



全国高技术重点图书·生物技术领域

生命科学中的微量元素 分析与数据手册

主 编 王 夔

副主编 慈云祥 唐任寰 徐辉碧



中国计量出版社

Q181-62
PK

Y4128/13

生命科学中的微量元素 分析与数据手册

主 编 王 夔

副主编 慈云祥 唐任寰 徐辉碧

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生命科学中的微量元素分析与数据手册/王夔主编. - 北京: 中国计量出版社, 1998

ISBN 7-5026-1062-6

I. 生… II. 王… III. ①生物-微量元素-化学分析-手册②生物-微量元素-数据-手册 IV. Q58-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 04267 号

内 容 提 要

本书从生物体的元素图谱出发, 有针对性地编撰了国内、外生物样品中微量元素的优选分析方法, 以及有关临床医学、营养学和卫生学等领域内微量元素研究与实践的最新重要成果。主要内容包括: 人体生物元素平衡图谱的构成; 痕量分析方法的特点; 种态分析; 有效分离与富集方法; 主、副族对象元素个别灵敏测定及质量控制; 正常人组织和体液中的元素含量; 食物中的微量元素含量; 中草药和矿物药中的微量元素含量; 每日必需微量元素摄入量标准; 代谢疾病反映的微量元素变化量; 生物微量元素最新标准物质等, 共分 16 章。

本书是从事医药学、营养学、卫生与毒理学、地方病学、环保、生物、化学、农牧业等学科的师生和科研、检验人员的重要实用工具书, 并已列入《全国高技术重点图书》1997 年年度选题。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

北京迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 40 字数 966 千字

1998 年 11 月第 1 版 1998 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—2000 定价: 62.00 元

从微观世界探索宏观
生命科学，为开拓我国
微量元素科研领域
作贡献。

陆敏章

一九九〇年

微量元素生理功能的逐一发现，
揭开了许多生命的奥秘，使过去难
以理解的现象获得了科学的解
释。对这一领域的深入研究必将
大大提高人类生命的质量，并从而
延长人类的预期寿命。

题赠

《生命科学中的微量元素》分析与数据手册
于若木 己巳年
仲春

《全国高技术重点图书》

出版指导委员会

主任：朱丽兰

副主任：刘 杲

卢鸣谷

总干事：罗见龙 梁祥丰

委员：（以姓氏笔画为序）

王大中	王为珍	牛田佳	王守武	刘 仁
刘 杲	卢鸣谷	叶培大	朱丽兰	孙宝寅
师昌绪	任新民	杨牧之	杨嘉墀	陈芳允
陈能宽	罗见龙	周炳琨	欧阳莲	张兆祺
张钰珍	张效祥	赵忠贤	顾孝诚	谈德麟
龚 刚	梁祥丰			

《全国高技术重点图书》

编审委员会

生物技术领域

主任委员：顾孝诚

委员：（以姓氏笔画为序）

陈受宜 邹承鲁 罗见龙 范云六 侯云德

编写人员名单:

主 编: 王 夔

副主编: 慈云祥 唐任寰 徐辉碧

本书编写人员 (按书内容顺序)

王 夔

北京医科大学药学院

唐任寰

北京大学技术物理系

慈云祥

北京大学化学与分子工程
学院

周天泽

首都师范大学化学系

邓 勃 陈培榕 李隆弟 罗国安

清华大学分析测试中心

周井炎 高中洪

华中理工大学化学系

徐辉碧 高秋华 黄开勋 易 永

华中理工大学生物物理与
生物化学研究所

秦俊法

中国科学院上海原子核研
究所

编 者 的 话

自中国计量出版社接连两次出版、发行《生命科学中的微量元素》一书以来,受到广大读者和同行的普遍欢迎与赞许。

为了使生命微量元素积累的丰硕数据及有效分析方法同临床医学、营养卫生、环境科学等实践密切结合起来,更好地帮助和指导人们提高健康水平,中国科学院院士、北京医科大学王夔教授等应约精心调研、汇集并选编成《生命科学中的微量元素分析与数据手册》。其中,各个微量元素的分析方法都是广泛收集、对比后进行优选列入,各类数据表格丰富、翔实、简明、清晰,查用便利。该手册与《生命科学中的微量元素》一书组成生命元素的姊妹篇。本书对从事医药学、营养学、卫生与毒理学、地方病学、环保、生物、化学、农牧业等学科的师生和科研、检验人员都是极重要的实用工具书。

