

# 气候变化，干旱和沙漠化

## ——1986年的世界气象日

徐国昌

### 一、概述

通常把年降水量小于200或250 mm的地区称为干旱地区，把年降水量在200或250—450或500mm的地区称为半干旱地区。若用干燥度划分气候区可能更好一些，一般把干燥度大于3.5的地区称为干旱地区，把干燥度界于1.5—3.49之间的地区称为半干旱地区。用上述两种方法划分大范围干旱、半干旱区的结果是接近的。全球大陆干旱、半干旱气候区的面积约占大陆总面积的三分之一。其中欧亚大陆约占40%，大洋洲约占65%，非洲约占44%，北美洲约占17%，南美洲占19%。全球最严重的干旱区和最大的沙漠在非洲的撒哈拉。

我国干旱面积约为280万km<sup>2</sup>，半干旱面积约175万km<sup>2</sup>，干旱半干旱地区占全国总面积的47%，接近全国面积的一半，因此干旱问题是全球性的问题，也是我国的一个全局性的问题。我国的干旱、半干旱区主要位于我国西北地区，我国西北地区是北半球中纬度最干旱的地区，少雨中心在新疆东部，雨量最少的站是托克逊(42°48'N, 88°33'E)，平均年降水量仅6.9mm。

干旱、半干旱地区在世界农牧业生产中占有重要地位。许多干旱、半干旱及其毗邻的半湿润地区，曾经是古代农牧业生产最发达的地区，创造过人类古代的文明，例如埃及尼罗河流域、巴比伦美索不达米亚、印度恒河流域等。在现代，美国以干旱、半干旱气候为主的西部17个州提供了全国80%以上的农牧产品。苏联中亚的新垦区大部分是干旱、半干旱地区，近年来提供了全国45%的商品粮。澳大利亚的中部和西部大部分都是干旱、半干旱地区，然而其农牧业品在世界上占有重要地位。我国干旱地区除了面积大以外，还有一个很大的特点，就是在干旱地区的外围有高山环绕，山区有比较大而稳定的降水，给内陆河灌区提供了比较充足而稳定的水源。例如天山南北和祁连山北麓的光照充足，日较差大，具有沙漠绿洲式的气候特点，很适合发展瓜果甜菜等经济作物和粮食品种。这里有丰富的太阳能和风能等二次能源资源，具有重要的经济地位和巨大的生产潜力。

干旱缺水是干旱和半干旱地区发展经济的重要限制因素。在半干旱地区以及与之毗邻的半湿润地区，旱农作物（又叫做雨养农业）经常处于缺水的状态，在一些多雨年份可以获得较高的产量，而在少雨年份产量往往明显下降。我国干旱、半干旱地

区处于季风边缘地带，雨量变率大，因此产量低而不稳。这些地区的降水集中在夏季的几场较大的降水过程中，由于植被破坏严重，水土严重流失，在干旱地区以及靠近它的半干旱地区，一般只能放牧。一些地区由于过度的放牧和开垦，加剧了土壤干旱和风蚀的危害，面临沙漠化的威胁。所谓沙漠化(Desertification)也可译成荒漠化，主要是指在干旱、半干旱地区，由于过度放牧和过度开垦而造成土地荒漠，其中有一些甚至变成真正的沙漠。因此开发广大的干旱和半干旱地区，面临着两个方面的任务：一方面要开发利用丰富的气候资源，另一方面要限制和改造干旱气候的不利影响。在大规模开发祖国大西北的前夕，加强干旱气候研究是一项很重要的工作。

### 二、干旱气候的形成

干旱气候总是与反气旋的控制相联系。大家都知道副热带是地球上主要的高压活动区，在副热带高压的控制下，盛行下沉运动，少云少雨，形成干旱气候。因此世界上主要的干旱区和最大的沙漠都位于副热带，例如撒哈拉大沙漠就是位于非洲副热带纬度带上。副热带高压受海陆热力作用以及其他作用的影响，在夏季常分成几个单体，中心在大洋上，大陆为热低压，大陆西部处于副高前部热低压后部，容易形成少雨干旱气候，因此大多数干旱区位于大陆的西部。

