

第二章 地表水资源



- § 3.1 河流与流域
- § 3.2 降水
- § 3.3 径流
- § 3.4 蒸发和下渗



3.1 河流与流域

一、干流与支流

流动的水体与容纳流水的河槽是构成河流的两个要素。

干流——将汇集的水流注入海洋或内陆湖泊的河流。

支流——甲河注入乙河流，则甲河流是乙河流的支流。

一级支流——直接汇入干流的河流。

汉江（长江），渭河（黄河）



二、河流的分段

- 河源____开始具有地面水的地方（冰川、泉水、沼泽、湖泊可构成源头）
- 上游____直接连接着河源而奔流于深山峡谷中的一段河流
- 中游____上游以下的一段河流
- 下游____河流的最下一段
- 河口__河流的终点，是河流注入海洋、湖泊或其它河流的地方



- 三、河道及流域的主要特征

- 河流长度 L (km) : 从河源沿河道至河口的距离称为河流长度, 或称河长。

- 弯曲系数 $= \frac{\text{河道全长}}{\text{河源到河口间直线距离}}$

落差: 河段两端的河底高程差 $\Delta h = h_0 - h_1$

河道纵比降 J : 当河流纵断面近于直线时

$$J = \frac{\Delta h}{L}$$

当河流纵断面呈折线时:

$$J = \frac{(h_0 - h_1)L_1 + (h_1 - h_2)L_2 + \dots + (h_{n-1} - h_n)L_n}{L^2}$$

- 四、河槽的基本形态
- 中泓线（溪线）——河槽中沿流向各最最大水深点的连线
- 河流的纵断面——沿河流中泓线的断面测出该线上若干河底地形变化点的高程，以河长为横坐标，河底高程为纵坐标，绘出纵断面。反映河底纵坡和落差的分布。



- 河流的横断面指与水流方向相垂直的断面；
- 包括水位线在内的横断面则称过水断面；
- 枯水期水流通过的部分，称为基本河槽（枯水澡槽或主槽）；
- 洪水期才淹没的部分，称洪水河槽（河漫滩）



五 分水岭及流域

分水线(岭) _____流域四周地面最高点的连线。

当地形向两侧倾斜，使雨水分别汇集到两条不同的河流中去，这一地形上的脊线起着分水的作用，是相邻两流域的界线，称分水线或分水岭。

如果地面分水线与地下分水线重合，这样的流域称为闭合流域。地面分水线与地下分水线不一致的流域称为不闭合流域。



流域____汇集地面水和地下水的区域称流域。

分水线所包围的区域面积就是流域面积。

流域内各条河流构成脉络相通的系统称为水系，河系或河网。

珠江水系 · 长江水系 · 黄河水系 · 淮河水系 · 海河水系 · 松花江水系 · 辽河水系



流域面积 F (km^2)：流域面积是流域的主要几何特征。通常先在适当比例尺的地形图上定出流域分水线，然后量出它所包围的面积。

河网密度：单位面积内的河流总长度称为河网密度。它表示一个地区河网的疏密度。

流域长度 L (km)：流域的轴长。

流域平均宽度 B (km)：流域面积与流域长度的比值
 $B = F / L$

流域形状系数：流域平均宽度与流域长度的比值

$$r = B / L = F / L^2$$



- **流域平均高度 H (m) 与平均坡度 J :**

将流域划分成100以上的正方格，定出每个方格交叉点上的高程及坡度，这些格点的高程和坡度的平均值为流域平均高度和平均坡度。

流域平均高度直接影响流域的气温与降水，流域平均坡度对径流的产流、汇流、下渗、土壤流失等有很大的影响。

- **流域的自然地理特征:**

- 流域的地理位置、气候、地形、植物被覆、土壤特性，地质构造，沼泽及湖泊情况等，都是与流域水文特性密切有关的自然地理特征。



- 中国是一个江河众多的国家，如果把中国的天然河流连接起来，总长度可达**43**万公里，可绕地球赤道**10.5**圈。其中流域面积在**100**平方公里以上的河流有**5**万多条；流域面积在**1000**平方公里以上的河流**1580**条，流域面积大于**1**万平方公里的河流有**79**条。由于主要河流多发源于青藏高原，落差很大，因此中国的水力资源非常丰富，蕴藏量达**6.8**亿千瓦，居世界第一位。

中国河流可划分两大类：

一为注入海洋的外流河，又可分为太平洋、印度洋、北冰洋三大水系，合占全国陆地面积的**64%**。其中长江、黄河、黑龙江、珠江、澜沧江、海河、淮河、钱塘江属太平洋水系，长江长**6397**公里，是中国第一大河，也是世界最长的河流之一；黄河长为**5464**公里；怒江、雅鲁藏布江属印度洋水系；新疆西北的额尔齐斯河属北冰洋水系。

二为流入内陆湖泊或消失于沙漠、盐滩之中的内流河，以新疆塔里木河最长，**2137**公里，还有弱水等。约占全国陆地面积的**36%**。这一河流稀少，并有大片无流区。



1	尼罗河	6670	非洲
2	亚马逊河	6480	南美洲
3	长江	6300	亚洲
4	密西西比河	6262	北美洲
5	黄河	5464	亚洲
6	拉普拉塔河	4700	南美洲
7	刚果河	4640	非洲
8	湄公河	4500	亚洲
9	黑龙江	4350	亚洲
10	勒拿河	4320	亚洲





