

附件 1

四川省家具制造行业挥发性有机物 控制技术指南

目 录

1. 适用范围	6
2. 规范性引用文件	6
3. 术语和定义	7
4. 家具制造行业生产工艺及 VOC _s 排放	8
4.1. 木质家具生产工艺及 VOC _s 排放	8
4.2. 软体家具生产工艺及 VOC _s 排污	11
4.3. 金属家具生产工艺及 VOC _s 排污	11
4.4. 其他家具生产工艺及 VOC _s 排污	12
4.5. 家具制造行业 VOC _s 污染物排放	13
5. 家具制造行业 VOC _s 污染防治技术	14
5.1. 家具制造行业有机废气处理技术选择原则	14
5.2. 家具制造行业有机废气处理技术选择基本方法	15
5.3. 家具制造行业 VOC _s 污染防治技术	15
6. 最佳可行技术	22
6.1. 清洁生产工艺最佳可行技术	22
6.2. VOC _s 污染治理技术最佳可行技术	25
6.3. 环境管理	29

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，完善家具制造行业挥发性有机物控制技术支撑体系，指导和规范家具制造行业排污单位挥发性有机物控制，制定本指南。可作为四川省家具制造行业挥发性有机物治理工作的参考技术资料。

本指南起草单位：四川省环境保护科学研究院。

本指南主要起草人：叶 宏、钱 骏、陈军辉、姜 涛、
孙 蜀、杨怡阁

四川省家具制造行业挥发性 有机物控制技术指南

1. 适用范围

本指南适用于四川省使用或部分使用溶剂型涂料、溶剂型胶粘剂及有机溶剂的各类家具制造企业。

2. 规范性引用文件

GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的
的设备

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB/T 13347 石油气体管道阻火器

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB 50051 烟囱设计规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50187 工业企业总平面设计规范

GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物
采样方法

HGJ 229 工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范

HJ 459 环境标志产品技术要求 木质门和钢质门

HJ 571 环境标志产品技术要求 人造板及其制品

HJ 2537 环境标志产品技术要求 水性涂料

HJ 2541 环境标志产品技术要求 胶粘剂

HJ 2547 环境标志产品技术要求 家具

HJ/T 414 环境标志产品技术要求 室内装饰装修用溶剂型木器涂料

HJ/T 1 气体参数测量和采样的固定位装置

HJ/T 386 工业废气吸附净化装置

HJ/T 389 工业有机废气催化净化装置

HJ 2000 大气污染治理工程技术导则

HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范

HJ 2027 催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范

JJF 1049 温度传感器动态响应校准

DB51/2377 四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准
污染源自动监控管理办法

3. 术语和定义

挥发性有机化合物 Volatile Organic Compounds (VOCs)

在 293.15K 条件下蒸气压大于或等于 10Pa，或者特定适用条件下具有相应挥发性的除 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2CO_3 、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵外，任何参加大气光化学反应的碳化合物。主要包括具有挥发性的非甲烷烃类（烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃）、含氧有机化合物（醛、酮、醇、醚等）、卤代烃、

含氮有机化合物、含硫有机化合物等。

溶剂型涂料 Solvent based coatings

以有机溶剂作为溶剂的涂料。

水性涂料 Water-based coatings

以水为溶剂或以水为分散介质的涂料。

UV 涂料 UV coatings

紫外光固化涂料，能在紫外线照射作用下瞬间固化的涂料。

粉末涂料 Powder coatings

100%固体的涂料，通常使用静电喷涂工艺，把微细、干燥的粉末涂装到表面上，然后加热融化，使颗粒流动融合或者形成固化。

4. 家具制造行业生产工艺及 VOCs 排放

家具按照使用的主要材料可分为木质家具、软体家具、金属家具、塑料家具、玻璃家具和竹藤家具。

4.1. 木质家具生产工艺及 VOCs 排放

4.1.1. 木质家具生产工艺及 VOCs 排污节点

木质家具生产是选取一种或几种木质材料为基料，按照设计要求进行加工、组装，然后在基料表面涂装一层或几层涂料，形成产品；也可以是加工后，先对各个组件进行涂装，然后组装成产品。典型生产工艺如图 4-1 所示。根据材质及最后成品质量要求，底漆、面漆一般涂饰 1~2 遍。

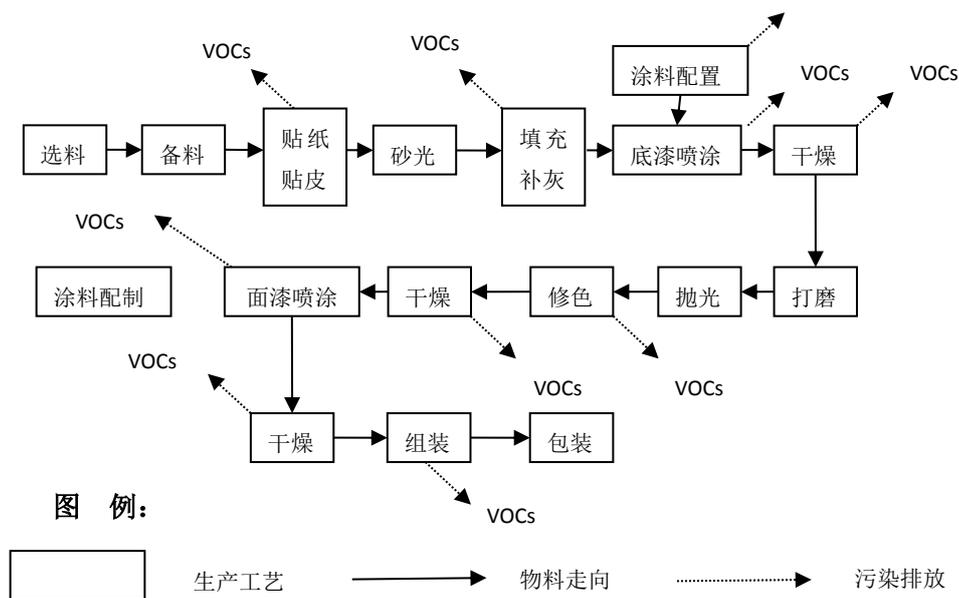


图 4-1 典型木质家具生产工艺流程

4.1.2. 各生产工序的 VOCs 排放特点

木质家具制造企业 VOCs 主要来源于涂装工序的涂料、稀释剂、固化剂等含 VOCs 原辅材料的使用。涂料类型包括不饱和聚酯涂料 (PE 漆)、聚氨酯涂料 (PU 漆)、硝基涂料 (NC 漆)、水性涂料、紫外光固化涂料 (UV 漆) 等。涂料在使用过程中需按比例与固化剂和稀释剂进行调配。为保证良好的涂装效果，一般会先涂底漆、修色、再涂面漆，每次涂漆需干燥后进入下一环节。因此，按工艺及功能将车间分为调漆房、底漆房、面漆房、干燥室。