以我国新疆为中心的干旱区和沙漠是比较特殊的，它不是位于副热带，而是位于西风带，少雨中心位于青藏高原北部。近年来的研究认为，它的形成与青藏高原的存在有密切的联系。青藏高原阻挡了印度西南季风北上。青藏高原的水汽主要是由太平洋副热带高压西部的偏南气流提供的。但是这支气流经高原东侧的四川盆地北上时，长途跋涉，又受秦岭、六盘山等山脉阻挡，到高原北部以后水汽已经很少。同时在青藏高原北侧的边界层中，冬季盛行西北风，夏季也以西北风为主。西北风阻挡了水汽向高原北部输送，因此那里的空气十分干燥。高原北侧的西风气流在高原侧边界摩擦和绕流等动力作用下，形成了负涡度和辐散场，盛行下沉气流，在新疆东部尤其明显，在那里，一年四季都有一个准常定的下沉运动中心。青藏高原的热力作用也有一定的影响，夏季高原是一个热源，高原主体为热力上升运动，在高原外围形成了补偿下沉运动，成为一个少雨带。因此青藏高原的影响对形成高原北部极端干燥的气候和沙漠可能起了重要的作用。

### 三、干旱地区降水量的变化

降水量是决定大气干旱和土壤干旱的主要因子，降水量的分布及其演变是由大气环流的状况及其演变决定的。因此降水量的变化主要反映了自然界本身的变化。许多考古资料都表明，世界上的多数地区古代气候比现在要潮湿。根据放射性碳测定的结果，非洲湖泊水位大约从8000年以前就开始进入低水位时期，大约在4000年前达到了低点，而在欧亚大陆和北美，大约在12000年前就开始下降，说明大约从8000—4000年前以来，世界气候进入了比较干的时期。然而这样长时期的变化，除了从考古中得到证明以外，人们是不会察觉出来的。今后将向什么方向发展也是难以预料的。在降水量的历史演变中，存在各种各样的准周期振动，比较明显的准周期有80—100年左右的世纪周期，36年左右的周期，22年和11年左右周期，2—3年左右的周期等。然而降水量的周期在空间上往往是不连续的，有些周期在某一特定地区表现相当明显，但在相邻地区可能几乎没有表现。降水量周期在时间上也常常是不稳定的，在一段时期很明显的周期，在另一时期可能变得几乎看不出来。所有这些不仅使得在大多数情况下周期外延预报效果不好，而且对于准周期是否真实存在，也往往引起气象学家的争论。然而不论在现代气象观测资料中，还是根据灾情记载得到的我国近五百年旱涝等级资料中，人们看到的主要特点总是干旱期和多雨期的交替出现。但是这种干旱和多雨的交替基本上是非周期性的。因此在大多数情况下，在经历了一段时期干旱或多雨期以后，可望向相反方向转化，可是这种转化的具体时间和细节是难以预测的。例如非洲从1968年以来持续了15年的少雨干旱，是本世纪以来最严重的干旱。其中1972—1973年和1983—1984年的干旱尤为严重。埃塞俄比亚1982—1984年几乎滴雨未下，乍得湖蓄水量1963年以来一直下降，到1973年只有原来的四分之一，萨赫勒地区河流年平均总出水量1968—1982年减少了25%。目前受旱国家已发展到30多个，许多国家出现了严重的饥荒，为世界所瞩目。然而却很难根据历史资料断定干旱将持续下去或终止。这里值得指出的是，七十年代以来世界气候异常，除非洲持续干旱以外，在许多其他地区也间或出现了大旱，例如1976—1977年美国的大旱，1982—1983年澳大利亚东部的大旱，七十年代末到八十年代初我国北方的干旱等。与此同时有些地方出现了涝灾，气候异常引起了各国的注意，然而根据已有的历史资料，还不能证实目前的气候振动已超出了历史的“正常”振动范围。

