

通过生物监测评价人体对污染物的暴露

我国人血中铅镉监测

中国预防医学中心环境卫生监测站

1984年12月

主持单位：中国预防医学中心环境卫生监测站

参加工作的单位及人员（省市按汉语拼音顺序排列）

河北省：

河北省卫生防疫站：黄任、邢俊娥、孙贺、张欣棉、王景涛。

黑龙江省：

黑龙江省卫生防疫站：尹凯、夏滨生、曹纯玉。

江苏省：

江苏省卫生防疫站：吴才刚、黄保民、李国成、唐汾、郭瑞娣、朱民。

山东省：

山东省卫生防疫站：刘瑞华、王志刚。

山东省环境卫生监测站：于青

济南市卫生防疫站：刘旭九。

陕西省：

陕西省卫生防疫站：王森林、胡民忠、党文进、李琴芳。

上海市：

上海市卫生防疫站：卫生科、检验科。

四川省：

重庆市卫生防疫站：杨晓芝、顾太平、叶琳园。

浙江省：

浙江省卫生防疫站：王明娣、肖明泉、李海涛。

北京市：

卫生研究所：郑星泉、吉荣娣、郭海恩、林汉中、刘建荣。

报告执笔与编辑：

中国预防医学中心环境卫生监测站：郑星泉、吉荣娣，

目 录

摘 要	(4)
一. 前 言	(5)
二. 背 景	(7)
1. 我国环境铅镉污染的估计	(7)
2. 以血做为铅、镉的监测材料	(7)
3. 以往我国血中铅镉监测情况	(7)
4. 血中铅镉分析现状	(9)
三. 结果的质量保证措施	(9)
1. 分析前的质量保证措施	(9)
2. 分析中的质量保证措施	(9)
(一) 质控样品的制备及定值	(10)
(1) 制备	(10)
(2) 定值	(10)
(二) 质控结果评价方法	(10)
(三) 试测阶段质控样品分析结果	(12)
四. 血中铅、镉监测	(14)
1. 监测人群	(14)
2. 抽取供血者方法	(14)
3. 血液样品的采集	(15)
4. 血中铅、镉的测定	(16)
5. 结 果	(16)
(一) 结果的准确性	(17)
(二) 血铅	(21)
(三) 血镉	(24)
五. 讨 论	(25)
1. 我国铅镉污染水平及与国外资料的比较	(25)
2. 无职业性接触人群铅镉污染源分析及影响血中铅镉水平的因素	(27)
(一) 铅	(27)
(1) 空气	(27)

(2) 食物	(27)
(3) 饮酒	(27)
(4) 吸烟	(28)
(5) 年龄	(28)
(6) 燃料	(29)
(二) 镉	(30)
(1) 空气	(30)
(2) 食物	(30)
(3) 吸烟	(30)
(4) 性别	(31)
(5) 年龄	(31)
3. 对我国人体健康影响的估计	(31)
(一) 铅	(31)
(二) 镉	(32)
4. 我国血铅、血镉的正常值	(33)
附录 1: 各省市使用仪器型号及样品处理方法	(33)
附录 2: 质控样品的评价计算方法及测定结果	(33)
附录 3: 调查城市基本情况及调查人群抽样方法	(54)
附录 4: 血中铅、镉分组结果	(60)
参考文献	(79)

