

北京科普创作出版专项资金资助

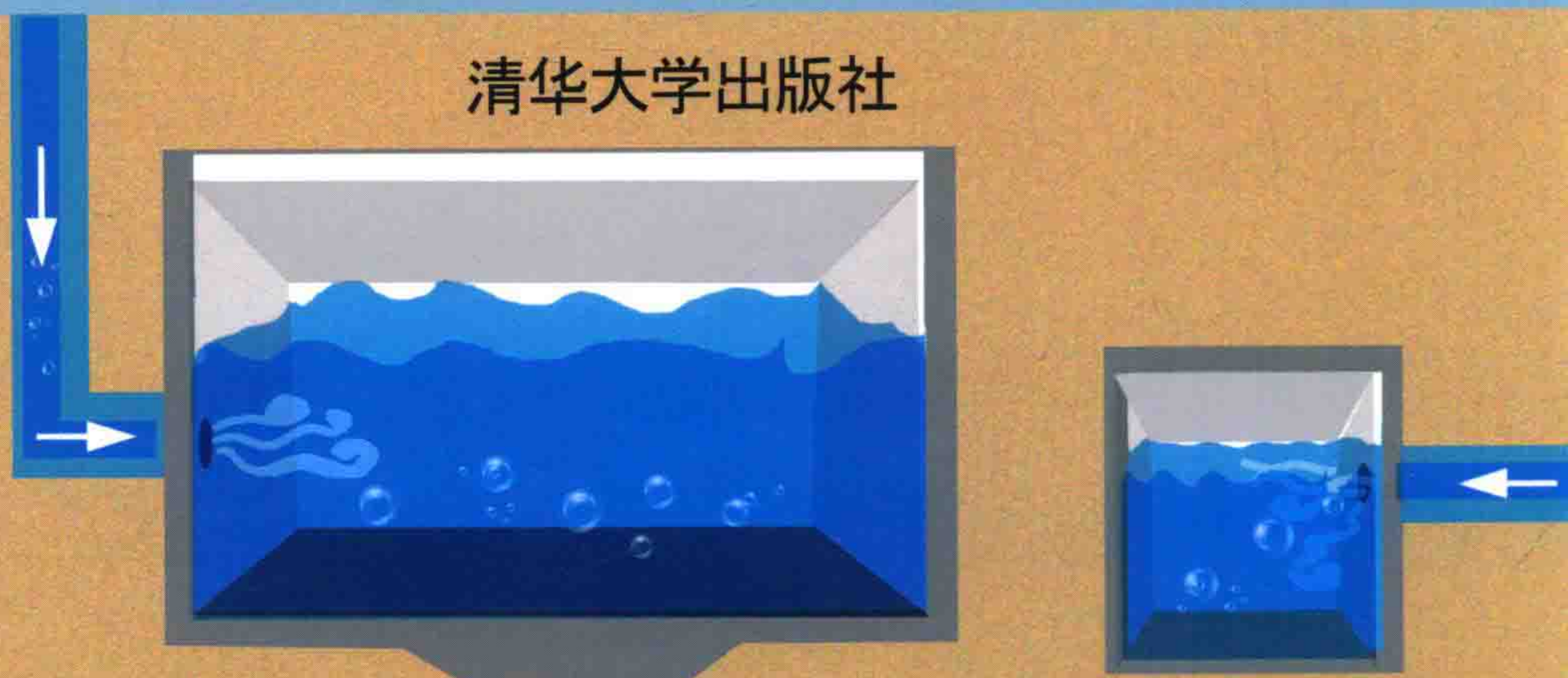
留住雨水 利用雨洪

与雨水和谐相处 构建海绵城市

刘延恺 黄玉璋 张书函 编著



清华大学出版社



北京科普创作出版专项资金资助

留住雨水 利用雨洪

刘延恺 黄玉璋 张书函 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了国内外城市雨水收集、雨洪利用的信息和经验,以及如何留住雨水,控制利用雨洪水,保护城市水环境和保证水安全,促进城市建设与雨水和谐相处。全书共分5部分。第1部分介绍降雨是怎么形成的,第2部分讨论为什么要留住雨水,第3部分为留住雨水的方法,第4部分为国内雨洪利用的典型实例,第5部分简介了国外雨水利用情况。本书内容深入浅出、图文并茂,适合于青少年、社区居民以及关心城市可持续发展和海绵城市建设的各界人士参考阅读。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

