

土壤环境质量标准详解

国家环境保护局南京环境科学研究所

夏家淇 主编

651
6281

中国环境科学出版社

土壤环境质量标准详解

国家环境保护局南京环境科学研究所

夏家淇 主编

中国环境科学出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

土壤环境质量标准详解/夏家淇主编. —北京:中国环境科学出版社,1996.8

ISBN 7-80135-138-X

I. 土… II. 夏… III. 土壤-环境质量-环境标准-中国-学习参考资料 IV. X-651

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 20304 号

中国环境科学出版社出版发行
(100062 北京崇文区北岗子街 8 号)

北京先锋印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1996 年 11 月第 一 版 开本 787×1092 1/16
1996 年 11 月第一次印刷 印张 6
印数 1—1500 字数 142 千字

ISBN 7-80135-138-X/X · 1097

定价: 12.50 元

序

在中共中央十四届五中全会上,江泽民总书记强调指出,“在现代化建设中,必须把实现可持续发展作为一个重大战略”,使经济建设与资源、环境相协调,实现良性循环。全国人大八届四次会议通过的“九五”计划和 2010 年远景目标纲要,确定了跨世纪的环保目标。刚刚闭幕的第四次全国环境保护会议动员全国人民向环境污染和生态破坏宣战。党和国家这一系列重大举措为环保事业的发展带来了难得的历史机遇。我们必须紧紧抓住当前的大好机遇,加快改革,奋发图强,把环境保护工作推上新的台阶。

保护环境是为了促进经济社会的持续发展,为了后代人的发展打下良好的基础。农业是国民经济发展的基础,土壤又是农业的基础。土壤是“地球陆地表面具有肥力,能生长植物的疏松表层。”没有土壤或土壤受到破坏,植物或农作物无法生长,也就没有动物和人类生存了。道理很简单,但往往越简单的东西越不容易引起重视。人类文明史上土壤资源受到破坏,当地居民无法生存,被迫迁移的例子屡见不鲜,我们应引以为鉴。据农业部门调查,在我国人均耕地面积日趋减少的同时,全国受污染农田面积已达 1.5 亿亩。为此,保护土地资源,强化对土壤环境质量的监督管理,就显得很紧迫了。国家环境保护局和国家技术监督局颁布的中华人民共和国国家标准《土壤环境质量标准》,于 1996 年 3 月 1 日起实施,为保护土壤提供了科学的依据和执法的尺度。

《土壤环境质量标准》是对土壤中有害物质含量的一种限制,是强制性规定,是环境法规的一个部分,是国家的环境政策目标。该标准的编制不仅抓住了制约土壤环境质量的主要因子,即八种重金属元素和二种难降解的农药,而且符合标准应具备的科学性和可行性原则。

我国幅员辽阔,自然环境条件复杂,土壤的区域变化大、类型多、性质差异显著,制定全国统一的《土壤环境质量标准》是非常困难的。负责该项标准起草的国家环保局南京环境科学研究所与中国科学院地理研究所、南京土壤研究所和北京农业大学等参加单位在接受了国家环保局下达的标准编制任务后,采用地球化学和生态环境效应相结合的技术路线和方法,通过大量收集国内外资料以及一些现场调查和试验,进

行了深入地综合分析研究,克服了许多障碍,完成了这一艰巨而又重要的任务。他们为保护土壤资源,解决中国农业问题做了贡献,应该为这些编制单位和参加编制的科技工作者记一功。

为了保证《土壤环境质量标准》的有效实施,该标准的主要起草人夏家淇等同志编著了这本《土壤环境质量标准详解》。这本书内容丰富,既是编制标准过程中作者心血的结晶,也是执行标准不可缺少的参考书。本书的出版,将有力地推进《土壤环境质量标准》的实施,为保护土壤资源、促进国民经济发展作出积极的贡献。为此,它的出版值得庆贺。

王五庆

1996年7月

前 言

国家环境保护局科技标准司 1987 年下达三项费用课题“土壤环境质量标准研究”。1989 年国家环境保护局又以(89)环科学第 487 号文下达“土壤环境质量标准”编制任务。

本标准由国家环境保护局南京环境科学研究所负责起草,中国科学院地理研究所、北京农业大学、中国科学院南京土壤研究所等单位参加。

“土壤环境质量标准”是贯彻《中华人民共和国环境保护法》,为防止土壤污染、保护生态环境、保障农林生产和维护人体健康所做的规定,是对土壤中有害物质含量的一种限制,是环境法规的一个组成部分,是评价土壤环境质量的依据。

