

2003 年非典的事后假说

本文仅限对 17 年前的 2003 年非典提出一些事后的推测与想法，与任何其他肺炎没有任何关系，如果觉得违规，请立即删除。

从 2002 年底开始到 2003 年 6 月，中国爆发了一次从南到北的非典疫情。这次疫情得以控制，本人认为主要有以下三个原因：

1. 在北京昌平建立抗非典医疗中心，将非典病人从人员高密度的市区转移到人员低密度的郊区，极大地减小了交叉感染的可能性。
2. 从一线大城市到地方的村镇，建立起有效的人员隔离制度，避免人员流动带来的疫情传播。
3. 气温的作用。由于非典病毒无法在高温环境中长期存活，而北京 6 月通常气温在 30 摄氏度以上，这种高温环境可以将空气中的非典病毒灭活，从而遏制了非典病毒的传播。

然而，最近通过一篇文献中的实验，推测很可能还存在第四个原因与第五个原因。

文献名称：Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV

翻译过来就是导致 SARS 的冠状病毒的灭活，作者从几个方面进行了实验，我们只说其中更容易实现的三组实验，即 UVC、温度和酸碱对 SARS 病毒的影响。

首先看 UVC，文章中有这样一段：

We determined that greater than 15 min of UVC treatment inactivated the virus while UVA light had no effect on viability, regardless of duration of exposure. Duan et al. (2003) examined the effect of UVC light on SARS-CoV at an intensity of >90 W/cm² and a distance of 80 cm, and determined that inactivation of the virus occurred at 60 min. Inactivation may have occurred more efficiently in our study due to the greater intensity of UVC light and the closer proximity of the light source. We also examined the effect of gamma irradiation on SARS-CoV, and found no decrease in infectivity at the highest dose of 15,000 rad.

由于本人非生物学相关专业，挑选基本能看懂的这一段来尽量翻译。

这段的意思是说：“超过 15 分钟的 UVC 光照射，能够将 SARS 病毒灭活，而 UVA 光对于 SARS 病毒毫无作用。Duan 在 2003 年做过同样的实验，UVC 的照度大于 90 瓦每平方厘米，距离为 80 厘米，SARS 病毒会在 60 分钟失活。而在我们的研究中，实验效果更好，可能是我们 UVC 光的照度更高，光源更近。我们还比较了伽玛射线的实验效果，发现在 15000rad 的时候没什么作用。”

上面这段说明 UVC 光能对 SARS 病毒灭活。

其次，文章作者还在不同温度下进行了实验，

Heat can inactivate viruses by denaturing the secondary structures of proteins, and thereby may alter the conformation of virion proteins involved in attachment and replication within a host cell (Lelie et al., 1987; Schlegel et al., 2001). To test the

ability of heat to inactivate the SARS-CoV, we incubated virus in 1.5 ml polypropylene cryotubes at three temperatures (56, 65 and 75 °C) for increasing periods of time. We found that at 56 °C most of the virus was inactivated after 20 min (Fig. 2A). However, the virus remained infectious at a level close to the limit of detection for the assay, for at least 60 min, suggesting that some virus particles were stable at 56 °C (Fig. 2A and C). At 65 °C, most of the virus was inactivated if incubated for longer than 4 min (Fig. 2B). Again, some infectious virus could still be detected close to the limit of detection for the assay, after 20 min at 65 °C. While virus was incompletely inactivated at 56 and 65 °C even at 60 min, it was completely inactivated at 75 °C in 45 min (Fig. 2C). Surprisingly, at both 56 and 65 °C the virus was inactivated at early time points but at 60 min a small amount of virus was detected. One possible planation for this result may be the presence and subsequent dissociation of aggregates. Taken together, these results suggest that viral inactivation by pasteurization may be very effective.

这段指出对病毒有效灭活的温度是 56 摄氏度。而在 Duan 2003 (Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation) 这篇文献中也指出：

Viruses stayed stable at 4 degrees C, at room temperature (20 degrees C) and at 37 degrees C for at least 2 h without remarkable change in the infectious ability in cells, but were converted to be non-infectious after 90-, 60- and 30-min exposure at 56 degrees C, at 67 degrees C and at 75 degrees C, respectively.