留住雨水 利用雨洪 / 刘延恺,黄玉璋,张书函编著. — 北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-44036-9

I. ①留… II. ①刘… ②黄… ③张… III. ①降雨—普及读物 IV. ①P426.62-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第127826号

责任编辑:柳 萍
封面设计:武 南
责任校对:刘玉霞
责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京亿浓世纪彩色印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:6.5 字 数:133千字

版 次:2017年2月第1版 印 次:2017年2月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.80元

产品编号:063359-01

编 委 会

主 任：陈 铁

副 主 任：李其军 胡淑彦

委 员：刘延恺 黄玉璋 张书函 李善征
李启英 邓卓智 邹玉芬 刘玉辉

主 编：刘延恺 黄玉璋 张书函

参编人员：邓卓智 李善征 汪宝会 汪宏玲
刘素芳 刘晋琴 李启英 邹玉芬
刘豫辉 杜春利 陈建刚 杜文成
冒建华

序

水是生命之源，水也是重要的自然资源，随着社会的进步，人口的增长，人民生活水平的提高，对水的需求也日益增长。尽管水是循环的可以恢复的自然资源，但在一定的地域范围内水资源量也是有一定限量的。我国水资源总量虽然在数量上达2.7万亿立方米，但人均占有量仅2000立方米，为世界人均占有量的1/4，且我国幅员辽阔，水资源的分布极不均匀，北方和西北内陆地区水资源更显不足。如北京人均水资源仅有200立方米，仅为全国人均水资源的1/10，为此国家不得不花巨资修建南水北调工程，以缓解京津冀等北方省市的严重缺水问题。

城市化的快速发展，使原有的农田变成了高楼林立的开发区，不透水地面越来越多，极大地改变了城市原有的水文循环，使降雨入渗减少，降雨径流增加。而洪峰流量又陡增，加大了下游河道的防洪负担，同时使城市内部暴雨洪涝频发，严重影响了城市的生产生活，也造成严重的经济损失以致人员伤亡。为此在城市中对城市雨洪进行控制和利用，保持城市水环境和水安全的可持续发展，成为城市水利的重要问题。其中心思想就是“通过留住雨水、利用雨洪的措施，与雨水和谐相处，构建海绵城市”。

留住雨水、利用雨洪的主要措施有：

(1) 尽量增加入渗。城市发展过程应保留一定的绿地使雨水有下渗的空间，并将绿地修建成下凹低于周围地面，以滞蓄周围更多的径流。北京市在城市建设项目规划中已明确规定绿地面积不小于30%；小区内步行道、停车场采用透水砖铺砌；将屋顶和不透水路面雨水导入地下渗沟或渗井等，这些措施都可有效增加雨水的入渗。

(2) 将暴雨形成的无法有效滞渗的径流滞蓄于地表洼地、池塘或地下蓄水池，以减小外排径流和洪峰流量。

(3) 集蓄利用。收集屋顶、道路、庭院、广场的雨水，经处理后用于小区绿化和杂用等。

(4) 净化雨水。通过物理、化学或生物手段截留雨水中的悬浮和溶解污染物，从而使雨水水质得到改善；净化设施通常与其他雨水设施联合应用，主要包括初期雨水处理设施、湿塘、人工雨水湿地、人工土壤渗滤、植被缓冲带等。

