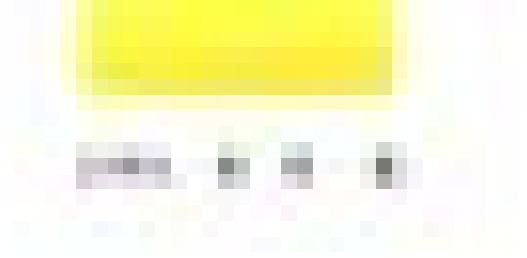


孟祥化 葛 铭 著

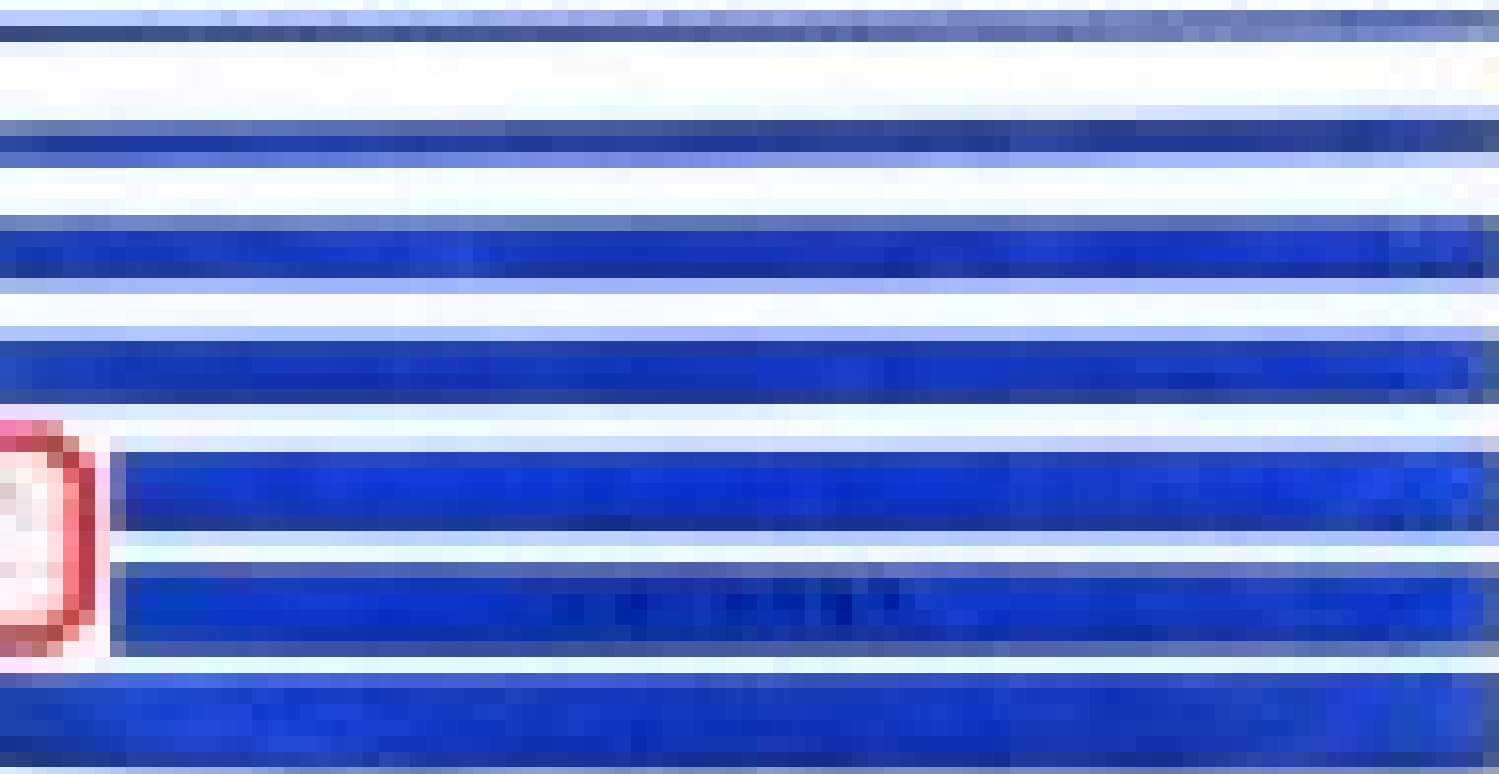
内源盆地沉积研究



石油工业出版社



内 蒙 古 地 质 研 究



內源盆地沉积研究

孟祥化 葛 铭 著

石油工业出版社

(京) 新登字082号

内 容 提 要

本书是一本全面论述各种内源沉积的专著。作者提出了内源沉积动力场这一全新的概念,并阐述了化学分异场、生物作用场和物理作用场等内源盆地动力场的基本特征;系统阐述了碳酸盐沉积盆地中的各种沉积体系,并归纳了沉积模式;讨论了其它内源沉积——蒸发岩、磷块岩、铝土矿、沉积铁矿、层状铅锌矿床、锡、铀、层状重晶石矿床的沉积相模式和成因,以及内源沉积盆地的油气储集条件。

全书分三篇共十五章。第一篇内源沉积总论,4章;第二篇碳酸盐盆地沉积研究,6章;第三篇其它内源沉积研究,5章。

本书可供有关院校地质专业科研、教学人员及学生参考,可作为从事各种内源沉积及其相关矿产研究的有关科研人员的指南。

内源盆地沉积研究

孟祥化 葛 铭 著

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京顺义燕华印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 18 印张 440 千字 印 1—1,000

1993 年 3 月北京第 1 版 1993 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0766-5/TE·722

定价: 14.20 元

序

内源沉积的概念是对应陆源沉积提出来的。现代碳酸盐沉积学理论正渗透到并开拓着铁、铝、磷、锰、蒸发岩、硅质岩等整个内源沉积领域的研究进程。内源沉积学已经成为现代沉积地质学的重要分支学科，并且已引起国内外沉积学界的重视。

