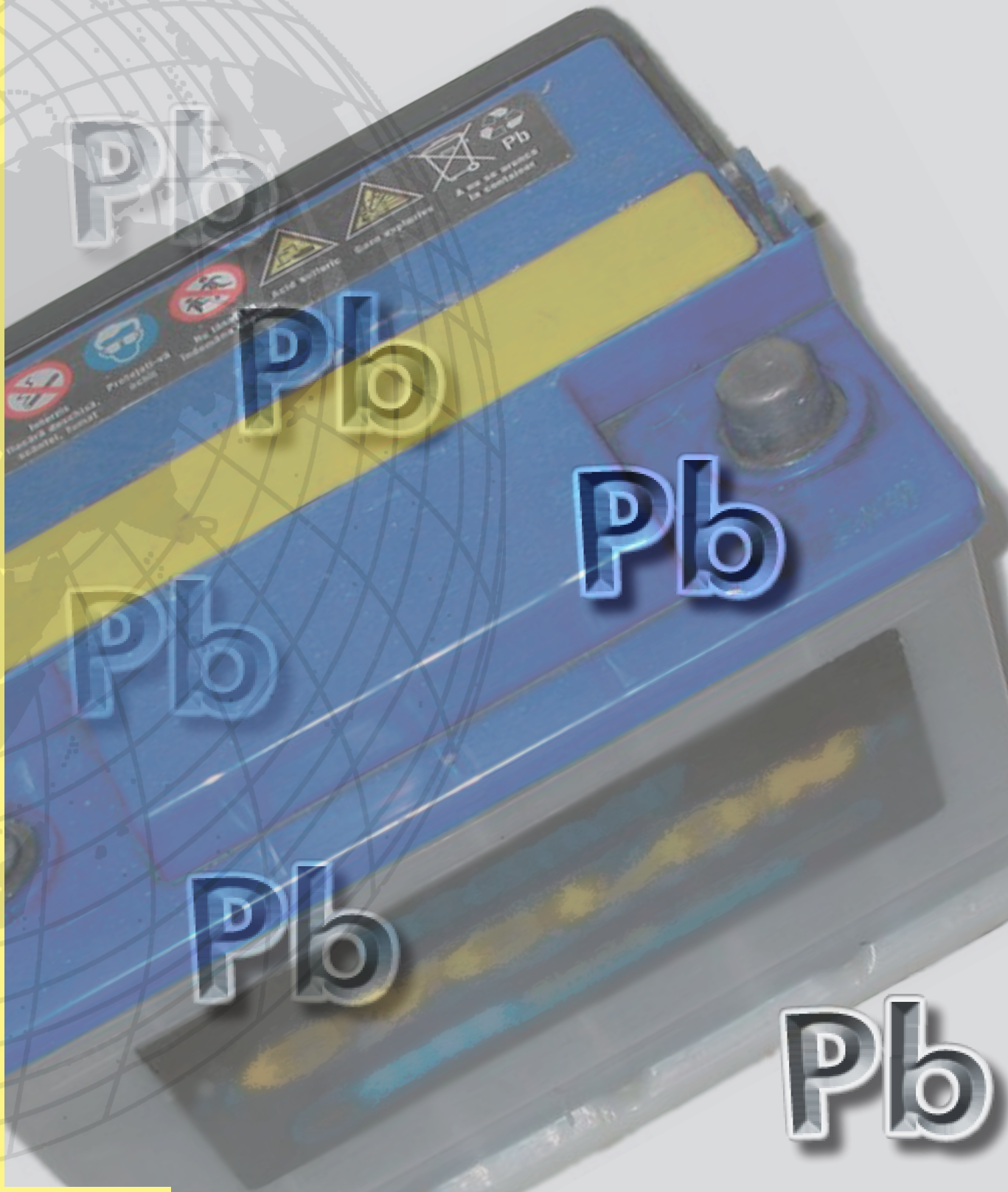




有关铅的关键科学研究结果

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



Key scientific findings for lead: an excerpt from Final review of scientific information on lead, version of December 2010

