



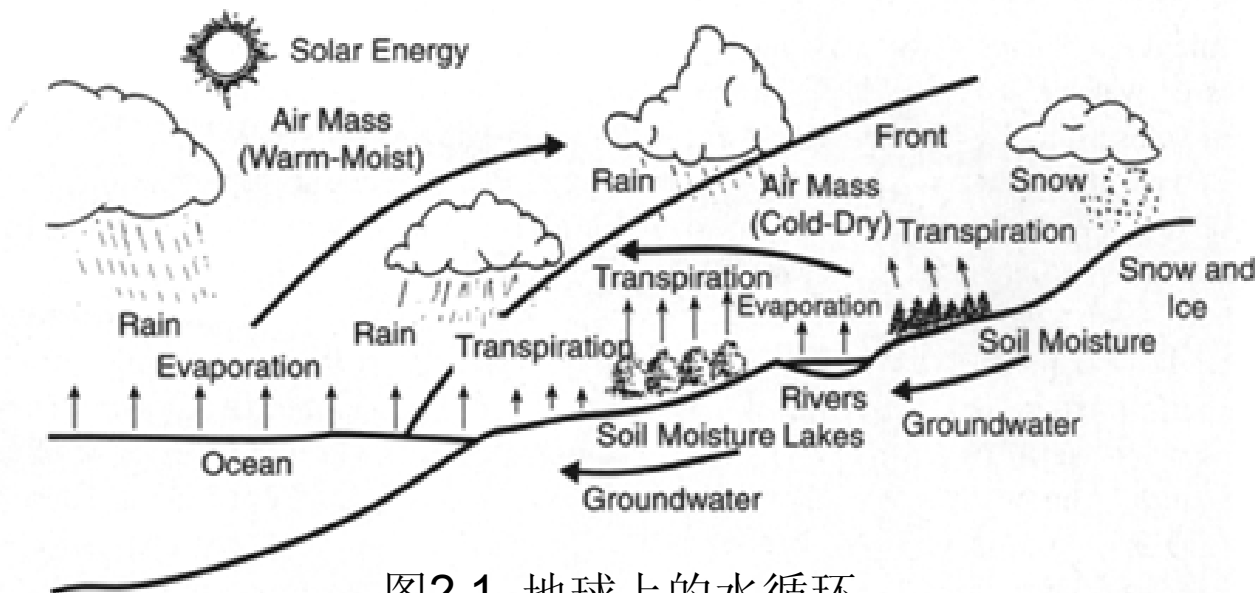
2.1 水循环和水资源

2.1.1 水循环的概念

(1) 水的自然循环过程

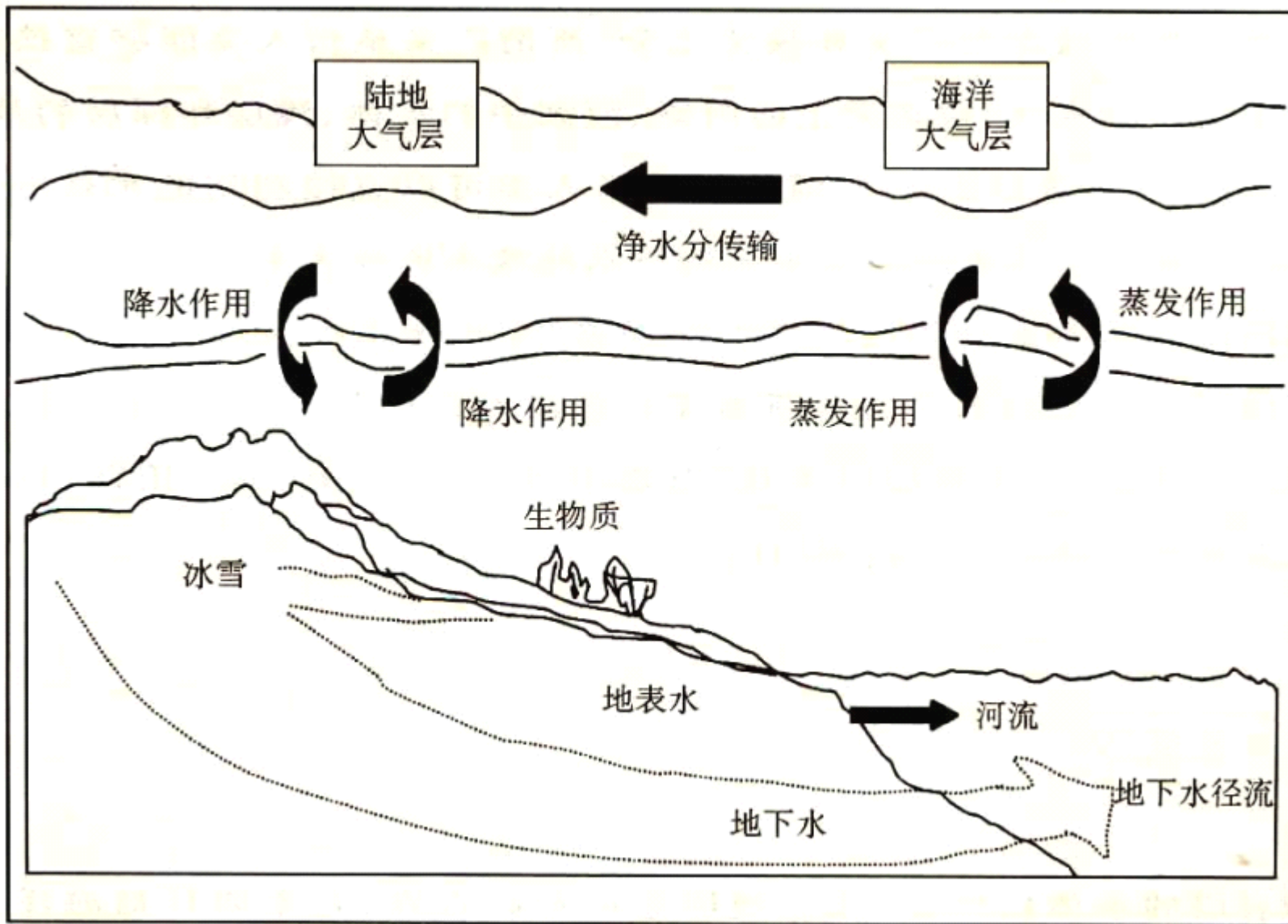
在自然界中，水体并非静止不动，其形态也不是一成不变的，而是处在不断地运动、不断地循环、交替与更新过程中。