1982—1983年出现了近几十年少见的强厄尼诺

(El Nino)现象，引起了世界上许多地方天气气候反常，近年来国内外对厄尼诺和南方涛动进行了大量的研究。研究表明，它们可能对短期气候振动有重要影响。但是并不能解释所有的现象。例如在一些厄尼诺年非洲南部夏季干旱，而另一些厄尼诺年雨量却比较多。在我国也有类似的情况，在以往的历史资料上，厄尼诺年我国北方以多雨为主，但是1983年的厄尼诺年却是少雨。近年的研究显示出，地面反照率和土壤湿度也可能是影响长期天气过程的重要因素，然而目前我们对于长期天气过程的认识还是很不够的。因此全球或半球范围旱涝长期预报的水平是相当低的。只是在某一特定区域，由于某些特殊规律的被发现和利用，有可能获得比较满意的长期预报。我国许多台站的预报实践证明了这一点。

### 四、人类活动与沙漠化

从根本上说，自然植被是由气候条件决定的。例如竺可桢先生曾经指出，400mm年降水量线大致是森林和草原的分界线。因此气候的变化将影响植被状况的变化。然而地表状况反过来也会对气候产生一定的影响。人类的农业生产活动，是在砍伐森林和开垦草原的基础上进行的，这将对气候产生怎样影响的问题正日益引起人们的关注。自然植被破坏以后，改变了地面的反照率，裸露地面的反照率比有较好植被地表的反照率大得多，大量太阳辐射被反射掉，数值试验表明，在沙漠的外围地区，地面反照率的增加，可能导致降水的减少，这一结果已被普遍接受。植被破坏使土壤保水能力下降和水分蒸发速率加快，使土壤变干。数值试验也表明，土壤湿度的下降也会导致降水量的减少。裸露地表带来的另一个问题是风蚀。大风把表土吹走，造成土壤矿物质和有机质的流失，使土壤肥力下降，抗旱能力降低，进一步加剧了土壤干旱的进程。于是出现了下述的情况，在植被遭严重破坏的地区，一方面大气干旱造成了土壤干旱；另一方面土壤干旱又反过来促使大气干旱持续，使干旱进一步加剧。因此干旱和半干旱地区的生态系统比较脆弱，原始的地面植被一旦遭到破坏，就很难恢复。这种情况往往在雨量比正常偏少的年份显得特别严重，而在雨量偏多的年份可得到一定的缓和，但是很难恢复到原来的水平。因此在干旱、半干旱地区过度开垦和放牧，会导致干旱的加重和沙漠化。从而又导致更大的开垦。愈穷愈垦，愈垦愈穷，陷入恶性循环。曾经创造了古代文明的埃及尼罗河流域以及美索不达米亚，由于长期不合理地滥用自然资源，如今大部分已经沙漠化。三十年代以前美国开发西部，由于同样的原因导致了三十年代震惊世界的

的“黑风暴”。目前非洲的严重干旱和饥荒，一方面是由于气候反常，长期严重缺雨；另一方面，人为的对自然资源的破坏也大大加剧了干旱的严重程度。由于人口增加过快，政局动荡以及某些国家农业政策的失误等社会经济方面的原因，大大加重了对土地资源的压力，加速了土地资源的破坏。森林大量砍伐，现在非洲森林已减少一半，埃塞俄比亚一个世纪以前森林覆盖率为44%，现在只剩下4%。过度的开垦和放牧导致干旱和沙漠化的迅速发展，撒哈拉沙漠正以每年15km的速度迅速向南扩大。乍得近10年沙漠向南推进了200km，毛里塔尼亚六十年代非沙漠土地有20%，现在只有2%了。非洲有690万km<sup>2</sup>的土地受到沙漠化的威胁。目前世界的沙漠已达2000万km<sup>2</sup>，并且以每年5800km<sup>2</sup>的速度蔓延。我国自然资源的破坏也是比较严重的。我国受风蚀的土地达30多万km<sup>2</sup>，根据沙漠研究所的估计，沙漠化的面积正以每年1560km<sup>2</sup>的速度扩大。有16万km<sup>2</sup>的土地正在迅速变成沙漠，不少丝绸之路上的古城，如今已被沙漠淹没。有人估计，在我国的110万km<sup>2</sup>的沙漠中，至少有16万km<sup>2</sup>是人为的。这个数字是否可靠，可以争论，但是在干旱、半干旱区长期不合理的滥用自然资源，加剧了干旱和沙漠化的进程则是无疑的。在南疆和甘肃、内蒙等地也出现了“黑风”，例如1977年4月22日甘肃河西走廊出现了一次大黑风，造成人民生命财产的巨大损失和土地资源的严重破坏。水利建设考虑不周也可能造成不良的后果。在河西走廊石羊河流域的上游由于修建水库和修砌水泥渠道，切断了浅层地下水的通道，使下游民勤的部分地区地下水位下降，防护林带死亡，沙漠南侵。

