层序地层学基础
Basis of Sequence Stratigraphy

——2009年本科生

陈开远

Tel：010-82320506， E-mail：ddcky@163.com

层序地层学基础

第一部分　地震地层学基础

- ♣ 层序地层学的基础、来源与支撑学科

➢ 第二章　海面相对变化分析

第二章　海面升降变化
Relative Changes of Sea-Level

- 海面升降变化研究的意义
- 海面升降变化的成因与定义
- 海面升降变化的标志与研究方法

第二章　海面升降变化
Relative Changes of Sea-Level

- 海面升降变化研究的意义
- 海面升降变化的成因与定义
- 海面升降变化的标志与研究方法



海面升降变化研究的意义

- 沉积岩的产生与变异——离不开水
- 海面变化研究是与沉积作用有关的一切地质过程的核心组成之一。

➢ 构造剥蚀起源于海面下降；

➢ 油气生成于海面快速上升期；

➢ 地层发育取决于水体的覆盖，海面高低。

* 当然，这里所说的“海”，不是狭义的“海”，它还包括了其它大型水体，如湖泊等（以下同）。

海面升降变化研究的意义

- 沉积地层剖面中的最基本特征——旋回或韵律——起源于海面的周期性变化。
- 任何长期从事地质工作的人都有这样的经历，他们在野外露头剖面中，经常看到规模不等的具有某种规律性重复出现的岩性剖面.
- 他们在测井曲线中，经常看到某些规律性的电性重复。“旋回”、“韵律”已经成为地质人员的常识。

海面升降变化研究的意义

- 海面变化研究——

  一个十分重要的话题！

  一个争论颇大的话题！

- 海面变化的定义——一个含混的概念？
- 海面变化的成因——一种超级力？

第二章　海面升降变化
Relative Changes of Sea Level

- 海面升降变化研究的意义
- 海面升降变化的成因与定义
- 海面升降变化的标志与研究方法



海面的定义

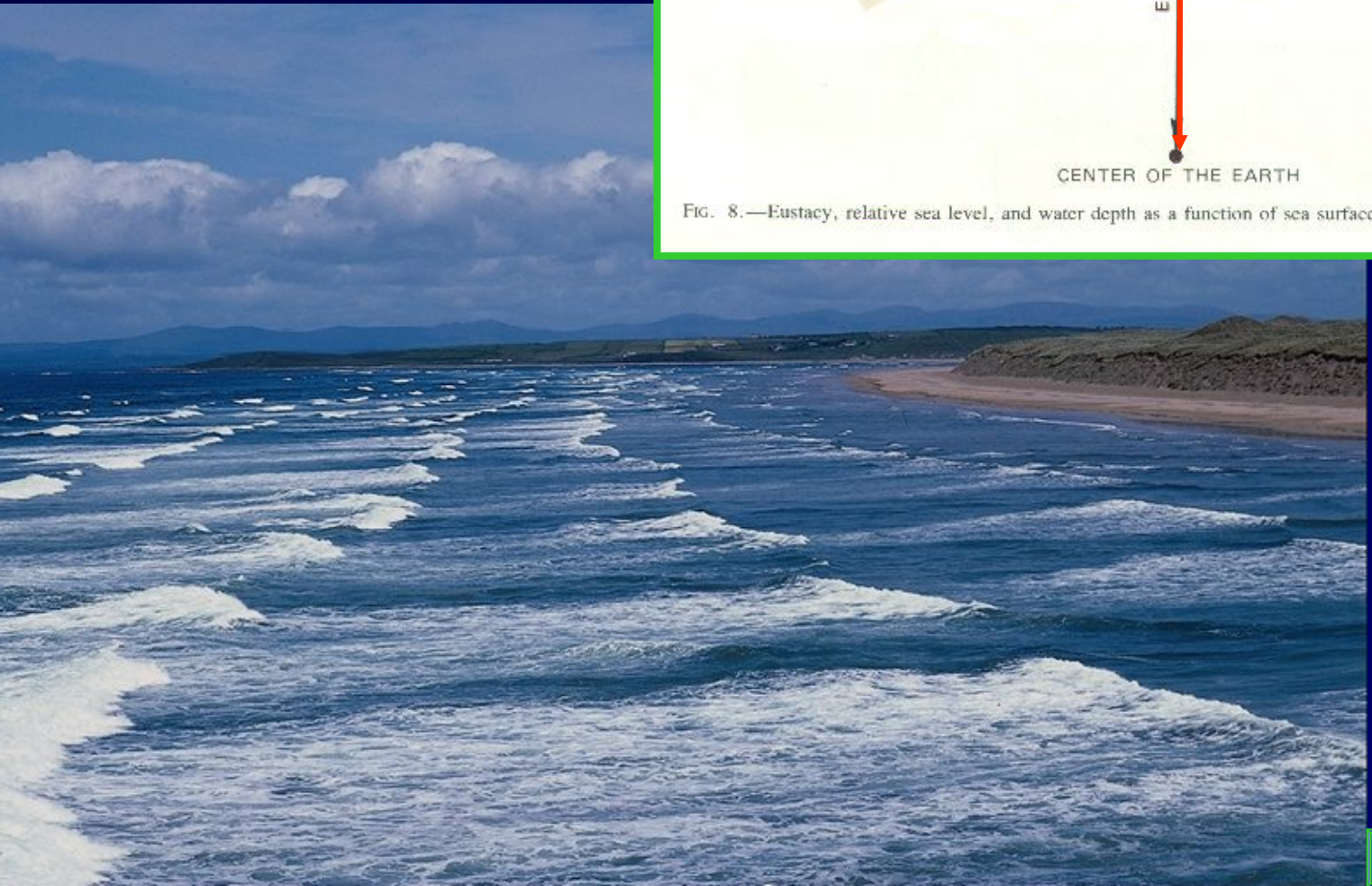
Suess的海面变化概念

二十世纪初，冰川消融理论已可较系统的说明全球的海面变化（**eustatic sea-level**）和全球一致的隆升作用，但其对沉积韵律的控制作用研究较少。

Eduard Suess (1906)首次提出了‘全球海面变化（**eustatic**）’—海面距地心距离的变化。他提出沉积单元的上超和退覆反映了全球海面变化**(onlap and offlap of sedimentary units — global sea-level changes)**，海面上升的源自盆地的沉降，沉积物的充填则造成海面的下降。

海面的定义

Suess的海面变化概念



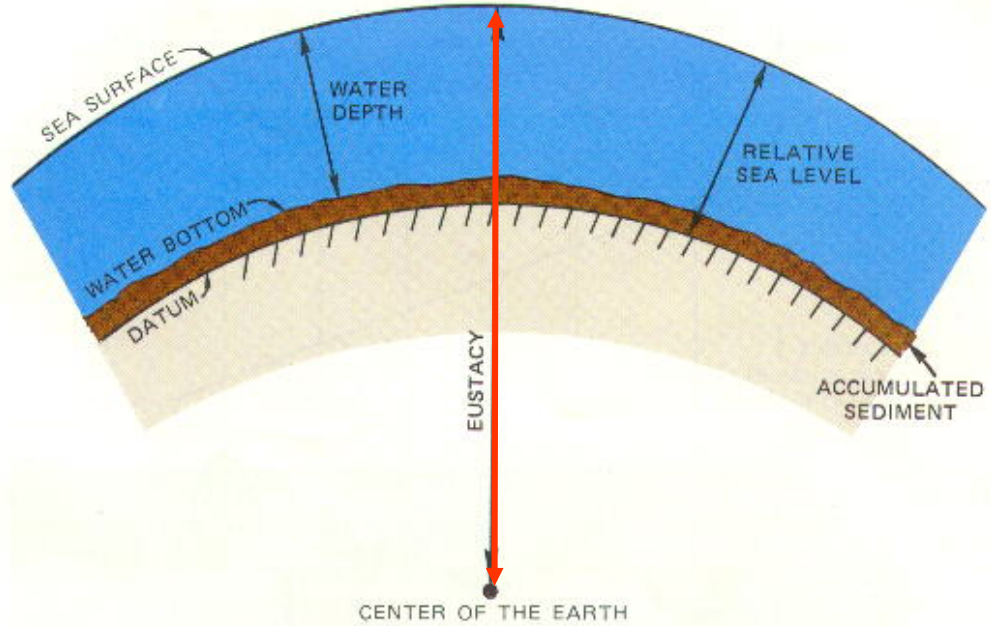


FIG. 8.—Eustacy, relative sea level, and water depth as a function of sea surface, water bottom, and datum position.

