



常見化學毒物中毒的防治叢書

窒息性氣體中毒的防治

蘭州化學工業公司職工醫院職業病防治所編

化學工業出版社

常见化学毒物中毒的防治丛书

窒息性气体中毒的防治

兰州化学工业公司职工医院职业病防治所编

化学工业出版社

“常见化学毒物中毒的防治丛书”介绍丙烯腈、二硫化碳、有机磷农药、三硝基甲苯、苯的氨基和硝基化合物、有机氟化合物、窒息性气体、刺激性气体、羰基金属、汞等常见化学毒物的中毒防治知识，分册陆续出版。

本书由兰州化学工业公司职工医院职业病防治所编写，赵金垣同志执笔，主要以氰化氢、一氧化碳、硫化氢三种不同类型的化学毒物为例，介绍窒息性气体的毒理作用、中毒的症状与诊断、中毒的急救与治疗等，对预防窒息性气体中毒的措施及有关检验分析方法，也作了较详细的叙述。

本书可供从事职业病防治工作的卫生人员学习，也可供化工系统有关专业的领导干部、工人和技术人员参考。

常见化学毒物中毒的防治丛书

窒息性气体中毒的防治

兰州化学工业公司职工医院职业病防治所编

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $4\frac{1}{2}$ 字数97千字印数1—15,250

1979年5月北京第1版1979年5月北京第1次印刷

书号15063·3003定价0.33元

限国内发行

出版说明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国化学工业战线的广大革命职工，高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，在深入开展“工业学大庆”的群众运动中，使我国的化学工业得到了飞速发展。与此同时，生产过程中的劳动保护和环境保护工作也越来越受到了各级领导和广大群众的重视。一些企业在大搞技术革新、工艺改革，改善劳动条件，预防职业中毒；大搞综合利用，治理“三废”，保护环境；组织卫生人员深入生产第一线，搞好工业卫生，做好职业病防治工作等方面都做了大量工作，取得了一定成绩，积累了经验。为进一步配合此项工作的开展，我们组织有关单位编写了《丙烯腈中毒的防治》、《二硫化碳中毒的防治》、《有机磷农药中毒的防治》、《三硝基甲苯中毒的防治》、《苯的氨基、硝基化合物中毒的防治》、《有机氟中毒的防治》、《刺激性气体中毒的防治》、《窒息性气体中毒的防治》、《羰基金属中毒的防治》和《汞害的防治》等一套常见化学毒物中毒的防治知识丛书，将分册陆续出版。

这套丛书从这些化学毒物的理化特性谈起，联系我国国防战线的实际情况，以通俗的语言，简明扼要地介绍了毒物的毒性、毒理、中毒表现和治疗方法，并着重叙述了预防毒物中毒的措施及有关分析化验方法等知识，可供从事职防工作的卫生人员学习，也可供化工系统的领导干部、工人和技术人员参考。

在本丛书的编写过程中，各编写单位的领导对这一工作非常重视，给予热情关怀和支持，编写人员认真努力，有关单位的工人和技术人员也给予积极协助和支持。在这里，我们谨表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，缺点错误在所难免，切望读者批评指正。

目 录

第一章 概论	1
第一节 窒息性气体的概念.....	1
第二节 窒息性气体的理化特性.....	3
第三节 窒息性气体的工业来源.....	4
第二章 窒息性气体的毒理	10
第一节 氰化氢的毒理.....	10
第二节 一氧化碳的毒理.....	21
第三节 硫化氢的毒理.....	25
第三章 窒息性气体中毒的临床表现与诊断	31
第一节 氰化氢中毒.....	31
第二节 一氧化碳中毒.....	35
第三节 硫化氢中毒.....	42
第四节 窒息性气体中毒的诊断.....	46
第五节 病例介绍.....	51
第四章 窒息性气体中毒的治疗	60
第一节 窒息性气体中毒的抢救治疗原则.....	60
第二节 急性窒息性气体中毒的治疗.....	79
第三节 急性中毒后遗症及慢性中毒的治疗.....	85
第五章 窒息性气体中毒的预防	89
第一节 预防中毒的组织措施.....	89
第二节 工艺改革和技术革新.....	91
第三节 车间的通风排毒措施.....	94
第四节 个人防护措施.....	99
第五节 医疗卫生措施	103

