

Geographic coordinate system

地理坐标系



地理坐标系

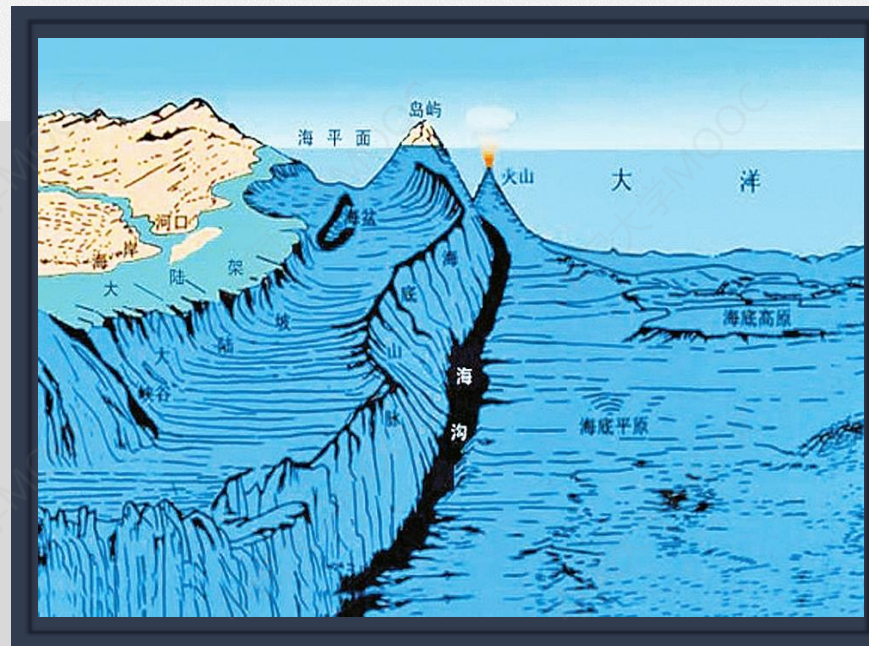
Geographic coordinate system



地球的表面



» 海拔8848米的珠穆朗玛峰



» -11022米的马里亚纳海沟

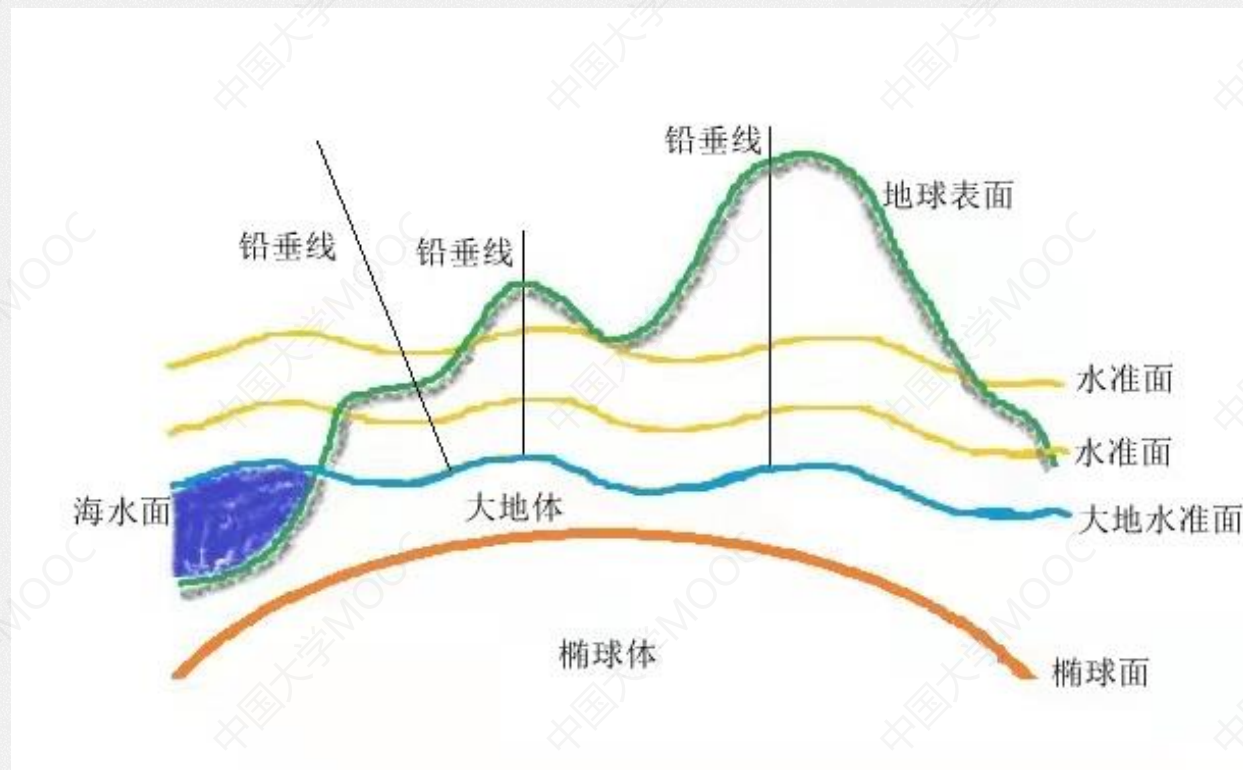
地理坐标系

Geographic coordinate system



大地水准面

当海洋静止时，它的自由水面必定与该面上各点的重力方向（铅垂线方向）成正交，我们把这个面叫做**水准面**。



