

文章编号:1001-1498(2003)06-0739-09

我国与森林植被和水资源有关的环境问题及研究趋势

王彦辉¹, 金², 于澎涛¹

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,100091 北京;2. 中国林业科学研究院,100091 北京)

摘要:我国存在水资源数量不足和时空分布不均、水质下降、水环境恶化、旱涝灾害频繁、水土流失严重等生态环境问题;增加森林植被是解决水资源水环境问题的重要途径,我国正在进行空前大规模的林业生态环境建设,非常需要生态水文学的科学理论和技术支持。已有的森林水文学研究结果存在内容完整性和系统性差、尺度偏小、过程单一、缺乏对森林植被的水分稳定性认识、不能预测森林植被的区域水文影响等不足,还没有形成能有效指导调控林水关系和进行流域水资源管理的成熟理论和技术;未来需要加强的研究重点,包括鼓励跨部门和跨学科的交叉、森林植被的耗水特性和水分稳定性、森林水文作用的形成机理及其尺度效应和尺度转换、森林植被对区域水文影响的预测和评价、森林对水质的影响及作为重要水源保护区和流域水资源管理途径的森林植被建设技术等。

关键词:水资源;水环境;森林水文;林业生态环境建设

中图分类号:S715 **文献标识码:**A

我国面临很多严重限制社会经济可持续发展的水资源、水环境问题。森林植被和水资源、水环境之间具有复杂的相互作用,增加森林植被覆盖是保护和调节水资源的重要途径。我国已把大规模的林业生态环境建设作为解决水问题和改善水环境的重要举措。深入分析我国水资源、水环境问题的原因,准确认识森林植被与水资源、水环境的相互作用机理,对合理指导林业生态环境建设是十分必要的。

1 我国的水资源和水环境问题

1.1 水资源缺少和分布不均

我国水资源的突出特征是总量较多但人均很少^[1]。全国年均水资源总量 28 124 亿 m³,居世界第 6 位,占全球总量的 5.8%;全国年均径流深 284 mm,为世界平均值的 90.0%,世界排名第 7 位,整体属水资源较丰富的国家,但按 1997 年人口统计,人均径流量仅 2 220 m³,低于世界平均水平的 1/4,约相当于美国水平的 1/6,世界排名第 121 位,为严重缺水国家。预计 2030 年全国人口达到 16 亿时,人均水资源量将降到 1 760 m³。

收稿日期:2002-11-26

基金项目:本文受科技部公益性研究专项“林业生态工程的水资源调节影响监测研究(2001-82)”,北京市自然科学基金重点项目“官厅库区土壤水分承载力及植被恢复机理研究(6011003)”,国家自然科学基金重点项目“半干旱地区森林与水资源的相互影响及合理调控机理(30230290)”,国家重点基础研究发展规划项目课题“森林植被对坡面水文过程与水量转化的调节机理(2002CB111501)”,十五攻关课题“黄河上游黄土高原水源涵养型植被建设技术研究示范”联合资助

作者简介:王彦辉(1957—),河北安平人,博士,研究员。

我国的水资源南多北少,时间分布不均^[1]。长江流域及其以南地区国土面积占36.5%,水资源量却占81%;淮河流域及其以北地区分别为63.5%和19.0%;西北内陆河地区分别为35.3%和4.6%。南方片人均水资源3 353 m³以上,而北方片仅1 127 m³。水资源年际变化很大,长江以南中等河流的最大和最小年径流量比值在5以下,北方河流多在10以上,常出现丰、平、枯水年交替出现及连续数年枯水现象,造成水资源调节利用困难。大部分地区年内连续4个月的降水量和径流量共占全年总量的60%~70%以上,约2/3的水资源是洪水径流,北方河流的春季径流减少或断流,常造成用水困难。

随着工农业生产的发展,我国用水总量不断增长,从1949年的1 000亿m³左右增加到1997年的5 600亿m³左右,人均年用水量从1949年的187 m³增长到1980年及以后的450 m³左右。水资源供需失衡使城市与工业用水挤占农业用水,而生产和生活用水又挤占生态用水,导致河道断流、湖泊萎缩、污染加重、荒漠化加剧等生态环境问题。我国的水资源严重不足,已经明显导致了生产、生活、生态方面的损失,如全国每年因缺水损失工业产值2 000亿元;6 000万农村人口和数千万头牲畜缺乏饮用水;全国666个城市中有400多个供水不足,年缺水量约60亿m³,作为首都的北京人均水量不足300 m³,远低于国际公认的人均1 000 m³缺水标准下限,是严重缺水的大城市。