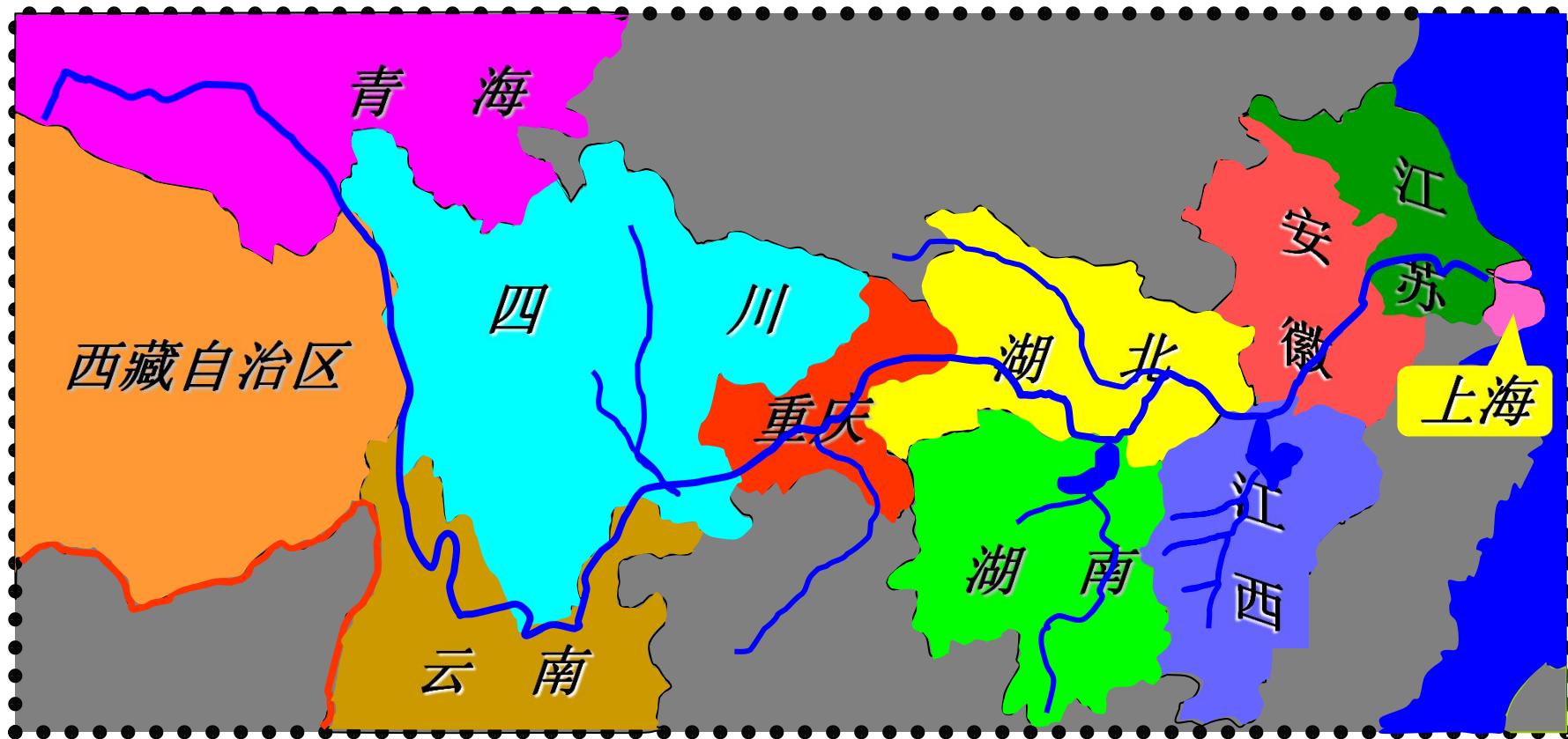
- 长江源头—沱沱河，又名托托河，发源于唐古拉山脉主峰各拉丹冬西南侧姜根迪如雪山的冰川，冰川尾端海拔近五千五百公尺。

- 长江发源于青藏高原，由西向东流，流经青海、西藏、云南、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏及上海等**11**省（直辖市、自治区），最后进入东海；支流还流过甘肃、陕西、贵州、广西、广东、河南、浙江和福建等**8**个省（自治区）。

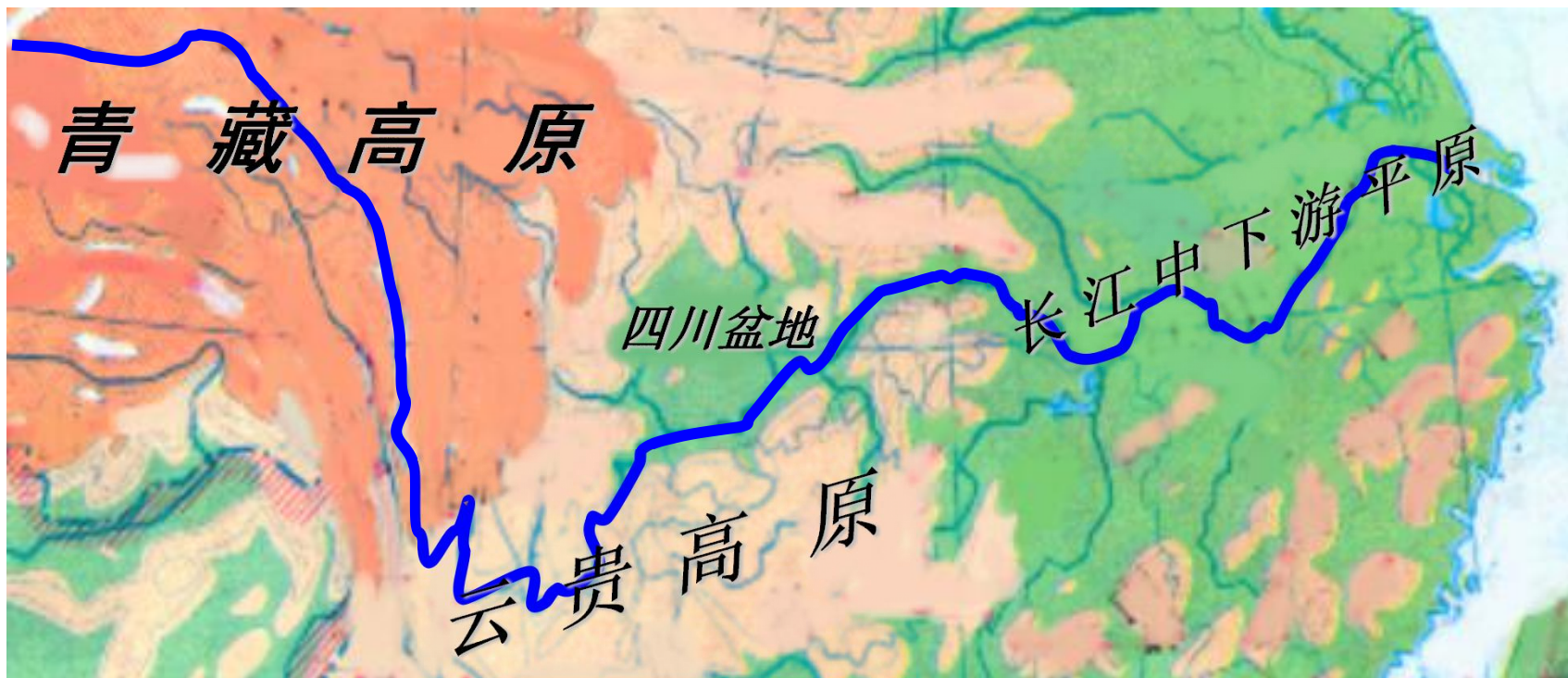
青海→西藏→云南→四川→重庆→湖北→湖南→安徽→江西→江苏→上海入海口，经上海吴淞口入东海

- 长江源流沱沱河以下依次为通天河、金沙江。金沙江以下，岷江口至长江入海口，长**2884**公里（荆江裁弯取直后，缩短航程**80**公里，为**2800**余公里），通称长江。在通称长江的各江段又有各自的名称。