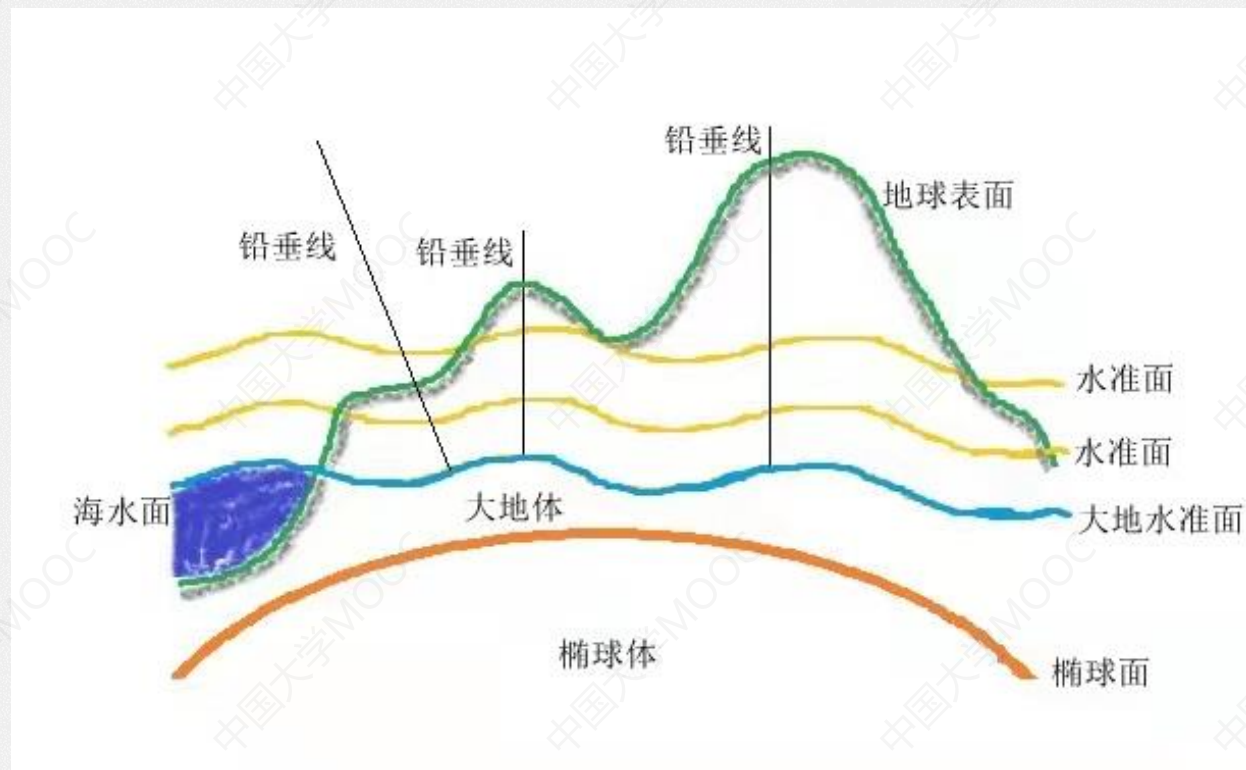
地理坐标系

Geographic coordinate system



大地水准面

最接近地球表面的水准面来代替地球表面，这也称之为**大地水准面**（geoid）。



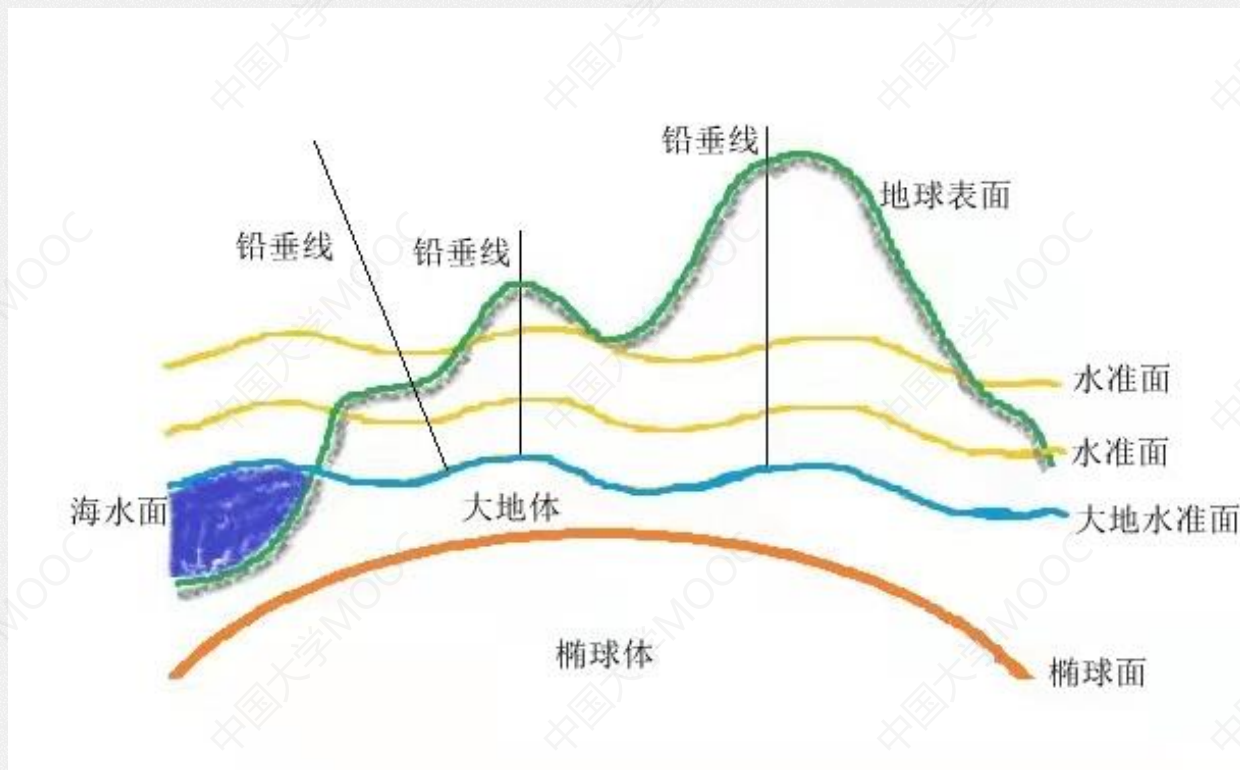
地理坐标系

Geographic coordinate system



大地水准面

- 具有处处与铅垂线方向垂直的特性;
- 各点的铅垂线方向并非规则;
- **大地水准面 (Geoid)** 实际上是一个具有微小起伏的不规则曲面;
- 被**大地水准面**包围的形体, 我们也称之为**大地体**。



