

高等院校环境科学教材

环境化学教程

(第二版)

■ 邓南圣 吴峰 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等院校环境科学教材

环境化学教程

(第二版)

■ 邓南圣 吴 峰 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境化学教程/邓南圣,吴峰编著. —2版. —武汉:武汉大学出版社,
2006.9

高等院校科学教材

ISBN 7-307-04728-4

I. 环… II. ①邓… ②吴… III. 环境化学—高等学校—教材
IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 135818 号

责任编辑:谢文涛

责任校对:刘欣

版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×980 1/16 印张:20.75 字数:369千字 插页:1

版次:2000年1月第1版 2006年9月第2版

2006年9月第2版第1次印刷

ISBN 7-307-04728-4/X·18 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

再版前言

本教材自 2000 年第一版面世以来,转眼间 5 年已过,期间经六次印刷,表明教材受到读者的基本肯定与欢迎。

在教材使用过程中,逐步发现存在的错误,一些内容已显陈旧,非常必要对教材修订再版,以满足教学的需要。

第二版的教材仍保留了第一版以化合物在自然环境中发生的主要物理、化学和生物化学过程为主线进行编排的特色,但对这些过程表述的术语作了相应的修正,对章的顺序进行了调整,删掉了一些已显陈旧的内容,增补了相对单薄章节的内容。

在这几年间,虽然教材的修订工作在不间断地进行,但真正成稿的时间仍感偏紧,再囿于作者的专业水平,实难以窥究其存在的疏漏和错误,切盼诸位同仁和读者不惜赐教。

环境化学教程第二版终得以与读者见面,还得益于武汉大学出版社谢文涛编辑认真负责的精神与细致的编辑工作。

编 者

二零零五年七月于珞珈山

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境化学	2
一、环境化学发展概况	2
二、环境化学的分支学科及其研究内容	4
三、环境化学在环境科学中的地位与作用	6
第二节 环境化学与全球变化研究	7
一、全球变化与全球变化研究	7
二、环境化学在全球变化研究中的地位与作用	12
复习思考题	14
第二章 全球环境概述	16
第一节 大气圈	17
一、大气圈的结构	17
二、大气的组分	19
三、大气组分对太阳辐射的衰减	27
第二节 水圈	39
一、水圈的结构	39
二、天然水的分布	39
三、天然水的化学组成	42
四、水循环	44
第三节 岩石-土壤圈	46
一、土壤	46
二、土壤的矿物质及其结构	50
三、土壤有机质	59
四、土壤的性质	70
第四节 生物圈	72
一、生物圈与生态系统	72

二、生物圈与生物地球化学循环	73
三、重要化学元素的生物地球化学循环	75
第五节 全球系统的相互作用	84
一、地球系统的组成及特点	84
二、地球系统状态演变的控制因素	86
复习思考题	88
第三章 化合物在环境介质间的分配	90
第一节 化合物在环境介质间的分配	90
一、分配系数	90
二、常用的分配系数	91
三、分配系数的测定与估算方法	92
第二节 化合物在空气-水之间的分配	96
一、亨利定律	96
二、空气-水分配系数及其影响因素	98
第三节 化合物在土壤(沉积物)-水之间的分配	101
一、概念模型	101
二、分配系数 K_d	102
第四节 化合物在水-生物之间的分配	103
一、生物富集(bioconcentration)	103
二、生物富集系数及其测定与估算	103
第五节 大气中有机化合物在气体-颗粒物之间的分配	104
一、半挥发性有机化合物在气体-颗粒物之间的分布	104
二、半挥发性有机化合物在气体-颗粒物之间的分配	105
第六节 逸度模型	107
一、逸度	107
二、逸度模型的框架	107
三、逸度模型的计算	108
复习思考题	112
第四章 环境介质中的化学平衡	113
第一节 环境介质中的酸碱平衡	113
一、天然水中的碳酸盐平衡及 pH 值的影响	113
二、大气液相中 SO_2 的平衡	117
三、含氮无机物的酸碱平衡	120