1.2 水质下降和水环境恶化

我国的水体污染和水环境退化越来越严重,水质恶化导致可用水量不断减少。1980年全国排放污水310亿t,1996年420亿t,2000年上升到620亿t,近80%的污水未经处理直接排入水体。面源污染日益成为水质下降的重要原因。大多数水系和湖泊遭受中度以上污染,地下水污染面已达50%。在1999年监测评价的11.36万km河长中,Ⅰ、Ⅱ类水分别仅占5.5%和24.5%,Ⅲ类水占32.4%、Ⅳ、Ⅴ类水分别占12.6%、7.8%,劣Ⅴ类水达到17.2%。在1999年重点评价的24个湖泊中,水质达到Ⅰ类以上标准的湖泊仅有10个,5个湖泊部分水体受到污染,9个湖泊水污染严重。水污染使大量城乡居民饮水安全受到严重威胁,进一步加剧了水资源短缺,对人民健康产生严重危害,造成了工农业生产的严重损失。

20世纪80年代以来,化肥和农药的施用量逐年线性增加,导致了日益严重的面源污染^[2]。据统计,全国1980年农田化肥施用量1 269.4万t,1985、1990、1995年分别上升到1 775.8、2 590.3、3 593.7万t。其中大部分为尿素和碳铵等氮肥,由于超量施用和各种因素作用,约有1/3以上通过挥发、转化、淋溶、田间排水和地表径流等途径损失掉,南方水田损失率为30%~70%(平均约40%),南方旱地损失率33.3%~73.6%(平均60%),其中土壤淋溶损失约为10.0%,排水和地表径流损失约为15.0%。我国农药施用量在1991、1992、1993、1994年分别为76.09、79.49、84.90、97.86万t,相应的单位面积施用量分别为7.96、8.33、8.93、10.31 kg·hm⁻²·a⁻¹。大量化肥和农药随径流和土壤流失进入水体,造成水质下降和富营养化,势必对人类身体健康产生较大的影响和威胁。

20世纪80年代以来,随着空气污染迅速增加,我国酸沉降及其危害问题日益严重,酸雨区已占全国面积的30%~40%,成为世界第三大酸雨区,且出现了年均降水pH值低于4.0的大范围强酸雨区^[3]。土壤严重酸化和污染导致其净化水质能力下降,甚至成为污染源,污染水体降低水质^[4]也危及森林植被的稳定性,造成森林受害^[5、6],这是目前还没有被充分重视的重大生态环境问题。

为了弥补地表水资源的不足,一些地方大量抽取地下水。全国年均超采地下水 74 亿 m^3 ,超采区共有 164 片,面积共 18.2 万 km^2 。地下水超采造成沿海地区海水入侵、多个城市地面沉降、西北内陆荒漠化及沙化面积扩大,严重影响到水资源利用和社会经济发展的可持续性。

1.3 旱涝灾害频繁

频繁的旱灾一直严重制约着我国农业和社会经济的可持续发展,在过去 2 200 a 间,较大旱灾平均约 2 年 1 次^[7]。20 世纪 70 年代以后,北方河流断流日益严重,黄河也从 1972 年开始断流。全国常年农业缺水 300 亿 m^3 ,受旱农田从 20 世纪 70 年代的 1 133 万 hm^2 增加到 90 年代的 2 666 万 hm^2 ,1997 年全国受旱农田 3 333 万 hm^2 ,减产粮食 5 700 万 t。另外,还有 5 333 万 hm^2 旱地和 9 333 万 hm^2 缺水草场。

我国洪涝灾害频繁,每年都出现不同程度地洪涝灾害,导致重大生命财产损失。在过去 2 200 a 间,较大水灾平均约 2 年 1 次。新中国成立以后,虽然建设了大量水利工程,使抵抗水灾的能力大幅度提高,但水灾仍频繁发生,长江流域水灾频率甚至有所增加,如 2 200 a 来长江流域 9 次特大洪水依次发生年份为 1153 年、1788 年、1860 年、1870 年、1931 年、1935 年、1954 年、1996 年、1998 年,其中 5 次集中在 20 世纪,且间隔时间越来越短。1951—1990 年,我国年均受涝农田 842.5 万 hm^2 ,严重受灾年份在 1 300 万 hm^2 以上。在 1998 年,全国有 29 个省(区、市)遭受了不同程度的洪涝灾害,受灾人口 2.23 亿人,农作物受灾面积 2 544 万 hm^2 ,死亡 3 656 人,倒塌房屋 733 万间,损害房屋 1 379 万间,造成 2 642 亿元的巨大直接经济损失。