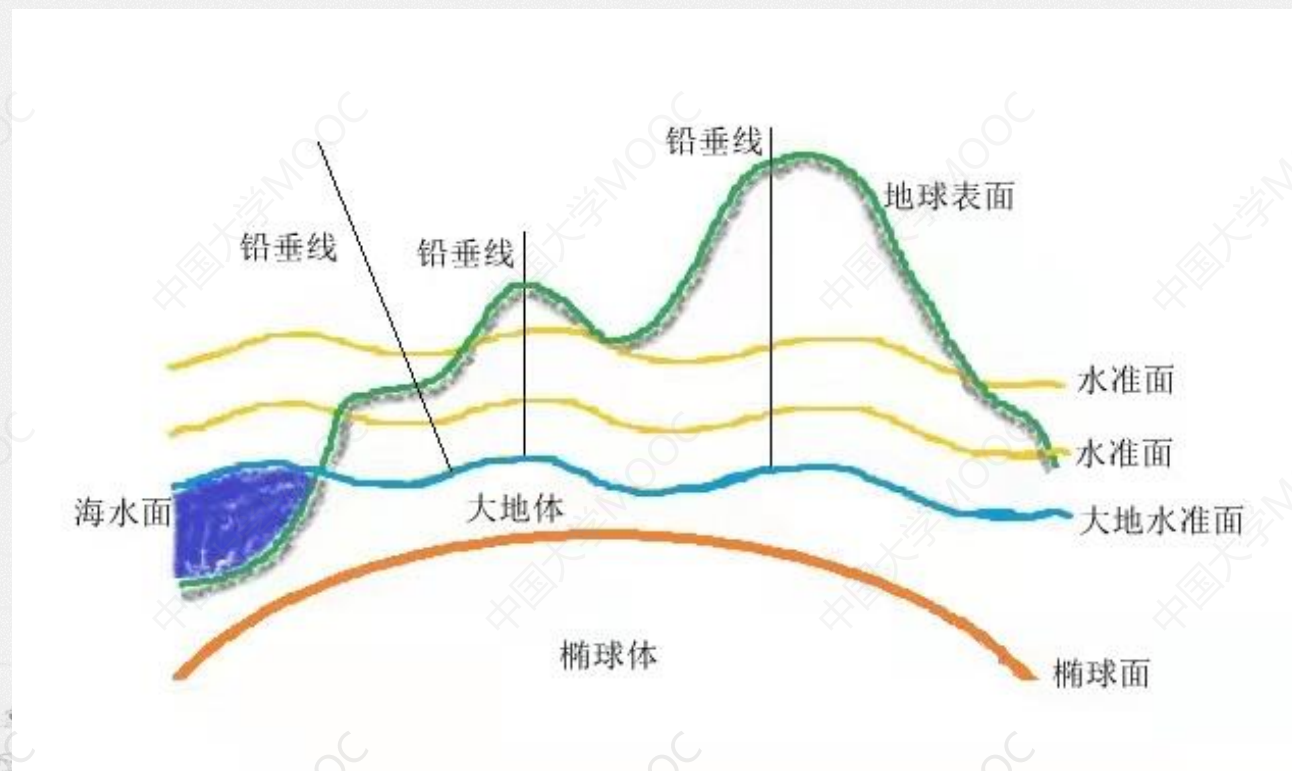
地理坐标系

Geographic coordinate system



地球椭球体

- 大地水准面是具有**微小起伏不规则曲面**，因此不能作为测量数据处理和计算的基准面；
- 大地水准面包围的**大地体**已经非常接近于一个规则的绕自转轴（短轴）旋转的**椭球体**，我们称之为**地球椭球体**，简称**椭球体**。测量和制图的基准就是**椭球体**；



