

重金属危害与食品安全

张东杰 著 ■



人民卫生出版社

重金属危害与食品安全

张军强 著



中国轻工业出版社

重金属危害与食品安全

张东杰 著

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

重金属危害与食品安全 / 张东杰著. —北京: 人民卫生出版社, 2011.5

ISBN 978-7-117-13908-3

I. ①重… II. ①张… III. ①食品污染: 重金属污染—研究 IV. ①TS207.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 001915 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

重金属危害与食品安全

著 者: 张东杰

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 17

字 数: 406 千字

版 次: 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13908-3/R·13909

定 价: 52.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 **E-mail:** WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

内 容 提 要

本书共分为三篇八章。

第一篇为基础理论阐述。主要借助前人的研究和自己课题研究的探索与验证,通过对铅、汞、镉、砷四种常见重金属污染的主要途径,对人体的主要危害、作用机制及其临床表现,以及重金属危害的改善机制和改善方法的现状等方面,阐述了重金属危害的理论基础。

第二篇为风险评估和危害改善试验探索的总结。首先以大米中重金属危害的风险评估为例,对大米在流通中质变规律的研究及重金属危害的确定、大米中重金属危害的风险评估等方面的研究方法及研究结论进行了阐述;其次以大豆分离蛋白中重金属污染的改善为例,对大豆分离蛋白加工中重金属显著性危害分析、壳聚糖去除大豆分离蛋白残留重金属等方面的研究方法及研究结论进行了阐述;最后以天然食物源原料改善铅中毒为例,对大豆活性肽以及甘草酸等天然食物源活性物质的制取、分离和纯化,复方促排铅饮液组分优化及其生物活性的评价与验证等方面的研究方法及研究结论进行了阐述。本篇是著者对重金属危害与食品安全领域的主要探索和科学凝练。

第三篇为安全控制管理体系的建立与应用。以黑龙江垦区食品加工企业的具体实践为例,重点对食品加工全程安全控制管理体系的建立与应用进行了阐述。主要通过分析重金属污染在农产品供应链上的引入环节,针对重金属污染的特征,强调从源头对产地、生长环境和种植方式进行严格监管,提出通过建立 GAP、HACCP 体系、食品质量安全预警系统、食品安全追溯系统、完善检测与认证、法律法规、诚信等方法构建食品质量安全管理体系的总体思路和方法。

“民以食为天，食以安为先”。随着经济的发展，我们跨入了衣食无忧的年代，琳琅满目的各式加工包装食品丰富了人们的生活。但同时，各种我们已知的和未知的危害却不期而至，直至众多恶性食品安全事件的频繁发生，才引起了国际社会和各国政府对食品安全的高度重视。

从新中国成立开始，我国就已经开始对食品进行监督管理，食品从“卫生”走向“安全”，食品安全已被国家置于前所未有的高度。现在强调“安全”，是建立在一个科学基础上的主动保障管理，科学基础实际上就是遵照国际上公认的框架部署，这个框架就是建立在以科学为基础的风险分析体系上的，包括风险评估、风险管理和风险交流。

食品安全的危害来源十分广泛，重金属作为对人体多器官、多指征和不可逆性危害的化学污染物早已被人们所关注。对重金属危害的风险评估和危害改善也越来越成为食品安全与卫生学界研究的热点和重点。我十分高兴地看到张东杰教授的《重金属危害与食品安全》这本专著即将面世，这里集中了他所主持的国家“十五”食品安全重大专项和“十一五”支撑计划等相关课题中的研究内容，在水稻、大豆及其制品中重金属危害的风险评估、危害改善方面做了大量的研究工作，取得了较好的研究结论，在此领域做出了可贵的探索，为食品安全科技领域相关的理论和实践层面提供了十分有益的支撑。