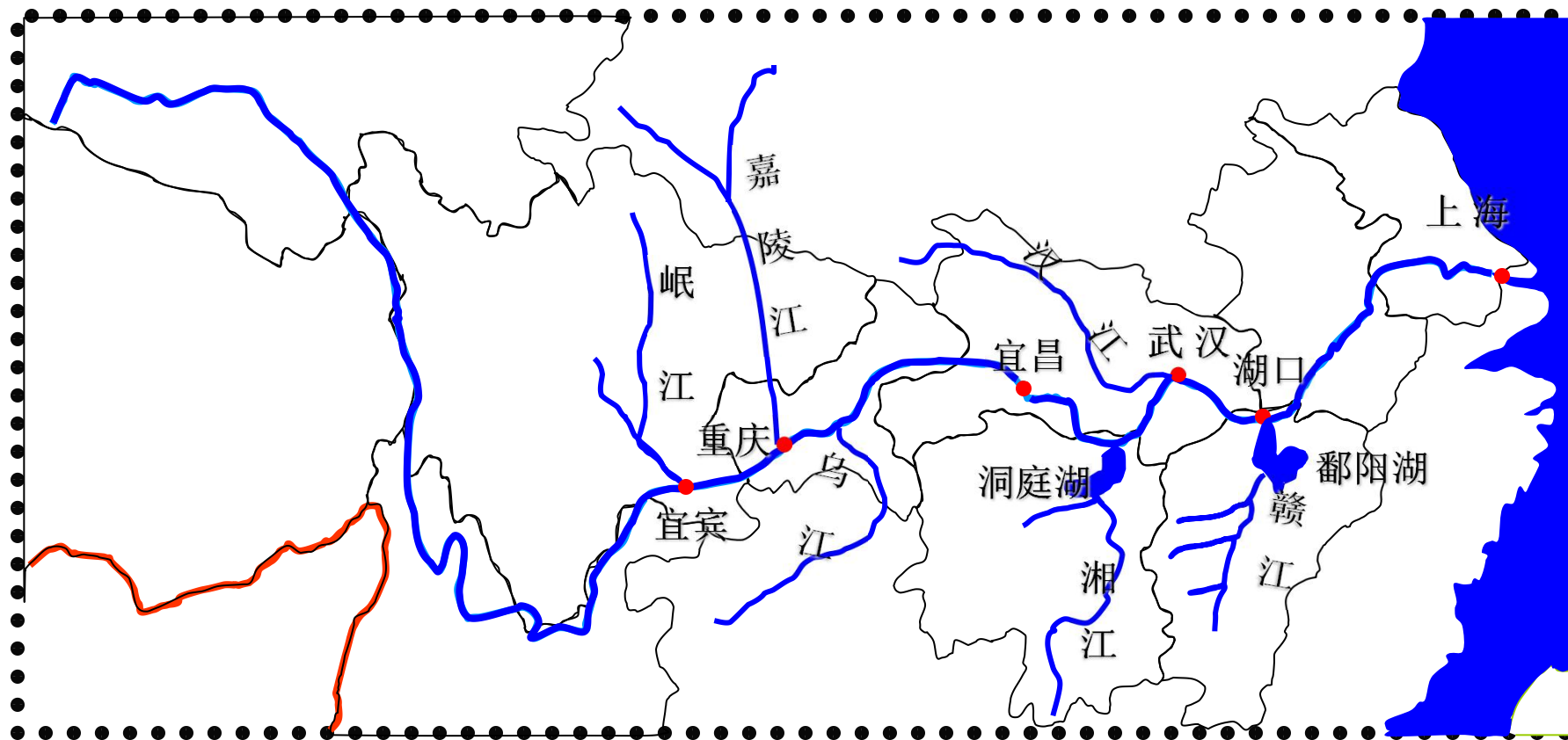




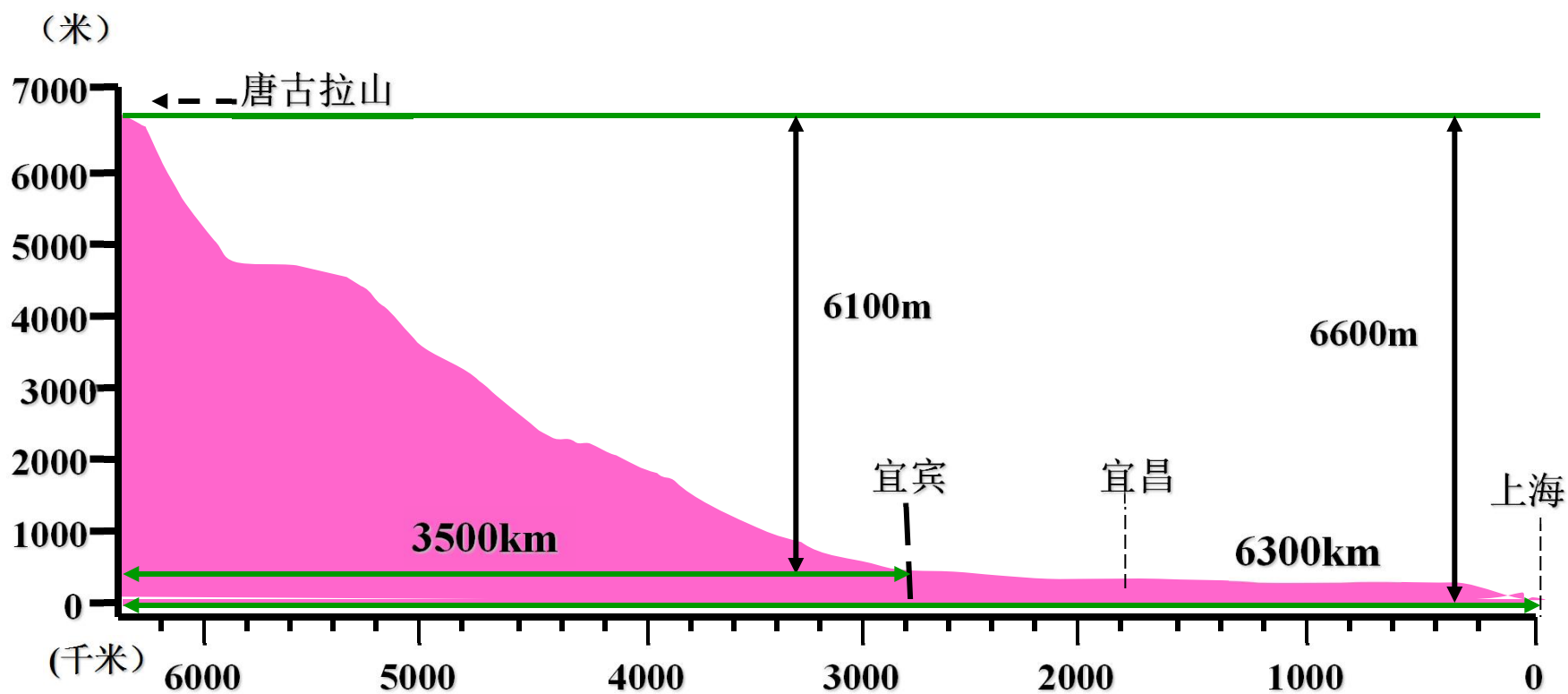
长江干流流经地形区示意图



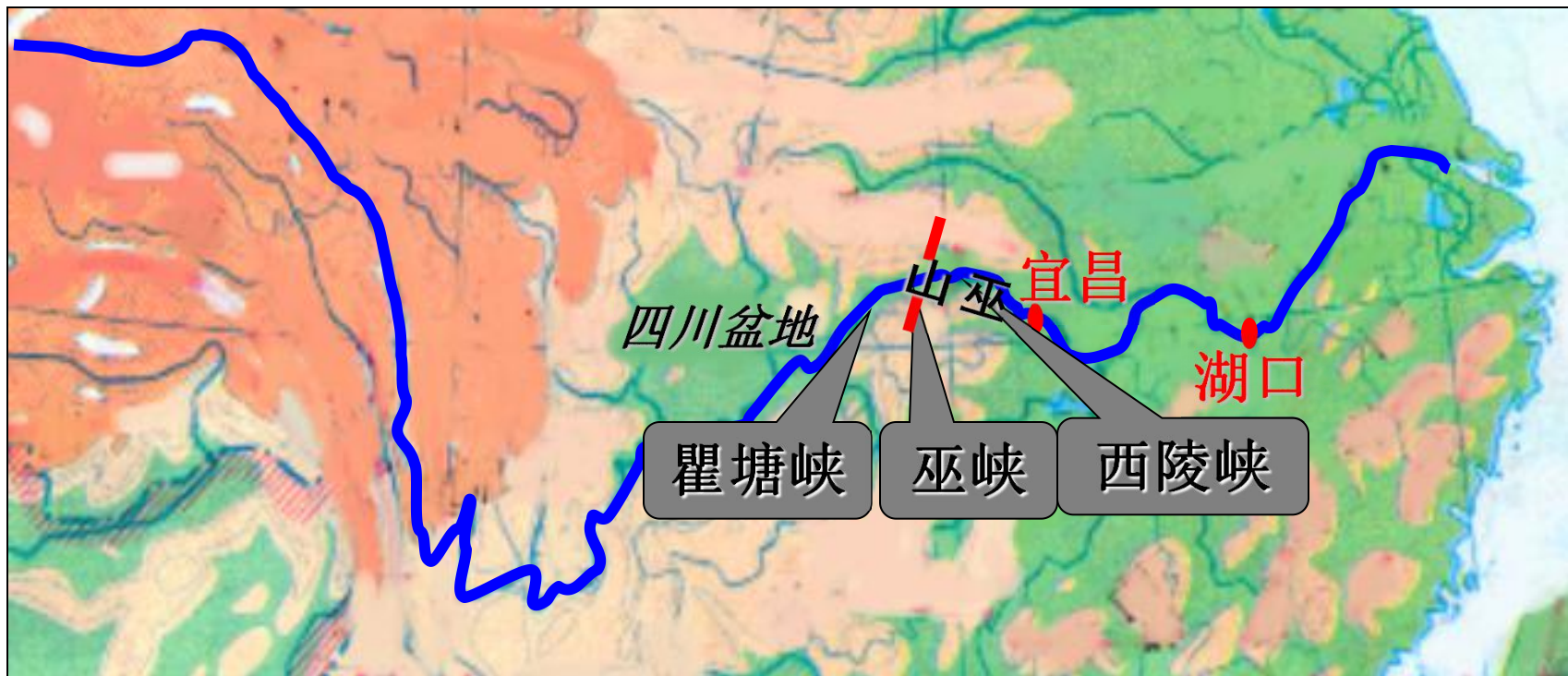
长江主要支流示意图



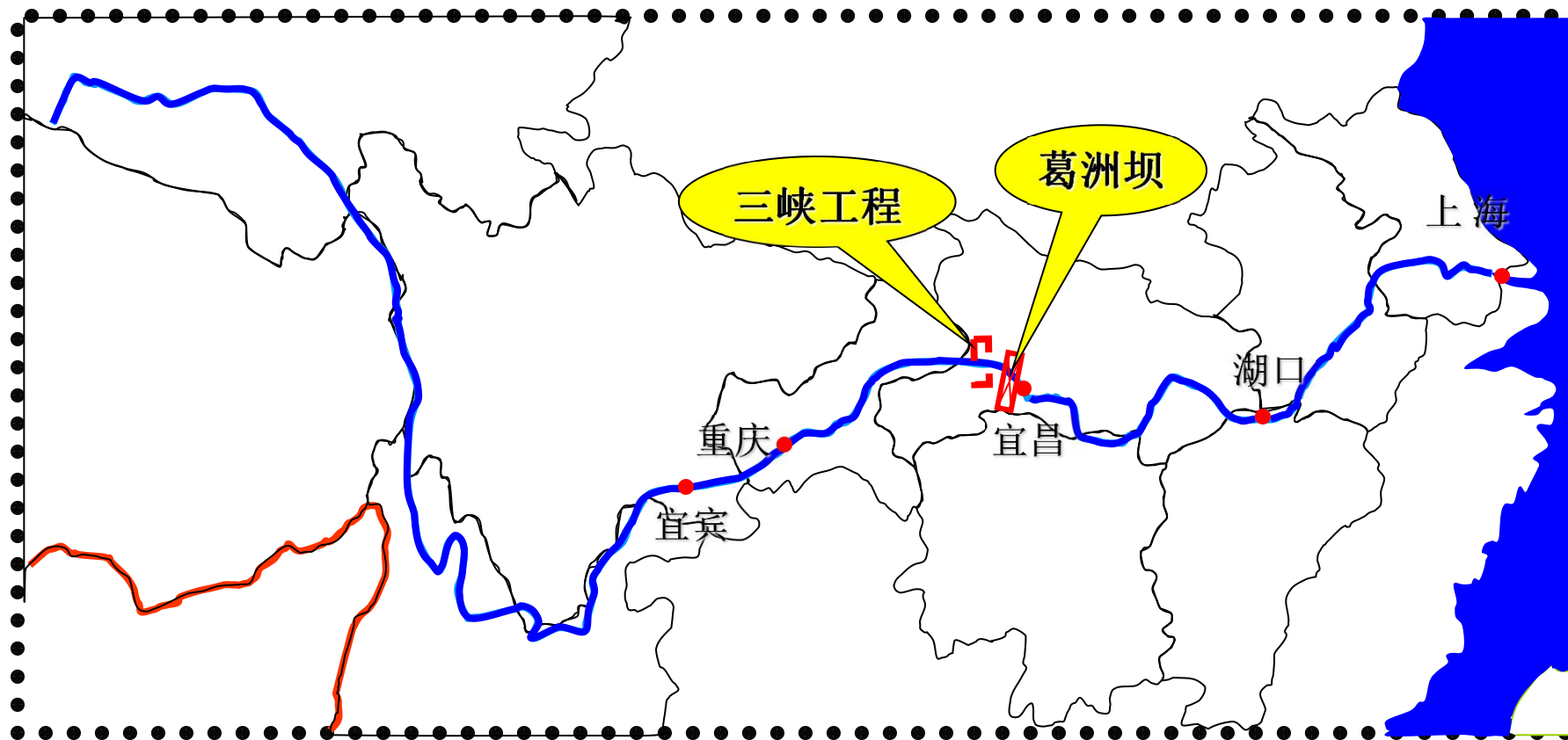
长江干流剖面图



长江三峡位置示意图



葛洲坝、三峡工程位置示意图



- 唐古拉山脉主峰，海拔**6621**米的各拉丹冬雪山西南侧-----
当曲河口,沱沱河全长**358**公里
- 当曲河口-----青海省玉树县巴塘河口 ,通天河长**813**公里 。
- 巴塘河口-----四川省宜宾岷江口，长**2308**公里，称金沙江。
- 宜宾-----湖北省宜昌，因长江大部分流经四川境内，俗称川江，长**1030**公里
- 湖北省宜昌-----湖南省岳阳城陵矶，因长江流经古荆州地区，俗称荆江
- 江苏省扬州、镇江附近及以下江段，因古有扬子津渡口，得名扬子江。



- 长江干流宜昌以上为上游，长**4504**公里，湖北宜昌至江西湖口为中游，长**955**公里，湖口以下为下游，长**938**公里。



中国的十大河流



长江发源于唐古拉山主峰——各拉丹冬，流经青海、西藏、云南、四川、湖北、湖南、江西、安徽、江苏和上海等10个省（区）市，在崇明岛流入东海，全长6300公里，流域面积180.9万平方公里。是我国第一大河、世界第三大河。

第二名:黄河



www.ChinaTen.cn 中国十大排名

- 黄河的长度仅次于长江,是中国第二大河,干流全长**5464**公里,流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南及山东等省,成“几”字形,向东注入渤海,沿途汇集了**30**多条主要支流和无数溪川,流域面积达**75**万多平方公里。中游段流经广大的黄土高原地区,许多支流夹带大量泥沙汇入,为世界上含沙量最多的河流,河水呈黄色,因而得名。



第三名:黑龙江

www.ChinaTen.cn 中国十大排名