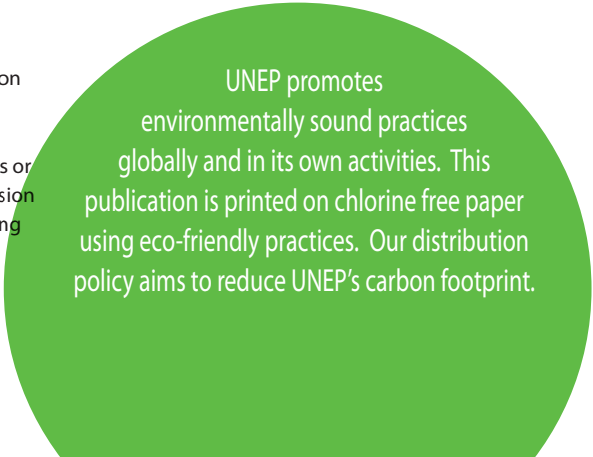
Copyright © United Nations Environment Programme

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source.

No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior permission in writing from the United Nations Environment Programme.

Disclaimer

The designations employed and the presentation of the material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the United Nations Environment Programme concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning delimitation of its frontiers or boundaries. Moreover, the views expressed do not necessarily represent the decision or the stated policy of the United Nations Environment Programme, nor does citing of trade names or commercial processes constitute endorsement.



UNEP promotes environmentally sound practices globally and in its own activities. This publication is printed on chlorine free paper using eco-friendly practices. Our distribution policy aims to reduce UNEP's carbon footprint.

有关铅的关键科学研究结果

一、 危险特性、接触和影响

1. 铅是一种重金属，接触浓度极低时即可产生毒性，能对人体健康产生急性和慢性影响。铅对多个器官系统具有毒性，会对神经系统、心血管、肾脏、肠胃、血液和生殖系统产生影响，影响形式和严重程度取决于接触的浓度、时长和时机。铅能在骨骼中累积，之后可能成为接触来源。与无机铅相比，有机铅化合物（三烷基铅和四烷基铅）的毒性更强。

2. 在环境中，铅对植物、动物和微生物有毒。铅能在大多数生物体中进行生物累积。据估计，含铅生物微粒在地表水中的停留时间可长达两年。虽然铅在土壤中的移动性不强，但由于含铅土壤微粒的侵蚀和倾倒含铅产品的废物，铅可能会进入地表水。

二、 环境迁移：大陆间、区域、国家和地方范围内铅的迁移程度

3. 各种自然和人为来源将铅释放至大气环境，以及水生和陆生环境，并且铅会在这些区划之间流动。释放至大气中的铅沉积在土地和水生环境中；有些释放至土壤中的铅，随着时间的推移，也被冲刷至水生环境。

4. 一旦排放到空气中，铅会进行大气迁移，排放到大气中的铅多为微粒形式。铅的大气迁移受气溶胶（微粒）迁移机制影响：在大气中，铅能在地方、国家、区域或大陆间进行迁移，具体取决于多项因素，包括微粒大小、排放口高度和气象状况。由于铅在大气中的停留时间相对较短（数天或数周），铅主要在地方、国家或区域范围内迁移。例如，根据模拟试验结果，估计每年外部排放来源在欧洲铅总沉积量中所占的比例不超过 5%，在北美洲这一比例更低。但是，一年内某些时间这两个大陆某些地点的大陆间迁移比例会显著提高，虽然整体看来每年大陆间迁移带来的铅数量很少。

5. 虽然得出上述结果的模型非常先进，但必须指出，模型使用的数据主要基于 1990 年的排放估计值。1997 年发布的另一份模型计算值估计，欧亚区域冬季的排放量中，有 5-10% 沉积于北极北部。必须指出，模型结果具有不确定因素，结论数据也应慎重对待。

6. 铅在区域和大陆间的大气迁移促进了铅在北极等偏远区域的沉积，此类区域很少有铅的释放来源。通过采用气团后向轨迹法测量气载尘埃中的稳定同位素标记，获得了一些有关铅进行有限大陆间迁移的证据。此类测量证实了气团运输的尘埃微粒的来源，从而为含铅气溶胶在大陆间的迁移以及从工业区到北极等排放源很少的偏远地区的迁移提供了证据。研究发现夏威夷考艾岛的土壤中含有来自多个偏远来源的铅，包括亚洲和北美洲人为来源产生的铅。在日本开展的另一项研究表明，亚洲大陆的空气污染（包括铅）会进行远距离环境迁移。