第六章 有关检验分析方法	105
第一节 空气中毒物浓度的测定	105
一、氰化氢	105
二、一氧化碳	110
三、硫化氢	113
第二节 生物材料中毒物或其代谢物的测定	117
一、氰化氢	117
二、一氧化碳	123
三、硫化氢	128
附表 常见含氰化合物及其毒性	131

第一章 概 论

第一节 窒息性气体的概念

氧气通过机体的呼吸运动，经由鼻腔(口腔)、咽喉、气管、支气管及各级细支气管到达肺泡；在肺泡内进行气体交换进入血液；在血液中与红血球中的血红蛋白结合成氧合血红蛋白，经血液循环输送到全身各组织器官；再经过组织中的气体交换才得以进入细胞；氧气在细胞内，由于各种“呼吸酶”的作用，可将糖、蛋白质、脂肪等养料转化为能量以维持机体的生命活动，同时生成二氧化碳和水。这就是氧气的摄取、运输和利用的概要过程。这一过程中任何一个环节受到破坏，都能影响机体的供氧，从而引起种种缺氧的表现。

广义来说，凡是能够阻断呼吸过程的任一环节，从而造成机体缺氧的物质，均可称之为“窒息性毒物”。但目前一般所指的窒息性毒物，系指一些能直接妨碍氧的供给、摄取、运输和利用，从而造成机体缺氧的物质。那些仅能通过它们在机体所引起的主要损伤或致毒作用后而继发造成机体缺氧的毒物，均不列入窒息性毒物的范畴。如一些有机溶剂（麻醉性毒物）和光气、氯气、氮氧化物、二氧化硫、环氧氯丙烷、氟光气、全氟异丁烯等刺激性气体。那些经呼吸道吸入体内的窒息性毒物，称为“窒息性气体”。按它们毒作用机理的不同，这些气体可大致分为三类：

一、单纯窒息性气体

这类气体本身的毒性很小或属于惰性气体，但由于它们在空气中大量存在而降低了空气中氧的相对含量，从而使血液从吸入气中得不到足够的氧气，动脉血氧饱和度下降，组织细胞的供氧量明显减少而发生机体的缺氧窒息。

正常空气中的氧含量为 20.96%，当氧含量低于 16% 时即可发生呼吸困难；低于 10% 时可引起昏迷甚至死亡。

属于这一类的窒息性气体常见的有：氮气、氩气、氙气、甲烷、乙烷、乙烯等。

二、血液窒息性气体

这一类毒物主要通过对红血球的血红蛋白发生毒性作用，阻碍血液的携氧功能及在组织细胞中释出氧气的能力，从而减少对组织细胞的氧气供给，造成机体的窒息。

属于这一类的常见的窒息性气体有：一氧化碳、苯胺蒸气、硝基苯蒸气等。

三、细胞窒息性气体

这类毒物主要作用于细胞内的呼吸酶，使之失活，从而直接阻碍细胞对氧的利用，造成组织细胞的缺氧（亦称为“内窒息”或“细胞窒息”）。

属于这一类的毒物主要有氰化物和硫化氢。

本书重点介绍氰化物、一氧化碳及硫化氢三种毒物。这些窒息性气体在很多生产过程中是大量产生的，对工人健康的危害很大。根据我们对十余年急性职业中毒病例的统计结果，这类毒物所引起的急性中毒几乎占急性职业中毒总发病数的一半。有的窒息性气体如氰化氢等由于毒性十分剧烈，还被帝国主义作为化学武器使用。因之，普及窒息性气体中毒的防治知识，对于保障安全生产、加强战备都具有重要意义。

第二节 窒息性气体的理化特性

三种常见窒息性毒物的主要理化特性见表1。

表1 窒息性气体的主要理化性质

毒物名称	常温常压下 之物理状态	熔 点 (℃)	沸 点 (℃)	气体或蒸气的 比重(与空气比)	水溶性
氰化氢	无色透明液体	-13.3	26.5	0.948	易 溶
一氧化碳	无色无嗅气体	-199	-191.5	0.967	不 溶
硫化氢	无色有臭蛋样 气味的气体	-82.9	-61.8	1.191	易 溶

氰化氢(HCN) 分子量为27.03。液体比重为0.6976(20/4℃)，极易挥发，其蒸气略带杏仁样气味，由于蒸气比重与空气相近，故很易在空气中均匀弥散。它的水溶液具弱酸性，称为氢氰酸，此品不能保持过久，很快会出现棕色沉淀，并可形成甲酸铵。它还可与乙醇、苯、甲苯、乙醚、甘油、氯仿、二氯乙烷等物质互溶。氰化氢在空气中可以燃烧，火焰呈紫色。当其在空气中之含量达到5.6~12.8%时，具有爆炸性。

