

我国西北地区水资源的 合理开发利用

牟 惟 丰

(国家气象局国家气象中心)

提要 我国西北地区土地广阔,光热条件较充足,干旱缺水成为发展生产最关键的限制因素。合理利用自然资源使得到更大效益,并使气候条件向好的方向发展,避免因掠夺性开发而造成气候干旱化、沙漠化趋向,关系到这一带广大地区的前途。本文对有关问题进行讨论,提出概括性意见。

一、前 言

西北地区干旱缺水成为诸生产要素中最关键的限制因素,水资源的合理有效利用及其前景成为十分令人关注的问题。张学文^[1]曾对新疆的水份循环和水份平衡进行过系统的计算,这对于了解新疆的水资源情况有较大参考价值。他还强调了新疆气候的稳定性,认为“降水是新疆河水的根本来源,新疆根本不存在水源干枯问题”,“冰川不是河水的根本补给来源,冰川退缩并不意味着水源干枯”。徐国昌等^[2]通过对我国干旱半干旱地区一些站点历史资料的气候趋势和周期分析认为,近百年来气候并没有发生干旱化,仅是干旱频率有所增加。笔者^[3]搜集的西北、华北一带自然景观和气候状况的大量历史考证材料表明气候有干旱化趋向,并用植被破坏与气候变化之间的反馈影响关系来解释气候趋向干旱化的原因。笔者^[4]又对我国干旱地区大降水天气过程的水汽来源和一些主要供应方式进行了述评,并着重讨论了南疆特殊地形地理条件下本地区蒸发水汽的特殊重要性。

以上一些文章提出了一些重要情况和看法,也反映了一些分歧和矛盾。有许多重要问题目前尚缺乏分析研究。本文在上述基础上,以南疆为重点,对部分有关问题进行讨论,其中包括对西北干旱地区的山区和山前绿洲地带的水份循环及其影响,“固体水库”

的可能作用,上空水汽通量对降水的贡献,南疆内循环水份的重要性等,并提出归纳概括意见。

二、西北干旱地区的山区与 山前绿洲地带的水份循环

(一) 水份循环的一种基本方式

我国西北干旱地区的山区降水远多于平地,主要依靠山区降水流到山下提供农业生产等的需要,绿洲基本上是依托于山区而存在。山区降水通过森林植被的林冠截留、树木吸收、地被物和土壤蓄存等,使大部分雨水贮留在地下慢慢流出,通过河溪径流比较均衡地供应下游。又通过在山下温度较高地区的蒸发蒸腾吸热,使空气经常保持比较湿润,为下次降水天气过程提供较有利的水汽条件。山坡地形还有助于在适合的天气条件下产生爬坡上升运动和增强辐合上升运动。如此构成了山区附近水份循环的一种基本方式。驱动这一循环的能量则主要来源于在山下的蒸发吸热和外来天气系统的启动。这是水份的一种内循环方式,在这种循环过程中还会有一部份水份外流散失,也另有一部份流入补充。构成水汽条件和气候降水量的准定常性。由于西北地区降水大多依傍于山脉而发生,因此这种内循环方式在干旱的西北地区相当普遍地存在。对于南疆地区来说,由于地形地理条件和环流条件所造成水汽条件准封闭的特殊性,使内循环水份所占比重