《内源盆地沉积研究》这部专著较为系统地研究了有关内源沉积领域的一些新课题。全书内容系统，并附有丰富插图和图版照片，共分三篇十五章。

第一篇内源沉积总论。主要论述了内源沉积有关概念，包括沉积作用场、沉积体系及模式建立的原理和方法。分章阐述了化学分异场、生物作用场和物理作用场的基本内容。

第二篇系统研究了碳酸盐盆地的各类作用场沉积体系和沉积模式类型。作者主要根据对我国碳酸盐盆地的研究成果，论述了各类沉积序列和模式类型的特征。

第三篇为其它内源沉积研究。其中包括蒸发岩、磷块岩、铝土矿、沉积铁矿及层状硫化物的沉积相序和沉积模式以及碳酸盐相带的油气储集等问题。

本书是作者长期从事内源沉积研究的系统性总结。作者还运用比较沉积学方法，对我国各种内源沉积类型进行了深入的研究，取得了丰硕的成果。作者提出的内源沉积作用场和内源沉积相带划分方案是一种创新。书中对我国碳酸盐潮坪、风暴沉积、浅滩沉积、叠层石沉积进行了环境分析，对沉积学研究具有突出贡献。在磷块岩、铝土矿、沉积铁矿和锰矿等研究方面提出许多新观点，获得了许多新认识。

全书内容充实，文图并茂，观点新颖，有独到见解和特色，有较强的理论性与实用性，是我国在内源沉积研究方面一部系统性科研成果。相信本书的出版将对我国沉积学的研究发挥积极作用。

蔡运德
书

前 言

内源盆地沉积是现代沉积地质学的重要领域。内源沉积岩包括碳酸盐岩、蒸发岩、磷块岩、铝土岩、硅质岩以及其中的金属和非金属沉积物。与内源沉积有关的矿产资源相当丰富，具有重要的经济意义。在内源沉积研究领域，现代碳酸盐岩理论有突破性进展。从比较沉积学观点，碳酸盐岩与其它内源沉积岩及有关矿产，无论在沉积组构和沉积构造特征方面，还是在沉积作用机制以及沉积相模式方面，都有惊人的相似性和同一规律性。它们在内源沉积盆地形成过程中都受到统一的自然场和环境的控制。