主持单位：中国预防医学中心环境卫生监测站

参加工作的单位及人员（省市按汉语拼音顺序排列）

河北省：

河北省卫生防疫站：黄任、邢俊娥、孙贺、张欣棉、王景涛。

黑龙江省：

黑龙江省卫生防疫站：尹凯、夏滨生、曹纯玉。

江苏省：

江苏省卫生防疫站：吴才刚、黄保民、李国成、唐汾、郭瑞娣、朱民。

山东省：

山东省卫生防疫站：刘瑞华、王志刚。

山东省环境卫生监测站：于青

济南市卫生防疫站：刘旭九。

陕西省：

陕西省卫生防疫站：王森林、胡民忠、党文进、李琴芳。

上海市：

上海市卫生防疫站：卫生科、检验科。

四川省：

重庆市卫生防疫站：杨晓芝、顾太平、叶琳园。

浙江省：

浙江省卫生防疫站：王明娣、肖明泉、李海涛。

北京市：

卫生研究所：郑星泉、吉荣娣、郭海恩、林汉中、刘建荣。

报告执笔与编辑：

中国预防医学中心环境卫生监测站：郑星泉、吉荣娣，

目 录

摘 要	(4)
一. 前 言	(5)
二. 背 景	(7)
1. 我国环境铅镉污染的估计	(7)
2. 以血做为铅、镉的监测材料	(7)
3. 以往我国血中铅镉监测情况	(7)
4. 血中铅镉分析现状	(9)
三. 结果的质量保证措施	(9)
1. 分析前的质量保证措施	(9)
2. 分析中的质量保证措施	(9)
(一) 质控样品的制备及定值	(10)
(1) 制备	(10)
(2) 定值	(10)
(二) 质控结果评价方法	(10)
(三) 试测阶段质控样品分析结果	(12)
四. 血中铅、镉监测	(14)
1. 监测人群	(14)
2. 抽取供血者方法	(14)
3. 血液样品的采集	(15)
4. 血中铅、镉的测定	(16)
5. 结 果	(16)
(一) 结果的准确性	(17)
(二) 血铅	(21)
(三) 血镉	(24)
五. 讨 论	(25)
1. 我国铅镉污染水平及与国外资料的比较	(25)
2. 无职业性接触人群铅镉污染源分析及影响血中铅镉水平的因素	(27)
(一) 铅	(27)
(1) 空气	(27)

(2) 食物.....	(27)
(3) 饮酒.....	(27)
(4) 吸烟.....	(28)
(5) 年龄.....	(28)
(6) 燃料.....	(29)
(二) 镉.....	(30)
(1) 空气.....	(30)
(2) 食物.....	(30)
(3) 吸烟.....	(30)
(4) 性别.....	(31)
(5) 年龄.....	(31)
3. 对我国人体健康影响的估计.....	(31)
(一) 铅.....	(31)
(二) 镉.....	(32)
4. 我国血铅、血镉的正常值.....	(33)
附录 1: 各省市使用仪器型号及样品处理方法.....	(33)
附录 2: 质控样品的评价计算方法及测定结果.....	(33)
附录 3: 调查城市基本情况及调查人群抽样方法.....	(54)
附录 4: 血中铅、镉分组结果.....	(60)
参考文献.....	(79)

摘 要

河北、黑龙江、江苏、山东、陕西、上海、四川和浙江省、市卫生防疫站、环境卫生监测站与中国预防医学中心卫生研究所组成协作组于1981年起进行人体血中铅镉浓度的监测工作,以了解无职业性接触人群体内环境污染物的浓度水平,并通过它评价环境污染现状及对人体健康影响。

本监测采用了世界卫生组织组织的“全球环境监测系统”的“通过生物监测评价人类对镉和铅的接触”预规划的方法和步骤进行的。该规划采取了非常严格的质量保证措施,使监测结果准确可信。我们根据国内情况,举办了大型和小型培训班,通过多批分析质量控制样品的试测,提高了各参加实验室分析能力及分析结果的准确性。在此基础上,采用统一的调查提纲和表格,严格的分析质量控制程序,进行了本监测规划。

1983年在八省市开展了正式调查。联同1981年同样条件下进行的北京市240名中学教师调查结果,共获得来自九省市的2017份血铅和2020份血镉资料。

从结果可见,九城市中学教师血铅含量范围为59~82 $\mu\text{g/l}$ 。其中南京最低、上海最高,后者仅为前者的1.39倍,表明各城市铅的污染状况差别较小。我国九城市总体血铅均值为67 $\mu\text{g/l}$ 。与WHO/UNEP组织的全球生物监测规划参加国以及欧州共同体委员会(CEC)各国17600例血铅中位值比较,仅略高于日本东京,比其他国家均低,表明我国目前一般居民生活环境中铅的污染在国际间处于较低水平。

九城市血镉几何均值范围为0.4~1.3。其中哈尔滨最低、上海最高,后者为前者的3.25倍。表明各城市生活环境中镉污染水平差别较大。我国九城市总体血镉均值为0.79 $\mu\text{g/l}$ 。与国外各国比较属中等水平。其中上海市(1.3 $\mu\text{g/l}$)、保定市(1.2 $\mu\text{g/l}$)高于或等于国外大城市无职业性镉接触者血镉最高值。表明我国某些城市目前一般居民生活环境中存在着较严重的镉污染。