地理坐标系

Geographic coordinate system



地球椭球体

长半径a

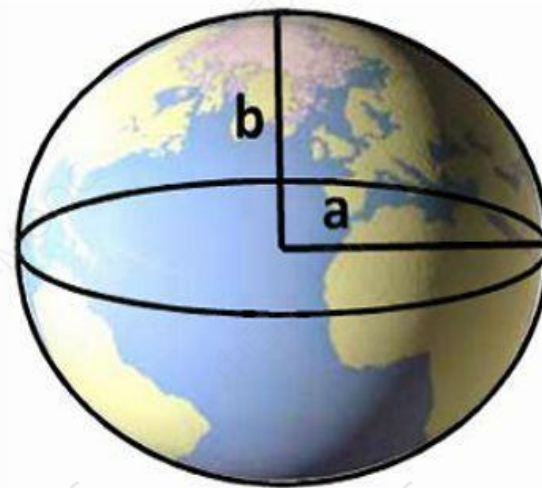
短半径b

椭球元素

扁率 $\alpha = (a-b) / a$

地球椭球体

$a > b$



地理坐标系

Geographic coordinate system

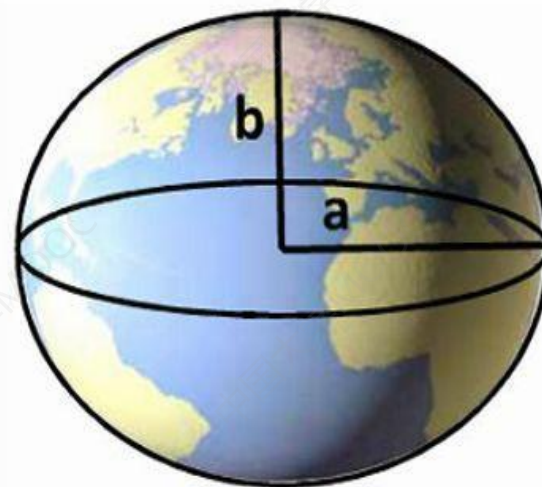


参考椭球

一个**形状、大小、定位和定向**都确定的地球椭球叫**参考椭球**（reference ellipsoid）。

地球椭球体

$$a > b$$



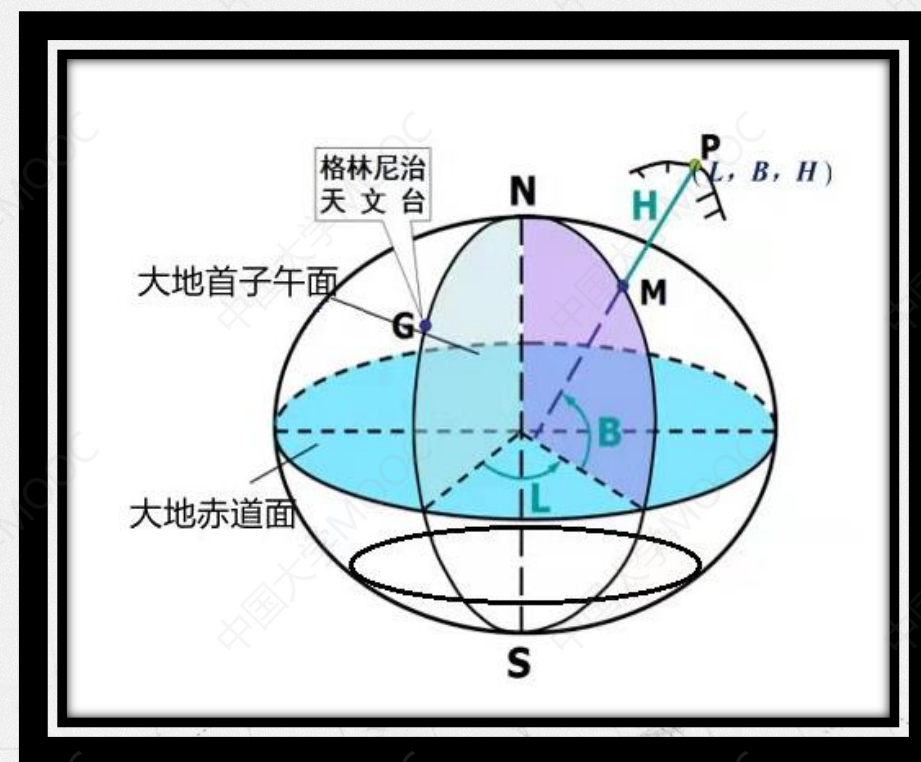
地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系