一氧化碳(CO) 分子量为28.01。它不易被液化和固化，也不能被活性炭所吸附，但可溶解于氨水、乙醇、苯和醋酸。一氧化碳的化学性质比较活泼，它可以氧化为二氧化碳；与氧共燃时易发生爆炸；与空气混合的爆炸极限为12.5~74.2%；在常温下可与金属生成易挥发的羰基金属等。它具有易燃性，在空气中燃烧的火焰呈蓝色。

硫化氢(H₂S) 分子量为34.08。它易溶于水生成氢硫

酸，40℃时每100毫升水中可溶解186毫升，0℃时则可溶解437毫升硫化氢；亦溶于醇类、甘油、石油溶剂及原油中。它的化学性质不稳定，在空气中容易燃烧，自燃点为345~380℃，爆炸范围为4.3~45.5%。本品对铁等金属具有很强的腐蚀性。

第三节 窒息性气体的工业来源

一、氰化氢（包括其他氰化物）

在化工生产中，氰化氢最常见于一些直接制备氰化氢的生产过程，如：氰化钠和硫酸制备氰化氢；一氧化碳与氨在高温下经催化剂作用直接生成氰化氢，或者先生成甲酰胺，而后脱水生成氰化氢；用甲烷氨氧化法（以铂为催化剂）直接生成氰化氢。

氰化氢作为反应副产物而生成，在一些过程中也是常见的，如：用氰化钾与硫磺共熔制备硫氰酸钾；用硫酸二甲酯与氰化钠反应制备乙腈；二溴乙烷与氰化钾反应制取丁二腈；1,2-环氧丙烷与氰化氢反应制取甲基丙烯腈；氯甲酸甲酯（或氯甲酸乙酯）与氰化钠反应制取氰基甲酸甲酯（或氰基甲酸乙酯）等。

作为生产聚丙烯腈纤维、丁腈橡胶及ABS工程树脂的重要单体，丙烯腈的需用量愈来愈大。它的制备目前主要有二种方法：一种是乙炔和氰化氢直接合成；另一种是用丙烯氨氧化法生产。前一方法中氰化氢是生产原料，后一方法中氰化氢是反应副产物。所以，氰化氢是这些生产过程的主要职业危害之一。

制造聚甲基丙烯酸甲酯（亦称“有机玻璃”）的生产过程中，其基本生产原料丙酮氰醇系用丙醇与氢氰酸反应制得，

此过程有氰化氢蒸气产生。

有些化学药物的制造过程，需进行氰化反应，如巴比妥的制造过程中，其中间体丙二酸二乙酯的生产，需用氰化钠进行氰化，存在有氰化氢的危害。

制造二氯均三嗪型活性染料时，其重要原料之一——三聚氯氰系用氰化钠和氯气生成氯氰后，再与氯化氢反应制得，在生成氯氰过程中，亦有氰化氢的生成。

其他一些工业生产过程也存在氰化氢的危害问题，如：

冶金工业 从矿石中提取金、银时，需加入氰化钠（或氰化钾）以形成氰化金或氰化银，而后以电解法提取。用浮选法富集铅-锌矿石时，系用氰化物进行反应。钢铁的氰化处理及淬火，需加入氰化钠（或氰化钾），在这些过程中常有不少氰化氢逸出。

电镀工业 用电解法镀金、镀银、镀铜、镀锌等工艺过程，需使用这些金属的氰化物，如氰化金、氰化银、氰化铜、氰化亚铜、氰化锌等，电解时因电解电极上有新生氢生成，故可产生氰化氢逸出。

炼焦工业 煤在高温下（900~1200℃）发生分解，除生成焦炭外，还生成煤焦油、粗苯、焦炉气等，同时还有氰化氢、硫化氢等杂质混于上述各类产品中，可造成职业危害。

除上述各种生产过程以外，应当注意，任何含氮有机物进行干馏或不完全燃烧时，均可有氰化氢的生成。

二、一氧化碳

一氧化碳是工业生产中最常见的有毒气体之一，在化工生产中显得尤为突出。

氮肥（氨水、硝酸铵、尿素等）生产中用煤或重油制取

原料气，在造气、脱硫、变换（一氧化碳转化为二氧化碳）等工序中，因设备管线的泄漏而造成一氧化碳中毒，成为氮肥生产的主要职业危害因素。

还有不少化学物质是用一氧化碳为原料进行制取的，如甲醇、丙烯酸、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、光气、甲酸、甲酰胺、草酸、羰基金属等，故也均可因设备管道的泄漏而产生一氧化碳的危害。