本报告根据调查结果,讨论了影响血中铅镉水平的因素、分析了我国居民生活环境中铅镉污染来源及途径、估测了铅镉污染对我国居民可能的健康危害、提出了我国人民血铅血镉的正常值(95%容许限上界)。

一、前 言

铅镉都是有毒金属。铅表现为一般性代谢毒，它能引起几乎所有器官系统的紊乱，尤其是血液和神经系统。它还能损伤肾脏、胎儿、胃肠道、生殖功能、心血管、免疫与内分泌系统。儿童受到低剂量暴露会导致智力下降、行为异常。长期低剂量的镉接触，将导致贫血、肝损伤以及肾小管重吸收功能损伤，从而导致骨痛病。也有能导致肺癌及呼吸系统癌发生率升高的报导。

铅镉在世界各国广泛生产和使用。世界产量逐年上升（图1:1和1:2）。随着使用量的增加，进入环境的含铅、含镉三废也按比例增加。1975年仅加铅汽油燃烧一项，即向环境排放了21万吨铅⁽¹⁾。全世界1971~80年间向大气排放的铅达4.3百万吨⁽²⁾。

排入环境的铅镉三废，通过空气、水、食物、烟草、饮料等途径连续不断的进入人体（如图1:3），对人体健康构成潜在危害。

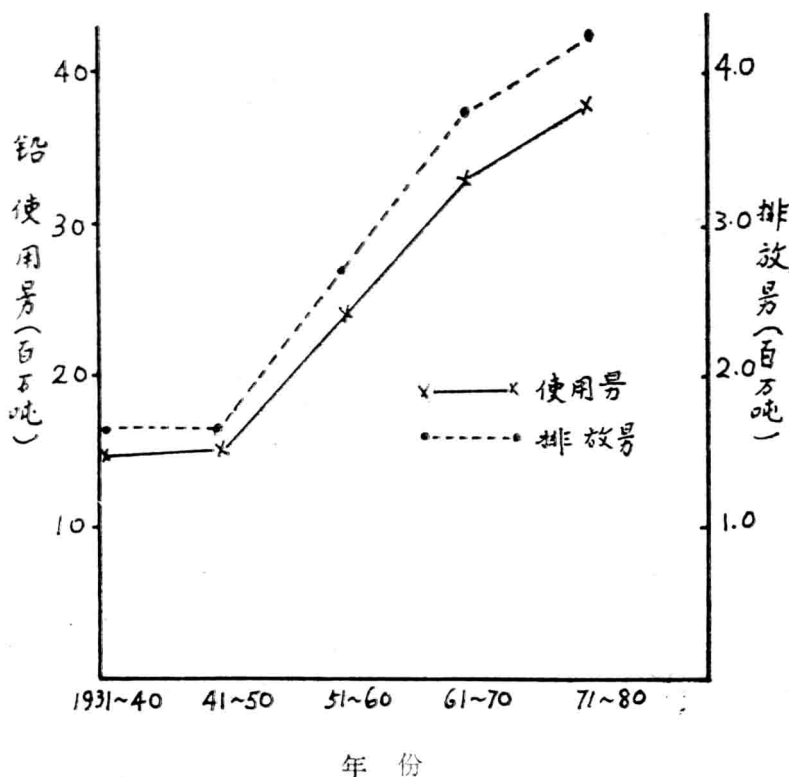


图1:1 世界铅的使用量及排放量(自Nriagu⁽²⁾)

