



氨基酸

生物地球化学

王将克 陈水挟 编著
钟月明 罗红红

科学出版社

13届国际第四纪研究联合会大会系列书

氨基酸生物地球化学

王将克 陈水挟
钟月明 罗红红 编著

科学出版社

1991

内 容 简 介

氨基酸生物地球化学是一门新兴的交叉学科,它的发展,对地学有关学科的深入研究将起到促进作用。

本书首先介绍学科的有关基础知识;然后介绍地球上蛋白质的存在形式和氨基酸的来源及演化;接着介绍氨基酸的研究方法和分析技术;最后重点阐述氨基酸在生命起源、生物进化、考古、外生(有机、金属)矿床和第四纪及土壤学等方面的应用。

本书内容丰富,论述全面,可作为有关学科的科研人员、大学高年级学生和研究生参考书。

13 届国际第四纪研究联合会大会系列书

氨基酸生物地球化学

王将克 陈水挟 编著

钟月明 罗红红

责任编辑 吴寅泰

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

北京怀柔县黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年7月第一版 开本: 787×1092 1/16

1991年7月第一次印刷 印张: 20 1/4 插页: 2

印数: 0001—1 000 字数: 456 000

ISBN 7-03-002481-8/P·505

定价: 24.00 元

序

国际第四纪研究联合会 (International Union for Quaternary Research, 简称 INQUA) 第 XIII 届大会 (XIII Congress) 将于 1991 年 8 月 2 日至 9 日在北京召开。这是中国第四纪学术界的一件大事。它标志着中国第四纪研究国际交流的日益活跃和科学水平的普遍提高。为了纪念在中国首次召开这样一个具有历史意义的国际大会,中国科学院和有关部门的学者们把近年来研究的成果汇集出版“13 届国际第四纪研究联合会大会系列书”。

这套系列书的内容不仅包括第四纪地层、古生物、古人类、黄土、冰川、地球化学、海洋地质和海陆对比等方面的科学研究成果,也有全国百余位专家为这次大会专门撰写的关于中国在第四纪各分支学科领域研究成果的综述。从某种意义上讲,这些著作与其它为这次大会出版的书刊一起,体现了中国第四纪研究 40 年来,特别是近 10 年来的进展,是对已有成就的概括和总结。它们不仅为会议增添了学术交流的内容,而且也是我国第四纪研究今后迈上新台阶的很好的基础。

中国地处欧亚大陆东侧,其第四纪时期环境演变历史有其区域性的特点和规律,同时也受全球性的共同规律的制约。在全球变化受到广泛而日益重视的今天,人们更加认识到区域研究在全球研究中的重要性。为解决全球第四纪研究的问题做出自己的贡献,是中国地球科学工作者无可推卸的责任,也是无尚的光荣。我们愿为国际第四纪研究事业的不断发展和合作而努力。预祝大会圆满成功!

中国科学院副院长

孙 鸿 烈

序

继《氨基酸地质年代学》一书问世之后,《氨基酸生物地球化学》也将出版,这是我国生物地球化学界的一件喜事。

说也奇怪,生物地球化学是地球化学领域中最早建立的分支学科之一,它的奠基人,苏联维尔纳茨基院士,早在本世纪30年代就写出了若干有重要意义的生物地球化学论文。但是,从过去半个多世纪的发展看,不少较生物地球化学建立晚得多的地球化学分支,如微量元素地球化学、同位素地球化学、实验地球化学等得到了迅猛的发展,与生物地球化学关系十分密切的有机地球化学更是进展神速。大量成果的发表,不少装备精良实验室的建立及得力的骨干队伍的成长等就是标志。相形之下,生物地球化学便显得有些落后。虽然生物地球化学和有机地球化学有着不少交叉领域,有机地球化学的发展不可避免地会给生物地球化学带来新的内容、思路和方法,但生物地球化学究竟还是有它本身的特定研究领域和对象的。

这里,我们不能过多地分析造成这一不平衡发展的原因,但大致不外是生物地球化学在选题、设计、实验等方面难度都较大,探索性强等。尽管如此,在世界上若干重要实验室,如苏联莫斯科的地球化学及分析化学研究所,美国华盛顿加内基学院的地球物理实验室都在埋头苦干地进行经典的生物地球化学研究。

