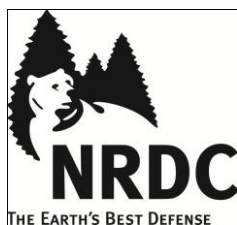


减少工业铅污染的健康风险： 基于案例研究的建议



自然资源保护协会（NRDC）

2011年6月

NRDC（自然资源保护协会）机构简介

NRDC（自然资源保护协会）是一个国际环境保护组织。自 1970 年成立以来，NRDC 运用法律和科学研究，在 120 万会员和网上行动者的大力支持下，为守护我们的地球，保障人类和万物生灵共同的健康生存环境而不懈努力。

NRDC 在纽约市、华盛顿特区、中国北京、芝加哥、洛杉矶和旧金山建立了常设办公室。欲了解更多信息，请访问 NRDC 的网站：

www.nrdc.org

www.china.nrdc.org

报告撰写: David Lennett, 吴琪, Stephen Leonelli (李思谛), Alex Wang (王立德),
Susan Egan Keane, Linda Greer

说明及致谢

在过去的三年间，NRDC 与多个中国及美国合作者合作，共同开展了一项跨学科、多方参与的实地调查研究，以评估目前用以管理工业铅污染健康风险的机制和制度。研究活动包括现场调研、访谈、研讨会、文献梳理，以及赴美考察。对我们的研究发现的全面总结形成了一份最终项目报告，作为项目成果。以这份最终项目报告为基础，结合项目点实地考察和赴美调研成果，NRDC 撰写了这份政策制度简析，建议下一步可以采取的措施。

如果没有我们的合作者的勤谨和努力，这份政策制度简析也无从谈起。我们希望藉此机会对所有合作者的艰苦工作表达诚挚的感谢：

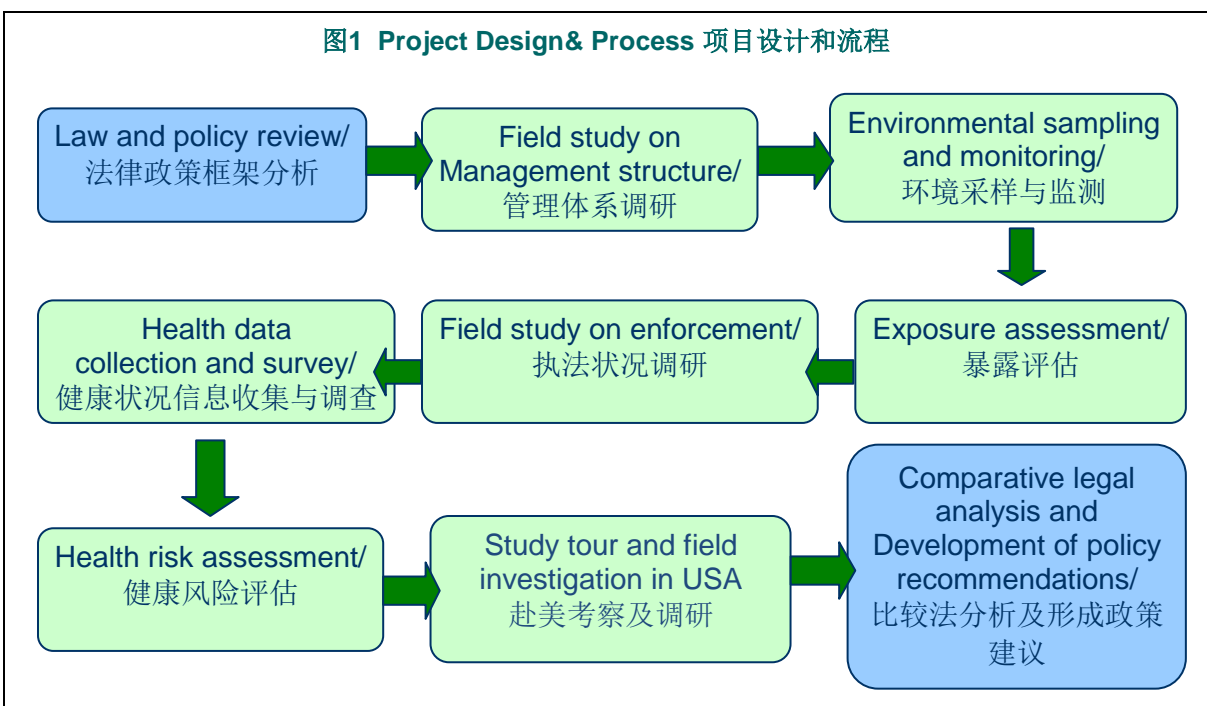
- 中南财经政法大学环境资源法研究所
- 云南省环境保护厅
- 云南省环境监测中心站
- 云南省疾病预防控制中心
- 华中科技大学同济医学院公共卫生学院
- 中国政法大学污染受害者法律帮助中心
- 为我们的项目提供宝贵意见和建议的所有专家

目 录

I. 引言：调研项目概况	3
II. 案例研究的主要发现：环境和公共卫生监管体系中的漏洞	5
<i>问题分析框架</i>	7
<i>案例研究中发现的环境和公共健康监管体系的薄弱环节</i>	9
a. 污染源：工业大气污染物排放标准及其执行并未有效防范铅冶炼厂的健康风险	9
b. 环境污染：以人体健康为出发点的环境质量管理体系尚未确立	11
c. 人体暴露：对污染场地的暴露控制和其他公共卫生干预尚不完善	13
d. 一些管理的基础性问题	14
III. 中国必须采取行动降低铅健康风险	15
<i>若放任监管，铅工业发展趋势将加剧铅污染</i>	15
<i>中国正努力减少工业铅污染</i>	17
IV. 美国铅冶炼厂健康风险监管的经验	18
<i>清洁空气法对铅气排放的规制</i>	19
a. 国家环境空气质量标准（NAAQS）：基于健康保护的环境空气标准	19
b. 最大可达控制技术（MACT）：针对有害大气污染物的基于技术的标准	21
c. 许可证：NAAQS 标准和 MACT 标准在污染源实施的工具	22
<i>美国应急响应与修复制度</i>	22
a. 超级基金法律概述	22
b. 铅污染土壤的处理指南	24
c. 有关医疗干预的 CDC 指南	26
<i>美国铅监管框架实例：道朗初级铅冶炼厂案例研究</i>	28
<i>从美国监管框架中吸取的经验</i>	30
V. 建议	32

I. 引言：调研项目概况

2008年2月，自然资源保护协会（NRDC）启动了一个跨学科的、多方参与的调查研究，旨在评价和评估应对工业铅污染对人类构成的健康风险的政策和制度措施。¹ NRDC 与中南财经政法大学环境资源法研究所、华中科技大学同济医学院公共卫生学院，当地政府机构云南省疾病预防控制中心（云南 CDC）以及云南省环境监测中心站（云南 EMCS）合作，对位于云南省东北部的一个铅锌矿采矿/冶炼区域进行调研。调研活动包括多次实地考察和多方面多角度的分析（如下图 1 所示）。实地调研历时两年半，为分析工业铅污染健康风险监管的薄弱环节，提供了坚实的基础。



云南省是中国三分之二的矿产来源，拥有中国最大的锌、铅、锡、镉、铟、铊和青石棉的探明储量。云南省卫生厅和环境保护厅选定云南省的一个矿区为项目研究的选点（下文称“调研区域”），希望能把这一矿区的经验教训推广到云南省其他矿区（乃至全国）。该地区最大的单一

¹ 有关铅暴露对健康影响的信息，请参考“Toxicological Profile for Lead,” U.S. Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta: Aug 2007. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>.

污染源（根据云南省环保厅提供信息）来自一家铅锌采矿冶炼厂，这也是该区域唯一注册许可的铅排放污染源。这个采矿冶炼厂（下文称“采矿冶炼厂”）在调研区域进行采矿作业，其铅的年生产能力为5万吨。采矿冶炼厂附近有许多小村落。

我们的调研项目的目的在于：评估目前应对铅污染健康风险的做法；发现制度及其实施中的薄弱环节；尝试健康风险评估模型（如美国环保署 IEUBK 模型）的适用；从对位于美国密苏里州赫库兰尼姆的仅存的一个初级铅冶炼厂的调研中汲取经验，并参照国际经验做法，为进一步的研究提出初步建议。为了达到这些目标，项目组在调研区域进行了铅暴露及其风险的评估。云南省环境监测中心站对作物、饮用水源、土壤、灰尘进行了采样和测试，并对周边小学的学生进行重金属暴露水平评估（铅、镉、砷），与国际和国内的暴露水平标准进行比较。经测试和评估，我们发现了被污染的土壤以及可能偏高的血铅水平。

根据云南省环境监测中心站的抽样结果，云南省疾病预防控制中心在2009年5月进行了铅锌矿区环境污染对儿童健康影响的调查，旨在了解当地环境污染情况和儿童的污染暴露水平，评估由污染物造成的不利影响和健康风险，为环保部门和卫生机构提供后续干预措施，以及相关政策的准备。项目组还研究了适用的法律和标准，走访了云南省各级环境、公共卫生和其他一些部门，了解环境管理实践与健康风险预防中存在的漏洞和问题。最后，项目组参观考察了美国仅存的初级铅冶炼厂。

这份政策制度简析旨在对我们案例研究中发现的基层环境和公共卫生监管制度中的漏洞进行独立的、切实的分析，并提出能够有效减少铅污染健康风险的措施建议，目的如下：

- 基于调研区域的案例研究，阐明人体健康保护的监管制度的具体漏洞和不足。
- 从美国道朗工厂的经验中，分析可能的解决办法。
- 为中国强化铅污染监管体制，降低铅污染健康风险提供一系列建议，包括为当地受影响地区提供短期的响应措施，以及建立完善公共卫生和环境监管体系的中长期建议。

我们的调研发现是基于对调研区域的实地考察。同时，我们相信调研结果显示了环境健康监管和有毒金属污染物管理中可能普遍存在的问题，而并非个案。

II. 案例研究的主要发现： 环境和公共卫生监管体系中的漏洞

为了解调研区域当地的环境健康风险状况，我们在 2008 年 12 月 11 日到 2009 年 1 月 7 日期间，与云南省环境监测中心站（EMCS）合作开展了环境监测。根据当地主导风向，云南 EMCS 在 9 个地点取样，如下图 2 所示：

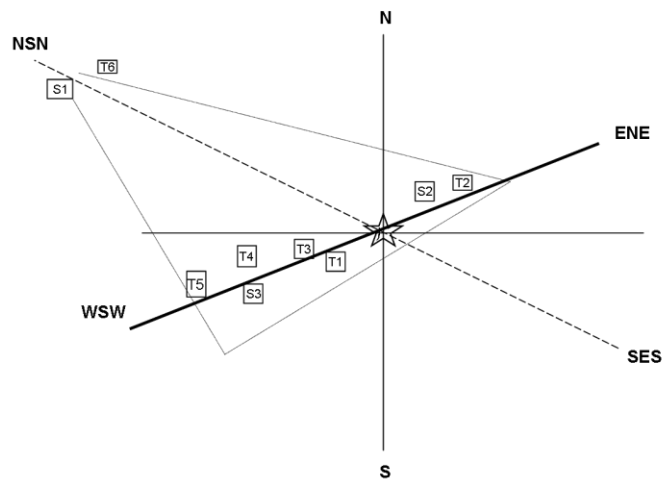


图 2 采样选址

如上图所示，位于中心的星代表了该地区的主要污染源，即采矿冶炼厂。粗线代表了主要和次要的盛行风向。在九个采样点中，六个是村落：其中有五个沿盛行风轴排列（T1、T2、T3、T4、T5）；被山脉与采矿冶炼厂分隔的一个村落（T6）被选定为对照点/背景。²另外三个采样点在学校：两所学校沿盛行风轴（S2 和 S3）排列；另一所小学（S1）被选定为对照点/背景。³