黑龙江是一条重要的国际界河。它穿越中国、前苏联和蒙古。从海拉尔河河源算起，黑龙江全长**4370**千米，流域总面积**184.3**万平方千米；在我国境内的长度为**3474**千米，流域面积**88.7**万平方千米。黑龙江的长度，在我国仅次于长江、黄河而居第三位。



第四名:松花江

www.ChinaTen.cn 中国十大排名

- 松花江流域是我国主要流域之一，流域面积为**55.68**万平方公里。松花江全长**2214.3**公里(从南源白头山天池，大兴安岭伊勒呼里山麓算起长度超过**3300**公里)。松花江流域包括嫩江、第二松花江和松花江干流，嫩江和第二松花江在三岔河汇合，干流从这里到同江市注入黑龙江，形成了一个完美的“人”字。



- 珠江是华南地区最大的河流，西江、东江和北江三条河流从三个方向流到珠江口，总称为珠江。珠江以西江的南盘江为源的长度为2197公里。珠江地处高温多雨的南亚热带，年降水量超过1000毫米，因此河流水量大，年总流量接近3360亿立方米。



第六名:雅鲁藏布江

www.ChinaTen.cn 中国十大排名

- 雅鲁藏布江是中国最高的大河之一，在中国境内长**2057**千米。雅鲁藏布江发源于喜马拉雅山北麓仲巴县境内的杰马央宗冰川。雅鲁藏布，古代藏文称“央恰布藏布”，意思是“从高坡流下来的水。”它从喜马拉雅山和冈底斯山脉之峡东进，在西藏米林县境内，东经**95**度附近急剧拐弯，横切喜马拉雅大山，转向南流，进印度，经孟加拉，最后注入印度洋的孟加拉湾。



- 澜沧江发源于唐古拉山东北坡，经西藏东部从德钦县入云南，从勐腊县出国境，称为湄公河，流经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨，在越南南部入海，素有“东方多瑙河”之称。澜沧江全长**4880**公里，在中国境内长**1612**公里，云南干流全长**1170**公里。



第八名:怒江

www.ChinaTen.com 中国十大排名