1.4 水土流失严重

森林破坏和植被缺少引起严重的水土流失,全国水土流失面积 367 万 km^2 ,占国土面积的 38.2%,而且仍不断增加。全国年流失土壤 50 亿 t ^[18],相当于全国耕地刮去 1 cm 厚的表土,造成土壤有机质和养分的大量流失。水土流失一方面导致土壤肥力下降,在土层浅薄的山区形成石漠化,直接丧失了农林业可持续发展的土壤基础,并加剧了土壤干旱;因增加暴雨径流和造成水体和河道淤积而加重洪涝灾害,如 1998 年长江流域中流量、高水位、大灾害洪水的主要原因就是森林植被的破坏。

2 森林植被的水文影响

2.1 植被覆盖层的作用

我国进行了很多卓有成效的森林水文学研究,表明森林植被具有涵养水源、调节径流、改善水质、保护土壤和水环境的巨大水文作用。

冠层截持作用表现为截留部分降水、对林地降水进行时空再分配、改变降水侵蚀特性^[9]。冠层截留和蒸腾加大了冠层的蒸散输出,但通过覆盖地表也减少了土壤蒸发^[10,11]。就全国而言,森林生态系统的年降水截留率为 10%~34%,年截留量为 10~630 mm ^[12]。干流占降水量的比例一般不超过 8%;乔木冠层削减降雨的侵蚀动能一般很难超过 50%,在低强度长历时降雨的情况下甚至有时反而增加降雨动能,降水侵蚀能量的削减主要靠地表覆盖^[9,13]。森林加大蒸散的作用,使干旱、半干旱地区,甚至是一些半湿润地区,在过分造林后出现林地土壤干层现象,土壤水分消耗难以得到补偿,影响径流水资源生产和森林植被的水分稳定性^[11,14~16]。

地被物层具有保护土壤和涵养水源的直接、独特、主体作用^[9,17],表现为拦截和截留降水、减少土壤蒸发、过滤泥沙、减缓径流速度^[18]、降低侵蚀能量、保护地表不被雨滴打击从而避免

形成土壤结皮层,并通过维持和增加土壤入渗而减少地表径流^[19]、消减暴雨径流洪峰。枯落物最大截持水量可达本身质量的2~4倍,折合成0.7~7.8 mm的水层^[12,20]。陕西宜川的山杨(*Populus davidiana* Dode)次生林枯落物年截留降水90 mm,占对应年份降水量477.4 mm的18.9%^[21]。地被物截留减少了净降水量,不利于形成径流水资源。平均而言,凋落物覆盖的林下土壤蒸发量减少了34%,凋落物和林冠层共同覆盖时可减少68%^[12]。一般而言,地表覆盖度达到60%~70%以上时,才能有效降低土壤侵蚀^[22,23];为防止雨滴溅蚀和阻缓径流速度,枯落物层厚度应在0.5 cm以上;为提高抗冲能力,枯落物层厚度应为2~3 cm以上;为抑制土壤蒸发,枯落物层厚度应为1~2 cm以上^[11]。合理营造和管护森林,使其枯落物层维持在2 cm以上的厚度,并尽可能完全覆盖地表,是生态环境保护对森林经营的需求。

2.2 森林土壤层的作用

森林土壤具有较高的入渗能力和持水能力,根系层是森林发挥水文功能的主体。一般来说,林地土壤的孔隙度和入渗能力大于草地,阔叶林大于针叶林^[24,25]。平均而言,我国热带亚热带阔叶林的土壤总孔隙度为59.6%~78.7%,针叶林为54.4%~56.6%,草地为38.8%;在温带和寒温带,森林土壤总孔隙度为44.7%~56.5%,草地为43.3%^[12]。在黄土高原,农田的前30 min累计入渗量为100%时,荒草地为112%,刺槐林地为156%,油松林地为172%,灌木林地为467%;不同植被的100 cm土层的平均土壤饱和导水率差别很大,油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)刺槐(*Robinia pseudocacia* L.)混交林、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)纯林、虎榛子(*Ostryopsis davidiana* Decne.)纯林、刺槐纯林、油松纯林、荒草地分别为0.62、0.55、0.51、0.42、0.30、0.20 mm·min⁻¹^[11]。