第二节 环境介质中的氧化还原平衡.....	122
一、氧化还原平衡	123
二、天然水 pE	125
三、天然水中重要的氧化还原反应	125
四、水中氧化反应对化合物存在形态的影响	127
第三节 环境介质中的水解平衡.....	132
一、有机化合物的水解平衡及其动力学原理	132
二、影响水解速率的因素	133
第四节 环境介质中的配位平衡.....	134
一、配位平衡的基本概念	134
二、羟基对重金属离子的配位作用	136
三、NTA 的配合作用	137
四、天然有机配位体的配合作用	140
第五节 环境介质中的离子交换平衡.....	143
一、土壤的离子交换	143
二、土壤的阳离子交换	144
三、土壤的阴离子交换	147
复习思考题.....	149
 第五章 酸沉降的化学过程.....	150
第一节 降水中酸性物质形成的化学过程.....	151
一、二氧化硫的化学转化过程	151
二、氮氧化物的化学转化过程	156
三、有机化合物转化为有机酸的过程	159
第二节 降水的化学组成与酸度.....	160
一、降水的化学组成	161
二、降水中离子成分的相关性	162
三、降水的酸度	163
复习思考题.....	165
 第六章 环境中的微界面过程.....	167
第一节 环境中的微粒及其表面性质.....	168
一、环境中的微粒	168
二、环境中微粒的表面性质	168
第二节 矿物微粒的界面过程.....	173
一、表面配位模型	173

二、天然水体中微粒的吸附作用	178
三、胶体粒子对有机物的吸附	180
四、胶体粒子对金属离子的吸附	180
第三节 微生物表面的微界面过程	181
一、环境微生物及其表面结构	181
二、环境微生物细胞表面的微界面过程	189
复习思考题	194
第七章 环境中的光化学过程	195
第一节 光化学基础	195
一、光化学概念及光化学定律	195
二、光对分子的作用	197
三、光物理与光化学过程	203
第二节 对流层中的光化学过程	207
一、对流层清洁大气中的光化学过程	207
二、光化学烟雾	230
第三节 平流层的光化学过程	233
一、平流层化学	234
二、南极“臭氧洞”形成的化学机制	240
第四节 水生系统中的光化学过程	241
一、水生系统中活性物质生成的光化学过程	241
二、天然水中化合物的直接光解	245
三、天然水中化合物的光氧化降解	248
复习思考题	250
第八章 环境中化合物的微生物转化	252
第一节 C_1 化合物的微生物转化	252
一、环境中 C_1 化合物的来源	252
二、利用 C_1 化合物的微生物	254
三、 C_1 化合物的微生物转化	256
第二节 有机化合物的微生物降解	258
一、脂肪烃的微生物降解	258
二、卤代苯的细菌氧化	260
三、芳香烃的微生物降解	261
四、多环芳烃的微生物降解	261

五、多氯联苯的微生物降解	261
第三节 金属元素的生物甲基化	266
一、环境中金属元素甲基化的机理	266
二、环境中汞的甲基化	269
复习思考题	271
 第九章 环境中元素的化学形态	272
第一节 化学形态与效应	272
一、化学形态的基本概念	272
二、形态与物理化学性质	274
三、形态与效应	279
四、影响化学形态的因子	285
第二节 不同环境介质中金属元素的化学形态	287
一、土壤中金属元素的化学形态	287
二、水中金属元素的化学形态	289
三、溶解态金属元素的形态	291
第三节 形态分析方法与模拟计算	292
一、形态分析的发展	293
二、形态分析的类型与特点	293
三、形态分析方法	295
四、土壤或沉积物中化学形态的逐级提取法	298
五、模拟计算方法	302
复习思考题	303
 第十章 化合物在环境相间的迁移	304
第一节 双膜理论	304
一、双膜理论的基本要点	304
二、双膜理论的计算	307
第二节 大气中气态化合物从气相向气溶胶相的转化迁移	309
一、化合物由气相向气溶胶相转化迁移概述	310
二、气态无机化合物由气相态向气溶胶相的迁移	311
三、气态有机化合物由气相态向气溶胶相的迁移	313
复习思考题	321
 参考文献	322

