

# 关于比较水文学的研究

刘 昌 明

(中国科学院地理研究所)

## 提 要

比较水文学是水文研究中的新课题。作者根据国际水文计划 (IHP) 组织的研究活动介绍了这一课题最新动向;探讨了比较水文的概念,目的与研究方法;提出在我国开展这一研究的有利条件。认为及早起步开展工作,可望走在世界前列;最后建议从水文类型系统、水文过程、水文实验方面打好基础,建立比较水文信息系统,发展水文成因模型,制定应用方案。

**关键词** 比较水文学 国际水文计划 (IHP) 水文类型 水文系统 水文过程

## 一、概 述

比较水文学 (COMPARATIVE HYDROLOGY) 是当前水文学研究中的一种新课题。比较方法 (COMPARATIVE METHOD) 是地理研究中常用的方法,并非新颖,但对于水文学来说,则属新的开拓。1980年初的国际水文计划之二<sup>[1]</sup> (IHP-II) 曾提出要编写关于比较水文学的讲义 (Text book), 集中研究水文现象间的相似性与分异性,嗣后比较水文研究正式列入 1984—1989 年的国际水文计划之三<sup>[2]</sup> (IHP-III)。IHP-III 之中的第四主题: 特殊区域与陆地的水文 (Theme 4: Hydrology of particular regions and land areas) 包括比较水文研究,列为第 4.9 专题,其目的是加强和发展与世界各地水情有关的比较水文信息, [IHP 的比较水文活动主要是准备一份讲义来叙述世界的主要水情和推荐专门的调查研究方法。这一研究涉及水文基础理论、土地利用与管理,人类用水有关的活动、国土生态和环境的管理等等。

1985 年 6 月 17 至 20 日,比较水文学编委会在法国巴黎举行了会议,起草了编写比较水文学的提纲,并提出了 1986 年 7 月在布达佩斯举行工作组会议的初步计划。IHP-IV 将从 1990 年开始至 1995 年执行已拟定的四项研究二级项目,其中第一项为水文研究,包括 5 个主要课题:

1. 大气-水-土壤-植物相互作用; 2. 气候变化与水资源的关系; 3. 通过水文循环的水质变化; 4. 雪与冰川在全球大气环流与在水资源中的作用; 5. 比较水文学。

显见,比较水文是目前国际水文计划中的课题之一,也是未来国际水文计划中确定的课题。这项研究在我国亦应提到日程上予以重视。特别是水文地理学家,可望在这一课题上作出一份贡献。

## 二、研究内容

水文学中的比较研究的方法并不年轻,从文献上看,狭义的比较水文方法有较早的历史:人们利用相似流域或参证流域来估算无观测资料流域的正常径流已有半个世纪左右的时间,如维尔德(Вильде)的方法。布兰科夫<sup>[3]</sup>1946年发表的“水文分析与计算”,认为自然地理条件相似的河流,可假定它们的径流系数相近,由具有实测资料流域的正常径流( $R_0$ )作为参证,估算无实测资料流域的正常径流( $R_x$ ):

$$R_x = \frac{R_0 P_x}{P_0}$$

其中, $P_0$ 与 $P_x$ 分别为参证与计算流域的正常降水量。用现在技术的眼光看来,这样的方法是何等的简陋和狭隘。但是,它却朴素地意味着水文相似性启萌与应用意义。当然它与目前提出的比较水文学不可伦比。比较水文学作为一个正在探索的新的学科领域,其确切的定义尚未完善,根据查普曼(T. G. Chapman)1986年提出的论述<sup>[4]</sup>:比较水文学研究受气候和地球表面与表层性质影响的水文过程的特征,着重认识水文与生态系统间的相互作用,并确定水文计算从一个地区可以移用到另一地区的可能范围。这是目前为止我们所能引用的最新的比较水文学定义。

作者认为查普曼的论述虽未达到精辟的程度,但基本上代表了目前国际水文学者的一般看法:将水文过程归结为受气候和地球表层性质影响是近代水文学观点,与过去那样单纯把河流看作是气候的产物的经典论述是不相同的。比较水文学包括研究地球上特定部分水文过程与性质,并以此区分其它的种类与范围。水文过程一般可按水流运动划分为以垂直方向为主和以水平方向为主两种形式,一个区域内水运动的垂直方向与水平方向的比例取决于气候与下垫面两组条件:从气候上看,随着干燥指数的增加,垂直方向的比例增大,反之亦然;从下垫面的方面来看,随着地区坡度的减小,水平方向的比例减少,反之亦然。从宏观上看,水文过程中的水运动方式正是前述两组条件组合起来、综合作用的结果。

