

# 湖泊水文学的发展及趋势\*

## РАЗВИТИЕ И ТЕНДЕНЦИЯ ПО ОЗЕРОВЕДЕНИЮ

施成熙

Ши Чэн-си

(华东水利学院水文学系; 南京地理研究所湖泊室)

(Гидрологический факультет Хуадунского гидротехнического института; Отдел озероведения Нанкинского географического института АН КНР)

### 一、我国历代对湖泊的利用与研究

湖泊水文学是以湖水为研究对象, 研究湖水的来源与去路、湖水的理化性质及湖水中各种水文现象的发生、发展过程及其内在联系, 以及湖泊资源的控制和利用的学科。在古代, 湖泊水文学尚未形成一门独立的学科, 而湖泊学的发展, 则是与生产力的发展分不开的。远在4,000年前, 我们的祖先, 经过长期与洪水作斗争、控制水害以后, 由于人类社会经济发展的需要, 因而广泛地要求利用水利资源, 而湖泊资源, 亦逐渐为人们所重视。至春秋时代, 吴国的伍子胥谏吴王说: “与我争五湖之利, 非越乎?”; 秦国则设置都水长丞, 主陂塘灌溉; 而越国的范蠡, 则在太湖的附近湖羣, 进行养殖, 促进了当时经济的迅速发展。

有关湖泊水文方面的记载, 古代并无专门的著述, 多散见于地理方面的书籍中。《禹贡》是我国古代的地理书籍之一, 其中有关湖泊的记述, 如“大野既潏, 东原底平,”即言大野泽蓄水之后, 就除去了东平的水患。

《周礼》一书, 是计划中的周室官制, 其中职方氏一段中, 载有关于湖泊位置及资源的文字, 如“东南曰扬州, 其山镇曰会稽, 其泽藪曰具区(今太湖), 其川三江, 其浸五湖。”又“河东曰兖州, 其山镇曰岱山, 其泽藪曰大野, 其川河沛, 其浸雷雍, 其利蒲鱼。”

《山海经》和《禹贡》一样, 也是古代的地理书籍, 书中载有湖泊的位置以及有关水系, 如“洞庭沔澧之交, 瀟湘之渊。”

《水经注》主要记述黄河、淮河、和长江三水

系, 但与水道有关的湖泊, 亦附带论及, 如“洞庭湖水广, 圆五百余里, 日月若出没于其中, 湖之石岸有山, 世谓之笛鸟头石, 石北右会翁湖口水, 上承翁湖, 左合洞浦, 所谓三苗之国, 左洞庭者也。”

晋常璩作《华阳国志》, 其中关于滇池的记载, 如“滇池县, 郡治, 故滇国也, 有泽水周迴二百里, 所出深广, 下流浅狭, 如倒流, 故曰滇池。”

明万历时, 王洪洲父子撰《三才图会》, 其中第二函即为地理图会, 除在图上描绘各地的湖泊位置外, 图后并附有说明。

清雍正初年, 陈梦雷所辑《古今图书集成》, 内有山川典, 对于国内较大湖泊, 如巢湖、太湖、西湖、镜湖、鄱阳湖、青草湖、九鲤湖、昆明池等, 都有专篇记载, 参考以往书籍, 详加考证, 内容有汇考、艺文、纪事等章节。在汇考节内, 系考证湖泊的位置、面积, 以及湖水的来源与去路、含沙情况等。在艺文节内, 主要为游记、记述湖泊名胜所在。在纪事节内, 则记述湖泊的疏浚、筑堤、渔业等情况。

清傅泽洪所著《行水金鉴》及潘锡恩所著《续行水金鉴》, 综合以往水利书籍, 详述四漭分合, 运道沿革, 附带述及水道有关的湖泊, 内容有湖泊的形势考证及图, 其中包括湖泊面积, 河湖关系, 湖泊水位涨落, 控制闸坝的泄放标准, 调节关系, 工程修建经过, 垦殖情况及湖泊的变迁过程。