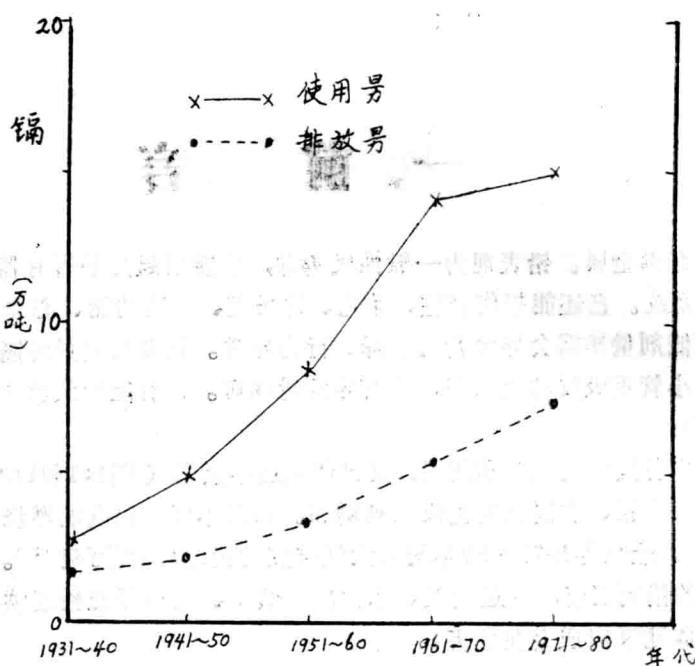


图1:2世界铅的使用量及排放量(自Nriagu⁽²⁾)

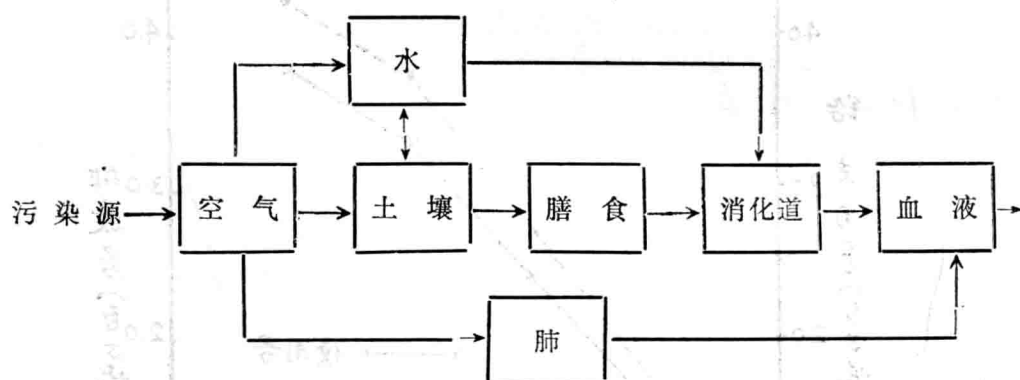


图1:3大气中污染物进入人体模式示意图。

因人体代谢动力学及代谢药理学作用，借助对外环境的常规监测是不能测得进入人体的铅、镉污染物的体内暴露（水平）以及对健康的潜在危害的。

生物监测是“系统的收集、分析取自人体（或其他生物）的生物样本（组织或体液）中污染物、污染代谢物或生物转化物的浓度”，它的目的是通过生物监测以评价机体或外环境的暴露水平从而评价对健康的危害。当环境浓度趋于恒定，长期生活在该环境的人群的体内污染物浓度水平与环境浓度达到平衡，从而根据污染物在机体内的生物半减期，可以评价环境近期、过去数月或整个生命期的暴露水平或总暴露量。

1979年WHO和UNEP 曾发起在“全球监测系统”内开展“通过生物监测评定人类接触污染物的试行规划”以了解世界范围内铅、镉的环境污染及对人体健康的影响。该规划共

有十个国家参加,采取了严谨的质量保证措施。我们以北京为点于1981年参加了该规划,其总结已印刷成册⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

查清我国正常居民血中铅镉水平,可以评定环境暴露及对人体健康产生的可能危害;并可探索铅镉的剂量一效应关系积累资料,为制定环境铅镉卫生标准提供必要的依据。

为确保监测结果可信和可比,本协作规划采用了共同的调查提纲,严谨的分析质量保证措施,因此这些数据不但国内各地区之间可以相互比较,也可与国际上生物监测规划各国资料以及任何采用类似严谨的分析质量保证措施的资料比较。

二、背 景

1. 铅镉对我国环境污染的估计

我国是世界上主要产铅国之一。1975年产量和消费量分别为14和18万吨,占世界第八位⁽¹⁾。国外资料表明,在生产和消费中,排入大气的铅约占消费量的11%⁽²⁾。按这个比例,1975年我国即有约2万吨铅进入大气。

