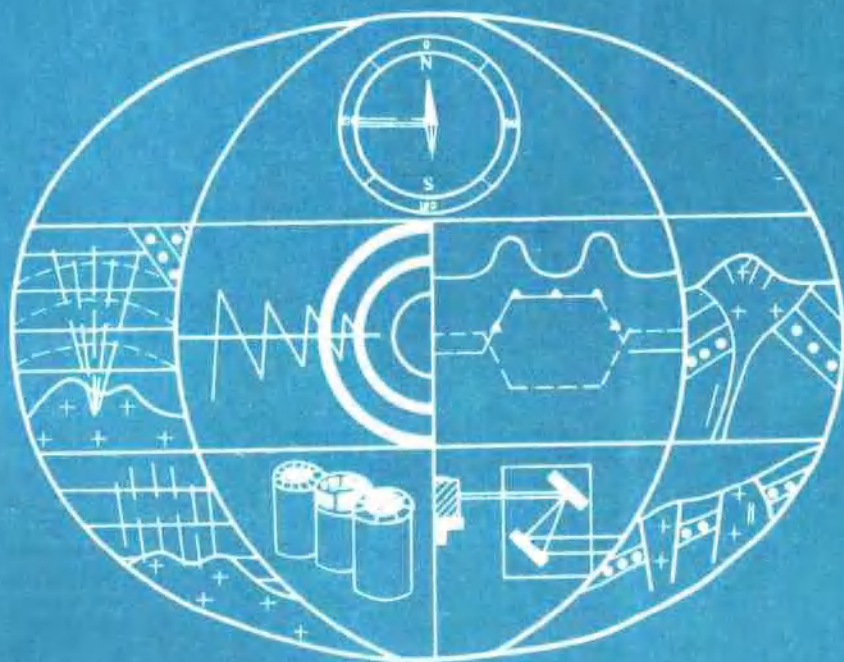




编号 008

矿产地质系列丛书

微量元素的应用现状 及开发前景



中国有色金属工业总公司地质勘查总局

前 言

《微量元素的应用现状及开发前景》是中国有色金属工业总公司矿产地质信息网 1994 年下达的 1994 年—1995 年情报编研项目。

当前,地质勘查工作改革正在深入进行,各地勘部门、地勘单位在产业结构、运行机制、服务对象等诸多方面进行调整,纷纷走向市场,利用自身的优势,扩大为社会服务的领域,有些方面已取得良好的经济效益和社会效益。

各地勘单位在过去计划经济条件下,在找矿过程中,投入了大量的人才、物力和资金,积累了一大批地质、化探资料。由于当时的服务领域仅限于矿产资源,因而这些资料、尤其是地球化学资料、矿物岩石中所含的微量元素资料并未得到充分的、广泛的利用。另一方面,在社会上人们有些病因、食品的保健功能、动植物生长发育好坏的影响因素,也没有得到很好的解释。亦即地质学的某些学科未能与社会上的其他自然科学很好地结合。编者认为,地质学与其他学科相结合,将会产生巨大的潜力,地质学也将会对人类作出更大的贡献。

本编研项目就是在地勘单位面临转产,为社会服务的改革进程中,较系统地收集、归纳和介绍有关微量元素的开发利用现状;同时提出具有很好开发前景而目前尚未开发利用的元素和应用方向,为各地勘单位提供一个选择开发新产品的参考材料。

本汇编通过查阅地质学、矿物学、地球化学和医学、农业、畜牧业、环保等有关领域的文献、资料的基础上,进行分类综合整理,较系统地阐述微量元素在上述学科的研究、开发和应用效果;同时介绍一些目前尚有开发前景的其他微量元素,并提出建议。

本编研报告由中国有色金属工业总公司华东地质勘查局钟庆禄、张立公、唐瑞来、包宗勤等 4 人共同完成。

编 者

一九九六年六月

微量元素的应用现状及开发前景

目 录

前 言

一、微量元素的概念及其对人体、动植物的影响	(1)
(一) 微量元素的概念	(1)
(二) 微量元素在人体、动植物中的机理、有益有害作用及影响后果	(1)
1、镉 (Cd)	(1)
2、汞 (Hg)	(2)
3、铅 (Pb)	(2)
4、砷 (As)	(3)
5、铬 (Cr)	(4)
6、铜 (Cu)	(4)
7、硒 (Se)	(5)
8、锌 (Zn)	(6)
9、钴 (Co)	(7)
10、镍 (Ni)	(8)
11、钒 (V)	(8)
12、锑 (Sb)	(9)
13、锡 (Sn)	(9)
二、微量元素的研究及开发应用现状	(10)
(一) 医药领域	(10)
1、微量元素的研究现状	(10)
2、微量元素的应用与开发现状	(15)
(二) 农业领域	(26)
1、微肥	(26)

2、饲料.....	(28)
3、杀虫剂.....	(31)
4、农副产品.....	(31)
(三) 环境保护领域	(33)
1、镉 (Cd)	(33)
2、汞 (Hg)	(34)
3、铅 (Pb)	(35)
4、砷 (As)	(36)
5、铬 (Cr)	(37)
6、铜 (Cu)	(38)
7、硒 (Se)	(39)
8、锌 (Zn)	(39)
9、钴 (Co)	(40)
10、镍 (Ni)	(40)
11、钒 (V)	(41)
12、锑 (Sb)	(41)
13、锡 (Sn)	(42)
(四) 其它领域	(43)
1、地质矿产.....	(43)
2、冶金工业.....	(44)

三、微量元素开发利用的市场、经济效益及其有开发前景项目的 建议	(45)
(一) 开发利用的市场及经济效益	(45)
(二) 具有开发前景的微量元素项目	(46)
1、区域化探资料在医学、农业、环保等方面的开发前景.....	(46)
2、农业矿产的开发前景.....	(47)
3、高效人参的工厂化生产.....	(48)
四、结 语	(49)
主要参考文献	(50)

微量元素的应用现状及开发前景

钟庆禄 张立公 唐瑞来 包宗勤

(中国有色金属工业总公司华东地质勘查局)

一、微量元素的概念及其对人体、动植物的影响

(一) 微量元素的概念

微量元素和常量元素的概念在不同的科学领域是不同的,一般称含量占物体重量 0.01% 以上的元素称为常量元素;含量占物体重量 0.01% 以下的元素称为微量元素。因而地学中微量元素是指地壳中矿物、岩石、水中平均含量小于 0.01%,即元素克拉克值小于 100×10^{-4} 的元素。人体、动植物中除碳、氢、氮、氧组成的有机物外,常量元素有 K、Mg、Ca、P、Na、Cl、S 等 7 种,微量元素有 Fe、Cu、Zn、I、Co、Se、Mn、Mo、Cr、Ni 等等。由于本汇编既涉及地学领域又涉及到医学、生物学领域,因而汇编中涉及的微量元素既包括这两个领域中的微量元素,也包括了一些常量元素。

(二) 微量元素在人体、动植物中的机理、有益有害作用及影响后果

微量元素对人体及动植物的生长、发育、生存都有较大影响,现将部分微量在人体、动植物中的机理,其有益、有害作用及影响后果按元素分别介绍如下。

1、镉 (Cd)