本书提出了“作用场”的概念，运用场的概念对沉积环境、沉积相和沉积体系进行新的定义和解释，提出了新的“内源沉积相带”划分方案，试图为内源沉积体系和共生沉积资源分布规律及其模式的比较和分析建立定量的科学基础。

本书是作者等长期从事内源沉积方面研究和承担有关部委科研项目成果的系统性总结。本书在撰写过程中，注重运用比较沉积学思维方法。在建立和研讨具体沉积模式时，力图参阅和对比国内外现代和古代有关方面的最新研究成果和文献。

本书首次把碳酸盐沉积理论和模式的研究扩展为内源沉积理论和沉积模式的研究，这是内源沉积研究领域的一个新的探索。有些方面如硅质沉积、内源沉积与石油天然气储集条件等，还属薄弱环节，有待进一步积累、充实和完善。

本书的写作和出版工作，得到了石油工业出版社、中国地质大学、中国地质科学院、中国科学院地质所等单位有关领导和同志的大力支持。特别是叶连俊教授、王鸿祯教授、业治铮教授、吴崇筠教授、崔克信研究员、郭鸿俊教授、张鹏飞教授和曾允孚教授等给予了热忱的鼓励。李增学、孟晓林承担了本书插图的清绘工作。马永生参加了部分章节的工作。在此，一并致以衷心地谢意！

在本书正式出版之际，又承蒙我国沉积学界元勋叶连俊教授和业治铮教授热忱地为本书作序，特在此表示深切谢意！

限于作者的水平，书中错误之处在所难免，敬希读者不吝指正。

作者

1990年12月30日于

中国地质大学（北京）

目 录

第一篇 内源盆地沉积总论

第一章 内源盆地沉积概论	(3)
第一节 内源盆地沉积有关概念	(3)
第二节 内源沉积相带的划分和相模式	(12)
第二章 内源盆地化学分异场	(16)
第一节 溶解氧的化学平衡分异场	(16)
第二节 $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 体系的分异场	(19)
第三节 蒸发作用分异场	(22)
第三章 内源盆地生物作用场	(26)
第一节 内源盆地生物化学分异场	(26)
第二节 内源盆地生态-物理场	(31)
第四章 内源盆地物理作用场	(42)
第一节 内源盆地潮汐波浪场	(42)
第二节 浅海内源盆地的风暴流动力场	(51)
第三节 内源盆地的洋流场	(58)
第四节 内源盆地重力流场	(66)
第五节 海平面升降动力场	(73)

第二篇 碳酸盐盆地沉积研究

第五章 陆相碳酸盐沉积体系	(79)
第一节 岩溶陆表碳酸盐沉积	(79)
第二节 风成碳酸盐沉积体系	(80)
第三节 湖泊碳酸盐沉积体系	(84)
第六章 潮坪碳酸盐沉积体系	(90)
第一节 潮坪碳酸盐沉积环境和鉴定标志	(90)
第二节 隐生宙型潮坪碳酸盐沉积体系研究	(96)
第三节 显生宙型潮坪碳酸盐沉积序列研究	(104)
第七章 海滩碳酸盐沉积体系	(109)
第一节 海滩碳酸盐沉积动力场	(109)
第二节 鲕状滩碳酸盐沉积及其模式	(111)
第三节 介壳堤(滩)沉积	(116)
第八章 生物建隆及其沉积体系	(120)
第一节 生物碳酸盐建隆的基本特征	(120)
第二节 我国的碳酸盐台地生物礁沉积体系	(126)
第三节 生物丘沉积体系	(129)

第九章 浅海风暴流碳酸盐沉积体系及模式	(135)
第一节 风暴流沉积研究现状	(135)
第二节 海洋风暴碳酸盐沉积类型及特征	(136)
第三节 华北寒武纪风暴碳酸盐沉积和丁家滩相序模式	(144)
第四节 晚寒武世浅海碳酸盐风暴沉积相模式	(147)
第五节 风暴岩研究的重要意义	(151)
第十章 深水碳酸盐沉积和硅质沉积	(153)
第一节 深水碳酸盐重力流沉积体系	(153)
第二节 非重力流深水碳酸盐沉积体系	(161)
第三节 深水硅质相及其溶解相	(167)
附: 碳酸盐相模式与建筑装饰石材(大理石)	(171)