7. 北极的气载铅绝大部分来自欧洲和俄罗斯联邦的亚洲部分。模型显示，主要大气路径为从大西洋北部、欧洲和西伯利亚到达北极。北极的铅沉积中有 95-99%来自人为来源。另外，1993-1998 年间，俄罗斯北部北极地区的雪样本分析表明，各监测点的浓度呈现梯度变化，由东向西浓度逐渐增加。出现这一现象的原因是不同区域逐步淘汰含铅汽油的时间不同，而且工业发展趋势也不同。铅的迁移也受季节影响。气载微粒中铅的浓度在初秋时最低，此时加拿大北极地区的铅主要来自加拿大北极群岛和西格陵兰岛的自然来源。深秋和冬季，气载铅主要来自欧洲的工业来源。与工业区的沉积量相比，受测的雪中铅的浓度很低。

8. 用于计算北极金属沉积量的最大冰芯数据集来自格陵兰峰会深钻方案。数据显示，自 19 世纪工业革命以来，铅的浓度显著上升。与工业化以前的时代相比，1960 年代和 1990 年代铅的沉积量要高出八倍。自 1970 年起逐步淘汰含铅汽油，并实施了排放控制措施，冰芯中铅的浓度大幅降低。这一方案的结果显示，在一定时期内，人为排放，尤其是通过使用含铅汽油造成的铅释放是比格陵兰岛沉积铅这一自然来源更为重要的来源。1970 至 1997 年间因汽油中不再使用铅，导致铅含量大幅减少，使冰芯数据中的铅含量降低到工业化前的水平。

9. 在水生系统中，河流是铅在国家和区域范围的迁移媒介。海洋也是一种迁移媒介。铅在海水中的停留时间在 100 至 1000 年之间，这表示铅有可能在海洋中迁移。但可净化的微量金属的浓度一般会随着离污染源的距离增加而下降。总体而言，可净化金属（例如铅）的浓度沿着深层水的水流路径逐渐降低，这是因为金属受到微粒净化的持续作用，并随后发生沉淀。

10. 在比利时、丹麦、法国、德国、荷兰、挪威、瑞典和联合王国，目前通过河流向海洋环境迁移的铅的数量高于气载迁移的数量。

三、 释放源

11. 铅释放的重要形式可分为以下几类：自然来源释放，即地壳和地幔中天然存在的铅因自然活化造成的释放，如火山活动和岩石风化；化石燃料等原材料以及已经提取或加工的其他金属中的铅杂质的活化造成的当前人为释放；在开采和加工活动以及生产、使用、处置、循环利用和回收的相关产品和过程中使用铅所造成的当前人为释放；在开采和加工活动以及生产、使用、处置、循环利用和回收过程中，产品和工艺中的铅的当前人为释放；城市垃圾焚烧和处理设施造成的释放，以及露天焚烧和含铅残留物造成的释放；土壤、沉积物和废物中历史沉积铅的重新活化而产生的释放。含铅汽油、包括循环利用在内的金属加工、开采活动以及海洋中（可能）的铅排放可认为是造成铅远距离环境迁移的相关来源。

A. 大气释放（排放）

12. 关于大气中人为排放总量的近期研究估计，1990 年代中期的排放总量为 120,000 吨，其中 89,000 吨来自汽油添加剂的使用。除燃料添加剂外，有色金属的生产以及煤燃烧也是造成排放的主要来源。火山、气载土壤微粒、海水飞沫、生物材料和林火都是铅向大气排放的主要自然来源。

13. 已得出的关于自然过程产生的总排放量估计值各不相同。据 1989 年开始的一项研究估算，1983 年的总排放量在每年 970 吨至 23,000 吨之间，但据一项新研究估算，自然来源的总排放量在每年 22 万吨至 490 万吨之间。产生这一巨大差异的主要原因是伴随土壤微粒迁移的铅的估算量不同。