调漆房用于油漆的调配，大多靠自然通风，存在 VOCs 无组织排放。

底漆是涂料系统的第一层漆，作用是增加上层涂料的附着力和面漆的装饰性，涂装过程产生大量含气溶胶 (漆雾) 的有机废气。底漆涂装对漆房环境要求不高，一般采用敞开式漆房，

废气为无组织排放，且携带漆雾和家具打磨后的粉尘，颗粒物浓度高。

面漆是涂料系统的最外层漆，起装饰和保护作用，涂装过程产生大量含气溶胶（漆雾）的有机废气。面漆涂装对漆房环境要求较高，要求无尘且通风良好，一般采用封闭式漆房，空气经送风系统除尘后进入面漆房，含气溶胶（漆雾）的有机废气经水帘柜等除漆雾装置后排放，废气收集率高，VOCs 无组织排放少。

涂料干燥大部分都采用自然风干，有与喷涂车间相连，同在一个密封空间内，也有独立敞开的车间。若是独立敞开车间，涂料干燥过程中产生的 VOCs 将以无组织形式排放。

部分涉及贴纸、贴皮、基材填充、补灰和组合等工艺过程也会使用相关胶合剂，产生 VOCs 废气排放。

4.1.3. 不同涂装工艺 VOCs 排放特点

涂装工艺包括喷涂、刷涂、辊涂、淋涂及浸涂等。

喷涂特别是空气喷涂以工艺简单、设备费用低、工作效率高、适应性强等特点在木质家具制造行业广泛使用。空气喷涂以溶剂型涂料为主，如聚氨酯涂料、硝基涂料、醇酸涂料、聚酯涂料等，使用时按比例与固化剂和稀释剂进行调配，即用状态下 VOCs 含量约 60%左右。涂料利用率较低，大约在 30% ~ 50%，尤其是喷涂框架结构家具时，涂料利用率仅为 25% ~ 35%，产生的挥发性有机废气量较大。

刷涂是人工以刷子涂漆，涂料利用率高，但工作效率低，常用于修补漆工艺。

辊涂自动化程度高，涂装速度快，生产效率高，不产生漆雾，涂着效率接近 100%，适用于平面状的被涂物。辊涂工艺主要采用 UV 涂料，VOCs 含量低，污染小。

淋涂和浸涂在家具行业应用较少。

4.2. 软体家具生产工艺及 VOCs 排放

软体家具一般是指由弹性材料和软质材料制成，富有一定弹性的坐卧家具的总称，如沙发、床垫和其它软质坐卧具等。软体家具制造的主工序包括钉内架、粘海绵、面料缝接和扞皮等工序，具体工艺流程如图 4-2 所示。软体家具的弯边、扶手、脚架仍以木质材料为主，在制作过程中也需涂装底漆、面漆等，涂装工艺及涂料类型与木质家具相同。软体家具制造企业 VOCs 主要来源于胶粘剂、涂料、稀释剂、固化剂等含 VOCs 原辅材料的使用。

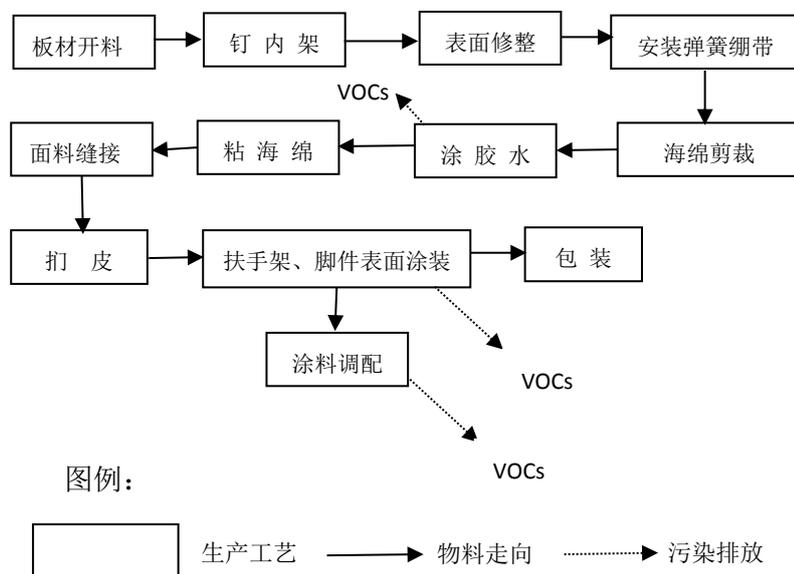


图 4-2 软体家具生产工艺流程

4.3. 金属家具生产工艺及 VOCs 排放

金属家具指支（框）架及主要部件以铸铁、钢材、钢板、钢管、合金等金属为主要材料，结合使用木、竹、塑料等材料，配以人造革、尼龙布、泡沫塑料等其他辅料制作的家具。生产工艺流程见图 4-3。表面处理采用电镀或涂装的方式将涂料涂覆在金属表面，涂料包括液体涂料和粉末涂料，其中粉末涂料具有不含溶剂、无 VOCs 污染、节能和涂膜机械强度高等特点；液体涂料主要为金属涂料、电泳涂料等，是金属家具制造企业 VOCs 的主要来源。涂装方式包括空气喷涂、静电喷涂、浸涂。

