

长江防洪有关水文问题探讨

8
30-32,3

蔡为武

P333.2

(水利部松辽水利委员会 长春 130021)

摘要 探讨长江洪水的水文计算问题,建议舍弃水文系列中的不可靠的历史洪水与推算系列,直接采用1946年以来实测系列推算频率洪水;建议从可能的暴雨分布推算可能的洪水组合,由频率法与成因法联合确定设防洪水。1998年洪水流量不太大,洪量也与1931、1954年大体同一等级,推断只是由于河床沙砾卵石含量增大,河床粗化面不易冲刷,从而导致1998年洪水位最高、历时最长的一次特大洪水;建议水文部门进行全河段淤积、河床质组成的探测与水位流量关系变化的研究分析。

关键词 长江洪水;水文系列;洪水计算;河床粗化;泥沙淤积;历史洪水

水文计算

1998年长江中下游若干河段发生了世纪水位最高,历时最长的一次特大洪水,暴露了一些缺少研讨的水文问题。本文拟就此作些探讨。

1 历史洪水、推算洪水与实测洪水系列

长江流域有众多长系列水文资料,但对8次历史洪水和1877~1945年推算洪水的处理,尚需探讨。

国外很少用历史洪痕推算流量并用来将频率曲线外延,其原因并不是历史短或文献记载少。相反,欧美一些重要河流常有一二百年的实测水位系列,弃而未用的原因是:水位虽可靠,但由此推算的流量并不可靠。他们认为:历史洪水只能用以判断实测洪水的重现率,不能用来作为频率洪水定量依据。

宜昌站虽有1877年以来100多年实测水位系列,但实测流量却只是1949年以后,实测系列并不太长。

宜昌站水位流量关系为复杂多变的绳套形,无法直接由水位推算流量。1877~1945年的推算标准“实测”流量系列,大多数是以城陵矶的汛期平均水位为参数,选取1946年后实测流量系列与1945年前实测水位系列中城陵矶汛期平均水位相近的年份,由1946年以后实测水位流量关系推算1945年前相应年的流量,由此推算1877年以来最大“实测”流量为 $72\,300\text{ m}^3/\text{s}$,发生于1945年前。

1870年洪水的流量无法用上述方法推算。采用1954、1955、1956年宜昌站的断面、坡降、糙率和水位流量关系,使用7种方法推算得1870年洪峰流量为 $(10\,500 \pm 5\,000)\text{ m}^3/\text{s}$ 。据此推算了1153~1860年7次历史洪水的流量,还根据“李渡水帐”的记载,估算了

1870年洪量。

根据上述8次历史洪水和1877年以来“实测”流量,推得宜昌的百年洪峰流量为 $83\,700\text{ m}^3/\text{s}$ 。

上述成果是三峡设计的依据,同样也是长江防汛的主要依据。虽然中下游防汛无法抗御1870年洪水 $105\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的巨大流量,但三峡调洪设计和对荆江大堤的特别重视,无疑隐含了1870年洪水的因素。

上述成果有许多疑点。第一,一般单次测流的实测误差大约5%,上述推算的误差却只4.8%。第二,“实测”的百余个点据在频率格纸上很密集,形成规则的平缓曲线,但推算的8次历史洪峰流量却远远地散布于“实测”点据的右上方,不在相应的频率曲线上,形成“挂灯笼”现象。历史洪水和“实测”洪水极不协调,远不如一般河流。第三,1877年以来百余年的“实测”最大流量为 $72\,300\text{ m}^3/\text{s}$,但推算的百年洪峰流量却是 $83\,700\text{ m}^3/\text{s}$,偏高很多。

上述疑点的根源是前述推算洪峰流量的两个基本假定:1954~1956年宜昌站的断面、坡降、糙率、水位流量关系曲线与七八十年前相同;宜昌站的水位流量关系主要取决于城陵矶水位的顶托。这两个假定显然值得怀疑。

1998年洪水,沙市以下各站(除汉口外)水位普遍高于历史最高洪水位,超警戒水位历时八九十天,但宜昌水位并未超出实测最高水位,超警戒水位历时不到30d。由此可见,宜昌水位与沙市、城陵矶并无关系,不能根据城陵矶水位来推算宜昌流量。