2.3 森林对径流的影响

森林对流域径流总量的增减作用受多个水文过程和环境条件的综合影响,不同条件会导致不同结果,国内外的研究都是如此^[26-33],总的趋势是在湿润或高寒地区能增加流域径流总量,但影响并不是很大,在干旱、半干旱及干旱的半湿润地区则相反。大兴安岭森林火灾之后流域的径流总量增加,从另外一个侧面也说明了森林的增加可能会减少低降水量地区的径流^[34]。森林的水文效应主要取决于森林的质量,森林覆盖率并不是最完美的指标^[35]。森林对径流的作用主要不在于能否增加径流总量,而更在于对径流的调节^[36]。森林覆盖会程度不同地使产流方式从偏重于超渗产流转向偏重超蓄产流,并减少地面径流,增加壤中流和地下径流。在具有春季融雪汛期的东北林区,森林覆盖的增加能加大4月份的融雪径流量,有利于农业抗旱^[37]。在江西分宜年降水量为1593.3 mm的条件下,毛竹(*Bambusa heterocycla* Carr.)林小流域年径流系数为54.8%,但由直接径流和表面径流组成的快速径流系数仅为0.8%,上层壤中流系数为15%,由深层壤中流和地下径流组成的慢速径流系数为39%^[38]。森林使洪峰出现时间推迟和峰值减小及枯水流量增加,但森林削减洪峰的作用随流域面积增大而逐渐减弱。在南方,森林对10 km²以下的小流域的洪峰能削减50%以上;在黄土高原,森林流域的洪水历时比缺少植被的黄土丘陵沟壑区延长2~6倍以上,洪峰削减在90%以上^[39]。

2.4 森林对土壤侵蚀的影响

森林植被能够显著减少地表径流和土壤侵蚀,其中尤其重要的和起直接作用的是植被或枯落物对地表的覆盖^[22,31,40]。在海南岛,耕垦地的地表径流和土壤流失分别是林地的26倍和590倍;在云南,坡地农田的地表径流量和土壤流失量分别是林地的24.8倍和1302倍;在内

蒙古大青山,荒坡的地表径流量和土壤流失量分别是林地的48倍和852倍;在黄土高原,裸露地的土壤流失量是油松刺槐混交林和沙棘林地的24倍和69倍;森林覆盖率为30%的流域输沙量比无林流域减少60%;在岷江上游,原始森林的采伐导致河流年均含沙量增加1~3倍;在秦岭,森林覆盖率分别为75%、73%、67%、50%、44%、37%、35%、34%的胥水河、黑河、酉水河、洵河、南洛河、坝河、嘉陵江、丹江,对应的流域多年平均年土壤侵蚀模数分别为120、165、153、250、545、1 420、1 680、951 t km⁻²。一般认为,地表覆盖度为60%~70%时,才能产生稳定的防止土壤侵蚀的效益^[22,40]。

2.5 森林的水质调节作用

水质调节作用是森林水文功能的一个重要方面。水分在经过森林生态系统内的传输和转化过程之后,通过不同作用层的过滤、吸附、交换、吸收、降解等作用,水质明显改善^[42~46]。一般来说,林区水质比较优良,污染物和元素含量低,细菌含量也很少,除林区污染源少以外,与森林生态系统的水质净化作用关系很大。农田的面源污染是影响水质的主要因素,如果有适当宽度的林带保护,其过滤作用会减轻或避免大量施用化肥和农药造成的水质污染,但另外一个方面,森林在拦截吸纳污染物的同时也增加了森林土壤的污染物输入量,如酸沉降区森林的酸沉降量可比无林地高出一倍。森林土壤的缓冲能力是有限的,当森林土壤过度酸化和过度污染时,可能反过来变成污染源,因此,不容忽视区域环境背景的恶化及酸沉降对林区水质的影响^[47]。总的来说,我国对森林土壤净化水质的作用机理和最大负荷的研究还很少,如何恢复和保持森林土壤净化水质能力的研究也很缺乏,需要加强。

3 我国的森林植被水文作用研究的不足

在认识到增加森林植被是保护水资源和改善水环境的重要措施以后,近年来我国政府显著加强了对森林植被建设的支持力度,启动了天然林保护和退耕还林等林业生态环境建设工程,开创了前所未有的大规模林业生态环境建设的历史阶段。为了正确制定林业生态环境建设规划、正确选择森林植被建设的具体技术、准确预测森林植被建设的水资源水环境影响,我国比以往任何时候都需要加强对林水关系的机理性研究,从而为林业生态环境建设提供可靠的科学理论和技术支持。