当今世界,工农业生产各种经济活动的迅猛发展与人口的空前增长,导致对生态环境的重大影响,包括对一定尺度气候的影响和对下垫面条件直接改变,造成对天然水文过程的强大干扰。例如,不合理的土地利用、滥伐森林、引起水土流失,加剧洪水威胁,大量提引河水发展灌溉与向工业供水,改变河流水情,超采地下水,造成水位下降,改变地下水层的排补状况,废水的排放,引起水质的污染等等,不胜枚举。由于水文过程的改变相对缓慢,常常不为人们所重视,如果每年平均以1%的速度变化,那末七十年就能使这种变化翻一番,对水文过程的人为改变,是比较水文研究所必须涉及的重要方面。查普曼的论述中提出:比较水文研究要着重认识水文与生态系统之间的相互作用,还应当包括上面所述的问题。尽管如此,对于水文过程与气候和地面性质的关系以及水文与生态系统的相互作用的研究仍应是比较水文理论与方法的重心所在,因为这一研究是认识水文过程人为改变的基础。

比较水文学在应用上是把水文计算从一个地区移用到另一地区的研究,这是一个既

有实践价值和又有长远理论意义的问题。众所周知,水文观测资料的获得需要付出很大的费用与时间,特别是观测详细水文过程的代价很高。正如查普曼所指出的那样,如果世界某一区域水文观测结果能有效地用于其他地区,并有较好设计实验研究得出的数据以分析的形式表示,这将加速水文预报向更精确的方向迈出步伐。显然,这就从实践上向比较水文的研究提出了很高的要求。与此相应,理论上的研究工作必须深入。水文特性与生态系统的相互关系的探讨可望使水文理论向纵深发展并丰富环境水文研究的内容。

比较水文学研究必须按典型区域类型来进行。从某种意义上讲,具有区域性。但是,与传统的区域水文研究相比,具有进一步与实践相结合的内容,而不单纯是研究区域或特殊区域的一般水文特征。就这一情况而论,比较水文研究的任务与水资源开发利用是密切联系的。

综上所述,比较水文学研究既具有水文成因、地域类型的分异规律性,又涉及与人类认识和实践有关的水资源开发利用问题。前者使我们取得了更多和更深入细致的水文信息,可用于概括无资料或缺乏资料地区水文规律;后者使我们在地区水资源的合理利用与调控方面采取更有理性的活动,用于水资源的规划与管理。

### 三、现状与进展

按国际水文计划(IHP-IV, 1990-1995年)的设想,比较水文研究将在IHP-III中4.9的基础上继续进行。旨在对不同地区、不同的地域条件,如特殊的气候,地貌与地质等条件所造成的水量平衡要素作用的差异性作出确定。近期的目标则是提出指南,研究干旱、半干旱地区,大平原地区,岛屿及热带湿润区等主要地区的水文特性。

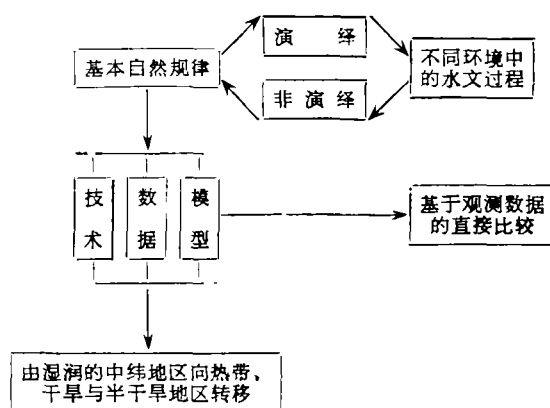
1986年7月11-12日IHP在匈牙利布达佩斯召开了IHP-III的4.9课题工作会议(Workshop),召集人是瑞典的佛肯马克(M. Falkenmark)。这次会议的专家对比较水文学的性质、任务与内容作了进一步的讨论,涉及到研究工作的广泛方面,包括土地利用、管理,与水有关的人类活动,国土生态,环境管理等等。比较水文研究的现状与进展,可以由这次会议各国专家所宣讲的论文看到。下面是我们收集到的13篇论文标题:

(一) Falkenmark, M.: 比较水文学——一个新的概念。(二) Chapman, T.: 哲理和分析的方法。(三) Nemec, J.: 地带分异特征的研究方法。(四) Kovac, G.: 水文变量的定量原则。(五) Askew, A.: 不同水文区域的水资源评价。(六) Oyebande, L.: 尼日利亚社会经济因素与水文应用。(七) Rodier, J. A.: 间歇性或短小河流坡水区。(八) Puschini Mejia, C. M.: 水文环境的地带变化。(九) Chernogajeva, G. M.: 湿润地带平原区径流形成的独特性。(十) Volker, A.: 三角洲和沿岸区。(十一) Wright, E. P.: 小岛。(十二) Kinoshita, T. 等: 温暖湿润岛屿。(十三) Zuidema, F. C. 等: 城市地区。

