

劳动卫生及职业病防治丛书

铅苯汞中毒的防治

天津科学技术出版社



劳动卫生及职业病防治丛书

铅、苯、汞中毒的防治

张印德 杨树媛 傅鸣远 编

天津科学技术出版社

责任编辑：于素芝

劳动卫生及职业病防治丛书

铅、苯、汞中毒的防治

张印德 杨树媛 傅鸣远 编

2623/11
天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津市蓟县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本 787×1092毫米 1/32 印张 5.625 字数 118,000

一九八五年 九月第一版

一九八五年 九月第一次印刷

印数, 1-6,600

书号：14212·137 定价：0.86元

前 言

《劳动卫生与职业病防治丛书》是介绍生产性有害物质及其中毒防治知识的系列书籍。其中包括：《铅、苯、汞中毒的防治》、《脂肪族碳化合物中毒的防治》、《有害气体、职业性皮肤病及职业癌的防治》、《农药中毒的防治》、《尘肺》等书目。本丛书将分册陆续出版。

铅、苯、汞为工业生产中的常见毒物，其作业人员之多、应用范围之广居有害物质首位。因此，本书介绍了铅、苯、汞及其化合物的毒性、中毒的临床表现、诊断、治疗、预防措施及这些物质的测定方法，以促进劳动卫生工作的开展。

本书简明扼要，与生产和临床实践相结合，可供从事劳动卫生及职防工作的医务人员、工厂医生及安全技术人员参考。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点甚至错误，热诚地希望同志们批评指正。

本书在编写过程中承南京医学院卫生系冯致英教授指导、审阅，并承天津市劳动卫生研究所诸同志协助，在此一并致以谢忱。

编 者

1984年9月

目 录

第一章	铅中毒的防治	(1)
第一节	概论	(1)
第二节	铅的中毒机理	(7)
第三节	铅中毒的临床表现	(27)
第四节	铅中毒的诊断	(29)
第五节	铅中毒的治疗	(31)
第六节	铅中毒的实验室检查	(34)
第七节	铅中毒的预防	(40)
第八节	空气中铅的测定	(56)
第二章	苯中毒的防治	(63)
第一节	概论	(63)
第二节	苯的中毒机理	(68)
第三节	苯中毒的临床表现	(78)
第四节	苯中毒的诊断	(81)
第五节	苯中毒的治疗	(86)
第六节	苯中毒的预防	(90)
第七节	空气中同时存在苯、甲苯和二甲苯的分别测定	(99)
第三章	汞中毒的防治	(110)
第一节	概论	(110)
第二节	汞的中毒机理	(115)
第三节	汞中毒的临床表现	(124)
第四节	汞中毒的诊断	(129)
第五节	汞中毒的实验室检查	(131)

第六节	汞中毒的治疗	(138)
第七节	汞中毒的预防	(142)
第八节	空气中汞的测定	(155)
〔附〕	铅、苯、汞中毒的诊断标准及处理原则	(164)

第一章 铅中毒的防治

第一节 概 论

铅(Pb)是人类最早掌握其使用技术的金属之一,用途广泛。早在三千多年前,我国劳动人民就掌握了“烧铅物作粉”的工艺技术;现在,工业生产上和铅有关的行业已有三、四百种。铅是有毒的金属,关于铅中毒的症状、诊断、解毒和验毒等知识,在祖国古代医书中早就有过论述,如宋代的《洗冤录》和明代《本草纲目》中都有这方面的记载。铅中毒是一种常见的职业病。解放后,我国对铅作业条件不断进行改善,因此,在铅作业过程中,急性铅中毒已很少见,但长期接触铅而引起慢性铅中毒者还有发生,为保障铅作业者的身体健康,一定要做好铅中毒的防治工作,努力减少铅对人体的危害。

一、铅及其化合物的物理化学性质

(一) 金属铅 铅矿主要是指方铅矿,其成分是硫化铅(PbS),蓝黑色,不溶于水、碱和稀酸,可溶于硝酸,微溶于胃液。方铅矿经焙烧还原成为铅,用电解法可提取纯铅。铅是一种蓝灰色的重金属,质软,展性大,在不加热的情况下,就可压成铅皮或铅箔。铅的新割断面具有光泽,其比重固体为11.34,液体为10.3,是仅次于金和汞的重金属。铅的熔点较低,为327.4℃,沸点为1525~1740℃。温