海面的定义 Definition of Sea-level

- 全球海面变化（**Global Eustacy**）

  海面和一个固定基准点（通常指地心）间测量到的海面变化（**Suess, 1906**）。其变化成因只有两种：洋盆体积变化（如洋中脊扩张）和海水体积变化（如冰川消融）。

  在岩石记录中解释全球海面变化是一个复杂而有争议的论题。

  这一概念的重要性仅仅在于强调全球海面可以上升或下降，从而发生全球规模的基准面变化——剥蚀发生。

海面的定义 Definition of Sea-level

- 相对海面变化 **Relative Sea-level Changes** 海面和一个局部的运动基准点——沉积基底或早期地层表面——间测量到的海面变化 **(Posamentier et al., 1988)**。
- 基准点的构造沉降或隆升、早期沉积物随沉陷的压实、海面的全球垂向变化等都会影响相对海面变化。总之，它的变化是“**相对的**”和“**局部的**”。

海面的定义 Definition of Sea-level

- 水深（**Water Depth**）
- 指在任一给定时刻和地点，水面和水底间的距离。
- ***Water depth*** **is measured between the sea-surface and the sea-bed in any given geographic location at a point in time.**



海面的定义

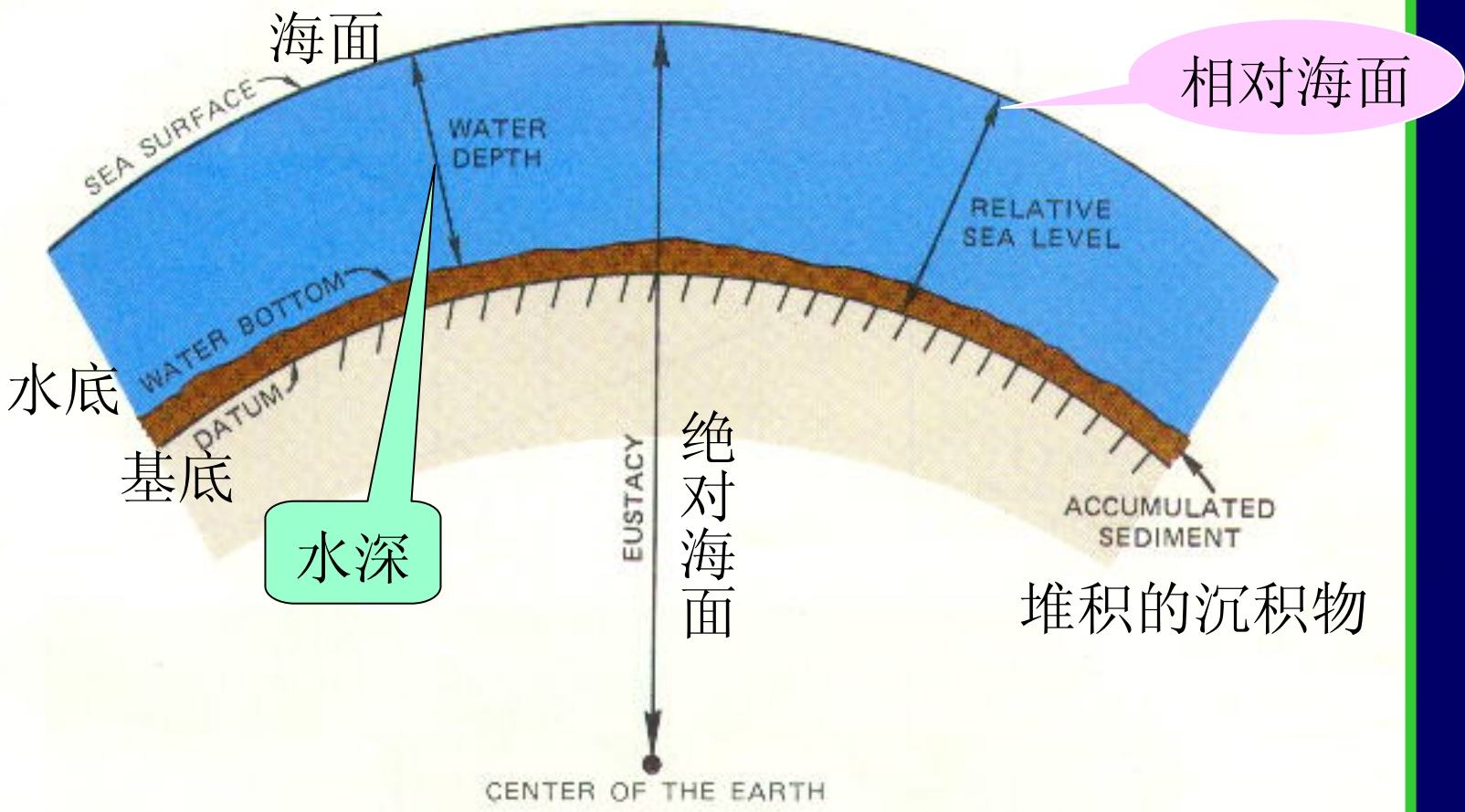


FIG. 8.—Eustacy, relative sea level, and water depth as a function of sea surface, water bottom, and datum position.

海面升降变化的成因

- **Grabau(1938)**提出地球脉动说。
- **M．Miankovitch(1940)**提出，地球运行轨道参数和地轴倾角的周期性变化，引起太阳辐射的周期性改变，并导致全球性气候的周期性变化和冰川的多次出现(即**Milankovitch**频率)。
- **R．W．Fairbridge(1961)**认为冰川的消长、洋盆形态的变化以及极地迁移是引起全球海面升降和气候变化的起因。

海面升降变化的成因

- **T. M. Guidish等人(1984)认为，海平面的变化起因于：**

(1)冰川和消冰作用；

(2)海底扩张速度的变化；

(3)海水被从大陆剥蚀下来的沉积物所排替；

(4)大型盆地的干涸或水淹；

(5)局部或区域性板块运动。

海面升降变化的成因

- 尽管说法很多，有一点却是肯定的。

® 即地质历史中，全球海平面确实发生过周期性变化，并伴生着周期性全球气候变化。

- 沉积物的产生与变异，总与水体密切相关。
- 因此，在构造沉降、气候变化、洋盆容积的改变、冰川的消长、地球体积的胀缩变化、全球性绝对海平面的升降等因素中，反映这诸多变化中的最敏感因素是相对的海平面升降变化。相对的基点或标准是陆棚的边缘。