第三篇 其它内源盆地沉积研究

第十一章 蒸发盐盆地沉积体系及其模式	(175)
第一节 关于蒸发盐盆地沉积模式的研究现状	(175)
第二节 我国的几种蒸发盐沉积体系	(180)
第十二章 磷酸盐盆地沉积体系及磷块岩成因	(192)
第一节 磷块岩岩石学	(192)
第二节 北方型早寒武世磷块岩沉积模式	(196)
第三节 南方型晚震旦世磷块岩沉积环境及模式	(200)
第四节 几种含磷建造模式的比较	(204)
第五节 磷块岩成因的有关问题	(209)
第十三章 铝土矿沉积相模式	(217)
第一节 铝土岩的成因结构及微相	(217)
第二节 华北石炭纪铝土质沉积相序	(221)
第三节 华北铝土矿沉积背景条件及其模式的讨论	(225)
第十四章 内源盆地其它金属沉积物相模式	(228)
第一节 沉积铁矿及相带	(228)
第二节 沉积锰矿及相带	(232)
第三节 铜硫化物沉积相	(237)
第四节 层状铅锌矿沉积相	(240)
第五节 锡硫化物相	(243)
第六节 内源沉积盆地的铀矿床	(244)
第七节 内源沉积盆地的层状重晶石矿床	(246)
第十五章 内源沉积盆地的油气储集条件	(248)
第一节 碳酸盐岩储集空间	(248)
第二节 内源沉积相带与油气储集的关系	(255)
第三节 盆地的旋回沉积与地层圈闭	(263)
参考文献	(265)
图版说明	(268)

CONTENTS

PART I	GENERAL INTRODUCTION ON INTRABASINAL DEPOSITS.....	(2)
CHAPTER 1	INTRODUCTION	(3)
CHAPTER 2	CHEMICAL DEPO-FIELD.....	(16)
	I. Chemical balance and chemical depo-field of dissolved Oxygen.....	(16)
	II. (CaCO ₃ -CO ₂ -H ₂ O) field	(19)
	III. Evaporation field	(22)
CHAPTER 3	BIOGENIC DEPO-FIELD	(26)
	I. Bio-chemical depo-field.....	(26)
	II. Bio-physical depo-field	(31)
CHAPTER 4	PHYSICAL DEPO-FIELD	(42)
	I. Tide-wave depo-field	(42)
	II. Storm-dominated depo-field	(51)
	III. Ocean current dynamic depo-field.....	(58)
	IV. Gravity depo-field	(66)
	V. Sea level change depo-field.....	(73)
PART II	CARBONATE DEPOSITS IONAL BASIN.....	(78)
CHAPTER 5	CONTINENTAL CARBONATE DEPOSITIONAL SYSTEM	(79)
	I. Karst carbonate deposits	(79)
	II. Eolian carbonate depositional system	(80)
	III. Lough carbonate depositional system	(84)
CHAPTER 6	TIDAL-FLAT CARBONATE DEPOSITIONAL SYSTEM	(90)
	I. Sedimentary environment.....	(90)
	II. Research on the Cryptozoic style sequence of tidal-flat carbonate	(96)
	III. Research on the Phanerozoic style sequence of tidal-flat carbonate	(104)
CHAPTER 7	BEACH DEPOSITIONAL SYSTEM.....	(109)
	I. Introduction.....	(109)
	II. Oolitic beach carbonate deposits and its models	(111)
	III. Shell bank deposits and its model	(116)
CHAPTER 8	BIO-BUILDUP AND ITS SEDIMENTARY	

