

氟与口腔医学

FU YU KOU QIANG YI XUE

郭媛珠 凌均荣 陈成章 主编

 科学技术文献出版社

氟与口腔医学

主 编 郭媛珠 凌均荣 陈成章
编 委 (按姓氏笔画排序)
陈成章 陈少琼 张和光
林焕彩 凌均荣 郭媛珠

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

氟与口腔医学/郭媛珠,凌均荣,陈成章主编.-北京:科学技术文献出版社,2000.10

ISBN 7-5023-3599-4

I. 氟… II. ①郭…②凌…③陈… III. 氟-关系-口腔科学-研究 IV. R78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 36923 号

出 版 者:科学技术文献出版社

图 书 发 行 部:北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图 书 编 务 部:北京市西苑南一院东 8 号楼(颐和园西苑公汽站)/100091

邮 购 部 电 话:(010)68515544-2953,(010)68515544-2172

图书编务部电话:(010)62878310,(010)62878317(传真)

图书发行部电话:(010)68514009,(010)68514035(传真)

E-mail:stdph@istic.ac.cn;stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:张金水

责 任 编 辑:张金水

责 任 校 对:李正德

责 任 出 版:周永京

发 行 者:科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者:三河市富华印刷包装有限公司

版 (印) 次:2000 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:787×1092 16 开

字 数:355 千

印 张:15.25 彩插 1

印 数:1~3000 册

定 价:26.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书是我国第一部由口腔医学和公共卫生学专家共同编写的有关氟与口腔医学和预防医学的专著。根据我国国情,全面、系统、深入地介绍“除氟害,兴氟利”的最新国内外资料,并结合作者的实践经验和科研成果阐述了以下五个问题:①氟的一般特性,它在自然界的存在和分布,人体氟的分布、来源和代谢以及分析监测方法;②氟的生理和毒理学;③龋病和氟;④地方性氟病的流行病学、发病机制、临床表现、诊断与防治;氟牙症的病理、病因、流行病学、临床表现、诊断、鉴别诊断和防治的新动向,对我国是否行饮水加氟提出新观点;⑤氟的临床应用。

我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合性出版机构,主要出版科技政策、科技管理、信息科学、农业、医学、电子技术、实用技术、培训教材、教辅读物类图书。

代 序

(一)

怀念和感谢我的叔父——香港东华三院总理郭一苇先生

一苇先生,生于1915年1月29日,卒于1990年4月26日,享年75岁,广东番禺县花地东滘乡人(今属广州市芳村区),幼年丧父,靠长兄抚养。长兄鉴于父亲经商无成,期望幼弟走“学而优则仕”之道,故取名“朝仕”以勉之。叔父排行第十一,因家贫未循序入学,只居家自学,但他聪敏过人,勤奋艰苦攻读八股文,有过目成诵,一目十行之才,幼年自学书法,字体端丽,独具一格,每逢春节,亲友求春联者,有求必应。

媛珠幼年,常随叔父左右,深受其好学之影响,一日问叔父:“为何要称你为一叔?”答曰:“做人要样样第一。”这种“第一”的精神深印在我的脑中,鼓励我能在重男轻女的大家庭里走出来,拼搏、学习!使我在漫长坎坷的岁月中,在日本侵华的铁蹄下,在过着流离失所的生活时,仍怀着满腔爱国热情,信心百倍,奋斗不息,终于取得了博士学位,为国家的教育事业而努力!

当年叔父年仅十四,不愿增加兄长的负担,毅然离家往港从商,至六叔父珠石玉器金铺当学徒。学徒要求严格,不仅要从事吹氧、炼金、琢磨玉石等工艺,还要打扫卫生,晚间他还在夜校补习英文,自学中文。不久,患了肺结核,但仍坚持工作与学习,并更名为“一苇”,以示“一苇远航”之决心。果然,天不负有心人,经多年不懈的努力,出类拔萃,在业务上已享誉珠宝玉石界,在经营方面更获巨大成就。用他自己的话来说:“我是只靠来港时的16元起家的”。他从未入小学、中学和大学,只凭自己刻苦钻研、勤奋不息,40年代成为学问与财富的佼佼者,70年代成为亿万富豪,他正是英雄莫问出身处的典范。