海面升降变化的成因与标志

- 海面并非平面（球面），而是一个沿地球表面波状起伏的面。
- 澳大利亚、巴西、巴拿马海面最高；
- 南极最低。

- 因此，最好使用“海面”，而不是“海平面”，以免产生误解。

地层的级序、韵律与海面变化

- 地层的沉积规模可以小到纹层、大到超层序。
- 各种地层单元的形成均与海面变化有密切的关联。
- 因此，海面变化也有明显的地层标志。

地层级序与海面变化

STRATAL UNITS	定　　义
层序	一相对整合的，成因上相关的地层序列，以不整和面和可与它对比的整和面为界。(MITCHUM和其他人，1977)
准层序组	成因上相关的若干准层序序列，组成一个清楚的叠加形式，一般以大的海泛面和可与它对比的面为界。
准层序	相对整合，成因上相关的层、或层组的序列以泛海面和可与它对比的面为界
层组	
层	
纹层组	
纹层	

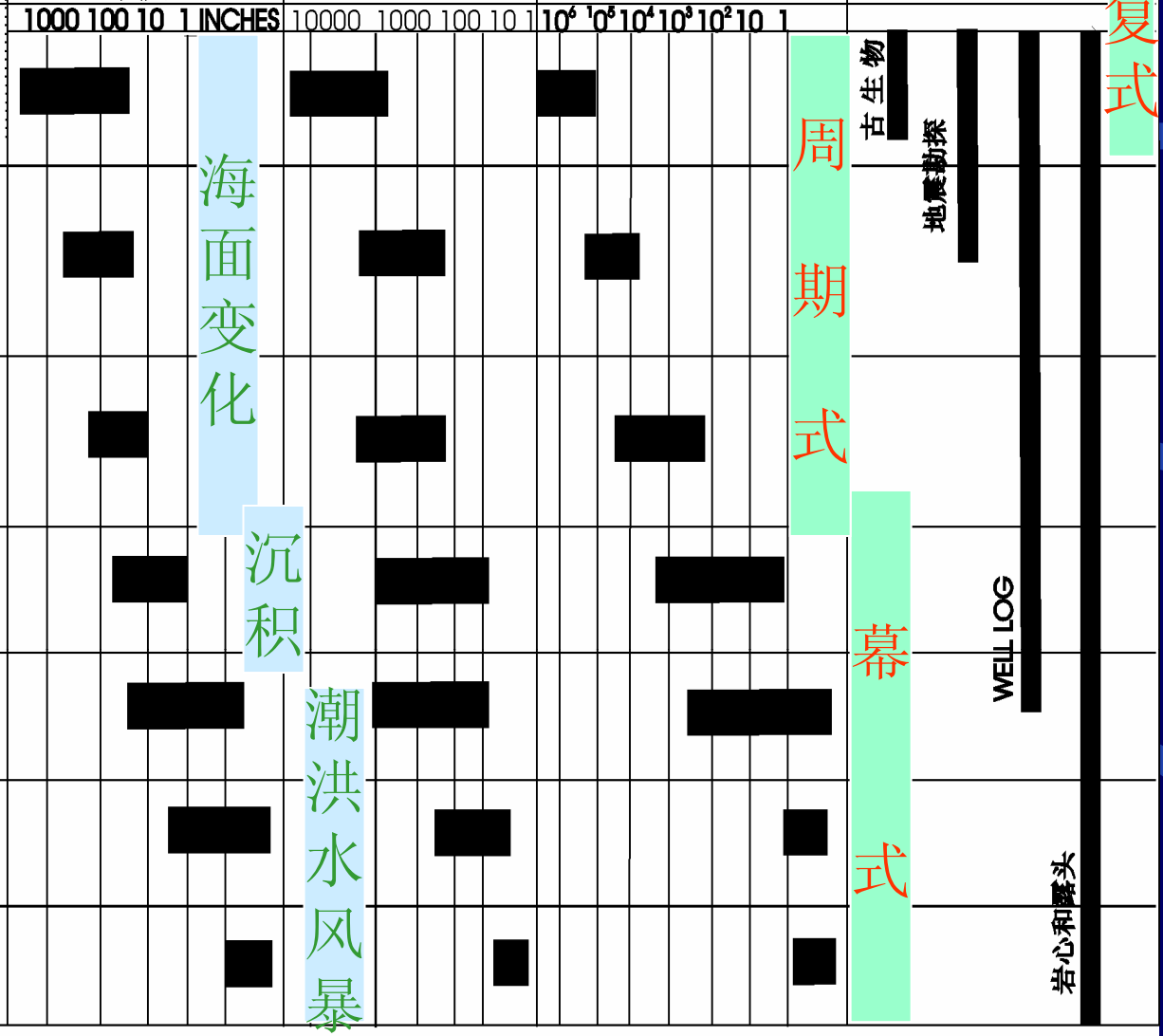


表　2-2　　几种主要的地层划分对比手段的适用范围及分辨能力。

（据《厕井、岩心和露头中硅质碎屑岩的层序地层学》Wangoner等著，桑金玉等译。1992年）

地层的级序、韵律与海面变化

- 小的地层单位，如纹层岩层和少数准层序，通常是阵发式或幕式沉积。
- 体系域、层序、层序组和大多数准层序是周期式的，或称旋回式的。带有某种周而复始的重复性。主要是在海平面周期性变化下形成的。
- 而更大些的地层单位超层序，则是在大地构造运动长期作用下的产物，它们之间具有反复性，但重复性减少。

海面升降变化的成因与标志

- 成因——众说纷芸

  冰川说、脉动说、扩张速率说等等

- 标志——湾岸上超

  湾岸上超的迁移方向代表海面的升降

第二章　海面升降变化
Relative Changes of Sea Level

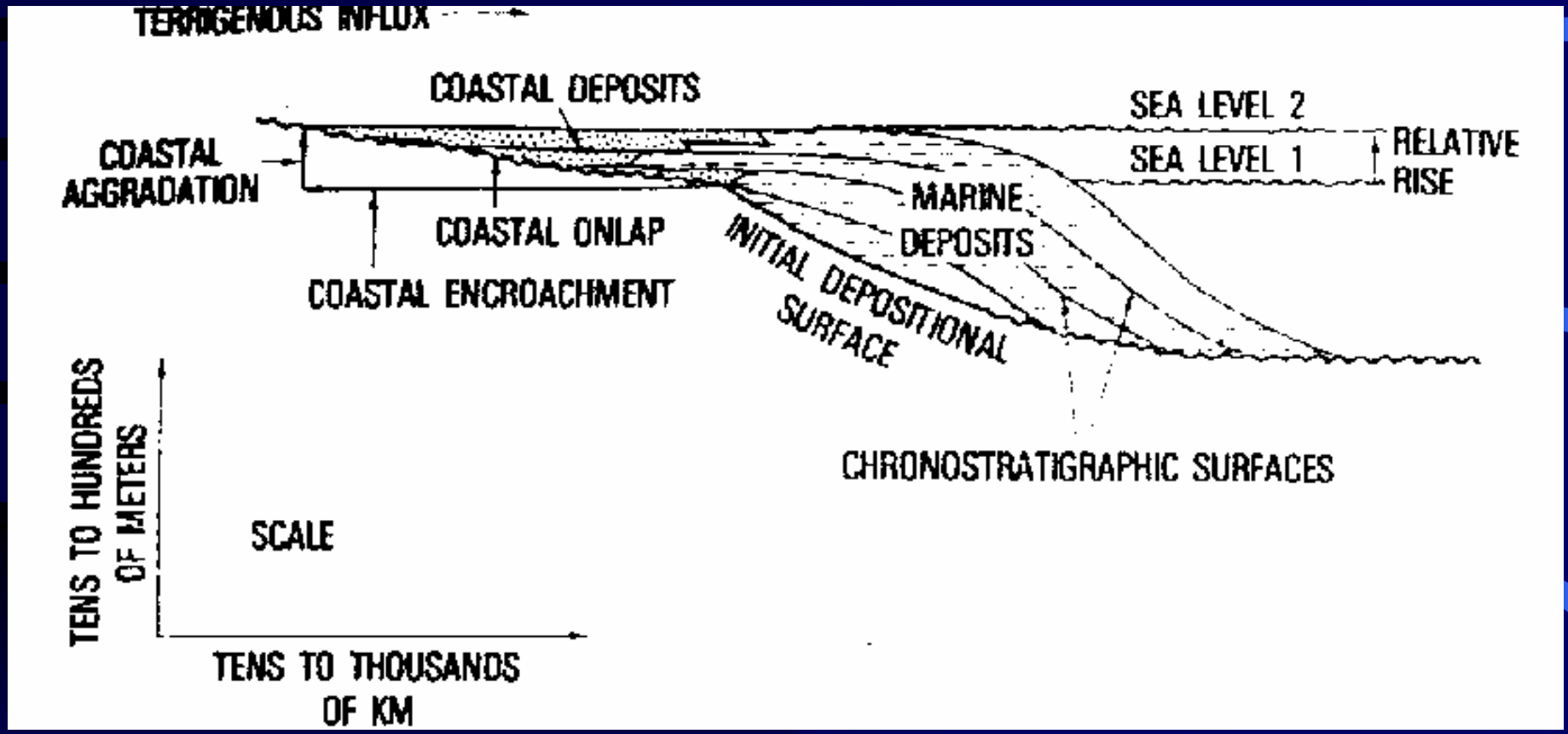
- 海面升降变化研究的意义
- 海面升降变化的成因与定义
- 海面升降变化的标志与研究方法