度超过 400°C 时，会有铅蒸气散发于空气中，空气中的铅蒸气很容易被氧化成氧化铅和过氧化铅。铅有抗湿性，接触空气后，表面生成一层灰色的氢氧化铅保护膜。铅有耐腐蚀性能，与盐酸或稀硫酸作用时，形成一层难溶的铅盐，覆盖在铅的表面，可防止继续腐蚀。铅不能耐受浓酸，易溶于稀硝酸，也溶于碳酸和有机酸，如醋酸和食物中的酸。铅亦是热和电的不良导体。

在铅中加入其它金属制成铅合金，可增加硬度和降低熔点。如铅字，就是铅合金做的，其中含铅75%，锑20%，锡5%，熔点 246°C 。铅基轴承合金含铅66~80%，并加锡、锑、砷。焊锡含铅38%，锡62%，熔点 183°C 。以其它金属为基础的合金，如青铜加铅也有助熔作用。

(二) 铅的化合物

1. 氧化亚铅 (Pb_2O)，铅在空气中稍加热，在表面形成的黑色物质就是氧化亚铅，俗称黑粉，为极微细的粉末，易溶于弱酸中。

2. 一氧化铅 (PbO ，黄丹) 有黄色粉末和桔黄色结晶两种变体，前一物质加温超过 488°C 就转变成后一物质，可溶于水和酸、碱中。

3. 四氧化三铅 (Pb_3O_4 、红丹、铅丹) 鲜红色结晶性粉末。温度在 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$ 时，一氧化铅可氧化成铅丹，超过 460°C 时，铅丹可分解成黄丹。

4. 二氧化铅 (PbO_2) 为红褐色结晶，是一氧化铅或铅丹用氧化剂氧化成的，它是强氧化剂，不溶于水，可溶于酸或碱中。铅的氧化物易形成粉末，故铅的氧化物多以粉末状态存在。

5. 氯化铅 (PbCl_2) 为无色结晶。

6. 碱式硫酸铅 ($\text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO}$) 为白色粉末，不溶于水，几乎不溶于硫酸，易溶于胃液。

7. 铬酸铅 (PbCrO_4 ，铅铬黄) 为细黄色结晶粉末，不溶于水或醇，但可在无机强酸或过量碱中分解，在醋酸或其它有机酸中不溶解，也不分解。

8. 醋酸铅 [$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，铅糖] 呈棱形或片状结晶，熔点 75°C ，在空气中易风化，极易溶于水，也易溶于稀盐酸中。

9. 硅酸铅 (PbSiO_3)，不溶于水和弱酸，在较低温度下易成为液态。

10. 碘化铅 (PbI_2) 是黄色片状物。

11. 碱式碳酸铅 [$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ，铅白] 为白色无定形粉末，不溶于水，溶于醋酸或碳酸中。

12. 硝酸铅 [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] 为无色结晶。

13. 硫酸铅 (PbSO_4) 为白色结晶。

14. 硫化铅 (PbS) 在自然界中以方铅矿的形式存在，浅红色具有金属光泽的细粒晶体。

15. 酸性砷酸铅 (PbHAsO_4) 呈浅灰色粉末。

16. 中性砷酸铅 [$\text{Pb}(\text{AsO}_4)_2$] 呈灰色粉末。

17. 碱式醋酸铅 [$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$] 为无色结晶。

18. 氟化铅 (PbF_2) 为白色结晶或粉末。

19. 溴化铅 (PbBr_2) 为白色结晶性粉末，毒性极大。

20. 砷酸铅 $\text{Pb}(\text{AsO}_3)_2$ 为白色粉末，不溶于水。

(三) 有机铅

1. 四烷基铅 (PbR_4) 包括四甲基铅 [$\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$]、四乙基铅 [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$] 和四丙基铅 [$\text{Pb}(\text{C}_3\text{H}_7)_4$] 等, 其中四乙基铅为最多用。四乙基铅是无色油状液体, 比重1.64, 有苹果香味, 不溶于水, 可溶于酒精、丙酮、乙醚、苯、氯仿等有机溶剂中, 亦可溶于脂肪和类脂质中, 挥发性大, 在常温下即可挥发, 易为墙壁和木材吸附。四乙基铅在 135°C 时开始分解, 沸点 200°C ; 加热到 400°C 时, 铅与乙基可完全分解。铅在空气中氧化成氧化铅 (PbO), 乙基转变成乙烷、乙烯。四乙基铅在太阳光和紫外线照射下也可以分解。

2. 三烷基铅 (PbHR_3) 包括三甲铅 [$\text{PbH}(\text{CH}_3)_3$]、三乙铅 [$\text{PbH}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$] 和三丙铅 [$\text{PbH}(\text{C}_3\text{H}_7)_3$] 等。

