

活性炭吸附工艺规范化建设及运行管理工作指引

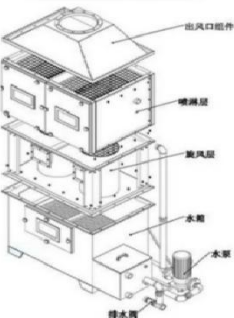

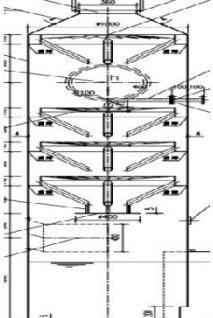

序号	工艺环节	设计参数或规范管理要求	依据
1	治理设施设计	1.应根据废气的来源、性质（温度、压力、组分）、挥发性物质浓度、流量（风量）及生产连续性进行综合分析后选择工艺路线。 2.活性炭吸附工艺适用于间歇式生产、风量不大（小于30000m ³ /h以下）、挥发性有机物进口浓度不高（300mg/m ³ 左右，不超过600mg/m ³ ）且不含有低沸点、易溶于水等物质组分的废气处理。 3.预处理设备应根据废气的成分、性质和影响吸附过程的物质性质及含量进行选择。	《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026—2013)、《关于印发〈广东省涉挥发性有机物（VOCs）重点行业治理指引〉的通知》(粤环办〔2021〕43号)
2	废气收集	1.调漆、喷涂、固化烘干等工艺过程采用密闭设备或密闭空间内操作，废气收集处理。其他工序无法密闭的，采用外部集气罩的，距集气罩开口面最远处的VOC无组织排放位置，控制风速不低于0.3m/s。 2.活性炭吸附装置风机应满足依据车间集气罩形状、大小数量及控制风速等测算的风量所需，达不到要求的通过更换大功率风机、增设烟道风机、增加垂帘等方式进行改造。	《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB 38722—2019)
3	高效气旋水帘柜	1.采用气旋水帘柜等高效水帘机，水帘机风量与水帘柜规格、旋流桶桶径、水泵功率合理匹配，具体可按如下参数设计：（1）水帘机风量（Q）根据喷漆房体积、换气次数等确定，计算公式如下： $Q=V \times N$ 。其中，Q—水帘机风量，m ³ /h；V—每次喷漆房、晾干房换气体积，m ³ /次；N—换气频次，次/h（喷漆房一般取60，晾干房一般取20）。（2）水帘柜规格，水帘柜长度根据喷漆房长度确定，水帘柜宽×高可取1500mm×2400mm，水面高度按350—400mm设计；旋流桶桶径可按600mm设计；水泵功率不低于3.7KW。 2.水帘柜配备除渣、除雾器，水帘机捞渣频次不低于2次/天、换水频次不低于1次/半月，最佳效果为每周1次；定期清洗或更新除渣除雾“多面球”，防止堵塞。	



高效水帘机示意图

风量 (m ³ /h)	规格(L*W*Hmm)	桶径(mm)	水泵(kw)
10000	4000*1500*2400	600	3.7kw/1台
20000	5000*1500*2400	600	2.2kw/2台
30000	6000*1500*2400	600	3.7kw/2台