海面升降变化的标志与研究方法

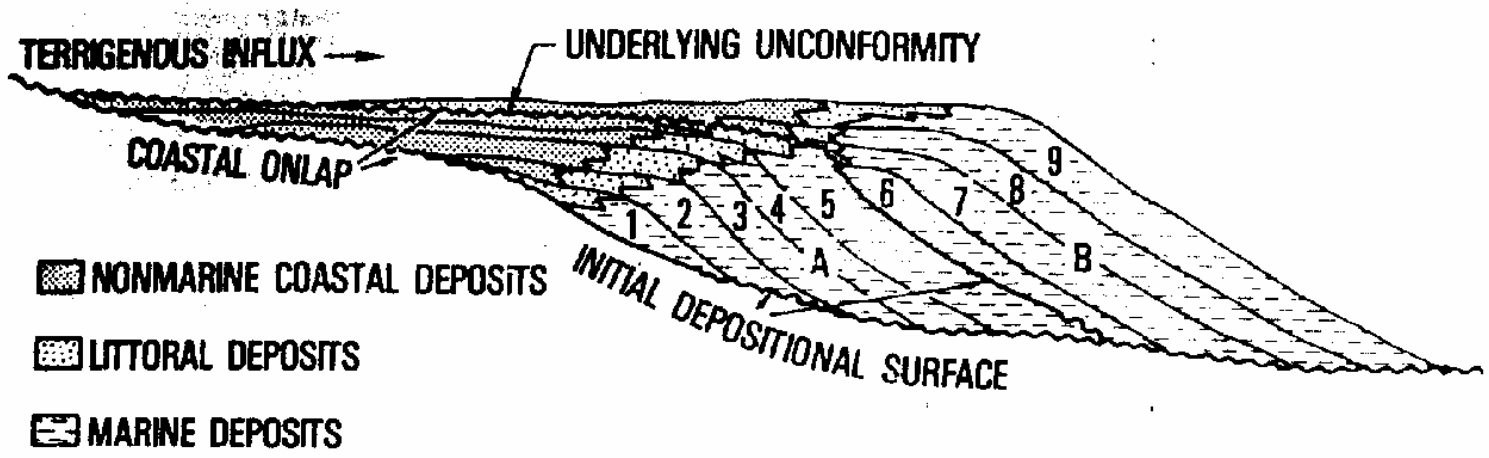
- 地质人员早就采用过反映古水深和古环境的古生物、岩石、矿物、化学元素标志研究海平面的变化。但一般来说都是定性的。
- 直到**1977**年，**Vail**等人才正式提出一种利用地震剖面中反射界面上超点的转移幅度研究海平面升降的半定量方法，我们可以称它为“上超点法”。