- 怒江，又名潞江，古时称泸水。发源于青藏边境的唐古拉山南麓(与长江源头一山之隔)，在唐古拉山和念青唐古拉山的夹峙下，从西藏北部流向东部，折向南进入云南境内，在高黎贡山和怒山之间，经云南怒江傈僳族自治州，保山地区和德宏傣族景颇族自治州出国境入缅甸，称萨尔温江，在毛淡棉附近入印度洋，属于印度洋水系的河流。全长**3200**公里，流域面积**32.5**万平方公里。在我国境内的长度为**1,540**公里，在我国境内的流域面积为**14.3**万平方公里



第九名:汉水

www.ChinaTen.cn 中国十大排名

- 汉水,又称汉江,长**1532**千米,流域面积**17.43**万平方千米,是长江最大的支流。汉水发源于陕西省宁强县蟠冢山,自西向东流入湖北后在武汉注入长江。沿途接纳胥水河、旬河、堵河(最大)、丹江、唐白河等,沿途经过主要城市有汉中、安康、十堰、襄樊、武汉等。汉江上有丹江口水库,是南水北调中线渠首。



第十名:辽河

www.ChinaTen.cn 中国十大排名

- 辽河是我国东北地区南部的大河，流经河北、内蒙古、吉林、辽宁等省区。干流长**1390**千米，流域面积（包括浑河、太子河）**21.9**万平方千米。辽河有东西两源：正源为老哈河，发源于河北省境内，为西辽河，与东辽河汇合后称辽河。由北向南纵贯辽宁省中部，沿途纳有苏台河、清河、柴河、泛河、秀水河、养息牧河、柳河等。入海前分为两支；一股称外辽河，接纳最大的支流浑河和太子河后，称为大辽河，于营口市入辽东湾；另一股名为双台子河，于盘山附近入辽东湾。

京杭大运河

- 流经
- 北京、天津、
- 河北、山东、
- 江苏、浙江
- 六个省市，
- 连接了
- 海河、黄河、
- 淮河、长江
- 和钱塘江五大河流。



大运河是中国唯一的一条南北走向的大河，在**1000**多年间，它源源不断地将南方的货物和技术运到北方。因为南北贸易的兴起，大运河沿岸兴起了**22座**繁华的城市，其中就有北京。在我国历史上，京杭大运河的开凿工程主要经历了三个时期。



京杭大运河东周春秋时期

- 位于东南吴国的国王，为了争霸中原，向北扩张势力，在公元前**486**年引长江水经瓜洲（今江苏省邗江县南部）北入淮河。这条联系江、淮的运河，从瓜洲到末口（今淮安附近），当时称为邗沟，长约**150**公里。这条运河就是京杭大运河的起源，是大运河最早的一段河道。后来，秦、汉、魏、晋和南北朝又相继延伸了河道。