此外, 历代史书中地理志、河渠志、地方志等, 亦有关于湖泊方面的论述。

\* 本文曾于1963年10月在武汉由中国海洋湖沼学会召开的第二届全国代表大会暨1963年学术年会上宣读, 会后略有删改。

## 二、近代国内外的湖泊水文学

近代的湖泊水文学系从湖泊形态、湖水物理、化学等方面分别研究，相輔相成，逐步发展起来的。

近代湖泊学的奠基者，当推瑞士的 F. A. Forel 教授，彼于 1891 年完成了日内瓦湖的研究，自 1892 年至 1904 年出版了重要巨著《湖泊志》三卷。1901 年又出版了《湖泊学手册——普通湖泊学》。自 1868 年至 1909 年间 Forel 教授共写了 116 篇有关湖泊学方面的论文<sup>[37]</sup>。

十九世纪末叶，盛行湖泊调查测深工作，研究湖泊形态。俄国学者先后调查了塞万湖、奥涅加湖、伏尔加河上游湖群、卡累利湖群，于 1896 年 Д. Н. Ануцин 总结了这些资料及其他国家湖泊的研究，出版了《陆地水——湖泊》一书。在欧洲则有 W. Halbfass 于 1904 年将欧洲各湖的形态制成综合性的形态图表。这些图表，与当时实际情况符合，极有参考价值<sup>[33,34]</sup>。

二十世纪初期，欧美许多湖泊，已进行正规的水文气象观测。

在湖水理化性质研究方面，十九世纪中叶，H. Стабровский 进行奥涅加湖的研究，发现了驻波现象并提出了许多有价值的关于波动情况的分析<sup>[20]</sup>。十九世纪末叶，欧洲学者先后著有德、奥两国湖泊志及法国湖泊志，前者着重论述了对水温的测验，后者着重于对化学成分的研究，均为湖泊学上的重要贡献<sup>[18]</sup>。二十世纪初期，有 G. Chrystal 等所进行苏格兰湖群驻波的研究，E. V. Chohnoky 等所进行湖冰的研究，E. A. Birge 和 W. Schmidt 关于紊动混和问题的研究，对于了解湖水动力学方面有很大贡献。其后 C. Д. Муравейский 对于混和問題作了进一步的发展。1904 年 A. A. Лебединцев 所进行的里海水化学研究，阐明了许多关于湖水化学的特点。1911 年 E. A. Birge 及 C. Juday 出版的《威斯康辛的内陆湖泊》一书，其中有关溶解氧及二氧化碳的研究，系属二人的杰出贡献。

二十世纪二十年代以后，湖泊研究，进入了兴盛时期，同时由于建筑大型水库，调节逕流，发展水电与灌溉，为湖泊研究提出了新的任务，湖泊水文学已逐渐形成一门独立的学科<sup>[24]</sup>。在此时期，研究的主要内容有：①水量与水位变化规律的研究；②热量收支及水温、冰情变化规律的研究；③

湖水运动规律的研究；④湖中泥沙运动规律的研究；⑤湖水化学性质的研究<sup>[19,29]</sup>。在水量变化与水量利用研究方面，苏联学者广泛应用水量平衡原理，就不同湖泊的年水量进行平衡计算，并推求各个要素所占比重<sup>[23]</sup>。其中对水热平衡的关键问题——水面蒸发的研究，苏联、英、美等国学者从折算系数、水文气象因子经验关系，紊动扩散及热量平衡途径<sup>[30]</sup>，提出计算水面蒸发量的方法。美国和加拿大学者并用质量转移理论，确定蒸发量<sup>[32,35]</sup>。同时为了有效地利用湖泊、水库水量，防止蒸发损失，英、美、日本等国学者均已开展了控制蒸发的研究<sup>[36,38,17]</sup>，苏联学者<sup>[26]</sup>对此研究稍晚，亦正急起直追。最近苏联学者并开展湖泊、水库平均水位计算的研究，作为水量调度及改进布设测站的参考。在热量收支及水温、冰情变化规律的研究方面，主要从热量平衡、紊动热量交换途径，研究湖泊、水库各个热量平衡要素所占比重，空气与湖水，湖水与湖底的热量交换，根据湖中储热量的变化预测水温和冰情的变化与分布，以及缺乏辐射资料地区间接推求辐射方法。在湖水运动方面，苏联学者采用自记遙控仪器及摄影测量方法观测湖中波浪，并从波能平衡原理制定计算风浪要素公式<sup>[28]</sup>，以及从动量平衡原理提出计算增减水现象的方法。此外，对于波浪折射与反射，湖水混和等问题，亦有研究。英、美二国学者对于湖水混和、湖水环流、风力与成层湖水运动的关系，驻波现象等亦多研究，并用模型研究湖水运动。在泥沙运动研究方面，苏联学者对于水库淤积的研究，极为重视<sup>[25]</sup>，并应用染色沙及放射性同位素研究泥沙运动规律，特别是岸边泥沙纵向与横向运动规律<sup>[21]</sup>。美国学者对于异重流问题<sup>[31]</sup>，研究较多。在水质研究，即水文化学研究方面，苏、美、日本等国的湖泊站开展了广泛的系统的水文化学观测，研究湖水化学成分与湖泊外部因素与内部因素之间的关系，湖水中主要离子的变化与分布，特别是对于铁、磷、硫、硅、氮、氧及有机质等循环与平衡问题，研究尤多。此外，从饮水卫生及工业用水角度，研究水质污染及水质盐化问题。并利用物理化学分析方法，研究咸水湖的盐量平衡，为水库水质预报，打下了良好基础。现在苏联学者已采用根据自然地理相似条件的比拟法及水盐平衡原理的计算法，进行水库水质预报<sup>[22]</sup>。时至今日，湖泊水文学已能为新建的水库提供确定设计所需的必要数据的知識。