云南 EMCS 对农田土壤和尘土（在校园和教室）、蔬菜和当地自来水和地下（井）水进行了检测。结果表明：蔬菜、自来水、井水，特别是土壤中的含铅量高（农田土壤和校园/教室灰尘）。为了将土壤中的铅与相关标准进行比较，云南 EMCS 引用土壤环境质量标准（GB15618-1995）二级二类标准。二级二类标准主要适用于一般农田、菜园、茶园、果园和牧场的土壤。GB15618-1995 规定，当土壤 pH 值 > 7.5，铅含量应为 ≤350mg/kg。

² T1：位于采矿冶炼厂西南部 0.5 公里；T2：位于采矿冶炼厂东北部 0.8 公里；T3：位于采矿冶炼厂西南部 0.6 公里；T4：位于采矿冶炼厂西南部 1.2 公里；T5：位于采矿冶炼厂西南部 2.8 公里；T6（背景点）：位于采矿冶炼厂西北部 10.0 公里。

³ S1 小学（背景点）位于采矿冶炼厂西北部 10 公里；S2 小学位于采矿冶炼厂东北部 0.6 公里；S3 小学位于采矿冶炼厂西南部 1.2 公里。

图 3 调研区域铅污染指数评估

单位: mg/kg

采样点	铅含量	污染指数	污染级别
村落T2	2014	5.7	重度
村落T5	1281	3.6	重度
村落T3	872	2.4	中度
村落T1	1097	3.1	重度
村落T4	659	1.8	轻度
村落T6 (对照点/背景)	188	0.5	无污染
学校S2 操场	2393	6.8	重度
学校S2教室内	2351	6.7	重度
学校S3操场	2095	5.9	重度
学校S3教室内	1574	4.4	重度
学校S1操场 (对照点/背景)	1099	3.1	重度
学校S1 教师内 (对照点/背景)	687	1.9	轻度

几乎所有土壤和尘土样本（农田土壤和校园/教室尘土）测得的铅含量都超过了土壤环境质量标准（GB15618-1995）。⁴只有村落 T6（对照点）的三份农田土壤样本未超标。此外，云南 EMCS 对 36 个蔬菜样本进行测试，发现 83% 的样品超过《食品中污染物限量》（GB2762-2005）中铅含量的国家标准。这些蔬菜样本均取自监测点，测试表明其铅含量大幅超标，是标准水平的 5.8 至 15.4 倍。对三个村庄的自来水水质进行检测，发现其铅含量是国家标准的 1.9 倍至 3.9 倍。

环境监测结果显示，我们的案例研究地点面临着重金属污染严重的问题，受污染程度非常高，特别是校园和教室的灰尘，以及当地种植的蔬菜。小学尘土、农田土壤、蔬菜和自来水都是当地居民，特别是儿童，对铅和其他重金属暴露的可能途径。高污染水平表明当地居民很有可能严重暴露于重金属污染，面临高度的健康风险。

为了评估健康风险水平，同济医学院公共卫生学院基于云南 EMCS 的环境监测结果，评估了小学适龄儿童每天对尘土、食物和水中的铅的摄入量。自然资源保护协会（NRDC）为了预估儿童铅暴露情况，确定潜在的健康风险，引进了美国环保署的综合暴露吸收生物动力学模型（IEUBK）。通过输入合作伙伴在调研中取得的基本环境监测数据，该模型能够合理准确地预测人群的血铅水平行动阈值（10 μ g/dL）超标概率。

⁴ 土壤环境质量标准（GB 15618 - 1995）。该标准本身并不适用于学校/教室尘土，但是能够提供污染程度的参考。

根据 IEUBK 模型对案例研究监测点的儿童血铅水平预测，所有三所小学的儿童面临较高血铅风险 ($>10\mu\text{g}/\text{dL}$)。手口接触途径被认为是监测点儿童铅摄入的重要途径。食品被确定为儿童铅摄入的次要途径。这些途径中，77-87%的铅来自灰尘，13-23%的铅来自蔬菜。⁵

总之，调研区域的环境监测显示该地区土壤和灰尘受严重污染，当地居民处于严重健康风险之下。调研区域铅污染程度及其健康风险评估过程和结果，结合与当地各级政府部门进行的广泛的访谈交流，是下文对环境和公共卫生监管体系铅污染管理现状进行分析的基础。

问题分析框架

环境健康风险监管必须整合环境管理和公共卫生管理；因此，监管无法通过一个单一的管理体系或单一的管理机构实现。环境健康风险监管从本质上就是一个多方位多角度的框架。为使我们的分析概念化，我们引入了一个“四个阶段的风险防范框架”，如下图所示：

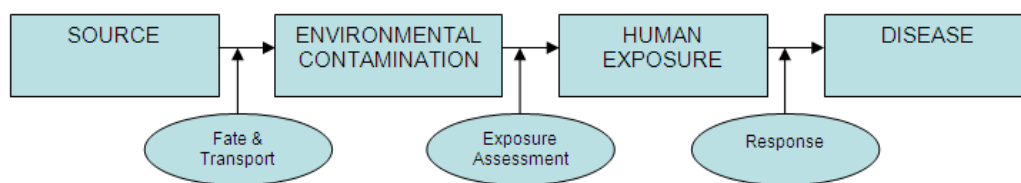


图 4 四个阶段的风险防范框架

这个图表明了污染源和人类疾病之间的因果关系链，可以解析为四个阶段。下文将对每一个阶段可以采用来进行风险防范的风险衡量和监管措施进行说明。

1) 污染源

- **衡量方法:** 污染排放量可以通过实际的监测数据确定，也可以通过“排放因子”和已知数据，或是生产水平估算。
- **可以采用的监管措施:** 减少工业污染源排放的工具包括设定排放标准、许可证、和一些经济激励手段如污染者付费。中国还要求工业污染源遵守“三同时”要求。“三同时”要求建设项目在投产使用前必须安装污染防治设施，并与主项目同时投入使用。

2) 环境污染

⁵ 虽然这些初步结果包含不确定因素，该模型的预测能力表明应该为当地儿童进行血铅测试，以确保他们没有正在遭受铅中毒。

- **衡量方法:**污染源导致的环境污染可以通过对周围环境污染的实际测量来确定，也可以根据当地风向、气候等因素建立模型来评估。
- **可以采用的监管措施:**防治环境污染的措施包括：制定环境质量标准及配套实施措施，如监测；规划；污染清除和场地修复；针对污染源的附加污染控制措施或关闭污染源；环境影响评价。此外，中国还有其独特的“总量控制”制度，针对特定地区特定时期的所有污染源设定一个污染排放的总量上限。但是，目前铅及其他重金属污染物尚不属于总量控制的范畴。⁶

3) 人体暴露

- **衡量方法:**人体对环境污染的暴露水平可以通过生物监测（例如：头发、尿液、血液）衡量，或者是根据已知信息和对食物、空气、水的摄取的假定建立模型评估。
- **可以采用的监管措施:**降低和防范人体对污染暴露的措施包括但不限于，暴露评估；公共健康干预（如进行公众教育提供可操作的自我保护措施减少暴露）。

4) **疾病评估** 人体暴露一经确定，健康风险就可以根据既有的标准和数据进行评估，或是通过众所周知的流行病学调查确定一定水平的污染对人体健康的影响。

我们研究的目的是找出环境和公共健康监管体系在防范铅污染健康风险方面的漏洞和薄弱环节。相应的，我们的研究的重点是在前三个阶段（污染源；周围环境污染；人体暴露）能够使用以减少污染和暴露的制度和监管措施。我们没有涉及第四个阶段，因为这一阶段并非项目的研究范畴。尽管风险评估工具对于健康风险防范是至关重要的，这些工具并非本报告的重点。我们的目标是，着眼于监管治理工具的分析，以防止和减少人体对有害物质的暴露。

对调研区域实地调研的结果表明，现行健康风险识别和环境监管体系在“四个阶段的风险防范框架”因果关系链条的每个阶段都普遍存在薄弱环节。我们也发现，中国事实上已经建立了一系列环境监管制度，已经或能够被用来有效地降低铅污染的健康风险；我们发现的这些薄弱环节，大多存在于既有法律、制度和标准的实施和执行阶段。

我们在调研区域的主要发现包括：

- **一个宏观的识别和防范环境健康风险的体系尚未实际建立。**我们发现在当地环境和卫生部门之间鲜有联动和信息共享，也没有一个明确的铅污染健康风险管理主体。

⁶ 十一五期间总量控制的污染物包括化学需氧量、二氧化硫。十二五期间总量控制的污染物包括化学需氧量、二氧化硫、氨氮、氮氧化物。

- **污染源排放控制显不足或未执行。**其一，工业排放标准本身无法保证健康风险控制在安全水平；其二，即使标准本身足够严格，执行不力也会削弱其效用。
- **环境质量控制不足。**我们发现，尚无一个以保护人体健康为出发点的系统的环境质量控制体系。
- **国家污染减排指标对地方在监管活动的政策重点安排上具有很大的影响。**环境法律和标准的执行重点是主要污染物，特别是总量控制涵盖的二氧化硫、化学需氧量。这一影响波及到工业排放标准的执行、排污费征收、空气质量监测和评估、排污许可证发放各个方面，都将二氧化硫和化学需氧量作为重点，而铅及其他重金属污染物在一定程度上被忽略。
- **新冶炼厂的选址程序尚不能保证在工业设施和周围居民之间建立一个足以保护公共健康的缓冲地带。**由于对冶炼厂等污染源的无组织排放的控制非常具有挑战性，因此防止人群暴露的第一道防线即是在可能的情况下隔离污染源。但是，现有的规划过程似乎未能体现出将敏感人群与污染源充分隔离。
- **环境监测不持续且范围有限。**无论是对周围环境的监测，还是对污染源的监测或是不持续，或是没有针对重金属污染物进行常规监测，
- **严重的土壤污染未得到应有的处理。**尽管我们在调研区域发现了很高的污染程度（超过国家标准），当地环境保护部门并没有因此针对土壤铅污染启动日常监测，也没有对土壤污染采取过清理行动。
- **系统的健康风险评估和干预机制几乎处于空白。**目前尚未建立系统的公众健康教育机制，也没有评估铅污染高风险人群面临的风险程度的机制。

下文将遵循“四个阶段的风险防范框架”的逻辑体系详细讨论这些存在于制度本身或其执行中的漏洞。

案例研究中发现的环境和公共健康监管体系的薄弱环节

a. 污染源:工业大气污染物排放标准及其执行并未有效防范铅冶炼厂的健康风险

调研区域采矿冶炼厂的含铅废气排放，被认为是该地区铅污染的主要来源。⁷减少工业污染源污染排放的主要途径是要求将排放控制在一定水平以下。但是，我们的实地调查发现，当时适用

⁷ 该采矿冶炼厂已经进行废水回收处理，冶炼厂产生的固体废弃物也进行了渣堆收集。因此，NRDC和合作方将关注点置于废气排放。

的工业废气排放标准——《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996），未能提供充分的含铅废气排放控制。我们在调研区域发现，尽管作为调研区域主要污染源的采矿冶炼厂的排放一直符合工业排放标准的要求，周围土壤污染却超过了土壤环境质量标准。下面我们对导致这一现象持续发生的可能因素进行分析。这些因素，单独或共同作用，导致了调研区域的严重铅污染。

