 57
		环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	HJ 482
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法	HJ 629
		环境空气 二氧化硫的自动测定 紫外荧光法	HJ 1044
		固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1131
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测技术规范	HJ 75
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 76
3	氮氧化物	固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法	HJ/T 42
		固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ/T 43
		环境空气 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定 盐酸萘乙二胺分	HJ 479

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号
		光光度法	
		固定污染源排气 氮氧化物的测定 酸碱滴定法	HJ 675
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	HJ 692
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	HJ 693
		固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	HJ 1132
		环境空气 氮氧化物的自动测定 化学发光法	HJ 1043
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测技术规范	HJ 75
		固定污染源烟气 (SO ₂ 、NO _x 、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 76
4	非甲烷总烃	固定污染源排气中非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ 38
		环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法	HJ 604
		固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 1013
5	苯 甲苯 二甲苯 苯乙烯	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
		环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583
		环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584
		环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
6	苯系物	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
		环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
7	丙烯醛	固定污染源排气中丙烯醛的测定 气相色谱法	HJ/T 36
		环境空气 醛、酮类化合物的测定 高效液相色谱法	HJ 683
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
8	甲醛	空气质量 甲醛的测定 乙酰丙酮分光光度法	GB/T 15516
		环境空气 醛、酮类化合物的测定 高效液相色谱法	HJ 683
9	乙醛	固定污染源排气中乙醛的测定 气相色谱法	HJ/T 35
		环境空气 醛、酮类化合物的测定 高效液相色谱法	HJ 683
10	氯化氢	固定污染源排气中氯化氢的测定 硫氰酸汞分光光度法	HJ/T 27
		固定污染源废气氯化氢的测定 硝酸银容量法	HJ 548
		环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	HJ 549
11	氯气	固定污染源排气中氯气的测定 甲基橙分光光度法	HJ/T 30
12	光气	固定污染源排气中光气的测定 苯胺紫外分光光度法	HJ/T 31
13	氟化物	大气固定污染源 氟化物的测定 离子选择电极法	HJ/T 67
		固定污染源废气 氟化氢的测定 离子色谱法	HJ 688
		环境空气 氟化物的测定 滤膜采样氟离子选择电极法	HJ 480
		环境空气 氟化物的测定 石灰滤纸采样氟离子选择电极法	HJ 481
		环境空气 氟化物的测定 滤膜采样/氟离子选择电极法	HJ 955
14	氰化氢	固定污染源排气中氰化氢的测定 异烟酸-吡啶酮分光光度法	HJ/T 28
15	硫酸雾	固定污染源废气 硫酸雾的测定 离子色谱法	HJ 544
16	铬酸雾	固定污染源排气中铬酸雾的测定 二苯基碳酰二肼分光光度法	HJ/T 29
17	一氧化碳	空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法	GB 9801
		固定污染源排气中一氧化碳的测定 非色散红外吸收法	HJ/T 44
		固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法	HJ 973
18	汞及其化合物	环境空气 气态汞的测定 金膜富集/冷原子吸收分光光度法	HJ 910
		固定污染源废气 气态汞的测定 活性炭吸附/热裂解原子吸收分光光度法	HJ 917
19	铅及其化合物	环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ 539
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ 685
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号
20	镉及其化合物	大气固定污染源 镉的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 64.1
		大气固定污染源 镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 64.2
		大气固定污染源 镉的测定 对-偶氮苯重氮氨基偶氮苯磺酸分光光度法	HJ/T 64.3
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
21	铍及其化合物	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
		固定污染源废气 铍的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ 684
22	镍及其化合物	大气固定污染源 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法	HJ/T 63.1
		大气固定污染源 镍的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 63.2
		大气固定污染源 镍的测定 丁二酮肟-正丁醇萃取分光光度法	HJ/T 63.3
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
23	锡及其化合物	大气固定污染源 锡的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	HJ/T 65
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
24	砷及其化合物	固定污染源废气 砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	HJ 540
		空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 657
		空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
		环境空气和废气 颗粒物中砷、硒、铋、锑的测定原子荧光法	HJ 1133
25	铬及其化合物	空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	HJ 777
26	丙烯腈	固定污染源排气中丙烯腈的测定 气相色谱法	HJ/T 37
27	氯苯类	固定污染源废气 氯苯类化合物的测定 气相色谱法	HJ 1079
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
28	硝基苯类	环境空气 硝基苯类化合物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 739
		空气质量 硝基苯类（一硝基和二硝基化合物）的测定 锌还原-盐酸萘乙二胺分光光度法	GB/T 15501
		环境空气 硝基苯类化合物的测定 气相色谱法	HJ 738
29	苯胺类	大气固定污染源 苯胺类的测定 气相色谱法	HJ/T 68
		空气质量 苯胺类的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	GB/T 15502
30	酚类	固定污染源排气中酚类化合物的测定 4-氨基安替比林分光光度法	HJ/T 32
		环境空气 酚类化合物的测定 高效液相色谱法	HJ 638
31	甲醇	固定污染源排气中甲醇的测定 气相色谱法	HJ/T 33
32	二氯甲烷	固定污染源废气 挥发性卤代烃的测定 气袋采样-气相色谱法	HJ 1006
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
33	三氯甲烷	固定污染源废气 挥发性卤代烃的测定 气袋采样-气相色谱法	HJ 1006
		环境空气 挥发性卤代烃的测定 活性炭吸附-二硫化碳解吸/气相色谱法	HJ 645
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
34	氯乙烯	固定污染源排气中氯乙烯的测定 气相色谱法	HJ/T 34
		固定污染源废气 挥发性卤代烃的测定 气袋采样-气相色谱法	HJ 1006
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
35	三氯乙烯	固定污染源废气 挥发性卤代烃的测定 气袋采样-气相色谱法	HJ 1006