根据某一个工厂资料,1950年以来,该厂生产和排入环境的镉随时间同步增长。1965年~1973年八年期间,仅该厂排入环境的三废,含镉量即达1633吨。1974年仅废气一项进入环境的镉即为130吨。

保定、南京、济南、西安、上海、浙江、北京对市售食品镉和/或铅含量进行测定(附录3),几乎所有监测的食品,都含有可检出的铅和镉。1981年11省市主要食品含镉量调查⁽⁶⁾,表明我国膳食中占主要地位的谷类和蔬菜(包括叶菜、根茎和瓜茄),镉的未检出率($<0.001 \mu\text{g/g}$)分别为15.5和7.8%。

以上资料表明,进入大气的大量铅镉微粒,四处扩散,对广阔地域环境,已造成不同程度的污染。

2. 以血做为铅、镉的监测材料

铅、镉经口或呼吸进入体内。被吸收的铅进入血液再输送至各组织。机体的铅可分成可交换的(如血和软组织中铅)和贮存的(如骨骼中)。90%机体负荷的铅做为稳定成分贮存在骨和牙中。血液浓度不能准确反映此部份铅。血液中铅的95%在红血球中,它与机体的铅暴露、吸收、排出、分布处于平衡状态。血铅的生物半减期约为2周,血铅反映近期暴露。

被吸收近入血液的镉,主要贮存在肾脏。这部份镉的生物半减期约20年(10~40年)。长期低浓度暴露,约1/3负荷在肾皮质。它的含量可以反映机体的总暴露量。血镉浓度水平部分与机体负荷有关,部份反映近期暴露。血镉浓度是近期暴露水平的良好指标⁽⁷⁾。如暴露恒定,血镉也可用来评价长期暴露。

3. 以往我国血中铅镉监测情况

血中铅、镉浓度低,测定技术要求高、难度大。我国无职业性接触的正常人群血中铅镉监测结果发表的资料少见。已有的资料(见表2:1, 2:2)多未采取分析质量保证措施。报告

的浓度水平差别大(镉相差60余倍),且某些健康正常人群血铅、血镉报告值已接近或超过安全水平(镉:10 μ g/l, 铅400-500 μ g/l)。是采样分析中的误差,抑或某地区存在极为严重的环境污染?难以得知,致使某些结果的引用,存在困难。

表2:1 我国正常人群(无职业性接触)血铅含量的报告值

地区	人群	平均值或中位值	分析方法	人数	资料来源
四川	, 男	165	双硫脲比色法		四川医学院(1972) ⁽¹⁰⁾
	, 女	143			
	男+女	154		200	
广州	男+女	210	原子吸收法	10	广医通讯 ⁽⁹⁾
上海、江苏、浙江	郊县, 男	430 $\pm$ 38	原子吸收法—火焰	735	吴元鉴等(1979) ⁽⁸⁾
	, 女	350 $\pm$ 21	"	824人	
——	——	370	原子吸收—火焰	12人	冯兆良(1981) ⁽¹¹⁾
上海	城市	211.5	原子吸收—石墨炉	201	金慧芝(1984) ⁽¹²⁾
上海	城市, 男	198	"	145	金慧芝(1984) ⁽¹³⁾
	, 女	185	"	107	
	, 男+女	194	"	252	
	郊区, 男	125	"	64	
	, 女	132	"	81	
	, 男+女	129	"	125	
上海	城市	185	原子吸收法	50	王篠兰(1984) ⁽¹⁴⁾
北京	城市, 男	75	原子吸收法—石墨炉法	120	郑星泉(1984) ⁽⁵⁾
	, 女	55	"	120	
	, 男+女	64	"	240	

表2:2 我国正常人群血镉含量的报告值

地区	人群	平均值或中位值	分析方法	人数	资料来源
上海、江苏、浙江	郊县, 男	22 $\pm$ 2	原子吸收—火焰	735	吴元鉴等1979 ⁽⁸⁾
	, 女	20 $\pm$ 2	原子吸收—火焰	824	"
湖北大冶	农民	23	原子吸收——	41	湖北省卫生防疫站1980 ⁽¹⁵⁾
上海	农民	9.4	原子吸收—无火焰	16	上海卫生防疫站 ⁽¹⁶⁾
上海	农民	31.7	原子吸收—无火焰	91	上海卫生防疫站1981 ⁽¹⁷⁾
沈阳	农民, 男	6.5	原子吸收—无火焰	39	杨桂凤1981 ⁽¹⁸⁾
	, 女	3.3	原子吸收—无火焰	35	