第一，对工业污染排放是否达标的监测不充分。根据我们的访谈，工业废气排放中的铅并未纳入常规监测；常规监测通常限于二氧化硫、悬浮颗粒物、以及可吸入颗粒物(PM10)。二氧化硫是国家减排指标的一部分，我们的访谈也显示了二氧化硫是地方执法行动的重点，而铅和其他重金属污染物则不是。对于地方部门来说，工业污染源的大气排放标准达标可能仅仅意味着二氧化硫、悬浮物和颗粒物(PM10)排放达标，而不是必然包括重金属污染物。⁸

第二，排污许可证并未在铅污染减排中发挥有效的作用。排污许可证是一个标准实施和减少排放的关键工具。但是，中国尚未建立起一个全面的许可证制度。目前排污许可证只是单纯地作为总量控制的一个实施手段，调查区域也不例外。一般来说，目前的许可证中有两个数字要求：总量控制的要求和污染物排放浓度限值（与工业排放标准中的限值相同）。云南省发布了省级排污许可证管理办法，要求有色金属冶炼需取得排污许可证。铅、砷、镉作为特征污染物，应当纳入许可证的范畴。在调研区域的实践中，水排污许可证包含了铅及其他重金属污染物。然而，尽管废气排放是铅污染的主要来源，**大气排污许可证只列入了二氧化硫、烟尘和粉尘**。相应的，与大气排污许可证实施有关的执法行动，如常规检查、许可证年检，都不涉及铅。目前也没有其他的机制用来实施环境空气质量标准中铅的标准。此外，调研区域的一些屡禁不止的非法小冶炼厂也给治理带来不确定性和困难。

第三，采矿冶炼厂的无组织排放几乎处于无监管状态。对冶炼厂区来说，无组织排放是一个非常重的铅污染来源。《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）也对铅的无组织排放设定了限值。⁹但是，在调研区域看到的情况是，对无组织排放的控制几乎被忽略。例如，我们看到运输矿石的车辆进出采矿冶炼厂区，但是没有看到任何措施来防止运输过程中的无组织排放对环境的污染。

第四，云南省没有针对铅锌冶炼带来的相较其他地区的更高风险，制定地方性的工业排放标准。在调查时，对采矿冶炼厂适用的国家工业排放标准，是《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）。这是一个铅排放浓度限值，并没有考虑总的累积排放量对环境的影响。¹⁰这种单纯基于污染物浓度限制的标准不足以强制工业污染源最大限度地减少排放，也没有考虑一个工

⁸ 值得指出的是，对水的监测包括了对铅、砷、铜、镉、和铬的监测。

⁹ 《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996），4.4。

¹⁰ 对铅锌冶炼工业来说，这一标准已被新发布的《铅锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）所取代。

业集中区域的累积污染。含铅废气排放很容易在周围土壤沉降并聚集，但是，无论是工业废气排放标准，还是土壤环境质量标准的制定，都没有涉及这种污染物的转移。总的来说，将污染物转移的因素考虑在内，**尽管工业污染源的烟道排放没有超标，周围环境媒介却未必能够达到空气质量标准和其他周围环境质量标准的要求。**

b. 环境污染：以人体健康为出发点的环境质量管理体系尚未全面确立

i. 环境污染——规划阶段没有充分预先考量铅污染带来的环境健康风险

政府规划是一个防范健康风险的重要阶段。规划分区，选址和环境影响评价，都是在规划阶段可以用来防控污染、降低健康风险的工具。合理的规划要求合理和谨慎的选址，以确保铅冶炼厂和周围社区之间有安全的距离，特别是一些敏感区域如村庄、学校；必要时还应要求采取强效的铅排放控制措施。国务院在 2009 年末颁布了《规划环境影响评价条例》，要求土地利用的有关规划和区域、流域、海域的建设、开发利用规划，以及工业、农业、畜牧业、林业、能源、水利、交通、城市建设、旅游、自然资源开发的有关专项规划应当进行环境影响评价。这部条例颁布实施还不到两年。¹¹调研区域的一些官员表示，实施规划环境影响评价存在技术障碍，其中最大的障碍是环境总量难以确定。此外，除了地方规划环评，中国还要求建设项目实施环境影响评价。环境保护部门应当审查并决定是否批准建设项目的环评文件。但是，在我们的实地访谈中，建设项目环评文件审批的时间过长——有时长达两年。由于这个过长的审批流程，一些建设项目在环评获批前就开始生产了，从而带来潜在的污染风险。

由于采矿冶炼厂相关的规划和环评报告没有向公众公开，我们无法确证是否调查区域的规划过程考虑了环境因素，加上采矿冶炼厂的历史较长，建厂初期未必存在明确的规划。即便如此，从调查区域村庄、小学和铅冶炼厂的布局 and 距离来看，规划中的问题可见一斑。¹²目前，采矿冶炼厂正在考虑搬迁到附近的县区。然而，从我们看到的新选址环评报告的简本来看，规划还是没有充分考虑环境健康影响。铅和砷是铅锌冶炼厂的特征污染物，但是该环评报告并没有显示出对空气背景中的铅进行过评价，以致无法确切评估冶炼厂运营后产生的废气排放带来的实际影响。同时，至少两个村庄落在了采矿冶炼厂新址的下风向范围。新的选址也不符合《工业企业设计卫生

¹¹ 《规划环境影响评价条例》，国务院令 559 号，自 2009 年 10 月 1 日起生效。

¹² 参见本文第 5 页图 2。

标准》（GBZ 1-2002）工业设施和社区安全距离的标准；即使这一标准本身也并不足以防范健康风险。

考虑到对冶炼厂产生的有组织和无组织排放进行控制的难度，选址标准是保护公众健康的第一步，也是最基本的治理工具，特别是对新污染源而言。采矿冶炼厂新址的环评过程，至少从我们看到的环评报告来看，并不能达到健康保护的目的。

ii. 环境污染——校园存在基于健康的土壤和尘土标准空白

基于健康或风险的周围环境质量标准是针对污染物设定一个限制水平，该限制足以将对污染物暴露带来的健康影响控制在安全水平。铅污染的土壤能够通过人体直接摄入、通过蔬菜摄取、或进入住宅产生风险。现行有效的土壤的环境标准是《土壤环境质量标准》（GB15618-1995），以及《食用农产品产地环境质量评价标准》（HJ 332-2006）。《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）是在 1995 年制定的，其时的主要目标是保护农业。标准针对三种类型的土壤设定了三级污染物含量标准。I 类主要适用于国家规定的自然保护区（原有背景重金属含量高的除外）、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤，土壤质量基本上保持自然背景水平。II 类主要适用于一般农田蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤，土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。III 类主要适用于林地土壤及污染物容量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤（蔬菜除外）。土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。¹³一般的农业耕作用地适用 II 类标准；II 类标准根据不同的土壤酸碱度，将铅浓度限值设定为不超过 250-350mg/kg。

考虑到蔬菜用地对重金属污染更为敏感，前国家环境保护总局在 2006 年制定了一个比《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）更严格的标准，即《食用农产品产地环境质量评价标准》（HJ 332-2006）。其中，蔬菜产地的铅最高限值为 50mg/kg，其他食用农产品产地的铅最高限值为 80mg/kg。

但是，上述两个标准的适用范围都有限，很多敏感人群聚集的地区却没有可以适用的标准。例如，在调研区域，我们发现没有土壤环境标准可以适用于住宅和学校。《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）适用的三类土壤，都没有涵盖住宅或学校。这意味着住宅区域和学校的土壤处于无控状态，从而给儿童健康带来加倍的风险；儿童在这些地方非常容易摄入或吸入含铅粉尘。

¹³ 《土壤环境质量标准》（GB15618-1995），3.1.

iii. 环境污染——常规监测的缺失

常规环境监测对于识别环境中的健康风险，以保证环境中的铅含量维持在安全水平，是必不可少的。然而，在调研区域却没有针对铅进行的常规环境质量监测。如上所述，尽管空气质量标准对铅设定了限值（季平均 $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，年平均 $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），¹⁴却没有针对环境大气中的铅进行常规监测。我们在调研区域也没有发现对铅进行监测的环境监测站。没有这样的监测数据，环境空气质量标准则难以执行。受国家减排指标的影响，目前环境监测的重点也是化学需氧量（COD）和二氧化硫（SO₂）。铅也不是空气污染指数（API）的评价指标。目前空气质量评价的主要指标是二氧化硫、一氧化碳、臭氧、二氧化氮、可吸入颗粒物等。此外，常规土壤监测也几乎缺失。更重要的是，环境中的铅浓度超标也不能启动任何标准程序或措施以促使达到标准。

iv. 环境污染——污染场地尚未处理，土壤修复责任及标准不明确

重金属及其他一些化学物质能够在土壤中存留很长时间。土壤污染能够转移到地下水及农作物，并进而影响整个生态系统。特别是，土壤污染通过儿童手口接触行为直接给儿童健康构成风险。我们从对云南省环保部门官员的访谈中得知土壤治理可能会在突发环境事件发生的场合进行。但是，对一些历史累积污染的大范围的场地，目前还几乎没有采取措施。目前针对土壤污染尚未形成统一的管理体系：清除和修复土壤污染的责任主体、土壤修复标准都还没有明确的规则。我们的调研发现高度污染的农地和土壤，但是没有发现清理污染的行动机制，甚至也没有识别污染源以便采取行动的机制。此外，目前也没有采取措施减少含铅粉尘或阻止被污染蔬菜的市场流通。

土壤污染治理机制的缺失并不意味着调研区域的地方政府对此漠不关心。事实上，出于对被污染的水的考虑，当地镇政府建了一个水站，从远离可能污染区域的山区汲水。据我们了解，这是在中国农村的一个比较普遍的做法：即从深井或山泉取水给受到水污染的村落供水。遗憾的是，如前所述，水摄入并非对工业污染源暴露的主要途径，儿童暴露更是如此。

c. 人体暴露：对污染场地的暴露控制和其他公共卫生干预尚不完善

¹⁴ 《环境空气质量标准》(GB 3095 - 1996)。

公共卫生部门没有主动监测环境中的健康风险。公共卫生部门的工作重点在于流行病和传染病，尚未建立针对环境中健康风险的监测机制。我们从访谈得知目前卫生部门在健康危害已经出现或报告后才开始行动。卫生部门进行的唯一的强制环境监测是由疾控中心开展的饮用水监测。

当环境监测发现异常或可能的风险时，也没有可以启动的公共健康干预机制。由于机构之间没有建立信息分享和通报机制，疾控中心和其他卫生部门无法获知在其控制范围（仅包括饮用水监测）之外发生的健康风险。即使是发现儿童血铅超标，疾控中心在采取医学治疗措施之外也没有一个统一的应对方案，如暴露评估、公众教育及其他控制健康风险的暴露干预措施。