水循环(Water circle): 各种水体受太阳能的作用，不断地进行相互转换和迁移的周期性过程。



三个阶段
降水 (Precipitation)
径流 (Runoff)
蒸发 (Evaporation)

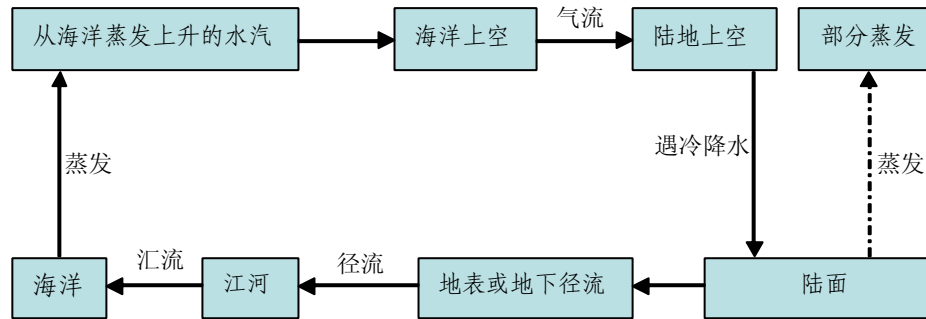
图2.1 地球上的水循环



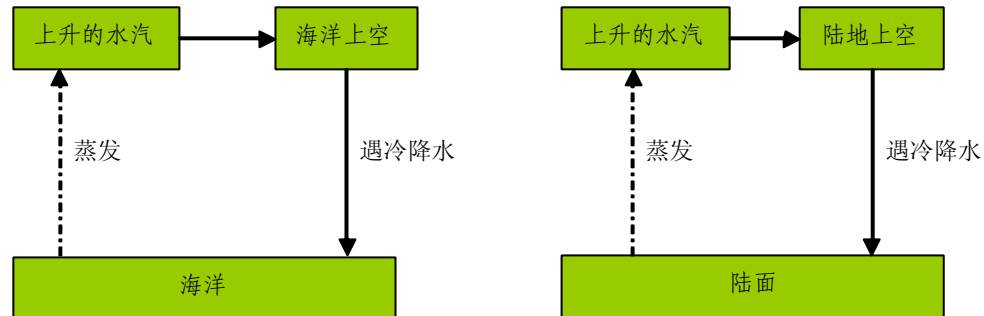
地球上的水循环



自然界水的大循环



自然界水的小循环



大循环和小循环实际上是不能截然分开的，而是互相联系的，小循环往往包含在大循环之中。循环的总趋势是海洋向陆地上空输送水汽，然后产生降水至陆地，陆地又将部分水径流输入大海。

水的自然循环具有方向性



(2) 水自然循环的原因(因素)

- ◇ 水具有相变特性，气相和液相水均有流动性。
——水循环的基础
- ◇ 地球引力的重力作用，太阳辐射的热力效应。
——水循环的源动力
- ◇ 水汽流动具有方向性，上升、飘移、降水、下渗、径流。
——往复循环成为可能

(3) 水自然循环的作用

- ◇ 是地球上最主要的物质循环之一。
——输送能量、热量、元素
- ◇ 调节环境与气候。
——气温、湿度
- ◇ 循环时排除污染、自身更新为淡水，供人类生存所用。
——生存基础