食品的安全是“生产”出来的。因此，整个食品产业需要不断提升从农业生产到食品加工等诸多环节的风险管控能力和危害改善能力，需要应用大量的创新技术和集成技术。

“未来如果美好，源于当下的努力”。我们坚信，众多致力于食品安全科技领域的耕耘者当下的努力一定会换来食品安全美好的未来！

吴永宁

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

2010年12月29日 于北京

重金属,作为一类早已被人类所认知亦被人类所广泛应用的金属(类金属)物质已经变得让人“谈金色变”了,目前,人们更多关注的就是其污染和危害!的确,近几十年来,现代工业、农业和交通运输业给人类社会带来物质文明的同时也给生态环境和人类健康带来了极大的破坏和伤害。人类无节制的滥用造成了自然界中大气、土壤、水和食物中的重金属含量急剧增加,人群中受重金属的危害也呈现频发和加剧的状态。

重金属污染,主要是指汞、镉、铅、铬以及类金属砷等生物毒性显著的重金属所产生的直接和间接的危害和污染。它们在人体内螯合竞争结合蛋白质及活性酶的活性位点,钝化后使蛋白质和酶丧失生理活性功能。另外,由于重金属的半衰期极长,可以在人体的某些器官中蓄积而造成持续损伤。重金属中毒对机体的危害表现是多系统、多器官、多指征和不可逆的。

目前,对重金属危害机制的研究、危害的改善方法研究已被医学医药、食品卫生等领域的学者所热切关注,尤其是基于风险的评估的天然食物源对重金属危害改善方法的研究越来越成为研究的重点。本专著就是结合著者近十年来在相关领域课题研究的成果,在对铅、镉、汞和砷等重金属污染的主要途径、对人体的主要危害、危害的改善机制、危害的改善方法现状等方面的理论阐述基础上,重点对重金属危害风险评估及改善方法研究进行了分析和表述,分别以大米重金属危害质量的风险评估为例、以大豆分离蛋白中重金属污染改善为例、以天然食物源原料改善人体铅中毒为例等方面的实验研究提出了具有创新意义的观点和结论,进而又对食品加工过程中重金属全程安全技术体系的建立和应用进行了探索和实践。

本专著的研究结论和理论见解都得益于国家和省市各级各类科研课题的强大支撑;得益于项目示范过程中黑龙江农垦总局相关单位的鼎力支持;得益于我们研究团队的学者和学生们的辛勤耕耘;得益于我的博士生导师——吉林大学马中苏教授的悉心指导。在本专著出版之际,在此表示我无尽的感谢!

由于著者的学术视野不够宽阔,研究的方法和条件尚有局限,书中定有诸多浅显甚至错误的观点和结论,愿得到更多的指教和交流,也期望本书的一些探索和见解能够为业界同仁和学生提供一点参考和帮助。

张东杰 博士

黑龙江八一农垦大学

2010年12月29日 于大庆

第一篇 概 述

第一章 重金属污染的主要途径	3
第一节 铅污染的主要途径	3
一、铅的理化性质	3
二、铅的用途和分布	3
三、铅的吸收和代谢	4
四、铅的污染来源	4
第二节 镉污染的主要途径	6
一、镉的理化性质	6
二、镉的用途和分布	6
三、镉的吸收和代谢	6
四、镉的污染来源	7
第三节 汞污染的主要途径	10
一、汞的理化性质	10
二、汞的用途和分布	10
三、汞的吸收和代谢	11
四、汞的污染来源	12
第四节 砷污染的主要途径	16
一、砷的理化性质	16
二、砷的用途和分布	17
三、砷的吸收和代谢	18
四、砷的污染来源	18
主要参考文献	20
第二章 重金属对人体的主要危害	25
第一节 铅毒的危害、作用机制及其临床表现	25
一、铅对神经系统的毒性	25
二、铅对心血管系统的毒性	26
三、铅对消化系统的毒性	27

