

气候变化与西北冰川

谢 自 楚

(兰州冰川冻土研究所)

水,是自然环境中最活跃、也是人类生活中最重要的因子之一,它对气候变化的反映最为敏感。对我国内陆干旱区来说,水更是制约生产发展的关键性因素。近年来国际上认为,今后五十年内大气平均温度上升,中纬度大陆夏季干旱的频率可能增大。那末,未来气候变化对我国西北内陆干旱区的水资源会有什么样的影响,不能不成为人们最关心的问题之一。

一、我国西北内陆干旱区水资源的现状及特点

我国是世界上水资源比较贫乏的国家,人均占有的河川径流量,仅为世界平均的四分之一,亩均占有量也在世界平均水平以下。不多的水资源分布又极不平衡,80% 以上的水资源分布于面积占全国三分之一强的南方及西南几大流域,而占全国领土面积 40% 的西北内陆流域水资源不到 4%。这里目前经济虽然比较落后,但由于拥有丰富的资源,是我国未来经济发展的重点地区。显然,水资源的短缺将成为制约我国将来经济建设重点转移的主要因素。

我国西北内陆干旱地区同其他干旱地区相比有它的特点。在这广阔的地域内地貌景观极为复杂,一边是青藏高原的雪山、冰川冻土带,另一边是大沙漠、戈壁,中间夹杂着森林、草原和农田以及零星的湖泊和水库。所以,我国西北内陆干旱地区的特点是高寒与干旱的巧妙结合。在这一干旱区内水资源的分布是极不均匀而又独具一格的。大沙漠、戈壁地区年降水量不到 100 毫米,且蒸发殆尽,形不成径流,而分布于干旱区边缘及内部的高山区年降水量达 500—1500 毫米,蒸发微弱,水源充足,这些高山便成为干旱区中的湿岛。

热量充裕的干旱区与水源充足的高寒区相间又相邻。这样,高寒区多余的水通过内陆河流源源不断地输送到热量充裕的干旱区,在高寒区与干旱区的接合部分,有着人类生活和生产适宜的生态环境,出现一串串的绿洲,哺育着我国西北几千万勤劳勇敢的各族人民。正是这些绿洲将漫长而艰险的丝绸之路联结起来,它既是亚洲中部古代文明的发源地,又是东西文化经济交流的纽带。可以说,没有大自然的这种巧妙安排,没有这些绿洲,我国西北干旱区将比非洲的撒哈拉大沙漠或澳洲的中部和西部更加荒凉。

水是产生绿洲的首要条件。高山河流径流中的冰雪融水又居于突出的地位。据我们初步统计,我国高山冰川复盖的面积达 58,500 平方公里,居世界中纬地区的首位。其中冰川资源的一半分布于内陆干旱区,冰川融水占西北内陆河流出山径流量的四分之一左右,加上高山融雪径流,冰雪融水占这些河流总径流量的一半以上。

我国西部冰川的分布是不均匀的。总的趋势是愈往西愈多,即愈是干旱的地区,冰川分布面积愈多,冰川愈大,冰川资源愈丰富。因此,冰川融水在河流径流中的比重愈大。例如,在祁

连山东部的石羊河流域,冰川融水在河流径流中的比重不到4%,而西部疏勒河流域为30%左右,到了新疆昆仑山西部的和田河流域可达50%以上。

冰川径流最可贵之处是它随气候状态而变化,在干燥少雨年份,由于高山区辐射强烈,冰川吸热融化剧烈,以消融多年的老冰而给干枯的河流补充着超额的水源,在湿润多雨的年份,由于高山区多云降温,消融减弱,大量降雪保存在冰川上,补充着冰川的积存。冰川对径流的这种自然调节作用,使得受冰川融水补给河流的水量稳定,这便是绿洲的生态环境不因天气变化而发生剧烈变动而能长期稳定的重要原因。因此,可以说,如果没有高山冰川的存在,也就没有我国西北干旱区那样稳定的绿洲。赵紫阳总理1983年在视察新疆时曾经指出:“新疆得天独厚的条件之一,就是有三座大山上的冰川,这是可靠的,比较稳定的水资源,是固体水库。一定要珍惜这个宝贵资源,创造出更多的财富,更多地造福于人民”。这是对我国西北干旱区冰雪水资源特点及其作用的恰当评价。

二、气候变化对西北内陆干旱区资源的可能影响

既然水是西北内陆干旱区生态环境中最积极、最活跃又是影响最广的因素,而水资源的增减又直接受气候变化制约,那末,研究气候变化的趋势,了解气候变化与水资源增减的关系,就是我国西北内陆干旱区经济开发中极为重要的课题。