(4) 水体的更替周期与自然恢复速度

更替周期: 指固定水体的总量全部自然更新一次所需的时间。

$$T=Q/q$$

T—水的更替周期；Q—某一时刻水体中储存的水量，单位 m^3 ；q—单位时间内水体中参与循环的水量，单位 m^3 。

表 2.1.1 水在各种水体中的平均停留时间

水体	平均停留时间
大气	约 9 日
河流	约 2 周
土壤	数月
湖泊	约 10 年
浅层地下水	数十至数百年
海洋混合层	约 120 年
海洋	约 3000 年
深层地下水	长达 10000 年
南极冰川	约 10000 年

更替周期长，反映水体参与自然循环比较冷淡；更替周期短，反映水体参与自然循环比较活跃。

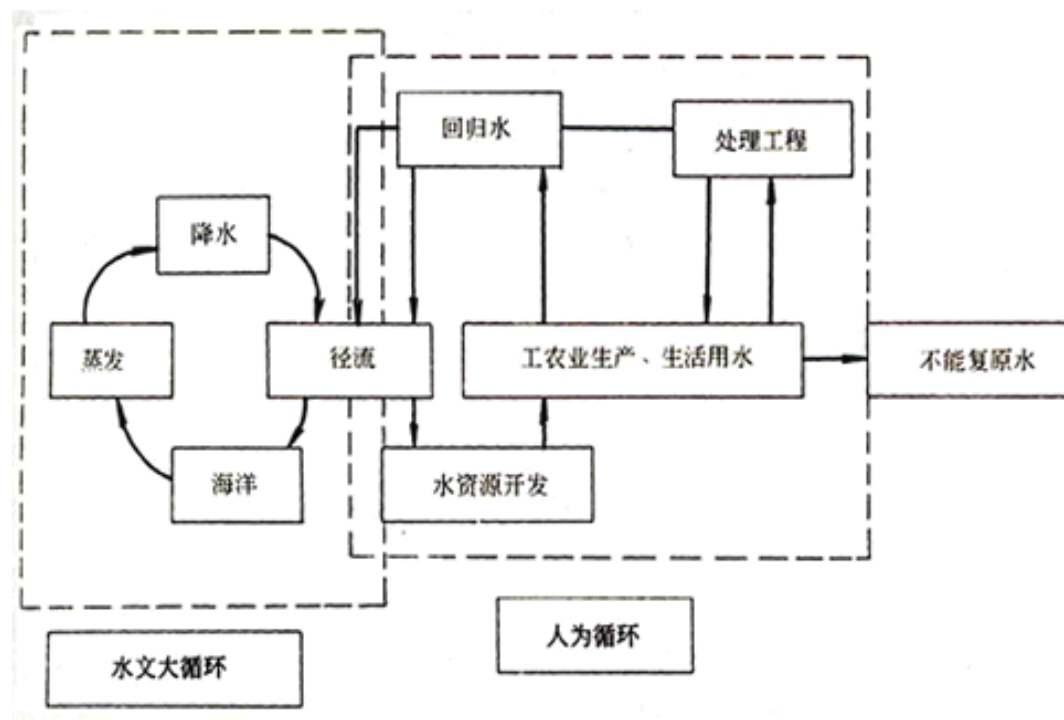


(5) 人类介入自然循环对水体的影响

① 由于排放污水，必然污染水体。

② 由于过量开采，加大了水体的输出量，减少了某一种特定水体的总量。由于人类取之用之，增加了该水体的输出速度，而输入速度（自然恢复速度）不变的话，水体总量将会减少。所以，要谨慎开采更替周期较长的水体，否则后果不堪设想。

③ 人类的参与改变了水的自然循环，使径流输入和输出加大，在情况下的循环称为人为循环，也称侧支循环，如图。





2.1.2 大气降水

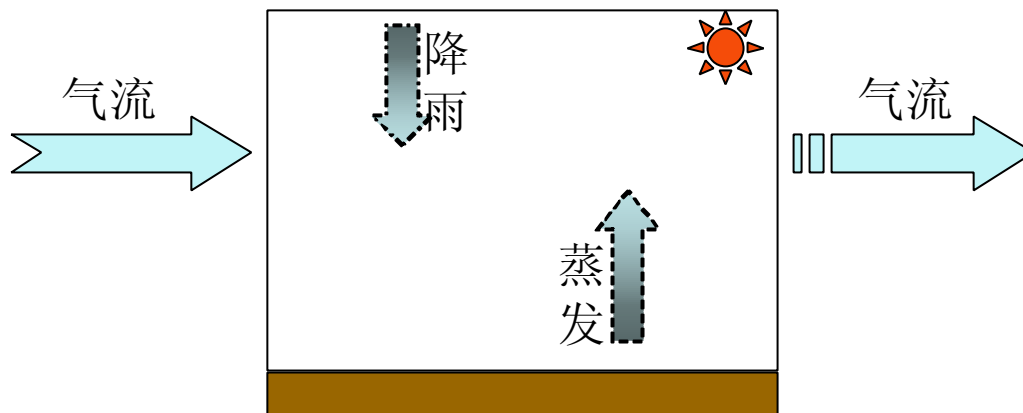
降水的必要条件：大气中含有足够的水分(水蒸气)