(5) 必要的排放。主要包括城市水系、雨水管渠系统和超标雨水径流排放系统等城市雨水排放设施，以及采用流量控制设施将流量限制在一定值以下的排放设施。

自20世纪80年代末以来，北京市在留住雨水、利用雨洪方面进行了长期的研究和实践，并在奥运工程和众多城市建设项目中推广应用，积累了丰富的经验。这本科普读物正是这些经验的反映，以期使每一个人都融入留住雨水、利用雨洪的行动中，使我们的城市与水和谐相处，成为能够自然积存、自然渗透、自然净化雨水的海绵城市。

清华大学 教授 惠士博

2016年10月

前言



本书为科普读物。介绍了国内外城市雨水收集、雨洪利用信息和经验，以及在城市化过程中，如何注意珍惜大自然给予城市的雨水，如何留住雨水，控制与利用洪水，保护城市水环境和保证水安全，促进城市建设与雨水和谐相处。

全书共分5部分。第1部分降雨是怎么形成的，介绍降水成因、水循环，以及雨水与水资源关系的基本知识。第2部分为什么要留住雨水，介绍由于城市的快速发展，下垫面的变化，出现的城市水紧缺、水环境恶化和水灾害问题。提出“城市要与雨水和谐相处”的理念，强调在城市留住雨水的重要。第3部分怎样留住雨水，根据国内外雨水收集利用的实际经验，简要介绍渗、蓄、滞雨水和控制利用雨洪水的做法，以及相关技术。第4部分介绍留住雨水、利用雨洪的典型实例。第5部分介绍国外雨水利用情况。

本书深入浅出、图文并茂，适合于青少年、社区居民，以及关心城市可持续发展和海绵城市建设的各界人士参考阅读。

目 录

第 1 部分 降雨是怎么形成的？

1. 降雨或降水	3
2. 成因不同的降雨——对流雨	4
3. 成因不同的降雨——地形雨	5
4. 成因不同的降雨——锋面雨	6
5. 雨水和水循环	7
6. 先人对水循环规律的认识	8
7. 甲骨文早有雨的记载	9
8. 古代是怎样测雨的？	10
9. 汉简中的“雨书”	11
10. 世界最早的雨量器	12
11. 现代雨量器和雨量计	13
12. 降雨的大小	14
13. 降水量决定水资源的多少	15
14. 地球上降水分布非常不均匀	16
15. 描写雨的诗篇	17

第 2 部分 为什么要留住雨水？

1. 下垫面变化引发诸多水问题	21
2. 干燥污染 水环境恶化	22
3. 城市的热岛效应	23
4. 暴雨多发的雨岛效应	24
5. 雨水补给地下水的通道被阻断	25
6. 城市型洪水新概念	26
7. 我国城市暴雨积水问题日益突出	27
8. 城市留住雨水 有利于城市水安全	28
9. 不要小看雨落管 一年流走不少水	29
10. 学校运动场一场暴雨产生多少水？	30
11. 雨水是自产的水资源	31
12. 蓄、渗、滞、排结合是提高城市防洪标准的好主意	32

第 3 部分 怎样留住雨水?

1. 留住雨水有利于改善城市生态环境	35
2. 城市和谐发展需要留住雨水	36
3. 节水型留住雨水设施	37
4. 回补型留住雨水设施	38
5. 调控型留住雨水设施	39
6. 小型集雨装置的结构	40
7. 小型雨水储存装置	41
8. 大型雨水储存设施	42
9. 地下蓄水池结构	43
10. 建筑物下面的雨水储存池	44
11. 初期雨水去除处理装置	45
12. 留住雨水设施及维护、管理	46
13. 透水地面是环境友好型地面	47
14. 做好透水地面把好质量关	48
15. 我国生产的专利透水砖	49
16. 渗沟和渗井	50
17. 下凹式绿地	51
18. 雨洪调蓄设施	52
19. 模块拼装式蓄水池	53

