

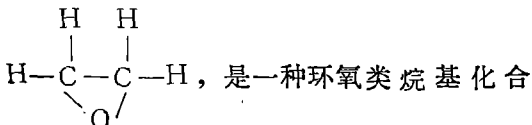
环 氧 乙 烷

第二军医大学流行病学教研室 薛广波

早在1929年就有人指出，环氧乙烷(Ethylene Oxide; Epoxythane)具有杀菌作用。Schrader等(1936)将环氧烷类化合物(Alkylene Oxides)和二氧化碳混合，用于杀灭各种害虫和细菌。Gross等(1937)发现，环氧乙烷对试验的48种微生物均有杀灭作用，指出该化合物可用于杀灭烟草和糖内的嗜热性微生物。Phillips和Kaye(1949)对环氧乙烷的杀菌作用，影响因素等，进行了系统地研究。此后，环氧乙烷在医学消毒和医药工业灭菌等方面的应用，逐步受到了重视，并被誉称为继甲醛之后的第二代化学灭菌剂。环氧乙烷具有高效、广谱、对消毒物品无损害等优点，目前国外广泛用于医疗器械、纤维织物、塑料制品、毛皮制品、精密仪器和某些药品等的消毒灭菌。我国一些大中城市的医院、消毒站、皮毛工厂等已采用环氧乙烷消毒、灭菌，但应用尚不够普遍。主要原因是环氧乙烷具有易燃、易爆、对人有一定的毒性、使用时需要有一定的设备条件等缺点。然而，随着我国物质条件的改善，将来对环氧乙烷这种高效消毒剂亦必然会给予充分的重视。

一、理化性质

环氧乙烷又名氧化乙烯。分子式为： C_2H_4O ，结构式为：



分子量是44.5。可用乙烯氧化法或氯乙醇加碱法制备。其液体的纯度在98%以上。

环氧乙烷在低温下为无色液体，比重

4℃时0.884，20℃时0.871。沸点10.8℃，故在常温下为气体，无色、具有醚或氯仿的刺激性气味。蒸气压在20℃时为1095 mmHg，30℃时为1506mmHg，50℃时为2967mmHg，由于蒸汽压大，故气体的穿透力强。环氧乙烷可按任何比例与水混合，且能溶解多种有机化合物。化学性质非常活泼，可与多种化学物质发生反应。环氧乙烷遇水则被水解为乙二醇；和卤化氢反应生成乙二卤代醇；和乙醇或酚反应，生成乙二醇醚；遇酸形成乙二醇酯；和胺反应形成乙二醇胺；和硫氢化合物反应，生成硫醚；遇盐酸或氯化物形成氯醇。环氧乙烷液体极易挥发，当空气中含有3~80%环氧乙烷时，成为易爆性混合气体，遇明火时可发生燃烧或爆炸。环氧乙烷与镁、银等接触时，可形成乙炔，也易爆炸。环氧乙烷和 CO_2 、溴化甲烷、氟利昂等气体相混合时，形成防爆性气体，用这种气体消毒则克服了易燃易爆的缺点，环氧乙烷可发生聚合物为白色粉末、黄色油状物或树胶样固体。温度越高，聚合越快。水、酸、锡、铅、氯化铝等也可促进聚合。在消毒过程中，聚合物可堵塞管道，应经常清洗，以保持通气管道通畅。

二、对微生物的杀灭作用及作用原理

环氧乙烷能杀灭各种微生物，包括细菌繁殖体、芽胞、分枝杆菌、真菌和病毒。在微生物本身和外环境中适当水份的条件下，似乎环氧乙烷对任何纯培养的微生物灭活过程均呈典型的一级反应。当剂量——效应关系在半对数纸上作图时是一条直线。

