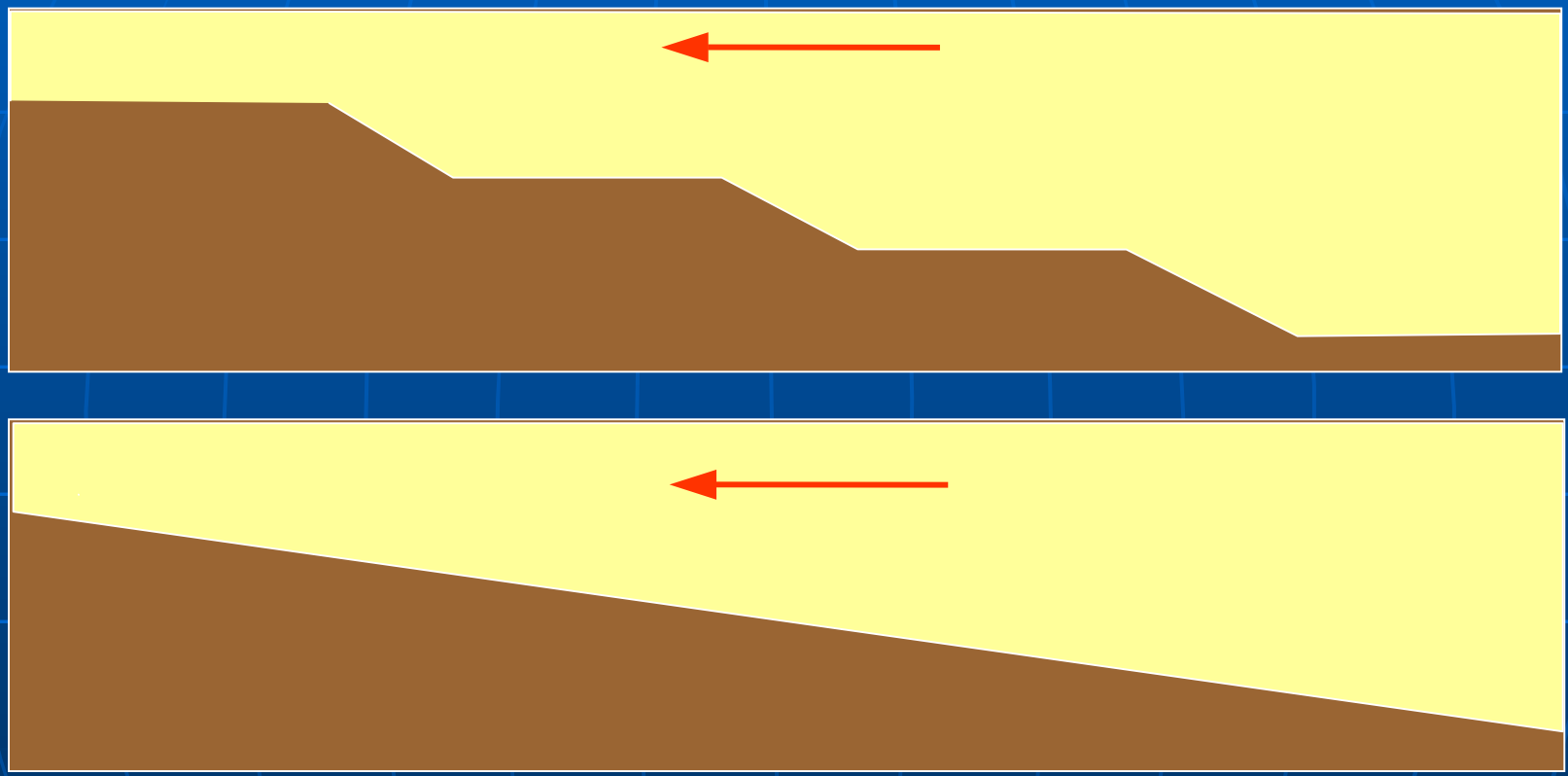
第七章　　断　层

- 断层概论
- 伸展构造及重力滑动构造
- 逆冲推覆构造
- 走滑断层
- 韧性剪切带

讨论：逆冲推覆构造的台阶状结构



- 按照一般理解，台阶状断层面比平面状或曲面状断层面具有更大的摩擦力，不利于断层的形成和滑动。那么，如何理解逆冲推覆构造的台阶式结构？

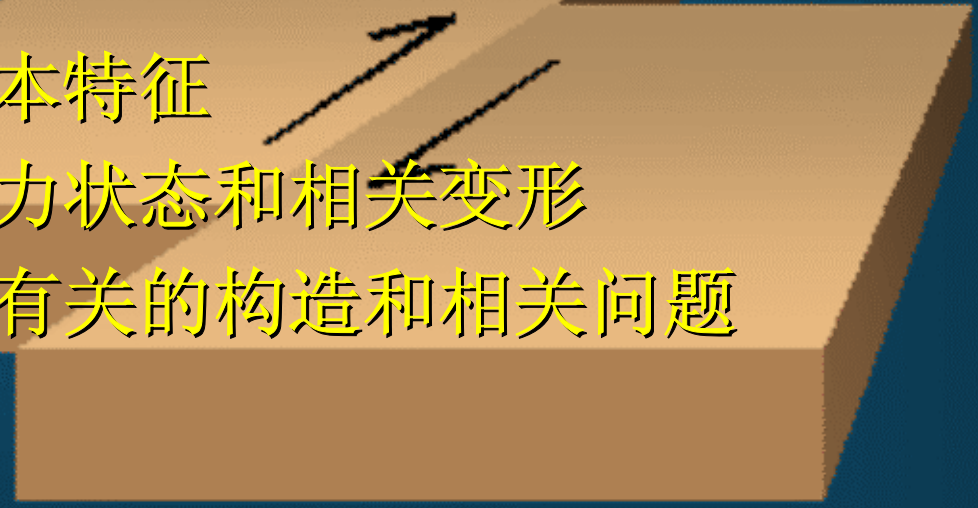
小 结

- 对研究对象和影响因素进行综合分析
  - 地质体类型，均匀性，各向同性/异性
  - 岩石力性，先存软弱面，地质背景……
  - **P, Pf, T, t, F, ε**
- 把复杂对象分解后进行具体分析
  - 断坪/断坡
- 总体分析、解释，建立构造模型
- 实验验证
  - 主控因素、约束条件，要解决的关键问题
- 地质验证
- 逆冲断层台阶式结构动画

7.4 走 滑 断 层

Strike-Slip Fault

定义：走滑断层是走向滑动断层的简称，指的是位移方向与断层走向相同或相近的大型平移断层



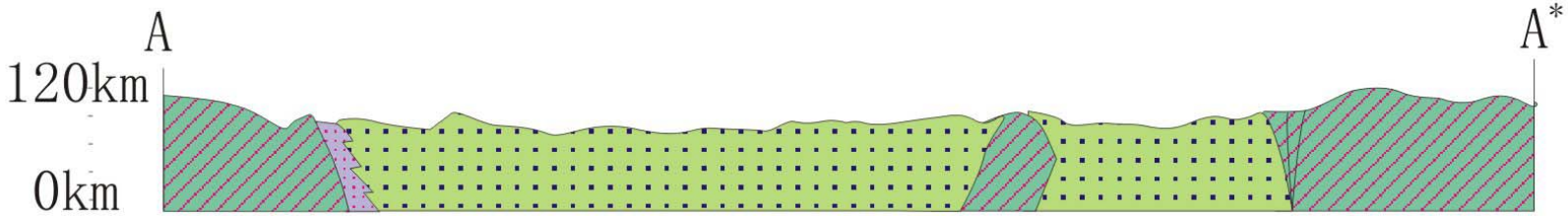
- 走滑断层基本特征
- 走滑断层应力状态和相关变形
- 与走滑断层有关的构造和相关问题
  - 拉分盆地
  - 花状构造
  - 走滑断层与转换断层的区别

7.4.1

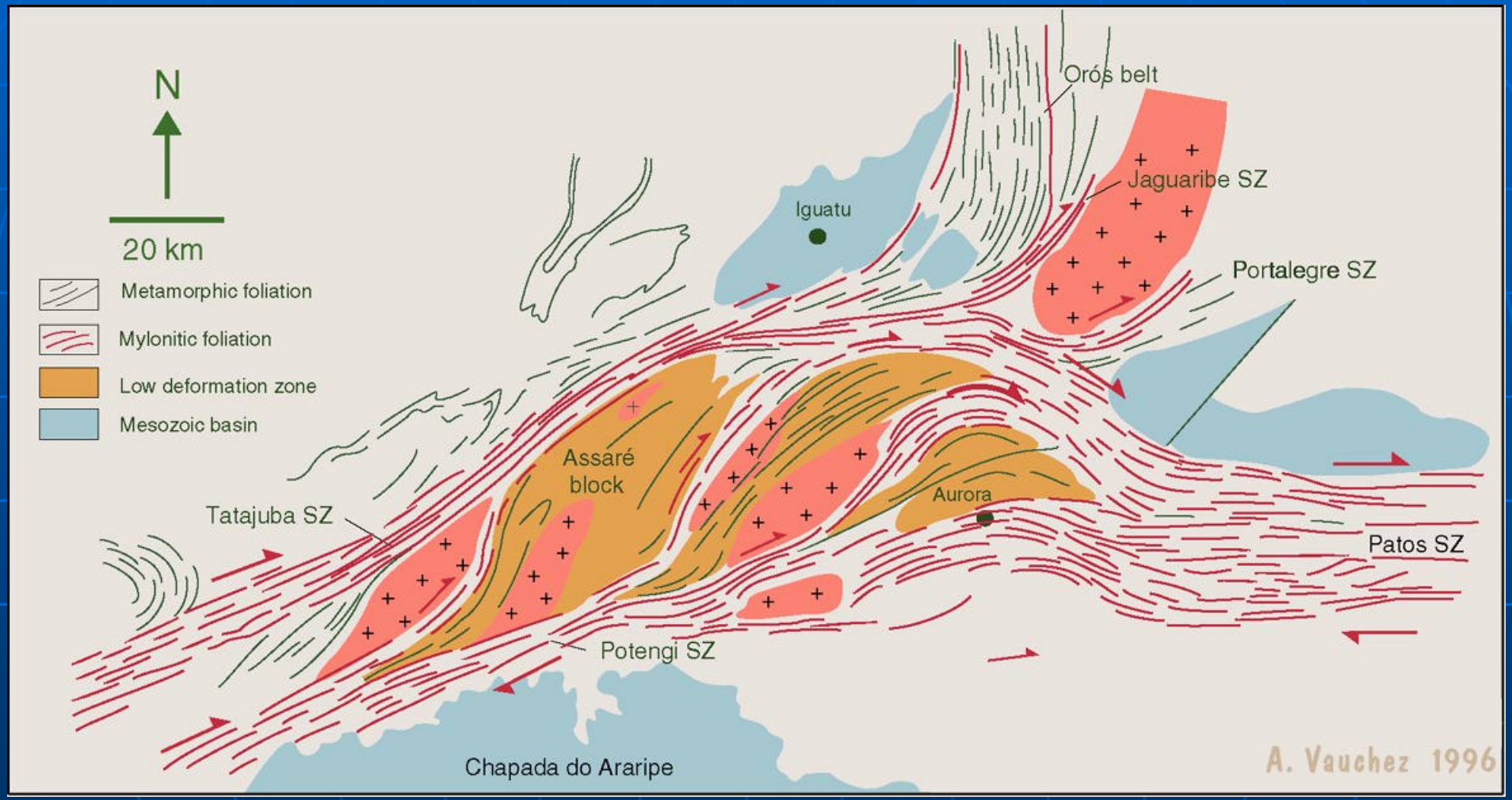
走滑断层基本特征

- 构造型式：带状、平行线式、雁列式和菱格式
  - 断裂带可包括一条或多条主干断层以及次级断层。它们分叉交织、形成复杂的断裂带结构
- 根据断层两盘相对运动方向，分为左旋走滑断层和右旋走滑断层
- 断面较平直，航卫影像上表现为明显的线性构造
- 走滑断层常伴生雁列式褶皱、断裂





