

气象学与气候学

第四章 大气运动与大气环流



授课老师：杨静 教授

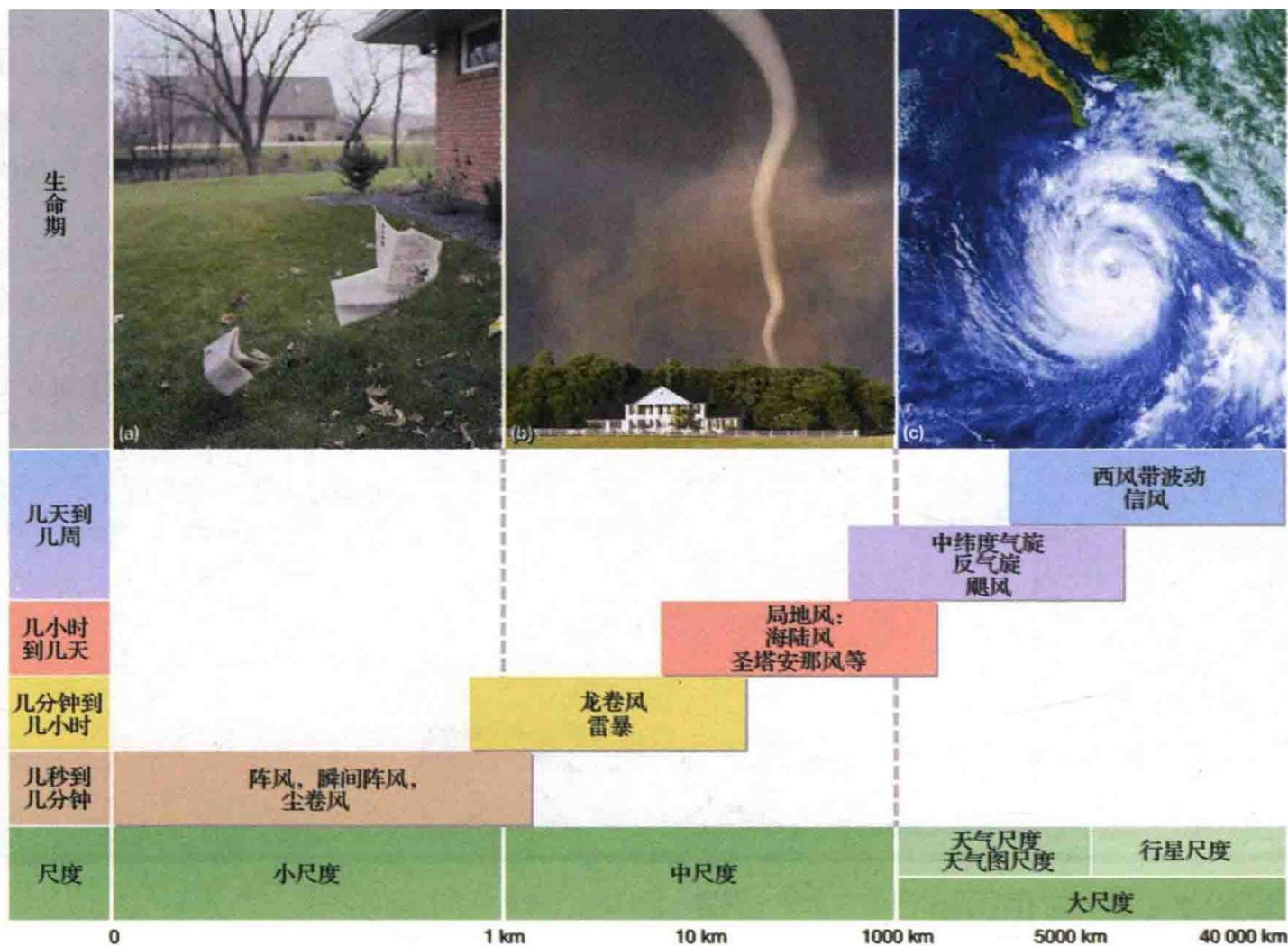
13426150125

yangjing@bnu.edu.cn

京师科技大厦B901

第四章 大气运动和大气环流

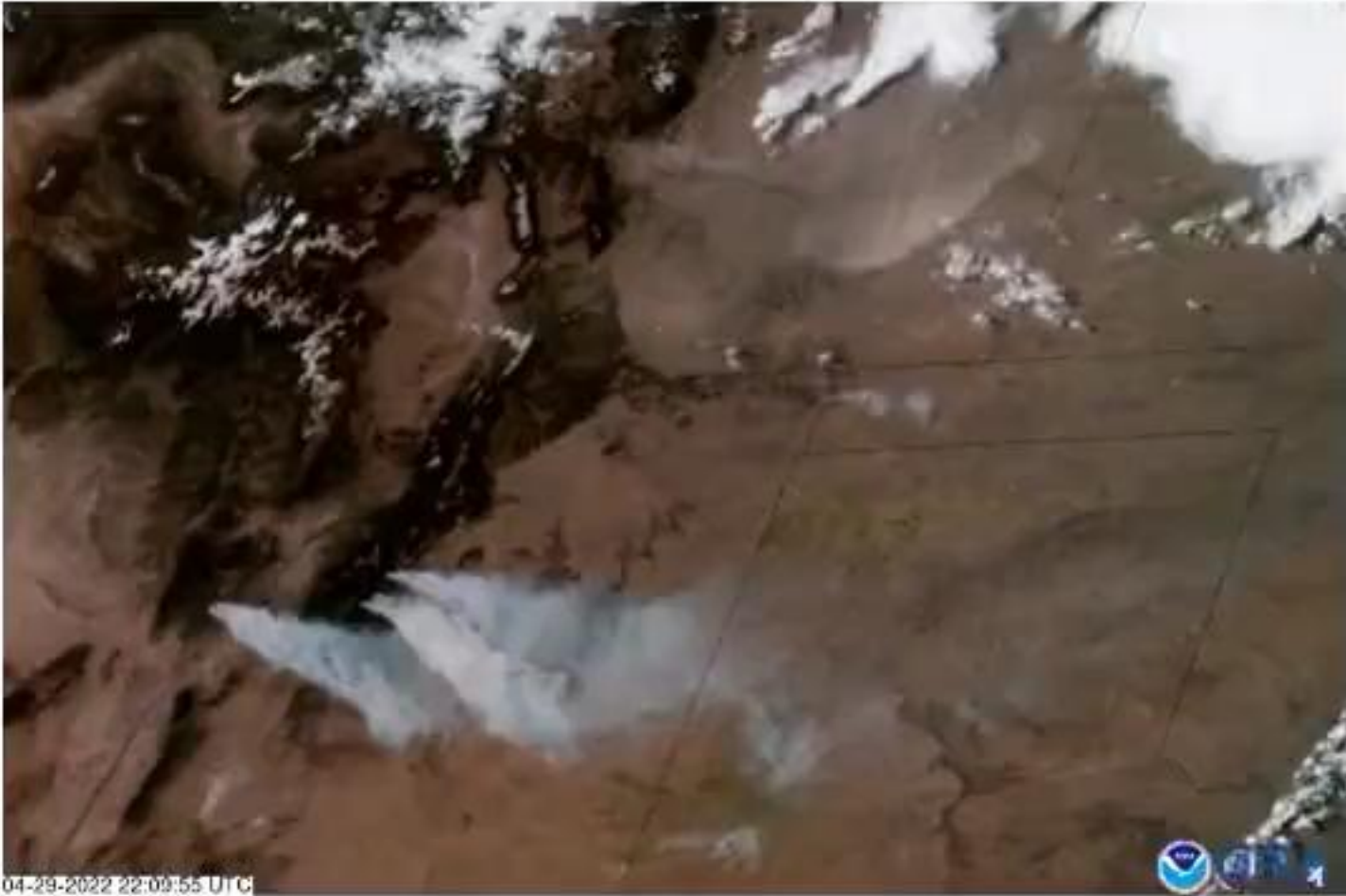
4.3 大气环流



第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流

- 全球
- 区域与局地

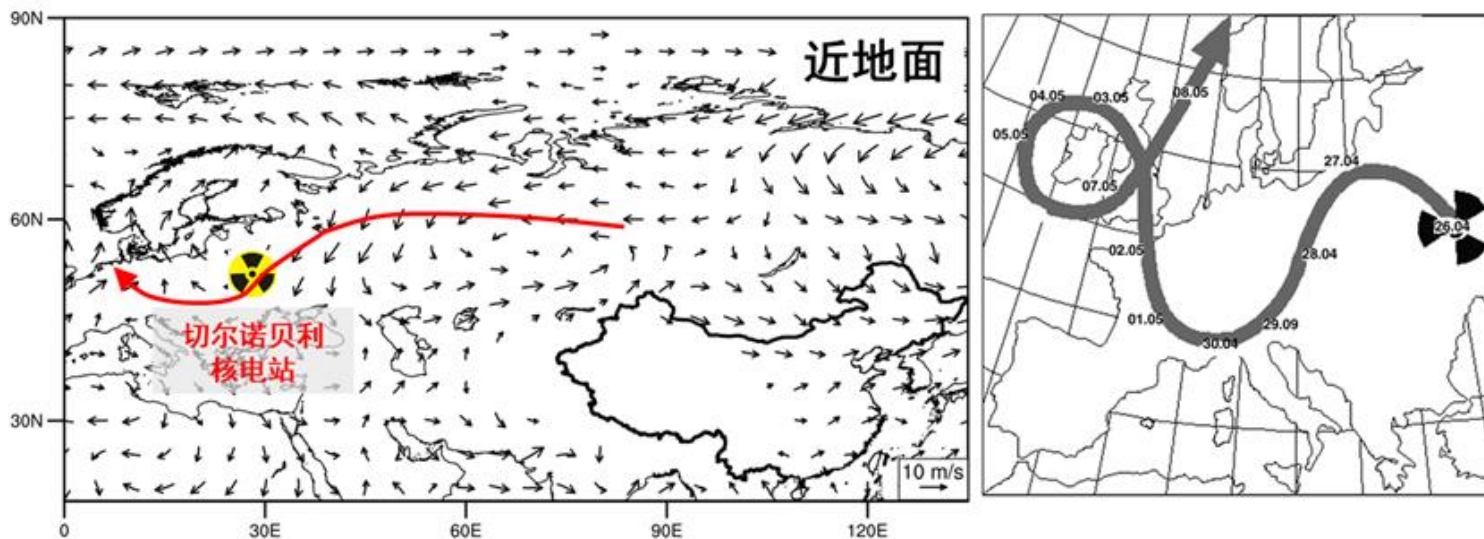


NOAA

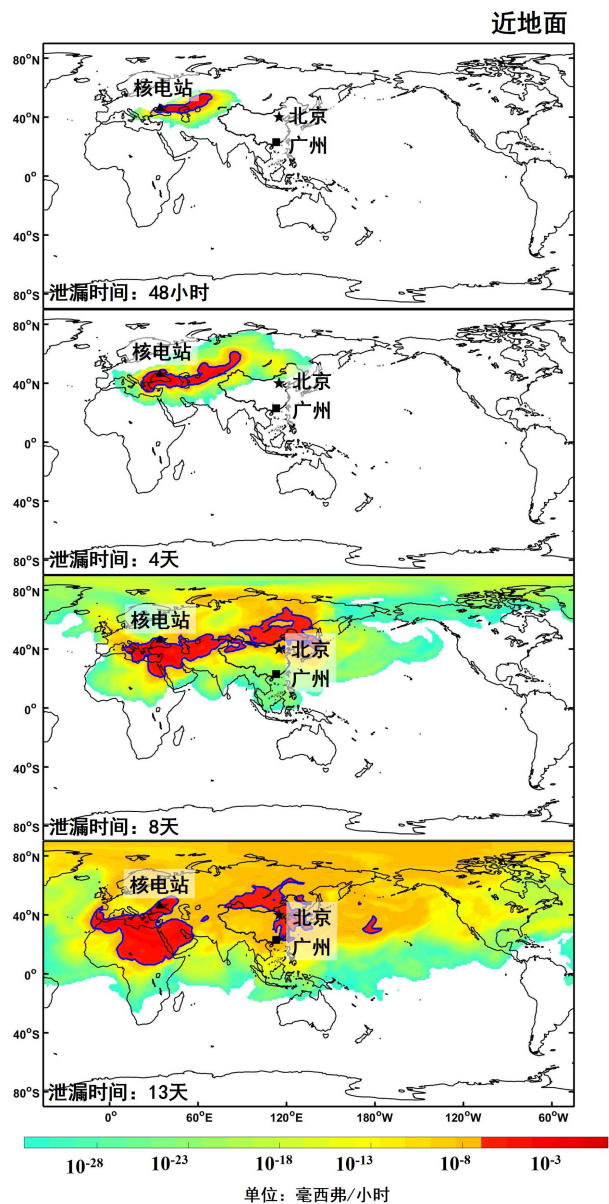
Smoke and a Sandstorm, Seen From Space

A time-lapse image of smoke from wildfires in New Mexico and dust from a storm in Colorado illustrates the scope of Western catastrophe.