我国湖泊主要分布在长江中下游及淮河流域,因此我国近代湖泊科学研究,亦从这些地区的湖泊入手。淮河流域洪泽湖的水文观测,为我国湖泊研究的犄角。1912年江淮水利测量局分别于老子山、盱眙设立了水位站。观测淮河流入洪泽湖的河口水位变化,其后并于高良涧、蒋坝设站,观测出湖水面的变化。其中除蒋坝站记录比较完整外,其他几站记录,因战事关系时断时续。

长江流域的太湖的水文观测,始于1922年,由督办苏浙太湖水利局于大浦口等地设站,其后太湖水利委员会及扬子江水利委员会陆续办理。洞庭湖的水文工作:来水方面,先由江汉关于1924年在湘阴城关、益阳、常德等地设站观测,扬子江水道讨论委员会则于1926年在太平口和藕池口设站,其后扬子江水利委员会在1936年于松滋口设站,观测长江流入洞庭湖的流量;出水方面,则于1930年由湘鄂鄱江水文总站于岳阳设站,观测出湖流量。鄱阳湖的水文观测,开展较迟,于1928年始由江西省水利局设站观测入湖流量,于1947年方由扬子江水利委员会于湖口测量出湖流量。

至于云南的滇池,东北的兴凯湖等,则于二十世纪四十年代,方进行水文观测。

在上述开始湖泊水文观测之后,部分湖泊,例如洪泽湖、太湖等亦进行了形态测量。

1920年,竺可桢教授从地学的观点,写出《杭州西湖的成因》论文一篇,在中国科学社的年会上宣读<sup>[9]</sup>,开近代湖泊研究的先河。

至于内陆盐湖的调查工作,主要由盐务机关进行,其目的为晒制食盐。青海的调查工作,自1872—1908年俄国学者先后进行采集水样,分析水质及探测青海的海心山,至1938年我国地质学家曾考察了青海湖区地质。1941年我国的地理学家考察了青海湖区的自然地理<sup>[10]</sup>。1930年至1931年,西北科学考察团及1934年前铁道部考察队均曾调查过罗布泊。

### 三、解放后我国湖泊水文学的发展

解放以前,我国的湖泊资源既未能充分开发利用,湖泊科学自亦难得到应有的发展,尤以抗战以后,所有湖泊水文测验,大部停顿。解放以后,由于社会制度的优越,国民经济的飞跃发展,湖泊资源的开发利用,亦受到很大的重视,尤其是历年兴修了大量的水库,促进了湖泊水文学的蓬勃发展。

在湖泊水文观测方面,解放以后,首先整理江淮两岸湖泊以往的水文资料,并已先后刊布;其次在各个重要湖泊水库,如:达赉湖、岱海及梅山水库等设立了测站,观测项目有水位、流量、泥沙等。自1955年起部分测站还增加了水温观测,并逐年公布测验成果。