京杭大运河隋朝时期

在公元**605**年，隋炀帝杨广下令开凿一条贯通南北的大运河。这时主要是开凿**通济渠**和永济渠。黄河南岸的通济渠工程，是在洛阳附近引黄河的水，行向东南，进入汴水（今已湮塞），沟通黄、淮两大河流的水运。通济渠又叫御河，是黄河、汴水和淮河三条河流水路沟通的开始。黄河以北开凿的永济渠，是利用沁水、淇水、卫河等河为水源，引水通航，在天津西北利用芦沟（永定河），直达涿郡（今北京）的运河。



京杭大运河元朝时期

元朝定都大都（今北京）后，要从江浙一带运粮到大都。但隋朝的大运河，在海河和淮河中间的一段，是以洛阳为中心向东北和东南伸展的。为了避免绕道洛阳，裁弯取直，元朝就修建了济州、会通、通惠等河，明、清两代，又对大运河中的许多河段进行了改造。元朝开凿运河的工程完成后，便形成了今天的京杭大运河，全长**1700**多公里。京杭大运河利用了隋朝的南北大运河不少河段，如果从北京到杭州走运河水道，前者比后者缩短了**900**多公里的航程。



3.2 降雨

水资源量的支项主要为:

(1) 降水、(2) 蒸发、(3) 径流

三者是决定区域水资源状态的三要素。三者之间的数量变化关系制约着区域水资源数量的多寡和可利用量。

- 地表水资源的丰富程度是由降水量的多少来决定的，所能利用的是河流径流量。



一、降水的成因及分类

在一定温度下，空气中最大的水汽含量称为**饱和湿度**。如果空气中的水汽达到饱和湿度，就说这团空气处于饱和状态。空气中水汽量超过饱和湿度，则达到过饱和状态。水汽在过饱和状态下是不稳定的，多余的水汽很容易凝结成水。



降水常按照使空气抬升而形成动力冷却的原因分为对流性降水、地形性降水、锋面性降水 and 气旋性降水，习惯上把它们分别称为对流雨、地形雨、锋面雨与气旋雨。



- **对流雨：**是因地表局部受热而发生垂直上升运动所形成。因上升速度较快，形成的云多为垂直发展的积状云，降雨强度大，雨面不广，历时较短。
- **地形雨：**地形雨是空气在迁移途中，因所经地面的地形天然升高而被抬升时，受动力冷却而成云致雨。
- 锋面雨：**在气压场作用下向同方向移动的大气团称为气团。两个温湿特性不同的气团相遇来不及混合而形成一个不连续面，称为锋面或锋区。锋面与地面的交线称为锋线。习惯上统称为锋。锋面活动产生的降水称为锋面雨。其特点是降雨范围大，历时长。



- **气旋雨**：当一地区气压低于四周气压时，四周气流就要向该处汇集。气流汇入后再转向高层，上升气流中的水汽因动力次序冷却凝结成云，条件具备时，形成气旋雨。在低纬度的海洋上形成的气旋，称为**热带气旋**，气象部门将其分为三类：**热带低压**—近中心最大风速**10.8 ~ 17.1 m/s**（风力**6 ~ 7级**）；**台风**—近中心最大风速**17.2 ~ 32.6m/s**（**8 ~ 11级风**）；**强台风**—近中心最大风速大于**32.6m/s**（风力**12级以上**）。台风中心附近气流抬升剧烈，水汽供应充分，多属阵性**暴雨**。



- ## 二、降水量的观测

- 降水量以降落在地面上的水层深度表示，以mm为单位。观测降水量的仪器有雨量筒和自记雨量计。

雨量筒口径为20cm，一般采用定时观测，通常在每天8时与20时，称两段制观测。雨季增加观测段次，如四段制，八段制，雨大时还要加测。

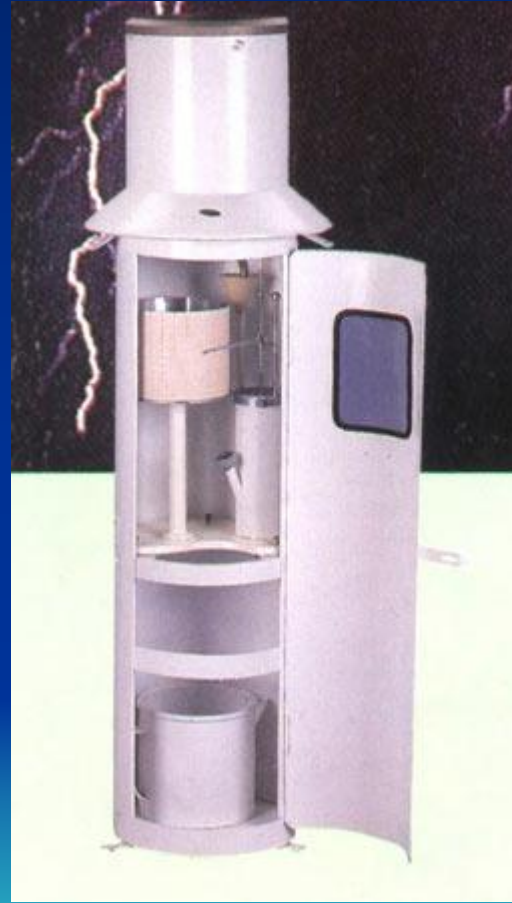
- 自记雨量计有各种型式。虹吸式自记雨量计，雨水从承雨器流入容器内，器内浮子随水面上升，并带动自记笔在附于时钟上记录纸上画出曲线，当容器内的水面升至虹吸筒的喉部时，容器内的水就通过虹吸管排至储水瓶，与此同时，自记笔亦下落至原点，以后再随着降雨量增加而上升。



- 雨量筒



虹吸式自记雨量计





三、流域平均雨深的计算

算术平均法：当流域内雨量站分布较均匀，地形起伏变化不大时，可用算术平均法求得流域上的平均降水量：

$$\bar{P} = \frac{p_1 + p_2 + \cdots + P_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i$$

式中： P — 流域平均降水量， mm；

$p_1 \cdots \cdots p_n$ — 各雨量站同时期内的降水量， mm；

n — 测站数。



- **泰森多边形法：** 当流域内雨量站分布不太均匀时，假定流域各处的降水量由距离最近的雨量站代表。设 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 为各站雨量， $f_1, f_2, \dots, f_n$ 为各站所在部分的面积， F 为流域面积，则流域平均降水量 $\bar{P}$ 可由下式计算：

$$\bar{P} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n p_i f_i$$

式中 f_i / F 表示第 i 雨量站所代表面积占整个流域面积的份额，通常称为权重。求得的流域平均雨深又称为加权平均雨深。



- **等雨深线图法**：当流域上雨量站分布较密时，可用等雨深线图来计算流域平均雨深。

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} f_i}{F}$$

式中， f_i — 两条等雨深线间的面积；

P_i — f_i 上的平均雨深。 优点：反映降水量空间分布情况，使平均雨量计算精度提高。

缺点：要求观测站点较多，每次都需重绘等雨深线图。



- 降水作为水资源的收入项，决定着不同区域和时间条件下地表水资源的丰富程度和空间分布状态，制约着水资源的可利用程度与数量。
- 表示降水量的年际变化程度：
 - (1) 年降水量的极值比 K_a
 - (2) 年降水量的变差系数 C_v 值



