

142879

工業一氧化碳中毒

吳振球

46

651

K3

科学普及出版社

工業一氧化碳中毒

吳 振 球

科學普及出版社

1958年·北京

本書提要

在工業生產中，一氧化碳氣體是普遍存在的，如果不予以足夠的注意，就會使人中毒。像冶金、化工、采礦、機械製造等工業部門，甚至在機械化農業生產過程中都可能發生一氧化碳中毒事故。這本小冊子簡單扼要地介紹了在工業生產中預防一氧化碳中毒的知識。作者從一氧化碳在人體內引起的變化談起，分析了引起中毒的一些因素；又從中毒後的病狀談到如何辨別一氧化碳中毒及中毒後的急救法。最後，還具體地介紹了幾種簡易測定法及預防中毒的一些原則；對於預防發生一氧化碳中毒事故來說，這些都是具有實際意義的。

總字：578

工業一氧化碳中毒

著者：吳振球

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外柳樹灣)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠

(北京市西便門前大街7-1號)

開本：787 × 1092 1/32

1958年1月第1版

1958年1月第1次印刷

印張：8

字數：12,000

印數：2,300

統一書號：14051·35

定價：(9) 1角

目 次

工業生产中一氧化碳的發生·····	1
一氧化碳怎样引起人的中毒·····	2
一氧化碳中毒的几个因素·····	4
一氧化碳中毒的病狀·····	6
一氧化碳中毒的辨別·····	8
空气中一氧化碳的簡易測定法·····	9
急性一氧化碳中毒时的急救·····	12
怎样預防工業一氧化碳中毒·····	14

当天寒地冻的时候，人們常在关得紧紧的屋子里，放上一只炭盆、煤球爐或是沒有烟道的爐子来取暖；如不当心，往往会使人有头晕、头痛、噁心、嘔吐等不适，甚至發生昏迷或死亡等不幸事件。这就是我們平常所說的“煤气中毒”，也就是一氧化碳中毒。

——在很多工業生产中也能發生一氧化碳，但却不是發生于炭盆、煤球爐等簡單的取暖設備，也不一定只發現于寒冷的季节。那么，在工業生产中一氧化碳究竟是从哪里来的？它怎么会使人中毒？中毒以后有些什么現象？怎样急救和預防一氧化碳中毒？我們將在这本小册子里对这些問題作一介紹。

工業生产中一氧化碳的發生

在工業生产中，一氧化碳是比較普遍存在的一种有害气体。一般來說，凡是一切含碳的物質像煤炭、木料、油料等等在燃燒不完全的时候，都可以發生一氧化碳。例如：鋼鉄厂、金屬冶煉厂、机械制造厂中的鼓風爐、冲天爐等熔爐；以及在鑄造、鍛冶的过程中，都会發生一氧化碳。

化学工業中如制造甲醇时，是在高压下用氧化鋅为触媒，以氫和一氧化碳气体所合成的；又如氨的合成过程中，也会接触到一氧化碳。

煤气工業中的發生爐、煤气管破漏时，一氧化碳就会逸出。

制造陶器、磚瓦、玻璃、热水瓶工業中的窑爐、烘爐等，同样会产生一氧化碳；特别是当初引火，热度还不很高的时候，往往会有多量的一氧化碳逸出。

煤矿中，当在煤坑内放炮或煤塵爆炸的时候，会产生相当量的一氧化碳。特别是当矿井中通风不好时，则情况更严重。

汽油或柴油内燃机、鍋爐、爐灶等处同样会产生一氧化碳气体。

现在，我们把几种工业气体中一氧化碳的含量列表（表1）于下，以作参考：

表 1 几种工业气体中一氧化碳的含量

气 体 名 称	一 氧 化 碳 含 量 (%)
爆炸气体(火药、炸药)	50—60
發生爐气体	30—35
鼓風爐气体	24—30
都市中煤气	6—30
內燃机廢气(汽油、柴油)	4—7