序号	污染物项目	方法标准名称	标准编号
		环境空气 挥发性卤代烃的测定 活性炭吸附-二硫化碳解吸/气相色谱法	HJ 645
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
36	四氯乙烯	固定污染源废气 挥发性卤代烃的测定 气袋采样-气相色谱法	HJ 1006
		环境空气 挥发性卤代烃的测定 活性炭吸附-二硫化碳解吸/气相色谱法	HJ 645
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
37	苯并[a]芘	固定污染源排气中苯并[a]芘的测定 高效液相色谱法	HJ/T 40
		环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 646
		环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 647
		环境空气 苯并[a]芘的测定 高效液相色谱法	HJ 956
39	二噁英类	环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法	HJ 77.2
39	环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法		HJ 1010
40	环境空气和废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测技术要求及检测方法		HJ 1012

5.7 达标判定

采用手工监测时，按照监测规范要求测得的监测数据等于或者低于排放限值的，即属于达标排放。

采用自动监测时，按照监测规范要求测得的任意 1 h 平均浓度值等于或者低于本标准规定的限值，即属于达标排放。

若同一时段的现场手工监测数据与有效自动监测数据不一致，优先使用符合法定监测标准和监测方法的现场手工监测数据。

启动、停机等非正常情况下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等自动监测数据可不作为达标判定依据。

5.8 实施与监督

(1) 本标准由县级以上人民政府生态环境行政主管部门负责监督实施。

(2) 企业未遵守本标准规定的措施性控制要求，属于违法行为，依照法律法规等有关规定予以处理。

(3) 在任何情况下，企业均应遵守本标准规定的污染物排放控制要求，采取必要措施保证污染防治设施正常运行。各级生态环境部门在对设施进行监督性检查时，可以现场即时采样或监测结果，作为判定排污行为是否符合排放标准的依据。

6. 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

6.1 国家标准

国家大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）发布于 1996 年，于 1997 年开始实施，标准较老，标准限值均较松。全国已有广东省、山东省、贵州省、四川省等省份均已制定了地方综合排放标准，如表 53 所示。北京市和上海市大气污染物综合排放标准分别于 2017 年和 2015 年发布，在国内其他省市已发布的综合排放标准中相对较新且限值也相对较严。广东省的综合排放标准出台较早，单独对火电厂、锅炉、水泥厂进行了限值规定，并规定了 36 项污染物排放控制要求。贵州省综合排放标准中对水和气都进行了规定。

表 53 国内主要省市大气综合排放标准制定情况

序号	标准名称	标准编号	标准分级	污染物项目	污染物类别	指标体系
1	北京市大气污染物综合排放标准	DB11/501-2017	未分区分级	共 53 项/类：常规污染物 4 项	有组织； 无组织。	排放浓度； 排放速率； 排放量； 净化效率。
2	上海大气污染物排放标准	DB31/933-2015	未分区分级	共 70 项；常规污染物 4 项	有组织。	排放浓度； 排放速率。
3	山东省区域性大气污染物综合排放标准 山东省挥发性有机物排放标准 第 7 部分：其他行业	DB37/2376-2019 DB37/2801.7—2019	核心、重点	SO ₂ 、NO _x 、PM 3 项	有组织。	排放浓度。
4	贵州省环境污染物排放标准	DB52/864-2013	二类区二级	共 7 种：无常规污染物	有组织； 无组织。	排放浓度； 排放速率。
5	广东省大气污染物排放限值	DB44/27-2001	三类区三级	共 36 项：常规污染物 4 项	有组织； 无组织。	排放浓度； 排放速率； 烟气黑度。
6	四川省大气污染物排放标准	DB51/186-93（新标准于 2015 年征求意见）	三类区四级	共 32 项：常规污染物 3 项	有组织。	排放速率； 排放浓度。

在综合排放标准的基础上，北京、上海、山东、广东等地区已形成了比较完备的综合排放标准与多项行业地方标准相配套的行业排放标准体系，浙江、河北省也分别针对本省重点行业制定了较为严格的地方排放标准。

2019 年 6 月 3 日，山东省发布了《区域性大气污染物综合排放标准》等 3 项地方标准。2018~2019 年间陆续发布了区域性大气污染物综合排放标准，建材、火电、钢铁、锅炉、工业炉窑等 5 项行业排放标准，以及汽车制造、家具制造、印刷业、表面涂装、有机化工、铝型材、有机化工污水处理厂（站）等 8 项 VOCs 地方排放标准，形成了“1+5+8”大气污染物排放标准体系。

6.2 主要国家、地区及国际组织情况

6.2.1 美国标准

美国《有害大气污染物排放标准》包括半导体制造业、家具制造、汽车制造、印刷等行业的 VOCs 排放标准，家具制造、汽车制造等行业发布单独行业标准。

美国 Title40,CFR,Part63SubpartBBBBB 《半导体制造危险空气污染物国家排放标准》规定，排气口排放的有机 HAPS 浓度 $\leq 20\text{ppmv}$ ； Title40,CFR,Part60SubpartRR 《压敏胶带和标签涂装作业性能标准》规定，每千克涂料固体 VOCs 排放量不超过 0.20 千克（适用于一个月的加权平均算法）； Title40,CFR,Part63SubpartMMM 《农药有效成分生产的危险空气污染物国家排放标准》规定，所有排放口排放的不受控制的有机 HAPs 每年不超过 0.15 毫克。

6.2.2 欧盟工业排放指令

欧盟的排放标准中与本地综合排放标准制定相关的主要包括工业排放指令(IE 指令)2010/75/EU。包括大气污染物的国家排放限值、大型燃烧厂大气污染物排放限值指令、综合污染防治和控制，以及关于 VOCs 污染源控制等，涉及电厂、水泥制造业、石油和天然气精炼厂、陶瓷制造、玻璃制造等行业。此外，欧盟的最佳可行技术文件中也有相关排放限值可供参考。

