

播客配套书籍，附大量插图



斯文·伦茨勒

# 误解 在通风技术与空气净化领域



咨询+ 规划

CCIBUCH



©cci Dialog GmbH, 卡尔斯鲁厄 版

权所有。

ISBN: 978-3-922420-74-3

本书包括所有内容均受版权保护。未经出版商事先书面许可，不得以任何形式或任何手段（无论是电子还是机械方式，包括复印、录音或使用现有或未来系统）复制本书的全部或部分内容。

出版商和作者不对所提供信息的时效性、准确性、完整性和质量承担任何责任。印刷错误和错误信息无法完全排除。

第一版 2023

作者: Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim照片、图片来

源: Rentschler REVEN GmbH

版面设计、封面、插图、图片: Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com编辑: Eva Schwarz,

technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

印刷: Esser bookSolutions GmbH, 哥廷根

出版社: cci Dialog GmbH, 邮政街3号, 76137卡尔斯鲁厄

完整的产品目录及独家专业书籍精选请访问 [cci-dialog.de](http://cci-dialog.de)。

cci Buch 是 cci Dialog GmbH 的注册商标。

---

# 关于播客的评论

播客期间反响热烈，几乎自然而然地催生了这本书的出版。反馈意见简意赅：



“... 关于气流的播客让我对更多内容产生了好奇 ...”

“.....我想对您关于‘通风技术与空气净化中的误解’的有趣播客表示祝贺，并感谢您提供的信息

‘通风技术与空气净化中的误解’并感谢您提供的信息  
.....”

“... 非常感谢您分享的精彩播客。 通过

您可以访问 继续阅读。 我期待您的回复。 我从事通风技术项目管理已超

过20年，从实践中积累了丰富经验，并为未来项目奠定了坚实基础。我非常期待能与您合作，为您打

造下一套厨房系统。

您一起建造下一个厨房系统.....

“... 我想祝贺您制作了这个播客。对于像我这样对该领域不太熟悉的人来说，主题非常易于理解 ...”

“作为您播客的忠实听众，我希望借此机会订购您计划于2023年出版的专业书籍。我期待更多关于空

气——我们最宝贵的资源——的精彩内容.....”

---

# 致谢

我要特别感谢加布里埃莱·维德曼和埃娃·施瓦茨。我与这两位服务提供商合作多年，成果丰硕。十多年前，我们合作为我们的公司 REVEN GmbH 制作了一个产品目录，内容与本书主题相同。我们还与这个团队合作完成了其他项目，例如成功上线公司网站。我们在这些项目中积累的经验对本书的完成起到了重要作用。

维德曼女士的图表和施瓦茨女士的文字校对基于双方多年的合作经验，为对该主题的独特理解奠定了基础。本书的合作过程愉快且顺畅，最终取得的成果是我独自一人无法达到的质量。

此外，我要特别感谢SCHAKO集团的股东们，他们从一开始就支持撰写本书的计划，并认识到这是强化我们集团口号“纯粹的空气技术”的机会。

我还要感谢我的同事 Holger Reul、Sascha Kess 和 Vitali Lai，感谢他们多年来就通风技术和空气净化问题进行的所有富有启发性的讨论，这些讨论为我撰写本书提供了许多灵感。

我期待着与大家进一步讨论和深入探讨本书中的主题和想法。您可以通过 LinkedIn 与我联系。我期待与您交流。

---

# 前言

随着2020年疫情的爆发，正确通风成为德国的热门话题。全国范围内关于室内空气健康的讨论此起彼伏。人们热烈讨论如何正确通风教室。令人惊讶的是，许多办公室无法通过建筑内的通风系统获得新鲜空气。紧凑型室内空气净化器制造商突然迎来了黄金时代。全国各地都出现了关于如何测量和评估室内空气污染的激烈讨论。甚至还有人发起运动，将清洁空气作为最重要的食物。

这种突然且强烈的关注从何而来？这些论点和问题贯穿了我的整个职业生涯。1995年，我加入了REVEN GmbH公司。

**REVEN** 代表 REntschler VENTilation。通风或空气流通正是 REVEN GmbH 世代专注的领域，而我也正是从技术总监到现任总经理，数十年来一直致力于此。REVEN GmbH 的空气净化器和通风产品用于商业空间中确保空气清洁。例如，食品工业的生产车间、机械制造设备以及大型厨房和食堂。这些生产空间有一个共同点：空间或车间内的空气通常污染严重。测量、分析此类区域的污染程度，并过滤和净化空气——这是REVEN GmbH几十年来一直致力于解决的问题。

自2020年新冠疫情爆发以来，空气净化相关任务不再仅限于工业领域，而是成为全球关注的焦点。

德国。在部分激烈讨论中，我注意到商业领域和私人领域面临的任務越来越相似。然而，由于需求突然激增，部分制造商对空气净化器的性能数据不再严格把关。许多说法被提出，更多承诺被做出。许多解决方案的通风效果、过滤性能和效率难以理解，尤其是对于非专业人士而言，这在讨论中导致了误解。这些误解，例如关于教室内清洁空气和适当室内空气净化，与工业领域多年来形成的半真半假的误解如出一辙。

本书旨在概述通风领域中存在的误解和半真半假说法，并探讨这些误解在私人 and 工业领域中的来源。

我不会过于学术化地讲解各个主题，而是主要基于自1995年以来在REVEN GmbH公司的工作和实践经验进行阐述。早在斯图加特大学攻读机械工程学位期间，我就对成功技术与创新管理的重要任务有了初步了解。这使我积累了关于创新产品开发以及科研与实践之间知识交流的宝贵经验。

我希望通过这本书进一步促进这种交流，并将其深化到通风技术和空气净化领域，从而消除一些误解。

*“在我们污染的环境中，空气正逐渐变得可见。”*

(诺曼·金斯利·梅勒 (1923--2007)，美国作家)

---

# 目录

<b>致谢</b> .....	<b>3</b>
<b>前言</b> .....	<b>4</b>
<b>1. 如何进行抽吸?</b> .....	<b>9</b>
1.1. 关于空气污染物监测的误解.....	12
1.2. 吹气可有助于检测和抽吸! .....	22
<b>2. 如何进行过滤?</b> .....	<b>27</b>
2.1. 关于过滤与分离的区别存在误解.....	29
2.2. 龙卷风有助于空气净化! .....	35
<b>3. 如何去除蒸汽和异味?</b> .....	<b>47</b>
3.1. 关于蒸汽与气溶胶差异的误解.....	50
3.2. FID测量仪可协助分析空气污染! .....	57
<b>4. 如何中和病毒和异味?</b> .....	<b>65</b>

---

4.1. 关于紫外线C辐射的误解.....	68
4.2. 紫外线C辐射能消除气溶胶吗? .....	77
<b>5. 如何使气流可视化? .....</b>	<b>87</b>
5.1. 关于气流的彩色图片所引发的误解.....	90
5.2. CFD模拟让气流变得可见! .....	95
<b>6. 如何测量空气污染? .....</b>	<b>105</b>
6.1. 关于室内空气质量的误解.....	114
6.2. 颗粒物测量让空气污染可见! .....	126
<b>结语.....</b>	<b>132</b>



---

# 1. 如何进行抽吸?

?



## 1. 如何进行吸尘?

---

如何简单地将空气吸出？这是一个看似简单的问题，任何从事通风技术工作的同事都能立即给出答案！但有效的吸气真的像最初想象的那样简单和琐碎吗？

### **实际案例：吸尘器**

这里有一个我们大家都熟悉的简单例子：吸尘——无论是在心爱的汽车里还是家里的客厅里。当我们吸尘时，我们想要吸走污垢，比如地毯上的面包屑。吸尘器吸头离地毯上的碎屑越近，吸尘就越容易、越快。将吸尘器的吸头直接放在污垢上，效果最好。在我们意识到之前，碎屑就已经被吸进吸尘器里了。

这就是如何彻底吸尘的答案！必须完全覆盖污垢。只有这样，才能彻底吸尘。在我们的例子中，我们必须将吸尘器吸嘴直接放在地毯上的面包屑上方，才能彻底吸干净。

## 正确的吸吮姿势

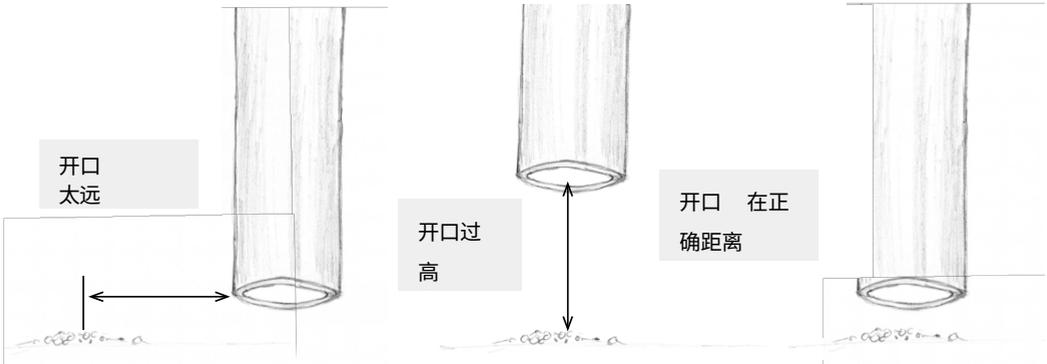


图1

这一基本原则必须在通风技术中得到普遍应用，特别是在需要完全排出废气和污染空气的场所——如教室中去除含有病毒的空气，焊接车间中捕集焊接烟雾，厨房中排出烹饪蒸汽，以及机械制造中，需要捕集现代机床上的蒸发冷却剂和润滑剂。在所有这些例子中，蒸汽、气体、含有病毒的空气和气溶胶必须以不同形式捕集并排出。

在此过程中，必须特别注意顺序：

**先收集，再抽吸！**

## 1.1. 关于空气污染物收集的误解

正如我们在开头举的例子中所学到的，只有将吸尘器的吸嘴直接对准面包屑，才能快速轻松地将地毯上的面包屑吸干净！厨房的通风技术也是如此。吸尘时保持正确的距离非常重要。无论是在工厂食堂的大型通风系统，还是在家中的私人厨房，这一点都至关重要。我们家中的设计型厨房抽油烟机在捕获和吸走厨房油烟时，也遵循以下描述的不同原理。

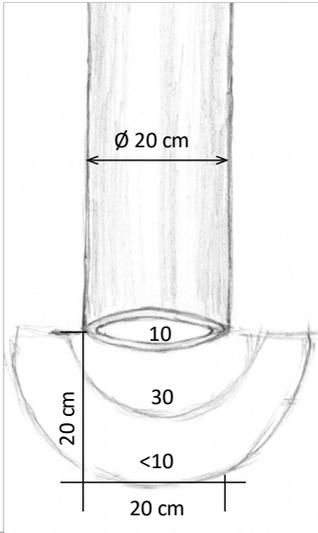
误解

### **吸力与吸气管距离的关系**

在排气装置开口处的吸力为 100%。这同样适用于我们吸尘器的吸嘴！在这里，吸力也在吸嘴开口处达到最高。离吸嘴开口越远，吸力越小。

在此过程中，人们常常低估了吸力衰减的程度。以直径为20厘米的吸管为例，在距离开口20厘米处，吸力仅为原始吸力的10%。

## 吸力与距离的比值



100%吸力直接作用于管道入口

吸力随与吸管入口距离的增加而显著减弱。

当吸气管与管径（此处为20厘米）的距离相等时，吸气量仅约为10%。

图2

因此，如果吸气管与污染物的距离与管径相同，吸力仅为约 10%。

这条规律适用于所有类型的吸气装置，无论是在家中的吸尘器或厨房抽油烟机、商业焊接厂的通风系统，还是工厂食堂的大型通风天花板。如果吸气装置与需要捕集释放的污染物的位置之间的距离过大，吸气效率将为零。在大多数情况下，距离仅为三十到五十厘米时，吸气效率就已经为零！

## 误解

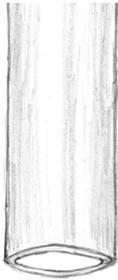
### 通过流体优化喷嘴板提高效率

在效率方面也经常存在误解。许多情况下，人们普遍认为所谓的“流体优化喷嘴板”能更有效地利用吸力。在这种情况下，会在吸气管周围安装一块额外的板。管子位于板上的一个开口中央，从板到吸气管的过渡部分以一个半径成形的进气喷嘴。该进气喷嘴旨在优化吸气区域的空气流动，从而实现更高效的吸气。然而，将配备气流优化喷嘴板的吸气管与传统吸气管（无进气喷嘴）进行比较时，仅能发现微小的优势。

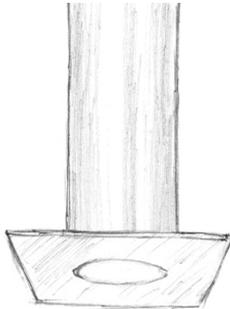
## 喷嘴板

---

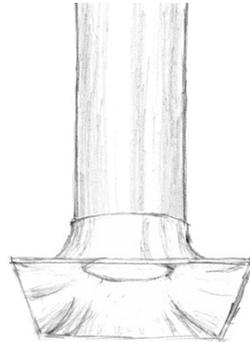
喷嘴板有助于引导气流，但对吸力影响较小。



无喷嘴板的吸  
气管



带法兰板的吸气管



带喷嘴板的吸  
气管

图3

### 实验——通过吸气熄灭蜡烛火焰

为了说明这一点，我们以蜡烛为例。你试过通过吸气来熄灭蜡烛吗？我只能提醒你：最好不要尝试！在关于这个主题的演讲中，我经常在观众面前演示这个实验，每次都差点烧到嘴唇，因为为了对火焰产生影响，我必须将吸气点（即我的嘴）非常靠近蜡烛。然而，通过吸气熄灭火焰的方法通常并不奏效！

通过这个简单的例子，我们可以清楚地看到，当我们想要吸取和吸出某物时，吸力是多么有限，以及吸气口与吸气点之间的距离是多么重要。

### 误解

#### **距离空气净化器的吸气口距离不重要**

由于这种错误观念，实践中经常出现错误：在学校的空气净化器、焊接设备的通风装置、烹饪设备上的抽油烟机以及机床上的气溶胶分离器中，吸气口往往距离排放点太远。

使用吸尘器，我们可以快速解决这个问题，只需将吸嘴移到污垢处即可。然而，对于固定安装的厨房抽油烟机，情况则不同。此时，烹饪产生的油烟必须进入抽油烟机的吸风区域，否则厨房油烟将无法被有效捕捉，也就无法被吸走。

### **CFD 模拟**

使用相应的软件解决方案，可以详细模拟、可视化和分析气流及其所含污染物的捕获和抽吸过程。

为此，使用了数值流体动力学模拟，也称为 CFD 模拟。CFD 是计算流体动力学的缩写。借助这种模拟方法，可以可视化各种空气流动，并评估抽吸效率。

#### *我们的内部经验*

*在我们公司，我们用它研究了传统厨房抽油烟机的收集和抽吸效率。1996 年，我们就在公司内部进行了第一次数值流体动力学模拟。当时，模拟还比较简单，分析和计算结果往往需要好几天。*

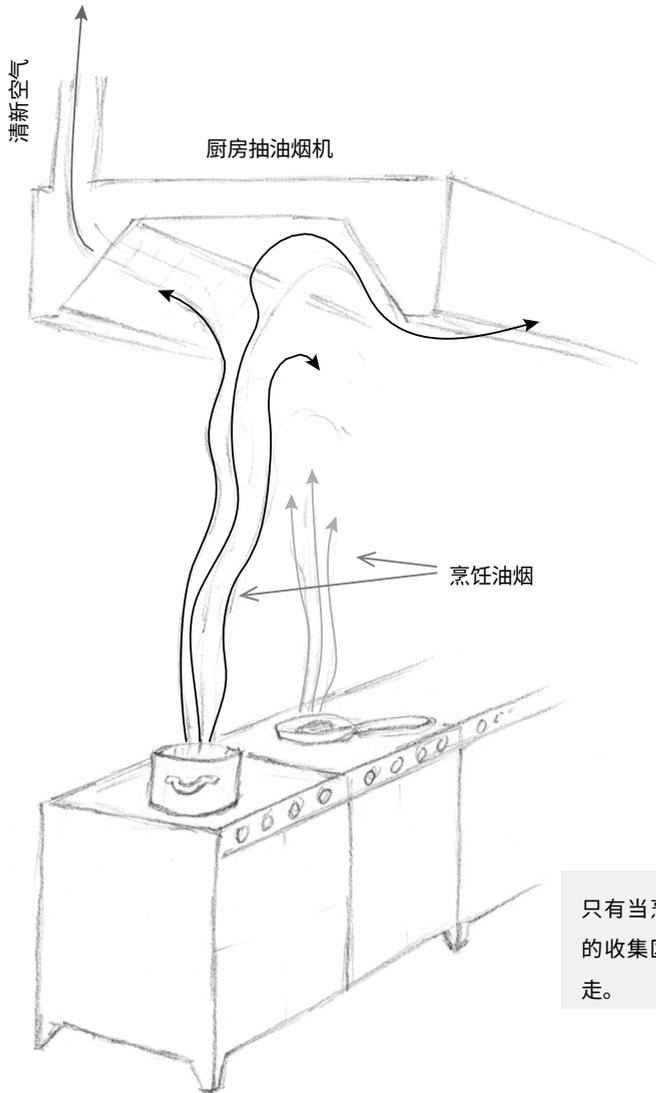
此后，这项技术迅速发展，现在只需花费原来的一小部分时间即可获得结果。如今，这些结果更加准确和有意义，即使对于非常复杂的组件，如风扇，也是如此。

得益于这一发展，现在不仅可以分析和可视化单个部件的空气流动，还可以分析和可视化整个空间的空气流动！

### **对厨房通风的重要性**

此分析主要适用于远离排放源的排气设备，例如安装在远离烹饪区域的厨房抽油烟机。厨房抽油烟机只能捕获直接进入其捕获区域的烹饪蒸汽。这具体意味着什么？烹饪锅中的蒸汽在上升时必须直接流入厨房抽油烟机的吸气和过滤区域。

## 厨房通风



只有当烹饪蒸汽进入抽油烟机的收集区域时，才能被正确吸走。

图4

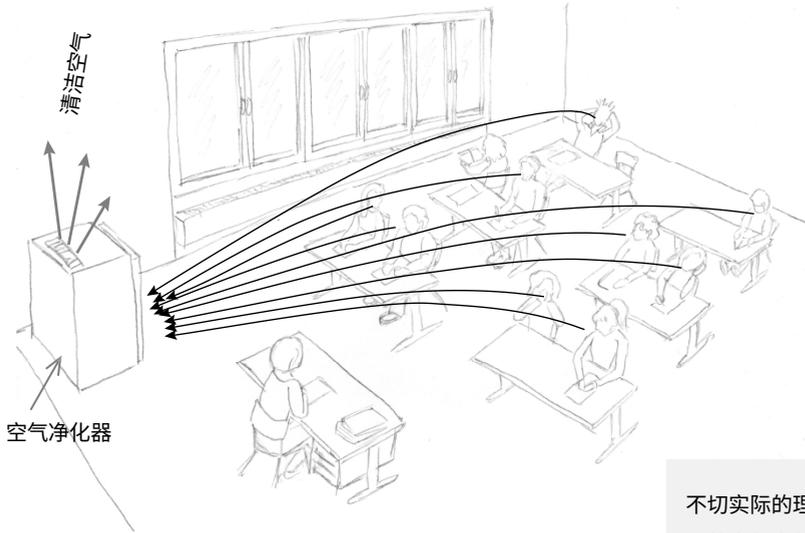
### **对教室空气净化的意义**

如果要在教室内上课期间持续净化空气中的病毒，空气必须能够畅通地流向房间内安装的空气净化器，以便被收集并净化。通常，打开窗户就足以改变气流方向，导致空气无法被充分收集和净化。

设计不良的新风引入系统对排风的影响可能与打开的窗户被风吹动一样不利。借助现代 CFD 系统，可以分析、识别并消除这些相互作用。只有这样，才能真正实现完全捕获。

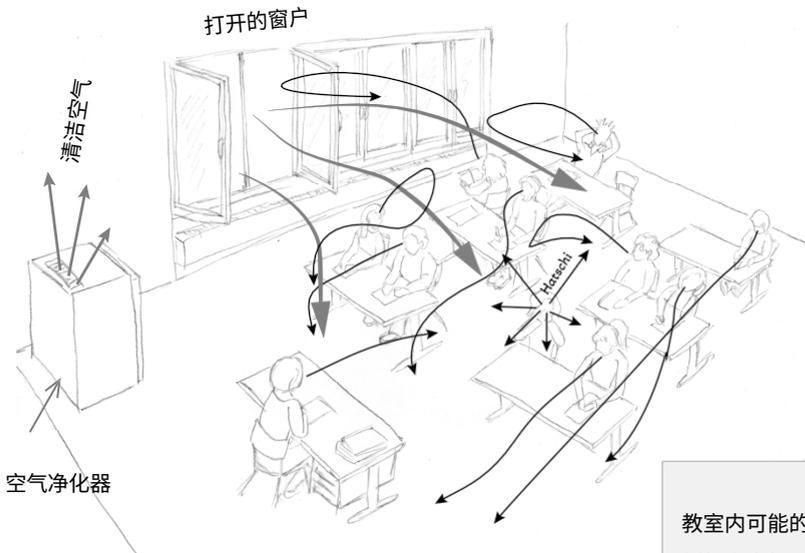
对我们自有空气净化器和厨房抽油烟机的CFD分析也证实了上述规律：厨房抽油烟机的吸风口与炊具的距离越远，烹饪蒸汽被完全捕获并吸出的可能性就越低。在学校教室中使用空气净化器时也观察到了类似现象：空气净化器与病毒释放区域的距离越远，捕获并排出含病毒空气的可能性就越低。

# 学校通风



空气净化器

不切实际的理想情况：呼  
吸的空气向前流动至空气  
净化器



空气净化器

教室内可能的空气流动（  
例如窗户打开时）

图5

### 对机械制造中排气的重要性

我们在模拟现代机床排气系统中的复杂气流条件时也观察到了同样的情况。在那里，含有冷却剂和润滑剂气溶胶的空气的排气过程也常常极其低效，因为空气净化器的进气口距离实际工件加工位置（气溶胶产生处）过于遥远。