环氧乙烷可以杀灭各种细菌，但不同细

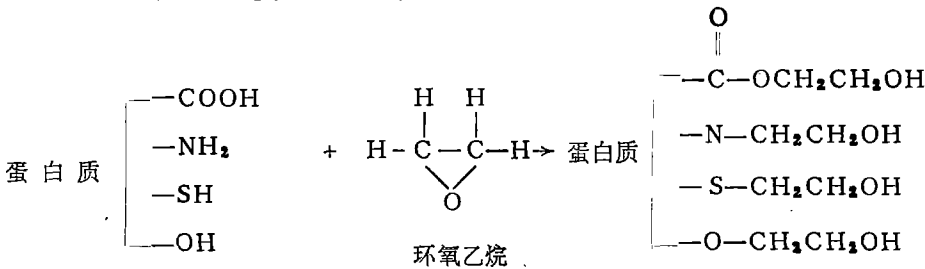
菌对其抵抗力不同。一般来说，细菌芽胞的抵抗力强，繁殖体的抵抗力弱，但环氧乙烷对两者的杀灭作用仅差5倍。这与其它消毒剂杀芽胞及杀繁殖体的作用相差数十至乃至数百倍形成鲜明对比。在细菌芽胞中，枯草杆菌芽胞黑色变种(B·Ylobigii)对环氧乙烷的抵抗力最强，目前国内外均用该菌作为环氧乙烷消毒试验的指示菌。环氧乙烷对分枝杆菌亦有较强的杀灭作用，Kereluk等(1970)报道，在相对湿度为30~50%，温度为54.4℃、用500mg/L环氧乙烷杀灭草分枝杆菌的D值(即杀灭90%微生物所需时间)为2.40分钟，比粪链球菌(5.75分钟)、微球菌(3.0分钟)、短小杆菌(2.81分钟)为低。

环氧乙烷对多种病毒有较强的杀灭作用，试验过的病毒有：牛痘病毒、Columbia Sk病毒、口蹄疫病毒、脊髓灰质炎病毒、

麻疹病毒、单纯疱疹病毒、流感病毒、付流感病毒、新城鸡瘟病毒、鼠脑脊髓炎病毒等。使用杀灭细菌芽胞剂量的环氧乙烷，也可有效的灭活乙型肝炎病毒表面抗原(HBsAg)从而推测可灭活乙型肝炎病毒。

环氧乙烷可以杀灭各种霉菌和酵母菌。北京市防疫站(1976)用环氧乙烷杀灭贮粮中的霉菌取得较好效果。

环氧乙烷所以能有较强的广谱杀菌作用，主要是因为它能与蛋白质、DNA和RNA发生非特异性烷基化作用。它不仅能和氨基(NH₂)，而且能和羧基(COOH)、羟基(OH)、巯基(SH)发生反应，取代这些基团上的氢原子，形成羟乙基(-CH₂CH₂OH)的化合物，使微生物的新陈代谢发生障碍，从而将其灭活。反应过程见下式：



三、影响消毒效果的因素

(一) 温度、浓度及消毒时间

Phillips等研究了环氧乙烷的杀菌作用与温度、浓度及作用时间的关系。所用浓度为22.1~884mg/L，温度为5~37℃，指示菌为枯草杆菌黑色变种芽胞。求得不同浓度和温度所需时间如表1。

从表中可以看出，温度不变时，将浓度加倍，消毒时间减少一半左右，当浓度不变时，随温度的升高，需要的消毒时间缩短。Ernst(1968)指出，在一定的温度范围内，当环氧乙烷浓度大得足以产生最大作用时，浓度再增高，消毒速度也不再加快；或者浓度一定，当温度升高到一定程度，杀菌作用达到最高点时，再升高温度，消毒作用也不再加快。在温度为40~57℃时，浓度为

440mg/L、880mg/L和1500mg/L的杀菌速度一样，其温度系数Q₁₀值为1.8(Q₁₀值即温度每升高10℃，消毒时间缩短的倍数)。这说明低浓度的环氧乙烷在较高温度下(400mg/L，在40.6℃，880mg/L在33.4℃)同样能达到高浓度(1500mg/L)环氧乙烷的消毒效果。浓度为400mg/L，在40.6℃之下，Q₁₀为3.2；880mg/L，温度低于33.4℃时，Q₁₀=2.3。