此外,为了解决湖泊、水库某些国民经济上存在的迫切问题,还设立了许多实验站。例如为了解决水量平衡和水利计算中的蒸发问题,自1955年起先后在三门峡、重庆、大浦、丰满、古田、上犹、乌鲁木齐、广州等地,建立了蒸发实验站,设置了10平方米至100平方米的大型蒸发池,研究水面蒸发量与气象要素之间的关系及各种类型蒸发器的蒸发量与天然水体水面蒸发量之间的关系等问题。并在官厅水库、长江三峡等处设立了漂浮蒸发器,进行类似的研究。水利部水文局在1956年及1960年先后召开的蒸发座谈会<sup>[3,14]</sup>,对交流经验、推动蒸发研究,起了很大的作用。

关于湖泊水库水量平衡的全面研究,江苏省水利厅在1956年汛期观测了太湖全部进出水量,提出了太湖水量平衡的报告<sup>[5]</sup>。官厅水库实验站自1957年起每年都提出了水库的水量平衡计算报告,为湖泊规划及水库管理提供了重要资料。

为了延长水库的寿命,研究水库的淤积问题,东北水利局及辽西水利局于1950年及1952年曾进行闹得海水库的淤积测量,1956年成立闹得海水库实验站,进行常年输沙量观测及施测水库回水淹没区的地形<sup>[6]</sup>。官厅水库实验站自1956年以来,进行了水库坍岸动态观测、泥沙运动观测、水库淤积观测及异重流的观测等工作<sup>[4]</sup>,提出了水库坍岸研究报告<sup>[7]</sup>、沙量平衡研究报告,并能预测水库坍岸的过程及水库异重流的产生,及时地将含有大量泥沙的异重流排泄出去,减少水库淤积。水利水电科学研究院总结了野外观测及室内试验研究成果,提出了异重流的研究和应用<sup>[11]</sup>及水库淤积问题的研究<sup>[13]</sup>报告。

为了研究湖流和风浪对于库岸演变的影响,官厅水库实验站,还进行了沿岸流的观测和风浪观测工作。

此外,在开展湖泊水生物研究的同时,亦开展了湖泊水文研究工作。例如中国科学院水生生物研究所于1951年调查五里湖的内容,包括记录水位,记录气象,测定湖水物性,分析化学成分及湖底沉淀物<sup>[1]</sup>。于1953年调查湖北梁子湖等湖

泊<sup>[16]</sup>及 1958 年調查白沙、金盆浴鯉和長壽湖等水庫<sup>[2]</sup>時,亦測定了簡要的湖水物性及化學成分。

在湖水化學研究方面,自 1957 年起,部分湖泊測站,例如太湖的望亭站和吳淞站已進行定期的水化學成分分析。1957 年中國科學院並組織了鹽湖科學調查隊,考察了柴達木盆地的鹽湖資源,通過實地調查,探明了這個盆地鹽類資源分布和成分等各種資料,證明這個盆地不僅有非常巨大的基本化學工業原料所需的食鹽儲量,而且富有工業和各種新技術上所急需的化學原料和農業生產上非常需要的鉀,開拓了尋找鉀肥的途徑<sup>[9]</sup>。

由於湖泊是湖盆、湖水及水中所含物質的統一體,而湖泊資源的開發,有湖濱灘地利用、湖水利用、水生生物利用及鹽類利用等幾個方面,為了充分利用湖泊資源,必須對於湖泊進行綜合研究,搜集各方面所需的資料,研究各個因素間相互關係,始可制定綜合開發利用方案。中國科學院於 1958 年召集了湖泊科學工作會議,確定建立專門研究湖泊的組織,扭負湖泊綜合研究的任務,為湖泊研究工作,提出了新的方向。

中國科學院地理研究所湖泊組於 1958 年 6 月在南京成立,於 1961 年改為南京地理研究所湖泊室,自 1958 年 10 月至 1963 年底止,先後與華東水利學院、南京大學等單位協作,進行了江蘇的太湖、淀山湖、澄湖、固城湖、石臼湖、丹陽湖、團沱、西沱<sup>[12]</sup>、高寶湖,安徽的巢湖等大中型湖泊的調查工作。調查內容有湖泊地貌、水位、水量、沙量、物性、動力、化學成分、生物情況及湖泊資源利用情況等,不但為提高湖泊科學水平積累了大量的資料,且為利用湖泊資源,提供了科學的依據。