人体中每人每天平均摄取镉 30—60 微克。镉在体内被吸收后,首先到肝脏,与金属硫蛋白结合,再经血液输运到肾脏,并积蓄起来,达到一定程度后缓慢地从尿中排出。镉吸收超过危险值 200×10^{-6} ,可导致肾小管障碍,危害肾脏健康。人发镉含量与肝、肾、肺的含镉量有明显的相关性,正常人含量一般在 $0.1—3 \times 10^{-6}$;血液中含镉量较微,一般小于 100×10^{-9} ,尿中含镉量为 $1—60 \times 10^{-9}$ 。

镉中毒除引起肾功能障碍外,长期摄入微量的镉,通过器官组织中积蓄可能引起骨痛症,导致骨质疏松症。

镉是危害植物生长的有毒元素。在土壤中过量的镉,不仅能残留在植物体内,而且对植物的生长发育会产生明显的危害,过量的镉会破坏叶片的叶绿素结构,降低叶绿素含量,使

叶片发黄退绿，严重时几乎所有的叶片都出现退绿现象，叶脉组织成酱紫色，变脆、萎缩，叶绿素严重缺乏，表现为缺铁症状。由于叶片受到严重伤害，使植株生长缓慢，致使植株矮小，根系受到抑制，造成生物障碍，降低产量，在高浓度镉的毒害下发生死亡。

对镉有较强吸收能力的植物有苋菜、茺菁、烟草、菠菜、向日葵、蕹菜等。在含镉 1×10^{-6} 的土壤中，烟草含镉量可达 $20-30 \times 10^{-6}$ ，含镉高的土壤中，蕹菜含镉量可达 $100-1200 \times 10^{-6}$ ，地衣含镉 20×10^{-6} ，苔藓含镉 49×10^{-6} 。一般说来新陈代谢旺盛的器官镉的积蓄量大，而营养储存器官积蓄量少。植物的新陈代谢最旺盛器官是根和叶，营养储存器官为果实、籽粒、块根。也有以茎和叶为营养储存器官的。镉在植物各部分的分布基本上是根大于叶，叶大于枝的杆，皮大于花、果、籽粒。

2、汞 (Hg)

人体吸收汞及汞的化合物有三种途径，主要是经消化道、其次是呼吸道以及皮肤吸收。汞化合物侵入人体，被血液吸收后可迅速弥散到全身各器官。人体对汞具有一定的解毒和排毒能力，血液和组织中蛋白质的巯基与汞迅速结合，并逐步集中到人体具有解毒功能的肝脏和肾脏，它们一面排汞，一面将汞暂时蓄积起来，随着进入人体汞量的增加，体内蓄积的汞也增高，在肾脏内蓄积汞量可占体内总负荷的 70—85%，以肾皮质的含汞量最高，当重复接触汞后，肾内金属蛋白与汞结合而耗竭时，就会引起肾脏损害，排汞能力随之降低，汞进入人体，如为无机离子型汞，肾内浓度最高，其次是肝、脾、甲状腺；如为有机汞、烷基汞在肝脏累积居首位，肾脏次之，脑组织和睾丸居第三位。吸入汞蒸气，脑组织蓄积量较多。人体排泄汞化合物主要途径是尿与粪便，其量可为排出总量的 2/3。头发也具有排泄汞的作用，排出的汞随头发而被保留，将头发进行分析便可推算体内汞向头发排泄的情况，因此人群头发中汞的浓度可有效地用作环境污染水平的指标，汞中毒的症状是疲乏、多汗、头痛以及易怒，随即是战栗，手指和脚趾失去感觉，视力模糊及肌肉协调萎靡，出现运动失调、听觉损害，语言障碍等。

汞是危害植物生长的元素，土壤中含汞量过高，不但使汞在植物体内累积，还会对植物产生毒害。通常有机汞和无机汞化合物以及汞蒸气都会引起植物中毒，植物受汞蒸气毒害的症状是叶、茎、花瓣、花梗和幼蕾的花冠变成棕色或黑色，严重时引起叶子和幼蕾掉落。受汞蒸气污染的豆类植物和薄荷的叶子及茎会出现暗色斑点，并逐渐变黑，最后枯萎和过早落叶，而且污染时间越长，损害越重。

一般说来，针叶植物吸收累积的汞大于落叶植物，在污染的土壤中，粮食作物的汞含量为稻谷 > 高粱 > 玉米 > 小麦，或稻谷 > 蚕豆 > 小麦 > 菜籽。蔬菜作物是根菜 > 叶菜 > 果菜。辣椒、茄子、黄瓜吸收积累的汞较少。菠菜叶、韭菜、菜花根、胡萝卜积累的汞较多。汞在植物各部分的分布是根大于茎叶又大于籽实，例如水稻，根含汞 276×10^{-9} ，茎 422×10^{-9} ，叶 66.7×10^{-9} ，籽实 37.9×10^{-9} 。在籽实中以米糠含汞量为最高，依次是谷壳和糙米，水稻的根尖能富集大量的汞，它从溶液中富集的汞可达 2150×10^{-9} ，对于黄瓜则是根 7.3×10^{-9} ，叶为 0.8×10^{-9} ，茎为 0.3×10^{-9} ，果 0.1×10^{-9} ，茄子也是如此。在燕麦中，含汞量依次为根、茎、叶、果而递减。

3、铅 (Pb)

铅通过消化道和呼吸道进入人体，如果液体铅化合物也可通过皮肤接触进入人体，则人

每日从食物、水中摄入铅量为 300 微克，进入体内的量约为 30 微克，从大气中吸入体内的铅约 10—25 微克，两者合计约 40—55 微克。被吸收的铅先进入血液中，血液中的铅形成可溶性磷酸氢铅或甘油磷酸铅，96% 迅速与细胞结合，只有 4% 存在血浆内，其中大部分与蛋白质结合，血中的铅由血浆清除，血循环中的铅可迅速被组织吸收，分布于肝、肾、脾、肺、脑中，以肝、肾浓度最高，软组织的铅以不溶性的三磷酸铅的形式转移沉积到骨骼中，体内 90—95% 铅存在骨骼内，骨铅不活泼，长期存留不产生有害作用，被吸收的铅主要由粪、尿、汗液、唾液、乳汁、毛发排出。铅的毒性作用是损害器官，主要是骨髓造血系统和神经系统，引起贫血症、高血压、脑疝等，当儿童血铅超过 0.6×10^{-4} 时，往往发生智能障碍，痉挛性疾患和行动异常。

铅不是植物生长发育的必需元素，积累在根、茎和叶内的铅可影响植物的生长发育，使植物受害，铅对植物根系生长的影响是显著的。铅能减少根细胞的有丝分裂速度，这也许是造成作物生长缓慢的原因，高浓度的铅影响植物的光合和蒸腾作用强度。铅的累积也直接影响细胞的代谢作用。