圣安德列斯断层与次级断层构成的双重构造

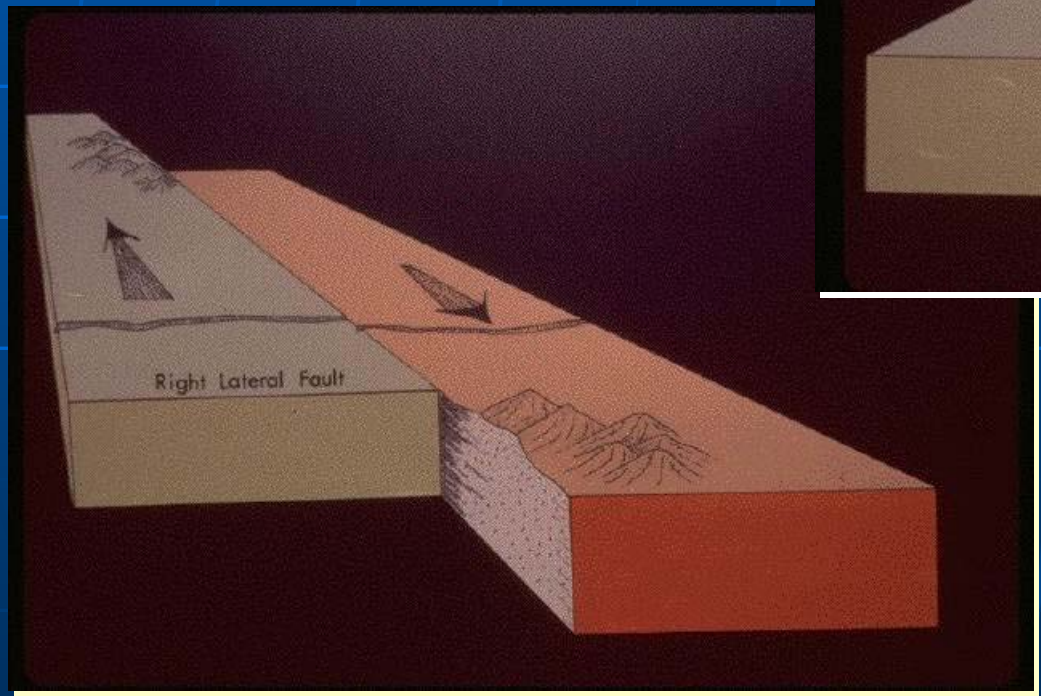


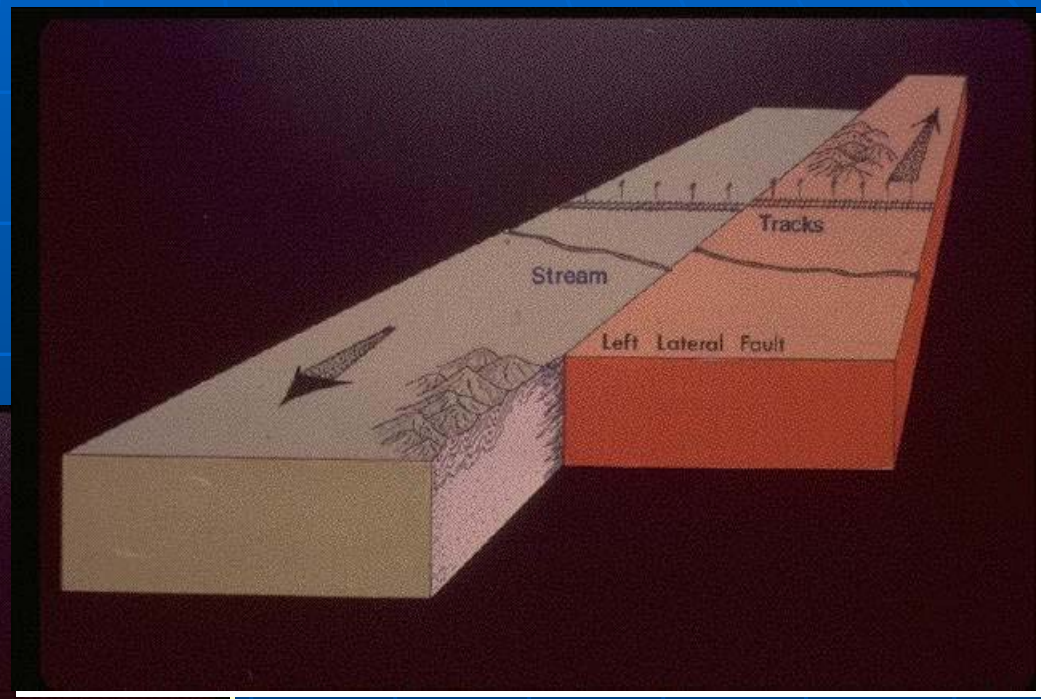
Duplex of Iguatu Strike-Slip Shear Zone, Brazil (from A.Vauches, 1996)


Forte Boa
MANAUS
Santarém
São Luís
Parnaíba
FORTALEZA
Iquitos
Leticia
Negro
Amazon
Tapajós
Tocantins
Marabá
Teresina
CEARÁ
AMAZONAS
PARÁ
MARANHÃO
Iguatu
Natal
Carolina
Juruena
Xingu
PIAUÍ
Paulistana
PARAÍBA
Caruaru
RECIFE
Porto Velho
Juazeiro
ACRE
Rio Branco
Maceió
Penedo
Riberalta
Cobija
RONDÔNIA
TOCANTINS
Barra
Aracaju
PERU
Beni
Madeira
MATO GROSSO
SOUTH AMERICA
Araguaia
SALVADOR
BAHIA
Cusco
BRAZIL
Trinidad
Mato Grosso
Itabuna
São Francisco
ANDES
Cuiabá
BRASÍLIA
Pardo
LA PAZ
GOIÂNIA
Belmonte
MINAS GERAIS
Mollendo
Arequipa
BOLIVIA
GOIÁS
Cerro Chochis
1290 m
Oruro
Corumbá
Parnaíba
PACIFIC
OCEAN
Arica
Sucre
Chaco Boreal
Potosí
MATO
GROSSO DO SUL
BELO HORIZONTE
Iquique
Pico da Bandeira
2897 m
Vitória
Tarija
Campos
Volcán San Pedro
6145 m
SÃO PAULO
RIO DE JANEIRO
PARAGUAY
Antofagasta
Pilcomayo
Asunción
PARANÁ
Volcán Llullaillaco
6739 m
CURITIBA
ATLANTIC OCEAN
ARGENTINA
Punta San Pedro
Villarrica
Iguassu Falls
Iguaçu
San Miguel
de Tucumán
Paraná

