

附件 2

**《工业有机废气活性炭治理技术规范》
(征求意见稿)
起草说明**

四川省生态环境厅
二〇二四年九月

目录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	制订过程	3
1.3	数据来源	4
2	行业概况	5
2.1	国内外活性炭产业发展现状	5
2.2	以活性炭为吸附介质的 VOCs 治理现状	6
2.3	我省工业有机废气活性炭及其吸附装置现状	8
3	标准制订的必要性、原则和技术路线	19
3.1	标准制订的必要性	19
3.2	标准制订的原则	21
3.3	标准制订的技术路线	21
4	国内外相关标准对比情况	22
4.1	国内标准	22
4.2	国外标准	24
5	标准主要技术内容	27
5.1	标准内容框架	27
5.2	范围	27
5.3	规范性引用文件	28
5.4	术语和定义	29
5.5	废气预处理要求	31
5.6	活性炭选择与储存管理	33
5.7	活性炭更换	34
5.8	可再生工艺	37
5.9	活性炭吸附装置要求	38

5.10 活性炭吸附装置的辅助设施	41
5.11 运行管理要求	43
5.12 监管要求	43
6 标准执行的效益分析	44
6.1 环境效益分析	44
6.2 经济效益分析	45
7 实施标准建议	47

1 项目背景

1.1 任务来源

近年来，挥发性有机物（VOCs）作为形成细颗粒物（PM_{2.5}）和臭氧（O₃）的重要前体物，造成大气污染的同时，也对气候产生严重的负面影响。为强化 VOCs 治理，国家陆续发布一系列政策文件，如《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》（环境保护部公告 2013 年 31 号）、《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）、生态环境部《关于印发<重点行业挥发性有机物综合治理方案>的通知》（环大气〔2019〕）、生态环境部《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）、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》（环大气〔2021〕65 号）、生态环境部《关于印发<深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案>的通知》（环大气〔2022〕68 号）等；我省也配套出台了一系列 VOCs 相关管控政策，如四川省人民政府《关于印发<四川省打赢蓝天保卫战等九个实施方案>的通知》（川府发〔2019〕4 号）、四川省生态环境厅《关于转发<生态环境部关于加快解决当前挥发性有机物突出问题的通知>的通知》、四川省污染防治攻坚战领导小组办公室《关于印发<2022 年四川省臭氧污染防治攻坚方案>的通知》（川污防攻坚办〔2022〕20 号）、四川省污染防治攻坚战领导小组办公室《关于深入开展 2023 年臭氧污染防治攻坚的通知》（川污防攻坚办〔2023〕14 号）等，以上文件的出台对 VOCs 管控至关

重要。

吸附技术是最经典、最常用和最经济的 VOCs 废气净化技术，其主要是利用如活性炭、硅胶、沸石分子筛、活性氧化铝等具有吸附能力的物质吸附 VOCs 组分而达到消除污染的目的。吸附技术的效果好坏，关键在于吸附介质。目前处理工业有机废气最常用的吸附介质为活性炭。活性炭因具有较大比表面积，较好吸附性能，且能耗低、成本低等特点，作为吸附介质被大量应用于大气 VOCs 治理。在实际应用过程中，企业不同程度存在活性炭质量差、装置不规范、运行管理不到位，导致活性炭吸附技术在污染治理中效果不明显。现有国家、省级标准对活性炭要求不明确，应用当中具体指导不系统，导致地方生态环境部门在涉及活性炭的环境执法过程中，存在执法依据不足的情况，制约了 VOCs 综合治理工作，影响大气污染防治工作的持续推进。

为规范我省工业有机废气治理用活性炭技术应用，为企业提供活性炭选用的技术依据，为监管部门提供相应技术支撑，2023 年 5 月，四川省市场监督管理局下发《关于下达 2023 年度地方标准制修订项目立项计划（第三批）的通知》（川市监函〔2023〕208 号）将《工业有机废气活性炭治理技术规范》纳入立项计划，并明确该标准的项目归口单位为四川省生态环境厅，主要起草单位为四川省大气污染防治保障中心（以下简称大气中心）。为制定该标准，由大气中心牵头，联合四川省产品质量监督检验检测院、成都市环境保护科学研究院等单位，共同组建《工业有机废气活性炭治理技术规范》标准制订工作

组，具体承担本标准制订相关工作。

1.2 制订过程

本标准制订涉及的主要工作如表 1.2-1 所示。2023 年 4—5 月，四川省市场监督管理局组织标准牵头单位开展立项答辩，并下发立项通知；2023 年 6 月，大气中心组建标准制订工作组，并于 6—9 月开展文献调研、座谈交流及技术研讨，明确了标准制订工作方向、工作方案及责任分工；2023 年 10 月，本标准通过专家开题论证；2023 年 11—12 月，大气中心对全省 240 家使用活性炭工艺处理工业有机废气的企业进行实地调研并采样；2024 年 1—4 月，大气中心四川省产品质量监督检验检测院对分批采样的样本进行实验验证；2024 年 5—7 月，标准制订工作组起草标准草案和起草说明；2024 年 8 月，大气中心组织专家开展技术审查会，对标准草案进行进一步修改完善；2024 年 9—10 月，四川省生态环境厅联合四川省市场监督管理局公布征求意见稿，征求社会公众、生态环境部及有关单位意见，并开展社会风险评估；预计于 2024 年 11 月，大气中心组织专家论证会，进一步完善标准、形成标准送审稿，报送生态环境厅。

表 1.2-1 标准制订主要工作开展时间表

时间点	项目 立项	组建 制订组	文献调研、 座谈沟通 及技术研讨	组织 开题 论证	实地调 研及采 样	实验 验证	撰写草 案及起 草说明	技术审 查与修 改	征求 意见	专家论 证与报 送
2023/04	√									
2023/05	√									
2023/06		√	√							
2023/07			√							
2023/08			√							
2023/09			√							
2023/10				√						
2023/11					√					
2023/12					√					
2024/01						√				
2024/02						√				
2024/03						√				
2024/04						√				
2024/05							√			
2024/06							√			
2024/07							√			
2024/08								√		
2024/09									√	
2024/10									√	
2024/11										√

1.3 数据来源

制订本标准所用数据主要来源于相关标准及政策文件、各类清单及监测数据、现场调研、实验验证、问题建议及其他等 6 类。具体来源如下：

(1) 相关标准及政策文件。主要来源于国家标准、行业标准、相关省市标准；国务院、部委、省及其他市（州）关于 VOCs 治理相关政策指导文件。

(2) 各类清单及监测数据。主要来源于四川省各类污染源减排清单、应急管控清单、排污许可证、企业自行监测、执法监测、补充监

测等数据，覆盖全省 21 个市（州）、49 个重点行业、约 20000 家企业。

(3) 现场调研。大气中心对成都、自贡、德阳、绵阳、遂宁、乐山、南充、宜宾、广安、达州、眉山、资阳等 12 市 240 家企业开展实地调研并采样。

(4) 实验验证。四川省产品质量监督检验检测院对分批采样的活性炭样本碘值、比表面积、水分含量、苯吸附率、丁烷工作容量、着火点、耐磨强度、抗压强度等质量指标进行实验验证。

(5) 问题建议。收集整理各市（州）对现有标准存在问题、修订建议的反馈意见。

(6) 其它。包括与相关单位、其他省市及相关专家座谈交流等过程获取的资料信息。

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 50 个国家生产活性炭，美国、日本和欧州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，美国卡博特公司、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，世界范围内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、医药等领域。

— 5 —

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年我国活性炭产量接近100万吨,以煤质活性炭和木质活性炭为主。我国煤质活性炭生产企业主要位于山西、宁夏及新疆等省区,山西、宁夏、新疆3地产量占全国煤质活性炭总产量的80%以上;木质活性炭生产企业主要位于福建、江西、浙江、贵州等省份,其中福建、江西和浙江3省的产量占全国木质活性炭总产量的70%以上。我国活性炭吸附技术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重要领域,仅四川省而言,每年用于涉VOCs治理的活性炭使用超过2万吨。