高效水帘机常见设计参数（仅供参考）

序号	工艺环节	设计参数或规范管理要求	依据																																								
4	预处理设施	<p>1.采用高效气旋喷淋塔或旋流板式洗涤塔，旋流喷淋塔空塔气体流速宜保持在0.5-2m/s，气旋塔须配备除雾器。</p> <p>2.强化日常捞渣频次、换水频次，可有效减少废气中漆渣颗粒物以及挥发性有机物含量，明显减轻后端活性炭吸附处理负荷：喷淋塔捞渣频次不低于2次/天，每个喷漆房（以2支喷枪算）喷淋每次换水不少于8吨（含水帘机+喷淋塔+喷漆区水池水量）。</p> <p>3.根据佛山典型行业企业实际运行经验及跟踪监测，换水频次与炭品质、换炭频次直接相关：若水帘柜、喷淋塔捞渣频次不低于2次/天、换水频次按1次/周，蜂窝状活性炭可2个月更换1次，颗粒状活性炭可3个月更换1次；若水帘柜、喷淋塔捞渣频次不低于2次/天、换水频次按1次/半月，蜂窝状活性炭需至少1个月更换1次，颗粒状活性炭需至少2个月更换1次；活性炭每个更换周期内应全部更换。活性炭箱体实际体积小于规范参数要求的，相应加大换炭频次，且累计换炭量应不少于规范参数炭箱每个更换周期换炭量。</p>	<p>《关于印发〈广东省涉挥发性有机物（VOCs）重点行业治理指引〉的通知》（粤环办〔2021〕43号）、《佛山市生态环境保护委员会办公室关于印发〈佛山市强化大气污染防治行动方案（2024年）〉的通知》（佛环委办〔2024〕4号）、《佛山市生态环境局关于印发〈佛山市2023年重点行业挥发性有机物综合整治工作方案〉的函》（佛环函〔2023〕48号）</p>																																								
	<p>预处理设施</p> <p>高效气旋喷淋塔（或旋流板式洗涤塔）</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>出风口接管 喷淋层 集风罩 水箱 水泵 排水阀</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>高效气旋喷淋塔结构及示意图</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>风量 (m³/h)</th> <th>规格 (L*W*Hmm)</th> <th>桶径 (mm)</th> <th>进风口 (H*Wmm)</th> <th>出风口 (直径mm)</th> <th>立式管道水 泵(kw)</th> <th>扬程 (m)</th> <th>水流量 (m³/h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20000</td> <td>2600*1200*3000</td> <td>800</td> <td>900*450</td> <td>600</td> <td>1.5kw/1台</td> <td>15</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>30000</td> <td>3000*1600*3000</td> <td>1000</td> <td>1000*450</td> <td>800</td> <td>2.2kw/1台</td> <td>16</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>40000</td> <td>3580*1900*3000</td> <td>1200</td> <td>1100*600</td> <td>900</td> <td>3.7kw/1台</td> <td>16</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>50000</td> <td>4000*2000*3200</td> <td>1350</td> <td>1200*650</td> <td>1000</td> <td>3.7kw/1台</td> <td>16</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table> <p>高效气旋喷淋塔常见设计尺寸参数（仅供参考）</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>旋流板式洗涤塔结构及示意图</p> </div> </div>	风量 (m ³ /h)	规格 (L*W*Hmm)	桶径 (mm)	进风口 (H*Wmm)	出风口 (直径mm)	立式管道水 泵(kw)	扬程 (m)	水流量 (m ³ /h)	20000	2600*1200*3000	800	900*450	600	1.5kw/1台	15	18	30000	3000*1600*3000	1000	1000*450	800	2.2kw/1台	16	25	40000	3580*1900*3000	1200	1100*600	900	3.7kw/1台	16	42	50000	4000*2000*3200	1350	1200*650	1000	3.7kw/1台	16	42	
风量 (m ³ /h)	规格 (L*W*Hmm)	桶径 (mm)	进风口 (H*Wmm)	出风口 (直径mm)	立式管道水 泵(kw)	扬程 (m)	水流量 (m ³ /h)																																				
20000	2600*1200*3000	800	900*450	600	1.5kw/1台	15	18																																				
30000	3000*1600*3000	1000	1000*450	800	2.2kw/1台	16	25																																				
40000	3580*1900*3000	1200	1100*600	900	3.7kw/1台	16	42																																				
50000	4000*2000*3200	1350	1200*650	1000	3.7kw/1台	16	42																																				