第 4 部分 雨洪利用应用实例

1. 暴雨不成灾——雨水再利用的双紫园小区	57
2. 雨水利用为天秀花园小区“添秀”	58
3. 让天上的水补给地下的水	59
4. 雨水不出小区的东方太阳城	60
5. 工厂也能收集利用雨水	61
6. 校园为综合利用集蓄雨洪	62
7. 居民社区渗透雨水解决积水问题	63
8. 雨水回补地下水的海淀公园	64

9. 综合利用雨水的学校 65

10. 运动场收集回灌雨水实例 66

11. 海淀区普及群众性集雨活动 67

12. 规模化雨洪利用是奥运公园的亮点 68

13. 奥运中心区地面渗透提供清洁水源 69

14. 森林公园利用雨洪 70

15. 奥运公园处处渗透雨水留住雨水 71

16. 屋顶绿化蓄排水新系统 72

17. “鸟巢”循环利用雨水..... 73

18. “水立方”雨水再生水回用..... 74

19. 北海团城顶上为什么绿树成荫 75

20. 团城雨水利用的诀窍 76

21. 再大的暴雨也淹不了故宫 77

22. 筒子河是故宫的雨水容纳区 78

第 5 部分 国外雨水利用简介

1. 德国法律强制推行雨水利用 81

2. 美国重视回渗雨水 82

3. 新加坡一半国土面积是集水区 83

4. 印度的雨水资源利用 84

5. 丹麦提倡城市地区收集利用雨水 85

6. 韩国首尔市的雨水管理 86

7. 澳大利亚城市雨水利用设计（WSUD） 87

8. 东京墨田区的雨水利用及其补助金制度 88

9. 日本东京的雨水收集利用系统实例 89

10. 日本城市地下河蓄洪工程 90

参考文献 91

后记 92

第1部分

降雨是怎么形成的？

我们生活在一个充满水的环境里，既有身边的河流、湖泊、海洋、冰川，又有大气中的水蒸气，同时动植物、土壤等内部也含有水分。这些各种形态的水始终在不断转化和运移的过程中，降雨则是其中最为重要的一个环节。那么降雨是怎么形成的呢？