本标准是我国首次制订的国家土壤环境质量标准,计有土壤中的镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍、六六六(农药)和滴滴涕(农药)10 项指标。

标准编制组由国家环境保护局南京环境科学研究所夏家淇负责,成员还有该所蔡道基和梁伟、中国科学院地理研究所夏增禄、北京农业大学王宏康、中国科学院南京土壤研究所武玫玲等。

标准编制工作自 1989 年开始,至 1995 年发布,历时约 6 年。编制工作经历编制征求意见稿、送审稿、报批稿等阶段。先由编制组各成员分工编写各项污染物的土壤环境质量标准草稿,再由编制组负责人统一编制标准(征求意见稿)和编制说明,然后发送各省、市、自治区和部分重点市环境保护局、有关部委和单位、专家教授广泛征求意见,1991 年 8 月 22 日国家环境保护局科技标准司又在京邀请了 11 位专家、教授举行讨论会,进一步征询意见,大家对征求意见稿予以基本肯定。根据各方面意见,编制组负责人又进一步广泛收集资料,并去甘肃、安徽、江西等地调研以及开展一些试验研究工作,经 3 年时间重新编写了送审稿,其中污染物由 8 项增至 10 项,增加了锌、镍,农药也由林丹、涕灭威改为六六六、滴滴涕。1994 年 10 月 28 日国家环境保护局科技标准司在京召开了标准(送审稿)审议和研究课题鉴定会议。与会专家认为我国幅员辽阔,自然环境条件复杂,土壤的区域变化大,类型众多,性质差异显著,制订全国统一的《土壤环境质量标准》难度极大;该标准系统吸收国外经验,充分应用 70 年代以来我国这一领域的科研成果,编制的方法和内容周全,填补了我国环境质量标准的空白,与会专家一致审议通过标准(送审稿)。随后,根据审议会议纪要要求以及有关专家的意见,对送审稿作了适当修改,上报标准(报批稿)。1995 年 7 月 13 日国家环境保护局、国家技术监督局正式发布中华人民共和国国家标准《土壤环境质量标准》,编号 GB15618—1995,自 1996 年 3 月 1 日起实施。

70 年代以来,中国科学院、高等院校、农业、环保等部门从事土壤环境科学研究的专家、教授做了大量的工作,为我国土壤环境科技工作的发展打下了良好的基础。本标准的编制,主要依据他们多年来的辛勤劳动成果,同时在标准编制过程中又无私地提供资料,给予很多的支持和帮助,特致以崇高的敬意和深切的谢意。

国家环境保护局领导给予了关心和支持,副局长王玉庆为本书作序;科技标准司暨标准处

给予了支持和帮助,副司长祝兴祥、副处长安华为本书作终审;我们由衷地表示感谢。

同时,还要感谢国家环境保护局南京环境科学研究所领导和阎尔平、张晓弟等同志的支持和帮助,以及中华环境保护基金会的资助出版;也要感谢蔡道基、夏增禄、王宏康、武玫玲、梁伟等同志的真诚合作。

本书是我国首次编制《土壤环境质量标准》所进行的研究工作报告,是为了推进标准的有效实施而出版的。

由于编著者的水平和能力有限,书中有不当之处,尚望读者批评指正。

编著者

1996年11月于南京

目 录

第一章 国外概述	(1)
第二章 我国土壤环境质量的编制原则、质量分类和标准分级	(5)
2.1 标准编制的原则	(5)
2.2 土壤环境质量分类	(5)
2.3 标准分级	(6)
第三章 标准编制的依据	(7)
3.1 第一级标准制订依据和方法	(7)
3.2 第二级标准制订依据和方法	(8)
3.3 第三级标准制订依据和方法	(15)
第四章 各项污染物标准值的制定	(16)
4.1 镉	(16)
4.2 汞	(23)
4.3 砷	(29)
4.4 铜	(35)
4.5 铅	(39)
4.6 铬	(44)
4.7 锌	(48)
4.8 镍	(51)
4.9 六六六、滴滴涕(农药)	(53)
第五章 监测	(66)
5.1 土壤样品的采集	(66)
5.2 分析方法	(66)
第六章 实施	(67)
6.1 监督实施	(67)
6.2 关于各地土壤环境质量类别的划分	(67)
6.3 关于土壤 pH 值的规定	(68)
6.4 关于土壤阳离子交换量的规定	(69)
6.5 关于农业赔偿问题	(69)
6.6 地方补充标准	(69)
第七章 本标准的可行性分析与预期效果	(70)
7.1 本标准与国外标准的比较	(70)
7.2 本标准与其他国标的关系	(71)