6.2.3 台湾标准

我国台湾的行业排放标准体系包括固定污染源空气污染物排放标准（102.04.24.修正），以及玻璃业氮氧化物排放标准、砖瓦窑业开放式隧道窑粒状污染物排放标准（88.04.07.修正）、沥青拌合业粒状污染物排放标准（88.04.07.修正）等。主要调研了台湾的固定污染源空气污染物排放标准（102.04.24.修正）、沥青拌合业粒状污染物排放标准（88.04.07.修正）等。其中，台湾固定源空气污染物排放标准较老，因此其大部分排放限值均比本省大气综合标准的排放限值高。

7. 技术经济可达性分析

7.1 环境效益分析

从标准限值看，与北京大气综排标准比较，大部分污染指标限值持平，少量指标限值比北京综排标准限值宽松。与上海综排标准比较，少量主要污染指标限值加严，大部分持平。与山东标准比较，颗粒物和二氧化硫（其他行业）限值持平，氮氧化物在炸药、火工及焰火产品制造行业宽松，其他行业比山东标准加严 50.0%。与国家大气综排标准（GB16297-1996）相比，加严了部分污染物的有组织排放浓度限值，平均加严幅度约为 43.4%，其中有毒有害物质平均加严幅度为 14.5%。加严了部分污染物的无组织排放浓度限值，平均加严幅度约为 54%，其中有毒有害物质平均加严幅度为 34.8%。与大气污染物综合排放标准相比，有组织颗粒物与国标最低标准基本持平，比最高浓度标准加严 83.3%，二氧化硫比最低浓度标准加严 81.8%，氮氧化物加严 16.7%，非甲烷总烃严格了 50%；无组织颗粒物加严 50%，挥发性有机物均有不同程度加严。

表 54 有组织排放标准限值加严情况与现状企业达标占比

序号	污染物	行业	本标准限值 (mg/m ³)	现状企业达标占比	与北京综排标准（2017年）比较加严情况	与上海综排标准（2015年）比较加严情况	与山东综排标准（2019年）比较加严情况	与国标（GB16297-1996）比较加严情况
1	颗粒物	石棉纤维及粉尘	1.0 或者 1 根纤维/cm ³	/	持平	持平	/	持平
		沥青烟	20	/	持平	持平	/	加严 50%~85.7%
		其他颗粒物	20	95.1%	宽松	加严 33.3%	持平	与国标最低标准基本持平，比最高浓度标准加严 83.3%。
2	二氧化硫	废气燃烧（焚烧、氧化）装置、发动机制造、固定式内燃机	200	/	宽松	持平	宽松	加严 63.6%~79.2%
		其他行业	100	98.3%	持平	加严 50.0%	持平	比最低浓度标准加严 81.8%。
3	氮氧化物（以 NO ₂ 计）	炸药、火工及焰火产品制造	300	/	宽松	持平	宽松	加严 78.6%。
		发动机制造、固定式	200	/	宽松	宽松	持平	加严 85.7%

序号	污染物	行业	本标准限值 (mg/m ³)	现状企业 达标占比	与北京综排 标准(2017 年)比较加 严情况	与上海综排标 准(2015 年)比较加 严情况	与山东综 排标准 (2019 年)比较 加严情况	与国标(GB16297- 1996)比较加严情 况
		内燃机						
		其他行业	100	98.8%	持平	加严 33.3%- 66.7%	加严 50.0%	加严 58.3%
4	非甲烷总烃		60	97.9%	宽松	加严 14.3%	/	加严 50%
5	苯		1	98.8%	持平	持平	/	加严 91.7%
6	甲苯		10	99.3%	持平	持平	/	加严 75%
7	二甲苯		10	97.8%	持平	加严 50.0%	/	加严 85.7%
8	苯系物		25	99.6%	/	加严 37.5%	/	/
9	丙烯醛		16	100.0%	持平	持平	/	持平
10	甲醛		5	99.4%	持平	持平	/	加严 80%
11	乙醛		20	/	持平	持平	/	加严 84%
12	氯乙烯		5	100%	持平	持平	/	加严 86.1%
13	氯苯类		20	/	持平	持平	/	加严 66.7%
14	氟化物		3	98.1%	持平	加严 40.0%	/	加严 66.7%
15	氯气		3	100%	持平	持平	/	加严 95.4%
16	光气		0.5	/	持平	加严 50.0%	/	加严 83.3%
17	氰化氢		0.5	100%	持平	加严 73.7%	/	加严 73.7%
18	硫酸雾		5	91.2%	持平	持平	/	加严 88.9%
19	氯化氢		10	89.5%	持平	持平	/	加严 90%
20	铬酸雾		0.05	100%	持平	持平	/	加严 28.6%
21	丙烯腈		5	100%	宽松	持平	/	加严 77.3%
22	硝基苯类		10	/	持平	持平	/	加严 37.5%
23	苯胺类		20	/	持平	持平	/	持平
24	酚类		20	100%	持平	持平	/	加严 80%
25	甲醇		50	96.2%	持平	持平	/	加严 73.7%
26	二氯甲烷		20	/	/	持平	/	/
27	三氯甲烷		20	/	/	持平	/	/
28	三氯乙烯		20	/	/	持平	/	/
29	四氯乙烯		80	/	/	持平	/	/
30	镉及其化合物		0.5	100%	宽松	持平	/	加严 41.2%
31	铬及其化合物		1	100%	/	持平	/	/
32	汞及其化合物		0.01	100%	宽松	持平	/	加严 16.7%
33	铅及其化合物		0.5	100%	宽松	持平	/	加严 28.6%
34	砷及其化合物		0.5	100%	持平	持平	/	/
35	铍及其化合物		0.01	/	宽松	持平	/	加严 16.7%
36	镍及其化合物		1	92.3	宽松	持平	/	加严 76.7%
37	锡及其化合物		5	99.5%	宽松	持平	/	加严 41.2%
38	苯并(a)芘		0.0003	100%	持平	持平	/	持平
39	二噁英类		0.1 ng- TEQ/m ³	/	持平	持平	/	/
40	一氧化碳		1000	85.7%	宽松	持平	/	/