即 56 摄氏度以上对病毒灭活有效，而 20 摄氏度和 37 摄氏度对病毒没有明显的改变。所以对于单纯的室外环境温度升高对 2003 年 SARS 病毒的灭活作用有限，甚至不构成决定性的因素。

最后，作者讨论了酸碱环境对 SARS 病毒的灭活作用：

Therefore, we investigated the effect of different pH exposures on the infectivity of SARS-CoV. After exposing SARS-CoV to extreme alkaline conditions of pH 12 and 14 for 1 h, and subsequently reversing the conditions to a neutralized, buffered solution, the virus was completely inactivated (Fig. 3). Moderate variations of pH conditions from 5 to 9 had little effect on virus titer, regardless of the temperature. However, highly acidic pH conditions of 1 and 3 completely inactivated the virus at 25 and 37 °C. At 4 °C, a pH of 3 did not fully inactivate the virus. These data indicate that the infectivity of SARS-CoV is sensitive to pH extremes.

直接上图说明：

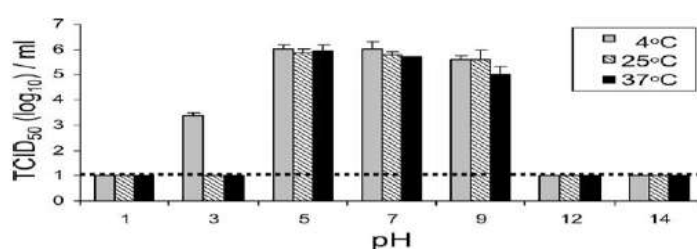


Fig. 3. Effect of pH conditions on the infectivity of SARS-CoV. Virus aliquots (2 ml) were adjusted to the indicated pH condition, divided into triplicate samples, incubated at the designated temperature for 1 h, neutralized, frozen, and titrated. The dotted line denotes the limit of detection of the assay.

从上图可以看出 PH 值为 3，在 25 摄氏度和 37 摄氏度时，可以有效降低病毒活性；而 4 摄氏度时，不能有效降低病毒活性。因此，2003 年非典采用白醋放到暖气上挥发的方法有一定道理，然而对空气中需要达到的浓度和发挥作用需要的环境温度没有检索到相关文献提供数据支持。有人提出氧乙酸消毒液，对这种消毒剂不了解，如果单纯从 PH 值的角度考虑，百度了一下：“通常我们消毒使用的浓度为 0.5%，所以 PH 应该在 3.3 左右吧！”假设酸性更强，PH 值为 3，如果环境温度只有 4 摄氏度，那这种消毒液还是无法起到病毒灭活的作用。

上文提到的 UVC 和 UVA 是太阳光中的短波紫外光和长波紫外光。太阳辐射中的紫外辐射约占 6%，其中长波紫外光 UVA 和中波紫外光 UVB 能够到达地面。而对人体有严重伤害的 UVC 被大气层中臭氧层阻挡，我们熟悉的紫外线消毒就是利用这种短波紫外光 UVC。而 UVC 能否被大气层中臭氧层完全阻挡，目前没有找到相关文献资料，手头也没有测量的仪器设备。所以这里暂且假设会有部分短波紫外光穿过臭氧层到达地面。

臭氧层是我们非常熟悉的一个概念。一些制冷剂造成臭氧层空洞，太阳光直射地面，很容易导致皮肤癌。所以现在各国都禁用氟利昂作为制冷剂。注意，这里只讨论平流层中的臭氧，而不是近地的臭氧，近地的臭氧将在下面进一步讨论。在张莹的硕士论文（中国臭氧总量 30a 时空变化以及近地面臭氧浓度气象要素影响研究）中指出，中国大陆地区臭氧总量随季节变化较为显著，月平均臭氧总量呈现正弦曲线变化，如下图所示：