序号	工艺环节	设计参数或规范管理要求	依据
5	干式过滤器	1.在喷淋塔预处理后，进入活性炭箱体前须配备干式过滤器，固定床活性炭吸附工艺应配备2-3级过滤棉。 2.过滤棉需经常更换维护，不得有水滴。 	
6	敞开液面加盖	水帘机、喷淋塔储水池等敞开液面应加盖，防止挥发性有机废气外溢。	
7	进入活性炭箱废气基本要求	废气颗粒物含量宜低于1mg/m ³ 、温度宜低于40℃、相对湿度宜低于70%、有机物的浓度应低于其爆炸极限下限的25%。	《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026—2013)、《深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引》
8	气体流速及活性炭装填厚度	蜂窝状活性炭箱气体流速宜低于1.2m/s， 装填厚度不宜低于600mm ；颗粒状活性炭箱气体流速宜低于0.6m/s， 装填厚度不宜低于300mm ；纤维状活性炭箱气体流速宜低于0.15m/s，装填厚度不宜低于90mm。 废气停留时间保持0.5-1s。	
9	活性炭箱体设计	1.活性炭箱体体积应综合考虑气体流速、箱体截面积、气体停留时间、现场条件等因素综合确定。 2.活性炭箱内部结构应设计合理，气体流通顺畅、无短路、无死角。活性炭吸附装置的门、焊缝、管道连接处等均应严密，不得漏气，所有螺栓、螺母均应经过表面处理，连接牢固。金属材质装置外壳应采用不锈钢或防腐处理，表面光洁不得有锈蚀、毛刺、凹凸不平缺陷。 3.排放风机宜安装在吸附装置后端，使装置形成负压，尽量保证无污染气体泄漏到设备箱罐体体外。 4.活性炭吸附装置应设置铭牌并张贴在装置醒目位置，内容应包含环保产品名称、型号、风量、活性炭类型、装填量、装填方式、设计更换周期等内容。 5.活性炭箱设计公式及重要参数：按抽屉式炭箱设计，活性炭箱体积设计参数推荐如下：（1）测算过炭面积 $S=Q/v/3600$ ，其中Q-风量，m ³ /h；v-风速，m/s（蜂窝状活性炭取1.2，颗粒状活性炭取0.6）；3600-小时折算为秒；（2）计算炭箱抽屉个数 $M=S/W/L$ ，其中，W-活性炭抽屉宽度，mm（一般按500mm设计）；L-抽屉长度，mm（一般按600mm设计）；（3）明确炭箱抽屉间距参数。适宜推荐的尺寸参数如下：活性炭抽屉之间的横向距离H1取100-150mm，纵向隔距离H2取50-100mm；活性炭箱内部上下底部与抽屉空间取值200-300mm；炭箱抽屉按上下两层排布，上下层距离宜取值400-600mm，进出风口设置空间500mm；（4）确定活性炭箱体积V箱。根据M、H1、H2以及炭箱抽屉间间距，结合活性炭箱抽屉的排布（一般按矩阵式布局）等参数，加和分别得到炭箱长、宽、高参数，确定活性炭箱体积。（ 具体案例详见附件：活性炭吸附炭箱及填充量设计、主要参数案例 ）	参考南京市、深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引，并结合佛山实际