表 55 无组织排放标准限值加严情况与现状企业达标占比

序号	污染物项目	排放限值	现状企业达标占比	与北京综排标准(2017年)比较加严情况	与上海综排标准(2015年)比较加严情况	与山东综排标准(2019年)比较加严情况	与国标(GB16297-1996)比较加严情况
1	颗粒物	0.5	98.7%	宽松	持平	/	加严 50%
2	非甲烷总烃(NMHC)	2	90.1%	宽松	加严 50.0%	持平	加严 50%
3	苯	0.1	98.2%	持平	持平	持平	加严 75%
4	甲苯	0.2	97.5%	持平	持平	持平	加严 91.7%
5	二甲苯	0.2	96.9%	持平	持平	持平	加严 83.3%
6	苯系物	0.4	98.9%	/	持平	/	/
7	丙烯醛	0.1	/	持平	持平	/	加严 75%
8	甲醛	0.05	29.4%	持平	持平	持平	加严 75%
9	乙醛	0.01	26.7%	持平	持平	/	加严 75%
10	氯乙烯	0.15	100%	持平	加严 50.0%	加严 25.0%	加严 75%
11	氯苯类	0.1	/	持平	持平	/	加严 75%
12	氯化氢	0.05	63.9%	宽松	加严 66.7%	/	加严 75%
13	氟化物(以F计)	0.02	100%	持平	持平	/	持平
14	氯气	0.1	100%	宽松	持平	/	加严 75%
15	硫酸雾	0.3	100%	持平	持平	/	加严 75%
16	光气	0.02	/	持平	持平	/	加严 75%
17	氰化氢	0.0024	100%	持平	加严 90.0%	/	加严 90%
18	铬酸雾	0.002	85.9%	宽松	持平	/	加严 66.7%
19	汞及其化合物	0.0003	/	宽松	持平	/	加严 75%
20	铅及其化合物	0.006	/	宽松	持平	/	持平
21	镉及其化合物	0.001	/	宽松	加严 90.0%	/	加严 97.5%
22	铍及其化合物	0.0002	/	持平	持平	/	加严 75%
23	镍及其化合物	0.02	100%	持平	加严 33.3%	/	加严 50%
24	锡及其化合物	0.06	96.4%	持平	持平	/	加严 75%
25	砷及其化合物	0.001	/	持平	/	/	/
26	铬及其化合物	0.006	/	/	/	/	/
27	丙烯腈	0.15	/	宽松	加严 25.0%	/	加严 75%
28	硝基苯类	0.01	/	持平	持平	/	加严 75%
29	苯胺类	0.1	/	持平	持平	/	加严 75%
30	酚类	0.02	50.0%	持平	持平	/	加严 75%
31	甲醇	1	61.9%	宽松	持平	/	加严 91.7%
32	二氯甲烷	0.6	100%	/	加严 85.0%	持平	/
33	三氯甲烷	0.4	/	/	持平	/	/
34	三氯乙烯	0.6	/	/	持平	持平	/
35	四氯乙烯	1	/	/	/	持平	/
36	苯并(a)芘	0.000008	100%	宽松		/	持平

本标准实施后，预计减排颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物约 7.92、0.43、1.19 和 10.96 万吨，分别占标准覆盖行业排放总量的 29.7%、12.7%、27.1%和 16.9%。减排铅及其化合物、镉及其化合物、汞及其化合物 0.01 吨、0.01 吨和 0.07 吨。标准实施后，与污染综合防治政策措施相结合，将继续发挥倒逼作用，促进我省大气

污染物排放浓度的降低和排放总量的削减，有效控制我省相关行业大气污染物的排放，为进一步改善环境空气质量，实现我省大气污染防治目标提供保障。

7.2 技术可达性分析

本标准实施后，根据监督性监测及实测情况分析，约 4.9%以上的企业要达到有组织颗粒物排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理；约 1.7%以上的企业要达到二氧化硫有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理；约 5.2%以上的企业要达到氮氧化物有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理；约 2.1%以上的企业要达到挥发性有机物有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理。

表 56 典型大气污染物控制措施

污染物	污染控制措施
苯	喷淋+焚烧+喷淋；活性炭吸附
甲苯	碱液喷淋+活性炭吸附；级液城喷淋+RTO 焚烧处理
乙苯	两级碱液喷淋+大孔径树脂吸附+催化燃烧+一级碱液喷淋
二甲苯	碱喷淋；活性炭吸附；三级碱液喷淋+RTO 焚烧处理；RTO 蓄热式焚烧炉
甲醛	碱液吸收+活性炭吸收；UV 高效光解净化设备
	-
氯乙烯	活性炭吸附
氯苯类	-
氯气	三级冷凝+三级碱喷淋吸收+末端吸收
氰化氢	-
硫酸雾	活性炭吸附
氯化氢	水喷淋+碱喷淋；活性炭吸附；焚烧炉装置+三级碱喷淋
	-
苯胺类	-
甲醇	水吸收+碱液吸收+活性炭吸附；喷淋+焚烧+喷淋
二氯甲烷	降膜吸收塔；喷淋+焚烧+喷淋
	水吸收+碱吸收
三氯甲烷	降膜吸收塔；喷淋+焚烧+喷淋
1,2-二氯乙烷	焚烧炉装置+三级碱喷淋

7.2.1 过程管理技术可行性

做好无组织废气收集，采用密闭收集时，四周墙壁或门窗等密闭性好，收集总风量能确保开口处保持微负压保证废气不外泄。采用半密闭罩收集时，污染物产生点（面）处，往吸入口方向的应有合理的控制风速。生产线整体密闭罩，密闭区域内换气次数原创则上不少于 20 次/h，车间整体密闭换气，换气次数原则上不少于 8 次/h。采用外部罩收集时，应该根据不同工艺操作要求和技术经济条件选择适宜的外部罩，外部罩控制断面平均风速不低于 0.6m/s。改进清洗作业，通过改进清洗作业，可减少清