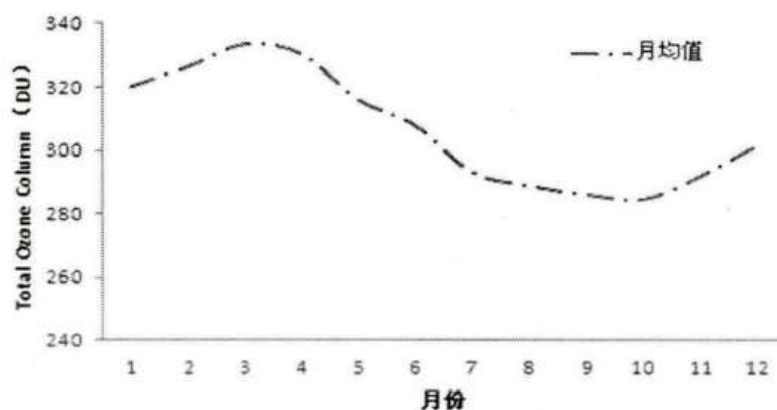


图 20 30 a 中国大陆臭氧总量月平均值的变化

由上图可以看出，每年 3 月臭氧量最高，每年 10 月臭氧量最低。而一年中太阳辐射中在夏季最强，而此时大陆上空臭氧总量最低。所以推测，2003 年夏季非典病毒的灭活不仅因为温度的升高，还因为此时臭氧量最低，有大量的 UVC 到达地面，UVC 光将 2003 年室外环境中的非典病毒灭活。这一结论是基于 Miriam 论文中的三个实验，即单纯的 UVC 实验可以灭活病毒；56 摄氏度以上可以灭活病毒，37 摄氏度对病毒灭活没有明显效果；PH 值为 3 时 25 摄氏度以上有效灭活病毒。所以进一步推测 30 摄氏度以上时，UVC 光对非典病毒的灭活效果更好，但是作者没有进行相关实验。但这一推测与 2003 年 6 月非典疫情解除时的天气状况一致。如果这一推测正确，2003 年非典时，保证室内温度 25 摄氏度以上，采用 UVC 灯对室内进行消毒，效果更好，但要做好对眼睛的防护。因此，短波

紫外线与温度的共同作用很可能是结束非典疫情的第四个原因。

臭氧不仅存在于大气中，我们生活的环境中也存在臭氧。阮武忠孝在其硕士论文（南京市臭氧和 PM2.5 浓度的变化特征及其室内外（I/O）比例关系研究）中指出：“臭氧是一种气体，存在于地球大气层和人类所呼吸的空气。臭氧对人类的生活和自然环境是利弊兼有的。平流层的臭氧能够保护地球上的生命免受太阳紫外线（UV）的危害，而对流层的臭氧被认为对生命有害无利，会包括人类和作物在内的广大动植物带来巨大危害。”简单地讲就是高空平流层的臭氧拦截紫外线，保护人类；地表空气中的臭氧伤害人类。同时又指出：“近地面臭氧几乎不会直接排入空气，而是由氧化氮（NO_x）与挥发性有机化合物（VOCs）在太阳紫外线照射下发生光化学反应后生成。其中，工业设施和电力设施、机动车尾气、汽油蒸气和化学溶剂是 NO_x 和 VOCs 的主要排放源。在日常人们呼吸的空气中，臭氧是一种空气污染物。由于光化学反应在阳光强烈、天气炎热等条件下易于发生，故近地面臭氧污染经常发生在夏季。”同时“今近地面层臭氧已成为普遍空气污染物么一，其强氧化性可给人们造成极大伤害，增加过早死亡、呼吸道症状等风险（Bell ML 等，2004 年；Triche 等，2006 年）。人体呼吸入过量臭氧后，有可能患上各种疾病，包括头痛、胸痛、咳嗽、喉化疼痛及呼吸道堵塞，导致支气管炎、肺气肿及哮喘的疾病恶化、肺功能降低及肺部发炎，反复接触臭氧后人体肺组织可能遭受永久损害。”“中国卫生部发布的《室内空气中臭氧卫生标准》和《室内空气质量卫生规范》中规定，臭氧 1 小时平均浓度限值为 0.1mg/m³ (50ppb)。”不过地表臭氧的变化与平流层中的臭氧变化不同，直接上图：