受到工业铅污染的区域公共保健和卫生教育几乎缺失。卫生部门没有针对重金属污染实施公众教育和卫生干预的机制和资源。对污染物暴露和健康风险进行识别和评估的技术水平不高。在调研区域，学校操场和教室尘土是铅摄入的主要途径。但是，我们没有看到对此采取的任何干预措施，也没有措施来减少/控制尘土（如经常洗手和清洗衣物，清除室内尘土，封闭教室和家庭，等等）。我们注意到儿童放学后在操场尘土中活动，而这些尘土已被铅污染。如前述及，我们的案例研究的一部分是为当地方合作方和专家引入 IEUBK 风险评估模型。虽然目前中国尚未使用此类评估模型工具，中国研发类似的风险评估模型的意义是非常大的。

d. 一些管理的基础性问题

在上述讨论的所有薄弱环节中，普遍存在着一些基础性的管理问题。事实上，是这些问题或导致或加剧了在铅污染健康风险防范方面的困难和不足。

环境健康风险管理的宏观机制的缺失。将环境和健康风险联结起来的宏观的环境健康风险管理机制尚未全面建立。现行的环境法律体系并没有在环境污染和健康之间建立明确的联系，保护公共健康也没有成为法律和标准的核心基点。卫生和环境管理部门之间缺乏合作，也没有对铅建立明确的管理机构。对环境健康风险的处理大都是对事故或社会不安定事件的被动和事后的反应。两个部门只有在污染事件发生之后才开始协调：我们对云南卫生部门的调研发现卫生部门对于环境健康问题的介入仅涉及对污染事故的响应。这种被动的行动通常也是由环保部门牵头，卫生部门（必要时也包括其他部门）参与实施。在行动过程中，环保部门对环境负责，而卫生部门对污染受害者的医疗处理负责。卫生部门遵循《国家突发公共卫生事件应急预案》（应急预案）中的程序采取行动。应急预案适用于突然发生，造成或者可能造成社会公众身心健康严重损害的重大传染病、群体性不明原因疾病、重大食物和职业中毒以及因自然灾害、事故灾难或社会安全

等事件引起的严重影响公众身心健康的公共卫生事件的应急处理工作。¹⁵应急预案的主要目的是控制疾病传播和治疗受害者和病人——而非针对环境中的健康风险。因此，应急预案着重于公共医疗，而不强调对环境中的健康风险进行的处理，特别是没有规定预防性的污染监控和健康评估。

这种环境健康风险管理宏观体系的缺失是前述讨论的环境健康风险监管中的种种不足和问题的根本原因，如土壤质量标准并非基于健康风险，环境监测未针对铅进行，卫生部门对健康风险干预的空白，以及环境和卫生部门之间的信息分享缺失。

基层环境执行能力不足。地方政府环境执行在资源、能力（人力、专业水平、财政资源、和基础设施）和法律权限方面都显不足。我们的调研发现基层环保部门资源、人员和专业能力严重匮乏；这也是环境监测薄弱和环境法实施的不力的重要原因。我们调研区域当地的监测和执行队伍甚至不能保证有一辆专用于执法检查的车辆。很大一部分环境监测人员是退伍军人，缺乏一定的专业能力。县一级的监测技术和设备更是极度匮乏。

信息公开不足。环评报告关于铅和其他重金属排放的信息、排放监测、及其他相关信息鲜有公开。我们的研究小组发现一些基础数据，如健康影响，工厂排放和环境质量的信息难以获得。政府官员们也表达了从其他部门获得信息的困难。同时，部门间的常规信息分享尚未建立。由于缺乏环境信息，公共卫生部门几乎无从获知环境中的健康风险。

环境法执行不力。众所周知的环境法实施和执行不力的因素，如能力不足（见上文讨论），执法权限不足，罚款额度过低，信息的缺乏，在调研区域的铅风险的管理也不例外。

III. 中国必须采取行动降低铅健康风险

若放任监管，铅工业发展趋势将加剧铅污染

若放任监管，铅污染只会加剧。自 2003 年中国就成为了全球最大的铅生产国。¹⁶¹⁷2010 年 11 月，中国国际铅锌年会会议在深圳举行，中国的矿业和金属行业的领先信息供应商，安泰科的代表预测，中国铅产量在 2012 年将达到 500 万公吨，与 2009 年相比平均每年增长 12%。中国拥有

¹⁵ 《突发公共卫生事件应急预案》，2006 年 2 月 26 日发布，1.4。

¹⁶ 陈喜峰、彭润民：《中国铅锌矿资源形势及可持续发展对策》. 中国有色金属，2008，60（3）： 129 - 133.

¹⁷ <http://web.archive.org/web/20070827030846/http://www.ldaint.org/information.htm>

澳大利亚之后的世界第二大铅储藏，共计 1100 万吨。¹⁸而中国也运用了这一优势：中国开采矿石产量在 1998 年-2008 年间从 0.58 万吨增至 1.52 万吨——年平均增长率为 10.1%。¹⁹中国近年冶炼能力的增长速度甚至超过过去几十年的生产能力。但是，中国对铅的需求远远超过其资源，国内采矿只能满足一半的国内需求。中国自 2001 年以来成为了铅进口国，铅酸电池生产持续快速增长。²⁰由于国内对铅酸电池驱动的汽车、摩托车、电动自行车的需求日益增长，目前预测 2015 年铅酸电池产量将比 2009 年增加一倍。²¹

虽然这些预测的趋势可能给中国的经济增长带来积极影响，但如果不采取紧急行动建立有效的控制和法规，保障人体健康，潜在的健康、经济和环境损失可能更大。例如，据调查，1997 年发生在美国儿童中毒案导致的相关经济损失估计为 432 亿美元：

图 7：美国 1997 年发生的儿童铅中毒事件的估计损失²²

EAF	=	100%
Main consequence	=	Loss of IQ over lifetime
Mean blood lead level in 1997 among 5-year-old children	=	2.7 µg/dL
A blood lead level of 1 µg/dL	=	Mean loss of 0.25 IQ points per child
Therefore, 2.7 µg/dL	=	Mean loss of 0.675 IQ points per child
Loss of 1 IQ point	=	Loss of lifetime earnings of 2.39%
Therefore, loss of 0.675 IQ points	=	Loss of 1.61% of lifetime earnings
Economic consequences		
For boys: loss of 1.61% × \$881,027 (lifetime earnings) × 1,960,200	=	\$27.8 billion
For girls: loss of 1.61% × \$519,631 (lifetime earnings) × 1,869,800	=	\$15.6 billion
Total costs of pediatric lead poisoning	=	\$43.4 billion

专家预测，20 万公顷，即将近 20% 的中国耕地土壤遭到污染。²³国土资源部表示 12 万多吨粮食遭到重金属污染物污染，直接经济损失超过 200 亿人民币。²⁴虽然目前尚未统计中国因铅污染和

¹⁸ USGS, Mineral Commodity summaries 2009, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2009/mcs2009.pdf>, 第 91 页。

¹⁹ Xi S. Current Situation of Exploitation and Utilization of Lead/Zinc Mineral Resources in the World, China Metal Bulletin, 2009, 第 37 页。

²⁰ “China 2010 lead demand seen up 20 pct on battery.” *Reuters*. March 26, 2010, <http://www.reuters.com/article/idUSBJI00227020100326>.

²¹ 根据中国电池工业协会高工曹国庆于 2010 年 11 月深圳举办的中国国际铅锌年会会议所作的介绍。

²² Landrigan PJ, Schechter CB, Lipton JM, Fahs MC, Schwartz J. “Environmental Pollutants and Disease in American Children: Estimates of Morbidity, Mortality, and Costs for Lead Poisoning, Asthma, Cancer, and Developmental Disabilities.” *Environmental Health Perspectives*. 2002;110(7):721-8. Accessed online 28 Feb 2011, http://ehp03.niehs.nih.gov/article_fetch?articleURI=info:doi/10.1289/ehp.02110721.

²³ 新华社：《农民寄希望于‘土地医生’治愈污染土壤》，2009 年 5 月 26 日，http://www.china.org.cn/environment/news/2009-05/26/content_17836421_2.htm。

²⁴ 中国经济时报：《重金属污染：必须防治相结合》，2011 年 3 月 2 日，<http://www.cet.com.cn/20110302/f1.htm>。

铅中毒而治理土壤所需的经济费用，这笔数字无疑是巨大的，而且如果不立即采取措施，费用只会不断增加。

中国正努力减少工业铅污染

中国正面临巨大的挑战，而且中国的铅风险治理之路才刚刚开始。中国已在一系列的政策白皮书和官方讲话中高度强调了重金属污染问题。如前所述，中国在2007年11月21日发起了《国家环境与健康行动计划（2007-2015）》。该行动计划提出对目前的法律规章制度中有关环境和公共卫生的条款进行全面评估，并建立相关法律规章制度。

在凤翔和武冈发生污染事件之后，中国环境保护部（MEP）在2009年8月28日原则上通过了《重金属污染综合整治实施方案》草案。环保部表示该计划将包括加强工业结构改革，提高作为市场准入门槛的环保标准，加强工业污染监管，迅速建立一个管理重金属污染物排放的监管体系和一个预防控制重金属污染的管理监督完整体系。²⁵

2009年9月29日，环保部发布了《关于深入开展重金属污染企业专项检查的通知》，环保部连同其他8个部委或办公室，²⁶展开为期三个月的全国性调查，检查涉及大量重金属（铅，镉，汞，铬，砷）生产、储存或运输过程的企业。

2010年，环保部要求严格按照2010年1月颁布的《2010年环境监测工作要点》进行重金属监测，其中规定将对重金属污染主要排放源的监测作为2010年环保部的工作重点之一。²⁷

2011年2月，第一个经国务院批准的十二五专项规划就是《重金属污染综合防治“十二五”规划》，内容涉及全面预防控制重金属污染，要求重点区域重点重金属污染物排放量比2007年减少15%，到2015年，要建立起比较完善的重金属污染防治体系、事故应急体系和环境与健康风险评估体系。²⁸

²⁵ 《环保部：重金属污染事件均已经得到妥善处置》，2009年9月27日，<http://www.23xw.com/23xw/xinwen/guonaxinwen/2009/0927/5835.html>。

²⁶ 除了环保部以外，其他参与的部委有：国家发展和改革委员会（NDRC；<http://www.ndrc.gov.cn>）；工业和信息化部（MIIT；<http://www.miit.gov.cn>）；监察部（MOS；<http://www.mos.gov.cn>）；司法部（MOJ；<http://www.moj.gov.cn>）；住房和城乡建设部（MOHURD；<http://www.cin.gov.cn>）；国家工商行政管理总局（SAIC；<http://www.saic.gov.cn>）；国家安全生产监督管理总局（<http://www.chinasafety.gov.cn>）；国家电力监管委员会（SERC；<http://www.serc.gov.cn>）。
http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgt/200910/t20091022_174813.htm。

²⁷ 《环保部今年将加大重金属监测工作的力度》，<http://www.chinanews.com/cj/cj-hbht/news/2010/01-25/2090639.shtml>。
《关于印发〈2010年全国环境监测工作要点〉的通知》，
http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201001/t20100121_184736.htm。

²⁸ 《周生贤在重金属污染综合防治“十二五”规划视频工作会议上强调坚决打好重金属污染防治攻坚战切实维护人民群众利益和社会稳定》，http://www.mep.gov.cn/zhxx/hjyw/201102/t20110221_200992.htm。截至本报告成文之时，《重金属污染综合防治“十二五”规划》尚未公布。

这些行动和公告标志着中国控制铅污染健康风险的决心。然而，如果只凭借存有漏洞的监管手段和制度，特别是在具体实施和执行政策的基层，政策目标的实现将非常困难。只有通过法律、政策、规划建立一个全面深入的制度体系，环境健康风险才能得到有效的监管。

本报告的以下部分将介绍该研究领域的美国之行的成果，描述解决铅污染的美国法律和政策机制实施的经验和教训。结合这些成果，在报告第五部分，自然资源保护协会（NRDC）将提供建立长远的制度体系的一些思路和短期应对措施，为降低铅污染健康风险提供可供参考的建议。