2.2 以活性炭为吸附介质的VOCs治理现状

2.2.1 活性炭吸附介质特点

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,通常需要先经过冷凝等工艺将废气浓度降低后再进行吸附净化。吸附法的关键是吸附介质、吸附装置、吸附工艺、再生介质及后处理工艺等。使用活性炭作为吸附介质,主要具备以下优点:(1)使用成本较低、来源广泛,且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,可通过脱附冷凝回收溶剂有机物;(4)应用方便,只与废气相接触就可以发挥作用;(5)化学稳定性较高;(6)具有能耗低、工艺成熟、去除率高、净化彻底、易于自动化、易于推广等优点,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的行业

根据前期数据收集和文献调研，标准制订工作组整理出我省涉 VOCs 各重点行业排放水平及占比如下表 2.2-1。

表 2.2-1 四川省涉 VOCs 各重点行业排放水平及占比

序号	重点行业类别	VOCs(t)	占比	序号	重点行业类别	VOCs(t)	占比
1	通用行业	36300	22.8%	21	石灰窑	1693	1.1%
2	家具制造	11813	7.4%	22	水泥	1515	1.0%
3	焦化	11804	7.4%	23	橡胶制品制造	998	0.6%
4	炼油与石油化工	9651	6.1%	24	制鞋	980	0.6%
5	陶瓷	8739	5.5%	25	汽车整车制造	975	0.6%
6	人造板制造	8051	5.1%	26	砖瓦窑	850	0.5%
7	塑料制品	6594	4.1%	27	铸造	583	0.4%
8	玻璃	6470	4.1%	28	有色金属压延	571	0.4%
9	包装印刷	6015	3.8%	29	玻璃钢	523	0.3%
10	工业涂装	5637	3.5%	30	肥料制造_除煤制氮肥	472	0.3%
11	有机化工	5319	3.3%	31	纤维素醚	394	0.2%
12	制药	4718	3.0%	32	防水建筑材料制造	349	0.2%
13	沥青混合料搅拌站	4519	2.8%	33	工程机械整机制造	285	0.2%
14	纸张制造与造纸	4514	2.8%	34	短流程钢铁	261	0.2%
15	其他非金属矿物制品制造	4217	2.6%	35	油墨制造	226	0.1%
16	电子工业	3758	2.4%	36	矿石采选与石材加工	192	0.1%
17	涂料制造	3037	1.9%	37	炭黑制造	123	0.1%
18	农药制造	2701	1.7%	38	耐火材料	67	0.0%
19	长流程联合钢铁	2328	1.5%	39	塑料人造革与合成革制造	63	0.0%
20	炭素	1953	1.2%	40	其他	32	0.0%

以上行业中，家具制造、人造板制造、塑料制品、包装印刷、工业涂装、制药、电子工业、涂料制造、橡胶制品制造、制鞋、油墨制造、化学原料和化学品制造等行业均涉及有机废气活性炭选用及吸附装置的设计、安装和运行管理。

2.2.3 活性炭吸附工艺

最常用的活性炭吸附工艺有抛弃型、再生型 2 种。抛弃型活性炭吸附工艺常用于风量较大但浓度一般低于排放限值的有机废气处理，

因活性炭对 VOCs 的吸附容量有限，需根据废气工况及时更换活性炭。再生型活性炭处理工艺常用于中高浓度有机废气处理，因吸附饱和周期较短，需定期对活性炭进行脱附。活性炭脱附主要分为水蒸气再生—冷凝回收和热空气再生两种工艺。当脱附废气有回收价值时，常用水蒸气再生—冷凝回收工艺对活性炭进行脱附，实现废溶剂的再利用。当脱附废气没有价值时，可用热空气再生对活性炭进行脱附，利用催化燃烧或高温焚烧设备将脱附废气进行彻底分解。

除以上两种工艺外，活性炭吸附工艺还经常同 UV 光解、低温等离子、催化燃烧等工艺组合使用。典型代表工艺有“UV 光解+活性炭吸附”、“低温等离子+活性炭吸附”、“水喷淋+干式过滤器+活性炭吸附”和“活性炭吸附+催化燃烧”等。

2.3 我省工业有机废气活性炭及其吸附装置现状

2.3.1 整体调研情况

(1) 调研企业城市分布：

为全面了解我省涉挥发性有机物排放企业废气治理用活性炭应用情况，大气中心委托第三方团队于 2023 年 11 月—12 月对成都、自贡、德阳、绵阳、遂宁、乐山、南充、宜宾、广安、达州、眉山、资阳共 12 个城市 240 家企业开展现场调研工作，具体调研企业分布见表 2.3-1。

表 2.3-1 各市调研企业数量统计表

序号	城市	调研企业数量(家)
1	成都市	30
2	自贡市	20
3	德阳市	20
4	绵阳市	20
5	遂宁市	20
6	乐山市	20
7	南充市	20
8	宜宾市	20
9	广安市	20
10	达州市	20
11	眉山市	20
12	资阳市	10
合计		240

(2) 调研企业行业分布:

调研企业涉及 31 个细分行业, 包括: 橡胶和塑料制品业、印刷和记录媒介复制业、化学原料和化学制品制造业、汽车制造业、机动车、电子产品和日用产品修理业、家具制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业、医药制造业、金属制品业等行业。其中, 调研企业数量排名前 5 的行业分别为橡胶和塑料制品业(33 家), 占比 13.75%; 印刷和记录媒介复制业(25 家), 占比 10.42%; 化学原料和化学制品制造业(22 家), 占比 9.17%; 汽车制造业(16 家), 占比 6.67%; 机动车、电子产品和日用产品修理业(14 家), 占比 6.67%; 家具制造业(14 家), 占比 6.67%。具体调研企业行业分布见表 2.3-2。

表 2.3-2 现场调研企业行业类别统计表

序号	行业类别	企业数量(家)	占比
1	橡胶和塑料制品业	33	13.75%
2	印刷和记录媒介复制业	25	10.42%
3	化学原料和化学制品制造业	22	9.17%
4	汽车制造业	16	6.67%
5	机动车、电子产品和日用产品修理业	14	5.83%
6	家具制造业	14	5.83%
7	计算机、通信和其他电子设备制造业	13	5.42%
8	医药制造业	12	5.00%
9	金属制品业	11	4.58%
10	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	11	4.58%
11	通用设备制造业	11	4.58%
12	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	8	3.33%
13	专用设备制造业	8	3.33%
14	非金属矿物制品业	7	2.92%
15	电气机械和器材制造业	6	2.50%
16	科技推广和应用服务业	5	2.08%
17	其他制造业	4	1.67%
18	石油、煤炭及其他燃料加工业	3	1.25%
19	开采专业及辅助性活动	2	0.83%
20	商务服务业	2	0.83%
21	生态保护和环境治理业	2	0.83%
22	有色金属冶炼和压延加工业	2	0.83%
23	黑色金属冶炼和压延加工业	1	0.42%
24	化学纤维制造业	1	0.42%
25	零售业	1	0.42%
26	批发业	1	0.42%
27	石油和天然气开采业	1	0.42%
28	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	1	0.42%
29	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	1	0.42%
30	仪器仪表制造业	1	0.42%
31	造纸和纸制品业	1	0.42%
	合计	240	100.00%

注：行业类别按《国民经济行业分类》（GB/T4754-2017）中大类进行统计。

（3）调研企业规模：

本次调研企业规模以小型企业居多，共计 134 家，占比 55.83%；微型企业和中型企业分别为 47 和 45 家，占比分别为 19.58%和

18.75%；大型企业最少，仅有 14 家，占比为 5.83%，详见表 2.3-3。

表 2.3-3 调研企业规模统计表

企业规模	调研企业数量(家)	占比
微型	47	19.58%
小型	134	55.83%
中型	45	18.75%
大型	14	5.83%
合计	240	100.00%

2.3.2 活性炭类别现状

本次调研企业中，单独使用蜂窝状活性炭的企业有 159 家，占比 66.25%；单独使用颗粒状活性炭的企业有 57 家，占比 23.75%；单独使用活性炭纤维的企业有 3 家，占比 1.25%，另还有部分企业使用蜂窝状+颗粒状活性炭（14 家）、蜂窝状活性炭+活性炭纤维（2 家）、粉末状活性炭（1 家），详见表 2.3-4。由此可知，我省选用活性炭处理工业有机废气的企业主要使用的是蜂窝状活性炭。