更令人敬佩的是,叔父富而守贫,一生工作勤奋,自奉俭朴,节衣缩食,孝敬兄嫂,严教子女,关心劳苦大众,常以“一粥一饭来之不易”为遵守格言。虽为亿万富豪,从不游山玩水,更不尝山珍海味,唯教育子女勤奋攻读致富之道。青少年时期,深受疾病折磨之苦,又受失学之困,因而对社会深怀爱心,生前捐巨资于香港东华三院以职至该院总理。一生致力于慈善事业,晚年患癌症立下遗嘱,将部分遗产捐赠给香港东华三院、香港公益会、宣明会、世界福音动员会、突破青年村、香港东华三院郭一苇中学、香港协康会、郭叶练洪早期教育中心、郭一苇教育慈善基金会等机构。秉承叔父关怀教育与医学发展之旨,《氟与口腔医学》一书亦得到其基金会支持。

为纪念叔父之德行高风,期以启迪后辈,垂范将来,特立此文,以志叔父在医疗、慈善各方面的贡献!

(二)

献给:我国第一位提出“人体摄氟多源性,食物氟的重要性和总摄氟量”观点的中山医科大学公共卫生学家陈安良教授

陈安良教授从事医疗、教育、科研等工作近 70 个春秋。他的学识渊博,刻苦勤奋,博学创新,善观察而深入思考,坚持实事求是、科学第一的精神。他在研究氟与健康方面有所创新,为开创口腔医学氟研究的先驱。

1971 年,陈安良教授提出“人体摄氟的多源性,食物氟的重要性和总摄氟量”的观点,并通过多年实践得以证实,打破了数十年来 Dean 提出的“人体摄氟只来自水”的观点,对国内外的氟研究有一定的影响。

感谢他对我在氟研究方面的多年培养,学习他终生为人类健康服务的精神。鉴于氟元素对人类健康的影响,使我萌发编写本书的愿望。近年,中山医科大学口腔医学院成立,有年轻有为的凌均荣院长,又有一批才思敏捷的研究生不断成长,口腔医学院的面貌日新月异。在凌均荣院长得知我的愿望后,立即为此书安排编写事宜,使《氟与口腔医学》一书能在短期内出版,完成我生平的愿望。最大的遗憾是恩师已于 1998 年 3 月 3 日与我们永别。为缅怀陈安良教授把一生奉献给人民的风范,特立此文以勉励后辈。

郭媛珠

2000 年 6 月

前 言

近年来,氟元素及其化合物受到的重视渐多,在世界范围内有国际氟研究协会,在美国、中国、日本和欧洲等地都有相应的氟研究协会。其原因是氟对人类、动植物和环境的影响很大。数以万计的科研人员目前仍在进行有关氟各方面课题的研究,仅就饮水加氟防龋一项,六十年来已有不少人进行研究。它对人类健康有利或有害,各有不同的看法,而且至今仍有不少争论。氟元素对人体健康的影响有其特殊性,适量时可以防龋,过量时则引起氟牙症等疾患,至于如何适当控制人体的摄入量又与地区气候、饮食习惯、年龄等有关,到目前为止,可以说仍未有一放之四海而皆准的控制标准。氟元素对人类健康影响如此重要,恐怕没有哪一个元素可以与之相比,它是近年最受重视的元素之一。