洗溶剂的用量。储存过程控制，应密封装有涂料的容器，做好保存和管理，控制蒸发损失。从技术层面看，上述过程管理措施相比源头替代与末端治理措施来说，技术难度最小。

7.2.2 末端控制技术可行性

1、颗粒物末端控制技术可行性

在我省标准覆盖行业汇总，颗粒物的污染控制技术使用最为广泛的是布袋除尘技术，占采取除尘控制措施企业的74.0%，其次为湿法除尘，占采取除尘控制措施企业的6.5%。根据我省实测浓度分布区间和二污普数据分析结果，我省颗粒物有组织排放浓度平均水平在13毫克/立方米左右，不能达标的部分企业中，浓度水平低于100毫克/立方的占比99.5%，绝大多数企业颗粒物实际去除效率可达到80%。本标准实施后，约4.9%以上的企业要达到有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理。未采取颗粒物控制措施的企业若采用布袋除尘、机械除尘、湿法除尘法、静电除尘、电袋除尘等技术，运行得当预计均可达到标准限值。部分去除效率较差或初始浓度高的企业，可以通过提高收集率、调整进气口面积、优化电场电压水平及峰值电压、把控袋式除尘器清灰强度等措施，强化运行管理，提高去除效率。

表 57 颗粒物控制技术在我省应用情况

除尘技术	优缺点和适用范围	理论去除效率	江苏省应用企业数量占比
布袋除尘	<p>优点：除尘效率高，对细微细粉也有较高的效率，对烟尘性质、入口浓度及温度等适应性强，使用灵活，处理风量、设备规模可小可大；结构简单，因地制宜；工作稳定，便于收集干粉尘没有污泥处理等，维护简单。</p> <p>缺点：处理温度受滤袋材料的限制，不耐高温；耐腐蚀性弱，不能处理酸碱性含尘气体；对含有粘附性强或吸湿性强粉尘的气体不适用；处理气量大时结构耗材多占地大；运行阻力大，运行成本较高。</p> <p>除尘范围：一般滤袋可以除去粒径0.5 μm以上的粉尘，特殊布袋和后期运行时，在合理的风速下对粒径0.1 μm以上粉尘甚至更小的粉尘也有较好的去除效果。</p>	<p>过滤除尘 85%-99%</p> <p>袋式除尘 80%-99.9%</p>	74.0%
机械除尘	<p>优点：结构简单、容易维护、气流阻力低、投资少、施工快、节省钢材、维护费低、维修周期长、耐高温。</p> <p>缺点：除尘效率低</p> <p>除尘范围：净化大于5~10微米的非粘性、非纤维的干燥粉尘。</p>	<p>重力沉降 40%-60%</p> <p>惯性除尘 50%-70%</p>	10.5%
湿法除尘	<p>优点：除尘效率高，占地面积较小，运行阻力较低，气体可适应性强，可用于高温、高湿、易燃及易爆等含尘气体，及含有水溶性的腐蚀性气体的除尘。</p> <p>缺点：产生的泥浆沉渣和废水需要处理，粉尘回收困难，处理腐蚀性气体时需要采取防腐措施，低温地区需要防冻，易产生二次污染。</p>	<p>水膜除尘器 85%-99%</p> <p>喷淋洗涤器 75%-95%</p> <p>文丘里洗涤器 90%-99.9%</p> <p>自激式洗涤器 85%-99%</p>	6.5%

除尘技术	优缺点和适用范围	理论去除效率	江苏省应用企业数量占比
	除尘范围:对 0.1 μm 以上的粉尘有很好的捕集效果。		
静电除尘	优点: 净化效率, 能够捕集 0.01 微米以上的细粒粉尘。阻力损失小, 一般在 20 毫米水柱以下, 总耗电量仍比较小。允许操作温度高, 可达 250 $^{\circ}\text{C}$ ~400 $^{\circ}\text{C}$ 或更高。处理气体范围量大。可完全实现操作自动控制。 缺点: 设备比较复杂, 要求设备调运和安装以及维护管理水平高。对粉尘比电阻有一定要求。受气体温、湿度等的操作条件影响较大。 除尘范围: 电除尘器对 0.5 μm 以上的粉尘(比电阻合适)具有较好的收集作用	80%-99.9%	0.5%
电袋除尘	优点: 全面提升除尘器的总体技术水平和对各种工况的适应能力。前电减轻了后袋的过滤负荷, 使后袋的清灰周期延长, 运行能耗降低。前电作为缓冲空间, 有利于减缓烟气温度忽高忽低, 四管爆裂等异常工况对后袋的影响。 缺点: 费用高。在特定条件下, 可能产生强烈的氧化腐蚀作用, 使除尘布袋提早结束使用寿命。 除尘范围: 对粒径大于 0.5 μm 的粉尘有很好的捕集作用, 适用于高含尘浓度的烟气除尘净化。	99.9% 以上	0.2%
其他			8.4%

2、二氧化硫末端控制技术可行性

在我省标准覆盖行业汇总, 二氧化硫污染控制技术使用最为广泛的是双碱法, 占采取控制措施企业的 37.4%, 其次为石灰石/石灰-石膏法, 占采取控制措施企业的 3.8%, 海水法、氨法、炉内喷钙法、旋转喷雾干燥法也占一定比例。根据我省实测浓度分布区间和二污普数据分析结果, 我省二氧化硫有组织排放浓度平均水平在 25 毫克/立方米左右, 浓度水平低于 100 毫克/立方米的企业占比 99.5%, 总体来看, 不同规模的企业均能达到 73% 以上的平均去除效率。本标准实施后, 约 1.7% 的企业要达到有组织排放限值, 需要在现有排放水平上进一步实施治理。未采取二氧化硫控制措施的企业若采用双碱法、石灰石/石灰-石膏法、海水法、氨法、炉内喷钙法、喷雾干燥法等技术, 运行得当预计均可达到标准限值。部分去除效率较差或初始浓度高的企业, 可以通过提高收集率、确保脱硫剂投加量、提高脱硫剂的细度和纯度、调整进气口面积、强化运行管理等方式, 进一步提高去除效率。