海面升降变化的标志

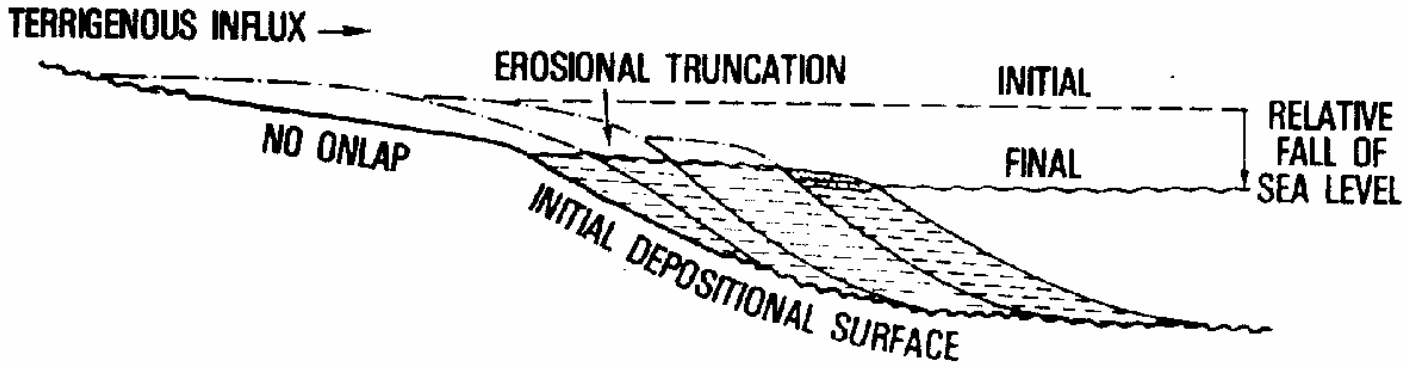


- 海面上升使湾岸上超向上迁移，反之亦然。

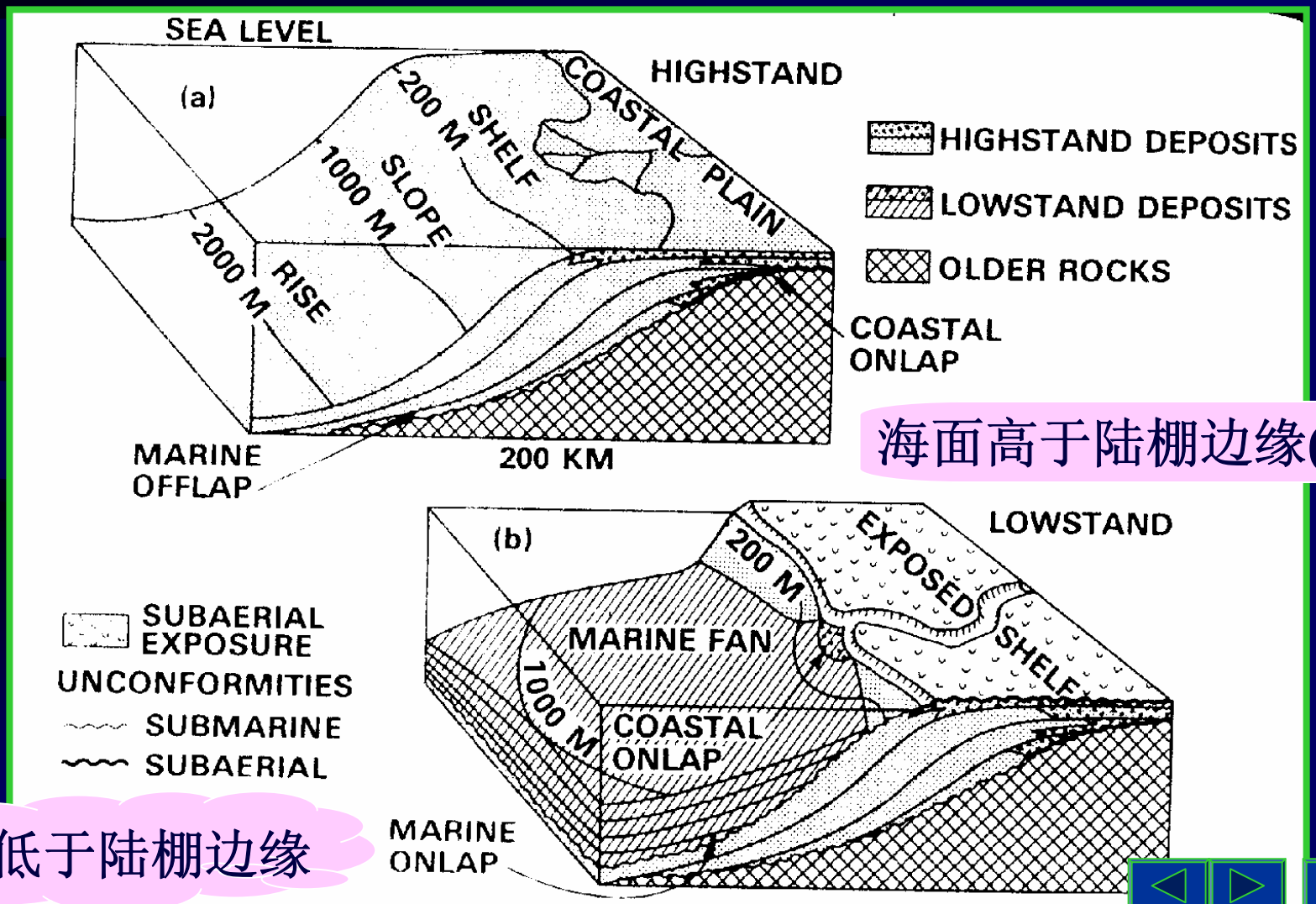
海面升降变化的标志



b) DOWNWARD SHIFT IN CLINOFORM PATTERN INDICATES GRADUAL FALL



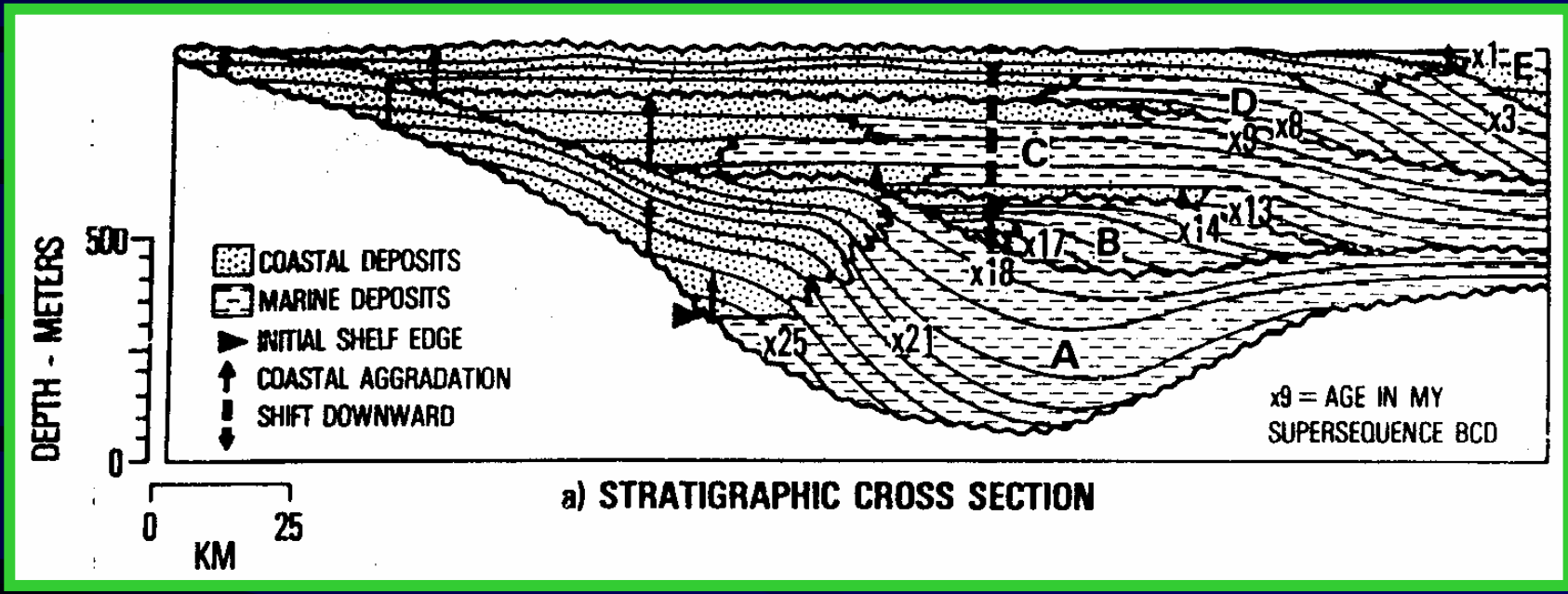
海面的高水位期和低水位期
Highstand and Lowstand of Sea Level



海面高于陆棚边缘(edge)