氟牙症是地氟病最早出现的体征,我国地氟病的研究和美国相似,始自口腔医学家,如1958年江惠贞、王巧璋,1964年姜元川等。他们的研究都是从流行病学方面着手的,因为当时尚处于萌芽时期。我国早年由于对氟和人体健康的关系了解不多,又受到国外对自来水加氟防龋效果报告的影响,1965年广州成为我国第一个试行在自来水中加氟的城市,但观察与研究却发现却由此引起严重的氟牙症流行。1971年,陈安良在我国首先提出“人体摄氟不止只来自水,而是多源性的,在广州的食物氟是很重要的。”他认为氟牙症是由于儿童摄氟过多并且已影响儿童身心的健康,建议终止饮水氟化而未果。此后,他率研究人员在环境氟和人体摄氟水平方面进行研究,通过实践证明他的理论是正确的,这与Dean的观点迥然不同。1983年广州市人民政府宣告:“广州市饮水氟化18年,利少弊多,全部终止”,为这场争论作出了最后结论。广州市停止饮水氟化,引起世界各国的关注,氟牙症的报道才逐渐见于文献。1988年前后,饮水氟化的国家发现“扩散”效应(“halo” effect phenomena),这时才正式公认饮水氟化的副作用是氟牙症的流行,也认识到人体的摄氟量为多氟源的累加。1990年以后,工业发达国家为防治氟牙症,进行了多种研究并采取了预防措施。氟被广泛地用于防龋,并取得显著效果。据美国1992年全国处方汇总调查说明,一些儿科、牙科医生和药剂师视氟化物为无害物质,忽视过量摄入氟的危害。1973年,WHO曾把氟列入人体必需的14种微量营养元素内,而导致氟的进一步滥用。在饮水氟化的盛行期间(1970~1980)有近40个国家和地区实行饮水氟化,还有牛奶氟化、食盐氟化、婴儿奶粉豆奶氟化、氟化物补充剂、香口胶氟化、牙膏氟化、漱口水氟化,以及在牙科诊所使用氟凝胶、封闭剂、洁牙剂等。饮水氟化引起“扩散”效应,使非加氟区在龋病率减少的同时氟牙症也流行起来。

由于广泛用氟防止龋病和优良口腔卫生保健的建立,工业发达国家的龋病率已大幅度下降,但氟牙症却呈流行趋势。饮水氟化,“扩散”效应和多氟源的结果使氟牙症已成为当今世界性问题,因此研究者认为对氟牙症和氟化物的研究还只是处于初始阶段。为防止氟牙症,日本和我国广州市是最早停止饮水氟化的国家和地区。饮水氟化已33年的芬兰也于1992年终

止。加拿大多伦多饮水氟化已 36 年,多伦多大学的教授和参议员于 1999 年 9 月呼吁说:“饮水氟化的错误现在是应该纠正的时候了!”并建议列在 2000 年选举政府的选票上以征求民意。随着时间的推移、科学的进步,工业发达饮水氟化的国家承认饮水氟化的副作用是氟牙症,也认识到人体摄氟的多源性和总摄氟量的重要性,全球许多事实使很多人重新考虑过去的定论,原来氟是被定为人体必需的 14 种微量元素之一,但 1996 年 WHO 专家委员会的观点也发生了很大的变化,氟不再被列入 14 种必需的微量元素内了。美国是饮水氟化地区最多的国家,56% 的人口饮用氟化水,虽然也有一些地区已终止氟化,但仍有计划扩大饮水氟化的地区范围,并认为饮水氟化是人体摄氟最大的来源,是有效、安全、经济的公共防龋最好的方法;还认为氟牙症是可以预防的,并于 1999 年以美国为首的国际氟研究协作组加强对氟的研究。饮水加氟受法律保护(美国于 1962 年立法),并经常对异议者加以抨击以保证饮水氟化的进行。

我国是地氟病广泛流行而又严重的国家,病区人口近 2 亿。自 1981 年,各省市纷纷进行研究并采取防治措施。氟的好处,是有显著的防龋效果;氟的坏处,是引起氟牙症流行,甚至发生氟骨症。随着时间的推移,人们已认识到微量的氟足以使人体最硬的釉质晶体受损;它的安全性有限,饮水含氟 0.5mg/L 时,已可造成氟牙症。它使牙齿釉质不透明如粉笔色,又可变成黄色或棕色和缺损,严重者还会牙齿毁形。在人民生活不断提高的情况下,越来越多的人都希望有一副漂亮洁白的牙齿;目前我国有 4500 万的氟牙症患者也渴望解决他们的疾患,因氟致残的问题更急需解决。1986 年我国氟研究协会在广州市卫生防疫站举行第 3 届学术会议,会上我国著名的预防医学家和口腔医学家等首次在温馨友好的气氛中畅所欲言,共同研究“氟害”和“氟利”,最后一致同意其利害顺序为“除氟害”,“兴氟利”。