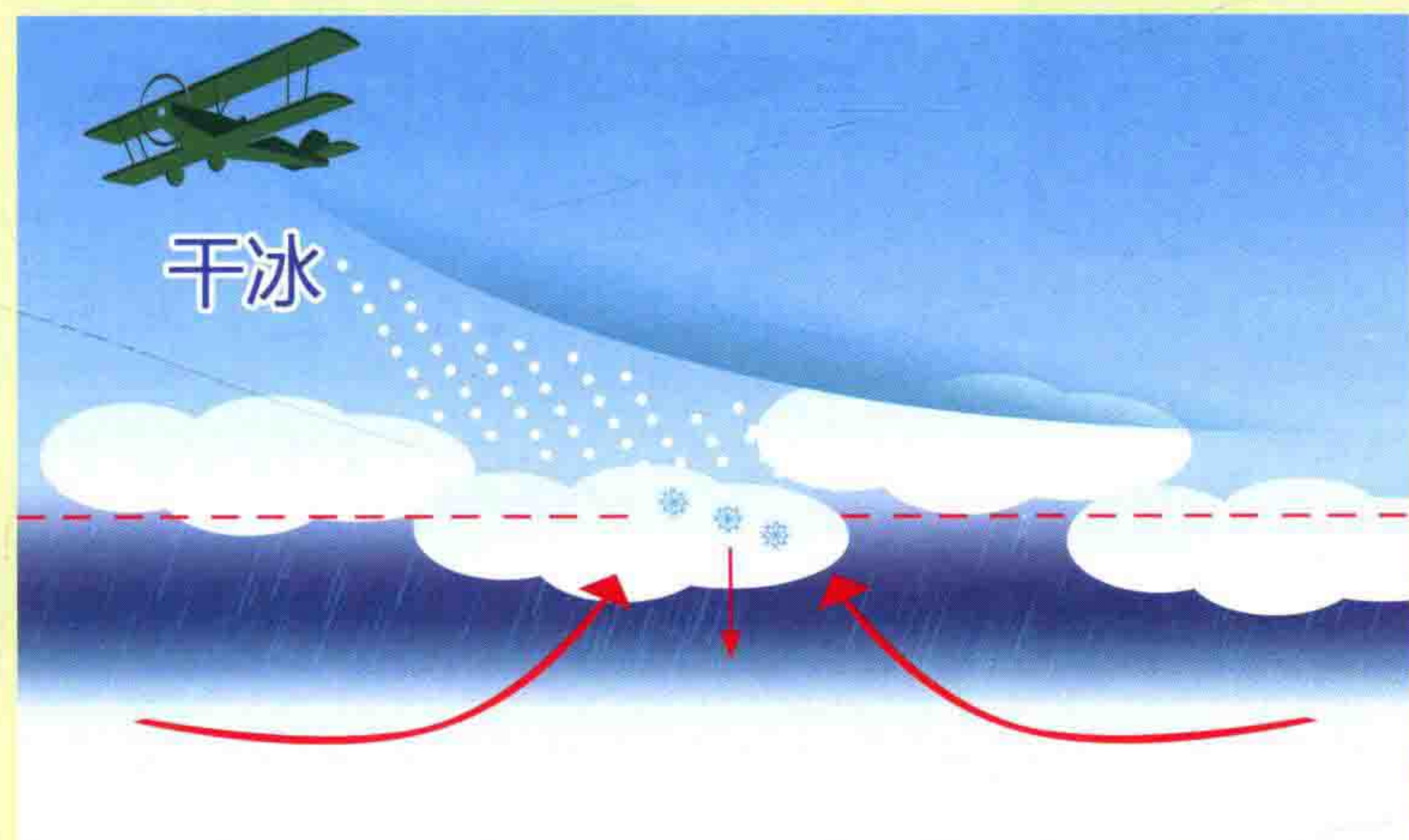
1. 降雨或降水

海洋中、陆地上或植物中的水受到太阳光的照射，变成水汽蒸发或蒸腾到空中。水汽在高空遇到冷空气便凝聚成水滴。这些水滴很小，直径只有 0.01~0.02 毫米，最大也只有 0.2 毫米。它们被上升气流托在空中，聚集成云，小水滴就成为小云滴。

在云中水汽很充足，小云滴在垂直气流作用下，上下运动、互相碰撞，不断吸收四周的水汽凝结而增大，成为大云滴。大云滴的体积和重量不断增加，在下降过程中不仅能赶上那些速度较慢的小云滴，还会吸收更多的云滴使自己壮大起来。当大云滴增大到 100 多万倍，成为空气再也托不住的雨滴，这时受重力的吸引便从空中直落下来，雨滴降落在高山、丘陵和平原，就是我们常说的降雨。

雨水在降落过程中，有时遇冷凝结，以雪花或冰雹的形式降落下来，通常我们叫降雪或降冰雹。但在气象和水文学中规定，从大气中降落到地面的液态水和固态水统称为降水。

由于各地区所处地球的经度、纬度、地形地貌、气象条件等诸多因素不同，其形成降雨的成因也各不相同。概括起来可分为对流雨、地形雨和锋面雨等三种类型。



小资料



高炮人工增雨



火箭人工增雨

人工增雨

20 世纪 40 年代，人们依据降水形成机制，根据云层情况，分别向云体播撒干冰、碘化银、食盐和水雾等催化剂，以改变云滴的大小，加速其生长过程，达到降水目的的做法，称为人工降雨。经过多年实践，取得一定进展，气象学称之为“人工增雨”。