(二) 湿度的影响

消毒环境的相对湿度、细菌本身含水量和消毒物品含水量，对环氧乙烷的消毒效果均有显著影响。一般认为，杀灭无有机物保护的纯培养细菌，以相对湿度33%最好。若在75%相对湿度下消毒，则所需时间比在33%下延长1倍，但若在低于33%相对湿度

表 1 环氧乙烷浓度、杀菌的温度及时间与杀菌效果的关系

温度 (°C)	环氧乙烷浓度		所需时间 (小时)		
	毫升/升	毫克/升	杀死<99%	杀死99~99.9%	杀死100%
37	0.0250	22.1	1.7	4	8
	0.05	44.2	0.9	2	6
	0.1	88.4	0.6	1.2	6
	0.5	442.0	0.2	<0.5	1
	1.0	884.0	<0.1	<0.5	<0.5
25	0.025	22.1	7.2	10~24	>24
	0.05	44.2	3.3	8	24
	0.1	88.4	1.6	4	10
	0.5	442.0	0.5	1	4
	1.0	884.0	0.35	1	2
5	0.025	22.1	>36	>72	-
	0.05	44.2	31.2	>72	-
	0.1	88.4	17.5	48	>72
	0.5	442.0	<5.0	<24	<24
	1.0	884.0	<5.0	<24	<24

消毒,即使延长也不能达到完全灭菌,因为烷基化作用需要有一定的水份。杀灭被有机物保护的微生物,需要提高环境的相对湿度,有时需提高到70%以上,才能获得较好的消毒效果。本身含水量太多的细菌,虽用环氧乙烷可将其杀灭,但需延长作用时间,因为菌内水份太多,影响环氧乙烷的渗透。太干燥的细菌,用环氧乙烷难以杀灭。但干燥引起的细菌对环氧乙烷抵抗力的增强是暂时的,若消毒前适当预湿,使微生物恢复失去的水份,则也就恢复了其对环氧乙烷的敏感性。

(三)菌体外保护物质的影响

菌体表面含有的有机物越多,越难杀灭,因为有机物层不仅可影响环氧乙烷的穿透,而且也可消耗掉一部分环氧乙烷。因此,当用环氧乙烷消毒脓血、痰、大便和血浆中的微生物时,应适当加大用量或延长作用时间。在无机盐或有机物晶体中的微生物,用环氧乙烷难以杀灭,可能是由于环氧乙烷不能渗透到晶体内或这些化合物同环氧乙烷起

反应而被消耗。

(四)消毒物品的质量和厚度

环氧乙烷对有孔及能吸收环氧乙烷的表面(例如布、纸等)消毒效果较无孔表面为好。例如在30°C时,用880mg/L环氧乙烷杀灭布片或纸片上污染的芽胞,经3小时可达到无菌,但对玻璃片上的芽胞消毒4小时也不能达到无菌。因此,实际消毒时需要参考消毒物品的性质选择所用环氧乙烷浓度和作用时间。环氧乙烷气体的穿透力很强,可穿透玻璃纸、硬纸盒、塑料薄膜、塑料管、30层纱布、浅层的油、水和未破的鸡蛋等。但是其穿透力也有一定的限度,例如对成捆的麻袋,用5%环氧乙烷气体消毒18小时也不能穿透到5吋深处。所以,消毒物品不能太厚。

四、应用

环氧乙烷在消毒灭菌上使用的范围很广。因它不损害消毒的物品且穿透力较强,故大多数不宜用一般方法消毒的物品可用环氧乙烷消毒。例如,电子仪器、光学仪器、

生物制品、药品、医疗器械、书籍、文件、皮、毛、棉、丝、化纤、塑料制品、木制品、陶瓷及金属制品、橡胶制品、人工心肺机、人工肾、气管镜、膀胱镜、胃镜、手术器械、宇宙飞船等。

环氧乙烷液体及气体均有杀菌作用，液体一般用1~2%环氧乙烷水溶液在冰浴下浸泡消毒。但常用的是环氧乙烷气体消毒，因其穿透力强，所以必须在密闭的容器内消毒。常用的消毒方法有三种：固定容器消毒法、塑料袋消毒法和塑料蓬幕消毒法，分别简述如下：