再说，在机械化的农业生产中，像拖拉机上的煤气發生爐中用木炭或木柴等作燃料时，也应注意到有一氧化碳的發生。

此外，木柴、油类、布料、紙張等燃燒不完全或者不充分的时候，都可以發生一氧化碳气体；例如：在染織厂的燒毛部等就有产生一氧化碳的可能。

由于一氧化碳本身既無顏色，又無特殊的气味，很不容易被人發觉，因此，假使不提高警惕，那么，就会影响工人的健康，甚至危及生命的安全。

一氧化碳怎样引起人的中毒

一氧化碳中毒是由于人吸入了一氧化碳气体而發生的。在說明这一个問題以前，我們先来談談氧气和人体的关系，以及

氧在身体內的運轉情況。

我們知道，人們日常所攝取的各种營養素，像脂肪、蛋白質、碳水化合物等，必須依靠氧氣的供給，使之不斷地進行燃燒和分解，才能被人體吸收利用；只有吸入氧氣，才能使人體產生熱能，保持細胞和各部組織的正常活動。假使缺乏了氧氣，我們的生活機能必然要受到嚴重的威脅，甚至不能生存。

吸入到人體里去的氧氣又是怎樣帶到身體各部分去的呢？當空氣里的氧氣通過氣管、支氣管進入肺部後，穿入肺泡壁的微細血管，進入血循環。這時，氧與紅血球中的血紅素暫時結合起來，成為“氧合血紅素”。隨着血液的循環，“氧合血紅素”就將氧輸送到各個組織和器官，供給營養素燃燒的需要。於是，氧和血紅素分離了。同時，血紅素再把各個組織和器官中營養素所燃燒及分解後的廢物——二氧化碳帶走，到肺泡中再把二氧化碳呼出體外；這時的血紅素，稱為“還原血紅素”。因此，吸入氧氣的被利用，以及體內二氧化碳的被排出，正是由於血紅素川流不息的運輸才能完成。

但是，一氧化碳氣體被吸入人體後，它就阻止了氧與血紅素的正常結合，這時“氧合血紅素”就被“碳氧血紅素”所取代，使血紅素喪失了原有的運氧能力。根據學者們的報告：一氧化碳與血紅素的結合力，要比氧與血紅素的結合力大二百至三百倍。因此，吸入的一氧化碳越多，那麼，“碳氧血紅素”越多，“氧合血紅素”就越少，於是血液的運氧能力就大大降低了。結果，各部組織和細胞產生了缺氧現象，引起窒息，嚴重地妨礙了中樞神經系統的正常活動機能，呈現出各種輕重不等的中毒現象。

那麼，一氧化碳怎樣排出人體呢？當空氣中一氧化碳較少，或者離開一氧化碳的環境後，一氧化碳和血紅素又能分

离，从呼吸道被排出去。但是应该指出：它的分离是很慢的。一般的說，它排出的速度起先較快，以后漸漸地变得緩慢；在停止吸入一氧化碳后的第一小时，約排出50%，而全部“碳氧血紅素”的分离時間約需数小时甚至一晝夜以上。

我們已經知道，一氧化碳所以能造成中毒的原因，是由于一氧化碳和血液中的血紅素結合起来，引起了組織缺氧的緣故。这样，問題非常明显，血液中一氧化碳的含量越多，它所造成的中毒后果也就越严重。关于这一点，我們在下面再加以討論。

一氧化碳中毒的几个因素

在有一氧化碳气体的場所居住、生活或劳动，假使不注意預防，將會造成一氧化碳中毒事故。不过，是不是一碰到一氧化碳就会中毒呢？中毒的程度輕重又和哪些条件有关呢？

空气中一氧化碳的濃度 造成一氧化碳中毒的先决条件，就是空气里面的一氧化碳是否超过了規定的濃度。它的濃度越高，被吸入的量就越多；血液中一氧化碳的含量高时，造成中毒的程度就比較严重。相反的，假使在極微量的，即所謂最高容許濃度（或称安全濃度）以下的环境里，是不致發生什么危害的。譬如說，空气中一氧化碳在0.06%（0.68毫克/升）的濃度下，已有輕微的毒力；若在0.1—0.2%（1.14—2.28毫克/升）或这濃度以上，就会引起严重的中毒病狀。在1956年由我国国家建設委员会和衛生部批准的“工業企業設計暫行衛生标准”所規定空气中一氧化碳的最高容許濃度是0.03毫克/升。