本书各章分别由不同单位的作者按如下次序编写和汇集整理:序(王夔),第一章(唐任寰),第二章和第三章(慈云祥、周天泽),第四章和第五章(邓勃),第六章(陈培榕),第七章(李隆弟),第八章(罗国安),第九章、第十章、第十三章和第十四章(高中洪、周井炎),第十一章和第十二章(高秋华、徐辉碧),第十五章(易永、黄开勋),第十六章(秦俊法、唐任寰)。

本书是国内第一本较完整收集微量元素分析方法和数据的手册。在编写过程中,受到尊敬的微量元素与营养学元老于若木理事长、中科院资深院士梁树权研究员、中科院院士倪嘉缙研究员、北京医科大学吴炳辅教授、中科院生态环境研究中心彭安研究员和王顺荣研究员、北京中医药大学曹治权教授、中国预防医学科学院朱莲珍教授等许多著名专家及读者的热情关怀和鼓励,尤其是中国计量出版社王东宝社长和王朋植副编审始终给予了全力支持和帮助,使得本书得以顺利完成和增辉润色,作者谨向他们致以真诚的感谢。

编者

1998年5月4日

序

近年来随着生物无机化学的发展及其在农林牧业、医药卫生、环境科学等方面的广泛应用，人们越来越关心微量及痕量元素的各种物种在生物体内、在生态环境中的作用。这些作用包括有益的和有害的方面。大量事实表明，任何一种元素都有正、负两方面效应。甚至非必需元素在其浓度极低的情况下，也会表现生长促进作用以至免疫促进作用。另外，研究结果还表明不能简单地讨论某种元素的某种生物效应，因为一种元素的化学性质和生物效应都与其以什么物种存在有关。即使我们讨论某化合物的生物效应时，也必须说清它在体内代谢转化中变成哪些物种，以及作用于靶分子和靶部位的物种是什么。由于这种考虑，物种分析 (speciation) 成为一个极其重要的生物无机化学研究领域。物种分析在生态环境中有同样重要意义。我们还可举出其它问题说明对体内及环境中微量元素及其物种进行分析的重要性。

从应用生物无机化学研究结果来说，我们面对浩如烟海的研究报告，在引用和使用之前必须认真考虑所得结果的适用范围甚至可靠性。在文献中所采用的方法不一，有些结果适用范围不一。必须了解作者用什么方法研究这一问题。另一方面，当我们需要选用一种方法去研究某种微量元素及其物种的生物效应时，至关重要的是分析、比较各种方法的适用范围、灵敏度、精密度等等。为了寻找一个合适的方法，必须查阅大量文献，这是我们经常遇到的一个难题。

由于这些原因，人们迫切需要一个收集了有关文献的方法和数据的手册。这本手册，尽量地列出有关微量元素的分析方法和数据。作为一种尝试，它还可能存在一些缺点，特别是一些遗漏，希望读者指出。

王 夔

1997年6月9日

目 录

第一章 关于生物体内的生物元素图谱	(1)
第一节 生物元素的由来及功能	(1)
一、生物元素的由来	(1)
二、生物元素的功能	(2)
第二节 元素对生物体作用的规律性	(3)
一、s 区和 p 区元素的纵横趋向	(4)
二、d 区过渡元素的生物周期关系	(4)
三、f 区镧系元素的归属	(5)
四、元素生化作用与自然界中的丰度	(6)
第三节 人体生物元素平衡图谱的构成	(7)
一、从食物链进入体内的元素构成	(7)
二、用三维元素周期表俯视体内的“生物元素图谱”	(8)
参考文献	(10)
第二章 生物材料中的痕量分析	(11)
第一节 研究对象及研究方法特点	(11)
一、研究对象	(11)
二、研究方法	(12)
第二节 微量元素种态分析	(14)
一、种态分析的层次	(14)
二、种态分析的流程	(15)
三、种态分析参数	(17)
四、特定要求的种态分析	(17)
第三节 痕量分析的玷污与损失	(18)
一、空白	(18)
二、玷污	(19)
三、损失	(22)
第四节 学科研究进展	(23)
一、研究基础	(23)
二、研究热点	(24)
参考文献	(25)
第三章 痕量分析方法与分离富集	(27)
第一节 痕量分析方法	(27)
一、试样的制备	(27)
二、试样的处理	(29)
三、质量保证	(32)
第二节 分离与富集方法	(35)
一、分离基础	(35)
二、分离与干扰消除的关系	(38)