7.3 某些污染地区土壤重金属含量状况.....	(75)
7.4 预期效果.....	(76)
7.5 建议.....	(77)
参考文献	(78)
附录 中华人民共和国土壤环境质量标准(GB15618—1995)	(84)

第一章 国外概述

在国际上,迄今已有 80 多个国家或地区有其自己的大气和水的环境标准体系,却尚未有一个国家有完善的土壤环境质量标准(前苏联制定的是土壤卫生标准)。这是因为制订土壤环境标准相当不容易(吴燕玉,1990)。为了保护土壤这种几乎无再生能力的人类生存资源,约有十几个国家或地区对土壤中的有害物质(主要是重金属)作了最高允许浓度或最大允许容量的规定(表 1-1,表 1-2)。

表 1-1 土壤中有毒物质最高允许浓度(mg/kg)

项 目	德 国	法 国	意 大 利	加拿大 (安大略)	英 国		苏 格 兰	前 苏 联	日 本	欧洲经 济共同 体国家	世界各国	
					非石灰 性土	石灰 性土					范围	中值
Cd	3	2	3	1.6		3.5	1.6	5	米 1 1(水)	1~3	1~5	3
Hg	2	1	2	0.5		1	0.4	2.1	0.00005(水)	1~1.5	0.4~2	1
As	20					10		20	水田 15(1mol HCl) 0.005(水)	20	10~20	
Cu	100	100	100	100		140 280 (EDTA)	80	有效态 3	水田 125 (0.1mol HCl)	100	80~280	100
Pb	100	100	100	60		550	90	背景值加 20	0.01(水)	50~300	50~550	100
Cr	100	150	50	120		600	120	三价 100 六价 0.05	六价 0.005(水)		50~600	120
Zn	300	300	300	220		280 560 (EDTA)	150	有效态 23		150~300	150~560	300
Ni	50	50	50	32		35 70 (EDTA)	48	35		30~75	30~70	50
规定 pH	≥6.0				≥6.5(耕地) ≥6.0(牧场)		≥5.5					

注:英国的最高允许值单位为每升土壤的毫克数(mg/L),对 Cu、Zn、Ni 均为 EDTA 提取液测定值。前苏联的有效态 Cu、Zn 为 pH4.8 醋酸铵缓冲液提取液测定值。日本最近又规定水提取液测定值。

土壤环境质量基准是制定土壤环境质量标准的基础。制订土壤环境质量基准,大体上有两种技术路线:地球化学法和生态环境效应法(吴燕玉等,1990;中国环境监测总站等编写的中国土壤背景值研究报告,1990)。

地球化学法,主要是应用统计学方法,根据土壤中元素地球化学含量状况、分布特征来推断土壤环境质量基准的方法。加拿大安大略省规定的土壤最大负荷,镉、镍、钼为非污染土壤的平均值,锌、铜、铅为非污染土壤平均值的三倍,铬是七倍(Webber, M. D., Monteith, H. D.,

2 土壤环境质量标准详解

Corneau, D. G. M., 1983)。德国、意大利土壤中汞的最高允许浓度 2mg/kg, 与金矿、铜矿和碱金属矿附近土壤(高背景区)含汞浓度最高值 2mg/kg 相一致。

表 1-2 污泥中有害物质进入土壤中的最高允许容量(kg/hm²)

项 目	加 拿 大	法 国	德 国	荷 兰	挪 威	丹 麦	芬 兰	瑞 典	英 国		美 国			世界 各国		
									非石灰 性土	石灰 性土	CEC(cmol(+)/kg)			范围	中值	
											<5	5~15	>15			
Cd	4	5.4	8.4	2	0.2	0.2	0.1	0.075	5		5	10	20	0.1~20	5	
Hg	1	2.7	5.7	2	0.14			0.04	2					0.14~5.7	2	
As	15			2					10					2~15	10	
Cu	150	210	210	120	30			15	280	560	125	250	500	30~560	210	
									(EDTA)							
Pb	100	210	210	100	6			1.5	1000		500	1000	2000	6~2000	210	
Cr		360	210	100	4			5	1000					4~1000	210	
Zn	370	750	750	400	60			50	560	1120	250	500	1000	60~1120	500	
									(EDTA)							
Ni	36	60	60	20	2			2.5	70	140	50	100	200	2~200	60	
									(EDTA)							
规定 pH	≥6.0								≥6.5(耕地)			≥6.5				
									≥6.0(牧场)							