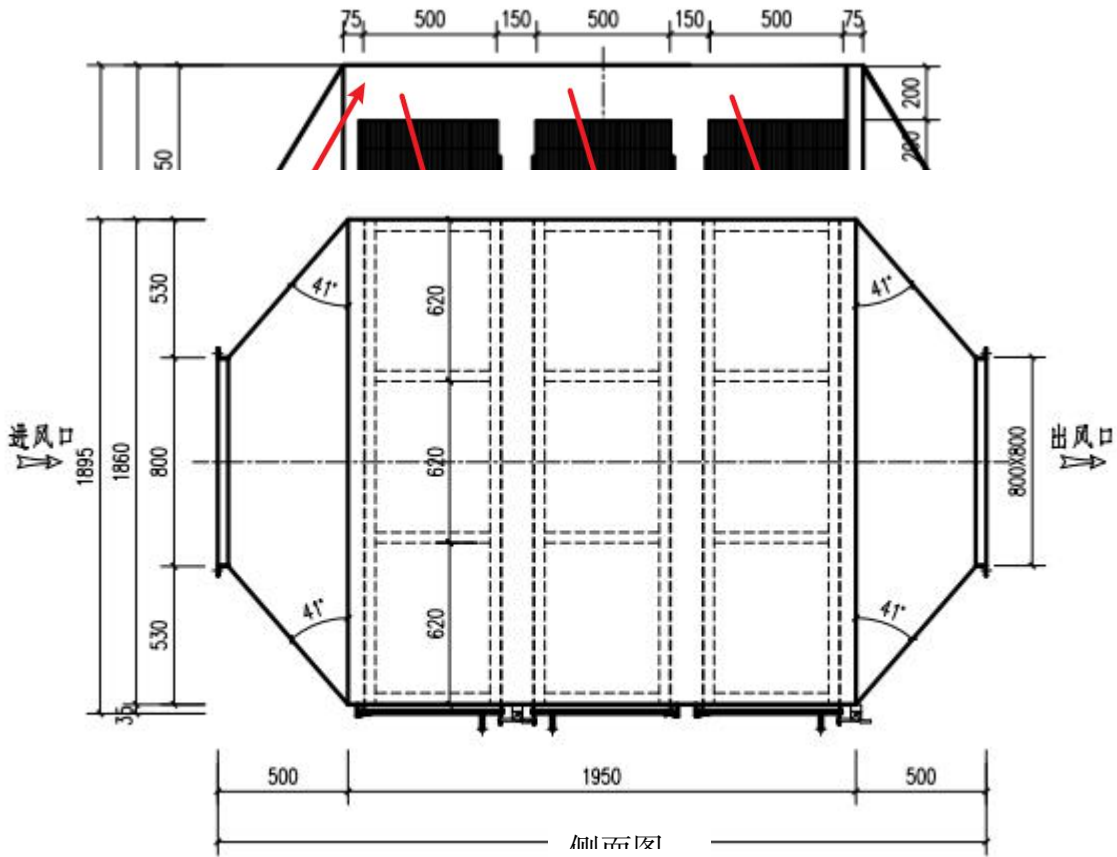
序号	工艺环节	设计参数或规范管理要求	依据
10	活性炭吸附设施	<p>1.在活性炭选定后，吸附床层的活性炭装填量应根据废气处理量、污染物浓度和活性炭的动态吸附量确定。采用一次性颗粒状活性炭处理VOCs废气，年活性炭使用量不应低于VOCs产生量的5倍。</p> <p>2.活性炭填充量设计参数：（1）活性炭装填体积：$V_{炭}=M \times L \times W \times D/10^{-9}$。其中，M-活性炭抽屉个数，L-抽屉长度，mm；W-抽屉宽度，mm；D-装填厚度，mm（蜂窝状活性炭按不小于600mm、颗粒状活性炭按不小于300mm设计）；（2）活性炭装填量W(kg)=$V_{炭} \times \rho$，其中，ρ-活性炭密度，kg/m³（蜂窝状活性炭取350，颗粒状活性炭取400）。（具体案例详见附件：活性炭吸附炭箱及填充量设计、主要参数案例）</p>	《关于印发<广东省涉挥发性有机物（VOCs）重点行业治理指引>的通知》（粤环办〔2021〕43号）
12	活性炭更换周期	<p>1.活性炭更换周期参照以下公式计算： $T(d) = M \times S / C / 10^{-6} / Q / t$。 其中，T—更换周期，d；M—活性炭的用量，kg；S—动态吸附量，%（一般取值15%）；C—活性炭削减的VOCs浓度，mg/m³；Q—风量，单位m³/h；t—喷涂工序作业时间，单位h/d。</p> <p>2.根据佛山典型行业企业、常规工况运行经验及跟踪监测，换水频次与炭品质、换炭频次直接相关，加强换水可有效减少废气进气浓度：若水帘柜、喷淋塔捞渣频次不低于2次/天、换水频次按1次/周，蜂窝状活性炭可2个月更换1次，颗粒状活性炭可3个月更换1次；若水帘柜、喷淋塔捞渣频次不低于2次/天、换水频次按1次/半月，蜂窝状活性炭需至少1个月更换1次，颗粒状活性炭需至少2个月更换1次；活性炭每个更换周期内应当予以全部更换。活性炭箱体因空间、承重而造成实际体积小于规范参数设计要求的，应当等比例加大换炭频次，累计换炭量应不少于规范参数炭箱每个更换周期换炭量。</p> <p>3.企业应定期检测活性炭吸附装置废气出口VOCs浓度，当出口污染物浓度超过规定排放限值的70%时，应及时更换新活性炭。</p> <p>4.活性炭更换周期一般不应超过累计运行500小时或3个月。</p>	参考《关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知》（环大气〔2021〕65号）、南京市、深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引，并结合佛山实际
	活性炭质量	<p>1.采用颗粒活性炭时，其碘值应不低于800mg/g，BET比表面积应不低于850m²/g；采用蜂窝活性炭时，其碘值应不低于650mg/g，横向抗压强度应不低于0.3MPa，纵向抗压强度应不低于0.8MPa，BET比表面积应不低于750m²/g；采用活性炭纤维毡时，其断裂强力应不小于5N，BET比表面积应不低于1100m²/g。</p> <p>2.选择活性炭供应商时，应要求供应商提供由国家相应检验机构出具的带有产品碘值、比表面积等性能参数的质量证明文件。同时，排污单位可通过选择呈墨黑色、手感轻、等体积重量小的活性炭产品、或入水试验中入水缓慢、吸水后排出细小的气泡并发出持续的“嘶嘶”声的活性炭产品等方法简单判断活性炭质量的优劣。</p> <p>3.排污单位应保存所购活性炭厂家关于活性炭碘值、比表面等相关证明材料备查。</p>	
13	采样口	<p>1.应在活性炭吸附装置进气和出气管道上设置采样口，采样口设置应符合相关技术规范要求，便于日常监测活性炭吸附效率。</p> <p>2.采样位置设置在距弯头、阀门、变径管下游方向不小于6倍直径，上述部件上游方向不小于3倍直径处。</p> <p>3.采样平台高于地面时，有通往平台的Z字梯/旋梯/升降梯等易于人员到达的监测安全通道。</p>	《环境保护产品技术要求工业废气吸附净化装置》（HJT3862007）；《排污口规范化整治技术要求（试行）》《广东省污染源排污口规范化设置导则》
14	压差计	须每个活性炭箱体安装一个。当压力差增大到限值，提醒更换活性炭。	