IV. 美国铅冶炼厂健康风险监管的经验

2009年11月，NRDC组织了一次为期一周的赴美考察，了解减少铅污染健康风险的方法。我们成立了一个跨学科小组，包括环境和卫生部门的中央和省级政府官员、环境法和公共健康方面的权威专家和非政府组织的专家，调查美国全方位、多方利益相关者参与的铅管理体系。在为期一周的考察中，我们访问了：

- 美国环境保护署和密苏里州负责污染排放源监控和管理、土壤污染整治的当地环保部门；
- 约翰斯·霍普金斯大学和巴尔的摩市卫生局的公共卫生专家，他们在过去的30年间负责巴尔的摩市因住宅涂料导致儿童铅中毒的处理工作；
- 美国最后一个初级铅冶炼厂——道朗铅冶炼厂；和
- 致力于污染监测，并参与治理的公民团体，包括密苏里州当地夫妇开始努力解决多伦冶炼厂的污染，在圣路易斯市的华盛顿大学法律诊所和非政府组织。

此行重点在于实地考察位于密苏里州赫库兰尼姆的道朗初级铅冶炼厂，了解它的发展情况以及多年来实施的措施。我们以下的许多发现来自考察调研过程中的会见和研究。

美国的铅健康风险控制体系涉及了多个联邦法规，如《清洁空气法》（CAA）、《清洁水法》（CWA）、《资源保护和回收法》（RCRA）、《安全饮用水法》（SDWA）和《综合环境反应补偿和责任法》（CERCLA）等。我们在本章的重点是《清洁空气法》的排放控制措施和污染场地修复措施。我们将通过回顾道朗冶炼厂的污染治理历史，看到他们当时采取的办法。最后，我们将讨论美国经验和教训对中国有效处理铅污染健康风险的借鉴意义。

清洁空气法对铅气排放的规制

《美国清洁空气法案》(CAA) 针对控制铅气排放提出了两种不同但相关的监管方法。第一种也是较重要的一种方法是基于健康的标准，而第二种方法是基于技术的标准。

a. 国家环境空气质量标准 (NAAQS)：基于健康保护的环境空气标准

《美国清洁空气法案》规定联邦环保署(EPA) 须确定并列出其排放会“导致或造成空气污染，而该污染可能有合理理由预计会危害公众健康或福利”的污染物。EPA 须针对其列出的污染物颁布一级和二级国家环境空气质量标准(NAAQS)。

一级 NAAQS 必须“达到并维持此空气质量标准…允许适当的安全限度，是保护公众健康所必不可少的”。²⁹EPA 将此解释为须将 NAAQS 设定为最高级别，在此级别下，敏感人群（如小孩）中的代表人物的健康能够得到保护，但不一定限定为该群体中的每一个人的健康都得到保护。³⁰“适当的安全限度”用语旨在应对制定 NAAQS 时内在的技术和科学不确定性，避免遭受一些尚不确定的风险。重要的是，法案禁止 EPA 在设定 NAAQS 时考虑成本。

二级标准必须“保护公众福利不受与上述环境空气污染相关的任何已知的或不利的的影响”。“福利影响”包括对土壤、水、农作物、植被、天气、气候、财产以及个人舒适度和健康的影响。

EPA 于 1978 年 10 月 5 日颁布了铅最初的一级和二级 NAAQS。³¹针对铅在悬浮微粒物质总量(Pb-TSP)中的含量，两个标准均设定为 1.5 微克/立方米。EPA 在设定此最初标准时，确认成人的血铅水平不能高于 30 微克/分升，而小孩群体血铅水平的最大安全平均值为 15 微克/分升。EPA 于 2008 年 11 月 12 日³²修订了铅的一级和二级 NAAQS，**将原标准降低了十倍**，即 0.15 微克/立方米。³³与先前 1978 年的标准相比，EPA 降低了标准，主要是基于须以更低的大气铅浓度保护儿童免受铅摄入损害的认识。EPA 确定自 1978 年以来收集的证据显示低于 15 微克/分升的血铅水

²⁹ 《美国清洁空气法案》第 109(b)(1) 节第 42 U.S.C. 7409(b)(1) 部分。

³⁰ 请参阅《联邦纪事》(FR) 第 73 卷第 66965 项 (2008 年 11 月 12 日)。

³¹ FR 第 43 节第 46246 项 (1978 年 10 月 5 日)，已编入 CFR 第 40 节第 50.12 部分。

³² EPA 在环境组织提出诉讼后根据法庭判决完成了 NAAQS 修订程序。

³³ FR 第 73 节第 66964 项 (2008 年 11 月 12 日)，已编入 CFR 第 40 节第 50.16 部分。由于尘土中的铅是小孩摄入铅的重要途径，所有微型物中的铅比例可显示含铅量，因此 Pb-TSP 测量指标得以保留。测量 TSP 中铅含量的程序已编入 CFR 第 40 节第 50 部分。

平仍可导致儿童发育迟缓、智商降低，因此 1978 年的标准不再符合采用适当的安全限度保护公众健康的法律要求。新标准旨在防止智商因与空气有关的因素而损失两点或损失更多。³⁴

新的环境空气质量标准 (NAAQS) 颁布的同时，也要求对铅年排放量 0.5 吨级以上的工业污染源进行铅气监测，因为这些污染源很有可能导致 NAAQS 不达标。³⁵EPA 预测全国有 96 个这样的污染源。在工业污染源之外，EPA 也要求对铅排放量在 1.0 吨及以上的（一般航空）机场进行铅气监测，以及要求全国范围内遍布城市区域的监测站进行铅气监测。监测站的监测数据要求定期上报 EPA。

州行动计划：州政府NAAQS实施计划

在 NAAQS 颁布后的三年内，各州必须制定确保其空气质量符合 NAAQS 的空气污染控制法规和方案，然后向 EPA 表明这些法规和方案能够保证目前 NAAQS 不达标的区域能够在五年内达标。我们将此类法规和方案的综合文本称为州政府实施计划(SIP)。SIP 的内容相当广泛，综合了多种法规、可强制执行的文件和支持信息。《美国清洁空气法案》对 SIP 的法定要求包含：

- 环境空气监控和数据管理系统
- 能够预测特定污染源对空气质量的影响的空气质量模型³⁶
- 强制实施控制措施的计划
- 固定污染源监控计划
- 对未达到或未维持 NAAQS 的情况采取应急措施的相应机构³⁷
- 在 NAAQS 修订后或发现 SIP 包含不适当的条款时，作为回应对 SIP 进行修订所涉及的条款
- NAAQS 超标的公共通知系统
- 适用于各主要固定污染源的许可费，包含处理费用和强制收取的设施许可费用

经过联邦政府批准后，州政府是主要的强制实施主体，但 EPA 也可强制实施 SIP 条款，此外，公众也可以通过《美国清洁空气法案》公民诉讼条款实施 SIP。在 SIP 制定和审批的过程中，公众有充分的参与机会。

³⁴ FR 第 73 节第 67005-7 项。

³⁵ FR 第 75 节第 81126 项 (2010.12.27)。

³⁶ 有关建模和相关 NAAQS 合规性示范要求的详细信息，请参阅《联邦法规法典》(CFR) 第 40 节第 51.112-51.117 部分。

³⁷ 例如，应急措施包括封闭建筑、增强护罩的功效、缩短工作时间以及降低生产等级。通常在 EPA 向截止达标日期仍不能达到 NAAQS 的州政府发出通知后的 60 天内采取这些措施。

如果通过最初审批后的 SIP 违反了 NAAQS，³⁸EPA 发现 SIP 存在“严重不适当”的情形，则可以要求根据需要修订 SIP，以修正此类不适当的内容。如果州政府未能按要求修改或实施 SIP，EPA 将对州政府采取处罚措施。对不达标区域采取的主要处罚措施是不能通过联邦高速公路的审批获得建设资金。如果州政府未能补正 SIP 的不足之处，EPA 还可以在 SIP 未通过批准后再要求州政府采用联邦政府制定的 SIP。

b. 最大可达控制技术（MACT）：针对有害大气污染物的基于技术的标准

《美国清洁空气法案》要求 EPA 控制主要污染源的有害空气污染物(HAP)的排放, HAP 包含铅。标准必须反映最大可达控制技术，即 MACT。对新污染源来说，标准（或 MACT 基准）不得低于同类污染源所能达到的最大限度的排放控制。对现有污染源来说，MACT 基准不得低于 12% 的先进现有污染源的排放控制。EPA 可以在 MACT 基准之上设定更严格的标准，标准制定可以权衡达到额外减排的成本、任何非空气的健康和环境影响、以及能源消耗。MACT 制度的设立在很大程度上是因为 EPA 只针对非常有限的化学物质设定了 NAAQS 标准。一个基于技术的标准体系被认为是快速实现有毒化学污染物排放控制的途径。因此，在美国，铅在某种程度上是独特的，因其同时受 NAAQS 标准和基于技术的标准的约束。

EPA 于 1999 年 6 月 4 日颁布了监管初步铅冶炼厂的 MACT 规则。³⁹此标准同时适用于新建的和现有的工厂。对于铅工厂，设定的“工厂范围”的铅化合物排放限制为产铅量的 500 克/毫克（产铅量的 1.0 磅/吨）。EPA 的 MACT 规则对初步铅冶炼厂的三种铅排放源进行了限制：(1) 加工污染源，(2) 加工无组织排放污染源，以及 (3) 无组织排放微尘污染源。加工污染源以烧结机或熔炉的主要排气口通过烟囱、烟道或管道进行排气。依据相关规定，加工污染源包括烧结机、鼓风机和除渣炉；加工无组织排放源包括烧结机装料和卸料、烧结物粉碎和分类、鼓风机出渣以及除渣炉装料和出渣；无组织排放微尘污染源包括风能吹到的和交通车辆接触的工厂场地和路面、加工区域以及材料处理和存储区域。

考虑到基于技术的标准未必能够为公共健康提供充分的保护，特别是那些没有设立 NAAQS 标准的有毒污染物，《清洁空气法案》要求 EPA 在必要时审查并修订 MACT 标准以“给人体健康提供最充分的安全保护”。EPA 已经开始颁布称为“残存风险”的 MACT 修订案，并已提议对铅初级冶炼厂的标准进行修订（详见下文讨论）。

³⁸ 通常，在最初违反 NAAQS 的情况下，应实施 SIP 中规定的应急措施。但是，如果在实施这些措施后违反情况仍然存在，则必须对 SIP 进行修订。

³⁹ MACT 规则已编入 CFR 第 40 节第 63 部分第 TTT 子部分。

c. 许可证：NAAQS 标准和 MACT 标准在污染源实施的工具

《美国清洁空气法案》规定了许可证制度，该制度将法案的各种实质要求和工厂的操作结合在一起，其中包含了 SIP 要求和 MACT 控制要求。《美国清洁空气法案》明确规定每个许可证都必须包括可执行的排放限值和监测要求；启动检查的情形；进入设施区域的授权；合规认可和其他确保遵守许可证的措施。EPA 的规定要求公司高级管理者在提交许可证合规认可的文件中签名，允许政府执法人员进入设施实施检查和审查/复制文件记录，以及在适用的场合设定合规时间表。许可证的有效期不超过 5 年。每个许可证包含公众参与许可证发放的最低要求。这些要求包括对拟发许可证相对详细的说明的公示，针对拟发的许可提供 30 天的评论期，召开任何定期公众听证会 30 天前发布通知以及准备意见/回复文件。⁴⁰

