



工业VOCs对策 导则

（金属等表面处理 分册）

东京都环境局 编著
上海市环境科学研究院 编译

编译者序

为控制大气污染物排放，改善环境空气质量，保护人体健康和生态环境，在上海-北九州大气环境改善交流合作的框架下，上海市环境保护局组织编译了东京都环境局《工业VOCs对策导则》和《室外涂装VOCs对策导则》，并按照行业分类，分册编译了工业涂装、印刷、金属表面清洗、建筑涂装。

本册选编了东京都环境局《工业VOCs对策导则》第三章金属等表面处理，包括了VOCs产生源分析、工艺设备改进措施和材料替代技术等内容。由于上海对工业VOCs治理技术要求的特殊性，本册未包含原文中排气处理装置等内容。

本册的编译得到了日本东京都环境局的许可和日本北九州市环境局的支持，特别是日本北九州市环境局环境国际战略部参事内藤英夫先生以及驻上海北九州市经济事务所山口润先生的热情帮助，在此谨呈谢意。

2016年10月

上海市环境科学研究院

本册编译人员与参与人员如下：

主要编译人员：李亚雯	上海市环境科学研究院
邬坚平	上海市环境科学研究院
丁蔚文	上海市环境科学研究院
张钢锋	上海市环境科学研究院
郑 敏	上海实邑文化传播有限公司

参与编译人员：任菊萍	上海市环境保护局污染防治处
周 军	上海市环境保护局污染防治处
徐 泉	上海市环境保护局污染防治处
黄 成	上海市环境保护局污染防治处

施 敏	上海市环境保护局国际合作处
黄丽华	上海市环境保护局国际合作处

林 立	上海市环境科学研究院
林子吟	上海市环境科学研究院
范海波	上海市环境科学研究院
戴 郡	上海市环境科学研究院
何校初	上海市环境科学研究院
李凯骐	上海市环境科学研究院

目 录

VOCs产生原因确定

VOCs排放控制措施一览

针对每种控制措施的说明

1 控制措施的选择

1-1 把握排放的实际情况 新

1-2 EVABAT系统的使用 新

2 工艺·设备改进

2-1 检查清洗剂是否泄漏 新

2-2 进行清洗作业前的确认

2-3 启动和关闭操作步骤确认

2-4 冷却水温度、流量调节，冷却装置安装

2-5 清洗物摆放方式改善

2-6 更换、填充清洗液过程挥发控制

2-7 清洗机周边气流控制

2-8 局部排风造成过度吸风控制

2-9 确保干舷比

2-10 被清洗物回收的低速化

2-11 蒸汽清洗后的停留

2-12 密封盖或部分遮挡物安装

2-13 保存、储藏清洗液过程挥发控制

3 原材料替代

3-0 重新评估清洗剂（总论） 新

3-1 碳氢类清洗剂替代 新

3-2 水性清洗剂替代

前言

随着限制柴油机动车辆等措施的实施，东京道路沿线的浮游粒子状物质大幅降低，昔日非常严峻的大气环境得到了全面改善。但在光化学氧化剂方面，目前整个东京市区还未达到环境标准，尤其在夏天会有高浓度的光化学氧化剂产生，有时还会发布“光化学烟雾警报”。

光氧化剂是由挥发性有机化合物（VOCs）与氮氧化物受到紫外线照射发生光化学反应而生成的大气污染物质。因此，在实行机动车对策等方式削减氮氧化物排放的同时，还必须要削减VOCs的排放。

此外，VOCs还会在大气中发生粒子化，变成浮游粒子状物质（SPM）与细颗粒物（PM2.5）。并且，VOCs中很多物质本身就属于有害物质。

2004年5月通过修订大气污染防治法，采取了由法律规定和企业自主管控相结合的方式来控制排放并取得了一定成果，排入大气中的VOCs量减少，环境中的VOCs浓度也得到改善。但光化学氧化物与PM2.5的环境标准达成率依然较低，为进一步改善东京的大气环境需要加大推动VOCs排放削减的力度。

东京市政府于2006年4月推出的《东京VOCs对策导则（工厂内篇）》，被广泛运用于各行业VOCs削减活动中，距今已逾10年。由于不同行业和规模的企业在排放削减方面的进度不一，且控制VOCs排放的技术也在不断进步，故对该导则进行了修订。

本次修订在对包含了最新技术成果的具体排放控制措施进行评估的同时，还全面增加了引进排放控制措施时与作业环境改善相关的信息，让工厂在削减VOCs时能够更加得心应手。

与旧版导则相同，衷心期望各相关企事业单位能够实施更高效的排放控制对策，让工厂的VOCs排放控制水平得到进一步提升。

2006年3月

东京都环境局环境改善部

金属等表面处理



VOCs产生原因确定

工艺流程与检查要点

金属等脱脂清洗

凹版印刷

工艺流程	检查要点	VOCs的排放原因	VOCs挥发比例标准	控制措施选择 章节中对策对
准备	• 贮槽设备和工作场所是否出现清洗剂泄漏。 • 是否选择了符合清洗目的和目标清洁度的清洗剂和清洗方法。 • 是否使用合适的清洗机。 • 是否编写了清洗作业指导手册。 • 启动和关闭冷却机、加热器的操作步骤是否正确。 • 冷却水流动是否正常。冷却温度是否合适。 • 被清洗物的放置方式是否利于控干。 • 在更换和填充清洗液时，是否有漏液现象。	装载时清洗液的挥发	30%左右	2-1~2-6
清洗・干燥	• 清洗机内是否进风。 • 局部排风的吸力是否过强 • 干舷高度是否合适。 • 拿放被清洗物时是否小心轻放。 • 蒸气清洗后，是否将其放在蒸气层上短暂控干。 • 清洗槽是否密封。 • 密封后，清洗剂的密封盖是否位于局部排风集气口的下方。 • 能否用密封型清洗机替代。 • 能否使用碳氢类清洗剂。 • 能否使用水性清洗剂。 • 能否安装VOCs处理装置。	清洗溶剂的挥发	70%左右	2-7~2-12 3-0~3-2 4-1~4-3
存储	• 仓库是否进行温度管理。溶剂罐是否受到阳光直射。 • 清洗剂容器的密封盖在不使用时是否密闭。	存储时的清洗剂挥发	5%以下	2-13