7.4.1

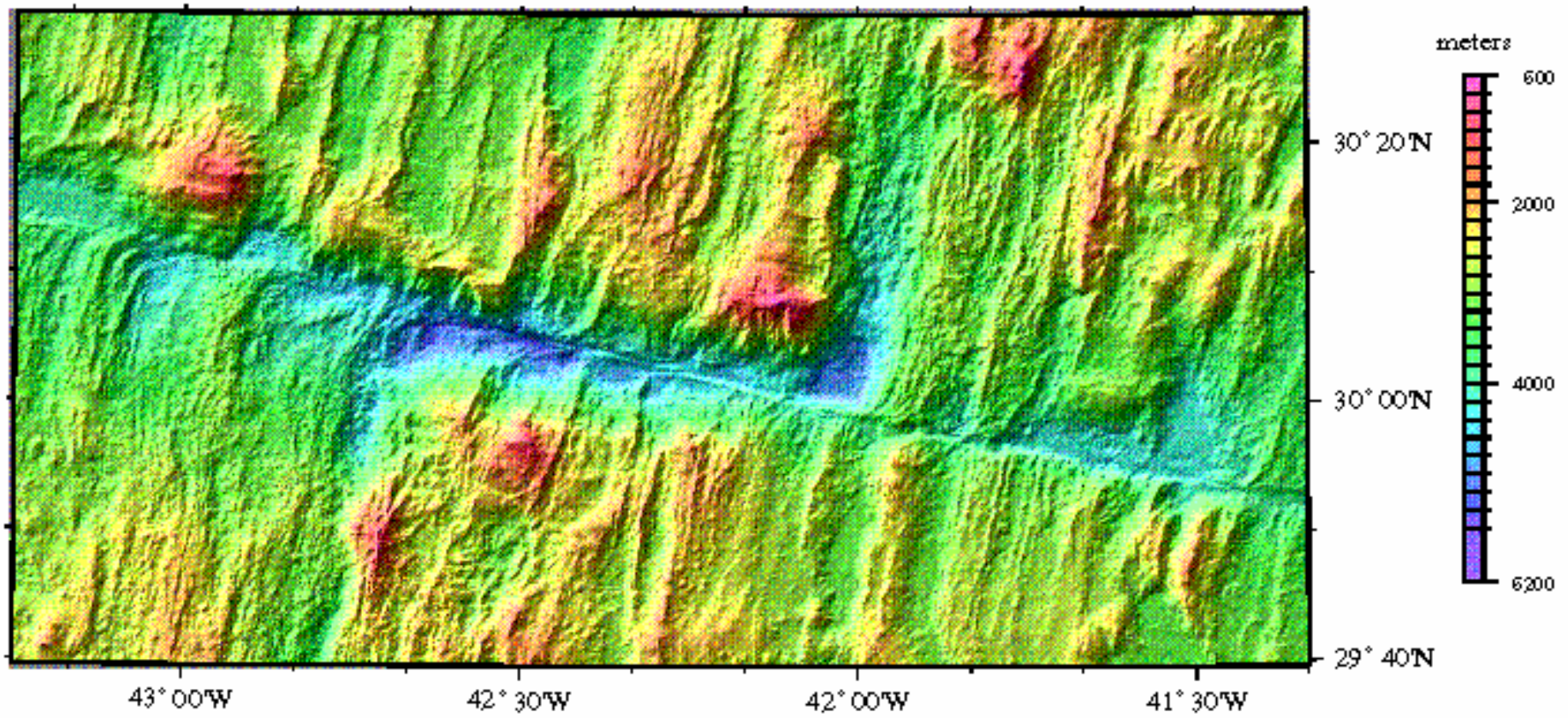
右旋走滑断层
Right lateral clockwise





左旋走滑断层
Left lateral anti-clockwise

7.4.1 直线状线性构造卫星影像

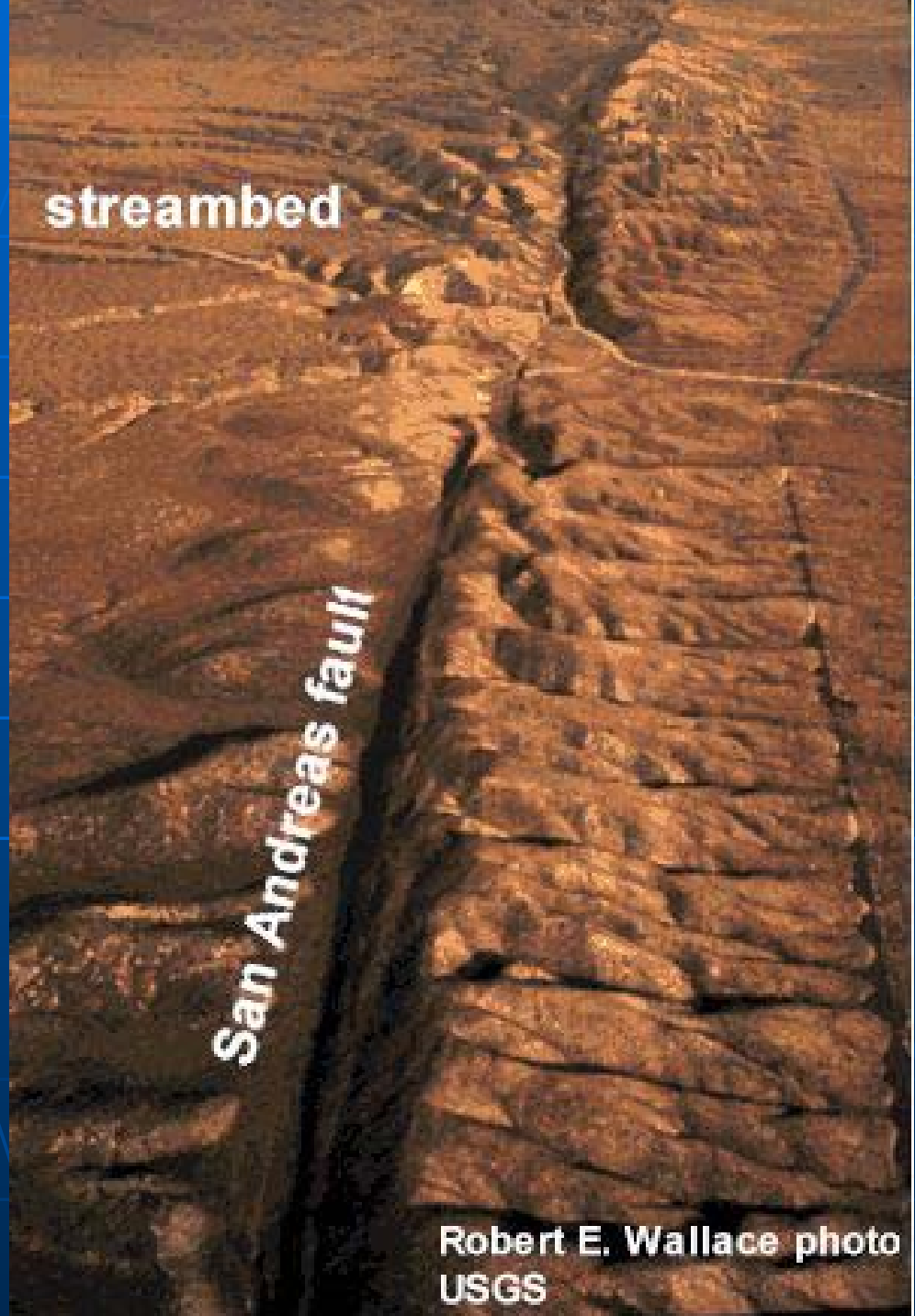


Right Lateral Strike Slip Fault

7.4.1



7.4.1

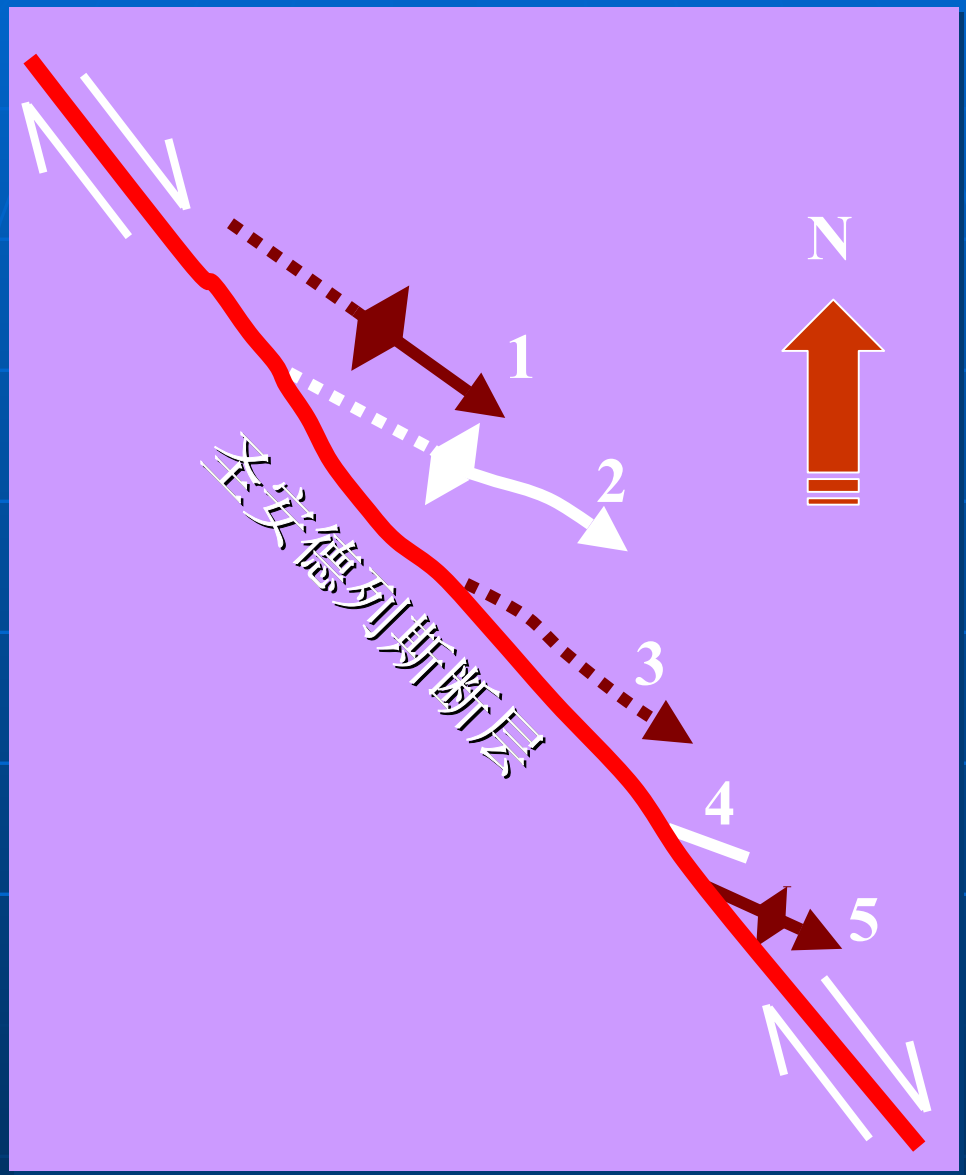


7.4.1

走滑断层伴生的褶皱

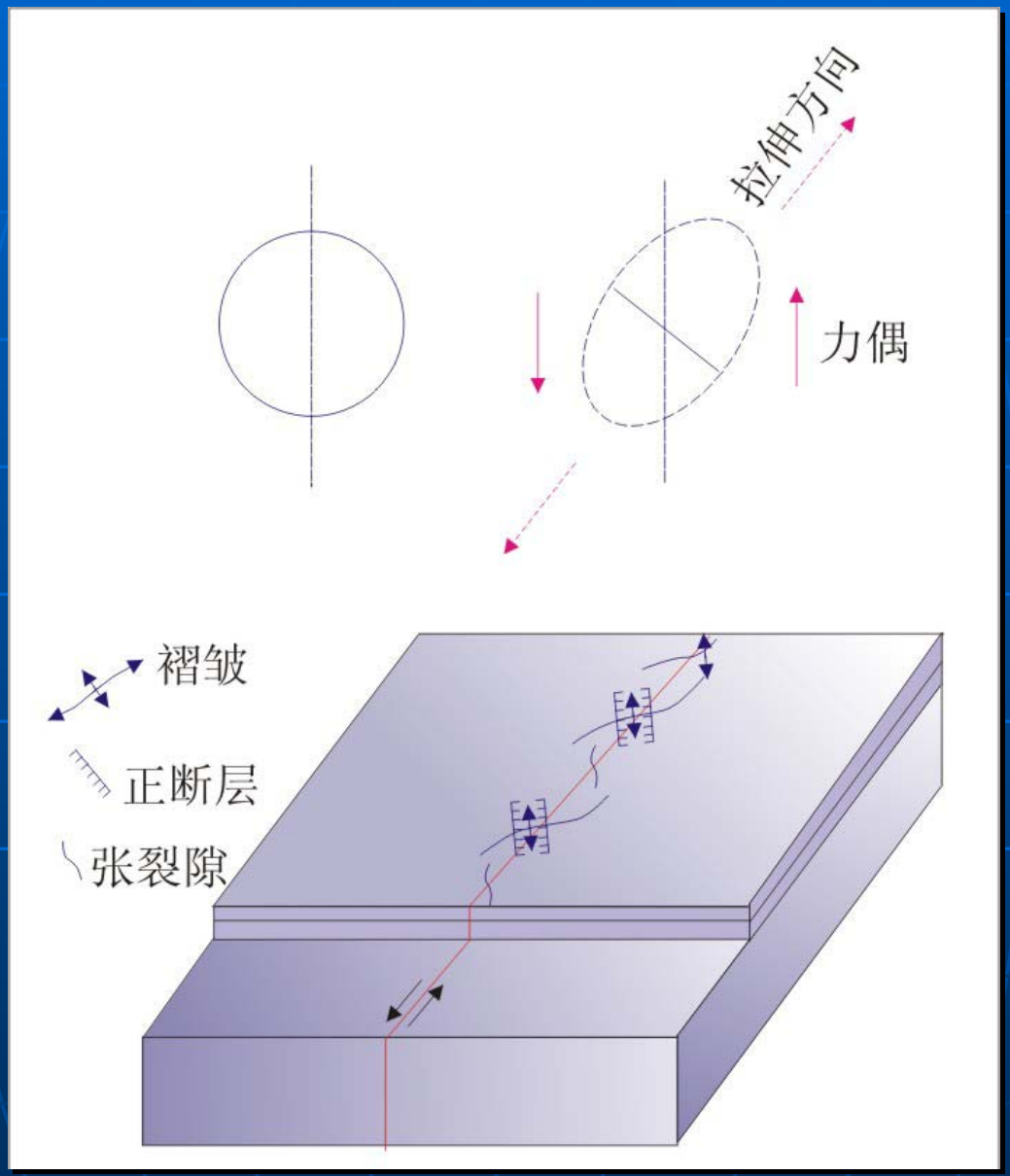
- 雁列式褶皱
  - 褶轴小角度交于断层，多为背斜
  - 远离断层倾伏、消失
  - 产于断层一侧或二侧，或带内，亦产于隐伏断层之上的覆盖层中
- 牵引褶皱