四、铅对生殖和泌尿系统的毒性	27
五、铅对免疫系统的毒性	28
六、铅对酶系统的毒性	29
七、铅对骨骼系统的毒性	29
第二节 镉毒的危害、作用机制及其临床表现	30
一、镉对神经系统的毒性	30
二、镉对心血管功能的毒性	32
三、镉对生殖系统的毒性	35
四、镉对免疫系统的毒性	36
五、镉对肾脏的毒性效应	36
六、镉对肝脏的毒性	38
七、镉对肺脏的毒性	39
八、镉对骨骼的毒性	39
九、镉对子代的影响	39
第三节 汞毒的危害、作用机制及其临床表现	40
一、汞对神经系统的危害	40
二、汞对心脑血管系统的毒性	42
三、汞对免疫系统的危害	43
四、汞对肾脏的危害	43
五、汞对肝脏的危害	45
六、汞对生殖系统的危害	46
七、汞对呼吸系统的毒性	47
第四节 砷毒的危害、作用机制及其临床表现	48
一、砷对皮肤的毒性	48
二、砷对肝脏的毒性	49
三、砷对生殖系统的毒性	49
四、砷对机体酶系统的影响	49
五、砷的致癌性	50
六、砷的致畸性	51
主要参考文献	51
第三章 重金属危害的改善机制	58
第一节 络合机制	58
一、广谱络合作用机制	58
二、含硫氨基酸络合机制	58
三、大分子物质的络合机制	59
第二节 拮抗机制	60
一、矿物元素	60
二、维生素	62

第三节 增强机体抗氧化能力机制	63
主要参考文献	64
第四章 重金属危害的改善方法现状	65
第一节 西药制剂的改善治疗	65
一、乙二胺四乙酸	66
二、青霉胺	66
三、二巯基丁二酸	66
四、依地酸二钠钙	66
五、碘化钾	67
六、二巯丙醇	67
七、吡咯喹啉醌	67
八、 α -硫辛酸	68
九、新型螯合剂	68
十、乙酰消旋青霉胺	68
十一、硫普罗宁	68
第二节 中药方剂	69
一、甘草	69
二、枸杞	69
三、泽泻	69
四、茯苓	70
五、黄芪	70
六、中药配伍应用	70
第三节 矿物元素和维生素	71
一、矿物元素	71
二、维生素	71
第四节 生物活性物质	72
一、含硫氨基酸和蛋白质	72
二、茶多酚	72
第五节 医疗仪器物理辅助治疗	72
一、血液透析	72
二、血液灌流	72
三、沸石治疗重金属中毒	73
第六节 其他食源性食物	73
一、绿豆	73
二、富含果胶和维生素的食物	73
三、大蒜	73
四、菊花茶	73
五、猕猴桃	74

六、刺梨果汁	74
第七节 重金属中毒改善治疗尚存的问题	74
一、铅中毒治疗改善方法存在的问题	74
二、镉中毒治疗改善方法存在的问题	75
三、汞中毒治疗改善方法存在的问题	76
四、砷中毒治疗改善方法存在的问题	77
主要参考文献	78

第二篇 重金属危害的风险评估及改善方法研究

第五章 重金属危害的风险评估及改善方法研究(一)

——以大米重金属危害质量的风险评估为例

第一节 概述	83
一、风险评估的原理和方法	83
二、食品安全风险评估的基本概念、意义及作用	84
三、农产品中重金属危害的风险评估	86
四、大米中重金属危害的风险评估	88
第二节 大米在流通中质变规律的研究及重金属危害的确定	89
一、质变规律及重金属危害研究材料与方法	89
二、质变规律结果分析及重金属危害的确定	92
三、质变规律及重金属危害研究结论	94
第三节 大米中重金属危害的风险评估	94
一、大米中重金属危害评估方法	94
二、大米中重金属危害特征描述	106
三、大米中重金属危害风险描述	107
四、大米中重金属危害风险评估结论	109
五、重金属危害风险评估讨论	110
主要参考文献	111

第六章 重金属危害的风险评估及改善方法研究(二)

——以大豆分离蛋白中重金属污染改善为例

第一节 概述	113
一、壳聚糖及其衍生物吸附重金属的研究	113
二、壳聚糖去除大豆分离蛋白中残留重金属的研究现状	114
第二节 大豆分离蛋白加工中重金属显著性危害分析	115
一、大豆分离蛋白加工中重金属危害研究材料	115
二、大豆分离蛋白加工中重金属危害研究方法	115
三、大豆分离蛋白加工中重金属危害研究结果与分析	116
四、大豆分离蛋白加工中重金属危害研究结论	119