在生物地球化学研究中,无疑氨基酸是重要对象。三十多年前,人们首次从化石中提取了一些氨基酸。自此以后,地质体(包括陨石)中氨基酸的研究便吸引了地球化学工作者的注意。时至今日,利用氨基酸的组成、演化,可以进行年龄测定(包括地质、考古对象),古温度测量,沉积速率测定,探讨地质历史中蛋白质的成岩机理和有关的生物进化及生命起源问题。应当说,在氨基酸生物地球化学领域内已经做出了一批重要成果。更重要的是,它有着广阔的前景,因为它处在生命科学和地球科学的前沿。

在我国,地质体中氨基酸的测定和研究起始于70年代。进入80年代,中山大学地质系建立了我国第一个氨基酸实验室,并出了若干成果。本书就是这个实验室辛勤创业的成果结合他们自己的研究所得与国内外新近的氨基酸生物地球化学资料写成的。

祝愿本书的出版将进一步推动我国氨基酸生物地球化学及整个生物地球化学事业的发展。

涂光炽

1989年10月31日

序

氨基酸生物地球化学是本世纪 60 年代以来,随着化学、生物学和地学的相互渗透以及高精度分析技术的应用而逐渐发展起来的一个新的研究领域。

《氨基酸生物地球化学》一书是作者根据近二三十年来国内外有关文献资料和《第一届国际氨基酸生物地球化学学术会议论文集》的内容,并结合他们自己历年来从事这方面科研和教学工作的总结编写而成的。作者就氨基酸生物地球化学的研究对象、内容和方法等问题,提出了自己的见解,并做了高度的概括。本学科应用生物化学、有机化学以及生物学的原理和方法,研究自三十多亿年以来,从生命开始直至现代,地球上(包括岩石圈、水圈和大气圈)生物来源的蛋白质、肽和氨基酸的残留物在时间和空间上的分布特征和转化规律,从而开展与古生物学(起源、生物进化)、生物地层学、沉积学、石油地质学、地质年代学以及有机矿产成因等方面有关问题的研究。由此可见,《氨基酸生物地球化学》一书取材广泛,题材新颖、内容丰富,有独到之处,是一种创新。

氨基酸生物地球化学是一门新兴的边缘学科,它具有广阔的发展前景,目前还处于发展的初级阶段。该书的出版填补了我国地学科学的一个空白,将为我国进一步深入地开展这一领域的研究奠定基础。

杨遵仪

1989 年 11 月 18 日

前 言

氨基酸生物地球化学是介于地学、生物学和化学的交叉性学科，是地学中一个全新的研究领域，也是地学学科发展的必然产物。地质体中氨基酸的研究历史并不长，本世纪 60 年代才在国外发展起来，而我国起步更晚。近 20 年来，我国从事这方面研究的科学工作者主要是引进、介绍国外有关这个领域的研究状况和研究成果，同时也开展一些基础实验研究工作，从不同侧面提出有关的研究课题。这些年来，做了不少工作，也发表了许多重要的学术论文。在国外，有关这方面的学术论文不少，但相当分散地发表在不同的学术刊物中。1980 年在美国纽约出版了《氨基酸生物地球化学第一届国际学术讨论会论文集》，除此之外，还未见对本研究领域作为一门新学科进行系统论述的著作。

十多年来，我们在从事地质体氨基酸的科研和教学实践中体会到，每一门学科的发展都要经历一个循序渐进的过程，也就是由不成熟到成熟的发展过程。氨基酸生物地球化学也不例外，它是一门新兴的学科，其理论体系和研究方法也在不断完善，这就需要对本学科的研究成果不断总结，以期逐渐提高本学科的研究水平。同时，我们也深切地期望，氨基酸生物地球化学作为一门新的学科，必须有专门的论著系统地阐明本学科的理论体系，包括本学科的理论基础、研究对象、研究内容和研究方法等。本书的编写是在这种思想指导下进行的。

《氨基酸生物地球化学》一书是以我们近十年来在从事地质体氨基酸的科研和教学工作中取得的成果和对本学科的认识为基础，并利用搜集到的新近国内外有关文献资料撰写的。本书也是我们实现在我国发展本学科的总体设想——建立地质体氨基酸研究实验室，培养专业人才，出版本专业论著和开展国内外学术交流的组成部分。

