

辽东半岛南部 震旦系-下寒武统成因地层

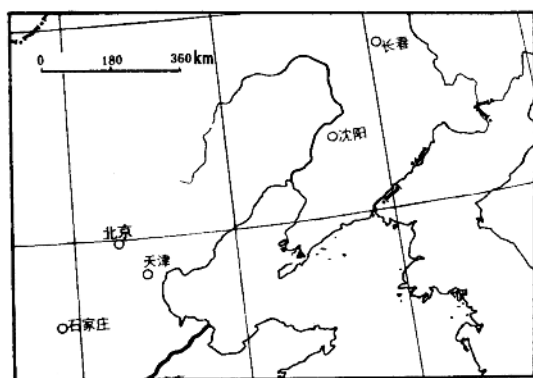
——附大连市金石滩海岸国家级风景区旅游导游

乔秀夫 宋天锐 著
李海兵 高林志

科学出版社

前 言

1985年冬承蒙大连市金州人民政府邀请,中国地质科学院委派乔秀夫、许志琴、宋天锐及孙昌仁赴大连市金州金石滩海岸进行地质考察。经考察,向当时的国务院旅游领导小组提交了一份关于“构成金石滩海岸岩石及变形的科学意义与风景价值”的报告,建议将金石滩海岸列为国家级风景区,投资建设并开发成为高层次的科学旅游区(参见下图)。



三角形位置为辽东半岛南部重点研究地区

有关金石滩海岸及整个辽东半岛南端海岸风光从考察之日起便深深地吸引着本书作者。最惊奇的是我们考察到的有关组成辽南的地层及变形与传统的地台观念不同,因而迫使我们对自己所熟悉的有关地球科学的常识与习惯概念提出挑战。辽南地区复杂的变形、造山过程与山链的形成,造山前的巨厚沉积物,沉积物容纳空间的古构造环境等都是有关现代板块内沉积与板内造山问题研究的关键地区。因此,自1985年之后的几年中,几乎每年都有7—10天时间,我们利用金州旅游局的部分资助和举办“全国构造学习班”的机会,筹措其它项目部分经费赴辽南及金石滩地区工作。1989年,中国地质科学院科技处了解到有关情况后,在当时经费困难的条件下,毅然拨款立项“金石滩风景地质”。1990年又得到国家自然科学基金的资助,才使这一业余研究项目列入正式研究计划而步入正轨。

1990年10月由中国地质学会全国构造专业委员会主持召开了“大连地区构造变形(附沉积地质学)现场讨论会”,会上由许志琴、乔秀夫及辽宁区调队系统介绍了变形构造与沉积学的研究成果,会后编写了一本简要的野外考察指南“大连金石滩—龙王庙沉积地质与构造变形”。根据项目规定于1991年冬写出了《金石滩风景地质》初稿。有关专家初步阅读书稿后,认为书中有许多新意与新的认识,但《金石滩风景地质》一书无法包括书中所有内容,因此建议将项目成果写成一本学科性专著,我们采纳了这一合理建议,撰写了

本书,即是其中一个方面的总结。

以精细沉积相分析为基础,层序地层理论为指导,把灾变事件纳入统一的盆地充填过程进行研究是本书的基本思路。书中不是对辽南震旦系、下寒武统与区域沉积作用的全面介绍,也非教科书,而是侧重于反映作者的研究领域及某些实践经验与新的发现、新的认识而进行深入讨论,表达地质思维;注意各种沉积记录与序列的野外识别标志与研究途径;在野外宏观研究基础上,使用有限经费选取必要样品进行必要的分析、测试,以最少的测试分析数据将室内研究与野外精细研究相结合,以期得到有关地层成因环境与成矿潜力的最深入认识,对此本书作了有益的具体讨论;有关碳酸盐岩振动液化地震序列、生物成矿、碎屑岩的综合结构系数、萨布哈、水塑性成岩构造、软沉积物非构造变形及古庐带等均作为作者的研究新成果,希能在实践中予以检验与修正。

第13章系沿大连市金州区金石滩海岸的风景旅游导游,我们不仅对某些景点从沉积学角度给予了科学解释,而且还考虑到趣味性、通俗性、美学与科学性相结合。我们期待美学家与旅游专业专家能根据本书所提供的基本科学资料,写出一册真正的区域风景观光导游的图书。

本书内容系1992年前工作收集的资料,限于当时的理论与认识水平存在不少缺陷,如对层序地层的研究,我们注意了层序界面与相序变化以确定层序内的体系域划分,而对副层序及其堆叠形式研究不够。我们将在今后的工作中予以补充,以其对层序划分更接近实际。

许志琴与作者多次进行野外工作,对于沉积构造与变形构造、软沉积物非构造变形与中生代变形的区别方面为作者提供了重要帮助,并在沉积构造与变形构造的结合与渗透方面与作者进行了有益的讨论。辽宁区域地质调查队陈容度、李典之、孟庆成、杨欣德以及大连白云山庄公园龚为宁与本书作者一直保持良好的友谊,并曾于野外共同工作,协助解决交通食宿等问题。中国地质科学院院长及地质研究所所长始终支持本项研究工作。地质科学院科技处艾惠珍、熊嘉育、高景曦主持并决策了本项研究工作的立项。大连市薄熙来市长、金州旅游局李得和局长、刘志红主任多次为野外工作提供便利并慷慨资助。作者对他们一并深表谢意。

本书共13章,分工如下。前言:乔秀夫;第1章:乔秀夫、宋天锐;第2章:乔秀夫、高林志;第3章:乔秀夫、宋天锐;第4章:宋天锐、乔秀夫;第5章:乔秀夫、宋天锐、高林志;第6、7章:宋天锐、乔秀夫;第8章:乔秀夫;第9章:乔秀夫、高林志;第10章:宋天锐;第11章:宋天锐(乔秀夫作了部分补充);第12章:李海兵;第13章:乔秀夫、李海兵、宋天锐。全书由乔秀夫统纂定稿。书中插图由董效静、张焱清绘,照片由韩国顺制印;各种分析与测试由中国地质科学院矿床地质研究所、地质研究所与岩矿测试研究所的国家测试中心有关实验室承担。由于他们的支持,本书在地质综合分析与解析方面大大深入一步。