7.4.1



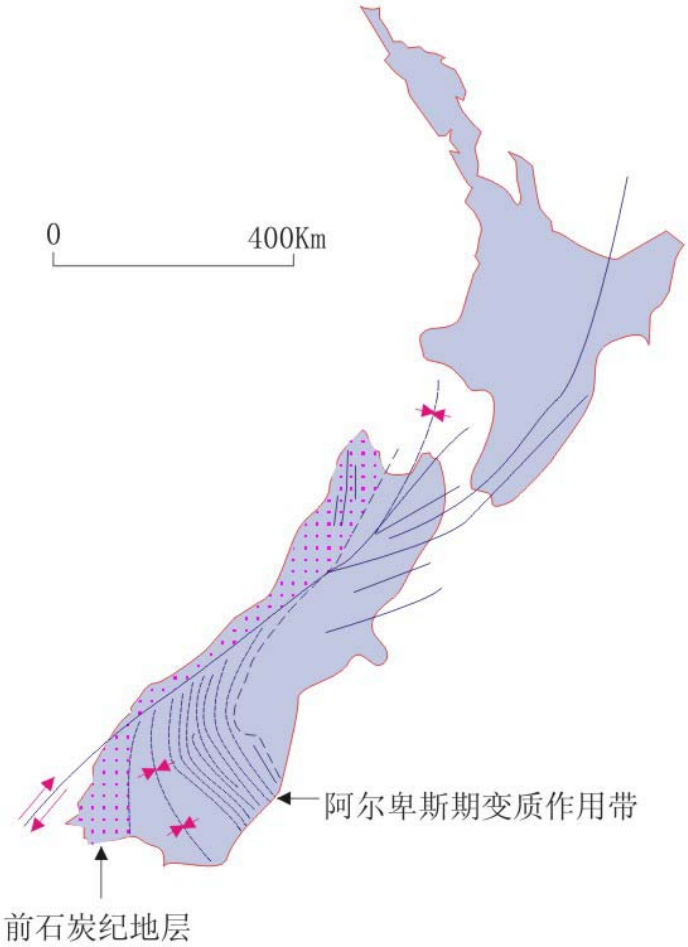
圣安德列斯断层东侧的雁列式褶皱

7.4.1

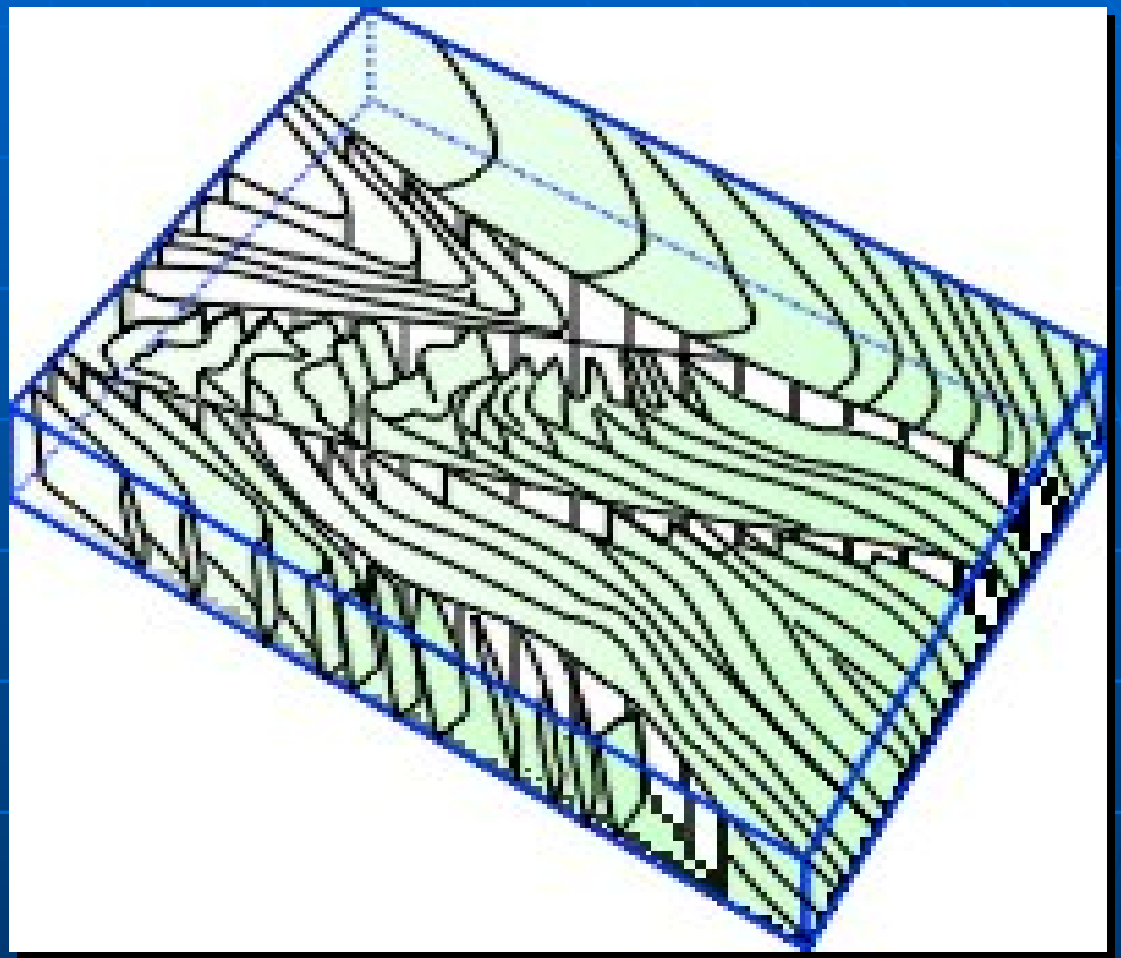


基底走滑断层上覆岩层雁列构造

7.4.1



新西兰阿尔卑斯走滑断层及其东南盘的牵引弯曲



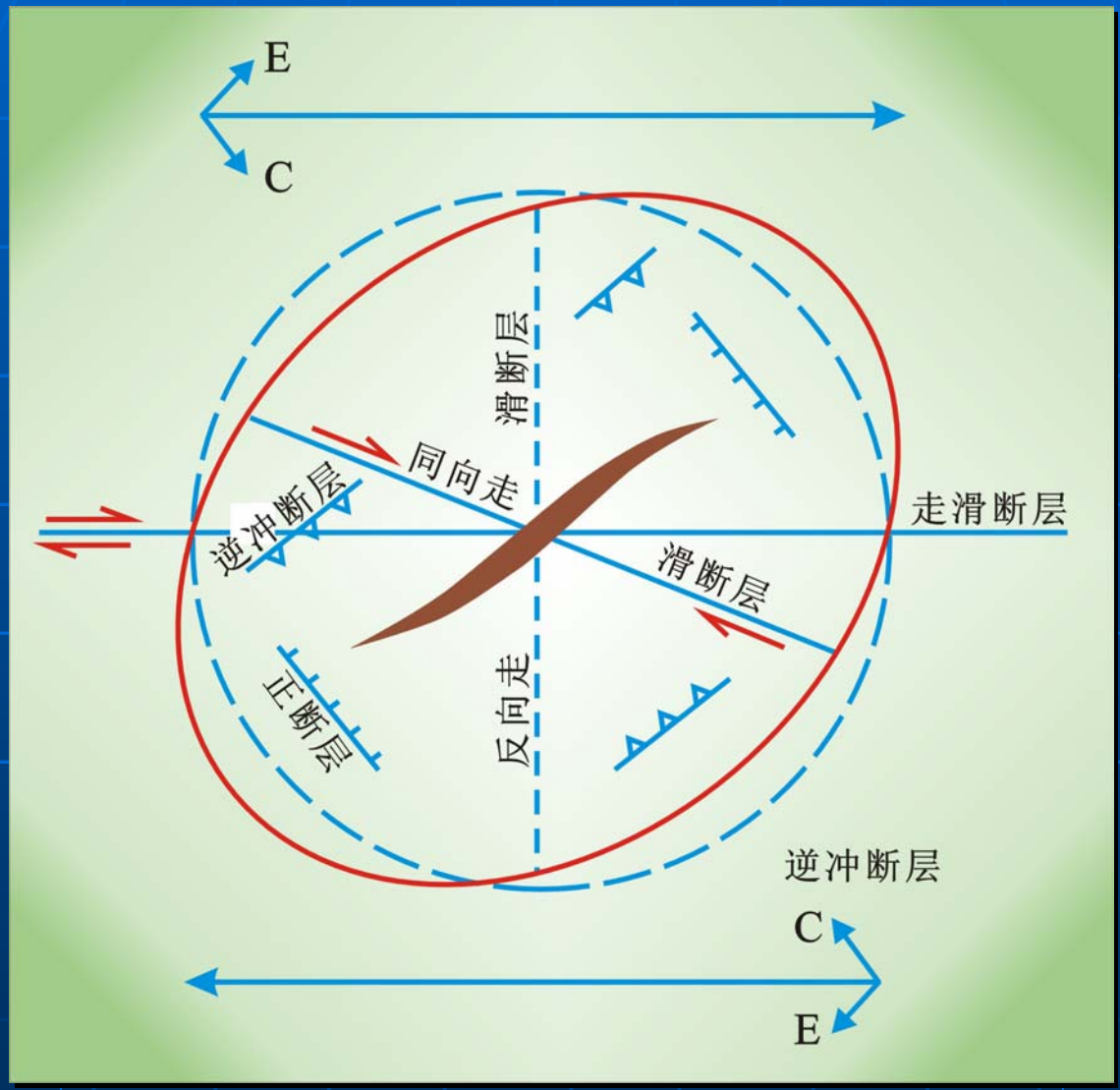
新西兰阿尔卑斯断层测旁的倾竖褶皱

7.4.2

走滑断层应力状态和相关变形

- 走滑断层的应力应变场
- 断层弯曲引起的应力应变场
- 走滑断层交切引起的挤压、拉张