表 2.3-4 调研企业活性炭类别统计表

使用活性炭类型	企业数量(家)	占比
蜂窝状	159	66.25%
颗粒状(含柱状)	57	23.75%
活性炭纤维	3	1.25%
粉末状	1	0.42%
蜂窝状+颗粒状	14	5.83%
蜂窝状+活性炭纤维	2	0.83%
未获取活性炭使用类型	4	1.67%
合计	240	100.00%

2.3.3 活性炭材质现状

本次调研的 240 家企业中，能够探明活性炭材质的企业有 137 家，其中使用煤质活性炭的企业有 96 家，占有效样本（137 家）比例为 70.07%；使用木质活性炭的企业有 39 家，占有效样本比例为 28.47%；

还有 2 家企业既使用煤质活性炭又实用木质活性炭，详见表 2.3-5。
由此可知，我省选用活性炭处理工业有机废气的企业主要使用的是煤质活性炭。

表 2.3-5 调研企业活性炭材质情况统计表

活性炭制备原料	企业数量(家)	占比
煤质	96	70.07%
木质	39	28.47%
煤质+木质	2	1.46%
合计	137	100.00%

注：部分企业使用的活性炭材质未知。

2.3.4 活性炭碘吸附值现状

本次调研的 240 家企业中，能够提供活性炭质量检验报告的有 162 家，占比 67.50%。其中，150 家企业的活性炭检验报告中有碘值信息，报告显示活性炭碘值能够满足国家要求（环大气〔2021〕65 号要求），即蜂窝状活性炭碘值达 650mg/g 以上的有 76 家，占蜂窝状活性炭比例为 73.08%；颗粒状活性炭碘值达 800mg/g 以上的有 24 家，占颗粒状活性炭比例为 53.33%，详见表 2.3-6。

表 2.3-6 检验报告中的活性炭碘吸附值统计表

碘吸附值 (mg/g)	蜂窝状	颗粒状	活性炭种类	合计	占比
<300	1	1	0	2	1.33%
300-650	27	17	0	44	29.33%
650-800	16	3	0	19	12.67%
≥800	60	24	1	85	56.67%
合计	104	45	1	150	100.00%

注：部分企业未提供活性炭质量检验报告或报告中无碘值数据。

此外，标准制订工作组从调研企业中随机抽取了 50 家企业的活性炭送检，活性炭碘值检测结果能够满足国家要求，即蜂窝状活性炭碘值达 650mg/g 以上的仅 7 家，占比 25.93%；颗粒状活性炭（含柱

状)碘值达 800mg/g 以上的仅 4 家,占比 16.0%,详见表 2.3-7。由此可知,我省选用活性炭处理工业有机废气的企业使用的活性炭普遍质量不高,仅少数能够真正达到国家基本要求。

表 2.3-6 抽样检测的活性炭碘吸附值统计表

碘吸附值 (mg/g)	蜂窝状		颗粒状		样本总计
	数量	占比	数量	占比	
<650	20	74.07%	19	82.61%	39
650-800	4	14.81%	2	8.70%	6
≥800	3	11.11%	2	8.70%	5
合计	27	100.00%	23	100.00%	50

2.3.5 活性炭更换频次现状

本次调研企业中,活性炭年更换频次≤1 次/年的企业有 41 家,占比 17.08%;更换频次在 2—4 次/年的企业有 111 家,占比 46.25%;更换频次≥5 次/年的企业有 39 家,占比 16.25%;更换频次不稳定,根据实际废气排放情况而随时变化的企业有 59 家,占比 24.58%,详见表 2.3-7。由此可知,我省选用活性炭处理工业有机废气的企业活性炭更换频次普遍不高,每年更换少于 4 次(既达不到每 3 个月更换 1 次基本要求)的企业达 102 家,占比 42.50%。

表 2.3-7 调研企业活性炭年更换频次统计表

活性炭年更换频次 (次/年)	企业数量 (家)	占比	备注
<1	9	3.75%	/
1	32	13.33%	每年更换一次
2	55	22.92%	每半年更换一次
3	6	2.50%	每四个月更换一次
4	50	20.83%	每三个月更换一次
5-11	21	8.75%	/
12	12	5.00%	每月更换一次
24	6	2.50%	每两周更换一次
视废气排放情况变化	59	24.58%	/
合计	240	100.00%	/

2.3.6 活性炭治理设施现状

(1) 治理设施内活性炭填充情况:

本次调研的 240 家企业中, 活性炭吸附装置的吸附剂(活性炭)填充量普遍不足, 100%足量填充的仅有 47 家, 占比 19.58%, 填充量在 80—90%的仅 87 家, 占比 36.25%, 因活性炭治理设施正在运行而无法查看活性炭填充比例的企业有 63 家, 详见表 2.3-8。由此可知, 我省部分选用活性炭处理工业有机废气的企业活性炭填充量未达到要求, 填充量占比低于 80%的企业达 43 家, 占能够探知填充量的有效数据(177 家)比例为 24.29%。

表 2.3-8 调研企业治理设施内活性炭填充量占比统计表

活性炭填充量在容器中比例	企业数量(家)	占比
100%	47	19.58%
80%~90%	87	36.25%
60%~70%	17	7.08%
低于 50%	26	10.83%
未知	63	26.25%
合计	240	100%

(2) 治理设施内活性炭状态:

调研企业中, 活性炭治理设施内部分活性炭状态不佳, 存在积尘堵塞、泛白变色、潮湿、附着油漆及破损等现象, 正常状态的活性炭占比仅 59.58%; 出现积尘堵塞和泛白变色的现象最多, 分别有 25 家企业和 19 家企业, 分别占比 10.42%和 7.92%, 详见表 2.3-10。由此可知, 我省选用活性炭处理工业有机废气的企业的活性炭治理设施内活性炭状态不佳情况比比皆是, 无法真正起到去除废气中 VOCs 的作用。

表 2.3-9 调研企业治理设施内活性炭状态情况统计表

治理设施活性炭状态	企业数量(家)	占比
正常	143	59.58%
积尘堵塞	25	10.42%
泛白变色	19	7.92%
潮湿	6	2.50%
附着油漆	7	2.92%
破损	9	3.75%
未知	31	12.92%
合计	240	100%

(3) 治理设施废气监测口情况:

本次调研企业中,有 232 家企业的活性炭治理设施有废气监测口,占比 96.67%。其中活性炭治理设施有出气监测口的企业有 224 家,占比 93.33%;活性炭治理设施有进气监测口的企业仅 19 家,占比 7.92%;活性炭治理设施同时具备进气和出气监测口的企业仅 17 家,占比 7.08%,详见表 2.3-10。由此可知,我省选用活性炭处理工业有机废气的企业普遍无法测算 VOCs 去除效率。

表 2.3-10 调研企业治理设施废气监测口情况统计表

安装监测口情况	企业数量(家)	占比
出气监测	207	86.25%
中部监测	6	2.50%
进气监测	2	0.83%
进气监测+出气监测	15	6.25%
进气监测+中部监测+出气监测	2	0.83%
无监测口	8	3.33%
合计	240	100.00%

(4) 治理设施 PLC 系统安装情况:

调研的 240 家企业中,活性炭治理设施安装 PLC 控制系统的有 48 家,占比仅 20.00%;未安装 PLC 控制系统的企业达 192 家,占比 80.00%,详见表 2.3-11。

表 2.3-11 调研企业安装 PLC 情况一览表

是否安装 PLC	企业数量 (家)	占比
是	48	20.00%
否	192	80.00%
合计	240	100.00%

(5) 在线监测系统安装情况:

调研的 240 家企业中, 仅有 24 家企业已安装在线监测系统, 占比仅 10.0%; 另有 216 家企业未安装在线监测系统, 占比 90.00%, 详见表 2.3-12。

表 2.3-12 调研企业安装在线监测情况统计表

是否安装在线监测	企业数量 (家)	调研企业占比
是	24	10.00%
否	216	90.00%
合计	240	100.00%

(6) 预处理设施现状

调研 12 个城市 240 家使用活性炭企业, 其中在活性炭治理设施中设置有预处理设施的企业共 232 家, 占比 96.67%; 其中设置独立预处理设备的企业共 51 家, 占比 21.25%; 活性炭箱内设置简单预处理过滤层共 181 家企业, 占比 75.42%。通过该批企业活性炭箱内污染情况判断, 预处理具备相应效果的企业共 47 家仅占 19.58%, 其余企业均出现活性炭粉尘附着、染色、积水、油性包裹等污染情况;