本书各章节在叙述过程中提及的许多地名,可查阅本书第13章的图13.2,图13.3及图13.4。

目 录

前言	iii
1 理论基础	1
2 辽南区域地质背景	4
3 层序 2:碳酸盐台地与碳酸盐岩风暴事件 ——营城子组、十三里台组、马家屯组	9
4 层序 3:海进体系域:滨外碎屑堡岛系统 ——崔家屯组、周家崴子组、王家坦组	21
5 层序 3:高水位体系域:恐怖事件,碳酸盐岩振动液化地震序列 ——兴民村组	31
6 层序 4:海进体系域:碎屑海岸与生物矿化 ——葛家屯组	54
7 层序 5:高水位体系域:滨海萨布哈 ——大林子组	59
8 层序 5、层序 6:缓坡-盆地、早寒武世的太阳月与潮下风暴鲕滩 ——碱厂组与馒头组	70
9 辽南震旦系、下寒武统碳酸盐岩层序不整合界面与层序	76
10 碎屑岩的综合结构系数及对辽南 震旦系-寒武系碎屑岩地层的成因解释	90
11 化学地层、生物矿化与成矿潜力	103
12 特殊的成岩构造:软沉积物非构造变形 ——大林子组为例	128
13 史前旅游——金石滩海岸风景地质(沉积学)导游	139
参考文献	169
图版	174

Contents

Introduction	iii
Chapter 1. Theoretical Basement	1
Chapter 2. Geological Background of South Liaoning Province	4
Chapter 3. Depositional Sequence 2: Carbonate Platform and Carbonate Rocks Storm Event	
— The Yingchengzi, Shisanlitai and Majiatun Fms	9
Chapter 4. Depositional Sequence 3: Transgressive Systems Tract; Offshore Clastic Barrier System	
— The Cuijiatun, Zhoujiaweizi and Wangjiatan Fms	21
Chapter 5. Depositional Sequence 3: Highstand Systems Tract; Terror Event, Seismic Sequence in Carbonate Rocks by Vibrational Liquefaction	
— The Xingmuncun Fm	31
Chapter 6. Depositional Sequence 4: Transgressive Systems Tract; Clastic Shore and Biomineralization	
— The Gejiatun Fm	54
Chapter 7. Depositional Sequence 4: Highstand Systems Tract; Shore Sabkha	
— The Dalinzi Fm	59
Chapter 8. Depositional Sequence 5 and 6: Ramp—Basin; Astronomical Data and Subtide Storm Oolitic Shore in Early Cambrian	
— The Jianchang and Mantuo Fms	70
Chapter 9. Sequence Unconformity and Depositional Sequences of Carbonate Rocks in Sinian and Lower Cambrian in South Liaoning Province	76
Chapter 10. Clastic Rocks Comprehensive Textural Coefficient and Genetic Explanation of the Sinian and Cambrian Strata in South Liaoning Province	90
Chapter 11. Chemostratigraphy, Biomineralization and Metallogenic Potential	103
Chapter 12. Peculiar Diagenetic Structure: Nonstructural Deformation of Unconsolidated Sediments	
— The Dalizi Fm as Example	128
Chapter 13. A Tour in Prehistoric Age	
— Guide of Scenic Geology of Jinshitan Beach (Sedimentology)	139
References	169
Plate	174

1 理论基础

随着其他学科的发展及其对地质学的渗透,地质学发展到今天,无论在概念还是在研究方法上都有了极大进步。但是地质学首先仍是一门历史科学,这是由于其研究对象庞大,以及其时间长度也远远超出了人类直接目睹的界限。沉积岩层本身就是时间的产物,沉积剖面的研究实质是再造某一时期的表生作用的过程与历史。

沉积岩层中的物理标志(沉积构造、结构)、化学标志及生物标志是对沉积岩层进行地质解析的基本依据。地质学家的任务在于正确识别其所代表的地质意义,从整体与联系的角度对它们进行分析以恢复其动态过程。

一般情况下,单个岩层中的各种标志或岩层中单个沉积构造在判断环境方面有多解性。但是存在于沉积序列(相序)中的沉积构造与各种标志的垂向序列或组合对特定环境的判断则是可靠的。相序研究是盆地分析的基础,只有在横向上彼此邻接共生的环境,在剖面的连续垂向序列才是相邻接与相互关联的。这种相的纵横向变化关系的认识,就是解释岩层四度时空分布和解释古地理的“相对比定律”(law of the correlation of facies),也即瓦尔特定律(Wather's law)。因此,相序的研究,其目的在于了解整个时期中相在横向上的关系,以重塑古盆地。

相序研究常使用两个术语,即进积序列(prograding sequence)与退积序列(retrograding sequence)。海平面上升形成海进,沉积物向海岸方向迁移,相序排列表现为较深水与向海方向的沉积物覆于相对浅水沉积物之上,称为退积序列。退积即超覆沉积物,也即层序地层学中的海岸上超。海平面下降,沉积物向海的方向迁移,形成进积序列,浅水沉积物位于向海方向的较深水沉积物之上,垂向剖面为向上变浅序列。将进积序列简单理解为海退退覆沉积是不全面的。实际上在海平面上升(海进)的情况下,沉积物供应充足,除了向陆地方向形成超覆沉积外,在向海的一侧仍然同时形成进积沉积,以致其纯效应为海岸线向海盆方向推进。

退积序列与进积序列形成过程的分析,表明相带界线与等时面并不一致。在海平面持续上升或下降情况下所形成的地质时代因而异的一个岩石地层体(同相)及其界线与地质等时面或化石带斜交的现象称为穿时(diachronism)。瓦尔特的“相对比定律”,就包含有穿时的思想,以后 Shaw (1964)将穿时原理模式化。被动大陆边缘、碳酸盐台地前斜坡(Sahw, A. B., 1964, Time in Stratigraphy. Mc Graw-Hill NY.)及边缘的非火山的浅水沉积的岩石单位必定是穿时的。