序号	工艺环节		设计参数或规范管理要求	依据
15	安全生产设施	温度传感器	每个活性炭箱体安装一个，活性炭箱体要求进气温度不大于40℃、温度达到 83℃ 开始报警。当进气温度异常时，强制措施一般包括：停止风机、关闭炭箱进风口、废气紧急排放启动、冷却风补风机启动等。	
16		防火阀（安全阀）	单独活性炭吸附工艺必须安装在进风风管。当活性炭箱内部温度正常时，防火阀常开；当通过活性炭箱的气体温度升高至防火阀限值（65-80℃），防火阀关闭。防火阀为一次性保护措施，如使用应及时更换。	《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026—2013)
17		其他	有条件的排污单位还可选择活性炭箱冷风补风机、喷淋、换热器以及警报装置和远程控制等安全措施。	
18	活性炭更换操作		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。必要时应结合活性炭更换对废气收集处理系统进行检修。	
19			取出活性炭时，观察设备内部是否积水、积尘、破损，活性炭表面是否覆盖粉尘等情况，如有，应尽快对预处理系统进行保养。	
20			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。	
21			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。	
22	运行与维护		强化喷淋水更换过程中漆渣清理， 每次更换喷淋废水的同时应对水帘机和喷淋塔集水池的漆渣、淤泥等进行彻底清理。 一般情况下，每次清理的漆渣与更换废水质量比例不低于1: 10。清理的漆渣在厂内通过干化、压滤等方式处理后再按危废管理转移的，应对有机废气进行收集处理。	《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》(HJ 2026—2013)；参考南京市、深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引，并结合佛山实际
23			应做好活性炭吸附装置运行状况、设施维护、活性炭更换记录，建立管理台账，相关记录至少保存三年，现场保留不少于一个月的台账记录。主要记录内容包括：a) 活性炭吸附装置的启动、停止时间；b) 活性炭的质量分析数据、采购量、使用量、更换量与更换时间；喷淋水、过滤棉等预处理材料使用量、更换量与更换时时间。c) 活性炭吸附装置运行工艺控制参数，至少包括设备进、出口浓度和吸附装置内温度；d) 主要设备维修情况，运行事故及维修情况；e) 定期检验、评价及评估情况。	
24			企业应当按照排污许可证和排污单位自行监测技术指南中监测位置、指标和频次的要求定期对活性炭吸附装置进行自行监测，相关记录至少保存三年。	
25			维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料，保障活性炭在低颗粒物、低含水率条件下使用。	
26			更换下来的活性炭应装入闭口容器或包装物内贮存，并按要按照危险废物有关要求进行管理处置。	
27			操作及维护人员应按照安全操作规程正确使用及维护活性炭吸附装置，并熟悉活性炭吸附装置突发安全事故应对措施，保证装置的安全性。	