由此可知, 在我省采用活性炭处理工业有机废气企业中预处理装置处理能力普遍较低, 导致活性炭被颗粒物、粉尘和油雾等杂质污染, 极大降低处理效率和使用周期。

表 2.3-13 调研企业预处理方式情况统计表

预处理方式	企业数量(家)	占比
独立预处理设施	51	21.25%
内置预处理设施	181	75.42%
无预处理设施	8	3.33%
合计	240	100.00%

(7) 活性炭箱设计现状

调研 12 个城市 240 家使用活性炭企业出现多种不同规格的箱体设计, 其中箱体截面长宽比趋近方形的企业 191 家, 占比 79.58%; 非方形 49 家, 占比 20.41%。箱体体积小于 0.5m^3 明显达不到治理要求的企业共 17 家, 占比 7.08%。箱体高度低于 1.0m 的企业共 69 家, 占比 28.75%, 介于 1.0m 与 2.5m 之间企业共 156 家, 占比 62.50%; 高于 2.5m 共 21 家占比 8.75%。活性炭吸附单元水平布置共 143 家, 占比 59.58%; 垂直布置共 81 家, 占比 33.75%; 倾斜布置共 16 家, 占比 6.67%

由此可知, 活性炭箱体设计存在无序状态, 较大影响活性炭的过碳面积、装填量及装卸操作;

表 2.3-14 调研企业吸附单元布置方式情况统计表

吸附单元布置方式	企业数量(家)	占比
水平布置	143	59.58%
垂直布置	81	33.75%
倾斜布置	16	6.67%
合计	240	100.00%

(8) 活性炭装填厚度

调研 12 个城市 240 家使用活性炭企业中, 活性炭装填厚度低于 10cm 共 41 家, 占比 17.08%, 介于 10cm 与 20cm 共 152 家, 占比 63.33%, 介于 20cm 与 30cm 之间共 34 家, 占比 14.16%; 大于 30cm

共 13 家，占比 5.41%。出现活性炭下沉、挤压、堆叠、破碎形成短路的共 113 家，占比 40.08%，其中蜂窝活性炭共 42 家占比 17.50%，颗粒炭共 71 家，占比 29.58%；

由此可知，我省选用活性炭作为处理设施的企业中，活性炭的装填使用存在较多的不规范性，导致活性炭治理效率普遍偏低。

表 2.3-15 调研企业吸附单元布置方式情况统计表

装填厚度	企业数量（家）	占比
<10cm	41	17.09%
10cm~20cm	152	63.33%
20cm~30cm	34	14.16%
>30cm	13	5.42%
合计	240	100.00%

2.3.7 活性炭储存与处置现状

调研 12 个城市 240 家使用活性炭企业中，各行业活性炭处置方式均以危废暂存间+第三方处置为主，采取此方式的企业共 207 家，占比 86.25%。其中，大型企业采取以上方式处置废活性炭的企业共 13 家，占大型企业数量比 92.86%；中型企业采取以上方式处置废活性炭的企业共 42 家，占中型企业数量比 93.33%；小型企业采取以上方式处置废活性炭的企业共 117 家，占小型企业数量比 87.31%；微型企业采取以上方式处置废活性炭的企业共 36 家，占微型企业数量比 76.60%。由此可知，我省选用活性炭处理工业有机废气的企业中，大型和中型企业因管理制度较为全面、规范，废活性炭规范处置率较高；小型和微型企业仍大量存在废活性炭未封闭存储、随意堆放等不规范贮存方式。

3 标准制订的必要性、原则和技术路线

3.1 标准制订的必要性

3.1.1 制订本标准是落实总书记要求的重要抓手

党的十八大以来，习近平总书记高度重视大气污染防治工作，他多次就打赢蓝天保卫战做出重要指示，反复强调“环境就是民生，蓝天也是幸福”“要基本消除重污染天气，还老百姓蓝天白云、繁星闪烁”。当前制约老百姓蓝天幸福感的大气主要污染物是颗粒物和臭氧，要协同管控它们，就必须控制 VOCs。目前四川省涉气污染源企业约 2.2 万家，其中涉 VOCs 企业约 1.5 万家，而 90% 以上的涉 VOCs 企业采用吸附法处理废气，他们中的绝大多数又选择活性炭作吸附剂。因此，要有效控制 VOCs，活性炭是关键。由于现行标准对吸附剂的质量和性能要求不系统、不全面，导致企业普遍存在不规范使用活性炭的情形，如大量使用已无吸附力的回收炭或质量低劣的活性炭，活性炭填充量不够、未规范填充、长期不更换等。通过制订本标准，可以完善活性炭质量指标体系，明确活性炭更换频次和填充量，规范活性炭销售和使用市场，真正将总书记对大气污染防治的要求落地落实落细。

3.1.2 制订本标准是衔接环境执法的有力举措

《中华人民共和国大气污染防治法》要求产生含挥发性有机废气的生产服务活动按规定安装、使用污染防治设施，违反规定，可处二万元以上二十万元以下的罚款。由于《大气法》没有明确指出不正常使用污染防治设施的具体情形，而现行标准对活性炭吸附装置的使用

要求也不细致、不具体，导致执法部门即使发现 VOCs 处理设施结构设计不合理、安装运行不规范，也依然面临取证难、定量难、执行难等问题。本标准建议了判断 VOCs 处理设施是否正常运行的部分指标，尽可能与《大气法》中相关罚条有机衔接，为执法部门精准执法提供处罚依据和裁量标准。

3.1.3 制订本标准是助力地方高质量发展的有力保障

为强化 VOCs 治理，国家陆续出台了一系列标准规范，但产类标准如煤质颗粒活性炭(GB/T7701.1—7701.3)及试验方法(GB/T7702.1—7702.22)等主要聚焦活性炭物理特性和检测方法，未区分气相吸附和液相吸附领域。《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ2026—2013)主要着眼吸附装置技术要求，对吸附剂质量、性能要求不完整，《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)等规范性文件，也只对碘值及活性炭纤维比表面积进行了约束，未形成完整指标体系。由此可见，现有标准规范存在适用范围不够、技术指标体系不全、技术要求不完善等问题，急需制订包含活性炭技术指标、废气治理工艺设计、现场检查要点等要素在内的完整工业有机废气活性炭治理技术标准。地方标准作为地方科学化、规范化、精细化建设的技术集成，是地方实现高质量发展的基础性支撑。推动活性炭市场优胜劣汰，可以倒逼无吸附能力的活性炭治理设施退出市场，一方面助力污染削减，另一方面设备更新可以激发市场火力，为助力四川高质量发展提供有力支撑。

3.2 标准制订的原则

本标准制订的总原则是：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 VOCs 排放总量，规范活性炭及其吸附装置在工业有机废气净化领域的使用，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高质量发展。