一定沉积环境下形成的沉积岩或沉积构造纵向序列(相序)塑造为相模式;纵向序列及其横相的三维空间分布与环境图解则为相模型。相模式与模型是沉积解析升华的结果。模式与模型的作用可概括为:(1)对比的标准;(2)判别环境的指南;(3)沉积机理解释的一般性基础;(4)对层序及相关矿产的预测;(5)不同模式的组合构成判别大地构造环境的

基础。

“今天是理解过去的钥匙”、“将今论古”或“现实主义”原则曾广泛应用于沉积解析中。我们不赞成“固定论”式的对比,而是采用“活动论”的比较沉积学方法,强调地史时期与现代沉积过程及其沉积物之间的异同。

均变论曾长期统治地质学,当然包括沉积学。这是地质学研究领域中的一个悲剧。客观存在于沉积岩层中的突变或称灾变事件中断了任何自然体系的缓慢演化。事件地层和事件沉积在研究地层界线、地层对比、古盆地分析、重建古地理及地球发展历史方面显示了巨大潜力(Cowie, J. W., 1985),给沉积地质分析带来了新的思路,注入了新的活力。它将解决均变论无法解决的一些重大地质问题,包括沉积序列中出现的过去无法解释的某些相序结构,从而导致地层学及沉积学理论的革新。

层序地层学是一种划分、对比和分析沉积岩的新方法(Vail, P. R., 1977)。层序被定义为:“顶、底以不整合或与这些不整合相当,可以与之对比的整合为界、成因上有联系的沉积层”。层序是指在一个海平面相对变化周期内形成的沉积地层。层序地层学的理论思想被认为系地层学与沉积学中最伟大的革命。露头层序地层研究的重要内容之一是在野外剖面露头上识别与分析三种不同级别的界面:层序界面、体系域界面与副层序界面。

副层序是体系域和层序的基本建筑块体,是露头层序地层研究的基本内容。每个副层序(一般米级厚度)是一个向上变浅的相序,底部往往有滞留沉积物或冲刷物理界面。但是副层序堆叠的副层序组则可以是退积、进积或加积的。根据向上变深的、退积副层序的堆叠型式在野外可以辨认出海进体系域。经过相对深水盆地相、凝缩段或相应的凝缩期沉积后,剖面的高水位体系域中副层序的堆叠型式是加积和进积的。深水相沉积层或凝缩段的上下层位附近,由于海平面变化对相的影响不明显,副层序往往难以辨认而不必勉强划分。

由露头层序地层研究的重要内容与基本内容,可知露头层序地层研究的核心是精细的沉积相与相序分析,因此露头层序地层学是植根于传统的地层学、沉积学、古生态学、年代地层学的基础上;而精细的野外地质学研究是基本研究工作途径。副层序、体系域、层序,不同级别界面只能在野外予以确定。一个区域内选择一二个剖面予以详细研究,得出层序地层的若干结论,切忌对所有剖面泛泛观察而得不出要领。

层序地层的原理可以应用于陆相湖盆地地层分析与对比。湖平面的变化受控于气候及地表河流状况。

层序地层学改变了地质学家对沉积地层厚度形成、地层界面及对有关盆地深处堆积过程及剖面结构的传统概念。层序地层学中海平面变化周期级别的划分,实际是反映在地史的沉积过程中存在不同级别的沉积间断。副层序的物理界面是一个明显的沉积间断面或浅水、深水相之间的交替面。一个由不整合面所限定的层序中能识别出一系列的副层序,即识别出多个一定时间长度的沉积间断。连续沉积是相对的,每一个岩层的层面都是沉积作用中断的证据,研究岩层层面与研究岩层本身同样重要。层序地层整个研究内容体现两个方面,沉积岩层形成的环境与沉积作用的间断,即不同级别的界面。一个地质学家习惯所称的连续剖面中,岩层中的沉积中断时间实际大大多于沉积记录时间。

一个时代中巨厚的沉积剖面,它的形成过程是无数个不同级别(时间长度)海平面升降变化中形成的。例如每一个副层序代表一次海平面变化,形成一定沉积厚度。我们在现

代海岸可以清楚看到每次涨潮与落潮的海平面变化在海岸边均留下一定厚度的沉积物，从岸边至海的方向侧向延伸。传统地层学过分强调了地壳下降对形成厚度的作用，强调了“沉积中心”，厚度大的地区即沉积中心，也即地壳凹陷幅度最大的地区，沉积等厚图即这种思想的反映。现代大洋盆地，应是地表最大的沉积盆地与沉积中心，但它的沉积物厚度远远小于大陆架地区。层序地层从理论上解释了沉积物厚度形成的原因。大陆架地区沉积物，当三角洲沉积物供应速率与海平面上升保持平衡，沉积物沉积基准面与海水深度保持不变时，这时沉积物主要表现为向盆地的侧向迁移，填充盆地空间，增加沉积厚度。沉积物供应速率大于海平面上升幅度，沉积物则表现为向海更快的迁移并导致盆地空间迅速充填和沉积物迅速加厚。当海平面上升幅度大于沉积物供应速率，海平面升高向陆方向淹没时，这时表现为垂向加积，沉积物向陆延伸，同时向海的方向缓慢充填。侧向加积是大陆边缘沉积物厚度形成的基本机理。海平面周期性上升与下降，形成沉积物垂向加积与侧向加积交替发生。

着眼于全球或大区域海面升降的层序地层理论，无疑给地层学、沉积学的解析提出了重要的分析方法。

从沉积岩的造岩组分角度，碳酸盐岩中的叠层石生长及白云岩化对沉积环境是敏感的；对碎屑岩“碎屑颗粒”可理解为沉积“遗传基因”中有代表性的“遗传因子”，并可量化研究。

相邻的边缘学科渗透到沉积学中为沉积相、沉积环境、事件沉积与层序地层的研究带来新的活力；多学科综合研究的方法应成为一条贯穿各种地质现象的纽带，从而将沉积环境分析的不同侧面拼成一个合理的整体模式。