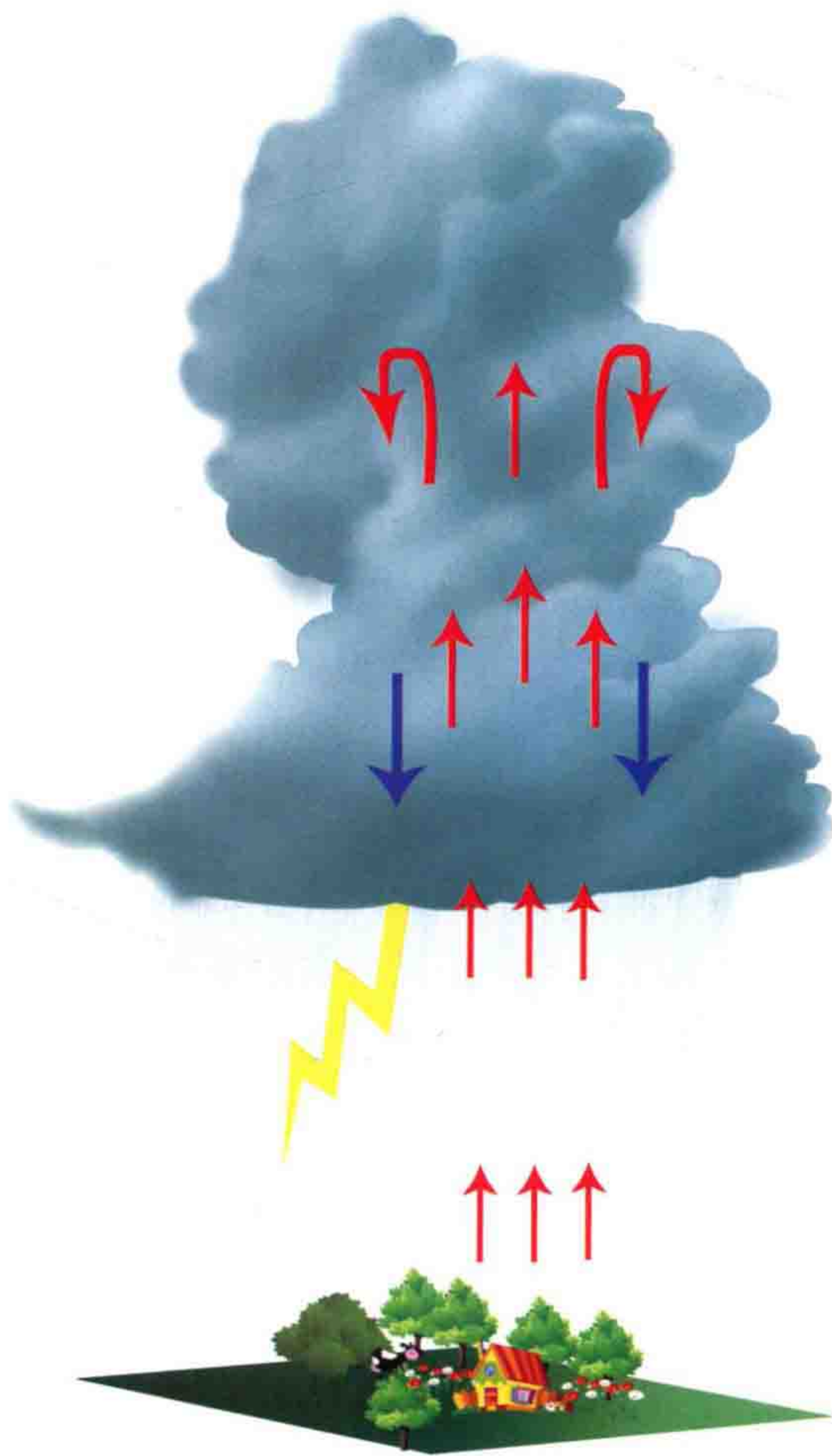
一般人工增雨作业，多利用高射炮、火箭或飞机撒播催化剂。



2. 成因不同的降雨——对流雨

对流雨就是大气对流运动引起的降雨。由于接近地面表层的空气受热或高层空气强烈降温，促使低层空气向上升，水汽冷却凝结，就会形成对流雨。对流雨来临前常有大风，并伴有闪电和雷声，有时还会下冰雹。在中高纬度地区对流雨主要出现在夏季，冬季少见。在低纬度地区对流雨经常发生，降水时间一般在午后，特别是在赤道地区，降水时间非常准确。