（1）协调性原则。与现行相关法律、法规、标准、规范等协调一致。

（2）实用性原则。为活性炭生产企业提供参考指标；为活性炭使用企业提供活性炭及治理设施选择依据；为地方生态环境监管部门提供执法依据。

（3）科学性原则。在结构严谨、文字精准、逻辑清晰、引用规范的基础上，兼顾拓展性和前瞻性。

（4）问题导向原则。聚焦活性炭使用过程中存在的痛点和堵点，集思广益、各个击破，制订有实际指导意义的地方标准。

3.3 标准制订的技术路线

本标准制订的技术路线如图 3.3-1。

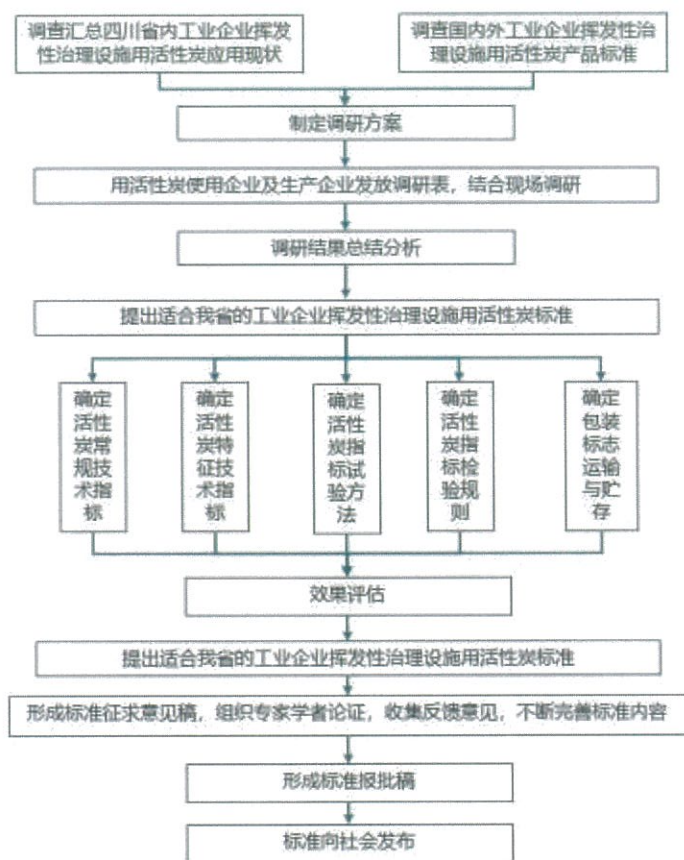


图 3.3-1 标准制订的技术路线

4 国内外相关标准对比情况

4.1 国内标准

活性炭国家标准(GB)按原料的不同分为煤质颗粒活性炭(GB/T 7701.1—7701.3)及试验方法(GB/T 7702.1—7702.22)和木质活性炭(GB/T 13803.1—13803.5)试验方法(GB/T 12496.1—12496.22)两大类检测标准。两类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—GB/T 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。

《环境保护产品技术要求》系列行业标准《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。

《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ/T 2026—2013）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，仅从丁烷工作容量、比表面积、强度指标上进行了部分要求。该标准重点仍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。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，仅仅是通过相关政策文件

对治理设施用活性炭作出部分规定，如《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企业的治理设施使用活性炭的质量标准、碘值、比表面积等指标作出要求。

4.2 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。

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。

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。

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 (Г

OCT 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。对于其他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。

5 标准主要技术内容

5.1 标准内容框架

本标准结构按照《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）进行编写，并参照《四川省生态环境标准制修订工作管理办法》相关技术要求，具体结构详见表 5.1-1。

表 5.1-1 《工业有机废气活性炭治理技术规范》的要素组成和编排顺序

序号	要素	GB/T 1.1—2020 要求	省环标制修订办法
1	封面	必备	必备
2	目录	可选	必备
3	前言	必备	必备
4	范围	必备	必备
5	规范性引用文件	必备/可选	必备
6	术语和定义	必备/可选	必备
7	废气预处理要求	必备：核心技术要素	必备
8	活性炭选择与储存管理	必备：核心技术要素	必备
9	活性炭更换	必备：核心技术要素	必备
10	可再生工艺	必备：核心技术要素	必备
11	活性炭吸附装置要求	必备：核心技术要素	必备
12	吸附装置的辅助设施	必备：核心技术要素	必备
13	运行管理要求	必备：核心技术要素	必备
14	监管要求	可选：其他技术要素	必备

《工业有机废气活性炭治理技术规范》除前言和参考文献外，共 11 章，4 个附录。

5.2 范围

本章根据国家和其他省市有关标准、规范性文件要求，结合四川省涉 VOCs 企业活性炭及其治理设施使用情况调研结果，对本标准的

内容板块、适用工艺和适用行业进行了明确。本章内容如下：

本标准包含工业有机废气活性炭相关废气预处理要求、活性炭选择与储存管理、活性炭更换、可再生工艺、活性炭吸附装置要求、活性炭吸附装置的辅助设施、运行管理要求及监管要求等内容。

本标准适用于活性炭吸附、活性炭吸附+燃烧、活性炭吸附+溶剂回收治理 VOCs 的相关技术，企业可按照实际需求进行工艺选择。

本标准适用于家具制造、人造板制造、塑料制品、包装印刷、工业涂装、制药、电子工业、涂料制造、橡胶制品制造、制鞋、油墨制造、化学原料和化学品制造等行业均涉及有机废气活性炭选用及吸附装置的设计、安装和运行管理，汽车维修与维护（喷涂）、加油站等非工业企业可参照本标准执行。

5.3 规范性引用文件

本章所引用的标准文件是支撑本标准制订的重要依据。本章具体内容如下：

GB/T 212	煤的工业分析方法
GB/T 7702	煤质颗粒活性炭试验方法
GB/T 12496	木质活性炭试验方法
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
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 30202	脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法
GB 34330	固体废物鉴别标准—通则

GB/T 35565	木质活性炭试验方法 甲醛吸附率的测定
GB/T 35815	木质活性炭试验方法 甲苯吸附率的测定
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 1091	固体废物再生利用污染防治技术导则
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
LY/T 1616	活性炭苯吸附率的测定

5.4 术语和定义

本章一共定义了 10 个专业术语。**一是**明确了本标准的治理对象“工业有机废气”。**二是**根据 GB/T 32560—2016《活性炭分类和命名》，结合四川省活性炭产品实际情况，明确了“活性炭”及我省使用量较大的“蜂窝活性炭”和“颗粒活性炭”的准确定义；同时为保障标准涵盖对象的完整性，亦对“活性炭纤维毡”、“再生活性炭”等其他本标准涉及的活性炭品类也进行了明确定义。**三是**对装载活性炭的容器“活性炭吸附装置”、其内部结构“活性炭吸附单元”进行定义。**四是**对衡量活性炭是否起效的关键参数“过碳截面积”进行准确定义。**五是**对活性炭实际使用过程经常提及的二级或多级活性炭吸附装置进行定义。根据文献调研结果，目前国内尚无标准或规范性文件对二级或多级活性炭吸附装置进行准确定义，本标准“多级活性炭装置”的定义，明确了多级活性炭箱需要由多个相对独立的活性炭箱体组成，并且需要以过碳截面积来衡量每一级活性炭箱是否达到单级要

求。本章内容如下:

5.4.1 工业有机废气 industrial organic emissions

指工业过程排出的含 VOCs 的气态污染物。

5.4.2 活性炭 activated carbon

含碳物质经过炭化,活化处理制得的具有发达孔隙结构和巨大比表面积炭质吸附剂。

5.4.3 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 $178\mu\text{m}$ (80 目)的颗粒状多孔性吸附剂。

5.4.4 蜂窝活性炭 honeycomb activated carbon

按一定比例将活性炭粉末与粘结剂、润滑剂、脱模剂、水等,通过混捏、成形、干燥、高温烧结形成的蜂窝状多孔性吸附剂。

5.4.5 活性炭纤维毡 activated carbon fiber felt

利用粘胶、聚丙烯腈或沥青纤维等加工的纤维毡经过炭化、活化后所制备的多孔材料。

5.4.6 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材料。

5.4.7 活性炭吸附装置 VOCs activated carbon adsorption equipment

利用活性炭吸附废气中 VOCs 的装置。

5.4.8 活性炭吸附单元 activated carbon adsorption unit

— 30 —

有机废气活性炭吸附装置内，用于装填活性炭的结构单元。

5.4.9 过碳截面积

气流通过活性炭层的横截面积。

5.4.10 多级活性炭吸附装置

有机废气活性炭吸附装置有一段处理区域达到本标准过碳截面积和厚度最低要求且有单独活性炭箱的视为合格一级活性炭吸附装置，有两段达到要求视为二级活性炭吸附装置，多段达到要求视为多级活性炭吸附装置。

5.5 废气预处理要求

为保证活性炭对工业有机废气的处理效果，本章对进入活性炭吸附装置的废气提出了明确的预处理要求：

一是温度要求。因活性炭吸附性能受温度影响较大，一般在40℃以下活性炭具有较高的吸附能力；当温度高于40℃时，气体分子的活跃度较高，部分有机废气会从活性炭中脱附出来，因此本章要求进入活性炭吸附装置的废气温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 。同时，考虑四川地区环境气温很少高于40℃，即使出现极端高温天气，室外气温高于40℃，因活性炭吸附装置处理的有机废气均来自厂房内，气体传送至活性炭吸附装置的流动过程会发生降温，导致活性炭箱体内很难出现废气温度高于40℃的情况，因此本章对进入活性炭吸附装置的废气温度要求设定为不高于40℃。