注:英国的 Cu、Zn、Ni 均为 EDTA 提取液测定值,瑞典定为五年期间允许容量,可以重复;瑞典的规定值未计入“世界各国”栏的统计。每公顷表土若按 2250 吨计,则重金属每进入 1kg/hm²(hm² 为 100 米的平方,即公顷),相当于土壤浓度 0.45mg/kg。

生态环境效应法,约有以下的方法:

(1)建立土壤-植物-(动物)-人的系统,应用食品卫生标准推算土壤中有毒物质的最高允许浓度;

(2)将作物产量减少 10%的土壤有害物质浓度,作为最高允许浓度;

(3)当土壤微生物减少或土壤微生物活性降低到一定数量时,土壤有害物质浓度即为最高允许浓度;

(4)对地面水、地下水不产生次生污染时的土壤有害物质临界浓度,作为最高允许浓度;

(5)人体效应指标方法,基于人体血液中有毒物质含量不得超过规定限度而得出的土壤最高允许浓度;

(6)综合生态环境效应方法,将土壤-植物体系、土壤-微生物体系、土壤-水体系所研究得出的各体系的土壤环境质量基准,经综合考虑,选择最低值的体系作为限制因素,定出土壤环境质量基准值。

从以上的几种方法来看,以综合生态环境效应方法较为全面。应用生态环境效应法得出的土壤环境质量基准值,有害物质在土壤中是有所积累,但对农作物和环境尚没有造成危害和污染。

根据土壤环境质量基准,再结合社会、经济和技术等情况,经综合考虑,予以确定土壤环境质量标准值,或称最高允许浓度。

德国、法国、意大利的土壤最高允许浓度大体上相近(表 1-1),他们是基于不污染食物链

和影响植物性产品的考虑(Webber, M. D., Kloke, A., Tjell, J. Chr., 1983)。德国、法国对污泥中重金属进入土壤中最大允许容量也作出规定(表 1-2), 法国规定限制在 $\text{pH} \geq 6.0$ 的土壤中适用。

英国规定土壤中 Zn、Cu、Ni 的最高允许浓度, 石灰性土壤是 2 倍于非石灰性土壤, 因为, 在高 pH 值时, 这些元素对植物的有效性会降低。对非石灰性土壤的 pH 也作了限制, 耕地土壤 ≥ 6.5 , 牧场土壤 ≥ 6.0 。对 Zn、Cu、Ni 规定采用 EDTA 提取液测定值, 由于注意到 Cu 毒性是 2 倍于 Zn, Ni 毒性 8 倍于 Zn, 因而采用 Zn 当量式, 即 Zn 量 + 2 倍 Cu 量 + 8 倍 Ni 量, 不得超过 Zn 当量(石灰性土壤为 560mg/kg, 非石灰性土壤 280mg/kg, 均为 EDTA 提取液测定值)。与其他国家或地区相比较, 英国规定的土壤中 Cd、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn 最高允许浓度值是较高的。苏格兰规定的土壤 pH 为 ≥ 5.5 , 它的土壤最高允许浓度值也较低。

日本由于发生骨痛病, 看到土壤污染的严重性和治理的艰巨性, 1970 年制定土壤污染防治法, 并制定镉、铜和砷等三项的水稻土最高允许浓度。镉是根据米不超过 1mg/kg(引起骨痛病的基准值)而反推土壤含镉浓度来定的。日本研究了砷污染地区的糙米产量与土壤砷的关系, 计算出宫崎、大田和岛根等三地区造成水稻减产 10% 的土壤砷浓度分别为: 15、12、11.46、17.81mg/kg(1mol/L HCl 提取液测定值); 因而规定水田土壤砷最高允许浓度值为 15mg/kg(1mol/L HCl 提取)。铜也是根据作物效应来制定的, 定为水田土壤 125mg/kg(0.1mol/L HCl 提取); 农林省要定为 100mg/kg, 通产省主张 150mg/kg, 而最后取其平均值。据日刊《环境与测定技术》1991 年(16 卷 12 期 2~4 页)登载的有关土壤污染的环境标准告示, 日本除上述规定的土壤标准外, 还同时采用土水比例为 1:10 的水浸提液测定值为指标, 表 1-1 是经换算为以土壤为基准的水浸提液测定值, Cd 为 1mg/kg(水)、Hg 为 0.00005mg/kg(水)、As 0.005mg/kg(水)、Pb 0.01mg/kg(水)、六价铬 0.005mg/kg(水)。