核辐射物质的泄漏路径 受到 大气环流 的影响



核辐射物质的泄漏路径 受到 大气环流 的影响



扎波罗热

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

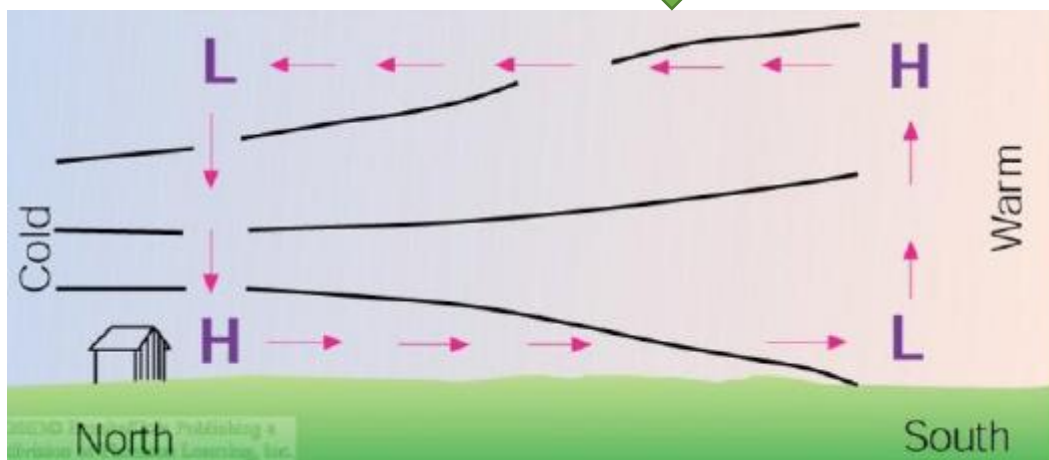
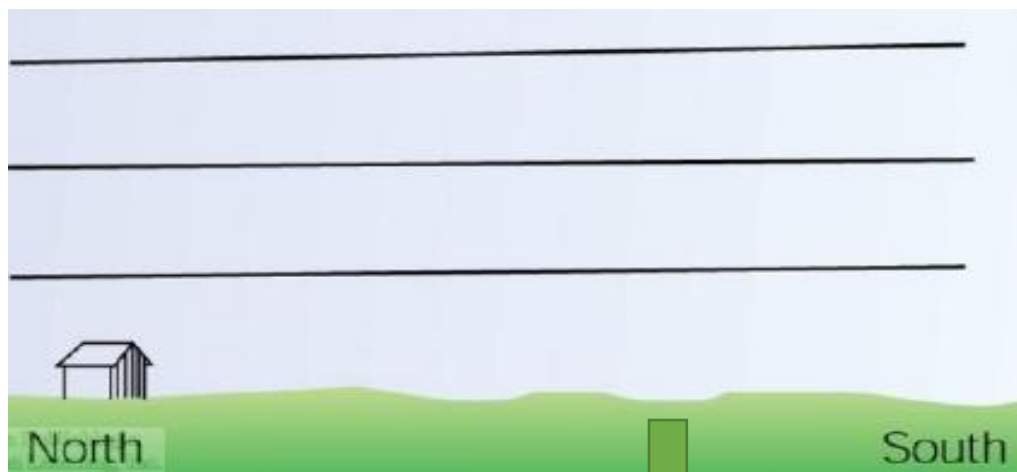
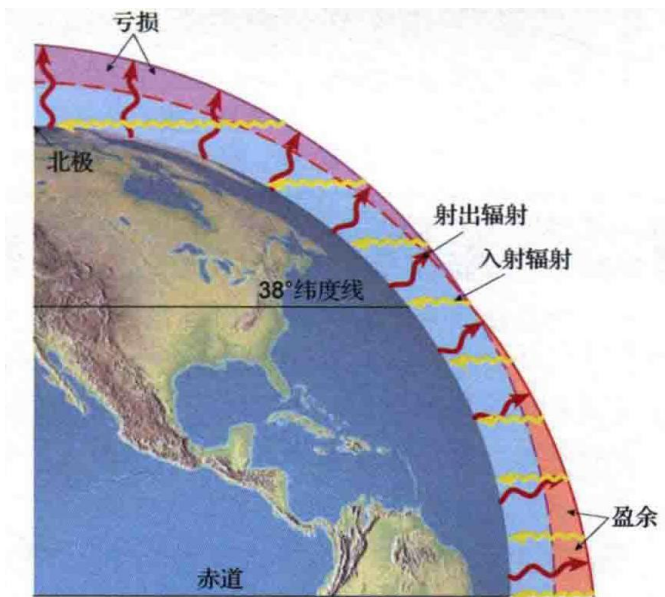
■ 三圈环流



第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

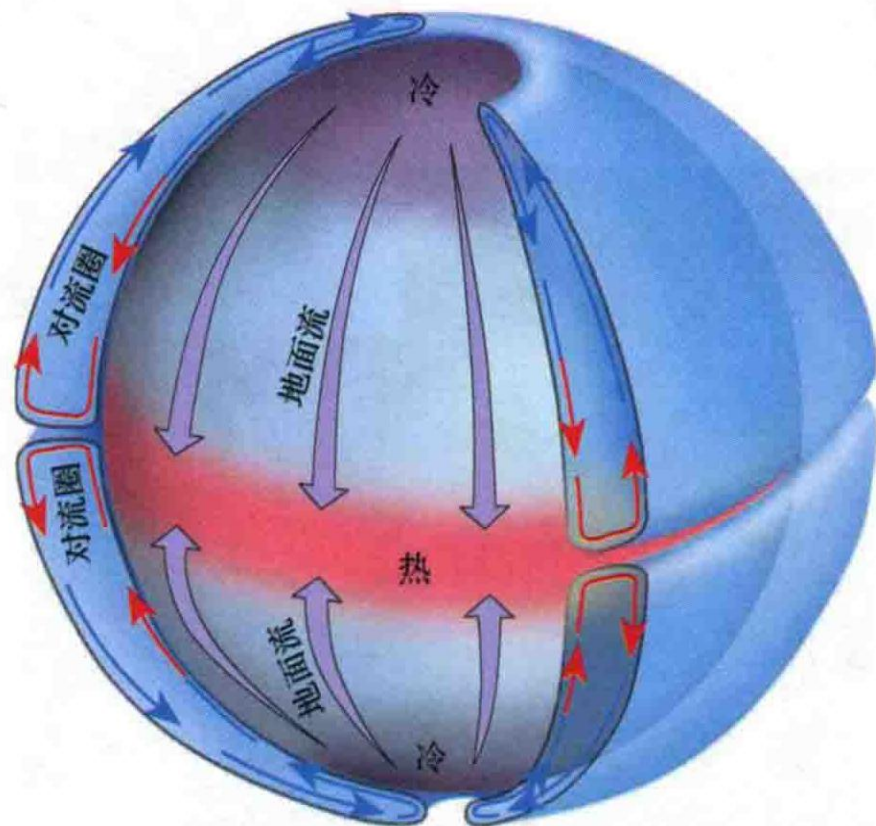
■ 三圈环流



第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流



单圈环流

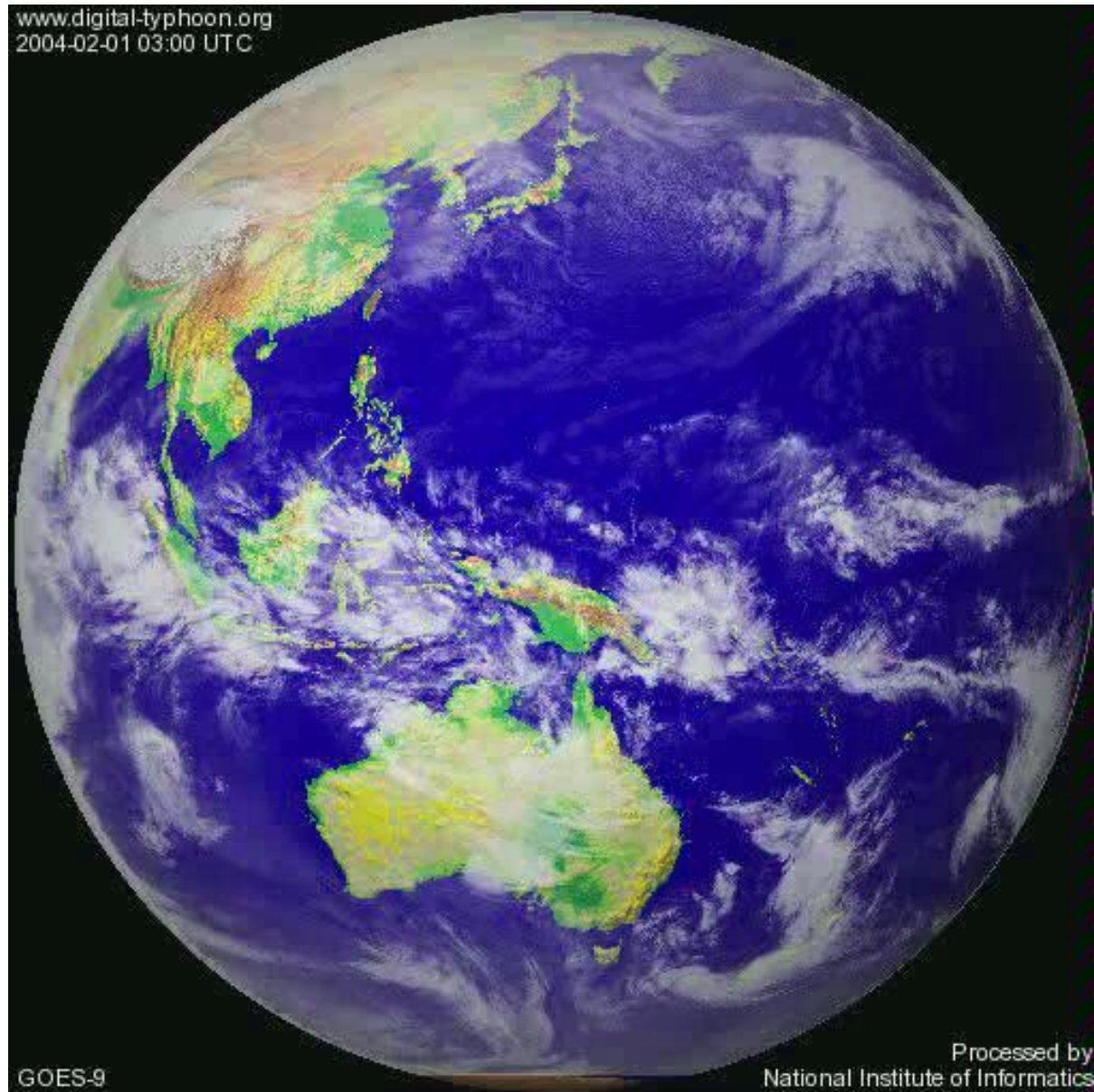
- 地球无旋转
- 地表均匀

热带赤道辐合带

intertropical convergence zone

(ITCZ)