(一)固定容器消毒法

固定环氧乙烷消毒容器种类很多，在皮革制品厂常用较大的环氧乙烷消毒室处理皮张，容积可达数十立方米。消毒时先将成捆的皮张堆入消毒室内，密闭室门，然后经管道从外部加入环氧乙烷液体，药液至室内敞开的容器中，自然气化，挥发至消毒器空间内。消毒时使室内温度保持在25℃以上，加药量为0.4kg/M³时，消毒时间为12小时，加药量为0.9kg/M³时消毒时间为6小时。消毒后先开门散气，然后取出消毒物品。目前卫生防疫站、消毒站也有采用环氧乙烷消毒室处理污染物品，这种消毒间的容积一般约数立方米，放入消毒物品后，先将室内抽成一定程度的真空，然后从外部将环氧乙烷加热气化，经管道通入消毒室内。要求温度、环氧乙烷用量及消毒时间同上。用此法处理手术包、棉毛织品，消毒效果可达99%~100%，消毒后应通风散气2~4小时，再取出消毒品。采用环氧乙烷和氟利昂的混合气体或环氧乙烷和氮气的混合气体，在容积为1.2M³的小型固定容器(消毒器)内进行消毒，取得满意的消毒效果。这些混合气体均具有防燃、防爆的优点。但前者价格较贵，每次消毒需112~120元。后者每次消毒需环氧乙烷1kg(5.88元)，氮气半瓶(2.5元)，于40~60℃作用16小时，对枯草

杆菌黑色变种的杀灭率达100%，效果可靠。用铝板焊接成一种圆桶状的环氧乙烷小型循环消毒器，用于口腔科、五官科、针灸针等器材的消毒，取得较好效果。每次消毒环氧乙烷用量0.5g/L，温度24~29℃，作用时间2小时，对枯草杆菌黑色变种芽胞的杀灭率在99.99%以上；作用12~24小时，可灭活HBsAg98.03~100%。将普通手提式高压灭菌锅改装成预真空蒸汽、甲醛和环氧乙烷三用灭菌器。用环氧乙烷灭菌时，加入环氧乙烷458mg/L，于室温上消毒12小时。预抽真空和预抽真空均可达到无菌。因一物三用，故很适合于农村、部队基层医疗卫生单位消毒小件物品。此外，近年来国内已生产了多种型号的环氧乙烷自动消毒箱，适用于医院和卫生防疫单位使用。使用时先将消毒物品放入箱内，然后抽真空、加入环氧乙烷气体，维持到要求的预定时间后，通风散气。所有上述过程均自动控制。该箱还具有自动调节温度和相对湿度的功能。其它固定容器包括采用干燥器、玻璃瓶等制备的简易环氧乙烷消毒器，用于实验室少量器材的消毒灭菌。

塑料袋消毒法

是一种简单、方便的常用方法。用塑料薄膜制成容积数升至数百升、大小不等的消毒袋。大者可用于消毒棉被、棉衣等大件物品，小者用于消毒手术器械、敷料、衣物等小件物品。常用的塑料薄膜有聚乙烯、聚氯乙烯、聚酯薄膜等。也可用橡胶布作成消毒袋。使用时先将物品装入袋内，然后扎紧袋口，从袋下角的排气孔挤出袋内的气体，将环氧乙烷瓶出气口与消毒袋的通气管接通，加温环氧乙烷气瓶，使气化的环氧乙烷进入袋内，加药后塞牢通气管口。在要求的温度下，消毒一定时间。消毒后打开袋口，通风散气，取出消毒物品。环氧乙烷用量及消毒时间为：440mg/L、>30℃、12小时；800mg/L、25~30℃、6~12小时；1000~1500

mg/L、25~30℃、2小时。有人采用塑料袋消毒法消毒手术包688个，输血、输液器材1000余次，注射器1000只，用后未发现1例感染。我们曾用1500mg/L环氧乙烷，在