我国地氟病的研究自 1980 年以来逐渐发展,有关研究的文献数以千计,期刊杂志也逐渐增多,研究课题广泛,受到国际重视。1994 年第 20 届国际氟研究协会学术会议在北京举行。虽然我国地氟病的研究和防治起步较晚,但现在已走在国际的前列,然而研究者对口腔医学中一些问题的认识还有不足,我国口腔医学的氟研究和实践工作,还沿着国外走过的道路进行,对我国严重的地氟病缺乏认识,现在有必要按中国国情走自己的道路。由于氟与口腔医学和预防医学的关系如此紧密,为了防治氟引起的疾病和研究氟与龋病的关系,口腔医学、预防医学以及卫生保健工作者需要共同合作。在科技文献上,我国有关书籍的出版还较少。近百年来氟的研究已不断地在变化,地氟病区的商品交流造成的“扩散”效应,以及近年时尚饮用纯水、矿泉水、汽水、苏打水、果汁、豆奶,也足以改变人体摄氟情况。为了树立以预防为主的观点,本书的出版很有必要,可以弥补我国有关氟与口腔医学和预防医学专著的空白点。

该书由中山医科大学口腔医学院郭媛珠教授、凌均荣教授和公共卫生学院陈成章教授共同主编。它是根据我国国情,向读者全面、系统、深入地介绍“除氟害,兴氟利”的最新国内外资料,并结合作者的实践经验和科研成果,本着实事求是的科学精神,在有关章节中如实地反映。广州市氟化饮水的研究起自我校,也终止于我校。我们查阅了近年最新的国内外书刊,并根据前辈的理论和实践写成此书,希望能达到总结过去、开拓未来的目的。此书适于口腔医学专业的学生、研究生、教师、医生药剂师以及口腔预防保健工作者使用,也适于预防医学专业学者和地氟病广大防治工作者和卫生政策决策部门人员参考。尽管我们共同努力完成了此书书稿,但忙中难免有错漏和不足之处,深望读者批评指正。

读者在读本书后可能会有新颖感,虽然各章节略有重复,但必要的重复有助于阅读时的衔接,读者可自由选读。作者虽观点不一,但各抒己见,将实事求是、科学第一的精神贯彻于各章节中。

本书编写过程中,受到国内外著名专家、教授、学者及研究生的支持,他们提了许多宝贵的意见。美国、新加坡、丹麦、香港等国家和地区的专家学者为本书提供了有关氟与口腔医学的参考资料(1933~2000),美国某测氟者用最新的仪器和方法为本书某些数据进行了核对;中山医大美西校友会的光华医学院校友集资捐助近年有关专著。特别是著名的医学家都在鼓励我们尽早出版此书,以求此书对人类健康和贯彻预防为主方针有所贡献。他们无私和真诚地支持我们,并再三要求不要在书上留下他们的姓名,在此向所有关怀我们的专家教授致以衷心的感谢。

中山医科大学口腔医学院、公共卫生学院

郭媛珠 凌均荣 陈成章

2000年6月

目 录

第一章 氟元素在自然界的分布	(1)
第一节 氟的物理化学性质	(1)
第二节 岩石及土壤中的氟	(2)
第三节 水中的氟	(3)
第四节 大气中的氟	(7)
第五节 生物中的氟	(8)
第二章 氟化物的检测	(17)
第一节 氟的检测方法	(17)
一、样品的预处理	(17)
二、氟离子的分离和浓缩	(17)
三、氟测定方法	(18)
第二节 无机氟、总氟和有机氟的分析	(22)
一、生物体中氟的存在形式	(22)
二、无机氟的测定	(22)
三、总氟的测定	(23)
四、有机氟分析	(23)
第三节 口腔标本的分析	(24)
一、唾液	(24)
二、全菌斑	(24)
三、菌斑液	(24)
四、釉质活检	(24)
第三章 人体氟的代谢和摄入	(26)
第一节 人体氟的代谢	(26)
一、吸收	(26)
二、血浆中的氟	(29)
三、分布	(30)
四、排泄	(32)
第二节 人体氟的来源	(33)
一、饮水和饮料中的氟	(33)
二、食物中的氟	(33)