大地坐标系:以参考椭球面和法线为基准面和基准线的, 用于表达地球表面空间位置及其相对关系的数学参照系。



地理坐标系

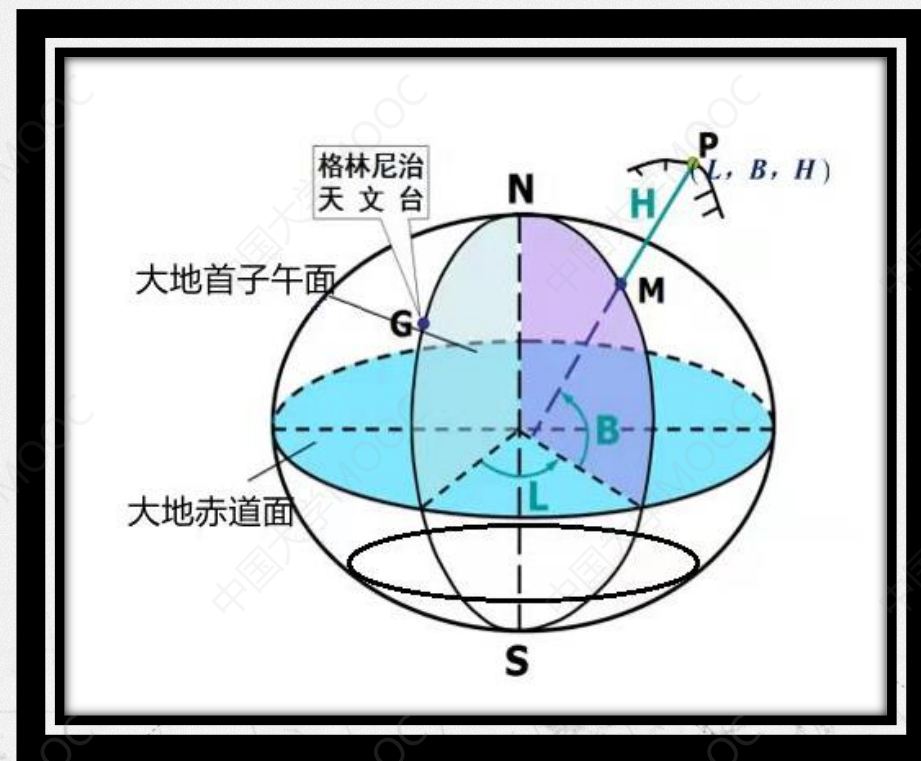
Geographic coordinate system



大地坐标系

大地子午面:包含参考椭球体的短轴NS和过地面某点的法线构成的平面。

世界各国把过英国格林尼治天文台的子午面称为**大地首子午面**，它与参考椭球面的交线称为**首子午线**。



地理坐标系

Geographic coordinate system

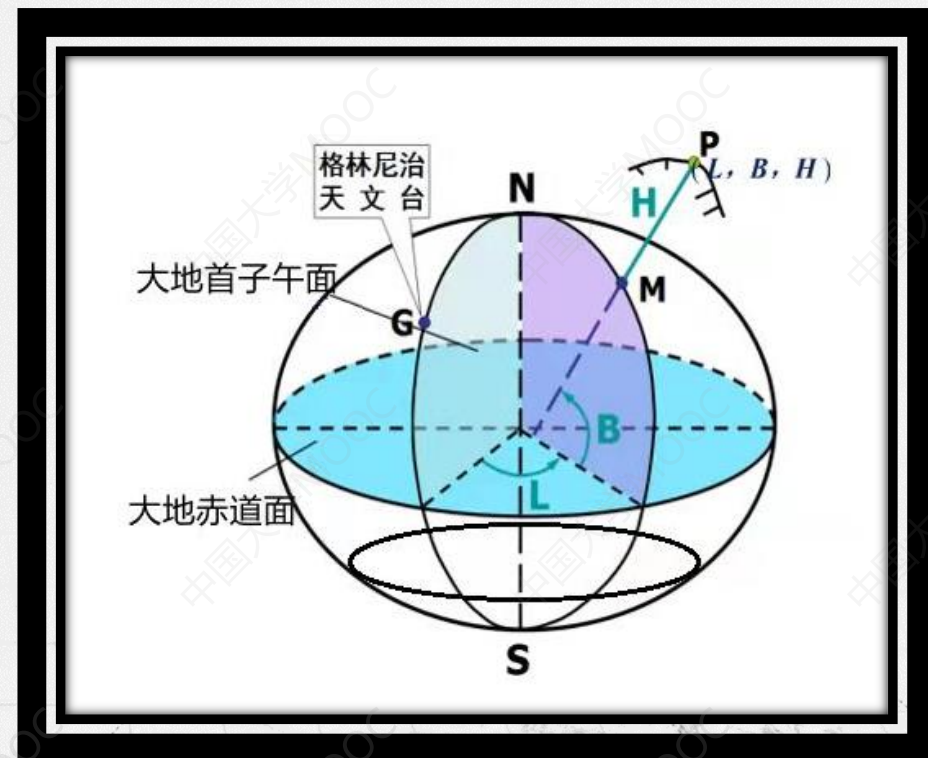


大地坐标系

垂直于参考椭球体短轴NS的任一平面与参考椭球面的交线称为**纬线**。

过短轴中心且过垂直于短轴的平面称为**大地赤道面**。

赤道面与参考椭球面的交线称为**赤道**。

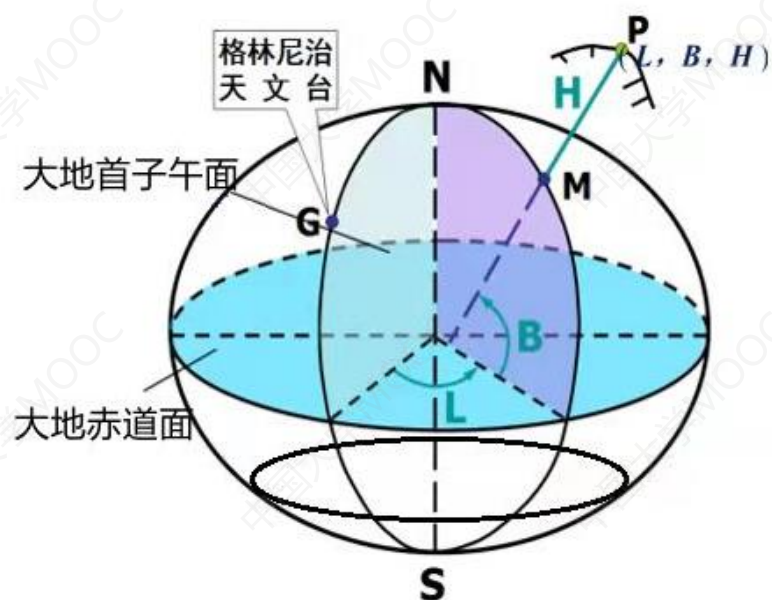


地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系



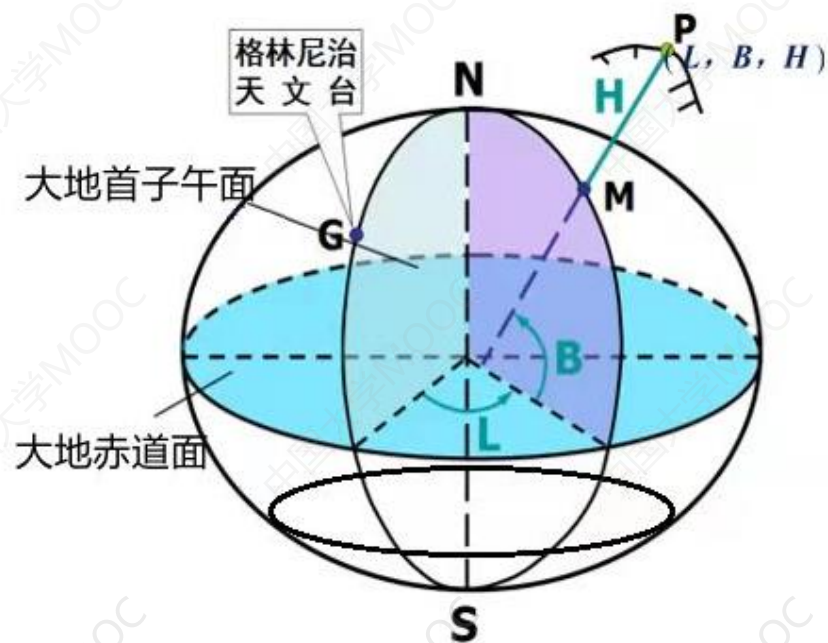
大地首子午面向东称为东经，反之称为西经，其值由0到180度。