二是湿度要求。因空气中水分对活性炭吸附有较大干扰作用，当湿度较高时，水分子数量较多，活性炭在吸附有机废气时会同步吸附

水蒸汽，导致活性炭的吸附能力和吸附容量下降，且不同类型的活性炭对湿度的抗干扰能力不同，结合文献调研结果和川渝协同需求，本章对3种活性炭提出了3种不同的最大值要求。

三是颗粒物浓度要求。颗粒物在大气污染物是最常见、分布最广的一类污染物，几乎存在于所有的大气污染场景。在VOCs治理场景中，生产性小颗粒粉尘、漆渣、可溶性物质（干燥后形成粉尘）等都会与VOCs共同存在于废气组分中，这些颗粒物会附着于活性炭表面，导致活性炭无法与有机废气接触，从而使活性炭失去吸附有机废气的治理效果。为保障活性炭吸附性能，结合文献调研结果和川渝协同需求，本章要求进入活性炭箱的废气颗粒物浓度不能高于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

四是爆炸下限浓度要求。本条为安全性要求，有机废气一般为可燃性物质，一般应设置爆炸下限指标。实际操作过程中，常见的有机废气浓度一般在 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，远低于物质爆炸下限，这种废气不会超过本章设置的爆炸下限指标。但部分行业，如制药、化工行业等产生的低风量高浓度废气具备易燃易爆特性，需要稀释浓度后，才能进入活性炭吸附装置，以避免发生火灾、爆炸等危险。为确保安全，本章要求进入活性炭箱的废气有机物浓度应低于“爆炸下限的25%”。

此外，本章根据文献调研和实地调研结果，明确了对废气进行预处理的方式，包括降温、酸碱中和、除湿、除油和除尘等。并且明确了不同特征废气，如含酸、碱等腐蚀性气体和含漆雾、油滴等颗粒物的废气的适宜工艺。本章内容如下：

5.5.1 废气进入活性炭吸附装置前，宜经过降温、酸碱中和、除湿、除油和除尘等预处理，以确保废气指标满足表 5.5-1 要求。

表 5.5-1 经预处理后废气指标要求

序号	项目	指标限值		
		颗粒活性炭	蜂窝活性炭	活性炭纤维毡
1	温度/℃	≤40℃		
2	湿度 RH/%	≤50%	≤60%	≤70%
3	颗粒物/ mg/m^3	1		
4	有机物浓度	爆炸下限的 25%		

5.5.2 对含酸、碱等腐蚀性气体的，宜选用吸收工艺，并经除湿后进入活性炭吸附装置。

5.5.3 对含漆雾、油滴等颗粒物的，宜选用喷淋、过滤、电捕集等适宜的高效工艺。

5.6 活性炭选择与储存管理

本章根据实地调研和样本检测结果，在标准正文中以列表方式明确了 6 项活性炭最核心的理化性能指标，因国家文件（环大气〔2021〕65 号）对碘值提出了明确要求，因此，本章将碘值设定为必要检测项目。考虑到部分单位或应用场景对活性炭的性能指标有更高要求，本章在附录 A 中又规定了 6 项选检性能指标，并对再生活性炭的技术指标作了规定。此外，本章还规定了未使用活性炭的储存要求，原因是活性炭暴露于空气中，会慢慢吸附空气中的湿气，导致活性炭吸附性能降低、甚至失去吸附效能，因此本标准首次对未使用活性炭的存储提出要求，要求密封储存且储存环境湿度不大于 50%。本章内容如下：

5.6.1 工业有机废气治理用活性炭需满足表 5.6-1 技术要求。

表 5.6-1 工业有机废气治理用活性炭技术指标（基本项目）

序号	指标名称	指标限值		检测方法
		颗粒	蜂窝	
1	水分含量/%	≤15	≤15	GB/T 12496.4
2	*碘值/(mg/g)	≥800	≥650	GB/T 12496.8
3	灰分/%	≤14	≤14	GB/T 12496.3
4	四氯化碳吸附率/%	≥60	≥60	GB/T 12496.5
5	挥发分/%	≤4	≤4	GB/T 212
6	耐磨强度/%	≥80	-	GB/T 12496.6

注：*为必要检测指标

5.6.2 当企业使用来源不明的活性炭原料或管理部门认为必要时，可通过检测判定活性炭是否达到表 2 及附录 A 有关技术指标。

5.6.3 再生活性炭产品技术指标除满足本标准要求外，还应满足 GB 34330 和 HJ 1091 中相关综合利用产品的要求。

5.6.4 对未使用的活性炭应进行密封储存，其储存环境湿度不大于 50%。

5.7 活性炭更换

标准制订组通过文献调研，用 1 个计算公式对活性炭的更换周期进行了明确。为方便企业使用，结合实地调研结果，本章就连续生产和非连续生产企业的活性炭更换周期给出了经验值，以正常连续生产企业为例，按每天 8 小时工作时间计，500 小时约为 62.5 天，除去周末及节假日，约为 3 个月；考虑部分生产不饱和、阶段性生产或非连续生产的企业，按累计运行 500 小时已经超过 3 个月的，将该部分企业的最长更换周期设置为 6 个月。

此外，本章还对活性炭更换过程和装卸操作提出了明确要求。因活性炭吸附工艺是一种需要定期更换吸附材料的治理技术，活性炭装填的紧密度、装填方向等都会影响活性炭装置的吸附效果，因此，装

填时必须认真按规范操作。更换活性炭过程也是对活性炭吸附装置的清理和检修，活性炭装填完毕后，要对吸附装置的密封、检修口、接口、装填门等部位恢复到位，以保障其稳定运行。更换后的活性炭属于危险废物，需要按规定转运至危废暂存间或直接交由有资质的危废处置单位处置，并做好相关记录。本章内容如下：

5.7.1 通过计算公式（1）对活性炭的更换周期作出了明确的计算依据。

$$T = \frac{M \times s \times 10^6}{c \times Q \times t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T—更换周期，d；

M—活性炭的用量，kg；

s—动态吸附量，%（一般取值20%）；

c—进出口的VOCs浓度差，mg/m³；（按以下顺序优先采用按照监测规范要求获取的有效连续在线监测数据、便携式监测仪器现场执法监测数据、监督性监测数据、竣工验收监测数据及委托监测机构开展手动监测数据）；

Q—风量，m³/h；

t—运行时间，h/d。

5.7.2 对连续生产企业活性炭更换周期一般不应超过累计运行500小时或3个月，对企业年VOCs使用量小于100kg更换周期可延长至4个月；对长时间非连续生产企业活性炭更换周期一般不应超过累计运行500小时或6个月。

5.7.3 活性炭更换操作

5.7.3.1 企业应制定科学合理的更换方案，确保活性炭及时更换，但更换应以充分利用现有活性炭的处理效能为原则，避免频繁换炭。

5.7.3.2 活性炭更换前应关闭整套废气处理系统，将系统的压力降为零。活性炭更换时相应生产设施应停止运行；对生产设施不能停止或不能及时停止运行的，应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施。

5.7.3.3 活性炭更换过程主要包括废活性炭取出、新活性炭或再生活性炭装填、废活性炭的收集及处置等。更换操作过程应轻拿轻放，避免对活性炭造成破坏。

5.7.3.4 取出活性炭时，应观察活性炭吸附装置内部是否积水、积尘、破损，活性炭表面是否有附着物，如有应尽快对预处理系统进行保养。

5.7.3.5 装填活性炭时，颗粒活性炭应装填齐整，避免气流短路；蜂窝活性炭应装填紧密，减少空隙，活性炭纤维毡与支撑骨架的接触部位应紧密贴合，相邻活性炭纤维毡层之间应紧密贴合，活性炭纤维毡最外层应采用金属丝网固定。活性炭装填完毕后，连接部位必须拧紧，并应进行气密性检查。

5.7.3.6 更换下来的废活性炭应按照危险废物管理，及时转运至危废暂存间内密闭贮存或直接交由具备危险废物经营许可资质的单位处置。

5.7.3.7 必要时应结合活性炭更换对废气收集处理系统进行检

修。

5.8 可再生工艺

活性炭再生具有一定的技术门槛，需要在不破坏活性炭的前提下，通过将活性炭加热到特定温度，让吸附在活性炭内的 VOCs 释放出来。因此，本章专门明确了原位再生型活性炭的再生次数和再生条件。此外，因活性炭脱附时热气体流量较低，脱附出的有机废气浓度较高，有发生火灾、爆炸的可能性，因此本章还对再生脱附后气流中有机物浓度进行了明确规定。本章具体内容如下：