- 断层端部应力状态

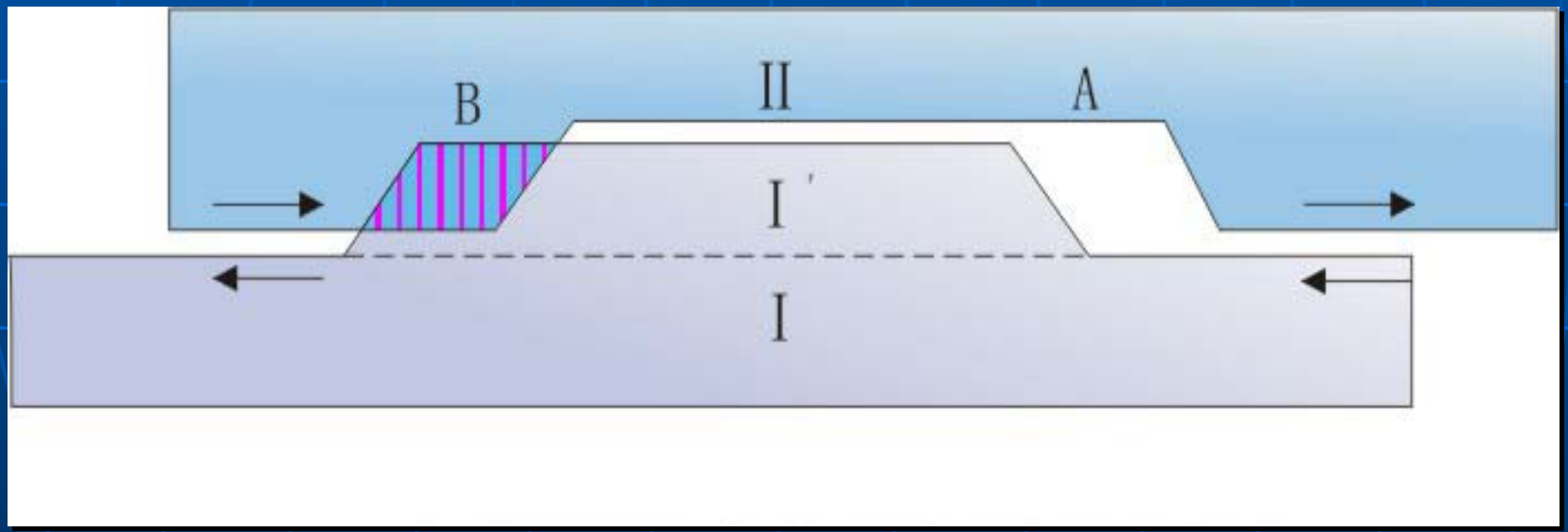
7.4.2.1



走滑断层的应力应变场

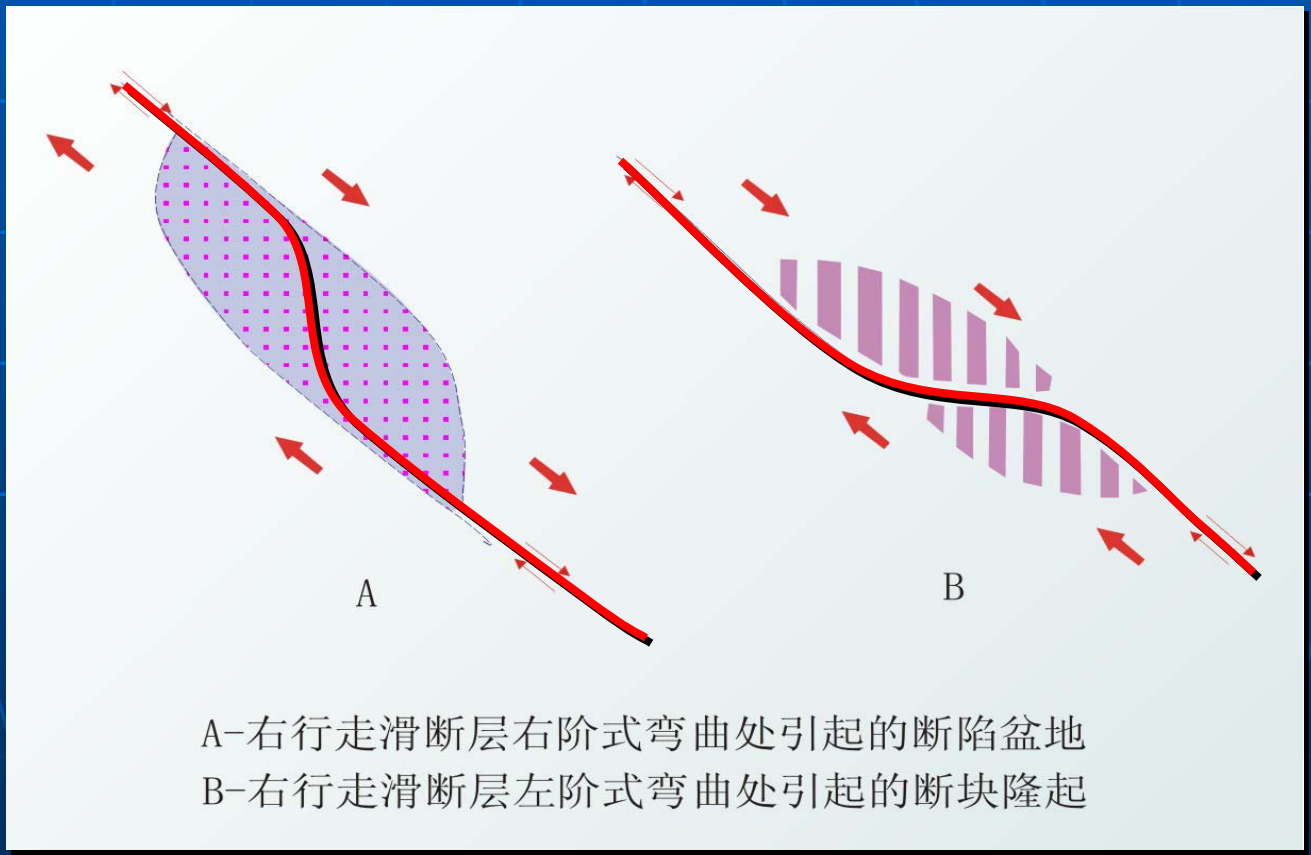
7.4.2.2

断层弯曲引起的应力应变场



7.4.2.2

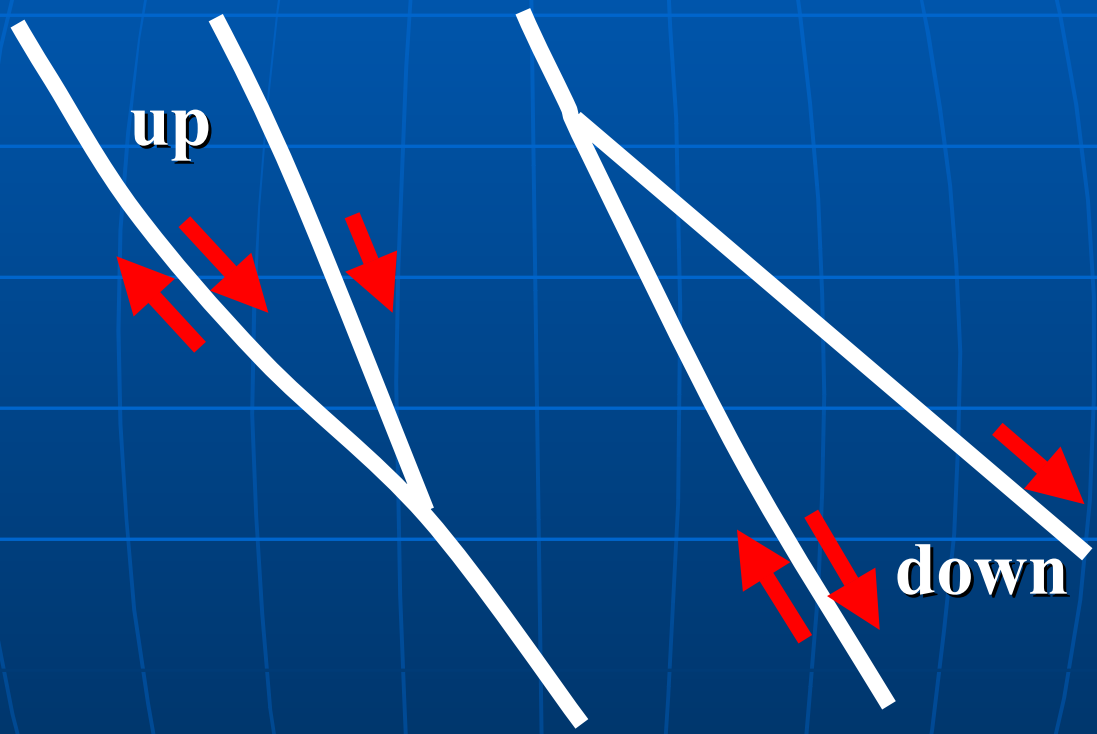
断层弯曲引起的应力应变场



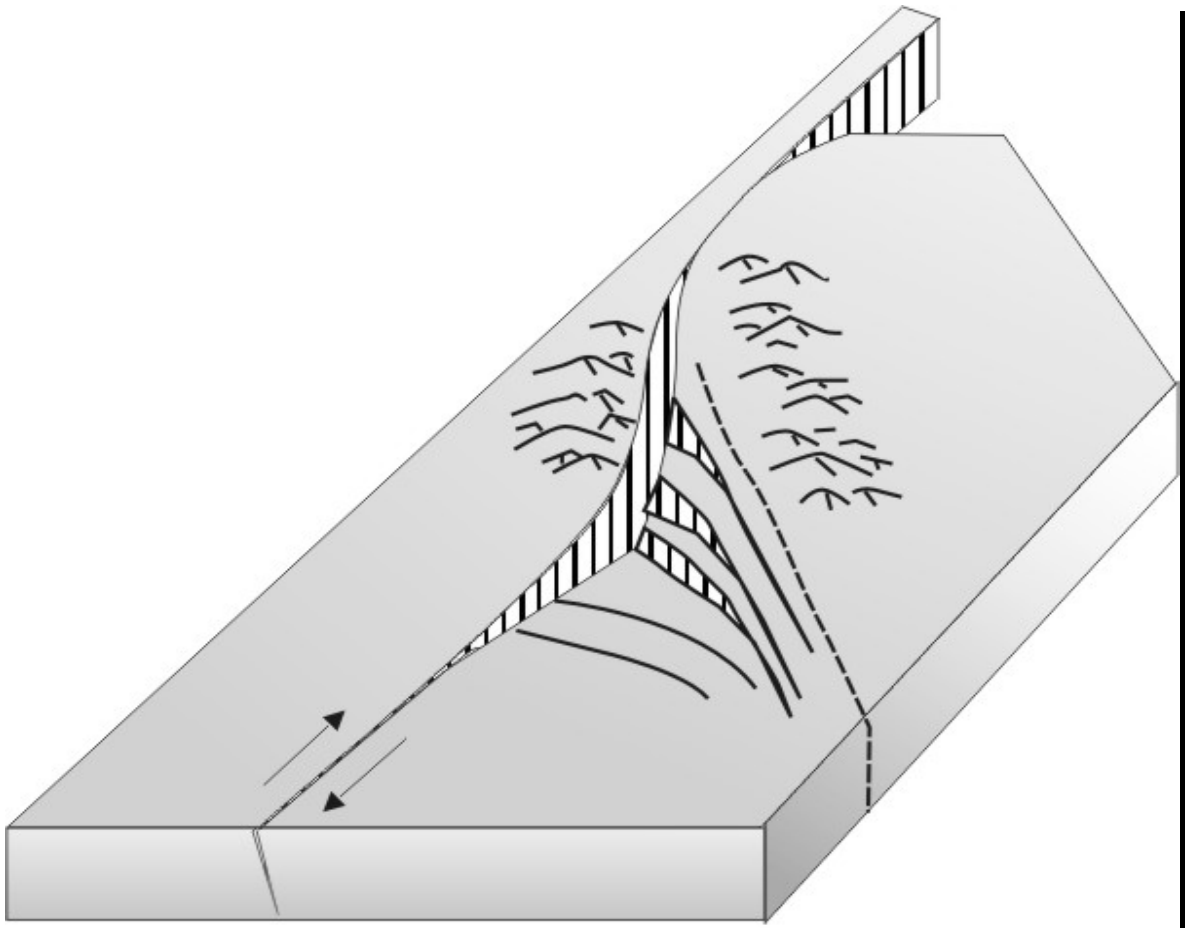
A-右行走滑断层右阶式弯曲处引起的断陷盆地
B-右行走滑断层左阶式弯曲处引起的断块隆起