活性炭吸附炭箱及填充量设计、主要参数案例（抽屉式箱体）

序号	（一）蜂窝活性炭吸附设备设计	备注
1	<p>设计依据：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中6.3.3.3 采用蜂窝状吸附剂时，气体流速宜低于1.20m/s；废气停留时间保持0.5-1s；装填厚度不宜低于600mm（即气体流速*停留时间，$1.20 \times 0.5 = 0.6\text{m} = 600\text{mm}$）</p>	
2	<p>计算过程：炭箱处理风量：以20000m³/h为例</p> <p>① 所需过炭面积（吸附截面积）： $S = Q \div v \div 3600 = 20000\text{m}^3/\text{h} \div 1.2\text{m}/\text{s} \div 3600 = 4.63\text{m}^2$</p> <p>② 炭箱抽屉个数（假设抽屉长×宽=600*500mm）： $4.63\text{m}^2 \div 0.5 \div 0.6 \approx 16$个抽屉（不少于16个抽屉，具体结合场地要求设计活性炭抽屉排布和活性炭箱长、宽、高，具体如下③、④</p> <p>③ 按16个抽屉排布，炭层厚度按600mm设计，炭箱外形尺寸参考： $L(2600+1000) \times B1275 \times H2800\text{mm}$ （ 较 高 ） 或 $L(2600+1200) \times B2515 \times H1450\text{mm}$ (较宽)</p> <p>④按18个抽屉排布，炭层厚度按600mm设计，炭箱外形尺寸参考：</p>	<p>常见蜂窝活性炭尺寸： 100mm × 100mm × 100mm</p> <p>；如图，单个活性炭抽屉高200mm，即单个抽屉需填充两层，否则无法达到600mm的填</p>

L(1950+1000)×B1895×H2400mm(长宽高相对均衡)



俯视图

具体可结合场地要求设计活性炭抽屉排布和活性炭箱长、宽、高

$$S=Q \div v \div 3600=20000\text{m}^3/\text{h} \div 1.2\text{m}/\text{s} \div 3600=4.63\text{m}^2$$

活性炭装填量： $4.63\text{m}^2 \times 0.6\text{m}$ （装填厚度） $\approx 2.8\text{m}^3$

再根据炭箱抽屉布局及抽屉尺寸校正活性炭最终装填量：

按16个抽屉： $16 \times \text{抽屉长} \times \text{宽} \times \text{填装厚度} = 16 \times 0.6 \times 0.5 \times 0.6 = 2.88\text{m}^3$