5.8.1 活性炭吸附装置再生周期可参照公式（1）确定，其中动态吸附量一般取值 20%。

5.8.2 企业应定期检测活性炭吸附装置废气进口及出口 VOCs 浓度，当出口废气浓度 \geq 排放限值的 70% 时，应及时更换活性炭，并做好更换记录及危废入库记录。

5.8.3 活性炭吸附装置再生次数达到 60 次后，其中采用活性炭+RCO 处理的装置开启 1 次即算再生 1 次，再生次数达到 60 次应及时更换新活性炭。

5.8.4 当使用水蒸气再生时，水蒸气的温度宜低于 140℃；当使用热空气再生时，热气温度应低于 120℃。如含有酮类等易燃气体时，不得采用热空气再生。

5.8.5 再生脱附后气流中有机物的浓度应严格控制在其爆炸极限下限的 25% 以下。

5.9 活性炭吸附装置要求

活性炭吸附装置是一种通过式的治理设施,即有机废气需要从装置的进风口进入,穿过装置后从出风口排出,为保证废气处理效率,该装置应具有良好的密闭性,且结构设计应合理,既不能额外增加风阻,也不能出现漏风和旁路;层级之间需要有明显的断面,让活性炭能够充分填充和正确放置,以保证气流畅通,无短路、无死角。本章对活性炭吸附装置的基本组成、外观尺寸、内部结构等提出了明确要求;对吸附单元的放置、密闭性、支架、迎风面与透风面的材料选择做出了规定;通过附录C对活性炭吸附装置的装填量给出了核算公式和参考量;对活性炭吸附装置的适用风量范围进行了确定,为了避免活性炭箱过于庞大,安装和装卸活性炭不方便,将适用风量范围确定为0—30000 m³/h。

本章还对活性炭吸附装置在使用不同类型活性炭产品时,设备的最小气体流速、最小吸附截面积、炭层厚度、填充量、装填单元等技术指标作出了明确规定。当选用颗粒状活性炭做吸附剂时,按照HJ 2026《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》6.3.3.3明确的气体流速宜低于0.60m/s要求;通过风力计算,以该流速处理10000m³/h废气,颗粒活性炭吸附截面积为4.6m²;考虑颗粒活性炭装填需要一定厚度,厚度过小,炭层会因风流振动形成短路空腔,厚度过大,会导致阻力增大,影响整个系统的运行,因此需分层分级装填;总装填厚度为所需装填量与过炭面积的比值,当一层装填无法满足时,需多层装填,直到超过前文计算出的装填总量。当选用蜂窝活性炭作吸附剂

时，参照 HJ 2026《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》6.3.3.3 明确气体流速宜低于 1.20m/s 要求；再通过风力计算，以该流速处理 10000m³/h 废气，蜂窝活性炭吸附截面积为 2.3m²；因蜂窝活性炭装填时自身有一定的体积结构，因此可单层或多次装填，但蜂窝活性炭为带有均布网孔的立方体，仅有一个方向具有通风性能，因此不宜多层码放，多层码放时会导致上下层的网孔无法对正从而产生较大的通风阻力，一般超过 3 层时会出现孔道遮蔽的情况，应分层分级填装；总装填厚度为所需装填量与过碳面积的比值，当一层装填无法满足时，需多层装填，直到超过前文计算出的装填总量。当选用活性炭纤维毡作吸附剂时，其通风阻力相对较大，参照 HJ 2026《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》6.3.3.3 明确的气体流速宜低于 0.15m/s 要求；通过风力计算，以该流速处理 10000m³/h 废气，活性炭纤维毡吸附截面积为 18.4m²；该尺寸下，平面设置纤维毡已无法实现装置的工程设计，因此活性炭纤维毡的使用需采用折叠、制袋等方式解决截面积要求较大的影响。此外，本章还对活性炭吸附装置单级或多级的认定作出了明确规定。本章具体内容如下：

5.9.1 活性炭吸附装置宜选用箱式结构，门、焊缝、管道均应连接严密、不得漏气，所有螺栓、螺母均应经过表面处理，牢固连接。

5.9.2 活性炭吸附装置应根据最小吸附截面积、最小炭层厚度、最小装填量等规定设计要求，结合安装空间及活性炭更换操作，确定箱体尺寸、吸附单元及外观设计。

5.9.3 活性炭吸附装置内部结构应设计合理，包括布风单元和吸

附单元。

5.9.4 布风单元应确保气体流通顺畅、无短路、无死角。

5.9.5 吸附单元

5.9.5.1 吸附单元应稳定放置，并保证吸附层的密闭性。

5.9.5.2 吸附单元框架应使用承重力高、耐腐蚀的材质制作，设置支撑件以确保吸附单元填充活性炭后不发生形变。

5.9.5.3 吸附单元迎风面及透风面应为网状或穿孔材料，网孔尺寸应不大于填装的活性炭吸附剂尺寸。

5.9.5.4 吸附单元应设置在方便活性炭装填的活动面，并设置锁扣或插销，关闭时应完全固定。

5.9.5.5 吸附单元宜采用标准化规格，设备布局可参照附录 B 制作。

5.9.6 活性炭吸附装置的活性炭填充量应满足附录 C 要求。

5.9.7 活性炭吸附装置应设置检修口，检修口应设置在活性炭吸附装置立面，位置应便于操作，避免从活性炭吸附装置上、下方向操作，尺寸应满足日常维护要求。

5.9.8 活性炭吸附装置气体流量范围宜选择 0—30000 m³/h；

5.9.9 活性炭吸附装置选用颗粒活性炭作吸附剂时，气体流速宜低于 0.60 m/s，活性炭吸附装置设计的总压力损失宜低于 1500 Pa，填充量与每小时处理废气量体积之比不宜小于 1:7000，每 10000m³/h 废气处理颗粒活性炭吸附截面积不宜小于 4.6m²。活性炭装填可单层和多层设置，每层截面厚度不宜小于 100mm，且不宜大于 400mm，

总装填厚度需满足填充量与吸附截面积的比值关系，即总厚度=填充体积/吸附截面积。

5.9.10 活性炭吸附装置选用蜂窝活性炭作吸附剂时，气体流速宜低于1.20 m/s；活性炭吸附装置设计的总压力损失宜小于800Pa，填充量与每小时处理废气量体积之比不宜小于1:5000，每10000m³/h废气处理蜂窝活性炭吸附截面不宜小于2.3m²，蜂窝活性炭可单层装填或多层装填，但最大不宜超过3层，超过的应在层间保留50mm以上的均流空气层，防止因无法对孔而堵塞。总装填厚度需满足填充量与吸附截面积的比值关系，即总厚度=填充体积/吸附截面积。

5.9.11 活性炭吸附装置选用活性炭纤维毡作吸附剂时，气体流速宜低于0.15 m/s；活性炭吸附装置设计的总压力损失宜小于4000Pa，断裂强度不宜小于5N（测试方法按照GB/T3923.1进行）。

5.9.12 活性炭吸附装置可单级或多级设置，满足8.9条、8.10条最小吸附截面积、最小炭层厚度要求，且有单独活性炭箱的视为一级。单级或多级活性炭总装填量不应小于8.9条、8.10条及附录C要求。

5.10 活性炭吸附装置的辅助设施

本章对活性炭吸附装置应具备的监测、采样、安全等辅助设施作了相关规定。

一是明确要求安装废气状态监测装置。标准4.1节对进入活性炭吸附装置的废气指标提出要求，为判断经预处理后的废气能否达到要求，充分考虑现场设备安装条件性，要求活性炭吸附装置配备温度、湿度计或温度、湿度传感器等废气监测辅助设施。

二是明确要求安装压差计。当活性炭吸附装置长时间使用后，因粉尘、结晶等情况会导致活性炭表面或空隙被堵塞，吸附层阻力增加，反应到压差计上就是压力降低至初始值以下或达到初始值1.5—2倍，表示活性炭已大面积堵塞，不再具有废气治理效果，需对活性炭进行更换。

三是明确要求设置进出口监测采样口。为判断活性炭吸附装置的吸附效果，可通过监测进入活性炭装置前后的废气浓度，从而计算出废气处理率，因此需要设置规范的进出口监测采样口。