对流雨主要产生于积雨云，积雨云内冰晶和水滴共存，云的垂直厚度和水汽含量特别大，气流升降都十分强烈，可达 20~30 米/秒。云中带有电荷，所以积雨云常发展成强对流天气，产生大暴雨。



小知识

积雨云带有电荷并常会引发强对流天气，产生大暴雨。常会发生雷击事件、大风拔木、暴雨成灾的情况。



3. 成因不同的降雨——地形雨



气流受地形影响，沿山坡被迫抬升引起的降雨，常发生在迎风坡一侧。在暖湿气流锋面移动爬坡过山时产生上升运动，同山坡前的热力对流结合发展成积雨云，形成对流性降雨。若前进方向受山脉阻拦，锋面移动速度减慢，降水区域扩大，降水强度增强，降水时间延长，就可能形成持续十多天的连阴雨天气。

小知识

冰雹是一种从强烈发展的积雨云（这种云也叫冰雹云）中降下来的冰块或冰疙瘩，人们通常称它为“雹子”。夏季或春夏之交最为常见，它是一些小如绿豆、黄豆，大似栗子、鸡蛋的冰粒，特大的冰雹比柚子还大。

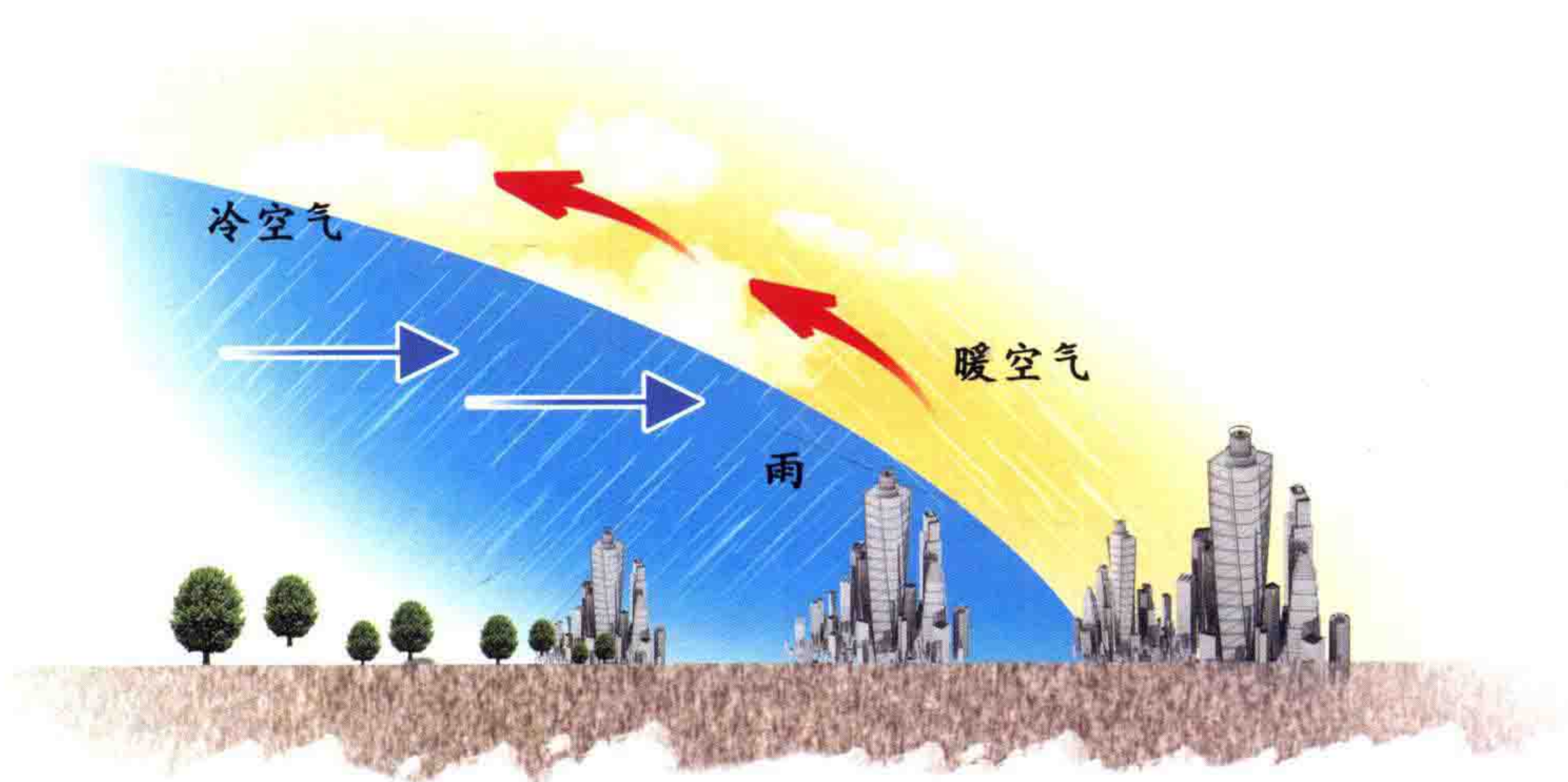




4. 成因不同的降雨——锋面雨

暖湿气流与干冷气流相遇，形成的交界面叫锋面。在锋面上，暖、湿、较轻的空气被抬升到冷、干、较重的空气上面。在抬升的过程中，水汽冷却凝结形成的降雨为锋面雨。

锋面雨的特点是范围广，常形成沿锋面范围的带状雨区，形成降水带。我国从冬季到夏季，降水带的位置逐渐向北移动，大约5月份在华南，6月下旬到长江一线，7月到淮河，8月到华北。



小知识

锋面雨一般持续时间长，短则几天，长则10天、半个月以上，有时长达1个月以上。含水量和降水强度都比较小，有时是毛毛雨。“清明时节雨纷纷”，就是我国江南春季的锋面降水现象的描述。