地层沉积相、事件地层、层序地层与生物地层、年代地层的综合研究可概括为成因地层。图 1.1 表示对某一地史时期地层沉积分析途径与思路。

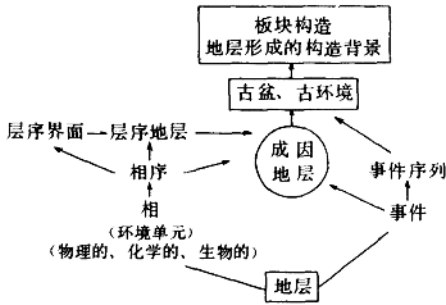


图 1.1 地层沉积分析途径

2 辽南区域地质背景

辽东半岛南部位于胶辽朝地块,传统的认识将胶辽地块隶属于中朝地台。但是辽南地区沉积过程与构造变形与其以西的华北地块有一定的区别。

2.1 地 层

辽东半岛南部山系为 NNE 向,地层单元包括:太古宇鞍山群(2596Ma)角闪岩相,构成变质基底。新元古界至下古生界的海相沉积,上古生界的含煤海陆交互至陆相沉积,中生界下侏罗统煤系及下白垩统火山岩组构成盖层沉积,总厚约 8—10km(表 2.1)。辽南新元古界青白口系与震旦系是中国北部层序完整、化石丰富的剖面。近年来在生物地层学方面取得了重要进展,计有:青白口系与震旦系长岭子组中找到宏观藻类化石;南关岭组中发现蠕虫、宏观藻类化石,兴民村组发现类水母化石、大林子组中的小壳化石及碱厂组古杯动物化石(洪作民等,1977,1988)。新元古界中,微古植物已进行了系统全面研究(邢裕盛等,1985)。图版 1 列出了新元古界中的某些化石,表 2.1 中所列同位素年代数据只能是参考性的。

表 2.1 辽南地层系统(据辽宁区调队,厚度略有调整)

	界	系	统	岩 组	代号	厚 (m)	岩 性
原 地 系 统	新 生 界	第 四 系	全 新 统	庄 河 组		0.5—2.5	冲积、砂质粘土,700±90 年(¹⁴ C)
				大孤山组		0.6—1	坡积粘土,8000—2500 年(¹⁴ C)
				泡 子 组		3.7—5.9	洪积砂砾石,10300—8000 年(¹⁴ C)
			上更 新统	马兰黄土 冰 积	Q ₃	6	
			中更 新统	玄 武 岩 冰 积	Q ₂	70	
			下更 新统	粘泥岭组	Q ₁	50—60	冰水沉积
	中 生 界	白 垩 系	下 统	普兰店组	K _{1p}	2740	紫红、灰绿砂岩、砾岩及粉砂岩
				桂云花组	K _{1g}	476	安山岩、安山集块岩、凝灰质砂岩
外 来 系 统	古 生 界	石 炭 系	上统	太 原 组	C _{3t}	>73	砂岩、页岩夹煤层
			中统	本 溪 组	C _{2b}	213	砂岩、页岩夹灰岩与煤层
		奥 陶 系		马家沟组	O _{1m}	578	灰岩、白云质灰岩
				亮甲山组	O _{1l}	123	含燧石条带白云岩
				冶 里 组	O _{1y}	100	白云岩、条带泥晶灰岩

续表 2.1

	界	系	统	岩 组	代号	厚 (m)	岩 性
外 来 系 统	古 生 界	寒 武 系	下 统	凤 山 组	$\in_{3f}$	98	板片状砾屑灰岩、泥晶条带灰岩、风暴粒序灰岩(cm级)生物丘、瘤状灰岩等
				长 山 组	$\in_{3c}$	67	
				崗 山 组	$\in_{3g}$	41	
			上 统	张 夏 组	$\in_{2z}$	121	灰岩、鲕粒灰岩、页岩
				徐 庄 组	$\in_{2x}$	155	页岩、粉屑灰岩、砂岩、鲕粒灰岩、风暴岩
			下 统	毛 庄 组	$\in_{1mz}$	30	紫色含砂页岩、粉砂岩、鲕粒灰岩
				馒头组	$\in_{1m}$	220	紫色页岩、条带灰岩、球粒灰岩
				碱 厂 组	$\in_{1j}$	16	砂屑灰岩、条带泥晶灰岩、页岩
				大林子组	$\in_{1d}$	92	泄水脉泥岩、结壳层、结肠状含砂白云岩、砂岩、盐溶角砾岩、石膏层夹灰岩、地震岩
				葛家屯组	$\in_{1g}$	33	页岩、石英砂岩、生物矿化结核
构 造 岩 片	新 元 古 界	震 旦 系	上 统	兴民村组	Z_{2x}	250	上部:纹层灰岩、条带泥晶灰岩、粒序灰岩、地震岩
				王家坦组	Z_{2w}	70	绿色页岩, $677 \pm 53\text{Ma}$ (Rb-Sr)
				周家崴子组	Z_{2z}	180	石英砂岩
				崔家屯组	Z_{2c}	54	页岩、粉砂岩夹薄层石英砂岩, $677 \pm 53\text{Ma}$ (Rb-Sr)
				马家屯组	Z_{2m}	178	碎屑流砾屑灰岩、条带泥晶灰岩、原地及异地风暴岩、瘤状灰岩
				十三里台组	Z_{2s}	135	叠层石礁层夹页岩
				营城子组	Z_{2y}	622	砂屑灰岩、砾屑灰岩、鲕粒灰岩、地震岩
				甘井子组	Z_{2g}	177	燧石条带白云岩、粉屑白云岩
				南关岭组	Z_{2n}	149	白云质灰岩、泥灰岩、地震岩
			下 统	长岭子组	Z_{1c}	130	板岩、千枚岩、砂岩, $723 \pm 43\text{Ma}$ (Rb-Sr), 776Ma ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$)
				桥 头 组	Z_{1q}	493	石英岩、页岩、千枚岩, 881.35Ma ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 海绿石)
		青 白 口 系		南 芬 组	Z_{nn}	637	杂色页岩、泥晶灰岩(板状)
				钓鱼台组	Q_{nd}	121	石英砂岩、页岩、板岩, $863 \pm 20\text{Ma}$ (Rb-Sr)
				永 宁 组	Q_{ny}	958	长石砂岩、砾岩
原地 系统	太古 宇	鞍山 群		董家沟组 城子坦组	A_r		