《金属脱脂清洗常见VOCs》

用途：脱脂清洗、干燥VOCs：三氯乙烯、西氯乙烯、二氯甲烷 等

VOCs排放控制措施一览

金属等脱脂清洗

控制措施选择

No.	对策	对策实施效果及成本等				
		VOCs 削减效果	成本			作业环境 改善效果
			初始成本	运行成本 (运行费用)	运行成本 (材料购买费 削减效果)	
1-1	把握排放的实际情况 [新]	-	1~3	1	-	-
1-2	EVABAT (电脑软件) 系统的使用 [新]	-	1	1	-	-

工艺・设备改进

工艺 流程	No.	对策	对策实施效果及成本等				
			VOCs 削减效果	成本			作业环境 改善效果
				初始成本	运行成本 (运行费用)	运行成本 (材料购买费 削减效果)	
准备	2-1	检查清洗剂是否泄漏 [新]	1	1	1	-	1
	2-2	进行清洗作业前的确认	※	1	1	-	※
	2-3	启动和关闭操作步骤确认	2~3	1	1	1	1
	2-4	冷却水温度、流量调节, 冷却装置安装	4	3	2	2	2
	2-5	清洗物摆放方式改善	2~3	2	1	1~2	1~2
	2-6	更换、填充清洗剂过程挥发控制	1	1	1	-	1
清洗 干燥	2-7	清洗机周边气流控制	3	1~2	1	2	2
	2-8	局部排风过度吸风控制	3~4	1	1	2~3	2
	2-9	干舷比合理性确定	4	3	1	3	2
	2-10	被清洗物回收的低速化	3	1	1	2	2
	2-11	蒸汽清洗后的停留	2~3	1	1	2	1~2
	2-12	密封盖或部分遮挡物安装	3~4	2~3	1	2~3	2
准备	2-13	保存・储藏清洗剂过程挥发控制	1	1	1	-	1

※根据情况变动

控制措施选择

No.	对策	对策实施效果及成本等				
		VOCs 削减效果	成本			作业环境 改善效果
			初始成本	运行成本 (运行费用)	运行成本 (材料购买费 削减效果)	
3-0	重新评估清洗剂（总论） 新	-	-	-	-	-
3-1	碳氢类清洗剂替代 新	5	5	1	-	3
3-2	水性清洗剂替代	5	5	2	-	3

※ VOCs 削减效果：1（低）～ 5（高）
 ※ 初始成本：1（低）～ 5（高）
 ※ 运行成本：1（低）～ 3（高）
 （运行费用）
 ※ 运行成本：1（低）～ 3（高）
 （材料购买费削减效果）
 ※ 作业环境改善效果：1（低）～ 3（高） 具体请参照iv页的“凡例”。

金属等脱脂清洗

把握排放实际的情况 新

VOCs削减效果

—

低←1 2 3 4 5→高

初始成本

~20万日元

③① ②

▼▼▼

低←1 2 3 4 5→高

运行成本
(运行费用)

~10万日元/月

▼

低←1 2 3→高

作业环境改善效果

—

低←1 2 3→高

要点！

通过对VOCs排放的实际情况进行调查，能够找到更有效的VOCs排放控制措施。

说明

每个单位和工厂VOCs的使用状况不同。通过把握排放VOCs的是在何处进行的何种作业，就能找到更合适的VOCs排放控制措施。还能验证VOCs排放控制措施的效果。

【对策①：使用简易测定法来测定VOCs的浓度】

需通过自主管控来测定VOCs浓度时，可使用简易型VOCs测定机。根据测定原理和性能（可测定成分等）不同，价格上会有些许区别，一般来说10万日元左右可以买到。

若需进一步控制成本，可使用气体检测器具来测定VOCs浓度。气体检测器具由气体采样器和气体检测管构成，气体采样器的价格大概在2万日元左右，便宜的气体检测管，一盒10支大概卖2000日元左右。

【对策②：活用VOCs报警器】

若工厂内的VOCs浓度超过一定数值，指示灯就会亮起并发出音声警报的报警器市面有售。价格大约在10万~20万日元。

【对策③：活用“东京都VOCs对策咨询师派遣制度”】

需委托专家来测定VOCs浓度时，可活用“东京都VOCs对策咨询师派遣制度（免费）”。该制度即派遣咨询师到企业进行调查，使用手持式VOCs计进行简易测定后，向每个企业提供最有针对性的VOCs对策。

关于该制度的申请等详细情况请咨询“东京都环境局 环境改善部 化学物质对策课 企划系”。

注意事项

- 大气污染防治法的对象企业在根据法律规定对VOCs排放浓度进行测定时，必须使用官方的分析方法（FID法、NDIR法）来测定VOCs浓度。

EVABAT系统的使用 新

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

—

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本 (运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

—

低←1 2 3→高

要点！

EVABAT系统是工业清洗中选择VOCs排放控制措施时使用的电脑软件。

说明

EVABAT系统是日本产业洗净协议会协助下，作为环境省项目在东京大学开发的。可根据清洗时的不同条件，将各类排放控制效果用数字来进行评估。还可计算控制措施所花费的成本（运行成本、折旧期限），并知晓排放VOCs的主要原因。关于此系统的申请方式请浏览日本产业洗净协议会主页，或直接向日本产业洗净协议会咨询。

<对象清洗剂・对策>

对象清洗剂	评估可行对策
・ 二氯甲烷 ・ 三氯乙烯（准备时）	・ 调节冷却水温度 ・ 改善被清洗物的摆放方式 ・ 蒸汽清洗后进行控干 ・ 装置周边气流控制 ・ 改善局部排风量 ・ 更改局部排风的形状 ・ 安装溶剂回收装置 - 等等

（出自：脚注参考文献[1]）

注意事项

- ・ 提交申请后，由日本产业洗净协议会内部的EVABAT推进小组进行审核来决定能否采用。
- ・ 事先须提交清洗装置等的的数据。也会为收集数据而去现场调查。
- ・ CD的邮费为到付。由于发放数量有限，可能无货。

检查清洗剂是否泄漏 新

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

~5%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本 (运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果 效果差

低←1 2 3→高

要点!