三、主要分离富集技术	(40)
四、均相分离——隐蔽	(47)
参考文献	(52)
第四章 生物样品中痕量元素的测定	(53)
第一节 概述	(53)
第二节 生物样品中痕量元素测定的要求和困难	(53)
第三节 生物测定样品的制备	(54)
一、毛发样品制备	(54)
二、血样制备	(54)
三、尿样制备	(55)
四、软组织分析	(55)
五、钙化组织分析	(55)
六、其它样品	(55)
第四节 痕量元素的测定方法	(56)
一、分光光度法	(56)
二、分子发光分析	(57)
三、原子吸收光谱法	(59)
四、原子发射光谱法	(61)
五、原子荧光光谱分析	(64)
六、X 射线荧光分析	(65)
七、极谱分析法	(69)
八、阳极溶出伏安法	(70)
九、电感耦合等离子体-质谱分析	(71)
十、中子活化分析	(73)
十一、毛细管电泳	(74)
十二、离子色谱	(76)
第五节 分析方法的评价	(77)
一、评价痕量元素测定方法的基本指标	(77)
二、各种分析方法的特点和应用范围	(79)
第六节 痕量元素测定的质量控制	(82)
一、样品采集和测定方法选择	(82)
二、空白值控制	(82)
三、精密度控制	(82)
四、准确度控制	(82)
参考文献	(83)
第五章 副族生命微量元素	(86)
第一节 引论	(86)
第二节 所论微量元素的生物化学功能	(86)
第三节 维持人体中痕量元素正常浓度水平的重要性	(86)
第四节 人体中痕量元素浓度的测定	(87)
第五节 痕量钒的测定	(88)
一、引言	(88)
二、人发中钒的测定	(88)

三、体液中钒的测定	(90)
四、脏器和软组织中钒的测定	(92)
五、钙化组织样品中钒的测定	(93)
第六节 痕量铬的测定	(95)
一、引言	(95)
二、人发中铬的测定	(95)
三、体液中铬的测定	(96)
四、脏器和软组织中铬的测定	(98)
五、钙化组织样品中铬的测定	(99)
第七节 痕量锰的测定	(99)
一、引言	(99)
二、人发中锰的测定	(100)
三、体液中锰的测定	(102)
四、脏器和软组织中锰的测定	(104)
五、钙化组织样品中锰的测定	(107)
六、其它样品中锰的测定	(107)
第八节 痕量铁的测定	(108)
一、引言	(108)
二、人发中铁的测定	(109)
三、体液中铁的测定	(112)
四、脏器和软组织中铁的测定	(115)
五、钙化组织样品中铁的测定	(118)
第九节 痕量钴的测定	(119)
一、引言	(119)
二、人发中钴的测定	(120)
三、体液中钴的测定	(121)
四、脏器和软组织中钴的测定	(124)
五、钙化组织中钴的测定	(126)
六、其它样品中钴的测定	(126)
第十节 痕量镍的测定	(127)
一、引言	(127)
二、人发中镍的测定	(127)
三、体液中镍的测定	(128)
四、脏器和软组织中镍的测定	(130)
五、钙化组织中镍的测定	(133)
第十一节 痕量铜的测定	(134)
一、引言	(134)
二、人发中铜的测定	(134)
三、体液中铜的测定	(135)
四、脏器和软组织中铜的测定	(141)
五、钙化组织中铜的测定	(144)
第十二节 痕量锌的测定	(146)
一、引言	(146)
二、人发中锌的测定	(146)