《美国清洁空气法案》规定了许可证的最低法定要求，包括监控和报告要求、制定和管理该计划的成本费用、适当的人员和资金、适当的许可和执法机构等。⁴¹州政府必须向 EPA 提交大量文件，并针对许可证管理方案申请批准。⁴²在州政府获准后，EPA 仍保留执法权力，并且 EPA 可以根据法案第 505 节的规定颁布个人许可。⁴³此外，公民还可根据相关法案提出诉讼。

美国应急响应与修复制度

规制联邦污染场地修复的主要联邦法案是《综合环境响应、赔偿与责任法案》(CERCLA)，更常称为“超级基金法案”。本文依据现有 EPA 的备忘录和指南，重点概述其中与铅污染住宅的修复相关的超级基金规定。⁴⁴

a. 超级基金法律概述

⁴⁰ CFR 第 40 节第 70.7(h) 部分。

⁴¹ 州政府的最低许可要求已编入 CFR 第 40 节第 70 部分。

⁴² 例如，提交的此部分内容必须包含州政府有适当的资源管理计划的证明，其中包括州政府打算如何提供计划成本以及许可计划的员工数量和技能集。请参阅 CFR 第 40 节第 70.4(b)(8) 部分。获得费用的要求已编入 CFR 第 40 节第 70.9 部分。由于 SIP 要求已编入第 V 条的许可内容，因此上述第 179 节规定的处罚措施也适用于州政府没有获得第 V 条许可计划批准或不能有效管理和执行计划的情况。请参阅 CFR 第 40 节第 70.10 部分。

⁴³ EPA 的审核程序以及驳回州政府提出许可的程序已编入 CFR 第 40 节第 70.8 部分。如果公众在州政府许可程序的早期提出反对意见，则依据这些程序可以向 EPA 申请驳回州政府提出的许可。请参阅 CFR 第 40 节第 70.8(d) 部分。

⁴⁴ 本文提及的住宅包括年幼的儿童可以进入的场所，如家庭、学校、日间托管机构、操场和公园。

《综合环境响应、赔偿与责任法案》(CERCLA), 更常称为“超级基金法案”(Superfund) “超级基金法案”, 赋予总统(以及执行总统行政命令的 EPA) 对向“环境中”排放或可能排放“可能会对公众健康或福利立即造成实质性危害”的“危险物质”的行为作出响应的权力。⁴⁵ EPA 做出的上述响应具有两种形式: 清除和修复行动。清除是在有限的期限和成本内作出的响应行动。一般而言, 清除的时间限制为一年, 成本限制为 2,000,000 美元, 但也可以有例外。修复行动是更为长久的响应行动, 须遵循法律法规决策制定标准。

有关“超级基金法案”修复行动的法规程序 and 标准包含在《国家应急计划》(NCP)中。根据 NCP, 应在进行修复调查(RI) 和可行性研究(FS), 对污染的性质与程度以及各自的潜在清除选择进行评估之后选择修复行动。根据 NCP, 评估潜在清除选择及选择修复行动有九大标准:

- 短期和长期的人类健康和环境总体保护力度
- 符合联邦或州法规要求(例如媒介保护标准)的程度
- 长期有效性和持久性⁴⁶
- 通过处理, 毒性、流动性或体积的降低程度
- 短期有效性(例如开展补救行动时, 工作人员或社区所面临的潜在风险)
- 可执行性(例如技术和管理可行性)
- 成本
- 州验收
- 社区验收

正如这些标准所体现的那样, 修复行动的选择是一个通常需要花费数年时间及数百万美元资金才能完成的数据量大、地点特定、历时长久的过程。

如果 EPA 选择亲自采取响应行动, 可以根据“超级基金法案”的规定向一个或多个责任主体请求清除成本补偿。⁴⁷ 责任主体包括排放污染源的前所有者和现在所有者。EPA 也可以根据“超级基金法案”的规定通过提起诉讼或发布行政命令, 强迫排放污染源的责任主体采取清除或修复行动, 而不是由 EPA 亲自采取该行动。对违反这些命令的人员, 可以处以最高每天 25,000 美元的罚款。

⁴⁵ 术语“危险物质”的法律定义包括受各种联邦环境法管制的各种化学物质和废弃物, 请参阅“超级基金法案”的第 101(14) 节。根据“超级基金法案”第 102(a) 节中赋予 EPA 根据“超级基金法案”发布有关认定危险物质的法规的权力, EPA 在《联邦法规典》(CFR) 第 40 节第 302 部分中编制了该列表。在这些法规中, 铅及大量含铅化合物属于根据“超级基金法案”认定的危险物质。环境的广义定义包括所有环境介质, 请参阅第 101(8) 节。

⁴⁶ 如果污染滞留于现场, 则根据“超级基金法案”第 121(c) 节的规定, 补救行动应每 5 年审查一次。

⁴⁷ 根据“超级基金法案”第 107(f) 节的规定, 责任还可能延伸至自然资源损害。有关自然资源损害的计算方法及其处罚措施的法规和案例法数量众多, 但是, 由于本文的重点在于响应公众健康问题, 因此有关自然资源损害的更多详情在此不予介绍。

b. 铅污染土壤的处理指南

“超级基金法案”响应行动的风险降低目标是将土壤铅含量降低到发生下述情形的概率不超过 5%所对应的浓度：接触该土壤的普通小孩或小孩群体的血铅水平超过 10 微克/分升。上述目标已经成为 EPA 的一项至少长达 15 年的政策。⁴⁸上述 10 微克/分升及更高的血铅水平和 EPA 以及疾病控制中心(CDC)认为会影响小孩身体健康并因此应确保采取医疗干预的浓度相符。⁴⁹

EPA 通过综合暴露摄入生物动力学模型 (IEUBK) 来设定国家级的筛查水平或免行动水平, 以便确定响应行动在污染地区是否可行, 然后通过 IEUBK 帮助确定那些土壤铅污染程度超过筛查水平的个别地区应采取何种适当的响应行动。IEUBK 模型用于预测暴露于各种铅排放源的小孩的血铅水平, 以及小孩血铅水平高 10 微克/分升的概率。为了设定国家级的筛查水平或免行动水平, EPA 先针对各种铅暴露场景 (例如空气、饮用水和饮食) 使用该模型的默认参数, 然后运用该模型来获取能够实现上述风险降低目标的土壤浓度。根据铅暴露的其他排放源的默认参数, EPA 得出居住环境土壤的免行动水平为 400ppm。因此, 铅含量低于 400ppm 的土壤通常无需继续关注, 而铅含量高于 400ppm 的土壤应确保有相应的响应行动。

从这个意义上说, 识别土壤筛查水平和清除标准之间的差异至关重要。清除标准是根据具体的地区而得出的, 并没有依赖 IEUBK 模型中针对微尘和土壤的默认参数。因此, 并不存在全国性的居住土壤铅清除标准, 同时给定地区中达到风险降低目标的土壤浓度可能不同于 400ppm 这个免行动水平。此外, 如上所述, 尤其针对大范围地区的补救行动, 仅通过该模型无法获得最终的修复方案, 因为需要综合考虑各种因素以取得平衡, 这可能会影响最终的修复选择。

尽管如此, EPA 依然将 IEUBK 模型视为在当前或未来居住地区获取基于风险的土壤清除水平 (有时称为“初步响应目标”(PRG)) 的“首要工具”。⁵⁰清除决策可以单独基于该模型的血铅水平预测, 因此, 无需进行血铅实测。实际上, EPA 不鼓励为了修复选择而进行血液测量。EPA

⁴⁸ 修订后的 CERCLA 地区土壤铅处理临时指南及 RCRA 补救行动设施, 固体废弃物及紧急应变管理处 (OSWER) 指令 9355.4-12, 1994 年 8 月 (此后的“EPA 1994 年指南”)。

⁴⁹ 对小孩进行干预的血铅水平从 1960 年的 60 微克/分升降到 1991 年的 10 微克/分升 (目前的水平)。该水平并不是最终确定的毒理学阈值, 而仅仅是表示若超出此值应确保采取某些干预行动的一个浓度。的确, CDC 的儿童铅中毒预防顾问委员会 (ACCLPP) 最近发布了针对血铅水平低于 10 微克/分升的小孩进行治疗的建议政策。ACCLPP, 儿童血铅水平低于 10 微克/分升的解释和管理以及儿童铅接触的减少, 《死亡率与发病率周报》(Morbidity and Mortality Weekly Report), 56(RR-8), 2007 年 11 月 2 日。美国目前的平均血铅水平为 1.6-2 微克/分升。请参阅 CDC, 儿童铅中毒的预防, 2005 年 8 月, 第 2-3 页; FR 第 73 节第 66970 项 (2008 年 11 月 12 日)。根据 CDC 的测量结果, 2003-2004 年 90% 的小孩血铅水平为 3.9 微克/分升, 而该值在 1988-1991 年为 9.4 微克/分升。请参阅 FR 第 73 节第 66970 项 (2008 年 11 月 12 日)。这种实质性的减少归功于在汽油、油漆及铅加工材料中清除了铅成分。

⁵⁰ 对 1994 年修订后的 CERCLA 地区土壤铅处理临时指南及 RCRA 修复行动设施的阐述, 固体废弃物及紧急应变管理处 (OSWER) 指令 9200.4-27P, 1998 年 8 月 (此后的“EPA 1998 年指南”)。

认为血液测量结果会因人群的行为（减少洗手次数或微尘堆积）而随时间改变，因此，其结果用于对现有土壤条件的长期推论进行预测并不可靠。

重要的是，EPA 和 CDC 相信血液测量在污染地区将来也可能会发挥作用。他们认为血液测量有助于识别最重要的暴露途径，引导社区医疗救助需要医疗干预的那些小孩，同时评估健康教育活动的影 响（另请参阅下述关于 CDC 的讨论）。上述教育活动和定期的房屋清扫在某些地区带来了血铅水平短期内显著下降的效果。因此，EPA 鼓励开展健康教育活动，并且在发现土壤铅含量升高后尽早进行适当的血铅筛查。然而，EPA 并没有将人们自我健康教育活动视为长期的修复措施，理由还是因为这种行为很难随时间的推移而延续。⁵¹

场地采样和类型化是为了评估平均土壤铅浓度（用于建模目的），并确定相应响应行动的规模。在场地采样结束后，EPA 官员需要确定污染的紧急程度，包括是否应在修复选择之前采取清除行动（或在小范围地区用清除行动代替修复选择）。为此，EPA 指南将铅污染地区分为以下三个等级：

1. 等级 1：孕妇或 7 岁以下小孩活动的地区，其表面土壤铅浓度为 1,200ppm 或更高，或者小孩血铅水平高于 10 微克/分升⁵²
2. 等级 2：没有敏感人群活动的地区，其表面土壤铅浓度高于 1,200ppm；或者有敏感人群活动的地区，其表面土壤铅浓度介于 400-1,200ppm 之间。
3. 等级 3：没有敏感人群活动的地区，其表面土壤铅浓度介于 400-1,200ppm 之间。

对等级 1 场地，如果场地管理者认为该场地造成了紧急威胁，则可立即采取清除行动，无需依赖 IEUBK 模型。对等级 2 场地，可以采取立即或长期的清除行动，或者长期的修复行动。对等级 3 地区，不是采取立即行动的优先范围。⁵³

重要的是，EPA “强烈推荐”采取先进行土壤开挖再回填土壤的响应行动，尤其是在土壤浅层污染的地区，例如炼铅地区。如果开挖工作因地区规模限制而变得不可行，EPA 推荐使用填土作为修复行动。EPA 推荐使用这些方案是因为到目前为止尚未出现有效的土壤处理技术。⁵⁴对于人类直接接触的区域，建议覆盖厚度至少为 12 英寸的干净土壤层；对于园艺种植区域，厚度至少为 24 英寸。