2.2 构造

辽南地区具典型的薄皮结构特征(许志琴等,1991),其组成包括了原地系统(太古宇基底与中生界)、外来系统(新元古界与古生界盖层岩片)和滑移系统。辽南是一个板内强烈变形区,中生代以来经历了强烈收缩作用与伸展作用。太古宇变质基底、中下元古界变质岩系与沉积盖层(Pt_3 - Pz)之间为大型韧性滑脱构造;盖层内逆冲断裂带及后期伸展构造发育。NW至SE方向收缩型滑脱作用时间为印支-燕山早期;深部变质体的上隆及韧性正断层与NNE向 J_3 -K盆地的形成时间始自114Ma。

图2.1及图2.2辽南地壳构造图代表了90年代初期对辽南区域构造最新的研究成果(许志琴等,1991)。

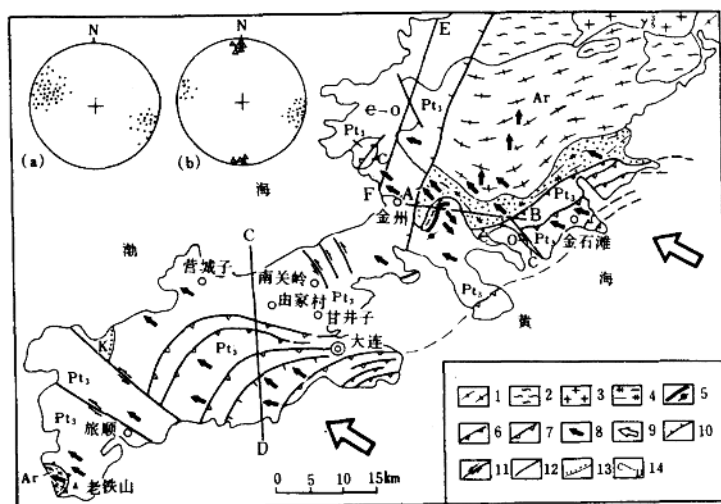


图2.1 辽南构造图(许志琴等,1991)

- 1 页理;2——混合岩化;3——花岗岩;4——角闪质糜棱岩(局部熔融);5——碳酸盐岩糜棱岩(韧性正断层);
6——滑脱界面;7——逆冲断层;8——拉伸线理;9——滑移矢量;10——巨断层;11——平移断层;12——断层;
13——不整合;14——图2.2剖面线

(a)盖层中拉伸线理方位投影;(b)基底中拉伸线理方位投影

辽南地区新元古界与古生界构造岩片由于层序未被破坏,完全可用层序地层学原则予以研究。

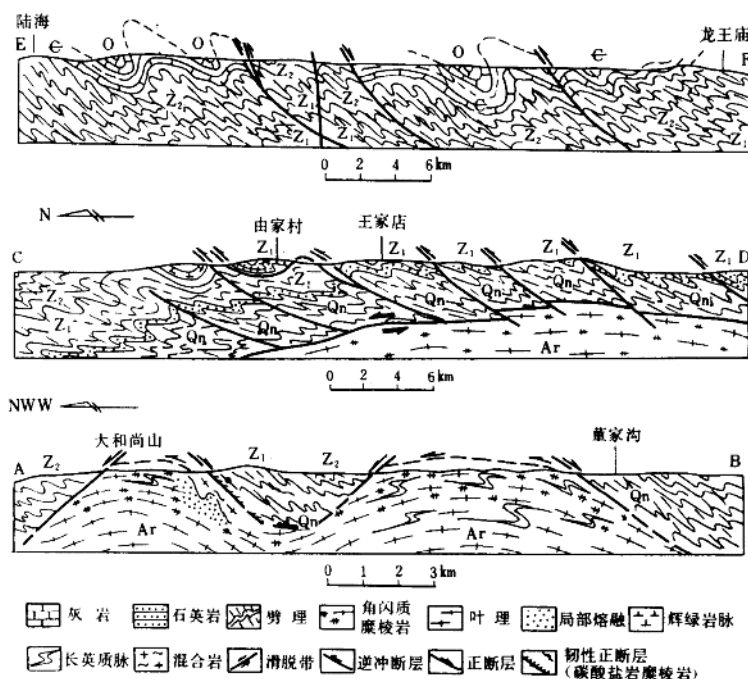


图 2.2 辽南地壳构造横剖面(许志琴等,1991)
(地层代号同表 2.1)

2.3 露头层序地层划分

辽南新元古界、下寒武统层序地层划分(图 2.3)系根据北起复州湾袁家沟剖面,南至大连地区沿渤海海岸(营城子、棋盘磨、茶叶沟、金县龙王庙)与黄海海岸(金县金石滩、黑石嘴)出露的异常良好的剖面划定的,共计 6 个层序。图 2.3 目的是给读者提供一个阅读本书的提纲。后面各章中将依次讨论从 $DS_1 \rightarrow DS_6$ 6 个沉积层序,描述组成层序的地层相、相序、事件,概括模式与模型。在上述讨论基础上,于第 9 章进行层序地层总结。