(接上页)

地区	人群	平均值或中位值	分析方法	人数	资料来源
北京	城市教师, 男	1.2	原子吸收—无火焰	120	郑星泉1984 ⁽⁵⁾
	, 女(不吸烟)	0.8	原子吸收—无火焰	118	
	, 男+女	0.9	原子吸收—无火焰	240	
北京	城市, 职工	0.5	阳极溶出伏安法	100	黄金祥1984 ⁽⁷⁾
沈阳	农民	4.5	原子吸收—无火焰	113	冯兆良1984 ⁽¹⁹⁾

4. 血中铅镉测定的现状

在开展本规划之前, 缺少国内血中铅镉测定结果准确性资料。为了评价生物材料中铅镉微量元素分析结果的准确性和可比性, 国外开展了实验室内和实验室间的比较实验。举数例于下:

实验室内: Lerner(1975)⁽²⁰⁾将一个血样31次送至一著名实验室分析血铅浓度, 报告血铅的范围是120~420 $\mu\text{g/l}$, 平均值191.3 $\mu\text{g/l}$

实验室间: Berlin(1973)⁽²¹⁾请22个实验室分析某一血样, 报告的铅含量范围是120~720 $\mu\text{g/l}$, 中位值是410 $\mu\text{g/l}$, 另一血样报告范围是210~1170 $\mu\text{gPb/l}$, 中位值660 $\mu\text{g/l}$ 。

Lauwerys(1975)⁽²²⁾请66个实验室分析血样中铅和镉, 结果如下

	报告值范围	中位值
镉	1~92 $\mu\text{g/l}$	7 $\mu\text{g/l}$
	0~110 $\mu\text{g/l}$	10 $\mu\text{g/l}$
铅	27~490 $\mu\text{g/l}$	128 $\mu\text{g/l}$
	10~1150 $\mu\text{g/l}$	233 $\mu\text{g/l}$

以上资料表明, 血中铅镉测定结果的准确性, 一般说来是不能满足需要的, 即使是有经验的实验室。

三、结果的质量保证措施

为使本规划监测结果准确可信, 采取了分析前和分析中的分析质量保证措施。

1. 分析前的质量保证措施:

为保证分析前(包括采样)样品不受到沾污, 采取以下三个措施。

(一) 所有用具及器皿(包括注射器及注射针)均用浓度适宜的酸浸泡, 清洗, 并抽样检查空白。注射器及注射针的空白值随监测血样结果一起报告。

(二) 抗凝剂经空白检验, 统一分发。

(三) 血样采集后, 立即分装2~3管, 以备重复测定。

2. 分析中的质量保证措施:

分析中的质量保证是通过分析质控样品来实现的。在正式分析监测样品前的试测阶段, 每个实验室分析五~七组(批)质控样品, 每组质控样品由六个不标浓度的外部质控样品和二个标明浓度的内部质控样品(高、低浓度各一)组成, 外部质控样品(或正式监测样品)

按以下程序分析：

血标准曲线→内部质控样品（高浓度和低浓度）→外部质控样品（或10个监测样品）→内部质控样品→10个监测样品→内部质控样品……→标准曲线。

通过对分析结果的评价和反馈，指导、提高各实验室分析能力和分析准确性，并在需要时给予必要的技术训练和指导。在分析正式监测样品时，每分析50份血样同时测定一组外质控样品。由于外质控样品是做为未知样品与监测样品同批分析，外质控样品分析结果的准确性反映了监测样品结果的准确性。外质控样品结果不“合格”，监测样品结果不予接受，需重新测定。