14. 截至 2006 年 6 月，全球只有 2 个国家仅使用含铅汽油，有 26 个国家既使用含铅汽油，也使用无铅汽油。2006 年 1 月，撒哈拉以南非洲完全取缔对含铅汽油的生产和进口。此后，继续使用含铅汽油的国家主要集中在亚太区域。全球范围内用于生产汽油添加剂的铅的数量从 1998 年的 31,500 吨下降到 2003 年的 14,400 吨。1970 年，含铅汽油的使用量达到顶峰，经济合作与发展组织（经合组织）的成员国生产汽油添加剂共计使用了约 31 万吨铅。

15. 各国间不同来源的总排放量和分布情况有很大差异。1983 年至 1990 年代中期，全球人为铅排放量从大约 330,000 吨减少到 120,000 吨。过去二十年内，几乎所有工业化国家的铅排放量都在下降。以欧洲为例，1990 至 2003 年间，铅排放量下降了约 92%。在美利坚合众国，1980 年代至 1990 年代初，由于逐步淘汰铅在汽油中的使用，并且工业来源的排放量有所减少，使得铅排放量大幅下降。1990 年代中期至 2002 年，铅排放量继续下降，但幅度有所放缓。1982 至 2002 年的 21 年间，铅的总排放量大约下降了 95%，年排放量从 1982 年的 54,500 吨下降到 2002 年的 1,550 吨。

16. 铅排放量大幅下降的主要原因是，对车用含铅汽油的使用进行了限制和禁止，并且实行了更为完善的空气污染控制措施。例如，在欧洲 8 个国家，1990 至 2003 年间报告的由无色和有色金属生产造成的排放量平均下降了约 50%，由废物焚烧以及公共电力和热能生产造成的排放量平均分别下降了 98% 和 81%。在编写本文件时，尚未获得发展中国家关于铅排放量和排放趋势的数据。

17. 在一些发展中国家，含铅废物产品的露天焚烧是当地及其所在区域铅向大气排放的一个重要来源。

B. 向土地和水生系统的释放

18. 一些含铅产品通过各种废物沉积的方式进行处置，或者释放至土壤或水生环境中。主要类别包括：狩猎弹药的废壳和残片、处置的产品、尾矿，以及冶炼残渣和废物。其他在生命周期中可能产生铅释放的产品和废物包括（排名不分先后）：含铅涂料、车辆平衡铅块、地下电缆的铅皮、铅酸电池（因破损和回收而导致的脱落）、尾矿以及其他废物。废物处理可能导致发展中国家的地方和区域释放水平升高。

19. 与对大气和土地的释放量相比，发达国家向水生环境的直接工业释放量和城市释放量较小。释放的主要工业来源是采矿和有色金属生产。岩石的风化作用会向土壤和水生系统释放天然铅，这在全球铅循环中发挥了重要作用。酸性排放增加了此类铅释放的数量。在一些发展中国家，含铅废物产品的露天焚烧是当地及其所在区域向土地和水生系统释放铅的重要来源。

四、 铅的生产和使用

20. 进行铅开采的国家超过 40 个，其中主要生产者为中国和澳大利亚，产量分别占全球开采产量的 30%和 22%。含铅丰富的矿石通常含有其他金属，全世界铅产量中约三分之二来自于铅锌矿石。

21. 全球铅矿开采总量已略有下降，由 1975 年的 360 万吨减少至 2004 年的 310 万吨。相同时期内，全球精炼铅产量和金属消费量从 470 万吨增加至 710 万吨。铅开采产量和消费量趋势之间出现差异的原因在于，铅的回收数量在供应量中所占比例越来越高：2003 年全球铅供应量中，回收铅的数量占 45%。

22. 作为各类产品中的金属成分，铅在全球范围内被广泛使用和交易。近来铅主要用于铅酸电池，其用量占 2003 年全球报告消费量的 78%。其他应用领域主要包括铅化合物（占总用量的 8%）、铅皮（5%）、子弹（2%）、合金（2%）、电缆铅皮（1.2%）以及汽油添加剂（少于 1%）。1970–2003 年间，总体使用模式方面最显著的变化在于电池中的铅用量占总用量的比例越来越高，而电缆铅皮和汽油添加剂中的用量却有所下降。发达国家已不再将铅用作涂料中的颜料，但某些发展中国家仍在使用，在工业环境中尤其如此。