本书是继《氨基酸地质年代学》(1986 年，海洋出版社)一书问世后的又一著作，它连同《氨基酸地质年代学》曾作为我们培养氨基酸地质年代学硕士研究生的专业必修教材。

氨基酸生物地球化学是这一研究领域的基础理论学科，期望本书的出版能为我国进一步开展这一领域的研究打下初步基础，也为培养这方面的人才提供比较系统的专业基础理论知识。

本书的编著由王将克负责总体安排，拟定编写提纲。全书采取分工执笔，共同研讨，反复修改的办法，最后由王将克审定。各章的大体分工是：导言、第十一章（第三节除外）、第十三章、第十四章、第十六章第二节，由王将克执笔；第一章、第二章、第九章、第十五章、第十六章第一节，由钟月明执笔；第三章、第八章、第十章、第十一章第三节、第十二章，由陈水挾执笔；第四章、第五章、第六章、第七章，由罗红红写初稿，陈水挾修改并确定第二稿。

本书得以出版，承蒙多方的关怀和支持。涂光炽先生和杨遵仪先生为本书撰写了序言；刘东生先生，吴汝康先生和蒲蛰龙先生分别向科学出版社推荐本书；赵资奎先生和

洪友崇先生分别评审了书稿；杨遵仪先生，中山大学前任校长、党委书记黄焕秋同志，中山大学研究生院副院长黄茂春同志和生物工程研究所所长李宝健同志一直给予我们亲切的关怀和热情的帮助；中国科学院科学出版基金委员会、香港知名人士何善衡和梁铨琚两位老先生资助本书出版。此外，方佩娟小姐清绘了全书的插图。笔者谨此致以衷心的感谢。

鉴于氨基酸生物地球化学是一个新的研究领域，一些研究工作还处于探索阶段，加之作者水平所限，因而，书中错误在所难免，恳请读者给予指正。

文中非法定计量单位与法定计量单位的换算关系为：

克分子浓度 $1M \triangleq 1\text{mol/L}$

热 量 $1\text{cal} = 4.1840\text{J}$

目 录

序 (孙鸿烈)	i
序 (涂光炽)	iii
序 (杨遵仪)	iv
前言	v
导言	1

第一篇 基础知识

第一章 地球上蛋白质的来源	8
第一节 生命——蛋白质的母源	8
第二节 生物圈和生物的进化	14
第三节 有机圈及有机质的演变	20
第二章 生物体的硬组织	27
第一节 生物硬组织的物质组成	27
第二节 生物硬组织的形成作用	29
第三节 各类生物硬组织	31
第三章 蛋白质的化学性质	41
第一节 蛋白质概述	41
第二节 蛋白质的基本单位——氨基酸	42
第三节 蛋白质的结构	47
第四节 蛋白质的重要性质	50

第二篇 地球上的蛋白质残余物

第四章 化石中的蛋白质残余物	54
第一节 骨化石中的蛋白质保存状态	54
第二节 牙化石中的蛋白质保存状态	57
第三节 软体动物壳化石的蛋白质保存状态	59
第四节 腕足动物壳瓣化石的蛋白质保存状态	62
第五节 笔石围鞘及三叶虫背壳化石的蛋白质保存状态	63
第六节 卵壳化石的蛋白质保存状态	64
第七节 木化石的蛋白质保存状态	65
第五章 沉积物中的蛋白质残留物	68
第一节 陆相沉积中的蛋白质残留物	68
第二节 海相沉积中的蛋白质残留物	82

第三节 沉积岩中的蛋白质残留物·····	91
第六章 海水中的氨基酸·····	93
第一节 海水中氨基酸的来源及存在状态·····	93
第二节 海水中氨基酸的循环作用·····	95
第三节 不同海区中氨基酸的分布·····	100

第三篇 地质体中蛋白质的成岩作用

第七章 蛋白质的成岩作用·····	116
第一节 水解作用·····	116
第二节 分解作用·····	118
第三节 聚合作用·····	129
第四节 流失作用·····	132
第八章 蛋白质氨基酸的外消旋作用·····	134
第一节 结构因素对氨基酸外消旋动力学的影响·····	134
第二节 外界因素对氨基酸外消旋作用的影响·····	145
第三节 氨基酸外消旋反应的动力学模式·····	152