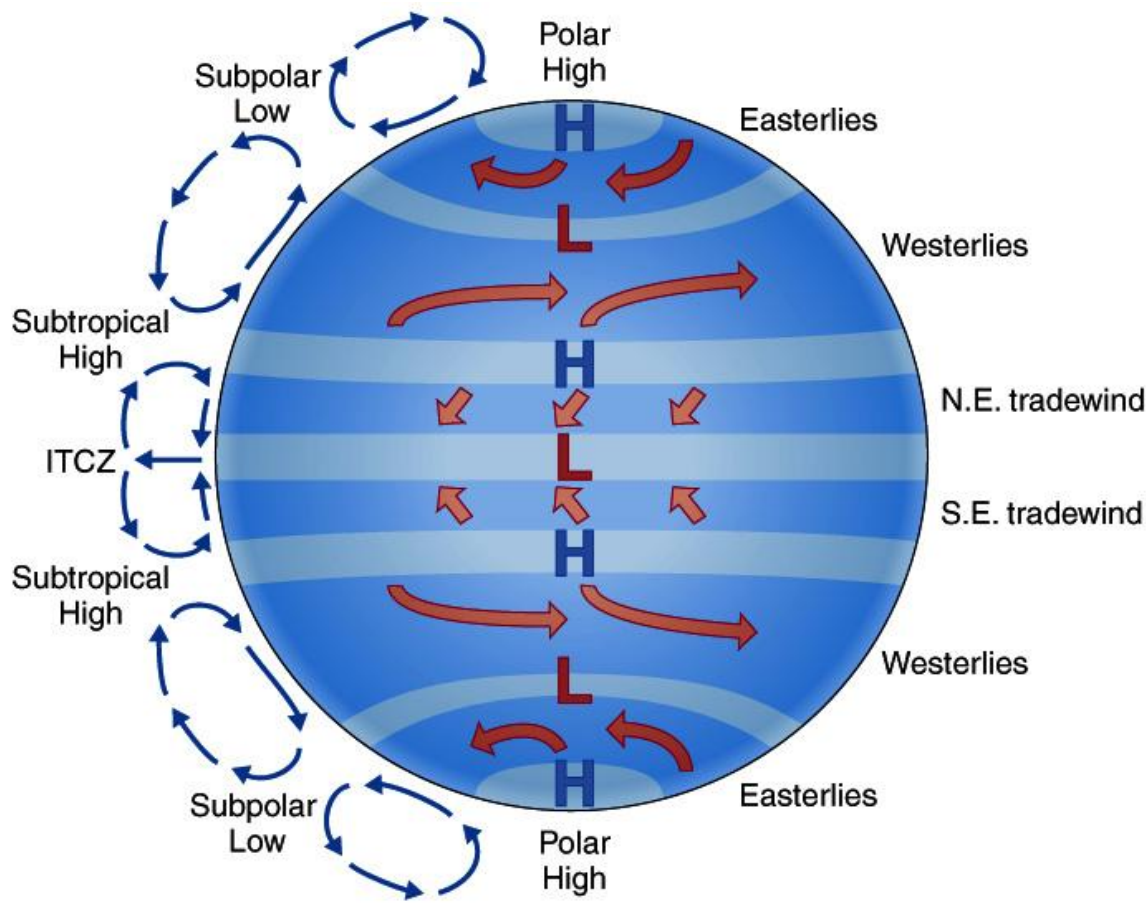
ITCZ



4.3 大气环流：全球

旋转地球的三圈环流

■ 三圈环流

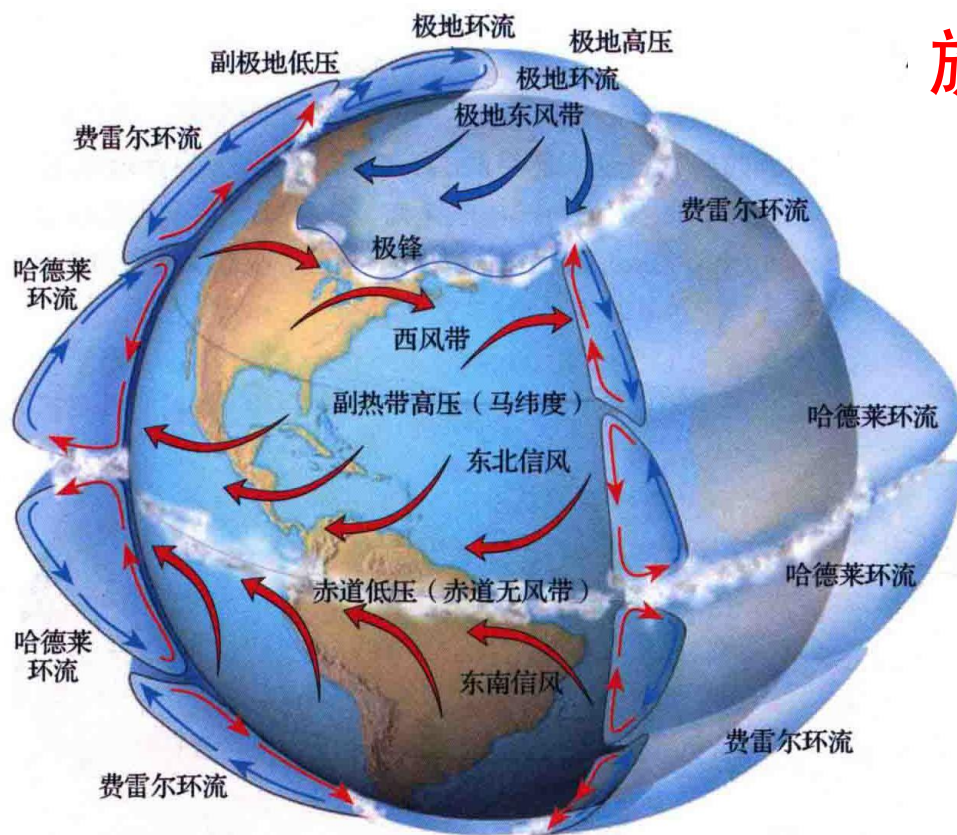


(b)

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流



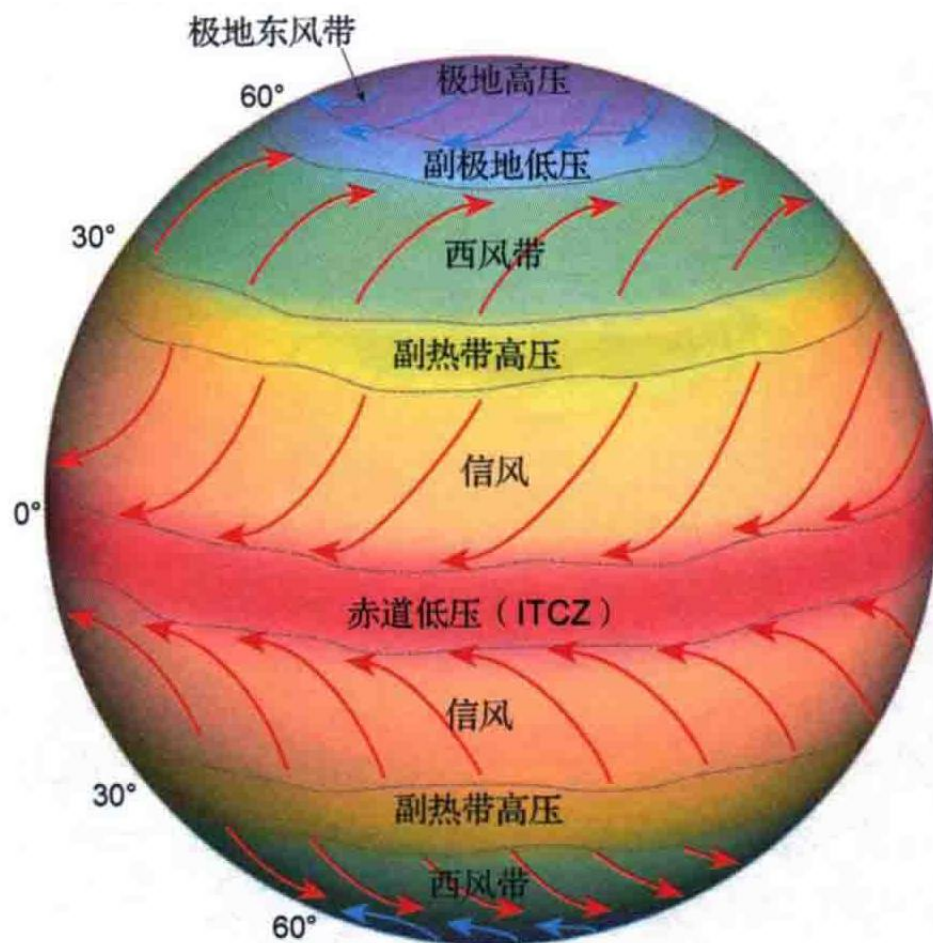
旋转地球的三圈环流

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流

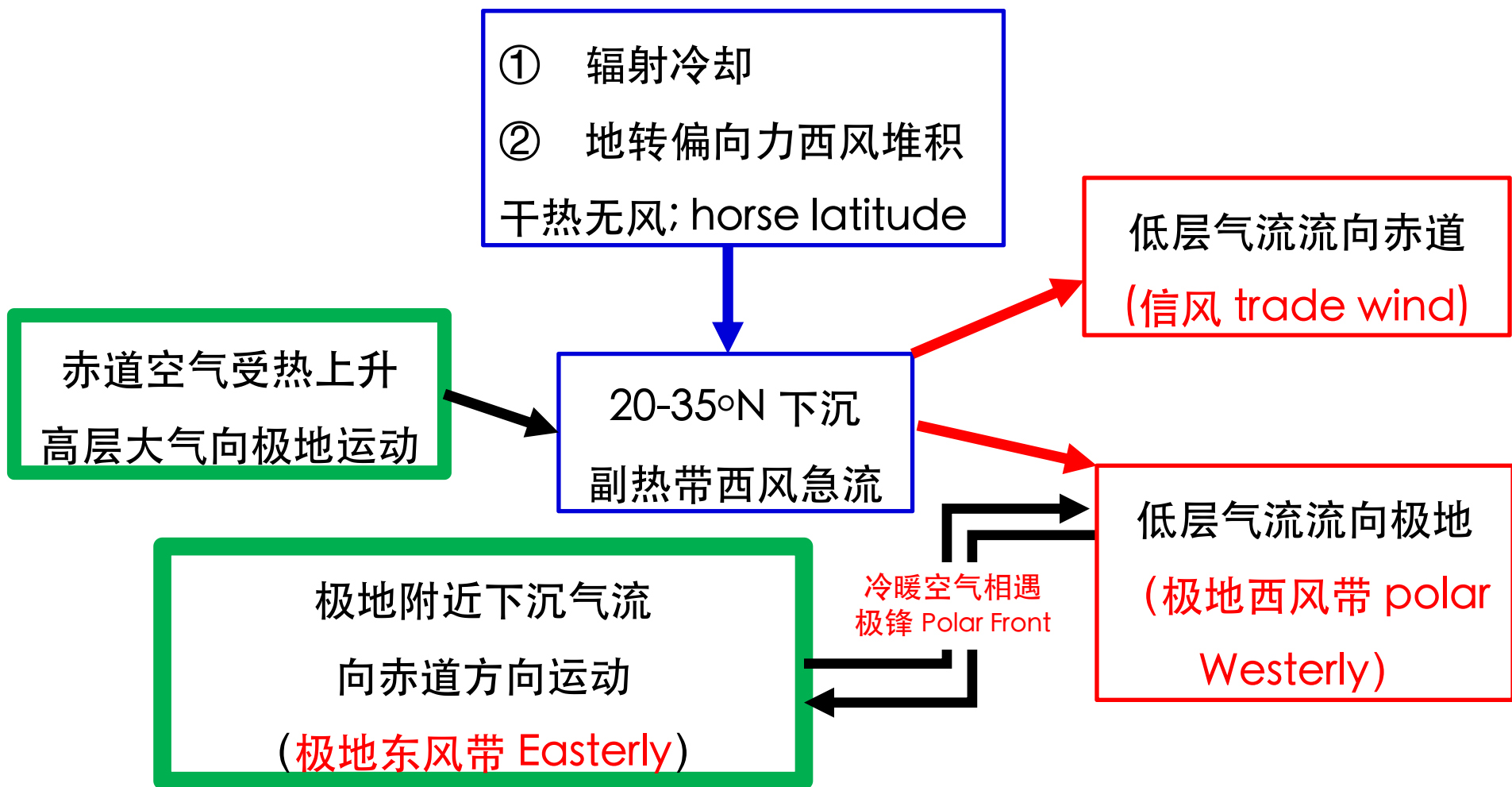
理想地面风场



第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流



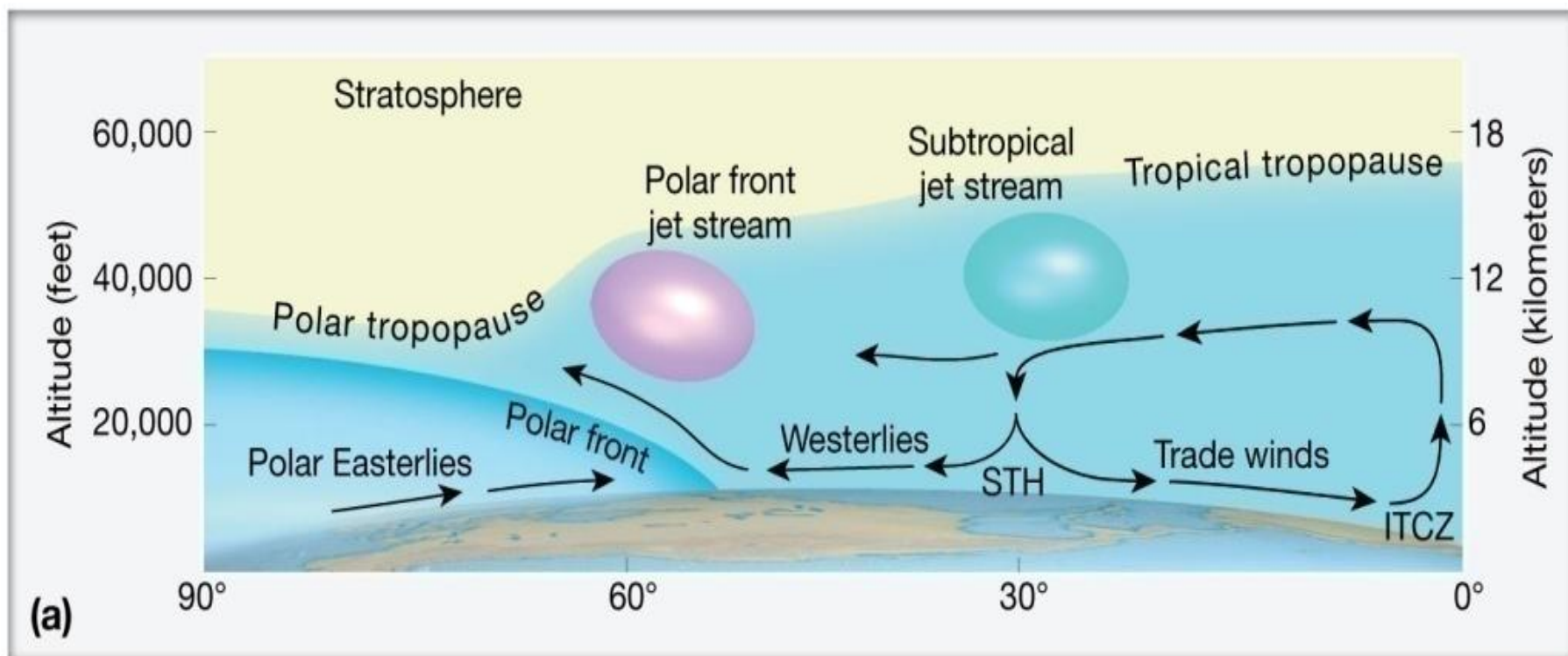
以北半球为例，在对流层高层大气从赤道向两极运动过程中，受到地转偏向力的作用，气流会不断右偏，大约在北纬30°附近偏转为西风；如此，源源不断从南方吹来的高空气流在北纬30°附近堆积，使下方对流层中低层气压增高，堆积的空气在北纬30°下沉增温，形成深厚暖性的**副热带高压带**。一方面，副热带高压带与赤道低压带之间形成气压差，对流层低层产生驶向赤道的风。低层空气向赤道运动过程中，受到地转偏向力作用不断向右偏转，在对流层低层形成稳定的**东北信风**。北半球的东北信风和南半球的东南信风在赤道汇合上升，形成**赤道辐合带（赤道低压带）**。在经圈方向上，低纬度的这一支闭合大气环流称为**低纬环流**，也称为**哈德莱环流**。哈德莱环流是由于南北受热不均而产生的直接热力环流圈。另一方面，由于堆积的空气在北纬30°下沉形成副热带高压带，一支近地面的气流会向极区运动，在地转偏向力作用下不断右偏，形成宽广的**中纬度西风带**。北上的暖空气与从极地南下的冷空气在北纬60°附近相遇。南下的冷空气在地转偏向力作用下形成**极地东风带**。相对暖性的偏西风气流与相对冷性的偏东风气流相遇后，暖空气沿着冷空气向极区爬升，形成**极锋区**，在极锋区的对流层顶附近，在热成风作用下形成**极锋急流**，地面附近形成**副极地低压带**。暖空气爬升到高空，一部分向极地移动，并在极地冷却下沉，形成**高纬环流**；另一支气流向赤道方向运动，并在北纬30度附近下沉，形成**中纬环流**，也被称为“**费雷尔环流**”。由于气柱冷却和下沉作用，极地近地面附近形成**极地高压带**。这样，哈德莱环流、中纬环流和高纬环流合并称为三圈环流。其在近地面附近形成信风带、西风带和极地东风带以及赤道低压带、副热带高压带、副极地低压带和极地高压带并称为“**三风四带**”