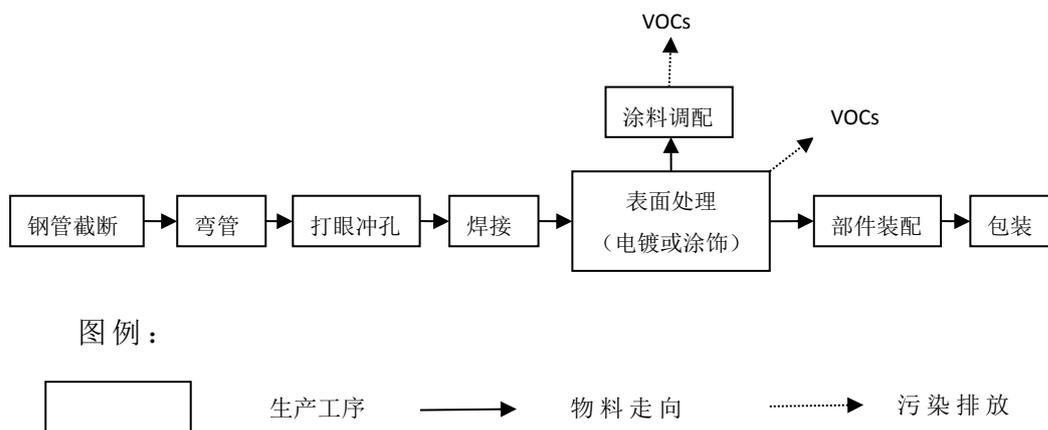


图 4-3 金属家具生产工艺流程

4.4. 其他家具生产工艺及 VOCs 排放

塑料家具大致可分为热固性塑料家具和热塑性塑料家具，通过注塑或模压、挤压等方法一次成型。

玻璃家具的主要材料是高硬度的强化玻璃和金属框架，金属框架根据需要进行截断、弯管、喷漆等操作，玻璃表面清理干净后，根据需要进行喷漆操作。

竹藤家具是利用竹材和藤材及其他辅料制作而成，必要时需经过打光、上光油涂抹。

4.5. 家具制造行业 VOCs 污染物排放

对各类家具生产工艺及 VOCs 排放源的分析可知，家具制造行业 VOCs 排放主要来自于调漆、涂装、喷胶及干燥等生产过程中所使用的溶剂型涂料、溶剂型胶粘剂、稀释剂、固化剂。不同类型的家具生产企业所使用的涂料类型和涂装工艺不同，其 VOCs 主要来源及排放特征见表 4-1。

表 4-1 各类家具制造企业 VOCs 排放特征

家具类型	主要含 VOCs 原辅材料	VOCs 排放特征	VOCs 特征污染物
木质家具	溶剂型涂料、水性涂料、UV 涂料、粉末涂料、稀释剂、固化剂、胶合剂	调漆、涂装及干燥过程存在排放，使用溶剂型涂料 VOCs 排放浓度较高，使用水性涂料、UV 涂料、粉末涂料等 VOCs 排放浓度较低。 喷漆工艺产生废气含气溶胶。 贴纸、贴皮、基材填充、补灰和组合等工艺过程胶合剂，产生 VOCs	甲苯、二甲苯、乙苯、乙酸仲丁酯、乙酸乙酯、环己酮、乙酸正丁酯、甲基环己烷等
软体家具	胶粘剂、溶剂型涂料、水性涂料、UV 涂料、稀释剂、固化剂	喷胶、调漆、涂装及干燥过程存在排放，使用溶剂型涂料和胶粘剂 VOCs 排放浓度较高，使用水性涂料和胶粘剂、UV 涂料等 VOCs 排放浓度较低。 喷漆工艺产生废气含气溶胶。	甲苯、二甲苯、乙苯、乙酸仲丁酯、乙酸乙酯、环己酮、乙酸正丁酯、甲基环己烷等
金属家具	金属涂料、电泳涂料、粉末涂料	调漆、涂装及干燥过程存在排放，使用金属涂料 VOCs 排放浓度高，使用粉末涂料 VOCs 排放浓度较低，使用电泳涂料存在废水处理。 喷漆工艺产生废气含气溶胶。	甲苯、二甲苯、三甲苯、乙酸乙酯、乙酸丁酯、二氯乙烷、环己烷、甲基戊烷，丁酮、甲基异丁基甲酮、丙酮等

5. 家具制造行业 VOCs 污染防治技术

5.1. 家具制造行业有机废气处理技术选择原则

家具制造行业有机废气处理工艺的选择必须结合废气的规模、污染物种类和浓度、企业经济状况等实际情况选择适合的处理工艺，总体应该遵循以下四个原则。

资源回收利用：结合有机废气的浓度和实际成分，尽量提高废气收集率，优先选择能够对废气中有机物质进行回收利用的技术方案。回收下来的有机物可以用于生产或出售，降低治理成本。

处理达标：项目建设应按国家相关的基本建设程序或技术改造审批程序进行，总体设计应满足《建设项目环境保护设计规定》和《建设项目环境保护管理条例》的规定。经过治理后的废气排放应符合《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB51/2377）中的相关规定。治理过程避免产生二次污染。治理设施噪声控制应符合《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T 50087）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348）的规定。

效率稳定：生产企业应把治理设施作为生产系统的一部分进行管理，应根据待处理废气的参数和要求，选用适合企业实际、处理效率稳定的废气处理技术。尽量选择运行、操作、维护及管理简便易行，自动化程度高的技术方案，减少人为操作导致处理效果不稳定的可能性。

经济实用：在保证稳定达到排放要求的基础上，选择与企

业经济承受能力相适应，建设成本和运行成本较低，经济实用的技术工艺；建设中充分利用地形和可用场地面积，缩短废气管网长度，降低废气处理能耗，节约成本。尽量采用经济节能型工艺设备，减少处理设施的数量。

5.2. 家具制造行业有机废气处理技术选择基本方法

首先对企业产生的有机废气的工段进行分析，并对产生气量和浓度进行测量，作为处理工艺选择的基础资料。

由《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》(DB51/2377)，确定经过处理后有机废气的排放浓度，再根据测量的浓度，计算有机废气处理工艺需要达到的处理效率，将可达到该处理效率的处理工艺作为备选。其次，以适宜温度范围作为条件，筛选已得到的有机废气处理工艺。再根据企业的经济状况，筛选建设成本和运行成本、自动化程度都适宜的有机废气处理工艺。