充分条件：水蒸气遇到冷空气(气温降低)

地球表面大气中水分平均25mm，年平均降水970mm，即更替周期9d。
由于地面环境不同，大气中水分分布不均匀，降水也极不均匀。

原因：1)不同地区的地表蒸发量不同;

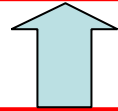
2)大气环流所携带的水蒸气量的流入或流出。





2.1.3 降水量分布

影响区域降水量的因素：
区域上空大气中的水分量



外部流入气流的水分+蒸发量

对于一个区域，由于气流运动的差异+蒸发量的差异，从而影响该区域上空大气中的水分量，造成大气中水分（水蒸气）分布不均，降水量也分布不均。

干旱类型的划分

按照国际一般划分方法：

年均降水量	<250mm	250~500mm	>500mm
气候类型	干旱气候	半干旱气候	湿润气候



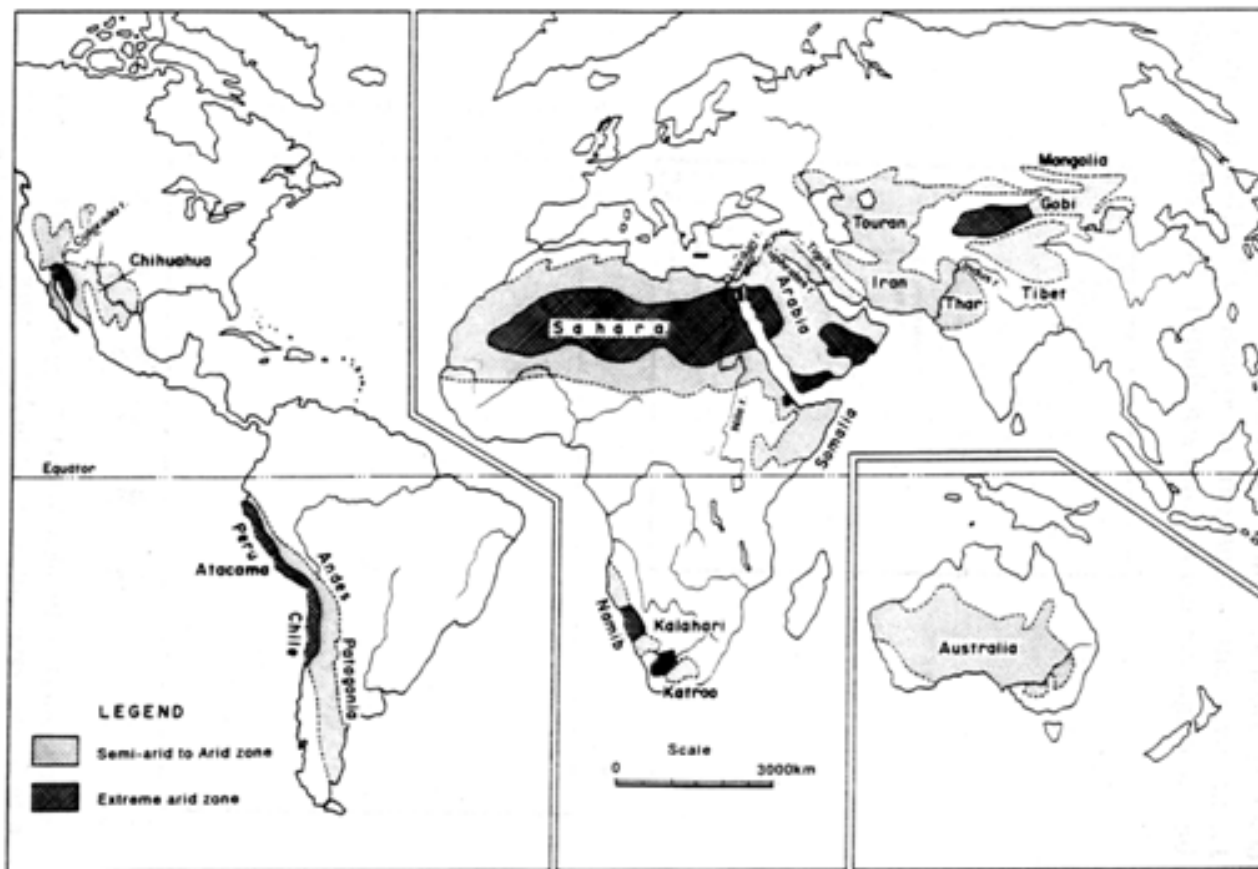
国内外一些城市的年均降水量统计：

- ◇ 位于我国最西北的新疆维吾尔自治区喀什市的年降水量仅为**65 mm**，自治区首府乌鲁木齐市的年降水量为**236 mm**，均属于干旱地区；还有银川、延安、呼和浩特等
- ◇ 兰州、太原则属于半干旱地区；
- ◇ 北京、西安、长春的降雨量略高于**500 mm**，位于半干旱区的边缘；
- ◇ 南方的上海、昆明、武汉、南京、广州、香港的降雨量均高于**1000 mm**，属于湿润区。