第一章 绪 论

工业革命后,世界各国工业、农业迅速发展,人类生活水平得到了很大提高,但是人们对人类的生产、生活活动排放到环境中的化学物质会造成什么样的后果没有认识,因而产生了诸多污染事件或称公害事件。例如,20世纪30年代到60年代影响较大的公害事件有:1930年比利时马斯河谷烟雾事件,1944年美国洛杉矶光化学烟雾事件,1948年美国多诺拉冶炼厂的烟雾事件,1952年英国伦敦烟雾事件,1955年日本四日市重油烟雾事件,1953年日本的水俣病事件,1955年日本富山县的“痛痛”病事件,1968年日本的米糠油多氯联苯中毒事件。再如,近年来发现的持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)、二恶英类有毒有机物、环境内分泌干扰物的环境污染问题。除此之外,人类还面临在全球范围内对自身生产、生活乃至生存有严重影响的酸雨、南极上空的“臭氧洞”与平流层臭氧损耗、全球变暖等重大问题。

人类各种活动或自然因素作用于环境而使环境质量发生变化,由此对自身生产、生活、生存与持续发展造成不利影响的问题称为环境问题。

大量的事实及其研究结果表明,许多环境问题的产生或直接或间接与化学物质及其在环境中发生的物理、化学、生物以及生物化学过程的结果有关。例如,经过长时间的调查、研究,1968年9月,日本政府确认水俣病是人们长期食用含有汞和甲基汞的鱼、贝造成的中枢神经汞中毒,而这是因化肥厂排放废水中的汞通过水生生物的富集以及在环境中发生的由无机汞转化为甲基汞而导致的。洛杉矶的光化学烟雾是由于汽车发动机排放的氮氧化物、碳氢化合物在一定的气象、地理条件下,由阳光引发光化学反应而形成的。全球平流层臭氧损耗是由于人类使用的化学与热稳定性好的多卤代有机物——氟利昂释放于大气,在平流层发生的光化学过程所致。全球变暖主要是由于人类大量使用化石燃料,使大气层中温室气体二氧化碳浓度增加而引起的。

作为一门新兴的学科,环境化学就是在研究化学物质如何引起环境问题的过程中诞生和不断发展的。环境化学以化学物质引起的环境问题为研究对象,以解决环境问题为目标,它要了解化学物质通过何种途径进入自然环境,认识它

们在自然环境中的分布状况、存在的状态以及表现出什么样的物理和化学性质,揭示它们在自然环境中迁移、转化与归宿的规律,弄清进入自然环境的化学物质对生物、生态系统以及人类健康有何影响,然后提出控制或消除化学物质对环境不利影响的措施与办法。因此,在人类保护环境的各种努力中,环境化学起着十分重要的作用,它是化学学科的一个重要分支,也是环境科学的核心组成部分。

第一节 环境化学

一、环境化学发展概况

环境化学作为一门学科,是在人类解决环境污染问题和全球环境问题的过程中逐步形成和不断发展的。

1. 环境化学的形成与发展

有关环境化学形成、发展阶段的划分,目前尚未有统一的认识。我们以为,环境化学的形成与发展大致可划分为三个阶段:形成阶段(1972年以前),快速发展阶段(1972~1995年)和趋向成熟的发展阶段(1995年以后)。

a. 形成阶段

这一时期的时间段大致为20世纪50年代至1972年斯德哥尔摩联合国人类环境会议的召开。在此之前,人们已经对水化学、大气化学、土壤化学开展了多年的研究,但这不是现代意义上的环境化学。正如前面讨论所指出,20世纪30~50年代,已经出现了一些因污染而造成严重后果的事件,为了解这些问题产生的原因,化学、生物学、地学、医学等传统学科的研究人员从不同角度开展了研究。通过多年的研究,使人们对这些环境污染问题产生的原因有较好的了解,建立了环境中微量污染物的分析方法,并认识到化学物质在环境中的行为相当复杂。在这一时期内,环境化学的教材和专著开始出现,1969年美国化学学会出版了《净化我们的环境,行动的化学基础》,次年出版了 *Environmental Science & Technology* 杂志,1972年 S. E. Manahan 编著的《环境化学》出版。

b. 快速发展阶段

这一时期的时间段可以认为从1972年斯德哥尔摩联合国人类环境会议的召开至1995年。在此期间,环境化学的研究范围不断扩大,对化学物质在大气、水体、土壤等自然环境中的迁移、转化和归宿及效应开展了多方面的研究。比较著名的有:超音速飞机在平流层飞行过程中排出大量的氮氧化物对臭氧层破坏作用机理的研究,氟利昂在平流层破坏臭氧层的机制的研究等。

c. 趋向成熟的发展阶段

几十年来,通过各国科研人员的努力工作,环境化学得到了长足的进步,已经步入趋向成熟的发展阶段,最显著的标志是1995年度的Nobel化学奖授予了三位环境化学家,他们是:California大学Irvine分校的F. Sherwood Rowland教授,麻省理工学院的Mario Molina教授和德国的Max Planck化学研究所的大气化学部主任Paul Crutzen教授。这一事件充分肯定了环境化学在解决局部环境问题和全球环境问题中发挥的重要作用,也标志着环境化学已趋于成熟,并为世界主流科学认可。这一时期,环境化学的研究与其他学科交叉渗透,不断开拓新的研究领域,研究不断深入,学科体系逐步形成。