5.3. 家具制造行业 VOCs 污染防治技术

5.3.1. 吸附法

吸附浓缩技术是利用各种固体吸附剂（如活性炭（包括活性炭纤维）、分子筛、活性氧化铝和硅胶等）对排放废气中的VOCs进行吸附浓缩，同时达到净化废气的目的。吸附工艺主要分为吸附段和脱附段。

（1）吸附段需要注意的事项

1) 采用活性炭吸附工艺，进入吸附系统的废气温度应控制在40℃以内，废气中颗粒物浓度低于1mg/m³。同时，进入吸附

系统的易燃、易爆有机废气浓度应控制在其爆炸极限下限的25%以下。对于含有混合有机化合物的废气，其控制浓度P应低于最易爆炸组分或混合气体爆炸极限下限值的25%，即 $P < \min(P_e, P_m) \times 25\%$ ， P_e 为最易爆炸组分极限下限值（%）， P_m 为混合气体爆炸极限下限值（%）， P_m 按照下式进行计算：

$$P_m = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / (V_1/P_1 + V_2/P_2 + \dots + V_n/P_n)$$

式中：

P_m ——混合气体爆炸极限下限值，%；

P_1, P_2, \dots, P_n ——混合气体中各组分的爆炸极限下限值，%；

V_1, V_2, \dots, V_n ——混合气体中各组分所占的体积百分数，%；

n ——混合有机废气中所含有机化合物的种类数量。

2) 在理想状态下，中低浓度VOCs（一般在 $<1000\text{mg}/\text{m}^3$ ）净化效率能达到90%以上，但吸附材料吸附能力接近饱和时，吸附效率显著降低，无法保证处理后废气稳定达标排放，同时，目前没有成熟可靠、经济实用的技术对吸附材料的吸附能力变化情况进行实时监测分析，因此吸附工艺一般与其他处理工艺组合使用。

3) 在不施用深冷、高压的手段下，可以有效回收有价值的有机物组分。

4) 吸附剂应选择具有大比表面和孔隙率的；具有良好选择性的；吸附能力强，吸附容量大的；易于再生；机械强度、化学稳定性、热稳定性好；使用寿命长的。

5) 更换填料或是运行维护过程中产生的固废及危险废物按照国家固体废物污染环境防治法有关要求进行管理、处置。

6) 固定床吸附器应符合《环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置》(HJ/T 386)的规定。吸附层的风速应根据吸附剂的材质、结构和性能共同确定。

7) 常用的吸附剂有两类,分别为活性炭吸附剂和沸石分子筛吸附剂。

①活性炭吸附剂特点:操作简单,吸附能力强,吸附效果好,可以对活性炭进行再生,重新使用。

②沸石分子筛吸附剂特点:作为离子型吸附剂,吸附选择性强,吸附能力强,是不燃材料,因此在较高的温度下,吸附效率仍然比较高,同时,脱附温度也相应较高。

③固定床吸附器应符合《环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置》(HJ/T 386)的规定。吸附层的风速应根据吸附剂的材质、结构和性能共同确定;采用颗粒状活性炭时,宜取0.20-0.60m/s,采用蜂窝状活性炭时,宜取0.70-1.20m/s。对于废气浓度特别低或有特殊要求的场合,风速可适当增加。

表 5-1 活性炭物性参数

性质	单位	颗粒活性炭	粉状活性炭	活性炭纤维
真密度	g/cm ³	2.0-2.2	1.9-2.2	0.2-0.8
粒密度	g/cm ³	0.6-1.0	/	/
堆积密度	g/cm ³	0.35-0.6	0.15-0.6	0.03-0.05
孔隙率	%	33-45	45-75	50-80
细孔容积	cm ³ /g	0.5-1.1	0.5-1.4	0.6-1.1
平均孔径	Å	1.2-4.0	1.5-4.0	5.0-14.0
比表面	m ² /g	700-1500	700-1600	800-2000

8) 吸附装置用于处理易燃、易爆气体时,应符合安全生产及事故防范的相关要求。除控制处理气体的浓度外,在管道系统的适当位置,应安装符合《石油气体管道阻火器》(GB/T 13347)规定的阻火装置。接地电阻应小于 2Ω 。

(2) 脱附段需要注意的事项主要有:

1) 脱附操作可采用升温、降压、置换、吹扫和化学转化等脱附方式或几种方式的组合。

2) 脱附气源可采用热空气、热烟气和低压水蒸气。

3) 当回收脱附产物时,应保证脱附后气体达到设计要求的冷却水平。

4) 有机溶剂的脱附宜选用水蒸气和热空气,当回收的有机溶剂沸点较低时,冷凝水宜使用低温水;对不溶于水的有机溶剂冷凝后直接回收,对溶于水的有机溶剂应进一步分离回收。

5) 采用活性炭作为吸附剂时,脱附气体的温度宜控制在 120°C 以下;采用沸石分子筛作为吸附材料时,脱附气体的温度宜控制在 220°C 以下。

5.3.2. 生物净化

通过附着在反应器内填料上的微生物的新陈代谢作用将有机废气中的污染物转化为简单的无机物(CO_2 、 H_2O 和 SO_4^{2-} 等)和微生物。

使用生物净化时,应注意:

(1) 生物法适合处理“高水溶性+易生物降解”的VOCs,去除效率能达到70%-90%,对其余类型的VOCs处理效果较差,

生物法处理效果从大到小依次为醇类、酯类、苯系物>醛、酮、卤代烃>小分子烯烃、烷烃。

(2) 主要应用于中低浓度(一般在 $<1000\text{mg}/\text{m}^3$)有机废气的处理;风量较大的情况下,其处理的浓度更低(一般在 $<200\text{mg}/\text{m}^3$)。

(3) 微生物的筛选和挂膜的时间较长。

(4) 要通过有效预处理和合理管理,尽量降低填料堵塞带来的影响。

(5) 更换填料或是运行维护过程中产生的固废以及危险废物按照国家固体废物污染环境防治法有关要求进行管理、处置。

5.3.3. 直接燃烧法

直接燃烧法分为常规直接燃烧(TO)和蓄热式燃烧(RTO)。是利用辅助燃料燃烧所发生热量,把可燃的有害气体的温度提高到 $700\text{-}900^\circ\text{C}$ 的反应温度,从而发生氧化分解。由于燃烧炉可于较短时间内进入工作状态,非常适合用于高浓度废气及间歇性排放工艺。蓄热式燃烧(RTO)处理系统中加温和氧化分解产生的热能利用具有高热容量的陶瓷蓄热体作为蓄热系统,实现换热效率达到90%以上的节能效果。