仔细对存储设施、作业场所进行检查，能够通过防止清洗剂的泄漏损失从而控制VOCs排放。

说明

即使是1ml/分的微量泄漏（漏液位置下方无积液程度），也会造成50kg/月的清洗剂泄漏，应使用气体浓度检测计对存储设施、地点、存储容器、作业设施、地点进行检查，防止泄漏。

若存储罐和配管埋在地下，则难以确认是否泄漏，最好将此类设施安装在地上。若必须安装在地下，请将其安装在混凝土制的基坑中。

<主要检查要点>

检查地点	评估可行对策
储藏设施	- 是否泄漏 - 沟渠、污水井、分离槽等排污设施的状态 - 堆放货物的整理情况
储藏地点	- 底板・侧板・下部阀门有无损伤、腐蚀、泄漏 - 液面计是否有损伤和泄漏
铁桶等储藏容器	- 容器有无损伤、腐蚀、泄漏 - 塞子是否松动
作业设施	- 清洗机机身・配管等部件的接头・阀门部位是否泄漏 - 若有水分离器，则需检查管道堵塞和排水状态
作业场所	- 地面、托盘、地下基坑中是否有泄漏的清洗剂 - 污水井、分离槽等排污设施中是否有泄漏的清洗剂

(出自：脚注参考文献[1])

注意事项

- 若使用氯烃之类拥有特殊臭气的物质，则在闻到强烈臭味时，可怀疑发生了泄漏。
- 即使在站立姿态下闻不到气味，也可能有氯烃之类比空气重的物质滞留在下方，请务必注意。

参考文献：[1]クロロカーボン衛生協会[クロロカーボン適正使用ハンドブック](2000)。

金属等脱脂清洗

进行清洗作业前的确认

◆ VOCs削减效果
根据情况变动

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本
~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本
(运行费用)
不变

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果
根据情况变动

低←1 2 3→高

要点！

通过评估清洗必要性和清洁度基准，可减少清洗剂用量和清洗时间，从而减少VOCs排放量。还可减少作业量。

说明

进行清洗作业之前，请遵循下列流程图来确认清洗作业的必要性。通过重新评估要点①~⑤，可减少清洗剂用量和清洗时间，还可削减VOCs排放量。

<确认要点说明>



注意事项

• 还须考虑能否保证在品质合格的前提下进行下一道工序。

启动和关闭操作步骤确认

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

5~20%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

~10%削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

效果差

低←1 2 3→高

要点!

若开关冷却机及加热器的操作步骤正确，可减少排放损失。

说明

若在清洗槽的冷却设备温度未达标的状态下提高清洗剂温度，则会增加VOCs的排放量。

请按照下图步骤启动和关闭清洗机。启动加热器之前，要稍作等待（10分钟左右），直到冷却水的温度和流量达到正常标准为止。还应准备作业检查手册，确认是否严格按照以上步骤进行作业。

<启动・关闭的步骤>

起 动 时	①开启冷却水功能（稍作等待） ↓ ③启动加热器等 ↓ ②小心打开密封盖 ↓ ④确认是否达到正常状态 ↓ ⑤运转开始
停 止 时	①关闭加热器等 ↓ ②关闭密封盖 ↓ ③确认清洗槽内液体温度是否下降到室温 ↓ ④关闭冷却水（宜长时开启）

（出自：脚注参考文献[1]）

注意事项

- 打开密封盖之前，要确认冷却水是否流动。

金属等脱脂清洗

冷却水温度、流量调节， 冷却装置安装

◆ VOCs削减效果

20%~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

10~100万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

1~2倍

低←1 2 3→高

◆ 运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

5~20%削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

有效果

低←1 2 3→高

要点!

降低清洗槽冷却管内冷却水的温度，并将流量保持在一定程度可控制溶剂蒸气挥发，减少VOCs排放量。

说明

【对策①：降低冷却水温度】

由于二氯甲烷比三氯乙烯的沸点更低（约40℃），若通过冷却盘管的水温较高，则会降低清洗剂气体的絮凝效率，造成VOCs气体排放量增加。因此，若使用二氯甲烷，则需将冷却水的温度设定在5~15℃。考虑到其他设备，无法降低冷却水温度时还需附设冷却装置（冷却器）。

若使用三氯乙烯、四氯乙烯，原则上需将冷却水入口温度设置在25℃以下。

【对策②：冷却水的流量保持在一定数值以上】

将冷却水的流量保持在一定数值（标准：25L/min参照脚注参考文献[1]）可控制VOCs排放。

优点

通过削减清洗剂的用量（购买费用）可减轻成本负担。用过的冷却水不要废弃，通过冷却机进行循环再冷却可节省水费。

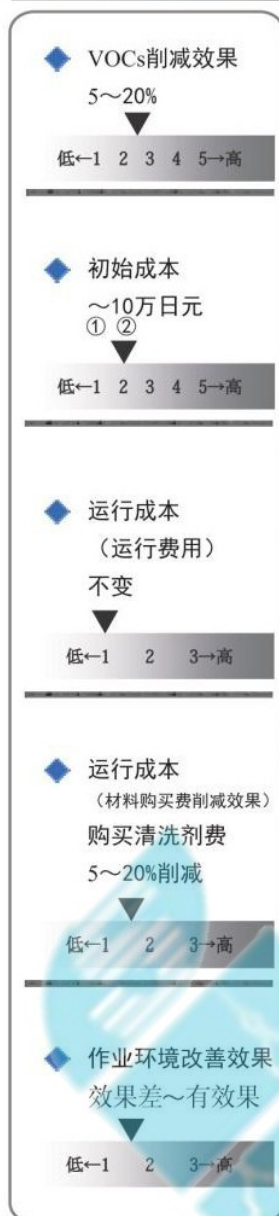
估算结果显示，将冷却水的温度设置在 24℃到9.7℃时，可削减1400日元/月的清洗剂购买费用。（参照脚注参考文献[1]）