第三节 壳聚糖去除大豆分离蛋白残留重金属的研究	119
一、壳聚糖去除残留重金属研究材料与实验仪器	119
二、壳聚糖去除残留重金属研究方法	119
三、壳聚糖去除残留重金属研究结果与分析	121
四、壳聚糖去除大豆分离蛋白中残留重金属研究结论	130
五、壳聚糖去除残留重金属研究讨论	130
主要参考文献	131

第七章 重金属危害风险评估及改善方法研究(三)

——以天然食物源原料改善人体铅中毒为例	133
第一节 概述	133
一、大豆抗氧化肽	133
二、天然食物源促排铅配方及其机制	135
三、魔芋精粉	136
第二节 酶法水解大豆分离蛋白及产物的抗氧化性质的研究	136
一、大豆分离蛋白酶解产物抗氧化性研究材料和仪器	136
二、大豆分离蛋白酶解产物抗氧化性研究方法	137
三、大豆分离蛋白酶解产物抗氧化性研究结果与分析	138
四、大豆分离蛋白酶解产物抗氧化性研究讨论	149
五、大豆分离蛋白酶解产物抗氧化性研究结论	150
第三节 凝胶过滤色谱分离大豆抗氧化肽	150
一、凝胶过滤色谱分离研究材料与仪器	151
二、凝胶过滤色谱分离抗氧化肽研究方法	151
三、凝胶过滤色谱分离抗氧化肽研究结果与分析	153
四、凝胶过滤色谱分离抗氧化肽研究讨论	157
五、凝胶过滤色谱分离抗氧化肽研究结论	158
第四节 促排铅功能饮液的研制	158
一、促排铅功能饮液研制材料与设备	159
二、促排铅功能饮液研制原理	159
三、促排铅功能饮液研制方法	160
四、促排铅功能饮液研制结果与分析	161
五、促排铅功能饮液研制讨论	167
六、促排铅功能饮液研制结论	167
第五节 动物实验验证大豆抗氧化肽协同促排铅效果	167
一、大豆抗氧化肽协同促排研究材料与设备	168
二、大豆抗氧化肽协同促排研究方法	168
三、大豆抗氧化肽协同促排研究结果与分析	169
四、大豆抗氧化肽协同促排研究结论	173
第六节 超临界 CO ₂ 萃取甘草酸的工艺研究	173

一、超临界萃取甘草酸研究材料和仪器设备	174
二、超临界萃取甘草酸研究方法	174
三、超临界萃取甘草酸研究结果与分析	175
四、不同提取甘草酸方法的比较	177
五、超临界萃取甘草酸研究讨论	178
第七节 筛选螯合铅效果较佳的功能因子配方和剂量的试验	178
一、促排功能因子配方和制剂的筛选研究材料与仪器	178
二、促排功能因子配方和制剂的筛选研究方法	179
三、促排功能因子配方和制剂的筛选研究结果与分析	179
四、促排功能因子配方和制剂的筛选研究讨论	181
五、促排功能因子配方和制剂的筛选研究结论	181
第八节 五元二次旋转回归试验优化螯合铅的组合及其数学模型的 多种评价分析方法	182
一、回归实验优化螯合铅的组合研究材料与仪器	182
二、回归实验优化螯合铅的组合研究方法	182
三、回归实验优化螯合铅的组合研究结果与分析	183
四、复方功能制剂效果的模糊评价	191
五、优化组合研究讨论	193
六、优化结论	193
第九节 复方促排铅功能制剂对小鼠抗氧化作用的研究	193
一、复方促排制剂抗氧化研究材料与仪器	193
二、复方促排制剂抗氧化研究方法	194
三、复方促排制剂抗氧化研究结果与分析	194
四、复方促排制剂抗氧化研究讨论	196
五、复方促排制剂抗氧化研究结论	197
第十节 复方促排铅功能制剂的驱铅效果与体内矿物元素钙和锌的变化研究	197
一、复方促排制剂驱铅效果研究材料和仪器	198
二、复方促排制剂驱铅效果研究方法	198
三、复方促排制剂驱铅效果研究结果与分析	199
四、复方促排制剂驱铅效果研究讨论	205
五、复方促排制剂驱铅效果研究结论	205
主要参考文献	206