使用燃烧时,应注意:

(1) 处理净化效率高,能达到95%以上,连续运行稳定,技术成熟且安全可靠、操作维护简单,使用寿命长。

(2) 一次性投资成本高,运行成本较高;

(3) 严格控制进口有机物的浓度,使其入口浓度必须远低

于爆炸下限，控制在一个安全的水平。

(4) 不适宜处理小于 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 以下风量的废气，对含有机硅成分较多的废气容易造成蓄热体堵塞，更换蓄热材料费用较高。

5.3.4. 催化燃烧法

催化燃烧分为常规催化燃烧(CO)和蓄热式催化燃烧(RCO)。利用结合在高热容量陶瓷蓄热体上的催化剂，使有机气体在 $300\sim 400^\circ\text{C}$ 的较低温度下，氧化为水和二氧化碳。蓄热式催化燃烧(RCO)的处理系统加热和氧化产生的热量被蓄热体储存并用以加热待处理废气，以提高换热效率。

催化燃烧法的关键因素是催化剂的选择。已有多种可供选择的催化剂：按其活性分，有钯、铂、稀土和过渡金属氧化物催化剂；按其形状分，有无定形颗粒状、球形颗粒状、整体蜂窝状、网状、丝蓬状和透气板状等催化剂。催化剂的载体一般以氧化铝和陶瓷为主，此外还有天然沸石、镍铬丝和不锈钢丝等。

(1) 催化燃烧工艺具有如下特点：

1) 处理净化效率较高，能达到95%以上，燃烧温度较低，较少产生 NO_x 和 SO_x 。

2) 催化剂的选择需要与处理对象相吻合，严格避免催化剂的中毒。在汞、铅、锡、锌等金属蒸气和磷、磷化物、砷等存在时，随使用时间的延长，这些物质覆盖在催化剂表面，催化剂将失去活性。卤素和大量的水蒸气存在时，催化剂活性暂时

衰退；当这些物质不存在时，其活性在短期内即可恢复。尘埃、金属锈、煤灰、硅和有机金属化合物等覆盖在催化剂表面上，将影响废气中可燃成分与催化剂表面接触，从而使催化剂活性降低。

3) 催化剂的工作温度应低于 700°C ，并能够承受 900°C 短时间的高温冲击，设计工况下催化剂使用寿命应大于 8500h 。

4) 催化燃烧装置预热室的预热温度宜控制在 $250\text{-}350^{\circ}\text{C}$ ，不宜超过 400°C 。

5) 催化剂床层的设计空速应考虑催化剂的种类、载体的型式、废气的组分等因素，宜大于 10000h^{-1} ，但不宜大于 40000h^{-1} 。

(2) 使用蓄热催化燃烧时，应注意：

1) 处理净化效率较高，能达到95%以上，比蓄热式燃烧节约25% ~ 40%运行费用，其热回收效率可达90%以上；很少产生 NO_x 和 SO_x ，不受水气含量影响。

2) 废气的成分复杂，起始燃烧温度随废气成分不同而有所差异。预热温度过低，不能进行催化燃烧；预热温度过高，浪费能源。催化燃烧法最大的缺点是必须注意催化剂的中毒。在汞、铅、锡、锌等的金属蒸气和磷、磷化物、砷等存在时，随使用时间的延长，这些物质覆盖在催化剂表面，催化剂将失去活性。卤素和大量的水蒸气存在时，催化剂活性暂时衰退；当这些物质不存在时，其活性在短期内即可恢复。尘埃、金属锈、煤灰、硅和有机金属化合物等覆盖在催化剂表面上，影响废气中的可燃成分与催化剂表面接触，从而使活性降低；

- 3) 废气浓度过高时会导致催化剂超温;
- 4) 不能处理温度高于 450℃ 的废气。

6. 最佳可行技术

6.1. 清洁生产技术

6.1.1. 源头控制

VOCs 的源头控制措施是指推广低 VOCs 含量、低反应活性的溶剂，以减少苯、甲苯、二甲苯、二甲基甲酰胺等溶剂和助剂的使用为重点，实施原料替代。目前环保型原辅材料主要有以下几种：

(1) 水性涂料：产品需符合《环境标志产品技术要求 水性涂料》(HJ 2537) 的规定，清漆中 VOCs 含量 $\leq 80\text{g/L}$ ，色漆中 VOCs 含量 $\leq 80\text{g/L}$ ，腻子中 VOCs 含量小于 10g/kg 。

(2) UV 涂料：将涂料通过机器设备自动辊涂、淋涂到家具板面上，在紫外光的照射下促使引发剂分解，产生自由基，引发反应，瞬间固化成膜。主要用于规则平整的木质家具，如木门、木地板等。

(3) 粉末涂料：粉末涂料是一种新型的不含溶剂 100% 固体粉末状涂料。具有不用溶剂、无污染、节省能源和资源、减轻劳动强度和涂膜机械强度高等特点。它有三大类：热塑性粉末涂料 (PE)、热固性粉末涂料、建筑粉末涂料。涂料由特制树脂、颜填料、固化剂及其它助剂，以一定的比例混合，再通过热挤塑和粉碎过筛等工艺制备而成。它们在常温下，贮存稳定，经静电喷涂、摩擦喷涂 (热固方法) 或流化床浸涂 (热塑方法)，

再加热烘烤熔融固化，使形成平整光亮的永久性涂膜，达到装饰和防腐蚀的目的。目前大规模用于木质家具和金属家具制造。

其特性有：

①该产品不含毒性，不含溶剂和不含挥发性有毒物质，故无中毒、无火灾、无“三废”排放等公害问题，符合国家环保要求。

②原材料利用率高，一些知名品牌的粉末供应商生产的粉末，其过喷的粉末可回收利用，最高的利用率甚至能达 99% 以上。

③被涂物前处理后，一次性施工，无需底涂，即可得到足够厚度的涂膜，易实现自动化操作，生产效率高，可降低成本。

④涂层致密、附着力、抗冲击强度和韧性均好，边角覆盖率高，具有优良的耐化学药品腐蚀性能和电气绝缘性能。

⑤粉末涂料存贮、运输安全和方便。

(4) 水性胶粘剂或无溶剂胶粘剂：以水为溶剂或不含溶剂的胶粘剂，在各类家具制造企业均可应用。

对于家具生产企业而言，可依据其自身生产特点，参考表 6-1 选择合适的原辅材料。

6.1.2. 生产过程控制

生产过程的控制包含三个方面，其一是企业应加强对涂装过程的管理，避免造成原辅材料不必要的损失，产生过多的有机废气；其二是使用先进的生产工艺，在保证产品质量的前提下，积极改造涂装工艺和生产线，使用与低 VOCs 含量原辅材