有机合成中的羰基合成工艺也是用一氧化碳为原料的。此种工艺是一种重要的合成高级脂肪醇的方法。但应高度注意反应系统的密封，否则常可发生一氧化碳中毒。

有机化学工业中重要的催化剂——羰基金属系在高温下用一氧化碳与所需金属反应制得，如五羰基铁 $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ 、八羰基二钴 $[\text{Co}_2(\text{CO})_8]$ 、四羰基镍 $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ 等。除制备过程中，有大量一氧化碳存在外，这些羰基金属受热时也会放出一氧化碳。这些都应给予高度重视。

除上述化工生产外，一氧化碳的危害还可见于如下一些工业生产过程：

煤气工业 煤气系指用煤、焦炭、半焦等固体燃料或重油等液体燃料经干馏或气化等工艺所制得的气体产物的总称。不论干馏煤气或气化煤气，其中均含有大量的一氧化碳气体（30%以上）。煤气生产的各个环节，如煤气发生、脱硫、加压等工序，常可因通风不良或设备腐蚀、管线泄漏等情况而有一氧化碳的逸出、滞留；如不注意个人防护进行紧急检修，常会发生急性中毒。

采矿工业 矿井采掘爆破时，由于炸药的爆炸，可生成大量的一氧化碳和其他有害气体（如氮氧化物、氰基化合物、二氧化碳等）。爆炸气中一氧化碳的含量因炸药种类的不同

而异，并受空气供给量的影响：空气愈充足一氧化碳的生成愈少。一般说来，各种炸药的一氧化碳的生成量如下：黑色炸药之爆炸气中含3~9%的一氧化碳；三硝基甲苯爆炸气含57%左右；苦味酸炸药的爆炸气中含61%左右；三硝基甘油爆炸气中含34%左右。当然，除矿井采掘爆破外，建设地下铁道、开掘隧道、修筑坑道等工程爆破，同样有大量一氧化碳产生，故爆破后若不进行充分的通风排风，而很快进入爆破区作业，工作人员就极易发生一氧化碳中毒。

冶金工业 冶金工业多需用煤或煤气为燃料以进行冶炼，故生产过程中有大量一氧化碳的存在。如炼钢炉气体中一氧化碳约占25%；炼铁炉气体中则有25~28%的一氧化碳；炼铝炉气体中一氧化碳可达32%左右；铸型砂箱放出的气体中一氧化碳含量约为18%；甚至熔融的生铁冷却时所放出的冷却气亦含有3~4%的一氧化碳。

冶金工业还常用羰基化法来制取纯金属。如镍矿石经还原使镍成金属状态，再用一氧化碳在常温下与它作用生成容易挥发的羰基镍，并使之逸出而与其他金属及矿渣分离。逸出的蒸气经加热即分解成纯镍和一氧化碳。此一过程系在密封的高压管中进行，如果密封系统发生泄漏，则极易发生一氧化碳（及羰基镍）中毒。

交通运输业 煤、汽油、柴油等燃料燃烧时均能产生一定数量的一氧化碳气体，故使用上述燃料的各种交通工具均是一氧化碳的发生源。如蒸汽机车的喷出烟中，一氧化碳可占2~4%；汽艇的排出气中一氧化碳约占5~6%；而汽车尾气中所含有的一氧化碳可高达6~14%。据国外资料，城市中汽车所造成的污染量可占该城一氧化碳总污染量的70~90%。

炼焦工业 除生成固体的焦炭外，尚生成煤焦油及煤气，此种煤气中约含有7%的一氧化碳。

其他如石灰、水泥、陶瓷、玻璃、砖瓦等的焙烧窑。家禽饲养场的孵房，以及生活用炉管理不善、家庭土炕漏气等均可有一氧化碳中毒的发生。枪炮射击时及坦克、装甲车、军舰等内部亦有一氧化碳的发生。总之，即任何含碳物质的不完全燃烧，均可产生一氧化碳气体。