3. 二烷基铅 (PbH_2R_2) 包括二甲铅 [$\text{PbH}_2(\text{CH}_3)_2$] 和二乙铅 [$\text{PbH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2$]。

在各种有机铅中, 三烷基铅毒性最大, 四甲铅毒性最小。

二、铅的来源与生产

如前所述, 铅矿中含铅 (Pb) 量最多的是方铅矿。方铅矿的成分是硫化铅 (PbS), 是铅的主要来源。白铅矿是硫化铅矿长期风化的结果, 常出现在铅矿床的上层, 储量比较少。自然界中单一的铅矿不多, 常是与锌矿伴生, 称铅锌矿。此外, 还有硫酸铅矿、铬铅矿、彩钼铅矿 (钼酸铅)、磷氯铅矿、氯化铅矿以及钒酸铅矿。我国的铅锌矿产地较多, 其中湖南常宁水口山的铅锌矿规模较大。

铅的生产, 当前主要是采用烧结焙烧——鼓风炉还原熔炼法。铅精矿含硫 $15\sim 20\%$, 且有砷、锑等杂质。烧结焙烧

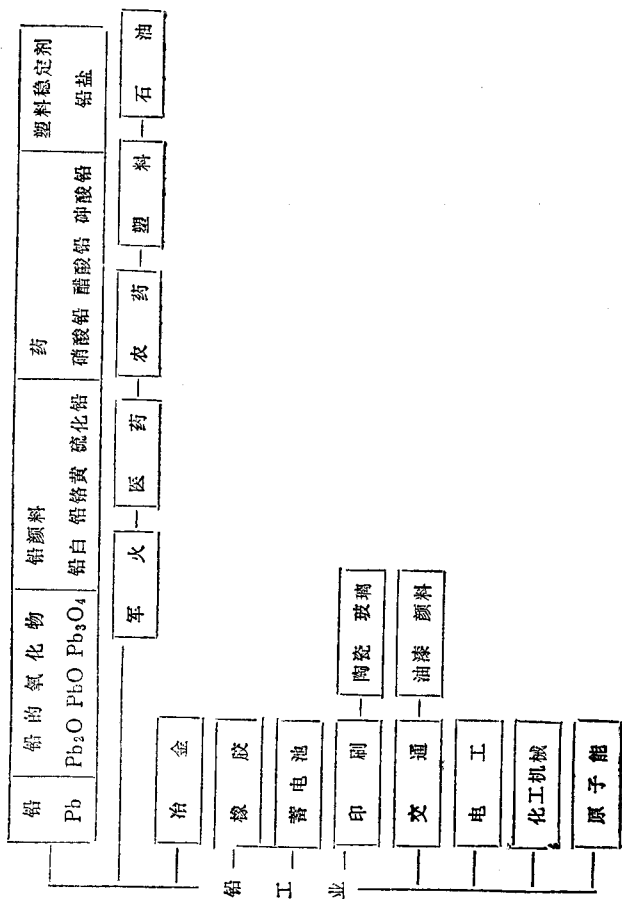
后含硫量可降至1.5~2.0%。此时，绝大部分铅呈氧化铅状态，然后经鼓风机还原熔炼，使烧结块中氧化铅还原成粗铅。粗铅中含有金、银、铋、锑、锡、铜、砷、锌、铁等杂质。粗铅进行提炼，包括熔析除铜，往液铅中鼓压缩空气进行氧化，除掉锡和部分砷、锑；再经火法提炼，除去杂质后铸成阳极和阴极始极片；再置于装有硅氟酸铅电解液的电解槽中，进行电解精炼。此时，铅品的纯度可达99.99%以上。

三、铅在工业上的用途

在冶金工业方面，铅(Pb)的应用仅次于铁，可用于制造多种合金，如焊锡、轴承铅、铅锑合金等。在印刷工业方面，可铸铅字、铅版等。在交通工业方面，可用于列车轴承的制造，船、桥的修建等。在军火工业方面，可制造榴霰弹弹丸、子弹头等。在电力工业方面，如电缆包皮的制造、元件的喷铅等。在原子能工业、放射医学和同位素研究方面，由于铅具有吸收放射线的特点，可用作射线的屏蔽材料等。也可制作消音器材、隔音设备等。在化工工业方面，可制作铅版、铅管等。在蓄电池制造工业方面，更是不可少的原材料，如一氧化铅、二氧化铅等。在搪瓷、陶瓷、玻璃制造等工业方面，一氧化铅、硫化铅等可制作釉料、光学玻璃等。在油漆颜料工业方面，很多种铅的化合物均是极为重要的原料，如氯化铅、碘化铅、碱式碳酸铅、硝酸铅、铬酸铅、硫酸铅等。此外，铅在制药、农药生产、塑料、橡胶制品工业等均为不可缺少的重要原料。