7.4.2.3

断层交切引起的挤压、拉张



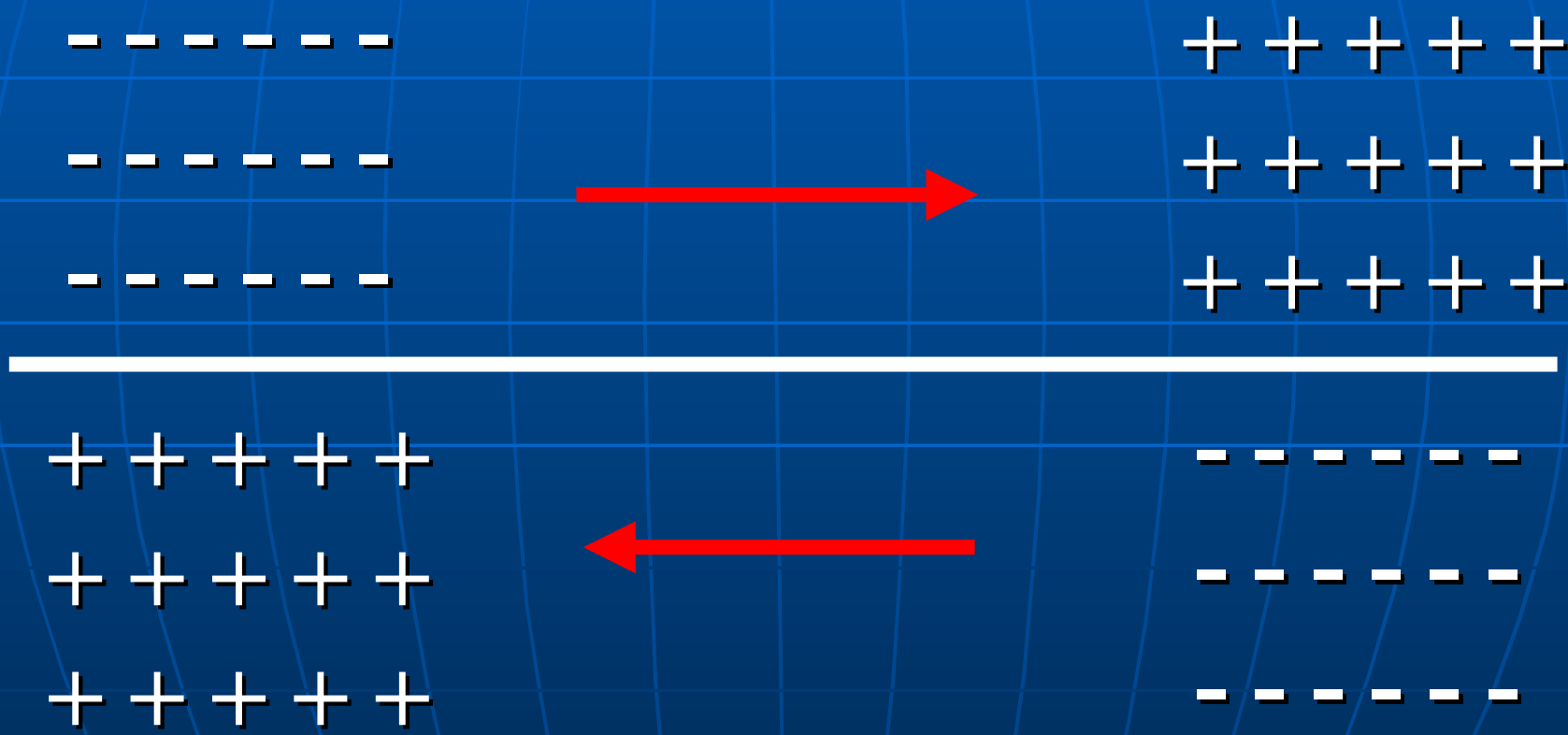
二条平移断层相交引起的隆升（左）和下陷（右）



圣安德列斯断层弯曲与次级断层交切引起的挤压-拉伸现象

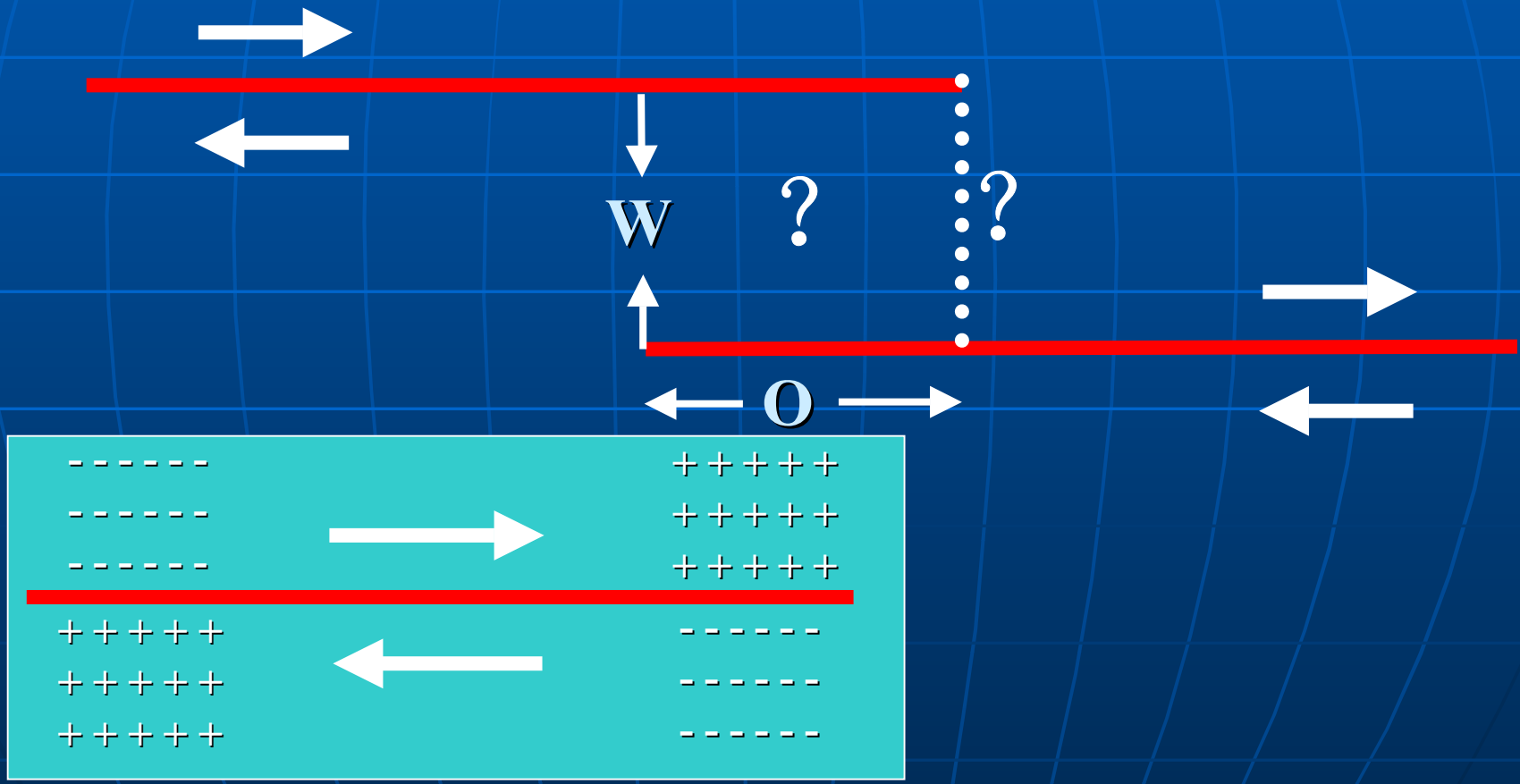
7.4.2.4

走滑断层端部应力状态



7.4.2.5

雁列式走滑断层的重叠（O）和间隔（W）



7.4.3

与走滑断层有关的构造和相关问题

- 拉分盆地
- 花状构造
- 走滑断层与转换断层
- 离散性/收敛性走滑断层作用

7.4.3.1　拉分盆地（Pull-Apart Basin）

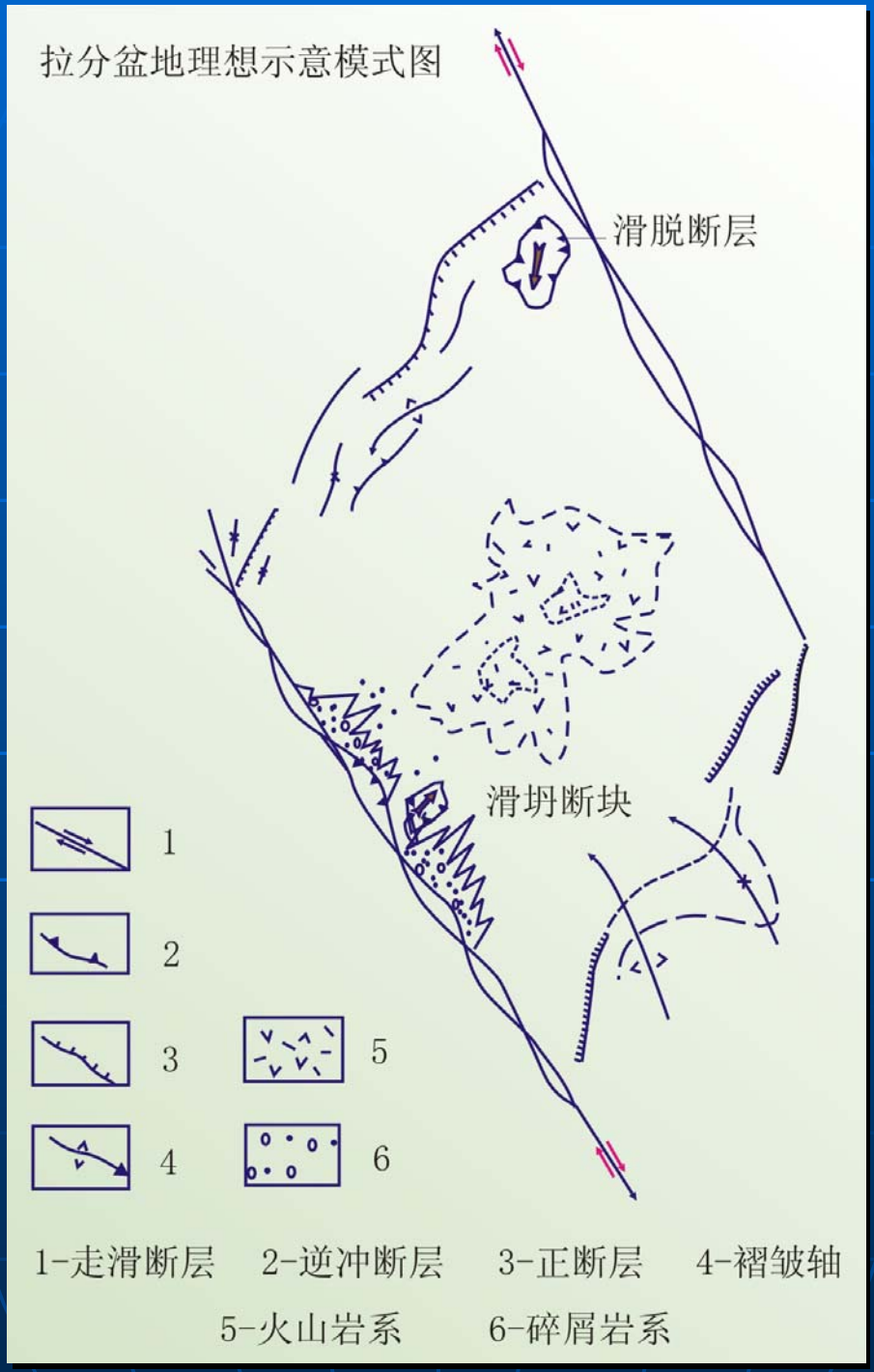
- 定义：走滑断层系中拉伸作用形成的断陷盆地
- B.C.Burchfiel 基于圣安德列斯断层控制的死谷盆地的研究首次提出
- 拉分盆地的研究对于进一步深化走滑断层系和相关构造基础理论研究，石油天然气和盐类矿产勘探开发等具有重要的意义

7.4.3.1.1

拉分盆地的几何学特点

- 形态：菱形。以前称作菱形断陷
- 规模
  - 长：数百米——百公里
  - 宽：数十米——数十公里
  - 深：数十米——数十公里
- 长宽比
  - 约 3：1