SYSTEM	(120)
I. Characteristics of bio-carbonate buildup	(120)
II. Bio-reef sedimentary system of carbonate platform of china.....	(126)
III. Bioherm sedimentary system	(129)
CHAPTER 9 CARBONATE DEPOSITIONAL SYSTEM AND	
MODEL OF SHALLOW SEA STORM CURRENT	(135)
I. Research situation of storm deposit.....	(135)
II. Storm deposit types (lithofacies) and characteristics.....	(136)
III. Carbonate storm deposits of Cambrian epoch in North China and	
Dingjatan sequence model.....	(144)
IV. Late Cambrian carbonate storm depositional facies.....	(147)
V. Important significances of tempestite research	(151)
CHAPTER 10 DEEP WATER CARBONATE AND SILICEOUS	
DEPOSITS AND THEIR MODELS	(153)
I. Deep water gravity carbonate deposits	(161)
II. Non gravity flow deep water carbonate deposits.....	(167)
III. Deep water silicic facies and relevant facies	
Addition: Carbonate facies model and carbonate (marble)	
building material.....	(171)
PART III OTHER INTRABASINAL DEPOSITS AND FACIES	
MODEL	(174)
CHAPTER 11 EVAPORITE DEPOSITS AND ITS FACIES	
MODEL	(175)
I. On the research situation of evaporite sedimentary environments	
and model	(175)
II. Several evaporite sedimentary systems of China	(180)
CHAPTER 12 PHOSPHATE DEPOSITS AND GENESIS OF	
PHOSPHORITE.....	(192)
I. Petrology of phosphorite	(192)
II. North China type phosphate depositional model of early	
Cambrian	(196)
III. South China type phosphate depositional environment and	
related model of late Sinian Period.....	(200)
IV. Comparison among several types of phosphate-bearing	
sedimentary suit model	(204)
V. Some genetic problems of phosphate rocks	(209)
CHAPTER 13 SEDIMENTARY MODEL OF BAUXITE.....	(217)
I. Genetic texture and microfacies of bauxite	(217)
II. Carboniferous bauxite sedimentary sequence of North China	(221)
III. Discussion on sedimentary setting conditions of North China	

and related models	(225)
CHAPTER 14 OTHER METAL DEPOSITS AND FACIES	
MODEL	(228)
I. Sedimentary iron ore and facies model	(228)
II. Manganous deposits and its facies model	(232)
III. Depositional sulphides of bronze and its facies model.....	(237)
IV. Sedimentary facies model of laminated Pb-zn beds.....	(240)
V. Facies model of tin sulphides deposits	(243)
VI. Sedimentary uranium ore in the intrabasinal facies belts	(244)
VII. Laminated barite deposits in the intrabasinal facies belts.....	(246)
CHAPTER 15 INTRABASINAL DEPOSITS AND OIL AND GAS	
RESERVOIR CONDITION	(248)
I. Carbonate reservoir pore space.....	(248)
II. The relation between intrabasinal facies belt and oil and gas reservoir	(255)
III. Cyclic sedimentation and stratigraphic trape.....	(263)
REFERENCES.....	(265)
PLATE EXPLANATION.....	(268)

第一篇

内源盆地沉积总论

第一章 内源盆地沉积概论

第一节 内源盆地沉积有关概念

一、内源沉积概念的提出

内源沉积是作为陆源碎屑沉积的对应概念提出来的。为了说明这一概念，有必要回顾一下有关沉积岩石学的岩石分类简史。

近百年来，关于沉积岩的分类原则，各家看法很不一样：有人强调沉积作用方式，有人强调沉积分异作用，有人强调沉积环境，还有人强调沉积物来源，如此等等。

在我国沉积学界影响较大的分类，主要有苏联什维佐夫的分类和鲁欣的分类，有美国的Grabau的分类和Pettijohn的分类。什维佐夫的分类和鲁欣的分类，实质上是以沉积作用方式为基础的，他们将沉积岩划分为碎屑岩，粘土岩、和化学-生物化学岩三大类。Pettijohn在早年Grabau的物源分类基础上将沉积岩分为外生沉积（碎屑的）和内生沉积（化学的和生物化学的）两类。前者指在沉积盆地和沉积地区外面生成的物质经搬运作用带入的，如碎屑沉积和火山碎屑沉积；后者指在沉积盆地和沉积地区内部水溶液中通过化学作用或生物作用形成的沉积，它们常常是再通过原地机械作用生成的。