半干旱和半湿润地区植被的破坏，导致水土流失。我国水土流失面积已达4万km<sup>2</sup>，流经黄河陕县的泥沙每年高达16亿吨，这是一个惊人的数字。

与干旱相联系的一个问题是缺水，不仅在雨养农业的干旱、半干旱地区缺水，就是在天山北部和祁连山北部水源比较丰富的内陆河流域，由于工农企业和生活用水的迅速增加，也感到用水紧张，目前甚至在半湿润地区的华北，不少地方缺水问题也相当严重。因此节约用水，提高水的利用系数也已成为十分紧迫的问题。

## 五、干旱气候的改造和未来

人们都期望能够增加干旱地区的降水量，以便从根本上改变干旱气候，然而现代的科学技术还没有一种现实可行的增雨办法。毫无疑问，凡是有水源的地方都应该扩大灌溉面积，然而在干旱、半干旱地区，总的来说水源是比较缺乏的，扩大灌溉面

积的潜力是不会太大的。而在水资源及其相互关系还没有完全搞清楚的情况下，例如对于山区降水、冰川水、地表水和浅层地下水的相互关系没有搞清楚以前，就进行大规模的水利工程建设，有可能导致其它方面的不良后果，因此必须慎重从事。目前看来以生物治理为主，辅以必要的工程治理，可能是比较现实有效的。要农林牧相结合，建立永久性的防风林带、牧草地、水土保持和进行农田基本建设等，改善地表植被状况，逐步恢复和建立良性生态系统。这需要在气象、土壤水源等资源考察的基础上，全面规划综合治理。

美国自三十年代以后，对西部的建设和改造，苏联六十年代以后，对中亚的建设和改造都收到了比较好的效果。我国在这方面也进行了大量工作，尤其是三中全会以后，植树种草、水土保持等方面进展大大加快了。一些搞得好的县、乡已经收到了良好的效果。因此只要按照自然规律办事，停止破坏自然资源，逐步建立起新的良性生态系统，干旱，特别是土壤干旱是可以得到一定程度的缓和的。我们认为在这一过程中，气象工作者至少可以作两个方面的工作：一方面根据农林牧副各业对气象条件要求的研究，为种植业的分布提供依据。另一方面要根据下垫面性质改变可能对气候影响的研究，为建立良性生态系统提供依据。

综上所述，在开发的大范围地区，主要是根据气候特点，调整种植业布局，使生态系统由恶性循环逐步向良性循环转变。然而在局部地区，利用现代技术用封闭半封闭的办法改造小气候或微气候，以便提高产量和经济价值，不仅是可能的，而且已经开始成为现实。近年来地膜覆盖的推广就是一个突出的例子。地膜覆盖可以减少土壤水分的蒸发，提高地温，增产效果明显。它实际上是一种改造地表微气候的半封闭性的简单装置。塑料大棚也是一种人工改造小气候的装置。七十年代以后在国外发展了封闭式的农业工厂，蔬菜一年可收获3—8次，产量是大田的5—10倍。据报导，农业工厂在经济上也是合算的。上述这些人工气候装置可以大大减少蒸发，提高水的利用率，充分发挥太阳辐射能的作用。干旱、半干旱地区缺水，但太阳能丰富，因此人工气候装置，特别适宜在干旱、半干旱地区发展。植物的生长主要靠太阳能，因此只要能利用现代技术，克服干旱地区水分不足的限制，我国西部地区的农业生产比东部具有更大的潜力。因此张诚认为“如果发展人工气候装置和生物工程的作用，则干旱地区由于日光能丰富，在农业生产上将优于东部多雨地区。最后将会使农业生产的全国布局发生根本的变化”。当然要实现这一改变需要很长的时间，但是看来并不是幻想。