清 明

〔唐〕杜牧

清明时节雨纷纷，路上行人欲断魂。

借问酒家何处有，牧童遥指杏花村。



牧童遥指杏花村



5. 雨水和水循环

太阳的辐射使海洋和大地上的水蒸发，植物的水蒸腾变成水汽升到空中，然后，气流将水汽送到各地，雨水降落到山区、丘陵和平原形成径流，汇成河流、湖泊或潜入地下形成潜流，最后又归入海洋。水的蒸发、降雨、径流、汇集以致再蒸发的周而复始的循环过程，就是水循环。

形成水循环的内因是水的气态、液态、固态转化特性，外因是太阳辐射和重力作用。地球上水的数量巨大，成为水循环的物质基础。水在自然界的循环中，蒸发、水汽运动、降水、径流是循环的主要的环节，缺一不可。可以说，太阳的热能和地球的重力推动着水循环，水循环为地球造就了鲜活的生态，而雨水维系着自然界的生态环境。



水循环示意图

小知识

水圈：地球表层的天然或人工的水体，包括海洋、河流（运河）、湖泊（水库）、沼泽（湿地）、冰川、积雪、地下水 and 大气圈中的水，围绕着地球形成一道“水圈”。水圈与大气圈、岩石圈和生物圈共同组成地球外壳最基本的自然圈层。

水圈处于连续的运动状态，通过水循环，水圈各水体的水互相交换，不断更新。大气圈中水汽的更新周期约为 8 天，河水的更新周期约为 16 天，沼泽水的更新周期约为 5 年，湖泊水的更新周期约为 17 年，深部地下水更新周期约为 1400 年，大洋水更新周期约为 2500 年，高山冰山更新周期约为 1600 年，极地冰川更新周期约为 10000 年。