隐花植物对铅有很强的吸附和蓄积能力，据资料报道，生长在铅污染环境中的某些苔藓、地衣、蕨类植物的含铅量都很高（表 1）。藓类植物具有能从大气中被动吸收累积高铅浓度的能力，它可以把微粒吸附在叶状枝上，在潮湿的情况下进行铅离子交换。铅通过细胞壁内的某些苔藓、地衣、蕨类植物中最高含铅量多糖醛酸被动地进入细胞壁，沉积于原生质膜、细胞器以及液胞内，苔藓植物已被确定为铅污染和累积的指示植物。

表 1

类 型	种 类	含铅量 (平均) 10^{-6}	类 型	种 类	含铅量 (平均) 10^{-6}
藓 类	多列小曲尾藓	5340	水生苔	细叶齿叶苔	15900
藓 类	灰 藓	11611	地 衣	素囊地衣	3124
苔 类	地 钱	7792	地 衣	小角衣	12045
水生苔	波瓣活叶苔	8900	蕨 类	林奈鳞毛蕨	253

4、砷 (As)

砷不是人体的必需元素。但由于所处环境中都含有砷而成为人和动物的构成元素，正常情况下，人每天从食物、水、空气中摄取砷的总量为 100 微克左右，而每天从粪便、尿、汗腺和乳汁中排出的总量也是约 100 微克，因此不会引起中毒。含砷量超过就会引起危害，砷一般从消化道和呼吸道进入人体，被胃肠道和肺脏吸收并散布在身体内的组织和液体中，同时皮肤也可以吸收砷。砷进入人体内蓄积在甲状腺、肾、肝、肺、骨骼、皮肤、指甲以及头发等处。浓度最高部位是头发和指甲，砷中毒可使细胞正常代谢发生障碍，导致细胞死亡。代谢障碍首先危害神经细胞，可引起神经衰弱症候群和多发性神经炎等，砷进入血液循环后直接作用于毛细血管壁，使其通透性增强，麻痹毛细血管，造成组织营养障碍，产生急性和慢性砷中毒。砷中毒的主要表现很多，有神经损伤，产生末梢神经炎症，早期有蚁走感，视力障碍、四肢疼痛、运动功能失调，甚至行动困难、肌肉萎缩；头发变脆易于脱落；皮肤色素高度沉着；呈弥漫的灰黑色或深褐色斑点逐渐融合成大片；手掌脚跟皮肤高度角质化，食欲差，消化不良、腹痛、呕吐、砷还有致癌作用以及致畸、致突变作用。

一般认为砷不是植物必需的元素，但低浓度的砷对许多植物有刺激作用，发生的原因可

能是砷消除了有害的微生物。但是总的说来砷对作物生长有危害作用，砷中毒可阻碍作物的生长发育，其症状首先表现在叶片脱落，其次是根部的伸长受到阻碍，致使作物的生长发育受到显著的抑制，阻碍作用进一步发展就是破坏根和叶组织，甚至使作物枯死，砷中毒还会抑制种子的萌发，降低幼苗的成活率，对苗期影响很大。

砷主要集中在植物生长旺盛的器官，某些砷化合物对茎有一定穿透能力，水溶小的砷化合物作用不显著，植物对砷的吸收累积决定于土壤中的含砷量。不同种类的植物吸收的砷量有很大的差异，同地种植的草本植物和花椰菜相差 70 多倍。在施用砷酸铅量为 133 千克/亩的土壤中种植的蔬菜含砷量，其中豆类、扁豆、甜菜、甘兰、黄瓜、茄子、甘薯、马铃薯等新鲜可食部分含砷量在 0.5×10^{-6} 以下，洋葱在 $0.5-1.0 \times 10^{-5}$ ，莴苣、萝卜、芜菁为 $1.0-2.0 \times 10^{-6}$ 。植物的不同部位吸收累积的砷量也是不同的，作物吸收的砷大部分分布在根和茎叶等生命旺盛的部位，向营养物质储藏器官种子转移很少。

5、铬 (Cr)

铬是人体必需的微量元素。它是人体内分泌腺组成的成分之一，三价铬协助胰岛素发挥生物作用，为糖和胆固醇代谢所必需。铬缺乏将导致糖、脂肪或蛋白代谢系统的紊乱，据认为是与动脉粥样硬化症和流行病相关的心脏发病的原因。人每天从食物中摄取铬量为 20—200 微克，成人每日从尿中排出的铬为 5—10 微克以此为补充人体内铬平衡的最低值，人体中含铬总量约 6 毫克，正常人血液中铬的含量浓度为 11—65 微克/升，平均 27 微克/升，人尿中为 5—10 微克/升，人发中为 0.69—0.96 微克，过量的铬则会使呼吸道产生腐蚀，引起溃疡，咽喉炎等，可以致癌。铬化合物还具有致突变作用与细胞遗传毒性。

铬是植物所必需的。植物缺少铬就会影响作物正常发育，微量的铬可以促进某些作物的生长发育过程。对于小麦、大麦、玉米、亚麻、大豆、豌豆、土豆、胡萝卜、黄瓜等均产生促进生长的效果。由于铬参与细胞的一系列组成，微量的铬可以提高植物体内酶的活性，加速植物生长，增加植物对疾病的抵抗力和提高作物的产量。高浓度铬对植物产生严重的毒害作用，抑制植物的正常发育。用 25×10^{-6} 铬溶液灌溉水稻出现了褪绿无分蘖、叶梢灰绿色、细胞组织开始溃烂，生长受到严重影响，铬达 50×10^{-6} 时叶片枯黄；叶梢发黑腐烂，受害严重。小麦在大于 5×10^{-6} 溶液、处理小麦植株、穗形变短，秕粒增多，产量下降，生长受到抑制，高浓度的铬不仅对植物本身构成危害，而且还影响植物生长过程中对其他营养元素的吸收。

植物体内的含铬量随植物种类、品种以及土壤的不同有很大差别，有人测定 25 种植物的含铬量在 $10-1000 \times 10^{-9}$ ，还有人 31 种蔬菜和 11 种水果进行含量分析，发现蔬菜中含铬量 $7-172 \times 10^{-9}$ 之间，水果中含铬量 $11-55 \times 10^{-9}$ ，生长地边某些杂草，含铬量比小麦还高，长在碱性土壤上的藓类、地衣、蕨类等植物的含铬量，可比大多数其他植物高 5—50 倍，植物从土壤中吸收的铬绝大部分积累在根中，其次是茎叶，籽粒里积累最少。用 $0.1-50 \times 10^{-6}$ 的含铬废水灌溉后，水稻吸附的铬 99% 左右累积在根和茎叶中，铬在蔬菜体内不同部位的分布也呈现依次根大于叶、叶大于茎、茎大于果的趋势。

6、铜 (Cu)

铜是人体必需的元素，广泛分布在人体的脏器组织。人一天摄取的铜量多在 2—4 毫克范围内，主要从食物中摄取，铜存在于血液的血清和红细胞中。铜先与血清蛋白松散结合，由