⁵¹ “超级基金法案”铅污染居住地区手册，OSWER 指令 9285.7-50，2003 年 8 月，第 9 页、第 15-16 页（此后的“EPA 手册”）。

⁵² 如果血铅水平被视为采取补救行动的依据，地区经理应首先确定铅暴露的排放源和环境有关，而不是那些“超级基金法案”没有提及的排放源，例如室内铅加工或室内铅涂料。

⁵³ “EPA 手册”第 34 页。

⁵⁴ “EPA 手册”第 38 页。

c. 有关医疗干预的 CDC 指南

CDC 认为对于血铅水平高于 10 微克/分升的任意小孩而言，实施案例管理（协调、提供并监控照料者服务）是恰当的。启动案例管理活动的时间表取决于所观测到的血铅水平，如下表所示。⁵⁵

根据小孩的血铅水平启动案例管理活动的时间表

血铅水平（单位：微克/分升）	行动	启动干预的时间框架
10-14	向照料者提供铅知识教育。提供后续测试。如有必要为小孩提供社会服务。	30 天以内
15-19	除了上述行动以外，附加下列行动： 如果血铅水平保持不变（例如至少间隔 3 个月的 2 个静脉血铅水平处在此范围内）或升高，则接着采取 20-44 微克/分升对应的行动。	2 周以内
20-44	除了上述行动以外，附加下列行动： 提供照料协调服务（案例管理）。 提供临床评估和照护。 [°] 提供环境调查并控制目前的铅危险。	1 周以内
45-70	上述行动。	48 小时以内
70 或更高	除了上述行动以外，还须立即送小孩去医院接受螯合治疗。	24 小时以内

下表总结了针对各种观测到的血铅水平所推荐使用的医疗干预范围。⁵⁶正如这些表格所示，在医疗干预情况下对血铅水平进行测量是为了确定体内铅摄入的含量、干预的紧急程度，以及案例管理的成功几率。

⁵⁵ CDC，高血铅水平小孩的管理，2002 年 3 月，表 2.2。

⁵⁶ 同上，表 3.1。

被确诊为高血铅水平小孩的医疗干预建议摘要

10 - 14	15 - 19	20 - 44	45 - 69	>70
铅知识教育 -饮食方面 -环境方面 后续血铅监控	铅知识教育 -饮食方面 -环境方面 后续血铅监控 如果出现下列情形之一，接着采取 20-44 微克/分升对应的行动： -后续的 血铅水平在初始静脉测试后至少 3 个月内处在该范围内 或者 -血铅水平升高	铅知识教育 -饮食方面 -环境方面 后续血铅监控 完整的病历和体格检查 实验室工作： -血色素或分血器 -铁状态 环境调查 降低铅危险 神经系统监控 腹部 X-射线 （如果怀疑有微粒铅摄入）需要时采取肠道清理	铅知识教育 -饮食方面 -环境方面 后续血铅监控 完整的病历和体格检查 实验室工作： -血色素或分血器 -铁状态 -FEP 或 ZPP 环境调查 降低铅危险 神经系统监控 腹部 X-射线 需要时采取肠道清理 螯合治疗	就医并开始接受螯合治疗 接着采取 45-69 微克/分升对应的行动

对于任意血铅水平均不推荐采取下列行动：

- 寻找牙龈铅线
- 测试神经生理学机能
- 评估肾脏机能（依地酸钙钠（EDTA）螯合治疗期间除外）
- 测试头发、牙齿或指甲的铅含量
- 对长骨进行放射影像学成像
- 对长骨进行 X-射线荧光

美国铅监管框架实例：道朗初级铅冶炼厂案例研究

位于密苏里州赫库兰尼姆的道朗冶炼厂是美国唯一一个仍在运作的原生铅冶炼厂。该冶炼厂自 1892 年开始运作，年产量为 25 万吨，⁵⁷占地约 52 英亩。⁵⁸在 2002 年搬迁之前赫库兰尼姆曾经是一个拥有 2555 人口的小镇。当时，有 67 人居住在离工厂 1/4 英里的地方，369 人居住在离工厂另一个 1/4 英里范围以内的地方，另外还有 2055 人居住在离工厂 1/2 英里范围以内的地方。三所学校位于工厂 1 英里范围内。

道朗污染治理行动。道朗公司被要求申请一个超级基金指令和后续修改作为具体的修复措施。该公司被要求调查，然后除去住宅庭院、日托设施、校园、公园以及其他儿童经常使用区域的表层污染土壤。去除土壤的深度至少一英尺。替换土壤铅含量不能超过 240ppm。到目前为止，约 565 个住宅和 6 个敏感区（公园、学校）的土壤置换工作已完成，125 户室内设施已清洗。

另外，密苏里州政府和道朗公司在 2002 年达成一个和解协议，道朗公司被要求提出在 2004 年底之前买断（基于三种价值评估的公平市价）接近冶炼厂的约 160 户的房屋的要约，并给屋主提供搬迁费。截至 2006 年，除了 26 户以外所有居民接受了这项提议，进行了搬迁。

道朗公司还被要求拟定一种用于检测儿童的血铅水平的计划，并配合美国国家卫生部门组织相关的教育/宣传。每年八月家长被邀请免费参加该计划。

EPA 还通过超级基金来控制其他无组织排放，因为无组织排放和该地区的土壤中高铅浓度有一定的因果关系。此外，一旦检测到道朗公司继 AOC 后继续违反两个国家铅环境空气质量标准（NAAQS），道朗公司就会被要求将每季度产量降低至 50,000 短吨或采取类似措施（这种做法后来被纳入《州执行计划 SIP（修订）》，生产限额进一步降低，下文会对此进行讨论）。

EPA 还通过超级基金解决道朗冶炼厂渣堆排放污染。随着时间的推移，EPA 要求加强地下水监测；建造防洪护堤、雨水滞留池、从安排雨水路线到现场废水处理设施的抽水系统、系统经由雨水到现场污水处理设施，桩基工程盖（如分级、土壤、植被）；人工湿地。2010 年，EPA 和道朗公司达成协议，采取额外修复措施应对该厂附近社区发现的再次污染。在道朗公司采样的 372 处住宅中，129 处铅含量超过 400ppm，其中的 104 处已经被至少清理了一次。此外，道路边采样持续检测到非常高的铅含量，这表明矿石运输中的无组织排放仍是一个重要的污染源。因此，道朗

⁵⁷ 过去，道朗冶炼厂约 80%的熔渣被直接烧结，约 20%被堆积。

⁵⁸ 此报告中的“吨”是指美国使用的短吨，而不是公吨。一个短吨等于 2000 磅。一个公吨等于 2,204.6 磅。

公司被要求再次对距离冶炼厂 1.5 英里的住宅进行取样，以 400ppm 为标准进行土壤修复，开始了新一轮的污染治理。

道朗公司铅废气排放控制。道朗公司的铅排放管理历史表明，相对于修复措施，监管框架在发现铅排放是否符合 NAAQS 更为有效。然而，如下面表格所示，自 2000 年以来道朗公司排放已大幅降低，这主要是通过新建封闭区域或加固现有密围式构筑物，改善构筑物内的通风和空气流动，将排放物直接通向配有集尘室的出口，安装新的和改进过的集尘室，减少运输传送车辆的无组织排放。

年份	铅排放 (吨/年)
2000	139.80
2001	113.54
2002	58.81
2003	25.13
2004	25.95
2005	28.09
2006	28.42
2007	21.81

减排过程中多次检测到道朗公司在铅排放方面违反 NAAQS 和《州执行计划（修订）》。许多针对冶炼厂的控制措施并不是针对烟道排放，而是无组织排放源——即空气和场地脱落的灰尘，包括与冶炼厂矿石储存处理相关的排放。当前与矿石运输处理相关的措施包括街道清理、防水处理、建筑物封闭、矿石浇水和按要求减产。

事实上，2008 年工厂的铅产量为 149,500 吨，铅排放率约为 0.2 磅/吨，只有目前最高可达控制技术（MACT）的约 20%。然而，作为 MACT 残余风险检测备用的 EPA 环境风险模型显示该工厂附近的空气铅浓度可能超过了新的 NAAQS 标准的 50 倍，每年释放 2.85 吨的无组织排放。尽管烟道的排放量更大（13.31 吨/年），但因其高度分散了浓度，使得周边社区的含铅量未超出 NAAQS 标准。因此，在 2011 年 2 月 17 日提议 MACT 规则修订时，环保署提出将 MACT 排放限制从产量的 1.0 磅/吨下调至 0.22 磅/吨，几乎减少了 80%，以确保达到新的 NAAQS 标准。EPA 还提议要求将新的 NAAQS 标准作为附加的扬尘标准。

在提出修订 MACT 标准之前，道朗公司就意识到新的、更加严格的 NAAQS 中关于铅的标准带来的巨大挑战，最近该公司同意在 2014 年初关闭现有的赫库兰尼姆冶炼厂。该公司正在开发一

种新型的生产铅的技术，称将在现有技术的基础上减排超过 99%。⁵⁹在关闭之前，该厂目前的年产量为 13 万吨，约占工厂产能的一半。

冶炼厂周围的 NAAQS 监测网络包括 9 个监测站，其中 5 个同地监测站分别由道朗公司和密苏里州政府操作。两个监测站每天采样；其余每三天采样（注：联邦最低标准是每六天采样）。

从美国监管框架中吸取的经验

1. **以健康为基础的标准和以技术为基础的标准相结合，共同规制铅排放。**以技术为基础的标准将重点放在烟道排放或其他污染源控制上，很难检测到无组织排放量。因此，单纯实施以技术为基础的标准会一定程度上放任工厂的无组织铅排放，从而给社区居民生活构成巨大的健康风险，尤其是在无组织铅排放占社区铅暴露很大比重的情况下。

2. **完善的污染源监测对了解污染源影响和污染控制策略有效性十分重要。**不断地发现和应对违反 NAAQS 的行为，有助于促使工厂大幅度减排。如果疏于监测，就会让违法行为有机可乘。

3. **由于污染灰尘和土壤对儿童的潜在风险和儿童的经常接触，尘土控制和土壤治理是应对铅污染的核心。**EPA 建立了严格的土壤修复系统，具体措施包括：

- 确立第一等级的土壤治理行动启动水平，在不需要冗长的研究和分析的前提下，启动紧急响应行动；
- 场地评价（性质评估和问题严重性）工具；
- 表面土壤替换；
- 室内清理；
- 街道清理

4. **由于铅是一种经充分认识的污染物，EPA 可以使用模型工具，来判断哪些关于特定场地的信息尚未获得或耗费过高。**模型如 IEUBK 的使用加快了 EPA 的反应能力，特别是急需做出快速反应时。美国法律规定在没有个人受损的实际证明之前，机构就有权采取行动应对场地污染。

⁵⁹ 参见 <http://doerun.com/NewLeadProcessingTechnologyAnnouncement/tabid/168/language/en-US/Default.aspx>.

