

环境卫生基准(3)

铅

联合国环境规划署 世界卫生组织 合编



中国环境科学出版社

环 境 卫 生 基 准

(3)

铅

联合国环境规划署
世界卫生组织 合编

余淑懿 郭海恩 译
岳 麟 陈君石 刘玉瑛 校
陈君石 郑乃彤 审

中国环境科学出版社

1 9 8 7

United Nations Environment Programme
World Health Organization
Environmental Health Criteria 3

LEAD

World Health Organization
Geneva 1977

环境卫生基准

(3)

铅

联合国环境规划署
世界卫生组织 合编

余淑懿 郭海恩 译

岳 麟 陈君石 刘玉瑛 校

陈君石 郑乃彤 审

责任编辑 张进武

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

河北省香河县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年9月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1987年9月第一次印刷 印张 6 1/8

印数 0 001—4 000 字数 136千字

ISBN 7-80010-022-7/X0028

统一书号: 13239·0982

定价: 1.65元

中译本说明

联合国环境规划署和世界卫生组织联合主持出版的《环境卫生基准》(Environmental Health Criteria)是由世界一些国家的有关专家按不同化学物质组成专门小组编写并分册出版的。本书每册详细论述一种化学物质的理化性质、分析方法和用途,并阐述该物质的不同浓度对人体和其他生物(禽、畜、鱼、农作物和其他植物等)的作用,介绍该物质在大气、水、土壤等环境中和一些生物体内的浓度与代谢转化过程,以及中毒的临床症状、解毒方法、安全预防措施等,并提出在不同环境中的容许标准值。

本书汇集了评价化学物质与人体健康和各种生物体关系的大量资料,因此,它不仅是环境保护、医疗卫生、劳动保护等部门不可缺少的重要技术资料,也是从事农、林、牧、渔和海洋方面工作的环保工作者以及有关的科研、大专院校、工业设计和厂矿企业等单位必需的技术参考书。我们欢迎并大力支持本书中译本的出版,并将它推荐给全国环境保护工作者和广大读者。

国家环境保护局科技处

出版说明

本报告汇集了国际专家小组的集体见解，但并不代表联合国环境规划署或世界卫生组织的决定或有关政策。

本书采用的名称和陈述材料并不代表世界卫生组织秘书处对任何国家、领土、城市、地区或其权限的合法地位，或关于边界、分界线划定的任何意见。

凡提及某公司或某些制造商的产品，并不意味着他们已为世界卫生组织所认可或推荐、而优于其他未被提及的同类公司或产品的名称。除差错与疏忽外，凡专利产品名称均冠以大写字母，以示区别。

致《环境卫生基准》文献的读者：

为使《环境卫生基准》文献中的资料尽量准确，虽已作了很大努力，按时出版，但是错误是难免的，而且今后还可能再出现。为了《环境卫生基准》文献读者的利益，诚恳地希望将发现的任何错误通知瑞士日内瓦世界卫生组织环境卫生处，以便将它载入以后的出版物中。

此外，衷心要求与《环境卫生基准》文献有关的专业领域的专家，将有关的已出版而被遗漏的重要文献通知世界卫生组织秘书处，这些文献可能会有助于改变接触所研究的环境因子对健康危害的评价，以便在修改或重新评价《环境卫生基准》文献的结论时考虑采纳这些资料。

目 录

铅的环境卫生基准

1. 摘要和进一步研究的建议	(3)
1.1 摘要	(3)
1.1.1 分析的问题	(3)
1.1.2 接触的来源和途径	(3)
1.1.3 代谢	(5)
1.1.4 铅作用的实验研究	(6)
1.1.5 铅作用的临床和流行病学研究: 对接触铅的人体 健康危害评价	(7)
1.2 进一步研究的建议	(8)
1.2.1 分析方法	(8)
1.2.2 铅摄入的来源	(9)
1.2.3 流行病学研究	(10)
1.2.4 铅与其他环境因素的相互作用	(10)
1.2.5 生物学作用的意义	(10)
2. 特性和分析方法	(10)
2.1 铅及其化合物的物理化学性质	(10)
2.2 分析步骤	(11)
2.2.1 取样	(11)
2.2.2 铅的分析方法	(16)
2.2.3 铅的某些生化作用的测定方法	(19)
3. 环境中铅的来源	(23)
3.1 自然存在	(23)
3.1.1 岩石	(23)
3.1.2 土壤	(23)