冰川、沙漠、黄土、盐湖和沉积物地球化学的研究资料表明,从第四纪以来,我国西北内陆是逐渐变干的。这是与青藏高原形成、抬升对大气环流形势的改变分不开的。青藏高原愈高,对西南气流的阻挡作用如高原的热力作用也愈强,西北内陆干旱区的干旱化程度就愈高。但是从较小的时间尺度和局部的范围来说,情况却是十分复杂的。在青藏高原抬升的过程中,发育了高山、冰川,形成了上述西北内陆干旱区水资源分布的格局。冰川的增大或减小,除与全球性的冰期和间冰期气候变化直接相关外,还与青藏高原的上升幅度和阶段有关。我们对青藏高原西部研究表明,古代冰川的规模并不因青藏高原上升的愈高而愈大。当山口超过最大降水高度之后,冰川的补给便减少了。冰川作用的性质发生改变,由主要依靠丰富降雪而生存的海洋性冰川变为主要依靠巨大海拔高度提供的冷储而生存的大陆性冰川。

在气候发生冷暖变化时西北是否变干或变湿呢?从不同时间尺度、用不同方法研究的结果是不同的。盐湖和黄土沉积的分析趋向于认为冰期时是干燥的,间冰期是湿润的。而我们近年对天山和祁连山冰川物质平衡、雪线升降和气候、径流的关系研究中发现:冷湿—暖干的组合机率大于冷干—暖湿的组合。从不同地区来说,关系也是复杂的。近三十年来祁连山东部冰川正在强烈退缩,河流径流量大幅度减少,但祁连山西部冰川却相当稳定。据对北坡最长的老虎沟12号冰川1960年、1976年及1985年三次重复地面立体摄影测量的结果,该冰川下部在经历了减薄阶段之后,现在正在增厚,孕育着一次新的前进。

如果再加上人类活动的影响,情况就更加复杂,西北许多内陆湖水位的下降或萎缩,显然与对流入这些湖的河流的开发有关。但是,自然的气候变化与人类活动对径流量减少影响程度的比例是怎样的呢?我们现在还不能准确地说明。

至于由于CO₂的增加,全球气温上升,西北是否会变得更暖、更干呢?我们现在还无法回答这个问题。据我们七十年代对祁连山冰川和雪线变化研究表明,自1967年以来祁连山区进

入一个小的冷湿气候周期,我们曾预测这个周期可能持续到本世纪末。1984年以来,我们又对祁连山几条典型冰川进行了逐年监测,还没有发现这个周期有明显的逆转。例如祁连山西部的“七一”冰川从1967年以来冰川的积累仍然大于消融。

由上可见,在全球性气候变化的背景下,我国西北内陆干旱区的不同地区及不同时间尺度上,气候—冰川—径流量—环境—人类体系之间的关系是十分复杂的。仅靠现有的知识而不进行深入系统的研究,匆忙下结论、匆忙采取对策,是不妥的。

三、发挥我院综合优势,加强对西北内陆干旱气候与环境的研究

党中央提出,到21世纪我国建设重点将转移到大西北。但是另一方面,根据国外科学家对世界气候变迁的预测,由于世界工业的发展,大气中CO₂和其他微量气体浓度增加,全球有变暖的趋势,致使中纬度干旱频率增加,这对全球的生态系统、农业、森林、水资源以及社会经济都有重大影响。我国西北正处于北半球中纬度地带,又是生态环境极其脆弱的干旱地带。这种影响对西北到底如何,不能不引起人们的普遍关注。因此,开展对我国的西北干旱环境的研究,特别是气候变化与水资源关系的研究是关系到我国经济和社会发展战略的大问题。

中国科学院在西北地区布署了一批能够从事气候与环境相互作用研究的机构,它们多年来从各自的学科角度对西北自然环境诸多方面、诸多要素的过去和现状进行了许多研究,取得了许多重要成果。如果组织起来,在各自专业更深入研究的基础上,注意综合和渗透,同时与地方的科研、教学、生产部门密切协作,有可能对上面提出的问题作出较科学的回答。

笔者认为中心的问题是研究全球性气候变化在我国西北地区的反应,进而研究它在局限的地区及局限的时间内,对以内陆河径流为中心的水资源的影响,最后研究由于气候和水资源的变化可能引起的整个生态环境的变化及其对人类经济和生活可能造成的影响,进而提出科学对策。

为此目的,需要从以下几方面进行研究:

1、首先要搞清西北内陆干旱区气候与环境变化的历史,从中找出气候变化的自然规律,为建立预测模式及寻找对策提供依据。

关于不同时间及空间尺度的古气候演变历史,在许多国家和地区已经进行和正在进行深入的研究,得到了一些被普遍接受的概念。例如,16—17世纪的小冰期,约3000年前开始的新冰期,约6000年前出现的气候最暖期和约11,000年前结束的第四纪最后一次冰期,在我国西北均有明显的反映。但其区域和时间先后的差异,气候变化的幅度和速率,特别是世纪内气候波动的规律,以及与气候变化相联系的水资源和环境变化情况远未搞清。

我国西北内陆干旱区是经济和文化发展的不发达地区,在地学和生物学研究方面无论从深度和广度方面都比我国东部地区差。但是人类活动对高山及广大荒漠地区影响的程度差,又为我们恢复自然环境的原有面貌减少了许多干扰,特别是拥有一些对气候变化的反映十分敏锐的特殊的自然景观,如冰川、高山湖泊、盐湖和黄土沉积、沙漠的进退变化以及森林、草原(和绿洲)的兴衰等,这些均为研究亚洲中部乃至全球性气候和环境的变化提供了有利条件。