注意事项

・在梅雨季节等湿度高的时期，若冷却水温度过低，则室内水分容易凝结造成清洗剂中混入水分，请勿将温度设置过低。

清洗物摆放方式改善

金属等脱脂清洗



要点!

改变被清洗物的摆放方式，可减少取出被清洗物时的VOCs排放量。

说明

若在被清洗物上残留有清洗剂的状态下将其取出，则会增加VOCs排放量。从实际现场经验来说，夹带出的清洗剂造成的VOCs排放量较高。

【对策：改变被清洗物的摆放方式】

将被清洗物纵向摆放的话，干燥速度更快，还能减少清洗剂的带出量。比如板状物，若能纵向摆放，其清洗剂的附着量（残留量）可比横向摆放时减少约1/4~1/3。此外，不叠放板状物还能减少约1/3~1/2的附着量。

若被清洗物形状易造成清洗剂附着，则须改变被清洗物的朝向和摆放方式。

除纵向摆放之外，采用以下方法也可有效削减VOCs排放量。

- 将被清洗物排列整齐
- 倾斜放置被清洗物
- 滚筒（旋转清洗筐）
- 放大清洗筐的网眼

优点

减少清洗剂的带出量，可削减清洗剂用量，降低成本。

估算结果显示，在铁板清洗方面，通过纵向放置可降低1万日元/月的成本。（参照脚注参考文献[1]）

注意事项

- 改变被清洗物的摆放方式有时会改变清洗效果。

金属等脱脂清洗

更换、填充清洗剂过程挥发控制

◆ VOCs削减效果

~5%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本 (运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果 效果差

低←1 2 3→高

要点!

更换、填充清洗剂时清洗剂泄漏控制。

说明

为控制VOCs排放，不仅要加强清洗工艺的管理，还要加强清洗剂更换和填充时的管理。



【对策①：进行液温管理】

在室外打开高于室温的清洗剂时易造成清洗剂挥发。应在清洗剂温度恢复到室温后再进行抽取和填充。

【对策②：转移清洗剂时使用水泵】

向清洗槽内填充清洗液时，使用水泵可控制清洗剂的挥发。

【对策③：变更清洗剂的更换时间】

通过减少清洗剂的更换次数可控制VOCs的产生量。应在不影响清洗效果且不造成再次污染的范围内进行适当更换。

关于适当的更换时间可参考以下内容。清洗剂生产商会提供关于正确把握更换时间方面的协助。

- 蒸气槽的沸腾温度（若有油污进入则沸点上昇）
- 比重（若有油污进入则比重下降）
- 颜色变化（若有油污进入则清洗剂会变色）

注意事项

- 使用氯化清洗剂时，请使用氯化溶剂专用泵。
- 根据需要请佩戴防护眼镜、防护手套、口罩等保护用具。

金属等脱脂清洗

清洗剂周边气流控制



要点！

若清洗机槽内进风，则会造成溶剂蒸气扩散，产生VOCs。

说明

【对策①：切断风源，改变风向】

开启的窗户，空调或电扇都可成为风源。若将清洗机放在面向户外的出入口附近，则容易进风。

最佳方案为直接切断风源，若作业环境改善方面困难较大，则考虑能否改变空调等出风设备的朝向以及清洗槽的安装地点。

可使用烟雾探测器※注1）测量风的流动情况。用烟雾探测器产生烟雾，可从视觉上把握风的流动情况。

【对策②：安装遮挡板，用塑料帘遮挡】

安装遮挡板或用塑料帘遮挡清洗机可有效控制清洗槽进风。

实施上述对策时，可使用烟雾探测器确认遮挡板或塑料帘的最佳尺寸以及清洗槽的安装场所。

优点

减少清洗槽的VOCs蒸发量，可削减清洗剂用量，降低成本。

估算结果显示，当清洗槽周边的风速为1.65m/sec到0.25m/sec时，可降低约2.7万日元/月的成本，若风速为0，则可降低约4.4万日元/月的成本。（参照脚注参考文献〔1〕）

注意事项

· 根据作业场所的大小、出风口的位置、大小以及风量等条件不同，VOCs的削减效果也不同。

参考文献：〔1〕環境省/日本産業洗浄協議会/榎旭リサーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」（平成19年3月）。
※注1）烟雾探测器市面有售。由于烟雾探测器会使用含锡化合物等，应防止其对被清洗物质量的影响。

金属等脱脂清洗

局部排风过度吸风控制

VOCs削减效果

10~50%

低←1 2 3 4 5→高

初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

运行成本

(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

10~50%削减

低←1 2 3→高

作业环境改善效果

有效果

低←1 2 3→高

要点!