四乙基铅的重要用途是加于汽油中作抗爆剂用，此种汽油通常称之为“加铅汽油”。

铅及其化合物在工业上的用途



第二节 铅的中毒机理

一、铅的吸收、排出及其在体内的分布与代谢

(一) 铅的吸收 水和食物都含有微量的铅，一般成年人，每天从水和食物中摄取的铅量少约为0.1毫克，多可达0.6毫克，平均约为0.3毫克。此外，从空气中吸入的量每天约为0.02~0.03毫克（每天合计摄取量为0.32~0.33毫克）。但是每个人可因所处环境不同会有很大差异。铅进入消化道以后，有十分之一被吸收。铅经肠道吸收后进入门静脉，通过肝脏，一部分由胆汁排至肠内，随粪便排出体外，另一部分则进入血液。

在生产环境中，铅及其无机化合物也可经消化道进入人体，但主要途径是呼吸道，如吸入空气中铅的蒸气、粉尘和烟雾，这些散布在空气中的细小铅尘由呼吸道进入人体后，有30~50%存在于肺中迅速被吸收，呼吸道中的二氧化碳遇水形成碳酸，可促使铅的溶解和吸收。此外，铅可被呼吸道中的吞噬细胞迅速带进血液。

铅尘在呼吸道的滞留量与铅尘颗粒的大小有一定的关系，以直径为0.75毫微米的铅尘颗粒的滞留量最大。如铅尘颗粒直径平均为0.05毫微米（ $m\mu$ ）时，其在呼吸道的滞留量为35%；直径为1.0毫微米时，滞留量为43%；而直径为0.75毫微米时，滞留量可高达54%。另外，关于空气中铅尘浓度与尿铅的关系（以每周接触5天，每天7.5小时计），当铅尘浓度为 $0.75mg/m^3$ 时，尿铅为 $0.048mg/l$ ，铅尘浓度为 $0.15mg/m^3$ 时，尿铅为 $0.071mg/l$ 。

铅及其无机化合物，一般不能经无损伤的皮肤侵入。虽然在某些条件下，它们能够造成皮肤损伤，但对慢性职业中毒无实际意义。有机铅则可通过完整皮肤被迅速吸收，醋酸铅、油酸铅和环烷酸铅亦可有相当数量自皮肤吸收。

四乙基铅，以蒸气形态从呼吸道进入人体，其溶液可由皮肤吸收，也可由肠胃吸收。由实验知道，进入肺部的四乙基铅可有20%左右被吸收到血液内。

(二) 铅的排出 进入机体内的铅主要经肾脏及肠道排出，少部分随唾液、乳汁、胆汁和月经排出。

一般情况下，食入的铅主要由粪便排出，粪便中的铅含量几乎等于食物中的铅含量。因此，粪便中有超正常量的铅，只表明有铅接触史，不能表明铅的吸收情况，故无诊断意义。正常人每天由粪便排出的铅量约0.02~0.39毫克。由呼吸道吸入的铅，一部分在上呼吸道由纤毛作用排出，一部分进入肺脏。正常人每日尿排铅量为0.02~0.08毫克，一日间尿铅排出情况有波动，但还是比较稳定的。因为尿铅与血液中含铅量有一定相关，能反映铅吸收情况，故对诊断有一定参考价值。据某地区的调查报告指出，测定642名非铅作业工人和学生24小时尿铅的平均值为 $0.028 \pm 0.001 \text{ mg/l}$ ，绝大部分不超过0.05~0.08mg/l。也有资料介绍，国内尿铅正常值范围为0.001~0.05mg/l（平均24小时尿铅值）。

这里应注意，尿铅含量受许多因素的影响。如由于食物中缺钙而引起血钙降低时，因为铅的代谢与钙相平行，骨内的铅可随骨钙转移至血液，并由尿排出，可引起尿铅增高；内服氯化铵、碘化钾或碳酸氢钠时，能促使铅的排出，尿铅亦可增高。如无血钙降低现象，亦未服用氯化胺、碘化钾或

碳酸氢钠等药物时，虽有明显铅中毒症状，尿铅亦可能在正常范围内。此外，即便是同一个体，各段时间的尿铅可有不同，如某省检查资料，8~14点与14~20点各6小时混合尿与24小时混合尿的铅含量有明显的差异。鉴于这些不同情况，故在对铅作业工人进行尿铅检查时，应密切注意动态观察。