冰川作为研究气候和环境变化的对象是非常适宜的。因为冰川物质平衡、雪线升降和进退变化直接地反映了不同时间尺度的气候的冷暖和干湿的变化。借助于古代冰川作用的遗迹

及现代冰川研究的成果,可以较准确的恢复古雪线的位置,进而计算出当时气温或降水的增减量。特别应该提出的是,冰川中保存着极其珍贵的、分辨率很高的连续和准确的气候与环境变化的信息。因为冰川是由积雪一层一层积累形成的。在降雪时,大气中气候和环境的主要信息被“记录”和“储存”于冰层中,这些信息很少被过滤或扰动。从这种意义上来说,冰川的冰岩芯比深海沉积岩芯更有价值。例如,冰层中保存的氧和氢的稳定同位素比率的多少与组成这些冰层的雪在大气中形成时的湿度有着简单而明确的关系。如果大气温度下降 1°C , $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ 比率对于标准海洋水中的相应比率少 0.6—1.5%, 而氘则少 5—7%。近二十多年来又发现,冰层中含有的尘埃的多少也是气候与环境变化的好的信息。由于冰中氧和氢的稳定同位素以及微粒的含量都有季节变化的规律,因此,可据此计算出每年冰川积累的多少,从而推算出高山降水量的逐年变化。在冰岩芯中还可以从孢粉、微量元素、冰的微结构的变化中提取气候与环境的信息。正因为如此,许多国家到南极冰盖和格陵兰冰盖上去打钻,提取冰岩芯,以研究全球性气候与环境的变化。一些钻孔深达 2,000 米以上,揭示了十余万年以来世界气候变化的时间序列。近十年,冰岩芯的研究从极地又转到中纬高山冰川上。1984 年,冰川冻土所与美国科学家合作,在祁连山的一个平顶冰川上开始了冰岩芯气候学的研究工作。对表层 10 米的冰岩芯初步分析表明,该冰川中所保存的气候与环境信息极为丰富和清晰,是进行冰岩芯研究的理想场所。从今年起将与有关单位合作继续进行此项研究工作,计划打透厚 150 米的冰层,预计可以得到 2000—3000 年的气候与环境变化信息的时间序列。

2、气候与环境变化的监测

由于对现代气候与环境变化监测的气象站和水文站的记录时间短,主要又分布于人类经济活动区,且布局不均匀。因此,利用高山冰川、大面积的积雪、高山湖泊、冻土和冰缘直接监测水源变化及反推近期气候变化是十分必要的。兰州冰川冻土所在天山乌鲁木齐河源头建立了冰川观测试验站,进行冰川物质平衡及水量平衡的直接的系统观测,已经断续积累了近 27 年的资料。从 1984 年起,我们又恢复了对祁连山西部“七一”冰川的半定位观测,计划与兰州高原大气所一起在青藏高原腹部建立大气、冰川、冻土的综合观测站。如果能够对天山、祁连山和青藏高原上若干交通近便、发育典型的冰川进行周期性的测量,利用卫星遥感技术对高山高原广大地区的积雪进行大面积监测,那末,我们就不难了解整个西北高寒水源区气候和水资源的变化现状。

冰川冻土所科技人员最近在兰州附近发现了多年冻土和地下冰,为我们了解我国东西接合部分气候与环境的变化提供了新的监测点。

3、地气相互作用的观测研究

大气和陆地表面之间的动量、能量和物质的交换过程是气候系统的重要过程之一。要了解环境对气候变化的响应,就要了解不同下垫面近地面水热交换体制。兰州高原大气所、冰川冻土所、沙漠所和地方有关科研、教学单位联合,准备选择河西走廊黑河流域,通过对沙漠、戈壁、绿洲和湖泊等不同下垫面的近地面层风速、温湿梯度;长、短波辐射平衡、蒸发和蒸散以及冰川、水文、土壤各种参数的综合观测实验,研究我国西部干旱半干旱地区以水汽和热量交换为中心的地—气相互作用,为干旱环境形成规律提供观测依据,同时研究区域水循环和水资源合理利用。

兰州冰川冻土所、沙漠所、青海盐湖所等还将充分利用已有的野外定位站,深入研究气

候—冰川—径流—湖泊—沙漠之间的相互作用,实行多学科协同作战,揭示大自然的奥秘。

4、在上述研究观测的基础上,进行综合分析。利用电子计算机对 300 年、3000 年前、6000 年前几个不同时间尺度的典型气候进行数字模拟,再对本世纪末、下世纪初 30 年代和 50 年代的气候、冰川、径流、沙漠化等的变化趋势进行预测。

我相信在中国科学院和地方领导的支持下,只要我们充分发挥我院多学科的综合优势,与西北各地方研究室单位奋力协作,经过 5—10 年坚持不懈的努力,是有可能在西北干旱区气候与环境变化的课题中,取得突破性的成果,为我国下世纪初经济建设的战略转移—开发祖国的大西北,作出应有的贡献。