3 按18个抽屉： $18 \times \text{抽屉长} \times \text{宽} \times \text{填装厚度} = 18 \times 0.6 \times 0.5 \times 0.6 = 3.24\text{m}^3$

蜂窝炭密度按 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 计算，则装炭重量分别为： $2.88 \times 350 = 1008\text{kg}$ ，

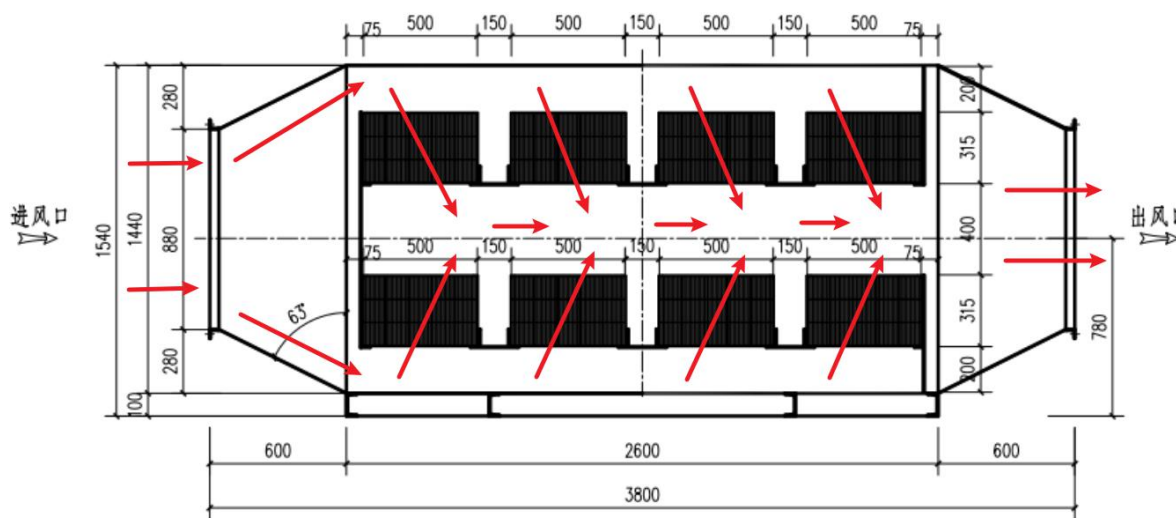
$3.24 \times 350 = 1134\text{kg}$

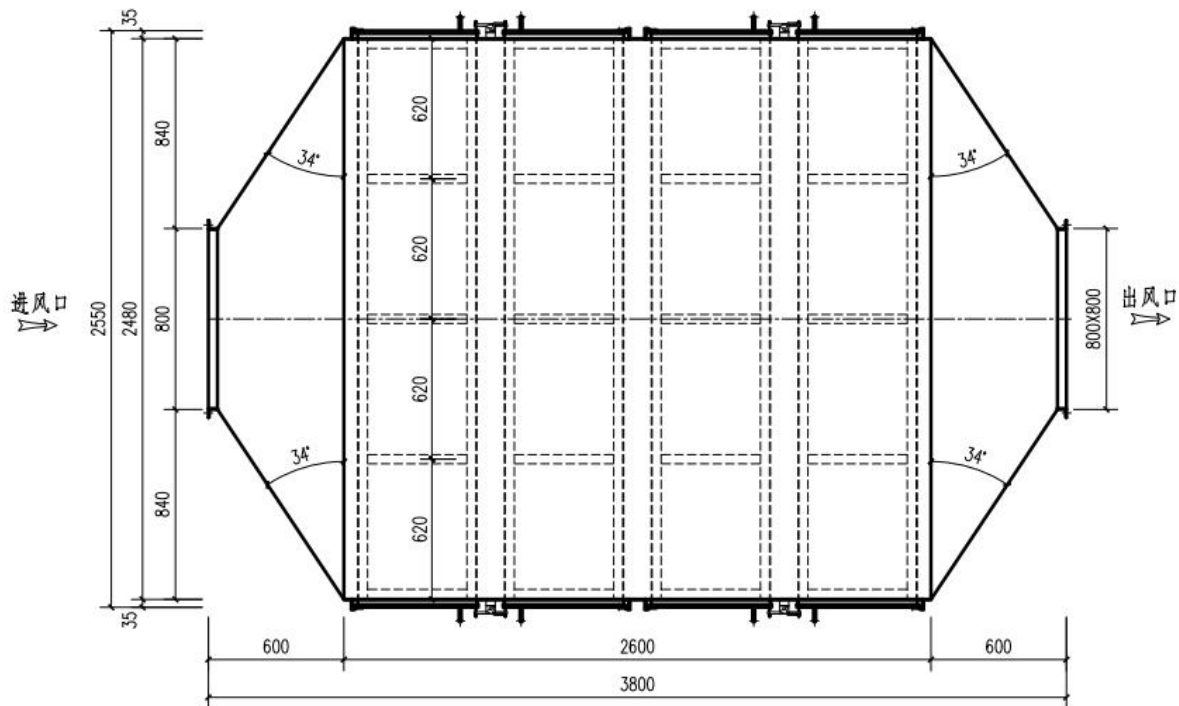
常规活性炭尺寸为 0.001m^3 /块，蜂窝状活性炭大约2880块；按18块/箱计，约160箱。