- ◆ 地处中东的埃及首都开罗的年降雨量仅为**30 mm**，沙特阿拉伯首都利雅得的年降雨量仅为**80 mm**是典型的干旱城市；
- ◆ 哥伦比亚首都波哥达的年降雨量高达**8690 mm**，印度南部的切拉盆基的年降雨量竟达**10060 mm**，是典型的多雨城市。



全球干旱区分布图，



以撒哈拉大沙漠为中心的非洲北部地区，中东地区，我国西北地区，北美和南美的西部地区以及澳大利亚中西部地区均为干旱或半干旱区相对集中的地区。



2.1.4 水的存在形态和全球可利用水资源

(1) 水的存在形态

海水、湖水、河流水、土壤水、地下水、冰川水、其他水。

(2) 全球水资源量

地球表面积：**5.1亿km²**，水体总量：**13.86亿km³**；其中：

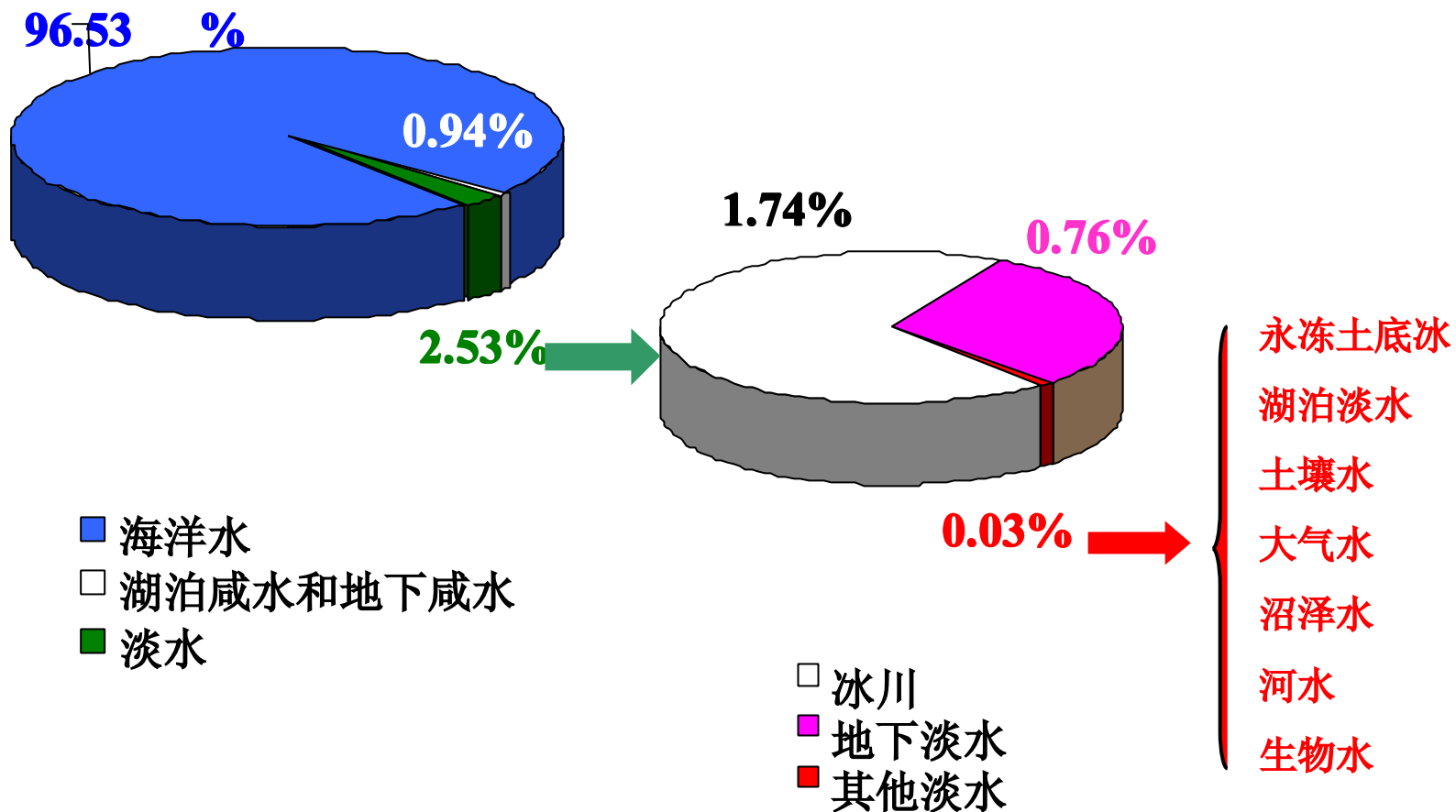
海洋：面积**3.61亿km²**，水量**13.38亿km³**，占地球总水量的**96.5%**；