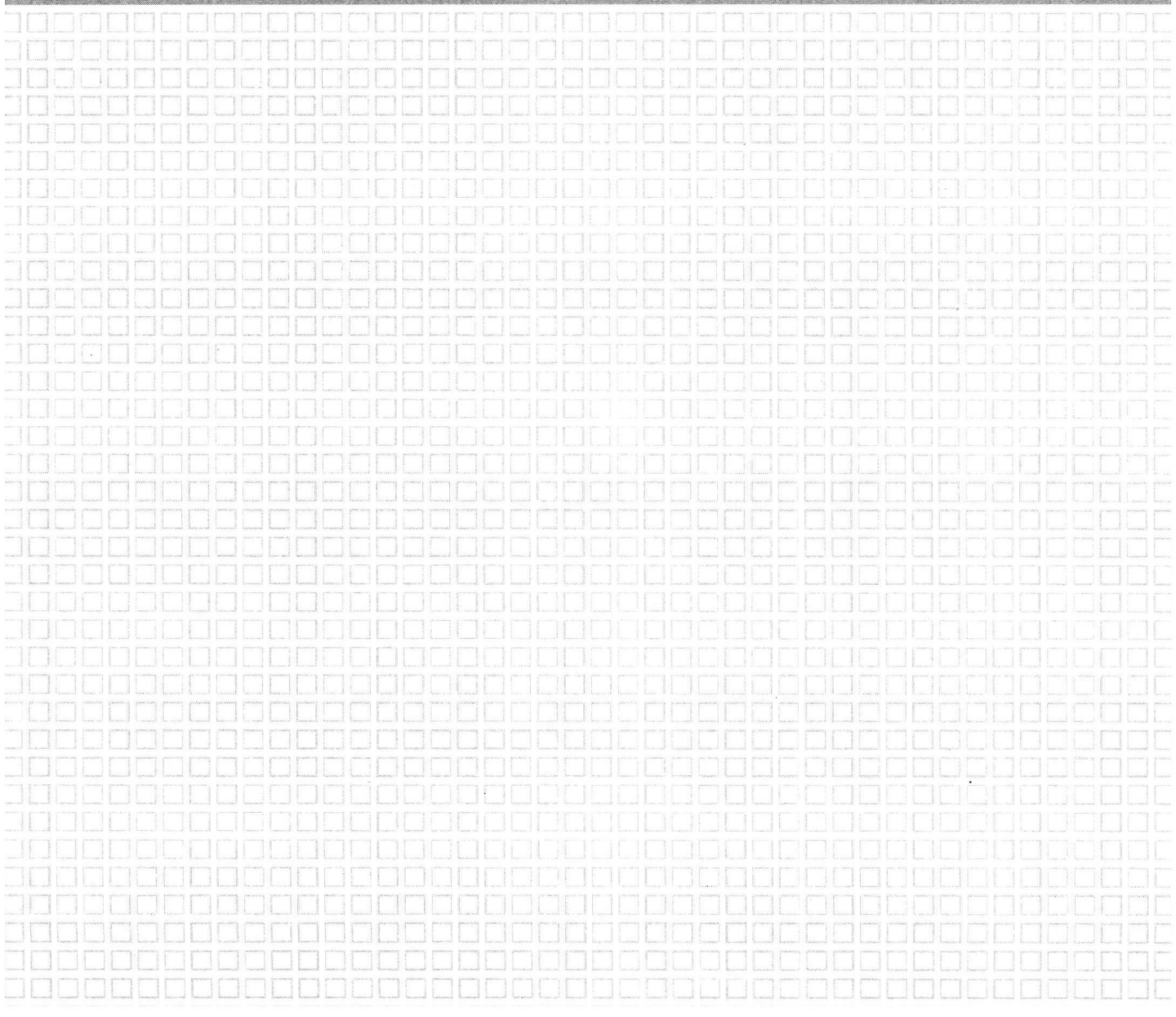
第三篇 食品加工全程安全控制管理体系的建立与应用

第八章 农产品中安全控制体系的建立及应用	211
第一节 食品质量全程控制技术体系	213
一、建立良好农业规范	213
二、建立 HACCP 体系	215

三、食品加工企业建立 HACCP 体系实例——大豆分离蛋白加工	
全程 HACCP 体系的建立	218
第二节 建立食品质量安全预警系统	229
一、预警及预警的相关概念	229
二、预警的逻辑过程	231
三、加工农产品质量安全预警原理与方法	233
第三节 建立基于 EAN·UCC 系统的食品安全追溯系统	239
一、EAN·UCC 在食品安全追溯中的应用	240
二、对大豆油等农产品进行追溯的应用实践	240
第四节 食品安全管理体系的其他应对措施	246
一、完善食品安全监管配套法律法规	246
二、建立有效的食品安全应急管理系统	246
三、完善第三方检测及认证机构	247
四、安全信用体系建设	248
主要参考文献	250
附录	251
后记	254

第一篇

概述



重金属污染的主要途径

近年来,现代工农业和交通运输的迅猛发展,特别是食源性污染和蓄电池制造、金属熔炼及旧船拆熔的无节制进行,造成自然界中大气、土壤、水和食物中的重金属含量急剧增加,人体内重金属的蓄积量也随之升高。铅、汞、镉和砷作为常见的环境污染物,能够以多种理化形态存在,且重金属中毒对机体的危害是多系统、多器官、多指征和不可逆的。进入体内的重金属通过与 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 等二价金属离子竞争受体,产生自由基氧化损伤及基因损伤、细胞凋亡等多种方式,严重损伤机体。目前,以巯基类竞争解毒剂、蛋羧金属螯合剂作为预防、治疗的药物,中药方剂和营养保健饮品,也可对不同程度的重金属中毒产生治疗和康复效果。本章主要对铅、汞、镉、砷四种重金属的污染途径、基本性质、用途、分布、吸收、代谢及重金属污染的来源进行阐述。