三、体液中锌的测定	(150)
四、脏器和软组织中锌的测定	(153)
五、钙化组织样品中锌的测定	(155)
六、其它样品中锌的测定	(156)
第十三节 痕量钼的测定	(156)
一、引言	(156)
二、人发中钼的测定	(157)
三、体液中钼的测定	(158)
四、脏器和软组织中钼的测定	(160)
五、钙化组织样品中钼的测定	(162)
六、其它样品中钼的测定	(162)
参考文献	(162)
第六章 主族生命微量元素	(167)
第一节 所论元素的生物化学功能	(167)
第二节 痕量氟的测定	(167)
一、引言	(167)
二、人发中氟的测定	(167)
三、体液中氟的测定	(168)
四、脏器和软组织中氟的测定	(171)
五、钙化组织样品中氟的测定	(172)
六、其它样品中氟的测定	(173)
第三节 痕量硒的测定	(174)
一、引言	(174)
二、人发中硒的测定	(175)
三、体液中硒的测定	(177)
四、脏器和软组织中硒的测定	(180)
五、钙化组织样品中硒的测定	(182)
六、其它样品中硒的测定	(183)
第四节 痕量硅的测定	(184)
一、引言	(184)
二、人发中硅的测定	(184)
三、体液中硅的测定	(186)
四、脏器和软组织中硅的测定	(190)
五、钙化组织样品中硅的测定	(190)
六、其它样品中硅的测定	(191)
第五节 痕量碘的测定	(192)
一、引言	(192)
二、人发中碘的测定	(193)
三、体液中碘的测定	(193)
四、脏器和软组织中碘的测定	(196)
五、钙化组织中碘的测定	(197)
六、其它样品中碘的测定	(197)
第六节 痕量锡的测定	(199)
一、引言	(199)

二、人发中锡的测定	(200)
三、体液中锡的测定	(200)
四、脏器和软组织中锡的测定	(203)
五、其它样品中锡的测定	(205)
参考文献	(206)
第七章 潜在作用元素	(209)
第一节 所论元素的生物化学效应	(209)
第二节 痕量铝的测定	(210)
一、引言	(210)
二、人发中铝的测定	(211)
三、体液中铝的测定	(213)
四、脏器和软组织中铝的测定	(215)
五、钙化组织中铝的测定	(216)
六、其它生物样品中铝的测定	(217)
第三节 痕量砷的测定	(219)
一、引言	(219)
二、人发中砷的测定	(221)
三、体液中砷的测定	(223)
四、脏器和软组织中砷的测定	(225)
五、砷的形态分析	(226)
第四节 痕量硼的测定	(229)
一、引言	(229)
二、人发中硼的测定	(229)
三、体液中硼的测定	(231)
四、软组织中硼的测定	(233)
五、钙化组织中硼的测定	(234)
六、其它样品中硼的测定	(235)
第五节 痕量锆的测定	(237)
一、引言	(237)
二、人发中锆的测定	(238)
三、体液中锆的测定	(238)
四、其它样品中锆的测定	(240)
第六节 痕量锂的测定	(242)
一、引言	(242)
二、体液中锂的测定	(242)
三、水样中锂的测定	(246)
第七节 痕量稀土元素的测定	(247)
一、引言	(247)
二、人发中稀土元素的测定	(249)
三、软组织中稀土元素的测定	(251)
四、钙化组织中稀土元素的测定	(252)
五、其它样品中稀土元素的测定	(252)
第八节 痕量铈的测定	(253)
一、引言	(253)

二、人发中锶的测定	(254)
三、体液中锶的测定	(255)
四、软组织中锶的测定	(257)
五、钙化组织中锶的测定	(257)
六、其它样品中锶的测定	(258)
参考文献	(259)
第八章 常见有害环境元素	(262)
第一节 引论	(262)
一、常见有害环境元素的毒性	(262)
二、常见有害环境元素在人体内的分布	(262)
三、有害环境元素的螯合促排	(263)
第二节 常见有害环境元素的生物化学作用	(264)
一、镉的生物化学作用	(264)
二、汞的生物化学作用	(265)
三、铅的生物化学作用	(265)
四、氡、铀、钍和放射性核素	(266)
第三节 痕量镉的测定	(266)
一、引言	(266)
二、人发中镉的测定	(267)
三、体液中镉的测定	(269)
四、脏器和软组织中镉的测定	(271)
五、钙化组织中镉的测定	(273)
第四节 痕量汞的测定	(273)
一、引言	(273)
二、人发中汞的测定	(274)
三、体液中汞的测定	(275)
四、脏器和软组织中汞的测定	(277)
五、钙化组织中汞的测定	(278)
第五节 痕量铅的测定	(278)
一、引言	(278)
二、人发中铅的测定	(278)
三、体液中铅的测定	(280)
四、脏器和软组织中铅的测定	(283)
五、钙化组织中铅的测定	(285)
第六节 痕量氡的测定	(285)
一、引言	(285)
二、室内氡的测定	(286)
三、水中氡的测定	(287)
第七节 痕量铀的测定	(287)
一、引言	(287)
二、人发中铀的测定	(287)
三、体液中铀的测定	(288)
四、脏器和软组织中铀的测定	(289)
五、钙化组织中铀的测定	(290)