接触一氧化碳的时间 影响一氧化碳中毒的另外一个重要因素，是接触一氧化碳時間的長短。一氧化碳被吸入人体后，它在血液中与血紅素結合成“碳氧血紅素”的作用是累积的；也

就是說，接觸一氧化碳的時間越長，血液中的一氧化碳含量也就越大，中毒的病狀和後果也就越嚴重。

以上，我們僅根據一氧化碳的濃度和接觸的時間來討論，這樣，顯然還是不夠完善的；因為，生產環境中對人體不利的因素很多，例如：

在**高溫**環境下操作，特別是在高溫場所中從事強度體力勞動時，由於維持體溫平衡的關係，除了出汗增加外，還伴以呼吸的加速，以促進體熱的散發，這時，吸入一氧化碳的量，就會比常溫下增多。

又如在**低氣壓**的環境下，例如高山等處，由於體外氣壓的降低，相應的會引起體內氣體的膨脹，甚至發生腹脹、橫膈膜升高、呼吸運動受障等。這樣，由於呼吸的頻促，將加速了一氧化碳的吸入。

再如，有**二種有害氣體**同時存在，例如礦內或隧道中以硝化炸藥爆破時，常常同時發生氧化氮和一氧化碳；用汽油作燃料時，會同時接觸到汽油蒸汽和一氧化碳。這時，二種毒物的作用，就顯著地加強了它們的危害程度了。

其次，我們還應該考慮到接觸者的**健康狀況**。以一個健康人和一個貧血的人來做比較，貧血人的血液里，血紅素本來已經減少，假使再加上一氧化碳的侵襲，將更加重了血紅素運氧的困難和組織中的缺氧程度；所以，一個貧血的人發生一氧化碳中毒時，不但發病比較快，而後果也比較嚴重。同樣的，營養不良的人，常常有貧血；心臟病患者以及有氣喘的病人，由於呼吸功能的障礙，因而，對他們來說，一氧化碳引起的危害也較一般健康人為重。

此外，發生中毒的經過和輕重，又和接觸者的活動情況有關。譬如：以安靜工作和強烈體力勞動來作比較，他們的呼吸

量是有着很大差别的。在强烈体力劳动时的呼吸量，往往要比安静工作时大十倍左右。由于呼吸次数的加速和呼吸量的增大，所吸入的有害气体势必也就增多。这样，不仅发生中毒的时间较快，其后果当然也比较严重。

一氧化碳中毒的病状

一氧化碳的中毒病状，根据空气中一氧化碳的含量、接触时间以及个人感受性等等因素而不同。

轻度急性一氧化碳中毒时，病人起初有眩暈、头痛、額部紧迫感等不适，以后会有噁心、嘔吐、胸内脹悶、全身無力、四肢軟弱等症状。有时往往不能自主地行走。

中毒较重时，除了上面所说的一些病状外，病人行动的能力显著不方便，脉搏細弱，呼吸表淺，进而呈现不同程度的神志昏迷。当昏迷时，病人还常伴發痙攣等病状。

进入含有高浓度的一氧化碳地方，像入爐内从事紧急搶修等工作，假使不注意防护，接触数分鐘后，就可立即猝然昏倒乃至死亡。

表 2 一氧化碳浓度与暴露时间及碳氧血紅素含量間的关系

空气中一氧化碳浓度 (毫克/升)	暴 露 时 間	碳氧血紅素(%)
0.23—0.34	5—6 小时	23—30
0.46—0.69	4—5 小时	36—44
0.80—1.15	3—4 小时	47—53
1.26—1.72	1.5—3 小时	55—50
1.84—2.30	1—1.5小时	61—64
2.30—3.40	30—45 分鐘	64—68
3.40—5.70	20—30 分鐘	68—73
5.70—11.50	2—5 分鐘	73—76