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流

理想风场（剖面）

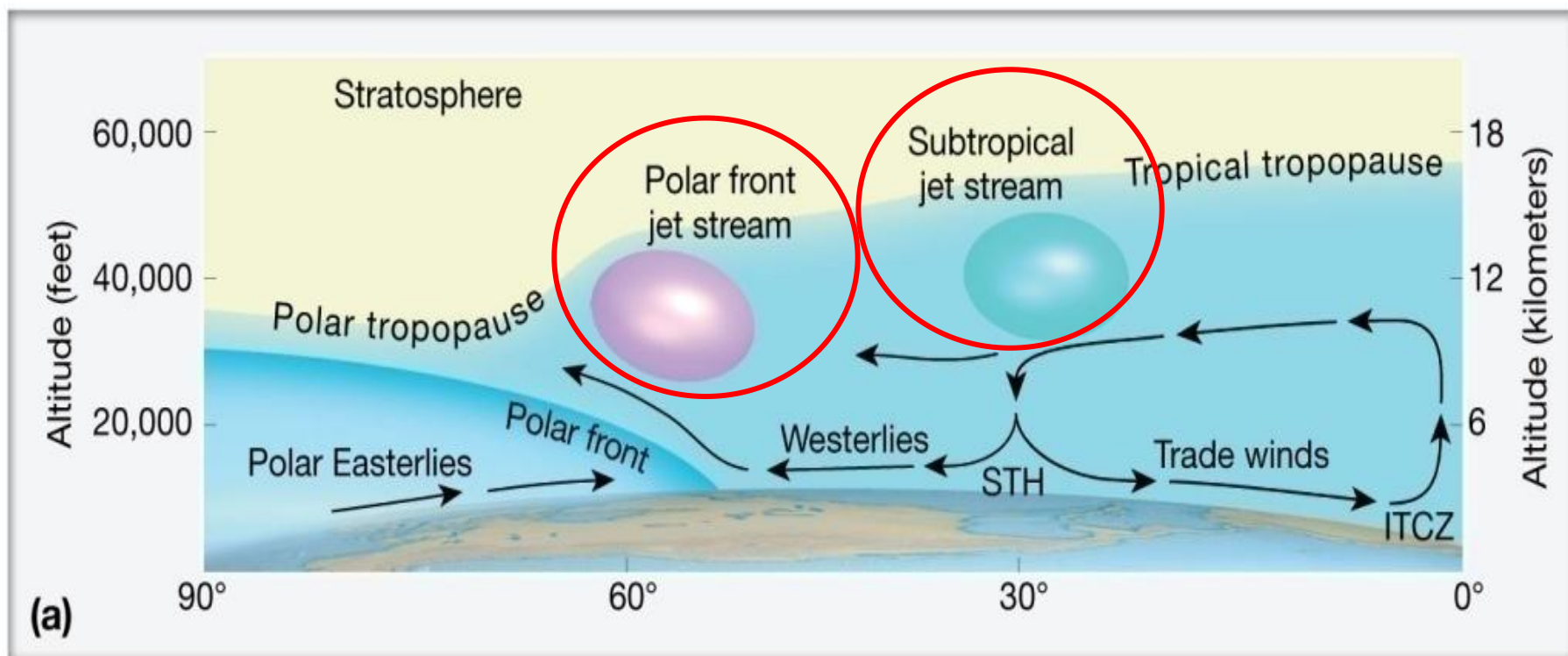


第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流

理想风场（剖面）



4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流 急流：风速30m/s以上的狭窄强风带

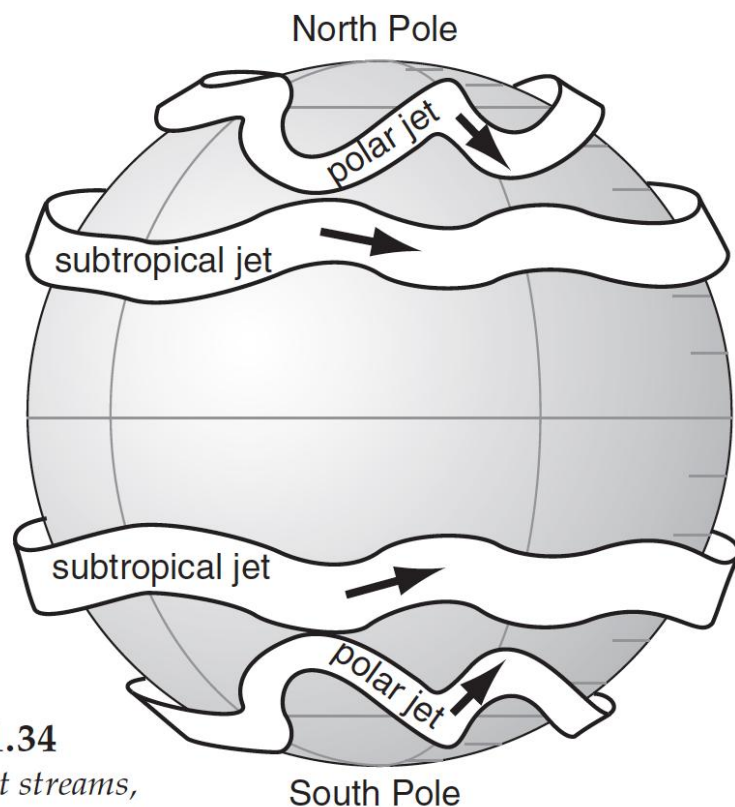


Figure 11.34
Sketch of jet streams,
representing a snapshot.

1. 急流中心强度最大处为急流轴
2. 急流中心风速 50–80m/s, 最大处可达100–150m/s
3. 急流速度冬季大可以达到200m/s
4. 急流南北有很大的风切边
5. 急流入口和出口容易产生不稳定扰动, 常对应锋区, 产生重要天气系统

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ **三圈环流** 急流：风速 30m/s 以上的狭窄强风带

思考1：

高空急流速度与高铁速度（ $200\text{--}400$ 公里/小时）相比，谁快？



第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ **三圈环流** 急流：风速30m/s以上的狭窄强风带

思考2：

急流出口的南侧为什么容易形成反气旋异常？

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

三圈环流 副热带急流subtropical jet stream /极锋急流polar jet stream

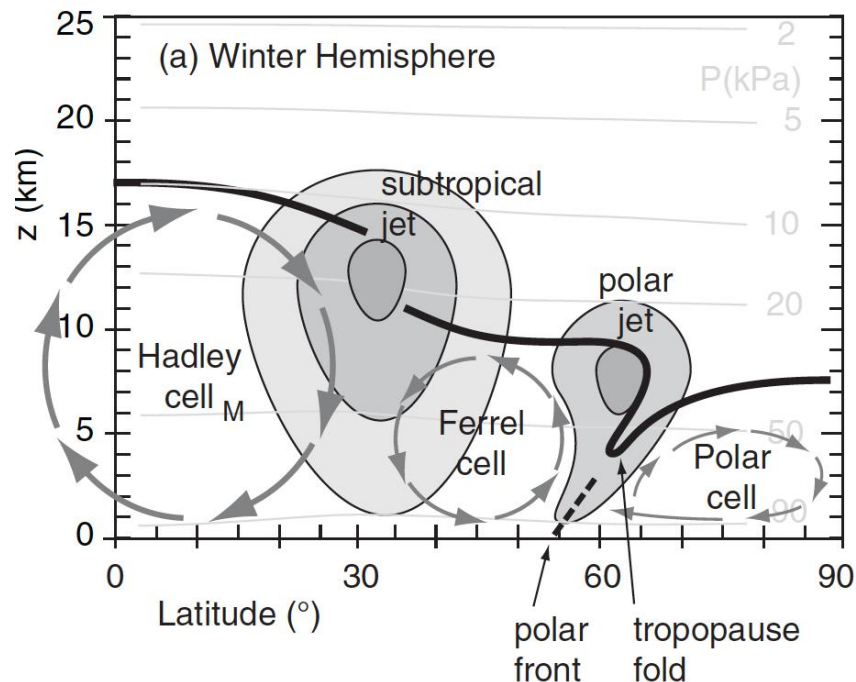
冬季：

1. 副热带急流：

- 30°N附近，宽1000km
- 稳定，南北蜿蜒小，
- 急流轴在12km
- 季节平均风速 45-80m/s

2. 极锋急流：

- 60°N附近，宽经向500km
- 不稳定多变，南北蜿蜒大
- 急流轴在9km
- 季节平均风速25-100m/s



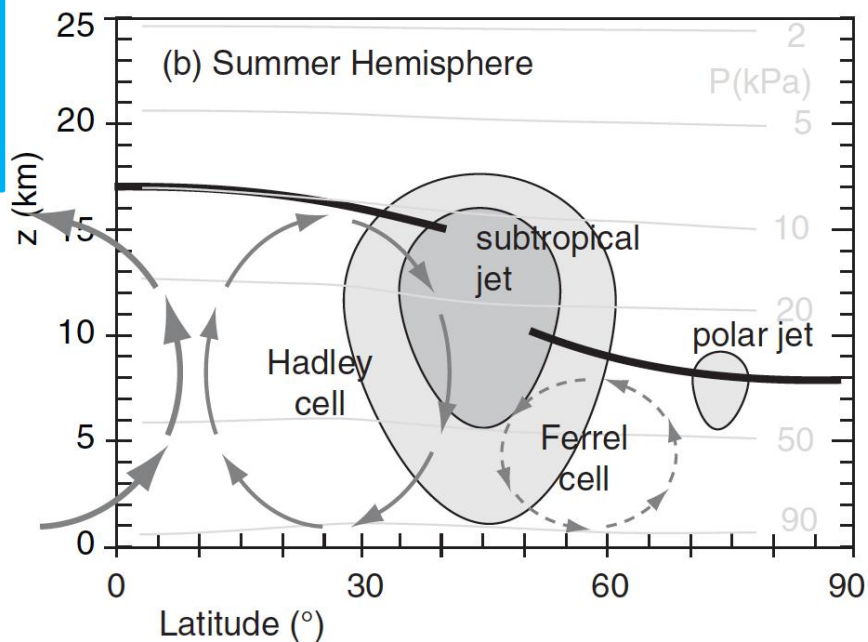
第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流 副热带急流/极锋急流

思考3:

夏季与冬季比，特点如何？为什么？



第四章 大气运动和大气环流

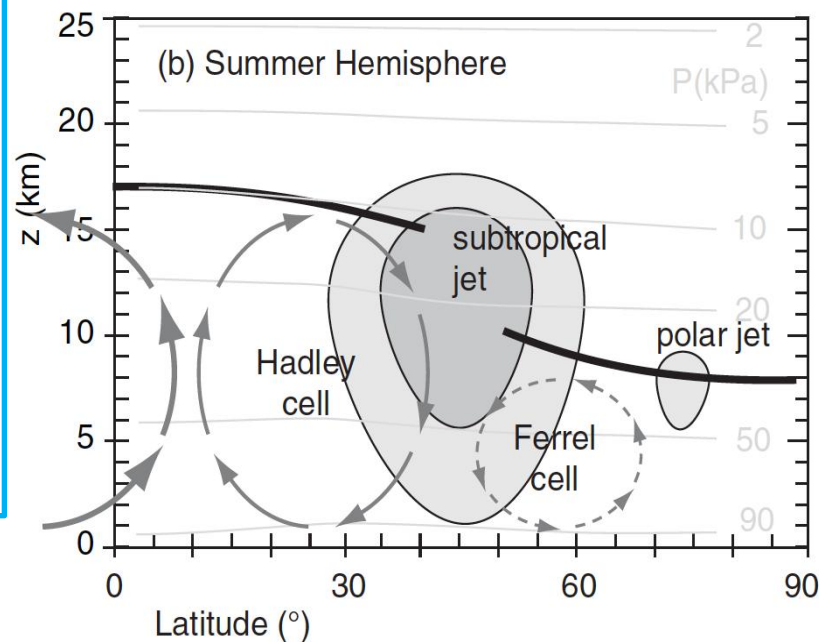
4.3 大气环流：全球

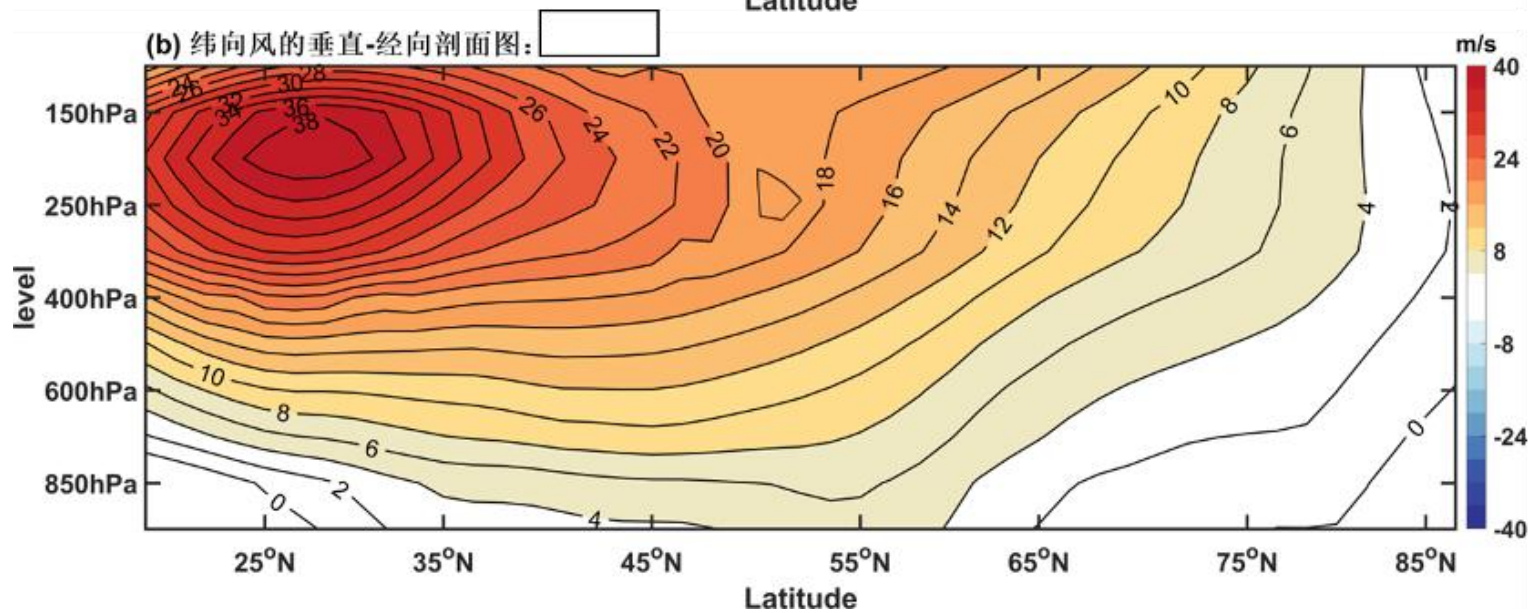
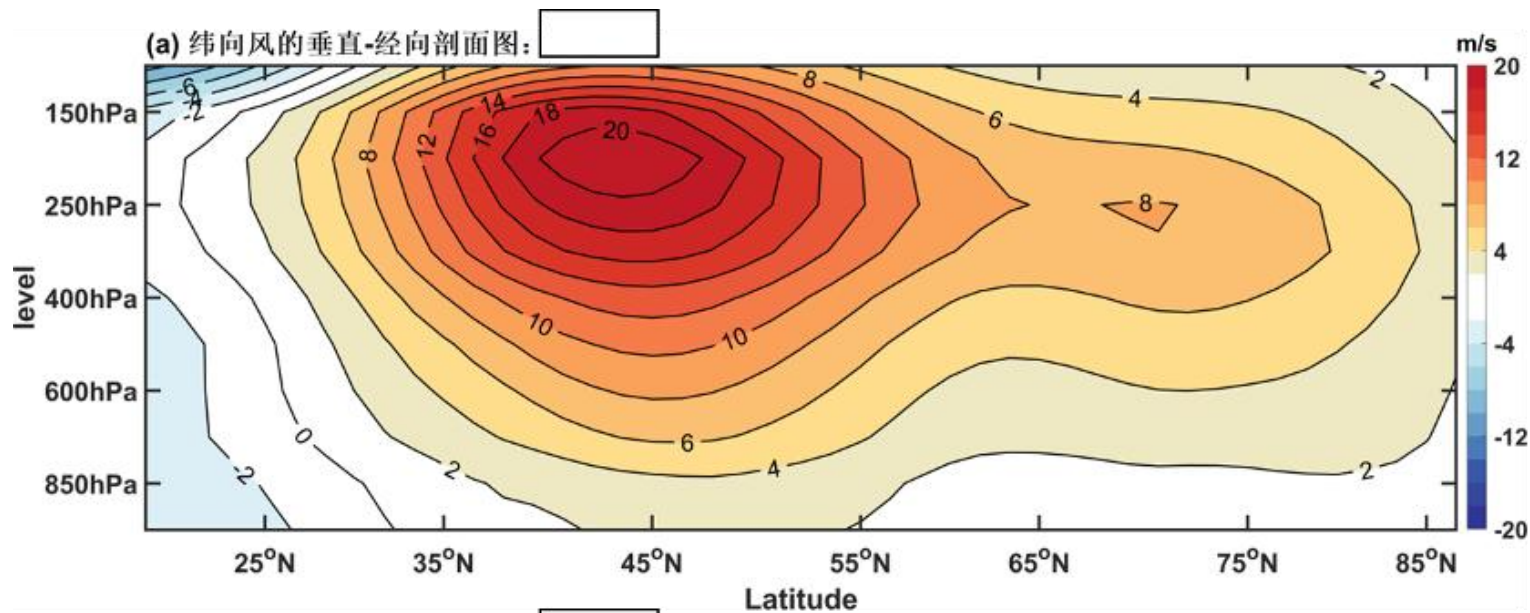
■ 三圈环流 副热带急流/极锋急流

思考4:

夏季与冬季比，特点如何？为什么？

- ✓ 减弱，风速减半；
- ✓ 温度梯度减少（暖北极）





4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流 西风急流

思考4：

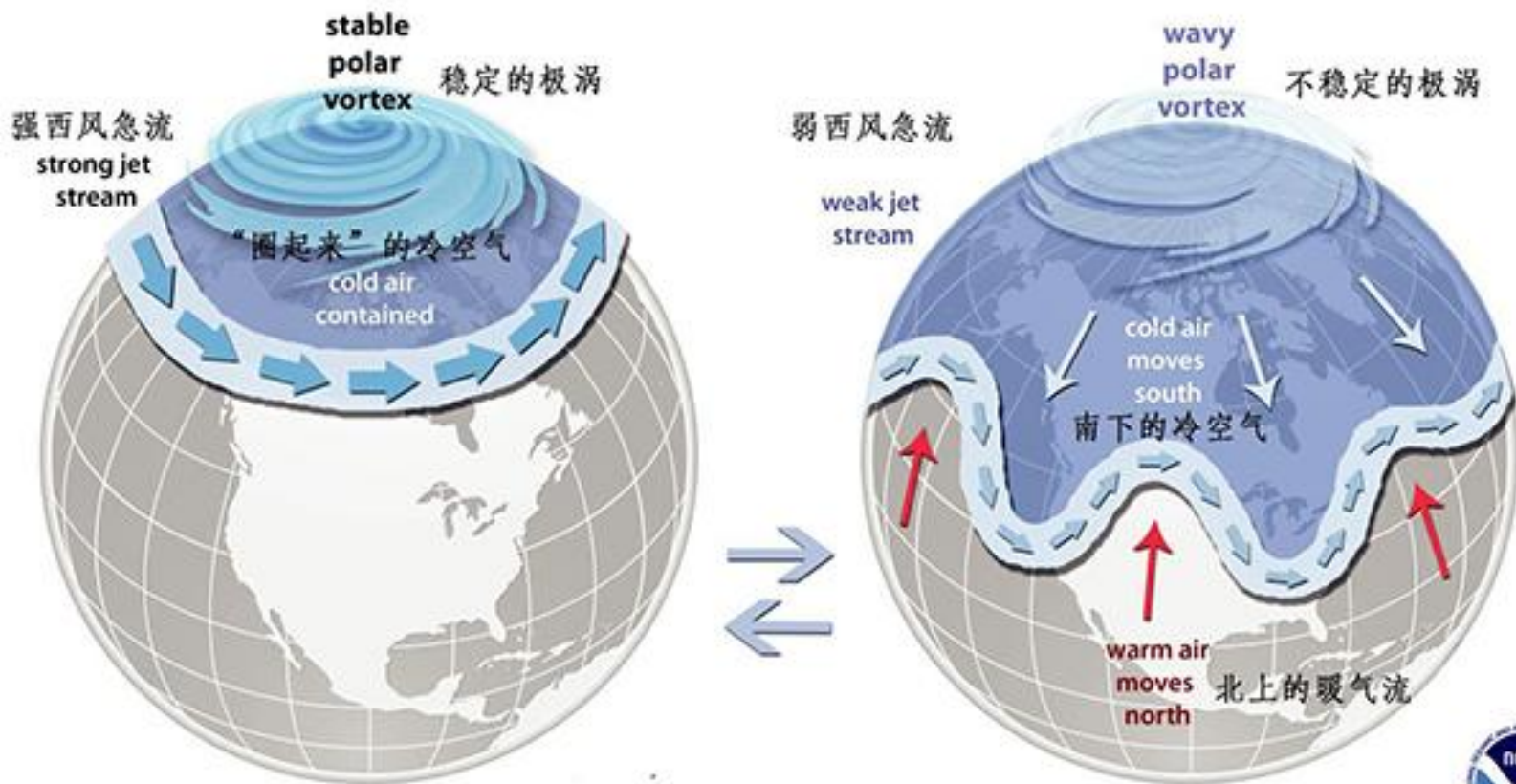
- ✓ 急流如何形成？
- ✓ 如果地球旋转加快，副热带急流位置可能向哪个方向移动
- ✓ 全球变暖情况下，哈德莱环流经向变宽还是变窄？

Why?

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流：西风急流强度与极端冷暖密切相关



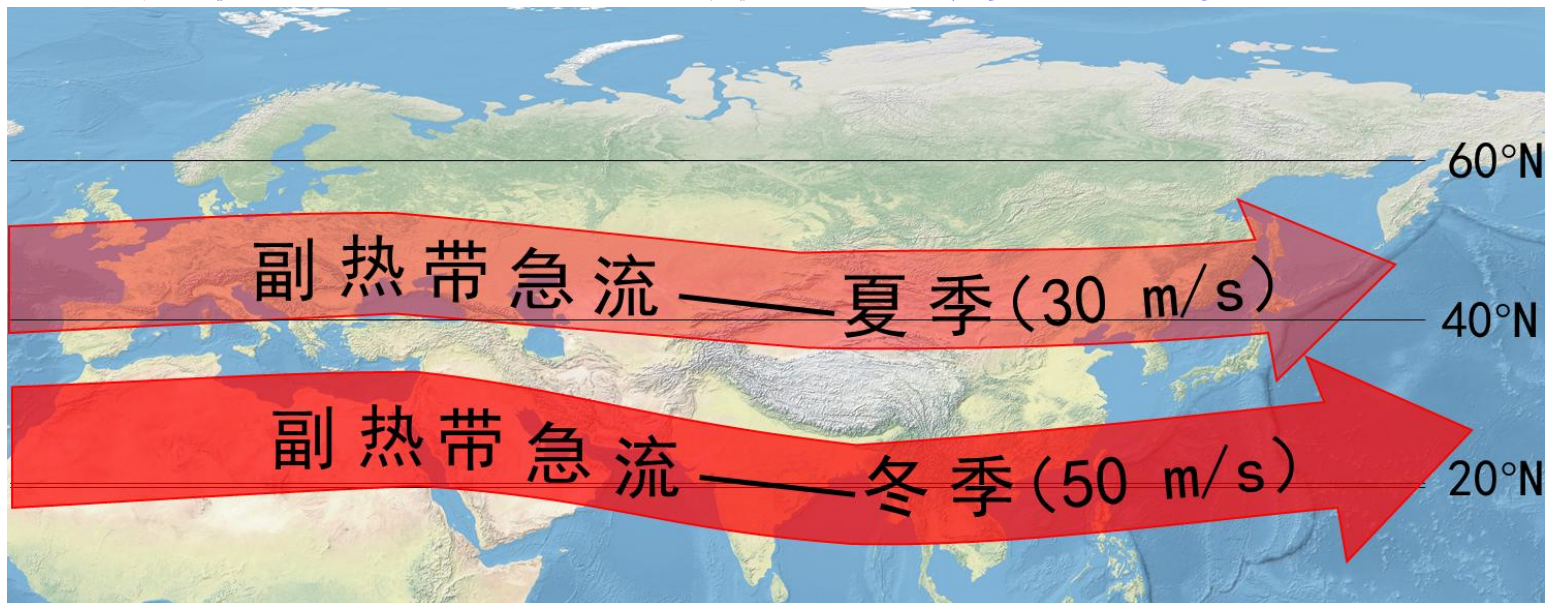
第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流 西风急流

副热带西风急流：

- 位置：冬季平均位于 $20-30^{\circ}$ N，夏季平均位于 $35-50^{\circ}$ N附近
- 强度：在 $200-250\text{hPa}$ 上强度最强 & 冬季强于夏季



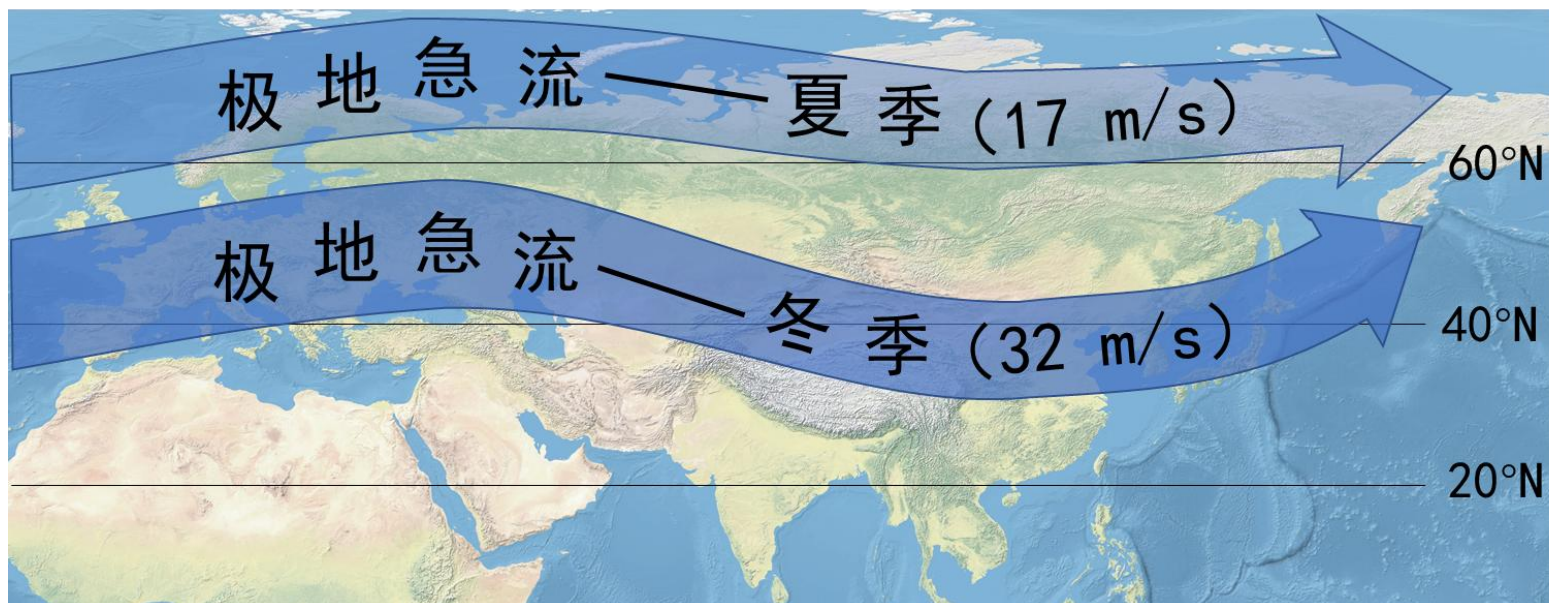
第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流 西风急流

极锋急流：

- 位置：冬季平均位于 $40-60^{\circ}$ N，夏季平均位于极圈附近
- 强度：在300-500hPa上强度最强 & 冬季强于夏季



4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流：不确定的问题

费雷尔环流 Ferrel circulation ?