5. **环保署和卫生部门可实施一系列公共健康干预措施以减少健康危害。** 由于环境清理需要时间，在完成清理工作之前，环境和公共卫生机构会采取多种手段减少健康风险。这些手段非常多样，从血液测试到居民搬迁。
6. **EPA 可以出资和/或命令污染者出资治理污染，缺一不可。** 由 EPA 出资调查甚至进行搬迁，并不鲜见，通常它会通过超级基金和污染者协商解决对污染区域的治理工作（由污染者补偿 EPA 支出的费用）。
7. **对正在使用的设施，修复和监管的协调，EPA 和公共卫生机构的协调，是至关重要的。** 污染区域修复部门可指定废气排放控制措施和公共卫生干预措施。
8. **通过考察调研，我们认识到公众在场地清理和管理决策中发挥的重要作用。** 受影响社区的居民受到一个附近的法学院的非政府组织的协助，利用信息公开和美国法律允许的正式和非正式的公众参与，参与了政策制定，推动了更严格的管制措施。非政府组织也通过诉讼促使环保局修订铅的 NAAQS 标准，制定了新的标准和更严格的监控。
9. **通过考察调研，我们认识到企业采取工人防范措施有助于污染物减排。** 让工人认识到灰尘控制的重要性对场地内和场地外的风险降低都是有益的。由于无组织排放是污染物暴露的重要原因，加强工人对场地内的灰尘暴露的控制，有助于降低对场地外的排放量。通过更好的卫生清理行为，包括服装和人体，大大降低了工人家庭污染物暴露情况。
10. **即使在场地修复之后，也必须进行持续的土壤采样，因为无组织排放和其他排放源可能造成再次污染。** 道朗冶炼厂的很多房屋需要多次清理，因为工厂内存在与运输有关的和其他含铅灰尘来源。

V. 建议

回到第二部分提出的四阶段环境健康风险控制框架，我们认为一个完整的、系统的铅风险控制应包括三个方面⁶⁰：a) **环境控制**：工业排放控制；周边环境监测与控制；污染清理与修复措施，b) **公共卫生管理**：预防与减少暴露风险；健康风险监测；公共卫生干预，以及 c) **跨机构协调与合作**：信息共享、环境部门和公共卫生部门合作。针对我们在案例研究中发现的问题，结合美国的经验教训，我们提出了一些包括应立即采取的短期行动到长远的制度建设在内的应对方案。

短期（0-3年）

- 在位于在用或已关闭的重点工业部门污染源附近的儿童密集的住宅与公共区域（例如：学校、操场、日托中心）进行土壤采样，决定是否应采取紧急措施保护公共健康。

这是识别给儿童健康构成风险的在用及历史遗留工业场地应采取的顺理成章的第一步。取样结果用于区分场地的优先顺序以采取相应的措施。

- 采取简便的方法判断居民区土壤和尘土浓度是否对公共健康带来实质性风险，公布启动紧急反应措施的行动阈值水平和短期指导。

这些行动阈值水平与程序为地方机构制定统一的短期决策提供了基础，即是否及如何应对已检测到的土壤铅污染级别。

- 针对土壤超出临时铅行动阈值水平或其它数据超标（如血铅浓度较高），从而导致儿童遭受持续大量铅暴露的地区，建立公共卫生干预和医疗干预导则。

通过一致认可的对发现污染水平和/或血铅水平的响应的行动导则，着手与公共卫生机构开展协调工作。这些程序应对土壤污染修复起到补充作用或将土壤污染修复考虑在内。

- 采取必要的临时、快速环境与公共健康安全应对措施来解决儿童暴露的问题。

⁶⁰ 建立一个系统的铅健康风险预防体系除建立监管制度外，也需要机构建设。我们的这份简述集中在监管制度上。根据案例分析，我们对监管制度讨论的重点是空气和场地修复。需要指出的是，在水管理和水排放方面，也需要采取行动。

在重点场地开始采取行动，减少重大公共健康风险。这些行动可被视为在长期修复方案还在酝酿的过程中迅速减少大量暴露的短期措施。⁶¹

- 确定造成中国铅污染的重点工业部门，建立专门针对污染源的空气铅污染监测体系，确保符合国家环境空气质量标准中的铅排放限定。该监测体系建设应同时包括政府监测和企业监测。若监测到有未达到国家环境质量标准的情形，应有一个识别导致不达标的污染源的程序。

这是识别造成重大公共健康风险的铅污染源的第一步。

- 修订这些工业部门的许可证与执行制度，许可证必须：1) 涵盖所有相关的铅排放标准与控制；2) 要求公司证明其能够达到铅标准与控制的要求；3) 如发现违反许可证要求或国家环境空气质量标准超标的情形，需采取纠正行动。

为识别重大铅污染源的需要，需修改许可证框架使监管机构能针对这些污染源有效、快速采取措施应对公共健康风险、降低铅排放。

- 针对重点工业部门制定体现最佳可用技术（BAT）的排放控制标准，同时适用于新老设施。这样的标准须覆盖无组织排放，并纳入国家环境质量标准达标的要求（以及相关的监测）作为可执行的标准。若有超过排放标准或国家环境空气质量标准的情形发生，须启动纠正程序。

采取最佳实践方法控制无组织排放、确保烟道排放控制达到同类设施的适当国际水平。

- 依据现行的《工业企业设计卫生标准》和其他要求，发布及执行针对新建设施的选址标准，确保环境影响评价符合此类标准。鼓励建立集中的工业园区及其他类似措施，将重大污染源集中并与公众特别是儿童隔离。

考虑到完全控制无组织排放的难度与铅的高毒害性，对于某些工业设施，仅通过排放控制来保护人体健康可能有一定的难度。预防公共健康遭受侵害的一个附加措施是阻止人类（儿童）暴露，阻止暴露的最佳方法即使儿童远离危险区。选址标准应在工业设施（以及相关运输路线）和儿童可能长时间逗留的地带，例如居民区、学

⁶¹ 此类响应行动的例子，可参见 <http://www.epa.gov/emergencies/content/hazsubs/ractions.htm>.

校、操场和日托中心之间设立一个缓冲区。众多铅污染源可以集中在工业园区。其规模应当足以提供必要的隔离缓冲地带，并在边界建立环境空气监测以保护公众。

- 开展能力评估，将各级环境监管和公共健康机构的需求资金化，以提高各级政府的治理和响应机制。

地方环境和公共健康机构需要额外的资源进行监测、排放控制、现场修复和在此加强项目下的公共健康干预预测。基于已确定的重要污染源的数量和位置，需进行能力需求评估来识别和量化能力需求。

- 评估可行性方案为已核定的能力需求提供资金支持，包括征收铅矿石生产或进口费用，以及/或铅生产或进口费用。

结合以上所述的能力需求分析，对提供充足稳定资金的方案应予以评估，包括源于相关工业来源的收费。

- 在采取环境响应或/和公共健康干预措施的各种场地进行试点，以检验规划及实施过程中公开及公众参与机制。

利用此段时间检测政府机构之间、及相关公众间的各种信息分享与协调模式，以此作为决策者制定未来的场地修复程序（下文将述及）指南提供信息。

中期（3-5年）

- 通过建造非点源的城市空气质量监测站，完善国家铅排放空气监测系统。

为国家铅排放空气监测系统的非点源监测选择市区位置、并开始收集数据判别普通人群铅暴露水平、决定总体趋势、更好地了解人体血铅水平和空气铅浓度的关联。所收集的数据需进行阶段性评估，来决定目前以及预期采取的铅行动是否足以保护公共健康。答案若是否定的，需找出行动范围的漏洞、并实施解决方案。

- 制定全面的场地修复法规确定污染源的清除责任。在污染者不愿或不能采取措施的情形，授权政府采取措施并提供资源。

进行必需的法律授权以持续常规地对环境污染作出响应，并确保授权机构和机制在实际实施的基层政府的确立。

- 建立跨机构协调、信息分享机制和确定一系列相关的政府机构应对铅污染事件，例如建立电子数据平台，用以机构间分享相关许可条件、合规情况、排放数据、环境样本和健康影响（如血液监测方案）等信息。

作为该机制的一部分，以跨机构团队建设为方向，在该机制的基础上评估电子平台和机制，鼓励监管机构在信息分享和披露方面长期不断地改进。

- 制定或修改必要的土壤标准，防范儿童暴露和食品容忍度，防止公共食物供给遭受铅污染。

针对儿童主要的铅暴露途径（如土壤摄取、灰尘吸入），必要时修订土壤环境质量标准，使标准包含对暴露区域的规制，尤其是儿童密集的居民区和其它场所。在必要时引入国际上已有的暴露和风险评估工具。

- 修改重点工业污染源的许可证和实施制度，许可证必须包括下列要求：1）在居民区及其它儿童密集的公共场所、靠近工业设施的农业区定期采取土壤样本，在发现污染水平构成公共健康风险时，进行场地修复；2）有新的要求时须进行修改；及3）允许环境监管者在不发出提前通知的情况下，进入已颁发许可证的设施检查并查阅纪录。

将土壤采样与修复（以保护公共健康安全为必要）列为重点铅污染源经营许可的标准条件，其它类似许可条件的修改也应以将运行许可证作为主要的执行工具为目的。以运行许可证作为基本工具，允许监管机构进入现场检查设备和/或记录，无需提前通知，依据管理机构所需，随时采样。

- 审查重点工业部门对信息公开法律的实施，尤其是排放数据披露，就发现的漏洞提出建议。

将重点铅工业部门作为案例分析对象，评估和改进信息公开法律的实施。

- 针对重点工业部门，研究清洁生产方法；制定重点工业部门向此类清洁生产方法转型的建议。

与学术界、贸易协会和公私部门开展合作，开发提升技术水平的机会，以大幅减少或消除铅排放，包括在出现更先进的替代品时，逐步淘汰目前的铅使用。制定针对产业部门的特别转型计划，发展新一代技术。

- 进行全国、各省及各行业铅空气排放年度报告，包括检测到的空气质量标准不达标情况。

改进对铅空气排放和环境中的铅浓度监测数据的报告，并使其标准化，确保掌握目前的实际排放状态和趋势。

- 在中国环境保护部（MEP）建立一个铅网站，整合并更新铅污染和污染源相关的信息。

以铅和其它有毒金属为试点，在环境保护部建立网站整合具体污染源的数据和全国的宏观数据，提供法律 / 法规 / 政策资源。网站应建设并维护成为政府机构、决策者和公众获取国内铅污染相关信息的首选来源。

长期（5年以上）

- 修改国家环境空气质量的铅排放限值，以反应最新的关于更低浓度铅暴露对人体健康影响的信息，并纳入污染物从空气到其它媒介转移的因素。

中国应降低目前的限值，以反应低浓度铅暴露对儿童健康造成的影响的信息。为实施新标准，需修改许可证和监测中的要求。

- 根据新的场地修复法律授权，建立应对铅污染场地的最终技术指导，包括如何决定是否需要采取反应措施（包括紧急行动），可采取的应对措施清单以及如何具体实施，如何针对特定场地选择合适的响应措施（此类措施同时包括场地修复与公共健康安全干预）。

引用新的法律授权，发布如何修复铅污染场地需要的法律性和技术性指导文件，并在必要时更新这些指导文件，以体现新的知识信息和制度进步。

- 拟定污染场地响应和修复行动的信息披露和公众参与指南。

以上述试点为基础，制定关于地方政府机构如何在场地修复活动中最好地纳入公众参与的指南。

- 支持重点工业部门向国际最佳环保实践转型

以上述新一代技术转型计划为基础，开始贯彻计划。到 2020 年，中国重点工业部门将会呈现出国际上最新的、最清洁的发展。

事实上，中国已建立了一系列的监管制度。我们的建议是以加强许可和执行能力为重点，建立在这些现有制度之上的。

我们相信，遵循上述有步骤、有策略的发展路径，我们的建议是可行的。中国已经展示了未来五年削减工业铅污染的意愿和决心。希望我们提供的这些具体建议有助于建立一个长期的、系统的监管体系，在十二五及更长一个时期减少铅污染带来的健康风险。我们有着共同的目标，即充分保护人类健康、与污染做全面斗争。