2. 环境化学的内涵

a. 环境化学的定义

环境化学学科研究所涵盖的范围目前仍未有一致意见。纵观环境化学的发展历程和国内外目前研究的动态,环境化学有广义和狭义的两个稍有不同的定义。

广义的环境化学定义:环境化学是一门研究化学物质在自然环境中的来源、存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法的学科。

狭义的环境化学定义:环境化学是一门研究化学物质在自然环境中的来源、存在、化学特性、行为和效应的学科。

为了使读者了解环境化学学科的概貌,本教材在第一章介绍环境化学时,采用广义的定义,而全书所介绍的内容则局限于狭义的定义所涉及的范围。

b. 环境化学研究的内容

环境化学研究的内容可归纳如下:

- (1)环境中化学物质的来源、分布、迁移、转化、归宿与效应;
- (2)全球环境各圈层中化学物质发生的各种物理、化学、生物化学过程及其变化规律;
- (3)人类活动产生的化学物质对全球环境各圈层中发生的各种物理、化学、生物过程的干扰、影响的机理以及对生物圈和人类生存的影响;
- (4)各种污染物的减少和消除的原理与方法。

c. 环境化学的特点

环境化学在原子、分子微观的水平上,研究和阐明化学物质引起的宏观环境现象和变化的化学原因、过程机制及其防治途径,这是其十分突出的特点。

环境化学的重心是环境中化学物质化学转化的规律、所产生的效应以及化学污染控制的原理与方法。

二、环境化学的分支学科及其研究内容

1. 环境化学的分支学科

环境化学分支学科的分类及其名称迄今尚不一致,根据国际以及我国近 30 年环境化学教学和科研的实践,对环境化学的分支学科作以下划分(见表 1.1)。

表 1.1

环境化学的分支学科

环 境 化 学	
环境分析化学	污染控制化学
(1)环境有机分析化学	(1)大气污染控制化学
(2)环境无机分析化学	(2)水污染控制化学
大气、水体和土壤环境化学	(3)土壤与固体废弃物污染控制化学
(1)大气环境化学	污染生态化学
(2)水环境化学	理论环境化学
(3)土壤环境化学	

2. 分支学科研究的内容

a. 环境分析化学

环境分析化学是一门运用现代科学理论和先进实验技术,建立自然环境中化学物质的种类、成分、形态及含量的鉴定和分析方法的学科。

环境分析化学是环境化学的一个重要分支,也是环境科学研究和各项环境保护工作极为重要的基础。其主要研究内容有:环境中痕量和超痕量污染物的分离、分析方法,形态的区分与分析方法,实时在线分析方法,环境标准物的研制,典型污染物的分析等等。

b. 大气、水体、土壤环境化学

大气、水体、土壤环境化学通常也简称环境化学,即前面提及的狭义环境化学。

它研究在全球环境各圈层中化学物质的来源、迁移、所发生的各种物理、化学与生物化学过程的规律,及人类各种活动所产生的污染物对这些过程的干扰与影响。

(1)大气环境化学。

大气中化学物质(包括污染物)的表征;大气中化学物质的化学过程的研究,主要涉及大气光化学、自由基反应、非均相化学过程等;对流层、平流层中痕量气

体(CO 、 CH_4 、 O_3 和卤代有机物等)的化学过程研究;大气污染化学模式(光化学烟雾模式、酸性干湿沉降模式等)的研究;室内空气质量的研究,等等。

(2)水环境化学。

水体界面化学过程的研究;金属元素形态及其转化动力学的研究;有机物化学转化的研究;水中有机物光化学过程研究;有机物迁移转化模型的研究;金属和类金属元素的环境甲基化研究;污染物在水体多介质体系中的迁移、转化研究,等等。