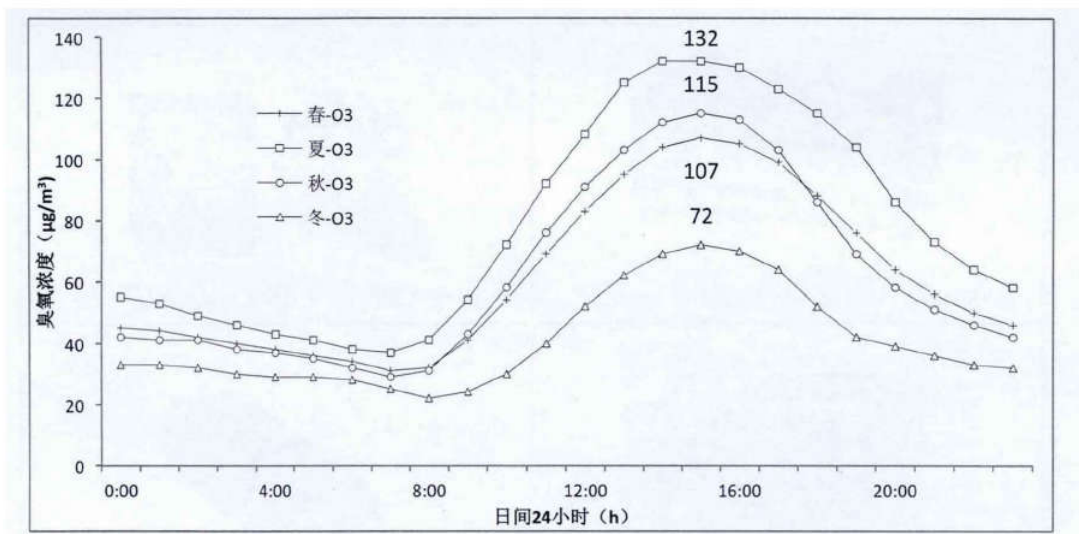


图 3-3 臭氧浓度日变化特征

图 3-3 所示为 2015 年 3 月至 2016 年 2 月南京市不同季节臭氧日间平均小时浓度变化的分布曲

从上图可以看出，一天中不同时段的地表臭氧浓度不同，下午三点左右浓度最高。一年四季中，地表臭氧浓度也不同，冬季最低，夏季最高，夏季比冬季大约高出一倍。最高浓度是 132μg/m³，略高于卫生部的室内最高标准 0.1mg/m³。通过以上内容可以得出如下结论，夏季地表臭氧浓度最高，地表臭氧刺激人体呼吸系统。

地表的臭氧是一种环境污染，但它还有一个作用就是消毒。蔡璇在其硕士论文（臭氧/游离氯及其组合工艺对饮用水病毒灭活影响因素研究）中指出：“臭氧

对微生物灭活作用，是由其强氧化性和生物膜扩散能力所决定的，其作用机制可归结为以下三点：（1）臭氧能氧化分解细菌内部氧化葡萄糖所必需的酶，使细菌灭活死亡。（2）直接与细菌、病毒作用，破坏它们的细胞壁、DNA 和 RNA，细菌的新陈代谢受到破坏，导致死亡（DNA-核糖核酸；RNA-脱氧核糖核酸。病毒是由蛋白质包裹着一种核酸的大分子；病毒只含一种核酸）。（3）渗透胞膜组织，侵入细胞膜内作用于外膜的脂蛋白和内部的脂多糖，使细菌发生透性畸变，溶解死亡。”臭氧在对细菌和病毒灭活的同时，也破坏了人体正常细胞，所以才会刺激人体呼吸系统。

那么臭氧是否对 SARS-CoV 病毒有效呢？武汉大学生命科学学院的张珈敏等在其论文（臭氧水对 SARS 病毒的灭活效果观察）中指出：“以臭氧含量为 27.73mg/L，作用 4min 可完全灭活 SARS 病毒；以臭氧含量为 17.82mg/L，作用 4min 和 4.86mg/L 作用 10min，均可使 SARS 病毒的灭活率达 100%。”

基于以上分析，可以推测 2003 年 5 月、6 月，到达地面的紫外线强度增加，这导致地表臭氧含量增加，地表空气中臭氧含量的增加很可能对空气中的 SARS-CoV 病毒进一步灭活。这极有可能是 2003 年非典病毒在 5 月之后消失的第五个原因。但同大量短波紫外光到达地面对病毒灭活一样，这也只是推测，没有找到相关的文献数据来支持这种想法。

在专家论治非典这篇文章中，陈可冀院士指出治疗过程中撤激素是一个关键的问题。刘向荣等人在 2006 年发表的文章“短波紫外线在小儿支气管肺炎治疗中的疗效观察”中，提出采用短波紫外光垂直照射前胸和后背两区，作为抗生素后的辅助治疗手段，有效率从单纯使用抗生素的 68%提高到 92%。文中指出：“这种方法损伤细菌或病毒内 DNA 从而使细菌或病毒不能繁殖、发育以至死亡。”虽然短波光的穿透能力要高于长波光，但是多大强度，多长时间才能穿过表皮和肌肉直达人体肺部，还需要进一步实验确定。但是这篇文献还是为 2003 非典治疗提供了除了激素类药物的另一种值得尝试的可能。同时，短波紫外光破坏 DNA 产生的副作用也同时需要做进一步的考虑。

由于 2003 年的非典疫情发生在 5 月之前，如果具备条件，在实验验证有效的前提下，可以在医院等公共场所采用低剂量短波紫外光消毒，采用不超过卫生部规定的最高标准的臭氧进行消毒，从而提前人工模拟 5 月的自然环境条件。通过对空气中的病毒进行灭活，断绝病毒在人与人之间的传播渠道。

结论：2003 年非典时，家里暖气上放白醋，没有数据支撑；室内消毒，除了勤通风，可以采用室温条件下用短波紫外光进行定时消毒，以及调整室内臭氧含量（但不要超过卫生部规定的最高标准）进行消毒；对于 2003 年的患者，如果当时有条件，除了激素，可以尝试短波紫外光照射、调整室内臭氧含量，观察疗效。

最后，希望国泰民安，希望天佑中华。