从50年代开始的大规模碳酸盐沉积研究发现，大量现代和古代的碳酸盐沉积是以机械方式形成的，而纯化学和生物化学作用沉淀形成的碳酸盐沉积数量并不多。这从根本上动摇了以纯化学、生物化学作用方式和机械作用方式来划分碎屑岩和碳酸盐岩的传统观念。

碳酸盐沉积的研究，促进了对所有化学和生物化学岩类的研究。应用比较沉积学方法并通过大量研究发现，铁质岩、锰质岩、铝质岩、磷质岩、硅质岩、蒸发岩等也同碳酸盐岩一样，大多数具有颗粒结构和碎屑结构以及粘结碎屑结构，其沉积作用和展布方式也同样受物理的、机械作用的或重力作用的控制。

基于上述认识，1978年本书作者与原长春地质学院沉积岩教研室同行一道提出按新物源关系划分沉积岩的意见[●]，提出陆源岩和内源岩的划分方案。

现在，越来越多的研究成果和资料更加清楚地证明，碳酸盐岩以及其它盆地内生成的铁、锰、磷、铝、硅岩和蒸发岩等，并非传统观点所认定的那样，仅仅是一种化学、生物化学作用的产物。虽然它们的前期历史（同沉积作用或早期成岩作用）是以化学或生物化学因素为主，但它们的最终沉积方式和展布格局，却受到物理的（机械作用、重力作用）和物理化学、生物物理的各种动力场的制约和控制。

从这个意义上说，盆地的内源沉积不仅与陆源沉积之间存在着同一性，而且应当可以应用已经建立起来的陆源沉积模式来研究内源盆地的沉积规律和进行比较沉积学的研究。

我们这里提出内源沉积的概念，其目的正是为了开拓这样一个新的研究领域。

[●]此意见以题为“关于沉积岩的分类问题”的论文在1978年贵阳召开的第二届全国矿物、岩石、地球化学学术会议上宣读。

二、内源盆地沉积的物质来源与构成

内源盆地沉积的物质来源不是直接依靠大陆母岩的风化—剥蚀碎屑产物，而主要是由海洋盆地水体中直接提供的沉淀物质，其中主要是海洋水的碳酸盐、硫酸盐、卤化物、磷酸盐、二氧化硅，以及锰、铁、铝的化合物等。当然也包括由内陆地水体所提供的上述物质在内。

海洋盆地的水体中，可溶盐类的起源是一个十分复杂的问题，它们是在地球形成的不同历史时期，通过不同途径和作用，长期汇聚储存于海洋中的（或水圈中的）。其中，一部分起源于陆地风化产生的溶解物质和胶体物质；一部分来源于海底和大陆的火山喷发物质和气体以及地壳深部的地幔物质。除此之外，还可以想象到有一部分来自大气圈的物质，以及混沌初开水圈分异出来就已含有的盐类物质。

现代海水总质量为 1.413×10^{24} g（据Mayson, 1966），占整个水圈质量的98%以上。在海洋中已测定有近60种元素，其含量见表1—1。海洋中许多组成成分的浓度基本固定，说明它同大气圈、岩石圈物质的交换接近于平衡状态。海水的最主要组成为O、H、Cl、Na、Mg、S六种元素。其中O大部分结合在水分子中，其它元素和部分O呈溶解离子和分子形式存在。由于海水与大气圈接触，故其中还溶解有 N_2 、 O_2 、He、Ne等气体。海水中溶解气体的量与它们在大气圈中的分压有关。

表 1—1 元素在海水中的平衡表(单位, g/t)

元 素	风化供应海水的总数量	存在于海水中的数量	I占I的百分率
	I	I	(%)
Li	39	0.1	0.3
B	1.8	4.8	256
F	540	1.4	0.3
Na	16980	10511	62
Mg	12540	1272	10
Al	48780	1.9	0.004
Si	166320	4	0.002
S	312	884	283
Cl	188.4	18980	10.072
K	15540	380	2.4
Ca	21780	400	1.8
Zn	79.2	0.014	0.02
Br	0.972	65	6687
Rb	186	0.2	0.1
Sr	180	13	7.2