宜昌1860年洪痕低于1870年洪痕,据此推算1860年宜昌流量为 $96\,600\text{ m}^3/\text{s}$,为历史第二位洪水,

但宜都以下至枝城的 1860 年洪痕却与 1870 年差不多,甚至还略高。

可以认为,宜昌站水位流量关系与其说取决于下游很远处的城陵矶水位顶托,不如说取决于更近的宜昌至宜都、枝城一带沿江滩险的阻水。1860 年洪水使该河段卵石滩险增多,从而使 1870 年宜昌洪水比 1860 年高得多,但枝城附近影响却较小,因而 1860 年洪水枝城附近洪痕却略高于 1870 年。

可以认为,1860 年与 1870 年洪水流量实际是相近的,并且都可能低于 $96\,600\text{ m}^3/\text{s}$,和 1877 年以来“实测”系列相差不太远。

当然,在三峡溢洪道设计洪水中,应该特别慎重。笔者在 1983 年三峡设计(150 m 水位)审查时,认为对于流域面积 100 万 km^2 的三峡枢纽, $100\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 显得偏少。目前三峡的枢纽总泄量 $120\,000\text{ m}^3/\text{s}$,也并不偏大。本文只提出:不必把三峡设计洪水套用于长江防洪工程,两者允许采用双重水文系列。

三峡初设审查时,水文专家小组结论认为:1870 年流量只能用于三峡大坝设计洪水,不宜用于其他方面。言外之意是不能用作中下游防洪设计的依据。

目前已不可能查清 100 多年前的宜昌水位流量关系和下游滩险阻水的影响。唯一可行的办法是根据国外惯例,放弃 1945 年前的推算系列和历史洪水,只用 1946 年以来实测流量推算频率洪水。用 50 多年实测系列,外推百年一遇乃至 300 年一遇流量,应是足够可靠的。

不必担心舍弃 1870 年洪水的影响。1870 年洪水实际并不太大,它并未造成枣林岗至郝穴的“荆江大堤”决口,只是使洞庭湖和洪湖地区受灾。汉口 1866 年以来即有实测水位系列,1870 年并非历史最高水位,甚至还低于前三位,即 1870 年汉口流量小于 1931,1954 年。

解放初期,实测流量大多只 10 多年,加入推算的历史洪水流量是恰当的。目前实测系列大多已有 50 年,再计入推算误差很大的历史洪水就不一定恰当了。对于水位流量关系复杂多变的情况,误差就可能更大。

2 中下游设防洪水

长江中下游具有许多大支流,区间流域面积达 80 万 km^2 ,洪水遭遇组合复杂,水位流量关系复杂多变,与一般大江大河有所不同。

1998 年洪水,许多河段的水位均超过历史最高水位,但不宜简单地选用 1998 年洪水作为中下游设防洪水。

仅从水位来看,武汉 1998 年最高水位只是 29.43 m ,低于 1954 年的 29.73 m 。宜昌水位也并非实

测最高水位。

1998 年的洪峰流量并不高。宜昌 8 次洪峰流量最大为 $63\,300\text{ m}^3/\text{s}$,远低于 1981 年实测 $70\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 。汉口最大流量为 $71\,100\text{ m}^3/\text{s}$,低于实测最大流量 $76\,800\text{ m}^3/\text{s}$ 。甚至最下游的大通站流量也只是 $82\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 。总之,按流量排序,1998 年并不大。

很难断言,1998 年是全流域性特大洪水。1954 年洞庭、鄱阳水系和汉水都曾先后发生大洪水,但其遭遇缺少研究。1998 年赣东北诸水在 6 月发生大洪水,但与干流并未遭遇。7~8 月间仅沅、澧曾多次发生洪水,但有洞庭湖调蓄,影响并不突出。汉水和湘、资、赣水均未闻有较大洪水与干流遭遇。因此,将来有可能会发生各支流同时或先后与干流洪水遭遇的更严重洪水。

1998 年 7 月沿长江干流的暴雨虽属罕见,但并非稀遇。1991 年淮河连续三次暴雨,人们记忆犹新,1975 年 8 月淮河暴雨洪水,1963 年 8 月海河南四河暴雨洪水,也都属于罕见。对一个 10 万 km^2 流域罕见的暴雨,在 100 万 km^2 流域就较易产生。1998 年 7 月长江干流暴雨,很难作为设防洪水的依据。