## 工业空气净化器

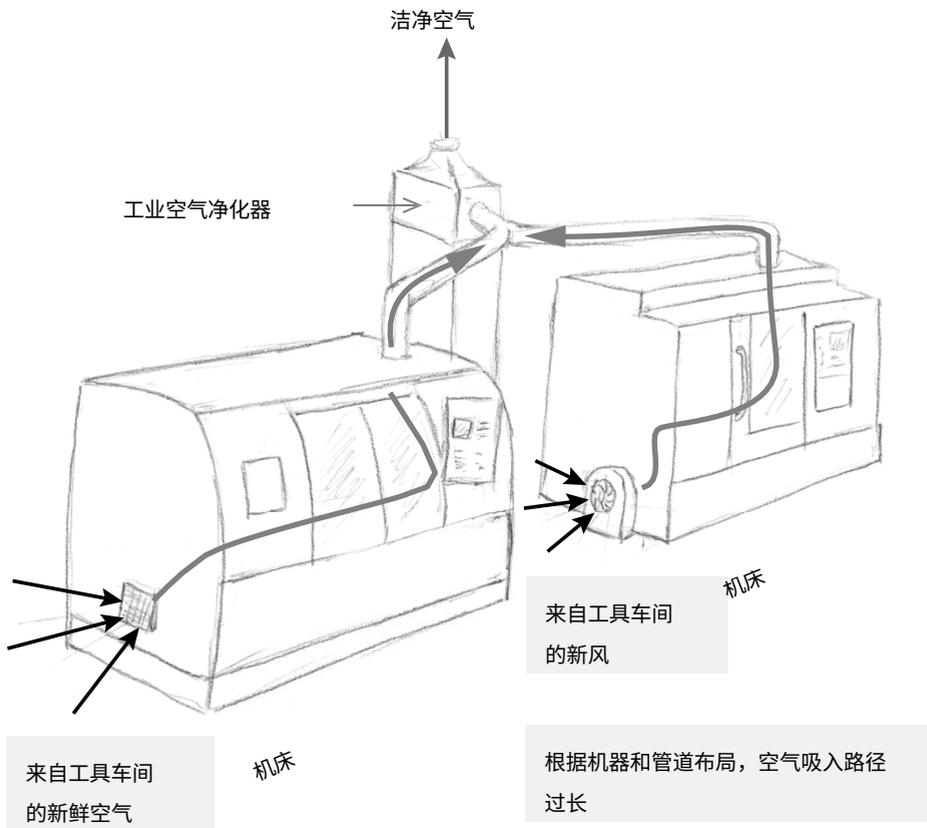


图6

## 误解

**最终，污染物会流向排气口。**

在通风技术和空气净化领域，我们经常遇到一个错误的假设，即含有污染物、病毒或气溶胶的空气迟早会流向可以被捕获和抽出的区域。然而，在许多情况下，这种情况并未发生。未被捕获的气溶胶和其他污染物会对周围空气造成严重污染。

## 1.2. 吹气可以在捕集和抽吸过程中提供帮助!

如果无法将抽吸区域靠近污染物排放源，该怎么办？在这种情况下，可以采用与熄灭蜡烛火焰相同的方法：

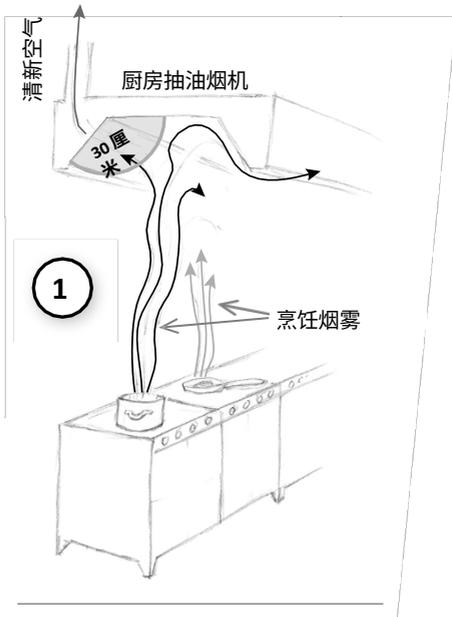
### *吹气代替吸气!*

将这一原理应用于通风技术，意味着需要被采集的空气连同其中的病毒、气溶胶及其他污染物，必须通过辅助吹风尽可能快速地输送到空气净化器、厨房排烟罩或通风设备吸力最大的区域，即- 直接进入其吸风口区域。

#### **餐饮厨房的吹风气流**

为了实现这一点，REVEN GmbH 开发了带集成感应系统的现代厨房抽油烟机。感应电流可确保从烹饪设备上升的烹饪蒸汽直接、快速地流入过滤器和吸气区域，并在那里被捕获和抽走。

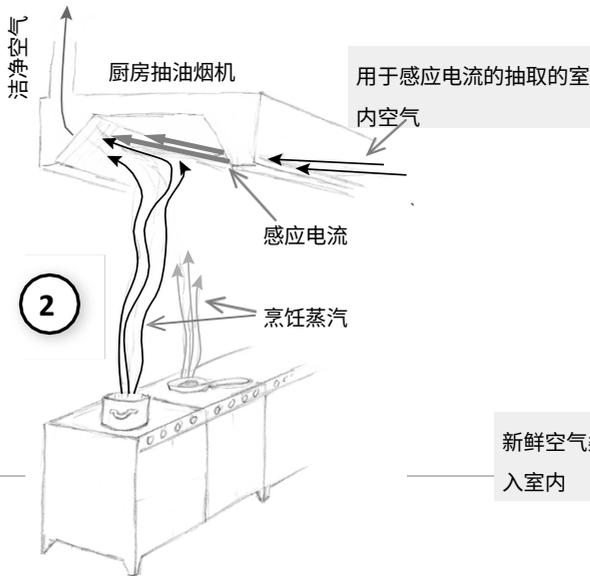
## 厨房通风



**1.** 烹饪烟雾只能在距离分离器30厘米范围内被吸入（捕获）。超出此范围，烹饪烟雾可能进入室内空气。

**2.** 感应电流将烹饪烟雾吹向分离器。所有烹饪烟雾均可被捕获。

**3.** 温度适中的新风无干扰地引入，有助于捕获烹饪油烟。



新风源出口

3

新鲜空气柔和地流入室内

图7

### **额外新鲜空气**

此类现代厨房排烟罩的捕集效果还可以通过优化新鲜空气的注入得到进一步提升。

在此过程中，新鲜空气通过置换气流以低冲击的方式引入室内。这样可以确保新鲜空气在吹入时气流速度非常低，不会干扰室内其他气流。该场景也可通过 CFD 系统进行分析和可视化。

### **机床的吹风气流**

同样的原理也可以应用于机床。在此，在机床的机舱内产生气流，气流朝向空气净化器流动，确保冷却剂和润滑剂气雾能够被有效捕获和抽吸。优化机床机舱内的抽吸通常从一个简单的问题开始：如果我们在机床顶部每小时抽吸一千立方米的空气，这些空气可以从哪里流入机舱？如果没有确保空气回流的方法，机舱内会形成很高的负压，但空气不会有针对性地流向空气净化器的收集区域。

### **实际案例：负压**

*在安装空气净化器后，一些密封良好的磨床多次出现问题：由于驾驶室內的负压过高，机床的操作门无法打开！*





---

## 2. 如何进行过滤?



如何过滤某物? 这个问题与之前提到的有效排气问题一样简单。但你可能已经猜到, 答案并不那么简单。

通风技术和空气净化中许多过程的有效性依赖于高效的捕集和排气, 包括从空气中清除污染物。例如, 如果教室内含有病毒的空气未被完全捕集和排气, 就无法可靠地清除其中的病毒。这一原理同样适用于机械制造企业的大型焊接车间。焊接过程中释放的烟雾含有有害物质, 必须完全收集并排出。只有这样, 才能有效清除室内空气中的所有污染物。

有效的空气净化包括三个非常重要的过程:

# 捕集、抽 吸、净化

第三步——空气净化——是本文要讨论的主题。这里也存在一些误解, 我希望澄清一下。让我们从这个问题开始:

“如何去除空气中的污染物?”

显然, 必须将污染物从空气中过滤出来! 这是显而易见的答案。然而, 分离器在空气净化领域也越来越流行。最著名的例子是全球知名企业戴森 (Dyson) 生产的旋风吸尘器, 它无需过滤器即可工作

。

这种技术的工作原理就像一个微型龙卷风。空气被旋转起来, 形成气流涡流, 由于速度很快, 将颗粒从空气中抛出。这种方法也适用于分离空气中的污染物。然而, 这里经常会出现误解, 因为分离经常被误认为是过滤。

## 2.1. 关于过滤与分离的区别误解

### 纺织非织造布

我们还可以用吸尘器来解释过滤原理。为了清洁吸尘器吸入的空气，会使用吸尘器袋。这些袋子通常由纺织无纺布制成。空气可以穿过这种细密的无纺布，而灰尘颗粒则被阻挡并从气流中分离出来。

### 玻璃纤维悬浮颗粒过滤器

基本上，通风技术中的所有过滤方式都遵循这一原理，-，即使是高品质的悬浮颗粒过滤器也不例外。不过，这里使用的过滤材料有所不同。与纺织无纺布不同，这些过滤器采用玻璃纤维垫。这些垫子同样透气，但织物比吸尘器袋的织物细密得多。悬浮颗粒过滤器中的纤维直径约为 1 至 10 微米，即 0.001 至 0.01 毫米。因此，它们可以过滤气流中比纺织无纺布小得多的颗粒。

### 金属编织滤网

这种过滤原理也常见于许多家用厨房抽油烟机中。这些抽油烟机通常采用金属滤网。它们通常由铝或不锈钢编织而成，原理与纺织无纺布或玻璃纤维垫类似，只是结构更为粗糙。

这里使用相对粗糙的金属过滤器，是因为它更耐用。无论是在家庭厨房还是商业厨房，抽油烟机的任务都是将液态气溶胶从气流中分离出来。这里不需要像

## 2. 如何进行过滤?

---

吸尘器，而是过滤空气中的液体颗粒，如水滴和油滴。这是一个严重且非常重要的区别，但往往被忽视。

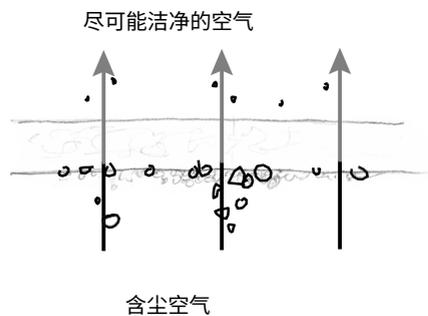
任何类型的过滤器都会收集并储存从气流中分离出来的物质。因此，过滤器中过滤出的物质会不断增加。在吸尘器袋中，干尘会被收集并储存，直到袋子完全装满灰尘，需要更换为止。

如果从气流中过滤出的物质是液滴，收集这些物质往往复杂得多。

金属网滤芯将不同液体中的过滤后小液滴直接储存在滤芯介质中。这些不同液体的聚集可能导致严重问题!

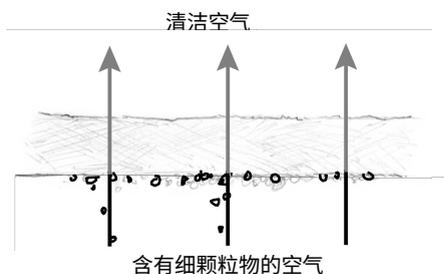
金属网滤芯的储液容量通常非常有限。这意味着即使储存的液体量较少，这些滤芯也可能堵塞。因此，它们通常采用较粗的网眼结构。虽然这样可以防止堵塞，但随着空气流过，许多较小的颗粒也会穿过滤芯，而不会被气流分离。

## 不同类型的过滤器



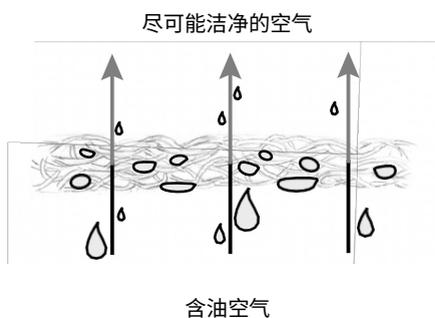
### 无纺布滤芯

无纺布（例如吸尘器袋）将灰尘从流过的空气中过滤出来。然而，最小的灰尘颗粒仍会通过无纺布。



### 玻璃纤维滤网

玻璃纤维比无纺布更细，能够过滤并阻挡纳米级的小颗粒灰尘。



### 金属滤网

在厨房领域，金属网的主要功能是过滤油滴。根据油滴的大小，它们会留在网面上。然而，最小的油滴仍可能穿过网面。

图8

### 细菌滋生的危险

在食品加工企业和制造业中，液体积聚在过滤器中也会导致卫生问题。在约 20 摄氏度的温度下，细菌会与水结合，在过滤器中迅速繁殖。因此，不建议在较长时间内储存和收集液体，并强烈建议定期清洁或更换过滤器。

### 火灾危险

如果过滤的物质是油或脂肪，过滤器中储存的液体会逐渐成为火灾隐患！这是一个常被忽视的事实。

### 公司历史中的一个例子

*我清楚地记得一次在一家全球性工具制造商举行的重要会议。员工们带我参观了他们的生产车间，那里有数百台磨床。生产区域的空气净化设备配备了大型悬浮颗粒过滤器，每个过滤器可储存多达 100 升液体。问题在于：储存的液体是一种非常稀薄且易燃的冷却剂和润滑剂。使用 50 个过滤器时，储存的液体总量可达 5000 升！在参观时，当我询问公司员工这 50 台空气净化设备的防火技术保障以及相关保护方案时，我看到大家一脸惊恐。*

我对空气净化过滤器的疑问和思考绝非纯粹的理论推测，而是基于具体危险，遗憾的是，由于未充分重视火灾负荷问题，已经发生了悲惨的火灾事故。

### **实际案例：机械制造中的火灾**

2006年，德国南部一家机械制造企业发生了一场毁灭性的火灾，该企业的排气系统与上述系统类似。火灾造成的损失达数千万欧元。超过3000平方米的生产车间和设备被完全毁坏。火灾的可能原因是机床故障。火势通过通风管道迅速蔓延，造成了更大的损失。

### **实际案例：酒店设施火灾**

1980年，拉斯维加斯一家拥有2000间客房的大型酒店发生了一起类似的灾难。事故发生时，酒店内约有5000人。火灾始于酒店的一家餐厅，并以惊人的速度蔓延至整个建筑群。此次火灾造成85人丧生。这一悲剧事件至今仍被视为美国现代史上最严重的酒店火灾之一。

此类火灾灾难最终导致之前提到的金属网滤网在许多工业领域不再使用。在工业厨房通风系统中，此类滤网在许多国家已多年被禁止使用。例如，由于存在较高的火灾风险，北美和大多数欧洲国家禁止在新的商业厨房中使用此类储热金属滤网。

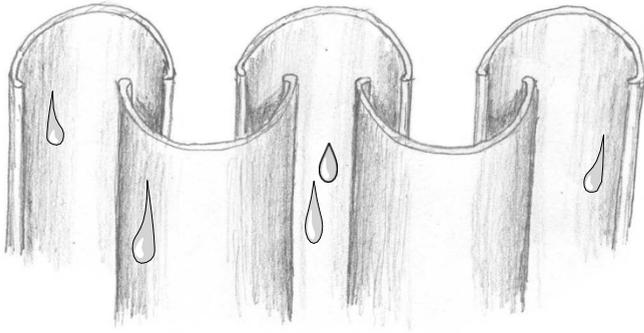
### **冲击板分离器的发明**

在拉斯维加斯发生酒店大火后，美国开发出了金属网过滤器的替代品——即撞击板分离器。这种分离器由不锈钢板制成。空气流过时，至少被

。与传统的金属网过滤器不同，这种分离器由不锈钢板制成，不会储存液体。

## 冲击板分离器

---



油和水等流体在挡板上被分离，并在理想情况下沿挡板向下流动。

图9

### 误解

#### **过滤器和分离器的不同工作原理**

如我们所见，过滤器和分离器的工作原理不同。但正是这些差异导致了误解。人们经常将特性、工作原理和效率信息混为一谈。有时甚至没有费心将这些术语明确区分开来！

因此，在通风技术和空气净化领域，不仅存在对过滤和分离的区别存在误解，还存在对金属板分离器的工作原理和效率的误解。

为了澄清这些差异，我们首先需要了解一些自然界的天气现象及其在空气净化技术中的应用。

## 2.2. 龙卷风有助于净化空气!

您可能感到惊讶，但事实确实如此。飓风、台风、龙卷风和热带气旋等气旋现象，在现代金属板分离器的设计中，成为了流体动力学的典范。

在美国发生大酒店火灾后，首批开发的分离器是简单的撞击板分离器。两块半圆形的不锈钢板以U形弯曲，错开对置。空气在通过分离器时会被两次偏转，第一次是撞击第一个半壳时，第二次是撞击第二个半壳时。

### 挡板分离器的原理

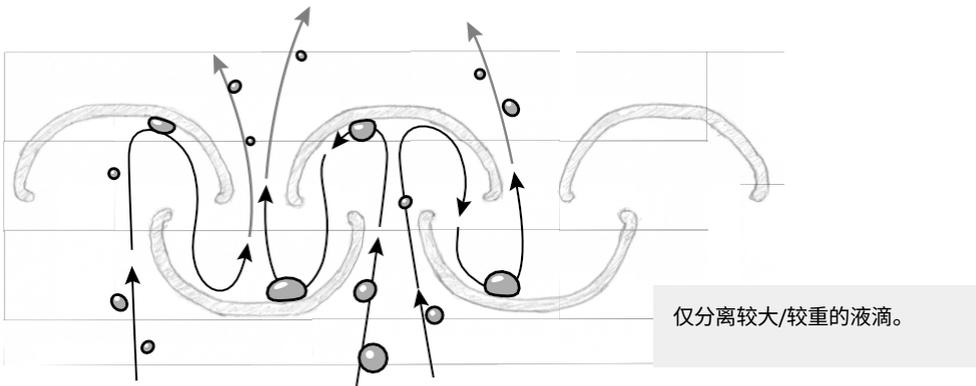


图10

U形半壳通过一个半径形成，或以90度角折弯。然而，在两种情况下，分离效率都非常低，因为这里只能将空气中携带的大型液滴与气流分离。气流

## 2. 如何进行过滤?

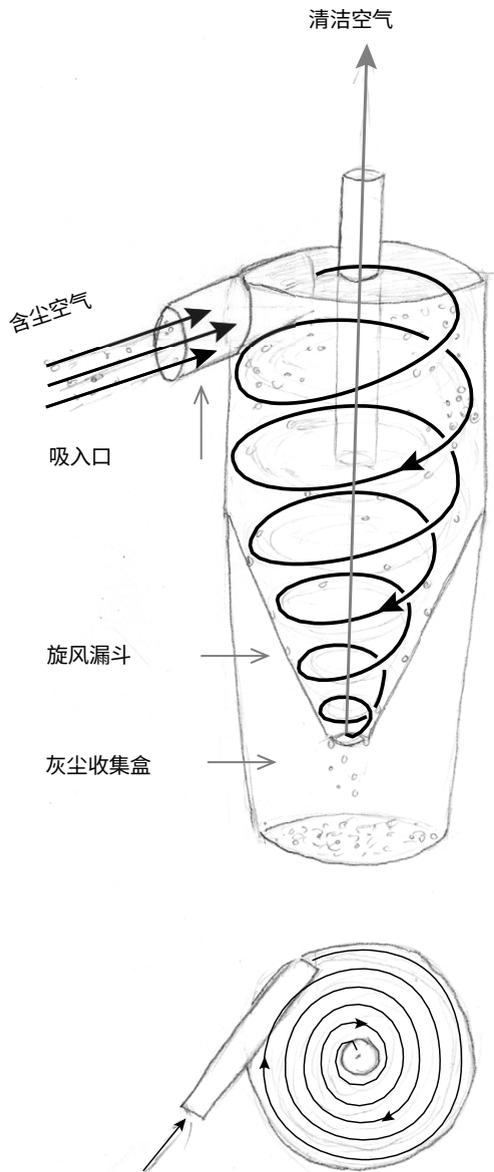
---

在这种简单的分离器中，气流非常紊乱，只有相对较重且惯性较大的较大液滴在撞击并改变气流方向时才能被分离出来。较小的空气携带液滴由于重量较轻，会随气流通通过这些偏转结构，因此无法被分离。这种简单撞击板分离器的唯一优点是不会储存液体，但其从气流中分离颗粒的效率非常低。

### **热带气旋作为典范**

直到分离器制造商以自然为榜样，从热带气旋中汲取灵感，才成功消除了这一缺陷。最著名的例子就是前文提到的戴森公司及其气旋式吸尘器。这种技术无需滤网，其工作原理类似于一个微型气旋。空气像在飓风中一样被卷入高速旋转的气流中。旋转速度越快，被气流抛出的颗粒就越小，从而越容易被分离出来。

## 气旋式吸尘器的的工作原理



由于旋风分离器漏斗的锥形结构，吸入的空气被转化为螺旋运动。

由于离心力作用，粉尘颗粒被甩向壁面。

灰尘颗粒被收集在灰尘收集盒中。

从上方看旋风螺旋

图11

## 2. 如何进行过滤?

---

要掌握在吸尘器、厨房抽油烟机和空气净化器中制造这种小型人工龙卷风的技术，当然需要大量的研究和开发工作。仅靠简单的弯曲挡板是无法实现的。在旋风分离技术的发展和优化过程中，也使用了数值流体动力学模拟，简称 CFD 模拟。CFD 是计算流体动力学的缩写。借助这种模拟，可以直观地看到各种不同的气流。然而，这还不足以优化分离技术。在通风技术和空气净化领域，这往往会导致误解！

误解

**优化气流就足够了！**

在许多情况下，通风技术仅涉及空气流动。例如，如何将新鲜空气尽可能舒适地引入大型音乐厅，同时确保观众不会感到不适的空气流动或寒冷。此外，空气的引入过程还必须完全无声。