陆地：面积**1.49亿km²**，水量仅**0.48亿km³**，占地球总水量的**3.5%**；

便于人类利用的仅为**0.1065亿km³**，占淡水量的**30.4%**。



各种水体所占比例



- 海洋水
- 湖泊咸水和地下咸水
- 淡水

- 冰川
- 地下淡水
- 其他淡水

- 永冻土底冰
- 湖泊淡水
- 土壤水
- 大气水
- 沼泽水
- 河水
- 生物水



(3) 各国水资源量

书上表2.1.4为全球161个国家可利用水资源的拥有情况。

拥有量前10位的国家如图：



各大洲水资源顺序：南美洲→北美洲→亚洲→欧洲→非洲→大洋洲。

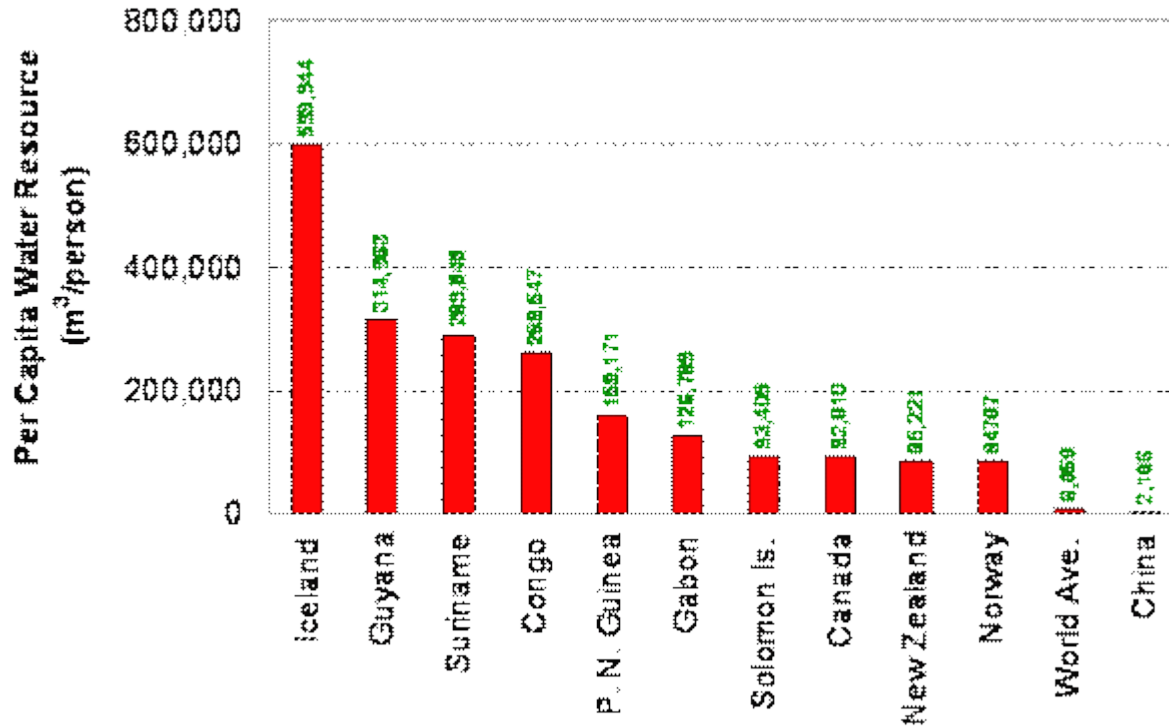


一般来说，人均可利用水资源量小于500m³/年可认为是严重水资源短缺。

按照这一标准，全球范围内遭受严重水资源短缺的国家有15个，依次为：

科威特、马耳他、阿联酋、卡塔尔、利比亚、沙特阿拉伯、新加坡、约旦、也门、以色列、巴哈林、阿曼、突尼斯、阿尔及利亚和吉布提，多数都位于中东地区。

我国的人均可利用水资源量在表中排在42位，约为2200m³/年，不算严重缺水国家。但是由于国土辽阔，各地情况差异甚大，我国北方部分地区水资源短缺问题非常严重。





2.1.5 我国水资源情况

(1) 拥有量

我国可利用水资源总量为**2800 km³/年**，仅次于巴西、俄国、美国、加拿大、印尼，据世界第六位（有些资料列为世界第四位，主要与数据的年代有关）。

但由于人口众多，人均可利用水资源量则约为**2200 m³/年**，仅为世界平均值的**1/4**。

1993年“国际人口行动”提出的“持续水—人口和可更新水的供给前景”报告认为：人均水资源量少于**1700 m³/年**为用水紧张（**Water stress**）国家；