以上是比较水文研究的有关论文。显然,研究现状还处于概念、方法的探讨阶段。比较水文研究的类型还不完全,当然,这与参加小型工作组会议的代表有关,他们只能从自己所处的国家与研究的局部地区出发,反映他们对比较水文研究的看法与切身经验。

根据作者的体会,比较水文学虽然已经作为一种水文研究的新方向,但开展这一研究

的目标和如何进行研究,尚是一个正在研讨的问题。1986年8月份日本筑波大学地球科学系地理水文学专家榎根勇参加日本学术振兴会(Japan society for promotion of sciences, JSPS)访问中国,在中科院地理所重点介绍了日本水文学家对比较水文学的观点,榎根勇认为。目前对这一问题的观点并不统一。一种观点是侧重于同一水文类型在不同区域的对比,另一种观点则强调具体水文类型区的研究方法论。强调当前首先要建立一套方法体系的主要学者有西德的赫尔曼(Herrmann)等,他是国际地理联合会(IGU)国际水文计划委员会的主席。榎根勇是赫尔曼的积极支持者,他对为什么要进行比较的问题,作出了如下图所示的见解:



按榎根勇给出的上述图示,不同环境中的水文过程是可以通过基本自然规律演绎的,而由不同环境的水文过程则不能演绎基本自然规律。对于比较水文学,应首先注意基本规律,研究技术方法,数据资料的获得与建立模式,然后进行比较。由于榎根勇所处的环境是中纬度湿润地区的日本,因而存在着进一步认识热带、干旱与半干旱地区水文现象的问题。

从比较水文研究的发展顺序上看,作者认为赫尔曼与榎根勇的观点是可取的,而那种把比较水文学单纯看成是一种水文现象的比较或水文资料的扩充则有局限性,因为按“比较”一词的涵义是确定事物同异关系的思维过程和方法,简单的用一标准把彼此有某些联系的水文特征作对照,仅能作出水文特征的初步分类,只有对各种水文过程内在规律性的各个方面进行细致地比较,才能掌握水文现象间的内在联系,认识其本质,以推动水文研究的发展。

#### 四、开展研究的设想

比较水文学作为当前国际学术研究的一个新的动向,我们应予以足够的重视。积极收集有关比较水文研究的详细信息,掌握研究方向,制定计划,尽早开展研究工作。由于世界各国尚处于这项工作的起步阶段,方兴未艾,只要我们及时开展研究,可望走在世界的前列。

开展比较水文的研究,在我国具有最为优越的条件。从水文环境条件来看,我国幅员

辽阔,自然环境类型繁多,有热带、亚热带与广大温带等多种地带,有森林、草原与荒漠,有高山,高原与平原,有湿润,半湿润,半干旱与干旱地区以及世界上最大的喀斯特区、黄土区。比较水文的研究既是国情所需也是工作的有利条件。从工作基础上讲,我国不仅有一支庞大工程水文与水文地质队伍,而且有散布各地的水文地理或地理水文的研究力量。实际上,我国地理水文学者在近年来也提出过与比较水文学研究近似的课题,沈灿燊教授与杨戊教授1983年在制定地理环境对水资源系统效应研究规划时,曾经把研究工作分为三种区域,即湿润地区;半湿润、半干旱地区;干旱地区。1984年作者在“水文学的地理方向与发展趋势”一文中<sup>[9]</sup>,也提出了发展水文类型区研究的建议,强调了以下类型区的水文分析:

西北干旱与半干旱地区的水文;

南方湿润山区的水文;

河口区的水文;

我国东部主要平原地区的水文;

喀斯特地区的水文;

大中城市的水文。

目前,我国学者对上述类型区水文的研究已积累了一定的资料并取得一系列的成果。由于我国具备十分齐全的水文类型,在比较水文的国际学研究中,一定会做出有特色的成果。

关于今后研究发展有以下几点设想:

### (一) 开展水文系统的研究

这是发展比较水文学的首要工作。应在全国两次水文区划研究的基础上,对我国具有的各种水文类型作出全面系统的划分。对于种类繁多的水文类型必须应用现代系统科学的理论,弄清它们之间的关系与层次,提出水文类型系统的框架结构。每一种水文类型在框架中属于子系统且因地理位置的不同和环境条件的不同而有差别,根据这种差别再作必要的细致划分。按照水文类型分布的范围,首先应选择广泛分布或与经济活动关系密切的类型开展研究。例如前面已经提出的那些类型。