三、婴儿食品中的氟·····	(34)
四、牙科制品中的氟·····	(34)
五、空气中的氟·····	(34)
第三节 人体摄氟情况·····	(35)
一、成人摄氟情况·····	(35)
二、儿童摄氟情况·····	(35)
第四章 氟的生理和毒性作用·····	(39)
第一节 氟对骨矿化的作用·····	(39)
一、骨的矿化·····	(39)
二、氟对骨的作用·····	(40)
第二节 氟对牙齿釉质发育和矿化的作用·····	(42)
一、牙釉质的组成和发育过程·····	(42)
二、氟对牙齿发育的影响·····	(43)
第三节 急性氟中毒·····	(44)
一、急性中毒剂量和致死量·····	(44)
二、急性氟中毒的临床特征·····	(44)
三、治疗·····	(45)
四、氟急性中毒剂量的来源·····	(45)
五、牙科制品中的氟与可能中毒量·····	(46)
第四节 其他·····	(47)
一、对肾脏系统的作用·····	(48)
二、对胃肠道系统的作用·····	(48)
三、过敏反应和免疫反应·····	(48)
四、对生殖系统的作用·····	(49)
五、遗传毒性作用·····	(49)
六、致癌作用·····	(49)
第五章 龋病的发生和发展·····	(51)
第一节 龋损形成初期釉质表面的损害·····	(51)
一、釉质表面·····	(51)
二、早期釉质龋表面的改变·····	(51)
三、龋白斑·····	(53)
第二节 釉质龋的进展·····	(53)
一、釉质龋·····	(53)
二、静止龋·····	(55)
三、釉面龋·····	(55)
四、根面龋·····	(56)
第三节 再矿化-脱矿·····	(56)

第六章 氟在龋病发生发展中的作用	(58)
第一节 口腔液体和牙菌斑中的氟	(58)
一、唾液中的氟化物	(59)
二、菌斑中的氟化物	(61)
三、龈沟液中的氟化物	(63)
四、牙釉质中的氟化物	(63)
五、口腔软组织表面或内部的氟化物	(63)
六、菌斑细菌和菌斑液氟化物在龋病中的作用	(64)
第二节 氟化物对口腔细菌的作用	(64)
一、牙菌斑中的氟化物	(65)
二、口腔细菌对氟化物的摄入	(66)
三、氟化物对代谢的影响	(68)
四、氟化物与牙菌斑生态系	(72)
第三节 氟化物与釉质间的理化反应	(75)
一、氟化物和牙釉质	(75)
二、氟化物的获得、转运和扩散	(79)
三、氟化物在龋损过程中的主动作用	(80)
第七章 防治龋病与合理用氟	(84)
第一节 氟防龋理论的建立	(84)
第二节 氟化物和龋病	(85)
一、釉质氟对龋病的影响	(85)
二、龋病与菌斑及口腔液体中氟的关系	(85)
第三节 氟的临床应用	(86)
一、氟化物的治疗作用	(86)
二、氟化物的临床意义	(87)
三、氟化物的合理应用	(88)
第八章 氟牙症	(90)
第一节 概论	(90)
第二节 氟中毒牙的组织病理学	(92)
一、正常牙釉质的组织学结构	(92)
二、氟牙症的病理变化	(93)
三、氟牙症的发病机制	(95)
第三节 氟牙症的病因	(96)
一、天然饮水含氟量	(96)
二、人体摄氟多源性	(96)
三、自来水加氟防龋	(96)
四、“扩散”效应	(100)