我国过去进行过很多森林植被水文作用的研究,取得了不少研究成果,但面对大规模的林业生态环境建设,以往的研究成果显得严重不足并存在很多学术争议^[24,48,49],突出表现为:

(1) 研究内容上存在部门或行业的人为分割,缺少彼此之间的合作和交流,忽略了水资源和森林资源服务功能的整体性。如水资源研究中较少注重坡面尺度上森林植被有关特征以及森林植被建设的水文作用;进行林业研究时较少注重森林对大流域或区域的水文和水资源的影响。

(2) 森林水文研究的尺度偏小。限于研究条件,过去有关研究多限于林分尺度,使得对森林植被水文功能的认识有很大局限。即使那些小流域的森林水文研究,由于缺乏对不同尺度间生态水文过程关系的机理性认识,有关研究也只能是对观测结果进行定性或半定量的描述。对林分尺度的水文循环过程与相邻尺度水文过程的关联的机制性认识还存在很大差距

(3) 有关研究多注重单一过程或单一过程类型,缺少不同过程间的相互关联研究。水分在大气降水、土壤水、地表水、地下水、植物水这五大“水库”之间的转换,构成了一个复杂的水文

循环系统。系统内有很多相对独立但又紧密相连的生态过程和水文过程,如植物生长和更新过程、地表覆盖变化过程、植物根系和土壤生物改变土壤物理性质的过程、蒸发蒸腾过程、坡面入渗和产流过程、沟道汇流过程、元素循环过程等,对某些过程的简化和忽略,必然导致对森林植被水文功能认识的片面性。

(4)对森林植被的水分限制性和水分稳定性认识不足。在干旱半干旱地区,水分亏缺经常是限制森林植被的成活、生长、更新、效益的关键,然而由于过去专业角度的限制,对不同类型森林植被的水分限制性和水分稳定性的研究和认识还存在严重不足,无法指导进行真正意义上的森林植被生态系统或流域的水管理。

(5)尚不能预测大规模林业生态环境建设对区域尺度的降水和径流水资源及水环境的影响。林业生态环境建设的根本目的就是改善生态环境,其中涵养水源、保持水土、调节气候是最主要的目的。在很多情况下,不同目的之间可能具有矛盾,因此改善生态环境应是一个多目标的优化。要从多个指标来定量评价和预测森林植被建设的区域水文功能,牵涉的影响因素和过程太多,事实上不可能完全通过实际试验和观测来完成,只能在深入研究森林植被参与和影响水文循环的机制性研究的基础上,通过机理性模型的过程模拟来完成。

(6)缺乏进行森林植被生态系统和流域水管理以及合理确定森林植被建设生态用水的理论基础。在广大的水资源缺乏地区,不论是对于进行林业生态环境建设还是对于充分发挥水资源的多种效益来说,都需要进行科学、准确和严格的水管理。近年来,“生态用水”格外受到关注。然而,怎样合理确定森林植被建设生态用水?怎样在综合考虑多方面要求的基础上进行水资源管理?都还缺乏坚实的理论基础和相关技术。

4 森林水文学研究未来需要加强的重点

森林植被与水资源水环境之间存在极为复杂的相互关系,一方面水资源的数量及其时空分布在很大程度上决定了森林植被的种类、数量、分布等特征;另一方面森林植被的有关特征又在不同程度上影响着不同尺度的水文循环和水质。要合理地进行森林植被建设和管理、实现水资源水环境的优化保护利用,就需要从多部门、多尺度、多专业、多过程、多指标的角度全面而深入地了解森林植被与水资源水环境的相互关系。加强能把时空动态、生态格局、系统结构、水文过程、过程耦合的有机关联起来的机理性研究^[41,50],是满足国家生态环境建设和促进发展生态水文学新兴学科的要求^[26,51]。下面提出了一些未来需要加强的林水关系研究重点方面的建议,供有关部门和人员参考。

(1)加强对学科交叉性很强的林水关系研究的支持,包括建立多部门联合的研究中心,统一制定跨部门、跨专业的国家长期研究计划;建立研究站点网络,制定统一的研究方法,增强研究结果和监测数据的可比性;设立研究专项,提高研究经费,改善研究手段;增强学术交流,实现数据共享,促进学科交叉。