第一节 铅污染的主要途径

一、铅的理化性质

铅,化学元素符号为 Pb ,原子序数 82,原子量 207.2,属周期系ⅣA 族,是人类最早提炼出来的重金属之一。铅有四种稳定的同位素: ^{204}Pb (1.4%)、 ^{206}Pb (24.1%)、 ^{207}Pb (22.1%)和 ^{208}Pb (52.4%),只有 ^{204}Pb 是自然存在的、非衰变产物。后三种是 ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{232}Th 经过一系列裂变后的最终产物。铅是一种白色金属,略带蓝色,在空气中失去光泽,变成暗灰色,有良好的展性,无延性,不能拉成丝。熔点 327.502°C ,沸点 1740°C ,密度 11.3437g/cm^3 ,莫氏硬度 1.5。在潮湿的含有二氧化碳的空气中,表面形成碱式碳酸铅薄膜,能阻止铅被进一步氧化。铅加热至 $400\sim 500^\circ\text{C}$ 时,铅蒸气逸出,在空气中被迅速氧化为 Pb_2O ,在 500°C 以上时,被氧化为 PbO , Pb_2O_3 , Pb_3O_4 等铅氧化物。铅很少以游离状态存在于自然界,主要矿物有方铅矿(PbS)、白铅矿(PbCO_3)、硫酸铅矿(PbSO_4)。铅是铀和钍的衰变产物,因此也存在于各种铀矿和钍矿中。

二、铅的用途和分布

铅在地壳中的含量为 1.6/10 万。由于具有高密度、强抗蚀性、熔点低、柔软、易加工等特性,铅被广泛应用于军工、原子能技术、冶金、化工、电子、轻工、农药、医药、石油等领域,