

# 水文学科发展与思考

夏 军

(武汉水利电力大学水利水电学院,武汉 430072)

**[摘 要]** 概述了国际水文科学的研究与进展,对中国水文学科发展的体系等问题提出了几点认识和建议。

**[关键词]** 水文科学,体系,发展与展望

水文学是地球科学的一个重要分支,它是一门研究地球上水的起源、存在、分布、循环和运动等变化规律,并运用这些规律为人类服务的知识体系<sup>[1-6]</sup>。国际水文科学协会(IAHS)设立9个委员会,涉及到地表水、地下水、陆地侵蚀与泥沙、冰雪、水质、水资源系统、水文遥感及资料传输、大气-土壤-植被关系和水文示踪等各个分支,说明了水文科学主要研究的领域与应用的方面。但是,水文现象具有复杂性,不仅表现为它在时间尺度和时间方向上的不可逆(不重复性),而且体现为空间上的变异性。水文学需要在生产实际需求推动下,得到新的认识和发展。

## 1 水文科学的发展与体系

在过去的几十年里,国际水文学科的发展十分活跃。80年代以后,联合国教科文组织(UNESCO)、国际科学联盟理事会(ICSU)、国际水文学协会(IAHS)和世界气象组织(WMO)等实施了一系列国际水科学计划,如国际水文10年(IHD)、国际水文计划(IHP)、世界气候研究计划(WCRP)、全球能量和水循环试验项目(GEWEX)、国际地圈生物圈计划(IGBP)等<sup>[1-16]</sup>。

国际地球物理学联合大会(IUGG)是国际地学界每4年1次的盛会。会上各国提交有关水文学进展的国家报告,并对水文学发展方向进行评述,这些报告基本反映了当代国际水文学进展的前沿问题<sup>[7,17]</sup>。

1991年,走在国际水文学研究前列的美国提交

了1987—1990年的水文学国家报告,此次主题是“水文学研究的进展与机遇”。该报告以较大的篇幅,从全球尺度水文学、流域水文学、地表水动力学、雪冰研究、非饱和层的水流与传输、地下水系统、破碎岩石层水流与传输、非均匀有孔介质传输的分层方法,以及表层水文学的物理量测等9个方面进行了综述,指出了水文学面临的新的挑战和机遇。报告指出,国际水文学者们得到的共识是,在水文学研究及其许多领域应用的未来发展中,要求更多的交叉学科方法,而且这种交叉的边缘愈来愈分不清了。因此,需要积极鼓励新思想、新方法论的开拓,以适应新的发展形势。

同年,美国国家研究院水科学局出版了《水文学的机遇》专著<sup>[18]</sup>。它是1988年美国设立水文学机遇委员会以来的工作总结。通过分析,该书得到的结论是:“水文学是一门资料贫乏或不完全的学科”,因此,需要长期努力不懈地收集各种资料信息,并需要采用一些假设和交叉学科的研究方法。在该书中,美国水文科学机遇委员会列举了若干他们认为当前水文学中亟待解决的问题,亦即要抓住机遇的问题。例如,在自然界存在很大非均匀性情况下,采用什么方法论可以把处于不同空间和时间尺度上的水文过程的动态特征集合起来?从水分状态的平衡和稳定以及从植物的类型中能学到什么?“混沌学”的特性是否可能?水文的确定性和随机性模型之间怎样能建立起必要的联系和桥梁?等等。从该书提出的尖锐问题看,尽管没有直接涉及到水文系统方法的讨论,但指出了水文学是一门资料信息不完全

或贫信息的科学,这个难题需要对水文学新的方法论的思索。

1993年7月国际气象及大气物理科学协会和国际水文学科学协会联合,共同研讨了当今面临的全球环境问题,特别是全球能量与水循环,陆面和大气之间的相互作用关系,气候变化,水资源和环境污染问题,以及在全球环境中占十分重要地位的自然灾害问题等<sup>[12]</sup>。在该次联合大会举行的水文学前沿问题5个专题讨论会中,有2个专题探讨水文学方法论。一个是“水文地貌学的概念与方法论”,它作为地理学的一个重要方面,阐述地貌学及 Horton 地貌律在研究水文动力学过程中的重要作用。另一个是“水文学中非线性、分形和混沌”。该专题从新兴发展的交叉学科,采用系统论、非线性理论探索和解释水文现象复杂性的机制和原因。