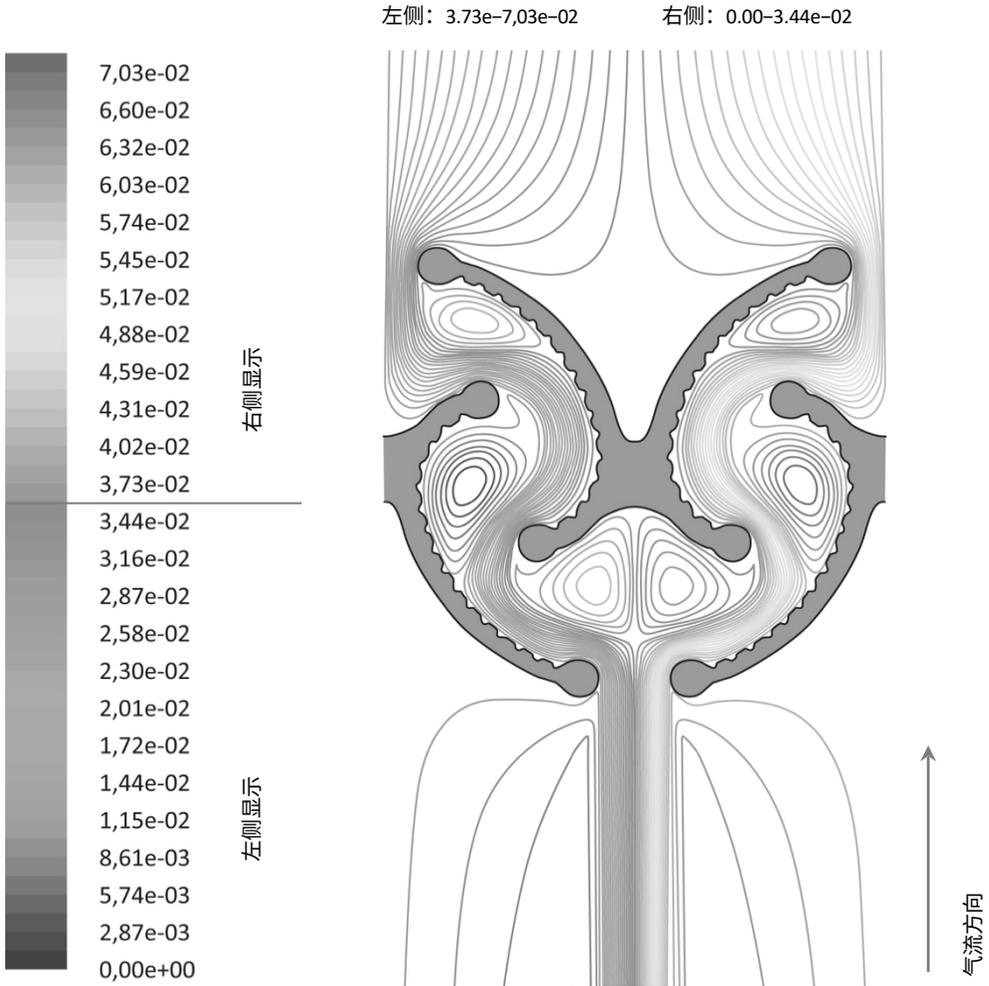
然而，在空气净化中优化过滤器和分离器时，不仅仅涉及空气流动及其路径和速度的分析。空气净化的核心任务是通过过滤或分离将空气中携带的颗粒物与气流分离。简而言之，过滤器的工作原理类似于筛子，而分离器则类似于龙卷风。如果要优化分离器的功能，必须在分离器中形成小型龙卷风。只有这样，颗粒才能从气流中被抛出并被分离出来。

### **颗粒轨迹分析**

如今，借助 CFD 系统，还可以研究和可视化颗粒流。因此，人们不再只关注气流，还关注随气流携带的颗粒或气溶胶的行为。

较小且更轻的空气颗粒是否会沿着与气流相同的轨迹运动？一项非常有趣的 CFD 研究是可视化不同空气颗粒的运动轨迹。这些轨迹的走向取决于颗粒大小。通过非常精确的 CFD 分析，现在甚至可以确定气溶胶在分离器中的哪个位置被气流分离！在进一步开发我们的分离器时，我们多次对这种分析的结果感到惊讶和惊叹。

## X-CYCLONE®分离器的CFD分析



不同大小颗粒的流动行为 (kg/s)  
不同颗粒大小用不同灰度表示。

图 12

### 公司历史中的例子

*在开发分离器时，我们也经常认为自己已经事先知道气流会如何流动，以及空气中的颗粒会发生什么，即这些颗粒会被抛到哪里。为了验证我们的假设，我们进行了CFD分析。结果往往与我们的预期完全不同。*

我仍然记得一次实验，当时我们所有人都坚信，我们新开发的分离器中会迅速形成小型旋风，并以极高的效率将空气中的颗粒物甩出。我们自豪地将这款新开发的原型命名为X-CYCLONE®。

这里的X代表分离器的几何形状。我们不再使用两块简单弯曲的U形金属板来制造分离器，而是为分离器型材赋予了更复杂的几何形状。最初，我们只能用铝挤压型材来制造这些型材。其表面类似于飞机机翼的微型版本，我们将其排列成X形状。您可能已经猜到了，我们新产品的名称的第二部分代表热带气旋-，英文拼写为CYCLONE。

新分离器原型的CFD分析并非旨在进行深入分析，而是作为一种确认性验证，尽管工作量较大，但出于安全考虑，我们仍决定进行。我们原本以为结果如何已成定局。至少当时是这样认为的.....

CFD分析确实非常复杂。如前所述，该分析不仅会详细研究气流的行为，还会分析空气中的颗粒。为了进行这项分析，需要一个三维

分离器的三维模型。几年前，我也认为这没问题，因为我们拥有一切，否则我们根本无法生产。但我也被一个误解所蒙蔽了！

误解

***对于CFD模拟，分离器的三维模型就足够了。***

### 三维空间模型

因为为了进行研究，我们不仅需要我们的分离器的三维模型，即铝型材，还需要一个空气流动的空间模型。这其实很合理！当分析圆形通风管道中的气流时，我们关注的是通风管道内部的圆柱形空间，而不是管道的金属板。然而，这并没有让我们的任务变得更轻松。由于我们新型X-CYCLONE®铝型材的几何结构本身就非常复杂，因此气流通过的空间也变得更加复杂。但对于CFD分析，必须对这一空间进行精确建模。

### 网格（计算网格）

除了这个本身就相当复杂的过程外，还必须在空气流动的空间中布置一个计算网格，这进一步增加了难度。在此常使用英文术语“Mesh”。这种计算网格在空气流动的空间中的布置方式，对CFD分析的质量有着重大影响。然而，如果以极大的谨慎采取这种方法，可以获得空气流动和颗粒流动的非常详细的分析结果，尽管这些结果可能非常令人沮丧！

## X-CYCLONE® 除尘器的 CFD 分析

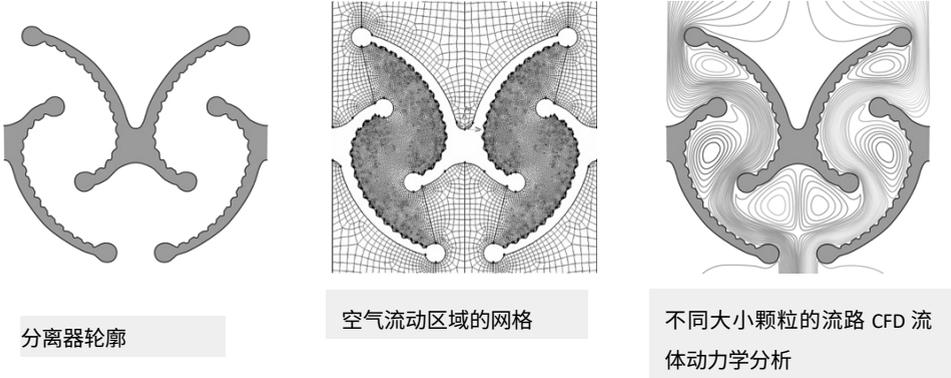


图13

### 令人失望的结果

万事开头难- 空气流动与预期不符!

对于我们的首批 X-CYCLONE® 原型，CFD 分析得出了非常令人失望的结果。在空气流过区域，我们坚信会形成小型旋风，然后以超过 10 米/秒的旋转速度将颗粒抛出，但实际上什么也没发生！我至今仍记忆犹新，仿佛就在昨天。CFD 分析明确显示了一个空旷区域，其形状类似于一个约一厘米大小的液滴。

### 原因

由于我们型材的X型几何结构弯曲度过高，气流无法顺畅通过，导致形成了一个无法被气流穿过的区域，更不用说在那里形成气旋并实现分离了！即使是通风专业人士，也无法在事前准确评估气流的行为。

## 优化

对于我们当时旨在优化 X-CYCLONE® 分离效率的研发项目而言，这意味着一切从头开始，重新设计分离器的几何形状。这本质上是一个永无止境的持续改进和优化过程。最终，我们成功开发出与戴森技术相似的产品，并按照工业标准将其应用于通风和空气净化领域。

## 分离器几何结构的开发

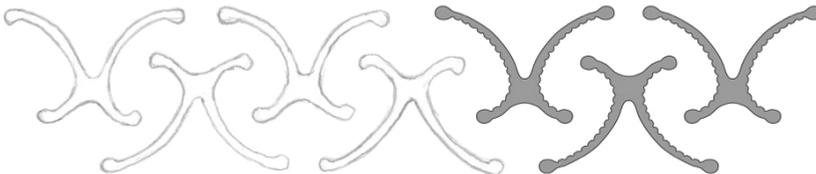
---



带U型型材的挡板分离器



X-CYCLONE®分离器的原型  
带飞机机翼形状的x型型材



X-CYCLONE®分离器，采用优化x几何形状的型材，实现最佳气流导向（见图15）

### 我们的分离器的成功之路

目前，我们开发的 X-CYCLONE® 分离器已在各种行业中得到广泛应用。

在钻井平台、纺织品加工厂、奶粉生产厂、汽车工业的喷漆车间、食品工业、大型厨房、机械制造，甚至在微电子用硅片生产设备中，我们 X 型型材分离器中的“旋风龙卷风”都确保了高效的空气净化。

### X-CYCLONE®分离器的原理示意图

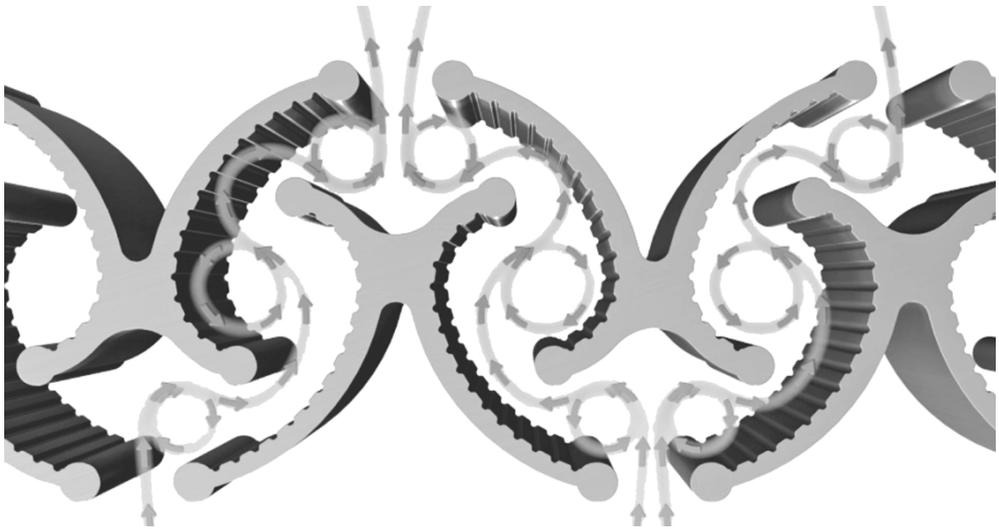


图15



---

### 3. 如何去除蒸汽和异味

?



去除蒸汽和异味是通风技术和空气净化领域中一项非常复杂的任务。人们可能会认为，在捕集、分离和净化空气后，空气应该已经清洁，因此不应再有异味。所有颗粒物、气溶胶和污染物均已被去除——那么，还有什么会导致异味呢？

#### 误解

**在没有气溶胶、颗粒物和污染物的空气中，不会有异味污染。**

遗憾的是，这也是通风技术和空气净化领域中的另一个误解，本章将对此进行探讨。让我通过一个简单的实际例子来解释。

#### 实际案例：加油

*我们中的许多人都有过开车去加油站给油箱加油的经历。在加油过程中，我们中的大多数人肯定都闻到过汽油或柴油的气味。*

## 加油时的汽油味

---



图16

但为什么我们在加油时能闻到汽油味，尽管通常没有燃料飞溅或气溶胶在空气中飘散？当你想要将油箱加满并小心不要溢出时，这个问题就变得非常清楚了。当查看油箱口处的油位时，鼻子会靠近油箱口，即使没有漏油，也能闻到强烈的汽油味。

如果在油箱口附近进行颗粒测量，则无法检测到油箱口周围空气中存在任何燃料气溶胶或颗粒。那么，为什么加油时仍然能闻到汽油味呢？答案如下。

### 3.1. 关于蒸汽与气溶胶的区别误解

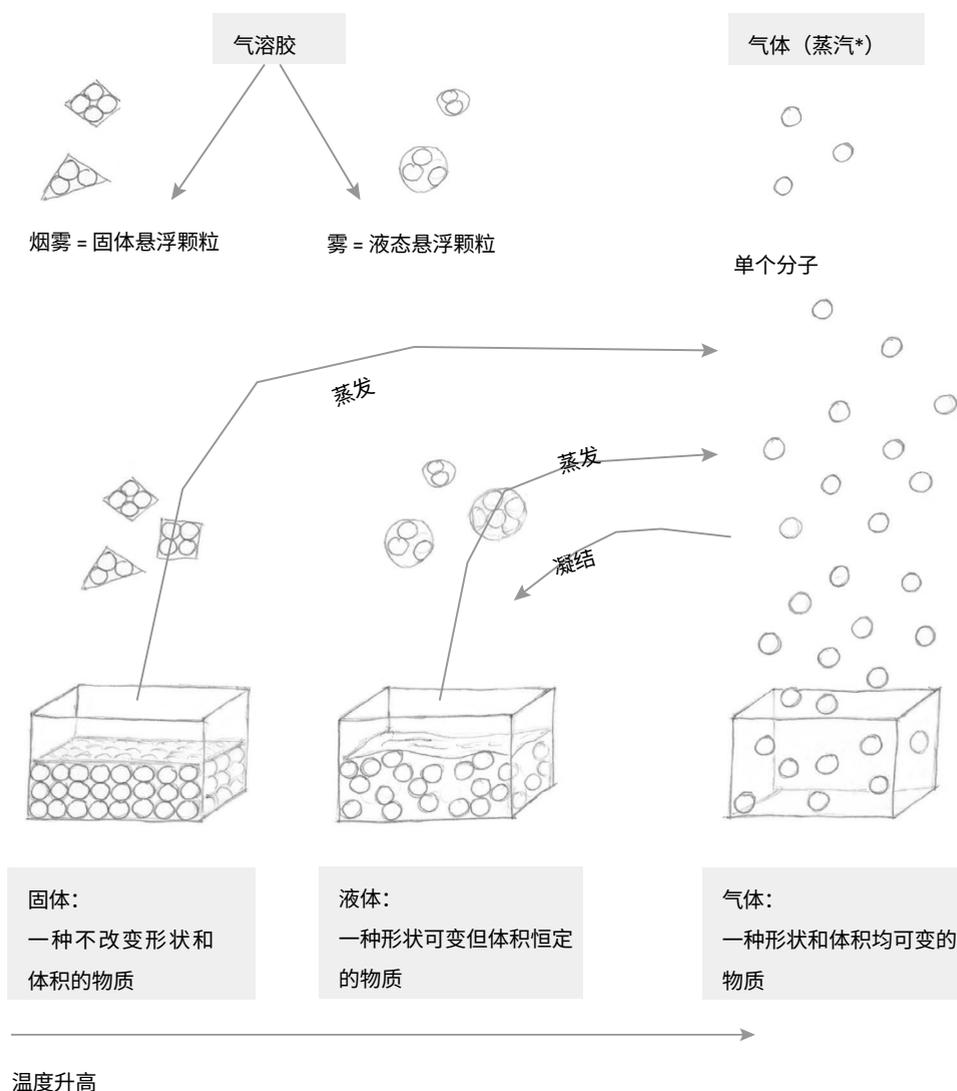
为什么加油时闻到汽油味，尽管空气中看不到任何东西？你闻到的其实是汽油蒸发产生的气体。尤其是超级汽油（Super Plus）挥发性极强。这意味着它在较低温度下就会蒸发。这种蒸汽，准确来说是气体，从油箱口逸出并产生气味。

误解

***无气溶胶的空气是干净的。***

这个简单的例子清楚地说明，没有气溶胶的空气并不一定干净，仍然可能对环境造成污染。蒸发液体的空气污染是一个问题，也让行业协会头疼不已。

## 气溶胶与气体的区别



\* 一般来说，蒸汽是指存在于空气中的液滴，如烹饪时产生的蒸汽。从自然科学的角度来看，蒸汽是物质的气态（通过蒸发、蒸腾、沸腾或升华而形成）。

图17

#### **机械工程中的实际案例**

我还清楚地记得，我和我的巴伐利亚销售合作伙伴一起拜访了负责巴伐利亚机械制造的职业协会。在那里，他们向我们展示了对机床上的冷却剂和润滑剂对空气污染的研究结果。结果与上述加油站的例子完全相同。对机床周围空气的分析表明，几乎没有气溶胶造成的空气污染，所有空气限值均符合要求。至少当时是这样认为的。

当职业安全协会的专家们检查了各种机床中蒸发的冷却剂和润滑剂的比例时，他们发现空气中含有大量这些物质-，部分浓度高达每立方米空气中含有100毫克冷却剂和润滑剂蒸气。这意味着有效限值被超出了十倍！这是如何发生的？

由于机器内部压力非常高，冷却剂和润滑剂通过喷嘴被雾化成非常细小的颗粒，从而产生最初的蒸发效应。此外，由于加工金属的工具温度很高，大量液体蒸发。在这方面，人们往往忽视了机床中的空气净化器产生的持续气流。

## 机床中的冷却液蒸气

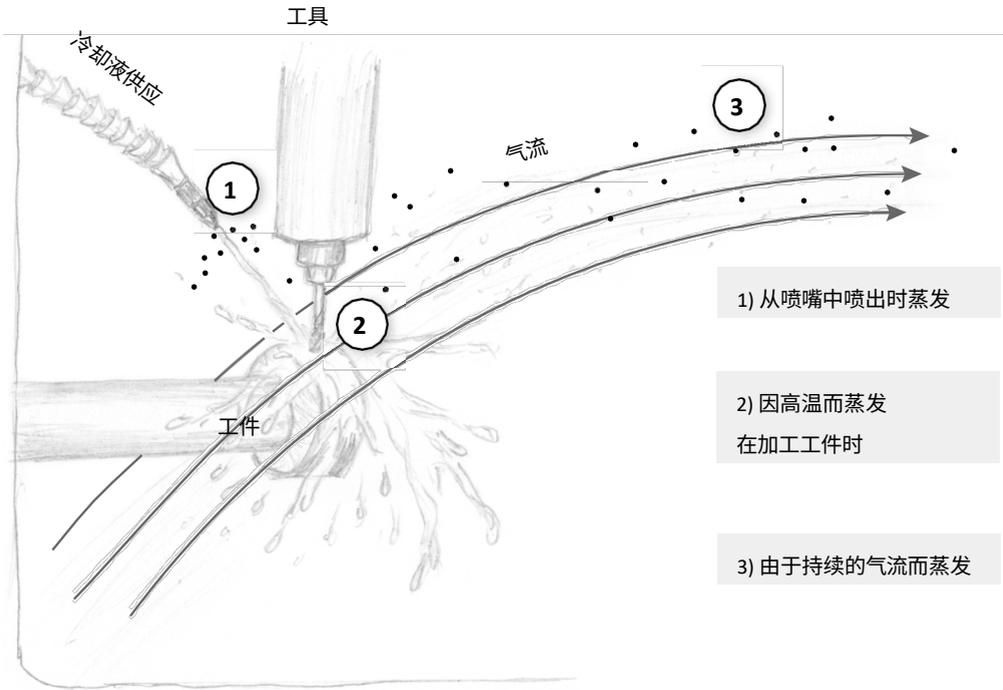


图18

还记得我们在第一章中提到的吗：为了收集和抽吸，我们需要大量排气和朝收集方向流动的空气流。这种空气流可以与吹过大湖表面的风相比较。仅凭这种空气流，水就会蒸发，以空气湿度的形式被吸收，并随空气流被带走。在机床或加油过程中，我们也能观察到类似的现象。大量液体以蒸汽形式随空气被输送。这些蒸汽可能对健康造成严重危害并产生异味。

#### **例子：食品工业**

在食品工业和商业厨房中也可以观察到同样的现象。所有高温工作的设备和炊具都会蒸发液体。典型的过程包括烘烤、煎炸和油炸。这些过程中的温度约为 140 至 190 摄氏度。在此过程中，油和脂肪会部分蒸发，并被通风设备捕获和抽走。

#### **实际案例：油炸设备**

*在食品工业中，我们已经可以看到用于炸薯片的设备，其尺寸与一个大型浴缸相当。每天，成千上万的薯片在这浴缸中被炸制，同时释放出大量蒸汽。这些蒸汽主要由油炸油中的蒸发油和油炸前仍附着在薯片上的蒸发水分组成。在这里，我们也发现了之前提到的现象：通过颗粒测量对工艺废气进行分析时，未检测到任何空气污染，空气看起来干净且几乎无污染。然而，仅凭肉眼即可判断，该加工过程的废气不可能是干净的，因为它看起来就像老式蒸汽机车排放的蒸汽云。与加油站类似，这里也散发着浓烈的气味。虽然这种气味比加油时更宜人，但仍明确表明存在空气污染。*