于易透过细胞膜，可与组织交换。此外，铜在肝内与 O_2 球蛋白牢固结合成铜蓝蛋白，铜蓝蛋白约占成人血浆铜的 95%。人体中含铜总量大约 100 毫克，体内平均浓度 1.4×10^{-4} 。肝、脑、肾含铜量较高，约有 10% 的铜分布在肝脏、8% 分布在脑中、肌肉含铜量占体内含铜总量的 35%。体内有些产生能量、形成结缔组织的酶也含有铜。人体铜浓度，一般新生体比成人要高得多，我国儿童头发的铜浓度为 $6.5-9.0 \times 10^{-4}$ ，尿铜浓度为 0.04—0.1 毫克/升。血液中的铜浓度男子为 $1.06 \pm 0.05 \times 10^{-4}$ ，女子 $1.14 \pm 0.05 \times 10^{-4}$ 。铜是血、肝、脑等铜蛋白的组成部分，有 30 种以上的蛋白和酶中含有铜，铜是几种胺氧化酶的必需成分，也是赖氨酸氧化酶的成分之一。缺铜会引起心肌变脆、主动脉破裂，缺铜会引起骨质疏松，毛发脱落，生长缓慢，脑水肿和皮质坏死以及贫血症等。而铜过量又会引发溶血性贫血，引起 WILSON 氏症（肝脏病）以及帕金森氏综合症。

铜是植物体内多酚氧化酶、氨基氧化酶、酪氨酸酶、抗坏血酸氧化酶、细胞色素氧化酶等的组成部分，是各种氧化酶活性的核心元素。可进行电子的接受与传递，在植物体内氧化还原起重要作用，与叶绿素的形成以及碳水化合物、蛋白质的合成有密切关系，并且能提高植物的呼吸强度。因而植物生长需要少量的铜，植物缺铜时叶绿素减少，叶片出现失绿现象，繁殖器官的发育受到破坏，产量显著下降，严重时死亡，过量的铜亦对植物生长发育产生危害。土壤含铜达 200×10^{-6} ，小麦枯死。达 250×10^{-6} 时，水稻也将枯死。植物受铜害主要症状是褪绿、光合强度减弱，造成缺铁。铜过剩使植物对其成分的吸收受阻。另外抑制脱羧酶的活性，间接阻碍了 NH_4^+ 向谷氨酸转化，造成 NH_4^+ 在植物体内累积，使根部受到严重损害。

植物群中以苔藓类植物含铜量最高，依次为双子叶植物、被子植物、羊齿植物、裸子植物。鸢尾草、蝇子草、螺旋桂白鼓丁、雌雄异株的女娄菜含铜量很高，鸢尾草含铜量高达 132.5×10^{-6} ，比其他植物高出 10—20 倍。铜在同种植物的不同器官分布不一样，大多数植物体内铜的分布依次是根大于茎、叶大于果实，少数植物情况相反。

7、硒 (Se)

硒是人体必需的营养元素。它是一种强的抗氧化剂，作用与维生素 E 相似，但效力更大。如含硒蛋白的抗氧化作用可能比维生素 E 高 500 倍，硒参与好气性氧化过程，能减低它的速度，起调节氧化还原反应速度的作用，硒可影响非特异性磷酸化酶的活性和三磷酸腺苷形成的速度，强化酮戊二酸氧化酶系统的总活性，促进丙酮酸盐脱羧基的作用。硒还能降低谷氨酰胺—草酰乙酸转氨酶的活性，并能钝化琥珀酸脱氢酶，也能调节维生素 A、C、E、K 在体内的吸收与消耗。硒是谷胱甘肽过氧化酶的主要组成部分，能催化过氧化物的分解。硒还参与辅酶 A 和辅酶 B 的合成，同时又是一种传递有关的细胞色素的成分。硒还对细胞膜的结构有保护作用，有 20% 的硒可进入线粒体。

人体缺硒容易引起多种疾病，如高血压引起的心脏病、克山病、癌症、蛋白质营养不良等，高硒地区心血管、脑血管和高血压心脏病死亡率都显著低于低硒地区。硒可预防镉中毒以及镉造成的睾丸坏死、卵巢损伤和畸形，对汞的毒性有明显的抵抗作用。人体摄硒的主要来源为食物。人一天最低摄取硒量一般为 500 微克，硒经由血液可转运到全身各个器官和组织，人的血中硒含量一般为 0.2 毫克/升，尿中硒的正常含量为 0—0.15 毫克/升。

食物中含硒过量也不行，超过 5×10^{-6} 即会有硒中毒。硒化合物对人的毒性较强，其中以

亚硒酸和亚硒酸盐毒性最大。长期在硒污染环境工作的人，硒的浓度达到 $0.1-3.0$ 毫克/米³，一般 2—3 年可引起慢性中毒，有头疼、头晕、无力、口内金属味、恶心、呕吐、食欲减退、腹泻等症状，呼吸和汗液中有蒜臭味，牙齿和硬腭粘膜上出现粉红或褐黄色斑点，肝肿大以及低血压心动过速等植物神经功能紊乱表现。

低浓度的硒对作物生长有刺激作用，产生有利的影响。程伯容等进行了玉米、小麦、大豆等作物的喷硒实验，以用量 0.5 克/亩亚硫酸钠喷洒叶面，得到增产结果，特别是禾本科作物增长效果显著。上海农业科学院土肥植保所也证实了硒对水稻、茄子、小青菜在低浓度灌溉水中产生有利的影响。但是高浓度硒能对作物生长发育产生危害，含硒 60×10^{-6} 水溶液灌溉水稻，水稻的株高、产量和千粒重都显著下降， 300×10^{-6} 硒溶液处理水稻，水稻的叶梢部分有明显的“纹枯病”斑纹，根系生长受到抑制，呈锈红色谷粒，大部分有很多黑褐色斑点，小麦亦如此。

缺硒会引起家畜的白肌病，营养性肌萎缩，肌病变，食物性肝坏死，硒敏感性瘦弱病。硒过量会引起牛、马、羊、猪等急性中毒，主要表现为步行蹒跚、低头、两耳下垂、腹泻、体温升高、腹胀并伴有腹痛、瞳孔放大，最后因呼吸衰竭而死亡，慢性中毒引起心、肝、肾出血，坏死等。

植物吸收积累硒是依种类而异，生长在高硒土壤的富硒植物能吸收累积大量的硒，其含量可达 $1000-10000 \times 10^{-6}$ ，富硒植物包括紫云英这个属的 200 多种以及窄叶野豌豆、双穗野豌豆和帝王羽状花，它们是硒的积累者，即硒的指示植物。大部分栽培作物，谷类，天然禾本科草类吸收累积不同的量段，最高只达 30×10^{-6} 。不同在植物体内分布特点，依次是根大于茎叶大于果，如硒在水稻中含量根 (0.4×10^{-6})，大于茎叶 (0.41×10^{-6})，大于糙米 (0.09×10^{-6})，大于谷壳 (0.14×10^{-6})；地下部分含硒量高于地上部分，幼年植物中的硒含量大于成年植物。

8. 锌 (Zn)