3.1.3	水	(24)
3.1.4	空气	(24)
3.1.5	植物	(25)
3.1.6	自然来源的铅对环境的污染	(25)
3.2	铅的生产	(26)
3.2.1	铅的开采	(26)
3.2.2	冶炼和精炼	(27)
3.2.3	生产过程对环境的污染	(27)
3.3	铅及其化合物的消费和使用	(30)
3.3.1	蓄电池工业	(30)
3.3.2	烷基铅燃料添加剂	(31)
3.3.3	电缆工业	(33)
3.3.4	化学工业	(33)
3.3.5	其他各种用途	(33)
3.3.6	铅的消费和使用对环境的污染	(34)
3.4	废物处理	(35)
3.5	环境污染的各种来源	(36)
4.	环境中的转移和分布	(36)
5.	环境中的水平和接触	(40)
5.1	一般人群的接触	(40)
5.1.1	空气	(41)
5.1.2	水	(46)
5.1.3	食物	(48)
5.1.4	其他	(52)
5.2	婴儿和幼童的接触	(54)
5.2.1	土壤、灰尘和涂料	(54)
5.2.2	其他	(58)
5.3	职业接触	(59)
5.3.1	铅的开采、冶炼和精炼	(60)
5.3.2	蓄电池制造业	(62)

5.3.3	拆船和焊接工作	(63)
5.3.4	印刷	(65)
5.3.5	烷基铅的生产	(65)
5.3.6	其它的工业接触	(67)
5.4	各种人群的血铅浓度	(67)
5.4.1	成人	(67)
5.4.2	儿童	(70)
6.	铅的代谢	(72)
6.1	吸收	(72)
6.1.1	经呼吸道的吸收	(72)
6.1.1.1	人体研究	(73)
6.1.1.2	一般人群中空气铅和血铅的关系	(75)
6.1.1.3	职业接触中空气铅和血铅的关系	(78)
6.1.1.4	动物试验	(81)
6.1.2	铅经胃肠道的吸收	(82)
6.1.2.1	人体研究	(82)
6.1.2.2	人体经口摄入的铅和血铅水平的关系	(83)
6.1.2.3	动物试验	(84)
6.2	分布和存留	(85)
6.2.1	人体试验	(85)
6.2.2	动物试验	(88)
6.3	铅的排出	(90)
6.3.1	人体试验	(90)
6.3.2	动物试验	(91)
6.4	烷基铅化合物的代谢	(91)
7.	铅作用的实验研究	(92)
7.1	动物试验	(93)
7.1.1	造血系统	(93)
7.1.2	神经系统	(96)
7.1.2.1	无机铅	(96)

7.1.2.2 烷基铅化合物	(98)
7.1.3 肾系统	(99)
7.1.4 胃肠道	(100)
7.1.5 心血管系统	(100)
7.1.6 呼吸系统	(101)
7.1.7 生殖系统	(102)
7.1.8 内分泌器官	(102)
7.1.9 致癌性	(103)
7.1.9.1 无机铅化合物	(102)
7.1.9.2 烷基铅化合物	(103)
7.1.10 致突变性	(104)
7.1.11 致畸性	(104)
7.2 铅的耐受性的获得	(104)
7.3 影响铅毒性的因素	(105)
7.3.1 年龄与性别	(105)
7.3.2 季节变化	(105)
7.3.3 营养	(105)
7.3.4 合并症, 乙醇和其它金属	(106)
7.4 对人体的研究	(107)
8. 铅对人体的影响——流行病学和临床研究	(108)
8.1 接触铅的人群回顾性调查	(110)
8.1.1 工业铅中毒的流行病学	(110)
8.1.2 一般成人铅中毒的流行病学	(113)
8.1.3 婴儿和幼童铅中毒的流行病学	(113)
8.2 铅对特殊器官和系统影响的临床和流行病学 研究	(115)
8.2.1 造血系统	(115)
8.2.1.1 δ -氨基乙酰丙酸脱水酶 (ALAD)	(118)
8.2.1.2 游离的红细胞卟啉 (FEP)	(119)
8.2.1.3 尿中 δ -氨基乙酰丙酸的排泄 (ALA-U)	(120)
8.2.1.4 尿中粪卟啉的排泄 (CP-U)	(123)