地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系



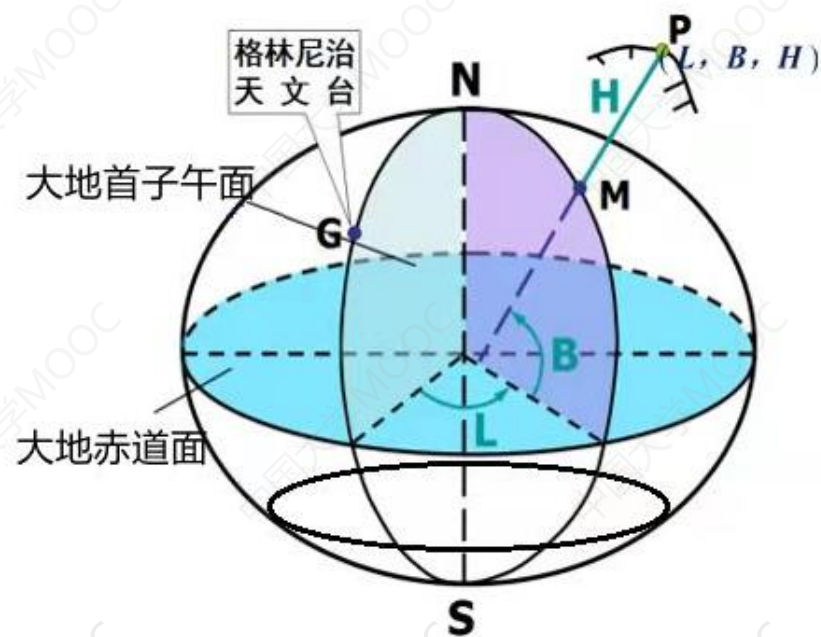
大地赤道面向北称为北纬，
反之称为南纬，其值由0到
90度。

地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系



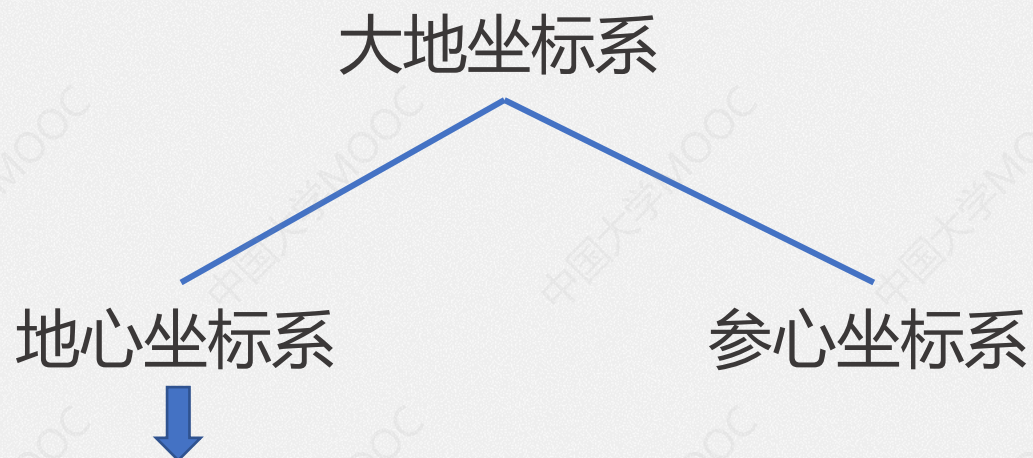
大地高H

地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系



地球椭球的中心与地球质心（质量中心）重合，椭球的短轴与地球的自转轴（短轴）重合。

地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系

极点在地球表面上的位置，是随时间而变化的。这种现象称为
地极移动。



使地球坐标系坐标轴的指向发生变化。

地理坐标系

Geographic coordinate system



大地坐标系

采用协议地极为基准点的地球坐标系。



协议地球坐标系 (Conventional Terrestrial System-CTS)