五、氟化物牙膏	(101)
六、氟化物补充剂	(101)
七、食物中的氟	(102)
八、饮茶造成氟中毒病	(104)
第四节 氟牙症的流行病学	(104)
一、氟牙症的历史回顾	(104)
二、氟牙症和龋病的关系	(105)
三、我国氟牙症流行情况	(107)
四、自来水加氟型氟牙症流行情况	(110)
五、影响氟牙症流行与严重程度的因素	(112)
第九章 氟牙症的临床	(117)
第一节 概论	(117)
第二节 氟牙症的临床表现	(118)
一、饮水氟浓度 1.0 mg/L 的氟牙症表现	(118)
二、饮水氟浓度 2.0mg/L 的氟牙症表现	(118)
三、饮水氟浓度 9.12mg/L 的氟牙症表现	(118)
四、乳牙氟牙症	(118)
第三节 氟牙症的分类和标准	(119)
一、Dean 氟牙症 6 级分类法	(120)
二、TF 指数(TFI)氟牙症 10 级分类法	(120)
三、Horowitz 氟牙症牙面指数 8 级分类法 TSIF	(122)
第四节 氟牙症患病率与氟牙症指数	(123)
一、Dean 氟牙症指数	(123)
二、TFI 指数	(124)
三、TSIF 指数	(125)
第五节 氟牙症的诊断与鉴别诊断	(126)
一、釉质发育不全	(126)
二、四环素牙	(127)
三、非氟斑	(127)
四、牙面外染	(127)
五、脱矿性斑	(127)
第六节 检查氟牙症时的注意事项	(128)
第七节 氟牙症的美学处理	(128)
一、引言	(128)
二、美学处理方法	(129)
第十章 氟牙症的预防	(132)
第一节 概论	(132)

第二节 制定饮水氟卫生标准	(133)
一、我国饮水氟最高容许浓度的研究	(133)
二、饮水氟的浓度 1mg/L 不适合我国	(133)
第三节 控制氟的总摄入量	(134)
一、引言	(134)
二、含氟高的饮料和食品的控制	(135)
三、氟化物牙膏的控制	(136)
第四节 我国不宜饮水氟化	(137)
一、工业发达国家饮水氟化的经验教训	(137)
二、广州、香港两地饮水氟化的经验教训	(138)
三、饮水氟化不是唯一的防龋方法	(138)
四、我国龋病发病情况	(139)
五、我国是地氟病广泛流行的国家	(140)
六、“扩散”效应	(141)
第五节 美国预防氟牙症的措施	(144)
一、前言	(144)
二、美国对氟牙症的预防	(145)
三、结语	(149)
第十一章 地方性氟病	(150)
第一节 地方性氟病的流行病学	(150)
一、环境中氟的来源	(150)
二、地方性氟病的地理分布	(153)
三、地方性氟病的人群分布	(153)
四、地方性氟病的病区类型	(154)
五、影响地方性氟病流行的主要因素	(156)
第二节 地方性氟病的发病机制	(158)
一、氟对牙齿的作用	(158)
二、氟对骨骼的作用	(158)
三、其他	(159)
第三节 地方性氟病的病理学变化	(159)
一、牙齿	(159)
二、骨骼	(159)
三、其他	(160)
第四节 地方性氟病的临床表现	(160)
一、氟牙症	(160)
二、氟骨症	(161)
第五节 地方性氟病的诊断	(162)

一、诊断流行病学的依据	(162)
二、氟牙症的诊断与鉴别诊断	(162)
三、氟骨症的诊断与鉴别诊断	(162)
四、儿童氟病的特点	(168)
五、空气污染型生活燃煤型地氟病的特征	(169)
六、联合中毒的特征	(169)
七、药物性氟中毒	(170)
八、工业性氟中毒	(170)
九、大气氟污染	(170)
第十二章 地方性氟病的防治	(172)
第一节 地方性氟病的治疗	(172)
一、氟牙症的治疗	(172)
二、氟骨症的治疗	(172)
三、地方性氟病的疗效判定标准	(174)
第二节 地方性氟病的预防	(174)
一、饮水型地方性氟病的预防	(174)
二、生活燃煤污染型地方性氟病的预防	(176)
三、地方性氟病的个人保健与防护	(176)
四、氟的卫生标准	(176)
五、地方性氟病病区划分与确定及其控制标准	(179)
第十三章 氟在防龋中的应用	(181)
第一节 氟化水	(181)
一、水氟与牙齿疾病关系的发现	(181)
二、氟化水的早期研究	(182)
三、世界各地氟化水应用情况	(183)
四、氟化水在龋病预防中的作用	(185)
五、学校饮水氟化	(186)
六、氟化水的经济学	(187)
第二节 氟补充剂、氟化盐和氟化奶	(188)
一、氟补充剂	(188)
二、氟化盐	(189)
三、氟化奶	(190)
第三节 局部用氟防龋	(190)
一、专业用氟	(191)
二、自用氟素	(193)
三、局部用氟的建议	(194)
四、氟的多重应用	(195)