### (二) 进行深入的水文过程研究

这是比较水文学的基础研究,因为它涉及到水文学的基本理论——水循环问题。特定水文类型的水文过程分析实际上是水循环的具体研究。水循环包括多个环节,例如河川流域的水循环系统,在输入(降水)与输出(径流与蒸发)之间,物质与能量在系统内流通包括着一系列的调蓄与运动。调蓄可包括植物截留,地表洼蓄,土壤层与包气带持水,浅层与深层地下蓄水以及河槽蓄水等等,运动在垂直方向上可包括水向土中的入渗,向地下含水层的透漏,越流,毛管水上升逸入空气;运动在水平方向上可包括坡面径流,层间流,基流或深层地下水的出流以及河槽径流等。所有这些过程均受系统外部条件即环境的制约。所谓比较水文的研究正是在于通过对不同类型水文过程的各方面进行对比,深化认识水文现象的本质。从而确立科学的比较分析的标准。

### (三) 不同水文类型的实验研究是比较水文学研究的重要途径

一般的水文测验已不能满足比较水文研究的需要,因为一般水文测站取得的降水径

流资料只能提供水文现象部分外部特征认识。从前面所述的水文系统概念来看,仅仅是外部输入与系统的输出结果,在系统论方法中相当于黑箱方法。显然,不能深入到水文现象的本质中去。因此,比较水文的研究需要超出一般水文观测,选定代表性水文类型进行详细的水文实验观测,以取得水文系统内部各层次和各过程的详细信息。

#### (四) 建立比较水文信息系统是全面推进比较水文学研究的重大技术手段

对以往各种水文类型的实验、观测与研究资料以及成果必须全面收集整理,首先用计算机建立数据信息库,在此基础上不断充实新的信息源并逐渐匹配水文环境信息,发展比较分析软件,包括各种模式与计算方法。

#### (五) 确定不同水文类型的基本规律,建立水文成因模型,并进行广泛的验证,制定完善的模型参数系统

不同的水文类型系统对人类活动的影响将有不同的响应。这些活动在模型中是作为重要参数来处理的。利用成因模型,选定参数(包括确定性与随机性参数)计算、预测缺乏资料地区的水文要素。

## 五、结 语

比较水文学是当前正在发展中的一项新研究,它的发展是以水文分异性为前提的。而这种分异或者类型又是由地理分异规律所决定的,因此,比较水文学适合于地理学的研究。与传统的区域水文研究相比,比较水文学更加突出水文类型内部规律的深入研究。它们的分野就在于一个区域的水文研究可包含多种水文类型,而比较水文学则是以单位或单一类型作为自己的研究对象。

比较水文研究有明确的目标,在实践上是要解决缺乏水文资料地区的水文计算与水文预报问题。力图用深入的水文类型研究取代广泛布站的水文观测。在理论上它将提供我们对全球水文现象更加完善的知识。而有助于水文科学的发展。因此,比较水文学提出以后,深受各国水文学者的关注。

## 参 考 文 献

- [1] International Hydrological Programme (IHP), Third Session of the Intergovernmental Council. Paris, 9—16 November 1979, Fourth Session 28—29 August 1981.
- [2] IHP/III 1984/1989 Programme and Plan, Unesco 1985.
- [3] Б. Б. 布兰科夫(波莱柯夫),水文分析与计算,刘光文译,高等教育出版社,1955年。
- [4] Chapman, T. G., Philosophy and Analytical Approach. Section 1. Comparative Hydrology, Praft 2, June 1986.
- [5] 郭敬辉,刘昌明,地理学报 39(2), 206—217.

## ON RESEARCH OF COMPARATIVE HYDROLOGY

Liu Changming

(Budapest workshop on Comparative hydrology)

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences*)

**Key words :** Comparative hydrology; International hydrological programme; Hydrological types; hydrological system; Hydrological processes

### Abstract

Comparative hydrology is a new concept in hydrological study. The author introduces contemporary international development of the study. On the basis of a review of the problems in comparative hydrology, the present paper deals with the scope of research work, including principles, objectives and analytical approaches. The author states that China is one of largest countries in the World with a considerable variety of hydrological types which are favourable to research on comparative hydrology. Finally, a research proposal is presented for Chinese geographical/engineering hydrologists: 1. Establishment of an entire system for various hydrological types; 2. Enhancement of the study of hydrological processes for all hydrological types; 3. Development of a data bank and information system for comparative hydrology; 4. Development of comparative hydrology models for transferring hydrological predications from one area to another.