表 58 二氧化硫控制技术在我省应用情况

脱硫技术	优缺点和适用范围	理论去除效率	江苏省应用企业数量占比
双碱法	优点: 投资小, 运行费用一般, 技术相对成熟 缺点: 占地面积大, 脱硫副产品难以解决, 其副产品为亚硫酸铵, 难以氧化成石膏,	75%-90%	37.4%
石灰石/石灰-石膏法	优点: 技术成熟, 可靠性高 缺点: 占地面积最大, 运行费用最高	90%-95%	3.8%

脱硫技术	优缺点和适用范围	理论去除效率	江苏省应用企业数量占比
	高液气比、低烟气温度排放、高动力、易结构堵塞、产品品质难以保证		
海水法	优点：稳定性高，运行费用一般 缺点：易腐蚀，可能发生堵塞，初期投资大，可靠性仍有待观察	90%-95%	2.3%
氨法	优点：方法成熟，可实现副产品再利用的工艺 缺点：存在氨逃逸问题。 适用于化肥、化工、煤化工等行业。	95%以上	1.5%
炉内喷钙法	优点：运行成本低，投资小，方法较成熟 缺点：易堵塞，脱硫副产品难以解决，其副产品为亚硫酸铵，难以氧化成石膏	65%-80%	1.5%
喷雾干燥法	高液气比、低烟气温度排放、高动力、易结构堵塞、产品品质难以保证	70%-80%	0.8%
其它脱硫技术			52.7%

3、氮氧化物末端控制技术可行性

在我省标准覆盖行业汇总，氮氧化物污染控制技术使用最为广泛的是选择性催化还原法（SCR），占采取控制措施企业的 43.5%，其次为选择性非催化还原法(SNCR)，占采取控制措施企业的 15.2%，其他其它脱硝技术占比为 41.3%。根据我省实测浓度分布区间和二污普数据分析结果，我省氮氧化物有组织排放浓度平均水平在 29.4 毫克/立方米左右，浓度水平低于 100 毫克/立方米、200 毫克/立方米和 300 毫克/立方米的企业占比分别为 94.8%、98.8%和 99.5%；总体来看，61%以上的企业能达到 40%以上的去除效率。本标准实施后，约 5.2%的企业要达到有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理。其中未采取氮氧化物控制措施的企业若采用选择性催化还原法（SCR）或选择性非催化还原法(SNCR)，运行得当预计可达到标准限值，部分去除效率较差或初始浓度高的企业，可以通过提高收集率、增加催化剂的体积、优化烟气流场、氨喷口的设计，提高 NH₃/NO_x 混合均匀性，提高喷氨控制水平、强化运行管理等方式，进一步提高去除效率。大中型企业经过技术提升改造后，基本可达到本标准要要求，部分小微型企业和作坊式生产单位可能因成本或场地限制等原因无法达到本标准要要求。

表 59 氮氧化物控制技术在我省应用情况

脱硝技术	优缺点和适用范围	理论去除效率	江苏省应用企业数量占比
选择性催化还原法（SCR）	优点：该法脱硝效率高，价格相对低廉，应用广泛。CR 使用催化剂导致反应温度比 SNCR 低 缺点：易生产具有腐蚀性和粘性的 NH ₄ HSO ₄ ，可导致尾部烟道设备损坏。催化剂中毒现象也不容忽视。	90%	43.5%

选择性非催化还原法(SNCR)	1、降低成本。不需要改变锅炉的设备装置，仅需加装氨或者尿素储槽，脱硝喷枪装置和喷射口；不需要使用催化剂，使用成本低。 2、系统简单，占地少，适合老厂改造。氨和尿素的储槽，可安置于锅炉钢架上，不需额外占地。	60%-70%	15.2%
其它脱硝技术			41.3%

4、挥发性有机物末端控制技术可行性

2018年，我省挥发性有机物污染控制技术使用最为广泛的是吸附法，占采取控制措施企业的42%，其次为光催化法，占采取控制措施企业的15%，光催化、吸附、等离子体组合技术占比13%，吸收法、燃烧法、喷淋、组合燃烧、冷凝、催化氧化等技术占比分别为6%、6%、4%、3%、2%和2%。2016年-2018年，光催化、吸附、等离子相组合的技术占比增加。根据我省实测浓度分布区间和二污普数据分析结果，我省非甲烷总烃有组织排放浓度平均水平在7.5毫克/立方米左右，浓度水平低于50毫克/立方米、60毫克/立方米和70毫克/立方米的企业占比分别为97.2%、97.9%和98.5%；总体来看，64%以上的企业去除效率低于20%。本标准实施后，约2.1%的企业要达到有组织排放限值，需要在现有排放水平上进一步实施治理。其中未采取控制措施的企业若采用吸附法、光催化法、或各种组合技术，运行得当预计可达到标准限值，部分去除效率较差或初始浓度高的企业，可以通过提高收集率、加强吸附和吸收剂的更换频率、强化运行管理等方式，进一步提高去除效率。大中型企业经过技术提升改造后，基本可达到本标准的要求，部分小微企业和作坊式生产单位可能因成本或场地限制等原因无法达到本标准的要求。