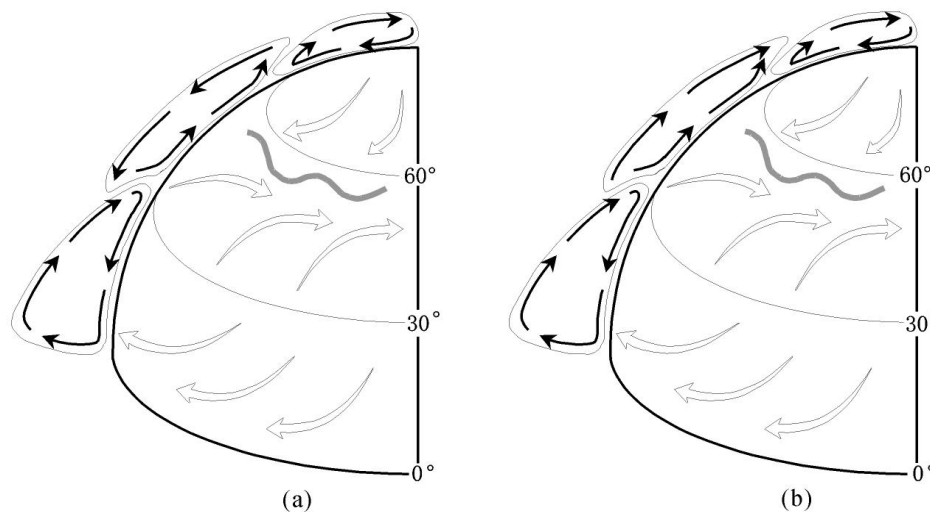
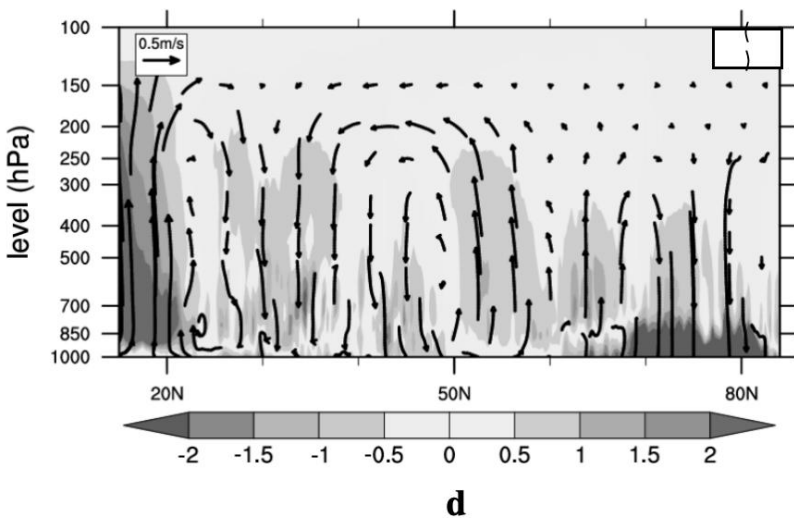
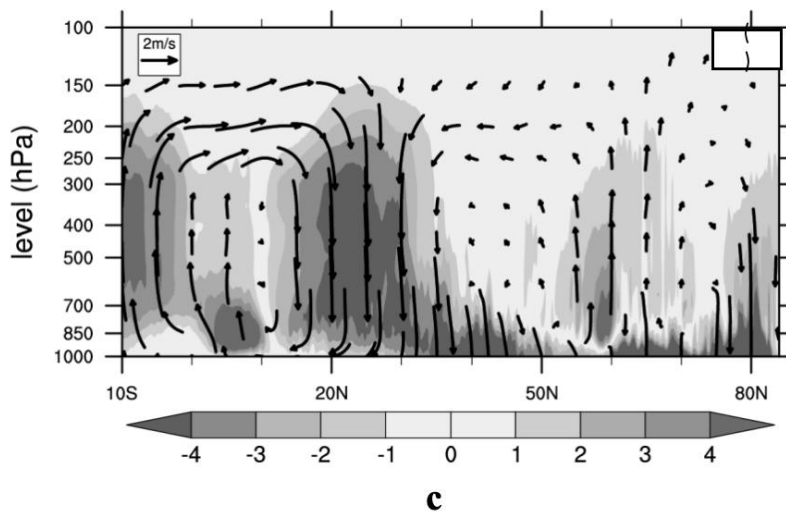
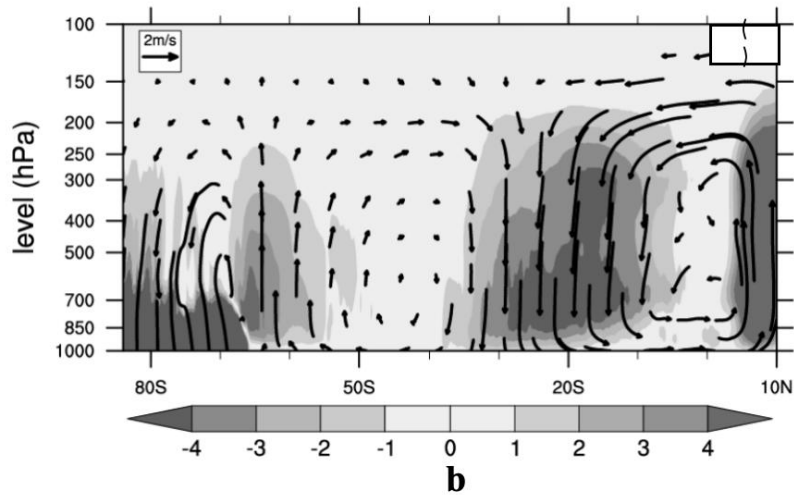
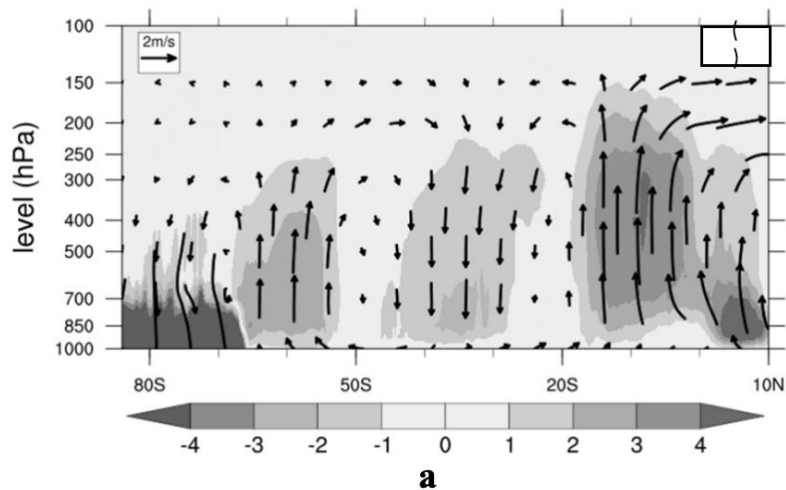


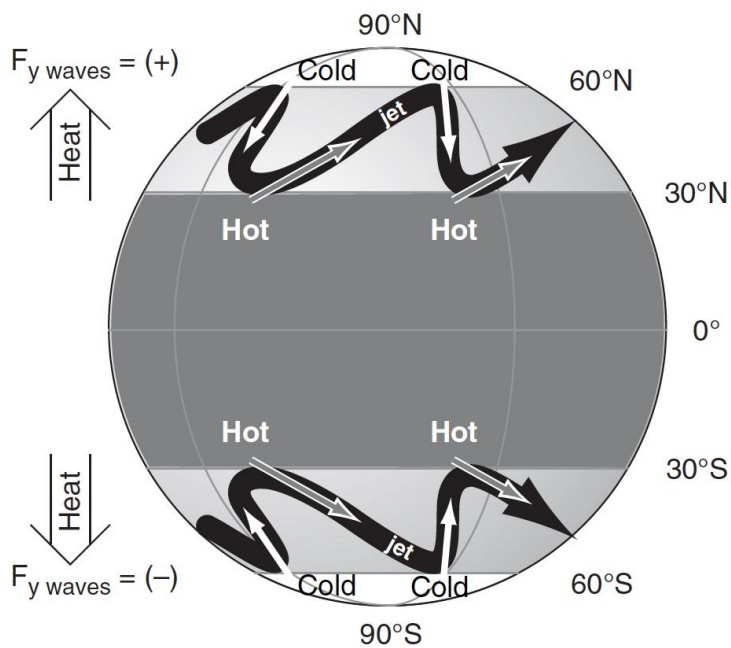
Fig. 1 (a) Classical three-cell model^[5~7]; (b) Three-cell model modified by Frederick^[9]
Only the northern hemisphere is shown. The thin lines with arrows denote the MMC and the wider ones indicate the wind directions in the lower troposphere. Note the directions of the upper flow between 30° ~ 60°.

■ 判断冬天 or 夏天?