90年代以后,可持续发展的观念被广泛接受,并成为各国政府21世纪行动纲领的重要承诺。可持续水的管理及其水文学基础也成为国际水科学研究的热点之一。可持续水资源系统管理(Management of Sustainable Water Resources System)是指在国家和地方水的政策制定,水资源的规划开发和管理中,寻求经济发展、环境保护和人类社会福利之间的最佳联系与协调<sup>[9,16,19]</sup>。1996年,联合国教科文组织国际水文计划工作组将可持续水资源管理定义为“支撑从现在到未来社会及其福利而不破坏它们赖以生存的水文循环和生态系统完整性的水的管理与使用”<sup>[19]</sup>。简言之,它是“使未来遗憾可能性达最小化的管理决策”。从目前的国际学术讨论看,可持续水资源管理有3个基本目标,它们是环境的完整性(Environmental integrity)、经济效率(Economic efficiency)和衡平(Equity)。这里所说的可持续的水资源系统管理,除了考虑水量的变化分配管理外还要求考虑水质水环境问题,亦即水量水质并重,具有环境的完整性;要求水资源的利用从长远的观点看有最佳经济效率;为了处理好追求经济效益与环境保护之间的矛盾,要求水资源可持续发展,衡平便成为一个重要的目标。实现这些目标的挑战是时间,即要考虑水资源系统未来长期变化的影响和需求。这给水文水资源的不确定性问题研究提出更高的要求。

20世纪90年代后期,国际水文科协(IAHS)召开了一系列直接与可持续水资源管理联系的水文学基础研究和应用研究学术研讨会。例如,国际上探讨提出“水文水资源中新的不确定性概念”包括水文

变化的随机性、概念划分非唯一的模糊性和信息不完全的“灰色”系统等。在“变化世界中的水资源规划”专题中,强调了水资源开发中“风险”问题的不确定性、定量描述和水文学研究与水资源管理在可持续发展研究的内在联系。1999年7月,在英国召开了20世纪最后一次国际地球物理学联合大会(IUGG)。在国际水文学协会举办的一系列专题讨论中,交流了3个方面水文科学新的进展与展望<sup>[17]</sup>。

(1)水文信息的支持,主要有流域水文学集成方法(示踪、遥感和新的水文观测技术);全球水文资料数据库;

(2)水文科学基础的研究,其中包括:水文极值(洪水和干旱)问题的认识、预测与减灾;全球冰圈、气候和温室效应的相互作用;冰盖河流水文学;水文与大气交换作用陆面模型参数繁荣区域化;

(3)环境水文学问题研究,主要有:土地利用变化对不同源氮负荷的影响;地表水和地下水的水量水质交互作用问题;水文生态学:河流生态对变化了的水文情势、泥沙输送和氮负荷的响应;都市化增长对地表和地下水质的影响。

由于较频繁发生的区域性水旱灾害问题,我国的水文学历史悠久。在20世纪50年代,专门的国家水文学研究所等单位,业已提出不少小尺度水文物理过程的实验研究成果。但是,过去比较重视的是工程水文学问题,如应用于水利工程设计的暴雨洪水查算图表和应用与洪水预报的产汇流理论等。90年代后期,随着计算机技术和系统理论的引入,使得水文学的方法论有了明显的提高,如有中国特色的新安江流域水文模型等等。20世纪80年代后期,随着全球气候变化问题的研究和国际水文合作,国内一批高校科研院所分别承担一系列国家和国际水文基础研究项目,其中包括全球水循环能量试验的亚洲实验区(GEWEX和GAME)研究,黄河流域水资源可再生性维持机理的国家重大基金项目研究等。另一方面,与国际相比较,尤其在先进的水文观测技术手段和基础的水文物理动力学过程研究方面,我国水文学研究还存在较大的差距。

## 2 水文学的发展与任务

总结国际水文学的研究与进展,结合我国水文问题的实际,对水文学体系的发展与任务有下列认识与总结:

### 2.1 水文学基础研究

(1)地球水循环的数量、质量、力和能量及化学

生物过程影响的作用机理与量化关系;

(2)水文尺度问题;

(3)宏观、中观与微观水文系统(开放与封闭系统)的信息度量与不确定性。

水文尺度问题是当今水文学基础研究的前沿<sup>[12,18]</sup>。原因是水文学研究范围广泛,小到水质点,大到全球气候变化与水循环模拟。水文学的物理方法主要应用在微观尺度,随着向流域和全球的中观或宏观尺度扩展,原来的“理论”模型需均化和再参数化,并产生新的机理。这导致相邻尺度间的水文联系太复杂,关系很不清楚。为了寻求水文学规律,似乎首先要认识不同尺度的水文规律或特征;然后设法找出它们之间的联系或某种新的过渡规律。只有达到后一种阶段,水文学理论或许能真正建立在普适性基础上。问题在于怎样去认识不同尺度的水文规律?如何发现它们之间的联系呢?除了坚持水文科学实践外,科学方法论的研究是一个很重要的方面。

## 2.2 水文学的应用研究

(1)水文系统信息的采集与信息量的量化分析。即:水文站网规划与水文信息的量度;三“S”(GIS、RS、GPS)新技术在增强水文信息源及集成等方面的应用;水文信息理论与水文信息的量度;水文信息理论在洪水、干旱和环境分析中的应用。

(2)水文统计与水文风险分析。即:水文时空变化的不确定性量度;变化环境的水文统计分析;应用于防洪规划与管理的水文风险分析;应用于水资源规划与管理的水文风险分析;应用于水环境规划与管理的水文风险分析等。

(3)水文系统模拟。即:建立水文系统模型的原理,内容包括水文系统结构与参数化;水文系统广义不确定性描述;水文结构与参数识别;水文系统模拟与检验等;水文系统模拟应用,包括流域暴雨洪水模拟;流域水文-生态模拟;宏观尺度大气环流模式与局部尺度水文生态模拟及其耦合;都市径流面流模拟;区域水文水资源模拟与评价等。

(4)水文预测预报。水文预测预报是水文学应用最重要的方面之一,应用涉及到3类时间尺度的水文预测:其一是中长期水文时间序列灰色预测。它涉及到水文时间序列预测方法研究;降雨及气候因子中长期预测应用;年(或月)径流中长期预测应用等。其二是短期水文灰色系统预报应用。主要有流域暴雨实时灰色预报;河道洪水实时联机的系统预报;河流湖泊或水库水质系统预测;都市雨洪面源

负荷预报;预报的精度、不确定度与合格率评定。其三是水文灾变事件预测。主要有洪水灾害预测;干旱灾害预测。

(5)水资源管理和水环境保护中应用的水文学基础<sup>[3,5,9-17]</sup>。内容有变化环境中的水循环机理及水资源形成;水资源开发、土地利用和城市化进程对水循环的影响规律;水循环的时空变异规律;变化环境中的水环境生态演进规律研究;水盐失衡与水环境的相互作用机制(海水入侵,河流矿化度、湖泊咸化,土壤盐渍化);水文周期性变化对河湖淤积的影响;(7)水资源水环境的相互作用与转化关系研究;水环境劣变对水资源量与质的影响机理。

## 2.3 近代水文学的发展趋势与特点

(1)水文学研究的领域愈来愈广泛,研究的问题也越来越复杂,并且遇到了来自许多方面的不确定性和非确知问题。探索水文现象复杂性和不确定性,将是水文学的一项长期的任务和责任。其中地圈、水圈、气圈和生物圈相互作用的很多问题需联合攻关,多学科的相互渗透和交叉研究是近代水文学发展的一个突出特征。