（一）质控样品的制备和定值

（1）血铅、血镉质控样品制备

使用牛血样品，由屠宰场采取，预先将抗凝剂EDTA二钠盐以1.5mg/1.0ml血加入清洗干净的容器中，血采集后，立即摇匀，以防凝血。采集的血样分批用超声波溶血。每批50毫升于冰浴中以21KHz/秒超声波处理5分钟。合并超声波溶血后的血样，计量红血球，残留的红血球应小于1%，用搅拌器将已离心除去残留细胞碎片的牛血搅拌约8小时使之混匀（搅拌头为玻璃制品或塑料制品，并预先酸泡清洗干净）。根据需要不同浓度的铅和镉标准溶液加入到经混匀和分装的牛血中，加入标准溶液的体积应小于血液体积的2%，未加标的样品以去离子水补充。掺标后的样品于振荡器中振荡混匀至少4小时，混匀后立即边搅拌边分装到洗净的聚丙烯塑料小瓶中，并用 γ 射线照射消毒，总剂量为2.5百万拉德，于-20℃的低温冰箱中保存。

（2）质控样品参考值的确定：

美国国家标准局（NBS）对标准参考物的保证值的确定是采用测定原理各不相同的三种方法进行测定并以同位素稀释质谱法作为仲裁方法。国际原子能机构（IAEA）认为一个准确的结果可以用以下三种途径获得：1.用不同的方法，不同的仪器和通过不同的人来进行分析。2.用基体浓度相似的标准参考物同时分析，以控制测定结果的准确性。3.由不同实验室的分析结果来确定样品的准确含量。我们限于条件，参考IAEA的标准参考物保证值的确定，采用下述方法确定质控样品的参考值，1.在分析质控样品的同时，还分析一组国际间使用的标准参考样品，2.经不同实验室分析，3.由血基体底值的含量和掺入的标准量来推算质控样品的参考值。

血质控样品铅、镉的参考值见表1。由表1可见，血质控样品的铅镉参考值经以上三种方法测得结果一致。

（二）质控结果评价方法

用修改的Cederlof⁽²³⁾氏方法对参加实验室的每批质控样品分析结果，进行评价。评价的指标是测出值—“真值”的回归线与理论回归线 $y=x$ 的偏离程度以及各观察值（ y ）与估计值（ $\hat{y}$ ）的偏离程度。该方法的根据是当样品含量是 x 时，即便测定方法和技术极好，多次测定的结果并不都是 x ，其分布常常呈以 x 为中线向两侧伸展的呈正态分布的曲线。其展度因分析样品的次数及操作技术而异，是标准差的函数。由于分析误差不可避免，规定

表1 血铅、血镉质控样品的参考值

单位: $\mu\text{g/l}$

元素	质控样品代号														
	结果来源														
镉	卫生研究所	0.6	1.1	1.5	2.4	3.4	4.3	5.5	6.2	8.0	8.7	9.9	5.4	3.8	2.9
	yeman*	0.8	1.4	1.9	2.3	3.9	4.1	5.3	6.5	8.6	8.9	10.8	6.5	4.4	3.4
	10个实验室的平均值	0.8	1.2	1.5	2.3	3.4	4.2	5.8	6.5	8.0	9.1	10.6	5.5	4.0	2.6
	推算值①	0.6	1.1	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	8.4	9.3	10.4			2.7
	卫生研究所	30	66	89	148	137	106	269	196	218	174	390	361	336	57
铅	yeman*	32	68	87	148	150	100	275	208	220	176	390	365	360	57
	10个实验室的平均值	31	68	85	142	135	106	264	199	212	177	373	359	349	61
	推算值①		70	85	147	135	106	266	194	215	171	391	355	361	61

*英国伯明翰达德利路医院地区毒理实验室, 采用Delves Cup方法

①根据空白血中Pb, Cd含量及掺标量计算

一个“最大允许偏离”值(MAD)，本规划规定的MAD值为： $P_D = X \pm (0.1X + 20\gamma/1)$
 $C_d = X \pm (0.1X + 1\gamma/1)$ ，任何报告值落在上下MAD之间就算合格，表明分析工作正常，反之则意味着分析工作不正常，存在较大误差。如我们同时测定另一份样品，其含量恰等于设置的MAD，则会得到一个完全类似的正态分布曲线，其峰值在MAD处。由于微量分析难度和误差大，测定次数及质控样品数不可能很多，标准偏差一般较大，往往出现X、MAD两条分布曲线相交（如图3:1）。如果我们把样品含量为MAD理解为样品真实含量为X，但因操作不正常而使测出值为MAD，则测出值落在X的分布曲线内即代表操作正常，而落在MAD分布曲线内则代表操作异常，不合格。当报告值落在相交区域就产生操作是否正常？是否超过MAD的问题？为此我们还需要规定一个接受域 C_L 和 C_U ，使测出值落在 C_L 和 C_U 之间时，我们就有相当大的把握，如90%把握（即Ⅱ型错误的概率 $P\beta = 0.1$ ）给出是否合格的结论。所以合格限就是考虑了减少产生假阴性判定错误因素的最大允许偏离线。合格限与MAD之间的关系如图3:1所示为： $C = MAD \pm Z_{\beta/2} \cdot S_{\hat{Y}}$ 。