#### **示例：家庭厨房**

在家中的厨房中，您也可以观察到类似的情况，例如在高温下煎牛排时。虽然可能会有一两滴油溅出，这些可以被归类为气溶胶，但从炉灶上兴起并被厨房抽油烟机捕获和吸走的，主要是含有蒸发油和水的空气。滴落物、气溶胶和飞溅物仅占极少数。

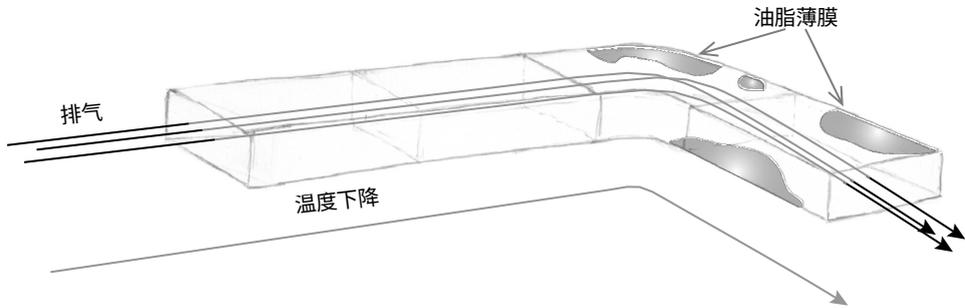
#### **蒸发液体的凝结**

在工业和商业厨房中，这些蒸发液体给工艺废气带来很大问题。因为这些蒸汽不仅会造成气味污染，而且当废气冷却时，它们还会再次凝结。蒸发液体随后会从气态转变为液态。这种现象在大型工业企业和大型酒店中尤为明显。为什么？因为大型建筑中的废气管道往往很长。

#### **卫生问题及长排气管道带来的火灾隐患**

无论是大型酒店厨房的烹饪过程，还是工业企业的加工过程，直接在工艺过程中采集并抽吸的空气，都必须通过非常长的排气管道输送，最终离开建筑物并通过大型通风设备排出。在通过通风管道的漫长过程中，空气会逐渐冷却。蒸发后的液体凝结并沉积在排气管道和通风设备中。这些沉积物不仅构成卫生问题，还存在火灾隐患。

## 长排气管道及其危险



在向外流动的过程中，空气不断冷却。蒸汽因此凝结，并在排气管道内形成水和油脂薄膜，成为微生物的滋生地和潜在的火灾源。

图19

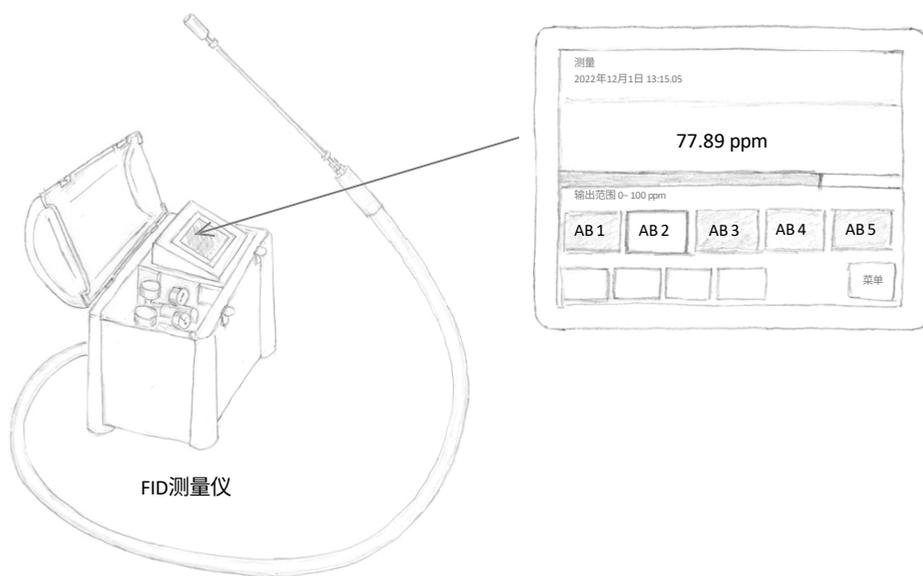
### 欧洲标准要求注意蒸汽及其凝结

不含气溶胶和颗粒的空气并不一定是干净的。通常被认为是气味污染的，大多是蒸汽。因此，欧洲标准如 DIN EN 16282 要求，除了通过过滤器和分离器对商业厨房的空气进行净化外，还必须注意蒸发液体及其凝结！为此，必须对这些浓度有时非常高的物质进行测量和分析。

## 3.2. FID测量仪可在空气污染分析中提供帮助！

通过FID测量仪可以获得空气中蒸发液体含量的参考值。FID是火焰离子化检测器的缩写。FID 测量仪可帮助确定蒸发挥发性有机化合物的含量。俗称“总碳”，指的是空气中的蒸汽状碳氢化合物。例如，如果我们想知道加油时有多少蒸发燃料进入我们的鼻子，这种测量仪就是理想的设备。FID 测量仪在分析制造业或食品生产设备中的蒸发冷却剂和润滑剂方面也同样有用。

### 测量颗粒物和蒸汽量



当前蒸汽量的测量结果将显示在显示屏上。

#### 空气污染分析

分析上述工艺的废气，实际污染通常由空气中悬浮的颗粒物和蒸汽的总和决定。这种综合分析的结果往往显示，每立方米室内空气中含有80毫克蒸汽和仅20毫克颗粒物。将此例应用到实际情况中，意味着每立方米室内空气中总共含有 100 毫克污染物。无论这种污染物是机械制造厂中的冷却剂和润滑剂，还是食品生产或酒店厨房中的炸油，我们在此处都可以忽略不计，因为问题和任务首先是相同的：我们必须处理这两者。

#### 误解

##### **蒸发液体无需测量。**

我们必须同时关注这些液体蒸发后形成的蒸气以及这些液体在空气中形成的气溶胶。通风技术和空气净化领域的一个常见错误是，根本没有对这些空气污染物进行测量和分析。即使进行测量，也仅限于气溶胶的颗粒浓度。几乎从未对蒸汽和气溶胶进行过联合分析。与巴伐利亚州职业安全协会的同事交流也证实了这一点。

在大型厨房的油炸锅或制造工厂的大型热金属屑收集容器或类似设备中，运行时都会升起白色的烟雾。从外观上看，这些烟雾与在家中煮水时升起的蒸汽非常相似。不同的是，工业容器中升起的蒸汽含有油、冷却剂或润滑剂。

这些物质常常是强烈异味的来源，却长期被忽视且研究不足。

#### **进行颗粒物和FID测量**

必须通过颗粒物和FID测量来研究此类排放物。因为从这些测量结果中可以推导出下一步措施：通过去除这些蒸气来净化空气。

#### **解决方案1：活性炭**

一种解决方案可能是使用活性炭过滤器。简而言之，活性炭就像一种分子过滤器。它具有高度多孔性，表面布满大量微小孔隙，能够通过吸附作用吸收蒸气。这样，蒸气就被吸附在活性炭的表面。然而，这种方法仅在活性炭未被冷凝过程中产生的气溶胶过度污染时才有效。

#### **使用活性炭的缺点**

活性炭过滤器通常在通风设备末端的排气管道末端使用。当废气到达该处时，温度已下降了几度，蒸气开始凝结。这会导致活性炭的众多微小孔隙迅速堵塞，从而失去效果。如果凝结的蒸气是油类物质，与活性炭结合后，会形成真正的火灾隐患！

## 活性炭的应用

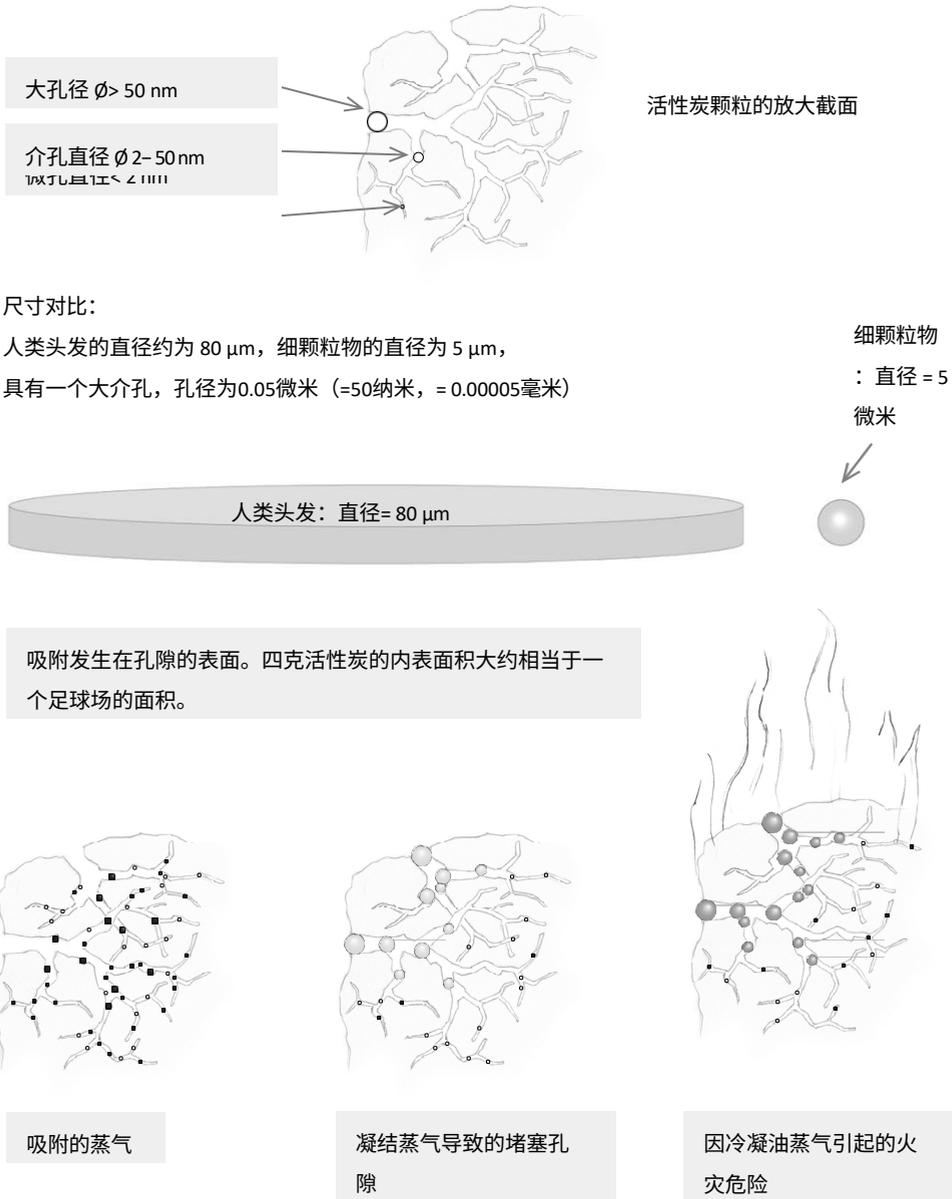


图21

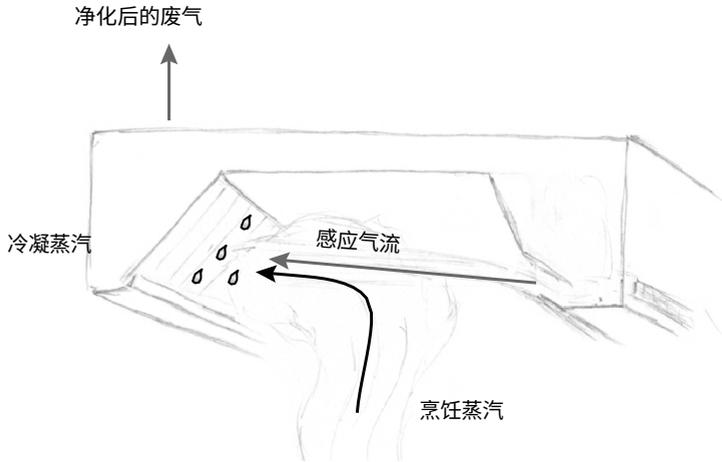
#### **解决方案2: 强制冷凝**

另一种控制蒸发液体并减少其量的方法是在收集和抽吸时直接进行强制冷凝。

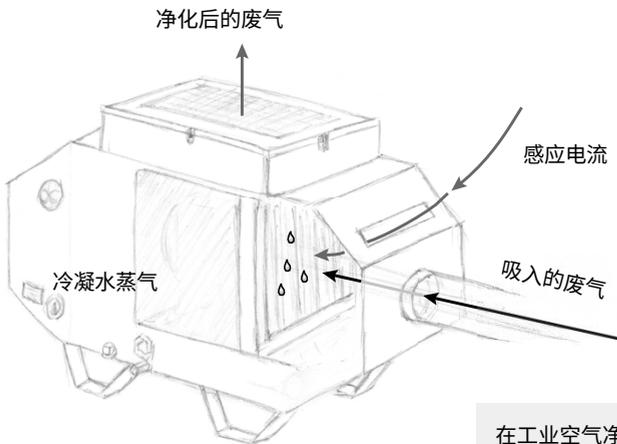
如第一章所述,我们在REVEN GmbH开发了不仅能吸气还能吹气的采集设备。在此过程中,待采集的空气连同气溶胶、病毒和污染物通过辅助吹送,以最快速度被输送到空气净化器、厨房抽油烟机 and 通风设备吸力最强的区域——即其吸气口所在的区域。

为此,我们开发了现代厨房抽油烟机和工业空气净化器,并配备了额外的辅助吹风装置。这样,在厨房抽油烟机中,上升的烹饪蒸汽能够快速直接地从烹饪设备流向过滤和吸气区域,并在那里被捕获或吸出。此外,我们还成功地强制蒸发液体冷凝。感应气流,即吹入的空气流,总是比要捕获的空气温度低几度。这种温差有助于我们在改进后的捕获罩和机床空气净化器中,在捕获和抽吸时直接引发蒸发液体的凝结。

## 强制冷凝



在厨房排气罩中：由于较冷的感应气流，蒸汽凝结并在通向排气管道的途中被分离。



在工业空气净化器中：通过较冷的感应气流，蒸汽在X-CYCLONE®分离器前凝结并被分离。

图22

#### **强制冷凝的优势**

如果工艺废气中不含蒸发液体和空气中的气溶胶，则该废气才是真正净化后的干净空气。同时，气味排放也减少到最低限度，并可通过后置气味过滤器完全中和。用于气味中和的技术包括紫外线、臭氧、活性炭或化学氧化系统。它们都有一个共同点：只有在废气中的气溶胶和蒸汽事先得到有效净化后，它们才能发挥其全部性能。只有这样，后续安装的额外技术才能真正实现完全除臭。更多内容请见下一章。



---

## 4. 病毒和异味如何 如何中和?



消除异味并彻底去除空气中的病毒和细菌是一项需要多步骤完成的任务。首先需要高效地捕获和抽吸，随后需要使用非常有效的气溶胶过滤器或分离器，在此过程中还需进行蒸汽冷凝，如前一章所述。只有严格遵循所有这些步骤，才能通过紫外线-C (UV-C) 或臭氧系统可靠且彻底地去除异味。

误解

**紫外线照射可以解决所有与病毒、细菌和气味相关的问题。**

在通风技术和空气净化领域，存在一个广泛且根深蒂固的误解，即认为无需过多关注从采集、抽吸、分离到冷凝等所有步骤。只需在空气净化器和排气系统中安装任何能产生紫外线的灯，一切都会好起来。许多市场竞争对手的承诺中都暗示了这一点，我经常听到这样的说法。

关于紫外线辐射技术在空气净化中的工作原理和效果，存在着许多误解和错误信息。首先，许多制造商并未向用户明确说明紫外线辐射的实际应用范围。一个需要特别关注的重要问题是：“使用紫外线C系统 (UV-C系统) 的目的是什么？”我们是想清除空气中的病毒和细菌，还是想去除废气中的油脂？我想您会同意，这里已经出现了不同的任务，从废气中去除病毒与去除油脂实际上是两回事。

因此，我们首先应该讨论一下，我们实际上希望在通风系统中使用紫外线辐射来做什么。选择哪种紫外线系统取决于具体任务。此类系统的不同任务可能包括以下内容：

- 物体消毒
- 中和空气中的异味
- 杀灭空气中的病毒和细菌

仅这三项任务就涉及三个完全不同的领域，每个领域都需要使用完全不同的紫外线C系统。目前尚不存在能够同时解决这三项任务的系统。

此外，还有一个被神话包围的任务，即所谓的“脂肪燃烧”。我们稍后将对此进行澄清。

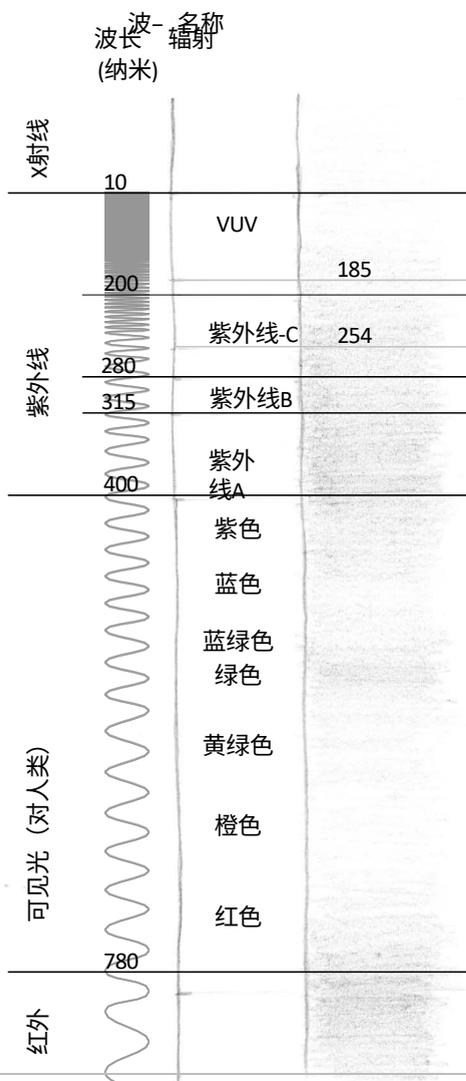
因此，我们需要一种专门为这些任务设计的紫外线C系统。但即使如此，该任务是否真的能够得到满意解决仍然是个问题。

## 4.1. 关于紫外线C辐射的误解

紫外线C系统经常被集成到室内空气净化器中。随着全球大流行病的蔓延，从2020年开始，市场被此类空气净化器彻底淹没。制造商向用户承诺，这些设备的紫外线辐射可以杀死危险病毒。但这种东西到底是如何工作的呢？

从外观上看，这类紫外线C系统与传统荧光灯管相似，例如大型办公室照明系统中常见的灯管。它们提供不同尺寸。当开启紫外线C灯管时，它不会像办公室照明那样发出白色光，而是呈现出类似日光浴床的蓝光。这种蓝光是人工产生的短波紫外线C辐射，波长约为250至280纳米。

## 电磁谱



## UV-A 和 UV-B

这些紫外线是唯一能到达地球表面的紫外线。人类依赖它们来合成体内维生素D。它们会导致皮肤变黑。然而，过量照射会对健康造成危害，既包括短期危害（晒伤风险），也包括长期危害（皮肤癌风险）。

## 紫外线C

用于灭菌的人工产生的紫外线C光，波长为250至280纳米。尤其是254纳米，非常适合破坏微生物的遗传物质。紫外线C对人类也有害。

## V (真空) 紫外线

从紫外线光谱中人工产生波长为185纳米的光，用于生成臭氧。该方法仅适用于特殊石英管。

图 23

##### **波长因素**

对于紫外线-C系统而言，辐射的波长范围至关重要，因为只有这样才能杀死细菌和病毒，或通过破坏其遗传物质使其无法继续繁殖。这一知识在医疗技术领域已应用多年，例如用于手术器械和医疗工具的消毒。这些消毒设备通常是矩形盒子，外观类似于市售的微波炉。这些盒子内置有紫外线C灯管，可将内部空间照射在250至280纳米的波长范围内。将物品放入这种紫外线消毒器中，就会受到紫外线C的照射而得到消毒。

##### **时间因素**

这些紫外线C消毒器的数据表中反复指出，完全杀菌，即消毒，只需约30秒的照射时间即可实现。

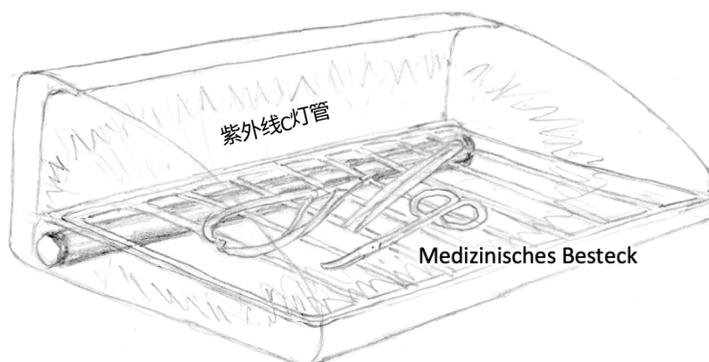
大多数紫外线-C消毒器可设置消毒时间为30秒至60分钟，与家用微波炉的时间设置类似。

##### **波长+ 时间= 期望效果**

因此，我们确定了第一个应用领域，该领域已有许多技术解决方案、产品和经验：如果要彻底杀灭剪刀、刀具、钳子、针等物品上的病毒和细菌，我们需要波长范围约为 250 至 280 纳米的人工紫外线辐射。此外，这些物品必须至少暴露在这种辐射下30秒，才能真正达到无菌状态。因此

至少这是紫外线C (UV-C) 消毒器制造商的建议, 这些消毒器在医疗技术领域已应用多年。

## 紫外线消毒器中的消毒过程



这种现代灭菌器采用两步工作流程:

- 紫外线C辐射 (254纳米) 至少持续30秒, 以破坏微生物的遗传物质。
- VUV辐射 (185纳米), 通过臭氧彻底杀死微生物。

图 24

我们应该或必须从中得出哪些关于通风技术和空气净化技术的结论?