四是明确要求安装安全装置。为保障活性炭吸附装置不发生燃烧、自燃等风险，应按安全要求设置防火阀、阻火器、应急喷淋等安全装置。

五是其他要求。可通过设置压差计方式判断活性炭吸附装置的有效性，为保障活性炭吸附装置稳定运行，风机宜后置，因为风机如果安装在吸附装置前端，风机将风鼓入活性炭吸附装置时，装置内部会产生正压，对检修门、检测孔等形成向外的正压出风，影响整个系统的密闭性和治理效果。本章内容如下：

5.10.1 活性炭吸附装置进气口前端应设置温度、湿度计或温度、湿度传感器，以便监测进入活性炭箱的废气是否符合要求。

5.10.2 活性炭吸附装置吸附层应安装压差计或压力计，当压力低于初始值或达到初始值1.5—2倍时应及时检查、更换活性炭。

5.10.3 活性炭吸附装置的进气和排气管道上均应按照相关标准设置采样口，并根据排污许可证自行检测方案同步检测进口浓度，便

于检测活性炭吸附效率。

5.10.4 风机宜安装在活性炭吸附装置的后端，使装置形成负压，尽量保证无污染气体泄漏到吸附装置外。

5.10.5 活性炭吸附装置根据进口废气特性，存在燃烧或自燃风险的需设置防火阀、阻火器、应急喷淋等安全装置。

5.11 运行管理要求

本章对活性炭吸附装置的使用单位在管理制度、人员培训、设备操作、危废管理等运行管理方面做出了相关规定，本章内容如下：

5.11.1 活性炭吸附装置使用单位应建立运行管理制度，按相关要求保存活性炭管理台账和活性炭吸附装置运行维护台账，式样参考详见附录 D；对活性炭吸附装置管理人员开展操作、排障和应急处理等培训；定期维护、定期更换活性炭，确保活性炭吸附装置稳定、安全、有效运行。

5.11.2 活性炭吸附装置应先于产生废气的生产设备开启、后于生产设备停机，宜设置联动控制。

5.11.3 活性炭吸附装置相关耗材应及时更换，更换后的耗材应按照 GB 37822 进行暂存，属于危险废物的应按照 GB 18597 暂存并交由具备危险废物经营许可资质的单位处置。

5.11.4 企业突发环境事件应急预案中应包含活性炭吸附装置相关内容。

5.12 监管要求

本章对活性炭吸附装置的监管要求作了相关规定，具体要求如

下:

5.12.1 使用活性炭吸附装置的重点排污单位应按要求安装在线监控系统,并与生态环境主管部门联网,系统数据上传应满足 HJ212—2017 要求。

5.12.2 监管部门可随机对使用活性炭吸附装置处理工业有机废气的企业开展针对活性炭吸附剂的抽查检验。

6 标准执行的效益分析

6.1 环境效益分析

一是进一步压实了企业生态环境保护主体责任。本标准实施后,可以让使用活性炭吸附装置处理工业有机废气的企业了解活性炭的理化性能指标和储存、装填、使用、更换、转运等要求,指导企业购买碘值、四氯化碳吸附率等关键技术参数更优的活性炭吸附剂,选用设计合理、工艺路线适宜的活性炭吸附装置,规范运行维护现有活性炭吸附装置,规范储存未使用活性炭,及时转移废活性炭等,只要做好以上几个方面,企业一定能在现有基础上实现更好的 VOCs 削减效果。

二是进一步夯实了地方生态环境部门监管基础。本标准实施后,可以解决地方生态环境部门在涉及活性炭的环境执法过程中存在执法依据不足的问题。本标准聚焦活性炭“用什么、怎么用、测什么、怎么测、怎么管”5个关键点,对企业应该使用达到什么质量标准的活性炭、需要多久更换1次活性炭、怎样装填活性炭才符合规范要求、应该使用满足什么要求的活性炭吸附装置、如何检查活性炭吸附剂和

— 44 —

吸附装置的有效性等问题都给出了标准答案，为法律条款的落地实施提供了坚实支撑。通过地方生态环境部门的严格执法，可以倒逼企业进一步纠治使用碘值不达标的劣质炭、不足量填充活性炭、不及时更换活性炭、活性炭吸附装置无预处理设施导致装置无效运转、因活性炭储存不规范导致活性炭失效，不规范存储废活性炭导致 VOCs 无组织排放等问题，为地方大气污染物减排提供有力支撑。

三是进一步完善了我省大气污染治理标准体系。本标准实施后，可以填补四川省活性炭治理方面的标准空白，进一步完善我省大气污染防治标准体系。通过明确最小过滤风速、过碳面积、装填量、分级概念等重要的技术指标，能够从规格形式上逐步规范统一活性炭治理设施，解决目前活性炭治理设施外观尺寸及内部结构五花八门、无效治理治理设施大行其道的问题；能够让企业和监管部门通过简易的方法判断出活性炭治理设施的配置是否正确、装填情况是否合理、与废气之间是否具有匹配性，从根本上降低使用低劣活性炭吸附装置设施的可能性；能够让工业企业、环保监管部门、环保技术单位、活性炭设备厂家，按照标准体系各司其职，切实减少 VOCs 对环境的影响。

6.2 经济效益分析

一是通过强化管理降低了企业治污成本。本标准实施后，通过规范活性炭吸附装置，要求进入活性炭吸附装置的有机废气必须先经过预处理，可以解决过去因粉尘、漆雾等结晶体污染活性炭，导致的活性炭未吸附饱和就更换的问题；通过明确规定活性炭更换周期算法、填充要求，让企业能够准确规划活性炭采购周期，减少因随意更换、

无序装填导致的活性炭浪费；通过明确活性炭质量指标，可以让企业避免因不懂参数，而选购到质差价高的劣质活性炭。劣质活性炭由于灰分高、密度大，装满同样体积的炭箱，重量远大于优质炭，算上运输成本，购买支出未必比优质炭便宜；而且废劣质活性炭只能无害化处理，加上重量更重，处置费更高；废优质活性炭既可以无害化处置，也可以脱附后重新利用。目前市场上很多劣质活性炭（碘值 500 mg/g 以下，价格约 2000—4000 元/吨）会冒充优质活性炭（蜂窝状活性炭碘值 650mg/g 以上，价格 6000—7000 元/吨；优质颗粒状活性炭碘值 800mg/g 以上，价格 9000 元/吨以上），但实际上与优质活性炭相比，最终处置费、运输费要贵约 30%—40%，对于风量速率相同的情况下，劣质活性炭（碘值 200 毫 mg/g，比表面积 120m²/g）的吸附效果要比优质活性炭（碘吸附值 800mg/g，比表面积 850m²/g）的差约 7 倍左右。综合来看，优质活性炭性价比明显更高，经市场调研初步测算，使用优质活性炭比使用劣质活性炭可降低约 20% 的成本。

二是通过设备更新激发了经济活力。本标准实施后，一部分完全不符合要求的劣质活性炭吸附装置必然要淘汰；部分未安装预处理设施的活性炭吸附装置需进行更新改造。虽然在设备更新过程中，企业会付出一定的经济成本，但一方面，活性炭吸附装置的购置和运行成本相较于 RTO、RCO 等燃烧装置而言，可以说是微乎其微，但只要活性炭吸附装置按照标准要求合理设计、规范运维，一样能达到很好的废气治理效果，相当于花小钱办了大事；另一方面，这些必须淘汰更新的活性炭吸附装置必然是不能帮助企业守住环保底线的无效设

施，相较于违法成本而言，设备更新既能促进节能减排，又能拉动市场经济，是既利当前、更利长远的有益举措。

7 实施标准建议

（1）强化宣传，向全省涉 VOCs 企业广泛宣传本标准，确保相关单位能够深入了解标准要求，主动规范活性炭和活性炭吸附装置的使用。

（2）强化监管，通过强化执法检查、加大执法力度，倒逼相关企业增加在活性炭吸附装置上的投入，承担依法治污、保护环境的主体责任。

（3）强化指导，出台配套的工具书等技术指南，指导企业扎实开展活性炭吸附装置升级改造、活性炭规范管理工作。

（4）强化跟踪，本标准发布实施后，应加强对本标准的跟踪评估，及时提出修订方案和建议。