六、其它样品中铀的测定	(290)
第八节 痕量钍的测定	(292)
一、引言	(292)
二、体液中钍的测定	(292)
三、脏器和软组织中钍的测定	(292)
四、钙化组织中钍的测定	(294)
五、其它样品中钍的测定	(294)
第九节 放射性核素的测定	(296)
一、引言	(296)
二、人体组织中放射性核素的测定	(296)
三、水样中放射性核素的测定	(297)
四、食品中放射性强度的测定	(297)
五、环境试样中长寿命放射性核素的测定	(298)
参考文献	(299)
第九章 正常人组织、体液中的微量元素含量	(303)
第一节 正常人体组织中的微量元素含量	(303)
第二节 正常人血液中的微量元素含量	(308)
一、健康人全血微量元素含量	(308)
二、正常人血清微量元素含量	(311)
三、正常人血浆中微量元素含量	(322)
四、正常人红细胞中微量元素含量	(323)
第三节 人发中的微量元素含量	(323)
一、国外资料报道的头发微量元素含量	(323)
二、国内不同地区人群头发微量元素含量	(335)
第四节 人尿中微量元素含量	(346)
第五节 其它体液和排泄物中的微量元素含量	(351)
参考文献	(355)
第十章 食物中的微量元素含量	(359)
第一节 粮谷类	(359)
第二节 蔬菜瓜果类食物中的矿物元素含量	(360)
第三节 动物性食物中的矿物元素含量	(369)
一、畜肉类及制品	(369)
二、禽类及制品	(371)
三、水产类	(373)
第四节 杂类食物	(377)
第五节 菌藻类	(377)
第六节 乳类	(378)
第七节 酒、糖、糕点及小吃中的矿物元素含量	(379)
第八节 其它食物	(381)
参考文献	(382)
第十一章 常用中草药中的微量元素含量	(383)
第一节 数据说明	(383)
第二节 常用中草药中的微量元素含量	(384)

第三节	中成药的元素含量	(437)
第四节	中药炮制辅料中的元素含量	(441)
参考文献		(442)
第十二章	中国矿物药中的元素含量	(444)
第一节	天然金属类矿物药中的元素含量	(444)
第二节	天然非金属类矿物药中的元素含量	(461)
第三节	岩石类矿物药中的元素含量	(470)
第四节	古生物类矿物药中的元素含量	(473)
第五节	现代生物骨骼及贝壳类矿物药中的元素含量	(477)
第六节	复方类和加工类矿物药中的元素含量	(483)
第七节	盐类矿物药中元素含量	(485)
第八节	硝类矿物药中元素含量	(485)
第九节	矾类矿物药中元素含量	(486)
第十节	动物药中元素含量	(486)
参考文献		(487)
第十三章	空气和饮用水微量元素标准	(488)
第一节	空气中微量元素卫生标准	(488)
第二节	饮用水的微量元素标准	(489)
参考文献		(490)
第十四章	必需微量元素的每日推荐量	(491)
参考文献		(494)
第十五章	微量元素与代谢疾病	(495)
第一节	心血管疾病	(496)
一、	冠心病、风湿性心脏病、心肌病	(496)
二、	高血压	(501)
三、	动脉粥样硬化	(503)
第二节	消化系统疾病	(505)
一、	胃、十二指肠疾病	(505)
二、	胰腺、胆囊疾病	(506)
三、	肝脏疾病	(507)
第三节	泌尿系统疾病	(511)
第四节	生殖系统疾病	(516)
第五节	神经精神疾病	(520)
第六节	糖尿病	(525)
第七节	缺铁与贫血	(529)
第八节	五官、皮肤疾病	(532)
第九节	肿瘤	(537)
一、	脑肿瘤	(537)
二、	肺癌、支气管癌	(538)
三、	鼻咽癌、喉癌、食管癌	(541)
四、	肝癌、胰腺癌、胃肠道肿瘤	(544)
五、	乳腺癌、前列腺癌、卵巢癌	(547)