关于海洋中溶解物质的来源，Goldsmith曾作过计算，由表1—1可见：

(1) H_2O 和海洋中的 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Br^- 与 $B-(OH)^-$ 、 O^{2-} 等主要阴离子，不可能主要靠岩石圈供应，可能有相当一部分来自火山喷气、岩浆、温泉和天体（宇宙尘或前寒武纪可能存在的冰环）^①。

(2) Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 以及其它阳离子，无疑都是来自遭受破坏的岩石圈和火山

①根据最新资料，天文学家发现太阳系中一些带环的星球，其环带为冰雪组成，因此，有人推断前寒武纪地球可能存在过冰环。

喷发物质。这些阳离子进入海水或自海水移去的主要因素是胶体质点吸附(K、Rb、Cs、Cu、Pb、Zn等)和生物吸收(Ca、Si、P、V、Ni、W等)作用。

通过计算,由河流带入海洋的物质只有12%能达到远洋,大洋中部仅有7.8%的陆源物。

从地球古海洋产生生命以来,大约已经有35亿年的历史,这期间,生物参与海洋沉积作用逐渐占有更重要的地位,大量海洋物质以生物方式参加到内源沉积中。并且,随着生物演化形成不同内源沉积模式(如不同的藻类和生物礁沉积模式,参见第六章和第八章)。

有关海洋物质中深部物质来源问题已经引起人们越来越多的关注。近年来,对于玄武岩的海解作用、火山喷气和热泉作用以及火山物质的转变等积累了更多的资料。由洋底玄武岩进入海洋的物质,在某些方面可能起重要作用,如大洋底部铁锰结核的形成主要与这种方式的物质供应有关。根据元素组合、同位素的研究和岩石包体成分的测定,已经把某些硅质岩、含矾高的沉积和层控矿床等的成因解释与海底热泉和喷气作用联系起来(见第十章第三节,第十四章第七节)。

内源沉积作用及其物质来源,显然受水圈、大气圈、生物圈、岩石圈以及地幔物质的制约。但是从沉积作用的角度来看,所有这些来源都只不过是沉积作用的前期历史。不管它们是什么来源,一旦进入水体,就与水混为一体,成为一个统一的沉积物来源。这里我们强调的内源物质,是从水体提供沉积物这个角度出发的。

三、沉积动力场

内源沉积作为一个整体概念,它的形成作用包含有广泛而复杂的机制和过程。这里的动力场包括内源沉积盆地中发生的各种作用动力场及其边界条件。

这里我们提出的内源沉积动力场及其发生的边界条件是特指各种内源沉积作用场的性质、方式、方向、强度和变化梯度,以及影响作用场发生的各种边界条件。

现代科学技术已经把各种物理场、化学场、生物场的概念应用到各种学科领域,并且根据场的概念建立起各学科领域中用以衡量动力场特征的定向标志和定量标准。

沉积学研究也应跟上现代科学技术的发展,逐步把场的概念引伸到沉积作用中去,建立沉积作用的物理场、化学场及生物场的衡量方法,促进沉积学研究水平的提高,逐步实现使沉积学研究向定量研究过渡。通过作用场的分析、综合与比较,以获得一个有关沉积盆地沉积环境和动力场的科学概念和数据。这就是我们提出内源研究动力场的研究目标。