实际上, 答案非常简单明了: 如果我们要杀死空气中的细菌和病毒, 就需要使用相同的紫外线辐射, 并且这种辐射必须在一定时间内作用于病毒和细菌。

误解

**空气的消毒与物体的消毒原理相同。**

虽然听起来很简单且合乎情理，但通风技术却由此出现了问题。通风设备和空气净化器中存在流动的空气，而不是在消毒过程中保持静止半分钟的物品。空气在通风设备和空气净化器中以至少每秒一米的速度流动。空气流中的一切，包括细菌和病毒，每秒至少移动一米。在许多设备中，移动距离甚至更大，达到每秒两到五米。

## 空气在1秒钟内的移动距离

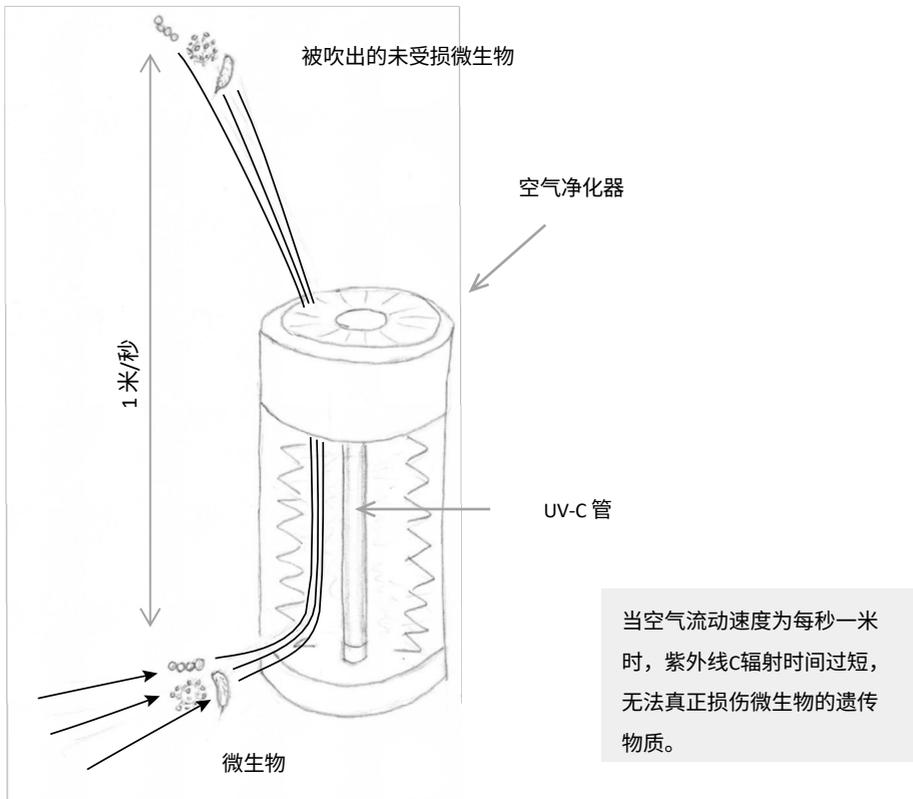


图25

这一情况已经构成了第一个问题和重大挑战。正如我们在医疗技术中对灭菌器的描述中所学到的，建议将细菌和病毒暴露在紫外线辐射下至少三十秒。我们在通风系统中如何实现这一点？

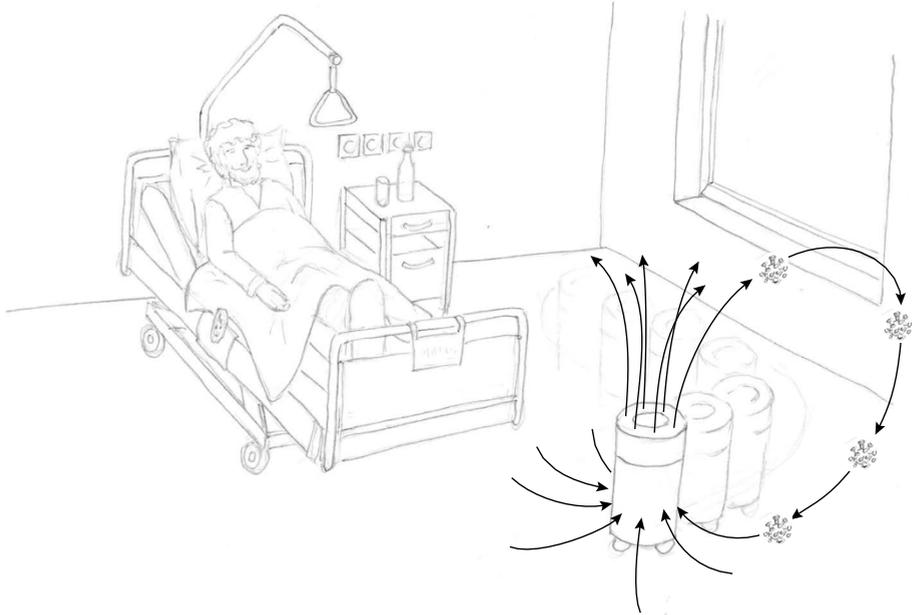
对于风速为每秒一米的排气系统，需要一个长达三十米的排气管道并配备紫外线C灯管。然而，您不会找到这样的系统。配备紫外线C灯管的通风设备和空气净化器通常长度不超过一米。因此，很容易计算出这些设备中随空气传输的细菌和病毒暴露于紫外线辐射的时间：在这种系统中，辐射作用于病毒和细菌的时间仅为一秒钟。对于消毒而言，这段时间远不足以杀灭病原体。

因此，仅仅将紫外线C灯管安装到通风设备或空气净化器中是不够的，而且通常也没有意义。那么该怎么办呢？

一种方法是将空气持续送入紫外线C灯管区域至少半分钟，以确保足够的照射时间。

#### **实际案例：消毒机器人**

*新开发的医院消毒机器人基本上就是这么干的。这些设备是在疫情期间开发的，可以在病房里用。它们会自动开进房间，清理室内的空气。它们先吸进空气，然后再吹出来。在这个过程中，空气会受到紫外线照射。这个过程会在房间里持续一段时间。想必您已经猜到了，这样可以实现至少三十秒的消毒时间。*



只有当相同的空气在消毒机器人（简化图）中以“循环”方式通过时，其中包含的医院细菌才能被紫外线辐射杀灭。

## 病房中的消毒机器人

图26

然而，这一过程只能在封闭的空间中进行，即机器人能够在一定时间内反复吸入、照射并排出相同空气。如果是一个通风的空间，新鲜空气被吹入，而污染的废气被抽出，情况则完全不同。

### 时间不够

即使是简单的小型空气净化器，吸入、净化和排出空气的时间也仅需一秒钟左右。因此，很明显，在这种紧凑型

空气净化器中，仅通过紫外线-C辐射来杀菌是绝对不可能的。时间根本不够用。

### 悬浮颗粒过滤器的应用

通过安装悬浮颗粒过滤器，可以提升紧凑型空气净化器的性能。这些过滤器是高性能过滤器，能够过滤空气中的极小颗粒以及病毒和细菌。当紫外线（UV-C）辐射足够长时间照射这些高性能过滤器时，过滤器上的病毒和细菌即可被杀死。

### 辅助工具：悬浮颗粒过滤器

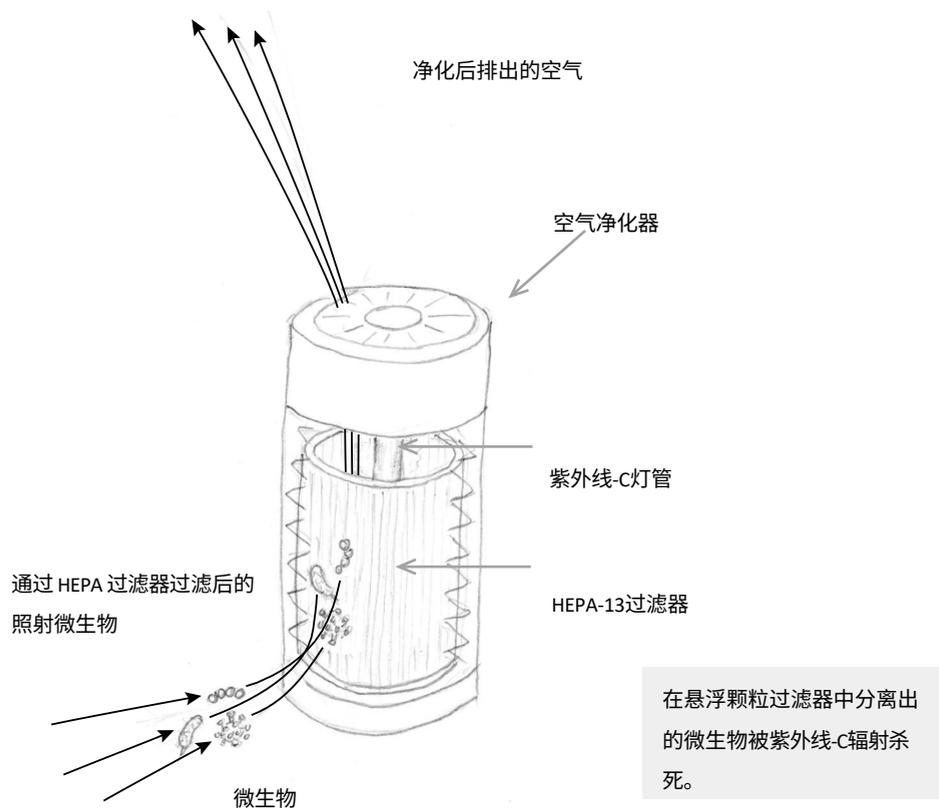


图27

有许多类似的例子。归根结底，关键在于让合适的紫外线辐射作用于病毒和细菌足够长的时间，以充分破坏其遗传物质并阻止其繁殖。只有通过完全杀灭，才能实现真正的灭菌。从科学角度更精确地概括这一现象如下：

*辐射对病毒和细菌具有致命作用，前提是辐射强度  
足够且作用时间足够长。*

#### **辐射强度因素**

辐射强度取决于管子，更确切地说，取决于每平方米照射面积的功率。我们使用的功率越高，所需的作用时间就越短。如果使用功率较低的紫外线 C LED，每盏 LED 灯的功率只有几瓦，则需要相应较长的作用时间。这种相互作用相对简单：辐射功率越高，照射时间越长，消毒效果越好——反之亦然。

现在我们来谈谈如何从废气中去除油和脂肪，以及紫外线C辐射在此过程中能发挥的作用。在深入探讨这个问题时，我们遇到了通风技术和空气净化领域最大的误解之一。然而，这更像是一个谜团而非误解，可以用以下问题来描述。

## 4.2. 紫外线C辐射能去除气溶胶吗?

如果相信许多通风技术制造商的说法，答案是肯定的。人们常说，紫外线-C管发出的紫外线能够去除废气中的油和脂肪。这个谜团在商业厨房通风领域尤为普遍。据一些制造商称，保持厨房通风无油无脂的并非我在第二章中介绍的空气颗粒物分离器，而是紫外线C系统。

如前所述，空气中的油脂可以以气溶胶形式或蒸发形式存在。

误解

**紫外线C (UV-C) 辐射可去除空气中的油脂。**

许多制造商声称，在厨房排气系统中安装合适的紫外线-C系统，可以从气流中分离出所有形式的油脂，并使厨房通风系统完全无油无脂。

听起来很棒，对吧？遗憾的是，迄今为止，这些突破性的空气净化特性尚未在任何科学层面上得到验证。

我们现在知道，使用紫外线 C 辐射可靠地消除细菌和病毒是多么复杂的事情。而使用紫外线辐射清除空气中的油和油脂的微粒和液滴则是完全不同的事情！

首先，这些空气污染物的大小和特性就大不相同：病毒比油雾小得多。此外，病毒和细菌不会轻易蒸发或分解。紫外线辐射会严重破坏它们的遗传物质，使其无法繁殖并最终死亡。

在清除废气中的油和油脂时，有人声称这些物质会完全溶解并消失——至少这是那些夸张的承诺！这种说法是如何成立的？

误解

**脂肪通过光解作用完全分解。**

关于这一问题，制造商们提出了各种离奇的论断。例如，他们声称紫外线专用灯能够通过光解作用分解空气中的脂肪污染物。据称，此过程可将脂肪污染物减少95%，并将脂肪转化为最终产物——氧气、二氧化碳、水和粉尘状残留物。

当询问这些说法是如何通过测量来验证和确认时，得到的回答总是：“我们观察到的是这样！”或者“我们安装这种设备已经很多年了，我们一直观察到的是这样，我们不会看错！”

在大多数情况下，没有任何测量技术、测量记录，也没有任何研究来支持这些说法和观察结果。这些承诺和保证是基于数十年的经验和自己的观察，这么长时间以来不可能是错误的。

### 实际案例：尾气排放值

大众集团在柴油发动机研发方面也有数十年的经验，并确信自己的发动机排放值不会出错。

这种过度热衷从何而来？为什么这么多制造商在商业厨房通风系统中采用这项技术？

因为这是一项极具利润的业务。购买管道并不困难，将其集成到排气系统中对任何稍有经验的电工来说都轻而易举，因此只需付出有限的成本，就能将厨房通风系统升级数千欧元！

### 误解

**厨房通风系统在任何情况下都会因使用紫外线而得到提升。**

然而，这里出现了一个问题：系统真的得到了升级吗？油脂真的能被 95% 可靠地清除吗？用户通过这笔额外投资真的获得了可持续的附加值吗？

要认真回答这个问题，必须先查看事实。只有这样，我们才能尝试回答之前提出的问题。为此，我们列出了关于这些误解的所有可靠事实：

#### 1. 紫外线系统必须产生臭氧

只有使用正确的紫外线C管，紫外线C系统才能对商业厨房排气中的油脂产生影响。这些管必须能够发出波长低于200纳米的紫外线辐射。只有管

由合成石英玻璃制成。这里的关键在于，波长为185纳米的紫外线不会被这种玻璃过滤，从而能够透过。这是产生臭氧的基本条件。

## 2. 臭氧用于氧化脂肪和油脂。

使用正确的管路和适当波长的辐射时，通风系统中会产生臭氧。臭氧对于对油、脂肪及多种其他物质产生作用至关重要。然而，它是一种极强的氧化剂。因此，它对健康有害，甚至被怀疑具有致癌性。但在厨房排气中，可以尝试用臭氧氧化油脂。但我在此特别强调：这只是可以尝试！

### 美国研究报告

最近来自美国的最新研究表明，这种氧化作用确实存在，但效率并不高。油脂仅部分被氧化，而关于油脂可以被完全去除的说法并未得到这些研究的证实。相反！由于臭氧的高危险性，更值得探讨的是，在这种系统中生产臭氧是否会对环境造成更大的危害而非带来益处！相关研究报告于2020年由ASHRAE（美国供暖、制冷与空调工程师学会）发布，标题为《研究项目1614：确定UVC系统对商业烹饪废气的影响》。

## 3. 有效去除油脂

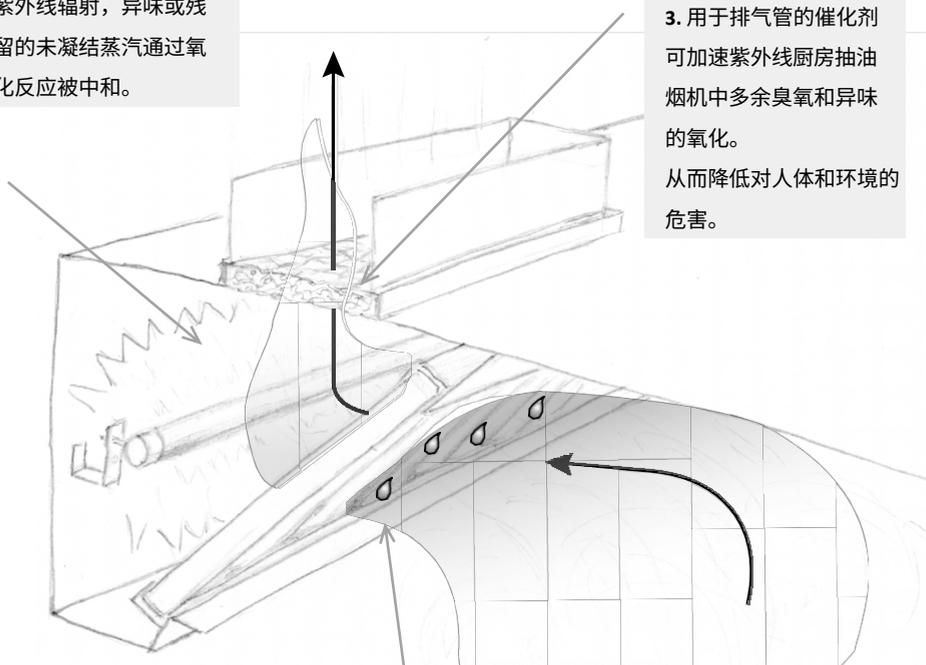
由于臭氧对油脂的影响较小，因此在厨房排气系统中，应重点关注通过过滤器和分离器对排气进行收集、抽吸和净化，从而最大限度地去除排气中的油脂。如果排气还伴有强烈气味，这与蒸发的

油和脂肪有关。为此——且仅为此——可以在有限范围内使用产生臭氧的紫外线C系统。但在此过程中，不得忽视此类系统的潜在危险。

## 厨房排气罩中紫外线辐射的合理应用

2. 通过使用产生臭氧的紫外线辐射，异味或残留的未凝结蒸汽通过氧化反应被中和。

3. 用于排气管的催化剂可加速紫外线厨房抽油烟机中多余臭氧和异味的氧化。从而降低对人体和环境的危害。



1. 通过分离器以 99.999% 的分离效率分离冷凝蒸汽或油脂/油雾。

图 28

#### 4. 臭氧具有潜在致癌性

紫外线C (uv-c) 设备通过辐射产生臭氧, 具有极高的潜在危险性。然而, 商业厨房的用户对此危险的认识严重不足, 更不用说在预防健康风险方面接受详细指导了。如前所述, 这种辐射会损坏病毒和细菌的遗传物质。然而, 这种遗传物质损伤作用不仅限于病毒和细菌, 也影响暴露于该辐射的人类。产生的臭氧是一种有害健康的气体, 且被怀疑具有致癌性。

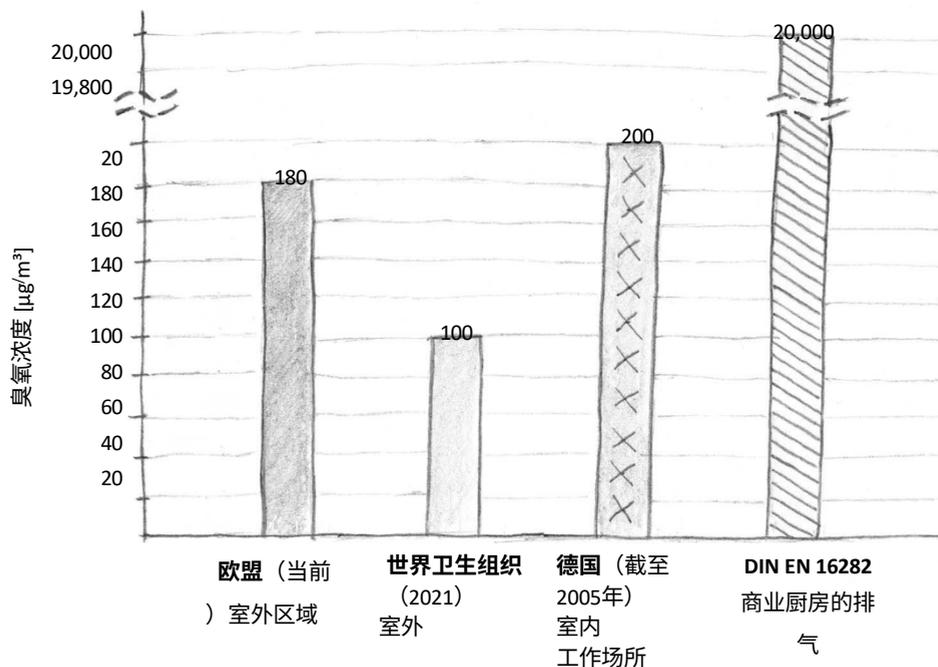
因此, 德国已经取消了室内臭氧浓度限值。在城市中, 当室外臭氧浓度过高时, 还会定期发出臭氧警报。当浓度较高时, 建议居民不要在室外进行体育活动, 尽量呆在家里。然而, 在许多通风技术和空气净化解决方案中, 恰恰使用了会产生此类有害气体的辐射。

#### *实际案例: 厨房通风*

*我已经多次亲眼目睹, 厨师们告诉我, 他们厨房排气罩上的滤网后方安装了荧光灯管, 并且不确定这些灯管是否还能正常工作。当我告诉他们和他们的厨房工作人员, 这些并不是荧光灯管, 而是会产生危险辐射并释放有害气体的紫外线C系统时, 我看到他们脸上不止一次露出惊恐的表情。*

以上是部分事实的列举, 并不完整, 肯定还有许多方面需要补充。

## 臭氧限值



**欧盟：**每日一小时内最大暴露量（1小时平均值），超过该值时需向公众通报



**世界卫生组织 (WHO)：**每日八小时的最大暴露量（8小时平均值）



**DE (截至2005年)：**每日最大允许浓度 (MAK)。自此，德国不再对室内工作场所的臭氧浓度设定限值，因臭氧被怀疑具有致癌性。  
在瑞士，200  $\mu\text{g}$  的 MAK 值仍然有效。



**根据DIN EN 16282标准，**厨房排气罩中排出的空气中臭氧浓度上限为20,000微克。这是德国工作场所限值的100倍（有效期至2005年）！或是世界卫生组织 (WHO) 规定的室外8小时平均值的200倍！

图29

测量技术就是另一个例子。您可能无法想象，有多少制造商销售产生臭氧的系统，却没有合适的测量技术来确定危险臭氧气体的浓度。

#### 误解

**油和脂肪溶解是因为它们无法（使用特定技术）进行测量。**

还有些制造商使用合适的颗粒测量技术，声称可以提供所有油和脂肪已被清除的可追溯证明。在这种情况下，通常只需进行简单的温度测量即可。为什么？在某些系统中，排气管道或厨房抽油烟机中安装了数十根紫外线灯管。这些灯管在运行时会变得非常热，从而加热整个周围空间。这会导致许多油脂蒸发。