例如,设想在 7 月下旬,湘、资二水及江西中北部发生一次 5 年一遇暴雨,造成洞庭、鄱阳二湖水位逐渐上涨,然后在 7 月底,先是嘉陵江和渠江流域发生 30 年一遇暴雨,过一两天又在清江流域、三峡区间和汉水丹江口以下,发生与 1935 年五峰暴雨相似或更大的暴雨。这样,渠江、嘉陵江洪水与三峡区间洪水相遇,使库水位猛涨,下泄流量与清江洪水叠加,至城陵矶又和洞庭湖洪水叠加,至汉口与汉水洪峰叠加,至湖口则鄱阳湖洪水正值最高水位。这种暴雨洪水的组合并非不可能。情况将远比 1954 年或 1998 年严重。仅以 1935 年汉水碾盘山流量 $44\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 来说,就可看出这种可能的洪水遭遇的严重性。

因此,不宜简单地直接以 1998 年洪水作为设防洪水,也不宜简单地用频率法确定各站设防洪水,还须辅以成因法综合考虑干支流的可能组合洪水。至少,这种成因法有助于防汛调度时综合考虑各种因素,防止意外情况。

也可以用洪峰流量与流域面积的 $1/2$ 次方成正比的经验公式大致估算大流域的组合洪水。例如,如果把略高于 1946 年以来实测宜昌流量的 $72\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 作为设防流量,则按流域面积 $1/2$ 次方比例推算,可得各站设防流量为:沙市 $75\,000\text{ m}^3/\text{s}$,莲花塘 $85\,000\text{ m}^3/\text{s}$,汉口 $90\,000\text{ m}^3/\text{s}$,湖口(小孤山) $95\,000\text{ m}^3/\text{s}$,南京 $100\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

上述流量远大于 1954 或 1998 年流量。但考虑到 1954 年决口流量使实测流量偏小,以及今后排涝流量

可达数千立方米每秒,槽蓄影响的减少,所以上述流量并非夸张。

为了更好地研究设防水文,建议水文部门再仔细地重新复核 1954 年干支流洪水组合,决口还原和内涝情况,以及各站水位流量关系和河道变迁。对 1935 年、1931 年的洪水,也要尽可能搜集资料,进行研究。

3 河道冲淤与河床粗化

1998 年宜昌站 8 次洪峰流量大体在 $50\,000 \sim 60\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 之间,并不太大。汉口站流量小于 $70\,000\text{ m}^3/\text{s}$,前后流量变化不大。但前 6 次的各站水位都一次比一次高,表明河道宣泄能力不足。直到第六次以后,同一流量下水位逐渐缓慢下降,也即宣泄能力有所提高,但似乎还低于以往。

三峡初设水文篇关于 1954 年洪水,有“3~4 月间,底水已丰”的记述。1998 年 3~4 月,有关部门指出,长江水位较往年有偏高的异常迹象,警告有可能发生与 1954 年相似的特大洪水。其后果果然应验。查 3~4 月间干流的流量很小,有关部门只指出水位异常,并未指出有流量异常迹象,也未指出河床严重淤积的异常情况。这种枯水期水位异常情况,有必要进一步研究其原因。

很可能的原因还是河道严重淤积,只是由于水文测站大多为规则的顺直河段,断面变化较少,而测站之间的河段,虽有重大淤积,但未能及时警觉所致。例如,位于下荆江之首的新厂和城陵矶以下的莲花塘,河床都比较规整,很难发现其间的水下河道冲淤和变迁。湖口(小孤山)和大通两站均为规整河道,两站之间虽然也都比较规整,但仍有不少江心洲,且 1997 年底到 1998 年初,两岸颇多坍岸,河床难免有些淤浅。这些都难于为水文河务部门所警觉。这种淤积不仅导致 3~4 月的水位异常,也导致 7~9 月间水位异常壅高。

与一般的淤积相近但又略有区别的现象是河床粗化。一般大中河流的沙卵石河床,粗化影响并不明显,断面变化不大,糙率也很少变化。粉细沙河床则粗化影响很明显,断面和糙率都会有很大变化。1982 年辽河口附近的大张水文站,在一次中小洪水中测流量时,短短一二小时的往测与返测,同一垂线水深增加了 4 m。长江的洪水期断面冲淤就可能更大。但是一般情况下,大流量时刷深的河槽,退水后又复淤回原状,汛末测定的河床断面变迁并不太大,因而使人不易警觉汛期断面变化影响。