五、 发展中国家的铅问题

23. 由于人们日益认识到铅的不利影响，工业化国家已经大幅减少了该物质的许多用途。此外，由于公众认识的提高，在工业化国家，有越来越多的废物管理系统得到落实，以减少对环境的铅释放。但发展中国家仍继续将铅用于工业化国家已淘汰的某些用途。此外，一些欠发达区域或国家仍在继续使用铅甚至增加铅的用量，例如将铅用于塑料或涂料中。在一些发展中区域，法律和限制措施所涵盖的范围不够全面或执行力度有所欠缺。这使得地方和区域在使用、管理（包括收集、储存、回收和处理）和处置含铅产品时面临某些健康和环境风险。有害处置做法包括露天焚烧以及向河流和湿地等敏感生态系统任意倾倒。

24. 发展中国家面临的另一个问题是，含铅的新、旧产品（包括电子设备和电池）出口到没有能力在产品生命周期末期以无害环境的方式管理和处置其中的铅的国家。含铅产品带来的另一问题是，正常使用（如某些玩具）也可能导致对铅的接触。

六、 空气和沉积物中的浓度水平和时间趋势

25. 已确定的大气中铅浓度和沉积物监测数据大部分来自欧洲和美利坚合众国，但南极洲、加拿大、日本和新西兰也提供了监测结果。总体而言，现有数据表明，自 1990 年前后以来，空气和沉积物中的浓度呈下降趋势，但各国和各区域的具体情况有所不同。例如，1990 年在位于欧洲中部和北海沿岸的各监测点测量了空气中的铅浓度，测量得出的本底浓度主要在 10-30 纳克/立方米之间。2003 年本底浓度主要在 5-15 纳克/立方米之间。1990 年中欧地区沉淀物中的铅浓度为 2-5 微克/升。2003 年该浓度大体为 1-3 微克/升。

26. 1980-2000 年间对加拿大北极空气中的铅浓度进行了测量，结果表明，铅浓度下降了约 30-50%，而来自北极欧亚部分（挪威）的同时期数据并未显示任何明显趋势。

27. 主要在欧洲建立了一些模型来估算沉积速率。当在模型中使用报告的排放量时，通常会低估沉积量（与测量得出的数据相比）。普遍认为造成低估的原因是未将自然排放和以往释放的再次排放纳入模型，以及报告排放量中存在不确定因素。

28. 为了估计欧洲不同区域的长期变化趋势，计算了不同国家测量数据的平均值。欧洲各区域空气浓度及沉淀物浓度的长期变化差别较大。根据上述数据得知，1990 至 2003 年间欧洲中部和西北部区域的铅浓度下降了约 50-65%；北欧区域沉淀物中的铅浓度下降了 30-65%。1982-2001 年间有关美利坚合众国环境铅浓度的变化趋势的数据显示，在此期间城市和郊区的环境铅浓度降幅最大，在农村这一浓度同样出现了显著下降。总体而言，根据现有数据，自 1983 年以来，美国空气中的铅浓度已下降了 94% 以上。另外，这一趋势仍在继续，但 1990 年代起铅浓度的降低速率有所下降，1993-2002 年间降低了 57%。现有数据显示，大气沉积仍然是导致欧洲某些地区表层土中铅含量上升的原因。由于一些发展中国家尚未提供相关数据，因此无法确定这些国家空气中铅浓度的变化趋势。

29. 1970 年代至 1990 年代初，北极铅的沉积速率下降了 85%，这反映出含铅汽油的使用量有所下降。

30. 影响铅排放的范围与沉积的主要因素包括：排放源的特点（较高的排放口及排放温度导致了较高的排放羽流，进而导致了较远的迁移距离）；大气中铅的物理及化学形态：近距离内较大微粒的沉积，较小微粒的迁移距离可能更远；以及气象因素（沉淀与风速）、地形、大气稳定度及其他因素。