表 60 化工行业典型废气控制技术

环节	污染物类型	推荐技术	典型工艺
工艺有机废气	含卤代烃废气	吸附再生冷凝回收	活性炭/碳纤维/大孔树脂/分子筛吸附再生+冷凝回收
		深度冷凝回收	液氮冷凝回收
	酸碱废气	化学吸收	多级酸/碱/水喷淋
	水溶性或溶解度较高废气	物理吸收	水吸收/离子液吸收/溶剂吸收+全自动解吸再生+冷凝回收
	VOCs 浓度 > 2000mg/m ³	冷凝回收	活性炭/碳纤维/大孔树脂/分子筛吸附再生+冷凝回收、液氮冷凝回收、膜分离回收
		燃烧法	直接燃烧(TO)、催化燃烧(CO)、蓄热燃烧(RTO)、蓄热催化燃烧(RCO)、锅炉热力燃烧
	500mg/m ³ < VOCs 浓度 < 2000mg/m ³	燃烧法	直接燃烧(TO)、催化燃烧(CO)、蓄热燃烧(RTO)、蓄热催化燃烧(RCO)、锅炉热力燃烧
		吸附+冷凝回收	活性炭/碳纤维/大孔树脂/分子筛吸附再生+冷凝回收

环节	污染物类型	推荐技术	典型工艺
	VOCs 浓度 <500mg/m ³	吸附浓缩+燃烧	活性炭/沸石吸附浓缩+RCO/CO/RTO
废水处理 站废气	臭气浓度≥ 3000 (无量纲)	吸收+燃烧	多级化学吸收+蓄热燃烧 (RTO)
		生物法	生物滴滤+碱喷淋、生物滤床
	臭气浓度<3000 (无 量纲)	化学吸收、吸附	多级化学吸收、活性炭/碳纤维吸附
		吸附浓缩+燃烧	活性炭吸附浓缩+CO/RTO/RCO

7.3 经济可行性分析

7.3.1 脱硫脱硝除尘经济可行性分析

不同于电力、钢铁等重点行业，非重点行业对脱硫脱硝除尘要求相对较低更容易达标，单位成本较低的减排技术在满足达标的前提下具有更高的经济性。非重点行业大气污染控制技术成本信息参考自清华大学汪俊、张泽宸及郑州大学秦颖等的研究成果。

表 61 典型行业除尘技术成本 (元/t)

行业	高效除尘器	静电除尘器	湿式除尘	旋风除尘
烧结、生铁、铸造	11.89	10.58	5.45	3.64
水泥	12.22	9.45	4.87	3.25
新型干法	12.22	9.45	4.87	3.25
焦炭、炼油	12.22	9.45	4.87	3.25
锅炉-流化床	52.19	44.42	26.88	17.95
玻璃、石灰	12.22	9.45	4.87	3.25

表 62 典型行业脱硫技术成本 (元/t)

行业	石灰石石膏法	石灰注射/烟气循环流化床脱硫
烧结	35.0	20.0
焦炭	157.7	94.6
炼油	35.0	20.0
锅炉-层燃炉	111.0	42.8
锅炉-流化床	--	53.5
水泥、石灰	35.0	20.0

表 63 典型行业脱硝技术成本 (元/t)

行业	SCR	SNCR	低氮燃烧 (LNB)
烧结	3.00	1.00	--
水泥	17.79	3.00	1.65
层燃炉及流化床锅炉	79.48	28.89	15.30
燃气、燃油锅炉	79.48	28.89	15.30

7.3.2 挥发性有机物治理经济可行性

本标准主要涉及企业为中小型企业，浓度一般较低，风量也相对较低。总体来说低浓度的控制成本要远高于高浓度的单位控制成本。低挥发性原料改造是针对生产线进行的 VOCs 控制措施，其与末端控制措施可同时进行，且由于其从源头进行减排，减排效果较好，但成本较高。在源头治理技术中，低挥发性原料替代、油气回收等措施的成本相对较高，溶剂清洁回收、低挥发性清洁剂等措施相对来说成本较低。末端治理技术中，燃烧技术需要满足燃烧条件要求，因此成本相对较高。采用燃烧法进行末端治理经济可行性较差，采用活性炭吸附或其他处理方法进行多级联用经济可行性相对较好，也能达到较高的处理效率。

表 64 主要 VOCs 源头替代技术成本评估（元/kg）

低挥发性原料替代	27
溶剂清洁回收	8
油气回收	30
低挥发性清洁剂	8

表 65 主要 VOCs 末端治理技术成本评估（元/kg）

技术名称	减排成本	低浓度	一般浓度	高浓度
活性炭吸附	5.6	21~23	4.4~5.6	-
蓄热燃烧	11	73~120	6~11	0.4~0.97
蓄热催化燃烧	12	62~111	6~12	0.5~1.1

（1）活性炭吸附

对于活性炭吸附技术而言，由于其主要原理为基于活性炭的吸附来实现污染物的去除，虽然其去除效率比燃烧类技术低，但由于工艺较为简单，并且风阻比燃烧类降低 50%左右，也不需要燃料，活性炭费用比催化剂费用低，因此其投资、运行成本与燃烧类相比有大幅下降导致治理成本显著下降。如采用颗粒活性炭或活性炭纤维吸附，若处理能力在 3000m³/h~5000m³/h 左右，吸附装置的投资一般在 60 万元~100 万元左右，活性炭纤维一般在 150 万元~200 万元左右，活性炭的运行费一般在 10 万元~15 万元之间。某公司采用碳纤维+活性炭吸附技术，总投资为 6 万元，在标干流量 1542~5044m³/h 时，VOCs 去除率达 70%~90%左右。对于低浓度(120mg/m³)来说，其治理成本为 21~23 元/kg；对于一般浓度(1000mg/m³)，治理成本在 4.4~5.6 元/kg。

（2）蓄热催化燃烧技术

蓄热催化燃烧技术，其治理成本的变化也表现为受浓度影响变化要比受风量影响变化显著，但不同之处是：对于低浓度燃烧来说，同样需要补充燃料，但由于设备内有催化剂，可降低燃烧温度，减少所需热量，故对于低浓度来说，可节省燃料费，整