人均水资源量少于**1000 m³/年**为缺水（**Water scarcity**）国家；

人均水资源量少于**500 m³/年**为严重缺水（**Absolute scarcity**）国家。

到**21世纪中叶**，随着人口的增加，我国人均水资源量将接近**1700 m³/年**，进入用水紧张国家的行列。

另外，我国的降水量受海陆分布、水汽来源、地形地貌等因素的影响，在地区上分布极不均匀，总趋势为从东南沿海向西北内陆递减。同时受季风气候的影响，我国降水量年内分配也极不均匀，我国许多地区用水已经非常紧张，处于缺水或严重缺水的状态。

实际上，我国许多地区已经成为严重缺水地区。



(2) 消耗量

① 农业用水

农业是我国用水大户，占全国总用水量的80%以上。——灌溉技术落后、极度浪费

② 工业和城市生活用水

目前我国生活和工业用水所占的比例较小，仅占全国总用水量的12%左右，达不到世界工业用水总用水量的1/2。而加拿大、英国、法国的工业用水一般均占到总用水量的比例在50%以上，分别为81.5%、76%、57.2%。

我国城镇生活用水量人均日为117L/d·人，与国外相比相对较低。国外大城市人均日用水量一般为200L~300L，最高达到600L。

地下水在我国城市生活用水中占据重要的不可替代的地位。地下水用水量占城市生活总用水量的50%以上，其中占到50~70%的有山西省、河南省、内蒙古，其余省市和地区一般占到20~50%。