8.2.1.5	铅对细胞形态学的影响	(123)
8.2.1.6	铅对红细胞生存的影响	(124)
8.2.1.7	铅对血红素合成的影响	(124)
8.2.1.8	铅接触与贫血症的关系	(125)
8.2.2	神经系统	(126)
8.2.2.1	中枢神经系统	(126)
8.2.2.2	周围神经系统	(131)
8.2.3	肾系统	(132)
8.2.4	胃肠道	(134)
8.2.5	肝脏	(135)
8.2.6	心血管系统	(135)
8.2.7	生殖	(137)
8.2.8	内分泌器官	(138)
8.2.9	致癌性	(138)
8.2.10	对染色体的影响	(139)
8.2.11	致畸性	(140)
8.3	影响铅毒性的因素	(140)
8.3.1	铅耐受性的获得	(140)
8.3.2	年龄	(140)
8.3.3	季节变化	(141)
8.3.4	营养	(141)
8.3.5	合并症, 乙醇和其它金属	(141)
9.	对接触铅及其化合物的人的健康危害评价	(141)
9.1	空气、食品、水和其它接触途径占总摄入量 的相对比例	(142)
9.1.1	一般人群中的成人	(142)
9.1.2	婴儿和儿童	(143)
9.1.3	职业接触的人群	(144)
9.2	对血液学作用的评价	(144)
9.3	剂量-效应关系	(145)

9.4	剂量-反应关系	(148)
9.5	铅中毒的诊断和流行病学调查研究所用的接 触作用指标	(149)
9.5.1	血铅浓度 (Pb-B)	(150)
9.5.2	δ -氨基乙酰丙酸脱水酶 (ALAD)	(151)
9.5.3	尿中 δ -氨基乙酰丙酸 (ALA) 和粪卟啉 (CP) 的排泄	(151)
9.5.4	尿铅排泄	(151)
9.5.5	血液学改变 (点彩红细胞, 贫血)	(152)
9.5.6	组织 (牙齿和头发) 中的铅	(152)
9.5.7	某些实践方面	(152)
9.5.7.1	对一般人群的研究	(152)
9.5.7.2	职业接触人群	(152)
9.5.7.3	采样和分析方法的可靠性	(153)
9.6	烷基铅化合物的问题	(153)

参考文献

铅的环境卫生基准

世界卫生组织铅环境卫生基准工作组于1975年4月29日至5月5日在日内瓦举行会议。环境卫生处处长迪特里希 (B.H.Dieterich) 代表总干事主持了会议的开幕。工作组总结和修改了第二次标准草案, 并对接触铅及其化合物危害健康作了评价。

第一次和第二次草案都是由美国俄亥俄州, 辛辛那提大学凯特林 (Kettering) 实验室环境卫生系的 保罗·彼·哈蒙德 (Paul.B.Hammond) 教授起草的。以下机构对第二次草案进行了评论: 世界卫生组织环境卫生基准规划署在保加利亚、捷克斯洛伐克、联邦德国、希腊、日本、荷兰、新西兰、波兰、瑞典、美国和苏联的国家联络机构以及巴黎的联合国教育科学和文化组织 (UNESCO), 维也纳的联合国工业发展组织 (UNIDO), 秘鲁、利马的泛美卫生工程和环境科学中心 (CEPIS), 卢森堡的欧洲共同体委员会 (CEC) 的卫生保护学会。应秘书处的邀请, 下列专家们也对文件进行了评论: 加拿大的高耶 (R.Goyer) 教授和沃伦 (H.Warren) 教授; 捷克斯洛伐克的泰辛格 (J. Teisinger) 教授; 芬兰的赫恩伯格 (S.Hernberg) 博士; 瑞典的克拉默 (K.Cramer) 博士和黑格·阿伦森 (B.Haeger Aronsen) 博士; 英国的巴尔特罗普 (D. Barltrop) 博士; 克莱顿 (B.Clayton) 教授, 莱恩 (R.Lane) 教授和劳瑟 (P.J.Lawther) 教授; 美国的奇泽姆 (J.J.Chisholm) 博士, 马古利斯 (H.L.Kargulis) 教授, 塔