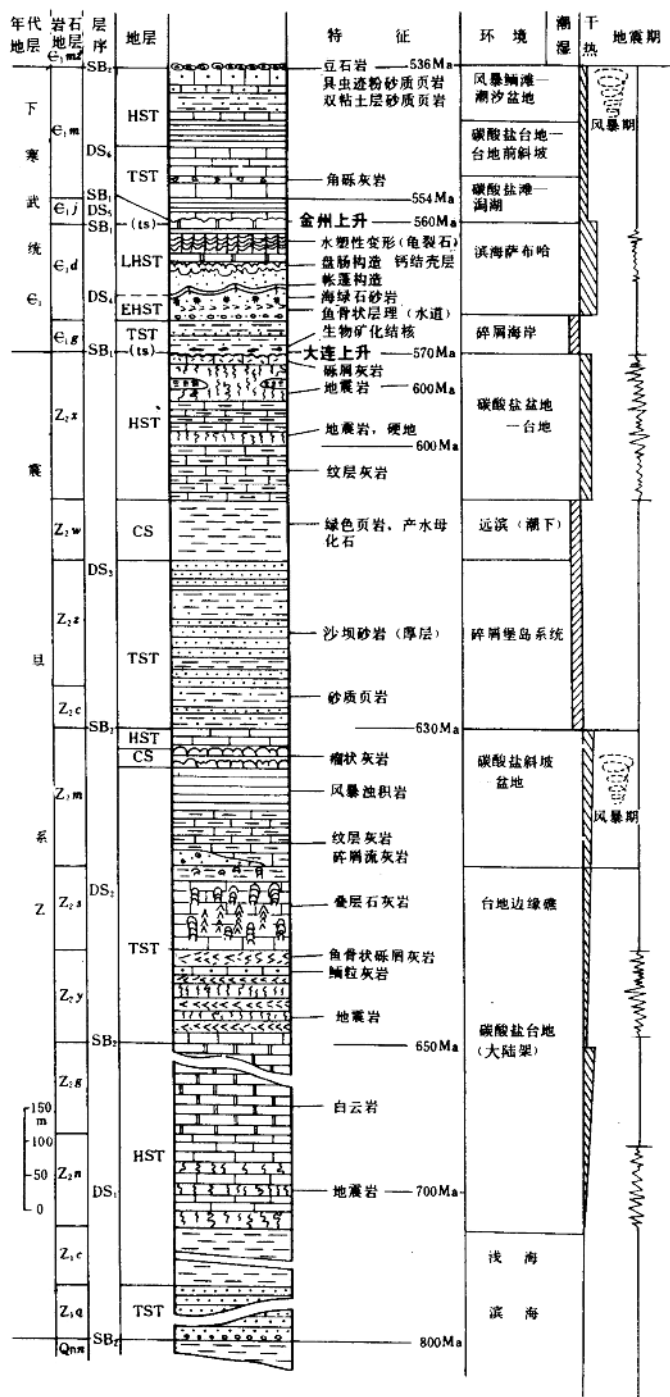


图 2.3 辽南震旦系、下寒武统剖面结构与层序地层

SB——层序界面; SB₁——类型 1; SB₂——类型 2; DS——沉积层序; TST——海进体系域;
HST——高水位体系域; CS——凝缩段; ts——海侵面; 岩石地层组名同表 2.1

3 层序 2: 碳酸盐台地与碳酸盐岩风暴事件

——营城子组、十三里台组、马家屯组

碳酸盐台地在地史中是全球现象,碳酸盐台地有两种大的类型:一是发育于大陆架边缘;一是在大洋中或海盆中、远离盆地边缘的孤立台地。后者一般具有较陡的台地边缘。拉张盆地与裂隙槽中的地垒容易发育成孤立台地。碳酸盐台地可理解为一个总的名称(Read, J. J., 1985),其中包括潮间坪-潮上坪、碳酸盐陆架、台地边缘(包括陆架礁与陆架边缘脊的滩)、碳酸盐缓坡(ramp)与斜坡(slope)。台地边缘是台地上一个地形比较高的地带,这是因为在海平面相对快速上升时期,台地边缘碳酸盐滩堆积或礁体生长速度可能与海平面上升保持一致而台地内部生长速度落后于海平面上升幅度,因而台地总体生长速度是由台地边缘生长速度决定的。缓坡也称坡地,是一个很复杂的地形。缓坡上可发育潮下石英质砂和骨骼、颗粒碳酸盐砂形成环边沙洲,可以有生物丘及斑点状礁发育,上述沉积物可形成具障壁的碳酸盐缓坡。碳酸盐斜坡(slope)与缓坡不同,缓坡的坡度一般为 1° — 2° 小于 5° ,而延长甚远,与台地逐渐过渡,无明显的坡折。斜坡为碳酸盐台地前倾角大于 5° 的碳酸盐岩沉积地形,并与台地有明显的坡折。缓坡与斜坡均与盆地相连接。

3.1 营城子组、十三里台组(碳酸盐陆架-台地边缘礁,DS₂ TST)

3.1.1 岩石及相序

营城子组(Z₁y)

一个由含有石英砂的砾屑灰岩、鲕粒灰岩、砂屑灰岩组成的岩组。底部层位具碳酸盐泥晶细脉,系一种地震成因液化构造。下部层位中板片状碳酸盐砾屑组成鱼骨状层理;上部层位为含鲕粒灰岩与砂屑灰岩及砾屑灰岩。整个营城子组显示一个相当典型的有陆源物混入的潮下特征(图 3.1)。

十三里台组(Z₂s)

十三里台组是由各种形态叠层石组成的礁层,或称礁系。它构成了金县金石滩风景区的玫瑰园景点。玫瑰园景点十三里台组剖面层序可分为 4 段。底段(I)为泥质层、砾屑灰岩与各种形态的叠层石(锥状、柱状、包心菜式)互层;下段(II)为锥状叠层石礁,以灰色色调为特征;上段(III)为红色圆柱状叠层石组成的层状礁,整个岩层以鲜红色为特征;顶段(IV)以小型柱状叠层石为主,组成丘状、块状、凸镜状礁,夹于红色、绿色泥质岩中,总厚约 107m。十三里台组差热分析资料列于图 3.2 中。分段自下而上简述。