三、硫化氢

硫化氢主要是作为很多工农业生产过程及日常生活过程所产生的废气而出现的，也可用来制造硫、精制盐酸和硫酸，分离及鉴定金属离子等。

在石油工业中常可遇到硫化氢的危害问题。例如在钻探开采石油的过程中，由于石油中或多或少地都含有杂质硫（含量多在0.1~1.0%，有的石油可高达5%左右），常发生大量硫化氢气体由井中喷出的情况，严重威胁工人健康和生产。

在石油的炼制加工过程中，由于硫化氢对设备管道的腐蚀性极大，必须予以脱除。在脱硫前的各个工序如有设备管道破损泄漏，则可因硫化氢的逸出而致中毒。一个年加工量为1200万吨的炼油厂，若炼制含硫量为1%左右的原油，则其每年所产生的硫化氢废气可达640吨之巨！

在干馏油页岩时，由于其中也含有1.5~2.0%的硫，故也有发生硫化氢危害的可能。

在化学工业中，最突出而多见的是有机磷农药的生产（如对硫磷、甲基对硫磷、乙硫磷、乐果等），其在进行硫化反应时常有大量硫化氢气体的产生，成为该种生产中比较严重的职业危害。其他一些含硫化合物的制造如三硫化二

砷、三硫化二铋、磺胺噻唑、促进剂M、促进剂DM及各种硫化染料（硫化青、硫化蓝、硫化棕等）的生产过程，均存在比较严重的硫化氢危害问题。

精制盐酸或硫酸时，需往酸中通入硫化氢气体，以形成重金属沉淀，此时常发生大量硫化氢废气。

硫化氢还可见于化纤工业中，如粘胶纤维（人造丝）的生产过程中需将粘胶溶液通过喷丝孔喷入由硫酸、硫酸盐等组成的凝固浴以生成粘胶纤维，此时，即产生大量的硫化氢废气，如密闭不良或局部机械排风不良，很易发生硫化氢中毒。

此外，硫化氢废气还可见于制革工业（鞣制皮革时，需先用硫化钠进行脱毛，此物与酸性物质相遇，即可反应生成硫化氢气体）、采矿业（矿石中如煤矿、硫磺矿、石膏矿、各种金属矿等常含有杂质硫，故采矿时甚至冶炼过程中均有硫化氢产生）。还有用硫化氢对某些金属（如铜、镍、钴、铟、铋等）进行提纯，即用硫化氢与之生成不溶性硫化物，再将此沉渣分解提纯，可得所需之金属，此时亦有硫化氢气体产生。

含硫有机物的发酵腐败亦易生成硫化氢气体，故以动植物为原料的一些生产过程都要警惕硫化氢中毒的发生。如制糖及造纸业的原料浸渍、淹渍咸菜、处理腐败鱼、肉、蛋类食品等过程都有可能产生硫化氢，在进入上述有关池、窖、沟、室、穴时要注意采取适当的防护措施。硫化氢在冬季尚可以较大量吸附于衣物上，当进入暖室后很快逸散出来引起中毒的发生。

第二章 窒息性气体的毒理

氰化氢、一氧化碳、硫化氢这三种窒息性气体的毒性都比较剧烈，少量吸入即可发生中毒，浓度稍高可立即致人于死命。

根据动物实验资料，氰化氢对大白鼠的绝对致死浓度（ LC_{100} ）为100~120毫克/立方米；对人来说，150毫克/立方米的浓度即可立即致死。

一氧化碳对小白鼠的绝对致死浓度（ LC_{100} ）为2300~5700毫克/立方米；人若吸入11000~12000毫克/立方米浓度的一氧化碳即可很快停止呼吸而死亡。

硫化氢具有强烈的刺激臭味，人的嗅觉阈约为0.1ppm（0.14毫克/立方米）；小白鼠吸入的绝对致死浓度（ LC_{100} ）为1150~1300毫克/立方米；人若吸入1000毫克/立方米浓度的硫化氢即可立即毙命。

我国对这些毒物的最高容许浓度（MAC）规定为：

氰化氢·····	0.3毫克/立方米
一氧化碳·····	30毫克/立方米
硫化氢·····	10毫克/立方米

兹将上述三种毒物的毒理性质分述如下。

第一节 氰化氢的毒理

一、中毒机理

氰化氢气体主要是经由呼吸道进入体内而引起中毒。它