有人曾研究了空气中一氧化碳濃度、暴露時間与碳氧血紅素三者的关系。从第6頁表2中可以看出，空气中一氧化碳的濃度越高，血液內碳氧血紅素的含量就越多。

血液中碳氧血紅素的含量多少，常常是患者病狀輕重的最主要原因。例如：

碳氧血紅素在10—20%时，額部有紧迫感，可能有輕度头痛。

碳氧血紅素在30—40%时，有重度头痛、衰弱、眩暈、視力模糊、噁心、嘔吐等病狀。

碳氧血紅素在50—60%时，呼吸及脉搏增速、虛脫、神志不清、昏迷，或有間歇性搖搦。

碳氧血紅素在70—80%时，心搏微弱，呼吸受抑、表淺乃至呼吸衰竭而迅即死亡。

由此得知，空气中一氧化碳的濃度在0.46—0.69毫克/升时，工作四、五小时，就会出现明显的中毒症狀。而在0.8—1.15毫克/升及其以上的濃度下，即令三、四小时或更短暫，就会使人昏迷，甚至立即致命。

急性一氧化碳中毒的病人，除了在早期所見到的一些急性病狀外，也有部分中毒的病人在病狀减退后几天还会有發热、咳嗽、气急、胸痛等病狀。这时，就要考虑到是否有并發肺炎的可能。另外，像对心臟、肝臟、脾臟、腎臟等器官，有时也会引起一定程度的損伤。

有些病人往往在几天或者二、三星期以后有持續性头痛、头晕、全身無力、視力模糊、搖搦、無精打彩、对事物無决断力、注意力不集中等，甚至也有变为痴呆的；还有極少数病人發生精神錯乱、兴奋激动或全身麻痺症狀的。这些，都是一氧化碳中毒后可能引起的后發病，應該予以注意。北京人民医

院的報告中曾指出：該院從1942年至1950年1月間二十六个一氧化碳中毒的住院病人中，竟有五个病人在中毒的昏迷病狀消失后，經過二星期到一个月左右，才出現各种不同的神經系統病變。

經常在超过一氧化碳最高容許濃度^①的環境下勞動，由于血液和組織的長期缺氧以及對中樞神經系統的侵害，有時會感到頭痛、眩暈、胃口不好、全身無力、記憶力減退、情緒消沉、失眠等等。另外，還可見面色蒼白、步態不穩、視力減退等。有些學者認為以上這些病狀是輕度急性一氧化碳中毒反復發生的後果。

一氧化碳中毒的辨別

前面我們已經把一氧化碳的發生、中毒機轉以及中毒后所呈現的主要病狀等作了敘述。但是，是不是所有神志昏迷的病人都是急性一氧化碳中毒呢？究竟怎樣正確地去辨別一氧化碳中毒這個問題呢？

要肯定是否一氧化碳中毒，一定要看病人是否接觸了足夠量的一氧化碳。也就是說，病人勞動、學習或者居住的環境中是否有一定量的一氧化碳存在。有時，一氧化碳中毒事故，在同一場所從事同一種操作的工人中，呈現着類似的病型；假使發現這一種情況，也是值得注意的。

在現場臨時決定是否有過量的一氧化碳氣體，最好要通過測定（詳見下一節）。但是，病人的特殊症狀也能提供一定的參考價值。例如：急性一氧化碳中毒的病人，即令是在窒息的昏迷狀態，在面頰、口唇、指甲等處，並不像其他一般病人那樣的

① 最高容許濃度的標準詳表5。

呈現蒼白或紫紺色，而是出現特有的櫻桃鮮紅色。這種現象，即使病人死亡後，在短時間內還能看到。

我們還要用實驗的方法來鑒定血液中“碳氧血紅素”的含量。能用血液分光鏡來檢查，將是很理想的，但目前還限于條件，不能普遍應用；而其他的實驗室的檢查方法也較複雜。現在我們來介紹二種簡便的小試驗：

1. 用二隻小試管，各置蒸餾水 2 毫升，將病人及正常人的血液 2 毫升分別加于二個已有蒸餾水的小試管中。然後，把試管振蕩搖勻，並隨即在試管中各加 5% 氫氧化鈉一滴，最後把二個標本比較觀察。一氧化碳中毒時，試管內標本呈淡紅色；正常者為棕綠色。