(2)增强对森林植被的耗水特征与水分稳定性的研究,包括坡面土壤水分承载力的不同时空尺度变化规律,不同植物的个体水分传输机理和途径及水分生理生态阈值,森林植被水分消耗与系统结构特征和环境条件的关系,分别考虑生长和经济效益及生态效益的植物水分利用效率,土壤、植被、大气之间的水分传输关系和水量平衡,土壤水分承载力与森林植被的空间分布规划和恢复的可能性,森林植被的水分稳定性和调控原理及其监测评价。

(3) 加深对森林水文作用形成机理的认识,包括研究森林植被生态系统内的水文过程特征,森林植被生态系统内的生态过程,有关系统结构特征的时空变化规律和环境驱动的生长模型,森林植被生态系统的结构特征对水文过程的影响机理和程度,森林植被生态系统的生态过程和水文过程的耦合与生态水文过程的仿真模拟,不同地区以涵养水源、控制侵蚀为主要目标的森林植被建设优化结构及管理模式。

(4) 促进研究森林植被水文作用的尺度效应和尺度转换,包括水文循环和水文过程研究的尺度等级划分,不同尺度的主要水文过程和影响因素及森林植被的参与程度,不同尺度的主要生态水文过程的机理模型,生态水文过程和森林植被水文效益的尺度转换,大规模森林植被建设的水文影响预测和评价的理论与技术。鉴于森林流域或区域内水文因素时空分布的高度差异性,认为分布式流域水文模型是实现水文影响研究尺度转换的有效技术途径,正日益成为 21 世纪森林水文学研究的热点和重点^[52~54],它的发展和完善将有望克服流域和大区域的森林水文效益预测和评价中的尺度技术难题^[55]。

(5) 加强研究森林植被对区域降水、径流水资源、水文过程的影响,包括典型地区降水时空分布特征的大气环流背景,典型林区的成云致雨机理和不同类型降水的水汽来源,森林植被参与和影响区域降水和径流水资源形成的途径和程度,湿润地区森林植被建设的区域降水、径流水资源、水文过程影响,干旱半干旱地区森林植被的区域降水、径流水资源、水文过程影响。

(6) 对森林的水质影响及酸沉降地区的森林流域水质变化研究这些薄弱环节应给予重视和专门支持,包括森林生态系统内的污染物传输、转化、吸收、降解、驻留等过程,森林植被生态系统不同组分的水质净化作用机理,森林植被生态系统承受污染的能力及其动态变化,污染对森林植被的健康影响,森林植被净化水质功能的维持和恢复,典型污染区森林植被建设的特殊要求和技术。

(7) 有针对性地开始对典型和重要水源保护区的森林植被建设和管理进行研究,包括重要水源区保护规划技术、水资源和水环境监测与评价技术、森林植被建设和管理技术;北方缺水地区重要城市和南水北调工程水源区的保护和森林植被建设。

(8) 研究和发 展流域水资源管理的森林植被途径,包括流域水资源的多种效益及其形成机制和评价,森林植被建设和有关人为活动对流域水资源综合效益的影响与评价,流域水资源管理的理论基础和森林植被调控途径,不同类型地区森林植被建设生态用水的合理确定。

(9) 加强森林植被水文效应研究与全球变化水文效应研究的机理性结合,即以区域或大流域为研究对象,连结不同尺度的生态和水文过程,把全球变化影响的尺度下推研究与森林水文或生态水文影响的尺度的上推研究有机地结合起来,预测和评价全球变化与森林植被建设对区域或大流域的水资源和水文态势的影响。

为了深刻地认识森林植被与水资源水环境之间极为复杂的相互作用关系机理,为了给水资源全面管理和大规模林业生态环境建设提供科学理论和技术支撑,必须进行多部门、多学科、多尺度、多过程、多指标的联合研究,这是属于全局性和基础性的国家重大科技需求。在全球水资源危机不断加剧的背景下,加强林水关系的相互作用机理研究,发展生态水文学新兴学科,是林业学科和水文学科在 21 世纪必须共同承担起来的历史任务。

参考文献:

- [1] 刘昌明,何希吾,等.中国 21 世纪水问题方略[M].北京:科学出版社,1998
- [2] 李勇,靳伟,安琼,等.我国东南丘陵区化肥和农药污染状况分析[J].农村生态环境,1998,14(1):24~30
- [3] 王文兴,丁国安.中国降水酸度和离子浓度的时空分布[J].环境科学研究,1997(2):1~7
- [4] 冯新斌,洪业汤.酸沉降对人类的威胁之一:引起湖泊体系鱼体汞污染[J].地质地球化学,1996(5):50~53
- [5] 马连祥,周定国,徐魁梧,等.酸雨对树木生长和木材材性的影响[J].世界林业研究,2000,13(1):27~31
- [6] 朱立民,冯宗炜.江苏省森林受酸沉降影响造成的经济损失研究[J].农村生态环境,1997,13(1):1~4,8
- [7] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组.中国重大自然灾害及减灾对策(分论)[M].北京:科学出版社,1993
- [8] 沈国舫,王礼先.中国生态环境建设与水资源保护利用[M].北京:中国水利电力出版社,2001
- [9] 刘向东,吴钦孝,赵鸿雁.森林植被垂直截留作用与水土保持[J].水土保持研究,1994,1(3):8~13
- [10] 王正非,朱廷曜,朱劲伟,等.森林气象学[M].北京:中国林业出版社,1985
- [11] 孙立达,朱金兆.水土保持林体系综合效益研究与评价[M].北京:中国科学技术出版社,1995
- [12] 刘世荣,温远光,王兵,等.中国森林生态系统水文生态功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996
- [13] 王彦辉.几个树种的林冠降雨特征[J].林业科学,2001,37(4):2~9
- [14] 王孟本,李洪建,柴宝峰.极端降水条件对林地水分循环的影响[J].水土保持学报,1996,2(3):83~87,92
- [15] 王力,邵明安,侯庆春.土壤干层量化指标初探[J].水土保持学报,2000,14(4):87~90
- [16] 穆兴民,徐学选,王文龙,等.黄土高原人工林对区域深层土壤水环境的影响[J].土壤学报,2003,40(2):210~217
- [17] 吴钦孝,赵鸿雁.植被保持水土的基本规律和总结[J].水土保持学报,2001,15(4):13~15,19
- [18] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002,24(5/6):30~34
- [19] 王全九,沈冰,王文焰,等.降雨动能对溶质径流过程影响的实验研究[J].西北水资源与水工程,1998,9(1):17~21
- [20] 王治国,张云龙,刘徐师,等.林业生态工程学——林草植被建设的理论与实践[M].北京:中国林业出版社,2000
- [21] 吴钦孝,刘向东,苏宁虎,等.山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用[J].水土保持学报,1992(1):71~76
- [22] 王彦辉.陇东黄土地区刺槐林水土保持效益的定量研究[J].北京林业大学学报,1986,8(1):35~52
- [23] 张光辉,梁一民.植被盖度对水土保持功效影响的研究综述[J].水土保持研究,1996,3(2):104~110
- [24] 吴长文,王礼先.林地土壤孔隙的储水性能分析[J].水土保持研究,1995,2(1):76~79
- [25] 陈丽华,余新晓.晋西黄土地区水土保持林地土壤入渗性能的研究[J].北京林业大学学报,1995,17(1):42~47
- [26] 周晓峰,赵惠勋,孙慧珍.正确评价森林水文效应[J].自然资源学报,2001,16(5):420~426
- [27] 陈祖铭,任守贤.岷江上游森林对紫坪铺工程与都江堰灌区的影响[J].四川大学学报(工程科学版),1995(3):1~14
- [28] 周梅.森林对河川径流影响研究综述[J].内蒙古林学院学报,1995,17(4):9~17
- [29] 杨海军,孙立达,余新晓.晋西黄土区森林流域水量平衡研究[J].水土保持通报,1994,14(2):26~31
- [30] 穆兴民,徐学选,王文龙.黄土高原沟壑区小流域水土流失治理对径流的效应[J].干旱区资源与环境,1998,12(4):119~126
- [31] 史玉虎,袁克侃.鄂西三峡库区森林变化对河川径流泥沙的影响[J].北京林业大学学报,1998,20(6):54~58
- [32] 田大伦,项文化,康文星.湖南第 2 代杉木幼林的水文学过程及养分动态研究[J].林业科学,2001,37(3):65~71
- [33] 张庆费,周晓峰.黑龙江省汤旺河和呼兰河流域森林对河川年径流量的影响[J].植物资源与环境,1999,8(1):22~27
- [34] 蔡体久,周晓峰,杨文化.大兴安岭森林火灾对河川径流的影响[J].林业科学,1995,31(5):403~407
- [35] 张庆费,周晓峰,王传宽.小兴安岭西南部森林对洪水径流的影响[J].生态学杂志,1995,14(4):10~14
- [36] 王金叶,常宗强,金博文,等.祁连山山地森林消洪补枯作用及功能分析[J].西北林学院学报,2001,16(增):46~50
- [37] 张庆费,周晓峰,蔡体久.黑龙江省中部地区森林对融雪径流的影响[J].植物资源与环境,1994,3(3):36~40
- [38] 王彦辉,刘永敏. Hydrological characteristics of a *Moso*-bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest in South China[J]. Hydrological Processes, 1995,9:797~808
- [39] 刘昌明,等.森林拦蓄洪水的作用——以黄土高原林区为例[A].见:潘维侑.全国森林水文学学术讨论会文集[C].北京:测绘出版社,1989
- [40] 陈廉杰.森林类型与水土流失关系探讨[J].贵州林业科技,1994,22(1):53~57