但是长江中下游并非完全是粉细沙河床,其中仍有沙卵石存在。宜昌至枝城河段是沙卵石河床。1974 年的荆江河段河床调查记述,江口(在枝城至

沙市间)以上有砾石层,以下则为粉细沙河床。1974~1998 年的 24 年间,自枝城向下输送的砂砾,很有可能推进至整个上荆江。莲花塘以下至湖口,左岸有大别山脉,右岸有幕阜山脉,左岸有鄂东的倒、举、巴、浠诸水汇入,右岸有陆水和蕲水汇入。这些小支流,流短湍急,挟带大量砂卵石入干流。与洞庭湖和汉水等挟带粉细沙截然不同。安徽境内也有不少小支流向干流输送砂砾。可从安徽河段采沙颇多的情况表明砂砾河床的存在。一般中小洪水只能将粉细沙冲走,粗沙和砾卵石留存于河床中。大洪水也只能冲走一部分粗沙。砾卵石逐年积累,形成不易冲刷的硬面层。只是在 30 年一遇以上的特大洪水才会部分被冲走,部分仍然淤积。宜昌站实测年输沙量中,沙质推移质每年平均约 3 000 万 t,砾卵石约 300~400 万 t。据此推测,中下游河段每年约有 4 000 万 t 沙,500 万 t 砾卵石入河,扣除入海或人工采挖,1954~1998 年约 44 年中,中下游河段累计淤积粗沙约 10 亿 t,砾卵石等约 2 亿 t,大约相当于全部中下游河段折合粗沙厚约 50 cm,砾卵石约 10 cm 的硬面层。1996 年洪水峰高量小,部分砾卵石局部被冲,形成阻水砾石带。1998 年前 5 次洪峰流量不太大,砾卵石也难于有大规模输送,直到第 6~8 次才部分被冲走,部分仍形成阻水砾石带,20 多天后水位才退至警戒线以下。

推测 1931 年、1954 年大约也是这种逐年淤积,然后产生长时间水位壅高的洪水。三四十一年一个循环后,河床并不完全复原。残余的淤积使洪水位逐年提高。

1998 年并不是百年不遇的特大洪水,却是百年来淤积最严重的,导致水位壅高最严重的一次洪水。从洪量看来,大约与 1931 年与 1954 年差不多,也就是大约 30~50 年一遇而已。

建议水文部门不能只观测某一断面的水沙,还应观测全河长度内的流态,纵横断面冲淤和河床变迁,以及表层 10 m 范围内的河床泥沙砾卵石分布。每个水文站应兼管本站上下游河段的冲淤和河道变迁。水文局或河务局则利用全球定位系统、回声测深装置等,对汛期流态、汛期冲淤进行动态监测。并宜和航运部门合作。

建议水文部门从历年水文观测资料中摘要分析各站汛期断面变化,糙率变化,水位流量关系的一次洪水期内,当年各次洪水和历年水位流量关系的绳套形曲线的上下限和中线,变差系数等进行探讨。藉以找出河床变迁和水位流量关系变化规律,为防洪与航运提供更多的信息。

(下转第 37 页)

骤降时,考虑 MgO 混凝土的自生体积变形所计算的最大温度拉应力为最小,不考虑自生体积变形的普通混凝土的拉应力最大.也就是说,外掺 MgO 混凝土抵御寒潮袭击的能力强于不掺 MgO 混凝土.

3 结 论

a. 试验研究结果表明,温度对 MgO 混凝土自生体积变形的膨胀速率和膨胀量的影响较大,其膨胀规律是随着温度的增高而增大.高温的自生体积膨胀变形比常温的要大几倍,但其比值是随龄期的延长而减小的.高温膨胀快,故变形稳定时间较常温提前较多.常温下水化愈慢的方镁石,温度对其水化速度的影响就愈大.

b. 试验温度每增减 10℃时,MgO 混凝土的自生体积变形可增减 1.5 倍,其膨胀变形量可增减 $(30 \sim 35) \times 10^{-6}$.自生体积变形的经验公式(1)可在 MgO 混凝土的温度应力分析中使用.如果有 20℃的自生体积变形资料,也可根据表 4 中的参数,估算不同温

(上接第 29 页)

c. 弧形闸门的动力稳定性是关系到闸门安全运行的重要问题,除从结构设计及构造上采取措施外,还应注意保养维护和按章操作,并对弧形闸门的动力稳定性开展深入的研究分析.