根据局部排风的风速不同溶剂挥发量会产生很大的变化。将风速控制在合适范围内可控制VOCs的排放损失。

说明

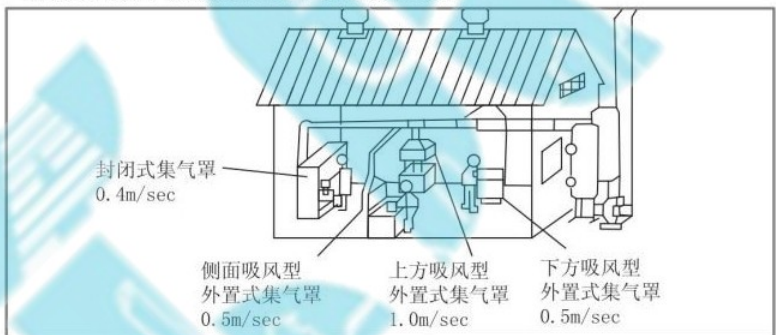
若局部排风的风速过大，则会导致清洗槽内清洗剂蒸气产生乱流，造成清洗剂蒸气过量排放。如此会造成VOCs排放量增加。

【对策①：将风速降低到接近法定数值范围内】（译者注：法定值为下限值）

当局部排风的排风速率远超法定数值时，要考虑将其降低，但最低不能低于法定数值。

可通过调节风扇转速，安装、调节风挡等方法降低风速。

<有机溶剂中毒预防条例中的法定速度>



(出自：脚注参考文献 [1] 以及有机溶剂中毒预防条例第16条第1项)

【对策②：改变局部排风位置】

若局部排风的集气口离清洗剂液面较近，则会加大溶剂挥发量。若集气口位置过低，需将其升高。

优点

通过调整局部排风的风速可控制清洗剂的挥发量，并减少清洗剂用量，可节约成本。

估算结果显示，当局部排风的风速为0.8m/sec到0.4m/sec时，可降低约2.2万日元/月的成本。（参照脚注参考文献 [2]）

注意事项

· 与上述情况相反，若局部排风的风量过小会导致劳动环境恶化，需权衡。

参考文献:[1]沼野雄志著「新やさしい局排設計教室」(平成 17 年)中災防刊(第5版).

[2]環境省/日本産業洗浄協議会/(株)旭リサーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」(平成 19 年3月).

金属等脱脂清洗

干舷比合理性确定

◆ VOCs削减效果
20%~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本
~100万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本
(运行费用)
不变

低←1 2 3→高

◆ 运行成本
(材料购买费削减效果)
购买清洗剂费
20%以上削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果
有效果

低←1 2 3→高

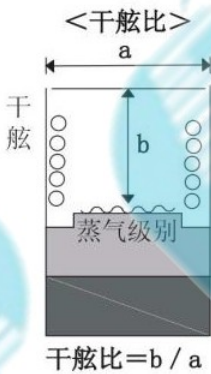
要点！

若干舷比※较小，则清洗槽内溶剂气体容易产生乱流，造成气体过量排放。
通过增大干舷比，可减少溶剂挥发造成的损失。

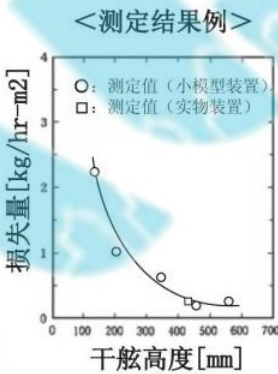
说明

【对策：尽可能增高干舷】

若干舷还有增加空间，则可参考下表，增高清洗槽内壁，扩大干舷比。增高清洗槽内壁可能会增加清洗作业的难度，可使用垫脚物。



※干舷比：即清洗槽较短一侧的开口长度（a）与从溶剂液面到清洗槽上端的高度（b）的比（ b/a ）。
若为蒸气清洗槽，则自蒸气与空气分界线开始到清洗槽上端的高度为b。
（出自：脚注参考文献[1]）



测量条件：无负荷（空转时）冷却水温度 约20℃、封闭式局排设备。
（出自：脚注参考文献[2]）

<干舷比合理性的标准>

溶剂	合理的干舷比
沸点高的清洗剂（三氯乙烯、四氯乙烯、三氯乙烷）	0.8~1.0
沸点低的清洗剂（二氯甲烷、氟利昂等）	1.0~1.2
氟化类、硅胶类、溴类清洗剂等	1.2~1.5

（出自：脚注参考文献[3]）

优点

通过提高干舷比能够控制清洗剂蒸发，并减少清洗剂用量，可节约成本。
估算结果显示，当干舷比为1.13到1.43时，可降低约1000日元/月的成本。

（出自：脚注参考文献[4]）

参考文献：[1]クロロカーボン衛生協会「クロロカーボン適正使用ハンドブック」(2000).
[2]出尾隆志，塩素系溶剂の使用量削減について（中），潤滑経済（1997年5月号）.
[3]日本産業洗浄協議会「洗浄剤・洗浄装置活用ノート」（2014年10月）.
[4]環境省/日本産業洗浄協議会/物旭リサーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」（平成19年3月）.

被清洗物回收的低速化

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

~20%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

20%削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

有效果

低←1 2 3→高

要点!

迅速将被清洗物放进或从清洗槽中拿出时,溶剂蒸气会扩散到清洗槽外,从而产生VOCs。慢速回收可防止气体损失。

说明

若清洗装置为手动式,则清洗物回收速度过快会造成含溶剂气体的空气扩散到清洗槽外,还会使清洗槽内的蒸气层产生乱流,增加溶剂排放量。

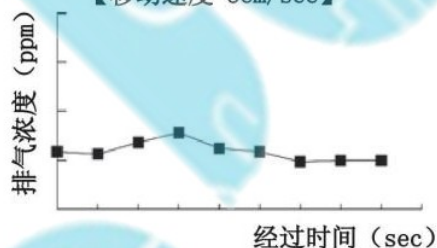
【对策:缓慢回收被清洗物】

清洗装置为手动的情况下,若快速将被清洗物拿出清洗槽,其回收速度会达到30cm/sec左右。应将速度降低至5cm/sec。

<改变回收速度时清洗槽上方气体浓度变化案例>

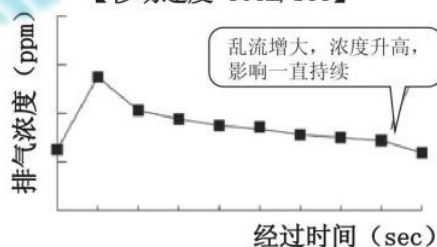
(上方开放型小型清洗机,被清洗物重量:5.1kg,清洗剂:二氯甲烷,冷却水:约15℃)