第四篇 研究方法

第九章 样品的采集和氨基酸的提取·····	166
第一节 样品的采集和预处理·····	166
第二节 氨基酸的提取·····	171
第十章 分析技术·····	179
第一节 色谱技术·····	179
第二节 电泳技术·····	183
第三节 免疫化学技术·····	188
第四节 化石中蛋白质残留物分析方法·····	190

第五篇 研究和应用

第十一章 从氨基酸和氨基酸分子的手性选择探讨生命起源·····	202
第一节 生命起源概述·····	202
第二节 自然界中的氨基酸和氨基酸的分子手性·····	205
第三节 自然界中氨基酸分子手性的立体选择机理·····	211
第四节 氨基酸分子手性系统的建立及其意义·····	212
第十二章 从地质体中氨基酸分子水平探索生物的进化和分类·····	214
第一节 蛋白质分子的进化·····	214
第二节 骨化石中胶原蛋白的免疫特性及其分类应用·····	216
第三节 壳类化石中氨基酸组成反映的系统发生信息·····	218
第四节 蛋壳化石中氨基酸组成反映的系统发生信息·····	223

第十三章 氨基酸外消旋作用在地学研究中的应用	240
第一节 氨基酸测年法和测温法的基本原理.....	240
第二节 氨基酸外消旋作用在地质测年中的应用.....	241
第三节 氨基酸外消旋作用在地质测温中的应用.....	246
第四节 氨基酸外消旋作用在地学其它领域中的应用.....	250
第十四章 蛋白质氨基酸及其外消旋作用在考古研究中的应用	252
第一节 氨基酸外消旋作用测定古人类或考古地点的地质年龄.....	252
第二节 古尸中蛋白质残留物的研究.....	256
第三节 南越王墓动物遗骸中氨基酸的研究.....	258
第四节 研究意义.....	262
第十五章 蛋白质和氨基酸与某些外生矿床的成因关系	264
第一节 蛋白质和氨基酸与石油的成因关系.....	264
第二节 氨基酸与某些外生金属矿床的成因关系.....	277
第十六章 土壤和黄土中氨基酸的研究	282
第一节 土壤中氨基酸的研究.....	282
第二节 黄土中氨基酸的研究.....	291
参考文献	298
跋 (刘东生)	307

AMINO ACID BIOGEOCHEMISTRY

CONTENTS

Preface (Sun Honglie)	i
Preface (Tu Guangzhi)	iii
Preface (Yang Zunyi)	iv
Foreword	v
Introduction	1

I. Basic knowledge

Chapter 1 Sources of proteinaceous remains in the Earth	8
1.1 Organisms—origin of proteins	8
1.2 Biosphere and organic evolution	14
1.3 Organic sphere and the evolution of organic material	20
Chapter 2 Hard tissues of organisms	27
2.1 Substantial components of hard tissues in organisms	27
2.2 Formation of hard tissues	29
2.3 Hard tissues of various organisms	31
Chapter 3 Basic knowledge of protein chemistry	41
3.1 Introduction	41
3.2 Amino acid—basic unit of protein	42
3.3 Structures of proteins	47
3.4 Major properties of proteins	50

II. Proteinaceous remains in the Earth

Chapter 4 Proteinaceous remains in fossils	54
4.1 Proteinaceous remains in fossil bones	54
4.2 Proteinaceous remains in fossil teeth	57
4.3 Proteinaceous remains in fossil mollusc shells	59
4.4 Proteinaceous remains in fossil brachiopod shells	62
4.5 Preserved state of protein in fossil cuticular exoskeleton of trilobites and in fossil periderms of graptolites	63
4.6 Proteinaceous remains in fossil eggshells	64
4.7 Proteinaceous remains in fossil wood	65
Chapter 5 Proteinaceous remains in sediments	68
5.1 Proteinaceous remains in continental sediments	68

5.2 Proteinaceous remains in marine sediments	82
5.3 Proteinaceous remains in sedimentary rocks	91
Chapter 6 Amino acids in seawater	93
6.1 Sources and existing state of amino acids in seawater	93
6.2 The cycle of amino acids in seawater	95
6.3 Distribution of amino acids in seawater of different sea areas	100