参考文献

- 1 黄廷璞,危盼.我国低水头弧形闸门失事调查和初步分析.金属结构,1986(5):23~41
- 2 阎诗武.皎口水库底孔闸门振动的原型观测研究.水利水运科学,1985(1):33~48
- 3 阎诗武.应用实验模态分析技术识别弧形闸门的模态参数.水利学报,1987(5):46~51
- 4 阎诗武.水工弧形闸门的振动.金属结构,1985(5):21~33
- 5 章继光.我国闸门振动研究情况综述.水力发电,1985(1):36~42
- 6 谢省宗.闸门振动的流体弹性理论.水利学报,1962,4(8):35~49
- 7 吴一红,谢省宗.水工闸门流固耦合动力特性分析.金属结构.1993,(2):1~12
- 8 汪德耀.闸门水下自振频率的分析与计算.河海大学学报,1987,15(3):60~69
- 9 符华,鲍洛金.弹性体系的动力稳定性.北京:高等教育出版社.1960
- 10 殷学纲,李宾.刚架结构的动力稳定分析.工程力学,1994(增刊):970~974
- 11 Brown J E, Hutt J M, Salama A E. Finite element solution to dynamic stability of bars. AIAA J, 1986, 6(7):1423~1425
- 12 Shastri B P, Rao G V. Dynamic stability of bars considering

度条件下的自生体积变形.

c. 试验研究结果表明,在气温骤降情况下,外掺 MgO 混凝土的自生体积膨胀变形是稳定的不可逆的,也不会产生收缩现象.另外,外掺 MgO 混凝土在较低温度条件下也能够产生膨胀,但其膨胀变形速度确实是非常缓慢的.

d. 实践证明,MgO 混凝土在不同温度的自生体积变形对温度应力的影响是巨大的.因此,在 MgO 混凝土的温度应力分析中,既要考虑自生体积变形的重大作用,又必须考虑温度对自生体积变形的影响,才能求得真实的温度应力.最终达到既避免温控措施的目的,又有可能获得显著的技术经济效益.

参考文献

- 1 丁宝瑛,岳耀真,朱绛.掺 MgO 膨胀混凝土的温度徐变应力分析.见:丁宝瑛主编.大体积混凝土结构的温度应力与温度控制论文集.北京:兵器工业出版社,1991.382~390
- 2 李承木.氧化镁微膨胀混凝土的变形特性研究.水电站设计,1990(2):1~8 (收稿日期:1999-03-17 编辑:熊水斌)

shear deformation and rotatory inertia. Computers & Structures, 1984, 19(5):823~827

- 13 Shigematsu T, Hara T, Ohga M. Dynamic stability analysis by matrix fuction. J of Engineering Mechanics, 1987, 113(7):1085~1100 (收稿日期:1998-04-15 编辑:熊水斌)

(上接第 32 页)

4 结 语

长江中下游具有许多大支流和大湖,也有众多挟带沙卵石的小支流,支流洪水组合,泥沙砾卵石淤积,情况极为复杂多变,与一般大中河流有很大区别,需要更广泛深入的探讨.

1998 年洪水是本世纪以来,水位最高,高水位历时最长的一次洪水,但洪峰流量并不很高;是洪量大体与 1931,1954 年相当的一次特大洪水.推测只是由于河床淤积,特别是河床粗化和砾卵石淤积才使水位异常壅高,达到百年来最高水位.

中下游设防水,宜考虑有一定可能的水情不利组合,同时适当考虑可能的不利沙情.据此确定设防水流量和水位,相应设置堤防.

从可持续发展战略出发,堤防不能愈筑愈高,出路只能是适当地疏浚河道.以现代技术水平,每年开采 300~400 万 t 砾卵石和 1000~2000 万 t 粗沙,既供城乡建设需要,又使粉细沙和其余沙砾卵石能随水流入海,为防汛安全提供一个长治久安之策.

(收稿日期:1999-04-27 编辑:熊水斌)