---

## 5. 如何使气流可视化?



2020年疫情暴发之初，我们在德国观察到一个“引人注目”的趋势。不仅紧凑型空气净化器的供应量突然激增，德国还突然涌现出数百名通风专家和空气动力学家。成千上万幅描绘大型办公室或教室内空气流动的图表应运而生，并被广泛展示。这些图表有什么共同点？它们色彩鲜艳，上面布满了箭头。这些箭头大多指向角落里放置的空气净化器，其作用是清除室内空气中的病毒和有害物质。

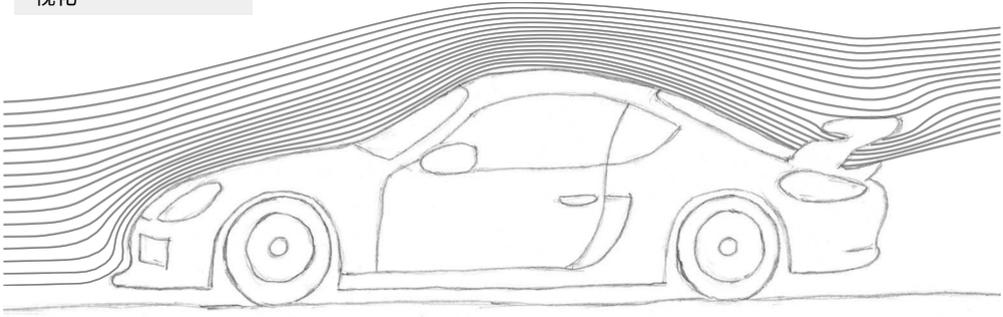
从第一章我们已经知道，吸入物体是非常复杂的。仅凭这一点，我们应该已经清楚，角落里的空气净化器根本无法吸入整个教室或开放式办公室的空气。无论空气净化器上标有多少彩色箭头指向房间，空气都不会流向那里（见图5）！

因此，大多数这些彩色图形只是纯粹虚构的空气流动，与现实毫无关系。那么，如何确定并可视化这些空气流动的实际路径呢？

### **空气流动分析的基础研究**

柏林工业大学赫尔曼·里茨谢尔研究所（Hermann-Rietschel-Institut）在该领域开展了广泛的基础研究。该研究所的代表就空气流动分析及通风措施的有效性发表了如下观点：“为了评估室内空气更新及污染物排放的整体效果，以及在每个空间点上的具体效果，我们采用所谓的通风效率指标。该指标可通过数值流体模拟和/或测量技术确定。在所有项目中，我们均采用这些方法来评估室内空气流动并开发新型高效通风方式。”

赛车空气动力学可  
视化



在飞机和赛车制造中，流体动力学模拟早已为人所知。如今，空气流计算和可视化技术也被用于优化室内空气技术。

---

## 空气流动可视化

图30

这对我们意味着什么？我们需要进行气流模拟并采用相应的测量技术。我们在前面的章节中已经提到了这一点，例如在讨论气溶胶过滤或紫外线-C技术时。这种方法如何应用于气流？

## 5.1. 关于空气流动的彩色图片的误解

这些色彩斑斓、箭头纵横的图片既不是数值流场模拟，也不是基于一系列复杂测量数据得出的结果。在大多数情况下，这些只是对气流的自由想象，与实际情况毫无关系。它们完全是凭空臆想，与现实完全不符！

### 误解

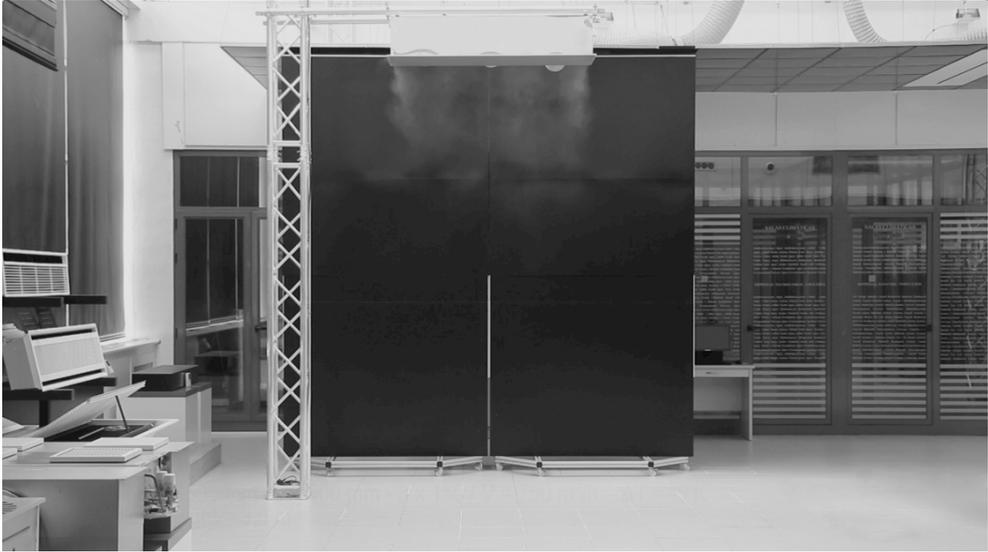
**气流的流动路径是可以预测的。**

在通风技术领域，一个普遍存在的误解是，人们往往过早地认为自己能够预知空气的行为。这种错误的解读和推论在产品开发过程中可能导致哪些问题，我们在第二章中已经进行了阐述。事实上，我们团队在开发X-CYCLONE®技术时也曾犯过同样的错误。

### SCHAKO CFD 技术中心

在我们的SCHAKO集团中，甚至专门成立了一个团队负责流体模拟和测量技术。在西班牙的SCHAKO IBERIA，我们建立了一个CFD技术中心。该团队主要专注于完成柏林工业大学赫尔曼·里特谢尔研究所精辟概括的任务！在我们的CFD技术中心，我们通过数值流体动力学模拟和合适的测量设备，使空气流动可视化。

## SCHAKO 实验室在实际应用中



进气气流可视化测试装置一瞥

图31

### 误解

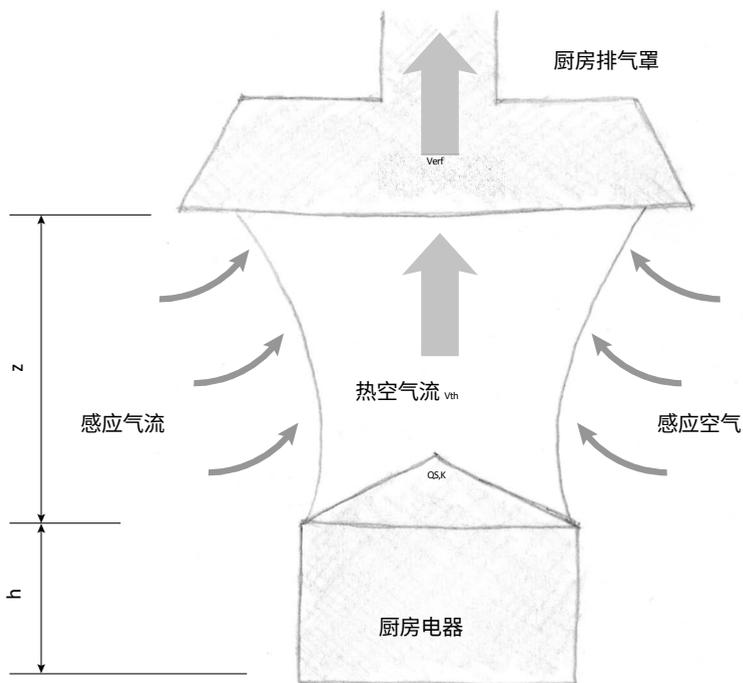
**可视化模型与现实相符。**

标准和指南也常常基于与“彩色图片”中相同的错误观念。例如，商业厨房通风指南VDI 2052以及在欧洲范围内适用的国际标准DIN EN 16282中也包含带有彩色箭头的示意图。这些图片展示了厨房的烹饪设备以及从烹饪设备到厨房排气罩的空气流动。指向房间的其他箭头旨在表示新鲜空气流入厨房的流动。这些箭头通常以笔直的垂直或水平线绘制，暗示着清晰界定的气流。

从烹饪设备垂直向上延伸的箭头，一直延伸到厨房抽油烟机，旨在表示在此处直接和立即被抽走的空气——这里不得不问，这与现实有什么关系？与实际气流几乎毫无关系。这是一个模型，旨在表示烹饪设备上方的热气流。这种热力作用会形成向上流动的空气流。该空气流被炊具上方的厨房抽油烟机捕获并抽走。这是 VDI 2052 标准中的模型。毫无疑问，这是一个可以推导出许多结论的模型。例如，基于该模型，可以确定计算和设计方法，以确定所需的排气量。借助这些模型，可以计算出厨房抽油烟机根据所使用的烹饪设备所需的最小排气量。

到目前为止，一切正常。然而，导致误解和误判的往往是这样一种假设：即这种流体模型与现实相符。遗憾的是，这种情况通常并不成立。

## 厨房通风的简单气流模型



根据VDI指南2052模拟的流体模型示意图:

箭头的显示和走向并不反映实际行为或实际气流走向

图32

### 气流的实际路径及其意义

如前所述，传统厨房排气罩和集气罩只能在非常有限的范围内直接吸走向上流动的烹饪蒸汽。这些蒸汽常常在传统集气罩内积聚，而未被立即吸走。因此，最初被捕获的蒸汽甚至可能再次从厨房排气罩中逸出。

该指令中提到的气流模型仅在非常有限的范围内反映了实际气流行为。这一情况也适用于其他指令和标准中的模型。与所有自然科学模型一样，在此也需要明确定义模型的范围，即其适用范围。如果将模型视为通用模型并理解为对实际情况的描述，这将导致根本性的误解！这些误解最迟会在专业且恰当的CFD模拟中显现出来。

## 5.2. CFD 模拟使气流可视化!

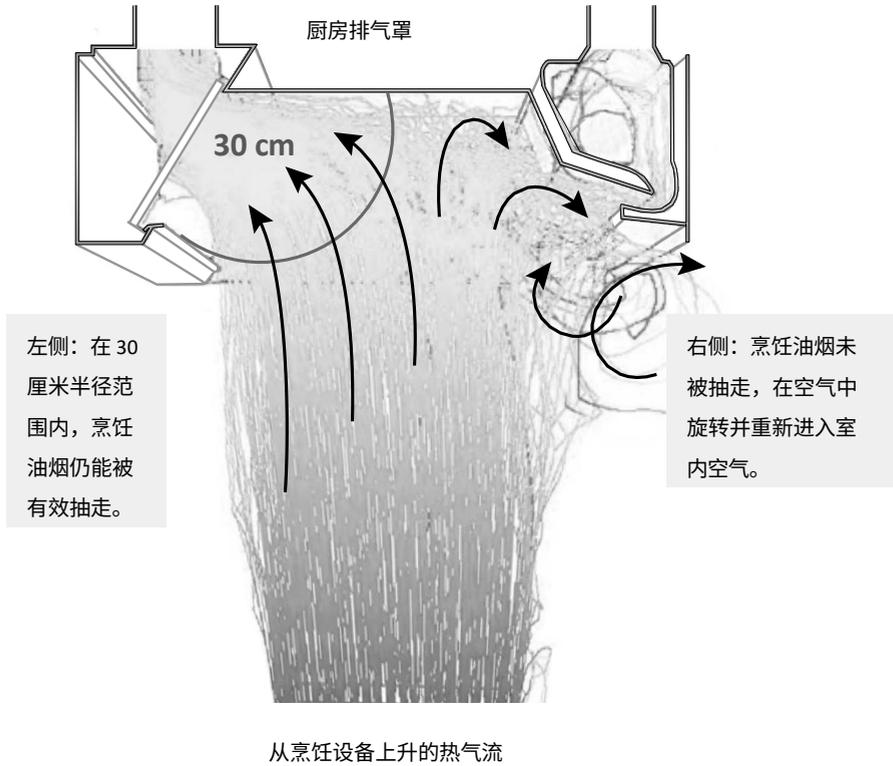
高质量的CFD模拟能够全面展示气流在整个区域内的所有物理参数。因此，通风系统的功能和效率也能够得到展示和验证。在第一章中，我们已经详细说明，传统的采集罩只能在吸气口周围的狭小范围内直接吸走向上流动的蒸汽。在距离过滤器和吸气口50厘米处，我们已无法通过测量检测到任何吸气现象。在CFD模拟中，这一点非常容易看出，通过空气流动可以确定蒸汽又从厨房罩中逸出。首先被厨房罩捕获的蒸汽和气流再次逸出，并未被抽吸!

误解

***在厨房抽油烟机中，所有上升的蒸汽都会被抽走。***

这一观察结果推翻了模型中关于所有从烹饪方向向上流入抽油烟机的空气都会被立即吸出的假设。关于如何应对这一问题以及基于这些发现需要进行哪些产品开发，我们在前面的章节中已经有所了解。

## 无感应气流的厨房排气罩的CFD气流图

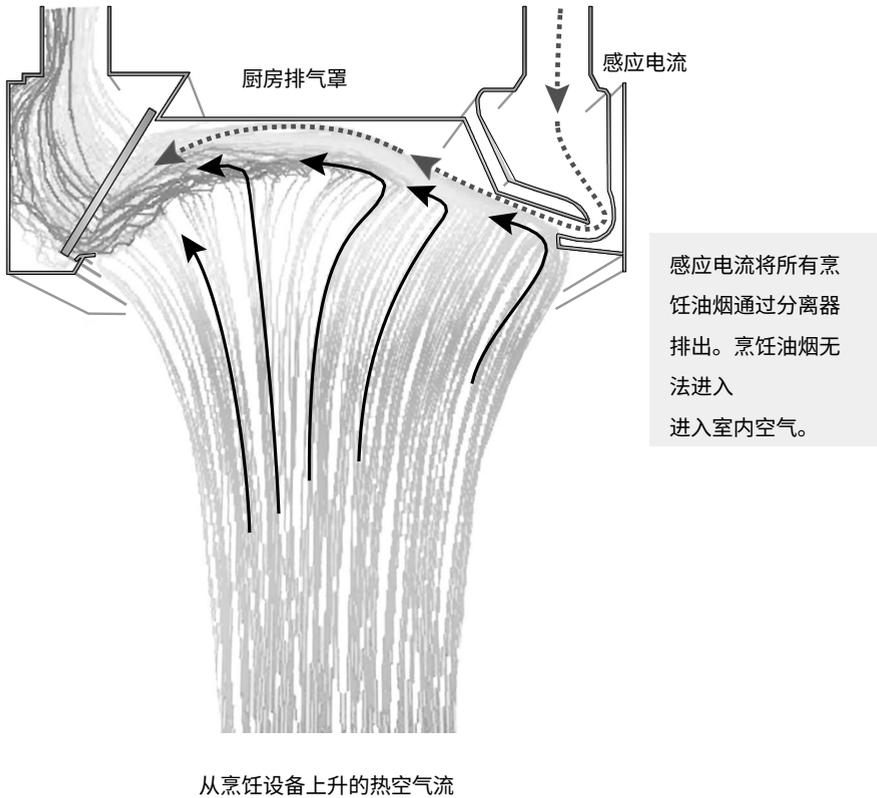


在这项对我们厨房抽油烟机内气流进行的 CFD 模拟中，可以清楚地看到，在烹饪强度较大的情况下，烹饪烟雾在抽吸半径之外旋转，然后再次进入室内空气。

图33

## 带感应流的厨房排气罩的CFD气流图

### 带感应电流



CFD模拟展示了感应电流的效率。

图 34

因此，在本章中，我们也可以看到目前在通风技术和空气净化领域存在着许多误解。我已经解释过，REVEN GmbH 在过去也曾存在过此类误解。在本系列的最后，再举一个例子：

在工业领域，使用所谓的“源风技术”向室内输送新鲜空气并不罕见。这是一种低强度的新鲜空气输送方式。也就是说，新鲜空气通常以较低的流速从带细孔的金属板中流入室内。此类源风系统非常适合对舒适度要求极高的场所，因为低风速可确保新鲜空气以安静且无气流的方式进入室内。理想情况下，还会形成所谓的层流。新鲜空气不会与室内空气发生强烈混合，而是由于这种巧妙的引入方式，室内空气中会形成新鲜未消耗空气和已消耗或污染空气的两层。在理想情况下，这些不同的空气层之间的相互影响和干扰尽可能小。如何在实践中实现这一点？许多制造商通过类似于 VDI 准则模型中的许多箭头和“彩色图片”来解决这个问题。

大约 20 年前，我们 REVEN 也曾被这种模型的谬论所迷惑。我们设计了新的送风产品，其中集成了多层金属板。这些金属板是穿孔板，即带有成千上万个孔的金属板。这些孔用于使气流趋于直线。我们认为，新鲜空气流应被均匀分散，以便缓慢而均匀地“飘入”房间。这可以想象成淋浴喷头的工作原理。在那里，来自水管的强劲、集中的水流被均匀分散，并以较小的压力从淋浴喷头中喷出。

### *实践案例：源风系统——我们的假设*

*基于这个原理，我们在大约 20 年前开发了 REVEN® 源空气系统，因为我们的团队 100% 确信，这种系统只会将非常细小的新鲜空气“流淌”到房间内，并在那里形成与废气明确分离的层流，这两股气流不会相互影响。与上述许多案例一样，*

模型示意图：漂亮的蓝色箭头显示了新风如何直线流入房间，并在其中形成一层新鲜空气层，而不会干扰红色箭头所示的排风，从而使排风能够不受干扰地流入采集罩，并在那里被直接采集和抽走。

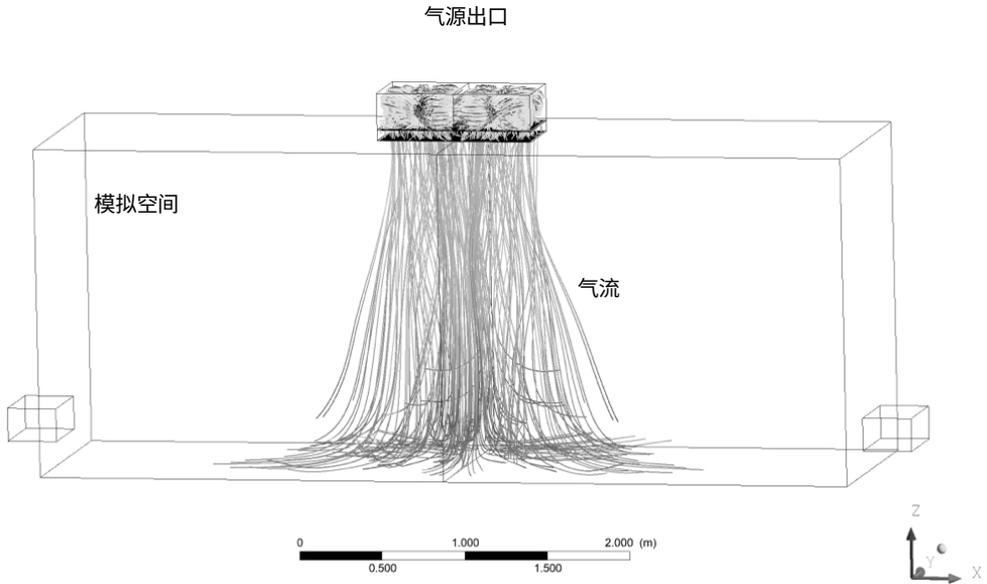
#### **实际案例：源风系统——疑虑**

我还记得2017年，我向西班牙SCHAKO CFD团队的一位专家介绍我们的源风产品时，我用许多色彩鲜艳的箭头图向他解释了我们的送风产品所具备的功能。当他仔细查看我们的设计并分析相关设计图纸时，他产生了怀疑，这很快打消了我的乐观情绪。“斯文，我们必须进行模拟和测量，我对你刚才的解释有些怀疑。”我还能说什么呢？他确实是对的！

#### **实际案例：气流系统——现实情况**

当技术人员向我展示他的首次CFD分析结果时，我简直惊呆了。在最后一块穿孔板的空气流过之后，进来的新鲜空气迅速扩散开来，形成了一层与从天花板直流向地面的锐利分界面完全相反的空气层。我简直不敢相信CFD分析的结果。随后，技术人员在流体实验室对我们的旧送风源出口进行了测量，并借助雾机使气流可视化。该测试结果与CFD分析完全一致。至此，我终于明白，REVEN的分析完全错误！

## CFD分析我们的源出口



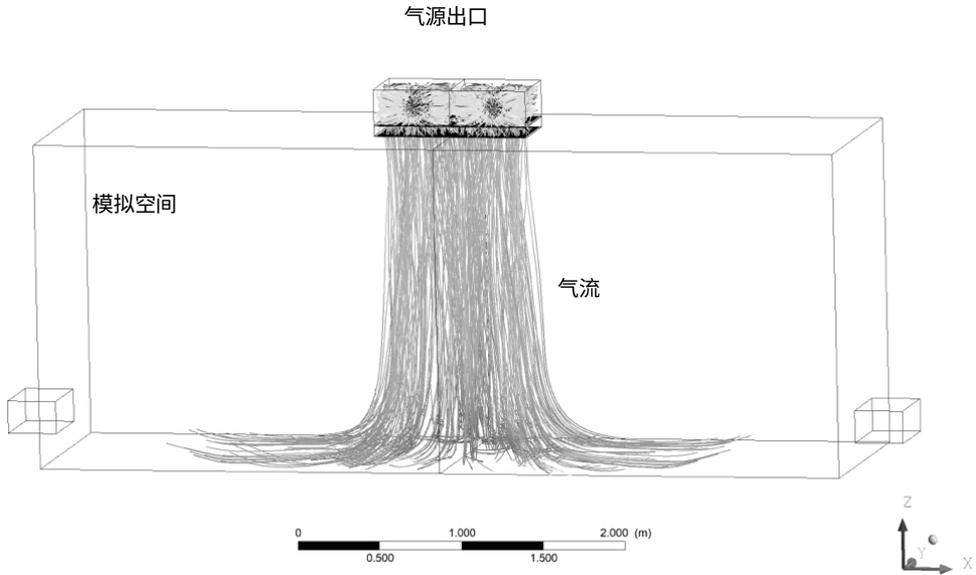
CFD模拟显示了从天花板流入的送风的扩散情况。

图35

### 实际案例：源风系统——借助 CFD 实现优化

秉承“危险可预见，危险可避免”的理念，我们于2017年开始做我们从一开始就应该做的事情。我们通过 CFD 模拟和测量技术优化了送风产品的效率，最终实现了与彩色图片中从天花板向地板方向延伸的蓝色箭头非常接近的效率。

## 优化气源出口



CFD模拟显示了新风如何从天花板直线流向地面。

图36

然而，为了实现这种气流路径，我们进行了大约12个月的工作，进行了大量CFD分析和气流模拟。最终，我们设计出了一个真正高效的送风系统，完全没有误解。非常感谢SCHAKO CFD团队！

## 高效送风系统气流可视化展示

---



在 SCHAKO 实验室中，通过雾化机使送风可见。可以看到，送入的空气轻轻地向下流动。

通过 CFD 分析优化风口设计取得了显著成效。

图37





---

## 6. 如何测量空气污染?

?