料相配套的生产工艺；其三是集中收集废气，提高有机废气的捕集率。

（1）加强对涂装过程的管理

对于所有的家具制造企业而言，都有必要加强企业生产管理。根据我省家具企业在生产过程中存在的主要问题，企业可从以下几个方面进一步加强涂装过程的管理，以降低 VOCs 排放量：

①原辅材料集中存放并设置专职管理人员，根据日生产量配发涂料用量并做好记录，便于日后优化用量；

②生产过程中使用密闭容器存放涂料，在涂料和有机溶剂的调配、转运、临时储存过程避免溶剂泄漏或挥发，一旦发现泄漏点要尽快恢复，形成完善的管理机制；

③规范涂装操作条件（如喷涂时空气流量、压力，涂装时间等），加强对生产工人的技能培训，尽可能提高涂料的利用率；

④计算并记录修色、清洗设备用有机溶剂的用量，建立监督管理机制；

⑤使用密闭、有限流阀且开口较小的容器储存清洗用的有机溶剂，尽可能避免有机溶剂与空气的接触。

（2）使用先进的生产工艺

生产工艺的改进往往与原辅材料的替换同时进行，但必须以能满足企业的实际生产状况为前提。家具制造企业可根据产品类型和需求，选择合适的低 VOCs 原辅材料和生产工艺。

表 6-1 家具制造企业原辅材料和生产工艺可选改进措施

家具企业产品特征	可选低 VOCs 涂料	可选涂装工艺	备注
形状规则平整的木质家具，如地板、门、板式家具等	UV 涂料	辊涂	废气收集、除尘后可直接排放。
	水性涂料	喷涂	
形状不规则的木质家具，如餐椅、沙发等	底漆使用水性涂料；面漆使用油性涂料	空气喷涂	底漆涂装需要改装水性喷涂设备，改变干燥环境，废气收集后可直接排放；面漆涂装无需改装工艺，但废气需经收集、处理达标后排放。
	水性涂料	空气喷涂	废气收集、除尘后可直接排放。
	粉末涂料	粉末喷涂	
软体家具	水性胶粘剂	刷涂	废气收集后可直接排放
金属家具	电泳涂料	浸涂	废气收集、除尘后可直接排放
	水性涂料	静电喷涂	
	粉末涂料	静电喷涂	

6.2. VOCs 污染治理技术最佳可行技术

6.2.1. 废气收集

家具制造行业 VOCs 排放主要在调漆、涂装、喷胶和干燥等工段，从车间功能来看，集中在喷漆房（包括底漆、面漆、清漆）、调漆房、干燥房、喷胶房（主要针对软体家具）。为减少无组织排放，最大限度的控制 VOCs 排放量，需做好有机废气收集工作。

（1）应规范涂料、稀释剂、固化剂、胶粘剂等含 VOCs 原辅材料的使用，限定区域存放。选用密封式调漆罐调漆，通过压力泵、管道输送油漆到喷漆位，否则在调漆点安装废气收集系统。生产过程及生产间歇均应保持盛放含 VOCs 原辅材料的罐密封；

(2) 使用溶剂型涂料、溶剂型胶粘剂的喷漆房和喷胶车间应密封，换气风量根据车间大小确定，保证 VOCs 废气捕集率不低于 95%，底漆、面漆房等喷漆房密闭要求一致；

(3) 干燥车间应密封，换气风量根据车间大小确定，保证 VOCs 废气捕集率不低于 90%；

(4) 废气收集后需进入治理设施，可分车间单独处理，也可多车间废气集中到同一治理设施处理；

(5) 废气收集系统应保证与生产同时正常运行；

(6) 废气收集系统材质应防腐防锈，定期维护，存在泄漏时需及时修复；

(7) 废气捕集率评价方法：按照车间空间体积和 60 次/小时换气次数计算新风量，以有组织排放的实际风量与车间所需新风量的比值作为废气捕集率。

$$\text{车间所需新风量} = 60 \times \text{车间面积} \times \text{车间高度}$$

$$\text{废气捕集率} = \frac{\text{车间实际有组织排放量}}{\text{车间所需新风量}}$$

当车间实际有组织排气量大于车间所需新风量时，废气捕集率以 100% 计。

6.2.2. 家具制造行业废气预处理技术

四川省家具制造企业大部分都采用喷涂工艺，喷涂过程产生含气溶胶（漆雾）的有机废气，废气在进入治理设施前若不经预处理，所含树脂将固化形成固体颗粒物，影响治理设施的寿命及治理效率，需配套有效的预处理设施去除漆雾。

喷漆室的除漆雾效果应达到:

①去效率: 95%以上;

②颗粒物排出量: $<1\text{mg}/\text{m}^3$, 若后处理设施有相关标准要求, 按标准要求;

③目测见不到排风管的排气色(即排风管出口风帽不被所喷涂料着色);

废气预处理设施包括干式和湿式漆雾捕集装置。

干式漆雾捕集装置一般由挡漆折流板和几层过滤层如金属过滤网、滤布、过滤棉、无纺布等组成, 其结构简单, 适用于涂料用量少的小批量生产的涂装线。后期维护需根据涂装量和过滤器前后压差经常清理和更换过滤材料, 约每周更换 1 次。因不使用水, 无废水产生。但具有一定的火灾风险。

湿式漆雾捕集装置借助于循环水系统清洗喷漆室的排气, 捕集漆雾, 循环水中添加有涂料凝聚剂, 使漆雾失去黏性, 在循环水槽中漂浮或沉淀形成漆渣, 一定时间后将漆渣捞起。该套设备需包含漆雾水洗装置、喷漆室循环水处理装置和漆渣处理系统, 有废水和漆渣产生, 后期运营中风管易被水侵蚀和被漆雾污染。根据水洗涤方式可分为喷淋式、漩涡式等, 目前常采用的有水帘柜、喷淋塔、填料塔、板式塔等。