25~30℃下作用2小时消毒实验器材，用蜡样杆菌芽胞污染的布片、玻片、铝片为效果指标，获得满意的消毒效果(表2)。

表2 环氧乙烷对蜡样杆菌芽胞的消毒效果

菌片	消毒前菌数	消毒后菌数	杀菌率(%)
布片	12×10^4	0	100
玻片	56.9×10^4	15	99.997
铝片	65×10^4	27	99.996

注：试验在丁基橡胶尼龙布袋内进行。菌片放于消毒物品内最难消毒的部位。

(三) 蓬幕消毒法

该方法适用于处理大量消毒物品。例如，消毒成捆的皮张、成包的羊毛及在反生物战条件下消毒大型武器装备。方法是用塑料薄膜或橡胶布上下两块，中间放消毒物品，用木条将上下两块的四边夹紧，留一孔通入橡皮管连接环氧乙烷钢瓶的出气口，钢瓶外用50~60℃温水加温，加速环氧乙烷气化，气化后的环氧乙烷气体进入消毒蓬幕内。据报道，用橡胶布蓬幕法消毒每包100kg的羊毛，环氧乙烷用量 $1.4\text{kg}/\text{M}^3$ ，在25~42℃下作用48小时，杀菌率(指示菌为蜡样杆菌芽胞)可达99.9996~100%。在塑料蓬幕内消毒皮张，用药量 $0.7\text{kg}/\text{M}^3$ ，在15℃以上温度下作用24小时，也获得理想的消毒效果。

五、毒性和对物品的损害

环氧乙烷对人有一定的毒性。人在含环氧乙烷20mg/L的环境中停留10秒钟，鼻粘膜即可感到刺激。吸入中毒的症状为头痛、头昏、恶心、呕吐、腹泻、呼吸困难、淋巴细胞增多等。空气中环氧乙烷的浓度及容许暴露时间为：50ppm，每天暴露7小时；100ppm，每天2小时，每周2天；150ppm，每天1小时，或每周1天；500ppm，每次1小时，每周一次。皮肤接触环氧乙烷后，可致冻伤或烧伤。先为刺痛，局部冰冷感，随即发生红肿、压痛、疹块、水疱及血疱。以40~60%溶液对皮肤损伤最重，接触1分钟，可致二度烧伤及冻伤。接触1%溶液20~25分钟或100%溶液1~3分钟，一般无

损害，仅少数人发生过敏反应，产生荨麻疹。

环氧乙烷对大多数消毒物品无任何损害，例如棉、毛、皮、化学纤维、纸、金属、木、漆、尼龙制品、大多数塑料、一些药物等。仅对少数物品有损害，例如食品中的维生素B₁、B₂、B₆、叶酸可被破坏，一些氨基酸含量降低；对血液可使血球溶解。补体及凝血酶原灭活。聚氯乙烯塑料用环氧乙烷浸泡后胀大变软。

六、使用时注意事项

1. 环氧乙烷存放处，应无火源；无转动之马达；无日晒，通风好，温度低于40℃，但不能放冰箱内。

2. 吸取或分装液态环氧乙烷时，须先将容器用冰水冷却并戴防毒口罩，若不慎将液体落于皮肤粘膜上必须立即用水冲洗半分钟。

3. 投药及开钢瓶时不能太猛，以免药液喷出，玻璃安瓿应用两层布包好后，才能打开，其液体也不可直接沾落在塑料袋上。

4. 经常检查漏气情况，可用加有10%酚酞的饱和硫代硫酸钠溶液浸湿滤纸，贴于可疑漏气处，如滤纸变红，即证明有环氧乙烷漏出，应立即修补；如感到头晕、恶心、呕吐等中毒症状，应立即离开现场进行治疗。

5. 用热水加热环氧乙烷容器时，必须先打开阀门；移出热水后，才能关闭阀门。

6. 消毒完后，必须打开门窗充分通风散气后，再开照明电灯，消毒后的物品，特别是橡皮塑料制品，须通风2~4小时后才可使用。

(参考文献36篇，从略)