(3)土壤环境化学。

化学物质在土壤中迁移与转化;土壤中金属元素存在形态及转化过程的研究(存在形态、土壤固/液界面作用等);稀土元素的迁移转化及其效应问题;土壤中温室气体释放的研究(CH_4 、 CO_2 、 N_2O 等的排放)。

c. 污染控制化学

污染控制化学与环境工程学、化学工程学有着密切的关系。它研究与污染控制有关的化学机制与工艺技术中的化学基础性问题,以便最大限度地控制化学污染,为开发经济而高效的污染控制技术,发展清洁工艺提供科学依据。

污染控制目前有两种模式,一种为传统的管端控制(end-of-pipe control)或称末端控制模式,另一种为污染预防(pollution prevention)或清洁生产(cleaner production)模式。

末端污染控制模式是在污染产生的终端进行处理,可细分为大气污染控制化学、水污染控制化学和土壤与固体废弃物污染控制化学。

(1)大气污染控制化学。

主要研究燃煤和燃油产生的硫氧化物和氮氧化物、挥发性有机物等污染物的控制,包括新型吸附剂、催化剂制备与表征及性能的研究,吸附、催化机理的研究;室内化学污染物控制的研究,等等。

(2)水污染控制化学。

主要有水污染控制材料的化学基础性研究,包括高效絮凝剂的制备、表征与性能及絮凝机制的研究。水污染控制的光化学原理与方法的研究,包括高效光催化剂的制备、表征、光催化降解污染物机制的研究;高效生物处理方法与技术的研究;化学方法与生物方法联合处理技术的研究,等等。

(3)土壤和固体废弃物污染控制化学。

对于土壤污染控制化学而言,主要表现在土壤的化学修复方面,研究的主要内容有:污染土壤修复机理及技术;用于污染土壤修复的表面活性剂、化学固化/吸附剂、液相萃取、超临界萃取、光降解和膜分离等化学处理原理与技术的研究;化学方法和生物方法相结合的污染土壤修复技术的研究。

固体废弃物的污染控制集中在农用地膜覆盖残体及各种废弃塑料的化学降解原理与方法的研究,工业废渣与固体废弃物综合利用中的化学基础性问题等等。

清洁生产/污染预防的污染控制模式正在逐步取代末端污染控制模式,从而使污染控制化学的研究正在发生根本的转变。相关的化学研究也称绿色化学或环境无害化学,是从化学反应入手,研究能够在源头上减少或消除环境污染,并创造出生产单位产品的产污系数最低、而且资源及能源消耗最少的先进工艺技术。

d. 污染生态化学

污染生态化学主要研究化学污染物质引起的生态效应的化学原理、过程和机制。在宏观上研究化学物质在维持和破坏生态平衡中的基本化学问题,在微观上研究化学物质和生物体相互作用过程的化学机制。它是环境化学、生物学、医学等学科的边缘领域,目前正处于发展的初期阶段,近年来越来越受到国内外环境界的重视。

目前,国内外主要研究的方向有:化学污染物与生物体的相互作用的过程与机制;复合化学污染物胁迫的生态效应;化学污染物低剂量、长期的生物与生态效应;化学污染物对人体健康的低剂量、长期效应;化学污染物的生态风险评估,等等。

e. 理论环境化学

理论环境化学涉及自然环境中化学物质的化学动力学,化学污染物结构与性质和生物活性的相关性,化学计量学在环境化学研究中的应用,多介质系统化学物质迁移、转化模式及预测等等。

三、环境化学在环境科学中的地位与作用

环境化学是环境科学的一门极其活跃的分支学科。改善环境质量、合理利用资源、社会的持续发展和保护人体健康已经成为当代国民经济建设发展战略的重要组成部分,所有这些都离不开环境化学。它在环境科学中的地位与作用体现在以下几方面:

(1)环境化学是环境科学的核心学科。大量的局部和全球环境问题都直接或间接与化学物质有关,对许多环境问题的认识与解决离不开环境化学。

(2)环境化学可揭示全球环境问题产生的本质。如臭氧损耗、温室效应这些问题都是宏观现象,正是环境化学从微观的原子、分子水平上研究,阐明了宏观的环境现象和环境变化的原因、过程机制,提出了防治途径。