具有特别重要性。这一水份内循环过程中的每一环节，都与水资源的合理有效开发利用相关联。

(二) 水份内循环对生产要素之间组合关系的影响

通过河溪径流把水从相对热量较少、土地较少、而降水较多的山区输送到降水较缺乏而光热和土地相对较多的山前平原地区，于是使水、土、光、热几种生产要素在空间上构成有利的配合关系，提高了生产能力。河溪径流成为调整水土光热资源关系的纽带。如何充分发挥生产要素间有利组合的作用，是合理开发利用水资源所应考虑的重要问题之一。一般说来，在可能范围内应尽量在上游山坡地区扩大造林，农田则应尽量向下游扩展，这样有利于上游山区涵养水源、保持水土、调节径流的作用，使河流洪枯比减小，减少洪水排放流失，增加有效水资源。山下平原地带由于温度较山区高，光照条件也较好，可使低层空气容纳较多的蒸发水汽，具有较大的相当位温和层结不稳定能量，有利于产生较强的上升运动和降水。现有不少地区在上游坡地堵截水流，毁林开田，致使下游原有大片耕地因缺水而濒于荒废，这样既减少了上游的森林，影响了水资源，又浪费了下游的土地资源和光热资源，并起着减弱水份循环和减少气候降水量的作用。这样虽在当地的局部范围内增加了生产，但在总体上却起着破坏国家资源的作用。

(三) 南疆低空水汽主要来源于本区域的蒸发

周琴南等^[6]曾由于南疆“1000~4000米的水汽量占1000米到300百帕气柱总水汽量的80%以上”而认为“由东方流入的水汽应占总量的80%以上”。这就是把4000米以下的全部水汽归源于东风的输送，而完全否定了南疆本地区中蒸发水汽的存在。

南疆4 km以下三面环山，东侧平均为东风^[7]，比湿的分布平均为东干西湿^[8]，这

使得吹东风时平均为干平流，不利于南疆湿度加大。并且水汽的垂直分布平均以低层为最大，垂直输送也不利低层水汽增加。比湿的局地变化是由比湿的水平平流、垂直输送和个别变化（蒸发与凝结）三项共同决定的，可见南疆低空水汽的增加主要来源于本区域的蒸发。

(四) 植被遭到破坏将会引起气候干旱化

在山坡附近地带的水份内循环过程中，空气在山前平原或盆地易于得到较充分的受热增暖和增加水汽含量，当受到天气系统的启动或迎风坡地形抬升时，主要在山区形成降水。如果由于山林植被破坏使雨后的雨水迅速汇流形成暴洪流走，待下次降水天气系统移近时空气已变得较干燥，则空气的凝结高度会升高，层结不稳定能量减少。待这种变干程度使得空气抬升凝结高度高于山脉高度时，则降水的发生会出现转折性的减少，从而使山区与山前绿洲地带的水份循环关系遭到破坏，以致绿洲不再能维持其存在。

干旱地区的山区附近，在气候干旱化过程中是绿洲最后消失的地方。气候干旱化过程很可能并非在大面积上均匀同步地发生，而是在渐变过程中各个地区各有其不同的转折点，依水汽条件（凝结高度）与所背靠的山脉高度相对关系而定。例如，在同样（或相近）的较为干旱的水汽条件下，平原地区很难发生足够大的抬升运动使空气上升达到凝结高度以上并发生较大降水，而背靠山脉的测站则空气爬坡抬升达凝结高度以上的机会就会大得多；高大山脉前沿出现足够大、抬升运动的机会又会比低矮山脉前更多。在气候干旱化的历史进程中，不同测站周围平均抬升凝结高度与所背靠的山脉高度的相对关系不同，因而干旱发展的转折时间也就有所不同。目前新疆、甘肃一带的绿洲都是依靠山区降水而存在，因此使用目前尚是绿洲地带的测站资料来反映更大范围有否干旱化趋向，代表性是有问题的。前面提到的徐