③ 地下水资源开发利用状况

我国地下水资源的开发利用程度各个地区及不平衡，差异较大。

总的来说，北方的地下水资源的开发利用程度要高于南方。在北方，总水量中75.3%为地表水、24.7%为地下水；在南方，96.5%为地表水、3.5%为地下水。



世界部分城市居民生活用水水平对比



(3) 我国水资源特征

空间分布特征

时间分布特征

水资源与人口组合不匹配特征

水资源与耕地组合不匹配特征

江河高泥沙含量是我国水资源的又一特征

水资源受气候影响特征



◇ 空间分布特征

南方水资源较丰富，北方水资源贫乏，南北相差悬殊，水土资源组合很不平衡。

1) 降水、河流分布的不均匀性

长江及其以南地区，面积**36.5%**，水资源拥有量占全国**80.9%**；

西北、内陆等地区，面积**63.5%**，水资源拥有量占全国**4.6%**。

最多的地区：西藏、四川、云南、广西等省区。**>1800亿m³/年**。

较少的地区：宁夏、天津、上海、北京、山西、河北、甘肃等省区。**<280亿m³**。

最少的地区是宁夏，年拥有水资源量仅**10亿m³**。

2) 地下水资源分布的不均匀性

北方地区：面积占**60%**，地下水天然资源量占全国的**30%**，开采率**54%**。

中部地区：面积占**27%**，地下水天然资源量占全国的**40%**，开采率**32%**。

东南中南：面积占**13%**，地下水天然资源量占全国的**30%**，开采率**10%**。

西北地区：面积占**33%**，地下水天然资源量占全国的**13%**，开采率**27%**。

华北东北：面积占**27%**，地下水天然资源量占全国的**17%**，开采率**73%**。



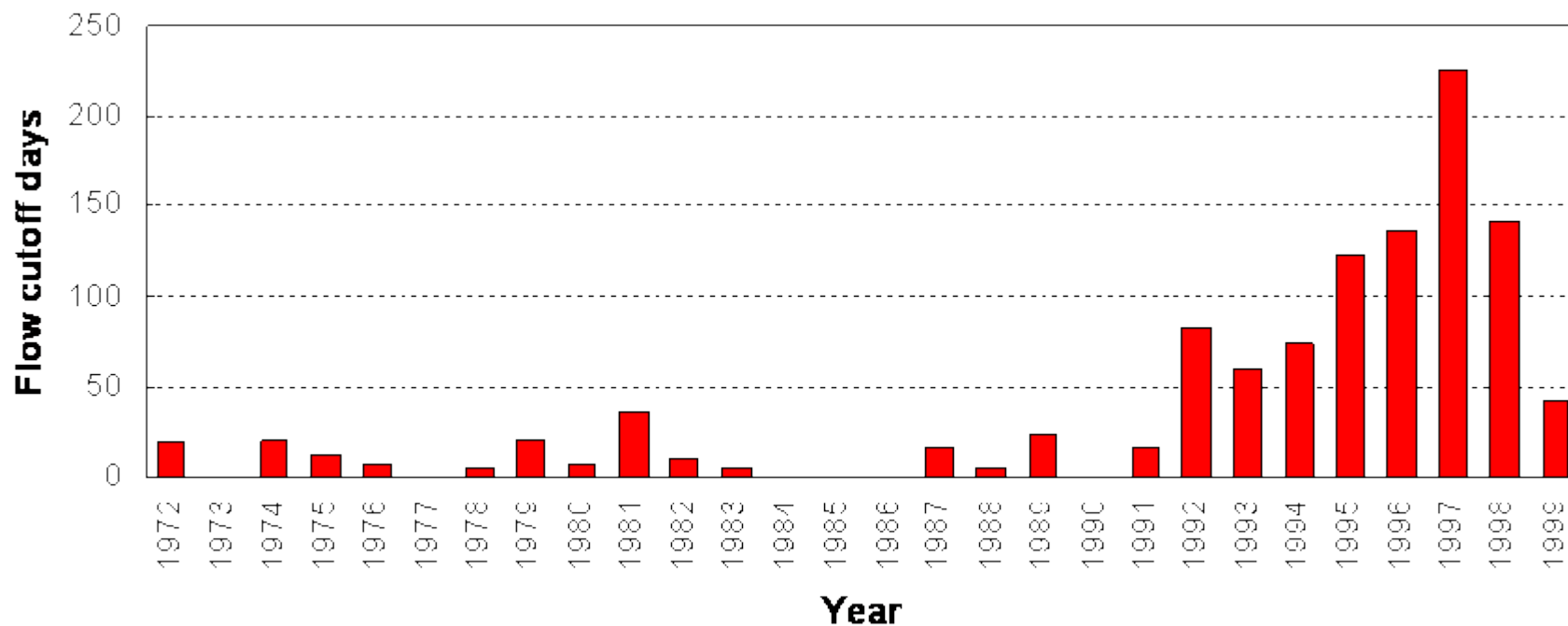
◇ 时间分布特征

我国水资源在时间分布上也不均匀，无论年际和年内分配都是如此。

枯水年和丰水年连续发生。许多河流发生过3~8年连丰或连枯，如黄河在1922~1932年连续11年枯水，1943~1951年连续9年丰水，1972~1999又连续枯水。

长江也出现过3年连丰，造成水洪。

黄河断流天数统计





◇ 水资源与人口组合不匹配特征

北方地区：人口占全国40%，水资源占全国20%，人均水资源量1127m³/人。

南方地区：人口占全国60%，水资源占全国80%，人均水资源量3380m³/人。

华北地区最缺水，人口占全国的26%，水资源总量占全国的6%，人均拥有量556m³。是西北地区的1/5、东北地区的1/3、不足全国人均值的1/4。

南方区的西南地区人均水资源量最高，人口占全国的20%，水资源总量占全国的46%，人均拥有量5722m³。是华北地区的10倍。

◇ 水资源与耕地组合不匹配特征

北方地区耕地占全国耕地的60%，水资源占全国的20%，耕地每公顷拥有水量9465m³。

南方地区耕地占全国耕地的40%，水资源占全国的80%，耕地每公顷拥有水量28695m³。

在全国每公顷耕地拥有水资源量小于1500m³的15个省区中，北方13个、南方2个。



◇ 江河高泥沙含量是我国水资源的又一特征

我国西部地区是长江、黄河、珠江、和众多国际河流的发源地，地形高差大，又有大面积的黄土高原和岩溶山地，自然因素加上长期的人为破坏，很多地区水土流失严重，对当地的水土资源和生态环境造成严重危害，也使江河挟带大量泥沙，这是我国江河的重要特征。

黄河是典型的高泥沙量河流，其含沙量是世界之最。

◇ 水资源受气候影响特征

我国近50年来，有20多年呈现北旱南涝局面。降雨量一直呈减少势态。由于高山冰川融水调节，各河流在出山口处的水量基本持平，但下游均呈现逐年减少的趋势。温室效应使表面蒸发量提高，地面径流量减少。



◆ 水资源利用的困难性

与欧洲全年水资源变化相比，以上特点反映我国水资源开发利用的难度。

(1) 水资源的年际变化大，容易发生旱涝年份，引起社会动荡，处理不当对社会发展是一种灾难；而且是许多河流发生灾难性水环境问题的主要原因。

(2) 年内分布极不均匀，可能导致季节性缺水问题，影响经济发展，诱发环境生态恶化。

(3) 空间分布不均，造成农业、工业发展及环境状况极不平衡，潜在不和谐。

(4) 由于水资源在地域上和时间上分布不均匀，造成有些地方或某一时间内水资源富余、而另一地方或时间内水资源贫乏，不利于充分利用，所拥有水资源的价值降低。

(5) 北方大部分地表水资源含沙量高，处理难度加大，影响使用。

因此，在水资源开发利用、管理与规划中，水资源时空的再分配已经成为解决水资源不足、消除水资源灾害、实现水资源合理利用的关键内容。