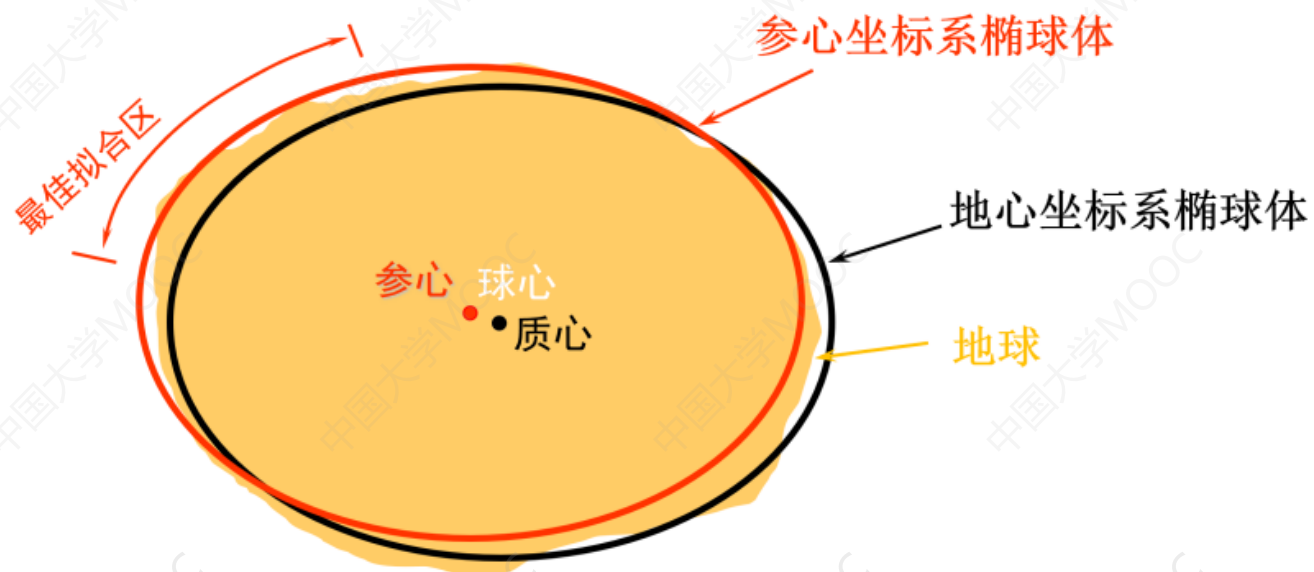
WGS84

地理坐标系

Geographic coordinate system



参心坐标系



地理坐标系

Geographic coordinate system



参考椭球面

大地经纬度相对于参考椭球面，描述了一个点在参考椭球面上的水平位置，垂直的位置则需要用**高程** (height) 来表示。



地面点到高度起算面的垂直距离

地理坐标系

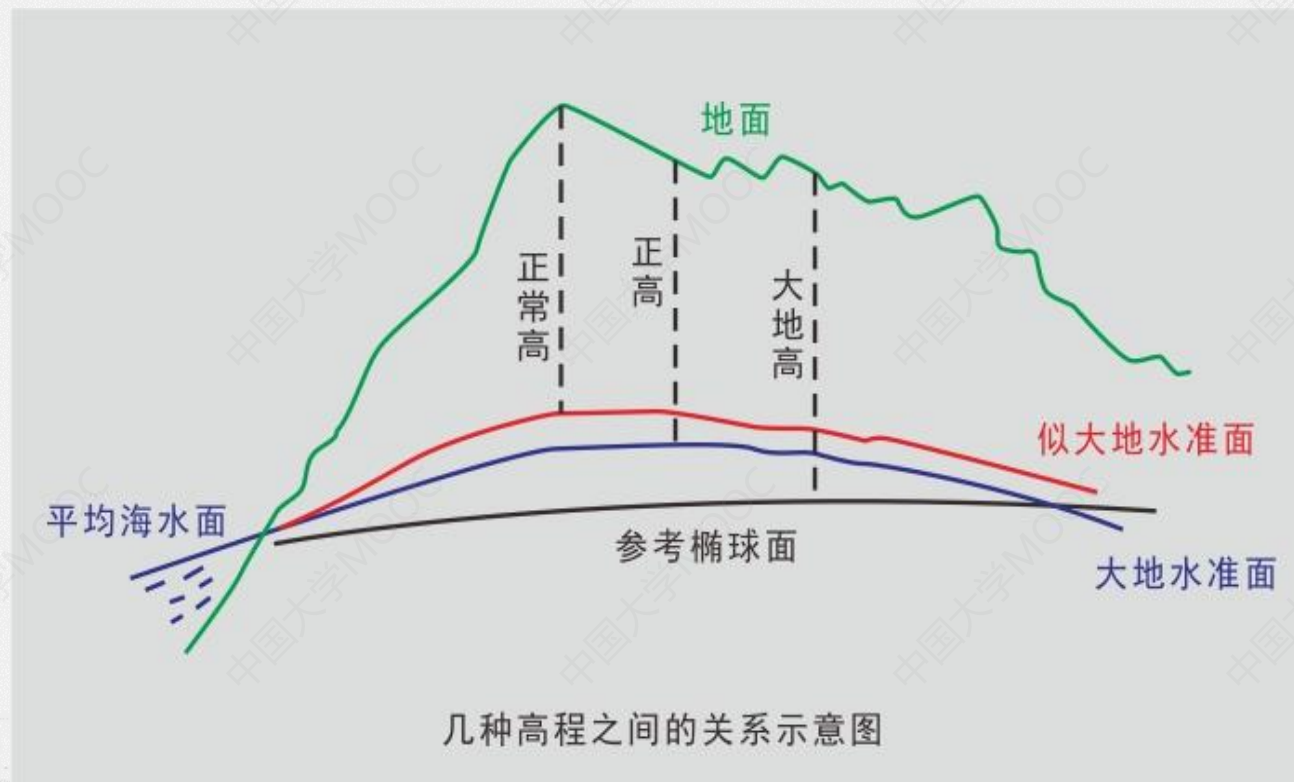
Geographic coordinate system



大地高和正高

- 点位沿椭球面的法线至椭球面的高度称为 **“大地高”** (ellipsoidal height) 。
- 点位沿铅垂线至大地水准面的高度称为 **“正高”** (orthometric height) 。