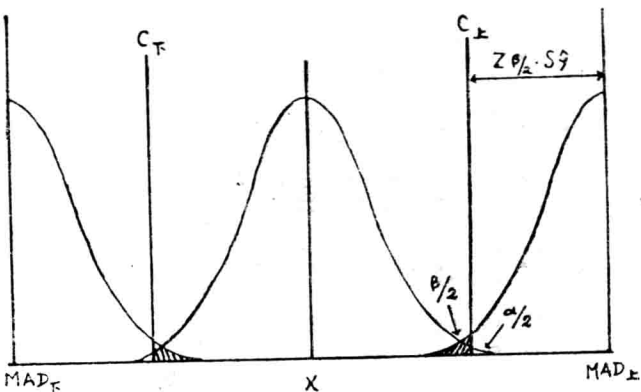


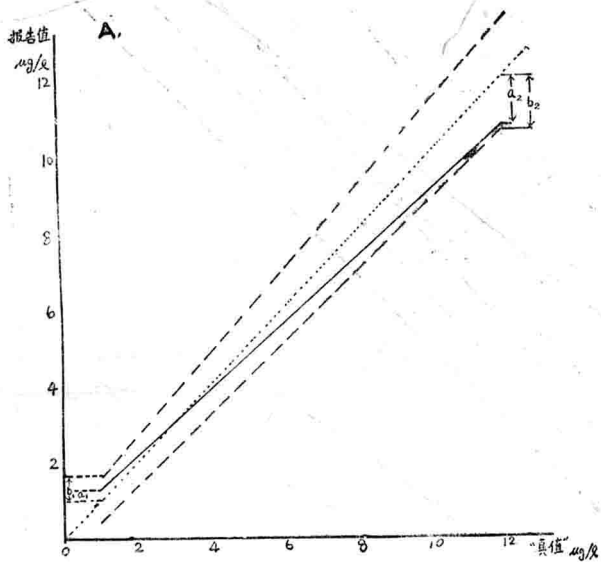
图3:1 最大允许偏离和可接受限示意图

评价的步骤是：首先计算可接受限（如图3:2所示的虚线，计算方法见附录2）。然后，根据报告值的回归线是否超出此上下合格限，评价实验室的操作。亦可如图3:2所示，按 $Q = \frac{a}{b}$ 计算一对Q值（比率），当Q的绝对值大于1，即不可接受。反之则可接受。其中 a_1 和 a_2 表示质控样品报告值的回归线的终点和真值之间的差， b_1 和 b_2 表示接受限和真值间的差。

（三）试测阶段质控样品分析结果

在分析正式监测样品之前，各参加实验室一般都试测了5~7组的外部质控样品，分析结果见图3:3，图3:4。图中纵座标是计算出的质控样品分析结果的比率（Q值）见图3:2，横座标为质控样品组和其对应的每对条图，左边为低评价点的比率，右边为高评价点的比率，可接受的最大允许比是1（图中的虚线），负比率表示报告值低于参考值，正比率表示高于参考值，条图的高度可估计报告值偏离的程度。由图3:3、3:4可见，只有一个实验室的

质控样品的分析结果全部可以接受，大部分的实验室在质控样品分析的最初阶段对血中铅、镉的分析都没有经验，报告值与参考值的偏离也较大，但经过几批质控样品的分析之后，分析质量都有了提高。



$$Q_1 = \frac{a_1}{b_1} = 0.50$$

$$Q_2 = \frac{a_2}{b_2} = 0.92$$

图3:2 质控样品评价举例
 A: 可接受(合格)
 B: 不可接受(不合格)

血中铅、镉