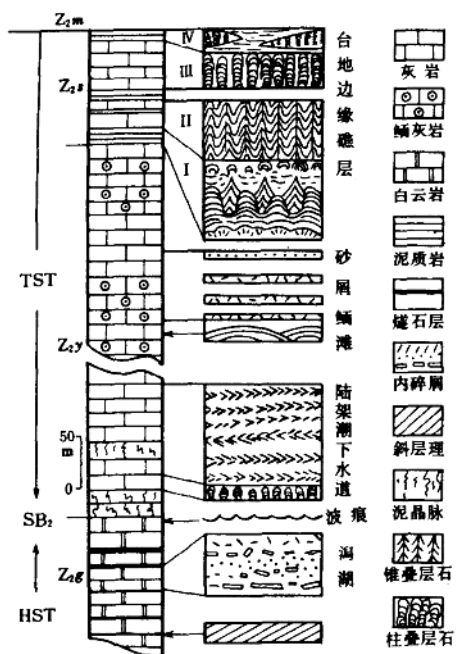


图 3.1 辽宁金州金石滩-棋盘磨海岸甘
井子组、营城子组、十三里台组剖面

第 I 段(图 3.3)是由各种叠层石礁层互层,夹有泥岩、钙结壳层与砾屑灰岩构成的复杂序列,地层色调为红、黄、绿、灰色,厚 7m,依次组成三个副层序,简述其具体特征。

No. 1(PS_1):下部为绿色泥岩,上部为红色、黄色圆柱状叠层石礁层,围岩为白云质灰岩(图 3.2 之 1010-12)。红色叠层石白云质灰岩中,泥晶方解石含量 70%左右,白云石自形晶含量 25%左右,氧化铁小点约 5%;白云石充填于叠层石缝隙中,周围为氧化铁质点(图 3.4 之 1010-12A),显示潮间带环境,最后短暂暴露。黄色叠层石白云质灰岩,其中之叠层石为由小于 0.3mm 的白云石与垂直生长的亮晶方解石层互层(图 3.4 之 1010-12B),构成昼夜交替生长纹。黄色叠层石白云岩层位于红色叠层石白云岩之下。黄色泥质层组成 PS_1 顶部层。

No. 2(PS_2):下部为原地型粗颗粒碳酸盐岩(板片状砾屑灰岩)及较深水(潮下)锥叠层石。副层序上部层为红色潮间带圆柱

叠层石灰岩(图 3.4 之 1010-15A),方解石泥晶小于 0.01mm,含量 80%,石英粉砂粒径小于 0.01mm,含量 20%;氧化铁质多方向分布,伴有次生玉髓脉与方解石晶簇。叠层石礁层顶面有一薄层红色泥质层。顶部为潮上带黄色含石英砂泥质灰岩。

No. 3(PS_3):下部潮下带绿色伊利石页岩;中部潮下深水锥叠层石,具排气孔(轴带);上部为潮上带钙结壳层(图 3.3)。红色钙结壳层 60cm 厚,由三个层组成:下纹层为泥晶方解石纹层,代表潮上藻纹层;中纹层为钙结壳层,由干裂充填,垂直生长方解石、自生石英及晶簇组成;上纹层为链状白云石粉晶(粒径 0.03mm),含铁质(针铁矿)与高岭土(图 3.2 及图 3.4 之 1010-16B)。钙结壳层代表海面下降,碳酸盐岩暴露的标志。

第 I 段以灰色锥叠层石为主,夹有圆柱叠层石;包括 PS_4 三个副层序(图 3.5)。每个副层序下部为深灰色锥叠层石灰岩和绿色泥质岩,上部为柱叠层石灰岩。锥叠层石一般长 60—80cm,柱直径 10—11cm;最长锥叠层石达 150cm,在 1—1.5m 厚的一层中,锥叠层石由底层面直至顶层面垂直生长。下部层位锥叠层石柱体紧密排列,柱间基本无充填物;上部层位锥柱体间由泥质、碳酸盐内碎屑(砂屑)填充。在所有锥叠层石轴部纵断面上均见到由锥柱底部贯通至锥顶之孔道,古生物学家称为轴带(图版 19.3)。这种孔道系一种排气通道,用以排出藻席底部聚集大量腐烂有机质所形成的沼气。澳大利亚南海岸的现代藻席带中,藻体普遍有垂直基底的排气孔。锥叠层石的横截面呈菱形或“方竹状”,横断面的中心可见轴部排气孔的断面(图版 19.4)。锥叠层石基本层上凸呈锥状,系古藻为了接受阳光进行光合作用快速生长所致,同时水体较深也需有排气孔道集中排气。因此锥叠层石一

般比圆柱叠层石所处水体要深,位于潮下或深泻湖带。深水锥叠层石灰岩层中夹有核形石灰岩,系0.2mm亮晶状方解石,内核为圆形核形石状,直径0.1mm,呈现一至二个环带。核形石也是一种潮下带沉积。圆柱叠层石柱长一般40cm,长者可达80cm,柱体排列整齐,黄色碳酸盐泥、藻屑与粒屑填充。黄绿色钙质泥岩,伊利石-绿泥石含量约90%,粒径0.05—0.1mm;王髓脉5%(图3.4之1010-18)。绿色泥岩代表潮下泥坪沉积。

第Ⅲ段为红色圆柱叠层石灰岩,厚68m。叠层石呈礁层,稳定分布。柱体呈各种分叉形态(图版19.2),其间为黄色、红色含石英砂碳酸盐泥及碳酸盐砂屑填充。第Ⅲ段组成了玫瑰园景点引人入胜的各种海蚀地形。

第Ⅲ段目前只辨认出一个副层序(图3.5),实际上我们估计应包括2—3个副层序,由于沿海岸,叠层石之间的潮下粘土岩被剥蚀、风化,地质记录保存已不完整。

第Ⅳ段位于十三里台组顶部,厚仅10m左右,为薄层紫红色、绿色泥岩夹丘状、块状叠层石礁体。泥岩层粘土矿物为水云母,混有陆源石英砂(图3.2之1013-1及图3.6红外光谱)。块状、丘状礁体在薄层泥岩及页岩中断续分布,在以后的变形中,由于两者硬度不同,块状礁体呈不同角度旋转,而泥质岩则产生一系列复杂构造。组成丘状礁体的叠层石均为小型分叉柱体,柱体间由碳酸盐泥、砂屑及石英砂充填。第Ⅳ段可解释为碳酸盐滩前(礁前)上斜坡丘的环境位置。