7.4.3.1.1


拉分盆地理想示意模式图
滑脱断层
滑坍断块
1
2
3
4
5
6
1-走滑断层
2-逆冲断层
3-正断层
4-褶皱轴
5-火山岩系
6-碎屑岩系

7.4.3.1.2

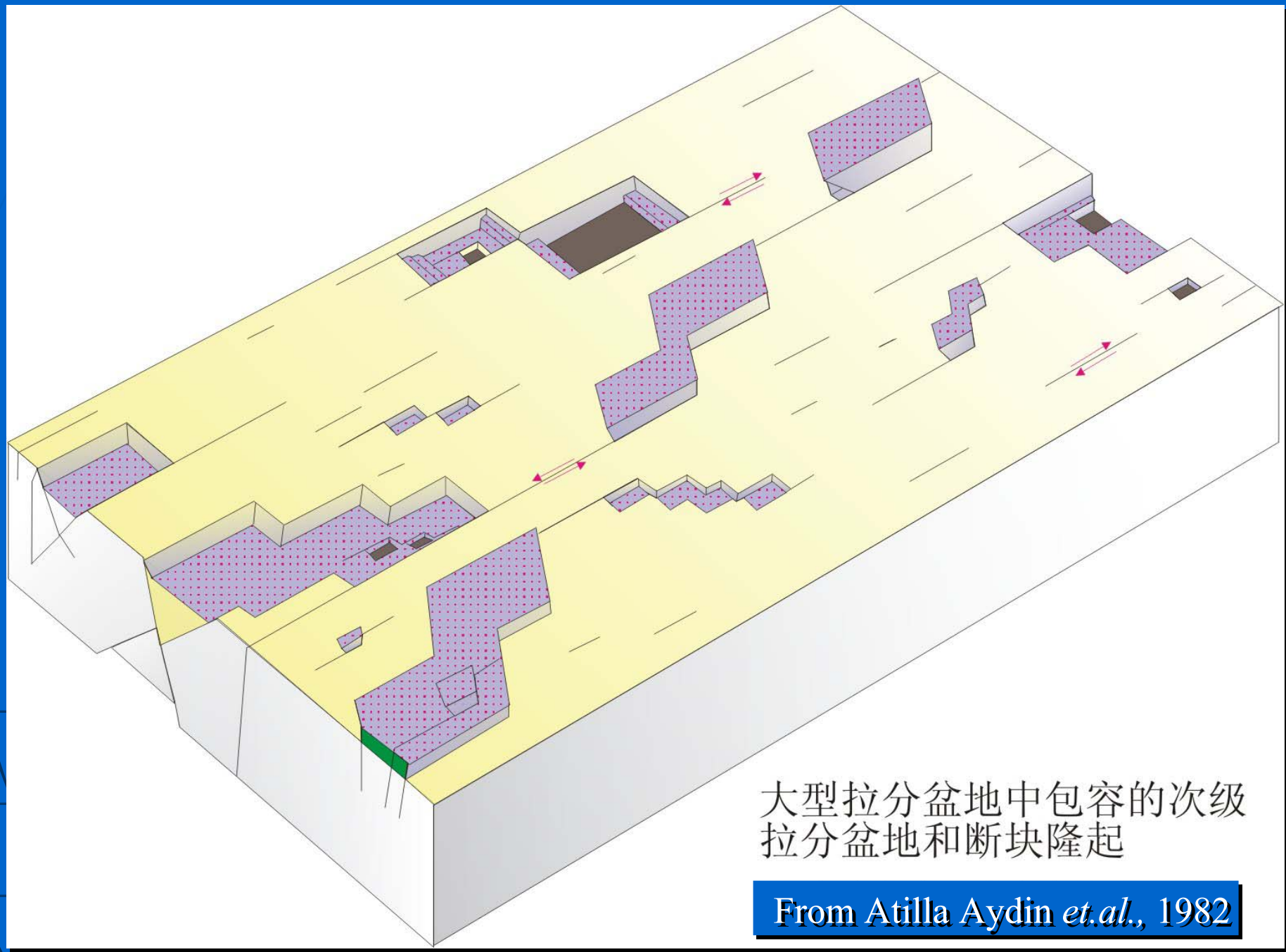
拉分盆地的演化

- 在二条断层控制下发育，也可在一组雁列断层控制下发育
- 大型拉分盆地中可以发育次级走滑断层和拉分盆地，形成堑中堑和堑中垒
- 拉分盆地形态一般窄而长，宽度受断层间距控制而相对稳定，长宽比达到 3 ： 1 时停止发育
- 盆地消亡过程一般是自边界向内部萎缩

7.4.3.1.2



复合拉分盆地的演化模拟



大型拉分盆地中包容的次级拉分盆地和断块隆起

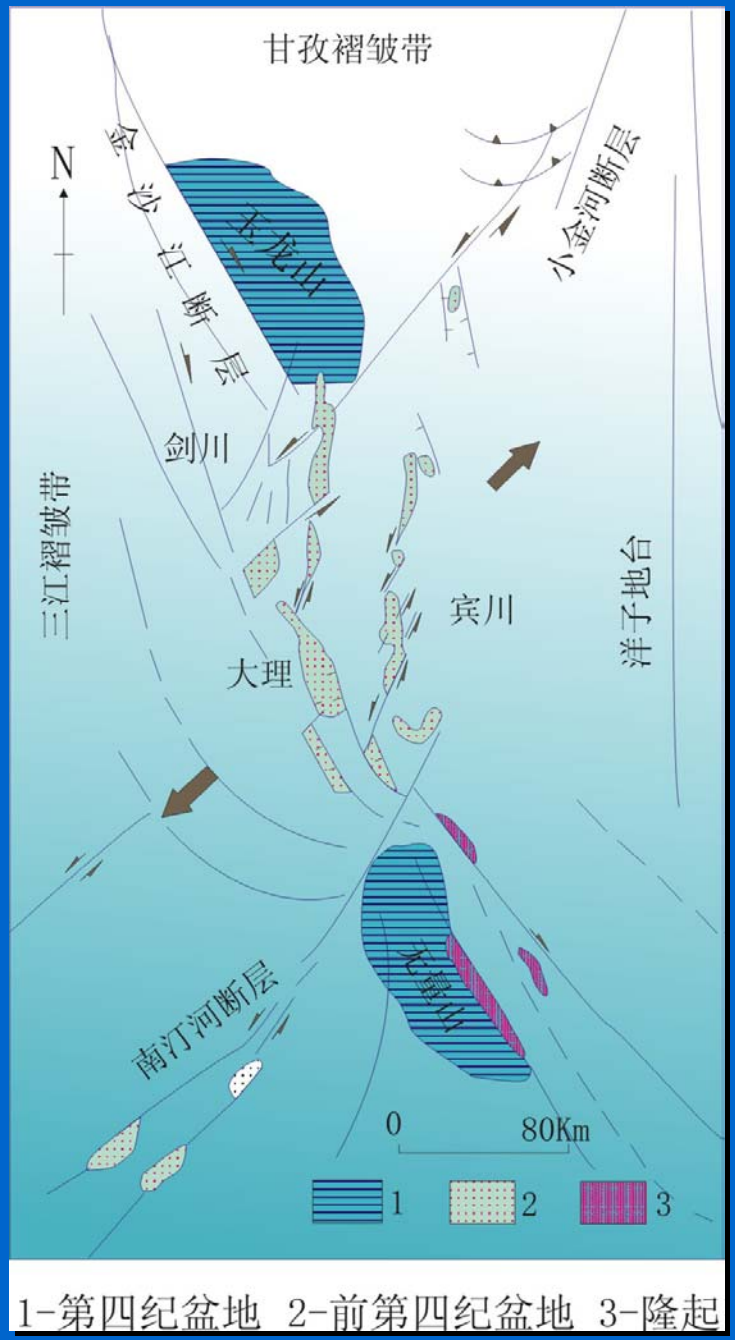
From Atilla Aydin *et.al.*, 1982

7.4.3.1.3

拉分盆地的地质特点

- 发育快、沉降快、厚度大、相变快
  - 陆缘：陆相→海相；或海相→湖相→河流相
  - 陆内拉分盆地：全为陆相
- 大型拉分盆地，长期生长，地壳相对薄，有火山活动，热流较高
- 利于油气、盐类矿床形成
- 地震：伸展扭动背景中，容易诱发地震
  - 土耳其安那托利亚断层； 1920年甘肃海原地震；滇西北红河北段第四纪断陷

7.4.3.1.3



（据吴大宁等，1985）

7.4.3.2

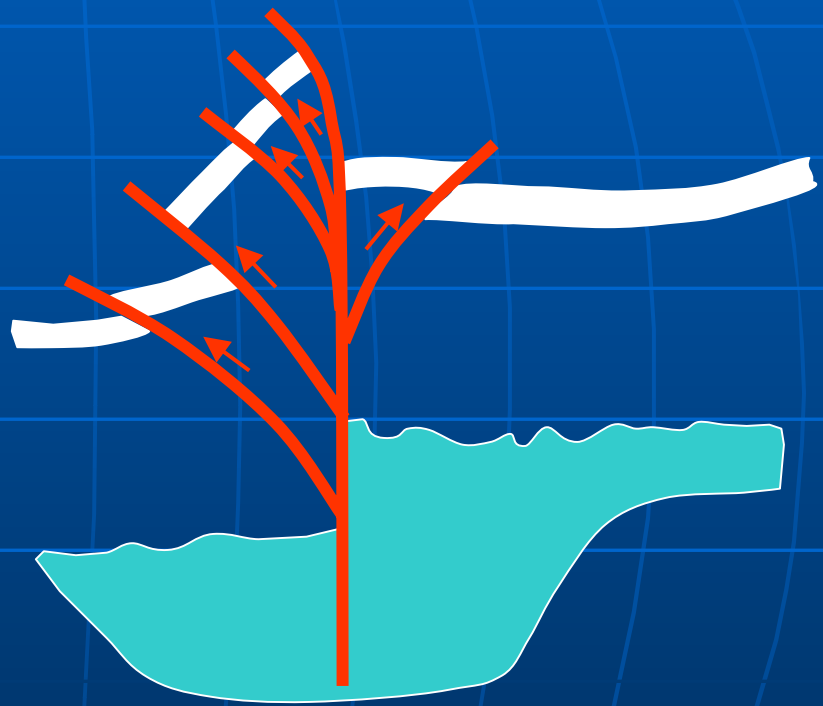
花状构造（Flower Structure）

- 走滑断层自下而上发散为若干条次级断层，在剖面上呈花状形态
- 根据剖面形态、断层力学性质分为正花状和负花状
- 花状构造多发育在未发生强烈变形和构造叠加的地区