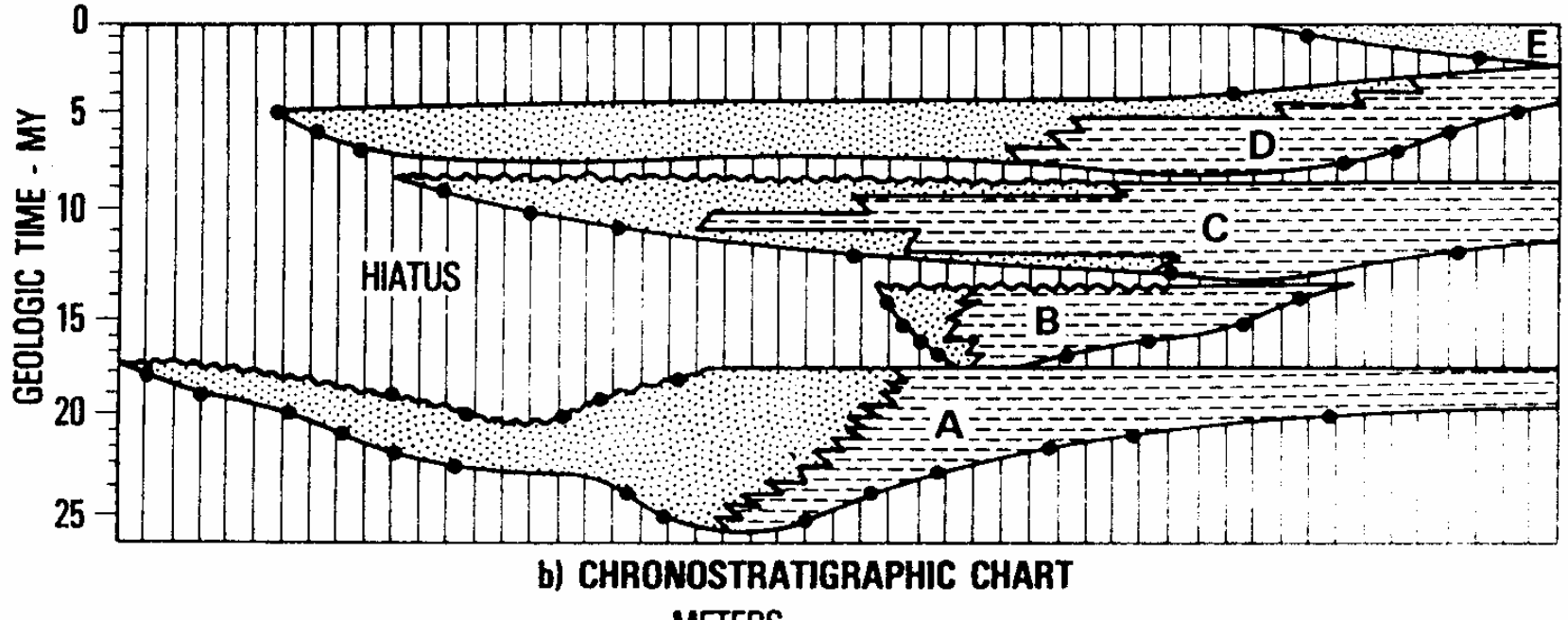
海面低于陆棚边缘

海面升降变化的研究方法（一）



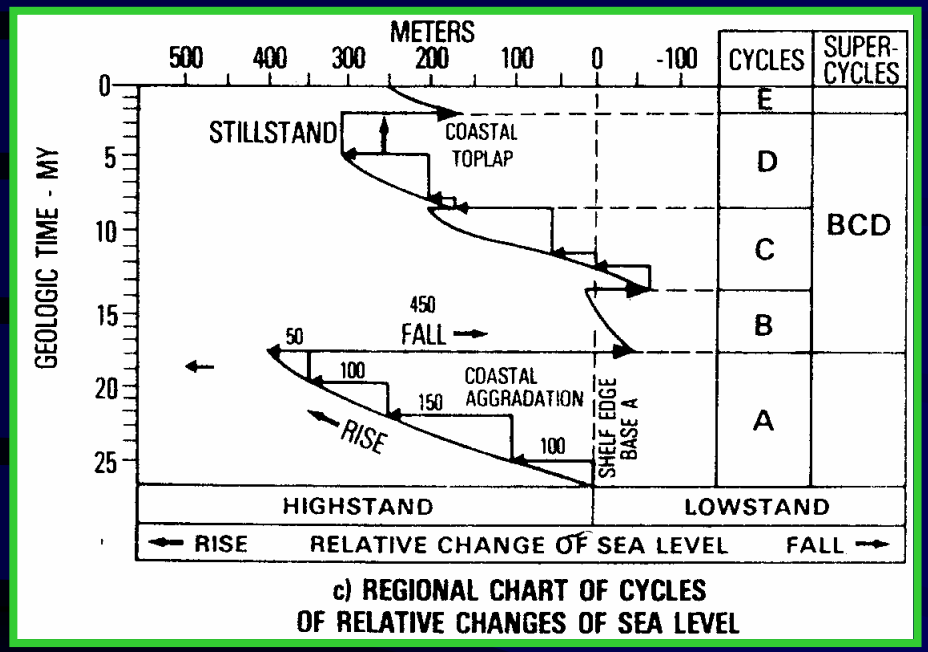
- 海面变化研究方法见上图
- 它代表由地震剖面解释得来的地层横剖面。其中包括5个层序（A、B、C、D、E）。
- 各层序之间具有上超、削截等接触关系。

海面升降变化的研究方法（二）



- 上图为前图同一剖面的年代地层剖面或叫年代地层框架。
- 用以表示各地层层序的时空分布，图中竖线区代表沉积间断。它对油气勘探评价极有用处。

海面升降变化的研究方法（三）

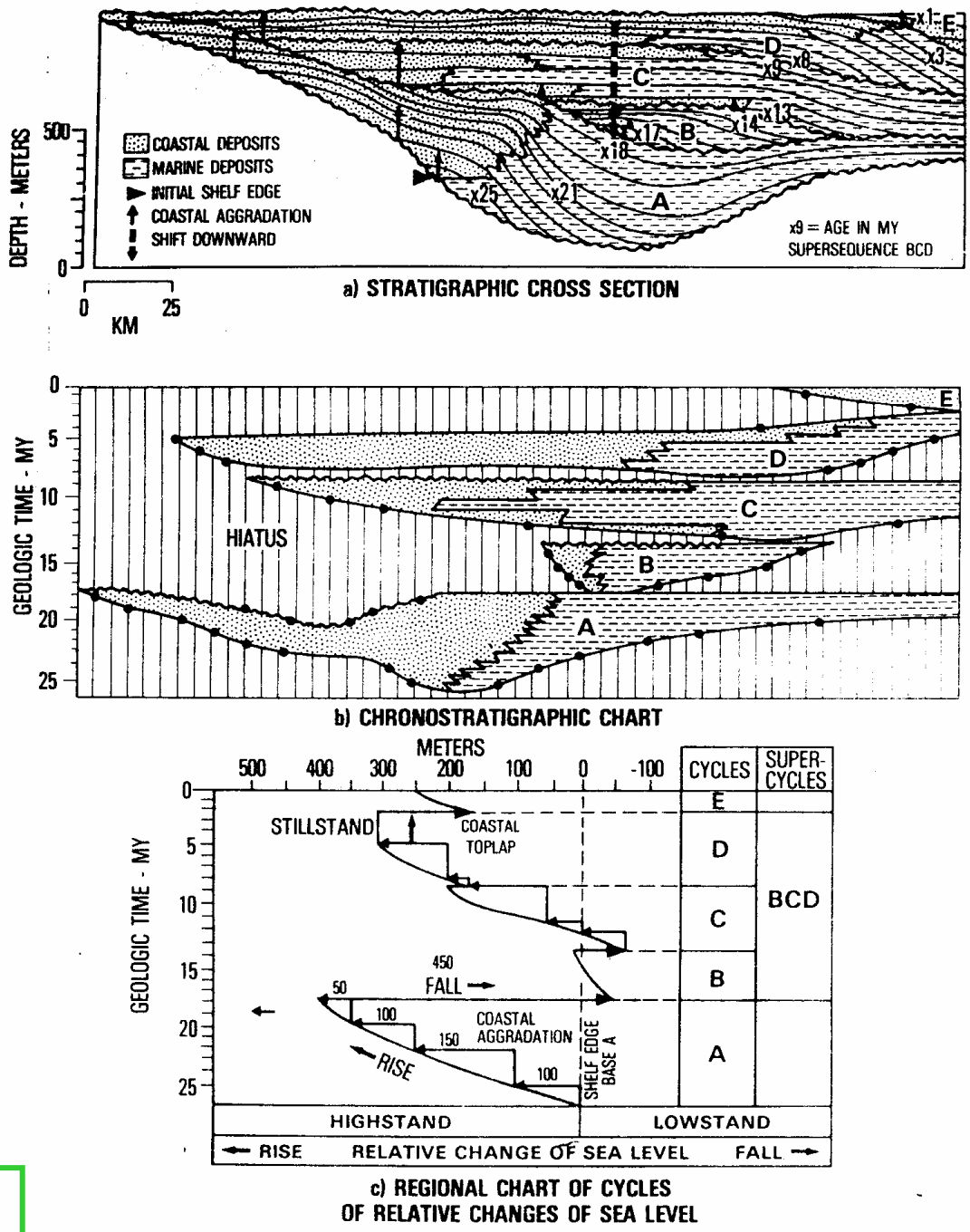


c) REGIONAL CHART OF CYCLES OF RELATIVE CHANGES OF SEA LEVEL

- 左图为海平面升降周期曲线(或上超点曲线)。其纵坐标为地质年龄(以距今Ma计)。横坐标为上超点向上或向下转移的垂向幅值，由构造横剖面中量出，用以代表海平面的相对升降。