七、 人类接触途径及影响

31. 即使接触水平较低，也会对儿童的神经发育造成影响，这是最关键的影响。其他的不利影响包括对神经系统、心血管、肾脏、肠胃、血液和生殖系统的影响。

32. 接触铅的主要途径包括吸入灰尘和空气以及摄入食物、水及灰尘。需要注意以下几点：

- 吸入是点源附近的人类接触铅的重要途径，这些点源包括露天焚烧含铅产品的废物，仍然使用含铅汽油的国家以及某些进行再生铅回收的职业场所
- 摄入灰尘及土壤中的铅是儿童接触铅的一个主要途径，这是由于其生物及行为特点所造成的
- 摄取食物及饮料通常是普通人群中成人接触铅的主要来源

33. 铅的接触有许多来源。需要注意以下几点：

- 存在多种接触来源，其在各国内部及各国之间的特点各不相同

- 在某些国家，含铅汽油仍是一种重要的接触来源。其他来源包括：含铅涂料、低温烧制的陶瓷制品、对汽车电瓶进行非正式回收的部门、尾矿以及点源（如冶炼厂）周围的空气、土壤和灰尘

- 家中含铅颜料的涂料带来的灰尘可导致儿童体内的血铅水平升高

- 含铅管道中流出的自来水也可成为一种重要的接触来源

- 其他潜在接触来源包括各种含铅产品，如化妆品、传统药物、玩具和小饰品、受污染的香料及食用色素

34. 一些人群非常脆弱且尤其容易受到铅的影响。需要注意以下几点：

- 新的数据强调指出幼儿的特殊脆弱性。幼儿的活动特点、行为模式及生物学特性导致其更容易接触铅

- 对铅的接触从子宫开始，因为铅会经胎盘进入胎儿体内；因此孕妇是受关注的群体之一

- 职业接触（如在非正式回收部门工作的工人）

- 其他易受影响的人群包括：社会及经济上的弱势群体，以及营养不良的人群（饮食中缺乏蛋白质和钙）

35. 大量证据表明铅是一种神经毒素。需要注意以下几点：

- 儿童接触铅会导致智商下降

- 流行病学研究不断发现，儿童体内血铅水平达到 10 微克/分升即可造成不利影响。最近的研究报告称，血铅水平低于 10 微克/分升的儿童也会受铅的影响出现智商下降

- 在铅的影响方面，目前尚无已知的阈值

- 越来越多的研究表明，接触铅可能在人的儿童时期及以后的生活中造成行为障碍及功能性技能较差

36. 需要注意以下与接触浓度、趋势和地理范围有关的观察结果：

- 世界上大部分甚至所有国家都存在接触铅的情况。现有数据表明，在全球范围内，拉丁美洲、中东、亚洲、东欧部分地区和独立国家联合体人民的血铅浓度最高

- 现有数据显示，在很多发达国家，环境接触铅情况呈显著下降趋势，主要是由于汽油中不再使用铅，而且其他接触来源（如涂料、饮用水和焊接罐中的铅）也不断减少。因此，1970 年代，美利坚合众国超过 80% 的儿童血铅浓度高于 10 微克/分升，但 1999-2002 年开展的一项研究发现，血铅超过这一浓度的儿童不到 2%

- 但许多地方的接触浓度仍然在上升，包括一些发达国家

37. 铅仍然是一个环境健康问题。需要注意以下几点：

- 越来越多的国家（主要是发展中国家和经济转型国家）认识到某些群体的环境铅接触问题，并予以报告
- 过去几十年来，世界许多地区的公众对铅污染的可能性及其对公共卫生的影响的认识极为欠缺，也缺少相关政策
- 由于铅会对健康和社会发展产生影响，因此可能给社会带来巨大的经济损失

八、对生态系统的影响

38. 铅的环境接触浓度在点源（如冶金厂）附近或用作射击和捕捞的铅弹和铅锤时最高。在不受当地来源影响的地点，未观测到对陆生生物体和植物的影响，并且在水生环境中铅浓度通常低于已知作用水平。一个可能的重要接触途径是在敏感的生态系统（如发展中国家的众多河流和湿地）中任意处置含有铅产品的废物，该接触途径由于缺乏数据尚未纳入审查范围。