2. 取病人血液 5 毫升置于一試管內，再以正常人血液 5 毫升置于一試管內；然後將二隻試管同時在酒精燈上加熱煮沸，觀察其色澤。一氧化碳中毒者的標本為紅磚色的塊狀；而正常的則呈現灰褐色乃至黑褐色的沉澱。

空氣中一氧化碳的簡易測定法

測定空氣中一氧化碳的濃度，不但可以幫助診斷和正確認識其所能引起的危害程度，更可以通過測定達到事先預防的作用，而這正是具有積極意義的一方面。現在，我們來介紹一些一氧化碳快速測定法：

一、1956 年，華東勞動衛生調查研究所試制了一種含鈮的硅鉬化合物的指示膠^①。這種鈮與一氧化碳接觸後，鈮就起催化作用，使硅鉬化合物還原成鉬藍；這時，指示膠的顏色將隨

^① 據原作者的介紹，其化學組成大致是 $H_2Si(Mo_2O_7)_6$ 。此種硅膠的製備方法，請參看“上海第一醫學院學報”1956 年第 2 期第 21 頁。又據悉，此種硅膠管上海市斜土路育發化學廠已正式製成，並有出售。

着一氧化碳的濃度而变为黃、綠乃至藍色。

操作方法：

- (1) 將指示膠管(又称快速測定管)二端的封口銼开；
- (2) 在指示膠管的一端用橡皮管連接抽气筒(或用注射器代替)；
- (3) 以每分鐘吸气70—100毫升的速度，抽气30秒鐘(用秒表观察時間)，將指示膠管与測定色版(表3)比色，按(甲)項定出一氧化碳的濃度。

表 3 一氧化碳快速測定色版

标准色列	黃	黃綠	淡綠	綠	綠藍	藍
通气時間(15°C)	一氧化碳濃度……………毫克/升					
(甲)30秒	○	0.09	0.18	0.36	0.72	1.8
(乙)60秒	○	0.045	0.09	0.18	0.36	0.9
(丙)90秒	○	0.03	0.06	0.12	0.24	0.6
(丁)135秒	○	0.02	0.04	0.08	0.16	0.4

注：0.03 是一般時間的最高容許濃度。此种測定色版在購置測定用的硅膠管時同时供应。

如指示膠管变色不明显，可繼續再抽气30秒鐘或60秒鐘或105秒鐘，分別按(乙)、(丙)或(丁)項的数字定出一氧化碳的濃度(圖1)。

二、此外，也有用二氯化鈣試紙來測定空气中是否含有一氧化碳的。由于一氧化碳有很强的还原力，它能使多数金屬化合物特别是鈣化合物还原。因此，浸过二氯化鈣的試紙与一氧化碳相接触，由于金屬鈣的析出能使濾紙变为黑色。

这种試紙的做法是：

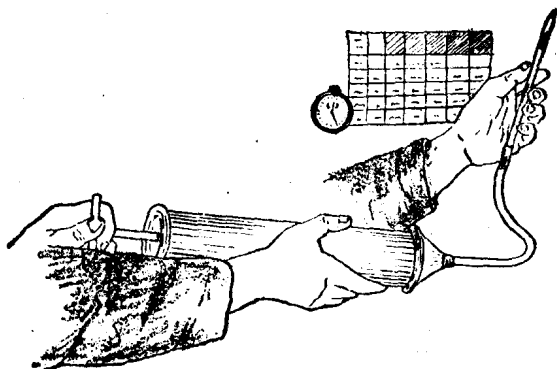


圖 1 用含鈣的銻鉍化合物指示膠測定空氣中一氧化碳的濃度。

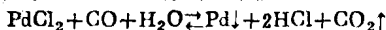
先用二氯化鈣 1 克溶于 1 毫升的濃鹽酸中，再加入 100 毫升的蒸餾水，放置 12 小時使完全溶解。然後，以濾紙浸吸上述溶液，放在陰暗處待干，保藏于褐色瓶中。