国昌^[2]与笔者^[3]对趋势估计上的差异很可能与此有关。

三、“固体水库”对气候的稳定作用

一般来说,越是干旱少雨的地区降水变率也越大。这由年降水量等值线分布与年降水变率等值线分布^[8]之间的非常相似性可以看出。新疆降水主要在山区,山区的降水变率相对较小是正常现象。但新疆山区降水量和水资源的稳定性是异乎寻常的,例如天山山区一些测站年降水变率竟比年降水量还要高一些的华北平原还要低,而与三倍以上年降水量的江南和华南地区相当。其中尤以夏季为显著,天山一带的降水变率一般低于江南、江淮、黄淮一带,这与山区“冰雪水库”的调节作用可能有关。冰雪的融水主要出现在春夏季,随温度的升高而发生,这不仅直接补充了植物生长季节的需水,还可通过增加干热天气时段的水汽蒸发而使降水增加,因而起着调节补充降水的作用。增强水与热的同相性和稳定气候的作用。冰雪固体水库在暖季的消耗主要在冬半年得到补充和平衡。新疆降水主要集中在春夏季^[9],并且降水量异常稳定,可能与这一水汽补给方式有重要关系。反之如果没有了固体水库的调节作用,在暖季遇干热天气时段时山区无冰雪融水补给,这不但会使径流减小和可用水减少,还会造成蒸发的水汽来源减少,从而影响降水,使干旱发生的机会增多,同时气候的稳定性受到影响。

新疆由冰川(包括永久性积雪)所提供的水份虽仅84亿吨/年^[1],仅为河水总流量(扣除外流部分)的12.6%,但因冰雪融水主要发生在春季后期到夏末的干热天气时段之后,84亿吨水汽补充在这一时段里要较全年平均分配约大两倍,其对这一季节降水的影响是值得重视的。当然冰川水是参与水份循环中的一个部份,一方面在春夏季节补充地方水汽使降水增加,另一方面也受降水

的补给。有人强调“冰川不是河水的根本补给来源”,因而提出“新疆根本不存在水源干枯问题”,这种提法还值得商榷。

四、上空水汽通量对降水的贡献

张学文等在新疆水份循环和水份平衡图^[10]中给出的数据,是把“流入的空中水”与“本地蒸发”水汽按大致相同比值计算得出对降水的贡献的,从而得出本地区蒸发水汽对降水的贡献不到流入的空中水汽贡献的18%。这样的计算结果对北疆来说也许还比较接近实际,对南疆则有明显的不合理,因为:

(1)新疆上空常位于西风急流附近,虽然比湿和相对湿度常常并不是很大,但西风气流通量很大,因而使水汽的通量也很可观。上空水汽大多是在没有发生水汽凝结和降水过程的情况下通过的,没有参与降水过程的机会即已通过,这样的过路水汽对降水应无贡献,只在遇有降水天气过程时才可能对降水有贡献,因此按同一比例值计算对降水的贡献是不合理的。

若按降水日数来估计降水过程发生的机会,南疆平均约为每年80次左右(山区可达100次以上,盆地则小于20次^[8],以山脚地带的年平均值为代表)。设每次降水过程的时间平均为6—12小时,则平均每年有480—960小时的降水时间,占年总时数的6—11%,在这些有降水过程发生的时间内即使假设上空平流进入的水汽全部在雨区内落下,也比2061亿吨/年的估计量^[1]要少很多。

(2)对降水的贡献,一般按各部分气柱中水汽含量所占气柱总水汽量的比例来估计,也有些研究提出低层水汽对于激发降水的发生起更大的作用。现仅按各部份气柱中水汽含量所占的比例来估算对降水的贡献,对于南疆的特殊环境条件,4 km以上气柱中的水汽量平均不超过总气柱中水汽量的20%^[6],尚不是气柱中水汽的主体部份。4 km以下由于三面受高山环抱,东侧的偏东

风平均又为干平流,因而水汽的平流输入甚少。设中空暖湿西南气流中有时会有一些雨滴下降到低空蒸发,低空东风气流中有时也可能有一些水汽平流输入,两者合计以占低空4 km以下平均水汽量的10%左右估计,则其余来源于南疆本地区蒸发的水汽约可占气柱总水汽含量的70%左右。这一估计量与Molion^[11]研究的亚马逊盆地情况,内循环水份占56%,外来水汽输送占44%相比较,概量上是大致相近的。南疆环境虽然不同于热带地区的亚马逊盆地,但其特殊地形和环境风场、湿度场所构成的近于封闭的低空环境状况,使得内循环水份所占比重有可能更大些。