前苏联在 1971 年召开的第一次全苏土壤卫生防护会议和 1972 年第 16 届全苏卫生学家代表大会上都论述了制订土壤中有害物质卫生标准的必要性和迫切性(潘顺昌, 1983)。他们制订了 Cd、Hg、As、Cu、Pb、Ni、 Cr^{6+} 、 Cr^{3+} 、Zn、丙体六六六、滴滴涕等土壤卫生标准。土壤卫生标准即是土壤最高允许浓度。此外, 还提出了部分其他农药在土壤中暂定允许浓度(张大弟等, 1984)。土壤卫生标准制订和颁布后, 有些学者(Ильин, В. Б., 1986)认为这是公共卫生学家制订的, 依据不够全面; 土壤不仅是人类的生存环境(对人类健康的影响), 土壤也是自然体、生物地球群落的组分(应保护土壤固有的性质和过程), 土壤还是农业利用的手段和对象, 应全面地考虑多因素予以制定标准值。

北欧国家规定的污泥中有毒物质进入土壤中的最大允许容量值, 与其他国家相比较, 明显较低。若每公顷表土按 2250 吨计, 则每进入土壤中有毒物质 1kg/hm², 相当于增加土壤浓度 0.45mg/kg。按此换算, 以挪威为例, 土壤最大允许增加的容量(mg/kg): Cd 为 0.09, Hg 0.063, Cu 13.5, Pb 2.7, Ni 0.9, Cr 1.8, Zn 27。

美国对 $\text{pH} \geq 6.5$ 的土壤, 按阳离子交换量(CEC)大小划分为三级, 即 <5 、 $5 \sim 15$ 、 >15 厘摩尔(+)/千克[cmol^①(+)/kg], 分别定出污泥中不同的重金属进入土壤的最大允许容量值, 其比例为 1:2:4。按 CEC $5 \sim 15$ cmol(+)/kg 级, 土壤最大允许增加的容量(mg/kg)约为: Cd 4.5, Ni 45, Cu 112.5, Zn 225, Pb 450。美国对 $\text{pH} < 6.5$ 的土壤就订得数值低些, Cd 不得超过

① cmol=厘摩尔

5kg/hm²(折合 2.25mg/kg)。1993 年 2 月美国联邦环保局实施污泥利用与处置法规(Walsh, M. J., 1995),该法规规定污泥中重金属进入农田的允许累积容量(kg/hm²):Cd39, Hg17, As41, Cu1500, Pb300, Cr3000, Zn2800, Ni420。这一规定除 Pb 外, Cd、Cu、Zn、Ni 都较以前为宽松,可能是由于污泥含有机质较多而与重金属络合作用较强的缘故。

综上所述,各国制订的土壤标准,其有害物质大多是重金属;同一种重金属的土壤标准值,各国间有相当大的差异,这与各国的国情(含土壤类型)有关;以北欧国家较严,英美较宽。很多国家因污泥农用而规定重金属的土壤容量,只适用于污泥来源,而不适用于其他来源(如污水等)。因此,对于我国的土壤环境质量基准和标准的制订,应主要依据我国的实际情况,并借鉴国际上采用的地球化学法和生态环境效应法的两种技术路线予以研究制订。

第二章 我国土壤环境质量的编制原则、质量分类和标准分级

2.1 标准编制的原则

- (1)贯彻“预防为主”方针,防止土壤中有害物质对植物和环境造成危害和污染。
- (2)按土壤应用功能和保护目标的不同,规定不同类别的土壤环境质量要求。
- (3)我国地域辽阔,土壤类型众多,土壤性质复杂,有必要根据土壤主要性质予以分别制订标准值。
- (4)标准编制依据主要是国内已有的土壤调查和试验研究工作成果,并注意吸收国外经验。

2.2 土壤环境质量分类

根据土壤应用功能和保护目标,划分为三类:

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。这一类土壤中的重金属含量基本上处于自然背景水平,不致使植物体发生过多的积累,并使植物含量基本上保持自然背景水平。自然保护区土壤应保持自然背景水平,纳入I类环境质量要求;但某些自然保护区(如地质遗迹类型),原有背景重金属含量较高,则可除外,不纳入I类要求。为了防止土壤对地面水或地下水源的污染,集中式生活饮用水源地的土壤按I类土壤环境质量来要求。对于其他一些要求土壤保持自然背景水平的保护地区土壤,也按I类要求。

II类主要适用于一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤,土壤质量基本上不对植物和环境造成危害和污染。这一类土壤中的有害物质(污染物)对植物生长不会有不良的影响,植物体的可食部分符合食品卫生要求,对土壤生物特性不致恶化,对地面水、地下水不致造成污染。一般农田、蔬菜地、果园等土壤纳入II类土壤环境质量要求。

鉴于一些植物茎叶对有害物质富集能力较强,有可能使茶叶或牧草超过茶叶卫生标准或饲料卫生标准,可根据茶叶、牧草中有害物质残留量,确定茶园、牧场土壤纳入I类或II类土壤环境质量。

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(蔬菜地除外)。土壤质量基本上不对植物和环境造成危害和污染。III类尽管规定标准值较宽,但也是要求土壤中的污染物对植物和环境不造成危害和污染。一般说来,林地土壤中污染物不进入食物链,树木耐污染能力较强,故纳入III类环境质量要求。原生高背景值土壤、矿产附近等地土壤中的有害物质虽含量较高,但这些土壤中有害物质的活性较低,一般不造成对农田作物

(蔬菜除外)和环境的危害和污染,可纳入Ⅲ类;若监测有危害或污染,则不可采用Ⅲ类。

2.3 标准分级

一级标准:为保护区域自然生态,维护自然背景的土壤环境质量的限制值。Ⅰ类土壤环境质量执行一级标准。

二级标准:为保障农业生产,维护人体健康的土壤限制值。Ⅱ类土壤环境质量执行二级标准。

三级标准:为保障农林生产和植物正常生长的土壤临界值。Ⅲ类土壤环境质量执行三级标准。

第三章 标准编制的依据

第一级标准制订,采用地球化学法;第二、三级标准制订,采用生态环境效应法。这里,着重谈重金属,而六六六、滴滴涕详见第四章 4.9 节。

3.1 第一级标准制订依据和方法

第一级标准的制订,主要依据土壤背景值。

我国土壤背景值研究始于 70 年代中期,首先由中国科学院有关研究所在北京、南京、广州等地区开展了研究。其后,原农牧渔业部组织开展了天津等 13 个省、市、自治区的主要农业土壤和粮食作物中的九种元素含量的调查研究,“六五”和“七五”国家科技攻关项目中,也都列有土壤背景值调查研究专题(中国环境监测总站等,1990)。

据“七五”国家科技攻关成果(中国环境监测总站,1990),土壤中镉等 8 种元素的全国土壤背景值基本统计量列于表 3-1。从表中看出在我国 4000 多个样点(表层土壤)中,元素含量分布范围较广,最大值为最小值的 $2.3 \times 10^2 \sim 6.3 \times 10^4$ 倍不等,95%值为 5%值的 5.1~24.6 倍不等,90%值为 10%值的 3.2~12.3 倍不等(表 3-2)。

表 3-1 全国土壤(表层)背景值基本统计量(mg/kg)

元 素	样 点 数	顺 序 统 计 量										算 术		几 何		95%范围值
		最小值	5%值	10%值	25%值	中位值	75%值	90%值	95%值	最大值	平均	标准差	平均	标准差		
Cd	4095	0.001	0.016	0.024	0.046	0.079	0.121	0.187	0.264	13.4	0.097	0.079	0.074	2.118	0.017~0.333	
Hg	4092	0.001	0.009	0.012	0.020	0.038	0.079	0.148	0.221	45.9	0.065	0.080	0.040	2.602	0.006~0.272	
As	4093	0.01	2.4	3.5	6.2	9.6	13.7	20.2	27.0	626	11.2	7.86	9.2	1.91	2.5~33.5	
Cu	4095	0.33	6.0	8.8	14.9	20.7	27.3	36.6	44.8	272	22.6	11.41	20.0	1.66	7.3~55.1	
Pb	4095	0.68	10.9	13.6	18.0	23.5	30.5	43.0	55.6	1143	26.0	12.37	23.6	1.54	10.0~56.1	
Cr	4094	2.20	17.4	23.7	40.2	57.3	73.9	94.7	118.8	1209	61.0	31.07	53.9	1.67	19.3~150.2	
Zn	4095	2.60	25.1	35.0	51.0	68.0	89.2	116.0	140.0	593	74.2	32.78	67.7	1.54	28.4~161.1	
Ni	4095	0.06	5.7	9.0	17.0	24.9	33.0	42.4	51.2	627	26.9	14.36	23.4	1.74	7.7~71.0	