锌是人体及许多动物的必需元素之一，人体内含锌的酶有 80 余种，锌参与核酸和蛋白质的代谢过程，普通成年人全身含锌量 2—3 克，平均 2.5 克，是铁的 1/2，铜的 2.5 倍。大部分锌集中在肌肉（占总量的 60%）和骨（30%）内，各种组织器官中锌的含量分别为：眼球色素层 4.0% 、精液中平均为 2000×10^{-6} 、前列腺中 70×10^{-6} 、骨骼 66×10^{-6} 、肌肉 48×10^{-6} 、麦皮 70.5×10^{-6} 、真皮 13.6×10^{-6} 、肾脏 48×10^{-6} 、肝脏 27×10^{-6} 、血液 $8.6-9.0 \times 10^{-6}$ 、血浆为 $1-1.4 \times 10^{-6}$ 、红血球 $11.7-17.0 \times 10^{-6}$ 。人主要从食物中摄取锌，锌的正常需求成人每天 22 毫克，利用率约 10%。因此每日饮食中锌的供应量应为 22 毫克。粪便是锌的主要排泄途径，它包括由胰腺、胆汁分泌的锌及不能被吸收的锌。由尿中排出很少。皮肤、指甲、毛发也是排泄器官，这些器官锌的浓度都比较高，人体缺锌会引起许多疾病，如侏儒症、糖尿病、高血压、生殖器官及第二性特征发育不全、男性不育等疾病。

摄取过量的锌亦有不利的影响。当饮水中锌浓度为 5—20 毫克/升时，会引起当地居民得癌症。

锌是植物生长发育所不可缺少的元素。硫酸锌作为一种微量元素肥料，锌是酶的组成成分；参与植物的呼吸过程和氧化还原过程，与叶绿素和生长素的合成有关，锌参与碳水化合物的转化，锌肥能提高籽实产量和颗粒重，提高植物的抗寒性和耐盐性。缺锌时植物叶片失

绿，光合作用减弱，节间缩短、植株矮小，生长受到抑制，产量降低。过量的锌会伤害植物的根系，使根受到阻碍，此外，植物的地上部分有褐色斑点和坏死，且大多出现在老叶上，过量的锌会使水稻、大麦、蚕豆、洋葱的叶褪绿，随后出现小的红褐色斑点。锌对大豆的毒害，开始在叶的中脉、基部出现红色素，然后叶子开始卷曲，再而小叶褪绿逐渐向茎的上部延伸，茎轴枯死，并使茎和叶变成紫红色。

一般植物体内自然含锌为 $10-160 \times 10^{-4}$ ，但有些植物对锌的吸收能力很强，特别适应于在锌矿周围，含锌很高的土壤上生长，植物体内累积的锌可高达 $200-10000 \times 10^{-4}$ ，这些植物的出现意味着这些土壤有可能含锌量较高，可作为锌的指示植物。锌的指示植物有禾本科的细叶小糠穗、狐茅、黄花草、蓼科的酸模、车前科的车前，以及多种紫云英、紫萁白鼓丁、遏兰菜等。锌在植物体内各部位的分布也存在差异，木本植物不同部位富集能力依次为树皮大于叶、大于果实、大于木质部。在草本植物中，锌的富集能力是地下部分比地上部分大。在水稻、小麦中含量分布依次为根大于茎、大于果实，在植物体内的根尖、茎尖和幼嫩的叶子富集锌的能力更强。

9、钴 (Co)

钴是人体和动物的必需微量元素。它是维生素 B_{12} 和一些酶的主要成分，人类缺钴引起食欲不振，皮肤粗糙。钴可用于治疗感染性贫血和肾脏疾病，获得暂时的疗效。钴主要以氰基钴胺（即以维生素 B_{12} ）的形式发挥其生理功能。人每日摄入钴量 300 微克，膳食中摄取 290 微克，其中叶菜类食物含钴丰富，所以 88% 的钴是从植物性食品中获得，从水中摄入 10 微克，从空气中仅摄入 0.1 微克。钴在人体组织中广泛分布，人体内总钴量为 1.1 毫克，全身平均为 0.016×10^{-4} 。肌肉内含钴量最多，脂肪内钴浓度最高，毛发、胃、肝、心的钴浓度较高。钴在体内分布：肌肉占 43%、骨骼占 14%，其余 43% 分布于软组织，其中肌肉 0.016×10^{-4} 、肋骨 0.036×10^{-4} 、胃 0.021×10^{-4} 、肝 0.017×10^{-4} 、脑 0.00055×10^{-4} 、肾 0.012×10^{-4} 、膀胱 0.0055×10^{-4} 、大动脉 0.21×10^{-4} 、毛发 $0.17-0.28 \times 10^{-4}$ 。体内的钴 80% 由尿排出，15% 是粪便排出。

钴摄入过量会影响心脏和甲状腺，长期吸入钴尘的人会出现尘肺。

目前认为钴不是植物必需的微量元素。但是一些农作物，尤其是豆科植物和甜菜对钴有一定的需要，施用钴肥效果良好，试验证明，钴与豆科植物的固氮作用有关，钴的供应充足时，大豆根瘤中的维生素 B_{12} 和豆血红蛋白的含量就高，固氮能力也越强。近年来还证实了钴能提高植物的呼吸和光合作用的强度，钴肥可使农作物光合作用加强，叶绿素增加，产品质量提高，产量增高。过量的钴会对植物产生危害，钴在土壤中过量可与铁相对抗，引起植物叶缺铁褪绿病，并在叶子上有白色坏死斑点；还可产生畸形变态，枝和皮上长瘤，大多数植物钴的需要量不超过 0.1×10^{-4} ，若为 10×10^{-4} 时，可使农作物致死。

不同种类的植物对钴的吸收量不同。一般是豆科植物能富集钴，含量较其他植物为高，还有少数植物的含钴量很高，在富钴的土壤上生长的一种野白花灰分中含有 80000×10^{-4} 的钴，至今被认为是含钴最高的植物。岩高兰、欧洲山杨含有较高的钴，其灰分含钴量分别为 100×10^{-4} 和 80×10^{-4} ，还有衣竹科绳子草植物的含钴量也很高，这些植物对钴有很强的吸收能力，通常称为亲钴植物。植物主要依靠根部吸收和累积土壤中的钴，通常是植物的地下部分的含钴量大于地上部分。

10、镍 (Ni)

镍是人体中的微量元素，成人每天摄入的镍为 300—500 毫克，主要通过食物由消化道进入人体。谷类和蔬菜含有较高的镍，可达 $1.0-6.0 \times 10^{-6}$ ，人体中镍的总量为 10 毫克，平均为 0.14×10^{-6} ，其中脑含镍 0.4×10^{-6} 、肺 0.2×10^{-6} 、肝 0.2×10^{-6} 、淋巴结 0.3×10^{-6} 、睾丸 0.4×10^{-6} 、肌肉 0.2×10^{-6} 、血液 4.8 微克/升。镍可以通过粪便、尿及汗等排出体外。微量的镍能使胰岛素增加，血糖降低，镍可能是胰岛素的一种辅基，镍对人体的影响主要是空气中的镍，经呼吸道吸入或通过皮肤吸收时发生，其影响程度受化学形态的支配，金属镍几乎没有急性毒性，一般镍盐具有毒性，但是羟基镍产生很强的毒性，镍中毒特有的症状是皮肤炎、呼吸器官障碍及呼吸道癌。