五、归纳和讨论

气候的稳定不是绝对的。水汽条件的改变肯定会对降水有影响,这一点除一些事实材料的证据外,还得到一些数值试验结果的证实^[12-18]。而人为的破坏森林植被又会影响水汽条件发生改变^[2]。因此注意保护和改善环境植被状况,力争使气候向好的方向发展是十分必要的。

H. Lettau等曾指出^[12],"水文学家们一般低估水份再循环的作用,认为陆面上的蒸发对于大陆上的降水是不重要的"。而他们在对亚马逊流域水文循环的研究中第一次指出这种看法是不真实的。他们中有人(Molion, 1975)曾根据平均的高空气象条件,用流线图与可降水等值线相迭置,显示出空气从沿海向内陆移动的一段约2000 km长的距离内水汽是增加的,这证明了陆面上蒸发水份对于降水的重要性。然后又使用理论气候学方法把大气与水文的水份循环位相联系起来进行模拟研究,证明水汽再循环在亚马逊地区是重要的。

即使年总降水量不发生改变,有效水资源仍可有相当大的改变。地表植被破坏,持水能力降低,雨后雨水很快就汇流成为山洪暴发,一泄而下,随后又很快变干,造成洪

枯比过大,会使有效水资源大为减小。在我国水资源总量中洪水占了约70%以上。黄河水在不敷分配的情况下每年汛期要放流200亿方。北京市在缺水情况下每年汛期要排出境10多亿方水。加强绿化和水土保持,结合水利工程和坡地梯田建设,改良耕地增大土壤蓄水能力等措施,以减小河流洪枯比和排洪量,使终年河水稳定清泉长流,对于增大有效水资源尚可有成倍的潜力。

我国西北干旱地区的绿洲地带主要依托于山区而存在。在山区与山前平原之间形成水份的循环,并构成水份、土地、光热条件之间的有利组合关系。对上游山坡地区应尽量扩大造林,限制开田,以增强涵养水源保持水土的能力;农田灌溉区尽量向下游扩展,以充分利用土地、光热条件;这样既有利于河溪水量的均衡稳定,增加有效水资源,也有利于在低处提高空气温度和增大水汽含量,增加层结不稳定能量和降水量。

各地区的气候变化在大范围上不一定是均一同步的。如果森林植被遭受严重破坏,使得在降水天气形势出现时空气已变干,凝结高度升高到超过了山脉高度,则可能引起该地气候突变,绿洲不再能维持其存在。因此考察大范围气候有无变化趋势,所选站点位置可以有很大影响。

新疆上空常位于高空强西风气流中,即使湿度不大,水汽通量也相当大。流入与流出的水汽量比两者之间的差值大了近两个量级。如前所述,对于南疆盆地来说,平流输入的水汽主要在4 km以上,只占总气柱中水汽含量的不到30%。低层的水汽平流输入往往为负值或甚少,因此大部分水汽只能来源于本地区的蒸发、蒸腾。因而对于南疆地区来说,内循环水份具有特殊的重要性。

山区"固体水库"的冰雪主要在春末和夏季融化,补充河溪径流,起着增强水、热的同相性,增加空气中水汽含量和降水量以及稳定气候的作用。若山区雪线多年连续上升,则固体水库的上述作用可能减弱,使气

候的稳定性受到影响,并引起干旱化趋向。因此对固体水库注意保护仍是有必要的。

为增加降水,改善旱区气候,除前述扩大山区造林等措施外,还可进一步开发利用一些潜在的水资源,例如对南疆上空西南气流中的云进行人工降水,即使降水本身的雨量甚小作用不大,也可以增加低空水汽含量,有利于以后其下游降水的增加。南疆盆地中的地下水量较大,如能尽量在有条件地区扩大种植一些耐旱深根植物和抽用地下水灌溉,可使多一些地下水参与内循环过程以增加降水量。伊犁河水如能减少一部分外流,把水引入南疆,除直接增加灌溉用水外也同样有利于其下游降水的增加。黄河上游南水北调的效益不仅是直接灌溉和发电,也有利于西北东部到华北一带干旱气候的改善。特别是对于南疆地区,由于特殊的准封闭性的低空环境条件,使当地水份有较多机会反复参与降水过程,因而增加的水汽有特别大的效益。