(三) 铅在体内的分布与代谢 铅被吸收后首先形成可溶性二盐基磷酸铅 (PbHPO_4)、甘油磷酸铅化合物以及和蛋白质的结合物于血液中。血铅约占体内铅总量的2%，起初可遍及全身，其中约90%以上迅速与红细胞结合，其余的在血浆中。血浆中的铅约占体内铅总量的0.2%，它是由血浆蛋白结合铅和可扩散性铅两部分组成的，可扩散性铅是体内铅的代谢活性中心，量并不多。血循环中的铅迅速被组织吸收，可分布于肝、肾、肺、脑、胰等脏器及主动脉中，其中以肝、肾中铅的浓度最高。铅在体内的分布情况是脏器发生中毒的定位因素。被组织吸收的铅，少量存留在肝、肾、肺等器官里，而大部分则形成难溶的三盐基磷酸铅 $[\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2]$ 蓄积于骨组织，尤其是骨小梁部位，以后逐渐散布到皮质。发育期儿童，在干骺端铅沉积最多，X线检查可见“铅线”。长骨含铅量(32微克/克)比扁平骨(如肋骨8.7微克/克)多。在体内90~95%的铅存在于骨骼内。骨铅不活泼，可长期存留在骨骼内，不产生有害作用。而肝脾只存留少量铅。

在吸收铅量稳定时，在血液和骨骼中的铅浓度可维持动态平衡。在正常情况下，接触极微量的铅，吸入量和排出量平衡，并无危害。但铅吸收量过多时，血循环中的铅浓度增

高，则对身体产生有害作用。这时，尿铅也迅速增高，但一般低于吸收量。其后不久，血铅会继续增高，引起组织内铅的蓄积，而出现铅中毒症状。此外，蓄积在骨骼内的铅，也可由于某种诱因，如因饮酒、外伤、感染，而从骨组织中游离出来 $[Pb_3(PO_4)_2 + H_3PO_4 \rightleftharpoons 3PbHPO_4]$ ，引起铅中毒症状（表1）。

表1

铅在成人组织内的分布

脏 器 \ 项 目	非铅接触者 毫克(Pb)/100克组织	铅密切接触者 毫克(Pb)/100克组织
肾	0.05	0.22
肝	0.12	0.71
脾	0.03	0.86
肌肉	0.03	0.10
肺	0.03	0.08
脑	0.04	0.35
扁平骨	0.65	13.00
长骨	1.78	8.00

（摘自弗莱明，1964年）

血铅正常值范围为0.01~0.05毫克/%，正常值上限为0.06毫克/%。血铅有95%在红细胞内，有5%在血浆中，故当红细胞降低时，血铅含量亦相应降低。

慢性铅中毒者的血铅为0.07~0.11毫克/%，此时骨髓铅为4.20~9.20毫克/%，骨髓铅为血铅的60~70倍。有的铅中毒病例，骨铅为5.30~35.0毫克/100克，有的铅中毒死亡病例骨铅为8.0~26.8毫克/100克。也有报告认为铅中毒

性脑病死亡病例，脑组织铅浓度为0.2~0.6毫克/100克，并认为高于该数值可疑是否为死于铅毒性脑病。

铅摄入量对尿铅、血铅浓度有明显影响，所以血铅、尿铅是反映铅吸收和铅中毒的重要指标（表2）。

表2 铅摄入量与血铅、尿铅的关系

食物中铅含量（毫克/日）	0.3	0.3	0.3	0.3
每日加食铅量（毫克/日）	0.3	1.0	2.0	0.3
连续时间（日）	420	1460	730	120
血铅（毫克/100毫升）	不增高	0.046	0.065	0.05
尿铅（毫克/升）	0.025升至0.036	升至0.08	升至0.11	升至0.08
体内铅蓄积量（毫克）	12	118	118	55
达到危险程度所需时间（年）	没达到	8	4	0.65

铅在体内的吸收和分布，国外报道了以放射性醋酸铅，用成熟雄性豚鼠作实验，经静脉、呼吸道、口三个途径给药，观察30天，结果如下：

1. 经静脉给药，约51%被排泄，其中从尿中排泄的约12%，粪中约39%；49%被吸收储存，其中骨骼内贮存约39%，软组织约10%。

2. 经呼吸道给药，约70%被排泄，其中从尿中排泄约21%，粪中约49%，30%被吸收贮存，其中骨骼内贮存约24%。

3. 经口给药，约94%被排泄，其中从尿中排泄约15%，粪中约79%；6%被吸收贮存，其中骨骼内贮存约4%。

从表2所见，主要途径是经口摄入铅的实验，结果表明，在停止加服铅后，尿铅降至原水平所需时间约为蓄积时间的