镍是植物不需要的元素，它对植物产生危害作用。主要是抑制植物的生长，灌溉水中镍浓度为 0.5×10^{-6} 、亚麻的生长受到阻碍；浓度为 1.0×10^{-6} 时，可使燕麦发生白化病； 2.5×10^{-6} 时则能抑制其生长。高浓度时燕麦发生坏疽病和特殊的黄化，褪绿和枯死。燕麦可作为镍毒害的指示植物。镍的浓度大于 15×10^{-6} 时，豆类植物发芽后从根叶起开始畸形，发生缺绿病。浓度 $15.9-29.4 \times 10^{-6}$ 时，抑制甜菜、蕃茄、白菜、土豆的生长。土壤中镍高会引起植物发生变异或变态，一般特征是出现矮化的生态型，如生长在含镍高的蛇纹岩区的海桐花只有几十厘米高而正常条件下生长的海桐花可长到近 5 米。

植物吸收镍与其种类有关，生长在同一土壤的相邻地块的作物，大豆中的含镍量是小麦的 7.5 倍，有一些植物能吸收累积异常高的镍，例如生长在蛇纹岩上的十字花科植物的灰分中含有高达 $50,000-100,000 \times 10^{-6}$ 的镍，岩高枸灰分中含 6.00×10^{-6} 的镍，庭荠属植物灰分中含有 $180-10,000 \times 10^{-6}$ 的镍，紫菀属植物灰分中含有 600×10^{-6} 的镍，镍在植物的不同器官中的含量差异也很大，一般根叶含镍量大于茎枝部分，顺序为根大于叶、果大于叶枝。

11、钒 (V)

钒是人体所必需的微量元素。人体内的钒仅为 0.3×10^{-6} ，食物中含有微量的钒对人体产生良好的影响。成年人每天平均摄入量约为 2 毫克，食物中的钒含量占人体每天摄入量的 90% 以上，钒容易与血清蛋白、特别是脂蛋白结合，脂蛋白可能是钒的载体，钒分布在骨、肾、脾、肺和脂肪中，钒在人体内存留时间短，肾脏能迅速排出钒，主要由尿排出，少部分由粪便排出。

在人体中，钒有三种作用，一是抑制胆固醇、磷脂和其他脂质的合成，胆固醇影响许多代谢过程，特别是水、盐、矿物质和碳水化合物的代谢。二是抑制胱氨酸、半胱氨酸和蛋氨酸的形成。胱氨酸是皮肤、毛发、指甲、趾甲的含硫组成部分，蛋氨酸有一个参与生成肾上腺素胆碱和肌酸的与硫结合的甲基。三是在血红蛋白合成中无挠对铁の利用，钒巴导致血清素的蓄积，血清素是有效的血管收缩剂。钒的污染可对人体产生多种毒性作用，可引起呼吸系统、神经系统、造血系统、肠胃系统、皮肤的损伤和新陈代谢的改变。慢性中毒症状表现为：人体呼吸道发生严重的炎症，如支气管炎、肺炎、咳嗽血痰、头晕、头痛、咽喉红肿、气喘、呕吐、腹泻、白血球和淋巴球增多、体温升高，并可见舌乳头肿大、舌苔出现绿色至墨绿色。钒中毒、肾脏、肝脏、肺钒的浓度高，损害大，尿钒增高，正常人平均 0.012 毫克/升，病人 0.07—0.4 毫克/升。

钒对植物生长有一定的影响，特别是豆类植物，钒促进根瘤对氮的固定，也参与硝酸盐的还原，使 NO_3^- 还原为氮。但钒过量会对农作物产生危害。曾有资料报道，水中钒浓度为 $10-20 \times 10^{-6}$ 时，可抑制大豆和亚麻的生长，浓度为 26×10^{-6} 时，则对甜菜生长有影响，灌溉水中钒的最大允许浓度为 10×10^{-6} 。

动植物体内存在钒，含钒量为 $0.1-10 \times 10^{-6}$ 。植物中以浮游植物含钒量最高，动物中腔肠动物为最高。

12、锑 (Sb)

锑及其化合物从呼吸道或消化道进入人体，锑的化合物如三氯化锑接触皮肤后，也可由皮肤大量吸入。在各组织器官锑的分布与化合价和物理状态有关，三价锑进入血液后，可存在于红细胞中，并分布于肝脏、甲状腺、骨骼、胰腺、肌肉、心脏及毛发中，而五价锑主要存在于血浆中，少量储存在肝脏，由呼吸道吸收的难溶化合物可在肺内沉积，人体中含锑平均为 0.1×10^{-6} ，总量为7.9毫克，其中骨骼含锑量最高为 $1.1-1.5 \times 10^{-6}$ 、肌肉 $0.2-0.04 \times 10^{-6}$ 、肾 $0.004-0.012 \times 10^{-6}$ 、肝 $0.008-0.012 \times 10^{-6}$ 、肺 $0.055-0.065 \times 10^{-6}$ 、淋巴结 $0.1-0.3 \times 10^{-6}$ 、睾丸 $0.005-0.065 \times 10^{-6}$ 、脑 $0.007-0.012 \times 10^{-6}$ 、血液 $0.004-0.06 \times 10^{-6}$ ，人发 $0.19-0.48 \times 10^{-6}$ 。人体中锑由粪便及尿中排出，锑对人体产生毒性作用，是由于锑在体内可与巯基结合，抑制某些巯基如琥珀酸氧化酶的活性干扰了体内蛋白质及糖的代谢，损害肝脏及神经系，还对粘膜产生刺激作用。慢性锑中毒常出现以下症状：乏力、头晕、头痛、失眠、食欲减退、恶心、腹痛、胃肠功能紊乱、胸闷、虚弱等一般症状，引起慢性副鼻窦炎等粘膜刺激症状。中毒者的血、尿、粪、毛发的含锑量都会增高。

植物都能从环境中吸收锑，陆生植物含锑量为 $0.001-0.2 \times 10^{-6}$ ，但是受污染植物含锑量很高，冶炼厂附近生长的草木植物含锑量可达 $148-332 \times 10^{-6}$ ，是未污染植物的740—1660倍，水生植物的含锑量比陆生植物高，水藻含锑量为 5.4×10^{-6} ，水草为 $0.6-3.1 \times 10^{-6}$ ，锑污染水体中水生生物可富集锑，水藻含锑可达 $2.3-74.5 \times 10^{-6}$ ，水草为 $6.7-160.3 \times 10^{-6}$ ，是未污染水生生物的1.2—30倍。

13、锡 (Sn)