四川省家具生产企业大多安装了水帘柜除漆雾装置, 但不能满足后续废气处理装置对颗粒物浓度限制的要求, 可将多种预处理设施串联使用, 如水帘柜后采用喷淋塔、填料塔、板式塔等进一步处理, 或再结合干式漆雾捕集装置处理。

废气预处理过程中产生的废水需处理后达标排放，漆渣需统一收集后交由有资质的危废处理公司处理。

6.2.3. 家具制造行业有机废气治理最佳可行技术

(1) 有机废气治理最佳可行技术简介

通过对废气的成分进行分析，家具制造行业有机废气中 VOCs 废气通常为中低浓度 ($<1000\text{mg}/\text{m}^3$)，因此，根据废气特性和现有相关企业调研结果，采用组合工艺处理家具制造行业有机废气更为适宜。

表 6-2 家具制造行业 VOCs 治理技术推荐表

企业规模	组合单元处理工艺一	组合单元处理工艺二
小型企业	吸附浓缩	催化燃烧 (CO) 蓄热催化燃烧 (RCO)
大中型企业	吸附浓缩 沸石转轮	蓄热式燃烧 (RTO) 蓄热催化燃烧 (RCO) 催化燃烧 (CO)

家具制造行业多为小型企业，应尽量集中设置在相关园区，园区内采用生产功能集成、环保资源共享等方式可有效节约投资和运行成本，以推动企业节能减排。

(2) 最佳可行技术的优缺点分析

表 6-3 组合工艺特点比较

典型组合工艺	优点	缺点
吸附浓缩+催化燃烧	适合于处理大风量、低浓度或浓度不稳定的有机废气，工艺成熟稳定，可靠性好； 净化效率高，运行费用低； 处理系统为低温无火焰，安全性好。	不适用处理含有高沸点溶剂的有机废气； 设备建设成本较高； 催化燃烧器的装机容量较大； 如采用活性炭吸附浓缩，只能低温脱附，后期必须定期更换，为二次危废； 催化剂成本高，其存在中毒和寿命问题。
吸附浓缩+蓄热催化燃烧	适用范围较广，可用于 VOCs 浓度范围为 $500\sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$ 的有机废气处理； 比直接燃烧法节约 25% ~ 40% 运行费	一次性投资成本高，运行成本较高； 对含有机硅成分较多的废气容易造成蓄热体堵塞，更换蓄热材料费用较高；

典型组合工艺	优点	缺点
	用，其热回收效率可达 90% 以上；较少产生 NO _x 和 SO _x 。	催化剂成本高，其存在中毒和寿命问题。
沸石转轮吸附+蓄热催化燃烧	沸石不具备可燃性，不会引发溶剂反应 吸收 VOCs 产生的压降低，电耗少 起燃温度低，节约能源，处理效率高，无二次污染	造价高，维护成本高 容易发生高沸点 VOCs 残留，必须进行预处理 脱附温度较高，脱附出的 VOCs 容易与氧气反应
沸石转轮吸附+蓄热式燃烧	处理净化效率高，连续运行稳定，技术成熟且安全可靠、操作维护简单，使用寿命长，对大风量、低浓度的有机废气处理经济性高，可适用于多种类的有机废气处理，适用范围广。 沸石不具备可燃性，不会引发溶剂反应	一次性投资成本高，运行成本较高； 不适宜处理小于 8000m ³ /h 以下风量的废气，对含有机硅成分较多的废气容易造成蓄热体堵塞，更换蓄热材料费用较高； 容易发生高沸点 VOCs 残留，必须进行预处理 脱附温度较高，脱附出的 VOCs 容易与氧气反应
吸附浓缩+蓄热式燃烧	造价相对较低，前期投入较少 蓄热式燃烧有一定的自我调节能力，抗干扰能力强，热回收效率 90% 以上	脱附时有燃烧危险，风险相对较高，燃烧温度高，产生 NO _x ，吸附后的活性炭属于危险废物。

(3) 各种工艺的指标分析

几种组合治理技术的各项经济和技术指标列表于下，供企业选取时参考之用。

类型	治理技术	去除效率	建设成本	运行成本	安全系数	自动化程度	监控难度	占地面积
组合工艺	吸附浓缩+催化燃烧	> 90%	***	****	****	****	*	***
	吸附浓缩+蓄热式催化燃烧	> 90%	****	***	****	****	*	***
	沸石转轮吸附浓缩+蓄热式催化燃烧	> 90%	*****	***	****	*****	*	***
	吸附浓缩+直接燃烧	> 90%	***	*****	***	****	*	***
	沸石转轮吸附浓缩+蓄热式燃烧	> 90%	*****	***	****	*****	*	****
	吸附浓缩+蓄热式燃烧	> 90%	****	***	***	****	*	*****

说明：“*”越多，代表建设成本越高，运行成本越高，安全系数越高，自动化程度越高，监控难度越高，占地面积越大。

6.3. 环境管理

6.3.1. 总体要求

治理设施应遵循综合治理、循环利用、达标排放、总量控制的原则。工艺设计应本着成熟可靠、技术先进、经济适用的原则，并考虑节能、安全和操作简便。建设应按国家相关的基本建设程序或技术改造审批程序进行，总体设计应满足《建设项目环境保护设计规定》和《建设项目环境保护管理条例》的规定。

生产企业应把治理设施作为生产系统的一部分进行管理，治理设施应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机，并实现联动控制。经过治理后的废气排放应符合《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB51/2377）的规定，治理过程避免产生二次污染。治理设施噪声控制应符合《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T 50087）和《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348）的规定。