III. Diageneses of proteinaceous material in geological bodies

Chapter 7 Various diageneses of proteins	116
7.1 Hydrolysis.....	116
7.2 Decomposition	118
7.3 Polymerization	129
7.4 Diffusing and leaching	132
Chapter 8 Racemization of amino acids	134
8.1 Effects of structure on kinetics of amino acid racemization	134
8.2 Effects of some external factors on racemization of amino acids	145
8.3 Kinetic models of amino acid racemization	152

IV. Methodology

Chapter 9 Collection of samples and extraction of amino acids	166
9.1 Collection and pre-processing of samples	166
9.2 Extraction of amino acids.....	171
Chapter 10 Analytical techniques	179
10.1 Chromatography	179
10.2 Electrophoresis analysis	183
10.3 Immunochemistry techniques.....	188
10.4 Analysis of proteinaceous remains in geological bodies.....	190

V. Research and application

Chapter 11 Exploring the origin of life from the chirality of amino acid molecules.....	202
11.1 Introduction of life origin	202
11.2 Amino acids in nature and the chirality of amino acid molecules.....	205
11.3 Stereoselective kinetics of chirality of amino acid molecules	211
11.4 Foundation of chiral system and its significance on biology	212
Chapter 12 Exploring the evolution and classification of organisms from the level of amino acid molecules in geological bodies	214
12.1 Evolution of proteins	214

12.2	Immunospecificity of fossil collagen and its application to classification of fossils	216
12.3	Phylogenetic information derived from amino acid compositions of fossil shells	218
12.4	Phylogenetic information derived from the amino acid compositions of fossil eggshells.....	223
Chapter 13 Application of amino acid racemization to geology study		240
13.1	Basic principles of chronometry and thermometry of amino acid racemization...	240
13.2	Application of amino acid racemization to geochronology.....	241
13.3	Application of amino acid racemization to geothermometry.....	246
13.4	Application of amino acid racemization to other fields of geology	250
Chapter 14 Application of amino acids and their racemization to archaeology study		252
14.1	Age determination of paleoanthropologic and arthaeological sites by making use of amino acid racemization	252
14.2	Study on proteinaceous remains in ancient corpses	256
14.3	Study on amino acids of animal skeletons in Tomb of Nanyue King	258
14.4	Significance of study	262
Chapter 15 Relationship of proteins and amino acids with the metallogeny of some external mineral deposit.....		264
15.1	Relationship of proteins and amino acids with genesis of oil	264
15.2	Relationship of amino acids with the metallogeny of some external metal deposit	277
Chapter 16 Study on amino acids in soil and in loess		282
16.1	Study on amino acids in soil	282
16.2	Study on amino acids in loess	291
Reference		298
Postscript (Liu Dongsheng)		307

导 言

近几十年来,在地学领域中出现了很多新的边缘学科。这些边缘学科的兴起和发展,大大地提高了地学研究的水平,促进了地学研究往纵深方向发展。

氨基酸生物地球化学是地球科学中一个新的研究领域,近二三十年来发展非常快,并且逐渐成为一门新的学科。下面将分别介绍本书所论述的氨基酸生物地球化学这门学科的研究对象和范围、与其它学科的关系、研究概况、研究意义和发展前景。

一、研究对象和范围

通常认为,学科的成立取决于学科研究对象所具有的特殊矛盾性。因此,对于某一领域特有的矛盾性的研究,就构成某一门学科的对象。同样,学科的分类也是根据学科研究对象的特殊矛盾性来确定的,也就是说,一门学科之所以能独立地存在,就是因为它具有特殊的研究对象。

氨基酸生物地球化学是地球科学的组成部分,它是在地学、化学和生物学的基础上发展起来的一门新兴的跨学科性的学科。氨基酸生物地球化学主要研究地球上(包括沉积圈、水圈和大气圈)生物来源的残留蛋白质、肽和氨基酸的存在状态、分布特征和演化规律,及它们在理论上和实际上的应用。研究的时间范围,下限可以追溯到距今 30 多亿年前,上限直至地球历史的最近一个时代。在空间范围上,不但包括沉积圈(化石和沉积物),而且与本学科有关的生物圈、大气圈和水圈中所含的生物来源的残留蛋白质、肽和氨基酸,均属本学科的研究范围。此外,原始地球中的非生物合成氨基酸及陨石中氨基酸也在本学科的研究之列。