图中横坐标的零值取原始的陆棚边缘高程或者取现代的平均海平面高程。它根据图(a)将地层划分为3个超周期(A、BCD和E)、5个周期(A、B、C、D、E)。

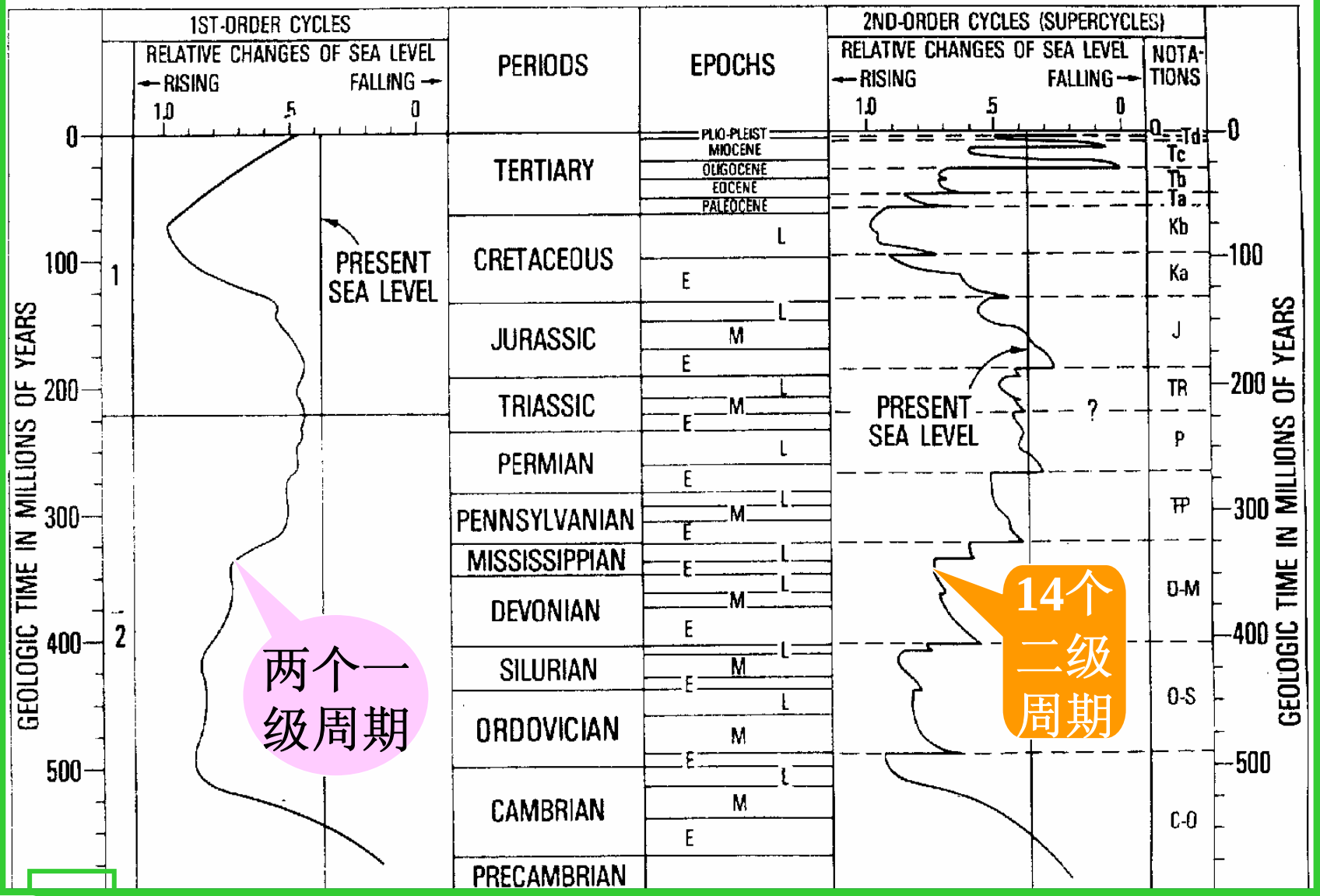
海面升降变化研究方法


DEPTH - METERS
500
0
COASTAL DEPOSITS
MARINE DEPOSITS
INITIAL SHELF EDGE
COASTAL AGGRADATION
SHIFT DOWNWARD
x1
E
D
x3
x6
x8
C
x13
x14
x17
B
x18
x25
x21
A
x9 = AGE IN MY
SUPERSEQUENCE BCD
0
25
KM
a) STRATIGRAPHIC CROSS SECTION
GEOLOGIC TIME - MY
0
5
10
15
20
25
E
D
C
HIATUS
B
A
b) CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART
METERS
500
400
300
200
100
0
-100
CYCLES
SUPER-CYCLES
E
STILLSTAND
COASTAL TOPLAP
D
C
BCD
450
FALL
50
100
150
COASTAL AGGRADATION
RISE
100
B
A
SHELF EDGE
BASE A
HIGHSTAND
LOWSTAND
RISE
RELATIVE CHANGE OF SEA LEVEL
FALL
c) REGIONAL CHART OF CYCLES
OF RELATIVE CHANGES OF SEA LEVEL

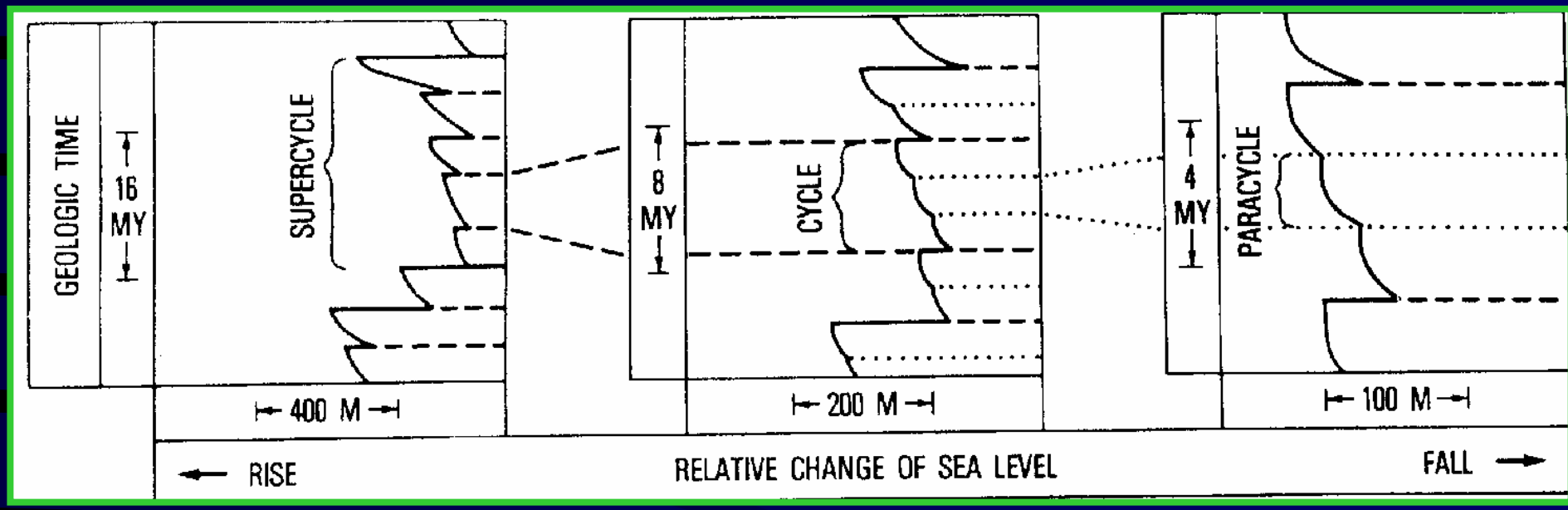
全球海面升降变化曲线

- **Vail**等人（**1977**）利用前述原理，根据世界各地的资料**(**包括地震、古生物、古地磁、同位素年龄测定资料**)**，编制出显生宙以来一、二级海平面升降周期曲线（下图）和中生代以来的三级周期曲线。
- 每个海面变化周期都代表着一个相应级序的层序。