装厚度。

序号	(二) 颗粒活性炭吸附设备设计	备注
----	-----------------	----

1	<p>设计依据：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中6.3.3.3 采用颗粒状吸附剂时，气体流速宜低于0.60m/s；废气停留时间保持0.5-1s；装填厚度不宜低于300mm（即气体流速*停留时间，$0.6 \times 0.5 = 0.3\text{m} = 300\text{mm}$）</p>	
---	---	--

2	<p>计算过程：炭箱处理风量：以20000m³/h为例</p> <p>① 所需过炭面积：</p> $S = Q \div v \div 3600 = 20000\text{m}^3/\text{h} \div 0.6\text{m}/\text{s} \div 3600 = 9.26\text{m}^2$ <p>② 炭箱抽屉个数（假设抽屉长×宽=600*500mm）：</p> $9.26\text{m}^2 \div 0.5 \div 0.6 \approx 32\text{个抽屉}$ <p>③ 按32个抽屉排布，炭层厚度按300mm设计，炭箱外形尺寸参考： L(2600+1200)×B2550×H1540mm(两边侧门)</p>  <p style="text-align: center;">侧面图</p> <p>具体可结合场地要求设计活性炭抽屉排布和活性炭箱长、宽、高</p>	
---	---	--



俯视图

炭箱装炭量： $0.6 \times 0.5 \times 0.3 \times 32 = 2.88 \text{m}^3$

3 颗粒炭密度按 $400 \text{kg}/\text{m}^3$ 计算，则装炭重量为： $2.88 \times 400 = 1152 \text{kg}$

按 $25 \text{kg}/\text{箱}$ 计，约46箱。

处理风量与活性炭填装量关系表

序号	处理风量 (m^3/h)	蜂窝活性炭		颗粒活性炭	
		填装体积 (m^3)	填装重量 (kg)	填装体积 (m^3)	填装重量 (kg)
1	10000	1.44	500	1.44	576
2	20000	2.88	1000	2.88	1152
3	25000	3.47	1215	3.47	1388
4	30000	4.32	1512	4.32	1728

备注：处理同样浓度与风量的有机废气、使用同碘值的活性炭：

- 1.用不同类型活性炭，不会增加填装体积，但颗粒活性炭密度高，重量会大于蜂窝活性炭；
- 2.颗粒活性炭因气体流速小，炭箱外形尺寸会大于蜂窝活性炭炭箱；
- 3.颗粒活性炭建设成本略高于蜂窝活性炭，但颗粒活性炭可脱附再生重复使用，其运行使用成本低于蜂窝活性炭成本。