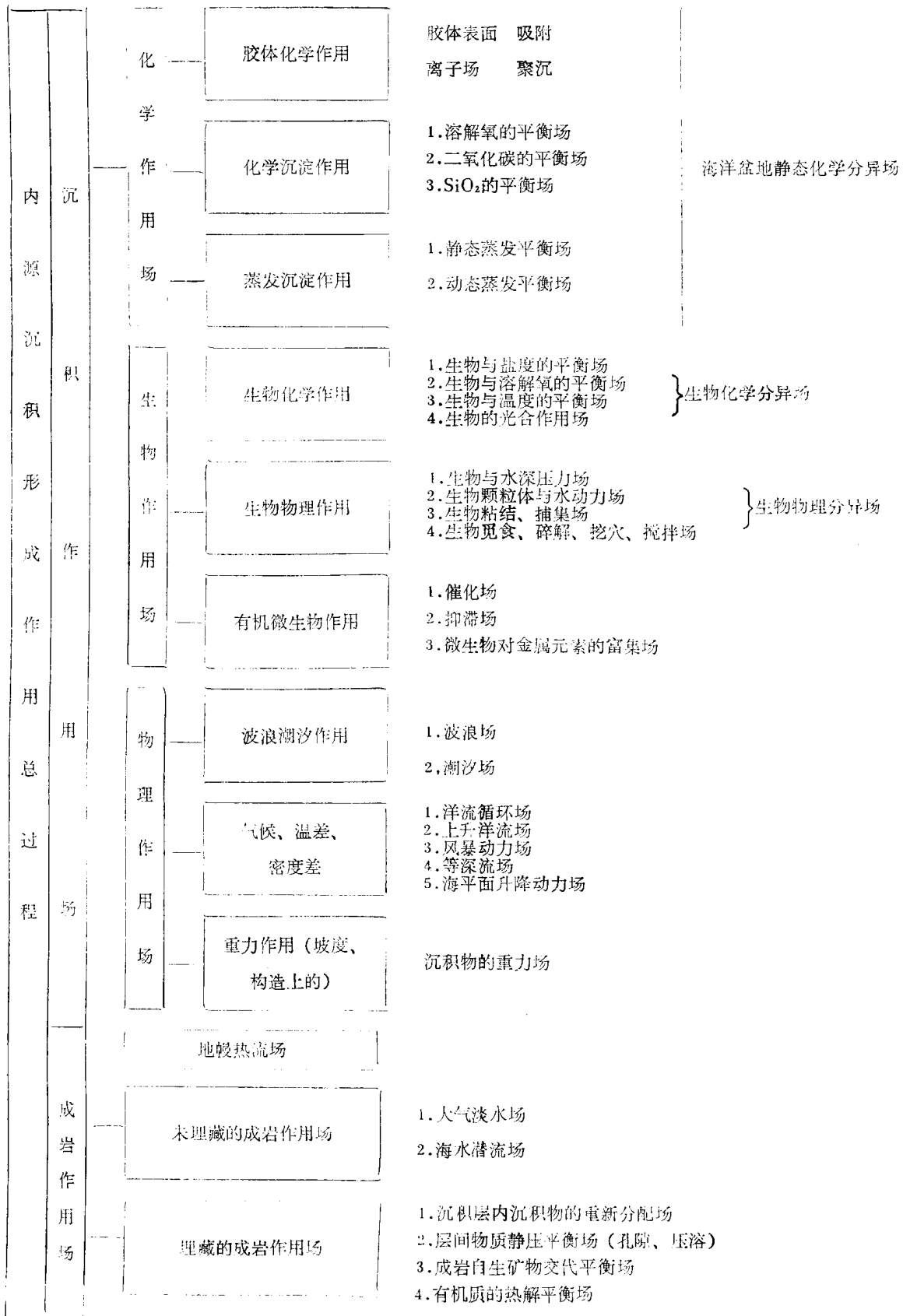
表1-2详细地表达了内源沉积作用的总涵义。表中列出了内源沉积作用的各种化学作用场、生物作用场、物理作用场以及成岩环境作用场。这些动力场和它们在盆地内的作用强度、方向和变化梯度就构成了内源沉积环境的各种参数。内源沉积实质上是特定作用环境下各种平衡场条件下的综合产物。

内源沉积作用场的边界条件指作用场发生的地形、坡度、盆地深度等边界形态特征。场的作用既取决于各种场本身性质,也受场的边界条件所制约。

本书试图用沉积动力场来扼要概括近半个世纪以来沉积学家们在内源沉积形成作用方面取得的研究成果和新发现。

50年代以前,人们对海洋盆地沉积作用的理解仅限于物理化学作用方面,简单地认为海洋化学物质是按溶解度差异,按物理化学条件先后沉积,此即为化学分异作用(普斯托瓦洛夫,1949;斯特拉霍夫,1963)。

表 1-2 内源盆地沉积动力场的总涵义及其系统



张