【移动速度=5cm/sec】



停留 → 拿出槽外

【移动速度=30cm/sec】



停留 → 拿出槽外

(出自:脚注参考文献[1])

参考文献: [1] 出尾隆志, 塩素系溶剂の使用量削減について(下), 潤滑経済(1997年6月号)。

蒸汽清洗后的停留

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

5~20%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

20%削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

效果差~有效果

低←1 2 3→高

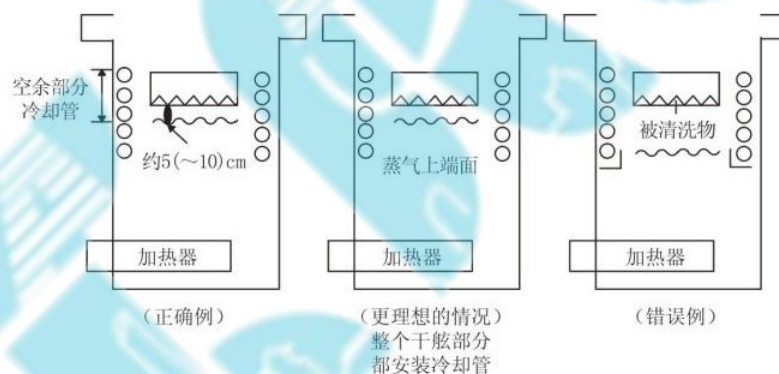
要点!

迅速拿起被清洗物并在蒸气层上方停留，让残留在被清洗物上的清洗剂挥发，可减少夹带出清洗槽的清洗剂量。

说明

“停留”就是将清洗物放置在蒸气层上方并使其干燥的方法。蒸气清洗结束后，应如下图所示，让被清洗物停留在从蒸气上端到冷却盘管上端这一区域内一段时间。停留的位置最好是盛放被清洗物筐的下端距离蒸气层上端约10cm的地方。

停留时间要充分（30秒以上），以便附着在被清洗物上的清洗剂能全部挥发。若依靠人工作业难以长时间停留，则需考虑更换装置或进行自动化改造。



(出自：脚注参考文献[1])

优点

花费充足的时间并采用正确的方法进行停留能够控制清洗剂蒸发，并减少清洗剂用量，可节约成本。

估算结果显示，与完全不进行停留相比，使用正确的方法停留30秒每月即可降低约1.4万日元的成本。(参照脚注参考文献[2])

相关事项

· 另请参照《2-5 被清洗物摆放方式改善》

参考文献：[1]出尾隆志，塩素系溶剂の使用量削減について(中)，潤滑経済(1997年5月号)。

[2]環境省/日本産業洗浄協議会・株式会社サーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」(平成19年3月)。

金属等脱脂清洗

密封盖或部分遮挡物安装

◆ VOCs削减效果

10~50%

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

①②1~10万日元

③50万日元左右

①②③

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

◆ 运行成本

(材料购买费削减效果)

购买清洗剂费

10~50%削减

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

有效果

低←1 2 3→高

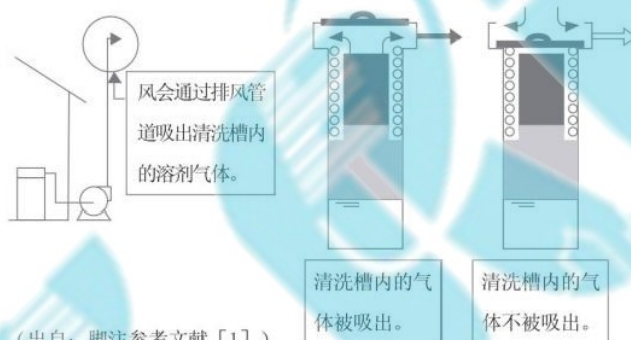
要点!

将清洗槽的上部密封可防止溶剂蒸气扩散到清洗槽外,可减少泄漏到槽外的溶剂蒸气量。

说明

【对策①: 不运转时密封】

不进行清洗作业时,要尽量密封好清洗槽的开口部分。通过改造让清洗槽的密封盖位于局部排风集气口下方。



(出自: 脚注参考文献 [1])

【对策②: 安装部分遮挡物, 减小清洗剂的敞开面积】

根据清洗作业和装置情况不同,有时难以将清洗槽的上方全部覆盖住,此时可以使用盖板等部分遮挡物来减小敞口面积,可减少吹入清洗槽内的风量。另外,减小清洗剂的敞开面积也能减少VOCs排放量。

【对策③: 安装自动开闭式密封盖】

使用自动搬运式清洗装置的情况下,在将被清洗物放入或拿出清洗槽时,应安装能够自动打开的滑动式密封盖。引进成本约50万日元左右。

优点

对清洗槽上部进行密封能够控制清洗剂蒸发,并减少清洗剂用量,可节约成本。

估算结果显示,安装密封盖后每月可降低约1.5万日元的成本。(参照脚注参考文献 [2])

注意事项

- 由于清洗槽内的清洗剂蒸气会随密封盖的开闭而移动,因此过于频繁的开闭会产生逆反效果。
- 使用烟雾探测器可观察到清洗槽内的气体是如何随密封盖开闭而移动的。
- 关于对策①,尤其在给清洗机加装过冷却盘管的情况下,应检查密封盖的位置是否正确。

参考文献: [1] クロロカーボン衛生協会, 統 使えるんです塩素系溶剤 (2005 年)。

[2] 環境省/日本産業洗浄協議会/㈱旭リサーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」(平成19 年3 月)

金属等脱脂清洗

保存・储藏清洗剂过程挥发控制

VOCs削减效果

~5%

低←1 2 3 4 5→高

初始成本

~1万日元

低←1 2 3 4 5→高

运行成本
(运行费用)

不变

低←1 2 3→高

作业环境改善效果

效果差

低←1 2 3→高

要点!