哈尔 (G. Ter Haar) 博士; 南斯拉夫的第瑞哈 (D. Djurić) 博士和科斯蒂尔 (K. Kostial) 教授。

工作组的第三次草案还得到下列两位先生有 价 值 的 评论: 美国密执安州 Ferndale 市, 四乙铅公司石油化学研究所所长约瑟夫·费根 (Joseph E. Faggan) 先生和国际铅和锌研究组统计委员会主席和伦敦铅发展协会主席斯塔布斯 (R. L. Stubbs) 先生。

对各国家机构、国际组织、世界卫生组织协作中心及某些专家所给予的协作表示感谢。本文献的完成离不开他们的帮助。秘书处特别感谢哈蒙德教授在文献起草的全过程中持续不断地帮助和赫尔辛基职业卫生研究所的诺德曼 (H. Nordman) 博士在文献的最后校订中对秘书处的帮助。

本文献主要根据参考文献中所列的原文出版物。然而也引用了一些近来发表的对铅及其化合物的卫生方面进行了广泛地评论的文章。包括基欧 (Kehoe) (1961)、美国国家科学研究院——国家研究委员会 (1972), 加拿大国家研究委员会 (1973)、高耶 (Goyer) 和赖恩 (Rhyne) (1973)、世界卫生组织工作组 (1973)、重金属各部间的工作组 (1974)、SCEP (1974), 诺德伯格 (Nordberg) (1976) 等发表的文章。另外, 本文献还吸取了一些综合性的有用的资料, 包括来自各种专题讨论会和会议的记录, 例如1972年阿姆斯特丹的“铅的环境方面的国际专题讨论会”, 这是由欧洲共同体委员会和美国环境保护局共同筹备的; 1974年巴黎的“环境污染对健康影响的评价的最新进展国际专题讨论会”, 这是由欧洲共同体委员会, 美国环境保护局和世界卫生组织联合组织的; 1967—1975年密苏里州哥伦比亚市有关微量物质环境卫生的密苏里大学年会; 1975年杜布罗夫尼克的“环境铅的研究的国际专题讨论会”, 这是由南斯拉夫科学和艺术

研究院主持下由医学研究和职业卫生研究所组织的。

世界卫生组织环境卫生基准规划的详情（包括在文献中经常引用的一些术语）可参见世界卫生组织于日内瓦1976年出版的“环境卫生基准：一汞”。

1. 摘要和进一步研究的建议

1.1 摘要

1.1.1 分析的问题

采集环境和生物样品需要详细地了解与被分析的特殊物质有关的一些特有的问题。采空气样时，最重要的是保证在被研究人群的呼吸带采集样品。对于所有的采样过程，特别是血样，外来的污染是个重要的问题。

近年来最成功的分析方法是原子吸收光谱法。已证明对大多数研究来说，它是普遍适用的和足够灵敏的，但是特别是对于生物样品（如血样），只有在取得相当经验之后，才能获得可靠的结果。

测定血液中血红素中间体和胆色素原合成酶(EC 4.2.1.24)(ALAD)^{a, b}的活性是估计过量铅接触的生物学影响的重要方法。很有必要把这些测定方法及结果表示的方式标准化。