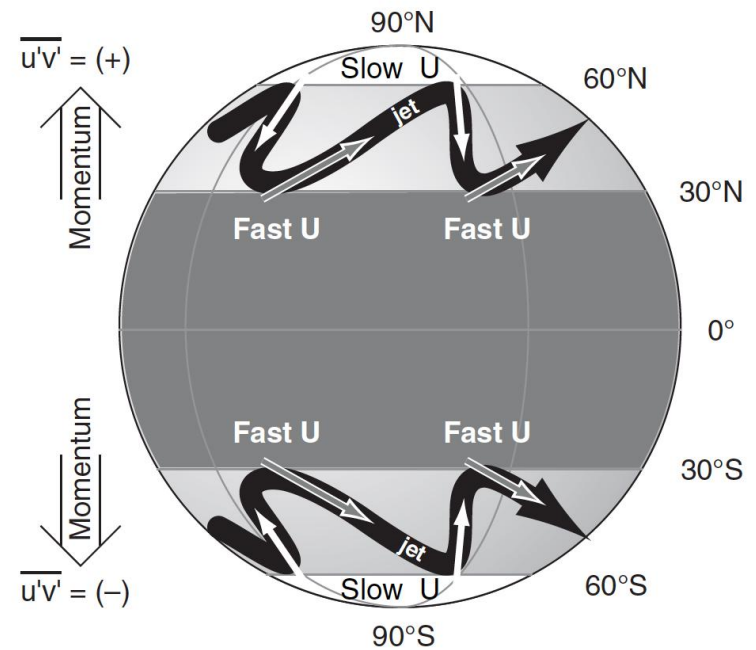


4.3 大气环流：全球

三圈环流：



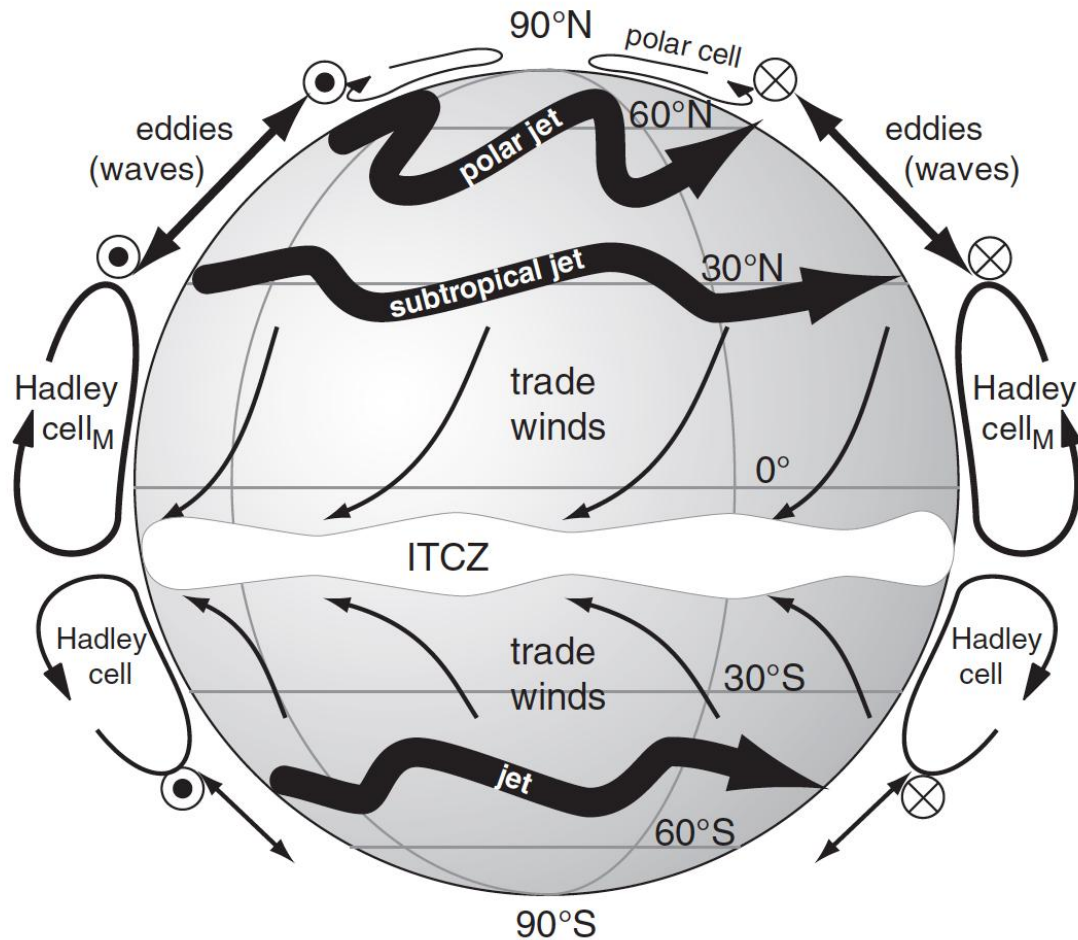
热输送



动量输送

4.3 大气环流：全球

■ 三圈环流：



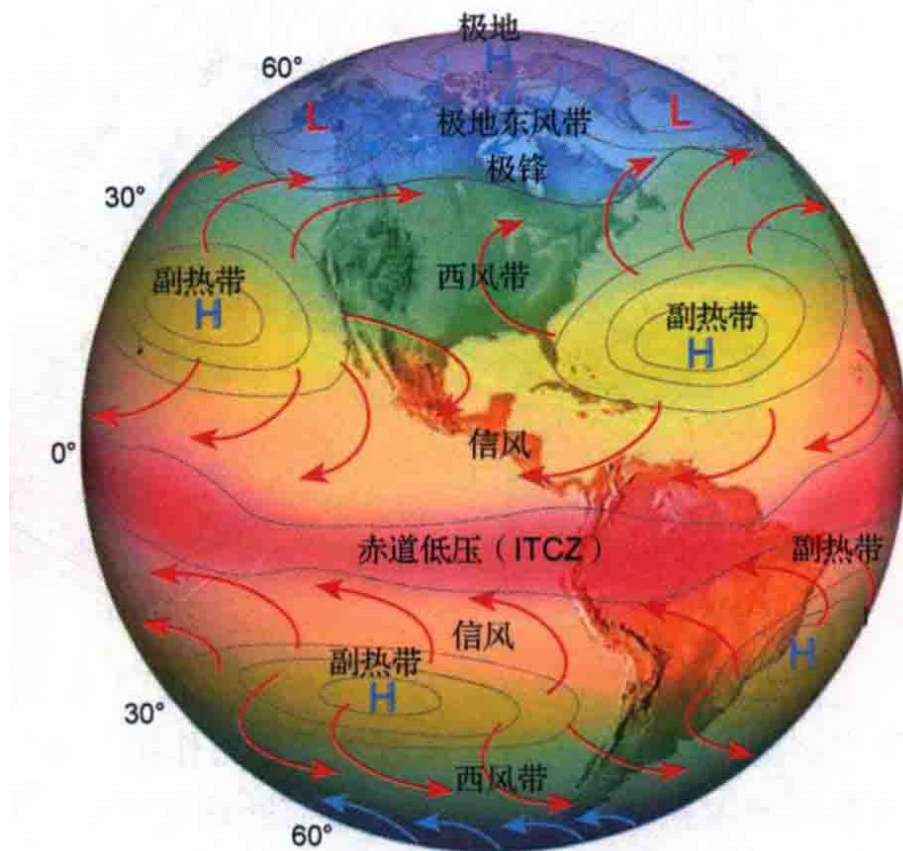
划重点！

- 哈德来环流是重点（赤道辐合带，副热带高压，信风，西风带，急流）
- 急流：冬夏季的差别；波导；不稳定扰动；位置/强度
- 全球变暖下的影响

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

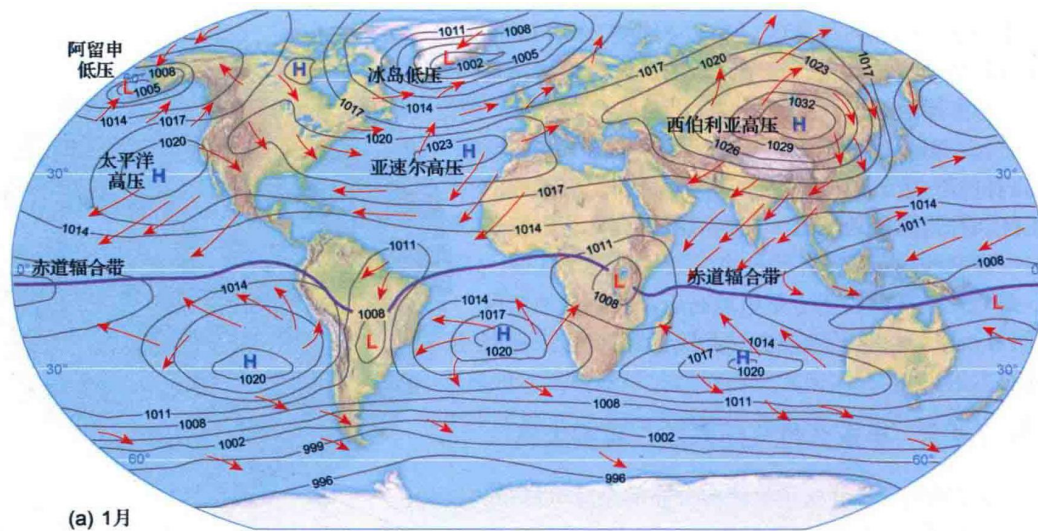
■ 三圈环流 实际风场



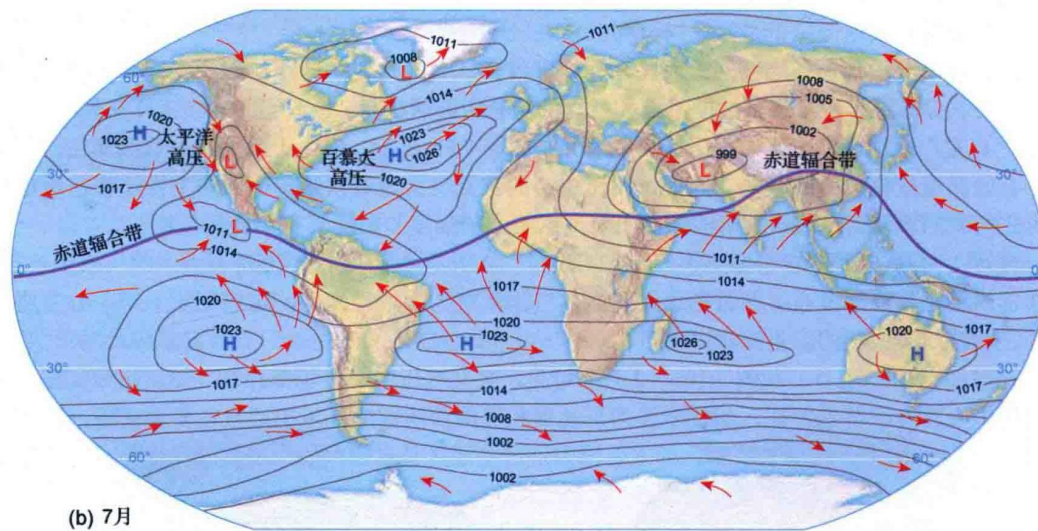
第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球低层风场

■ 地表不均的影响



(a) 1月



(b) 7月

▲图 7.10 全球海平面气压场和风场。(a)1月, (b)7月

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球低层风场

■ 地表不均的影响

✧ **常年活动中心：**“三圈环流”