注:据中国环境监测总站,1990。

根据全国土壤背景值资料,全国 4000 多个样点数值,各元素的频数分布,均呈对数正态分布;因而采用几何平均值乘以几何标准差,作为制订第一级标准值的主要依据(表 3-2)。这个数值占全部样点顺序统计量的 80%值左右,说明大部分土壤的背景值都可落在这数值范围内。鉴于镉、汞等的农业土壤背景值(表 3-3)稍高于自然土壤背景值,因而第一级标准值的制订也应考虑农业利用的特点。

表 3-2 全国土壤(表层)背景值的统计

元 素	最大值÷最小值	95%值÷5%值	90%值÷10%值	几何平均值×几何标准差 (mg/kg)
Cd	1.34×10 ⁴	16.50	7.79	0.157
Hg	4.59×10 ⁴	24.56	12.33	0.104
As	6.26×10 ⁴	11.25	5.77	17.57
Cu	8.24×10 ²	7.47	4.16	33.20
Pb	1.68×10 ³	5.10	3.16	36.34
Cr	5.50×10 ²	6.83	4.00	90.01
Zn	2.28×10 ²	5.58	3.31	104.3
Ni	1.04×10 ⁴	8.98	4.71	40.72

表 3-3 农业土壤(0~20cm)背景值(mg/kg)

土 壤	Cd	Hg	As	Cu	Pb	Cr	Zn	Ni
北京褐土	0.118	0.040	8.13	20.0	14.4	58.1	56.7	23.7
黄河下游潮土	0.091	0.022	12.9	21.4	14.4	53.6	65.1	24.9
胶东棕壤	0.040	0.042	8.22	14.4	13.4	52.7	42.0	19.9
太湖水稻土	0.116	0.163	8.80	22.8	20.4	65.7	73.0	29.1
黔中北黄壤	0.194	0.190	25.0	35.9	29.3	87.8	93.4	35.9
关中娄土	0.118	0.086	12.7	23.5	16.3	65.7	65.8	30.5
陕北黄绵土	0.101	0.060	10.6	19.3	11.6	55.3	54.2	28.4
川西水稻土	0.162	0.161	6.62	28.9	23.3	70.7	79.7	28.0
川东紫色土	0.141	0.063	5.45	59.7	18.1	64.3	71.1	30.0
新疆灌耕土	0.120	0.039	9.09	35.8	13.5	39.6	76.8	26.4
哈尔滨	0.082	0.034	8.67	18.2	20.5	43.4	55.3	23.1
沈阳	0.16	0.05	8.79	24.6	22.2	57.7	59.8	27.9
北京	0.132	0.05	8.25	10.1	13.0	52.7	42.3	20.5
天津	0.161	0.033	9.28	27.3	16.7	72.5	60.9	27.3
上海	0.134	0.216	8.95	23.5	21.3	64.6	76.8	—
南京	0.19	0.12	10.6	32.2	24.8	59.0	76.7	35.0
广州	0.17	0.13	13.5	17.9	27.0	57.7	50.5	16.5

注：据农业部及有关地区资料。

经综合考虑，第一级土壤环境标准值(mg/kg)定为：Cd0.20,Hg0.15,As15,Cu35,Pb35,Cr90,Zn100,Ni40。鉴于砂性、低有机质含量土壤，对重金属元素的吸持能力差，土壤背景值低；因而规定土壤阳离子交换量(CEC)＜5cmol(+) /kg 的土壤，标准值减半。

3.2 第二级标准制订依据和方法

3.2.1 生态环境效应

第二级标准的制订，主要依据土壤中有害物质对植物和环境不造成危害和污染的影响，按表 3-4 进行制订。对于重金属的污染，一般可不考虑对大气环境质量的影响问题。土汞虽有气态汞的逸出，但农村大气稀释能力强，且土汞浓度不会很高，因而对大气环境质量的影响不大。