全球海面变化曲线

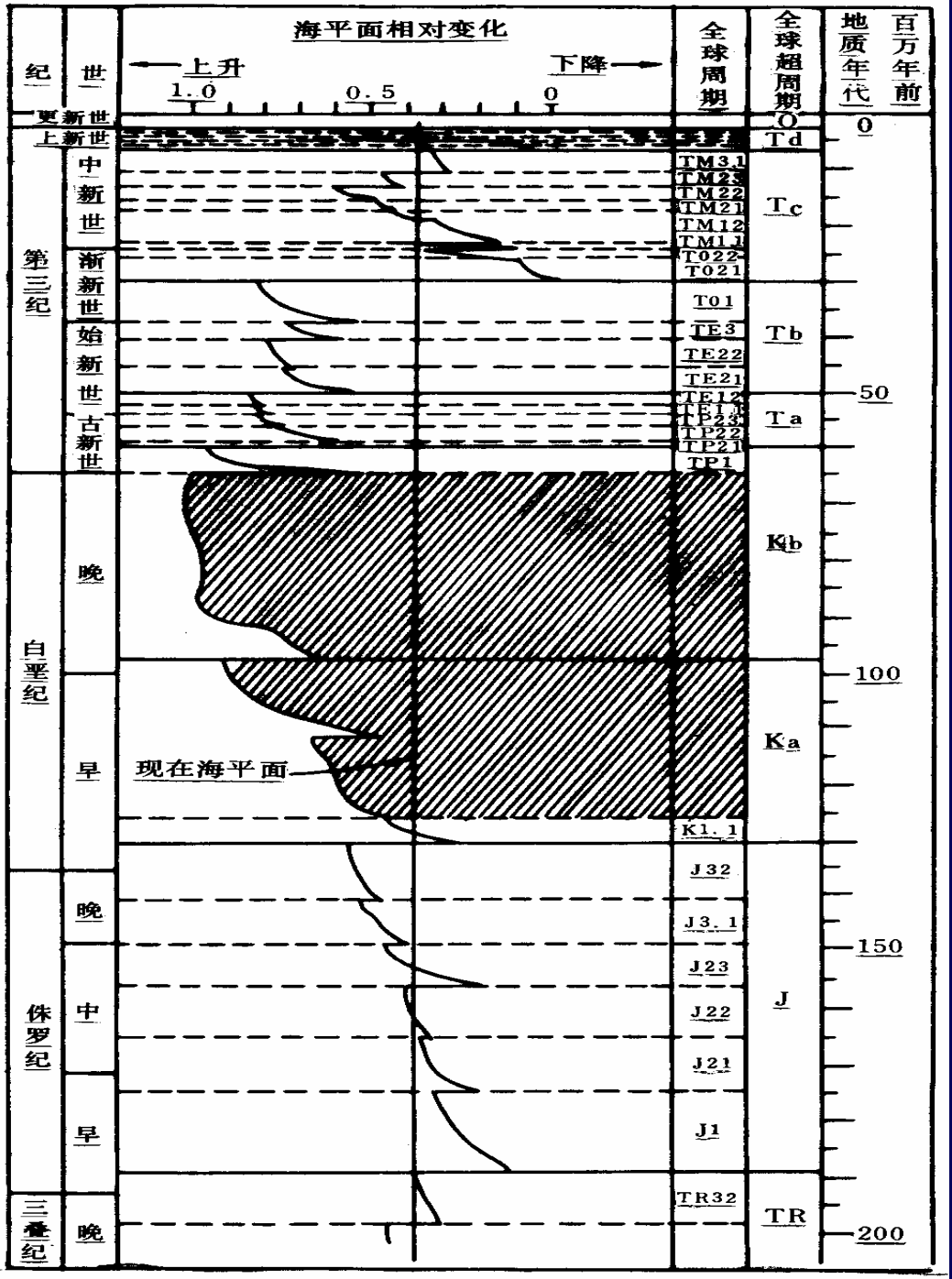

1ST-ORDER CYCLES
RELATIVE CHANGES OF SEA LEVEL
RISING
FALLING
1.0
.5
0
PERIODS
EPOCHS
2ND-ORDER CYCLES (SUPERCYCLES)
RELATIVE CHANGES OF SEA LEVEL
RISING
FALLING
1.0
.5
0
NOTA-TIONS
GEOLOGIC TIME IN MILLIONS OF YEARS
0
100
200
300
400
500
1
2
PRESENT SEA LEVEL
TERTIARY
PLIO-PLEIST
MIOCENE
OLIGOCENE
EOCENE
PALEOCENE
CRETACEOUS
L
E
JURASSIC
L
M
E
TRIASSIC
L
M
E
PERMIAN
L
E
PENNSYLVANIAN
L
M
E
MISSISSIPPIAN
L
E
DEVONIAN
L
M
E
SILURIAN
L
M
E
ORDOVICIAN
L
M
E
CAMBRIAN
L
M
E
PRECAMBRIAN
Td
Tc
Tb
Ta
Kb
Ka
J
TR
P
TP
O-M
O-S
C-O
PRESENT SEA LEVEL
?
两个一级周期
14个二级周期

海面变化的级序



- 海面变化亦同层序分析一样，也可经典地划分为超周期、周期和亚周期三个级别。它们与地震层序的三个级别是一一对应的。
- 上述也是层序地层学的基本原理之一。
- 因此，地震地层学是层序地层学的起源之一

中新生界海面变化曲线


海平面相对变化
上升
下降
1.0
0.5
0
纪
世
全球周期
全球超周期
地质年代
百万年前
更新世
上新世
中新世
渐新世
始新世
古新世
第三纪
白垩纪
侏罗纪
三叠纪
晚
早
中
晚
现在海平面
Td
Tc
Tb
Ta
Kb
Ka
J
TR
TM3.1
TM23
TM22
TM21
TM12
TM11
T022
T021
T01
TE3
TE22
TE21
TE12
TE11
TP23
TP22
TP21
TP1
K1.1
J32
J3.1
J23
J22
J21
J1
TR32
0
50
100
150
200

1987年，Vail等在美国AAPG和Science刊物上推出了第2代海平面升降曲线，特点是曲线呈圆滑的波状，每个周期顶底标明了不整合的性质，层序界面位于海平面升降曲线每个周期的下降(F)拐点上，上升(R)拐点稍后的某个位置处为最大海泛面，划分了海平面升降周期的级次，引起了更多的古生物地层学、年代地层学和磁性地层学的资料，并且提出了新的地层学科，即层序地层学。

由此，地震地层学发展到一个崭新阶段。同年，J. B. Sangree和P. R. Vail的“层序地层学基础和关键性定义”推出，其中论述了该学科的基本理论、概念、术语、工作方法、解释步骤及部分实例，层序地层学逐步推广开来。

第一章学习结束，请继续！

陈开远

Tel：010-82320506， E-mail：ddcky@163.com