(3)环境化学可揭示局部环境问题的症结。如富营养化的研究,光化学烟雾的研究,水俣病的研究等,都是通过环境化学的研究,揭示了产生这些问题的

原因。

(4)环境化学可为国际、国家及各级政府制定环境决策提供理论支持。

(5)环境化学可为环境污染的控制提供新理论、新方法和新技术。

第二节 环境化学与全球变化研究

《21 世纪议程》指出：“目前，全球变化是几百年来最快的。”从 20 世纪 80 年代以来，为了了解地球系统在行星尺度上发生变化的原因，了解人类社会生存的基础，解决人类社会的可持续发展等重大问题，世界各国科学界开展了全球变化研究。迄今，全球变化研究已经成为国际科学界和政治界最为关注、参与的国家 and 科研人员最多、涉及的学科领域最广、国际合作最为密切、综合研究的要求最高、影响最为广泛的跨世纪重大研究主题。

本节对全球变化研究作一简要的介绍，其目的是：一方面使读者了解这一重大研究的发展过程与目前开展的研究活动；另一方面希望读者思考在全球变化研究的背景下，环境化学如何更好地开展研究。

一、全球变化与全球变化研究

1. 全球变化

在不同的时间尺度和空间尺度上，地球自诞生以来一直不断地发生着演化。地球在行星尺度上发生的演化称为全球变化。

在时间尺度上的全球变化可以分为五个时间段(见表 1.2)。

表 1.2 全球变化时间段的划分

几百万至几十亿年	几天至几个季度
几千年至几十万年	几秒至几小时
几十年至几百年	

当前，人类最为关注的是几十年至几百年的时间尺度上的全球变化。原因有三：

- 此时间尺度的全球变化是地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈和生物圈之间的相互作用的结果，并由外部能量——太阳辐射驱动；

- 人类活动已成为推动地球系统变化的一种强迫力量，其产生的结果在十年到百年尺度的变化上已与自然发生的变化相当或过之；

● 在此时间尺度内,人类历经几代人的生活,人类社会感受到的全球变化影响也最为强烈。

2. 全球变化研究

a. 全球变化研究

当今,人类活动对全球环境的影响已从农业文明时代的局部影响进入了全球影响的时代,出现了许多全球性环境问题,如平流层臭氧损耗、温室气体增加引发全球变暖、酸雨等。1992年9月,联合国在巴西里约热内卢召开了“环境与发展”的全球会议,所发表的文件《21世纪议程》指出:“目前,全球变化是几百年来最快的”。全球性环境问题的出现、人类对地球系统作用的明显增强等迹象表明,地球系统的结构与功能正在发生变化,地球系统的演化正进入一个新的突变期。

人类只有一个地球,保护全球环境是人类的共同责任。一方面为了更好地认识我们居住的行星,从根本上了解全球变化产生的各种自然原因以及人类活动的影响,从而采取有效的措施,保护人类与生物赖以生存的地球,使人类社会得以持续发展;另一方面由于地球环境是由一系列密切联系的物理、化学、生物和社会经济系统构成的,在这些系统中发生着大尺度的相互作用,欲达到上述目的,需要世界各国科学界开展全球变化研究。

全球变化研究是跨地球科学、环境科学、生物学等自然科学和经济学、管理学、人口学等社会科学的交叉、综合的研究体系,其任务是描述和理解人类赖以生存的地球系统及其运转的机制、变化规律以及人类活动对地球系统的影响,提高对地球系统未来变化的预测能力,为解决全球环境问题和可持续发展的决策提供科学依据。

b. 全球变化研究发展概况

全球变化研究是一个涉及人类社会可持续发展甚至地球的可居住性等的重大战略性课题,受到世界各国人民的普遍关注。全球变化的研究是从20世纪70年代末开始的,80年代初开始提出、规划,并从80年代中、后期陆续开始实施,以1986年9月在瑞士伯尔尼召开的国际科学联合理事会(International Council for Scientific Unions, ICSU)第21届大会为标志,此次大会一致通过发起国际地圈-生物圈研究计划(IGBP)。

进行全球变化研究之所以能从20世纪80年代中期得以开展,主要有三个原因:

- 通过近几十年来对地球系统的研究,获得了许多新的认识 and 了解;
- 当时科学技术的发展为全球变化研究提供了有力的技术保证;
- 世界科学界一致认识到,欲充分了解地球系统复杂的运行机制、各自然