此外,東北的興凱湖、松花湖、五大連池和鏡泊湖,河北的白洋淀,山東的微山湖,內蒙的達賚湖、岱海、黃歧海和烏梁素海,雲南的滇池、洱海和陽宗海<sup>[15]</sup>,江蘇的洪澤湖,湖北的洪湖、花馬湖和東湖,湖南的洞庭湖,江西的鄱陽湖,青海的青海湖等,都在科學研究機構、高等院校或當地的水產、水利部門主持下,進行了不同深度的調查研究。

通過一次綜合調查,尚不能掌握湖泊中各種現象的時間變化規律。因此南京地理研究所於 1959 年在宜興團沱湖濱設立了湖泊實驗站,站內建有 100 及 20 平方米的蒸發池,並設有漂浮蒸發

器及試驗室等,進行湖泊水文、物性、化學、水生生物等定期的觀測研究工作。

#### 四、湖泊水文學的發展趨勢

湖泊水文學作為一門基礎學科,應特別注意有關基本理論,如水量平衡、沙量平衡、鹽量平衡、熱量平衡、能量平衡、動量平衡、物質能量循環、湖水混和等理論的研究。同時,湖泊水文學也是一門技術學科,應將上述基本理論的研究成果,應用到國民經濟中去,以增加農業生產,發展水電航運,提高生物生產力。

湖泊水文學的發展方向<sup>[19,27]</sup>:在水量變化與水位變化研究方面,除進行不同自然地理區域水量平衡一般研究外,應研究提高各要素計算的精確度,並開展天然湖泊調洪演算及入湖河口回水曲綫計算的研究,以解決圍壩湖泊中的水文水利計算問題。對於水熱平衡關鍵問題——蒸發的研究,應從器測法、熱量平衡法及紊動擴散法三個途徑,同時進行,並研究控制蒸發,以減少干旱地區湖泊水庫的水量損失。在湖水熱學研究方面,分區開展熱量平衡要素的觀測,研究解決無輻射資料地區應用熱量平衡的方法,研究非同步觀測時改正水溫及預測水溫、預報冰情的方法。在湖水運動研究方面,開展風浪、潮流等研究,特別是岸邊波浪特性、岸邊潮流特性的研究,制定形態複雜的湖泊風浪預報方法,進行大中型湖泊風浪預報工作及增減水和駐波理論的研究。在泥沙運動方面,研究湖中及岸邊泥沙運動規律,特別是水庫中異重流的運動規律,提高沙量平衡要素計算方法的精確度。在水文化學研究方面,應着重研究改進水文化學調查方法及快速而準確的分析方法,湖泊、水庫中水化學成分的來源,以及不同地理區域中湖泊水化學成分變化與分布,研究湖水化學成分與水生生物之間的關係,開展湖泊水庫水質污染的研究;提高鹽量平衡要素計算方法的精確度,應用水鹽平衡原理,制定水庫水質預報方案,並應用鹽量平衡原理研究浮游植物生長期間營養鹽類的變動規律,以探索提高水体原始生產力的途徑。