7.4.3.2.1

正花状构造

- 压扭性应力状态
- 背冲式逆断层组合
- 断面下陡上缓，凸面向上
- 地层呈背形，但非弯滑褶皱

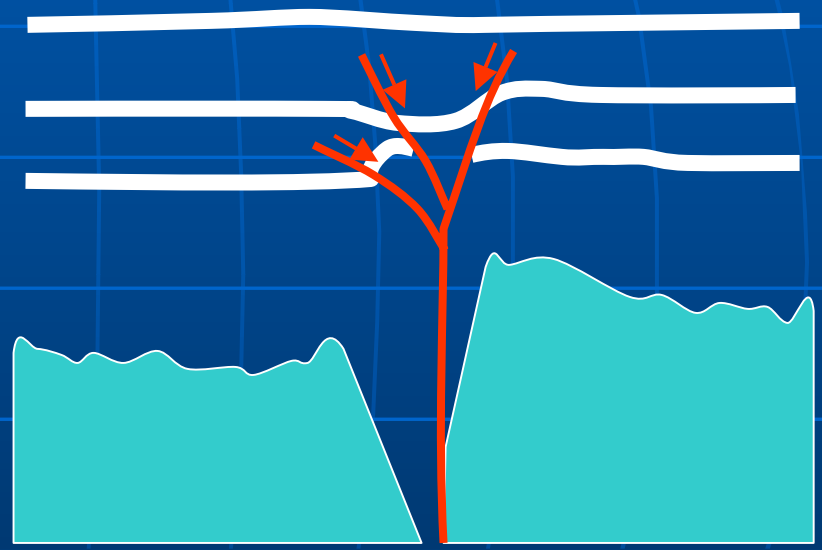


正花状构造示意图

7.4.3.2.2

负花状构造

- 离散性、张扭性应力状态
- 似地堑正断层组合、断面凹向上
- 地层平缓
- 浅部发育纵向向形（不具弯滑性质）

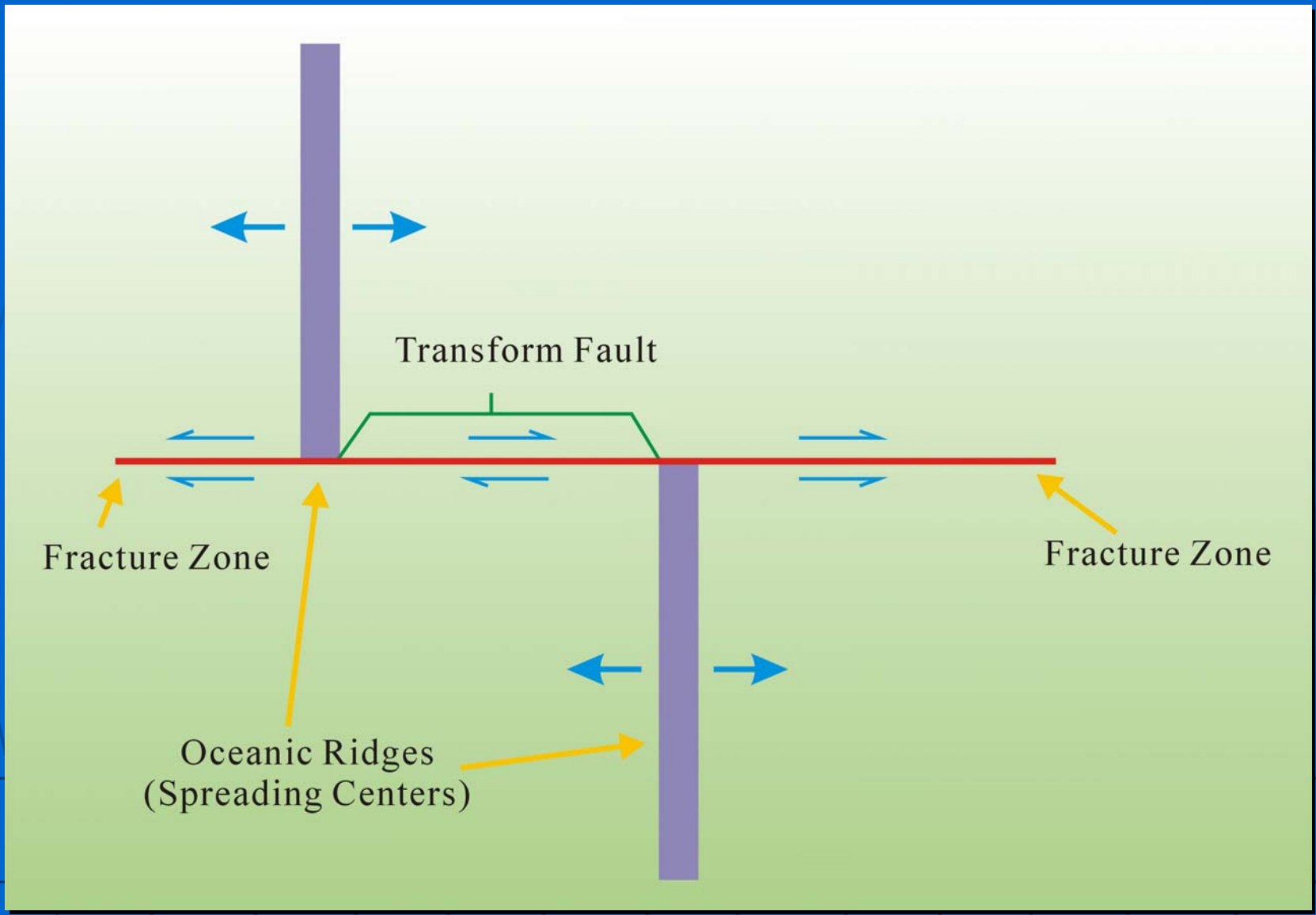


负花状构造示意图

7.4.3.3　转换断层与走滑断层

- 转换断层(**Transform Fault**) 的概念由**J. T. Wilson (1965)** 提出
- 转换断层断层面陡立，横切洋中脊，是洋中脊扩张作用形成，其两盘相对位移局限于两段洋中脊之间，是主要的地震震源地之一。某些大型转换断层构成板块边界。

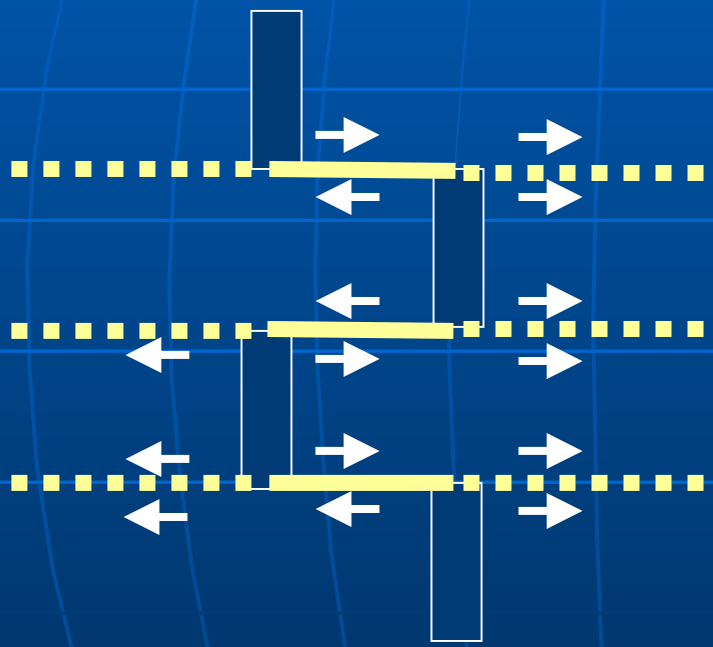




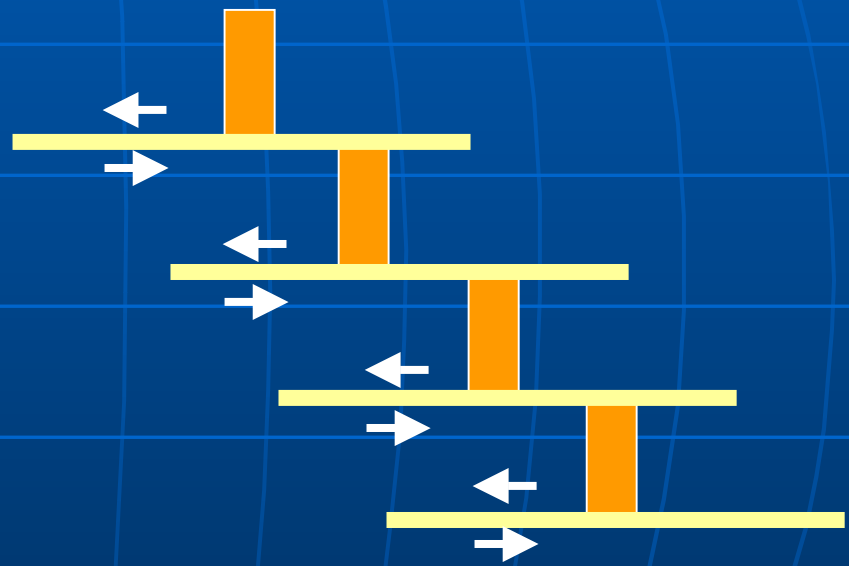
Transform Fault and Fracture Zone

7.4.3.3

转换断层与走滑断层的区别



转换断层



走滑断层

7.4.3.3

转换断层与走滑断层对比

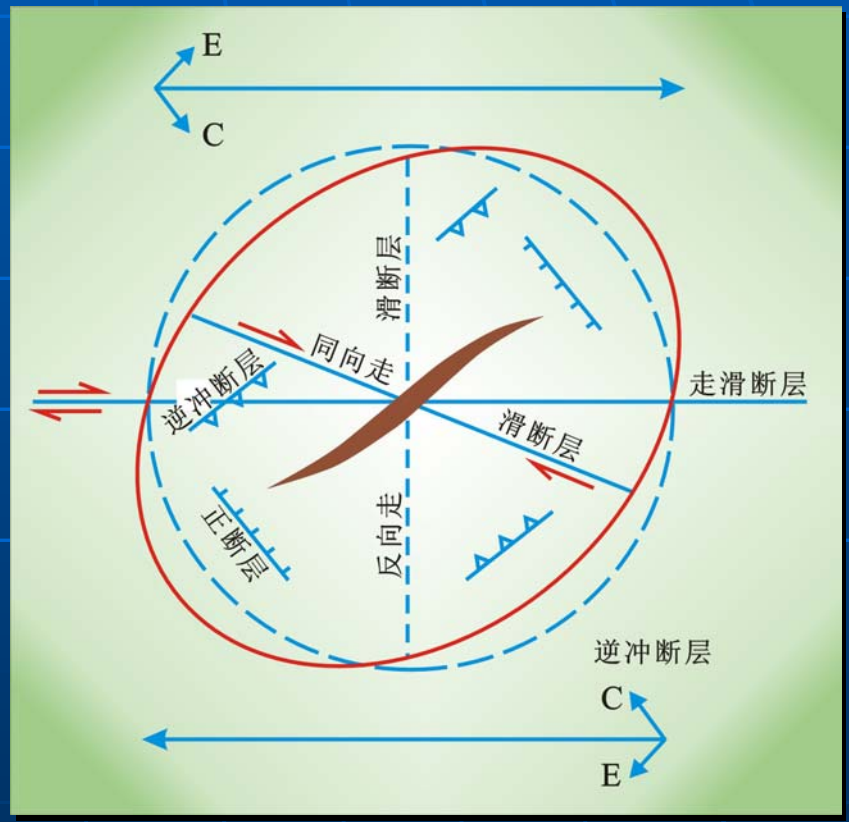
转换断层	走滑断层
1.标志层的平错断距基本稳定不变（Ⅰ）	1.标志层的平错断距随着断层活动而不断加大（Ⅱ）
2.标志层的错位与断层剪切方向相反（Ⅰ）	2.标志层的错位与剪切方向一致（Ⅱ）
3.剪切滑动只限于标志层之间（Ⅰ中的bc之间），地震只发生于该段上	3.剪切滑动贯穿整个断层带，整个带上均可发生地震
4.变质带和断层岩带在断层两盘不对称，除标志层间两盘发育外，其余部分只一盘发育（$Ⅰ_C$）	4.变质带和断层岩带在断层两盘对称发育（$Ⅱ_C$）
5.如有两条断层，两条断层的位移方向可以一致，也可以不一致（$Ⅰ_A$）	5.如有两条或更多条断层，各条断层的剪切位移方向均一致（$Ⅱ_B$）
6.沿整个断层位移量均相等	6.沿整个断层带位移常常变化，趋势尾端位移量减小
7.断层端点或压缩或拉伸	7.断层尾端既可压缩或拉伸，也常转为斜向张扭或压扭

本节要点

- 走滑断层的基本特征
  - 几何学
  - 伴生褶皱
- 走滑断层应力状态和相关变形
  - 应力应变场图解
  - 断层弯曲、交切、端部的应力应变场
- 拉分盆地的形成演化、地质特征及其研究意义
- 花状构造：正/负花状构造特征和应力状态
- 走滑断层与转换断层的异同

思考、讨论题

- 走滑断层带内部应力状态和可能产生的构造类型及其方位的解释可否用于对伸展构造、逆冲推覆构造等其它类型断层带的研究？



走滑断层的应力应变场