多年来，人们一直认为污染的空气对健康有害。在疫情期间，我们了解到病毒污染的空气对我们的健康有多么危险。因此，我在此列出可能污染空气的物质。空气污染物包括：

1. *病毒和细菌*
2. *细颗粒物、真菌孢子和花粉*
3. *气体和蒸汽*

#### **颗粒物和气溶胶**

根据世界卫生组织（WHO）的信息，空气污染对人类健康的影响最为严重。因此，美国于1987年制定了所谓的PM标准。PM代表颗粒物，指空气中固体或液体的颗粒含量。这些固体或液体的颗粒通常是气溶胶的组成部分。因此，气溶胶是空气与颗粒物的混合物。在此领域也常存在误解，相关术语常被混淆。

#### **误解**

**气溶胶是颗粒的同义词。**

悬浮在空气中的颗粒本身还不是气溶胶，只有与周围空气结合后才会形成气溶胶。PM10 指的是空气中直径为 10 微米（0.01 毫米）及以下的微小颗粒。相比之下，人类头发的直径约为 50 至 80 微米（0.05 至 0.08 毫米）。需要注意的是，这些悬浮的 PM10 颗粒可能由固体灰尘颗粒和微小的液态油滴组成。简而言之，气溶胶总是由气体（通常是空气）和悬浮在空气中的固体或液态颗粒组成。

## 气溶胶的大小和组成

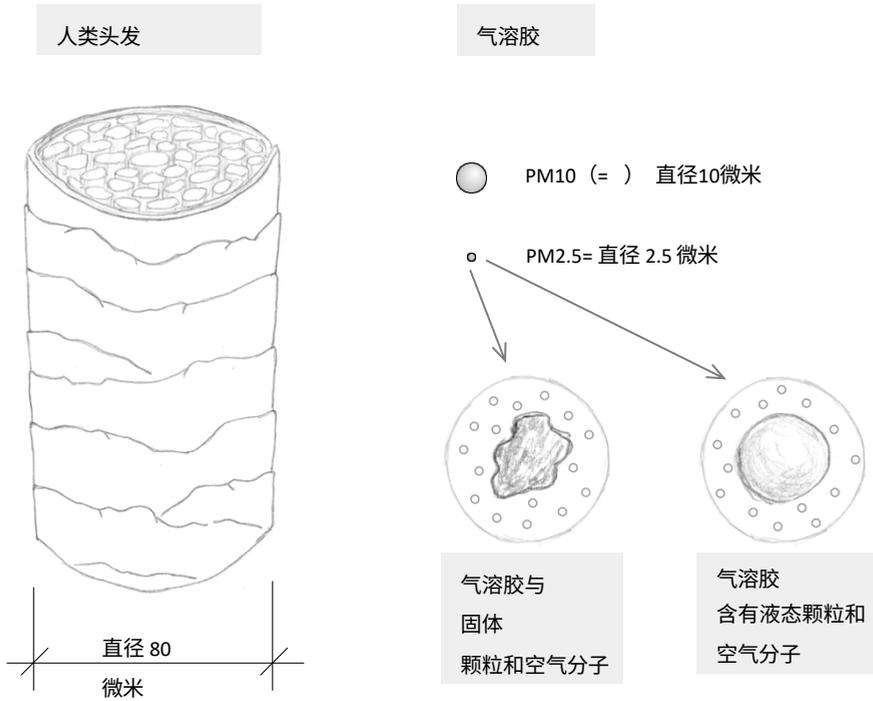


图38

PM10 或 PM2.5 的标注指的是颗粒的大小。数字表示直径的微米数。这里也要特别注意，以免产生误解！

## 误解

**根据 PM 数据可以推断出颗粒的实际形状和大小。**

直径的数值实际上假设颗粒为球形。但这怎么可能呢？灰尘颗粒、沙粒、病毒和所有其他空气污染物都是球形的吗？当然不是！这些颗粒往往具有完全不同的形状！

### PM值与单个颗粒的对应关系

那么，所有这些颗粒物如何能够被定义为PM10、PM2.5或PM1呢？这可以通过一个技巧来实现：将具有任意几何形状的实际颗粒与具有球形几何形状且在空气中表现与实际颗粒相同的颗粒进行比较。在此过程中，会考虑颗粒的流动行为、扩散行为以及密度等因素。观察在这些方面与实际颗粒表现相同的几何球形颗粒。因此，具有相同流动和扩散行为的球形颗粒可定义为 PM10、PM2.5 或 PM1。以这种方式确定的直径在科学上也称为空气动力直径。

## 颗粒的类型、形状和大小

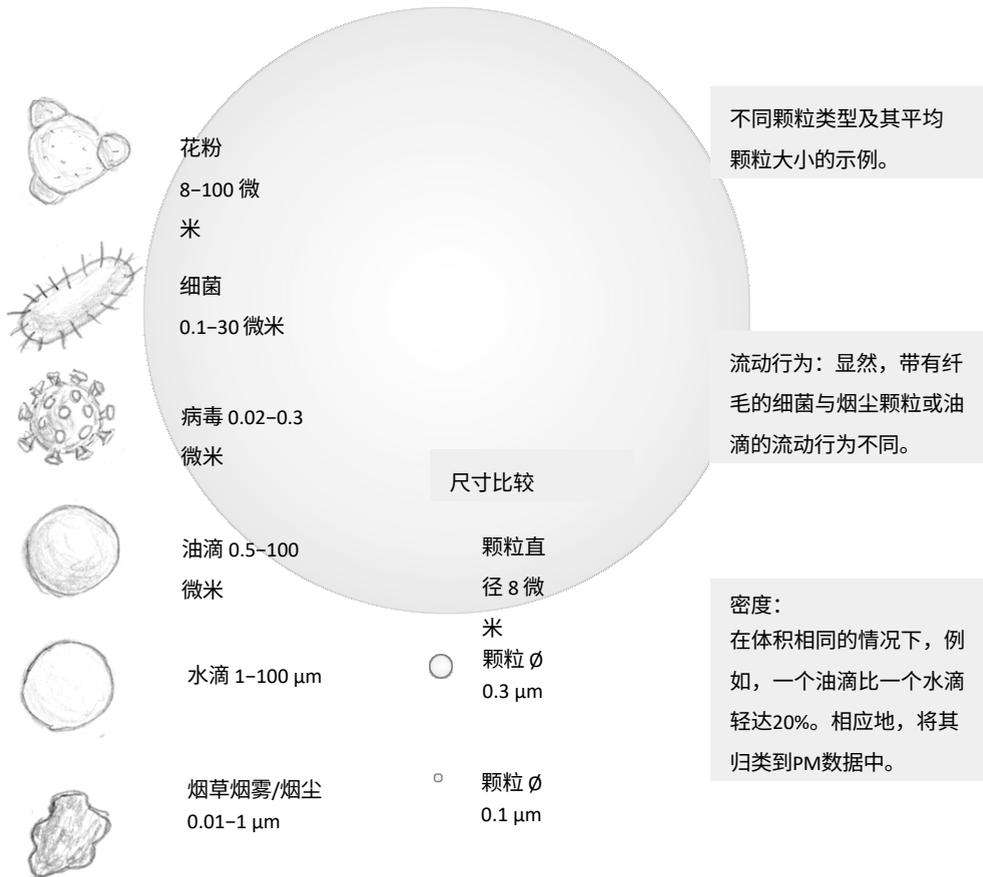


图39

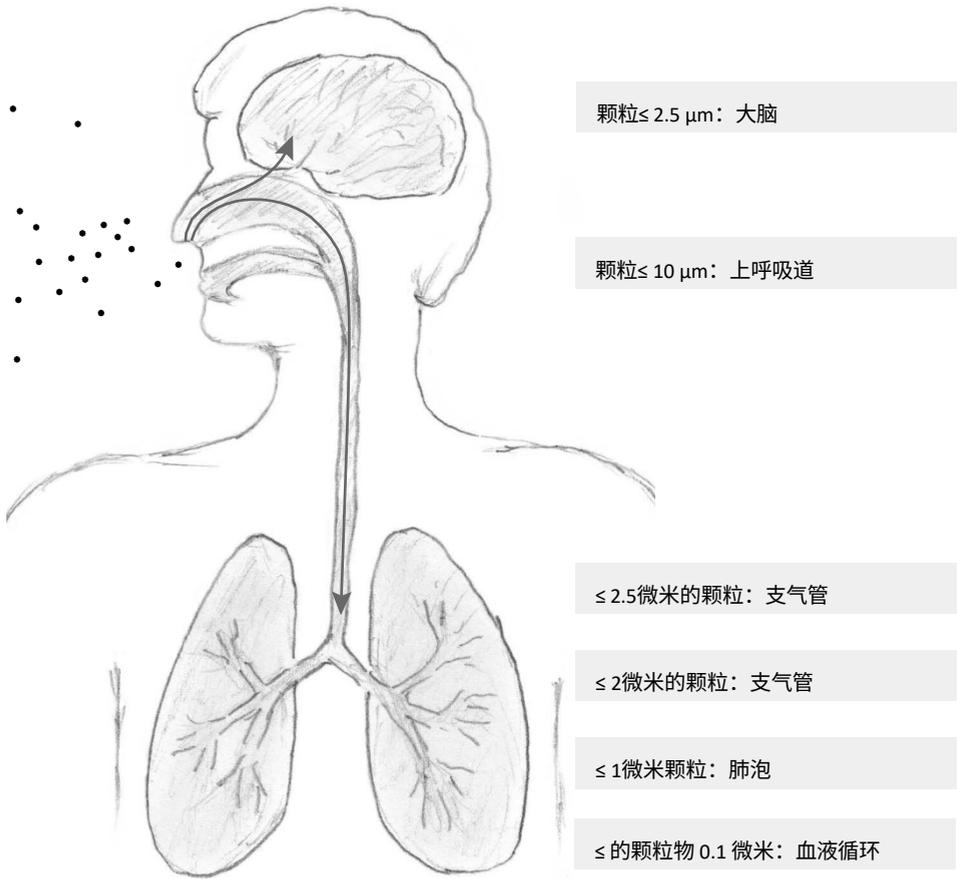
### **PM10颗粒可被吸入**

1987年，美国制定了空气污染标准，最初开始研究PM10范围内的空气污染，即直径为10微米及以下的颗粒物。为什么选择这个尺寸范围？因为这种尺寸的颗粒物在吸入时无法被口腔和鼻腔过滤和分离，会直接进入肺部。

### **PM2.5颗粒物可进入肺泡**

现在，这一范围已进一步缩小到 PM2.5。健康保护也是这里的关键因素：小于 2.5 微米的颗粒可以进入我们的肺泡。如果空气污染能够进入我们身体的最深处，可以想象它们会对我们的健康产生什么负面影响。

## 通过吸入摄入颗粒物



PM10颗粒在上呼吸道和PM2.5颗粒在下呼吸道造成损害的事实已得到充分证实。最新研究表明，粒径小于

2.5 微米以下的颗粒物可直接通过嗅觉神经或血液进入大脑，从而影响大脑的功能。

图40

最近，我在新播客《Luftpost》中的一位受访者对此进行了精辟的总结：

*“我们在生产车间室内吸入的物质往往是不属于我们身体的，也不应该进入我们身体的物质！”*

然而，在通风技术和空气净化领域，也存在着严重的误解！

## 6.1. 关于室内空气质量的误解

在我们行业工作超过二十年后，我仍然不明白为什么人们对室内空气质量存在如此严重的误解。出于某种不可思议的原因，人们总是认为他们所处的室内空气质量是可接受的，且没有明显的污染。

误解

**室内空气质量通常是安全的。**

十多年来，我们一直致力于普及这一领域的知识，但鲜有人倾听。我们常常看到人们一脸疑惑，显然是不太相信我们的解释！为什么会这样？我们想要普及什么知识？其实，这只是一个非常简单的问题，即德国大城市对空气污染的处理与室内空气污染的处理之间的差异。

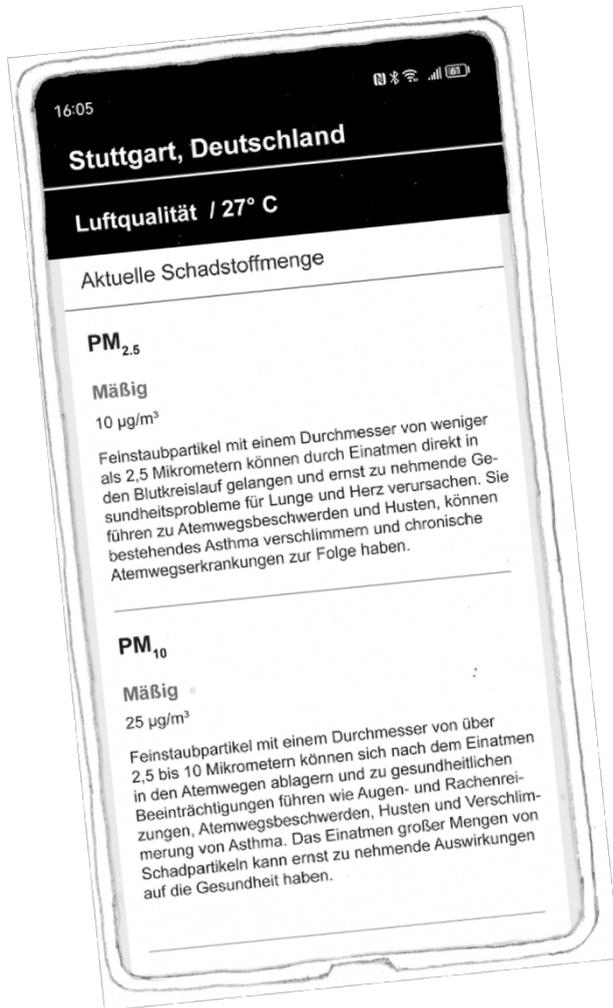
### 大城市中的细颗粒物测量

在我们的大城市里，人们谈论的是空气污染，当 PM10 细颗粒物的浓度在较长时间内超过 50 的限值时，就会考虑禁止车辆通行。为了确定浓度值，会在城市的一个测量点测量每立方米空气中 PM10 细颗粒物的含量。

再简单解释一下：假设有一立方米的城市空气，通过适当的测量技术，可以测出其中含有多少直径为10微米或更小的细颗粒物。通过颗粒的直径可以计算出其体积，通过密度可以计算出其重量，再通过测得的颗粒数量可以计算出每立方米城市空气中污染物的总重量。该总重量以微克为单位表示

。

## 室外空气质量的重要性



空气质量的重要性日益凸显，这一点从当天天气应用程序中对污染物的详细列表中可见一斑。

应用程序会显示所选城市当前的污染物浓度值，并附有这些污染物可能产生的影响说明。

以2023年7月14日

的斯图加特为例

16:05 **PM10: 25**

µg/m<sup>3</sup> **PM2.5: 10**

µg/m<sup>3</sup>

图41

### 室外空气污染的当前限值

例如，如果总重量为 20 微克，根据 WHO 标准，这属于轻度空气污染，因此空气质量可接受。例如，欧盟的细颗粒物指令规定，PM10 细颗粒物的日平均值为每立方米城市空气 50 微克，每年最多可超过 35 天。

### 全球范围内降低限值的努力

目前，全球范围内正在讨论和努力进一步降低这些限值，例如将每立方米细颗粒物的限值降低至 40 微克。此外，全球范围内越来越关注 PM2.5 颗粒物，而不是 PM10 颗粒物。以上是大城市的情况。

### 室内空气污染

那么，室内空气污染情况如何呢？例如，在烹饪或使用现代机床加工金属工件的房间内。

#### 实际案例：室内测量

*我们REVEN GmbH公司定期测量室内空气污染。我们是如何做到的？我们采用与之前描述的城市室内空气测量相同的测量技术和方法。我们测量每立方米室内空气的污染物颗粒数量，例如在生产车间或大型酒店厨房中。*

*通过这种方式测得的结果会显示一个空气质量指数，例如10,000、50,000 或100,000。这些数值与城市中的数值完全不同！我们甚至曾向客户展示过500,000 的测量结果！这意味着，一立方米室内空气中含有高达500,000 微克的污染颗粒！而在生产车间，这种情况并不罕见！*

### **机械制造的官方限值建议**

仔细阅读相关准则和标准后，可以明显看出，如此高的污染物浓度并不罕见。因此，官方准则对机械制造提出了以下建议：

对于金属加工以及玻璃和陶瓷加工中使用的可与水混合的冷却润滑剂，每立方米室内空气中该物质的限值为 10 毫克，对于闪点低于 100 摄氏度的不可与水混合的冷却润滑剂，限值相同。

这10毫克相当于大城市空气质量指数为10,000！如果在斯图加特市中心连续一周测量到这样的数值，白天将没有一辆汽车可以行驶，全国媒体都会对此进行报道。

## 污染物颗粒 (PM10) 限值对比

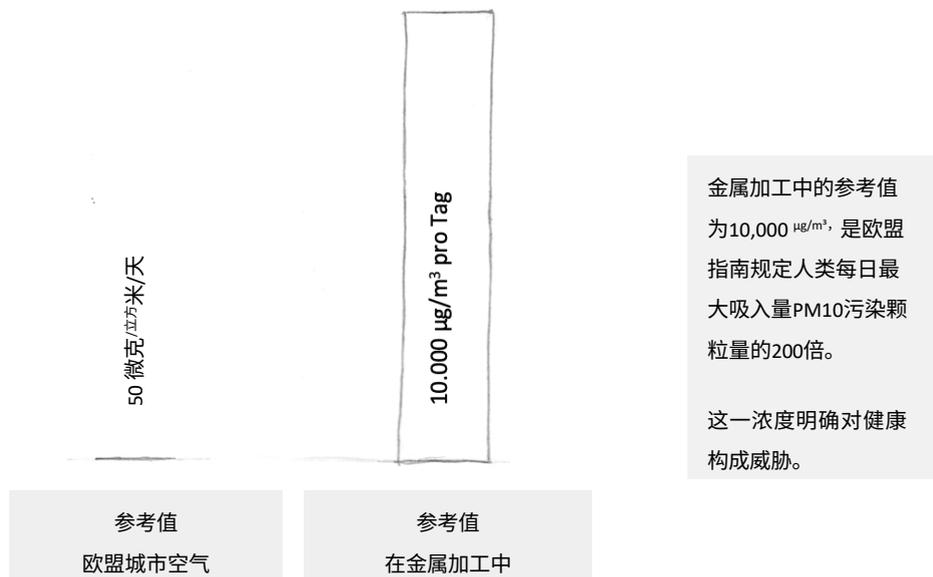


图42

然而，如果在机械制造厂或酒店厨房中测量到这样的空气污染，几乎没有人会关注。甚至这些行业的利益相关者也没有给予太多关注。相反，-，尽管明知情况不妙，但人们还是对这种状况避而不谈，因为消除污染需要花费金钱。

### 测量结果对员工的重要性

再次提醒：欧盟的细颗粒物指令规定，PM10细颗粒物的日平均浓度不得超过每立方米城市空气中50微克，且全年不得超过35天。

如果在一家机械制造企业测得上述10微克的浓度，这意味着该企业员工每年在约200个工作日内，需在最高10,000微克的污染物浓度下工作。

### 实践结论

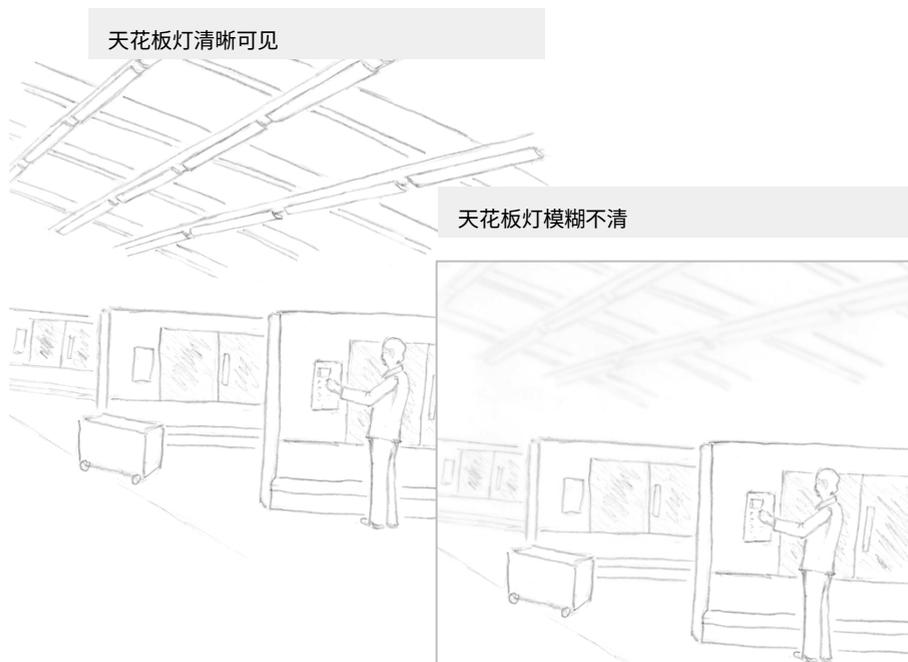
在过去的20年里，我们在全球范围内进行了数以万计的室内空气污染测量。这些测量涵盖了各种类型的生产场所，其中生产着使用不同材料制造的各种产品。然而，在所有测量中，我们反复观察到以下现象：