仅需做好密封, 便可控制盛放清洗剂容器的VOCs排放。

说明

为控制VOCs排放, 不仅要加强清洗工艺的管理, 还要加强清洗剂在保存和储藏时的管理。

密封盖

容器

放置场所

对策①

对策②

对策③

【对策①: 保持清洗剂罐・容器密封】

除特殊情况, 应密封放有清洗液的罐子或容器, 防止溶剂挥发。

【对策②: 确认容器和密封塞、盖的材质】

保存和储藏清洗剂的容器应使用坚固、牢靠的材质, 避免容器破损和密封塞、盖打开造成清洗剂泄漏。某些溶剂会与塑料容器发生化学反应造成容器膨胀并损坏, 需注意。

【对策③: 确认车间内的容器放置场所】

若将清洗剂存放在室外, 请设置挡板等遮挡物。若难以设置遮挡物, 应给容器盖上罩子, 避免阳光直射, 防止雨水淋湿。

此外, 若在室内保存, 请放在阴凉通风处。

注意事项

· 清洗剂泄漏控制除能减少VOCs排放量之外, 还能防止土壤和地下水污染。

重新评估清洗剂（总论）新

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果

—
低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

—
低←1 2 3 4 5→高◆ 运行成本
（运行费用）—
低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

—
低←1 2 3→高

要点！

使用低VOCs含量或难挥发性VOCs清洗剂，可控制VOCs排放。

说明

用于金属等脱脂清洗的清洗剂，包含以水为主要成分的水性清洗剂，以溶剂（氯化类、碳氢类等）为主要成分的非水性清洗剂，以及水与溶剂混合的半水性清洗剂。

使用氯化类清洗剂的情况下，应考虑用沸点高但难挥发的碳氢类清洗剂以及几乎不含VOCs的水性清洗剂替代。

<主要清洗剂与特点>

种类	主要特点	主要清洗用途（方法）
氯化类	· 不燃性 · 脱脂力强 · 粘度·表面张力小，渗透力大 · 废液的蒸馏回收·再利用容易 · 蒸气密度大 · 与水的相互溶解度小	· 金属加工部件·电子·电器精密部件的脱脂清洗 · 浸渍清洗、蒸气清洗、超声波清洗
非水性 碳氢类	· 对于工作油的清洗力强 · 干燥性好，不留残渣 · 粘度·表面张力小，渗透力大 · 可进行废液的蒸馏回收·再利用 · 从浸渍清洗到蒸气清洗都可使用。可构建高效的清洗系统 · 对金属的腐蚀性低，不易生锈 · 管理相对容易 · 清洗废液可当做废油处理 · 可燃物，处理时需小心 · 某些产品需遵守消防法、有机溶剂中毒预防规则中的规定	· 机械部件、电子部件、精密机械部件、金属材料、光学部件的清洗 · 切削、冲压、穿孔、压延、研磨、电镀前期处理时的清洗 · 工作油、蜡、助焊剂的清洗 · 超声波清洗、摇动清洗、喷淋清洗、蒸气清洗
水性 水性	· 除使用了表面活性剂的碱、中性、酸性清洗剂以外，水（自来水、纯水、超纯水）也会作为清洗剂使用 · 不燃性毒性小 · 易腐蚀金属 · 使用碱性、酸性清洗剂时要小心	· 钢板·拉丝等加工后的清洗 · 电镀·金属涂装的前期处理清洗 · 金属加工部件清洗 · 精密部件精密部品·铝制部件等加工油清洗

（出自：脚注参考文献[1]）

注意事项

- 与氯化类清洗剂相比，水性和碳氢类清洗剂的清洗能力较差，在更换清洗剂之前应确认清洗性能。
- 有时需更换清洗剂系统（装置）。

参考文献：[1] 日本産業洗浄協議会「洗浄剤・洗浄装置活用ノート」（2014年10月）。

金属等脱脂清洗

碳氢类清洗剂替代 新

◆ VOCs削减效果

60%~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本

1,500万日元~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本

(运行费用)

~10万日元/月

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果

效果好

低←1 2 3→高

要点!
用沸点高的碳氢类清洗剂替代有助于控制VOCs的排放量。

说明
正链烷烃类、异链烷烃类、环烷类、芳香类的碳氢类清洗剂虽为VOCs，但与氯化类清洗剂相比难以蒸发，因此VOCs的排放量较少。
用碳氢类清洗剂替代氯化类清洗剂时，根据干燥方法不同，VOCs的削减效果也不同。近年来主流的真空蒸气干燥法是在封闭的空间内进行干燥，与热风干燥法相比可更有效地控制VOCs排放。

<干燥方法>

干燥方法	概要
热风干燥	· 使用热风对清洗剂进行蒸发干燥。 · 排放浓度低，回收困难，被清洗物带出的清洗剂在干燥工艺中会全部排放到大气中，造成VOCs排放量增加。
吸引干燥	· 利用大量通气的方式对附着的清洗剂进行干燥。 · 被清洗物带出的清洗剂可通过回收装置进行回收，但非完全密封，会排放VOCs。
真空蒸气加热 + 真空干燥	· 在封闭的真空环境下进行蒸气清洗与干燥。通过提高真空度可使附着的清洗剂快速蒸发和干燥。 · 真空干燥工艺在完全密封的空间内进行，可减少VOCs排放。

(出自：脚注参考文献[1])

<成本案例（机械加工部件脱脂清洗）>

	初洗	普洗	精洗
清洗	浸渍摇动X2	浸渍摇动X2	浸渍超声波
干燥	热风干燥	热风干燥	减压蒸气
其他	蒸馏再生、增安型 防爆・泡沫灭火	蒸馏再生、增安型 防爆・泡沫灭火	蒸馏再生、增安型 防爆・泡沫灭火
初始成本(万日元)	830	1,180	1,350
运行成本(千日元/月)	35	81	60