第四节 含氟牙膏·····	(195)
一、含氟牙膏防龋效果的早期报告·····	(196)
二、含氟牙膏的氟浓度·····	(196)
三、不同氟化物选择和应用·····	(197)
四、氟化物与磨擦剂系统的相容性·····	(198)
五、含氟牙膏对根面龋的作用·····	(199)
六、在含氟牙膏中加入其他药物·····	(199)
附录一 饮用水的氟化物测定·····	(201)
附录二 食品中的氟化物测定·····	(212)
主要参考文献·····	(220)

第一章 氟元素在自然界的分布

第一节 氟的物理化学性质

氟(Fluorine)指氟元素,化学符号为F,是自然界固有的化学物质,约占地球表层重量的0.03%~0.08%。地壳平均含氟量大约是770mg/kg。氟在化学元素周期表中是第9位卤族元素,是典型的亲石元素,常以阴离子和络合物的形式存在。其原子序数为9,原子核由9个中子和9个质子组成。原子量为18.998。在化合物中原子价为1。在自然界中,氟一般不呈游离状态存在。游离态的氟分子由两个原子组成(F_1 氟原子, F_2 氟分子),为淡黄色气体,密度为1.69g/L,有强烈刺激性辛辣气味,强毒性。固体氟熔点为 -219.61°C ,液态氟沸点为 -188.13°C ,液态氟在其沸点时的比重为1.51。氟于湿空气中形成氟化氢(HF)或二氟化氧(OF_2)。氟是制造六氟化钠和火箭高能燃料系统氧化剂的原料。

氟元素具有极强的氧化能力,是典型的负电性元素,也是一种最活泼的非金属元素,可以直接或间接地与几乎所有其他元素化合生成相应的氟化物(fluoride)。氟元素主要是以无机氟化物的形式存在于自然界中。自然界中含氟的化合物种类很多,约有110种。最常见的含氟矿物为萤石(fluorspar, fluorite),即氟化钙或氟石(CaF_2 , 含48.7%氟),磷灰石(apatite, $[3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2]$, 含3%氟),冰晶石(氟化铝钠, cryolite, $[\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}]$, 还有铝矽酸盐(如霞石)、硅酸盐、角闪石、黄玉、电气石、云母、磷钙石、氟碎石等。我国浙江、福建、贵州等地均产有萤石,海水中以及动物的骨骼和牙齿中亦含有无机氟化物。常见的无机氟化物为氟化氢(HF或 H_2F_2),及其液态的氟氢酸、二氟化氧、三氟化氮(NF_3)、三氟化硼(BF_3)、四氟化硅(SiF_4)和氟化钠(NaF)等。氟氢酸可由硫酸与萤石反应而生成,是大多数氟化合物的起始原料。氟化氢在常温下为一气体,氟化氢的水溶液称氟氢酸,为中等强度的无机酸,具有腐蚀玻璃的特殊性能,故必须储存于铅质容器、钢瓶或塑料容器中,可应用于蚀刻玻璃器皿。其他还有氟的无机硫化物、氟的铵化合物、氟硅酸及其盐类、氟与钠的化合物、氟化铝和过氯酰氟等。

有机氟化物除少量存在于自然界(如某些植物中)外,大部分由人工合成,主要有氟代烃类、氟代环烃类、氟代羧酸类、氟代乙酸酯类和氟代酯类等。其中如氟氯甲烷、氟氯乙烷等为稳定无毒气体或低沸点液体,曾广泛应用为制冷剂。另一类含氟有机化合物为含氟聚合物如聚四氟乙烯,具有极佳的化学稳定性和耐高低温性能以及电绝缘性,可作为特殊材料广泛应用于汽车工业、航天工业。

氟的化合物大多数非常稳定,而有的氟化物则易挥发,如氟化氢。几乎所有氟化物都能被