3.1.2 讨论与解释

营城子组、十三里台组连续沉积,无相的中断,可以用瓦尔特定律重塑其相的横向邻接关系。营城子组下部可解释为碳酸盐台地的陆架沉积,环境为潮下至潮间;营城子组上部鲕滩构成台地脊滩。十三里台组的特征是泥质岩与叠层石礁层,它们代表了营城子组台地边缘(陆架脊)滩的位置。十三里台组两种叠层石礁层(圆柱、锥柱)反映不同水深环境。锥叠层石代表潮下低能环境;圆柱叠层石礁层代表潮间带高能环境;二者互层反映海平面的频繁升降变化在台地边缘非常敏感的反映。很长的叠层石柱体,反映藻席快速生长力图

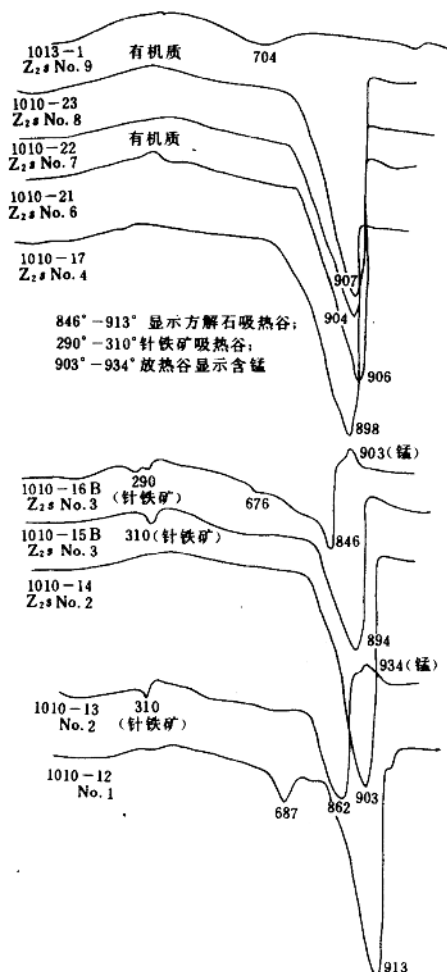


图3.2 金县金石滩玫瑰园十三里台组差热分析
(样品号与层号均注明于图3.3及图3.5中)

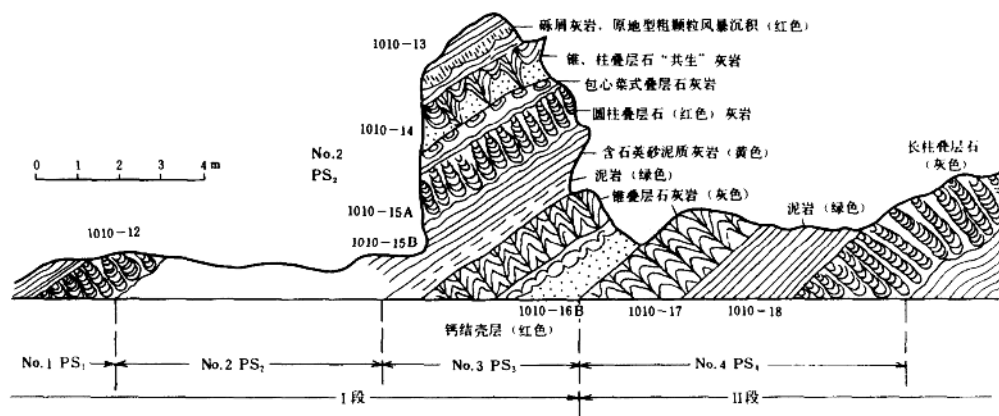


图 3.3 金石滩海岸玫瑰园景点十三里台组第 I 段层序
(沿景区海岸保护栏杆西行 25m 处的海蚀崖, 地层倒转, 图中层号与样品号与文内一致)
PS——副层序

跟上海平面的上升幅度, 而巨厚的近 40m 的礁层反映了十三里台组沉积时期海平面上升的代数。相序分析, 展示了一个跟上海平面上升快速生长的高耸台地边缘, 营城子组与十三里台组可解释为一补偿平衡型台地沉积。十三里台组 IV 段丘状礁体构成碳酸盐缓坡上的斑点状礁。营城子组、十三里台组构成由碳酸盐陆架至陆架脊至缓坡的退积序列, 构成层序 3 的 TST。

3.2 马家屯组碳酸盐岩风暴事件沉积 (DS₂ TST-HST, 缓坡-盆地)

中国地质学家从地层中辨认风暴事件是从 80 年代初期开始的。华北地台范围内, 在不同时期地层中鉴别出一系列碳酸盐岩风暴事件记录, 并提出了一些模式(孟祥化、乔秀夫, 1986; 吴贤涛, 1987; 乔秀夫, 1989; 马永生, 1990 等)。碳酸盐岩风暴事件沉积是碳酸盐台地边缘与斜坡上部遭受风暴袭击而引起的幕式沉积。这种幕式沉积有两种情况: 一种是在遭受风暴作用后, 原来的岩层被风暴改造(rework)又在原地形成的沉积; 第二种类型为由风暴流搬运物质而在异地形成的沉积物, 包括碳酸盐碎屑流及风暴浊积岩等。马家屯组碳酸盐岩风暴沉积同样可鉴别出两种类型, 原地型风暴沉积发育于大连金州渤海海岸(棋盘磨一带); 异地型风暴沉积分布于金州黄海海岸(金石滩)。

3.2.1 原地型碳酸盐岩风暴事件沉积

马家屯组原地型风暴沉积是由薄层灰岩、板状灰岩、纹层灰岩及泥晶条带灰岩改造而成。宏观特征为透镜体, 底面相对平坦, 顶层面则呈不规则云朵状、波状, 内部为板片状砾屑, 特征极易辨认(图版 2.1)。

棋盘磨渤海海岸马家屯组上部剖面中具多个原地型风暴沉积。图 3.7 系原地风暴成