1.1.2 接触的来源和途径

环境中对人体健康有重要意义的铅的主要来源是工业和其他工艺用铅。铅的扩散，是不能回收的，主要是用在烷基铅燃料添加剂的制造和使用中。由于现在已有关于汽油中铅的最大容许浓度的法规，烷基铅添加剂生产用铅的消耗从1973

a. 起初，按照酶命名委员会1972年推荐的方法给酶命名，但整个文献的其余部分，则用更熟悉的名称或缩写。

b. 以前称为 δ -氨基-r-酮戊酸脱水酶或 δ -氨基乙酰丙酸脱水酶。

年至1975年已减少,且七十年代后半期还会进一步下降,因为将有更多的汽车使用要求用无铅汽油的催化剂。

从质量平衡的观点来看,主要通过空气从静止的或运动的来源进行铅的转移和分布。虽然也可能有大量的铅排入土壤和水,但倾向于只集中在排放点的附近。交通频繁地区排入空气的铅主要分布在靠近大城市市区范围之内。继续存在于空气中的铅(根据有限的资料大约为20%),则进行广泛地播散。这些小颗粒的滞留时间大约为几天,并受降雨的影响。尽管铅广泛的扩散,并不断稀释,现已证明在远离人类活动的地方,如格陵兰的冰层中,有铅的积蓄。在一个地区内所有生物获得铅的来源有两方面,一方面是表面的沉降作用,另一方面是从土壤到植物,再从植物到动物的二次传播。然而,人为的铅污染对动植物体内铅的含量的影响是不易发现的,除非是在空气严重污染的局部地区,如冶炼厂周围和紧靠交通频繁的公路的地方。

空气中铅的浓度在交通频繁的大城市变动于2—4微克/米³,多数郊区低于0.2微克/米³,农村则更低。饮水中铅的浓度一般低于10微克/升。但在某些软水地区(钙镁含量低)和有时在用铅管和贮水器内壁涂铅的地区,铅的浓度可高达2000—3000微克/升。在这个浓度下(甚至几百微克/升),可见人体铅的负荷增加,反映为血铅(Pb-B)水平升高。

人通过食物接触铅的量变化很大。美国近来的一些研究估计每天从饮食摄入的铅大约是100微克,而以前的研究和欧洲近来的一些研究指出每天摄入铅200—500微克。然而,近来瑞士报告约为20微克/天。尚未验明有哪一类食品的含铅量特别高,但贮存于铅焊的罐头或上铅釉的陶器中的酒和食品例外。加工过的牛奶比鲜牛奶含相当多的铅,后者的铅含

量与人奶相似。其报道的铅含量为 < 5 微克/升至 12 微克/升。如果这个资料是正确的, 则牛奶可能是婴儿铅的一个主要来源。

还有不少铅的来源已确定有很大的危害性。其中包括用于储存饮料和非法蒸馏威士忌酒的含铅釉的陶器和废弃的汽车电池盒用来盛燃料。

某些国家记载了一些婴幼儿儿童铅的严重超负荷接触。主要来源是在古老的房子中及其周围土壤中的含铅涂料, 还有冶炼厂周围的土壤。由于大气沉降而形成的街道灰尘中的铅, 以及各种含铅物体被儿童咀嚼或吃下可能是接触的其他来源, 但其相对重要性还不清楚。

接触最多的是在开采、熔炼及用铅的各种制造工艺中接触铅的工人。接触的主要途径是吸入。冶炼厂和蓄电池厂的工作环境中铅的浓度经常超过 1000 微米/米³。有关铅在其他工业中的资料, 或者没有, 或者表明接触水平较低。

对成人和儿童的血铅浓度进行了广泛调查。这些资料对表明铅的全面接触是很有用的。

1.1.3 代谢

一些研究表明, 人吸入的铅有 35% 沉积在肺脏。对粘液性纤毛的上下运动的机制和从肺沉积中直接吸收的相对重要性了解得还很不够。空气中的铅占每日摄入总铅的比例不能用代谢的资料来估计。但是当从恒定的血铅来衡量铅吸收时, 根据人体的资料可以假设持续接触 1 微克/米³的空气铅时, 血铅水平约为 $1.0-2.0$ 微克/ 100 毫升。

从食物和饮料摄入的铅大约有 10% 被吸收。然而, 根据几种来源的资料表明, 仅能粗略地估计由食物引过的血铅含量为: 从食物每摄入 100 微克铅, 则 100 毫升血中含铅 $6-18$