以上一些有关增加降水改善气候的措施,由于力量所限规模不可能很大,很难在几年的短期内见效,只可供战略计划安排参考。解决水资源不足最基本的最容易迅速见效的办法是节约用水提高用水效率。张家诚曾指出^[6],我国有些干旱少雨地区的用水效率存在反而显著低于多雨地区的问题。这除了与他所指出的社会、经济、技术条件有关外,土壤和气候条件也会有一定影响,例如沙性土壤渗漏快,干热多风天气下蒸发强等,因此对不同土质和气候条件的地区不能完全相比。但采用先进节水灌溉技术等来提高用水效益仍可有几倍的潜力。

以上仅是一些定性的分析讨论,进一步深入具体的客观定量计算研究有待开展,特别是应加强对一些地区水份蒸发、蒸腾、输

送、变化情况和循环平衡关系的了解,以改进我们的认识和更合理有效地利用有限的水资源。

参 考 文 献

- [1] 张学文,新疆的水份循环和水份平衡,新疆降水文摘,第289—291页,1985。
- [2] 徐国昌、姚辉、李珊,我国干旱半干旱地区近代气候和历史气候的变化,1988年11月第一届全国水文气象学术讨论会论文摘要,第77页。
- [3] 牟惟丰,我国干旱半干旱地区水资源变化趋势的讨论,气象科技,1990年第1期,第46—52页。
- [4] 牟惟丰,我国干旱地区大降水天气过程水汽来源,应用气象学报,第2卷第3期,1991。
- [5] 张家诚,论西北干旱气候与开发问题,北京科技报,1988年1月13日。
- [6] 周琴南,关于新疆降水水汽来源问题的研究,北方天气文集,第4期,第179—181页,1983。
- [7] 中央气象局,中国高空气候,图1—1a, 1—2a, 1—3a, 1—4a, 5—6a, 5—6b, 科学出版社,1975。
- [8] 中央气象局编制,中华人民共和国气候图集,第89、103、115—116、129—130、133页,地图出版社,1979。
- [9] 徐吉庆,新疆降水的统计特征,新疆降水文摘,第5页,1985。
- [10] 张家宝、邓子凤,新疆降水概论,第79页,气象出版社,1987。
- [11] 王效瑞,热带毁林后的水热平衡变化,气象科技,1984年第1期,第61—63页。
- [12] Lettau, H. et al., Amazonia's Hydrologic Cycle and the Role of Atmospheric Recycling in Assessing Deforestation Effects, Mon. Wea. Rev., Vol. 107, No. 3, 227—238, 1979。
- [13] Barnston, A. G. et al., The effect of irrigation on warm season precipitation in the southern Great plains, J. Clim. Appl. Meteor., Vol. 23, No. 6, 865—888, 1984。
- [14] 俞樟孝等摘译,八十年代美国在降水预报研究方面的任务,气象科技,1982年第4期,第28—37页。
- [15] Anthes, R. A., Enhancement of convective precipitation by mesoscale variations in vegetative covering in semiarid regions, J. Clim. Appl. Meteor., Vol. 23, No. 4, 541—554, 1984。
- [16] 章基嘉、殷显曦,气候变化、干旱和沙漠化,中国气象,1986年第6期,第2—6页。
- [17] 李崇银,近几十年来国外有关大气环流及动力学理论的研究,气象科技,1985年第1期,第3—10页。
- [18] 汪钟兴、任宝华,暴雨气象因子放大的数值试验,第一届全国水文气象学术讨论会论文摘要,第46—47页,1988年11月。