氨基酸生物地球化学的研究内容,概括起来可分为如下几方面:(1)阐明氨基酸的来源和演化规律。对前寒武纪古老岩层中的蛋白质残留物氨基酸的来源及其保存状态的研究;模拟原始地球自然环境条件,实验室人工合成生命基本物质——氨基酸,并在此基础上探索氨基酸光学活性的起源(或手性分子系统的建立),为生命起源寻找直接或间接的证据。(2)阐明地质时期氨基酸的演化规律,通过对不同时期的化石和沉积物中氨基酸的研究,探索地层中氨基酸的演化规律,包括氨基酸的来龙去脉、分布和演化的规律,以便充实和丰富由传统古生物学研究建立起来的生物演化系统。(3)利用蛋白质水解物(沉积圈中)——氨基酸的外消旋作用,测定地质年龄,估算古温度,推算冰期-冰后期温差,推测地热梯度、热流分布和沉积速率等;根据化石和沉积物中氨基酸的外消旋程度(D/L 值)或氨基酸组分在地层中的水平和垂直分布规律,开展氨基酸生物地层学研究;通过氨基酸的成岩和成矿,包括石油成因和某些外生金属矿床成因的研究,为寻找有机矿床提供资料;对水圈中蛋白质残留物氨基酸的研究,尤其是海水中氨基酸的研究,为探讨沉积层中氨基酸来源和原生蛋白质氨基酸初期成岩作用积累资料,也是本学科研究的

内容之一。此外，水中的蛋白质分解产物（无机氮和有机氮）是现代环境有机污染的重要物质来源。因此，利用本学科的原理和方法，开展城市环境有机污染监测的研究，也是一个有意义的应用课题；土壤是沉积圈的组成部分，也是生物活动频繁的环境，本学科也研究土壤中的残留蛋白质、肽和氨基酸；陨石中的氨基酸，虽然是非生物来源的，但它是生命的前期物，与生命起源问题有联系，因此，陨石中的氨基酸也列为本学科的研究内容。（4）方法方面的研究。如前所述，氨基酸生物地球化学所以成为一门学科，就是因为它有其特殊的研究对象和方法，因此，研究方法的不断改进也是伴随本学科的发展而发展的。

综上所述，本学科的研究范围、内容和方法均是极其广泛和极其丰富的。

二、与其他学科的关系

如上所述，氨基酸生物地球化学是一门介于化学、生物学和地学之间的交叉学科，它因有其特殊的研究对象和方法而作为一门学科独立地存在，与其他学科既有明显区别，又有密切联系。

第一，与化学、生物学学科的联系。化学尤其是生物化学是氨基酸生物地球化学的基础。我们知道，生物化学是研究生命的科学，它的主要研究对象是现生生物，研究这些生命有机体的物质组成及其在活动过程中的物质代谢变化规律，其中生命机体中的重要组成部分——蛋白质是生物化学研究的主要对象，其分支学科——蛋白质化学则是研究蛋白质理化性质、结构与功能关系的学科。可见，生物化学，尤其是蛋白质化学是本学科研究的基础。氨基酸生物地球化学研究沉积圈中的蛋白质及其水解物氨基酸的各种成岩作用，必须依据生物化学的基础理论来决定这些蛋白质和氨基酸的化学性质。通过这些研究也逐渐地充实和丰富本学科的内容，同时通过上述学科建立起来的研究方法，如氨基酸分析，蛋白质特性分析，动力学和热力学模拟实验等，在本学科中的应用，也促进了本学科的迅速发展。

此外，生物学，尤其是微生物学与本学科的关系也相当密切。我们知道，几乎所有的生物在死亡初期都不同程度地受到微生物腐败细菌的作用，例如生物圈中的有机化合物所含的大部分碳已被土壤和沉积物中的微生物完全代谢为二氧化碳；在石油矿藏遭到淡水影响而发生蚀变时，微生物也起了重要的作用。可见，微生物活动在地球化学中起了很重要的作用，虽然这种作用的程度还不十分清楚。要想对某些地球化学作用获得全面的认识，就必须弄清微生物活动的影响和所造成的结果。