有人认为锡是人体必需的一种微量元素。但对其生理作用还缺乏研究，人体对食物中的锡吸收很差，大部分从粪尿中排出，但仍能残留并吸收在机体内。人体中共含锡为17毫克，平均浓度为 0.24×10^{-6} ，以骨骼含锡量最高为 $4.1 \pm 0.3 \times 10^{-6}$ ，依次为淋巴结 $1.5 \pm 0.6 \times 10^{-6}$ 、肺 $0.8 \pm 0.2 \times 10^{-6}$ 、肝 $0.4 \pm 0.2 \times 10^{-6}$ 、肾 $0.3 \pm 0.08 \times 10^{-6}$ 、卵巢 $0.32 \pm 0.19 \times 10^{-6}$ 、肌肉 $0.07 \pm 0.01 \times 10^{-6}$ 、脑 $0.01-0.07 \times 10^{-6}$ 、血液 $0.004-0.002 \times 10^{-6}$ 。摄入过量的锡不但发生呕吐、腹泻等消化道症状，而且残留蓄集于肝、肾、骨骼中，使这些器官受到损害。

植物可从土壤中吸收锡，新鲜植物的含锡量为 $0.1-2.0 \times 10^{-6}$ ，榕树叶片中可含 3×10^{-6} ，据报道用含锡 $32-37 \times 10^{-6}$ 的土栽培的龙须菜，可测出含锡量为 9×10^{-6} ，有些植物也可积累一定量的锡，其灰分的含锡量可达 46×10^{-6} 。

二、微量元素的研究及开发应用现状

(一) 医药领域

《微量元素与健康》这门新兴的综合性边缘学科之成为国内外医学、化学界最热门的研究课题之一，大量的研究成果与临床实验表明，人体的健康与体内所含的微量元素的丰缺度有十分密切的关系。人体中含有微量元素有几十种，被列为人体必需的微量元素有 Fe、Cu、Zn、Mn、Cr³⁺、Mo、Co、Sn、Ni、V、Se、F、I、Si、Sr 等 15 种。在正常情况下，许多微量元素，尤其是 Zn、Cu、Fe、Mn、Se 等在消除自由基抗衰老过程中发挥着重要作用。

如微量元素 Cu 是人体内赖氨酰氧化酶不可缺少的成分。Cu 含量正常时，赖氨酰氧化酶的催化作用才能正常进行，胶原纤维才能完整交联。人体缺 Cu，血液容易发生凝固，胆固醇升高，细胞的脂质氧化作用增强，这些都会导致老年人毛发枯萎、牙齿脱落、骨质疏松，而且易患冠心病、心肌梗塞等症，通过进食补 Cu，可促进筋强骨壮，健康长寿。

又如 Se，是人体必需的微量元素，它是一种强的抗氧化剂，作用与维生素 E 相似，但效力更大。人体缺 Se，容易产生多种疾病，如心脏病、克山病、癌症、蛋白质营养不良症等；但当摄入的 Se 过量时，也会引起疾病，发生 Se 中毒，如鼻粘膜炎、鼻出血、嗅觉降低等症状，严重者会发生肝脏损害以致死亡。

微量元素对人体所起的生理功能主要是：输送宏量元素，为人体多种酶的组份或激活剂，在激素和维生素中起独特的作用以及影响核酶的代谢等。因此，人体只有比较全面而又适量地摄入必需的微量元素，才能健康长寿；如果一个地区某些元素缺乏或过剩，使人体的生理功能遭到破坏，则必将导致癌症等各种疾病的发生。

1、微量元素的研究现状

(1) 长寿之秘

内蒙古东部奈曼旗有一个小屯，人均寿命 83 岁，6 户人家都是五代同堂，屯里自有人定居的 88 年来，从来没有人得过气管炎、结核病、肝炎、癌症、各种毒疮和传染病，屯里的禽畜也从来没有发生过瘟疫。调查结果表明，绕村而过的溪水源头，是一个储量不小的麦饭石矿，其中含有 18 种人体所需的微量元素。无独有偶，北京密云县也有个不老屯村，村里没有傻子、佝偻病、各种传染病和癌症。70 岁以上的老人都还能上山打柴，有的老人活到近百岁。经水文地质勘查发现，这个村子的水源也是流经麦饭石（风化石英二长岩），含有硅、铜、锌、锶、钼等十多种对人体有益的元素，是合乎国家标准的饮用天然矿泉水。上述两个例子说明，含有有益于人体微量元素的水源，在该区形成了岩石—土壤—农作物—禽畜—人体整个链条微量元素一致性的良性循环，这是村民得以祛病延年，健康长寿的主要原因。

(2) 微量元素与疾病

当人体从环境中摄入的元素量超过所能承受的限度，或者摄入量低于人体需求量，都会发生地域性分布的地方病。影响较大的一些疾病介绍如下。

①癌：

鼻咽癌是华南常见的癌症之一。粤西四会、湘西古文和吉首及桂东北梧州一带为高发区。这些高发区均分布在寒武系下统含钨、镍的碳质页岩、石煤层地带。自中心向外，发病率逐渐降低。高发区的岩石、土壤、饮用水、大米和人发的分析结果表明，它们所含的微量元素的种类和含量具有一致性。数理分析结果还表明，发病率与镍、铬和钨，特别是镍的含量呈正相关，与钙的含量呈负相关。镍、铬和钨主要来源于寒武系含碳质的泥质岩石中。高发区中又以地势低洼的河谷盆地发病率为最。发病率最高的广东四会，高发区中心为龙江河谷盆地，发病率高达 0.18%，这是由于周围低山丘陵区淋滤出来的镍等元素，迁移富集于河谷盆地的缘故。

肝癌主要分布在热带，亚热带的河流三角洲及沿海地区。长江三角洲，大米中铜钼含量比值，肝癌低发区为 10（在适合人体健康的范围内为 5—15），而高发区的比值则达 17。此外，高发区自然人群血清、头发的钼含量偏低，而铜、锌含量则偏高。高发区水、土中富铜，而粮食中贫钼，致使人体摄入钼的量不足，人体贫钼影响了某些酶系统的活性而导致肝损伤，也有助于亚硝胺的合成，并使粮食易受黄曲霉污染，同时在亚硝胺、黄曲霉致癌过程中起促癌作用。珠江三角洲的肝癌高发区位于广东顺德的西江和北江三角洲的冲积平原上，高发区相对于低发区，水和土壤中都是锰含量低而铜含量高，且锰的含量与肝癌死亡率呈负相关。由此可见，肝癌高发区从外环境到内环境都是缺锰的。锰是人体多种酶的组成成分，并参与蛋白质的合成，缺锰会使某些酶的活力降低，内分泌失调，因而导致免疫功能的下降和癌症的发生。铜是造血元素，但如果摄入过多则对人体有害，肿瘤病人血清中铜的含量往往显著增加，锰能改善机体对铜的利用。

胃癌是我国死亡率居于首位的恶性肿瘤。福建省的长乐县是肿瘤高发区，其水中的三氮挥发性酚，盐分的含量和耗量普遍超标，而且锗和硒的含量很低，这与有机物的污染和地质—地球化学环境等有关，水质是导致该县成为胃癌高发区的主要因素。