39. 铅的环境影响已有详细记录。二次中毒现象也有大量记录，特别是关于以受污染的动物为食的肉食动物的情况。有很多关于野生哺乳动物体内铅浓度的报告，但几乎没有关于野生或非实验室物种体内铅的毒性影响的报告。但是，对所有实验动物种类开展的研究均表明，铅会对若干器官和器官系统造成不利影响，包括血液系统、中枢神经系统、肾脏以及生殖和免疫系统。

40. 在欧洲大部分土壤中，远离点源地区的铅浓度估计值超过了会产生不利影响的浓度阈值，因此陆地生态系统被认为面临风险。

九、数据缺口

41. 已确定了若干数据缺口和需求。需要注意以下几点：

- 需开展和完善接触评估，并制定和完善使用和释放清单，特别是在发展中国家
- 需为南半球建模，并更好地了解海洋迁移、再排放和自然释放的情况
- 需审查远距离环境迁移的作用、人为来源和自然来源的作用，以及地方、区域和全球来源的影响
- 发展中国家普遍缺乏数据，在此类国家与铅生产、贸易、使用和处置相关的环境和健康问题可能更为普遍，且与其他区域存在问题的性质有所不同
- 需监测和评估不同媒介（如土壤和沉积物）中的铅浓度，与对人类、生态系统和动物造成的影响（包括累积接触不同形态的铅造成的影响）相关的数据，以及有助于解决当前模型结果不确定问题的进一步排放数据

- 需在全球范围内收集与尾矿意外溢漏及这些事故的真实程度有关的数据，特别是在需开展能力建设的发展中国家
- 需获得关于在环境中处置的铅的数量的真实信息，特别是在发展中国家，发展中国家普遍采取露天焚烧含铅产品的做法，该做法会导致大气排放
- 需完善关于饮用水受到从垃圾填埋场渗滤出的铅污染的程度的信息，特别是在发展中国家
- 需收集关于铅在大型迁徙海洋哺乳动物体内的浓度的数据
- 需审查产品中铅的全球流动情况

About the UNEP Division of Technology, Industry and Economics

The UNEP Division of Technology, Industry and Economics (DTIE) helps governments, local authorities and decision-makers in business and industry to develop and implement policies and practices focusing on sustainable development.

The Division works to promote:

- > sustainable consumption and production,
- > the efficient use of renewable energy,
- > sound management of chemicals,
- > the integration of environmental costs in development policies.

The Office of the Director, located in Paris, coordinates activities through:

- > The International Environmental Technology Centre - IETC (Osaka, Shiga), which implements integrated waste, water and disaster management programmes, focusing in particular on Asia.
- > Production and Consumption (Paris), which promotes sustainable consumption and production patterns as a contribution to human development through global markets.
- > Chemicals (Geneva), which catalyzes global actions to bring about the sound management of chemicals and the improvement of chemical safety worldwide.
- > Energy (Paris), which fosters energy and transport policies for sustainable development and encourages investment in renewable energy and energy efficiency.
- > OzonAction (Paris), which supports the phase-out of ozone depleting substances in developing countries and countries with economies in transition to ensure implementation of the Montreal Protocol.
- > Economics and Trade (Geneva), which helps countries to integrate environmental considerations into economic and trade policies, and works with the finance sector to incorporate sustainable development policies.

UNEP DTIE activities focus on raising awareness, improving the transfer of knowledge and information, fostering technological cooperation and partnerships, and implementing international conventions and agreements.

For more information,
see www.unep.fr

UNEP DTIE
Chemicals Branch
11-13, chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine, Geneva
Switzerland
Phone: +41 22 917 1234
Fax: +41 22 797 3460
E-mail: lead-cadmium.chemicals@unep.ch
Website : <http://www.unep.org>

www.unep.org

United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel.: ++254-(0)20-762 1234
Fax: ++254-(0)20-762 3927
E-mail: unep@unep.org