當應用時，在試紙上再加 5% 醋酸鈉溶液使之濕潤，直接放置在測定的現場，觀察其是否變色①。

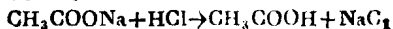
根據學者們的實驗報告，假使空氣中一氧化碳的濃度高於 0.05% (0.56 毫克/升)，在幾分鐘以內試紙就會變色；倘空氣中一氧化碳濃度在 0.01% (0.11 毫克/升) 左右時，大約需要 2—4 小時才變色。

不過，有一件事需要提一下：由於此種測定方法不是特異性的，所以，空氣中假使含有硫化氫、乙炔或者氨等氣體時，也會使二氯化鈣的試紙變色；這一點應該注意鑒別。

① 用氯化鈣試紙來測定一氧化碳的化學反應式為：



但是，此時所產生的鹽酸，有能使鈣再變為氯化鈣的可逆反應，為防止這一缺點，使用前應在試紙上再加 5% 醋酸鈉液；這樣，其反應後的醋酸及氯化鈉均不作用於金屬鈣。即：



三、用小动物来測驗空气中是否含有高濃度的一氧化碳，也是一种比較簡單的方法。一般小动物的血量少，血液循环較快；因此，当它們与毒物接触后，就能早期显示中毒的症狀。通常，可选用1—3只金絲雀、鴿子、麻雀、小白鼠、鷄、家兔或狗等（一般說来，金絲雀对一氧化碳的敏感性最大），携到現場，仔細觀察小动物的表情和行动的变化。假使受試的小动物有气急、躺臥、眼球凸出、痙攣甚至丧失活动能力等異常表現，就証明有相当高濃度的一氧化碳存在，人們应即速退避，并及时采取預防措施。有人报告：金絲雀在含有0.1%（1.14毫克/升）的一氧化碳濃度下，迅即呈现中毒現象。

当然，在高温或有强度輻射热的場所，是不适宜用鳥类或小动物来作試驗的；否則，將會造成錯誤的判断。

急性一氧化碳中毒时的急救

当我们发现了急性一氧化碳中毒的病人，要尽速地把他移出現場到空气新鮮的地方去，解开衣領腰帶，使他能够及时吸入多量的氧气，得到复原。此时，还要保持环境的安靜和病人的保温；如用热水袋或加盖被子或毯子等来保暖。这样，病人减少活动，可以防止組織內氧的过多消耗，使病人得以迅速好轉；同时注意了保暖也就避免受涼的可能了。

假使病人已呈現呼吸微弱甚至窒息状态时，应在病人移离現場后，迅即进行人工呼吸，及时挽救病人。人工呼吸法的操作是这样的：使病人仰臥平躺，解松衣領及腰帶，將头部偏向一側；同时，在肩部用毯子稍垫高一些。然后，救护者跪在病人的头端，握住病人的二只前臂，輕輕將病人的前臂压至二側胸部，使他呼气；再举起前臂，作环形运动似的把前臂拉向头端，使他吸气。这样反复地、有节奏地做下去，按照平时呼吸

的頻速（即相当于每分鐘十六次至十八次），耐心地連續做半小時或者一、二小時，直到病人蘇醒或呼吸動作好轉為止（圖2）。如果病人的心跳已經停止，並且已相隔了一個相當長的時間，那麼，施行人工呼吸急救的效果就失去了。



圖 2 人工呼吸法。

為了促使病人血液內一氧化碳的及時排除和恢復呼吸機能起見，有條件的話，最好及時給以氧氣或含5%二氧化碳的氧氣混合氣體。根據學者們的實驗報告，用新鮮空氣、氧氣或內含5%二氧化碳的氧氣三種氣體，作急救措施的療效比較，大多數人認為以吸入內含5%二氧化碳的氧氣效果最好（表4）。

表 4 一氧化碳中毒時吸入三種不同氣體的療效比較

吸入氣體種類	一氧化碳排出體外所需時間
新鮮空氣	120分鐘
純 氧	30—90分鐘
含5%二氧化碳的氧	30分鐘

在一氧化碳中毒時，由於體內二氧化碳大量的排除，以致對呼吸中樞無適量的刺激，將會造成呼吸麻痺的後果。而吸入了二氧化碳及氧的混合氣體，可引起肺泡內二氧化碳的分壓增