- [41] 张洪江,王礼先. 坡面林地土壤流失系统动力学模型研究[J]. 北京林业大学学报,1996,18(4):43~49
- [42] 陈步峰,林明献,邱坚锐,等. 热带山地雨林生态系统对降水水质的影响[J]. 林业科学研究,1999,12(4):333~338
- [43] 李凌浩,林鹏,何建源,等. 森林降水化学研究综述[J]. 水土保持学报,1994,8(1):84~96
- [44] 卢琦,李清河. 美国森林的水文效应[J]. 世界林业研究,2002,15(3):54~60
- [45] 刘煌章,田大伦,周志华. 杉木生态系统净化水质功能的研究[J]. 林业科学,1995,31(3):193~199
- [46] 周金星,彭镇华,李世东. 森林生态工程建设对水资源的影响[J]. 世界林业研究,2002,15(6):54~60
- [47] 欧阳学军,周国逸,黄忠良,等. 鼎湖山森林地表水水质状况分析[J]. 生态学报,2002,22(9):1373~1379
- [48] 程根伟,钟祥浩,何毓成. 森林水文研究中的悖论及最新认识[J]. 大自然探索,1996,15(2):81~85
- [49] 赵玉涛,张志强,余新晓. 森林流域界面水分传输规律研究述评[J]. 水土保持学报,2002,16(1):92~95
- [50] 张志强,王礼先,余新晓,等. 森林植被影响径流形成机制研究进展[J]. 自然资源学报,2001,16(1):79~84
- [51] 于澎涛. 分布式水文模型在森林水文学中的应用[J]. 林业科学研究,2000,13(4):431~438
- [52] Swanson R H. Forest hydrology issues for the 21st century:A consultant's viewpoint[J]. Journal of the American Water Resources Association,1998,34(4):755~764
- [53] 于澎涛,徐德应,王彦辉. 应用官司河分布式水文模型模拟流域降雨—径流过程[J]. 林业科学,2003,39(1):1~9
- [54] 王秀英,曹文洪,付玲燕,等. 分布式流域产流数学模型的研究[J]. 水土保持学报,2001,15(3):38~40,80
- [55] Bronstert A. Capabilities and limitations of detailed hillslope hydrological modeling[J]. Hydrological Processes,1999,13:21~48

The Environment Problems Related with Forest/Vegetation and Water Resources in China and Future Research Requirements

WANG Yanhui¹, JIN Min², YU Pengtao¹

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The water problems in China are serious, which limit the sustainable development of society and economy, such as the shortage of water resources, the uneven spatio-temporal distribution of water resources, water quality deterioration, water environment worsening, frequent drought and flood disasters, severe soil and water loss. Increasing the forest/vegetation coverage is an important approach for solving the water problems. Several large-scale ecological forestry programs are being carried out in China, and both theoretical and technical supports for the programs are urgently needed. However, the existing forest hydrological research results are not yet sufficient. The research contents are not enough integrated and systematic, the research scale is too small, the studied processes are in separate, there is a lack of knowledge about the water-stability of forest/vegetation, the regional forest hydrological influence can not be accurately predicted. The theory and technology to guide the regulation of forest-water relation and the watershed management are not yet fully developed. Therefore, the key points to be strengthened in future's research are suggested: encouraging the multi-section and multi-subject researches, the water consumption and water-stability of forest/vegetation, the mechanism and scale-effect of forest hydrological influences and their scale transformation, the prediction and evaluation of regional forest hydrological influences, the effect on water quality by forest/vegetation, the techniques of vegetation restoration/management as protection approach of water conservation district and watershed.

Key Words: water resources; water environment; forest hydrology; ecological forestry construction