治理设施建设方应提供治理设施的使用要求和操作规程，明确吸附剂、吸收剂等耗材的更换周期。

6.3.2. 废气收集设施建设要求

使用溶剂型涂料、溶剂型胶粘剂的涂装、干燥及喷胶车间应密封，换气风量根据车间大小确定，保证 VOCs 废气捕集率不低于 95%。

调漆时应密闭调漆罐，否则在调漆点安装废气收集系统。

应规范涂料、稀释剂、固化剂、胶粘剂等含 VOCs 原辅材料的使用，限定区域存放，生产过程及生产间歇均应保持密封。

废气收集后需进入治理设施，可分车间单独处理，也可多车间废气集中到同一治理设施处理；

废气收集系统应保证与生产同时正常运行；

废气收集系统材质应防腐防锈，定期维护，存在泄漏时需及时修复。

6.3.3. 废气采样口建设要求

治理设施应在废气处理前后设置永久性采样口，采样口的设置应符合《气体参数测量和采样的固定位装置》（HJ/T 1）要求。

采样口应优先设置在垂直管道，避开烟道弯头和断面急剧变化的部位，距弯头、阀门、变径管下游方向不小于 6 倍直径，和距上述部件上游方向不小于 3 倍直径处。对矩形烟道，其当量直径 $D=2AB/(A+B)$ ，式中 A、B 为边长。采样口所在断面的气流速度最好在 5m/s 以上。若现场条件有限很难满足上述要求时，采样口所在断面与弯头等距离至少是烟道直径的 1.5 倍。

采样平台应有足够的工作面积使工作人员安全、方便的操作。平台面积应不小于 1.5m²，并设有 1.1m 高的护栏和不低于 10cm 的脚部挡板，采样平台的承重应不少于 200kg/m²，采样孔距平台面约为 1.2m~1.3m。

6.3.4. 企业管理要求

治理设备正常运行时废气排放应符合《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB 51/2377）的规定，且治理

设施不得超负荷运行。

治理工程应先于产生废气的生产工艺设备开启、后于生产工艺设备停机，并实现连锁控制。

现场应设置就地控制柜实现就地控制。就地控制柜应有集中控制端口，具备与集中控制室的连接功能，在控制柜显示设备的运行状态。

污染治理设施应和正常的生产设施一并管理，并配备专业管理人员和技术人员，治理设施启动前，应对人员进行培训，同时在系统运行后也要开展定期培训，使管理人员和技术人员掌握治理设备及其它附属设施的具体操作。培训内容主要为：

- (1) 基本原理和工艺流程；
- (2) 启动前的检查和启动应该满足的条件；
- (3) 正常运行情况下设备的控制、报警和指示系统的状态和检查，保持设备良好运行的条件，以及必要时的纠正操作；
- (4) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- (5) 事故或紧急状态下人工操作和事故排除方法；
- (6) 设备日常和定期维护；
- (7) 设备运行和维护记录；
- (8) 其他事件的记录和报告。

废气的采样方法应满足《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）的要求，采样频率和检测项目应根据工艺控制要求确定。

每月应记录VOCs排放量（废溶剂、废弃物、废水或其他方

式输出生产工艺的量)、污染控制设备处理效率、排放监测等数据。

采用蓄热燃烧装置处理挥发性有机物时,燃烧室温度应位于700-900℃,应记录并保留运行时间及燃烧室的在线温度数据备查。

采用蓄热催化燃烧或催化燃烧装置处理挥发性有机物时,燃烧室温度应控制在300-400℃,应记录并保留运行时间及燃烧室的在线温度数据备查。

采用催化燃烧装置的设备其运行记录中必须包括催化剂种类、净化效率和空速、催化剂的装填、更换时间和数量。每日记录催化剂床进出口温度、压降等参数。

吸附装置应记录吸附材料种类、更换/再生周期、更换量,并每日记录操作温度等参数,同时还应记录更换下来后的吸附材料的处置方式。

其他污染控制设备,应记录保养维护事项,并每日记录主要操作参数。

应根据实际生产工况和治理设施的设计标准,建立相关的各项规章制度以及运行、维护和操作规程,明确耗材的更换周期和设施的检查周期,建立主要设备运行状况的台账制度,保证设施正常运行。

按照国家和地方相关污染源监测要求,自行或委托三方监测单位对厂区有组织排放废气和无组织排放废气进行定期监测,并对治理设施的治理效率定期评估。

6.3.5. 企业安全要求

当废气含有腐蚀性介质，需要采用防腐蚀材质的设备、管路和管件等，施工和验收应符合《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》（GB 50726）以及《工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范》（GB 50727）的规定。

制定污染治理设施突发环境事件应急演练方案，熟悉紧急情况下的处理措施。由于紧急事故或设备维修等原因造成治理设备停止运行时，应立即报告当地环境保护行政主管部门。

治理措施应该设置事故自动报警装置，并符合安全、事故防范的相关规定。

电力系统设计应满足《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB 50058）的要求。

治理系统与主体生产装置之间、治理系统与收集系统之间应安装阻火器（防火阀），阻火器的性能应符合《石油气体管道阻火器》（GB/T 13347）和《环境保护产品技术要求 工业有机废气催化净化装置》（HJ/T 389）的规定。

燃烧装置、吸附装置等的电气仪表不低于现场防爆等级，宜选用符合《爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的 设备》（GB3836.4）要求的本安型防爆器件。

燃烧装置应该设置有机废气浓度检测和报警连锁装置，当气体浓度达到有机废气爆炸下限的25%时，立即发出报警信号，启动安全放散装置。应该具有过热保护功能。

催化装置应该设置事故应急排空管，排空装置与冲稀阀、

报警联动，用排空放散防止爆炸。

吸附装置应该设置吸附床层温度控制系统，具体要根据处理对象确定临界温度，一般应该低于40℃，当吸附装置超过临界温度时候，应能自动报警，并立即启动降温装置。

燃烧装置的温度传感器应按照《温度传感器动态响应校准》（JJF 1049）的要求进行标定后使用。

直接燃烧和催化燃烧装置应进行整体保温，外表面温度应低于60℃。

直接燃烧和催化燃烧系统的管路系统和燃烧装置的防爆泄压设计，消防通道、防火间距、安全疏散的设计和消防栓的布置应符合《建筑设计防火规范》（GB 50016）的要求。

治理工程应按照《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）的规定配置移动式灭火器。

治理工程统应具有短路保护和接地保护功能，接地电阻小于2Ω。

治理工程应该安装符合《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）规定的避雷装置。

6.3.6. 环保部门监管

各级环境保护部门依法依规对家具制造企业生产全过程的VOCs收集、治理及排放进行监督管理，督促企业达标排放。