(出自：脚注参考文献[1])

注意事项
· 碳氢类清洗剂具有引火性，应做好防爆措施。
· 与氯化类清洗剂相比，异链烷烃类及环烷类的碳氢类清洗剂的清洗能力较差，需确认清洗性能。

相关事项
· 另请参照《2-2 进行清洗作业前的确认》。

参考文献：[1] 環境省/日本産業洗浄協議会/㈱旭リサーチセンター「産業洗浄における自主的取組マニュアル」（平成19年3月）。

水性清洗剂替代

金属等脱脂清洗

◆ VOCs削减效果
50%~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 初始成本
2,000万日元~

低←1 2 3 4 5→高

◆ 运行成本
(运行费用)
~30万日元/月

低←1 2 3→高

◆ 作业环境改善效果
效果好

低←1 2 3→高

要点!

用水性清洗剂替代非水性清洗剂(溶剂)有助于控制VOCs的排放量。

说明

用碱类、表面活性剂、酸类、碱与表面活性剂的混合物等水性清洗剂替代以溶剂为主要成分的非水性清洗剂,可有效降低VOCs的排放量。但水性清洗剂也包含酒精类等VOCs,无法做到VOCs的0排放。

近年来用于金属加工的油逐渐被水溶性物质所取代,替换成水性清洗剂的机会也在不断增多。

虽需进行排水处理,但某些系统无需安装下文所述的大规模排水处理装置。

<排水处理系统>

干燥方法	概要
漂洗水回收再利用系统	· 使用蒸馏装置将漂洗程序排放的水进行蒸馏· 回收使其能够再次用于漂洗的系统。
油水分离系统	· 在清洗装置上的清洗剂循环管路中安装更大的储气罐让清洗剂尽量接近静止状态,再将混入的油分离出去,从而延长清洗剂寿命的系统。
无漂洗系统	· 用于初洗。为防止混入清洗剂的污染物再次附着到被清洗物上,应同时使用油水分离系统和清洗过滤系统。

(出自:脚注参考文献[1])

<成本案例(金属加工部件脱脂清洗)>

	初洗	普洗	精洗(4缸)
清洗方法	浸渍超声波X2	浸渍超声波X2空压机	浸渍超声波X3膜分离
干燥方法	热风干燥	热风干燥	减压蒸气
初始成本(万日元)	830	1,180	1,350
运行成本(千日元/月)	35	81	60

(出自:脚注参考文献[1])

注意事项

- 虽不产生VOCs,但需要漂洗程序,因此要在纯水制造装置和排水处理设备上花费成本。
- 引进时还需确认清洗性能。

相关事项

- 另请参照《2-2 进行清洗作业前的确认》

结语

在编写本指南期间，我们成立了东京都工厂内VOCs对策再研究项目队伍，并进行了调研。

【项目队伍委员】

- 岩崎 好阳 公益财团法人 气味・香气环境协会 会长
- 殖栗 正雄 一般社团法人 日本印刷产业联合会 GP推进部 部长
- 木下 稔夫 地方独立行政法人 东京都立产业技术研究中心
开发本部 开发第二部长 兼表面技术组长
- 高木 隆 印刷油墨工业会 技术委员会 副委员长
- 花田 毅 日本产业洗净协议会 委员
- 林 正明 东京工业涂装协同组合 理事长
- 原 胜幸 一般社团法人 日本产业机械工业会 业务用洗衣机部会技术委员会 委员
- 樋川 浩一 日本涂装机械工业会 技术部会 委员
- 村田 英雄 全国凹版印刷协同组合联合会 专务理事

（按照五十音顺序排列，敬称省略，○为主席。）

感谢在编写本指南期间给予我们帮助的各企业、相关制造商以及业界团体的各位人士。另外，为编写本指南调查和收集基础资料的为株式会社环境计划研究所。

对于作为修订基础的《东京都VOCs对策导则（工厂内篇）》，我们是于2005年分别成立了东京都VOCs对策调研委员会及其旗下的工厂内部对策工作小组，并进行调研的。

【东京都VOCs对策研讨委员会】

岩崎 好阳 （社）气味・香气环境协会 副会长

龟屋 隆志 横滨国立大学大学院工学研究院 助理教授

◎ 坂本 和彦 埼玉大学大学院理工学研究科 教授

高桥 靖明 （社）日本印刷产业联合会调查研究事业推进部 技术顾问

土井 润一 日本产业洗净协议会 理事

西村 幸男 （社）日本涂料工业会 专务理事

本桥 健司 （独）建筑研究所 材料研究所所长・建筑生产研究组长

【工厂内部对策工作小组】

冈田 勇司 东京工业涂装协同组合 副理事长

○ 龟屋 隆志 横滨国立大学大学院 工学研究院助理教授

高坂 孝一 （财）洗涤科学组合 技术编辑委员

志贺 孝作 东京都镀金工业组合 环境科学研究所所长

樋川 浩一 日本涂装机械工业会 技术部会委员

藤野 和夫 全国凹版印刷协同组合联合会 专务理事

山口 春雄 印刷油墨工业会 技术委员会副委员长

油井 喜春 （社）日本印刷产业联合会 调查研究推进部长代理

（按照五十音顺序排列，敬称省略，所属单位及职务为当时◎为委员长，○为主席。）

2016年度
登录第6号
环境资料第18001号

工业VOCs对策导则（印刷分册）

2016年3月 编著

2016年10月 编译

东京都环境局环境改善部有害化学物质对策课

邮编163-8001

东京都新宿区西新宿2-8-1

电话 +81-03-5388-3503

FAX +81-03-5388-1376

URL <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>

上海市环境科学研究院

上海市徐汇区钦州路508号

邮编：200233

电话：+86-21-68085119

传真：+86-21-64089220