(2)近代水文学的研究已愈来愈注重系统性和整体性。例如,近代水文学将水圈、大气圈、生物圈视为一个有机的联系体,从地球系统聚解-耦合角度研究气候-水循环-生态影响-气候变化的相互作用,并预测未来趋势的变化和对人类社会经济影响。它要求更多的从水文循环和转化的物理关系上,解释气候变化、生物作用和人类活动的影响关系。水文尺度分析和不同的尺度模式耦合问题研究是关键。对流域尺度水文模拟而论,利用新技术如应用地理信息系统,卫星遥感资料和包括与地球化学模型联系在一起的环境示踪,获取更多的信息源,是水文模拟发展的一个趋势。

(3)水文学的研究与为人类服务,解决实际工作中各项水的问题的联系更紧密了,如水旱灾害预测预报和可持续水资源管理的水文学基础研究等。例如,结合到洪水预报的降水预报,突发洪水预报或流域洪水预报和洪水预警系统的效率,将更多的取决于获取信息量的多少和信息的准确与及时。所以,利用现代科学新技术获取更多的信息,是作出洪水预报科学的决策和重要保证。又如,水的问题是社会发展的重要制约因素。我国仍然面临洪水干旱灾害、水资源短缺和水环境恶化的严重问题。水文循环系统、环境和人的影响相互作用是一个整体。近代水文学研究的方向是走交叉学科的道路,

即水量水质和人类活动影响应统一考虑和模拟。

### 3 机遇与挑战

水文科学发展对我国的经济建设、人民生活安居乐业和社会的稳定,将起到十分重要的作用。重视水文科学基础及应用基础研究并给以投入,引进新技术新方法,抓紧管理体制改革,加速学科队伍及人才培养是十分必要的。

经过40余年的发展建设,中国的水文学科研究与教育业已取得长足的进展。跨入21世纪,我国的水文学科发展将面临很多的机遇与挑战。针对我国的水文学科发展和研究现状,提出几点参考建议:

(1)充分发挥和利用国内的国家及部级水文水资源重点实验室以及“211”工程建设的机遇,通过各种人才流动契机,联合和组织一批强有力的水文高级优秀人才梯队(老、中、青结合),瞄准国际国内学科发展前沿和中国社会经济发展需求的实际,开展中国水文学科发展建设的科学规划研究,其中包括水文基础研究、水文应用基础研究和水文学科人才的教育与培养问题等实际问题。通过国家政府行政手段和社会的支持,制定21世纪中国短、中和长期的水文学科发展规划,拿出可操作性的有中国特色又有世界先进水平的学科发展具体措施和建议。

(2)在中国水文科学发展规划的宏观指导下,积极结合国家“十五”发展的需求,利用全国水文水资源学科群的优势,通过集团军联合与协作,开展国家级大型研究攻关课题研究。通过大课题推动水文学科的发展,通过大课题促进国内水文人才的交流,通过大课题促进水文学科基础和应用基础的研究与发展。在3—5年后拿出几项高质量、真正具有世界水平的水文科学研究成果。

(3)切实抓好国内水文水资源研究生等高层次人才的培养。对有特别才气的学生们应该多给予活的政策,通过名师指导与把关,开展从入校基础教育到专业的高水平训练,直接参与科研课题的研究与锻炼,多出拔尖人才。

(4)多从长远的规划和利益考虑,积极鼓励中国水文人才和科研成果向国外的输出,积极与国际水科学组织和机构建立实质性的合作关系,多参与和承担国际水科学计划的研究项目和国际基金项目,积极支持和鼓励中国水文学者在国际组织和机构任职,扩大中国在国际水文水资源领域的地位与影响。尽量利用一切可能的机会,通过引进国际研究计划在中国实施项目和国内配套资金,促进中