体治理成本要比蓄热燃烧低 10%~20%；但对于相对高浓度而言($1000\text{mg}/\text{m}^3$)，由于已经不需要额外补充燃料，此时其治理成本和蓄热燃烧持平；随着浓度进一步提高，其催化剂的磨损消耗所占比重也有所增加，导致其治理成本反而比蓄热燃烧有所增加。如某企业采用碱液喷淋+催化燃烧处理低浓度有机废气，催化燃烧部分采用蓄热式催化燃烧法(RCO)，采用分体型蓄热式 RCO 设备。风量为 $11000\text{m}^3/\text{h}$ ，废气污染物的处理效率为 76.8%~99%。该处理系统的催化燃烧设备投资 96.4 万元，基础设施及其他为 37 万元，运行费共 46.61 万元/年。整体而言，对于低浓度($120\text{mg}/\text{m}^3$)来说，其治理成本约为 62~111 元/kg；对于一般浓度条件下($1000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本约为 6~12 元/kg；对于高浓度($10000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本约为 0.5~1.1 元/kg。

(3) 蓄热燃烧技术

蓄热燃烧的治理成本受风量影响的变化情况不如受浓度影响的变化情况显著。蓄热燃烧在给定风量的条件下，其治理成本随浓度的增加而成指数型衰减，较大可能是因为：对于低浓度来说，其燃烧热值不足，需要大量补充燃料来进行助燃；当浓度提高到 $2000\text{mg}/\text{m}^3$ 时，已经不需要补充燃料进行助燃，故燃料费降低明显，治理成本也有了大幅降低；当浓度提高到 $10000\text{mg}/\text{m}^3$ ，其年处理量成为制约治理成本的关键因素，故导致处理成本的进一步下降。蓄热式热力焚烧技术的投资一般较高，通常单位投资在 150 万元~300 万元/(万 $\text{m}^3\cdot\text{h}$)左右，且其后一般还设置喷淋装置进一步进行净化。某企业投入 1000 万元，建立 $32000\text{m}^3/\text{h}$ 废气蓄热焚烧处理系统(RTO)处理；另一企业投资 300 万元进行综合废气处理系统改造， $20000\text{m}^3/\text{h}$ 综合废气处理设施 1 套，采用三级碱液喷淋+RTO 焚烧处理。整体而言，对于低浓度($120\text{mg}/\text{m}^3$)来说，其中其治理成本在 73~120 元/kg，对于一般浓度条件下($1000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本约为 6~11 元/kg，对于高浓度($10000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本在 0.4~0.97 元/kg。

(4) 转轮吸附浓缩-蓄热燃烧技术

除了上述单一技术外，在实际治理中也出现了一些组合技术，其中最为常见的为转轮吸附浓缩-蓄热燃烧。与蓄热燃烧相比其治理成本随浓度衰减的幅度更大，如对于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 的小风量排放来说，其治理成本在 3.8~320 元/kg，远超于蓄热燃烧的 0.97~120 元/kg；对于 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的大风量排放来说，其治理成本在 0.46~46 元/kg，低于蓄热燃烧的在 0.4~73 元/kg。这是因为对于转轮-蓄热燃烧技术来说，其设备投资所占比重较大，一般而言，在几百到上千万不等，如果浓度、风量都很低，那么设备的折旧费成为一个关键因素，如果浓度风量都比较高，那么由于转轮浓缩所导致的燃料费节省因素所占比重将会下降，导致其治理成本高于蓄热燃烧，只有在大风量、浓度又不是特别低的条件下，转轮浓缩所带来的燃料费的节省才可能导致其治理比蓄热燃烧成本低。与

蓄热燃烧相比，转轮-蓄热燃烧的应用范围较窄，更适合大风量、低浓度条件下使用。整体而言，对于低浓度($120\text{mg}/\text{m}^3$)来说，其治理成本在 38~313 元/kg；对于一般浓度条件下($1000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本在 4.6~38 元/kg；对于高浓度($10000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本在 0.5~4 元/kg。

(5) 活性炭吸附-催化燃烧技术

另外比较常见的组合技术为活性炭吸附-催化燃烧，与转轮-蓄热燃烧技术相比，其造价降低，并结合了浓缩和催化燃烧的特点，燃料费也有明显改善，相对而言，其治理成本降低较为显著。对于低浓度($120\text{mg}/\text{m}^3$)来说，其治理成本在 34~58 元/kg；对于一般浓度($1000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本在 4.4~8.3 元/kg；对于高浓度($10000\text{mg}/\text{m}^3$)，治理成本在 1.2~2.4 元/kg。但安全隐患和废弃物(活性炭、催化剂)处置等形成的成本也不容忽视。

7.2.3 综合经济成本核算

目前大型企业普遍已采取了脱硫脱硝除尘和 VOCs 控制措施，因此本标准实施的成本主要为中小微型企业的改造。参考我省各类脱硫脱硝除尘和 VOCs 控制技术的实际应用比例情况，除尘技术成本参考玻璃、石灰行业，小微型企业主要根据旋风除尘、湿式除尘成本进行测算，中型和大型企业按照高效除尘器和静电除尘器技术测算。脱硫技术成本参考水泥、石灰行业，主要根据石灰石石膏法和双碱法（根据调研结果，按照 8.75 元/千克）两种技术的成本进行测算。脱硝技术参考烧结、水泥、层燃炉及流化床锅炉、燃气燃油锅炉等行业平均值，小微型企业主要根据 SNCR 成本进行测算，中型和大型企业按照 SCR 技术测算。VOCs 末端治理设施小微型企业主要根据活性炭吸附装置成本进行测算，中型企业按照活性炭吸附+催化氧化技术测算，大型企业按照吸附浓缩+RTO 装置测算。预计标准实施的治理成本约为 39.90 亿元，其中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和非甲烷总烃的治理成本分别为 15.77 亿元、0.66 亿元、4.44 亿元和 20.39 亿元。

8. 标准实施建议

(1) 制定政策鼓励企业源头替代、过程管理等清洁生产技术，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) 本标准涉及行业多、数量大，单靠环保部门难以全面监测和监管，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) 制定相应的技术经济政策，尤其是针对中小型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。