- **(1) 年降水量的极值比Ka:**

- 年降水量的极值比**Ka**可表示为

$$Ka = \frac{x_{\max}}{x_{\min}}$$

式中 $x_{\max}$ ——最大年降水量； $x_{\min}$ ——最小年降水量。

- **K**值越大，降水量年际变化越大；
- **K**值越小，降水量年际变化小，降水量年际之间均匀。
- 就全国而言，年降水量变化最大的地区是华北和西北地区，丰水年和枯水年降水量相比一般可达**3倍—5倍**，部分干旱地区高达**10倍以上**。南方湿润地区降水量的年际变化比北方要小，一般丰水年的降水量为枯水年的**1.5倍~2.0倍**。



(2)年降水量变差系数Cv

- 数理统计中用均方差与均值之比作为衡量系列数据相对离散程度的参数，称为变差系数Cv，又称离差系数或离势系数。变差系数为一无量纲的数。

- ①均方差 σ
- 均方差的表达式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$\bar{x}$



② 均值，其表达式为：

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- 式中 x_i ——观测序列值， $i=1, 2, \dots, n$;
- n ——样本个数。
- ②变差系数 C_v

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

- 年降水量变差系数**Cv**值越大，表示年降水量的年际变化越大，反之就越小。
- 西北地区——**0.4**
- 华北、黄河中下游——**0.25~0.35**
- 东北——**0.2**
- 南方——**0.2以下**
- 东南沿南海——**0.25以上**（台风）



3.3 径流

- 一. 径流形成过程
- 二. 径流的时空分布
- 三. 河流径流的表示方法
- 四. 影响径流的主要因素



3.3 径流

- 一、径流形成过程

- 径流是指降落到流域表面上的雨水，由地面与地下汇入河川，最终流出流域出口断面的水流。
- 河川径流:下落到地面上的降水，由地面和地下汇集到河槽并沿着河槽流动的水流的统称。
- 河川径流量:指河流出口断面的流量或某一时段的河水总量。
(出口断面:水文站或取水构筑物断面)

- 河川径流

{ 地面径流
地下径流
固体径流

- 径流是指降落到流域表面上的雨水，由地面与地下汇入河川，最终流出流域出口断面的水流。

降雨开始时，一部分滞留在植物枝叶上，称为**植物截留**。降落到地面上的水量一般是向土中入渗，除补充土壤含水量外，逐步向下层渗透，如能达到地下水面，则成为**地下径流**。

当降雨强度超过了土壤下渗能力时，产生超渗雨。沿坡面向低处流动，称为**坡面漫流**。超渗雨要把流动途径上的洼坑填满以后，才能往更低处流去。



- 扣除植物截留、下渗、填洼后的降雨量进入溪沟，最后成为流域出口径流。这部分径流称为**地面径流**。

表层土壤的含水量首先达到饱和后，继续下渗的雨量沿饱和层的坡度在土壤孔隙间流动，注入河槽形成径流，称为**壤中流**（表层流）。

进入河网的水流，从上游向下游，从支流向干流汇集，最后全部先后流经流域出口断面，这个汇流过程称为**河网汇流**。

- 径流形成过程中的从降雨扣除各项损失称为**产流阶段**，把坡面汇流及河网汇流称为**汇流阶段**。



- 河川径流形成阶段和过程

- 径流形成阶段

{ 第一阶段____降水过程
第二阶段____蓄水过程
第三过程____坡地漫流
第四过程____河槽集流

- 径流形成过程

{ 产流过程 { 降水过程
蓄水过程
坡地漫流 } 流域过程
汇流过程 { 土壤中汇流
地下水汇流 }
河网汇流____河槽过程

河流径流的补给

河流径流的水情和年内分配主要取决于补给来源。

(1) 雨水补给

雨水补给是指降水以雨水形式降落。

(2) 地下水补给

地下水补给河道的水量约占年径流总量的**25%~30%**。

(3) 冰川、融雪水补给

平均年径流量约**50km³**，约占全国年径流量的

1.9%



二. 径流的时空分布

(1)径流的区域分布

(2)径流量的动态变化

降水补给的河流>冰川、融雪、降水混合补给的河流>
地下水补给的河流Cv值。

秦岭以南年Cv值——0.5以上，

淮河流域大部分——0.6~0.8之间；

华北平原地区——Cv>1.0，



- 东北地区山地—— <0.5 以下，
- 松辽平原和三江平原—— 0.8 以上；
- 黄河流域—— 0.6 以下，
- 内陆河流域，山区的 C_v —— $0.2 \sim 0.5$ 之间，盆地—— $0.6 \sim 0.8$ ，
- 高原西部—— >1.0 ，最大可达 1.2 以上。
- (3)年径流量的季节变化
- 关键取决于河川径流的补给来源和变化规律.

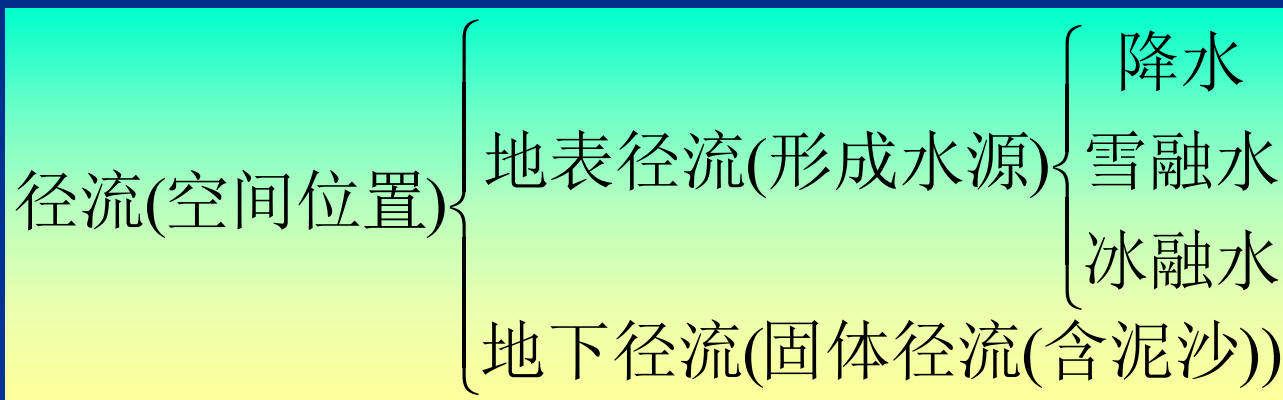


- 三. 河流径流的表示方法

- (1) 径流过程:

- 径流随时间的变化过程, 称为径流过程。

- (2) 分类:



表示径流的特征值主要有; 流量 Q_t 、径流总量 W_t 、
径流模数 M 、径流深度 R_t 、径流系数 α 。

(1)径流量 Q ：为单位时间内通过河流某一断面的水量，单位以 m^3 / s 表示。

(2)径流总量 W_t ：指在一定的时段内通过河流过水断面的总水量，单位为 m^3 。

t 时段内的平均流量为 Q_t ，则 t 时段的径流总量为：

$$W_t = \bar{Q}_t \times t$$

(3)径流深 R_t : 是设想将径流总量平铺在整个流域面积所得的水深, 单位为**mm**。

其计算公式为:

$$R_t = \frac{W_t}{1000F} = \frac{\bar{Q}_t \times t}{F} \times 10^{-3}$$

式中 t ——寸间, **s**;

W_t ——径流总量, **m³**

Q_t ——平均流量, **m³ / s**;

F ——流域面积, **km²**;

R_t ——某时段 t 的径流深度, **mm**。

- (4)径流模数**M**：为单位流域面积上产生的流量，单位为 $\text{m}^3 / (\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。可表示为：

$$M = \frac{Q}{F}$$

$$M = \frac{Q}{F} \times 10^3 (1\text{L} = 10^{-3} \text{m}^3)$$

- (5) 径流系数：为某时段内的径流深度与同一时段内降水量之比，以小数或百分比计，其计算公式为：

$$\alpha = \frac{R_t}{P} \quad (3-8)$$

- 式中 R_t ——某时段内的径流深度，mm；
- P ——同一时段内的降水量，mm。
- 由于径流深度是由降水量形成的，对于闭合流域径流深度将小于降水量，即 $\alpha < 1$ 。



3.4 蒸发和下渗

一、蒸发

蒸发是水由液态或固态转化为气态的物理反应，是水分子克服了分子间的引力进入空气的过程。影响蒸发过程的主要因素有水温（或土温）、空气饱和差、风速等，它们分别影响水分子的运动速度以及逸入空中后水分子向外扩散的速度。蒸发量常用蒸发水层深度（mm）表示。

- 蒸发主要包括水面蒸发和陆面蒸发。
- 陆面蒸发又包括土壤蒸发和植物散发。



- **水面蒸发**:观测水面蒸发量的蒸发器有**20cm**口径蒸发器、**80cm**口径套盆蒸发器、还埋在地下的**60cm**口径带套盆蒸发器（**E601**）。

这三者都属于小型蒸发器皿，观测到的蒸发量，都应乘一折算系数，才能作为天然水体蒸发量的估计值。折算系数随蒸发皿（器）的类型而异，且与月份及所在地区有关。



- 蒸发器



- **土壤蒸发**：土壤中所含水分以水汽的形式递入大气。
润湿的土壤，其湿润土壤干化过程一般可分为三个阶段。
 第一阶段，土壤蒸发主要发生在表层，蒸发速度稳定，其蒸发量接近蒸发能力。
 第二阶段，土壤表面局部地方开始干化，土壤蒸发一部分在地表进行，另一部分发生在土壤内部。蒸发速度逐渐降低。
 第三阶段，当毛管水完全不能到达地表，土壤水分蒸发发生在土壤内部，蒸发的水汽由分子扩散作用逸入大气，蒸发速度缓慢。



- **植物散发**：土壤中的水分经植物根系吸收后，输送至叶面，经气孔逸入大气，称为植物散发。植物散发的水量随植物的品种和季节而不同。植物散发与土壤蒸发总是同时存在的,通常将此二者结合称为陆面蒸发。
- $$\text{流域蒸发} = \text{水面蒸发} + \text{陆面蒸发} = \text{水面蒸发} + \text{土壤蒸发} + \text{植物散发}。$$



- 主要影响的因素是（1）气温、（2）湿度、（3）日照、（4）辐射、（5）风速等
- 干旱指数 γ ：是衡量一个地区降水量多寡、进行水资源分析的一个重要参数。其定义为某一地区年水面蒸发量 E_0 与年降水量 P 的比值：

$$\gamma = \frac{E_0}{P}$$

- 干旱指数 γ 表示某一特定地区的湿润和干旱的程度， γ 值大于1.0，表明蒸发大于降水量，该地区的气候偏于干旱， γ 值越大，干旱程度就越严重；反之气候就越湿润。
- 我国干旱指数 γ 在地区上的变化范围很大。最低值小于0.5，如长江以南、东自沿海等地；最大值可大于100，如吐鲁番盆地的托克逊站，干旱指数高达318.9。



二、下渗

- 下渗是水从土壤表面进入土壤内的运动过程。

当雨水落在干燥土壤表面后，渗入土壤的水分受附着力的作用，吸附于土壤表面，形成薄膜水。当薄膜水满足以后，继续渗入的水分充填土壤形成毛管水。当表层土壤中的毛管水满足以后，继续入渗的水分使表层土壤饱和。水分在毛管力的作用下向下层透水同时，空隙中的自由水在重力作用下，也沿空隙向下游以动，形成重力水。如果地下水埋藏不深，重力水可能渗过整个包气带，形成地下径流。随着土壤含水量的持续增加，下渗率不断降低。当下渗仅靠重力作用时，达到稳定状态，此时的下渗率称稳定下渗率。



- 影响一次降水下渗过程的主要因素，有降雨强度及历时、土壤含水量、土壤构成情况等。此外，地表坡度与糙率、植被及土地利用状况对下渗亦有影响。
- 下渗过程可用各时段下渗量 F (mm) 和各时刻下渗率 f (mm/h) 表示。
- 在充分供水条件下，下渗率的变化规律，也可用数学公式表示，如常用的霍顿公式：

$$f_t = (f_0 - f_c) e^{-\beta t} + f_c$$

式中， f_t — t 时刻的下渗率； f_0 — 初始下渗率； f_c — 稳定下渗率； β — 递减指数；

式中 f_0 、 f_c 及 β 都是反映土壤特性的参数，只能根据实验资料推求。



本章小结:

- (1) 掌握河流的长度 L 、弯曲系数、河道的落差、纵比降 J 等特征值。掌握河道的中泓线、河道的纵横断面、分水岭、流域、河网密度、基本河槽、洪水河槽等概念
- (2) 掌握流域的面积 F 、流域的长度、宽度、形状系数、流域的平均高度 H 、平均坡度 J 等特征值
- (3) 掌握饱和湿度、露点温度等概念、降雨的分类，流域平均雨深的计算方法，降水量年季变化程度的衡量指标
- (4) 掌握河川径流、径流量的概念、径流的形成过程、计算方法，度量单位及影响径流的主要因素。
- (5) 掌握蒸发和入渗的自然规律。