**只要空气可见，我们在每立方米室内空气中测得的空气污染物浓度都超过10,000微克。**

### 一种简单的空气质量评估方法

未来，您或许可以亲自评估空气质量！如果您身处生产车间-，无论是酒店厨房、食品加工厂还是机械制造车间，如果您发现空气不再清新，而是像秋天的晨雾一样浑浊，那么空气中的污染物浓度至少为每立方米10,000微克。最简单的方法是朝房间照明方向看！如果您能清楚地看到灯的轮廓，而灯周围的空气却看不见，则一切正常。但是，如果您无法清楚地看到灯，因为灯周围形成了一层模糊的雾，那么您可以肯定，该房间的空气质量指数在 10,000 左右！

## 空气质量的简单评估



如果房间内的吊灯无法清晰可见，空气污染程度非常高，约为 $10,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

图43

### 室外与室内空气质量评估的差异

与备受争议的德国城市中心空气污染情况相比，这一对比凸显了室内空气质量的巨大差异，令人感到震惊和难以理解。我们经常被问到，这种差异是如何形成的？

我们认为，这些行为是无法辩解的。尽管相关负责人试图做出各种解释，但这些都不过是为避免急需的投资而找的借口。

没有人意识到这将给所有相关方带来的风险。在室外被认为对健康有严重危害的微小颗粒浓度，在室内却被认为是可接受的200倍？未来谁将对这种危险负责？

### **通风设备制造商需要转变思维**

作为通风系统和空气净化器制造商，我们也必须面对这个问题！为什么？因为我们的行业也有数百家为商业厨房或机械制造企业生产通风系统的制造商，他们甚至没有最简单的测量技术来初步测量和分析此类空气污染。

与此同时，他们却提供空气净化产品，声称能够通风并去除室内空气中的有害物质。

### **厨房通风标准 DIN EN 16282**

对于商业用途的厨房通风系统，现已制定了“厨房通风标准”DIN EN 16282，该标准在欧洲几乎所有地区均适用。该标准要求在大厨房中，所有有害物质必须被捕集、抽吸，并随后与排气流分离，正如我们在前几章中所学到的。

如果这两点都做到了，即捕集和抽吸以及将有害物质与排气流分离，那么就拥有了

- a) 一个真正优质、现代且高效的通风系统，
- b) 室内空气质量良好，污染物浓度极低。

### **实施情况检查不足**

现在我问您：您认为有多少新安装的商业厨房在投入使用时会检查是否符合标准？频率与新车的燃油消耗一样高吗？还是与新热泵的能耗一样高？

在1000个新安装的商业厨房通风系统中，不到10个会进行检查！

### **实际案例**

*我已经多次遇到这样的情况：当建筑商坚持要求进行此类检测时，竞争对手会联系我们，请求我们为他们进行测量，因为他们自己没有必要的测量设备！*

### **臭氧——气体污染的典型例子**

在气体污染方面，我们面临着类似的情况，并观察到相同的现象。以臭氧为例，我将对此进行说明。我们在第四章中已报告过臭氧的潜在危害。在许多欧洲国家，室内臭氧的限值仍设定为每立方米空气中不超过200微克。德国以前也采用这个限值，但现在已经取消了。不过，瑞士仍然采用这个限值。根据德国研究协会（DFG）对致癌物质的分类标准，臭氧被列为一种尚未充分研究的物质，但怀疑会致人患癌。

## 户外臭氧污染严重的天气应用程序



天气应用程序会将最高  
污染物浓度值列在首位

- 臭氧的浓度最高，达到104 µg/m³。这一浓度超过了世界卫生组织（WHO）推荐的8小时平均值（见图29）
- 

2023年8月20日霍耶  
斯维尔达的例子  
上午9:55

o<sub>3</sub>: 104 µg/m<sup>3</sup>

图44

### 臭氧——室外限值

关于室外限值和健康风险，联邦环境局提供了信息。该机构警告称，空气中的臭氧可能导致肺功能下降、呼吸道炎症反应和呼吸道不适。以下规定适用：

每立方米城市空气中臭氧浓度不超过180微克。该值被称为信息阈值。当浓度超过该值时，将通过媒体向公众发布行为建议和警告。当城市空气中臭氧浓度达到每立方米240微克时，将超过报警阈值并触发报警。此外，需注意室外臭氧浓度在日均值超过每立方米120微克的情况下，全年累计超过25天不得超过该限值。

### **臭氧——厨房通风区域的限值**

目前，厨房通风领域的专家仍将臭氧的允许限值定为每立方米空气中20,000微克。这一信息同样源自欧洲标准DIN EN 16282，该标准由多个国家工业协会共同参与制定。别多想了！

该标准规定，商业厨房排气中的臭氧浓度不得超过10 ppm。在气压为1013百帕斯卡、温度为20摄氏度的条件下，该标准中规定的10 ppm臭氧浓度与每立方米空气中20,000微克臭氧的限值基本一致（见图29）。

### **臭氧——差异不言自明**

我认为，这个例子中室内和室外空气质量评估的差异不言自明，无需进一步解释。实际上，在这个案例中，每个人都应该清楚该怎么做，即无论是在室内还是室外，都要完全避免臭氧的形成！

然而，要实现这一目标，必须通过测量手段对空气污染进行监测和分析。关于如何实现这一点，稍后将详细说明。

## 6.2. 颗粒物测量让空气污染可见

!

使用哪种测量技术可以测量空气中的污染物？使用哪种测量技术可以证明通风系统的效率？实际上，这并不复杂，已经在第3章中进行了描述。为了准确确定空气中的污染物浓度，建议使用

- a) 颗粒物和气溶胶测量技术
- b) 火焰离子检测器 (FID)

我们在第 3 章中已经详细介绍了 FID 测量设备。颗粒和气溶胶测量设备早已成为洁净室的标准配置。

几十年来，医院的手术室和微处理器生产车间在启动通风系统时，都会使用颗粒计数器来验证其功能。基本上，这只是简单而直观地证明，此类洁净室的室内空气确实纯净且不含微小颗粒。颗粒计数器就是为此而设计的。

### 颗粒是如何被测量的

颗粒计数器通过复杂的光学系统和激光束，可以分析空气中是否存在微小颗粒。在此过程中，颗粒计数器会统计颗粒的数量，并同时测量颗粒的大小，即确定其空气动力学直径。

## 便携式颗粒物计数器

便携式、电池供电的颗粒物计数器，配备散射光测量和数据记录功能，用于实时测量气溶胶质量

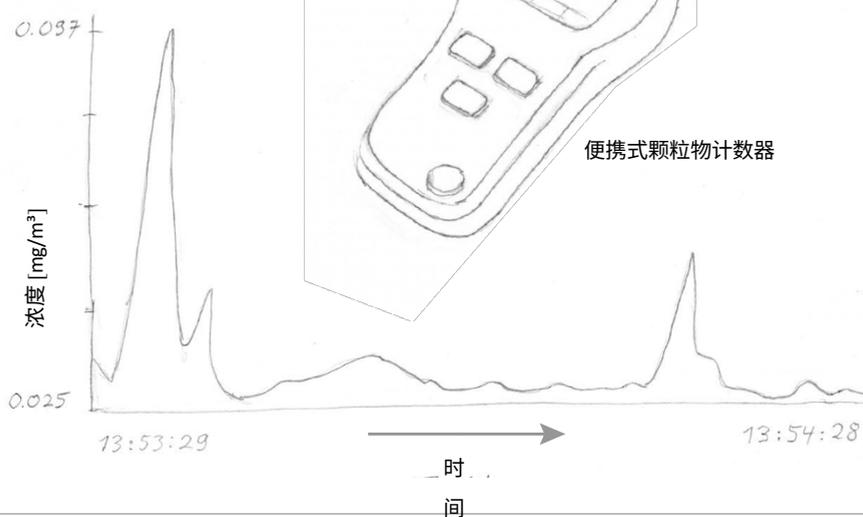


图45

### 颗粒物测量技术必须适应具体情况

与洁净室一样，在生产车间、商业厨房或机械制造厂等场所，也可以对室内空气进行分析并确定颗粒物的含量。从原理上讲，这两种方法完全相同，但有一个重大区别：

与洁净室相比，颗粒物的数量相差巨大！在洁净室中，检测的是空气中是否存在PM10颗粒物，而在厨房或生产车间的空气中，则测量每立方米空气中颗粒物的数量。此时，通常指的是

十万倍甚至更多！颗粒计数器必须适应这些条件，或者选择正确的测量技术。

### **实际案例：通过空气稀释进行颗粒测量**

25年前，当我们在如此高污染的空间中进行首次颗粒物测量时，我们尝试使用传统的颗粒物测量仪，因为当时几乎没有更合适的测量技术。如您所想，这些首次测量结果往往无法验证、无法追溯且质量极低，因为颗粒计数器完全无法应对高浓度的颗粒物。为了改进测量结果，我们首先尝试对要分析的空气进行定量稀释。也就是说，使用适当的稀释级将要分析的空气与不含颗粒物的纯净空气进行1000倍稀释。然后使用传统的颗粒计数器对稀释后的空气进行测量，并将测量结果乘以1000。同时，颗粒计数器的进一步发展使设备对极高颗粒浓度的不敏感性降低，测量结果也越来越准确。

### **现代设备确保测量结果的精确性**

当今的颗粒物计数器甚至能够以与洁净室中使用数十年的设备相同的精度，分析受污染严重的室内空气。该行业只需真正重视这种精确测量，并愿意投资于现代测量技术即可。

### **测量次数太少**

目前，在德语区的厨房通风市场中，几乎没有制造商在安装新通风系统时使用这种测量技术。

这绝非误解!

**通风系统的最佳功能被简单地视为理所当然，无需测量证明。**

通风系统的正常运行、高效的空气采集与排气，以及从气流中分离和过滤有害物质，这些都被默认为理所当然。人们通常抱有“总会搞定”的心态。真正想知道是否确实如此的人很少，更不用说通过分析 and 文档来实现透明化了。

**要实现最佳空气质量，测量技术是必不可少的**

在前几章中，我们详细解释了通风技术中的任务（如检测和抽吸、过滤和分离以及新鲜空气通风）实际上有多复杂。因此，为了证明室内空气确实不含污染物，测量技术是必不可少的。没有理由不定期使用这种测量技术。

**臭氧空气净化器缺乏测量证明**

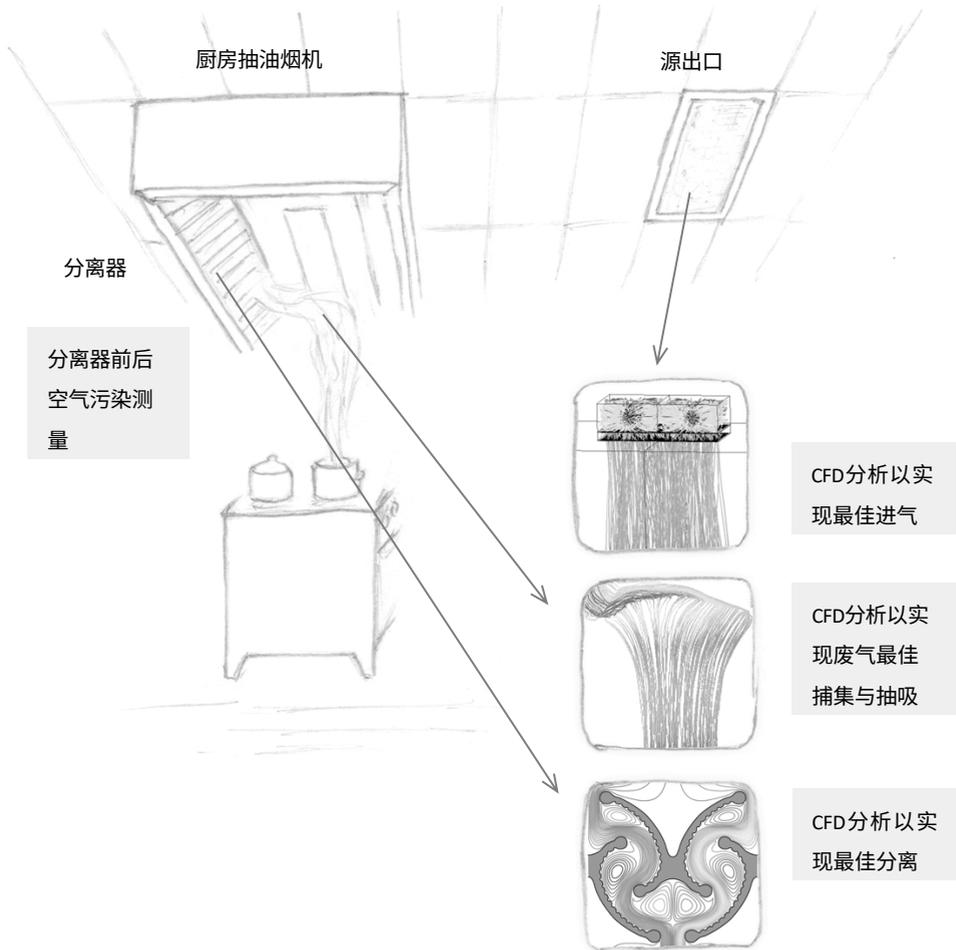
同样，使用合适的测量设备也可以测量危险气体，如臭氧。然而，与上述颗粒物测量技术的情况相同，在成千上万的臭氧空气净化器供应商中，您几乎找不到一家能够通过合适的测量技术证明其产品产生的臭氧带来的好处大于危害的供应商。

### **专业的通风技术具有科学依据**

正如前几章所展示的，在通风技术和空气净化领域，严肃的产品开发同样需要科学依据。在我们行业中，精美的宣传手册中充斥着夸张的承诺，这往往让人产生误解。因此，请务必保持警惕，对这类承诺进行质疑。

### **结论**

希望我的介绍能让您对这个问题有更深入的了解，并为您提供一些有趣的信息。现在，我们终于回到起点了，从第 1 章的“高效采集和抽吸”到第 6 章的“确定通风技术和空气净化效率的合适测量技术”，我们已经讨论了所有内容。-



Rentschler REVEN 采用科学方法对厨房通风技术的性能进行检测和优化。

## 科学依据的通风技术

图46

---

# 结语

您现在已经读完了本书的所有章节，这些内容最初来自我们的播客。

“通风技术与空气净化中的误解”一文。希望这能为您带来一些启发。最近，一位同行批评了播客的内容。他认为内容过于肤浅，对他来说不够深入。如前所述，我的目的是让通风技术和空气净化相关话题更易于理解，并尽量保持趣味性。我并不打算撰写一篇学术论文。我们通风行业的主题属于小众领域，大众对此并不感兴趣。因此，对我来说，向行业外人士简单明了地解释这些误解非常重要。我希望我做到了这一点。

基于这个播客，我们撰写了这本书。书中补充了许多有趣的插图，以视觉形式进一步阐释了各个信息点。

我非常重视吸引年轻人才加入我们的行业，因为空气污染防治是一个重要议题，并且在未来也将继续如此。因此，我们应当以认真负责的态度对待这一议题。

我的销售同事们今后会随身携带这本书，并在与您讨论新项目、新流程和新计划时，乐意为您提供一本，以帮助您更好地理解各种主题。因为我们希望我们的技术和产品能够被大家理解！

作为对播客听众的感谢，我们免费提供这本新出版的书籍。

与本书项目同步，我们还推出了新的播客节目，名为“Luftpost”。



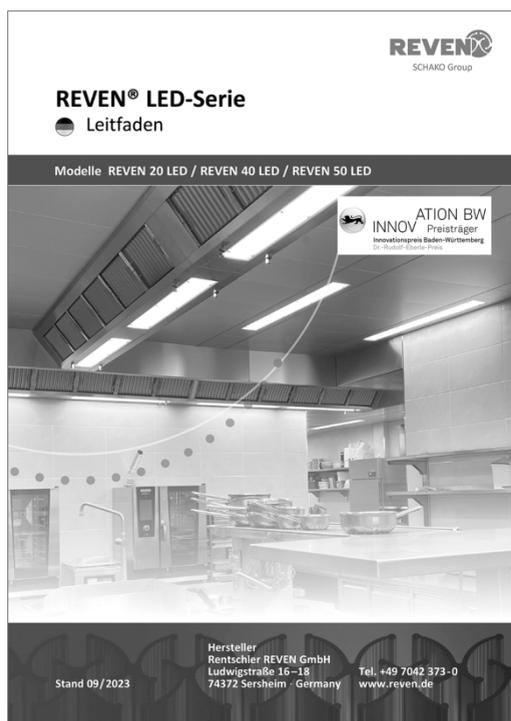
本系列播客聚焦于健康空气。我将介绍致力于空气净化与通风技术领域的人士及企业。节目中将采访来自不同行业的专家，并探讨相关技术。我选择这个标题是因为它让人联想到过去。过去，新闻和信息常常通过航空邮寄发送。我希望通过我的播客《Luftpost》传递关于清洁空气和健康环境的最新资讯。

您可以在[链接reven.news/luftpost](https://reven.news/luftpost)找到该播客，前几集已经上线。

如果您是通风或空气净化行业的从业者，我们很乐意与您共同制作一集播客。我也可以亲自到您那里进行采访。请通过[marketing@reven.de](mailto:marketing@reven.de) 与我联系。

# REVEN 带来的精彩内容

## LED 灯具指南



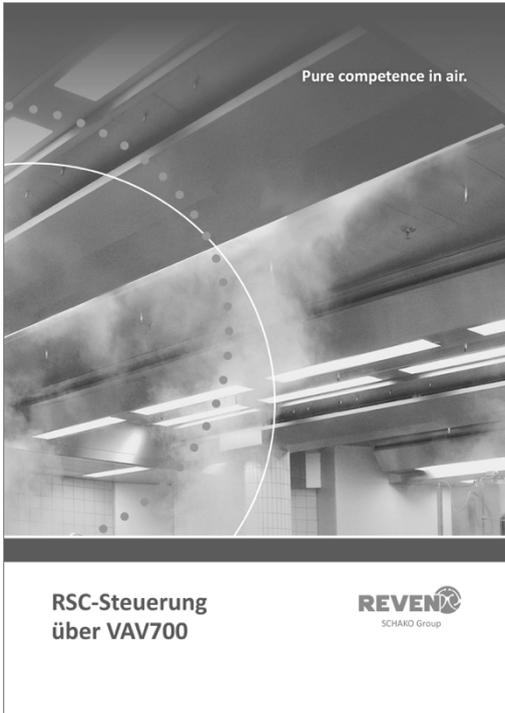
人们常常低估了良好照明对空间使用的重要性。

在商业厨房中，正确的照明尤为重要。

因此，在规划时应考虑并兼顾亮度、对比度和色彩等因素。在此方面，我们的照明管理方案具有显著优势。

在这份LED指南中，我们将解释实现良好照明的重要因素，以及REVEN® LED灯具如何满足这些要求。

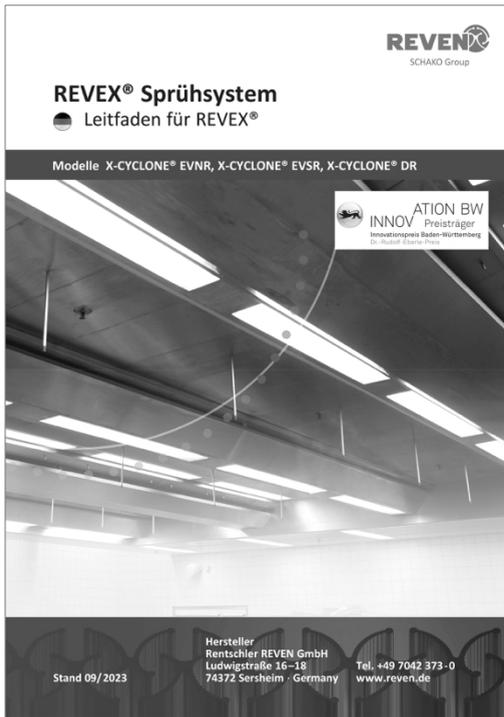
## RSC控制手册



为了提高大型厨房通风系统的经济性，Rentschler REVEN 提供了智能自动控制系统 RSC。该系统可根据烹饪活动无级调节进风量和排风量，完全符合创新标准“工业 4.0”。

在我们的手册中，您可以了解安装 RSC 控制系统时需要注意的技术细节。

## REVEN®喷雾系统指南



过去，人们往往没有充分重视“厨房通风系统清洁”这一问题。

定期、专业且正确的清洁商业厨房的通风系统，可确保系统正常运行，降低火灾风险，并防止系统内部微生物滋生。

此外，这还能保护厨房工作人员的健康

。



# 通风技术与空气净化中的误解

## 书籍

播客的反响非常热烈，以至于自然而然地决定将其制作成一本书。反馈言简意赅：

“...关于气流的播客让我对更多内容产生了兴趣...”

“.....我想祝贺您制作了这期有趣的播客  
《通风技术与空气净化中的误解》的播客，并感谢您提供的信息.....”

“.....非常感谢您制作了如此有趣的播客。我期待着后续内容。我从事通风技术项目管理已有 20 多年，从播客中收获了很多实践经验和项目灵感。我希望下次能与您一起建造厨房通风系统.....”

“.....我要祝贺您制作了这期播客。对于像我这样对该领域不太熟悉的人来说，主题非常易于理解.....”

“作为您播客的忠实听众，我希望借此机会订购您计划于 2023 年出版的专业书籍。我期待更多关于空气——我们最宝贵的资源——的精彩内容.....”

## 作者

工程师 Sven Rentschler 是 Rentschler Reven GmbH 的总经理，该公司是一家中型空气净化设备制造商。作为企业家，他的目标是提高全球工业和商业领域对空气净化的认识。他的努力成果包括两项国际专利和巴登-符腾堡州创新奖。此外，Sven Rentschler 还是空气净化领域的博主和演讲者。

## 目标读者

对最佳通风和空气净化注意事项感兴趣的任何人。

气候与通风行业的新手、经验丰富者及专业人士，以及来自相关领域的跨行业从业者，特别是机械制造和食品行业中的通风设计师、施工企业、专家、大型厨房的运营商及规划师。

● 空气                      ● 气候                      ● 冷

第一版 2023 cci-  
dialog.de

cci 书籍是 cci Dialog GmbH 的注册商标也可作为电子书  
购买

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743