微生物对沉积圈中有机残留物存在着不同程度的侵蚀和分解，可见在研究沉积圈蛋白质残留物及其水解物——氨基酸时，对微生物的研究是很有必要的。

第二，与地学学科的联系。因为氨基酸生物地球化学的研究对象是地球上的生物残留物——蛋白质、肽和氨基酸。地质体是它们的埋藏环境。地质时代的生物死亡之后，有的埋藏在沉积物中，其有机组分受微生物和细菌的分解或重新合成，通过就地埋藏或流水搬运等重力作用，散布在其周围的沉积物中，有的仍能保存遗体，进而参加成岩或石化作用，成为化石，可见，本学科研究的对象要涉及到地质时期的生物和沉积环境等方面的问题。从这一点看来，地学学科，尤其是地质学、古生物学和沉积学等均成为本学

科学研究的基础学科。另一方面,本学科的研究和发展也解决了许多地学方面的问题,如地层对比、地质年代的测定、生物进化和生物分类等等,所以,氨基酸生物地球化学的发展也促进地学其它学科的发展。值得提起的是与古生物学的关系,我们知道,迄今由古生物学研究建立起来的生物分类系统和演化规律都是基于化石形态学研究的结果。因此,本学科的研究需要借助古生物学研究建立起来的生物分类系统和借助它的研究结果进行比较和互相参照。还有,本学科的研究不但需要凭借古生物学的理论知识,而且还需要对古生物学某些领域有较深入的了解,才能将古生物研究中存在的问题引入到氨基酸生物地球化学的研究中。

古生物化学是应用生物化学和有机地球化学的原理和方法,研究地质时期生物的物质成分及其演化规律的学科,可见,氨基酸生物地球化学与古生物化学的关系也是非常密切的。从某种意义上说,它既可归入地球化学研究领域,属于地球化学的组成部分和分支学科,也可归入古生物学研究领域,属于古生物化学的组成部分。它们之间的区别主要在于研究对象、内容和范围的不同,前者的研究内容比后者更为专一,后者的内容比前者更为广泛。

第三,氨基酸生物地球化学是地球科学的分支学科,而与有机地球化学的关系更为密切。有机地球化学(包括石油有机地球化学、煤有机地球化学等分支学科),它的研究对象包括整个有机圈,而主要是有机圈中的有机质或者说是有机物本身在地壳中的演化规律,如煤、石油和天然气等的形成规律。而本学科则主要着眼于有机圈中的蛋白质氨基酸在地质体中的分布、成岩作用及演化规律。可见有机地球化学的基本理论对本学科同样适用。在研究方法上,两者又有诸多相同之处,即都需要从化石或沉积物中提取有机组分,需要对这些组分进行分析,只是在某些方面本学科显得更为特殊专一而已。许多研究表明,氨基酸生物地球化学的研究成果也补充了有机地球化学另一些分支学科——石油有机地球化学、煤有机地球化学的理论体系。

氨基酸生物地球化学也有本身的分支学科——氨基酸地质年代学,它是一门利用物理化学方法,根据氨基酸外消旋作用的原理测定化石地质年龄、估算古温度以及在地学各个研究领域中应用的学科。不过,氨基酸地质年代学是着重应用方面的研究,氨基酸生物地球化学则着重基础理论方面的研究。

上述列举的仅仅是与本学科有关的一部分学科,其实氨基酸生物地球化学作为一门边缘学科,随着对其研究的深入,必将与更多的学科相渗透。

三、研究概况

氨基酸生物地球化学是本世纪60年代才逐渐发展起来的,它是随着化学、生物学与地学的相互渗透和高精度分析技术的发展而发展起来的。

1954年,美国 Abelson, P. H. 用纸层析法首次从化石中提取了六种热稳定性较高的氨基酸(甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸、亮氨酸、缬氨酸和天冬氨酸),这一发现轰动了当时的地学界,打破了化石就是“石头”的传统概念。他的工作为后人开辟了地质体氨基酸研究的道路。从此,地质体中氨基酸的研究便逐渐成为地学中一个新的研究方向,有关这方面的论文报道日益增多。但是,直到70年代初期,地质体氨基酸的研究主要还是氨