#### 主要參考文獻

- [1] 水生生物研究所太湖淡水生物研究室通訊組, 1951。五里湖調查工作報告。科學通報 10:1103—1106。

- [2] 王乾麟等, 1959. 官厅水庫、白沙水庫及金盆浴鯉水庫的水生生物調查和漁業利用的意見. 水生生物学集刊 **1**: 79—91.
- [3] 水文局, 1957. 水面蒸发座谈会議綜合意見. 水文工作通訊 **4**: 5—7.
- [4] 龙毓騫, 1956. 官厅水庫泥沙測驗工作經驗介紹. 水文工作通訊 **4**: 5—11.
- [5] 江苏省水利厅水文总站, 1957. 太湖进出水量初步分析报告. 1957年8月(单行本).
- [6] 辽宁省水利局水文总站, 1958. 開得海水庫淤积測量初步总结. 1958年8月(单行本).
- [7] 孙广忠, 1958. 关于水庫下游区坍岸預測方法問題. 官厅水庫坍岸研究小組, 水庫坍岸研究, 64—116頁.
- [8] 竺可楨, 1921. 杭州西湖生成之原因. 科学 **4**: 381—386.
- [9] 竺可楨, 1959. 十年来的綜合考察. 科学通报 **4**: 437—441.
- [10] 施雅风等, 1958. 青海湖及其附近地区自然地理的初步考察. 地理学报 **24**(1): 33—48.
- [11] 范家驊等, 1959. 异重流的研究和应用. 65—109頁.
- [12] 施成熙、朱浩然等, 1960. 江苏南部湖泊綜合調查研究. 1960年全国地理学术会議論文选集, 自然地理: 227—238頁.
- [13] 侯暉昌等, 1959. 水庫淤积問題的研究. 11—79頁.
- [14] 賈璉, 1960. 全面掌握水平衡, 坚决突破蒸发关. 水文月刊 **5**: 3—5.
- [15] 黎尙豪等, 1963. 云南高原湖泊調查. 海洋与湖沼 **5**(2): 87—114.
- [16] 饒欽止, 1954. 湖北省湖泊調查. 科学通报 **10**: 71—77.
- [17] 三原义秋, 1962. 蒸发之抑止. 水利科学 **23**: 112—124.
- [18] 吉村信吉, 1942. 湖沼学. 5—16頁.
- [19] Близняк, Е. В. и В. Г. Андреев, 1957. Исследования озер и водохранилищ в СССР. Тр. III Всес. гидролог. съезда, Том I (1): 103—117.
- [20] Богословский Б. Б., 1960. Озероведение. 13—22.
- [21] Болдырев В. Л., 1959. Применение люминесцирующего песка для изучения массовых перемещений песчаных морских наносов. Бюл. океанограф. комис. **3**: 69—72.
- [22] Бочков Н. М., 1957. Основные положения методики прогнозов качества воды в водохранилищах. Тр. III Всес. гидролог. съезда, Том X: 129—134.
- [23] Викулина З. А., 1962. Изучение и расчет водного баланса водохранилищ. Тр. Г. Г. И. **85**: 3—16.
- [24] Зайков Б. Д., 1955. Очерки по озероведению. Первая часть, стр. 3—5.
- [25] Лопатин Г. В., 1958. Обзор работ по изучению заиливания малых водоемов СССР. Тр. Лаборатории озероведения **7**: 18—25.
- [26] Макарова В. С. и В. И. Кузнецов, 1961. О влиянии мономолекулярных пленок на испарение с водной поверхности. Тр. Г. Г. И. **91**: 5—13.
- [27] Решения III Всесоюзного гидрологического съезда. Тр. III Всес. гидролог. съезда, Том I: 26—58.
- [28] Селюк Е. М., 1957. Расчет высоты волны и задачи натуральных исследований волнения на водохранилищах. Тр. III Всес. гидролог. съезда, Том IV: 89—97.
- [29] Селюк Е. М., 1962. Итоги научно-методического руководства гидрологического института изучением водохранилищ и озер. Тр. Г. Г. И. **85**: 17—36.
- [30] Тимофеев М. П., 1957. Применение метода теплового баланса для определения испарения с поверхности водоемов. Тр. III Всес. гидролог. съезда, Том III: 16—26.
- [31] Duquenois, H., 1956. New Methods of Sediment Control in Reservoirs. *Water Power*, 1956 (5): 174—180.
- [32] Harbeck, C. E., 1960. Evaporation and Transpiration. *Trans. A. G. U.* **41**(2): 305—308.
- [33] Hutchinson, G. E., 1957. *A Treatise on Limnology*. New York, John Wiley & Sons, Inc. Vol. 1, p. IX—XII.
- [34] Marcus M. G., 1959. Limnology: Its Growth and Evolution. *Annals of the Association of Am. Geographers* **49** (4): 466—470.
- [35] Munn, R. E., 1961. Energy budget and Mass Transfer Theories of Evaporation. *Proc. of Hydrology Symposium 1961* (2): 8—26.
- [36] Roberts, W. J., 1957. Evaporation Suppression from Water Surfaces. *Trans. A. G. U.* **1957** (38): 740—744.
- [37] Welch, P. S., 1952. *Limnology*. p. 4—10.
- [38] Wilkinson D., 1961. Evaporation Control. *Water and Water Eng'g.* **65**(781): 97—103.