国的水文学科基础与应用研究的发展。

### 参 考 文 献

- [1] World Bank. World development report 1992: Development and the environment. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- [2] Brundtland G H et al. Our common future, Report of the world commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- [3] Bruce J P. Meteorology and hydrology for sustainable development, World Meteorological Organization No. 769. Secretariat of the WMO, Geneva, Switzerland, 1992.
- [4] Rodda J. Whither world water? Water Resources Bulletin, 1995, 31(2):1—7.
- [5] Jordaan J et al. A research agenda for sustainable development of water resources, Water in our common future, Committee on Water Research. COWAR, UNESCO, Paris, 1993.
- [6] 陈家琦. 中国的水资源. 见:钱正英主编. 中国水利. 北京:水利水电出版社, 1991, 1—42.
- [7] IUGG, Volume A and B. XXI General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics. Boulder, Colorado, U. S. A., July 2—14, 1995.
- [8] Vodel R. Contribution in Hydrology. U. S. National Report to IUGG, AGU, 1995.
- [9] Simonovic A P. Modeling and management of sustainable basin-scale water resource systems. Proceedings of IAHS Symposium 6, IAHS Publication, No. 231, 1995.
- [10] Petts G. Man's influence on freshwater ecosystems and water use. Proceedings of IAHS Symposium 5, IAHS Publication, No. 230, 1995.
- [11] Seuna P et al. FRIEND: Flow regimes from international experimental and network data. Proceedings of International Conference, IAHS Publication, No. 221, 1994.
- [12] International Geosphere-Biosphere Program: A study of Global Change (IGPB): Biosphere Aspects of the Hydrological Cycle (BAHC)-The Operational Plan. Stockholm, 1993.
- [13] Xia Jun. Grey system theory approach and preliminary application to downscaling component of weather generator. Report No. 4. In: Brad B ed. Biosphere Aspect of Hydrological Cycle(BAHC). Karlsruhe, Germany, June, 1994.
- [14] US Agencies, Interagency Task Force. Protection of the quality and supply of freshwater resources. County Report, USA to the International Conference on Water and the Environment: Development issues for the 21-st Century. Dublin, 1992.
- [15] Xia Jun. A grey system method applied to forecasting of lake water quality. J. Grey System, 1990, 2(3):257—266.
- [16] 陈家琦. 全球变化及水资源的可持续开发. 水科学进展, 1996, 7(3):187—192.
- [17] IUGG. Volume A and B, XXII General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics, July 18—30, Birmingham, U. K., 1999.
- [18] 夏军. 水文学研究与进展. 水利水电技术, 200期专集, 1998, 6, 4—7.
- [19] Schultz G A. A change of paradigm in environmental and water sciences

at the turn of the century ? Proceedings of International Conference on  
Water Resources & Environment Research: Towards the 21st Century,

Vol. I , Kyoto, Japan. Oct. 29—31, 1996, 1—20.

## PERSPECTIVE AND PONDERACTION IN HYDROLOGICAL SCIENCE

Xia Jun

(Wuhan University of Hydraulic & Electric Engineering, Wuhan 430072)

**Abstract** This paper addresses the problem of new challenges of hydrological science on floods, draughts and water pollution in China. Based on information of recently international conferences, such as the XXII General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics hold on July 18—30, 1999 in Birmingham, United Kingdom, advances in hydrology was addressed. New scientific system on hydrology was summarized. Some of discussions and suggestions were proposed to emphasize basic study and applied research in the future in China.

**Key words** hydrology science, system, advances and prospects

·资料·信息·

### 台湾工业技术研究院孙震理事长应邀来访

2000年6月26日下午,国家自然科学基金委员会周炳琨副主任会见了应邀来访的台湾工业技术研究院孙震理事长一行。在会见中,周炳琨院士首先代表陈佳洱主任对孙震先生的来访表示热烈欢迎并向客人介绍了国家自然科学基金委员会的概况。孙震先生也详细介绍了台湾工业研究院的运作情况。

台湾工业技术研究院是台湾目前规模最大和最有影响的工业技术应用研究机构,它以提升台湾地区的工业技术水平,促进工业效益为目的,以财团法人的民间组织接受当地政府与民间委托研究为运作方式,在促进台湾地区的科技成果转化和技术转移

方面作出了卓有成效的实绩,取得了很大的成功。

在亲切友好的气氛中,双方就科技成果转化、发展高科技和吸引海外人才回归等问题进行了广泛交流和探讨。双方认为,海峡两岸在发展科学技术方面有很强的互补性,祖国大陆在科学研究方面实力雄厚,人才济济,台湾在科技成果转化方面有成功的经验,彼此可以相互学习和借鉴,双方都表达了希望今后加强联系,开展人员交流与项目合作的愿望。

(国际合作局 汤锡芳 供稿)