太平洋高压、大西洋高压，
阿留申低压、 冰岛低压；

✧ **季节活动中心：**与海陆热力差异有关

南亚低压、 北美低压、
西伯利亚高压、北美高压

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 地表不均匀：低层大气

回忆知识点？

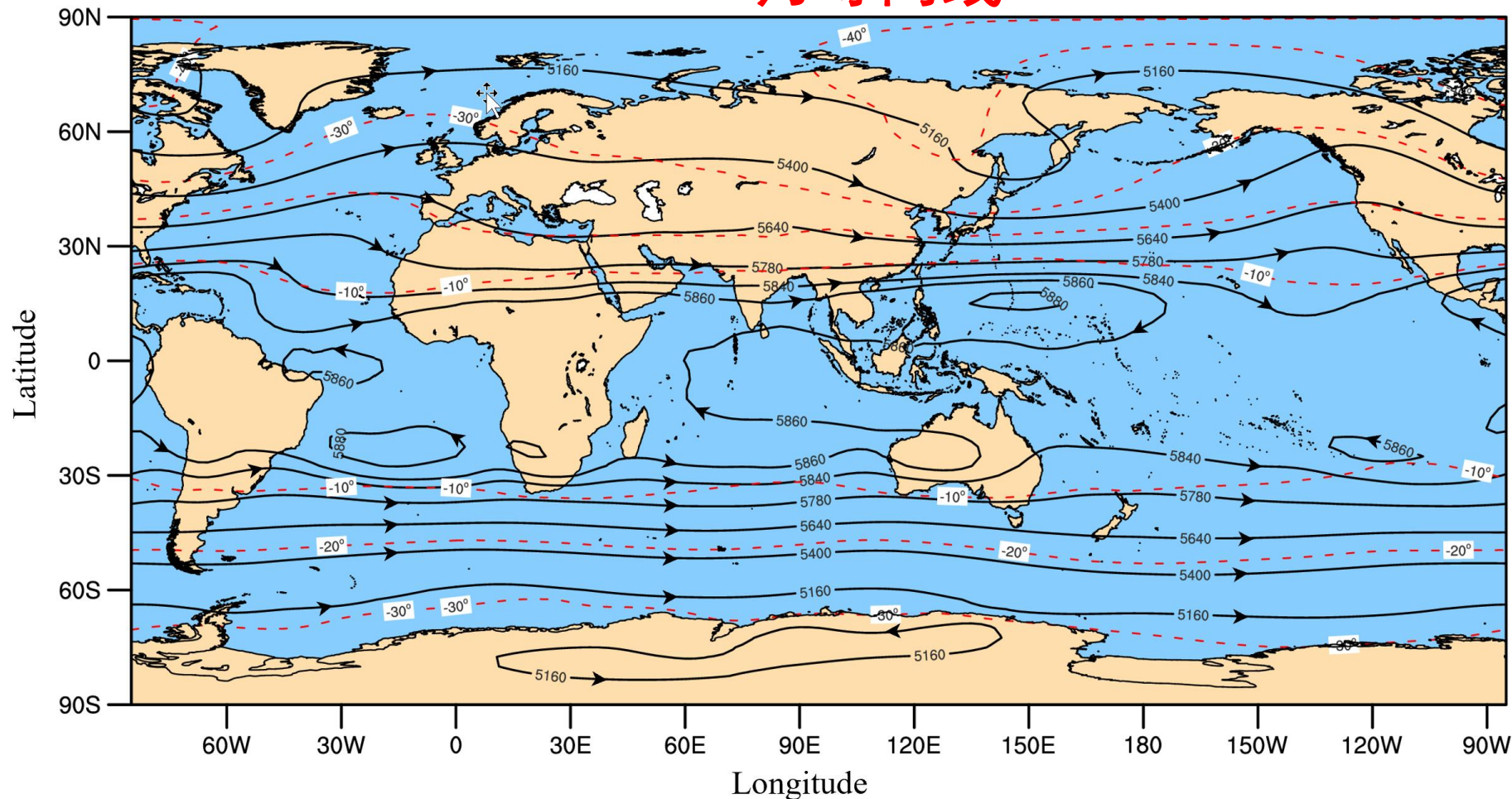
冷高压，热低压，是深厚还是浅薄系统？

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球高层

■ 地表不均的影响

500hPa 1月等高线

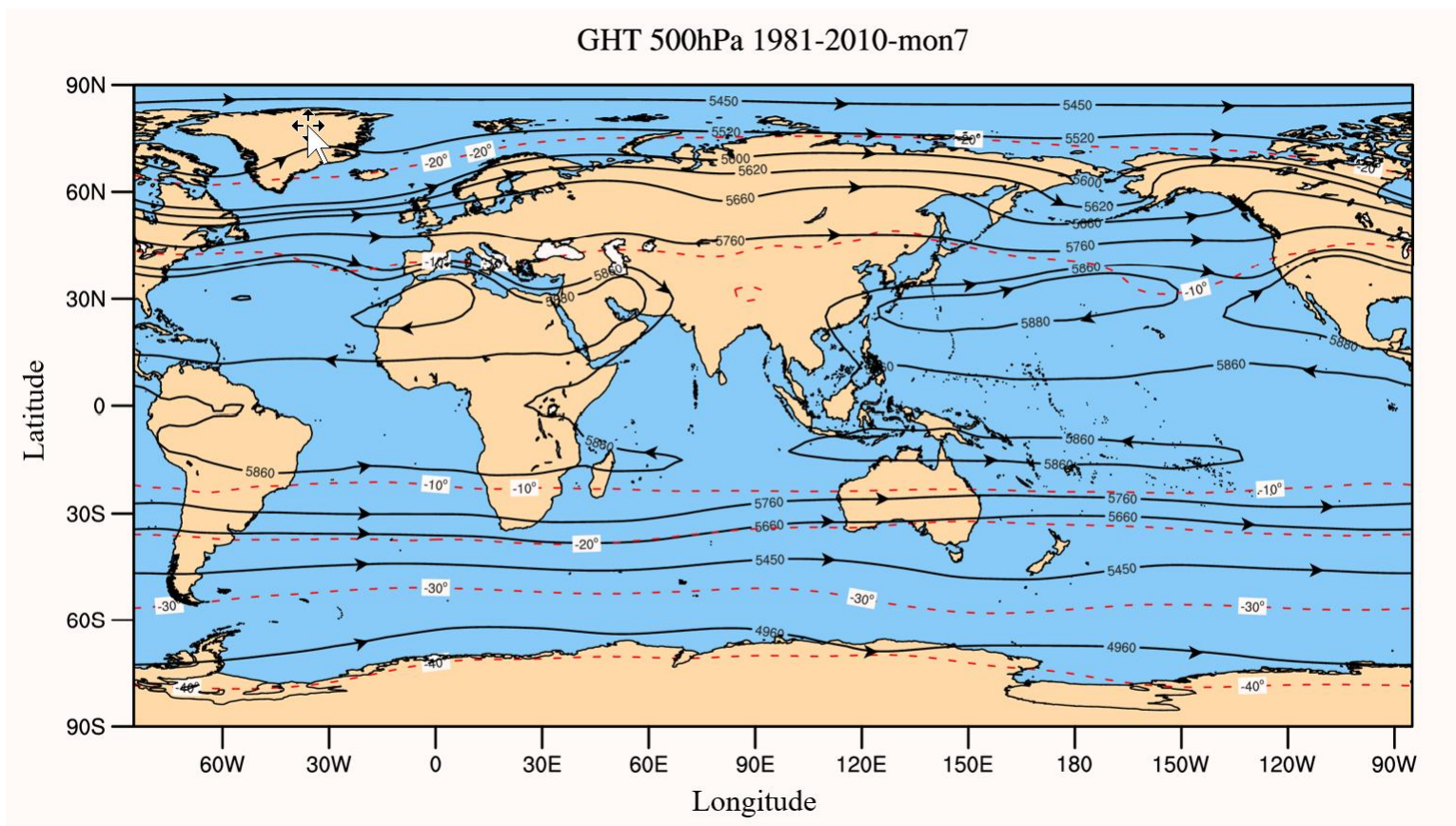


潘瑜娴绘制

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球高层

■ 地表不均的影响 500hPa 7月等高线



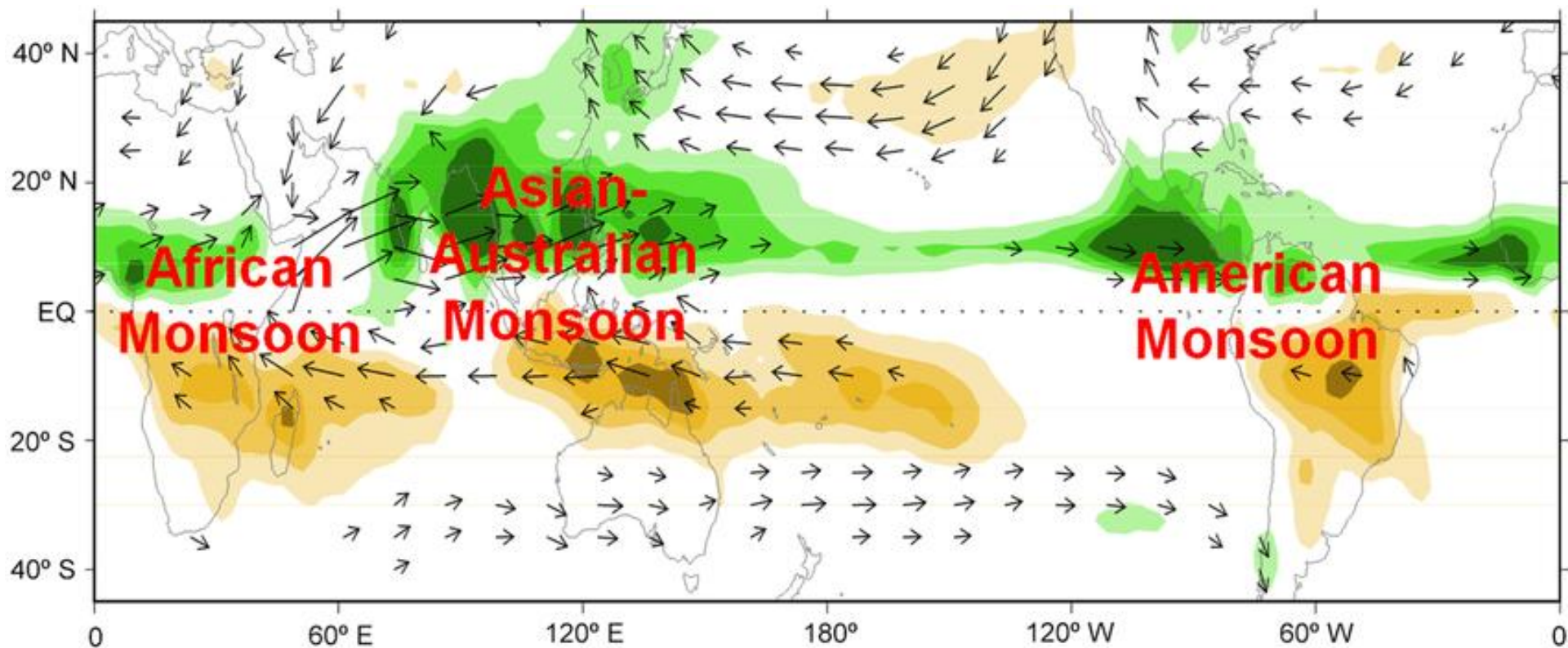
潘瑜娴绘制

第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 地表不均的影响

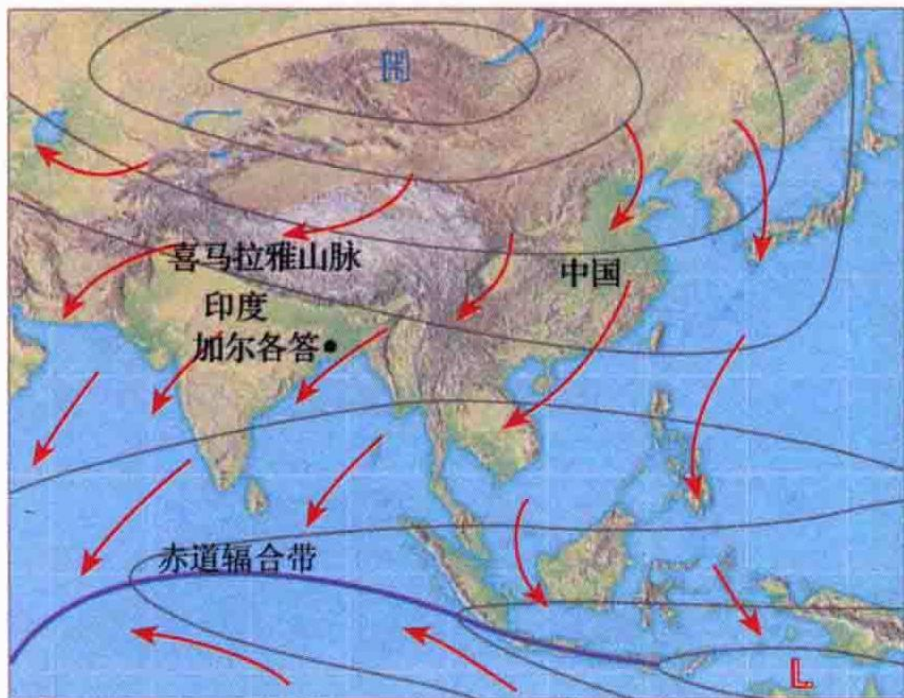
低层大气-全球区域季风



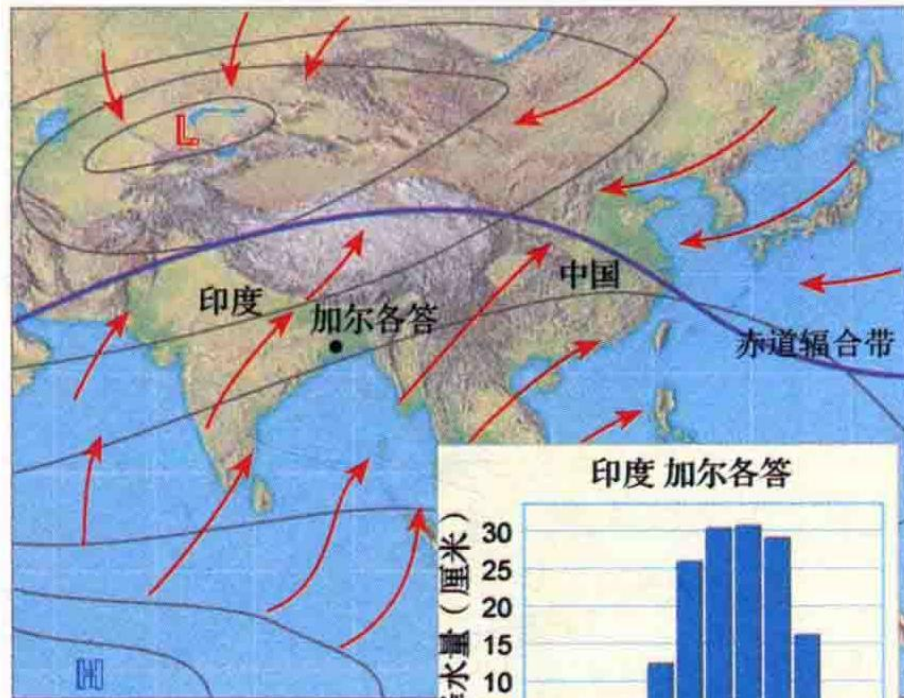
第四章 大气运动和大气环流

4.3 大气环流：全球

■ 地表不均匀影响：低层大气-季风



(a) 冬季风



(b) 夏季风

■ 季风指标: 降水

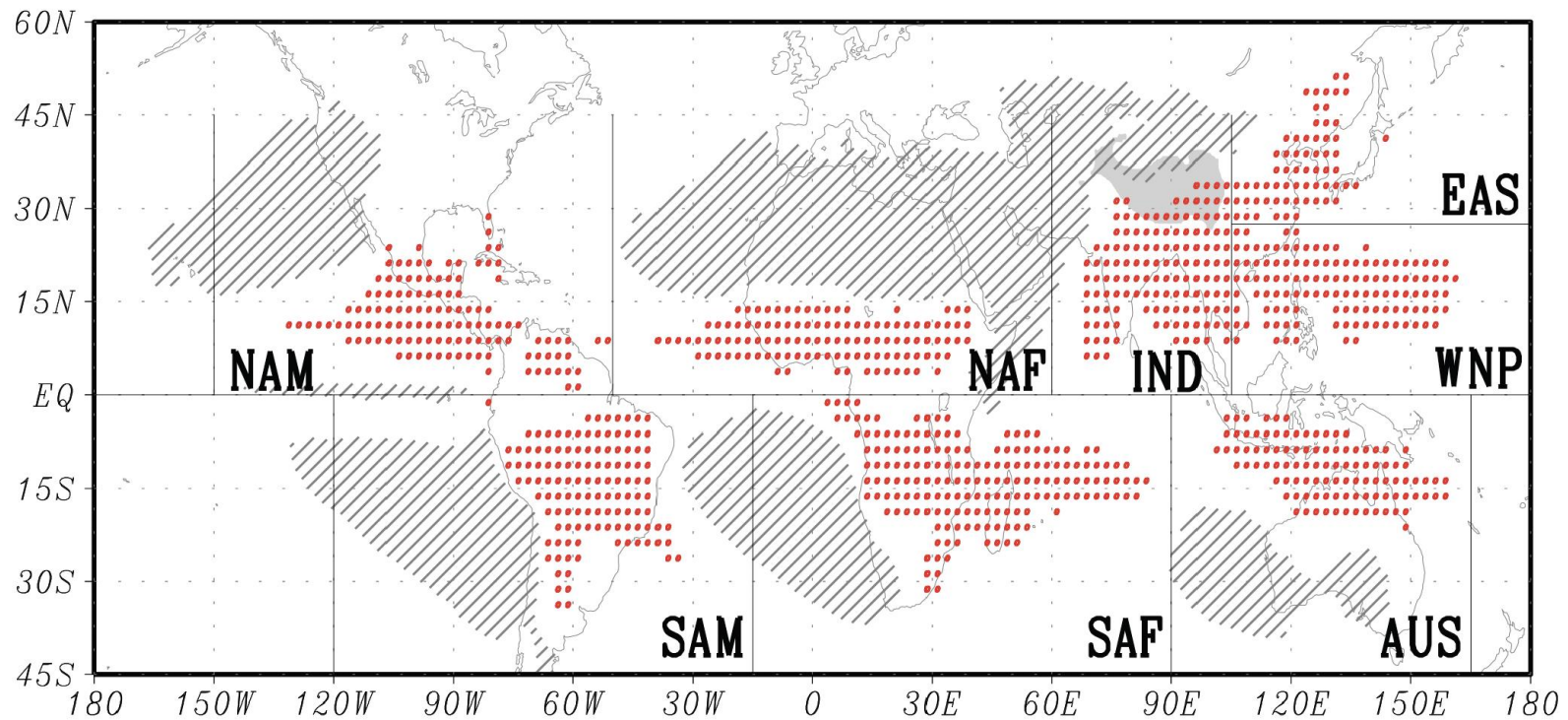


Figure 1: The approximate global monsoon precipitation domain is here defined where the local summer-minus-winter precipitation rate exceeds 2.5 mm/day and the local summer precipitation exceeds 55 % of the annual total (in red). During any individual year, it is possible for the monsoon to affect a broader area than shown here. Summer denotes May through September for the northern hemisphere and November through March for the southern hemisphere. The dry regions, where the local summer precipitation is less than 1 mm/day are hatched, and the 3000m height contour surrounding Tibetan Plateau is shaded. The merged Global Precipitation Climatology Project/Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation precipitation data were used. These observations are based on rain gauge data over land and satellite data over the oceans. The regional monsoons are the North American monsoon (NAM), North African monsoon (NAF), Indian monsoon (IND), East Asian monsoon (EAS), Western North Pacific monsoon (WNP), South American monsoon (SAM), South African monsoon (SAF), and the Australian monsoon (AUS). This figure kindly provided by Prof. Bin Wang.