肺癌发生的诸因素中，吸烟是第一位的，而室内的氡气含量过高，是仅次于吸烟的第二位因素，氡是铀系、钍系和釷系衰变的中间产物，它是一种放射性气体，主要从呼吸道进入人体。氡进一步衰变时，可产生钋、铅和铋固体子体，并同时释放 α 和 β 粒子，这些固体子体积聚在肺部，以及 α 和 β 粒子辐射照射的结果，破坏了脱氧核糖核酸的分子结构，从而导致癌变的发生。

采集了 115 例宫颈癌患者的人发，用原子吸收光谱和示波催化极谱方法测定，健康人与病人发中的含量变化如（表 2）所示。表中列出病区与非病区人群的微量元素的含量，从分析结果可看出：较多的微量元素在二者之间是有差异的，而是这种差异呈现规律的变化。例如病区病人 Se 含量低于病区健康人，而后者又低于非病区健康人，又如病区的健康人的 Mn 的含量低于病区病人，但又高于非病区健康人，宫颈癌与微量元素 Zn、Ni、Se 含量有关，其次是 Mn。

表2 病区与非病区妇女头发中微量元素的含量

微 量 元 素 含 量 均 值 ±SE ($\times 10^{-4}$)	Cr	非病区健康人 (33例)	病区健康人 (33例)	病区病人 (49例)
	Cd	0.15±0.01	0.13±0.01	0.011±0.01
	Pb	0.085±0.01	0.11±0.01	0.73±0.01
	Mn	3.32±0.31	2.06±0.23	1.81±0.20
	Zn	1.32±0.14	5.09±0.82	6.75±0.90
	Ni	194.33±4.07	200.76±5.9	187.24±5.9
	Cu	0.53±0.08	0.30±0.04	0.315±0.03
	Fe	12.47±0.31	11.51±0.30	11.12±0.40
	Se	14.18±0.96	25.79±2.25	30.34±2.82
		0.48±0.04	0.36±0.02	0.23±0.02

微量元素与癌瘤的构系机理十分复杂,不少微量元素具有抑癌、致癌的双重性。可因其化合物形式、络合物形式、原子价、体内其它微量元素的状况而异。例如硒,在近年来已被普遍认为是一种极为重要的抗癌微量元素,但动物实验证明长期过量摄入硒,可以引起肝和支气管肺泡的癌肿。在致癌方面,有的微量元素为致癌物,有的为促癌物,有的两者兼有。例如镍,它可直接引起动物肺、骨、肌肉及下恶性肿瘤,实验表明,镍可能使细胞DNA单链断裂,以及DNA—蛋白交链断裂或造成体外核苷酸碱基的错误配对,直接破坏细胞遗传物质,改变了细胞的遗传信息,从而导致癌瘤发生。另一方面可以抑制苯并比羟化酶,使苯并比含量增多(苯并比为一强烈致癌剂,与机体接触时间延长,起到了促癌作用)。在抑癌方面,微量元素可直接作用在致癌环节上,消除或降低其致癌性,在这方面微量元素是最重要的捕获自由基。因为体内自由基可和核酸和硫氢基发生作用,当其达到一定浓度时,可引起脂类过氧化反应,损害细胞膜及细胞内溶酶体和微粒体的脂膜,并使核糖核酸酶,硫氢基酶失活,破坏传递电子的细胞色素系统,由于自由基反应的特点是链锁反应,故其危险性极大,除直接可致细胞损伤死亡外,均可使细胞遗传致变而致癌。此外,微量元素也可以通过稳定表达细胞膜,增强机体的稳定和免疫功能,间接地发挥其抗癌作用。又如细胞内的锌,主要存在形式为合锌酶(目前所知至少有100种以上),而这些酶如DNA多聚酶,KNA多聚酶都是核酸进行正常代谢修复及复制中极为主要的酶。细胞膜上的游离锌对维持细胞膜的稳定性,使之免受各种有害因子的损害极为重要。特别是脑部海马区胞膜的锌最丰富,最易受自体氧化的损害,而此区对维持视丘—垂体—肾上腺皮质轴心系统的敏感性极为重要。当此区游离锌降低时,可致机体应激耐受能力下降。由上可见对维持细胞正常代谢,协调稳定机体的重要性。这些正常情况遭破坏,特别在脑部被认为是病理性衰老的重要内容。而癌肿与衰老的关系密切。此外锌与抗体合成,与T淋巴细胞的正常功能直接有关,缺锌时免疫监督功能下降,有利于癌瘤的发生与发展。

②糖尿病

对糖尿病患者62例、健康者45例,采用P—E702原子吸收分光光度计(美国)HGA—500石墨炉系统测定血清样本的Cr、Sr、Mn的含量,用火焰系统测定Mg、Fe、Ca、Cu、Zn、K含量,结果如(表3)。

表3 糖尿病血清样本元素含量表

X+SE	Fe	Cu	Zn	Ca	Mg	K	Sr	Cr	Mn
糖尿病组	1.257 ±0.05	1.24 ±0.04	1.28 ±0.04	115.7 ±3.97	22.4 ±0.56	172.4 ±7.12	72.2 ±3.11	6.38 ±0.74	7.15 ±1.09
健康组	1.610 ±0.15	1.03 ±0.02	1.28 ±0.04	129.4 ±2.19	26.8 ±0.27	174.1 ±1.74	43.3 ±2.06	17.7 ±1.06	15.37 ±2.94

单量单位: ng/ml

表内反映, 糖尿病与微量元素 Cr、Mn、Sr、Mg、Cu 关系较为密切。

国内外不少学者对糖尿病人的发铬进行观察, 从(表4)的分析结果看出国内外的试验结果是一致的, 糖尿病人的发铬含量明显的低于健康人。

表4 糖尿病发铬含量比较表

试验人	健康人发铬 (ng/g)	糖尿病人发铬 (ng/g)
Beajunua	241	94.2
程南征	173	104.2
	145.5	95.4

③心脑血管病

心脑血管病患者及其家属对照人发中元素, 6种元素测定见(表5), 心脑血管病患者发锰低于健康对照, 但发铜不低, 发钙、镁明显低于健康对照。王××高血压患者, 发锰、钙、镁甚至低于患癌症的家属。

表5 心血管病患者及其家属对照人发6种元素测定值(单位: $\times 10^{-6}$)

病例	性别	病况	Mn	Cu	Zn	Fe	Ca	Mg
宋××	男	冠心病	0.16	19	246	8.28	457	57.6
对照	女	健康	1.28	16.09	184	16.64	1341	230
郭××	男	脑血管	0.18	9.74	172	7.45	517	75.4
对照	女	健康	1.10	10.3	338	9.6	1304	159
桑××	男	冠心病	0.19	19.96	254	9.69	728	107
对照	女	健康	0.86	22.3	279	11.02	1138	147
李××	男	隐性冠心病	0.38	12.24	213	8.25	442	94.8
对照	女	肾盂肾炎	2.26	13.26	133	20.53	443	58.3
孟××	男	高血压	0.28	10.87	187	10.09	375	44.8
对照	女	健康	2.35	12.57	228	35.78	2465	319
王××	男	高血压	0.34	14.8	127	9.58	570	63.9
对照	女	肺癌	1.13	11.4	123	12.1	835	141

单位: 10^{-6}

④其它疾病