图片来自参考文献【1】



正常高

以大地水准面作为高程起算面是符合严格的物理模型的，但是不具有实际操作性；

从第一个高程计算的基准点（**水准原点** leveling origin），通过水准测量得到的高程值，并非**正高**。

地球内部的质量和密度不均匀等因素，正高难以精确测得，这个高程值我们称之为**正常高**（normal height）。

地理坐标系

Geographic coordinate system

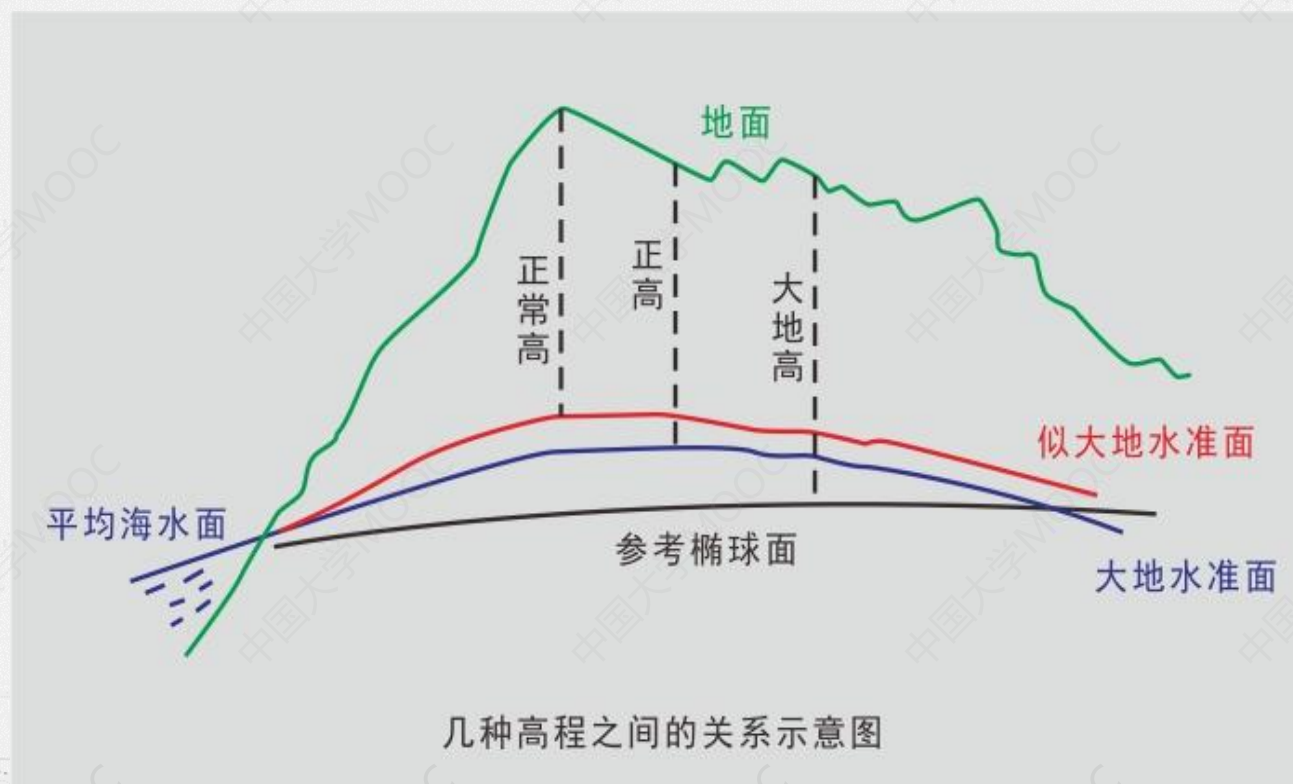


高程异常

似大地水准面与参考椭球面之间的高差称之为**高程异常** (height anomaly)。

$$\xi = H - h$$

图片来自参考文献【1】



我国的高程系统（正常高系统）



1956年黄海高程系

图片来自参考文献【3】

- 1950年到1956年青岛验潮站测定的平均海水面为高程基准面。
- 水准原点设在青岛市观象山。
- 水准原点以“1956年黄海高程系”计算的高程=72.2893m。

我国的高程系统 (正常高系统)



» 1985年国家高程基准

图片来自参考文献【3】

- 1952年到1979年潮汐观测值重新计算了黄海平均海水面。
- 水准原点以“1985年国家高程基准高程”计算的高程=72.2604m。
- 1985年国家高程基准高程=1956年黄海高程-0.0289m。



我国采用的大地坐标系

各基准基本参数表

图片来自参考文献【3】

坐标系统 地球椭球	1954 年 北京坐标系	1980 西安坐标系	WGS 84	2000 国家 大地坐标系
椭球名称	克拉索夫斯基	1980 大地坐标系	WGS-84	CGCS2000
建成年代	50 年代	1982	1984	2008
椭球类型	参考椭球	参考椭球	总地球椭球	总地球椭球
a (m)	6378245	6378140	6378137	6378137
f	1: 298.3	1: 298.257	1: 298.257223563	1: 298.257222101

地理坐标系

Geographic coordinate system



1954年北京坐标系

- 简称“北京54”，属于参心坐标系；
- 克拉索夫斯基椭球（参数为长半轴 $a=6878245\text{m}$ ，扁率 $f = 1/298.3$ ）；
- 大地原点是前苏联的普尔科沃；
- 高程基准为1956年黄海高程系；
- 高程异常以原苏联1955年似大地水准面重新平差结果为起算数据，按我国天文水准路线推算而得。

建立时间早，精度低。

地理坐标系

Geographic coordinate system



1980年国家大地坐标系

- 简称“西安80”，属于参心坐标系；
- IUGG1975年推荐的椭球
(参数为长半轴 $a = 6378140\text{m}$ ，扁率 $f = 1/298.257$)；
- 大地原点位于西安市泾阳县永乐镇；
- 大地高程采用的是1985国家高程基准。

地理坐标系

Geographic coordinate system



2000年国家大地坐标系

- 属于地心坐标系；
- 地球椭球参数
(参数为长半轴 $a=6378137\text{m}$, 扁率 $f=1/298.257222101$) ;
- 2000国家大地坐标系是我国自主建立、适应现代空间技术发展趋势的国家大地坐标系；
- 2008年7月1日启用。“西安80”和“北京54”坐标系正式退出历史舞台。

地理坐标系

Geographic coordinate system



在地理信息系统里，我们通常将由经度、纬度和相对高程（可选）组成，能够标识地球上的任何一个位置的坐标系称之为**地理坐标系**（Geographic Coordinate System, GCS）。

地理坐标系

Geographic coordinate system



小结

“大地水准面”，“似大地水准面”？

“大地高”，“正高”，“正常高”？

参考文献

Reference



[1] 今日北斗.北斗小知识——北斗RDSS定位结果有哪些高程? [EB/OL].(2017-08-08)[2021-12-30].

<http://www.jinribeidou.com/news/detail/f2576ef05cf6f368015dc10ac91e32de>.

[2] 维基百科.中华人民共和国水准原点[EB/OL].(2020-12-11)[2021-12-30].

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E5%8D%8E%E4%BA%BA%E6%B0%91%E5%85%B1%E5%92%8C%E5%9B%BD%E6%B0%B4%E5%87%86%E5%8E%9F%E7%82%B9>

[3] 国家测绘地理信息局. 2000国家大地坐标系推广使用技术指南[R].2013.06.

[4] 翟翊,赵夫来.现代测量学[M].北京:解放军出版社,2003.

[5] 华一新,张毅,成毅等.地理信息系统原理 (第二版) [M].北京:科学出版社.2019.12.

谢谢观看